

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Otopná soustava haly s plynovými světlými
a tmavými infrazářiči**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Autor práce: Bc. Michaela Cermanová

PRAHA 2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michaela Cermanová

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Otopná soustava haly s plynovými světlými a tmavými infrazářiči.

Název anglicky

Heating system of the hall with gas light and dark infrared heaters.

Cíle práce

Cílem práce je výpočet návrhové tepelné ztráty, tepelného výkonu zdrojů a roční spotřeby tepla pro vytápění vybrané průmyslové, respektive velkoprostorové haly. Dále variantní návrhy otopné soustavy s plynovými tmavými a světlými infrazářiči, vyhodnocení variant a energetické, ekonomické a environmentální zhodnocení vybrané varianty otopné soustavy.

Metodika

1. Struktura práce by se co nejvíce měla přiblížit schématu:

A. Úvod; B. Materiál a metody; C. Výsledky; D. Diskuse; E. Závěr.

Je možné spojit kapitoly Diskuse a Závěr

2. Součástí diplomové práce bude sestavení literární rešerše mapující řešení otopných soustav s plynovými tmavými a světlými infrazářiči v ČR a zahraničí. Jednotlivé typy otopných soustav budou analyzovány z technických, ekonomických a environmentálních aspektů.

Diplomantka vypočte tepelnou bilanci (celkovou návrhovou tepelnou ztrátu, celkový návrhový tepelný výkon, roční spotřebu tepla pro vytápění) vybrané průmyslové, respektive velkoprostorové haly. Zpracuje variantní návrhy řešení otopné soustavy objektu, posoudí navržené varianty z hlediska investičních a provozních nákladů. Pro vybranou variantu navrhne konkrétní dimenzi infrazářičů a jejich dislokaci v prostoru haly. Rámcově stanoví investiční a provozní náročnost otopné soustavy.

3. Práci je vhodné doplnit fotografiemi, schématy, grafy a tabulkami. Jednotlivé kapitoly a podkapitoly práce, rovnice, tabulky a obrázky je nutno číselně označovat a na toto značení se v textu odkazovat. Nedílnou součástí práce je i obsah, abstrakt, seznam použitých zkratk a symbolů, obrázků, tabulek a literatury. Práce může být doplněna přílohami.

4. Při vypracování diplomové práce je nutno dbát na respektování citačních pravidel dle ČSN ISO 690:2011.

5. Vedoucího práce je nutno čtvrtletně seznamovat s postupem zpracování zadaného tématu.

Doporučený rozsah práce

40-50 str.

Klíčová slova

průmyslová hala; velkoprostorová hala; vytápění, tepelný výkon, spotřeba tepla; zemní plyn

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15316-1 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 1: Obecné požadavky a vyjádření energetické náročnosti, Modul M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018..
- ČSN EN 15316-2 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 2 Části soustav pro sdílení (vytápění a chlazení), Modul M3-5, M4-5. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15316-3 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 3 Části soustav pro rozvod (teplé vody, vytápění a chlazení), Modul M3-6, M4-6, M 8-6 Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15316-4-8 Energetická náročnost budov – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy – Část 4-8: Výroba tepla pro vytápění, teplovzdušné vytápění a stropní sálavé vytápění, včetně kamen (lokální zdroje), Modul M3-8-8. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- ČSN EN 15459-1 Energetická náročnost budov – Postup pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách – Část 1: Výpočtové postupy, Modul 1-14. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- HOJER, Ondřej. Metodika návrhu plynových zářičů. Vytápění, větrání, instalace. 2005, 3. ISSN 1210-1389. Vytápění, větrání, instalace. Odborný recenzovaný časopis. Praha: Společnost pro techniku prostředí, ISSN 1210-1389.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2020

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 12. 2020

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Otopná soustava haly s plynovými světlymi a tmavými infrazářiči** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědoma, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 13. 5. 2021

Bc. Michaela Cermanová

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala všem, kteří mě při psaní této diplomové práce podporovali a poskytli mi náležitou pomoc. Mé velké díky patří zejména panu prof. Ing. Radomíru Adamovskému, DrSc., za jeho ochotu, nápomoc a čas, který mi po dobu psaní věnoval. Velmi oceňuji trpělivost a silné nervy mého kamaráda Ing. Josefa Wandera, který mi byl opravdu velkou oporou, a i jemu patří mé velké díky.

Abstrakt: Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem otopné soustavy haly s plynovými světlými a tmavými infrazářiči. Rešeršní část je věnována způsobu vytápění, charakteristice, funkci a konstrukci plynových zářičů. Jsou zde také popsány parametry návrhu s ohledem na regulaci soustavy a bezpečnosti. Praktická část je věnována objektu, který se stal předmětem výpočtů a návrhu otopné soustavy. Je zde představen postup výpočtu tepelných ztrát a představeno variantní řešení otopné soustavy daného objektu. V závěru jsou následně vyhodnoceny navrhované varianty.

Klíčová slova: průmyslová hala, velkoprostorová hala, vytápění, tepelný výkon, spotřeba tepla, zemní plyn

Heating systems of the hall with gas light and dark infrared heaters

Summary: The diploma thesis deals with project of heating system. Heating system is made up heating infrared panels. These panels are divided into two category (dark and white) and they use gas as source of energy. The beginning part of the thesis is devoted to history, characteristic, function, and construction of infra heaters with gas system. The systems must fulfil the requirements of safety and regulation which are described in the end of the chapter. Practical part describes details about the main industrial building which are basis for the calculation of the heat loss. Last part of thesis is focussed on evaluation of the best variation.

Key words: industrial building, supershed, heating, heat output, natural gas

Obsah

Úvod	1
1 Cíl práce.....	2
2 Metodika	2
3 Přehled řešené problematiky.....	3
3.1 Fyzikální princip vytápění	3
3.1.1 Sdílení tepla.....	3
3.1.2 Sálání (radiace).....	3
3.2 Sálavé otopné soustavy	4
3.3 Infračervené plynové zářiče.....	5
3.3.1 Historický vývoj.....	6
3.3.2 Základní charakteristika	7
3.3.3 Tmavé plynové zářiče	9
3.3.4 Světlé plynové zářiče	13
3.3.5 Větrání.....	15
3.3.6 Rozvod plynu	16
3.3.7 Regulace	17
3.3.8 Bezpečnost	18
3.4 Ekonomické a environmentální aspekty.....	22
4 Praktická část	24
4.1 Seznámení s objektem	24
4.1.1 Charakteristika objektu	24
4.1.2 Popis výrobní činnosti.....	25
4.1.3 Konstrukce objektu	26
4.2 Výpočet tepelné bilance.....	26
4.2.1 Program TEPLO 2017.....	26
4.2.2 Tepelné ztráty	27
4.2.3 Tepelná zátěž.....	32
4.2.4 Tepelná zátěž od vnitřních zdrojů	32
4.2.5 Hmotnostní zátěž.....	35
4.3 Roční spotřeba tepla pro vytápění	35
5 Návrh infrazářičů	37
5.1 Výpočet.....	37

5.2	Varianta 1.....	38
5.2.1	Odvod spalin	38
5.2.2	Připojení plynu	39
5.2.3	Rozmístění dílna A a B	39
5.2.4	Expedice	42
5.2.5	Celkový počet zářičů	43
5.3	Varianta 2.....	43
5.3.1	Odvod spalin	43
5.3.2	Rozmístění dílna A a B	44
5.3.3	Expedice	45
5.3.4	Celkový počet zářičů	45
6	Posouzení variant a diskuse	46
7	Závěr	48
8	Seznam použitých zdrojů.....	49
9	Seznam obrázků.....	53
10	Seznam tabulek	54
11	Seznam příloh	55

Úvod

Tepelný komfort je jeden z nejdůležitějších aspektů proto, aby byla zajištěna jednak tepelná pohoda a jednak produktivita člověka při výkonu jeho pracovních činností ve vytápěném prostoru. Zatímco v domácím či kancelářském prostředí lze vytápění řešit různými způsoby, v oblasti vytápění velkoprostorových objektů se paleta možných řešení z různých důvodů zmenšuje. Přitom se povětšinou jedná o provozy, které je potřeba ve většině případů vytápět nepřetržitě z důvodu zachování nepřerušené pracovní činnosti kvůli střídajícím se směnám.

Rešeršní část práce je zaměřena na popsání fyzikálního principu vytápění. Je zde zmíněno, že sdílení tepla je možné provést několika způsoby, a to konkrétně vedením, prouděním a sáláním, jenž hraje ve vytápění velkoprostorových objektů značnou roli, neboť se pro vytápění využívají plynové infrazářiče. Pro ně se stává sdílení tepla sáláním zcela zásadní, jelikož právě tento způsob definuje jejich funkčnost.

Předmětem této práce jsou pak právě tyto plynové zářiče, tmavé a světlé. Je zde zmíněn jejich historický vývoj a představeny charakteristické a konstrukční vlastnosti, které jsou v práci podrobně popsány společně s možnostmi regulace a zajištěním bezpečnosti při využití tohoto způsobu vytápění.

Plynové infrazářiče nabízí široké uplatnění právě ve výše zmíněné oblasti velkoprostorových objektů určených pro průmyslovou výrobu. Jedná se o druh vytápění, který při správném dodržení návrhových podmínek přináší hospodářské úspory a má příznivější dopad na životní prostředí.

Praktická část diplomové práce je věnována charakteristice vybraného velkoprostorového průmyslového objektu a výrobním procesům, které uvnitř něj probíhají. Veškeré tyto informace jsou zcela zásadním podkladem pro výpočet tepelných ztrát a zisků, které jsou v návaznosti definovány a vypočteny.

Přímý návrh otopné soustavy, navazující na obsah předcházejících kapitol, je následně rozdělen do více variant, aby bylo možné následně posoudit, jaké řešení se pro zvolený prostor jeví jako nejlepší.

Závěrečná práce je poté věnována porovnání a zhodnocení navrhovaných variant otopných soustav pro daný objekt vzhledem k celkovému způsobu vytápění velkoprostorových průmyslových objektů prostřednictvím plynových infrazářičů.

1 Cíl práce

V rešeršní části diplomové práce je cílem přiblížení problematiky formou sestavení literární rešerše mapující řešení otopných soustav s plynovými tmavými a světlými infrazářiči v ČR a zahraničí. Jednotlivé typy otopných soustav jsou analyzovány z technických, ekonomických a environmentálních aspektů.

Cílem praktické části práce je výpočet návrhové tepelné ztráty, tepelného výkonu zdrojů a roční spotřeby tepla pro vytápění vybrané průmyslové, respektive velkoprostorové haly. Následně pak vypracování variantních návrhů otopné soustavy s plynovými tmavými a světlými infrazářiči, vyhodnocení variant a energetické, ekonomické a environmentální zhodnocení vybrané varianty otopné soustavy.

2 Metodika

Na základě rozboru problematiky zahrnující volbu a návrh otopné soustavy průmyslové haly v rešeršní části bude možné provést vyhodnocení a porovnání plynových zářičů jednotlivých výrobců a následně, podle přímé analýzy stanovit parametry plynových infrazářičů, specifikovat zvolený prostor a za předepsaných podmínek vybrat adekvátní řešení otopné soustavy.

Rešeršní část práce se bude opírat o základy problematiky vytápění získané v průběhu studia a následné vyhledávání a zpracování znalostí dostupných v literatuře a dalších k tématu se vztahujících zdrojích. Důraz bude kladen na použití především aktuálních a odborných zdrojů týkajících se daného tématu, neboť se mimo jiné není možné spoléhat na informace poskytované výrobcem vzhledem k možné ne zcela přesné prezentaci svých výrobků. Výstupem z těchto nashromážděných podkladů bude komplexní ucelený přehled fyzikálních principů vytápění a v návaznosti na něj budou definovány tmavé a světlé plynové infrazářiče. U těch bude detailněji popsán jejich historický vývoj, funkčnost, konstrukce, bezpečnostní a regulační požadavky.

V první polovině praktické části práce bude přiblížen postup výpočtů souvisejících s vlastním návrhem otopné soustavy. Následně budou v návaznosti na získané a popsané informace vypracovány výpočetní a výkresové části, jež jsou zcela zásadní pro návrh vytápění plynovými zářiči vybraného velkoprostorového průmyslového objektu. Vlastní návrh bude zpracován ve variantním řešení s ohledem na parametry a využití objektu, což přímo ovlivňuje volbu vytápěcí technologie, a na dodržení stanovených bezpečnostních podmínek. Informace o objektu budou získány z technické dokumentace.

Výše uvedené variantní řešení, vzniklé z vyhodnocení vstupních údajů a provedených výpočtů, bude vyhodnoceno a porovnáno v závěrečné části práce.

3 Přehled řešené problematiky

3.1 Fyzikální princip vytápění

3.1.1 Sdílení tepla

Pojmem sdílení tepla označujeme fyzikální jev spočívající ve výměně tepelné energie mezi dvojicí systémů. Předávání tepla mezi termodynamickou soustavou, kterou je rozuměn systém charakterizovaný stavovými veličinami nebo stavovými funkcemi, a jejím okolím neboli jeho sdílení, je podmíněno nenulovým rozdílem teploty soustavy T_s a teploty okolního prostředí T_o . Uvedené teploty, jež jsou měřitelnou mírou tepelné energie, jsou udávány v jednotkách termodynamické teploty, tedy v kelvinech. Nauka zabývající se sdílením tepla se věnuje problematice fyzikálních mechanismů, které umožňují průchod tepla přes hranici nacházející se mezi soustavou a jejím okolím, formuluje jejich zákony, vytváří algoritmy pro řešení aplikačních úloh a shromažďuje podklady k tomu potřebné. [1][2]

Teplo se mezi termodynamickým systémem a jeho okolím sdílí, respektive šíří, třemi základními způsoby, a to buď vedením (kondukcí), prouděním (konvekci), anebo sáláním (radiací).

V případě sdílení tepla vedením se jedná o přenos mechanických forem energie v podobě mikroskopického pohybu částic hmoty v prostředí s teplotním rozdílem. K tomuto šíření tepla dochází mezi bezprostředně sousedícími částicemi hmoty, a to především v pevných látkách. Příkladem může být postupný ohřev kovové tyče, do níž je teplo přiváděno na jednom jejím konci a postupně se šíří materiálem do vzdálenějších částí. [1][2] Tento proces vedení tepla je velmi závislý na materiálu, v němž se teplo šíří. [3] U tekutin, tj. kapalin a plynů, se sdílení tepla vedením vyskytuje pouze ve zvláštních případech. [1][2]

V případě sdílení tepla prouděním se jedná o formu šíření tepla, k níž dochází v tekutinách, které mění v prostoru své místo a konají makroskopický pohyb. Během tohoto pohybu probíhá sdílení tepla s okolím a přenáší přitom svou tepelnou energii. [2] Příkladem tepelné konvekce může být přestup tepla probíhající na rozhraní mezi tekutinou a pevnou stěnou. [1][4] U pevných látek tento způsob sdílení tepla není možný. [2]

Přenos tepla sáláním, jenž pro tuto práci stěžejní, je přiblížen v následující podkapitole.

3.1.2 Sálání (radiace)

Sdílení tepla zářením neboli sáláním či radiací není, na rozdíl od forem přenosu tepla vedením nebo prouděním, vázáno na hmotné prostředí (tj. uskutečňuje se i ve vakuu). Jedná se totiž o přenos tepelné energie ve formě elektromagnetického vlnění o určitém rozsahu vlnových délek. [2][3]

Princip této formy sdílení tepla spočívá v tom, že část vnitřní energie teplejšího tuhého tělesa nebo ohraničeného objemu tekutiny či disperzního prostředí (např. plamen) o teplotě T se přeměňuje v elektromagnetické vlny, které jsou následně vyzařovány do okolního prostoru. Tyto vlny mají schopnost procházet tzv. průteplivým (diaterním) prostředím, jakým je například čistý vzduch nebo výše zmíněné vakuum. Při dopadu na chladnější objekt, pohlcující vyzářené vlny, se dopadající energie ve formě elektromagnetických vln částečně přemění na vnitřní energii tohoto objektu. [2][3]

Ideálním zářičem se schopností spojitého vyzařování i pohlcování elektromagnetických vln v celém spektru vlnových délek je tzv. (dokonale) černé těleso. Rozsah vlnových délek při sálání se pohybuje v infračervené oblasti spektra. [1][4]

3.2 Sálavé otopné soustavy

Pojmem vytápěcí systém je rozuměna otopná soustava sestávající z množství dílčích částí, která je určena k vytápění vnitřních prostor objektů.

V současnosti je využíváno jak konvekčních, tak i sálavých otopných soustav. Každý disponuje určitými výhodami a též i nevýhodami. Správnou volbou vhodné soustavy, vycházející z poznání energetických a environmentálních rysů, je možné docílit nejen vytvoření optimálního pracovního prostředí pro člověka, ale zároveň s tím splnit požadavek co nejnižší možné spotřeby energie. [5]

U konvekčního způsobu vytápění, jenž je díky svému rozšíření v domácnostech známější, je teplo z otopného tělesa šířeno prouděním a přímo ohřívá vzduch. Následně se od takto ohřátého vzduchu dále ohřívají stavební konstrukce v okolí. [5] Sálavé otopné soustavy však využívají jiného principu.

Na rozdíl od konvekčních otopných soustav funguje sálavé vytápění na zcela odlišném principu dodávání tepla do vytápěných prostor objektu, než na jaký bývají projektanti zvyklí (tj. konvekční tělesa a teplovzdušné jednotky). Při tomto způsobu vytápění totiž nedochází k přímému ohřevu vzduchu nacházejícího se v prostoru mezi tělesem emitujícím záření a tělesem ozařovaným. Situování sálavých otopných ploch v horních částech průmyslových hal a konstrukční řešení panelů umožňuje rozdělení jejich výkonu na složku sálavou a složku konvekční. Tato vlastnost následně vytváří podmínky pro navrhování otopného zařízení. [6]

Tepelná energie generovaná sálavou otopnou soustavou dopadá nejprve na podlahu, respektive stěnu vytápěného interiéru. Ta se postupně zahřívá (zvyšuje se její teplota) a až následně od ní dochází k ohřevu vzduchu, jenž teprve poté stoupá vzhůru. Tento právě popsáný princip naprosto mění teplotní podmínky v celém vytápěném objektu. [6]

Podle všeobecně známého tvrzení platí, že sálavé vytápění hal a velkoprostorových objektů obecně pomocí zavěšených panelů dosahuje hospodárnějšího provozu než jiné způsoby vytápění. Tuto skutečnost je možné ještě zvýraznit vhodným rozmístěním a zapojením sálavých otopných ploch. [6]

Jelikož jsou jednotlivé části objektů vystavovány působení rozličných vnitřních i vnějších vlivů, jakou jsou kupříkladu venkovní stěny, okna, světlíky, technologie nebo třeba provozní režim, dochází k vytváření zón s vzájemně rozdílnými nároky na dodávky tepelné energie pro vytápění. Z těchto důvodů pak zcela přirozeně vyplývá potřeba rozdělení otopné soustavy na jednotlivé, samostatně regulovatelné sekce. [6]

Pro dosažení maximální sálavé účinnosti topného panelu je jedním z důležitých požadavků maximální povrchová teplota činné plochy. Z tohoto tedy vyplývá konstrukce samotného panelu a použití materiálu. [6]

Sálavé otopné soustavy jsou tvořeny buďto sálavými panely, anebo infrazářiči. V prvním případě se jedná o využití teplonosného média (jímž bývá nejčastěji voda), které je přiváděno do panelů, kde dochází k tepelné výměně a následnému přenosu tepla sáláním z panelu. [5][6] Ve druhém případě se jedná o využití zdroje sálavé tepelné energie vycházející z vysoké teploty povrchu infrazářiče, přičemž sálající plocha může být velmi malá. Sálavé systému se rozdělují dle druhu média (zemní plyn, propan nebo elektrická energie) a vlnové délky převládající v jejich záření. Ta je přímo závislá na povrchové teplotě zdroje sálavého tepla. Tepelné záření představují vlastně elektromagnetické vlny v infračervené části spektra s vlnovou délkou 0,78 až 400 μm a rychlostí šíření cca 300 000 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Mezi nejvýznačnější vlastnost infrazářičů patří možnost směřování jimi vytvářeného tepelného toku. [5]

Problematika infrazářičů využívajících plyn, na něž je zaměřena tato práce, je přiblížena v následující kapitole.

3.3 Infračervené plynové zářiče

Tato kapitola je věnována plynovým topným infrapanelům, jejich rozdělení, historickým vývojem a obecným popisem jejich technických a provozních parametrů.

Smyslem infračervených plynových zářičů je vytváření tepla a jeho následný přenos sáláním do prostoru. Příčinou je fyzikální proces, během něhož spalované médium, kterým je buď zemní plyn, anebo propan, emituje do svého okolí energii uvolňovanou ve formě tepelného záření. Na základě způsobu spalování plyného média a vnějšího vzhledu při provozu zařízení je možné infrazářiče rozdělit do dvou základních kategorií: infrazářiče světlé a infrazářiče tmavé. Rozdíl mezi nimi spočívá ve skutečnosti, že světlé zářiče při svém provozu svítí, protože mají činnou otopnou plochu, zatímco tmavé zářiče barvu nemění. [5][7]

3.3.1 Historický vývoj

Evolučně nejstarším zdrojem infrazářením byly plynové zářiče světlé fungující na principu nárazového spalování. Následovány byly zářiči s porézní keramickou plochou tzv. diafragmou. Příklad tohoto zářiče se nachází na obr. 1. Zářiče, jejichž činná otopná plocha, sestává z keramických perforovaných destiček, tedy v podobě nám známé dnes, byly poprvé vytvořeny již před druhou světovou válkou, a to v Kolíně nad Rýnem. Fungovaly na principu bezplamenného povrchového hoření a teploty na povrchu destiček dosahovaly 850 až 900 °C. Jelikož během svého provozu produkovaly viditelné světlo, dostalo se jim pojmenování světlé. V průběhu války byl jejich vývoj dočasně pozastaven, ale po jejím skončení pokračoval přesně v místech, ve kterých před válkou skončil. [5][8]

Obr. 1 - Světelný keramický infrazářič (tzv. diafragmatický) [9]



V západní Evropě, přesněji ve Velké Británii, začaly vznikat plynové zářiče na poněkud odlišném principu, konkrétně na principu zahřívání litinové desky atmosférickými hořáky. Teploty na povrchu těchto zářičů dosahovaly teplot okolo 500 °C a na rozdíl od zářičů zmíněných výše u nich nedocházelo ke změnám jejich povrchového zbarvení. Z tohoto důvodu jsou tyto zářiče nazývány tmavé. Tyto sálavé desky bylo však možné používat pouze v poloze vertikální nebo v mírném sklonu, a to kvůli zvolenému principu ohřevu. Tímto ale vývoj tmavých zářičů nekončil. Později se začaly postupně využívat otopné trubky. Do těchto trubek byly přiváděny pomocí hořáků spaliny, které dosahovaly teploty až 1200 °C. Jedná se o formu tmavých zářičů s otopnými trubkami, které jsou používány dnes. Vyráběny jsou ve dvou provedeních, jednak ve tvaru I a jednak U. Kvůli potřebě usměrnění tepelných paprsků do pracovní zóny jsou z tohoto důvodu nad těmito trubkami instalovány reflexní zákryty.

Vývoj světlých zářičů na principu katalytického spalování plynu pokračoval v 50. letech 20. století i u nás, v tehdejší Československu. Oproti všeobecně preferovaným keramickým destičkám měla diafragma mnohem větší odpor, což vedlo k použití plynu o vyšším tlaku. To však mělo za následek vytváření poměrně velkého hluku za provozu. Na základě pozdějšího rozhodnutí byla tato konstrukce užívána pro technologické ohřevy.

Za bližší zmínku stojí i další technické řešení založené na principu ohřevu litinových desek, jež byly zmíněny výše. Toto řešení spočívá v použití keramických sloupců s čelní stěnou mající podobu mřížky o rozměrech zhruba 1 x 1 cm. Na rozdíl od zářičů preferovaných

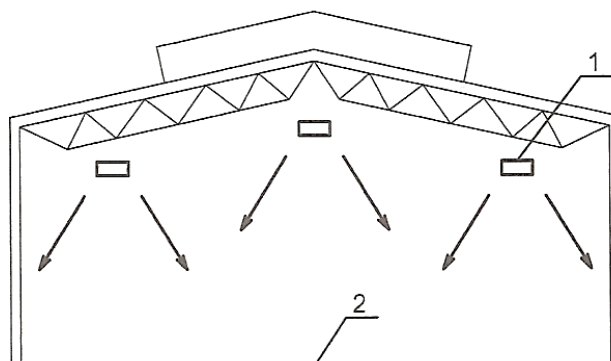
ve Velké Británii se však během svého provozu povrch tohoto zářiče ohříval na vysokou teplotu a vydával světelné záření, takže se jednalo o zářič světlý.

Nejširšího praktického uplatnění se dočkal světlý zářič s katalytickým spalováním, který se vyráběl v závodě Moravia v Mariánském údolí nedaleko Olomouce. Sálavá účinnost těchto tepelných zářičů dosahovala hodnot v rozmezí od 45 do 55 %. V průběhu doby však docházelo k dalším úpravám a i postupnému doplňování dalších konstrukčních prvků, díky nimž se snižovala nejen spotřeba plynu, ale zároveň docházelo i ke zvyšování sálavé účinnosti. Postupem času se stalo nezbytným též i zavedení automatické regulace. Nejprve bylo uvažováno nad manuálním ovládáním přívodu plynu (otevírání a uzavírání) na principu dvou táhel tyče, přičemž zapalování bylo řešeno formou věčného plamene. [5][10] Přestože je ruční regulací možné i vícestupňové řízení v celém rozsahu výkonu, automatická regulace nabízí lepší a hlavně optimálnější řešení.

3.3.2 Základní charakteristika

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.2 Sálavé otopné soustavy, plynové infrazářiče pracují na stejném principu jako sálavé panely. Při jejich provozu dochází ke generování sálavého tepla, které ve formě elektromagnetických vln dopadá na podlahu vytápěného prostoru. Tam je nejprve dosaženo ohřevu plochy, od níž se následně ohřívá okolní vzduch. Tento princip vytápění je pro lepší představu znázorněn na obr. 2. U plynových infrazářičů je ve srovnání se sálavými panely větší rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou sálavé plochy. Právě z tohoto důvodu dochází k poklesu teploty vzduchu nacházejícího se ve stropní části interiéru pod střešním pláštěm (největší ochlazovanou plochou), což je u halových a velkoprostorových objektů žádoucí. Výsledkem je dosažení nižší energetické náročnosti tímto způsobem vytápěných budov. Jde tedy o velmi efektivní metodu využívání plynu jakožto média k vytápění. Spotřeba při užití tohoto způsobu ohřevu vzduchu značně klesá, a to v rozsahu od 30 až do 70 % oproti starším způsobům vyhřívání, jakými jsou plynové kotle, klasické teplovodní otopné soustavy nebo soustavy teplovzdušné. [11][12][13]

Obr. 2 - Vytápění haly infračervenými zářiči [8]



1 – zářič, 2 – teplá podlaha

Předtím, než je však možné začít uvažovat o realizaci tohoto způsobu vytápění, je potřeba se přesvědčit o tom, zdali je pro danou budovu tento typ ohřevu vnitřních prostor vhodný. Splněny musí být stanovené požární požadavky a předpisy a instalování není, z pochopitelných důvodů, možné ve výbušném či hořlavém prostředí. [14]

Pakliže jsou splněny tyto podmínky, lze přistoupit k výběru vhodného infrazářiče. Stejně jako jakékoli jiné technické zařízení mají i infrazářiče svá pozitiva i negativa, jakožto i rozdílné funkční vlastnosti vyplývající z jejich technických, respektive konstrukčních parametrů. Tyto aspekty je během navrhování nutno zvážit. Aby došlo ke správnému posouzení výhodnosti volby typu infrazářičové soustavy, je nutné vzít v úvahu, mimo jiné, následující kritéria: konstrukce infrazářičů a jejich princip dodávání tepla do vytápěného prostoru, provozní vlastnosti, způsob ovládání celé soustavy, obsluha zařízení a jeho údržba. [5]

Podle dostupných údajů o měření účinnosti vytápění, které bylo provedeno v Gas-und Wärme-Institut v německém Essenu, je ekonomicky srovnatelné užití tmavých i světlých plynových infrazářičů nacházejících se nad podlahou ve výšce 6 m. Při výšce 10 m klesá účinnost tmavého zářiče o 15 % oproti zářiči světlému a při umístění do výšky 15 m klesá dokonce až o 27 %. V případě zavěšení níže nad podlahou je naopak nutné, z důvodu možného lokálního přehřívání, používat zářiče s menší intenzitou sálání (tj. menší teplotou povrchu) nebo zvolit kombinaci více světlých zářičů o nižším výkonu. Dalšího snížení výšky zavěšení plynových infrazářičů lze dosáhnout jejich umístěním namísto stropu na stěny objektů (šikmé provedení reflexních zákrytů). Avšak tato úprava je doporučována jenom u zářičů světlých, neboť při šikmém zavěšení zářičů tmavých dochází ke značným tepelným ztrátám konvekcí. Zjednodušeně řečeno, pro prostory s výškou zavěšení $h \leq 6$ m je možné volit infrazářiče tmavé, které mohou být v místech s vysokými nároky na okamžitou potřebu tepla (např. prostory s často otevíranými vraty, expediční prostory) vhodně doplněny zářiči světlými, a to z důvodu jejich kratší doby náběhu. Pro vysoké haly, u nichž je výška zavěšení $h > 6$ m, volí se infrazářiče světlé. [5][14]

Co se týče vytápění zavěšenými sálavými panely nebo infračervenými plynovými zářiči vnitřních prostor velkoprostorových objektů, je vhodné v kombinaci s běžným větráním používat takové principy přívodu větracího vzduchu, které dovolují jeho ohřev na požadovanou teplotu pouze v oblastech pobytu člověka. V případě vyšší teploty přiváděného vzduchu se totiž zvyšuje teplota pod střešním pláštěm, a též i z tohoto plynoucí tepelné ztráty. Dochází tím tedy ke snižování energetické výhodnosti sálavého vytápění a vytápění infračervenými zářiči. [15]

Na výběr je v současné době celkem ze tří druhů zářičů, a sice tmavých vysokoteplotních zářičů, tmavých nízkoteplotních zářičů a světlých zářičů.

3.3.3 Tmavé plynové zářiče

Tyto zářiče využívají pro dosažení potřebného výkonu spalování plynu v hořácích, jež jsou umístěny v řídicí skříňce. Odtud jsou následně spaliny rozváděny pomocí trubíc opatřených reflexními zákryty. Ty se zavěšují buď ve vodorovné poloze pod strop, anebo šikmo na stěny vytápěného objektu. V případě šikmého zavěšení však dochází k poklesu jejich účinnosti. [14] Povrchová teplota na vstupu spalin se pohybuje kolem cca 500 °C a na výstupu následně kolem cca 180 °C. Při těchto rozdílech teplot je dosaženo nejvyšší účinnosti. V případě krátkých typů zářičů s menšími průměry trubíc je sice dosahováno vysokých výkonů, ale s nízkou účinností (teplota spalin ze zářiče se na výstupu pohybuje v rozmezí od 250 do 280 °C). [5][8][16] Spaliny jsou odváděny kouřovodem mimo vytápěný objekt. Hlavními součástmi tmavých zářičů jsou: hořáková a ventilátorová trubka, hořák s řídicí automatikou a spalínovým ventilátorem, reflexní zákryt a závěsy. Případné další komponenty těchto zářičů závisí na konkrétním výrobcí či na požadavcích investora. [14] Oblast použití se pohybuje v rozmezí výšky haly 5 až 8 m pod střešní pláště. [5]

3.3.3.1 Konstrukce

Tmavé zářiče jsou většinou relativně prostého zhotovení. Jejich sestava bývá doplněna konstrukčně nenáročným reflexním zákrytem a nízkými postranními křídélky. Umístění těchto křidélek ovlivňuje sálavou účinnost, která činí 50 %. Při použití šikmého zavěšení (sklon 30° od vodorovné roviny) dosahuje sálavá účinnost jen 45 % a dostává se tedy pod hranici stanovení otopných těles. Zářič tím ztrácí profil sálavého tělesa a stává se z něho konvenční těleso. Coby další nedostatečné konstrukční řešení je například absence čelních krytů, které zabraňují zvyšování konvenční složky. [5][8]

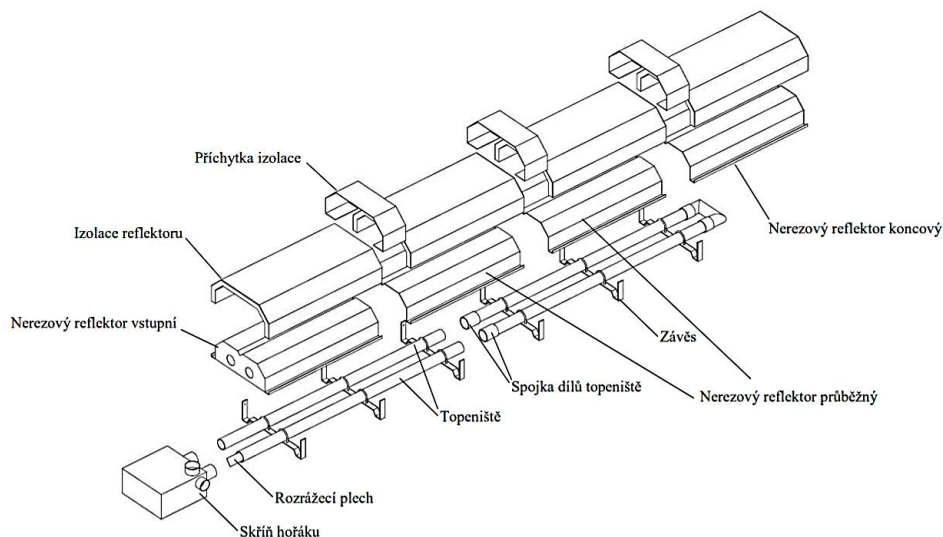
V případě neizolovaných infrazářičů lze při vodorovném umístění dosáhnout sálavé účinnosti až 63 % a při umístění šikmém (sklon 30°) pak 58 % kvůli hlubokému zákrytu. Sálavou účinnost lze ještě zvýšit izolací zákrytu, a to ve vodorovné poloze až na 72 % a na 67 % v poloze šikmé. Příklad tohoto konstrukčního řešení je zářič KM-I na obr. 3. [8]

V současnosti se vyrábí i kompaktní zářiče dosahující délek 50 m s poměrně velkými výkony mezi 100-150 kW. Je možné z nich sestavit různé tvary otopných ploch s relativně malým úhlem jádrového sálání, tj. vymezený prostor, do něhož zářič dodává 90 % sálavé složky svého výkonu. Velkou předností je možnost pokrytí velkých ploch a zabránit tak výlukám části výkonu v místech, ve kterých se v danou chvíli pracuje.[8]

Teplu je do prostoru dodáváno sáláním žárových trubek. Tok sálavého tepla je usměrňován hlubokým reflektorem z nerezového leštěného plechu. Skříň hořáku tvoří

samostatnou jednotku s automatikou, vstupem přívodu plynu, ventilátorem pro odvod spalin a hrdlem pro přívod spalovacího vzduchu.[17][18]

Obr. 3 - Konstrukce tmavého plynového zářiče KM-U [18]

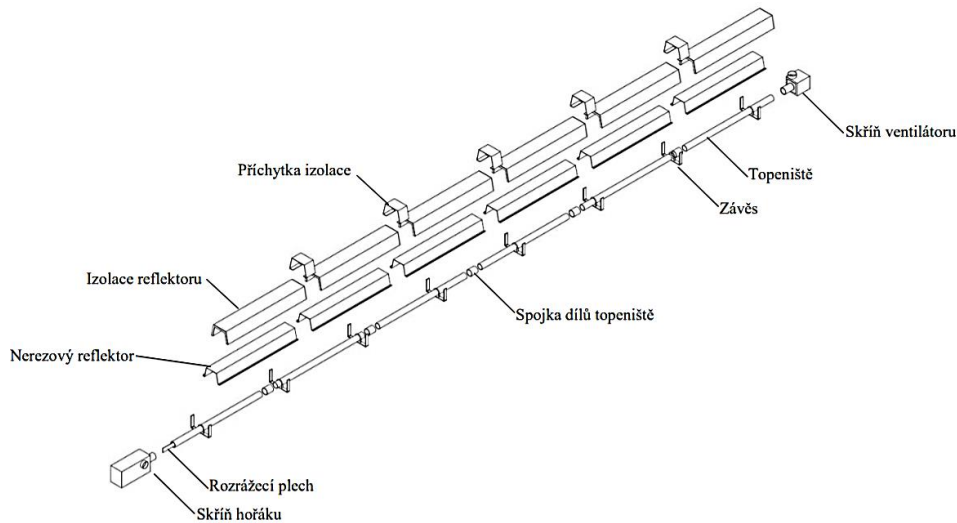


Na obr. 3 je schéma kompletní konstrukce plynového infrazářiče tvořeného sálavými trubkami (hořákové, ventilátorové) uspořádanými do tvaru U. K závěsům jsou připevněny pomocí třmenů. Do ventilátorové trubky je zasunut rozrážecí plech. Tyto trubky jsou podle konkrétní potřeby spojeny spojkou. Vše je zakryto hlubokým nerezovým reflektorem usazeným v závěsech. [17][19]

Jedná-li se o izolovaný infrazářič, je na povrchu reflektoru připevněna izolace. Na konci trubek je uchycena skříň hořáku s automatikou (těleso hořáku, regulátor tlaku plynu s elektromagnetickým ventilem, vzduchový a plynový manostat, elektrody a řídicí automatika), aby mohl zářič dosahovat maximální sálavé účinnosti. U infrazářiče KM-U o výkonu 45 kW je skříň rozdělena na dvě části – hořáková a ventilátorová. Ventilátorová skříň je nasouvána na trubku, v níž je umístěn rozrážecí plech. [5][18]

Na obr. 4 je schéma kompletní konstrukce plynového infrazářiče tvořeného sálavými trubkami upořádanými do tvaru I. Ty jsou na závěsy připevněny pomocí třmenů a rozrážecí plech je zasunut do sálavé trubky. Podle potřeby jsou trubky spojeny spojkou. Vše je zakryto hlubokým nerezovým reflektorem upevněným v závěsech. [17]

Obr. 4 - Konstrukce plynového zářiče KM-I [17]



Jedná-li se o zářič izolovaný, je na povrchu výše uvedeného reflektoru připevněna izolace. Skříň s ventilátorem a skříň hořáku s automatikou (těleso hořáku, regulátor tlaku plynu s elektromagnetickým ventilem, vzduchový a plynový manostat, elektrody a řídicí automatika) tvoří samostatnou jednotku. [18]

3.3.3.2 Rozmístění

Sálavé vytápění a infravytápění vyžaduje ve vytápěném prostoru pečlivý přístup k rozmístování zářičů. Nabytí tepelné pohody je totiž možné jedině za předpokladu zajištění rovnoměrného osálení celé vytápěné plochy. Toho je dosaženo při respektování některých ze zásad souvisejících s principy dodávek tepla. [12]

Stěžejním parametrem pro správné rozmístění zářičů v místnosti je úhel jádrového sálání. Velikost tohoto parametru je poskytována výrobcem, stejně jako vzorec pro výpočet optimální vzdálenosti dvou sousedních zářičů. [5][8]

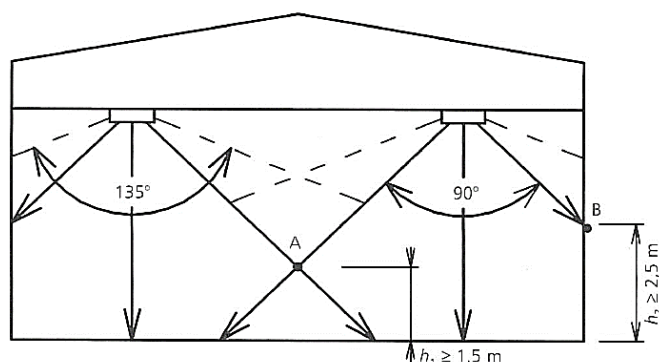
V praxi je využíváno dvou typů konstrukčního řešení zavěšení zářičů, a to vodorovného zavěšení a šikmého zavěšení.

- **Vodorovné zavěšení**

Při vodorovném zavěšení je užíváno dvojího konstrukčního řešení tmavých zářičů s hlubokým zákrytem v provedení alfa a beta. Důvodem tohoto dvojího řešení je skutečnost, že u dobře izolovaných staveb je potřeba tepla pro vytápění nižší.

Na obr. 5 je schéma rozmístění zářičů v provedení alfa. V příčném směru s úhlem jádrového sálání 90° , všeobecně pak s úhlem 135° .

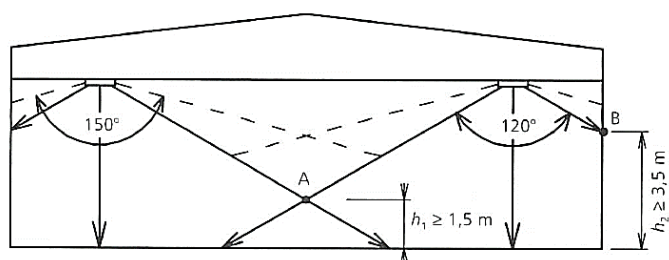
Obr. 5 - Rozmístění zářičů provedení alfa [5]



Zářiče s malým úhlem jádrového osálení (114°) by nebyly schopny zajistit rovnoměrné vytápění, neboť do poměrně úzkého pásma je soustředěn velký výkon. Proto se užívá zářičů v provedení beta zprostředkovávajících rovnoměrnou dodávku tepla na větší ploše.

Na obr. 6 je schéma rozmístění zářičů v provedení beta. V příčném směru s úhlem jádrového sálení 120° , všeobecně pak s úhlem 150° .

Obr. 6 - Rozmístění zářičů provedení beta [5]

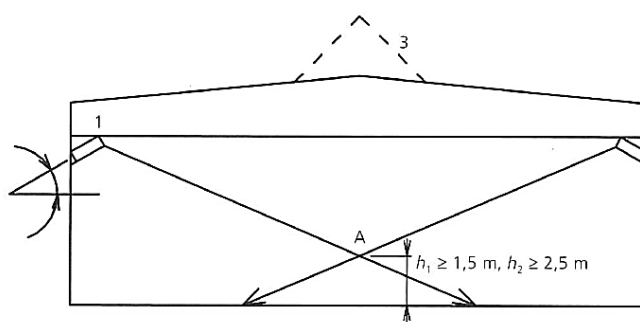


V případě potřeby vyhřívání širokých hal přichází v úvahu kombinace obou výše uvedených konstrukčních typů. O vyrovnání tepelně nepříznivého vlivu obvodového pláště haly, tj. chladné plochy stěn a oken, je postaráno zářičem v provedení alfa s malým úhlem jádrového sálení. Uvnitř haly, tj. dále od jejího obvodového pláště, jsou použity zářiče v provedení beta s větším úhlem jádrového sálení.

- **Šikmé zavěšení**

Při situování zářičů na boční stěny hal a šikmém zavěšování musí být zajištěno dodržení stejných principů pro vytápění. Pro šikmé zavěšení je využíváno pouze zářičů v provedení alfa, a to z důvodu co nejmenšího rozptylu jádrového sálení. Úhel bočního sklonu zářičů je počítán od vodorovné roviny (osy) a činí maximálně 30° . Rozmístění těchto zářičů je schematicky znázorněno na obr. 7. [5][8]

Obr. 7 - Rozmístění zářičů s osazením šikmo od krajů haly [5]



1 – osazení zářičů $\alpha = 90^\circ$, max. úhel sklon od vodorovné roviny $\gamma = 30^\circ$,
 $h_1 \geq 1,5 \text{ m}$ (při průběhu světliku), 2 – $h_2 \geq 2,5 \text{ m}$, 3 – světlík

3.3.4 Světlé plynové zářiče

Oproti zářičům tmavým dosahují zářiče světlé vyšší povrchové teploty a vyzařují při svém provozu viditelné světlo, díky čemuž získaly název světlé. Činná otopná plocha je tvořena perforovanými keramickými destičkami, přičemž materiál užívaný pro jejich výrobu je veskrze stejný jako u zářičů tmavých. Na povrchu destiček dochází k difuznímu spalování, což znamená, že palivo s okysličovadlem (např. zemní plyn a vzdušný kyslík) je od sebe odděleno a ke vzniku spalovací směsi (jejich smísení) dochází až v prostoru plamene. Světlé zářiče díky tomuto způsobu spalování produkují jen velmi málo škodlivin.

Výkon zářiče je ovlivněn, kromě velikosti sálající plochy, i teplotou plamene. Ta je závislá na přebytku spalovacího vzduchu a tlakových poměrech za automatikou. Někteří výrobci ještě před plochu destiček umisťují předsazenou drátěnou síťku, která dle nich zvyšuje sálavý výkon a účinnost celého zařízení. Tato mřížka má zároveň sloužit též bezpečnostně, a to pro případ rozpadu keramických komponentů zářiče, kdy zabraňuje jeho dopadu do pracovní oblasti. Praxe však ukázala, že i zářiče, u nichž není užíváno předsazené mřížky, jsou zcela bezpečné a nehrozí žádné nebezpečí při poškození a případném následném vypadnutí poškozené destičky.

Zvýšení účinnosti je možné prokazatelně dosáhnout využíváním tepla ze spalin k predehřívání spalovací směsi nebo tepelným zaizolováním zákrytů z horní strany. [5][8][16]

3.3.4.1 Konstrukce

Konstrukce jednotlivých světlých zářičů se může odlišovat v závislosti na specifických úpravách každého výrobce, taktéž i požadavcích zákazníka. Jejich základní konstrukce je však stejná, jak již bylo zmíněno výše. Druhy zářičů se mohou odlišovat nejen velikostí keramických destiček, ale i tvarem směšovací komory, tvarem reflexního zákrytu (s izolací nebo bez) či způsobem zavěšování. [8]

Záříč se sestává z nosného profilu, do něhož vstupuje nátrubkem injektoru směs plynu se vzduchem. Uvnitř se nachází prvky pro mísení a rovnoměrné rozptýlení směsi ke keramickým destičkám. Ty jsou k profilu záříče přichyceny lištami s tepelně odolným těsněním.

V prostoru před keramickými destičkami se nachází ochranná mřížka mající za cíl zvýšení sálavého účinku a bezpečnosti. Pro koncentraci nebo naopak rozptýlení tepelného sálavého toku je využíváno reflexního nerezového plechu připevněného k profilu, a to buď v provedení pro záříče vodorovné, anebo v provedení pro záříče šikmé.

K upevnění tohoto typu záříče je užíváno dvojice držáků se dvěma závěsnými S-háky pro zavěšení na řetízek. Přes držák trysky s výměnnou tryskou je na nátrubek injektoru připevněn plynový multiblok s řídicí automatikou. K tomuto je připojena plynová hadice od kulového ventilu přívodního plynového potrubí. Boční strana reflektoru u multibloku je osazena dvěma elektrodami (ionizační a startovací), které jsou spojeny s automatikou příslušnými kabely (a také kabelem zemnicím). [20]

3.3.4.2 Rozmístění

Při návrhu rozmístění záříčů ve vytápěném prostoru záleží především na jeho velikosti. Volba vhodného záříče pro konkrétní místnost vychází z výpočtu podílu celkové tepelné ztráty podle ČSN 06 0210 a uvažovaného počtu záříčů. Počet záříčů vychází z konstrukce dané haly a geometrie sálání (úhel jádrového sálání). [21]

Oproti záříčům tmavým jsou u záříčů světlých odlišné pouze úhly jádrového a všeobecného sálání. Jejich kompozice je určena úhlem jádrového sálání v příčném i podélném směru o velikosti 60°. Úhel sálání všeobecného je roven 90°. Velmi často se u těchto záříčů využívá šikmého zavěšení na stěnách objektu. [5][8][19]

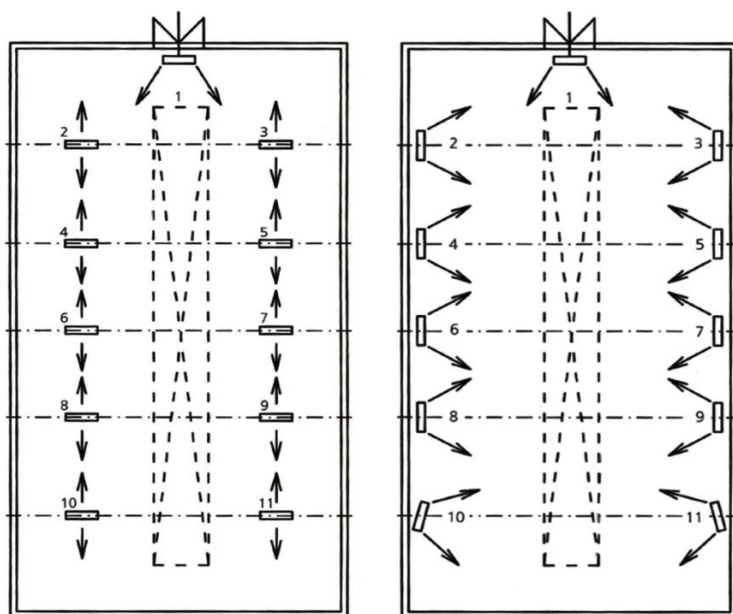
Rozložení v prostoru zohledňuje jednak vlivy ochlazovaných ploch a jednak nepříznivý účinek vstupních vrat. Ke zmírnění tohoto negativního vlivu lze využít záříče, který se umístí do prostoru nad vstup. Volí se převážně záříč o větším výkonu. Je-li očekávána vyšší frekvence otevírání vstupních dveří, volí se též i první následující záříče ve vytápěném prostoru o vyšším výkonu než ostatní (záříče 2 a 3 na obr. 8). Mohou tak vytvářet samostatnou regulační skupinu, přičemž je tento okruh ovládán termostatem snímajícím teplotu vzduchu s ohledem na zachytávání rychlé změny teploty (poklesu), dojde-li k otevření vstupních vrat. [5][12]

Další samostatně regulovanou skupinu mohou vytvářet záříče nacházející se na konci objektu, jimiž je zapotřebí vyrovnávat vliv chladné čelní stěny (záříče 10 a 11 na obr. 8). Z tohoto důvodu lze i tyto záříče navrhovat s vyšším výkonem. Mohou být však taktéž zařazeny i do jednotné regulační soustavy (záříče 4 až 11 na obr. 8).

Zásluhou těchto výše uvedených opatření jsou dodržovány veškeré speciální požadavky sálavého vytápění. Je tak na celkové ploše haly dosahováno rovnoměrného vytápění, aniž by docházelo ke zvyšování spotřeby plynu. [12]

U hal nižších se od použití světlých zářičů ustupuje, a to kvůli jejich vysoké povrchové teplotě. Výhodnější je v těchto případech zvolit zářiče tmavé. Ty mají pomalejší náběh a svého plného výkonu dosahují po 15-20 minutách. Světlé zářiče oproti nim plného výkonu dosáhnou po 1-3 minutách. Pokud je pro vytápění vhodnější využít zářiče tmavé, avšak zároveň dochází k případu, kdy je zapotřebí časté otevírání vstupních vrat, je užíváno kombinace zářičů světlých a tmavých. Světlé zářiče jsou kvůli jejich rychlé reakci instalovány do blízkosti vstupu, zatímco pro vytápění zbylé části objektu jsou použity zářiče tmavé. [5][19][21]

Obr. 8 - Schéma umístění světlých zářičů (vodorovné a šikmé) [5]



3.3.5 Větrání

Odvod zplodin neboli větrání je možné provádět několika způsoby:

- odváděním směsí spalin a vzduchu prouděním ohřátého vzduchu,
- odváděním směsí spalin a vzduchu nucenou výměnou vzduchu,
- odváděním směsí spalin a vzduchu přirozenou výměnou vzduchu. [8]

Požadavky kladené na větrání velkoprostorových objektů jsou velmi často opomíjeny a bývají řešeny pouze prostým odvodem spalin. Jelikož dochází ke spalování plynu přímo ve vytápěném prostoru, tak spaliny buď setrvávají v objektu, anebo jsou kouřovodem odváděny mimo něj. Jestliže do vytápěného prostoru vnikají spaliny, je nezbytné tuto situaci řešit, a to tzv. hygienickým větráním. [22]

Bude-li objekt vytápěn infračervenými plynovými zářiči, je nutné při návrhu větracího systému zvážit dva aspekty pro stanovení množství vzduchu, aby došlo ke splnění hygienických podmínek, jež jsou dány jednak výrobní technologií a jednak jsou ovlivněné vývinem škodlivin touto technologií.

Další část pak tvoří množství vzduchu, které je potřebné pro hygienický provoz infračervených plynových zářičů. [12]

Hygienické větrání vyžaduje stejný způsob řešení jak u plynových zářičů světlých, tak i u tmavých. Sálavé teplo vyprodukované zářiči dopadá na podlahu, od níž je poté následně ohříván okolní vzduch. Spaliny, které v tomto případě sestávají zejména z oxidu uhličitého a oxidů dusíku, proudí pod střešní plášť. Jejich odvod lze zajistit pomocí osových ventilátorů situovaných ve světlíku. Intenzita proudu vzduchu může být dále stanovena předpisy. [22][23]

3.3.6 Rozvod plynu

Navrhování rozvodu plynu podléhá celé řadě technických pravidel a norem, především pak ČSN EN 1775, ČSN EN 12007-1 až 4, ČSN EN 12327, ČSN 38 6420, ČSN 38 6443, ČSN 73 0804, ČSN 06 1008, ČSN 07 0703, TPG 609 01, TPG 702 01, TPG 702 04, TPG 704 01, TPG 800 03, TPG 807 02 a TPG 934 01.

Ve velkoprostorových objektech je v oblasti zásobené plynem možné řešit rozvody plynu dvěma způsoby. Obvyklá forma využívá řešení v podobě vlastní plynové kotelny. Takto bývá zajišťováno vytápění zejména administrativních prostor nebo i obslužných a halových objektů pomocí vody s odpovídajícími topnými tělesy.

Druhou možnou formou řešení je decentralizace neboli rozčlenění na menší díly, při použití přímotopných prvků, jakými jsou zářiče nebo plynové teplovzdušné jednotky určené pro vytápění halových objektů. Velikostně menší objekty, v nichž nelze použít přímotopné prvky, disponují svou vlastní malou kotelnou se standardním teplovodním vytápěním. [24]

Neboť je vždy uvádění zářičů do provozu uskutečňováno po sekcích, dochází při uvedení dané sekce do provozu k náhlému zvýšení odběru plynu. V takovémto provozním režimu a při standardním dimenzování plynovodů, u něž je počítáno s postupným uváděním dílčích spotřebičů do provozu, může docházet ke vzniku velkých tlakových ztrát v potrubní síti, které u jednotlivých zářičů zapříčiní automatické odstavení. Právě z těchto důvodů je zapotřebí v rozvodech zajistit zásobu plynu o velikosti umožňující zmenšení poklesu tlaku.

V praxi existuje dvojí řešení výše uvedeného problému. Buď se potrubí zokruhuje a dojde k vytvoření tzv. potrubního rámu, umožňujícího v okamžiku uvedení jednotlivých sekcí do provozu vyrovnání tlakových podmínek, anebo se předimenzuje plynové potrubí u páteřního rozvodu a tím se vytvoří akumulární potrubí. Též je možné doplnění systému určeného

pro ovládání výkonu infrazáříčové soustavy a intervalové uvádění jednotlivých záříčů do provozu.

Plynové rozvody spolu se zachováním tlakových podmínek v nich mají důležitou roli při používání soustav infrazáříčů. Z důvodu předcházení poruchám během provozu bývá doporučeno disponovat určitou rezervou v tlaku plynu. Proto je v uváděných příkladech užíváno v odběrných rozvodech za regulátory tlaku 3-5 kPa, ačkoli záříče umožňují fungování při tlaku plynu 1,8 kPa před spotřebičem. Je-li ta možné, pak je volena uvedená rezerva.

Je však nutné dávat pozor při návrhu infravytápění v lokalitách, kde se vytápěný objekt připojuje na městskou nízkotlakou plynovodní síť. Ve špičkách totiž dochází v mnoha případech k poklesu tlaku plynu na hodnoty pohybující se kolem 1,5 kPa. Infravytápění nelze v takovém případě realizovat. [24]

3.3.7 Regulace

Ačkoli světlé i tmavé plynové záříče patří v oblasti celoplošného vytápění průmyslových objektů k provozně nejlevnějším alternativám, může i u nich docházet k neekonomickému provozu. Tento aspekt provozu bývá nejvíce ovlivněn způsobem regulace. Jako největší pozitivum této regulační soustavy je vnímáno decentralizování jednotlivých zdrojů. Jedná se o metodu, jejímž účelem je snadné vypínání jednotlivých zdrojů, respektive jejich opětovné spouštění. Poskytována je tak možnost přizpůsobení dodávek tepla na základě aktuálního provozu a potřeby. [25]

Obecně jsou rozeznávány dva základní druhy regulací. První z nich je regulace centrální, tedy po celém objektu a druhou je regulace lokální, tedy místní regulace (na záříči) a regulační sekce. [5]

Pakliže existuje požadavek na regulaci a rozčlenění vytápěcí soustavy na regulační sekce a provozní skupiny, je zapotřebí jej zohlednit už v průběhu prvních kroků přípravy projektu. Návrhem regulace jsou totiž ovlivňovány i další součásti projektu, jakými jsou rozvody plynu či umístění odsávacích ventilátorů. Po spuštění kompletní sekce totiž musí být zajištěn jednak dostatečný tlak a samozřejmě i množství přiváděného plynu.

Většina plynových záříčů je v současné době provozována s regulací typu start/stop. Ta funguje na základě signálu, jež předává regulátor záříči. Jednotlivé dílčí záříče mohou být vzájemně pospojovány, čímž dochází k vytváření výše zmíněných regulačních sekcí. Tyto sekce jsou následně spouštěny, respektive vypínány podle signálu vysílaného teplotním čidlem, které náleží této dané sekci. Kromě právě popsaného způsobu regulace jsou na trhu zastoupeny i záříče disponující regulací třípolohovou. Tato forma regulace umožňuje mimo stavů zapnuto a vypnuto nastavení také např. polovičního výkonu.[26] U této třetí polohy je však poměrně častý výskyt problému s přívodem spalovacího vzduchu. Efektivita spalování dosahuje nižší

úrovně a spalování se tak stává nedokonalým. Z tohoto důvodu je z popisu vyplývající výhodnost třípolohové regulace diskutabilní. [5][25]

Z hlediska komunikace probíhající mezi regulátorem a zářičem je možné využívat v zásadě dva možné způsoby řešení. První možností je vedení samostatného komunikačního kabelu od regulační skříně ke každému jednotlivému zářiči. Druhou možností je vybavení každého ze zmíněných zářičů přijímačem a spojení s regulátorem realizovat bezdrátově. Zavádění bezdrátových systémů regulace se začíná vyplácet a být výhodné, díky úspoře plynoucí z absence kabelových rozhodů, od cca 20 zářičů nacházející se v jedné sekci (záleží na velikosti vytápěného objektu).

Je zapotřebí, aby se v každé regulační sekci nacházel jeden referenční zářič, který je v chodu pokaždé, když je v chodu i příslušná sekce. Zbylé zářiče z dané sekce mohou být v tuto chvíli vypnuté. V případě světlých zářičů je na tento referenční zářič navázán i provoz odtahového ventilátoru. Je-li v chodu referenční zářič, je v chodu i ventilátor.

Výchozím krokem pro správnou regulaci je zónování neboli rozvržení nejefektivnějšího rozmístění infrazářičů po celém prostoru vytápěného objektu. Daný objekt je rozdělen na zóny nejen podle tepelných podmínek požadovaných v pracovní oblasti, ale i dle vnějších vlivů, jakými jsou ochlazování venkovních ploch (stěny, okna, vrata). Problematika týkající se nepříznivého působení způsobených vnějšími vlivy i častým otevíráním vstupních vrat byla již přiblížena v kapitole 3.3.4.2 Rozmístění, kde je popsáno i její řešení. Stále musí docházet k rovnoměrnému vytápění určeného prostoru.

Jelikož různé typy zářičů reagují na regulační zásahy rozdílně, je proto nutné brát při návrhu v úvahu i toto provozní chování. [25]

3.3.8 Bezpečnost

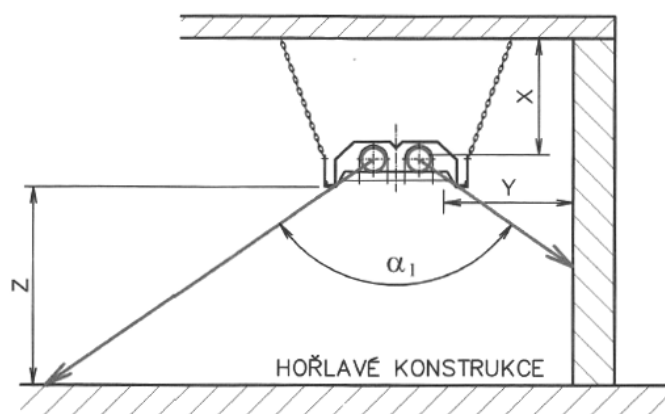
Obecně platí, stejně jako při využívání každé jiné technologie, že základní zárukou pro dodržení bezpečnosti je řízení se manuálem společně s podmínkami udanými přímo výrobcem konkrétního výrobku.

Vzhledem k tomu, že povrchové teploty infrazářičů dosahují vysokých hodnot, je zapotřebí zajistit, aby jimi produkované tepelné záření nepůsobilo nepříznivě na osoby ani předměty nacházející se v jejich okolí.

3.3.8.1 Bezpečnostní podmínky pro tmavé plynové zářiče

Pro každý jednotlivý zářič jsou stanoveny bezpečnostní vzdálenosti. Touto vzdáleností se rozumí vzdálenost mezi sálavou plochou zářiče, jež dosahuje u tmavých zářičů teplot až okolo 500 °C, a hořlavými konstrukcemi nacházejícími se v jeho blízkosti. Bezpečné vzdálenosti těchto zářičů od stavebních konstrukcí jsou znázorněny na obr. 9.

Obr. 9 - Vzdálenosti tmavých zářičů od stavebních konstrukcí a předmětů [8]



Výše znázorněné vzdálenosti označení v obr. 9 pod symboly X, Y a Z jsou blíže popsány v následující tab. 1 včetně stanovených hodnot.

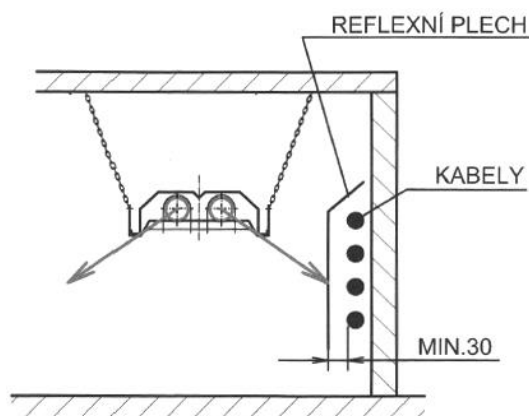
Tab. 1 - Popis vzdáleností tmavých zářičů od stavebních konstrukcí [8]

Popis vzdálenosti	Vzdálenost [mm]
Při vodorovném zavěšení (X)	800
Při šikmém zavěšení (X)	1200
Od svislých konstrukcí (Y)	1000
Od hořlavých materiálů umístěných v oblasti jádrového sálání (Z)	2000

Jako bezpečná vzdálenost hořlavých konstrukcí od neizolovaných částí kouřovodů pro odvod spalin je udáváno 1000 mm.

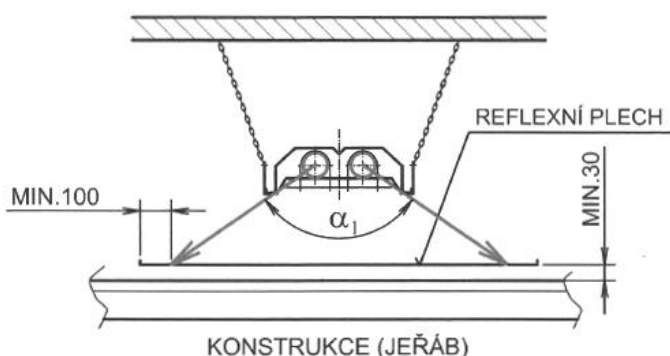
U rozvodů elektrické energie, jejichž teplota by neměla přesahovat 35 °C, činí bezpečná vzdálenost v oblasti jádrového sálání 1500 mm. Mimo tuto oblast pak 900 mm. Pakliže bude z nějakého důvodu vyžadována vzdálenost menší, musí být kabelový rošt opatřen ochrannou z plechového reflexního krytu. Znázornění tohoto provedení se nachází je na obr. 10. [8]

Obr. 10 - Znázornění ochrany kabelů proti osálení [8]



Pakliže je zářič umístěn nad jeřábovou dráhu, dostává se jeřáb do přílišné blízkosti funkční plochy zářiče. Mohlo by tedy docházet k přehřívání jeho konstrukčních součástí, což je jev velmi nežádoucí, neboť může zapříčinit poškození nebo zkrácení životnosti některých z těchto komponent. Aby při běžném provozu nedocházelo k této nepříznivé situaci, opatřuje se jeřáb ochranným nerezovým reflexním plechem. Jeho vzdálenost od konstrukce jeřábu má činit cca 30 mm. Tento plech musí navíc přesahovat oblast jádrového sálání, a to minimálně o 100 mm. [5][8] Popsaná ochrana jeřábu je znázorněna na obr. 11.

Obr. 11 - Znázornění ochrany jeřábové dráhy před nadměrným osáláním [8]

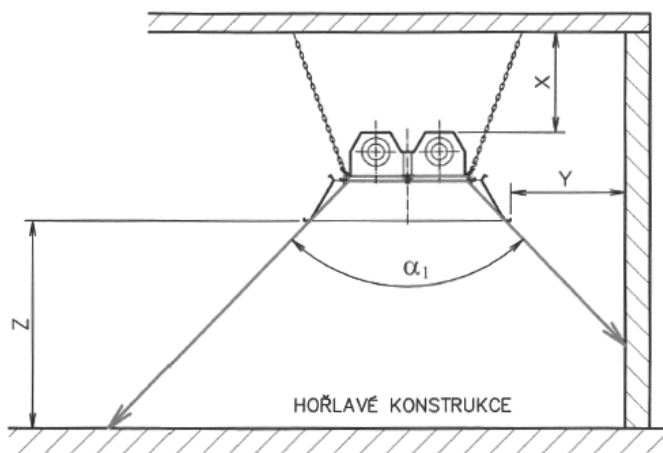


V případě, že dojde k výskytu situace, během níž není možné dodržet bezpečnou vzdálenost od hořlavých částí objektu či kabelových rozvodů, je zapotřebí použít výše uvedené reflexní ochranné plechy obdobně, jako jsou použity pro ochranu jeřábových konstrukcí. [8]

3.3.8.2 Bezpečnostní podmínky pro světlé plynové zářiče

Vzhledem k tomu, že u světlych zářičů dosahuje teplota sálavé plochy, jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, výrazně vyšších hodnot oproti zářičům tmavým (až 900 °C), jsou stanovené bezpečné vzdálenosti rozdílné. Při dodržení vzdáleností, jež jsou znázorněny na následujícím obr. 12 pod symboly X, Y, a Z a následně blíže popsány v tab. 2 včetně stanovených hodnot pro zářiče dle výkonu, nepřesáhne teplota osálaných ploch 85 °C. [8]

Obr. 12 - Vzdálenosti světlych zářičů od stavebních konstrukcí a předmětů [8]

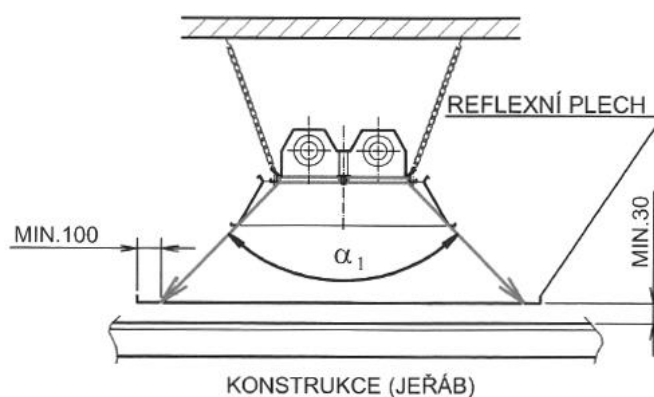


Tab. 2 - Bezpečné vzdálenosti od povrchů hořlavých konstrukcí [8]

Typ zářiče	Výkon [kW]	Bezpečná vzdálenost [mm]		
		X	Y	Z
MK 7	7	1000	1000	2300
MK 11	11	1000	1000	2400
MK 15	15	1200	1000	2600
MK 18	18	1300	1200	2600
MK 25	25	1400	1300	2700
MK 36	36	1600	1300	2800
MK 43	43	1800	1400	3000

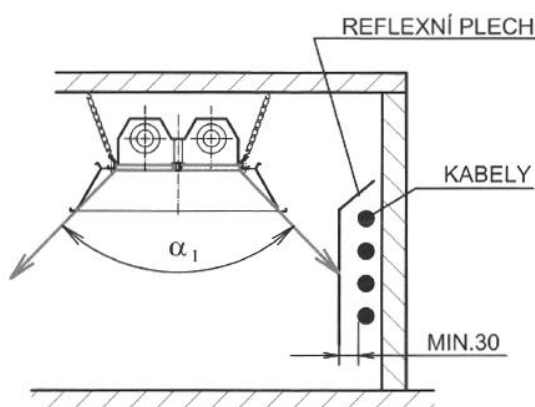
Je-li pod světelným zářičem umístěna jeřábová dráha, postupuje se stejně jako v případě dříve popsaných zářičů tmavých. V oblasti vlivu jádrového sálání je nutné nad jeřáb umístit ochranný reflexní plech. Vzdálenost od jeřábu má být minimálně 30 mm a přesah na každé straně je minimálně 100 mm. Popsaná ochrana jeřábu je znázorněna na obr. 13. [8]

Obr. 13 - Znázornění ochrany jeřábové dráhy před nadměrným osáláním [8]



V případě, že dojde k výskytu situace, kdy není možné dodržet bezpečnou vzdálenost od hořlavých částí objektu či kabelových rozvodů, využívají se výše uvedené reflexní ochranné plechy obdobně jako u jeřábových konstrukcí. Řešení je znázorněno na obr. 14. [5][8]

Obr. 14 - Znázornění ochrany kabelů proti osálení [8]



Nesmí se též opomenout, že je tu stále také potřeba zachování tepelného komfortu osob pohybujících se ve vytápěném prostoru. V České republice zatím neexistuje žádný závazný právní předpis, jenž by se zabýval touto problematikou a upravoval ji. Lze se tedy de facto řídit jen doporučeními poskytnutými výrobcí. [8]

3.4 Ekonomické a environmentální aspekty

Při volbě vytápění pomocí plynových zářičů se jedná o relativně nízkou investici v porovnání konvekčním topným systémem, u nějž jsou pořizovací náklady významně vyšší důsledkem instalace a zajištění veškerých rozvodů. Infrazářiče jsou schopné být úspornější až o 50 % oproti přímotopům a v otázce energetické náročnosti v průběhu provozu dosahují úspory až 70 %. [27][28]

Hlavním aspektem úspory energie je možnost dosažení tepelné pohody osob pohybujících se v objektu i přes nižší teplotu vzduchu. Jelikož nedochází k významné cirkulaci vzduchu, je též minimalizováno víření prachu. V průběhu provozu plynových zářičů taktéž dochází k ohřevu stěn, které jsou tímto způsobem vysoušeny, čímž se zabraňuje kondenzaci vody uvnitř stěny. [27][28]

Využitím infrazářičů je možný přímý ohřev osob nacházející se v otevřeném prostoru. Pro zachování příznivých podmínek v otevřených nebo větraných prostorech jsou zářiče, při zachování dostupného výkonu a nízkých nákladů, takřka nejekonomičtější volbou. V porovnání s plynovými infrazářiči využívajícími ke svému provozu propan-butan jsou pak provozní náklady nižší až o 80 %. [27][28]

Přehled procentuální úspory při využití plynových zářičů pro vytápění v porovnání s různými vytápěcími soustavami je možné vidět v následující tab. 3.

Tab. 3 - Porovnání spotřeby plynu jednotlivých vytápěcích soustav [28]

Typ soustavy	Spotřeba plynu v %
Teplovzdušné agregáty, plynová parní kotelna	100
Teplovzdušné agregáty, plynová teplovodní kotelna	89
Sálavé panely, plynová parní kotelna	80
Sálavé panely, plynová teplovodní kotelna	71
Tmavé zářiče neizolované s odvodem spalin mimo objekt	67
Tmavé zářiče neizolované s odvodem spalin do objektu	59
Tmavé zářiče izolované s odvodem spalin mimo objekt	64
Tmavé zářiče izolované s odvodem spalin do objektu	57
Světlé zářiče neizolované	50
Světlé zářiče izolované	46
Nízkoteplotní cirkulační zářiče	40

Znatelného snížení nákladů na vytápění lze dosáhnout také tím, že vytápěný prostor bude rozdělen do několika zón, do nichž bude vytápění soustředěno. Jedná se například o osamělé pracoviště, kde dochází k významně delšímu výskytu osob. Zbylá část prostoru již není vytápěna, čímž dochází k výše zmíněné úspoře. Zónové vytápění je velmi variabilní, snadno instalovatelné a taktéž i opět demontovatelné. Je možné dosáhnout rozdílných směrových charakteristik. [27][28]

Z předchozího vyplývá, že ekonomická výhodnost vytápění plynoucí z nižší spotřeby plynu spotřebovávaného infrazářiči se přímo promítá i do oblasti environmentální. Díky neustálé snaze o nižší náklady na vytápění, tedy snaze o volbu co nejekonomičtějšího řešení vytápění daného objektu, dochází z důvodu zmíněné nižší spotřeby infrazářičů i ke snížení produkovaných spalin a tedy k nižší zátěži pro životní prostředí. Zcela ekologické řešení vytápění velkých objektů je však i dnes problematické, ačkoli vývoj v této oblasti směřuje k dalším úsporám a tedy i dalšímu snižování produkce emisí vytápěcími systémy.

4 Praktická část

Praktická část diplomové práce se zabývá vlastním návrhem otopné soustavy ve vybraném objektu, konkrétně výrobní průmyslové haly. Vzhledem k problematickému získání potřebných konkrétních podkladů byl vybrán objekt nacházející se mimo území České republiky, avšak zde projektovaný. Z důvodu záměru praktického využití poznatků získaných při tvorbě vlastního návrhu autorkou je otopná soustava navrhována dle modelových podmínek odpovídajících podnebí České republiky, konkrétně hlavního města Prahy.

4.1 Seznámení s objektem

4.1.1 Charakteristika objektu

Předmětem návrhu a provedení výpočtů je budova halového typu nacházející se v průmyslové zóně v okolí Stupishinovi ulice v městě Kstovo v Nižněnovgorodské oblasti v Ruské federaci (cca 400 km vzdušnou čarou východně od Moskvy), viz obr. 15. Hala slouží k montáži a výrobě automobilových komponentů. Jedná se o samostatně stojící objekt v areálu výrobního závodu továrny Agat, bez podsklepení o rozloze pozemku 9671 m². Pozemek je rovný, obdélníkový, s náletovou zelení a rozléhá se na dvou katastrálních pozemcích. Okolní zástavba je složena pouze z jednopodlažních, případně třípodlažních průmyslových budov. Absolutní nadmořská výška pozemku činí 121,00 m n. m. Dle projektové dokumentace byl objekt již v minulosti napojen na stávající inženýrské sítě, které nebyly součástí projektu. [29]

Hala samotná je rozdělena na dva trakty. V hlavním traktu probíhá výroba a ve vedlejším traktu je umístěna administrativní část a technické zázemí. Celý objekt byl navržen generálními projektanty společnosti CUBOID ARCHITEKTI s.r.o. sídlící v České republice. Stavba haly byla započata v roce 2015. [29]

Obr. 15 - Satelitní snímek průmyslové zóny v části areálu závodu Agat [30]

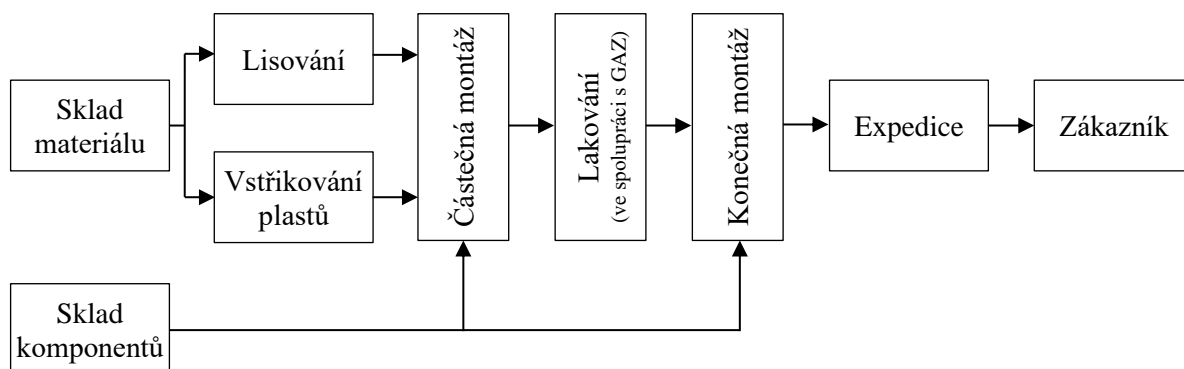


4.1.2 Popis výrobní činnosti

Výrobní procesy zahrnují výrobu ocelových součástí pedálových systémů, zvedacích mechanismů a sedačkových sestav pro ruský automobilový průmysl včetně finální montáže.

Popis procesu:

Obr. 16 - Schéma výrobního procesu [29]



- **Lisování**

Lisovací stroje jsou hlavní součástí výrobního procesu. Ocelový materiál, který je dodáván v pásce nebo v tabulích, je na lisech postupově zpracován a tvarován. Vyhotovený díl následně putuje k dalšímu zpracování. [29]

- **Vstřikování plastu**

Výroba plastových dílů pomocí vstřikování je provedena pod tlakem 3 500 a 6 000 kN. Díly jsou vstřikovány do forem tzv. na hotovo. Pro výrobu jsou použity materiály jako polyoxymethylen, PA6 a polybutylentereftalát. Nedílnou součástí procesu tvoří i údržba a oprava nástrojů. Hotové komponenty pokračují bez následných úprav na montáž. [29]

- **Částečná montáž**

Jedná se o ruční přípravu dílů pro zpracování svařovacími roboty nebo na jednoduchých zařízeních jako jsou lisy o tlaku 1 000 kN nebo 1 600 kN, svařovací lisy a nýtovací zařízení. Výsledkem je podsestava dílů, které putují na lakování. Lakování není přímo součástí závodů, je dohodnuta kooperace se závodem GAZ. Díly následně postupují přímo na montáž. [29]

- **Finální montáž**

Finální montáž zahrnuje veškeré nakoupené komponenty a díly z částečné montáže a lakovny. Ke kompletaci dílů a komponentů dochází na robotizovaném pracovišti za pomoci automatických linek. Díly jsou kontrolovány v automatických stanicích nebo na ručním 3D měřicím stole. Výstupem finální montáže je zabalený kompletní díl určený pro expedici k zákazníkovi. [29]

Uspořádání jednotlivých pracovišť výrobního procesu je uvedeno v přílohách 1 až 3.

4.1.3 Konstrukce objektu

- **Svislé nosné konstrukce**

Svislý nosný systém haly je tvořen prefabrikovanými železobetonovými sloupy založenými na základových patkách. Sloupy, které jsou založeny ve vyšší sekci haly, jsou přizpůsobeny jeřábové dráze. V horní části se pak sloupy napojují na ocelové příhradové vazníky, jenž vynášejí střechu. [29]

- **Vodorovné nosné konstrukce**

Vodorovné nosné konstrukce haly jsou tvořeny plechobetonovými deskami na ocelových vaznicích a stropem skladu. Strop spolu s podhledem tvoří požární předěl.

Zděné systémy jsou navrženy z cemento-pískových cihel s využitím vápnocementové malty. Dotažení stěny ke střeše a kolem příhradových konstrukcí je řešeno z SDK konstrukce, která má obdobné akustické a požární vlastnosti jako zděná stěna.

Prostory haly nemají speciální akustické požadavky, a proto je možné použít tzv. nulové podlahy. Skladba střechy nad výrobní halou, ale i nad administrativní částí budovy, byla zvolena jako nepochozí. [29]

Popis jednotlivých skladeb použitých konstrukcí pro danou místnost jsou uvedené, spolu s tepelnými odpory a součiniteli prostupu tepla jednotlivých materiálů, v příloze 8.

4.2 Výpočet tepelné bilance

4.2.1 Program TEPLO 2017

Počítačový program TEPLO 2017, využitý pro návrh topné soustavy v této práci, umožňuje na základě norem EN ISO 6946, EN ISO 13788, ČSN 730540 a STN 730540 výpočet následujících základních tepelně technických parametrů stavebních konstrukcí:

- tepelný odpor a součinitele prostupu tepla se zohledněním mnoha typů systematických tepelných mostů (dřevěné prvky v tepelných izolacích, kovové rošty pro SDK konstrukce, bodové spojovací prostředky pro kotvení hydroizolací),
- vnitřní povrchové teploty,
- teplotní faktor,
- teplotní útlum,
- pokles dotykové teploty podlahové konstrukce,
- roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry.

Konstrukce řešená pomocí tohoto programu se může skládat až z 15 vrstev v různých okrajových podmínkách.

Roční bilance vodní páry je řešena dle evropské metodiky předepsané v normě EN ISO 13788, ale i dle tradiční národní metodiky stanovené v normě ČSN 730540-4. Program je schopen souběžně zahrnout do obou výše uvedených bilancí i povrchovou kondenzaci a vypařování z vnitřního povrchu. [31][32]

4.2.2 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty, vznikající vytápěním, jsou tvořeny okamžitou hodnotou tepelné energie (tepelného toku), který z budovy uniká prostupem tepla přes konstrukci nebo větráním. Tuto hodnotu je zapotřebí počítat vždy na extrémní podmínky podle lokality, v níž se nachází, respektive má nacházet objekt. Tepelná ztráta objektu se stanovuje na základě norem Tepelné ochrany budov ČSN 73 0540-4 (730540) a Energetické náročnosti budov ČSN EN 12831-1.

Pro výpočet jsou důležité především informace o daném objektu, zejména jeho velikost a skladby jednotlivých konstrukcí. Tepelná ztráta se s pomocí těchto informací počítá přesně na zvolený objekt. Pro správně zvolené vytápění, zateplení objektu nebo změnu vytápěcího systému je hodnota tepelné ztráty budovy velmi významná. [33]

Je důležité, jakým způsobem byla budova izolována proti vnějšímu okolí a jak velká část povrchu je ochlazována z exteriéru, převážně chladnějším vzduchem. Značnou roli má při výpočtu též i tvar a členitost stavby. Kompaktní hmota má menší povrch a je tedy i méně ochlazována. Velikost a uspořádání otvorů, má také nezanedbatelný vliv na tepelné ztráty, a to díky špatným tepelně izolačním vlastnostem (tepelné mosty). Další případ tvoří například schodiště, výtahové šachty nebo komíny. [34]

Efektivita izolace může být narušena vlhkostí zdiva či tepelnými mosty, které se vytváří u stavebních dílů bez tepelných izolačních schopností, jakými jsou třeba okna, u nichž záleží na jejich konstrukci, těsnění, počtu skel a zejména způsobu větrání. Na únicích se podílí i další části budovy. Značné tepelné ztráty jsou též střechou nebo podlahou. Vysoké tepelné ztráty způsobuje špatná volba otopného systému. Musí být stále zajištěna prodyšnost konstrukce. [34]

Struktura a barva povrchu stavby nebo území, ve kterém se nachází, vytváří další aspekt, který je zapotřebí v průběhu navrhování zohlednit. Lesklé a světlé povrchy teplo odrážejí, kdežto matné a tmavé povrchy teplo pohlcují. Pokud se stavba nachází v prostředí, ve kterém se vyskytuje zeleň a zatravněné plochy, bude na tomto místě chladněji. Také záleží na orientaci stavby v ohledu ke světovým stranám. Jižní a západní strany jsou obecně méně náročné na vytápění díky delšímu vystavení slunečnímu záření. Naopak části budovy, které jsou orientovány na sever a východ budou znatelně chladnější. [34]

- **Celková tepelná ztráta za zimní období Q_c**

$$Q_c = Q_T + Q_v - Q_z [W] \quad (1)$$

Kde: Q_T – tepelná ztráta prostupem konstrukcemi [W]

Q_v – tepelná ztráta větráním [W]

Q_z – trvalé tepelné zisky [W]

- **Tepelná ztráta Q_T**

$$Q_T = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) [W] \quad (2)$$

Kde: A – ochlazovaná plocha stěny [m²]

U – součinitel prostupu tepla stěny [W.m⁻².K⁻¹]

θ_i – vnitřní výpočtová teplota vzduchu v místnosti [°C]

θ_e – výpočtová teplota prostředí na vnější straně stěny [°C]

Hodnoty pro venkovní výpočtové teploty a délky otopných období v jednotlivých městech nebo okresech České republiky jsou stanoveny dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.

- **Určení průtoků vzduchu podle předepsané výměny vzduchu V_v**

$$V_v = n \cdot O [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (3)$$

Kde: n – předepsaná intenzita výměny vzduchu v místnosti [h⁻¹]

O – objem větraného prostoru [m³]

Pro zimní období se v tomto druhu provozu volí n v rozmezí 0,5-4 a vyšší. [35]

- **Tepelná ztráta větráním prostoru Q_v**

$$Q_v = c_v \cdot V_v \cdot (\theta_i - \theta_e) [W] \quad (4)$$

Kde: V_v – objemový tok větracího vzduchu [m³.s⁻¹]

c_v – objemová tepelná kapacita vzduchu [J.K⁻¹.m⁻³]

4.2.2.1 Stěnové, střešní a podlahové konstrukce

Šíření tepla stěnou nebo střešní konstrukcí dle norem ČSN 730540 a STN 730540 je hodnoceno s ohledem k součiniteli prostupu tepla a s ohledem k vnitřní povrchové teplotě (teplotnímu faktoru). [32]

Hodnocení šíření tepla v podlahové konstrukci se provádí s ohledem na součinitel prostupu tepla, teplotní faktor a pokles dotykové teploty dle ČSN 73040. Následně se podle

STN 730540 hodnotí tepelná jímavost. U podlahových konstrukcí se provádí obdobný výpočet součinitele prostupu tepla, tepelného odporu, vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru jako u stěnových a střešních konstrukcí.

Vypočet tepelné jímavosti a pokles dotykové teploty je prováděn dle ČSN 730540-4.

- **Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla**

Tepelný odpor R je základní fyzikální veličina, která společně se součinitelem prostupu tepla určuje tepelně izolační vlastnosti materiálu. Udává přenos energie o velikosti 1 joulu plochou konstrukce za 1 sekundu při určitém rozdílu teplot na povrchu konstrukce. Při vyšším tepelném odporu materiálu je průchod tepla pozvolnější, což je žádoucí. Výpočet tepelného odporu vedením tepla je dán vztahem 5. [36]

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (5)$$

Kde: d – tloušťka vrstvy [m]

λ – součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹] [37]

Tepelný odpor konstrukce vedením tepla skládající z více než jedné konstrukční vrstvy se podle [38] stanovuje jako součet všech rovnoběžných vrstev konstrukce (viz vztah 6).

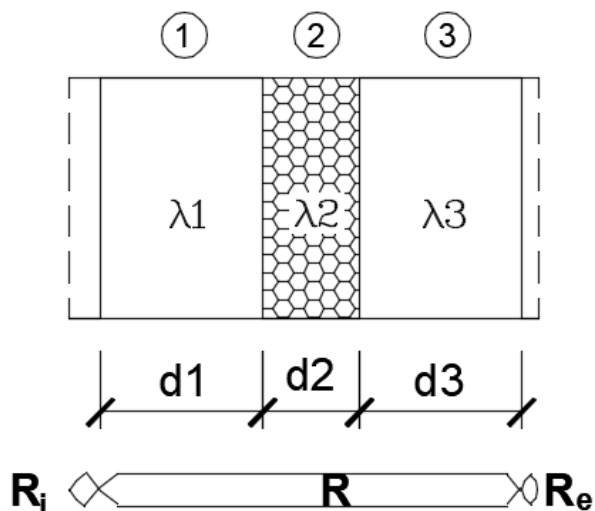
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (6)$$

Kde: $R_{1,2,3}$ – tepelné odpory jednotlivých vrstev [m².K.W⁻¹]

$d_{1,2,3}$ – tloušťky jednotlivých vrstev [m]

$\lambda_{1,2,3}$ – součinitelé tepelné vodivosti jednotlivých vrstev [W.m⁻¹.K⁻¹]

Obr. 17 - Tepelný odpor konstrukce (upraveno) [38]



Tepelný odpor prouděním se projevuje i při povrchu konstrukce, a to na rozhraní se vzduchem jí obklopujícím, jakožto důsledek šíření tepla prouděním vzduchu a výměny tepla

sáláním s obklopujícími povrchy. V technické praxi jsou tyto jevy zjednodušené charakterizovány prostřednictvím odporu při přestupu tepla (konečný tepelný odpor konstrukce při přestupu tepla na vnitřní straně R_i a v exteriéru na vnější straně R_e) a konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tab. 4. [38]

$$R_i = \frac{1}{a_i} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (7)$$

$$R_e = \frac{1}{a_e} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (8)$$

Kde: a_i – součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce [-]
 a_e – součinitel přestupu tepla na venkovní straně konstrukce [-]

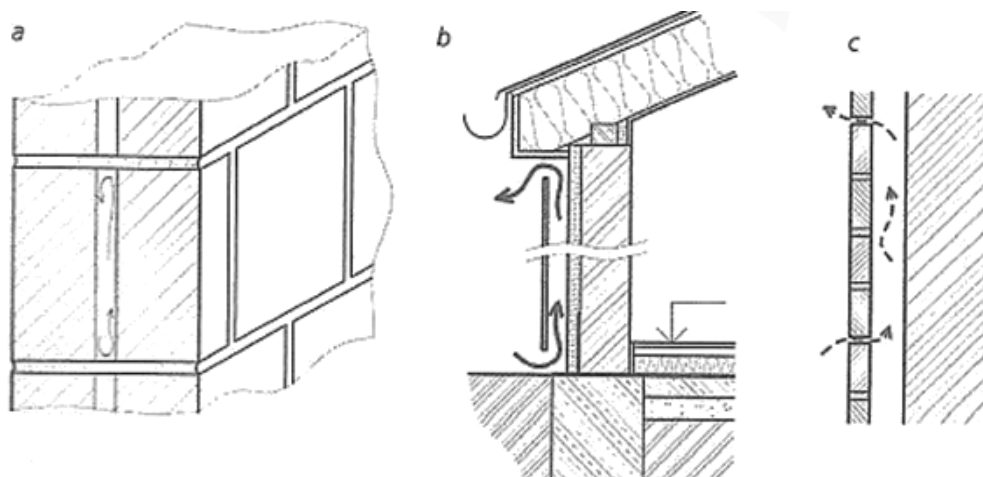
Tab. 4 - Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN 73-0540-3

Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce	Tepelný odpor při přestupu tepla R_e a R_i [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
vnější	součinitel prostupu tepla, povrchové teploty	jednoplášťová	0,04
		dvouplášťová	stejně jako R_i
		styk se zeminou	0
zemina			
vnitřní	součinitel prostupu tepla, tepelné toky	stěna (horizont. tep. tok)	0,13
		střecha (tep. tok vzhůru)	0,1
		podlaha (tep. tok dolů)	0,17

Dle způsobu propojení s okolním prostředím se dělí souvislé vzduchové vrstvy v konstrukčním souvrství na:

- nevětrané (uzavřené),
- větrané (otevřené),
- slabě větrané.

Obr. 18 - Ilustrace dělení souvislých vzduchových vrstev v konstrukčním souvrství [39]



a – vzduchová vrstva, b – větraná, c – slabě větraná

Součinitel prostupu tepla U je základní fyzikální veličinou udávající celkovou výměnu tepla mezi prostředími, které jsou oddělené konstrukcí. Čím nižší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím příznivější jsou tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Jeho hodnota se stanovuje následujícím vztahem 9. [37][38]

$$U = \frac{1}{R_T} = (R_i + R + R_e) [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (9)$$

$$U < U_N \quad (10)$$

Kde: U_N – součinitel stanovený normou [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

Tabulka hodnot U_N dle ČSN 73 0540-2:2011 se nachází v příloze 4. Tepelný odpor konstrukce a součinitel prostupu tepla je určen dle EN ISO 6946. Výpočet součinitele prostupu tepla zabudované konstrukce se stanovuje ČSN 730540-4. [32]

- **Činitel teplotní redukce**

Jedná se o bezrozměrnou hodnotu značenou písmenem b , díky které je možno, při výpočtu měrných tepelných ztrát prostupem tepla Q_T skrz tuto konstrukci zohlednit vyšší teplotu konstrukce na straně exteriéru. [40] Činitel teplotní redukce se stanovuje buď orientačně za pomoci tabulkových hodnot dle ČSN 730540-3 nebo dle vázanosti na druhu konstrukce a působících okrajových podmínkách. [41]

Konstrukce ve styku s vnějším vzduchem:

$$b = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_{im} - \theta_e} [-] \quad (11)$$

Konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem:

$$b = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_{im} - \theta_e} [-] \quad (12)$$

Konstrukce ve styku se zemí:

$$b = \frac{\theta_i - \theta_g}{\theta_{im} - \theta_e} [-] \quad (13)$$

Kde: θ_i – vnitřní návrhová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{im} – převažující vnitřní návrhová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e – zimní extrémní návrhová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

$(\theta_{im} - \theta_e)$ – základní teplotní rozdíl vnitřního a venkovního prostředí [$^{\circ}\text{C}$]

θ_u – návrhová vnitřní teplota v přilehlém nevytápěném prostoru [$^{\circ}\text{C}$]

θ_g – návrhová teplota v přilehlé zemině [$^{\circ}\text{C}$]

4.2.3 Tepelná zátěž

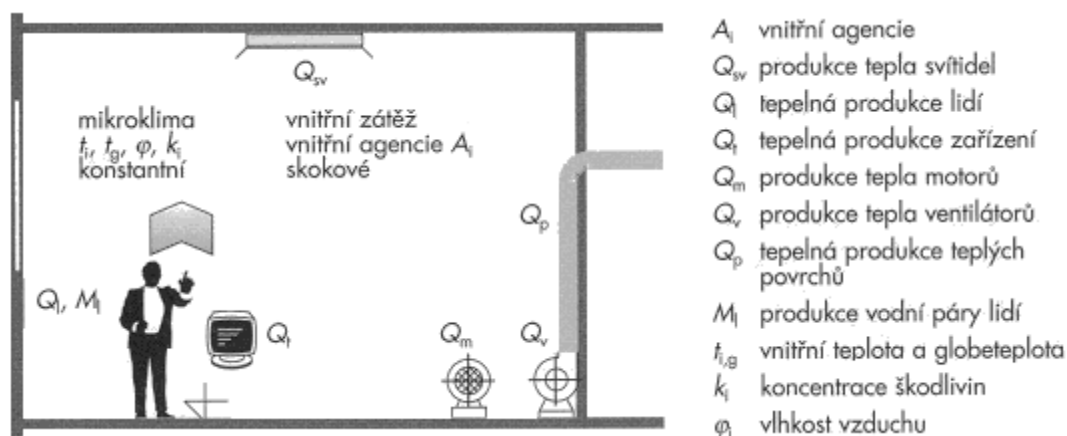
Pro každou místnost je nutné zvlášť stanovit příslušnou tepelnou zátěž. Lze ji vypočítat ručně nebo za pomoci programu. Tepelnou zátěž rozdělujeme na zátěž od zdrojů vnitřních a na zátěž od zdrojů vnějších. Není-li určeno z hygienických nebo technologických důvodů jinak, uvažuje se v letním období s vnitřní teplotou vzduchu 26 ± 1 °C. Pro výpočet je velmi zásadní stanovení denní doby, respektive hodiny, pro kterou se výpočet provádí. Pro místnosti, jež jsou opatřeny okny, se hodina výpočtu maxima zátěže určuje v závislosti na době maxima intenzity radiace I_o prostupující největší zasklenou plochou. [42]

Veškeré výpočty jsou aplikovány na podmínky zimního období, proto se vnější tepelná zátěž stává v tomto případě zanedbatelnou a stává se důležitá pouze zátěž od vnitřních zdrojů.

4.2.4 Tepelná zátěž od vnitřních zdrojů

Tepelnou zátěží od vnitřních zdrojů se rozumí teplo produkované jednotlivými elementy uvnitř objektu (viz ilustrace na obr. 19).

Obr. 19 - Ilustrace tepelné zátěže od vnitřních zdrojů [42]



• Produkce tepla lidmi Q_l

Při výpočtu produkce tepla lidmi (vztah 14) je nutné zahrnout hodnotu citelného tepla, která závisí na činnosti, kterou člověk v daném prostředí vykonává a na teplotě vzduchu. Citelné teplo vyprodukované mužem činní 62 W při okolní teplotě 20 °C a lze jej považovat za výchozí hodnotu pro odvození. Pro různé složení osob v prostoru se provádí ekvivalentní přepočítání podle vztahu 15. [42]

$$Q_l = 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_l [W] \quad (14)$$

Kde: t_i – vnitřní teplota [°C]

i_l – počet lidí [-]

$$i_l = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad [-] \quad (15)$$

Kde: i_m – počet mužů [-]

i_z – počet žen [-]

i_d – počet dětí [-]

- **Produkce tepla svítidly Q_{sv}**

Výpočet produkce tepla svítidly se provádí zejména pro prostory bez oken a prostory, které nesou vyšší požadavky intenzity osvětlení, kde je přirozené osvětlení nedostačující. U svítidel se očekává, že se elektrický příkon změní v teplo. [42]

$$Q_{sv} = P_{sv} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W] \quad (16)$$

Kde: P_{sv} – celkový příkon svítidel [W]

c_1 – součinitel současnosti používání [-]

c_2 – zbytkový součinitel [-]

- **Produkce tepla technologickými zařízeními Q_e a elektromotory Q_m**

Produkce tepla, která je vyprodukována elektromotory je stanovena pro výkon elektromotoru N a účinnost η_m což vyplývá z rovnice 17. Očekává se, že se elektrický příkon změní v teplo. [42]

$$Q_m = c_1 \cdot \Sigma \left(c_2 \cdot c_3 \cdot \frac{N}{\eta_m} \right) \quad [W] \quad (17)$$

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \Sigma P_e \quad [W] \quad (18)$$

Kde: P_e – celkový příkon elektronických zařízení [W]

c_1 – součinitel současnosti používání [-]

c_2 – součinitel při odsávání motoru [-]

c_3 – součinitel současnosti používání [-]

Zařízení, jako jsou počítače nebo tiskárny apod., mající příkon nižší než 100 W je možné zanedbat. [42]

- **Produkce tepla ventilátorů Q_v**

Nezanedbatelnou součástí je teplo produkované ventilátory, jehož velikost je počítána pomocí vztahu 19. Opět se očekává, že se elektrický příkon transformuje na teplo.

$$Q_v = \frac{V_p \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m} \quad [W] \quad (19)$$

Kde: V_p – průtok vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 Δ_p – pracovní tlak [Pa]
 η_v – účinnost ventilátoru (obvykle 0,5) [-]
 η_m – účinnost elektromotoru [-]

- **Produkce tepla od jídel**

Jedno jídlo u stolu v restauračním zařízení je schopno vyprodukovat 5 Wh a 10 g vodní páry. V restauracích, které jsou zahrnutý do vyšších standardů, se uvažuje na jedno místo u stolu jedno jídlo za hodinu. Pro restaurace nižších tříd jsou uvažována dvě jídla a jídelnách dokonce 3 jídla na jedno místo u stolu za hodinu. [42]

- **Produkce tepla ohřátím vzduchu ve vzduchovodech**

$$\Delta t = \frac{U_t \cdot S \cdot \Delta t_m}{1200 \cdot w \cdot F} [K] \quad (20)$$

Kde: U_t – souč. prostupu tepla vzduchovodu (neizol. vzduchovod $\cong 3$) [$\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$]
 S – teplosměnná plocha [m^2]
 Δt_m – střední rozdíl teplot mezi vzduchem v potrubí a okolního prostředí [K]
 w – rychlost proudění vzduchu vzduchovodem [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 F – průřez vzduchovodů určovaný z rozměru A/B [m^2]

- **Produkce tepla materiálů Q_r a teplých povrchů Q_p**

Produkce tepla Q_r (vztah 21) je stanovena za pomoci hmotnostního toku materiálu, který je dopravován klimatizovanou místností a měrné tepelné kapacity. [42]

$$Q_r = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) [W] \quad (21)$$

Produkcí tepla Q_p je určováno u teplých povrchu o dané ploše, umístěné v místnosti. Lze určit ze vztahu 22. [42]

$$Q_p = a \cdot S \cdot \Delta t_m [W] \quad (22)$$

Kde: m – hmotnostní tok materiálu [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
 c – měrná tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
 $t_{1,2}$ – teploty materiálů na vstupu a výstupu z místnosti [$^{\circ}\text{C}$]
 a – součinitel přestupu tepla konvekcí a radiací ($\cong 10$) [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

- **Tepelný zisk z okolních místností s jinou teplotou Q**

$$Q = U \cdot S \cdot (t_{is} - t_i) [W] \quad (23)$$

Kde: U – součinitel přestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$]
 t_{is} – teplota vzduchu v sousední místnosti [$^{\circ}\text{C}$]

4.2.5 Hmotnostní zátěž

Jedná se o zátěž, kterou tvoří škodliviny vznikající v průběhu využívání prostor staveb pro technologické provozy, ale mohou vznikat i v přírodě. Zejména u staveb, kde je zajištěn pohyb osob, mají velký význam škodliviny, jako jsou oxid uhličitý, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, oxidy dusíku, odéry a formaldehydy.

Tato záležitost je velmi specifickou, pokud je snahou řešit hmotnostní bilanci těchto škodlivin. Jedná se o náročnou kvalifikaci jednotlivých toků, které jsou závislé na lokálních podmínkách. Je nutné znát reálné maximální produkce jednotlivých zdrojů, aby mohl být stanoven výpočet návrhových hodnot. [42]

4.3 Roční spotřeba tepla pro vytápění

- **Výpočet denostupně D**

Jedná se o metodu, jež slouží jako podklad pro návrh a porovnání zdrojů a spotřebičů tepla. Aby mohl být výpočet uskutečněn, je nutné znát průběh venkovních teplot zjištěný z meteorologických dat, který vychází z databází teplot. [43]

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{den} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (24)$$

Kde: d – průměrná délka otopného období [den]
 t_{is} – průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]
 t_{es} – průměrná venkovní teplota během otopného období [°C]

Tepelné zdroje se uvádí do chodu se začátkem otopného období a jsou uvedeny do stavu pohotovosti. Toto období je zahajováno 1. září a ukončeno 31. května. Dodávka tepla je započata, pokud průměrná denní teplota venkovního vzduchu poklesne pod 13 °C ve dvou po sobě následujících dnech a není v následujících dnech očekáváno zvýšení nad 13 °C. Jako průměrná denní teplota venkovního vzduchu se bere čtvrtina součtu venkovních teplot v 7, 14 a 21 hod., přičemž poslední měřená teplota se počítá dvakrát. K omezení nebo přerušení dochází, pokud průměrná teplota venkovního vzduchu vystoupí nad 13 °C a ve dvou po sobě následujících dnech nedojde k poklesu. Nastane-li pokles, vytápění je opět obnoveno. [43]

- **Opravný součinitel ε**

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (25)$$

Kde: e_i – nesoučasnost tepelné ztráty prostupem a infiltrací [-]
 e_t – snižování teploty během dne vlivem užívání (0,8 polodenní, 1 celodenní) [-]
 e_d – zkrácení vytápění vlivem přestávek v provozu během týdne (0,8 pětidenní, 0,9 šestidenní, 1 sedmidenní) [-]

- **Opravný součinitel η**

$$\eta = \eta_o - \eta_R [-] \quad (26)$$

Kde: η_o – možnosti obsluhy (resp. regulace soustavy) [-]

η_R – účinnost rozvodů vytápění [-]

V případě η_o se volí hodnoty od 0,9 pro kotelnu na tuhá paliva až po 1,0 u kotelny s plně automatickou regulací. V případě η_R se volí hodnoty od 0,95 po 0,98 dle způsobu provedení a např. izolování rozvodů. [43]

- **Potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,ROK}$**

Tento údaj určuje ekonomiku provozu v závislosti na spotřebě, v tomto případě spotřebě plynu na vytápění. Velkou roli hrají podmínky, za kterých je budova užívána, je-li zateplena a jakými zdroji tepla je vybavena. Zjištěnou hodnotu lze následně porovnat spotřebu energie na vytápění mezi různými roky. [43] Kompletní výpočet pro řešený objekt je uveden v tab. 5.

$$Q_{VYT,ROK} = \frac{24 \cdot \varepsilon \cdot D \cdot \Phi}{\eta \cdot 1000 \cdot (t_{is} - t_e)} [MWh.rok^{-1}] \quad (27)$$

Tab. 5 - Výpočet potřeby tepla na vytápění pro řešený objekt

Tepelná ztráta objektu	$\Phi =$	279,36	kW
Lokalita výpočtu		Praha	
Průměrná délka otopného období	$d =$	216	dní
Výpočtová venkovní teplota	$t_e =$	-12	°C
Průměrná venkovní teplota během otopného období	$t_{es} =$	4,0	°C
Průměrná vnitřní výpočtová teplota	$t_{is} =$	18,0	°C
Korekční součinitele výpočtu:			
Nesoučasnost tepelné ztráty prostupem a infiltrací	$e_i =$	0,85	-
Snižování teploty během dne vlivem užívání	$e_t =$	1,00	-
Zkrácení vytápění vlivem přestávek v provozu v týdnu	$e_d =$	1,00	-
Účinnosti systému:			
Možnosti obsluhy (resp. regulace soustavy)	$\eta_o =$	1,00	-
Účinnost rozvodů vytápění	$\eta_r =$	0,96	-
Výsledky:			
Denostupně	$D =$	3024	dní.rok ⁻¹
Opravný součinitel 1 (Korekce)	$\varepsilon =$	0,850	-
Opravný součinitel 2 (Účinnost)	$\eta =$	0,960	-
Potřeba tepla na vytápění	$Q_{vyt,rok} =$	598,39	MWh.rok⁻¹
Potřeba tepla na vytápění	$Q_{vyt,rok} =$	2154,19	GJ.rok⁻¹

5 Návrh infrazáříčů

Aby sálavé vytápění prostor, v nichž je počítáno s pobytem osob, splňovalo všechny dříve uvedené podmínky, musí být správně navrženo, každé otopné zařízení s infrazáříči musí být samostatně naprojektováno a pečlivě instalováno. Jen tak lze eliminovat, někdy oprávněné, připomínky k provozu sálavého vytápění.

Při projektování sálavého vytápění je zapotřebí na základě výchozích parametrů budovy a zadaných podmínek pro zajištění tepelné pohody určit druh záříčů, jejich jednotkový výkon, optimální instalační výšku a rozestupy mezi jednotlivými záříči. Rozhodující pro komfortní a rovnoměrné osálení vytápěného prostoru je proto znalost sálavé účinnosti a diagramu osálení použitých infrazáříčů.

Sálavou charakteristiku záříče je možné významně ovlivnit geometrií reflektoru záříče. Pomocí parabolických reflektorů lze například docílit vysokých hodnot intenzity sálání pod záříčem zavěšeným ve větší výšce. Rozevřený tvar reflektoru naopak umožňuje osálení větší otápené plochy

5.1 Výpočet

Pro výpočet následujících variant uvažujících tmavé a světlé plynové záříče bylo využito postupu shrnutého do následujících kroků:

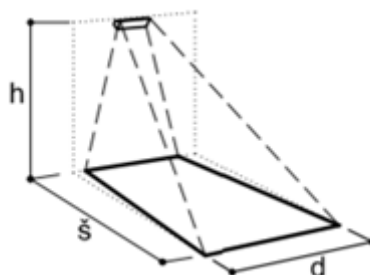
- 1) provedení výpočtu celkové tepelné ztráty Q_c a z technické dokumentace zjistit výšku zavěšení infrazáříče h (viz příloha 5 až 7),
- 2) vypočtení vytápěné plochy A_{vyt} ,
- 3) výběr vhodného infrazáříče z katalogu výrobce dle výšky zavěšení h ,
- 4) vypočtení osálané plochy zvoleného záříče A_I dle vztahu 28,

$$A_I = \check{s} \cdot d \quad [m^2] \quad (28)$$

Kde: \check{s} – šířka osálané plochy [m]

d – délka osálané plochy [m]

Obr. 20 - Znázornění osálané plochy [20]



5) zjištění počtu infrazáříčů n potřebných pro danou místnost (vztah 29),

$$n = \frac{A_{vyt}}{A_1} [-] \quad (29)$$

6) v předchozím kroku zjištěný počet n se následně zaokrouhlí nahoru na nejbližší sudé číslo,

7) provedení kontroly potřebné min. osálané plochy v závislosti na typu objektu dle tab. 6,

Tab. 6 - Potřebné minimum osálané plochy [20]

Typ objektu	Min. osálení podlahové plochy vytápěného prostoru
Novostavba	70 % plochy
Rekonstruovaná budova	100 % plochy
Stará budova	100 % plochy ve výšce 1,5 m nad podlahou

8) provedení korekce počtu a výkonu infrazáříčů.

5.2 Varianta 1

V první variantě návrhu byly pro vytápění prostor průmyslové haly zvoleny plynové záříče od společnosti KOTRBATÝ V.M.Z., spol. s r.o. (dále jen „výrobce Kotrbatý“) Jedná se o záříče splňující požadavky na ekodesign dle Nařízení Komise (EU) 2015/1188, dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES.

5.2.1 Odvod spalin

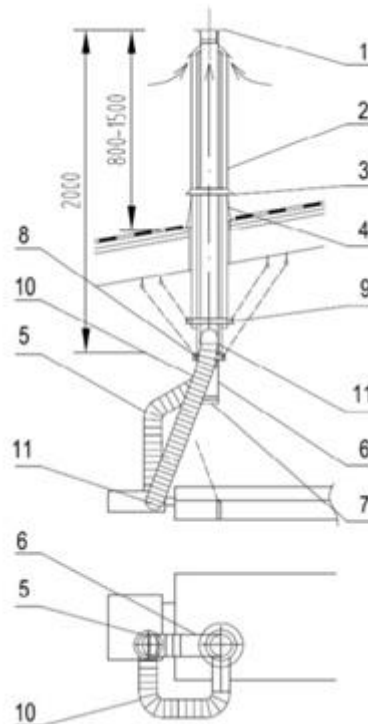
Odvod spalin je veden spalinovou cestou, jež prochází střešní konstrukcí budovy. Spojení bude provedeno z certifikovaných prvků pro přetlakový provoz.

Přívod spalovacího vzduchu je veden opět střešní konstrukcí. Bude se jednat o takové provedení kdy, tmavý plynový infrazáříč bude opatřen vzduchovo-spalinovou cestou. [18] Jedná se vlastně o současný odvod spalin a přívod čerstvého venkovního vzduchu. Spalovací okruh je při tomto řešení uzavřen vůči prostoru, v němž je spotřebič umístěn. Při tomto provedení je vstupující vzduch předehříván teplem uvolňujícím se z odváděných spalin, díky čemuž dochází navíc k nezanedbatelné úspoře energie.

V případě světlých plynových záříčů je odvod spalin řešen nepřímo v nejvyšších bodech objektu. Ventilátory pro odsávání jsou dimenzovány na hygienické maximum a jsou umístěny pod střešním pláštěm objektu. Přívod vzduchu je v tomto případě řešen infiltrací nebo přívodními otvory. [5][8]

Typové provedení vertikální O/P-V je znázorněno na obr. 21.

Obr. 21 - Základní sestava O/P-V [18]



Legenda k obr. 21:

1 – Meidingerova hlavice D100 202.007

2 – komínový korpus D100/175/250 202.054

3 – manžeta okapní D250 202.044

4 – oplechování D250 202.045

5 – flexo trubka Inox D100 202.064

6 – T-kus D100/45° 202.049

7 – kondenzační uzávěr D100 202.050

8 – objímka dvoudílná D100 202.037

9 – objímka dvoudílná D250 202.036

10 – potrubí ohebné Semivac D100 165.051

11 – rychloupevňovací pásek 155.010

5.2.2 Připojení plynu

Napojení infrazáříče je řešeno atestovanou plynovou hadicí pro připojení plynových spotřebičů, převlečná matice G1/2“ (k ventilu infrazáříče), vnější závit R1/2“ (k plynovému potrubí), délka hadice 1 m. Přívodní plynové potrubí musí být osazeno ručním uzavíracím ventilem G1/2“ (vnitřní závit). Připojení hadice je nutné provést dle návodu výrobce hadic a s ohledem na dilataci záříče při provozu.

5.2.3 Rozmístění dílna A a B

Dílny A a B jsou dvě navzájem spojené prostory, vytvářející jeden velký celek, který byl vlivem výpočtu tepelných ztrát rozdělen na dvě místnosti o rozdílných požadavcích na vytápění. Tepelná ztráta prostoru dílny A, za předpokladu rovnoměrného ochlazování, byla podělena uvažovaným počtem infrazáříčů, jehož výsledkem je tzv. ideální záříč. Je nutné brát v úvahu podmínky umístění a zavěšení konkrétního záříče a splnit tak hygienické a požárně bezpečnostní opatření.

Prostory dílny B budou řešeny obdobnou metodou jako prosto dílny A, avšak s rozdílným umístěním regulačních prvků, aby nedocházelo k přetápění, jelikož prostor dílny B je zároveň přilehlý k vytápěnému prostoru administrativní části objektu. Metodiku návrhu z tohoto důvodu však není zapotřebí nijak významně upravovat.

5.2.3.1 Regulace

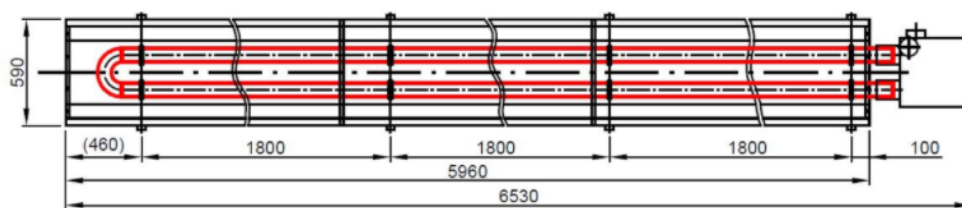
Jako nejvýhodnější regulační systém pro výše zmíněné dílny, na základě informací uvedených v kapitole 3.3.7, se nabízí centrální regulace, kdy bude objekt rozdělen do jednotlivých místností, respektive sekcí, z nichž každá bude mít své příslušné teplotní čidlo. Pro tyto prostory není nutná regulace jednotlivých zářičů, ale je žádoucí regulace provozu celé topné soustavy zářičů pro danou sekci. Kompletní sekce bude provozována regulací typu start/stop, která předá signál regulátorem přímo zářiči. [25]

5.2.3.2 Bezpečnost

V dílně A je umístěna jeřábová dráha, která se nachází v blízkosti funkční plochy infrazářiče. Je proto nutné zajistit, aby se konstrukční části nemohly přehřívat, o čemž bylo hovořeno v kapitole 3.3.8. Aby byl tento jev eliminován je jeřáb opatřen ochranným reflexním, nerezovým plechem ve vzdálenosti cca 30 mm nad svou konstrukcí, který přesahuje oblast jádrového sálání o min. 100 mm. Plech,

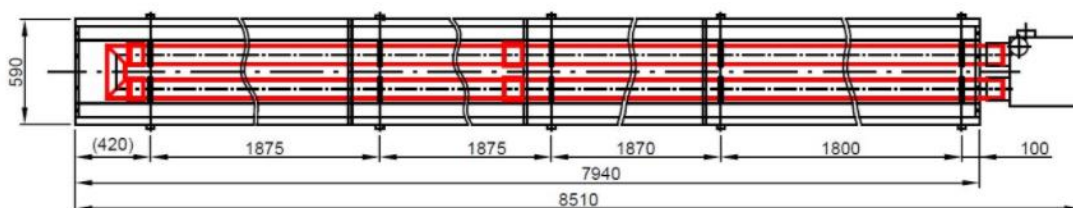
Pro dílnu A byly zvoleny tmavé plynové zářiče typu KM22,5-N-U-16-6 (obr. 22). Náskres rozmístění zářičů v této hale se nachází v příloze 9.

Obr. 22 - Tmavý plynový zářič KM-U-6m-15kW; 16kW [18]



Pro dílnu B byly zvoleny tmavé plynové zářiče typu KM22,5-N-U-21-8 (obr. 23). Náskres rozmístění zářičů v této hale se nachází v příloze 10.

Obr. 23 - Tmavý plynový zářič KM-U-8m-19kW; 21kW [18]



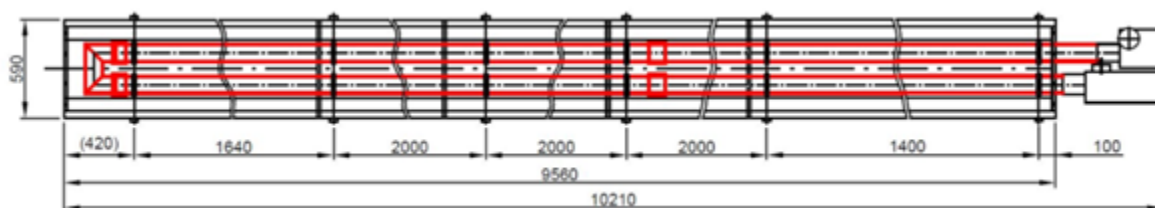
5.2.4 Expedice

Vzhledem k oprávněnému předpokladu častého otevírání vrat, plynoucího z funkce tohoto prostoru, bude vytápění expedice zajišťováno prostřednictvím kombinace světlých a tmavých zářičů.

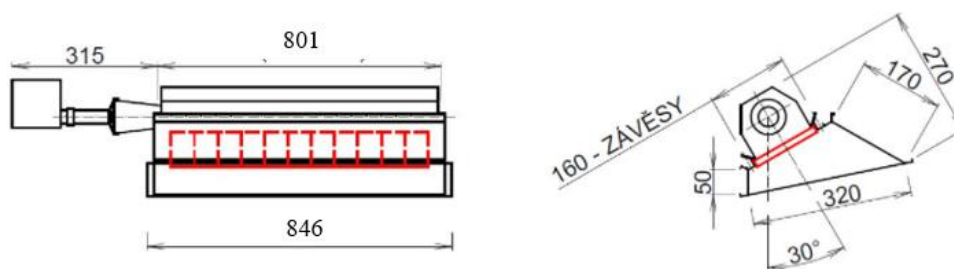
V prostorách určených pro expedici materiálu dochází k nerovnoměrnému ochlazování, a proto je nutné rozdělit vytápěný prostor do více sekcí o rozdílné tepelné ztrátě a pro každou sekci zvlášť navrhnout požadované infrazářiče.

Prostory expedice byly rozděleny do dvou sekcí. Do sekce R1, která zahrnuje prostor, ve kterém se nachází vrata, byly do výšky 6 metrů v šikmém zavěšení navrženy zářiče světlé (obr. 25). Pokud bude tento zářič umístěn šikmo, bude zajištěno snížení výkonu a tím dojde k vyřešení problému s vysokou teplotou. Do sekce R2, kde již není potřeba využívat vlastností světlých zářičů, je opět navržen zářič tmavý (obr. 24). Při volbě tohoto řešení je nutné prostor předdimenzovat, aby došlo k pokrytí veškerých tepelných ztrát. [25][44] Nákres rozmístění uvedených zářičů v expedici se nachází v příloze 11.

Obr. 24 - Tmavý zářič KM-U-10m-36W [18]



Obr. 25 - Světlý zářič MKS 15-15W [20]



5.2.4.1 Regulace

Na základě informací uvedených v kapitole 3.3.7 se jako nejvýhodnější řešení nabízí osazení každé sekce referenčním čidlem. Jednotlivé sekce tedy budou regulovány samostatně, což zajišťuje nezávislost jedné sekce na sekci druhé.

5.2.4.2 Bezpečnost

V průběhu návrhu byly zohledněny doporučené vzdálenosti od hořlavých konstrukcí dle instrukcí výrobce a zachován tepelný komfort osob, které se ve vytápěném prostoru vyskytují.

5.2.5 Celkový počet zářičů

Pro navrhovanou variantu 1 je uvažováno celkem 15 plynových infrazářičů (11 tmavých a 4 světlé), přičemž jejich celkový souhrn je uveden v následující tab. 7 a 8.

Tab. 7 - Soupis tmavých infrazářičů od výrobce Kotrbatý pro variantu 1

Místnost	Typ zářiče	Tepelný výkon [kW]	Délka [m]	Počet [ks]
Dílna A	KM22,5-N-U-16-6	16,3	6,5	4
Dílna B	KM22,5-N-U-21-8	21,1	8,5	6
Expedice	KM36-N-U-32-9	32,2	10,2	1

Tab. 8 - Soupis světlých infrazářičů od výrobce Kotrbatý pro variantu 1

Místnost	Typ zářiče	Tepelný výkon [kW]	Délka [m]	Počet [ks]
Expedice	MKS 15	14,8	0,850	4

5.3 Varianta 2

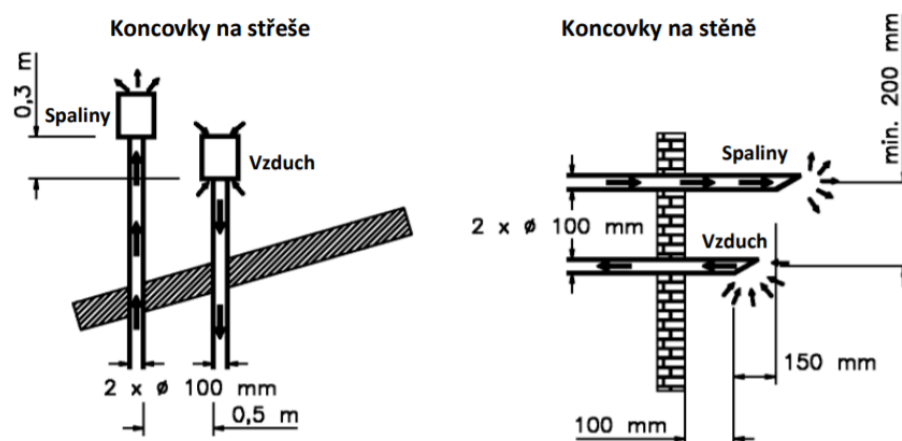
Pro druhou variantu návrhu byly zvoleny plynové zářiče EURAD od společnosti 4heat s.r.o. (dále jen „4heat“). Sálavý topný systém zářičů EURAD využívá pro svůj provoz směs propanu a butanu neboli LPG. Opět se zde naskytuje možnost uspořádání do tvaru U, kdy je ventilátor i hořák na totožné straně (modely MSC a MSU) nebo jsou ventilátor a hořák na opačných stranách trubice (modely MSM).

MSC model je opatřen parabolickým reflektorem pro dvě sálavé trubice. MSU model má pro každou trubici jeden reflektor. MSM model je opatřen pouze jedním reflektorem. [45] Verze MSC a MSM se doporučuje použít pro výšku instalace do 6 m, verze MSU pro výšku instalace nad 8 m a pro výšku instalace 6-8 m (včetně) jsou vhodné všechny verze.

5.3.1 Odvod spalin

Dle platné normy ČSN musí být kouřovod umístěn do nejvyššího bodu odtahu spalin bez ohledu na vrcholky případných kouřovodů. Tato výška musí být mimo oblast zpětného proudění, neboť je zde riziko vzniku protitlaku, který by bránil odvodu spalin do venkovního prostředí. [45] Odvod spalin musí být umístěn výš, než vstup sání vzduchu (viz obr. 26).

Obr. 26 - Znáznornění umístění přívodu vzduchu, resp. odvodu spalin [45]

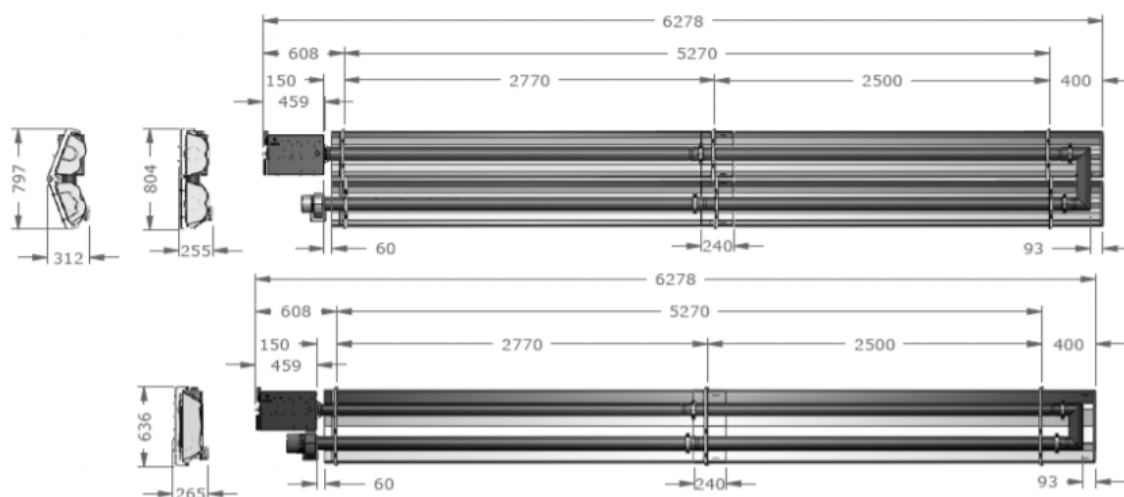


5.3.2 Rozmístění dílna A a B

Jelikož zářiče od výrobce 4heat uvažované v této variantě jsou rozměrově i výkonnostně téměř totožné se zářiči představenými ve variantě 1, bude jejich rozvržení vycházet z předchozího návrhu. Při zohlednění bezpečnostních požadavků zahrnujících výšku zavěšení, rozestupy mezi infrazářiči nebo minimální vzdálenosti od hořlavých konstrukcí by se výsledné umístění jednotlivých zářičů jen nemálo lišilo od toho, jenž bylo vyprojektováno právě pro zmíněnou variantu 1. Z tohoto důvodu je možné se v otázce rozmístění odkázat na již vyprojektované rozložení v přílohách 9 a 10.

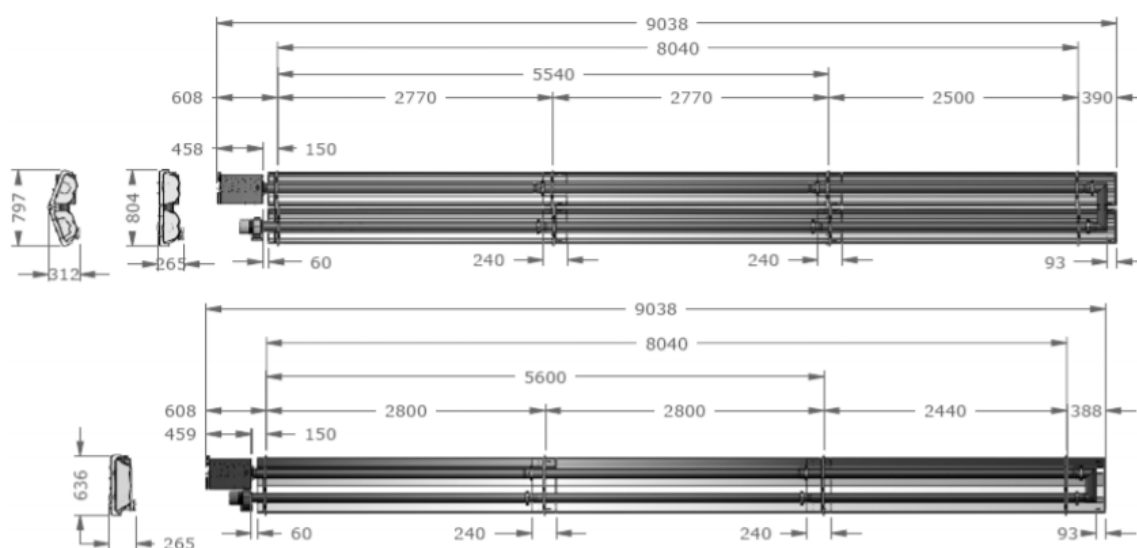
Pro dílnu A byly zvoleny tmavé zářiče MSC 6L (obr. 27), přičemž v otázce rozložení lze vycházet z nákresu nacházejícího se v příloze 9.

Obr. 27 - Tmavý zářič MSC 6L [45]



Pro dílnu B byly zvoleny tmavé zářiče MSC 9L (obr. 28), přičemž v otázce rozložení lze vycházet z nákresu nacházejícího se v příloze 10.

Obr. 28 - Tmavý zářič MSC 9L [45]



5.3.3 Expedice

Jak již bylo popsáno ve variantě 1, konkrétně v kapitole 5.2.4, je optimálním řešením, vzhledem k předpokladu častého otevírání vrat, zajištění vytápění expedice využitím kombinace světlých a tmavých zářičů.

Vzhledem k již popsané vysoké podobnosti zářičů uvažovaných ve variantě 1 a 2, je možné i v případě expedice využít jako základ návrh z předešlé varianty, v níž byl prostor expedice rozdělen do dvou sekcí R1 a R2. V sekci R1, u vrat, jsou pro tuto variantu uvažovány světlé zářiče HE 18/10 a v sekci R2 tmavé zářiče MSC 9.

5.3.4 Celkový počet zářičů

Pro navrhovanou variantu 2 je uvažováno celkem 15 plynových infrazářičů (11 tmavých a 4 světlé), přičemž jejich celkový souhrn je uveden v následující tab. 9 a 10.

Tab. 9 - Soupis tmavých infrazářičů od výrobce 4heat pro variantu 2

Místnost	Typ zářiče	Tepelný výkon [kW]	Délka [m]	Počet [ks]
Dílna A	MSC 6L	15,1	6,3	4
Dílna B	MSC 9L	27	9,1	6
Expedice	MSC 9H	42,2	9,1	1

Tab. 10 - Soupis světlých infrazářičů od výrobce 4heat pro variantu 2

Místnost	Typ zářiče	Tepelný výkon [kW]	Délka [m]	Počet [ks]
Expedice	HE 18/10	16,2	1,130	4

6 Posouzení variant a diskuse

Obě posuzované varianty mají velmi podobné výsledné hodnoty, což je dáno tím, že vychází ze stejného konstrukčního základu zahrnující nejen trubici ve tvaru U, ale i velmi obdobných výsledných výkonů.

Tmavé plynové zářiče EURAD slibují nepatrně vyšší výkony v porovnání s tmavými plynovými zářiči od společnosti Kotrbatý. Zároveň jsou benevolentnější při volbě zářičů podle výšky haly, neboť rozsah instalační výšky 4-6 m zahrnuje širší spektrum zářičů. Všechny navrhované zářiče od společnosti Kotrbatý mají ve svých specifikacích pevně definovány konkrétní výšky zavěšení. Pozitivem tohoto přístupu naopak je, že při umístění v požadované výšce výrobce přislubuje přesné naplnění specifikovaných vlastností.

Rozmístění zářičů v dílně B zůstává pro obě varianty totožné, jelikož dle konstrukce místnosti, která zahrnuje nízko umístěné vazníky spolu se střechou, jež má klesající tendenci, jiné řešení při splnění bezpečnostních podmínek není možné. Dílna A a prostor pro expedici nabízí více možností rozmístění, které jsou omezeny výhradně výkonem, jímž je nutné pokrýt vznikající tepelné ztráty. Proto i následné rozmístění pro zbylé místnosti bylo vybráno pouze to nejefektivnější, kdy je pokryta největší část podlahové plochy, a to zejména plochy, kde je vykonávána pracovní činnosti viz příloha 9 až 11.

Plynové zářiče v obou variantách využívají ke svému provozu zemní plyn (G20) nebo LPG čili propan-butan (G30, G31). Veškeré hodnoty uvedené v tabulkách 7-10 jsou navrženy za předpokladu použití zemního plynu.[18][45]

U zemního plynu, což je palivo de facto čistě přírodního původu (až z 90 % se skládá z metanu), je výhodou absence nutnosti jeho skladování. Dodávky jsou totiž zajišťovány, ve většině případů, prostřednictvím připojení k veřejné plynové síti. Jeho výhřevnost se odvíjí od místa původu a jeho spotřeba je účtována v kilowatthodinách.

Výhodou LPG je skutečnost, že jeho součástí, konkrétně propan, je palivem s nevyšší výhřevností (oproti zemnímu plynu je až trojnásobná). Také je možné jej využívat v chráněných krajinných oblastech. Oproti zemnímu plynu, který je získáván primárně přímou těžbou, vzniká LPG rafinací ropy nebo jako vedlejší produkt právě při těžbě již zmíněného zemního plynu. Cena propanu má v průběhu roku spíše kolísavou tendenci a v zimní období značně stoupá. Z toho důvodu je výhodné se jím, respektive LPG předzásobit v době, kdy dochází k poklesu jeho prodejní ceny. Mimo jiné i z tohoto vyplývá nutnost vybudování vlastního zásobníku (nadzemního či podzemního) namísto plynové přípojky, neboť LPG není rozváděno veřejnou plynovou sítí. [46]

Pokud bychom porovnávali ceny zemního plynu a LPG, pak vychází zemní plyn jako levnější varianta, ačkoli je však nutné zmínit, že rozdíl mezi nimi není příliš vysoký.

Jak zemní plyn, tak i LPG jsou významnou ekologickou variantou vytápění v porovnání s jinými druhy. Jelikož dochází k čistému hoření, je množství vyprodukovaných emisí, jež se uvolňují do okolního ovzduší, několikanásobně nižší než při využívání pevných paliv. Zároveň je plynové vytápění celkově levnější, než pokud by mělo být ve stejném objektu realizováno vytápění čistě elektrické. [47]

Pokud navrhované tmavé zářiče porovnáme z hlediska spotřeby zemního plynu (tab. 11), jsou jejich hodnoty podobné. Zářič KM22,5-N-U-16-6 má sice, dle údajů výrobce, vyšší spotřebu než třeba zářič společnosti 4heat MSC 6L, který by byl použit pro druhou variantu, avšak pokud porovnáme i další zářiče, spotřeba plynu zářičů od výrobce Kotrbatý klesá, kdežto naopak spotřeba zemního plynu u zářičů 4heat roste.

U spotřeby LPG jsou hodnoty deklarované oběma výrobci pro jejich zářiče opět podobné. Z hlediska výhřevnosti však, bohužel, nelze provést srovnání, jelikož společnost Kotrbatý tento údaj u svých výrobků neuvádí. Pro představu jsou v tab. 11 uvedeny alespoň hodnoty pro zářiče od výrobce 4heat.

Tab. 11 - Srovnání spotřeby a výhřevnosti navrhovaných zářičů

Výrobce	Zářič	Zemní plyn		LPG	
		Spotřeba [m ³ .h ⁻¹]	Výhřevnost [kWh.m ³]	Spotřeba [kg.h ⁻¹]	Výhřevnost [kWh.m ³]
Kotrbatý	KM22,5-N-U-16-6	1,98	neuveďeno	1,51	neuveďeno
	KM22,5-N-U-21-8	2,26	neuveďeno	1,73	neuveďeno
	KM36-N-U-32-9	3,92	neuveďeno	3,01	neuveďeno
4heat	MSC 6L	1,95	9,45	1,44	24,45
	MSC 9L	2,57	9,45	1,9	24,45
	MSC 9H	4,02	9,45	2,97	24,45

Konkrétní pořizovací cena zářičové soustavy, ať už pro variantu 1 nebo 2, je zjistitelná pouze přímým dotazem na výrobce, přičemž kalkulace se odvíjí od konkrétního návrhu, a proto ji nelze posoudit.

Je však možné porovnat a zhodnotit náklady na vytápění při porovnání různých druhů paliv. Výpočtová spotřeba tepla zvoleného objektu činí 2154,2 GJ, přičemž roční náklady na vytápění zemním plynem jsou téměř o polovinu nižší v porovnání s čistým propanem (součást LPG). Kompletní přehled všech druhů paliv včetně konkrétních nákladů je uveden v příloze 12.

Z environmentálního hlediska je možné uvést, že vytápění prostřednictvím plynových infrazářičů má za následek produkci spalin obsahujících skleníkové plyny, avšak v porovnání s jinými druhy paliv, konkrétně tuhými jsou produkované emise mnohem nižší, a navíc odpadá i problém se značným množstvím pevných částic vznikajících při jejich spalování.

7 Závěr

Jak vyplývá z rešeršní části práce, je technologie vytápění plynovými infrazáříči z popsaných důvodů v praktickém použití nejen oblíbená, ale též i konstrukčně dobře zvládnutá a léty prověřená. Problematika využívání tohoto způsobu vytápění velkoprostorových objektů se dotýká nejen samotného provedení infrazáříčů, ale i tepelné pohody a zajišťování bezpečnosti.

Obliba použití infrazáříčů pro velkoprostorové objekty, právě díky jejich ekonomičnosti stále stoupá. Vytváří ideální podmínky provozu i pro rozdílné nároky různých ploch vytápěného prostoru, neboť je možné využít kombinovaných infrazáříčových soustav. Kombinované soustavy nabízí možnost zónování místností, kdy jsou pokrývány právě jejich různé tepelné nároky a nedochází k předimenzování nebo naopak k poddimenzování otopné soustavy a zajišťují tak v daném provedení minimální spotřebu plynu i nákladů při zajištění tepelné pohody osob.

Z praktické části práce je následně patrné, že navrhování otopných soustav je spojeno s poměrně značným množstvím výpočtů, pro dosažení optimálního výsledku zajišťující dobré teplotní podmínky v pracovních prostorách.

Velký vliv zde má strategie rozmístění a využití maximálního potenciálu infrazáříčů. Pokud návrh a výsledná instalace nebude provedená dle předepsaných požadavků nebo bude provedená špatná volba záříče, vytrácí se myšlenka hospodárneho provozu a nastává efekt zcela opačný. Výsledkem bude tepelná nepohoda osob pohybujíc se v prostoru, při které dochází k poklesu produktivity a celkové spokojenosti a znatelně se zvýší náklady na provoz.

Obě navrhované varianty mají velmi podobné konstrukční řešení. Navrhované záříče nemají ani významné rozdíly technických parametrů a dosahují taktéž i téměř shodných výkonů, což otvírá možnost výběru z nepřeberného množství výrobců.

V otázce volby, které z vypracovaných řešení, představených ve variantách 1 a 2, by bylo vhodnější pro zvolený objekt, nelze jednoznačně rozhodnout. Obě řešení splňují přesná kritéria a výsledné hodnoty se významně neliší. Rozhodujícím faktorem pro volbu konkrétních plynových infrazáříčů tedy bude bezesporu výsledná cena, za níž daný výrobce záříče poskytne, a to včetně jejich montáže a následné údržby.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] NOŽIČKA, Jiří. *Sdílení tepla*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997.
- [2] ADAMOVSÝ, Radomír a Pavel NEUBERGER. *Termomechanika II*. Praha: Technická fakulta České zemědělské univerzity v Praze, 2003. ISBN 80-213-0987-3.
- [3] MACHÁČKOVÁ, Adéla a Radim KOCICH. *Sdílení tepla a proudění* [online]. 2012. ISBN 978-80-248-2576-2. Dostupné z: http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/STP/STP_FINAL_LAST.pdf
- [4] KOLÍNEK, Jiří. *Základy chemických technologií* [online]. 2013 [vid. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://aplchem.upol.cz/predmety/ZCHT/SKRIPTA/2014/ZCHT.pdf>
- [5] PETRÁŠ, Dušan a Miroslav KOTRBATÝ. *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*. Bratislava: JAGA GROUP, s. r. o., 2006. ISBN 80-8076-040-3.
- [6] KOTRBATÝ, Miroslav. *Šířka a teplota sálavých panelů mají podstatný vliv na hospodárnost vytápění* [online]. 2006 [vid. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3286-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-v>
- [7] FOX, Michelle. *Gas-fired infrared heating* [online]. 2008 [vid. 2019-02-18]. Dostupné z: <https://www.buildings.com/article-details/articleid/6218/title/what-gas-fired-infrared-heating-has-to-offer>
- [8] KOTRBATÝ, Miroslav, Ondřej HOJER a Zuzana KOVÁŘOVÁ. *Hospodaření s teplem v průmyslu „Nejlevnější energie je energie ušetřená“*. Praha: ČSTZ, 2009. ISBN 978-80-86028-41-5.
- [9] HAJMA S. R. O. *Světlé keramické infrazářiče* [online]. [vid. 2019-01-17]. Dostupné z: <http://www.hajma.eu/sluzby/komercni-a-prumyslove-stavby/vytapeni/svetle-keramicke-infrazarice/>
- [10] KOSACK, Peter. Zpráva o výzkumném projektu „Příkladné srovnávací měření mezi infračerveným vytápěním a plynovým vytápěním v oblasti staré zástavby“. *Graduate School CVT Arbeitskreis Ökologisches Bauen TU Kaiserslautern Gottlieb-Daimler-Straße 42 67663 Kaiserslautern* [online]. 2009 [vid. 2019-02-23]. Dostupné z: https://www.fenixgroup.cz/sites/default/files/06_cz_srovnavaci_mereni_mezi_infracervenym_a_plynovym_vytapenim.pdf_.pdf
- [11] KOTRBATÝ, Miroslav. *Vytápění závěsnými sálavými panely - kombinace s větracími systémy*. B.m.: ČSVT, 1988.
- [12] KOTRBATÝ, Miroslav. *Sálavé vytápění - sálavé panely, infrazářiče*. Praha: Společnost pro techniku a prostředí, 1993.
- [13] SCHWANK. *The Tube Heater Principle* [online]. [vid. 2019-02-18]. Dostupné z: https://www.schwank.de/fileadmin/00_customer/images/_downloads_neu/Dunkelstahler-Prinzip_GB.pdf
- [14] BAŠTA, Jiří a Ondřej HOJER. *Sálavé a průmyslové vytápění pro IB* [online]. 2009 [vid. 2019-01-17]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~bastajir/Basta_Hojer_Salave_a_prumyslove_vytapeni.pdf

- [15] KOTRBATÝ, Miroslav a Ondřej HOJER. *Vytápění průmyslových hal zavěšenými sálavými panely a infračervenými plynovými zářiči v kombinaci s větráním* [online]. 2006 [vid. 2019-01-21]. Dostupné z: http://www.kotrbaty.cz/data/file/Literatura/LI-18-Vytapeni_objektu_7.pdf
- [16] MODINE. *Infrared Heater* [online]. [vid. 2019-02-18]. Dostupné z: <http://www.modinehvac.com/web/home.htm>
- [17] MIROSLAV, Kotrbatý. Tmavé infračervené plynové zářiče KM - I- prospekt. *KOTRBATÝ V.M.Z. spol. s r.o.* [online]. 2018 [vid. 2019-01-26]. Dostupné z: <http://www.kotrbaty.cz/data/file/Vyrobky/03-10-KM/03-10-KM-TP-1-06-2018.pdf>
- [18] MIROSLAV, Kotrbatý. Tmavé infračervené plynové zářiče KM- U- prospekt. *KOTRBATÝ V.M.Z. spol. s r.o.* [online]. 2018 [vid. 2019-01-26]. Dostupné z: <http://www.kotrbaty.cz/data/file/Vyrobky/03-10-KM/03-10-KM-TP-U-06-2018.pdf>
- [19] SUNSPAN. *GAS-FIRED LOW-INTENSITY INFRARED TUBE HEATERS SERIE: A, B, MB, and C, INSTALLATION, OPERATION, & MAINTENANCE INSTRUCTIONS* [online]. 2006 [vid. 2019-01-26]. Dostupné z: http://www.thermalinc.com/comfort/PDFs/SunSpan_SQ_-_IOM_Manual_1-07.pdf
- [20] KOTRBATÝ, Miroslav. *SVĚTLÝ INFRAČERVENÝ PLYNOVÝ ZÁŘIČ MKV; MKS* [online]. 2018 [vid. 2019-02-04]. Dostupné z: <http://www.kotrbaty.cz/data/file/Vyrobky/03-20-MK/03-20-MK-TP-01-2018.pdf>
- [21] ONDŘEJ, Hojer. *Metodika návrhu plynových zářičů* [online]. 2007 [vid. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3901-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xiii>
- [22] MIROSLAV, Kotrbatý. *Infra vytápění v kombinaci s větráním* [online]. [vid. 2019-02-11]. Dostupné z: http://www.kotrbaty.cz/data/file/Literatura/LI-44-Infra vytapeni_v_kombinaci_s_vetranim.pdf
- [23] WUENNING, Joachim. *Tube heating systems* [online]. 2005 [vid. 2019-02-18]. Dostupné z: <https://www.asminternational.org/documents/10192/1909018/htp00506p076.pdf/d144e451-0ce4-4c90-8cfd-0a5e4bb94422/HTP00506P076>
- [24] HOLER, Ondřej, Miroslav KOTRBATÝ a Ivana SCHŮRKOVÁ. *Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů (XIV)* [online]. 2007 [vid. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4064-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xiv>
- [25] HOJER, Ondřej a Ivana SCHŮRKOVÁ. *Regulace infrazářičových soustav* [online]. 2009 [vid. 2019-02-11]. Dostupné z: http://www.kotrbaty.cz/data/file/Literatura/LI-40-Regulace_infrazaricovych_soustav.pdf
- [26] HOJER, Ondřej. *Optimalizovaná metodika návrhu světlých zářičů. Vytápění, větrání, instalace* [online]. 2007, **3**, 117–120. Dostupné z: http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2007-03_s117.pdf
- [27] KOS, Libor. *Infraky* [online]. Dostupné z: https://www.infraky.cz/Vyhody-a-nevyhody-a8_0.htm

- [28] KASPO PRAHA S.R.O. *KASPO plynové infrazářiče* [online]. Dostupné z: <https://www.kaspo.cz/vse-o-infravytapeni/vyhody-infravytapeni>
- [29] KRÝZA, Radek. *Technická zpráva*. 2015.
- [30] *Google maps* [online]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>
- [31] K-CAD. *Stavební fyzika* [online]. 2017 [vid. 2021-01-21]. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/teplo/>
- [32] SVOBODA, Zbyněk. *TEPLO 2017 Manual*. Kladno: K-CAD s.r.o., 2017.
- [33] *Tepelné ztráty* [online]. 2021 [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: <http://projektyjura.cz/tepelne-ztraty/>
- [34] *Ztráty energie* [online]. 2021 [vid. 2021-02-07]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/ztraty_3.html
- [35] CHYSKÝ, J., K. HEMZAL a A KOL. *Větrání a klimatizace*. Brno: BOLIT – B press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [36] TZB-INFO. *Tepelný odpor* [online]. [vid. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [37] IZOLACE-INFO. *Tepelný odpor - výpočty* [online]. 2008. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/>
- [38] IZOLACE-INFO. *Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla* [online]. 2008. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/21201-tepelny-odpor-a-soucinitel-prostupu-tepla-a.html#.YCPun2hKiUk>
- [39] TYWONIAK, Jan a A KOLEKTIV. *Pozemní stavitelství VI pro SPŠ stavební*. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5102-3.
- [40] VARGA, Martin. *ČINITELE TEPLOTNÍ REDUKCE* [online]. 2016. Dostupné z: file:///C:/Users/cerma/OneDrive/Plocha/07_Cinitele_teplotni_redukce_VARGA.pdf
- [41] KLECKA.WZ.CZ. *Hodnocení budovy* [online]. 2021. Dostupné z: http://klecka.wz.cz/vyuka/sf2/Hodnoceni_budovy.pdf
- [42] GEBAUER, Günter, Helena HORKÁ a Olga RUBINOVÁ. *Vzduchotechnika*. B.m.: Era, 2005. ISBN 80-7366-027-X.
- [43] TINTĚRA, Vladislav. *Denostupně - teorie k výpočetní pomůcce* [online]. 2005. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2592-denostupne-teorie-k-vypocetni-pomucce>
- [44] KOTRBATÝ, Miroslav a Ivana SCHŮRKOVÁ. *Kombinované soustavy světlých a tmavých infrazářičů Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů* [online]. 2006. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3742-vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xi-2-cast>
- [45] 4HEAT. *EURAD tmavé trubkové zářiče* [online]. nedatováno. Dostupné z: https://4heat.cz/wp-content/uploads/2017/09/inframax_msu.pdf

- [46] ZEMKOVÁ, Barbora. *Vytápění propanem* [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/vytapeni-propanem>
- [47] POLOLÁNÍK, Lukáš. *Zemní plyn versus LPG* [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.finance.cz/531227-topeni-plynem/>

9 Seznam obrázků

Obr. 1 - Světelný keramický infrazáříč (tzv. diafragmatický) [9]	6
Obr. 2 - Vytápění haly infračervenými zářiči [8]	7
Obr. 3 - Konstrukce tmavého plynového záříče KM-U [18].....	10
Obr. 4 - Konstrukce plynového záříče KM-I [17]	11
Obr. 5 - Rozmístění zářičů provedení alfa [5]	12
Obr. 6 - Rozmístění zářičů provedení beta [5]	12
Obr. 7 - Rozmístění zářičů s osazením šikmo od krajů haly [5]	13
Obr. 8 - Schéma umístění světlých zářičů (vodorovné a šikmé) [5]	15
Obr. 9 - Vzdálenosti tmavých zářičů od stavebních konstrukcí a předmětů [8]	19
Obr. 10 - Znázornění ochrany kabelů proti osálení [8]	19
Obr. 11 - Znázornění ochrany jeřábové dráhy před nadměrným osálením [8]	20
Obr. 12 - Vzdálenosti světlých zářičů od stavebních konstrukcí a předmětů [8].....	20
Obr. 13 - Znázornění ochrany jeřábové dráhy před nadměrným osálením [8]	21
Obr. 14 - Znázornění ochrany kabelů proti osálení [8]	21
Obr. 15 - Satelitní snímek průmyslové zóny v části areálu závodu Agat [30].....	24
Obr. 16 - Schéma výrobního procesu [29]	25
Obr. 17 - Tepelný odpor konstrukce (upraveno) [38]	29
Obr. 18 - Ilustrace dělení souvislých vzduchových vrstev v konstrukčním souvrství [39].....	30
Obr. 19 - Ilustrace tepelné zátěže od vnitřních zdrojů [42]	32
Obr. 20 - Znázornění osálené plochy [20].....	37
Obr. 21 - Základní sestava O/P-V [18].....	39
Obr. 22 - Tmavý plynový záříč KM-U-6m-15kW; 16kW [18].....	41
Obr. 23 - Tmavý plynový záříč KM-U-8m-19kW; 21kW [18].....	41
Obr. 24 - Tmavý záříč KM-U-10m-36W [18].....	42
Obr. 25 - Světlý záříč MKS 15-15W [20]	42
Obr. 26 - Znázornění umístění přívodu vzduchu, resp. odvodu spalin [45].....	44
Obr. 27 - Tmavý záříč MSC 6L [45]	44
Obr. 28 - Tmavý záříč MSC 9L [45]	45

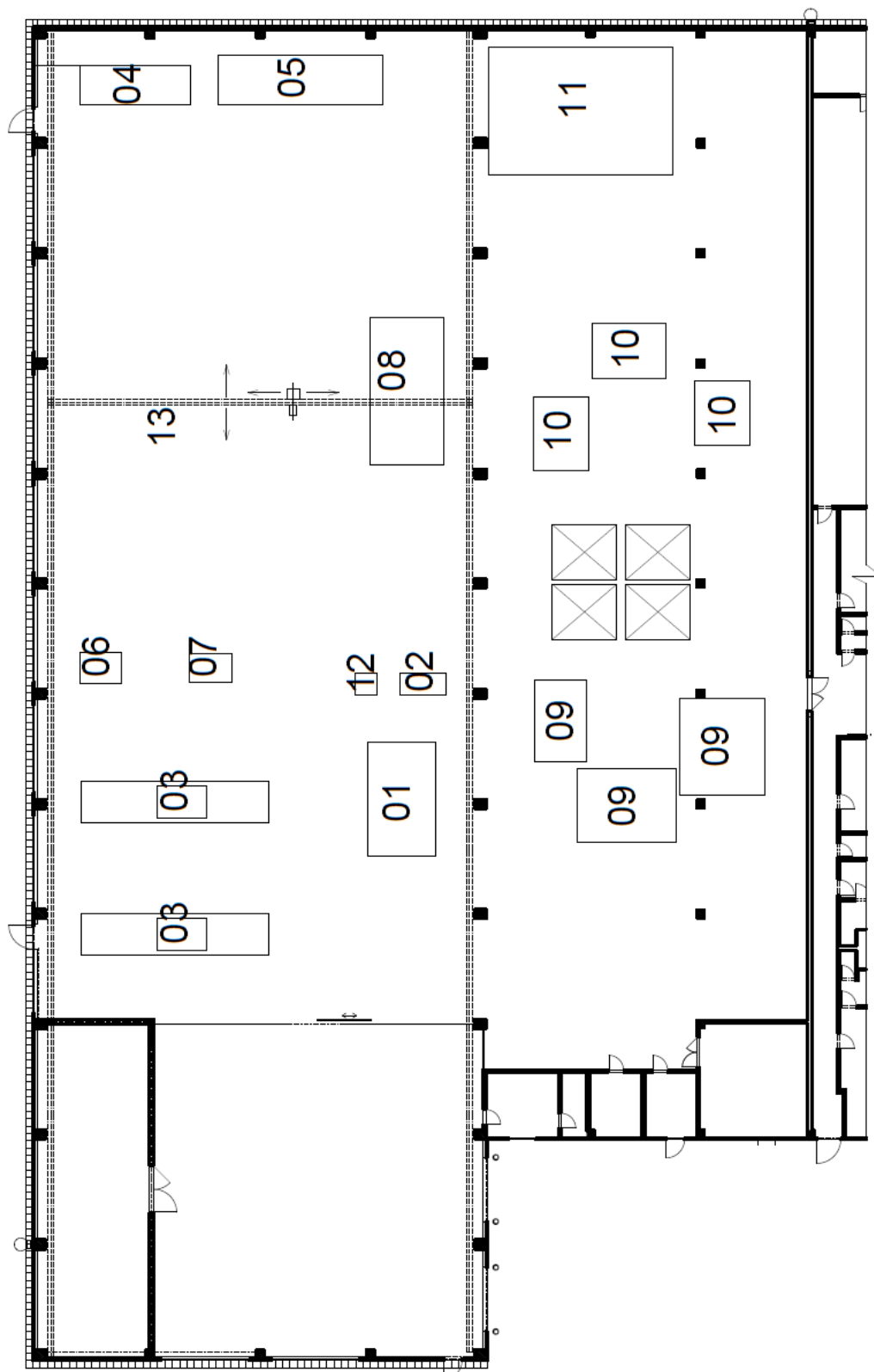
10 Seznam tabulek

Tab. 1 - Popis vzdáleností tmavých zářičů od staveních konstrukcí [8]	19
Tab. 2 - Bezpečné vzdálenosti od povrchů hořlavých konstrukcí [8]	21
Tab. 3 - Porovnání spotřeby plynu jednotlivých vytápěcích soustav [28]	22
Tab. 4 - Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN 73-0540-3	30
Tab. 5 - Výpočet potřeby tepla na vytápění pro řešený objekt.....	36
Tab. 6 - Potřebné minimum osálané plochy [20]	38
Tab. 7 - Soupis tmavých infrazářičů od výrobce Kotrbatý pro variantu 1	43
Tab. 8 - Soupis světlých infrazářičů od výrobce Kotrbatý pro variantu 1.....	43
Tab. 9 - Soupis tmavých infrazářičů od výrobce 4heat pro variantu 2.....	45
Tab. 10 - Soupis světlých infrazářičů od výrobce 4heat pro variantu 2	45
Tab. 11 - Srovnání spotřeby a výhřevnosti navrhovaných zářičů	47

11 Seznam příloh

Příloha 1 - Schéma výroby	56
Příloha 2 - Popis výrobního procesu v dílně A.....	57
Příloha 3 - Popis výrobního procesu v dílně B.....	57
Příloha 4 - Požadované a doporučení hodnoty součinitele prostupu tepla	58
Příloha 5 - Legenda místností.....	60
Příloha 6 - Výpočet tepelných ztrát Q_T a Q_v	64
Příloha 7 - Výpočet celkových tepelných ztrát za zimní období.....	67
Příloha 8 - Výpočet tepelných ztrát	68
Příloha 9 - Rozmístění zvolených zářičů v dílně A	82
Příloha 10 - Rozmístění zvolených zářičů v dílně B	83
Příloha 11 - Rozmístění zvolených zářičů v expedici	84
Příloha 12 - Srovnání nákladů na vytápění při použití různých druhů paliv	85

Příloha 1 - Schéma výroby



Příloha 2 - Popis výrobního procesu v dílně A

Ozn.	Stroj	Popis zařízení, používaná výrobní technologie	Počet	Příkon 70-80 % [W]
1	Svářecí roboti	Dva roboti, zdroj, svářecí přípravky, otočné zařízení pro svář. přípravky, rozvodná elektrická skříň	2	30000
2	Svářecí lis	Svářecí lis se vzduchovým přitlakem na horní část zařízení, spodní část zařízení je pevná. Technologie - odporové bodové sváření	1	35000
3	Postupový lis PME 500	Lisování kovových dílů brzdových systému, zvedáku a dveřních zámků	2	105000
4	Vstřikovací stroj Arburg 720	Lisování plastových dílů brzdových systému, zvedáku a dveřních zámků	1	15300
5	Vstřikovací stroj Arburg 920	Lisování plastových dílů brzdových systému, zvedáku a dveřních zámků	1	23100
6	Lis LEX 100 C	Lisování kovových dílů brzdových systému, zvedáku a dveřních zámků	1	9100
7	Lis LE 160	Lisování kovových dílů brzdových systému, zvedáku a dveřních zámků	1	11900
8	Montážní pracoviště Zvedáky Renault	Ruční montážní pracoviště zvedáků	1	3500
12	Nýtovací zařízení	Ruční pracoviště nýtování zámku + rámu sedaček	1	3000
13	Mostový jeřáb	Mostový jeřáb pro obsluhu haly A a prostoru Expedice. Nosnost jeřábu - 8t. Rozpětí jeřábu 22,8 m. Pojezd jeřábu 68 m (celá délka budovy)	1	3000
Příkon celkem				238900

Příloha 3 - Popis výrobního procesu v dílně B

Ozn.	Stroj	Popis zařízení, používaná výrobní technologie	Počet	Výkon 70-80 % [W]
9	Montážní pracoviště Pedálů VW PQ 35 POLO	Ruční montážní pracoviště pedálových systémů	3	15000
10	Montážní pracoviště Pedálů MQB	Ruční montážní pracoviště pedálových systémů	3	15000
11	Montážní pracoviště zámků GAZ	Ruční montážní pracoviště zámků dveří GAZ	1	5000
Příkon celkem				35000

Příloha 4 - Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]	
	Požadované	Doporučené
	hodnoty	hodnoty
	U _{N,20}	U _{rec,20}
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,3
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,6
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,7
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9
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	1,8
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7

Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m^2/m^2 , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP) v m^2 ; A _w je plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP v m^2	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru		-	1,8
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾		-	1,3
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,8

Poznámky

- 1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31. 12.2012 připouští hodnota $0,38 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.
- 2) Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota $1,7 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.
- 3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.
- 4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.
- 5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.
- 6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.
- 7) Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota $1,5 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.

Příloha 5 - Legenda místností

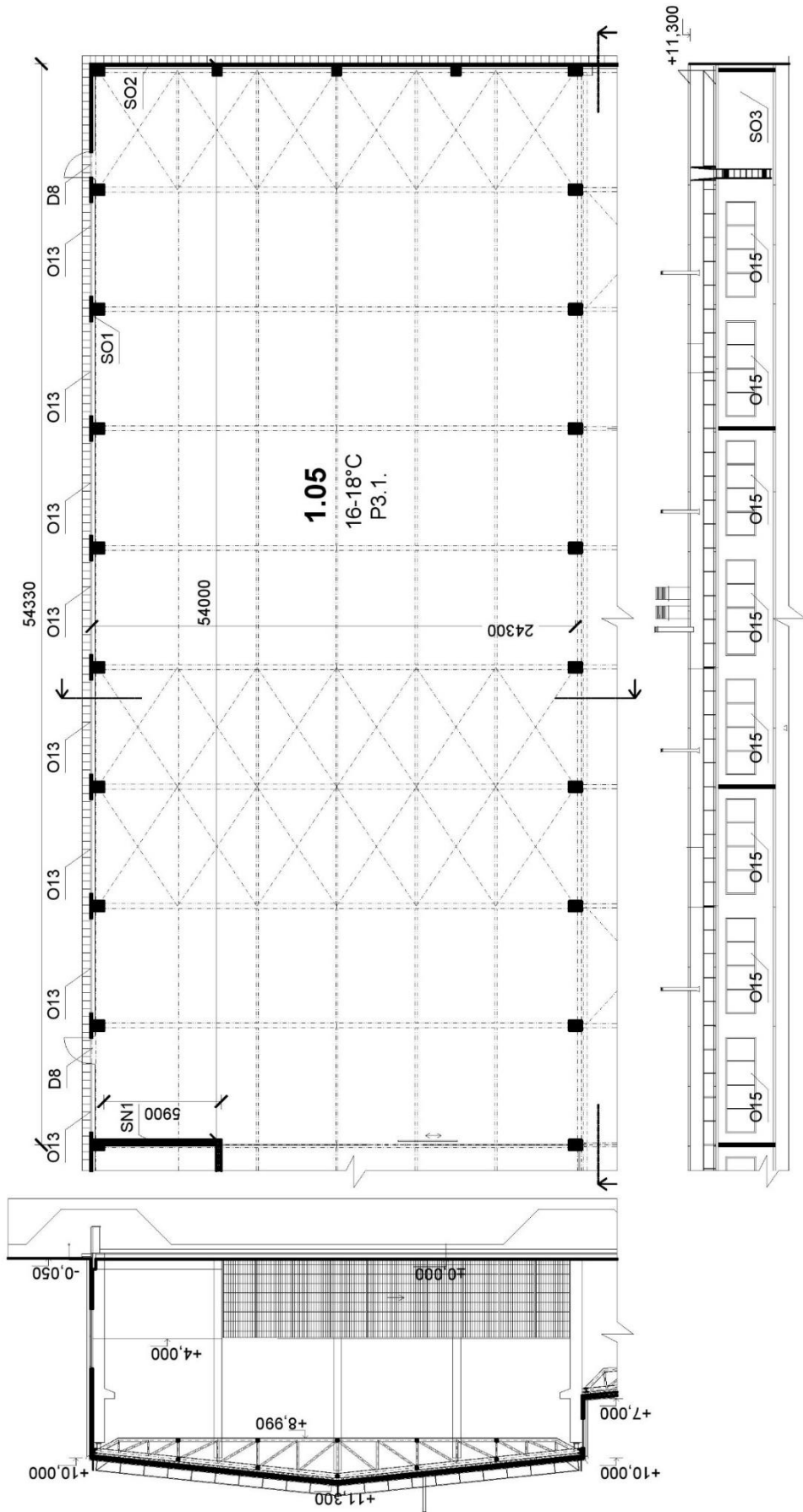
Legenda místností

Místnost	Název místnosti	m ²	Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	relativní vlhkost [%]
1.02	Expedice	327,60	18	30-70
1.03	Kancelář skladníka	13,60	20	60
1.04	Přípravný sklad	5,00	18	60
1.05	Dílna A	1296,60	18	30-70
1.06	Dílna B	1006,60	18	30-70
1.07	Kotelna	10,10	15	60
1.11	Chodba	61,50	15	70
1.12	Dámská šatna	31,50	20	60
1.13	Dámská umývárna	10,10	24	90
1.14	WC - ženy	1,40	24	90
1.15	WC - ženy	1,40	24	90
1.16	Pánská umývárna	9,70	24	90
1.17	WC - muži	1,40	24	90
1.18	Pánská šatna	13,80	20	60
1.20	Společenská místnost	23,40	20	60
1.21	Sklad	4,20	18	60
1.22	Panská umývárna	3,60	15	60
1.23	WC - muži	1,70	15	60
1.24	Dámská umývárna	1,60	15	60
1.25	WC	1,30	15	60
1.26	Zasedací místnost	26,20	20	60
1.27	kancelář	136,70	20	60
1.28	kancelář ředitele	22,00	20	60
1.29	sklad	112,90	18	60
Σ 3464,3				

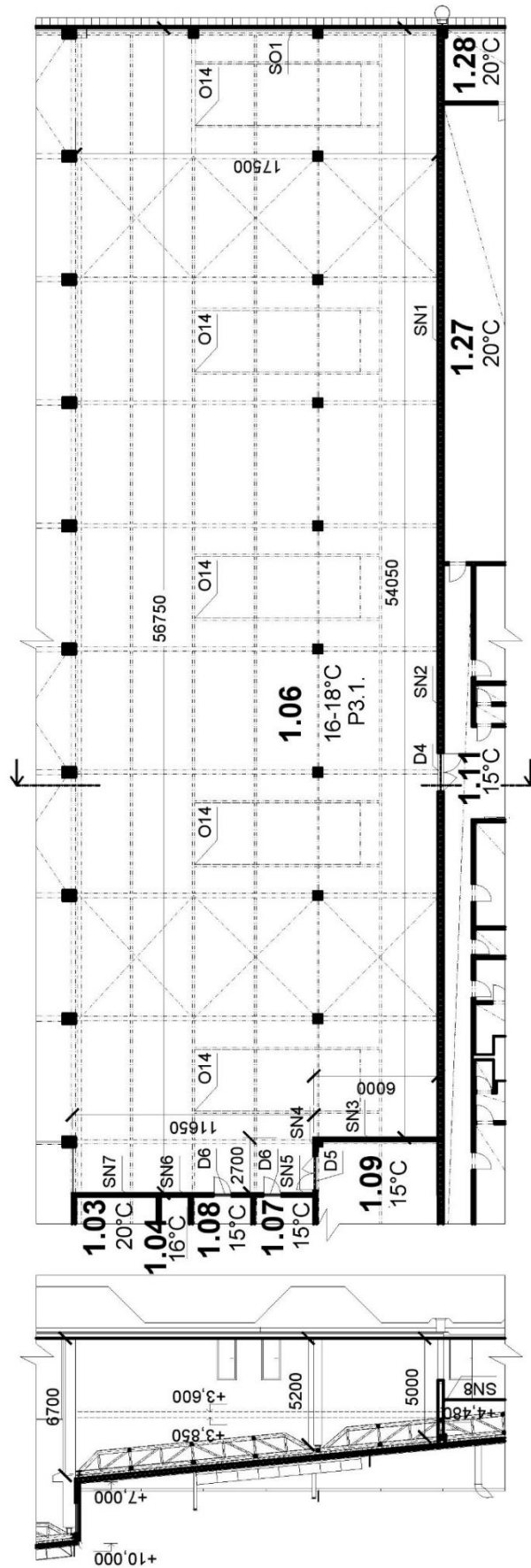
Označení konstrukčních prvků pro výpočet tepelných ztrát a jejich parametry:

Označení	Konstrukční prvek
P3.1	Podlaha
C1	Podhled
SO	Stěna ochlazovaná
SN	Stěna neochlazovaná
O	Okno
D	Dveře
V	Vrata

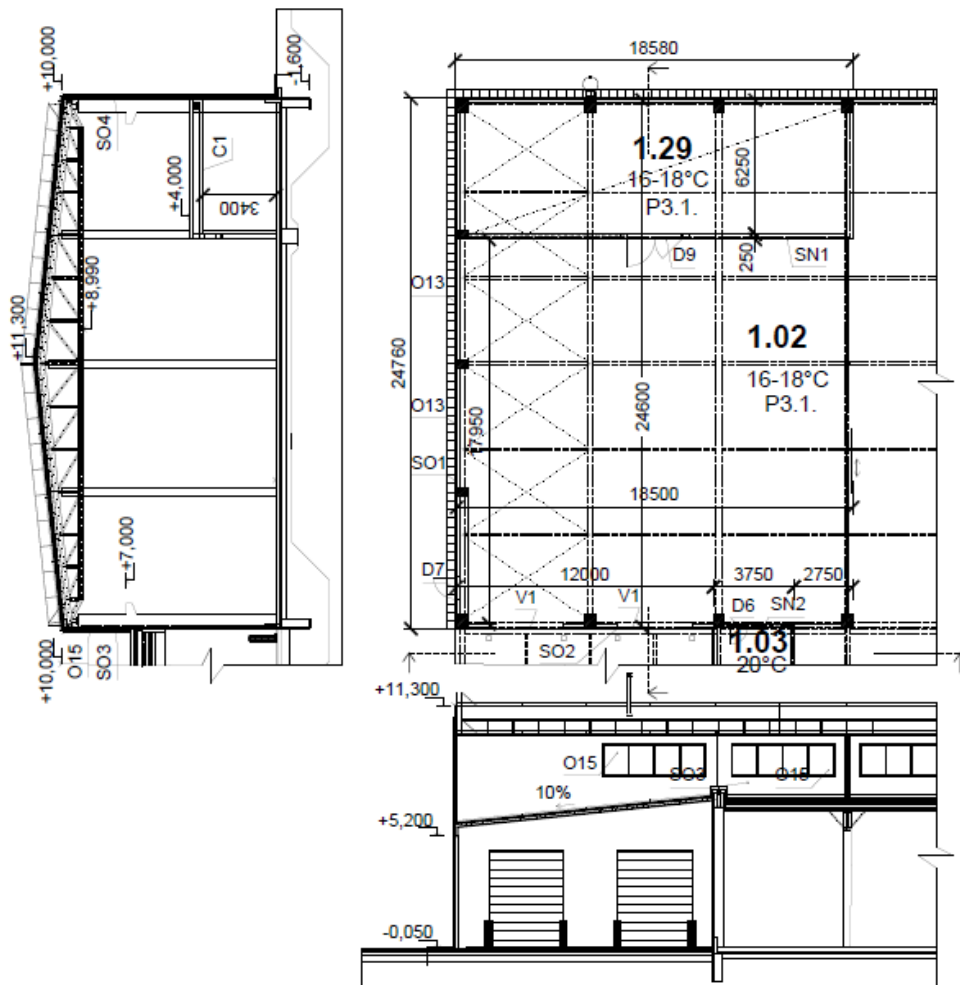
Výkres dílny A



Výkres dílny B



Výkres expedice



Příloha 6 - Výpočet tepelných ztrát Q_T a Q_V

DÍLNA A	Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831														Celková tepelná ztráta			
	Plocha stěny						Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla		Činitel teplotní redukce	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota		vnější výpočtová teplota	K	W
	Označení	délka	šířka nebo výška	plocha	m ²	U				A	b							
Podlaha	54,00	24,30	1296,60					1296,60	0,98		0,43	577,59	18					
Střeška	54,00	24,72	1334,88					1334,88	0,30		1,00	461,87						
SO1	54,00	9,73	525,15	10,00	120,40	404,75		404,75	0,45		1,00	202,38						
Okno O13	4,80	3,00	14,40	8,00	115,20	115,20		115,20	1,50		1,00	184,32						
Dveře D8	1,30	2,00	2,60	2,00	5,20	5,20		5,20	1,50		1,00	8,32						
SO2	24,30	9,73	236,32					236,32	0,45		1,00	118,16						
SO3	54,00	2,90	156,60		57,60	99,00		57,60	0,45		1,00	49,50						
Okno O15	4,80	1,50	7,20	8,00	57,60	57,60		57,60	1,50		1,00	89,28						
SN1	5,90	4,00	23,60		23,60	23,60		23,60	0,35		0,00	0,00						
Štít			27,67			27,67		27,67	0,45		1,00	13,84						
											QT =	1705,249	18	-12	30	QT = QT · (θ _i - θ _e) =	51157,479	
výměna vzduchu ve vytápěném prostoru požadovaná výměna vzduchu											měrná tepelná kapacita vzduchu		cp =		0,280 Wh/kg K			
objem vzduchu v místnosti											hustota vzduchu		ρ =		1,25 kg/m ³			
světelná výška místnosti											Vi = Vm · n =		23313 m ³ /h		Qv = Vv · cp · ρ =		8159,504 W / K	
											n =		2,0 1/h					
											Vm =		11656 m ³					
											v =		8,99 m					
											Qv = Qv · (θ _i - θ _e) =						244785,11	
											Q = Qp + Qv						295942,59	

Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Označení	Plocha stěny						Plocha otvorů		Plocha bez otvorů		Součinitel průstupu tepla		Činitel teplotní redukce		Součinitel tepelné ztráty průstupem		vnitřní výpočtová teplota		vnější výpočtová teplota		Návrhová tepelná ztráta		Celková tepelná ztráta			
	délka	šířka nebo výška	plocha	počet otvorů	plocha otvorů	plocha bez otvorů	A	U	b	A · (U + AU _{ob}) · b	°C	°C	W·m ⁻² ·K ⁻¹	W·K ⁻¹	°C	K	W	W	°C	K	W	W	W			
Podlaha	18,10	18,500	327,60			327,60	0,978	0,433	145,93	18	30															
Podhled C1	18,50	6,500	120,25			120,25	1,539	0,000	0,00																	
Střeška	18,50	24,720	457,32			457,32	0,296	1,000	158,23																	
SO1	17,95	9,725	174,56			30,80	143,76	1,000	71,88																	
Okno O13	4,80	3,000	14,40	2,00	2,00	28,80	1,500	1,000	46,08																	
Dveře D7	1,00	2,000	2,00	1,00	2,00	2,00	1,500	1,000	3,20																	
SO2	12,00	9,725	116,70			38,70	78,00	1,000	39,00																	
Vrata V1	3,50	4,500	15,75	2,00	31,50	31,50	1,300	1,000	44,10																	
Okno O15	4,80	1,500	7,20	1,00	7,20	7,20	1,500	1,000	11,52																	
SN1	18,50	4,000	74,00			2,00	72,00	0,000	0,00																	
Dveře D9 - vnitřní	1,00	2,000	2,00	1,00	2,00	2,00	1,500	0,000	0,00																	
SO3	6,50	2,900	18,85			7,20	11,65	1,000	5,83																	
Okno O15	4,80	1,500	7,20	1,00	7,20	7,20	1,500	1,000	11,52																	
SN2	3,25	6,825	22,18			1,60	20,58	0,067	-0,82																	
Dveře D6 - vnitřní	0,80	2,000	1,60	1,00	1,60	1,60	1,500	0,067	-0,17																	
SO4	18,50	5,725	105,91			105,91	0,450	1,000	58,25																	
Štít			27,67			27,67	0,450	1,000	13,84																	
											QT=															
											QT=		608,396		18		-12		30		QT = Q _T · (Θ _i - Θ _e) =		18251,865			
výměna vzduchu ve vytápěném prostoru požadovaná výměna vzduchu											V _i = V _m · n =		7267 m ³ /h		měrná tepelná kapacita vzduchu		c _p =		0,280 Wh/kg K							
objem vzduchu v místnosti světlá výška místnosti											n =		2 1/h		hustota vzduchu		ρ =		1,25 kg/m ³							
											V _m =		3634 m ³		Q _V = V _i · c _p · ρ =		2543,489 W / K									
											v =		8,99 m		Q _V = Q _V · (Θ _i - Θ _e) =		76304,66								94556,53	

EXPEDICE

DÍLNA B		Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831										celková tepelná ztráta												
		plocha stěny				plocha otvorů		plocha otvorů		Součinitel teple				Cítní teplotní redukce		Součinitel tepelné ztráty prostupem		vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	K	W	W	Q _c = Q _z + Q _v	
Označení	délka	sítka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	U	b	U · m ² · K ⁻¹	U · A · (U + ΔU _{ob}) · b	W · K ⁻¹	°C	°C	°C	°C	°C	°C							°C
Podlaha			1006,60						0,978															
Střeška			997,72						0,296															
Okno O14 - světlík	8,00	3,000	24,00	5,00	120,00	120,00	2,800		2,800															
SN1	17,5		119,65				0,450		0,450															
SN1	26,15	3,000	78,45				0,352		0,352															
SN2	27,90	3,000	83,70				0,352		0,352															
Dveře D4 - vnitřní	1,80	2,00	3,60	1,00	3,60	3,60	1,500		1,500															
SN3	6,00		30,60				0,548		0,548															
SN4	2,70	5,200	14,04				0,548		0,548															
Dveře D5 - vnitřní	1,60	2,00	3,20	1,00	3,20	3,20	1,500		1,500															
SN5	5,85		33,10				0,548		0,548															
Dveře D6 - vnitřní	0,80	2,00	1,60	2,00	3,20	3,20	1,500		1,500															
SN6			10,23				0,548		0,548															
SN7			24,88				0,548		0,548															
SN8	54,00	2,000	108,00				0,352		0,352															
Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru											$V_i = V_m \cdot n =$	13303 m ³ /h					$Q_T = Q_{T1} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) =$ 35763,288	$Q_c =$ 0,280 Wh/kg K $Q =$ 1,25 kg/m ³ $Q_v = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$ 4656,138 W / K	$Q_c =$ 0,280 Wh/kg K $Q =$ 1,25 kg/m ³ $Q_v = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$ 4656,138 W / K	$Q_v = Q_{v1} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) =$ 139684,13				
požadovaná výměna vzduchu											$n =$	2 1/h												
objem vzduchu v místnosti											$V_m =$	6651,63 m ³												
světlná výška místnosti											$v =$	5-6,7 m					$Q_T =$	1192,110					$Q_v = Q_{v1} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) =$	175447,41

Příloha 7 - Výpočet celkových tepelných ztrát za zimní období

	Expedice	Dílna A	Dílna B
Tepelná ztráta prostupem konstrukcí Q_T [W]	18251,87	51157,48	35763,29
Tepelná ztráta větráním Q_v [W]	76304,66	244785,11	139684,13
Trvalé tepelné zisky Q_z [W]	1004,55	244287,40	41295,77
Celková tepelná ztráta Q_c [W]	93551,98	51655,19	134151,64

Příloha 8 - Výpočet tepelných ztrát

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10
STŘECHA	střecha	3.241	0.296	0.0763	ne	---
PODHLLED C1.1	stěna	0.390	1.539	3.9709	ne	---
PODLAHA P3.1	podlaha	0.853	0.978	0.0043	ne	---
STĚNA OBVODOVÁ	stěna	2.051	0.450	0.0007	ano	---
STĚNA VNITŘNÍ S1.1 250 mm	stěna	2.584	0.352	nedochází ke kondenzaci v.p.		---
STĚNA VNITŘNÍ S1.1 150 mm	stěna	1.564	0.548	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy: **STŘECHA**

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Sikaplan 15 V	0,0018	0,1500	960,0	1250,0	20000,0	0.0000
2	Tepelná izolac	0,0400	0,0390	840,0	56,0	1,0	0.0000
3	Tepelná izolac	0,0800	0,0400	840,0	29,0	2,0	0.0000
4	Icopal Ventith	0,0040	0,2000	1470,0	1100,0	50000,0	0.0000
5	Trapézové plec	0,0015	50,0000	870,0	7850,0	1720,0	0.0000
6	Uzavřená vzduc	0,1600	0,9490	1010,0	1,2	0,1	0.0000
7	Nosná ocelová	0,2450	17,0000	460,0	7900,0	1000000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

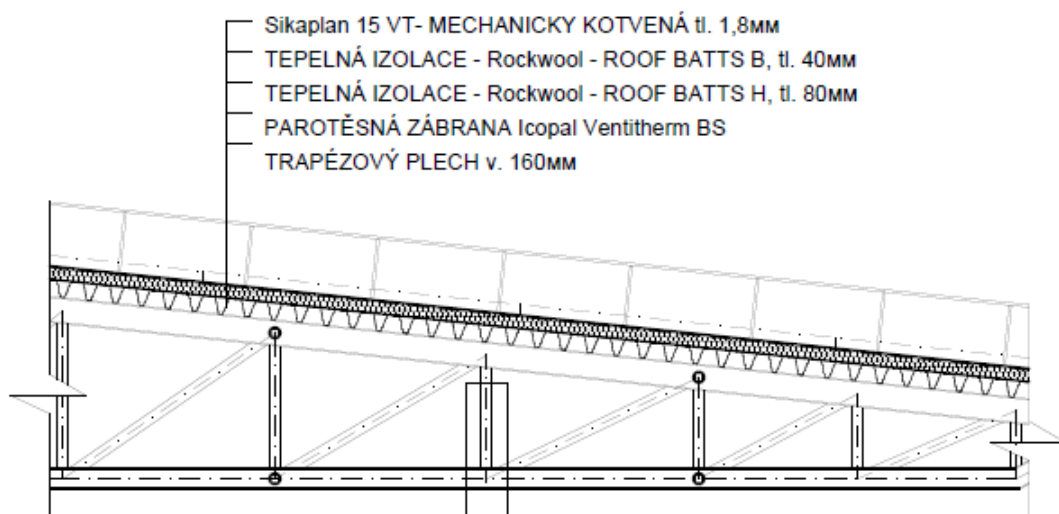
Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 18.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH*i* : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.241 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.296 W/m2K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_kc : 0.32 / 0.35 / 0.40 / 0.50 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.



KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy: **PODHLÉD C1.1**

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnitřní
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Otěrvozdušný n	0,0004	0,2000	1000,0	1050,0	1013,0	0.0000
2	penetrační nát	0,0002	0,0390	840,0	20,0	3,2	0.0000
3	Knauf Red Pian	0,0125	0,2300	1060,0	820,0	17,0	0.0000
4	Uzavřená vzduc	0,1365	0,7350	1010,0	1,2	0,0	0.0000
5	Ocel korozivzd	0,3000	17,0000	460,0	7900,0	1000000,0	0.0000
6	Trapézové plec	0,0010	50,0000	870,0	7850,0	1720,0	0.0000
7	Beton	0,1500	1,2000	1020,0	2100,0	17,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.13 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 18.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 16.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 60.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHí : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 0.390 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **1.539 W/m2K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 1.56 / 1.59 / 1.64 / 1.74 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **PODLAHA P3.1**

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Epoxidová poly	0,0120	0,2000	1400,0	1200,0	10000,0	0.0000
2	Železobetonová	0,2200	1,5000	1020,0	2400,0	29,0	0.0000
3	Podkladový bet	0,0800	1,3000	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
4	PE folie	0,0002	0,3500	1470,0	900,0	144000,0	0.0000
5	Hydroizolační	0,0040	0,2100	1470,0	1100,0	50000,0	0.0000
6	Hlinitý písek	0,0200	0,7500	960,0	1750,0	4,0	0.0000
7	Štěrkopísek 0-	0,1800	0,8000	1010,0	2400,0	50,0	0.0000
8	Štěrkopísek 0-	0,2500	0,8000	1010,0	2600,0	50,0	0.0000
9	Ochranná geote	0,0003	0,3500	1470,0	900,0	144000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.00 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 5.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 18.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH*i* : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

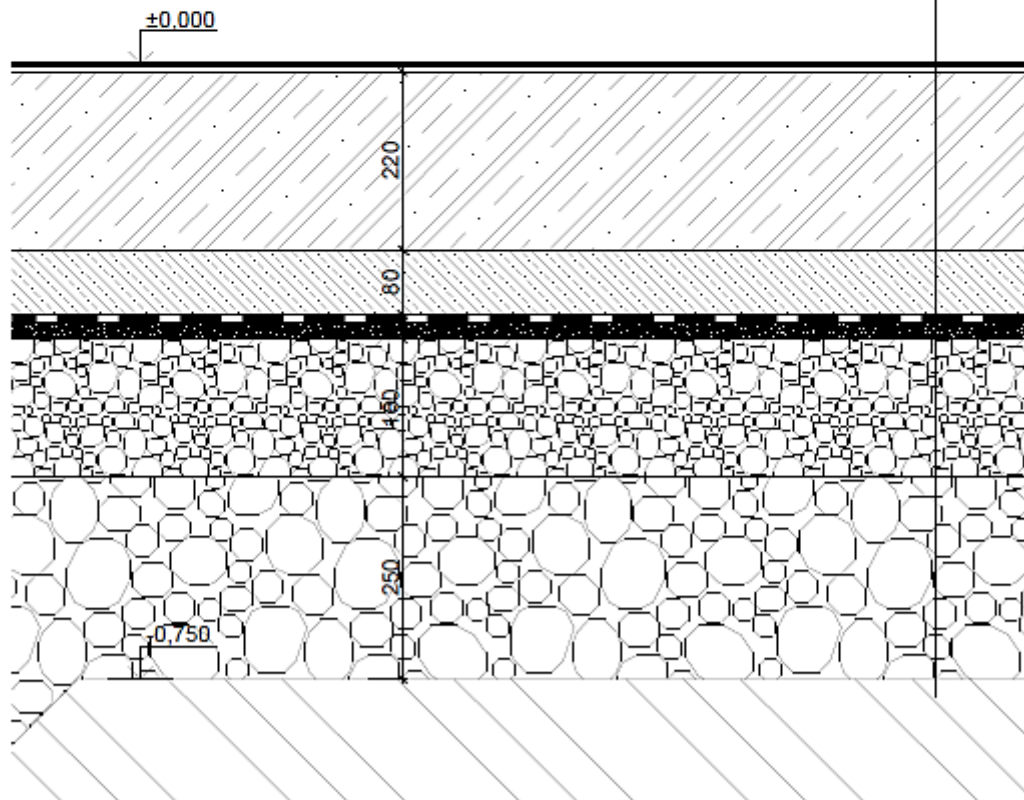
Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 0.853 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.978 W/m2K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 1.00 / 1.03 / 1.08 / 1.18 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

P3.1.

EPOXIDOVÁ POLYMERBETONOVÁ PODLAHOVINA S JEMNĚ STRUKTURNÍM, NEKLUZNÝM POVRCHEM S ODOLNOSTÍ 40KN/M2 + ZATÍŽENÍ POHYBLIVÝMI MANIPULAČNÍMI PROSTŘEDKY MAX. 4T.	TL. 8-12MM
ŽELEZOBETONOVÁ DESKA C25/30, VYZTUŽENÁ,	
STROJOVĚ HLAZENÝ POVRCH S ROVINNOSTÍ 2MM/2M	TL. 220 MM
PODKLADNÍ BETON	TL. 80 MM
OCHRANNÁ GEOTEXTILIE GRAMÁŽ 300 G/M2	
PE FÓLIE, KLUZNÁ VRSTVA	TL. 0,2 MM
HYDROIZOLAČNÍ PÁS Z SBS MODIFIKOVANÉHO ASFALTU NAPŘ. TERANAP TP 431, VOLNĚ POKLÁDANÝ, SVAŘOVANÝ	
HLINITÝ PÍSEK FRAKCE 0-4MM	TL. 20 MM
ŠTĚRKOPÍSEK FRAKCE 0-63MM, HUTNĚNÝ 60MPA	TL. 280 MM
ŠTĚRKOPÍSEK FRAKCE 0-125MM, HUTNĚNÝ 45MPA	TL. 250 MM
OCHRANNÁ GEOTEXTILIE GRAMÁŽ 500 G/M2	
ROSTLÝ TERÉN - PŘI PROVÁDĚNÍ BUDE PROVEDENA OCHRANA PŘED KLIMATICKÝMI VLIVY, HUTNĚNÝ NA +20MPA	



KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **STĚNA OBVODOVÁ**

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednovrstevná
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Fasádní panely	0,0800	0,0390	1600,0	17,2	1200,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fasádní panely	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 18.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 2.051 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.450 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.47 / 0.50 / 0.55 / 0.65 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **STĚNA VNITŘNÍ S1.1 250 mm**

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnitřní
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Otěrvozdušný n	0,0003	0,2000	1000,0	1050,0	1013,0	0.0000
2	Penetrace pod	0,0002	0,7160	840,0	1600,0	360,0	0.0000
3	Jemnozrná štu	0,0050	0,8000	850,0	1600,0	12,0	0.0000
4	Cementové jádr	0,0200	0,8600	790,0	1530,0	15,0	0.0000
5	Přednástřík zř	0,0010	1,1600	840,0	2000,0	19,0	0.0000
6	Zdivo z vápeno	0,2500	0,0980	1000,0	350,0	7,5	0.0000
7	Uzavírací bílý	0,0003	0,3600	840,0	1400,0	730,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.13 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 20.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 18.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 60.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 2.584 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.352 W/m2K**
Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.37 / 0.40 / 0.45 / 0.55 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **STĚNA VNITŘNÍ S1.1 150 mm**

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnitřní
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Otěruvzdorný n	0,0003	0,2000	1000,0	1050,0	1013,0	0.0000
2	Penetrace pod	0,0002	0,7160	840,0	1600,0	360,0	0.0000
3	Jemnozrná štu	0,0050	0,8000	850,0	1600,0	12,0	0.0000
4	Cementové jádr	0,0200	0,8600	790,0	1530,0	15,0	0.0000
5	Přednástřík zř	0,0010	1,1600	840,0	2000,0	19,0	0.0000
6	Zdivo z vápeno	0,1500	0,0980	1000,0	350,0	7,5	0.0000
7	Uzavírací bílý	0,0003	0,3600	840,0	1400,0	730,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.13 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 18.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 60.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 1.564 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.548 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.57 / 0.60 / 0.65 / 0.75 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: STŘECHA

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 17,5 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 17,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -12,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -12,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 18,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i : 60,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Sikaplan 15 VT	0,0018	0,150	20000,0
2	Tepelná izolace - Rockwool - R	0,040	0,039	1,0
3	Tepelná izolace - Rockwool - R	0,080	0,040	2,0
4	Icopal Ventitherm BS	0,004	0,200	50000,0
5	Trapézové plechy	0,0015	50,000	1720,0
6	Uzavřená vzduch. dutina tl. 16	0,160	0,949	0,06
7	Nosná ocelová konstrukce	0,245	17,000	1000000,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,895$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,929$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_N = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_N$... **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

RYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: PODLAHA P3.1

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i :	16,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} :	17,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} :	-12,0 C
Teplota na vnější straně T_e :	5,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	18,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RH _i :	60,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Epoxidová polymerbetonová podl	0,012	0,200	10000,0
2	Železobetonová deska C25/30	0,220	1,500	29,0
3	Podkladový beton	0,080	1,300	23,0
4	PE folie	0,0002	0,350	144000,0
5	Hydroizolační pás z SBS modifí	0,004	0,210	50000,0
6	Hlinitý písek frakce 0-4mm	0,020	0,750	4,0
7	Štěrkopísek 0-63mm	0,180	0,800	50,0
8	Štěrkopísek 0-125mm	0,250	0,800	50,0
9	Ochranná geotextílie	0,0003	0,350	144000,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,773$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N} = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,98 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U > U_{,N}$... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

RYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: STĚNA OBVODOVÁ

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 16,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 17,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -12,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -12,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 18,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i : 60,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Fasádní panely	0,080	0,039	1200,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,895$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,893$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi,m} < f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Pozn.: Povrchové teploty a teplotní faktory v místě tepelných mostů ve skladbě je nutné stanovit řešením teplotního pole.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N} = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U > U_{,N}$... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

RYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: STĚNA VNITŘNÍ S1.1 250 mm

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i :	16,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} :	17,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} :	-12,0 C
Teplota na vnější straně T_e :	20,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	18,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RH _i :	60,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Otěrúzdorný nátěr	0,0003	0,200	1013,0
2	Penetrace pod malbu	0,0002	0,716	360,0
3	Jemnozrná štuková omítka (0,005	0,800	12,0
4	Cementové jádro	0,020	0,860	15,0
5	Přednáštřík zředěnou maltou	0,001	1,160	19,0
6	Zdivo z vápenopískových cihel	0,250	0,098	7,5
7	Uzavírací bílý nátěr na zdivo	0,0003	0,360	730,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Teplota na venkovní straně konstrukce je vyšší nebo rovna teplotě vnitřního vzduchu.
Požadavek na teplotní faktor není pro tyto podmínky definován a jeho splnění se proto neověřuje.
V případě potřeby lze provést ručně srovnání vypočtené povrchové teploty s kritickou povrchovou teplotou podle ČSN 730540-2 (2005).

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: U_{iN} = 3,30 W/m²K
Vypočtená hodnota: U = 0,35 W/m²K

$U < U_{iN}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: STĚNA VNITŘNÍ S1.1 150 mm

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 16,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 17,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -12,0 C
Teplota na vnější straně T_e : 15,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 18,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i: 60,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Otěrúzdorný nátěr	0,0003	0,200	1013,0
2	Penetrace pod malbu	0,0002	0,716	360,0
3	Jemnozrná štuková omítka (0,005	0,800	12,0
4	Cementové jádro	0,020	0,860	15,0
5	Přednástřík zředěnou maltou	0,001	1,160	19,0
6	Zdivo z vápenopískových cihel	0,150	0,098	7,5
7	Uzavírací bílý nátěr na zdivo	0,0003	0,360	730,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = -0,088$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,871$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

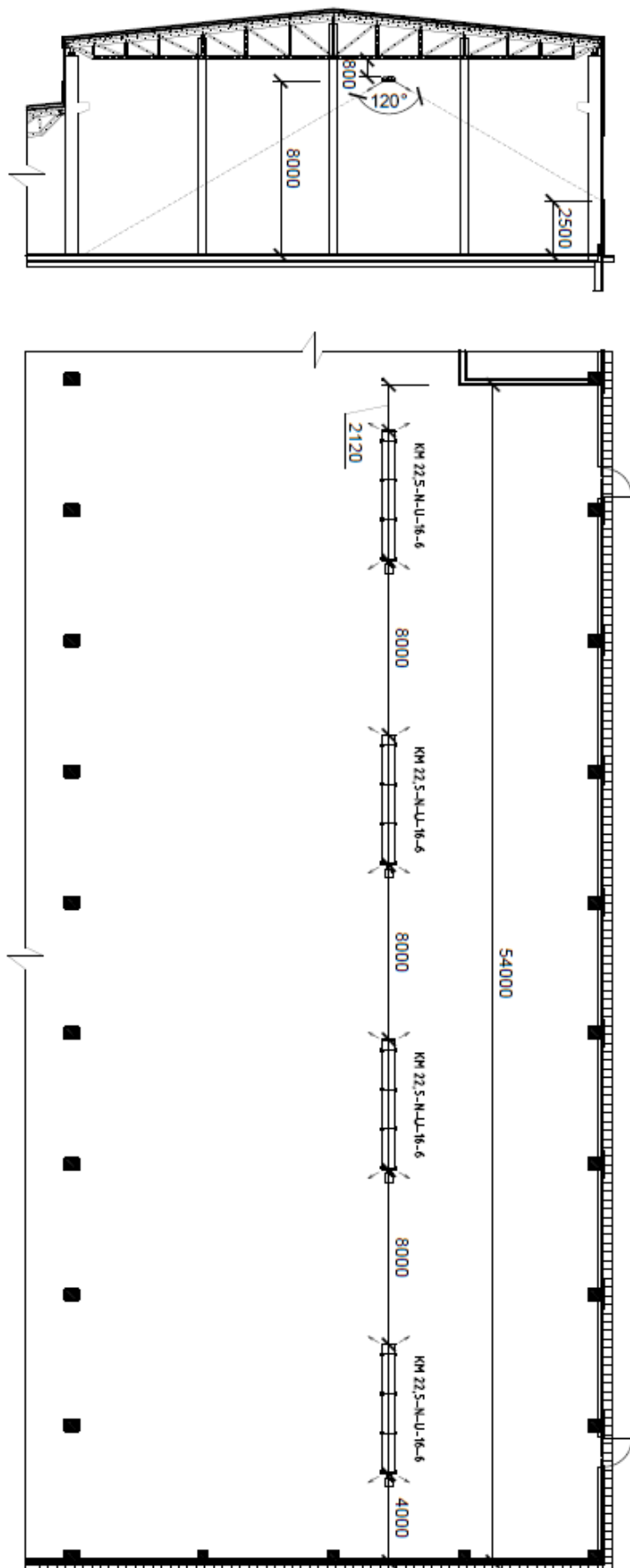
II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_N = 3,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$

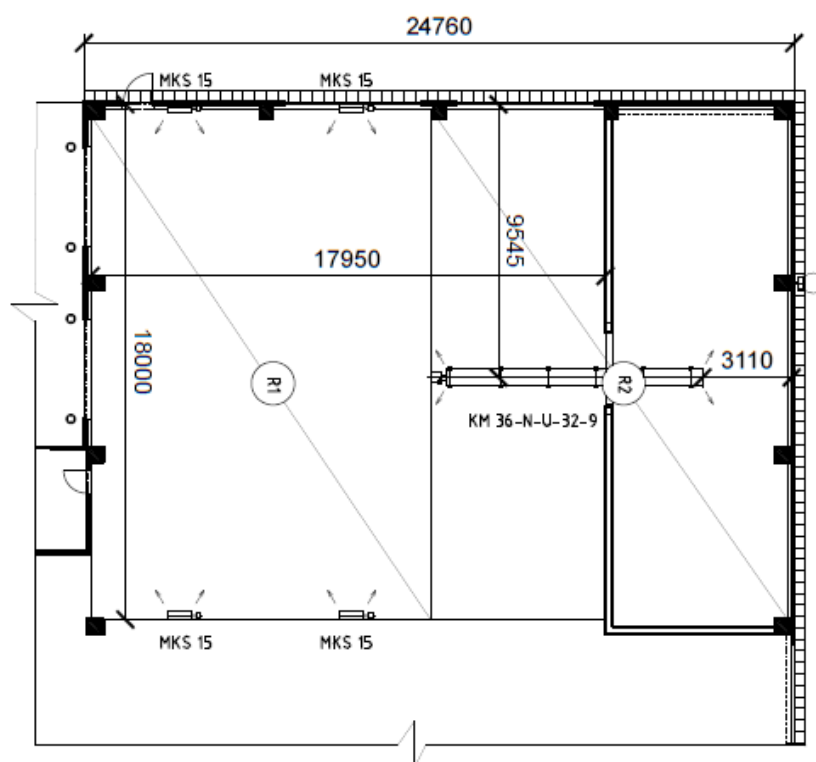
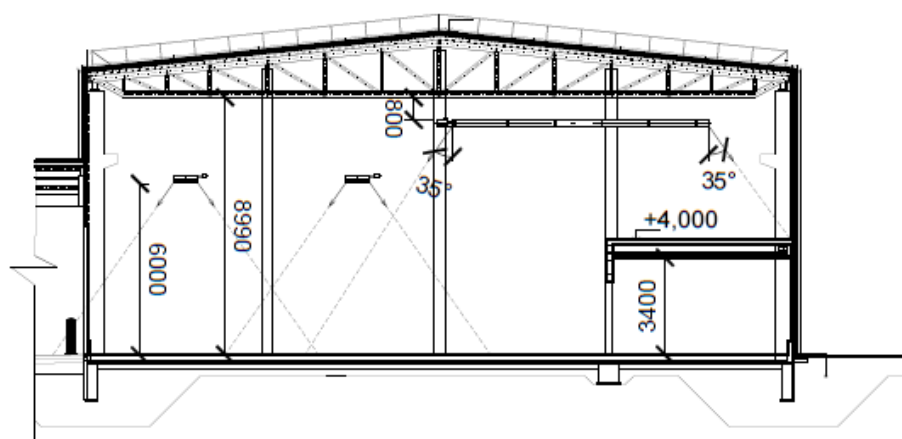
$U < U_N$... **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

Příloha 9 - Rozmístění zvolených zářičů v dílně A



Příloha 11 - Rozmístění zvolených zářičů v expedici



Příloha 12 - Srovnání nákladů na vytápění při použití různých druhů paliv

Náklady na vytápění – Výpočtová spotřeba tepla = 2154,2 GJ						
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva [Kč]		Účinnost spalování [%]	Cena tepla [Kč.kWh ⁻¹]	Spotřeba paliva za rok	Náklady na vytápění [Kč.rok ⁻¹]
Hnědé uhlí (18 MJ.kg ⁻¹)	3,55	/kg	55	1,29	217 596	772 466
Černé uhlí (23,1 MJ.kg ⁻¹)	5,1	/kg	55	1,45	169 555	864 732
Koks (27,5 MJ.kg ⁻¹)	8,5	/kg	62	1,79	126 346	1 073 941
Dřevo (14,6 MJ.kg ⁻¹)	3	/kg	75	0,99	196 731	590 192
Dřevěné brikety (17,0 MJ.kg ⁻¹)	4,8	/kg	75	1,36	168 957	810 993
Dřevěné pelety (17,0 MJ.kg ⁻¹)	5,2	/kg	85	1,3	149 080	775 214
Štěpka (12,5 MJ.kg ⁻¹)	2,5	/kg	80	0,9	215 420	538 550
Rostlinné pelety (16 MJ.kg ⁻¹)	3,65	/kg	90	0,91	149 597	546 030
Obilí (18 MJ.kg ⁻¹)	3,2	/kg	85	0,75	140 797	450 552
Zemní plyn (37,82 MJ.m ⁻³)	1,058	/kWh	89	1,33	746 465*	796 651
Propan (46,4 MJ.kg ⁻¹)	28	/kg	89	2,44	521 65	1 460 616
Lehký topný olej (42 MJ.kg ⁻¹)	28	/kg	89	2,7	57 630	1 613 633
Elektřina akumulace	198 Kč/měsíc		93	2,84	643 429*	1 700 790
Ceny a tarify	NT: 2,639 /kWh					
Elektřina přímotop	497 Kč/měsíc		98	2,84	610 601*	1 699 734
Ceny a tarify	NT: 2,77 /kWh					

* kWh, jinak celý sloupec kg