

## Princip infravytápění

V průmyslových závodech vybavených halami, příp. ve velkých prostorách, které je nutno vytápět, nebo udržovat teplotu na určité úrovni, tvoří náklady na vytápění významnou položku. Tyto náklady jsou zřejmě zejména, jedná-li se o haly s větší výměnou vzduchu, nebo se značnými tepelnými ztrátami. Pokud není nutné udržovat teplotu v celém prostoru, ale jen na určitých místech nebo pracovištích, příp. jen v určitých časových intervalech, stává se stálé vytápění celých prostor značně neekonomické. Podobná problematika je i v jiných prostorách, jako jsou sportovní hlediště, terasy, zemědělské provozy apod., kde jsou klasické způsoby vytápění naprosto nevhodné. Protože vytápění zářením je ve své podstatě dodávkou tepla přímo do potřebných prostor, je ve srovnání s konvekčními nebo teplovzdušnými soustavami velice úsporné. V mnoha případech je to (zvláště u rozlehlých hal) prakticky jediný způsob, jak zajistit požadovanou teplotu uprostřed haly, aniž bychom přetápěli podstřešní prostor.

V těchto případech se nabízí možnost řešení s uplatněním výhod vytápění pomocí infrazářičů.

Ve většině případů se toto vytápění zřizuje kvůli osobám v těchto prostorách pracujícím, a proto je nezbytné brát ohled nejen na tepelnou pohodu, ale i na druh činnosti, těmito osobami prováděnou. Jiné jsou nároky na práci vsedě, lehkou nebo těžkou práci, zda se lidé ve vytápěných prostorách zdržují trvale apod. Tato hlediska jsou velmi důležitá pro správné projektování a provoz soustav s infrazářiči.

Infračervené záření jakožto pásmo elektromagnetického vlnění zahrnuje vlnové délky od  $0,75 \times 10^{-6}$  do  $400 \times 10^{-6}$  m, pro topné účely se uvažuje s frekvencí kolem  $100 \times 10^6$ . Po dopadu na pevnou hmotu se toto záření částečně odrazí a částečně absorbuje (promění se v teplo).

### sálavá účinnost, povrchová teplota

Ve světě se vyrábějí různé typy infrazářičů a hlavně pak konstrukce značně odlišné. Jednotlivé firmy se předhánějí ve zdůvodňování předností a výhod vlastního výrobku. Objektivní hodnocení však je zapotřebí vytvářet z komplexního pohledu a na základě neměnných fyzikálních zákonů a výsledků měření zkušebních institucí. Jaká kritéria jsou pro takové hodnocení důležitá?

Z ekonomického hlediska je nejdůležitějším kritériem sálavá účinnost  $\eta_s$ . Teplo potřebné pro dosažení pohody v oblasti pobytu člověka se do tohoto prostoru dostává právě sáláním. Čím větší je podíl sálání z celkového výkonu zářiče, tím se pro dosažení potřebného efektu spotřebuje méně plynu.

Pro výpočet **sálavé účinnosti** můžeme použít vztah:

$$\eta_s = Q_r / P$$

$P$  - výkon infrazářiče v kW

$Q_r$  - sálavý výkon infrazářiče, v kW vypočtený dle vztahu

$$Q_r = C_o \cdot \sum \varepsilon_i \cdot P_i \cdot [(273 + t_i) / 100]^4$$

$C_o$  - sálavá konstanta =  $5,67 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^4$

$\varepsilon_i$  - emisivita povrchu keramické desky při dané teplotě  $t_i$ ; =0,93

$P_i$  - sálavá plocha, sálající při teplotě  $t_i$  s emisivitou materiálu  $\varepsilon_i$ ;  $\text{m}^2$

$t_i$  - teplota sálavé plochy; °C

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že na sálavou účinnost má největší vliv **povrchová teplota sálavé plochy**. Povrchová teplota keramických desek světlého infrazářiče má také přímou závislost na produkci škodlivých látek ve spalinách. Nalezení ideální teploty je kompromisem mezi účinností infrazářiče a produkcí škodlivých látek.

Teple konvekční a teplo odvedené spaliny je v daném případě teplo ztrátové. Tam, kde je možno s ohledem na obsah NOx odvádět spaliny do vytápěného prostoru, vytváří se pod střechou teplejší polštář, který přispívá k mírnému ohřevu střešního pláště a ploch světlíku. Tím se poněkud snižuje nepříznivý vliv sálání chladných ploch horní části objektu. Tam, kde se musí spaliny odvádět mimo prostor, se tato výhoda neuplatňuje (především se jedná o tmavé zářiče). Cirkulací spalin u tmavých infrazářičů je naopak možno docílit vyššího využití tepla vyrobeného spálením plynu.

### **Oblast použití**

Plynové infrazářiče jsou určeny především pro:

- vytápění vysokých prostor, např. průmyslových hal, skladů, sportovních hal, kostelů apod.
- vytápění objektů s nepravidelným provozem
- temperování exteriérů, např. tribun stadionů, zahradní restaurace, nástupiště apod.
- technologické ohřevy, např. ohřev van s nejrůznějšími lázněmi apod.
- vypalování
- sušení
- rozmrazování
- vysoušení budov po povodních

Jako výrobci těchto zařízení jsme schopni přizpůsobit infrazářiče individuálním přáním zákazníka. U technologických ohřevů nabízíme spolupráci v naší vývojové dílně, kde mohou probíhat zkoušky různého typu. Infrazářiče jsme již přizpůsobili pro vypalování, sušení povrchu ocelových obrobků, sušení textilu, rozmrazování sypkých materiálů, rozmrazování železničních vagónů, ohřevu lázní s louhem při moření kovů v železárnách atd.

.....infrazářiče lze použít i poněkud netradičně.

### **Základní typy plynových infrazářičů z hlediska konstrukce, povrchových teplot a sálavé účinnosti**

Z hlediska druhu záření - vlnové délky vyplývající z povrchové teploty, a tím i barvy povrchu zářiče - se zářiče dělí na světlé a tmavé. U **světých** zářičů se povrchová teplota sálající plochy (keramika) pohybuje v rozmezí 850 - 950 °C. Těchto teplot se na keramické ploše dosahuje prostřednictvím bezplamenného povrchového hoření.

**Tmavé** zářiče mají povrchovou teplotu 200 - 500 °C (prům. cca. 350 °C). Činnou plochou jsou zpravidla trubky, kterými proudí spaliny. Spalování plynu se uskutečňuje pomocí atmosférických nebo tlakových hořáků.

Nejnovějším prvkem v oblasti tmavých infrazářičů jsou **nízkoteplotní** infrazářiče s recirkulací spalin, nazývané též jako kompaktní plynové infrazářiče, nebo zářiče s přímým sáláním. Tento systém představuje další krok ve vývoji tmavých infrazářičů, někdy je nazýván vytápěním třetí generace průmyslových hal. Od běžných tmavých infrazářičů se liší povrchovou teplotou cca 250°C, intenzivní recirkulací spalin, což maximálně zvyšuje rovnoměrnost teplot po délce topného potrubí a nepoměrně vyšší sálavou účinností.

Různá konstrukční řešení umožňují dosažení sálavé účinnosti u světlych infrazářičů cca. do 80% a u tmavých cca. do 68 %. U kompaktních infrazářičů je dosaženo až 85%. V případě, že některý z výrobců (prodejců ) uvádí u svých plynových infrazářičů účinnosti 90 % a více jedná se o celkovou tepelnou účinnost. Tepelná účinnost je u světlych infrazářičů 95 - 98% u tmavých do 95%.

**Obecně lze říci, že sálavou účinnost u světlych infrazářičů zvyšuje:**

- Odvod spalin přes spodní okraj reflektoru.
- Dlouhý reflektor.
- Tepelně izolovaný reflektor a směšovací komora.
- Sálavá mřížka do vzdálenosti 15 mm od keramických destiček.
- Přehřev plynovzdušné směsi
- Vzájemné kombinace těchto řešení

**U tmavých infrazářičů sálavou účinnost zvyšuje:**

- Hluboký reflexní zákryt s plnými čely
- Zpětná cirkulace spalin
- Materiál reflektoru
- Tepelně izolovaný reflektor
- Vzájemné kombinace těchto řešení

**Sálavou účinnost světlych infrazářičů snižuje:**

- Malý a krátký reflektor
- Otvory v reflektoru nebo mezi destičkami a reflektorem
- Snižování povrchové teploty při regulaci výkonu
- Náklon infrazářiče
- Vzájemné kombinace těchto řešení

**U tmavých infrazářičů sálavou účinnost snižuje:**

- Značný pokles při šikmém zavěšení > 15°
- Plochý zákryt
- Otevřená čela

**Světlé infrazářiče**

Světlý infrazářič dodává teplo z keramických destiček rozžhavených na teplotu 850 – 950°C (zářič svítí). Vyzařování energie je velice intenzivní a zářič se stává bodovým zdrojem. Dodávku tepla na vytápěnou plochu lze realizovat z velkých vzdáleností, příp. lze vytápět samostatná pracoviště nebo zóny.

Plynovzdušná směs prochází difuzorem, komorou infrazářiče a keramickými destičkami, na jejichž povrchu dochází k **bezplamennému katalytickému spalování** . Při takto nízkoteplotním spalování je docilováno nepoměrně nižších emisí spalin ( především  $\text{No}_x$  ) než při klasickém hořákovém spalování (při teplotách plamene cca 1200°C).

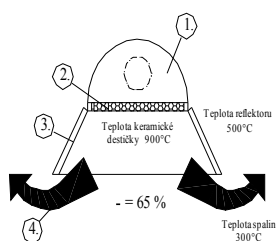
**Materiál keramiky** používaný při výrobě destiček je velmi náročný na získání a dodržení vlastností potřebných pro takto specifický způsob hoření. Standardně používaný typ destiček prakticky v celém světě je tvořen rastrem průchozích kanálků o  $\varnothing$  cca 1 mm a především průvzdušným materiálem keramiky, který umožňuje prohoření do hloubky několika mm. Rastr přímých průchozích kanálků potom umožňuje průchod pevných částic ovzduší při enormě prašném prostředí bez zanášení. Zanášení prachem je nebezpečné u staršího typu keramiky, používaného některými výrobci, kdy je použitým materiálem drcená keramika s pojivem. Vypalováním a vyhořením pojiva vzniká nepravidelný rastr kanálků. V prašném prostředí dochází k ucpávání bez možnosti vyčištění. Dále není možno při takto nehomogenním materiálu dodržet přesně stanovenou pevnost.

K usměrnění sálavého toku slouží **reflektor**, jehož konstrukce a provedení má největší podíl na sálavé účinnosti infrazářiče. Sortiment různých výrobců nabízí reflektory s velmi krátkými křídélky s různými mezerami mezi keramickou deskou a reflektorem přes hluboké reflektory navazující přímo na keramické desky až po izolované reflektory v kombinaci s předeřevem plynovzdušné směsi. Netěsné spojení mezi reflektorem a keramickou deskou (příp. otvory v reflektoru) způsobuje únik horkých spalin bez dostatečného využití. Těsný reflektor umožňuje vytvoření tzv. spalivového polštáře výrazně zvyšujícího sálavou účinnost, protože lopatky reflektoru se nahřívají na teplotu cca 500°C a jako dodatkové plochy sálají podobnou intenzitou jako tmavé zářiče. Zvyšují ovšem nároky na materiál reflektoru a především způsob proudění a přisávání spalovacího vzduchu je velmi náročný na konstrukci difuzoru a celé komory.

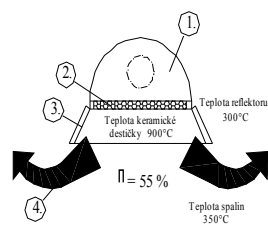
**Materiály reflektorů** jsou různých kvalit od hliníkových, ocelových s různými povrchovými úpravami (např. smaltováním) až po nejkvalitnější z nerezů nebo speciálních slitin duralu. Na volbě materiálu reflektoru závisí účinnost přenosu záření do požadovaných prostor, a především zachování této vlastnosti po dobu životnosti zářiče. Je-li totiž reflektor nový, je vše v pořádku a výrobci uvádějí, že je schopen odrazit až 92% záření. Horší situace však nastane po několika letech provozu, kdy kryt zoxiduje, příp. se zanesou nečistotami. Nejvhodnějším povrchem činných ploch reflektoru je z hlediska účinného odrazu matný povrch (úprava kartáčování nebo velmi jemný brus). Zrcadlový lesk není vhodný ani funkčně (teorie odrazivosti a pohltivosti záření), ani z hlediska údržby a životnosti.

**Sálavá účinnost** je závislá především na konstrukci reflektoru (viz. výše) a na kvalitě spalování. Vzhledem k typu spalovacího procesu není vhodné použití několikastupňové regulace výkonu. Přesné nastavení parametrů spalovacího procesu je podmínkou pro využití efektu nízkoteplotního spalování a z hlediska celkové tepelné účinnosti je nejvýhodnější systém vypnuto – zapnuto při ideálně nastavených spalovacích poměrech. Sálavé účinnosti mohou dosahovat u zářičů s neizolovaným těsným reflektorem až 65%, u izolovaných až 82%.

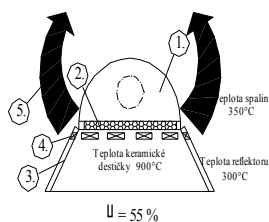
Na následujících obrázcích jsou uvedeny některé typy světlych infrazářičů s jejich sálavými účinnostmi :



1. SMĚŠOVACÍ KOMORA S HOŘÁKEM
2. KERAMICKÉ DESTIČKY
3. NEIZOLOVANÝ REFLEKTOR
4. SPALINY



1. SMĚŠOVACÍ KOMORA S HOŘÁKEM
2. KERAMICKÉ DESTIČKY
3. NEIZOLOVANÝ REFLEKTOR, KRÁTKÝ
4. SPALINY



1. SMĚŠOVACÍ KOMORA S HOŘÁKEM
2. KERAMICKÉ DESTIČKY
3. NEIZOLOVANÝ REFLEKTOR
4. OTVORY NAD KERAMIKOU
5. SPALINY

## Tmavé infrazářiče

„Tmavé trubkové infrazářiče“ pracují s **nižší povrchovou teplotou** 350 – 550°C a větší sálavou plochou. Jedná se o přímotopné otevřené nebo uzavřené plynové spotřebiče s nuceným odtahem spalin v provedení spalovacího prostoru jak přetlakovým nebo podtlakovým, s příslušnými výhodami i nevýhodami jednotlivých provedení. Častějším případem je provedení podtlakové, kde je plyn spalován v trubici, ve které je odtahovým ventilátorem vyvozován podtlak. Tímto způsobem se prodlužuje délka plamene ve snaze o rovnoměrnější rozložení povrchové teploty po délce trubice. Přesto je teplota sálavé trubky za hořákem až dvojnásobkem teploty na konci zářiče, tj. před ventilátorem.

K usměrnění sálavého toku energie slouží **reflektor**, který zajišťuje vznik polštáře horkého vzduchu v okolí trubice, zvyšuje tím povrchovou teplotu trubice a odráží sálavý tok tepelné energie požadovaným směrem. Reflektory tmavých infrazářičů jsou zhotoveny z hliníkového nebo nerez plechu, v ideálním případě opatřeném tepelnou izolací. Kvalitní materiál je z hlediska vlnových délek záření ještě důležitější než u zářičů světlych. Tmavý trubkový infrazářič s zoxidovaným reflektorem ztrácí až 25% účinnosti. Při netěsném provedení reflektoru nebo absenci čel ztrácí zářič vliv horkého polštáře pod reflektorem a výrazné snižování účinnosti.

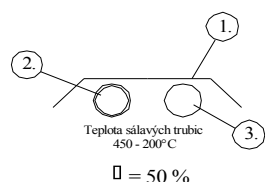
Vlastní **trubice** tmavých infrazářičů jsou v provedení I, L nebo U. Vzhledem k tomu, že je třeba uvažovat prudce se měnící povrchové teploty sálavé trubice směrem k ventilátoru, a tím nerovnoměrné osálení vytápěné plochy, doporučuje se používat vždy izolovaný reflektor a jednoznačně typu „U“. Ve snaze o zajištění co možná nejvyšší rovnoměrnosti rozložení teplot po délce celého zářiče jsou sálavé trubky za hořákem a před odtah. ventilátorem pod společným zákrytem, což je pro zprůměrování teplot nejvýhodnější, ale nastává zde jiný, velmi negativní jev. Totiž, že je výstupní potrubí (které by mělo být z hlediska celkové účinnosti spalování co nejvíce vychlazené) ohříváno

potrubím za hořákem, a tím odchází spaliny příliš horké a výrazně se tak snižuje celk. tepelná účinnost takového spotřebiče.

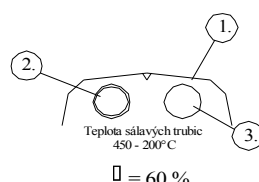
Tmavé infrazářiče se **zavěšují** pod strop tak, že osa vyzařování směřuje svisle dolů, takže je využit princip polštáře horkého vzduchu v okolí trubic. Někteří výrobci ve snaze o zvýšení osálané plochy doporučují šikmé zavěšení. Zde ovšem dochází podobně jako v případě chybně provedeného reflektoru k výraznému proudění a ochlazování těchto trubic, a tím k snížení sálavé účinnosti.

Vzhledem k tomu, že tmavé infrazářiče mají díky nižší povrchové teplotě trubic (a tím delší vlnové délce sálání) a vzhledem ke klasickému způsobu spalování (cca 10x vyšší produkci emisí spalin než u zářičů světlych) již základní **sálavou účinnost** nižší oproti zářičům světlym, a to cca 50 – 60%, v případě šikmého zavěšení tato účinnost dále klesá, a to až na cca 47%. Z důvodu vyšších koncentrací spalin je nutno ve většině případů odvádět spaliny mimo vytápěný prostor.

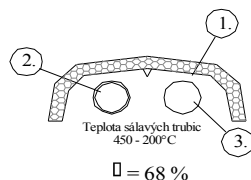
Na následujících obrázcích jsou uvedeny některé typy tmavých infrazářičů s jejich sálavými účinnostmi :



1. REFLEXNÍ ZÁKRYT S NÍZKÝMI KŘIDELKY
2. SÁLAVÁ TRUBICE, ZA HOŘÁKOVOU ČÁSTÍ DVOJITÁ STĚNA, APOD.
3. SÁLAVÁ TRUBICE



1. HLUBOKÝ REFLEXNÍ ZÁKRYT S DLOUHÝMI KŘIDELKY
2. SÁLAVÁ TRUBICE, ZA HOŘÁKOVOU ČÁSTÍ DVOJITÁ STĚNA, APOD.
3. SÁLAVÁ TRUBICE



1. HLUBOKÝ IZOLOVANÝ REFLEXNÍ ZÁKRYT S DLOUHÝMI KŘIDELKY
2. SÁLAVÁ TRUBICE, ZA HOŘÁKOVOU ČÁSTÍ DVOJITÁ STĚNA, APOD.
3. SÁLAVÁ TRUBICE

### Kompaktní nízkoteplotní infrazářiče

Princip činnosti nízkoteplotních plynových infrazářičů spočívá v **cirkulaci horkých spalin** v potrubí. Od cirkulujících spalin se ohřívá povrch potrubí který je ve spodní polovině opatřen speciálním nátěrem s vysokou emisivitou a sálá do vytápěného prostoru. Sálání do nežádoucích směrů je zabráněno zákrytem s tepelnou izolací.

Plyn je spalován pomocí hořáku, který je zaústěn do potrubí prvního modulu infrazářiče. V tomto prvním modulu dochází k míchání cirkulujících a čerstvých spalin. Míchání je usměrňováno tak, aby **rozložení teplot po délce infrazářiče bylo rovnoměrné**.

Osazované **hořáky** mohou být atmosférické nebo tlakové, monoblokové nebo vlastní konstrukce. Atmosférické hořáky využívají podtlaku v topném potrubí k snadnějšímu přísávání spalovacího vzduchu, mají ale omezený výkon a při vypnutí hořáku je třeba uzavřít výstup do komínu. V opačném případě dochází k rychlému vychlazení infrazářiče bez možnosti využití naakumulovaného tepla. Monoblokové tlakové hořáky mají možnost použití typů s několikastupňovou či plynulou regulací výkonu, ovšem především pro menší typy infrazářičů jsou příliš drahé. Hořáky vlastní konstrukce jsou obvykle konstruovány jako jednoúčelové pouze pro tento typ infrazářiče a pro specifický způsob

spalování ( plamen ústící do značného podtlaku a rychlosti vzduchu v topném potrubí, potřeba velmi dlouhého úzkého tvaru plamene apod.)

Potřebná cirkulace spalin je dosahována pomocí radiálního ventilátoru který je součástí recirkulační komory. Spaliny nasávané ze sálavého potrubí jsou vyfukovány do komory, část z nich cca 10% je odváděna do komína a zbylých 90% pokračuje v cirkulaci a míchá se s nově vznikajícími spalinami. Při vypnutí hořáku se odvod do komína zastaví a cirkulující spaliny odevzdávají teplo bez komínových ztrát. Jako **průměrná optimální povrchová teplota** se nastavuje 200 - 250°C.

Tato moderní nízkoteplotní vytápěcí technologie zajišťuje rovnoměrné rozložení teplot v celém vytápěném prostoru, využitím intenzivní recirkulace dochází k významným úsporám energie – účinnost spalování je až 95% a zároveň tepelné namáhání celé soustavy je výrazně nižší než u klasických tmavých infrazářičů. Proto, že celá sálavá část infrazářiče pracuje v podtlaku, nevnikají do vytápěného prostoru žádné spaliny a tyto infrazářiče jsou schopny vyhovět i velmi přísným požadavkům na čistotu vytápěného prostoru. Významnou výhodou tohoto výrobku je u některých výrobců možnost dodávky venkovního provedení agregátu a tím odstranění zdroje hluku z pracovního prostoru. Toto řešení je vhodné i pro komfortní prostory s vysokými požadavky na čistý a bezhlučný provoz (divadla,kina,aukční síně atd.).

Tmavé plynové zářiče lze rozdělit dle mnoha různých kritérií. Velmi důležitá je **průměrná teplota sálavého pásu**, tedy trubek, jenž tvoří aktivní část zářiče. Tato teplota je naprosto rozhodující pro četnost oprav, havárií a v neposlední řadě i pro určení **životnosti systému**, tedy v našem případě tzv. doby ekonomické využitelnosti. Ohřívání systému vede k tepelným dilatacím . Ohřívání je nerovnoměrné, zářič se kroutí a je tedy namáhán mechanicky. Regulace infrazářiče systémem zapnuto/vypnuto generuje velký počet cyklů. Kombinace tepelného a mechanického namáhání po 5-ti tisících roztažení a smrštění vyvolává mechanické únavové lomy. Infrazářič s intenzivní recirkulací spalin umožňuje nahřát celý sálavý pas na potřebnou teplotu, a poté tuto teplotu udržovat buď prostřednictvím hořáku s několikastupňovou regulací, nebo plynulou regulací. Firma Kaspo řeší regulaci vlastním systémem, v současné době ojedinělým, kdy hořák pracuje systémem zapnuto/vypnuto, ale celý infrazářič je kontinuálně v chodu a sálavý pas je nahříván na přesně danou **teplotu, proměnnou dle venkovní teploty**. Tato požadovaná teplota může být sledována a především omezena např. na **nejvyšší povolenou teplotu topných ploch**, omezenou požárními předpisy pro daný druh prostředí.

Teplotu sálavých trubek by měl uvádět každý výrobce a měl by ji obsahovat každý projekt nebo nabídka. V případě, že tomu tak není, může si ji každý projektant či investor lehce zkontrolovat pomocí Stefan-Boltzmanova zákona. Pro úplně orientační stanovení postačí odečtení na grafu publikovaném Petrem Vagnerem.

**$Q_s = C_0 \cdot e \cdot (T/100)^4 \cdot S$**  Stefan-Boltzmanův zákon

$Q_s$  [W] - teplo vyzařované povrchem tělesa, zářiče

$C_0$  [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>] - součinitel sálavosti, je roven 5,77

$e$  [-] - emisivita povrchu tělesa, běžná pro barvy je 0,96

$T$  [K] - absolutní teplota zářiče (0°C = 273,15 K)

$S$  [m<sup>2</sup>] - aktivní plocha zářiče, spodní část trubek

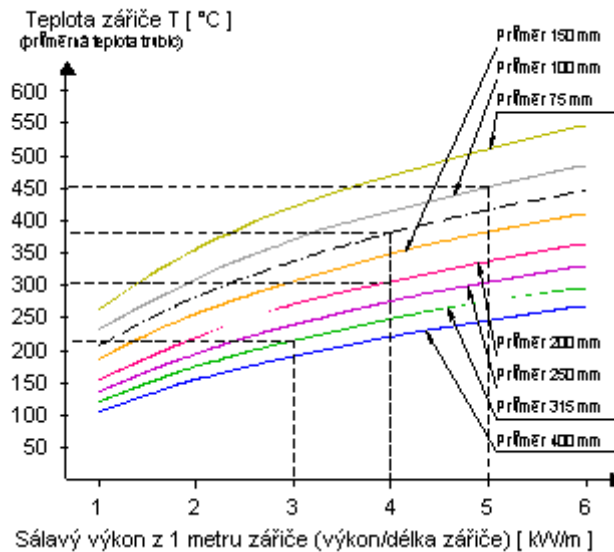
Teplo vyzařované povrchem zářiče je známé, je to vlastně sálavý výkon. Výkon zářiče vyčteme z prospektu, sálavý výkon je o něco menší, můžeme počítat zhruba 90 % (hodně zde záleží na kvalitě zářiče, kvalita zářiče je daná provedením a teplotou). Aktivní plochu zářiče známe, je to vlastně spodní část trubek. Vzhledem k tomu, že je sálavý pás tvořen většinou dvěma trubkami vedle sebe, je plocha daná vzorcem:

**$S = (\pi \cdot D) \cdot L$**

$D$  [m] - průměr trubek zářiče

$L$  [m] - délka zářiče (u provedení s jednou trubkou je to 1)

Závislost teploty na výkonu při různých průměrech trubíc



Obr. 1 - Graf zachycuje závislost průměrné teploty zářiče při různých výkonech z jednoho metru délky pro různé průměry trubíc tělesa.

Stefan-Boltzmanův zákon upravíme na tvar, kdy ze zadaného sálavého výkonu, aktivní plochy zářiče, součinitele a emisivity vypočítáme teplotu. Přehledně jsou teploty zanesené do grafu. Pro jednoduchost je počítán parametr výkon/délka. Celkový sálavý výkon zářiče se podělí jeho celkovou délkou a tímto parametrem je zářič přesně charakterizován.