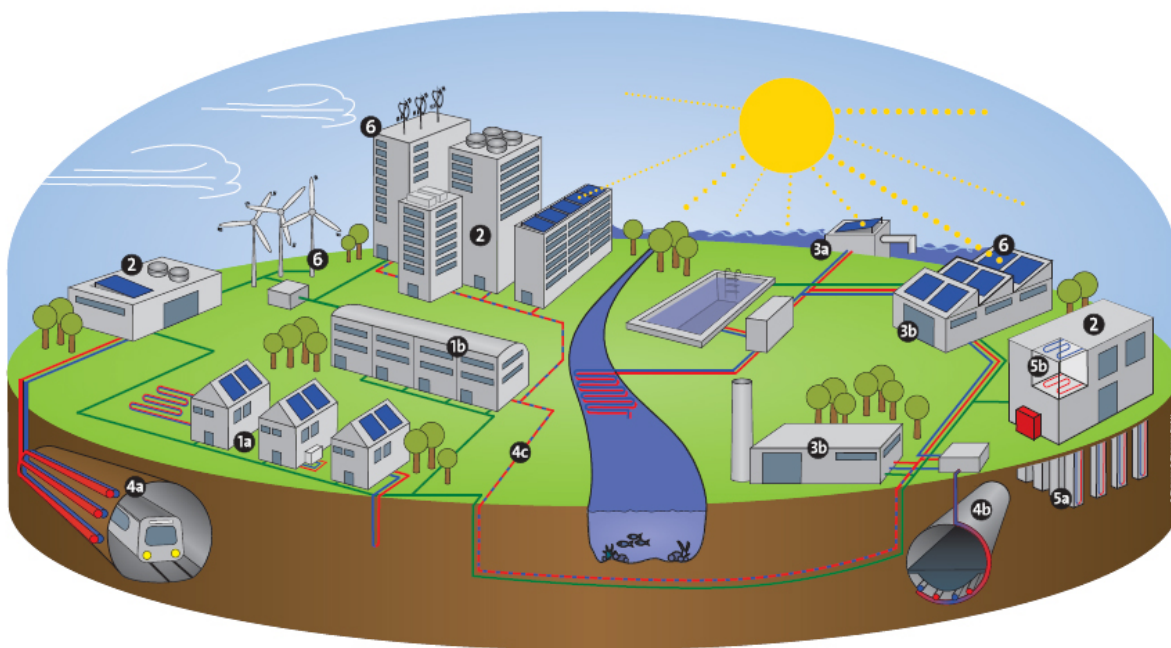




Nové technologie a aplikace tepelných čerpadel rozšiřující možnosti jejich uplatnění (nejen) v podmínkách ČR

2014

OBSAH:

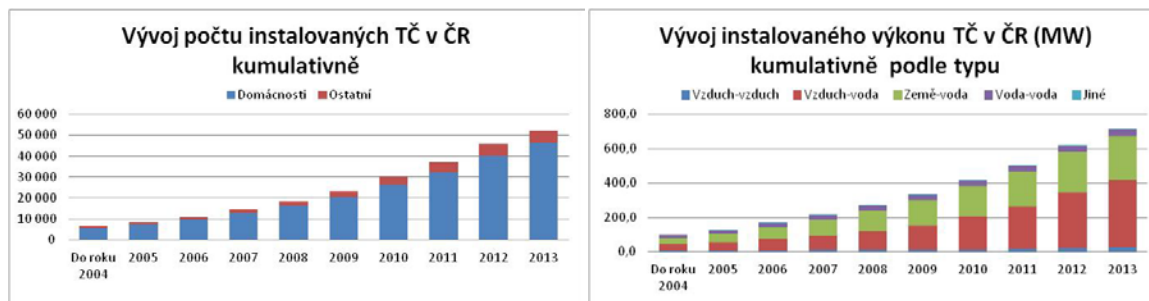
ÚVOD	3
TECHNOLOGICKÉ INOVACE	7
TEPELNÁ ČERPADLA S MECHANICKÝM POHONEM	7
<i>Efektivnější kompresory</i>	8
<i>Efektivnější elektropohony a výkonová regulace</i>	11
<i>Modifikace pracovního okruhu TČ</i>	12
<i>Optimalizace ostatních komponent TČ</i>	14
<i>Alternativní zdroje mechanické energie a nízkopotenciálního tepla</i>	16
TEPELNÁ ČERPADLA POHÁNĚNÁ TEPELNOU ENERGIÍ	18
<i>Chemická (absorpční a adsorpční)</i>	18
JINÉ TECHNOLOGIE TČ (VE STÁDIU VÝVOJE ČI POČÁTEČNÍHO KOMERČNÍHO UPLATNĚNÍ)	22
INOVACE V APLIKACÍCH	23
APLIKACE NA TRADIČNÍ/OBNOVITELNÉ ZDROJE TEPLA	24
<i>Vysokoúčinné aplikace využívající venkovní vzduch</i>	24
<i>Vysokoúčinné aplikace využívající zemské teplo</i>	25
APLIKACE NA NETRADIČNÍ/SEKUNDÁRNÍ ZDROJE TEPLA	33
<i>Využití odpadního tepla v průmyslu za pomoci TČ</i>	33
<i>Využití odpadních vod z kanalizace a čistíren za pomoci TČ</i>	34
<i>Využití jiných netradičních sekundárních zdrojů tepla</i>	35
DOVĚTEK: ÚČINNOST TČ A NOVÁ LEGISLATIVA	37

ÚVOD

Jen málokterá technologie výroby tepla zažívá v posledních letech tak dynamický rozvoj, jakým jsou tepelná čerpadla (TČ). Podle statistik MPO se jejich počet i souhrnný tepelný výkon, který poskytují, u nás zvýšil za posledních deset let více než osminásobně a na konci tohoto roku (2014) bude některý druh tepelného čerpadla využívat již **okolo padesáti tisíc domácností a více než šest tisíc institucí**.

Za rostoucím počtem instalací lze v první řadě hledat **technologické inovace**. Díky nim se nové modely stávají stále účinnějšími, výkonnějšími (za jinak stejných teplotních podmínek) anebo umožňují docílit vyšších výstupních teplot ohřívání média. Díky technologickému pokroku se rozšiřuje technický a ekonomický potenciál jejich možného uplatnění a tím se současně i rozšiřuje skupina potenciálních zákazníků. Vlivem rostoucí poptávky se snižují náklady výroby a klesá tedy i prodejní cena nových modelů TČ. O to více se tepelná čerpadla pro zákazníky stávají atraktivnějšími.

S ohledem na ceny energií a další technický a cenový pokrok, který lze v příštích letech očekávat, je více než pravděpodobné, že se během příštích let počet instalací bude dále dynamicky zvyšovat.



Obrázek 1: Vývoj instalací TČ v ČR co do počtu, tepelného výkonu a druhového zastoupení (Zdroj: MPO)

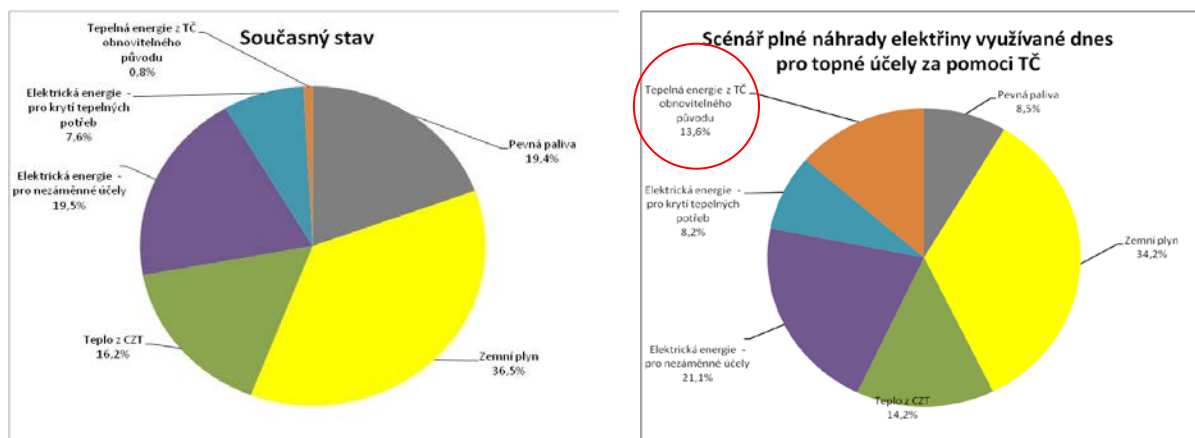
Podle zatím platného Národního akčního plánu ze srpna 2012 by se celkový instalovaný výkon tepelných čerpadel v zemi měl do roku 2020 de facto oproti roku 2013 zdvojnásobit a dosáhnout více než 1400 MW. Tomu by odpovídala výroba „tepla z obnovitelných zdrojů“ ve výši převyšující 6,5 PJ/rok.

Dlouhodobější horizont možného významu TČ v energetické bilanci země pak poskytuje připravovaná Aktualizace Státní energetické koncepce ČR s plánem prodloužit její platnost až na rok 2040. Její návrh předložený Min. průmyslu a obchodu ČR do mezirezortního řízení v srpnu tohoto roku (2014) předpokládá, že do roku 2040 se výkon a výroba „obnovitelného tepla“ tepelnými čerpadly dále téměř z 2,5násobí, aby dosáhla více než 15 PJ/rok.

Pro srovnání přesnosti těchto odhadů je možné podívat se do historie vývoje posledních let. Mezi lety 2004 až 2014 se počet celkového tepelného výkonu v provozovaných TČ zvýšil 8násobně, přičemž každé 3-4 roky došlo ke zdvojnásobení. Přestože je jasné, že s růstem celkové velikosti trhu nebude možné tak vysoké intenzity rozvoje nadále dosahovat, cíl k roku 2020 se jeví jako pravděpodobně reálně dosažitelný.

I cíl pro rok 2040 se pak jeví jako meta, kterou tepelná čerpadla zřejmě úspěšně protnou. Vlivem technických inovací a stále větší cenové dostupnosti TČ dokonce nelze vyloučit, že tato hranice bude pokořena o několik let dříve.

Rozvoj tepelných čerpadel může mít přitom zásadní environmentální přínosy pro celou společnost. Domácnosti, firmy a instituce, které jsou dnes připojeny k distribuční síti na úrovni nízkého napětí a využívají některou ze zvýhodněných „topných“ distribučních sazeb, spotřebovávají každoročně více než 9 TWh elektřiny v době platnosti tzv. „nízkého tarifu“, z čehož min. 80-85 % připadá na topné elektrospotřebiče (přímotopy, akumulární ohřívače). Pokud bychom jen modelově uvažovali, že postupně stejné množství elektřiny bude využíváno pro výrobu tepla za pomoci TČ, podařilo by se v konečné spotřebě „přidat“ až 50 PJ tepelné energie obnovitelného původu, díky níž se může podstatně snížit užití ostatních forem energie (pevná paliva, zemní plyn apod.). Znamenalo by to až 20 % snížení konečné spotřeby energie u staveb rezidenčního sektoru a nevýrobní sféry (služeb) v budoucnu při současném nezvýšení celkové spotřeby elektřiny potažmo primární energie potřebné na její výrobu. Uvedených 50 PJ přitom neobsahuje spotřebovanou elektřinu (zatímco dnes ve statistikách je implicitně uvedena a navyšuje celkovou výrobu tepla z OZE za pomoci TČ).



Obrázek 2: Struktura konečné spotřeby energie v sektoru domácností a nevýrobní sféry – dnes a možný stav při náhradě veškerých přímo- a akumulárních elektrických topidel a kotlů tepelnými čerpadly (Zdroj: Pro stávající stav dle statistik ČSÚ pro rok 2012, v modelovém scénáři vlastní výpočty)

Pokud bychom se ohlédli do minulosti v roce 2040, zřejmě bychom konstatovali, že mít více než 25 let na takovouto proměnu není zdaleka nereálné a hlavně – dává nejen environmentální ale i ekonomický smysl. Proto je v zájmu naší země tohoto potenciálu využít. Jak této tak významné změny v energetické bilanci země dosáhnout?

Jednou ze zajímavých statistik dosavadního vývoje trhu s TČ je, že z celkových prodejků TČ na českém trhu naprostá většina připadá dlouhodobě na instalace do stávajících staveb. V roce 2013 jen méně než 27 % TČ (necelé 2 tis. kusů) bylo instalováno do novostaveb. To jsou relativně překvapivá čísla, zvláště pokud jen v RD bylo zkolaudováno více než 15 tis. bytů, lze to ale zdůvodnit zřejmě tím, že velikost stávajícího bytového fondu je mnohonásobně vyšší, než četnost nové výstavby.

Více zajímavé ale je, že v roce 2013 mělo TČ jako hlavní či vedlejší zdroj tepla pouze **necelých 12 %** dokončených bytů v rodinných domech (celkem cca 15,5 tis.). V poměru za všechny dokončené byty vč. bytových domů, kterých bylo celkem cca 21,5 tis., to bylo necelých 9 %. Například v SRN je ale tento podíl více než 30 % a ve Švýcarsku to je dokonce více než 75%.

Je zjevné, že vhodným ekonomickým stimulem (jaký mají v těchto zemích) by tento podíl mohl přinejmenším v příštích několika letech rychleji růst. Přesto ale do roku 2020 může v zemi vzniknout po roce 2013 při pokračování dosavadních trendů (20 až 30 tis. nově dokončených bytů za rok) mezi 150 až 200 tisíci byty, z toho z 65-70 % zřejmě v RD. Při modelovém růstu podílu všech variant TČ na dokončených bytech v RD do roku 2020 na 35 % by pak agregovaný počet nově instalovaných TČ v rodinných domech mohl dosáhnout i více než 40 tis. kusů, tedy významně přispět k růstu predikovaného NAP OZE.

Pořídít si TČ u novostavby lze přitom jen investorům doporučit - umožní docílit vysoké sezónní účinnosti, v zásadě takové, že i provedení vzduch-voda se blíží parametrům TČ země-voda ve stávajícím objektu (tj. sezónní topný faktor 3,5 či dokonce vyšší). Je to díky použité nízkoteplotní otopné soustavě, která je u nových staveb de facto již dnes standardem, ať už použitím velkoplošných radiátorů nebo podlahového topení. Díky možnému využití zvýhodněného distribučního tarifu (zatím i pro spotřebu elektřiny pro ostatní účely) je tento způsob vytápění dnes z hlediska dlouhodobých průměrných nákladů zřejmě nejvýhodnější.

Trh instalací do novostaveb však po roce 2020 bude významně utlumen, protože všechny nové stavby po tomto datu budou muset splňovat požadavky na tzv. *budovy s téměř nulovou spotřebou energie*, u nichž pak potřeby tepla budou minimalizovány a pořízení investičně nákladného zdroje tepla, jakým je tepelné čerpadlo, učiní zřejmě neekonomickým. Výjimkou mohou být větší objekty (bytové domy, kancelářské a obchodní stavby), u kterých nadále určitý zdroj tepla bude muset zůstat, i jeho tepelný výkon však bude značně korigován stejně jako roční využití.

Z uvedeného vyplývá, že **hlavní trh pro budoucí instalace bude respektive muset být u stávajících staveb**, má-li se počet instalací TČ v zemi do roku 2020 zdvojnásobit a do roku 2040 dále zvětšit 2,5násobně. Znamenalo by to, aby v zemi v té době bylo v provozu min. 250 tis. tepelných čerpadel.

A cílem této publikace je poskytnout přehled o nejnovějších inovacích v oblasti technologického vývoje a možných konkrétních aplikací, jejichž kombinací **environmentální a ekonomické přínosy tepelných čerpadel dosahují parametrů opodstatňujících jejich nasazení – jako inspiraci pro vznik dalších projektů, zejména pro krytí potřeb stávajících budov, zařízení občanské vybavenosti ale i nejrůznějších průmyslových výrob.**

TECHNOLOGICKÉ INOVACE

Technologie tepelných čerpadel se neustále vyvíjí. Technologické inovace posledních let se zaměřují na to, aby nové modely byly, účinnější, výkonnější a umožňovaly dosahovat vyšších výstupních teplot (a tím mohly nalézt širší uplatnění). Dlouhodobým trendem je pak vývoj a využití materiálů a komponent, které mají nižší negativní vliv na životní prostředí (relevantní zejména pro použité pracovní látky přenášející teplo mezi zdrojem tepla a ohříváním médiem, tzv. chladiva).

Výrobci tepelných čerpadel jeden či více z těchto parametrů vylepšují inovativním provedením některé z komponent tepelného čerpadla či jeho celku; někdy tato inovace bývá dokonce i patentována a nese zvláštní označení.

TEPELNÁ ČERPADLA S MECHANICKÝM POHONEM

Zdaleka nejpočetněji zastoupená jsou tepelná čerpadla využívající **uzavřeného pracovního okruhu**, v kterém proudí chladivo měnící opakovaně své skupenství při různých (výparných a kondenzačních) teplotách za pomoci **mechanické energie** pohánějící kompresor. Zdrojem mechanické energie bývá nejčastěji **elektrický motor**, ve speciálních případech jím pak mohou být i jiné stroje (spalovací motor, spalovací turbína apod.).¹ Hlavními komponentami pracovního okruhu jsou vedle kompresoru dále výparník, kondenzátor a expanzní ventil.

Konkrétní tepelně-energetické vlastnosti tepelného čerpadla jsou determinovány druhem a teplotou primárního zdroje tepla, od kterého jej TČ napřímo přes teplosměnnou plochu – výparník anebo za pomoci vloženého okruhu obsahující teplotonosné médium na bázi vody a nemrznoucí kapaliny odebírá, kondenzační teplotou chladiva, při které teplo předává ohřívánému médiu (vodě nebo vzduchu), dále použitým typem chladiva a rovněž pak jednotlivých komponent pracovního okruhu.

Zřejmě **nejdynamičtější se přitom technologické inovace odehrávají u tepelných čerpadel, která jako primární zdroj tepla využívají (venkovní) vzduch.**

Tento typ TČ je charakteristický zpravidla tepelným výkonem v řádu maximálně desítek kilowatt a dále skutečností, že v zásadě se jedná o konstrukčně upravené stroje dříve využívané pro chlazení budov respektive jejich vnitřního vzduchu.

Tepelná čerpadla tohoto typu se však od „klimatizací“ odlišují opačným způsobem provozu (venkovnímu vzduchu teplo nepředávají, ale jej od něj odebírají) a tím, že kondenzátor pracovního okruhu zpravidla nepředává teplo vzduchu ale vodě, protože otopné soustavy staveb v našich podmínkách bývají typicky teplovodní.

¹) Není-li uvedeno jinak, dále v textu je pod kompresorem rozuměn kompresor poháněný elektromotorem.

Níže uvádíme významné technologické inovace, které se v posledních letech zejména díky rostoucí oblíbenosti TČ typu vzduch-voda objevily na trhu.

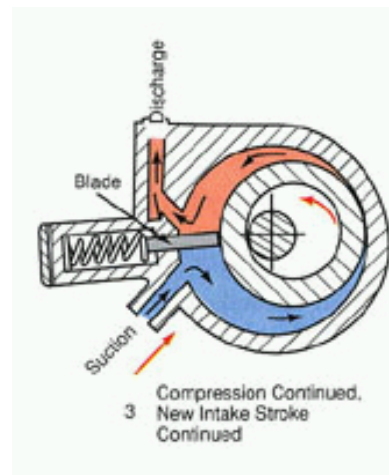
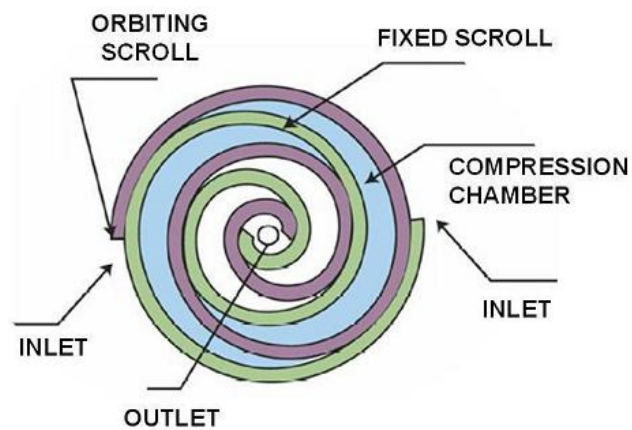
Efektivnější kompresory

Pro tepelná čerpadla menšího výkonu se v posledních letech staly standardem kompresory typu *scroll* (v češtině je lze označovat jako *spirálové*). Oproti pístovým kompresorům, které byly v chladírenské technice tradičně používané, se vyznačují údajně až dvojnásobnou životností (dle předních výrobců až 40 mil. cyklů, zejména proto, že mají o 70 % menší počet pohyblivých částí), dále jsou tišší a také mají vyšší účinnost, pokud trvale pracují ve zvoleném pracovním bodě.

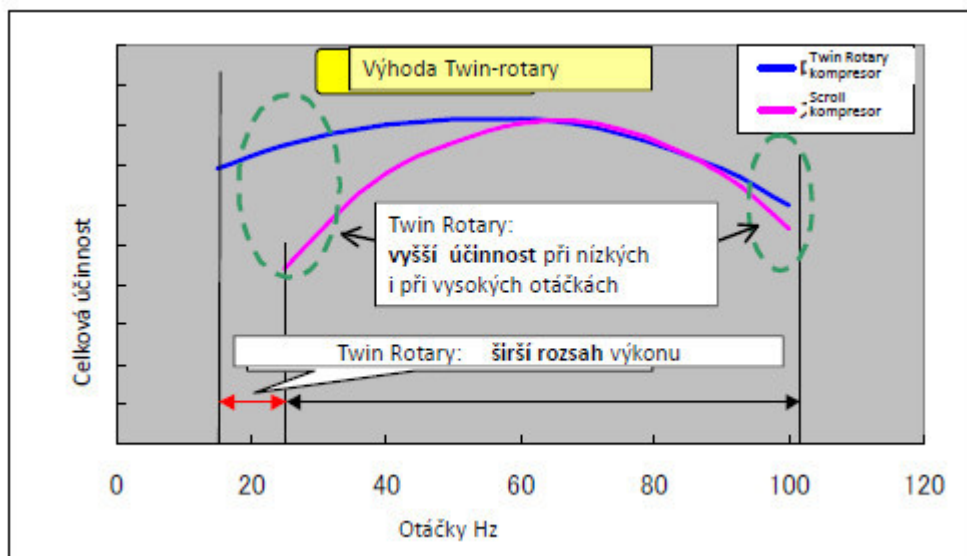
Právě z tohoto důvodu se tento typ kompresorů proto prosadil jako obvyklé řešení pro menší tepelná čerpadla země-voda i voda-voda, u kterých charakter provozu bývá pro spirálové kompresory příhodný. Tento typ TČ byl zpravidla koncipován tak, že pracoval pouze v jediném (uživatelem či řídicí jednotkou zvoleném) optimálním pracovním bodě, tj. určené kondenzační teplotě, a v případě převisu tepelného výkonu nad potřebami bylo zařízení dočasně odstavováno (tj. řízení on/off) anebo byl do systému zapojen akumulátor tepla pro dočasné vyrovnání rozdílů ve výrobě a spotřebě tepla. U větších aplikací je řešením kaskádové provedení, v němž je větší počet jednotek uváděných do provozu a odstavovaných dle potřeby. Současně se zde používají i jiné typy kompresorů dosahujících vysokých účinností (šroubové, turbokompresory apod.).

Stále častěji se však v praxi prosazuje požadavek na výkonovou regulaci, protože otopné soustavy objektů při ekvitermním řízení pracují s proměnnou teplotou topné vody v závislosti na teplotě venkovního vzduchu. Do popředí se tak dostává účinnost kompresoru v celém rozsahu možného výkonu. Někteří výrobci se tak v aplikacích, kde je požadován/praktikován proměnný výkon tepelného čerpadla, přiklánějí k rotačním vačkovým kompresorům ve dvojitém provedení, v němž je dosahováno vyšších účinností a kompresor má menší velikost (v angličtině nazývány jako *twin rotary* kompresory). Oproti scroll kompresorům mají *twin rotary* kompresory dosahovat v částečném a maximálním zatížení vyšší účinnosti (viz obrázek níže), jejich životnost však vzhledem k většímu počtu pohyblivých částí bude kratší (uvádí se přibližně poloviční).

Scroll kompresory však nicméně přesto nacházejí uplatnění i v tepelných čerpadlech s výkonovou regulací.



Obrázek 3: Ukázka technického řešení spirálového kompresoru a vačkového kompresoru



Obrázek 4: Srovnání účinnosti kompresoru spirálového (scroll) a vačkového (rotary) typu při měnících se otáčkách (Zdroj: Toshiba)

Efektivnější elektropohony a výkonová regulace

Integrální součástí kompresorů je dále **elektromotor**, jehož prostřednictvím je možné i regulovat výkon kompresoru. I v jeho případě dochází k technologickému pokroku, jenž umožňuje docilovat tepelným čerpadlům vyšší účinnosti.

V kompresorech a dalších doprovodných součástech tepelného čerpadla (čerpadla, ventilátory) bývaly tradičně asynchronní indukční motory s konstantními otáčkami.

Protože tepelná čerpadla vzduch – voda však principiálně mají podstatu v klimatizacích, u kterých bylo a je nutné výstupní chladicí výkon a kondenzační teplotu řídit, a to relativně přesně (aby jednotka chladila jen požadované množství vzduchu na požadovanou výstupní teplotu), jejich standardním pohonem se již před řadou let staly tzv. invertorem řízené asynchronní elektromotory. Invertor je zde de facto plnohodnotný frekvenční měnič, který změnou frekvence a velikosti síťového střídavého napětí mění počet otáček motoru a tedy následně i výkon kompresoru (namísto síťového napětí 50 Hz napájí elektromotor střídavým napětím různé velikosti s typickým rozmezím frekvence 15 až 105 Hz).

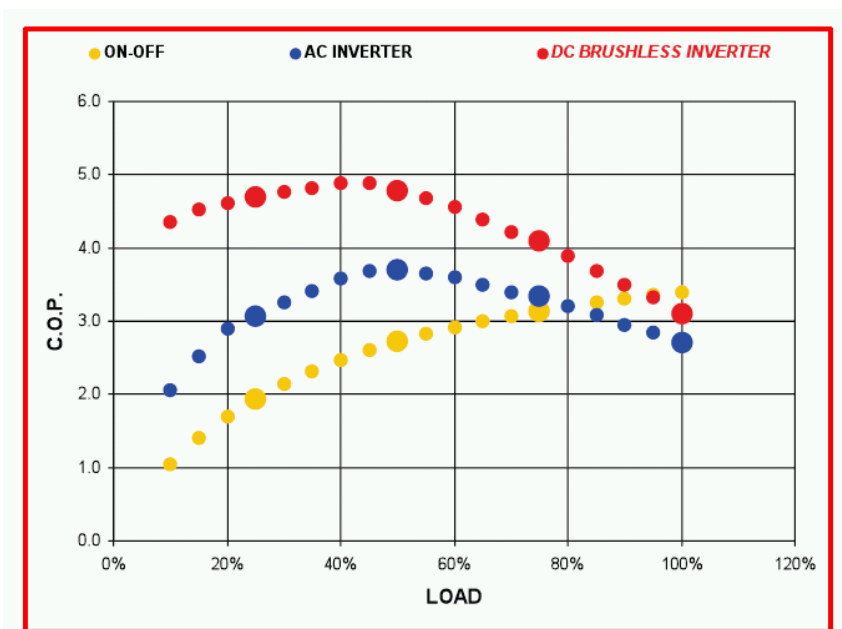
Tato schopnost výkonové regulace je u tepelných čerpadel vzduch-voda i jiné druhy TČ výhodná tehdy, pokud otopná soustava objektu využívá řízení teploty topné vody podle teploty venkovního vzduchu (tzv. ekvitermní regulaci) a tedy se v průběhu roku mění. V těchto aplikacích energetické ztráty, které frekvenční měnič způsobuje (může spotřebovat až 4 % procházející energie), zpravidla převáží nad výhodami, které výkonová regulace v podobě vyšší hodnoty sezónní účinnosti přináší.

Další zefektivnění elektropohonů kompresorů tepelných čerpadel přineslo zavedení **synchronních bezkartáčových motorů, které mají rotor z permanentních magnetů** (v angličtině nazývané zkratkou *BLDC případně jen DC*). Jejich integrální součástí je opět invertor měnící velikost a průběh střídavého sinusoidního síťového napětí, čímž je motor schopen docilovat výrazně vyšší účinnosti při nižších než jmenovitých otáčkách (zatížení).

Nejnovější inovací je umístění permanentních magnetů ze vzácných zemin přímo do rotoru (zatímco dříve to bylo na jeho povrchu), čímž dále zlepšuje vlastnosti tohoto elektropohonu zejména z pohledu většího točivého momentu (je nazýván jako *IPM motor* z angl. *Interior Permanent Magnet Motor*).

Výrobci uvádí, že **(BL)DC** elektromotory s permanentními magnety uvnitř rotoru dosahují oproti asynchronním motorům vyšší účinnosti až o **4-5 %** (při částečném zatížení), a to i při zohlednění ztrát způsobených invertorem.

Při nasazení těchto elektromotorů i u ventilátorů případně čerpadel tato schopnost výkonové regulace dále roste a umožňuje podstatným způsobem zvyšovat sezónní hodnotu topného faktoru tepelného čerpadla oproti prosté regulaci on-off.



Obrázek 5: Ukázka srovnání dosahované hodnoty COP pro různé výkonové potřeby u tří kompresorů lišících se elektropohonem – žlutý graf platí pro asynchronní elektromotor bez otáčkové regulace (on-off), modrý graf pro asynchronní elektromotor regulovaný invertorem a žlutý graf pro synchronní motor regulovaný invertorem (Zdroj: CAREL)

Modifikace pracovního okruhu TČ

Významným nedostatkem standardních tepelných čerpadel využívajících jako primární zdroj tepla venkovní vzduch je, že v důsledku klesající teploty venkovního vzduchu podstatně klesá i jejich tepelný výkon (při požadavku na neměnnou výstupní teplotu ohřívajícího média se snižuje výkon standardního TČ např. při teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ oproti teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i o 40 %). Protože navíc s klesající venkovní teplotou rostou tepelné ztráty objektu a tedy i potřeby tepla, výkonově bývají TČ navrhována na bod bivalence (tedy takovou teplotu venkovního vzduchu, kdy již TČ musí vypomoci bivalentní zdroj, jímž je typicky elektrokotel) -2 až $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, tj. výrazně méně než jak bývá běžné pro TČ země-voda či voda-voda.

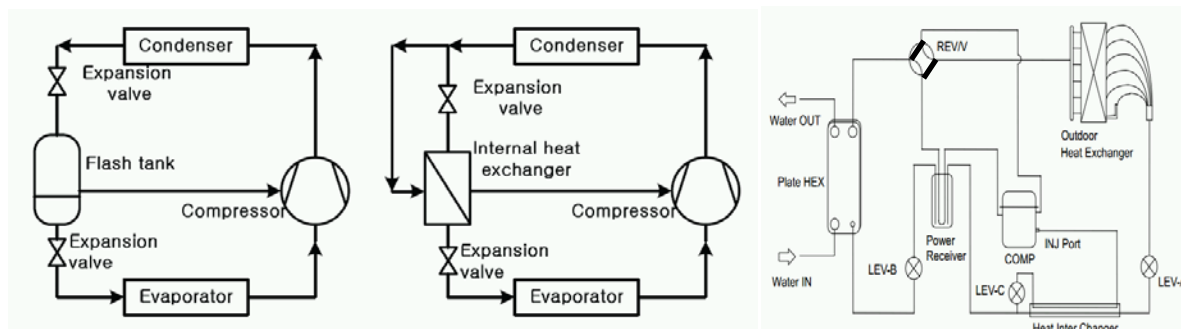
Tuto nevýhodu, která je důsledkem nízkého sacího tlaku a tedy i toku chladiva kompresorem při velmi nízkých teplotách primárního zdroje tepla, de facto eliminovala modifikace pracovního okruhu TČ **přidáním interního tepelného výměníku – ekonomizéru a dalšího expanzního ventilu.**

Při velmi nízkých teplotách venkovního vzduchu se část zkapalněného chladiva opouštějícího kondenzátor oddělí od pracovního okruhu a přes dodatečný expanzní ventil je přivedena na primární stranu ekonomizéru, v jehož sekundární části prochází zkapalněné chladivo z kondenzátoru směrem do výparníku. Tím je zajištěno dodatečné vychlazení chladiva a zvyšuje se následná účinnost výparníku. Chladivo z primární strany vloženého výměníku je následně v částečně plynné částečně kapalně podobě podle aktuálních podmínek přiváděno do kompresoru zvláštním přívodem a zajišťuje, že kompresor má dostatek chladiva, které následně může využít v kondenzátoru. Kompresory bývají tzv. dvouступňové a plynné chladivo z interního výměníku obcházející výparník je vsťikováno mezi prvním a druhým stupněm.

Jistou modifikací této technologie, kterou využívají někteří výrobci, je přímé zapojení dodatečného expanzního ventilu do pracovního okruhu, za nímž je umístěn separátor, jenž oddělí část chladiva, u které dojde ke změně skupenství (separátor je nazýván jako tzv. *flash tank*). Chladivo, které zůstalo nadále v kapalně formě, poté odchází do standardního expanzního ventilu a následně výparníku.

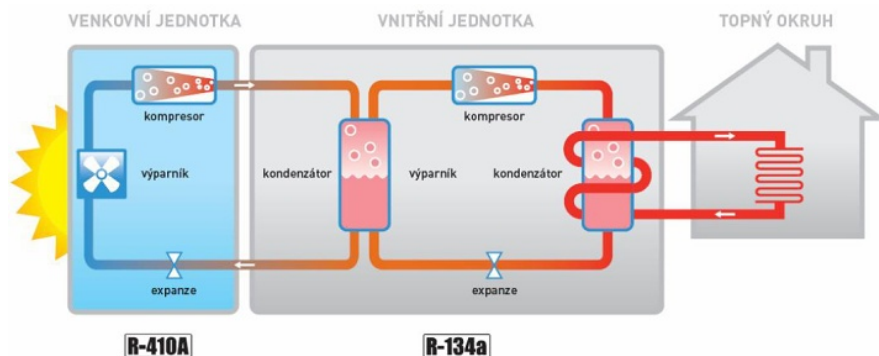
V praxi toto řešení umožňuje, že TČ tohoto typu má tepelný výkon blízký jmenovitému i při teplotách $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižších a současně umožňuje dosahovat vysoké teploty ohřívání média (u nejpokročilejších modelů je to i více než $60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Určitou daní je horší účinnost systému, typicky klesající za těchto podmínek (rozdíl mezi výparnou a kondenzační teplotou 50 a více $^{\circ}\text{K}$) i k hodnotě COP nižší než 2 .

Provozní vlastnosti tepelných čerpadel vybavených přístřikem (plynného) chladiva do kompresoru obtokem výparníku pak někteří výrobci ještě vylepšují **dodatečnou vnitřní výměnou tepla mezi parami chladiva za výparníkem a kapalným chladivem** za kondenzátorem spolu s dalším expanzním ventilem. To dále zvyšuje spolehlivost provozu TČ za velmi nízkých teplot. Takovéto zapojení dnes využívá například tepelné čerpadlo ZUBADAN od společnosti *Mitsubishi Electric*.



Obrázek 6: Schémata tří možných provedení pracovních okruhů tepelného čerpadla s přístřikem chladiva do kompresoru (využívaného pro udržování tepelného výkonu za nízkých teplot venkovního vzduchu)

Vysokopotenciální teplo přehřátých par chladiva opouštějících kompresor je pak možné rovněž využít i na dohřev ohřívajícího média na teploty, které by jinak v kondenzátoru nebyly dosažitelné. To lze s výhodou využít například na ohřev teplé vody na požadovaných např. 65 °C. Protože množství takto získaného tepla představuje pouze asi jen 10 % tepla jinak předávaného kondenzátorem, pro smysluplné využití musí mít ohřívající médium jiný průtok. Zatím však toto řešení výrobci komerčně nenabízejí a vysoké výstupní teploty (zpravidla je tím míněno nad 55 °C) řeší nasazením chladiv a kompresorů schopných dosahovat vysoké kondenzační teploty anebo zdvojením pracovního okruhu, které pak pracují sériově a v každém z okruhů je využíváno jiné chladivo optimalizované na dané teplotní podmínky. Toto řešení umožňuje trvale poskytovat tepelný výkon až o výstupní teplotě 80 °C (využívá zatím jen TČ Altherma HT vyráběné společností Daikin).



Obrázek 7: Schéma TČ se dvěma sériově zapojenými pracovními okruhy s různými chladivy (zde R410A a R134A) pro vyšší výstupní teploty ohřívajícího média (Zdroj: Daikin)

Optimalizace ostatních komponent TČ

Technicko-energetické parametry tepelných čerpadel dále umožňuje zlepšit správné dimenzování (či lépe předimenzování) a konstrukce **výparníku a kondenzátoru**. Zejména konstrukční řešení a dimenzování výparníku je důležité u TČ vzduch - voda, protože má vliv tvorbu námrazy a její potřebu odtávání. Protože nejúčinnější je přenos tepla při využití výměníků na 40-50 % jejich jmenovitého výkonu, u výkonově regulovaných TČ tak účinnost těchto komponent při částečném zatížení roste.

Dalším nikoliv nevýznamným zlepšením je nasazení nikoliv termostatického, ale **elektronicky řízeného expanzního ventilu** (označovan v angličtině zkratkou *EEV*). Od termostatického se *EEV* ventil odlišuje přesným řízením průtoku chladiva za pomoci krokového elektropohonu ovládaného kontrolní jednotkou TČ, což dále zlepšuje účinnost celého pracovního okruhu (snižuje kompresní práci, zvyšuje vychlazení v kondenzátoru). *EEV* ventily jsou dále vylepšovány za pomoci pohonů s tzv.

duální polaritou (mají vyšší točivý moment) či schopných skutečně přesného - lineárního řízení a pak jsou označovány jako LEV ventily (u EEV ventilu je odezva na požadavek na změnu průtoku paliva mírně nelineární).

Spojovacím prvkem všech použitých komponent pracovního okruhu je pak volba **konkrétního chladiva**. V tepelných čerpadlech menších výkonů dnes bývají využívána tato tři chladiva: **R410A, R407C a R134a**. Jedná se o směsi několika různých HFC uhlovodíků, přičemž každé z nich má jisté přednosti, které se však naplno mohou využít při systémové optimalizaci zahrnující všechny komponenty pracovního okruhu tepelného čerpadla. Jejich společným rysem je, že nemají negativní dopad na ozonovou vrstvu (*Ozone Depleting Potential* či zkráceně *ODP* je rovno u nich 0), vykazují však relativně vysokou hodnotu vlivu na globální oteplování (tzv. *Global Warming Potential* či zkráceně *GWP* se u nich pohybuje od 1300 pro R134a až po 1725 pro R410A).

Právě tento fakt zvyšuje zájem o chladiva s výrazně nižší hodnotou GWP, tj. o přírodní chladiva, přičemž kromě v průmyslovém chlazení běžně používaném **čpavku (R717)** začíná být v segmentu malých tepelných čerpadel jako chladivo nasazován **oxid uhličitý (R744)**, u nějž GWP je rovno jedné. Tepelná čerpadla s tímto chladivem si vyžadují speciální kompresory schopné docilovat velmi vysokých kompresních tlaků (115 i více bar), jejich velikou předností je ale výjimečná účinnost při vysokých rozdílech vstupní a výstupní teploty ohřívaného média, jaké jsou obvyklé například při přípravě teplé vody či v průmyslových aplikacích (delta 50 K a vyšší). Parametr COP může za těchto teplotních podmínek převyšovat dokonce hodnotu 4, čímž je možné docilovat velmi nízkých provozních nákladů a šetřit podstatné množství primární energie.

V Japonsku, kde tento typ TČ byl za podpory státu konsorciem několika organizací vyvinut a následně i uveden do praxe (nabízen se státní podporou různými výrobci pod společným obchodním názvem *EcoCute*), je velmi populární a na konci roku 2013 počet instalovaných kusů již přesáhl hranici 4 milionů, a to nejen v domácnostech, ale i institucích nevýrobní sféry (zdravotnická zařízení, školy, výrobní závody, hotely apod.). Tepelné čerpadlo *EcoCute* jako primární zdroj tepla využívá standardně venkovní vzduch a umožňují vyrábět teplou vodu až do teploty 90 °C i při venkovních teplotách -20 °C. Při teplotě venkovního vzduchu okolo 4-5 °C, vstupní teplotě studené vody okolo 10 °C a výstupní teplotě 65 °C dosahuje COP prokazatelně hodnoty vyšší než 3.

Právě schopnost docilovat vysokých výstupních teplot při vysoké hodnotě COP rozšiřuje dále možnosti uplatnění tepelných čerpadel i do sektoru výrobní sféry - průmyslu. Dnes jsou dokonce komerčně dostupná řešení TČ, která umožňují výstupních teplot (vzduchu či vody) vyšších než 100 °C a tedy schopné dodávat například i páru. Využívána k tomu jsou pak jiná chladiva (např. R245fa) s dvojstupňovým kompresorem, při sériovém zapojení tzv. parního kompresoru je dnes dokonce docilováno výstupních teplot páry až 160 °C (0,6 MPa) při celkové účinnosti měřené COP ~ 2,5.

Pro svůj chod si však tento typ tepelného čerpadla kromě elektřiny vyžaduje ještě odpadní zdroj tepla v podobě páry o nižších parametrech (pohánějící parní kompresor).



Obrázek 8: Model TČ SGH 165 s dodávkou tepla v podobě páry; vpravo tepelné čerpadlo, vlevo parní kompresor (Zdroj: Kobelco Ltd.)

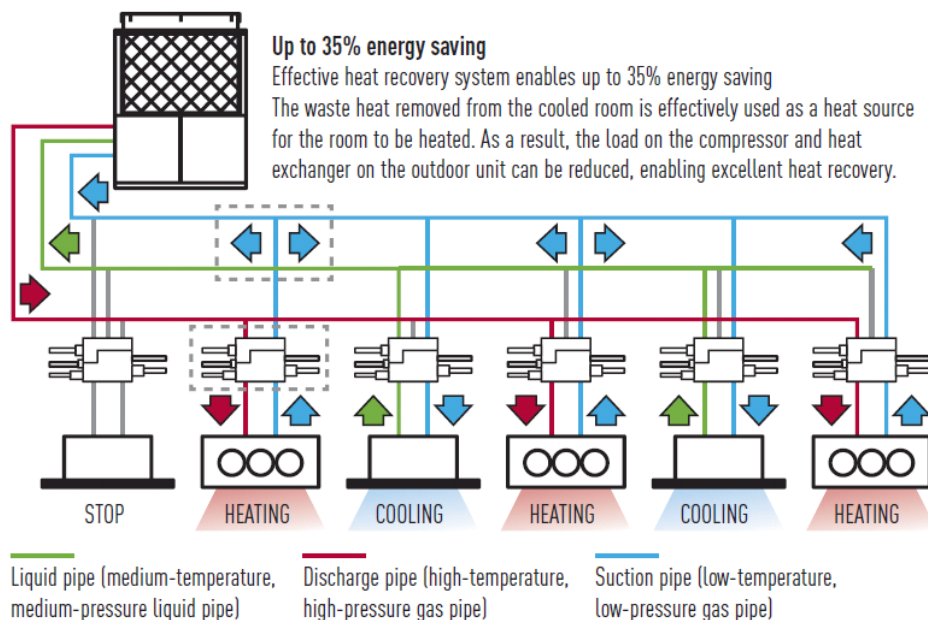
Alternativní zdroje mechanické energie a nízkopotenciálního tepla

Využití jiných zdrojů mechanické energie a nízkopotenciálního tepla patří k dalším inovativním řešením, které využitelnost tepelných čerpadel dále rozšiřují. Místo elektromotoru může být využit pohon v podobě **spalovacího motoru** využívající jako palivo zemní plyn případně LTO (nazývány jakou pak v angl. jako *Gas Heat Pumps* či zkráceně *GHP*).

U některých modelů může spalovací motor souběžně za pomoci malého generátoru vyrábět elektřinu pro potřeby doprovodných komponent tepelného čerpadla (ventilátory, čerpadla, řídicí jednotka). Čerpadlo pak spotřebovává téměř jen plyn.

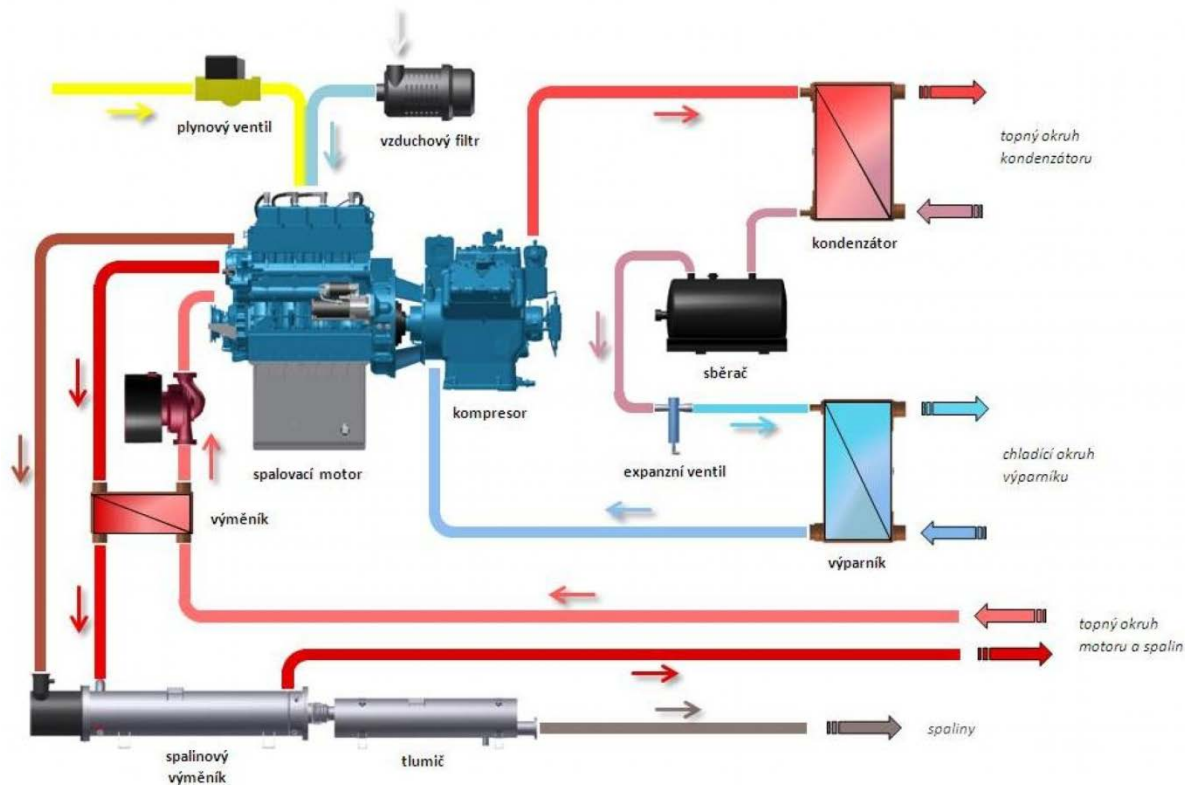
Tento typ tepelných čerpadel se zatím prosazuje v místech, kde je cena plynu výrazně nižší než cena elektřiny případně kde platí technická omezení na navyšování el. odběru. Ekonomickou smysluplnost může dále zefektivnit současná potřeba chlazení, které se může stát zdrojem nízkopotenciálního tepla, jež je přes chladivový okruh opětovně zpětně využíváno na vyšší teplotní hladině.

Souběh potřeby topení a chlazení se nejčastěji vyskytuje v administrativních budovách a rovněž i ve vybraných průmyslových výroбах a za optimálních podmínek může řešení významně snížit celkové energetické nároky.



Obrázek 9: Ukázka centrálního teplovzdušného systému vytápění a chlazení vhodného pro administrativní objekty, kde centrálním zdrojem tepla/chladu je TČ ECO G 3 Way poháněné spalovacím motorem na zemní plyn (Zdroj: Panasonic)

Ve výrobní sféře přitom nízkopotenciálním zdrojem tepla mohou být různé průmyslové systémy chlazení (např. v potravinářském průmyslu), s tím, že odebírané teplo je za pomoci chladivového okruhu s kompresem poháněným spalovacím motorem posléze využito na vyšší teplotní úrovni pro různé potřeby (přehřevy apod.). Za současných cen elektřiny a zemního plynu se toto řešení zatím prosazuje pouze tam, kde je využito jak vysokopotenciální teplo z chlazení spalovacího motoru a spalin (výstupní teplota okolo 85 °C), tak i nízkopotenciální teplo produkované kondenzátorem chladivového okruhu (výstupní teplota ohřívání média podle použitého chladiva ~ 45 až 65 °C).



Obrázek 10: Funkční schéma plynového tepelného čerpadla TEDOM Polo 100 (Zdroj: TEDOM)

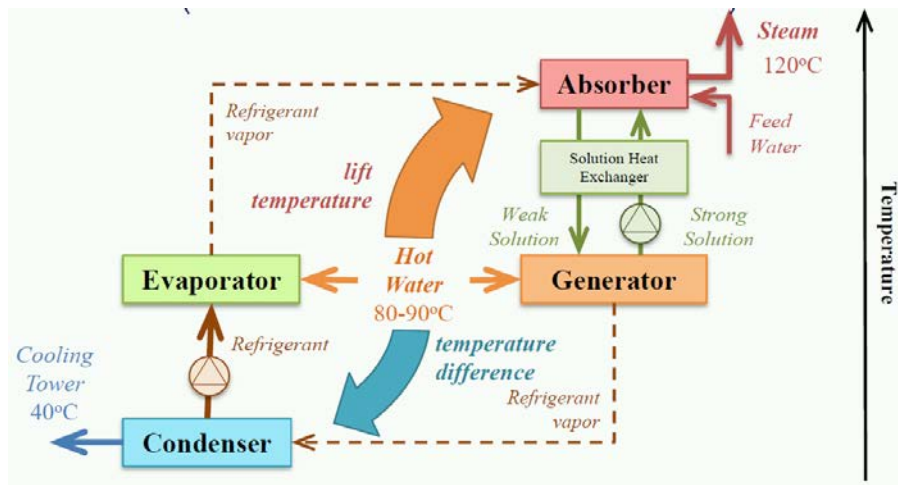
TEPELNÁ ČERPADLA POHÁNĚNÁ TEPELNOU ENERGIÍ

Chemická (absorpční a adsorpční)

Tepelná čerpadla absorpčního typu si podobně jako absorpční chladiče vyžadují pro svůj chod hnací energii v podobě teplé/horké vody, vzduchu či páry o určité minimální teplotě (uvádí se alespoň 88 °C). Čím vyšší teplotu hnací energie má, tím efektivněji TČ pracuje. Protože při teplotách hnací energie pod 100 °C klesá hodnota COP pod 1, mají v těchto případech absorpční tepelná čerpadla ekonomické opodstatnění jen za podmínky, že toto teplo nemá žádnou ekonomickou hodnotu.

Kromě hnací energie je zapotřebí podobně jako u TČ s chladivovým okruhem zdroj primárního tepla,

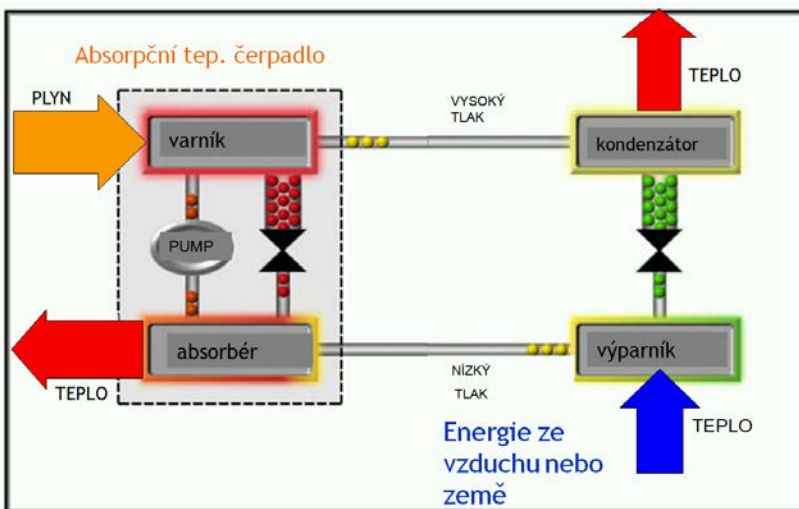
jehož teplota se má zvyšovat. Toto teplo by mělo být rovněž odpadního charakteru (tj. bez ceny) a má-li dostatečnou úroveň, může absorpční tepelné čerpadlo z něj dokonce i vyrábět páru (viz obrázek níže). Jak pracovní médium se využívá směs vody a LiBr anebo amoniak (R717) a tepelná čerpadla absorpčního typu rovněž potřebují elektrickou energii pro chod nezbytných součástí jednotky (řídící jednotka, čerpadla, případně i ventilátory chladicí věže).



Obrázek 11: Schématický obrázek pracovního okruhu absorpčního tepelného čerpadla vyrábějícího z teplé vody o teplotě menší než 90 °C páru (Zdroj: EBARA Refrigeration Equipment & Systems Co., Ltd.)

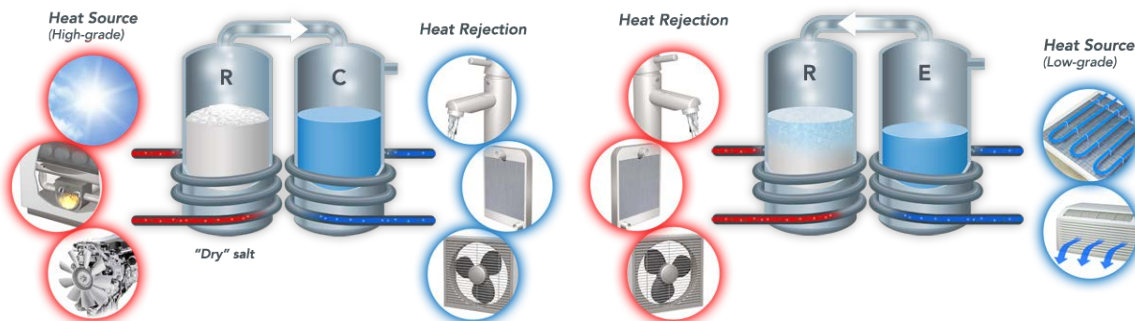
TČ absorpčního typu našla doposud uplatnění v různých průmyslových aplikacích a rovněž pak v systémech dálkového vytápění a chlazení, do kterých byly zapojeny zdroje nízpotenciálního odpadního tepla (např. spalovny komunálních odpadů s mokřým čištěním spalin).

Vlivem technologického pokroku je však již možné na trhu nalézt i tepelná čerpadla absorpčního typu menších výkonů vhodných zvláště pro administrativní a obytné stavby, u nichž hnacím médiem je zemní plyn respektive teplo z něj vyrobené a zdrojem primárního tepla venkovní vzduch případně země anebo voda. Jejich předností je vyšší hodnota COP, která může přesahovat v sezónním průměru v našich klimatických podmínkách hodnoty 1,3-1,4, je-li pro provozovatele dostačující výstupní teplota ohřívajícího média (vody) max. 50-55 °C. Jak pracovní médium využívají směs vody a amoniaku (R717).



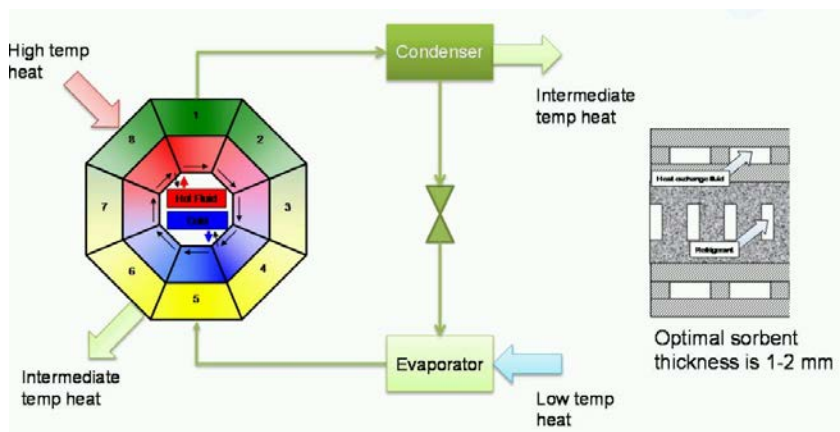
Obrázek 12: Principiální schéma absorpčního tepelného čerpadla vzduch(země) - voda (Zdroj: Robur)

Zvláštní typ tepelného čerpadla absorpčního typu byl nedávno uveden na trh švédskou společností ClimateWell. Ta využívá pouze dvojice výměníků, přičemž jeden je nazýván jako reaktor a druhý plní funkci jak výparníku, tak i kondenzátoru. Jako pracovní médium je využívána směs vody a solí udržované ve vakuu. Ohřevem reaktoru za pomoci vysokopotenciálního tepla (např. generované hořákem na zemní plyn) se oddělí kapalina od soli, aby posléze zkondenzovala za pomoci přívodu nízkopotenciálního tepla (např. venkovního vzduchu) v druhé nádobě pracující v režimu kondenzátoru. Následně za pomoci přívodu nízkopotenciálního tepla se kapalina v kondenzátoru, jenž nyní pracuje jako výparník, odpaří, aby poté teplo předala v druhém reaktoru na vyšší teplotní úrovni opětovnou absorpcí do soli. Množství energie, které takto reaktor předá např. topné vodě, je vyšší, než kolik energie je do reaktoru původně ve formě vysokopotenciální energie vloženo (údajně až o 40 % více, což by znamenalo COP na úrovni 1,4).



Obrázek 13: Chemické TČ absorpčního typu využívající jako pracovní médium směs vody a solí (Zdroj: ClimateWell)

Adsorpční tepelná čerpadla zatím komerčně nabízena nejsou, důvodem je zejména nekonkurenceschopná účinnost i cena. Jako hnací energie se rovněž využívá tepelné energie (a vysoké teplotě), s jejíž pomocí je z tzv. adsorpčního kompresoru vypuzena pracovní látka (opět obvykle amoniak), aby následně v kondenzátoru předala teplo odebrané ve výparníku nízkopotenciálnímu zdroji tepla. Pro plynulý tok chladiva by adsorpční kompresor měl mít nejlépe podobu víceúhelníku, jenž se otáčí proti směru hodinových ručiček a jenž ve své spodní části adsorbuje chladivo v plynné formě odcházející z výparníku, aby jej v horní části za pomoci dodaného tepla uvolnil (viz principiální obrázek níže). I u adsorpčních tepelných čerpadel je nutné předpokládat spotřebu elektřiny na doprovodné pohony a řídicí jednotku.



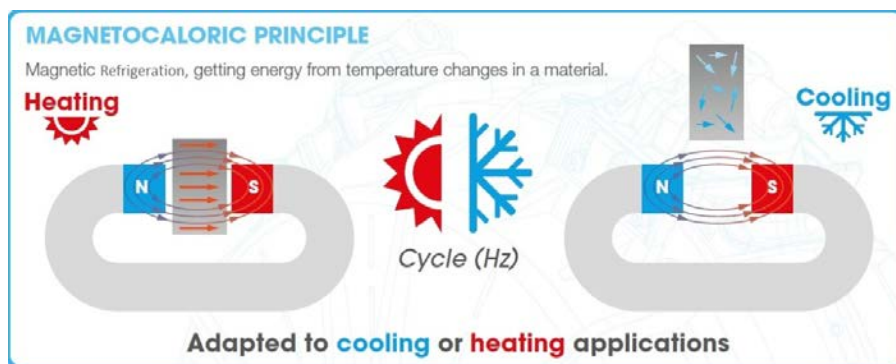
Obrázek 14: Funkční schéma adsorpčního tepelného čerpadla

JINÉ TECHNOLOGIE TČ (VE STÁDIU VÝVOJE ČI POČÁTEČNÍHO KOMERČNÍHO UPLATNĚNÍ)

Kromě výše uvedených může oblast tepelných čerpadel v blízkém budoucnu významně ovlivnit některá z naprosto nových technologií.

Za pozornost stojí využití **vody** jako chladiva (R718). Její předností je nulová hodnota GWP a nehořlavost a potenciálně vysoká hodnota COP (údajně minimálně dvojnásobná proti běžným chladivům). Vyžaduje si však pracovní okruh pracující ve vakuu a výrazně větší zdvihový objem kompresoru (oproti běžným chladivům až 500násobný), což znamená i vyšší investiční náklady. Zatím se voda jako chladivo spíše prosazuje jako zdroj chladu (a ledu, protože voda v pracovním okruhu dosahuje tzv. trojného bodu).

Za velmi perspektivní technologii, která je považována za vážného nástupce chladivových okruhů s elektrickým kompresorem, je využití tzv. vratného **magnetokalorického efektu**. Při cyklické magnetizaci a demagnetizaci jsou zvláštní sloučeniny kovů (např. typu RCo_2 nebo TbCo_2) schopné absorbovat a uvolňovat relativně významné množství tepla na různé teplotní úrovni. První komerční výrobky ve formě chladících zařízení jsou již na trhu a lze očekávat, že v horizontu několika let může vývoj technologie dospět i pro aplikace tepelných čerpadel. Hnací energií je elektřina a technologie má údajně schopnost dosahovat o 30 až 40 % vyšší účinnosti, než systémy s chladivovými okruhy poháněnými el. energií a co víc – nepotřebuje žádné chladivo, s nímž by se pojila nějaká ekologická či zdravotní negativa.



Obrázek 15: Principiální schéma magnetokalorického jevu a jeho možné praktické využití pro vytápění a chlazení (Zdroj: Cooltech Applications)

Jinou inovativní technologii, která nevyužívá žádné pohyblivé části, je tzv. **elektrochemická komprese** (vyvíjí společnost Xergy Inc.).

INOVACE V APLIKACÍCH

Za inovace v aplikacích lze rozumět taková řešení, která z nějakého důvodu zatím nejsou v našich podmínkách běžná. Pod touto definicí lze rozumět instalace TČ neobvyklé druhem využívaného primárního zdroje tepla anebo zvoleným technickým řešením pokud jde druh nasazeného tepelného čerpadla a způsob využití vyráběného tepla.

Častokrát se přitom tyto faktory vzájemně synergicky ovlivňují a výsledkem je, že TČ v dané aplikaci dosahuje vysoké celoroční účinnosti neboli hodnoty **SCOP** (z anglického *Seasonal Coefficient of Performance*).

Předpokladem tomu je návrh a realizace technického řešení založeného na systémové optimalizaci zahrnující vhodnou volbu primárního zdroje tepla, samotného tepelného čerpadla a způsobu jeho integrace do návazného tepelného hospodářství.

Z empirických zkušeností vyplývá, že **pouhá změna výparné či kondenzační teploty o 1 °C vede ke změně tepného faktoru o 2-3 %**, což má významný vliv na ekonomiku provozu.

Na druhou stranu si však efektivnější řešení zpravidla vyžadují vyšší počáteční investice a častokrát i koordinovaný přístup různých stran (nikoliv jen samotného investora, ale například i státního či samosprávného orgánu odpovědného za vydávání povolení pro možné užití daného zdroje tepla).

Hodnotě sezónní účinnosti je věnována stále větší pozornost, protože se může dosti výrazně odchylovat od jmenovitých podmínek, za kterých výrobci zatím v souladu s příslušnými normami TČ pro možné uvedení na evropský trh testují.

Navíc, systémový přístup se projevuje i ve změně posuzování účinnosti TČ poháněných elektrickým kompresorem, kdy výroba tepla je porovnávána vůči primární energii potřebné na výrobu elektřiny spotřebované TČ (viz **další kapitola**).

Jen tímto přístupem je pak možné objektivně rozhodnout, že TČ environmentálně jsou prospěšná či nikoliv. A podle toho jejich zavádění i případně vhodně podporovat z veřejných prostředků.

A právě takovýmto projektům, které svým pojetím naplňují princip systémové optimalizace vedoucí k nadprůměrné hodnotě SCOP generující úspory primární energie, bude níže věnována pozornost. S cílem poskytnout cennou inspiraci jak pro možné investory, tak i administrátory programů poskytujících různé formy veřejné podpory pro jejich možnou replikaci v našich podmínkách.

APLIKACE NA TRADIČNÍ/OBNOVITELNÉ ZDROJE TEPLA

Vysokoúčinné aplikace využívající venkovní vzduch

Tepelná čerpadla využívající jako zdroj tepla venkovní vzduch patří z důvodu cenové dostupnosti i snadnosti instalace k nejčastějším, a to jak v ČR, tak i v rámci celé EU.

Nejvyšší tepelné účinnosti dosahují TČ typu **vzduch – vzduch**, které jsou zvláště oblíbené v zemích s méně chladnými zimami, i proto, že tyto jednotky jsou často de facto klimatizacemi schopnými reverzního chodu.

V zemích, které mají tradiční systém ústředního vytápění řešen jako teplovodní, se TČ **vzduch – voda** musí vypořádat s faktem, že výstupní teploty topné vody musí být pro správnou činnost otopné soustavy a možnost přehřevu či ohřevu teplé vody vyšší.

U novostaveb lze tento požadavek minimalizovat instalací nízkoteplotního systému vytápění (typicky označovány takové, u kterých je nejvyšší teplota topné vody navržena na +35 °C). Ta nejprogresivnější řešení umožňují pro udržení požadované teploty vzduchu v interiéru dodávku topné vody o teplotě jen o několik stupňů vyšší. Parametr SCOP u těchto aplikací může dosahovat hodnot **3,5 i vyšší**.

U stávajících staveb je situace komplikována skutečností, že otopné soustavy objektů byly dimenzovány na výrazně vyšší teploty topné vody. Obvyklé je, že v nejchladnějších dnech je zapotřebí do radiátorů dodávat vodu o teplotě až 70 °C. Technologie TČ těchto teplot dosahovat již dnes sice umí, avšak za cenu nižšího topného faktoru, který při rozdílu teplot venkovního vzduchu a výstupní teploty topné vody 50 K (např. A0/W50) klesá na úroveň 2,5 a při teoretickém největším rozdílu 90 K (A-20/W70) na pouhých 1,5 či ještě méně.

V těchto případech je investičně nejméně nákladným řešením využít TČ jen na udržování určité dostačující teploty objektu (např. na 15-17 °C) a vyšší teplotu si zajišťovat za pomoci lokálního topidla v místnosti, v které je nejčastější pobyt osob. Výrobci tepelné techniky pak již nabízí i řešení spočívající v plynovém kondenzačním kotli, do něž je integrováno malé TČ vzduch-voda (nazýváno je jako tzv. **hybridní TČ**). V přechodové části topné sezóny a v létě jsou tepelné potřeby objektu kryty TČ a plynový kotel přebírá funkci hlavního zdroje tepla v chladných dnech, kdy by provoz TČ byl s nízkou účinností a výkonově nestačil. Řešení umožňuje dosáhnout vysoké průměrné roční účinnosti vytápění.

Ke zvýšení účinnosti provozu TČ pak přispívá i zavedení řízení teploty topné vody dodávané do systému ÚT v závislosti na venkovní teplotě (namísto udržování konstantní teploty). Toto opatření má však efekt jen při nadnulových venkovních teplotách, protože v mrazivých dnech je stejně nutné dodávat vysokou výstupní teplotu (nad 60 °C) a tedy s nízkým COP.

Protože řada staveb byla postavena před 30 i více lety, nejpraktičtějším řešením se jeví alespoň částečné zateplení objektu, jehož doprovodným efektem je, že střední teplota topné vody v systému může klesnout o 15-20 °C přičemž snížený tepelný výkon těles pro dosažení žádané vnitřní teploty postačuje. Opatření je však při komplexním řešení investičně nákladné (stovky tisíc Kč), na druhou stranu jej ale lze rozdělit v čase (nejprve výměna oken, pak zateplení střechy, zdi atd.).

Situaci může dále zlepšit případná výměna otopných těles za nové, s větší přestupnou plochou, což však ne vždy lze z prostorových důvodů udělat. Budovat podlahové vytápění je pak představitelné jen u rozsáhlých rekonstrukcí interiéru staveb.

Zatímco u novostaveb je možné odhadovat, že naprostá většina provozuje TČ s vysokou hodnotou SCOP (alespoň 3-3,5), u stávajících domů se takovýchto výsledků dosahuje zřídka

Výrazně lepších výsledků z pohledu SCOP mohou dosahovat TČ vzduch – voda u administrativních staveb, u kterých systém vytápění je řešen současně i jako systém chlazení. V období přechodové sezóny nebo ve slunných zimních dnech, kdy je souběh vytápění (či přípravy teplé vody) i chlazení, může takto koncipovaný systém dosahovat velmi vysokých hodnot SCOP. Zpravidla je přitom do koncových topných/chladících elementů přímo dopravováno chladivo a teplo je odebráno či předáváno teplovzdušným systémem, což dále systém zefektivňuje.

Máme nějaký příklad z ČR, který by měl „doložené“ výsledky sezónního COP? Alternativně bychom použili některou z instalací sledovaných v rámci monitorovacího projektu v SRN², viz např.:

<https://wp-monitor.ise.fraunhofer.de/ise/zza14en/index.html>

<https://wp-monitor.ise.fraunhofer.de/ise/zza07en/index.html>

Vysokoúčinné aplikace využívající zemské teplo

Druhým nejčastějším zdrojem tepla bývá využití tepla země. Standardním řešením jsou kolektory pokládávané na pozemku okolo objektu, jenž má být topen/chlazen TČ, do nezámrzné hloubky anebo geotermální vrtů do hloubky 100 i více metrů. V jejich případě je realizace komplikována skutečností, že je nutné k realizaci získat souhlas vodoprávního úřadu. Někdy si tento úřad vyžaduje i vyjádření odborně kvalifikované osoby – hydrogeologa, že vrt negativně neovlivní místní vodní poměry. Geotermální vrtů musí být rovněž posouzeny z hlediska vlivů na životní prostředí, rozhoduje o tom příslušný odbor Krajského úřadu.

TČ s geotermálními vrtů v kombinaci s podlahovým vytápěním jsou schopné docílovat SCOP až 5, pokud je otopná soustava tvořena primárně radiátory o návrhové teplotě +55 °C, pak je dosažitelnou

²) Viz internetové stránky: <https://wp-monitor.ise.fraunhofer.de/english/index/wp.html>

hodnotou 3,5.

Pro větší výkony v řádu stovek kilowatt tepelného výkonu je přitom jedinou cestou provedení většího počtu vrtů (na 1 kW tepelného výkonu je zapotřebí 15-20 metrů vratné hloubky anebo jinak z jednoho odvrtného metru je možné získat 100-120 kWh za topnou sezónu).

Elegantním alternativním řešením u velkých novostaveb je využití základové konstrukce jako zemního kolektoru. Zřejmě poprvé se toto řešení v ČR podařilo realizovat u nejvyšší tuzemské výškové stavby - brněnského mrakodrapu AZ TOWER.

Box: AZ TOWER

Budova je vybavena celkem 90 základovými betonovými piloty o celkové délce 900 metrů, do nichž je umístěn primární okruh tepelného čerpadla o celkové délce potrubí okolo 12 km. Teplo využívá čtveřice tepelných čerpadel o souhrnném tepelném výkonu více než 170 kW. Piloty současně slouží jako chladič a zároveň akumulátor energie generované v letním období systémem chlazení. Tepelná čerpadla vytápí celou spodní část objektu a ohřívají teplou vodu pro kanceláře, fitness a ostatní komerční prostory. Díky tomu systém dosahuje relativně vysoké celoroční účinnosti vytápění i chlazení.

Zdroj pro využití fotografií: <http://www.ice-energy.cz/az-tower>

(dobré by bylo doplnit odhadované náklady a očekávané SCOP).

V zahraničí je podobné řešení využito dokonce i u dopravních staveb, jako jsou železniční tunely nebo stanice metra. Konkrétním příkladem může být několik stanic prodloužené linky metra U2 ve Vídni, které jsou vytápěny i chlazeny za pomoci tepelných čerpadel. Dobrou příležitostí pro obdobné řešení by se mohla stát výstavba nové linky metra D v Praze.

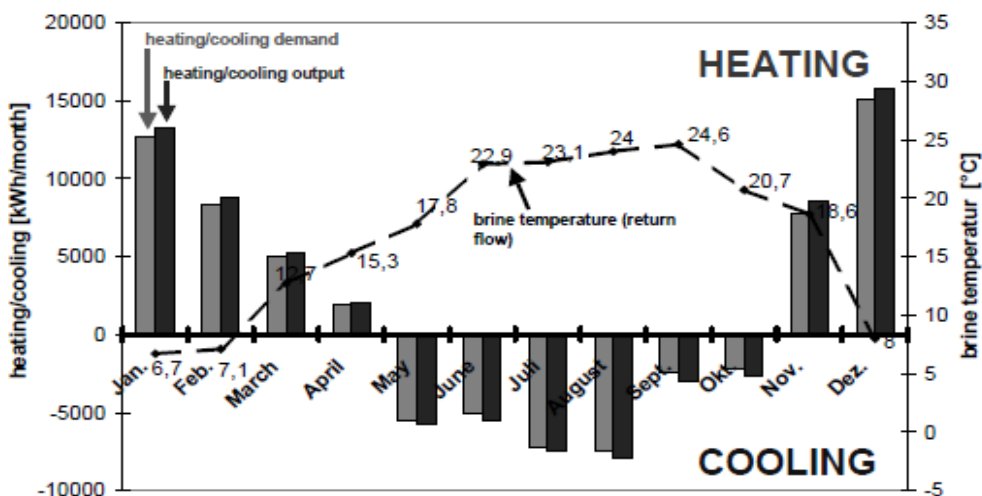
Stanice metra U2 ve Vídni

V rámci rozšíření linky U2 vídeňského metra byly do části prostor nástupiště metra a základových prvků (piloty, základové desky, stěny, atd.) vybraných čtyř stanic integrovány kolektory pro jímání nízkopotenciálního geotermálního tepla, které je prostřednictvím tepelných čerpadel nebo chladičích strojů dále využito pro vytápění resp. chlazení prostor stanic metra či dalších komerčně využívaných přidružených prostor.

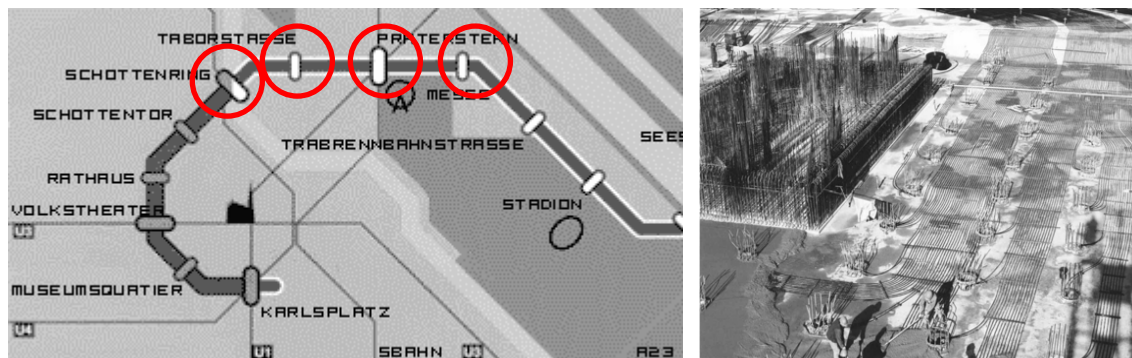
Soubor zařízení instalovaných ve 4 stanicích metra (konkrétně Schottenring,

Taborstrasse, Praterstern a Messe) dosahuje v součtu cca 450 kW tepelného výkonu a cca 230 kW výkonu pro chlazení. Dostupné zdroje uvádějí bližší technické specifikace pro stanici U2/3 Praterstern, kde kolektor nízkopotenciálního tepla (resp. absorber v případě chlazení) představuje 3.700m² plochy základové desky a 7.350m² plochy vnějších stěn stanice. V tomto případě pak celý systém (včetně tepelných čerpadel) na svém výstupu dosahuje projektovaného tepelného výkonu 154 kW, resp. 92 kW výkonu pro chlazení.

Obr.: Simulace energetické bilance (vytápění, chlazení) v průběhu roku pro stanici U2/1 Schottenring



Obr.: Mapa rozšíření trasy U2, červeně vyznačeny stanice, v nichž se využívá geotermální energie; vpravo - záběr na kolektory položené do betonových základů stanic



Jinou inovací v tomto segmentu je využití TČ absorpčního typu, které jako pohonnou energii využívá zemní plyn. První projekty tohoto typu v ČR již existují, jedním z úspěšných je projekt vytápění ZŠ v Dolním Újezdě.

Box: Příklad nasazení vysokoúčinného geotermálního TČ absorpčního typu

V letech 2009 až 2011 byla provedena komplexní rekonstrukce areálu ZŠ v Dolním Újezdě, jenž je tvořen celkem pěti samostatnými objekty (historická budova, nový pavilon, tělocvična, spojovací chodba, školní jídelna a kuchyně).

V první fázi proběhlo komplexní zateplení objektů, které přineslo podstatné snížení spotřeby tepla pro vytápění, které zajišťovala dvojice kotlen na zemní plyn.

V další fázi došlo k výměně tepelného zdroje, kdy za původní atmosférické kotle na zemní plyn byla instalována kaskáda celkem šesti vysokoteplotních absorpčních tepelných čerpadel rovněž poháněných zemním plynem o celkovém tepelném výkonu 225 kW. TČ využívají jako primární zdroj tepla geotermální vrty a jsou schopné výstupních teplot topné vody až +65 °C. Pro krytí odběrových špiček a jako záložní zdroje slouží dvojice kondenzačních kotlů o výkonu 100 kW, pro přípravu teplé vody je pak současně k dispozici solární termický systém, jenž je v létě využit pro regeneraci vrtů.

Díky souběžnému zateplení a modernizaci zdroje tepla se podařilo snížit původní spotřebu zemního plynu až o téměř 70 %, přičemž modernizace zdrojů tepla měla na snížení spotřeby plynu obdobný efekt, jako samotné zateplení, ale při zhruba desetinových investičních nákladech. Díky relativně stabilní teplotě zemního vrtu, který je navíc v létě regenerován teplem ze solárních kolektorů, je dosahováno vysoké sezonní účinnosti nazývané u absorpčních tepelných čerpadel „SPER“ i 1,5, špičkově až 1,7.

Zdroj pro fotografie: www.robur.cz/download/84949_katalog-referenci-gahp-2014-2015.pdf

Vysokoúčinné aplikace využívající (povrchovou i podzemní) vodu

Využití podzemní či povrchové vody je zatím u nás nejméně častým řešením. V případě podzemní vody je hlavní příčinou omezený výskyt dostatečně vydatného zdroje, dále omezené prostorové podmínky (nutné provést dva vrt – jeden pro odběr spodní vody a druhý pro její vracení) a rovněž pak možné problémy, které se zpětným vsakováním spodní vody do země jsou spojeny.

U povrchové vody je situace primárně omezována stávajícím systémem poplatků za využití vody pro tepelné účely, které jsou správci vodních děl či spíše toků požadovány a které jsou oproti západním zemím výrazně vyšší (např. oproti Německu až desetinásobně! Zpoplatnění využití povrchové vody, tzv. Wassercent, je v jednotlivých spolkových zemích rozdílné).

Zejména větší vodní toky či velká jezera poblíž měst se mohou přitom stát relativně efektivním zdrojem tepla v topné sezóně a lze je s výhodou využít i jako účinné řešení pro chlazení namísto běžných chladičů odvádějících teplo do vzduchu.

Není příliš známo, že například v samotném centru Paříže je dnes v provozu rozsáhlý systém centrálního chlazení, který mimo jiné chladem zásobuje slavný Louvre, a který pro odvod tepla využívá vodu z řeky Seiny. Jiným příkladem může být využití vody ze Ženevského jezera pro chlazení vybraných objektů v Ženevě.

Ve světě pak existují i hlubinné vrt do hloubek několika kilometrů, které čerpají vodu i o teplotě převyšující 90 °C. Jednou z nejvydatnějších lokalit je možné nalézt v jižním Německu, které se nachází nad tzv. *Bavarian Molasse Basin*. Jen například v okolí Mnichova je dnes více než deset vrtů a čerpaná podzemní voda z hloubky i více než 3 kilometry je využita např. pro krytí potřeby tepla mnichovského výstaviště. Podzemní voda po předání tepla je vtlačena zpět do podzemního vodního zásobníku.

I v ČR je dnes několik již uskutečněných zajímavých projektů využívajících spodní či povrchovou vodu. Nepochybně největším je využití tepla podzemní vody v rámci systému dálkového vytápění

v Děčíně, které bylo uvedeno do provozu v roce 2002. Druhým významným projektem je instalace reverzního chladicího stroje v Národním divadle v roce 2007, které využívá vodu z Vltavy jako zdroj chladu i tepla, a vltavskou vodu respektive tzv. průsakovou vodu v jejím povodí využívá od roku 2011 pro vytápění i chlazení za pomoci TČ Palác Žofín.

Využití podzemních vod za pomoci TČ pro CZT v Děčíně

Pod městem se v hloubce více než 550 metrů nachází obrovské podzemní jezero, z něhož prostřednictvím realizovaného vrtu vytéká v množství více než 50 l/s voda o teplotě okolo 30 °C.

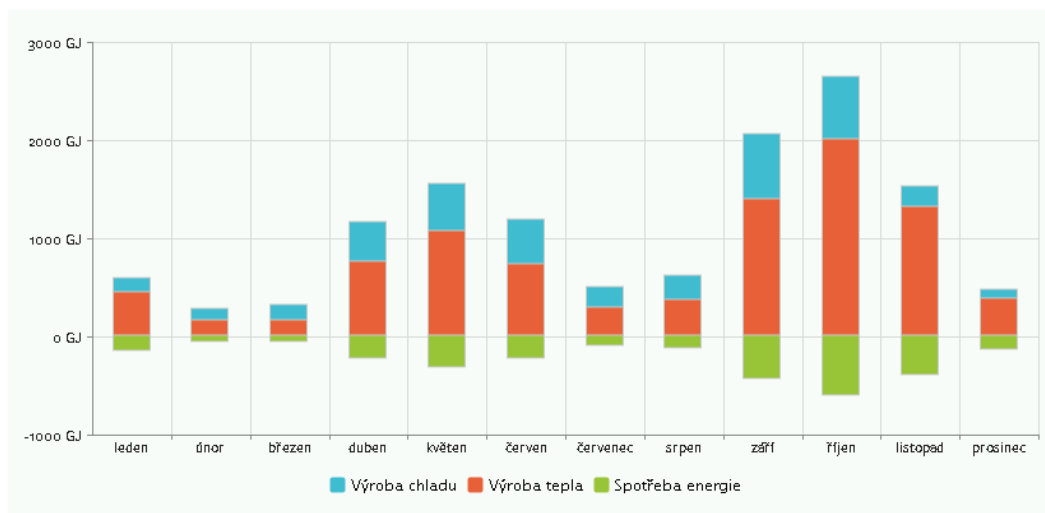
Za pomoci dvojice tepelných čerpadel o celkovém tepelném výkonu 6 MW je vychlazena na 10 °C a tepelná čerpadla takto získané teploty na teplotní úrovni více než 70 °C dodávají do místního systému CZT. Průměrná roční hodnota SCOP má dosahovat okolo 3,5.

Ročně je takto z podzemního jezera vyčerpáno asi 1 milionů m³ a vyrobeno cca 80 tis. GJ tepla. Po předání nízkopotenciálního tepla je voda následně dodávána do městského vodojemu a rozvodů jako pitná voda.

Další zajímavostí je, že tepelná čerpadla osazená kompresorovým okruhem jsou poháněna elektřinou vyráběnou dvěma plynovými kogeneračními jednotkami o el. výkonu celkem 1,6 MWe, které současně z chlazení motorů a spalín dodávají rovněž teplo do systému CZT. Při špičkování a jako záloha pak slouží dva plynové horkovodní kotle (2 x 16,5 MW).

Box: Vytápění a chlazení za pomoci vltavské vody v Národním divadle

Vltavská voda je dnes vedle kondenzačních plynových kotlů významným zdrojem tepla pro Národní divadlo. V roce 2007 instalovaný reverzní chladicí stroj totiž může pracovat i v režimu tepelného čerpadla a získávat „nízkopotenciální“ teplo obsažené ve vltavské vodě. Podle potřeby slouží tento stroj jako zdroj chladu, anebo jako zdroj tepla k ohřevu TUV a vytápění. Tepelný výkon stroje za jmenovitých podmínek přesahuje 1,4 MW a stroj umožňuje dodávat topnou vodu o mezní teplotě 55 °C. Vltavská voda je využívána jako primární zdroj tepla do +5 °C, tj. obvykle od začátku března do konce listopadu, a průměrný SCOP stroje přesahuje hodnotu 3. TČ vyrobí zhruba 30 % tepelné energie spotřebované v budovách ND a ročně svým provozem ušetří více než 1 mil. Kč v nákladech za energii.



Obrázek: Výroba chladu, tepla a spotřeba energie tepelným čerpadlem v Národním divadle (rok 2013)

Box: Vytápění a chlazení za pomoci podzemní vody na Žofíně

Prostory pražského Paláce Žofína jsou od roku 2011 vytápěny a chlazeny za pomoci kaskády trojice tepelných čerpadel typu voda – voda o tepelném výkonu **více než 200 kW**. Zdrojem tepla/chladu jsou **tři studny hloubky každá cca 30 metrů**, které byly na ostrově vyvrtány. Jedná se de facto o průsakovou vodu z Vltavy, jejíž teplota je v průměru o 5-7 °C vyšší v topné sezóně a naopak nižší v letním období, což zvýhodňuje její využití oproti vltavské vodě.

Průměrná roční účinnost TČ v režimu vytápění dosahuje **XY**, vysoce efektivní je i systém chlazení. Špičkovými zdroji tepla zůstávají plynové kotle, teplovodní systém podlahového a radiátorového vytápění doplňuje dále vzduchotechnika, celé TZB řídí společný systém M&R. **Zatím spolehlivý chod komplikuje pouze vyšší přítomnost železitých příměsí, které nebyly původně předpokládány.**

APLIKACE NA NETRADIČNÍ/SEKUNDÁRNÍ ZDROJE TEPLA

Využití odpadního tepla v průmyslu za pomoci TČ

Řada výrobních procesů je spojena s produkcí nízkopotenciálního tepla, které bývá z důvodu provozní jednoduchosti bez užitku mařeno. Typickým příkladem jsou různé systémy chlazení, u kterých kondenzátory chladivových okruhů jsou zdroji tepla odváděného nejčastěji za pomoci ventilátorů volně do ovzduší. Je-li současně v jiném místě výrobního závodu zapotřebí teplo, může být za určitých podmínek výhodné nahradit stávající chladicí kompresory za nové, vodou chlazené. Úpravou pracovních teplot je pak chladicí kompresor zdrojem dále využitelné tepelné energie (umožní např. přehřevy teplé vody), což je i řešení hojně dnes uplatňované u nově instalovaných kompresorů stlačeného vzduchu.

Rekuperovat teplo se systémů chlazení lze i bez výměny kompresorů. Z kompresoru vystupují (přehřáté) páry chladiva mající u větších výkonů často i více než 100 °C. Teplo je nicméně nakonec zmařeno v kondenzátoru stroje na mnohem nižší úrovni (typicky do 30 °C). Podle konkrétního provedení je až 15 % tepelné energie horkých spalin možné získat tím, že páry vystupující z kompresoru jsou před vstupem do kondenzátoru částečně vychlazeny za pomoci vloženého dodatečného tepelného výměníku. Na jeho sekundární stranu je přiváděna teplotně nízká látka primárního okruhu tepelného čerpadla, s jejíž pomocí je teplo předáno TČ aby následně bylo na vyšší teplotní úrovni využito např. pro přípravu teplé vody. Takovéto řešení je úspěšně realizováno například na zimním stadionu v Třebíči a umožňuje pracovat s průměrným SCOP téměř 3,8 (a to za podmínek, že výstupní teplota ohřívané vody činí 60-62 °C).

Jiným řešením v případech, kdy instalovaný chladicí stroj je již chlazen vodou, je jeho doplnění o tepelné čerpadlo, které pak nahradí původní chladicí věž systému chlazení. Příkladem takového řešení může být výrobní závod společnosti BOSCH v Č. Budějovicích, která patří zřejmě k největší průmyslové instalaci v ČR.

Využití odpadního tepla za pomoci tepelných čerpadel ve výrobních závodech se nemusí spoléhat jen na (existující) systémy strojního chlazení, může se jednat o jakýkoliv zdroj tepla o teplotní úrovni 20 – 30 °C ve formě odpadního vzduchu či vody. Dobrým příkladem je zde např. instalace TČ o tepelném výkonu cca 200 kW pro dochlazování technologických van eloxovací linky ve výrobním závodu REMERX, kde získávané teplo je následně využito pro vytápění výrobní haly a blízkoželezničního skladu.

Box: Rekuperace odpadního tepla za pomoci TČ ve výrobním závodě BOSCH

V nově postavené výrobní hale BOSCH v Českých Budějovicích, která má plochu 9 000 m², je využito 11 tepelných čerpadel IVT o celkovém tepelném

výkonu 600 kW. Zdrojem energie je v tomto případě chladící voda kompresorů strojního chlazení, které je využíváno pro chlazení forem linky tzv. vstříkolisů. Tepelná čerpadla zde fungují jako rekuperátor energie, který dokáže využít vznikající odpadní teplo a převést ho na vyšší teplotní hladinu 65°C. Rekuperovaná energie je pak snadno využitelná pro vytápění výrobní haly a kanceláří.

Pro účely rekuperace byla původně navržena dvě průmyslová tepelná čerpadla na bázi chladících jednotek voda/voda. Nové řešení s využitím tepelných čerpadel IVT přineslo díky vyššímu topnému faktoru úsporu elektřiny ve výši 12 %, vyšší výstupní teplotu topné vody a nižší náklady na servis díky podlimitnímu množství chladiva.

Prosím zkusit zjistit o projektu více, alespoň dosahovaný parametr SCOP a nějaké fotky

Využití odpadních vod z kanalizace a čistíren za pomoci TČ

V městských aglomeracích zpravidla existuje rozsáhlý systém kanalizačních sítí sloužících k transportu zejména splaškových vod, využitých v domácnostech, objektech občanského vybavení nebo průmyslových objektech, do čistíren odpadních vod (dále jen „ČOV“). Spolu s těmito odpadními vodami z budov odchází značné množství tepelné energie, díky čemuž v sobě tyto odpadní vody skýtají vysoký potenciál k tomu, aby se v nich obsažená energie odčerpala a využila na potřebné účely.

Ve srovnání s tradičními zdroji energie prostředí poskytují odpadní vody během otopného období relativně vysoké teploty pohybující se velmi zřídka pod 10°C. V průběhu letního období se teploty odpadních vod mohou pohybovat až na úrovni mírně přes 20°C.

Potenciál ekonomicky výhodného využití se nabízí zejména v místech, kde je odpadní voda k dispozici neustále a v dostatečném množství. Typicky se může jednat o budovy s vysokou spotřebou vody (nemocnice, průmyslové provozy, sportovní centra, obytné stavby a čtvrti, aj.), páteřní odpadní stoky z obytných nebo průmyslových oblastí anebo přímo ČOV.

Teplo z odpadních vod je možné získávat buď přímo v objektech (řešitelné za pomoci akumulčních zařízení s instalovanými výměníky tepla), nebo po trase v kanalizační síti (doplněním kanalizačního potrubí o výměníky tepla) anebo až na samotné čistírně, rozhodující jsou dodatečné náklady na zpětné využití tepla. V zahraničí existují dokonce i projekty, kdy je teplo získáváno z vyčištěné vody, která je z ČOV dopravována zvláštním potrubím k místu potřeby a až poté je vypouštěna do vodního toku. Výhodou je, že vyčištěné odpadní vody jsou čistší a tedy méně zanášejí teplosměnné plochy a

že je možné je více vychladit oproti nevyčištěným odpadním vodám (aby nebyla ohrožena činnost ČOV). Jeden z největších projektů na využití tepla odpadních vod je možné nalézt v norském Oslo, v němž se z páteřní kanalizační sítě získává tepelný výkon až 18 MW. Menší projekty odpovídající spíše našim podmínkám je možné nalézt ve švýcarském Winterthuru a Bernu.

Box: Využití tepla vyčištěných odpadních vod pro vytápění obytné čtvrti ve švýcarském Winterthuru

V roce 2009 byla po několika letech příprav zahájena výstavba nové části kanalizační stoky v obytné čtvrti Wässerwiesen o velikosti cca 400 bytových jednotek a 1000 obyvatel, která byla vytápěna ze společného tepelného zdroje.

Do kanalizačního potrubí byl umístěn výměník o celkové délce cca 150 m a ploše 160 m², s jehož pomocí mohou současně instalovaná tepelná čerpadla voda – voda do centrální kotelny rezidenční čtvrti získávat až 800 kW tepelného výkonu a krýt až 70 % mezních tepelných potřeb.

Box: Využití tepla vyčištěných odpadních vod pro vytápění obytné čtvrti Bremgarten ve švýcarském Bernu

Čistírna odpadních vod švýcarského hlavního města je dimenzována na cca 350 tis. obyvatel a skýtá potenciál ve využití vyčištěných odpadních vod až 30 MW. Část tohoto potenciálu o velikosti až 1,4 MW je využívána s pomocí dvou výměníků tepla (2 x 700 kW), ve kterých se vypouštěná odpadní voda z ČOV zchladí až o 2°C a s využitím tepelného čerpadla předá teplo topné vodě v navazujícím systému CZT, který zásobuje 4 a půl kilometru dlouhým potrubím soubor stovek rodinných domů. Dodavatel tepla prodá ročně celkem až 5 GWh tepla a okolo 60% z toho pochází z odpadních vod. Průměrný roční topný faktor (SCOP), vč. započtení oběhových čerpadel, má dosahovat hodnoty 3,0.

Fotky dodáme

Využití jiných netradičních sekundárních zdrojů tepla

Kromě výše uvedených lze za pomoci TČ využívat i jiné sekundární zdroje tepla. TČ mohou efektivně zpětně využít teplo odváděné například při větrání strojoven osazených např. spalovacími kogeneračními jednotkami na zemní plyn, u kterých 5 až 10 % energie v palivu má podobu ztrát sáláním povrchu motoru a chlazením palivové směsi (není-li zapojena do chlazení motoru a spalin). Teplo může být pak využito pro předehřev vratné vody smyčky CZT.

Ve skandinávských zemích se pak rovněž vyskytují instalace využívající zbytkové teplo odebírané

například ze spalín respektive mokrých systémů jejich čištění, které se využívá u zařízení na energetické využití odpadů, pro rovněž dodávku do systémů CZT. Kromě TČ s kompresory s chladivovým okruhem poháněným el. kompresorem pak rovněž nacházejí uplatnění i absorpční tepelná čerpadla, u nichž je hnací energií pára (řešení se vyplatí, protože umožňuje docílovat SPER vyšší než 1).

Možno případně dále doplnit

DOVĚTEK: ÚČINNOST TČ A NOVÁ LEGISLATIVA

Účinnost tepelných čerpadel byla v posledních letech předmětem stále intenzivnější diskuze. Výrobci tepelných čerpadel uváděných na jednotný trh EU musí respektovat požadavky relevantních technických předpisů a v rámci „prohlášení o shodě“ svá tepelná čerpadla ověřují, a to mimo jiné z pohledu energetické účinnosti.

Relevantními evropskými normami pro ověření energetické účinnosti TČ poháněných elektrickým kompresorem byly od roku 1997 norma (ČSN) **EN 255-2**, kterou v roce 2008 nahradila (ČSN) **EN 14511-2**.

Dle této normy byli výrobci těchto druhů tepelných čerpadel povinni ověřovat tepelný výkon a COP pro různé stavové podmínky (např. pro tepelná čerpadla vzduch-voda typicky pro podmínky A2/W35, tj. teplotu venkovního vzduchu +2 °C a výstupní teplotu vody opouštějící kondenzátor +35 °C) a v technických listech ji pak u modelů uvádět.

Protože výrobci své výrobky mohli ověřovat ve svých laboratořích a praxe ukázala, že deklarované parametry byly často nadhodnocovány, rozhodla se Evropská asociace tepelných čerpadel (EHPA) zavést asi před deseti lety dobrovolný systém hodnocení a certifikace v nezávislých akreditovaných testovacích centrech akreditovaných EHPA.³

Certifikační systém je určen pro TČ s elektrickým kompresorem pro vytápění případně i přípravu teplé vody do jmenovitého tepelného výkonu 100 kW využívající jako primární zdroj tepla vzduch, zem nebo vodu, a to v různém provedení (teplo předáváno vodě nebo vzduchu, rovněž samostatně řešeny případy TČ s přímým výparem).

Asociace vydala pro jednotlivé typy tepelných čerpadel jednotné metodiky testování, přičemž tyto metodiky obsahují i předepsanou podobu zprávy o výsledcích testování.

Asociace pak současně definuje určité minimální energetické účinnosti sledované parametrem COP pro zvolené stavové podmínky (např. pro TČ vzduch-voda je jím pro A2/W35 min. hodnota COP 3,1).

Pokud model TČ této úrovně dosáhne a jeho výrobce splňuje další požadovaná kritéria⁴, národní komise může výrobci pro tento model udělit certifikátem osvědčení, které ho opravňuje používat

³) Viz <http://www.ehpa.org/ehpa-quality-label/>

⁴) Patří k nim dále, že výrobce (i) disponuje v dané zemi prodejní a distribuční sítí a autorizovaným servisem, že zákazníkovi spolu s TČ dodá (ii) provozní dokumenty v národním jazyce země, kde je tepelné čerpadlo distribuováno, (iii) že nabízený servis umožňuje 24hodinovou reakční dobu na řešení stížnosti spotřebitelů a (iv) bude poskytována minimálně dvouletá plná záruka, která musí obsahovat prohlášení o tom, že na tepelné čerpadlo budou náhradní díly k dispozici po dobu nejméně deseti let. Ve zprávě o výsledcích testování pak rovněž musí být kromě výkonových charakteristik a COP rovněž uveden hluk způsobovaný chodem TČ.

značku kvality *European Quality Label for Heat Pumps* (viz logo níže).



Obrázek 16: Značka kvality asociace EHPA pro tepelná čerpadla

Doposud se do systému certifikace EHPA zapojilo celkem 11 zemí a to včetně ČR. V tuzemsku je garantem přidělování značky kvality *Asociace pro využití tepelných čerpadel* (složený pracovní komise kvality bylo v roce 2010 schválené EHPA) a současně je k ověřování konkrétních modelů TČ dle tohoto certifikačního systému akreditován Strojírenský zkušební ústav, s. p., v Brně.

Díky této aktivitě iniciované odpovědnými výrobci tak evropští zákazníci dostávají cennou informaci, jaké modely tepelných čerpadel dosahují takových vlastností, jaké jim výrobci v technické specifikaci přisuzují, a že si vybírají produkt, pro který má prodejce odpovídající servisní zázemí.

Význam objektivní deklarace energetické účinnosti tepelných čerpadel výrobci od příštího roku (2015) bude dále posílena novou evropskou legislativou.

Ta pojmenuje dva další podstatné nedostatky, které ve vztahu k hodnocení energetické účinnosti TČ byly a jsou vznášeny. Výrobci budou muset nově ověřovat účinnost TČ za podmínek simulujících reálnou topnou sezónu a splnit minimální hodnoty a dále, že **použitá metodika bude sezónní účinnost vytápění u TČ hodnotit v poměru ke spotřebované primární energii**. To znamená, že pokud TČ využívá elektřinu, bude její spotřeba násobena stanoveným faktorem (pro celou EU jím je 2,5) zohledňujícím účinnost její výroby a distribuce elektrizační soustavou k odběrateli. A co víc, hodnota sezónní účinnosti vytápění bude integrovat i případné využití jiného zdroje tepla v nejhladnějších dnech, tedy zpravidla elektrokotle, a rovněž i spotřebu elektřiny TČ, když nebude právě v provozu (přesně je specifikován počet hodin v roce ve stavu stand-by aj. útlumovém režimu).

Souběžně s tím bude zaveden **systém energetických štítků**, který bude klasifikovat tepelná čerpadla podle míry dosažené sezónní energetické účinnosti vytápění (označována jako η_s). Metodika energetických štítků je přitom koncipována tak, že umožní vzájemné porovnání tepelných čerpadel s jinými zdroji tepla, které jsou zpravidla možným konkurentem TČ, tedy spalovací zdroje na plynná a kapalná paliva a jejich možné kombinace se solárními termickými systémy, dále kogenerační jednotky na tato paliva a rovněž pak zdroje tepla využívající elektřinu, tedy i elektrokotle. Fakticky to bude znamenat, že pouze tepelná čerpadla a kogenerační jednotky budou moci dosahovat nejvyšších

účinností vytápění označovaných energetickými třídami A+, A++ případně A+++.

Energetickými štítky budou muset být vybavena TČ od 26. září 2015 **do jmenovitého tepelného výkonu 70 kW** a souběžně od tohoto data budou muset nové výrobky začít splňovat minimální hodnoty sezónní energetické účinnosti vytápění, které budou závazné pro TČ **do jmenovitého tepelného výkonu až 400 kW**. O dva roky později budou přitom tyto hodnoty dále zpřísněny (viz **info box níže**). Rozlišovány budou přitom TČ určená pro nízkoteplotní aplikace (výstupní teploty do +35 °C) a středně-teplotní (výstupní teploty do +55 °C) a účinnost bude ověřována pro průměrné klimatické podmínky platné pro celou EU (oproti ČR je uvažována nejnižší venkovní teplota pouze -10 °C a průměrná teplota v topné sezóně končící průměrnou venkovní teplotou +15 °C je cca 5 °C).

Podrobnosti uvádí **nařízení EK č. 811/2013 a č. 813/2013** a metodiky ověřování blíže upřesňují nové evropské normy (pro TČ s elektricky poháněnými kompresory jím je **ČSN EN 14 825**, pro tepelná čerpadla poháněná tepelnou energií bude zřejmě ještě vydána).

Nařízení současně i upravují **státní dohled nad dodržováním těchto požadavků** a zavazují členské země, aby provedly kontrolní zkoušku na alespoň jednom namátkově vybraném modelu každého ze zdrojů tepla podléhajících této legislativě a o jejím výsledku informovaly ostatní. Pokud se zjištěná sezónní účinnost bude lišit o více než 8 % od deklarované hodnoty, musí členské státy provést opětovnou kontrolu u dalších tří vybraných modelů a o výsledcích informovat do jednoho měsíce Evropskou komisi.

Obdobně pak budou upraveny požadavky na min. energetickou účinnost a její klasifikaci do energetických tříd u ohřivačů vody, a to včetně dedikovaných tepelných čerpadel (upravuje **nařízení EK č. 812/2013 a č. 814/2013**, metodiku ověřování konkretizuje **ČSN EN 16147**).

Jak bude pro tepelná čerpadla určována sezónní účinnost vytápění a jaké minimální hodnoty musí být dosahovány:

Pro tepelná čerpadla bude sezónní účinnost vytápění určována následujícími vztahy:

$$\eta_s = (\text{SCOP} / \text{CC}) \times 100 - \Sigma F(i) \quad \text{pro TČ poháněná elektřinou}$$

$$\eta_s = \text{SPER} - \Sigma F(i) \quad \text{pro TČ poháněná palivy}$$

Kde:

CC je faktor vyjadřující účinnost výroby a distribuce elektřiny, který má pro účel tohoto Nařízení hodnotu 2,5 (tj. účinnost 40%) uvažovanou jednotně pro všechny členské země.⁵

⁵⁾ Pro TČ instalovaná v ČR je tato hodnota relativně velmi příznivá, protože průměrná elektrická účinnost brutto

SCOP je sezónní topný faktor, který se určí jako podíl celkové spotřeby elektřiny za topné období a množství vyrobeného tepla. Spotřeba elektřiny se určí jako součet spotřeb pro jednotlivé dílčí teplotní intervaly s krokem 1 °C s uvážením jejich trvání (podle přílohy Nařízení), dílčího tepelného výkonu pro vytápění a odpovídajících topných faktorů daného TČ při těchto podmínkách, se započítáním spotřeby případného přidavného zdroje (zpravidla elektrokotle) pro krytí potřeby v zimní špičce. Vedle spotřeby jednotky v aktivním režimu je třeba započíst i spotřebu režimu s vypnutým stavem termostatu, pohotovostním režimu, vypnutém stavu a režimu zahřívání skříně kompresoru (četnosti těchto stavů Nařízení rovněž v příloze definuje).

SPER je faktor spotřeby energie palivového TČ, který je podílem spotřeby energie za topnou sezónu a vyrobeného tepla. Spotřeba energie zahrnuje energii v palivu na úrovni spalného tepla a pomocnou elektrickou energii vynásobenou faktorem CC. Celkovou spotřebu energie je obdobně třeba rovněž stanovit výpočtem po jednotlivých teplotních intervalech.

ΣF(i) jsou korekce účinnosti zohledňující záporné příspěvky soupravy TČ a regulátoru teploty a případného solárního zařízení; pro TČ (bez solárního zařízení) je $F(1) = 3\%$, v případě TČ země/voda je dále třeba započíst $F(2) = 5\%$ (na pohon cirkulačního čerpadla zemního kolektoru).

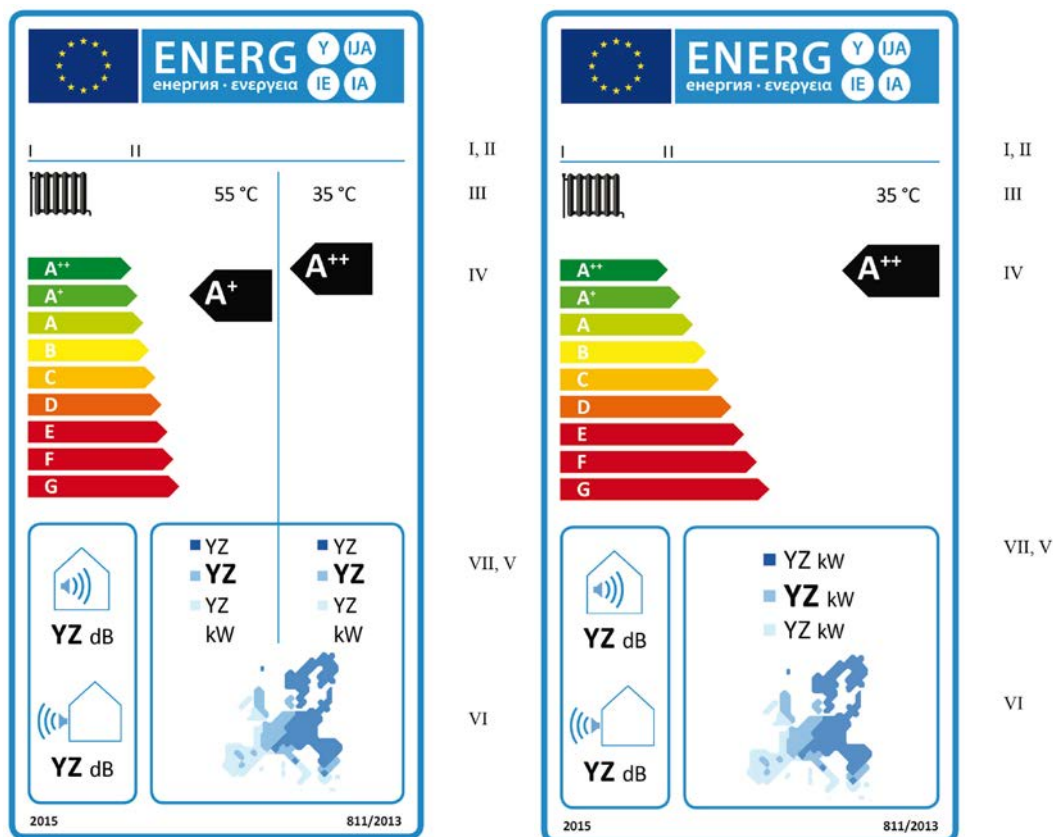
Od 26.9.2015 musí být sezónní účinnost vytápění TČ nově uváděných na trh nejméně 100% (resp. 115% pro nízkoteplotní TČ⁶) a od 26.9.2017 nejméně 110% (resp. 125% pro nízkoteplotní TČ).

systémových elektráren v zemi pracujících v režimu monovýroby elektřiny činí cca 36 % (podíl na celkové výrobě více než 75 %) a elektrická účinnost elektráren současně vyrábějících užitečné teplo činí cca 46 % (po odečtu přínosů KVET). Za těchto podmínek by „národní“ hodnota η činila necelých 39 % a při zohlednění vlastní spotřeby elektřiny elektrárnami (v ČR se pohybuje v průměru na úrovni cca 7 %) a rovněž i ztrát v přenosové a distribuční soustavě (rovněž v ČR v posledních letech na úrovni cca 7 % užitečné spotřeby elektřiny netto) pak hodnota CC pro ČR činila **cca 3**, tj. o přibližně 20 % více.

⁶ „Nízkoteplotním tepelným čerpadlem“ se rozumí ohřívač pro vytápění vnitřních prostorů s tepelným čerpadlem, který je konkrétně navržen pro nízkoteplotní aplikaci a který není schopen za referenčních návrhových podmínek pro průměrné klima při vstupní teplotě udávané suchým (vlhkým) teploměrem – 7 °C (– 8 °C) dodávat vodu k vytápění o výstupní teplotě 52 °C. „Nízkoteplotní aplikací“ se rozumí aplikace, při které daný ohřívač pro vytápění vnitřních prostorů s tepelným čerpadlem poskytuje deklarovaný topný výkon při výstupní teplotě vnitřního výměníku tepla dosahující 35 °C. „Středněteplotní aplikací“ se rozumí aplikace, při které daný ohřívač pro vytápění vnitřních prostorů s tepelným ohřívačem s tepelným čerpadlem poskytuje deklarovaný topný výkon při výstupní teplotě vnitřního výměníku tepla dosahující 55 °C.

Tabulka 1: Energetické třídy sezónní energetické účinnosti vytápění pro tepelná čerpadla

Třída sezonní energetické účinnosti vytápění	Sezonní energetická účinnost vytápění η_s v %	
	nízkoteplotní	středněteplotní
A+++	$\eta_s \geq 150$	$\eta_s \geq 175$
A++	$125 \leq \eta_s < 150$	$150 \leq \eta_s < 175$
A+	$98 \leq \eta_s < 125$	$123 \leq \eta_s < 150$
A	$90 \leq \eta_s < 98$	$115 \leq \eta_s < 123$
B	$82 \leq \eta_s < 90$	$107 \leq \eta_s < 115$
C	$75 \leq \eta_s < 82$	$100 \leq \eta_s < 107$
D	$61 \leq \eta_s < 75$	$61 \leq \eta_s < 100$
E	$34 \leq \eta_s < 61$	$59 \leq \eta_s < 61$
F	$30 \leq \eta_s < 34$	$55 \leq \eta_s < 59$
G	$\eta_s < 30$	$\eta_s < 55$



Obrázek 17: Ukázka podoby energetického štítku pro tepelná čerpadla (vlevo pro nízkoteplotní a středněteplotní aplikace, vpravo jen pro nízkoteplotní aplikace)

Vysvětlivky: I. název nebo ochranná známka dodavatele; II. identifikační značka modelu používaná dodavatelem; III. funkce vytápění pro středněteplotní a nízkoteplotní aplikaci; IV. třída sezonní energetické účinnosti vytápění za průměrných klimatických podmínek pro středněteplotní a nízkoteplotní aplikaci, stanovená podle bodu 1 přílohy II nařízení; V. jmenovitý tepelný výkon, včetně jmenovitého tepelného výkonu všech přídatných ohřevů, v kW, za průměrných, chladnějších a teplejších klimatických podmínek pro středněteplotní a nízkoteplotní aplikaci, zaokrouhlený na nejbližší celé číslo; VI. teplotní mapa Evropy zobrazující tři orientační teplotní zóny; VII. hladina akustického výkonu L_{WA} ve vnitřním prostoru (je-li známa) a ve vnějším prostoru v dB, zaokrouhlená na nejbližší celé číslo.

AUTOR PUBLIKACE:



SEVEN Energy s.r.o.

Americká 579/17, 120 00 Praha 2

www.svn.cz

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



ODBORNÁ SPOLUPRÁCE:



ASOCIACE
PRO VYUŽITÍ
TEPELNÝCH ČERPADEL

Obrázek na titulní straně: © EHPA

Legenda: 1) Tepelná čerpadla v rezidenčním sektoru: 1a) TČ v rodinných domech, 1b) TČ v bytových domech, 2) TČ v administrativních a komerčních stavbách, 3) TČ v průmyslu: 3a) TČ jako zdroj tepla pro systémy CZT, 3b) TČ jako zdroj tepla ve výrobních procesech, 4) Využití TČ v infrastruktuře měst: 4a) Tunely/Metro, 4b) Kanalizace, 4c) Systémy dálkového vytápění či chlazení, 5) Konstrukce staveb jako výměník tepla: 5a) Základové piloty, 5b) Aktivovaný beton, 6) TČ jako akumulátor energie pro (nepravidelnou) výrobu zelené elektřiny.