

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Stanovení elektrických a tepelných parametrů
nových skleněných sálavých panelů**

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne 31.5.2012

.....

Kateřina Žáková

Poděkování

Tímto bych velmi ráda poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Vaňkovi za cenné rady, připomínky a vedení při psaní této práce. Dále bych ráda poděkovala rodičům, že mi umožnili studium, za jejich podporu a trpělivost.

Anotace

Předložená bakalářská práce se zabývá stanovením elektrických a tepelných parametrů nových skleněných sálavých panelů. V teoretické části se zabývám principem sálavých panelů, rozdělením a přehledem panelů, návrhem sálavého vytápění a výhodami a nevýhodami sálavých panelů. V praktické části jsem se zaměřila na výpočet účinnosti panelu vzhledem k jeho emisivitě.

Klíčová slova

Vytápění, šíření tepla, sálavé panely, sálání, tepelná pohoda

Name of thesis

Determination of electrical and thermal parameters of the new glass radiant panels

Annotation

The present thesis deals with the electrical and thermal parameters of the new glass radiant panels. The theoretical part deals with the principle of radiant panels, distribution panels and an overview, design radiant heating and the advantages and disadvantages of radiant panels. In the practical part is focused on the calculation of efficiency of the panel due to its emissivity.

Key words

Heating, heat, radiant panels, radiation, thermal comfort

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	8
1 ÚVOD	9
2 PRINCIP VYTÁPĚNÍ	10
2.1 Sálavé panely.....	10
2.1.1 Infračervené záření	13
2.1.2 Wienův posunovací zákon	13
2.1.3 Planckův vyzařovací zákon	14
2.1.4 Stefan – Boltzmannův zákon	14
2.1.5 Podstata přenosu tepla sáláním.....	15
2.1.6 Stropní panely	16
2.1.7 Skleněné a mramorové panely.....	16
2.1.8 Vysokoteplotní a nízkoteplotní panely	19
2.1.9 Topné fólie.....	23
2.2 Regulace topných panelů	24
3 VÝHODY A NEVÝHODY VYTÁPĚNÍ SÁLAVÝMI PANELE	25
3.1 Výhody a nevýhody	25
3.2 Srovnání sálavého vytápění a jiných druhů topení	26
3.3 Rozdíl mezi konvekčním a sálavým šířením tepla.....	27
4. NÁVRH SÁLAVÉHO TOPENÍ.....	29
4.1 Soustavný topný režim s dobrou úrovní tepelného komfortu.....	29
4.2 Soustavný topný režim s nižší úrovní tepelného komfortu.....	30
4.3 Přerušovaný topný režim v objektech určených ke krátkodobému pobytu lidí	31

5 MĚŘENÍ SKLENĚNÝCH SÁLAVÝCH PANELŮ.....	32
5.1 Měření účinnosti skleněného sálavého panelu GR 300W SET	32
5.2 Měření účinnosti červeného skleněného sálavého panelu GR 300W.....	36
5.3 Měření účinnosti červeného skleněného sálavého panelu GR 300W s terčíky ..	38
6. ZÁVĚR	42
7 SEZNAMY	43
7.1 Seznam obrázků	43
7.2 Seznam tabulek.....	44
7.3 Seznam vzorců	44
8. POUŽITÁ LITERATURA	46

Seznam použitých symbolů a zkratk

t	teplota [$^{\circ}\text{C}$]
Θ, T	termodynamická teplota [K]
P ,	tepelný výkon, (tepelné ztráty) [W]
α	součinitel přestupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
ρ	měrná hustota [kg/m^3]
R_t	tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
q	měrný tepelný výkon [W/m^2]
λ	součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]
S	plocha [m^2]
σ	Stefan-Boltzmannova konstanta [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$]
ε	emisivita, stupeň černosti [-]
c	rychlost šíření elektromagnetického vlnění ve vakuu [m/s]
φ	poměr osálení [-]
f	frekvence [Hz]
λ	vlnová délka [m]
E	zářivost [W/m^2]
s	měrná hmotnost [kg/m^3]
η	účinnost [%]
P_p	elektrický příkon [W]
t	čas [min]
c	měrná tepelná kapacita [$\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$]

1 Úvod

Již od dávných dob se lidé zabývali otázkou vytápění. V tomto směru došlo také k velkému posunu vpřed. Můžeme říci, že vše začalo prvním ohněm formou otevřených ohnišť. Nedostatkem tohoto vytápění bylo velké množství kouře. Okolo 10. století n.l. začali lidé odvádět kouř od ohnišť komíny a začali tak vznikat první pece a kachlová kamna, která přetrvala až do dnešní doby. Oheň tak dal základ pro vývoj dalších způsobů topení.

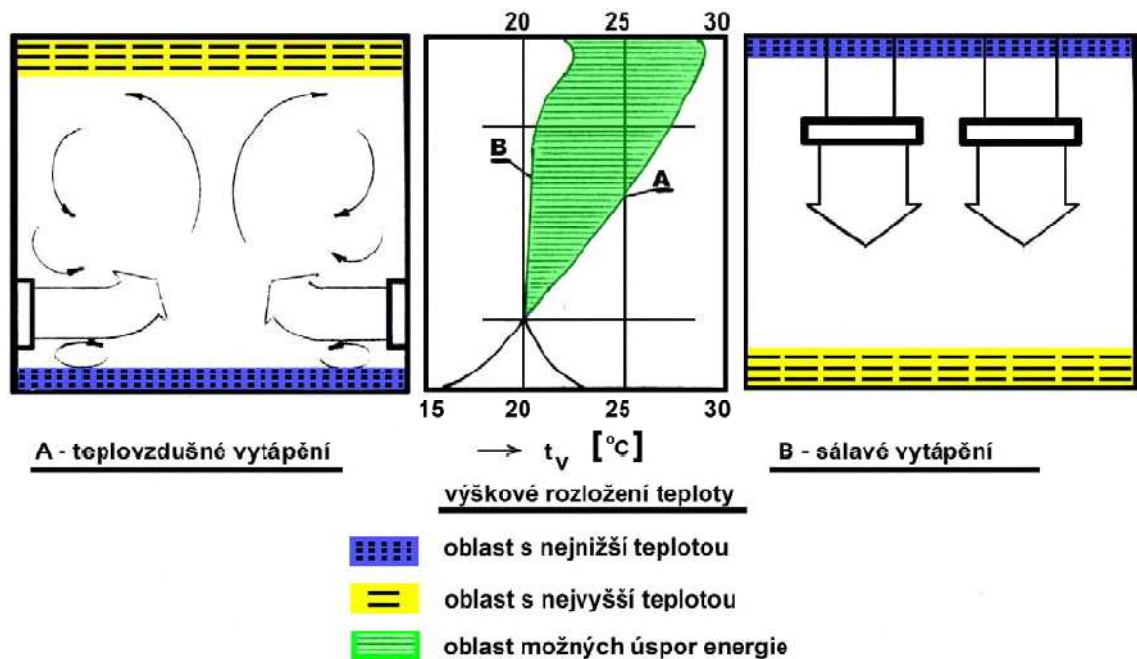
Dnes si již nedovedeme představit život bez radiátorového topení či přímotopů. Je však neuvěřitelné, že první ústřední vytápění už bylo vynalezeno dokonce v roce 80 před.n.l. Bylo na principu ohniště mimo vytápěnou místnost a teplo bylo vedeno kanálky do dutiny pod domem. Bylo to první podlahové vytápění, ale jako teplonosné médium byl ještě vzduch. V 18. století se poprvé ve Francii objevilo teplovodní vytápění a až ve 20. století se rozšířilo a stalo se běžným způsobem vytápění bytů. Koncovými prvky těchto soustav byla topná tělesa – radiátory.

Ale i toto topení se vyvinulo v další podobu vytápění a tou jsou sálavé panely. V dnešní době velmi vyhledávané jako moderní a rychlý způsob vytápění. Málo z nás si ale uvědomuje, že v tomto případě je základem pouhé infračervené záření. Nejlepším topením je Slunce, a proto se ho člověk dlouho snažil napodobit. Slunce nám svou energii předává pomocí vln infračerveného záření. Ty procházejí vzduchem a při dopadu na zem se přeměňují v tepelnou energii a tím zahřívají Zemi i její obyvatele. Cílem sálavých panelů bylo přenést tento přirozený jev do obytných prostor.

Cílem této bakalářské práce je seznámit se více s principem přenosu tepla sáláním a vysvětlit princip na jakém tento způsob vytápění funguje, uvést jeho přednosti, porovnat s ostatními otopnými systémy a získat přehled o různých provedeních sálavých panelů. V praktické části jsem se zabývala výpočtem účinnosti skleněného sálavého panelu. Pro výpočty byly použity dvě konstanty součinitele přestupu tepla.

2 Princip vytápění

Sálavé panely k přenosu energie využívají infračervené záření. Neohřívají vzduch, ale záření dopadá na předměty a ohřívá jeho povrch. Od jejich povrchu se poté ohřívá vzduch místnosti. Čím máme větší povrchovou teplotu panelu, tím je více tepla předáno sáláním a méně konvekcí. Velký význam má montážní poloha topidla. Sálavý panel, umístěný ve vodorovné poloze pod stropem, předá většinu energie sáláním, protože vzduch nemůže cirkulovat. Ale stejný panel ve svislé poloze na stěně předá již cca 50% energie konvekcí, protože vzduch ohříváný od povrchu topidla začne stoupat a vzniká přirozená cirkulace. Sálavé panely, které jsou používány v domácnostech a kancelářích, jsou zdrojem tepelného záření. Toto záření je pro vzduch průzařné (nedochází průchodem záření k ohřevu vzduchu). Po dopadu záření na povrch pevných těles (podlaha, stěna, nábytek, skříně atd.), míry pohltivosti, odrazivosti a propustnosti po vrchu se mění v teplo. Vzduch se ohřívá sekundárně od povrchů ohřátých těles. [3]



Obr. 2-1 Princip sálavého a konvekčního vytápění

2.1 Sálavé panely

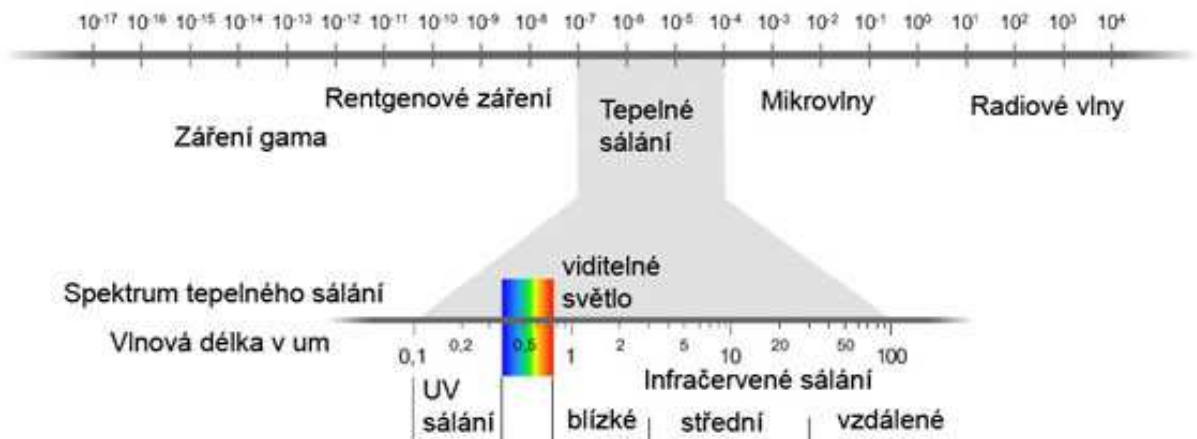
Sálavé panely jsou ploché tenké desky umísťované přímo na stěny, případně stropy místností. Jsou jedny z nejučinnějších a ekonomičtějších způsobů topení. V dnešní době se jedná také o velmi moderní záležitost. Tyto panely využívají principu infračerveného

sálání. Pracují s povrchovou teplotou cca 80-110°C. Pro účely vytápění běžných bytů a podobných obytných místností se používají sálavé panely s povrchovou teplotou do 60°C a umístěné bývají většinou na stropě. Elektrická energie se v topném panelu přeměňuje přímo v místě potřeby na teplo, odpadají tedy ztráty ve vedení tepla např. z centrálního rozvodu tepla, ztráty u hořáku apod. Při správném vytápění infračervenými topnými panely je zpravidla teplota těles a ploch o něco vyšší, než teplota vzduchu. Dobrá tepelná pohoda tedy přichází při nižší teplotě, než u konvekčního vytápění a to znamená menší spotřebu energie. Z hygienického hlediska je nutné dodržet určitou hranici radičního toku působícího na hlavu člověka. Při překročení této hranice se sálavé teplo stává pro člověka nepříjemným.

Konstrukce panelu je plochá, aby co nejméně podporovala výrobu konvekční složky tepla. Pro jejich správnou instalaci a provozování je potřeba dodržovat několik pravidel:

- sálavým panelům nesmí nic bránit ve vyzařování, měli by být umístěny tak, aby se elektromagnetické vlnění co nejlépe rozptýlilo po celém prostoru
- sálavé panely by neměli být umístěny proti oknům a skleněným výplním
- při umístění na strop je potřeba, v trvale obývaných prostorech, dodržovat vzdálenost min. 1m od hlavy, aby nedocházelo k pocitu horké hlavy a přehřívání
- pokud je to možné, je vhodné, aby sálavé panely emitovaly infra pásky na chladnější části konstrukce (např. obvodová zeď), tím se lépe vyrovnají rozdílné teploty povrchů a zabrání asymetrii teploty sálání

Sálavé neboli infračervené zářiče používané v obytných prostorech se označují jako zářiče "s filtrem", protože pracují zpravidla v oblasti "dlouhovlnného záření" označovaného jako IR-C, s odpovídající vlnovou délkou 3 - 100 μm , bez viditelného podílu světla. Takovéto záření prochází vzduchem prakticky bez zábran a přeměňuje se na tepelnou energii až po dopadu na předměty, člověka.



Obr. 2.1-1 Tepelné sálání v elektromagnetickém spektru

Uplatnění sálavých panelů:

V soustavném režimu vytápění, který se používá v objektech, kde očekáváme poměrně vysoký stupeň pohodlí a které jsou dostatečně tepelně izolovány.

- výrobní a skladové prostory – haly
- zdravotnická zařízení
- obchodní a prodejní centra
- kulturní zařízení, výstavní síně
- veřejné a správní úřady, sídla firem, školy



Obr.2.1-2 využití sálavých panelů ve zdravotnictví



Obr. 2.1-3 Využití sálavých panelů

V přerušovaném topném režimu, kdy v mezidobí dochází ke snížení teploty stěn, stropu a podlahy na relativně nízké hodnoty jsou využívány jen občas. Bylo by totiž neefektivní

vytopit prostor standardním způsobem včetně nakumulování tepla do obvodových konstrukcí. Jsou to objekty méně izolované a často s velkou tepelnou jímavostí stěn. V takovýchto případech má sálavé topení po uvedení do chodu téměř okamžitý účinek pocitu tepla přímým sáláním na oděv a části těla. Pocit menšího komfortu v důsledku studených stavebních konstrukcí je kompenzován mimořádnou úsporností provozu, což je zvláště významné u objektů s vysokými stropy. Mezi nejčastěji vytápěné objekty přerušovaným režimem patří kaple, kostely, koncertní sály a přednáškové sály. [1]

2.1.1 Infračervené záření

S infračerveným zářením se setkáváme v dnešním životě v mnoha oblastech a je také využíváno k vytápění. Toto záření je totiž podobné tomu, které produkuje samo lidské tělo. Tato forma energie přímo ohřívá okolní předměty sdílením tepla. Nevyužívá však pro přenos okolní vzduch. Vzbuzuje v člověku jakýsi pocit tepelné pohody. Pro správně fungující infrapanel je charakteristická plochá konstrukce topného panelu méně podporující konvekci a provozní povrchová teplota cca 80 – 110 °C. Infračervené topné panely lze přímo a velmi přesně regulovat v každé místnosti zvláště a díky velmi malé akumulaci jsou infrapanely schopny reagovat (zahřívát se i chladnout) velmi rychle.

Infračervené sálání, používané pro vytápění, je pouze část spektra tepelného sálání, zkráceně se však často označuje jako tepelné sálání. Sálavá složka topidla je závislá na jeho tvaru a povrchové teplotě, právě ta má přímou souvislost s tzv. vlnovou délkou udávanou v μm (mikrometrech).

2.1.2 Wienův posunovací zákon

Wienův posunovací zákon říká, že čím teplejší je těleso, tím vyzařuje na kratších vlnových délkách (vyšších frekvencích).

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \text{ [nm]} \quad (2.1.2-1)$$

T teplota tělesa [°C]

b Wienova konstanta [mm·K]

Spektrální hustota záření v tomto maximu je přitom úměrná páté mocnině teploty [8]

$$W_{\lambda} = konst \cdot T^5 \quad (2.1.2-2)$$

2.1.3 Planckův vyzařovací zákon

Vyjadřuje závislost intenzity záření I absolutně černého tělesa na frekvenci ω .

$$dI = \frac{\hbar}{\pi^2 c^2} \frac{\omega^3}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1} d\omega, \quad (2.1.3-1) [8]$$

ω úhlová frekvence záření [rad·s⁻¹]

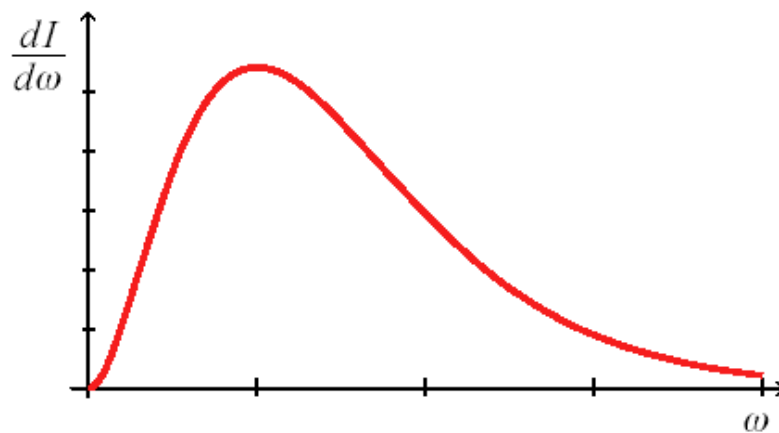
I intenzita záření [W/m²]

T teplota absolutně černého tělesa [°C]

\hbar redukovaná Planckova konstanta [J·s]

c rychlost světla ve vakuu [km/s]

k Boltzmannova konstanta [J/K]



Obr. 2.1.3-1 Závislost intenzity záření I absolutně černého tělesa

2.1.4 Stefan – Boltzmannův zákon

Umožňuje určit celkovou intenzitu záření I absolutně černého tělesa (dále jen AČT) v závislosti na jeho teplotě. Intenzita vyzařování černého tělesa roste přímo úměrně se 4. mocninou absolutní teploty tělesa.

$$E = C_0 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (2.1.4-1)$$

T absolutní teplota [°C]

E sálavost tělesa [W/m²]

e poměrná sálavost

C_0 součinitel sálavosti AČT (5,67 W/m²·K⁴)

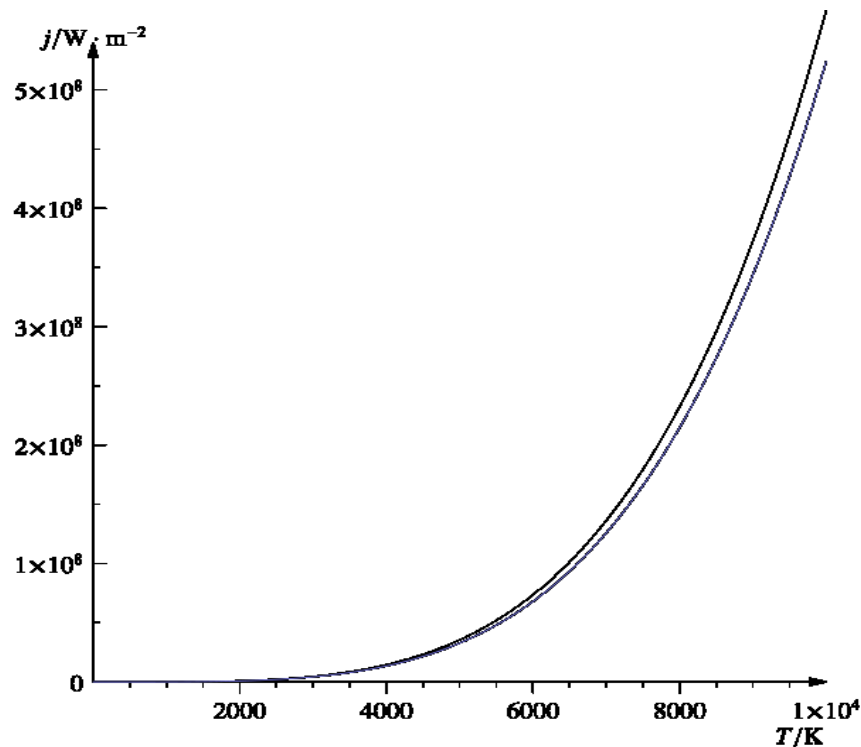
$$\sigma = 5,670400 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \dots \text{ Stefan Boltzmannova konstanta}$$

Celkový zářivý tok

Výkon sálání tělesa o ploše povrchu S [m^2]

$$P = E \cdot S \text{ [W]} \quad (2.1.4-2)$$

Vyšší teplota sálavé plochy znamená větší vyzářený výkon



Obr. 2.1.4-1 Závislost AČT na teplotě

2.1.5 Podstata přenosu tepla sáláním

Mezi nejznámější přenos tepla sáláním patří přírodní sluneční záření ohřívající povrch země. Také je všeobecně známé, že každé těleso o určité teplotě má nějakou vnitřní tepelnou energii. Tato tepelná energie se průběžně mění v elektromagnetické vlnění, které se šíří daným prostorem. Když elektromagnetické vlnění zasáhne jiné těleso, je jeho povrchem pohlcováno a průběžně se mění na tepelnou energii. Elektromagnetické vlnění není spjata s vnějším prostředím. Proto může probíhat i ve vakuu. Když tělesu přestaneme dodávat energii, začne chladnout a to můžeme považovat jako velkou nevýhodu. Značná část sálavého záření se odráží od stěn zpět do prostoru.

2.1.6 Stropní panely

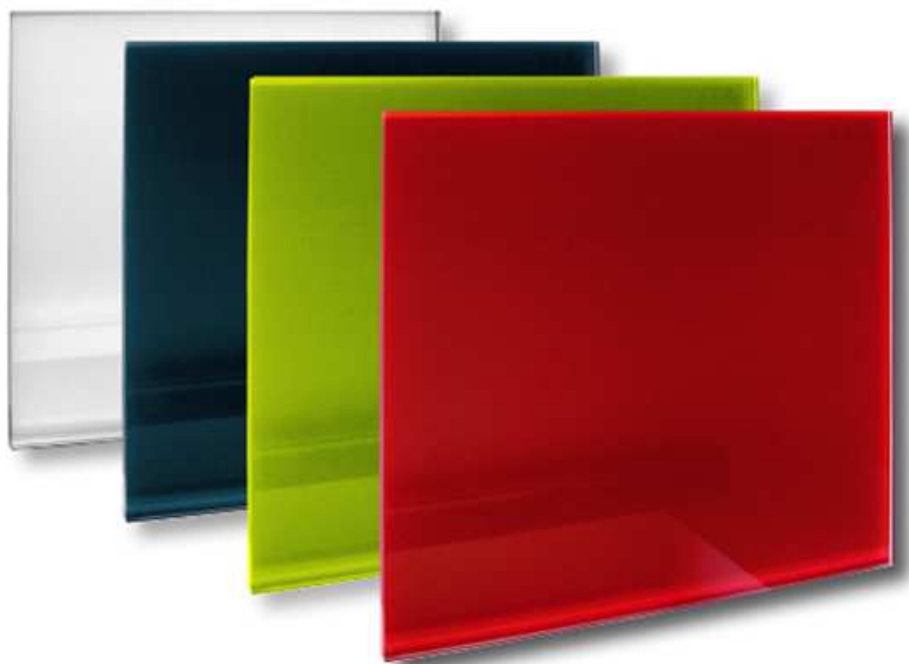
Tento typ sálavých panelů je velmi vhodný pro vytápění výrobních a montážních hal, sportovišť nebo skladů. Tyto panely zajišťují stálou teplotu v celém prostoru. Jejich provoz je zcela bezhlučný a bezpečný a také umožňuje vytápění pouze určité části místnosti, takzvané zónové vytápění. Tím je schopen ušetřit náklady na vytápění. Jsou také vhodné pro prostory, kde je předpokládána velká výměna vzduchu, protože cíleně ohříváme pouze osoby. Předává většinu energie sáláním, protože vzduch nemůže cirkulovat.

2.1.7 Skleněné a mramorové panely

Tyto panely, kromě speciálně upraveného skleněného panelu ECOSUN G, lze umístit pouze na stěny. Nejlepší umístění panelu je podobné jako u běžného radiátoru, cca 15cm nad podlahu, protože u těchto panelů dochází z 50% k předání energie konvekcí. Při umístění panelu do větší výšky může dojít ke špatnému rozložení teplot v místnosti. Proto je také nevhodné umisťovat před panel překážky, které brání šíření sálavého toku.

Skleněné topné panely GR

Skleněné panely se skládají ze skleněné desky – tvrzené sklo (12mm), topného elementu, omezovacího termostatu a přívodního kabelu. Jejich schopnost akumulace tepla je kvůli menší tloušťce podstatně nižší než u mramorových panelů. Ovládáme ho pomocí externího prostorového termostatu. Panely lze umisťovat na výšku nebo na šířku. Také je lze umisťovat do koupelen v podobě zrcadel (provedení zrcadlo tl. 8 mm). Jsou určeny především k vytápění obytných prostor. Provoz topných panelů by měl být ovládán pomocí vhodné regulace. Panely se vyrábějí v černé, bílé, žluto – zelené, červené barvě a jako zrcadlo.



Obr. 2.1.7-1 GR panely



Obr. 2.1.7-2 Sálavé panely v domácnosti

Skleněné topné panely GR SET

Pro dosažení maximálního komfortu a úsporného provozu je nezbytné ovládat topné panely vhodnou regulací. Pokud z nějakého důvodu nevyhovuje regulace pevným termostatem lze také na našem trhu najít skleněný panel GR SET. Jde o standardní panely s integrovaným bezdrátovým přijímačem. Tyto panely se stávají čím dál více oblíbené, protože po jeho zavěšení na stěnu a zapojení do zásuvky je možné panel ihned provozovat bez nutnosti asistence odborné instalační firmy. Tyto panely mají stejné barvy jako klasické skleněné panely GR.



Obr. 2.1.7-3 Panel GR SET

Mramorové topné panely MR

Mramorové sálavé panely jsou určeny pro vytápění reprezentativních prostor a hal, ale také koupelen nebo běžných obytných místností. Topný panel je vyroben z masivní 3cm silné leštěné mramorové desky, topného elementu, omezovacího termostatu a přívodního kabelu. Panel je určen k pevné instalaci na stěnu s připojením přívodního vodiče do instalační krabice, výběr je možný z několika druhů mramorů. Panely je možné zavěsit na šířku i na výšku.



Obr. 2.1.7-4 MR panely

Skleněné sálavé panely ECOSUN G

Tyto skleněné panely jsou hlavně určeny pro vytápění interiérů, tam plní funkci topidla, ale stává se zde i významným designovým prvkem. Jsou také vhodné pro vytápění nízkoenergetických domů, ve kterých ještě více minimalizují náklady na vytápění. Panely jsou opatřeny krytem s tepelnou izolací, zamezující únikům tepla do konstrukce za topným panelem. Jsou vybaveny termostaty a také univerzálními úchyty, které umožňují montáž do vodorovné i svislé polohy. [4]



Obr. 2.1.7-5 Skleněné sálavé panely ECOSUN G

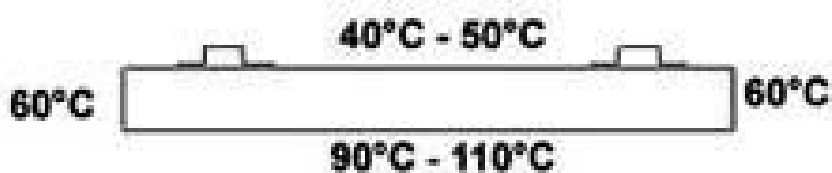
2.1.8 Vysokoteplotní a nízkoteplotní panely

Nízkoteplotní panely

Mají také vyzařovací plochu, ale vyzařovací plocha zde má 110°C . Má tedy nižší hustotu sálavého toku, a proto je zavěšujeme níže 2,5 – 3 m. Pro zvýšení emisivity panelu je zde použita uzavřená konstrukce z FeZn. Jako topný element je zde použita topná fólie a topný kabel. Vnitřní izolace je zde minerální vlny, jako u vysokoteplotních panelů. Sálavé topné panely jsou určeny zejména pro vytápění kanceláří, obchodů, bytů a rodinných domů, využít je ale lze například i pro vyhřívání kancelářských a pokladních boxů. Z hlediska instalace je ideální umístit topné panely do vodorovné polohy těsně pod stropní konstrukci, nebo přímo do ní. Tento typ panelu je také možné s malými úpravami použít pro vytápění kostelních lavic. V tomto případě se panely instalují do svislé polohy před sedící lidi. Povrchová teplota takto umístěného panelu je cca 80°C a výkonové řady jsou 100W, 200W, 270W, 330W a 400W.



Obr. 2.1.8-1 Nízkoteplotní panely

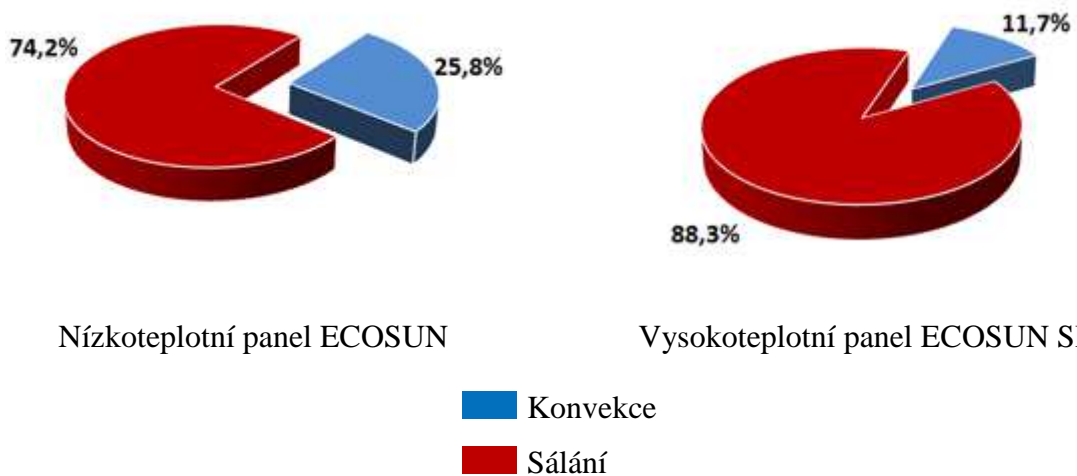


Obr. 2.1.8-2 Povrchové teploty nízkoteplotního panelu

Základní technické údaje:

- povrchová teplota vyzařovací plochy 90 – 110°C
- výkonová řada 300, 600, 700W
- krytí IP20 (kostelní lavice), IP44 , IP54 aIP65(ve výbušném prostředí)
- napětí 230V
- univerzální použití, lze instalovat i do kazetových podhledů

Poměr sdílení tepla



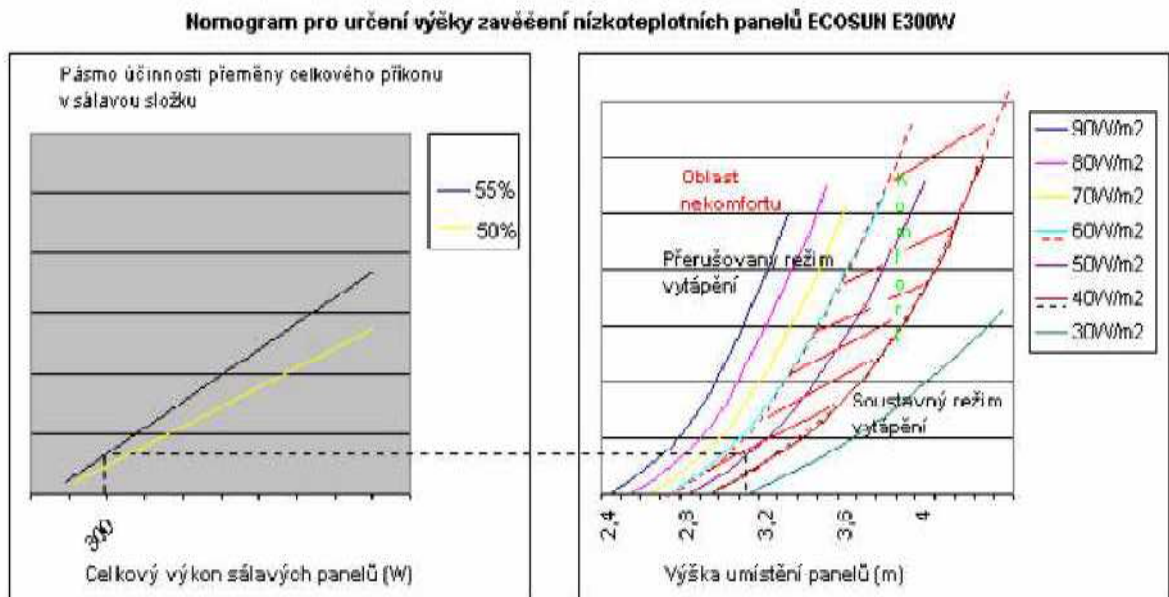
Nízkoteplotní panel ECOSUN

Vysokoteplotní panel ECOSUN SB

■ Konvekce
■ Sálání

Obr. 2.1.8-3 a 4 Poměr sdílení tepla

K dosažení optimálního vytápění sálavými panely v místnosti, je nutné se při návrhu závěsné výšky panelu řídit příslušnými nomogramy. Na obrázku 2.1.8-5 je zobrazen příklad klasického nomogramu pro nízkoteplotní sálavý panel ECOSUN E300W.



Obr. 2.1.8-5 Ukázkový nomogram

Vysokoteplotní panely

Tyto panely jsou určeny zejména pro vytápění průmyslových, skladových a zemědělských objektů. Mají rovnou vyzařovací plochu, která umožňuje záření v úhlu až 180°. Na povrchu sálavých lamel je velmi vysoká teplota cca 350°C, která zajišťuje vysokou hustotu sálavého toku. Tyto panely jsou určeny pro zavěšování do výšek v rozmezí 5 – 8 m.

Jako topný prvek je zde použito hliníkových lamel se zalisovanými topnými tyčemi. Vysokoteplotní sálavé panely jsou nabízeny v jedno, dvou a třílamelovém provedení o příkonech od 0,9 do 3,6 kW. Panely jsou kryty a jako tepelná izolace se zde používá minerální vlna. [4]



Obr. 2.1.8-6 Vysokoteplotní panely

Základní technické údaje:

- povrchová teplota lamel cca 350°C
- krytí IP X4
- napětí 230V nebo 400V (podle příkonu)
- výkonové řady 900W, 1200W, 1800W, 2400W, 3000W, 3600W



Obr. 2.1.8-7 Šíření záření

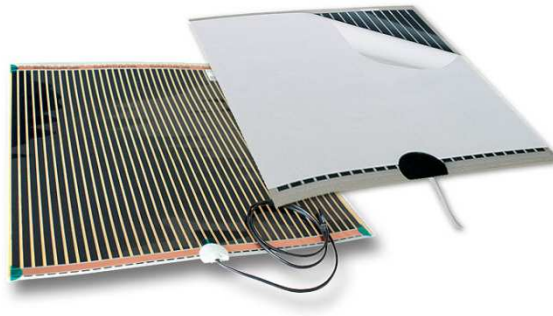
2.1.9 Topné fólie

Tyto fólie jsou určeny pro stropní nebo podlahové vytápění. ECOFILM F – fólie pro podlahové vytápění jsou vhodné do suchých konstrukcí např. pod plovoucí podlahu. Protože teplota podlahy s podlahovým vytápěním by neměla být vyšší než 27°C, vyrábí se podlahové fólie pouze v takových výkonech, které při dodržení všech instalačních podmínek tuto teplotu nemohou překročit - 80 W/m², 60 W/m² a pro velmi dobře zateplené objekty ve výkonu 40 W/m². Topné fólie jsou nabízeny v šířce 600 a 1000 mm. Protože přímo na topnou folii nelze další vrstvy lepit, není možné ji použít například pod dlažbu, pod koberce a PVC je možné ji instalovat s použitím speciálních podložek HEAT-PAK.

ECOFILM C – fólie pro stropní vytápění do sádkartonových konstrukcí jako stropní sálavé vytápění. Fólie prohřívají sádkartonové stropní desky, které se pak chovají jako sálavé panely. Systém zde však pracuje s polovičními teplotami rozloženými do větší plochy. Sálání je méně intenzivní, místnost je lépe pokryta, a proto je tento systém komfortnější. Protože u stropní konstrukce, na rozdíl od podlahy, není na závalu vyšší teplota podhledu. Šířka folií je 500 a 400 mm, aby odpovídala systémovému rastru SDK konstrukcí.

Topné fólie lze také využít jako ochranu zrcadla před mlžením. Fólie jsou dvojitě laminované (ochrana proti vlhkému prostředí) a jsou opatřeny samolepicí plochou, kterou se přilepí na zadní stranu zrcadla. Fólie jsou na síťové napětí 230V a jejich zapínání je možné ovládat více způsoby, nejčastěji se však připojí na osvětlení zrcadla, takže jsou uvedeny do chodu při zapnutí světla.

Využití těchto folií je také velmi oblíbené, protože jejich instalace je snadná a není nutný žádný zásah do stavební konstrukce podlahy. Lze pokrýt celý povrch podlahy nebo jen některé části. [4]



Obr. 2.1.9-1 Topné fólie

2.2 Regulace topných panelů

Skleněné sálavé panely jsou vybavené pouze pojistkou, která brání přehřívání. Nemají vestavěný termostat, který by ovládal topidlo na základě zjištění teploty v místnosti.

Proto se v těchto případech používá nadřazená regulace.

Sálavé topné panely předávají teplo sáláním i konvekcí, proto se jejich provoz reguluje snímačem teploty v místnosti, ve které jsou panely umístěny.

Regulátory se umísťují mimo sálavé pole topného panelu, přímého slunečního záření nebo jiného zdroje tepla nebo chladu.[4]

3 Výhody a nevýhody vytápění sálavými panely

Vytápění sálavými panely se stává stále více aktuální a vyhledávané. Nejvíce lidí si tyto panely pořizuje z estetického hlediska, ale i z ekologického důvodu. Jako každý druh vytápění tak i sálavé panely mají řadu výhod a nedostatků, které jsou přehledně zpracovány v následující kapitole.

3.1 Výhody a nevýhody

Výhody

- úspora energie
- panely lze využít k zónovému vytápění
- rovnoměrnější rozložení teplot - rozdíl mezi poslahou a stropem je 1-2°C
- snížené proudění vzduchu po místnosti – vhodné pro alergiky
- vzduch není vysušován
- malé nároky na údržbu a montáž
- tichý provoz a dlouhá životnost panelu
- tepelné pohody je dosaženo při nižších teplotách vzduchu než u klasického vytápění
- vhodné také ze zdravotních důvodů – působí příznivě na kloubní nemoci a také díky nevysušování vzduchu v místnosti nedochází k vysušování sliznic a k respiračním nemocem

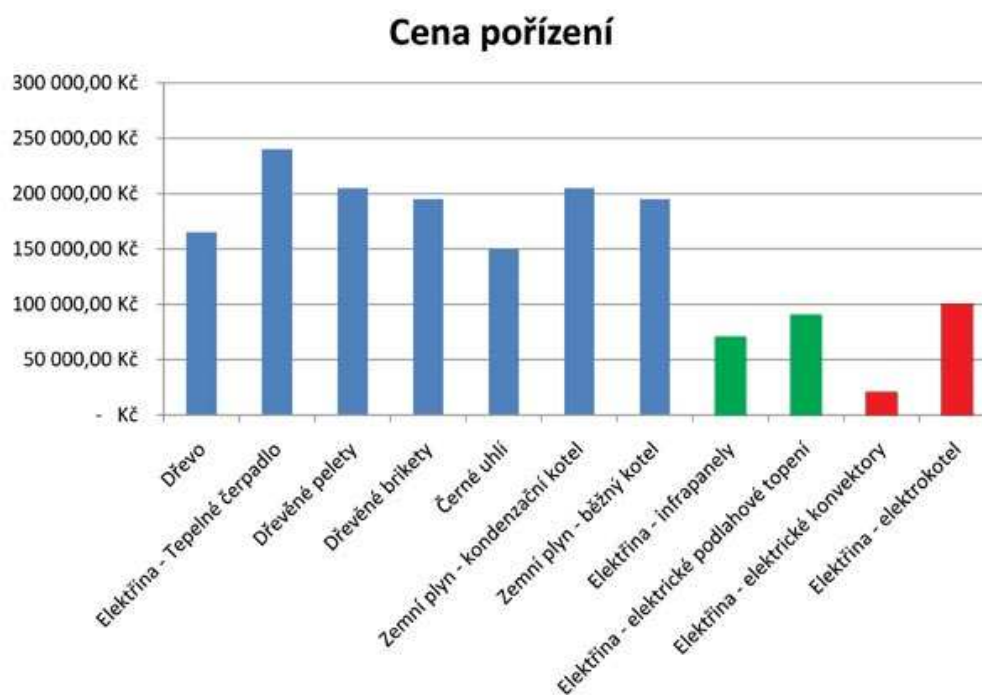
Nevýhody

- nejsou vhodné pro trvalé vytápění běžných místností
- větší pořizovací náklady
- pomalá dynamika topného systému – klasické sálavé panely, u skleněných či mramorových je toto kompenzováno umístěním panelu na stěnu
- volný prostor v okolí panelu umístěného na stěně
- ohřev pouze jedné místnosti
- při nevhodném umístění panelu může docházet ke snížení tepelného komfortu

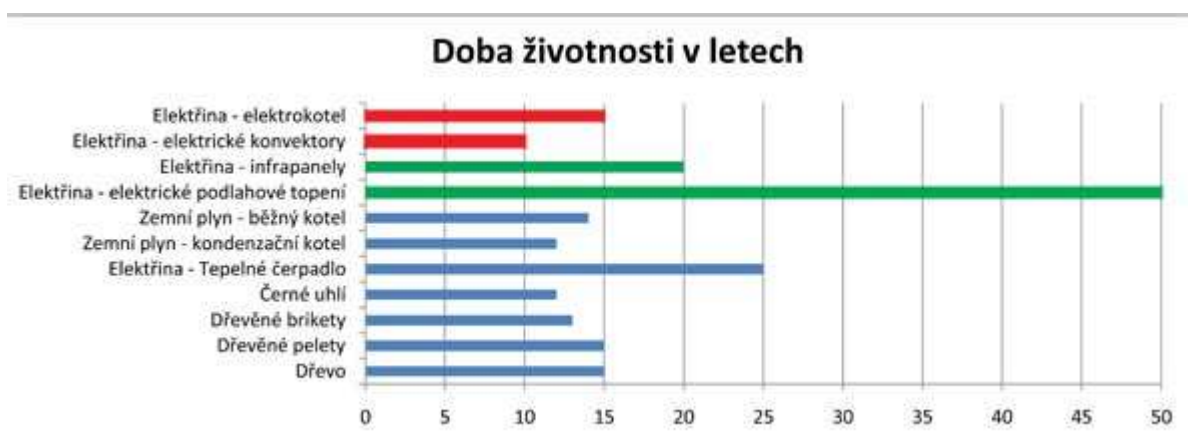
- nežádoucí zbarvení zdi za sálavým panelem

3.2 Srovnání sálavého vytápění a jiných druhů topení

Požizovací cena hraje důležitou roli v celkové finanční bilanci. Z pohledu elektrického topení jsou provozně nejnáročnější elektrické přímotopné konvektory s náskokem nejlevnější na pořízení. V grafu jsou ceny vztažené na pořízení topení do běžného obytného domu splňující požadavky současných norem s tepelnou ztrátou 5775 W a plochou 105m². Celková roční spotřeba energie na vytápění je 46.2 GJ/rok, měrná potřeba energie na vytápění vychází cca na 120 kWh/m² rok.



Obr. 3.2-1 Cena pořízení topného systému

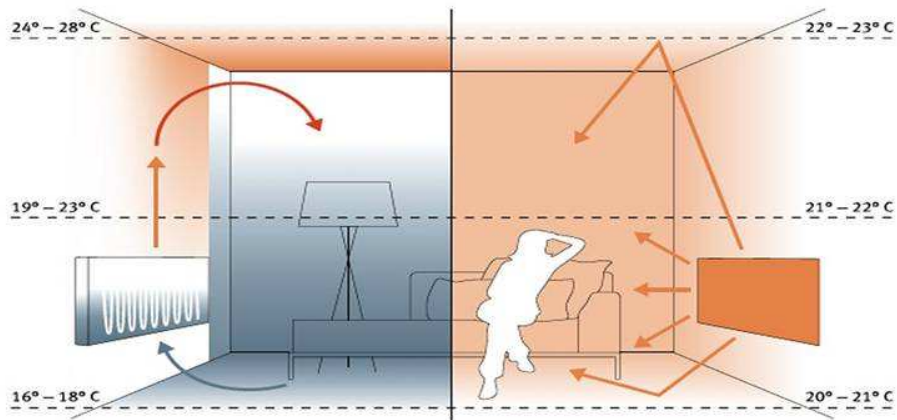


Obr. 3.2-2 Doba životnosti

Přestože je elektrická energie nejdražší na trhu, topení jí nemusí být a není nejdražší. Cena elektrické energie se bude i nadále postupně zvyšovat. Není ale pochyb o tom, že cena fosilních paliv, jako je plyn nebo uhlí bude vzhledem ke zmenšujícím se zásobám a vyšším nákladům na těžbu růst rychleji. Totéž platí o nejběžnějším a nejpoužívanějším zdroji paliva z biomasy - dřevu, jehož cena zásluhou stále se zvyšující poptávky a v praxi omezeným zdrojům stále roste a poroste i do budoucna.[1]

3.3 Rozdíl mezi konvekčním a sálavým šířením tepla

U vytápění klasickými radiátory dochází k předávání tepla konvekcí a také mezi nevýhody tohoto způsobu vytápění patří velký rozdíl teplot mezi podlahou a stropem místnosti. Tento rozdíl může být až 10°C a to vede k pocitu nepohody - studených nohou a horké hlavy. Tyto problémy řeší sálavé panely. Odporový topný prvek v topidle se vlivem průchodu (odporem) elektrického proudu zahřívá a zároveň nahřívá i přední plochu. Velikost tepelného toku přenosu tepla sáláním je dána nejen materiálovými vlastnostmi emitujícího (topného) povrchu, ale i vzájemnou vazbou mezi spektrem přenášeného radiačního toku a spektrální pohltivostí absorbujícího povrchu. Umisťují se podobně jako radiátory (15cm nad podlahou), ale rozdíl mezi podlahou a stropem je 1 – 2°C. Při jiném umístění může dojít ke špatnému rozvrstvení teplot v místnosti. Sálavé panely předávají někdy i 50% tepla kovekcí a 50% sáláním. U radiátoru je sálavá složka minimální.



Obr. 3.3-1 Rozložení teplot při šíření tepla konvekcí a sáláním

4. Návrh sálavého topení

Při navrhování počtu, výkonu a rozmístění sálavých panelů se v první řadě vypočítává tepelná ztráta daného prostoru Q [W] a poté se zvolí topný režim v závislosti na charakteru budoucího provozu objektu. V tab. 4-1 můžeme vidět, jaký výkon je zhruba potřeba na m^3 . Podle této tabulky si můžeme velmi rychle orientačně spočítat, jaký výkon infapanelu si můžeme pořídit do jednotlivých místností. čím lepší má objekt izolační a akumulaci vlastnosti, tím nižší příkon k vytápění potřebujeme.

Obytné místnosti, kanceláře, apod	30 W / m ³
Předsíně, technické místnosti, apod.	20 W / m ³
Chodby, WC	25 W / m ³
Koupelny	45 W / m ³

Tab. 4-1 Výkony pro jednotlivé místnosti

4.1 Soustavný topný režim s dobrou úrovní tepelného komfortu

Při navrhování topného systému s dobrou úrovní tepelného komfortu je nejprve potřeba určit součinitel přestupu tepla k . Podle toho, zda se jedná o stěny, podlahy nebo stropy určíme k . Vyšší hodnoty k zvyšují provozní náklady a snižují tepelný komfort.

$$\text{stěny} < 0.5 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.1-1)$$

$$\text{podlahy na terénu} < 0.5 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.1-2)$$

$$\text{stropy} < 0.35 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.1-3)$$

Poté je potřeba stanovit celkový příkon všech topidel až o 20% větší než jsou vypočtené tepelné ztráty. To se dělá z důvodu vyšší dynamiky topného systému.

$$P = 1,2 Q \text{ [W]} \quad (4.1-4)$$

Poté se musí zkontrolovat velikost příkonu na jednotku plochy, přičemž platí vzorec 4.1-5 a stanovit minimální počet topných jednotek n pro vytvoření homogenního zářivého pole (4.1-6).

$$P/S < 150 \text{ W/m}^2 \quad (4.1-5)$$

$$n > S/H2 \quad (4.1-6)$$

S podlahová plocha prostoru [W]

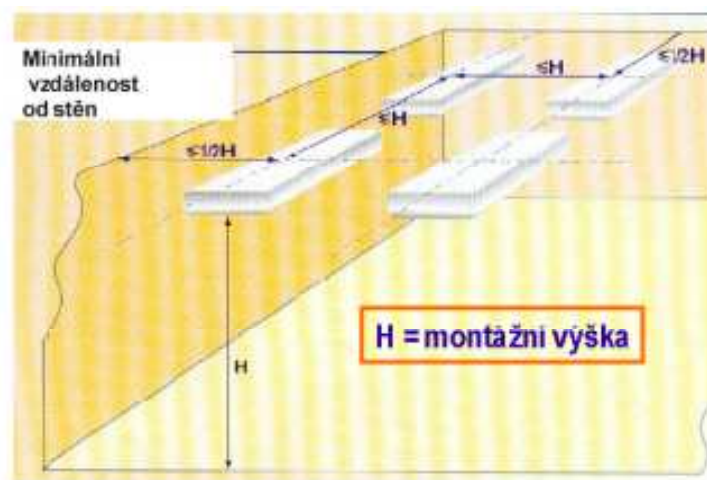
H předpokládaná výška instalace [m]

Větší počet topných jednotek zlepšuje topný komfort, avšak zvyšuje pořizovací náklady. Poté lze vypočítat průměrný příkon jedné topné jednotky a pak se z výkonové řady vybere nejbližší jmenovitá hodnota. Pro upřesnění počtu topidel vzhledem k celkovému příkonu se použije vzorce:

$$P_n = P/n \approx P_{jm} \quad (4.1-7)$$

$$n = P/P_{jm} \quad (4.1-8)$$

Při navrhování schéma rovnoměrného rozložení jednotlivých panelů je nutno rámcově respektovat odstupové a vzájemné vzdálenosti panelů podle vyobrazení na obr. 4.1-1. [4]



Obr. 4.1-1 Rozložení panelů

4.2 Soustavný topný režim s nižší úrovní tepelného komfortu

Zonální topení je způsob ohřevu, kdy v relativně velkém celoplošně nevytápěném prostoru jsou sálavým teplem vytápěny pouze exponované, relativně malé plochy (případy málo zateplených hal).

- součinitel prostupu tepla pláště objektu $k(U) > 2 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$
- podlaha alespoň minimálně tepelně izolovaná, pokud ne, zajistit kvalitní izolaci
- vůči vlhkosti u nepodsklepených objektů
- příkon stanovit ve vztahu k velikosti plochy topné zóny, počtu a výšce zavěšení $H[\text{m}]$ panelů. Požadavek vyšší sálavosti vyžaduje pro zonální topení používat výhradně vysokoteplotní panely. Výška zavěšení se pohybuje mezi 3,5 – 4,5m. Počítáme s efektivním příkonem

$$Pe=0,6 P \text{ (popř. } 0,7P \text{)} \quad (4.1-9)$$

(příkon zvoleného panelu) na efektivní plochu zóny o velikosti

$$S = (l + 0,6H) \cdot (W+0,6H) \quad (4.1-10)$$

L délka panelu [m]

W šířka panelu [m]

Prakticky při výšce zavěšení 4m takto obsáhne vysokoteplotní sálavý panel efektivní plochu cca 3,8 x 2,7m, zhruba 10m². Ve větších objektech dochází při zonálním topení k nekontrolované cirkulaci a prochlazování vlastní vytápěné zóny. Proto je vhodné ohraničit zónu jednoduchou prefabrikovanou nebo plachtovou konstrukcí o výšce alespoň 2,5m. [4]

4.3 Přerušovaný topný režim v objektech určených ke krátkodobému pobytu lidí

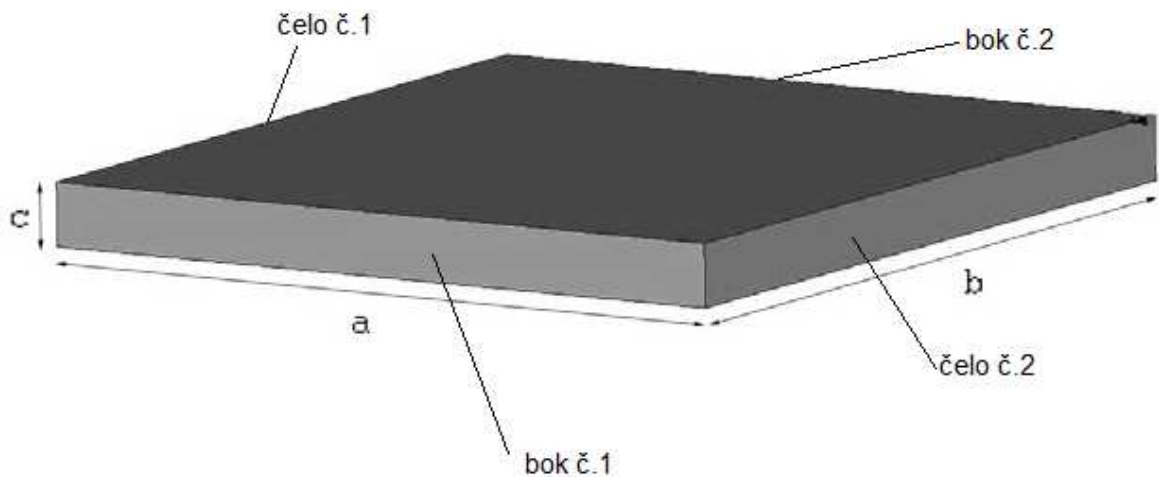
V tomto případě uvažujeme zejména kostely, síně v historických objektech nebo místnosti s vysokými stropy. Tyto objekty je velmi těžké a nákladné vytápět přerušovaně pomocí konvekčních topidel. Tyto velké náklady jsou způsobeny tím, že je v těchto prostorech nutné ohřát velmi velký objem vzduchu z nízkých teplot na komfortní teplotu za co nejmenší čas. Proto se v těchto místnostech využívá sálavého vytápění, protože vzduch se ohřívá až sekundárně od ohřátých objektů a lidí. Na rozdíl od konvekčního vytápění je možno sáláním vytopit velké prostory několikanásobně rychleji a levněji. Tento způsob je v přerušovaném režimu vytápění velmi vhodný a efektivní.

Součinitel prostupu tepla pláště objektu $k > 1.3 \text{ W/ m}^2\text{K}$, často se jedná o kamenné zdi s velkou tepelnou jímavostí. Určitý tepelný komfort je docilován přímým osláním obdobně jako u zonálního topení. Velikost instalovaného topného příkonu se řeší obdobně jako u zonálního topení. Topný efekt může být významně zlepšen kombinací s topnou elektrickou podlahou. Kabel je uložen bezprostředně pod dlažbu s odpovídajícím plošným příkonem, nejlépe s tepelně izolovaným podkladem. Toto řešení je velmi vhodné aplikovat při rekonstrukci starých nebo výstavbě nových objektů. Sálavost vysokoteplotních panelů může potom dosahovat úrovně cca 70% sálavosti potřebné pro zonální topení. [4]

5 Měření skleněných sálavých panelů

V této části bakalářské práce jsem se zabývala měřením účinnosti skleněných sálavých panelů. Měření jsem prováděla na skleněném sálavém panelu o výkonu 300W. Po spuštění panelu jsem čekala, dokud se teploty na panelu neustálily a poté jsem optickým pyrometrem odečítala hodnoty z povrchu panelu. Z každé strany byla vypočítána průměrná teplota a následně se zvoleným součinitelem přestupu tepla vypočteny ztráty všech stran panelu. Poté ze součtu ztrát jednotlivých stran a výkonu panelu se dopočte účinnost panelu.

5.1 Měření účinnosti skleněného sálavého panelu GR 300W SET



Obr. 5.1-1 Rozměry panelu

Parametry panelu:

- $a = 70 \text{ cm}$
- $b = 50 \text{ cm}$
- $c = 1,2 \text{ cm}$
- $P = 300\text{W}$
- $\xi = 0,6$

ξ emisivita

Obsahy jednotlivých stran panelu:

$$S_{B1} = S_{B2} = 0,0084 \text{ m}^2$$

$$S_{\check{c}1} = S_{\check{c}2} = 0,006 \text{ m}^2$$

$$S_{PS} = S_{ZS} = 0,35 \text{ m}^2$$

Počáteční hodnoty měření: $T_0 = 20^\circ\text{C}$

$$\phi = 58\%$$

T_0 teplota okolí [$^\circ\text{C}$]

ϕ vlhkost [%]

Při zapnutí sálavého panelu se zjišťovala teplota panelu pomocí optického pyrometru. V závislosti na povrchové teplotě se určí z Wienova zákona vlnová délka. Pro výpočet použijeme ustálenou teplotu panelu.

$$\lambda\Theta = 2898 \quad (5.1-1)$$

$$\lambda = \frac{0,002898}{273,15+71} = 8,42 * 10^{-6} \text{ m}$$

λ vlnová délka [μm]

Θ termodynamická teplota [K]

68,3	63,2	71,8
56,2	71	58,1
67,5	64,9	63,1

Tab. 5.1-1 Přední (aktivní) strana panelu T_1 naměřené teploty ve [$^\circ\text{C}$]

48,3	49	47,9
54,2	47,4	51,5
51	30,6	35

Tab. 5.1-2 Zadní strana panelu T_2 naměřené teploty ve [$^\circ\text{C}$]

25,4
18,4
24,4

Tab. 5.1-3 Čelo č.1 (levá strana) panelu T_3 naměřené teploty ve [$^\circ\text{C}$]

25,4
19,8
26,2

Tab. 5.1-4 Čelo č.2 (pravá strana) panelu T_4 naměřené teploty ve [$^\circ\text{C}$]

18,4	19	25,6
------	----	------

Tab. 5.1-5 Bok č.1 (spodní strana) panelu T₅ naměřené teploty ve [°C]

18	19,6	22,6
----	------	------

Tab. 5.1-6 Bok č.2 (horní strana) panelu T₆ naměřené teploty ve [°C]

Strana panelu	[°C]
T ₁	64,9
T ₂	46,1
T ₃	22,7
T ₄	23,8
T ₅	21
T ₆	20,1

Tab. 5.1-7 Průměrné teploty z jednotlivých stran panelu ve [°C]

Z ustáleného stavu panelu lze určit tepelné ztráty prouděním. Celkové ztráty panelu se určí součtem ztrát z bočních stěn, sálavou plochou a krytem elektrického sálavého panelu. Ztráty určíme z Newtonova zákona.

$$P_{zi} = \alpha_i \cdot (v_i - v_2) \cdot S_i \text{ [W]} \quad (5.1-2)$$

P_{zi} tepelné ztráty jednotlivých stěn panelu 1 až 6 [W]

α_i součinitel přestupu tepla prouděním [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

v_i teplota jednotlivých stěn panelu 1 až 6 [°C]

v_2 teplota okolí [°C]

S_i jednotlivé plochy panelu 1 až 6 [m^2]

Volba součinitele přestupu tepla prouděním

a)

u svislých stěn $\alpha_1 \quad 2,56x(T_i - T_o)^{\frac{1}{4}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (5.1-3)$

u vodorovné dolů $\alpha_2 \quad 2,15x(T_i - T_o)^{\frac{1}{4}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (5.1-4)$

u vodorovné nahoru $\alpha_3 \quad 1,15x(T_i - T_o)^{\frac{1}{4}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (5.1-5)$

T_i zprůměrované teploty jednotlivých stran T₁ až T₆ [°C]

T_o teplota okolí [°C]

$$P_{ZPS} = \alpha \cdot (\vartheta_i - \vartheta_o) \cdot S_i = 6,63 \cdot (64,9 - 20) \cdot 0,35 = 104,19 \text{ W}$$

$$\alpha_1 = 2,56 \cdot (T_i \cdot T_o)^{\frac{1}{4}} = 2,56 \cdot (64,9 - 20)^{\frac{1}{4}} = 6,63$$

$$P_{ZZS} = 5,77 \cdot (46,1 - 20) \cdot 0,35 = 57,70 \text{ W}$$

$$\alpha_2 = 2,56 \cdot (T_i \cdot T_o)^{\frac{1}{4}} = 2,56 \cdot (46,1 - 20)^{\frac{1}{4}} = 5,77$$

$$P_{Z\check{C}1} = 3,28 \cdot (22,7 - 20) \cdot 0,006 = 0,05 \text{ W}$$

$$\alpha_3 = 2,56 \cdot (T_i \cdot T_o)^{\frac{1}{4}} = 2,56 \cdot (22,7 - 20)^{\frac{1}{4}} = 3,28$$

$$P_{Z\check{C}2} = 3,57 \cdot (23,8 - 20) \cdot 0,006 = 0,05 \text{ W}$$

$$\alpha_4 = 2,56 \cdot (T_i \cdot T_o)^{\frac{1}{4}} = 2,56 \cdot (23,8 - 20)^{\frac{1}{4}} = 3,57$$

$$P_{ZB1} = 2,15 \cdot (23,8 - 20) \cdot 0,0084 = 0,02 \text{ W}$$

$$\alpha_5 = 2,15 \cdot (T_i \cdot T_o)^{\frac{1}{4}} = 2,15 \cdot (21 - 20)^{\frac{1}{4}} = 2,15$$

$$P_{ZB2} = 0,65 \cdot (20,1 - 20) \cdot 0,0084 = 0,000546 \text{ W}$$

$$\alpha_6 = 1,15 \cdot (T_i \cdot T_o)^{\frac{1}{4}} = 2,56 \cdot (20,1 - 20)^{\frac{1}{4}} = 0,65$$

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} \quad (5.1-6)$$

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} = 104,19 + 57,70 + 0,05 + 0,08 + 0,02 + 0,000546 = 162,041 \text{ W}$$

$$\mu = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} \cdot 100 [\%] \quad (5.1-7)$$

n účinnost panelu [%]

P výkon panelu [W]

$\sum P_{Zi}$ součet výkonů všech stran panelu [W]

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 162,041}{300} = \frac{137,959}{300} = 46 \%$$

b)

u svislých stěn $\alpha_1 = 4,01 \cdot \Delta \vartheta^{0,13}$ u vodorovné dolů $\alpha_2 = 1,08 \cdot \Delta \vartheta^{0,33}$ u vodorovné nahoru $\alpha_3 = 2,5 \cdot \Delta \vartheta^{0,25}$

$$P_{ZPS} = 4,01 \cdot (64,9 - 20)^{0,13} \cdot (64,9 - 20) \cdot 0,35 = 103,3 \text{ W}$$

$$P_{ZSS} = 4,01 \cdot (46,1 - 20)^{0,13} \cdot (46,1 - 20) \cdot 0,35 = 55,98 \text{ W}$$

$$P_{Z\check{c}1} = 4,01 \cdot (22,7 - 20)^{0,13} \cdot (22,7 - 20) \cdot 0,006 = 0,074 \text{ W}$$

$$P_{Z\check{c}2} = 4,01 \cdot (23,8 - 20)^{0,13} \cdot (23,8 - 20) \cdot 0,006 = 0,109 \text{ W}$$

$$P_{ZB1} = 1,08 \cdot (21 - 20)^{0,33} \cdot (21 - 20) \cdot 0,0084 = 9,072 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$P_{ZB2} = 2,5 \cdot (20,1 - 20)^{0,25} \cdot (20,1 - 20) \cdot 0,0084 = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$\begin{aligned} \sum P_{Zi} &= P_{ZPS} + P_{ZSS} + P_{\check{c}1} + P_{\check{c}2} + P_{B1} + P_{B2} \\ &= 103,3 + 55,98 + 0,074 + 0,109 + 9,072 \cdot 10^{-3} + 1,18 \cdot 10^{-3} \\ &= 159,47 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 159,47}{300} = \frac{140,53}{300} = 47 \%$$

5.2 Měření účinnosti červeného skleněného sálavého panelu GR 300W

Parametry panelu:

- a = 70 cm
- b = 50 cm
- c = 1,2 cm
- P = 300W
- $\xi = 1$

Obsahy jednotlivých stran panelu:

- $S_{B1} = S_{B2} = 0,0084 \text{ m}^2$
- $S_{\check{c}1} = S_{\check{c}2} = 0,006 \text{ m}^2$
- $S_{PS} = S_{SS} = 0,35 \text{ m}^2$

Počáteční hodnoty měření: $T_0 = 20^\circ\text{C}$

$$\phi = 58\%$$

Průměrné teploty jednotlivých stěn:

Strana panelu	[°C]
T ₁	81,8
T ₂	49,1
T ₃	26,9
T ₄	30,9
T ₅	23,87
T ₆	28,97

Tab 5.2-1 Průměrné teploty jednotlivých stěn

Výpočet účinnosti:

a)

Strana panelu	P_i [W]
T ₁	155,736
T ₂	60,09
T ₃	0,17
T ₄	0,307
T ₅	0,05
T ₆	0,08

Tab. 5.2-2 P_i pro první konstanty

$$\sum P_{zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{c}1} + P_{\check{c}2} + P_{B1} + P_{B2} = 216,63W$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{zi}}{P} = \frac{300 - 216,63}{300} = \frac{83,37}{300} = 28\%$$

b)

Strana panelu	$P_i [W]$
T ₁	148,26
T ₂	63,3
T ₃	0,21
T ₄	0,36
T ₅	0,11
T ₆	0,17

Tab. 5.2-3 P_i pro druhé konstanty

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} = 212,41W$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 212,41}{300} = \frac{87,59}{300} = 29\%$$

5.3 Měření účinnosti červeného skleněného sálavého panelu GR 300W s terčíky

Toto měření bylo prováděno na červeném skleněném sálavém panelu GR 300W, na kterém byly umístěny černé terčíky. Měření probíhalo pro tři zvolené emisivity.

Podmínky při měření: $T_0 = 22^\circ C$

$$\phi = 63\%$$

$$\varepsilon = 0,8$$

Zde se také měřilo mimo černé terčíky.

Průměrné teploty jednotlivých stěn:

Strana panelu	[°C]
T ₁	87,7
T ₂	57,4
T ₃	38,3
T ₄	40,9
T ₅	27,7
T ₆	28,9

Tab 5.3-1 Průměrné teploty jednotlivých stěn

Výpočet účinnosti:

a)

Strana panelu	P _i [W]
T ₁	168,86
T ₂	76,82
T ₃	0,5
T ₄	0,6
T ₅	6,468·10 ⁻³
T ₆	0,20

Tab. 5.3-2 P_i pro první konstanty

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} = 245,99W$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 245,99}{300} = 18 \%$$

b)

Strana panelu	P_i [W]
T ₁	158,9
T ₂	79
T ₃	0,56
T ₄	0,67
T ₅	0,18
T ₆	0,12

Tab. 5.3-3 P_i pro druhé konstanty

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} = 239,43W$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 239,43}{300} = 20,2\%$$

 $\varepsilon = 1$

Zde se měřilo přes černé terčíky. Toto měření by mělo být nejpřesnějším.

Strana panelu	[°C]
T ₁	75,4
T ₂	45,4
T ₃	32,1
T ₄	31,7
T ₅	27,3
T ₆	27,5

Tab 5.3-4 Průměrné teploty jednotlivých stěn

Výpočet účinnosti:

a)

Strana panelu	$P_i [W]$
T ₁	128,961
T ₂	45,86
T ₃	0,28
T ₄	0,26
T ₅	0,28
T ₆	0,15

Tab. 5.3-5 P_i pro první konstanty

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} = 175,591W$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 175,591}{300} = 41,5 \%$$

b)

Strana panelu	$P_i [W]$
T ₁	125,7
T ₂	49,5
T ₃	0,33
T ₄	0,31
T ₅	0,17
T ₆	0,088

Tab. 5.3-6 P_i pro druhé konstanty

$$\sum P_{Zi} = P_{ZPS} + P_{ZZS} + P_{\check{C}1} + P_{\check{C}2} + P_{B1} + P_{B2} = 176,098W$$

$$\eta = \frac{P - \sum P_{Zi}}{P} = \frac{300 - 176,098}{300} = 41,3\%$$

6. Závěr

Elektrické sálavé panely lze použít téměř do všech obytných, ale i průmyslových prostor. Skleněné sálavé panely využívající infračervené záření se hodí pro vytápění nízkoenergetických domů. Mezi jejich standardní vybavení patří omezovací termostat, univerzální úchyty, které umožňují vodorovnou i svislou montáž. Také mají kryty, které zamezují úniku tepla do konstrukce za topným tělesem.

Elektrické panely se stávají čím dál více populárnější kvůli úspornosti. Velká výhoda je pro zákazníky minimální údržba a vysoká životnost. Také je tento způsob vyhledávaný z důvodu designu, je totiž vhodnou dekorací interiéru, protože se vyrábí v různých barvách. Nesmíme také zapomenout, že při tomto způsobu vytápění nedochází k víření prachu, je bezodpadový a ekologický. Hlavně na ekologickou stránku vytápění se dnes klade velký důraz. V zimním období nezamrzají. Celkově se dá říci, že zajišťují tepelnou pohodu člověka s nízkou energetickou spotřebou.

V druhé části této bakalářské práce jsem měřila teploty skleněného sálavého panelu o příkonu 300W pro různé emisivity panelu a následně jsem z těchto hodnot vypočítávala účinnost panelu. Při výpočtu účinnosti jsem volila dvě konstanty součinitele přestupu tepla. Použitím dvou konstant jsem se dopracovala ke dvěma účinnostem, které se však velmi neliší. Černý skleněný panel o emisivitě 0,6 měl účinnost 46% (při volbě druhého součinitele přestupu tepla 47%). Červený panel o emisivitě rovné jedné, což je emisivita AČT, měl účinnost 28% (29%). Dalším měřením na tomto panelu bylo měření s černými terčíky. Měřila jsem pro emisivitu 0,8 a snímala jsem teploty mimo tyto body a účinnost panelu byla 18% (20,2%). Pak při nastavené emisivitě jedna byla účinnost panelu na černých plochách 41,5% (41,3%). Toto by měla být vlastně nejpřesnější hodnota, která byla naměřena.

Při měření panelů mě velmi překvapilo, že účinnost panelu se s emisivitou tolik změní. Bylo také velmi zajímavé pozorovat, jak se mění teplota na povrchu panelu a její velké rozdíly v různých místech panelu.

7 Seznamy

7.1 Seznam obrázků

- Obr. 2-1 Princip sálavého a konvekčního vytápění
- Obr. 2.1-1 Tepelné sálání v elektromagnetickém spektru
- Obr. 2.1-2 Využití sálavých panelů ve zdravotnictví
- Obr. 2.1-3 Využití sálavých panelů
- Obr. 2.1.3-1 Závislost intenzity záření I absolutně černého tělesa
- Obr. 2.1.4-1 Závislost AČT na teplotě
- Obr. 2.1.7-1 GR panely
- Obr. 2.1.7-2 Sálavé panely v domácnosti
- Obr. 2.1.7-3 Panel GR SET
- Obr. 2.1.7-4 MR panely
- Obr. 2.1.7-5 Skleněné sálavé panely ECOSUN G
- Obr. 2.1.8-1 Nízkoteplotní panely
- Obr. 2.1.8-2 Povrchové teploty nízkoteplotního panelu
- Obr. 2.1.8-3 a 4 Poměr sdílení tepla
- Obr. 2.1.8-5 Ukázkový nomogram
- Obr. 2.1.8-6 Vysokoteplotní panely
- Obr. 2.1.8-7 Šíření záření
- Obr. 2.1.9-1 Topné fólie
- Obr. 3.2-1 Cena pořízení topného systému
- Obr. 3.2-2 Doba životnosti
- Obr. 3.3-1 Rozložení teplot při šíření tepla konvekcí a sáláním
- Obr. 4.1-1 Rozložení panelů
- Obr. 5.1-1 Rozměry panelu

7.2 Seznam tabulek

Tab. 2.1.7-1 Parametry panelů GR a GR SET

Tab. 2.1.7-2 Parametry MR panelů

Tab. 2.1.7-4 Skleněné sálavé panely ECOSUN G

Tab. 4-1 Výkony pro jednotlivé místnosti

Tab. 5.1-1 Přední (aktivní) strana panelu T_1 naměřené teploty ve [°C]

Tab. 5.1-2 Zadní strana panelu T_2 naměřené teploty ve [°C]

Tab. 5.1-3 Čelo č.1 (levá strana) panelu T_3 naměřené teploty ve [°C]

Tab. 5.1-4 Čelo č.2 (pravá strana) panelu T_4 naměřené teploty ve [°C]

Tab. 5.1-5 Bok č.1 (spodní strana) panelu T_5 naměřené teploty ve [°C]

Tab. 5.1-6 Bok č.2 (horní strana) panelu T_6 naměřené teploty ve [°C]

Tab. 5.1-7 Průměrné teploty z jednotlivých stran panelu ve [°C]

Tab. 5.2-1 Průměrné teploty jednotlivých stěn

Tab. 5.2-2 P_i pro první konstanty

Tab. 5.2-3 P_i pro druhé konstanty

Tab. 5.3-1 Průměrné teploty jednotlivých stěn

Tab. 5.3-2 P_i pro první konstanty

Tab. 5.3-3 P_i pro druhé konstanty

Tab. 5.3-4 Průměrné teploty jednotlivých stěn

Tab. 5.3-5 P_i pro první konstanty

Tab. 5.3-6 P_i pro druhé konstanty

7.3 Seznam vzorců

(2.1.2-1) Wienův posunovací zákon

(2.1.2-2) Spektrální hustota záření

(2.1.3-1) Planckův vyzařovací zákon

(2.1.4-1) Stefan – Boltzmannův zákon

- (2.1.4-2) Celkový zářivý tok
- (4.1-1) Součinitel přestupu tepla stěn
- (4.1-2) Součinitel přestupu tepla podlahy
- (4.1-3) Součinitel přestupu tepla stropy
- (4.1-4) Tepelné ztráty
- (4.1-5) Velikost příkonu na plochu
- (4.1-6) Stanovení počtu topných jednotek
- (4.1-7) Průměrný výkon
- (4.1-8) Upřesnění počtu topidel
- (4.1-9) Efektivní výkon
- (4.1-10) Plocha panelu
- (5.1-1) Vlnová délka
- (5.1-2) Tepelné ztráty prouděním
- (5.1-3) Součinitel přestupu tepla prouděním – svislá stěna
- (5.1-4) Součinitel přestupu tepla prouděním – vodorovná stěna dolů
- (5.1-5) Součinitel přestupu tepla prouděním – vodorovná stěna nahoru
- (5.1-7) Účinnost sálavého panelu

8. Použitá literatura

- [1] www.elektricke-topeni.cz
- [2] www.primotopy.eu
- [3] webs.zcu.cz/fel/kee/et/
- [4] www.fenixgroup.cz
- [5] www.proficomfort.cz
- [6] www.usby.cz
- [7] www.infratopeni-infrapanely.cz
- [8] www.wikipedia.org
- [9] www.infratopeni.edot.cz
- [10] www.thermowell.cz
- [11] D. Petráš a kolektiv, Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie, Jaga group, s.r.o., Bratislava 2008
- [12] A. Hemelík, Bakalářská práce, Přednosti elektrického sálavého vytápění, Plzeň 2008
- [13] L. Jágerský, Bakalářská práce, Elektrické sálavé panely jako zdroj tepla pro vytápění, Plzeň 2011
- [14] J. Obdržálek, Diplomová práce, Teorie a aplikace elektrických sálavých zdrojů tepla, Plzeň 2010