

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY A STROJŮ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Využití zařízení Teplátor pro výrobu chladu**

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Miloš DĚDEK**  
Osobní číslo: **E18B0050P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**  
Téma práce: **Využití zařízení Teplátor pro výrobu chladu**  
Zadávající katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

### Zásady pro vypracování

1. Popište, jakým způsobem lze vyrábět chlad, a specifikujte používané technologie.
2. Analyzujte současný stav a perspektivy centrálního zásobování chladem a uveďte konkrétní aplikace ve světě. Zpracujte přehled dodavatelů a spotřebitelů chladu v ČR.
3. Seznamte se s projektem Teplátor a navrhňte vhodnou technologii k produkci chladu tímto zařízením.
4. Zhodnoťte návrh z hlediska technologické proveditelnosti, ekonomických aspektů a možnosti jeho praktického uplatnění.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. David Mašata**  
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2021**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan



  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.**  
vedoucí katedry

## **Abstrakt**

Předkládaná bakalářská práce popisuje možnosti využití zařízení TEPLATOR pro metody ústředního chlazení. Jsou zde také popsány fyzikální principy výroby chladu a již používané centralizované rozvody chladu ve světě. Dále je zde představena technologie TEPLATORu. Hlavním výsledkem této práce bylo zjištění, že ve světě se využívají systémy dálkového chlazení s vysokým výkonem a TEPLATOR je pro tuto výrobu možné použít.

## **Klíčová slova**

TEPLATOR, chlad, chlazení, centrální chlazení, absorpční jednotka.

**Abstract**

The Bachelor thesis is about the possibilities of using TEPLATOR as a source of cold for district cooling. There are also presented principles of cooling and district cooling systems that are used in the world. Furthermore, the TEPLATOR technology is presented here. The main finding of this thesis is that there are high output district cooling systems in the world and that TEPLATOR can be used for that as well.

**Key words**

TEPLATOR, cool, cooling, district cooling, absorption chiller.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 18.5.2021

Miloš Dědek

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Davidovi Mašatovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Obsah

<b>Obsah</b>	<b>8</b>
<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>1. Poptávka po výrobě chladu</b>	<b>10</b>
<b>2. Základní metody výroby chladu</b>	<b>12</b>
2.1 Fyzikální principy	12
2.2 Používané jednotky	12
2.3 Kompresorová chladicí zařízení	13
2.4 Absorpční chladicí zařízení	14
2.5 Ejektorové chladicí zařízení	16
2.6 Metoda volného chlazení	17
<b>3. Centrální výroba chladu</b>	<b>19</b>
3.1 Výhody a nevýhody centrální výroby chladu	19
3.2 Zásobování chladem v České republice	19
3.3 Zásobování chladem ve Finsku	21
3.4 Zásobování chladem v Paříži	22
3.5 Zásobování chladem ve Vídni	23
3.6 Zásobování chladem v Ontariu	24
3.7 Zásobování chladem ve Spojených arabských emirátech	26
3.8 Zásobování chladem v Japonsku	26
3.9 Porovnání výroby chladu v Evropě a ve světě	27
<b>4. TEPLATOR</b>	<b>29</b>
4.1 Technické parametry TEPLATORu	30
4.2 Ekonomické parametry TEPLATORu	31
<b>5. Využití TEPLATORu pro výrobu chladu</b>	<b>32</b>
5.1 Navržení absorpčního zařízení	32
5.2 Spotřeba tepla v České republice	33
5.3 Výroba tepla a chladu současně	34
<b>6. Lokace pro využití TEPLATORu pro výrobu chladu</b>	<b>36</b>
6.1 Využití pouze pro výrobu chladu	36
6.2 Využití pro současnou výrobu chladu a tepla	37
<b>Závěr</b>	<b>39</b>
<b>Seznam literatury a informačních zdrojů</b>	<b>41</b>



## Úvod

Tato práce se zabývá otázkou, zda je možné využít technologii TEPLATOR DEMO pro výrobu chladu.

Vzhledem k ekonomickému růstu a vyšším nárokům na pohodlí každý rok roste poptávka po výrobě chladu. Konvenčně je tento problém řešen pomocí kompresorových chladicích zařízeních, které jsou umístěné v blízkosti spotřeby. Kvůli nižší efektivitě tohoto způsobu byly v některých zemích vybudovány infrastruktury pro centralizovaný rozvod chladu a jeho výrobu.

Například absorpční chladicí zařízení dokáže z přebytečného tepla uhelných tepláren vyrábět chlad. Protože doba uhlí v blízké budoucnosti již skončí, je nutné najít ekologickou náhradu za tato zařízení.

Jednou z možností je využívat vyhořelé palivové články z jaderných elektráren, ve kterých je stále dostatečné množství energie pro výrobu tepla. Takového paliva je v České republice velké množství.

Tuto možnost výroby tepla začal zkoumat výzkumný ústav CIIRC ČVUT ve spolupráci s Fakultou elektrotechnickou ZČU v Plzni. Vytvořili návrh zařízení, který se nazývá TEPLATOR DEMO, který vyhořelé jaderné palivo používá a vytváří tak tepelný výkon 50 MW.

Tato práce se zabývá fyzikálními principy výroby chladu a současným stavem distribuce chladu v České republice a ve světě. Také představuje technologii TEPLATOR a je zde navrhována možnost výroby chladu pomocí tohoto zařízení.

Toto zařízení by mohlo rostoucí poptávku po chladu uspokojit a tím představuje velice zajímavé ekologické a ekonomické řešení tohoto problému.

Vybudování stabilního systému pro rozvod chladu je velice důležité at' už z hlediska pohodlí, či ekologických požadavků. Navíc je to ekonomicky příznivější varianta pro odběratele, než když si musí výrobu chladu obstarávat sami.

# 1 Poptávka po výrobě chladu

V současné době je chlad stále více žádaným zbožím napříč mnoha obory. Je nutnou součástí pro skladování a výrobu potravin. Umožňuje celoroční provoz sportovních ledových ploch. Také zpříjemňuje pobyt v nákupních centrech či obytných budovách a kancelářích. Právě u budov s kancelářskými prostory se bohužel stále více používá prosklená fasáda, která dovoluje lepšímu průniku slunečního záření.

Zvyšující se poptávku po chladu zapříčinilo i vyšší množství spotřebičů, které používáme každý den. Jsou to například ledničky, počítače, monitory a sušičky. Tyto spotřebiče vytváří teplo, které je nutné vyvážit chladem. Například průměrný tepelný výkon počítačů je 300 W. Pro lepší pohodu v těchto prostorách využíváme klimatizační zařízení, která také potřebují pro svoji činnost chladicí médium.

Z výše vyjmenovaných hledisek je patrné, že poptávka po chladu bude nadále stoupat stejně jako poptávka po elektrické energii a teple.

## 2 Základní metody výroby chladu

### 2.1 Fyzikální principy

Základní princip, o který se výroba chladu opírá je II. termodynamický zákon. Ten hovoří o tom, že se teplo nemůže samovolně přecházet z tělesa o nižší teplotě na těleso o teplotě vyšší. Proto nemůžeme tělesu dodávat chlad, ale musíme od něj odvádět teplo. Z tohoto důvodu musíme těleso zapojit do nějakého cyklu, který potřebuje pro svoji funkci teplo. Toto teplo bude odváděno od tělesa, které chceme ochladit. Například pro vypaření vody je nutné velké množství tepla. Proto člověk cítí zimu po vystoupení z vody, která se mu poté vypařuje z povrchu kůže.

### 2.2 Používané jednotky

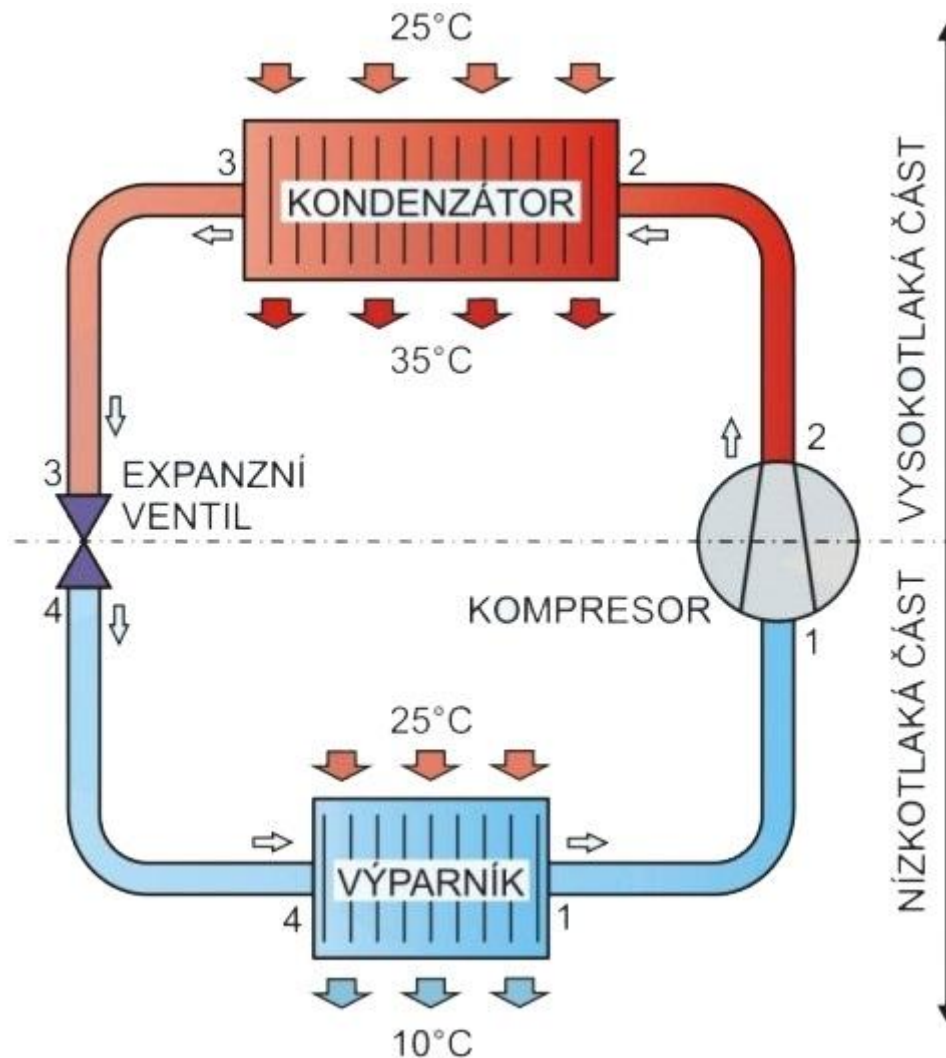
Již z fyzikálního principu výroby chladu je patrné, že energii chladu není dodávána, ale je z ochlazovaného systému odebírána. Přesto se v praxi používá termín dodaná energie chladu, což by mohlo být zavádějící, ale lze ji brát jako dodanou zápornou energii. Takže pokud je například systému dodána energie chladu, rozumí se, že taková tepelná energie je danému systému odebrána.

Pro energii chladu se používají jednotky podobné jako pro množství dodaného tepla. V České republice se používá watthodina, která odpovídá práci stroje s příkonem jeden watt po dobu jedné hodiny. Nejčastěji se používají její násobky, například tisícínásobek kilowatthodina. Také je možné používat jednotku energie joule a její násobky. Jedna wattsekunda pak odpovídá jednomu joulu.

V anglicky mluvících zemích se používá jednotka “tons of refrigeration” v češtině tuny chlazení, která má původ ve výrobnách ledu. Používaná zkratka je “TR”. Je to takové množství energie, které je třeba odebrat 2 000 liberám vody o teplotě 0 stupňů Celsia, aby se z ní stalo 2 000 liber ledu o teplotě 0 stupňů Celsia. 2 000 liber odpovídá zhruba 907 kilogramům, což není tuna, ale je to takzvaná “short ton” v češtině malá tuna, proto se jednotka nazývá tuny chlazení. Jedna tuna chlazení odpovídá 3,5 kilowatthodinám chladu. Je využívána jako jednotka energie i jako jednotka výkonu. [1]

## 2.3 Kompresorová chladicí zařízení

Jedná se o nejběžnější a nejjednodušší princip chlazení. Využívá dvou skupenství pracovního média a je používán u klimatizací, ledniček apod.



Obr. 1 - Schéma kompresorového chladicího okruhu [2]

Chladicí médium se pohybuje v uzavřeném okruhu. Prochází těmito čtyřmi procesy:

1. Komprese
2. Kondenzace
3. Expanze
4. Vypařování

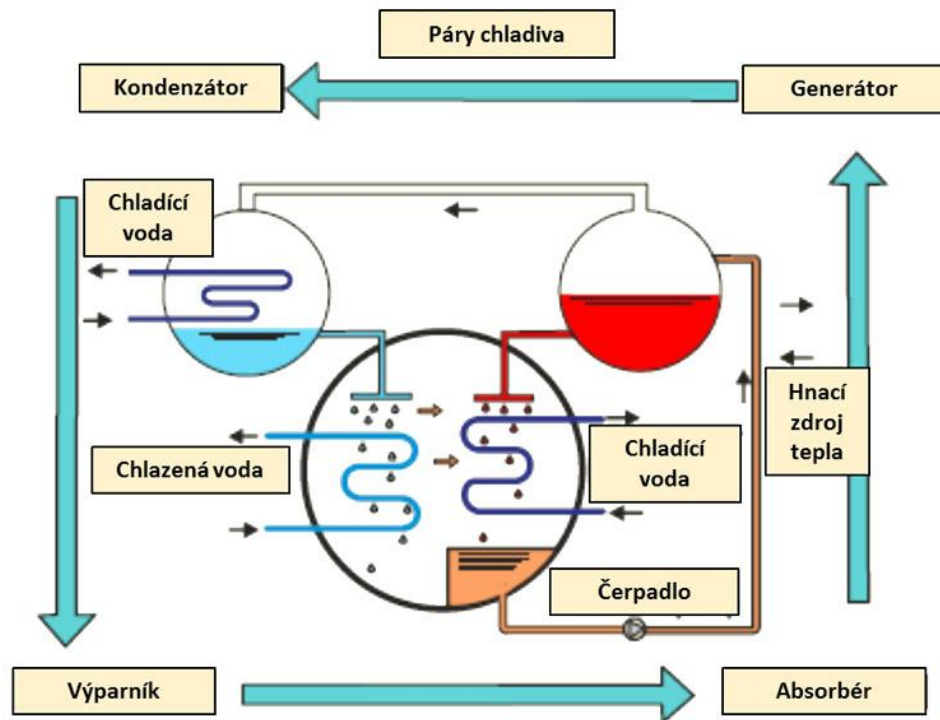
Kompresce je zajištěna v zařízení, které se nazývá kompresor. Páry jsou stlačeny kompresorem na vyšší hodnotu tlaku, během tohoto procesu se také zvýší jejich teplota. Páry, které již mají vysokou teplotu a jsou stlačené, poté přesuneme do kondenzátoru, kde dojde k jejich kondenzaci. Zde se sníží jejich teplota a z tohoto důvodu změní skupenství na kapalné a předají teplo kondenzátoru, který musí být vybaven chladičem. Chladič předává teplo okolí.

Expanze probíhá v expanzním ventilu, zde se kapalina přesune zpět do místa s nižším tlakem. Vypařování je provedeno pomocí výparníku. Protože není kapalina stlačena, dojde k jejímu odpaření. Tím odebere teplo z okolí, tedy dochází k výrobě chladu.

Velkou nevýhodou tohoto zařízení je závislost na teplotě okolí. Čím vyšší je teplota okolí, tím méně je zařízení efektivní, protože kondenzátor musí odvádět teplo do okolí a pokud se teplota okolí blíží teplotě chladiče kondenzátoru, není možné kondenzátor ochlazovat. [2]

## 2.4 Absorpční chladicí zařízení

Absorpční zařízení čerpá energii výhradně z tepla, které může být například odváděno jako sekundární produkt výroby elektřiny. Užívá se zde dvou médií, chladicí látky a absorbentu. Pro teploty od nuly do pěti stupňů Celsia se nejčastěji používá kombinace vody (chladicí látka) a bromidu lithného (absorbent). Pro teploty nižší než nula stupňů Celsia se používá kombinace amoniaku (chladicí látka) a vody (absorbent). [3]



Obr. 2 - Zjednodušené schéma absorpčního chladicího okruhu [3]

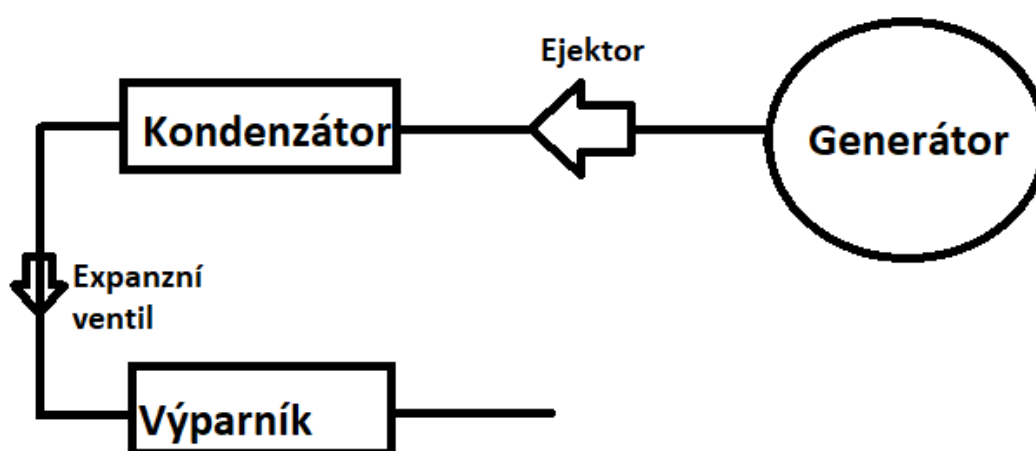
Cyklus chlazení je u absorpčního okruhu následující. V generátoru dochází k předání tepla směsi chladicí látky a absorbentu. Na obrázku (Obr. 2) je chladivem voda a absorbent je bromid lithný. Ohřátím této směsi vzniká pára, která je odvedena do kondenzátoru. Část, co není odpařena je svedena do absorbéru na nižší hodnotu tlaku. Pára v kondenzátoru je chlazená pomocí chladicí vody a tím dochází k její kondenzaci.

Zkondenzovaná kapalina poté proudí přes expanzní ventil do výparníku s nižším tlakem. Díky snížení tlaku dojde k jejímu odpaření a tím odebere teplo chlazené vodě, čímž vyrábíme chlad. Pára poté přechází do absorbéru. Zde dojde k opětovnému sloučení chladicí látky a absorbentu. Tato směs je čerpadlem hnána zpět do generátoru, čímž je cyklus uzavřen.

Výhodou absorpčního oběhu je, že k výrobě chladu je možné použít odpadní teplo elektráren, které by bylo jinak zbytečně nevyužité. Toto pomocí kompresorového okruhu není možné realizovat. [3]

## 2.5 Ejektorové chladicí zařízení

Chlazení pomocí ejektoru bylo používáno již v první polovině dvacátého století pro výrobu ledu na parních lodích. Využívá ejektoru, což je zařízení, které dokáže přemísťovat páry vody z místa nižšího tlaku do míst, kde je tlak vyšší. Pomocí tohoto zařízení se pára přemístí do kondenzátoru, kde dojde k její kondenzaci díky změně tlaku. Zkondenzovaná voda proudí expanzním ventilem do výparníku, tím klesne tlak a voda se začne vypařovat. Díky tomu odebírá teplo okolnímu prostředí a dochází k produkci chladu.



Obr. 3 - Zjednodušené schéma ejektorového chladicího okruhu

Na obrázku (Obr. 3) je schéma pouze zjednodušené, pára z výparníku může proudit zpět do generátoru, aby se opět zvýšil její tlak, nebo může být vypouštěna do okolí, jako tomu bylo v případě parních lodí.

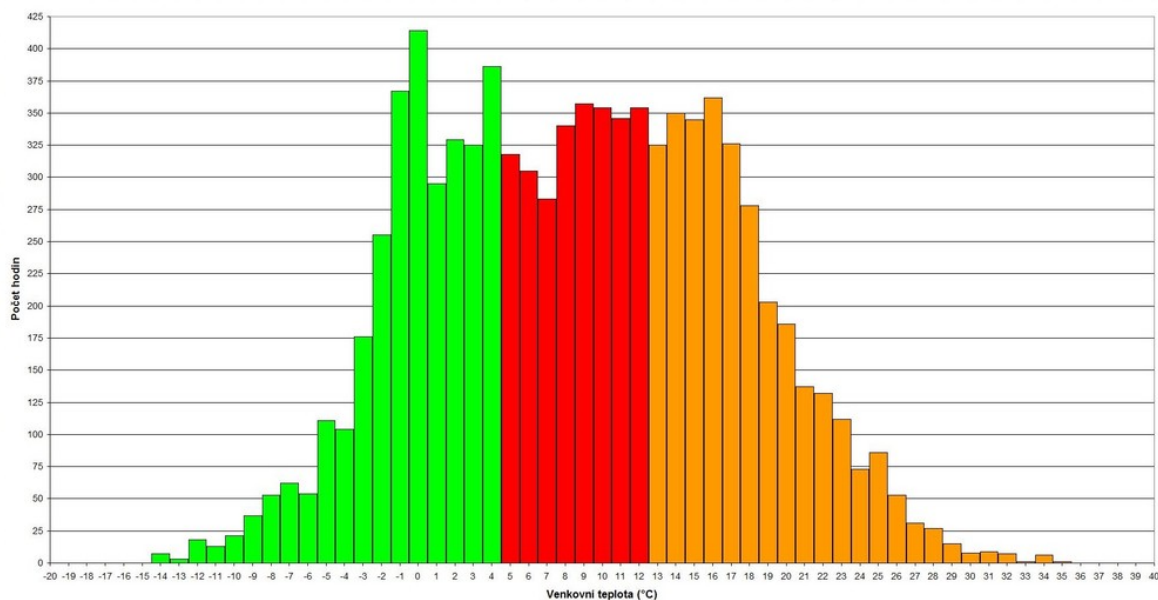
Tato technologie byla dlouhou dobu nevyužívaná, ale v dnešní době se opět začíná optimalizovat a využívat, například někteří výrobci aut ji začínají používat v autoklimatizacích. [4]



## 2.6 Metoda volného chlazení

Metoda volného chlazení, takzvaný “free cooling”, je metoda, při níž se využívá nízkých venkovních teplot pro chlazení vnitřku budov. Je to velice ekonomicky nenáročná metoda s nízkým odběrem elektřiny.

U této metody chlazení se využívá vyšších teplot chladicí kapaliny, než je obvyklé. Je to z toho důvodu, aby bylo možné tímto způsobem chladit během roku co nejvíce. Například pokud bychom využívali systém, kde má chladná kapalina teplotu 6 °C a po ochlazení budovy se vrací o teplotě 12 °C, tak je pro maximální účinnost cyklu nutné, aby venkovní teplota vzduchu byla 4 °C a méně. Podle referenčního údaje z letiště Václava Havla v Praze je teplota vzduchu nižší než 4 °C průměrně pouze 3 040 hodin ročně. Pokud bychom ale využili vyšší teploty chladicí kapaliny, například 14 °C chladné a 18 °C, která již odebrala teplo systému, tak by bylo využití vyšší. Pro tento teplotní spád musí být venkovní teplota nižší než 12 °C, což je podle referenčních údajů průměrně 5 687 hodin ročně. To je patrné z grafu (Obr. 4) kde je zeleně vybarvená část roku, kdy je možné využívat metodu pro teploty nižší než 4 °C a poté červeně o kolik hodin navíc je možné využívat metodu pro venkovní teploty nižší než 12 °C.



Obr. 4 - Graf venkovní teploty pro využití volného chlazení [5]

Pomocí této metody můžeme docílit nižších nákladů na provoz chladicího systému, protože oproti kompresorovému chladicímu zařízení zde není přítomný kompresor, který

má velký odběr čímž se zvyšuje ekologičnost tohoto zařízení. Hlavní nevýhodou je, že toto zařízení je možné provozovat pouze pokud je venkovní teplota nízká a u většiny budov v tu chvíli není nutné chladit, takže se používá pouze u budov s celoročním chlazením.

Protože cyklus využívající teplotní spád s nutnou venkovní teplotou 12 °C nelze provozovat celoročně, ale průměrně pouze 65 % v roce, je možné jej kombinovat s konvenční metodou kompresorového chlazení. [5]

### 3 Centrální výroba chladu

Centrální zásobování chladem je rozvíjející se technologie, která vytváří chlad ve velkém množství a poté distribuuje ke spotřebitelům. Je to velice energeticky úsporná a ekologicky šetrná varianta výroby chladu, protože primárně využívá odpadního tepla. Navíc se v současnosti vyskytuje více a více tropických dnů v létě, čímž stoupá poptávka po chladu.

#### 3.1 Výhody a nevýhody centrální výroby chladu

Hlavní výhodou externí výroby chladu pro spotřebitele je spolehlivá dodávka. Pokud dojde k poruše při použití vlastního výrobce chladu, musí ji spotřebitel řešit sám, což může trvat delší dobu. Také náklady na provoz jsou u této metody mnohem nižší. Další z výhod, která je pro spotřebitele velmi zajímavá je dodávka chladu bez hluku či vibrací.

Z hlediska dodavatele je hlavní výhodou to, že chlad vyrábí velice levně, protože k jeho výrobě využívá přebytečného tepla, které by jinak nebylo využito. Také je to ekologicky přívětivá metoda, protože chlad, který si vyrábí firmy samy zvyšuje výrobu elektřiny a také vytváří odpadní teplo.

Například na provoz klimatizací spotřebují Američané 15 % celkové vyrobené energie. To, že je klimatizace u nich tolik rozšířená způsobuje, že se noční teplota v některých oblastech průměrně zvedla až o jeden stupeň Celsia.

Největší nevýhodou této technologie jsou vysoké počáteční náklady a nutnost vytvoření nové zásobovací sítě pro chlad. [6][7]

#### 3.2 Zásobování chladem v České republice

Vzhledem k tomu, že v současné době v České republice nemají spotřebitelé ani výrobci povinnost vykazovat jaké množství chladu bylo prodáno, lze pouze odhadovat, jaké množství je touto cestou vytvořeno. K roku 2018 byl tento odhad 300 až 400 terajoulů

za rok, což neodpovídá součtu prodaného množství tepla v tabulce (Tab. 1), protože ostatní výrobci prodej chladu nevykazují.

Nachází se zde několik takto centralizovaných systémů. Jedním z nich je například teplárna v Českých Budějovicích, která dodává chlad do Jihočeské univerzity a do archivu Jihočeského muzea. V roce 2017 takto prodala 152 gigajoulů chladu.

Plzeňská teplárenská dodává od roku 2003 chlad do Plzeňského Prazdroje, zde je chlad využíván ve sladovnách pro chlazení ječmene během výroby sladu. Také od roku 2003 zásobují chladem Západočeskou univerzitu v Plzni. Na Borských polích je využíván ke klimatizaci výukových prostor elektrotechnické fakulty. Fakultní nemocnice v Plzni také odebírá chlad. Od roku 2004 pro klimatizaci operačních sálů, kuchyně a prádelny. Rozšíření tohoto systému proběhlo v roce 2007, kdy se připojil gynekologicko-porodnický pavilon v budově Fakultní nemocnice Plzeň-Lochotín. V roce 2007 se také připojil do systému Parkhotel Plzeň s.r.o. a Obchodní dům Dvořák s.r.o. Celkový instalovaný chladicí výkon plzeňské teplárenské je 5,99 MW a v roce 2019 podle výroční zprávy bylo prodáno 4 404 MWh chladu na šesti odběrných místech. Pro tuto výrobu využívají 3 stanice, jednu v Plzeňském Prazdroji, Jednu ve Fakultní nemocnici Lochotín a jednu v Parkhotelu Bory.

Společnost Veolia se řadí mezi největší dodavatele chladu z odpadního tepla v České republice. V Ostravě zásobuje chladem centrum Karolina, kde se nachází obchody i kancelářské prostory. V Praze zásobují například Forum Karlin Hall. V roce 2019 podle výroční zprávy prodali celkem více než 20 000 MWh chladu. Z toho 16 464 MWh v regionu Severní Morava a Slezsko a 4 388 MWh v regionu Čechy.

Tab. 1: Přehled výroby chladu v ČR

Výrobce	Místo prodeje	Prodané množství chladu [MWh]	Instalovaný chladicí výkon [MW]
Veolia	Čechy	16 464	28,04
	Severní Morava a Slezsko	4 388	
Plzeňská teplárenská	Plzeňský Prazdroj	4 404	3
	Lochotín		2,87
	Parkhotel bory		0,12
České Budějovice	Jihočeská univerzita	42	
	Archiv Jihočeského muzea		

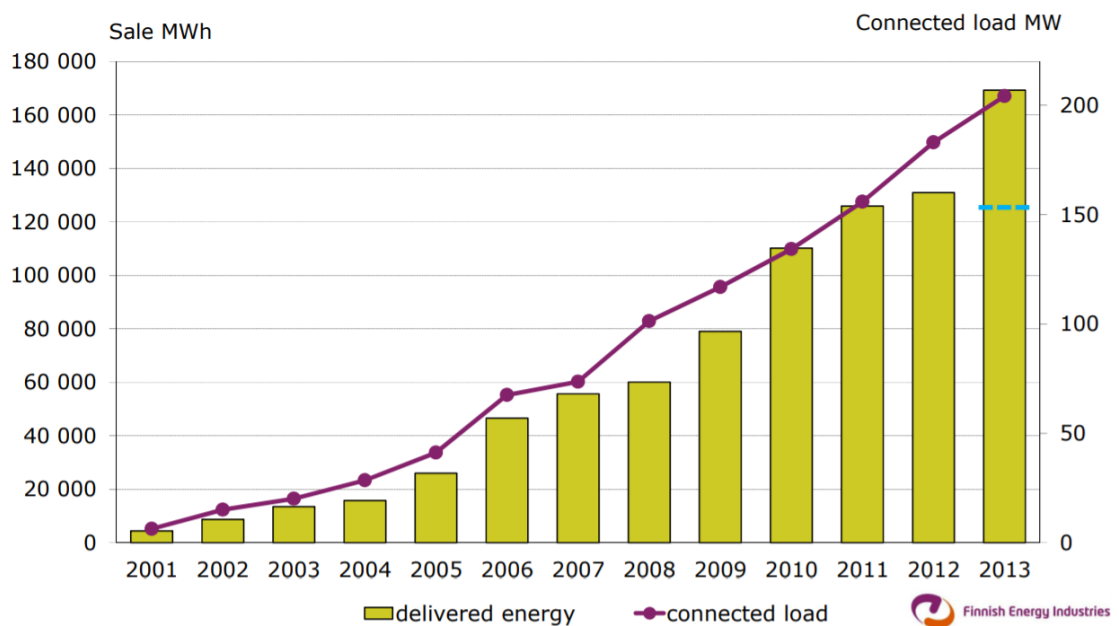
Celkově je v ČR nižší poptávka po centralizované výrobě chladu. Je to způsobeno vysokými pořizovacími náklady a také klimatickými podmínkami. V létě nejsou teploty tak vysoké, aby způsobily nepohodu při práci či v domácnostech. Dalším z důvodů je, že klimatizační zařízení nejsou tolik rozšířené, jako je to například v ostatních státech. V současné době centrální rozvod chladu využívají hlavně podniky. Poptávka po chladu v budoucnosti dále poroste, protože se zvyšuje počet domovních jednotek a rezidencí, které jsou postaveny již s klimatizačními systémy. Navíc podniky, které chlad k chodu potřebují, mají způsob výroby chladu již zařízený a nic je nenutí tento způsob měnit. K této změně by mohlo dojít, pokud se zvýší cena elektřiny nebo staré zařízení již nebude dostačujícím zdrojem. [8][9][10][11]

### 3.3 Zásobování chladem ve Finsku

Ve světě je situace centrálního rozvodu chladu příznivější. V některých zemích se začínají objevovat lokality, kde je tento způsob považován za primární zdroj chladu jak v průmyslu, tak v kancelářských a obytných prostorách. Z globálního hlediska je počet takto zásobovaných podniků stále zanedbatelný, ale je to důkaz toho, že se zásobování chladem začíná více a více rozrůstat.

Finsko se řadí mezi největší průkopníky těchto systémů. Finnish Energy reprezentuje 260 společností, které vyrábějí a distribuují elektřinu, plyn, teplo a chlad. Chlad rozvádí pomocí 6 až 8 stupňů Celsia studené vody, která je vedena trubkami pod zemí. Již ohřátá

voda, která odebrala teplo médiu u zákazníka je vedena zpět do výroby chladu. Tato voda je zhruba o 10 stupňů Celsia teplejší, než voda, která proudí k odběrateli. V roce 2013 vyrobily tyto společnosti 169 gigawatthodin. Chlad vyrábějí pomocí tepelných čerpadel, kompresorových chladicích zařízení, volného chlazení a absorpčního chlazení. Tepelná čerpadla byla pro výrobu chladu použita nejvíce, přispěla 48,8 % celkové produkce. Volné chlazení využívá především vodních zdrojů ve Finsku, jako jsou jezera, rybníky a moře. Pomocí uzavřeného okruhu je voda chlazená ve studenější vodě těchto zdrojů. Tento způsob zajistil 26,3 % množství energie. Kompresní chlazení bylo využito pouze z 7,8 %. Absorpčním chlazením vytvořili 17,1 % celkového chladu.



Obr. 5 - Graf dodané energie chladu a připojené zátěže v Helsinkách [13]

Na grafu (Obr. 5) je vidět stoupající zájem o distribuci chladu v Helsinkách od roku 2001 do roku 2013. Tento trend pokračuje i v současnosti, v roce 2020 distribuovaly firmy pod záštitou společnosti Finnish Energy 288 gigawatthodin, což je skoro dvojnásobek oproti roku 2013. [12][13][14]

### 3.4 Zásobování chladem v Paříži

V Paříži existuje centrální rozvod chladu již od roku 1991. Společnost, která tuto možnost obstarává se nazývá CLIMESPACE. Na tento systém je v současnosti připojeno 718 zákazníků. A dohromady dodali za minulý rok 450 gigawatthodin energie chladu. Celkem vlastní 10 výroben chladu a využívají již chladnou vodu z řeky Seiny.

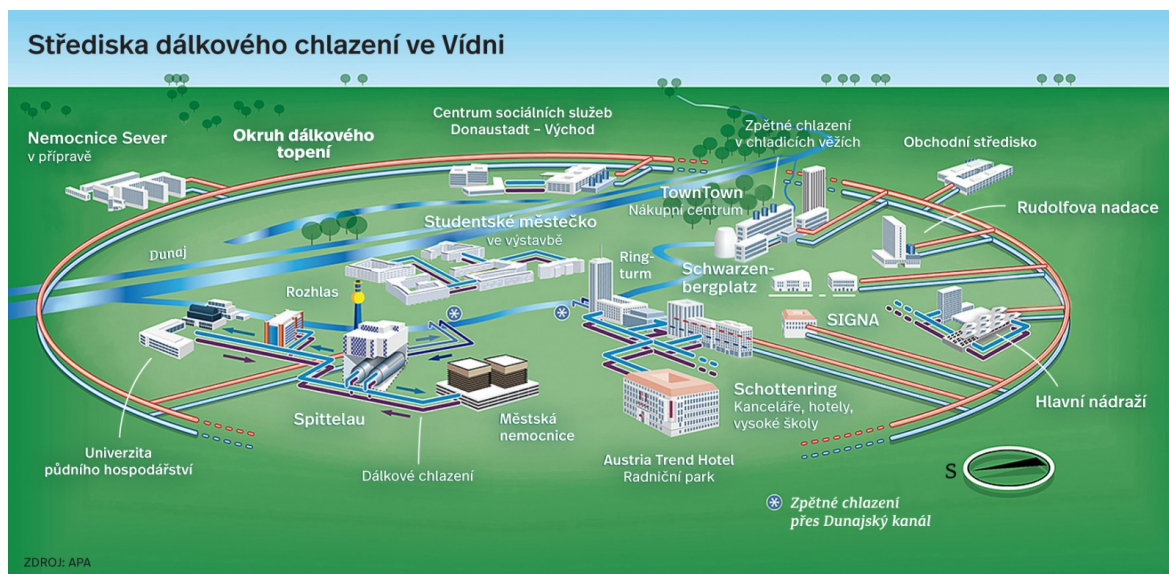
Tímto způsobem zásobují chladem hotely, obchodní centra, kanceláře, státní budovy, muzea i divadla. Vodu distribuují o teplotě jeden až patnáct stupňů Celsia. Vlastní několik zásobníků na chladnou vodu, největším z nich je 13 tanků uložených v nejvyšším poschodí několikapatrového parkoviště. Zde je možné skladovat až 12 000 metrů krychlových chladné vody, což je 90 megawatthodin energie chladu, pokud má voda teplotu 3 stupně Celsia.

Síť se skládá z několika menších výroben chladu, které jsou vzájemně propojené. Les Halles je výrobná s výkonem 42 MW a zásobníkem chladu s kapacitou 30 MWh. Další výrobná se nazývá Bercy a má výkon 44 MW. [15]

### **3.5 Zásobování chladem ve Vídni**

Chlad se ve Vídni distribuuje již od roku 2007, kdy se začala zvyšovat poptávka po klimatizaci budov. Zpočátku byly zásobeny pouze nemocnice a kancelářské komplexy. Nyní společnost Wien Energie začíná dodávat chlad i do bytových jednotek. Od roku 2019 do roku 2024 společnost plánuje investovat do technologie 65 milionů eur. V dnešní době zastarávají 12 kilometrů dlouhou síť pro rozvod chladu s šestnácti výrobkami. Celkový výkon těchto výroben je 130 MW což odpovídá odběru 2 500 000 metrů čtverečních kancelářských prostor.

Je zde také využita výroba pomocí odpadního tepla, což sníží produkci oxidu uhličitého o 50 procent oproti konvenčním způsobům výroby chladu. Zákazníkům dodávají vodu o teplotě 6 stupňů Celsia a zpátky ji čerpají poté, co se ohřeje na 16 stupňů Celsia. [16]



Obr. 6 - Vizuální schéma rozvodu chladu ve Vídni [17]

Na obrázku (Obr. 6) je zjednodušené schéma rozvodu tepla a chladu po vídni. K zpětnému chlazení vody využívají Dunajský kanál, tak jak je tomu například i v Paříži pomocí řeky Seiny. Většina budov připojená na tento rozvod jsou větší státní budovy a kancelářské prostory či nemocnice. Obytné jednotky zatím na toto centrální zásobování chladem připojené nejsou.

Největší problém je, že pro distribuci chladu nelze použít stejnou síť, jako pro rozvod tepla. Proto je nutné vybudovat novou infrastrukturu, což je finančně náročné. Také připojení budov na distribuci chladu není tak jednoduché. Budova musí mít již připravený systém, pomocí kterého se budou ochlazovat jednotlivé místnosti. Pokud se chladicí systém v budově nenachází z doby výstavby, je nutné jej vybudovat. Z tohoto důvodu tyto dostavby ve Vídni plánují jen u rozsáhlých rekonstrukcích. [18]

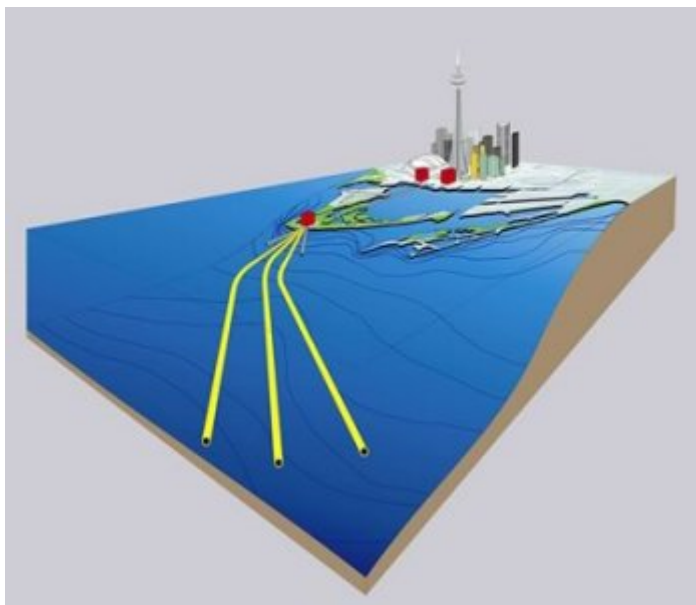
### 3.6 Zásobování chladem v Ontariu

V kanadské provincii Ontario využívají již od roku 2004 systém zásobování chladem. Zpracovává ho společnost The City of Toronto and Enwave Energy Corp. Pomocí volného chlazení v blízkém jezeře Ontariu čerpají vodu z velké hloubky, kterou filtrují a poté rozvádějí po městě. Tento systém je stál sto milionů USD a vybudování trvalo dva a půl roku.



Každou zimu se jezero ochladí a protože je voda o teplotě 4 stupně Celsia nejhustší, klesá ke dnu, kde si zachová svoji teplotu i v horkých letních měsících. Pomocí tří pětikilometrových trubek o průměru 1,6 metru čerpají tuto vodu z hloubky 83 metrů do filtračních stanic. Tato voda poté putuje do výměňkových stanic ve městě, kde svůj chlad předává do uzavřeného oběhu, pomocí kterého jsou ochlazeny budovy. Tímto způsobem je možné ochladit až sto kancelářských výškových budov.

Hlavní výhodou je ekologičnost a úspornost tohoto projektu. Odhadem uspoří až 90 % energie oproti konvenčním kompresorovým chladicím systémům. Navíc je tato voda tak čistá, že není nutné použít velkého množství chemikálií a poté je používána jako pitná voda. Aby nebyl narušen ekosystém jezera, je stále podvodní život monitorován a konstrukce zařízení byla přerušena během doby tření ryb. [19]



Obr. 7 - Zjednodušené schéma volného chlazení v Ontariu [20]

Na obrázku (Obr. 7) je vidět, že trubky jsou položeny na dně jezera a jsou rozprostřeny po dně, aby každá čerpala z jiné části. Tím je zaručen rovnoměrný odběr vody a nedojde k jejímu vyčerpání. Tímto způsobem Ontario zásobuje budovy deset a půl měsíce v roce, ve zbylých šesti týdnech budovy využívají konvenčních metod chlazení. Během zimy opět hladina začne chladnout a voda o nižší teplotě klesne ke dnu čímž obnoví zásobu studené vody pro další čerpání. Každoročně tento systém ušetří až sto tisíc USD. Celkový výkon tohoto systému je 140 MW chladu. [21]

### 3.7 Zásobování chladem ve Spojených arabských emirátech

Společnost Tabreed zajišťuje dodávku chladu ve Spojených arabských emirátech, Bahrajnu, Saúdské Arábii, Ománu a Bahrajnu. V součtu vlastní 86 výroben a zajišťuje výkon 1 400 000 RT, což odpovídá 4 923 MW chladicího výkonu.

Společnost vznikla v roce 1998 v Abú Dhabí, kde založila svoji první výrobu chladu. Nyní společnost ve Spojených arabských emirátech vlastní 63 výrobních stanic a celkový instalovaný výkon těchto výroben je 769 tisíc RT, tedy 2 704 MW chlazení.

Nejznámějším chladícím systémem této společnosti je chlazení metra v Dubaji. Soustava se skládá z pěti výrobních stanic, které jsou popsány v tabulce 2. [22]

Tab. 2: Přehled výrobních stanic chladu Dubajského metra

Výrobna	Výkon [TR]	Výkon [MW]
Al Rigga	10 000	35,169
Al Barsha	7 500	26,376
Jumeirah Island	7 000	24,618
Jebel Ali industrial	4 400	15,474
Al Rashidiya	7 500	26,376

Z tabulky je na první pohled patrné, že chladicí výkony potřebné k provozu metra jsou velmi vysoké, proto je zde centralizovaný způsob chlazení výhodný. Navíc se jedná o velice stálý odběr chladu.

Odhad společnosti je, že díky centralizovanému způsobu chlazení, které vlastní, ročně eliminuje 1 350 000 tun oxidu uhličitého, oproti tomu, kdyby byl použit konvenční způsob chlazení. [23]

### 3.8 Zásobování chladem v Japonsku

V Japonsku se první systémy dálkového chlazení začaly objevovat roku 1970, protože země zaznamenala velký ekonomický růst a tím pádem i větší znečištění ovzduší, které

muselo být více regulováno. Nyní se zde nachází 710 km dlouhá infrastruktura potrubí, která chladí téměř 49 milionů metrů čtverečních prostor. Průměrně Japonsko každý rok vytvoří 6,9 terawatthodin chladicí energie.

Shinjuku je okres v Tokiu, kde se nachází velké množství mrakodrapů určených k obchodním účelům. Zde pracuje jeden z největších chladicích systémů Japonska s výkonem 229 MW, která dokáže uchládit plochu 2,2 milionu metrů čtverečních kancelářských prostor.

Tab. 3: Přehled výrobních stanic chladu v Japonsku

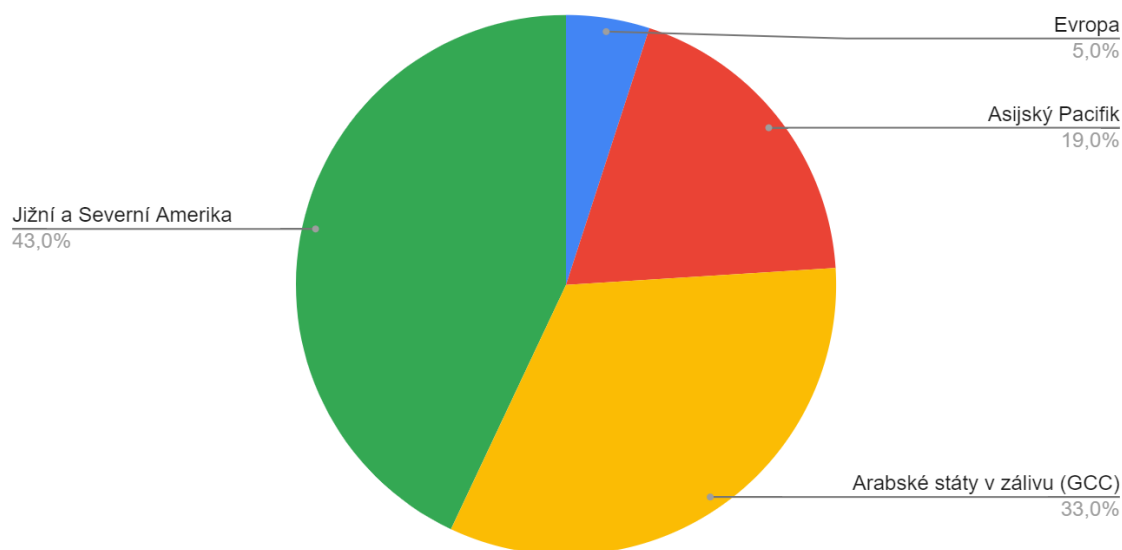
Okres	Výkon [MW]
Yokohama Minato Mirai 21	56
Tokyo–Hikarigaoka Housing Complex	103
Osaka–Kansai Airport	89
Downtown Sapporo	19
Fukuoka–Seaside Momochi	24
Osaka Senri New Town	70

V tabulce (Tab. 3) je souhrn ostatních výrobních stanic v různých oblastech Japonska. Je to jeden z největších systémů dálkového chlazení na světě. [24]

### 3.9 Porovnání výroby chladu v Evropě a ve světě

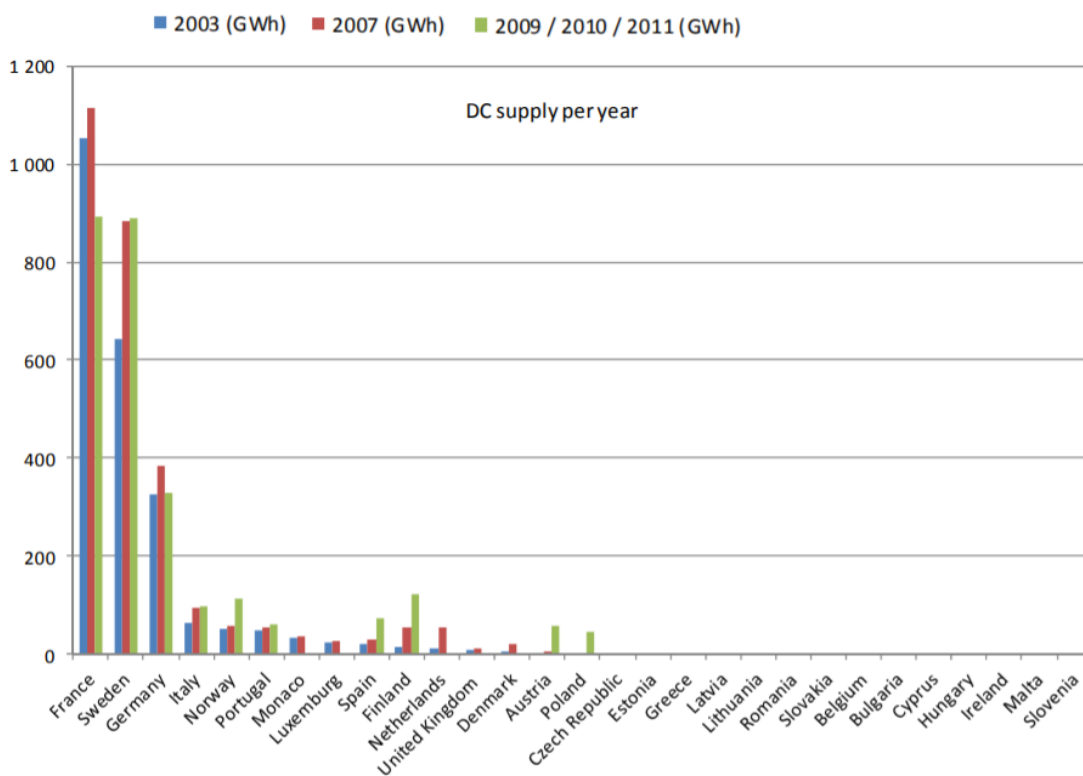
V Evropě se oproti zbytku světa vyrábí chlad centralizovaným způsobem méně. Může to být způsobeno lepšími klimatickými podmínkami, které nejsou takové, aby bylo nutné všechny budovy klimatizovat po celý rok. V součtu se v Evropě vyrábí pouze 5 % celkového vyrobeného chladu na světě, jak je vidět v grafu na obrázku (Obr. 8).

Podíl na celkové produkci chladu pro dálkové chlazení



Obr. 8 - Graf podílu produkce chladu pro dálkové chlazení ve světě [25]

V Evropě se ale také začínají systémy dálkového chlazení rozvíjet, jak je patrné z grafu (Obr. 9). Je to způsobeno tím, že se více dbá na ekologická řešení problémů a také tím, že poptávka po chladu každý rok roste. Údaj 2009/2010/2011 zahrnuje dodávku v různém roce podle dostupných nejnovějších informací o daném státě.



Obr. 9 - Graf podílu produkce chladu pro dálkové chlazení v Evropě [26]

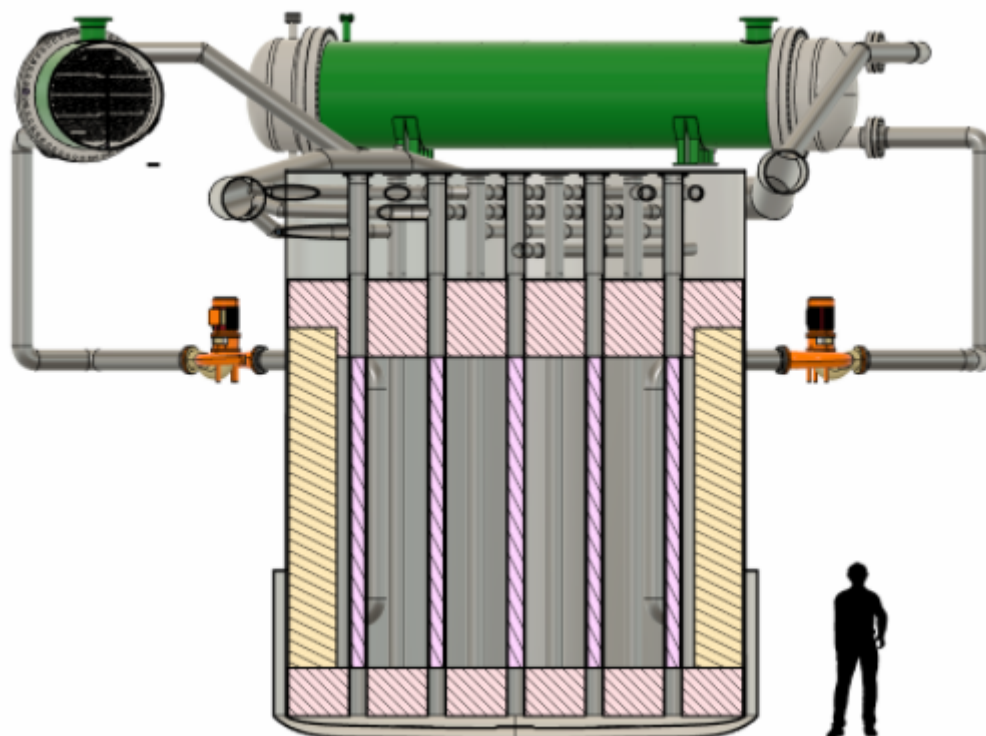
## 4 TEPLATOR

TEPLATOR je zařízení, které dále využívá vyhořelé palivo z jaderných elektráren a dokáže pomocí něj ohřívat vodu. Jedná se tedy o tepelný reaktor. Tento nápad vznikl ve výzkumném ústavu CIIRC ČVUT ve spolupráci s elektrotechnickou fakultou ZČU v Plzni. Hlavní myšlenkou tohoto zařízení je ekologická, ekonomická a trvalá dodávka tepla za dobrou cenu pro spotřebitele.

V dnešní době jsou pro výrobu tepla využívány primárně teplárny, které spalují uhlí, plyn a ropu. Uhlí dochází a je stále omezována jeho spotřeba, protože při spalování uhlí vzniká velké množství látek, které znečišťují ovzduší. Limity znečištění se stále zpřísňují a lze očekávat, že to tak bude i nadále. U současných zařízení je často nutné investovat do prostředků, které pomohou teplárnám dodržet ekologické regule. Tyto investice ale mohou být pro mnoho starších zařízení likvidační. Cena plynu v dnešní době velice rychle roste. Z toho důvodu je nutné vymyslet nové metody, kterými lze vyrábět teplo. Jedna z možností je právě využití jaderného paliva.

TEPLATOR využívá již vyhořelého jaderného paliva, které nelze dále používat pro výrobu elektřiny. Není třeba dalších úprav tohoto paliva. Tyto vyhořelé články jsou z jaderného reaktoru nejprve převezeny do bazénu pro skladování tohoto vyhořelého paliva a poté je uloženo ve skladovacích kontejnerech v meziskladu. Dnes je tedy považováno za odpad, který není dále využíván a TEPLATOR je způsob, jak tento odpad dále využít, což je dobré jak ekonomicky, tak ekologicky, protože bychom jinak zbytek energie v článcích nespotřebovali. Z toho je patrné, že ekonomické náklady na palivo při provozu teplátoru jsou minimální. Cena tepla by se tedy snížila.

Technologie TEPLATORu by tedy mohla nahradit většinu dnešních tepláren, které spotřebovávají fosilní paliva a to nejen v České republice. Jen v Česku je prostor pro zhruba 12 TEPLATORů.



Obr. 10 - Řez TEPLATOREM v porovnání s člověkem [27]

Na obrázku (Obr. 10) si můžeme povšimnout, že TEPLATOR je relativně malé

#### 4.1 Technické parametry TEPLATORu

TEPLATOR nyní pracuje s koncepcí nazvanou DEMO, toto zařízení počítá s výkonem 50 MW tepelné energie. Teplota vody na výstupu DEMO má 98 stupňů celsia. Protože se jedná o jaderný reaktor, tak stejně jako jaderné elektrárny neznečišťuje ovzduší oxidem uhličitým ani jinými látkami, jako jsou například oxidy síry, oxidy dusíku ani těžké kovy či prach. V tom je jeho velká výhoda oproti současným způsobům výroby tepla, které využívají fosilní paliva. Protože využívá již vyhořelá radioaktivní paliva, tak nevytváří nový radioaktivní odpad, pouze s odpadem pracuje.

Ve skladech v České republice a na Slovensku se nyní nachází zhruba čtyřicet tisíc kazet, které by mohl TEPLATOR využít. TEPLATOR DEMO spotřebuje za dva roky 55 těchto kazet. Z toho vyplývá, že je nyní uskladněno tolik paliva, že by jeden TEPLATOR DEMO mohl produkovat teplo po dobu 1454 let. Navíc tyto zásoby vyhořelého paliva každý rok rostou. Pokud by toto palivo došlo, již se na trhu nachází dva

výrobci, kteří jsou schopni dodávat palivo pro TEPLATOR a zařízení používající stejné palivové články. Pokud by k tomu došlo, tak se cena gigajoule tepla zvýší o 40 CZK. [28]

## 4.2 Ekonomické parametry TEPLATORU

Prvotní investice pro výstavbu TEPLATORU je odhadována na 800 milionů až 1 miliardu Kč. To je způsobeno nutností zachovat nejvyšší bezpečnostní standardy. Za přibližně polovinu této sumy se nakoupí těžká voda, která bude používána pro chlazení a moderaci. Je nutné nakoupit šedesát metrů krychlových této kapaliny, což při nákupní ceně 6 000 Kč za kilogram odpovídá 400 000 000 Kč. Není nutné zahrnout do vstupní investice i potřebné finance pro vyřazení zařízení z provozu, protože tato částka bude zaplácena prodejem těžké vody, která se bude moci stále použít u jiných zařízení či jaderných elektráren.

Náklady na provoz jsou odhadovány na 30 000 000 Kč ročně. Tato částka pokryje náklady za dopravu, nákup paliva, platy zaměstnanců a pojištění. Obsluhu zařízení tvoří deset osob, výjimku tvoří odstávka pro výměnu paliva. Všechna jaderná zařízení také musí odvádět částku 30 Kč za každou vyrobenou megawatthodinu tepla. Pokud bude využívat vyhořelé palivo z jaderných elektráren, je nutné pouze zahrnout cenu za dopravu tohoto paliva. Kdyby došlo k využití čerstvého paliva, které je pouze mírně obohaceno, tak odhadovaná cena paliva pro provoz dvou sezón 50 MW zařízení je 80 000 000 Kč.

Náklady na výrobu jednoho gigajoule tepla jsou 124 Kč. Pro porovnání je cena uhlí 94,4 Kč/GJ a průměrné náklady na povolenku stanovené Energetickým regulačním úřadem přesahují 60 Kč/GJ, tedy průměrná cena tepla při spalování uhlí je 155 Kč/GJ bez zahrnutí nákladů na provoz a údržbu. Náklady na povolenku kvůli omezování vypouštění oxidu uhličitého do atmosféry navíc každý rok stoupají. [28]

## 5 Využití TEPLATORu pro výrobu chladu

Pomocí absorpčního cyklu popsaného v odstavci 2.4 je možné vyrábět chlad pomocí tepla. Pomocí zařízení TEPLATOR je tedy možné vyrábět i chlad. Absorpční zařízení mají proměnlivou účinnost. Závisí na okolní teplotě a také na teplotě vody, která je do tohoto cyklu přiváděna pro ochlazení. Takže například v noci má jinou účinnost než ve dne, v létě má nižší účinnost než v zimě a při nízkých venkovních teplotách také. Účinnost také závisí na tom, zda je zařízení plně využíváno. Při polovičním zatížení má nižší účinnost, než kdyby bylo zatíženo na sto procent.

### 5.1 Navržení absorpčního zařízení

Protože je účinnost absorpčního cyklu proměnná, je výhodnější počítat s průměrnou účinností během celého roku. Pro výpočty výkonů u větších absorpčních jednotek lze uvažovat, že každý megawatt tepla vytvoří 0,7 megawattu chladu a potřebujeme padesát kilowatt elektrické energie pro chod čerpadel. Při počítání s maximální účinností bychom se sice dobrali lepšímu teoretickému výsledku, ale byl by mnohem více vzdálený od reality.

Zařízení TEPLATOR má tepelný výkon 50 MW, z toho vyplývá, že pokud bychom všechno toto teplo využili pro výrobu chladu, můžeme průměrně vyrábět 35 MW chladu. Toto zařízení bude nutné napájet 1,25 MW elektrické energie.

Pokud uvažujeme cenu jednoho gigajoule tepla 124 Kč, jak tomu u TEPLATORu je a cena jedné kilowatthodiny elektřiny, by byla 2 Kč, tak by výroba jednoho gigajoule chladu stála 205 Kč. Toto je cena chladu, který se nachází za chladicí jednotkou, není započítána cena za rozvod chladu po městě. V současné době se cena chladu v ČR pro odběratele pohybuje okolo 800 Kč za GJ. [29]

Vzhledem k vysoké počáteční investici je nutné, aby byl výkon TEPLATORu využit na maximum. Proto by se tento způsob výroby chladu osvědčil jen ve městech, kde je nepokrytá poptávka po průměrných 35 MW chladu během dne po celý rok. Ze zpracování dat o městech v Evropě je patrné, že poptávka po chladu stoupá, ale ne tak rapidně, aby

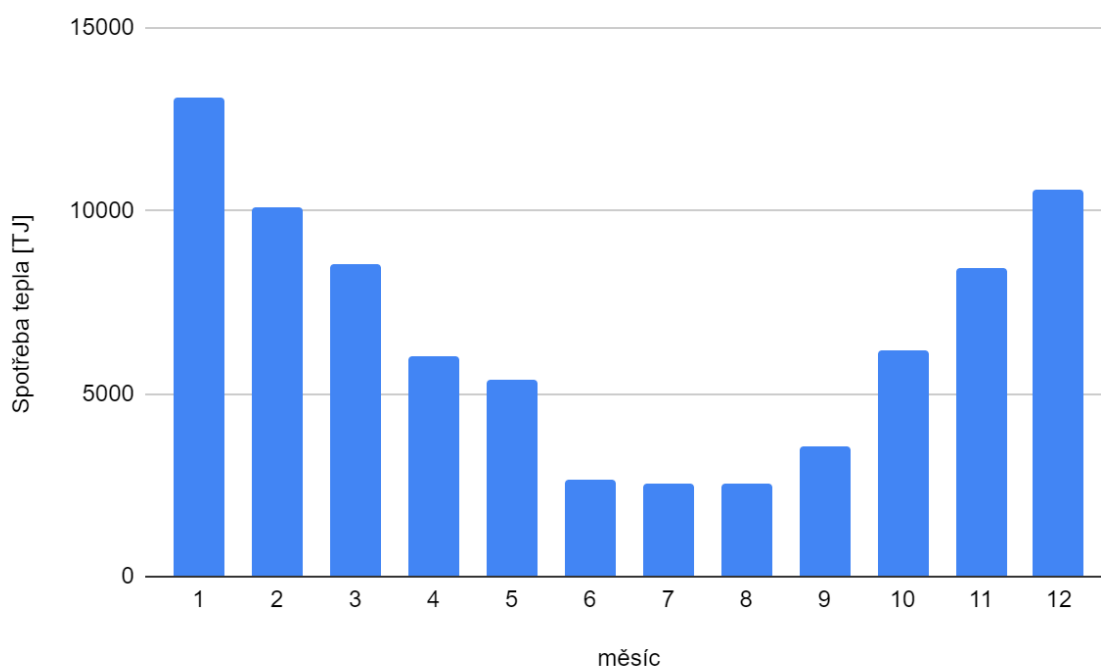


bylo možné využít plný potenciál tohoto zařízení. Navíc poptávka po chladu je v zimě mnohem nižší, než v létě. Tento způsob by bylo možné využít v lokalitách blízkých rovníku, kde je poptávka po chladu vysoká během celého roku.

Proto bude lepší využít TEPLATOR pro výrobu chladu i tepla současně, podle klimatických podmínek dané lokace.

## 5.2 Spotřeba tepla v České republice

Pro odhad, zda je možné využít TEPLATOR pro současnou výrobu tepla i chladu v ČR je nutné zpracovat údaje o spotřebě tepla během celého roku. Z poměru výroby tepla v chladných měsících a v teplých měsících poté můžeme určit, zda je tento provoz v dané lokalitě možný.



Obr. 11 - Graf spotřeby tepla v České republice v roce 2019 [30]

Na obrázku (Obr. 11) je patrné, že v letních měsících je spotřeba tepla nižší, než v zimních, tak jak očekáváme. Nejvyšší spotřeba tepla byla v roce 2019 v lednu, která činila 13 085,9 TJ tepla a nejnižší v srpnu 2 535,6 TJ tepla. V poměru se tedy vyrobilo zhruba pětkrát více tepla v nejchladnějším měsíci, než v nejteplejším.

### 5.3 Výroba tepla a chladu současně

Aby mohl TEPLATOR pracovat na plný výkon, je možné jej během zimních měsíců primárně použít na výrobu tepla a během zimních měsíců na výrobu chladu.

Můžeme očekávat, že některé budovy, například chladírny, odebírají chlad i v zimě, proto je lepší počítat s průměrným výkonem v zimních měsících 40 MW tepelného výkonu, který bude distribuován a 10 MW tepelného výkonu, který bude napájet absorpční jednotky a tím vytvářet 7 MW výkonu chladu.

V letních měsících by poté TEPLATOR vytvářel průměrně pětinu tepelného výkonu, tedy 10 MW tepla a zbytek, 40 MW tepla by napájelo absorpční jednotky, které by měly chladicí výkon 28 MW.

Vzhledem k tomu, že spotřeba tepla klesá postupně a absorpční jednotky mají nižší účinnost, pokud nejsou plně zatížené, je nutné použít více absorpčních jednotek, které by se průběžně během roku uváděly do provozu, než použít pouze jednu, která by měla chladicí výkon 28 MW, ale například na podzim a na jaře by měla nízkou účinnost.

Nejnižší chladicí výkon během roku je tedy 7 MW, což znamená, že jedna z absorpčních jednotek by měla tento výkon. Čím je jednotka větší, tím má lepší účinnost, což je využitelné převážně v teplých měsících, proto se použije druhá jednotka s chladicím výkonem 15 MW, která bude produkovat chlad převážně v létě. Pro zbylých 6 MW je možné použít jednu jednotku o výkonu 6 MW, která bude regulována během teplejších měsíců.

Podle grafu by tedy v roce 2019 v 6. až 8. měsíci pracovaly všechny jednotky současně a v lednu by pracovala pouze jednotka 7 MW, podle současné poptávky po chladu.

Cena absorpčních jednotek tohoto typu, tedy pro vstupní teplotu vody 98 °C je průměrně 2 300 dolarů na každou TR, v přepočtu tedy 13 783 Kč na kilowatt. Pro výkon 35 MW chladu je tedy nutné investovat do zařízení průměrně 482 milionů Kč. Toto je

pouze orientační hodnota, zařízení je nutné vyrobit na zakázku a záleží na konkrétních podmínkách oblasti, ve kterých bude použito. Také je potřeba počítat s náklady na výstavbu potrubí, které jsou závislé na vzdálenosti mezi místem výroby a spotřeby. [31]

## 6 Lokace pro využití TEPLATORu pro výrobu chladu

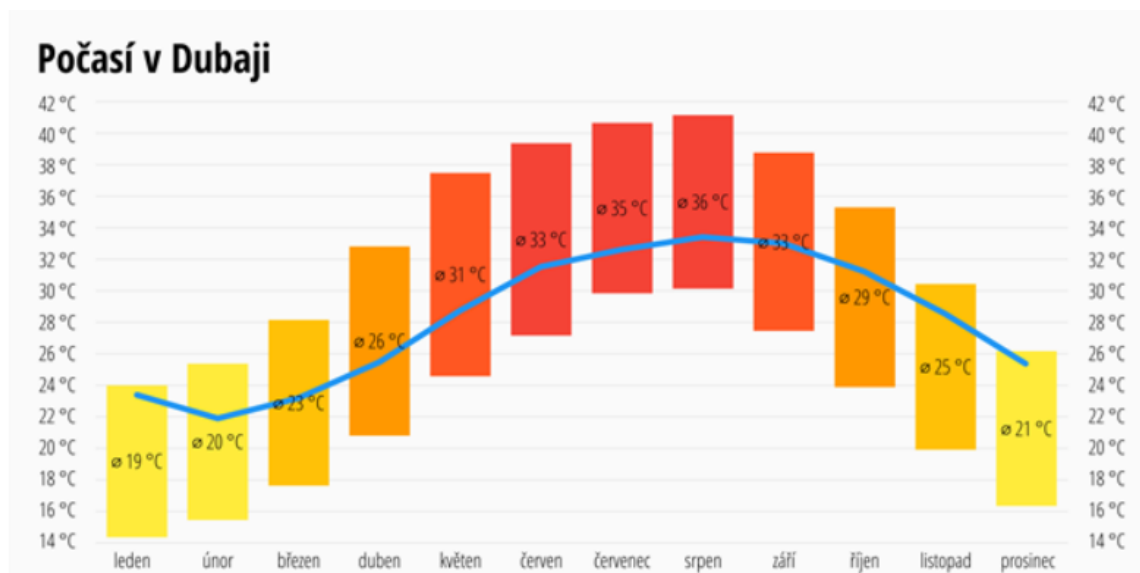
Zařízení TEPLATOR pro výrobu chladu je tedy možné použít v lokalitách, kde je celoroční poptávka po 35 MW výkonu chladu, nebo v místech, kde je přes zimu poptávka po chladu nižší, ale v létě vysoká.

### 6.1 Využití pouze pro výrobu chladu

Využívat TEPLATOR pouze pro výrobu chladu je možné, ale aby byl využit na sto procent, musíme jej používat v lokalitách, kde je teplota během celého roku vysoká a poptávka po chladu v zimních měsících neklesá. Také je nutné najít vyspělou oblast, kde je použití klimatizace běžné a nachází se v ní investor, který dokáže zaplatit vysokou počáteční investici.

Vzhledem k použití pouze jedné absorpční jednotky je nutné vybudovat novou infrastrukturu pro rozvod chladu, což je finančně náročné.

Ideálním místem, kde by se tato technologie dala použít je Dubaj.



Obr. 12 - Graf průměrné teploty v Dubaji v roce 2017 [32]

Na obrázku (Obr. 12) je graf průměrné teploty v Dubaji. Na první pohled je patrné, že teploty jsou během dne vysoké i v chladných měsících, což je mnohonásobně více poznat uvnitř budov, které musí být klimatizované během celého roku. Noční teploty sice nejsou

tak vysoké, ale v noci je možné chlad uskladňovat v nádržích a poté během dne distribuovat.

Dubaj je navíc známá tím, že je to jedno z nejbohatších měst na světě, takže by počáteční investice nebyla takový problém. Také se nachází u moře, takže je možné vodu předchladit, než ji ochladí absorpční cyklus.

Jak je popsáno v odstavci 3.7, v Dubaji je již systém dálkového chlazení hojně využíván. Navíc některé výrobní mají chladicí výkony 35 MW. Například pro provoz metra by bylo chlazení TEPLATOREm ideální, protože zde je odběr chladu relativně stabilní.

Další možností využití TEPLATORu pouze pro výrobu chladu s maximální účinností je v lokalitách, kde se nachází velké množství mrakodrapů s kancelářskými prostory, či hotely. Tyto prostory se musí klimatizovat i když venku nejsou vysoké teploty, protože dobře vstřebávají sluneční energii a také se nachází v zastavěných oblastech, kde už je teplota sama o sobě vyšší. Ideální místa pro toto využití jsou hlavní města vyspělých států, které se nachází blíže k rovníku. Pokud by nebylo možné z bezpečnostních důvodů TEPLATOR v místě spotřeby postavit, dá se využít alternativa, kdy je TEPLATOR mimo město a chladná voda je transportována pomocí potrubí. To je ale ekonomicky dražší varianta.

Využívat TEPLATOR pouze pro výrobu chladu je také možné v průmyslových oblastech, kde je nutné chladit zařízení, či objekty ve skladech po celý rok jak v létě, tak v zimě, nebo například u velkých mrazíren. To by bylo možné použít po celém světě včetně chladnějších oblastí. Jediná podmínka by byla, aby se těchto průmyslových odběratelů nacházelo na jednom místě co nejvíce, čímž by se ušetřily náklady za výstavbu delšího potrubí.

## **6.2 Využití pro současnou výrobu chladu a tepla**

V případě druhé varianty TEPLATORu pro zásobování teplem a chladem je potenciál podstatně větší. Největší rozdíl je v počátečních nákladech, které by byly větší z toho

důvodu, že by bylo nutné koupit více absorpčních jednotek a také vystavit dvě potrubí, jedno pro výrobu chladu a jedno pro výrobu tepla.

Podobný koncept se dá využít po celém světě, kde bude naplněna jeho kombinovaná poptávka po chladu a teple. Například pokud se budeme nacházet v teplejší oblasti, většinu roku bude TEPLATOR využíván pro výrobu chladu pro klimatizování prostor a například dva měsíce v roce se bude využívat pro výrobu tepla.

V chladnějších oblastech, jako je například Česká republika, by se v zimě využíval TEPLATOR primárně na výrobu chladu a během roku by se výkon přeléval na výrobu tepla.

Protože je TEPLATOR jaderné zařízení, ve většině případů se bude nacházet mimo města a proto je ekonomicky náročné vybudovat dvojitou síť potrubí. Je nutné položit jednu trubku pro vedení teplé vody z TEPLATORu, která svoji energii odevzdá v obydlených oblastech a poté se vrací druhou trubkou když už je chladnější. Stejným způsobem se musí vybudovat i chladné potrubí, ale v tomto případě chladná voda proudí od TEPLATORu k městu.

Z toho důvodu je možné výrobek chladu postavit ve městě a přivádět do něj teplou vodu. Tím se sníží náklady na vystavení dlouhého potrubí pro přenos chladu, které poté bude vystaveno pouze od absorpčních jednotek nacházejících se ve městě k odběrateli.

Místo výstavby absorpčních jednotek je velice důležité, protože zejména v zimních měsících je výhodné čerpat již chladnou vodu z řeky, moře či jezera a tím zvýšit účinnost absorpčních cyklů, které poté vytváří větší množství chladu.

V severní a střední Evropě je tedy TEPLATOR se současnou produkcí chladu a tepla výhodný v hlavních, či větších městech, nebo v průmyslových oblastech. V jižní části Evropy by bylo možné tuto variantu využít také ve městech s vysokým počtem obyvatel, ale je nutné vybudovat novou distribuční síť výhradně pro chlad.

## Závěr

V kapitole 2 byly popsány fyzikální způsoby výroby chladu. Je zde pojednáno o kompresorovém, absorpčním a ejektorovém chladicím zařízení.

Z používaných systémů pro distribuci chladu v kapitole 3 je patrné, že je tímto způsobem možné chlad rozvádět po větších městech a je to jak ekologicky, tak ekonomicky příznivá varianta.

Ze vstupních parametrů technologie TEPLATOR sepsaných v kapitole 4 jsem zjistil, že nejlepší možný způsob výroby chladu je absorpční cyklus, výkon tohoto zařízení a výslednou cenu chladu na výstupu cyklu jsem spočítal v kapitole 5.

Vzhledem k vysoké prvotní investici je patrné, že TEPLATOR je sice možné pro výrobu chladu použít, ale existují jiné možnosti, jakým způsobem lze chlad vyrábět, které mohou být levnější, ale jsou primárně založené na využití elektrické energie, a tedy mohou představovat výraznější ekologickou zátěž nepřímou produkcí oxidu uhličitého v závislosti na energetickém mixu dané lokality. Proto jsem v kapitole 5 dále rozvedl možnost využití zařízení TEPLATOR nejen pro výrobu chladu, ale pro současnou výrobu chladu i tepla podle poptávky. Tato možnost by byla výhodná z toho důvodu, že by se mohl TEPLATOR využívat i v místech, kde není potřeba takového tepelného výkonu.

V kapitole 6 jsem sepsal možná místa, kde by se dal TEPLATOR pro výrobu chladu využít. TEPLATOR vyrábějící pouze chlad je možné použít v celoročně teplých oblastech s vysokou poptávkou po chladu a TEPLATOR vyrábějící současně chlad a teplo v oblastech chladnějších, kde je poptávka po chladu vysoká pouze v letních měsících a přes zimu je vysoká poptávka po teple.

Všechny kalkulace byly provedeny pouze pro TEPLATOR DEMO, což je pouze demonstrační jednotka, proto jsou počáteční náklady vysoké a tudíž i předpokládaná cena za vyrobený GJ tepla. Reálné jednotky s výkony 100 MW a 150 MW budou mít náklady na GJ tepla nižší a tím se sníží i cena chladu, navíc bude v tomto případě možné použít absorpční jednotky s vyšší účinností.

Projekt TEPLATOR je v současné době ve fázi koncepčního designu a jeho uvedení do provozu není záležitostí nejbližších let. Vzhledem k odklonu od spalování fosilních paliv je nutné hledat alternativy pro všechny oblasti výroby energie - elektřina, teplo, chlad. Poptávka po energii chladu neustále stoupá a tento trend bude s největší pravděpodobností pokračovat, a vzhledem k tomu, že absorpční jednotky jsou ekologickým zdrojem chladu, tak je čistá tepelná energie z jádra slibnou alternativou fosilním palivům.



## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Joe Marchese*, 2014. Ice Breaker: What Is a Ton of Refrigeration? [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.achrnews.com/articles/127264-ice-breaker-what-is-a-ton-of-refrigeration>
- [2] *Adrian Parajňák*, 2015. Chlazení průmyslových kapalin [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.energoekonom.cz/magazin-chlazení-prumyslovych-kapalin-detail-1532>
- [3] *LBG Moravia s.r.o.*, 2021. Absorpční chlazení [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.lbgmoravia.cz/technologie/premena-odpadniho-tepla-na-elektrinu-nebo-chlad/absorpčni-chlazení-p50/>
- [4] *TESISAT*, 2018. Ejector Cooling Systems [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.tesisat.org/en/ejector-cooling-systems.html>
- [5] *CIATIK TRADE s.r.o.*, 2012. Co je to vlastně Free cooling? [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8799-co-je-to-vlastne-free-cooling>
- [6] *Energeticky úsporné bydlení*, 2020. Moderní klimatizace a ekologie: Chraňte životní prostředí šetrným přístupem [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.enuby.cz/vyrobky-a-technologie/moderni-klimatizace-a-ekologie-chraňte-zivotni-prostredi-setrny-m-pristupem.html>
- [7] *Francisco Salamanca*, 2014. Excess heat from air conditioners causes higher nighttime temperatures [online]. [Cit. 9.5.2021]. Dostupné z: <https://news.asu.edu/content/excess-heat-air-conditioners-causes-higher-nighttime-temperatures>
- [8] *Jan Stuchlík*, 2015. Navzdory horku se chlad moc neprodává [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/navzdory-horku-se-chlad-moc-neprodava-1218308>
- [9] *ČTK*, 2018. V tropických dnech pomůže chlad z teplárny. V Českých Budějovicích ho využívá hlavně univerzita, firmy a úřady se to teprve učí [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-66210310-v-tropicky-ch-dnech-pomuze-chlad-z-teplarny-v-ceskych-budejovicich-ho-vyuziva-hlavne-univerzita-firmy-a-urady-se-to-teprve-uci>
- [10] *Plzeňská teplárenská*, 2019. Výroční zpráva 2019 [online]. [Cit. 19.3.2021]. Dostupné z: <https://www.pltep.cz/vyrocní-zprava-2019/>
- [11] *Veolia Energie ČR*, 2019. Naše společnost [online]. [Cit. 20.4.2021]. Dostupné z: <https://www.vecr.cz/o-nas/o-spolecnosti>
- [12] *Finnish Energy*, 2020. About us [online]. [Cit. 20.4.2020]. Dostupné z: [https://energia.fi/en/about\\_us](https://energia.fi/en/about_us)
- [13] *Marko Riipinen*, 2014. DISTRICT COOLING IN FINLAND [online]. [Cit. 20.4.2021]. Dostupné z: <http://basrec.net/wp-content/uploads/2014/05/District%20Cooling%20in%20Finland.pdf>

- [14] *Finnish Energy*, 2020. District cooling statistics [online]. [Cit. 20.4.2021].  
Dostupné z: [https://energia.fi/en/newsroom/publications/district\\_cooling\\_statistics.html#material-view](https://energia.fi/en/newsroom/publications/district_cooling_statistics.html#material-view)
- [15] *CLIMESPACE*, 2020. CLIMESPACE, the european leader of District Cooling and cold distribution [online]. [Cit. 20.4.2021]. Dostupné z: <https://www.climespace.fr/en/climespace-the-european-leader-of-District-Cooling-and-cold-distribution>
- [16] *WIEN ENERGIE*, 2021. We cool Vienna down in an environmentally-friendly way when temperatures soar [online]. [Cit. 27.4.2021]. Dostupné z: <https://positionen.wienenergie.at/en/articles/district-cooling/>
- [17] *Jozef Gáfrik*, 2017. Vídeň již deset let produkuje nejen komunální teplo, ale také chlad [online]. [Cit. 27.4.2021]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/viden-jiz-deset-let-produkuje-nejen-komunalni-teplo-ale-take-chlad-20170809.html>
- [18] *Topin Media, s. r. o.*, 2019. Vídeň: dálkové chlazení i pro domácnosti [online]. [Cit. 27.4.2021]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/viden-dalkove-chlazen-i-pro-domacnosti-detail-7063>
- [19] *Acciona*, 2021. DEEP LAKE WATER COOLING SYSTEM [online]. [Cit. 27.4.2021]. Dostupné z: <https://www.acciona.ca/projects/construction/port-and-hydraulic-works/deep-lake-water-cooling-system/>
- [20] *David Darling*, 2016. Deep lake water cooling [online]. [Cit. 4.5.2021]. Dostupné z: [https://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE\\_deep\\_lake\\_water\\_cooling.html](https://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE_deep_lake_water_cooling.html)
- [21] *Pruned*, 2007. Deep Lake Water Cooling System [online]. [Cit. 4.5.2021].  
Dostupné z: <https://pruned.blogspot.com/2007/05/deep-lake-water-cooling-system.html>
- [22] *Construction Week*, 2009. District cooling world first for Dubai Metro [online]. [Cit. 4.5.2021]. Dostupné z: <https://www.constructionweekonline.com/article-6342-district-cooling-world-first-for-dubai-metro/>
- [23] *Tabreed*, 2021. THE REGION'S COOLING PARTNER OF CHOICE [online]. [Cit. 4.5.2021]. Dostupné z: <https://www.tabreed.ae/>
- [24] *ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2017. District cooling in the People's Republic of China [online]. [Cit. 4.5.2021]. Dostupné z: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/222626/district-cooling-prc.pdf>
- [25] *Marafeq Qatar*, 2015. District cooling GCC and Qatar [online]. [Cit. 5.5.2021].  
Dostupné z: [http://www.ehpcongress.org/archive-2015/wp-content/uploads/2015/04/62\\_Eric\\_LI\\_NDSTR%C3%96M.pdf](http://www.ehpcongress.org/archive-2015/wp-content/uploads/2015/04/62_Eric_LI_NDSTR%C3%96M.pdf)
- [26] *Rescue*, 2011. Renewable Smart Cooling for Urban Europe [online]. [Cit. 5.5.2021]. Dostupné z: [http://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/04/RESCUE\\_EU\\_Cooling\\_Market.pdf](http://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/04/RESCUE_EU_Cooling_Market.pdf)
- [27] *TEPLATOR*, 2020. TEPLATOR: Nuclear district heating solution [online]. [Cit. 5.5.2021]. Dostupné z: <https://www.teplator.cz/>

- [28] *David Mašata, Radek Škoda*, 2021. TEPLATOR: ekologické a ekonomické zhodnocení jaderného bezemisního zdroje tepla [online]. [Cit. 5.5.2021]. Dostupné z:  
<https://allforpower.cz/jaderna-energetika/teplator-ekologicke-a-ekonomicke-zhodnoceni-jaderneho-bezemisniho-zdroje-tepla-364>
- [29] *Energetický regulační úřad*, 2019. Roční zpráva o cenách tepla ČR 2019 [online]. [Cit. 17.5.2021]. Dostupné z:  
[https://www.eru.cz/documents/10540/462926/Vysledne\\_ceny\\_tepla\\_2019.pdf/8fdb3749-ecc6-4c39-a148-3b8534e90811](https://www.eru.cz/documents/10540/462926/Vysledne_ceny_tepla_2019.pdf/8fdb3749-ecc6-4c39-a148-3b8534e90811)
- [30] *Energetický regulační úřad*, 2019. Roční zpráva o provozu teplárenských soustav ČR 2019 [online]. [Cit. 5.5.2021]. Dostupné z:  
[http://www.eru.cz/documents/10540/5391332/Rocni\\_zprava\\_provoz\\_TS\\_2019.pdf/a4d8e72d-4f7b-4d02-b464-201bf1648479](http://www.eru.cz/documents/10540/5391332/Rocni_zprava_provoz_TS_2019.pdf/a4d8e72d-4f7b-4d02-b464-201bf1648479)
- [31] *U.S. Department of Energy*, 2017. Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series [online]. [Cit. 9.5.2021]. Dostupné z:  
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/06/f35/CHP-Absorption%20Chiller-compliant.pdf>
- [32] *Petr Novák*, 2017. Počasí v Dubaji [online]. [Cit. 5.5.2021]. Dostupné z:  
<https://idubaj.cz/pocasi-v-dubaji>