

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ HALOVÝCH OBJEKTŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:

Bc. Jana Kyselová

Vedoucí práce:

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kyselová Jméno: Jana Osobní číslo: 458714
Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění halových objektů
Název diplomové práce anglicky: Heating of hall buildings
Pokyny pro vypracování:
Teoretická část:
Studie na téma vytápění halových objektů, včetně zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých variant a popisu jejich principu. Vybraná varianta vytápění na základě analýzy problematiky bude zpracována v praktické části ve formě projektové dokumentace.
Praktická část:
Projektová dokumentace vytápění halového objektu v zadaném rozsahu:
- půdorysy všech podlaží, rozvinutá schemata, půdorys kotleny a schema zapojení
- technická zpráva, bilanční výpočty, tepelně technický a hydraulický výpočet otopného systému
Seznam doporučené literatury:
Petráš a kol.: Vytápění velkoprostorových a halových objektů, Jaga, Bratislava 2006
BAŠTA, Jiří. Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
BAŠTA, J. a HOJER, O. Sálavé a průmyslové vytápění pro IB. Praha, Skripta ČVUT, 2009
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce: 22.09.2020 Termín odevzdání diplomové práce: 03.01.2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, dne 3.1.2021

.....

Bc. Jana Kyselová

Poděkování

Mé velké díky patří mému vedoucímu práce, panu Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D., za výborné vedení a jeho cenné rady při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti RotaGroup a.s. za poskytnutí podkladů pro vypracování této práce. Velké díky patří také mé rodině za podporu po celou dobu studia.

Obsah	
Abstrakt	7
TEORETICKÁ ČÁST	8
1 Úvod.....	9
1.1 Účel a funkce halových objektů	9
1.2 Tepelný komfort halových a velkoprostorových objektů.....	10
1.3 Faktory ovlivňující návrh	10
1.3.1 Systémy vytápění dle přenosu tepla.....	10
1.3.2 Zóny objektu	11
2 Podlahové vytápění.....	13
2.1 Teplovodní podlahové vytápění	13
2.1.1 Konstrukce podlahové otopné plochy	14
2.1.2 Výhody a nevýhody	15
2.2 Elektrické podlahové vytápění	16
2.2.1 Typy elektrického podlahového vytápění	16
2.2.2 Prvky otopné soustavy	17
2.2.3 Výhody a nevýhody	18
3 Závěsné sálavé panely	19
3.1 Konstrukce a materiál.....	19
3.2 Zónování a rozmístění	19
3.3 Výhody a nevýhody.....	20
4 Infračervené plynové zářiče.....	21
4.1 Tmavé zářiče	21
4.2 Světlé zářiče	22
4.3 Rozmístění zářičů	23
4.4 Výhody a nevýhody.....	23
4.4.1 Výhody.....	23
4.4.2 Nevýhody	23
5 Teplovzdušné vytápění	24
5.1 Dělení teplovzdušného vytápění.....	24
5.2 Lokální jednotky.....	24
5.2.1 Teplovodní jednotky	24
5.2.2 Plynové jednotky.....	25
5.3 Rozmíst'ování jednotek	25
5.4 Výhody a nevýhody.....	25

5.4.1	Výhody.....	25
5.4.2	Nevýhody	25
PRAKTICKÁ ČÁST.....		26
6	Analýza řešeného objektu.....	27
6.1	Popis objektu	27
6.1.1	Sklad.....	27
6.1.2	Administrativní a sociální vestavba	27
6.2	Návrhové parametry objektu.....	28
6.2.1	Klimatické podmínky.....	28
6.2.2	Obálka budovy	28
6.2.3	Tepelné ztráty objektu.....	29
6.3	Zhodnocení použitelnosti jednotlivých variant	32
6.3.1	Vnitřní dispozice	32
6.3.2	Náklady na zdroj tepla	33
6.3.3	Náklady na otopnou soustavu	33
6.4	Shrnutí	35
7	Závěr.....	36
8	Seznam použitých zdrojů.....	37
9	Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	39
10	Seznam dokumentace praktické části.....	40

Abstrakt



Tato diplomová práce se zabývá vytápěním halových objektů. V teoretické části jsou popsány různé způsoby vytápění hal včetně jejich výhod a nevýhod.

Součástí teoretické části je i porovnání různých způsobů výpočtu tepelných ztrát a porovnání pořizovacích nákladů na jednotlivé varianty vytápění.

Praktická část řeší projekt vytápění skladové haly, včetně vytápění administrativní a sociální vestavby pro zaměstnance.

Klíčová slova

Vytápění, hala, sálavé vytápění, tmavé plynové infrazářiče, sálavé panely, podlahové vytápění, teplovzdušné vytápění

Abstract



The diploma thesis focuses on the heating of hall buildings. The theoretical part describes various methods of heating to be used in hall buildings, including their advantages and disadvantages.

Futhermore, the theoretical part contains a comparison of different calculation methods of heat losses for hall buildings and as well as a comparison of acquisition costs for individual heating options.

The practical part consists of design of the heating of a particular hall building, including design of the heating for offices and hygienic inbuilt.

Key words

Heating, hall building, radiant heating, infrared gas tube heaters, radiant panels, floor heating, hot air heating

TEORETICKÁ ČÁST

1 Úvod

V průběhu 19. století došlo k výraznému rozvoji průmyslu, což vedlo k vzniku velkoprostorových objektů pro různá výrobní odvětví. V devadesátých letech přešla většina takových objektů do soukromých vlastnictví podnikatelů a akciových společností a začalo se více uvažovat nad cenou finálních produktů vyráběných v těchto budovách.

Technické a ekonomické studie ukazují, že rozhodujícími faktory ovlivňujícími cenu výrobků jsou náklady na zabezpečení optimálního pracovního prostředí, tedy náklady na vytápění. [2]

Zároveň se moderní člověk věnuje svým zálibám a osobnímu rozvoji. Stále častěji můžeme vidět velkoprostorová nákupní, kulturně společenská, výstavní i sportovní centra. Společným jmenovatelem takových objektů je ekonomická efektivnost činnosti.

Halové a velkoprostorové objekty jsou specifické způsoby vytápění. Tato práce se zabývá jednotlivými způsoby vytápění, včetně jejich výhod a nevýhod a popisu jejich principu.

1.1 Účel a funkce halových objektů

Halové objekty se vyznačují velkým prostorem s malým množstvím nebo zcela bez vnitřních podpor. Jejich využití je vhodné v případě, že nejsou kladeny nároky na uspořádání užitných prostor nad sebou. S ohledem na hospodárnější návrh a lepší využití pozemku se v halách často vyskytují vestavěná podlaží.

Halové objekty dělíme dle účelu [1] na:

- Kulturní (Kina, divadla, shromažďovací sály)
- Sportovní (Sportovní haly, stadiony, plavecké bazény)
- Výrobní a skladovací (Výrobní haly, tržnice)
- Dopravní (nádražní haly, automobilové garáže)

1.2 Tepelný komfort halových a velkoprostorových objektů

Moderní člověk tráví v budovách převážnou část svého života, proto se stále zpřísňují požadavky na kvalitu vnitřního prostředí.

Tepelné pohody je dosaženo tehdy, pokud platí tepelná rovnováha mezi uživatelem a interiérem. Jelikož je tepelná rovnováha ovlivněna mnoha faktory, jako např. věk, zdravotní stav a oblečení člověka, jsou pro jednotlivá prostředí stanovena rozmezí minimálních a maximálních teplot.

Pro pracovní prostředí jsou tyto hodnoty udávány nařízením vlády č. 93/2012 Sb., pro pobytové prostředí jsou udány vyhláškou č. 6/2003 Sb.

1.3 Faktory ovlivňující návrh

1.3.1 Systémy vytápění dle přenosu tepla

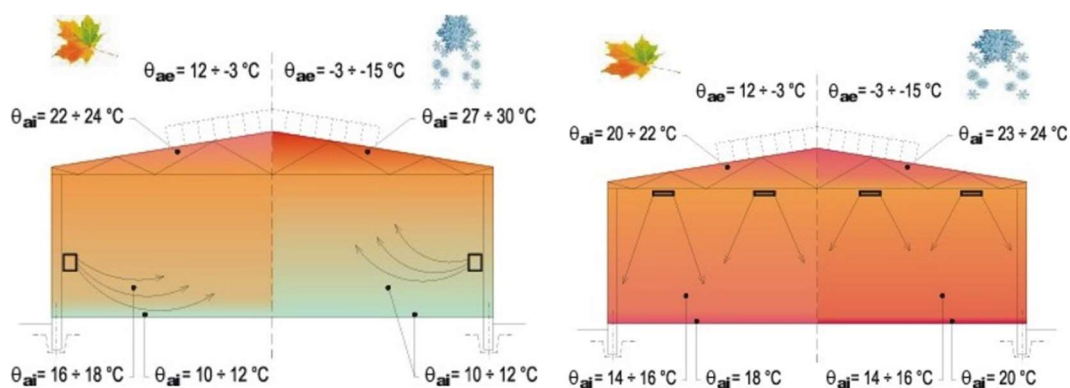
U velkých objektů se využívají dva způsoby vytápění. Těmi jsou jednak vytápění teplovzdušné, kdy je nositelem tepelné energie vzduch, a jednak vytápění sálavé, kde dochází k přenosu tepla pomocí elektromagnetického záření.

1.3.1.1 Teplovzdušné otopné soustavy

Při teplovzdušném vytápění dochází k vhánění ohřátého vzduchu teplovzdušnou jednotkou do prostoru. Poté, co vzduch projde pobytovou zónou člověka, stoupá vzhůru a vytváří tepelný polštář pod střechou objektu. V chladnějším období je navíc nutné přivádět teplejší vzduch, který stoupá rychleji. Pobytová zóna člověka je tím pádem méně vyhřívána a pod střechou se akumuluje vzduch o vysoké teplotě.

1.3.1.2 Sálavé otopné soustavy

Při sálavém vytápění dochází k ohřívání podlahy a předmětů v pobytové zóně člověka pomocí záření. Od nich se pak zvyšuje teplota okolního vzduchu, který stoupá vzhůru. Vzduch pod střechou dosahuje nižších teplot, zato teplota podlahy je vyšší. Distribučními prvky sálavého vytápění mohou být sálavé panely, velkoplošné sálavé vytápění, tmavé či světlé plynové zářiče apod.



Obr. 1. – Teplovzdušné a sálavé vytápění [4]

Z obrázku je patrné, že sálavé vytápění (vpravo) zajišťuje lepší podmínky v pobytové zóně člověka.

1.3.2 Zóny objektu

Vzhledem k velkým rozměrům objektu, jak v horizontálním, tak i vertikálním směru, vznikají zóny, které je potřeba řešit s rozdílným přístupem.

1.3.2.1 Vertikální zónování objektu

Vlivem fyzikálních zákonů vznikají rozdílné teploty po výšce objektu. Fyzikální parametr popisující rozdělení teplot se nazývá teplotní gradient. [4] Ve vertikálním směru můžeme rozlišit tři zóny, z nichž každá má specifický vliv na energetické chování budovy.

A) Pobytová zóna člověka

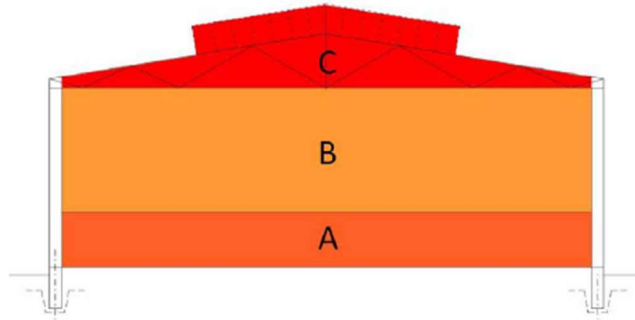
Jedná se o zónu pohybu osob, kde je za potřebí dosáhnout optimálních tepelných podmínek. Výška pobytové zóny je uvažována do dvou metrů.

B) Neutrální zóna

Teplota v této zóně neovlivňuje přímo teplotu vzduchu v zóně A, ale změna teploty po výšce ovlivňuje teploty pod střešním pláštěm, kde může zvětšovat tepelné ztráty. Teplotní gradient je rozdílný pro různé systémy vytápění. Pro sálavé vytápění se pohybuje v rozmezí 0,3 – 0,5 K/m, a pro teplovzdušné vytápění 0,9 – 1,1 K/m. [3]

C) Zóna energetické náročnosti

Zóna ležící přímo pod střešním pláštěm, která ovlivňuje tepelné ztráty objektu. Vzhledem k tomu, že teplý vzduch stoupá vzhůru, je zde nejvyšší teplota. Z hlediska snižování tepelných ztrát, a tedy i tepelné náročnosti objektu je vhodné použít systémy vytápění, které v této oblasti vytváří nižší teploty nebo zde vzniklé teplo využívat jiným způsobem.



Obr. 2. – Vertikální zónování objektu [3]

1.3.2.2 Horizontální zónování objektu

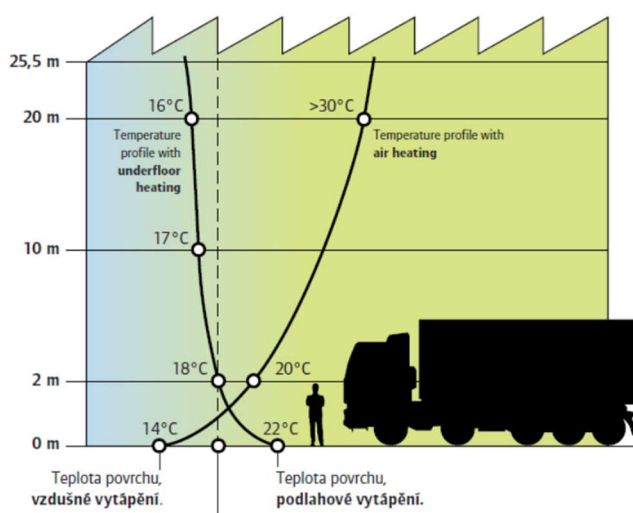
V horizontálním směru jsou podmínky také odlišné pro různá místa, proto je vhodné objekt rozdělit na oblasti a ke každé pak přistupovat specificky. Při volbě otopné soustavy je pak hlavním kritériem její schopnost dodávat různé množství tepla do různých oblastí.

2 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je jedním z typů sálavého velkoplošného vytápění. U těchto typů vytápění je teplo předáváno především radiací, předávání tepla prouděním je vždy v menšině.

U podlahového vytápění je podíl sálavé složky asi 55 %, složka konvekční tvoří 45 % [5]. Díky malému rozdílu obou složek podlahové vytápění vhodně využívá obou způsobů sdílení tepla.

Podlahové vytápění může být buď teplovodní nebo elektrické. V obou případech je topný systém uložen v podlaze, proto je téměř bezúdržbový



Obr. 3. – Srovnání teplovzdušného a podlahového vytápění [8]

Z obrázku je patrné, že podlahové vytápění přivádí teplo do pobytové zóny člověka a po výšce haly klesá. Tento jev ovlivňuje tepelné ztráty a provozní náklady objektu.

2.1 Teplovodní podlahové vytápění

Otopná plocha podlahy je zahřívána teplou vodou. Vzhledem k tomu, že průměrná teplota podlahy by neměla překročit teplotu 29 °C, nepřesáhne teplota topné vody obvykle 50 °C [2]. Jedná se tedy o nízkoteplotní systém, pro který je možné využívat alternativní zdroje energie nebo odpadní teplo z výrobních procesů.

Tepelně technický výpočet vychází z předpokladu, že tyto hodnoty nebudou překročeny, ale tepelný výkon pokryje tepelné ztráty vytápěného prostoru.

2.1.1 Konstrukce podlahové otopné plochy

Konstrukce otopné plochy by neměla být pevně spojena s nosnou částí podlahy, aby byly umožněny dilatační změny.

Z hlediska odolnosti a trvanlivosti by měla být otopná plocha rozdělena na dilatační celky o ploše ideálně 25 m² a maximálně 40 m² [5].

2.1.1.1 Provedení otopné plochy

2.1.1.1.1 Podle způsobu provedení

a) Suchý způsob

Trubky jsou uloženy v izolační vrstvě pod betonovou deskou. Teplota vody v přívodním potrubí se pohybuje v rozmezí 40–70 °C.

b) Mokrý způsob

Otopný had je uložen do cementového lože nad tepelnou izolací. Teplota vody v přívodním potrubí se pohybuje v rozmezí 35–55 °C.

c) Modulové klima desky

Jedná se o duté profilované desky pokládané na tepelnou izolaci, které se mezi sebou hydraulicky propojují. Pracují s nízkou teplotou otopné vody 25-35 °C.

d) Kapilární rohože

Častěji se používají pro stěnové a stropní vytápění a chlazení. Pro podlahové vytápění se využívají u nízkoenergetických domů.

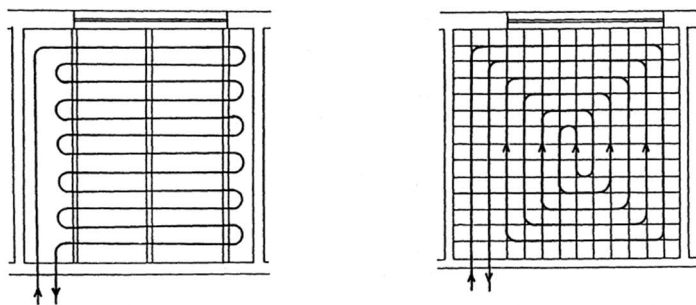
2.1.1.1.2 Podle tvarování otopného hadu

a) Meandrový způsob

Teplota otopné vody klesá od vnější konstrukce směrem k vnitřní. Toto řešení je vhodné pro místnosti s jednou ochlazovanou stěnou.

b) Plošná spirála

Dvojice trubek přívod a zpátečka je tvarována do spirály. Při tomto rozložení je teplota u ochlazovaných stěn nižší. Tento problém lze vyřešit okrajovou zónou s menší roztečí trubek.



Obr. 4. – Meandrový způsob (vlevo) a plošná spirála [5]

2.1.1.2 Potrubí

Nejčastěji využívané jsou trubky plastové. Nejvhodnější pro podlahové vytápění jsou PE-X trubky. Jedná se o zasíťovaný polyetylen. Materiál je pružný, ohebný, a přitom velmi pevný. Dlouhodobě si uchovává svůj tvar i vlastnosti. Při návrhu je nutné zohlednit tepelnou roztažnost plastů.

Méně často používané je nerezové potrubí, které se vzhledem k problematickému spojování trubek a nebezpečí koroze používá jen výjimečně.

Poměrně často využívané je měděné potrubí, které se vyznačuje především vysokou odolností vůči korozi a vysokou pevností materiálu. U podlahového vytápění se využívají měkké trubky, které jsou povlečeny PVC, aby se zabránilo bodové korozi, ale přitom trubka mohla dilatovat.

Poslední možností je vícevrstvé potrubí, které se skládá z plastové trubky, hliníkového pláště a ochranné plastové vrstvy. Oproti plastovým trubkám mají menší teplotní roztažnost.

2.1.2 Výhody a nevýhody

2.1.2.1 Výhody

- V obytné zóně je optimální teplota
- Je možné využití alternativních zdrojů energie nebo odpadního tepla
- Systém nevyžaduje téměř žádnou údržbu

- Minimální riziko poškození
- Možné využití i pro chlazení

2.1.2.2 Nevýhody

- Omezená maximální teplota (systém nemusí být dostačující)
- Omezení dispozice (instalační kanály, kotvení regálu, technologie...)
- U příležitostně užívaných objektu hrozí v zimě zamrznutí
- Velký tepelný tok do podlahy (vzhledem k zatížení podlahy se téměř všechny velkoplošné haly řeší bez spodní izolace)
- Vysoké pořizovací náklady, jak na otopnou plochu, tak na zdroj tepla
- Otopná plocha reaguje pomalu
- Není možné instalovat dodatečně



Obr. 5. – Teplovodní podlahové vytápění v hale [10]

2.2 Elektrické podlahové vytápění

Elektrické podlahové vytápění je lokální systém, kde k přeměně energie na teplo dochází přímo v podlaze. Účinnost sdílení je téměř 100 % [2].

Elektrické vytápění lze použít pro vytápění celého prostoru jako základní zdroj tepla nebo jako doplňkový zdroj pro zajištění lokální tepelné pohody.

2.2.1 Typy elektrického podlahového vytápění

Rozlišujeme tři pracovní režimy vytápění. Podle režimu se určuje tloušťka akumulární vrstvy a hloubka uložení topných kabelů. Skladba konstrukce a hloubka uložení kabelů udává poměr rozdělení tepelného toku nahoru a dolů.

U elektrického podlahového vytápění je systém provozován s přestávkami. Pro zajištění tepelné pohody je důležitá schopnost systému postupně vydat do okolí teplo nahromaděné v akumulární hmotě. Akumulační schopnost je popsána časovou konstantou.

2.2.1.1 Akumulační režim

Časová konstanta je 8-12 hodin. Akumulační vrstva je tloušťky 90–150 mm. Topné kabely jsou uloženy do její spodní třetiny. Pro minimalizaci úniku tepla je nutná dostatečná tepelná izolace. Instalovaný příkon je 160 až 200 W/m². [2]

2.2.1.2 Poloakumulační režim

Časová konstanta je 4-8 hodin. Tloušťka akumulární vrstvy je 60-90 mm. Topné kabely jsou uloženy do jejího středu. Instalovaný příkon je 120 až 160 W/m². [2]

2.2.1.3 Přímotopný režim

Časová konstanta je menší než 4 hodiny. Betonová vrstva neslouží k akumulaci, ale pouze k uložení topných kabelů. Její tloušťka je max. 50 mm. Instalovaný příkon je 80 až 140 W/m². [2]

2.2.2 Prvky otopné soustavy

2.2.2.1 Elektrické topné kabely

Kabel se skládá z odporového jádra, izolačního obalu a případných ochranných prvků. V odporovém jádru dochází k přeměně elektrické energie na tepelnou.

Pro velkoplošné vytápění jsou nejčastěji užívány vodiče s jedním nebo dvěma jádry a s dvojitým izolačním obalem. Pro podlahové vytápění jsou využívány kabely s výkonem 10-20 W/m, které jsou ukládány do betonové mazaniny nebo do lepidla na dlažbu. Celková tloušťka kabelů je 4,5-8,5 mm a jejich maximální teplota jádra je 80 °C. Celkový topný výkon závisí na rozmístění kabelů.

2.2.2.2 Elektrická topná rohož

Rohož je tvořena nosnou tkaninou, ke které je přichycen topný kabel v podobě meandru. Tloušťka rohože se pohybuje od 2,5 do 3,5 mm. Rohože jsou vhodné jako hlavní i doplňkové vytápění v interiéru. Měrný výkon se pohybuje v rozmezí 100-160 W/m².

2.2.2.3 Elektrická topná folie

Topná folie je tvořena dvěma polyesterovými foliemi, mezi nimiž je vrstva homogenizovaného grafitu. Po stranách folie jsou vedeny napájecí vodiče. Celková tloušťka folie je zhruba 0,4 mm. Díky malé tloušťce je vhodná pro rekonstrukce při uložení na stávající podlahu pod novou nášlapnou vrstvu. Vyrábí se s měrným výkonem 150-200 W/m² při uložení do betonu a 60-80 W/m² při uložení do dřevěných nebo laminátových podlah.

2.2.3 Výhody a nevýhody

2.2.3.1 Výhody

- V obytné zóně je optimální teplota
- Systém nevyžaduje téměř žádnou údržbu
- Minimální riziko poškození
- Vhodné využití u příležitostně užívaných objektů (v zimě nezamrzne)
- Nižší pořizovací cena než u teplovodního podlahového vytápění

2.2.3.2 Nevýhody

- Omezená maximální teplota (systém nemusí být dostačující)
- Omezení dispozice (instalační kanály, kotvení regálu, technologie...)
- Velký tepelný tok do podloží (vzhledem k zatížení podlahy se téměř všechny velkoplošné haly řeší bez spodní izolace)
- Vyšší provozní náklady
- Otopná plocha reaguje pomalu
- Není možné instalovat dodatečně

3 Závěsné sálavé panely

Závěsné panely ohřívají okolní plochy, které poté zahřívají okolní vzduch. Panely se využívají především v halových objektech s výškou zavěšení 4–20 m.

3.1 Konstrukce a materiál

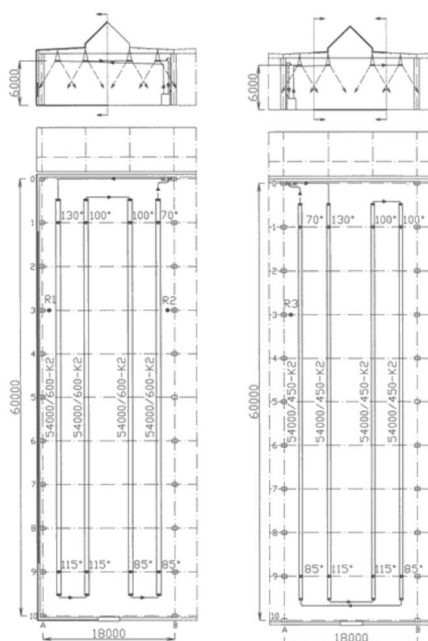
Otopná plocha sálavých panelů je tvořena rozvodnými ocelovými trubkami a hliníkovými lamelami. Vrchní část lamel je zakryta tepelnou izolací s odrazivou folií pro snížení tepelných ztrát směrem ke stropu.

Šířka otopné plochy závisí na počtu lamel a pohybuje se v rozmezí 300–1200 mm. Panely je možné sestavovat do otopné plochy téměř libovolné délky.

Sálavé panely bývají zavěšovány do horizontální polohy. V určitých případech je možné natočení ploch pod určitým úhlem.

3.2 Zónování a rozmístění

Na objekt působí různé vnější i vnitřní vlivy, jako např. obvodové stěny, okna, světlíky, technologie atd. Podle jejich působení vznikají zóny s různými nároky na dodávku tepelné energie.



Obr. 6. – Zapojení pásů – krajní loď (vlevo) a střední loď [5]

U krajní lodě, kde je nejslabší místo ochlazovaná stěna, by měla teplota pásů klesat směrem do středu. Pro vnitřní loď je nejslabším místem střešní světlík, proto je třeba umístit nejteplejší pásy pod něj. Rozmístění pásů je patrné z obrázku 6.

V jednotlivých zónách je vhodné volit sudé počty pásů, aby byly minimalizovány délky rozvodného potrubí.

Při rozmístování sálavých panelů by osová vzdálenost pásů neměla být větší než výška jejich zavěšení a vzdálenost krajního pásu od ochlazované stěny by neměla být větší než polovina výšky zavěšení.

3.3 Výhody a nevýhody

3.3.1 Výhody

- Požadované výsledné teploty je dosaženo již při nízké teplotě vzduchu
- Nedochozí k značným tepelným ztrátám v podstřešním prostoru
- Nezpůsobují proudění vzduchu
- Nehlučné
- Možnost regulovat po sekcích
- V letních měsících je možné využití pro chlazení

3.3.2 Nevýhody

- Vysoké pořizovací náklady
- Vysoké náklady na zdroj tepla a rozvody
- Nevhodné pro vytápění osamocených pracovišť
- Nutné využití vysokoteplotních zdrojů

4 Infračervené plynové zářiče

Princip vytápění plynovými zářiči je stejný jako u sálavých panelů. Zářením je ohřáta podlaha a okolní plochy a od nich je následně ohříván okolní vzduch.

Teplu v infrazářičích vzniká spalováním plynu. Dle způsobu spalování plynu a dle konstrukce jsou zářiče děleny na tmavé a světlé. Pojmenování vychází z barvy zářiče při provozu. Tmavé zářiče svou barvu nemění, světlé díky vysoké teplotě „svítí“.

4.1 Tmavé zářiče

Potřebného výkonu je u tmavých zářičů docíleno spalováním plynu v řídicí skříňce, ze které jsou spaliny vedeny do trubice opatřené odrazivým zákrytem. Trubice je zahřáta na cca 500 °C a po průchodu zářičem klesne teplota na 160–250°C. [11] Trubice jsou buď tvaru U, nebo tvaru I.



Obr. 7. – Tmavý plynový zářič [12]

Použití tmavých zářičů je vhodné u hal vysokých 5 až 8 m pod střešní pláště. Zavěšení zářičů je možné jak vodorovně pod stropem, tak šikmo na stěnu objektu. Při šikmém zavěšení však klesá účinnost.

Vliv na účinnost zářiče má i zákryt. Při využití zákrytu s nízkými křídélky se účinnost pohybuje kolem 50 % a je tak na hranici druhu otopného tělesa. Při šikmém zavěšení klesá účinnost pod 50 % a zářiče jsou pak považovány za konvenční tělesa. [2]

U zářičů s hlubším zákrytem a usměrněním sálavé složky do vytápěného prostoru je účinnost až 63 %, kterou lze ještě zvýšit zaizolováním zákrytu, a to až na 72 %. Jako izolace se používá hliníková fólie. [2]

Spaliny jsou odváděny od každého zářiče samostatným odkouřením.

4.2 Světlé zářiče

Zářič je tvořen keramickými destičkami, na jejichž povrchu dochází přímo k spalování směsi plynu a vzduchu. Povrchová teplota se pohybuje mezi 850–950 °C.

Světlé zářiče je nutné umístit do výšky minimálně 4 m. Lze je zavěsit až do 20 m nad povrch.

Účinnost zářiče s otevřenou spalovací komorou je 58 %, při přidání sálavé mřížky vzroste až na 63 %.

Zvýšení sálavé účinnosti až na 73 % lze dosáhnout zaizolováním reflexního zákrytu a přehřátím spalovací směsi. Spaliny jsou odváděny kanálem kolem směšovací komory a tím přehřívají spalovací směs.

Spalovací komora může být také uzavřená. V takovém případě neizolovaný zářič dosahuje sálavé účinnosti 67 % a plně izolovaný až 82 %. [2]

Vzhledem k tomu, že vzniká malé množství škodlivin, jsou spaliny odváděny nepřímo axiálními ventilátorem v nejvyšším místě haly. Při návrhu světlych plynových zářičů je nutné navrhnout systém větrání tak, aby automaticky sepnul spolu se zářiči.



Obr. 8. – Světly plynový zářič [12]

4.3 Rozmístění zářičů

Při rozmisťování je nutné zohlednit úhel jádrového sálání, který vymezuje oblast, kam je dodáváno 90 % ze sálavého výkonu zářiče.

Tepelné pohody je dosaženo v případě, že se oblasti sousedních zářičů protínají ve výšce min 1,5 m nad podlahou. Pro tmavé zářiče se úhel jádrového sálání pohybuje od 90° do 130°. Úhel pro světlé zářiče se pohybuje mezi 60° až 90°. U světlých zářičů se častěji využívá zavěšení šikmo na boční stěny. Maximální úhel odklonu od vodorovné polohy je 30°.

4.4 Výhody a nevýhody

4.4.1 Výhody

- Systém umožňuje vytápění po sekcích
- Malá setrvačnost – rychlá reakce na regulační zásah
- Vhodné využití ve velmi vysokých halách
- Nízké pořizovací i provozní náklady.
- Vhodné pro vytápění osamocených pracovišť

4.4.2 Nevýhody

- Jedenkrát ročně nutnost údržby
- Nevhodné do hořlavého či výbušného prostředí
- U světlých zářičů je nutné zajistit přívod spalovacího vzduchu
- U tmavých zářičů je nutné odvádět spaliny od každého spotřebiče
- Spaliny od světlých zářičů jsou odváděny do interiéru, proto je nutné instalovat odvodní ventilátory, které hlučí

5 Teplovzdušné vytápění

Při teplovzdušném vytápění dochází k přenosu tepla pouze prouděním. Vzduch v pobytové zóně je potřeba ohřívat na požadovanou teplotu, aby bylo dosaženo tepelné pohody.

Teplovzdušné vytápění je hospodárné u nepříliš vysokých hal. Vysoký strop v tomto případě znamená vyšší tepelné ztráty.

5.1 Dělení teplovzdušného vytápění

Dle místa přípravy teplého vzduchu lze dělit teplovzdušné vytápění na centrální a lokální.

Centrální

Teplý vzduch je ohříván v centrální vzduchotechnické jednotce a následně je distribuční soustavou rozváděn po objektu. Tento návrh je spjat s větráním a chlazením, proto spadá pod návrh vzduchotechniky.

Lokální

Teplovzdušné jednotky jsou rozmístěny po objektu. K ohřevu dochází přímo v jednotkách, do kterých je nasáván vzduch z interiéru. Další možností je přivádění čerstvého vzduchu z exteriéru nebo směsi čerstvého a cirkulačního vzduchu. Takové jednotky mohou pokrývat i potřeby větrání.

5.2 Lokální jednotky

5.2.1 Teplovodní jednotky

Energonositel je teplá voda, od které se ohřívá vzduch ve výměníku. Topná voda může být ohřívána zdrojem tepla (tepelné čerpadlo, kotel) nebo je možné využití odpadního tepla z technologií.

5.2.2 Plynové jednotky

Součástí plynových jednotek je výměník a spalovací komora. Vzduch je ohříván pomocí spalin vedených výměníkem a ty jsou následně odváděny mimo vytápěný prostor. Vzduch nutný pro hoření je přiváděn z venkovních prostor.

5.3 Rozmíst'ování jednotek

Z hlediska umístění rozlišujeme dva typy jednotek.

Prvním typem jsou jednotky GNS, které obsahují axiální ventilátor a jsou umíst'ovány na obvodové stěny.

Druhou variantou jsou jednotky GNC, jejichž součástí je radiální ventilátor a umisťují se pod střešní plášť.

5.4 Výhody a nevýhody

5.4.1 Výhody

- Minimální omezení dispozice haly
- U teplovodních jednotek lze navrhnout jako nízkoteplotní systém a využít obnovitelné zdroje (tepelné čerpadlo) nebo odpadní teplo z technologií
- Možnost využití rekuperace

5.4.2 Nevýhody

- Nevhodné do příliš vysokých hal
- Víření vzduchu – prašnost
- Hluk
- Teplota vzduchu stoupá po výšce haly – nutné použití destratifikátorů
- Vyšší provozní náklady
- Teplovodní jednotky – vysoké náklady na zdroj tepla a rozvody
- Plynové jednotky – nutné odkouření a přívod spalovacího vzduchu
- Nutná pravidelná údržba a servis

PRAKTICKÁ ČÁST

6 Analýza řešeného objektu

6.1 Popis objektu

Řešená hala SO.06 je součástí průmyslového parku Hradiště u Chebu. Hala bude sloužit pro skladování a lehkou výrobu. Provoz areálu bude 7 dní v týdnu. Předpokládá se dvousměnný provoz v hale a jednosměnný provoz v administrativním prostoru.

Hala je čtvercového půdorysu o rozměrech 73,26 x 73,26 m, výška atiky haly je 12,4 m. V části haly bude provedena dvoupodlažní vestavba pro umístění administrativního provozu a pro sociální zázemí zaměstnanců. Nosná konstrukce haly je navržena jako železobetonový montovaný skelet založený na vrtaných pilotách, střecha bude provedena z prefabrikovaných železobetonových plnostěnných vazníků. Střecha je doplněna střešními světlíky pro prosvětlení haly. Obvodový plášť bude tvořen horizontálně kladenými sendvičovými panely s výplní z minerální vlny. Panely budou kotveny k nosným ŽB fasádním sloupům. Fasádu doplní pásová okna a zásobovací sekční vrata s těsnícím límcem.

6.1.1 Sklad

Hlavní vjezdy a vstupy do haly, co se týče logistiky, jsou navrženy v severovýchodní fasádě. Pro halu SO.06 se jedná o osm DOCKŮ a jeden DRIVE - In. Skladová část je z funkčního hlediska rozdělena na prostor expedice a lehké výroby (část se stoly před doky) a část určená pro skladování s regálovým systémem do výšky osm metrů (skladování ve čtyřech patrech).

6.1.2 Administrativní a sociální vestavba

Administrativní vestavba je umístěna ve východním rohu haly, jedná se zároveň i o hlavní vstup do haly. Rozměry vestavby jsou 12,5 x 30,5 m.

Vestavba je dvoupodlažní s dvouramenným schodištěm a obsahuje kanceláře, zasedací místnosti, chodby, šatny, sociální zázemí atd.

Svislou nosnou konstrukci vestavby tvoří ŽB prefa sloupy s ŽB prefa průvlaky. Tyto sloupy a průvlaky slouží pro uložení stropní konstrukce. Strop je

těž prefabrikovaný z předpjatých panelů SPIROLL. Veškeré vnitřní dělicí konstrukce jsou provedeny ze sádkartonu.

6.2 Návrhové parametry objektu

6.2.1 Klimatické podmínky

- Lokalita: Cheb
- Venkovní výpočtová teplota: -17 °C
- Roční průměrná teplota: 5,2 °C

6.2.2 Obálka budovy

Jelikož ve stavební části nejsou zcela přesně specifikovány jednotlivé konstrukce, byly při výpočtu uvažovány doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011.

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]
Stěna vnější	0,19
Stěna vnitřní	0,9
Podlaha	0,3
Střešní plášť	0,16
Strop	0,7
Dveře vnější	1,2
Dveře vnitřní	1,2
Okno	1,2
Vrata vnější	1,2
Střešní světlík	1,1

Tab. 1. – Součinitele prostupu tepla [13]

6.2.3 Tepelné ztráty objektu

6.2.3.1 Vestavba

Tepelné ztráty jednotlivých místností vestavby byly vypočteny pomocí výpočetního programu PROTECH, který počítá na základě normy ČSN EN 12 831. Návrhové teploty jednotlivých místností a vypočtená tepelná ztráta je uvedena v následující tabulce. Podrobný výstup z programu PROTECH je součástí příloh.

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová teplota [°C]	Tepelná ztráta [W]
1.01	Komunikační prostor	15	0
1.02	Recepce	20	972
1.03	Zádveří	15	477
1.04	WC muži	18	283
1.04A	WC muži předsíň	18	216
1.05	WC ženy	18	198
1.06	WC invalidé	18	195
1.07	Denní místnost	20	1913
1.08	Šatna ženy	22	1306
1.09	Šatna muži	22	1420
1.10	WC řidiči předsíň	24	374
1.10A	WC řidiči	24	261
1.11	Umývárna ženy	24	313
1.12	Umývárna muži	24	721
1.13	Úklid	15	270
2.01	Komunikační prostor	15	62
2.02	Kancelář	20	3602
2.03	Zasedací místnost	20	1015
2.04	Kuchyňka	20	618
2.05	Zasedací místnost	20	660
2.06	Technická místnost	15	112
2.07	Server	15	261

2.08	Kancelář	20	892
2.09	Kancelář	20	871
2.10	Chodba	15	153
2.11	WC ženy	18	61
2.11A	WC ženy předsíň	18	172
2.12	WC invalidé	18	150
2.13	WC muži	18	90
2.13A	WC muži předsíň	18	152

Tab. 2. – Tepelné ztráty vestavby

6.2.3.2 Sklad

Pro halové objekty jsou udávány různé způsoby výpočtu tepelných ztrát. Některé zdroje uvádí výpočet podle již neplatné normy ČSN 06 0210, kterou nahradila již dříve zmíněná norma ČSN EN 12 831. Publikace *Vytápění velkoprostorových a halových objektů* [2] udává postup výpočtu pro vytápění závěsnými sálavými panely.

6.2.3.2.1 Výpočet dle ČSN EN 12 831

Výpočet byl proveden pomocí programu PROTECH. Podrobný výstup z programu PROTECH je součástí příloh.

Tepelná ztráta		
Prostupem	Φ_{Tm}	101455 W
Výměnou vzduchu	Φ_{Vm}	221340 W
Zátopová	Φ_{RHm}	30000 W
Celkem	Φ_{HLm}	352795 W

Obr. 9. – Výsledky programu PROTECH

6.2.3.2.2 Výpočet dle Vytápění velkoprostorových a halových objektů

Celkové tepelné ztráty:

$$\Phi_c = [\Phi_p + (-\Phi_z) + \Phi_v] * e = (96\,823 + 0 + 215\,704) \cdot 1,1 = 343\,780 \text{ W}$$

Φ_p – tepelné ztráty prostupem tepla stavebními konstrukcemi 96 823 W

Φ_z – tepelné zisky 0 W

Φ_v – tepelné ztráty větráním 215 704 W

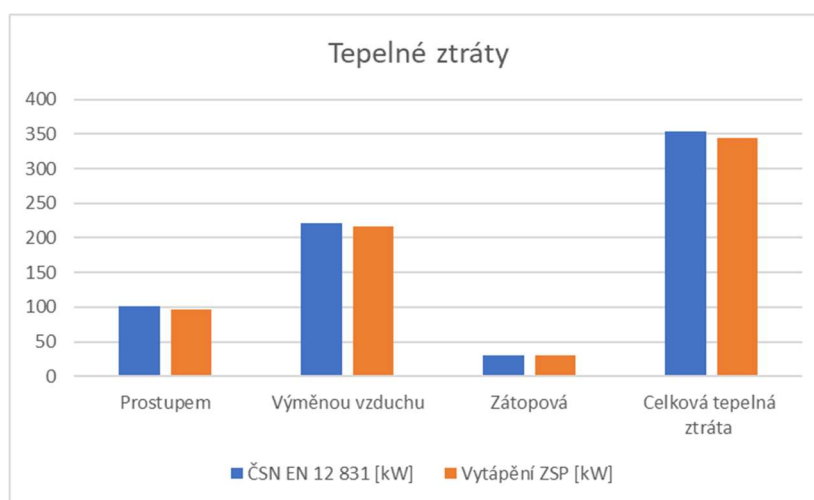
e – přírážka na zátop 1,1

Podrobný výpočet při vytápění závěsnými sálavými panely je součástí příloh.

6.2.3.2.3 Srovnání

Tepelná ztráta	ČSN EN 12 831 [kW]	Vytápění ZSP [kW]
Prostupem	101,45	96,9
Výměnou vzduchu	221,34	215,7
Zátopová	30	31,26
Celková tepelná ztráta	352,79	343,86

Tab. 3. – Srovnání tepelných ztrát



Graf. 1. – Srovnání tepelných ztrát

Z grafu je patrné, že se výsledky liší zcela minimálně. Otopná soustava bude navržena na tepelné ztráty vypočtené dle ČSN EN 12 831.

6.3 Zhodnocení použitelnosti jednotlivých variant

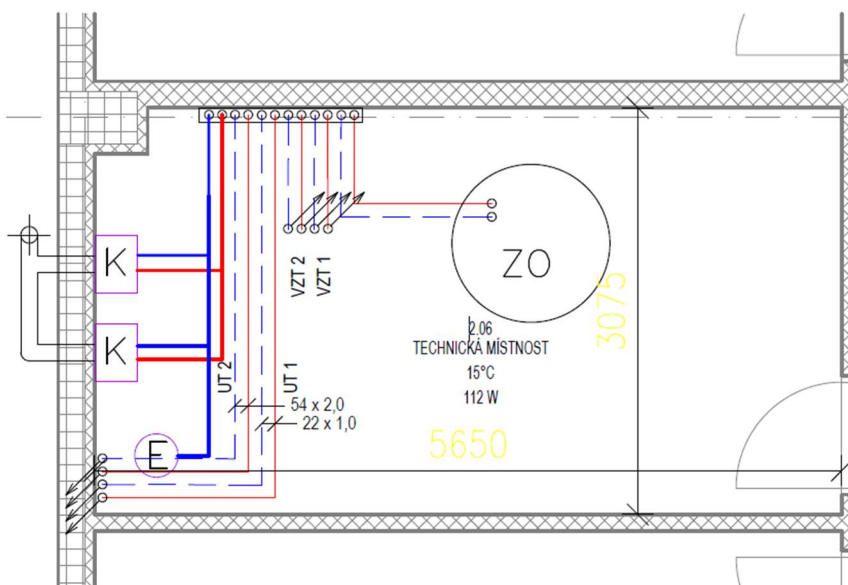
6.3.1 Vnitřní dispozice

V případě realizace teplovodních variant (podlahové vytápění a závěsné sálavé panely) by byl vyžadován kotel o celkovém výkonu 402 kW.

Celkový výkon kotle		
Hala	352	kW
Vestavba	50	kW
Celkem	402	kW

Tab. 4. – Výkon kotle

V hale se nachází technická místnost, která nesplňuje požadavky na kotelnu a při dodržení všech bezpečnostních odstupů nemá dostatečné rozměry. Z toho vyplývá, že realizace závěsných sálavých panelů nebo podlahového vytápění by vyžadovala provedení technické místnosti jako samostatného požárního úseku (protipožární SDK) a její zvětšení na úkor okolních místností.



Obr. 10. – Schéma technické místnosti

Technická místnost má rozměry 5,65 x 3,08 m. V případě využití teplovodního vytápění pouze pro vestavbu, budou instalovány dva kotly o výkonu 28 kW. Technická místnost tak nebude hodnocena jako kotelna III. kategorie a její rozměry budou dostačující.

U podlahového vytápění navíc regálový systém znemožňuje využití části podlahové plochy a v případě změny provozu haly by byla problematická instalace technologií.

Teplovzdušné jednotky jsou vhodnější do objektů se světlou výškou do 10 m. Průměrná světlá výška řešené haly je 11,6 m. Dále je v hale instalován regálový systém, který znemožňuje zavěšení jednotek na vnitřní sloupy.

Z hlediska vnitřní dispozice jsou nejvhodnější infračervené zářiče, protože nevyžadují žádný zásah do dispozice stavby.

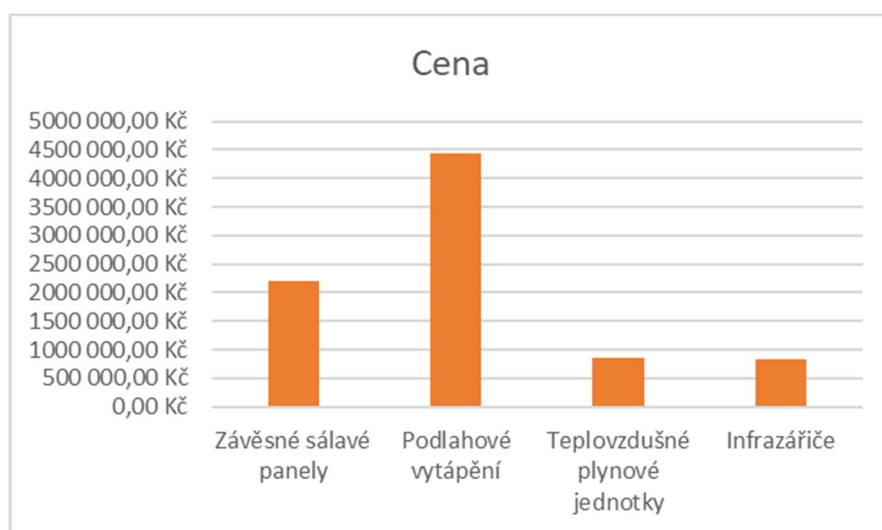
6.3.2 Náklady na zdroj tepla

Plynové teplovzdušné jednotky a infrazářiče jsou zdrojem tepla samy o sobě. Do této položky spadají náklady realizaci plynové přípojky, která bude v objektu realizována v každém případě.

U všech vodních soustav (sálavé panely, podlahové vytápění, vodní teplovzdušné jednotky) vznikají vysoké náklady na zdroj tepla.

6.3.3 Náklady na otopnou soustavu

Pro jednotlivé varianty byl proveden přibližný rozpočet podle ceníků výrobců a jednotkových cen. Následující graf ukazuje přibližné ceny jednotlivých variant. Jednotlivé rozpočty jsou součástí příloh.



Graf. 2. – Srovnání nákladů

Jelikož u většiny variant nejsou známy přesné dimenze, jsou ceny pouze orientační. S jistotou lze však říct, že nejnižší náklady jsou na plynová zařízení a nejvyšší na podlahové vytápění.

U plynových zařízení se jedná o systém méně náročný na montáž, navíc rozvody plynu se nijak neizolují a ani náklady na armatury nejsou nijak vysoké.

U vytápění sálavými panely je nutné brát v potaz náročnou montáž. Rozvody sálavých panelů jsou sice krátké, ale je nutné je izolovat a náklady na ně rozhodně nelze zanedbat.

Nejvyšší náklady jsou na podlahové vytápění, jelikož je nutné vytvořit jednotlivé otopné hady a k dílčím plochám zajistit podružné rozdělovače.

6.4 Shrnutí

	Závěsné sálavé panely	Infrazářiče	Podlahové vytápění	Teplovzdušné vytápění plynové
Pořizovací náklady	Vysoké (miliony)	Nízké (stovky tisíc)	Vysoké (miliony)	Nízké (stovky tisíc)
Náklady na provoz	Nižší spotřeba plynu (účinnost kotle se blíží ke 100 %)	Vyšší spotřeba plynu (účinnost zářičů je zhruba 70 %)	Nižší spotřeba plynu (účinnost kotle se blíží ke 100 %)	Nutné zohlednění nákladů na pohon ventilátorů
Náklady na zdroj	Vysoké	Jsou sami zdrojem tepla	Vysoké	Jsou sami zdrojem tepla
Dispoziční řešení	Vyžadují zvětšení a úpravu technické místnosti na kotelnu	Nevyžadují žádný zásah do dispozice	Vyžadují zvětšení a úpravu technické místnosti na kotelnu V případě změny provozu by byla znemožněna instalace technologií	Nedoporučovány pro haly vyšší než 10 m (výška řešené haly 11,6 m)
Životnost	Doba životnosti může být shodná s životností budovy	Kolem 15 let	Doba životnosti shodná s životností budovy	Kolem 15 let
Komfort	Vhodné do čistého prostředí Vzhledem k druhu provozu nepodstatné	Nevhodné do čistých prostor Vzhledem k druhu provozu nepodstatné	Vhodné do čistého prostředí Vzhledem k druhu provozu nepodstatné	Mohou způsobovat průvan a vzniká hluk Vzhledem k druhu provozu nepodstatné
Servis a údržba	Téměř bezúdržbový systém	Revize jednou ročně	Téměř bezúdržbový systém	Revize jednou ročně

Tab. 5. – Srovnání variant

Po zvážení všech pro a proti bylo u řešené haly přistoupeno k návrhu tmavých infrazářičů. Ty narozdíl od světlých zářičů nekladou požadavky na množství větracího vzduchu a nedochází tak k navýšení tepelných ztrát větráním.

Pro řešenou halu budou navrženy zářiče společnosti KOTRBATÝ V.M.Z., spol. s r.o. Konkrétní navržené výrobky jsou specifikovány v projektové části.

7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá novostavbou haly pro skladování a lehkou výrobu, která je součástí průmyslového parku Hradiště u Chebu. Práce obsahuje projekt vytápění a vnitřního plynovodu, zpracovaný v úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení.

Součástí práce je studie vytápění halových objektů. Tato studie popisuje a srovnává různé možnosti vytápění halových objektů, a objasňuje teoretickou stránku této problematiky.

Návrh typu vytápění ovlivňuje mnoho faktorů. Mezi nejdůležitější patří dispoziční řešení objektu, provoz a využití objektu, proveditelnost a finanční náklady. Pro porovnání pořizovacích nákladů jsou součástí práce přibližné rozpočty na jednotlivé varianty.

Vzhledem k dispozičním možnostem je pro řešenou halu vhodné sálavé vytápění infračervenými zářiči. Součástí haly je administrativní a sociální vestavba, kde je navržena otopná soustava s deskovými tělesy a podlahovým vytápěním.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] JIRKA, Vladimír. Konstrukční systémy halových staveb – všeobecné charakteristiky. [Přednáška]. České vysoké technické učení v Praze – Fakulta architektury, 2016
- [2] PETRÁŠ, Dušan a KOTRBATÝ, Miroslav. *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-040-3.
- [3] HOJER, O., KABELE, K., KOTRBATÝ, M., SOMMER, K. a PETRÁŠ, D. *Energy Efficient Heating and Ventilation of Large Halls*. Bruxelles: Rehva, 2011. ISBN 978-2-930521-06-0
- [4] KOTRBATÝ, Miroslav, KOVÁŘOVÁ, Zuzana, HOJER, Ondřej. *Základní faktor ovlivňující návrh vytápění velkoprostorových objektů*. Tzb-info.cz [online]. 2009 [cit. 03.11.2020] Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/6136-inteligentni-prumyslove-haly-cast-1>
- [5] BAŠTA, Jiří, HOJER, Ondřej, *Sálavé a průmyslové vytápění pro IB*. Praha, 2009
- [6] HOJER, Ondřej. *Volba způsobu vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů*. Tzb-info.cz [online]. 2020 [cit. 09.11.2020] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/20131-volba-zpusobu-vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu>
- [7] POLÍVKA, Petr, *Průmyslové podlahové vytápění od Uponoru*. Tzb-info.cz [online]. 2019 [cit. 09.11.2020] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/19381-prumyslove-podlahove-vytapani-od-uponoru>
- [8] UPONOR s.r.o, *Uponor řešení pro vytápění průmyslových hal* Tzb-info.cz [online]. 2011 [cit. 09.11.2020] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/8006-uponor-reseni-pro-vytapani-prumyslovych-hal>
- [9] Vytápění hal | Deltatop. *Deltatop | podlahové topení profesionálně* [online]. Dostupné z: <http://deltatop.cz/vytapani-hal/>

- [10] Vše o podlahovém vytápění – systémy, konstrukce, výhody – HOME. *HOME – byt/dům/styl/zahrada* [online]. Copyright © 2020 [cit. 09.11.2020]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/vse-o-podlahovem-vytapeni-systemy-konstrukce-vyhody/>
- [11] KOTRBATÝ, Miroslav, SCHŮRKOVÁ, Ivana, *Světlé a tmavé zářiče, konstrukce, použití* Tzb-info.cz [online]. 2006 [cit. 22.11.2020] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapeni-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3717-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xi-1-cast>
- [12] Produkty - Kotrbaty. *Homepage - Kotrbaty* [online]. Copyright © Copyright 2019 Všechna práva vyhrazena KOTRBATÝ V.M.Z., spol. s.r.o. [cit. 24.11.2020]. Dostupné z: <https://www.kotrбаты.cz/produkty/>
- [13] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: Vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 56 s. Třídící znak 73 0540.
- [14] Podlahové topení, elektrické vytápění | ELCO TOPENÍ. Podlahové topení, elektrické vytápění | ELCO TOPENÍ [online]. Copyright © 2012 [cit. 21.12.2020]. Dostupné z: <https://www.elco-topeni.cz/?action=XSLTEMPLATE&XSL=tecnicke-rady.xsl>
- [15] Energeticky úsporná opatření : VYTÁPĚNÍ - Tmavé plynové zářiče . Energeticky úsporná opatření : Úvodní strana [online]. Dostupné z: <http://www.kataloguspor.cz/Instalace-tmavych-plynovych-zaricu.html>
- [16] Zima Vás nesmí překvapit aneb tipy, jak vytopit průmyslovou halu - FAIRAIR. Úsporné ventilační systémy | FAIRAIR Ekologický způsob klimatizace [online]. Copyright © All rights reserved FAIRAIR 2020 [cit. 24.12.2020]. Dostupné z: <https://fairair.cz/jak-vytopit-prumyslovou-halu/>

9 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků:

Obr. 1. – Teplovzdušné a sálavé vytápění [4]

Obr. 2. – Vertikální zónování objektu [3]

Obr. 3. – Srovnání teplovzdušného a podlahového vytápění [8]

Obr. 4. – Meandrový způsob a plošná spirála [5]

Obr. 5. – Teplovodní podlahové vytápění v hale [10]

Obr. 6. – Zapojení pásů – krajní loď a střední loď [5]

Obr. 7. – Tmavý plynový zářič [12]

Obr. 8. – Světlý plynový zářič [12]

Seznam tabulek:

Tab. 1. – Součinitele prostupu tepla [13]

Tab. 2. – Tepelné ztráty vestavby

Tab. 3. – Srovnání tepelných ztrát

Tab. 4. – Výkon kotle

Tab. 5. – Srovnání variant

Seznam grafů:

Graf. 1. – Srovnání tepelných ztrát

Graf. 2. – Srovnání nákladů

10 Seznam dokumentace praktické části

Vytápění

Technická zpráva

01	Půdorys haly	1:200
02	Řezy halou	1:200
03	Půdorys vestavby 1 NP	1:50
04	Půdorys vestavby 2 NP	1:50
05	Rozvinutý řez	1:50
06	Schéma technické místnosti	-

Vnitřní plynovod

Technická zpráva

01	Půdorys haly	1:200
02	Schéma napojení kotlů	-

Výpočetní přílohy

P1	Výpočet tepelných ztrát – PROTECH
P2	Výpočet tepelných ztrát pro ZSP
P3	Návrh otopných těles – TechCON
P4	Návrh podlahového vytápění – TechCON
P5	Ohřevu teplé vody
P6	Přibližné rozpočty jednotlivých variant
P7	Návrh plynovodu
P8	Navržené zářiče – technický list výrobku