

Ing. Jaroslav ČERMÁK,
Klimaprofi s.r.o. Praha

Rekonstrukce chlazení v hotelu HILTON Praha

Cooling Reconstruction in Hotel HILTON Prague

Recenzent
Ing. Marcel Kadlec

Při katastrofické povodni v roce 2002 bylo v hotelu Hilton v Praze – Karlíně značně poškozeno chladicí zařízení. Autor popisuje navržené řešení změn a úprav chladicího systému a neobvyklé těžkosti, které bylo nutno překonat při realizaci. Pro odvod kondenzačního tepla a přímou přípravu chlazené vody pro klimatizaci bylo použito říční vltavské vody, vlivem kaskád-vltavských přehrad relativně studené. Chladicí voda se odebírá z proplachovacího kanálu průměru 1,5 m, procházejícího náhodně v hloubce 6 m pod úrovní podlahy hotelových garáží. Přístup do kanálu a samotný odběr chladicí vody je neobvyklý a v praxi ojedinělý. Montáž čerpacího zařízení proběhla za ztížených podmínek pod vodní hladinou kanálu s využitím potápěčské techniky. Stejně je neobvyklý i způsob celoročního odběru chladu pro potřeby klimatizace. Vzhledem k velkoplošnému prosklení atria (cca 2000 m²), jsou vnitřní hotelové pokoje situované do atria v jakémkoliv ročním období tepelně zatěžovány osluněním. Použitím navrženého způsobu chlazení byly vyřešeny dřívější problémy a stížnosti hostů. Další efekty tohoto způsobu chlazení spočívají ve vysoké hospodárnosti provozu i v odstranění možného vzniku legionely, oproti dříve provozovaným otevřeným chladicím věžím. Provoz má navíc 100% jistění v extrémních letních podmínkách, možným použitím obou způsobu chlazení kondenzátorů – Vltava/věže.

Klíčová slova: chlazení, využití vodních toků

Cooling appliances in hotel Hilton in Prague – Karlin were considerably damaged during the catastrophic flood in 2002. The author describes the proposed solution to changes and modifications of cooling system and unusual difficulties, which had to be surmounted during the implementation. Water from river Vltava, relatively cold due to the Vltava's dam cascade, was used to remove condensation heat and to direct preparation of chilled water for air conditioning. Cooling water is taken from a flushing canal of a diameter 1,5 m, passing randomly at a depth of 6 m under the floor level of hotel garages. The canal access and cooling water taking itself are unusual and unique in praxis. A pumping device assembly had to be realized under the difficult conditions under the canal water level with a utilization of diving engineering. The method of perennial cool intake for air-conditioning is also atypical. Due to the large surface atrium glazing (approx. 2000 m²), the interior hotel rooms situated to the atrium have a solar heat load in every year season. The utilization of the new cooling system solved former problems and guests complaints. Further effects of this way of cooling consist in high operation economy and in removing a possible risk of Legionnaires' disease, comparing to previously operate opened cooling towers. Moreover, the operation has a 100% protection in summer extreme conditions, by using both ways of condensers cooling – Vltava/towers.

Keywords: cooling, waterway utilization

ÚVOD

Vzhledem k poškození chladicího zařízení vypsal vedení hotelu HILTON v r. 2003 soutěž na výměnu zdroje chladu. Stávající chladicí zařízení bylo umístěno v samostatné strojovně pod úrovní podlahy hotelových garáží, tedy v nejnižší položeném prostoru hotelu. Bylo sestaveno z 3 ks blokových chladicích jednotek vybavených vodním kondenzátorem. Součástí strojovny bylo všechno potřebné příslušenství, oběhová čerpadla chlazené a chladicí vody, včetně dopravních čerpadel, rozdělovačů, sběračů, hydraulického modulu, potrubního propojení, tlakového jistění a elektrických rozvaděčů silnoprůdu a MaR. Otevřené chladicí věže v počtu 3 ks jsou umístěny v pohledově krytém prostoru ochozu střechy – prosklené pyramidy o rozměrech cca 45 x 45 m, která kryje zelené atrium hotelu.

Při rekonstrukci chladicího zařízení byly požadovány následující úpravy:

- ☐ zvýšit chladicí výkon nového zařízení ze stávajících 1950 kW na 2700 kW po zkušenostech z dvanáctiletého provozu,
- ☐ nově dodané zařízení umístit v objektu tak, aby nemohlo dojít k zaplavení vodou v případě budoucí povodně,
- ☐ zajistit možnost celoročního provozu chlazení vzhledem ke značným tepelným ziskům vnitřních pokojů i vlastního prostoru atria,
- ☐ otevřené chladicí věže nahradit jiným zařízením s celoročním provozem.

Mimo tyto hlavní požadavky na nové chladicí zařízení bylo požadováno i odstranění časté poruchovosti věžových čerpadel, která jsou dle zjištění při provozu trvale zavzdušňována, a to v důsledku nevhodně vedeného

potrubí z van chladicích věží. Voda z van věží namísto spádu do stoupačky stoupá do výšky 2,8 m nad hladinu věží, po krátkém vodorovném vedení klesá stoupačkou cca 45 m do strojovny chlazení před sání oběhových čerpadel. Nezajištění vodorovné trasy se spádem od van chladicích věží do stoupačky je hlavní příčina poruch oběhových čerpadel a ustáleného provozu chladicích jednotek. Nemožnost spádování potrubí vznikla již při výstavbě hotelu před cca 12 lety.

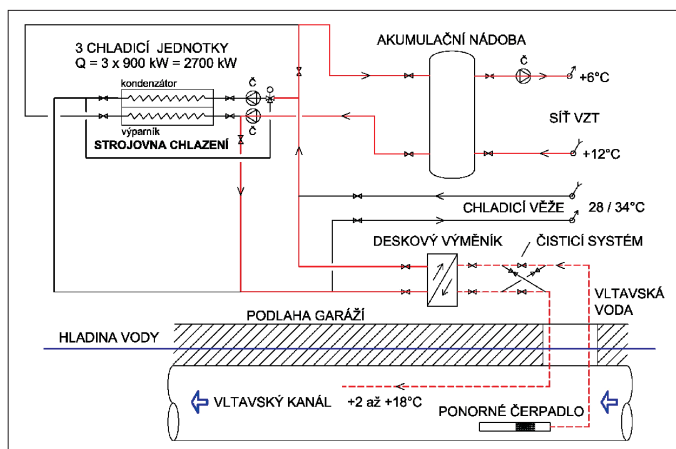
NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ

Pro splnění požadavků výběrového řízení na rekonstrukci zdroje chladu předložili dodavatelé několik řešení, která byla sice funkční a řešila stávající problémy, ale narážela na pohledově architektonická hlediska. Jednalo se především o řešení s použitím:

- ☐ blokových jednotek se vzduchem chlazenými kondenzátory, situovanými na ochozu střechy
- ☐ chladicích jednotek s oddělenými kondenzátory
- ☐ se suchými chladiči umístěnými na ochozu prosklené pyramidy atria s ponecháním stávajících chladicích jednotek v současném prostoru
- ☐ uzavřených chladicích věží namísto otevřených.

Mimo architektonická hlediska narážela všechna navržená řešení na dodatečnou obtížnou možnost elektrického napájení zařízení umístěných na střeše objektu.

Dodavatele zaujalo následující řešení:



Obr. 1 Funkční schéma chlazení – zimní provoz
vltavská voda, deskový výměník / síť VZT

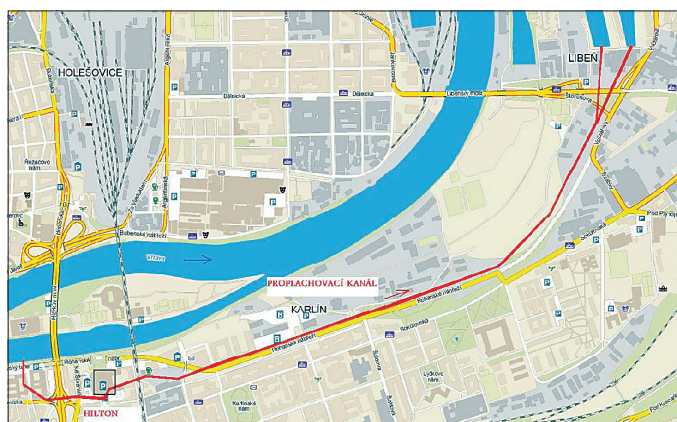
- ❑ ponechání strojovny chlazení na původním místě v suterénu, cca 1,5 m pod úrovní podlahy garáží hotelu, se zajištěním proti vniknutí vody do strojovny při případných povodních;
- ❑ vzhledem k blízkosti Vltavy použití relativně studené vltavské vody pro chlazení vodních kondenzátorů chladicích jednotek, v zimním a přechodném období pro přímé chlazení hotelu s vřazeným deskovým výměníkem – vltavská voda/vzt. chladiče;
- ❑ narovnání zpátečky DN 300 z van chladicích věží ve spádu do stoupačky, i přes doposud neexistující možnost.

Především realizací přímého chlazení by vznikl výrazně hospodárný a úsporný provoz klimatizačních zařízení hotelu (obr. 1), a to zejména snížením spotřeby elektrické energie. Přímým chlazením vltavskou vodou bez provozu chladicích jednotek je možno pokrýt období listopad až květen, tj. po dobu 7 měsíců v roce, a pouze zbývajících 5 měsíců v roce je nutný provoz strojního chlazení. V období 7 měsíců v roce nebude v provozu žádný z 3 ks chladicích agregátů, každý s motorem 150 kW, ale pouze ponorné čerpadlo vltavské vody řízené frekvenčním měničem se spotřebou 7,5 až 11 kW.

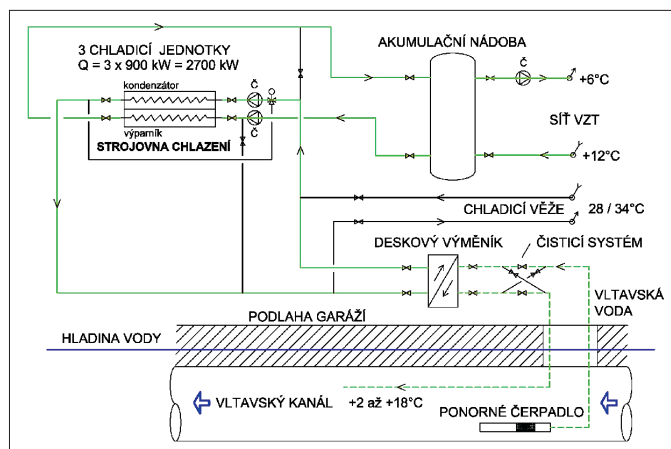
Při provozu chladicích jednotek v období 5 měsíců, tj. červen až říjen, budou kondenzátory chladicích jednotek ochlazovány přes deskový výměník relativně studenou vltavskou vodou (obr. 2). V takovém případě klesá spotřeba elektrické energie na chladicích jednotkách, oproti dříve používané věžové vodě, v průměru o 15 až 20 %. Chladicí věže po úpravě zpátečky DN 300 budou ponechány jako rezervní záskok pro případný výpadek přívodu vltavské vody.

Upravené řešení

Po podrobném projednání koncepce s použitím vltavské vody bylo třeba zajistit potrubní trasu z hotelu do Vltavy. Přístup do Vltavy není jednoduchý,



Obr. 3 Trasa proplachovacího kanálu průměr 1500 mm ústícího do slepých ramen v Libni



Obr. 2 Funkční schéma chlazení – letní provoz
vltavská voda, deskový výměník, chladicí jednotky / síť VZT

protože mezi Vltavou a hotelem vede frekventovaná komunikace, kterou je třeba podejít nebo vést potrubní trasu nad ní. Místo ve Vltavě pro odběr vody bylo po prověření taktéž problematické. Po tomto průzkumu však upozornil technický ředitel hotelu na skutečnost, že pod hotelem prochází proplachovací kanál s vltavskou vodou a na možnost jeho využití.

Po navázání kontaktů s „Povodím Vltavy“ a získání potřebné dokumentace byly doplněny informace o proplachovacím kanálu, který byl instalován v době, kdy se v místech dnešního Karlína likvidovala slepá ramena Vltavy. V době výstavby hotelu došlo k nepatrné změně trasy. Proplachovací kanál má vpusť z Vltavy přes šoupě DN 1000 nad jezem před Hlávkovým mostem, prochází v hloubce cca 6 m pod garážemi hotelu a ústí po cca 3 km do slepých ramen Vltavy v Libni (obr. 3). Tím se stávají slepá ramena průtočná, jinak by došlo k zahňívání vody a šíření nežádoucích bakterií v oblasti Libně.

Po demontáži litinového poklopu v podlaze garáží byla otevřena studna hloubky 5 až 6 m a průměru 1 m, na jejímž dnu se při osvětlení leskla vodní hladina (obr. 4). Po sestupu do studny se otevřela místnost o rozměrech cca 3 x 3 x 3 m, do výše asi 1,5 m zatopená čistou průhlednou vodou s přítokovou a odtokovou rourou. V případě, že by bylo v kanále vody dostatek a byl zaručen přítok a odtok, mohlo to vyřešit problém s chlazením hotelu.

Protože trasa kanálu v první části, délky cca 1 km, je vedena v hloubce cca 6 m pod terénem a po 1 km se trasa kanálu zvedá o cca 2,7 m, vytváří proplachovací kanál ve svojí první třetině, tj. právě pod hotelem pytel, ve kterém zůstává voda, i když je šoupě na vstupu uzavřené. Proto při prohlídce šachty a jímky pod hotelem se jevila voda velmi čistá až průhledná vlivem usazení sedimentu při uzavřeném vstupu.

Možnost celoročního získání studené vltavské vody se zvětšila po opětovném jednání na „Povodí Vltavy“, kde bylo přislíbeno, že se počítá se zprovozněním kanálu, který byl v té době uzavřen. Při této příležitosti byla vypočtena cena vltavské vody, která se pro daný účel jevila přijatelně.

Po důkladném prozkoumání zatopeného proplachovacího kanálu za účasti potápěčské služby a jeho detailního zmapování včetně stavu jímek, který nebyl



Obr. 4 Pohled do vstupní šachty k jímce

k dispozici, došlo k vytvoření prvního návrhu odebírání chladicí vody z proplachovacího kanálu.

Pro uskutečnění odběru chladicí vody bylo nutno vyřešit:

- ☐ čerpání mimo trasu vlastní šachty a mimo trasu kanálu;
- ☐ filtraci vltavské vody před vstupem do čerpadla a deskového výměníku (rozteč lamel 2 mm), kdy ke znečištění vody dochází především při zvednuté hladině v jarních měsících;
- ☐ v podlaze garáží hotelu vybudování samostatné instalační šachty s napojením na proplachovací kanál;
- ☐ projednání nového řešení se všemi dotčenými profesemi tak, aby stavební úřad Prahy 1 mohl vydat stavební povolení;
- ☐ změřit průtok vody proplachovacím kanálem při plném otevření nátoky, několikrát v průběhu roku, vč. změření výšky hladin zatopení kanálu.

NOVÝ NÁVRH

Základem řešení bylo vybudování nové šachty v prostoru pod podlahou garáží hotelu. Šachta o průměru 2 m a hloubky 6m procházela v blízkosti kanálu pod úroveň jeho dna. Šachta z betonových nebo ocelových skruží měla dno upraveno jako základ pro 2 ks kalových čerpadel uložených ve speciálních závěsech s možností pohybu po dvou vodicích tyčích pro případ vytažení čerpadla – kontrola, čištění, oprava, výměna. Před uložením čerpadel a pojezdu se počítalo s proražením (propojením) nové šachty se stávající jámkou, do které ústí vstup a výstup proplachovacího kanálu a jeho uzavřením klapkou DN500.

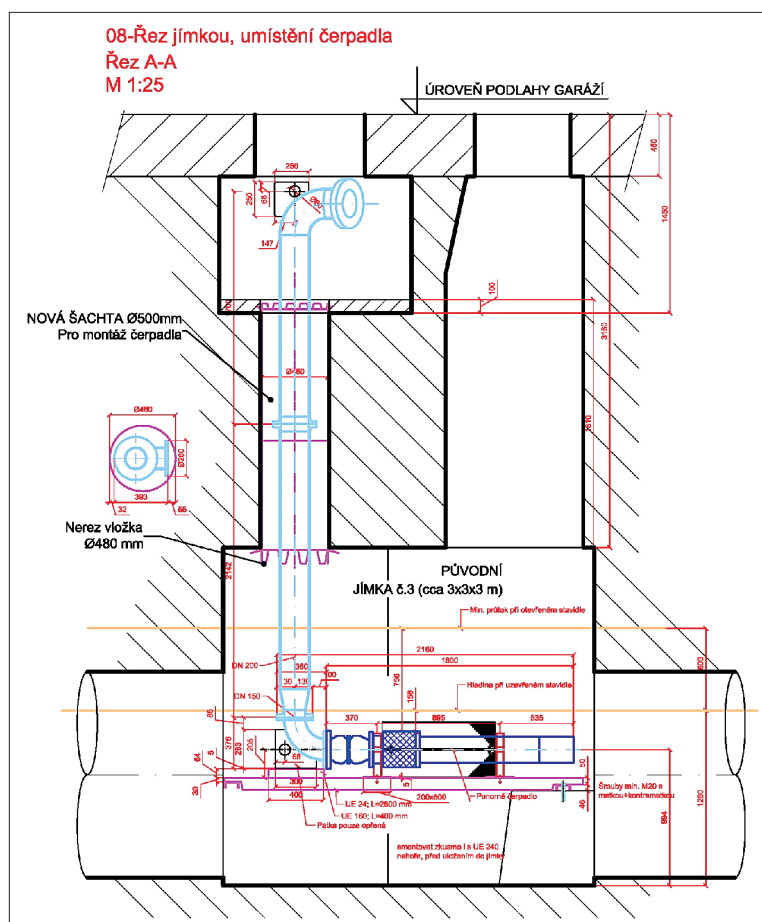
Při projednávání návrhu s dotčenými účastníky stavebního řízení bylo zjištěno, že mezi novou šachtou a stávající jímkou se nachází milánská stěna, zhotovená při výstavbě hotelu, která znemožňuje propojení nové šachty s původní jímkou. Další návrh proto počítal s posunutím šachty nad strop stávající jímky s tím, že po průchodu stropem jímky bude nainstalováno ponorné vertikální čerpadlo o průměru 250 mm, L = 2200 mm do středu jímky. Po úpravě projektu vč. potřebného odsouhlasení, se započalo s budováním nové šachty.

Představa o jednoduchém posunutí nové jímký, zmenšení jejího průměru na 1,5 m s tím, že po proražení stropu jímký bude spuštěno ponorné čerpadlo stropem přímo ke dnu jímký se ukázala v další fázi budování jímký jako velmi problematická, což se potvrdilo vzápětí. Po proražení silně armované betonové podlahy garáží tl. 45 cm, o rozměru 2,5 x 2,5 m, měla být vykopána v hlíněném podlaží šachta o průměru 2 m do hloubky 4,5 m až na strop stávající jímký proplachovacího kanálu a osazena ocelovými skružemi.

Jednotlivé skruže délky 1m měly být k sobě svařeny a tak tvořit pevnou šachtu pro umístění čerpadla, sacího a výtlačného potrubí, el. zařízení, kabeláže a vstupního vodotěsného poklopu.

NENADÁLÉ PŘEKVAPENÍ

Po odstranění 45 cm železobetonové desky, která tvoří podlahu garáží bylo odkryto cca 40 cm země do hloubky a pod ní se nacházel velmi tvrdý beton. Zkouška vrtákem dlouhým 1 m potvrdila pokračování betonové vrstvy. Jiné místo pro vyhloubení šachty nebylo možné. Záhadou bylo, kde se beton v tomto místě a v takovém množství vzal. Zřejmě při stavbě hotelových garáží sloužilo toto místo pro vyprazdňování pojízdných míchaček betonu. Po zjištění této nenadálé skutečnosti bylo rozhodnuto použít diamantového vrtání, dvou otvorů o průměru 500 mm pro spuštění a montáž ponorného čerpadla, a druhého otvoru o průmě-



Obr. 5 Konečné řešení umístění čerpadla v jímce proplachovacího kanálu

ru 300 mm pro vedení zpátečky. Po odvrtání betonu vždy do hloubky 400 mm se měl takto vzniklý špalek betonu vylomit ze svého podloží a pokračovat ve vrtání. Ulomení špalku však nebylo možné ani při použití ocelových klínů různých rozměrů. Proto byl odvrtán do středu špalku menší otvor o průměru 200 mm, do kterého při vsunutí trubky stejného průměru došlo k vylovení betonového bloku průměru 500 mm a délce 400 mm. Tímto způsobem se pokračovalo až do hloubky 4 m, ve které náhle beton zmizel a objevila se měkká suť s ocelovým odpadem (kusy potrubí, armovacího železa apod.), což mělo za následek totální zničení drahé diamantové vrtací hlavy.

Po pracném vytažení hlavy ze 4m hlubokého otvoru vznikla otázka, jak odstranit zeminu s ocelovým odpadem a dostat se na strop stávající jímky proplachovacího kanálu. Odstranění tohoto sypkého materiálu zeminu promísené pískem a ocelovým odpadem zabralo dva dny usilovné práce, která sestávala ze spuštění hubeného pracovníka, malého vzrůstu s přivázaným kbelíkem v rozkroku, až na dno šachty. Po naplnění kbelíku za stálého stranového sesuvu zeminu byl pracovník s kbelíkem vytažen ze šachty, kbelík vyprázdněn a děj se opakoval. Po vytěžení zeminu až na strop jímky (podzemní místnosti) byl provrtán její železobetonový strop opět vrtákem Ø 500 mm. Vzhledem ke stále se syjající zemině v prostoru spodní části šachty bylo nutné celou šachtu vyloužit ne-rezovým skruženým svařovaným plechem a utěsnit při vstupu do jímky límcem tak, aby se zabránilo nasátí zeminu čerpadlem. Zhotovení druhého otvoru o průměru 300 mm pro zpětné potrubí mělo obdobný průběh, avšak po zkušenostech z první šachty byla práce snazší. Zčištění horní části šachty na úrovni podlahy garáží železobetonovým poklopem, vodotěsným proti vzednutí spodní vody, měla jímka i šachta připravena ke spuštění ponorného čerpadla s vazbou na výtlačné potrubí DN 200. Po spuštění čerpadla do jímky proplachovacího kanálu měla být hladina vody v jímkě proplachovacího kanálu min. 500 mm nad sacím košem čerpadla.

Další obtíže

Protože při instalaci podobných zařízení není o překvapení nikdy nouze, byla hladina vody náhle nižší než v dobách měření průtoku a testování hladiny. Hladina byla měřena před započítáním prací 5x v průběhu celého roku. Zjištěná výška hladiny nezaručovala, že si ponorné čerpadlo v určitých okamžicích nenasaje vzduch. Jediná možnost jak pracovat v dostatečně zaplavené jímce byla ta, že čerpadlo bude uloženo v jímce vodorovně a jeho nasávací výška 1 m nad sáním bude bezpečná a dostačující.

Vytvoření ložné plošiny a její upevnění pod vodní hladinou jímky nebylo jednoduché. Práce prováděla skupina profesionálních potápěčů, kteří zhotovili pod vodní hladinou ocelovou konstrukci, včetně přivrtání, upevnění a podvodních svárů. V konečné fázi bylo čerpadlo v místě sání opatřeno navíc velkým nerezovým děleným sítím o průměru 600 mm a délce 1000 mm, které mělo zabránit vniknutí např. igelitového odpadu a podobných nečistot do sání čerpadla. Po propojení ponorného čerpadla s deskovým výměníkem a jeho zprovoznění byl zahájen zkušební provoz.

Zkušební provoz

Ve zkušebním provozu byly ověřeny všechny funkce zařízení. Především regulace průtoku primární vltavské vody v závislosti na teplotě sekundární vody, která má jiné nastavení teploty v létě pro chlazení kondenzátorů chladicích jednotek a jiné v zimním období pro přímé chlazení vzduchotechnických jednotek. Současně bylo prověřeno automatické čištění deskového výměníku a to obráceným plným průtokem přes výměník, sledování a nastavení správného průtoku přes den vč. měření frekvence měniče, sledování výšky hladiny nad sacím filtrem čerpadla. Všechny sledované hodnoty, tj. tlaky, teploty, hladiny, výkony, příkony, průtoky, frekvence, denní a noční provoz, letní a zimní provoz, jsou snímány a znázorněny schematicky na obrazovkách řídicího systému v centrálním dispečinku hotelu.

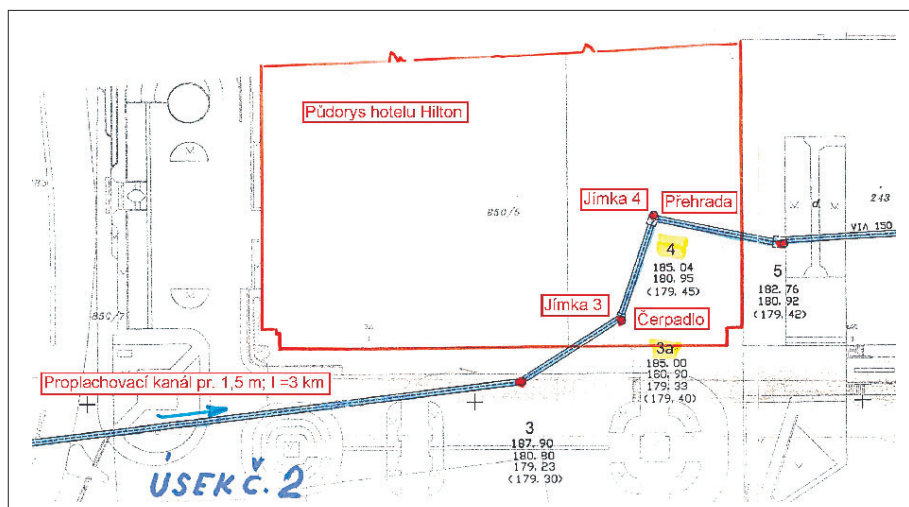
Další překvapení

Po tříměsíční zkušební době se dalo prohlásit, že provoz chlazení s odběrem vltavské vody splnil všechna očekávání. Další překvapení však nastalo v zápětí po zkušební době, kdy z doposud neznámých důvodů začala opět klesat vodní hladina v proplachovacím kanále i při plně otevřené vpusť kanálu. Opět hrozilo nasátí vzduchu čerpadlem, tj. znemožnění čerpání.

Pokles hladiny byl nečekaný, protože v průběhu roku 2003 a 2004 při několikanásobném ověřování výšky hladiny a mohutnosti průtoku k takovému jevu nikdy nedošlo. Pokles vody byl po konzultacích s „Povodním Vltavy“ a různými odborníky vysvětlován různě a neprůkazně. Buď voda mizí vlivem netěsnosti kanálu do okolního terénu, nebo v důsledku sucha v r. 2004 je tak velký pokles spodních hladin, který způsobuje vody únik do podloží.

Následkem tak velkého poklesu hladiny muselo být čerpání vltavské vody ukončeno a byly zprovozněny opět chladicí věže, u kterých byl mezitím vyřešen problém se spádováním potrubí z van věží do stoupačky. Vzhledem ke značně vysokým investicím vloženým do čerpání vltavské vody, byl vyvíjen tlak hotelu na urychlené řešení situace.

Řešení se záhy našlo. Ve směru toku kanálu, ve vzdálenosti asi 30 m od čerpací šachty, byla ještě v garážích hotelu otevřena další šachta, opět zakončena v hloubce cca 6 m jímkou (obr. 6). Po zmapování a zaměření dna půlkruhové jímky pod vodní hladinou bylo rozhodnuto, že jímka bude přepažena přehradou do výšky, která zaručí dostatečně vysokou hladinu



Obr. 6 Trasa proplachovacího kanálu pod hotelem Hilton – jímka přehrady

v místě odběru. Řešení bylo urychleně projednáno a odsouhlaseno s „Povodím Vltavy“.

Proto byla navržena a vyrobena mobilní přehrada s tvarovaným dnem. Přehrada složená z několika dílů je kotvena do betonových stěn jímky a do tvarované podlahy jímky. Přehradu, bylo nutno po částech montovat a upevňovat v jímce pod vodní hladinou. Po montáži a vyzkoušení přehrad se hladina v prostoru čerpací jímky zvedla na potřebnou výšku a zůstala konstantní i při změnách průtoku. V průběhu roku 2005 zajistilo „Povodí Vltavy“ generální opravu proplachovacího kanálu, který byl vyčištěn a utěsněn v celé svojí délce. Dále bylo vyměněno vstupní šoupě DN 1000 a vstupní otvor opatřen česlem. V průběhu roku 2006 a 2007 bylo zařízení prověřeno letním i zimním provozem – bez připomínek.

ZÁVĚR

Přestože investice narostla díky nepředvídaným nákladům při hloubení čerpací šachty a stavbou přehrad v další jímce proplachovacího kanálu, je po vyčíslení provozní úspory návratnost vložené investice šestiletá. Vzhledem k pětadvacetileté životnosti ověřené u obdobných zařízení možno prohlásit, že vložená investice je výhodná. Daleko větší význam než je provozní úspora a relativně příznivá návratnost investice, je pro hotel HILTON skutečnost, že může chladit přímo vltavskou vodou v zimním období, kdy to dříve nebylo možné. Přímé chlazení je umožněno nyní především v zimních slunných dnech, při zvýšeném tepelném zatížení pokojů, situovaných v horních podlažích proskleného atria.

Závěrem možno říct, že využívání chladné říční vody pro klimatizační účely místo strojního chlazení nebo i při kompresorovém chlazení, avšak s chladnější vodou než je věžová, přináší vždy značné úspory elektrické energie. Říční voda slouží v takovýchto případech pouze pro předání svého teplotního potenciálu klimatizaci, před opětovným vrácením ve stejném množství zpět do řeky. Oteplení vody je vůči průtoku v řece obvykle zanedbatelné. V těchto případech je snížen odběr el. energie, potřebné pro pohon chladicích kompresorů, na minimum. Pouze je využívána kolem protékající voda, která když nebude použita, odeče bez užítu. Je to námět pro projektanty a realizátory staveb, situovaných v blízkosti vodních toků.

Je to námět i pro MŽP, které v současné době podporuje využívání alternativních zdrojů el. energie, dotuje realizace tepelných čerpadel, slunečních kolektorů nebo větrných elektráren. Tyto zdroje mají obdobný charakter jako náhrada el. energie říční vodou. Motivací pro využívání vodních toků by mohly být obdobné dotace, např. bezplatné využívání vody z vodních toků.