

Hodnocení otopných soustav vytápění velkoprostorových objektů

Datum: 18.6.2007

Autor: Ing. Miroslav Kotrbatý

Závěrečné shrnutí seriálu publikovaných článků s tématikou vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů - téma přednášky na konferenci Vytápění Třeboň 2007. Článek je průvodcem postupy při navrhování infravytápění s výčtem základních principů stupňů hospodárnosti pro provoz otopné soustavy.

1.00 Úvod

Součástí materiálů předaných účastníkům konference "Třeboň 2007" je také soubor článků (přiložené CD) publikovaných v posledním jeden a půl roce na portálu <http://www.tzb-info.cz/>. Tyto články týkající se vytápění velkoprostorových objektů jsem uveřejnil na požádání redakce TZB-info. Mají sloužit pro informování odborné veřejnosti - projektantů, zástupců montážních firem, uživatelů soustav a posluchačů odborných středních i vysokých škol - k poznání této problematiky do posledních detailů. Uvedeno je vytápění zavěšenými sálavými panely, infračervenými plynovými zářiči, přímotopnými plynovými jednotkami i teplovzdušné vytápění s bezpotrubním přívodem vzduchu.

V tomto příspěvku chci ukázat s jakým cílem byly tyto články koncipovány a jak je možné je plně využívat v praxi. Jako příklad uvedu vytápění zavěšenými sálavými panely. Tato soustava je ve svém principu dodávky tepla do vytápěného prostoru všeobecně uznávána jako hospodárnější než vytápění nástěnnými teplovzdušnými soupravami s ohřevem vodou. Samotný princip je však poněkud málo na dosažení optimálních podmínek ve vytápěném prostoru současně s minimálními nároky na spotřebu energií. Jedná se jak o energii tepelnou, tak i elektrickou potřebnou pro provoz tepelné technické soustavy. Neméně důležité je vzít v úvahu požadavky na náročnost montážních prací a v konečném stadiu i nároky na obsluhu a údržbu zařízení.

V začátcích používání sálavých panelů uváděl autor teorie výpočtu pan Dr. Ing. Jaromír Cihelka, CSc. předpokládané úspory tepelné energie 20 + 25 % proti vytápění nástěnnými teplovzdušnými soupravami. Během již více jak 50letého vývoje, projekce a zkušeností z provozu této soustavy, jsem měl možnost poznat ji do posledních detailů a navrhnout následně taková technická řešení a úpravy, která dnes umožňují dosahovat 35 + 40 % úspory tepelné energie. Stejně tak klesla radikálně spotřeba energie elektrické potřebné pro provoz tepelné technického zařízení.

Aby bylo dosaženo všech zmiňovaných cílů, je zapotřebí soustředit se v návrzích na každý detail. Jednotlivé kroky lze nazvat "**stupně hospodárnosti**".

2.00 Stavebnicová sálava otopná soustava

Pro dosažení optimálních podmínek v oblasti pobytu člověka, minimálních spotřeb tepelné i elektrické energie, minimálních nároků na montážní práce a minimálních nároků na obsluhu a údržbu, je zapotřebí každý projekt "**prověřit**" použitím následujících **stupňů hospodárnosti**:

2.01 První stupeň hospodárnosti - Porovnání s vytápěním nástěnnými teplovzdušnými soupravami

"Komplexní pohled na vytápění průmyslových hal v soustavách CZT" - portál TZB-info - ([článek III](#)) - viz CD
Vytápění sálavé x teplovzdušné. Mikroklíma. Rozdíly tepelných ztrát, Vychlazování zpátečky otopné vody primáru.

2.02 Druhý stupeň hospodárnosti - Rozmísťování a zapojování sálavých panelů

"Rozmísťování a zapojování sálavých panelů" - portál TZB-info - ([článek IV](#)) - viz CD
Vliv zapojování sálavých pásů na dosažení rovnoměrnosti vytápění po celé ploše vytápěného prostoru.

2.03 Třetí stupeň hospodárnosti - Šířka panelů

"Šířka a teplota panelů mají podstatný vliv na hospodárnost vytápění" - portál TZB-info - ([článek V](#)) viz CD
Šířka panelů podstatně ovlivňuje jejich sálavou účinnost. Čím širší panel, tím větší sálava složka.

2.04 Čtvrtý stupeň hospodárnosti - Teplota otopného media

"Šířka a teplota panelů mají podstatný vliv na hospodárnost vytápění" - portál TZB-info - ([článek V](#)) viz CD
Čím je vyšší teplota média, tím je menší otopná plocha nižší pořizovací náklady.

2.05 Pátý stupeň hospodárnosti - Dělení soustavy na samostatné funkční okruhy

"Rozmísťování a zapojování sálavých panelů" - portál TZB-info - ([článek IV](#)) - viz CD
Vytváření "otopných zón" se stejnou funkcí a otopným režimem jako je například krajní výrobní loď, resp. vnitřní loď nebo různá směnnost.

2.06 Šestý stupeň hospodárnosti - Využití destrifkátorů

"Teplovzdušné vytápění průmyslových hal" portál TZB-info - ([článek VIII](#)) - viz CD
Konvekcční složka panelů (cca 30%) ovlivňuje teplotu vzduchu pod střešním pláštěm, obzvláště když jsou panely zavěšeny nízko pod stropem a střecha je dobře izolovaná. Je výhodné do takto vzniklého teplého polštáře instalovat destrifikátory, které vracejí teplý vzduch do zóny pobytu člověka.

2.07 Sedmý stupeň hospodárnosti - Výška zavěšení panelů - pozitivní vliv

Petráš, Kotrbatý: "Vytápění velkoprostorových a halových objektů" - kapitola 6.3.4., strana 108, nebo "Topenářská příručka" - kapitola 5.3.2.2, strana 622, "Sešit projektanta č. 7 - Kotrbatý, Seidl: "Průmyslové otopné soustavy"
Pokud technologie dovolí (bez jeřábů), lze ve vysokých objektech zavěsit panely níže - pak se snižuje spotřeba tepla. Příklad: Výška haly H = 10m, výška zavěšení panelů h = 5m, plocha S = 60m x 40m. Spotřeba tepla nižší o 26 %.

2.08 Osmý stupeň hospodárnosti - Výška zavěšení panelů - negativní vliv

Literatura dtto jako 2.07.
Výška zavěšení panelů má na spotřebu tepla rovněž negativní vliv. Tepelné záření, které proniká prostorem z otopné plochy panelů do zóny pobytu člověka, zachycují částečně částice prachu. Korekční součinitele - viz uvedená literatura.

2.09 Devátý stupeň hospodárnosti - Využití rekuperace pro ohřev větracího vzduchu

"Vytápění sálavými panely v kombinaci s větráním" - portál TZB-info - ([článek VI](#)) - viz CD
Konvekcční složka panelů (cca 30%) ovlivňuje teplotu vzduchu pod střešním pláštěm, vzlášťe pak, když jsou panely zavěšeny nízko pod stropem. Je výhodné využít tento teplý vzduch pro ohřev větracího vzduchu přes rekuperační výměník.

2.10 Desátý stupeň hospodárnosti - Kombinace s větráním - přívod vzduchu velkoplošnými vyústěmi

"Vytápění sálavými panely v kombinaci s větráním" portál TZB-info - ([článek VII](#)) - viz CD
Je to jediný způsob kombinace sálavého vytápění a nuceného větrání, který pracuje v souladu s teoretickými předpoklady zajišťujícími hospodárny provoz. Princip: teplé okolní plochy, chladnější vzduch. Tato kombinace umožňuje až 50 % úspory tepla pro větrání.

2.11 Jedenáctý stupeň hospodárnosti - Náročnost montážních prací, zatížení střechy

"Montážní podmínky, obsluha, údržba vytápění zavěšenými sálavými panely" - portál TZB-info - ([článek VI](#)) - viz CD
Hmotnost sálavých panelů ovlivňuje jak náročnost montážních prací, tak i zatížení střešního pláště. Na náročnost montážních prací má také vliv kompletnost dodávky samotných panelů. Varianta se zabudovanou izolací, varianta s izolací dodávanou odděleně.

2.12 Dvanáctý stupeň hospodárnosti - Omezení obsluhy a údržby pod střešním pláštěm

"Montážní podmínky, obsluha, údržba vytápění zavěšenými sálavými panely - "portál TZB-info - ([článek VI](#)) - viz CD
Instalací sálavých pásů do vodorovné polohy (celá sekce v jedné úrovni), přívod otopného media zespodu, odvod media vrchem a odvzdušnění na konci zpětného potrubí (nádobka + svod odvzdušnění nad podlahu), umožní odstranit všechna poruchová místa z prostoru pod střechem.

2.13 Třináctý stupeň hospodárnosti - Způsob regulace ovlivňuje hospodárnost celé soustavy CZT

"Zdroj tepla, síť, spotřebič" - portál TZB-info - (článek II) - viz CD
"Regulovatelný ejektor - významný regulační prvek v tepelně technických soustavách" - ([článek X](#)) - viz CD.
Nejvhodnější regulační armaturou v soustavách CZT se jeví regulovatelný ejektor. Tento prvek nepotřebuje pro svou funkci zařazovat do sekundárního okruhu žádná další oběhová čerpadla. Nepotřebuje tudíž žádnou dodatkovou energii. Soustředěním všech obslužných armatur do jednoho bodu v hale se podstatně snižují nároky na obsluhu a údržbu.

2.14 Čtrnáctý stupeň hospodárnosti - Spojování panelů lisovanými spoji

Konstrukční provedení panelů volit takové, které umožňuje spojování do pásů lisovanými fitinkami. Proti spojování svařováním se montážní časy zkracují o 10 až 30%.

2.15 Závěr

Předložené "stupně hospodárnosti" jsou metodikou, která může před odevzdáním projektu prověřit, zda bylo využito každého detailu pro dosažení optimálních mikroklimatických podmínek v zóně pobytu člověka s minimálními nároky na spotřebu energií.

Takový způsob "kontroly" je nesmírně důležitý, neboť životnost soustav vytápění sálavými panely se pohybuje kolem 50 let. Je zapotřebí si uvědomit, že na celé toto dlouhé období se technickým řešením v projektu zakládá hospodárnost, či nehospodárnost provozu soustavy.

3.00 Stavebnicové infrazářičové otopné soustavy

Infrazářičové otopné soustavy doznaly v posledních letech poměrně velkého rozvoje. Všeobecně bylo deklarováno, že jejich navrhování umožní značně omezit spotřebu tepla pro vytápění velkoprostorových objektů. Bohužel někteří výrobci těchto zařízení vůbec nevnímali principy samotného infravytápění a tomu také pak odpovídaly jejich výrobky. Navíc pak ještě tvrdili, že jejich výrobek patří mezi nej kvalitnější a hodí se pro vytápění všech druhů velkoprostorových objektů bez ohledu na provoz v daném prostoru. Zásadní změnu v posledním desetiletí doznalo stavebnictví, hlavně pak řešení opláštění hal. Došlo k podstatnému zkvalitnění izolačních vlastností těchto konstrukcí. Jelikož infravytápění není jen otázkou osazení potřebného počtu zářičů na základě stanovených tepelných ztrát, ale i rovnoměrné dodávky odpovídajícího výkonu po celé ploše vytápěného objektu. Bylo proto zapotřebí vytvořit stavebnicový systém, který by umožnil tuto rovnoměrnost zajistit.

Pro dosažení maximální hospodárnosti i tak již deklarované hospodárné soustavy infravytápění zářiči je zapotřebí prověřit v návrhu každý detail. K této prověrce mohou opět posloužit "**stupně hospodárnosti**".

3.100 Tmavé zářiče

3.101 První stupeň hospodárnosti - Konstrukční provedení zářiče

Konstrukce zářiče hraje nesmírně důležitou roli z hlediska dodávky tepelné energie do vytápěného prostoru - Hluboký nerezový zákryt, posazení otopných trubíc v reflexním zákrytu, čelní kapotáž a v neposlední řadě turbo kouřovod.

"Kombinované infrazářičové soustavy" - portál TZB-info - ([článek XI](#)) - viz CD

3.102 Druhý stupeň hospodárnosti - Druhový a výkonnostní sortiment

Izolovaný, neizolovaný - jádrové sálání: zářiče tvaru U (α - 110°, resp. 117°), (β - 122°, resp. 130°). Zářiče tvaru I (111°, resp. 119°), různé délky otopných trubek při stejných výkonech, různé výkony při stejných délkách: každý jmenovitý výkon má tři skutečné výkony - kratší typ výkon nejmenší a střední, delší typ střední a největší. Pozor však při použití krátkých otopných trubek, kdy se již teplota spalín pohybuje nad 220°C - neekonomické!!!
"Kombinované infrazářičové soustavy" - portál TZB-info - ([článek XI](#)) - viz CD

3.103 Třetí stupeň hospodárnosti - Využití konvekční složky zářičů

Tmavé zářiče mají přibližně - podle způsobu provedení zákrytu - 55 + 70 % sálavou účinnost v šikmém, nebo vodorovném zavěšení. Konvekční složka uniká pod střešní plášť. V provozech s malou prašností lze instalovat pod střechem destrifikátory, které vracejí teplý vzduch do oblasti pobytu člověka a tak umožňují využití této "ztrátové složky".
Destrifkátoy viz portál TZB-info - "Přímotopné plynové teplovzdušné jednotky" ([článek VIII - 2. část](#)) - resp. CD

3.104 Čtvrtý stupeň hospodárnosti - Šikmé zavěšení tmavých zářičů

Vždy překontrolovat směrování jádrového sálání při šikmém zavěšení - možnost osálení chladné plochy venkovních stěn ve vyšších výškách - nad 3 m nad podlahou zbytečné tepelné ztráty.
"Kombinované infrazářičové soustavy" - portál TZB-info - ([článek XI](#)) - resp. CD

3.105 Pátý stupeň hospodárnosti - Vytápění osamělých pracovišť

Zásadně nepoužívat pro tento způsob zásobování teplem. Tmavé zářiče jsou vhodné pro celoplošné vytápění - velký rozptyl záření. Vhodné jsou zářiče světlé.
"Vytápění osamělých pracovišť" - portál TZB-info - ([článek XII](#)) - resp. CD

3.106 Šestý stupeň hospodárnosti - Vratové clony

Druhým negativním použitím jsou tmavé zářiče jako vratové clony, resp. použití v prostoru v blízkosti častěji otevřených vrat. Mají velice dlouhou naběhovou dobu po uvedení do provozu - vhodnější jsou zářiče světlé.

3.107 Sedmý stupeň hospodárnosti - Výška zavěšení zářičů

Nevhodné pro celoplošné vytápění hal s výškou zavěšení zářičů nad h > 8 m. Podle měření Gaswaermeinstitut Essen při výšce zavěšení světlých a tmavých zářičů je sálava účinnost ve výšce 6m nad podlahou stejná. Při výšce zavěšení 10 m nad podlahou mají tmavé zářiče účinnost o 15% nižší, při výšce zavěšení 15 m pak již 27%.

3.108 Osmý stupeň hospodárnosti - Kombinace s větráním - přívod vzduchu velkoplošnými vyústěmi

Nejvhodnější kombinace infravytápění a nuceného vícenásobného větrání, která pracuje v souladu s teoretickými předpoklady zajišťujícími hospodárny provoz a optimální podmínky, je kombinace s větráním stabilizovaným přívodu vzduchu velkoplošnými vyústkami.

Jelikož se jedná o kombinovanou soustavu vytápění s větráním, kde palivem je plyn, je zapotřebí volit pro ohřev větracího vzduchu takovou větrací jednotku, která je schopna udržet výstupní teplotu vzduchu z velkoplošných vyústek v rozsmezi max ± 1K. V případě nedodržení této hodnoty může dojít k nedeostatečnému provětrání zóny pobytu člověka. Vzduch se při přehřátí (byť o 1K) okamžitě po výstupu z jednotky zvedá ke střešnímu plášti.

3.109 Stupeň hospodárnosti - Kombinace se světlými zářiči v oblasti častěji otevíratelných vrat

Tmavé zářiče mají poměrně dlouhý časový úsek pro náběh z nulového stavu na plný výkon. Proto není vhodné používat je v místech, kde dochází k náhlým výkyvům teploty. Jedná se převážně o oblasti u častěji otevíraných vrat. V těchto případech se použijí zářiče světlé s vlastní regulací zóny podle **snímané teploty vzduchu**. Ostatní zařízení - vnitřní celoplošné vytápění se reguluje podle teploty výsledné. Ve zbyvajících částech objektu vytápěné tmavými zářiči se výkon **reguluje snímáním teploty výsledné**.

3.111 Jedenáctý stupeň hospodárnosti - Využití destrifikátorů

V prostorách, kde nedochází k nadměrnému vývinu škodlivin je velice výhodné využít vrstvu vzduchu, která se tvoří pod střešním pláštěm a vracet ji pomocí destrifikátorů do pracovní zóny. Využije se tak až 50% konvekční složky zářičů (konvekcni složka zářičů: 30% z celkového výkonu zářičů).

3.112 Dvanáctý stupeň hospodárnosti - Využití rekuperace pro hygienické větrání

Tam, kde nelze z důvodů čistoty ovzduší použít destrifikátory, lze velice výhodně navrhnout rekuperační jednotky pro ohřev čerstvého vzduchu.

3.113 Třináctý stupeň hospodárnosti - Mozaiková regulace

Velice důležitým prvkem pro hospodárny provoz je způsob regulace. Podle druhu provozu je výhodné volit zónový způsob s možností odstatit i v automatickém provozu kterýkoliv zářič z funkce (zářič pod kterým se právě nepracuje). Jedná se o tzv. regulaci mozaikovou.
portál TZB-info - (článek XV) - resp. CD

3.200 Světlé infrazářiče

3.201 První stupeň hospodárnosti - Konstrukční provedení zářiče

Konstrukční provedení zářiče hraje velice důležitou roli z hlediska dodávky tepelné energie do vytápěného prostoru. Podstatný vliv hraje tvar a sklon reflexních zákrytů, které ovlivňují rozptyl tepelného záření (jádrové sálání). Vždy je zapotřebí překontrolovat tento úhel s cílem omezení dopadu tepelných paprsků na obvodové plochy vytápěného objektu nad 2,5 m nad podlahou.
"Kombinované infrazářičové soustavy" - portál TZB-info - ([článek XI](#)) - viz CD

3.202 Druhý stupeň hospodárnosti - Využití konvekční a "spalínové" složky zářičů pro ohřev větracího vzduchu prostřednictvím rekuperační jednotky.

portál TZB-info - ([článek VII](#)) - resp. CD

3.203 Třetí stupeň hospodárnosti - Vytápění osamělých pracovišť

Překontrolovat v návaznosti na technologický proces ve vytápěném prostoru, zda není vhodnější rozdělit celou soustavu infravytápění na zóny s intenzivní dodávkou tepla (provozní výrobní plocha) a s tlumenou dodávkou tepla (př. skladovací plocha).
portál TZB-info - ([článek XII](#)) - resp. CD

3.204 Čtvrtý stupeň hospodárnosti - Výrobní plocha v okolí častěji otevíratelných vrat a venkovních stěn. (vliv venkovních podmínek)

S ohledem na odlišné provozní podmínky v prostoru okolo častěji otevíraných vrat a venkovních stěn je vhodné vytvořit pro takovou zónu samostatnou skupinu zářičů regulovanou podle snímané teploty vzduchem.
portál TZB-info - ([článek XIV](#)) - resp. CD

3.205 Pátý stupeň hospodárnost - Vytváření zón podle potřeby technologie a proměnných venkovních podmínek

Infravytápění umožňuje na ploše haly vytvářet různé zóny s rozdílnými provozními teplotami, aniž je zapotřebí tyto plochy (dílny) od sebe oddělovat stěnami. Takové řešení dává velký prostor technologům pro změnu výrobního procesu.
portál TZB-info - (článek [XIII](#) a XV) - resp. CD.
"Využití principu mozaikové regulace a bezdrátového přenosu".

3.206 Šestý stupeň hospodárnosti - Využití mozaikové regulace

Velice důležitým prvkem pro zajištění hospodárného provozu je způsob regulace. Podle druhu provozu je výhodné volit zónový princip s možností v automatickém režimu (i v automatickém režimu) kterýkoliv zářič, pod kterým se právě nepracuje.
portál TZB-info - ([článek XIV](#)) - resp. CD

3.207 Sedmý stupeň hospodárnosti - Kombinace s větráním - přívod vzduchu velkoplošnými vyústěmi

Viz Tmavé zářiče odstavec 3.108

4.00 Závěr

Uváděné postupy při navrhování infravytápění mohou přispět k podstatným úsporám tepelné energie i v soustavách, které jsou ve svém principu dodávky tepla hospodárnější než soustavy teplovzdušné. Jak je z přehledu patrné, nelze posuzovat otopné soustavy pouze z globálního hlediska, ale je zapotřebí vždy do posledního detailu rozebrat možnosti, které vedou k minimálním nákladům a spotřebám při dosažení optimálních podmínek ve vytápěné oblasti.

5.00 Literatura

(1) Kotrbatý: "Koncepce rozvoje vytápění v 3. tisíciletí". Sborník konference: Vykurovanie 2001 - Stará Ľubovňa 2001

(2) Viz u každého bodu samostatně