

7/1.9 CHLAZENÍ BUDOV

I budovy, které respektují stavební principy vedoucí k budovám se sníženou spotřebou energie, jsou vystaveny v letním období tepelným ziskům. Tepelné zisky je nutné eliminovat. Hlavní zásadou pro eliminaci tepelných zisků by mělo platit, že tepelným ziskům popsaným v předchozí kapitole je třeba nejdříve předcházet, než je následně např. strojním chlazením likvidovat. Obecně platí, že žádná budova obytného charakteru v České republice by neměla disponovat strojním kompresorovým chlazením. Pokud ano, je špatně navržena.

Prvním krokem by měla být optimalizace obálky budovy, resp. parametrů prosklených ploch popsaných v další části této kapitoly. Jakým způsobem se provádí výpočet tepelné zátěže? V zásadě jsou k dispozici tři možnosti výpočtu, které se liší složitostí, množstvím vstupů do výpočtu a s nimi související citlivostí a přesností vytvořeného matematického modelu.

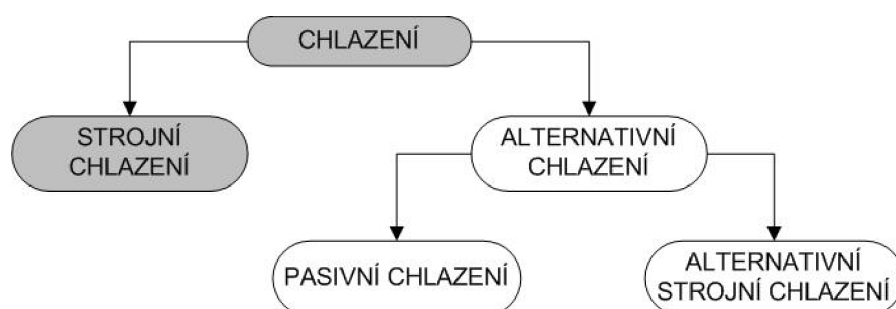
Stanovení tepelné zátěže se provádí nejčastěji podle:

- ČSN 730548, kde se jedná o výpočet pro typický den a typickou hodinu v roce, umožňuje velmi přibližný výsledek. Tento výsledek reprezentující maximální možnou hodnotu tepelné zátěže není vhodný pro kalkulace v případě rodinných, nebo bytových domů.
- VDI 2078 (1992), zjednodušená metoda výpočtu, která pracuje s menším množstvím vstupů a představuje výpočet, který prezentuje použitelné hodnoty.
- Dynamická simulace provedená v jednom z nespočet simulačních SW nabízí roční průběh tepelné zátěže v dynamickém modelu, vyžaduje velké množství vstupů do výpočtu. Dynamická simulace je pracná, náročná. V případě, že je dynamická simulace objektu vytvořena, je vhodné ji využít pro celoroční provoz objektu, tzn. také pro zimní období a efektivní nastavení systémů.

V případě, že tepelná zátěž představuje vážné riziko objektu, je nutné ji předcházet, pasivně ji likvidovat. Pasivní způsoby předcházení tepelným ziskům se vyvíjely po celou dobu stavební činnosti lidstva. V současnosti lze alternativní chlazení budov, tzn. chlazení nevyužívající žádnou strojní technologii spotřebovávající energii, a strojní chlazení rozdělit následujícím způsobem.

- Strojní chlazení využívá konvenční metody kompresorového nebo absorpčního chlazení.
- Alternativní (pasivní) využívá řešení objektu, fyzikální principy a kombinuje technologie.

- Solární pasivní chlazení optimalizuje stavební řešení objektu, využívá architektury objektu.
- Strojní alternativní chlazení využívá alternativní technologie a obnovitelné zdroje nebo solární energie a jejich kombinace pro chlazení.



Obr. č. 1: Základní rozdělení způsobů chlazení budov

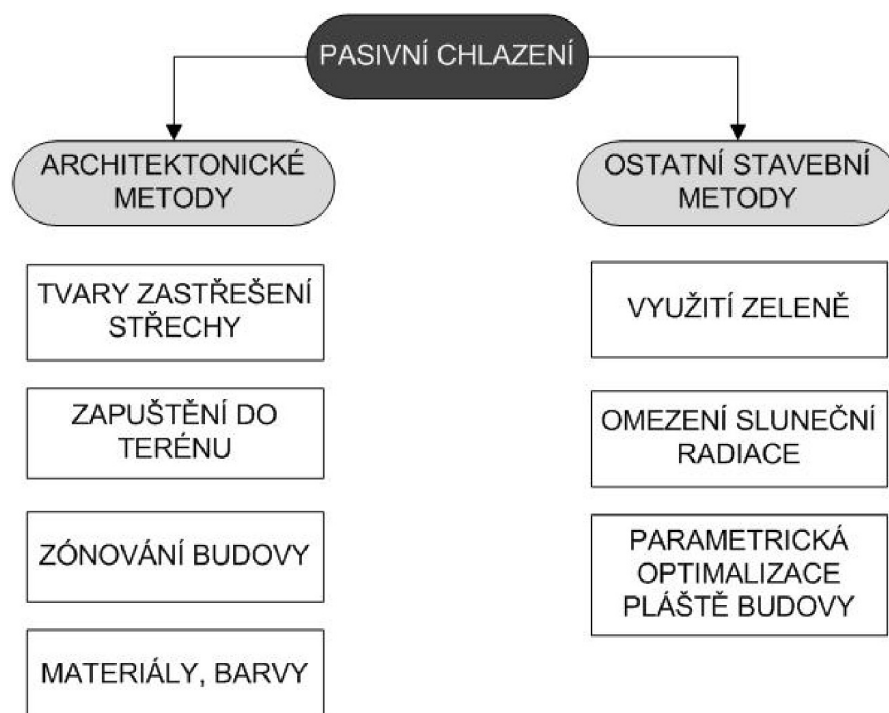
Strojní chlazení

Strojní chlazení residenčních budov se omezuje na tzv. lokální chlazení. Jedná se především o lokální klimatizační zařízení sloužící k úpravě parametrů vzduchu obývaných místností. Rozdělují se na

- okenní kompaktní klimatizátory – kompaktní zařízení zabudovaná přímo do okna nebo zdi objektu, kdy výparník zasahuje do vnitřního prostředí a kondenzátor sousedí přímo s venkovním prostorem,
- klimatizační jednotky typu „SPLIT“ – dělené klima jednotky, a sestávají se vždy minimálně ze dvou dílů. Vnitřní část jednotky (chladič) a venkovní část jednotky (kondenzátor) obsahuje kompresor, ventilátor a kondenzátor,
- split s vodou chlazeným kondenzátorem – v případech, kdy vzduchem chlazenou kondenzační jednotku není možno instalovat vně budovy, používá se jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem napojeným na domovní vodovod,
- kondenzační jednotky – se vzduchem chlazeným kondenzátorem ve venkovním prostředí jsou určeny především pro připojení k výparníku klimatizačního zařízení, pracujícího s přímým chlazením a odvlhčováním vzduchu,
- mobilní klimatizátory, které představují nouzové řešení při výrobě a potřebě chladu s ohledem na sezonní potřeby.

Pasivní chlazení

Pasivní chlazení nebo také solární pasivní chlazení budov se soustředí na využití vlastností budovy, konceptu budovy bez využití jakýchkoliv strojních technologií. Pasivní chlazení využívá následující metody:



Obr. č. 2: Přístupy pasivního chlazení budov

Architektonické metody lze shrnout do zásady, že se minimalizují plochy, které jsou vystaveny přímému slunečnímu záření. V praxi to znamená např. v oblasti rovníku existenci klenutých a valených střech – tzn. snaha o eliminaci osálení pláště střechy budovy. Tvar střechy budovy je však nutné brát také s ohledem na umístění např. solárních kolektorů apod.

Dalším způsobem, jak snížit tepelné zisky, je omezení pohltivosti krátkovlnného záření a následného vyzařování tepelného infračerveného záření s vlnovou délkou $> 3 \mu\text{m}$. Nejkritičtější je záření o vlnové délce $10 \mu\text{m}$, v praxi se volí takové stavební materiály a povrchy, které mají nízkou emisivitu. Emisivita je definovaná jako poměr intenzity vyzařování reálného tělesa H_E k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa H_{EO} se stejnou teplotou a určuje tak schopnost reálného tělesa vyzařovat teplo. Emisivita je bezrozměrná veličina. Emisivita absolutně černého tělesa ϵ má hodnotu $\epsilon = 1$. Emisivita reálného tělesa ϵ_T nabývá tedy hodnot $\epsilon_T \leq 1$. Obecně na povrchy, které jsou vystaveny solární radiaci, volíme materiály s nízkou emisivitou. Osluněnými povrchy se nemyslí pouze povrchy budovy, ale také parter, okolí budovy. Předměty na něž dopadá sluneční radiace (krátkovlnné záření) září zpět dlouhovlnné záření, kdy intenzita vyzařování závisí na teplotě. To popisuje Stefanův-Boltzmannův zákon

Ze změřené zářivosti plochy můžeme zjistit její teplotu, pokud známe její emisivitu. Teplotní chování objektů je ovlivňováno řadou dalších vlastností, např. propustnost pro záření, schopnost vést teplo (vodivost), schopnost uchovávat teplo (tepelná kapacita), rychlost, s jakou tělesa mění svoji teplotu (tepelná setrvačnost). Vyzařování tělesa (povrchů) je závislé na teplotě a okolí, čili emisivitě povrchu. V případě bez-

Architektonické metody

větří solární radiace představuje reálný vliv, který lze použitím vhodných materiálů a řešení skladby obytného souboru značně eliminovat. Stavební materiály mají s výjimkou kovů emisivitu cca 0,85. Emisivita kovů se pohybuje kolem 0,15. Nízká emisivita použitého materiálu je tak klíčová k potlačení sálání.

Ze stavebních materiálů mají nízkou emisivitu především určité minerály, např. muskovit, biotit, apatit, křemen, čili materiály s vlastností nepohlcovat záření v rozsahu kolem 10 μm . Snížená emisivita v intervalu kolem 10 μm způsobuje minimální sálání těchto konstrukcí. Použitím materiálů o výše uvedených vlastnostech lze významně zamezit negativnímu sálání povrchů, včetně okrajových podmínek.

Na emisivitě následně závisí teplota povrchu, na který dopadá sluneční krátkovlnné záření, těleso následně vyzařuje dlouhovlnné záření. V případě eliminace vlivu solární radiace je klíčové použití stavebních materiálů a povrchové úpravy jak povrchů fasád, tak především volby povrchu parteru. Pro řešení povrchů se kvůli snížení sálání v intervalu kolem 10 μm , což představuje dlouhovlnné sálání těchto konstrukcí, doporučuje využít materiálů s nízkou emisivitou. Pro povrchové úpravy a skladbu jsou to především materiály uvedené v tab. č. 1. Naopak materiály nevhodné pro povrch parteru jsou uvedeny v tab. č. 2.

Tab. č. 1: Materiály s nízkou emisivitou

Materiál	Teplota [°C]	Emisivita
Zemina povrchová	20	0,38
Písek říční	20	0,76
Žula	20	0,45
Beton – hnědý	20	0,87
Pískovec	38	0,67
Mramor hladký bílý	38	0,56

Tab. č. 2: Materiály s vysokou emisivitou

Materiál	Teplota [°C]	Emisivita
Beton drsný	20	0,95
Asfalt, vozovka	38	0,93

Pro úpravy povrchů střech či dalších povrchů exponovaných vůči slunci jsou v tab. č. 3 jako doporučené tyto povrchy z důvodu jejich nízké emisivity dlouhovlnného záření.

Tab. č. 3: Povrchové úpravy s nízkou emisivitou

Materiál	Teplota [°C]	Emisivita
Šedá cihla	38	0,75
Bílý nátěr na hliníkové fólii	38	0,68
Bílý nátěr	38	0,95
Bronzové nátěry	38	0,61
Hliníkové nátěry 26% Al	38	0,3

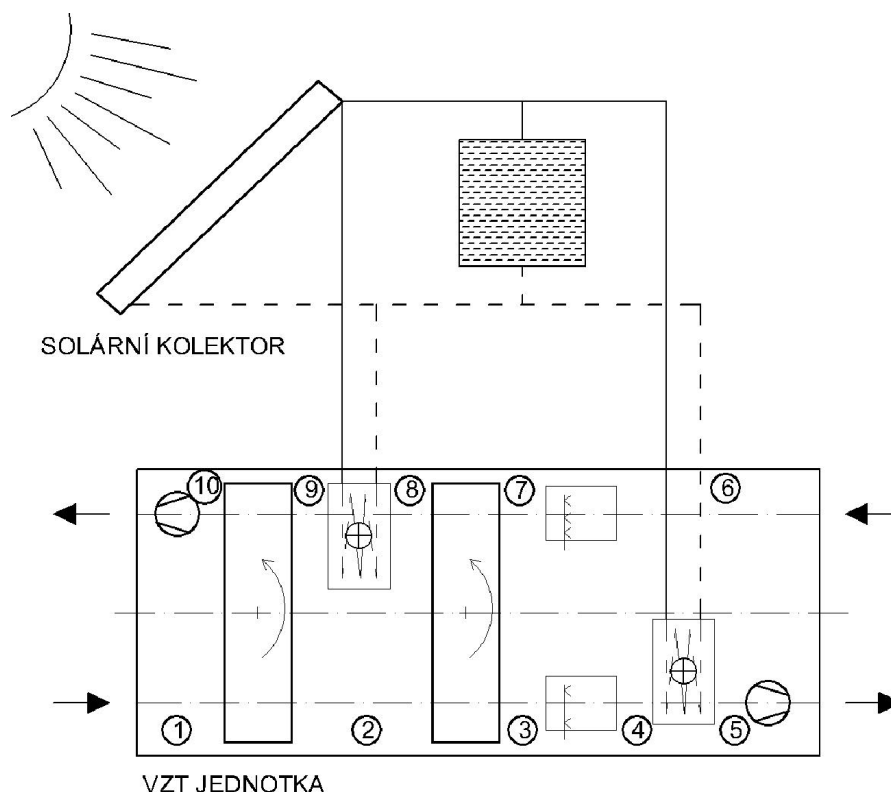
Stejná pravidla z pohledu dlouhovlnného tepelného záření platí také pro interiér, jeho barvy a barvy vybavení v místě dopadu solární radiace. Černá pohovka umístěná v osluněné části obývacího pokoje bude spolehlivě fungovat jako veliký zdroj dlouhovlnného tepelného záření v interiéru. Doporučuje se tedy pro snížení emisivity, resp. dlouhovlnného záření použít materiály a povrchové úpravy s přísadami kovů. Pokud bude použita povrchová úprava, či pro pojivo pro spojení s povrchem v případě nátěru, je třeba také použít nízkoemisivní pojiva, která by pro dlouhovlnné záření byla téměř transparentní a zajistila by tak celkovou nízkou emisivitu navrženého řešení.

Z pohledu ostatních metod představuje neocenitelného pomocníka v pasivním chlazení budov zeleň. Řešením okolí budovy s využitím zeleně lze významně ovlivnit vliv solární radiace na budovu. Zeleň představuje povrch s nízkou emisivitou, která odpařuje vlhkost. V odpařené vlhkosti je obsaženo výparné teplo vody. Promyšlené umístění stromu v parteru budovy může mít na celkovou roční tepelnou bilanci pozitivní vliv. V případě listnatého stromu v letním období strom stíní a zabráňuje přehřívání budovy, v zimním období listy stromu opadají a zisky ze solární radiace jsou využity. Z pohledu vlhkostní bilance je listnatý strom zdrojem chladu o chladícím výkonu cca 2–10 kW. Za předpokladu, že vzrostlý strom odpaří cca 20 l vody za den, je v tomto množství obsaženo cca 140 kWh energie v podobě výparného tepla, které strom využil z dopadající solární radiace na půdorys jeho koruny, část energie byla pohlcena zemí a zbytek se odrazil v podobě dlouhovlnného tepelného záření – tepelného zisku (cca 10 % z dopadnutého záření). V případě, že by místo stromu byla dlažba, pak by tepelný zisk z dopadnuté solární radiace byl téměř ve výši 100 %.

Adsorpční chlazení nebo také chlazení pomocí desikantu (desiccant cooling) je dalším už ale strojním alternativním způsobem chlazení. Tento způsob chlazení je využíván u mechanického větrání centrální VZT jednotkou, kdy VZT jednotka pomocí adsorpčního cyklu současně reprezentuje také zdroj chladu. U tohoto systémového řešení není potřeba zdroje chladu, jako je tomu u konvenčních systémů vyrábějících chlazenou vodu potřebnou pro chlazení větracího vzduchu.

Přednost principu adsorpčního chlazení předpokládá, že jediná primární energie potřebná pro výrobu chladu je energie tepelná. Z tohoto důvodu je toto řešení velmi vhodné pro instalace s termosolárními systémy. Systém je kombinací okruhu tepelné energie, adsorpce – odvlhčování vzduchu, vodního zvlhčování vzduchu. Základní součásti tohoto systému jsou znázorněny na obr. č. 3.

Adsorpční chlazení



Obr. č. 3: Systémová řešení zapojení adsorpčního principu chlazení budovy

Venkovní exteriérový vzduch ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$) projde rotačním adsorpčním výměníkem, který procházející vzduch odvlhčí a současně ohřeje na vyšší teplotu ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) (1–2). Následně je větrací vzduch předchlazen pomocí rotačního regeneračního výměníku (2–3) a následuje adiabatické chlazení pomocí vodního zvlhčovače (3–4). Ve VZT jednotce může být umístěn dohřev větracího vzduchu ze solárních panelů (4–5). Na odvodu větracího vzduchu z budovy ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) je umístěno nejprve vodní vlhčení a vzduch je adiabaticky ochlazen ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) z důvodu rotačního výměníku tepla (6–7), (7–8). Poté, co projde vzduchu rotačním výměníkem (předchlazen přívodní vzduch viz 2–3), je větrací vzduch pomocí energie ze solárních kolektorů ohřát na cca $60\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (8–9). V adsorpčním rotačním výměníku absorbuje vlhkost z rotačního výměníku a je odveden z budovy. Tento systém může být také použit pouze pro ohřev vzduchu, tzn., bude v provozu pouze tepelný výměník na přívodu vzduchu do budovy (4–5).

Reprezentované systémové řešení je vhodné především pro menší až středně velké budovy obsahující termosolární kolektory pro vytápění budovy a kde v letním období hrozí velké přebytky tepla ze solárních systémů a současně je potřeba zajistit dostatečný komfort v budově. Toto řešení dokáže velmi efektivně kombinovat možnosti solárních systémů a chlazení větracího vzduchu bez přítomnosti konvenčního zdroje chladu.



Obr. č. 4: Adsorpční chlazení přednáškové a zasedací budovy v Ekoparku Hartberg (Štýrsko, Rakousko)

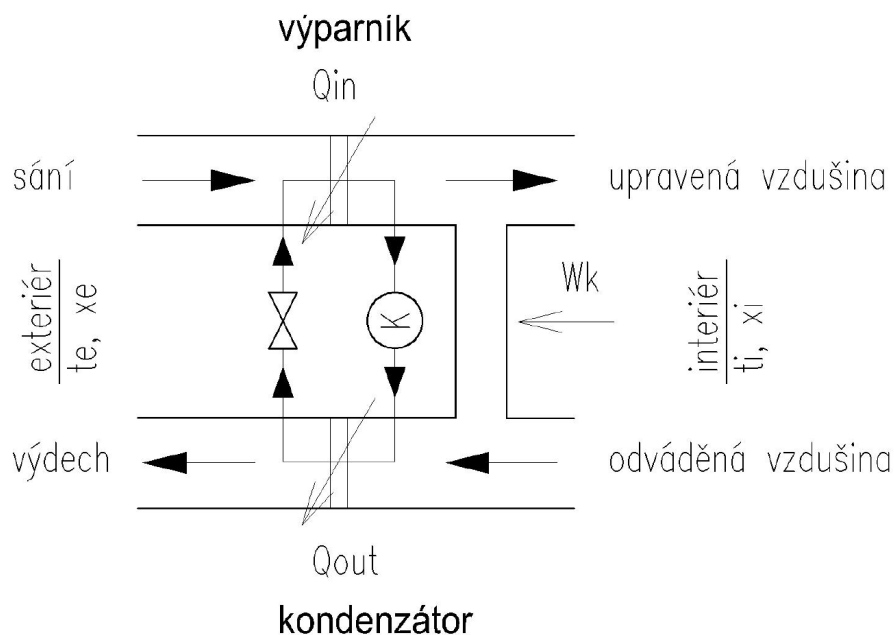
Tepelné čerpadlo s reverzačním cyklem představuje další možné řešení, jak chladit budovy bez dalšího přídatného systému. Tepelné čerpadlo pracuje v režimu topení obvyklým způsobem vzduch-voda, kdy z venkovního vzduchu odebírá tepelnou energii, kterou předává do topné vody. V režimu chlazení pracuje venkovní výměník jako kondenzační jednotka s odděleným kompresorem a tudíž je opět dosaženo velmi nízké hluchnosti, ke které se nelze s použitím klasických kondenzačních jednotek chlazení přiblížit. Tepelné čerpadlo pracuje v režimu chlazení jako zařízení vzduch-vzduch. Režim chlazení u standardních tepelných čerpadel vzduch-voda nebo voda-voda není možný z následujících důvodů:

- nedostatečná plocha pro přenos chladicího výkonu přes otopná tělesa, která nejsou vybavena nuceným oběhem vzduchu s ventilátorem;
- nebezpečí kondenzace na neizolovaných rozvodech;
- velmi rozdílné pracovní podmínky v chladicím okruhu mezi jednotlivými režimy topení a chlazení.

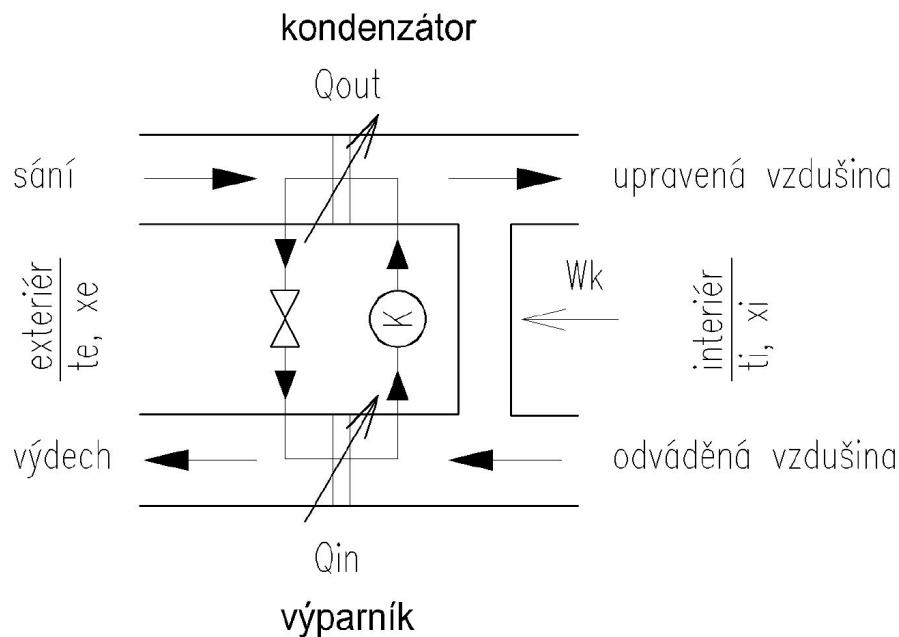
Z důvodu možnosti reverzního chodu lze popsany systém provozovat ve dvou režimech, kdy:

- letní – využita reverzní funkce tepelného čerpadla, kdy teplo je odebíráno ze vzduchu přiváděného a dodáváno do vzduchu odváděného (viz obr. č. 5),
- zimní – využito tepla odpadního odváděného vzduchu (viz obr. č. 6).

Tepelné čerpadlo s reverzačním cyklem



Obr. č. 5: Letní režim tepelného čerpadla ve větracím systému (chlazení přiváděného vzduchu)



Obr. č. 6: Zimní režim tepelného čerpadla ve větracím systému (ohřev přiváděného vzduchu, nepřímé ZZT)

V praxi je tento systém možné uplatnit pro využití v nízkoenergetických bytových objektech s nuceným řízeným větráním, kdy systém bude zajišťovat rekuperaci odpadního vzduchu odváděného z prostoru kuchyně a hygienického zázemí obytné části objektu. Získané teplo je dále využito pro ohřev přiváděné větrací vzdušiny. A zejména v letním období bude tohoto systému efektivně využito pro chlazení přivodní větrací vzdušiny. Je třeba upozornit na vyšší spotřebu tzv. pomocné (šedé) energie, které je potřebné pro chod ventilátorů tohoto systému, oběhových čerpadel apod.