



Energeticky úsporné HISTORICKÉ BUDOVY

Národní divadlo má za sebou už dva a půl roku provozu po modernizaci energetických systémů, Stavovské divadlo necelý rok. U těchto objektů se tedy už dají prezentovat dosažené úsporné efekty. Ve Státní opeře Praha se implementace úsporných opatření právě dokončuje.

O historických budovách se v souvislosti s investičními projekty energetických úspor často mluví spíše s nedůvěrou. Vysoká energetická náročnost jejich provozu je vnímána jako nutná daň za ochranu památkové hodnoty těchto staveb. Je to pravděpodobně dáno široce platným přesvědčením, že energetická náročnost jakékoliv budovy je definována především tepelně izolačními vlastnostmi jejího obvodového pláště, do kterého je u historických objektů nepřípustné zasahovat. Toto dogma sice dnes již nemusí platit, existují funkční zateplovací systémy s odvětráním, aplikovatelné na vnitřní straně stěn. Nějakou dobu však ještě potrvá, než se ověří v praxi, než k nim stavební inženýři pojmu důvěru a než se stanou cenově dostupnějšími.

VYUŽITÍ METODY EPC

Některé historické budovy jsou však „prospěkované“ technologiemi na zajištění kvality vnitřního prostředí a tady existuje široké pole působnosti pro projekty energetických úspor. Za uplynulých tři roky byly jen v Praze realizovány tři úspěšné projekty tohoto typu a to dokonce metodou EPC, neboli s garancí dodá-

vatele za návratnost vložených investic ze zaručených úspor.

Pilotním projektem bylo Národní divadlo v roce 2007. Opakovatelnost koncepce se následně potvrdila na dalších dvou projektech, a to ve Stavovském divadle a ve Státní opeře Praha.

U všech tří divadel byla k modernizaci energetických systémů využita metoda EPC (viz Stavitel č. 9/2010). Jedná se o dodavatelský model nebo spíše o kombinaci dodávek a služeb, kdy jeden dodavatel zajistí na klíč všechny etapy projektu od návrhu koncepce až po jeho realizaci a uvedení do provozu. Splátky investice rozloží na několik let tak, aby v každém roce byly pokryty dosaženou úsporou, jejíž výše je smluvně garantována. Po celou dobu splácení dodavatel monitoruje provoz všech zařízení a dohlíží na dodržování provozních předpisů a správné nastavení regulačních prvků tak, aby dosažená úspora byla co nejvyšší, samozřejmě nikoliv na úkor kvality vnitřního prostředí.

Generálním dodavatelem úsporných opatření byly u těchto projektů firmy ENESA a.s. z Prahy a EVČ s.r.o. z Pardubic. Úkolem společnosti ENESA a.s. bylo

vytvořit celkovou koncepci modernizace až do podoby zadání pro projektanty, zajistit koordinaci projektových prací a koordinaci při implementaci úsporných opatření, stanovit garantované hodnoty úspor, řešit smluvní záležitosti se zákazníkem a zajistit financování realizace. V období splácení investic bude ENESA a.s. sledovat spotřebu energie a vyhodnocovat dosažené efekty. Vlastní projekční práce a dodávky zajišťovala společnost EVČ s.r.o. Na realizaci se dále podílela řada specializovaných subdodavatelů.

INDIVIDUÁLNÍ PŘÍSTUP

Všechny tři objekty mají obdobnou funkci i způsob provozu. Také postupy zajišťující kvalitu jejich vnitřního prostředí jsou koncepčně podobné. Jsou zde však i odlišnosti, které spočívají v lokalizaci, použité technologii a způsobu regulace technologických procesů. Proto bylo nutné ke každému objektu přistupovat individuálně. Národní divadlo například stojí na břehu Vltavy a to mu dává možnost brát vodu z řeky pro chlazení kondenzátorů chladicích strojů a free cooling. To se dělalo i dříve, ale projekt EPC teď navíc nízkopotenciální energii vltavské vody uplatnil i pro vytápění a ohřev teplé vody.

Již bylo také publikováno využití odpadního tepla z hydrauliky jevištní technologie v Národním divadle (viz Stavitel 5 a 7–8/2009). Původní technologie umožňovala odvádět toto teplo do Vltavy, tento systém se ale pro rychlé zanašení výměníků nepoužíval a teplo se odvádělo průtočně pitnou vodou do kanalizace. Jen náklady na pitnou vodu představovaly kolem jednoho milionu korun ročně. Po rekonstrukci se teplo odvádí pomocí nového vloženého okruhu k nově instalovanému tepelnému čerpadlu, které je využívá pro ohřev užitkové vody nebo pro vytápění.

Ojedinelým řešením jsou také fotovoltaické elektrárny instalované na střeše provozní budovy a na střeše Nové scény Národního divadla, jejichž výkon dohromady činí přibližně 45 kWp. Veškerou vyrobenou elektrickou energii Národní divadlo spotřebuje ve svém provozu.

Jak fotovoltaika, tak i využití odpadního tepla z hydrauliky jevištní technologie jsou opatření, která byla ze všech tří objektů uplatněna pouze v Národním divadle, v ostatních dvou objektech se pro ně analogie zatím nenašla.

TEPELNÁ POHODA A VĚTRÁNÍ

Hygienickou nezávadnost vnitřního vzduchu zajišťuje ve všech třech případech strojní větrání. V době představení je například v sále Národního divadla téměř tisíc návštěvníků a nucená výměna



01

01 > Zavážení kotlů pod střechu provozní budovy divadla Kolowrat



02

02 > Montáž čerpadel ve Státní opeře Praha



03

03 > Kondenzační kotle ve Stavovském divadle (vpravo)

vzduchu pak činí přes 70 tisíc m³ za hodinu. K divadlu však patří také přidružené prostory a provozy jako zkušebny, sklady, šatny, dílny a kanceláře. S výjimkou krátkých období na jaře a na podzim, kdy je venku teplota vzduchu optimální, se musí vzduch přiváděný do větraných prostor ohřát nebo naopak ochladit. Při větrání bylo dříve velké množství energie pro ohřev nebo ochlazení vzduchu bez užítka mařeno a nabízela se otázka, jak tuto energii využít.

V případě Národního a Stavovského divadla bylo řešení komplikované – místa, kde je vzduch nasáván a vypouštěn, jsou od sebe vzdálena. Pro projekt v Národním divadle byl zvolen koncept, který se osvědčil a následně byl aplikován i ve Stavovském divadle. Do samotných vzduchotechnických jednotek se v technologické části prakticky nezasahovalo. Nucený přívody čerstvého vzduchu nejsou totiž potrubím pevně spojeny se vzduchotechnickými jednotkami ani s jiným zařízením, ale jsou zaústěny do uzavřené kobky, odkud si jednotlivé jednotky vzduch odebírají. Obdobným způsobem je řešen i nucený odtah vzduchu na výfuku. Do těchto kobek se instalovaly přehradní stěny se stojatými výměníky vzduch/nemrznoucí kapalina tak, že veškerý vzduch po odfiltrování musí přejít přes tyto výměníky. Získané teplo z odpadního vzduchu se nově instalovaným okruhem naplněným cirkulující nemrznoucí směsí odvádí do výměníku na nasávaném vzduchu a tím jej předehřívá. Ačkoliv se přísávaný vzduch takto v zimě ohřeje jen asi o 5 °C, je při velkém množství odvětrávaného vzduchu v Národním divadle ročně dosahována úspora v řádech stovek tisíc kubických metrů plynu. Ve Stavovském divadle efekt tak významný není – je to dáno daleko menším obestavěným obje-

mem a tedy i menším množstvím výměny vzduchu. Pokud je potřeba intenzivně větrat v létě, celé zařízení bez jakýchkoliv dodatečných manipulací zajišťuje naopak předchlazení přísávaného vzduchu a šetří tím elektrickou energii potřebnou pro provoz centrální klimatizace.

Ve Státní opeře Praha si místní uspořádání a další okrajové podmínky vynutily jiné řešení rekuperace. Na okruhu vysokotlaké vzduchotechniky zde byl pro podokenní jednotky v provozní budově instalován rotační rekuperátor.

Rekuperace tepla z odváděného vzduchu nebyla jediným úsporným opatřením na vzduchotechnice. Ve Stavovském divadle byly například vybrané vzduchotechnické jednotky vybaveny detekcí CO₂. V závislosti na množství CO₂ ve vzduchu jsou otáčky ventilátorů řízeny pomocí frekvenčního měniče, čímž se reguluje průtok větracího vzduchu, uspoří elektrická energie, teplo a chlad.

ZDROJE TEPLA

Staré kotle nedosahovaly účinnosti, která odpovídá dnešním možnostem, a byly již morálně zastaralé. Proto se přistoupilo k jejich částečné výměně za nové kondenzační a vysoce účinné. Kotlové jednotky však byly měněny uvážlivě a pouze v té míře, která měla reálné opodstatnění a kde to bylo efektivní. Proto se staré kotle nahrazovaly novými tak, aby ty nově instalované měly během celého období roku co nejlepší využití instalovaného výkonu. Ve všech případech byly osazeny kotlové jednotky Hoval.

Část původních kotlů byla vždy ponechána pro pokrytí výkonových špiček. Nové uspořádání si však vyžádalo některá specifická řešení. Například původní kotle ve Státní opeře jsou atmosférické, a proto nové kotle nemohou mít nasávání z prostoru kotelný. Pro nasávání

vzduchu byl tedy využit komín, který na kotelně zbyl po demontovaném starém kotli.

Nebyl by to projekt EPC, aby i u tak standardního opatření, jakým je instalace nových zdrojů, nepřišel s něčím novým. Ve všech případech se dosahuje nadstandardní účinnosti kotlů, protože díky doplňkovému odběru tepla z vratného potrubí topného systému je kondenzační teplo a zbytkové teplo ve spalínách využíváno více, než je běžné.

V Národním divadle a ve Stavovském divadle se k dochlazení zpátečky uplatňují tepelná čerpadla instalovaná v rámci projektu EPC jako součást jiných úsporných opatření. Získané teplo o zvýšeném potenciálu je zavedeno do otopného systému. Ve Státní opeře se dochlazování zpátečky řešilo jinak – teplo je odebíráno ve výměníku vzduchotechnické jednotky, kde se tímto teplem ohřívá přísávaný vzduch. Teplota spalin na výstupu z kotle dosahuje v Národním divadle až 36 °C a na kouřovodu pohodlně udržíte ruku. Inovativní přístup při modernizaci pomocí metody EPC tak spočívá nejen ve výběru účinných a spolehlivých technologií, ale také v jejich důmyslném propojování, které přináší doplňkové efekty.

V Národním divadle jsou dva původní zdroje vybaveny dvoupalivovým systémem s možností provozu na lehký topný olej. Využívá se v období s nejnižšími teplotami pro regulaci odběrových špiček plynu, což má celoročně pozitivní vliv na stálou složku ceny tohoto paliva. V případě výpadku dodávky plynu je možné celý potřebný výkon nahradit zdrojem na lehký topný olej.

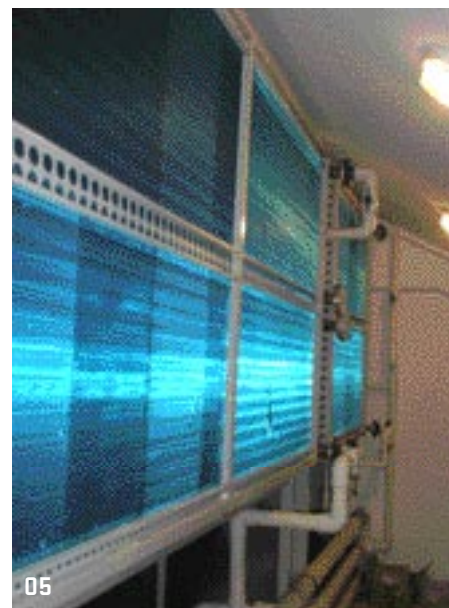
CENTRÁLNÍ STROJOVNY CHLAZENÍ

Společným rysem u všech tří projektů byl nevyhovující stav centrálních



04

04 > Výměník rekuperace ve Stavovském divadle



05

05 > Adiabatický výměník ve Stavovském divadle

zdrojů chladu. Dožité chladicí stroje již vykazovaly značnou poruchovost a situaci komplikoval i fakt, že na použité chladivo se vztahoval zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, podle kterého je zakázána výroba, dovoz, dodávání nebo používání vybraných chladiv s vlivem na narušování ozónové vrstvy. V praxi to znamenalo, že chladicí jednotky s nevhodujícím chladivem bylo možné používat, ale jen do první závady vyžadující nakládání s tímto chladivem. Vyměnit pouze chladivo nebylo možné, protože staré chladicí agregáty k tomu nebyly uzpůsobeny. Proto se musela provést komplexní výměna chladicích jednotek. Ale i tato opatření se podařilo zrealizovat tak, že vstupní investici kompenzuje provozní úspora dosažená v následujících letech.

Zatímco v Národním divadle se teplo z kondenzátorové části odvádí do řeky, ve Stavovském divadle a ve Státní opeře do vzduchu. I rozsah využití chladicích strojů se liší. V Národním divadle a ve Stavovském divadle byly vybrány stroje Carrier, umožňující práci s vyšší teplotou v kondenzátorové části. V obou případech jsou kondenzátory chlazeny kapalinou s možností zvýšení teplotního spádu až na hodnotu 50/55 °C. Toho se využívá pro režim tepelného čerpadla, kdy je teplo z kondenzátorové části odváděno do otopného systému.

Chladicí stroje tak mohou pracovat v mnoha různých režimech. Jeden z režimů je původní, tedy čistě chladicí, kdy se teplota v kondenzátorové části snižuje a teplo se odvádí přes výměníky do Vltavy (Národní divadlo) nebo přes adiabatické chladiče do venkovního vzduchu (Stavovské divadlo). V tomto režimu pracují stroje s nejvyšším topným/chladicím faktorem, neboli COP. Další je režim tepelného čerpadla se zvýšenou teplotou v kondenzátorové části, kdy je

chlad odváděn v případě Národního divadla opět do řeky nebo u Stavovského divadla do okolního vzduchu. V tomto režimu mají stroje sice nižší COP, ale prodlužuje se doba využití jejich instalovaného výkonu a v přechodových obdobích zcela nahrazují práci plynových kotlen.

V Národním divadle je navíc možný i režim přečerpávání tepla z osluněných částí budov, které je již potřeba chladit, do neosluněných částí, kde je ještě potřeba přitápět. Zapojení do kaskády s plynovými kotli a nutnost individuální nebo zónové regulace vytápění samozřejmě kladla vyšší nároky na instalovaný nadřazený systém měření a regulace.

Ve Státní opeře chladicí stroje pracují pouze v režimu chlazení, proto byl při jejich výběru kladen maximální důraz na optimální poměr mezi dosahovaným COP a příkonem potřebným na čerpací práci ve věžovém okruhu. Dále se tu musela řešit prostorová omezení, kdy chladicí věže kondenzátorové vody bylo nutné umístit do původního věžového prostoru s tím, že musel být navýšen chladicí výkon celého soustrojí o 50%. Nejlépe zvoleným kritériím vyhověly jednotky TRANE s otevřenými věžemi Baltimore.

DALŠÍ VYLEPŠENÍ

Na všech projektech se v různé podobě vyskytuje řada dílčích, investičně méně náročných opatření. Například instalace frekvenčních měničů na čerpadla a na vzduchotechnické jednotky s kontinuálním snímáním CO₂ a regulací průtoku větracího vzduchu, instalace úsporných světelných zdrojů, omezovače průtoku pitné vody, instalace vratové clony a podobně. Nesmíme zapomenout ani na celkovou modernizaci systémů MaR, která přesahovala rozsah technologických úprav na energetických systémech. Tato opatření doplňují celkovou

koncepti a podílejí se na výsledném ekonomickém efektu.

EKONOMICKÝ EFEKT

Poměr mezi realizačními náklady a dodavatelem garantovanou úsporou mají všechny tři projekty nastaven tak, aby úspory splatily veškeré náklady do deseti let. V žádném roce během této doby nesmí být roční úspora nižší než náklady na splacení projektu. Pod pojmem „veškeré náklady“ se rozumí nejen samotná investice, ale i splacení úroku z poskytnutého úvěru, a také náklady na další případné služby související s projektem. Životnost instalovaných opatření je ale minimálně dvojnásobná než doba potřebná na splacení vstupních nákladů. Po ukončení splátek tak zákazníkovi zůstane v rozpočtu celá dosažená úspora.

V Národním divadle bylo k dnešnímu dni proinvestováno 41,3 milionu Kč bez DPH. V roce 2009 byla dosažena úspora v hodnotě 6,6 milionu Kč a v dalších letech se bude ještě zvyšovat. Stavovské divadlo vykazuje roční úspory 4,03 milionu Kč ročně při investici 30,1 milionu Kč. Ve Státní opeře Praha budou celkové investice po dokončení projektu 33,61 mil. Kč, garantovaná úspora je 5,2 mil. Kč.

Environmentální přínosy jsou u projektů EPC vítaným a mnohdy i sledovaným doprovodným efektem, který lze rovněž snadno vyhodnotit. Základním zdrojem provozních úspor plynoucích z projektu EPC jsou totiž úspory ve spotřebě energie. Ekonomika a ekologie zde nejsou v protikladném postavení. ×

Miroslav Marada
ENESA, a.s.