

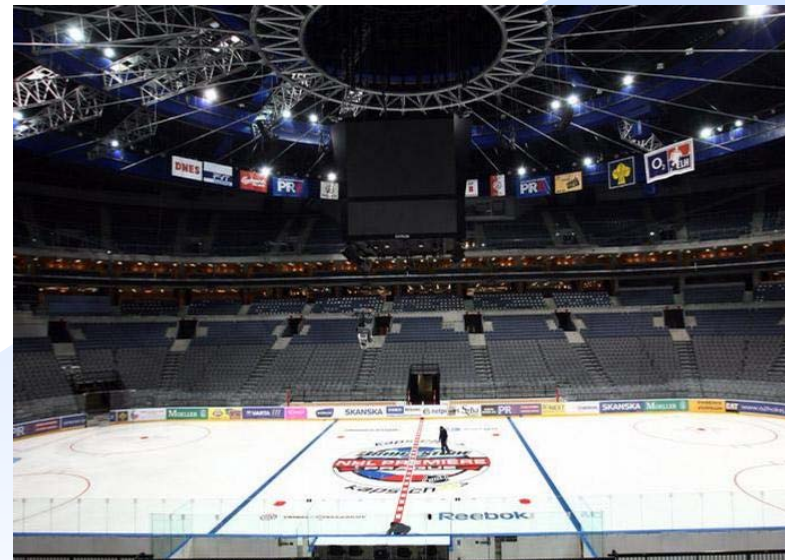
Chladicí oběhy, trigenerace, dálkové chlazení, tepelná čerpadla

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
pospisil.j@fme.vutbr.cz

ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR ENERGETICKÉHO INŽENÝRSTVÍ

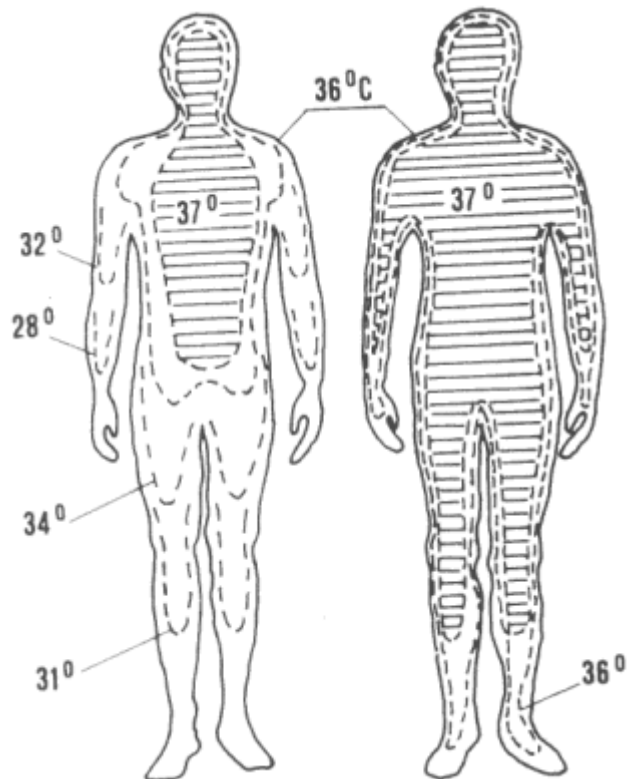
Potřeba chlazení

- Technologie ledové plochy
- Skladování potraviny
- Pohoda prostředí ... klimatizace

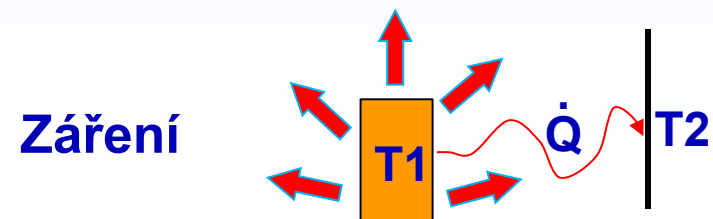
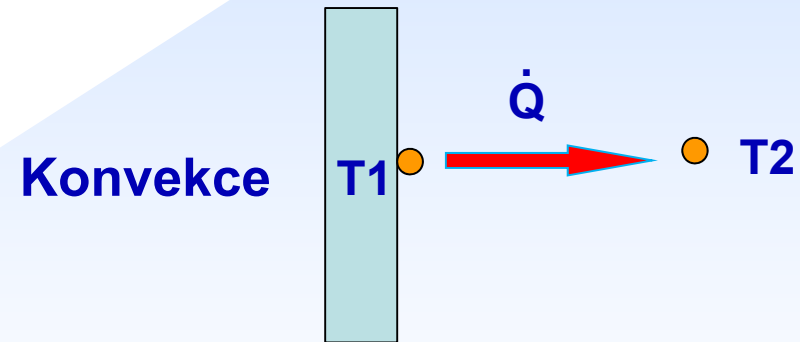
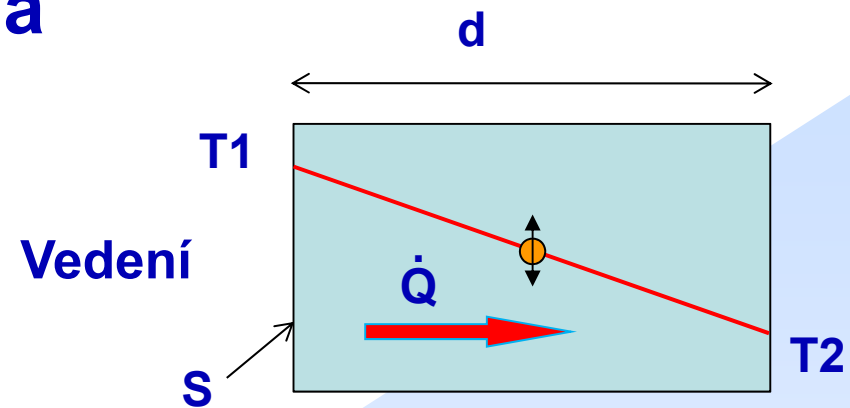


Přenos tepla lidského těla

Povrchová teplota v chladném
a teplém prostředí



Zdroj: Olga a Aleš Rubínovi, www.tzb-info.cz



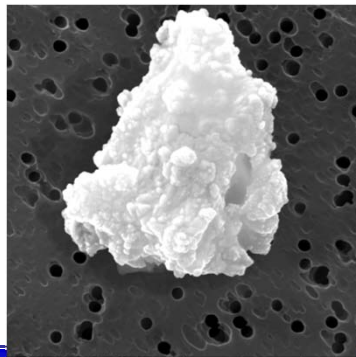
Prašnost

- Pozornost zaměřena na jemný prach = suspendované částice
často toxické a karcinogenní, obsahují významné množství těžkých kovů,
nejmenší částice pronikají do spodních partií
plic, prokázáno výrazné snížení délky života

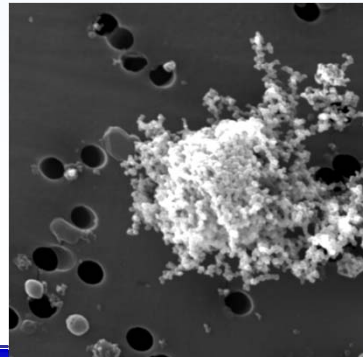
- Vyhlášeny imisní limity suspendovaných
částic směrnice 1999/30/EC ($10\text{ }\mu\text{m}$)

- Významné překračování stanoveného limitu
ve většině měst – nejvýznamnějším
zdrojem silniční doprava

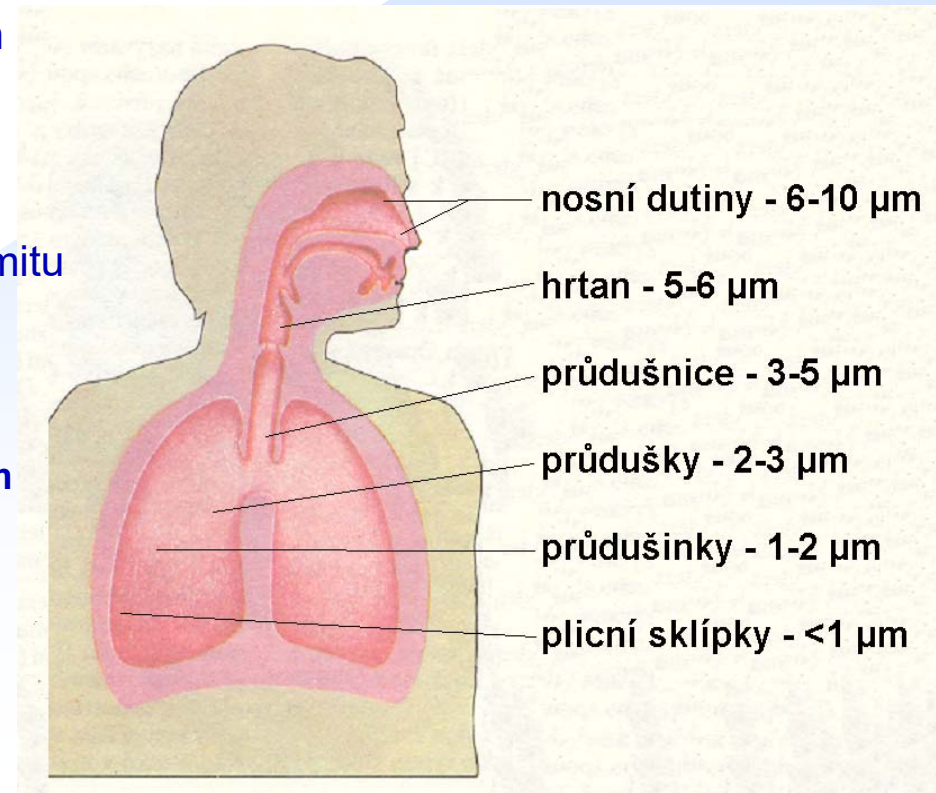
geologický materiál $5\text{ }\mu\text{m}$ spalovací částice $2\text{ }\mu\text{m}$



SEM MAG: 10.00 kx
HV: 30.00 kV
VAC: HVAc
DET: SE Detector
DATE: 12/07/06
Device: VG2730562CZ
Vega ©Tescan
Centrum dopravního výzkumu



SEM MAG: 30.00 kx
HV: 30.00 kV
VAC: HVAc
DET: SE Detector
DATE: 12/07/06
Device: VG2730562CZ
Vega ©Tescan
Centrum dopravního výzkumu



Potřebný výkon produkce chladu

- **Oslunění** nejlepší je stínit
- Technologie
- Elektrické spotřebiče
 - lednička 1,1 kWh/den
 - PC ... 300 W
- Tepelný výkon osob

Činnost	W
Spaní	70
Odpočívání, ležení na posteli	80
Sezení, odpočívání	100
Stání, práce v sedě	120
Velmi lehká práce (učitel, nakupování, vaření)	160
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200
Středně těžká práce (tanec)	300
Těžká práce (tenis)	600
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700

Zdroj: Ing. Lada CENTNEROVÁ , www.tzb-info.cz



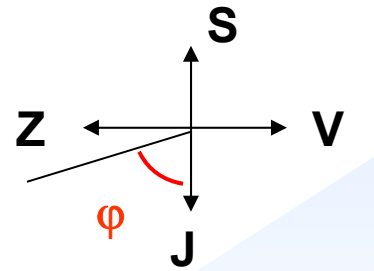
Zdroj: www.constructionweekonline.com

Solární tepelný tok

Tepelný tok zachycený na povrchu je ovlivněn:

- Znečištěním atmosféry součinitel znečištění
- Nadmořskou výškou sloupec atmosféry

• Azimutem



• Sklonem

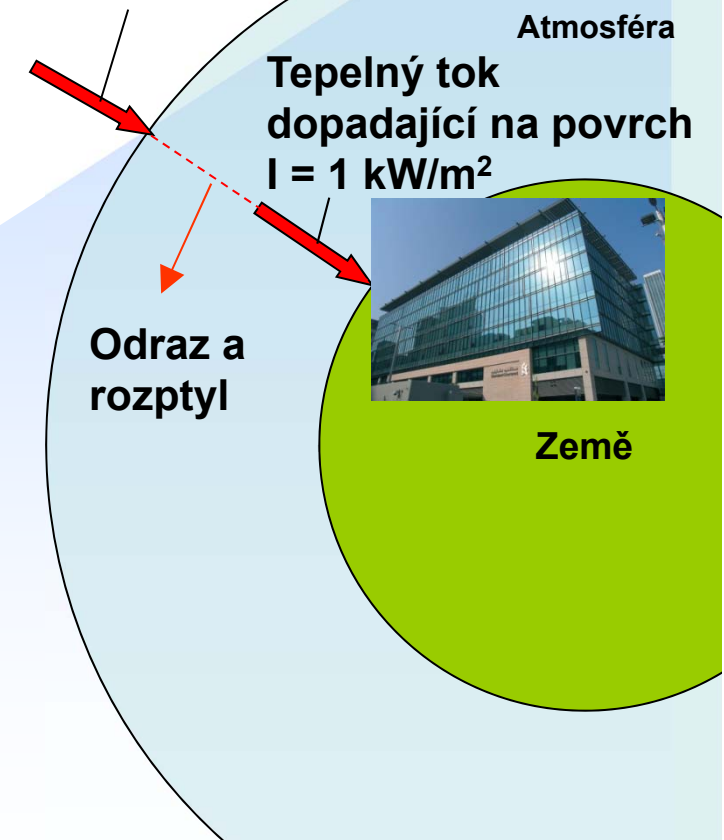
• Poměrnou dobou slunečního svitu

$$\tau = \frac{\tau_{SKUT.}}{\tau_{TEOR.}}$$

Přímé záření I_p

Difúzní záření I_D .. max 20% I_p

Sluneční konstanta
 $I_0 = 1,36 \text{ kW/m}^2$



Tepelná pohoda

- Zima $T > 23^{\circ}\text{C}$... únavový symptom, klesá vlhkost
 $T < 21^{\circ}\text{C}$... klesá citlivost prstů a výkonnost
- Léto $T > 25^{\circ}\text{C}$... klesá produktivita, roste pravděpodobnost infarktu
- Prokázáno zvýšení produktivity práce zlepšením klimatu o 6 %
- Projevy špatného klimatu: bolesti hlavy, vyčerpání, kašel, záněty očí



<http://www.pasivnidomy.cz>

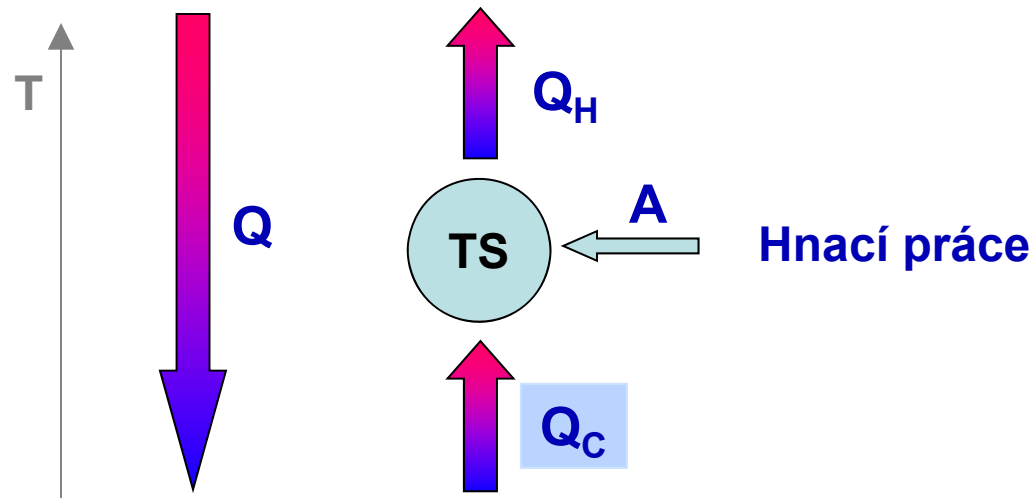


2 TEORIE VÝROBY CHLADU

Druhý zákon termodynamiky

Teplo v přírodě samovolně přechází z místa o vyšší teplotě do místa o teplotě nižší.

V důsledku tohoto chování obsahuje naše okolí velké množství tepla vázaného při nízké teplotě, která znemožňuje jeho přímé využití.

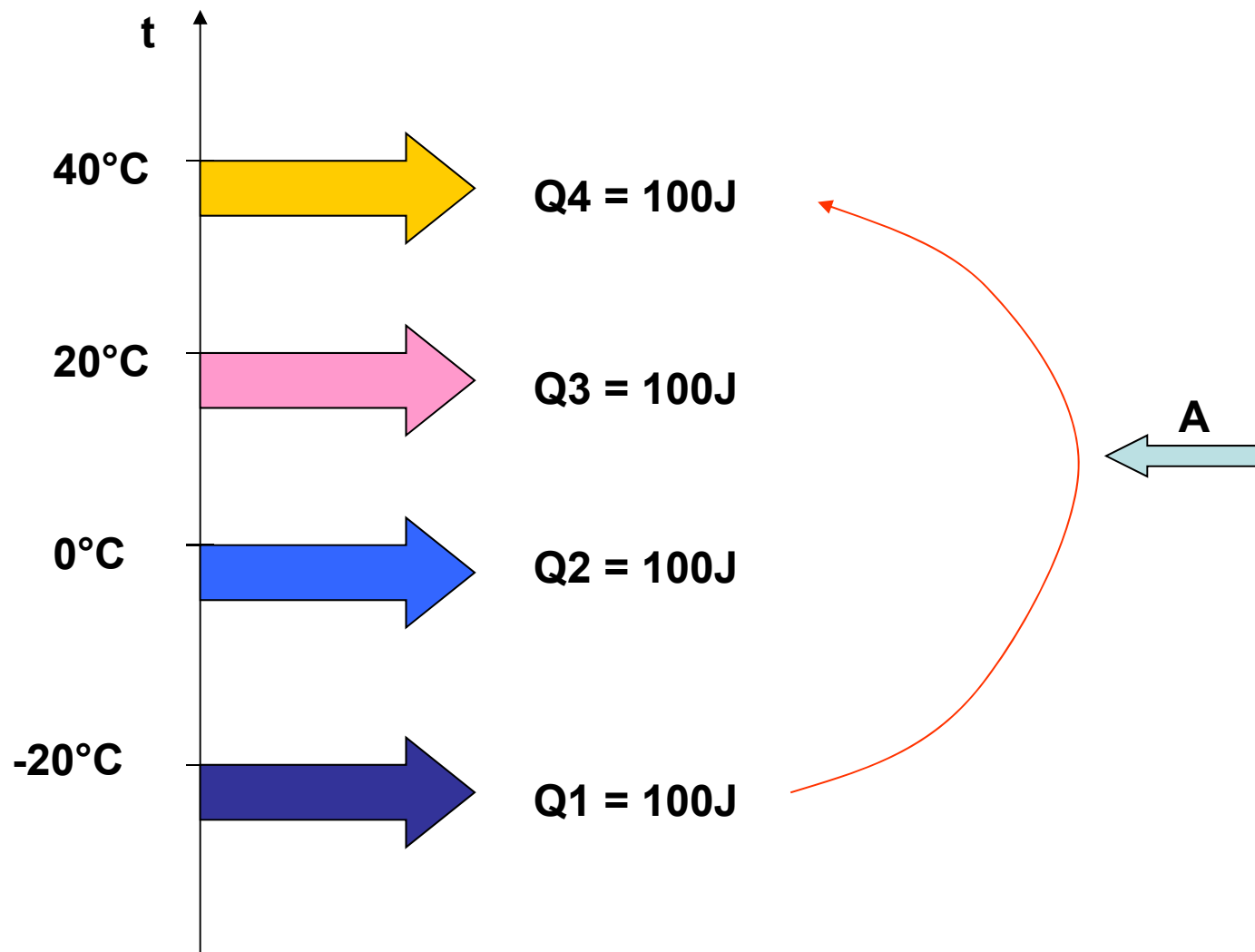


Samovolný
tepelný tok

Chladicí zařízení,
Tepelné čerpadlo

Chladicí oběhy umožňují teplo okolnímu prostředí odnímat, a převádět ho na vyšší teplotní úroveň.

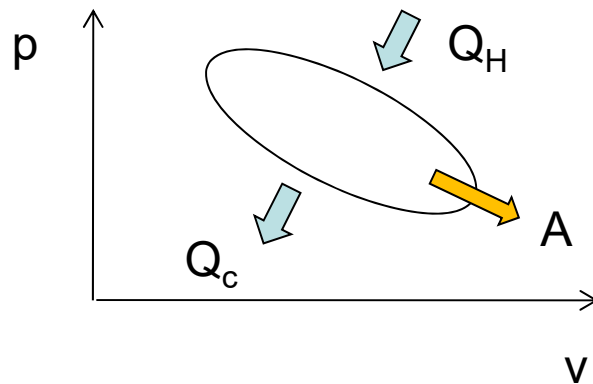
Tepelná energie nesouvisí s teplotou



- Pracujeme s pojmem teplo, termodynamický popis nezná pojem „zima“.

Tepelné cykly

Tepelný cyklus – souhrn dějů probíhajících v soustavě, při kterých je soustavě dodáváno teplo a ze soustavy odebírána práce.

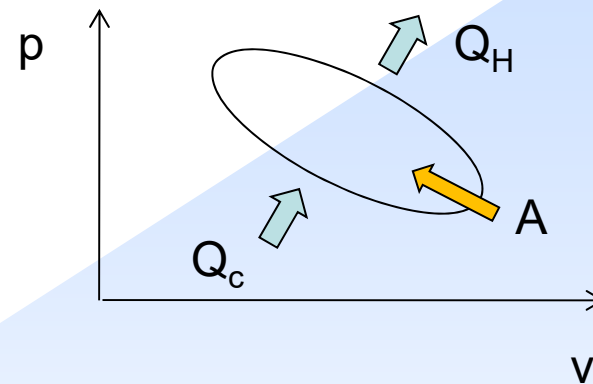


- Práce cyklu $A = Q_H - Q_C$

- Tepelná účinnost oběhu

$$\eta_T = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H}$$

Chladicí cykly



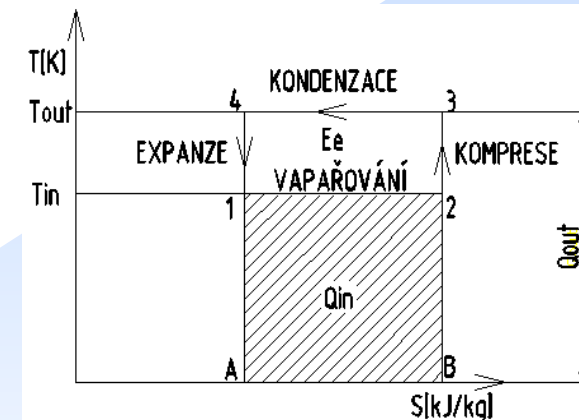
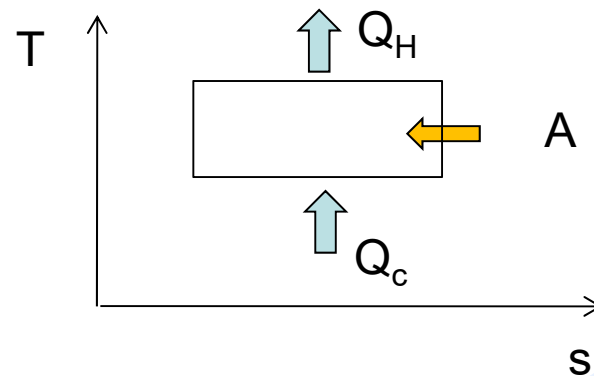
- Chladicí cyklus $A = Q_H - Q_C$

- Chladicí faktor

$$COP_C = \frac{Q_C}{A} = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C}$$

Carnotův cyklus

Carnotův cyklus je neoptimálnější tepelný cyklus. Účinnost Carnotova cyklu používáme pro porovnání kvality reálných cyklů.



Chladicí faktor

Carnotova účinnost = nejvyšší dosažitelná

$$COP_C = \frac{Q_C}{A} = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C} \approx \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{T_C}{T_H} - 1$$

Princip chladicích zařízení

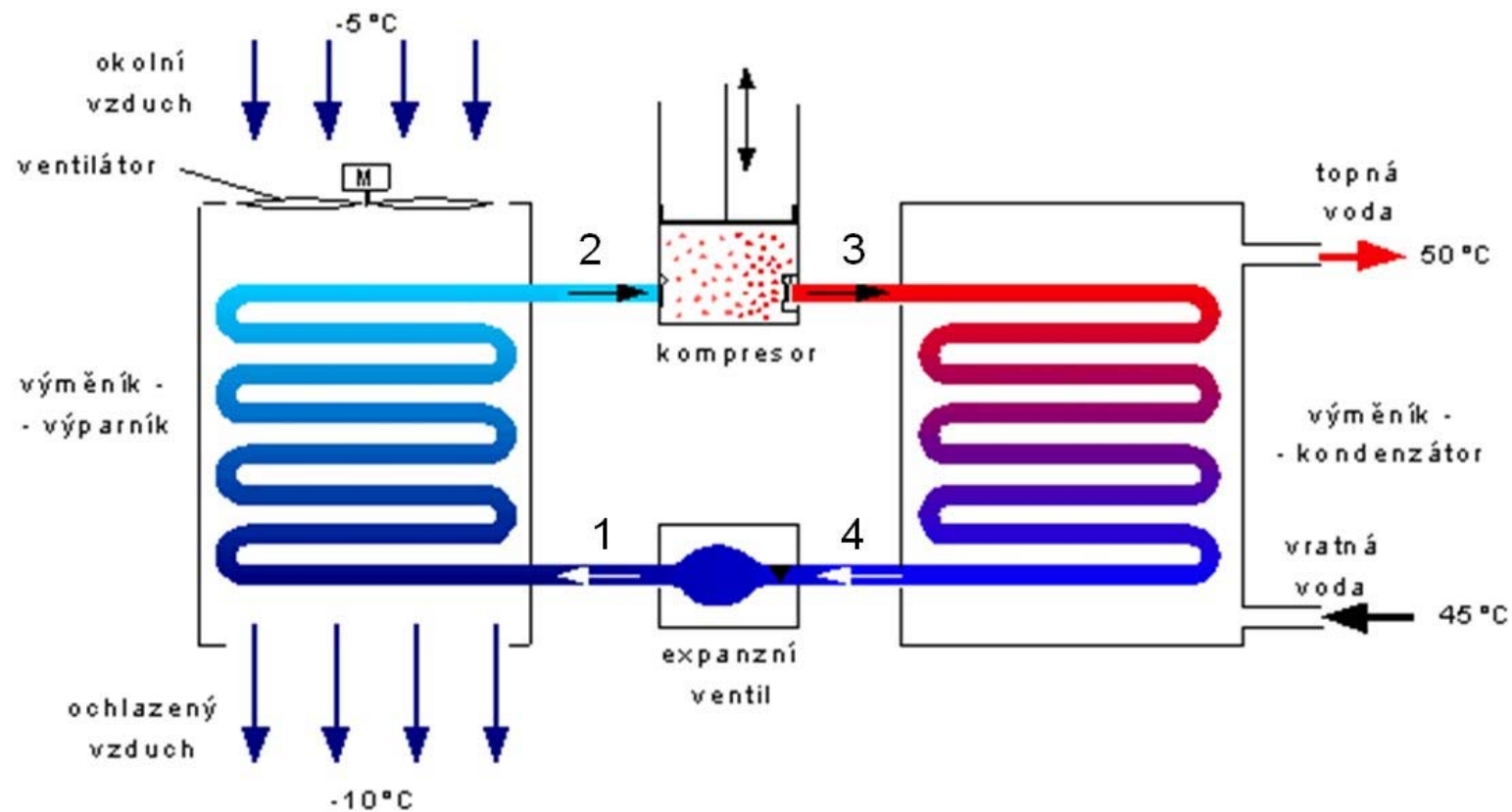
- Přenos tepelné energie z nižší teploty na teplotu vyšší je obecně možno realizovat různými způsoby.
- Pro praktické použití jsou vhodné jen ty, které jsou snadno realizovatelné a vyžadují minimální množství hnací energie, což je podmínka dosažení vysoké energetické efektivity.

Nejrozšířenějším principem chladicích zařízení je účelné využití varu a kondenzace pracovní látky, kterou nazýváme chladivo.

- parní oběhy (kompresorové)
- absorpční oběhy
- hybridní oběhy

3 PARNÍ (KOMPRESOROVÉ) CHLADICÍ OBĚHY

Zjednodušené schéma kompresorového chladicího oběhu



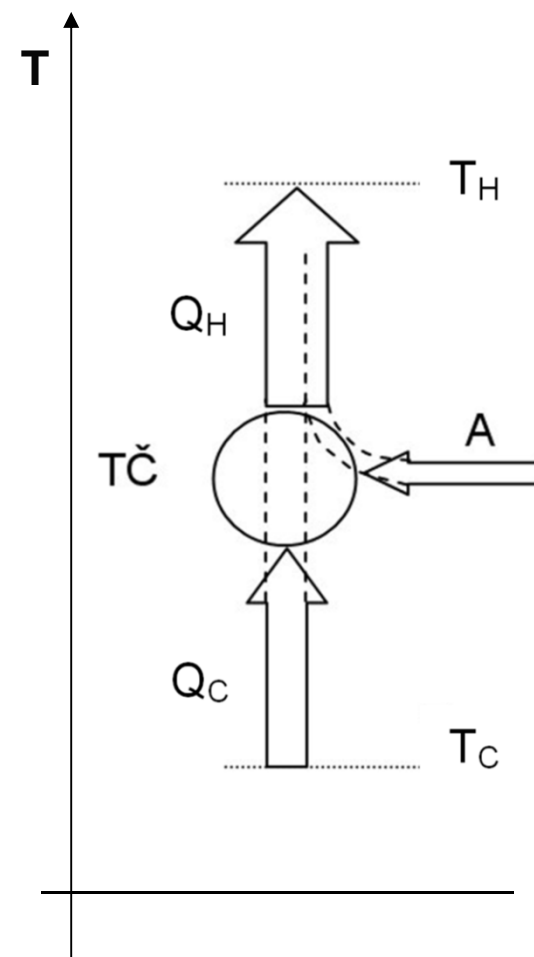
Bilance energetických toků

Zákon zachování energie (ZZE)

Energie nevzniká ani nezaniká, pouze se transformuje mezi různými formami.

$$Q_H = Q_C + A$$

$$A = f(T_H - T_C)$$



Neideálnost oběhu kompresorového TČ

Ideální děje jsou děje, pro jejichž uskutečnění by byl nezbytný nekonečně dlouhý čas. Skutečné děje jsou časově omezené a ve většině případů je žádoucí, aby byly realizovány v co nejkratším časovém intervalu.

Ideální děje jsou realizovatelné pouze s ideálními plyny, které jsou výrazně přehřátý nad teplotu varu. V oběhu TČ dochází k fázovým přeměnám a pracovní plyn (pára) se stále nachází při teplotách blízkých teplotě varu, což výrazně odlišuje jeho vlastnosti od ideálního plynu.

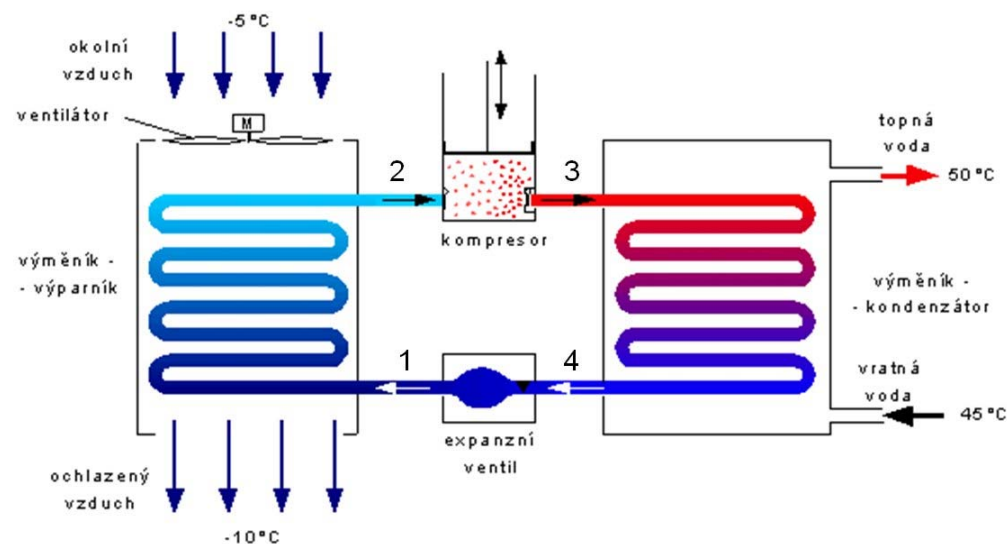
Carnotův oběh předpokládá ideální kompresi, která je ale v reálném kompresoru nedosažitelná, neboť kompresor pracuje s jistou účinností, která snižuje celkovou efektivnost oběhu.

Ztráty v oběhu kompresorového TČ

Kromě energie pro pohon kompresoru je nutné zajistit:

- Energie pro oběhová čerpadla primárního okruhu
- Energie pro ohřev oleje v kompresoru
- Příkon cívek elektromagnetických ventilů
- Příkon řídicí jednotky
- U TČ využívajících vzduch také elektřina na pohon ventilátorů

Kompresorová (parní) chladicí zařízení



- Představují nejčastěji používaný typ
- Hnacím prvkem je kompresor použitý ke stlačování par chladiva.
- Kompresor je obvykle poháněn elektromotorem, ale může být použit i spalovací motor.

Pracovní látky kompresorových TČ

Při běžných pracovních teplotách by mělo chladivo splňovat tyto obecné požadavky:

- nízký kompresní poměr,
- co nejmenší přehřátí par na výtlačku,
- vysoká objemová chladivost,
- nízký výtlačný (kondenzační) tlak.

Pracovní látky kompresorových TČ

- Pracovní látka kolující v parním oběhu TČ je nazývána chladivo.
- V minulosti se používaly CFCs (chlorofluorokarbonáty) známé pod názvem **freony**. Tyto látky poškozují životní prostředí. Výrazně přispívají k poškozování ozónové vrstvy a globálnímu oteplování.
- HCFCs (hydro chlorofluorokarbonáty) jsou prchavé pracovní látky obsahující chlór. Tyto látky méně poškozují ozónovou vrstvu než freony, a to díky nízké chemické stabilitě. Typickým představitelem je 2-5% freon R12. Jsou považovány za **přechodná chladiva**.
- HFCs (hydro fluorokarbonáty) mohou být považovány za alternativu dlouhodobých chladiv. Tyto látky nepoškozují ozónovou vrstvu, pouze napomáhají globálnímu oteplování. V kompresorových cyklech tepelných čerpadel se používají nejčastěji dva typy pracovních látek a to R134a a R407c.
- Jako méně kvalitní chladiva může být použita **většina uhlovodíků**.
- Intenzivní výzkum využití **CO₂** jako chladiva.

6. Chladiva pro tepelná čerpadla

Z velkého množství látek, které podle jejich vlastností lze jako chladiva použít, jsou nejznámější rozděleny do dvou skupin dle ISO 817 – jednosložková chladiva a směsy.

Jednosložková chladiva jsou rozdělena do následujících kategorií:

- nepřípustná* – CCl_3F (R11), CCl_2F_2 (R12) a další,
- výběhová** – CHClF_2 (R22), $\text{C}_2\text{H}_3\text{ClF}_2$ (R142b),
- alternativní halogenované uhlovodíky – $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ (R134a), $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$ (R152a) a další,
- organická chladiva – propan (R290), izobutan (R600a) a další,
- anorganická - čpavek NH_3 (R717), voda (R718), oxid uhličitý (R744).

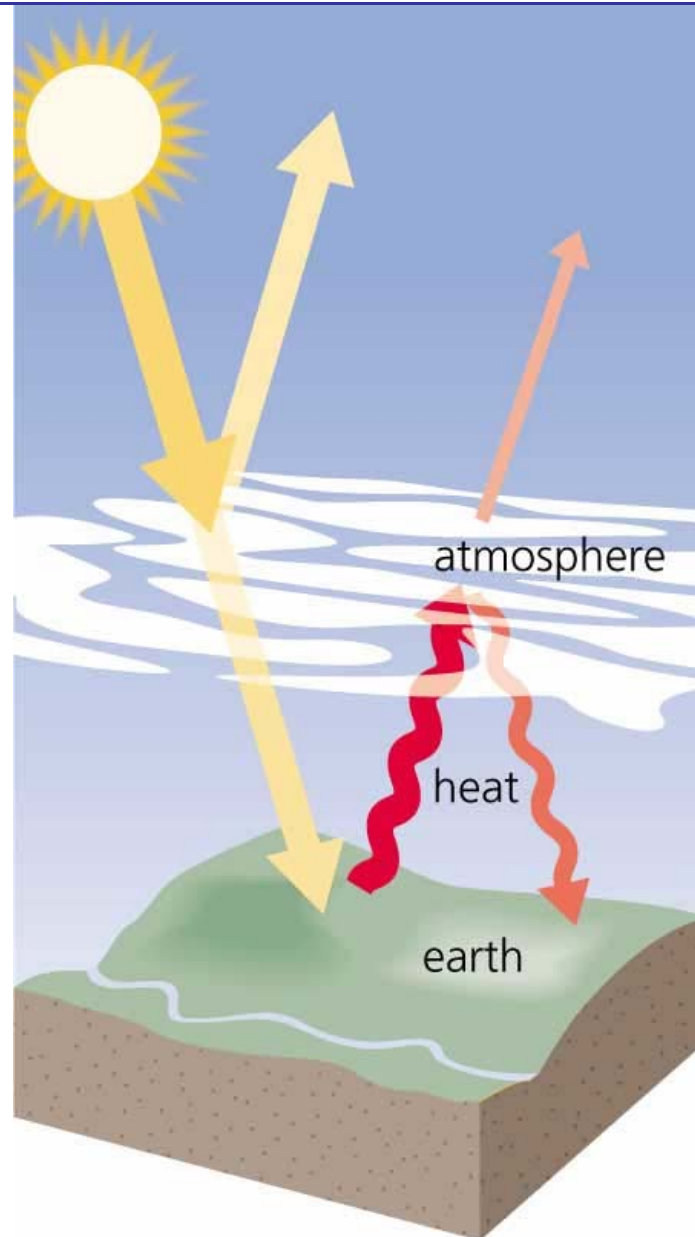
Do kategorie směsí chladiv patří například:

- R404A, složení R125/R134a/R143a (44/4/52 hmot.%),
- R407A, složení R32/R125/R134a (20/40/40 hmot.%),
- R407C, složení R32/R125/R134a (23/25/52 hmot.%),
- R507, složení R125/R143a (50/50 hmot.%),
- R502* *.

Evropské státy se dohodly na zákazu resp. omezení výroby a prodeje některých chladiv podepsáním Montrealského protokolu o ochraně ozónové vrstvy (rok 1987) a v mnoha následujících dokumentech. Chladiva označena (*) je nepřípustné vyrábět a uvádět na trh. Chladiva označena (**) je nepřípustné vyrábět a uvádět na trh po 1.1.2010 podle nařízení EU, nestanoví-li národní předpisy jednotlivých států nebo skupin států lhůty kratší. Část států se dohodla na zkrácení této lhůty a zákaz prodeje tepelných čerpadel s R22 od 1.1.2004. S tím v rámci mezinárodních úmluv o ochraně ozónové vrstvy Země se ztotožní i český zákon.

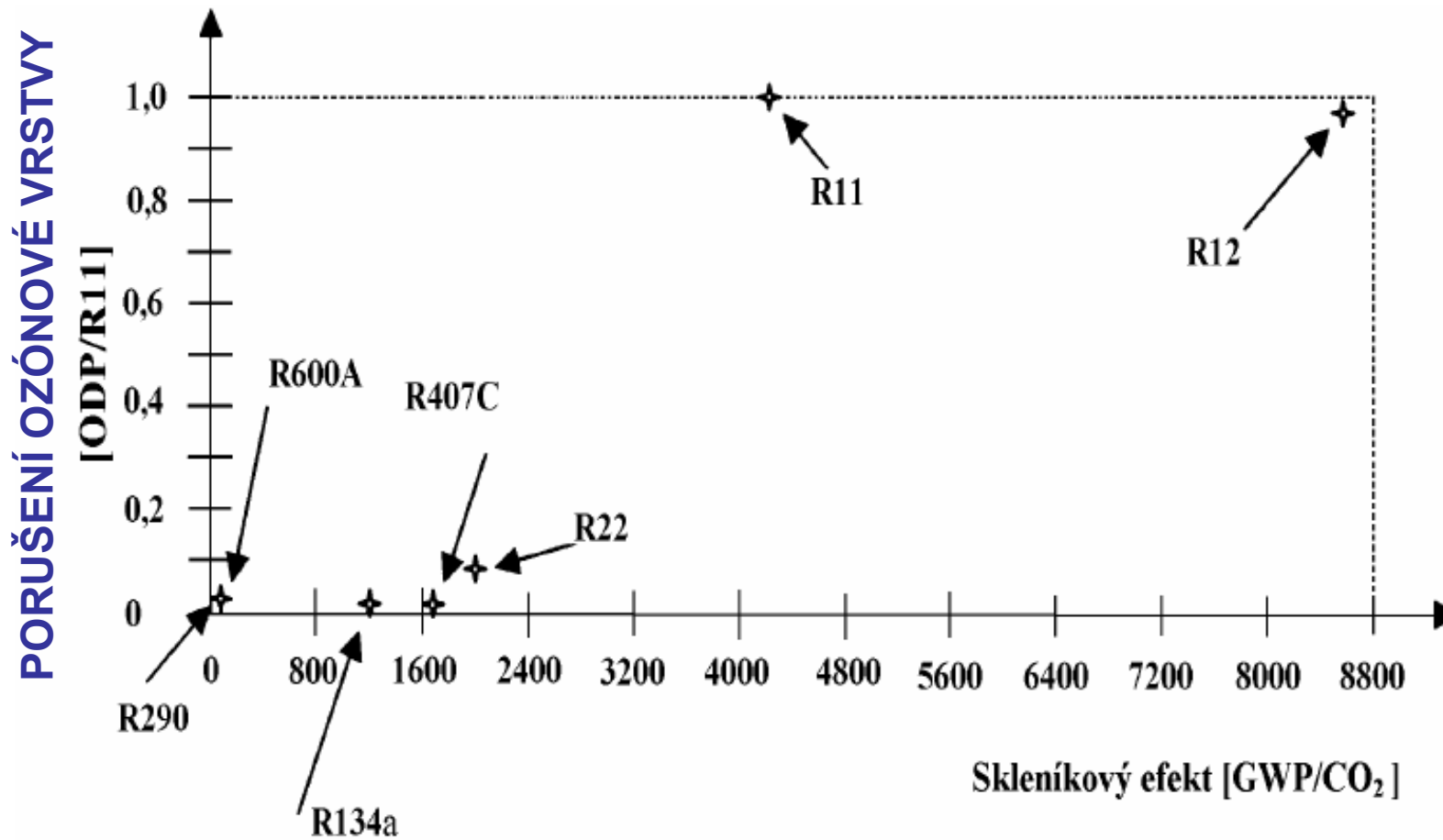
Vzhledem k tomu se použití R22 u nových zařízení jeví jako neperspektivní.

Skleníkový jev



Precision Graphics

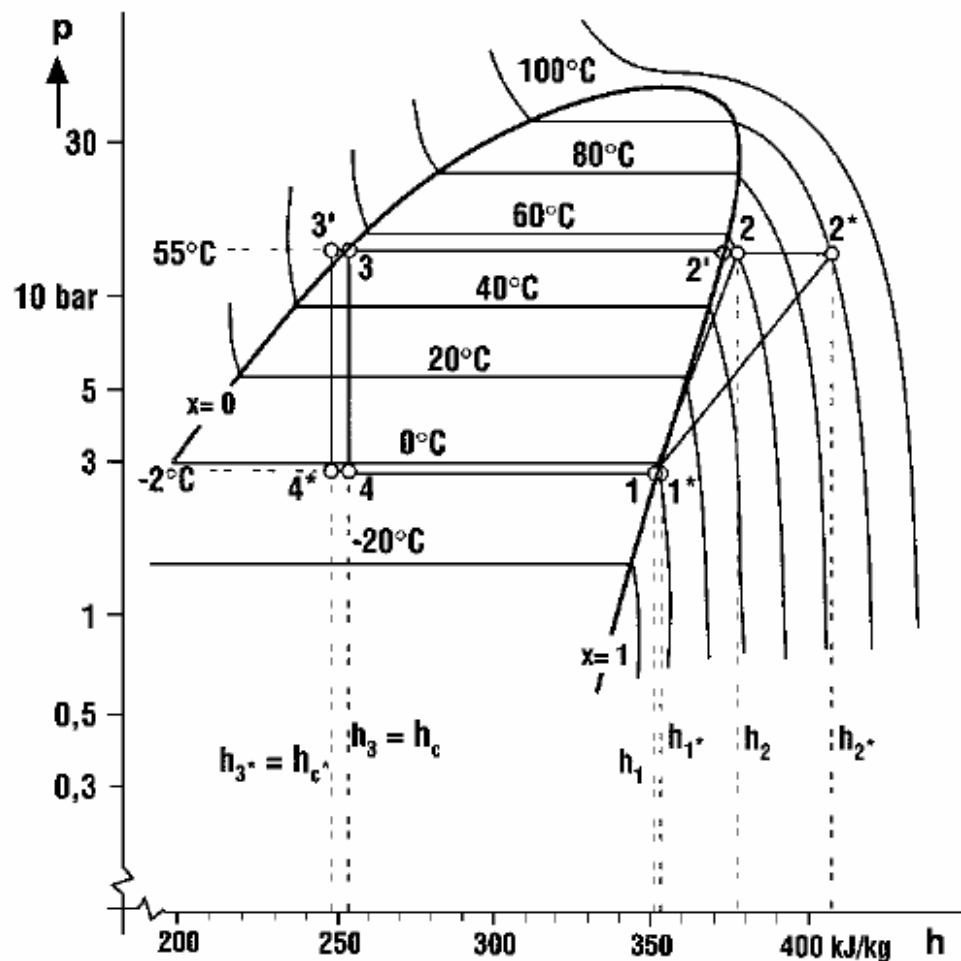
Ekologické důsledky použití chladiv



Vlastnosti chladiv při nízkých teplotách

p_o	bar	3,07	2,58	2,36	2,44
p_k	bar	19,45	18,61	17,54	16,33
p_k/p_o	-	6,34	7,21	7,43	6,69
t_{vytl}	°C	54,32	66,91	69,93	79,05
TF	-	3,60	3,82	3,89	7,05
TF v %	%	100,00	106,06	107,93	112,26
Q_t v %	%	100,00	99,47	97,42	103,26
t_o/t_k	°C	-20/52,5			
Chladivo		R 404A	R 407A	R 407C	R 22
p_o	bar	3,07	2,55	2,34	2,44
p_k	bar	24,52	23,68	22,36	20,65
p_k/p_o	-	7,99	9,29	9,56	8,46
t_{vytl}	°C	66,04	79,33	82,57	92,63
TF	-	2,91	3,17	3,25	3,44
TF v %	%	100,00	108,99	111,74	118,36
Q_t v %	%	100,00	102,12	102,82	113,93
t_o/t_k	°C	-25/42,5			
Chladivo		R 404A	R 407A	R 407C	R 22
p_o	bar	2,54	2,10	1,92	2,01
p_k	bar	19,45	18,61	17,54	16,33
p_k/p_o	-	7,66	8,86	9,14	8,12
t_{vytl}	°C	55,06	68,86	72,24	82,63
TF	-	3,28	3,49	3,55	3,70
TF v %	%	100,00	106,31	108,24	112,82
Q_t v %	%	100,00	98,59	96,61	104,21
t_o/t_k	°C	-25/52,5			
Chladivo		R 404A	R 407A	R 407C	R 22
p_o	bar	2,54	2,07	1,90	2,01
p_k	bar	24,52	23,68	22,36	20,65
p_k/p_o	-	9,65	11,44	11,77	10,27
t_{vytl}	°C	66,74	81,23	84,83	96,18
TF	-	2,68	8,93	3,00	3,19
TF v %	%	100,00	109,29	112,29	118,97

Oběh kompresorového TČ pro konkrétní chladivo



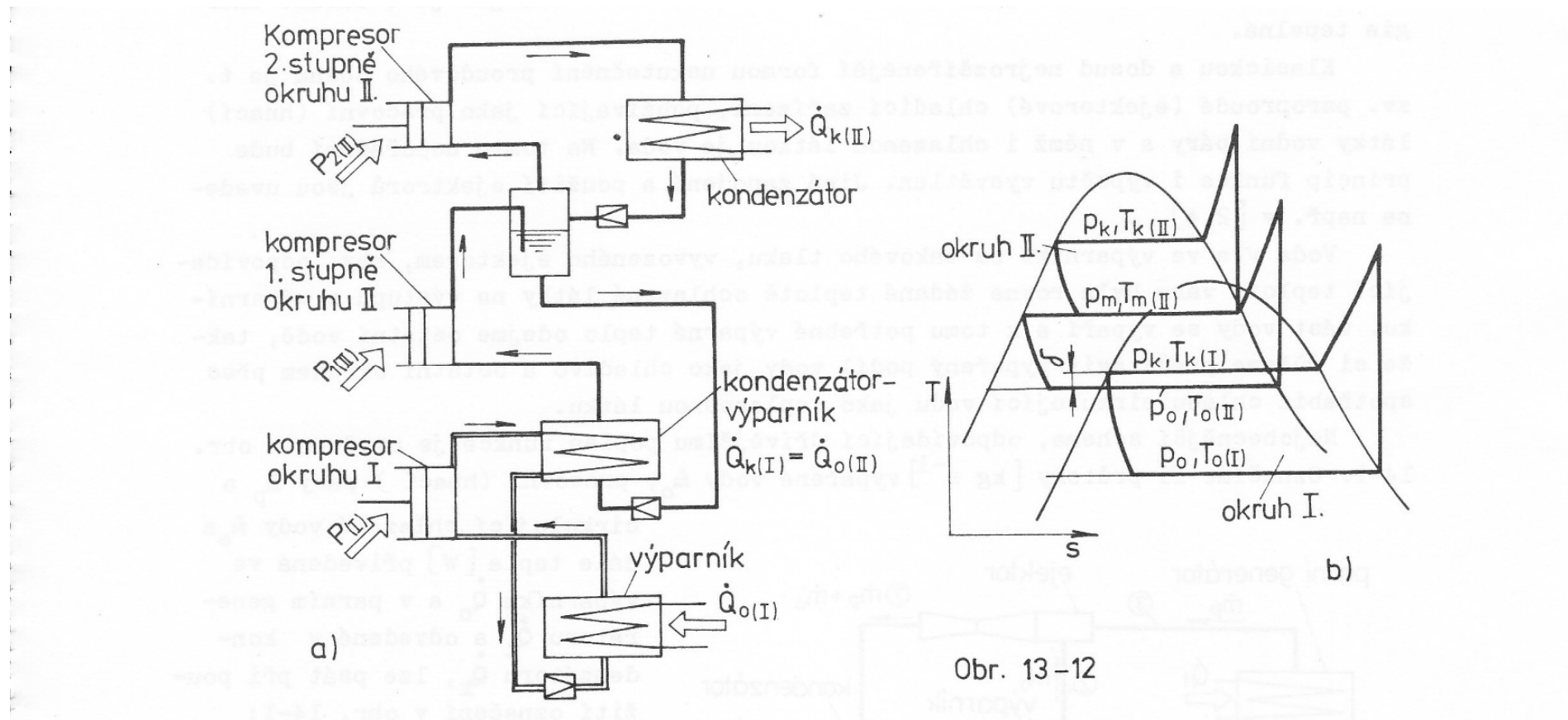
3 – 4 - expanze v redukčním ventilu kde $h_3 = h_4$.

1 – 2 - izoentropická komprese par

3* – 4* - expanze v redukčním ventilu, je $h_{3*} = h_{4*}$.

1* - 2* - polytropická komprese pár (ve skutečnosti křivka)

Vícestupňové chladicí systémy



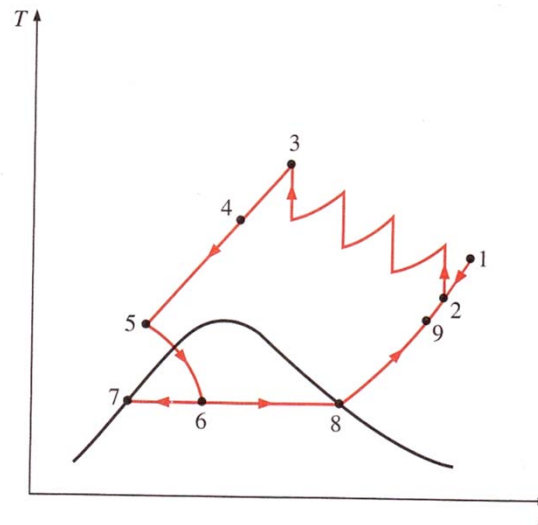
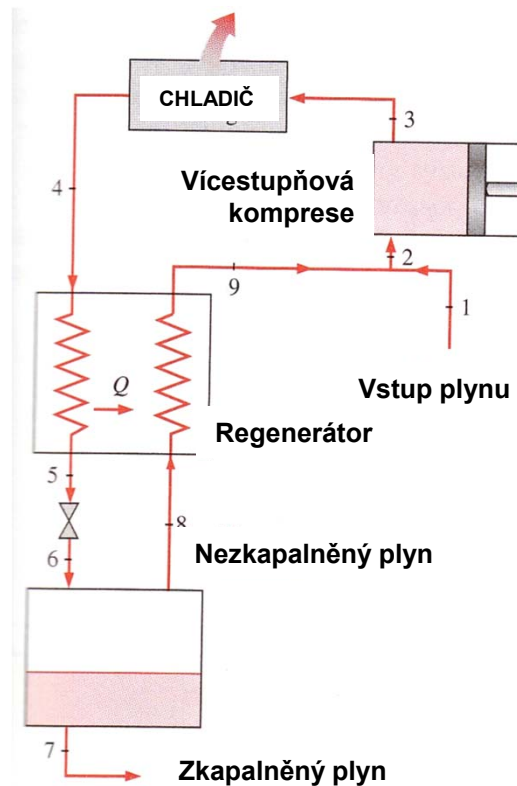
Obr. 13-12

Zdroj: Prof. Z. Dvořák, Základy chladicí techniky

Zkapalňování plynů – technologie nízkých teplot

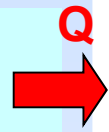
Nutno omezit pohyb molekul odvodem velkého množství tepla (dosažení nízkých teplot).

Lindeho zkapalňovač



Zdroj: Boles: Thermodynamics

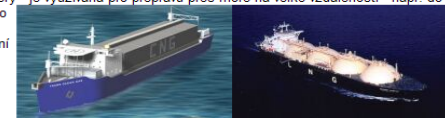
ZKAPALŇOVÁNÍ STANICE



- přeprava potrubím - Evropa je dnes protkána hustou sítí dálkových plynovodů. Provozní tlaky v nejnovějších potrubních systémech dosahují až 10 MPa a průměry plynovodů často přesahují jeden metr (např. v ČR je téměř 400 km o průměru 1400 mm). Plynovody jsou vedeny nejen po souši, ale mohou být také položeny na mořském dně. Tímto způsobem se např. do Evropy dopravuje zemní plyn z nalezíšť v Severním moři nebo Africe.



- přeprava tankery - je využívána pro přepravu přes moře na velké vzdálenosti - např. do Evropy je takto dodáván stlačený zemní plyn (CNG, PNG) a zkapalněný zemní plyn (LNG) z Alžírsko, Nigérie nebo Austrálie. Zemní plyn se na pobřeží stlačí nebo zkapalní (zkapalněním zmenší zemní plyn svůj objem cca 600x) a přečerpá do tankeru. V cílovém terminálu se přečerpá do zásobníků, postupně se odpařuje a dodává do plynovodních systémů.



zemnigplyn.cz



ODPAŘOVACÍ STANICE

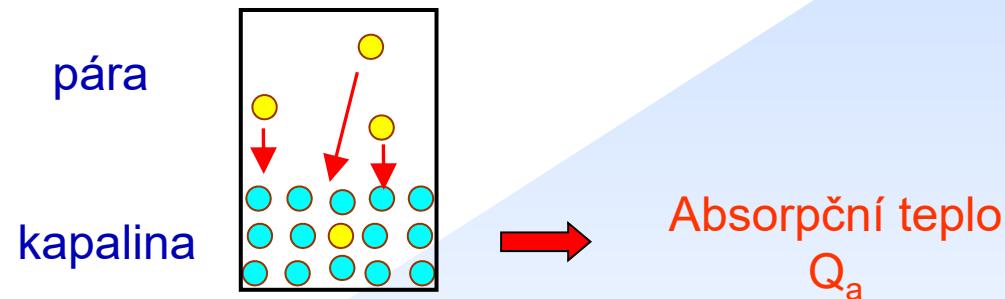


4 ABSORPČNÍ CHLADICÍ OBĚHY



ABSORPČNÍ OBĚHY

Absorpce - rozpouštění plynů nebo par v kapalinách.



Absorbent – kapalina schopná absorbovat páry jiné látky

- Absorpční teplo - je významně větší jak teplo kondenzační.
- Absorpce je selektivní - různé kapaliny absorbují různé plyny s rozdílnou intenzitou.
- Absorpční výkon - je závislý na ploše fázového rozhraní plyn-kapalina.

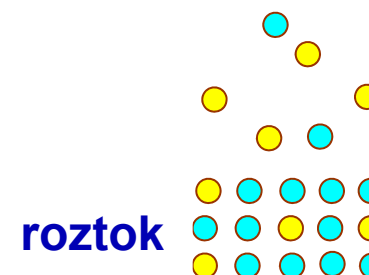
Desorpce – vypuzování absorbovaného plynu zvýšením teploty kapaliny.



- Při stálém tlaku, rozpustnost plynů v kapalinách klesá se stoupající teplotou.
- Všechny plyny vypuzeny při teplotě varu.

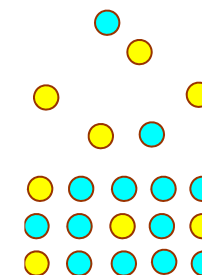
Roztok dvou mísitelných látek

Roztok - soustava dvou nebo více druhů molekul v kapalném skupenství,
- složky nelze mechanicky oddělit – tvoří jednu fázi,
- ve všech bodech stejné fyzikální vlastnosti.

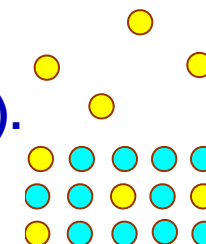


- Var a kondenzace nejsou izotermní.
- Páry mají jiné složení než kapalina – více těkavější složky.
- Rozpouštění kapalných složek je spojeno se změnami objemovými ΔV a teplotními Δt .

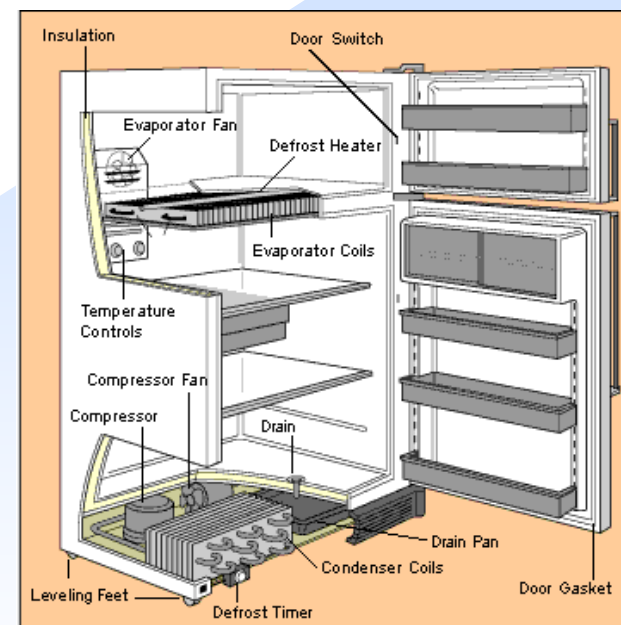
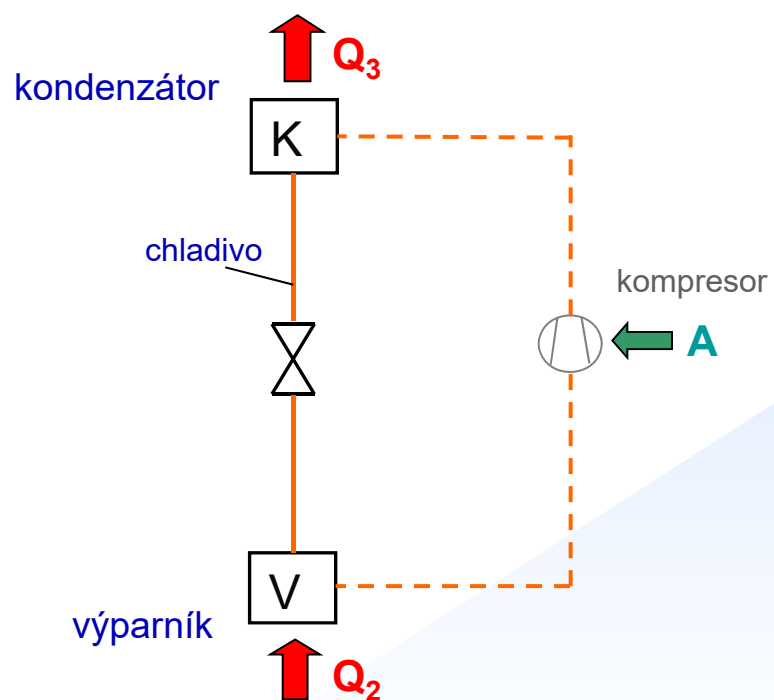
**Roztok dvou kapalin – nad hladinou roztoku se nachází směs par
v poměru parciální tlaky složek.**



**Roztok kapalina - sůl – nad hladinou roztoku se nachází pouze páry
jedné látky (soli mají nulový parciální tlak par).**



Kompresorový oběh

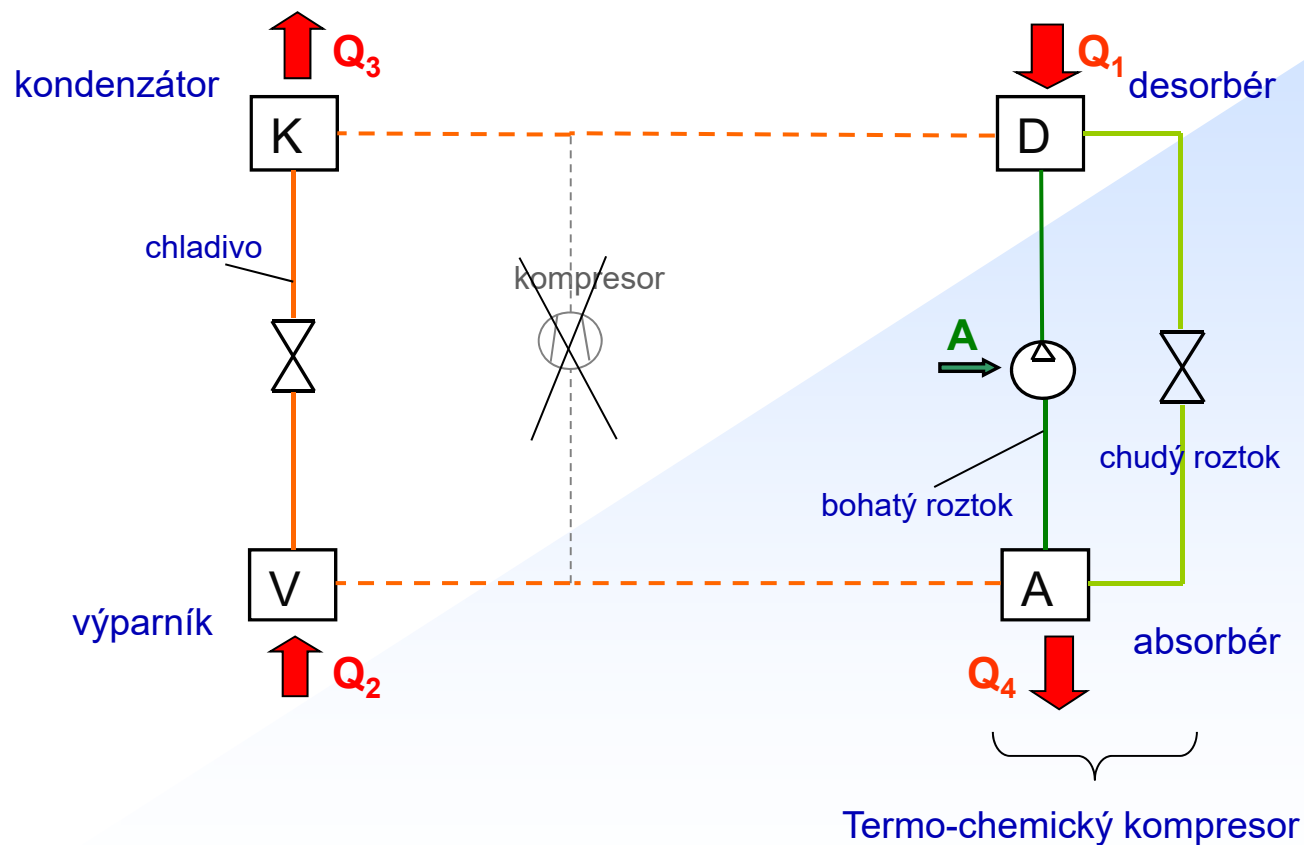


Zdroj: www.hometips.com

$$A = \frac{1}{3} Q_3$$

Uplatnění absorpce – desorpce v chladicím oběhu

Absorpční chladicí oběh

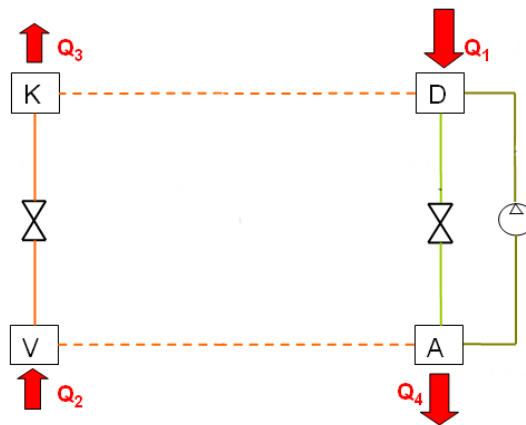


- Toto řešení vyžaduje dodávku méně než 5% el. energie z dodávaného tepelného toku.

Podstata činnosti absorpčních oběhů

- Nahrazují kompresi par chladiva jejich absorpcí do kapaliny, následným přečerpáním vzniklého roztoku na vyšší tlakovou úroveň a vypuzením chladiva z roztoku při zvýšeném tlaku.
- Toto řešení vyžaduje dodávku **méně než 5% el. energie** z dodávaného tepelného toku.

Kvalitu oběhu hodnotíme s využitím výkonového čísla COP (coefficient of performance)



chladič oběh

$$\text{COP}_{\text{CH}} = Q_2 / Q_1$$

tepelné čerpadlo ..

$$\text{COP}_{\text{T}} = (Q_3 + Q_4) / Q_1$$

Pracovní dvojice chladivo-absorbent musí splňovat

- Dobrou mísitelnost v širokém rozsahu koncentrací.
- Velký rozdíl teplot varu chladiva a absorbentu.
- Vhodná závislost stavových parametrů $p - t$ provoz, konstrukce.

Nejčastěji používané chladivo-absorbent

$\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ výparná teplota $< 0^\circ\text{C}$

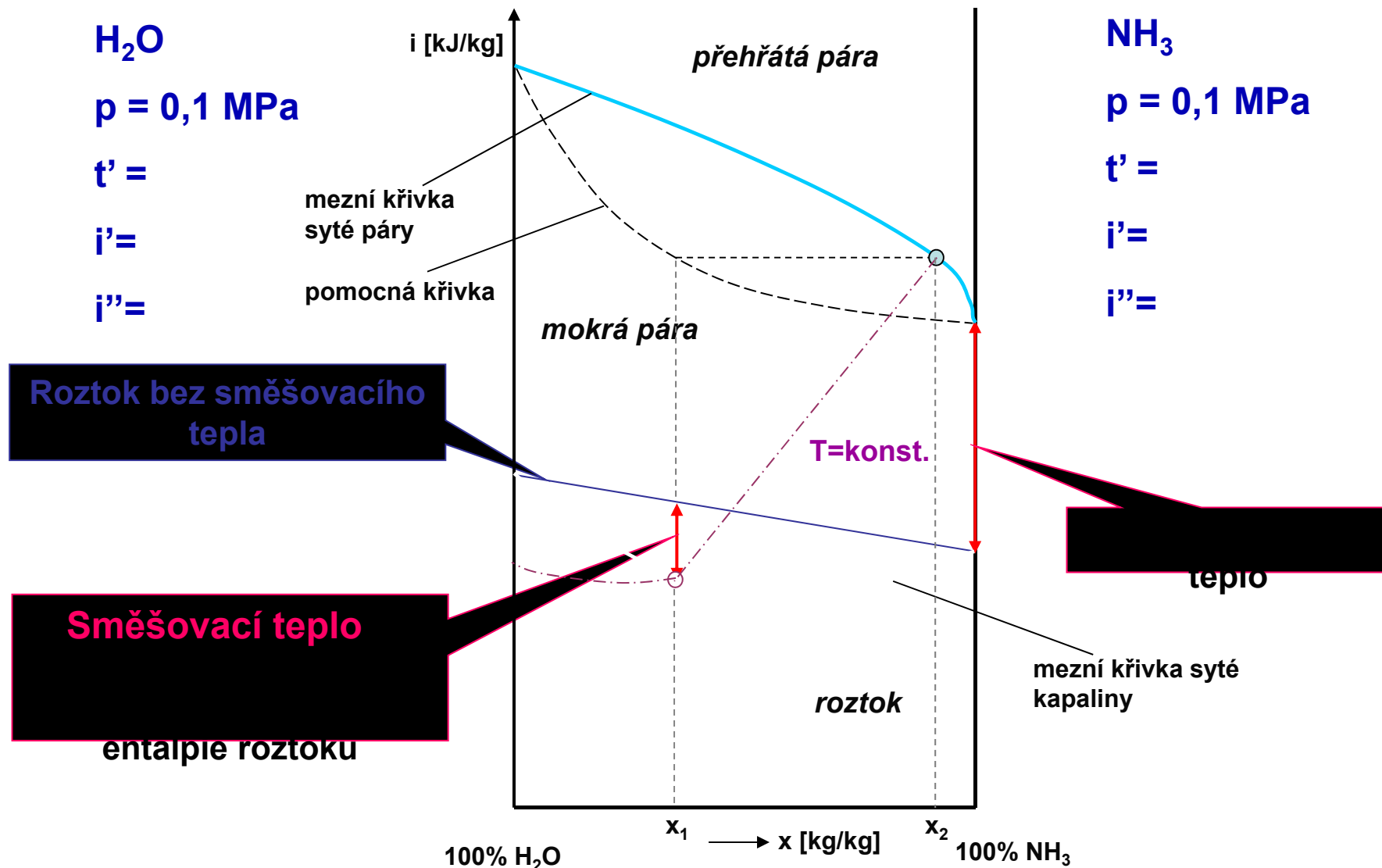
$\text{H}_2\text{O} - \text{roztok } \text{H}_2\text{O}, \text{LiBr (sůl)}$ výparná teplota $> 0^\circ\text{C}$

$\text{H}_2\text{O} - \text{NaOH}$

H_2O roztok $\text{H}_2\text{O}, \text{LiCl}$

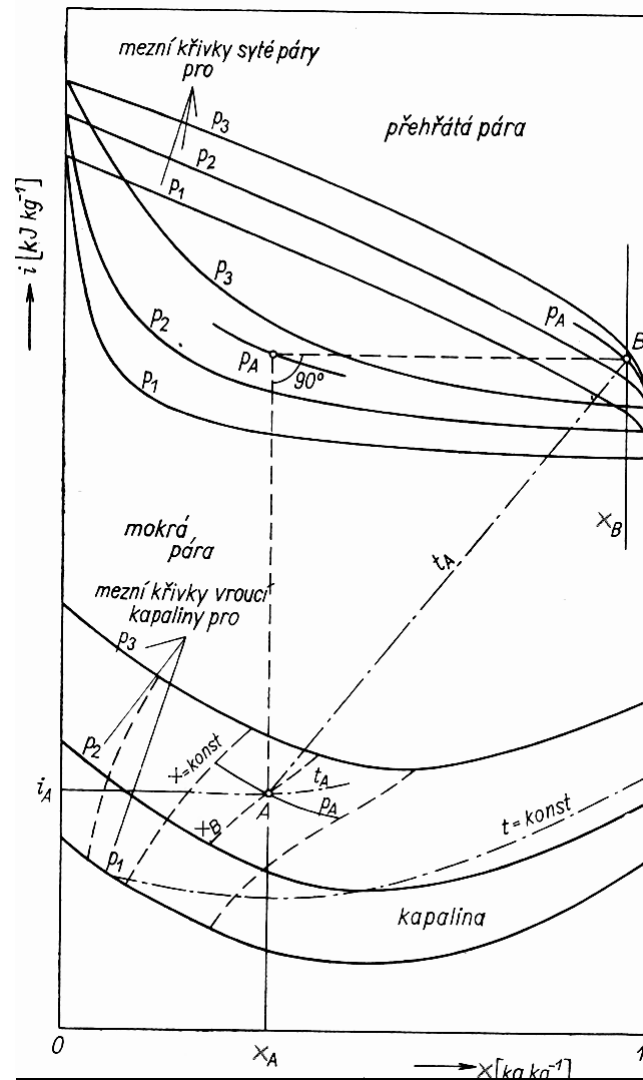
LiBr Nevýbušný, netoxický, ekologický, ve spojení s kyslíkem významně korozivní na oceli, užívají se inhibitory na bázi molybdenu (chrání povrch pouze po jistou dobu)

i – x diagram roztoku $\text{H}_2\text{O} - \text{NH}_3$



>> jak využít absorpci

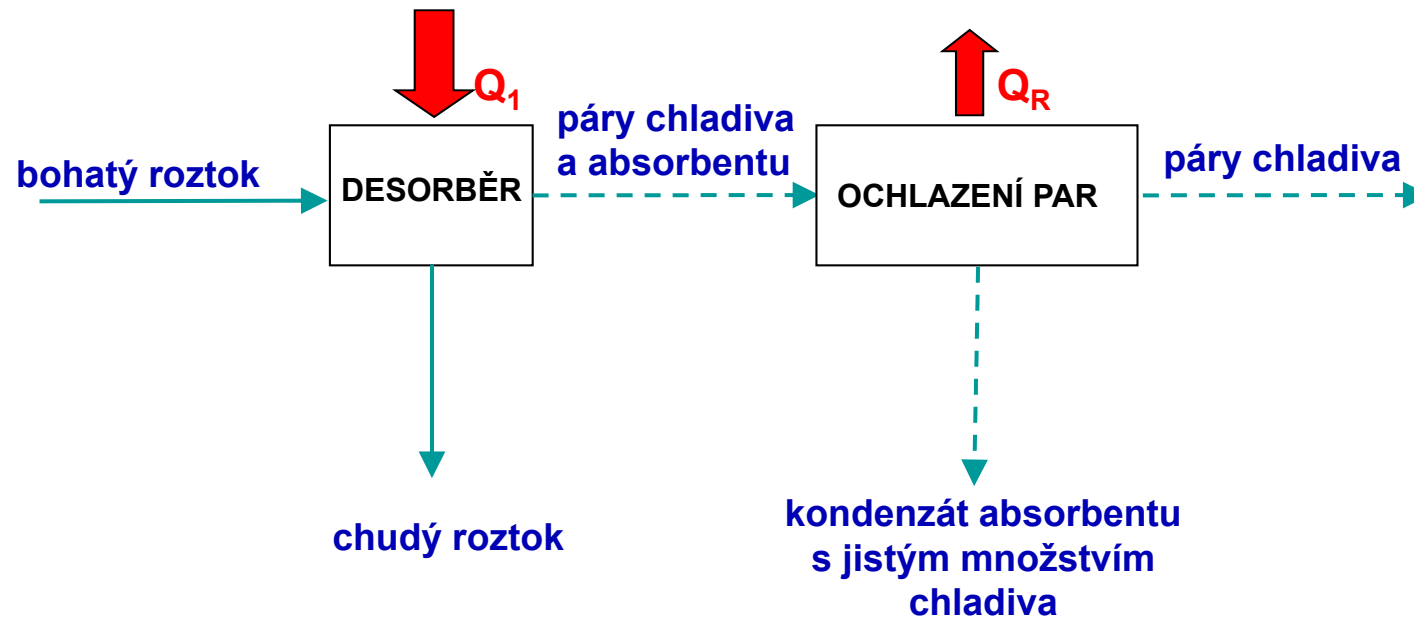
i – x diagram roztoku $\text{H}_2\text{O} - \text{NH}_3$ se třemi tlakovými úrovněmi



Bude použit na cvičení.

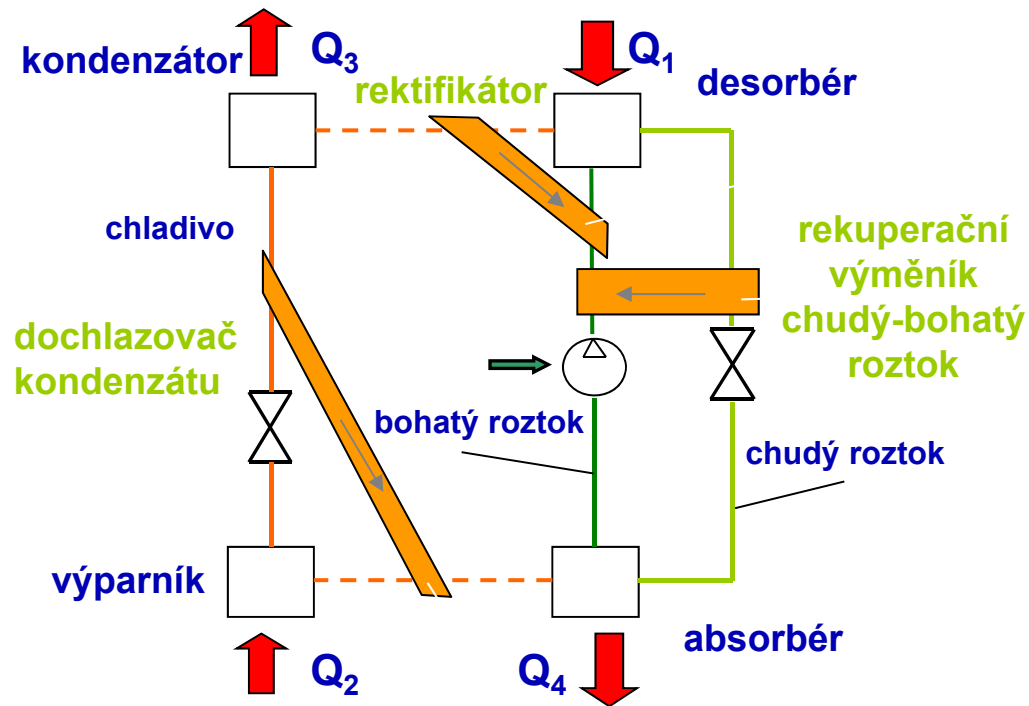
Separování par absorbentu z par chladiva - rektifikace

Využívá částečné kondenzace par a následné odloučení kondenzátu.



Zvyšování hospodárnosti oběhu

Doplňkové teplosměnné plochy absorpčních oběhů umožňují opakované využití tepelné energie a tím výrazně zvyšují efektivnost oběhu.



Teplo získané při ochlazování par využito k předehřevu bohatého roztoku.

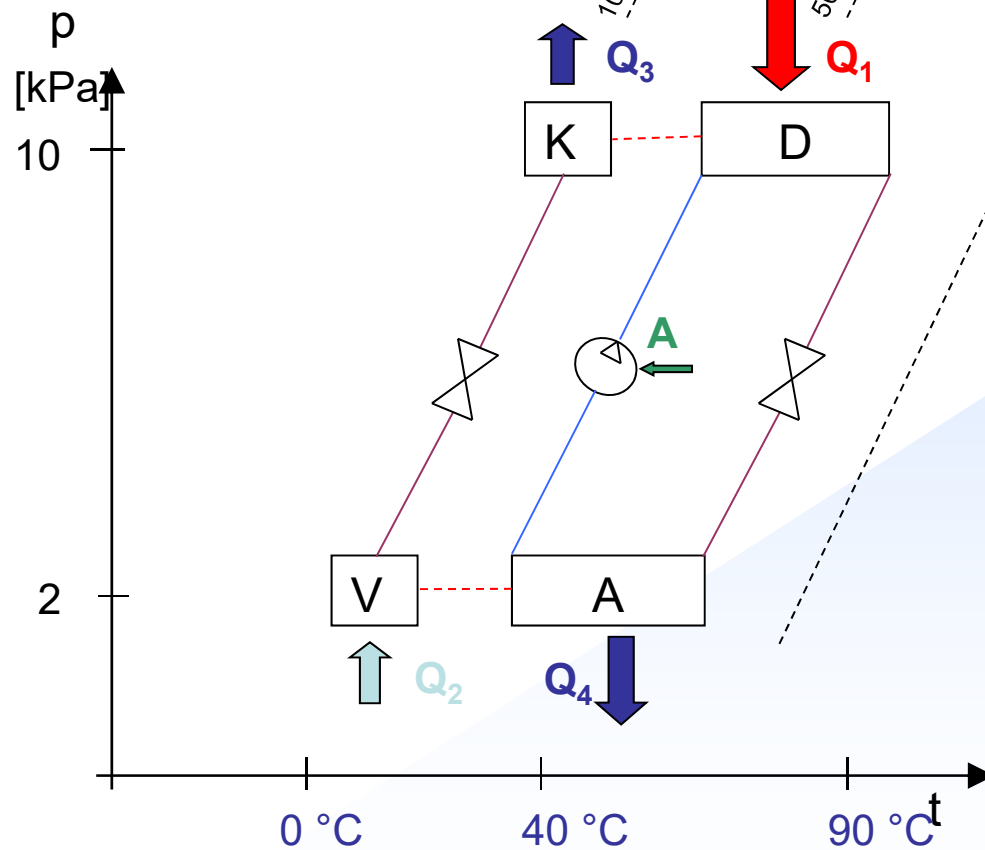
Teplo odejmuté chudému roztoku využito pro předehřev roztoku bohatého.

Kapalný kondenzát vychlazován chladnými párami chladiva odcházejícími z výparníku.

Jednostupňová absorpční jednotka

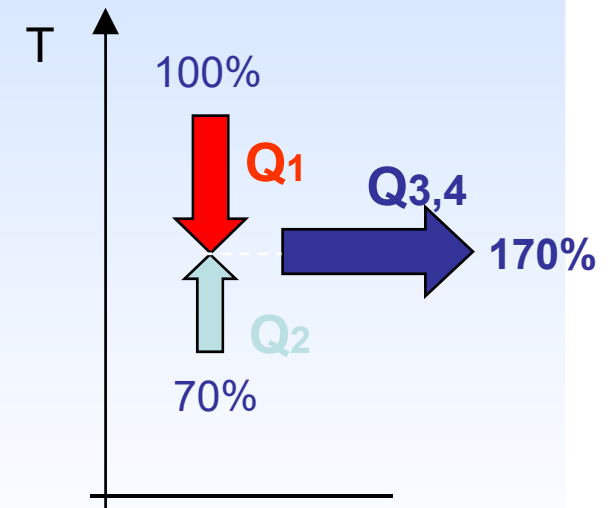


Zdroj: www.csposi.org



Teplota desorbéru $>90^{\circ}\text{C}$
Teplota výparníku $<5^{\circ}\text{C}$

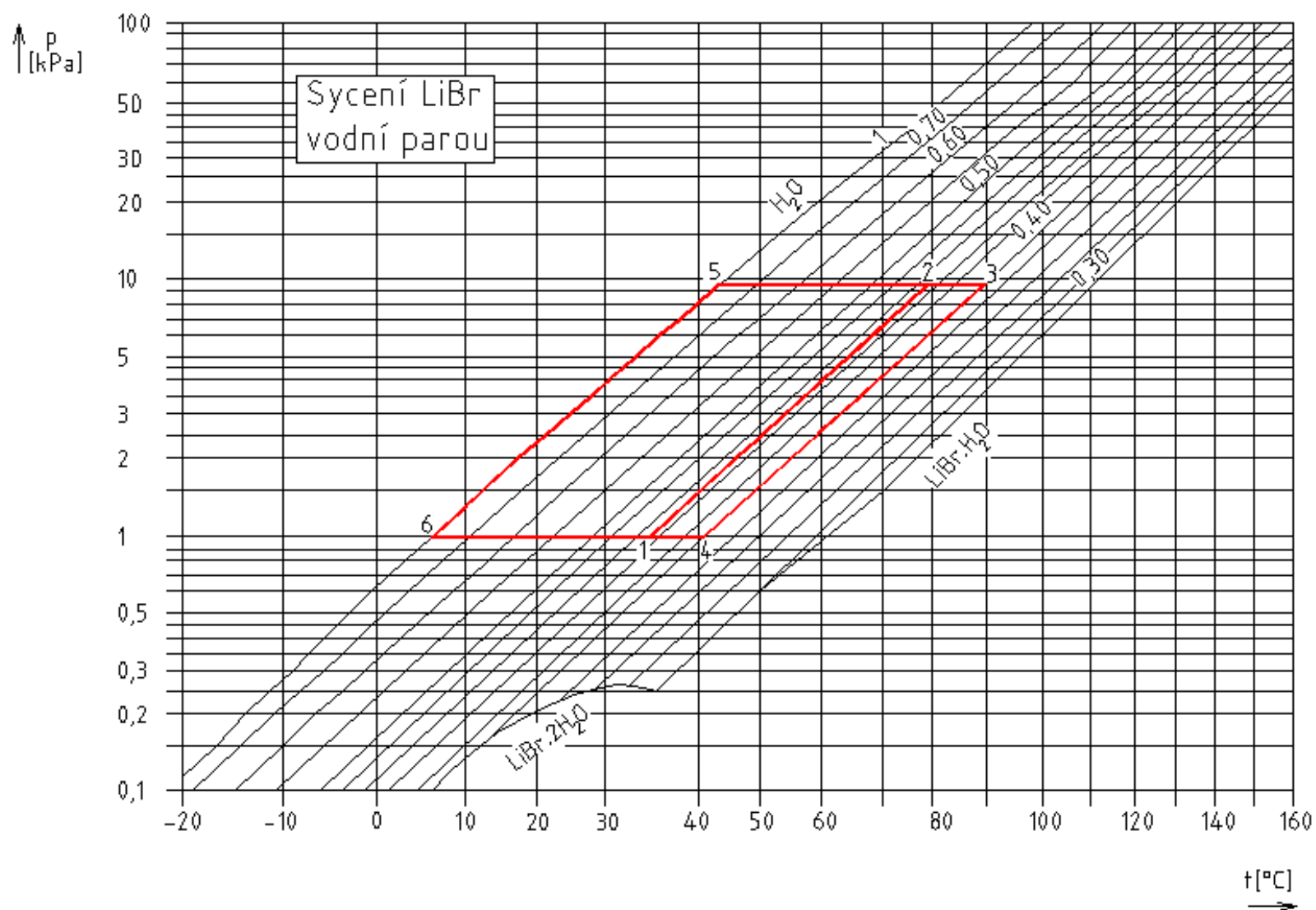
chladicí oběh



$$\text{COP}_{\text{CH}} = Q_2 / Q_1$$

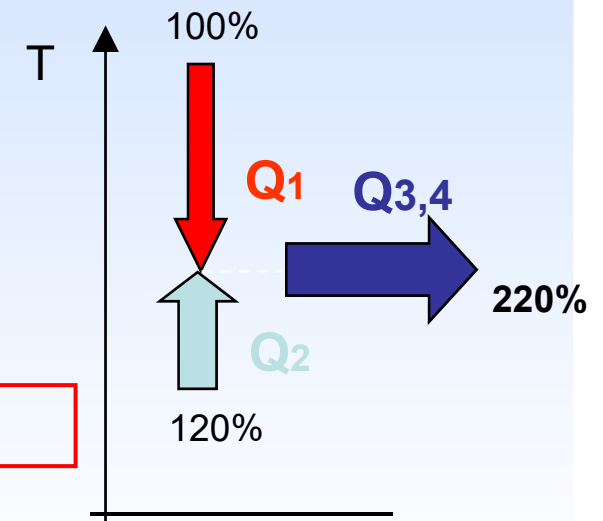
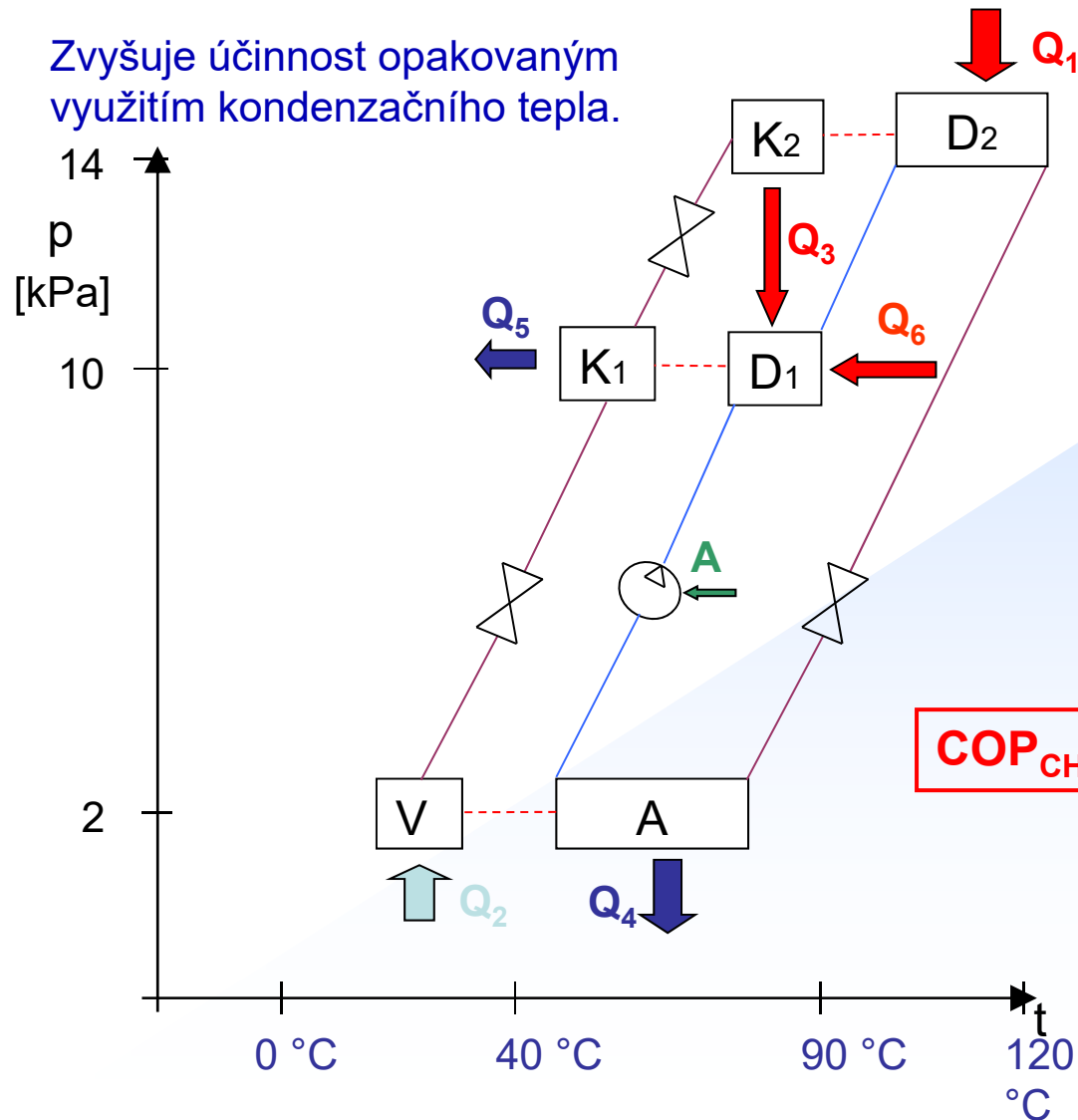
$$\text{COP}_{\text{CH}} = 0,7$$

Jednostupňový absorpční oběh



Dvoustupňová absorpční jednotka

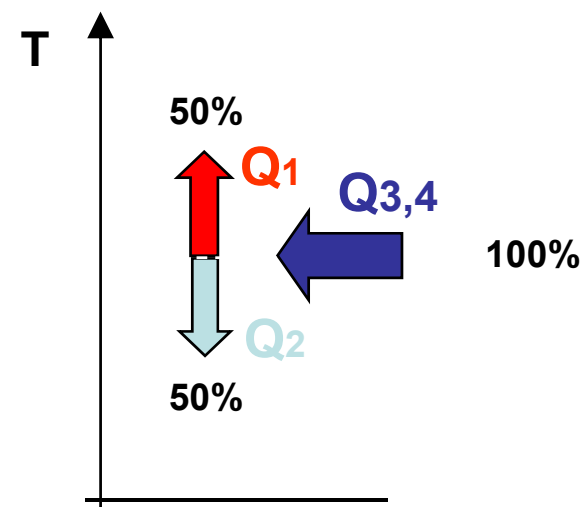
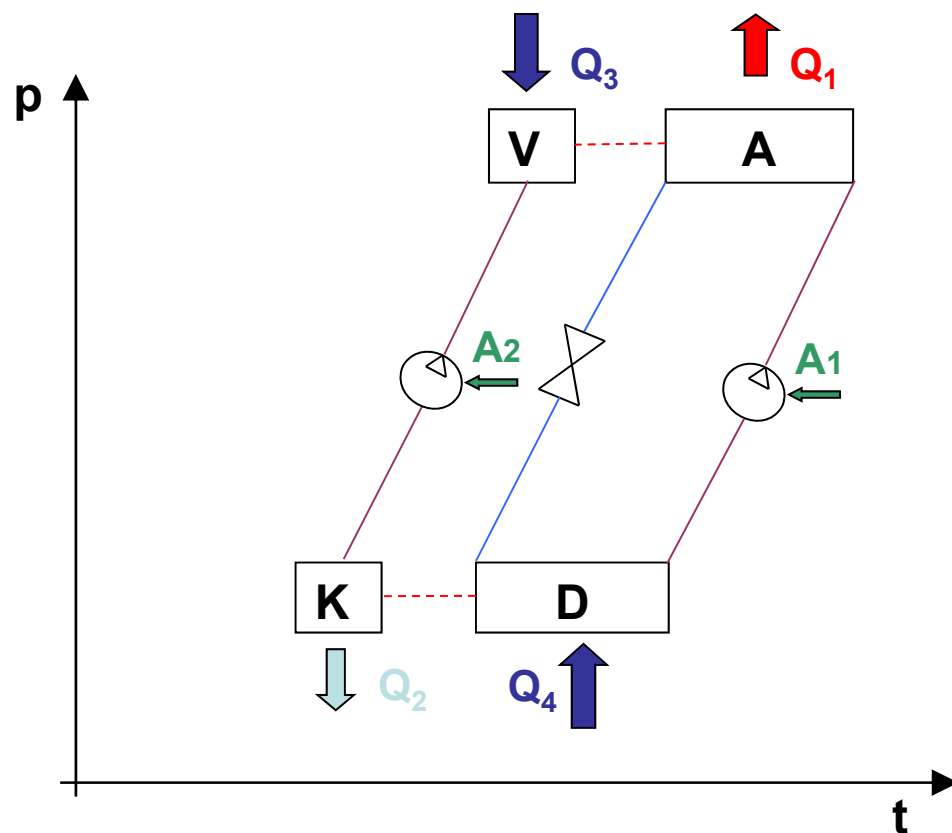
Zvyšuje účinnost opakovaným využitím kondenzačního tepla.



Teplota desorberu $>120^{\circ}\text{C}$
 Teplota výparníku $<5^{\circ}\text{C}$

1/2° absorpční oběh

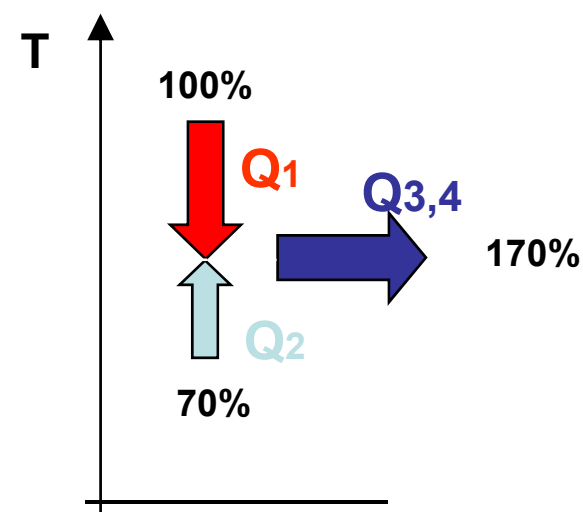
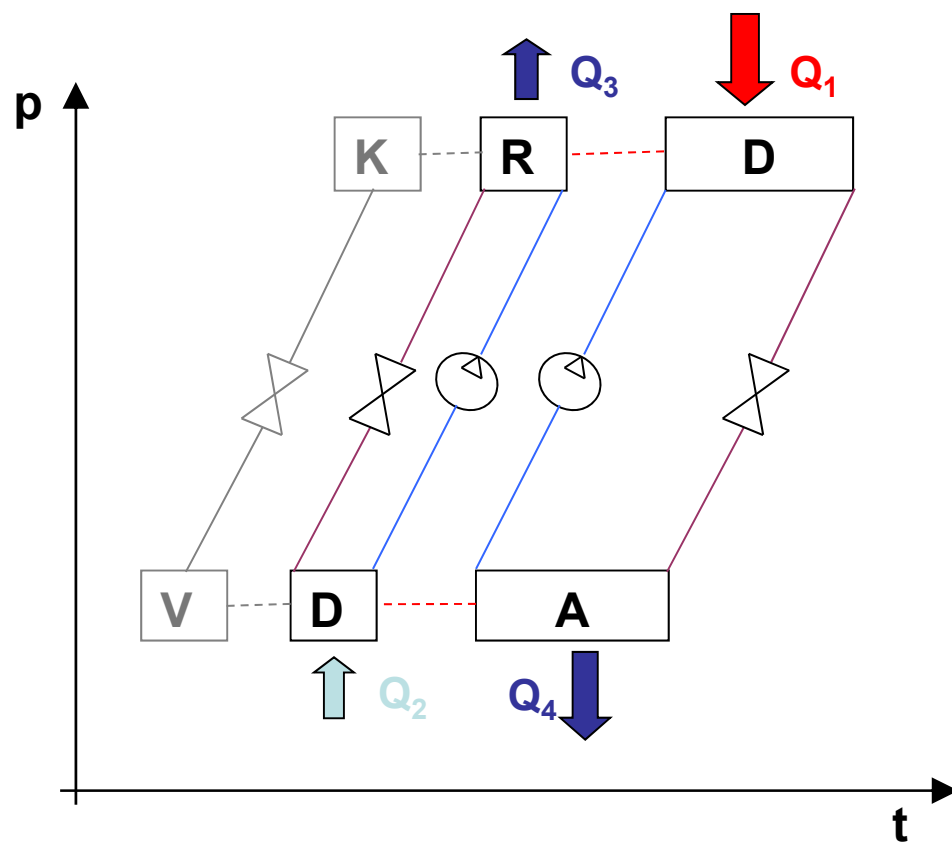
Umožňuje získat tepelný tok o teplotě vyšší než je teplota zdroje hnací tepelné energie.



$$\text{COP}_T = 0,5$$

Resorpční oběh

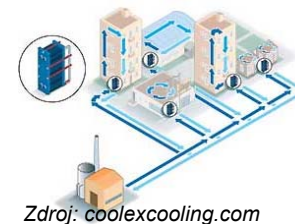
Kondenzace a vypařování je nahrazeno resorpcí (opětovnou absorbcí) a desorpcí.



$$\text{COP}_{\text{CH}} = 0,7$$

$$\text{COP}_{\text{T}} = 1,7$$

Technologie pro výrobu chladu



Kompresorové chlazení



- menší, lehčí
- nižší pořizovací náklady
- kompaktnější
- závislé na elektřině

Absorpční chlazení

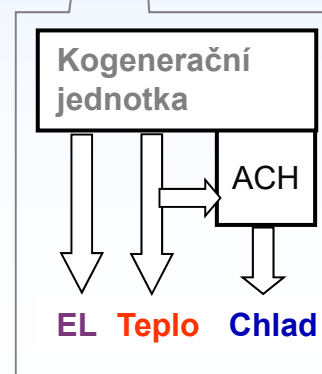
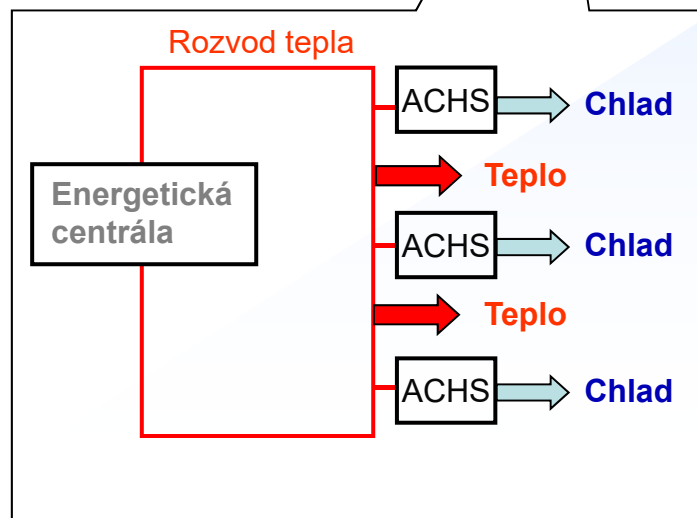


- 10 x nižší spotřeba el. energie
- tichý
- životnost až 30 let
- regulovatelný 10 – 100 %
- přírodní chladiva
- palivo ZP, biomasa, tuhá paliva

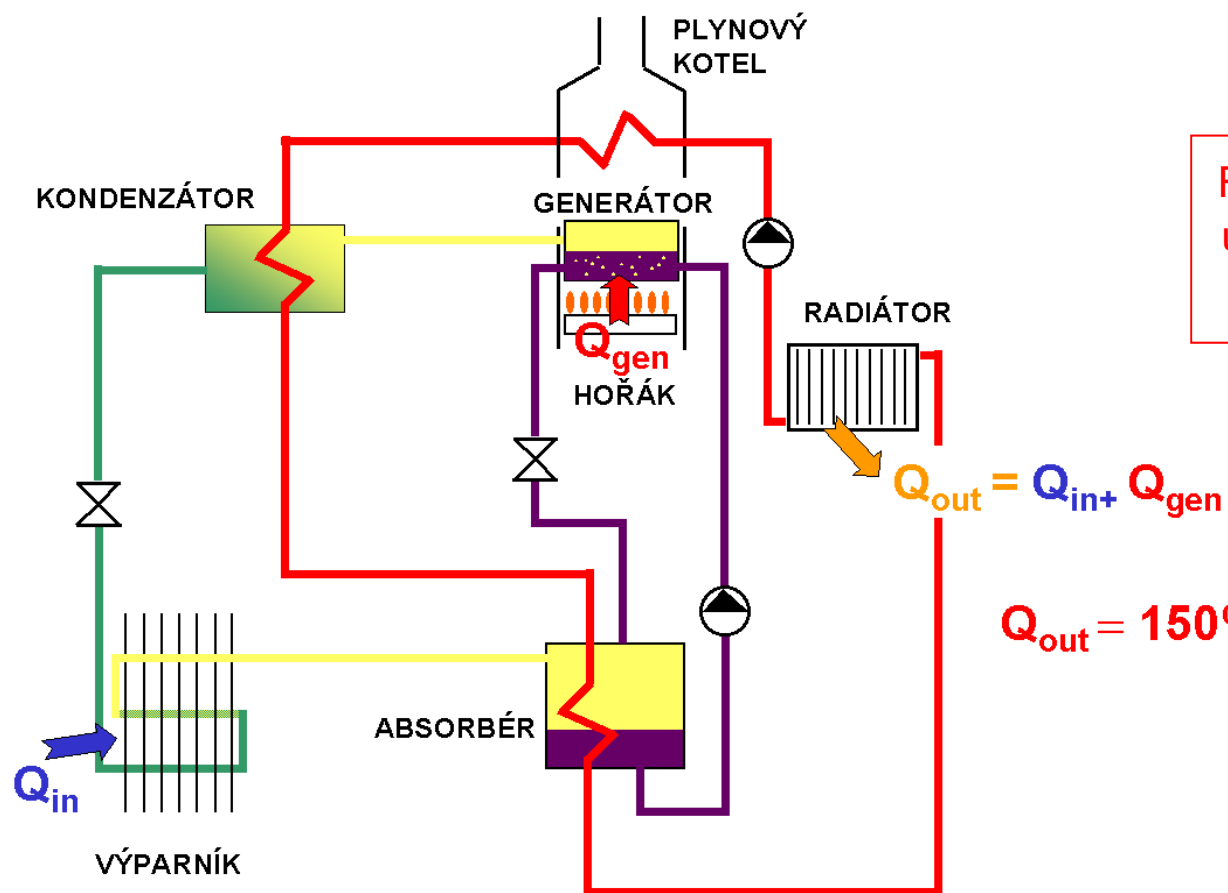
5 UPLATNĚNÍ ABSORPČNÍCH OBĚHŮ

Praktická využití absorpčních oběhů

- Chladicí zařízení / klimatizace poháněná tepelnou energií
- Tepelná čerpadla poháněná tepelnou energií
- **Trigenerace** ... společná výroba el., tepla a chladu
- **Dálkové zásobování chladem** (District cooling)
- Solární chlazení



Kondenzační kotel s tepelným čerpadlem



Relativní účinnost
150%

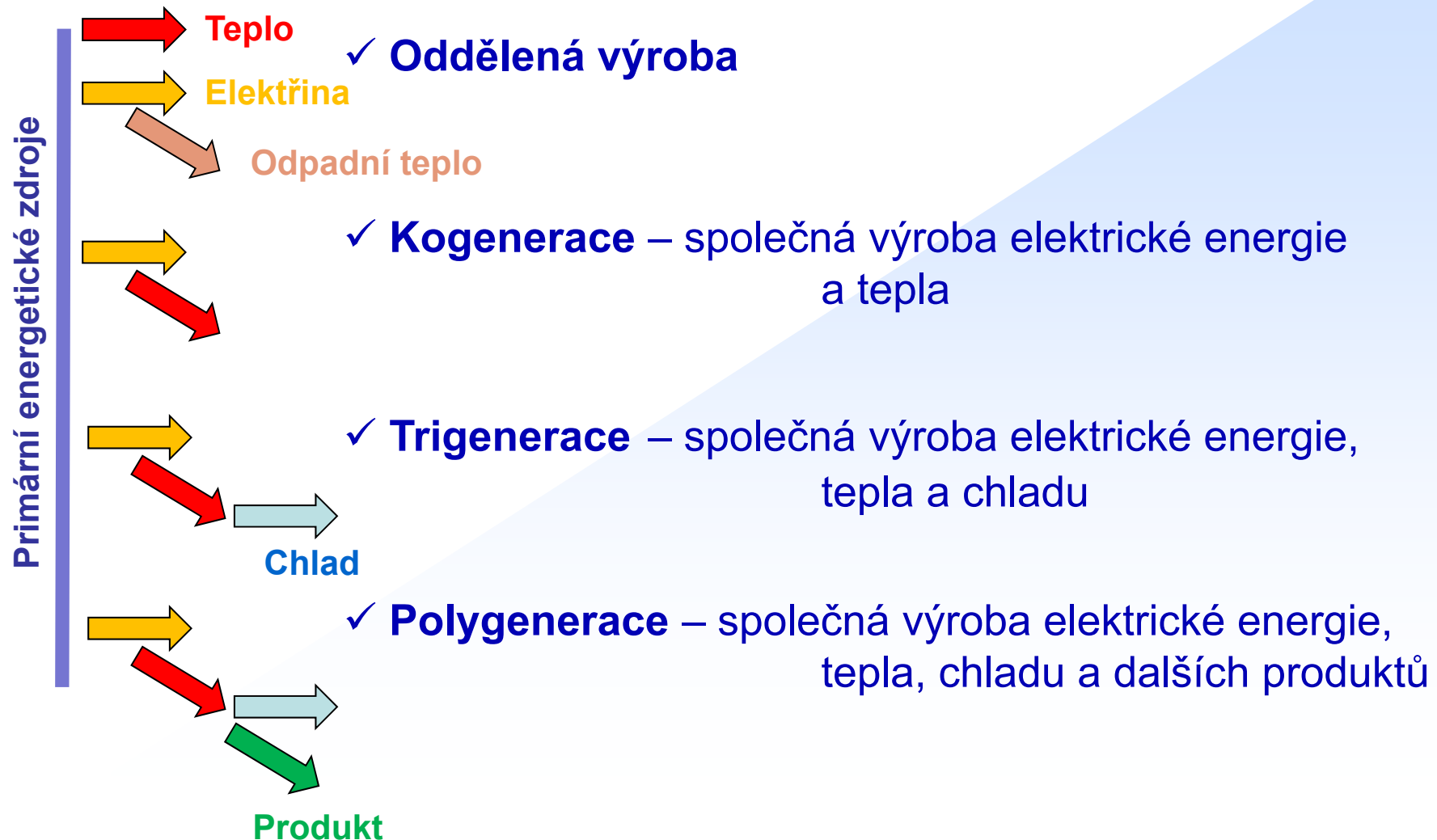
$$Q_{out} = 150\% Q_{gen}$$



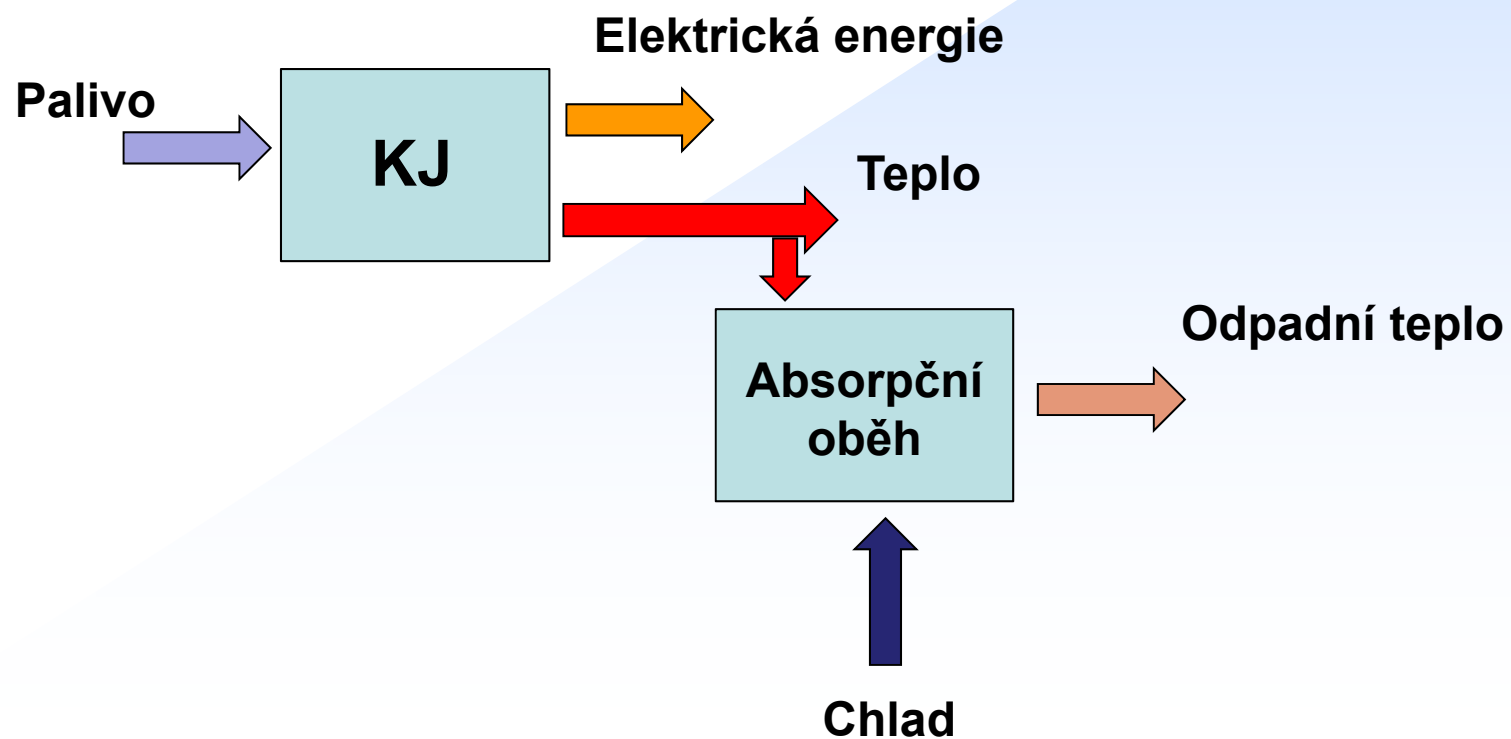
www.buderus.de

e

Dostupné systémy využití energetických zdrojů



Trigenerace = spojení kogeneračního zdroje
s absorpčním oběhem



Přínos kogenerace, trigenerace

- ✓ **Úspora primárních paliv** oproti oddělené výrobě elektrické energie a tepelné energie
 - využití odpadního tepla vznikajícího při výrobě el. energie dle 2. zákona termodynamiky
až 80%
 - teplo užito k vytápění a technologickým účelům
- ✓ **Snížením množství znečišťujících látek**
 - v souvislosti s úsporou primárních paliv (relativní snížení)
 - centralizací a následným čištěním (absolutní snížení)
(lepší monitoring výstupních emisí)



Zdroj: frogandprincess.files.wordpress.com



Zdroj: www.tork.com.au

Rizika kogenerace, trigenerace



- ✓ **Nevhodná reakce ceny na úspory a lepší regulaci soustavy vedoucí k sníženému odběru**
 - Fixní složka nákladů spojena s jmenovitým výkonem zdroje
 - Snížení spotřeby vede k nárůstu nákladů
- ✓ **Ztráty rozvodů mohou u rozsáhlých soustav rušit základní výhodu kombinované výroby – úsporu primárního paliva**
- ✓ **Citlivost systémů na typ použitého tepelného stroje**
 - Tepelný stroj rozhoduje o podílu výroby el. energie a tepla
 - Vynucená výroba elektřiny v protitlakových turbínách
 - Požadavek na výrobu el. a tepla v širokém rozsahu poměrů
→ kondenzační turbína s regulovanými odběry

Výhled

- ✓ Kogenerační systémy budou nadále tlačeny k vyšší elektrické účinnosti a celoroční produkci elektrické energie.
- ✓ Polygenerační systémy jsou aktuálně omezené téměř výhradně na trigeneraci.
- ✓ Počet instalací trigeneračních jednotek koresponduje se zvyšujícími se požadavky na chladicí výkon pro klimatizaci budov.

Potřeba tepla a chladu v podmínkách ČR

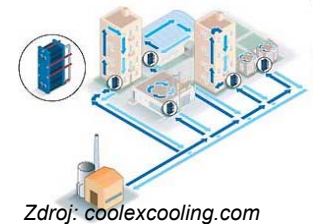
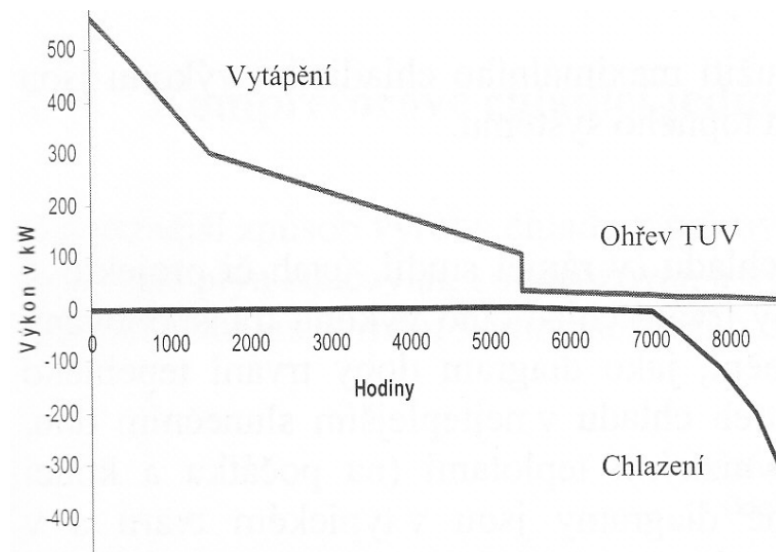
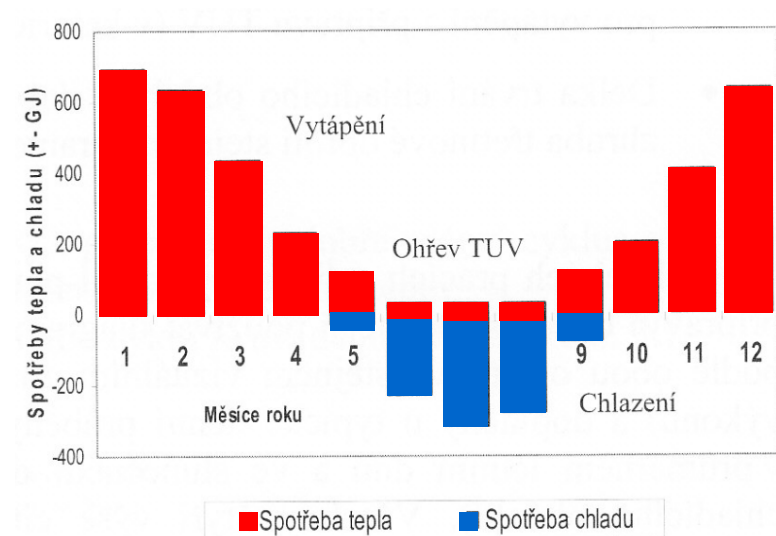


Diagram doby trvání topného a chladicího výkonu

Měsíční diagram spotřeby tepla a chladu



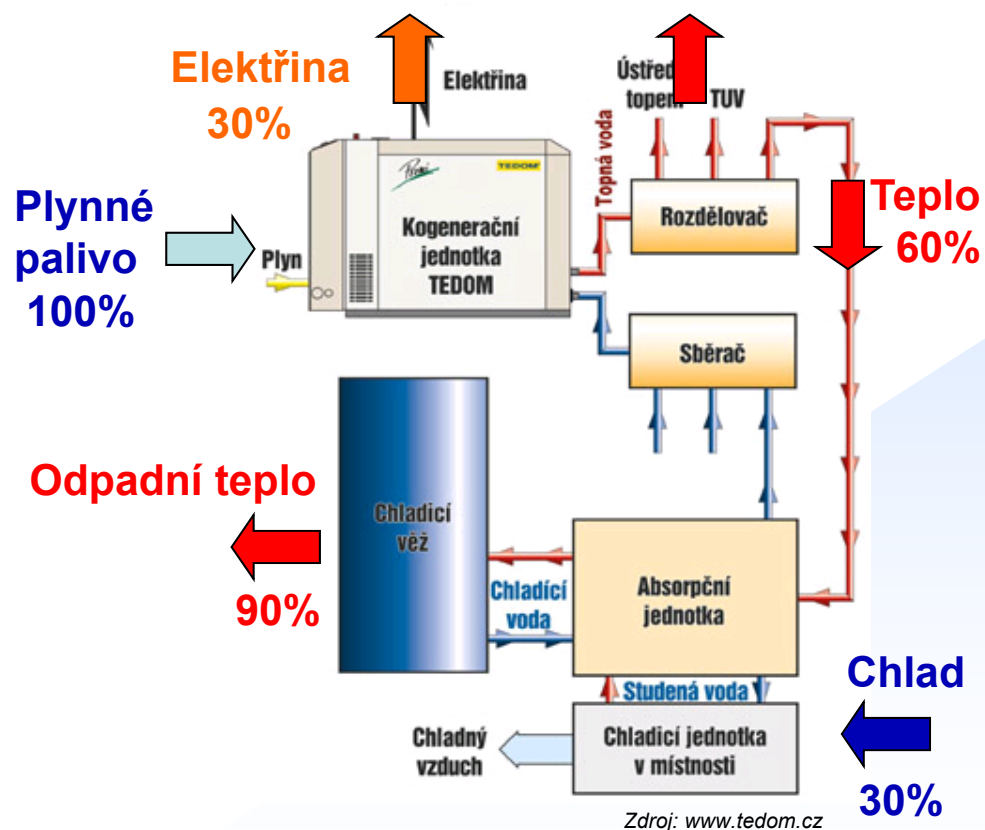
Zdroj: J. Karafiát - CZCH



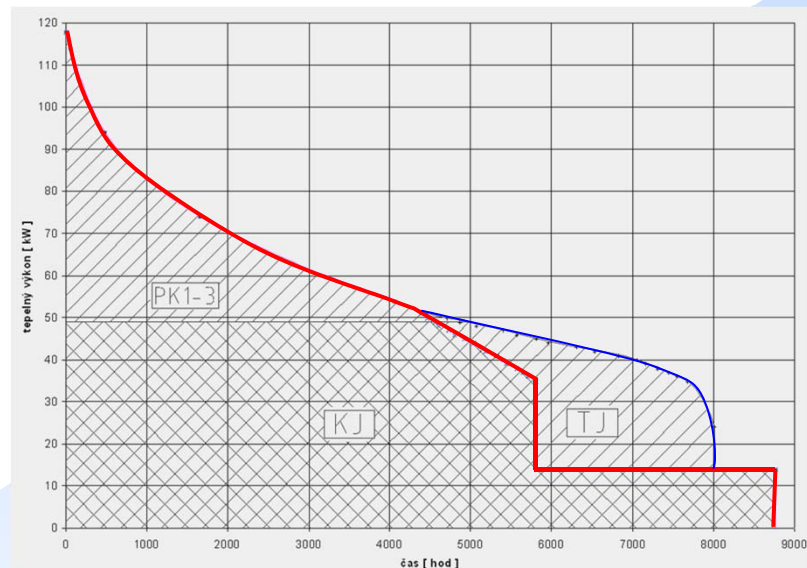
Zdroj: J. Karafiát - CZCH

- Chladicí výkon především kryje tepelnou zátěž oslunění
- **Srovnatelný topný a chladicí výkon** pro běžnou budovu
- **Roční potřeba chladu je cca 1/4 potřeby tepla**

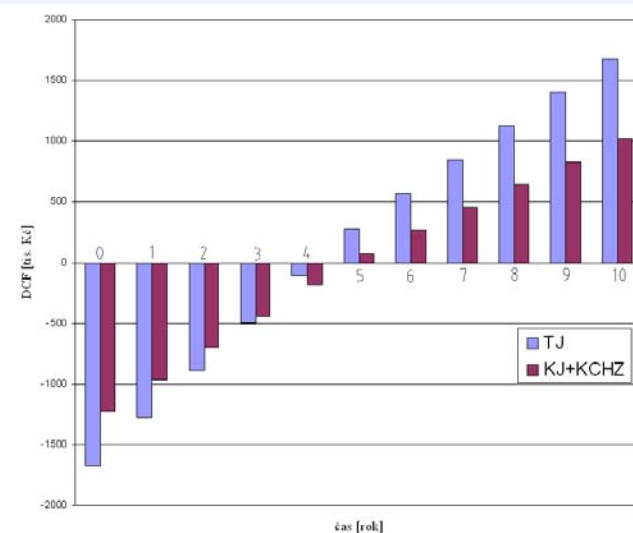
Ekonomika malé trigenerace



Znázornění ročního využití KJ a TJ



Ekonomické srovnání KJ a TJ

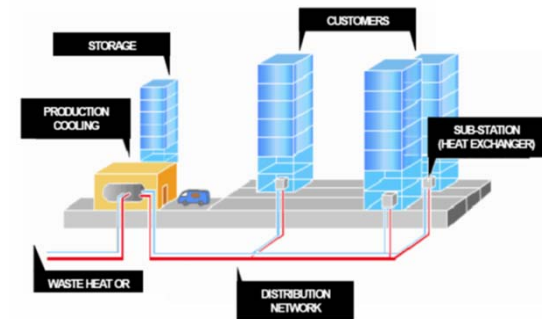


Dálkové zásobování chladem

District cooling

Dálkové zásobování chladem

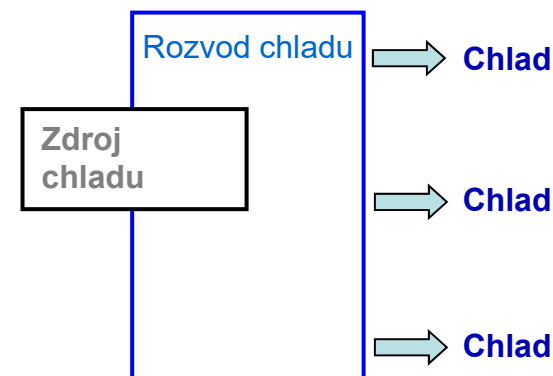
- V oblastech husté zástavby
- Zdroj tepla horká voda / nízkotlaká pára
- Samostatné síťové rozvody
- Často doplněno akumulátory chladu



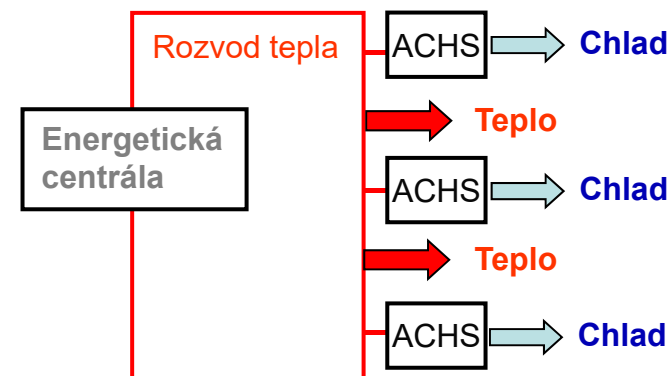
Zdroj: www.euroheat.org

Způsoby realizace DZCH

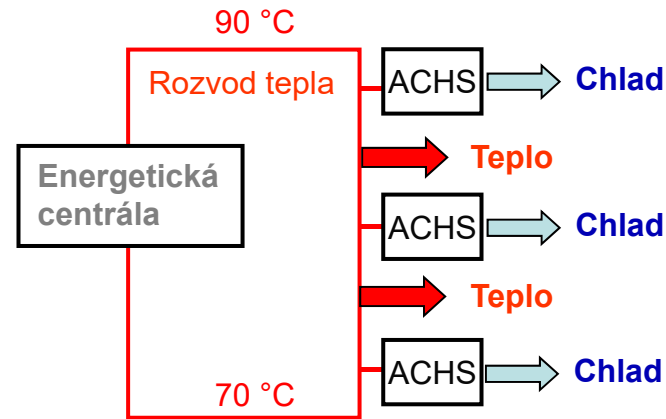
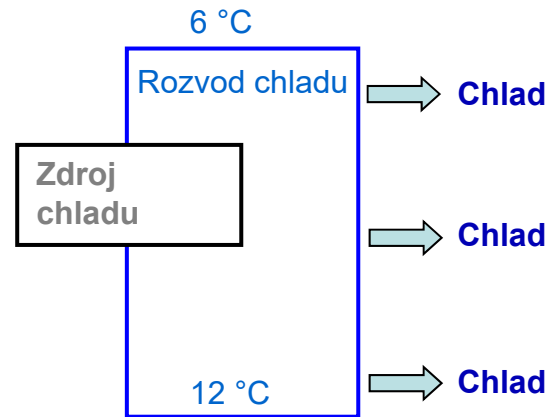
1. Rozvody chladné vody od centrálního zdroje chladu



2. Decentralizované absorpční chladicí jednotky napojené na dálkový rozvod tepla



Dálkové zásobování chladem



- + Jeden stroj pro výrobu chladné vody
- + Vyšší teploty řídicího tepla pro absorpční jednotku
- Rozvod pro chladnou vodu
- Ohřev vychlazené vody v rozvodu

- + Využití rozvodů tepla
- + Lepší dodržení parametrů chladné vody
- Více absorpčních jednotek
- Potřeba dostatečné teploty v rozvodu
- Častější potřeba akumulace

Dálkové zásobování chladem

Výhody pro odběratele

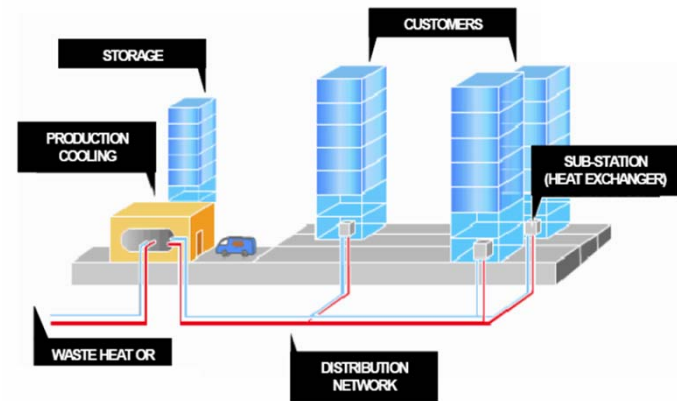
- Outsourcing
- Není třeba technické zázemí pro výrobu chladu
- Spolehlivost
- Stablní cena chladu

Výhoda pro dodavatele

- Letní odbyt tepelné energie

Nevýhody pro dodavatele

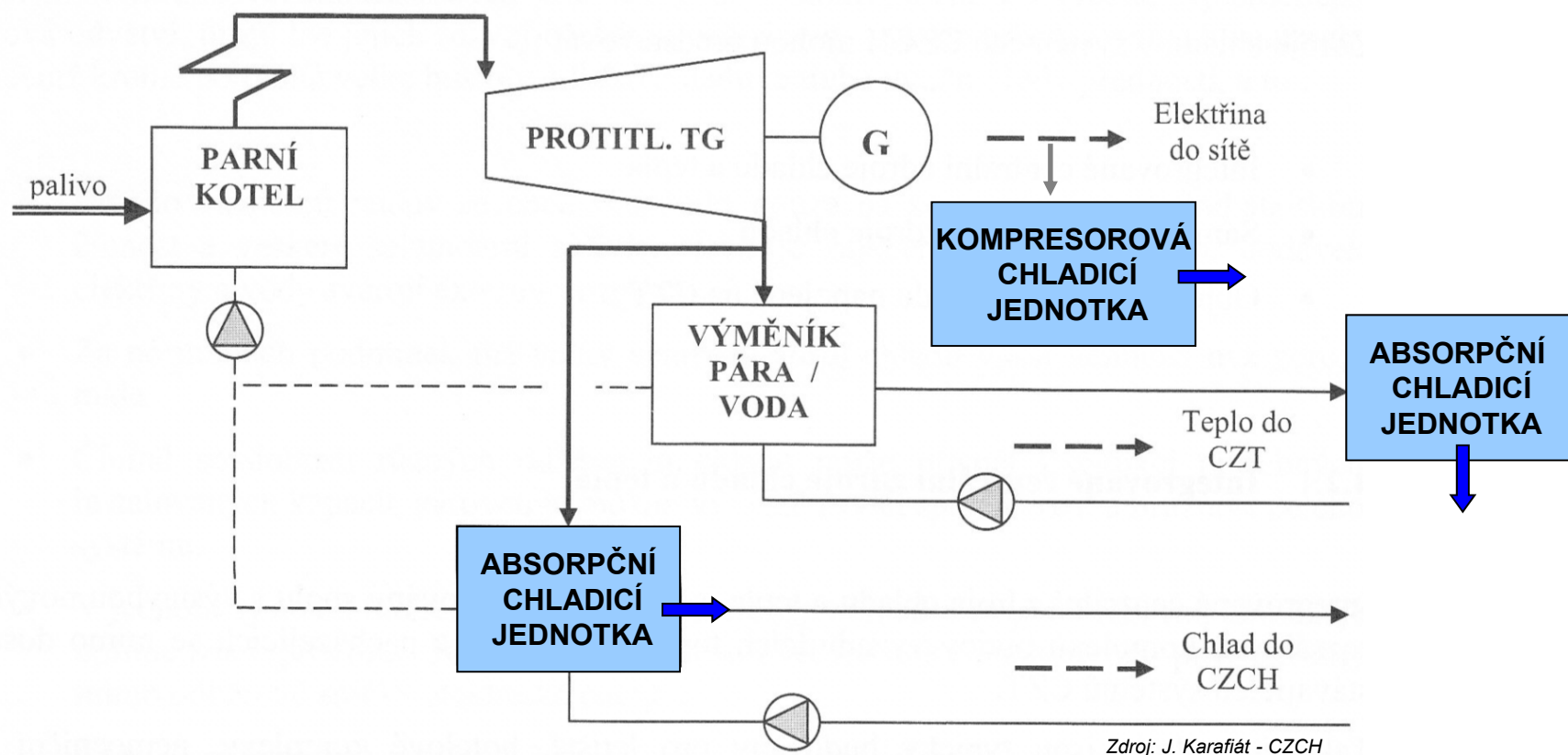
- Krátká doba ročního využití
- Velká množství cirkulující vody – dimenze potrubí
- Výkyvy v meziročních odběrech chladu
- Investiční náročnost



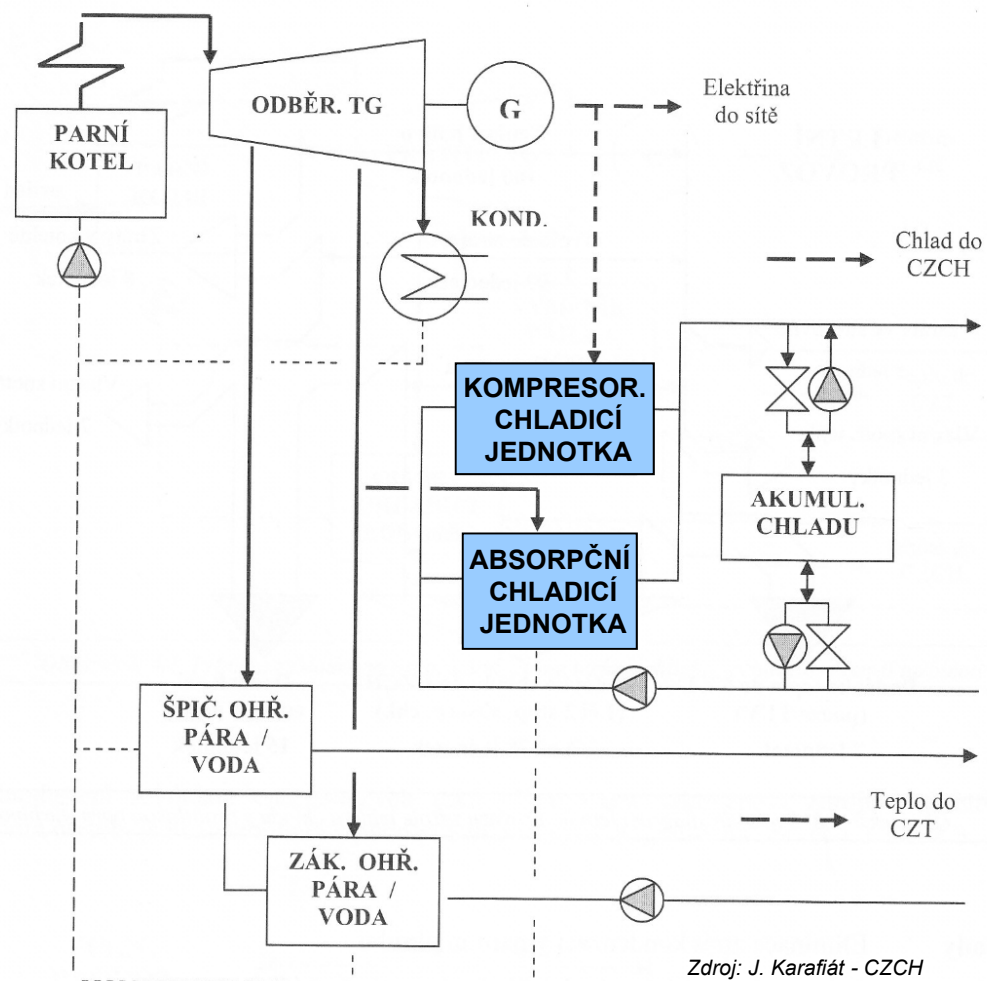
Zdroj: www.euroheat.org



Zapojení s protitlakou turbínou



Zapojení s kondenzační turbínou



Konstrukce a provozní parametry LiBr absorpčních jednotek



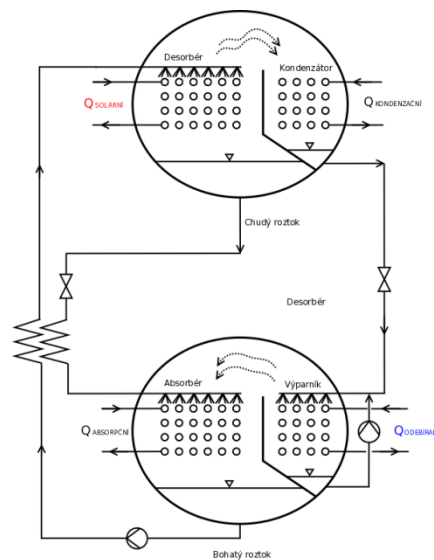
Zdroj: Firemní materiály Broad

Ukázka praktické realizace absorpční jednotky

Skrápěný výměník

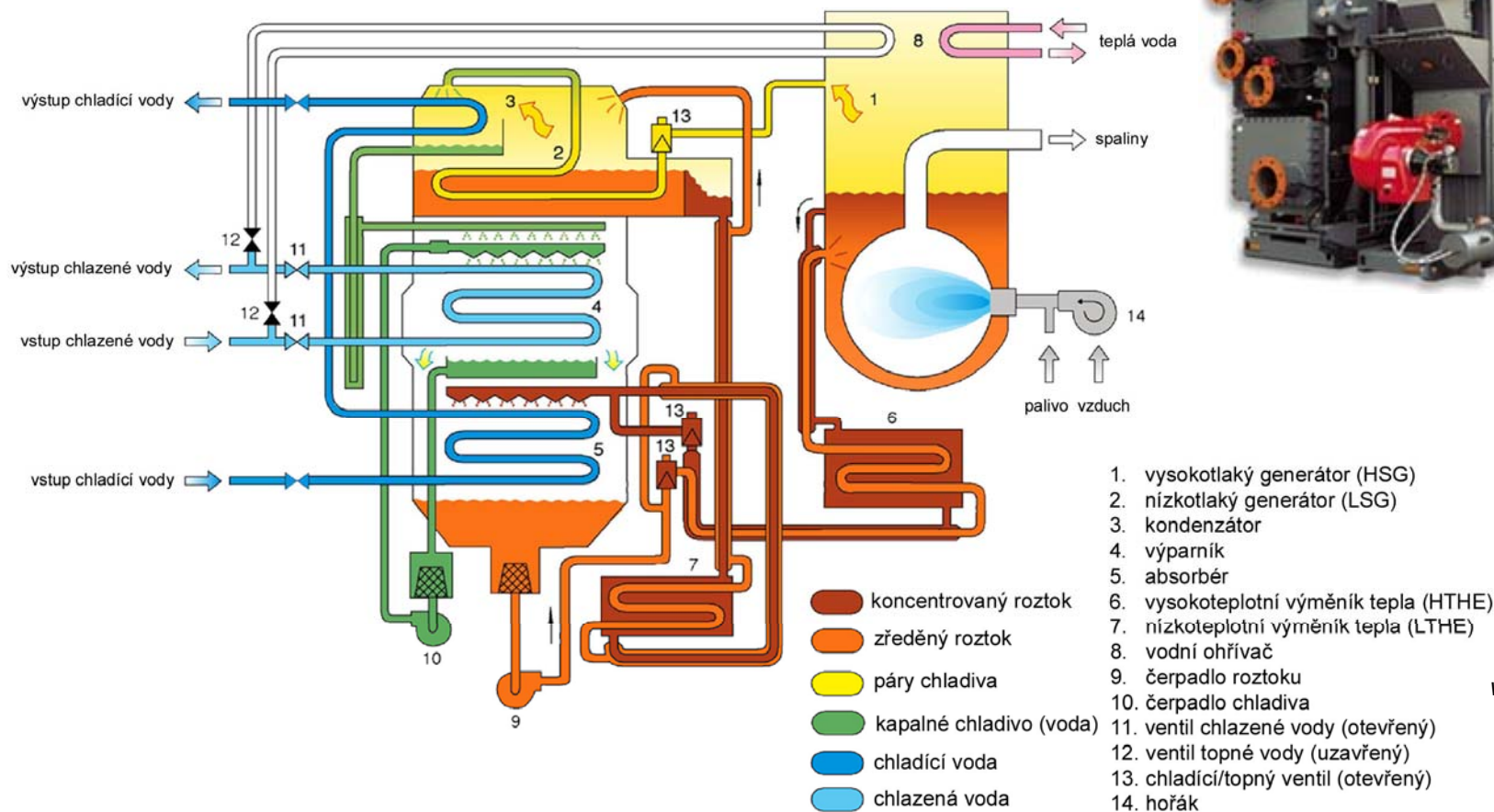


Kompaktní trubkové svazky



Experimentální absorpční jednotka VUT Brno

Průmyslová absorpční jednotka BROAD – 2°, LiBr



www.sokra.cz

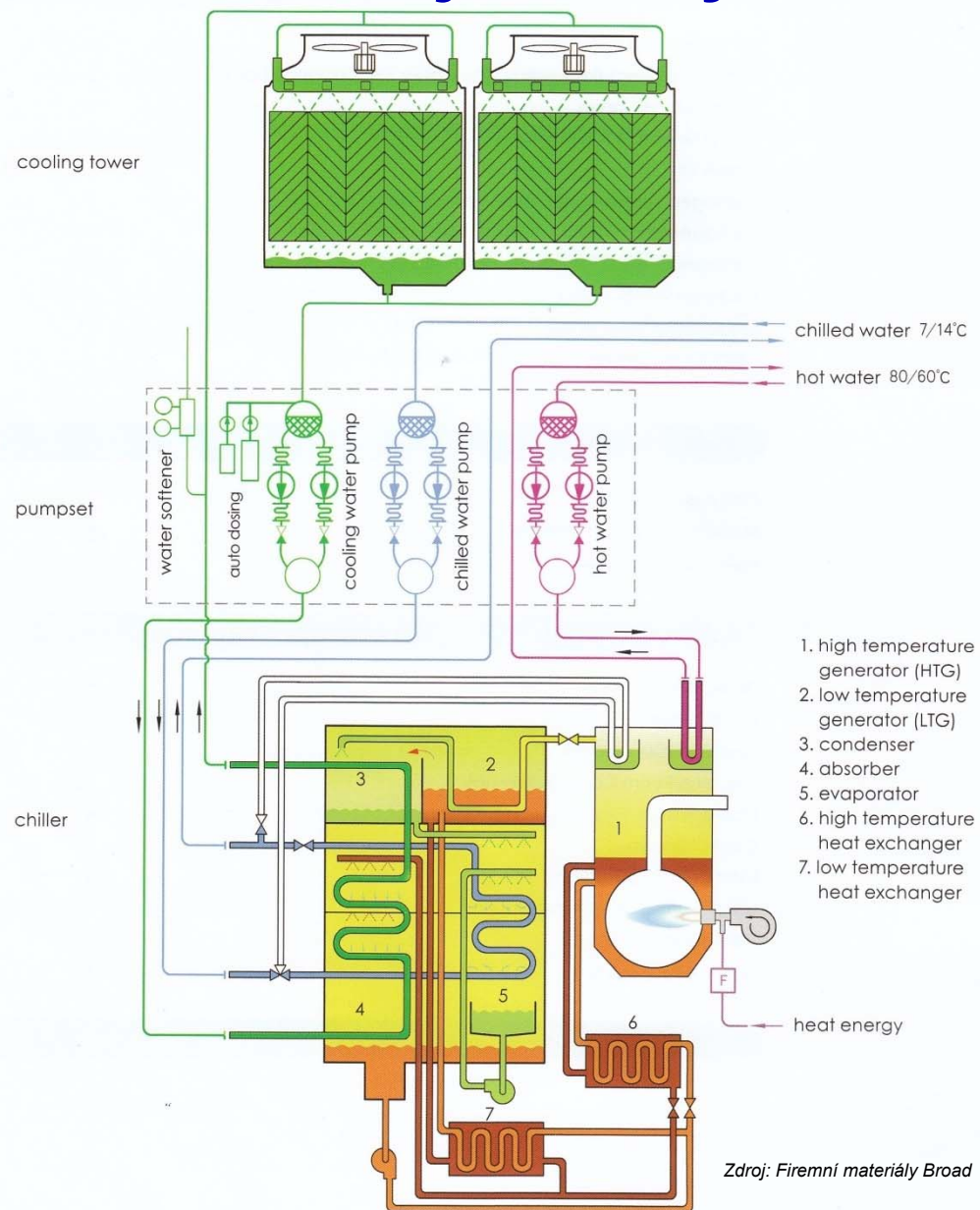
POŘÍZENÍ

- 100 kW_{CH} 1 000 000 Kč + chladicí věž
- Životnost 20 let
- 1 kg LiBr 700 Kč

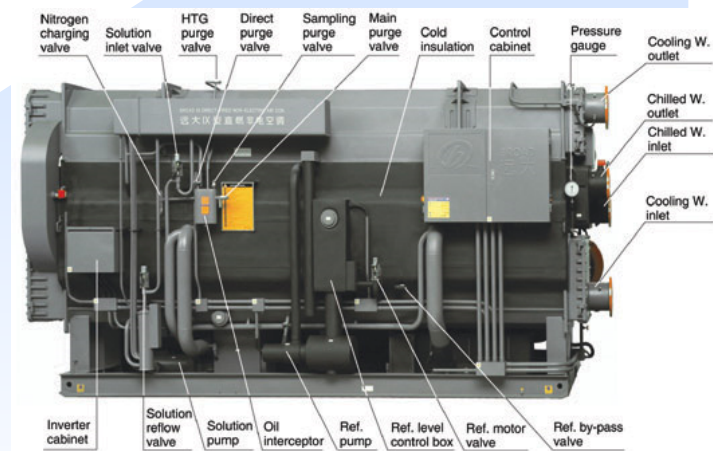
NÁKLADY

- Pohon čerpadel jednotky
- Pohon čerpadel návaz. Systémů
- Ventilace chladicí věže + odpar

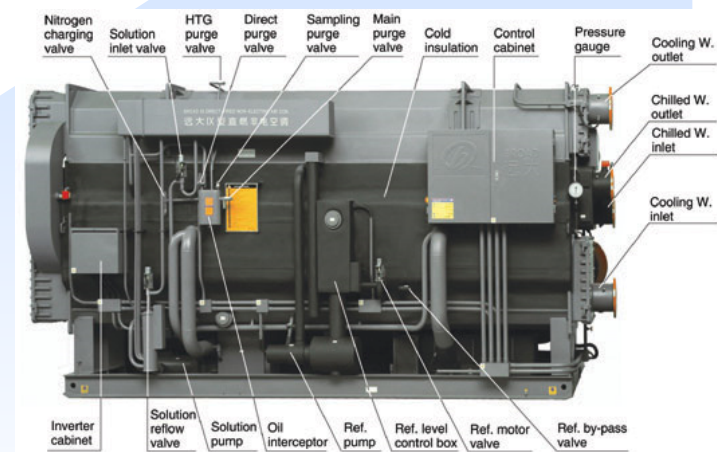
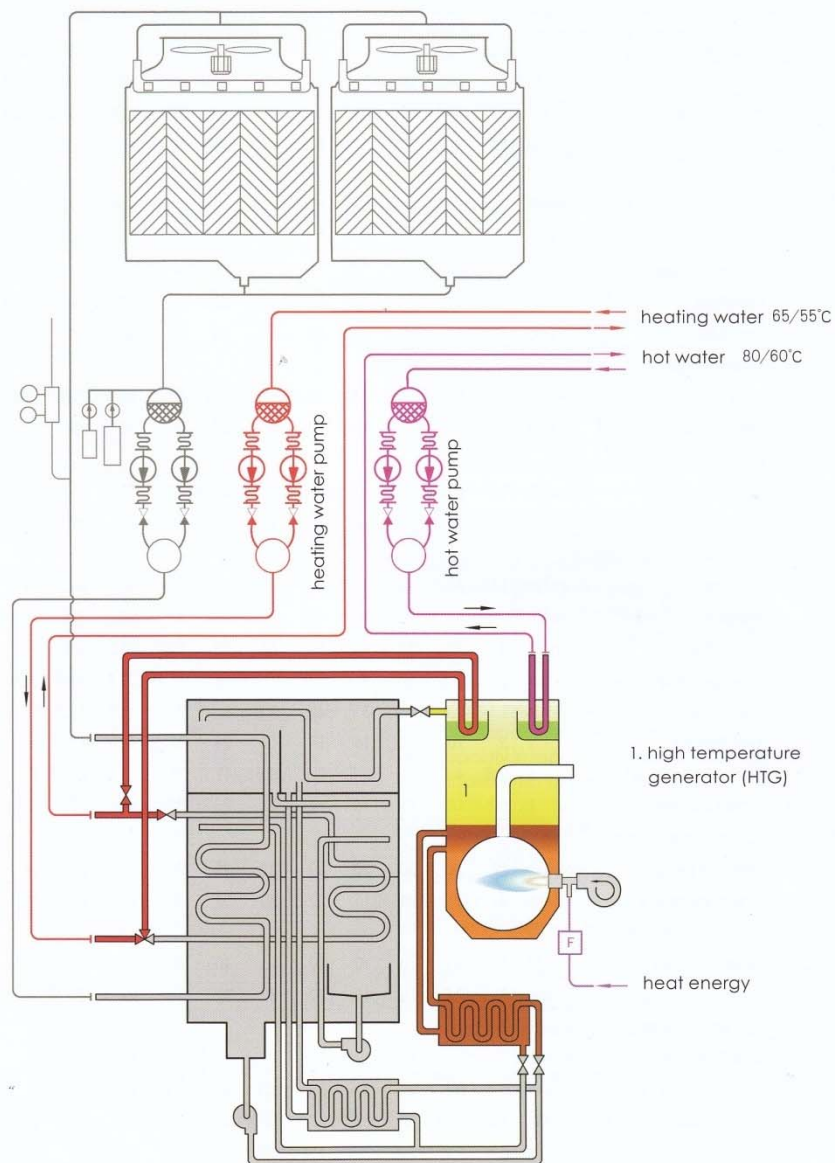
Chladicí režim jednotky



Zdroj: Firemní materiály Broad



Topný režim jednotky

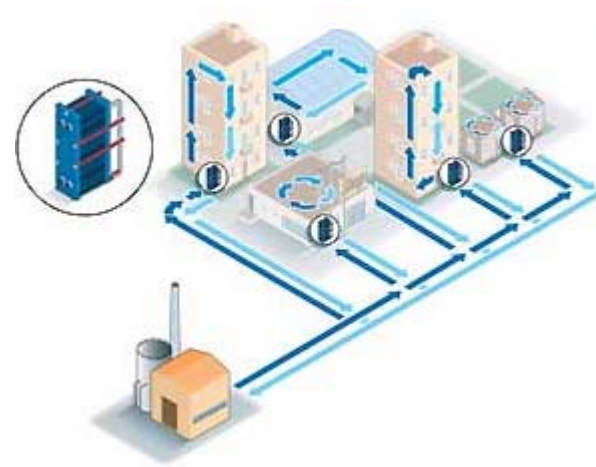


Zdroj: Firemní materiály Broad

Realizace absorpčních chladicích systémů

Dálkové zásobování chladem – dálkový rozvod chladné vody pro klimatizaci budov a technologické účely

- Významný počet aplikací od roku 1990
- Především USA, Japonsko, Francie, SRN, Korea, Malajsie, Rakousko, Švédsko (21)

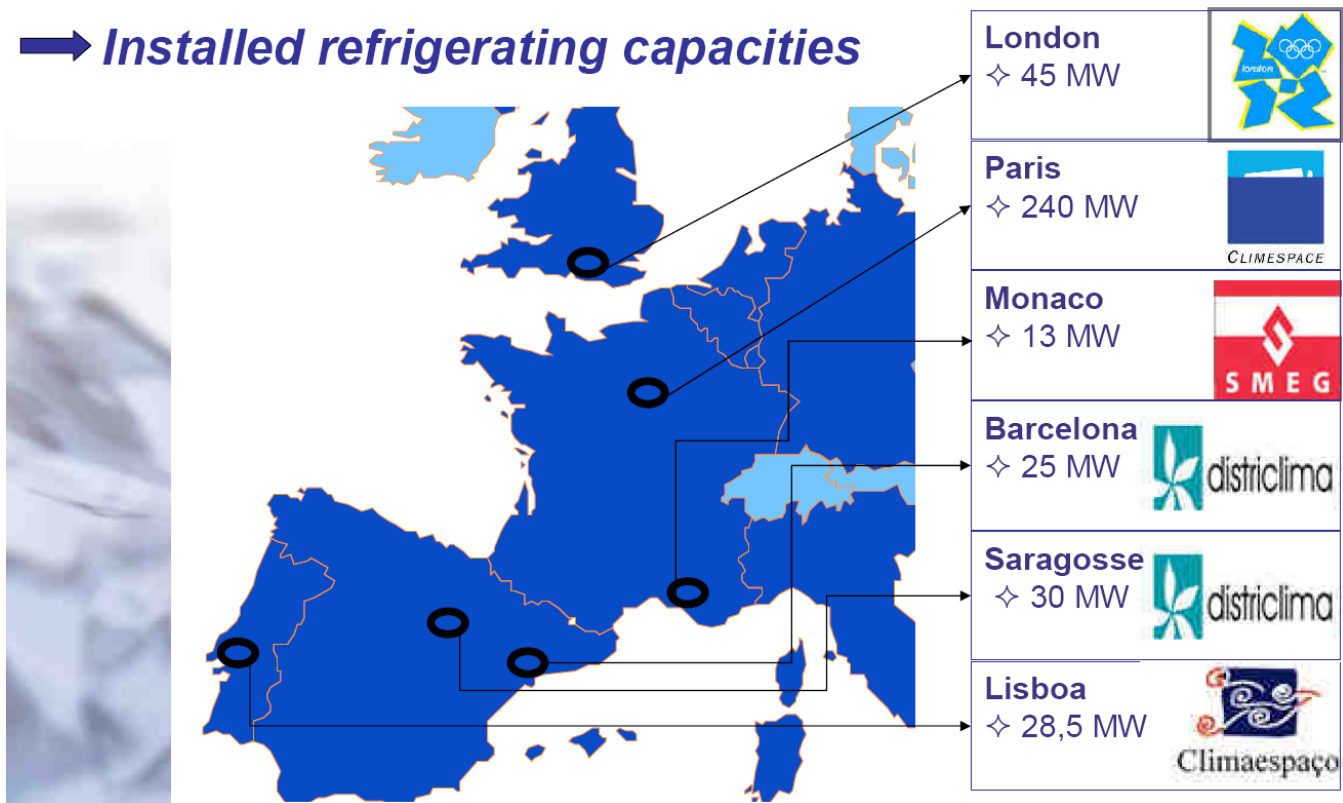


Zdroj: coolexcooling.com

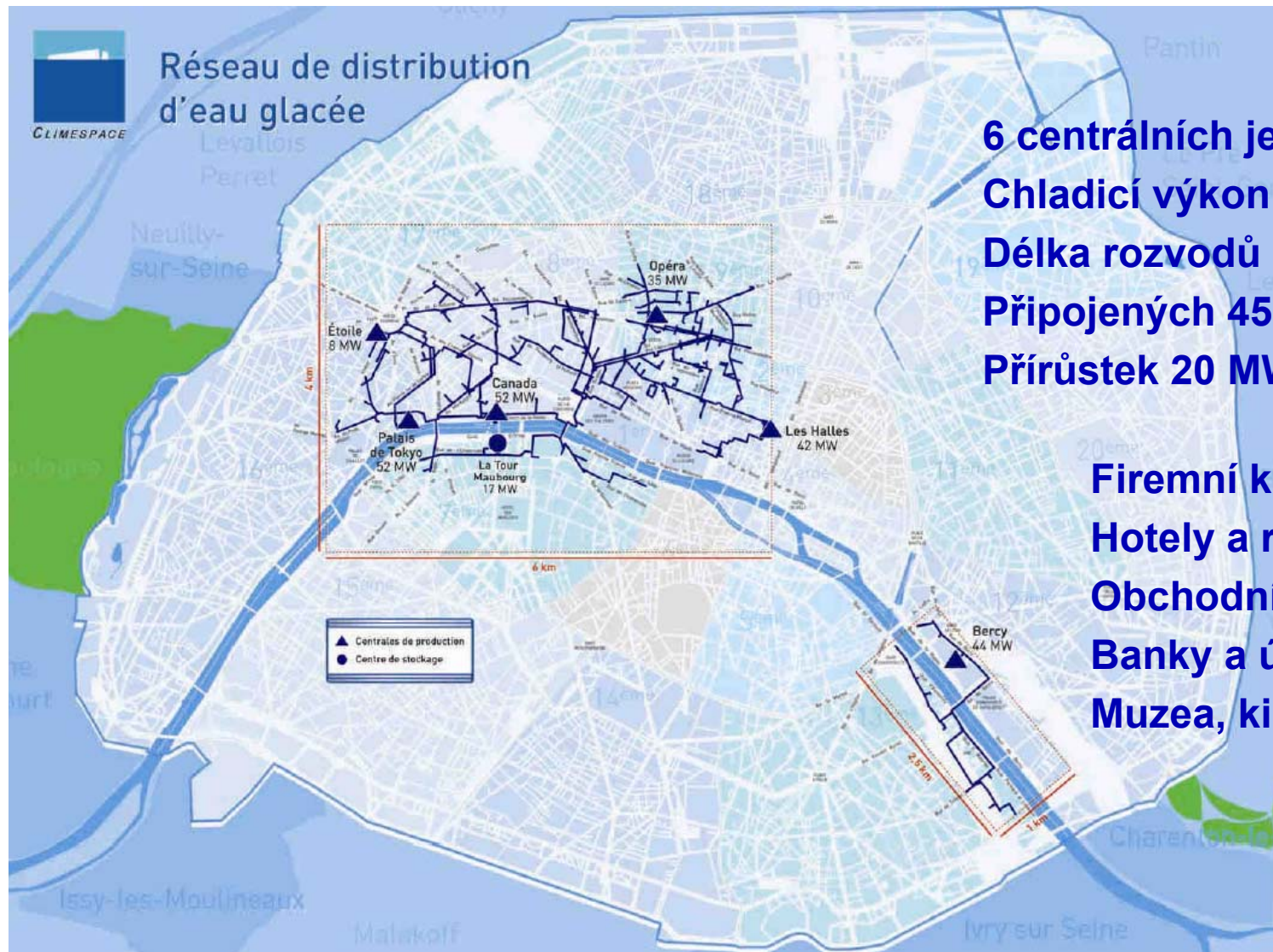
Potřeba chlazení

- Výstavba komplexů s vyžadovanou klimatizací hotely, admin., supermarkety
- Zvýšení vnitřní tepelné zátěže výpočetní a kancelářská technika
- Zvyšování komfortu stávajících objektů
- Dodávka technologického chladu nad 0 °C pivovarnictví, sklady OZ

Příklady realizací dálkového zásobování chladem



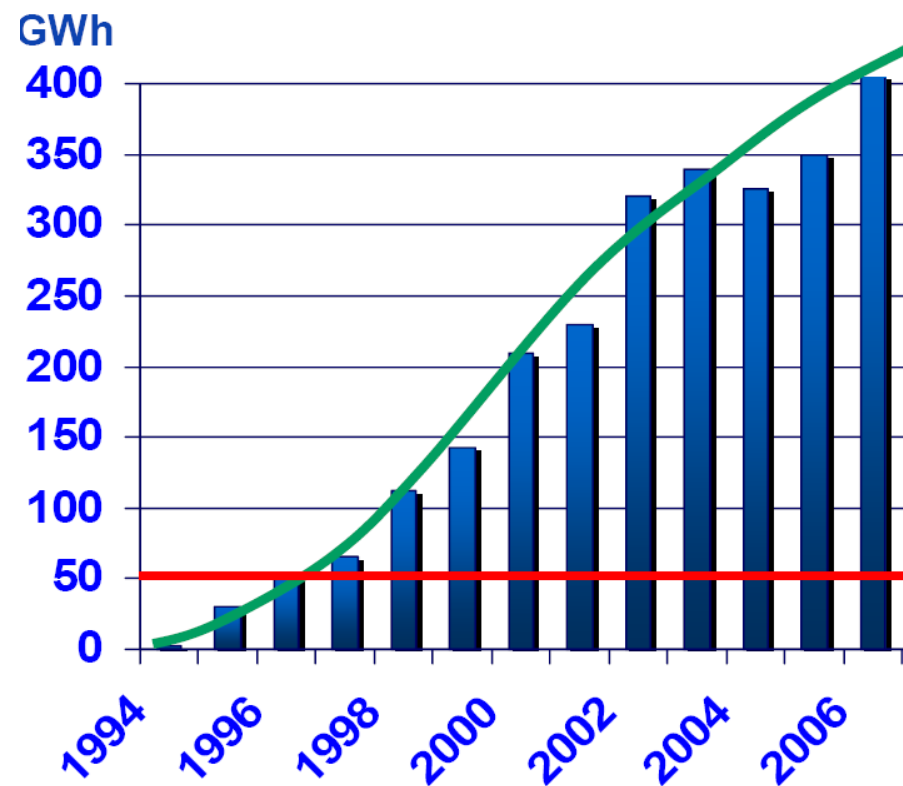
Dálkový rozvod chladu v Paříži



6 centrálních jednotek
Chladicí výkon 240 MW
Délka rozvodů 70 km + 3 km/rok
Připojených 450 objektů
Přírůstek 20 MW / rok

Firemní kanceláře 44%
Hotely a restaurace 8,5 %
Obchodní domy 7,5 %
Banky a úřady 19 %
Muzea, kina a divadla 21%

Dálkový rozvod chladu v Stockholmu



Realizováno

Svět

- Velká letiště
- Příž
- Vídeň
- Barcelona
- Helsinky
- Minesotta
- New York



Zdroj: img.dailymail.co.uk

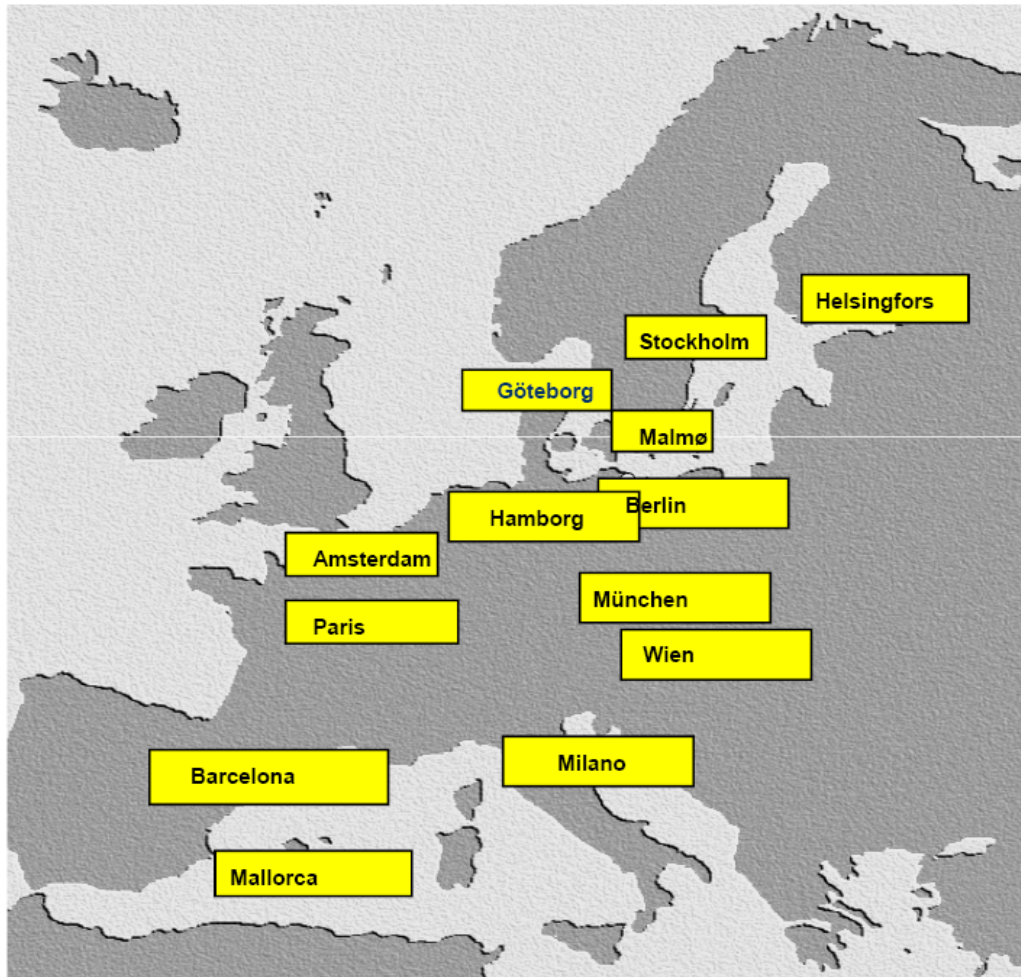
ČR

- Plzeňská teplárenská – Prazdroj 2 x 1500 kW_c
- Elektrárna Opatovice – Regiocentrum Nový Piv.
- Západočeská univerzita 420 kW
- Ústí nad Labem
- Fakultní nemocnice Plzeň
- IKEA Ostrava 2400 kW



Zdroj: www.pltep.cz

Systémy dálkového chlazení v Evropě



Spread in Europe since the 80's

- France: approx 710 MW
More to come in Paris, Toulouse, Grenoble, Marseille, Lyon
- Sweden: approx 680 MW
220 MW under establishment
- Germany: approx 220 MW
More planned for Berlin, Düsseldorf
- Holland: approx 76 MW
Planned 60 MW expansion
- Italy: approx 100 MW
- Finland: approx 110 MW
100 MW projected by 2010, 250 MW projected by 2020
- Spain: approx 30 MW
100 MW expansion projected
- Austria: approx 22 MW
80 MW projected 2010-2012
- Danmark:
15 MW under establishment
100 MW projected 2009-2013

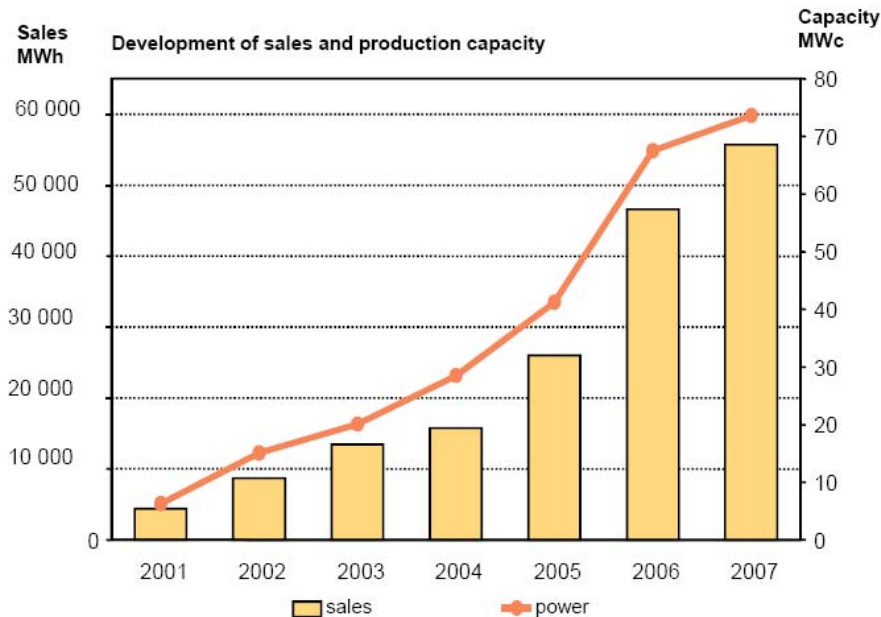
Source: Euroheat & Power material
Capital Cooling
LOGSTOR

System dálkového zásobování chladem v Helsinkách

- Chladicí výkon v roce 2009: 80MW
- Připojených zákazníků: 115
- Roční prodej chladu: 65 000 MWh

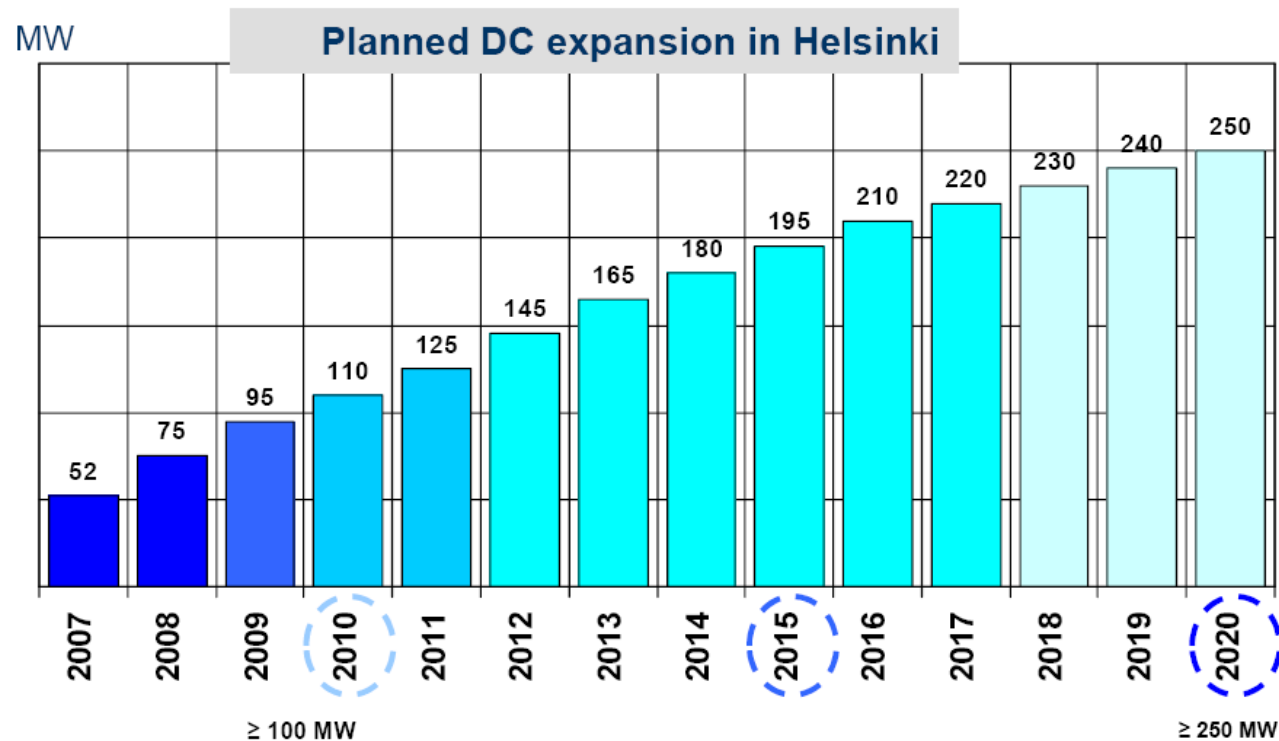
V roce 2008

- 34 nových zákazníků
- nově připojený výkon 26 MW



Source:  Energiatotalisuus

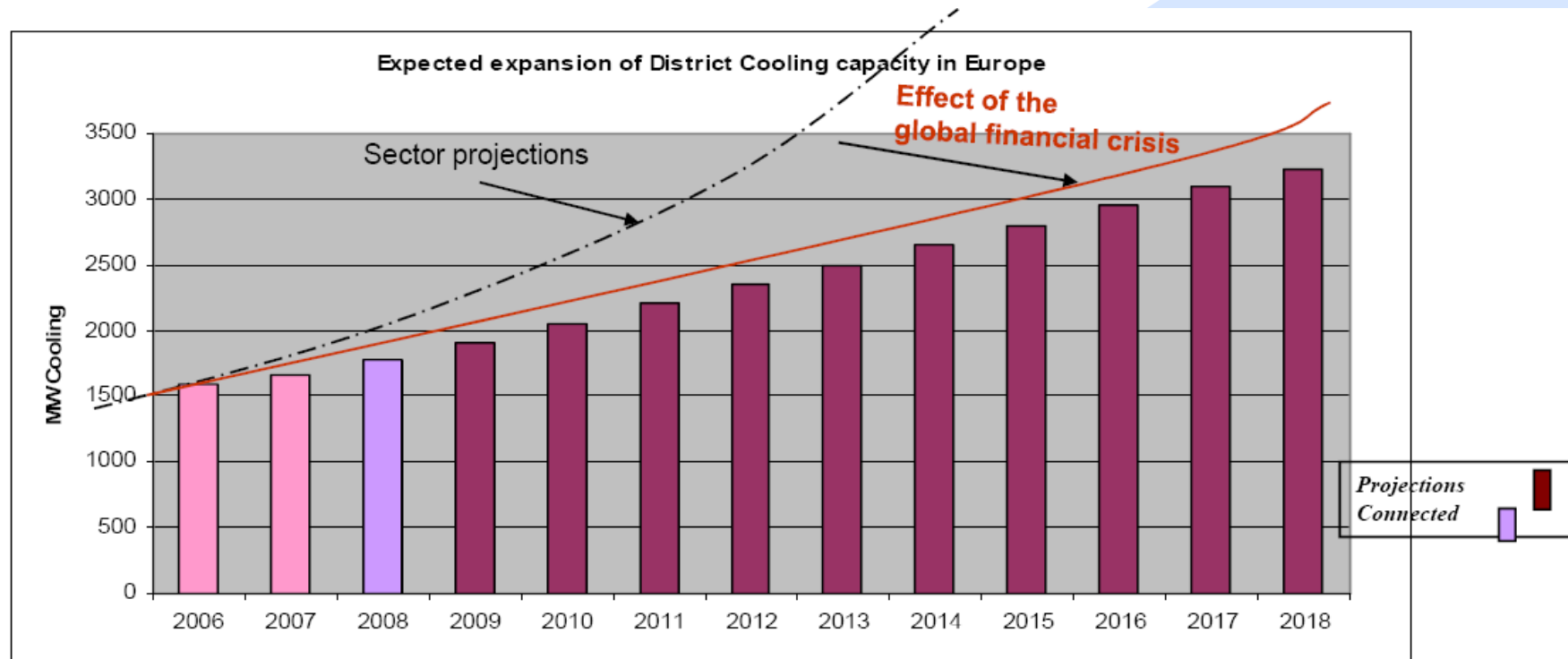
Výhled využití DZCH v Helsinkách



Zdroj: Akram Maurad – Euroheat and Power 34. kongres

Výhled vývoje uplatnění DZCH v Evropě

- Očekáván nárůst kapacity 2-3 v následujících 8-10 letech
- Roční přírůstek kapacity 150-250 MWc
- V uplynulém období progres především v severských zemích



Source: Euroheat & Power material
Capital Cooling,, LOGSTOR

Charakteristiky projektů Evropa x Blízký východ

EVROPA

- typická velikost projektu DZCH 15-20 MW
- požadovaný chladicí výkon 30-50 W/m²
- s rekuperací tepla a chladu



BLÍZKÝ VÝCHOD

- typická velikost projektu DZCH 150-200 MW
- požadovaný chladicí výkon 140-250 W/m²
- bez rekuperace tepla a chladu



Porovnání kompresorových a absorpčních oběhů



	Absorpční oběhy	Parní oběhy
rozměry	velké	malé
spotřeba el. energie	nízká (5% výkonu)	vysoká (30-50% výkonu)
investiční náročnost	vysoká	nízká
nároky na obsluhu	žádné	žádné
nároky na servis	velmi malé	malé
životnost	vysoká	nízká
požadavek vysokopotenciálního tepla	vysoký	žádný
množství pracovních náplní	velké	malé
hmotnost	velká	malá
hlučnost	nízká	střední

Ekonomika produkce chladu

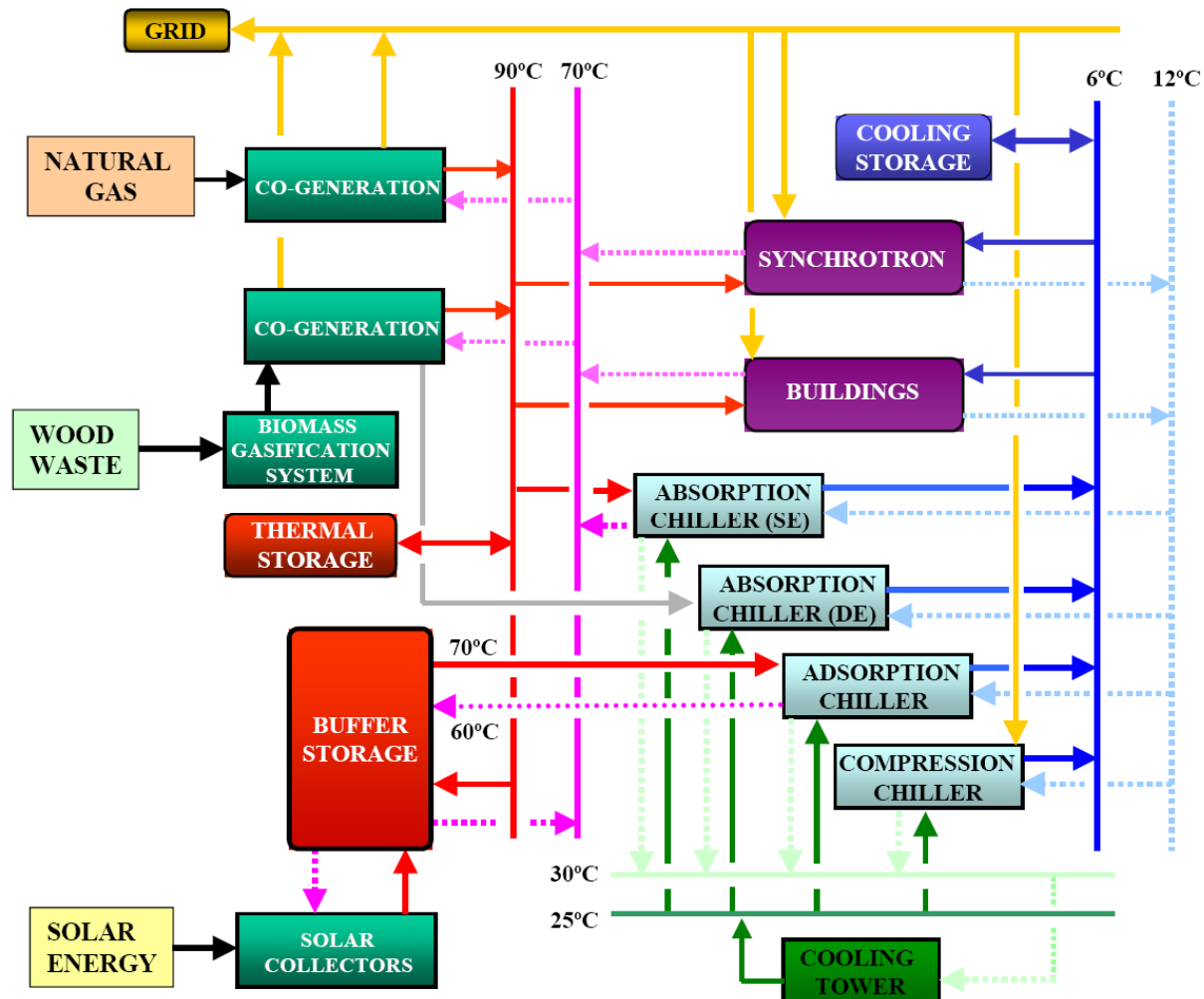
Zdroj: J. Karafiát – CZCH, 2008

Decentralizované kompresorové jednotky	598 Kč/GJ
Centralizovaná výroby kompresorovou jednotkou	389 Kč/GJ
Decentralizované absorpční jednotky	562 Kč/GJ
Centralizovaná výroba v absorpční jednotce	410 Kč/GJ

V podmínkách ČR **není jednoznačný favorit** v technologiích produkce chladu a rozhodují místní podmínky a aktuální **ceny el. energie** a tepla.

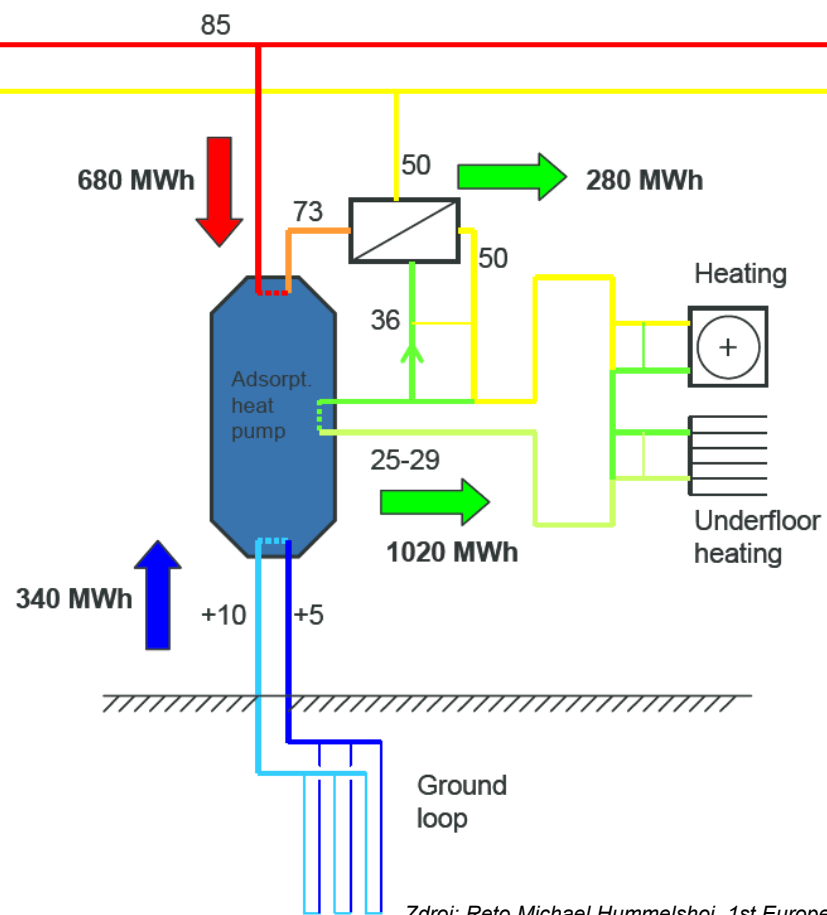
Další zajímavá využití absorpčních chladicích systémů

Ideový návrh využití obnovitelných zdrojů v systémech centrální dodávky tepla a chladu



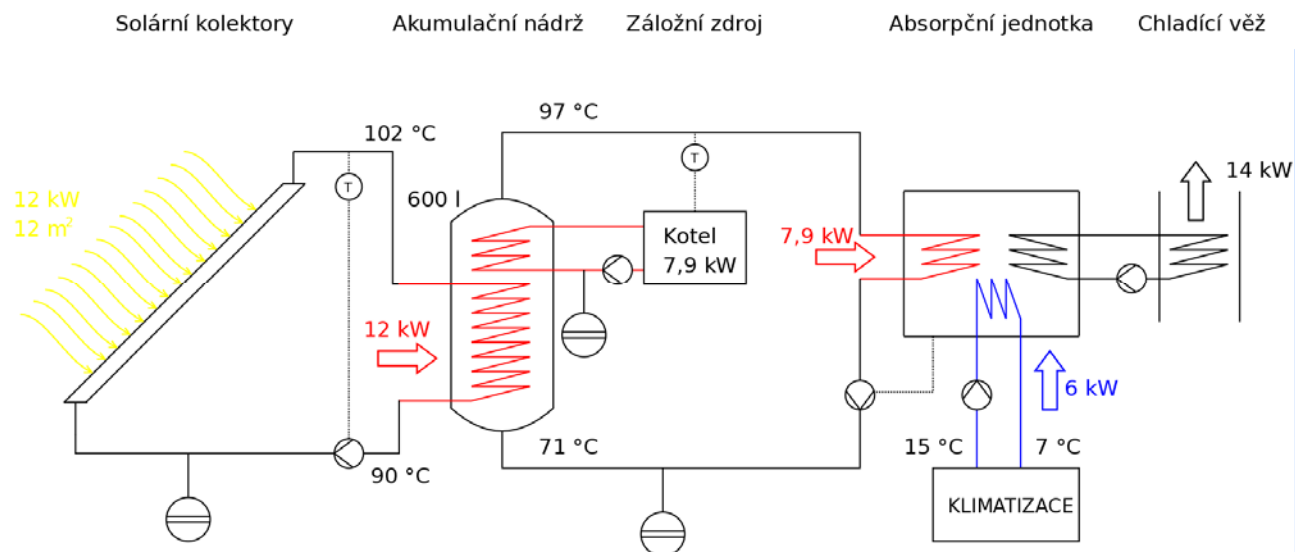
Zdroj: Alberto Coronas,
1st European Conference
on Polygeneration

Absorpční jednotka v režimu tepelného čerpadla napojená na CZT - využití alternativních zdrojů



Zdroj: Reto Michael Hummelshoj, 1st European
Conference on Polygeneration

Solární absorpční chlazení – využití obnovitelných zdrojů

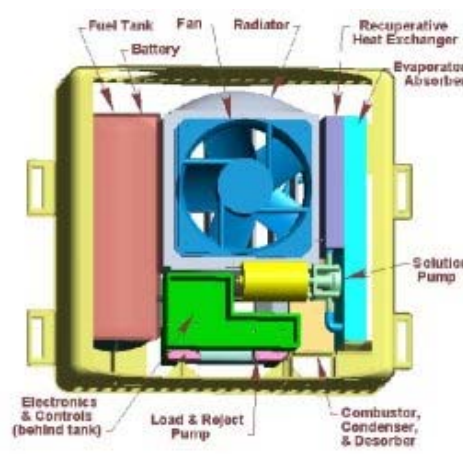
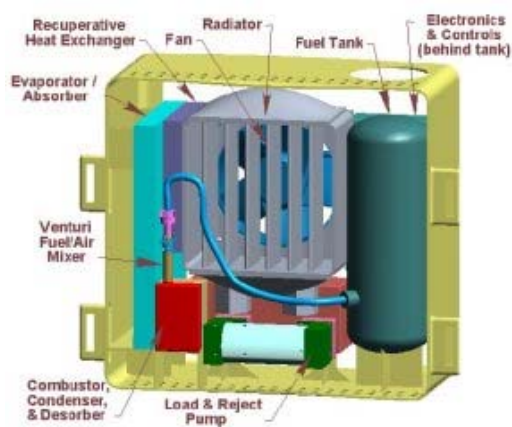


Zdroj: www.estif.org



Zdroj: www.estif.org

Minimalizace absorpčního oběhu pro vojenské účely



0,7 kg

