

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a  
management

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Změny v technologiích chlazení s důrazem na environmentální dopady a  
s ohledem na legislativní omezení.

Autor: **Bc. Václav Študlar**  
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav ŠTUDLAR**

Osobní číslo: **S16N0034P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**

Název tématu: **Změny v technologii chlazení s důrazem na enviromentální dopady a s ohledem na legislativní omezení**

Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Analýza současného stavu
3. Teoretická východiska
4. Návrh řešení
5. Přínosy řešení
6. Závěr

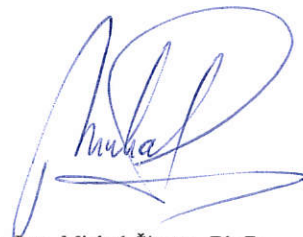
Rozsah grafických prací: 0 výkresů  
Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

1. JÜRGEN ULLRICH, Hans. *Chladicí technika: Díl II.* Praha: Svaz CHKT, 2000. ISBN 80-238-5889-0
2. DVOŘÁK, Z. *Základy chladicí techniky.* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1984.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu  
Konzultant diplomové práce: **PhDr. Lukáš Štich**  
Děkanát  
Datum zadání diplomové práce: **20. září 2017**  
Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. září 2017

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu docentu Milanu Edlovi za odborné vedení a cenné rady při psaní této práce.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Študlar	Jméno Václav		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan		
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Změny v technologii chlazení s důrazem na environmentální dopady a s ohledem na legislativní omezení.			

<b>FAKULTA</b>	Strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	61	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	57	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Tato práce je zaměřena na popsání a vysvětlení změn v chladicí technologii s důrazem na legislativní změny, které začnou platit v následujících letech. První část práce stručně popisuje chladicí technologii obecně. Druhá část práce je zaměřena na vývoj legislativy v této oblasti. Další části práce se zabývají popisem změn v malém nápojovém chlazení a komerčním chlazení. Poslední část práce se zabývá aktualizací stávajícího rozvržení výrobní haly, vzhledem k přicházejícím změnám ve výrobě a zvyšujícím se objemu produkce, včetně ekonomického zhodnocení změn.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>chladicí technologie, chladiva, komerční chlazení, průmyslové chlazení, nápojové chlazení, environmentální dopady, změny rozvržení, legislativní omezení</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Študlar	Name Václav	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 “Industrial Engineering and Management“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing.Edl, Ph.D.	Name Milan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Changes in cooling technology with emphasis on environmental impacts and considering legislative restrictions.		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2018
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	61	<b>TEXT PART</b>	57	<b>GRAPHICAL PART</b>	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This thesis is focused on describing and explaining changes in cooling technology, considering new legislative restrictions which will start valid in the upcoming years. First part of the thesis is briefly describing cooling technology in general. The second part is focused on development of legislative standards in this technology. The other parts are describing the changes in technology of small beverage coolers and commercial refrigeration. The last part of thesis is about the update of current layout of the production hall to upcoming changes and increasing amount of production., including economical evaluation of the changes.</p>
<b>KEY WORDS</b>	cooling technology, refrigerants, commercial refrigeration, industrial refrigeration, beverage coolers, environmental impacts, layout changes, legislative restrictions

## Obsah

Úvod .....	13
1 Všeobecný popis funkce chladiva-Historie použití chladiv ve strojním chlazení .....	14
1.1 Všeobecný popis funkce chladiva.....	14
1.2 Historie použití chladiv ve strojním chlazení .....	17
2 Vývoj legislativy v oblasti použití chladiv.....	18
2.1 Vídeňská konference o ochraně ozonové vrstvy a Montrealský protokol o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu .....	18
2.2 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu.....	19
2.3 Kjótský protokol .....	19
2.4 Pařížská dohoda o změně klimatu .....	20
2.5 Nařízení Evropské unie.....	20
2.5.1 Nařízení Evropského Parlamentu a rady č. 517/2014 ze dne 16. dubna 2014 O fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení č. 842/2006.....	21
2.5.2 Legislativa pro chladicí zařízení.....	21
2.6 Všeobecný přehled normy ČSN EN 378:2017 .....	23
2.7 Bezpečnost chladiv .....	24
2.8 Bezpečnost chladicích systémů: .....	24
2.9 Současný způsob značení chladiv .....	24
2.9.1 Organické čisté látky .....	25
2.9.2 Směsi chladiv.....	25
2.9.3 Anorganická chladiva .....	25
3 Analýza současného stavu na trhu chladiv v ČR a EU .....	26
3.1 Příklady nejpoužívanějších chladiv .....	26
3.1.1 R134a.....	26
3.1.2 R404A.....	26
3.1.3 R507A.....	26
3.1.4 R410A.....	26
3.2 Phase-Down .....	27
4 Nové typy chladiv .....	28
4.1 Bezpečnost práce s novými chladivy.....	30
4.2 Retrofit .....	31
4.3 Teplotní skluz .....	31



5	Změny technických řešení při použití ekologických chladiv .....	32
5.1	Malé nápojové chlazení .....	32
5.2	Chlazení s přímým výparem .....	36
5.2.1	Subkritická aplikace R744 .....	37
5.2.2	Transkritická aplikace R744 .....	40
5.3	Nepřímé chlazení .....	47
5.3.1	Chillery HFO1234ze se šroubovými kompresory .....	47
5.3.2	Chillery HFO1234ze s turbínovými kompresory Turbocor .....	48
6	Racionalizace kusové výroby chladiřských technologií s chladivem CO <sub>2</sub> .....	52
6.1	Popis současného stavu .....	52
6.2	Nalezení slabých míst v současném stavu .....	53
6.3	Eliminace slabých míst ve výrobě .....	54
6.4	Nastínění budoucích dalších slabých míst .....	54
7	Ekonomické zhodnocení změn .....	55
7.1	Finanční Náročnost .....	55
7.1.1	Investiční náročnost: .....	55
7.1.2	Ostatní náklady na nové uspořádání výroby: .....	55
7.2	Finanční úspory .....	55
	Závěr .....	57
	Literatura .....	59
	Seznam příloh .....	60

## Seznam obrázků

Obrázek 1-1: PI diagram chlazení [12].....	14
Obrázek 5-1: Anta MK24 .....	33
Obrázek 5-2: Delton H120 .....	33
Obrázek 5-3: Poloautomatická plnicí stanice chladiva.....	34
Obrázek 5-4: Vakuovací pracoviště .....	35
Obrázek 5-5: Detail poloautomatické plnicí stanice.....	36
Obrázek 5-6: PID Subkritická aplikace R744 kaskádní uspořádání .....	37
Obrázek 5-7: PID Subkritická aplikace R744 kapalinový kondenzátor.....	38
Obrázek 5-8: Výpočet průměru potrubí.....	39
Obrázek 5-9: PID transkritická aplikace R744-tzv. „Booster“.....	40
Obrázek 5-10:PI diagram transkritická aplikace R744.....	41
Obrázek 5-11: Fotografie potrubí menších rozměrů .....	44
Obrázek 5-12: Fotografie potrubí větších rozměrů .....	44
Obrázek 5-13: Ohýbací stolice na potrubí.....	45
Obrázek 5-14: Detailní pohled na potrubí v jednotce.....	45
Obrázek 5-15: Jednotka s nerezovým potrubím v designu pro Skandinávii .....	46
Obrázek 5-16: PID Nepřímého chlazení s vodní kondenzací.....	47
Obrázek 5-17: Šroubový chiller .....	48
Obrázek 5-18: PID nepřímého chlazení s kompresorem Turbocor (zaplavený výparník).....	49
Obrázek 5-19: Chiller Turbocor se zaplaveným výparníkem .....	50
Obrázek 5-20: Testovací stanice Chillerů .....	51

## Seznam tabulek

Tabulka 2-1: Vývoj norem ISO [15] .....	22
Tabulka 2-2: Vývoj norem EN [15] .....	23
Tabulka 2-3: Bezpečnostní klasifikace chladiv [10] .....	24
Tabulka 2-4: Příklad způsobu značení anorganických chladiv [8].....	25
Tabulka 3-1: Phase-Down [16] .....	27
Tabulka 3-2: Změna cen chladiv [16].....	27
Tabulka 4-1: Alternativy chladiva R404a [9].....	28
Tabulka 4-2: Alternativy chladiva R134a [9].....	29
Tabulka 4-3: Alternativy chladiva R410A [9].....	29
Tabulka 4-4: Klasifikace hořlavosti dle normy ISO 817:2016 [10].....	30
Tabulka 5-1: Tabulka chladiv s GWP menším než 150 .....	32
Tabulka 5-2: Anta MK24 srovnání verzí.....	33
Tabulka 5-3: Delton H120 srovnání verzí .....	33
Tabulka 5-4: Změna průměrů potrubí .....	39
Tabulka 5-5: Srovnání potrubí ze slitiny K65 a z nerezové oceli .....	43
Tabulka 5-6: Popis jednotky: CUH-M4-4HTC-L3-2HME R744 .....	46
Tabulka 5-7: Popis jednotky: CW-M2-CSH-8573-110Y-L HFO1234ze .....	48
Tabulka 5-8: Popis jednotky: CW-M3-TG 310 ST HFO1234ze .....	50
Tabulka 7-1: Předpoklad výroby a rostoucí náklady na hodinu práce .....	55
Tabulka 7-2: Časová náročnost operací spojených s instalací nerezového potrubí .....	56
Tabulka 7-3: Finanční úspora .....	56

## Seznam používaných zkratk

GWP	Potenciál globálního oteplování
ODP	Potenciál rozkladu ozonové vrstvy
TEWI	Ukazatel celkového negativního dopadu na životní prostředí pro konkrétní zařízení
CFC	Chlorofluorokarbony
HCFC	Hydrochlorofluorokarbony
HFC	Hydrofluorokarbony
HFO	Hydrofluoroolefiny
PID	Piping instruments diagram: Schéma zapojení jednotky
PI diagram	Diagram tlak-entalpie
LT	Low temperature (mražení)
MT	Medium Temperature (chlazení)
PLC	Programmable Logic Controller: malý průmyslový počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase.

## Úvod

Tato diplomová práce pojednává o vývoji chladiv v chladicí technice z hlediska environmentálního a legislativního. Jelikož, je chladicí technika velice důležitý a rozsáhlý obor, jsou na něj kladeny velké požadavky z hlediska ochrany životního prostředí a zachování dlouhodobě udržitelného přístupu v celém životním cyklu výrobku.

Tyto požadavky jsou ještě zesíleny tím, že v minulosti byly v tomto oboru používány chemické látky, které byly jedněmi z nejhorších polutantů obecně, a právě proto je snaha o jejich dlouhodobou regulaci. Autor jsi zvolil toto téma, jelikož ho ochrana životního prostředí za pomoci nových technologií a přístupů dlouhodobě zajímá a přijde mu nanejvýš důležitá, zároveň má již jisté zkušenosti vycházející ze spolupráce se společností Sinop CB, která mu poskytla výchozí informace pro sepsání této diplomové práce.

Společnost Sinop CB se pohybuje na trhu chladicí techniky od roku 1994 a v dnešní době zajišťuje návrh, výrobu, distribuci a servis jak velkého průmyslového chlazení pro např. sportovní haly a supermarkety, tak výrobu malých chladicí zařízení pro nápoje, vodu a pivo. Zároveň je také členem Svazu chladicí a klimatizační techniky: SCHKT, a dlouhodobě spolupracuje s globálními lídry v oboru jako je Danfoss, Alfa Laval, Swep, LU-VE nebo Bitzer. Jedná se tedy o společnost s rozsáhlými zkušenostmi a informacemi v tomto oboru.

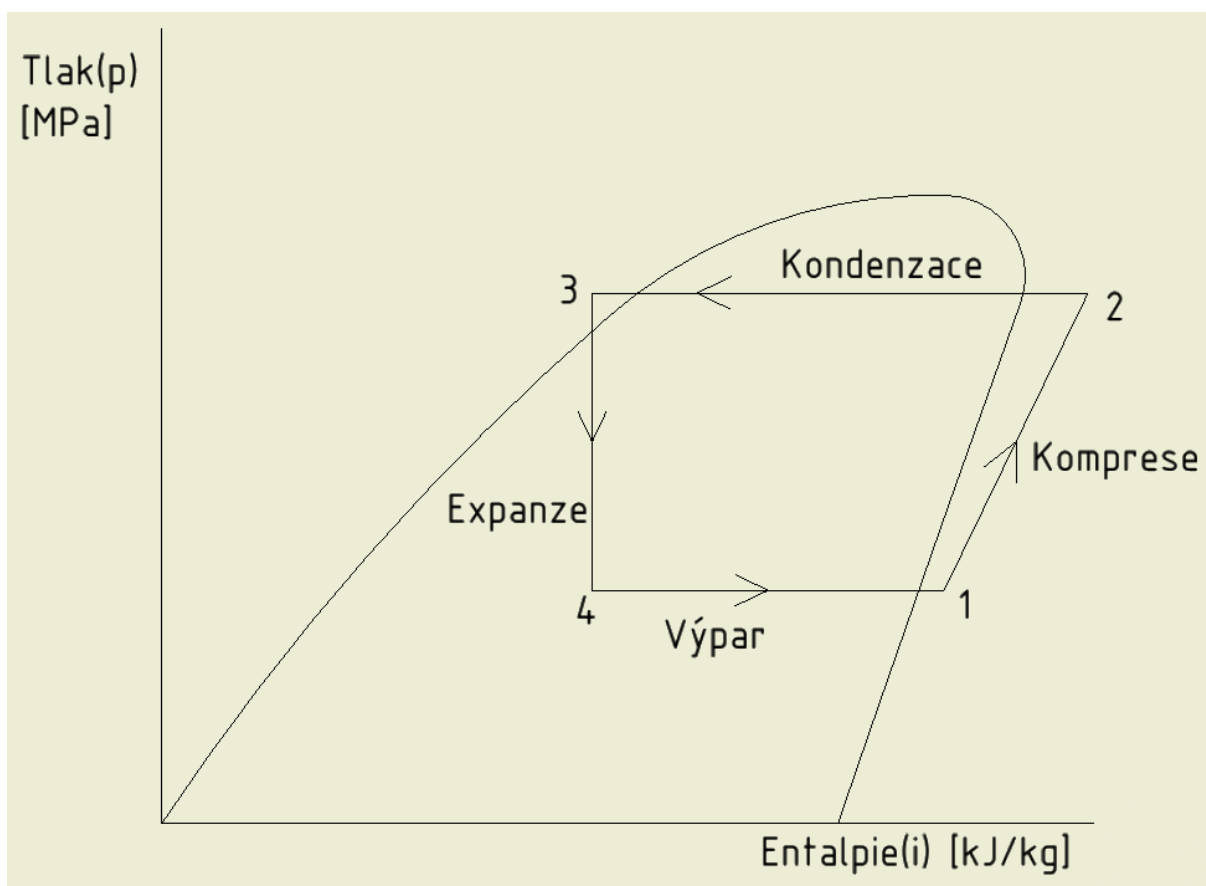
V první části této práce je představen stručný popis funkce chladiv a historie použití chladiv pro strojní chlazení. Dále je představen vývoj odpovídající legislativy a analýza současného stavu na trhu v ČR a EU. Následující kapitola se zabývá představením nových chladiv jako alternativa jejich environmentálně škodlivějších předchůdců.

Další část se týká změn technických řešení při použití ekologických chladiv, a to jak v málem nápojovém chlazení, tak i v chlazení s přímým výparem a v nepřímém chlazení. Poslední část se zabývá racionalizací kusové výroby chladírenských technologií s chladivem CO<sub>2</sub> a jejím ekonomickým zhodnocením.

# 1 Všeobecný popis funkce chladiva-Historie použití chladiv ve strojním chlazení

## 1.1 Všeobecný popis funkce chladiva

Chladivo obecně slouží jako médium, které proudí v chladicím okruhu, odebírá ochlazované látky (prostoru) při nízkém tlaku-výparu, teplo a tím požadovanou látku nebo prostor ochlazuje. Při vysokém tlaku předává teplo do okolí - kondenzuje. Chladivo bývá většinou látka, která bývá za normálních podmínek v plynném stavu a má bod varu při nízkých teplotách. V průběhu tepelného cyklu tedy změní svůj stav z plynného na kapalný a obráceně. Tento způsob chlazení je nazýván kompresorovým, a tímto způsobem se bude práce zabývat. Pro znázornění funkce chladicího okruhu je nejčastěji používán p-i diagram.



Obrázek 1-1: PI diagram chlazení [12]

Popis jednotlivých částí diagramu:

### 1-2: Komprese:

Při kompresi je přehřátý plyn za výparníkem nasáván kompresorem a stlačován na tlak odpovídající následné kondenzaci. Při kompresi dochází vedle stlačení také k ohřátí plynu. Pro kompresi jsou používány různé metody stlačení a odtud tedy různé druhy kompresorů.

- **Pístový kompresor**-Nejrozšířenější typ kompresoru, vhodný pro malé, střední i vyšší výkony a velký rozsah tlakových poměrů. Použití je od domácího chlazení přes komerční až k průmyslovému chlazení.
- **Šroubový kompresor**-Vhodný pro střední a vyšší chladicí výkony se středním a menším tlakovým poměrem. Jeho použití je především v chladicích kapalin.

- **Scroll kompresor (spirálový kompresor)**-Vhodný pro malé a střední výkony, se středním a malým tlakovým poměrem. Jeho užití je především v klimatizacích a v chladičích kapalin.
- **Turbokompresory**-Použití pro velké výkony s malým tlakovým poměrem. Především pro průmyslové chladiče kapalin.

### 2-3 Kondenzace

Proces kondenzace probíhá ve třech stavech:

1. **zchlazování horkého plynu**
2. **vlastní kondenzace (změna skupenství z plynné fáze na kapalnou)**
3. **podchlazení kapaliny**

Pro kondenzaci se podle koncepce celého chlazení používají tyto kondenzátory:

- **Vzduchové, lamelové**- široký rozsah výkonů
- **Kondenzátory vodní**
  - Trubkové: pro střední a vyšší výkony
  - Deskové: pro malé a střední výkony

### 3-4 Expanze

Při expanzi dochází ke snížení tlaku plynu, před vstupem chladiva do výparníku. Jako škrtící element se používá:

- **Kapilára**-Pro malé, domácí a nápojové chlazení. Výhodou je jednoduchost a nízká cena, nevýhodou je nutná přesnost náplně chladiva.
- **Termostatický expanzní ventil**- Pro malé, střední a větší komerční a průmyslové chlazení. Výhodou je přesnější dávkování chladiva do výparníku, nevýhodou je, že pro každé chladivo musí být použit jiný vstříkovací ventil s odpovídající termostatickou hlavicí.
- **Elektronický expanzní ventil**- Malé až nejvyšší chladicí výkony. Jeho výhodou je velká přesnost dávkování chladiva, programové nastavení daného chladiva. Nevýhodou, především u menších chladicích výkonů, vyšší cena celé sestavy (řídící elektronika, tlakové a teplotní převodníky a vlastní expanzní ventil)

### 4-1 Výpar

Proces výparu probíhá ve dvou stavech:

1. **vlastní změna skupenství z kapalně fáze na plynnou.**
2. **přehřátí par vystupujících z výparníku. Řízeno expanzním ventilem**

Výparník je součástí chladicího okruhu, který ochlazuje prostřednictvím výparu chladiva prostor, nebo kapalinu podle toho dělíme výparníky na:

- **Výparníky vzduchové**
  - Statické
  - Ventilátorové
- **Výparníky vodní**
  - Trubkové
  - Deskové

V chladicí technice byly v minulosti používány látky, u kterých byl později prokázán negativní efekt na ozonovou vrstvu planety Země případně látky silně podporující vznik skleníkového efektu. Právě z těchto důvodů jsou chladiva obecně silně regulovány Evropskou Unií a jinými zainteresovanými institucemi.

Negativní dopad těchto látek je možno vyjádřit dvěma hlavními ukazateli a to potenciálem poškození ozonové vrstvy **ODP (Ozone Depleting Potential)** a potenciálem globálního oteplování klimatu **GWP (Global Warming Potential)**.

**ODP** (Ozone Depleting Potential) je potenciál ničení ozonové vrstvy. Je vyjádřen jako ekvivalentní emise R-11 vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části. Tedy  $R-11=1$ . Ostatní plyny jsou přepočítávány k tomuto chladivu.

**GWP** (Global Warming Potential) je potenciál skleníkového plynu zachycovat teplo v zemské atmosféře a tím zvyšovat celkovou teplotu klimatu. Tato hodnota je přepočítána jako potenciál jednoho kilogramu plynu oproti jednomu kilogramu  $CO_2$ .

Tedy  $CO_2=1$  (např. chladivo R600a=3). [1]

Tyto dva ukazatele v sobě ovšem nezahrnují celkový negativní dopad na životní prostředí vztažený na konkrétní zařízení v konkrétním prostředí. Proto se v chladicí technice zavádí další pojem: Total Equivalent Warming Impact (TEWI). Tento ukazatel přepočítává dopad konkrétního zařízení jako ekvivalent  $kg CO_2$  vypuštěných do atmosféry. TEWI je způsob posuzování globálního oteplování pomocí kombinace přímého vlivu emisí chladiva do ovzduší s nepřímým vlivem emisí oxidu uhličitého a jiných emisí plynů, které vyplývají z energie požadované pro provoz chladicího zařízení po dobu provozní životnosti. TEWI je určen k výpočtu vlivu používaného chladicího procesu k celkovému globálnímu oteplování. Pomocí této metody se měří jak přímý vliv chladiva na globální oteplování, pokud existují emise chladiva tak i nepřímý vliv energie požadované k pohonu jednotky v průběhu její normální provozní životnosti na globální oteplování. TEWI platí pouze pro porovnání alternativních (chladicích) zařízení nebo volitelných chladiv pro jednu aplikaci v jedné lokalitě.

#### **TEWI pro dané zařízení zahrnuje:**

- Přímý účinek na globální oteplování za určitých podmínek ztráty chladiva.
- Přímý účinek skleníkových plynů vyzařovaných z izolačních materiálů nebo jiných komponent na globální oteplování, pokud je to použitelné pro daný případ.
- Nepřímý účinek na globální oteplování pocházející od  $CO_2$ , a jiných plynů unikajících ve spalínách během výroby energie, která se použije k pohonu daného zařízení a zahrnuje ztráty energie mezi výrobcem a spotřebitelem energie.

Použitím TEWI je možné identifikovat nejúčinnější prostředky ke snížení akutního potenciálu globálního oteplování chladicího zařízením. Hlavní možnosti jsou:

Minimalizace požadavků na náplň chladiva.

- Konstrukce/volba nejvhodnějšího chladicího zařízení a chladiva pro splnění požadavků specifické aplikace chlazení.
- Optimalizace zařízení k dosažení nejlepší energetické účinnosti (nejlepší kombinace a uspořádání použitých komponent a zařízení pro snížení spotřeby energie.)
- Řádná údržba pro udržení optimální spotřeby energie a k zabráněním únikům chladiva (Např. všechna chladicí zařízení budou dále zdokonalována správnou údržbou a správným provozem.)
- Rekuperace a recyklace/regenerace použitého chladiva
- Recyklace/regenerace použitých izolačních materiálů

TEWI se vypočítá ve vztahu k předmětnému chladicímu zařízení, a ne pouze ve vztahu k samotnému chladivu, které je v daném chladicím zařízení použito. Hodnota TEWI se mění od jednoho zařízení k jinému a závisí na předpokladech, které jsou stanoveny ve vztahu k důležitým faktorům chladicího zařízení, jako je provozní doba, délka provozní životnosti a účinnost. Pro dané chladicí zařízení nebo jeho aplikaci je nejefektivnější použití TEWI uskutečněno stanovením relativní důležitosti přímých a nepřímých účinků.



Například tam kde je chladicí zařízení jen součástí většího zařízení jakým je například nepřímý okruh/soustava (např. centrální stanice klimatizace vzduchu), potom k dosažení uspokojivého porovnání celkového ekvivalentního potenciálu oteplování se musí uvážit také celková spotřeba energie celé soustavy (včetně ztrát klimatizační soustavy při najíždění z klidového stavu a v rozvodech).

V případech, kde může vzniknout emise skleníkových plynů z použitých izolačních materiálů nebo jiných komponent, se doplňuje potenciál oteplování takových plynů takto: Při výpočtu TEWI je velmi důležité aktualizovat GWP vztažený na CO<sub>2</sub> a emise CO<sub>2</sub> na kilowatthodinu podle nejnovějších údajů. Mnohé předpoklady a faktory této výpočtové metody jsou obvykle specifické pro předmětnou aplikaci a pro konkrétní lokalitu. Porovnání výsledků mezi různými aplikacemi nebo různými lokalitami nebude mít pravděpodobně příliš velkou platnost. Tento výpočet má zvláštní význam v etapě konstrukce chladicího zařízení, nebo v případě, kdy se má rozhodnout o provedení retrofitu (viz 4.2 Retrofit). [11]

## 1.2 Historie použití chladiv ve strojním chlazení

Počátky strojního chlazení se datují k začátku 19. století, kdy zařízení na bázi vypařování a komprese popsal poprvé americký vynálezce a inženýr Oliver Evans, navrhl také první lednici již v roce 1805, avšak první funkční exemplář byl postaven až roku 1834 vynálezcem, strojním inženýrem a fyzikem Jacobem Perkinsem. V roce 1856 si Australan James Harrison nechal patentovat paro-kapalinový kompresní systém (předchůdce dnešního kompresorového chlazení) a postavil první místnost na výrobu a chlazení potravin na světě.

Roku 1859 sestavil francouzský inženýr Ferdinand Carré zařízení na výrobu ledu pomocí absorpčního chlazení, kde použil vodu jako absorbent a čpavek jako chladivo. Téměř o deset let poté v Německu roku 1871, postavil vědec, inženýr a podnikatel Carl von Linde první zařízení se stlačeným čpavkem jako chladivem. V roce 1879 Linde zakládá společnost „Gesellschaft für Lindes Eismaschinen Aktiengesellschaft“, volně přeloženo jako Lindeho společnost pro výrobu ledu, která je dnes známa jako Linde Group a je v dnešní době největším výrobcem a dodavatelem průmyslových plynů na světě. Carl von Linde je také držitelem několika dalších patentů v oblasti chlazení a výzkumu plynů obecně. Od konce devatenáctého století se v různých strojních aplikacích používali průmyslové plyny jako chladivo. Jednalo se většinou o čpavek, oxid uhličitý a jiné. Tyto plyny však nebyly vyhovující vzhledem ke své tepelné účinnosti a bezpečnosti.

Když se v roce 1928 podařilo americkému chemikovi a strojnímu inženýrovi Thomasovi Midgleyimu syntetizovat první chlorofluorokarbyny známé také jako CFC neboli freony. Nastala doba jejich masivního rozšíření, tyto chladiva nahrazovali tak v té době chladiva přírodní, díky jejich nízké toxicitě, vyšší tepelné účinnosti a téměř nulové výbušnosti. Avšak o 20 let později přibližně v padesátých letech dvacátého století byl prokázán negativní efekt těchto látek na zemskou ozonovou vrstvu a s tím přišly první regulace chladiv obecně. Padesátá léta dvacátého století znamenají posun od použití plně chlorovaných chladiv k částečně chlorovaným chladivům (Hydrochlorofluorokarbonů: HCFC, tzv. měkké freony), která mají menší potenciál rozkladu ozonové vrstvy a patří k nejméně nebezpečným látkám s tímto potenciálem. Používaly se pro podobné účely jako CFC. [13]

Snaha o regulaci těchto látek a také látek s vysokým potenciálem pro globální oteplování pokračovala dál, kdy v minulém století byly přijaty většinou států závazné dokumenty o regulaci prodeje a používání těchto chladiv. Těmito legislativními kroky se zabývá další kapitola.

## 2 Vývoj legislativy v oblasti použití chladiv

Přestože si již v polovině minulého století společnost uvědomovala negativní dopady syntetických chladiv na životní prostředí a zvláště na ozonovou vrstvu planety Země, nebyl tento problém řešen žádným závazným krokem až do Vídeňské konference o ochraně ozonové vrstvy v roce 1985. O dva roky později (1987) byl v Montrealu podepsán Montrealský protokol, který zavazoval signatáře k postupnému odpouštění od použití látek s vysokým ODP a jejich nahrazování HFC chladivy.

Od roku 1995 nastává úplný zákaz používání CFC naprosto ve všech aplikacích. V roce 1997 byl podepsán Kjótský protokol o regulaci látek s vysokým GWP. Níže jsou tyto protokoly podrobněji popsány.

### 2.1 Vídeňská konference o ochraně ozonové vrstvy a Montrealský protokol o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu

Vídeňská úmluva na ochranu ozonové vrstvy (1985) byla sjednána za účelem ochrany lidského zdraví a životního prostředí proti nepříznivým účinkům lidské činnosti, které mění nebo by mohly měnit ozonovou vrstvu. Její smluvní strany spolupracují především při systematických pozorováních, výzkumu a prostřednictvím výměny informací. Konkrétní závazky naplňující cíl stanovený ve Vídeňské úmluvě jsou upraveny prováděcím Montrealským protokolem o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. Cílem protokolu je přijímat a realizovat celosvětová opatření na vyloučení výroby a spotřeby téměř 100 regulovaných látek, které ozonovou vrstvu poškozují. Upravuje nakládání s látkami populárně označovanými jako freony a halony a dále výrobu a použití methylbromidu. Regulované látky jsou chemicky velmi stálé. Pronikají do vyšších vrstev atmosféry, kde způsobují zeslabování ozonové vrstvy, která život na Zemi chrání před vysoce intenzivním UV-zářením. [2]

Vzhledem k zhoršování stavu ozonové vrstvy byla však přijata další opatření.

**Londýnský dodatek** – Změny a dodatek k Montrealskému protokolu (Amendment to the Montreal Protocol – The London Amendment). Dokument byl přijat dne 29. června 1990 a rozšířil skupinu regulovaných plně halogenovaných chlorfluoruhlodíků (CFC) z 5 na 15 látek a stanovil termín jejich úplného vyloučení z používání v roce 2000. Používání zde znamená užívání ve výrobním procesu. Obecně se netýká provozu starých zařízení se zmíněnými plyny. Mnohé průmyslově vyspělé státy jdou ve svých omezeních nad rámec těchto úmluv.

**Kodaňský dodatek** (1992) – Dodatek k Montrealskému protokolu o látkách, které porušují ozonovou vrstvu (Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer / The Copenhagen Amendment)

Z dodatku vyplývá ukončení výroby a užití halonů u nových zařízení dnem 1. 1. 1994, plně halogenovaných uhlodíků k 1. 2. 1996 a počátek postupného útlumu látek z tzv. přílohy C od 1. 1. 1996 s úplným zákazem po roce 2030. Útlum je pouze ve vyspělých zemích a týká se HCFC látek, což jsou tzv. měkké freony, které na rozdíl od tvrdých freonů nejsou plně halogenovány.

**Montrealský dodatek (1997)** – Dodatek k Montrealskému protokolu, který rozšiřuje změny z Kodaňského dodatku i na rozvojové země.

**Pekingský dodatek (1999)** – Dodatek k Montrealskému protokolu, který rozšiřuje možnosti kontroly výroby a obchodu s HCFC látkami.

Celkově podepsalo Montrealský protokol 197 zemí světa. K Protokolu jsou od začátku připojeny i Čína a USA. Díky úspěchu je protokol neustále doplňován a obnovován. [3]

## 2.2 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu

Rámcová úmluva OSN o změně klimatu (dále jen „Úmluva“) byla přijata na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru v roce 1992 a vstoupila v platnost dne 21. 3. 1994. Úmluva poskytuje rámec mezinárodním vyjednávání o možném řešení problémů spojených s probíhající změnou klimatu, tato vyjednávání zahrnují problematiku snižování emisí skleníkových plynů, vyrovnávání se s negativními dopady změny klimatu i finanční a technologickou podporu rozvojem zemím.

Úmluva a následný Kjótský protokol a Pařížská dohoda jsou právním podkladem pro snížení emisí skleníkových plynů na úroveň, která by nebyla z hlediska vzájemné interakce s klimatickým systémem Země pro další vývoj planety nebezpečná.

**Úmluva je založena na čtyřech hlavních principech:**

- **Principu mezigenerační spravedlnosti**, tj. chránit klimatický systém ve prospěch nejen současné, ale i příštích generací.
- **Principu společné, ale diferencované odpovědnosti**, který říká, že ekonomicky vyspělé země nesou hlavní odpovědnost za rostoucí koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, přičemž jejich povinností je i poskytovat pomoc rozvojem zemím.
- **Principu potřeby chránit zejména ty části planety, které jsou více náchylné na negativní dopady změn klimatického systému**, tj. především těch zemí, které jsou v rámci svého hospodářského vývoje a geografického umístění zranitelnější.
- **Principu tzv. předběžné opatrnosti**, tj. nutnosti neodkládat řešení problému, a to ani v tom případě, že doposud nelze některé důsledky změny klimatu přesně kvantifikovat. [4]

## 2.3 Kjótský protokol

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu (dále jen „Protokol“) byl přijat v prosinci roku 1997. Země Přílohy I Úmluvy OSN se v Protokolu zavázaly do konce prvního kontrolního období (2008-2012) snížit emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990. V prosinci 2012 schválen dodatek, kterým bylo potvrzeno pokračování Protokolu a jeho druhé kontrolní období, které bylo stanoveno na osm let (2013 – 2020). EU a jejích 28 členských států se zavázalo snížit do roku 2020 emise skleníkových plynů o 20 % v porovnání s rokem 1990. Toto snížení odpovídá cíli formulovanému v příslušných předpisech EU přijatých v rámci tzv. klimaticko-energetického balíčku z roku 2009. Vzhledem k tomu, že se ke druhému kontrolnímu období připojila pouze část zemí Přílohy I Úmluvy OSN a Protokol není závazný pro rozvojové země a rozvíjející se ekonomiky (včetně Číny, Indie, Brazílie atd.), budou nové závazky do roku 2020 pokrývat odhadem pouze 15 % celosvětových emisí skleníkových plynů.

Českou republikou byl Protokol podepsán 23. 11. 1998 na základě usnesení vlády č.669/1998 a ratifikován 15. 11. 2001 (č. 81/2005 Sb. m. s.). Protokol má celkem 192 smluvních stran.

Redukce se týkají emisí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>), oxidu dusného (N<sub>2</sub>O), hydrofluorokarbonů (HFC<sub>s</sub>), polyfluorovodíků (PFC<sub>s</sub>), fluoridu sírového (SF<sub>6</sub>) a, fluoridu dusitého (NF<sub>3</sub>). Kromě emisí skleníkových plynů bere Protokol v úvahu i jejich propady, tj. absorpci vyvolanou změnami ve využívání krajiny (zalesňování, péče o lesní porosty, resp. odlesňování). [5]

## 2.4 Pařížská dohoda o změně klimatu

Pařížská dohoda (dále jen „Dohoda“) byla přijata smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu (Úmluva) v prosinci 2015. Dohoda provádí ustanovení Úmluvy a po roce 2020 má nahradit dosud platný Kjótský protokol.

Dohoda mimo jiné

- Formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu, jímž je přispět k udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2°C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5°C
- Přináší významnou změnu, pokud jde o závazky snižování emisí skleníkových plynů. Dohoda totiž ukládá nejen rozvinutým, ale i rozvojovým státům povinnost stanovit si vnitrostátní redukční příspěvky k dosažení cíle Dohody. Tyto redukční příspěvky mají být transparentní a srovnatelné s ostatními státy, tak aby bylo možné posoudit do jaké míry stát přispívá ke snižování globálních emisí.
- Stanovuje adaptační cíl směřující k posílení odolnosti vůči změnám klimatu.
- Zavádí periodické globální hodnocení stavu plnění a provádění Dohody, jehož cílem je zjistit jak jsou naplňovány cíle Dohody.

V rámci Pařížské dohody se ČR přihlásila s ostatními členskými státy EU společně snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o nejméně 40 % ve srovnání s rokem 1990. Přistoupením k Dohodě a k tomuto závazku bude naplňovat společný cíl EU a jejích členských států, který byl přijat Evropskou radou jako součást závěrů Evropské rady k Rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030 schválených dne 24. října 2014.

Dohoda vstoupila v platnost již 4. listopadu 2016, tedy po necelém roce od jejího přijetí v Paříži. Dosud ji ratifikovalo 148 států-smluvních stran Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu (ze 197 smluvních stran Úmluvy) a EU. [6]

### Shrnutí důležitých dat:

- **1985 Vídeňská konference o ochraně Ozonové vrstvy.**
- **1987 Montrealský protokol: Regulace chladiv s vysokým ODP.**
- **1997 Kjótský protokol: Regulace chladiv s vysokým GWP.)**
- **2015 Pařížská dohoda o změně klimatu**

## 2.5 Nařízení Evropské unie

Evropská unie vydává pro regulaci chladiv a chladicích zařízení, normy a nařízení. Současné platné nařízení Evropského parlamentu o fluorovaných skleníkových plynech (chladivech) je z roku 2014.

### **2.5.1 Nařízení Evropského Parlamentu a rady č. 517/2014 ze dne 16. dubna 2014 O fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení č. 842/2006**

Toto nařízení uvádí že, ve čtvrté hodnotící zprávě Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC) Rámcové úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu (UNFCCC) bylo uvedeno, že na základě stávajících vědeckých údajů by měly rozvinuté země do roku 2050 snížit emise skleníkových plynů o 80 až 90% oproti úrovni z roku 1990, aby se globální změna klimatu omezila na nárůst teploty do 2 °C, a tím se zabránilo nežádoucím dopadům na globální klima. K dosažení tohoto cíle přijala Komise Plán přechodu na konkurenceschopné nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050, který vzala Rada na vědomí ve svých závěrech ze dne 17. května 2011 a Evropský parlament jej schválil usnesením ze dne 15. března 2012. V tomto plánu přechodu vymezila Komise nákladově účinný způsob, jak dosáhnout nezbytného celkového snížení emisí v Unii do roku 2050. Tento plán přechodu stanoví příspěvky jednotlivých odvětví požadované v šesti oblastech. Jiné emise než CO<sub>2</sub>, včetně fluorovaných skleníkových plynů, ale vyjma jiných emisí než CO<sub>2</sub> ze zemědělství, by se měly do roku 2030 snížit o 72 až 73 % a do roku 2050 o 70 až 78 % oproti úrovním z roku 1990. Pokud se vychází z referenčního roku 2005, je nutno jiné emise než CO<sub>2</sub>, s výjimkou emisí ze zemědělství, snížit do roku 2030 o 60 až 61 %. Emise fluorovaných skleníkových plynů byly v roce 2005 odhadovány na 90 milionů tun ekvivalentu CO<sub>2</sub>. Snížení o 60 % znamená, že do roku 2030 by se emise musely snížit přibližně o 35 milionů tun ekvivalentu CO<sub>2</sub>. Vzhledem k odhadovaným emisím 104 milionů tun ekvivalentu CO<sub>2</sub> v roce 2030 na základě uplatnění současných právních předpisů Unie v plném rozsahu je nutné další snížení přibližně o 70 milionů tun ekvivalentu CO<sub>2</sub>. Zpráva Komise ze dne 26. září 2011 o používání, účincích a přiměřenosti nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 (4) dospěla k závěru, že současná opatření k omezování úniků mají v případě, že budou uplatněna v plném rozsahu, potenciál snížit emise fluorovaných skleníkových plynů. Tato opatření by proto měla být zachována a upřesněna na základě zkušeností získaných při jejich provádění. Některá opatření by se měla rovněž rozšířit na jiná zařízení, v nichž se používají značná množství fluorovaných skleníkových plynů, například chladírenská nákladní vozidla a přívěsy. Povinnost zřídit a vést záznamy o zařízeních, která tyto plyny obsahují, by se měla vztahovat rovněž na elektrická spínací zařízení. Vzhledem k důležitosti opatření k omezování úniků na konci životnosti výrobků a zařízení obsahujících fluorované skleníkové plyny by členské státy měly zohlednit význam režimů odpovědnosti výrobce a podporovat jejich zavádění, a to na základě stávajících osvědčených postupů.

Uvedená zpráva rovněž dospěla k závěru, že pro snížení emisí skleníkových plynů je možné udělat více, zejména tím že, se takové plyny přestanou používat tam, kde je možné použít bezpečné a energeticky účinné alternativní technologie s nulovým nebo nižším dopadem na klima. Snížení emisí z roku 2010 do roku 2030 až o dvě třetiny je nákladově efektivní, protože v řadě odvětví již existují osvědčené a vyzkoušené alternativy. [7]

### **2.5.2 Legislativa pro chladicí zařízení**

Existují určitá nařízení a normy regulující prodej, projekci, výrobu, instalaci, provoz, údržbu a likvidaci těchto zařízení.

Dále existují nařízení ke zmírnění emisí škodlivých látek poškozujících ozonovou vrstvu a přispívajících ke skleníkovému efektu.

Základní evropská nařízení jsou:

- **MACHINERY DIRECTIVE 2006/42 / EC**  
Směrnice týkající se strojních zařízení
- **PED DIRECTIVE 2014/68 / EC** (PED-Pressure Equipment Directive)  
Směrnice týkající se tlakových zařízení
- **LVD DIRECTIVE 2006/95 / EC** (LVD-Low Voltage Directive )  
Směrnice týkající se elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí
- **EMC DIRECTIVE 2004/108 / EC** (EMC-Electromagnetic Compatibility )  
Směrnice týkající se elektromagnetické kompatibility.
  
- **ATEX DIRECTIVE 2014/34 / EU** (ATEX-Atmosphere Explosives)  
Směrnice týkající se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu.

Technické normy mohou být mezinárodní (ISO), evropské (EN) nebo národní (ČSN pro ČR). ISO normy o pravidlech bezpečnosti zařízení a označování plynů byly poprvé vydány v sedmdesátých letech v normách ISO 5149 a ISO 817.

Evropská norma EN 378 byla vydána v devadesátých letech a reflektovala vývoj norem ISO a nejdůležitějších evropských směrnic, jako např. směrnice pro strojní a tlaková zařízení. Současná oficiální verze evropské normy pro chladicí a klimatizační zařízení a tepelná čerpadla je ČSN EN 378 " Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – bezpečnostní a environmentální požadavky" z roku 2017. [7]

Níže je popsán vývoj mezinárodních a Evropských norem.

**Tabulka 2-1: Vývoj norem ISO [15]**

ISO
R 1662:1971 Chladicí zařízení – Bezpečnostní požadavky
ISO 817:1974 Přírodní chladiva – Číselné značení
ISO 5149:1993 Mechanická chladicí zařízení pro chlazení a topení – Bezpečnostní požadavky
ISO 817:2005 Chladiva – Číselné značení
ISO 5149:2014 Chladicí zařízení a tepelná čerpadla Bezpečnostní a environmentální požadavky
ISO 817:2014 Chladiva – Číslování a bezpečnostní klasifikace

**Tabulka 2-2: Vývoj norem EN [15]**

<b>EN</b>
EN 378:1994 EN 378:2008 Chladicí zařízení a tepelná čerpadla Bezpečnostní a environmentální požadavky
EN 378:2000
EN 378:2008 EN 378:2008 +A1 EN 378:2008+A2
EN 378:2017

Shrnutí:

- Zavedení nařízení 517/2014, které omezuje používání skleníkových plynů (“nová regulace F-plynů”), ve prospěch přírodních chladiv a chladiv s nízkým GWP.
- Byly upraveny tyto ISO normy:
  - **ISO 5149:2014** – Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky
  - **ISO 817:2014** - Chladiva – Značení a bezpečnostní klasifikace, která nově zavedla bezpečnostní třídu 2L pro mírně hořlavá chladiva

V roce 2017 byla EN 378:2008+A2 nahrazena EN 378:2017 [15]

V další kapitole je současná norma ČSN EN 378:2017 popsána podrobněji.

## 2.6 Všeobecný přehled normy ČSN EN 378:2017

Tato norma se věnuje rizikům provozu chladicích zařízení, která mohou způsobit škody na zdraví osob, které se vyskytují v budovách a jejich blízkosti, techniků pracujících na zařízení, zboží, samotnému zařízení a také životnímu prostředí.

Norma se vztahuje na:

- Chladicí zařízení stacionární nebo mobilní jakékoli velikosti, nebo změn / rozšíření stávajících zařízení
- Topná zařízení nebo sekundární chlazení
- Umístění těchto zařízení
- Na části zařízení vyměněné, nebo přidané po přijetí této normy, pokud nejsou s předchozími identické, nebo nemají stejnou funkci
- Na chladiva uvedená v příloze E normy EN 378-1 a bezpečnostní třídy dle ISO817:2014

Na klimatizační zařízení silničních vozidel, na která se vztahují určité normy jako ISO / DIS 13043 a SAE J 639, se tato norma nevztahuje.

Záběr normy je velmi široký. Odkazuje na požadavky na projekci a výrobu zařízení jako takového, požadavky na umístění a také na jeho provoz a údržbu. Je důležité, aby obsah normy znali jak technici pracující na zařízení, tak projektanti a pracovníci technické údržby budovy, ve které je zařízení umístěno. [11]

Normu tvoří 4 části (celkem cca. 200 stran).

- **Část 1 (Základní požadavky, definice, klasifikace a kritéria volby)** se věnuje limitům pro náplň chladicích zařízení podle klasifikace místa, kde budou provozována, druhu chladicího zařízení a druhu chladiva.
- **Část 2 (Konstrukce, výroba, zkoušení, značení a dokumentace)** se věnuje detailům zařízení, definuje bezpečnostní požadavky potrubí, komponentů a sestav, určuje, jak by mělo být zařízení klasifikováno, jaké zkoušky na něm mají být provedeny a jaká dokumentace má být k němu vypracována.
- **Část 3 (Instalační místo a ochrana osob)** určuje požadavky na umístění zařízení, jako např. Strojovny, určuje větrání, dveře, přístup, osvětlení, popluchy, typy detektorů a říká, jak by měla být vybavena obsluha zařízení.
- **Část 4 (Provoz, údržba, oprava a rekuperace)** se věnuje návodu k obsluze a dokumentaci pro správný provoz a údržbu zařízení. Velká část je věnována manipulaci s chladivem a jeho rekuperaci, recyklaci, regeneraci, přepravě, skladování a likvidaci.  
EN 378 odkazuje na EN 13313, což je norma, která určuje kompetence osob. [11]

## 2.7 Bezpečnost chladiv

Bezpečnost chladiv je vždy rozhodujícím faktorem. Obecně mohou být chladiva toxická a hořlavá. Úroveň těchto dvou faktorů se posuzuje při určité dávce konkrétního chladiva. Níže je uvedena aktuální tabulka bezpečnostní klasifikace chladiv.

Tabulka 2-3: Bezpečnostní klasifikace chladiv[10]

Hořlavost	Bezpečnostní skupina	
Vysoká hořlavost	A3	B3
Nižší hořlavost	A2	B2
	A2L	B2L
Žádné šíření ohně	A1	B1
Toxicita	Nižší toxicita	Vysoká toxicita

## 2.8 Bezpečnost chladicích systémů:

Rizika chladicích systémů závisí na několika faktorech. Zejména na:

- Druhu a množství chladiva
- Rozptýlení plynu v případě úniku do obsazených prostor
- Umístění částí chladicího zařízení a schopnost zařízení předcházet únikům do obývaných prostor
- Znalosti postupů v případě nehody

## 2.9 Současný způsob značení chladiv

Značení chladiv je vymezeno normou DIN 8960 a podléhá stanovenému číselnému principu. Každému charakteristickému číslu chladiva předchází označení písmenem "R" jako "Refrigerant".

Chladiva lze roztrždit do tří skupin:

- **Organické čisté látky**
- **Směsi chladiv**
- **Anorganická chladiva**



### 2.9.1 Organické čisté látky

U nejběžnějších chladiv (např. R134a) vyplývá číslo R přímo z molekulární struktury.

1. První číslice zprava udává počet atomů fluoru obsažených ve sloučenině.
2. Druhá číslice zprava je o 1 vyšší než počet atomů vodíku obsažených ve sloučenině.
3. Třetí číslice zprava je o 1 nižší než počet atomů uhlíku obsažených ve sloučenině. Je-li ve sloučenině obsažen jen jeden atom uhlíku, neuvádí se výsledná nula.
4. Čtvrtá číslice zprava specifikuje počet obsažených dvojných vazeb (např. propen, R-1270). Pokud sloučenina neobsahuje žádné dvojně vazby, toto číslo se neuvádí.
5. Nejsou-li obsazeny možné vazné body atomů uhlíku atomy fluoru nebo vodíku, nachází se na volných pozicích atomy chlóru.
6. Jestliže byly atomy chlóru nahrazeny atomy bromu, uvede se za číselnou notaci písmeno "B", za kterým následuje počet atomů bromu.
7. Cyklické sloučeniny jsou deklarovány písmenem "C" uvedeným před charakteristickým číslem (např. R-C318, oktafluorcyklobutan).
8. Různé izomery sloučeniny mají stejné charakteristické číslo. Charakteristické číslo nejsymetričtějšího izomeru se uvádí bez dodatku. Všechny zbývající se označují podle stoupající asymetrie s dodatečným malým písmenem (a, b, c, ...).
9. Nelze-li kódovat organické čisté látky podle výše uvedené číselné notace, jsou zařazeny do řady 600 (např. R-600, butan nebo R-600a, isobutan). [8]

### 2.9.2 Směsi chladiv

Řady 400 a 500 obsahují směsi chladiv. Charakteristická čísla jsou pevně přidělena: Směsi se stejným číslem obsahují vždy stejné složky, čísla označují jednotlivé složky směsi a velké písmeno uvádí procentuální složení směsi. Směsi chladiv řady 500 (R-507; R-508A) mají při určité teplotě v plynné a kapalně fázi stejné procentuální složení, tj. teploty varu jednotlivých složek jsou stejné, jedná se tedy o azeotropní směsi chladiv, bez teplotního skluzu. Směsi chladiv, které v plynné fázi vykazují vždy jiné procentuální složení než v kapalně fázi, tj. teploty varu jednotlivých složek se liší (tedy zeotropní směsi chladiv, s teplotním skluzem), jsou zařazeny do řady 400 (např. R-407C, R-410A). [8]

Příklad:

**R-407A složky: 20% R-32,40% R-125,40% R-134a**

**R-407C složky: 23% R-32, 25% R-125,52% R-134a**

### 2.9.3 Anorganická chladiva

Řada 700 obsahuje všechna chladiva anorganického původu. Charakteristické číslo vyplývá ze součtu relativní molekulové hmotnosti sloučeniny a čísla 700. Při stejné relativní molekulové hmotnosti několika anorganických chladiv dochází k jejich rozlišení doplněním velkého písmena za charakteristickým číslem. [8]

Tabulka 2-4: Příklad způsobu značení anorganických chladiv [8]

<b>Oxid uhličitý anorganický (CO<sub>2</sub>)</b>		700
<b>Atomová hmotnost uhlík x obsažené atomy</b>	12x1	12
<b>Atomová hmotnost kyslík x obsažené atomy</b>	16x2	32
<b>Celkem</b>		<b>744</b>
<b>Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)</b>		<b>R-744</b>

### 3 Analýza současného stavu na trhu chladiv v ČR a EU

Tato kapitola je zaměřena primárně na výčet nepoužívanějších chladiv, související legislativu a environmentální problémy.

#### 3.1 Příklady nepoužívanějších chladiv

V současnosti jsou na trhu komerčního chlazení nepoužívanější tyto chladiva:

##### 3.1.1 R134a

Používá se pro střední a vyšší výparné teploty, používá se jako chladivo pro chladiče kapalin, tepelná čerpadla ale také pro kaskádní uspořádání CO<sub>2</sub> subkritické.

- **Bod varu při 0,1 MPa: -26.55 °C**
- **Kritická teplota: 100.95°C**
- **Kritický tlak: 4.06 MPa**
- **ODP:0**
- **GWP: 1430**
- **Bezpečnostní klasifikace: A1 (malá toxicita, nehořlavý)**

##### 3.1.2 R404A

Nejrozšířenější chladivo pro komerční sféru. Rozsah výparných teplot: nízké až střední.

- **Bod varu při 0.1 MPa: -47°C**
- **Kritická teplota: 72.0°C**
- **Kritický tlak: 3.73 MPa**
- **ODP:0**
- **GWP:3920**
- **Bezpečnostní klasifikace: A1 (malá toxicita, nehořlavý)**

##### 3.1.3 R507A

Používá se u stejných aplikací jako R404a.

- **Bod varu při 0.1 MPa: -47 °C**
- **Kritická teplota: 71 °C**
- **Kritický tlak: 3,7 MPa**
- **ODP:0**
- **GWP:3985**
- **Bezpečnostní klasifikace: A1 (malá toxicita, nehořlavý)**

##### 3.1.4 R410A

Používá se při středních a vyšších výparných teplotách, u klimatizačních zařízení.

- **Bod varu při 0.1 MPa: -48,5°C**
- **Kritická teplota: 71 °C**
- **Kritický tlak: 4,9 MPa**
- **ODP:0**
- **GWP:2090**
- **Bezpečnostní klasifikace: A1 (malá toxicita, nehořlavý) [9]**

### 3.2 Phase-Down

Phase-Down je postupné snižování spotřeby HFC plynů. Phase-Down obecně stanovuje určitou cílovou průměrnou hodnotu GWP v zařízení k určitému roku. Prvním tímto rokem byl rok 2015, kdy průměrná hodnota GWP v zařízeních byla 2300, tato hodnota je brána jako základ. V dalších letech se tato hodnota snižuje, podle následující tabulky. [11]

**Tabulka 3-1: Phase-Down [16]**

Roky	2015	2016-17	2018-19	2021-23	2024-26	2027-29	2030
ØGWP	2300	2139	1449	1035	713	552	483

Z tabulky 3-1 je vidět výrazný meziroční skok v letech 2017-2018. Tento vývoj se samozřejmě odráží také na vývoji cen chladiv, kdy ceny „tradičních“ rostou v závislosti na regulacích a snížení objemu výroby/dovozu, zatímco ceny alternativních chladiv rostou jen mírně nebo dokonce v některých případech klesají. Tabulka níže uvádí změnu cen chladiv.

**Tabulka 3-2: Změna cen chladiv [16]**

Chladivo	GWP	Změna ceny v %
R134a	1 430	170%
R404A	3 922	420%
R410A	1 774	290%
R407H	1 495	60%
R449A	1 397	25%
R32	675	-20%
R1234yf	4	-10%

## 4 Nové typy chladiv

V současnosti nejpoužívanější chladiva na trhu komerčního chlazení (R134a, R404A a R410A) mají GWP vyšší než 1000 a jedná se o HFC plyny, tudíž je snaha o jejich dlouhodobé snižování a nahrazování alternativními chladivy.

Od roku 2020 je zakázáno obsluhovat stávající chladicí zařízení s HFC s hodnotou GWP větší než 2500, pokud se nepoužívají recyklovaná nebo regenerovaná chladiva. Taková HFC chladiva mohou být ještě použita ve stávajících zařízeních do roku 2030. [14]

Níže jsou uvedeny příklady možných alternativních chladiv ke stávajícím chladivům.

**Tabulka 4-1: Alternativy chladiva R404a [9]**

Název	R404A	R454A	R407H
Složení	R125/R143a/R134a 44/52/4 % hmotnosti	R32/R1234yf 35/65 % hmotnosti	R32/R125/R134a 32.5/5/52.5 % hmotnosti
Bod varu při 0.1 MPa [°C]	-46.2	-48.4	-44.7
Kritická teplota [°C]	72.0	86.2	86.5
Kritický tlak [MPa]	3.73	4.95	4.85
ODP	0	0	0
GWP	3920	239	1495
Bezpečnostní klasifikace	A1	A2L	A1
Olej	POE, PVE	POE, PVE	POE, PVE

Tabulka 4-2: Alternativy chladiva R134a [9]

Název	R134a	R513A	R1234yf
Složení	R134a 100 % hmotnosti	R1234yf / R134a 56,0 / 44,0 % hmotnosti	R1234yf 100% hmotnosti
Bod varu při 0.1 MPa [°C]	-26	-29,2	-29
Kritická teplota [°C]	101	96,5	95
Kritický tlak [MPa]	4,1	3,7	3,4
ODP	0	0	0
GWP	1430	631	4
Bezpečnostní klasifikace	A1	A1	A2
Olej	PAG-auto, POE	POE	PAG-auto, POE

Posledním z těchto chladiv je R410A.

Tabulka 4-3: Alternativy chladiva R410A [9]

Název	R410A	R32
Složení	R125 / R32 50,0 / 50 % hmotnosti	R32 100 % hmotnosti
Bod varu při 0.1 MPa [°C]	-51	-52
Kritická teplota [°C]	71	78
Kritický tlak [MPa]	4,9	5,8
ODP	0	0
GWP	2088	675
Bezpečnostní klasifikace	A1	A2
Olej	POE	POE

## 4.1 Bezpečnost práce s novými chladivy

Konvenční HFC chladiva jsou převážně všechna v třídě hořlavosti A1, přičemž u jejich ekologických alternativ už to nebývá pravidlem. Obecně platí, že čím nižší GWP tím vyšší hořlavost. S tím vznikají problémy při transportu, skladování a obecně při manipulaci s nimi, ale také a to především při používání zařízení, která tato chladiva obsahují.

Níže je zobrazen přehled kategorií hořlavosti podle normy ISO 817:2017 s jednotlivými typy chladiv.

Tabulka 4-4: Klasifikace hořlavosti dle normy ISO 817:2016 [10]

Klasifikace hořlavosti	Kritérium hořlavosti	Popis	Příklady chladiv
<b>Třída A1 nulová hořlavost</b>	Žádné šíření ohně	Chladiva z třídy jedna nehoří za testovaných podmínek (tlak 1 bar, teplota 60°C)	R134a R404A R449A R744
<b>Třída A2L Nízká hořlavost</b>	Spodní limit hořlavosti 3,5% (obj.) náplně Tepelná energie při hoření: < 19.000 kJ/kg Rychlost hoření < 10 cm/s	Tyto chladiva mají velice nízkou hořlavost, velmi nízkou rychlost hoření a tudíž malou možnost výbuchu.	R32 R123yf R717
<b>Třída A2 Hořlavost</b>	Spodní limit hořlavosti 3,5% (obj.) náplně Tepelná Energie při hoření: < 19.000 kJ/kg	Tyto chladiva mají vyšší rychlost hoření oproti chladivům z třídy 2L takže je u nich zvýšené nebezpečí výbuchu.	R152a
<b>Třída A3 Zvýšená hořlavost</b>	Spodní limit hořlavosti 3,5% (obj.) náplně	Tyto chladiva jsou vysoce hořlavá, produkují spoustu tepla při hoření. Pro vytvoření hořlavé směsi stačí, aby uniklo pouze minimální množství chladiva z chladicího okruhu do ovzduší.	R290 R600a R1270

Při použití těchto chladiv je obecně snaha o co nejnižší úniky chladiva do ovzduší a omezení jakékoli možného jiskření v zařízení. Dalším důležitým faktorem je správné proškolení zaměstnanců pro manipulaci s těmito látkami.

## 4.2 Retrofit

Retrofit chladicích systémů se definuje jako změna chladiva nebo oleje při zachování stávajícího systému.

Proč uvažovat o retrofitu:

- Daný typ chladiva již není povolen
- Daný typ chladiva již není dostupný
- Výměna celé instalace je příliš nákladná

Vždy platí, že kompletně nový systém s moderním chladivem s nízkým GWP by měl být účinnější než retrofitovaný starší systém, díky čemuž by měl nabídnout nižší provozní náklady.

Před retrofitem se doporučuje zkontrolovat tyto komponenty chladicího okruhu:

- Kompresor (kompatibilita chladiv a olejů, výkonů, provozní parametrů)
- Kondenzátor (výkon s ohledem na kompresor, může růst kondenzační teplota)
- Výparník (výkon s ohledem na kompresor, může se zvýšit odvlhčovací výkon)
- Ventily (kompatibilita těsnění a nastavení parametrů, např. přehřátí)
- Potrubí (možné rozdílné tlakové ztráty)
- Elektronické regulátory (nastavení parametrů)

Hlavní obavy ohledně kompatibility se týkají změny chemického složení při přechodu z jedné směsi chladiva a oleje na jinou směs, čímž může dojít k výrazným změnám ve vlastnostech těsnění. Ty mohou vést k netěsnostem nebo chybné funkci některých komponent případně celého systému, v případě retrofitu je tedy potřeba vyměnit všechna těsnění která mohla být v kontaktu s původním chladivem nebo olejem. [14]

## 4.3 Teplotní skluz

Při přechodu na jiný typ chladiva může hrát významnou roli také složení chladiva a z toho vyplývající teplotní skluz, u čistých chladiv (např. R134a) a azeotropních směsí je průběh teploty konstantní během celého procesu odpařování. Avšak u směsí s teplotním skluzem (tj. zeotropních směsí) se při konstantním tlaku teplota během odpařování nebo kondenzace výrazně mění, vlivem rozdílných odpařovacích teplot jednotlivých složek chladiva. Složka chladiva s nejnižší vypařovací teplotou se odpaří jako první, zatímco složka s nejvyšší vypařovací teplotou se odpaří jako poslední. [14]

## 5 Změny technických řešení při použití ekologických chladiv

V této části práce se budu dále zabývat pouze technickým řešením chladicích okruhů s chladivy s GWP menším než 150. Bude se tedy jednat o níže uvedená chladiva:

**Tabulka 5-1: Tabulka chladiv s GWP menším než 150**

Chladivo	Název	GWP
R600a	Isobutan ( $C_4H_{10}$ )	3
R290	Propan ( $C_3H_8$ )	3
R744	Oxid uhličitý ( $CO_2$ )	1
HFO1234ze	Tetrafluoropropen ( $C_3H_2F_4$ )	3

V první podkapitole budou popsány změny technických řešení v malém nápojovém chlazení. Druhá podkapitola se bude zabývat změnami u komerčního či průmyslového chlazení s přímým výparem tzn., chladivo se vypařuje přímo v ochlazovaném prostoru při použití lamelových vzduchových výparníků.

Poslední podkapitola se bude týkat změn při nepřímém chlazení, tedy kdy chladivo ochlazuje teplotnosnou látku (vodu nebo nemrznoucí kapalinu) v deskovém nebo trubkovém výparníku. Kapalina je poté čerpadly dále dopravována do ochlazovaných prostorů, kde prostřednictvím fancoilů (většinou vzduchové, lamelové výměníky) odeberá ochlazovanému prostoru teplo.

### 5.1 Malé nápojové chlazení

V případě malého nápojového chlazení dochází k záměně původně nejčastěji používaného chladiva R134a za chladiva přírodní R290, R600a. Obecně pro oba tyto typy chladiv platí, vzhledem k jejich hořlavosti, speciální požadavky na úpravu technologie výroby. Při manipulaci s těmito chladivy je nutné dodržovat bezpečnostní předpisy. Týká se to vybudování speciálně vyhrazených pracovišť s detekcí úniku chladiva, pracoviště musí být vybaveno antistatickou podlahovou deskou. Podle stupně signalizace úniku chladiva je řízeno speciální podlahové odsávání (chladivo je těžší než vzduch) v provedení ATEX.

Provedení ATEX znamená, že veškeré prvky potrubní cesty, kterou je v případě úniku chladivo odsáváno, musí být v provedení vhodné do výbušného prostoru. Pro dodržení všech bezpečnostních předpisů jsou nutné určité investiční náklady, které spočívají v pořízení nové poloautomatické plnicí stanice, bezpečnostních opatření a v neposlední řadě zaškolení a pravidelných přezkoušení obsluhujícího personálu a techniků.

Při použití těchto chladiv je také nutno brát v potaz, že je legislativně povoleno použití chladiva v chladicím zařízení bez nutnosti přizpůsobovat prostor, v kterém je zařízení instalováno, pouze do náplně 150 gramů. Tato hodnota náplně umožňuje vyrábět malá průtočná chlazení do výkonu cca 1kW. Tento výkon je dostačující pro většinu standardně sériově vyráběných chladiců na pivo, víno a výrobníků sodové vody.

Při přechodu na nová chladiva bylo nutné nejprve zvolit typ kompresoru a jeho chladicí výkon tak aby, došlo k co nejmenším změnám na chladicím výkonu a vnějším designu původních zařízení.

Ve společnosti Sinop CB byly, také pro nová chladiva, použity kompresory společnosti Embraco. Při vlastních testech se postupně upravovala délka vstřikovací kapiláry (vstřikovací element používaný u malých nápojových chladiců) a velikost náplně chladiva. Pro menší výkony 200W bylo použito chladivo R600a

Příklad použití chladiva R600a může být přenosný průtokový chladič Anta MK24 na následující straně.



**Tabulka 5-2: Anta MK24 srovnání verzí**

<b>Název chladiče</b>	Anta MK 24 R134a	Anta MK24 R600a
<b>Typ kompresoru</b>	EMT45HDR Embraco	EMU5132Y Embraco
<b>Kondenzátor</b>	101150	101150
<b>Chladivo: množství/ druh</b>	88g/ R134a	39g/R600a
<b>Chladicí výkon</b>	24 l/h	24 l/h



**Obrázek 5-1: Anta MK24**

Z tabulky je vidět zachování stejného chladicího výkonu při snížení nutné dávky chladiva. Pro chladicích zařízení s vyššími výkony bylo použito chladivo R290.

Příkladem použití tohoto chladiva může být průtokový chladič Delton H120 viz tabulka srovnání.

**Tabulka 5-3: Delton H120 srovnání verzí**

<b>Název chladiče</b>	Delton H120 R134a	Delton H120 R290
<b>Typ kompresoru</b>	NT62172 Embraco	NT6217U Embraco
<b>Kondenzátor</b>	18227	18227
<b>Chladivo: množství/ druh</b>	370g/R134a	147g/ R290
<b>Chladicí výkon</b>	140 l/h	140 l/h
<b>Objem vody</b>	49 l	49 l



**Obrázek 5-2: Delton H120**

Při zkouškách, které jsou prováděny při uvádění nového modelu chladiče do výroby, byl zjištěn velký rozdíl (oproti neekologickým chladivům) především v přesnosti dávky nových chladiv, i odchylka v celkové dávce chladiva v hodnotě jednoho gramu má mnohem výraznější vliv na přesnost nástřiku chladiva do výparníku. Proto je nutné stanovit dávku chladiva nejenom při jmenovitých parametrech chodu chlazení, ale také především při nízké okolní teplotě a nízké vstupní teplotě chlazené látky (pivo, víno, voda) kdy může dojít k tzv. přestříknutí výparníku a tím ke kapalinovému rázu kompresoru. Kapalinový ráz může mít za následek nevratnou destrukci kompresoru. Při těchto testech byla sledována hodnota přehřátí par chladiva za výparníkem. Je důležité, aby tato hodnota byla vždy v limitních případech minimálně 2-3K, přičemž optimální hodnota přehřátí při jmenovitých podmínkách je 7-10K. Při použití chladiva R134a bylo běžné instalovat do chladicího okruhu plnicí ventilek (schrader ventil), který sloužil pro plnění chladiva ve výrobě ale také pro budoucí servis průtokového chlazení. Tímto prvkem (i přes uzavření čepičkou s těsněním) se chladicí zařízení

stávalo nehermeticky uzavřeným. Při takto postaveném chladicím okruhu docházelo dlouhodobě k nepatrnému úniku chladiva (cca. půl gramu za rok). I tento malý únik, je však zásadní pro dlouhodobé použití průtočného chlazení s novými chladivy (nutná přesná velikost dávky chladiva). Proto je nutné celý chladicím okruh realizovat jako hermetický. Po vyvakuování chladicího okruhu, vakuovém testu těsnosti a naplnění přesnou dávkou chladiva je plnicí potrubí tzv. zaštipnuto zaštipovacími kleštěmi a po odpojení plnicí hadice konec plnicího potrubí do chladicího okruhu hermeticky zaletován. Toto opatření zajišťuje zcela hermetičnost okruhu, ale částečně komplikuje možný servis na průtočném chlazení. I v malosériové výrobě je pro výše uvedený postup nutné používat poloautomatickou plnicí stanici s přesným vyhodnocením vakua, těsnosti a přesnou dávkou chladiva.

Celkově lze říci, že přechod na nová chladiva nezasáhl zásadně do vnitřní konstrukce malých chladičů. Při správné volbě kompresoru nebylo nutné měnit velikost kondenzátoru ani teplosměnnou plochu výparníku a optimalizace chladicího okruhu byla provedena prostřednictvím úpravy délky vstřikovací kapiláry a použitím správné velikosti náplně chladiva. Ve společnosti Sinop CB je k plnění chladiva dlouhodobě používána poloautomatická plnicí stanice viz následující obrázek.

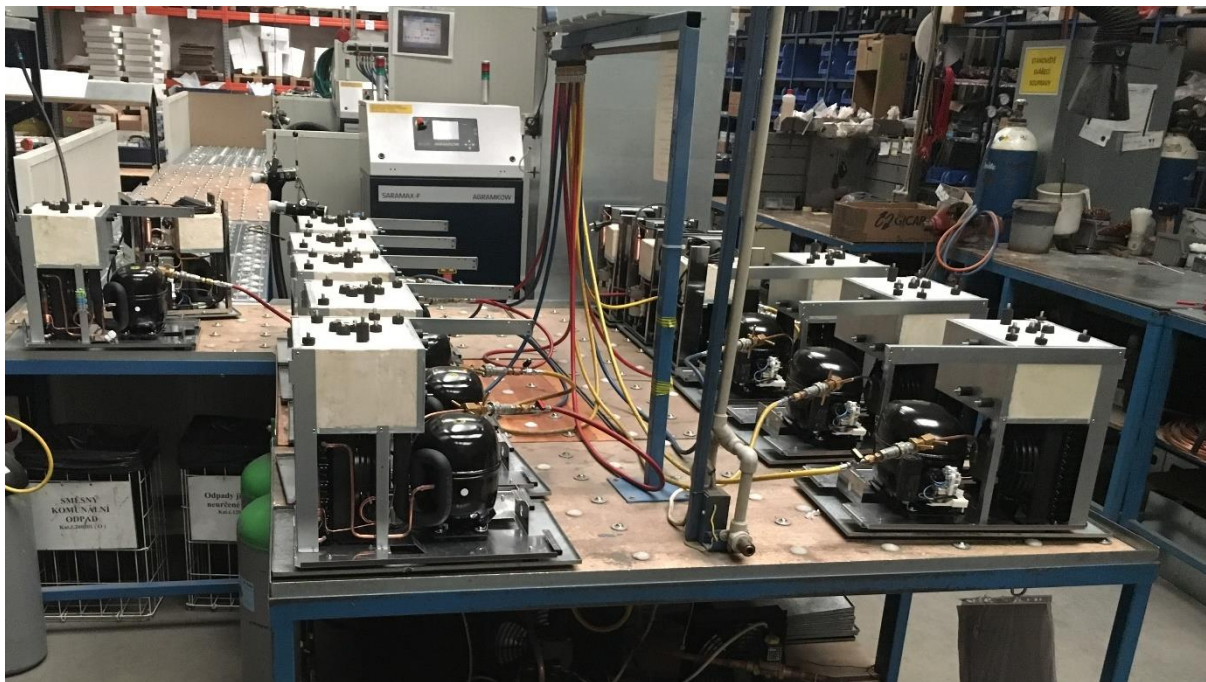


**Obrázek 5-3: Poloautomatická plnicí stanice chladiva**

Funkce poloautomatické plnicí stanice spočívá nejenom v naplnění přesné dávky chladiva do chladicího okruhu, ale také ve vyvakuování chladicího okruhu a provedení testu těsnosti. Při provádění vakuování ručním způsobem chladicího okruhu bylo nutné nejprve chladicím okruh natlakovat inertním plynem (dusík) a bublinkovou metodou zjistit těsnost všech spojů. Poté okruh vyvakuovat a prostřednictvím plnicí váhy na chladivo naplnit okruh požadovanou dávkou chladiva.

U všech těchto postupů dosahoval velkého významu lidský faktor, tudíž byla nutná značná odbornost a zkušenost personálu, který prováděl tuto speciální operaci. Přejedem na poloautomatický systém si operátor v programu zvolí typ plněného zařízení.

Pro zrychlení celého plnicího procesu se však i nadále zařízení vakuuje na centrálním vakuovacím pracovišti, kde může být připojeno větší množství vakuovaných jednotek. Viz obrázek níže.



**Obrázek 5-4: Vakuovací pracoviště**

Vakuovací pracoviště je vybaveno výkonnou dvoustupňovou vakuovací pumpou. Po prvotním vyvakuování je chladicí okruh naplněn suchým dusíkem. Poté se postupně každá jednotka přesune na poloautomatickou plnicí stanici, kde je možné připojit současně dvě jednotky.

V programu plnicí stanice jsou již uložena data od vzorového typu zařízení, tudíž dochází k porovnání času nutného pro získání vakua v chladicím okruhu s vzorovým zařízením. Pokud je doba pro dosažení limitu vakua delší než doba uložená v programu pro daný typ výrobku, dojde k vyhlášení alarmu a s největší pravděpodobností není chladicí okruh těsný. Zařízení se poté vrací zpět na pracoviště letování, kde dojde k jeho individuální kontrole (tlaková zkouška, bublinková metoda).

V případě že první část proběhla úspěšně, poloautomatická plnicí stanice ukončí vakuování a vyhodnocuje rychlost nárůstu tlaku po ukončení. Tento gradient je opět pro daný typ zařízení uložen v paměti, a pokud dochází k příliš rychlému nárůstu tlaku nebo tlak narůstá trvale, je předpoklad že v chladicím okruhu (např. v oleji kompresoru) zůstala vzdušná vlhkost, jejíž odpařováním stoupá tlak v chladicím okruhu. V tom případě je nutné proces vakuování opakovat, a pokud ani při druhém pokusu není vakuování úspěšné, je nutné vyměnit kompresor. V případě déle trvajících nárůstu tlaku lze předpokládat, že v chladicím okruhu je malá netěsnost, a proto se musí zařízení vrátit zpátky na pracoviště letování a projít opět tlakovým testem a bublinkovou metodou pro hledání netěsnosti.

V případě že zařízení projde všemi vakuovými testy bez problémů, dojde k naplnění chladicího okruhu přesnou dávkou chladiva. Chladivo je plněno automaticky naprogramovanou hodnotou s vysokou přesností zajišťující spolehlivou funkci chladicího okruhu. Použitím dvou druhů ekologických chladiv ve výrobě nápojového chlazení vyvstal požadavek na pořízení minimálně dvou poloautomatických plnicích stanic.

Každé pracoviště s poloautomatickou plnicí stanicí musí být vybaveno všemi bezpečnostními zařízeními (viz obrázek 6-5) což byla hlavní investiční zátěž při přechodu na ekologická chladiva.



Obrázek 5-5: Detail poloautomatické plnicí stanice

## 5.2 Chlazení s přímým výparem

V případě přímého komerčního či průmyslového chlazení bude uvedeno chladivo R744 (CO<sub>2</sub>). Jedná se o chladivo, které není výbušné a je zcela přírodní, chladivo se nevyrábí, ale pouze se „těží“ (získává ze vzduchu). Problémem pro širší použití, byl již v minulosti především vysoký tlak při tzv. nadkritickém použití, kdy při použití chladiva v chladicím okruhu dochází k provozním tlakům na výtlačku až 100 bar. Dalším problémem pro použití je nebezpečnost chladiva při vysokých koncentracích, vzhledem k tomu že je chladivo bez barvy a bez zápachu, může dojít bez sebemenšího varování při vdechnutí chladiva k okamžitému úmrtí.

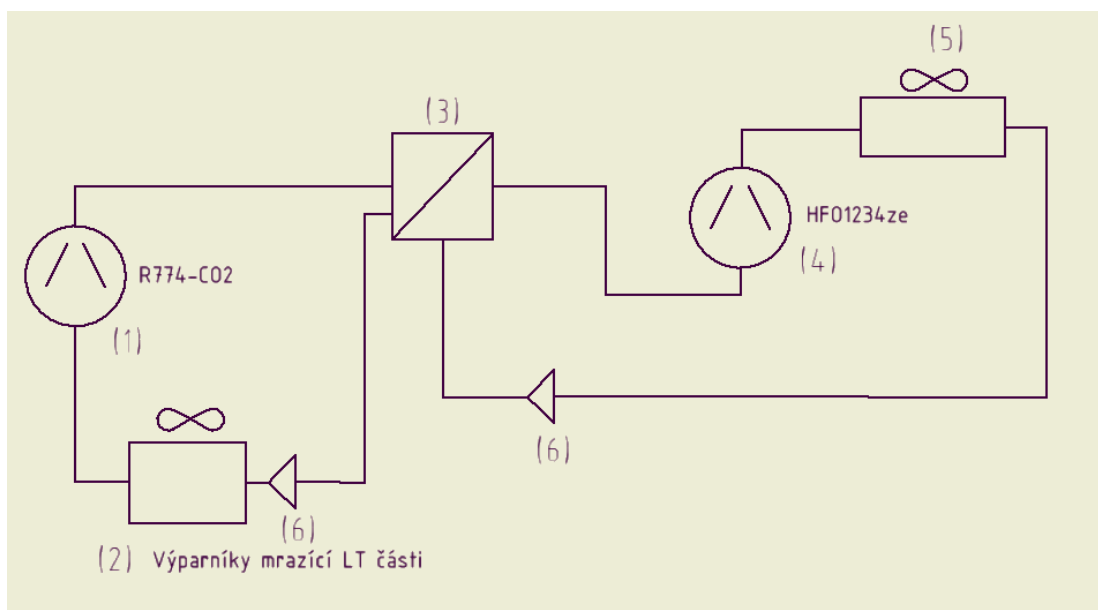
Z pohledu použitých nových technických řešení lze chlazení s chladivem R744 rozdělit na dva základní principy:

- 1) Subkritická aplikace
- 2) Transkritická aplikace

### 5.2.1 Subkritická aplikace R744

Jedná se o aplikaci, při které je hodnota výtlačného tlaku pod hodnotou kritického bodu tj. pod 72 bar a 31°C. Prakticky se subkritická aplikace používá pro mražení, kdy se kondenzační teplota pohybuje od -10°C až +10°C a výparná teplota od -20°C do -45°C i níže. Pro zajištění kondenzace je však nutné použít ještě externí zdroj chladu. V tomto případě se tedy jedná o takzvané kaskádní chlazení.

Jako zdroj chladu může být použito chlazení se zcela ekologickým chladivem například. HFO1234ze nebo méně ekologické chladivo R134a viz následující PID.

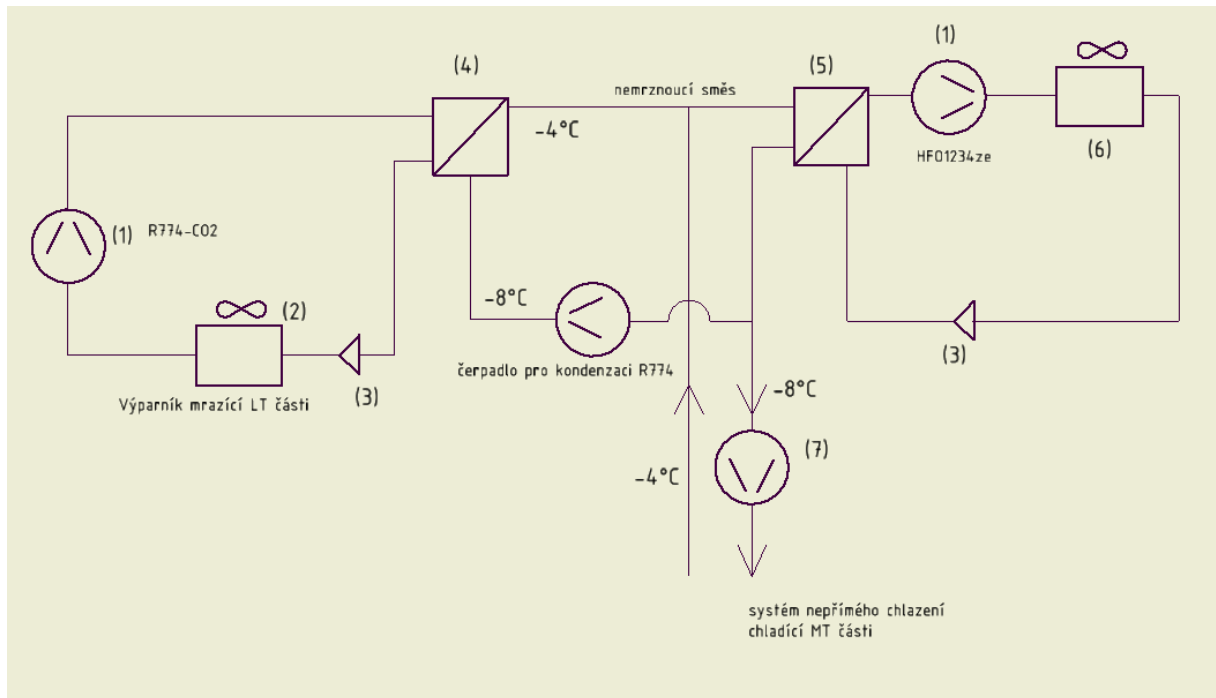


Obrázek 5-6: PID Subkritická aplikace R744 kaskádní uspořádání

Legenda:

- 1) Kompresor R744
- 2) Výparník (-30°C/13,2 bar) mrazící LT části
- 3) Kondenzátor R744 kondenzace -5°C/29bar / Výparník (HFO1234ze)
- 4) Kompresor: chladicí okruh (R134a) nebo HFO1234ze
- 5) Vzduchový kondenzátor
- 6) Expanzní ventil

Především při konceptu celého systému chlazení ve větších investičních celcích se používá chladivo HFO1234ze, pro zajištění nepřímého chlazení prostřednictvím nemrznoucí směsi o teplotě například -8°C. Tato nemrznoucí směs poté kondenzuje pro subkritický okruh mrazící části viz PID na následující straně.



**Obrázek 5-7: PID Subkritická aplikace R744 kapalinový kondenzátor**

Legenda:

- 1) Kompresor
- 2) Výparník -30°C /13,2bar
- 3) Expanzní ventil
- 4) Kondenzátor: kondenzace -0°C/33,8bar
- 5) Výparník
- 6) Vzduchový kondenzátor
- 7) Čerpadlo

Pro použití CO<sub>2</sub> v subkritické aplikaci jsou vyvinuty speciální kompresory, speciální kondenzátory, speciální výparníky i nové typy vstřikovacích ventilů. Také výrobci řídicích automatik uvedli na trh nové řady regulátorů umožňující řídit tyto kaskádní systémy. Při konstrukci těchto zařízení je nutné dbát především na tlakovou bezpečnost. Nikde v okruhu nesmí zůstat uzavřená část kapaliny bez možnosti úniku prostřednictvím pojistného ventilu. Prakticky to znamená zajistit konstrukci zařízení dostatečné množství pojistných ventilů, přes které je vyvedeno chladivo v případě nárůstu tlaku nad tlak  $p_s$  bezpečně mimo strojovnu do venkovního prostoru.

V současné době je snaha výrobců uvádět na trh zařízení s co největšími hodnotami provozních tlaků  $p_s$  a tím zajistit maximální spolehlivost při odstávce chladírenské technologie a vzrůstání tlaků v chladicím okruhu. Vedle hlavní změny technického řešení při subkritické aplikaci, která je výrazné navýšení provozních tlaků je také nutná změna potřebných průměrů potrubí.

Vzhledem k vysoké objemové chladivosti chladiva CO<sub>2</sub>, dochází ke značnému zmenšení průřezů potrubí při stejném chladícím výkonu. Pro srovnání je uvedena níže tabulka.

**D (mm) je vnější průměr potrubí dle DIN-EN.**

**Tabulka 5-4: Změna průměrů potrubí**

Část chladicího okruhu	R404A	R449A	R744
Výtlak D(mm)	35	35	22
Kapalina D(mm)	22	22	15
Sání D(mm)	64	64	28

Níže je uveden výpočet průměru potrubí pro výkon chlazení **50kW**

**Výparná teplota -30°C**

**Kondenzační teplota R744: 0°C**

**D(mm) je vnější průměr měděného potrubí dle DIN-EN.**

Provozní podmínky			
Refrigerant:	R744	Chladicí výkon:	50,00 kW
Mass flow in line:	719,5 kg/h	Topný výkon:	61,09 kW
Vypařovací teplota:	-30,0 °C	Kondenzační teplota:	0,0 °C
Evaporating pressure:	14,30 bar	Condensing pressure:	34,86 bar
Využitelné přehřátí:	8,0 K	Podchlazení:	2,0 K
Dodatečné přehřátí:	0 K	Dodatečné podchlazení:	0 K
Discharge temperature:	53,5 °C		
System and line:	<i>System se suchou expanzí. Sací potrubí</i>		
Selection criteria:	<i>Size: Pájený spoj dle DIN-EN / DIN-EN 28 (1 1/10")</i>		

**Obrázek 5-8: Výpočet průměru potrubí**

Data vycházejí ze Softwaru Danfoss CoolSelector 2.

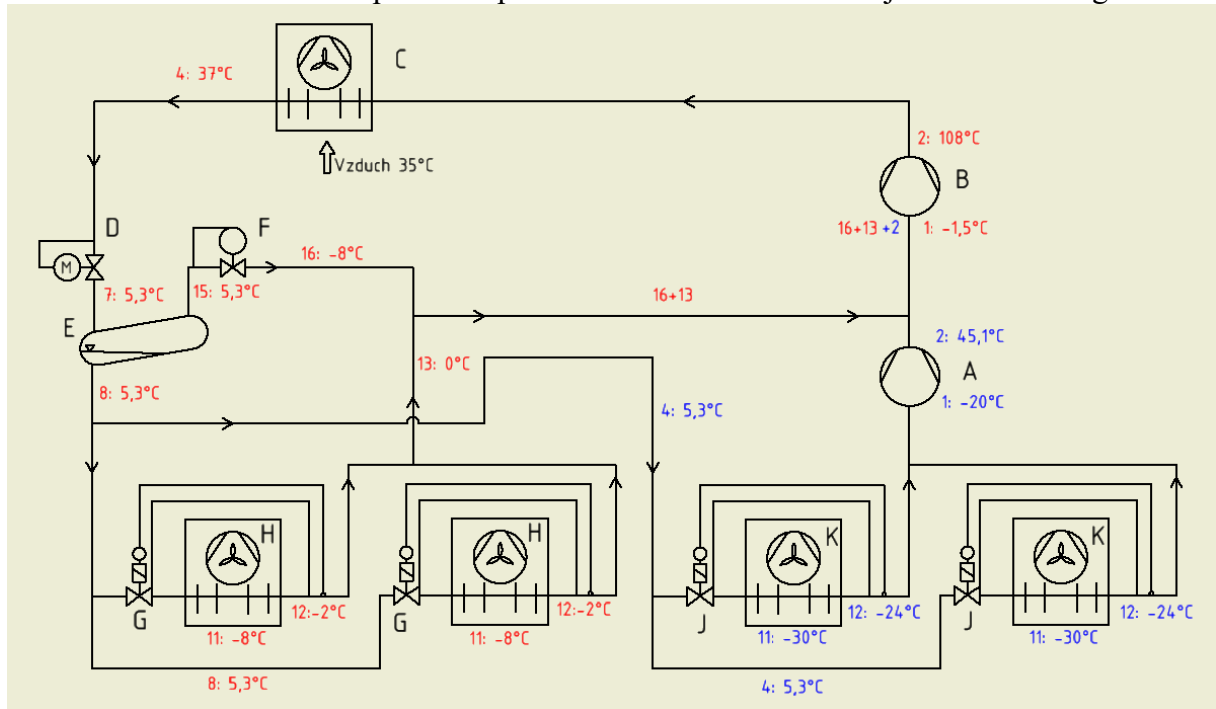
Z uvedené **tabulky 6-4** je patrné výrazné zmenšení průměrů potrubí. Tímto zmenšením průměrů dochází k mírnému potlačení nevýhody vysokých tlaků.

Při použití CO<sub>2</sub> jako chladiva při subkritickém uspořádání je důležitá plynulá regulace výkonu kompresoru a kondenzační teploty. Při nedodržení předepsaných limitů by mohlo dojít k nárůstu kondenzačních teplot nad dovolené limity a tím k úniku CO<sub>2</sub> prostřednictvím pojišťovacích ventilů, následně by byl nutný odborný servisní zásah s doplněním chladiva. Proto je ve většině aplikací použit kompresor s řízením výkonu na konstantní výparnou teplotu s frekvenčním měničem. Celkově lze však konstatovat, že aplikace subkritického CO<sub>2</sub> nevyžaduje zcela zásadní nová technická řešení. Je však nutné dodržet bezpečnostní požadavky s ohledem na provozní tlaky a nebezpečnost CO<sub>2</sub> při vysokých koncentracích. V praxi to znamená, že strojný chlazení musí být osazeny detektory plynu (CO<sub>2</sub>) s detekcí různého stupně koncentrace plynu.

Prvním bezpečnostním stupněm je spuštění havarijního odsávání, jehož dimenzování musí odpovídat normě EN 378. Stejně jako většina chladiv je CO<sub>2</sub> těžší než vzduch, proto musí být odsávání stejně jako detektory instalováno u podlahy. V případě dalšího překročení, je nutné celé zařízení automaticky odstavit z provozu a zvukovým i světelným signálem musí být upozorněno, že došlo k úniku CO<sub>2</sub>. Podobným způsobem musí být zajištěny všechny prostory, do kterých je chladivo vedeno.

## 5.2.2 Transkritická aplikace R744

Při transkritické aplikaci CO<sub>2</sub> nedochází vzhledem k tomu, že komprese probíhá v nadkritické teplotě a tlaku, ke kondenzaci chladiva ale pouze ke zchlazení horkých par v tzv. gascooleru. Příklad běžné transkritické aplikace v provedení Booster viz následující PID a PI diagram.

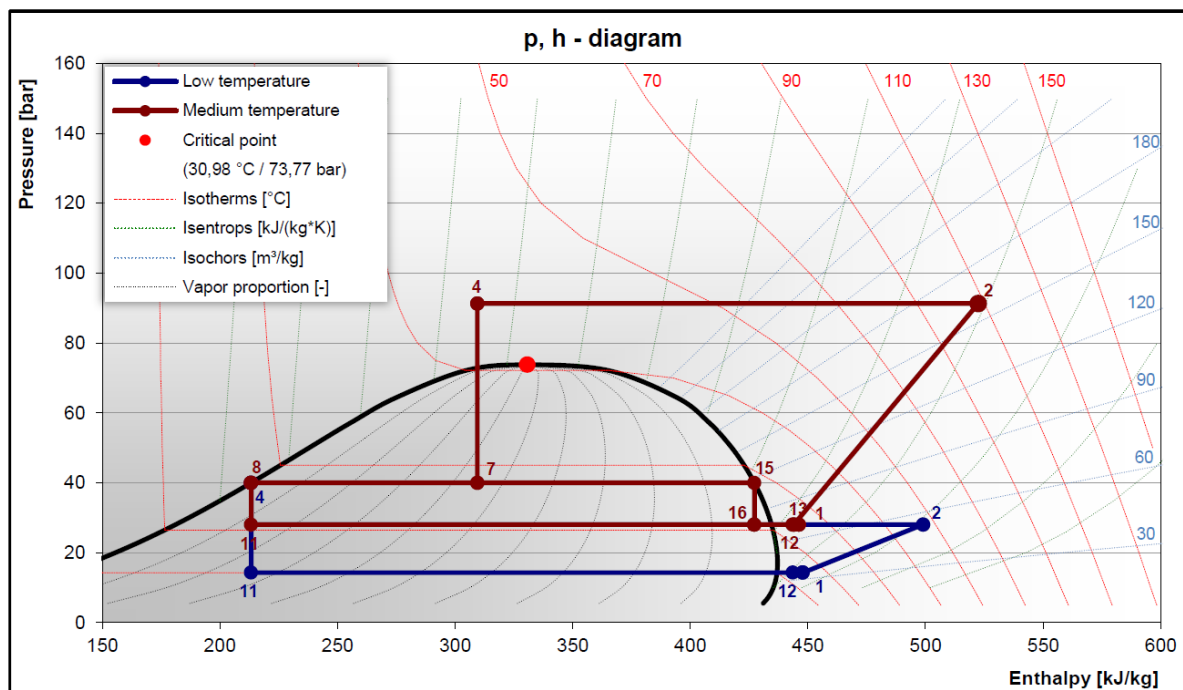


Obrázek 5-9: PID transkritická aplikace R744-tzv. „Booster“

Legenda:

- A - Nízkotlaký kompresor prvního LT stupně (mražení)
- B - Vysokotlaký kompresor druhého MT stupně (chlazení)
- C - Vzduchový Gascooler- udržuje požadovanou teplotu výstupního plynu (za gascoolerem)
- D - Vysokotlaký redukční ventil-udržuje požadovaný optimální tlak na výstupu MT kompresoru.
- E - Středotlaká nádoba- separuje kapalinu od plynu
- F - Redukční ventil- udržuje tlak ve středotlaké nádobě
- G - Vstřikovací ventil výparníků MT chladicí části
- H - Výparníky MT chladicí části
- J - Vstřikovací ventil výparníků LT mrazicí části
- K - Výparníky LT mrazicí části





Obrázek 5-10:PI diagram transkritická aplikace R744

Legenda:

Označení bodů v PI a PID diagramu

**Červená barva: část MT chladicí**      **Modrá barva: část LT mrazicí**

- |                  |           |   |
|------------------|-----------|---|
| <b>1</b>         | <b>1</b>  | Sání kompresoru   |
| <b>2</b>         | <b>2</b>  | Výtlak kompresoru   |
| <b>4</b>         |           | Stav za Gascoolerem   |
| <b>11</b>        | <b>11</b> | Stav ve výparníku   |
| <b>12</b>        | <b>12</b> | Přehřátá pára za výparníkem   |
| <b>8</b>         | <b>4</b>  | Totožný bod, kapalina na levé mezní křivce ve středotlaké nádobě.                                     |
| <b>7</b>         |           | Směs kapaliny a páry při vstupu do středotlaké nádoby   |
| <b>15</b>        |           | Plyn před redukčním ventilem středotlaké nádoby   |
| <b>16</b>        |           | Stav za redukčním ventilem středotlaké nádoby   |
| <b>13</b>        |           | Přehřátá pára za výparníkem MT stupně. Ze stavu 12 do stavu 13 dojde vlivem tepelných ztrát v potrubí |
| <b>16+13+2=1</b> |           | Směs plynu nasávána sáním MT stupně.  |

Na rozdíl od subkritické aplikace je aplikace transkritická výrazně komplikovanější vzhledem k vyšším provozním tlakům, vyšším teplotám výtlaku plynu a také složitějšímu řízení celého systému. Tato aplikace však umožňuje použití CO<sub>2</sub> jak pro rozsah chlazení, tak pro rozsah mražení bez nutnosti použití přídatného zdroje chladu pro zajištění kondenzace. Široké uplatnění však tato aplikace má především v severských zemích a zemích středního klimatického pásu kdy i energetická účinnost je lepší než při použití dosavadních chladiv. V chladicím okruhu jsou na rozdíl od klasického, zcela nové komponenty z uvedeného jednoduchého PID viz obrázek 6-9 jsou níže popsány zásadní nové komponenty.

### 1) Gascooler

Plní úlohu komponenty, v které je z chladicího okruhu odváděno teplo. Podle způsobu odvodu může být vzduchový nebo vodní. V případě Vzduchového gascooleru se dostáváme na teplotu plynu za gascoolerem na hodnotu cca 3K nad teplotu okolního vzduchu to znamená, například při teplotě okolí 30°C je možné získat teplotu plynu za gascoolerem 33°C. Pro regulaci teploty plynu za gascoolerem je požadováno řídit ventilátory vzduchového gascooleru prostřednictvím frekvenčního měniče, nebo lépe EC ventilátory, tedy ventilátory, s elektricky řízenými motory.

### 2) Vysokotlaký ventil

Slouží pro řízení tlaku ve středotlaké nádobě

### 3) Středotlaká nádoba

Jedná se o nádobu, ve které je oddělováno po expanzi ve vysokotlakém ventilu kapalně chladivo od plynné fáze. Kapalně chladivo je dále použito pro nástřik do nízkotlakých a vysokotlakých výparníků. Plynná fáze ze středotlaké nádoby je společně s plynem ze středoteplotních výparníků odsávána druhým stupněm uspořádání.

Nízkoteplotní část sání je nasávána prvním stupněm Booster jednotky a dále stlačována druhým stupněm. Toto je jednoduchý popis CO<sub>2</sub> transkritického Booster uspořádání. Je však patrné, že se jedná o regulačně značně složitý systém. Také vývoj ostatních komponent, které jsou používány i v klasických chladicích okruzích jako je systém olejového hospodářství, filtrů, vstřikovacích ventilů, separátorů kapaliny, doznal výrazných technických změn pramenících především z nutnosti dimenzování jednotlivých prvků na značné provozní tlaky.

## Změny v materiálech potrubí

Při konstrukci vlastních chladicích jednotek se změnilo také materiály používané pro propojovací potrubí mezi jednotlivými prvky. Z počátku, při zavádění do výroby se zdálo výhodné použití vysokopevnostní slitiny mědi a oceli tzv. K65. Jedná se o slitinu **CuFe2P** s následujícím obsahem prvků.

**Fe: 2,1-2,6%**

**Zn: 0,05-0,2 %**

**P: 0,015-0,15 %**

**Pb: 0,03% max**

**Cu: zbytek**

Vzhledem ke značné pracnosti a také neideální časové dostupnosti komponent a potrubí z materiálu K65, bylo rozhodnuto ve společnosti Sinop CB o přechodu na nerezová potrubí. Tento přechod byl nutný především pro Skandinávské zákazníky. Ve Skandinávii je používání nerezových potrubních materiálů v chladírenské technice rozšířenější než ve zbytku Evropy. Skandinávie dokonce používání nerezů preferuje. Zbytek Evropy: Německo, Švýcarsko, Francie atd. se přiklání k používání letovaných spojů s materiálem potrubí K65 hlavním důvodem je snadnější servis těchto technologií, který vyplývá z použití letovaných spojů (používá se měděná pájka s vysokým obsahem stříbra). Pro tuto servisní činnost jsou běžně vybavena všechna servisní vozidla.

Při přechodu na nerezová potrubí byly v počátku používány nerezové fitinky (kolena, oblouky, T-kusy), které bylo nutné se značnou pracností do okruhu vevařovat. Úkolem bylo nahradit tuto technologii, technologií ohýbání jednotlivých trubkových spojů tak, aby bylo dosaženo zefektivnění výroby. Nejprve byl zvolen vhodný materiál a správné dimenze trubek viz následující tabulka:

**Tabulka 5-5: Srovnání potrubí ze slitiny K65 a z nerezové oceli**

K65			Nerezová ocel		
Rozměr D“ x t (mm)	Vnitřní průměr d (mm)	Plocha S mm <sup>2</sup>	Rozměr D x t (mm)	Vnitřní průměr d (mm)	Plocha S mm <sup>2</sup>
5/8“x1,05	13,77	<b>148</b>	17,2x2,3	12,6	<b>124</b>
3/4“x1,3	16,45	<b>212</b>	21,3x2,6	16,1	<b>203</b>
7/8“x1,5	19,23	<b>290</b>			
			26,9x2,6	21,7	<b>369</b>
11/8“x1,9	24,77	<b>481</b>			
			33,7x2,6	28,5	<b>637</b>
13/8“x2,3	30,32	<b>722</b>			
15/8“x2,7	35,85	<b>1009</b>	42,4x2,6	37,2	<b>1086</b>

Z uvedené tabulky je patrné, že nelze bez přepočítání konkrétního případu najít ekvivalent mezi potrubím vyrobeným z materiálu K65 a potrubím nerezovým. Při návrhu chladicího okruhu je třeba velmi důkladně přepočítat rychlosti proudění ve výtlačném potrubí, kapalinovém potrubí i sacím potrubí, tak aby tyto hodnoty byly optimální i při přechodu na nerezové potrubí. Rychlost proudění chladiva v potrubí má dva zásadní aspekty.

Zvyšující se rychlost zvětšuje tlakové ztráty a snižuje účinnost chladicího systému, naopak snižující se rychlost proudění má za následek horší unášení oleje chladivem což může vést k hromadění oleje v některých částech chladicího okruhu a následné destrukci kompresoru. Po zvolení vhodného průměru byl zvolen nerezový materiál a bylo nutné provést zkoušky ohybů jednotlivých průměrů. Při zkouškách byl požadavek na dosažení co nejmenšího rádiusu ohybu při zachování „hladké vnitřní plochy ohybu“ a dostatečné tloušťky stěny pro vysokou pevnost. Pro volbu optimálních průměrů byla provedena celá řada testů (vizuálních i tlakových) a byly vybrány vhodné nástroje s optimálním rádiusem ohybu.

Na základě požadavků společnosti Sinop CB nemohu ve své práci uvést výsledky všech úspěšných i neúspěšných testů. Po dohodě se společností však dokládám fotografie ohybů potrubí v podélném řezu, kde je patrna u všech trubek značná kvalita vnitřního povrchu i dostatečná tloušťka stěny potrubí. Pro rozměry potrubí:

**D 17,2x2,3mm**

**D 21,3 x 2,6mm**

**D 26,9 x 2,6 mm**

Byly použity ohýbací segmenty bez vnitřního kalibračního trnu, viz fotografie **6-11** na další straně.



Obrázek 5-11: Fotografie potrubí menších rozměrů

V případě rozměrů:

**D 33,7 x 2,6 mm**

**D 42,4 x 2,6 mm**

byly použity ohýbací segmenty s vnitřním kalibračním trnem. Drobná stopa, kterou kalibrační trn zanechal na vnitřní stěně trubky je patrná z následující fotografie.



Stopa kalibračního trnu

Obrázek 5-12: Fotografie potrubí větších rozměrů



**Obrázek 5-13: Ohýbací stolice na potrubí**

Použitím ohýbaných potrubí se podařilo uspořit ve výrobě značné množství času a celkový dojem z jednotek s nerezovým potrubím je mnohem profesionálnější, také reakce Skandinávských zákazníků jsou velmi pozitivní.

Detailní pohled na potrubí v jednotce je na následující fotografii:



**Obrázek 5-14: Detailní pohled na potrubí v jednotce**

V současné době je transkritické Booster uspořádání typickým příkladem kompletní chladírenské technologie pro moderní supermarkety. Při použití transkritických technologií v aplikaci Chiller je nutné, stejně jako při aplikaci Booster, volit komponenty chladicího okruhu pro chladivo R744 a zvolit správně odpovídající tlakovou hodnotu jednotlivých částí okruhu. Hlavní technické změny v chladicích jednotkách jsou dány především velkým množstvím nových komponentů chladicího okruhu, nových materiálů potrubí, velkému důrazu kladenému na čistotu výroby a konečné provedení těsnostních a pevnostních zkoušek. Celková jednotka sestavená z potrubí v návrhu pro Skandinávii, viz fotografie níže:



Obrázek 5-15: Jednotka s nerezovým potrubím v designu pro Skandinávii

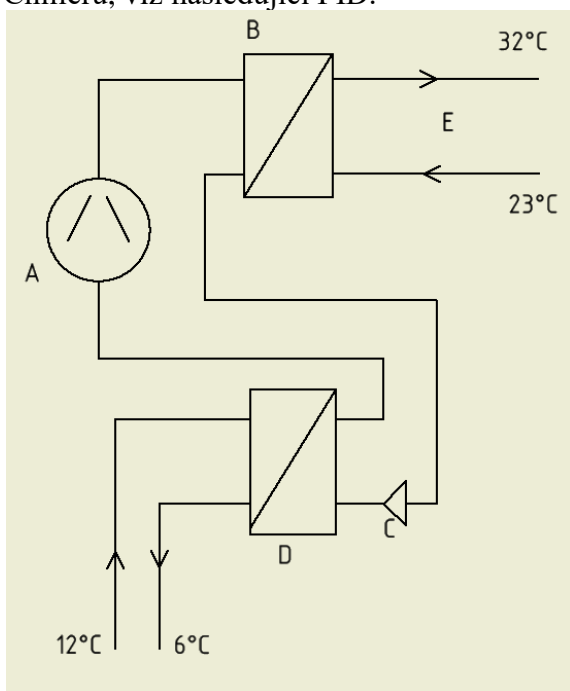
Tabulka 5-6: Popis jednotky: CUH-M4-4HTC-L3-2HME R744

<b>Název jednotky</b>	CUH-M4-4HTC-L3-2HME R744
<b>Chladicí výkon při kondenzační teplotě</b>	27W při -33°C/ 139W při -8°C
<b>Teplota za gascoolerem</b>	+32°C
<b>Tlakové hladiny ps výtlak/středotlaká nádoba/sání LT/ sání MT</b>	120/80/60/60

Z pohledu řízení je možné používat speciální řídicí regulátory od světových firem jako Danfoss, Carell nebo jít cestou vývoje vlastních řídicích algoritmů pro použití v průmyslových regulátorech PLC. Společnost Sinop CB využívá všech těchto možností. Co se týče bezpečnosti instalace, je nutné dodržet stejné předpisy, jaké byly uvedeny v popisu technologie chlazení v subkritickém provozu.

## 5.3 Nepřímé chlazení

V případě nepřímého chlazení bude zmíněno nadále o Chillerech (chladičích kapalin) s chladivem HFO1234ze. Také v tomto případě je možné použít chladivo R744, o tomto chladivu však již bylo psáno v subkritických a transkritických aplikacích s přímým výparem, tudíž toto chladivo nebude v této části dále zmiňováno. Rozsah použití Chillerů je v průmyslovém chlazení a ve velkých klimatizacích. V obou případech se jedná o požadavky na vyšší chladicí výkon, proto jsou ke kompresi používány kompresory s většími výkony typu šroubových kompresorů nebo turbokompresorů. Chladivo HFO1234ze je nízkotlaké, tím odpadá nebezpečnost vysokých tlaků v chladicím okruhu. Problém chladiva je však v bezpečnostní třídě A2L. Také malá objemová chladivost tohoto chladiva požaduje k dosažení potřebných výkonů velké objemové průtoky. Základní schéma uspořádání Chillerů, viz následující PID.



Obrázek 5-16: PID Nepřímého chlazení s vodní kondenzací

Legenda:

A-Kompresor HFO1234ZE

B-Vodní kondenzátor

C-Expanzní ventil

D-Vodní výparník

E-Kapalina pro kondenzaci

### 5.3.1 Chillery HFO1234ze se šroubovými kompresory

Při použití chladiva HFO1234ze v aplikaci se šroubovými kompresory, je nejčastěji využívána kombinace trubkového (vodního) kondenzátoru a trubkového (deskového) vodního výparníku. Vzhledem, k velkým objemovým průtokům (ve srovnání s chladivem R134a o 30% vyšší objemový průtok) je nutné volit kompresory s vyšším objemovým výkonem a také z tohoto pohledu správně dimenzovat všechna potrubí a komponenty.

Z tohoto důvodu dochází k vyšší ceně zařízení oproti zařízením na chladiva HFC (R134a). Příkladem je Chiller vyráběný pro nepřímé chlazení viz obrázek 6-17 na další straně.



Obrázek 5-17: Šroubový chiller

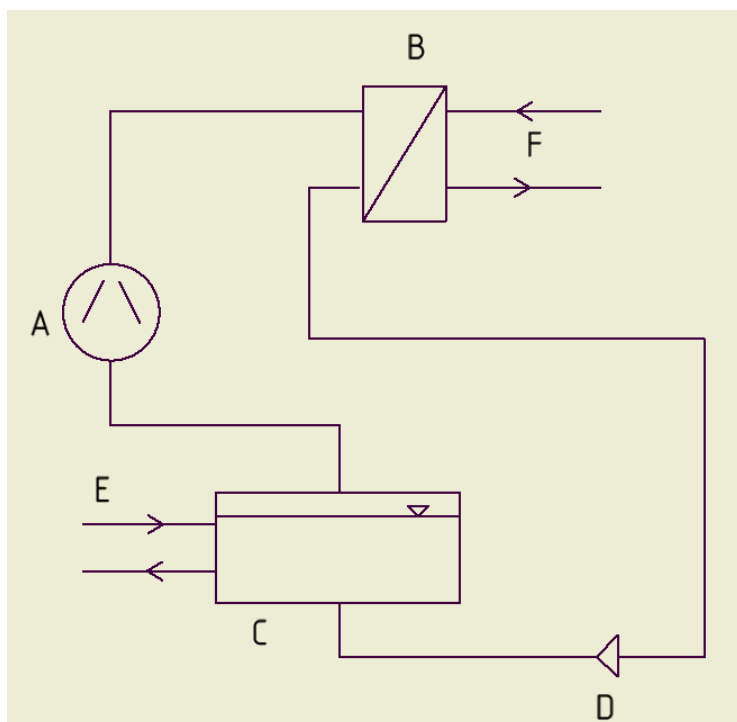
Tabulka 5-7: Popis jednotky: CW-M2-CSH-8573-110Y-L HFO1234ze

<b>Název jednotky</b>	CW-M2-CSH-8573-110Y-L HFO1234ze
<b>Chladicí výkon výparná/kondenzační T</b>	266kW -11°C /+34°C
<b>Kondenzace Ethylenglykol</b>	+26°C /+30°C
<b>Ochlazovaná kapalina Freezium</b>	-4°C /-8°C

### 5.3.2 Chillery HFO1234ze s turbínovými kompresory Turbocor

Společnost Sinop CB je také výrobcem Chillerů s turbínovými kompresory Turbocor. Jedná se o unikátní bezolejové turbínové kompresory dodávané společností Danfoss. Kompresory jsou vyráběny ve Spojených Státech (Florida) a jejich unikátností je především použití magnetických ložisek (která snižují ztráty třením na minimum), čímž je umožněno použít celý systém jako bezolejový. Při použití zaplaveného výparníku v bezolejovém okruhu není nutné řešit vracení oleje z chladicího okruhu do kompresoru, což značně zjednodušuje chladicí okruh. Příklad viz uvedené PID na další straně.





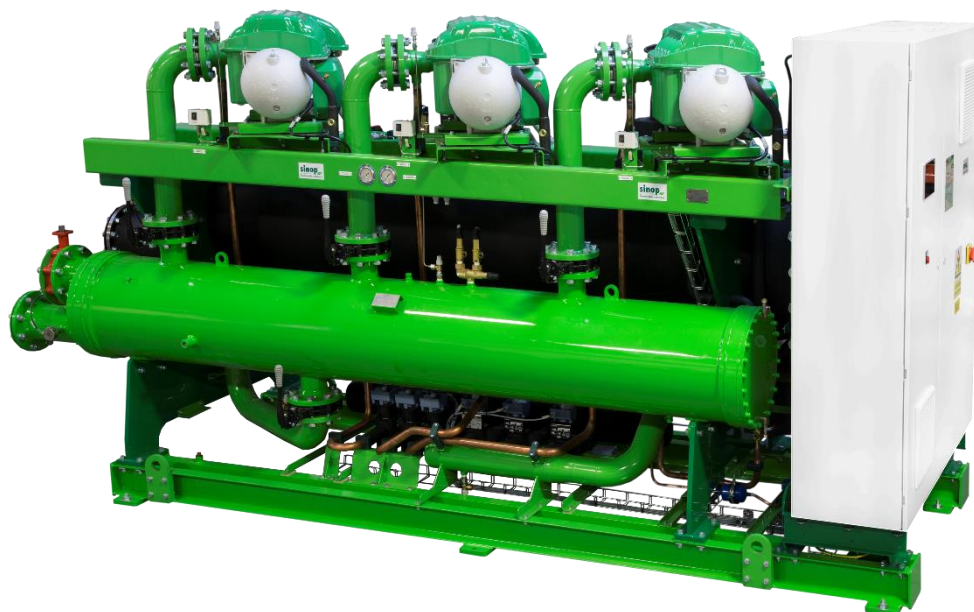
**Obrázek 5-18: PID nepřímého chlazení s kompresorem Turbocor (zaplavený výparník)**

Legenda:

- A- Kompresor HFO1234ze
- B- Vodní kondenzátor
- C- Zaplavený výparník
- D- Expanzní ventil
- E- Ochlazovaná kapalina
- F- Kapalina pro kondenzaci

Celý systém vypadá jednoduše, ve skutečnosti je však nutné při návrhu a výrobě Chillerů s kompresorem Turbocor respektovat značné množství důležitých technických pravidel pro použití turbínových kompresorů a také řadu specifik vycházejících z technického řešení kompresorů bez mechanických ložisek a oleje.

Společnost Danfoss Turbocor uvedla na trh první Turbocor kompresory pro chladivo HFO1234ze na konci roku 2016 a již v roce 2017 společnost Sinop CB dodala několik Chillerů pro především zahraniční zákazníky (Švýcarsko). Při použití kompresoru Turbocor je třeba brát v úvahu výkonový rozsah kompresorů od cca 150kW do cca 400 kW pro jeden kompresor. Je tedy patrné, že toto řešení je vhodné pro vyšší výkonové potřeby. Nevýhodou systému se zaplaveným výparníkem je především nutná větší náplň chladiva, což si ve spojení s vyšší hořlavostí chladiva (bezpečnostní třída A2L) vynucuje velmi pečlivě volit celé uspořádání chladicího systému z pohledu bezpečnosti příklad Chillerů viz obrázek 6-19.



Obrázek 5-19: Chiller Turbocor se zaplaveným výparníkem

Tabulka 5-8: Popis jednotky: CW-M3-TG 310 ST HFO1234ze

Název jednotky	CW-M3-TG 310 ST HFO1234ze
Chladicí výkon výparná/kondenzační T	266kW +6°C/+34°C
Kondenzace Ethylenglykol	+27°C/+32°C
Ochlazovaná kapalina (voda)	+11°C/+7°C

V případě použití nepřímého chlazení s kompresory Turbocor, je celá technologie zcela unikátní a nelze ji proto srovnávat s jinou doposud používanou technologií. Chladivo HFO1234ze se chová v chladicím okruhu stabilně a celý systém pracuje s vysokou účinností.

### Testovací stanice Chillerů

Všechna nová zařízení, především Chillery o vyšších výkonech, se ve společnosti Sinop CB testují a dochází k posuzování účinnosti, kontrole napočítaných parametrů, a především posuzování funkčnosti softwarů vyvíjených společností Sinop CB. K tomuto účelu jsou jednotky připojovány na testovací stanice (zkušebnu Chillerů) s výkonovým rozsahem testovaných Chillerů od 100kW do cca 2 MW výkonu.

Při návrhu testovací stanice bylo nutné z důvodů velkého rozsahu testovaných výkonů a teplot ochlazovaných látek a také různých druhů napájecích napětí řešit celou řadu technických specifik. Testovací stanice využívá výměnu energií mezi částí výparníkovou a kondenzační a tím umožňuje odvádět přebytek tepla pouze v hodnotě odpovídající příkonu zařízení. Pro odvod tepla je použita otevřená venkovní chladicí věž s vysokou účinností. Jistým omezením je nebezpečí zamrznutí vody v chladicí věži v zimních měsících. V tomto období je nutné při zkouškách pečlivě kontrolovat, zda teplota vody vstupující do chladicí věže zajistí takovou teplotu ve věži, aby nedošlo k zamrznutí. Ve většině případů je možné provozovat zkušebnu celoročně. Pro napájení výparníků a kondenzátorů zkoušených Chillerů jsou použity čerpadlové moduly s plynulou regulací frekvenčním měničem. Díky této regulaci je možné zajistit optimální provozní parametry pro každý zkoušený Chiller.

Pro vnitřní část zkušebny byla použita náplň s nemrznoucí kapalinou s bodem tuhnutí  $-10^{\circ}\text{C}$ , která zajišťuje bezpečné zkoušky Chillerů i do uvedené teploty. Navíc vznikla při testování nových softwarů možnost pohybovat se také mimo limit pro Chillery s plusovou teplotou ochlazované vody. Především pro Skandinávské zákazníky a aplikace Chillerů v lodním průmyslu, je nutné testovat Chillery pro různá napětí a frekvence. Pro simulaci různých napětí je používán výkonný transformátor a pro příkony motorů do 80kW (tj. chladicí výkon cca. 200kW) je používán frekvenční měnič. V budoucnu je předpoklad, že bude testovací stanice napájena ze samostatného nezávislého zdroje tj. prostřednictvím diesel agregátu. Testovací stanice viz následující obrázek



**Obrázek 5-20: Testovací stanice Chillerů**

Každý zkoušený Chiller je připojován na testovací stanici prostřednictvím ohebných hadic a rychlospojek. Průřezy hadic odpovídají požadovaným průtokům, na které je daný Chiller dimenzovaný. Celý proces zkoušení je monitorován na PC, a tudíž a je možné získat elektronický protokol o průběhu zkoušek daného zařízení.

Velmi často u větších, významnějších zakázek se o zkoušky a jejich průběh zajímají také zahraniční zákazníci, kteří vlastní zkoušku považují jako součást přebírání objednaného Chilleru. Při vývoji jednotek s chladivem HFO1234ze byly výsledky z testovací stanice hlavním podkladem při změně konstrukce, a především softwaru řídicího proces funkce chladicího zařízení.

## 6 Racionalizace kusové výroby chladírenských technologií s chladičem CO<sub>2</sub>

Tato část práce se bude zabývat racionalizací výroby s ohledem na změny ve výrobních technologiích. V předchozí části byl zmíněn přechod z letovaných popřípadě vařených fitinek na systém ohýbaných nerezových potrubí. Ani při této technologii výroby se však nelze plně vyhnout nutnosti svařování. Přechod na ohýbání nerezového potrubí si však vyžaduje změnu uspořádání pracovišť a skladů ve výrobních halách.

Při snaze zvýšit efektivitu výroby bude sloužit jako základ současný stav pracoviště, který svou racionalizací umožní zvýšit efektivitu výroby CO<sub>2</sub> průmyslového chlazení a především zkrátit výrobní časy při výrobě nerezového potrubí pro tyto zařízení. Samotná racionalizace bude probíhat rámcově v těchto čtyřech krocích:

1. **Popis současného stavu**
2. **Nalezení slabých míst v současném stavu**
3. **Eliminace slabých míst ve výrobě**
4. **Nastínění budoucích dalších slabých míst**

### 6.1 Popis současného stavu

Výroba průmyslového chlazení ve společnosti Sinop CB je kusovou specializovanou výrobou, z čehož vyplývá také čistě předmětné uspořádání pracoviště. Každá zakázka je řízena prostřednictvím vedoucího zakázky (projektanta), který zodpovídá za správnost navrženého technického řešení. Vedoucí zakázky rozdělí zakázku na dvě části, část strojní a část elektro. Část strojní předá do konstrukce pro zpracování 3D výrobní dokumentace, část elektro předá do projekce pracovníkům elektro.

Dispečer výroby zavede výrobní harmonogram do informačního systému. Společnost Sinop CB využívá k řízení výroby vlastní software, který byl vyvinut ve spolupráci se softwarovou společností, a umožňuje graficky sledovat plnění částí harmonogramu v jednotlivých odděleních. V současné době se software doplňuje o část zajišťující přehled o možných výrobních kapacitách, což je velmi důležité při sjednávání termínů dodávek komponentů na jednotlivá zařízení. Pro výrobu chladírenských technologií jsou tyto komponenty nakupovány a následně vydávány ze skladu umístěného v prostoru areálu společnosti Sinop CB.

Pro přesun do montáže je však nutný převoz přibližně 50 m přes venkovní prostory. Konstrukční prvky (naohybané plechové profily, ocelové svařence rámců atd.) jsou vyráběny v sesterské společnosti Sinop SMP s.r.o. a jsou dováženy nákladními auty cca. 5 km. Současné uspořádání odpovídá původnímu způsobu výroby, kde na každém pracovišti bylo možno provádět spojování převážně měděných potrubí pomocí letování. K letování slouží mobilní propan-butanové letovací stanice, kterých je na dílně celkem deset kusů. V případě letování se ke každé vyráběné jednotce přesouvá pracovní stůl s kovovou deskou a mobilní letovací stanice.

Vzhledem k tomu že klasických svářečských prací bylo doposud relativně málo, jsou svářecí boxy umístěny v druhé části haly u venkovní stěny (viz příloha 1), což umožňuje efektivní odvětrávání svářečských pracovišť s rekuperací tepla. Tyto pracoviště jsou odděleny od montáže ještě skladem chladírenských kompresorů. Jedná se o sklad materiálu s velkými rozměry a hmotnostmi a tudíž je výhodné, aby byl v blízkosti místa výdeje do výroby.

Pokud je nutné provést svářečské práce na polohovacích stolech, svářeč provede spasování a sbodování potrubí na jednotce, poté příslušnou část potrubí přemístí přes halu na jedno z několika svářečských pracovišť a následně provede vlastní svaření.

V prostoru montážních hal jsou umístěny ruční pásové pily sloužící pro dělení potrubních materiálů. V současné době postačuje pro použitou technologii a objem produkce jedna hydraulická ohýbací stolice. Skladování měděného potrubí je prováděno v blízkosti pracoviště ohýbání. Skladování ohýbaných trubek (polotovary) je provedeno na europaletách umístěných volně na zemi v prostoru u ohýbací stolice. Každá paleta je označena průvodkou. Z prostoru pracoviště ohýbání, jsou jednotlivé palety s polotovary rozváženy k jednotlivým montážním pracovištím, kde probíhá sestavení a montáž chladírenské technologie.

Vzhledem k tomu, že se jedná o kusovou individuální výrobu, tak o rozmístění jednotlivých pracovišť rozhoduje operativně vedoucí výroby a za každou zakázku zodpovídá vedoucí dané zakázky. Po skončení montáže potrubí následuje vakuový test těsnosti jednotky a dále pevnostní test tlakového zařízení. Tlakové testy se provádí z důvodu bezpečnosti vždy po skončení pracovní doby. Zkušební technik odpovídá za dodržení všech bezpečnostních předpisů podle interní směrnice vydané společností Sinop CB.

Po úspěšných tlakových testech se provede zaizolování té části potrubí, kde se provozní teplota pohybuje pod teplotou rosného bodu. Každá prováděná operace na strojní části zařízení je zapisována do montážního postupu a odpovědným pracovníkem podepsána. Konečnou kontrolu strojní části zařízení provádí vedoucí zakázky (hlavní projektant s technologem a výstupním kontrolorem).

Ve většině případů je strojní část zařízení po kompletaci doplněna o řídicí rozvaděč s vlastním řídicím systémem. Výroba rozvaděčů je prováděna nezávisle na strojní části, ve vyčleněném oddělení montážní dílny. Před instalací rozvaděče provádí pracovníci elektro, zakabelování jednotky včetně instalace kabelových žlabů a instrumentace tlakových a teplotních převodníků. Poté pracovníci provádí instalaci rozvaděče, a následně provede zkušební technik elektro, přezkoušení všech funkcí rozvaděče a elektro revizi zařízení. Po provedení všech výstupních kontrol, je zařízení připraveno pro expediční balení.

Pracovníci expedice provedou balení podle požadavku zákazníka, resp. vedoucího celé zakázky. Vzhledem k tomu že většina produkce směřuje do zemí západní Evropy: Německo, Francie, Skandinávie, Island, ale také Jižní Amerika a Asie, je nutné části balení věnovat značnou pozornost a pečlivost. Po zabalení je výrobek přesunut do části haly, kde je dále připraven pro expedici (ve většině případů naložení na přistavený kamion). Zařízení jsou převážně vyráběna na čas, tudíž není nutné jejich přemísťování do speciálních expedičních skladů. K manipulaci s jednotkami o větších rozměrech a hmotnostech je nutné používat v halách pouze ruční nebo elektrické zvedáky. Výrobní haly nejsou z důvodu nízké světlé výšky (5m) opatřeny mostovými jeřáby. Pro nakládku jednotek na kamiony jsou používány vysokozdvizné vozíky s nosností do 7t. Při nakládání větších a těžších jednotek je nutné objednat externí automobilový jeřáb.

## 6.2 Nalezení slabých míst v současném stavu

Jedná se o velkou vzdálenost mezi jednotlivými montážními místy a svářečskými pracovišti, která je dána umístěním skladu kompresorů, dále nedostatečnou kapacitu hydraulické ohýbací stolice potrubí a nevhodný způsob skladování naohýbaných potrubí před převozem na montážní pracoviště.

### 6.3 Eliminace slabých míst ve výrobě

Návrh eliminace zmíněných slabých míst je proveden v těchto třech krocích:

1. **Rozdělení výroby chladírenských technologií** na část vyžadující větší poměr svářečských prací a na část při jejichž výrobě se využívá letování. Toto proběhne navržením přesunutí části skladu kompresorů (viz příloha 2.), což vyžaduje vytvoření nového pracoviště dělení a ohýbání nerezového potrubí. Navržené řešení je vhodné i z hlediska rostoucího objemu výroby, jelikož již při současném stavu je kapacita jedné ohýbací stolice téměř plně využita. Další výhodou vycházející z nového řešení skladu kompresorů je nárůst skladovacích míst pro palety. V původním řešení haly se počítalo pouze s 540 ti skladovacími místy, zatímco v novém návrhu je skladovacích míst již 600.
2. **Racionalizace prostorového uspořádání stávajícího pracoviště** pro dělení a ohýbání měděných trubek použitím stohovacích klecových palet pro naohybané části potrubí.
3. **Zmenšení prostoru pro výrobu a uskladnění hotových malých jednotek.** Vyroběné malé jednotky je nutné co nejrychleji převést do centrálního skladu.

**Veškeré změny jsou patrné z přílohy č. 2.**

### 6.4 Nastínění budoucích dalších slabých míst

Z pohledu celkové logistiky výroby je několik procesů, které nejsou optimální. Jedná se především o nutnost zásobování výroby z centrálního skladu přes venkovní prostor. Dále nákladní doprava mezi společnostmi Sinop CB a.s. a Sinop SMP s.r.o. zajišťující zásobování výroby plechovými polotovary a svařenci.

Tyto dva problémy nelze v současném stavu uspořádání výrobních a skladových hal vyřešit. S ohledem na dvojí funkci centrálního skladu ve společnosti Sinop CB (centrální sklad, velkoobchodní sklad) není možné zajistit přesunutí skladu a výroby do jednoho prostoru. Společnost Sinop CB a.s. připravuje investiční záměr vystavět v prostorách současných výrobních hal Sinop SMP s.r.o. nový montážní areál s halami s větší světloúsvětou výškou kde by vlastní montáž probíhala za pomoci nejmodernější manipulační techniky s jednodušším zásobováním a vyšší efektivitou. Tato investice je však dlouhodobějšího charakteru a proto je výše poukázáno na nedostatky, které je možné za současných podmínek odstranit.

## 7 Ekonomické zhodnocení změn

Ekonomické zhodnocení změn uspořádání ve výrobě je rozděleno do dvou částí. Finanční náročnost a Finanční úspory.

### 7.1 Finanční Náročnost

Samotná finanční náročnost je poté rozdělena do dvou dalších částí: investiční náročnost a ostatní náklady na nové uspořádání výroby.

#### 7.1.1 Investiční náročnost:

Vzhledem k velmi dobrým zkušenostem se stávající ohýbací stolicí je navržen stejný stroj od stejného výrobce, jako je již používaný. Díky tomu je možné použít již zakoupené ohýbací segmenty a trny pro nerezová potrubí.

##### Investiční náklady:

Nová ohýbací stolice: cca	1 300 000 Kč
Terminál s přístupem do systému výrobní dokumentace:	75 000 Kč
Skladové regály pro potrubí:	30 000 Kč
Skladové klece pro naohybané polotovary:	25 000 Kč
Pásová dělicí pila pro nerezové potrubí:	70 000 Kč
<b>Celkové investiční náklady na nové ohýbací pracoviště</b>	<b>1 500 000 Kč</b>

#### 7.1.2 Ostatní náklady na nové uspořádání výroby:

Přesunutí stávajících regálů do nového prostoru: 72h (500 Kč za hodinu)	36 000 Kč
Rozvody tlakového vzduchu a dusíku na nová pracoviště (nutná 4 přípojné místa):	32 000 Kč
Pomocné elektro rozvaděče na nových pracovištích 4 kusy:	20 000 Kč
<b>Náklady celkem</b>	<b>88 000 Kč</b>
<b>Celkové náklady na nové uspořádání výroby:</b>	<b>1 588 000 Kč</b>

### 7.2 Finanční úspory

Předpokládáme rozdělení výroby (strojní montáže) do dvou částí podle použitého potrubí:

**Část měděná:** Stále ještě používaná chladiva HFC a nízkotlaká chladiva HFO

**Část nerezová:** Vysokotlaké chladivo CO<sub>2</sub>

Časová úspora bude posuzována pouze změnou uspořádání použití nerezového potrubí. Předpokladem však je, že nedojde k omezení nebo k zvětšení časové náročnosti montáže měděného potrubí. Podle interních informací od společnosti Sinop je předpoklad výroby jednotek CO<sub>2</sub> následující:

**Tabulka 7-1: Předpoklad výroby a rostoucí náklady na hodinu práce**

Rok	Počet jednotek	Náklady na hodinu práce
2018 (6 měsíců)	30	500 Kč/h
2019	150	550 Kč/h
2020	300	650 Kč/h

Pro další roky je velmi složité prognostikovat množství výroby. Pro výpočet časové náročnosti a úspory je zvolena jednotka ze střední výkonové řady v uspořádání **Booster s výkonem 50 kW (-10°C) / 20 kW (-30°C)**. Celkový čas na strojní montáži je při stávajícím uspořádání cca.150h. Z tohoto času jsou práce spojené s instalací nerezového potrubí následující.

**Tabulka 7-2: Časová náročnost operací spojených s instalací nerezového potrubí**

Operace	Počet minut: staré uspořádání	Počet minut: nové uspořádání
Přesun materiálu ze skladu k dělení a ohýbání	30	10
Dělení a ohýbání potrubí	230	230
Přesunutí polotovarů k místu montáže	40	10
Sestavení potrubí v jednotce, pasování, příprava pro bodování	440	400
Manipulace s potrubím mezi místem sestavování a dělením na požadované přesné rozměry (celkově)	100	40
Bodování potrubí (celkově)	200	200
Časy potřebné pro manipulaci se sbodovaným potrubím a svářečskými pracovišti.	200	50
Svářečské práce	1000	1000
<b>Celkem</b>	<b>2 240 (37,3h)</b>	<b>1 940 (32,3h)</b>

Časová úspora při výrobě potrubí mezi původním uspořádáním a novým uspořádáním je tedy **5h** na jednotku. Tato úspora je znázorněna z hlediska financí níže v tabulce i s odpovídajícími roky a odhady objemu výroby.

**Tabulka 7-3: Finanční úspora**

Rok	Počet jednotek	Časová úspora na jednotku (h)	Celková úspora hodin za rok	Náklady na hodinu práce (Kč)	Úspory celkem Kč.
2018 (6 měsíců)	30	5	150	500	<b>75 000</b>
2019	150	5	750	550	<b>412 500</b>
2020	300	5	1500	650	<b>975 000</b>
<b>Celkem</b>					<b>1 462 500</b>

Finanční úspora za období do konce roku 2020 činí 1 462 500 Kč. Toto je vnímáno ve společnosti Sinop CB jako velmi pozitivní. Je nutné si uvědomit, že investice do nové ohýbací stolice je vyžadována především z důvodu pokrytí celkového nárůstu výroby. Při určení vhodnosti investice je možné tedy porovnávat finanční úsporu pouze s náklady na přemístění výroby tj. **88 000 Kč**. Z tohoto porovnání tedy vychází kladná uspořena částka **1 374 500 Kč do konce roku 2020**, což je vzhledem k nutnosti dané investice velice pozitivní fakt.



## Závěr

Vzhledem k důležitosti dodržování platné legislativy je zcela zásadní věnovat maximální důležitost přechodu na přírodní chladiva a chladiva s nízkým GWP.

V nápojovém chlazení je problém s „neekologickými chladivými“ vyřešen přechodem na přírodní chladiva, která nemají na konstrukci chladiců zásadní vliv. Především je důležité zvolit správný kompresor s aplikačním rozsahem vhodným pro dané použití, tzn. výparná teplota od cca. +5 do -5°C a kondenzační teplota do maximálně: +55°C. Za druhé je nutné zvolit správnou délku kapiláry (škrťacího elementu). Při návrhu kapiláry slouží jako výchozí, data ze softwarů firem Danfoss, Tekumseh a Embraco. Výsledky teoretického návrhu byly však ve všech případech dosti rozdílné.

Konečná volba kapiláry, a především velikosti náplně, byla výsledkem dlouhodobých zkoušek. Při dodržení technologického postupu vakuování a plnění chladicího okruhu bylo dosaženo velmi dobrých výsledků jak z pohledu výkonu, účinnosti i budoucí spolehlivosti chladicích systémů.

V oblasti komerčního a průmyslového chlazení byla důležitá volba vhodného potrubí. Rozhodující bylo najít pevnostně vyhovující potrubí s dostatečnou čistotou vnitřních stěn odpovídající aplikaci v chladírenské technice, a současně určit technologii aplikace potrubí tak, aby nedošlo k výraznému zvýšení ceny celého zařízení. Vzhledem k standardně používanému měděnému potrubí s chladivem HFC se v počátku výroby upřednostňovalo potrubí z materiálu K65, u kterého dochází stejně jako u potrubí měděného ke spojování letováním. Na rozdíl od měděného potrubí není možné však potrubí K65 ohýbat, a proto je jeho aplikace časově náročná. Je nutno používat velké množství oblouků, kolen, T-kusů a velké množství letovaných spojů. Proto byla zvolena řada nerezového potrubí s hladkou vnitřní stěnou, u kterých byla provedena řada zkoušek, přičemž konečná volba rádiusů ohybu a technologie ohybu (s trnem, bez trnu) byla výsledkem řady testů.

V současné době je již ve výrobě používána ucelená řada nerezového potrubí. Přes zefektivnění výroby použitím ohýbaného nerezového potrubí, zůstává však výroba jednotek s chladivem CO<sub>2</sub> výrazně komplikovanější než u běžných jednotek s ohýbaným měděným potrubím a chladivem typu HFC.

Při nepřímém chlazení za použití chladiva HFO1234ze s bezpečnostní třídou A2L nejsou konstrukčně v jednotkách téměř žádné změny, důležitá je však aplikace jednotky: tzn. dodržet všechny bezpečnostní předpisy, které předepisují detekci plynů v prostoru strojovny a zavést dostatečné odvětrání v nevybušném provedení.

Z uvedených poznatků a výsledků je patrné, že při odpovídajících technických úpravách je možné ve všech případech uvádět na trh chladírenské technologie podle legislativy omezující od roku 2020 (2022) chladiva typu HFC. Řešením je tedy přechod na přírodní chladiva popř. syntetická chladiva s nízkým GWP.

Vzhledem ke změnám ve způsobu výroby, spojeným s přechodem na přírodní chladiva (konkrétně CO<sub>2</sub>), bylo řešeno nové uspořádání montážní dílny. Pro předpokládané značné navýšení výroby jednotek s nerezovým potrubím a udržení cenové konkurenceschopnosti bylo nutné reorganizovat jednotlivá pracoviště tak, aby i při kusové výrobě došlo k maximálnímu zkrácení neproduktivních výrobních časů.

Z této práce vyplývá časová a ekonomická úspora a opodstatněnost změn uspořádání výroby (viz příloha č. 2). Nedořešeným bodem zůstává, však logistika mezi částí společnosti, kde se vyrábí většina konstrukčních dílů a částí strojní montáže průmyslového chlazení. Společnost Sinop CB má podle poskytnutých informací v průběhu 3-5 let záměr, vybudovat nové výrobně-montážní haly v areálu stávající haly pro výrobu konstrukčních prvků. Přičemž tyto prostory budou již vybaveny moderní manipulační technikou pro rozměrné a těžké výrobky.

## Literatura

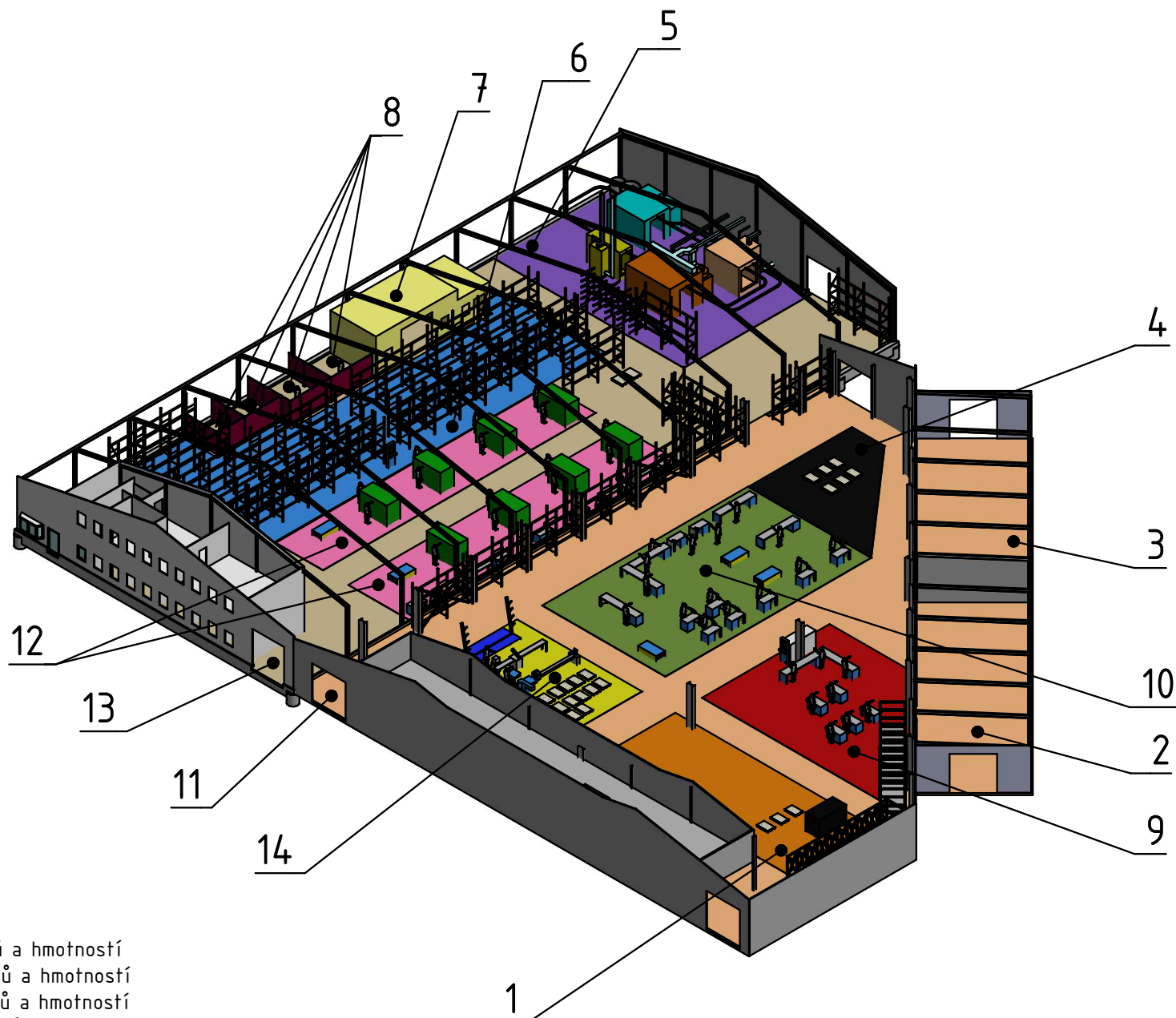
- [1] Potenciál globálního oteplování klimatu: Slovník pojmů. *Envimat* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/pojmy/>
- [2] Montrealský protokol a Vídeňská úmluva. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/videnska\\_umluva\\_montrealsky\\_protokol\\_dokument](https://www.mzp.cz/cz/videnska_umluva_montrealsky_protokol_dokument)
- [3] Chladiva, úvod, definice, historie. *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/13626-chladiva-uvod-definice-historie>
- [4] Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/ramcova\\_umluva\\_osn\\_zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu)
- [5] Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/kjotsky\\_protokol](https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol)
- [6] Pařížská dohoda. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/parizska\\_dohoda](https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda)
- [7] *Nařízení Evropského Parlamentu a rady č. 517/2014: ze dne 16 dubna 2014 O fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení č. 842/2006*. In: . ročník 2014, 517/2014.
- [8] Seznam zkratk chladiv. *Westfalen* [online]. [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: [http://www.westfalen.cz/fileadmin/user\\_uploads/Westfalen\\_Tschechien/Prospekte/Info\\_Praktiker\\_6\\_CZ10006\\_oB.pdf](http://www.westfalen.cz/fileadmin/user_uploads/Westfalen_Tschechien/Prospekte/Info_Praktiker_6_CZ10006_oB.pdf)
- [9] *Sourhn informací o chladivech, Linde Gas* [online]. [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: [http://www.linde-gas.com/internet.global.lindegas.global/en/images/Refrigerants-Product-Data-Summary17\\_108590.pdf?v=3.0](http://www.linde-gas.com/internet.global.lindegas.global/en/images/Refrigerants-Product-Data-Summary17_108590.pdf?v=3.0)
- [10] *Norma ISO 817*. 2017.
- [11] *Norma ČSN EN 378-1*. 2017.
- [12] DVOŘÁK, Zdeněk. *Základy chladicí techniky*. Dot. Praha: České vysoké učení technické, 1984.
- [13] *Stacionární chlazení: Historie chladicí techniky*[online]. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://stacionarnichlazení.cz/154-historie-chladici-techniky.html>
- [14] *Konference svazu chladicí a klimatizační techniky: Přechod na nová chladiva*. 2017.
- [15] *Konference svazu chladicí a klimatizační techniky: Průvodce ČSN EN378:2017 Část 1*. 2017.
- [16] *Konference svazu chladicí a klimatizační techniky: Podmínky pro provoz chladicích zařízení od roku 2018 a dále*. 2017.

## **Seznam příloh**

**Příloha č. 1:** Současné uspořádání montážní haly

**Příloha č. 2:** Navržené uspořádání montážní haly



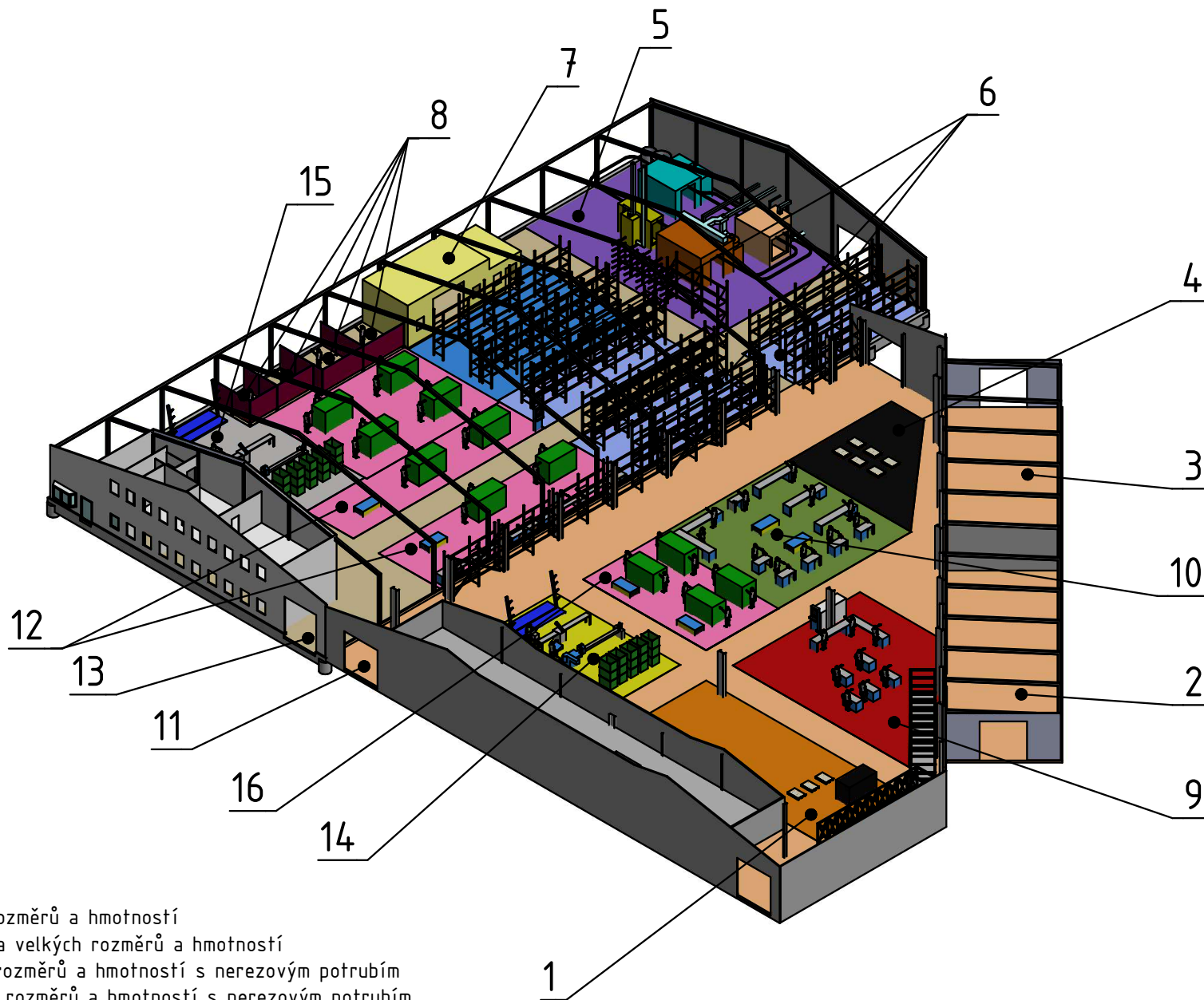


Popis

- 1 Příjem materiálu
- 2 Testovací místnost
- 3 Sklad elektro
- 4 Příjem polotovarů
- 5 Prášková lakovna
- 6 Sklad kompresorů
- 7 Brusírna/leštění
- 8 Svářecí boxy
- 9 Dílna elektro
- 10 Montáž zařízení malých rozměrů a hmotností
- 11 Expedice zařízení malých rozměrů a hmotností
- 12 Montáž zařízení velkých rozměrů a hmotností
- 13 Expedice zařízení velkých rozměrů a hmotností
- 14 Ohýbací a dělicí stanice měděného a nerezového potrubí

Příloha č.1:

# Současné uspořádání montážní haly



Popis

- 1 Příjem materiálu
- 2 Testovací místnost
- 3 Sklad elektro
- 4 Příjem polotovarů
- 5 Prášková lakovna
- 6 Sklad kompresorů
- 7 Brusírna/leštění
- 8 Svářecí boxy
- 9 Dílna elektro
- 10 Montáž zařízení malých rozměrů a hmotností
- 11 Expedice zařízení malých a velkých rozměrů a hmotností
- 12 Montáž zařízení velkých rozměrů a hmotností s nerezovým potrubím
- 13 Expedice zařízení velkých rozměrů a hmotností s nerezovým potrubím
- 14 Ohýbací a dělicí stanice měděného potrubí
- 15 Ohýbací a dělicí stanice nerezového potrubí
- 16 Montáž zařízení velkých rozměrů a hmotností s měděným potrubím