

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**POROVNÁNÍ TMAVÝCH PLYNOVÝCH ZÁŘIČŮ
A HORKOVODNÍVH SÁLA VÝCH PANELŮ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

zadání

SOUHRN

Diplomová práce na téma „Porovnání tmavých plynových zářičů a horkovodních sálavých panelů“ se zabývá návrhem dvou variant sálavého vytápění průmyslové haly v Německu, zabývající se strojní výrobou zemědělských strojů. V úvodu je stručná rešerše toho, co vlastně je sálavé vytápění a jsou zde popsány principy funkce obou použitých způsobů vytápění. Následuje výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN 06 0210. Poté je popsán návrh obou variant vytápění s posouzením hygienických podmínek, výpočet potřeby tepla na vytápění a stanovení cen energie. Při výpočtu potřeby tepelné energie jsou použity opravné koeficienty výpočetního postupu dle normy DIN 18599-5, uvažující různé způsoby distribuce tepla do vytápěného prostoru. V poslední části se práce zabývá ekonomickým zhodnocením obou variant, jak z hlediska pořizovacích, tak provozních nákladů. V závěru práce jsou porovnány oba druhy vytápění objektu s dříve hojně využívaným teplovzdušným způsobem vytápění. Budou zhodnoceny výhody a nevýhody daných řešení a rozhodnutí která z navržených variant je ekonomicky výhodnější.

SUMMARY

Theme of the thesis is “Comparison of Gas Tube Radiant Heaters and Hot Water Radiant panels”. The thesis deals with design of two variants of radiant heating of industrial building in Germany, which is used for agricultural machinery production. In the introduction is a short description what radiant heating really is and also description of principles of both used methods of heating. It is followed by calculation of heat loss according to the standard ČSN 06 0210. Subsequently, there is the design of both proposed variants of heating with an assessment of hygienic conditions, calculation of heat demand and determination of energy costs. For calculation of heat demand are used corrective factors according to the standard DIN 18599-5, reflecting different ways of heat distribution to the heated space. Later, the thesis deals with economic evaluation of both variants including both acquisition and operating costs. In the summary of the thesis, there is a comparison of both types of heating with hot-air heating, which was formerly widely used. There is also an assessment of advantages and disadvantages of given solutions and a decision, which of proposed variants is more economical.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma: „Porovnání tmavých plynových zářičů a horkovodních sálavých panelů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Hojera, Ph.D. a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu použité literatury.

V Praze dne: 24. 6. 2015

.....

Josef Kmoch

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ondřeji Hojerovi Ph.D. za trpělivost, cenné rady a odborné vedení. Další poděkování patří mé rodině a přátelům za podporu.

1. OBSAH

1.	Obsah.....	6
2.	Soupis použitého značení.....	8
3.	Úvod.....	11
4.	Rešerše	12
4.1	Tmavé vysokoteplotní plynové zářiče	13
4.1.1	Rozdělení tmavých plynových zářičů	13
4.1.3	Umisťování plynových zářičů	16
4.1.4	Odtah spalin a přívod spalovacího vzduchu.....	17
4.2	Vodní sálavé panely	18
4.2.1	Konstrukce.....	19
4.2.3	Umisťování sálavých panelů	20
5.	Schéma řešeného objektu.....	22
6.	Výpočet tepelných ztrát.....	23
7.	Návrh horkovoných sálavých panelů.....	27
7.1	Regulace sálavých panelů	30
7.2	Dodávka tepelné energie	31
7.3	Návrh rozvodů otopné vody.....	31
8.	Návrh tmavých plynových zářičů	32
8.1	Přívod spalovacího vzduchu a odkouření plynových zářičů.....	36
8.2	Návrh rozvodu plynu.....	36
8.3	Regulace plynových zářičů	36
9.	Posouzení hygienických podmínek.....	37
10.	Stanovení celkové potřeby tepla	37
10.1	Výpočet potřeby tepla	38

10.1.1	Výpočet opravných součinitelů	38
10.1.2	Zohlednění druhu vytápění dle normy DIN 18599-5	41
11.	Stanovení ceny energie	44
11.1	Růst ceny energie	45
12.	Ekonomické zhodnocení	48
12.1	Doba návratnosti	48
13.	Výhody a nevýhody obou systémů	50
13.1	Výhody a nevýhody horkovodních sálavých panelů	50
13.2	Výhody a nevýhody tmavých plynových zářičů	51
14.	Závěr	52
15.	Použitá literatura	55
16.	Přílohy	57
16.1	Příloha 1 – Příklad výpočtu tepelných ztrát	57
16.2	Příloha 2 – Příklad návrhu sálavých panelů	58
16.3	Příloha 3 – Příklad návrhu armatur a oběhových čerpadel	59
16.4	Příloha 4 – Výpočet opravných součinitelů	60
16.5	Příloha 5 – Výpočet potřeby tepelné energie	62
16.6	Příloha 6 – Soupis použitého materiálu - sálavé panely	69
16.7	Příloha 7 – Soupis použitého materiálu - plynové zářiče	79
16.8	Příloha 8 – Posouzení hygienických podmínek	88
17.	Výkresová dokumentace	89

2. SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

A	[m ²]	Plocha vytápěného prostoru
A_s	[-]	Poměr osálení
C_l	[-]	Součinitel zohledňující druh použitého zářiče
I	[W/m ²]	Hustota zářivého toku
I_s	[W/m ²]	Intenzita osálení
K	[-]	Konstanta
Q	[W]	Instalovaný výkon sálavého vytápění
Q_0	[W]	Základní tepelná ztráta
Q_c	[W]	Celková tepelná ztráta
Q_{celk}	[W]	Celková tepelná ztráta
$Q_{h,b}$	[J]	Potřeba tepelné energie
$Q_{h,b}$	[kWh]	Potřeba tepla
$Q_{h,ce}$	[kWh]	Tepelné ztráty regulací a dodávkou do prostředí
$Q_{h,d}$	[kWh]	Tepelné ztráty distribucí
$Q_{h,outg}$	[kWh]	Spotřeba tepelné energie
$Q_{h,s}$	[kWh]	Tepelné ztráty akumulací
Q_{inst}	[W]	Instalovaný výkon
Q_{is}	[kW]	Instalovaný výkon
Q_{kor}	[kW]	Korigovaný výkon sálavých panelů
Q_v	[W]	Tepelná ztráta větráním
Q_z	[kW]	Tepelná ztráta zóny
T	[K]	Termodynamická teplota
f_1	[-]	Součinitel zohledňující výšku zavěšení (negativní vliv)
f_2	[-]	Součinitel zohledňující výšku zavěšení (pozitivní vliv)
d	[-]	Počet dnů otopného období

d_p	[-]	Dny provozu
d_v	[-]	Dny volna
e_d	[-]	Součinitel na zkrácení doby provozu
e_i	[-]	Součinitel na nesoučasnost přírážek
e_{i1}	[-]	Dílčí součinitel nesoučasnosti přírážek
e_{i2}	[-]	Dílčí součinitel nesoučasnosti přírážek
e_t	[-]	Součinitel na snížení vnitřní teploty
f	[-]	Součinitel zohledňující zavěšení zářiče
f_{hydr}	[-]	Činitel zohledňující hydraulické vyvážení soustavy
f_{int}	[-]	Činitel zohledňující přerušovaný povoz
$f_{radiant}$	[-]	Činitel zohledňující efekt sálání
p_1	[-]	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn
p_2	[-]	Přirážka na urychlení zátoku
p_3	[-]	Přirážka na světovou stranu
t	[°C]	Vnitřní teplota
t_{es}	[°C]	Střední venkovní teplota za otopné období
t_{et}	[°C]	Snížená teplota vzduchu
t_{ev}	[°C]	Venkovní výpočtová teplota
t_g	[°C]	Výsledná teplota
t	[°C]	Požadovaná výsledná teplota v daném režimu provozu
t_i	[°C]	Teplota vnitřního vzduchu
t_{w1}	[°C]	Teplota vody na vstupu do panelu
t_{w2}	[°C]	Teplota výstupu z vstupu do panelu
Δt_p	[K]	Pracovní rozdíl teplot sálavého panelu
Φ	[-]	Střední sálavý účinek
ε_k	[-]	Součinitel využití spalín
η_B	[-]	Dílčí účinnost zohledňující měrné tepelné ztráty přes vnější prvky
η_C	[-]	Částečná účinnost zohledňující způsob regulace teploty v zóně

$\eta_{h,ce}$	[-]	Celková účinnost dodávky tepla
η_L	[-]	Částečná účinnost zohledňující vertikální gradient teploty vzduchu
η_s	[-]	Sálavá účinnost.
η_s	[-]	Sálavá účinnost
η_s	[-]	Sálavá účinnost
σ	[W/m ² K ⁴]	Stefanova-Boltzmanova konstanta
τ	[h]	Čas

3. ÚVOD

V dnešní době, kdy jsou ceny energie velmi vysoké, je kladen důraz na jejich pokud možno co nejnížší spotřebu. Velkoprostorové objekty byly v minulosti vytápěny hlavně teplovzdušně. Tento způsob vytápění je energeticky velice nevhodný, pro dosažení tepelné pohody člověka je zapotřebí mnohem větší množství energie než je tomu u sálavého způsobu vytápění, který řeší tato práce. Pro modelový objekt budou navrženy dva různé druhy sálavého vytápění a bude provedeno porovnání celkového množství energie na vytápění právě s teplovzdušnými jednotkami. Porovnání bude pouze pro energii potřebnou na vytápění objektu, celkový návrh teplovzdušného vytápění a porovnání celkových nákladů teplovzdušného vytápění není předmětem diplomové práce.

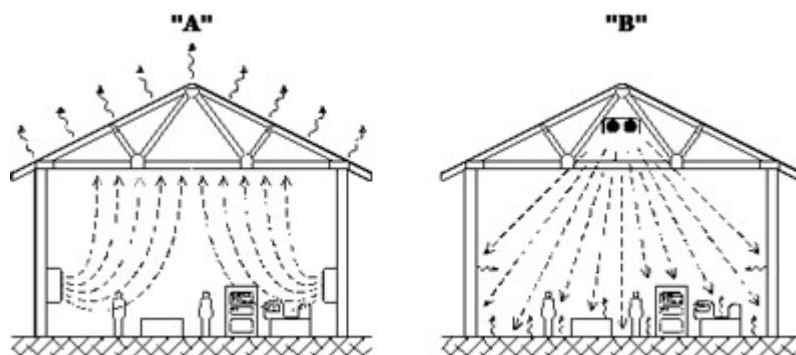
4. REŠERŠE

Sálavý způsob vytápění je vhodný převážně u budov s vysokými stropy a tím souvisejícími velkými objemy vytápěných prostor.

Příklady použití:

- výrobní haly
- skladovací prostory
- sportovní haly
- nákupní centra

Tyto prostory byly v minulosti většinou vytápěny teplovzdušným způsobem, což není vhodné z hlediska energetické náročnosti. Teplovzdušné vytápění využívá k hrazení tepelných ztrát přívodu neizotermního proudu vzduchu. Protože přívodní vzduch je teplejší než jeho okolí, stoupá vzhůru ke stropní konstrukci, kde se hromadí. Oproti tomu chladný vzduch klesá dolů, do pásma pobytu osob viz Obr. 1.



Obr. 1 A – teplovzdušné vytápění, B – sálavé vytápění [15]

Sálavý způsob vytápění má oproti teplovzdušnému vyrovnanější teplotní profil, což zajišťuje lepší mikroklimatické podmínky v místě pobytu osob. Princip funkce sálavého vytápění spočívá ve vyzařování elektromagnetických vln. Tyto vlny vysílané zářičem, jsou velmi podobné slunečnímu záření. Elektromagnetické vlny prostupují vzduchem, aniž by jej citelně ohřály a ohřívají pouze předměty, na které dopadají, tím jim předávají svojí tepelnou energii. Tyto předměty poté ohřívají i vzduch v okolí. Například teplo vyzářené z panelu ohřívá nejdříve podlahu a až poté dochází k ohřevu vzduchu. Díky tomuto způsobu je teplota vzduchu pod stropem oproti teplovzdušnému vytápění výrazně nižší. Z tohoto důvodu je tento

způsob distribuce tepla hospodárnější díky nižšímu gradientu teploty u stropní konstrukce.

4.1 Tmavé vysokoteplotní plynové zářiče

Světly nebo tmavý plynový zářič je zařízení určené k vytápění vnitřních prostorů sálavým způsobem vytápěním. Tmavý proto, že vlnová délka vyzařovaného záření se pohybuje mimo viditelné spektrum. Zářič je většinou opatřen podtlakovým hořákem, který umožňuje spalování plynu v sálavé trubici díky podtlaku, který vytváří spalínový ventilátor. Jedná se o nezávislé zařízení, ve kterém je nejčastěji spalován zemní plyn nebo propan butan. Ohřáté potrubí zářiče poté sdílí větší část tepelné energie do okolí sáláním. K usměrnění sálavého toku slouží takzvaný reflektor. Reflektor má za úkol maximalizovat sálavou složku a minimalizovat složku konvektivní. Vyrábí se plechu převážně z hliníku nebo nerezové oceli a mohou být opatřeny izolací. Na výslednou sálavou účinnost panelu má vliv průměr sálavého potrubí, tvar reflektoru, izolace a v neposlední řadě i způsob zavěšení. Povrchová teplota vysokoteplotních zářičů se pohybuje od 180 °C (na výstupu) do 550 °C (u hořáku). Zařízení se skládá z hořákové skříně, vysokoteplotního spalínového ventilátoru, hořákové (sálavé) trubice, reflektorového zákrytu, závěsů a systému odkouření popřípadě systému nasávání spalovacího vzduchu.

4.1.1 Rozdělení tmavých plynových zářičů

Tmavé zářiče se dají rozdělit podle několika hledisek:

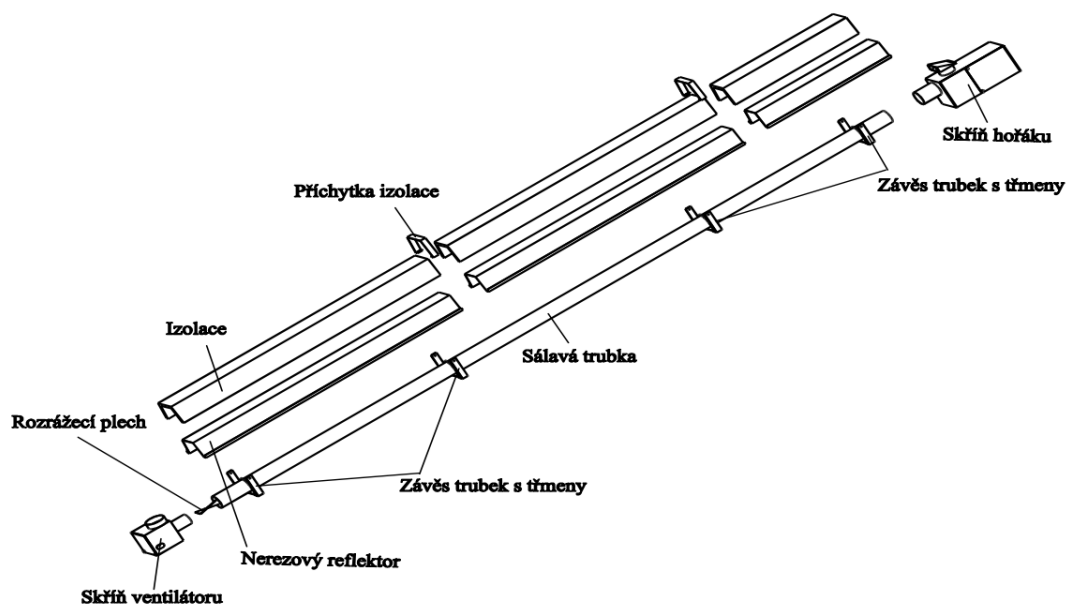
- *Dle uspořádání sálavých trubek*
 - Uspořádání do tvaru U
 - Uspořádání do tvaru I
 - Uspořádání do tvaru L
 - Uspořádání do tvaru O
 - Uspořádání do tvaru E

(Tvary zářičů L, O a E se objevují velice zřídka, je ale možné je vyrobit)

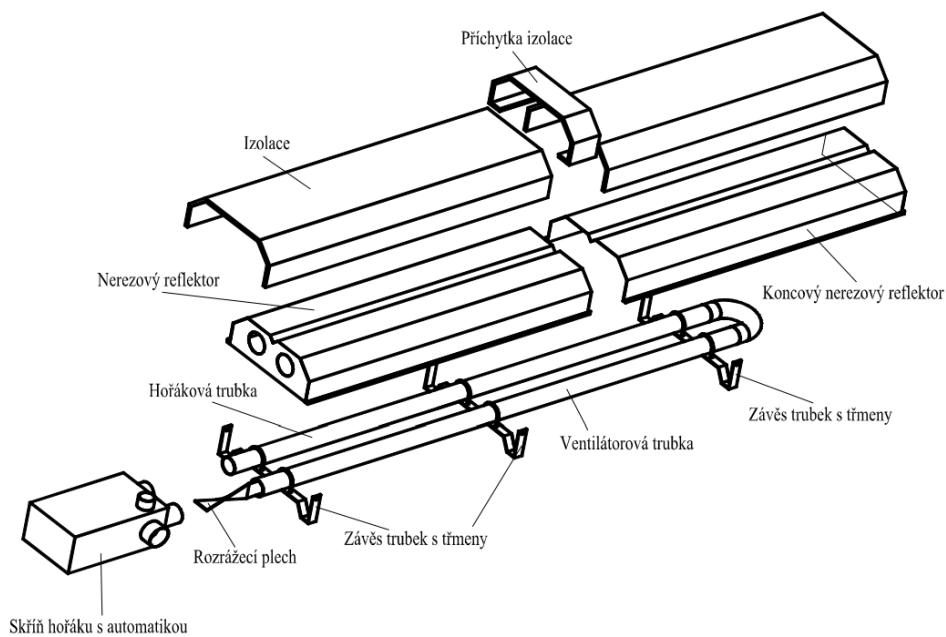
- *Dle izolace*
 - Izolované
 - Neizolované

Rozdělení dle uspořádání sálavých trubek

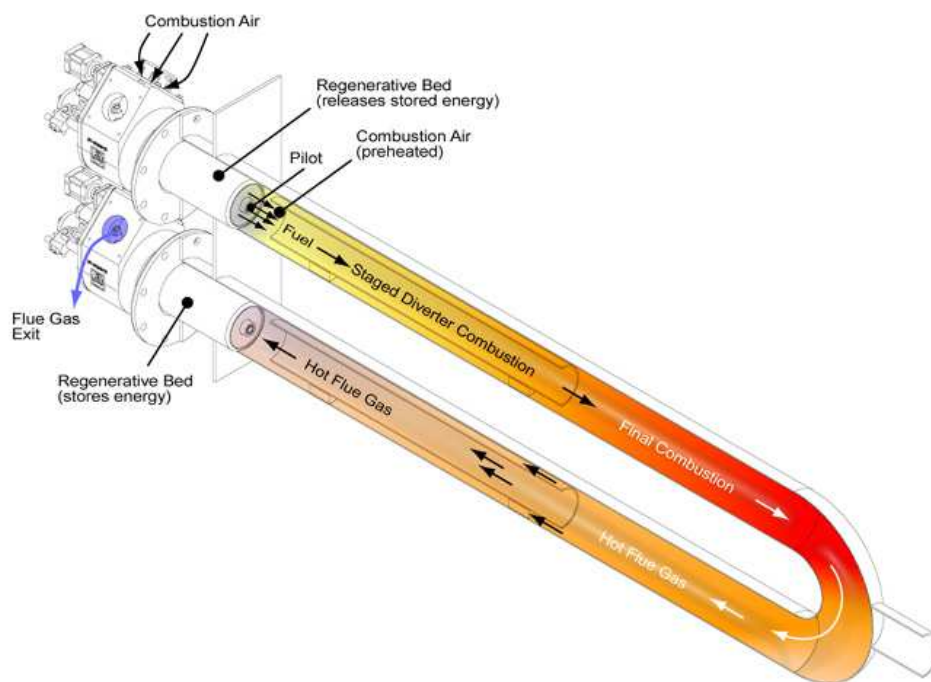
Rozlišujeme dva základní typy zářičů, jednotrubkový a dvoutrubkový. Dvoutrubkový zářič je nejčastěji v uspořádání typu U popřípadě L. Tento druh zářiče je výhodný hned ze dvou důvodů. Vzhledem k prudce se snižující povrchové teplotě potrubí směrem k ventilátoru dostáváme vyrovnanější osálení prostoru než je tomu u jednotrubkového provedení ve tvaru I. Je to tím, že horký vzduch vycházející z části s hořákem se po průchodu celé délky trubice ochlazuje a vrací se na stejné místo. Vysoká teplota na začátku u hořáku kompenzuje nízkou teplotu na straně spalínového ventilátoru viz Obr. 4. Druhou výhodou tohoto uspořádání je, že se systém odkouření nachází na stejné straně zářiče jako sání spalovacího vzduchu. Přesně naopak tomu je u jednotrubkových zářičů typu I, kde je kouřovod na jedné straně a hořák na druhé. To znemožňuje sloučit kouřovod s potrubím pro přívod spalovacího vzduchu a je nutné oba tyto systémy protáhnout přes střešní konstrukci odděleně.



Obr. 2 Vysokoteplotní plynový zářič jednotrubkový [1, str. 211]



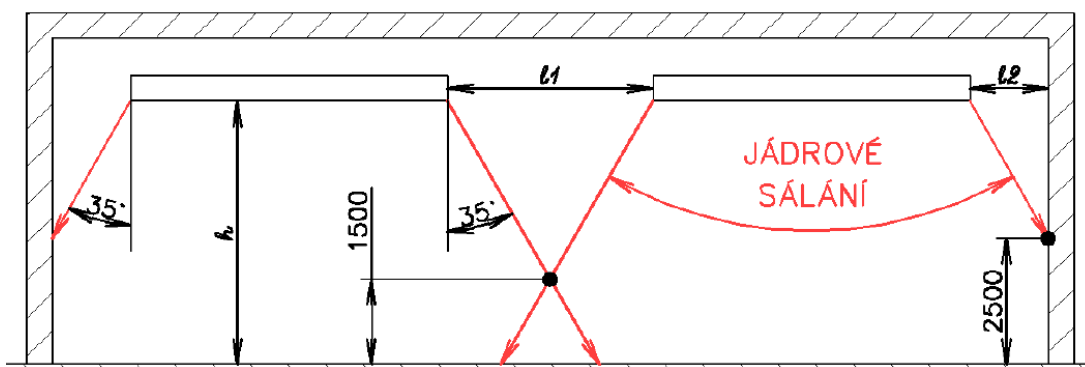
Obr. 3 Vysokoteplotní plynový zářič dvoutrubkový [1, str. 213]



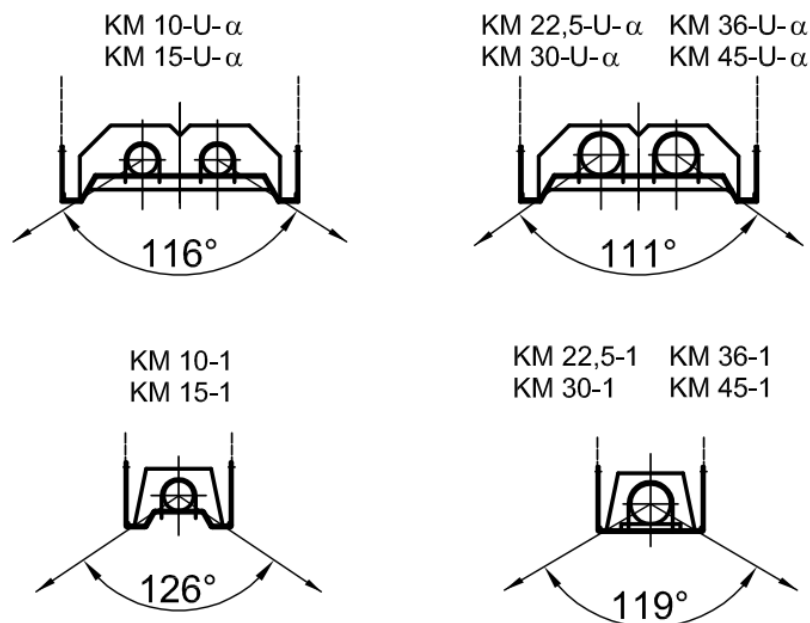
Obr. 4 Znáznornění poklesu teploty v sálavém potrubí [16]

4.1.3 Umístování plynových zářičů

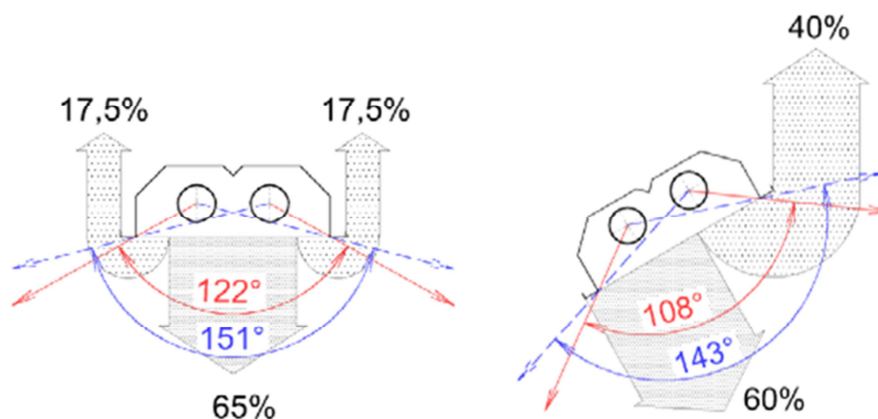
Při návrhu sálavých otopných soustav je třeba brát zřetel na pravidla obecné bezpečnosti a umisťovat sálavá topidla tak, aby nebyla překročena maximální přípustná intenzita sálání v místě pobytu osob (maximální osálání temene hlavy 200 W/m^2), nebo nehrozil vznik požáru předmětů vyskytujících se blízko zářičů. Minimální vzdálenost hořlavých hmot od plynového zářiče zavěšeného vodorovně je 800 mm, u zářiče šikmo zavěšeného minimálně 1200 mm. Pokud se nacházejí v blízkosti zářičů jakékoliv předměty (např. jeřábová dráha), musejí být opatřeny reflexním plechem. Minimální výška zavěšení jednotrubkových zářičů je cca tři metry. U dvoutrubkových zářičů se tato hodnota pohybuje od čtyř metrů. Při rozmístování plynových zářičů v prostoru je důležité, aby jejich vzdálenosti od sebe nebyli příliš velké. Překročení maximální doporučené vzdálenosti vede k velmi nerovnoměrné teplotě vytápěného prostoru. Při návrhu je důležité vědět, jaký konkrétní zářič bude použit z důvodu odlišných úhlů jádrového sálání. Úhel jádrového sálání nám říká, v jakém úhlu zářič vyzáří většinu své sálavé složky. Úhly jádrového sálání se u tmavých zářičů pohybují od 100° do 130° v závislosti na druhu zářiče viz Obr. 6. Vzdálenosti mezi jednotlivými zářiči by měli být maximálně takové, aby se průřezy dvou sousedních panelů protínali minimálně 1,5 m nad podlahou a 2,5 m na zdi (viz Obr. 5). Zářiče mohou být instalovány na strop nebo na stěny budovy, musejí být však splněny všechny bezpečné vzdálenosti od hořlavých předmětů. Zářiče mohou být zavěšené dvěma způsoby. Rovnoběžně s podlahou nebo pod úhlem do 30° . Zavěšení zářičů pod úhlem je výhodné z hlediska jejich umístování ke krajům vytápěného prostoru. Bohužel při natočení zářiče vznikají větší tepelné ztráty konvekcí než u zářiče, který je zavěšen vodorovně viz Obr. 7.



Obr. 5 Umístování plynových zářičů [1, str. 226]



Obr. 6 Úhly jádrového sálání plynových zářičů KOTRBATÝ[1, str. 225]

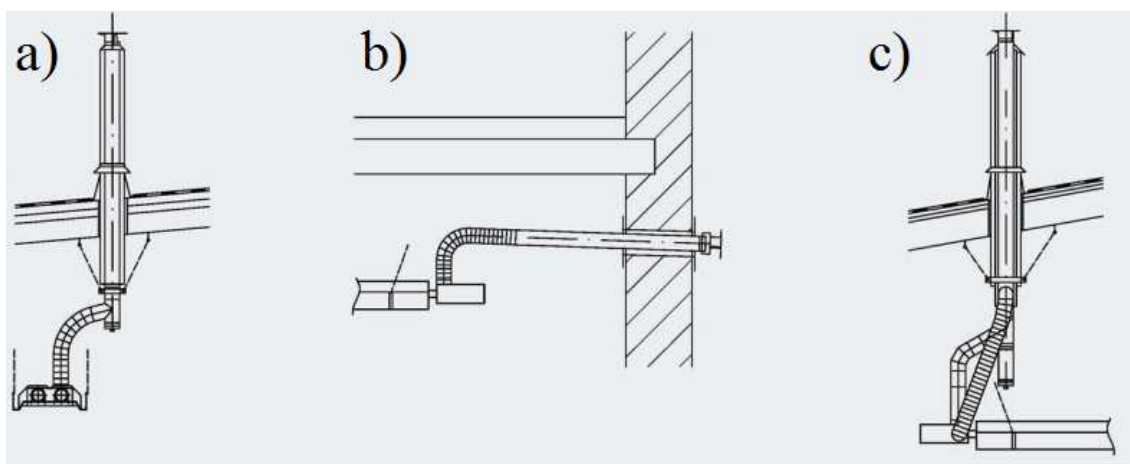


Obr. 7 Vliv tepelné ztráty na úhlu natočení zářiče [1, str. 214]

4.1.4 Odtah spalin a přívod spalovacího vzduchu

Přísun spalovacího vzduchu by měl být vždy dostatečný, aby nezhoršoval účinnost spalování a neohrozil vznik oxidů uhlíku, které jsou pro člověka škodlivé. Všechny spoje by měly být utěsněny vhodnými materiály, aby se předešlo únikům jak spalovacího vzduchu, tak spalin do vytápěného prostoru. Odtah spalin se vyrábí kompletně z nerezové oceli, hliníku popřípadě částí z pozinkované oceli. Zářiče lze rozdělit na dvě skupiny podle způsobu přívodu spalovacího vzduchu na spotřebiče typu B nebo C. Zářiče v provedení typu B odebírají spalovací vzduch přímo z vytápěného prostoru a spaliny jsou odváděny ven z budovy pomocí systému odkouření. U těchto typů zářičů je třeba dávat velký pozor na dostatečné množství

čerstvého vzduchu přiváděného do prostoru. Zářiče typu B nesmějí být umístovány tam, kde hrozí vznik podtlaku od ventilátoru větracího zařízení. Zářiče typu C nasávají spalovací vzduch z venkovního prostoru. Pokud je hořák na stejné straně s kouřovodem, lze jej napojit pomocí speciálního systému dvouplášťového odtahu spalin, který kombinuje komín s potrubím pro přívod spalovacího vzduchu. Odtah spalin i přívod spalovacího vzduchu by měly být opatřeny ochrannou mřížkou proti případnému vniknutí ptactva. Systém odtahu spalin je možné řešit jak horizontálně průchodem přes odvodový plášť budovy, tak vertikálně přes střešní konstrukci viz Obr. 8.



Obr. 8 a) Vertikální odvod spalin, b) Horizontální odvod spalin, c) Systém odkouření kombinovaný s přívodem spalovacího vzduchu (systém Turbo)[16, str. 2]

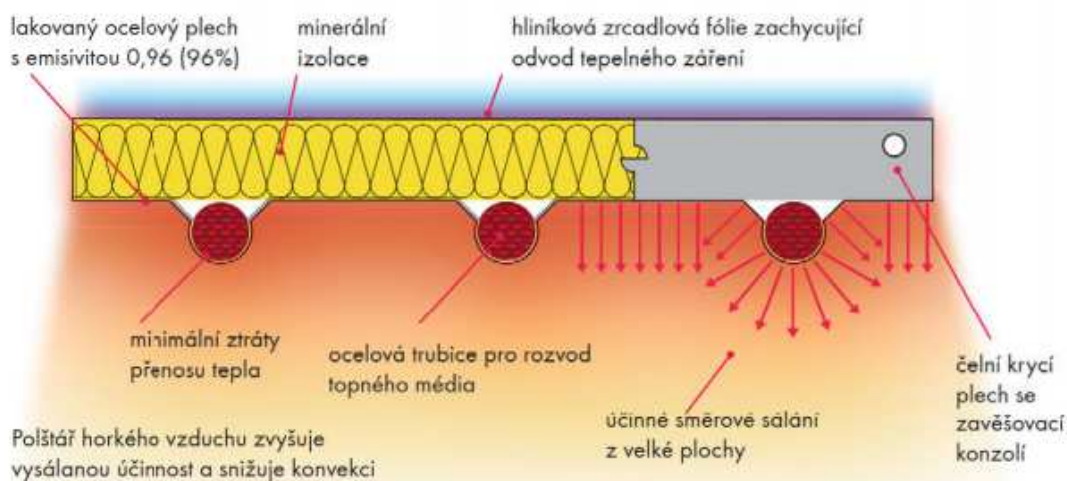
4.2 Vodní sálavé panely

Vodní sálavé panely mají stejné využití jako tmavé plynové zářiče popsané výše s jediným rozdílem, že teplotou látkou je teplá nebo horká voda popřípadě pára. Jejich výhodou oproti plynovým zářičům je možnost instalace ve výbušných nebo hořlavých provozech a v prostorech kde není dostatečná výška pro použití plynových zářičů. Povrchové teploty sálavých panelů se pohybují u teplovodních do 110 °C, u horkovodních do 130 °C a parních do 160 °C. Jejich instalace je také vhodná tam, kde není možný odběr plynu. Pokud jsou instalovány v provozech, kde je k dispozici velké množství odpadního tepla, je možné tuto energii využít k vytápění pomocí těchto panelů. Naopak v létě je možné do panelů pouštět studenou vodu a prostor tak chladit. Panely a rozvody k tomu však musejí být od začátku přizpůsobeny. Předností tohoto druhu vytápění je velmi rychlá a poměrně snadná montáž. Spojování potrubí

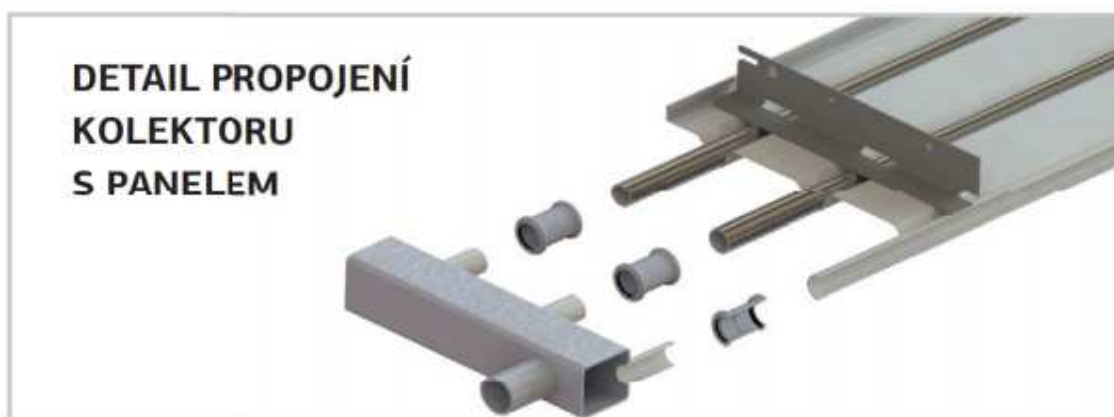
mezi jednotlivými panely lze provádět lisováním nebo pomocí závitových spojů či svařováním. Vodní soustavy mají větší setrvačnost což je vhodné pro dlouhodobý nepřerušovaný provoz. Horkovodní soustavy do PN 16 lze ještě spojovat lisováním. Parní soustavy je nutné spojovat pouze svařováním.

4.2.1 Konstrukce

Teplovodní sálavý panel tvoří rozvodné potrubí a teplosměnná plocha tvořená buď ocelovým, nebo hliníkovým plechem. Shora je panel izolován z důvodu minimalizace sálání a konvekce do prostoru, který není třeba vytápět a snižuje spotřebu tepelné energie. Důležité je, aby spoj mezi rozvodným potrubím a teplosměnnou plochou byl co nejtěsnější. Pokud by styk těchto dvou součástí nebyl dokonalý, nedocházelo by ke správnému přenosu tepelné energie a účinnost by se snižovala. Potrubí i teplosměnná plocha jsou nejčastěji vyráběné z oceli nebo hliníku. Sálavé panely se vyrábějí v délkách 2, 3, 4 a 6 metrů. Výkon panelu udává jeho šířka, která se pohybuje od 300 mm cca do 1500 mm. Zde platí že, čím je větší šířka panelu, tím je menší jeho ztráta konvekcí a proto je výhodnější použít méně pásů o větší šířce. Každý panel je na svém konci opatřen tzv. kolektorem viz Obr. 10. Kolektor je konstrukční prvek, které rozděluje, popřípadě svádí otopnou vodu do (z) sálavého panelu pro jeho snadnější napojování a snižování počtu spojů které mohou být příčinou netěsností. Sálavé panely mohou plnit také další funkce jako například osvětlovací instalaci osvětlení přímo do panelu (viz Obr. 11) nebo aplikací perforovaného plechu pro zvýšení akustické pohltivosti.



Obr. 9 Vodní sálavý panel [18]



Obr. 10 Detail kolektoru [18]



Obr. 11 Vodní sálavý panel s integrovaným osvětlením [19]

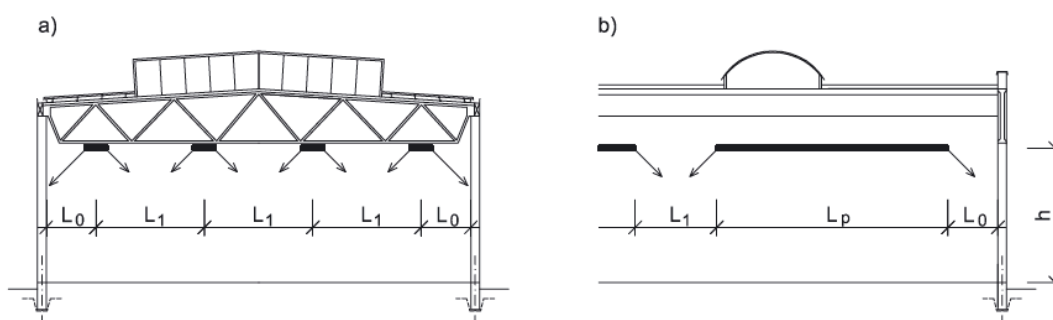
4.2.3 Umístování sálavých panelů

Povrchová teplota jak teplovodních, tak horkovodních sálavých panelů je mnohem menší, než tomu je u plynových zářičů. Z tohoto důvodu je možné je umístit níž oproti plynovým zářičům. I zde však musí být dodržena podmínka maximálního oslání temene hlavy, které činí 200 W/m^2 . Při rozmístování panelů je třeba brát v úvahu konstrukci daného objektu z důvodu rozdílných teplot obvodové konstrukce. Je to důležité například u velkých prosklených ploch popřípadě vrat, které mají mnohem větší součinitel prostupu tepla a tím pádem větší tepelnou ztrátou. Pro rozmístování sálavých panelů za účelem rovnoměrné dodávky tepelné energie do vytápěného prostoru platí několik zásad. Pokud je šířka panelu do 0,5 m, vzdálenost

mezi panely v příčném i podélném směru je rovna výšce zavěšení snižená o 0,5 m. Pokud je sálavý panel širší jak 0,5 m, je příčná i podélná vzdálenost rovna výšce zavěšení. Vzdálenost sálavého panelu od stěny je vždy menší než vzdálenost mezi panely samotnými. Zde šířka panelu nehraje roli a platí, že minimální vzdálenost od stěny v podélném i příčném směru je rovna $0,3 \div 0,5$ násobek výšky zavěšení panelu. Hodnota 0,3 platí pro haly, kde je velký podíl zasklených ploch. Hodnota 0,5 se používá tam kde je obvodová konstrukce dobře zateplená a je zde málo okenních ploch. Rozmíst'ování sálavých panelů je znázorněno na Obr. 12.

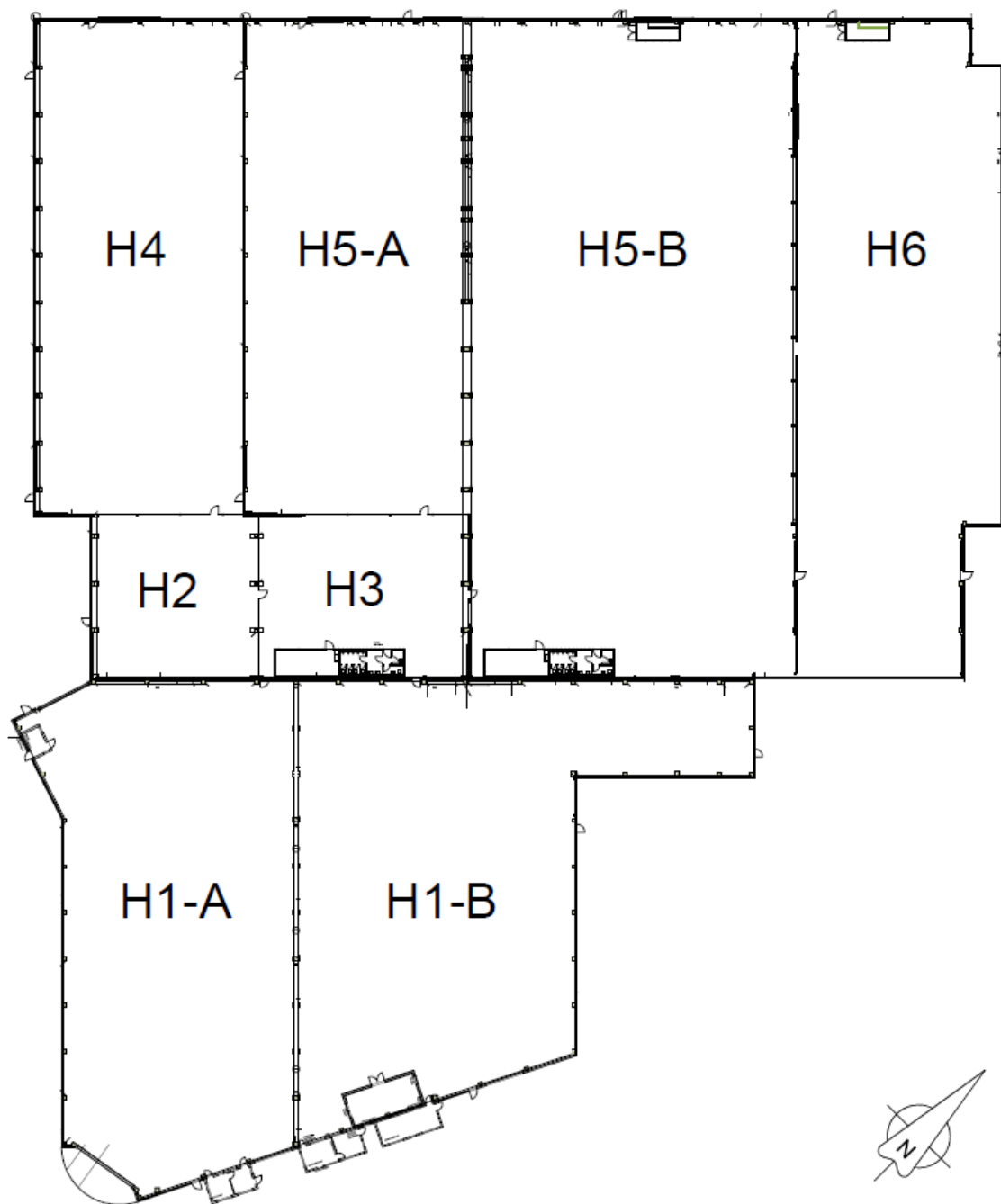
$$\begin{array}{lll} \text{Šířka panelu: } \checkmark < 0,5 \text{ m} & L_1; L_2 \dots L_n = h - 0,5 \text{ m} & L_0 = (0,5 \div 0,3) \cdot h \\ & \checkmark \geq 0,5 \text{ m} & L_1; L_2 \dots L_n = h & L_0 = (0,5 \div 0,3) \cdot h \end{array}$$

Poznámka: $L_0 = 0,5 h$ - dobře izolované obvodové stavebné konstrukce a menší plochy oken nebo vrt,
 $L_0 = 0,3 h$ - větší plochy oken v obvodových stavebních konstrukcích.



Obr. 12 Pravidla rozmíst'ování vodních sálavých panelů [1, str. 116]

5. SCHÉMA ŘEŠENÉHO OBJEKTU



6. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Výpočet tepelných ztrát zadaného objektu byl stanoven dle normy ČSN 06 0210. Výrobní hala se nachází v Německu ve městě Alpen. Venkovní klimatické údaje jsou převzaty z normy DIN EN 12831 [11] pro oblast Wesel s venkovní výpočtovou teplotou $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jelikož je daný objekt projektem, neznámým přesným složením konstrukcí jednotlivých stěn a použitých materiálů, byly pro výpočet tepelných ztrát použity doporučené hodnoty z normy ČSN 73 0540-2 [12], které vzhledem k tomu, že objekt je nový budou velmi blízko skutečnosti. Rovněž také nebyla známa pozice ani velikost zasklených ploch. Pro výpočet tepelných ztrát byla zvolena úroveň zasklení v obvodovém plášti 20 %. U střešní konstrukce bylo zvoleno 15% zastoupení světlíků. Použité součinitele přestupu tepla $U\text{ [W/m}^2\text{K]}$ jsou uvedeny v Tab. 1. Celý objekt je rozdělen na 8 samostatných zón. Pro každou tuto zónu byly vypočteny tepelné ztráty prostupem a větráním. Protože není jasné, jaké bude použito vzduchotechnické zařízení, byla do výpočtu zahrnuta ztráta větráním pro minimální intenzitu větrání $I = 0,3\text{ 1/h}$ bez použití zpětného získávání tepla. Podrobný výpočet tepelných ztrát jednotlivých zón je uveden v příloze 1. Hodnoty tepelných ztrát jsou uvedeny v Tab. 2. Pro výpočet tepelných ztrát větráním se běžně používá teplota vzduchu $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a předpokládá se, že se velmi blíží vnitřní výsledné teplotě. Prostor je však vytápěn sálavým způsobem, tudíž nás bude zajímat hlavně výsledná teplota $t_g = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výsledná teplota v sobě zahrnuje nejen teplotu vzduchu, ale také střední radiační teplotu. Vzhledem k použití sálavého způsobu vytápění lze skutečnou teplotu vzduchu snížit. Snížení teploty vzduchu se určí z rovnice (1) a (2). Poté je dostačující, aby vzduch, který je ve vytápěném prostoru, byl ohříván pouze na tuto již sníženou teplotu.

$$Q_{is} = \frac{I_s \cdot A}{\eta_s} \Rightarrow I_s = \frac{Q_{is} \cdot \eta_s}{A} \quad (1)$$

kde:

Q_{is}	[kW]	instalovaný výkon;
I_s	[W/m ²]	intenzita osálení;
A	[m ²]	osálaná plocha;
η_s	[-]	sálavá účinnost.

$$I_s = \frac{t_g - t_i}{0,0716} \Rightarrow t_g - t_i = I_s \cdot 0,0716 \quad (2)$$

kde:

$t_g - t_i$ [K] rozdíl výsledné teploty a teploty vzduchu.

Díky tomuto snížení teploty vzduchu se také zmenší gradient teploty mezi vnitřním a vnějším prostorem a klesne tak tepelná ztráta větráním a teoreticky i prostupem. U tepelné ztráty prostupem je změna zanedbatelná. Je to z důvodu, že určitá část obvodové konstrukce bude osálána, tím pádem bude mít vyšší povrchovou teplotu a z toho plynoucí vyšší tepelnou ztrátu prostupem. U neosálané části stěny tomu bude přesně naopak. Povrchová teplota zde bude výrazně nižší, tím pádem i ztráta prostupem. Rozdílnost tepelných ztrát prostupem se tedy vzájemně vyruší. Z důvodů odlišných instalovaných výkonů obou systémů vytápění se budou také lišit výsledné tepelné ztráty. Vypočtené hodnoty snížené tepelné ztráty větráním a ušetřené energie jsou uvedeny v Tab. 3 a Tab. 4.

Příklad výpočtu snížení teploty vnitřního vzduchu

Výpočet bude proveden pro halu H4 vytápěnou tmavými plynovými zářiči.

Vstupní hodnoty:

$$Q_{is} = 108 \text{ kW}$$

$$A = 2\,036 \text{ m}^2$$

$$\eta_s = 0,7$$

$$I_s = \frac{Q_{is} \cdot \eta_s}{A} = \frac{108\,000 \cdot 0,7}{2\,036} = 37,1 \text{ W/m}^2 \quad (3)$$

$$t_g - t_i = I_s \cdot 0,0716 = 37,1 \cdot 0,0716 = 2,66 \text{ K} \quad (4)$$

Pokud tedy bude $t_g = 20 \text{ °C}$, pak

$$t_g - t_i = 2,66 \Rightarrow t_i = 20 - 2,66 = 17,3 \text{ °C} \quad (5)$$

Tab. 1 Použité součinitele přestupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2

Typ konstrukce	U [W/m ² K]
Venkovní stěna	0,20
Vnitřní stěna	0,90
Strop	0,16
Podlaha	0,30
Okno	1,20
Světlík	3,00

Tab. 2 Tepelné ztráty jednotlivých zón

Zóna	Ztráta prostupem	Ztráta větráním	Celková tepelná ztráta
	[kW]	[kW]	[kW]
Hala 1-A	61,9	64,4	126,3
Hala 1-B	71,8	74,4	146,2
Hala 2	14,2	15,1	29,4
Hala 3	12,7	16,7	29,4
Hala 4	56,1	56,8	112,9
Hala 5-A	42,0	60,6	102,6
Hala 5-B	97,8	118,9	216,6
Hala 6	82,3	110,1	192,4
Σ	438,8	517,0	955,8

Tab. 3 Snížená tepelná ztráta – plynové zářiče

Zóna	Ztráta prostupem	Ztráta větráním	Celková tepelná ztráta	Úspora
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Hala 1-A	61,9	58,5	120,4	5,9
Hala 1-B	71,8	67,8	139,6	6,6
Hala 2	14,2	13,8	28,0	1,3
Hala 3	12,7	14,4	27,1	2,3
Hala 4	56,1	51,7	107,8	5,1
Hala 5-A	42,0	55,6	97,6	5,0
Hala 5-B	97,8	108,3	206,1	10,6
Hala 6	82,3	96,8	179,1	13,3
Σ	438,8	466,9	905,7	50,1

Tab. 4 Snížená tepelná ztráta – sálavé panely

Zóna	Ztráta prostupem	Ztráta větráním	Celková tepelná ztráta	Úspora
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Hala 1-A	61,9	57,6	119,5	6,8
Hala 1-B	71,8	67,0	138,8	7,4
Hala 2	14,2	13,6	27,8	1,5
Hala 3	12,7	15,1	27,8	1,6
Hala 4	56,1	50,8	106,9	6,0
Hala 5-A	42,0	55,4	97,4	5,2
Hala 5-B	97,8	107,5	205,3	11,4
Hala 6	82,3	93,4	175,7	16,7
Σ	438,8	460,4	899,2	56,6

7. NÁVRH HORKOVONÍCH SÁLAVÝCH PANELŮ

Pro návrh vytápění pomocí vodních sálavých panelů je v první řadě nutné znát následující skutečnosti:

- Tepelnou ztrátu dané zóny
- Jmenovitý teplotní spád
- Jaké obvodové konstrukce jsou ochlazované, popřípadě jaké je rozmístění velkých zasklených ploch
- Rozměry dané zóny (hlavně potom její výšku)

Podle velikosti daného prostoru se vypočítá optimální počet sálavých pásů tak, aby byl prostor rovnoměrně osálán. Počet sálavých pásů se volí většinou v sudém počtu. Je to z důvodu aby se zbytečně nevedlo potrubí zpátečky přes celou halu k regulačnímu uzlu. Pokud není toto řešení možné nebo není pro daný prostor vhodné lze panely napojovat do „hada“. Zapojení do „hada“ znamená, voda proudí posupně v panelu jednotlivými trubkami zapojenými sériově. Toto řešení je ovšem vhodné pouze tam, kde na takto rozděleném pásu je rozdíl teplot maximálně do 15 K. Pokud by pracovní rozdíl teplot byl vyšší, docházelo by v panelu k velkému vnitřnímu pnutí, které by mohlo vést až k jeho poškození. Pokud jsou panely v prostoru umístěny na délku, bere se délka jednoho pásu jako délka daného prostoru, od které se odečte výška zavěšení panelů. Z počtu pásů a jejich délky se určí celková délka sálavých panelů. Pro výpočet instalovaného výkonu do dané zóny je potřeba vypočítat tzv. korigovaný výkon panelů Q_{kor} dle rovnice (6). Korekční součinitele f_1 a f_2 jsou uvedeny v Tab. 5 a Tab. 6 [1].

$$Q_{kor} = Q_z \cdot f_1 \cdot f_2 \quad (6)$$

kde:

Q_{kor}	[kW]	korigovaný výkon sálavých panelů;
Q_z	[kW]	tepelná ztráta zóny;
f_1	[-]	součinitel zohledňující výšku zavěšení (negativní vliv);
f_2	[-]	součinitel zohledňující výšku zavěšení (pozitivní vliv).

Tab. 5 Součinitel zohledňující výšku zavěšení (negativní)[1, str. 140]

Čistý provoz		Provoz se zvýšenou prašností	
h [m]	f_1 [-]	h [m]	f_1 [-]
6	1,00	6	1,08
8	1,08	8	1,12
10	1,12	10	1,18
12	1,18	12	1,25
15	1,25	15	1,32

Tab. 6 Součinitel zohledňující výšku zavěšení (pozitivní)[1, str. 140]

$\frac{h}{H-1}$ [-]	L/B [-]		
	2	2 ÷ 5	5
1,00	1,000	1,000	1,000
0,95	0,967	0,981	0,989
0,90	0,935	0,963	0,979
0,85	0,904	0,944	0,969
0,80	0,874	0,927	0,959
0,75	0,845	0,910	0,949
0,70	0,817	0,839	0,939
0,65	0,790	0,877	0,930
0,60	0,764	0,861	0,920
0,55	0,739	0,845	0,911
0,50	0,715	0,830	0,902
0,45	0,692	0,816	0,893
0,40	0,670	0,802	0,884

Nyní již známe potřebný výkon panelů i jejich délku. Pokud vydělíme potřebný výkon zvolenou délkou panelů, získáme měrný tepelný výkon na jeden metr sálavého panelu. Pro určení šířky panelu budeme ještě potřebovat pracovní rozdíl teplot na sálavém panelu Δt_p který se určí ze vztahu (7). Nyní je již možné určit šířku sálavého panelu dle tabulek, které udává daný výrobce panelů. Zde jsou použity horkovodní sálavé panely KOTRBATÝ[®] KSP viz Tab. 7 [1].

$$\Delta t_p = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{2} - t_i \quad (7)$$

kde:

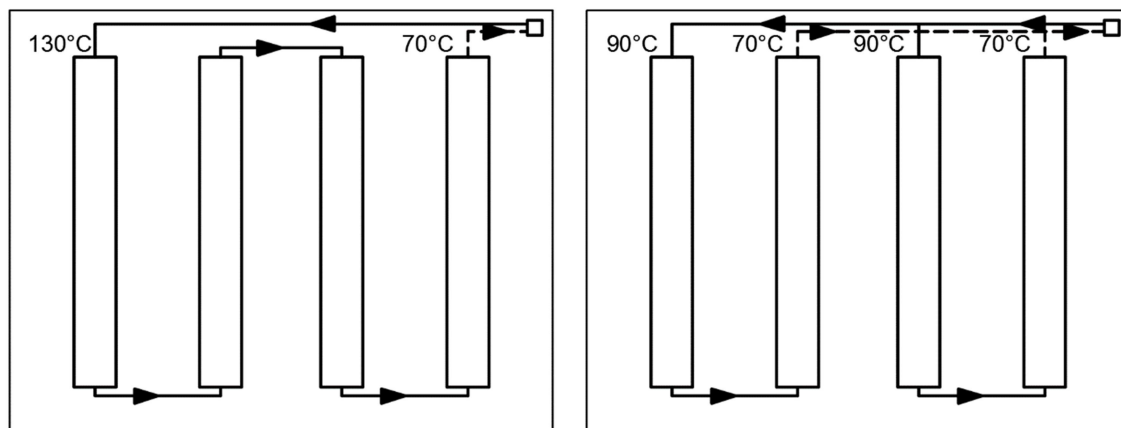
Δt_p	[K]	Pracovní rozdíl teplot sálavého panelu;
t_{w1}	[°C]	Teplota vody na vstupu do panelu;
t_{w2}	[°C]	Teplota vody na výstupu z panelu;
t_i	[°C]	Teplota vzduchu.

Tab. 7 Měrný tepelný výkon q_0 sálavých panelů KOTRBATÝ[®] KSP
(DIN EN 14037-1, 2, 3)[1, str. 135]

Δt	Šířka panelu (mm)							Δt	Šířka panelu (mm)						
	300	450	600	750	900	1050	1200		300	450	600	750	900	1050	1200
(K)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(K)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)	(W/m)
30	93	131	166	201	237	272	307	62	219	309	395	478	561	644	727
32	101	141	180	218	256	294	332	63	223	315	402	487	572	657	741
35	112	157	200	242	284	327	369	65	232	327	418	506	594	682	769
38	123	173	220	267	313	360	407	68	244	345	441	533	626	719	812
40	131	184	234	284	333	383	432	70	253	357	456	552	648	744	840
42	139	195	248	301	353	406	458	75	274	387	495	599	704	808	912
43	143	201	255	309	363	417	471	80	296	418	535	647	760	872	985
45	150	212	270	326	383	440	497	85	318	449	575	696	817	937	1058
47	158	223	284	344	404	464	523	90	340	481	615	745	874	1003	1132
48	162	228	291	352	414	475	537	95	362	512	656	794	932	1070	1208
50	170	240	306	370	434	499	563	100	385	544	698	844	991	1137	1283
52	178	251	320	388	455	523	590	105	407	577	739	895	1050	1205	1360
53	182	257	328	397	466	535	604	110	430	609	781	946	1110	1274	1437
55	190	268	342	414	487	559	631	115	453	642	824	997	1170	1343	1515
57	199	280	357	432	508	583	658	120	477	676	867	1049	1231	1412	1594
58	203	286	365	441	518	595	672	125	500	709	910	1101	1292	1483	1673
60	211	297	380	460	540	620	700	130	524	743	953	1154	1354	1553	1753

Nyní je třeba určit, v jakém pořadí budou panely napájeny otopnou vodou. Zde je třeba znát, jak je daný prostor ochlazován. Pokud se bude jednat o halu, která je obklopená jinými vytápěnými prostory, její řešení napojení panelů bude odlišné oproti hale, která bude na kraji objektu a její obvodová konstrukce bude přímo ochlazována. Pokud tedy budeme mít halu s jednou ochlazovanou venkovní stěnou, vstup otopné vody do sálavých panelů by měl být vždy co nejbližší ochlazované konstrukci. Pokud se bude jednat o halu obklopenou vytápěnými prostory, vstup do panelů bude uprostřed haly, protože zde bude dominantní tepelná ztráta od střešní konstrukce a světlíků. Velkou roli zde také hraje pracovní rozdíl otopné vody. Panely lze totiž napojit dvojnásobným způsobem. Pro velké teplotní spády (130 / 70 °C) se panely zapojují sériově za sebe a tvoří tak jeden dlouhý otopný pás. Pro malé teplotní spády (90 / 70 °C) se panely zapojují paralelně do několika otopných okruhů. Odlišné napojení sálavých panelů je znázorněno na Obr. 13. V neposlední řadě je potřeba hlídat rychlost proudění otopné vody v sálavých panelech. Pokud bude rychlost příliš vysoká, exponenciálně poroste tlaková ztráta a může se projevit hlučnost. Pokud bude rychlost příliš malá, hrozí, že v potrubí bude voda proudit laminárně a panely nebudou dosahovat výkonu udávaného výrobcem. Sálavé panely KOTRBATÝ[®] KSP mají deklarovaný výkon při hodnotě $Re = 4000$, tato hodnota zhruba odpovídá rychlosti v potrubí $v = 0,05$ m/s, při $\Delta t_p = 80$ K. Pro návrh sálavých panelů byla použita výpočetní aplikace od společnosti KOTRBATÝ[®] v programu Microsoft

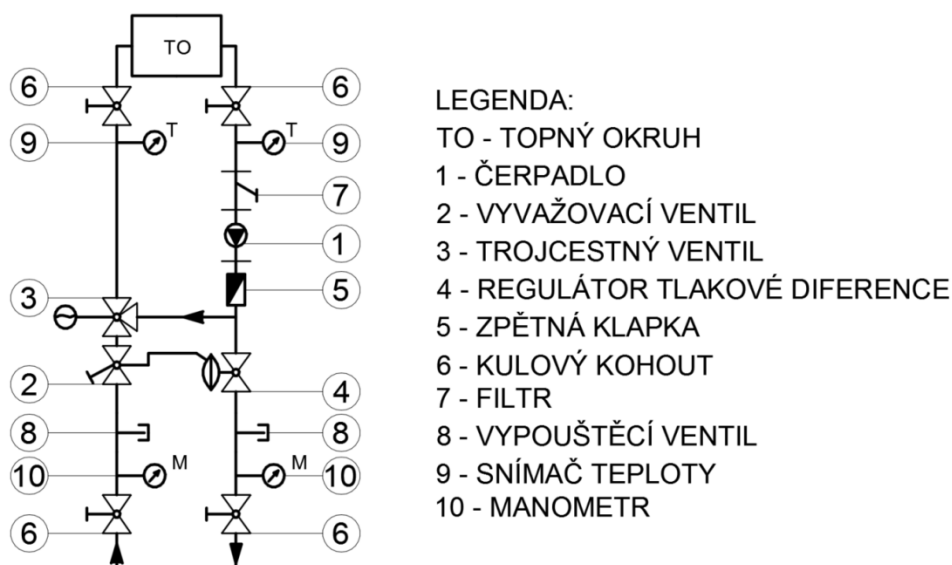
EXCEL [4], která je volně ke stažení na www.kotrбаты.cz. Podrobný návrh sálavých panelů je v příloze č. 2.



Obr. 13 Způsoby napojení sálavých panelů

7.1 Regulace sálavých panelů

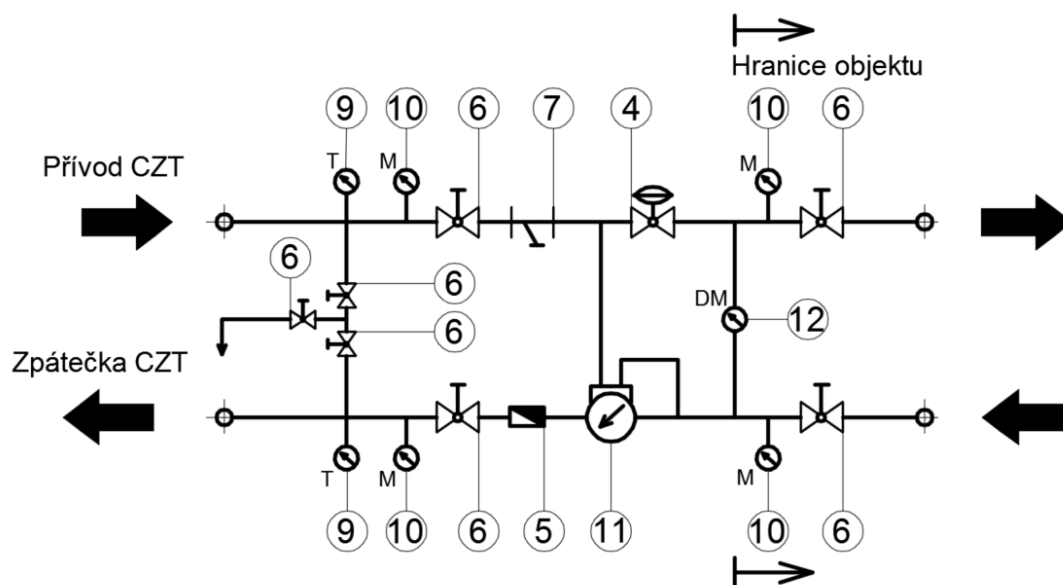
Řešený objekt je rozdělen na 8 na sobě nezávislých zón. Každá z těchto zón je opatřena regulačním uzlem znázorněným na Obr. 14. Regulační uzel má za úkol udržovat stálý přetlak vůči soustavě hlavního rozvodu a tím i správnou funkci topného okruhu. Další regulací je regulace teploty, o tu se stará digitální regulátor Latherm s čidlem venkovní a vnitřní teploty. Regulátor řídí teplotu otopné vody na přívodu do topného okruhu pomocí trojcestné směšovací armatury. Podrobný návrh armatur a oběhových čerpadel je uvedený v příloze č. 3. Podrobný výčet jednotlivých armatur pro všechny regulační uzly viz výkresová dokumentace. Čerpadla byla navržena pomocí webové aplikace GRUNDFOS PRODUCT CENTER [8].



Obr. 14 Tlakový regulační uzel

7.2 Dodávka tepelné energie

Dodávku tepelné energie bude obstarávat síť CZT. Aby bylo možné dobře regulovat výkon otopné soustavy uvnitř objektu, je nutné zajistit konstantní tlakové podmínky. V místě napojení na teplotní síť je tedy potřeba navrhnout zařízení, které bude tuto tlakovou diferenci udržovat. Principiální schéma je uvedeno na Obr. 15. Řešení tohoto regulačního uzlu nebylo předmětem diplomové práce. Regulační uzel bude ve vlastnictví provozovatele sítě CZT a jeho cena se bude promítat v ceně odebírané energie.



Obr. 15 Napojení objektu na soustavu CZT (5 - zpětná klapka, 6 - kulový kohout, 7 - filtr, 9 - snímač teploty, 10 - manometr, 11 - měřič spotřeby tepla, 12 - diferenční manometr)

7.3 Návrh rozvodů otopné vody

Návrh centrálního rozvodu otopné vody byl proveden metodou rychlostí tak, aby rychlost v potrubí nepřesáhla 1 m/s. Potrubí je ocelové, po obou stranách pozinkované. Spojování je provedeno lisováním a je zavěšeno pomocí závěsného systému Lindab FHT pod stropní konstrukcí viz výkresová dokumentace (č. výkresu 6-TŽP -4).

Kompletní soupis veškerého použitého materiálu pro realizaci vytápění horkovodními sálavými panely je podrobně popsán v příloze č. 6.

8. NÁVRH TMAVÝCH PLYNOVÝCH ZÁŘIČŮ

Návrh tmavých plynových zářičů je téměř totožný s návrhem horkovodních sálavých panelů popsaném v kapitole 7. Návrh plynových zářičů respektuje postup popsany v literatuře [6]. Výpočet je především odlišný ve výpočtu výkonu zářiče Q_{inst} který je popsán rovnicí (8).

$$Q_{inst} = \frac{C_1 \cdot (t_g - t_{ev}) \cdot A \cdot Q_{celk}}{0,014 \cdot \varepsilon_k \cdot (t_g - t_{ev}) \cdot A - f \cdot Q_{celk}} \quad (8)$$

kde:

Q_{inst}	[W]	instalovaný výkon;
C_1	[-]	součinitel zohledňující druh použitého zářiče;
t_g	[°C]	výsledná teplota;
A	[m ²]	plocha vytápěného prostoru;
Q_{celk}	[W]	celková tepelná ztráta;
ε_k	[-]	součinitel využití spalin;
f	[-]	součinitel zohledňující zavěšení zářiče.

Součinitel f zohledňující zavěšení zářiče lze buď vypočítat podle vztahu (9), nebo jej lze zvolit podle typu zářiče z Tab. 9

$$f = \eta_s \cdot \Phi \cdot A_s \cdot K \quad (8)$$

kde:

η_s	[-]	sálavá účinnost;
Φ	[-]	střední sálavý účinek;
A_s	[-]	poměr osálání;
K	[-]	konstanta.

Tab. 8 Střední sálavý účinek

Φ	vodorovně	0,4
	šikmo	0,7

Tab. 9 Součinitele pro výpočet instalovaného výkonu Q_{inst}

Záříč		T-N	T-I	S-O	S-DN	S-DI
η_s	vodorovně	0,63	0,72	0,58	0,67	0,82
	šikmo	0,58	0,67	0,55	0,62	0,78
f	vodorovně	0,190	0,217	0,174	0,193	0,195
	šikmo	0,307	0,355	0,277	0,313	0,325
f'	vodorovně	0,214	0,245	0,197	0,228	0,279
	šikmo	0,345	0,398	0,327	0,369	0,464
K	-	0,89	0,89	0,88	0,85	0,70
A_s	-	0,85				
C_1	-	0,0122	0,0120	0,0125	0,0119	0,0098

kde:

- T-N tmavý záříč, neizolovaný;
T-I tmavý záříč, izolovaný;
S-O světlý záříč s otevřenou komorou;
S-DN světlý záříč s delta komorou, neizolovaný;
S-DI světlý záříč s delta komorou, izolovaný.

Další odlišností plynových záříčů je jejich nerovnoměrné rozložení povrchové teploty po délce záříče. To je obzvláště patrné u záříčů typu I. Je proto nutné s tímto faktem počítat již při prvotním návrhu a rozmístování záříčů. Velice dobře se tyto záříče hodí umístit kolmo k ochlazované stěně tak, aby hořáková komora směřovala právě k této ochlazované konstrukci. Jelikož je nejvyšší teplota na začátku záříče u spalinové komory, je zde vyzářena větší část výkonu, než je tomu na konci záříče u spalinového ventilátoru.

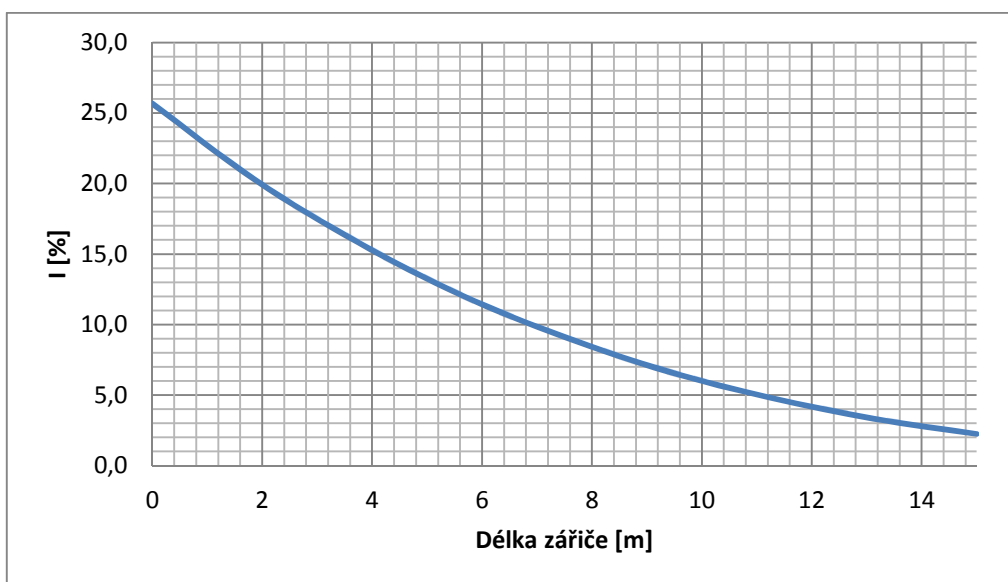
Abychom si mohli problém lépe představit, lze si zjednodušeně ukázat, kolik výkonu plynový záříč vyzáří po celé svojí délce. Jako modelový záříč nám poslouží tmavý plynový záříč typu I. Záříč bude mít na začátku u spalovací komory teplotu 560 °C a na konci u spalinového ventilátoru 180 °C. Budeme uvažovat lineární pokles povrchové teploty po celé délce záříče, zde se jedná o určité zjednodušení problému, ve skutečnosti by pokles povrchové teploty lineární nebyl. Vycházet budeme ze Stefanova-Boltzmannova zákona (9). Z této rovnice si vypočítáme množství vyzářené energie. Tato vyzářená energie je přepočtena na procenta a je vynesena v závislosti na délce záříče v Obr. 16. Z grafu je patrné, že na prvních dvou metrech délky záříč vyzáří přibližně 23 % svého celkového zářivého výkonu. To je

téměř čtvrtina výkonu na zhruba 13 % délky zářiče. Proto je nutné zářiče typu I rozmisťovat tak, aby se jejich nevyrovnaný zářivý tok vzájemně alespoň trochu kompenzoval, nebo jak je již popsáno výše, umisťovat zářiče tak aby jejich teplejší část ozařovala ochlazovanou konstrukci.

$$I = \sigma \cdot T^4 \quad (9)$$

kde:

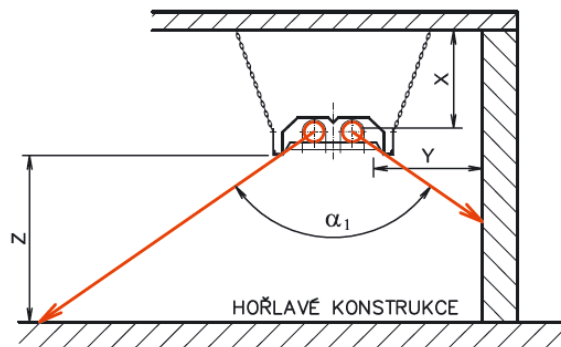
I [W/m ²]	hustota zářivého toku;
σ [W/m ² K ⁴]	Stefanova-Boltzmanova konstanta;
T [K]	termodynamická teplota.



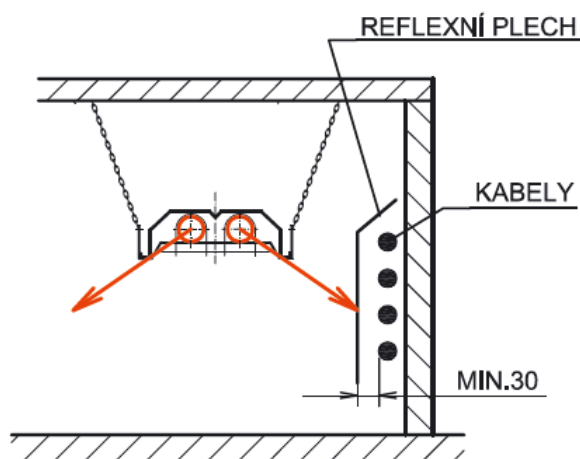
Obr. 16 Závislost hustoty zářivého toku na délce zářiče

Vzhledem k mnohem vyšší povrchové teplotě tmavých zářičů, je třeba dávat veliký pozor, aby zářiče neměli destruktivní vliv na materiály nacházející se v jejich bezprostřední blízkosti [1]. Minimální vzdálenosti tmavých zářičů od stavebních konstrukcí jsou uvedeny v Obr. 17. Pokud se v blízkosti zářičů nacházejí elektrorozvody nebo jiné izolované vodiče, nemela by jejich teplota překročit 35 °C. Pokud se kabely nacházejí blíže než 1500 mm v oblasti jádrového sálání, nebo 900 mm mimo tuto oblast je nutné kabely zakrýt reflexním zákrytem, jak je znázorněno na Obr. 18. V některých provozech jsou zářiče umístěny v bezprostřední

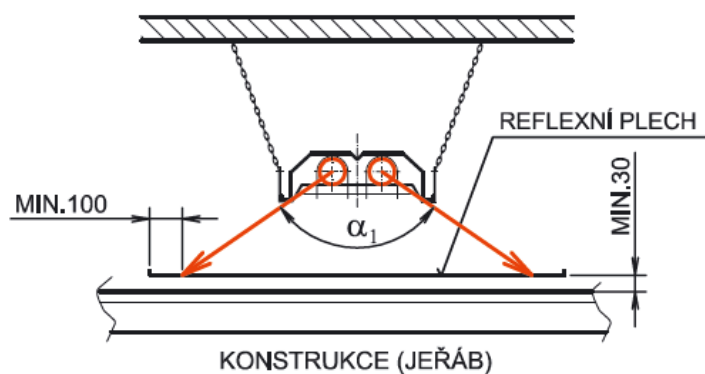
vzdálenosti od jeřábové dráhy. I zde musí být všechny konstrukce, které nevyhovují požadavku bezpečné vzdálenosti opatřeny reflexními zákryty. Zákryty jsou nejčastěji z nerezového plechu a jejich přesah přes chráněnou konstrukci by měl být minimálně 100 mm. Schéma reflexního zákrytu jeřábové dráhy je na Obr. 19.



Obr. 17 Vzdálenosti od nehořlavých konstrukcí ($x=800$ mm pro vodorovné zavěšení, $x=1200$ mm pro šikmé zavěšení, $y=1000$ mm, $z=2000$) [1, str. 231]



Obr. 18 Ochrana kabelů proti sálání [1, str. 231]



Obr. 19 Ochrana jeřábové dráhy proti sálání [1, str. 232]

8.1 Přívod spalovacího vzduchu a odkouření plynových záříčů

Z bezpečnostních důvodů jsou všechny navržené plynové záříče v objektu provozovány jako plynové spotřebiče typu C, tedy s přívodem spalovacího vzduchu z venkovního prostoru. Jelikož je většina použitých plynových záříčů typ I je potřeba záříče opatřit odděleným systémem odkouření a systémem nasávání spalovacího vzduchu. V hale H6 jsou instalovány záříče typu U, zde je možné je opatřit sdruženým systémem odkouření a přívodu spalovacího vzduchu TURBO. Oba systémy jsou vyvedeny přes stropní konstrukci ven z objektu.

8.2 Návrh rozvodu plynu

Rozvod plynu je v objektu rozdělen na dvě části. První je středotlaký páteřní rozvod plynu, na výkresech označován čísly úseků (viz výkresová dokumentace č. 6-TŽP-3), který byl navrhnout metodou rychlostí tak, aby rychlost proudícího plynu nepřesáhla 15 m/s. Druhá nízkotlaká část plynovodu začíná vždy v jednotlivé zóně za tlakovým regulačním uzlem STL/NTL (viz výkresová dokumentace č. 6-TŽP-3). Nízkotlaká část plynovodu je navrhována pomocí měrné tlakové ztráty 5 Pa/m. Návrhy plynovodu respektují normu TPG 407 01-5 [7]. Potrubí je ocelové, svařované a je vedené pod stropní konstrukcí pomocí závěsného systému Lindab FHT.

Kompletní soupis veškerého použitého materiálu pro realizaci vytápění tmavými plynovými záříči je podrobně popsán v příloze č. 7.

8.3 Regulace plynových záříčů

V průběhu otopného období dosahují venkovní teploty málokdy až k hranici venkovní výpočtové teploty, na kterou je systém vytápění navržený. Regulace má za úkol tyto výkyvy venkovních teplot kompenzovat tím, že snižuje výkon záříčů. Regulace má zásadní vliv na hospodárnost provozu, rozmístění čidel a rozdělení záříčů do zón je tedy zásadní. Čidlo regulátoru by nemělo být umístěno tam, kde je možnost že jej bude ovlivňovat průvan popřípadě přímé sluneční záření. Mělo by ale být umístěno v oblasti jádrového sálání záříče, který bude pro toto čidlo referenční. Čidla lze umisťovat také např. k vratům kvůli rychlejší reakci na snížení teploty při jejich otevření, tyto regulátory fungují pouze na principu měření teploty vzduchu. Naopak čidla umisťovaná v prostoru měří i vliv sálání a regulují tedy na výslednou teplotu. Pokud je to potřeba, lze jednotlivé záříče podle potřeby ručně úplně vypnout.

To však nejde provést u referenčního zářiče, aniž by se nevypnula celá, jemu příslušící sekce. Proto je velice důležité zvážit, kde bude čidlo umístěno [1].

9. POSOUZENÍ HYGIENICKÝCH PODMÍNEK

Z hygienického hlediska je sálavé vytápění omezeno maximální hodnotou osálení temene hlavy I_S podle rovnice (10). Maximální přípustná hodnota $I_S = 200 \text{ W/m}^2$. Kontrola, zda nejsou překročeny povolené hodnoty, je uvedena v příloze č. 8.

$$I_S = \frac{Q \cdot \eta_S}{A} \quad (10)$$

kde:

I_S [W/m^2]	intenzita osálení;
Q [W]	instalovaný výkon sálavého vytápění;
η_S [-]	sálavá účinnost;
A [m^2]	podlahová plocha.

10. STANOVENÍ CELKOVÉ POTŘEBY TEPLA

Za účelem stanovení provozních nákladů, je velice důležité zjistit, kolik bude stát tepelná energie jednotlivých systémů vytápění. Abychom to mohli zjistit, je nejprve nutné vypočítat celkovou potřebu tepelné energie. Pro výpočet celkové potřeby tepla na vytápění byla použita denostupňová metoda, která vychází z rovnice (11). Dále je ve výpočtu celkové potřeby tepla na vytápění zahrnut fakt, že se jedná o převážně sálavé soustavy vytápění. To zohledňuje upravený výpočet podle normy DIN 18599-5. Při výpočtu denostupňovou metodou se koeficienty e_b , e_d a e_i běžně volí. Aby bylo vypočtené množství energie pokud možno co nejbližší reálným hodnotám, budou tyto koeficienty pro jednotlivé systémy vypočteny.

$$Q_{h,b} = 24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \frac{d(t_g - t_{es})}{t_g - t_{ev}} \cdot e_t \cdot e_d \cdot e_i \quad (11)$$

kde:

$Q_{h,b}$	[J]	potřeba tepelné energie;
Q_c	[W]	celková tepelná ztráta;
d	[-]	počet dnů otopného období;
t_g	[°C]	vnitřní střední teplota vzduchu;
t_{es}	[°C]	střední venkovní teplota za otopné období;
t_{ev}	[°C]	venkovní výpočtová teplota;
e_t	[-]	součinitel na snížení vnitřní teploty;
e_d	[-]	součinitel na zkrácení doby provozu;
e_i	[-]	součinitel na nesoučasnost přírážek.

10.1 Výpočet potřeby tepla

10.1.1 Výpočet opravných součinitelů

Uvedený výpočet je proveden pro stanovení opravných součinitelů pro vytápění horkovodními sálavými panely. Podrobné výpočty všech opravných součinitelů pro jednotlivé systémy vytápění jsou uvedeny v příloze č. 4.

Součinitel na snížení vnitřní teploty:

$$e_t = \frac{t_{et}}{t_i} = \frac{17,38}{20} = 0,869 \quad (12)$$

$$t_{et} = \frac{\sum \tau \cdot t}{\sum h} = \frac{(16 \cdot 20 + 8 \cdot 15) \cdot 5 + 2 \cdot 24 \cdot 15}{24 \cdot 7} = 17,38 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (13)$$

kde:

t_{et} [°C] snížená teplota vzduchu;

τ [h] čas;

t [°C] požadovaná výsledná teplota v daném režimu provozu;

t_i [°C] původní teplota vnitřního vzduchu.

Součinitel na zkrácení doby provozu:

$$e_d = \frac{d_p - d_v}{d_p} = \frac{33 \cdot 5 - 32 \cdot 2}{33 \cdot 5} = 0,612 \quad (14)$$

kde:

d_p [-] dny provozu;

d_v [-] dny volna.

Součinitel nesoučasnosti přirážek:

$$e_i = \frac{e_{i1} + e_{i2}}{2} \quad (15)$$

$$e_{i1} = \frac{Q_0}{Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)} = \frac{418,5}{438,8} = 0,954 \quad (16)$$

kde:

e_{i1} [-] dílčí součinitel nesoučasnosti přirážek;

Q_0 [W] základní tepelná ztráta;

p_1 [-] přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn;

p_2 [-] přirážka na urychlení zátopy;

p_3 [-] přirážka na světovou stranu.

$$e_{i2} = \frac{Q_v}{Q_c} = \frac{467,0}{899,2} = 0,519 \quad (17)$$

kde:

e_{i2} [-] dílčí součinitel nesoučasnosti přírážek;

Q_v [W] tepelná ztráta větráním.

$$e_i = \frac{e_{i1} + e_{i2}}{2} = \frac{0,954 + 0,519}{2} = 0,737 \quad (18)$$

Pro výpočet potřeby tepelné energie budeme dále potřebovat následující údaje:

$$d = 229$$

$$t_g = 20 \text{ °C}$$

$$t_{es} = 3,9 \text{ °C}$$

$$t_{ev} = -10 \text{ °C}$$

Po dosazení do rovnice (11) dostaneme

$$Q_{h,b} = 24 \cdot 3600 \cdot 905700 \cdot \frac{229(20 - 3,9)}{20 - (-10)} \cdot 0,869 \cdot 0,612 \cdot 0,74 = 3784,78 \text{ GJ} \quad (19)$$

10.1.2 Zohlednění druhu vytápění dle normy DIN 18599-5

Norma DIN 18599-5 zohledňuje pomocí několika opravných součinitelů způsob distribuce tepelné energie do prostoru. Zohlednění rozdílných způsobu distribuce se také projeví v celkové spotřebě tepla na vytápění.

Stanovení celkové potřeby tepelné energie na vytápění $Q_{h,outg}$

$$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} \quad (20)$$

kde:

$Q_{h,outg}$	[kWh]	potřeba tepelné energie;
$Q_{h,b}$	[kWh]	potřeba tepla;
$Q_{h,ce}$	[kWh]	tepelné ztráty regulací a dodávkou do prostředí;
$Q_{h,d}$	[kWh]	tepelné ztráty distribucí;
$Q_{h,s}$	[kWh]	tepelné ztráty akumulací;

Pro naše účely (sálavý způsob vytápění) lze rovnici (20) upravit za předpokladu následujícího zjednodušení.

$$Q_{h,s} = 0 \quad (21)$$

$$Q_{h,d} = 0,05 \cdot Q_{h,b} \quad (22)$$

Pro srovnání s teplovzdušným vytápěním se použije odlišný výpočet $Q_{h,d}$ z rovnice (22).

$$Q_{h,d} = 0,1 \cdot Q_{h,b} \quad (23)$$

Z rovnic (20), (21) a (22) tedy dostaneme výsledný vztah pro výpočet celkové potřeby tepelné energie na vytápění $Q_{h,outg}$ pro sálavý způsob vytápění.

$$Q_{h,outg} = 1,05 \cdot Q_{h,b} + Q_{h,ce} \quad (24)$$

Stanovení dodatkové tepelné ztráty regulací a dodávkou tepla $Q_{h,ce}$

$$Q_{h,ce} = \left(\frac{f_{radiant} \cdot f_{int} \cdot f_{hydr}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,b} \quad (25)$$

kde:

$f_{radiant}$	[-]	činitel zohledňující efekt sálání;
f_{int}	[-]	činitel zohledňující přerušovaný povoz;
f_{hydr}	[-]	činitel zohledňující hydraulické vyvážení soustavy;
$\eta_{h,ce}$	[-]	celková účinnost dodávky tepla.

Činitel $f_{radiant}$ je relevantní pouze v případech vytápění rozlehlých prostor s výškou větší než 4 m. Činitel f_{int} se, zde rozumí snížení teploty ve vnitřním prostoru v určitém časovém období jako je například útlumový režim přes noc. V tomto výpočtu je již $f_{int}=1$, protože je tato skutečnost již zahrnuta ve výpočtu opravného součinitele na snížení vnitřní teploty e_t v rovnici (12) v kapitole výpočtů opravných součinitelů. Činitel f_{hydr} zohledňuje, zda je daná soustava tlakově vyvážená nebo nikoliv, pokud ano, součinitel $f_{hydr}=1$, pokud soustava hydraulicky vyvážená není, projeví se to právě tímto součinitelem. Hodnoty jednotlivých součinitelů byly voleny dle Tab. 10.

Tab. 10 Hodnoty součinitelů pro stanovení dodatkových tepelných ztrát $Q_{h,ce}$

	f_{hydr}	f_{int}	$f_{radiant}$
převážně sálavé vytápění	1	1	0,85
Teplovzdušné vytápění	1	1	1

Stanovení celkové účinnosti dodávky tepla to vytápěného prostoru $\eta_{h,ce}$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{(4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B))} \quad (26)$$

kde:

η_L	[-]	částečná účinnost zohledňující vertikální gradient teploty vzduchu;
η_C	[-]	částečná účinnost zohledňující způsob regulace teploty v zóně;
η_B	[-]	částečná účinnost zohledňující měrné tepelné ztráty přes vnější prvky.

Všechny výše uvedené hodnoty částečných účinností se volí dle normy DIN 18599-5 [5], pro názornost jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11 Hodnoty částečných účinností z normy DIN 18599-5[5]

Parameters			Part efficiencies					
			η_L				η_C	η_B
			4 m	6 m	8 m	10 m		
Space temp. control	Uncontrolled						0,80	
	Two-step controller						0,93	
	P controller (2 K)						0,93	
	P controller (1 K)						0,95	
	PI controller						0,97	
	PI controller with optimum tuning						0,99	
Heating systems	Warm air heating	Air outlet at the side	0,98	0,94	0,88	0,83		1
	Air distribution with normal induction ratio	Air outlet above	0,99	0,96	0,91	0,87		1
	Warm air heating	Air outlet at the side	0,99	0,97	0,94	0,91		1
	Air distribution with controlled vertical recirculation	Air outlet above	0,99	0,98	0,96	0,93		1
	Ceiling mounted radiant panels		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Radiant tube heaters		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Luminous radiant heaters		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Underfloor heating (with a high level of thermal insulation)	Integrated floor heating	1,00	0,99	0,97	0,96		0,95
	Thermally decoupled underfloor heating						1	

Výpočet potřeby tepla – horkovodní sálavé panely

Ukázka výpočtu celkové potřeby tepelné energie na vytápění pro systém s horkovodními sálavými panely Kotrbatý[®] KSP. Podrobný výpočet celkové potřeby tepla pro jednotlivé systémy je podrobně vyřešen v příloze č. 5.

Nejprve stanovíme celkovou účinnost dodávky tepla $\eta_{h,ce}$. Dosazením příslušných dílčích účinností do rovnice (26) získáme,

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{(4 - (0,965 + 0,990 + 1,000))} = 0,957. \quad (27)$$

Poté vypočteme dodatkové tepelné ztráty regulací a dodávkou tepla $Q_{h,ce}$. Dosazením příslušných součinitelů do rovnice (25), celkové účinnosti z rovnice (27) a potřeby tepelné energie z rovnice (19) (v MWh/rok !), získáme,

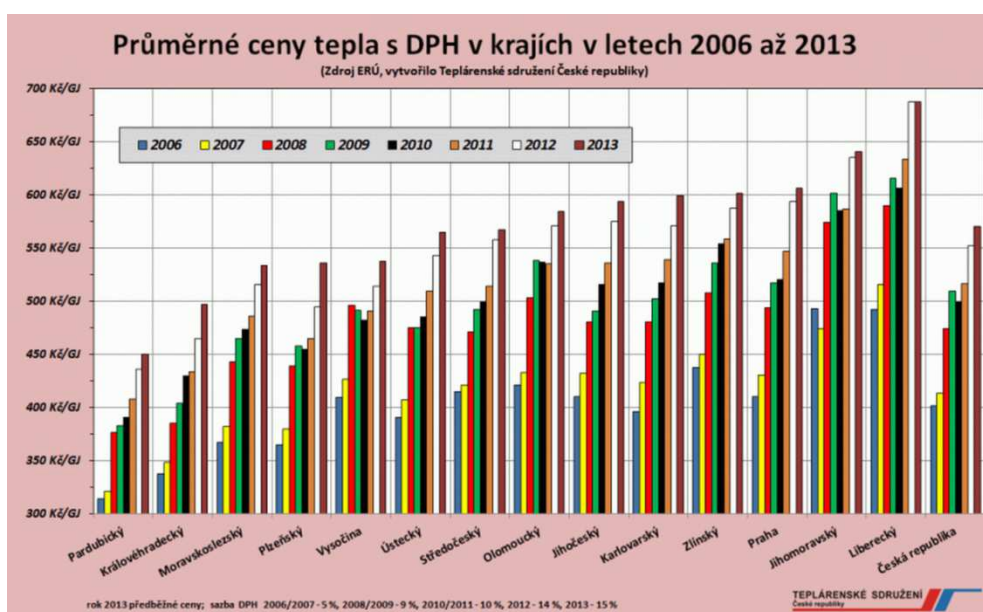
$$Q_{h,ce} = \left(\frac{0,85 \cdot 1 \cdot 1}{0,957} - 1 \right) 1051,3 = -117,5 \frac{MWh}{rok} \quad (28)$$

Nyní již lze vypočítat celkovou spotřebu tepelné energie na vytápění $Q_{h,outg}$. Dosazením do rovnice (24) získáme,

$$Q_{h,outg} = 1,05 \cdot 1051,3 - 117,5 = 986,4 \frac{MWh}{rok} \Rightarrow 3551,1GJ. \quad (29)$$

11. STANOVENÍ CENY ENERGIE

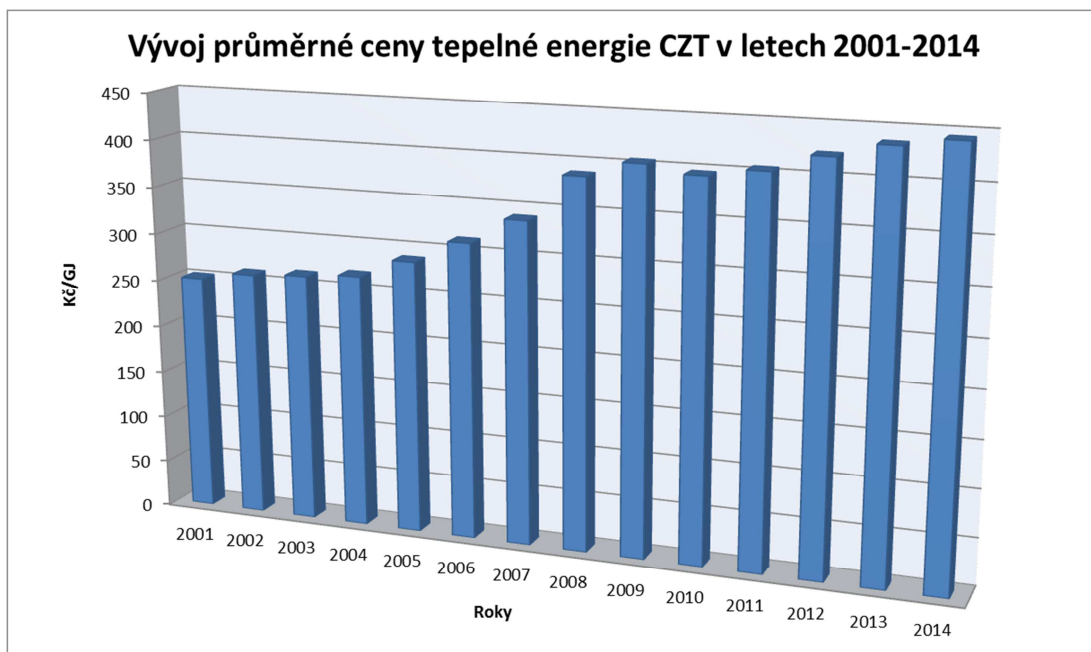
Pro určení provozních nákladů jednotlivých systémů vytápění bude mít cena energie zásadní vliv. I přesto že se řešený objekt nachází v Německu, budou pro určení ročních nákladů na vytápění použity ceny energie plané v ČR. Hlavním důvodem je špatná dostupnost relevantních informací o dostupných cenách energie v Německu. Ceny energie v ČR byly stanoveny pomocí dlouhodobých průměrů Teplárenského sdružení [9] (Obr. 20), Českého plynárenského svazu a Energetického regulačního úřadu [10]. Cena tepelné energie ze sítě CZT byla stanovena ve výši 500 Kč/GJ. Cena plynu pro takto velký průmyslový objekt byla stanovena ve výši 11,5 Kč/m³. Cena elektrické energie pro podnikatele ve výši 3,5 Kč/kWh. Ceny jsou uvedeny bez DPH. Podrobný výpočet ceny tepelné energie pro oba systémy je uveden v příloze 5.



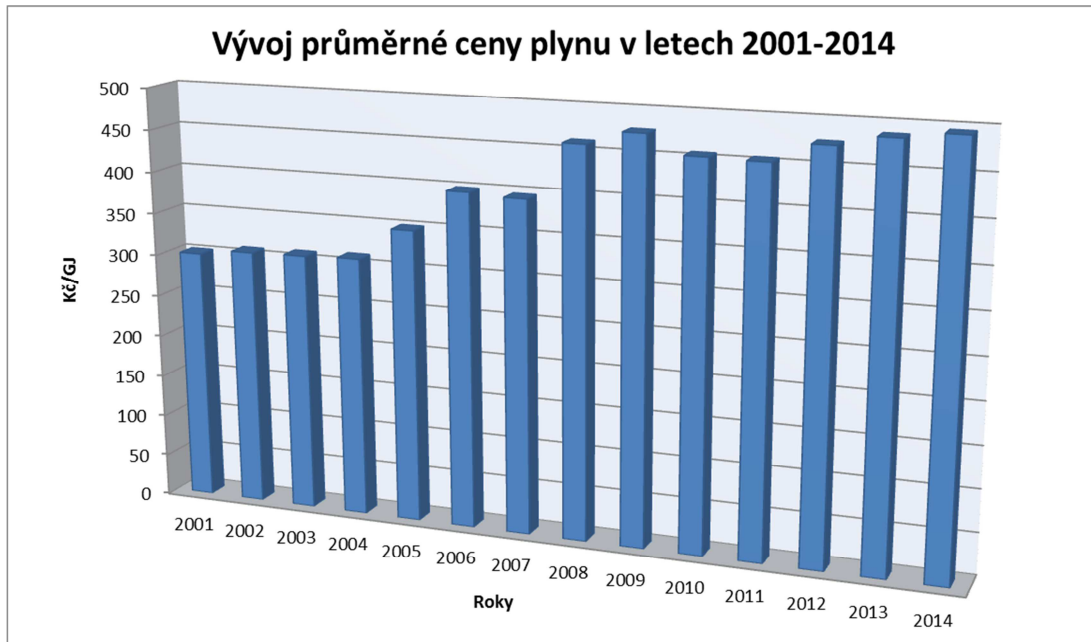
Obr. 20 Průměrné ceny tepla v krajích 2006-2013[9]

11.1 Růst ceny energie

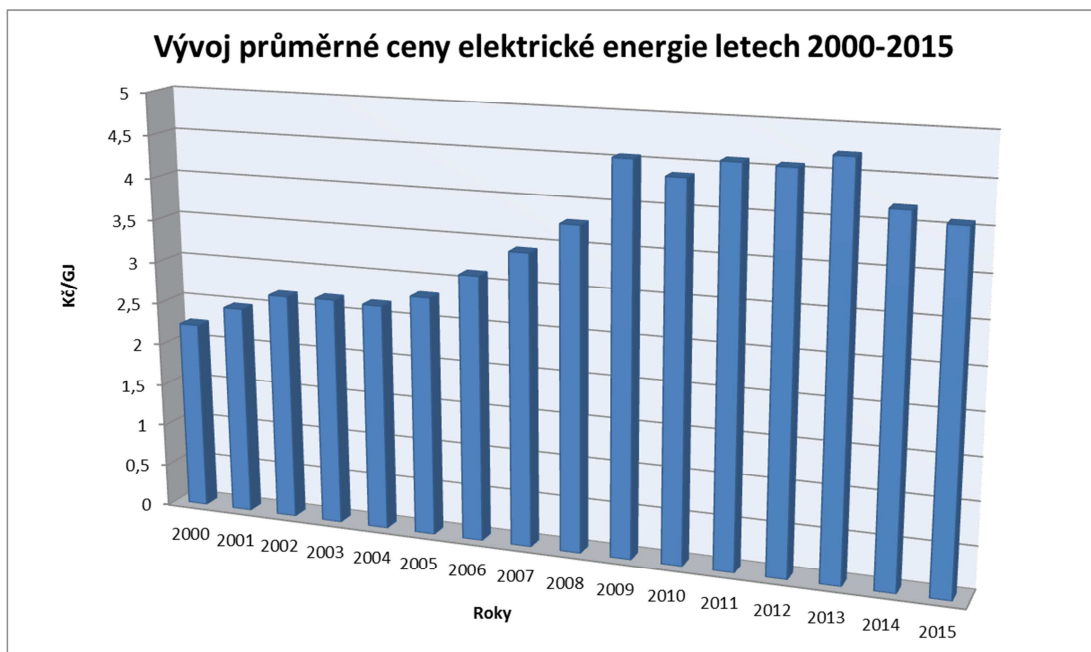
Vzhledem k době životnosti projektu 30 let je také potřeba brát ohled na každoroční růst cen energie. Stanovit přesnou cenu energie do budoucna je nemožné, lze ji ale odhadnout z vývoje cen za určité, již uplynulé období. Pro výpočet meziročního zvyšování ceny energie z CZT a plynu byla použita data Energetického regulačního úřadu [10] za posledních 14 let. Pro výpočet meziročního zdražování elektrické energie byla použita data Energetického regulačního úřadu a kalkulátoru cen energie [14]. Grafy na Obr. 21, Obr. 22 a Obr. 23 ukazují ceny energie z CZT, plynu a elektřiny v jednotlivých letech, ze kterých bylo vypočteno přibližné procento meziročního navýšení cen. Meziroční zdražování energií z CZT bylo stanoveno ve výši 5,5 %, plynu o 6,0 % a elektřiny o 5,2 %. Zdražování tepla z CZT a plynu bude mít velký vliv na provozní náklady, tvoří totiž hlavní složku veškerých provozních nákladů na vytápění. V neposlední řadě bude mít vliv také inflace. Zařízení je třeba v průběhu jeho životnosti servisovat. Životnost veškerého zařízení také nebude 30 let, například v případě čerpadel se předpokládá jejich životnost pouze 10 let. Po 10 letech bude tedy nutné pořídit čerpadla nová, ovšem za podstatně jinou částku. Tento jev zohledňuje inflaci. Míra inflace byla stanovena pomocí dat od Českého statistického úřadu [20], jako průměr všech meziměsíčních hodnot inflace v období od roku 2000 až do roku 2014. Hodnota inflace byla stanovena ve výši 2,5 % za rok. Míra diskontní sazby byla zvolena 5 %. Meziměsíční procentuální rozdíly inflace jsou uvedeny na Obr. 24.



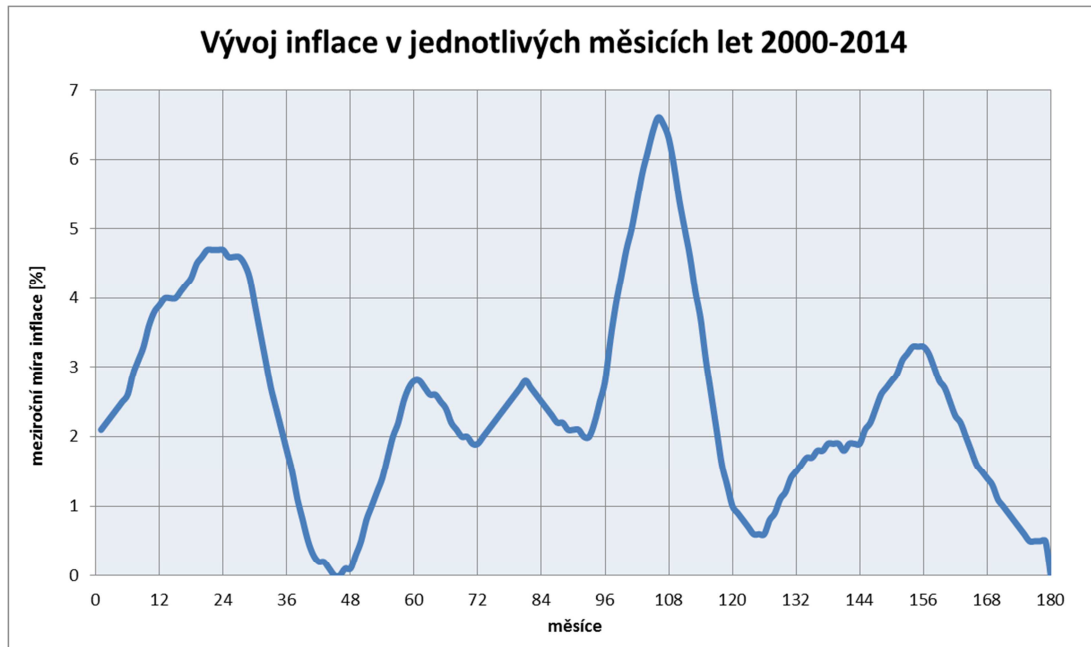
Obr. 21 Vývoj cen tepla z CZT v letech 2001-2014



Obr. 22 Vývoj cen plynu v letech 2001-2014



Obr. 23 Vývoj průměrné ceny elektrické energie v letech 2000-2015

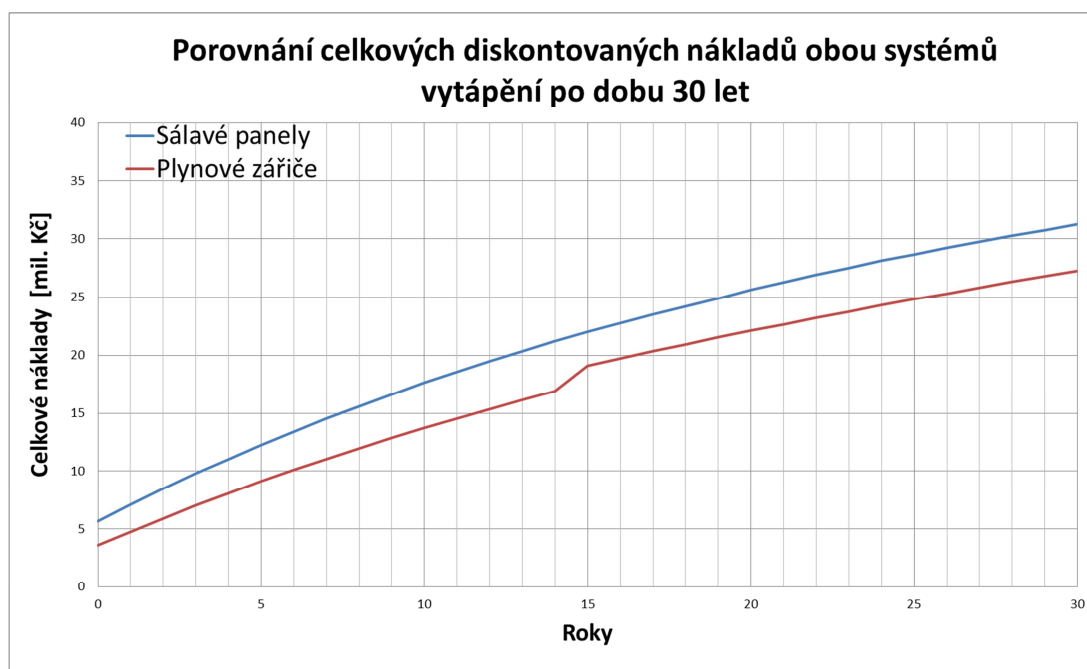


Obr. 24 Vývoj inflace

12. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

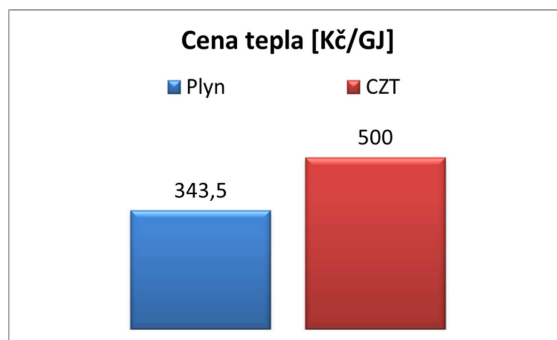
12.1 Doba návratnosti

Doba návratnosti projektu představuje tradiční metodu hodnocení investic. Jedná se o metodu přibližného odhadu o tom, jak dlouho bude ohrožen počáteční investiční kapitál. Zjednodušeně se jedná o údaj, za jak dlouho se námi vložené finanční prostředky vrátí zpět. Existují dvě základní varianty této metody, prostá doba návratnosti a diskontovaná doba návratnosti. Prostá doba návratnosti je nejjednodušší způsob stanovení doby návratnosti, ale také méně vhodnou. Jedná se totiž o tzv. statickou metodu, která nebere v úvahu faktor času ani rizika. Používá se pouze pro rychlé orientační zhodnocení krátkodobých investice s minimálním rizikem nebo pro rychlou kontrolu, zda se daným projektem vůbec zabývat. Vhodnější metodou je diskontovaná doba návratnosti. Tato metoda je oproti prosté době návratnosti založena na diskontním peněžním toku. Za dobrou investici je považována taková, jejíž diskontovaná doba návratnosti je kratší než samotná životnost daného projektu. Kvantifikace diskontované doby návratnosti se nejlépe hodnotí pomocí průběžných peněžních toků v jednotlivých letech, jejich diskontovaných hodnotách a jejich diskontovaných kumulativních hodnotách [13]. Bohužel ani tato metoda není pro náš případ vhodná. Je to z důvodu, že při prvním porovnání jak pořizovacích tak provozních nákladů obou variant je jasně patrné, že minimálně v krátkém období je výhodnější varianta s tmavými plynovými zářiči. To ovšem nemusí platit v horizontu celé životnosti projektu, který byl stanoven na 30 let, což je zároveň doba životnosti sálavých panelů. Hlavními proměnnými budou různě dlouhé doby životnosti jednotlivých komponent, jako jsou hlavně čerpadla a plynové zářiče. Předpokládaná doba životnosti čerpadel se pohybuje kolem 10 let, po této době bude potřeba pořídit čerpadla nová. Obdobné to bude s plynovými zářiči, jejichž předpokládaná životnost se pohybuje kolem patnácti let. I zde bude nutné po této době nutné koupit zářiče nové. Další neméně důležitou skutečností je i odlišné zdražování jednotlivých energií. V neprospěch plynových zářičů je také nutné zahrnout náklady na jejich každoroční servis, které u sálavých panelů odpadají. Všechny tyto a další skutečnosti zohledňuje graf na Obr. 25.



Obr. 25 Porovnání celkových diskontovaných nákladů na vytápění

Počátek vývoje celkových nákladů v roce 0 udávají pořizovací náklady obou variant. Na další vývoj celkových nákladů mají primární vliv náklady provozní a to hlavně náklady na tepelnou energii z CZT u sálavých panelů a plynu v případě tmavých zářičů. Z grafu je jasně patrné odlišné procento zdražování jednotlivých druhů energie, které mají vliv na sklon obou křivek. Prudká změna nákladů u plynových zářičů po 15 letech provozu zobrazuje koupi, dopravu a montáž nových plynových zářičů po uplynutí jejich životnosti. Tyto náklady jsou odhadovány ve výši zhruba 3 milionů korun. I přes tuto skutečnost se ale stále vyplatí varianta vytápění tmavými plynovými zářiči. Pro výpočty veškerých cen nákladů byly použity výše uvedené faktory meziročního zdražování cen energie, inflace a diskontu. Inflace bude ovlivňovat ceny nově pořízených komponent a servisní náklady. Pokud bychom porovnali celkové náklady na vytápění řešeného objektu po uplynutí doby životnosti obou systémů, po 30 letech, činil by rozdíl téměř 4 milióny korun ve prospěch právě tmavých plynových zářičů. Je to způsobeno cenou dané energie, jak je patrné z Obr. 26.



Obr. 26 Ceny tepelné energie

13. VÝHODY A NEVÝHODY OBOU SYSTÉMŮ

Každý ze systémů má své klady a zápory. Ať už se jedná o pořizovací cenu, složitost nebo časovou náročnost montáže, nebo nároky na servis. Jednotlivé výhody a nevýhody obou systémů vytápění budou stručně popsány v následujících kapitolách.

13.1 Výhody a nevýhody horkovodních sálavých panelů

Jedna z prvních nevýhod sálavých panelů spočívá v samotné dopravě na místo realizace projektu. Kvůli velkému počtu panelů je třeba vypravit minimálně 3 kamiony, což se negativně projeví na ceně dopravy. S velkým počtem panelů také souvisí mnohem složitější (zdlouhavější a dražší) montáž. Naopak výhodou je, že nepotřebují žádné průchody střešní konstrukcí (systém odkouření) a nemůže tak docházet k zatékání do objektu. Pokud budeme srovnávat rozvod otopné vody s rozvodem plynu i zde je výhoda na straně sálavých panelů. Potrubí pro sálavé panely lze spojovat pouze lisováním oproti nutnosti svařovaného plynovodu pro tmavé zářiče. Hlavní výhodou sálavých panelů je jejich bezúdržbový provoz a celkově delší životnost (mimo nutnosti výměny čerpadel po cca 10 letech provozu). Jako další výhodu můžeme považovat použité potrubí pro rozvod otopné vody, které je oboustranně pozinkované a tudíž bezúdržbové. Zde by mohl nastat problém v případě, že by panely byly dodatečně použity k chlazení objektu v letních měsících. U vnitřně pozinkované oceli v tomto případě hrozí vznik nízkoteplotní bodové koroze. S možností chlazení se ovšem v tomto projektu vůbec nepočítalo. Oproti plynovým zářičům mají panely nevýhodu i v regulaci. V první řadě je to rychlost, sálavé panely budou vždy reagovat na skokovou změnu teploty v prostoru mnohem pomaleji než zářiče. Druhá nevýhoda pramení ze samotného zapojení panelů, protože

jsou panely zapojeny za sebou nelze je jednotlivě regulovat a už vůbec ne je jednotlivě úplně odstavit, jak to lze u plynových zářičů. Z důvodu mnohem větší plochy sálavého panelu bude prostor ozařován rovnoměrněji, než tomu bude u plynových zářičů. Poslední a rozhodující nevýhodou v tomto projektu použití horkovodních sálavých panelů jsou jejich vyšší pořizovací ale také provozní náklady. Vysoké provozní náklady jsou ovšem způsobeny cenovou politikou energetických společností nikoliv daného způsobu vytápění. Jinou cenu bychom kalkulovali v případě, že by teplo bylo dodávané například z lokální plynové kotelny.

13.2 Výhody a nevýhody tmavých plynových zářičů

Několik porovnání bylo již zmíněno v předchozí kapitole. Velkou výhodou plynových zářičů je jejich podstatně menší počet (42 zářičů oproti 332 sálavým panelům), to se nejvíce projeví v ceně jejich montáže. Cena dopravy bude také nižší avšak pouze minimálně oproti sálavým panelům (nutnost vypravit 2 kamiony). Sálavé panely totiž lze lépe skládat na sebe a využít tak větší prostor. Jak již bylo zmíněno výše, plynovod musí být svařovaný, další jeho nevýhodou je že bude potřebovat čas od času údržbu v podobě protikorozní ochrany. Velkou nevýhodou plynových zářičů je potřeba vyvedení systému odkouření a přísunu spalovacího vzduchu přes střešní konstrukci. Tím spíše, že je ve většině případů použit zářič typu I. Z tohoto důvodu musí být kvůli každému zářiči narušena střešní konstrukce hned dvakrát. S použitím zářičů typu I souvisí další nevýhoda a to v podobě horšího osálení daného prostoru oproti sálavým panelům. Naopak výhodou plynových zářičů je jejich regulace viz výše. Každý zářič lze regulovat samostatně, popřípadě jej lze úplně vypnout (pokud se nejedná o referenční zářič, ke kterému je připojené čidlo teploty viz kapitola 8.3 *Regulace plynových zářičů*). Po investora bude nejdůležitější poslední výhoda systému vytápění plynovými tmavými zářiči a to jeho cena. I přesto, že bude po patnácti letech potřeba kompletní výměna všech plynových zářičů za nové, vyšly pro tento řešený případ daného objektu nižší jak pořizovací tak provozní náklady.

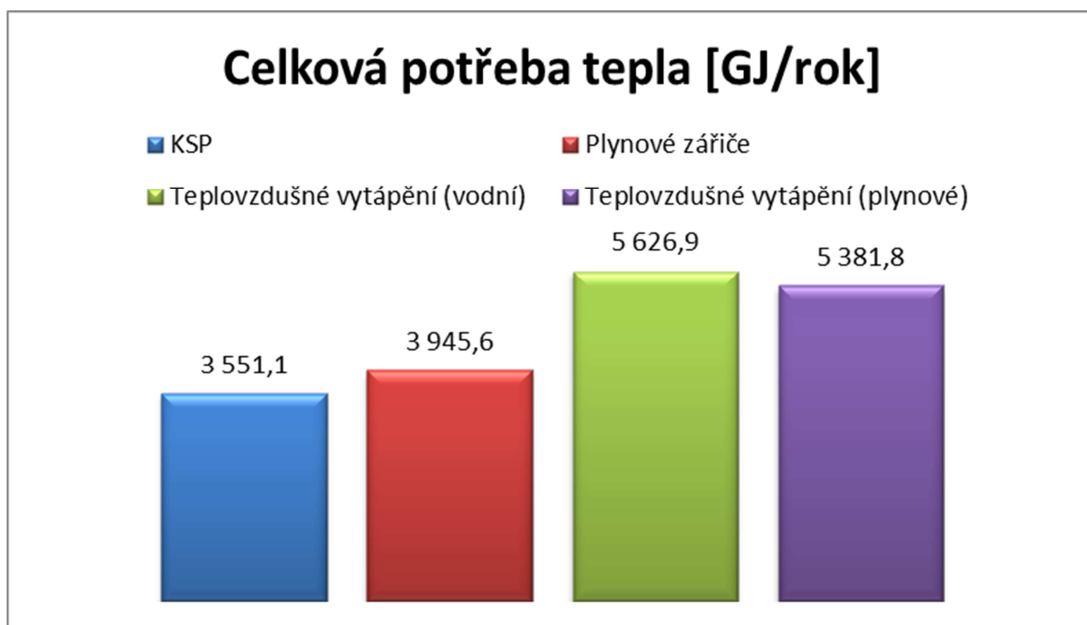
14. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a porovnat dva odlišné systémy sálavého vytápění průmyslové haly v Německém Alpeu. První způsob vytápění je řešen tmavými vysokoteplotními plynovými zářiči, druhý pomocí horkovodních sálavých panelů. V kapitole 4 jsou oba systémy stručně popsány v krátké rešerši, která se mimo jiné zabývá hlavně principem funkce jednotlivých zářičů, jejich rozdělením a pravidly pro rozmístování. Prvním krokem návrhu byl výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN 06 0210, jejichž hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2, Tab. 3 a Tab. 4. Jelikož daný objekt je pouze projekt, u kterého nebyla známá jeho přesná konstrukce a použité materiály, byly pro výpočet použity doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla $U [W/m^2K]$ převzaté z normy ČSN 73 0540-2 [12]. Následně byly kompletně navrženy oba systém vytápění a zkontrolovány hygienické podmínky zda nebyla překročena maximální intenzita osálení temene hlavy. Následovalo stanovení cen veškerého potřebného materiálu, dopravy a montáže obou systémů. Podrobné výpisy materiálů i s cenami jsou uvedeny v přílohách č. 6 a 7. Pro výpočet provozních nákladů byla nejprve stanovena potřeba tepla denostupňovou metodou upravenou pomocí normy DIN 18599-5, která zohledňuje několika opravnými součiniteli sálavý způsob distribuce tepelné energie do vytápěného prostoru. Další krokem výpočtu provozních nákladů bylo stanovení ceny jednotlivých energonositelů, jako je cena plynu, elektřiny a tepla z CZT. I přesto že se řešená hala nachází v Německu, byly použity ceny platné ČR. Hlavním důvodem je špatná dostupnost relevantních informací o Německých cenách energie. Pro stanovení jednotlivých cen a meziročního zdražování, byla použita dlouhodobá data Teplárenského sdružení, Českého plynárenského svazu a Energetického regulačního úřadu. Ceny a meziroční zdražení jednotlivých energonositelů jsou uvedeny v Tab. 12. Vliv na budoucí provoz bude mít také inflace. Pro její zjištění byla použita dlouhodobá data Českého statistického úřadu. Inflace byla stanovena ve výši 2,5 % ročně. Po zjištění pořizovacích a provozních nákladů byly oba systémy ekonomicky zhodnoceny pomocí metody diskontované doby návratnosti.

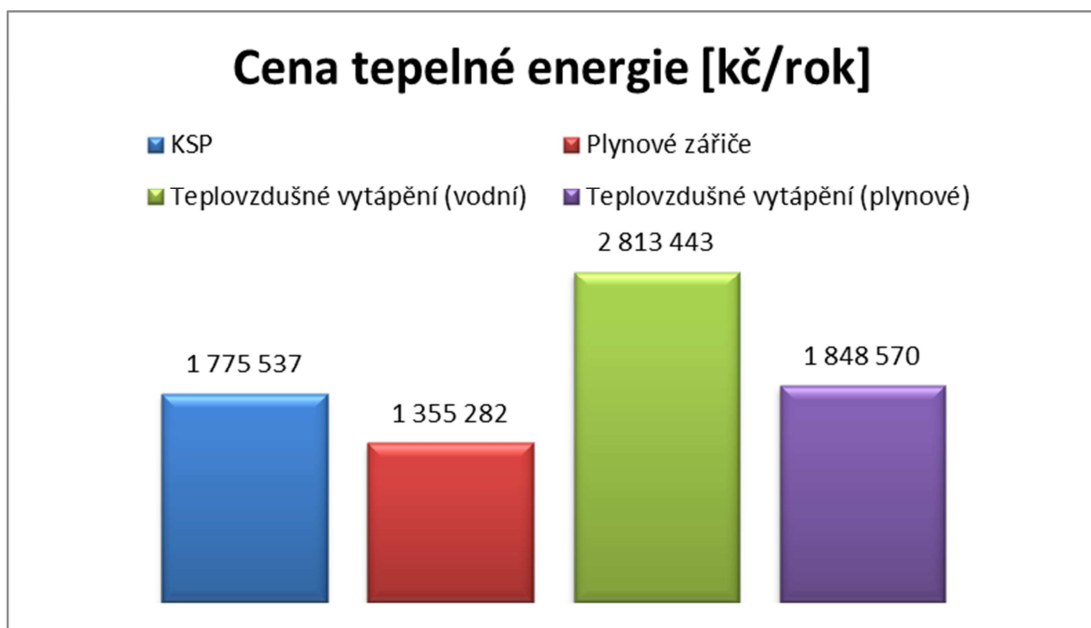
Tab. 12 Ceny jednotlivých energonositelů

Energonositel	Cena		Meziroční zdražování	
CZT	500,0	Kč/GJ	5,5	%
Plyn	343,5	Kč/GJ	6,0	%
Elektrina	3,5	kWh	5,2	%

Pro zajímavost je uvedeno srovnání (viz Obr. 27 a Obr. 28) navržených sálavých systémů se systémem vodního a plynového teplovzdušného vytápění. Srovnání je provedeno pouze pro potřebu tepla na vytápění upravenou denostupňovou metodou, nikoliv pro celkové náklady na vytápění! Velké rozdíly v množství dodané tepelné energie jsou způsobeny odlišným způsobem distribuce tepelné energie. V případě teplovzdušného vytápění je podstatně energeticky náročnější dosáhnout požadované tepelné pohody než v případě sálavého způsobu vytápění. Podrobné výpočty celkové potřeby tepla a jejich náklady jsou uvedeny v příloze č. 5. Vývoj celkových diskontovaných nákladů na vytápění řešeného objektu po celou dobu životnosti třiceti let je znázorněn na Obr. 25. Z obrázku je patrné, že i přes skutečnost že bude po patnácti letech nutná kompletní výměna všech plynových záříčů za nové a nutnosti každoročního servisu, je stále výhodnější varianta právě těchto vysokoteplotních plynových záříčů. Je to dáno velkým rozdílem ceny energie dodávané ze sítě CZT a ceny plynu jak je patrné z Obr. 26.



Obr. 27 Porovnání celkové potřeby tepla na vytápění jednotlivých systémů



Obr. 28 Porovnání cen tepelné energie jednotlivých systémů

Tab. 13 Celková potřeba tepla na vytápění pro jednotlivé systémy

KSP	986,4	MWh/rok	Plynové zářiče	1 096,0	MWh/rok
	3 551,1	GJ/rok		3 945,6	GJ/rok
	1 775 537	Kč/rok		1 355 282	Kč/rok
Teplovzdušné vytápění (vodní)	1 563,0	MWh/rok	Teplovzdušné vytápění (plynové)	1 494,9	MWh/rok
	5 626,9	GJ/rok		5 381,8	GJ/rok
	2 813 443,1	Kč/rok		1 848 570,1	Kč/rok

Tab. 14 Úspora sálavého způsobu vytápění oproti teplovzdušnému

	MWh/rok	GJ/rok	%	Kč/rok
KSP	508,5	1 830,7	32,5	73 033
Plynové zářiče	398,9	1 436,1	25,5	493 288

15. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Kotrbatý, M., Hojer, O., Kovářová, Z., *HOSPODAŘENÍ TEPLEM V PRŮMYSLU „Nejlevnější energie je energie ušetřená“*. Vyd. Praha: ČSTZ, 2009. 266 s. ISBN 978-80-86028-41-5
- [2] Doubrava, J., a kol., *Regulace ve vytápění*. Vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2007. 183 s. ISBN978-80-02-01951-0
- [3] Bašta, J., *HYDRAULIKA A ŘÍZENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV*. Vyd. Praha: ČVUT, 2003. 252 s. ISBN 80-01-02808-9
- [4] Hojer, O., Program na návrh KSP.xls [online]. Praha: 2015. Dostupné z: <http://kotrbaty.cz/?page=design&lang=cz>
- [5] DIN 18599-5. Energy efficiency of buildings — Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting — Part 5: Delivered energy for heating systems. 2005
- [6] HOJER, Ondřej. Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů (XIII) Metodika návrhu plynových zářičů. TZB-info [online]. 2007. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3901-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xiii>
- [7] TPG 704 01-5. Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách. Vyd. GAS s. r. o., 2008
- [8] GRUNDFOS PRODUCT CENTER [online]. GRUNDFOS. Last updated: April 2015. Dostupné z: <http://product-selection.grundfos.com/#Quick%20sizing?qcid=11910813>
- [9] Teplárenské sdružení [online]. Sdružení podnikatelů v teplárenství. 2015, Dostupné z: <http://www.tscr.cz/?pg=0750&ta=120>
- [10] Vyhodnocení cen tepelné energie [online]. Energetický regulační úřad. Last updated 2014. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/teplo/statistika/vyhodnoceni-cen-tepelne-energie>
- [11] DIN EN 12831. Heating systems in buildings - Method for calculation of the design heat load. Munchen, srpen 2008.

- [12] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: ÚNMZ, říjen 2011.
- [13] VALACH, Josef. Meze využití prosté doby návratnosti při formování garantovaných výkupních cen. Český finanční a účetní časopis [online]. 2013, roč. 8, č. 2, s. 84-95. Dostupné z: <http://www.vse.cz/polek/download.php?jnl=cfuc&pdf=342.pdf>
- [14] KALKULÁTOR CEN ENERGIÍ [online]. TZB-info. Last updated: 18. 6. 2015. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektriny>
- [15] Charakteristika horkovzdušného vytápění. In: Roda [online]. 2007 Roda s.r.o. Dostupné z: <http://www.roda.cz/moznosti-pouziti.htm>
- [16] TBRT III Radiant Tube Burners. In Na-strody [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.na-strody.com/TBRT-III.htm>
- [17] Kotrbatý®. Tmavý infračervený plynový zářič KM [online]. 2015. Dostupné z: <http://kotrbaty.cz/data/file/Vyroby/03-10-KM/03-10-KM-L-04-2011.pdf>
- [18] Teplovodní sálavý panel [online]. 4heat. 2012. Dostupné z: <http://www.4heat.cz/produkty/teplovodni-salave-panely/euterm/>
- [19] Stavebnicový sálavý panel KOTRBATÝ KZ s integrovaným osvětlením [online] Kotrbatý®. 2009. Dostupné z: <http://www.kotrbaty.cz/aktualne.html#keymark>
- [20] Inflace -druhy, definice, tabulky [online]. ČESKÝ STATISTYCKÝ ÚŘAD. Last updated: 9. 6. 2015. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace

16. PŘÍLOHY

16.1 Příloha 1 – Příklad výpočtu tepelných ztrát

Pouze ukázka výpočtu pro halu č. 1-A, zbytek výpočtů tepelných ztrát je uveden na CD.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">H1-A</div>		Venkovní výpočtová teplota	-10 °C
		Vnitřní výpočtová teplota	20 °C
		Teploty zeminy	10 °C
		Intenzita výměny vzduchu	0,3 1/h
		Objem místnosti	21252 m ³

Název	Směr	A [m]	B [m]	Plocha [m ²]	Plocha bez oken [m ²]	Plocha oken [m ²]	ΔT [K]	U [W/m ² K]	Q ₀ [W]	P ₃	Q _p [W]
1	SO	23,8	9,2	219,0	175,2	43,792	30	0,2	1 051	0,05	1157
2	SO	14,0	9,2	128,8	103,0	25,76	30	0,2	618	-0,05	619
3	SO	46,2	9,2	425,0	340,0	85,008	30	0,2	2 040	0	2145
4	SO	15,6	9,2	143,5	114,8	28,704	30	0,2	689	-0,05	690
5	SO	12,3	9,2	113,2	90,5	22,632	30	0,2	543	0	571
6	OK	0,0	0,0	205,9	205,9	0	30	1,2	7 412	0	7791
7	PDL	0,0	0,0	2260,0	2260,0	0	10	0,3	6 780	0	7127
8	STR	0,0	0,0	1921,0	1921,0	0	30	0,16	9 221	0	9692
9	SV	0,0	0,0	339,0	339,0	0	30	3	30 510	0	32070
								Σ	58 865		61 862

Q ₀ [W]	64 394
Q _{ztr} [kW]	126,3

Snížená tepelná ztráta [kW]	119,5
-----------------------------	-------

Výpočet snížení vnitřní teploty vzduchu - sálavé panely

Plocha	2260 m ²	Teplota vzduchu t _i	16,8 °C
Q _{inst}	142,5 kW	Střední radiční teplota t _{mr}	23,2 °C
Sálavá účinnost η	0,7	Tepelná ztráta vetráním Q _v	57,6 kW
Intenzita osálení I _s	44,1 W/m ²		

Výpočet snížení vnitřní teploty vzduchu - plynové zářiče

Plocha	2260 m ²	Teplota vzduchu t _i	17,2 °C
Q _{inst}	124,7 kW	Střední radiční teplota t _{mr}	22,8 °C
Sálavá účinnost η	0,7	Tepelná ztráta vetráním Q _v	58,5 kW
Intenzita osálení I _s	38,6 W/m ²		

Snížená tepelná ztráta [kW]	120,3
-----------------------------	-------

16.2 Příloha 2 – Příklad návrhu sálavých panelů

Pouze ukázka výpočtu pro halu č. 1-A, zbytek návrhů sálavých panelů je uveden na CD.

1.1 Vyřepěný prostor

t_a [°C]	20	H [m] výška	9,2
Q_{air} [kW]	127,0	L [m] délka	70
Q_{ext} [kW]	137,2 kW	B [m] šířka	33
Q_{ext} [kW]	142,5 kW	V [m ³] objem	21252
q [W/m ²]	5,98	f_1 [-]	1,08
q [W/m ²]	54,98	f_2 [-]	1,00

1.2 Teplotnost látky

$t_{w,1}$ [°C]	130
$t_{w,2}$ [°C]	70
Δt [K]	60
PN	16

1.3 Parametry panelů

h [m] výška, zavěš.

počet pásů

počet okruhů TO

počet úseků U

spojování

8,8

4

4

1

1

finely

1,4 Aktualizovat

doporučené minimum pásů

doporučená šířka pásů

750 mm

1.5 Vybavení

Krytí registru

Závěsy Grippe

Závěsy Feitzky

Osv. integr.

Osv. LED TS

NE

1

ANO

0,4

NE

NE

1. Chyby v zadání a varování!

16. Býly zvoleny tlínky pro vyšší teplotu

2.0 Pásky

Pás č.	Reg. 0 až 10	L_{sp} [m]	B_p [mm]	q [W/m]	Q [W]	m [kg/h]	TO	w [m/s]	Z_n [Pa]	Re [-]	λ [-]	kom	R [Pa/m]	R.L [Pa]	f [-]	Z_f [Pa]	Δp_{pav} [Pa]	V [l]
1	4	67	600	531	30529	2029,38	1	0,30	43,0	27555	0,0260	-0,00010	48,2	2748		86	2835	114
2	4	63	600	531	33715	2029,38	1	0,30	43,0	27555	0,0260	-0,00010	48,2	3038		86	3123	128
3	4	61	600	652	39160	2029,38	1	0,24	27,5	22044	0,0260	-0,00088	31,9	1855		55	2003	145
4	5	60	750	652	142 520 W	2029,38	1	0,24	27,5	22044	0,0260	-0,00088	31,9	1855		55	1907	538
2,2																		

16.3 Příloha 3 – Příklad návrhu armatur a oběhových čerpadel

Pouze ukázka výpočtu pro halu č. 1-A, zbytek návrhů armatur je uveden na CD.

H1-A

Průtok	2,12	m ³ /h
--------	------	-------------------

Dostupný diferenční tlak soustavy	89,3	kPa
--------------------------------------	------	-----

Tlakové ztráty

1) Zpětná klapka

DN	25	mm
Kvs	13,8	m ³ /h
ΔPzp	2,36	kPa

2) Tření v potrubí

DN	32	mm
Rychlost	0,732	m/s
Pd	256,7	Pa
ΔPtř	0,40	kPa

3) Vyvažovací ventil

DN	25	mm
Rychlost	1,20	m/s
Kvs	6,4	m ³ /h
ΔPstad	11,0	kPa

Návrh trojcesné armatury

4) ΔPvar	13,73	kPa
Autorita	0,5	
ΔPvs-teor	13,73	kPa

Kvs-teor	5,7	m ³ /h
Kvs-skut	6,3	m ³ /h
ΔPvs-skut	11,3	kPa
DN	20	mm

5) Regulátor tlakové difference

Nast. RTD	36,0	kPa
DN	25	mm
Kvs	4	m ³ /h
ΔPrtd	28,1	kPa

6) Kontrola: ΔPrtd < Pdis

ΔPrtd	28,1	kPa
Pdis	53,3	kPa

VYHOVUJE

Použité armatury: Zpětná klapka:

EUROBLOCK RB 100000 DN 25

Vyvažovací ventil:

Hydronic System D 9505 DN 25

Trojcestná směšovací armatura:

IMI Hydronics CV316 RGA DN 20

Regulátor tlakové difference:

Ballorex Delta DN 25

Nastavení RTD - 36,0 kPa

16.4 Příloha 4 – Výpočet opravných součinitelů

Plynové zářiče:

Součinitel na snížení vnitřní teploty:

$$t_{et} \frac{\sum t \cdot h}{\sum h} = \frac{(16 \cdot 20 + 8 \cdot 15) \cdot 5 + 2 \cdot 24 \cdot 15}{24 \cdot 7} = 17,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e_t = \frac{t_{et}}{t_i} = \frac{17,38}{20} = 0,869$$

Součinitel na zkrácení doby provozu:

$$e_d = \frac{d_p - d_v}{d_p} = \frac{33 \cdot 5 - 32 \cdot 2}{33 \cdot 5} = 0,612$$

Z důvodu odlišných tepelných ztrát větráním pro dva rozdílné systémy vytápění je nutné vypočítat hodnoty součinitele e_{i2} a e_i pro obě hodnoty tepelné ztráty.

Součinitel nesoučasnosti přírážek - sálavé panely

$$e_{i1} = \frac{Q_0}{Q_0 \cdot (1 + P_1 + P_2 + P_3)} = \frac{418,5}{438,8} = 0,954$$

$$e_{i2} = \frac{Q_v}{Q_c} = \frac{467,0}{899,2} = 0,519$$

$$e_i = \frac{e_{i1} + e_{i2}}{2} = \frac{0,954 + 0,519}{2} = 0,737$$

Součinitel nesoučasnosti přírážek - plynové zářiče

$$e_{i1} = \frac{Q_0}{Q_0 \cdot (1 + P_1 + P_2 + P_3)} = \frac{418,5}{438,8} = 0,954$$

$$e_{i2} = \frac{Q_v}{Q_c} = \frac{467,0}{905,7} = 0,516$$

$$e_i = \frac{e_{i1} + e_{i2}}{2} = \frac{0,954 + 0,516}{2} = 0,735$$

Součinitel nesoučasnosti přírážek – teplovzdušné vytápění

$$e_{i1} = \frac{Q_0}{Q_0 \cdot (1 + P_1 + P_2 + P_3)} = \frac{418,5}{438,8} = 0,954$$

$$e_{i2} = \frac{Q_v}{Q_c} = \frac{517}{955,8} = 0,541$$

$$e_i = \frac{e_{i1} + e_{i2}}{2} = \frac{0,954 + 0,541}{2} = 0,748$$

16.5 Příloha 5 – Vypočet potřeby tepelné energie

HORKOVODNÍ SÁLAVÉ PANELY

1. Výpočet potřeby tepla pro vytápění $Q_{h,b}$

$$Q_{h,b} = 24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \frac{d(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_{ev}} \cdot e_t \cdot e_d \cdot e_i$$

Celková tepelná ztráta Q_c	=	905,7	kW
Počet dnů otopného období d	=	229	-
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is}	=	20	°C
Průměrná venkovní teplota za otopné období t_{es}	=	3,9	°C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev}	=	-10	°C
Součinitel na snížení vnitřní teploty e_t	=	0,869	-
Součinitel na zkrácení doby provozu e_d	=	0,612	-
Součinitel nesoučasnosti přírážek e_i	=	0,74	-

$Q_{h,b}$ =	3784,78	GJ/rok
	1051,3	MWh/rok

2. Celková účinnost $\eta_{h,ce}$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B)}$$

částečná účinnost zohledňující vertikální teplotní gradient η_L	=	0,965	-
částečná účinnost zohledňující způsob regulace teploty vzduchu η_C	=	0,99	-
částečná účinnost zohledňující měrné tepelné ztráty přes vnější prvky η_B	=	1	-

$\eta_{h,ce}$ =	0,957	-
-----------------	-------	---

3. Stanovení dodatkových tepelných ztrát regulací a dodávkou $Q_{h,ce}$

$$Q_{h,ce} = \left(\frac{f_{\text{radiant}} \cdot f_{\text{int}} \cdot f_{\text{hydr}}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,b}$$

činitel zahrnující efekt sálání f_{radiant}	=	0,85	-
činitel zahrnující přerušovaný provoz f_{int}	=	1	-
činitel zohledňující hydraulické vyvážení soustavy f_{hydr}	=	1	-

$Q_{h,ce}$ =	-117,5	MWh/rok
--------------	--------	---------

4. Stanovení celkové potřeby tepla $Q_{h,outg}$

$$Q_{h,outg} = 1,05 \cdot Q_{h,b} + Q_{h,ce}$$

$Q_{h,outg}$ =	986,4	MWh/rok
	3551,074	GJ/rok

5. Cena paliva za rok Cheat

Cena paliva bez DPH $C_{fuel} =$ 500 Kč/GJ

Cheat=	1 775 537	Kč/rok
--------	-----------	--------

Cena elektrické energie $C_{el} =$ 3,5 Kč/kWh
Spotřeba elektrické energie = 1716,6 kWh

Cel=	6 008	Kč/rok
------	-------	--------

Cannual=	1 781 545	Kč/rok
----------	------------------	--------

TMAVÉ PLYNOVÉ ZÁŘIČE

1. Výpočet potřeby tepla pro vytápění $Q_{h,b}$

$$Q_{h,b} = 24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \frac{d(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_{ev}} \cdot e_t \cdot e_d \cdot e_i$$

Celková tepelná ztráta Q_c	=	905,7	kW
Počet dnů otopného období d	=	229	-
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is}	=	20	°C
Průměrná venkovní teplota za otopné období t_{es}	=	3,9	°C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev}	=	-10	°C
Součinitel na snížení vnitřní teploty e_t	=	0,869	-
Součinitel na zkrácení doby provozu e_d	=	0,612	-
Součinitel nesoučasnosti přírážek e_i	=	0,74	-

$Q_{h,b}$ =	3 784,8	GJ/rok
	1 051,3	MWh/rok

2. Celková účinnost $\eta_{h,ce}$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{(4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B))}$$

částečná účinnost zohledňující vertikální teplotní gradient η_L	=	0,965	-
částečná účinnost zohledňující způsob regulace teploty vzduchu η_C	=	0,99	-
částečná účinnost zohledňující měrné tepelné ztráty přes vnější prvky η_B	=	1	-

$\eta_{h,ce}$ =	0,957	-
-----------------	-------	---

3. Stanovení dodatkových tepelných ztrát regulací a dodávkou $Q_{h,ce}$

$$Q_{h,ce} = \left(\frac{f_{\text{radiant}} \cdot f_{\text{int}} \cdot f_{\text{hydr}}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,b}$$

činitel zahrnující efekt sálání f_{radiant}	=	0,85	-
činitel zahrnující přerušovaný provoz f_{int}	=	1	-
činitel zohledňující hydraulické vyvážení soustavy f_{hydr}	=	1	-

$Q_{h,ce}$ =	-117,5	MWh/rok
--------------	--------	---------

4. Stanovení celkové potřeby tepla $Q_{h,outg}$

$$Q_{h,outg} = 1,05 \cdot Q_{h,b} + Q_{h,ce}$$

$Q_{h,outg}$ =	986,4	MWh/rok
	3 551,1	GJ/rok

5. Stanovení příkonu energie

$$Q_{h,ing} = \frac{Q_{h,outg}}{\eta_{HS}}$$

Účinnost spalování η_{HS} = 0,9 -

Q _{h,ing} =	1 096,0	MWh/rok
	3 945,6	GJ/rok

6. Stanovení roční potřeby paliva V_{fuel}

$$V_{fuel} = \frac{Q_{h,ing} \cdot 3,6}{LHV}$$

 Výhřevnost paliva LHV = 33,48 MJ/m³
 Cena paliva C_{fuel} = 11,5 Kč/m³

V _{fuel} =	117 850,6	m ³
---------------------	-----------	----------------

7. Cena paliva za rok Cheat

Cheat=	1 355 282	Kč
--------	-----------	----

 Cena elektrické energie C_{el} = 3,5 Kč/kWh
 Spotřeba elektrické energie = 9810 kWh

C _{el} =	34 335	Kč/rok
-------------------	--------	--------

Servisní náklady = 1000 Kč/ks

C _{servis} =	42 000	Kč/rok
-----------------------	--------	--------

C _{annual} =	1 431 617	Kč/rok
-----------------------	-----------	--------

TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ - Vodní

1. Výpočet potřeby tepla pro vytápění $Q_{h,b}$

$$Q_{h,b} = 24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \frac{d(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_{ev}} \cdot e_t \cdot e_d \cdot e_i$$

Celková tepelná ztráta Q_c	955,8	kW
Počet dnů otopného období d	229	-
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is}	20	°C
Průměrná venkovní teplota za otopné období t_{es}	3,9	°C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev}	-10	°C
Součinitel na snížení vnitřní teploty e_t	0,869	-
Součinitel na zkrácení doby provozu e_d	0,612	-
Součinitel nesoučasnosti přírážek e_i	0,75	-

$Q_{h,b} =$	4048,12	GJ/rok
	1124,5	MWh/rok

2. Celková účinnost $\eta_{h,ce}$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{(4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B))}$$

částečná účinnost zohledňující vertikální teplotní gradient η_L	0,78	-
částečná účinnost zohledňující způsob regulace teploty vzduchu η_C	0,93	-
částečná účinnost zohledňující měrné tepelné ztráty přes vnější prvky η_B	1	-

$\eta_{h,ce} =$	0,775	-
-----------------	-------	---

3. Stanovení dodatkových tepelných ztrát regulací a dodávkou $Q_{h,ce}$

$$Q_{h,ce} = \left(\frac{f_{\text{radiant}} \cdot f_{\text{int}} \cdot f_{\text{hydr}}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,b}$$

činitel zahrnující efekt sálání f_{radiant}	1	-
činitel zahrnující přerušovaný provoz f_{int}	1	-
činitel zohledňující hydraulické vyvážení soustavy f_{hydr}	1	-

$Q_{h,ce} =$	326,1	MWh/rok
--------------	-------	---------

4. Stanovení celkové potřeby tepla $Q_{h,outg}$

$$Q_{h,outg} = 1,05 \cdot Q_{h,b} + Q_{h,ce}$$

$Q_{h,outg} =$	1563,0	MWh/rok
	5626,886	GJ/rok

5. Cena paliva za rok C_{annual} Cena paliva $C_{\text{fuel}} =$ 500 Kč/GJ

$C_{\text{annual}} =$	2 813 443	Kč/rok
-----------------------	-----------	--------

TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ - Plynové

1. Výpočet potřeby tepla pro vytápění $Q_{h,b}$

$$Q_{h,b} = 24 \cdot 3600 \cdot Q_c \cdot \frac{d(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_{ev}} \cdot e_t \cdot e_d \cdot e_i$$

Celková tepelná ztráta Q_c =	955,8	kW
Počet dnů otopného období d =	229	-
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} =	20	°C
Průměrná venkovní teplota za otopné období t_{es} =	3,9	°C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev} =	-10	°C
Součinitel na snížení vnitřní teploty e_t =	0,869	-
Součinitel na zkrácení doby provozu e_d =	0,612	-
Součinitel nesoučasnosti přírážek e_i =	0,75	-

$Q_{h,b}$ =	4 048,1	GJ/rok
	1 124,5	MWh/rok

2. Celková účinnost $\eta_{h,ce}$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{(4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B))}$$

částečná účinnost zohledňující vertikální teplotní gradient η_L =	0,78	-
částečná účinnost zohledňující způsob regulace teploty vzduchu η_C =	0,93	-
částečná účinnost zohledňující měrné tepelné ztráty přes vnější prvky η_B =	1	-

$\eta_{h,ce}$ =	0,775	-
-----------------	-------	---

3. Stanovení dodatkových tepelných ztrát regulací a dodávkou $Q_{h,ce}$

$$Q_{h,ce} = \left(\frac{f_{\text{radiant}} \cdot f_{\text{int}} \cdot f_{\text{hydr}}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,b}$$

činitel zahrnující efekt sálání f_{radiant} =	0,85	-
činitel zahrnující přerušovaný provoz f_{int} =	1	-
činitel zohledňující hydraulické vyvážení soustavy f_{hydr} =	1	-

$Q_{h,ce}$ =	108,5	MWh/rok
--------------	-------	---------

4. Stanovení celkové potřeby tepla $Q_{h,outg}$

$$Q_{h,outg} = 1,05 \cdot Q_{h,b} + Q_{h,ce}$$

$Q_{h,outg}$ =	1 345,4	MWh/rok
	4 843,6	GJ/rok

5. Stanovení příkonu energie

$$Q_{h,ing} = \frac{Q_{h,outg}}{\eta_{HS}}$$

Účinnost spalování η_{HS} = 0,9 -

Q _{h,ing} =	1 494,9	MWh/rok
	5 381,8	GJ/rok

6. Stanovení roční potřeby paliva V_{fuel}

$$V_{fuel} = \frac{Q_{h,ing} \cdot 3,6}{LHV}$$

Výhřevnost paliva LHV= 33,48 MJ/m³Cena paliva C_{fuel}= 11,5 Kč/m³

V _{fuel} =	160 745,2	m ³
---------------------	-----------	----------------

7. Cena paliva za rok C_{annual}

C _{annual} =	1 848 570	Kč/rok
-----------------------	------------------	--------

16.6 Příloha 6 – Soupis použitého materiálu - sálavé panely

H1-A

Pol.	Materiál	Obj.č. [-]	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.1	KOTRBATÝ KSP 57000/600		1	79 820	79 820
	KSP 6000/600 K	301.835	1	9 310	9 310
	KSP 6000/600	301.751	8	8 160	65 280
	KSP 3000/600 K	301.833	1	5 230	5 230
1.2	KOTRBATÝ KSP 63000/600		1	87 980	87 980
	KSP 6000/600 K	301.835	1	9 310	9 310
	KSP 6000/600	301.751	9	8 160	73 440
	KSP 3000/600 K	301.833	1	5 230	5 230
1.3	KOTRBATÝ KSP 61000/750		1	98 470	98 470
	KSP 6000/750 K	301.839	1	10 770	10 770
	KSP 6000/750	301.755	8	9 420	75 360
	KSP 4000/750	301.754	1	6 280	6 280
	KSP 3000/750 K	301.837	1	6 060	6 060
1.4	KOTRBATÝ KSP 58000/750		1	93 760	93 760
	KSP 6000/750 K	301.839	1	10 770	10 770
	KSP 6000/750	301.755	8	9 420	75 360
	KSP 4000/750 K	301.838	1	7 630	7 630
					360 030
2.0	Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	171	124	21 204
3.0	Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	246	20	4 920
4.0	Napínací šroub DIN 1480	150.010	246	20	4 920
5.0	Závěs do trapézu	267.001	246	42	10 332
6.0	Potrubí SANHA-Therm DZ 35x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ35	64	400	25 600
7.0	Oblouk SANHA-Therm 90°	124002A35	14	182	2 548
8.0	Montáž panelů		42	4500	189 000
9.0	Regulační uzel				48 758
10.0	Montáž regulačního uzlu				6 000
11.0	Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0	Spojovací fitink	24270S	15	173	2 595
13.0	Závěsy potrubí Lindab FHT		43	127	5 461
Celková cena bez DPH a dopravy					690 118

H1-B

Pol. Materiál	Obj.č. [-]	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 56000/450		1	62 380	62 380
KSP 6000/450 K	301.831	1	7 430	7 430
KSP 6000/450	301.747	8	6 480	51 840
KSP 2000/450 K	301.828	1	3 110	3 110
1.2 KOTRBATÝ KSP 52000/600		1	73 020	73 020
KSP 6000/600 K	301.835	1	9 310	9 310
KSP 6000/600	301.751	7	8 160	57 120
KSP 4000/600 K	301.834	1	6 590	6 590
1.3 KOTRBATÝ KSP 50000/450		1	55 900	55 900
KSP 6000/450 K	301.831	1	7 430	7 430
KSP 6000/450	301.747	7	6 480	45 360
KSP 2000/450 K	301.828	1	3 110	3 110
1.4 KOTRBATÝ KSP 49000/600		1	68 940	68 940
KSP 6000/600 K	301.835	1	9 310	9 310
KSP 6000/600	301.751	6	8 160	48 960
KSP 4000/600	301.750	1	5 440	5 440
KSP 3000/600 K	301.833	1	5 230	5 230
1.5 KOTRBATÝ KSP 47000/450		1	52 660	52 660
KSP 6000/450 K	301.831	1	7 430	7 430
KSP 6000/450	301.747	6	6 480	38 880
KSP 3000/450	301.745	1	3 240	3 240
KSP 2000/450 K	301.828	1	3 110	3 110
1.6 KOTRBATÝ KSP 45000/600		1	63 500	63 500
KSP 6000/600 K	301.835	1	9 310	9 310
KSP 6000/600	301.751	6	8 160	48 960
KSP 3000/600 K	301.833	1	5 230	5 230
1.7 KOTRBATÝ KSP 16000/600		2	24 060	48 120
KSP 6000/600 K	301.835	2	9 310	18 620
KSP 6000/600	301.751	2	8 160	16 320
KSP 4000/600 K	301.834	2	6 590	13 180
				424 520
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	183	124	22 692
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	348	20	6 960
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	348	20	6 960
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	338	20	6 760
5.0 Závěs do trapézu	267.001	338	42	14 196
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 42x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ54	100	450	45 000
7.0 Oblouk SANHA-Therm 90°	24002a	21	311	6 531
8.0 Montáž panelů		60	4500	270 000

9.0 Regulační uzel			51 291
10.0 Montáž regulačního uzlu			6 000
11.0 Elektronika MaR + montáž			8 750
12.0 Spojovací fitink	17	194	3298
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT	67	127	8 509
<hr/>			
Celková cena bez DPH a dopravy			881 467

H2

Poř. Materiál	Obj.č. [-]	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 14000/900		3	28 720	86 160
KSP 6000/900 K	301.843	3	12 530	37 590
KSP 6000/900	301.759	3	10 980	32 940
KSP 2000/900 K	301.840	3	5 210	15 630
				86 160
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	36	124	4 464
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	48	20	960
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	48	20	960
5.0 Závěs do trapézu	267.001	48	42	2 016
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 22x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ22	41	250	10 250
7.0 SANHA-Therm Oblouk 90° lxl	24002a	8	63	504
8.0 Montáž panelů		9	4500	40 500
9.0 Regulační uzel				26 632
10.0 Montáž regulačního uzlu			14030	18 239
11.0 Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0 Spojovací fitink	24270S	7	65	455
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT		28	127	3 556
Celková cena bez DPH a dopravy				203 446

H3

Poř. Materiál	Obj.č. [-]	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 21000/600		3	31 960	95 880
KSP 6000/600 K	301.835	3	9 310	27 930
KSP 6000/600	301.751	6	8 160	48 960
KSP 3000/600 K	301.833	3	5 230	15 690
				92 580
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	36	124	4 464
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	66	20	1 320
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	66	20	1 320
5.0 Závěs do trapézu	267.001	66	42	2 772
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 22x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ22	61	250	15 250
7.0 SANHA-Therm Oblouk 90° lxl	24002a	8	63	504
8.0 Montáž panelů		12	4500	54 000
9.0 Reuglační uzel				23 511
10.0 Montáž regulačního uzlu			14030	18 239
11.0 Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0 Spojovací fitink	24270S	11	65	715
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT		41	127	5 207
Celková cena bez DPH a dopravy				228 632

H4

Pol. Materiál	Obj.č.	Počet ks/m	Cena za ks	Cena celkem
	[-]	[-/m]	[Kč]	[Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 60000/600		4	83 900	335 600
KSP 6000/600 K	301.835	8	9 310	74 480
KSP 6000/600	301.751	32	8 160	261 120
				335 600
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	144	124	17 856
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	240	20	4 800
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	240	20	4 800
5.0 Závěs do trapézu	267.001	240	42	10 080
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 35x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ35	60	400	24 000
7.0 Oblouk SANHA-Therm 90°	124002A35	14	182	2 548
8.0 Montáž panelů		40	4500	180 000
9.0 Reuglační uzel				29 425
10.0 Montáž regulačního uzlu			14030	18 239
11.0 Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0 Spojovací fitink	24270S	10	173	1 730
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT		40	127	5 080
Celková cena bez DPH a dopravy				642 908

H5-A

Poř. Materiál	Obj.č. [-]	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 57000/450		4	63 460	253 840
KSP 6000/450 K	301.831	4	7 430	29 720
KSP 6000/450	301.747	32	6 480	207 360
KSP 3000/450 K	301.829	4	4 190	16 760
1.2 KOTRBATÝ KSP 26000/750		1	43 520	43 520
KSP 6000/750 K	301.839	1	10 770	10 770
KSP 6000/750	301.755	3	9 420	28 260
KSP 2000/750 K	301.836	1	4 490	4 490
				297 360
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	128	124	15 872
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	260	20	5 200
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	260	20	5 200
5.0 Závěs do trapézu	267.001	260	42	10 920
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 35x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ35	45	400	18 000
7.0 Oblouk SANHA-Therm 90°	124002A35	14	182	2 548
8.0 Montáž panelů		45	4500	202 500
9.0 Regulační uzel				29 572
10.0 Montáž regulačního uzlu			14030	18 239
11.0 Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0 Spojovací fitink		8	173	1 384
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT		30	127	3 810
Celková cena bez DPH a dopravy				619 355

H5-B

Poř. Materiál	Obj.č. [-]	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 78000/600		5	108 380	541 900
KSP 6000/600 K	301.835	10	9 310	93 100
KSP 6000/600	301.751	55	8 160	448 800
1.2 KOTRBATÝ KSP 42000/900		1	79 960	79 960
KSP 6000/900 K	301.843	2	12 530	25 060
KSP 6000/900	301.759	5	10 980	54 900
				621 860
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	276	124	34 224
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	432	20	8 640
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	432	20	8 640
5.0 Závěs do trapézu	267.001	432	42	18 144
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 54x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ54	80	500	40 000
7.0 Oblouk SANHA-Therm 90°	124002A54	17	414	7 038
8.0 Montáž panelů		72	4500	324 000
9.0 Regulační uzel				40 193
10.0 Montáž regulačního uzlu			14030	18 239
11.0 Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0 Spojovací fitink		14	258	3 612
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT		53	127	6 731
Celková cena bez DPH a dopravy				1 140 071

H6

Pol. Materiál	Obj.č.	Počet ks/m	Cena za ks	Cena celkem
	[-]	[-/m]	[Kč]	[Kč]
1.1 KOTRBATÝ KSP 60000/600		1	83 900	83 900
KSP 6000/600 K	301.835	2	9 310	18 620
KSP 6000/600	301.751	8	8 160	65 280
1.2 KOTRBATÝ KSP 108000/900		1	200 740	200 740
KSP 6000/900 K	301.843	2	12 530	25 060
KSP 6000/900	301.759	16	10 980	175 680
1.3 KOTRBATÝ KSP 84000/900		1	156 820	156 820
KSP 6000/900 K	301.843	2	12 530	25 060
KSP 6000/900	301.759	12	10 980	131 760
1.4 KOTRBATÝ KSP 60000/900		1	112 900	112 900
KSP 6000/900 K	301.843	2	12 530	25 060
KSP 6000/900	301.759	8	10 980	87 840
				554 360
2.0 Lisovací nátrubek DN28 do 180 °C	154.003	244	124	30 256
3.0 Uzlový řetízek K32/3,1/12	154.001	312	20	6 240
4.0 Napínací šroub DIN 1480	150.010	312	20	6 240
5.0 Závěs do trapézu	267.001	312	42	13 104
6.0 Potrubí SANHA-Therm DZ 42x1,5 včetně izolace a montáže	124000DZ42	70	450	31 500
7.0 Oblouk SANHA-Therm 90°	124002A42	13	331	4 303
8.0 Montáž panelů		52	4500	234 000
9.0 Regulační uzel				35 744
10.0 Montáž regulačního uzlu			14030	18 239
11.0 Elektronika MaR + montáž				8 750
12.0 Spojovací fitink		12	194	2 328
13.0 Závěsy potrubí Lindab FHT		47	127	5 969
Celková cena bez DPH a dopravy				951 033

Hlavní rozvod otopné vody

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [kč]	Cena celkem [kč]
1.0	Potrubí + montáž + izolace+ fitink			
1.1	potrubí SANHA DN 89	6	700	4 200
1.2	potrubí SANHA DN 76	8	600	4 800
1.3	potrubí SANHA DN 54	30	500	15 000
1.4	potrubí SANHA DN 42	162	450	72 900
1.5	potrubí SANHA DN 35	36	400	14 400
1.6	potrubí SANHA DN 28	30	300	9 000
1.7	potrubí SANHA DN 22	30	250	7 500
2.0	Závěsy potrubí Lindab FHT	170	127	21 590
			Celkem bez DPH	149 390

Celková cena

Materiál + montáž	5 516 140
Doprava	178 600
Celkem	5 694 740

16.7 Příloha 7 – Soupis použitého materiálu - plynové záříče

H1-A

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové záříče			
1.1	KM 30-N-1-30-19	4	41 750	167 000
1.2	KM 10-N-1-5-5	1	26 200	26 200
2.0	Spalinovod vertikální	5	5 550	27 750
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	5	3 300	16 500
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	96	82	7 872
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	3 242	3 242
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	36	127	4 572
8.0	Regulace RA-T5 + čidlo NCI-02	1	16 900	16 900
9.0	kulový kohout DN 20	5	122	610
10.0	Připojovací hadice DN 20	5	550	2 750
11.0	Uvedení do provozu	5	1 000	5 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 50	50	650	32 500
12.2	DN 40	17,2	600	10 320
12.3	DN 32	18	500	9 000
12.4	DN 25	0	450	0
12.5	DN 20	5	400	2 000
13.0	Montáž záříčů			72 000
			Celkem bez DPH	405 307

H1-B

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 30-N-1-30-19	3	41 750	125 250
1.2	KM 30-N-1-24-17	2	39 250	78 500
1.3	KM 10-N-1-5-5	1	26 200	26 200
2.0	Spalinovod vertikální	6	5 550	33 300
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	6	3 300	19 800
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	114	82	9 348
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	3 242	3 242
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	69	127	8 763
8.0	Regulace RA-T6 + čidlo NCI-02	1	18 600	18 600
9.0	kulový kohout DN 20	6	122	732
10.0	Připojovací hadice DN 20	6	550	3 300
11.0	Uvedení do provozu	6	1 000	6 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 50	23	650	14 950
12.2	DN 40	70	600	42 000
12.3	DN 32	60	500	30 000
12.4	DN 25	0	450	0
12.5	DN 20	3	400	1 200
13.0	Montáž zářičů			87 000
			Celkem bez DPH	509 276

H2

Pol.	Material	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 30-N-1-28-17	1	39 250	39 250
2.0	Spalinovod vertikální	1	5 550	5 550
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	1	3 300	3 300
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	20	82	1 640
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	1 517	1 517
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	5	127	635
8.0	Regulace RA-T1 + čidlo NCI-02	1	12 100	12 100
9.0	kulový kohout DN 20	1	122	122
10.0	Připojovací hadice DN 20	1	550	550
11.0	Uvedení do provozu	1	1 000	1 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 50	0	650	0
12.2	DN 40	0	600	0
12.3	DN 32	0	500	0
12.4	DN 25	28	450	12 600
12.5	DN 20	0	400	0
13.0	Montáž zářičů			15 000
			Celkem bez DPH	94 355

H3

Pol.	Material	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 30-N-1-28-17	1	39 250	39 250
2.0	Spalinovod vertikální	1	5 550	5 550
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	1	3 300	3 300
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	20	82	1 640
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	1 517	1 517
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	5	127	635
8.0	Regulace RA-T1 + čidlo NCI-02	1	12 100	12 100
9.0	kulový kohout DN 20	1	122	122
10.0	Připojovací hadice DN 20	1	550	550
11.0	Uvedení do provozu	1	1 000	1 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 50	0	650	0
12.2	DN 40	0	600	0
12.3	DN 32	0	500	0
12.4	DN 25	28	450	12 600
12.5	DN 20	0	400	0
13.0	Montáž zářičů			15 000
			Celkem bez DPH	94 355

H4

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 15-N-1-14-9	8	29 350	234 800
2.0	Spalinovod vertikální	8	5 550	44 400
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	8	3 300	26 400
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	96	82	7 872
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	3 242	3 242
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	44	127	5 588
8.0	Regulace RA-T8 + čidlo NCI-02	1	20 400	20 400
9.0	kulový kohout DN 20	8	122	976
10.0	Připojovací hadice DN 20	8	550	4 400
11.0	Uvedení do provozu	8	1 000	8 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 50	55,5	650	36 075
12.2	DN 40	26	600	15 600
12.3	DN 32	8	500	4 000
12.4	DN 25	0	450	0
12.5	DN 20	46	400	18 400
13.0	Montáž zářičů			120 000
			Celkem bez DPH	551 244

H5-A

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 15-N-1-14-9	8	29 350	234 800
2.0	Spalinovod vertikální	8	5 550	44 400
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	8	3 300	26 400
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	96	82	7 872
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	3 242	3 242
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	62	127	7 874
8.0	Regulace RA-T8 + čidlo NCI-02	1	20 400	20 400
9.0	kulový kohout DN 20	8	122	976
10.0	Připojovací hadice DN 20	8	550	4 400
11.0	Uvedení do provozu	8	1 000	8 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 50	52	650	33 800
12.2	DN 40	26	600	15 600
12.3	DN 32	18	500	9 000
12.4	DN 25	0	450	0
12.5	DN 20	46,4	400	18 560
13.0	Montáž zářičů			120 000
			Celkem bez DPH	556 415

H5-B

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 30-N-1-28-17	8	39 250	314 000
2.0	Spalinovod vertikální	8	5 550	44 400
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	8	3 300	26 400
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	160	82	13 120
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	3 242	3 242
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	92	127	11 684
8.0	Regulace RA-T8 + čidlo NCI-02	1	20 400	20 400
9.0	kulový kohout DN 20	8	122	976
10.0	Připojovací hadice DN 20	8	550	4 400
11.0	Uvedení do provozu	8	1 000	8 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.1	DN 60	60	750	45 000
12.2	DN 50	24	650	15 600
12.3	DN 40	22	600	13 200
12.4	DN 32	0	500	0
12.5	DN 25	0	450	0
12.6	DN 20	96	400	38 400
13.0	Montáž zářičů			120 000
			Celkem bez DPH	679 913

H6

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynové zářiče			
1.1	KM 45-N-U-45-12	4	48 300	193 200
1.2	KM 10-N-1-5-5	1	26 200	26 200
2.0	Spalinovod vertikální TURBO	4	7 500	30 000
2.1	Spalinovod vertikální	1	5 550	5 550
3.0	Sestava přívodu vzduchu vertikální	1	3 300	3 300
4.0	Závěs do trapézu s uzlovým retízkem	64	82	5 248
5.0	Odvzdušňovací sada	1	1 091	1 091
6.0	Reglační uzel	1	3 242	3 242
7.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	45	127	5 715
8.0	Regulace RA-T + čidlo NCI-02	1	16 900	16 900
9.0	kulový kohout DN 20	5	122	610
10.0	Připojovací hadice DN 20	5	550	2 750
11.0	Uvedení do provozu	5	1 000	5 000
12.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
12.2	DN 50	68,5	650	44 525
12.3	DN 40	17	600	10 200
12.4	DN 32	20	500	10 000
12.5	DN 25	0	450	0
12.6	DN 20	2	400	800
13.0	Montáž zářičů			72 000
			Celkem bez DPH	436 331

Hlavní rozvod plynu

Pol.	Materiál	Počet ks/m [-/m]	Cena za ks [Kč]	Cena celkem [Kč]
1.0	Plynovodní potrubí + montáž + fitink			
1.1	DN 60	42	750	31 500
1.2	DN 50	12	650	7 800
1.3	DN 40	83,5	600	50 100
2.0	Turbínový plynoměr TRZ2 G100	1	56 000	56 000
3.0	Kulový kohout DN 80	2	5 570	11 140
4.0	Závěsy rozvodu plynu Lindab FHT	46	127	5 842
			Celkem bez DPH	162 382

Celková cena

	[Kč]
Materiál + montáž	3 489 578
Doprava	89 300
Celkem	3 578 878

16.8 Příloha 8 – Posouzení hygienických podmínek

Horkovodní sálavé panely				
Zóna	instalovaný výkon	Plocha	Sálavá účinnost	Intenzita sálání
	kW	m ²	-	W/m ²
Hala 1-A	142,5	2260	0,72	45,4
Hala 1-B	159,1	2669	0,72	42,9
Hala 2	33,7	543	0,72	44,7
Hala 3	34,2	600	0,72	41,0
Hala 4	128,5	2036	0,72	45,4
Hala 5-A	111,5	2175	0,72	36,9
Hala 5-B	241,3	4216	0,72	41,2
Hala 6	228,2	2523	0,72	65,1

Vyhovuje

Tmavé sálavé zářiče				
Zóna	instalovaný výkon	Plocha	Sálavá účinnost	Intenzita sálání
	kW	m ²	-	W/m ²
Hala 1-A	124,7	2260	0,65	35,9
Hala 1-B	142,7	2669	0,65	34,8
Hala 2	28	543	0,65	33,5
Hala 3	28	600	0,65	30,3
Hala 4	108	2036	0,65	34,5
Hala 5-A	108	2175	0,65	32,3
Hala 5-B	224	4216	0,65	34,5
Hala 6	182,7	2523	0,65	47,1

Vyhovuje

17. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Z důvodu velkých formátů výkresů jsou přiloženy zvlášť.