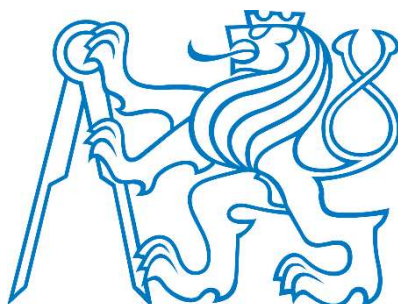


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



STUDIE NA TÉMA SÁLAVÉ VYTÁPĚCÍ TEPLOVODNÍ PANELY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

MARTINA NEČASOVÁ

Vedoucí bakalářské práce :

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2016/2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Nečasová Jméno: Martina Osobní číslo: 424388

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění základny zdravotnické záchrané služby

Název bakalářské práce anglicky: Heating system in the base of emergency medical service

Pokyny pro vypracování:

Projekt vytápění.

Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh otopných ploch, návrh systému vytápění, základní energetické výpočty.

Výkresová část - půdorys, svislý řez, detail technické místnosti, funkční schéma.

Studie na téma Sálavé vytápěcí teplovodní panely

Seznam doporučené literatury:

Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. ČNI 2005

ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. ČNI 2014.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

22.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Michala Kabrhela, Ph.D. s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, dne 5.5.2017

Martina Nečasová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a za cenné rady poskytované během konzultací.

Anotace

Tématem této bakalářské práce je vytápění základny zdravotnické záchranné služby. Práce je rozdělena na dvě hlavní části: projekt a studii. První se zabývá výpočtem tepelných ztrát, návrhem otopné soustavy, provedení jejího hydraulického vyvážení a návrhu vhodného zdroje tepla. Textová část projektu obsahuje technickou zprávu, ve výkresové části najdeme půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti a funkční schéma. Studie je zaměřena na problematiku teplovodních sálavých panelů.

Klíčová slova

vytápění, teplovodní sálavé panely, sálavé vytápění, sálání

Abstract

The topic of this bachelor's thesis is „The heating system in the base of emergency medical service“. The thesis is divided into two main parts: a project and a study. The project is focused on performing the heat loss calculations, designing the heating system, carrying out its hydraulic balancing and designing a suitable heat source. The text part of the project contains a technical report. In the drawing part plans of all floors, vertical section, detail of a technical room and a functional diagram can be found. The study is focused on hot water radiant panels.

Keywords

heating, hot water radiant panels, radiant heating, radiation

Obsah

Anotace.....	5
Klíčová slova	5
Abstract	5
Keywords	5
Úvod	7
Historie a vývoj vytápění zavěšenými sálavými panely	8
Charakteristika zavěšených sálavých panelů.....	12
Sálání jako fyzikální proces.....	12
Princip sálavého vytápění.....	12
Vlnová teorie	13
Korpuskulární teorie	14
Sdílení tepla konvekcí.....	14
Výhody a nevýhody sálavého vytápění	14
Stropní teplovodní sálavé panely	15
Použití.....	15
Konstrukční řešení	15
Materiálové řešení.....	16
Rozvod otopného média	16
Horká voda.....	16
Pára.....	16
Způsoby zapojení sálavých panelů	17
Sériové zapojení (do hadů)	17
Paralelní zapojení do registrů	18
Příklady teplovodních sálavých panelů nabízených na našem trhu	18
Sálavé panely KOTRBATÝ KSP	18
Konstrukce.....	18
Konstrukční varianty.....	19
Stropní sálavé desky Zehnder ZBN	20
Konstrukce	20
Konstrukční varianty.....	21
Teplovodní sálavé panely WATERSTRIP WP	22
Konstrukce.....	22
Závěr	24
Použité zdroje a literatura	25
Seznam obrázků.....	26

Úvod

Hlavním cílem vytápění budov je zajistit člověku tepelnou pohodu vnitřního prostředí v průběhu celého otopného období. Lidé tráví převážnou část svého života uvnitř budov, proto je velmi důležité zajistit v objektech co nejkvalitnější vnitřní mikroklima, na které je v dnešní době kladen velký důraz. Správně navržená technická zařízení v budovách mají zásadní vliv na celkový stav člověka, jak po fyzické, tak i po psychické stránce.

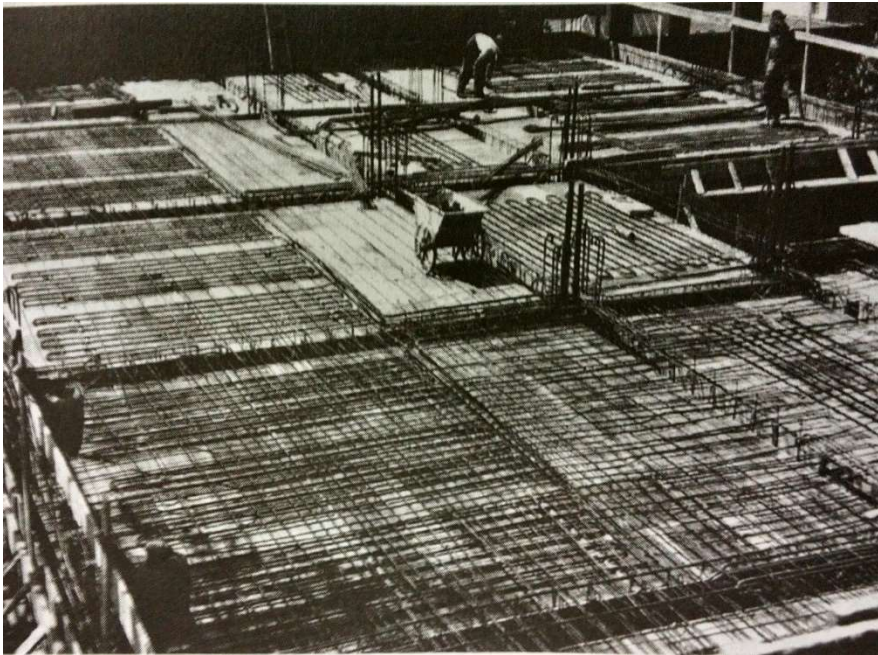
Tepelná energie je nedílnou součástí lidského života. Za její výrobu a distribuci se musí platit, proto je potřeba k jejímu využívání přistupovat šetrně, jak z důvodu ekonomického, tak i ekologického. Evropská legislativa v posledních letech klade důraz na snižování energetické náročnosti budov s cílem snižování spotřeby energie a emisí CO₂.

Tepelná energie je přenášena třemi typy sdílení tepla: vedením, prouděním a sáláním. V této práci se budu zabývat vytápěním pomocí teplovodních sálavých panelů, u kterých je podíl tepelného toku sdílený sáláním přibližně 80 %, zbylých 20 % je sdíleno prouděním. Sálavým způsobem vytápění lze docílit tepelné pohody člověka s použitím menšího množství tepelné energie v porovnání například s konvektory nebo deskovými, trubkovými a článkovými otopnými tělesy. Tato skutečnost je ovlivněna tím, že teplota vzduchu má nižší teplotu než okolní plochy.

Cílem práce je navržení otopné soustavy s využitím teplovodních sálavých panelů, o kterých pojednává teoretická část. Ta se zabývá principy sálavého vytápění, použitím, konstrukčním a materiálovým řešením panelů a jejich vývojem. V závěru jsou uvedeny příklady teplovodních sálavých panelů nabízených na našem trhu.

Historie a vývoj vytápění zavěšenými sálovými panely

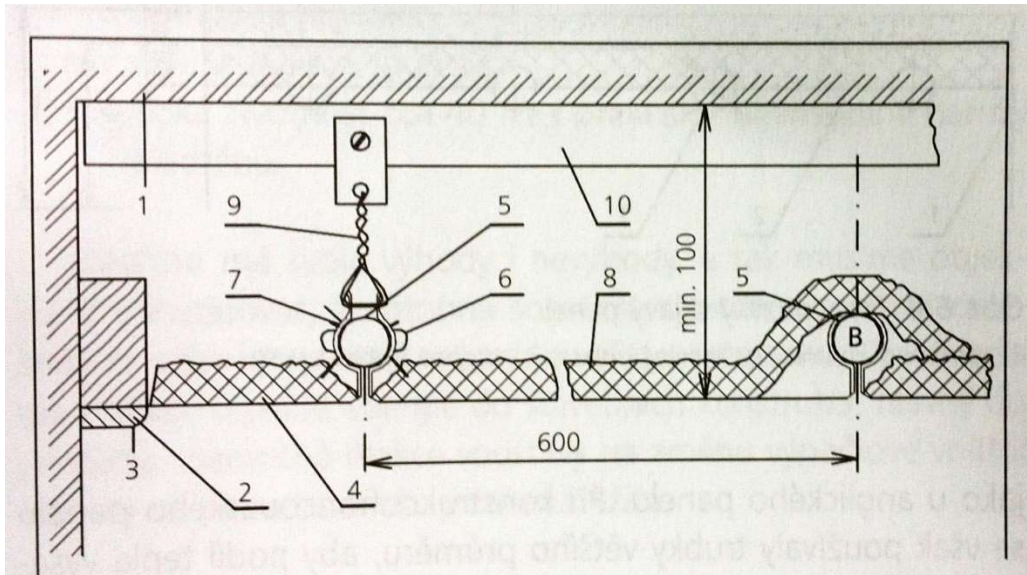
V roce 1907 byly zaznamenány první kroky, které vedly ke spojení přenosu tepla sáláním a otopných panelů zavěšených pod stropní konstrukcí, kdy A.H. Baker, pocházející z Anglie podal patent na vytápění sálovým teplem. Návrh spočíval ve vytvoření montážního rámu zhotoveného z desek s vložením otopných hadů zalitých sádrovou maltou. Vzájemným spojením potrubními spojkami byly vkládány do stěn i stropů. V roce 1928 byl tento způsob vylepšen firmou Crittal, sídlící v Londýně, tak, že se otopný rám dovážel na stavbu již jako prefabrikát.



Obr. 1, Montáž rámu stropního sálového vytápění s kovovými otopnými hady v administrativní budově firmou Crittal [1]

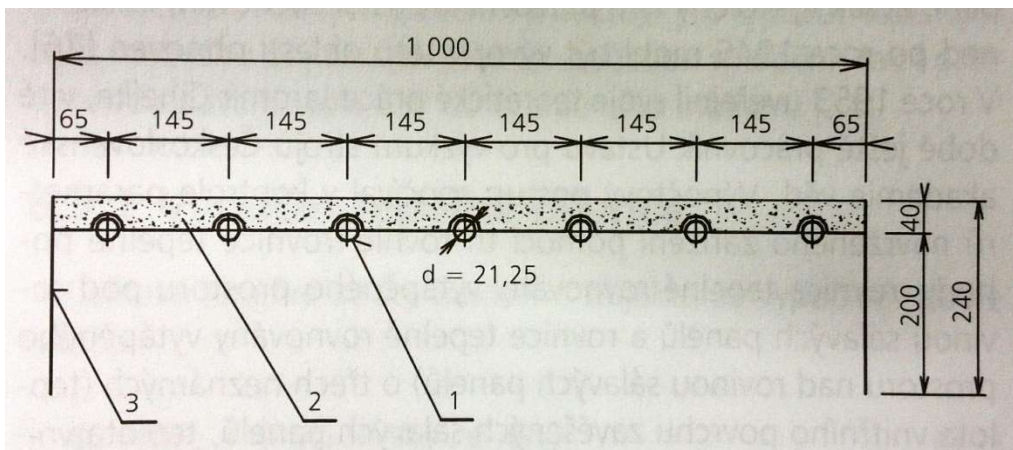
V roce 1932 Holanďan J. K. C. van Dooren navrhl zmiňované kovové rámy jako součást výztuže stavební konstrukce stropů. Toto řešení si nechal patentovat v Německu a v roce 1938 také v Československu. Pod názvem Zářivé topení – systém Crittal jej začala uvádět na trh a montovat společnost V.A. Skokan, sídlící v Praze.

V roce 1945 oddělili norští konstruktéři otopnou plochu od stropní konstrukce. Ta byla buď součástí podhledu, nebo volně visela pod stropem. Tento systém byl propagován pod obchodní značkou Frenger a jako sálové vytápění Satal se v roce 1962 dostal i na československý trh. Otopná plocha byla tvořena trubkami DN 15 volně zavěšenými pod stropem a hliníkovými děrovanými kazetami s povrchovou úpravou. Kazety se k trubkám přichytávaly svorkami. Tepelnou a zvukoizolační funkci plnila izolační rohož, kterou byly děrované kazety shora zakryty.



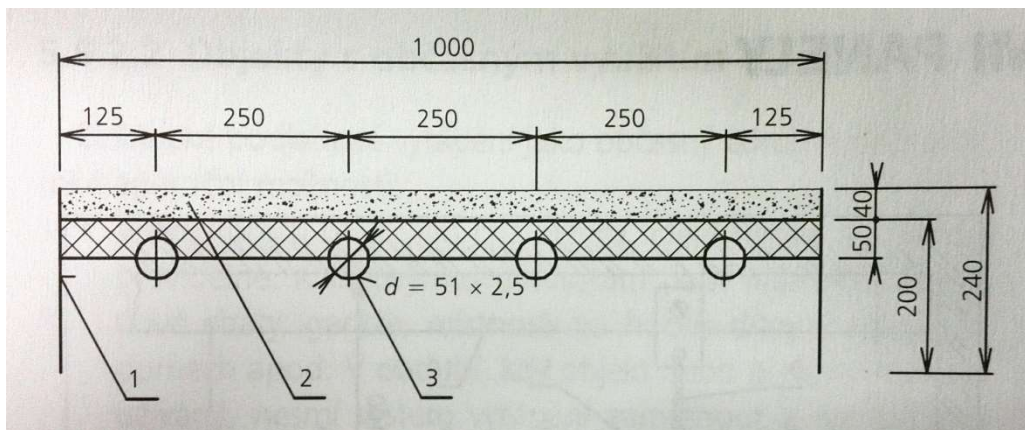
Obr. 2, Zavěšený pohled Frenger – Satal [1]

Ve velké míře se sálavý způsob vytápění využíval i v Anglii. Zde přišli s vlastním výrobkem tvořeným z trubek, zákrytu z vysoce tepelně vodivého materiálu a křidélek připevněných v zákrytu pod úhlem 45 ° a 90 °. Zákryt, obvykle z hliníkového nebo ocelového plechu, byl vodivě spojen s trubkami, což byla nejdůležitější funkční podmínka.



Obr. 3, Anglický sálavý panel [1]

Značnou konkurenci v této oblasti představovala Francie, jejíž průkopníkem byl odborník na vytápění prof. F. Missenard. Rozdíl mezi anglickým a francouzským sálavým panelem spočíval v tom, že ve francouzském modelu nebyl zákryt vodivě spojený s trubkami.



Obr. 4, Francouzský sálavý panel [1]

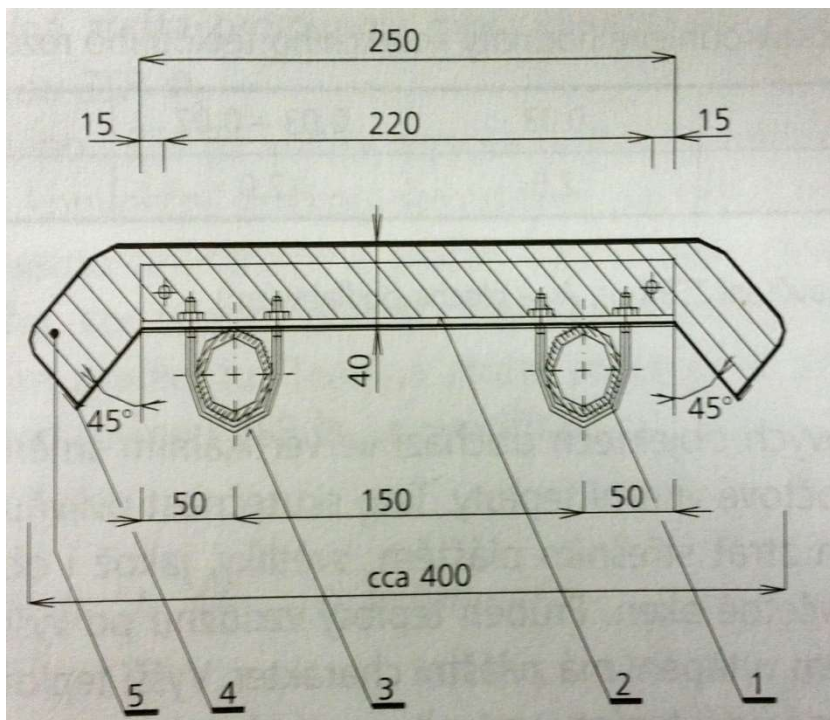
Z vrchní části trubek přestupovalo teplo na zákryt pouze sáláním, zatímco mezi chladnějším povrchem zákrytu a teplejšími trubkami konvekcí vzduchu. Aby docházelo k přestupu tepla, musel mít materiál vnitřního zákrytu i trubek vysokou emisní schopnost. U francouzského panelu se využívaly trubky o větším průměru, aby ze spodní části trubek a spodní části zákrytu bylo přivedeno větší množství vysálaného tepla do spodní části prostoru.

V Československu se rozvoj vytápění velkoprostorových objektů zavěšenými sálavými panely vyvíjel jak teoretickým směrem, tak konstrukčně – realizačním směrem. Do 30. let minulého století chyběl vědecký základ potvrzující předpoklady výpočtem, a tak se návrhy sálavého vytápění často opíraly hlavně o empirickou zkušenost. Změna nastala díky Karlu Kalousovi, jehož význačná práce pod názvem Základní rovnice pro šíření tepla byla v roce 1927 zveřejněna v časopise Strojírenský obzor. V roce 1937 byla publikována jeho obecná teorie sálavého vytápění ve VDI (Berlín) s názvem Allgemeine Theorie der Strahlungsheizung. Dva roky poté zpracoval konkrétní návod pro praxi, zveřejněný v Gesundheits-Ingenieur s názvem Praktický výpočet sálavého vytápění.

V roce 1953 zveřejnil Jaromír Cihelka, působící v Ústavu pro výzkum strojů Československé akademie věd, teoretické práce. V postupu výpočtu šlo o kontrolu parametru navrženého zařízení. Tento model se značně lišil od zažitého postupu pro vytápění než se udávalo v tehdejší ČSN 06 0210, proto se tepelný výkon zavěšených sálavých panelů stanovoval v souladu s touto normou i přesto, že se otopná soustava předimenzovala. V některých případech se navrhovaly úpravy výpočtu oproti klasickému postupu výpočtu. Avšak i s těmito úpravami nebyl výpočet dostatečně výstižný pro skutečné poměry sálavého odevzdávání tepla do vytápěného prostoru. Zejména byl opomíjen základní charakteristický jev daného způsobu vytápění – vliv intenzivního osálení podlahy.

Vzájemné diskuze J. Cihelky, M. Kotrbatého a M. Bašuse vedly k poznatku, že je nutné navrhovat závěsné sálavé panely respektováním fyzikální hodnoty poměru osálení při výpočtu tepelných ztrát. Postupně se výpočet prováděl s dalšími úpravami, jimiž se otopná soustava popisovala co nejreálněji se zabezpečením teplotních poměrů ve velkoprostorovém objektu vytápěném sáláním.

Konstrukčně – realizační vývoj otopného tělesa nastal během roku 1953 v důsledku uveřejnění návrhu a nového teoretického postupu výpočtu sálavých panelů. Poprvé byly sálavé panely zhotoveny v českých loděnicích v Praze. Jednotlivé sálavé panely se vyráběly jako 6 metrů dlouhá otopná tělesa a sestavením za sebou vytvářela souvislý pás. Ukázalo se, jak moc je náročná samotná konstrukce sálavého panelu, z toho důvodu se začaly tvořit pásy za sálavých panelů KM I, vyráběné přímo na stavbě. Nejdříve byly zavěšeny trubky na střešní nebo stropní konstrukci. Přes zavěšené trubky se položil plech, jehož mírným zahnutím směrem dolů po obou stranách se docílilo vytvoření postranních křidélek. Vrchní strana plechu byla překryta řádně upevněnou tepelnou izolací.



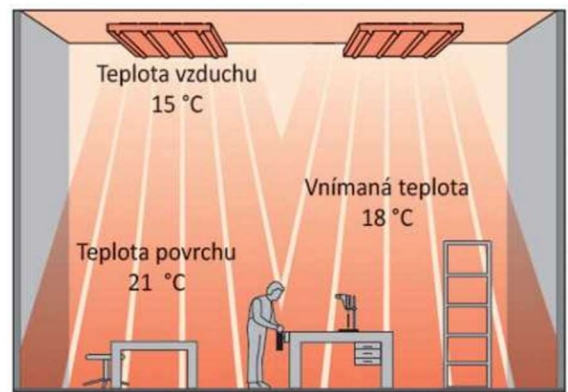
Obr. 5, Stavebnicový sálavý panel KM I-2 [1]

Průlom v oblasti konstrukce sálavého panelu se objevil koncem 80. let 20. století zahájením výroby stavebnicového sálavého panelu s reflexní plochou KZ ve Strojárnách v Sedlčanech. [1]

Charakteristika zavěšených sálových panelů

Cílem vytápění a chlazení budov je vytvoření tepelné pohody vnitřního prostředí. Vlivem biologických pochodů člověk neustále produkuje metabolické teplo. Takto vyprodukované teplo odevzdává do okolí. Pokud je tělu odebráno stejné množství tepla, jaké v danou chvíli produkuje, nastává stav, který nazýváme tepelnou rovnováhou. Tepelná pohoda definuje takový stav vnitřního prostředí, kdy je mezi okolím a organismem člověka splněna podmínka tepelné rovnováhy. [2]

Tepelná pohoda vytvářená sálovými panely je člověku z hlediska fyziologického značně blízká, protože její vznik podléhá podobným principům, jakými je vytvářeno prostředí na Zemi. Slunce, prostřednictvím svého záření, nejdříve ohřeje povrch Země. Následně dochází k ohřívání vzduchu od zemského povrchu. Sáláním se vytváří prostředí, v němž je teplota vzduchu nižší než střední radiační teplota. Tepelná pohoda se v místě pobytu člověka určuje teplotou kulového teploměru. Díky této skutečnosti je tento systém vytápění výrazně energeticky úspornější v porovnání s jinými systémy vytápění.



Obr. 6, Teplota vzduchu a vnímaná teplota [3]

Tepelný tok sdílený sáláním je přibližně 80 %, zbylých 20 % je sdíleno konvekcí. [1,3,4]

Sálání jako fyzikální proces

Princip sálového vytápění

Jak už bylo řečeno, princip předávání tepelné energie ze stropních sálových panelů je shodný s šířením tepelné energie ze Slunce na zemský povrch - sáláním. Přenos tepelné energie sáláním je uskutečňován díky elektromagnetickému záření. Toho záření je vyzařováno každou hmotou, která má absolutní teplotu vyšší než je absolutní nula, tj. nula kelvinů. Vyzářená energie je závislá na absolutní teplotě hmoty. Se zvyšující se absolutní teplotou hmoty se zvyšuje vyzářená energie. Sdílení tepla tohoto typu je nejčastější pro

pevná tělesa. Množství energie přenesené mezi tělesy nezávisí pouze na absolutní teplotě hmoty, ale rovněž na povrchových vlastnostech jednotlivých těles a vzájemné geometrické poloze.

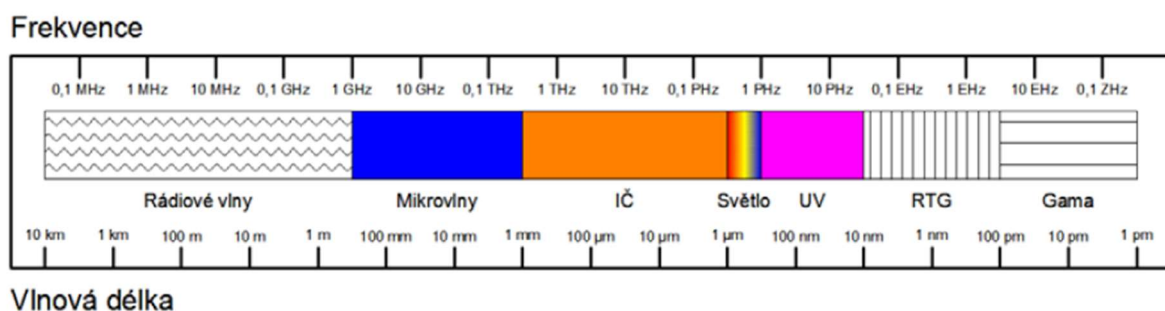
Elektromagnetické záření ke svému šíření nepotřebuje hmotné prostředí, šíří se i ve vakuu ve formě podélných i příčných elektromagnetických vln. Způsob vzniku tepelného záření spočívá v přivedení energie do hmoty a následnému vybuzení částic. Právě způsobem vzniku se liší tepelné záření od všech ostatních elektromagnetických vln. Návrat vybuzených částic zpět do nižší energetické hladiny je doprovázen emisí fotonů.

Elektromagnetické záření má z fyzikálního hlediska jak vlnový, tak korpuskulární charakter.

Vlnová teorie

Energie je přenášena elektromagnetickým vlněním o určité frekvenci a vlnové délce. Záření je šířeno rychlostí světla. Frekvence, vlnová délka a rychlost světla jsou vzájemně závislé veličiny. Vlnové vlastnosti elektromagnetického záření se projevují teprve při dlouhovlnném záření.

Elektromagnetické vlnění má různé druhy, které závisí na druhu excitačního procesu při jeho vzniku. Podle toho, zda má záření kratší, respektive delší vlnovou délku než má viditelné světlo, rozlišujeme záření dlouhovlnné a krátkovlnné. Mezi dlouhovlnné záření řadíme rádiové vlny a mikrovlny, ty jsou nedílnou součástí elektrotechniky. Na druhé straně spektra elektromagnetického záření nalezneme krátkovlnné záření, mezi něj řadíme rentgenové záření a gama záření. Dlouhovlnné záření je částí jadrové techniky a fyziky vysokých energií. Mezi těmito dvěma skupinami se nachází oblast záření tepelného, obsahující infračervené záření, světelné záření a část ultrafialového záření. Tepelná energie sáláním se přenáší formou elektromagnetického záření s má vlnovou délku $\lambda = (0,750 - 400) \mu\text{m}$, jíž odpovídá frekvence $f = (0,450 - 750) \text{GHz}$.



Obr. 7, Spektrum elektromagnetického vlnění [5]

Korpuskulární teorie

Podle této teorie je sálání vnímáno jako proud kvant elektromagnetického záření-fotonů. Foton je elementární částice pole s energií, hybností a elektromagnetickou hmotností. Při pohybu fotonů látkou se absorbují a emitují energie fotonů pomocí atomů a molekul látky. Kvantové vlastnosti látky se projevují z velké části při krátkovlnném záření. [5,6,7]

Sdílení tepla konvekcí

Teplu z povrchu sálavé otopné plochy není sdíleno jen sáláním. V důsledku přirozeného proudění, vyvolaného rozdílnými měrnými hmotnostmi zahřátého vzduchu, je teplo sdíleno také konvekcí. Množství sdíleného tepla pomocí konvekce závisí na tvaru, drsnosti a velikosti povrchu ochlazovaného tělesa, fyzikálních parametrech tekutiny, rozdílu teplot tekutiny a tělesa. V případě nuceného proudění je závislé i na rychlosti proudění tekutiny.

Sdílení tepla pomocí konvekce tvoří neúčinnou složku příkonu sálavých panelů. Pro snížení této tepelné ztráty se k panelům připojí postranní křídélka, která pod již zahřátým povrchem zadržují vrstvu „klidného“ vzduchu. Použitím křidélek se značně sníží přestupování tepla konvekcí. [8]

Výhody a nevýhody sálavého vytápění

Přednosti, díky nimž se v současné době řadí vytápění pomocí zavěšených sálavých panelů mezi hojně používané jsou:

- Vytváří velice příznivé prostředí, které má v horizontálním směru rovnoměrné teplotní pole.
- Díky převažující sálavé složce sdílení tepla je dosaženo požadované výsledné teploty při relativně nízké teplotě vzduchu v interiéru.
- Snížení tepelných ztrát pod stropem vlivem rozložení vnitřní teploty ve vertikálním směru.
- Vytvářejí zdravější prostředí, protože nevíří prachové částice.
- Nevytvářejí hlučné prostředí.
- Umožňují dosažení podmínek tepelné pohody pouze do omezeného místa usměrněním proudu tepla.

Mezi slabé stránky můžeme zařadit:

- Značná setrvačnost otopné soustavy příčinou vysoké akumulace tepla do stavebních konstrukcí. [1]

Stropní teplovodní sálavé panely

Použití

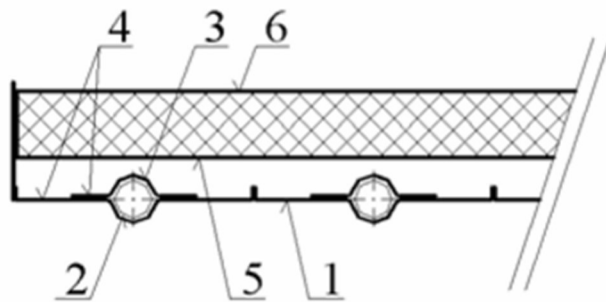
Zavěšené stropní sálavé panely mají velmi širokou škálu využití. Nejčastěji se využívají pro vytápění velkých objektů pozemního stavitelství, kterými jsou například výrobní a montážní haly, skladové prostory, hangáry, sportovní haly, tělocvičny, výstavní prostory. Zejména v prašných provozech je vhodné jejich použití, vzhledem k tomu, že při jejich provozu nedochází k víření prachových částic. Stropní panely lze použít i pro vytápění menších objektů, obvykle se světlou výškou větší než 3 m. Menšími objekty rozumíme rodinné domy, byty, garáže, vstupní haly, galerie, reprezentativní prostory. [7,9]

Konstrukční řešení

Důležitým požadavkem, vhodným pro získání maximální účinnosti sálání, je povrchová teplota účinné plochy. Stavebnicová sálavá otopná soustava je tvořena ze zavěšených sálavých panelů. Ty mohou, díky modulům šířky 150 mm, vytvářet otopnou plochu s variabilními rozměry. Moduly tvoří kovové desky z hliníkového roznášecího plechu tl. 0,8 mm (1- viz obrázek), zahříváným zapuštěnými ocelovými otopnými trubkami DN 28 x 1,5 mm (2- viz obrázek), v kterých proudí horká voda s maximální teplotou 140 °C a maximálním tlakem 1,6 MPa. Ocelové trubky jsou shora kryty hliníkovým pásem (3- viz obrázek), jenž je spolu s modulovým hliníkovým plechem značně leštěným povrchem, z důvodu zamezení přenosu tepla z povrchu sálavé plochy (4- viz obrázek) na plochu tepelné izolace-40 mm minerální vlny (5- viz obrázek). Tepelná izolace slouží také pro absorbování hluku. Moduly se připevňují přes můstky pomocí třmenů k příčně kladeným nosníkům do různých šířek panelů. Na vrchní straně panelu je nutné zamezit neúčelnému sdílení tepla směrem nahoru. Toho je docíleno tepelnou izolací s hliníkovou fólií (6- viz obrázek). Tepelná izolace může být buď zabudována přímo v panelu, nebo zvlášť.

Vzájemné spojování sálavých panelů vytváří pásy o libovolné délce. Konečnou úpravou je zasunutí postranních bočnic na krajní panely. Takto vzniklé pásy jsou napojeny na rozvodnou soustavu pomocí připojovacích registrů, umístěných na koncových panelech jednotlivých pásů. Sálavá otopná plocha plní současně funkci rozvodného potrubí. Na hospodárnost při tomto způsobu vytápění má zásadní vliv teplota otopné látky a šířka

sálavého panelu. S rostoucí šířkou sálavých panelů a teplotou otopné látky roste i jeho sálavý výkon v důsledku růstu střední povrchové teploty. [1,7,8]



Obr. 8, Příčný řez sálavým panelem [1]

Materiálové řešení

Panely mohou být buď celé z oceli, nebo ocelové trubky s hliníkovou otopnou plochou. Celooceľové provedení znamená, že otopná plocha i otopné trubky jsou v ocelovém provedení. V tomto provedení má plech tloušťku 1,5 mm. Jednotlivé otopné trubky mají rozteč přibližně 150 mm. V případě panelů s otopnou plochou z hliníku má plech tloušťku 0,8 mm. Otopné trubky jsou opět v ocelovém provedení s roztečí přibližně 150 mm. Panely mají výrazně nižší hmotnost v porovnání s celooceľovými. To přispívá k jejich snazší montáži. [7]

Rozvod otopného média

Otopným médiem zavěšených teplovodních sálavých panelů je buď horká voda s maximální teplotou 140 °C a tlakem 1,6 MPa, nebo sytá pára s maximální teplotou 180 °C a tlakem 1,6MPa. Minimální rychlost média proudícího v panelech $w_{\min} = 0,15 \text{ m/s}$, pro vodorovně zavěšené panely.

Horká voda

Předností panelů zahříváných horkou vodou je možnost plynulé regulace tepelného výkonu pomocí změny teploty otopné vody. Regulovat lze jak centrálně přímo u kotle, tak i individuálně na jednotlivých panelech. Vodu není třeba v otopném systému vyměňovat, proto vytápěcí zařízení při použití horké vody má větší životnost. Horká voda vykazuje velkou tepelnou setrvačnost. Povrchová teplota není rovnoměrná, klesá v důsledku poklesu teploty otopné vody protékající registrem.

Pára

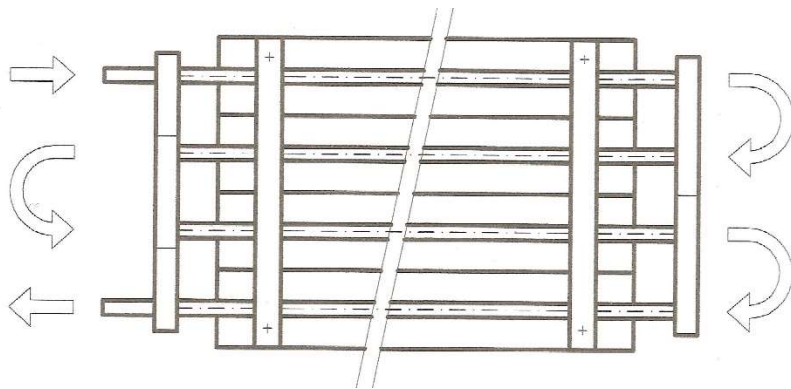
U panelů, jenž jsou zahřívány párou, nelze měnit tepelný výkon plynule. Regulace se v tomto případě provádí uzavřením některých ze skupin panelů. Předností je jednak velká

provozní pohotovost a také rovnoměrnost povrchové teploty po celé délce panelů. Při parním provozu se rozvody i samotné sálavé panely navrhují se spádem 3-5 ‰ ve směru toku kondenzátu i páry. Odtok kondenzátu se musí brát v úvahu i při návrhu spojovacích registrů mezi jednotlivými panely. Vyjma akumulčního potrubí před odváděči kondenzátu, nesmí v žádném místě otopné soustavy zůstat kondenzát, pokud se soustava odstaví z provozu. Z konce pásu je nutné umístit alespoň 1 m svisle vedeného potrubí nad odváděč kondenzátu. Zmíněná svislá potrubí je důležité také při odvzdušňování. Pro odváděč kondenzátu se musí umístit filtr s dobrou přístupností z důvodu jeho údržby. Instalace odváděče kondenzátu je vhodná pro každý okruh se samostatnou regulací. [1,8]

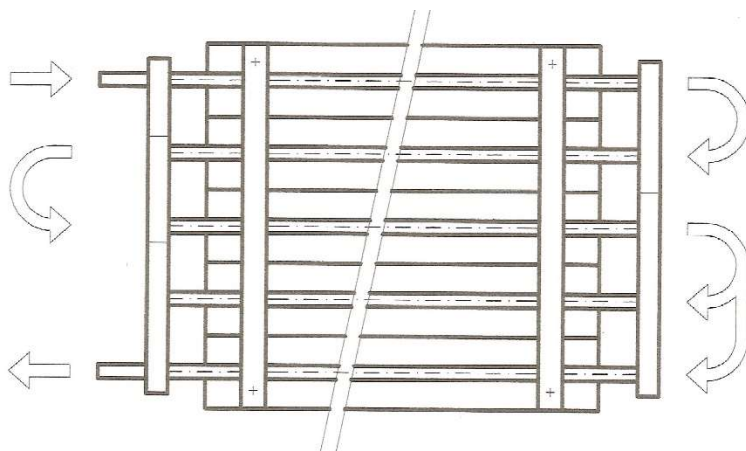
Způsoby zapojení sálavých panelů

Sériové zapojení (do hadů)

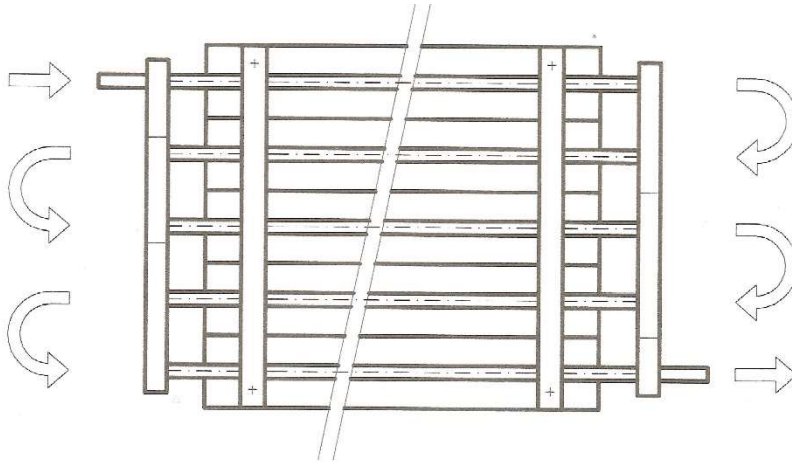
Toto zapojení lze použít v případě malého teplotního rozdílu topného média přívodu a zpátečky, tj. $\Delta\theta \leq 20 \text{ K}$, při maximální délce pásu 40 m.



Obr. 9, Napojení trubek sálavého panelu do hadů, sudý počet modulů [7]



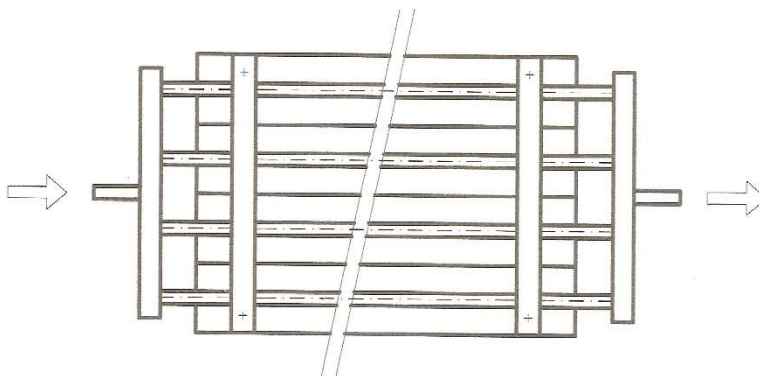
Obr. 10, Napojení trubek sálavého panelu do hadů z jedné strany, lichý počet modulů [7]



Obr. 11, Napojení trubek sálavého panelu do hadů z obou stran, lichý počet modulů [7]

Paralelní zapojení do registrů

Toto zapojení umožní vytvoření velmi dlouhých pasů sálavých panelů s dostatečně velkým teplotním spádem topného média. Například pro teplotní spád 150/70 °C může pas dosahovat délky až 230 m. [7]



Obr. 12, Napojení trubek sálavého panelu do registrů [7]

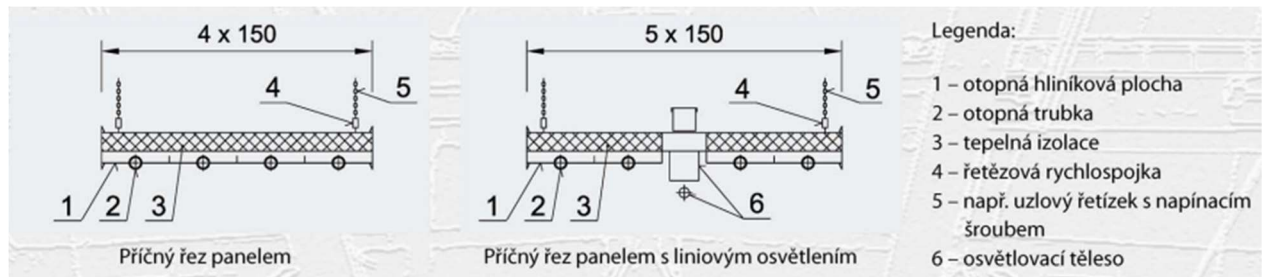
Příklady teplovodních sálavých panelů nabízených na našem trhu

Sálavé panely KOTRBATÝ KSP

Konstrukce

Základní prvek tvoří hliníková lamela šířky 150 mm, do níž je zapuštěna ocelová trubka $\text{Ø}28 \times 1,5$ mm. Bočnice je zhotovena z hliníkového plechu. Tepelná izolace je tvořena minerální vlnou tl. 40 mm s hliníkovým polepem, vložená již při výrobě panelu. Celková výška panelu je 70 mm. Standartní šířky jsou 300–1500 mm po modulech šířky 150 mm. Standartní délky jsou 2 m, 3 m, 4 m a 6 m. Spojování jednotlivých panelů do pásů se provádí buď

svařováním, nebo lisováním. Otopné trubky lze zapojit jak sériově, tak i paralelně do registrů. Do panelu lze integrovat pás s liniovým osvětlením. Liniové osvětlovací těleso se vymění za běžný modul. Zavěšují se pomocí lankového systému nebo uzlových řetízků.

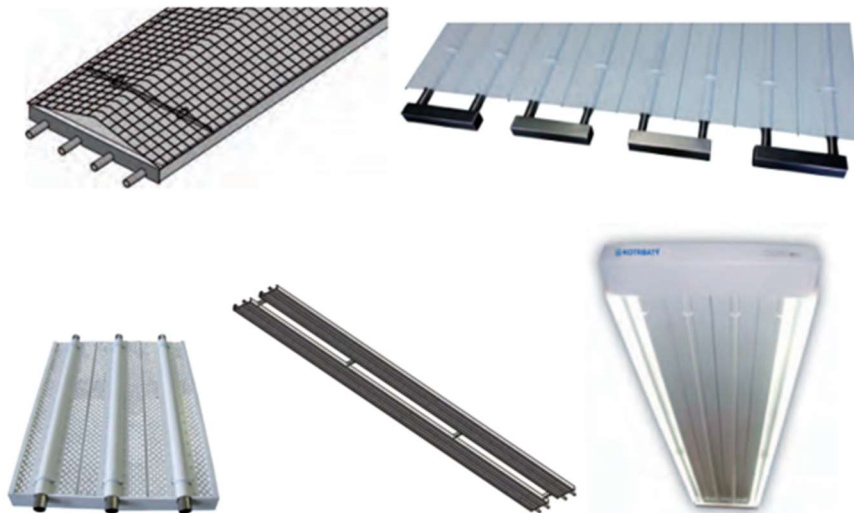


Obr. 13, Složení a rozměry panelů KSP [10]

Konstrukční varianty

Firma nabízí nejrůznější konstrukční varianty. Vždy jde o sestavování panelů v provedení průběžném, koncovém a oboustranně koncovém. Konstrukční řešení jsou:

- *KSP-Standardní řešení* používané pro nejběžnější aplikace.
- *KSP Sport-Panely* jsou zakryty vrchní krycí mřížkou, díky níž jsou odolné proti nárazu míče a jejím spádováním je zabráněno zachycení míče na povrchu panelu.
- *KSP Cool-Panel* má možnost kromě vytápění i chladit. Odolnost vůči korozi je zvýšena pozinkovanými otopnými trubkami. Toto řešení musí být vždy kombinováno čidlem, které minimalizuje možný vznik kondenzace.
- *KSP Color*-Možnost zvolit si libovolnou barevnou variantu.
- *KSP Farm*-Řešení umožňuje celý panel desinfikovat a umýt WAP. Otopné trubky v nerezovém provedení, bez koncových a bočních křidélek i bez tepelné izolace.
- *KSP Akustik*-Řešení s děrovanými lamelami ke zvýšení akustické pohltivosti, do akusticky citlivých prostor se zavařenou izolací v plastové folii.
- *KSP Light*-Řešení s integrovaným pásem liniového osvětlení, vyměňeného za běžný modul.
- *KSP LED basic*-Liniová LED svítidla osazena z boku na panel, není nutno provádět konstrukční úpravu.
- *KSP LED premium*-Liniová LED svítidla osazena do konstrukce stejným způsobem jako u varianty KSP Light. [10]

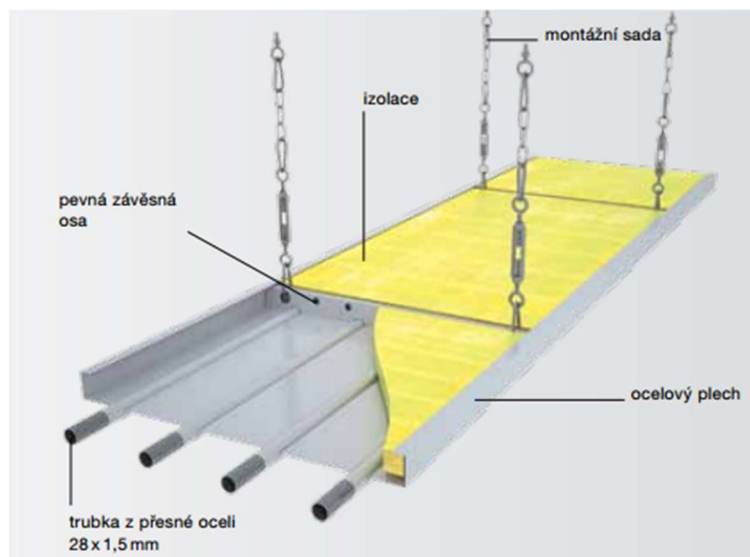


Obr. 14, Konstrukční varianty panelů KSP (KSP Sport, KSP Farm, KSP Akustik, KSP Light, KSP LED basic, KSP LED premium) [10]

Stropní sálavé desky Zehnder ZBN

Konstrukce

Stropní sálavé desky jsou tvořeny ocelovým plechem s drážkami pro otopné trubky z přesné oceli $\varnothing 28 \times 1,5$ mm s roztečí 150 mm. Na vrchní straně desky je umístěna tepelná izolace. Standardní šířky jsou 300–1200 mm po modulech šířky 150 mm. Jednotlivé desky jsou vyráběny od 2 m až do délky 7,5 m, což je oproti ostatním výrobcům ojedinělost snižující montážní náklady. Povrch desek je buď hladký, nebo perforovaný. Zvukové vlny se skrz perforovaný plech dostávají do tepelné izolace, tím se výrazně redukuje hladinu hluku a snižuje dobu dozvuku. Sálavou stropní desku je možné zavěsit dvěma způsoby-pevnou a variabilní závěsnou osou. U variabilních závěsných os umožňují připevňovací body posunutí v podélném směru desky, a tak lze zavěšení přizpůsobit konkrétním stavebním podmínkám. V případě pevných závěsných os nejsou připevňovací body posunutelné, nachází se pevně na desce. Spojování jednotlivých desek lze pomocí lisovaných nebo svarových spojů. Maximální provozní teplota a tlak jsou 120 °C respektive 0,1 MPa, vyšší provozní teplota a tlak jsou možné na vyžádání.

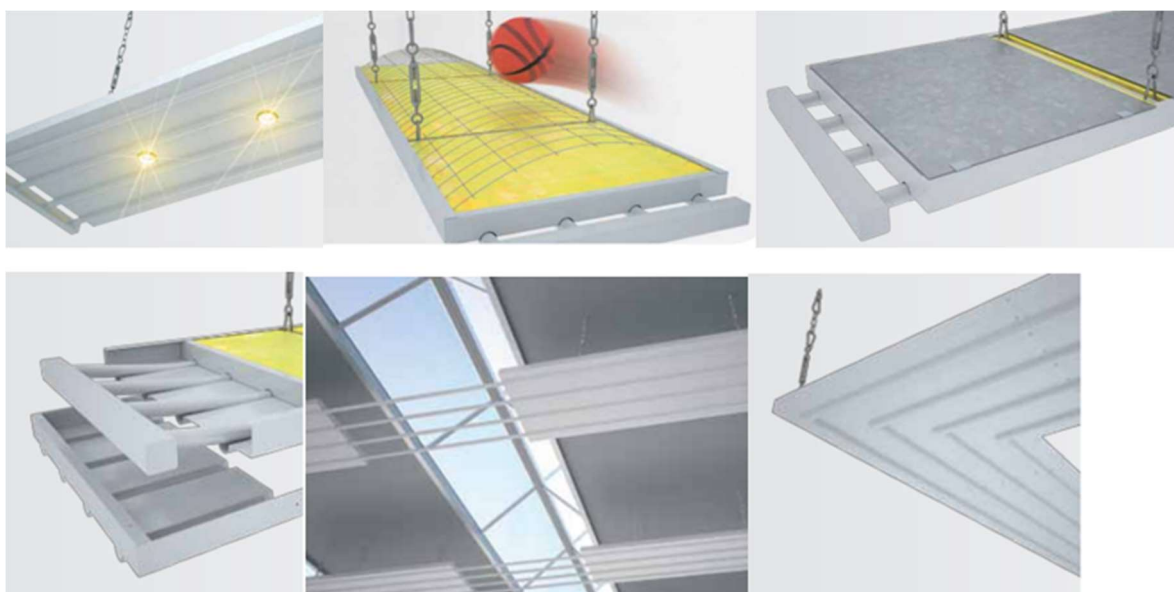


Obr. 15, Konstrukční řešení stropní sálavé desky Zehnder ZBN [10]

Konstrukční varianty

Kromě standardních řešení existuje řada speciálních řešení, kterými lze vyhovět většině prostor. Mezi speciální řešení patří:

- Integrace svítidel, reproduktorů, hlásičů požáru.
- Pozinkovaná krycí mříž pro zabránění zachycování míčů.
- Na vrchní straně plech, který jde čistit od prachu.
- Zhlaví kryje záslepkový kryt.
- Přerušení ocelového plechu pro přístup světla u střešních světlíků.
- S řezem na pokos. [12]

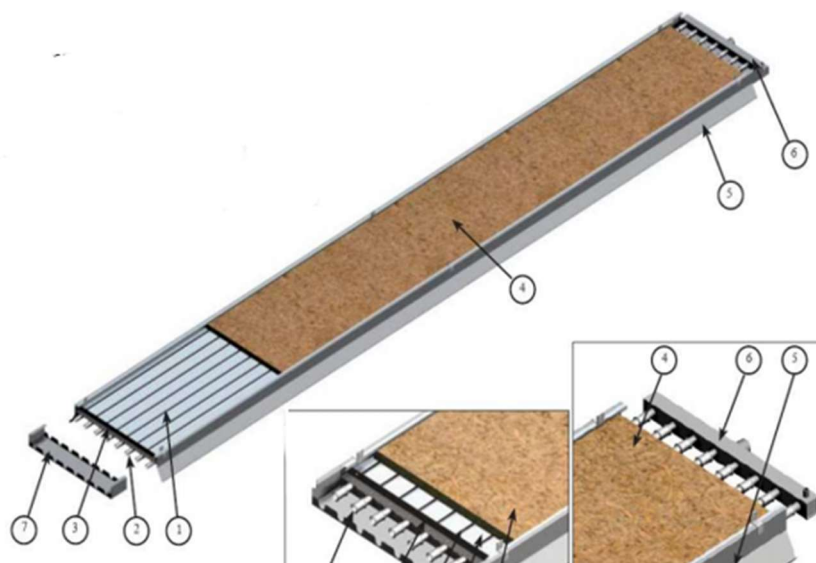


Obr. 16, Konstrukční varianty stropních sálavých desek Zehnder ZBN [12]

Teplovodní sálavé panely WATERSTRIP WP

Konstrukce

Teplovodní sálavé panely tvoří několik řad pozinkovaných ocelových otopných trubek $\varnothing 28$ mm. K trubkám je na těsno připevněna ocelová deska z pozinkovaného plechu s dvojitou ochranou a barevným nástřikem, na kterém je tepelná izolace. Jako tepelná izolace je použita minerální vlna, pokládána na panely až při instalaci. Standartní šířky jsou 550 mm, 750 mm, 1150 mm, 400 mm, 600 mm, 900 mm a 1200 mm. Standartní délky jsou 4 m a 6 m. Reflexní plechy je možné opatřit postranními křídélky směřující sálání do požadovaného prostoru, což minimalizuje tepelné ztráty konvekcí. Postranní křídélka jsou vhodná zejména v prostorech se zvýšeným prouděním vzduchu nebo při zavěšení sálavých panelů ve větších výškách. Zavěšují se buď na příčné nosníky rozmístěné s roztečí přibližně 1,5 m, nebo pomocí speciálních stranových závěsů s libovolnou roztečí po celé délce panelů. Spojování jednotlivých panelů do pásů se provádí lisovacími fitinkami $\varnothing 28$ mm, ty jsou zárukou absolutně těsného spojení. Tímto lisovaným spojením je zaručena absolutní těsnost do maximální teploty 110 °C a maximálního tlaku 1 MPa v soustavě. Konce pásů jsou vybaveny sběrnými kolektory. Jejich spojování se provádí stejným způsobem jako spojování panelů, tedy lisováním. Pokud je však jako otopné médium použita přehřátá pára, musí se spoje provádět svařováním. V takovém případě je navíc třeba použít speciálních sběrných kolektorů se čtvercovým průřezem. Barva ve standardním provedení je světle šedá. Vytápěcí systém je možné v létě využívat jako chladicí systém napojením na chladnou vodu. [13]



1. Profilovaný reflexní plech z lakovaného ocelového plechu
2. Těplosměnná trubka D_n 28 mm nebo D_n 22mm (dle typu)
3. Příčná výztuha
4. Izolace na vrchní straně pásu
5. Stranové křídélko reflektoru
6. Kolektor
7. Spojení trubek lisovanými fitinkami a krycí plech

Obr. 17, Konstrukční řešení panelu WATERSTRIP WP [13]

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout optimální řešení vytápění objektu základny zdravotnické záchranné služby s použitím teplovodních sálavých panelů. Pro návrh otopné soustavy objektu bylo nutné nejprve vypočítat tepelné ztráty jednotlivých místností a celkovou tepelnou ztrátu objektu. Na základě tohoto výpočtu byla navržena otopná tělesa do jednotlivých místností, společně s vhodným zdrojem tepla. Správná funkce otopné soustavy je zajištěna hydraulickým vyvážením, k němuž bylo potřeba vypočítat tlakové ztráty všech úseků. Vyregulování tlakové difference je docíleno pomocí přímých regulačních šroubení a termostatických ventilů.

Celková tepelná ztráta objektu činí 8408 W. Do celkového potřebného výkonu zdroje tepla, který činí 13 198 W, je započten i výkon 4790 W na ohřev teplé vody. Pokrytí tepelných ztrát objektu je zajištěno pomocí deskových otopných těles, trubkových otopných těles a teplovodních sálavých panelů, které jsou umístěny v prostorech garáží a mycího boxu. Zdrojem tepla je plynový kondenzační kotel s tepelným výkonem od 2,4 kW do 14,6 kW. Je navržena teplovodní nízkoteplotní otopná soustava s teplotním spádem 55/45 °C a nuceným oběhem otopné vody. Vzájemné propojení těles je dvoutrubkové s horizontálním propojením těles. Potrubí je z kotle vedeno do rozdělovače/sběrače, z něhož jsou vyvedeny tři větve otopné soustavy (dvě pro vytápění a jedna pro ohřev teplé vody). Veškeré potrubí je měděné, po celé délce opatřeno tepelnou izolací, vyjma částí potrubí dodávající teplo přímo do vytápěného prostoru.

Podrobněji je celý systém vytápění popsán v technické zprávě, která je součástí textové části práce.

Použité zdroje a literatura

- [1] PETRÁŠ, Dušan a Miroslav KOTRBATÝ. *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-040-3.
- [2] RUBINOVA, Olga a RUBIN, Aleš. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. In: *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
- [3] ŠTEKR, Jiří. Stropní systémy pro příjemné sálavé vytápění a chlazení. In: *Topenářství instalace*, 3/2015
- [4] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [5] PLÁŠEK, Josef a Ondřej ŠIKULA. *Modelování tepelného sálání v budovách*. Brno: Vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-214-4383-9.
- [6] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy - otopná tělesa*. 2. přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [7] KOTRBATÝ, Miroslav, Ondřej HOJER a Zuzana KOVÁŘOVÁ. *Hospodaření teplem: "nejlevnější energie je energie ušetřená"*. Praha: ČSTZ, 2009. ISBN 978-80-86028-41-5.
- [8] CIHELKA, Jaromír. *Sálavé vytápění*. 2. přeprac. a dopln. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961.
- [9] *Stropní sálavé panely: Boki*. Brno: Boki, 2004.
- [10] Materiál firmy KOTRBATÝ V.M.Z., s.r.o. Závěsné teplovodní sálavé panely KSP [online]. 2013 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://kotrbaty.cz/data/file/Vyrobky/02-KSP/02-10-KSP-L-03-2013.pdf>
- [11] Materiál firmy KOTRBATÝ V.M.Z., s.r.o. Produktový katalog-závěsné teplovodní sálavé panely KSP [online]. 2015 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.kotrbaty.cz/data/file/Vyrobky/02-KSP/02-10-KSP-PK-03-2015.pdf>
- [12] Materiál firmy Zehnder. Zehnder ZBN, Stropní systém pro vytápění a chlazení, plánovací podklad [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.zehnder.cz/vyrobky-a-systemy/stropni-systemy-pro-vytapeni-a-chlazení/zehnder-zbn>
- [13] Materiál firmy BRKA s.r.o. Vodní sálavé pásy (panely) WATERSTRIP typ WP [online]. 2011 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://www.brka.cz/userfiles/file/waterstrip_technicke_parametry_podklady_pro_projektovani.pdf

Seznam obrázků

Obr. 1, Montáž rámu stropního sálavého vytápění s kovovými otopnými hady v administrativní budově firmou Crittal [1]

Obr. 2 , Zavěšený podhled Frenger – Satal [1]

Obr. 3 , Anglický sálavý panel [1]

Obr. 4 , Francouzský sálavý panel [1]

Obr. 5 , Stavebnicový sálavý panel KM I-2 [1]

Obr. 6, Teplota vzduchu a vnímaná teplota [3]

Obr. 7, Spektrum elektromagnetického vlnění [5]

Obr. 8, Příčný řez sálavým panelem [1]

Obr. 9, Napojení trubek sálavého panelu do hadů, sudý počet modulů [7]

Obr. 10, Napojení trubek sálavého panelu do hadů z jedné strany, lichý počet modulů [7]

Obr. 11, Napojení trubek sálavého panelu do hadů z obou stran, lichý počet modulů [7]

Obr. 12, Napojení trubek sálavého panelu do registrů [7]

Obr. 13, Složení a rozměry panelů KSP [10]

Obr. 14, Konstrukční varianty panelů KSP [10]

Obr. 15, Konstrukční řešení stropní sálavé desky Zehnder ZBN [12]

Obr. 16, Konstrukční varianty stropních sálavých desek Zehnder ZBN [12]

Obr. 17, Konstrukční řešení panelu WATERSTRIP WP [13]