

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**NÁVRH VYTÁPĚNÍ TMAVÝMI PLYNOVÝMI
ZÁŘIČI**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „NÁVRH VYTÁPĚNÍ TMAVÝMI PLYNOVÝMI ZÁŘIČI“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Hojera, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

podpis

Poděkování:

Děkuji Ing. Ondřeji Hojerovi, Ph.D. za odborné vedení a podporu při vypracování této diplomové práce.

Souhrn

Cílem této práce je porovnat metodiky návrhu vytápění tmavými plynovými zářiči různých výrobců se zaměřením na hlavní rozdíly mezi jednotlivými metodikami i různými konstrukčními řešeními zářičů. V první teoretické části jsou detailně popsány tmavé plynové zářiče, konstrukční řešení různých výrobců a současné možnosti řešení návrhu vytápění tmavými zářiči. Druhá část práce se zabývá návrhem panelů tří výrobců zářičů do pěti případových studií průmyslových hal pro dvě varianty tepelných ztrát. Návrh je porovnáván s návrhovým softwarem Lsoft jednoho z výrobců. Porovnáním návrhu zářičů bylo zjištěno, že počet navržených zářičů všech výrobců je stejný téměř pro všechny řešené studie. Jediný problém nastal v případě návrhu softwarem Lsoft, kdy software nedokázal vhodně navrhnout zářiče pro variantu s nízkými tepelnými ztrátami.

Summary

The aim of this thesis is to compare a design methodology of dark radiant tube heaters from various manufacturers with a focus on the differences between various design methodologies and also construction solutions of radiant tube heaters. The theoretical section describes dark radiant tube heaters in details, construction solutions of various manufacturers and current possibilities of design solutions of heating radiant tube heaters. The second part of the dissertation deals with the panel design of three heater's manufacturers into case studies of industrial buildings for two options of heat loss. The design is compared with the software Lsoft, which is the system used by one of the manufacturer. The comparison indicated that the number of suggested heaters from all manufacturers is almost the same for all case studies. One problem arose in the case of the design generated by the system Lsoft that was unable to advise a suitable heater for the option with low heat loss.

OBSAH

SEZNAM ZNAKŮ

1. Úvod	10
2. Teoretický rozbor	11
2.1 <i>Případové studie průmyslových hal</i>	11
2.2 <i>Tepelné ztráty</i>	13
2.2.1 <i>Norma ČSN 73 0540-2</i>	13
2.2.2 <i>Norma ČSN 06 0210</i>	14
2.2.2.1 <i>Tepelné ztráty prostupem</i>	14
2.2.2.2 <i>Tepelné ztráty větráním</i>	17
2.3 <i>Stropní sálavé zářiče</i>	18
2.3.1 <i>Rozdělení plynových zářičů</i>	19
2.3.2 <i>Tmavý plynový zářič (popis, výkon, regulace, geometrie, rozmístování)</i>	24
2.3.3 <i>Konstrukční řešení tmavých zářičů</i>	32
3. Případová studie	46
3.1 <i>Tepelné ztráty řešených objektů</i>	46
3.2 <i>Návrh zářičů a rozmístění do řešených objektů</i>	48
3.2.1 <i>Návrh zářičů Kotrbatý</i>	49
3.2.2 <i>Návrh zářičů Lersen</i>	53
3.2.3 <i>Návrh zářičů Mandik</i>	61

4. Shrnutí výsledků a závěry	65
5. Seznam použité literatury	67
6. Seznam příloh	70
7. Seznam tabulek	71
8. Seznam obrázků	72

Seznam znaků

B	charakteristické číslo budovy	$Pa^{0,67}$
c	měrná tepelná kapacita	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
g	tíhové zrychlení	$m.s^{-2}$
i_L	součinitel spárové průvzdušnosti	$m^3.s^{-1}.m^{-1}.Pa^{-0,67}$
M	charakteristické číslo místnosti	–
\dot{m}	hmotnostní průtok	$kg.h^{-1}$
n	intenzita výměny vzduchu	h^{-1}
p_1	přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn	–
p_2	přirážka na urychlení zátoku	–
p_3	přirážka na světlou stranu	–
\dot{Q}_c	celková tepelná ztráta	W
\dot{Q}_z	trvalé tepelné zisky	W
\dot{Q}_o	základní tepelná ztráta	W
\dot{Q}_P	tepelná ztráta prostupem tepla	W
\dot{Q}_V	tepelná ztráta větráním	W
R	tepelný odpor stěny	$m^2.K.W^{-1}$
R_z	tepelný odpor přilehlé zeminy	$m^2.K.W^{-1}$
S	plocha stěny	m^2
s_i	tloušťka jednotlivých vrstev	m
t_{ev}	venkovní oblastní výpočtová teplota	$^{\circ}C$
t_{iv}	vnitřní výpočtová teplota	$^{\circ}C$
U	součinitel prostupu tepla	$W.m^{-2}.K^{-1}$
\dot{V}	objemový průtok	$m^3.h^{-1}$

\dot{V}_i	objemový tok větracího vzduchu infiltrací	$m^3 \cdot s^{-1}$
\dot{V}_2	objemový tok větracího vzduchu dle hygienických požadavků	$m^3 \cdot s^{-1}$
\dot{V}_1	objemový tok větracího vzduchu infiltrací	$m^3 \cdot s^{-1}$
V_o	vnitřní objem prostoru	m^3
α_i	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
α_e	součinitel přestupu tepla na vnější straně	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
s	tloušťka stěny	m
Δt	rozdíl teplot otopné vody	K
ρ	hustota vzduchu	$kg \cdot m^{-3}$
	hustota vody	$kg \cdot m^{-3}$
λ	součinitel tepelné vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
L	délka spár oken a dveří	m
t_a	teplota okolních ploch	$^{\circ}C$
t_o	operativní teplota	$^{\circ}C$
t_r	střední radiační teplota	$^{\circ}C$
$\varphi_{1,2}$	poměr osálení	-
δ	úhel nastavení	$^{\circ}$
α	úhel jádrového sálání	$^{\circ}$
β	úhel celkového sálání	$^{\circ}$
$Q_{sál.}$	sálavý výkon	W
η_v	sálavá účinnost	$\%$
H	výhřevnost plynu	J/m^3

1. Úvod

Při návrhu vytápění průmyslových hal je nutno znát mnoho faktorů, které musíme uvažovat, abychom dokázali správně určit, který typ vytápění je nejvhodnější pro daný objekt. Je mnoho věcí, které nám pomáhají určit, jaký způsob vytápění navrhnout. Není to jen otázka mikroklimatickým podmínek, ale i charakter budovy (zejména tvaru a rozměrům) či typu provozu, který bude mít vliv na celkovou energetickou náročnost a hospodárnost celé tepelně technické soustavy. Cílem návrhu je tepelné pohoda člověka pracující v daném objektu a co možná nejlepší energetická náročnost celé soustavy.

Vytápění průmyslových hal a jiných velkoprostorových objektů infračervenými plynovými zářiči se v posledních letech značně rozvinulo. Nesporné snížení spotřeb tepelné energie dané principem dodávky tepla do vytápěného prostoru se pro mnohé dodavatele zařízení a i projektanty stalo zaklínadlem při nabízení a přesvědčování investora o výhodnosti infrazářičových soustav bez ohledu na technické řešení použitého druhu zářiče a jeho konstrukci. Jako každý jiný výrobek mají i infrazářiče svoje technické respektive konstrukční přednosti i nedostatky, stejně tak i rozdílné funkční vlastnosti. Z hlediska navrhování samotný princip dodávky tepla sáláním vyžaduje zcela specifický přístup při projektování resp. rozmísťování zářičů ve vytápěném prostoru. Konstrukčně nekvalitní výrobek ve spojení se špatným projektem může vést ke zcela opačným výsledkům proti proklamovanému úspornému řešení. [1]

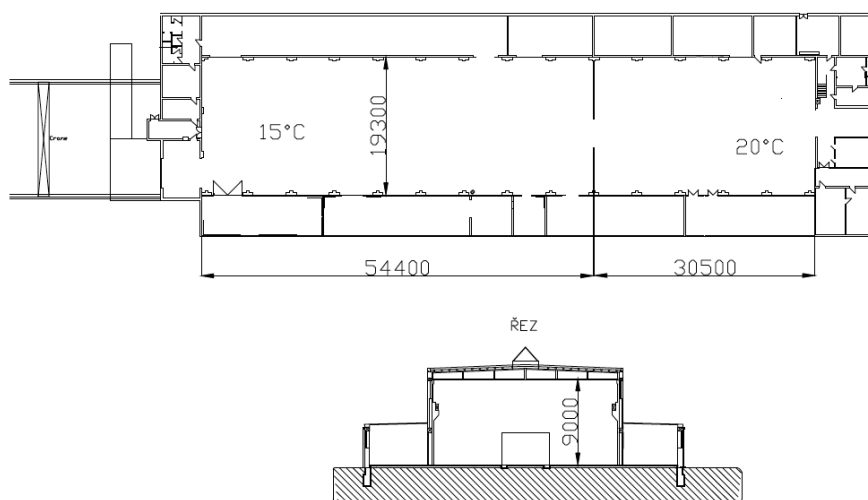
Diplomová práce se bude zabývat pěti případovými studii průmyslových hal, kde každá z nich je proporčně a rozměrově odlišná. U těchto případových studií se za pomocí normy stanoví tepelné ztráty, které jsou jedním z hlavních kritérii pro následný návrh vytápění. V případě této práce je řešeno vytápění za pomocí tmavých plynových zářičů, kde bylo použito pro návrh více výrobců. Návrh je prováděn dle metodiky návrhu a rozmístění zářičů, která bude blíže popsána. U jednoho z výrobců bylo zajímavé porovnání návrhu zářičů dle počítačového programu, který výrobce nabízí a jeho porovnání výsledků. Cílem diplomové práce je demonstrace a porovnání návrhu zářičů různých výrobců, které jsou aplikovány na různé typy objektů.

2. Teoretický rozbor

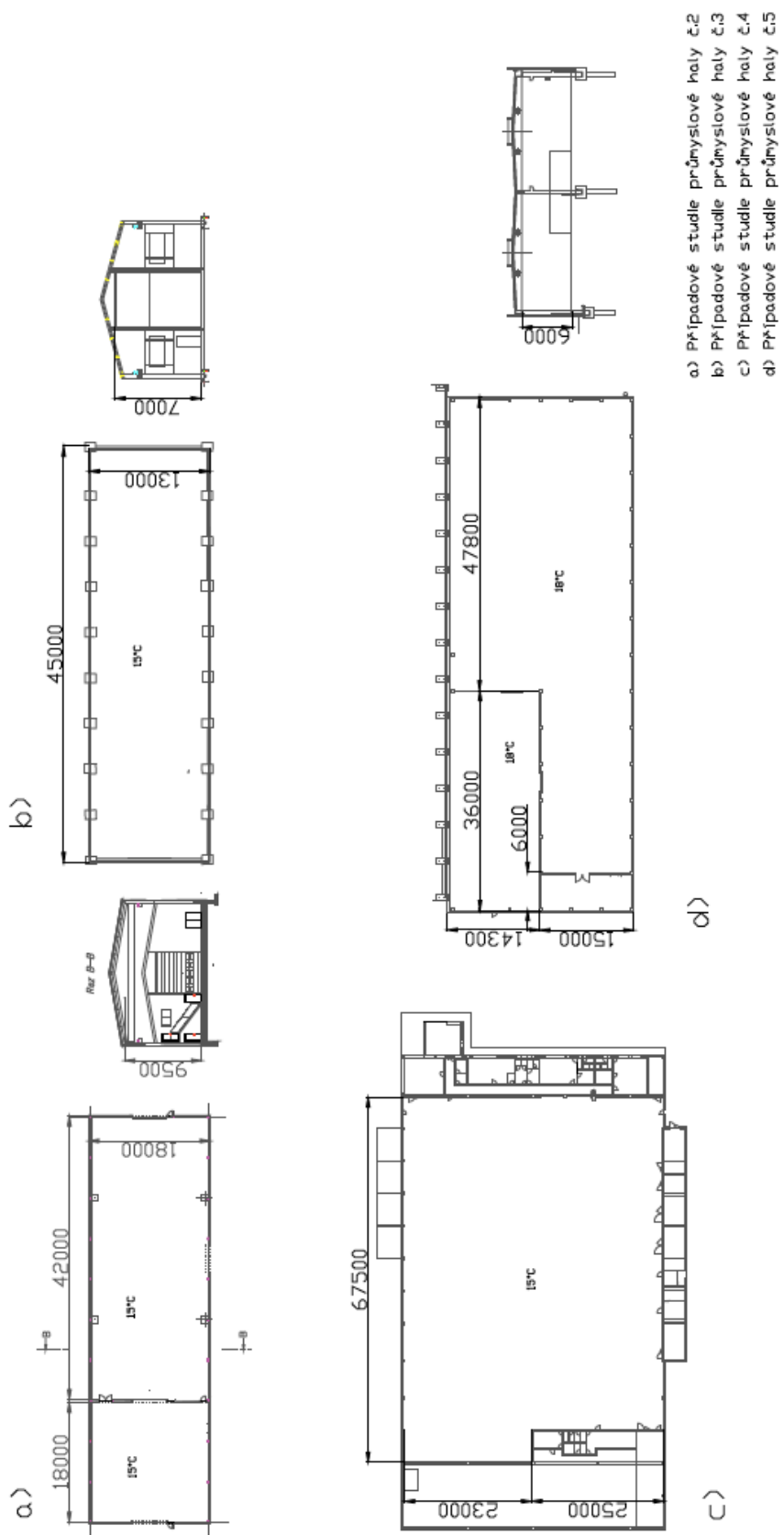
V teoretické rozboru se diplomová práce zabývá konkrétními případovými studii průmyslových hal, kde za pomoci normy jsou řešeny tepelné ztráty objektů. V dalších částech se jedná o popis stropních sálavých zářičů, kde se práce zabývá samotným rozdělením plynových zářičů a zejména podrobný popis tmavých plynových zářičů. V případě teoretické části jsou u tmavých zářičů zařazeny i konstrukční řešení zářičů i jiných výrobců, než se kterými je poté v práci počítáno a navrhováno do daných studií. Tím se stane zajímavé porovnání tří výrobců zářičů, které jsou konkrétně řešeny v práci na daných případových studiích a ostatních výrobců, u kterých budou navzájem porovnány specifika konstrukce, provedení, výkon atd.

2.1 Případové studie průmyslových hal

Případovými studii se demonstruje řešení vytápění pěti skutečných reálných průmyslových hal, kde každá z hal je mírně odlišná ať už z hlediska proporčních, rozměrových, umístěním či požadavků na vnitřní prostředí. Všechny řešené objekty jsou projektovány z konvenčních materiálů a jsou určeny pro běžné průmyslové využití. Na příloženém obr. 2.1 a 2.2 je ukázkové zobrazení řešených objektů. Bližší podrobnou výkresovou dokumentaci nalezneme v příloze [P1].



Obr. 2.1. Případové studie průmyslové haly č.1 [P1]



Obr. 2.2. Případové studie průmyslové haly č.2,3,4,5 [P1]

2.2 Tepelné ztráty

Přes stavební konstrukce z vytápěného prostoru uniká teplo do venkovního prostředí. Dnešní konstrukce staveb jsou stále dokonalejší s lepšími tepelně technickými vlastnostmi, ale stále dochází k úniku tepla. Pro stanovení a návrh správného vytápění daného objektu musíme za pomoci normy určit hodnoty tepelných ztrát. V případě této diplomové práce určujeme tepelné ztráty za pomoci normy ČSN 73 0540-2 [2].

2.2.1 Norma ČSN 73 0540-2

Norma ČSN 73 0540-2 [2] se používá pro hodnocení stavebních konstrukcí obálky budovy. Jedním z hodnotících kritérií je součinitel prostupu tepla. V této práci jsme volili součinitele prostupu tepla na úrovni požadovaných hodnot této normy. Porovnávací variantou je varianta 1 s vyššími hodnotami součinitele prostupu tepla.

Tab. 1. Norma ČSN 73 0540-2 [2]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty U _{N,20}	Doporučené hodnoty U _{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U _{pas,20}
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty U _{N,20}	Doporučené hodnoty U _{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U _{pas,20}
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

2.2.2 Norma ČSN 06 0210

Pro výpočet tepelných ztrát případových studií bylo použito normy ČSN 06 0210 [3]. Tato norma stanoví postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem a větráním (infiltrací) za kvazistacionárních podmínek za nepřerušovaného vytápění [3]

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_P + \dot{Q}_V + \dot{Q}_Z, \quad (2.1)$$

kde \dot{Q}_C je celková tepelná ztráta [W],
 \dot{Q}_P tepelná ztráta prostupem tepla [W],
 \dot{Q}_V tepelná ztráta větráním [W],
 \dot{Q}_Z trvalé tepelné zisky [W].

2.2.2.1 Tepelné ztráty prostupem

Základní tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_o

$$\dot{Q}_o = \sum_{j=1}^n U_i \cdot S_i \cdot (t_{iv} - t_{ev}) [W] \quad (2.2)$$

kde t_{iv} je vnitřní návrhová teplota ve vytápěné místnosti [°C],
 t_{ev} je venkovní výpočtová teplota ve vytápěné místnosti [°C],
 S_i ochlazovaná část stavební konstrukce stěny [m²],
 U_i součinitel prostupu tepla stěny [W/m²·K].

Součinitel prostupu tepla U

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum R + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (2.3)$$

kde α_i je součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$],

dle ČSN 06 0210 je pro svislé stěny $\alpha_i = 8 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$,

α_e je součinitel přestupu tepla na vnější straně [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$],

dle ČSN 06 0210 je pro svislé stěny $\alpha_e = 23 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$,

R je tepelný odpor stěny [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$],

s je tloušťka stěny [m],

λ je součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$].

Tepelná ztráta prostupem \dot{Q}_p

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) [W] \quad (2.4)$$

kde \dot{Q}_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla [W],

p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-],

p_2 přírážka na urychlení zátopu [-],

p_3 přírážka na světovou stranu [-].

Přírážka p_1 na vyrovnání vlivu chladných stěn umožňuje zvýšení vnitřní výpočtové teploty v důsledku nižší povrchové teploty ochlazovaných ploch v místnosti tak, aby bylo dosaženo vnitřní výpočtové teploty t_i [3].

$$p_1 = 0,15k_c \quad [-] \quad (2.5)$$

kde k_c se vypočítá podle:

$$K_C = \frac{Q_0}{\sum S_j(t_i - t_e)} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (2.6)$$

kde S plocha stěny [m^2].

Přirážka p_2 na urychlení zátopy se uvažuje pouze v případě, že ani při nejmenších teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz. Volí se v intervalu $\langle 0; 0,2 \rangle$.

Přirážka p_3 na světovou stranu zohledňuje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce vytápěného prostoru a volí se dle tabulky. U velkoprostorových objektů se však s přirážkou na světovou stranu vzhledem k rozlehlosti místností nepočítá.

Tab. 2. Hodnoty přirážek p_3 na světovou stranu

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
p_3 [-]	-0,05	0,00	0,00	0,05	0,10	0,05	0,05	0,00

Venkovní teplota t_e byla určena průměrem z pěti nejchladnější po sobě jdoucích dní v roce zjištěných meteorologickým pozorováním. V ČR jsou zvoleny 3 základní oblastní výpočtové teploty, a to $t_{e1} = -12$ °C, $t_{e2} = -15$ °C a $t_{e3} = -18$ °C.

Pro místa s rostoucí nadmořskou výškou klesá venkovní teplota, což zohledňuje ČSN 06 0210 takto:

Tab. 3. Výpočtové teploty pro vyšší nadmořské výšky

Nadmořská výška	Výpočtová oblast [°C]	t_e [°C]
nad 400 m	-12	-15
nad 600 m	-15	-18
nad 800 m	-18	-21

2.2.2.1 Tepelné ztráty větráním

Objemový tok větracího vzduchu infiltrací \dot{V}_{vp}

$$\dot{V}_1 = \sum_{i=1}^n (i_L \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (2.7)$$

kde i_L je součinitel spárové provzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti $[m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}]$,

L délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří $[m]$,

B charakteristické číslo budovy $[Pa^{0,67}]$,

M charakteristické číslo místnosti $[-]$.

Objemový tok větracího vzduchu dle hygienických požadavek \dot{V}_2

$$\dot{V}_2 = \frac{n}{3600} \cdot V_o \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (2.8)$$

kde n je intenzita výměny vzduchu $[1/h]$,

V_o vnitřní objem prostoru $[m^3]$.

Tepelná ztráta místnosti větráním \dot{Q}_v

$$\dot{Q}_v = \dot{V}_i \cdot \rho_v \cdot c_v (t_{iv} - t_{ev}) \quad [W] \quad (2.9)$$

kde \dot{V}_i je objemový tok $[m^3 \cdot s^{-1}]$ - použijeme větší z hodnot \dot{V}_1 nebo \dot{V}_2 ,

t_i je vnitřní výpočtová teplota $[^\circ C]$,

t_e je venkovní výpočtová teplota $[^\circ C]$.

2.3 Stropní sálavé zářiče

Při vytváření pracovního prostředí ve velkoprostorovém objektu si volíme za cíl zajistit člověku optimální stav vnitřního prostředí současně s minimální energetickou náročností celé otopné soustavy. Dodržet tuto podmínku zejména v objektech jako jsou průmyslové haly není jednoduchou záležitostí. Působí zde příliš mnoho faktorů, které mají na tepelný stav prostředí negativní vliv. Jedno z možných řešení jak vytvořit rovnováhu mezi nároky člověka a požadavky na energetickou náročnost objektu spočívá v aplikování otopné soustavy se závěsnými sálavými zářiči. [4]

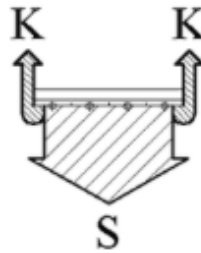
Druhy stropního sálavého vytápění:

- stropní velkoplošné vytápění (kancelářské a obytné prostory);
- světlé zářiče;
- tmavé zářiče (sálavé panely).

Při výpočtu sálavého stropního vytápění vycházíme z rovnice tepelné pohody. To znamená, že musíme dosáhnout takových poměrů, za kterých člověk nepocítuje ani chlad ani nadměrné teplo, nebo se potí, tedy cítí se tepelně neutrálně. Operativní teplotu t_o , která je člověkem vnímána, můžeme zjednodušeně brát jako průměr teploty vzduchu t_a a střední radiační teploty t_r . Pro tepelnou pohodu prostředí samozřejmě existují i omezující faktory. Jedním z nich je příliš velký tepelný tok sáláním definovaný intenzitou osálení. V případě intenzity osálení hlavy je dnes doporučeno nepřekročit hodnotu $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Sálavé vytápění velkoprostorových objektů pomocí závěsných panelů je v porovnání s teplovzdušným hospodárnější. Je tomu obecně díky nižší teplotě vzduchu a díky tomu menšímu stoupání teplejšího vzduchu směrem vzhůru v daném objektu.

U každé otopné soustavy můžeme rozdělit výkon na sálavou a konvekční složku. U závěsných sálavých soustav (panelů, zářičů) sálavá složka ovlivňuje tvorbu prostředí v oblasti pobytu člověka, složka konvekční se z větší míry podílí na tepelné ztrátě v kontaktu se střešní konstrukcí.



Obr. 2.3. Rozdělení výkonu na sálavou a konvekční složku [6]

2.3.1 Rozdělení plynových zářičů

Obecně zářičem můžeme rozumět těleso se schopností vyzařovat energii. V případě vytápění, zářič předává především teplo sáláním. Zářiče můžeme dělit dle několika kritérií:

- primární zdroj energie (elektrické, plynové)
- povrchové teploty zářičů (světlý, tmavý)

Důležitý mezníkem mezi světlym a tmavým zářičem je povrchová teplota nazývaná se tzv. „Draper point“, který je dán teplotou 525 °C (798 K), kdy elektromagnetické záření vyzařované zářičem je již viditelné a můžeme pozorovat, že zářič „svítí“. Obecně tedy lze říci, že pod touto hraniční teplotou 525 °C nazýváme zářiče tmavými.

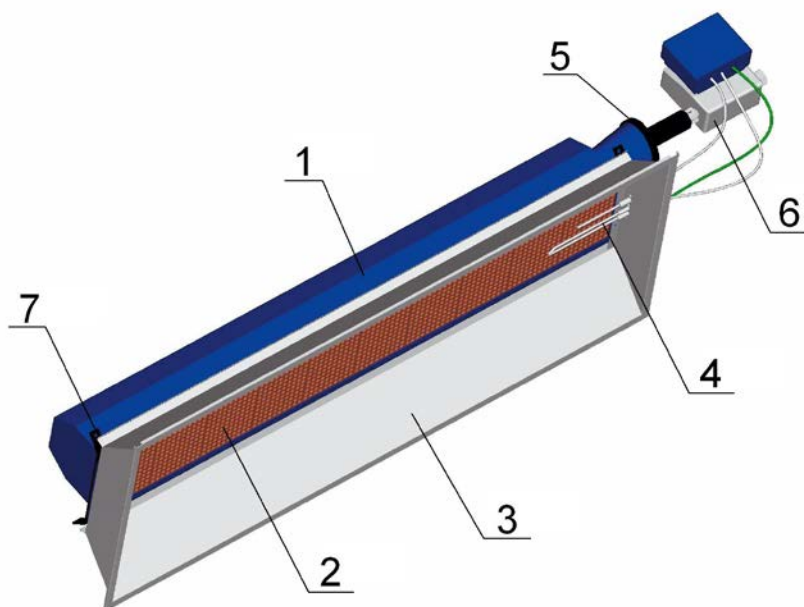
Principem dodávky tepla se plynové zářiče neliší od vytápění vodními sálavými panely. Nejprve se v objektu ohřívá podlaha a teprve od ní vzduch. Jelikož teplota vzduchu není vysoká (oproti teplovzdušnému vytápění), roste s výškou velmi pomalu. Teplota pod střešním pláštěm je poměrně nízká, a proto je i tepelná ztráta objektu nižší, než v případě u soustav vytvářejících pod střešinou teplý vzduchový polštář.

Světlé zářiče

Světlé zářiče s plochou z keramických destiček mají povrchovou teplotu 850 – 950 °C, kde na jejich povrchu dochází k difuznímu spalování směsi vzduchu a zemního plynu. Povrchové teploty dosahují vysokých teplot, proto zářič svítí (pojmenování - světlé zářiče). Emisivita povrchu se pohybuje okolo 0,93 až 0,95. Od jednotlivých výrobců se liší zářiče především konstrukcí reflexního zákrytu, který usměrňuje tepelný tok a koncentrují ho. V případě spalin musíme zajistit správný odvod, který většinou řešíme v praxi umístěním odváděcích ventilátorů.

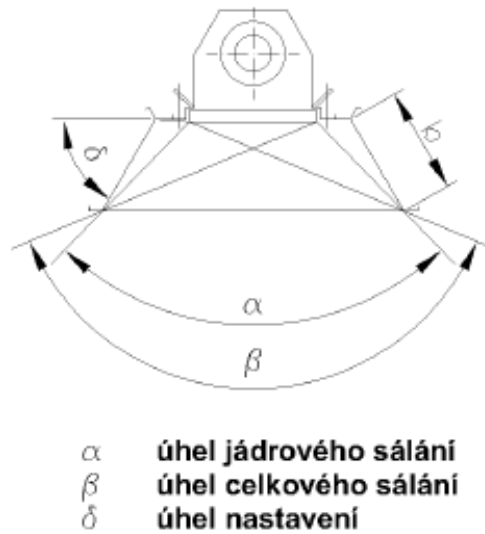
Při vytápění v průmyslné výrobě se výkony pohybují od 7 kW až do 50 kW. U některých výrobců můžeme nalézt výkony již od 3,5 kW, které svou velikostí můžeme využít např. jako mobilní (přenosný) zdroj tepla.

Konstrukce světelných zářičů se liší dle daného výrobce, ale základní konstrukce je stejná.



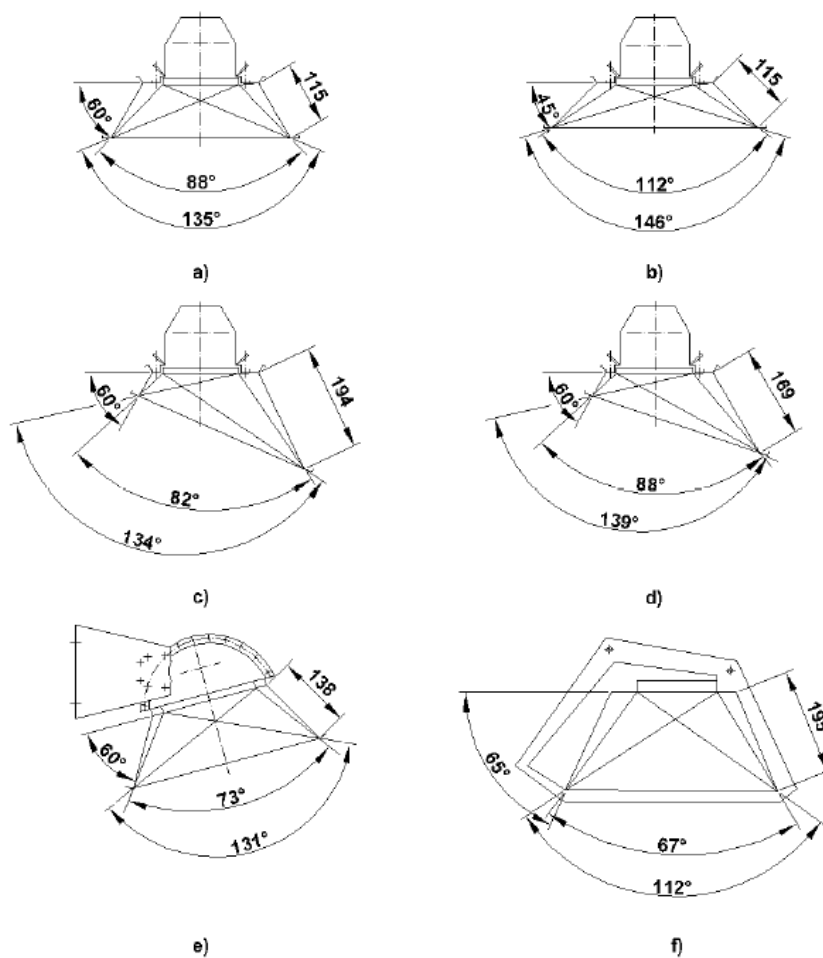
Obr. 2.4. Světlý plynový zářič [4]

1 - směšovací komora, 2 - keramické destičky, 3 - reflektor, 4 - ionizační elektrody,
5 - plynová tryska, 6 - řídicí automatika, 7 – závěs



Obr. 2.5. Základní geometrie zářiče [6]

Geometrie světelných zářičů se liší zejména v úhlu nastavení δ , dle jednotlivých výrobců. Jedná se o tvar zákrytu plechu. V případě otevřeného zákrytu (velký úhel δ), pokryje zářič větší osálanou plochu, ale méně koncentruje energii na určené místo. V opačném případě se sníží osálaná plocha, ale zvýší koncentrace energie do požadovaného místa. Důležitým faktorem je také délka zákrytu b , kterým ovlivňuje koncentraci energie stejně jako úhel δ . Delší délka zákrytu – vyšší koncentrace paprsků. V případě spojení kraje reflexního zákrytu a kraje keramické destičky získáme tzv. „mezí“ paprsky, kde úhel mezi těmito paprsky označujeme jako „úhel jádrového sálání“ α . „Úhel celkového sálání“ β získáme spojením kraje keramických destiček a protilehlým krajem reflexního zákrytu.



Obr. 2.6. Různé typy zářičů s různou geometrií [6]

Vlastnosti a vhodnosti použití světlých zářičů [6]:

Výhody:

- jsou vhodné pro haly s vyšší stavební výškou
- mnohem menší rozměry pro stejný výkon než tmavé zářiče
- nižší pořizovací náklady, spotřeba materiálu na zářiče a rozvodná potrubí
- vyšší sálavá účinnost (nižší spotřeba plynu)
- nižší pokles sálavé účinnosti při osazení v šikmé poloze než u tmavých zářičů
- snadná a nenáročná montáž

Nevýhody:

- nevhodnost pro prašné provozy
- vzhledem k intenzivním sálavým tokům nevhodnost pro provozy citlivé na osálení
- výkon a výška zavěšení jsou limitující faktory s ohledem na osálení temene stojící osoby

2.3.2 Tmavý plynový zářič

Tmavé plynové zářiče pro dosahovaný výkon spalují směs plynu nebo propanbutanu se vzduchem v hořácích, umístěných v řídicí skříňce. Spaliny jsou vedeny do trubic, které mají dvojitý provedení. Ve tvaru U nebo I. V případě varianty U je hořáková a ventilátorová komora společná, zatímco u varianty I jsou tyto komory rozdělené. Způsob zavěšení je vodorovně pod strop, nebo šikmo na stěny vytápěného objektu. V tomto provedení značně klesá účinnost zářiče. Na vstupu spalín se teplota povrchu trubic pohybuje okolo 500 °C, při výstupu pak 180 - 220 °C. Střední teplota se pohybuje kolem 350 °C. Výkony dodávaných zářičů dosahují až 50 kW. Délky zářičů se pohybují v rozmezí 3,5 až 12 m v případě provedení U a 5 až 20 m u provedení I.



Obr. 2.7. Typický příklad tmavého plynového zářiče [4]

Popis

Zářiče jsou plynová infračervená topná zařízení, která patří do skupiny decentralizovaných systémů vytápění. Na rozdíl od centrálního vytápění je pro decentralizovaný systém charakteristické, že teplo vzniká přesně v místě, kde je ho zapotřebí (sklad, pracoviště, výroba atd.). Tmavý zářič sálá infračervené záření přes dlouhou tmavou sálavou trubici. Hořák produkuje dlouhý laminární plamen uvnitř sálavé trubice. Tento plamen ohřívá sálavou trubici na teplotu až okolo 500 °C. Na konci tmavého zářiče je namontováno odkouření, které odvádí spaliny mimo budovu. Nad sálavou trubicí se nacházejí reflektory, které usměřují infračervené záření do pobytové části. Dodatečná izolace reflektoru snižuje ztráty tepelné energie přes reflektor a tím snižuje množství tepla konvekcí pod střešou haly. Tímto způsobem se teplo dostane cíleně tam, kde je ho zapotřebí – na pracoviště. [7]

Oblast použití tmavých zářičů je rozmezí výšky zavěšení 5 – 8 m nad podlahou. Oproti světlým zářičům je vhodnost použití do prašného prostředí, což je výhodné do mnoho průmyslových objektů.

Výkon

Docílením potřebného výkonu tmavých zářičů je dosaženo spalováním plynu či propan-butanu se vzduchem v hořácích. Hořáková a ventilátorová trubka se zahřívá a vytvářejí otopnou plochu. Výkon tmavých zářičů se velmi liší dle výrobce a dané konstrukce. Obecně lze říci, že výkon se pohybuje do 50 kW. Konkrétní porovnání výkonů, typů a jednotlivých specifik mnoha výrobců bude formou tabulky uvedeno v kapitole 2.3.3 Konstrukční řešení tmavých zářičů.

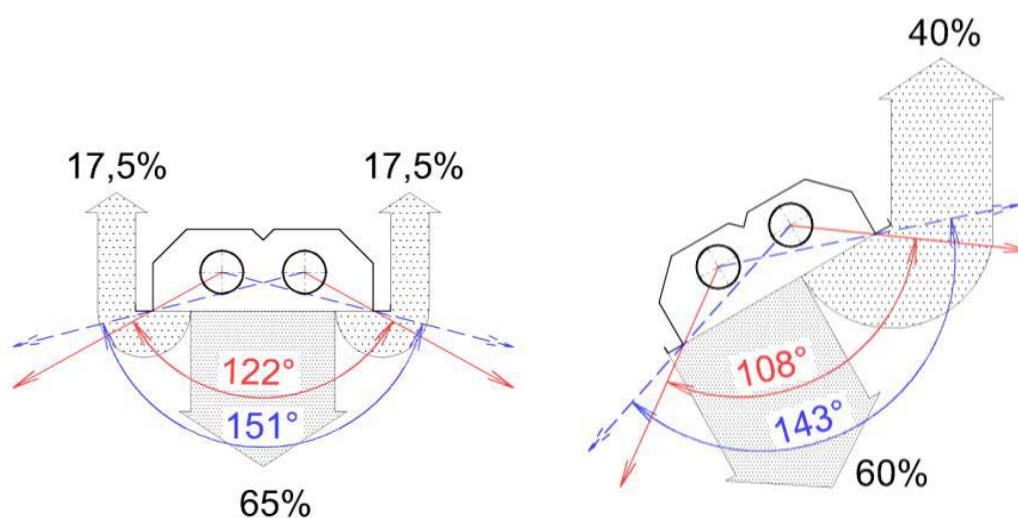
Regulace

V případě regulace zářičů můžeme hovořit o dvou typech regulace a to centrální a decentrální. U decentrální regulace je decentralizace jednotlivých zdrojů, tedy možnost jednoduše vypínat a zapínat jednotlivé zdroje a přizpůsobovat dodávku tepla aktuální potřebě a provozu. V případě centrální regulace se zářiče rozdělí do jednotlivých sekcí (každé sekci přísluší svoje vlastní čidlo) se stejným provozem. Převážně se jedná o systém start – stop.

Na trhu sice existují i zářiče, které nabízí regulaci třípolohovou, ovšem většinou se u třetí polohy vyskytuje problém s regulací přívodu spalovacího vzduchu. Spalování je méně efektivní a nedokonalé. Proto je i výhoda třípolohové regulace diskutabilní. [8]

Geometrie

Geometrie sálání tmavého zářiče se liší v porovnání se světlými zářiči tím, že úhel jádrového sálání α a úhel celkové sálání β je v případě tmavých zářičů v podstatě neměnná. Pokud je tmavý zářič zavěšen šikmo na stěny vytápěného objektu, dochází ke značnému poklesu účinnosti.

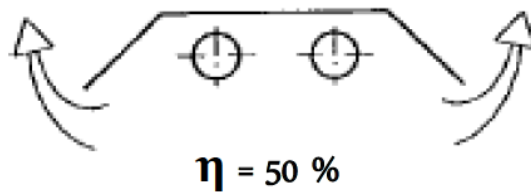


Obr. 2.8. Geometrie sálání vodorovného a šikmého zavěšení [6]

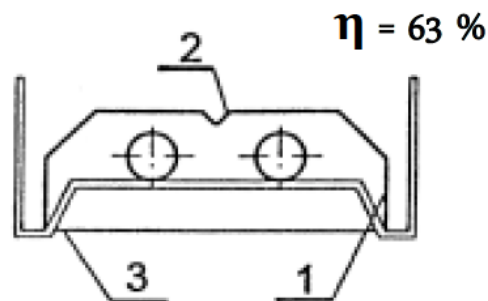
Sálavá účinnost:

$$\eta_v = \frac{Q_{sál}}{H \cdot \dot{V}} \quad [-] \quad (2.11)$$

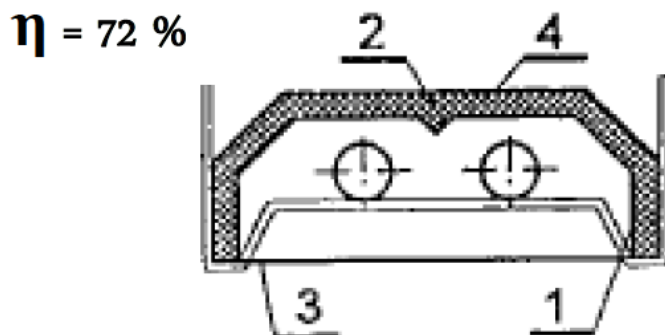
kde $Q_{sál}$ sálavý výkon [W],
 H výhřevnost plynu [J/m³],
 \dot{V} spotřeba plynu [m³/s].



Obr. 2.9. Tmavý zářič s malou sálavou účinností, postranní křídélka úzká [4]



Obr. 2.10 Tmavý zářič neizolovaný s hlubokým reflexním zákrytem a plnými čely [4]



Obr. 2.11. Tmavý zářič izolovaný s hlubokým reflexním zákrytem a plnými čely [4]

Rozmíst'ování a zavěšování

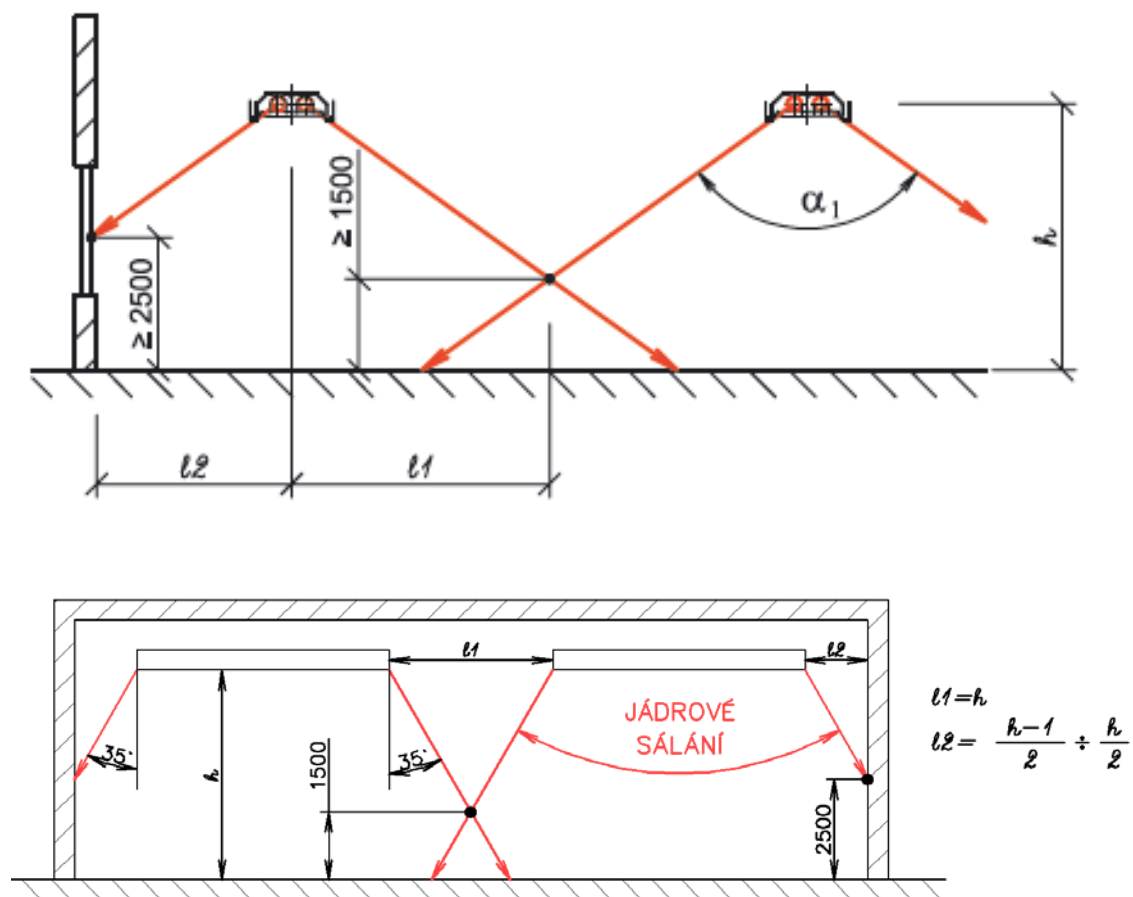
Zavěšování tmavých zářičů se zpravidla v praxi pohybuje v rozmezí 5 – 8 m nad podlahou. Tmavé zářiče je možno umístit podstatně níže než zářiče světlé, proto jsou vhodnější do nižších objektů, kde nehrozí překročení doporučené intenzity osálení $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Vhodnost použití tmavých zářičů do nižších objektů vyplývá z jejich konstrukce. Vzhledem k tomu, že maximální intenzita je vyzařována kolmo k sálajícímu povrchu a sálajícím povrchem je zde trubka, intenzita sálení do bočních směrů je poměrně vysoká. Při vyšším zavěšení dochází k zbytečnému nadměrnému osálování stěn. V příložené tab. 4 jsou uvedené doporučené minimální výšky zavěšení zářičů.

Tab. 4. Doporučené minimální výšky zavěšení zářičů [6]

Výška zavěšení	Výkon [kW]	Úhel sklonu [°]		
		0	15°	30
h [m]	12	4,2	4,0	4,0
	17	4,3	4,0	4,0
	24	4,5	4,3	4,0
	30	4,7	4,5	4,2
	36	4,7	4,5	4,2
	45	4,9	4,7	4,5

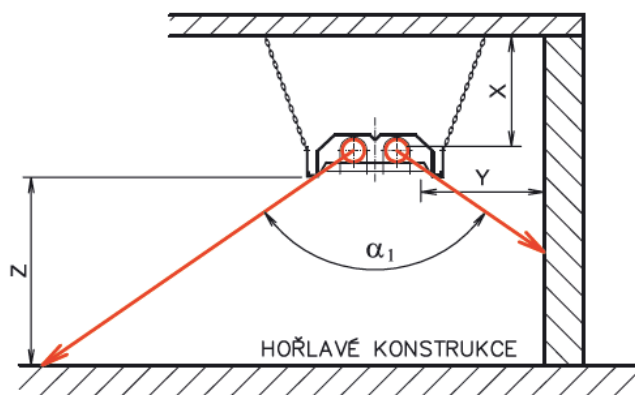
Princip umíst'ování zářičů vychází z dlouholeté praxe a je doporučován většiny výrobci.

Aby byla zajištěna rovnoměrnost vytápění v celé pracovní oblasti, měly by se paprsky, které vymezují oblast jádrového sálení protínat mezi dvěma zářiči cca 1,5 m nad podlahou. U venkovních stěn by se měl průsečík mezních paprsků a stěny vyskytovat výše - cca 2,5 m nad podlahou, aby bylo lépe zajištěno pokrytí tepelné ztráty a eliminovány chladné konvektivní proudy (obr. 2.13.). Tam, kde jsou umístěna pracoviště přímo u oken, je lépe umístit tento průsečík ještě výše - zářič situovat blíže ke stěně, aby se vyrovnal nepříznivý vliv chladných ploch oken a stěny. V případě, že je mezi dvěma zářiči umístěna komunikace, je možné vzít jako vodítko průsečík všeobecného sálení a jeho výšku nad podlahou $h_1 > 2,5 \text{ m}$. [4]



Obr. 2.12. Optimální vzdálenost mezi tmavými zářiči v příčném a podílném směru [4]

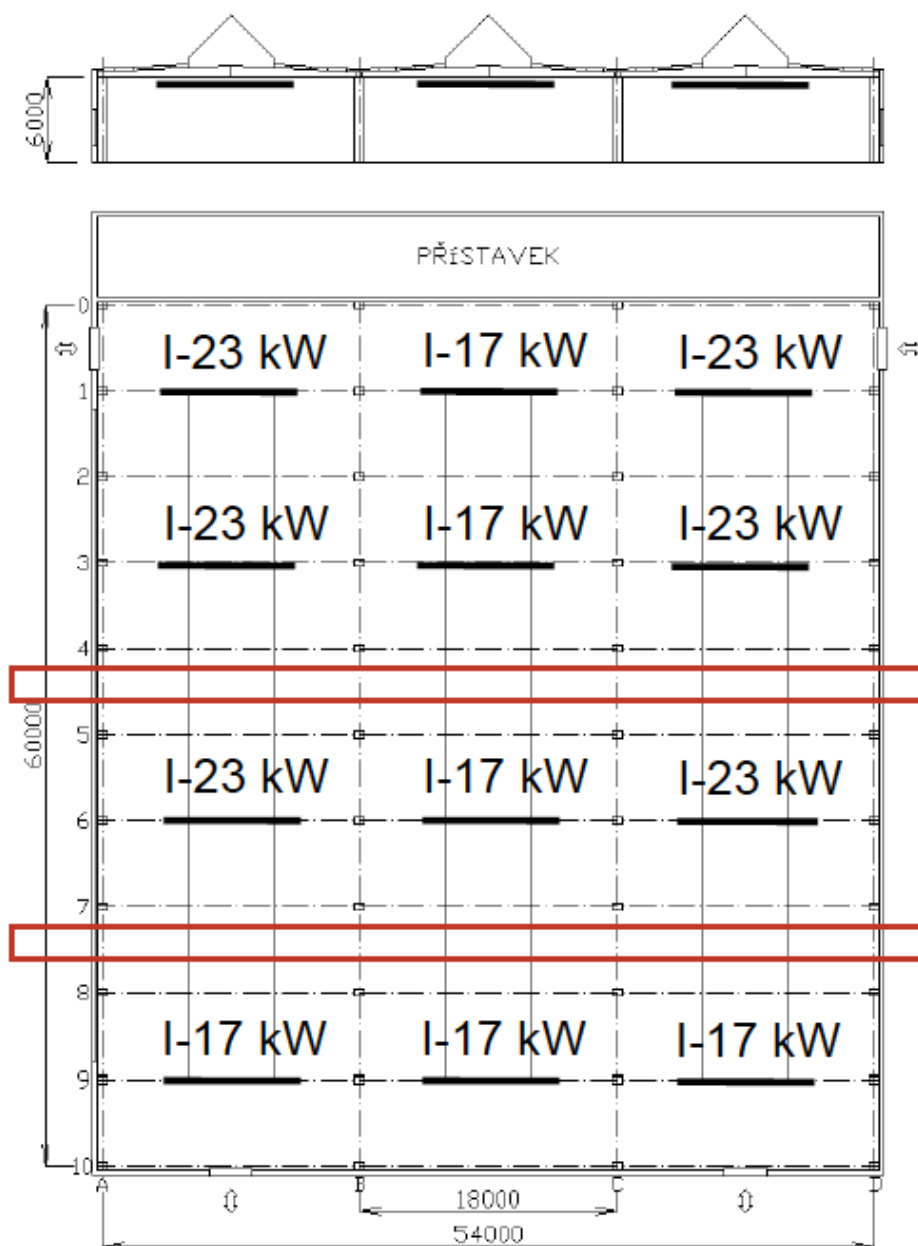
Jelikož jsou zářiče zařízení pracující s vysokými povrchovými teplotami, musíme dbát na bezpečnostní podmínky při jejich umístování.



Obr. 2.13. Vzdálenost tmavých zářičů od stavebních konstrukcí [4]

Dle obr. 2.14. se stanovily bezpečnostní podmínky pro umístění tmavých zářičů.

- X = 800 mm - při vodorovném zavěšení
- X = 1200 mm - při šikmém zavěšení
- Y = 1000 mm - vzdálenost od svislých konstrukcí
- Z = 2000 mm - vzdálenost hořlavých materiálů v oblasti jádrového sálání



Obr. 2.14. Příklad rozmístění tmavých zářičů [6]

Vlastnosti a vhodnosti použití tmavých zářičů [6]:

Výhody:

- lze použít pro nižší haly
- prašné prostředí nemůže podstatněji ovlivnit jejich sálavý výkon
- při velkoplošné pokrytí je za běžných podmínek dobrá rovnoměrnost osálení

Nevýhody:

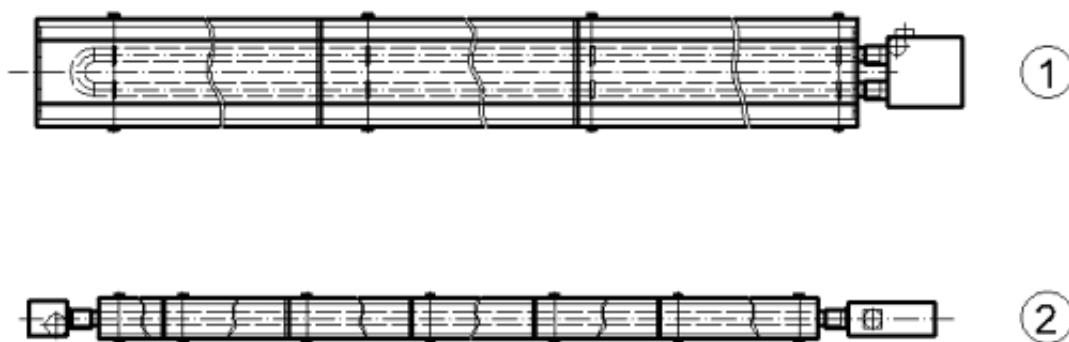
- vykazuje nižší měrné výkony a z toho plynoucí velké rozměry sálavých ploch
- vyšší pořizovací náklady a větší spotřeba materiálu
- nižší sálavá účinnost a větší spotřebu energie pro stejný sálavý výkon než světlé zářiče
- nevhodnost použití do hal s jeřábovou dopravou
- tmavé zářiče s hořáky vykazují průměrně 10x vyšší obsah NO_x ve spalinách s porovnáním s difuzním spalováním u světlych zářičů
- při stejné pracovní činnosti je vyžadována vyšší teplota vzduchu než u světlych zářičů, což vede k větším ztrátám zejména větráním

2.3.2 Konstrukční řešení tmavých zářičů

Vysokoteplotní zářiče

Kotrbatý

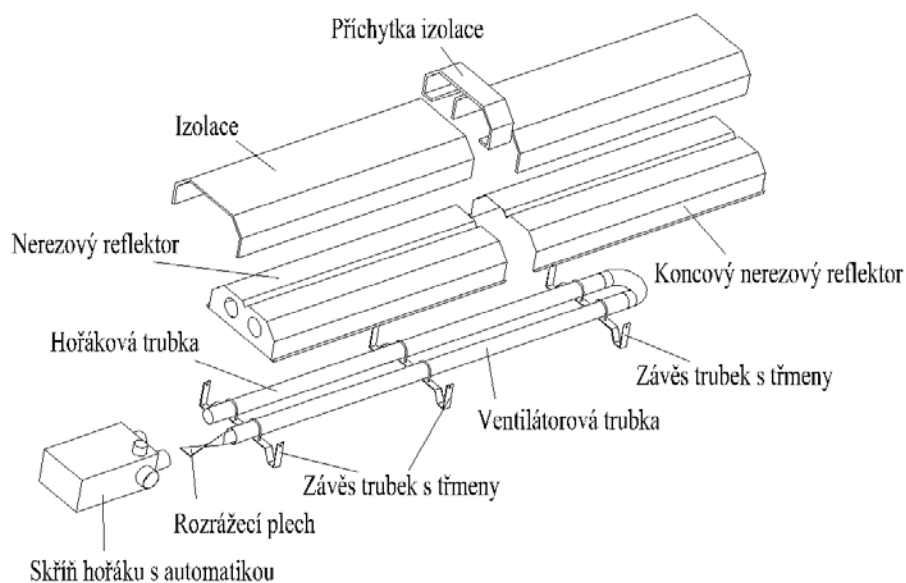
Tradiční plynový hořák je umístěn spolu s automatikou pro regulaci tlaku plynu před otopnou trubící. Plamen vstupující do trubice zahřívá její povrch zhruba na 500 °C. Po průchodu zářičem klesne teplota spalin zhruba na hodnotu 160 až 210 °C. Trubice jsou buď tvaru U, nebo tvaru I (obr. 2.15). V teplotách spalin lze hledat první negativní vliv na hospodárny provoz zářiče. Uváděné rozmezí teplot spalin je dáno délkou otopné trubice. Když stejná délka a stejný průměr trubice předá výkon 20 kW (160 °C) nebo 30 kW (250 °C) je větší hodnota méně hospodárná. Teploty spalin na výstupu u zářičů Kotrbatý se pak pohybují v rozmezí 160 až 200 °C [4].



Obr. 2.15. 1. Tmavý zářič KM– U; 2. Tmavý zářič KM – I [4]

Podstatnou roli pro hospodárnost infra-vytápění tmavými zářiči hraje konstrukce reflexního zákrytu a následné umístění zářiče do vytápěného prostoru. Zářič s mělkým jednoduchým zákrytem a bez koncových čel lze označit jako naprosto nevhodné konstrukční řešení. Jeho sálavá účinnost se pohybuje kolem 50 %, což je na rozhraní mezi sálavým a konvekčním tělesem. Jeho umístění v horní části vytápěného prostoru pak bezpečně zajistí zařadit polovinu dodaného výkonu do ztrát. Negativní vliv na poměr sálavé a konvekční složky má i kvalita reflexního zákrytu - lesklý hliník má větší

odrazivost, avšak menší životnost proti nerezovému plechu. Proto je zapotřebí zvážit, který aspekt je v daném případě výhodnější. Naprosto nevyhovující je instalace tohoto typu zářiče v šikmé poloze. Zvětšuje se jednak podíl konvekční složky a jednak dochází i ke ztrátě části tepelné energie dodané sálavou složkou. Mělké zářiče s velkým úhlem jádrového sálání nelze vůbec navrhovat do šikmé polohy. [4]

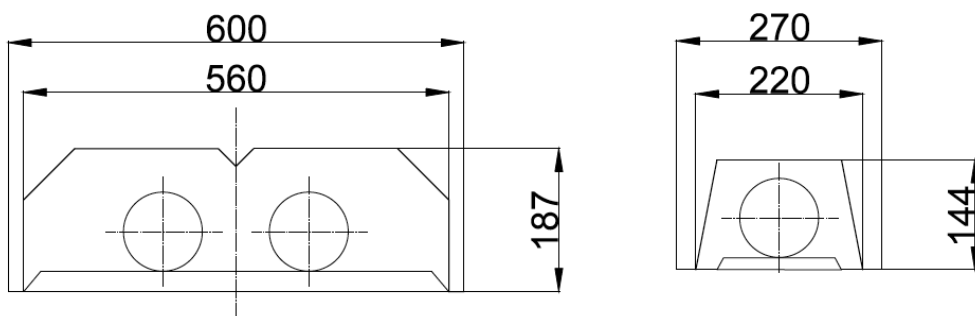


Obr. 2.16. Konstrukce tmavého zářiče KM [6]

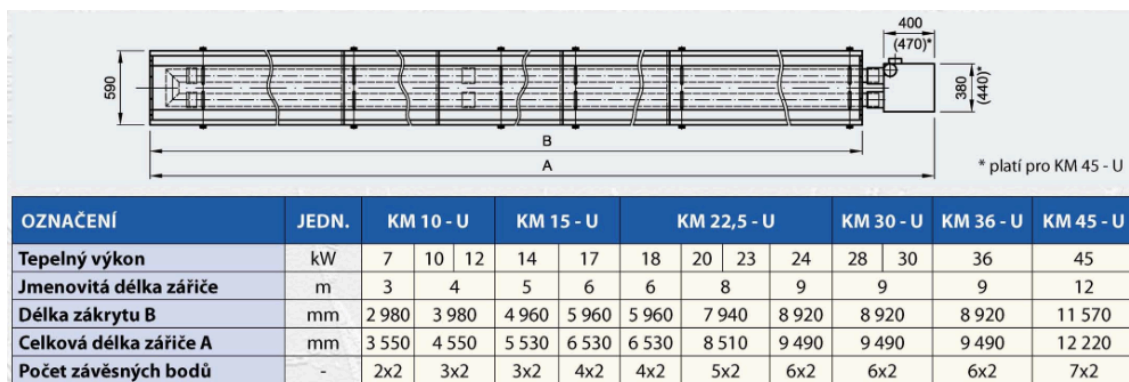
V případě potřeby zvýšit celkovou účinnost zařízení je možné reflexní zákryt izolovat. Účinnost je možné zvýšit o cca 3 až 5 %. Použitá izolace o tloušťce 20 mm s horní stranou zakrytou hliníkovou folií. Výhodné využití izolace je v případě u zářičů s nerezovým zákrytem, který poskytuje vyšší teplotu povrchu proti hliníkovému zákrytu.



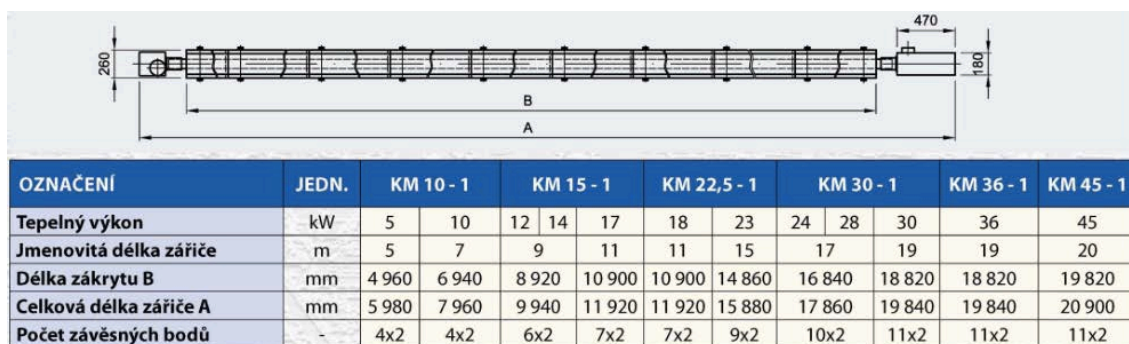
Obr. 2.17. Tepelná izolace tmavých zářičů KM [4]



Obr. 2.18. Průřez zářiče KM typu U a I [16]



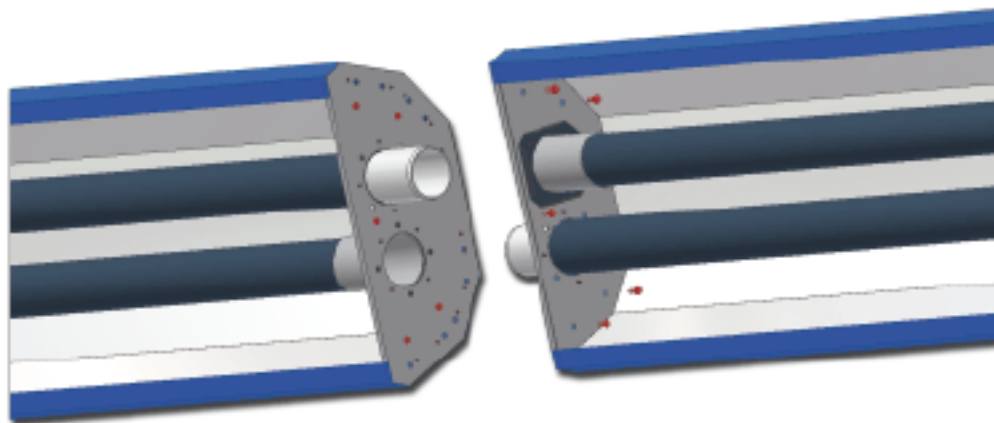
Obr. 2.19. Nabízené zářiče KM typu U [16]



Obr. 2.20. Nabízené zářiče KM typu I [16]

Lersen

Výrobce Lersen nabízí nové infrazářiče COMPACT, které jsou zajímavé svou kompaktností. Zářiče se skládají z dvoumetrokových segmentů, které se do sebe skládají a upevňují šrouby (obr. 2.21). Rozměr nabízených zářičů jsou v rozmezí 4 – 10 m. Každý ze segmentů je již z výroby kompletně zhotovený a nemusí se kompletovat namíste, jako je to v případě ostatních výrobců zářičů. Zářiče se sestavují přímo v místě instalace pod stropem.

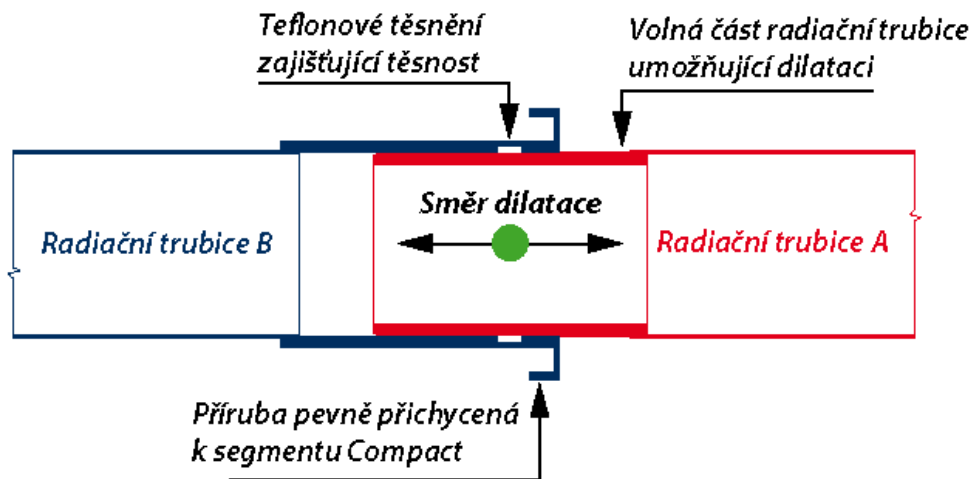


Obr. 2.21. Místo spojení zářičů šrouby [14]

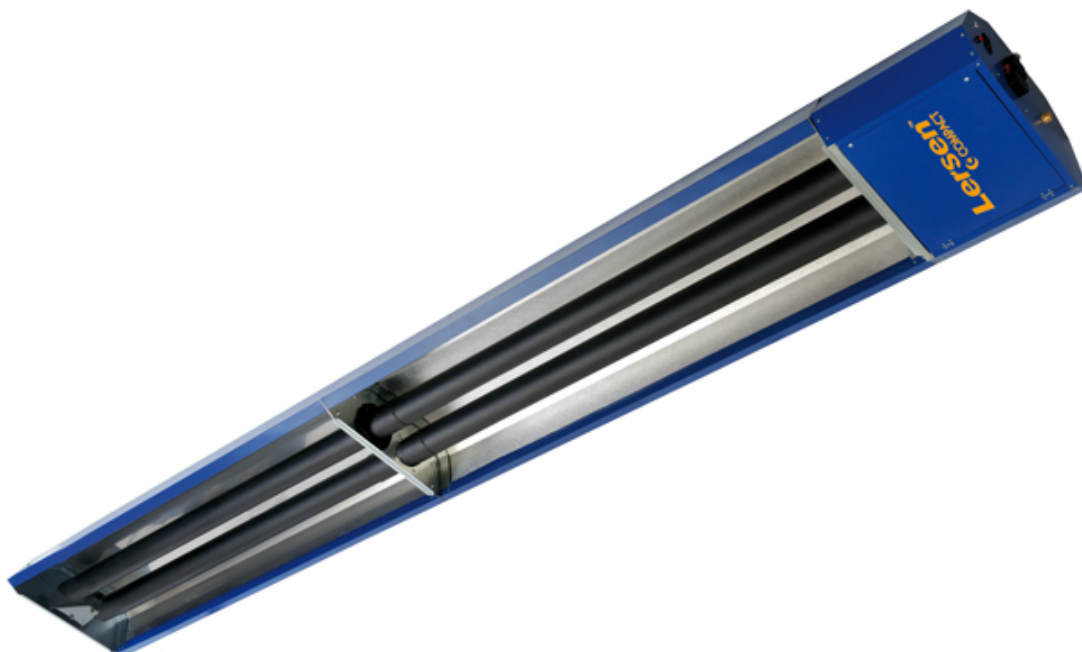
Výrobce zdůrazňuje světovou unikátnost a špičku v oblast sálavé účinnosti, která byla exaktně měřená v Institutu technologie v Německu.

Hlavní změna se udála v konstrukci hořáku a umístěním ventilátoru spalin na konec radiačních trubíc. Došlo tím k protažení a ztenčení plamene čímž bylo lépe rozprostřeno teplo po celé délce radiačních trubíc. Dalším důležitým faktorem pro vysokou účinnost sálání je použití správného typu reflektoru a jeho tvaru. Schopnost nejlépe odrážet má lesklý hliník, aby bylo teplo ještě lépe odváděno bylo použito varianty se strukturovaným povrchem, který vysálanou energii mnohem lépe rozptýlí a nevrací ji na horní část radiační trubice. I na tvaru reflektoru bylo provedeno velké množství testů, než se podařilo určit nejlepší tvar. Dalšími věcmi, které ovlivňují unikátní účinnost sálání, jsou speciální žáruvzdorné tenkostěnné trubice, které dokáží rychle předat energii a izolace reflektoru, která brání úniku tepla směrem ke stropu. [14]

U běžných zářičů dochází při ohřevu radiačních trubek k roztažnosti materiálu až o několik centimetrů. V případě výrobce Lersen jsou radiační trubky opatřeny přírubami různých průměrů. Těsnění přírub zajišťuje teflonové těsnění. Z obr. 2.22. je jasně patrné, jak celý systém funguje.



Obr. 2.22. Princip funkce kompenzace dilatace [14]



Obr. 2.23. Zářič COMPACT 4 m [14]

TYP INFRAZÁŘIČE		COMPACT4 TOP	COMPACT6 TOP	COMPACT8 TOP	COMPACT10 TOP
Jmenovitý příkon - G20 (max./min.)	kW	25,0/18,0	38,0/27,0	49,0/35,0	49,0/35,0
Jmenovitý výkon - G20 (max./min.)	kW	22,3/16,3	34,5/24,5	45,0/32,0	45,0/32,0
Účinnost spalování	%	90,5			
Vysálaný výkon - G20 (max./min.)	kW	20,2/14,5	30,7/21,8	39,5/28,2	39,5/28,2
Účinnost sálání - G20 (max.)	%	80,7			
Délka/počet radičního modulu	m/ks	2/2	2/3	2/4	2/5
Brzdíč	m/ks	2/1	2/1	není	
Elektrické krytí		IP 20			
Průměr trysek - G20	mm	4	5	6	6
Tlak na trysce maximální/minimální	mbar	140/80	120/80	100/70	100/70
Elektrický příkon/pracovní napětí	W/V	70/230, 50Hz			
Počet hořáků	ks	1			
Výstupní tlak spalin	Pa	30	28	26	24
Ø sání a odvodu spalin	mm	100			
Průměr připojení plynu		3/4" vnější závit			
Připojený tlak zemního plynu	kPa	1,8 - 3,0 +/- 5%			
Akustický tlak - volný prostor	dB	39			
Spotřeba zemního plynu min. / max.	m3/h	1,7/2,4	2,6/3,6	3,3/4,7	3,3/4,7
Hmotnost infrazářiče	kg	106	150	195	240

Obr. 2.24. Nabízené zářiče Lersen COMPACT TOP [17]

TYP INFRAZÁŘIČE		COMPACT4 ECO	COMPACT6 ECO	COMPACT8 ECO
Jmenovitý příkon - G20 (max./min.)	kW	25,0/18,0	38,0/27,0	49,0/35,0
Jmenovitý výkon - G20 (max./min.)	kW	22,3/16,3	34,5/24,5	45,0/32,0
Účinnost spalování	%	90,5		
Vysálaný výkon - G20 (max./min.)	kW	16,3/11,7	24,7/17,6	31,9/22,8
Účinnost sálání - G20 (max.)	%	65,0		
Délka/počet radičního modulu	m/ks	2/2	2/3	2/4
Brzdíč	m/ks	2/1	2/1	není
Elektrické krytí		IP 20		
Průměr trysek - G20	mm	4	5	6
Tlak na trysce maximální/minimální	mbar	140/80	120/80	100/70
Elektrický příkon/pracovní napětí	W/V	70/230, 50Hz		
Počet hořáků	ks	1		
Výstupní tlak spalin	Pa	30	28	26
Ø sání a odvodu spalin	mm	100		
Průměr připojení plynu		3/4" vnější závit		
Připojený tlak zemního plynu	kPa	1,8 - 3,0 +/- 5%		
Akustický tlak - volný prostor	dB	39		
Spotřeba zemního plynu min. / max.	m3/h	1,7/2,4	2,6/3,6	3,3/4,7
Hmotnost infrazářiče	kg	87	121	155

Obr. 2.25. Nabízené zářiče Lersen COMPACT ECO [17]

Mandík

Zářiče Helios řady 10 – 50 patří do kategorie tmavých zářičů pracujících s povrchovou teplotou do 550 °C. Vyrábí se několik konstrukčních variant.

Dle tvaru topné trubice:

- U – s vratnou topnou trubicí
- I – jednotrubkové

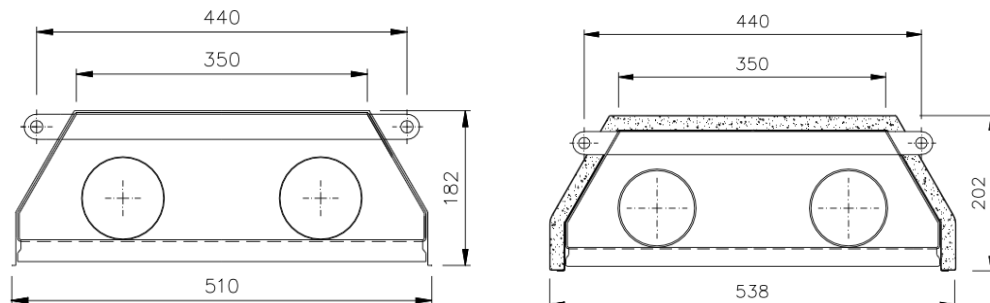
Dle hořákové skříně:

- Infrazářiče výkonově jednostupňové – U, I. : Jednostupňový hořák v režimu zapnuto – vypnuto
- Infrazářiče výkonově dvoustupňové – UD, ID. : Dvoustupňový hořák v režimu vypnuto – snížený výkon – zapnuto

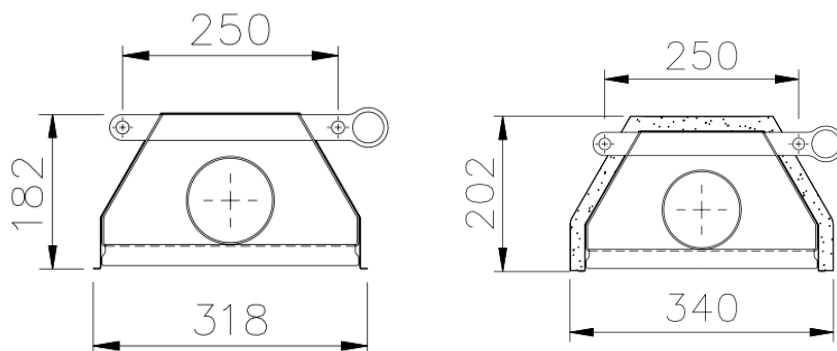
Dle konstrukce reflektoru:

- Neizolovaný reflektor: stropní zářiče – označení U, UD, I, ID
- Izolovaný reflektor: stropní zářiče – označení U+, UD+, I+, ID+

V případě izolovaného reflektoru bylo dosaženo vyšší sálavé účinnosti, kterou bohužel výrobce blíže nespecifikuje.



Obr. 2.26. Průřez reflektoru infrazářiče U: vlevo neizolovaný; vpravo izolovaný [15]



Obr. 2.27. Průřez reflektoru infrazářiče I: vlevo neizolovaný; vpravo izolovaný [15]

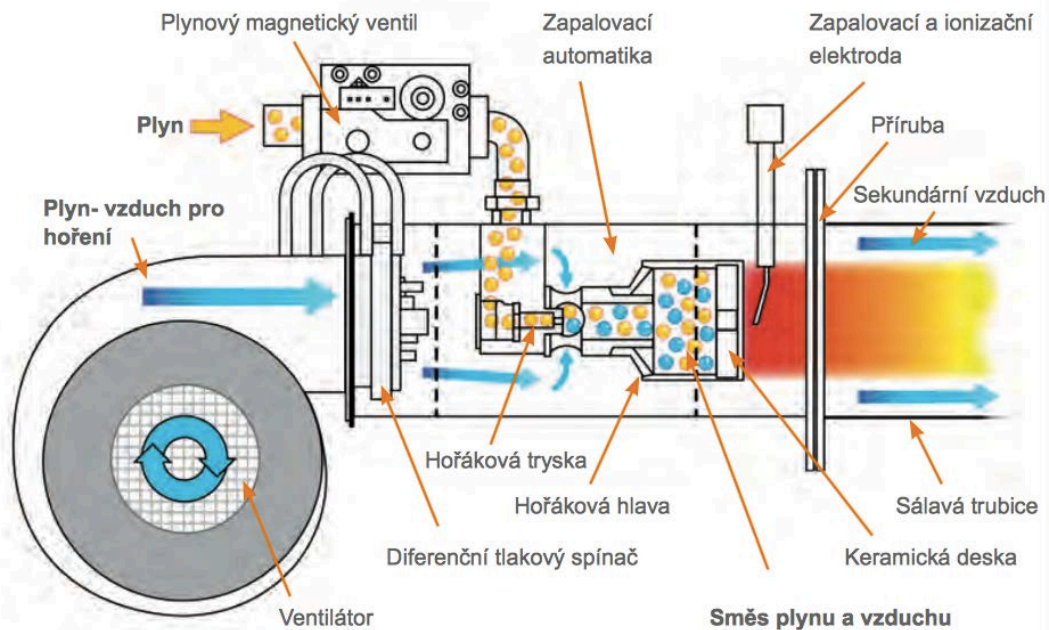
Technické parametry infrazářičů řady Helios 10 - 50							
Typ infrazářiče	Výkon jmenovitý [kW]	Výkon minimální ZP [kW]	Elektrický příkon [W]	Spotřeba plynu max. ZP [m ³ .h ⁻¹]	Hmotnost [kg]		Délka [m]
10-I	11,1	6,1	100	1,26	100		7,0
20-I	21,5	10,3	100	2,51	144		10,0
30-I	32,8	15,8	100	3,84	186		13,0
40-I	37,8	19,3	100	4,33	229		16,0
10-U	11,1	6,1	100	1,26	88		3,8
20-U	19,2	10,3	100	2,26	123		5,3
30-U	29,5	15,8	100	3,46	155		6,8
40-U	36,7	19,3	100	4,27	188		8,3
50-U	45,0	23,3	100	5,47	221		9,8
Technické parametry infrazářičů řady Helios 335 / 505							
Typ infrazářiče	Výkon jmenovitý [kW]	Výkon minimální ZP [kW]	Elektrický příkon [W]	Spotřeba plynu max. ZP [m ³ .h ⁻¹]	Hmotnost [kg]		Délka [m]
33-UD	32,3	16,4	100	3,75	240		9,3
50-UD	44,5	23,4	100	5,47	331		13,2

Obr. 2.28. Nabízené zářiče Mandík [18]

Schwank

Známý výrobce Schwank založený v Německu dává najevo svou kvalitu „made in Germany“. Firma je nejvíce pyšná na svůj inovativní tichý hořák "Whisper Jet", který je srdcem všech tmavých infrazářičů Schwank.

U vytváření jeho koncepce byly zahrnuty nejnovější poznatky a technologie. Byl použit přetlakový systém, který lépe ovlivní průtok směsi plynu a vzduchu a tím zajistí lepší rozvod tepla. Komponenty hořáku a ventilátor se tak nevystavují teplým zplodinám. Tím je možné dosáhnout delší životnosti těchto dílů. V důsledku různých simulačních zkoušek a použitím patentované keramické desky Schwank vyrábí Whisper-Jet dlouhý laminární plamen (až 5 m). Ten proudí axiálně skrz trubice a rovnoměrně tak rozvádí teplo. Tak je dosažen kontinuální přenos tepla od plamene přes celou délku sálavých trubek. Díky optimálním poměrům proudění a uspořádáním přetlakového tlačného ventilátoru je hořák Whisper-Jet obzvláště tichý. S přibližně 46 dB ve vzdálenosti 3 m je slyšet pouze šepot hořáku. Jak 2-stupňová tak modulovaná varianta hořáku umožňuje přizpůsobení na požadovanou potřebu vytápění. Tím šetří důležité finanční prostředky a snižuje provozní náklady [10].



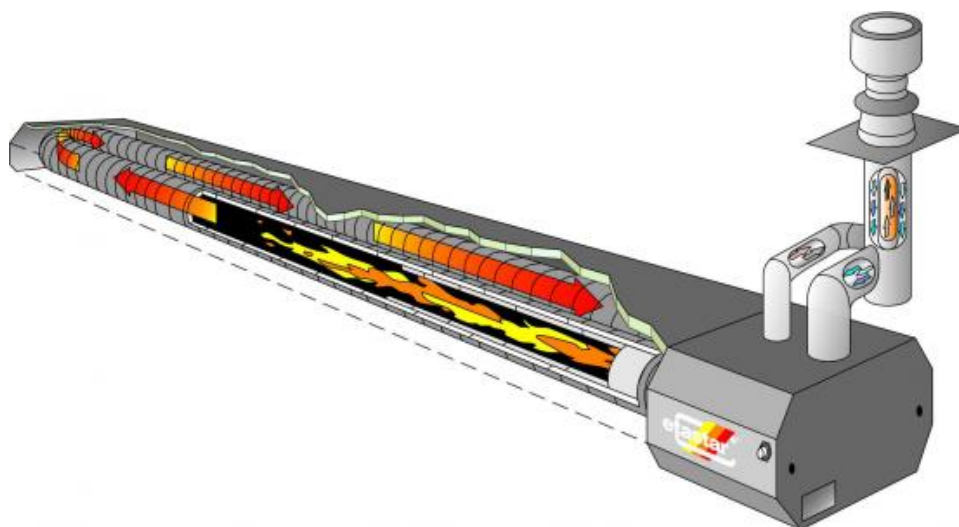
Obr. 2.29. Hořák Whisper Jet [7]

Nízkoteplotní zářiče

Jedná se o tzv. nízkoteplotní zářiče, které se od standardních vysokoteplotních liší průměrem a délkou sálavé trubice, recirkulací spalin a průměrnou teplotou otopné plochy pohybující se nejčastěji pod 250 °C.

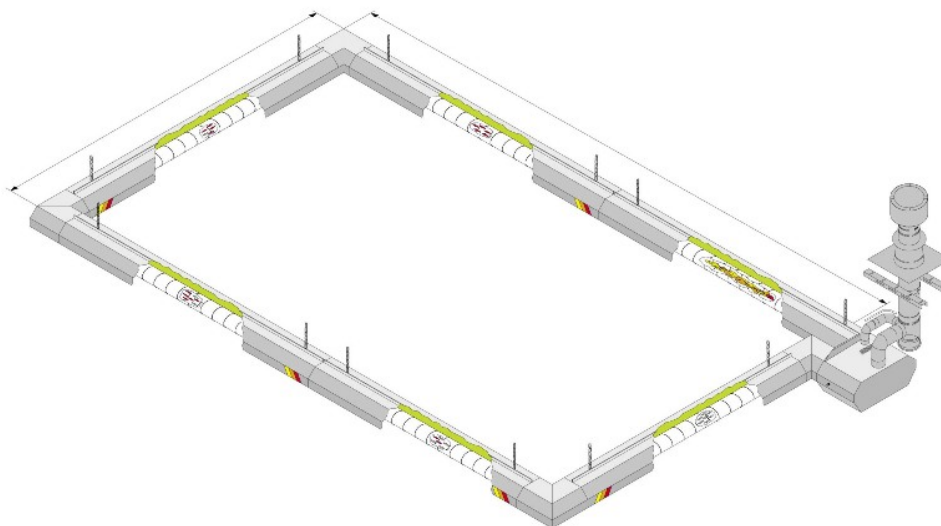
Schulte

Německá firma Schulte s českých zastoupením a s téměř 10 letou zkušeností specializující se na tmavé zářiče. Schulte je charakteristická svým kompaktním zákrytem u tmavých zářičů, kde je minimální prostor nad a vedle sálavých trubek. Zářič je dokonale izolován izolací o tloušťce 50 mm z čedičové vaty. Na izolačním krytu teplota nepřesahuje 45 °C. Druhým charakteristickým znakem jsou sálavé trubky vyložené keramickými elementy k účelu ochrany vnitřního povrchu před přímým působením plamene a také zlepšují celkové a rovnoměrnější rozdělení teplot po celé délce sálavého potrubí. Spodní strana trubice je opatřena černým nátěrem pro zvýšení sálavé účinnosti.



Obr. 2.30. Tmavý zářič Schulte [11]

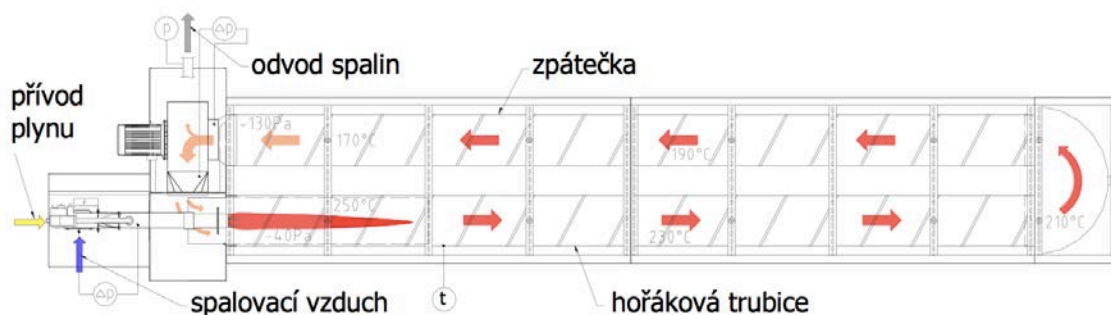
Za pozornost stojí také možnost zapojení zářičů do obdélníku. Toto řešení slibuje snížení měrného výkonu, kde sálá pouze jedna trubice. Toto řešení je určeno pro nižší výšky zavěšení. Současně je zachována možnost umístit hořák a odvodu spalin do stejného místa jako u běžných U-trubic.



Obr. 2.31. Zapojení zářičů Schulte do obdélníku [11]

Kaspo

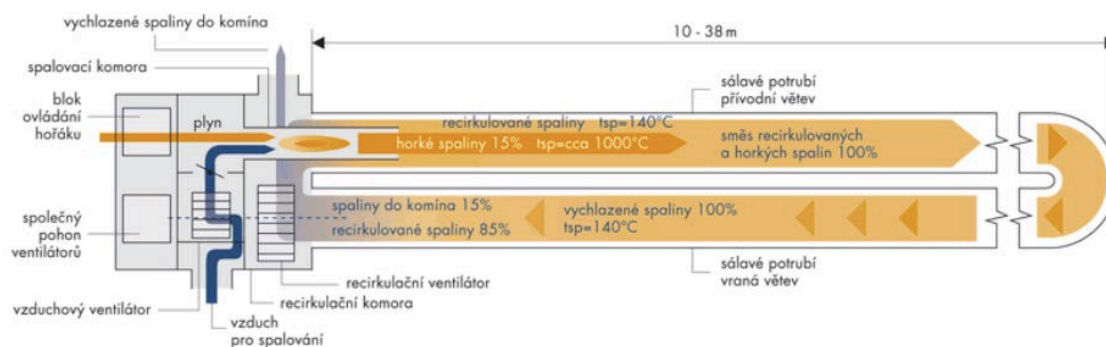
Český výrobce Kaspo působí v ČR již přes 20 let. Zpočátku pouze s produkty světlých zářičů, později přichází s inovativním tmavým nízkoteplotním zářičem s recirkulací spalin. Firma propaguje nízkoteplotní tmavé zářiče s povrchovou teplotou kolem 250 °C, což je obhajováno vyšším využitím energie ve spalinách. Intenzivní recirkulace spalin zvyšuje rovnoměrnost po délce topného potrubí. Hlavní výhodou je považována sálavá účinnost až 85 %. Tato hodnota je obzvláště vysoká a velmi zajímavá (při těchto povrchových teplotách), protože těchto hodnot dosahují světlé zářiče s povrchovými teplotami 3-4x vyššími. Hodnoty emisí jsou udány nejlepší možnou třídou a to NO_x č. 4. Možností je také umístění hořákové komory do venkovního prostoru a vytápěným prostorem vést pouze topné trubky.



Obr. 2.32. Rozložení teplot Kaspo zářiče [12]

Omnitherm

Výrobce Omnitherm ukazuje dvě inovace. První se týká dvoustupňové regulace hořáku plynu. Modulace výkonu infrazářiče pracuje na bázi řízení tlaku paliva před tryskou hořáku. Na základě požadavku na zvýšení nebo snížení výkonu, který přichází z externí termostatické regulace. Druhou inovací je zajímavé řešení systému recirkulace spalin.



Obr. 2.33. Schéma funkce recirkulační jednotky [13]

Plyn je spalován pomocí integrovaného přetlakového hořáku. Elektronický blok ovládání hořáku zajišťuje všechny řídicí a bezpečnostní funkce. Přívod vzduchu pro spalování zajišťuje radiální vzduchový ventilátor, který je osazen na společném hřídeli s recirkulačním ventilátorem. Toto elegantní konstrukční řešení umožňuje dosáhnout velmi příznivého poměru výkonových parametrů a ceny zařízení. Přesné nastavení poměru palivo – vzduch se provádí klapkou na výtlaku vzduchového ventilátoru.

Přetlakový hořák pracuje s vysokou turbulencí, takže spalování je dokonalé a zároveň množství vzniklých oxidů dusíku je minimální i při malém přebytku vzduchu. Plamen hoří ve spalovací komoře, která je zaústěna do přívodní větve sálavého potrubí a je chlazená recirkulovanými spalinami [13].

Intenzivní cirkulaci spalin v sálavém potrubí zajišťuje radiální ventilátor osazený v recirkulační komoře. Vychlazené spaliny o teplotě cca 140 °C nasávané z vratné větve sálavého potrubí se v recirkulační komoře rozdělují na dvě části. Malá část – cca 15 % celkového hmotnostního toku v sálavém potrubí – odchází do komína. Převážná část – cca 85 % celkového hmotnostního toku se vrací zpět do přívodní větve sálavého potrubí, kde se mísí s horkými spalinami z hořáku, které mají teplotu přes 1000 °C. Výsledná směs, která má na počátku přívodní větve sálavého potrubí teplotu cca 330 °C, proudí sálavým potrubím účinkem výkonného radiálního recirkulačního ventilátoru značnou rychlostí, takže po celé délce infrazářiče je střední povrchová teplota sálavé plochy přibližně stejná. Důsledkem je rovnoměrná intenzita sálání po celé délce infrazářiče. Využití intenzivní recirkulace rovněž výrazně snižuje teplotní namáhání částí a součástí infrazářiče, protože pracuje při nižších teplotách. [13]

V tab. 5 jsou porovnány zářiče všech zmíněných výrobců, i těch, které budou používány k návrhu v praktické části práce. Jako typový příklad bude srovnáván zářič typu U o výkonu okolo 45 kW. Tento typ zářiče o tomto výkonu porovnáme napříč všemi výrobci.

Tab. 5. Porovnání zářičů různých výrobců

Označení	Jednotky	Kotrbatý	Lersen	Mandík	Schwank	Schulte	Kaspo	Omnitherm
		KM 45-U	COMPACT10 TOP	Helios 50S-UD	superTube 50	EST 12/200	K - 100	TS 25/50
Tepelný výkon	kW	45	45	44,5	-	36 - 50	50 - 100	-
Jmenovitý tepelný příkon	kW	49,5	49	49,5	49	-	-	37 - 50
Spotřeba plynu - ZP	m ³ /h	4,95	4,7	5,47	4,91	5,68	5,3 - 9,54	3,9 - 5,3
Tepelná účinnost	%		90,5	-	-	-	90 - 95	90 - 92
Sálavá účinnost	%		80,7	-	77,5	-	85	80
Délka zářiče	m	12	10	13,2	9,7	12,4	12 - 70	20 - 28
Přípojka plynu	-	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"

3. Případové studie

3.1 Tepelné ztráty řešených objektů

Tepelné ztráty řešených objektů byly počítány dle normy ČSN 06 0210 [3]. Podrobný výpočet tepelných ztrát všech případových studií byl řešen v programu Excel. Kompletní postup výpočtu nalezneme v příloze diplomové práce [P2].

Výpočet tepelných ztrát byl řešen pro dvě varianty součinitelů prostupu tepla U . V první variantě byl součinitele prostupu tepla stanoveny tak, aby reprezentovali stávající objekty, v druhém případě byly voleny součinitele prostupu tepla na úrovni požadovaných hodnot normy ČSN 73 0540-2 [2].

Tab. 6. Použité součinitele prostupu tepla

	Varianta 1	Varianta 2
	$U_{\text{real.}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	$U_{\text{požadované}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
Stěna	1,50	0,30
Střecha	1,70	0,24
Podlaha	1,00	0,45

V případě některých hal, které jsou rozděleny do dvou místností, byly řešeny tepelné ztráty pro každou místnost zvlášť z důvodu větší přehlednosti, později i k zajištění správného návrhu zářičů a pokrytí tepelných ztrát.

Tab. 7. Tepelné ztráty varianta 1

$U_{\text{real.}} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$						
	MÍSTNOST	ROZMĚRY [m]	Objem místnosti [m ³]	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty	
					kW/m ²	kW/m ³
Hala 1	1	54,4 x 19,3 x 10	10500	157	149,7	15
	2	30,5 x 19,3 x 10	5887	111	188,8	18,9
Hala 2	1	18 x 18 x 7,7	2495	50	158,1	15,3
	2	42 x 18 x 11,5	8694	121		
Hala 3	1	45 x 12 x 8,3	4482	85	145,2	17,5
Hala 4	1	67,5 x 45,8 x 14	43281	450	145,3	10,4
Hala 5	1	36 x 14,3 x 7	3604	63	122,1	17,4
	2	77,8 x 22,8 x 7	12417	213	119,6	17,1

Tab. 8. Tepelné ztráty varianta 2

$U_{\text{požadované}} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$						
	MÍSTNOST	ROZMĚRY [m]	Objem místnosti [m ³]	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty	
					kW/m ²	kW/m ³
Hala 1	1	54,4 x 19,3 x 10	10500	58	54,9	5,5
	2	30,5 x 19,3 x 10	5887	40	66,9	6,7
Hala 2	1	18 x 18 x 7,7	2495	20	63,6	6,1
	2	42 x 18 x 11,5	8694	49		
Hala 3	1	45 x 12 x 8,3	4482	30	50,1	6,1
Hala 4	1	67,5 x 45,8 x 14	43281	194	62,7	4,5
Hala 5	1	36 x 14,3 x 7	3604	22	42,6	6,1
	2	77,8 x 22,8 x 7	12417	75	42	6

3.2 Návrh zářičů a rozmístění do řešených objektů

Metodika návrhu

- Výpočet tepelných ztrát dle ČSN 06 0210 [3]
- Volba druhu a typu zářiče (dle výšky haly, možností zavěšení, konstrukce haly a charakteru provozu)
- Návrh konkrétního typu zářičů, odhad výkonu a počtu abych mohl získat rozměry zářičů, úhel jádrového sálání a jmenovitý výkon
- Návrh rozmístění zářičů dle konstrukce haly, charakteru provozu, úhlu jádrového sálání a rozměrů zářičů
- Kontrola plochy pokrytí navrženým typem zářičů
- Kontrola maximální intenzity osálení (výška zavěšení)

Návrh tmavých zářičů do řešených případových studií byl řešen od tří zvolených výrobců. Kotrbatý, Lersen a Mandík. Navrhování zářičů do všech pěti hal bylo řešeno pro obě varianty součinitele prostupu tepla. Jak pro variantu 1 U_{real} , tak i pro variantu 2 $U_{\text{požadované}}$. V případě návrhu od výrobce Lersen je návrh zářičů řešen “ručně” dle metodiky návrhu, ale také dle softwaru Lsoft, který firma poskytuje a umožní po zadání základních informací o objektu návrh jednotlivých zářičů spolu s grafickým znázorněním osálaných ploch.

Při návrhu všech zářičů byl dbáno na správné rozmístění zářičů, pro zachování co nejoptimálnějšího osálení (dle doporučených požadavků) a pro pokrytí tepelné ztráty. Ve většině případů jsou zářiče navrženy s mírným výkonovým předdimenzováním, které pomůže např. v případě, kdy v objektu budou déle otevřená venkovní vrata či budou v zimních měsících extrémní venkovní podmínky.

3.2.1 Návrh zářičů Kotrbatý

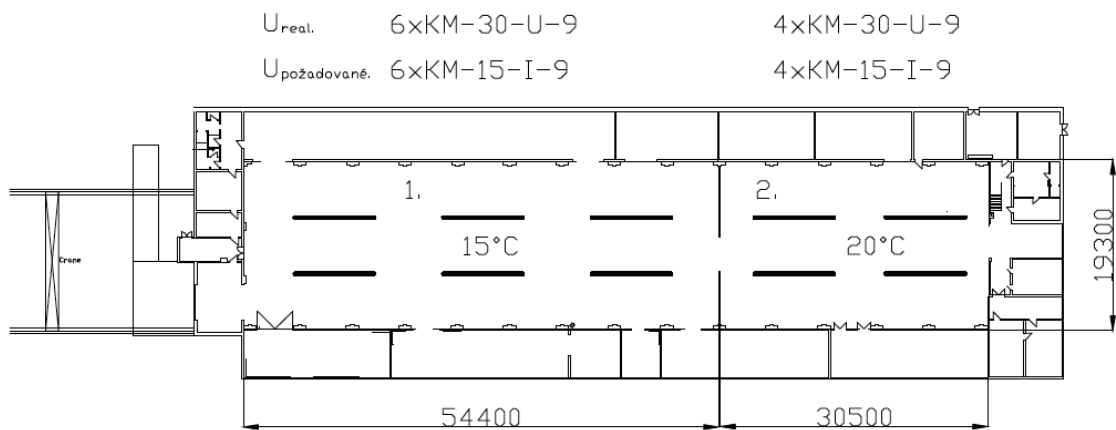
Při návrhu zářičů od výrobce Kotrbatý byl pro variantu 1 součinitele prostupu tepla U_{real} použity zářiče typu U, díky jejich vysokému jmenovitému výkonu, jelikož v této variantě jsou vysoké tepelné ztráty. V případě varianty 2 $U_{\text{požadované}}$ bylo nutno použít zářiče typu I, které poskytují nižší výkon.

Tab. 9. Navržené zářiče Kotrbatý varianta 1

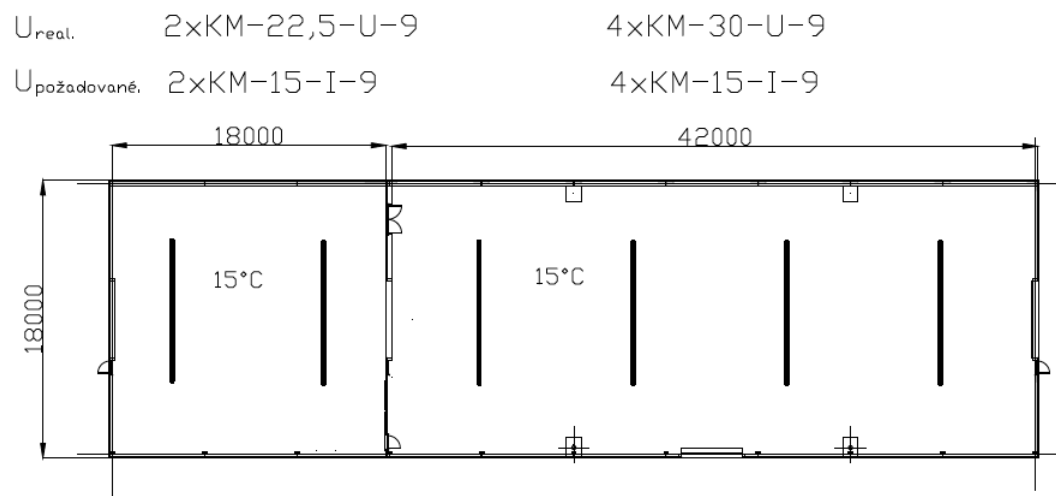
$U_{\text{real.}} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$						
	MÍSTNOST	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty		Navržené zářiče	
			kW/m ²	kW/m ³	Kotrbatý	VÝKON 1 zářiče [kW]
Hala 1	1	157	149,7	15	6 x KM 30-U-9	28
	2	111	188,8	18,9	4 x KM 30-U-9	28
Hala 2	1	50	158,1	15,3	2 x KM 22,5-U-9	24
	2	121			4 x KM 30-U-9	30
Hala 3	1	85	145,2	17,5	4 x KM 22,5-U-8	23
Hala 4	1	450	145,3	10,4	10 x KM 45-U-12	45
Hala 5	1	63	122,1	17,4	3 x KM 22,5-U-8	23
	2	213	119,6	17,1	6 x KM 22,5-U-9	24
					3x KM 22,5-U-8	23

Tab. 10. Navržené záříče Kotrbatý varianta 2

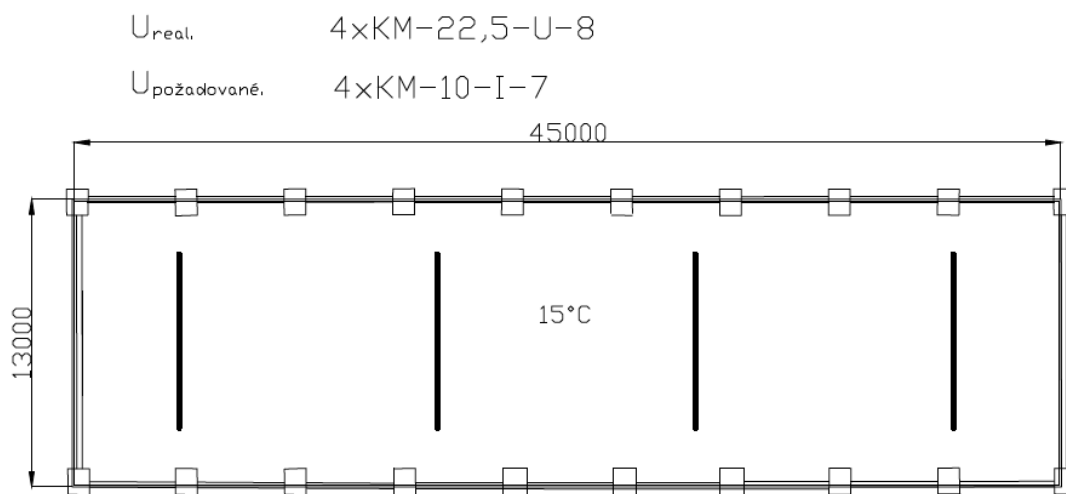
$U_{\text{požadované.}} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$						
	MÍSTNOST	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty		Navržené záříče	
			kW/m ²	kW/m ³	Kotrbatý	VÝKON 1 záříče [kW]
Hala 1	1	58	54,9	5,5	6 x KM 15-I-9	12
	2	40	66,9	6,7	4 x KM 15-I-9	12
Hala 2	1	20	63,6	6,1	2 x KM 15-I-9	12
	2	49			4 x KM 15-I-9	12
Hala 3	1	30	50,1	6,1	4 x KM 10-I-7	10
Hala 4	1	194	62,7	4,5	11 x KM 22,5-I-11	18
Hala 5	1	22	42,6	6,1	3 x KM 10-I-7	10
	2	75	42	6	3 x KM 10-I-7	10
					6 x KM 15-I-9	12



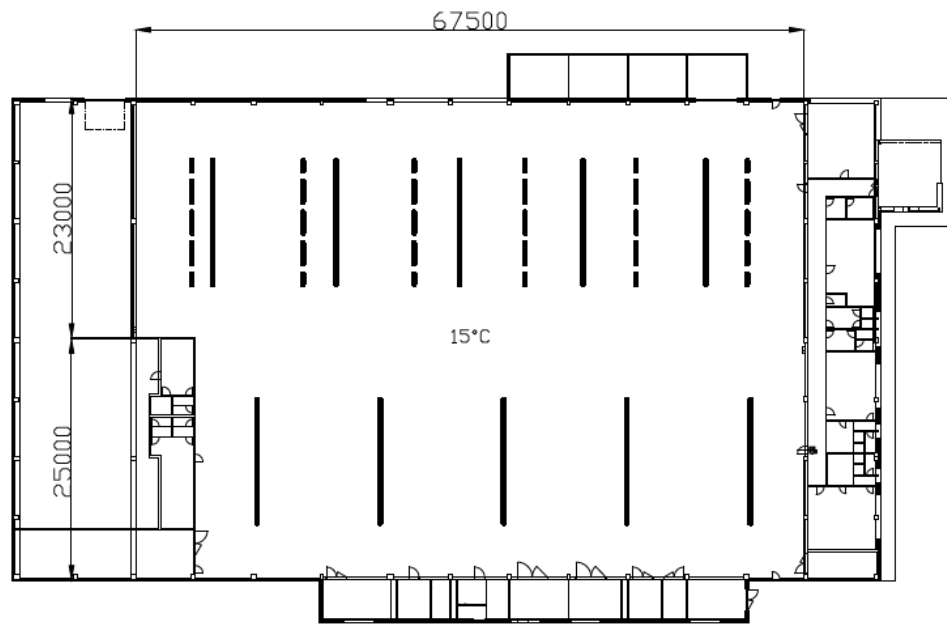
Obr. 3.1. Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 1 [P3]



Obr. 3.2. Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 2 [P3]



Obr. 3.3. Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 3 [P3]

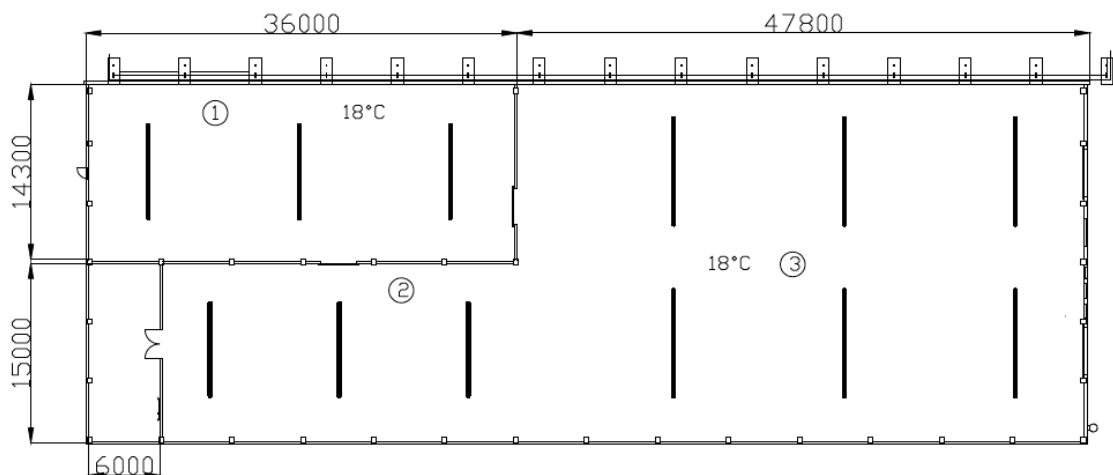


$U_{real.}$ 10xKM-45-U-12

$U_{požadované.}$ 11xKM-22,5-I-11

--- pro návrh s 11 zářiči
— pro návrh s 10 zářiči

Obr. 3.4. Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 4 [P3]



$U_{real.}$ ① 3xKM-22,5-U-8 ② 3xKM-22,5-U-8 ③ 6xKM-22,5-U-9

$U_{požadované.}$ ① 3xKM-10-I-7 ② 3xKM-15-I-9 ③ 3xKM-10-I-7
3xKM-15-I-9

Obr. 3.5. Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 5 [P3]

3.2.2 Návrh zářičů Lersen

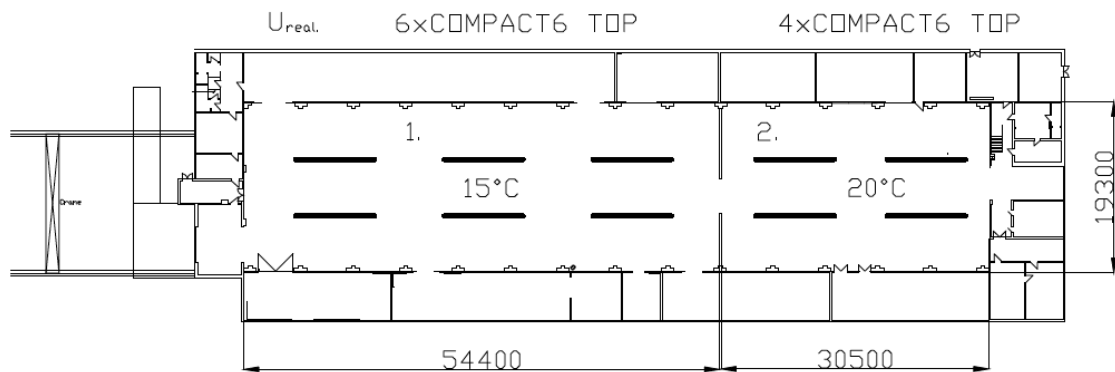
Při návrhu zářičů od výrobce Lersen bylo použito navíc návrhu pomocí simulačního programu Lsoft. Ve většině případů se návrh softwaru Lsoft shodoval s návrhem dle metodiky návrhu. Problém se vyskytl až v případě návrhu pro variantu 2 $U_{\text{požadované}}$, kdy nastal problém s tím, že firma Lersen nenabízí tmavé zářiče s nižším jmenovitým výkonem spolu se zachováním velikosti zářičů a tím velikosti osálaných ploch jako v případě zářičů Kotrbatý typ I. Program se snažil pokrýt tepelnou ztrátu, ale už nehleděl na správné rozmístění zářičů a nutnost správného sálavého pokrytí celého objektu. Tento návrh se tedy stal ve většině případů naprosto nevhodným.

Tab. 11. Navržené zářiče Lersen varianta 2

$U_{\text{požadované.}} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$						
	MÍSTNOST	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty		Navržené zářiče	
			kW/m ²	kW/m ³	Lsoft LERSEN	VÝKON 1 zářiče [kW]
Hala 1	1	58	54,9	5,5	4 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3
	2	40	66,9	6,7	4 x COMPACT4 TOP	22,3/16,3
Hala 2	1	20	63,6	6,1	2 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3
	2	49			4 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3
Hala 3	1	30	50,1	6,1	2 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3
Hala 4	1	194	62,7	4,5	8 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5
Hala 5	1	22	42,6	6,1	2 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3
	2	75	42	6	2 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3
					4 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3

Tab. 12. Navržené zářiče Lersen varianta 1

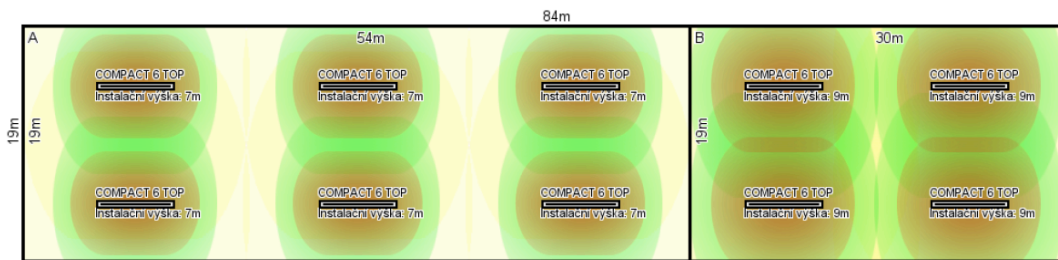
$U_{\text{real.}} \text{ [W/m}^2\text{K]}$		MÍSTNOST	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty		Navržené zářiče			
				kw/m ²	kw/m ³	LERSEN	VÝKON 1 zářiče [kW]	Lsoft LERSEN	VÝKON 1 zářiče [kW]
Hala 1	1	157	149,7	15	6 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	6 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	
	2	111	188,8	18,9	4 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	4 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	
Hala 2	1	50	158,1	15,3	2 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	2 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	
	2	121			4 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	4 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	
Hala 3	1	85	145,2	17,5	4 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	4 x COMPACT6 ECO	34,5/24,5	
Hala 4	1	450	145,3	10,4	10 x COMPACT10 TOP	45/35	10 x COMPACT10 TOP	45/35	
Hala 5	1	63	122,1	17,4	4 x COMPACT4 TOP	22,3/16,3	4 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3	
	2	213	119,6	17,1	3 x COMPACT4 TOP	22,3/16,3	4 x COMPACT4 ECO	22,3/16,3	
					8 x COMPACT6 TOP	34,5/24,5	8 x COMPACT6 ECO	34,5/24,5	



Obr. 3.6. Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 1 [P3]

Nákres haly:

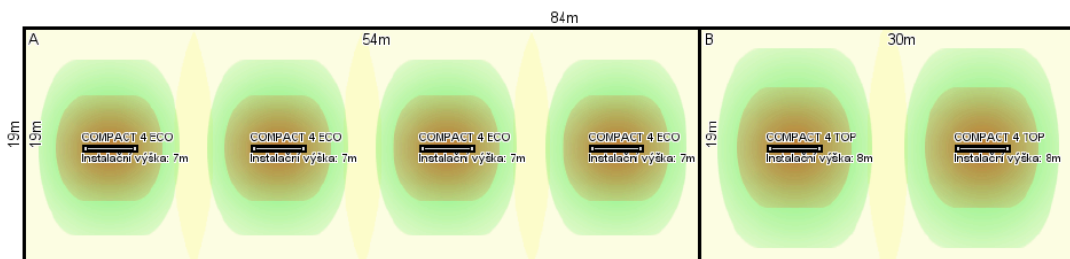
Legenda: ■ Jádrové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání



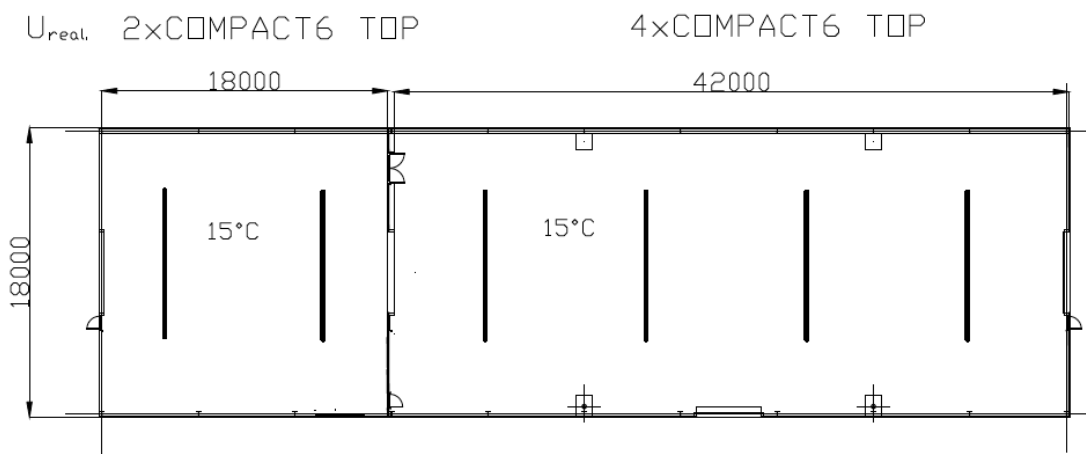
Obr. 3.7. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 U_{real} . Hala 1 [P4]

Nákres haly:

Legenda: ■ Jádrové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání



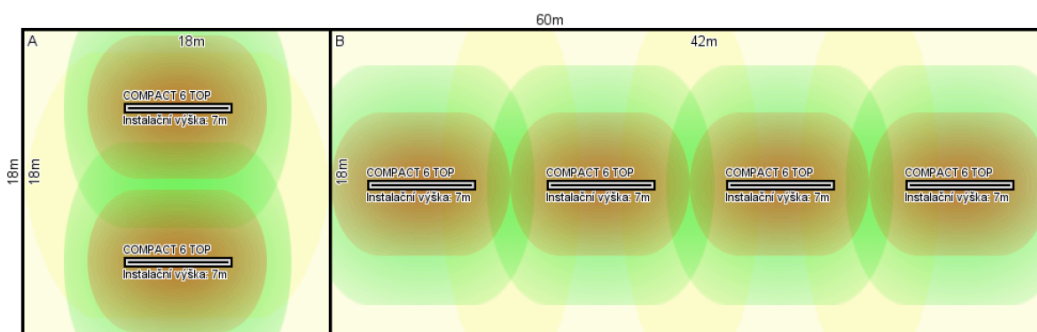
Obr. 3.8. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{požadované}$ Hala 1 [P4]



Obr. 3.9. Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 2 [P3]

Nákres haly:

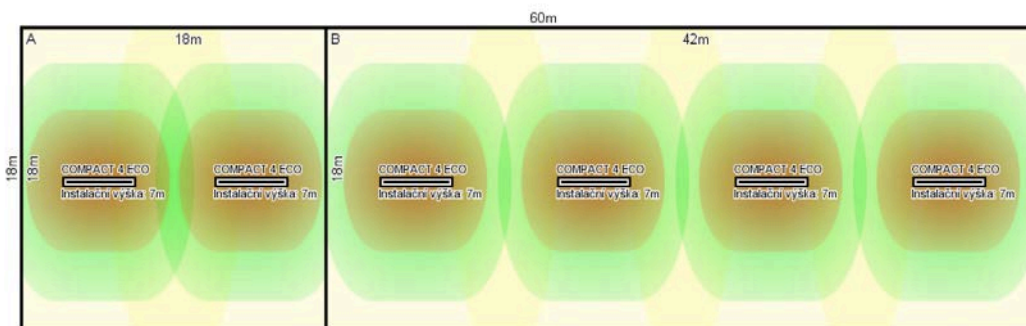
Legenda: ■ Jádrové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání



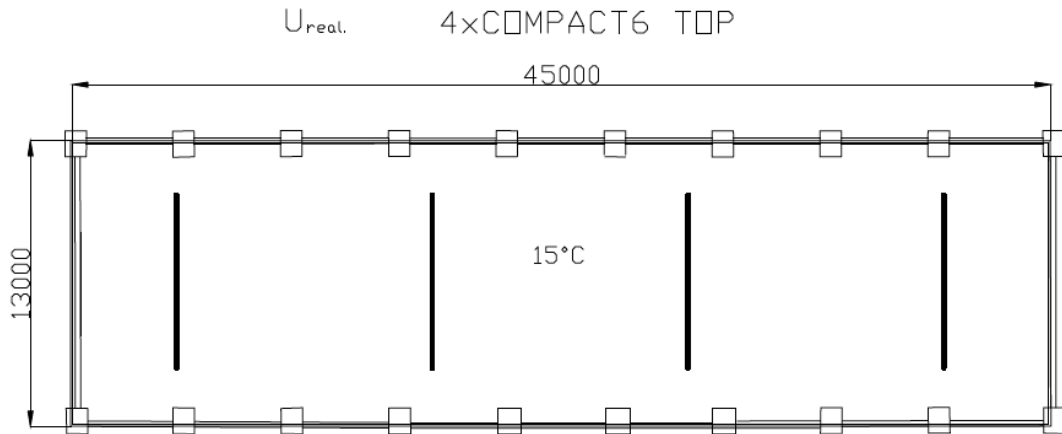
Obr. 3.10. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 U_{real} . Hala 2 [P4]

Nákres haly:

Legenda: ■ Jádrové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání



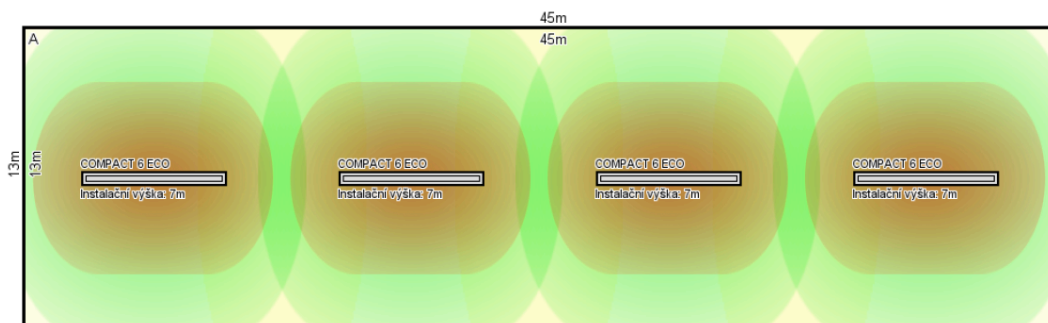
Obr. 3.11. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{požadované}$ Hala 2 [P4]



Obr. 3.12. Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 3 [P3]

Nákres haly:

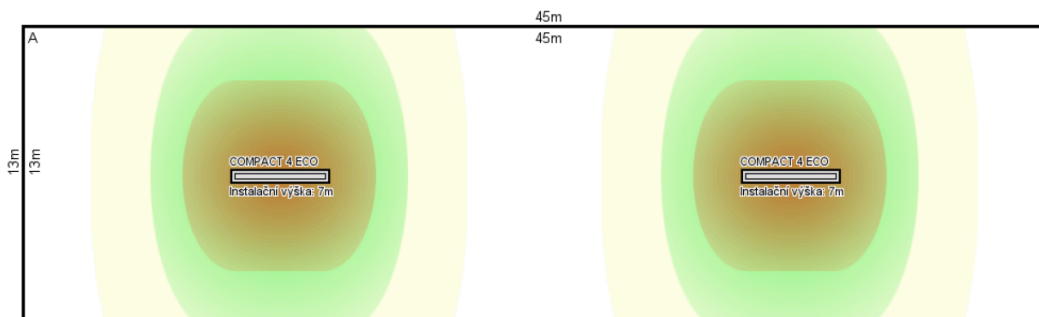
Legenda: ■ Jádřové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání



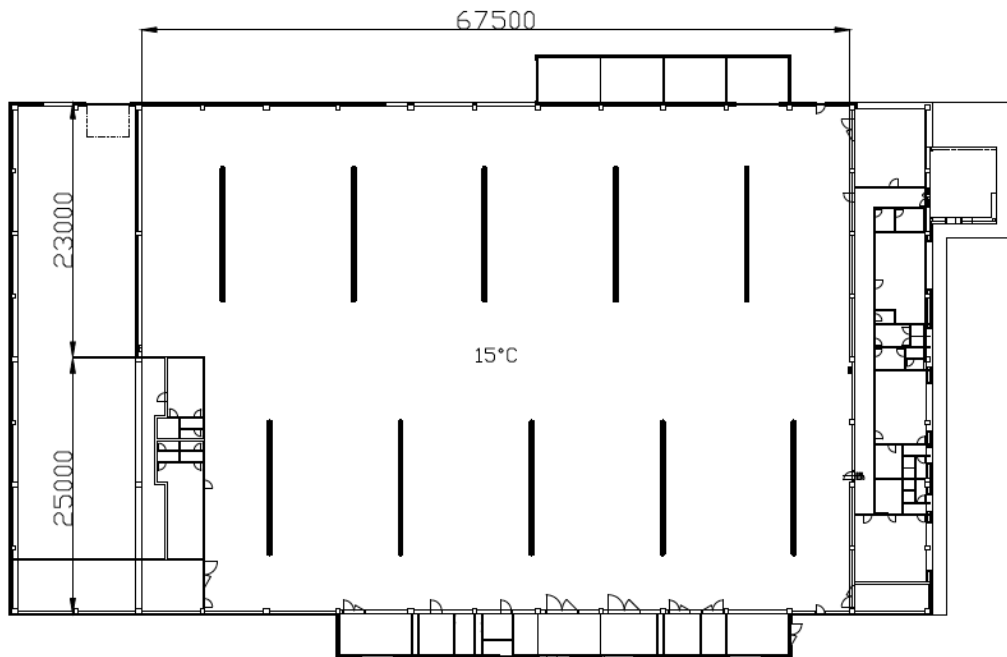
Obr. 3.13. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 $U_{real.}$ Hala 3 [P4]

Nákres haly:

Legenda: ■ Jádřové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání



Obr. 3.14. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{požadované}$ Hala 3 [P4]

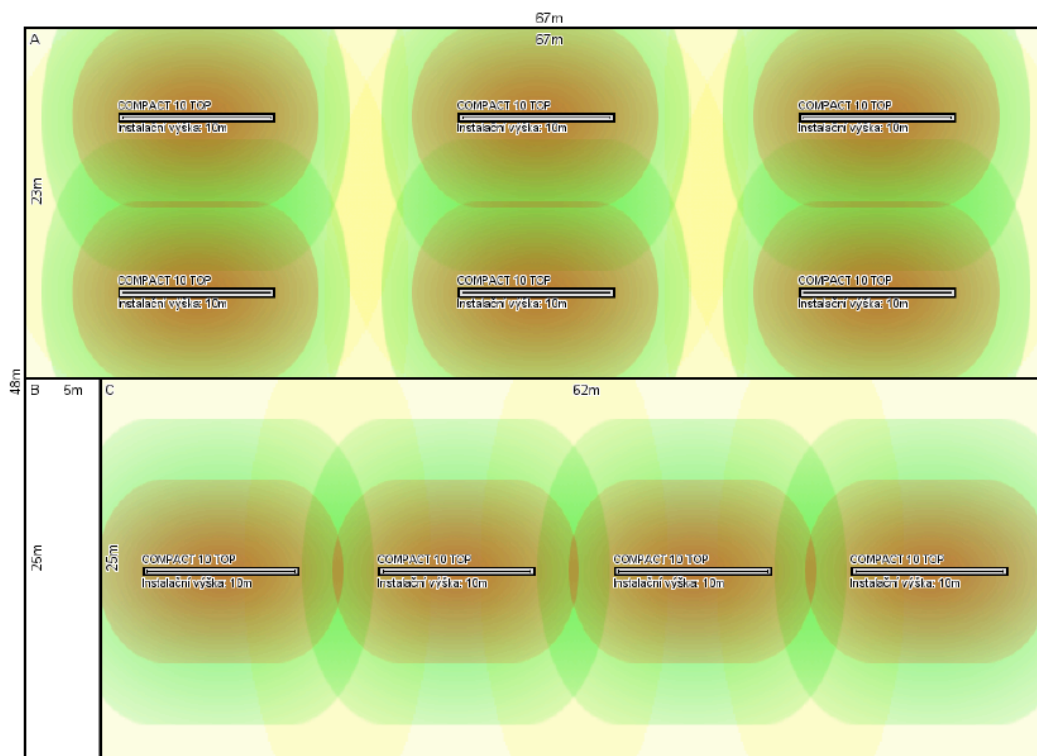


U_{real} 10×COMPACT10 TOP

Obr. 3.15. Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 4 [P3]

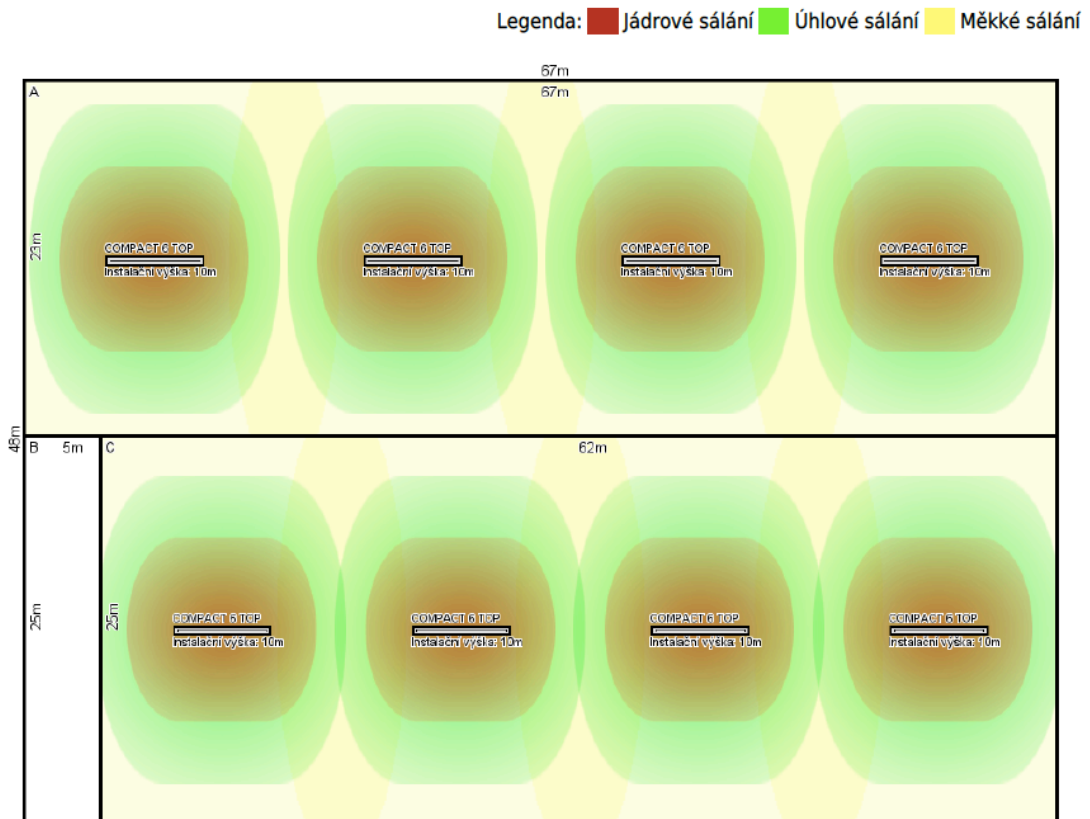
Nákres haly:

Legenda: ■ Jádrové sálání ■ Úhlové sálání ■ Měkké sálání

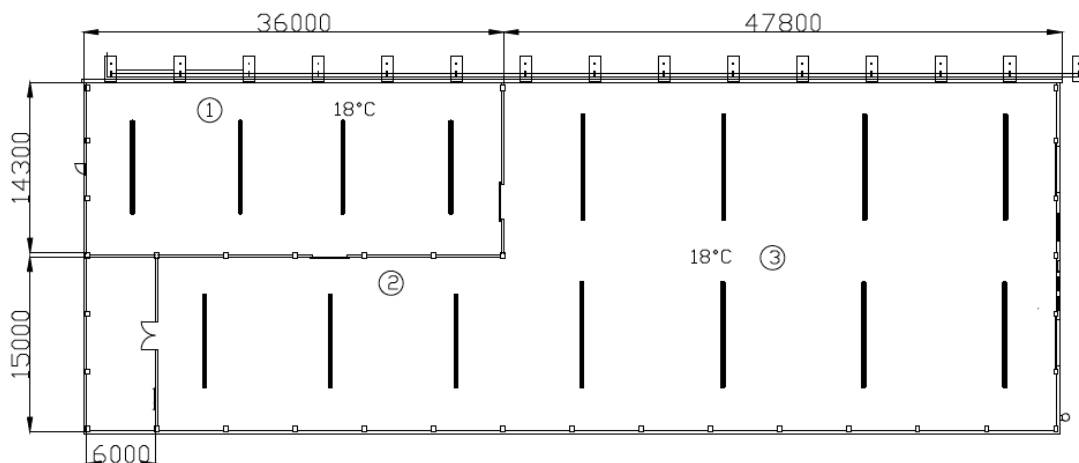


Obr. 3.16. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 U_{real} . Hala 4 [P4]

Nákres haly:



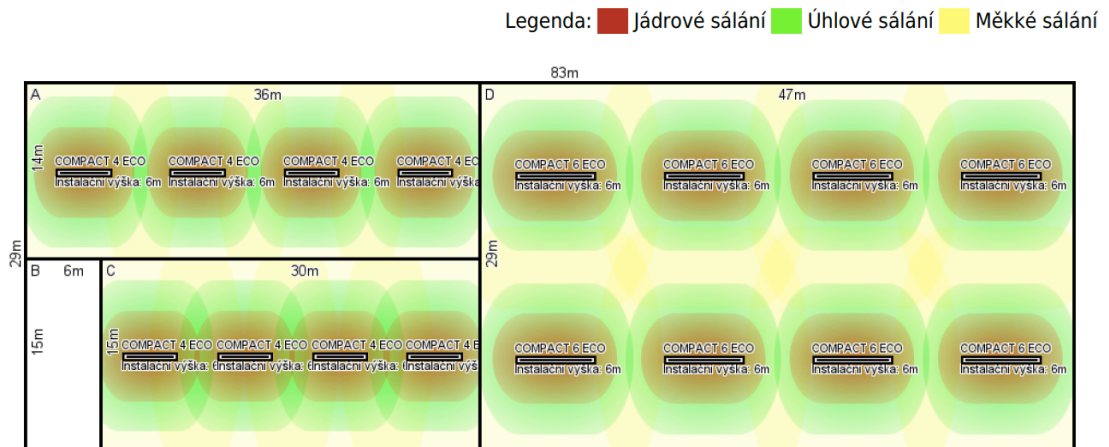
Obr. 3.17. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{\text{požadované}}$ Hala 4 [P4]



$U_{\text{real.}}$ ① 4x COMPACT 4 TOP ② 3x COMPACT 4 TOP ③ 8x COMPACT 6 TOP

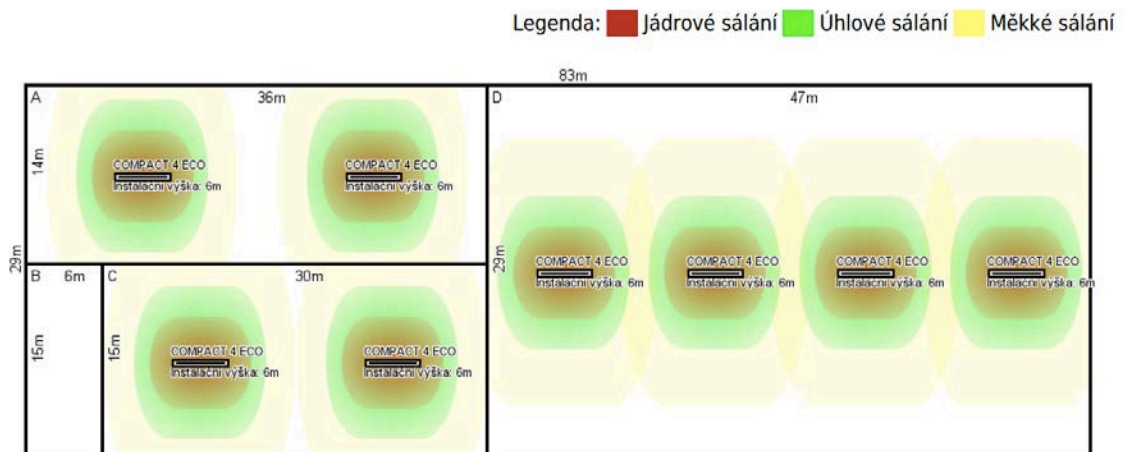
Obr. 3.18. Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 5 [P3]

Nákres haly:



Obr. 3.19. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 U_{real} . Hala 5 [P4]

Nákres haly:



Obr. 3.20. Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{požadované}$ Hala 5 [P4]

3.2.3 Návrh zářičů Mandík

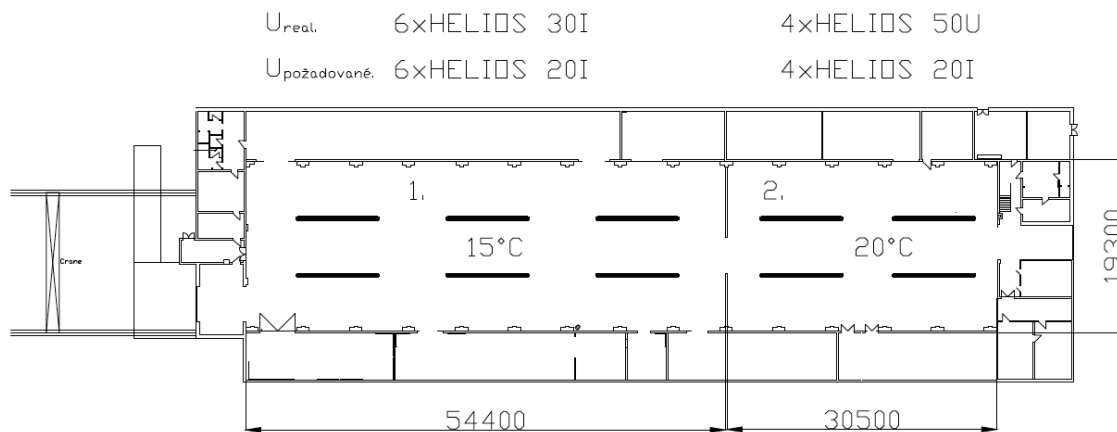
Při návrhu zářičů firmy Mandík bylo postupováno stejně jako v případě návrhu Kotrbatý. Zářiče typu I od firmy Mandík se vyskytují i v případě varianty 1, kde jsou velké tepelné ztráty. Byl brán velký důraz na správné osálení všech ploch a zároveň racionální výběr zářičů, aby objekt nebyl nesmyslně předimenzovaný. Proto v případě haly 1 a 2 byly z části použity zářiče typu I i v případě varianty 1.

Tab. 13. Navržené zářiče Mandík varianta 1

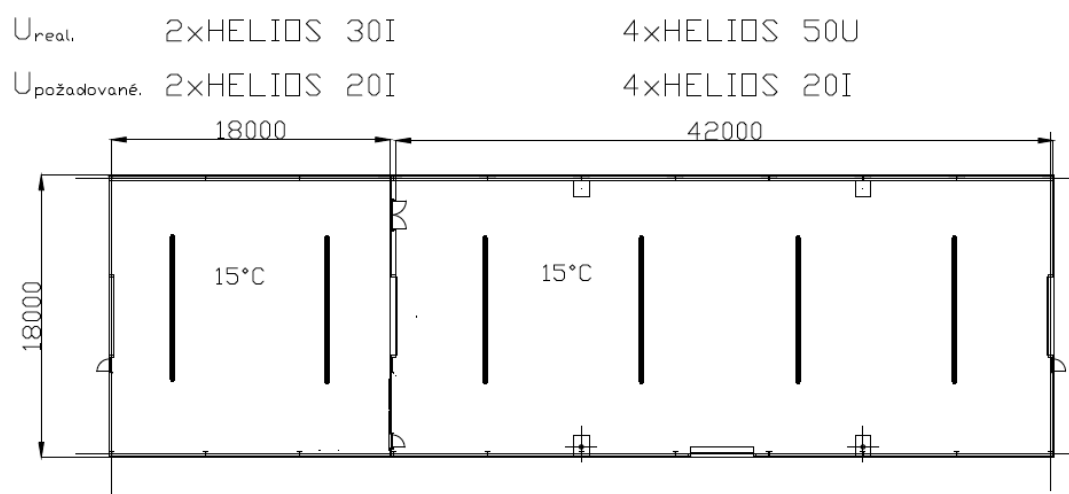
$U_{real.} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$						
	MÍSTNOST	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty		Navržené zářiče	
			kW/m ²	kW/m ³	MANDIK	VÝKON 1 zářiče [kW]
Hala 1	1	157	149,7	15	6 x Helios 30-I	32,8/15,8
	2	111	188,8	18,9	4 x Helios 50-U	45/23,3
Hala 2	1	50	158,1	15,3	2 x Helios 30-I	32,8/15,8
	2	121			4 x Helios 50-U	45/23,3
Hala 3	1	85	145,2	17,5	4 x Helios 40-U	36,7/19,3
Hala 4	1	450	145,3	10,4	11 x Helios 50- UD	44,5/23,4
Hala 5	1	63	122,1	17,4	3 x Helios 33-UD	32,3/16,4
	2	213	119,6	17,1	6 x Helios 33-UD	32,3/16,4
					3 x Helios 40-U	36,7/19,3

Tab. 14. Navržené zářiče Mandík varianta 2

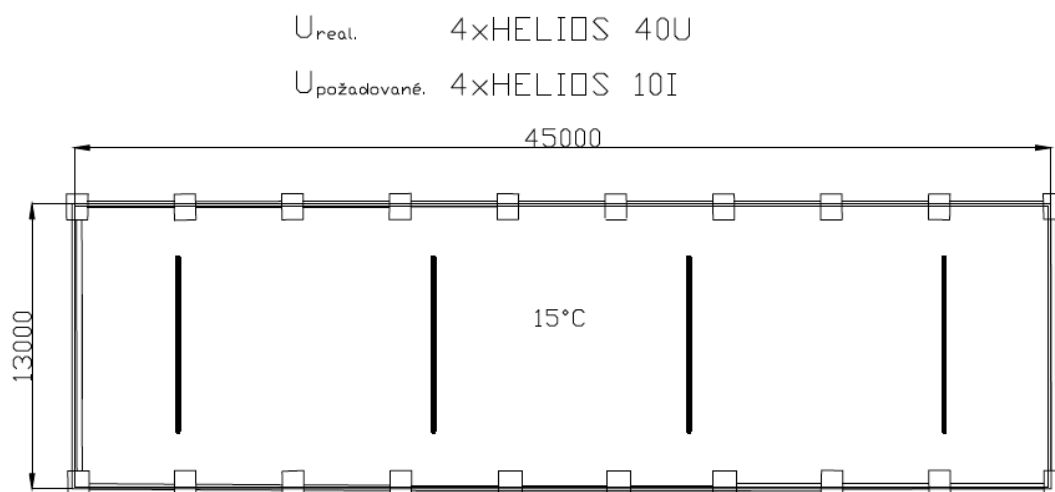
$U_{\text{požadované.}} [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$						
	MÍSTNOST	TEPELNÉ ZTRÁTY [kW]	Měrné ztráty		Navržené zářiče	
			kW/m ²	kW/m ³	MANDIK	VÝKON 1 zářiče [kW]
Hala 1	1	58	54,9	5,5	6 x Helios 20-I	21,5/10,3
	2	40	66,9	6,7	4 x Helios 20-I	21,5/10,3
Hala 2	1	20	63,6	6,1	2 x Helios 20-I	21,5/10,3
	2	49			4 x Helios 20-I	21,5/10,3
Hala 3	1	30	50,1	6,1	4 x Helios 10-I	11,1/6,1
Hala 4	1	194	62,7	4,5	11 x Helios 30-I	32,8/15,8
Hala 5	1	22	42,6	6,1	3 x Helios 10-I	11,1/6,1
	2	75	42	6	3 x Helios 10-I	11,1/6,1
					6 x Helios 20-I	21,5/10,3



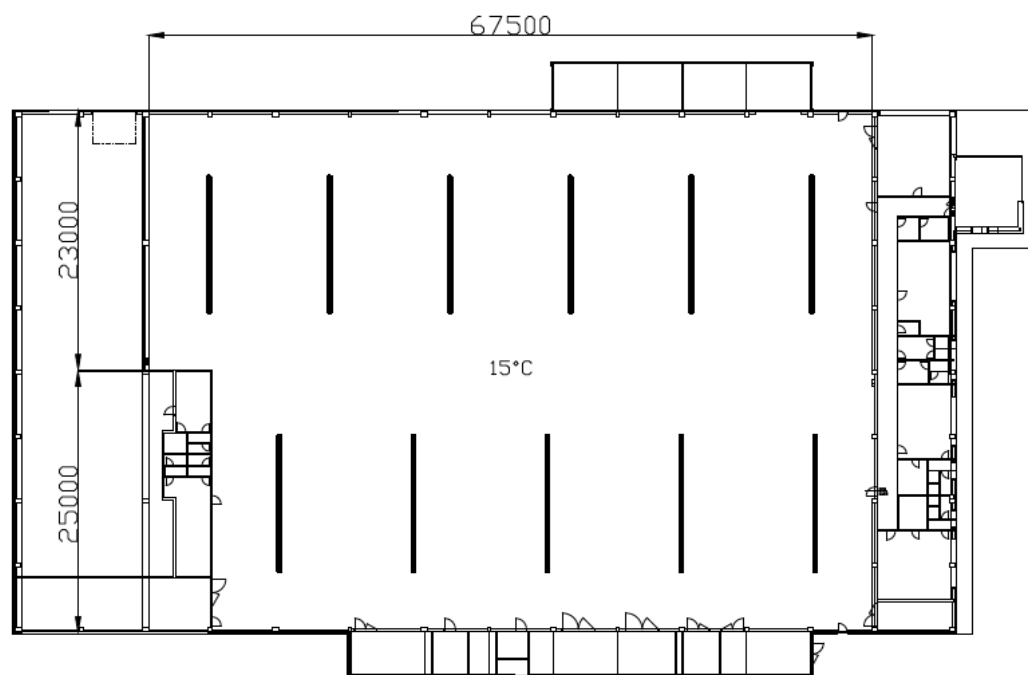
Obr. 3.21. Návrh a rozmístění panelů Mandík Hala 1 [P3]



Obr. 3.22. Návrh a rozmístění panelů Mandík Hala 2 [P3]



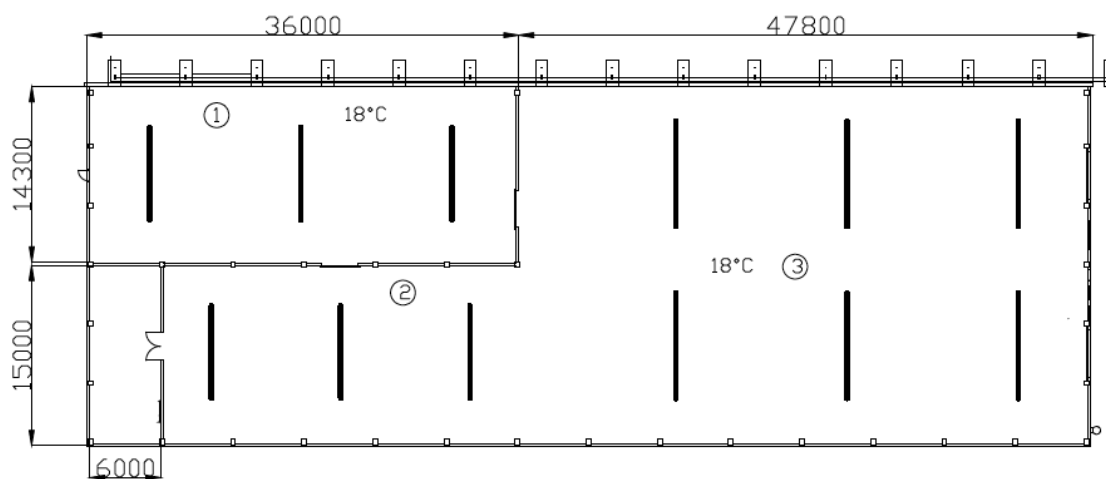
Obr. 3.23. Návrh a rozmístění panelů Mandík Hala 3 [P3]



$U_{real.}$ 11xHELIDS 50UD

$U_{požadované.}$ 11xHELIDS 30I

Obr. 3.24. Návrh a rozmístění panelů Mandík Hala 4 [P3]



$U_{real.}$ ①3xHELIDS 33-UD ②3xHELIDS 40-U ③6xHELIDS 33-UD

$U_{požadované.}$ ①3xHELIDS 10-I ②3xHELIDS 20-I ③3xHELIDS 10-I
3xHELIDS 20-I

Obr. 3.25. Návrh a rozmístění panelů Mandík Hala 5 [P3]

4. Shrnutí výsledků a závěry

První část diplomové práce se zabývá teoretickým rozbohem a rozdělením stropních zářičů. Největší prostor byl věnován tmavým plynovým zářičům, u kterých byly popsány všechny důležité parametry od popisu, výkonu až po parametry nutné pro správný návrh do objektů. Byla provedena rešerše různých výrobců. Každý výrobce se snaží přijít se svou vlastní inovací z hlediska konstrukčního řešení v této oblasti tmavých zářičů a mít náskok před konkurencí. Na konci této části byly formou tab. 5 porovnány zářiče, které byly popsány v rešerši. V případě tohoto porovnání provedeného pro jeden typ zářiče o daném jmenovitém výkonu můžeme vidět, že není žádný velký rozdíl v parametrech srovnávaných výrobců. Odchytky ve spotřebě plynu, sálavé účinnosti nejsou nikterak velké a jako hlavní kritérium výběru výrobce zářičů bude cenová nabídka a také servis a náklady s tím spojené.

Druhá část práce se zabývá návrhem a umístěním zářičů tří výrobců (Kotrbatý, Lersen a Mandík) do pěti případových studií průmyslových hal. Návrh se prováděl ve dvou variantách pro každý objekt zvlášť z důvodu rozdílných tepelných ztrát (dvě varianty součinitelů prostupu tepla). Každá případová studie byla svým charakterem a rozměry mírně odlišná a proto bylo velmi zajímavé zkusit návrh zářičů do více typů objektů. Ve všech případech byla největší pozornost věnována správnému pokrytí tepelných ztrát (zachování tepelné pohody) a rozmístění zářičů, zajišťující správné osálení všech okolních ploch a stěn.

Při návrhu byly pro variantu s vyššími tepelnými ztrátami navrženy zářiče typu U, které vynikají zejména rovnoměrnější dodávkou tepla. Pouze u výrobce Mandík byl u dvou případů navržen zářič typu I. U výrobce Lersen byl použit pro porovnání software Lsoft, který po zadání základních informací objektu navrhl vhodné zářiče a jejich umístění. Návrh pro variantu s vyššími tepelnými ztrátami program zvládl velmi dobře a shodoval se téměř ve všem s návrhem „ručním“.

Problém nastal při návrhu s variantou nižších tepelných ztrát, kdy software Lsoft sice navrženými zářiči pokryl tepelnou ztrátu, ale zcela opomněl rovnoměrné osálení podlahové plochy. V případě realizace tohoto návrhu zářičů dle softwaru Lsoft, budou stěny silně ochlazovány a pokud se budou pracoviště nacházet u venkovních stěn, pravděpodobně tam nebude dosažena tepelná pohoda. Naopak v oblasti přímo pod zářičem bude příliš vysoká intenzita dodávky tepla, což povede také k tepelné nepohodě. Hlavní problém není pouze v softwaru, ale v samotných zářičích výrobce Lersen, jelikož nenabízí zářiče s nižšími výkony. Pokud bychom chtěli zajistit správné osálení celého objektu, museli bychom navrhnout počet zářičů jako v případě varianty s vyššími tepelnými ztrátami, ale v tomto případě bychom měli pak objekty velmi silně výkonově předimenzované. Tento problém se nevyskytl pouze u řešené studie č. 1, ale vyskytl se u všech pěti studií. Např. u studie č. 3 a 5 je tento problém nejmarkantnější (obr. 3.14 a 3.20). V případě návrhu výrobců Kotrbatý a Mandík se tento problém nevyskytl, jelikož výrobce nabízí vhodné zářiče pro použití do těchto typů objektů (nízké tepelné ztráty, velké rozměry objektů). Zde byly bez problému navrženy zářiče typu I, které pokryly tepelné ztráty a zajistily správné osálení všech ploch.

V případě porovnání návrhu počtu zářičů do řešených studií bylo zjištěno, že počet navržených zářičů všech výrobců je stejný pro všechny řešené studie. Pouze v jednom případě je u jednoho objektu a výrobce Mandík navrženo o jeden zářič více, než v případě ostatních výrobců.

Z diplomové práce vyplývá, že při návrhu tmavých zářičů do průmyslových objektů můžeme vybírat z nepřeberného počtu výrobců. Při porovnání několika výrobců vyplývá, že rozdíly technických parametrů zářičů nejsou zásadní. Proto největší důraz by měl být kladen na technické a servisní zabezpečení, které výrobci nabízí při případné instalaci do objektu a také cenová nabídka, která bude hrát zásadní roli při výběru zářičů. Klíčový je však vliv projektanta. Pokud použije bezmyšlenkovitě software od výrobce (který přece musí dávat správné výsledky), může být technické řešení naprosto nevhodné a výsledný očekávaný efekt v úsporách při použití sálavého vytápění naprosto zmařený. Takováto řešení se bohužel vyskytují stále častěji a mezi laickou veřejností se tak vytváří špatný dojem z celého systému.

5. Seznam použité literatury

- [1] Kotrbatý M.: Vytápění infračervenými plynovými zářiči. kapitola z Topenářské příručky. Vydal GAS s.r.o., Praha 2001, ISBN 8086176 - 81 - 9
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3717-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xi-1-cast>
- [2] ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov - Část 2*. Praha: Požadavky, 2002.
- [3] ČSN 06 0210 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha: ÚNMZ, květen 1994
- [4] Kotrbatý, M.; Hojer, O.; Kovářová, Z.: *Hospodaření teplem v průmyslu. Nejlevnější energie je energie ušetřená*. ČSTZ 2009. ISBN 978-80-86028-41-5. Příbram 2009
- [5] Hojer, O., *Geometrie sálání infračervených zářičů*. Praha: ČVUT, 2005.
- [6] Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., *Studijní podklady pro Sálavá průmyslové vytápění*.
- [7] *Princip tmavého zářiče* [online]. Schwank. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z:
http://www.schwank.cz/fileadmin/00_customer/cz/pdf/Dunkelstrahlerbroschüre_CZ.pdf

- [8] Ing. Ondřej Hojer, Ph.D., Ing. Ivana Schůrková. Regulace infrazářivových soustav. *Topenářství instalace*. 8/2009, s 46-48.
- [9] *Sálavé a průmyslové vytápění, cvičení 5* [online]. IB ČVUT. Ing. Ondřej Hojer, Ph.D. Datum citování 9. 6. 2015. Dostupné z:
http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SPV/SPV_5.pdf
- [10] *Technologie hořáku* [online]. Schwank. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z: <http://www.schwank.cz/cz/produkty/produktova-rada/tmave-zarice/technologie-horaku.html>
- [11] *Technologie* [online]. Schulte. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z: <http://www.teplovahle.cz/technologie/salave-infrazarice-schulte/>
- [12] *Nizkoteplotní kompaktní infrazářič Kaspo* [online]. Kaspo. Datum citování 9. 6. 2015. Dostupné z: <http://www.kaspo.cz/download/kompakt/podrobne-informace-kompakti-iz.pdf>
- [13] *Termstar 2000* [online]. Omnitherm. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z: <http://www.omnitherm.cz/nizkoteplotni-plynovy-infrazarice/termstar2000/princip>
- [14] *Lersen COMPACT* [online]. Lersen. Datum citování 9. 6. 2015. Dostupné z:
<http://lersen.cz/clanky>

- [15] *Tmavý plynový trubkový infrazářič* [online]. Mandík. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z:
http://www.mandik.cz/images/stories/soubory/prumyslove_vytapeni/helios/technicke_podminky_helios.pdf
- [16] *Tmavý infračervený plynový zářič KM* [online]. Kotrbatý. Datum citování 9. 6. 2015. Dostupné z: <http://kotrбаты.cz/data/file/Vyrobky/03-10-KM/03-10-KM-L-04-2011.pdf>
- [17] *Infrazářiče technické parametry* [online]. Lersen. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z: <http://lersen.cz/produkty/infrazarice>
- [18] *Katalog průmyslového vytápění* [online]. Mandík. Datum citování 9. 6. 2015.
Dostupné z:
http://www.mandik.cz/images/stories/soubory/katalog_mandik_vytapeni.pdf

6. Seznam příloh

- [P1] Výkresová dokumentace řešených studií – pouze na CD v elektronické formě
čísla výkresů : 5 – IB – 2015 – 01
5 – IB – 2015 – 02
5 – IB – 2015 – 03
5 – IB – 2015 – 04
5 – IB – 2015 – 05
- [P2] Výpočet tepelný ztrát Excel – pouze na CD v elektronické formě
- [P3] Návrh a rozmístění zářičů - v práci jako obrázky
výkresová dokumentace – pouze na CD v elektronické formě
čísla výkresů : 5 – IB – 2015 – 06
5 – IB – 2015 – 07
5 – IB – 2015 – 08
5 – IB – 2015 – 09
5 – IB – 2015 – 10
- [P4] Návrh zářičů pomocí softwaru Lsoft – pouze na CD v elektronické formě

7. Seznam tabulek

Tab. 1.	Norma ČSN 73 0540.2 [2]	13
Tab. 2.	Hodnoty přírážek p_3 na světovou stranu	16
Tab. 3.	Výpočtové teploty pro vyšší nadmořské výšky	16
Tab. 4.	Doporučené minimální výšky zavěšení zářičů [6]	28
Tab. 5.	Porovnání zářičů různých výrobců	45
Tab. 6.	Použité součinitele prostupu tepla	46
Tab. 7.	Tepelné ztráty varianta 1	47
Tab. 8.	Tepelné ztráty varianta 2	47
Tab. 9.	Navržené zářiče Kotrbatý varianta 1	49
Tab. 10.	Navržené zářiče Kotrbatý varianta 2	50
Tab. 11.	Navržené zářiče Lersen varianta 2	53
Tab. 12.	Navržené zářiče Lersen varianta 1	54
Tab. 13.	Navržené zářiče Mandik varianta 1	61
Tab. 14.	Navržené zářiče Mandik varianta 2	62

8. Seznam obrázků

Obr. 2.1.	Případové studie průmyslové haly č.1 [P1]	11
Obr. 2.2.	Případové studie průmyslové haly č.2,3,4,5 [P1]	12
Obr. 2.3.	Rozdělení výkonu na sálavou a konvekční složku [6]	19
Obr. 2.4.	Světlý plynový zářič [4]	20
Obr. 2.5.	Základní geometrie zářiče	21
Obr. 2.6.	Různé typy zářičů s různou geometrií [6]	22
Obr. 2.7.	Typický příklad tmavého plynového zářiče [4]	24
Obr. 2.8.	Geometrie sálání vodorovného a šikmého zavěšení [6]	26
Obr. 2.9.	Tmavý zářič s malou sálavou účinností, postranní křídélka úzká [4]	27
Obr. 2.10.	Tmavý zářič neizolovaný s hlubokým reflexním zákrytem a plnými čely [4]	27
Obr. 2.11.	Tmavý zářič izolovaný s hlubokým reflexním zákrytem a plnými čely [4]	27
Obr. 2.12.	Optimální vzdálenost mezi tmavými zářiči v příčném a podílném směru [4]	29

Obr. 2.13.	Vzdálenost tmavých zářičů od stavebních konstrukcí [4]	29
Obr. 2.14.	Příklad rozmístění tmavých zářičů [6]	30
Obr. 2.15.	1. Tmavý zářič KM– U; 2. Tmavý zářič KM – I [4]	32
Obr. 2.16.	Konstrukce tmavého zářiče KM [6]	33
Obr. 2.17.	Tepelná izolace tmavých zářičů KM [4]	33
Obr. 2.18.	Průřez zářiče KM typu U a I [16]	34
Obr. 2.19.	Nabízené zářiče KM typu U [16]	34
Obr. 2.20.	Nabízené zářiče KM typu I [16]	34
Obr. 2.21.	Místo spojení zářičů šrouby [14]	35
Obr. 2.22.	Princip funkce kompenzace dilatace [14]	36
Obr. 2.23.	Zářič COMPACT 4 m [14]	36
Obr. 2.24.	Nabízené zářiče Lersen COMPACT TOP [17]	37
Obr. 2.25.	Nabízené zářiče Lersen COMPACT ECO [17]	37
Obr. 2.26.	Průřez reflektoru infrazářiče U: vlevo neizolovaný; vpravo izolovaný [15]	38
Obr. 2.27.	Průřez reflektoru infrazářiče I: vlevo neizolovaný; vpravo izolovaný [15]	39

Obr. 2.28.	Nabízené zářiče Mandík [18]	39
Obr. 2.29.	Hořák Whisper Jet [7]	40
Obr. 2.30.	Tmavý zářič Schulte [11]	41
Obr. 2.31.	Zapojení zářičů Schulte do obdélníku [11]	42
Obr. 2.32.	Rozložení teplot Kaspo zářiče [12]	43
Obr. 2.33.	Schéma funkce recirkulační jednotky [13]	43
Obr. 3.1.	Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 1 [P3]	50
Obr. 3.2.	Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 2 [P3]	51
Obr. 3.3.	Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 3 [P3]	51
Obr. 3.4.	Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 4 [P3]	52
Obr. 3.5.	Návrh a rozmístění panelů Kotrbatý Hala 5 [P3]	52
Obr. 3.6.	Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 1 [P3]	55
Obr. 3.7.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 U_{real} Hala 1 [P4]	55
Obr. 3.8.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{\text{požadované}}$ Hala 1 [P4]	55
Obr. 3.9.	Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 2 [P3]	56
Obr. 3.10.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 U_{real} Hala 2 [P4]	56

Obr. 3.11.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{\text{požadované}}$ Hala 2 [P4]	56
Obr. 3.12.	Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 3 [P3]	57
Obr. 3.13.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 $U_{\text{real.}}$ Hala 3 [P4]	57
Obr. 3.14.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{\text{požadované}}$ Hala 3 [P4]	57
Obr. 3.15.	Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 4 [P3]	58
Obr. 3.16.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 $U_{\text{real.}}$ Hala 4 [P4]	58
Obr. 3.17.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{\text{požadované}}$ Hala 4 [P4]	59
Obr. 3.18.	Návrh a rozmístění panelů Lersen Hala 5 [P3]	59
Obr. 3.19.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 1 $U_{\text{real.}}$ Hala 5 [P4]	60
Obr. 3.20.	Návrh panelů Lersen Lsoft varianta 2 $U_{\text{požadované}}$ Hala 5 [P4]	60
Obr. 3.21.	Návrh a rozmístění panelů Mandik Hala 1 [P3]	62
Obr. 3.22.	Návrh a rozmístění panelů Mandik Hala 2 [P3]	63
Obr. 3.23.	Návrh a rozmístění panelů Mandik Hala 3 [P3]	63
Obr. 3.24.	Návrh a rozmístění panelů Mandik Hala 4 [P3]	64
Obr. 3.25.	Návrh a rozmístění panelů Mandik Hala 5 [P3]	64