



Ing. Ondřej HOJER  
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,  
 Ústav techniky prostředí

# Optimalizovaná metodika návrhu světlych zářičů

## Optimized Methodology of Luminous overhead Radiant Heaters Design

Recenzent  
 doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

*Autor v článku podává komplexní informaci o přístupu k projektování vytápění velkoprostorových objektů v podobě optimalizované metodiky pro navrhování světlych a tmavých zářičů. V ucelené a stručné formě seznamuje čtenáře jak se známými skutečnostmi, tak s poznatky, které získal vlastním výzkumem.*

**Klíčová slova:** vytápění, světlé zářiče, tmavé zářiče

*In the article the author brings the complex information about the approach to the heating designing of large-sized buildings in the form of optimized methodology for designing the light and dark emitters. In an integral and brief form he informs the reader both about known facts and about knowledge gained by his own research.*

**Key words:** heating, overhead Luminous Radiant Heaters, overhead Radiant Tube Heaters

V dnešní době se věnuje velká pozornost snižování spotřeby energie. Staví se nízkoenergetické nebo pasivní domy, dodatečně se zateplují stávající, vyměňují se okna a instalují se termostatické a vyvažovací ventily. Hlavní pozornost je věnována hlavně bytovým a kancelářským prostorům. Na průmyslové aplikace se v této souvislosti mnohdy zapomíná. Přitom právě v této sféře, se vzhledem k velkým instalovaným výkonům pro vytápění, dají jednoduchými úpravami již při návrhu zařízení dosáhnout velkých úspor. Pokud si uvědomíme, že zařízení se navrhuje na špičkovou potřebu tepla při extrémních venkovních teplotách a ty se v průběhu roku vyskytují maximálně 10 až 14 dnů, každé předimenzování instalovaného zařízení způsobuje značnou nehospodárnost provozu. Předimenzované zařízení nepracuje v okolí maximální účinnosti. Vždy je třeba přizpůsobit navrhované vytápěcí zařízení objektu a nenavrhovat ho předimenzované s tím, že vhodnou regulací bude úspora dosažena. Takovýto návrh vede k častému cyklování (najíždění na plný výkon a opětovnému vypínání), a tím i k většímu opotřebením a častějším poruchám. Základem úspěchu je dodržování některých základních doporučení, metodiky, která bude dále rozebrána bod po bodu se zaměřením na vytápění průmyslových objektů světlymi plynovými zářiči.

### TYP ZÁŘIČŮ

Dříve než začneme s jakýmkoliv návrhem je nutné ověřit, zda je vůbec možné pro vytápění objektu plynové zářiče, vzhledem k příslušným požárním požadavkům ČSN 06 1008 (prostředí nesmí být hořlavé ani výbušné), použít. Pokud tyto požadavky splňuje, pokračujeme s výběrem vhodného typu zářiče. Při výběru máme obecně tři možnosti. Světlé zářiče, u kterých se povrchová teplota činné sálající plochy pohybuje okolo 900 °C, tmavé zářiče se střední povrchovou teplotou cca 350 °C a zářiče kompaktní se střední povrchovou teplotou cca 200 °C ale i nižší.

Často se v projekční praxi i při realizaci setkáváme s tím, že jsou firmami ale i projektanty doporučována taková technická řešení, která jsou vzhledem k charakteru objektu, výšce, nebo způsobu provozování naprosto nevyhovující. Nejčastějším problémem přitom bývá pouze opomenutí nějakého detailu nebo chybějící určitý celkový nadhled. Proto je důležité rozmyslet si návrh bod po bodu.

Nejdříve musíme určit typ zářiče, který je pro daný prostor nejvýhodnější. Z vyhodnocení, které provedl Gaswärmeeinstitut v Essenu vyplývá, že srovnatelné ekonomické použití tmavých a světlych plynových zářičů se nachází ve výšce 6 m nad podlahou. Ve výšce 10 m je účinnost tmavého zářiče o 15 % a ve výšce 15 m až o 27 % nižší než u světlyho zářiče. Pokud navrhujeme vytápění do nižších prostor je naopak nutné z hygienických důvodů (nařízení vlády č. 178/2002 Sb. resp. 523/2002 Sb.) používat zářiče s nižší intenzitou sálání (nižší povrchovou teplotou) nebo zvolit více zářičů nižších výkonů. Eventuální snížení účinné výšky zavěšení světlych zářičů můžeme v některých případech dosáhnout umístěním zářičů na stěny objektu (šikmé provedení reflexních zákrytů). Tato úprava se doporučuje pouze u světlych zářičů, neboť u zářičů tmavých již dochází, pokud uvažujeme stávající konstrukci, ke značným tepelným ztrátám konvekci.

Zjednodušeně můžeme tedy volit **pro haly H < 6 m zářiče tmavé**, které mohou být v místech, kde jsou vysoké nároky na potřebu tepla (často otevíraná vrata, expediční prostory), vhodně doplněny zářiči světlymi, popřípadě šikmo zavěšenými. Pro vysoké haly s výškou zavěšení **H > 6 m volíme naopak výhradně zářiče světlé**.

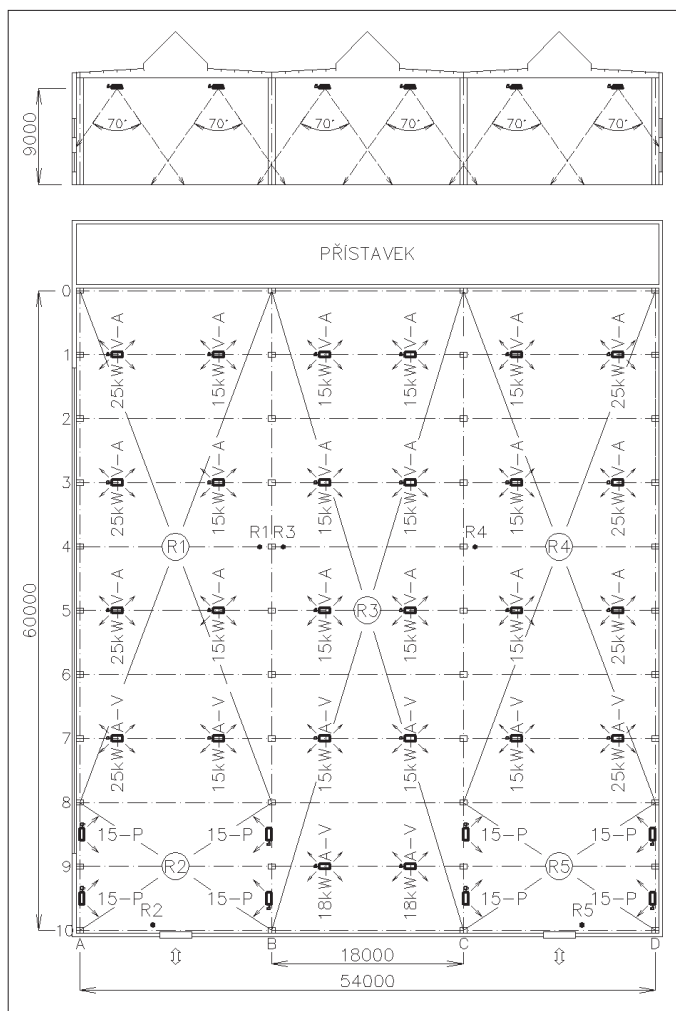
### TEPELNÝ VÝKON

Výpočet instalovaného výkonu vychází z postupu, který byl publikován v [1] a [2]. Nejdříve rozdělíme vytápěný prostor na části stejným způsobem ochlazované, s ohledem na potlačení chladných konvektivních proudů [3], a ty pak dále na části se stejnou návrhovou teplotou, stejným provozem. Pro každou takto oddělenou část zvolíme podle odstavce 2 typ zářiče. Podle některého z klasických postupů (ČSN 06 0210 nebo EN 12831) se vypočte tepelná ztráta vytápěného objektu, a ta se příslušnými koeficienty opraví pro použitý typ zářiče (účinnost, existenci izolace, naklopení, atd.).

Stručně shrnuto je potřeba, rozdělit vytápěný objekt na části se stejným technologickým procesem, rozdílnou směrností, různým vlivem venkovních i vnitřních zdrojů tepla, **rozdělit vytápěný objekt na části stejným způsobem ochlazované a ty pak dále na části, kde jsou uvažovány stejné typy zářičů**. Pro každou takto separovanou část následně vypočteme tepelnou ztrátu a určíme opravné koeficienty danými výpočtovými postupy. Na opravenou hodnotu tepelné ztráty pak navrhne celkový instalovaný výkon zářičů pro každou oddělenou část.

### ROZMÍSTOVÁNÍ

Správně umístit zářič je jedna z nejobtížnějších věcí na celém návrhu. Musí se zohlednit celá řada aspektů a v některých případech teprve v této fázi zjistíme, že řešit vytápění plynovými zářiči není možné. Základem je, vycházet ze stávající konstrukce vytápěného prostoru, a tedy uvažovat reálné možnosti zavěšení zářičů. V případě, že se ve vytápěném prostoru vyskytuje jeřábová dráha je doporučeno při rozmístění zářičů pod stropem buď opatřit jeřáb reflexním plechem, který by riziková místa odstínil nebo umístit zářiče se šikmými zákryty na stěny pod jeřábovou dráhu. Pokud

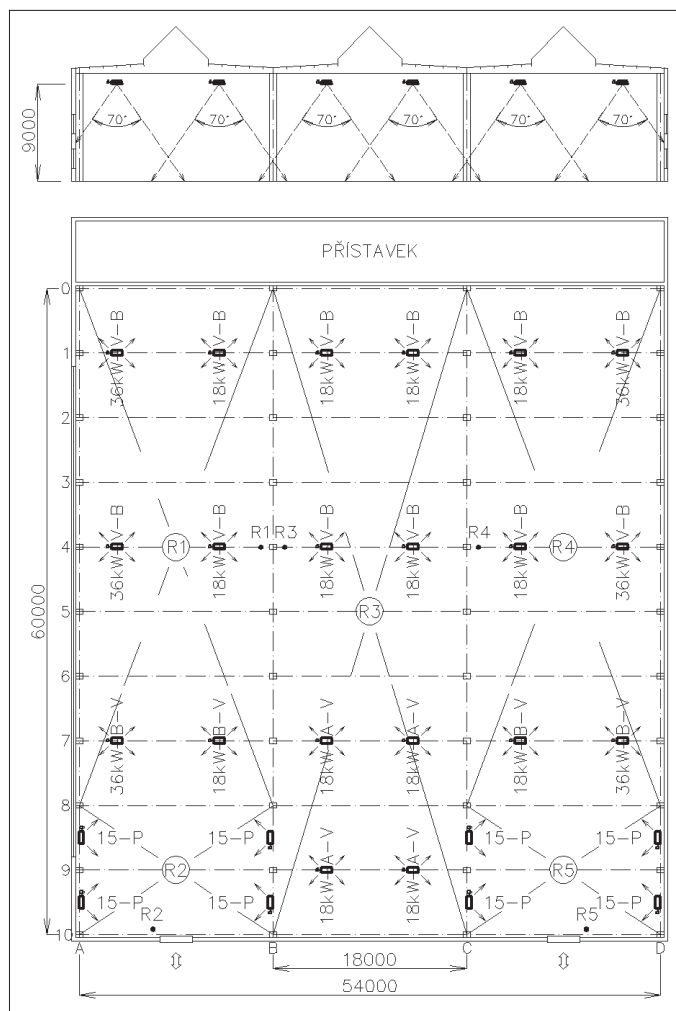


Obr. 1 Návrh vytápění 10 m vysoké trojrožní haly světlými plynovými zářiči – varianta 1

není dostatečné místo mezi střešním pláštěm a jeřábem je takové umístění jediné možné řešení.

Hlavním parametrem, který nás dále zajímá je úhel jádrového sálání. Oblast jádrového sálání je určena jako oblast, do které dopadá 90 % tepla předaného do prostoru sáláním. Paprsky, které ji vymezují by se při návrhu měli protínat **mezi dvěma zářiči minimálně 1,5 m nad podlahou** z důvodu zajištění rovnoměrné dodávky tepla do celé pracovní oblasti. **U venkovních stěn** by se měl průsečík mezních paprsků a stěny vyskytovat ještě výše a to **minimálně 2,5 m nad podlahou**, aby bylo lépe zajištěno pokrytí tepelné ztráty a eliminovány chladné konvektivní proudy u venkovní stěny vznikající.

Další doporučení, které bylo diskutováno již v odstavci 3, vyplývá z rozdělení celého vytápěného prostoru na části stejným způsobem ochlazované. Výpočtem vychází, že **do prostoru u ochlazovaných stěn a často otevřených vrat by se měly instalovat zářiče vyšších výkonů** než do prostoru u stěn vnitřních. Praktická aplikace všech doporučení je dobře patrná z příkladu na obr. 1. Zde si můžeme všimnout jednak vyššího výkonu zářičů umístěných přímo u venkovní stěny a jednak umístění zářičů šikmých do míst u venkovních vrat. Takovéto umístění bylo voleno, aby byla co nejlépe pokryta okamžitá potřeba tepla vznikající při otevření vrat. V tomto případě se jednalo o nájezdové rampy nákladní dopravy, proto bylo voleno umístění šikmé, nicméně principiálně je možné při zachování stejného instalovaného výkonu volit umístění zářičů pod stropem. Pokud se budeme zabývat geometrií sálání a možnostmi, které poskytuje výrobce zjistíme, že návrh na obr. 1 je sice správný, ale při takto vysoké hale je možné volit ještě úspěšnější řešení (obr. 2). Zde je s výhodou využití zářičů dodávaných s otevřenějším reflexním zákrytem, který otevírá úhel jádrového



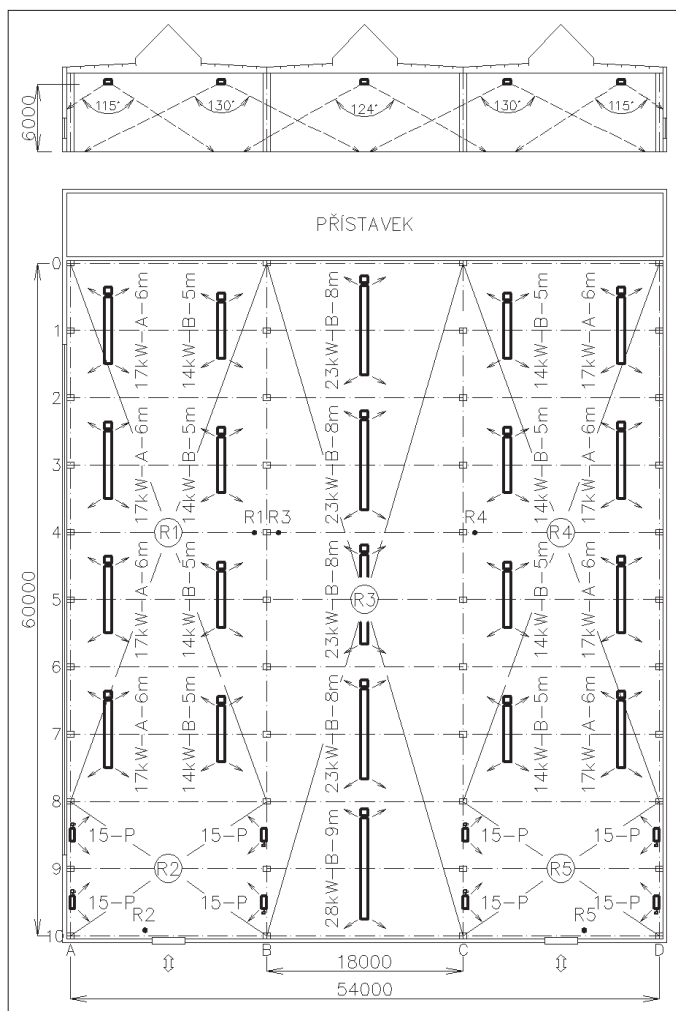
Obr. 2 Návrh vytápění 10 m vysoké trojrožní haly světlými plynovými zářiči – varianta 2

sálání až na 112° oproti první variantě s 88°. Vidíme, že zákryt s větším úhlem jádrového sálání umožní omezit počet řad instalovaných zářičů při zachování rovnoměrné dodávky tepla do pracovní oblasti. Na obrázcích jsou typy zákrytů označeny písmenky, A pro 88° respektive B pro 112°. Označení P odpovídá šikmému zavěšení s koncentrovanějším tepelným tokem.

Dále bude ukázáno jak ovlivňuje rozmístění zářičů výška haly. Oproti příkladu z obrázku 1 budeme nyní uvažovat halu stejného půdorysu, ale výšky jenom 7 m. Vzhledem k tomu, že největší ztráty jsou přes světlíky, střechu a okna klesne potřeba tepla na vytápění pouze minimálně. Systém vytápění je však nutné řešit komplexně a to jak technicky tak ekonomicky. Při snížení výšky zavěšení se již nebudou protínat úhly jádrového sálání v potřebné výšce a nebylo by tedy možné dosáhnout rovnoměrného osálení, a to ani rozmístěním podle varianty 2 (obr. 2) ani podle varianty 1 (obr. 1). Optimální volba zářičů pro uvažovanou výšku haly je ukázána na obrázku 3. Uspokojivého řešení bylo dosaženo kombinací se zářiči tmavými, které mají úhel jádrového sálání ještě větší a zároveň se nejedná pouze o zdroj bodový, ale lineární, takže ve výsledku pokryjí větší plochu.

Všimněme si, že v oblasti u venkovních vrat jsme stále zachovali světlé zářiče, neboť je zde potřeba instalovat zářiče s rychlejším náběhem, aby lépe reagovaly na náhlé změny způsobené otevřením vrat. Světlé zářiče nabíhají na 80 % výkonu do 4 až 5 minut, zatím co zářiče tmavé až po dvojnásobné době. Světlé zářiče jsou tedy do oblasti venkovních vrat vhodnější.

Poslední doporučení, které se musí brát v úvahu jsou **minimální vzdálenosti od hořlavých konstrukcí** a samozřejmě i **minimální hygienická**

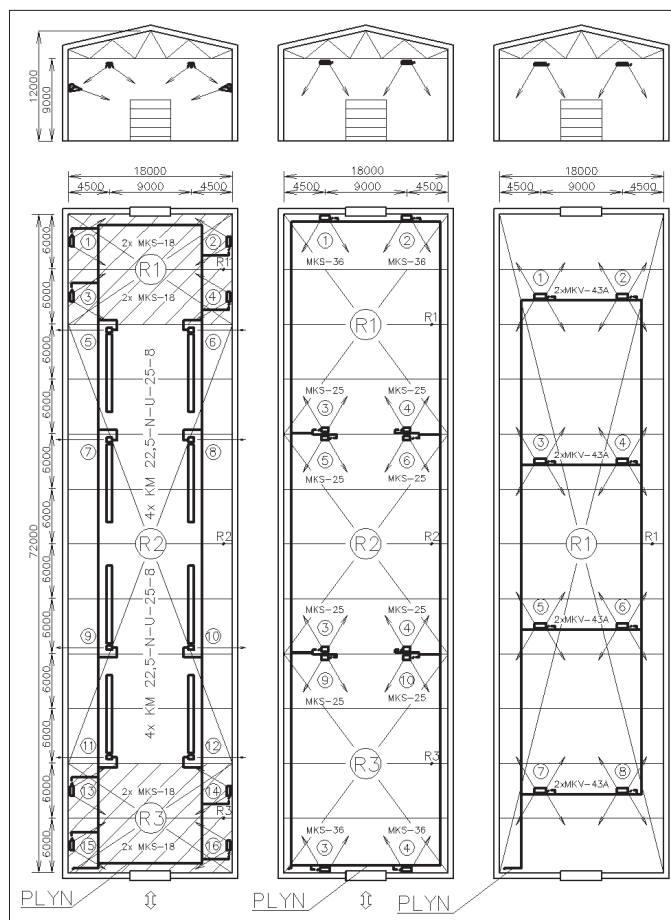


Obr. 3 Návrh vytápění 7 m vysoké trojrovné haly světlými plynovými zářiči

**výška zavěšení.** Obě hodnoty jsou přesně stanoveny pro každý typ a výkon zářiče a musí být specifikovány v technické dokumentaci výrobce.

## REGULACE A PROVOZ

V průběhu otopného období se venkovní teploty průměrně pohybují vysoko nad hranicí venkovních výpočtových teplot, na které je systém navržen. Omezení přebytečného výkonu v průběhu otopného období je úkolem kvalitní regulace. Regulace systému je dalším velmi důležitým aspektem, který značně ovlivňuje celkovou roční spotřebu tepla. **Správné umístění regulačních čidel a rozdělení zářičů do zón je proto klíčové.** Regulační čidlo musí být vždy umístěno na takovém místě, aby nebylo pokud možno ovlivněno v zimě průvanem a ani v přechodném období tepelnými zisky od sluneční radiace. Na druhé straně by mělo být v oblasti jádrového salání námi zvoleného referenčního zářiče. Čidla se doporučují v oblasti u vnějších vrat, s ohledem na rychlejší reakci na teplotu vnějšího vzduchu, jinak čidla reagující na výslednou teplotu. Rozdělení zářičů do zón vyplývá přímo z požadavků na dodávku tepla do jednotlivých částí objektu a z požadavků investora. Proto je třeba se při návrhu **zajímat o provoz (počet směn) a požadavky na odstavení jednotlivých pracovišť.** Za provozu je možné podle vytížení pracovní plochy i ručně odstavení jednotlivé zářiče, avšak kromě referenčního. Volba referenčního zářiče je tak velice důležitá. Referenční zářič odstavíme pouze úplným vypnutím celé zóny. Rozdělení na regulační zóny i umístění referenčních čidel si můžeme opět všimnout na příkladu na obr. 1. U některých typů zářičů je také možné využít třípolohovou regulaci, která kromě stavů zapnuto – vypnuto umožňuje nastavit také například poloviční výkon. Otázkou však zůstává, jak klesne v tomto případě účinnost zářiče a jak případně stoupne



Obr. 4 Ukázky návrhu plynovodu pro různé varianty rozmístění plynových zářičů [4]

produkce  $\text{NO}_x$  a  $\text{CO}_2$ . Odpovědi na tyto otázky zatím bohužel nejsou veřejně k dispozici.

## VĚTRÁNÍ

V souvislosti s provozem se velmi často zapomíná na zajištění přívodu čerstvého a větracího vzduchu do pracovní oblasti. Musíme si uvědomit, že u světlých zářičů probíhá otevřené spalování, které spotřebovává kyslík z prostoru místnosti a produkuje spaliny. Takto vznikající úbytek vzduchu je minimálně nutné nějakým způsobem nahradit, ideálně instalovat samostatné větrací zařízení. U světlých zářičů se vždy instaluje odtahový ventilátor do nejvyššího místa haly, kde se hromadí spaliny. Provozem ventilátoru je podmíněn i chod celé příslušející sekce zářičů. A právě přívod větracího vzduchu do objektu se ve většině případů předpokládá pouze infiltrací netěsnostmi v plášti objektu. Podle současné evropské normy EN 13410 postací pro provoz zářičů odvádět  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  vzduchu na jednu instalovanou kilowatu. Jelikož však jsou budovy se zlepšujícím se zateplením i čím dál těsnější, je vždy také třeba kontrolovat minimální hygienický průtok vnějšího vzduchu podle nařízení vlády č. 523/2002 Sb. (novelizace NV 178/2002 Sb.), kterým se v příloze 4 stanovují podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Přívod vzduchu infiltrací přestává stačit. **Návrh větracího zařízení se tak stává nedílnou součástí projektu vytápění plynovými zářiči!**

## ROZVOD PLYNU

Rozvody plynu musí být dimenzovány s ohledem na zapojení do jednotlivých sekcí. Při náběhu jedné celé sekce musí být nárazově k dispozici vyšší tlak a větvené potrubí by tak nemuselo stačit. V takových případech se doporučuje **uvažovat o zapojení do rámu** (obr. 4). Tím se nebezpečí nedostatku tlaku plynu minimalizuje. Dále musíme zvažovat i způsob provozování. Když

se například majitel rozhodne provozovat pouze jednu loď trojlodní výrobní haly a ostatní pronajímat, vyplatí se lodě od sebe funkčně oddělit (regulace i plyn) a do každé lodi instalovat samostatný plynoměr.

### ZÁVĚR

Jak bylo v tomto příspěvku ukázáno, hlavní roli při návrhu světlych plynových zářičů hrají hlavně konstrukce vytápěného objektu, jeho rozměry, provoz a současně i vlastní konstrukční řešení zářičů. Ukazuje se, že největších úspor dosáhneme právě vhodnou kombinací všech zmíněných doporučení. Avšak nesmíme zapomínat ani na další důležité části návrhu jako regulace, větrání nebo návrh plynovodu. Zanedbání kterékoli z uve-

dených částí může vést ke znehodnocení celé práce, kterou si dáme s roz-  
místěním a volbou zářičů.

Kontakt na autora: [Ondrej.Hojer@fs.cvut.cz](mailto:Ondrej.Hojer@fs.cvut.cz)

### Použité zdroje:

- [1] Kolektiv, *Topenářská příručka*. 2001, Praha: GAS. 2 500. 80-86176-82-7
- [2] Petráš, D., M. Kotrbatý, a kolektiv: *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*. 1. ed. 2006, Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o. 205. ISBN 80-8076-040-3
- [3] Hojer, O.: *Metodika návrhu plynových zářičů*. Vytápění, větrání, instalace, 2005 14 (4): p. 171-172
- [4] Kotrbatý, M.; Schůrková, I.: *Kombinované infrazářičové soustavy*. Vytápění, větrání, instalace, 2003. 12 (3). ■

### \* Plastové trubkové materiály

Světovým trendem je plošné vytápění a chlazení podlah a stěn budov, krytých hal a venkovních prostorů jako hřiště a parkoviště. Zatímco v USA jen zvolna ustupuje užívání měděných trubek, v Evropě jsou široce užívány plastové extrudované a koextrudované trubky, především ze síťovaného PE-X s bariérovou vrstvou EVAL. Příkladem je firma *Rehau*, která i v Česku patří ke špičce počtem instalací a provedením systému založeném na trubkách *Rautherm S*. Předností polyolefinových trubek je zpracovatelnost a materiálová recyklace.

Jak ukázal veletrh plastů NPE 2006 v Chicagu, je v USA širší výběr plastových materiálů, z nichž každý má v daných podmínkách své opodstatnění. Pro tyto účely a jiné systémy s horkou vodou nabízí *Borealis* nové vysoce flexibilní trubky *BorPex XLPE*. Americká *PolyOne* uvádí pro podobné účely trubky a fitinky z nových typů PVC-C. Nejnovějším trubkovým materiálem *Dow Chemical* je ne-síťovaný oktenový kopolymer *Dowlex 2344*, flexibilní a tuhý s modulem pružnosti

v ohybu 540 MPa, připuštěný *National Sanitation Foundation (NSF)* v USA pro pitnou vodu do teploty 82 °C. Jeho cena se v USA pohybuje kolem 50 % ceny měděných trubek a růstem cen mědi bude ještě výhodnější. *BASF* zavedl trubky z termoplastického polyuretanu *Elastollan 1190A16TPU* pro zajímavý způsob opravy potrubí na pitnou vodu bez vyjímání prasklého dílu. Trubka z TPU obalená polyesterovou tkaninou impregnovanou epoxy pryskyřicí se zasune do potrubí, natlakuje vzduchem a následně teplem vytvrdí. Funkčnost, těsnost a životnost opravy se odhaduje na desítky let. V USA je tento typ připuštěn *NSF* jako jediný TPU pro pitnou vodu bez omezení.

Jestliže ještě v roce 1995 byl v Evropě poměr plastových trubek pro vytápění a sanitu jen 30 % proti 70 % z oceli, nerezi a mědi, v roce 2005 to bylo již půl na půl při 1650 mil. metrů položených trubek (v plastech jsou zahrnuty i kompozitní koextrudované trubky PE-X/hliník).

Pramen: *Informace z veletrhu National Plastics Exhibition 2006, Chicago 2006 (AB)*