

PRIRUČNIK ZA SERVISERE RASHLADNIH I KLIMA UREĐAJA

Ovaj priručnik pripremilo je Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine – Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine u saradnji sa UNIDO-om uz finansijsku pomoć Multilateralnog Fonda za implementaciju Montrealskog Protokola.

Objavili

Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine
(MVTEO) – Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine

Organizacija Ujedinjenih Nacija za Industrijski Razvoj (UNIDO)

Projekat

Plan Eliminacije HCFC supstanci – faza II

Rukovodioci projekta

Irma Lizde (UNIDO - Organizacija Ujedinjenih Nacija za Industrijski Razvoj)

Azra Rogović Grubić (Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa
Bosne i Hercegovine – Ozonska Jedinica Bosne i Hercegovine)

Autor

Vasil Eftimov (UNIDO međunarodni RAC konsultant)

Recenzija

prof. dr. Haris Lulić – Mašinski Fakultet Univerziteta u Sarajevu

prof. dr. Milovan Kotur – Mašinski Fakultet Univerziteta u Banja Luci

Azra Rogović Grubić - Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa
Bosne i Hercegovine – Ozonska Jedinica Bosne i Hercegovine

Almira Kapetanović – Federalno ministarstvo okoliša i turizma – Odjeljenje
Ozonske jedinice BiH u Federaciji Bosne i Hercegovine

Ozren Laganin – Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju
Republike Srpske – Odjeljenje Ozonske jedinice BiH u Republici Srpskoj

Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine je operativno i stručno tijelo za sprovođenje Montrealskog protokola uspostavljena je Odlukom Vijeća ministara Bosne i Hercegovine u julu 2000. godine. Sjedište Ozonske jedinice je u Ministarstvu vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine i ima dva Odjeljenja ozonske jedinice, locirana u dva entitetska ministarstva: Ministarstvu okoliša i turizma Federacije Bosne i Hercegovine i Ministarstvu za prostorno uređenje građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske.

Fininsiranje

Ovaj Priručnik za obuku i certifikaciju tehničara i servisnih kompanija koje posluju u sektoru hlađenja i klimatizacije finansira Multilateralni fond za sprovođenje Montrealskog protokola.

Odricanje odgovornosti

Mišljenja koja je iznio autor ne predstavljaju nužno politiku Ozonske jedinice Bosne i Hercegovine, niti Organizacije Ujedinjenih Nacija za Industrijski Razvoj (UNIDO).

Informacije sadržane u ovoj publikaciji su samo u informativne svrhe i mogu biti podložne promjenama bez prethodne najave. Iako smo uložili sve napore da osiguramo da su informacije dobijene iz pouzdanih izvora, MVTEO i UNIDO nisu odgovorni za bilo kakve greške ili propuste. Sve informacije su date bez garancije potpunosti, tačnosti ili bilo koje druge vrste garancije, izričite ili podrazumijevane.

Autorska prava

Ova publikacija se može reprodukovati u cjelini ili djelomično u obrazovne ili neprofitne svrhe bez posebne dozvole nosioca autorskih prava, pod uslovom da se izvor informacija propisno naznači.

Datum

Februar, 2026.

Predgovor

U novije vrijeme čovječanstvo se suočava sa sve većim brojem globalnih izazova. Nastavlja se iskorištavanje i eksploatacija prirodnih resursa planete i narušavanje prirodne ravnoteže sa neizvjesnim posljedicama. Jedan od većih izazova je oštećenje ozonskog omotača, prirodnog sloja u zemljinoj atmosferi, koji cjelokupni život na zemlji čuva od pogubnog ultravioletnog zračenja, a u novije vrijeme velika pažnja se posvećuje i globalnom zagrijavanju.

Svjesne štetnih posljedica koje proizlaze iz smanjenje količine ozona u stratosferi, odnosno narušavanje njegove prirodne ravnoteže, zemlje potpisnice su 1985. godine, usvajanjem Bečke konvencije o zaštiti ozonskog omotača postavile temelje za buduću međunarodnu saradnju i donošenje konkretnih dogovora. Na bazi toga su 1987. godine Montrealskim Protokolom o supstancama koje oštećuju ozonski omotač definisane mjere, dinamika i način njihove realizacije i utvrđene obaveze svih zemalja potpisnica ovog protokola. Bosna i Hercegovina je jedna od 198 država svijeta, koje su ratifikacijom Montrealskog Protokola, preuzeli obavezu da postepene ukinu proizvodnju i potrošnju supstance koje oštećuju ozonski omotač.

Multilateralni fond za implementaciju Montrealskog Protokola uspostavljen je da bi pomogao zemljama u razvoju, u kojim spada i Bosna i Hercegovina, da prelaze na tehnologije koje ne koriste supstance koje oštećuju ozonski omotač pružanjem potrebne stručne i finansijske pomoći.

Eliminacijom CFC supstanci koje oštećuju ozonski omotač, stvoreni su uslovi da se dalje nastave aktivnosti usmjerene ka eliminaciji HCFC supstanci. U skladu sa tim, Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine u okviru Ministarstvo Vanjske Trgovine i Ekonomskih Odnosa Bosne i Hercegovine i UNIDO kao implementaciona agencija, pripremili su Plan Eliminacije HCFC supstanci (HPMP phase out plan), koji je usvojen sa strane Multilateralnog Fonda u 2012 godini, koji je obezbjedio i finansijska sredstva za njegovu implementaciju. Implementacija faze I Plana Eliminacije HCFC supstanci započela je u 2012 godini.

Plan Eliminacije HCFC supstanci faza II usvojen je sa strane Multilateralnog Fonda u 2021 i ovim planom Bosna i Hercegovina preuzela je obavezu da uradi potpunu eliminaciju supstance koje oštećuju ozonski omotač to 2026, umjesto prethodno planirane 2040 godine, kao i nastavak realizacije svih aktivnosti predviđenih prvom fazu Plana.

Ovaj priručnik je pripremljen u sklopu implementacije Plana Eliminacije HCFC supstanci faza II u Bosni i Hercegovini. Po sadržaju i prezentacije teme namijenjen je za obuku servisera rashladnih i klima uređaja koji prolaze kroz sistem nacionalne certifikacije, a može se očekivati da će biti koristan i učenicima srednjih stručnih škola i svima koji se bave servisiranjem rashladnih i klima uređaja. Priručnik sadrži osnovne informacije o komponentama i načinu funkcionisanja raznih vrsta rashladnih i klimatizacionih uređaja. Glavni fokus ovog priručnika su pravilne procedure servisiranja rashladnih i klima uređaja, odnosno takozvani kodovi dobre prakse, koje podrazumijevaju instalaciju, održavanje i servisiranje rashladnih i klima uređaja, bezbjedno rukovanje, transport, skladištenje, prikupljanje, recikliranje i sprečavanje emisije HCFC i HFC rashladnih fluida, koji osim što doprinose oštećenju ozonskog omotača su i gasovi sa efektom staklene bašte.

Pored tehničkih informacija ovaj priručnik sadrži i osnovne informacije o ozonskom omotaču, oštećenje ozonskog omotača, globalno zagrijavanje, kao i o zakonodavstvu kako bi svima omogućilo da svoj rad usklade sa važećim propisima koji regulišu ovu oblast.

Priručnik obuhvata teme i oblasti u skladu sa Programom stručnog osposobljavanja (u daljem tekstu: Program), koji je njegov sastavni dio i služi kao osnova za sprovođenje samog postupka stručnog osposobljavanja. Sadržaj i način donošenja Programa propisani su Članom 6. Pravilnika o uslovima, načinu i postupku organizovanja i provođenja stručnog osposobljavanja lica koje vrše poslove sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama i članom 11. Pravilnikom o stručnom osposobljavanju lica koja rukuju sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama (Službeni glasnik Republike Srpske broj 75/24).

Zaštita ozonskog omotača i klimatske promjene su globalni problem koji traži globalno rješavanje kroz koordinirane aktivnosti svih relevantnih faktora, ali uvijek treba imati na umu i to da u borbi za očuvanje ozonskog omotača i sprečavanje klimatskih promjena nema malih doprinosa. Svaki pojedinac, čak i ako direktno ne učestvuje u organiziranim aktivnostima i nije neposredno angažovan na polju proizvodnje, instalacije, održavanja, servisiranja i promet rashladnih i klima uređaja, može odgovornim ponašanjem doprinijeti rješavanju ovih problema. Samo tako možemo očekivati ostvarivanje ciljeva u smislu sprečavanja daljeg oštećenja i obnavljanja ozonskog omotača kao i smanjenje negativnih uticaja rashladnih fluida u odnosu na klimatske promjene.

Sadržaj

Predgovor

1. Osnove termodinamike	13
1.01 Poznavanje osnovnih SI jedinica (Međunarodni sistem jedinica) za temperaturu, pritisak, masu, gustinu i energiju	13
1.02 Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema: osnove termodinamike (glavni pojmovi) parametri i procesi kao što su: pregrijavanje, dio rashladne instalacije pod niskim pritiskom, efekat rashlađivanja, zagrijavanje od kompresije, entalpija, dio rashladne instalacije pod visokim pritiskom, pothlađivanje tečne faze, karakteristike i termodinamičke transformacije rashladnih fluida, uključujući i identifikaciju zeotropskih mješavina i stanje fluida	18
1.03 Primjena relevantnih tablica i dijagrama i njihovo tumačenje u kontekstu indirektno provjere propuštanja (uključujući provjeru ispravnosti rada sistema): dijagram log p/h, tablice zasićenosti rashladnog fluida, dijagram jednostepenog kompresijskog rashladnog ciklusa	23
1.04 Opis funkcije glavnih komponenti sistema (kompresor, isparivač, kondenzator, termostatski ekspanzijski ventili) i termodinamičkih transformacije rashladnog sredstva	33
1.05 Poznavanje funkcije sljedećih komponenti koje se upotrebljavaju u rashladnom sistemu, njihove uloge i značaj za sprečavanje propuštanja rashladnog fluida: (a) ventili (kugličnih ventila, membranskih ventila, nepovratnih ventila, rasteretnih ventila), (b) uređaji za regulaciju temperature i pritiska, (c) kontrolno staklo i indikator vlage, (d) uređaji za kontrolu otapanja, (e) zaštita od zamrzavanja, (f) oprema za mjerenje temperature i pritiska (g) oprema za kontrolu nivoa ulja, (h) resiveri (posuda), (i) odvajača tekućina i ulja	35
2. Uticaj rashladnih fluida na životnu sredinu i odgovarajući propisi iz oblasti zaštite životne sredine	41
2.01 Osnovno znanje o Montrealskom Protokolu i klimatskim promjenama (uključujući Okvirnu konvenciju Ujedinjenih Nacija o klimatskim promjenama) kao i poznavanje odgovarajućih propisa Bosne i Hercegovine (Federacije Bosne i Hercegovine, Republike Srpske i Brčko distrikta) koji se bave supstancama koje oštećuju ozonski omotač i fluorovane gasove sa efektom staklene bašte	45
2.02 Osnovno znanje o potencijalu oštećenje ozonskog omotača (ODP), potencijala globalnog zagrijavanja (GWP), upotrebi supstanci koje oštećuju ozonski omotač, fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte i drugih supstanci kao rashladni fluida i uticaj emisija supstanci koje oštećuju ozonski omotač i fluorovane gasove sa efektom staklene bašte na klimatske promjene	60

3.	Provjera pre puštanja u rad, nakon dužeg perioda nekorišćenja, nakon održavanja ili popravke ili tokom rada	63
3.01	Maksimalno dozvoljeni pritisak i proba pod pritiskom određenih dijelova instalacije (strana niskog i visokog pritiska)	63
3.02	Test pod pritiskom da bi se provjerila nepropusnost instalacije	68
3.03	Korištenje vakuum pumpe	71
3.04	Vakuumiranje sistema da bi se eliminisao vazduh i vlaga u skladu sa kodom dobre prakse	72
4.	Provjere propuštanja	76
4.01	Poznavanje potencijalnih tačka propuštanja kod rashladne klimatizacije opreme i toplotne pumpe	76
4.02	Provjera i evidencija opreme prije provjere propuštanja i identifikacija relevantnih informacija o svim ponavljajućim problemima ili problematičnim oblastima na koje treba obratiti posebnu pažnju	81
4.03	Vizualni i ručni pregled cijelog sistema u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini	82
4.04	Provjera propuštanja sistema indirektnom metodom u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini i uputstvom za upotrebu sistema	83
4.05	Korištenje prenosnih mjernih uređaja kao što su manometarski setovi, termometri i multimetri za mjerenje Volt/Amper/Om u kontekstu indirektnih metoda za provjeru propuštanja i interpretiranja izmjerenih parametre	84
4.06	Provjeru propuštanja sistema direktnom metodom u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini i uputstvom za upotrebu sistema	85
4.07	Provjeru propuštanja sistema korištenjem jednog od direktnih metoda koje ne podrazumijevaju dovođenje do prekida rashladnog kruga u skladu sa kodom dobre prakse	86
4.08	Korištenje elektronskih detektora za otkrivanje propuštanja	87
4.09	Priprema izvještaja o provedenoj provjeri propuštanja u skladu sa propisima u Bosni i Hercegovini	88
5.	Pravilno postupanje sa sistemom i rashladnim fluidima tokom instalacije, održavanja, servisiranja ili sakupljanja	90
5.01	Priključivanje i razdvajanje manometarske grupe i priključnih crijeva uz minimalno ispuštanje rashladnog fluida	90
5.02	Pražnjenje i punjenje cilindra za rashladne fluide u tečnom i u parnom stanju	93
5.03	Korištenje kompleta opreme za prikupljanje rashladnog fluida uz minimalno ispuštanje	97

5.04	Izdvajanje zagađenog ulja iz instalacije koje sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač ili fluorovane gasove sa efektom staklene bašte	104
5.05	Identifikacija agregatnog stanje rashladnog fluida (tečnost, para) i uslovi punjenja (pothlađeno, zasićeno ili pregrijano), kako bi se obezbijedila ispravna metoda i količina punjenja. Punjenje sistema rashladnim fluidom (i u tečnoj i u parnoj fazi) bez gubitaka rashladnog fluida	107
5.06	Korištenje vage za mjerenje mase rashladnog fluida	109
5.07	Popunjavanje evidencione knjige o opremi svim relevantnim informacijama o prikupljenim ili dodatnim rashladnim fluidom	110
5.08	Poznavanje zahtjeva i procedure postupanja, skladištenje i transport zagađenih rashladnih fluida i ulja	112
6.	Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje klipnog, vijčanog i rotacionog jednostepenog kompresora	118
6.01	Objašnjenje osnovnih funkcija kompresora (uključujući kontrolu kapaciteta i sistema podmazivanja) i rizika od propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida koji su povezani sa radom kompresora	118
6.02	Pravilno postavljanje kompresora, uključujući opremu za kontrolu i zaštitu, kako ne bi došlo do propuštanja ili velikog oslobađanja rashladnog fluida prilikom puštanja sistema u rad	125
6.03	Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača	126
6.04	Podešavanje usisnih i potisnih zaustavnih ventila	126
6.05	Provjera sistema za povratak ulja	126
6.06	Puštanje u rad i zaustavljanje kompresora i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada	129
6.07	Pisanje izvještaja o stanju kompresora u kom se identifikuju problemi pri radu kompresora koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne poduzme	130
7.	Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje kondenzatora sa vazдушnim i vodenim hlađenjem	133
7.01	Objašnjenje osnovne funkcije kondenzatora i rizika propuštanja koji su povezani sa radom kondenzatora	133
7.02	Podešavanje regulatora pritiska kondenzacije vezanog za rad kondenzatora	139
7.03	Pravilno postavljanje kondenzatora uključujući i opremu za kontrolu i zaštitu, kako ne bi došlo do propuštanja ili velikog oslobađanja rashladnog fluida prilikom puštanja sistema u rad	141
7.04	Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača	142
7.05	Provjera potisnog cjevovoda i tečnog voda	143

7.06	Ispuštanje nekondenzujućih gasova iz kondenzatora uz korištenja uređaja za ispuštanje rashladnog fluida	143
7.07	Puštanje u rad i zaustavljanje kondenzatora i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada kondenzatora	144
7.08	Provjera površine kondenzatora	146
7.09	Pisanje izvještaja o stanju kondenzatora u kom se identifikuju problemi pri radu kondenzatora koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne poduzme	146
8.	Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje isparivača sa vazdušnim i vodenim hlađenjem	147
8.01	Objašnjenje osnovne funkcije isparivača (uključujući sistem otapanja) i rizika od propuštanja koji su povezani sa radom isparivača	147
8.02	Podešavanje regulatora pritiska isparavanja u isparivaču	150
8.03	Pravilno postavljanje isparivača uključujući i opremu za kontrolu i zaštitu, kako ne bi došlo do propuštanja ili velikog oslobađanja rashladnog fluida prilikom puštanja sistema u rad	152
8.04	Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača	152
8.05	Provjera da li su tečni vod i usisni cjevovod pravilno postavljeni	152
8.06	Provjera cjevovoda toplog gasa za otapanje isparivača	153
8.07	Puštanje u rad i zaustavljanje isparivača i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada isparivača	154
8.08	Provjera površine isparivača	155
8.09	Pisanje izvještaja o stanju isparivača u kom se identifikuju problemi pri radu isparivača koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne poduzme	156
9.	Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje termoekspanzionih ventila (TEV) i drugih dijelova	157
9.01	Objašnjavanje osnovnog rada različitih vrsta ekspanzionih regulatora (termostatski ekspanzioni ventil, kapilarna cijev) i rizika koji su povezani sa njihovim radom	157
9.02	Postavljanje ventila u ispravan položaj	164
9.03	Podešavanje mehaničkih / elektronskih ekspanzionih ventila	167
9.04	Podešavanje mehaničkih / elektronskih termostata	169
9.05	Podešavanje ventila za regulaciju pritiska	170
9.06	Podešavanje mehaničkih i elektronskih graničnika pritiska	171

9.07	Provjera rada odvajača ulja	174
9.08	Provjera stanja filtera sušača	175
9.09	Pisanje izvještaja o stanju ovih dijelova u kom se identifikuju problemi pri radu ovih dijelova koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ako se ništa ne poduzme	176
10.	Cjevovod: postavljanje nepropusnog cijevnog razvoda u rashladnim instalacijama	177
10.01	Zavarivanje, tvrdo i/ili meko lemljenje metalnih spojeva i cjevovoda koji su nepropusni, a koji se koriste kod rashladnih i klimatizacionih uređaja i toplotnih pumpi	192
10.02	Pravljenje / provjera cjevovoda i cijevnih oslonaca	203
11.	Rashladni fluidi i informacije o relevantnim tehnologijama za zamjenu ili smanjenje upotrebe fluorovanih gasova staklene bašte i njihovo bezbjedno rukovanje	207
11.01	Rashladni fluidi – označavanje, bezbjednosna klasifikacija, karakteristike	207
11.02	Upoznavanje sa relevantnim alternativnim tehnologijama koja ili nikako ili u manjoj količini koriste supstance koje oštećuju ozonski omotač i/ili fluorovane gasova sa efektom staklene bašte i kako se njima bezbjedno rukuje	222
11.03	Informacije o relevantnim bezbjednosnim standardima za rad sa prirodnim i zapaljivim rashladnim fluidima	233
11.04	Informacije o prednostima i nedostacima, posebno u vezi sa energetsom efikasnošću, alternativnih rashladnih fluida u skladu sa namjenskom primjenom i klimatskim uslovima različitih regiona	237
	Akronimi i skraćenice	241
	Pojmovi i definicije	243
	Lista tabela	252
	Lista slika	253
	Korištena literatura	257

1. Osnove termodinamike

Termodinamika je grana fizike koja se bavi toplotom, radom i temperaturom, i njihovim odnosom prema energiji, entropiji i fizičkim svojstvima materije i zračenja. Ponašanje ovih veličina regulisano je četirima zakonima termodinamike, koji prenose kvantitativni opis korištenjem mjerljivih makroskopskih fizičkih veličina, ali se mogu objasniti u smislu mikroskopskih sastojaka statističkom mehanikom.

Za razumjevanje načina rada rashladnog sistema neophodno je poznavanje osnovnih termodinamičkih procesa i parametara kao što su: prijenos toplote, vrste toplote (senzibilna/osjetna i latentna toplota), promjene agregatnog stanja fluida (isparavanje i kondenzacija), entalpija, kapacitet hlađenja, itd.

1.1 Poznavanje osnovnih SI jedinica (Međunarodni sistem jedinica) za temperaturu, pritisak, masu, gustinu i energiju

Međunarodni sistem jedinica (francuski *Système International d'unités*, skraćeno SI) je sistem koji je sastavljen od sedam osnovnih jedinica mjera, koje su prikazani u tabeli ispod.

Tabela 1.1: Osnovne jedinice mjere u SI sistemu mjera

Osnovne jedinice SI sistema		
Fizička veličina	Naziv	Simbol
dužina	metar	m
vreme	sekunda	s
masa	kilogram	kg
jačina struje	amper	A
termodinamička temperatura	kelvin	K
jačina svjetlosti	kandela	cd
količina supstance	mol	mol

Osnovne jedinice mogu da se kombinuju kako bi se izvele jedinice za mjerenje ostalih veličina. Postoji više jedinica izvedenih iz osnovnih SI jedinica. Ukupno postoji 20 izvedenih jedinica, svaka sa jedinstvenim imenom. U tabeli ispod navedene su jedinice koje se najčešće koriste u rashladnoj tehnici i klimatizaciji.

Tabela 1.2: Izvedene jedinice iz osnovnih SI jedinica

Izvedene jedinice SI sistema			
Fizička veličina	Naziv	Simbol	Ekvivalentna SI jedinica
Celzijusova temperatura	stepen Celzijusov	°C	K
rad, energija, količina toplote	džul	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ili $\text{N} \cdot \text{m}$
pritisak	paskal	Pa	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ili $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$
snaga, toplotni fluks	vat	W	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ ili $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$
sila	njutn	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Pored ovih jedinica koriste se i takozvane složene jedinice koje su proizvod kombinacije osnovnih jedinica SI sistema. U tabeli ispod prikazani su najčešće korištene jedinice mjere u rashladnoj tehnici i klimatizaciji.

Tabela 1.3: Složene jedinice

Složene jedinice		
Fizička veličina	Naziv	Simbol
zapremina	kubni metar	m ³
gustina	kilogram po kubnom metru	kg/m ³
specifični toplotni kapacitet	džul po kilogram kelvinu	J/kgK

Radi pojednostavljenja, često se u praksi koriste prefiksi ispred jedinica koji prikazuju uvećanu ili umanjenu jedinicu mjeru. U tabeli ispod prikazani su najčešće korištene jedinice mjere u rashladnoj tehnici i klimatizaciji.

Tabela 1.4: Često korišteni prefiksi za jedinice

Prefiksi		
Faktor	Naziv	Simbol
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻⁶	mikro	μ
10 ⁻³	mili	m
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻¹	deci	d
10 ³	kilo	k
10 ⁶	mega	M
10 ⁹	giga	G

Poznavanje fizičkih veličina je neophodno za razumjevanje termodinamičkih procesa, pa je u nastavku dat kratak pregled najvažnijih i najčešće korištenih fizičkih veličina.

Temperatura

Temperatura je toplotno stanje materije ili tijela i može se mjeriti. Temperatura supstance se može razumjeti kao mjera za količinu kretanja konstituenata materije (atoma, molekula i grupa molekula). U slučaju čvrstih tijela, atomske ili molekulske rešetke vibriraju oko centra vibracije. Kada se, zbog dovođenja toplote, ovo kretanje ubrza do te mjere da se prevaziđe energija veza rešetkaste strukture, čvrsta rešetka se raskida. Čvrsto tijelo počinje da se topi i postaje tečnost. U toku ovog procesa još uvijek postoje vezivne sile koje djeluju unutar rešetke. Ukoliko se dovede još više toplotne energije ove sile prestaju da djeluju pa se molekuli u parnom ili gasnom stanju mogu slobodno kretati.

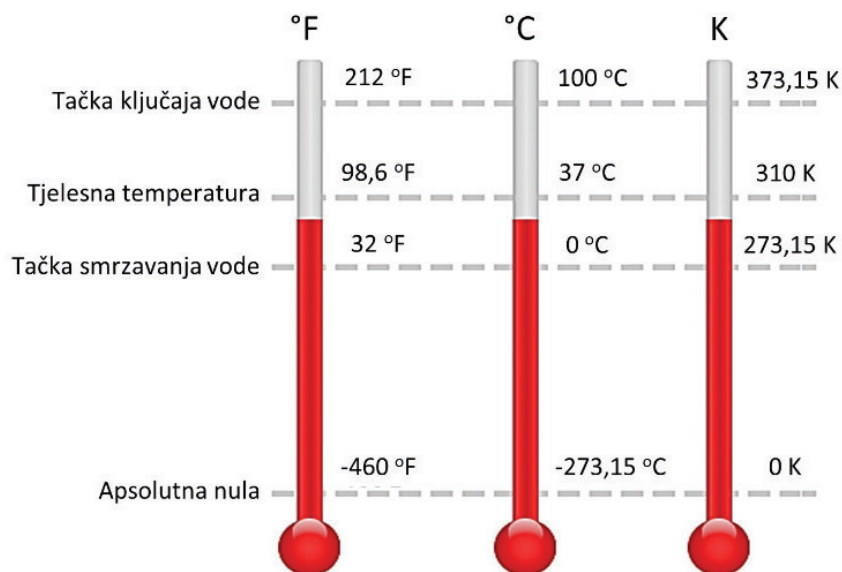
Ove promjene stanja supstance mogu se odvijati i u suprotnom smjeru: ako se toplotna energija odvodi supstanci, ona iz gasnog stanja prelazi u tečno, a, ako se nastavi odvođenje toplote, ona prelazi u čvrsto stanje.

Pošto se fizički procesi u prirodi pod istim uslovima, uvijek odvijaju na istoj temperaturi, nameću se neke tačke, među kojima su najpoznatije tačka topljenja leda i tačka ključanja vode.

U SI sistemu jedinica Kelvin je jedinica apsolutne temperature i na ovoj skali nema negativnih vrijednosti; referentna tačka je 0 [K].

U svijetu su u primjeni različite temperaturne skale, i to Celzijusova [°C], Farenthajtova [°F], Kelvinova [K] i Rankinova [°R]. Na slici ispod mogu se vidjeti uporedno prikazani tri termometra, na jednom je prikazana temperatura i Farenthajtovim stepenima, na drugom u Celzijusovim i na trećem u Kelvinovim.

Također je na svim termometrima su uporedno prikazani i karakteristične vrijednosti tačaka ključanja i smrzavanja vode, tjelesna temperatura ljudi, kao i vrijednost takozvane apsolutne nule.



Slika 1.1: Uporedni termometri Farenthajtova, Celziusova i Kelvinova temperaturna skala

U tabeli ispod prikazano je kako se preračunavaju temperature iz jedne skale u drugu, i obrnuto.

Tabela 1.5: Konverzija temperaturnih skala

Konverzija temperaturnih skala				
T	[°C]	[K]	[°F]	[°R]
[°C]	T [°C]	T [K] - 273	(T [°F] - 32)/1,8	(T [°R] - 492)/1,8
[K]	T [°C] + 273	T [K]	(T [°F] - 32)/1,8 + 273	T [°R]/1,8
[°F]	1,8T [°C] + 32	1,8T [K] - 460	T [°F]	T [°R] - 460
[°R]	1,8T [°C] + 492	1,8T [K]	T [°F] + 460	T [°R]
sila	njutn	N	kg · m · s-2	

Pritisak

Izraz pritisak se odnosi na silu koja djeluje na jedinicu površine. Međunarodni komitet za mjere je odredio da je jedinica za pritisak Paskal (Pa). Ova jedinica se izražava i kao Njutn po metru kvadratnom [N/m²].

$$\text{Pritisak (P)} = \frac{\text{Sila (F)}}{\text{Površina (A)}} \text{ u [Pa] ili [N/m}^2\text{]}$$

Dozvoljena je upotreba i jedinice bar, koja je izvedena iz Paskala, za koju važe sljedeće relacije:

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 1\,000 \text{ mbar}$$

Atmosferski pritisak

Atmosferski pritisak je direktna posljedica težine vazduha kojim je okružena Zemlja. Sa porastom visine, opada gustina vazduha (pa zbog toga opada i atmosferski pritisak). Prosječni pritisak na nivou mora iznosi $P_{amb} = 1,01325 \text{ bar} = 101325 \text{ Pa}$ i odgovara visini živinog stuba od 760 mm Hg.

Atmosferski pritisak P_{amb} se mjeri pomoću barometra.

Manometarski i apsolutni pritisak

Manometar je uređaj koji pokazuje koliko je pritisak u nekom uređaju/rezervoaru viši od atmosferskog pritiska.

Vakuummetar je instrument koji pokazuje za koliko je pritisak u nekom uređaju/rezervoaru niži od atmosferskog pritiska.

Izuzimajući barometar, ostali uređaji za mjerenje pritiska pokazuju razliku između stvarno izmjerenog pritiska i atmosferskog pritiska.

Većina mjernih instrumenata koji se koriste u praksi su, zbog cijene, manometri za nadpritisak. Kada mjere pritisak, dobijeno očitavanje uglavnom ne uključuje atmosferski pritisak i naziva se nadpritisak P_{gauge} . Da bi se dobio apsolutni (stvarni) pritisak P_{abs} , vrijednosti koja je očitana na manometru (P_{gauge}) se mora dodati atmosferski pritisak P_{amb} .

$$P_{abs} = P_{amb} + P_{gauge}$$

(P_{abs}) – Apsolutni pritisak

(P_{amb}) – Atmosferski pritisak

(P_{gauge}) – Manometarski pritisak

Masa i težina

Masa tijela (m) je mjera za količinu materije koju sadrži neko tijelo. Jedinica za mjerenje mase u SI sistemu je kilogram [kg] i ona je jedna od sedam osnovnih jedinica SI sistema. U zemljama koje koriste imperijalni sistem mjera često se kao jedinica za masu koristi funta (pound) koja se označava sa lb i iznosi 0,45 kg.

Težina (Q) tijela je sila kojom to tijelo djeluje na nepokretni oslonac ili zateže nit o koju je okačeno. SI jedinica za mjerenje težine je njutn [N]. Njutn je izvedena jedinica SI sistema i ekvivalentna je sa $[\text{kg} \cdot \text{m/s}^2]$.

Masa i težina su povezane relacijom:

$$Q = m \cdot g$$

gdje je g ubrzanje zemljine teže i iznosi $9,81 [\text{m/s}^2]$.

Gustina i specifična zapremina

Gustina je odnos mase supstance i njene zapremine. Simbol koji se najčešće koristi za gustinu je ρ (malo grčko slovo rho).

$$\text{Gustina } (\rho) = \frac{\text{masa (kg)}}{\text{zapremina (m}^3\text{)}} = \frac{m}{V}$$

Specifična zapremina (v) supstance se određuje kao odnos zapremine tijela (V) i njegove mase. Izražava se u m^3/kg .

$$\text{specifična zapremina } (v) = \frac{\text{zapremina (m}^3\text{)}}{\text{masa (kg)}} = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

Maseni protok

Maseni protok $\dot{m}$ $[\text{kg/s}]$, pri strujanju određenog fluida kroz cijev ili kanal može se izračunati jednačinom

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v$$

gdje su ρ $[\text{kg/m}^3]$ gustina fluida, A $[\text{m}^2]$ poprečni presjek cijevi/kanala kroz koji taj fluid struji, a v $[\text{m/s}]$ je brzina u razmatranom presjeku.

Entalpija

Mjera za količinu energije u termodinamičkom sistemu u termodinamici je entalpija (H). Ona se definiše kao zbir unutrašnje energije sistema (U) i proizvoda pritiska (p) i zapremine (V):

$$H = U + pV$$

Jedinca za entalpiju u SI sistemu je džul $[\text{J}]$.

Entalpija je ekstenzivna fizička veličina pošto zavisi od veličine sistema, odnosno količine supstance koju on sadrži. Dijeljenjem entalpije sa masom sistema dobija se intenzivna jedinica specifična entalpija (h):

$$h = \frac{H}{m} = u + pv$$

gdje je v specifična zapremina.

Specifična entalpija se u analizama koristi češće od entalpije. Jedinica za specifičnu entalpiju je džul po kilogramu $[\text{J/kg}]$.

1.2 Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi)

Da bi došlo do izmjene toplote u prirodi mora da postoji temperaturska neravnoteža između dva tijela ili između dva kraja jednog tijela. Toplota ili toplotna energija Q predstavlja sposobnost tijela (ili radne materije) da vrši razmjenu energije sa okolinom bez vršenja rada. Fizička je veličina koja opisuje proces, a ne stanje u kome se tijelo nalazi. Mjerna jedinica toplote u SI sistema je džul [J]. U prirodi, prema II Zakonu termodinamike, toplota se uvijek prenosi sa tijela više temperature na tijelo niže temperature.

Termodinamika se bavi problemom prenošenjem toplote (dovođenje i odavanje toplote).

Postoje tri osnovna mehanizma (načina) prenosa toplote:

- **Konvekcija (prelaz toplote)** – prostiranje toplote između fluida i površine duž koje on struji;
- **Kondukcija (provođenje toplote)** – prostiranje toplote između dva tijela koji su u kontaktu ili unutar jednog tijela sa toplijeg ka hladnijeg kraja; i
- **Radijacija (zračenje)** – prostiranje toplote putem elektromagnetnih talasa kroz materijalnu sredinu ili vakuum.

Na slici ispod dat je ilustrativni prikaz osnovnih mehanizma prijenosa toplote.

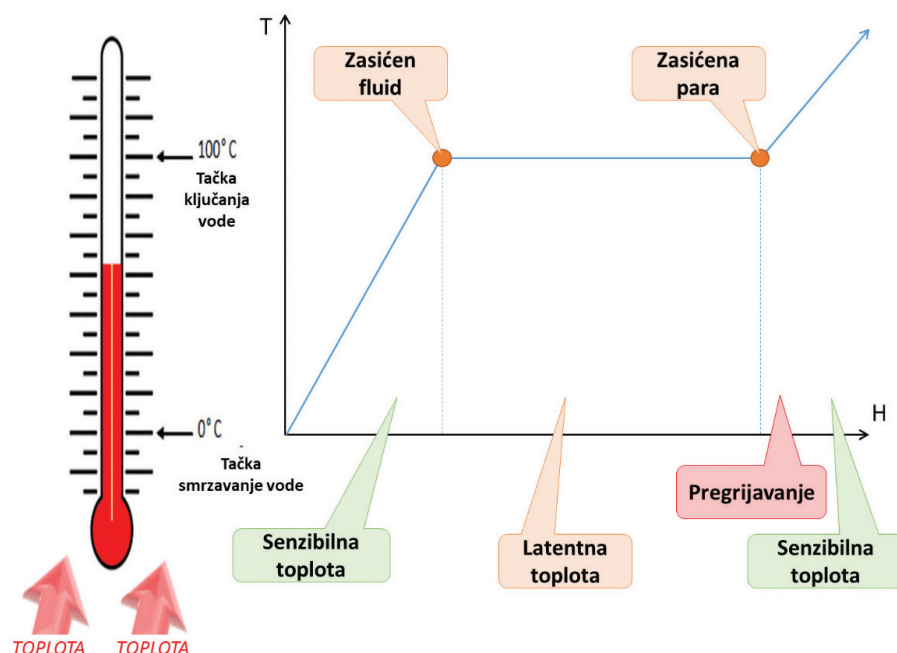


Slika 1.2: Mehanizmi prijenosa toplote

Pri razmjeni toplote, u zavisnosti šta se "dešava" sa materijom tokom njenog grijanja ili hlađenja mogu se definisati dvije različite vrste toplote i to:

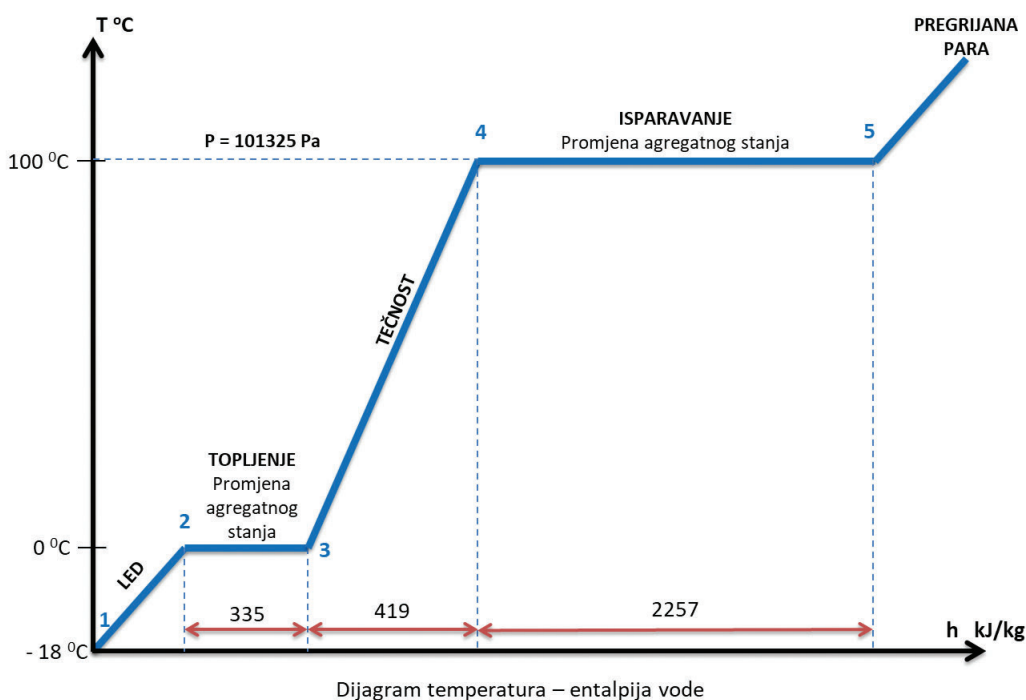
- **Senzibilna (osjetna) toplota** – je toplota čijim dovođenjem raste temperatura tijela primaoca toplote i obratno, ako se hladi tj. ako mu se odvodi toplota, temperatura tijela koje odaje toplotu pada; i
- **Latentna toplota** – označava količinu energije koju supstanca primi ili preda okolini tokom faznog prelaza u drugo agregatno stanje, pri čemu temperatura supstance ostaje nepromijenjena. Latentna toplota je vezana za promjenu agregatnog stanja materije.

Slika ispod daje ilustrativni prikaz za lakše razumijevanje senzibilne i latentne toplote kada je materija voda.



Slika 1.3: Senzibilna i latentna toplota

Za razliku od latentne toplote senzibilna toplota je povezana samo sa promjenom temperature materije ili tijela. Na primjer, ako želimo zagrijati neki prostor sa 15 na 20°C mijenja mu se samo senzibilna (osjetna) toplota, međutim ako taj prostor želimo ohladiti i istovremeno odvlažiti tada je uključena i senzibilna i latentna toplota jer se vazduhu snižava temperatura (senzibilna toplota), a vodena para se iz njega kondenzovala tj. promijenila agregatno stanje (latentna toplota). Na slici ispod detaljnije je prikazan proces grijanja vode, tokom kog ona mijenja svoje stanje, počevši od čvrstog (led), pa sve do stanja pregrijane pare.



Slika 1.4: Promjena temperature i agregatnog stanja pri grijanju vode

Dio od tačke 1 do 2:

Na samom početku, voda se nalazi u čvrstom agregatnom stanju (led). Od stanja 1 do 2 pri likom dovođenje toplote povećava se temperatura leda. Ovo je senzibilna toplota, sve dok temperatura ne dostigne 0°C . Ako se 1 kg leda zagrijava od temperature od -18°C do 0°C razmjena količine toplote, entalpija je 37,8 kJ/kg.

Dio od tačke 2 do 3:

Dostigavši temperaturu od 0°C , daljim dovođenjem toplote temperatura se ne mijenja. Led polako se otapa, mijenja agregatno stanje iz čvrstog u tečnost. Ovo je latentna toplota. Razmjena količina toplote, entalpija iznosu 335 kJ/kg.

Dio od tačke 3 do 4:

Kada se led u potpunosti otopi i pređe u tečnost, daljim dovođenjem toplote raste temperatura tečnosti do sljedećeg stanja zasićenja. Ovo je senzibilna toplota. Tečnost, u ovom slučaju voda, zagrijava se od temperature 0°C do 100°C na nivou mora i pri atmosferskom pritisku 101.325 Pa. Razmjena količina toplote, entalpija iznosu 419 kJ/kg.

Dio od tačke 4 do 5:

Daljem dovođenjem toplote mijenja se agregatno stanje vode iz tečnost u paru, sve dok se ne dostigne sljedeće stanje zasićenja, zasićena para. Ovo je latentna toplota. Pri promjeni agregatne faze temperature vode je konstantna 100°C (na nivou mora i pri atmosferskom pritisku 101.325 Pa). Razmjena količina toplote, entalpija iznosu 2.215 kJ/kg tj. to je količina toplote koju je potrebno dovesti 1 kg vode temperature 100°C , da se pretvori u paru (suho zasićenu) iste temperature.

Dio iznad tačke 5:

Ukoliko se nastavi dovođenjem toplote temperatura pare se povećava, i takva para se naziva pregrijanom parom (para koja ima temperaturu višu od temperature zasićene pare, u ovom slučaju, temperaturu višu od 100°C). I ova dovedena toplota je senzibilna toplota, jer dolazi do promjene temperature pare.

Upravo na ovim efektima promjene agregatnog stanja rashladnog fluida (od tečnosti do pare - isparenje i obrnuto od pare u tečnost – kondenzacija) bazira se rad RACHP sistema.

U isparivaču, rashladnom fluidu dovodi se toplota i rashladni fluid primajući toplotu iz okoline (tj. hlađenjem neke materije) isparava (mijenja agregatno stanje – od tačke 4 do 5, sl. 4.1), dok se u kondenzatoru toplota koju rashladni fluid je primio u sebi tokom isparavanja i kompresije predaje okolini (obično vazduhu ili vodi), i tokom predaje toplote rashladni fluid mijenja agregatno stanje iz pare u tečnost – tj. kondenzuje se (od tačke 5 do 4, sl. 1.4). Pri tome, temperatura rashladnog fluida se ne mijenja (latentna toplota), a iz primera sa vodom može se vidjeti da je tokom ove promjene je najveća razmijenjena količine toplote.

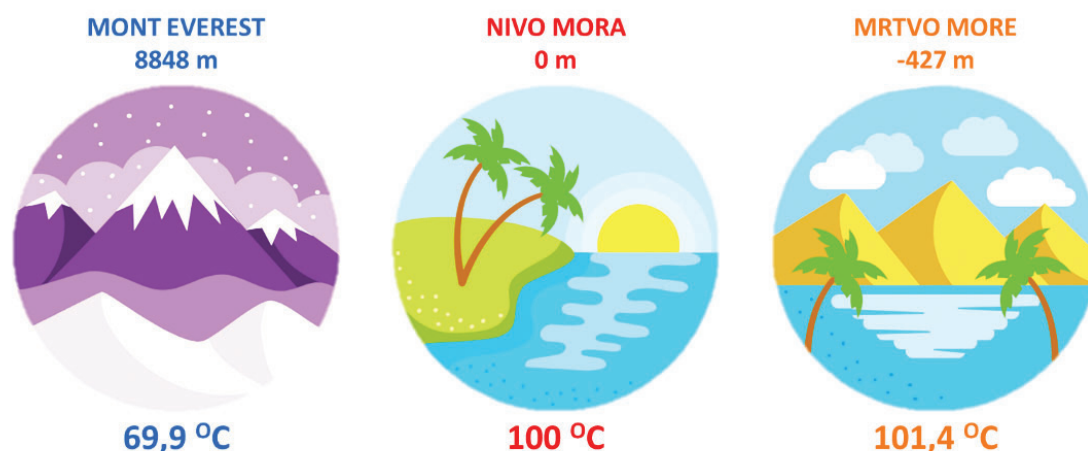
Veza temperature i pritiska

Temperatura kada voda ključa je u direktnoj zavisnosti od atmosferskog pritiska. U tečnom stanju, molekuli vode se stalno kreću, ali ih među molekularne sile drže zajedno. Kako temperatura raste, molekuli dobijaju energiju i kreću se brže. Kada dostignu tačku gdje je njihova energija dovoljna da prevaziđu atmosferski pritisak, prelaze u gasovitu fazu – dolazi do ključanja.

Ovo ukazuje da temperatura kada nastaju promjene agregatnog stanja iz pare u tečnost i obrnuto, zavise od pritiska na kojima se odvija proces. Povećanjem pritiska povećava se i temperatura kondenzacije odnosno isparavanja, smanjenjem pritiska i one se snižavaju.

Ilustrativni primjer promjene tačke ključanja voda prikazan je na slici ispod.

TAČKA KLJUČANJA VODE



Slika 1.5: Primjer ključanja vode na različitim nadmorskim visinama

Na nivou mora voda počinje da ključa na 100°C pri atmosferskom pritisku $p = 1,013$ bar (101.325 Pa). Ako joj se toplotna energija dovodi na planini voda će isparavati na nižoj temperaturi. Na planini visokoj 2.000 m atmosferski pritisak P_{amb} je približno 0,8 bar. Temperatura isparavanja vode na toj visini je oko 93,5°C. Kako idemo ispod nivo mora atmosferski pritisak se povećava, a time povećava se i temperatura ključanja vode.

Što je supstanca izložena nižem pritisku, lakše je molekulama da prevaziđu energiju veza, a to za posljedicu ima nižu temperaturu isparavanja.

Upravo ova svojstva fluida koja su do sada nabrojana, a to je da se najveća količina toplote prima i predaje tokom promjene agregatnog stanja (isparavanje i kondenzacija) i da postoji veza između tačke ključanja i pritiska koristi se u rashladnim sistemima. Cilj je da se u isparivaču, u kome se nalazi rashladni fluid na niskom pritisku, postigne niska temperatura isparavanja rashladnog fluida, koja mora da bude niža od željene temperature prostora koji se hladi ili proizvoda unutar tog prostora, da bi došlo do prelaska toplote sa prostora koji se hladi ili proizvoda koji se hladi unutar tog prostora na rashladni fluid u isparivaču, koji uslijed dobije toplote mijenja svoje agregatno stanje tj. isparava.

S druge strane, potrebno je da u kondenzatoru, u kome se rashladni fluid nalazi na visokom pritisku (koji se postiže sabijanjem rashladnog fluida u kompresoru), postigne viša temperatura rashladnog fluida u odnosu na okolinu tj. obično fluid (najčešće okolni vazduh ili voda) koji se koristi za hlađenje kondenzatora, kako bi došlo do prelaska toplote sa rashladnog fluida iz kondenzatora na okolinu. U samom kondenzatoru su pri tome, rashladnom fluidu kreirani takvi uslovi da rashladni fluid mijenja agregatno stanje od pare u tečnost – tj. kondenzuje se, jer se tokom promjene agregatnog stanja oslobađa najveća količina toplote pri čemu se temperatura ne mijenja (latentna toplota).

Osnova teorije rashladnih sistema

Hlađenje se može definisati kao preuzimanje toplote sa nekog mjesta ili tijela, gdje ona nije poželjna, i njeno odvođenje na drugo mjesto gdje njeno prisustvo ne predstavlja problem.

Toplota se može prenijeti samo sa tijela više temperature na tijelo niže temperature. Hladnoću nije moguće proizvesti. Ako neko mjesto treba da se ohladi toplota sa toga mjesta se mora prenijeti na drugo mjesto. Ovim postupcima se bavi rashladna tehnika. Zadatak hlađe-

nja je da se proizvodi ohlade na temperaturu nižu od temperature okoline i da se ta temperatura održava.

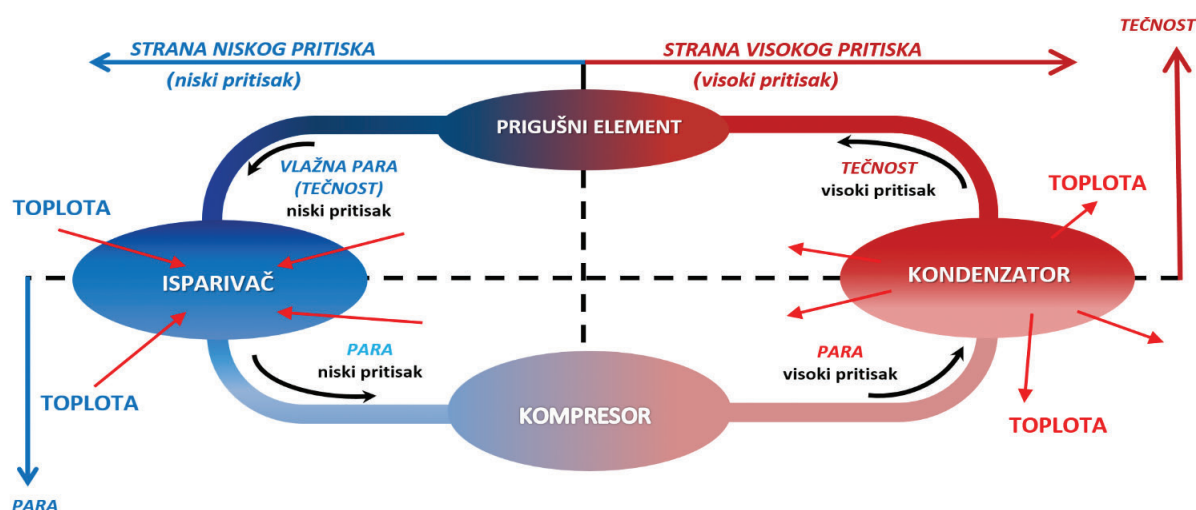
U rashladnim sistemima se koristi činjenica da se toplotni sadržaj supstance u toku procesa topljenja i isparavanja značajno povećava, pri čemu temperatura ostaje konstantna.

Posmatrajući sl. 1.4. možemo zaključiti da je toplota isparavanja mnogo veća od toplote topljenja, tj. veća količina toplote se može apsorbovati tokom procesa isparavanja. Zbog toga se preporučuje da se preuzimanje toplote u isparivaču, od materije koja se hladi, obavlja pri temperaturi ključanja rashladne supstance na pritisku rashladnog sredstva koji vlada u isparivaču, jer se na taj način smanjuje i dimenzije samog isparivača.

Generalno, svaki rashladni sistem sadrži četiri osnovna elementa:

- **Kompresor;**
- **Kondenzator;**
- **Prigušni element;** i
- **Isparivač.**

Ilustrativni primjer jednog rashladnog sistema prikazan je na slici ispod.



Slika 1.6: Ilustrativni prikaz rashladnog sistema

Kompresor usisava paru rashladnog fluida na niskom pritisku sa izlaza isparivača, i uslijed kompresije pretvara je u paru visoke temperature i pritiska i potiskuje paru u prvi izmjenjivač toplote, kondenzator, koji se nalazi na strani rashladnog sistema koja ima kontakt sa okolinom (okolnim vazduhom i/ili vodom).

U kondenzatoru, parni rashladni fluid na visokom pritisku i temperaturom višom od temperature okoline predaje toplotu okolini (okolnom vazduhu i/ili vodi) i pri tome mijenja agregatno stanje iz pregrijane pare na ulazu u kondenzator, u tečnost na izlazu iz kondenzatora tj. odvija se proces kondenzacije.

Tečnost rashladnog fluida visokog pritiska i temperature, ulazi u **prigušni element** (kapilara, ekspanzioni ventil) u kome se smanjuje pritisak i temperatura rashladnog fluida. Temperatura rashladnog fluida se smanjuje ispod vrijednosti temperature prostora / proizvoda koji želimo ohladiti.

Tako prigušena tečnost rashladnog fluida na niskom pritisku i temperaturi, ulazi u drugi izmjenjivač toplote, **isparivač**, u kome primanjem toplote prostora / proizvoda koji želimo ohladiti, mijenja agregatno stanje, i prelazi iz tečnost na ulazu u para na izlazu tj. Odvija se proces isparavanja. Primanjem toplote prostora / proizvoda koji želimo ohladiti smanjuje se temperatura prostora / proizvoda – odvija se proces hlađenja.

Para koja izlazi iz isparivača, ponovo je na ulazu u kompresor i ciklus se ponavlja.

U tabeli ispod prikazana su iskustvena pravila koje se koriste u daljem razmatranju rashladnih sistema.

Tabela 1.6: Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja

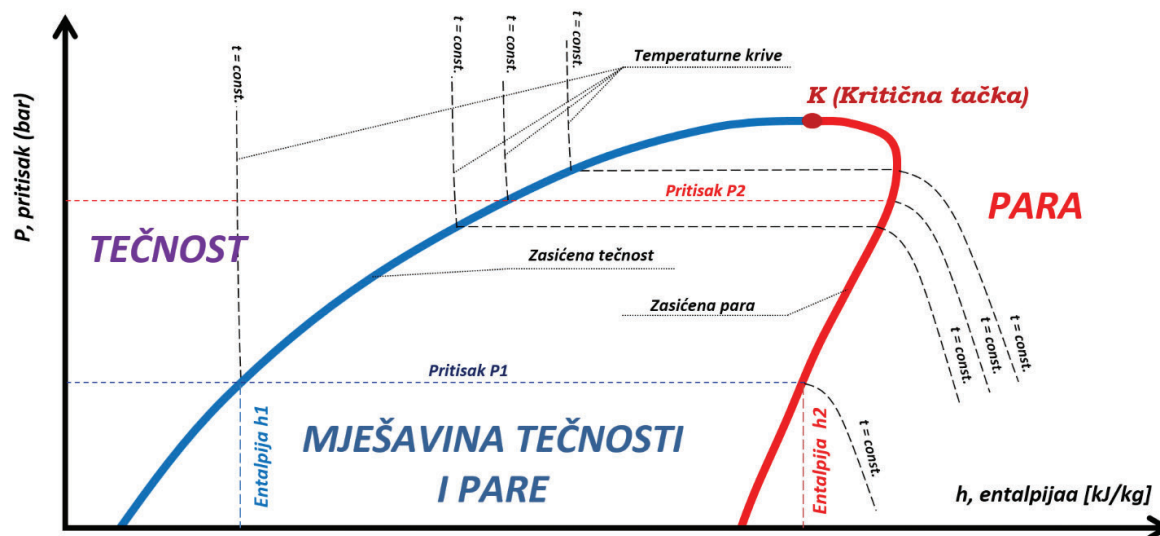
Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja	
Kondenzacija	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod vazduhom hlađenog kondenzatora sa prinudnom cirkulacijom: $t_{kond.} = 12 \text{ do } 18^{\circ}\text{C}$ iznad ulazne temperature okolnog (ambijentalnog) vazduha. Usvaja se: $t_{kond.} = t_{amb.} + 15^{\circ}\text{C}$
	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod vodom hlađenog kondenzatora usvaja se: $t_{kond.} = t_{ul. voda} + 10^{\circ}\text{C}$
	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod evaporativnog kondenzatora usvaja se: $t_{kond.} = t_{okolnog vazduha po vlažnom termometru} + 10^{\circ}\text{C}$
Isparavanje	Temperatura isparavanja rashladnog fluida u isparivaču za hlađenje vazduha / vode usvaja se: $t_{isparavanja} = t_{željena temperatura prostora / vode} - (7 \text{ do } 10^{\circ}\text{C})$

1.3 Primjena relevantnih tablica i dijagrama i njihovo tumačenje u kontekstu indirektno provjere propuštanja (uključujući provjeru ispravnosti rada sistema)

Molijerov (p-h, pritisak – entalpija) dijagram definiše sve termodinamičke karakteristike nekog rashladnog fluida u cijelom opsegu pritisaka i entalpija na kojima se taj rashladni fluid može koristiti. Koristi se prilikom projektovanja i analize performansi rashladnih sistema sa kompresijom pare. Dijagram pritisak-entalpija se koristi u sistemima za hlađenje i klimatizaciju da opiše proces hlađenja.

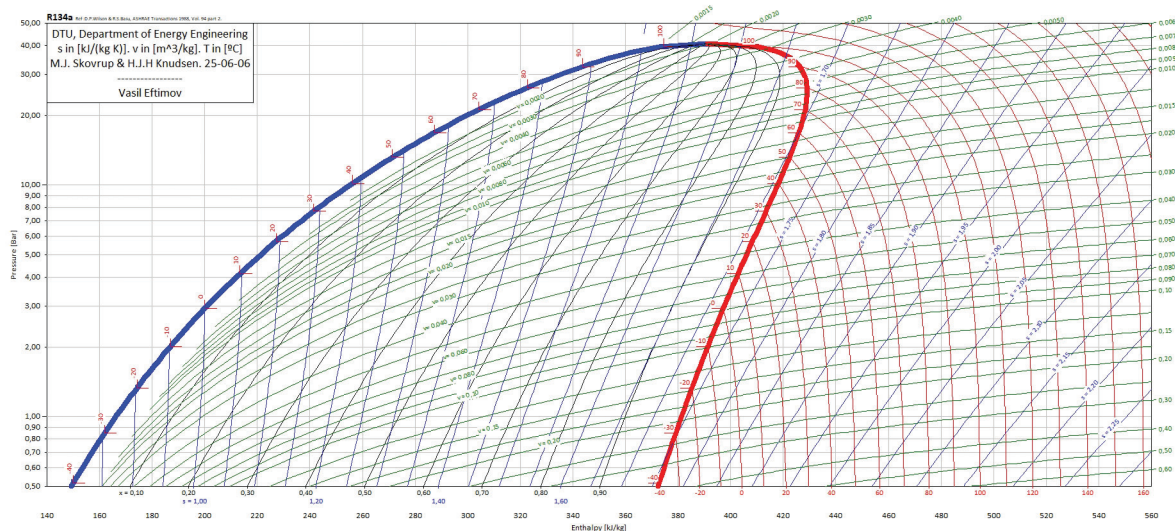
Treba napomenuti da svaki rashladni fluid ima svoj dijagram pritisak-entalpija.

Na slici ispod prikazan je Molijerov dijagram pritisak – entalpija predstavljen sa svim odgovarajućim linijama (tj. pritisak, entalpija, temperatura, linije zasićene tečnosti i pare i kritična tačka rashladnog fluida).



Slika 1.7: Molijerov dijagram pritisak - entalpija (logp-h)

Kako je već napomenuto svaki rashladni fluid ima svoj dijagram pritisak – entalpija. Na slici ispod prikazan je Molijerov dijagram za rashladni fluid R-134a.



Slika 1.8: Molijerov dijagram pritisak - entalpija (logp-h) za rashladni fluid R-134a

Na bazi dijagrama pripremljene su tabele iz koje se mogu vidjeti temperature zasićenja na određenim pritiscima, entalpije u tačkama zasićenja (zasićena tečnost / zasićena para), specifična zapremina, itd.

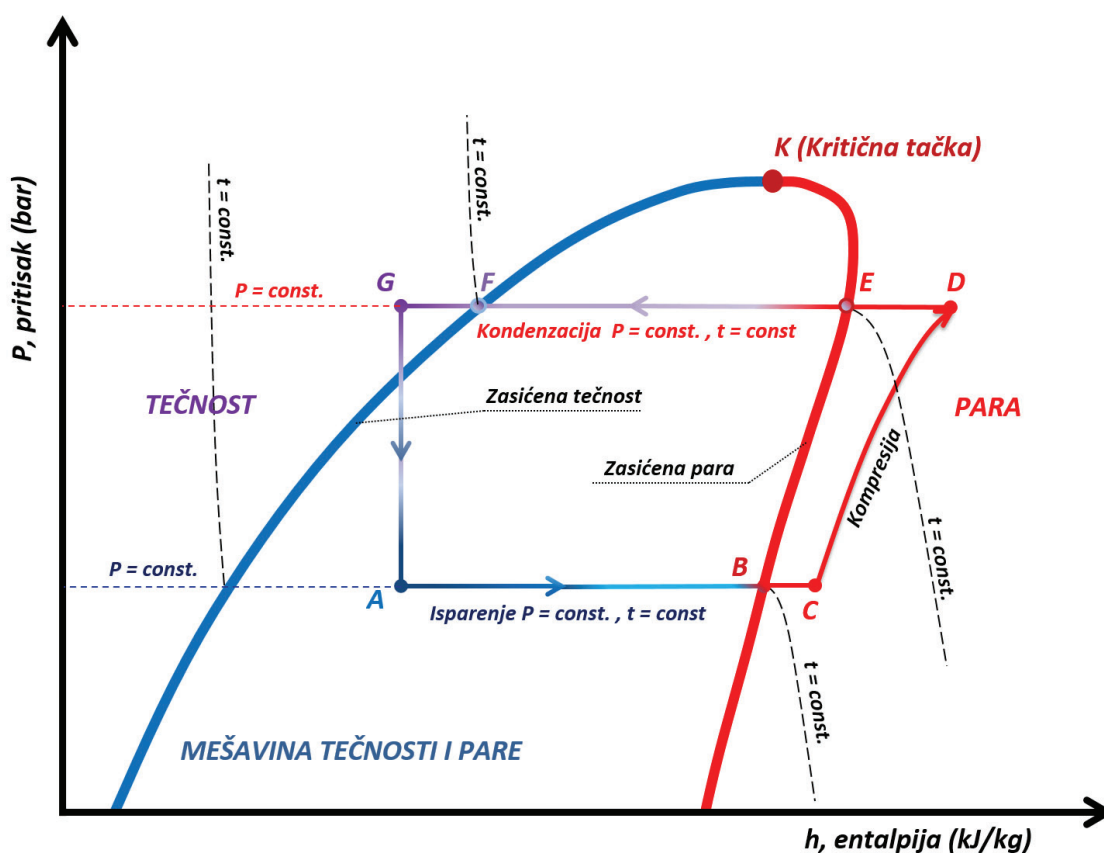
Tabela za rashladni fluid R-134a prikazana je ispod.

Tabela 1.7: Tabela zasićenja za rashladni fluid R-134a

T (°C)	p (bar)	v _l (dm ³ /kg)	v _g (m ³ /kg)	h _l (kJ/kg)	h _g (kJ/kg)	R (kJ/kg)	s _l (kJ/kg K)	s _g (kJ/kg K)
-40.0	0.516	0.7055	0.35692	149.97	372.85	222.88	0.803	1.7589
-35.0	0.665	0.7127	0.28128	155.89	375.99	220.1	0.8281	1.7523
-30.0	0.847	0.7202	0.22408	161.91	379.11	217.2	0.853	1.7463
-25.0	1.067	0.728	0.1803	168.03	382.21	214.18	0.8778	1.741
-20.0	1.33	0.7361	0.14641	174.24	385.28	211.04	0.9025	1.7362
-15.0	1.641	0.7445	0.11991	180.54	388.32	207.78	0.9271	1.732
-10.0	2.007	0.7533	0.09898	186.93	391.32	204.39	0.9515	1.7282
-5.0	2.434	0.7625	0.0823	193.42	394.28	200.86	0.9758	1.7249
0.0	2.928	0.7721	0.06889	200.0	397.2	197.2	1.0	1.722
5.0	3.496	0.7821	0.05801	206.67	400.07	193.4	1.024	1.7194
10.0	4.145	0.7927	0.04913	213.44	402.89	189.45	1.048	1.717
15.0	4.883	0.8039	0.04183	220.3	405.64	185.34	1.0718	1.715
20.0	5.716	0.8157	0.03577	227.23	408.33	181.09	1.0954	1.7132
25.0	6.653	0.8283	0.03072	234.29	410.94	176.65	1.119	1.7115
30.0	7.701	0.8416	0.02648	241.46	413.47	172.0	1.1426	1.71
35.0	8.868	0.8560	0.02290	248.75	415.9	167.15	1.1661	1.7085
40.0	10.164	0.8714	0.01986	256.16	418.21	162.05	1.1896	1.7071
45.0	11.597	0.8882	0.01726	263.71	420.4	156.69	1.2131	1.7056
50.0	13.176	0.9064	0.01502	271.42	422.44	151.03	1.2367	1.7041
55.0	14.912	0.9265	0.01309	279.3	424.31	145.01	1.2604	1.7023
60.0	16.813	0.9488	0.01141	287.39	425.96	138.57	1.2843	1.7003
65.0	18.893	0.9739	0.00993	295.71	427.34	131.63	1.3085	1.6978
70.0	21.162	1.0027	0.00864	304.31	428.4	124.08	1.3331	1.6947
75.0	23.634	1.0363	0.00748	313.27	429.03	115.76	1.3583	1.6908
80.0	26.324	1.0766	0.00645	322.69	429.09	106.4	1.3844	1.6857
85.0	29.25	1.1271	0.00550	332.71	428.33	95.62	1.4116	1.6786
90.0	32.435	1.1948	0.00462	343.66	426.29	82.63	1.441	1.6685
95.0	35.91	1.2983	0.00375	356.3	421.83	65.53	1.4744	1.6524
100.0	39.742	1.5443	0.00268	374.7	409.1	34.4	1.5225	1.6147
101.1	40.67	1.9523	0.00195	391.16	391.16	0.0	1.5661	1.5661

Opis rashladnog sistema u dijagramu pritisak entalpija

Na slici ispod prikazan princip rada jednostepenog parno kompresionog rashladnog sistema u Molijerovom dijagramu pritisak – entalpija.



Slika 1.9: Rashladni sistem prikazan u Molijerovom logp-h dijagram

Horizontalne linije su linije konstantnog pritiska, dok vertikalne linije označavaju konstantnu entalpiju. Unutar zadebljane linije je zasićeno područje fluida (vlažna para), odnosno ravnotežno stanje tečnosti i pare. Lijevo od zadebljane linije je područje tečnosti, dok je desno područje pare.

Donja granična kriva je linija ključale tečnosti (linija početka isparavanja) rashladnog fluida definisana za određene parove temperatura i pritiska (na slici 1.9 to je plava linija lijevo od kritične tačke K).

Gornja granična kriva je linija suho zasićene pare (linija početka kondenzacije ili tačka rose) rashladnog fluida definisana za određene parove temperatura i pritiska (na slici 1.9 to je crvena linija desno od kritične tačke K).

Rashladni fluidi u sistemu nalazi se u tečnom ili parnom stanju. Kako rashladni fluidi imaju vrlo nisku tačku smrzavanja rijetko se mogu naći u čvrstom obliku. U principu, rashladni fluidi se nalaze u sljedećim oblicima:

- Pothlađena tečnost;
- Zasićena tečnost;
- Zasićena para; i
- Pregrijana para.

Zasićenje

Temperatura zasićenja je temperatura pri kojoj rashladni fluid mijenja agregatno stanje iz tečnog u parno i obratno. U stanju zasićenja, na odgovarajućem pritisku, i para i tečnost su na istoj temperaturi.

Različiti rashladni fluidi imaju različite temperature zasićenja pri istom pritisku. Sa porastom pritiska raste i temperatura zasićenja, dok smanjenje pritiska uzrokuje i smanjenje temperature zasićenja. Toplotna energija koja izaziva prelazak tečnog fluida u paru i obratno (iz parnog u tečno stanje) pri temperaturi zasićenja je latentna toplota.

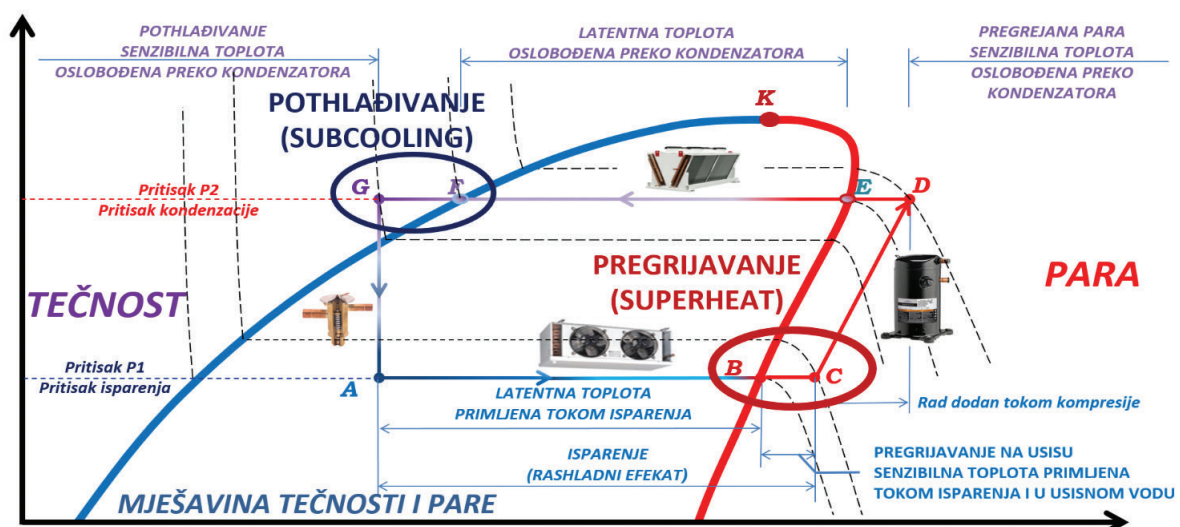
Pregrijavanje

Pregrijavanje označava razliku između stvarne temperature pare na izlazu iz isparivača i temperature zasićenja za zadati pritisak. Pregrijavanje se odnosi samo na parnu fazu. Nakon što je sav fluid ispario (prešao iz tečnosti u paru) dodatnim dovodenjem toplote doći će do porasta temperature rashladnog fluida. Ako je temperatura pare pri zadatom pritisku veća od temperature zasićenja to se naziva pregrijavanje. Toplota potrebna za pregrijavanje je senzibilna toplota.

Pothlađivanje

Pothlađivanje označava razliku između temperature zasićenja za zadati pritisak i stvarne temperature tečnosti na izlazu iz kondenzatora. Pothlađivanje se vrši u kondenzatoru, nakon što para kondenzuje. Kao i kod pregrijavanja, toplota potrebna za pothlađivanje nije latentna nego senzibilna toplota, jer prilikom pothlađivanja i pregrijavanja nema promjene agregatnog stanja nego se rashladnom fluidu samo mijenja temperatura.

Na slici ispod prikazane su promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u sistemima za hlađenje (klimatizaciju) u logp-h dijagramu.



Slika 1.10: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima

U opisu procesa mehaničkog kompresorskog hlađenja, rashladni fluid u isparivaču je u tečnoj fazi na niskom pritisku i temperaturi T isparavanja koja je oko 10°C ispod temperature u rashladnoj komori, koju hladimo, pa se vazduh komore hladi, a rashladni fluid u isparivaču primajući latentnu toplotu je na niskom pritisku isparavanja i temperaturi tečne faze rashladnog fluida. Dolazi do promjene tečne faze rashladnog fluida u parno stanje na niskom pritisku. To je na dijagramu proces isparavanja od tačke A do tačke B.

Para na niskom pritisku na izlasku iz isparivača se, pod uticajem toplijeg vazduha iz rashladne komore, zagrijava senzibilnom toplotom i dolazi do njenog **pregrijavanja (superheat)** od tačke B do tačke C. Tako pregrijanu paru („superheated vapour“) usisava kompresor trošeći električnu energiju pogonskog motora na izvršeni mehanički rad kompresije i teorijski izentropski sabija ($s = \text{const.}$, bez razmjene toplote sa zidom cilindra kompresora) rashladni fluid na visoki pritisak kondenzacije i prateću visoku temperaturu – proces na dijagramu je između tačaka C i D.

Ako smo u potkritičnoj oblasti (pritisak/temperatura ispod kritične tačke za dati rashladni fluid), u kondenzatoru se prvo hladi topli gas okolnim vazduhom, od D do E. U daljem procesu počinje kondenzacija rashladnog fluida (od tačke E) koja se nastavlja pri konstantnom pritisku do tačke F (od tačke E do tačke F se fluid kondenzuje, tj. prelazi iz parnog u tečno agregatno stanje).

U kondenzatoru se poslije kondenzacije, (uprošteno posmatrano na prosječnoj srednjoj temperaturi kondenzacije – obično za vazdušne kondenzatore uzimamo $T_{\text{kond}} = T_{\text{amb}} + 15 \text{ K}$) dodatno pothlađuje tečni rashladni fluid na visokom pritisku („subcooled liquid“) od tačke F do G. Ova tečnost na visokom pritisku zatim prolazi kroz ekspanzioni ventil (proces prigušivanja se odvija po izentalpi ($h = \text{const}$) do temperature isparavanja, odnosno odgovarajućeg pritiska isparavanja) nakon čega nepovratno pada pritisak i temperatura rashladnog fluida - promjena od tačke G do A.

Oblast pothlađene tečnosti („subcooled liquid“) na dijagramu na slici 1.10 nalazi se lijevo od donje granične krive zasićene – ključale tečnosti („saturated liquid“) = linija ključale tečnosti na raznim temperaturama pri stepenu suhoće vlažne pare $x = 0$. Desna granična kriva = suho zasićena para („saturated vapour“) jeste i linija početka kondenzacije pri $h = 1$. Desno od te krive je oblast pregrijane pare („superheated vapour“).

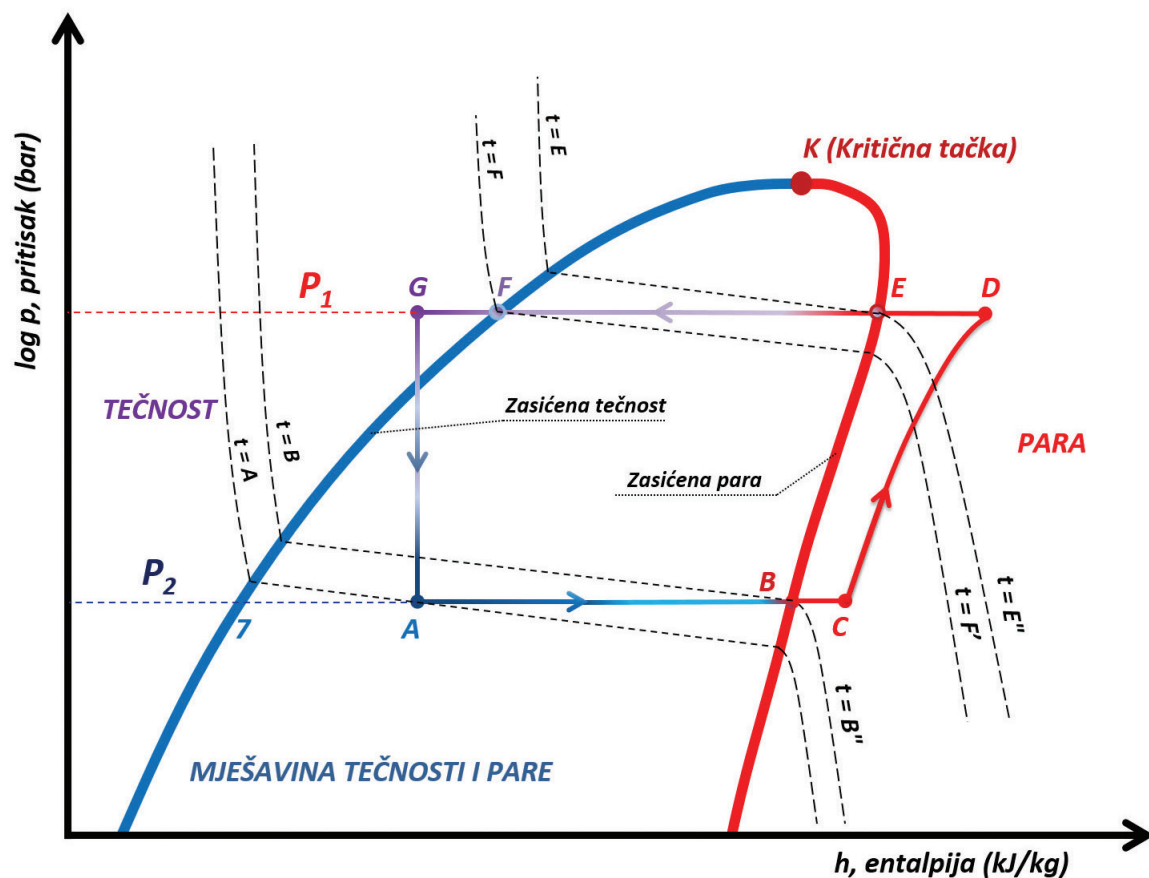
Iz ove oblasti želimo da počne kompresija kompresora, jer u njoj imamo samo paru bez prisustva tečnosti, kako bismo izbjegli hidraulički udar u kompresoru.

Klizanje temperature tokom kondenzacije i isparenja

Kod zeotropskih mješavina (rashladni fluidi čiji je prvi broj 4 – R-4XX), dolazi do klizanja temperature u području pare, pa se u tom području više ne poklapaju pritisak i temperatura. Ovo znači da temperatura zasićenja pare nije ista kao temperatura zasićenja tečnosti.

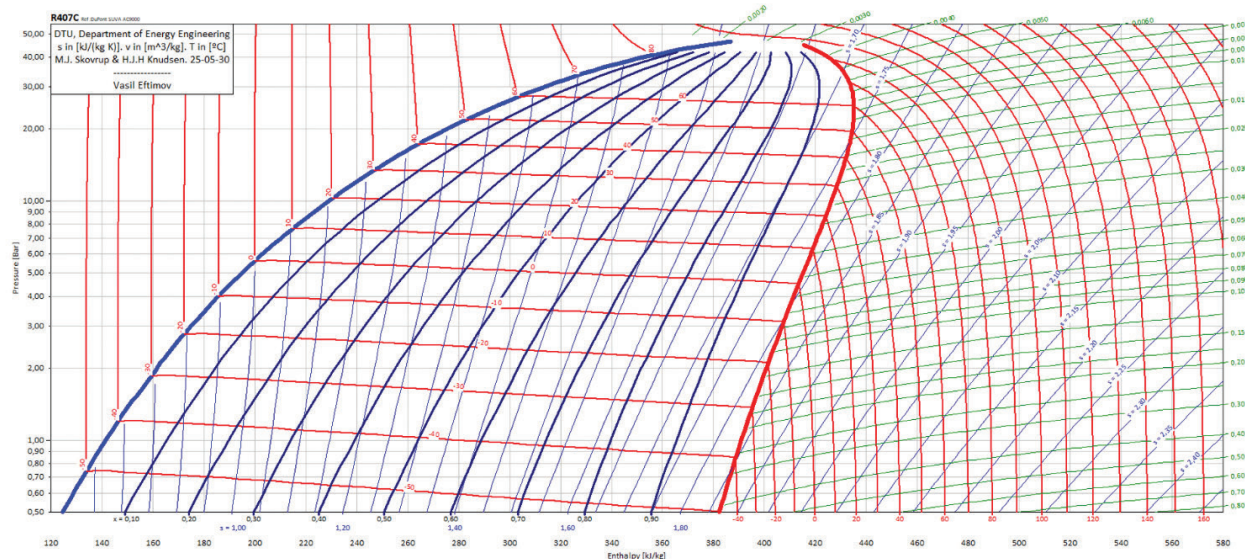
Klizanje temperature može biti veće ili manje u zavisnosti od termodinamičkih karakteristika i % odnos rashladnih fluida od kojih je mješavina sastavljena.

Klizanje temperature kod zeotropskih mješavina prikazano je na slici ispod.



Slika 1.11: Klizanje temperature zeotropskih mješavina u dijagramu pritisak – entalpija

Karakteristični primjer rashladnog fluida koji ima veće klizanje temperature je rashladni fluid R-407C. Na slici ispod prikazano je klizanje temperature u dijagramu pritisak entalpija za rashladni fluid R-407C.



Temperature zasićenja za rashladni fluid R-407C prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 1.8: Tabela zasićenja za rashladni fluid R-407C

R-407C, [R-32/125/134a (23/25/52)] Svojstva tekućine na liniji mjehurića i pare na liniji rose

Pressure (MPa)	Temp Bubble (°C)	Temp Dew (°C)	Density Liquid (kg/m³)	Volume Vapor (m³/kg)	Enthalpy Liquid (kJ/kg)	Enthalpy Vapor (kJ/kg)	Entropy Liquid (kJ/kg·K)	Entropy Vapor (kJ/kg·K)	Specific Heat Liquid (c _p kJ/kg·K)	Specific Heat Vapor (c _p kJ/kg·K)	Vapor c _p /c _l	Velocity of Sound Liquid (m/s)	Velocity of Sound Vapor (m/s)	Viscosity Liquid (μPa·s)	Viscosity Vapor (μPa·s)	Cond Liquid (mW/(m·K))	Cond Vapor (mW/(m·K))	Surface Tension (mN/m)	Pressure (MPa)
0.01	-82.45	-74.81	1495.5	1.89703	90.48	366.78	0.5259	1.9471	1.281	0.668	1.182	1008	149.1	779.8	8.43	151.5	6.94	24.75	0.01
0.02	-72.5	-65.02	1466.7	0.99017	103.24	372.75	0.591	1.9104	1.283	0.694	1.181	953	151.8	632.8	8.83	145.4	7.52	22.93	0.02
0.04	-61.25	-53.95	1433.7	0.51705	117.72	379.47	0.6612	1.8761	1.291	0.727	1.182	893	154.6	513.1	9.28	138.5	8.19	20.91	0.04
0.06	-53.96	-46.79	1412.0	0.35346	127.17	383.77	0.705	1.8573	1.299	0.75	1.184	856	156.1	453.1	9.57	134.1	8.64	19.62	0.06
0.08	-48.42	-41.34	1395.3	0.26975	134.39	386.99	0.7374	1.8445	1.306	0.769	1.187	828	157.1	414.4	9.79	130.7	8.99	18.65	0.08
0.1	-43.9	-36.9	1381.5	0.21865	140.31	389.59	0.7635	1.8349	1.312	0.786	1.190	806	157.8	386.2	9.97	128.1	9.28	17.87	0.1
0.10132	-43.63	-36.63	1380.7	0.21595	140.67	389.75	0.7650	1.8343	1.312	0.787	1.190	804	157.8	384.6	9.98	127.9	9.29	17.82	0.10132
0.12	-40.05	-33.11	1369.7	0.18411	145.39	391.78	0.7854	1.8273	1.318	0.8	1.193	787	158.3	364.3	10.12	125.8	9.52	17.21	0.12
0.14	-36.67	-29.79	1359.1	0.15916	149.86	393.68	0.8043	1.821	1.324	0.813	1.196	770	158.7	346.6	10.25	123.8	9.75	16.63	0.14
0.16	-33.65	-26.83	1349.7	0.14025	153.86	395.36	0.8211	1.8156	1.329	0.825	1.199	755	159.0	331.8	10.37	122.0	9.94	16.12	0.16
0.18	-30.92	-24.15	1341.0	0.12542	157.51	396.86	0.8362	1.811	1.334	0.837	1.201	742	159.3	319.1	10.48	120.4	10.13	15.66	0.18
0.2	-28.41	-21.69	1333.0	0.11347	160.87	398.22	0.8499	1.8069	1.339	0.848	1.204	730	159.5	308.0	10.57	119.0	10.29	15.24	0.2
0.22	-26.09	-19.41	1325.5	0.10362	163.99	399.47	0.8625	1.8033	1.344	0.858	1.207	719	159.6	298.2	10.66	117.6	10.45	14.86	0.22
0.24	-23.93	-17.29	1318.4	0.09536	166.91	400.62	0.8742	1.8	1.349	0.868	1.210	708	159.7	289.5	10.75	116.4	10.6	14.5	0.24
0.26	-21.9	-15.31	1311.8	0.08833	169.65	401.69	0.8851	1.797	1.354	0.877	1.213	698	159.8	281.6	10.83	115.2	10.74	14.16	0.26
0.28	-19.99	-13.43	1305.5	0.08227	172.24	402.69	0.8954	1.7942	1.358	0.886	1.216	689	159.8	274.4	10.9	114.2	10.87	13.85	0.28
0.3	-18.19	-11.66	1299.5	0.07699	174.71	403.62	0.905	1.7917	1.362	0.895	1.219	680	159.8	267.8	10.97	113.1	10.99	13.56	0.3
0.32	-16.47	-9.98	1293.7	0.07235	177.06	404.49	0.9141	1.7894	1.367	0.903	1.222	672	159.8	261.8	11.04	112.2	11.11	13.28	0.32
0.34	-14.83	-8.38	1288.2	0.06824	179.3	405.32	0.9228	1.7872	1.371	0.911	1.224	664	159.8	256.1	11.11	111.2	11.23	13.01	0.34
0.36	-13.27	-6.85	1282.9	0.06457	181.45	406.1	0.931	1.7851	1.375	0.919	1.227	656	159.8	250.9	11.17	110.4	11.35	12.76	0.36
0.38	-11.77	-5.38	1277.8	0.06127	183.52	406.85	0.9389	1.7832	1.379	0.927	1.230	649	159.7	246.0	11.23	109.5	11.46	12.52	0.38
0.4	-10.33	-3.97	1272.8	0.0583	185.52	407.55	0.9465	1.7814	1.383	0.934	1.233	642	159.7	241.4	11.28	108.7	11.57	12.29	0.4
0.42	-8.94	-2.61	1268.0	0.05559	187.44	408.23	0.9537	1.7796	1.387	0.942	1.236	635	159.6	237.1	11.34	107.9	11.68	12.07	0.42
0.44	-7.61	-1.31	1263.4	0.05313	189.3	408.87	0.9607	1.778	1.391	0.949	1.239	629	159.5	233.0	11.39	107.2	11.78	11.85	0.44
0.46	-6.31	-0.04	1258.8	0.05087	191.11	409.48	0.9674	1.7764	1.395	0.956	1.242	622	159.4	229.1	11.45	106.5	11.88	11.65	0.46
0.48	-5.06	1.18	1254.4	0.04879	192.86	410.07	0.9739	1.775	1.399	0.963	1.245	616	159.3	225.4	11.5	105.8	11.98	11.45	0.48
0.5	-3.85	2.36	1250.1	0.04687	194.56	410.64	0.9801	1.7735	1.403	0.97	1.248	610	159.2	221.9	11.54	105.1	12.08	11.26	0.5
0.55	-0.98	5.17	1239.8	0.04267	198.61	411.95	0.995	1.7702	1.413	0.987	1.255	596	158.9	213.9	11.66	103.5	12.31	10.81	0.55
0.6	1.7	7.79	1230.0	0.03915	202.42	413.15	1.0087	1.7672	1.422	1.004	1.262	583	158.6	206.7	11.77	102.1	12.54	10.4	0.6
0.65	4.22	10.24	1220.7	0.03615	206.02	414.25	1.0216	1.7644	1.432	1.02	1.270	571	158.2	200.1	11.88	100.7	12.75	10.01	0.65
0.7	6.6	12.56	1211.7	0.03356	209.44	415.25	1.0338	1.7618	1.441	1.036	1.278	559	157.8	194.1	11.98	99.4	12.96	9.64	0.7

Pri projektovanju rashladnih i klimatizacionih instalacija, koje kao rashladni fluid koriste zeotropsku mješavinu, usvaja se da je pritisak kondenzacije rashladnog fluida jednak pritisku na srednjoj temperaturi kondenzacije, koja je aritmetička sredina temperature zasićenja tečnosti (bubble point – tačka F, odnosno temperatura $t = F$ na slici 1.11) i temperature zasićenja pare (dew point – tačka E, odnosno temperatura $t = E$ na slici 1.11).

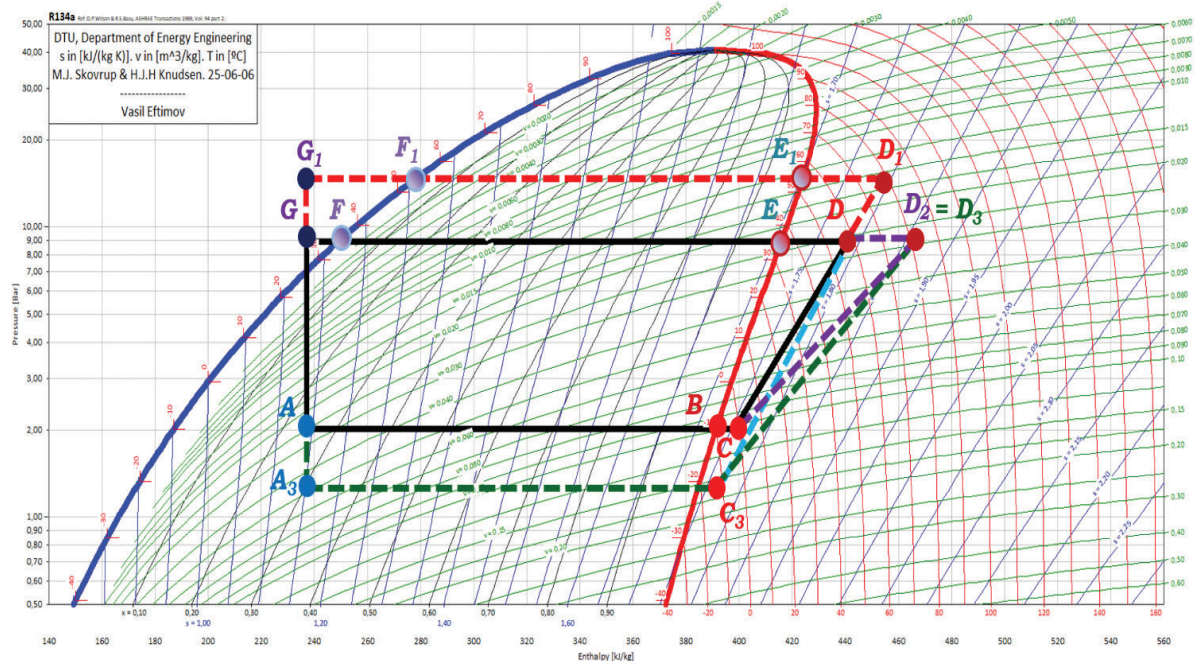
$$t_{cond.} = \frac{t_F + t_E}{2}$$

Za pritisak isparavanja usvaja se pritisak koji se određuje pomoći srednje temperature isparavanja na ulazu u isparivač (tačka A, odnosno temperatura $t = A$) i temperatura zasićenja pare na izlazu iz isparivača (tačka B, odnosno temperatura $t = B$).

$$t_{isp.} = \frac{t_A + t_B}{2}$$

Pravilni rad rashladnog sistema i energetska efikasnost

Pravilni rad sistema je kada sistem radi prema projektovanim temperaturama i pritiscima. Na slici ispod prikazan je projektovani rad sistema koji radi sa rashladnim fluidom R-134a (ciklus tačke C-D-E-F-G-A-B) i odstupanja u smislu povećavanje temperature kondenzacije, sniženje temperature isparenja, loš rad kompresora i uticaj ovih poremećaja na energetska efikasnost rashladnog sistema.



Slika 1.13: Različite varijacije primijenjene na rad jednog rashladnog sistema

Standardni projektovani ciklus je između tačke C-D-E-F-G-A-B-C. Iz dijagrama može se preračunati sljedeće:

$$q_0 = h_C - h_A \text{ [kJ/kg]} \rightarrow (\text{specifična toplota hlađenja}); \rightarrow$$

$$w = h_D - h_C \text{ [kJ/kg]} \rightarrow (\text{specifičan rad uložen u proces}); i$$

$$q_{\text{kond}} = h_D - h_G \text{ [kJ/kg]} \rightarrow (\text{specifična toplota kondenzacije}) \text{ ili } q_{\text{kond}} = q_0 + w \text{ [kJ/kg]}.$$

Ako je poznat rashladni učinak isparivača Q_0 [KW], tada je:

- maseni protok koji treba kompresor ostvariti:

$$\dot{m} = \frac{Q_0}{q_0} \text{ [kg/s]}$$

- teorijska snaga kompresora se dobija iz jednačine:

$$W = \dot{m} \cdot w \text{ [KW]}$$

- odvedena toplota kondenzacije:

$$Q_{\text{kond}} = \dot{m} \cdot q_{\text{kond}} \text{ [KW]}$$

- koeficijent hlađenja COP (engleski Coefficient Of Performance) – predstavlja odnos toplote hlađenja i uloženog rada kompresora

$$COP_{\text{hlađenje}} = \frac{Q_0}{W} = \frac{q_0}{w}$$

- koeficijent grijanja COP kada bi uređaj radio kao toplotna pumpa u režimu grijanja – predstavlja odnos toplote kondenzacije i uloženog rada kompresora

$$COP_{\text{grijanje}} = \frac{Q_{\text{kond}}}{W} = \frac{q_{\text{kond}}}{w}$$

Slučaj 1: Rashladni ciklus koji je definisan tačkama C-D₂-E-F-G-A-B-C

Ovaj ciklus odgovara lošijem radu samog kompresora (najčešće slučaj loš odabir kompresorskog ulja, loše podmazivanje ili oštećeni ležajevi kompresora u praksi). Povećava se rad kompresora za razliku entalpije stanja tačke D i D₂ u odnosu na standardni ciklus opisan iznad, kada sistem radi sa projektovanim parametrima, povećava se temperatura rashladnog fluida na izlazu iz kompresora, pa samim tim je i veća snaga i potrošnja električne energije. COP se smanjuje a samim tim uređaj radi energetski manje efikasnije.

Slučaj 2: Rashladni ciklus koji je definisan tačkama C-D₁-E₁-F₁-G₁-A-B-C

Ovaj ciklus odgovara radu instalacije sa povišenom kondenzacijom (najčešće slučaj zaprljanog kondenzatora u praksi). Povećava se rad kompresora za razliku entalpije stanja tačke D i D₁ u odnosu na standardni ciklus opisan iznad, kada sistem radi sa projektovanim parametrima, pa samim tim je i veća snaga i potrošnja električne energije. COP se smanjuje a samim tim uređaj radi energetski manje efikasnije.

Slučaj 3: Rashladni ciklus koji je definisan tačkama C-D-E-F-G-A₃-B₃-C₃

Ovaj ciklus odgovara radu instalacije sa sniženom temperaturom isparenja (najčešće slučaj

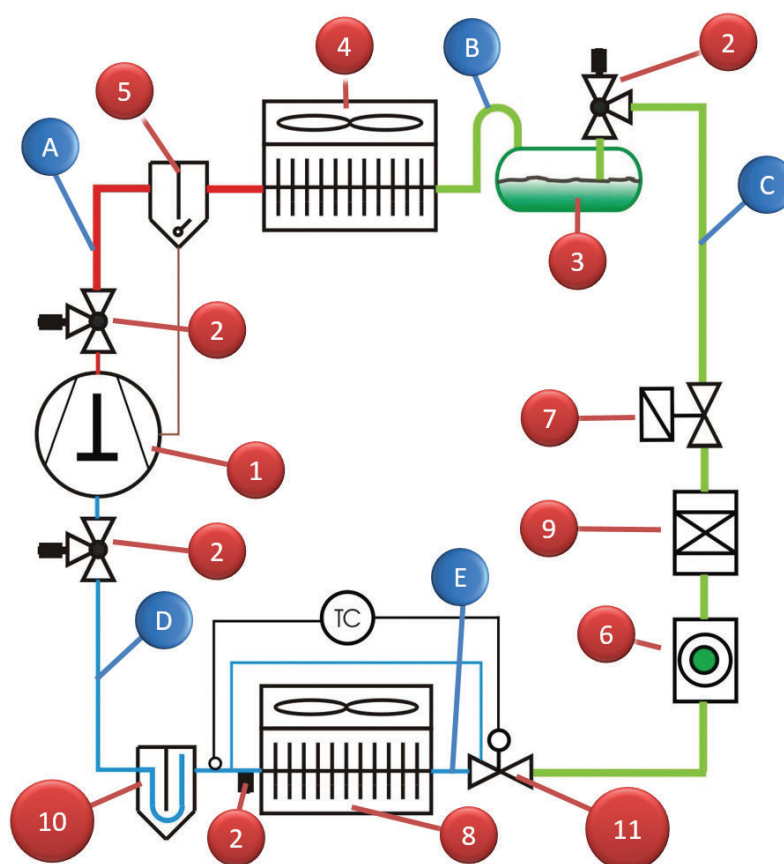
zaleđeni isparivač u praksi). Smanjuje se kapacitet hlađenja sa jedne strane, a povećava se rad kompresora za razliku entalpije stanja tačke C ($h_D - h_C$) i C3 ($h_D - h_{C3}$) u odnosu na standardni ciklus opisan iznad sa druge strane, kada sistem radi sa projektovanim parametrima, pa samim tim je i veća snaga i potrošnja električne energije. COP se smanjuje a samim tim uređaj radi energetske manje efikasno.

Možemo simulirati i kombinacije ovih slučajeva 1 i 3, u smislu ciklusa definisanog tačkama C-D₃-E-F-G-A₃-B₃-C₃, snižena temperatura kondenzacije i lošiji rad kompresora ali ovo će samo povećati smanjenje COP i samim tim uređaj radi energetske manje efikasno.

Ostali pokazatelji tipa EER (Energy Efficient Ratio) – pokazatelj energetske efikasnosti; SEER (Seasonal Energy Efficient Ratio) – sezonski pokazatelj energetske efikasnosti, računat za cijelu godinu rada; TEWI (Total Equivalent Warming Impact) – koji pored direktne emisije treba obuhvatiti i emisiju CO₂ za proizvodnju potrošene električne energije, ili LCCP (Life Cycle Climate Performance) – koji obuhvata i odlaganje i konačno uništavanje rashladne, klimatizacione opreme i toplotnih pumpi, zbog svoje složenosti nisu detaljno obrađivani u ovom priručniku.

1.4 Opis funkcije glavnih komponenti sistema (kompresor, isparivač, kondenzator, termostatski ekspanzijski ventili)

Šematski prikaz jednostavnog rashladnog sistema prikazan je na slici ispod.



Slika 1.14: Šematski prikaz jednostavnog rashladnog sistema

Na šematskom dijagramu jednostavnog rashladnog sistema, označene su komponente i pridruženi vodovi. Opis komponenata i pridruženih vodova na slici 1.11 prikazan je u tabellama ispod.

Tabela 1.9: Opis komponenata jednostavnog rashladnog sistema

1	Kompresor	6	Kontrolno staklo
2	Servisni ventili	11	Ekspanzioni uređaj
5	Odvajač ulja	8	Isparivač
4	Kondenzator	10	Akumulator
3	Resiver	KOMPONENTE	
7	Elektromagnetni ventil		
9	Filter sušać		

Tabela 1.10: Opis pridruženih vodova jednostavnog rashladnog sistema

A	Potisni vod (strana visokog pritiska – para)	E	Ulaz u isparivač (strana niskog pritiska – tečnost)
B	Izlaz iz kondenzatora (strana visokog pritiska – tečnost)	D	Uisni vod (strana niskog pritiska – para)
C	Tečni vod (strana visokog pritiska – tečnost)	CJEVOVODI	

Rashladni sistem sadrži četiri osnovna elementa:

- Kompresor;
- Kondenzator;
- Prigušni element; i
- Isparivač.

Kompresor – predstavlja uređaj koji omogućava cirkulaciju rashladnog fluida kroz rashladni sistem, a njegov osnovni zadatak je da poviši pritisak sabijanjem (kompresijom) pare i time premosti razliku između pritisaka u isparivaču i kondenzatoru.

Kondenzator – je razmjenjivač toplote koji pregrijanu paru na ulazu kondenzuje do tečne faze na izlazu, pri konstantnom pritisku i temperaturi. U kondenzatoru odvodi se toplota od rashladnog fluida i predaje okolini ili sredstvu za hlađenje niže temperature.

Prigušni element (kapilara ili ekspanzioni ventil) – je element koji ima funkciju da snizi pritisak i temperaturu prigušivanjem (ekspanzijom) rashladnog fluida sa pritiska kondenzacije na pritisak isparavanja i reguliše dotok rashladnog fluida u isparivač. Proces koji definiše ekspanziju je sa nepromijenjenim entalpijama na ulazu i izlazu iz prigušnog elementa, odnosno pri ovom procesu nema razmjene toplote.

Isparivač – je razmjenjivač toplote u kome tečnost rashladnog fluida (mješavina tečnosti i pare u kojoj je veći % tečnosti) na ulazu isparava do pregriijane pare na izlazu pri konstantnom pritisku i temperaturi. U isparivaču rashladni fluid ima nižu temperaturu od temperature prostora koji se hladi i primanjem toplote hlađenog prostora mijenja agregatno stanje i na taj način hladi prostor.

1.5 Poznavanje funkcije ostalih komponenti koje se upotrebljavaju u rashladnom sistemu njihove uloge i značaj za sprečavanje propuštanja rashladnog fluida

Na osnovu poznavanja komponenti, pritiska i agregatnog stanja rashladnog fluida koji protiče kroz određenu komponentu rashladnog sistema, mogu se utvrditi bitna mjesta za provjeru isticanja potencijalno velike količine rashladnih fluida.

Kritične komponente su one na strani visokog pritiska, a nakon kondenzatora – risiveri (sakupljači tečnosti), kontrolna stakla sa indikatorom vlage, filter – sušač, loptasti i elektromagnetni ventili, sigurnosni ventili itd.

U zavisnosti od dizajna rashladni sistemi imaju nekih od ovih komponenata, ali i nije obaveza da ih imaju. U zavisnosti od funkcije, neke od ovih komponente doprinose poboljšanju rada sistema dok neke komponente imaju funkciju zaštiti sistem od preopterećenja i neželjenih oštećenja.

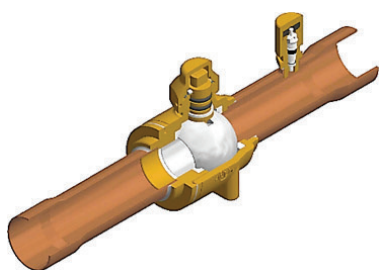
Ventili

U rashladnim i klimatizacionim sistemima može se naći više vrsta ventila. Možemo ih sresti na strani visokog i niskog pritiska.

Postoje različite vrste ventila koje se nalaze na RACHP sistemima kao što su:

- kugličasti ventili,
- elektromagnetni ventili,
- jednosmjerni ventili,
- servisni ventili,
- sigurnosni (rasteretni) ventili.

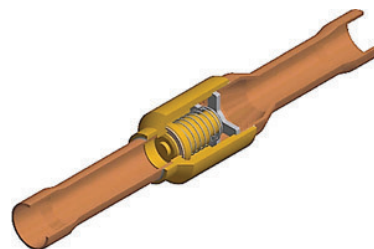
Na slikama ispod prikazani su različite vrste ventila koji se koriste u rashladnim i klimatizacionim sistemima i toplotnim pumpama.



Kugličasti ventil



Elektromagnetni ventil



Jednosmjerni ventil

Slika 1.15: Loptasti, elektromagnetni ventil i jednosmjerni ventili



Servisni (rotalock) ventil



Servisni (schrader) ventil



Sigurnosni (rasteretni) ventil

Slika 1.16: Servisni i sigurnosni ventili

Kugličasti ventili mogu se koristiti i u tečnom i u parnom vodu i na strani visokog i niskog pritiska. Služe da se zaustavi protok rashladnog fluida. Mogu biti sa ili bez spoljašnjeg servisnog priključka.

Elektromagnetni ventili koriste se u velikom broju RACHP sistema kada je potrebno prekinuti ili omogućiti protok u određenim dijelovima instalacije u zavisnosti od potrebe preko pobude koja dolazi od kontrolera uređaja. Najčešće se nalaze na strani visokog pritiska na tečnom vodu (u instalaciji nakon kondenzatora a pre ekspanzionog uređaja), ali mogu se instalirati i na ostalim dijelovima instalacije.

Jednosmjerni ventili omogućavaju protok rashladnog fluida u jednom smjeru. Mogu se postaviti na različite dijelove instalacije, kao primjer na djelu visokog pritiska – potisni vod (nakon kompresora) kako bi spriječili povratak rashladnog fluida u kompresor kada kompresor ne radi, na tečnom vodu kod toplotnih pumpi kako bi omogućili protok rashladnog fluida u jednom ili drugom smjeru u zavisnosti da li toplotna pumpa radi u režimu grijanja ili hlađenja, itd.

Servisni ventili kako i ime kaže služe za komunikaciju servisnih tehničara sa rashladnim, klimatizacionim sistemom i toplotnom pumpom tokom servisiranja, odnosno za mjerenje radnih parametara, prikupljanje i punjenje sistema rashladnim fluidom i sprovođenje servisnih aktivnosti prema kodovima dobre servisne prakse, kao što su test pod pritiskom i vakuumiranje.

Najčešće se nalaze dvije vrste servisnih ventila takozvani rotalock servisni ventili (slika 1.16 lijevo) i igličasti (schrader) ventili (slika 1.16 u sredini). Rotalock servisni ventili pored toga što omogućavaju servisiranje, imaju mogućnost i spriječiti protok ventila u određenim dijelovima instalacije, dok igličasti (schrader) ventili služe samo za komunikaciju servisnog tehničara sa sistemom bez mogućnosti sprečavanje protoka rashladnog fluida. Slično kao i loptasti ventili koriste se i u tečnom i u parnom vodu i na strani visokog i niskog pritiska.

Sigurnosni (rasteretni) ventili namenjeni su za zaštitu RACHP sistema od prevelikih pritiska. Postavljaju se na strani visokog pritiska, a mogu se naći i na parnom i na tečnom vodu. Rasteretni ventili se otvaraju samo kada pritisci u sistemu postanu veći od maksimalno dozvoljenih.

Filter sušač

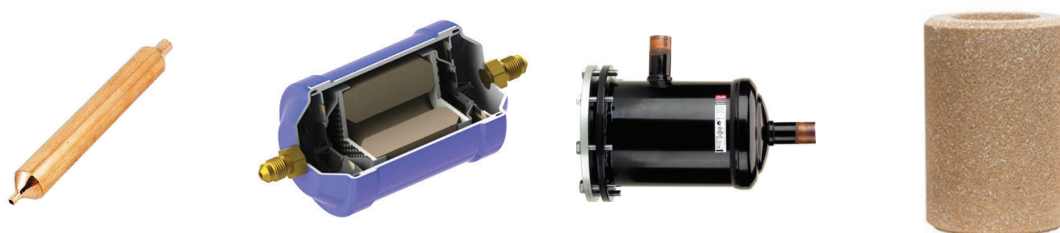
Iako nije osnovna komponenta sistem filter sušač nalazi se na svim RACHP sistemima.

Funkcije filtera sušača u rashladnom sistemu su sljedeće:

- uklanjanje vlage iz rashladnog fluida;
- uklanjanje kiseline iz rashladnog fluida; i
- filtriranje prljavštine i ostalih nečistoća.

Nalazi se na tečnom vodu visokog pritiska, nakon izlaza iz kondenzatora a pre ulaska u prigušni (ekspanzioni) uređaj.

Na slikama ispod prikazani su različite vrste filtera sušača koji se koriste u rashladnim i klimatizacionim sistemima i toplotnim pumpama.



Slika 1.17: Različite vrste filtera sušača

Čak i ako se tokom ugradnje, puštanja u rad ili popravke posveti najveća moguća pažnja, vlaga nekada uspije dospjeti u sistem preko vazduha, rashladnog fluida, ulja i dijelova koji sadrže vlagu (crijeva).

Uvijek treba ugrađivati filter-sušače koji su kompatibilni sa upotrijebljenim rashladnim fluidom.

Kontrolno staklo sa identifikatorom vlage

Da bi se omogućila vizualna kontrola protoka rashladnog fluida u sistem se ugrađuje kontrolno staklo. Instalira se na tečnom vodu visokog pritiska neposredno prije uređaja za ekspanziju, a poslije filter-sušača. S obzirom na to da je rashladni fluid bezbojan, na kontrolnom staklu se ne može vidjeti nikakav protok tečnosti ako je rashladni fluid pothlađen.



Slika 1.18: Kontrolno staklo sa indikatorom vlage

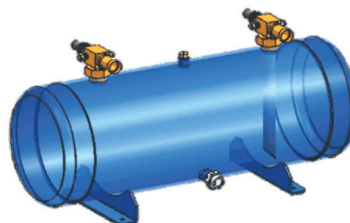
Uobičajeno je da kontrolna stakla sadrže indikator vlage. Na osnovu boje indikatora se može zaključiti da li je sadržaj vlage (vode) u rashladnom fluidu neprihvatljivo visok.

Resiver (posuda)

U RACHP sisteme zahtjev za hlađenje se mijenja tokom rada, pri čemu se mijenja i količina rashladnog fluida koja je potrebna u isparivaču. Također kod određenih sistem imamo potrebe za različitim temperaturama isparavanja i brzinama kompresora, pri čemu se ponovno količina rashladnog fluida u isparivaču može se značajno promijeniti tokom rada. Rashladni fluid iz kondenzatora koji trenutno nije potreban u isparivaču trebalo bi se, bez ikakvih negativnih posljedica, akumulirati na strani visokog pritiska. Kako bi se sistem lakše prilagodio ovim zahtjevima na tečnom vodu nakon izlaska iz kondenzatora najčešće se postavlja resiver (posuda).



vertikalni resiver



horizontalni resiver

Slika 1.19: Različite vrste resivera

Resiver omogućava da se na ulazu u prigušni uređaj uvijek dolazi tečnost i time omogućava pravilan rad sistema.

Odvajač ulja

Kompresorsko ulje je potrebno samo u kompresoru. Ipak tokom rada određeni dio kompresorskog ulja, zbog miješanja sa rashladnim fluidom, cirkuliše kroz sistem. Kako bi se smanjila količina ulja koja cirkuliše kroz sistem na potisnom vodu nakon kompresora, a ispred kondenzatora instalira se odvajač ulja koji omogućuje odvajanje ulja i njegov povratak u kompresoru.

Na slici ispod prikazani su različite vrste odvajača ulja.



Slika 1.20: Različite vrste odvajača ulja

Odvajač ulja efikasno uklanja ulje iz parnog rashladnog fluida na potisu kompresora unutar elementa za taloženje i vraća ga kroz veoma precizni ventil sa plovkom u kućište ili u sistem za kontrolu ulja. Efikasnost povratka ulja zavisi od redukcije brzine gasa u samom odvajaču. Ako je odvajač ulja pravilno upotrijebljen, povratak ulja će biti u opsegu od 97 do 99%. Akumulator tečnosti

Zadatak rashladnog kompresora je da izvuče paru rashladnog fluida iz isparivača i da je komprimuje do stanja u kojem se može lako kondenzovati u pothlađenu tečnost. Zavisno od uslova rada, može se desiti, da se male količine tečnosti prenesu iz isparivača u kompresor.

Na slici ispod prikazani su različite vrste akumulatora tečnosti, koji se mogu naći na rashladnim i klimatizacionim sistemima i toplotnim pumpama.



Slika 1.21: Akumulator tečnosti

Kako bi spriječili povratak tečnog rashladnog fluida u kompresor na parnom vodu strani niskog pritiska, ispred usisa samog kompresora postavlja se takozvani akumulator tečnosti. Povratak tečnog rashladnog fluida prouzrokovati će hidraulični udar i oštetiti će kompresor, a akumulator tečnosti omogućava povratka samo parnog rashladnog fluida u kompresor.

Senzori za pritisak i temperaturu

U savremenim uređajima za hlađenje, klimatizaciju i toplotnim pumpama, senzori pritiska i temperature su neizbježne komponente. Senzori pritiska i temperature nam pružaju jednostavniju i prihvatljiviju vizualizaciju radnih parametara u odnosu na mehaničke manometre i termometre. Mogu se koristiti samo za vizualizaciju radnih parametara rashladnog fluida u određenim dijelovima instalacije, prvenstveno za pritisak i temperaturu, ili se mogu koristiti kao ulazne informacije za rad određenih elektronskih komponenti u sistemu.

Na slici ispod prikazani su različite vrste senzora pritiska i temperature.



Različiti senzori za mjerenje temperature

Različiti senzori za mjerenje pritiska

Slika 1.22: Različite vrste senzora za mjerenje pritiska i temperature

Mogu se naći i na strani visokog i niskog pritiska, na tečnom ili parnom vodu.

Prekidači pritiska i temperature (preostati i termostati)

Funkcije prekidača pritiska i temperature je da prekinu ili daju signal za početak rada određenih komponenta sistema (kompresor, ventilator na kondenzatoru, isparivaču) ili samog sistema.

Na slici ispod prikazane su različite vrste prekidača pritiska i temperature.



Različite vrste prekidača temperature
(termostati)

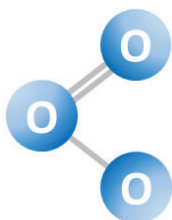
Različite vrste prekidača pritiska

Slika 1.23: Različite vrste prekidača pritiska i temperature

Mogu se naći i na strani visokog i niskog pritiska, na tečnom ili parnom vodu.

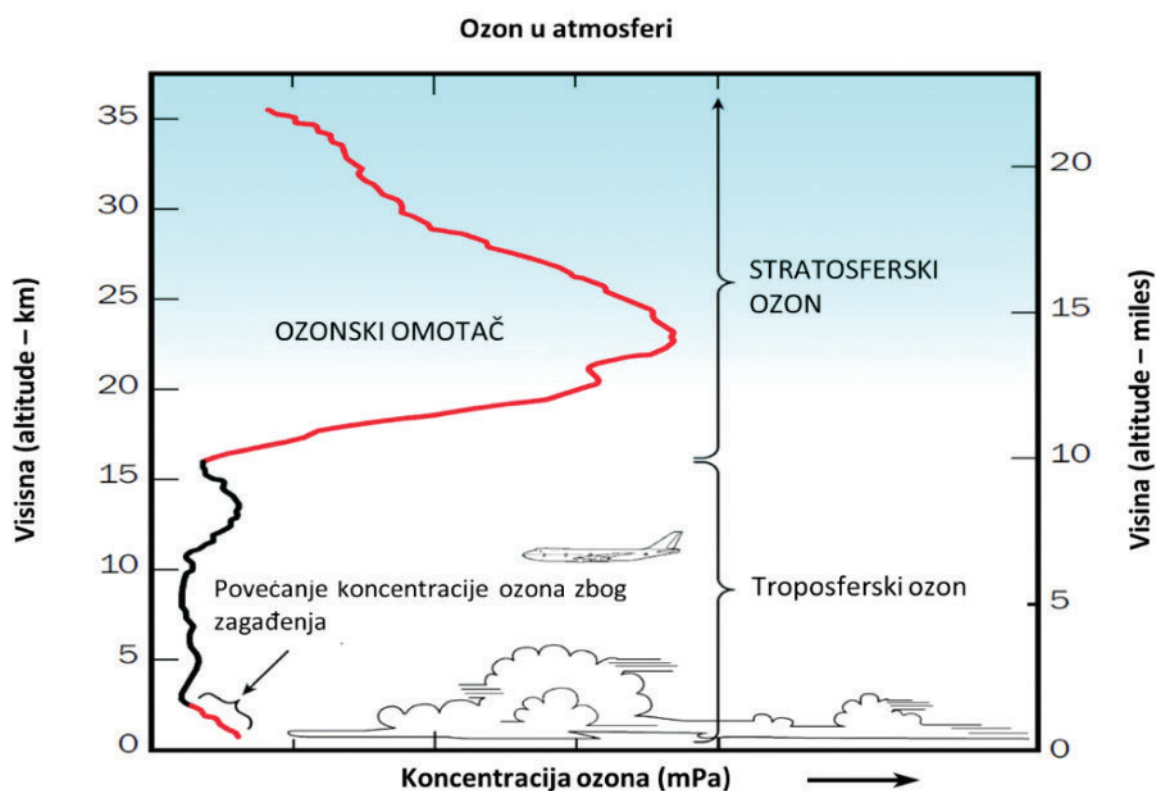
2. Uticaj rashladnih fluida na životnu okolinu i odgovarajući propisi iz oblasti zaštite životne sredine

Oštećenje ozonskog omotača



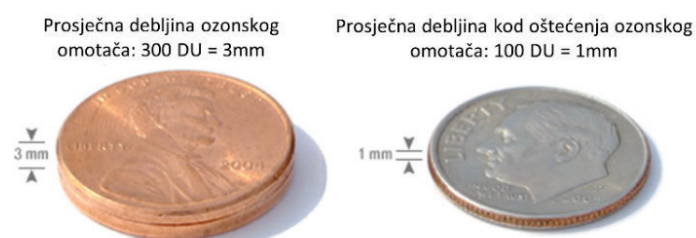
Ozon je gas blijedoplave boje koji se sastoji od tri atoma kiseonika. Nastaje u gornjim slojevima atmosfere. Na ozonski omotač utječe ultraljubičasto zračenje Sunca, a njegova najveća koncentracija je u gornjoj stratosferi na nadmorskoj visini od 15 do 35 kilometara.

Slika 2.1: Molekula ozona

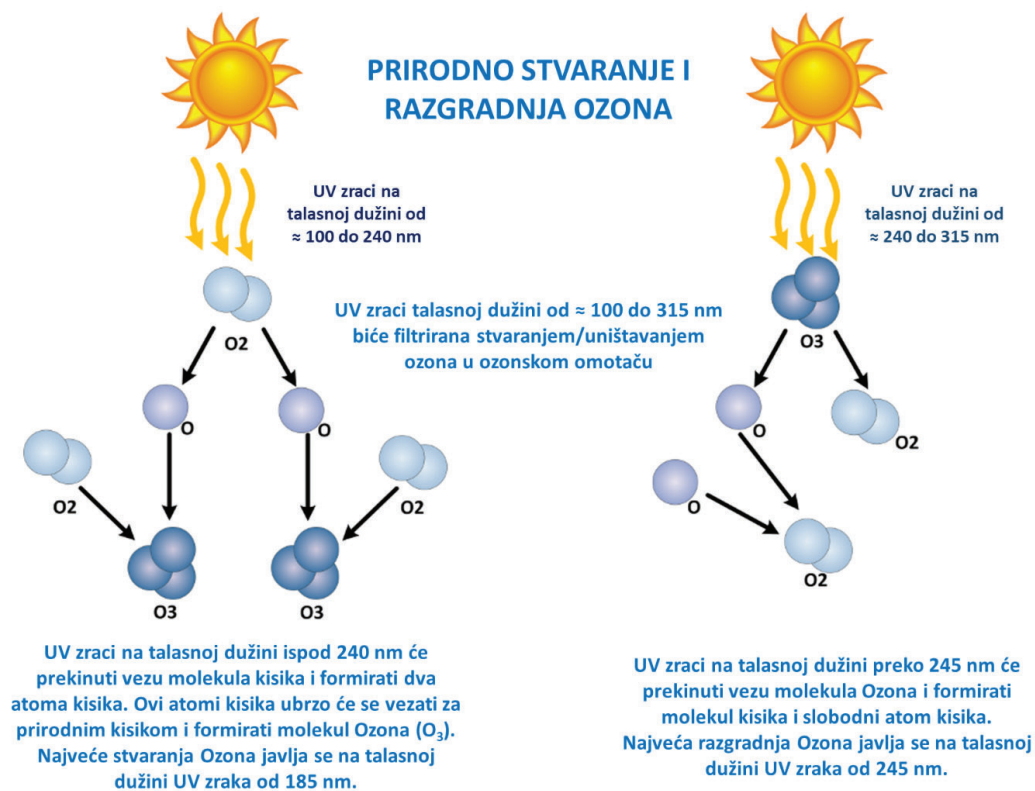


Slika 2.2: Ozon u atmosferi

Ozonski omotač igra važnu ulogu u održavanju života na Zemlji. Ovaj tanki štít apsorbira 93 do 95% štetnog sunčevog visokofrekventnog UV-B zračenja, čime štiti živa bića na planeti.



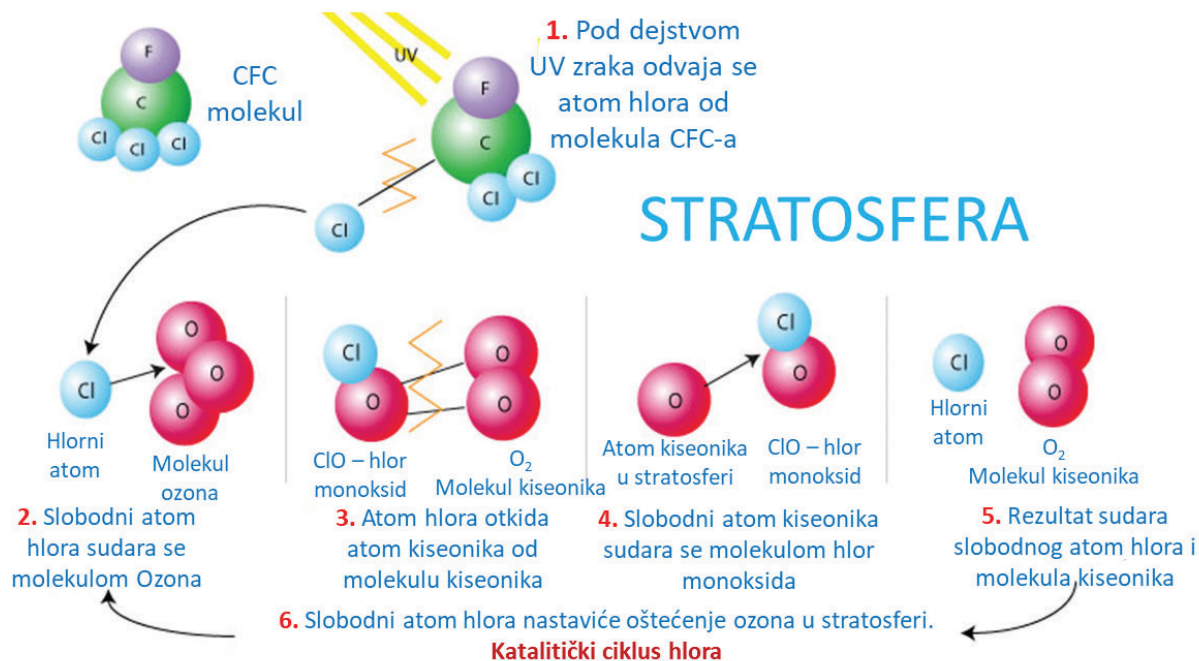
Slika 2.3: Ozonski omotač i debljina ozonskog omotača



Slika 2.4: Prirodno stvaranje i razgradnja ozonskog omotača

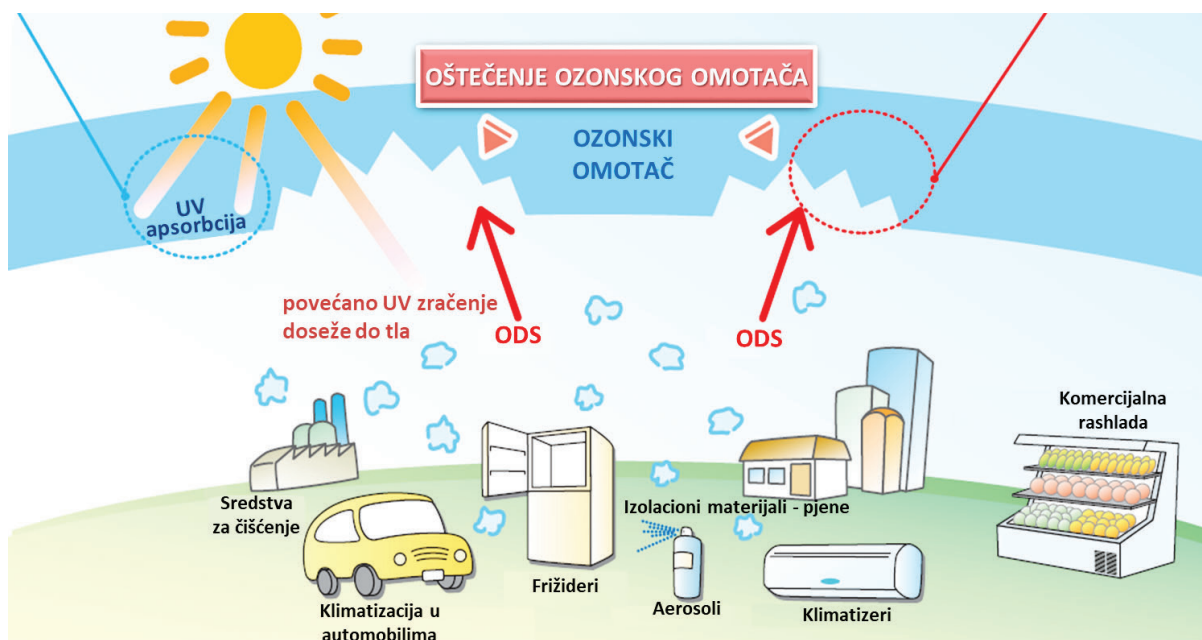
Glavni uzrok smanjivanja količine ozona u stratosferi su hemijska jedinjenja kao što su rashladni fluidi koje sadrže halogene elemente, prije svega hlor i brom.

Na slici ispod prikazano je kako rashladni fluid koji sadrži hlor u svom hemijskom sastavu razgrađuje ozon u stratosferi.



Slika 2.5: Razgradnja ozona pod dejstvom hlora

Na slici ispod prikazane su različite aplikacije koje koriste rashladne fluide koji u svom sastavu mogu imati atom hlora i čijom se emisijom oštećuje ozonski omotač.



Slika 2.6: Sistemi koji doprinose oštećenju ozonskog omotača

Povećana izloženost ultraljubičastom zračenju, koja se javlja kao posljedica oštećenja ozonskog omotača, može imati negativan uticaj na sve žive organizme i materijale. Povećana izloženost ultraljubičastom zračenju ima negativan uticaj na:

- ✓ **Zdravlje ljudi** - Pojava raka kože, katarakte oka i slabljenje imunog sistema su ozbiljne posljedice koje mogu nastati zbog oštećenja ozonskog omotača i povećanog nivoa ultraljubičastog zračenja;
- ✓ **Biosfera** – Povećanje nivoa ultraljubičastog zračenja ima negativan uticaj i na kopnene i vodene ekosisteme i biogeohemijske cikluse (ciklusi supstanci, kao što je npr. ugljenik i energije u prirodi); i
- ✓ **Degradacija materijala** – Pod uticajem povećanog ultraljubičastog zračenja veoma brzo dolazi do degradacije materijala koji se koriste u građevinarstvu kao što su boje, ambalažni materijali, plastika, itd.

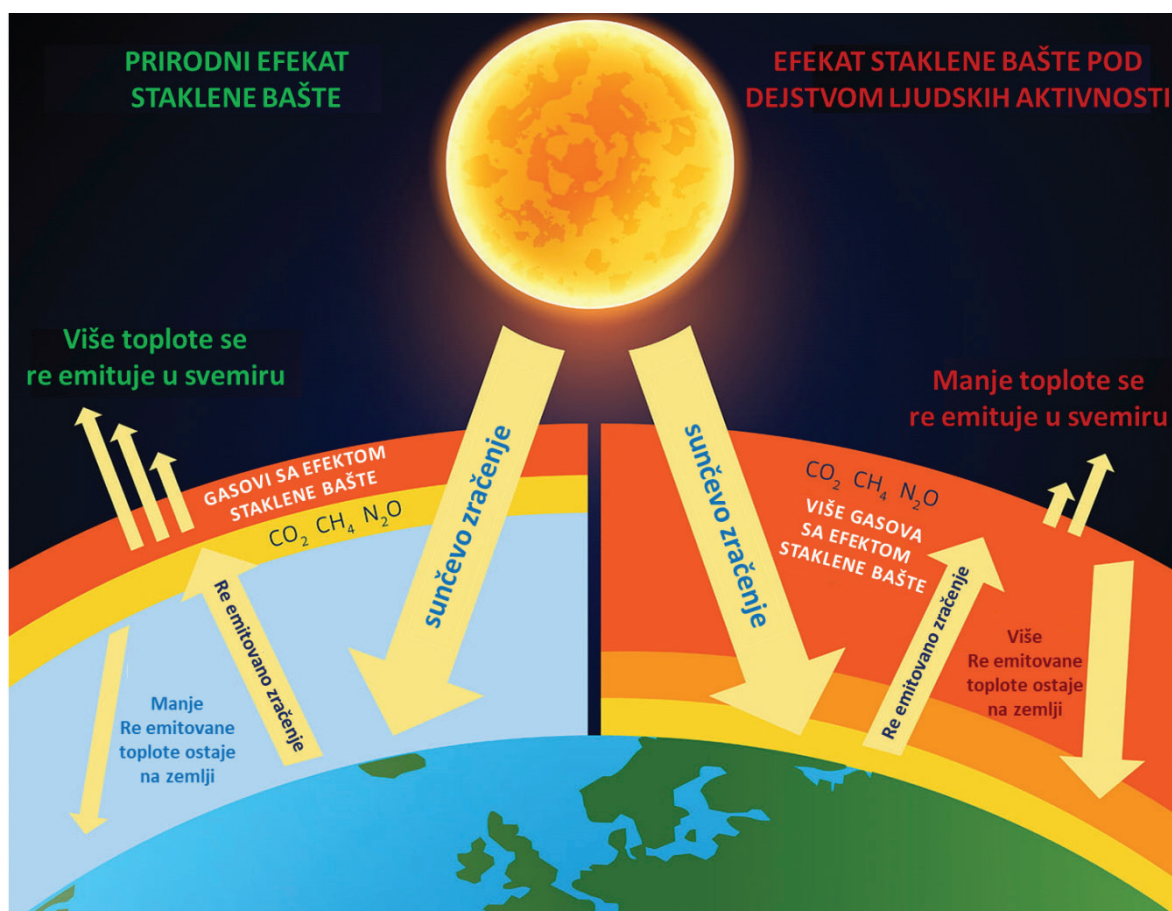
Globalno zagrijavanje

Energija zračenja sunca dopijeva na zemlji. Dio te energije reflektuje se od oblaka, atmosfere i zemljine površine nazad u svemir. Količina reflektovane energije varira zavisno od količine i distribucije reflektivnih formacija kao što su oblaci i ledeni pokrivač. Preostalo zračenje apsorbuju atmosfera, oblaci i površina Zemlje. Da bi se održala termodinamička ravnoteža Zemlja mora da pristiglu energiju ponovo emituje u svemir. Međutim, u atmosferi postoje gasovi koji apsorbuju i re-emituju dio te energije nazad ka Zemlji. Ti gasovi se nazivaju gasovi sa efektom staklene bašte (Green House Gases - GHG). Ukoliko je količina energije koju reflektuju GHG suviše velika dolazi do narušavanja prirodne ravnoteže i porasta temperature na Zemlji.

Najvažniji gasovi staklene bašte su:

- ✓ Ugljen dioksid (CO_2);
- ✓ Metan (CH_4);
- ✓ Azot – oksid (N_2O);
- ✓ **FLUOROVANI GASOVI (CFC, HCFC, HFC);**
- ✓ Vodena para (H_2O);
- ✓ Površinski ozon (O_3); i
- ✓ Sumpordioksid (SO_2).

Na slici ispod prikazan je prirodni efekt staklene bašte i povećanje efekta pod dejstvom ljudskih aktivnosti.



Slika 2.7: Prirodni efekt staklene bašte i narušavanje efekta ljudskim aktivnostima

2.1 Osnovno znanje o Montrealskom Protokolu i klimatskim promjenama (uključujući Okvirnu konvenciju Ujedinjenih Nacija o klimatskim promjenama) kao i poznavanje odgovarajućih propisa Bosne i Hercegovine (Federacija Bosne i Hercegovine, Republike Srpske i Brčko distrikta) koji se bave supstancama koje oštećuju ozonski omotač i fluorovanim gasove sa efektom staklene bašte

Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača

Otkriće štetnog uticaja CFC i HCFC supstanci, koje su se tokom 1980-ih koristile u sistemima za hlađenje, klimatizaciju, prilikom proizvodnje pjene, kao rastvarači i slično, na ozonski omotač dovelo je do poduzimanja mjera na globalnom nivou.

Napredak u naučnom razumijevanju oštećenja ozonskog omotača i njegovog uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu doveo je 1985. godine do usvajanja Bečke konvencija o zaštiti ozonskog omotača, koja je postavila principe zaštite ozonskog omotača sa kojima su se složile mnoge zemlje.

Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača, međutim, nije obavezivala zemlje da poduzmu kontrolne mjere za zaštitu ozonskog omotača, ali je 1987. godine dovela do razvoja Montrealskog protokola (MP) – najuspješnijeg, multilateralnog sporazuma o zaštiti životne sredine do sada. Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača ratifikovana je sa strane 198 zemalja sveta.

Montrealski protokol

Montrealski protokol (MP) o supstancama koje oštećuju ozonski omotač, 1987. godine, definisane su mjere koje treba poduzeti, dinamika i način na koji će se one sprovoditi i dato je opredjeljenje i utvrđene obaveze zemalja potpisnica ovog Protokola. Tokom ovih 39 godina Montrealski protokol se kontinuirano razvijao i usvojeno je 5 amandmana na Protokol:

✓ Londonski amandman (1990. godine)

Uvedeni su novi rokovi za postupnu eliminaciju CFC, halona i ugljen tetrahlorida – 2000. godina za razvijene zemlje i 2010. godina za zemlje u razvoju. Na listu kontrolisanih supstanci je dodat metil hloroform sa rokom za postupnu eliminaciju – 2005. godina za razvijene i 2015. godina za zemlje u razvoju.

Amandman je ratifikovalo 197 zemalja.

✓ Kopenhaški amandman (1992. godine)

Značajno je ubrzana postupna eliminacija HCFC u razvijenim zemljama i za njen početak je određena 2004. godina. Odlučeno je da za razvijene zemlje 1996. godina bude novi krajnji rok za potpunu eliminaciju CFC, halona, ugljen tetrahlorida i metil hloroforma. Pored toga, potrošnja metil bromida je ograničena na potrošnju iz 1991. godine.

Amandman je ratifikovalo 197 zemalja .

✓ Montrealski amandman (1997. godine)

Odlučeno je da se započne sa postepenim ukidanjem HCFC -a u zemljama u razvoju, kao i sa postepenim ukidanjem metil bromida u razvijenim i zemljama u razvoju do 2005. odnosno 2015. godine respektivno.

Amandman je ratifikovalo 197 zemalja.

✓ Pekinški amandman (1999. godine)

Uvedene su pooštrene mjere kontrole proizvodnje i trgovine za HCFC. Bromohlorometan je dodat na listu kontrolisanih supstanci, a kao rok za potpunu eliminaciju određena je 2004. godina.

Amandman je ratifikovalo 197 zemalja.

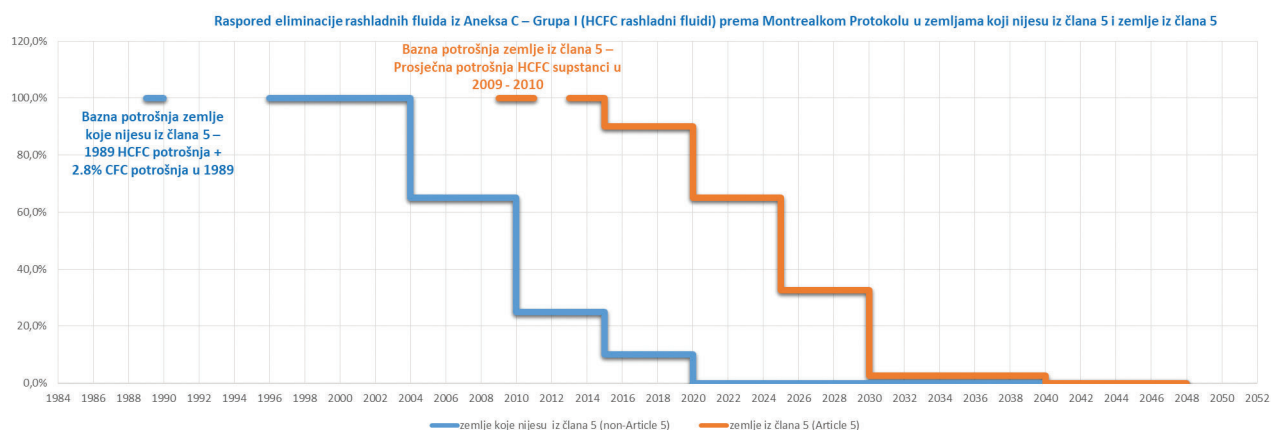
✓ Kigali amandman (2016. godine)

Montrealski protokol 2016. godine, usvajanjem Kigali amandmana, pravi novi iskorak, a ovog puta, cilj je smanjenje potrošnje fluorouglogjovodonika (HFC), supstanci koje ne utiču na ozonski omotač, ali su moćni gasovi sa efektom staklene bašte (GHG). Iako HFC trenutno predstavljaju veoma mali procenat ukupnih globalnih emisija gasova sa efektom staklene bašte, njihov uticaj na globalno zagrijavanje može biti stotine do hiljade puta veći od uticaja ugljen dioksida po jedinici mase.

Do danas ovaj amandman je ratifikovalo 172 zemlje .

Samo u periodu od 1990. do 2010. godine, kroz kontrolu potrošnje supstanci koje oštećuju ozonski omotač (ODS) kao što su hlorofluorouglenici (CFC) i kasnije hlorofluorouglogjovodonici (HCFC), emisije CO₂ smanjene su približno 135 milijardi tona, što je bez sumnje prekretnica u borbi protiv klimatskih promjena.

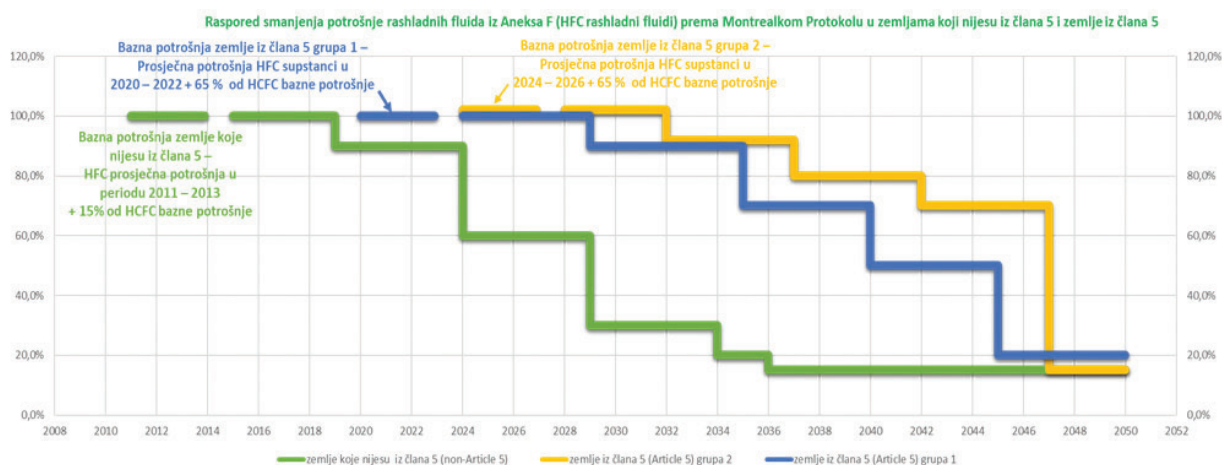
Na slici ispod prikazana je planirana dinamika eliminacije HCFC rashladnih fluida u zemljama koje ne pripadaju članu 5 i zemljama koje pripadaju članu 5 Montrealskog protokola.



Slika 2.8: Raspored eliminacije rashladnih fluida iz Aneksa C – grupa I (HCFC rashladni fluidi)

HFC, kao i njihovi prethodnici, CFC i HCFC, pretežno se koriste kao rashladni fluidi u RA-CHP opremi. Ove supstance su nam bliže nego što zamišljamo. Nalazimo ih u kućnim frižiderima, frižiderima u supermarketima, hladnjačama, pa čak i često korištenim mini-split uređajima instaliranim u domovima, hotelima, kancelarijama, itd. Danas bi bilo teško zamisliti naš svakodnevni život bez lanca hlađenja koji nam omogućava skladištenje voća, povrća, pa čak i vakcina, kao što je pokazala nedavna pandemija COVID-19. Osim toga, hlađenje je sve potrebnije kako bi nam pružio udobnost za obavljanje svakodnevnih aktivnosti.

Na narednom dijagramu prikazan je raspored smanjenja potrošnje HFC rashladnih fluida prema Kigali Amandmanu u zemljama koje ne pripadaju članu 5 i zemljama koje pripadaju članu 5 Montrealskog protokola.



Slika 2.9: Raspored smanjenja potrošnje rashladnih fluida iz Aneksa F (HFC rashladni fluidi)

Danas 198 zemalja svijeta, kroz ratifikaciju Montrealskog protokola, poduzima mjere za postepenu eliminaciju proizvodnje i potrošnje supstanci koje oštećuju ozonski omotač, a neke su taj proces već uspješno završile.

Odlukom Ujedinjenih Nacija, 1994. godine je, sa ciljem promovisanja značaja zaštite ozonskog omotača, 16. Septembar proglašen Međunarodnim danom zaštite ozonskog omotača, koji se proslavlja širom svijeta.

Multilateralni sporazumi u oblasti klimatskih promjena

UNFCCC je Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama. Osnovni cilj Konvencije jeste da osigura stabilizaciju nivoa gasova staklene bašte (CO₂, N₂O, CH₄, HFCs, PFCs, i SF₆) u atmosferi. UNFCCC stupila je na snagu 1994. godine i održano je ukupno 30 godišnjih konferencija (COP). Konvenciju je ratifikovalo 186 država.

Kjoto protokol iz 1997. godine predstavlja korak u pravcu preokretanja globalnog trenda rastućih emisija gasova sa efektom staklene bašte.

Pariški sporazum iz 2015. godine je plan djelovanja za ograničavanje globalnog zagrijavanja. Ograničavanje globalnog zagrijavanja, obezbjeđivanje snabdijevanja hranom, jačanje kapaciteta država da se bore s posljedicama klimatskih promjena, podsticanje razvoja "zelenih" tehnologija i pomaganje slabijim, ekonomski manje razvijenim državama u ostvarenju svojih nacionalnih planova o smanjenju emisija glavni su ciljevi ovog sporazuma.

Implementacija Montrealskog protokola u Bosni i Hercegovini

Bosna i Hercegovina je po osnovu međunarodnih pravila sukcesije SFRJ preuzela Bečku konvenciju o zaštiti ozonskog omotača ("Sl. List SFRJ MU" br. 16/90).

Također po osnovu međunarodnih pravila sukcesije SFRJ, Bosna i Hercegovina preuzela je ratifikaciju Montrealskog Protokola ("Sl. List SFRJ MU" br. 16/90, "Sl. List R BiH" br. 13/94).

Amadmani Montrealskog Protokola, Londonski 1990, Kopenhagški 1992 i Montrealski 1997, ratificirani su sa strane Bosne i Hercegovine 2003 godine ("Službeni glasnik BiH Međunarodni ugovori" br. 08/03).

Pekinški Amandman Montrealskog Protokola, Bosna i Hercegovina ratifikovala je u oktobru 2011.

("Službeni glasnik BiH", Međunarodni ugovori, br. 06/11) te je ovom ratifikacijom stekla pravo na međunarodnu pomoć u provođenju Bečke Konvencije i Montrealskog Protokola.

Kigali amandman Montrealskog protokola ratifikovan je od strane Bosne i Hercegovine 2021 godine („Službeni glasnik BiH“ Međunarodni ugovori, broj 4/21).

Prvi akt na državnom nivou koji tretira okolinsku tematiku, obzirom da ne postoji još uvijek državni zakon o okolišu je Odluka Vijeća Ministra Bosne i Hercegovine o uslovima i načinima provođenja Montrealskog Protokola i postepenog isključivanja iz upotrebe supstanci koje oštećuju ozonski omotač u Bosni i Hercegovini je usvojena sa strane Vijeća Ministra BiH na 134 sjednici održane 28.11.2006. godine, a stupila je na snagu objavljivanjem u Službenom Glasniku BiH br. 36/07, od 15.05.2007. godine a u primjeni je od 01.07.2007. godine.

Izmjenom Odluke Vijeća ministra objavljena je u Službenom Glasniku BiH 67/15, a stupila na snagu 02.09.2015. godine uvedene su dozvole za uvoz/izvoz F-gasova (korišteni u BiH su HFC-134a i HFC-32) i njihove mješavine (korišteni u BiH R-404A, R-407C, R-410A i R-507A) kao i zabrane za uvoza opreme i proizvoda koja sadrži HCFC i njihove mješavine.

Nova Odluka Vijeća ministra BiH je u fazi usvajanja i ovom odlukom proširiti će se pravni okvir za postizanje ciljeva Kigali Amandmana Montrealskog Protokola.

Nadležna institucija za implementaciju Montrealskog protokola u Bosni i Hercegovini je Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine Bosne i Hercegovine (MVTEO BiH) u čijem se sklopu nalazi i Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine kao centralna tačka za implementaciju Montrealskog Protokola u Bosni i Hercegovini.

Bosna i Hercegovina je izvršila eliminaciju supstance koje oštećuju ozonski omotač u 2021 godini.

Ratifikacijom Kigali amandmana Bosna i Hercegovina je preuzela obavezu postepenog smanjenja potrošnje supstanci iz Aneksa F (HFC rashladni fluidi) Montrealskog protokola. Bosna i Hercegovina spada u zemlje iz člana 5 grupa 1 prema Kigali amandmanu. Raspored eliminacije HFC rashladnih fluida za Bosnu i Hercegovinu prema Montrealskom protokolu je sljedeći:

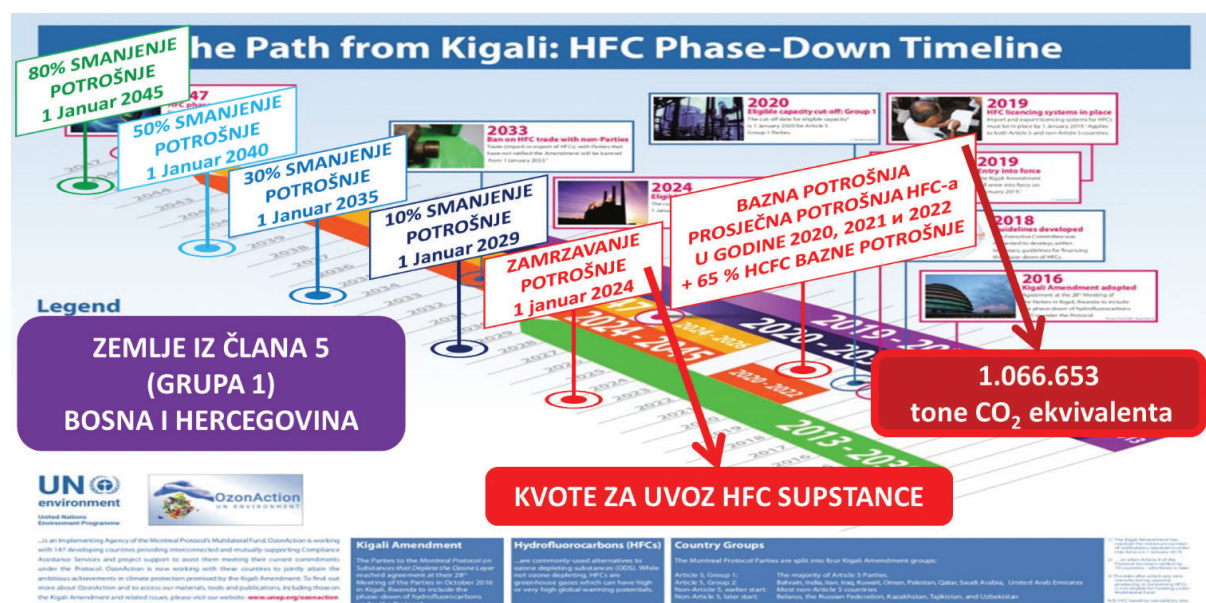
- Bazna potrošnja (određivanje bazne potrošnje) – Prosječni uvoz supstanci iz Aneksa F (HFC rashladni fluidi) u 2020., 2021. i 2022. godini uvećan za 65% bazne potrošnje HCFC rashladnih fluida;
- Zamrzavanje potrošnje od 1. Januara 2024. do 31. decembra 2028. godine. Maksimalno dozvoljena potrošnja ne smije biti veća od bazne potrošnje;
- Smanjenje potrošnje za 10% od 1. Januara 2029. do 31. decembra 2034. godine. Maksimalno dozvoljena potrošnja ne smije biti veća od 90 % od bazne potrošnje;
- Smanjenje potrošnje za 30% od 1. Januara 2035. do 31. decembra 2039. godine. Maksimalno dozvoljena potrošnja ne smije biti veća od 70% od bazne potrošnje;
- Smanjenje potrošnje za 50% od 1. Januara 2040. do 31. decembra 2044. godine. Maksimalno dozvoljena potrošnja ne smije biti veća od 50% od bazne potrošnje; i
- Smanjenje potrošnje za 80% nakon 1. Januara 2045. godine. Maksimalno dozvoljena potrošnja ne smije biti veća od 20% od bazne potrošnje.

Obaveze koje je Bosna i Hercegovina preuzela ratifikacijom Kigali Amandmana Montrealskog Protokola a koje će se sprovoditi u predstojećem periodu fokusirani su na smanjenje potrošnje fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte u skladu sa Nacionalnim Planom Implementacije Kigali Amandmana.

Počevši od 1. januara 2024 godine, Bosna i Hercegovina zamrzнула je potrošnju fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte na bazni nivo koji iznosi 1.066.653 tone CO₂ ekvivalenta.

Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine u skladu sa obavezama koji proizlaze od Kigali Amandmana, počevši od 1. januara 2024 godine, uvela je kvote za uvoz kontrolisanih supstanci a koje se dodjeljuju uvoznicima/izvoznicima kontrolisanih supstanci.

Slikovit prikaz rasporeda smanjenje potrošnje fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte u skladu sa Kigali Amandmanom Montrealskog protokola prikazan je na slici ispod.



Slika 2.10: Obaveze smanjenje potrošnje upotrebe fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte u Bosnu i Hercegovini u skladu Kigali Amandmanom Montrealskog protokola

Kao zemlja koja je u pregovorima za da postane članica Evropske Unije, Bosna i Hercegovina ima obavezu uskladiti važeće zakonske propise sa propisima Evropske Unije. Propisi Evropske Unije su puno strožiji od obaveze Montrealskog Protokola, odnosno predviđaju kompletnu eliminaciju fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte do 2050 godine.

Najznačajniji propisi Evropske Unije koje se u Bosni u Hercegovini moraju harmonizirati su:

- ▶ Regulativa (EU)2024/590 o supstancama koje oštećuju ozonski omotač od 20 Februara 2024, stupila na snazi 11 marta i izbacila iz upotrebe regulativu EC 1005/2009 od 16 septembra 2009;
- ▶ Regulativa (EU)2024/573 o fluorovanim gasovima sa efektom staklene bašte 7 Februara 2024, stupila na snazi 11 marta 2024 i stavila van snage regulativu EU 517/2014 od 16 aprila 2014; i
- ▶ Implementaciona uredba komisije (EU) 2024/2215 - utvrđivanju minimalnih zahtjeva i uslova za uzajamno priznavanje certifikacije fizičkih osoba u pogledu na stacionarnu rashladnu i klimatizacionu opremu i toplotne pumpe, rashladne jedinice kamiona hladnjača i prikolica hladnjača koje sadrže fluorovane gasove sa efektom staklene bašte, kao i certifikacije servisnih radionica u pogledu na stacionarnu rashladnu i klimatizacionu opremu i toplotne pumpe koje sadrže fluorovane gasove sa efektom staklene bašte od 6 Septembra 2024 i stavila van snage implementacionu regulativu EU 2015/2067.

Regulativa (EU) 2024/573 evropskog parlamenta od 20 februara 2024 - fluorovanim gasovima sa efektom staklene bašte propisuje obaveze kao što su:

- ✓ Član 4 – Sprečavanje emisije F - gasova;
- ✓ Član 5 – Provjere propuštanja;
- ✓ Član 6 – Ugradnja sistema za detekciju propuštanja;
- ✓ Član 7 – Evidencija opreme (record keeping);
- ✓ Član 8 – Izvlačenje (prikupljanje) rashladnih fluida;
- ✓ Član 10 – Obuka i certifikacija serviser;
- ✓ Član 11 – Ograničenja stavljanja na tržište;
- ✓ Član 12 – Obilježavanje i informacije o proizvodu i opremi;
- ✓ Član 13 – Kontrola upotrebe f-gasova;
- ✓ Član 16 – Raspored smanjenja potrošnje f-gasova – stavljanje u promet;
- ✓ Član 17 – Određivanje referentnih vrijednosti za dodjeljivanje kvote;
- ✓ Član 18 – Uslove za registraciju i dobivanje kvota za uvoz f-gasova; i
- ✓ Član 31 – Kaznene odredbe

Dio ovih obaveza su već propisane, harmonizovane, u postojećoj regulativi koja je na snazi u Bosni i Hercegovini, dio njih se treba nadgraditi, a dio se treba uvesti u nacionalnu regulativu.

U ovom pravcu u skladu sa članom 11. Regulative (EU) 2024/573, Bosna i Hercegovina planira uvoditi zabrane za stavljanje u promet RACHP opremu koja koristi supstance sa visokim potencijalom globalnog zagrijavanja (GWP) u skorije vrijeme. Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine već ima pripremljen prijedlog zabrana, koji su u smjeru približavanje važeće zakonske regulative sa regulativom Evropske Unije, kao dio nove Odluke Vijeća ministara Bosne i Hercegovine i čije se usvajanje očekuje do kraja 2026. godine.

Institucionalni i pravni okvir na entitetskom nivou

Federacija Bosne i Hercegovine

Federalno ministarstvo okoliša i turizma u saradnji sa MVTEO radi na implementaciji obaveza BiH na polju zaštite ozonskog omotača i implementaciji Montrealskog protokola sa amandmanima kao provedbenog mehanizma konvencije.

Uspostavljeni pravni okvir za implementaciju Montrealskog protokola koji je na snazi u Federaciji Bosne i Hercegovine je:

- ▶ Odluka Vijeća Ministra Bosne i Hercegovine;
- ▶ Zakon o zaštiti zraka u FBiH ("Sl. novine FBiH" br. 72/2024), nalaže obavezu donošenja podzakonskih akata u ovoj oblasti; i
- ▶ Pravilnik o postepenom isključivanju iz upotrebe supstanci koje oštećuju ozonski omotač ("Sl. novine FBiH" br. 39/2005), po donesen je po osnovu ranijeg zakona i na snazi je do donošenja novih podzakonskih akata.

Pravilnik o uslovima, načinu i postupku organizovanja i provođenja stručnog osposobljavanja lica koja vrše poslove sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama daje pravni okvir o certifikaciji RAC tehničara.

Predmet regulisanja pravnog okvira je:

- ✓ Sistem postepenog isključivanja – supstance koje oštećuju ozonski omotač, smanjivanja potrošnje zamjenskih supstanci F–gasova, licence za uvoz, prethodne saglasnosti, kvote, dozvole uvoz/izvoz;
- ✓ Kontrola potrošnje supstance koje oštećuju ozonski omotač i fluorovane gasove sa efektom staklene bašte;
- ✓ Upravljanje / rukovanje sa ovim supstancama i proizvodima (RACHP opreme) koje ih sadrže; i
- ✓ Sistem izvještavanja (za potrebe međunarodnog izvještavanja).

Zakonom o zaštiti zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine u članovima 46, 47, 48 i 49 definisane su odredbe koje se odnose na upravljanje / rukovanje supstancama koji oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama (F–gasova) kao i proizvodima (RACHP opreme) koje ih sadrže.

Član 46, Zakona o zaštiti zraka, reguliše izdavanje prethodnih saglasnosti za uvoz supstanci, postupanje sa supstancama, postupanje sa proizvodima koje ih koriste, način provjere ispuštanja i kontrola emisija, postupanje sa supstancama nakon prestanka upotrebe proizvoda koje ih koriste, način prikupljanja, obnavljanja, obrade i trajnog odlaganja, način označavanja proizvoda/opreme koji sadrže ove supstance i vođenje registra proizvoda/opreme, detaljne uslove koje moraju ispuniti pravna lica i preduzetnici koji obavljaju djelatnost ugradnje, održavanja, servisiranja, te naknade za stavljanje na tržište ovih supstanci (detaljno se propisuje podzakonskim aktom) .

Član 47, Zakona o zaštiti zraka, reguliše način izdavanja dozvole od strane Federalnog ministarstva okoliša i turizma za vršenje djelatnosti ugradnje, održavanja, servisiranja proizvoda/opreme koje sadrže ove supstance.

Član 48, Zakona o zaštiti zraka, reguliše obavezu stručnog osposobljavanja za pravna lica i preduzetnike detaljno propisuje podzakonskim aktom – Pravilnikom o uslovima, načinu i postupku organizovanja i provođenja stručnog osposobljavanja lica koja vrše poslove sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama.

Član 49, Zakona o zaštiti zraka, definira zabrane (proizvodnje, stavljanje u promet bez pribavljene dozvole o uvozu, stavljanje u promet novih proizvoda i opreme koje sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač, ispuštanje iz proizvoda i opreme ovih supstanci itd.)

Odredbe vezane za informacijski sistem, svrstane su u odredbe Člana 67. Ovim članom data je uloga Federalnom ministarstvu okoliša i turizma i Fondu za zaštitu okoliša FBiH da vodi informacijski sistem u dijelu koji se tiče podataka o supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama, uz obavezu razvoja registra proizvoda i opreme području FBiH koji sadrži ove supstance, te obavezu dostave podataka od strane vlasnika proizvoda i opreme. Članovima 71. i 72. definira se upravni i inspekcijski nadzor i dužnosti inspektora dok Članovi 76. i 78. definiraju kazne za kršenje zakona.

Program obuke RAC tehničara za rukovanje i pravilni rad sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i fluorovane gasove sa efektom staklene bašte nalazi se u Pravilniku o uslovima, načinu i postupku organizovanja i provođenja stručnog osposobljavanja lica koja vrše poslove sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama.

Također, pravilnikom o uslovima, načinu i postupku organizovanja i provođenja stručnog osposobljavanja lica koja vrše poslove sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama daje pravni okvir o certifikaciji RAC tehničara, detaljnije propisuju se uslove koje trebaju ispuniti javne visokoškolske ustanove koje obavljaju poslove stručnog osposobljavanja i provjeru znanja, u odnosu na uslove za sprovođenje obuke i provjere znanja, kao i dozvole koje moraju pribaviti od nadležnog Ministarstva za obavljanje stručnog osposobljavanja lica.

Republika Srpska

Ministarstvo za prostorno uređenje građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske u saradnji sa MVTEO radi na implementaciji obaveza BiH na polju zaštite ozonskog omotača i implementaciji Montrealskog protokola sa amandmanima kao provedbenog mehanizma konvencije.

Uspostavljeni pravni okvir za implementaciju Montrealskog protokola koji je na snazi u Republici Srpskoj je:

- ▶ Odluka Vijeća Ministra Bosne i Hercegovine;
- ▶ Zakon o zaštiti vazduha ("Službeni glasnik Republike Srpske" br. 124/11 i 46/17), nalaže obavezu donošenja podzakonskih akata u ovoj oblasti;
- ▶ Uredba o postupanju sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj 66/20) i
- ▶ Pravilnik o stručnom osposobljavanju lica koja rukuju sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama ("Službeni glasnik Republike Srpske" broj 75/24).

Prema zakonu o zaštiti vazduha Ministarstvo ima obavezu da:

- ✓ Putem svog predstavnika u Ozonskoj jedinici BiH, učestvuje u određivanju godišnje kvote za uvoz pojedinih kontrolisanih supstanci za potrebe pravnih lica i preduzetnika na području Republike Srpske, godišnjih kvota za uvoz HFC supstanci kao i godišnjih kvota za uvoz kontrolisanih supstanci koje se koriste za laboratorijske, analitičke ili kritične primjene i kontrolisanih supstanci koje se koriste kao procesni agensi (supstance za posebne namjene);
- ✓ Daje prethodnu saglasnost prije određivanja pojedinačnih kvota i dozvole za uvoz pojedinačno odobrenih kvota za uvoz zamjenske supstance (supstance koje nemaju uticaj na oštećenje ozonskog omotača ali imaju uticaj globalnog zagrijavanja i kontrolisani su aneksom F Montrealskog Protokola) uvoznicima iz Republike Srpske;

- ✓ Daje saglasnost na uvoz kontrolisanih supstanci, zamjenskih supstanci i mješavine zamjenskih supstanci;
- ✓ Daje saglasnost na uvoz kontingenta kontrolisanih supstanci za posebne namjene i proizvoda koji ih sadrže; i
- ✓ Dostavlja Ozonskoj jedinici Bosne i Hercegovine putem Ozonske jedinice Republike Srpske o:
 - Uvoz/izvoz kontrolisanih supstanci; i
 - Utrošku kontrolisanih supstanci po pojedinim potrošačima/ klasama potrošača na područje Republike Srpske.

Zakonom o zaštiti vazduha u Republici Srpskoj u članovima 51 do 54 definisane su u upravljanje / rukovanje supstancama koji oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama (F–gasova) kao i proizvodima (RACHP opreme) koje ih sadrže.

Član 51, Zakona o zaštiti vazduhu, daje osnov za donošenje Uredbe za postupanje kontrolisanim supstancama i zamjenskim supstancama (“Službeni glasnik Republike Srpske”, broj 66/20), kojom se detaljnije propisuju:

- Uslovi i način postepenog isključivanja iz upotrebe kontrolisanih supstanci i njihove zamjene sa alternativnim (zamjenskim) supstancama (član 4 Uredbe – uslovi su usklađeni sa odlukom Vijeća Ministra Bosne i Hercegovine i programom za postepeno isključivanje iz upotrebe HCFC supstance u BiH – HPMP); i
- Postupak izdavanje saglasnosti za uvoz/izvoz i stavljanje u promet supstanci koje oštećuju ozonski omotač (članovi 15 do 19).

U prilogu (aneksi) uredbe jasno su definisani:

- Liste supstanci koje oštećuju ozonski omotač, usklađene sa odredbama Montrealskog protokola – kontrolisane supstance iz aneksa A, B, C i E Montrealskog Protokola, a i zamjenske supstance iz aneksa F;
- Lista proizvoda koji sadrže supstance ili su pomoći tih supstanci proizvedeni;
- Obrasce o evidenciji, prema članu 14 uredbe evidencija stacionarne opreme i prema članu 13 evidencija servisera;
- Obrasce godišnjih izvještaja (prema odredbama međunarodnih sporazuma);
- obrazac zahtjeva koji se podnose Ministarstvu u postupku uvoza i izvoza supstanci koje oštećuju ozonski omotač;
- obrazac registarskog lista za vođenje registra iz člana 54 Zakona za zaštitu vazduha.

Član 52, Zakona o zaštiti vazduha, propisuje uslove izdavanje dozvola pravnom licu ili preduzetniku za obavljanje djelatnosti ugradnje, održavanja ili servisiranja i provjere ispuštanja iz stacionarne rashladne, klima opreme ili toplotnih pumpi, ili sakupljanja i obnavljanja kontrolisanih supstanci iz te opreme. Uslovi za dobijanje dozvole su:

- ✓ Pravno lice ili preduzetnik registrovano je za obavljanje djelatnosti ugradnje, održavanja ili servisiranja i provjere ispuštanja kontrolisanih/zamjenskih supstanci, iz stacionarne rashladne, klima opreme ili toplotnih pumpi, ili sakupljanja i obnavljanja kontrolisanih supstanci iz te opreme;
- ✓ Zapošljava najmanje jedno stručno osposobljeno lice na način propisan članom 52b. zakona, koje rukuje supstancama koje oštećuju ozonski omotač i/ili zamjenskim supstancama (prilaže kopiju uvjerenja o stručnoj osposobljenosti za zaposlena lica koja rukuju opremom); i

- ✓ Posjeduje opremu za obavljanje djelatnosti predviđenih dozvolom (prilaže dokaz o posjedovanju opreme za obavljanje djelatnosti).

Ako pravno lice ili preduzetnik iz stava 1 člana 52 obavlja i djelatnost sakupljanja i obnavljanja supstanci koje oštećuju ozonski omotač, prilikom servisiranja uz zahtjev iz stava 3. ovog člana pravno lice ili preduzetnik trebaju priložiti i:

- Dokaz o posjedovanju uređaja za sakupljanje, obnavljanje i fizičko-hemijsku analizu korištenih supstanci; i
- Dokaz da raspolaže sa prostorom za privremeno skladištenje prikupljenih i obnovljenih supstanci koje oštećuju ozonski omotač ili zamjenske supstance, kao i otpadne gasove koji po fizičko-hemijskim svojstvima ne odgovaraju kvalitetu novih supstanci.

Član 52b definiše kategorije poslova za koje se vrši stručno osposobljavanje kao i polaganje ispita u cilju provjere znanja. Stručno osposobljavanje i polaganje ispita u cilju provjere znanja se odnosi na lica koja obavljaju poslove:

- Sakupljanja supstanci koje oštećuju ozonski omotač ili zamjenskih supstanci, provjere ispuštanja, ugradnje i servisiranja rashladnih i klimatizacionih uređaja, protiv požarnih uređaja i aparata za gašenje požara;
- Sakupljanja zamjenskih supstanci iz visokonaponskih rasklopnih postrojenja kod njihovih vlasnika ili korisnika;
- Sakupljanja rastvarača na bazi zamjenskih supstanci kod vlasnika ili korisnika tih supstanci; i
- Sakupljanja supstanci koje oštećuju ozonski omotač ili zamjenskih supstanci iz klimatizacionih uređaja u motornim vozilima kod pravnih ili fizičkih lica koja se bave servisiranjem motornih vozila.

Stručno osposobljavanje i provjeru znanja lica iz stava 1 člana 52b, vrše javne visokoškolske ustanove koje moraju imati na raspolaganju:

- ✓ Odgovarajući prostor za izvođenje teorijske nastave;
- ✓ Tehničku opremu i nastavna sredstva za izvođenje teorijske i praktične nastave; i
- ✓ Kvalifikovane stručne predavače odgovarajuće stručne spreme i obrazovnog stepena potrebnog za izvođenje nastave.

Javne visokoškolske ustanove koje obavljaju poslove stručnog osposobljavanja i provjeru znanja moraju pribaviti Ministarstva za obavljanje stručnog osposobljavanja lica.

Ukoliko javne visokoškolske ustanove ispunjavaju uslove za stručnog osposobljavanja i provjeru znanja Ministarstvo izdaje odobrenje (upravni akt) na period od 5 godina.

Serviseri (lica) koji prolaze program stručnog osposobljavanja i provjeru znanja snose troškove stručnog osposobljavanja i polaganja ispita, čiju visinu utvrđuju institucije u skladu sa posebnim propisom.

Pravilnik o stručnom osposobljavanju ("Službeni glasnik Republike Srpske" broj 75/24) propisani su provjere znanja i izdavanja uvjerenja o osposobljenosti lica, kao i detaljnije uslove koje moraju ispunjavati ustanove koje vrše njihovo stručno osposobljavanje. Program stručnog osposobljavanja je propisan u pravilniku o stručnom osposobljavanju.

Član 53, Zakona o zaštiti vazduha, definiše zabrane (proizvodnje supstance koje oštećuju ozonski omotač, uvoza/izvoza KS/ZS i proizvoda i opreme, iz zemalja koje nisu ugovorne strane Montrealskog Protokola, uvoza/izvoza, i stavljanja u promet kontrolisanih supstanci i fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte bez dozvole, ispuštanja kontrolisanih supstanci i fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte, uvoz-izvoz stavljanje u promet i

korištenje cilindre za jednokratnu upotrebu u kojima se skladište kontrolisanih supstanci i fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte, kao i uvoz/izvoz i stavljanje u promet korištenih proizvoda i opreme koji sadrže kontrolisanih supstanci i fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte.

Član 54, Zakona ta zaštitu vazduha, definiše godišnje izvještavanje. Pravna lica i preduzetnici koji se bave djelatnošću uvoza/izvoza i stavljanja na tržište supstanci koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskih supstanci vode evidenciju o uvezenim ili izvezenim količinama supstanci koje oštećuju ozonski omotač, o količinama stavljenim na tržište, kao i o utrošenim količinama u vlastitoj proizvodnji ili servisnoj djelatnosti. Evidencija se vodi na Obrascu godišnjeg izvještaja - Prilog 4. Uredbe o postupanju sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj 66/20).

Pravna lica i preduzetnici koji se bave djelatnošću uvoza/izvoza i stavljanja na tržište supstanci koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskih supstanci, kao i pravna lica koja su pribavila dozvolu ministarstva u skladu sa čl. 52. zakona, dužna su da dostave navedene podatke Fondu za zaštitu životne sredine i energetske efikasnosti Republike Srpske (u daljem tekstu: Fond) do kraja februara tekuće godine za prethodnu kalendarsku godinu.

Na slici ispod prikazan je obrazac evidencije serviseru o vrstama i količinama sakupljenih upotrijebljenih i obnovljenih, odnosno obrađenih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci u skladu sa članom 54 stav 1 Zakona o zaštiti vazduha.

ОБРАЗАЦ ЕВИДЕНЦИЈЕ ОВЛАШЋЕНОГ СЕРВИСЕРА О ВРСТАМА И КОЛИЧИНАМА САКУПЉЕНИХ, УПОТРИЈЕБЉЕНИХ И ОБНОВЉЕНИХ, ОДНОСНО ОБРАЂЕНИХ КОНТРОЛИСАНИХ ИЛИ ЗАМЈЕНСКИХ СУПСТАНАЦИ У СКЛАДУ СА ЧЛАНОМ 54. СТАВ 1. ЗАКОНА О ЗАШТИТИ ВАЗДУХА

1. Општи подаци о овлашћеном сервисеру

Назив правног лица или предузетника:	
Матични број:	
Адреса: (мјесто, улица, број)	Тел.: _____ Факс: _____ Е-mail: _____
Име и презиме овлашћеног лица:	

2. Подаци о набављеним/употријебљеним супстанцама за годину

Прилог 1. Табела 1. Укупне количине и употребијевених супстанцама за интенивну терапију												
Назив супстанце/ мјешавине	Хемијска формула	Симбол (ознака)	Укупне количине (kg)							Стање супстанце – мјешавине (**) <i>(навести а, б, или в)</i>	Стање залиха (kg) на дан 31. 12.	
			Купљено/ набављено	Саку- пљено	Обно- вљено	Про- дано	Употријебљено (*)					
							(1)	(2)	(3)			(4)

(*) Количине употребљене у години извјештавања (kg) за:

- (1) Пуњење/поновно пуњење расхладне и климатизационе опреме и топлотних пумпи.
(2) Пуњење/поновно пуњење система за заштиту од пожара или апарата за гашење пожара.
(3) Пуњење/поновно пуњење опреме која садржи раствараче.
(4) Пуњење/поновно пуњење расклопне опреме (високонапонских расклопних постројења.)
(**) Стање супстанце: а) први пут коришћена; б) сакупљена; в) сакупљена и обновљена

у

М. П.

Одговорно лице

.....
Име и презиме

Слика 2.11: Образац евиденције сервисера о врстама и количинама сакупљених употребљених и обновљених, односно обрађених контролисаних или замјенских супстанци у складу са чланом 54 став 1 Закона о заштити ваздуха.

Fond za zaštitu životne sredine i energetska efikasnost Republike Srpske u skladu sa Zakonom i čl. 22. Uredbe, vodi Registar pravnih lica i preduzetnika koji obavljaju djelatnosti uvoza, izvoza, stavljanja na tržište i rukovanja sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač ili zamjenskim supstancama.

Uredbe o postupanju sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i zamjenskim supstancama ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj 66/20) detaljnije propisuje:

- Postupanje sa kontrolisanim i zamjenskim supstancama; proizvodima i opremom koji sadrže ove supstance i postupanje sa ovim supstancama nakon prestanka upotrebe proizvoda ili opreme koji ih sadrže, mora se vršiti tako da se spriječe njihove emisije u vazduh (član 6);
- Obaveze operatera da obezbijede sakupljanje kontrolisanih i zamjenskih supstanci iz stacionarnih proizvoda i opreme, i to: rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi, opreme koja sadrži rastvarače, sistema za zaštitu od požara i aparata za gašenje požara, tokom održavanja ili servisiranja ili prilikom njihovog isključivanja iz upotrebe. Operater osigurava sakupljanje kontrolisanih i zamjenskih supstanci i za proizvode i opremu koja je van upotrebe duže od 12 mjeseci (član 7);
- Da poslove sakupljanja kontrolisanih i zamjenskih supstanci iz proizvoda i opreme, uključujući i prikupljanje iz izolacionog materijala, mogu da vrše samo ovlašćeni serviseri (član 6 i 7 uredbe);
- Definiše šta je ovlašćeni serviser, da je to pravno lice ili preduzetnik, koje je pribavilo odgovarajuću dozvolu Ministarstva, kao i obaveze ovlašćenih serviseri koje su definisani u članu 12 uredbe;
- Definiše šta je operater opreme ili sistema, da je to pravno lice ili preduzetnik, koji upravlja stacionarnom rashladnom ili klimatizacionom opremom i toplotnim pumpama, kontroliše je i ovlašten je za donošenje ekonomskih odluka vezano za rad postrojenja, kao i obaveze operatera;
- Sakupljene količine kontrolisanih i zamjenskih supstanci moraju se, u slučaju da je to tehnički i ekonomski opravdano, obnoviti, obraditi ili ponovo koristiti, a supstance koje se ne mogu obnoviti ili obraditi, moraju se privremeno odložiti ili uništiti, u skladu sa propisima kojima se uređuje upravljanje opasnim otpadom (član 9);
- Konačno zbrinjavanje proizvoda i opreme iz stava 1. člana 9 koji su isključeni iz upotrebe, vrši se u skladu sa propisima koji regulišu upravljanje otpadom;
- Sa otpadnim uljima, uljnim filterima i kompresorima koji se nalaze u proizvodima i opremi koja se stavlja van upotrebe, postupa se u skladu sa propisima kojim se reguliše upravljanje otpadom (član 9);
- Provjera ispuštanja kontrolisanih ili zamjenskih supstanci sprovodi se za stacionarnu rashladnu i klimatizacionu opremu, toplotne pumpe i sisteme za zaštitu od požara koje sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih odnosno zamjenskih supstanci (član 11);
- Provjera ispuštanja kontrolisanih ili zamjenskih supstanci vrši se najmanje jednom u 12 mjeseci, sa izuzetkom hermetički zatvorenih sistema koji sadrže kontrolisane supstance koje se koriste kao rashladna sredstva, koji su kao takvi obilježeni i sadrže manje od šest kilograma kontrolisanih supstanci (član 11);
- Ispuštanja utvrđena provjerama ispuštanja saniraju se odmah, a najkasnije u roku od 14 dana (član 11);
- Ponovna provjera saniranih ispuštanja iz stava 1. ovog člana sprovodi se u roku od 30 dana nakon sanacije (član 11);

- Operater obezbjeđuje da poslove provjere ispuštanja kontrolisanih ili zamjenskih supstanci sprovodi ovlašteni serviser zaposlen kod operatera ili kod drugog pravnog lica i da se provjera sprovodi u skladu sa procedurama dobre prakse (član 11);
- Evidencija koja vodi ovlašteni serviser definisana je u članu 13 Uredbe. Ovlašteni serviser je dužan da vodi evidenciju o vrstama i količinama nabavljenih, sakupljenih, upotrijebljenih i ako je primjenjivo, obnovljenih kontrolisanih i zamjenskih supstanci, tokom održavanja ili servisiranja i krajnjeg odlaganja proizvoda i opreme propisanih ovom uredbom, na posebnom obrascu i podnese je Fondu, do kraja februara tekuće godine za prethodnu godinu, u pisanom i elektronskom formatu;
- Član 14 Uredbe definiše evidenciju RACHP opreme. Član 14 definiše obaveze operatera da vodi evidenciju o proizvodima i opremi koja sadrži 3 kilograma ili više kontrolisanih odnosno zamjenskih supstanci, na datom obrascu, te ove podatke dostavlja Fondu, u roku od 15 dana nakon puštanja u rad ove opreme odnosno sistema;
- Prema članu 14 Uredbe, operater vodi evidenciju tokom cijelog radnog vijeka opreme, na posebnom Obrascu i podnosi je Fondu za zaštitu životne sredine i energetske efikasnosti Republike Srpske, do kraja februara tekuće godine, za prethodnu godinu, u pisanom i elektronskom formatu; i
- Član 21. stav 2. Uredbe propisuje obavezu pravnim licima i preduzetnicima registrovanim za poslove uvoza i izvoza da Fondu dostavljaju godišnje izvještaje o uvozu/izvozu supstanci koje oštećuju ozonski omotač, ili tzv. kontrolisanih supstanci, kontrolisanih supstanci za posebne namjene, zamjenskih supstanci i njihovih mješavina- do kraja februara tekuće godine za prethodnu godinu, na obrascu godišnjeg izvještaja u prilog 6 Uredbe.

Softverska platforma za prikupljanje i upravljanje podacima o KGH uređajima u Bosni i Hercegovini

Kako bi se olakšala implementacija Montrealskog protokola kao i kontrolu potrošnje supstance koje oštećuju ozonski omotač i fluorovane gasove sa efektom staklene bašte, sprovođenje propisa na državnom i entitetskim nivou, Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine pripremila je softversku platformu za prikupljanje i upravljanje podacima o KGH uređajima u Bosni i Hercegovini.

Softverska platforma ima za cilj da pomogne operativnom sprovođenju programa postepenog isključivanja iz upotrebe kontrolisanih supstancama preko:

- ☒ Kontrolu i pregled uređaja u pogonu, koji sadrže kontrolisane supstance i rad servisa;
- ☒ Prikupljanje kontrolisane supstance iz postojećih rashladnih uređaja u pogonu;
- ☒ Odlaganje starih ili neispravnih RACHP uređaja na deponije otpada;
- ☒ Formiranje registra uvoza/ izvoza i distribucije kontrolisanih supstanci i RACHP uređaja u Bosni i Hercegovini;
- ☒ Obaveze i način izvještavanja uvoznika kontrolisanih supstanci; i
- ☒ Obaveze i prava nadležnih entitetskih ministarstava u procesu izdavanja licenci, godišnjih kvota i dozvola za uvoz / izvoz kontrolisanih i zamjenskih supstanci u Bosni i Hercegovini.

U kontekstu operativnog korištenja baze podataka, formirano je sljedećih korisničkih grupa, sa predefinisanim ulogama u sistemu:

- ☒ Vlasnici i operateri opreme;
- ☒ Servisne kompanije;
- ☒ Certifikovani RAC serviseri;
- ☒ Uvoznici i izvoznici kontrolisanih supstanci i opreme koja sadrži zamjenske supstance;
- ☒ Ozonska jedinica Bosne i Hercegovine;
- ☒ Centri za obuku RAC serviseri;
- ☒ Fondovi za zaštitu životne sredine u oba entiteta - koji vrše administraciju baza podataka, koji su korisničke grupe; i
- ☒ Nadležne inspekcije

Kako je već napomenuto u djelu iznad (institucionalni i pravni okvir na entitetskom nivou) obaveze regulative na entitetskom nivou podrazumijeva obaveze izvještavanje, a izvještaji se šalju Fondu za zaštitu okoliša FBiH i Fondu za zaštitu životne sredine i energetske efikasnosti Republike Srpske. Ovi fondovi vrše administraciju baza podataka, koji su korisničke grupe i softverske platforme na entitetskim nivoima.

Na slikama ispod prikazani su određene forme koje iz platforme za prikupljanje i upravljanje podacima o KGH uređajima u Bosni i Hercegovini.

Godišnji Izvještaj O Prikupljenim Supstancama

Opće informacije o ovlaštenom pružatelju usluga		
* Godina: 2023		
Naziv pravnog lica ili preduzetnika:	Registarski broj:	Adresa: (mjesto, ulica, broj):
Service Company	123435	Test2
Tel:	Faks:	E-pošta:
123435		servicecompany@vomoto.com
Općina:	Kanton:	Entitet:
Banja Luka / Бања Лука		Republika Srpska/Република Српска
Ime i prezime ovlaštenog lica:		
Service Company		

Slika 2.12: Izgled forme u platformi koja sadrži osnovne podatke o ovlaštenom pružatelja usluge u godišnjem izveštaju o prikupljenim supstancama

Podaci O Nabavljenim/Korištenim Supstancama Za

+ Dodaj podatke o nabavljenim supstancama

Naziv supstance	Hemijska formula	Simbol (oznaka)	Ukupno izvezena količina				Upotrijebljeno (*)				Stanje supstance – mješavine (**)	Akcija
			Kupljeno/nabavljeno	Sakupljeno	Obnovljeno	Prodano	(1)	(2)	(3)	(4)		
HCFC-221	C ₂ HFCl ₆	R-221	354	354	34	54	35	34	35	354	Collected and Restored	

U / Y:

M. P.

Service Company

Podaci o nabavljenim/korištenim supstancama za

(*) Količine upotrijebljene u godini izvješćavanja (kg) za:
1) Punjenje/ponovno punjenje rashladne i klimatizacijske opreme i toplinskih pumpi.
(**) Stanje supstance: a) prvi put korištena; b) sakupljena; c) sakupljena i obnovljena

Update

Otkazi

Slika 2.13: Izgled forme u platformi godišnjeg izvještaja o nabavljenim/korištenim količinama supstanci

Registar Opreme

* Filijala:

Odobrali filijalu

* Tip opreme:

Odobrali tip opreme

Tip sistema za hlađenje:

Odobrali tip sistema za hlađenje

Proizvođač:

Proizvođač

Tip:

Tip

Model:

Model

Serijski broj:

Serijski broj

Godina proizvodnje:

Godina proizvodnje

Datum nabavke:

Odobrali datum nabavke

* Tip sredstva za hlađenje:

Odobrali tip sredstva za hlađenje

ASHRAE oznaka sredstva za hlađenje:

Automatski popunjeno

Tip rashladne tekućine:

Automatski popunjeno

Globalni potencijal zagrijavanja (GWP):

Automatski popunjeno

Masa sredstva za hlađenje u uređaju (kg):

Masa sredstva za hlađenje u uređaju

Tona CO2 ekvivalenta:

Automatski popunjeno

Svrha opreme:

Odobrali svrhu

Temperatura hlađenja (°C):

Temperatura hlađenja

Efekat hlađenja (kW):

Efekat hlađenja

Priključna snaga kompresora (kW):

Priključna snaga kompresora

Zapremina prikupljača tekućine (L):

Zapremina prikupljača tekućine

Masa radne substance dodane u prošloj godini (kg):

Radne substance prošle godine

Datum stavljanja u pogon:

Odobrali datum stavljanja u ...

Komentari:

Unijeti komentare

Click or drag file(s) to this area to upload

Registar opreme

Slika 2.14: Izgled forme u registraciji RACHP opreme

2.2 Osnovno znanje o potencijalu oštećenja ozonskog omotača (ODP), potencijala globalnog zagrijavanja (GWP), upotrebi supstance koje oštećuju ozonski omotač, fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte i drugih supstanci kao rashladni fluida i uticaj emisija supstance koje oštećuju ozonski omotač i fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte na klimatske promjene

Uticaj rashladnih fluida na životnu sredinu ukratko je opisan na početku ovog poglavlja. Ovaj dio priručnika malo detaljnije prikazuje neke karakteristike rashladnih fluida u odnosu na njihov uticaj na životnu okolinu.

Svaki rashladni fluid ima dvije bitne karakteristike koje definišu njegov uticaj na životnu okolinu i to:

- ☑ Potencijal oštećenja ozonskog omotača; i
- ☑ Potencijal globalnog zagrijavanja.

Potencijal oštećenje ozonskog omotača (ODP)

Glavni uzrok smanjivanja količine ozona u stratosferi su hemijska jedinjenja koja u svojoj strukturi sadrže halogene elemente, prije svega **hlor** i **brom**.

Ova hemijska jedinjenja su se upotrebljavala decenijama prije nego što je ustanovljeno njihovo štetno dejstvo. Koristila su se kao rashladni fluidi, rastvarači, za fumigaciju u poljoprivredi, u proizvodnji pjena, kao potisni gas u sprejevima itd.

Da bi se kvantifikovao uticaj svake pojedinačne supstance na ozonski omotač definisan je njihov potencijal oštećenja ozonskog omotača (Ozone Depletion Potential - ODP).



Potencijal oštećenje ozonskog omotača (ODP) neke supstance se definiše kao odnos ukupnog gubitka ozona koji izaziva ta supstanca i gubitka ozona koje izaziva CFC-11 iste mase.

Uzeto je da vrijednost ODP za CFC-11 iznosi 1.

Veličina ODP neke supstance zavisi od strukture njenih molekula i životnog vijeka u atmosferi. Postoji veći broj izvora iz kojih se mogu dobiti vrijednosti ODP za pojedine supstance. Zbog različitih metoda izračunavanja vrijednosti ODP iz različitih izvora se mogu razlikovati. Zbog toga su u aneksima A, B i C Montrealskog protokola date vrijednosti ODP za sve kontrolisane supstance i strane Protokola su dužne da ih koriste prilikom izvještavanja. Vrijednosti date u ovim aneksima se povremeno, putem usklađivanja, mijenjaju u skladu sa rezultatima novih istraživanja.

Rashladni fluidi koji imaju potencijal oštećenje ozonskog omotača nazivaju se **supstance koje oštećuju ozonski omotač (SOOO), odnosno na engleskom Ozone depleting substances (ODS).**

Najvažniji ODS su hlorofluorouglenici (CFC), hlorofluorougļjovodonici (HCFC), haloni i metil-bromid.

Na slici 2.6 i prvom djelu ovog poglavlja bili su prikazani aplikacije gdje su se ove supstance koristile. Više detalja o karakteristikama ovih rashladnih fluida nalazi se u poglavlju 11 ovog priručnika u djelu 11.01 – Rashladni fluidi – označivanje, bezbjednosna klasifikacija i karakteristike.

Potencijal globalnog zagrijavanja (GWP)

Kao alternativa supstancama koje oštećuju ozonski omotač, 1990 počele su se koristiti hemijska jedinjenja koje u svom hemijskom sastavu nemaju potencijal hlor ili brom, jer ovi elementi imaju uticaj na oštećenje ozonskog omotača. Ipak ovi rashladni fluidi u svom hemijskom sastavu imaju **fluor** koji je gas sa efektom staklene bašte.

Da bi se omogućilo poređenje uticaja pojedinih gasova na efekat staklene bašte, analogno sa ODP, uveden je pojam **potencijal globalnog zagrijavanja** (Global Warming Potential - GWP).



Potencijal globalnog zagrijavanja (GWP) je količina energije koju tokom određenog vremenskog intervala može apsorbovati jedna tona nekog gasa u odnosu na jednu tonu ugljen dioksida (CO₂).

GWP se najčešće određuje za period od 100 godina. Po definiciji ugljen dioksid (CO₂) ima GWP = 1.

U prethodnom djelu rečeno je da Kigali Ammandmanom uvodi se smanjenje potrošnje fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte i da zemlje uvode kvote kao ograničenje uvoza ovih rashladnih fluida. Kvote su bili izražene u tonama CO₂ ekvivalenta.

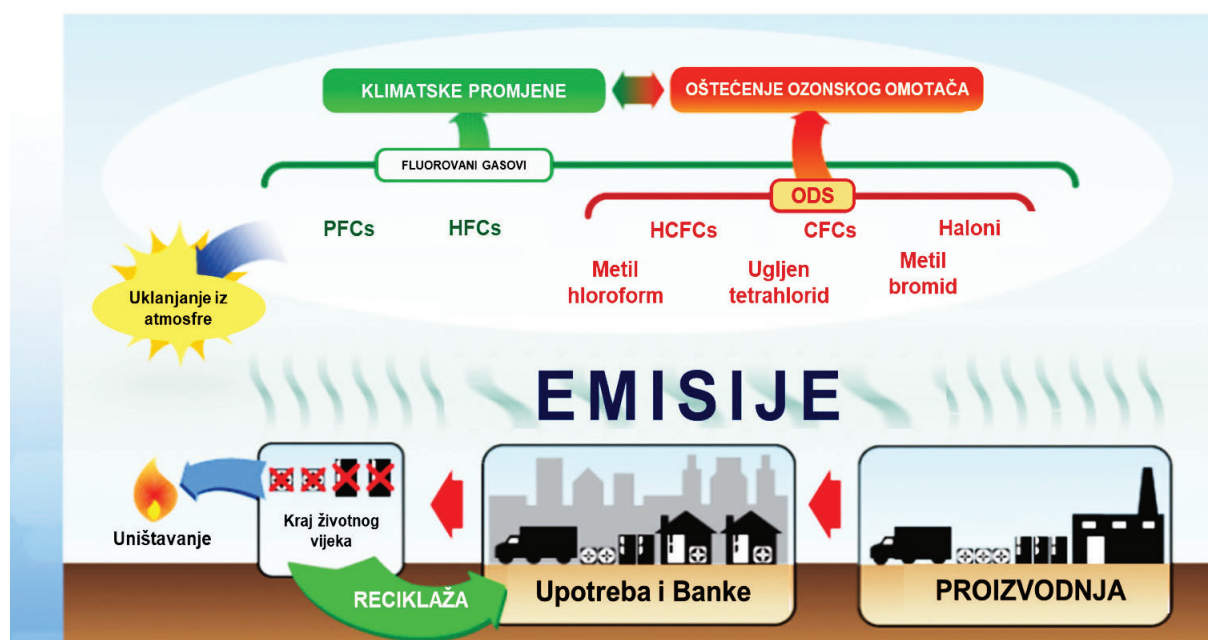
Tona CO₂ ekvivalenta je količina gasova sa efektom staklene bašte izražena kao proizvod mase gasova sa efektom staklene bašte u metričkim tonama i njihovog potencijala globalnog zagrijavanja.

Proračun uticaja određenog rashladnog fluida na životnu sredinu izražen u tonama CO₂ ekvivalenta radi se prema sljedećoj formuli.

$$\text{Tona CO}_2 \text{ ekvivalenta} = \frac{\text{masa rashladnog fluida (u metričkim tonama)}}{\text{GWP rashladnog fluida}}$$

Kako je već navedeno, mjerama koji se preuzimaju za smanjenje potrošnje fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte, alternativa u sistemima su supstance sa niskim GWP-om odnosno prirodni rashladni fluidi.

Na slici ispod prikazan je uticaj rashladnih fluida na životnu sredinu.



Slika 2.15: Uticaj rashladnih fluida na životnu sredinu

Više detalja o karakteristikama ovih rashladnih fluida i njihove alternative u pojedinim aplikacijama nalazi se u poglavlju 11 ovog priručnika u djelu 11.01 – Rashladni fluidi – označivanje, bezbednosna klasifikacija i karakteristike.

3. Provjera prije puštanja u rad, nakon dužeg perioda nekorisćenja, nakon održavanja ili popravke ili tokom rada

Ovaj dio sadrži informacije o standardnim procedurama rada i kodovima dobre prakse kod RACHP sistema prije puštanja u rad, nakon dužeg perioda nekorisćenja, nakon održavanja ili popravke ili tokom rada.

3.1 Maksimalno dozvoljeni pritisak i proba pod pritiskom određenih dijelova instalacije (strana niskog i visokog pritiska)

Ispitivanje pod pritiskom je standardna radna procedura koja se sprovodi u fabrici nakon završetka proizvodnje rashladnog sistema, a izvodi se i nakon sklapanja sistema na terenu i nakon servisiranja sistema.

Ovaj dio daje odgovore na sljedeća pitanja:

- Zašto se sistemi testiraju pod pritiskom i kako bezbjedno testirati sisteme pod pritiskom?
- Kako se određuju pritisci u skladu sa bosanskohercegovačkim standardom BAS EN 378-2?

RACHP sistemi ispitivanju se pod pritiskom kako bi se osiguralo da su:

- ▶ **Sistemi bezbjednosti** – test čvrstoće sistema (Strength pressure test); i da je
- ▶ **Sistemi nepropusnosti** – test nepropusnost sistema (Tightness test).

Pritisak na kojem se vrši ispitivanje određuje se u odnosu **MAKSIMALNI DOZVOLJENI PRITISAK** koji se označava skraćenom oznakom **PS**¹.

PS se definiše kao maksimalni pritisak za koji je sistem ili komponenta projektovan, a određuje ga proizvođač opreme. To je granična vrijednost pritiska koja ne smije biti prekoračena bez obzira da li sistem radi ili ne.

Prilikom određivanja vrijednosti PS u obzir se uzimaju faktori kao što su:

- ✓ Maksimalna temperatura ambijenta;
- ✓ Moguća akumulacija gasova koji se ne mogu kondenzovati;
- ✓ Podešavanje vrijednosti komponenti za rasterećenje;
- ✓ Način odmrzavanja (defrost);
- ✓ Vrsta primjene (samo hlađenje, grijanje i hlađenje, samo grijanje itd.);
- ✓ Uticaj zračenja sunca; i
- ✓ Transportni uslovi i uslovi skladištenja.

¹ PS – Maximum Allowable Pressure

Određivanje maksimalno dozvoljenog pritiska (PS)

Sve što je do sada navedeno dovodi nas do traženja odgovara na sljedeća pitanja:

- Gdje se mogu pronaći informacije o maksimalno dozvoljenom pritisku u sistemu?
- Kako odrediti maksimalno dozvoljeni pritisak sistema u skladu sa standardom BAS EN 378-2²?

U skladu sa standardom BAS EN 378-2:2017 u djelu 6.4 Označavanje i dokumentacija, u poglavlju 6.4.2.2 Sistemi za hlađenje, tačka (f), propisuje obavezu proizvođača sistema da postavi informaciju o maksimalnom dozvoljenom pritisku (PS) na fabričkoj tablici uređaja.

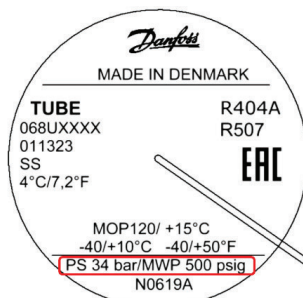
Svaki proizvođač komponenata za rashladne i klimatizacione sisteme i toplotne pumpe, na vlastitoj fabričkoj tablici daje informacije o PS komponente.

Maksimalno dozvoljeni pritisak ne smije biti veći od maksimalno dozvoljenog pritiska komponenata ili sklopova od kojih je sistem sastavljen.

Na slici ispod prikazani su primjeri fabričkih tablica sistema i komponenata na kojima se mogu videti informacije o maksimalno dozvoljenim pritiscima.

SPLIT TYPE (OUTDOOR UNIT)					
MODEL	AMS10-16				
Service code	AMS10-16M				
POWER SUPPLY	230V-50Hz				
MAX. CURRENT	25.0 A				
TYPE OF REFRIGERANT (GWP)	R410A (2008)				
FACTORY REFRIGERANT CHARGE	4.0 kg				
CO ₂ equivalent	8.4 t				
MAX. HIGH PRESSURE	4.15 MPa				
MAX. LOW PRESSURE	2.21 MPa				
Refrigerant	R410A				
UNIT WEIGHT	105 kg				
L.R.A.	5/5 A				
Overall dimensions (W/H/D)	W3/D4130/D370				
INDOOR UNIT	Capacity (kW)	Heating Capacity (kW)	COP	Consumed Power (kW)	
HEAT EXCHANGER	(25/50)	2	9.33	3.92	2.38
ACHIEVED (120W)	(25/50)	7	7.03	4.85	1.65
Ambient operation temperature	min. max.				
	Heating	-20	43		
	Cooling	15	43		

Fabrička tablica uređaja



Termostatski ekspanzioni ventil



Kompresor

Slika 3.1: Informacije o PS na fabričkoj tablici sistema i pojedinim komponentama sistema

Za većinu sistema, PS je različit za stranu visokog i niskog pritiska.

- ✓ PS na strani visokog pritiska javiće se kada sistem radi i zavisi od maksimalne temperature kondenzacije;
- ✓ PS na strani niskog pritiska javiće se kada sistem ne radi i zavisi od maksimalne ambijentalne temperature (temperatura prostora u kome se nalaze komponente koje se nalaze na strani niskog pritiska).

Kod nekih sistema, primjer toplotne pumpe ili sistem koji ima otapanjem toplim gasom, PS sa visoke strane može se primijeniti i na strani niskog pritiska. Ipak, prije testiranja, potrebno je provjeriti maksimalne dozvoljene pritiske sa uputstvima datim od strane proizvođača uređaja ili je potrebno kontaktirati proizvođača.

U slučaju kada nije moguće pronaći informaciju o PS (oštećena fabrička tablica, sistem sastavljen od komponente, itd.) standard BAS EN 378-2:2017 u dijelu 6.2 Dizajn i konstrukcija, u poglavlju 6.2.2.1 Maksimalno dozvoljen pritisak (PS) daje alternativna metoda određivanja PS, u odnosu na specifične projektovane temperature.

2 Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Sigurnosni i okolinski zahtjevi – Dio 2: Projektovanje, konstrukcija, ispitivanje, obilježavanje i dokumentacija

NAPOMENA: Prilikom određivanja PS prema alternativnoj metodi, opet je važno napomenuti da PS ne smije biti veći PS komponenata ili sklopova od kojih je sistem sastavljen, pa je potrebno provjeriti maksimalno dozvoljene pritiske komponenti ili sklopova od kojih je sistem sastavljen.

U sljedećoj tabeli prikazano je određivanje PS prema alternativnoj metodi.

Tabela 3.1: Vrijednosti ambijentalne temperatura i odgovarajućih maksimuma u zavisnosti od sistema

Specifične projektovane temperature				
Ambijentalni uslovi	≤ 32 °C	≤ 38 °C	≤ 43 °C	≤ 55 °C
Strana visokog pritiska sa vazduhom hlađenim kondenzatorima	55 °C	59 °C	63 °C	67 °C
Strana visokog pritiska sa vodom hlađenim kondenzatorima	Maksimalna izlazna temperatura vode + 8 °C ali ne više od projektovane temperature strane niskog pritiska			
Strana visokog pritiska sa evaporativnim kondenzatorima	43 °C	43 °C	43 °C	55 °C
Strana niskog pritiska sa izmjenjivačima toplote izloženi ambijentalnoj temperaturi	32 °C	38 °C	43 °C	55 °C
Strana niskog pritiska sa izmjenjivačima toplote izloženi unutrašnjoj temperaturi ambijenta	27 °C	33 °C	38 °C	38 °C

U standardu BAS EN 378-2:2017 u sklopu same tabele postoje dvije napomene.

Napomena 1: Za stranu visokog pritiska, navedene temperature u tabeli smatraju se kao maksimalne koje će se desiti tokom rada. Ove temperature su veće od temperature koje su na strani visokog pritiska kada kompresor ne radi. Za stranu niskog pritiska, dovoljno je bazirati proračun PS na očekivane temperature kada kompresor ne radi. Ove temperature su minimalne temperature i zato sistem neće biti projektovan za maksimalno dozvoljene pritiske niže od pritiska zasićenja rashladnog fluida koje odgovaraju ovim minimalnim temperaturama.

Napomena 2: Za zeotropske supstance maksimalno dozvoljeni pritisak (PS) je pritisak za vlažnu tačku (bubble point – na donjoj graničnoj krivoj).

U standardu BAS EN 378-2:2017 ispod same tabele postoje tri napomene:

- ▶ **Napomena 1:** Pritisak na koji sistem ili dio sistema najčešće radi je niži od maksimalno dozvoljenog pritiska (PS);
- ▶ **Napomena 2:** Prekomjerno opterećenje može biti rezultat pulsiranja gasa; i
- ▶ **Napomena 3:** Za određivanje ambijentnih uslova može se koristiti standard EN 60721-2-1³

Standard BAS EN 378-2:2017 u dijelu 6.2 Dizajn i konstrukcija, u poglavlju 6.2.2.2 Maksimalno dozvoljeni pritisak komponente definiše PS komponente ili sklopova od koje je sistem sastavljen.

Tipične vrijednosti pritiska za test pod pritiskom, na čvrstoću i nepropusnost, prikazane su u tabeli ispod.

³ Odgovarajući bosanski standard BAS EN 60721-2-1:2019 - Klasifikacija uvjeta okoline — Dio 2-1: Uvjeti okoline koji se pojavljuju u prirodi — Temperatura i vlažnost

Tabela 3.2: Test pod pritiskom prema PS

Testovi pod pritiskom na čvrstoću i nepropusnost u odnosu na PS	
Minimalni pritisak za test pod pritiskom u odnosu na čvrstoću sistema	= 1,1 x PS
Maksimalni pritisak za test pod pritiskom u odnosu na čvrstoću sistema	= 1,43 x PS
Maksimalni pritisak za test pod pritiskom u odnosu na nepropusnost sistema	= 1,0 x PS

Maksimalni test pod pritiskom na čvrstoću, koristi se samo za ispitivanje spojeva koji pripadaju kategoriji opasnosti definisane prema standardu BAS EN 378-2:2017 – dio 2 u Aneks B. U najvećem broju slučajeva koriste ga proizvođači opreme, dok se na terenu najčešće koristi minimalni pritisak za test pod pritiskom u odnosu na čvrstoću sistema.

Zaštita od previsokog pritiska

Standardom BAS EN 378-2:2017 također se specificira koji tip zaštite od previsokog pritiska treba da postoji na sistemu. Potreba od aktiviranje zaštitnih prekidača visokog pritiska i sigurnosnih ventila zavisi od raznih aspekata sistema, uključujući i vrijednost PS.

U tabeli ispod prikazane su vrijednosti na kojima bi se trebalo aktivirati zaštita od previsokog pritiska.

Tabela 3.3: Vrijednosti pritiska za aktiviranje zaštite na sistemu

Testovi pod pritiskom na čvrstoću i nepropusnost u odnosu na PS	
Pritisci aktiviranje zaštite na sistemu otvaranja sigurnosnih ventila ako postoje	PS
Pritisak otvaranja sigurnosnog ventila (na kom on ima pun protok) za rasterećenje instalacije	$\leq 1,1 \times PS$
Pritisak uključanja sigurnosnog prekidača za zaštitu od previsokog pritiska, ako je na sistemu postavljen sigurnosni ventil	$\leq 0,9 \times PS$
Pritisak uključanja sigurnosnog prekidača za zaštitu od previsokog pritiska, ako je na sistemu postavljen sigurnosni ventil	$\leq 1,0 \times PS$

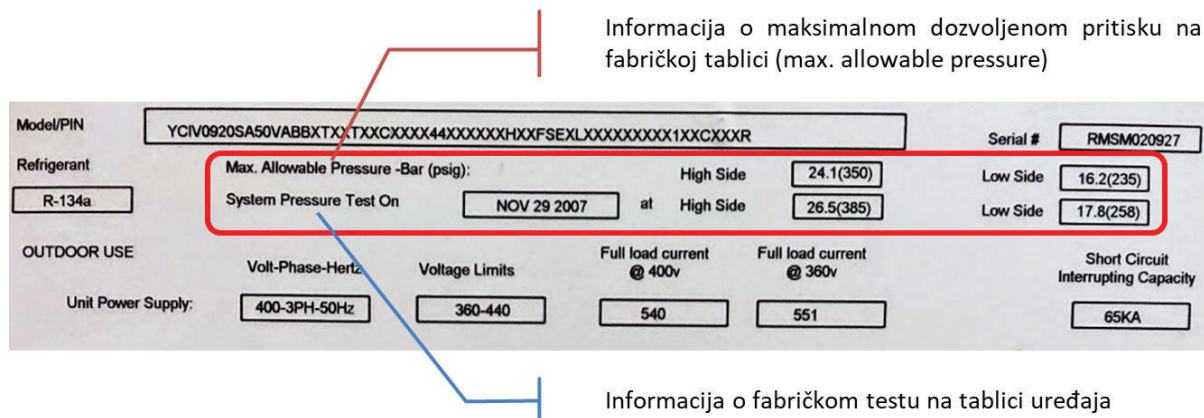
Test čvrstoću sistema (Strength pressure test)

Test čvrstoće sistema (strength pressure test) radi se na pritisku većem od maksimalno dozvoljenog pritiska (PS). Ovim testom provjerava se čvrstoća sistema ili komponente.

Ovaj test se radi u tri slučaja:

- ✓ U fabrici nakon sklapanje uređaja, prije vakuumiranje i punjenja sistema rashladnim fluidom;
- ✓ U slučaju da sklapamo uređaj od komponente. U ovom slučaju serviser (firma koja sklapa uređaj) je proizvođač i ima obavezu da odraditi test čvrstoće; i
- ✓ Kada želimo sistem staviti u pogon nakon dugog perioda mirovanja (ne rada).

Proizvođač sistema je u obavezi da dostavi informaciju o sprovedenom testu pod pritiskom i na kojim je pritiscima test sproveden. Na slici ispod prikazana je fabrička tablica uređaja na kojoj je prikazana informacija o sprovedenom fabričkom testu pod pritiskom.



Slika 3.2: Informacija o sprovedenom testu pod pritiskom prikazana na fabričkoj tablici uređaja

Test pod pritiskom radi se korištenjem suhog azota bez prisustvo kiseonika (Oxygen Free Dry Nitrogen (OXDN)).

Testiranje pod pritiskom je opasno i treba se obaviti pažljivo uzimajući u obzir sljedeće:

- ▶ Azot koji se koristi za ispitivanje pritiska dovodi do gušenja (teži je od vazduha i skuplja se u donjim zonama prostorije, kao i većina rashladnih fluida), pa je potrebno dobro provjetravanje područja sistema;
- ▶ Koriste se visoki pritisci, pa je potrebno ukloniti sve osobe koje nisu uključene u samo testiranje;
- ▶ Korištenje zaštitnih naočala i propisane zaštitne opreme u skladu sa nacionalnom regulativom.

Prije nego se pristupi ispitivanju pod pritiskom, servisni tehničar uvijek treba imati na umu sljedeće:

- ☑ Treba provjeriti PS samog sistema na fabričkoj tablici uređaja ili PS komponenti sistema na strani visokog i niskog pritiska i definisati PS;
- ☑ Ako se propuštanje primijeti na početku testa pod pritiskom, ispitivanje treba prekinuti i propuštanje treba popraviti. Kada se opravka završi, test počinje iz otpočeka;
- ☑ Komponente i spojevi sistema treba da budu očišćeni i bez ulja;
- ☑ Za ispitivanje pod pritiskom koristiti samo suhi azot bez kiseonika (OFDN); i
- ☑ Uvijek koristiti reduktor pritiska za kontrolu pritiska.



NAPOMENA

NIKADA NE KORISTITI KISEONIK ZA ISPITIVANJE POD PRITISKOM !!!

Na slici ispod prikazan je cilindar sa suvim azotom i regulatorom pritiska:



Slika 3.3: Cilindar sa suhim azotom sa regulatorom pritiska koji se koristi za test pod pritiskom

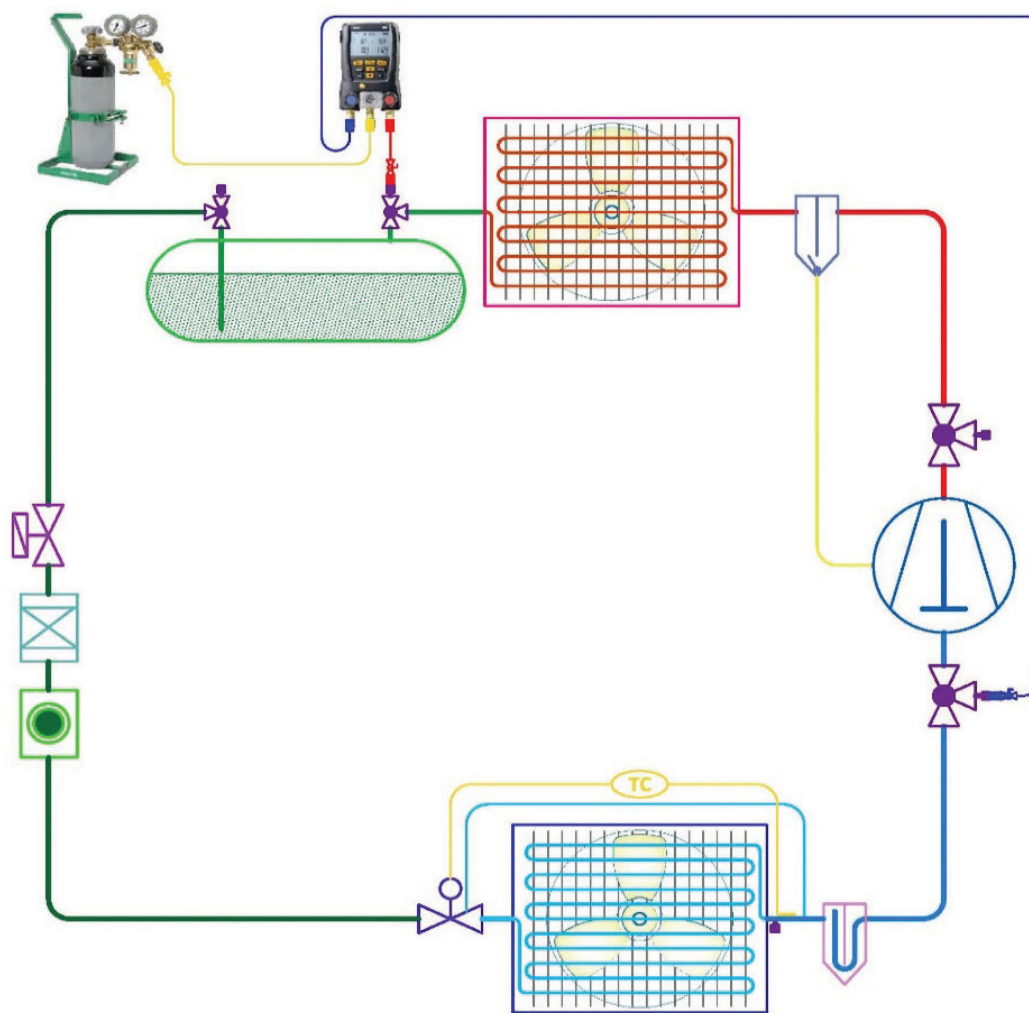
Strana visokog i niskog pritiska treba testirati odvojeno u skladu sa PS i regulator pritiska uvijek podesiti prema odgovarajućem pritisku za stranu visokog i niskog pritiska.

3.2 Test pod pritiskom da bi se provjerila nepropusnost instalacije (Tightness test)

Test nepropusnosti je standardna radna procedura koja se sprovodi na terenu tokom servisiranja i održavanja sistema.

Test pod pritiskom da bi se provjerila nepropusnost instalacije (tightness test) radi se na pritisku ne većem od PS.

Isto kao i kod testa čvrstoće treba obratiti pažnju na PS na strani visokog i niskog pritiska. Na slici ispod prikazan je standardni način povezivanja na sistemu na kojem se radi test pod pritiskom da bi se provjerila nepropusnost instalacije. Regulator pritiska povezan je sa manometarskom grupom. Izlaz visokog pritiska iz manometarske grupe povezan je sa servisnim ventilom na strani visokog pritiska, a izlaz niskog pritiska manometarske grupe povezan je sa servisnim ventilom na strani niskog pritiska u sistemu.



Slika 3.4: Povezivanje sistema za test pod pritiskom

Nakon sprovedenog testa pod pritiskom instalater ili serviser treba pripremiti izvještaj o sprovedenom testu. Zakonski propisani obrazac o izgledu izvještaja ne postoji. U tabeli ispod prikazan je prijedlog izvještaja koji se može koristiti da bi se pripremio izvještaj o sprovedenom testu.

Tabela 3.4: Prijedlog izvještaja o sprovedenom testu pod pritiskom

OSNOVNE INFORMACIJE O OPERATERU			
Naziv pravnog lica ili preduzetnika/operatora:			
Adresa:			
Kontakt informacije	Telefon:	Faks:	E-mail:
Kontakt osoba operatora			
OSNOVNE INFORMACIJE O RASHLADNOJ I KLIMATIZACIONOJ OPREMI ILI TOPLOTNOJ PUMPI			
Vrsta stacionarne opreme			Serijski broj:
Opis (tehnički podaci)			Hermetički zatvoren: da/ne
Lokacija opreme			
Datum ugradnje ili isporuke:			
Vrsta rashladnog ili drugog sredstva			
Količina kontrolisane supstance ili mješavine sadržane u proizvodu ili opremi (kg):			
INFORMACIJE O SPROVEDENOM TESTU POD PRITISKOM			
☐ Test pod pritiskom da bi se provjerila čvrstoća instalacije (strength pressure test) ☐ Test pod pritiskom da bi se provjerila nepropusnost instalacije (tightness test)			
	strana visokog pritiska	strana niskog pritiska	Vreme trajanje testa pod pritiskom (čas)
Maksimalno dozvoljeni pritisak (PS)			
Ispitni pritisak			
Pritisak / ambijentna temperatura nakon postizanje ispitnog pritiska $P_1 / T_{amb.1}$			Gas koji se koristi za test pod pritiskom
Pritisak / ambijentna temperatura nakon vreme trajanja testa pod pritiskom $P_2 / T_{amb.2}$			Formula za proračun ⁴ $P_2 = P_1 \cdot \frac{T_{amb.2}}{T_{amb.1}}$
Proračun promjene pritiska P_2 zbog promjene ambijentne temperature			
Komentar:			

⁴ Za potrebe proračuna uzima se apsolutni pritisak ($P_{gauge} + 1$), i termodinamička temperatura, Kelvinov stepen ($T\text{ }^{\circ}\text{C} + 273$)

3.3 Korištenje vakuum pumpe

Nakon uspješno sprovedenog testa pod pritiskom, sljedeći korak je vakuumiranje sistema.

Zašto je potrebno vakuumiranje sistema?

Rashladni sistem smije sadržati samo rashladni fluid u tečnom ili gasovitom stanju i suho ulje. Svi ostali gasovi, pare i fluidi se moraju ukloniti. Najbolji način za to je vakuumiranje sistema pomoću vakuum pumpe.

Vakuumiranjem odstranjujemo:

- ☒ Vlagu u sistemu
- ☒ Gasove koji se ne mogu kondenzirati

Da bi se sproveo postupak vakuumiranja sistema potrebno je koristiti sljedeći opremu i alat.



Vakuum pumpa



Mehanička ili elektronska manometarska grupa



Mehanički ili elektronski vakuummetar



Servisna creva i ventili



Slika 3.5: Oprema i alati koji se koriste za vakuumiranje sistema

Postoje različite vakuum pumpe u zavisnosti od protoka i nivo vakuuma koji mogu ostvariti. Potrebno je odabrati odgovarajuću vakuum pumpu u skladu sa veličinom sistema koji se vakuumira kako bi se postiglo odgovarajući (preporučeni) nivo vakuuma u skladu sa zahtjevima proizvođača sistema.

Prije upotrebe vakuum pumpe potrebno je provjeriti nivo ulja u vakuum pumpi. Ulje u vakuum pumpi potrebno je redovito mijenjati jer tokom vakuumiranja dolazi do kontaminacije ulja. Promjena ulja zavisi od nivo kontaminacije i u skladu sa preporukama proizvođača vakuum pumpe.

Također pre upotrebe vakuum pumpe potrebno je testirati rad pumpe i zagrijati ulje u pumpi radom bez opterećenja.

3.4 Vakuumiranje sistema da bi se eliminisao vazduh i vlaga u skladu sa kodom dobre prakse

Vakuumiranje sistema treba uvijek izvršiti prilikom instalacije ili servisiranja i održavanje sistema, nakon sprovedenog testa pod pritiskom a prije punjenja sistema.

Vakuumiranje traje sve dok se ne postigne željeni / preporučeni nivo vakuumu sa strane proizvođača sistema.

Praćenje vakuumu u sistemu vrši se **isključivo vakuummetrima**.

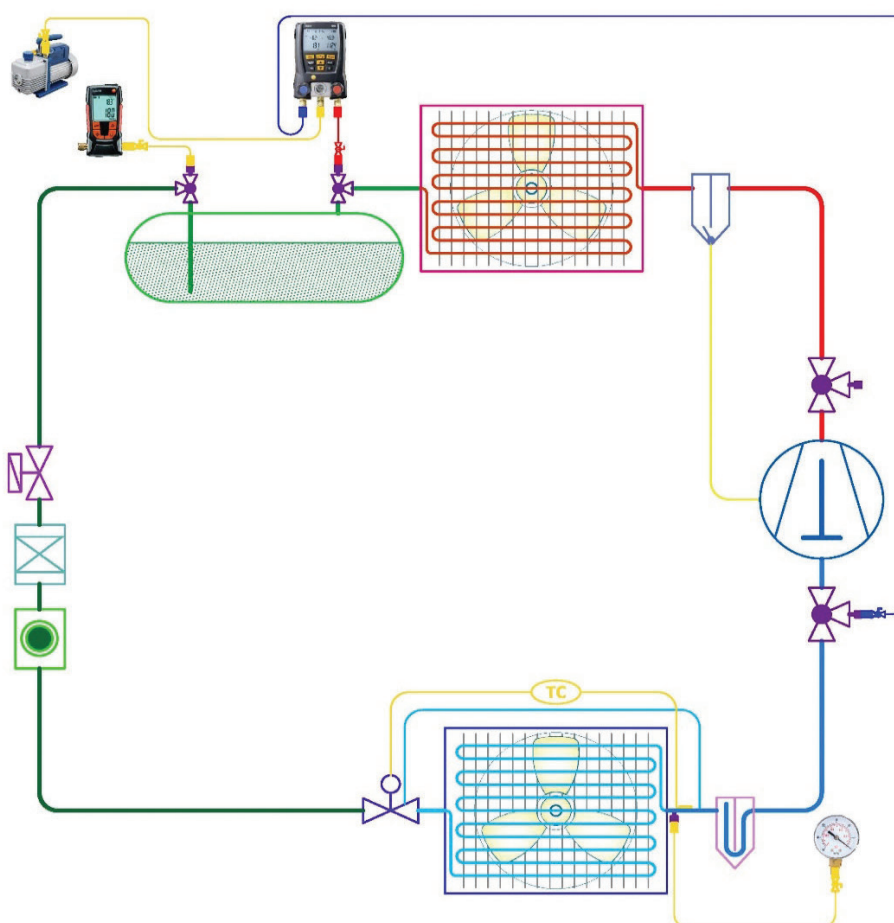
Standardna mehanička manometarska grupa daje samo informaciju da je sistem u vakuumu ali ne daje informaciju o dostignutom nivou vakuumu.

Ukoliko se koristi elektronska manometarska grupa treba provjeriti u specifikaciji uređaja koja je klasa tačnosti i da li proizvođač daje garanciju o tačnosti mjerenja kada je sistem u vakuumu.

Vakuumiranje se radi povezivanjem vakuum pumpe sa manometarskom grupom preko koje povezujemo sistem na strani visokog i niskog pritiska. U slučaju da su na sistemu ugrađeni elektromagnetni ventili potrebno je otvoriti ventile kako bi spriječili da dijelovi sistema ostanu izolovani.

Preporuka je mjerenje vakuumu u sistemu što dalje od vakuum pumpe. Potrebno je mjeriti stranu visokog i niskog pritiska odvojeno.

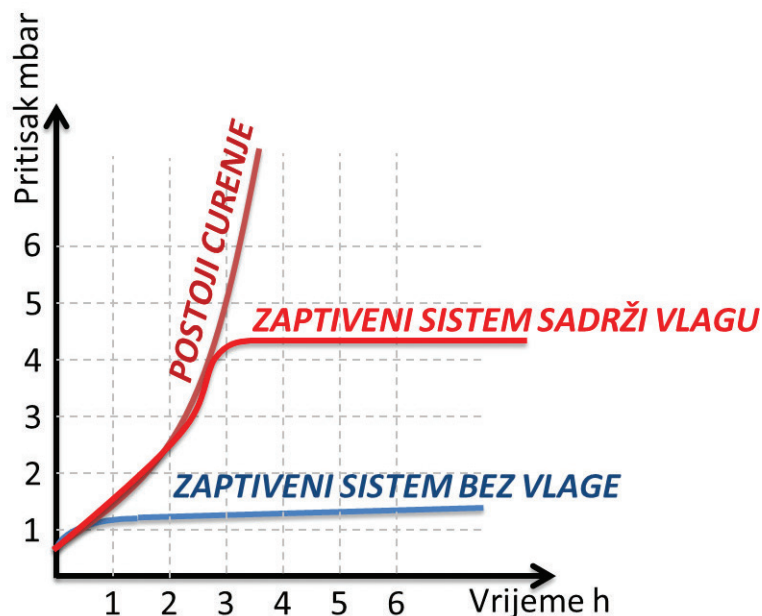
Na slici ispod prikazana je način povezivanja sistema kako bi se sprovela procedura vakuumiranja.



Slika 3.6: Povezivanje sistema za sprovođenje postupka vakuumiranja

Kada se dostigne željeni/preporučeni nivo vakuuma, zaustaviti pumpu i ostaviti sistem određeno vrijeme (oko pola sata do sat za male hermetičke sisteme ili nekoliko sati za velike) da bi se provjerilo da li dolazi do porasta pritiska u sistemu.

Na slici ispod prikazane su mogućnosti koje se mogu dogoditi nakon određenog vremena.



Slika 3.7: Promjena vakuuma u instalaciji tokom vremena

Slučaj 1: Postoji propuštanje

Nakon određenog vremena dolazi do gubljenja vakuuma. Ovo znači da postoji propuštanje i treba se uraditi test pod pritiskom.

Slučaj 2: Zaptiveni sistem sadrži vlagu

Nakon određenog vremena dolazi do gubljenja dostignutog nivoa vakuuma ali se sistem smiri i ostaje u podpritisu. Ovo znači da nema propuštanja ali da sistem sadrži još vlage. U ovom slučaju potrebno je nastaviti vakuumiranje sistema ili razbiti vakuum suhim azotom i opet započeti postupak vakuumiranja do postizanje željenog nivoa vakuuma.

Slučaj 3: Zaptiveni sistem bez vlage

Nakon određenog vremena dolazi do blagog remećenja dostignutog nivoa vakuuma ali se sistem smiri i ostaje u na tom nivou. Ovo znači da nema propuštanja i da sistem je sistem suh i može se nastaviti punjenjem sistema.



NAPOMENA

VAKUUMIRANJE SISTEMA JE SAMO POTVRDA NEPROPUSNOSTI SISTEMA, ALI SE VAKUUMIRANJEM NIKAD NE TESTIRA NEPROPUSNOST SISTEMA.

Ukoliko nije dostupna informacija o preporučenom nivou vakuuma u tabeli ispod prikazane su preporuke o željenom nivou vakuuma. Pošto se vakuumiranjem otklanja vlaga iz sistema u prvoj tabeli prikazana je temperatura ključanja vode u zavisnosti od pritiska, dok je u drugoj tabeli prikazan željeni nivo vakuuma u različitim mjernim jedinicama.

Tabela 3.5: Temperatura ključanja vode u zavisnosti od pritiska

Temperatura ključanja vode u zavisnosti od pritiska			
Temperatura ključanja vode u °C	Vakuum u inčima živinog stuba	kPa	Mikroni Hg
100	0	0	759.968
80	15,94	-53,87	355.092
60	24,04	-81,25	149.352
40	27,75	-93,79	55.118
22,22	19,12	-98,42	20.320
11,67	29,52	-99,77	10.160
0	29,72	-100,5	4.572
-6,11	29,82	-100,7	2.540
-14,44	29,87	-100,9	1.270
-31,11	29,91	-101,09	254

Tabela 3.6: Željeni nivo vakuuma u različitim jedinicama mjera

Željeni nivo vakuuma u različitim jedinicama mjera			
SI jedinice	Standardna atmosfera	1 bar (apsolutno)	Željeni nivo vakuuma (apsolutni)
bar	1,01325 bar	1 bar	0,001 bar
kiloPascal	101,3 kPa	100 kPa	0,10 kPa
Mikron H ₂ O	1.013.250 microns	1.000.000 microns	1.000 microns H ₂ O
milibar	1013,25 mbar	1.000 mbar	1 mbar
Pascal (Pa)	101,325 Pa	100.000 Pa	100 Pa
Jedinice koje nisu SI			
Inč žive	30,5 inHg	29,5 inHg	0,030 inHg
mm žive	760 mmHg	750 mmHg	0,75 mmHg (750 microns Hg)
(Torr)	760 Torr	750 Torr	0,75 Torr
Funte (sile) po kvadratnom inču	15,0 psi	14,5 psi	0,015 psi

Nakon sprovedene procedure vakuumiranja sistema instalater ili serviser treba pripremiti izvještaj o sprovedenoj proceduri vakuumiranja. Zakonski propisani obrazac o izgledu izvještaja ne postoji. U tabeli ispod prikazan je prijedlog izvještaja koji se može koristiti da bi se pripremio izvještaj o sprovedenoj proceduri vakuumiranja u skladu sa kodom dobre servisne prakse.

Tabela 3.7: Prijedlog izvještaja o sprovedenoj proceduri vakuumiranja

OSNOVNE INFORMACIJE O OPERATERU			
Naziv pravnog lica ili preduzetnika/operatera:			
Adresa:			
Kontakt informacije	Telefon:	Faks:	E-mail:
Kontakt osoba operatera			
OSNOVNE INFORMACIJE O RASHLADNOJ I KLIMATIZACIONOJ OPREMI I/ILI TOPLOTNOJ PUMPI			
Vrsta stacionarne opreme			Serijski broj:
Opis (tehnički podaci)			Hermetički zatvoren: da/ne
Lokacija opreme			
Datum ugradnje ili isporuke:			
Vrsta rashladnog ili drugog sredstva			
Količina kontrolisane supstance ili mješavine sadržane u proizvodu ili opremi (kg):			
INFORMACIJE O SPROVEDENOM POSTUPKU VAKUUMIRANJA			
☐ Test pod pritiskom da bi se provjerila čvrstoća instalacije (strength pressure test) ☐ Test pod pritiskom da bi se provjerila nepropusnost instalacije (tightness test)			
	strana visokog pritiska	strana niskog pritiska	Vreme trajanje testa (čas)
Preporučeno / željeno nivo vakuuma			
Dostignuto nivo vakuuma			
Pritisak nivo vakuuma / ambijentna temperatura nakon završetka vakuumiranja $P_1 / T_{amb.1}$			Gas koji se koristi za test pod pritiskom
Pritisak / ambijentna temperatura nakon vreme trajanja testa $P_2 / T_{amb.2}$			Formula za proračun ⁵ $P_2 = P_1 \cdot \frac{T_{amb.2}}{T_{amb.1}}$
Proračun promjene pritiska P_2 zbog promjene ambijentne temperature			
Komentar:			

⁵ Za potrebe proračuna uzima se apsolutni pritisak ($P_{gauge} + 1$), i termodinamička temperatura, Kelvinov stepen ($T\text{ }^{\circ}\text{C} + 273$)

4. Provjere propuštanja

Propuštanje je nekontrolisano ispuštanje supstanci koje oštećuju ozonski omotač i/ili alternativnih supstanci iz proizvoda i opreme koji ih sadrže, uključujući i cilindre za rashladne fluide.

Rashladni i klimatizacioni sistemi su dizajnirani za rad sa tačno određenom količinom punjenja rashladnim fluidom. Ako se utvrdi da u sistemu nema dovoljno rashladnog fluida mora se izvršiti provjera propuštanja, popravka i ponovno punjenje.

Provjere propuštanja kod rashladnih, klimatizacionih sistema i toplotnih pumpi sa punjenjem većim od 3 kg rashladnog fluida je zakonska obaveza u Bosni i Hercegovini.

Ovaj dio sadrži informacije o provjeru propuštanja na RACHP sistemima u skladu sa kodom dobre prakse i važećoj regulativi u Bosni i Hercegovini.

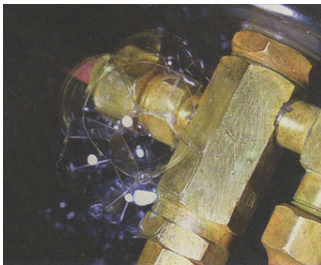
4.1 Poznavanje potencijalnih tačka propuštanja kod rashladne i klimatizacione opreme i toplotnih pumpi

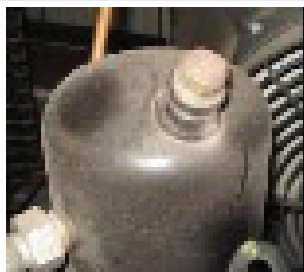
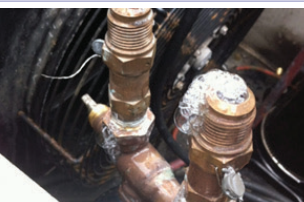
Postoje više faktora koju mogu da dovedu do propuštanja rashladnog fluida. Faktori koji mogu dovesti do propuštanja su:

- Dizajn samog sistema i kvalitet materijala koji je korišten (česte promjene u vrijednostima pritiska i temperature u sistemu za koje on nije predviđen ili pogrešni izbor materijala);
- Tipovi veza (razdvojive ili nerazdvojive);
- Uvijanje cijevi i njihovo fiksiranje (loš kvalitet radova tokom instalacije i loše spajanje materijala);
- Vibracije tokom rada sistema i mehaničko habanje materijala;
- Kvalitet izvedenog fabričkog testa pod pritiskom, test pod pritiskom tokom instalacije ili pri prvom punjenju;
- Loša kontrola kvaliteta (određeni sklopovi instalacije, cijelog sistema, kvalitet radova itd.);
- Nepravilno održavanje ili održavanje sa strane nekvalifikovanog osoblja, nedostatak preventivnog održavanja i redovne kontrole propuštanja;
- Ostali faktori (korozija, slučajna oštećenja, itd.)

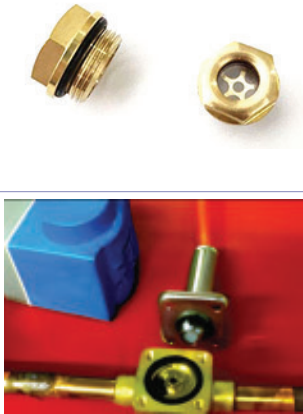
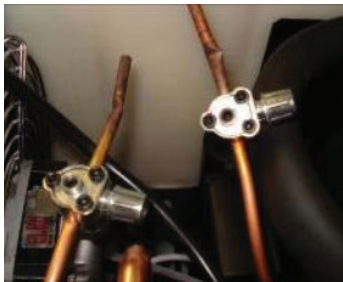
Kritična mjesta propuštanja na određenim elementima sistema, najčešći razlozi pojave propuštanja kao i preporuke za prevenciju propuštanja prikazani su u tabeli ispod.

Tabela 4.1: Kritična mjesta propuštanja

Mjesto propuštanja	Vjerovatan razlog	Preporuka
1. Zaustavni ventili, servisni ventili i loptasti ventili		
 	► Pojava korozije tokom vremena zbog različitih vrsta materijala koji su korišteni; ► Pregrevanje lemljenih spojeva tokom montaže; ► Zaštitne kapice nisu postavljene; ► Prekomjerno zatezanje rastavljivih veza ► Pohabanost zaptivke između tijela ventila i osovine zbog starenja i upotrebe.	✓ Uvijek vratiti zaštitne kapice nakon instalacije, održavanja i servisiranja; ✓ Tokom lemljenja umotati ventil vlažnom tkaninom; ✓ Provjeriti zaptivače i spojeve da li su dobro zategnuti (ne previše).
2. Servisni igličasti (schrader) ventili		
 	► Oštećenje tijela ventila prilikom lemljenja; ► Iglica ventila nije dobro namještena pri montažu nakon lemljenja ili zamjene; ► Oštećenja unutrašnjeg zaptivača tokom vremena; ► Zaštita kapica nije postavljena ili nema o-prstena.	✓ Obavezno odstraniti igličasti ventil prilikom lemljenja; ✓ Koristiti odgovarajući alat za promjenu iglice; ✓ Provjeriti da li zaštitna kapica ima o-prsten i da je namještena i zategnuta.
3. Razdvojive veze		
 	► Popuštanje armature - holendera zbog termičkih promjena tokom rada posebno na izlazu iz ekspanzionog ventila; ► Loša priprema veze (izaziva propuštanje od početne instalacije); ► Prekomjerno zatezanje koje dovodi do oštećenja konusa na razdvojivoj vezi; ► Nedovoljno zategnuta veza.	Gdje je moguće, izbjegavati upotrebu razdvojive veze. Ako se ne može izbjeći: ✓ Koristiti odgovarajuću dimenzije holendera i cijevi; ✓ Koristiti profesionalni alat za sječenje cijevi i izradu konusa; ✓ Provjeriti konus na bakarnoj cijevi; ✓ Podmazivati alat za izradu konusa; ✓ Ne pretezati navrtke – koristiti moment ključ

Mjesto propuštanja	Vjerovatan razlog	Preporuka
4. Mehanički spojevi i flanše (prirubnice)		
	▶ Neravnomjerno zatezanje prirubnice; ▶ Nepravilno postavljena veza, zaptivač nije postavljen; ▶ Nepravilna sila pritezanja ili pogrešna procedura pritezanja; ▶ Pogrešni materijal i dimenzije zaptivke.	✓ Izbjegavati korištenje PTFE zaptivača za HFC supstance; ✓ Zamijeniti zaptivač na flanši; ✓ Odstraniti ostatke starog zaptivača pre postavljanje novog zaptivača; ✓ Pritezanje vijaka na prirubnici raditi podjednakim momentom i unakrsno (kroz najmanje tri prolaza); ✓ Koristiti moment ključ za finalno pritezanje.
		
5. Sigurnosni ventili		
	▶ Zaštitni čepovi protiv prevelikog pritiska izrađeni su od različitih materijala i postoji opasnost da popuste zbog temperaturnog i/ili opterećenje pritiskom tokom korištenja; ▶ Sigurnosni ventil se ne zatvori dobro kada pritisak u sistemu padne ispod pritiska na kome se on otvara, tako da nastavi da curi.	✓ Kad god je moguće zamijeniti zaštitne čepove sigurnosnim ventilima; ✓ Tokom provjere propuštanja obavezno provjeriti ove tačke; ✓ Ako postoji propuštanje na sigurnosnom ventilu, promijeniti ventil ekvivalentnim, kao onaj koji je ugrađen.
		
6. Zaptivke na osovini kompresora (kod otvorenog tipa kompresora)		
	▶ Gubitak ulja iz zaptivača na osovini je indikacija da postoji propuštanje rashladnog fluida; ▶ Problemi sa podmazivanjem; ▶ Neodgovarajuća veličina novog zaptivača; ▶ Problem sa osovnom ili ležajevima.	✓ Prekontrolisati sistem i isticanje ulja iz sistema; ✓ Provjeriti propuštanje kada je kompresor isključen; ✓ Prilikom promjene koristiti originalne zaptivače;

Mjesto propuštanja	Vjerovatan razlog	Preporuka
7. Kondenzator		
	Vodom hlađeni kondenzatori ▶ Korozija dijelova kao posljedica netretiranja vode za hlađenje; ▶ Svaka voda koja sadrži fluor može izazvati koroziju, kao i kiseli rastvori kao što su neki proizvodi za čišćenje kondenzatora.	Vodom hlađeni kondenzatori ✓ Tretman vode koja prolazi kroz kondenzator; ✓ Redovna kontrola i praćenje nivoa korozije; ✓ Redovno održavanje i monitoring sistema. Ako se propuštanje javi na jednoj cijevi ta se cijev izoluje iz toka rashladnog fluida, ali je često pogrešno mijenjati samo jednu cijev jer su vjerovatno i druge cijevi u sličnom stanju;
	Vazduhom hlađeni kondenzatori ▶ Korozija zbog agresivne sredine; ▶ Spoljašnja oštećenja od stranih tijela u struji vazduha ili vremenske nepogode, npr. grad; ▶ Korištenje neprikladnih hemikalija za čišćenje; ▶ Vibracije koje se prenose uzrokuju prerano otkazivanje snopa cijevi.	Vazduhom hlađeni kondenzatori ✓ U zavisnosti od dizajna cijevi mogu se testirati jedna po jedna u nizu. ✓ Provjeriti koljena kondenzatora i potražiti tragove ulja; ✓ Kad se mijenja kondenzator odabir napraviti pažljivo, naročito ako se postavlja u agresivnoj sredini; ✓ Redovno održavanje i čišćenje kondenzatora (obratiti pažnju na lamele, popraviti/zamijeniti neispravne ventilatore).
8. Prekidači pritiska - presostati		
	▶ Vibracije spojnica pod pritiskom mogu dovesti do pucanja spojnice na presostatu; ▶ Oštećenje spojnice; ▶ Oštećenje kao posljedica hidrauličnog udara; ▶ Oštećenje na vezi prekidača; ▶ Loše oslonjeno ili pričvršćeno tijelo presostata.	✓ Koristiti fleksibilni vezu kad god je moguće; ✓ Osigurati da se spojnice pod pritiskom ne taru o neke cijevi ili površine koje vibriraju; ✓ Koristiti razdvojive veze i standardne adaptere kad se koristi bakarna cijev; ✓ Koristiti dupli presostat kad god je moguće; ✓ Potruditi se da tijelo presostata bude pravilno podržano i pričvršćeno; ✓ Tokom provjere propuštanja obavezno provjeriti ove tačke.

Mjesto propuštanja	Vjerovatan razlog	Preporuka
9. O-prsteni / zaptivači		
	▶ Habanje, stvrdnjavanje ili spljoštenost posebno kada su zaptivači izloženi ekstremnim temperaturama; ▶ Propuštanje nakon retrofita zbog različite reakcije sa novim uljem; ▶ Loš materijal ili dimenzija.	✓ Pri promjeni o-prstena / zaptivača obratiti pažnju da materijal odgovara rashladnom fluidu u ulju koje se koristi; ✓ Namazati o-prsten / zaptivač kompresorskim uljem prije nego što se namjesti; ✓ Prilikom promjene provjeriti okruglost i elastičnost naročito ako se nekim slučajem želi koristiti stari o-prsten / zaptivač.
10. Kapilarne cijevi i ekspanzioni uređaji		
	▶ Pucanje zbog lošeg pričvršćivanja; ▶ propuštanja na mjestu gdje kapilara / ekspanzioni uređaj ulazi u ulaznu cijev isparivača.	✓ Provjeriti da li su kapilarne cijevi dobro pričvršćene i ne vibriraju.
11. Linijski zatvarači i ventili		
	▶ Loš fitting ili nagnječen kraj cijevi; ▶ Upotreba pogrešne ili nestandardne dimenzije priključaka; ▶ Razlabavljeni poklopac servisnog ventila zbog vibracije u sistemu.	✓ Koristiti samo standardne i odgovarajuće dimenzije priključaka; ✓ Zamijeniti linijski ventil za ulaz u sistem i zalemiti igličasti (schrader) ventil – ne ostavljati linijske ventile na sistemu; ✓ Redovna kontrola propuštanja na ovim mjestima.
12. Lukovi na isparivačima i kondenzatorima		
	▶ Korozija izazvana hemijskom reakcijom na lukovima kondenzatora i isparivača. Pošto je bakar koji se koristi za izmjenjivače toplote tanji od normalnog, a dodatno je istanjen usljed savijanja, mala oštećenja u strukturi materijala ili agresivna sredina mogu izazvati pojavu propuštanja rashladnog fluida	✓ Provjeru propuštanja na lukovima raditi veoma pažljivo naročito u agresivnoj sredini (npr. fabrike hrane gdje se pranje vrši hlorisanom vodom, u vinarijama i fabrikama sirćeta ili blizu mora); ✓ Ako isparivač ili kondenzator moraju se mijenjati odabrati materijal koji je manje osjetljiv na oštećenje kao što su premazani ili galvanizirani blokovi toplotnih peraja; ✓ Kada se koriste hemijska sredstva za čišćenje obratiti pažnju da se na kraju čišćenja dobro isperu.

Mjesto propuštanja	Vjerovatan razlog	Preporuka
13. Kadice za otapanje i cijev za otapanje		
	► Korozija potisne linije zbog kontakta sa vazduhom ili vodom.	✓ Uvijek provjeriti propuštanja u kadici za isparavanje i provjeriti stanje cjevovoda. Ako je cjevovod korodirao zamijeniti cijevi prije nego što propadnu; ✓ Gdje je moguće zamijeniti cijevi sa onim koje su obložene plastikom kako bi im se značajno produžio radni vijek.

Spojevi i komponente koje se nalaze na strani visokog pritiska i tečne faze rashladnog fluida najozbiljnija su mjesta potencijalnog propuštanja u odnosu na količinu i brzinu propuštanja.

Strana niskog pritiska je kritična kada instalacija radi u vakuumu, jer tada sistem usisava okolni vazduh, samim tim i vlagu, što dovodi do zagađenja sistema i time povećava troškove održavanja.

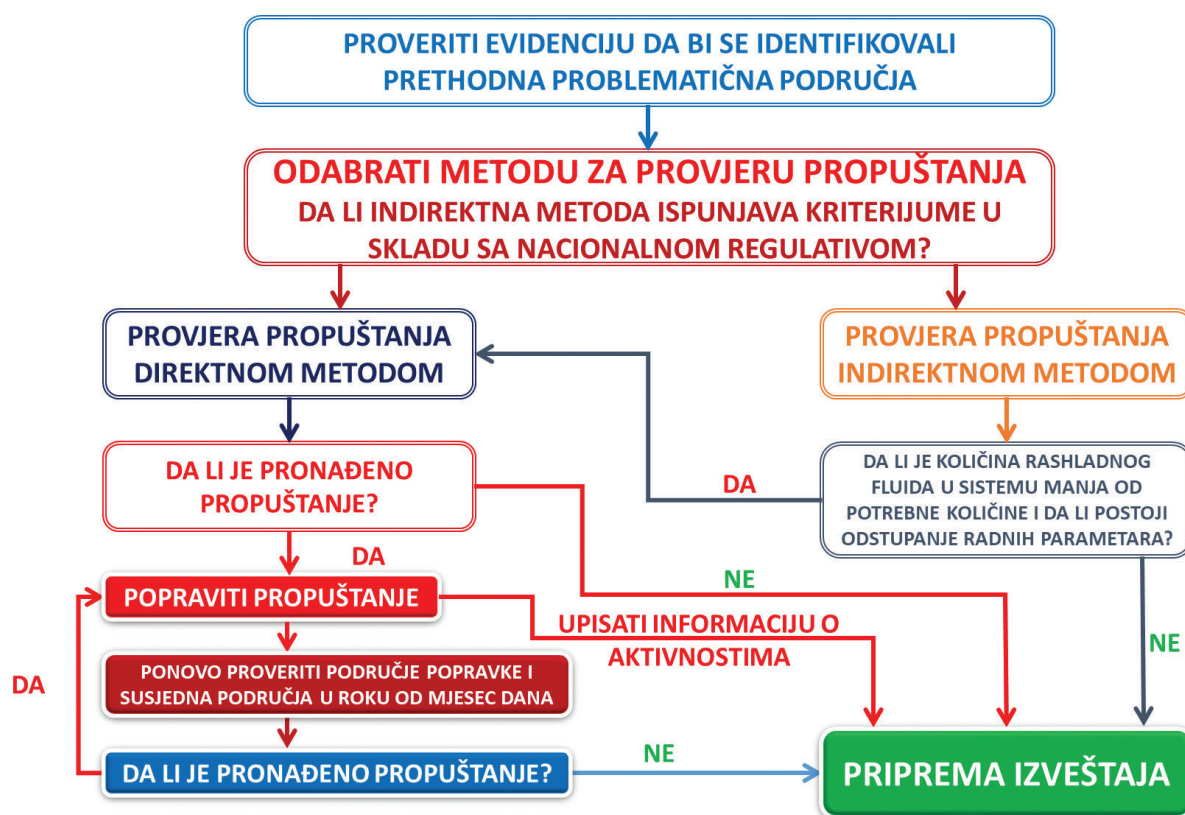
4.2 Provjera evidencije opreme pre provjere propuštanja i identifikacija relevantnih informacija o svim ponavljajućim problemima ili problematičnim oblastima na koje treba obratiti posebnu pažnju

Kako je već navedeno, provjera propuštanja RACHP sistema sa količinom punjenja od 3 i više kilograma je zakonska obaveza.

U skladu sa nacionalnim važećim propisima u Bosni i Hercegovini, obaveza operatera je da obezbedi redovnu provjeru propuštanja u skladu sa frekvencijom koja je propisana u odnosu na količinu punjenja. Samo ovlašteni serviser može sprovoditi proceduru provjeru propuštanja.

Rezultati sprovedenih provjera propuštanja navode se u propisanom obrascu – Obrazac evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi koje sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci.

Sama provjera propuštanja započinje provjerom izvještaja (popunjenih obrazaca) o sprovedenim servisnim aktivnostima. Na slici ispod prikazana je procedura provjere propuštanja u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini.



Slika 4.1: Sprovođenje provjere propuštanja u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini

4.3 Vizualni i ručni pregled cijelog sistema u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini

Servisni tehničari imaju ključnu ulogu u obezbjeđivanju da sistem funkcioniše sa projektovanim efikasnošću i da ostaje nepropustan tj. bez propuštanja. Propuštanje rashladnog fluida doprinosi do direktnih i indirektnih troškova. Direktni troškovi su:

- radovi na popravci sistema;
- trošak novog rashladnog fluida; i
- ostali troškovi prouzrokovani zastojem rada sistema, nabava rezervnih dijelova, itd.

Indirektni troškovi povezani su sa energetsom efikasnošću sistema, odnosno povećanjem potrošnje električne energije.

Ovo znači da provjera propuštanja predstavlja kod dobre servisne prakse pored toga što je i zakonska obaveza kod sistema koji imaju punjenje od 3 i više kilograma rashladnog fluida.

U skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini propisana je obaveza provjere propuštanja. Provjera propuštanja sprovodi se provjerom kritičnih tačaka propuštanja. Kritične tačke propuštanja navedeni su u djelu 4.01 - Poznavanje potencijalnih tačaka propuštanja kod rashladne i klimatizacione opreme i toplotnih pumpi. Prije korištenje određene metode provjere propuštanja vrši se vizualni i ručni pregled cijelog sistema. Ako je bilo propuštanja rashladnog fluida tokom dužeg vremenskog perioda, na mjestu propuštanja mogu se pojaviti mrlje od ulja i prašine, pa je potrebno obrati pažnju na sva ta mjesta.

Vizualni i ručni pregled je samo uvod u proceduru provjere propuštanja. U skladu sa važećim propisima provjera propuštanja radi se korištenjem indirektna ili direktne metode.

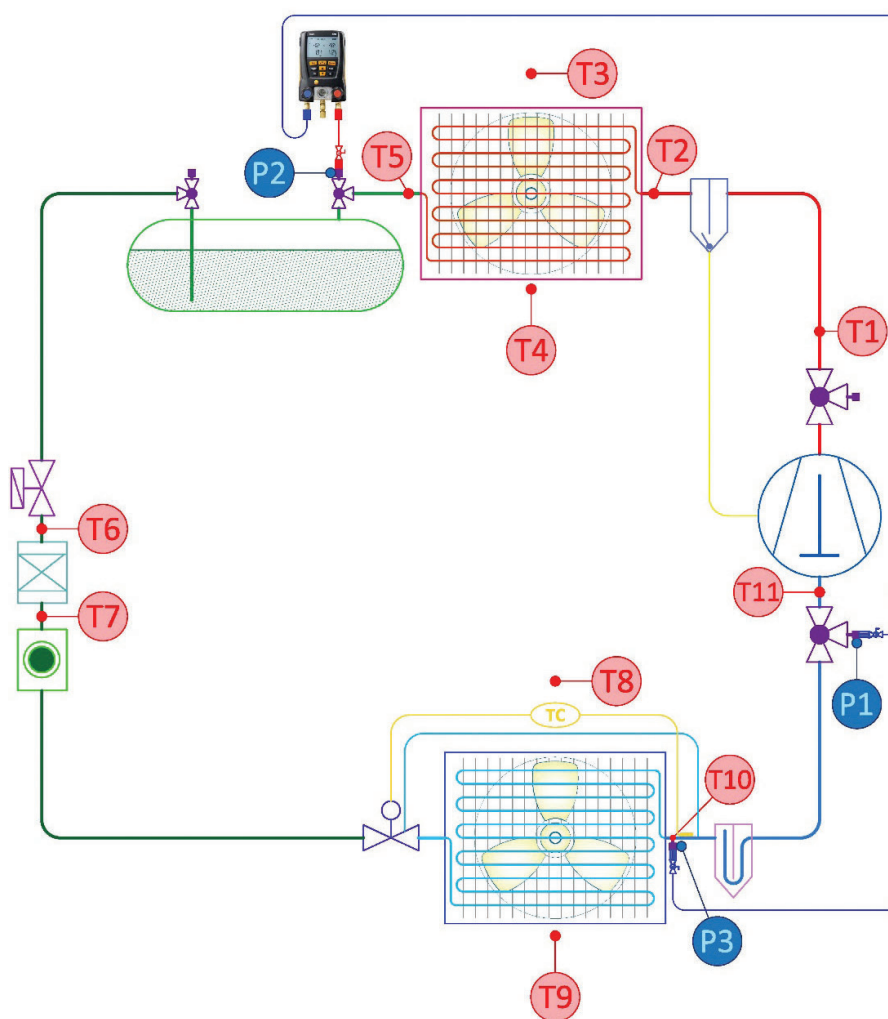
4.4 Provjera propuštanja sistema indirektnom metodom u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini i uputstvom za upotrebu sistema

Provjeru propuštanja radi ovlaštteni serviser, odnosno ovlašteno lice zaposleno kod ovlaštenog servisera.

Provjera propuštanja se sprovodi korištenjem direktne ili indirektno metode.

Prvi korak u detekciju propuštanja je mjerenje parametara sistema (pritisak, temperatura, jačina struje ili snaga kompresora, itd.).

Određivanje potencijalnog propuštanja na sistemu pomoću mjerenje parametara je indirektna metoda provjere propuštanja. Na slici ispod prikazane su mjerne tačke pritiska i temperature na jednom rashladnom sistemu.



Slika 4.2: Mjerne tačke pritiska i temperature na rashladnom sistemu

4.5 Korištenje prenosnih mjernih uređaja kao što su manometarski setovi, termometri i multimetri za mjerenje Volt/Amper/Om u kontekstu indirektnih metoda za provjeru propuštanja i interpretiranje izmjerenih parametre

Da bi se obavila provjera propuštanja korištenjem indirektnih metoda potrebno je koristiti neophodnu opremu kao što su manometri, termometri, multimetri (unimeri), itd. Tumačenje izmjerenih podataka dovode do procjene da li postoji sumnja u propuštanje ili ne.

U poglavlju 1.02 - Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi) u dijelu "Osnove teorije rashladnih sistema" u tabeli 1.6 prikazana su iskustvena pravila za temperature kondenzacije i isparavanja u zavisnosti od tipa kondenzatora i isparivača, koje se koriste u razmatranju rada rashladnih sistemima. Ova iskustvena pravila prikazana su još jednom u tabeli ispod.

Tabela 4.2: Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja

Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja	
Kondenzacija	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod vazduhom hlađenog kondenzatora sa prinudnom cirkulacijom: $t_{kond.} = 12 \text{ do } 18^{\circ}\text{C}$ iznad ulazne temperature okolnog (ambijentalnog) vazduha. Usvaja se: $t_{kond.} = t_{amb.} + 15^{\circ}\text{C}$
	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod vodom hlađenog kondenzatora usvaja se: $t_{kond.} = t_{ul. voda} + 10^{\circ}\text{C}$
	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod evaporativnog kondenzatora usvaja se: $t_{kond.} = t_{okolnog vazduha po vlažnom termometru} + 10^{\circ}\text{C}$
Isparavanje	Temperatura isparavanja rashladnog fluida u isparivaču za hlađenje vazduha / vode usvaja se: $t_{isparavanja} = t_{željena temperatura prostora / vode} - (7 \text{ do } 10^{\circ}\text{C})$

Mjerenje struje koju kompresor troši je još jedan od indikatora nedostatka rashladnog fluida.

Ako je izmjerena struja koju utroši kompresor, kod on/off kompresora, manja od nominalne (data na fabričkoj tablici kompresora), ili ako kompresor radi na nižim frekvencijama iako je zahtjev za hlađenje velik i trebalo bi da radi punom snagom, to predstavlja indicaciju nedostatka rashladnog fluida u sistemu.

Ako je izmjerena struja koju troši kompresor viša od nominalne, možda je sistem prepunjen, ili je rashladni fluid neodgovarajućeg kvaliteta (postoje nekondenzirajući gasovi u sistemu, loš kvalitet kompresorskog ulja, itd.), to je opet indikator da je potrebno izvršiti detaljniji pregled sistema.

Istorijat alarma također je indicacija lošeg rada sistema i potrebno je izvršiti detaljniji pregled sistema.

4.6 Provjeru propuštanja sistema direktnom metodom u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini i uputstvom za upotrebu sistema

Direktna metoda provjere propuštanja podrazumijeva korištenje dopunskih alata. Postoje tri direktne metode za provjeru propuštanja sistem:

- Korištenje ultraljubičaste lampe (fluorescentna detekcija curenja);
- Test sapunicom i mjehurićima; i
- Korištenje elektronskih detektora propuštanja.

Metoda korištenjem ultraljubičaste lampe koristi se samo ako je metoda odobrena sa strane samog proizvođača opreme.

Testom sapunicom i mjehurićima otkrivaju se propuštanja od 250 grama i više na godišnjem nivou, dok se korištenjem elektronskih detektora propuštanja mogu se otkriti propuštanja tačnosti od 3 grama na godišnjem nivou u zavisnosti od tačnosti samog elektronskog detektora.

Sve tri metode direktne provjere propuštanja su u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovine. Ipak preporuka je provjeru propuštanja sprovoditi korištenjem elektronskih detektora propuštanja.

Provjera propuštanja korištenjem ultraljubičaste lampe

Kako je već navedeno, metoda korištenjem ultraljubičaste lampe koristi se samo ako je metoda odobrena sa strane samog proizvođača opreme.

Ova procedura provjere propuštanja se primjenjuje samo kada dolazi do propuštanja na sistemu koje nismo u mogućnosti otkriti pomoću ostalih metoda. Njeno korištenje se ne preporučuje izuzev u posebnim slučajevima. Najčešće ovom metodom vrši se provjera propuštanja na vazduhom hlađenim kondenzatorima i isparivačima za hlađenje vazduha.

Za provjeru propuštanja korištenjem ove metode koristi se set koji se sastoji od sljedećih elemenata:

- UV lampa;
- Specijalno sredstvo (tečnost) koje se ubrizgava u sistem;
- Priključna crijeva;
- Ručna pumpa za ubrizgavanje tečnosti; i
- Zaštitne naočale.

Na slici ispod prikazan je set koji se koristi za ovu metodu.



Set za ispitivanje



UV tečnost

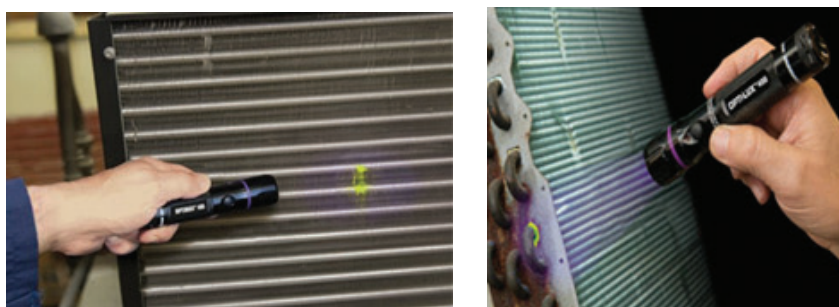
Slika 4.3: Set za provjeru propuštanja ultraljubičastom lampom

Ova metoda zahtijeva dodavanje fluorescentne boje u sistem. Boja se zatim miješa sa uljem i cirkuliše sa rashladnim fluidom u cijelom sistemu. U slučaju da rashladni fluid iscure, iscure i boja. Kada se sistem skenira lampom sa ultraljubičastim (UV) ili plavim svjetlom, boja sija jarkom žuto-zelenom bojom, precizno ukazujući na mjesto propuštanja.

Važno je da serviser koristi boju koju je odobrio proizvođač, da bi bila kompatibilna sa uljem u sistemu. Potrebno je imati na umu da boje koje sadrže rastvarače mogu negativno uticati na kvalitet podmazivanja ulja u sistemu, što može dovesti do preranog kvara kompresora.

Nakon upotrebe ove metode otkrivanja propuštanja rashladnog fluida, potrebno je sistem dobro očistiti i zamijeniti rashladni fluid i ulje.

Na slici ispod prikazan je test propuštanja korištenjem ultraljubičaste lampe.



Slika 4.4: Provjera propuštanja korištenjem ultraljubičaste lampe

4.7 Provjeru propuštanja sistema korištenjem jednu od direktnih metoda koje ne podrazumijevaju dovođenje do prekida rashladnog kruga u skladu sa kodom dobre prakse

Navedeni izraz “Korištenjem jednu od direktnih metoda koje ne podrazumijevaju dovođenje do prekida rashladnog kruga u skladu sa kodom dobre prakse” znači da se provjere propuštanja sprovode bez izvlačenja rashladnog fluida iz sistema, bez dodavanja tečnosti za test ultraljubičastom lampom i bez dopunjavanja sistema.

Ovo podrazumijeva da se provjera propuštanja može sprovesti testom sapunicom i mjehurićima ili korištenjem elektronskih detektora propuštanja.

Najstariji i najprimjenjivanija metoda detekcije propuštanja je provjera sapunicom. U suštini, rastvor sapuna se postavlja na sumnjiva mjesta propuštanja, obično sa prskalicom, četkom ili mazalicom. Teoretski, rashladni fluid koji izlazi će proizvesti mjehuriće na mjestu propuštanja. Međutim, veoma mala propuštanja (otkrivaju se propuštanja do 250 grama na godišnjem nivou) ili vjetroviti uslovi mogu izazvati neefikasnost ove metode.



Slika 4.5: Provjera propuštanja korištenjem testa sapunicom i mjehurićima

4.8 Korištenje elektronskih detektora propuštanja za detekciju propuštanja

Važeći propisi u Bosni i Hercegovini i kod dobre servisne prakse preporučuju korištenje elektronskih detektora propuštanja za provjeru propuštanja.

Postoje četiri različita tipa elektronskih detektora propuštanja.

- Korona-supresioni tip. Djeluje tako što stvara prsten visokog napona u senzorskom vrhu. Kada prsten detektuje rashladni fluid uređaj će oglasiti alarm. Ovaj tip detektora propuštanja je najstariji.
- Drugi tip detektora propuštanja je grijana dioda. Ovaj tip detektora radi na principu zagrijavanja rashladnog fluida i razbijanja molekula. Kada su molekuli razbijeni pojaviti će se pozitivno naelektrisani joni hlora ili fluora. Zagrijana dioda će otkriti ove jone i oglasiti alarm.

Nedostatak oba ova tipa detektora (grijane diode i korona-supresija) je što mogu biti preopterećeni ako je propuštanje rashladnog fluida preveliko. Ako je područje zasićeno rashladnim fluidom, onda se uključuje alarm i ne može se utvrditi kada je riječ o pravom curenju. Isto tako usljed velikog propuštanja može doći do oštećenja osjetljivih dijelova detektora.

- Infracrveni detektori rade tako što provlače uzorak vazduha preko optičkog senzora koji zatim analizira koliko infracrvenog zračenja ima u datoj oblasti. Prednosti ove tehnologije su da senzori traju mnogo duže, manje su skloni lažnim uzbunama, ne mogu biti preopterećeni u oblastima zasićenim rashladnim fluidom, a odlični su u pronalaženju onih malih propuštanja koja drugi detektori jednostavno neće osjetiti. Infracrveni detektori su vrhunski tipovi detektora na tržištu.
- Četvrti tip detektora, koji postoji već neko vrijeme, zove se ultrazvučni detektor. Ovi detektori ne rade tako što otkrivaju rashladni fluid, već detektuju zvuk koji rashladni fluid stvara prilikom propuštanja. Kada rashladni fluid curi, na primjer iz uređaja ili kompresora, stvara ultrasonični zvuk koji je toliko visoke frekvencije da ljudsko uho ne može da ga čuje..

Najbolja stvar kod ovog tipa detektora je to što reaguje pritiskom, a ne zapreminom rashladnog fluida. Nedostatak ovog tipa detektora je što reaguje i na druge zvukove iz okoline, koji ne dolaze iz uređaja na kojem se radi. Ovo posebno otežava njegovu primjenu u velikim poslovnim zgradama ili ako u okruženju postrojenja postoje druge mašine koje istovremeno funkcionišu.



Slika 4.6: Provjera propuštanja korištenjem infracrvenog elektronskog detektora propuštanja

4.9 Priprema izvještaja o sprovedenoj provjeri propuštanja u skladu sa propisima u Bosni i Hercegovini

Kako je već nekoliko puta navedeno, u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini, nakon sprovedene provjere propuštanja ovlašteno lice, kao predstavnik ovlaštenog servisa, rezultate sprovedene provjera propuštanja navodi u propisanom obrascu – Obrazac evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi koje sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci.

Zakonski propisani obrazac evidencije provjere propuštanja prikazan je ispod.

OBRAZAC EVIDENCIJE OPERATERA O KOLIČINAMA I VRSTI DODATIH KONTROLISANIH ILI ZAMJENSKIH SUPSTANCI, KOLIČINAMA SAKUPLJENIH KONTROLISANIH SUPSTANCI TOKOM ODRŽAVANJA, SERVISIRANJA I KRAJNJEG ODLAGANJA RASHLADNE I KLIMATIZACIONE OPREME, TOPLOTNIH PUMPI I SISTEMA ZA ZAŠTITU OD POŽARA KOJE SADRŽE 3 KILOGRAMA ILI VIŠE KONTROLISANIH, ODNOSNO ZAMJENSKIH SUPSTANCI

Naziv pravnog lica ili preduzetnika/operatera:			
Adresa:			
Kontakt informacije	Telefon:	Faks:	E-mail:
Kontakt osoba operatera			
Vrsta stacionarne opreme			Serijski broj:
Opis (tehnički podaci)			Hermetički zatvoren: da/ne
Lokacija opreme			
Datum ugradnje ili isporuke:			
Vrsta rashladnog ili drugog sredstva			
Količina kontrolisane supstance ili mješavine sadržane u proizvodu ili opremi (kg):			

DODATE KOLIČINE SUPSTANCE				
Datum	Serviser	Vrsta supstance	Dodana količina (kg)	Obnovljena supstanca vraćena u uređaj (kg) ¹

SAKUPLJANJE/UKLANJANJE RASHLADNOG ILI DRUGOG SREDSTVA				
Datum	Serviser ²	Vrsta rashladnog ili drugog sredstva	Uklonjena količina (kg)	Uzrok sakupljanja - uklanjanja

PROVJERA ISPUŠTANJA (ISKLJUČIVO SA NAKNADNOM PROVJEROM ISPUŠTANJA)					
Datum	Serviser	Provjereni dijelovi sistema	Rezultat	Izvedeni postupci	Da li je potrebna naknadna provjera ispuštanja

ODRŽAVANJE ILI SERVISIRANJE				
Datum	Serviser	Dio	Obavljene radnje održavanja/ servisiranja	Komentari ³

ISPITIVANJE AUTOMATSKIH SISTEMA ZA OTKRIVANJE ISPUŠTANJA (AKO POSTOJI)			
Datum	Serviser	Rezultat	Komentari

¹ Supstanca obnovljena od ovlaštenog serviser.

² Ovlašteni serviser navodi podatke o nazivu i adresi, osim ako djelatnost obavlja ovlašteni serviser - lice koje posjeduje odgovarajuće uvjerenje o stručnoj osposobljenosti i zaposleno je kod operatera.

³ Komentari mogu uključiti svaku sugestiju za operatera u vezi sa održavanjem opreme.

5. Pravilno postupanje sa sistemom i rashladnim fluidima tokom instalacije, održavanja, servisiranja ili sakupljanja

Ovaj dio sadrži informacije o pravilnom postupanju sa sistemom i rashladnim fluidima tokom instalacije, održavanja, servisiranja ili sakupljanja rashladnih fluida iz rashladnih i klimatizacionih sistema i/ili toplotne pumpe.

Kod dobre servisne prakse podrazumijeva obavezno prikupljanje rashladnog fluida iz sistema tokom održavanja i servisiranja. U nastavku biće prikazane procedure prikupljanja, reciklaže i regeneracije rashladnih fluida u skladu sa kodom dobre servisne prakse.

5.1 Priključivanje i razdvajanje manometarske grupe i priključnih crijeva uz minimalno propuštanja rashladnog fluida

U prvom poglavlju⁶ ovog priručnika bili su prikazani ventili koji se koriste na rashladnim i klimatizacionim sistemima i toplotnim pumpama.

Servisni tehničar ostvaruje komunikaciju sa sistemom preko servisnih ventila koji se nalaze na strani niskog i visokog pritiska.

Servisni ventili kako i ime kaže služe za komunikaciju servisnih tehničara sa rashladnim i klimatizacionim sistemom i toplotnom pumpom tokom servisiranja, odnosno za mjerenje radnih parametara, prikupljanje i punjenje sistema rashladnim fluidom i sprovođenje servisnih aktivnosti prema kodovima dobre servisne prakse, kao što su test pod pritiskom i vakuumiranje.

Najčešće se nalaze dve vrste servisnih ventila, takozvani rotalock servisni ventili (slika 5.1 lijevo) i igličasti (schrader) ventili (slika 5.1 desno). Rotalock servisni ventili pored toga što omogućavaju servisiranje, imaju mogućnost i spriječiti protok kroz ventil u određene dijelove instalacije, dok igličasti (schrader) ventili služe samo za komunikaciju servisnog tehničara sa sistemom bez mogućnosti sprečavanja protoka rashladnog fluida.

Na slici ispod prikazani su najčešće vrste servisnih ventila koji se koriste u rashladnim i klimatizacionim sistemima i toplotnim pumpama.



Servisni (rotalock) ventil



Servisni (schrader) ventil

Slika 5.1: Servisni ventili

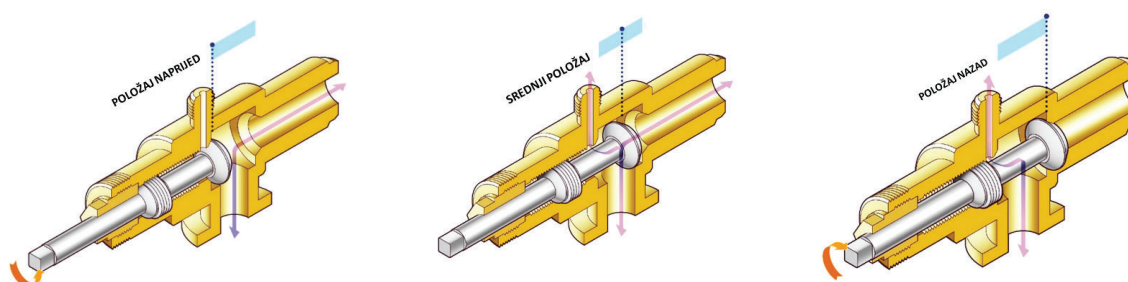
Kada na sistemu ima ugrađeni servisni (rotalock) ventil, servisni tehničar mora obratiti pažnju na položaj ventila kako ne bi došlo do propuštanja rashladnog fluida prilikom povezivanja ili ozljede samog servisnog tehničara.

⁶ Poglavlje 1: Osnovi termodinamike, tema 1.05: Poznavanje funkcije ostalih komponenti koje se upotrebljavaju u rashladnom sistemu njihove uloge i značaj za sprečavanje propuštanja rashladnog fluida, dio koji se odnosi na ventile

Servisni (rotalock) ventil ima tri položaja:

- Položaj naprijed – Ventil je u potpunosti okrenut u smjeru kazaljke na satu tako da je zaustavljen protok fluida ka kompresoru i iz njega. Protok ka servisnom priključku je otvoren ;
- Srednji položaj – Ventil ne naliježe ni na prednje ni na zadnje sjedište tako da je omogućen protok fluida i ka izlazu ventila i ka servisnom priključku; i
- Položaj nazad – Osovina ventila je u potpunosti okrenuta suprotno od smjera kazaljke na satu tako da je servisni priključak zatvoren, a omogućen protok fluida u sistemu. Ovo je normalna pozicija ventila tokom rada sistema.

Na slici ispod prikazani su položaji servisnog (rotalock) ventila.



Slika 5.2: Položaji servisnog (rotalock) ventila

Servisni ventili sa jedne strane i manometarska grupa se druge strane povezuju se servisnim crijevima u različitim bojama (crvena, plava i žuta).

Kako bi se smanjila količina rashladnog fluida koja ostaje u servisnim crijevima sa jedne strane, a i poboljšala bjezbednost servisnih tehničara sa druge strane, preporuka je koristiti servisna crijeva sa ventilima ili dopunski staviti loptaste ventile na kraju crijeva. Također, prije povezivanje crijeva potrebno je provjeriti stanje zaptivača na servisnom crijevu.

Na slici ispod prikazani su servisna crijeva sa ventilima, bez ventila, dopunski ventili, zaptivači i različite vrste adaptera koji se koriste da bi se manometarska grupa povezala sa sistemom preko servisnih crijeva.



Servisna crijeva sa ventilima



Servisna crijeva bez ventile



Dopunski loptasti servisni ventili



Zaptivači i depresori za servisna crijeva



Različite vrste adaptera

Slika 5.3: Servisna crijeva, zaptivači i različite vrste adaptera

Strana visokog pritiska sistema povezuje se servisnim crijevom crvene boje. Strana niskog pritiska sistema povezuje se servisnim priključkom plave boje. Servisno crijevo žute boje, je višenamjensko i koristi se za vakuumiranje sistema, punjenje ili izvlačenje kompresorskog ulja, kao i za punjenje sistema rashladnim fluidom.

Manometarska grupa sa servisnim crijevima je glavni alat servisnog tehničara. Servisni tehničari koriste mehaničku ili elektronsku manometarsku grupu. Na slici ispod prikazana je mehanička i elektronska manometarska grupa.



Mehanička manometarska grupa

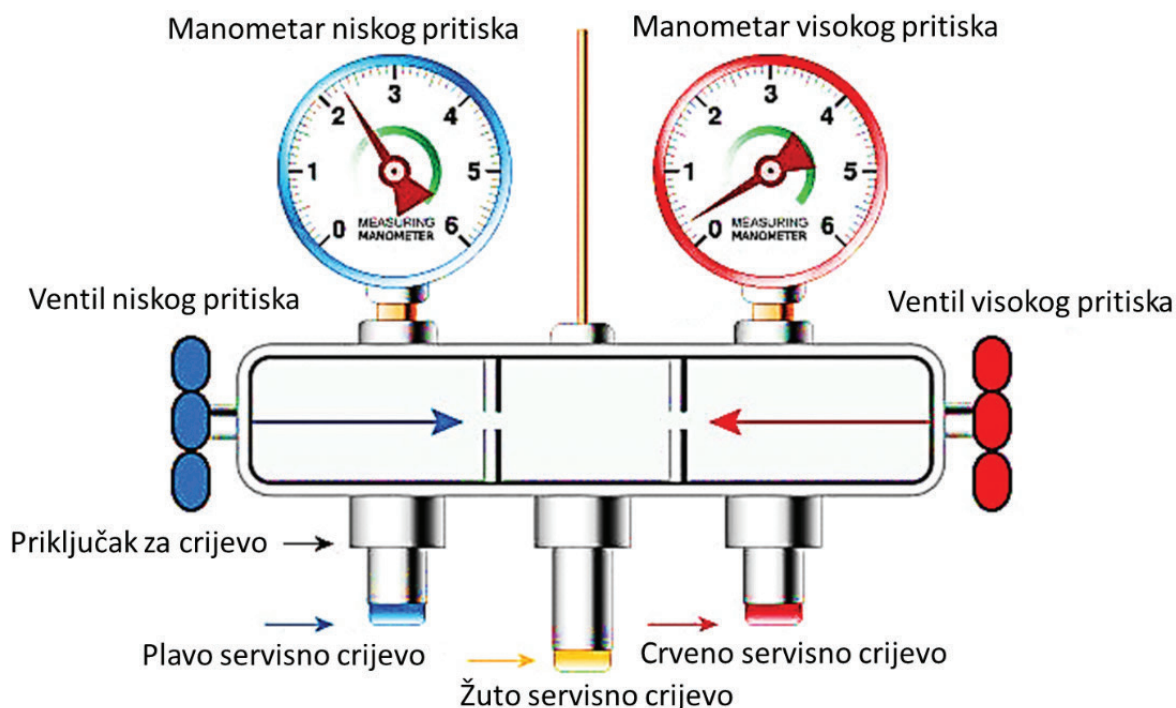


Elektronska manometarska grupa

Slika 5.4: Mehanička i elektronska manometarska grupa

Manometarska grupa može biti sa dva ili četiri ventila. Kada su ventili na strani visokog i niskog pritiska zatvoreni na manometru niskog i visokog pritiska mogu se vidjeti pritisci u sistemu na strani niskog i visokog pritiska. Ukoliko je manometarska grupa sa dva ventila onda otvaranjem ventila povezuje se središnji priključak manometarske grupe.

Na slici ispod prikazan je presjek manometarske grupe sa dva ventila.



Slika 5.5: Mehanička manometarska grupa sa dva ventila

Kod manometarskih grupa sa četiri ventila pored otvaranje ventila niskog ili visokog pritiska da bi se omogućio protok rashladnog sredstva potrebno je otvoriti i odgovarajući ventil na priključku na kojim želimo omogućiti protok rashladnog fluida.

5.2 Pražnjenje i punjenje cilindra za rashladne fluide u tečnom i u parnom stanju

Neki rashladni fluidi su na sobnoj temperaturi i atmosferskom pritisku u gasovitom stanju pa se transportuju i skladište u kondenzovanom stanju u posudama pod pritiskom, za koje se uobičajeno koristi naziv cilindar.

Cilindri su dizajnirani za gasove pod pritiskom koji se nalaze u tečnom stanju i moraju biti adekvatno označeni. Na snazi je veliki broj propisa kojima je regulisana proizvodnja, rukovanje i održavanje cilindara za rashladne fluide.

Uobičajeno je da svaki cilindar ima rasteretni ventil čija uloga je, da u slučaju prevelikog porasta pritiska u cilindru ispusti sadržaj kako bi se spriječilo pucanje cilindra. Do porasta pritiska može doći prilikom porasta temperature.

Postoje tri vrste cilindara za rashladne fluide:

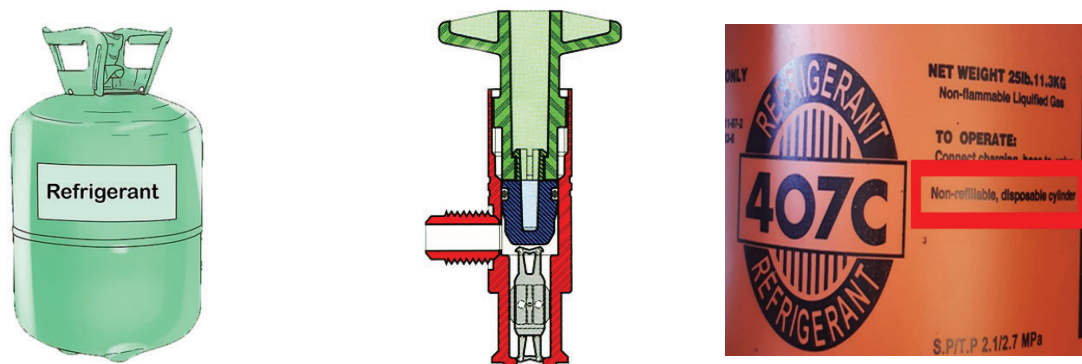
- Cilindri za jednokratnu upotrebu;
- Cilindri koji se mogu ponovo puniti; i
- Cilindri za prikupljanje (servisni cilindri).

Cilindri za jednokratnu upotrebu

Na svjetskom tržištu su dostupni cilindri za jednokratnu upotrebu odnosno cilindri koji se ne mogu puniti, takozvani “non-refillable, disposable cylinder”.

Korišteni su uglavnom u uslovima kada mreža snadbijevanja nije dovoljno razvijena ili kao jeftinije rješenje ako distributeri očekuju da njihovi cilindri koji se mogu puniti neće biti vraćeni.

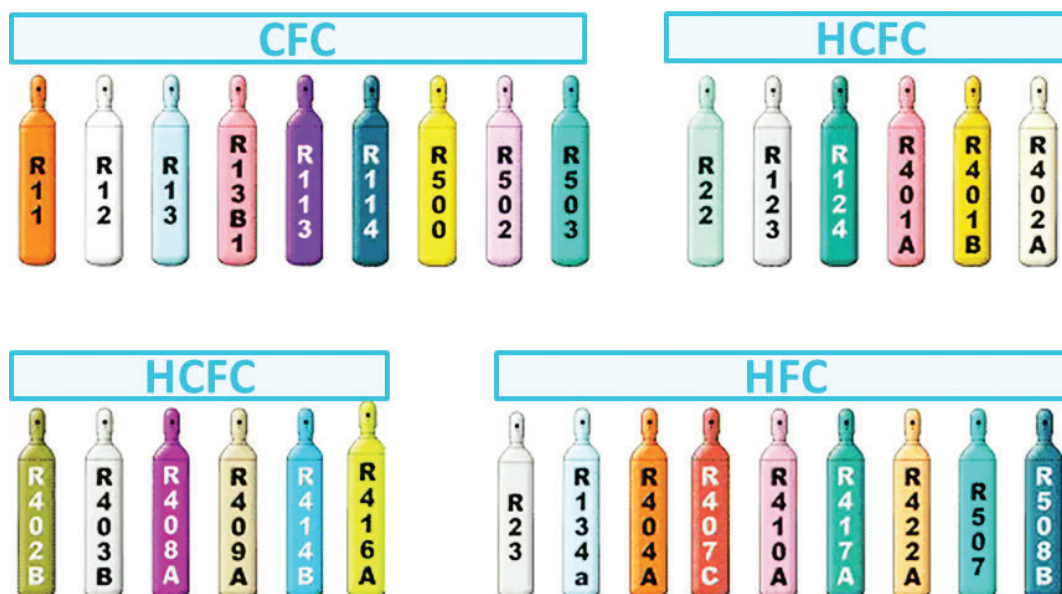
Na slici ispod prikazan je cilindar za jednokratnu upotrebu.



Slika 5.6: Cilindar za jednokratnu upotrebu

Cilindri za jednokratnu upotrebu imaju različite boje u zavisnosti od rashladnog fluida. Debljina zida cilindra odgovara maksimalno dozvoljenim pritiscima rashladnog fluida koji je u cilindru.

Na slici ispod prikazan je spektar boja cilindra za jednokratnu upotrebu.



Slika 5.7: Spektar boja cilindra za jednokratnu upotrebu

Ovi cilindri nakon njihovog pražnjenja nisu za ponovo punjenje i postaju otpad. Odlaganje ovih cilindara je u skladu sa nacionalnim propisima. Zbog ovoga razloga, većina zemalja je uvela zabranu za stavljanje u promet cilindre za jednokratnu upotrebu.

Ovi cilindri biće zabranjeni u Bosni i Hercegovini od 1 Septembra 2026. godine.

I pored zabrane, veoma su česti pokušaji da se ovi cilindri ponovo upotrijebe (na primjer zavarivanjem novih ventila kako bi se omogućilo punjenje). Ovo predstavlja opasnu praksu jer su zidovi ovih cilindara proizvedeni od tanjeg materijala i podložni su rđanju i mehaničkim oštećenjima. Zbog toga se ponovna upotreba ovih cilindara ne preporučuje ni pod kojim uslovima.

Cilindri koji se mogu ponovo puniti

Takozvani “refillable cylinder” su cilindri služe za transport i skladištenje manjih količina rashladnih fluida (obično od 5 do 110 l, odnosno približno od 5 do 110 kg rashladnog fluida).

Obično se izrađuju od čelika i imaju kombinovani ventil za punjenje i uzimanje rashladnog fluida i rasteretni ventil.

Priključak za punjenje je obično napravljen tako da samo proizvođač ili distributer rashladnog fluida ima pristup, odnosno mogućnost punjenja cilindra.



Slika 5.8: Cilindri koji se mogu ponovo puniti

Neke cilindri mogu imati dva ventila, jedan za tečnost i jedan za paru. Na vrhu boce nalazi se metalni ogrtač koji štiti ventil(e) od mehaničkih oštećenja i na kome su prikazane informacije o količini punjenja za različite vrste rashladnih fluida, standard po kome je cilindar proizveden, maksimalno dozvoljeni pritisak, datum testa, itd. Projektovanje, proizvodnja i ispitivanje cilindra i ventila regulisano je nacionalnim standardima i zakonima.

Cilindri za prikupljanje (servisni cilindri)

Ovi cilindri su posebno dizajnirani za skladištenje rashladnog fluida koji je prikupljen iz rashladnog i klimatizacionog sistema ili toplotne pumpe. Rashladni fluid koji je prikupljen iz sistema može se ponovo koristiti ili poslati na obnavljanje ili uništavanje.

Konstrukcija cilindra za prikupljanje je vrlo slična standardnom cilindru koji se može puniti. Razlikuju se po tome što ovu vrstu cilindra može puniti svaki korisnik. Da bi se označilo da je riječ o cilindru za prikupljanje, gornji dio cilindra obično ima žutu ili sivu boju.

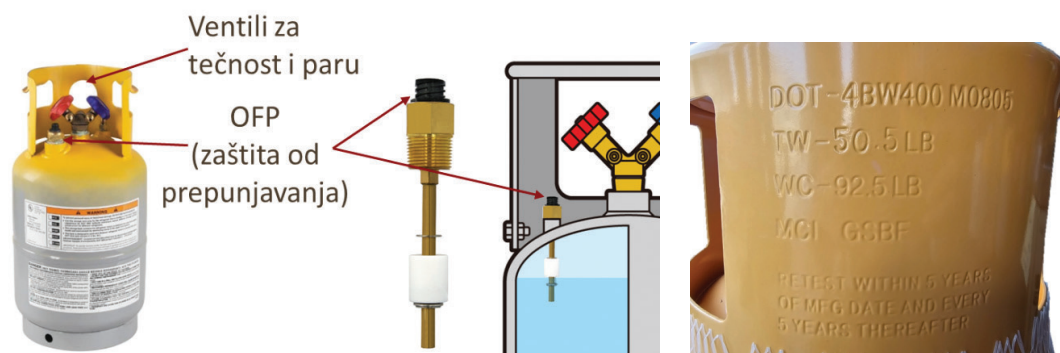
Cilindar za prikupljanje se mora koristiti za samo jednu vrstu rashladnog fluida. Ovo pravilo se mora poštovati iz dva razloga: prvo, ako se napravi mješavina dva fluida oni se kasnije ne mogu ponovo koristiti i drugo, miješanjem dva ili više rashladnih fluida može nastati fluid čiji pritisak je veći od pritisaka komponenti koje ga čine.

Cilindar za prikupljanje ima dva ventila, jedan za tečnost i jedan za paru.

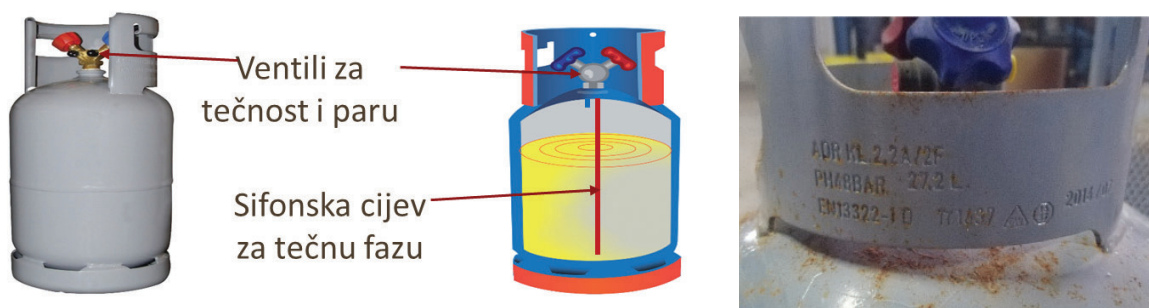
Postoje dvije vrste cilindara za prikupljanje:

- Cilindri prema američkom DOT (Department Of Transportation) standardu; i
- Cilindri prema evropskom standardu, odnosno prema ADR regulativi za transport opasnih materija.

Na slikama ispod prikazani su cilindri za prikupljanje prema DOT i ADR standardu.



Slika 5.9: Cilindar za prikupljanje prema DOT standardu

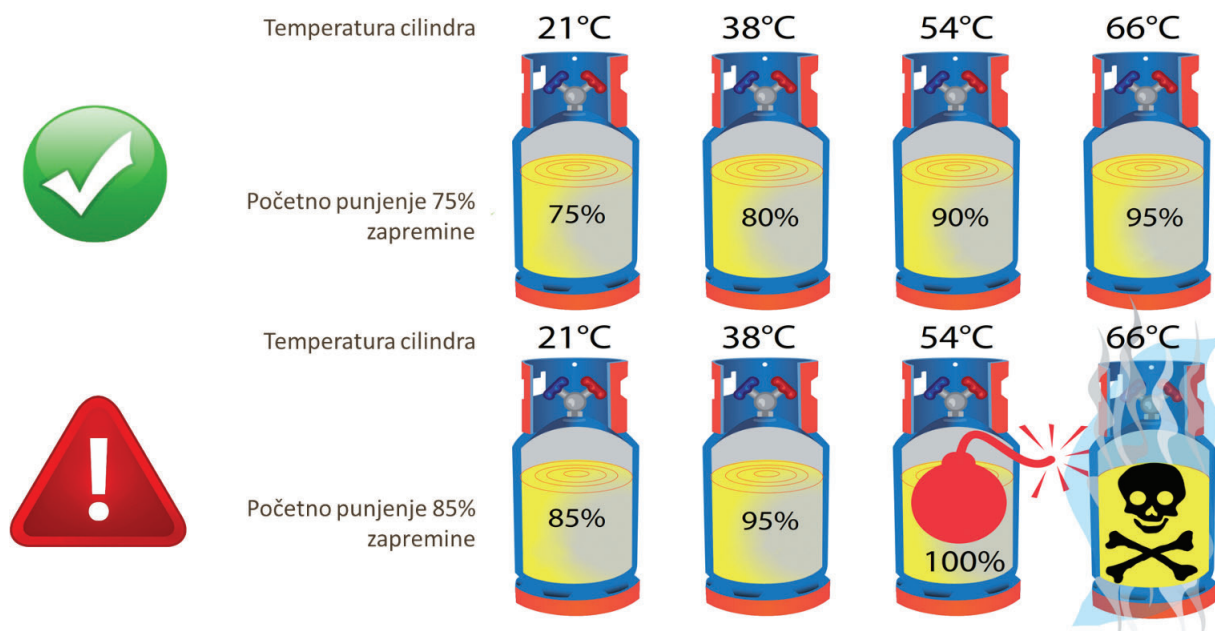


Slika 5.10: Cilindar za prikupljanje prema ADR standardu

Zbog širenje rashladnog fluida unutar cilindra pri povišenju temperature, veoma je bitno da se cilindri za prikupljanje ne prepunjavaju. Na slici ispod prikazano je širenje rashladnog fluida unutar cilindra za prikupljanje, a u zavisnosti od promjene spoljašnje temperature. Dozvoljeno punjenje cilindra je 80% po masi kod HCFC i HFC rashladnih fluida.

Kod ugljovodonika punjenje cilindra za prikupljanje ne smije biti veće od 45% po masi. Mjerenje mase rashladnog fluida u cilindru za prikupljanje je najsigurnija metoda kontrole.

Na slici ispod prikazano je širenje rashladnog fluida unutar cilindra za prikupljanje usljed porasta temperature.



Slika 5.11: Širenje rashladnog fluida unutar cilindra za prikupljanje uslijed porasta temperature

Kako bi se spriječilo prepunjavanje cilindra za prikupljanje, na cilindrima za prikupljanje može se ugraditi zaštita od prepunjavanja OFP (Over Fill Protection). Ukoliko na cilindru postoji zaštita od prepunjavanja, potrebno je povezati zaštitu za uređajem za prikupljanje. Kada se dostigne maksimalno dozvoljeno nivo tečnosti zaštita prekida rad uređaja za prikupljanje. Na slici ispod prikazani su servisni cilindri prema DOT i ADR standardu sa ugrađenom zaštitom od prepunjavanja.



Slika 5.12: Cilindri za prikupljanje sa ugrađenom zaštitom od prepunjavanja

5.3 Korištenje kompleta opreme za prikupljanje rashladnog fluida uz minimalno propuštanja

Ratifikacijom Montrealskog protokola o supstancama koje oštećuju ozonski omotač i njegovih amandmana, u skladu sa nacionalnim planovima o smanjenju potrošnje i emisije ovih supstanci, većina zemalja je propisala zabrane za ispuštanje rashladnih fluida u atmosferu.

Da bi se ispoštovale te zabrane sa jedne strane, kao i da rukovanje rashladnim fluidima bude na ekološki prihvatljiv način sa druge strane, razvijene su procedure prikupljanja, reci-

kliranja i regeneracije koje omogućavaju da se rashladni fluid iz rashladnih sistema prikupi i nakon regeneracije ili recikliranja ponovo koristi, ili da se, kada prečišćavanje nije moguće, uništi na ekološki prihvatljiv način.

U ovom dijelu priručnika opisan je načini prikupljanja rashladnog fluida u skladu sa standardima i kodovima dobre servisne prakse.

ŠTA ZNAČI “PRIKUPLJANJE” RASHLADNOG FLUIDA?

Definicija prikupljanja (eng. recover⁷) prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1:2022 je:



PRIKUPLJANJE (RECOVER)

Uklanjanje rashladnog fluida u bilo kom stanju iz sistema i njegovo skladištenje u spoljašnjem cilindru.

Uklanjanje rashladnog fluida iz sistema može se izvesti korištenjem dvije metode:

- ✓ Pasivna metoda prikupljanja; i
- ✓ Aktivna metoda prikupljanja.

U **pasivne metode** prikupljanja spadaju:

- ▶ **Migracija rashladnog fluida** – je metoda kod kojeg rashladni fluid prelazi iz sistema u cilindar za prikupljanje zbog razlike pritiska između sistema i cilindra. Povećanjem razlike pritiska može se ubrzati prebacivanje i prebaciti veća količina rashladnog fluida, a ta razlika se može povećati vakuumiranjem cilindra za prikupljanje ili hlađenjem cilindra ledom ili kombinacijom ova dva postupka. Ovom metodom se iz sistema može prikupiti samo mali procenat rashladnog fluida.
- ▶ **Upotreba kompresora iz sistema za podizanje pritiska u sistemu** – je metoda koji koristi kompresor sistema da poveća pritisak u sistemu i prebaci paru (ukoliko je cilindar povezan na strani visokog pritiska, na parnom vodu) ili tečnost (ukoliko je cilindar povezan na strani visokog pritiska na tečnom vodu) iz sistema u cilindar. Korištenje ove metode znači da se cilindar za prikupljanje poveže na servisnom ventilu na strani visokog pritiska i da kompresor na sistemu radi. Ovom metodom se može prikupiti veći procenat rashladnog fluida, ali ipak značajna količina ostaje u sistemu.

Aktivna metoda prikupljanja podrazumijeva upotrebu samostalnih uređaja za prikupljanje. Uređaji za prikupljanje su kompaktni i jednostavni za transport i upotrebu.

Na slici ispod prikazan je alat i oprema koja je potrebna za prikupljanje rashladnog fluida korištenjem aktivne metode prikupljanja.

⁷ Definicija na engleskom: Recover – Removing refrigerant in any condition from a system and storing it in an external cylinder.



Uređaj za prikupljanje



Mehanička ili elektronska manometarska grupa



Filter sušać



Servisna crijeva sa ili bez ventila i dopunski servisni ventili



Elektronska vaga



Cilindar za prikupljanje prema DOT standardu (US) ili prema ADR standardu

Slika 5.13: Oprema i alati koji se koriste za prikupljanje rashladnih fluida



Propisima u Bosni i Hercegovini utvrđena je obaveza da preduzeća koja obavljaju djelatnost ugradnje, održavanja i/ili popravke kao i isključivanja iz upotrebe proizvoda i opreme koji sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač ili alternativne supstance moraju imati opremu i alat za prikupljanje rashladnih fluida.

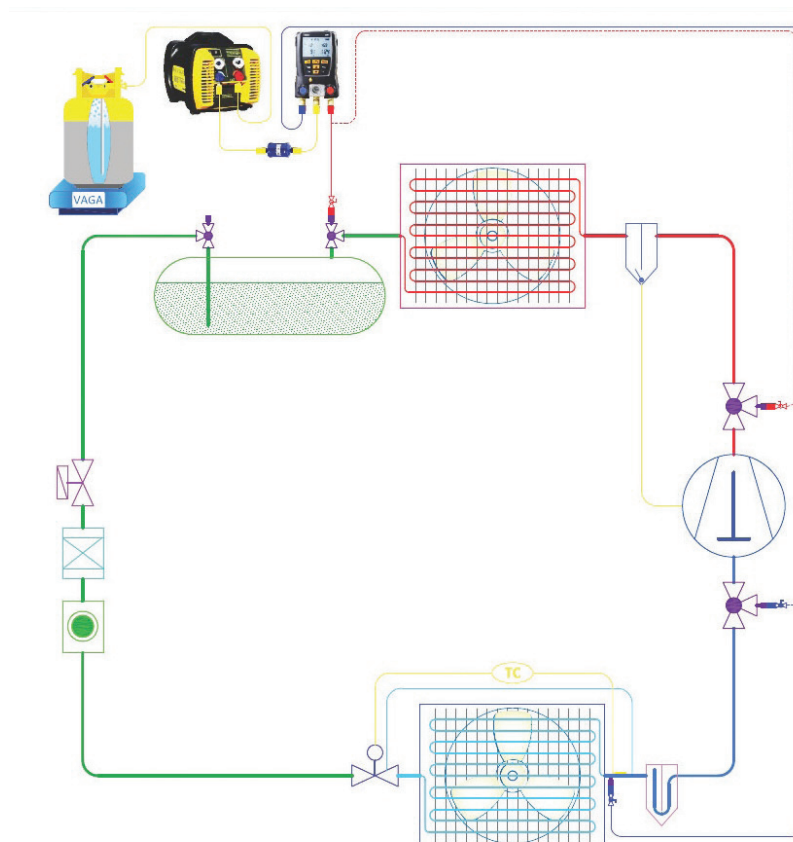
Postoje tri načina prikupljanja rashladnog fluida korištenjem aktivne metode (pomoću uređaja za prikupljanje):

- ✓ Prikupljanje rashladnog fluida u parnoj fazi (prikupljanje pare);
- ✓ Prikupljanje rashladnog fluida u tečnoj fazi (prikupljanje tečnosti); i
- ✓ Push – pull metod

Prikupljanje rashladnog fluida u parnoj fazi (prikupljanje pare)

Metoda prikupljanja rashladnog fluida u parnoj fazi, koristi se za prikupljanje jednokomponentnih rashladnih fluida iz sistema sa malim količinama punjenja (količina punjenja manja od 3 kilograma).

Na slici ispod prikazan je način povezivanja kada koristimo postupak prikupljanja rashladnog fluida u parnoj fazi.



Slika 5.14: Prikupljanje rashladnog fluida u parnoj fazi – način povezivanja

Postupak prikupljanja je sljedeći:

- Korištenjem servisnih crijeva, manometarska grupa povezuje se na servisnom priključku na usisu kompresora (strana niskog pritiska – parni vod), na potisu kompresora (strana visokog pritiska – parni vod) i/ili ako na sistemu je ugrađen risiver i ako postoji servisni priključak na parnoj fazi risivera.
- Središnji priključak na manometarskoj grupi povezuje se sa filterom – sušačem, a izlaz iz filtera- sušača povezuje se sa ulaznim priključkom uređaja za prikupljanje. Obratiti pažnju na smjer filtera – sušača koji treba da bude od manometarske grupe prema uređaju za prikupljanje.
- Izlazni priključak iz uređaja za prikupljanje povezuje sa cilindrom za prikupljanje.
- Cilindar za prikupljanje postavlja se na elektronsku vagu i mjeri se količina prikupljenog rashladnog fluida.

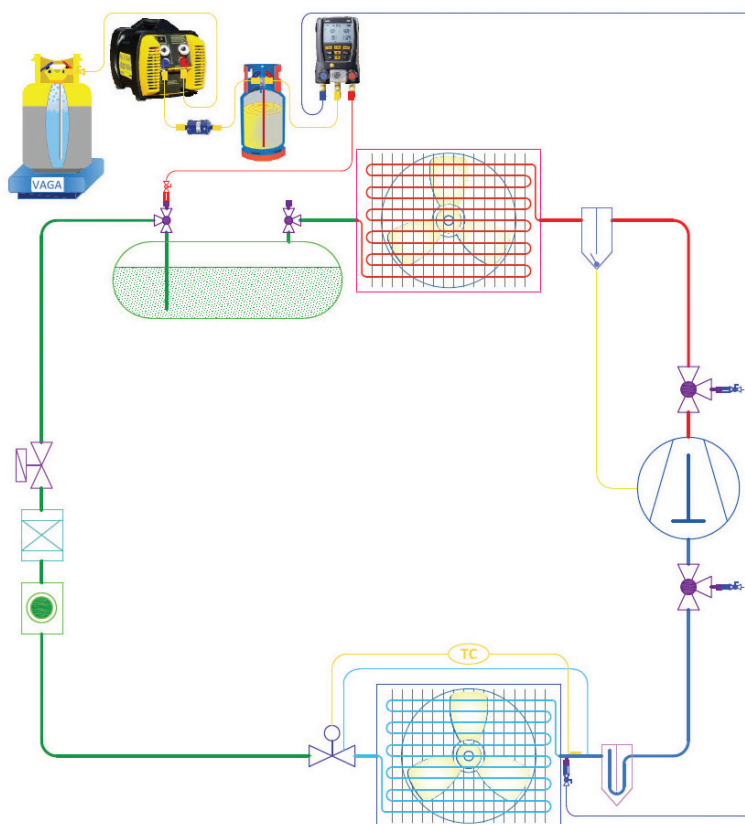
Ova metoda prikupljanja ne koristi se za prikupljanje mješavine rashladnih fluida ako prikupljena količina ne može stati u jedan cilindar.

Prikupljanje rashladnog fluida u tečnoj fazi (prikupljanje tečnosti)

Metoda prikupljanja rashladnog fluida u tečnoj fazi, koristi se za prikupljanje svih rashladnih fluida iz sistema sa većim količinama punjenja.

Ukoliko uređaj za prikupljanje nije namijenjen za prikupljanje tečnosti, kako ne bi došlo do oštećenja uređaja, koristi se još jedan pomoćni cilindar za prikupljanje ili se koristi takozvana push – pull metoda.

Na slici ispod prikazan je način povezivanja kada koristimo postupak prikupljanja rashladnog fluida u tečnoj fazi.



Slika 5.15: Prikupljanje rashladnog fluida u tečnoj fazi – način povezivanja

Postupak prikupljanja je sljedeći:

- Korištenjem servisnih crijeva, manometarska grupa povezuje se na servisnom priključku na tečnom vodu (strana visokog pritiska – tečni vod), i/ili ako na sistemu je ugrađen risiver i ako postoji servisni priključak na tečnoj fazi risivera.
- Središnji priključak na manometarskoj grupi povezuje se na ventilu namijenjenom za tečnost na pomoćnom cilindru za prikupljanje.
- Ventil namijenjen za paru na pomoćnom cilindru za prikupljanje, povezuje se sa filterom – sušačem, a izlaz iz filtera- sušača povezuje se sa ulaznim priključkom uređaja za prikupljanje. Obratiti pažnju na smjer filtera – sušača koji treba da bude od manometarske grupe prema uređaju za prikupljanje.
- Izlazni priključak iz uređaja za prikupljanje povezuje sa cilindrom za prikupljanje.
- Cilindar za prikupljanje postavlja se na elektronsku vagu i mjeri se količina prikupljenog rashladnog fluida.

Nakon prikupljanja čitave količine tečnosti, nastavlja se prikupljanjem preostalog rashladnog fluida koji je u parnoj fazi povezivanjem priključka za niski pritisak na manometarskoj grupi sa servisnim priključkom na usisu kompresora (strana niskog pritiska – parni vod), ili na potisu kompresora (strana visokog pritiska – parni vod).

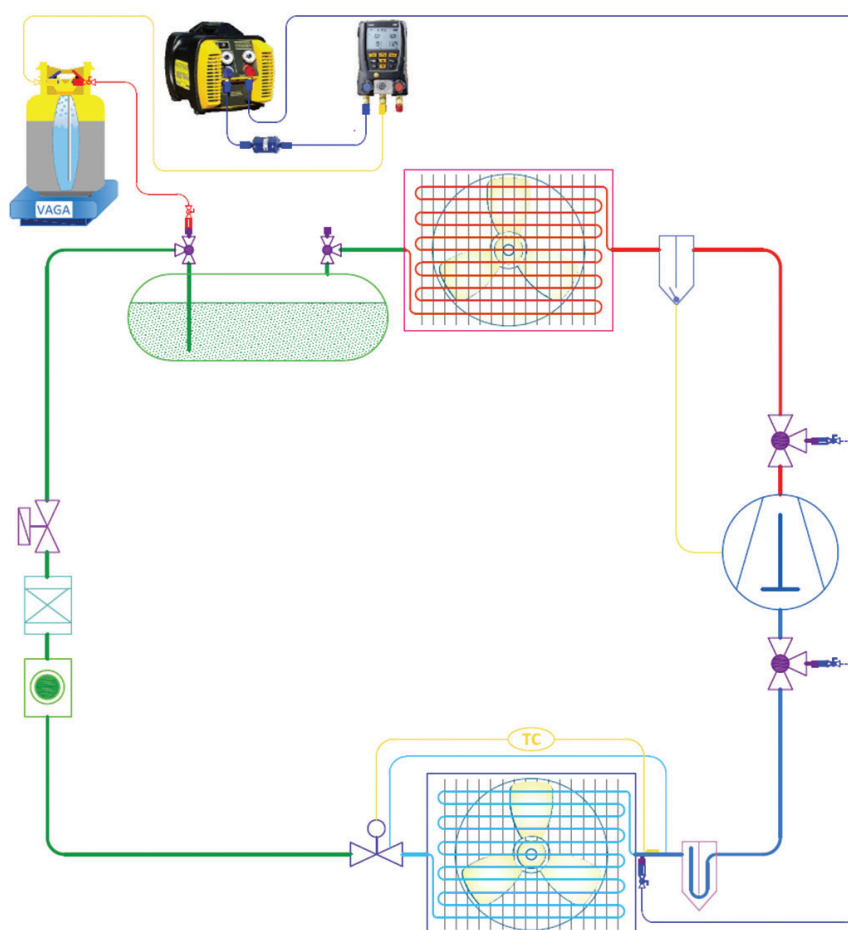
U slučaju da uređaj za prikupljanje, ima opciju prikupljanja tečnosti, ne koristi se pomoćni cilindar za prikupljanje. Način povezivanja je isti kao i kod načina povezivanja za prikupljanje parne faze, s tim što se dio manometarske grupe koji je za povezivanje sa stranom visokog pritiska, pomoću servisnog crijeva crvene boje povezuje na servisnom priključku na tečnom vodu (strana visokog pritiska – tečni vod), i/ili ako na sistemu je ugrađen risiver i ako postoji servisni priključak na tečnoj fazi risivera.

Brzina prikupljanja rashladnog fluida u tečnoj fazi je veća nego brzina prikupljanja rashladnog fluida u parnoj fazi.

Prikupljanje rashladnog fluida push – pull metodom

Push – pull metoda prikupljanja rashladnog fluida, koristi se za prikupljanje svih rashladnih fluida i iz sistema sa velikim količinama punjenja. Ova metoda se može koristiti i za prikupljanje rashladnog fluida u tečnoj fazi ukoliko uređaj za prikupljanje namijenjen za prikupljanje tečnosti.

Na slici ispod prikazan je način povezivanja kada koristimo postupak prikupljanja rashladnog fluida u tečnoj fazi.



Slika 5.16: Prikupljanje rashladnog fluida korištenjem push – pull metode – način povezivanja

Postupak prikupljanja je sljedeći:

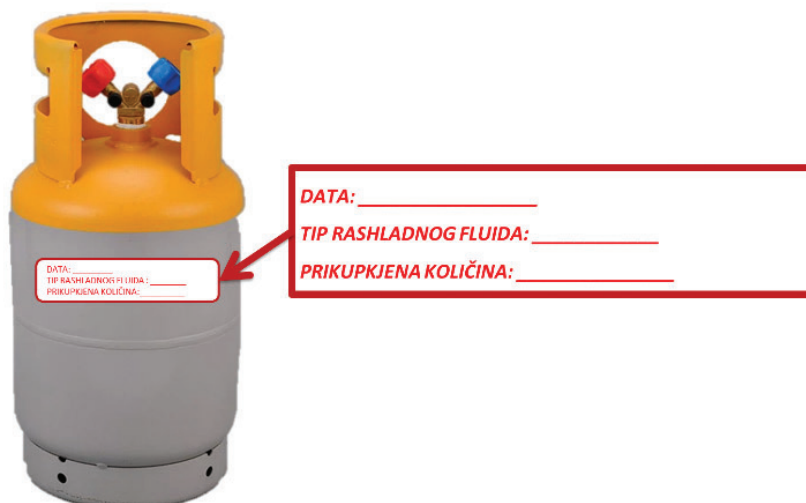
- Korištenjem servisnih crijeva, ventil namijenjen za tečnost na cilindru za prikupljanje povezuje se na servisnom priključku na tečnom vodu (strana visokog pritiska – tečni vod), i/ili ako na sistemu je ugrađen risiver i ako postoji servisni priključak na tečnoj fazi risivera.
- Ventil namijenjen za paru na cilindru za prikupljanje, povezuje se na središnjem priključku manometarske grupe.
- Ventil namijenjen za stranu niskog pritiska na manometarskoj grupi, servisnim crijevom povezuje se sa filterom – sušačem, a izlaz iz filtera - sušača povezuje se sa ulaznim priključkom uređaja za prikupljanje. Obratiti pažnju na smjer filtera – sušača koji treba da bude od manometarske grupe prema uređaju za prikupljanje.
- Izlazni priključak iz uređaja za prikupljanje povezuje sa servisnim priključkom na usis kompresora (strana niskog pritiska – parni vod).
- Cilindar za prikupljanje postavlja se na elektronsku vagu i mjeri se količina prikupljenog rashladnog fluida.

Uređaj za prikupljanje uzima parnu fazu rashladnog fluida iz cilindra za prikupljanje, preko ventila za paru na cilindru, i preko manometarske grupe parom gura (push) tečni rashladni fluid kroz sistem i izvlači (pull) tečnost u cilindar za prikupljanje, preko ventila za tečnost na cilindru.

Preporuke povezane sa prikupljanje rashladnih fluida korištenjem aktivne metode (uređaja za prikupljanje)

Bez obzira koja se od gore navedenih metoda koristi za prikupljanje rashladnog fluida iz sistema, uvijek treba obratiti pažnju na sljedeće:

- ✓ Za prikupljanje rashladnih fluida koristiti isključivo cilindre za prikupljanje (servisne cilindre);
- ✓ Prije prikupljanja provjeriti maksimalno dozvoljeni pritisak cilindra, maksimalno dozvoljenu količinu označenu na cilindru za rashladni fluid koji se prikuplja i stanje cilindra (vidljiva oštećenja, korozija itd.);
- ✓ Ukoliko je cilindar za prikupljanje prazan, vakuumirati cilindar prije prikupljanja rashladnog fluida;
- ✓ Uvijek mjeriti masu cilindra prije i nakon prikupljanja rashladnog fluida;
- ✓ Ne miješati rashladne fluide (koristiti posebne cilindre za prikupljanje za svaki rashladni fluid);
- ✓ Prije prikupljanja obezbijediti da svi spojevi budu dobro napravljeni i bez propuštanja;
- ✓ Uvijek koristiti elektronsku vagu za kontrolu količine prikupljenog rashladnog fluida u cilindru;
- ✓ Ne prepunjavati cilindre za prikupljanje (ne puniti ih više od 80% po masi kod HCFC i HFC rashladnih fluida);
- ✓ Nakon prikupljanja obavezno postaviti etiketu na cilindru koja sadrži najmanje informacije o tipu rashladnog fluida u cilindru, prikupljenoj količini, datum prikupljanja, a etiketa može sadržati i druge informacije kao što su sistem od kojeg je prikupljen, operater, itd. Na slici ispod prikazano je označivanje cilindra za prikupljanje sa etiketom.



Slika 5.17: Označavanje cilindra nakon prikupljanja

5.4 Izdvajanje zagađenog ulja iz instalacije koje sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač ili fluorovane gasove sa efektom staklene bašte

Glavna uloga ulja za rashladne sisteme je podmazivanje kompresora i odvođenje toplote. Pored toga, ulje poboljšava zaptivanje komore kompresora i ventila i odstranjuje nečistoće sa podmazivanih mjesta.

U slučajevima kada se rashladni fluid i ulje međusobno ne rastvaraju, na površinama za razmjenu toplote formira se tanak film ulja koji značajno smanjuje efikasnost izmjenjivača. Kada je instalacija loše pripremljena i postoji problem sa povratkom ulja iz instalacije u kompresor također dolazi do formiranja tankog filma ulja u određenim komponentama (isparivač ili kondenzator) koja ima negativan uticaj na rad komponente ili u cijevovodima.

Rashladni fluidi koji u svom hemijskom sastavu imaju atom hlora (CFC i HCFC rashladni fluidi) rastvaraju se sa mineralnim uljima, ali ovi rashladni fluidi imaju potencijal oštećenja ozonskog omotača i implementacijom Montrealskog protokola, su već izbačeni iz upotrebe (CFC rashladni fluidi) ili se njihovo izbacivanje privodi kraju (HCFC rashladni fluidi).

Rashladni fluidi koji su halogenizovani samo sa fluorom (HFC rashladni fluidi), ne miješaju se sa mineralnim već samo sa sintetičkim uljima.

Ugljovodonici (HC rashladni fluidi) dobro rastvaraju mineralna ulja dok se neorganski rashladni fluidi (amonijak i ugljen dioksid) praktično ne rastvaraju mineralna ulja.

Pored odsustva korozije na metalnim površinama, rashladni fluid ne smije da rastvara i degradira plastične materijale i elastomere (polimeri koji pokazuju svojstva elastičnosti) u instalaciji, kao i lak namotaja elektromotora (kod hermetičkih i polu hermetičkih kompresora). Posebno je poželjna neagresivnost prema bakru, što je vrlo pogodno za izradu cjevovoda i izmjenjivača toplote. Rashladni fluid ne smije hemijski reagovati s uljem za podmazivanje kompresora.

Međutim, u prisustvu vlage, vazduha i/ili drugih nečistoća, a posebno na povišenim temperaturama na kraju procesa kompresije, ulje se može razgraditi i može doći do njegove hemijske reakcije s rashladnim fluidom. To rezultira nekondenzirajućim gasovima, naslagama

koksa (npr. na glavi klipa, ploči ventila i potisnom ventilu) i kiselinama koje uzrokuju koroziju čeličnih površina, a u prisustvu bakra i njegovih legura može doći i do bakrenja onih površina gdje se oslobađa dodatna toplota trenja. Stoga je od ključne važnosti da se u jednom sistemu:

- Smanje primjese vlage, nečistoća i vazuha u instalaciji;
- Kontrolisati temperaturu rashladnog fluida na izlazu iz kompresora, kao i rad kompresora (da kompresor radi u radnom opsegu); i
- Pобољшanje kvaliteta ulja.

Ovo može značajno smanjiti ili čak potpuno eliminirati gore navedene štetne efekte. Uvijek se preporučuje korištenje ulja koje je već bilo u instalaciji (u pogledu vrste i viskoznosti), tj. ulja koje preporučuje proizvođač opreme. Uzorkovanjem, a zatim analizom ulja za hlađenje, mogu se dobiti razne korisne informacije. Na primjer, ako je ulje bilo kiselo tokom ispitivanja, to znači da u sistemu postoji zaostala vlaga (kontrola vlage u sistemu može se izvršiti i pomoću indikatora vlažnosti na kontrolnom staklu).

Kontrola ulja se radi redovno tokom održavanja i servisiranja. Za kontrolu ulja koriste se testeri ulja. Na slici ispod prikazani su testeri za testiranje kiselost mineralnih i poliol esterskih ulja (POE).



Tester za testiranje kiselost mineralnih i alkil benzenskih ulja

Tester za testiranje kiselost poliol esterskih ulja

Slika 5.18: Testeri za testiranje kiselost ulja u zavisnosti od vrste ulja

Pored prikupljanja rashladnog fluida, prilikom servisiranja RACHP sistema, potrebno je provjeriti i ulje za podmazivanje i po potrebi ga zamijeniti.

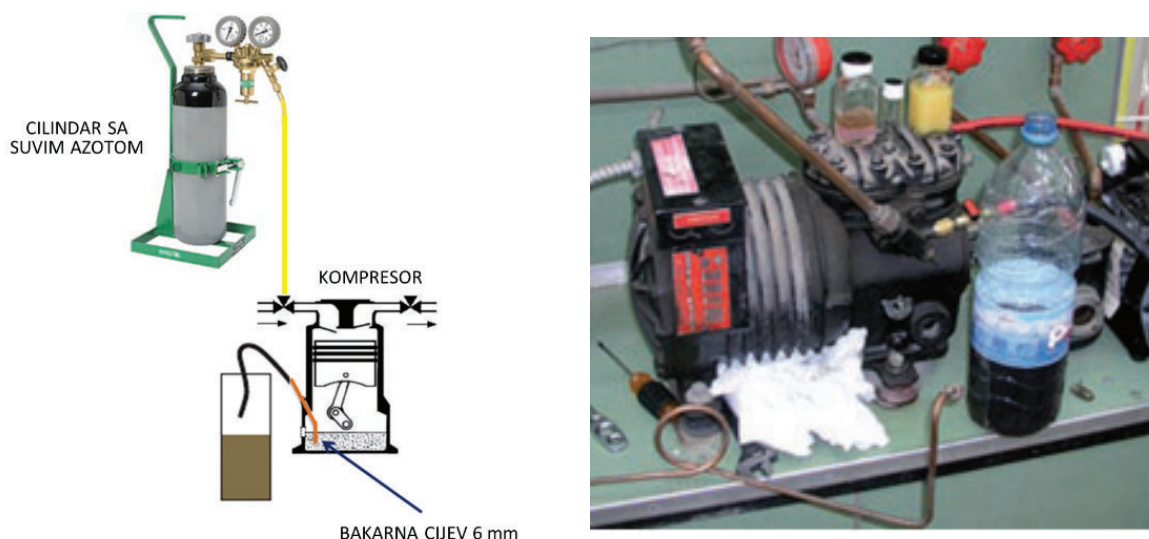
Zamjena ulja uključuje:

- Uklanjanje (izvlačenje) kompresorskog ulja iz sistema; i
- Punjenje sistema novim kompresorskim ulje.

U slučaju da se servisiranje vrši na sistemu na kojem je pregorio kompresor, potrebno je prikupiti i kompresorsko ulje, pročititi sistem i napuniti sistem novim uljem. Preporučuje se da se prilikom zamjene ulja za podmazivanje koristi originalno ulje za podmazivanje koje preporučuje proizvođač kompresora ili odgovarajuća zamjena prema preporukama proizvođača kompresora.

U zavisnosti od tipa kompresora u sistemu, uklanjanje ulja iz kompresora ponekad nije tako jednostavno, posebno kada su u pitanju hermetički kompresori. Poluhermetički kompresori i kompresori otvorenog tipa obično imaju posebne priključke za ispuštanje ulja iz kompresora. Pored kompresora, ulje se ponekad nalazi i u određenim komponentama RACHP

sistema, posebno ako cjevovodi nisu pravilno dizajnirani da omoguće povratak ulja za podmazivanje u kompresor. Stoga je potrebno cijeli sistem izduvati dušikom (azotom) i ugraditi priključke za ispuštanje kompresorskog ulja na najnižim dijelovima instalacije. Slika ispod prikazuje prikupljanje kompresorskog ulja iz instalacije pod pritiskom dušika.

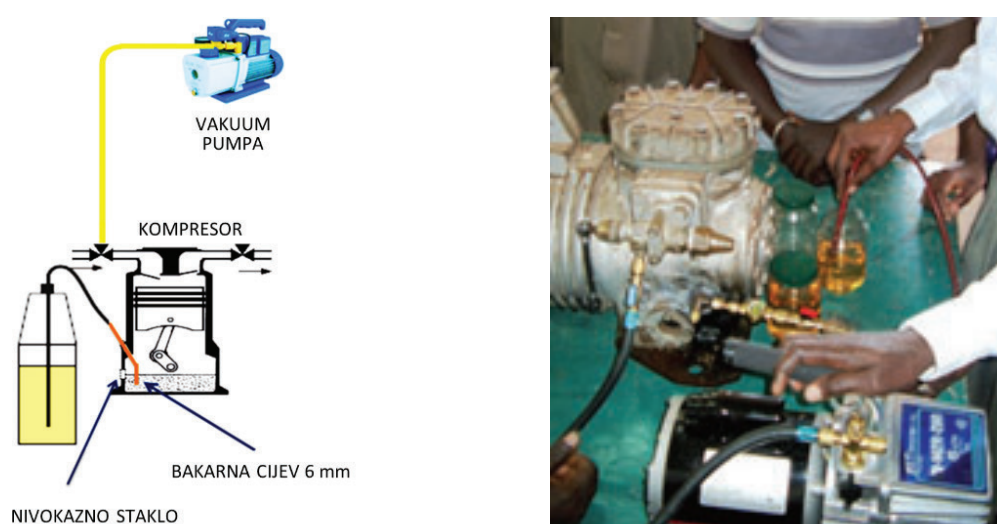


Slika 5.19: Prikupljanje kompresorskog ulja iz instalacije pod pritiskom dušika (azota)

Punjenje RACHP sistema uljem može se izvršiti kada je sistem prazan i servisira se ili kada se tokom redovnog servisiranja utvrdi da je potrebna zamjena ulja.

Ako je sistem pod pritiskom i potrebno je izvršiti samo zamjenu ulja bez servisiranja ostalih komponenti sistema, potrebno je zatvoriti ventile samog kompresora, prikupiti rashladni fluid iz samog kompresora, prikupiti ulje iz kompresora, a zatim nastaviti s punjenjem kompresorskog ulja. Ako se sistem servisira u potpunosti i prikupljena je kompletna količina rashladnog fluida, preporučuje se provjera ulja i njegova zamjena.

U oba slučaja, preporučuje se, da se prilikom vakuumiranja sistema napuni potrebna količina ulja. Na slici ispod prikazano je punjenje ulja prilikom vakuumiranja RACHP sistema.



Slika 5.20: Punjenje ulja tokom vakuumiranja

Prikupljeno (izvučeno) kompresorsko ulje iz sistema se treba odložiti u skladu sa nacionalnim propisima, jer predstavlja opasan otpad.

5.5 Identifikacija agregatnog stanja rashladnog fluida (tečnost, para) i uslova punjenja (pothlađeno, zasićeno ili pregrijano), kako bi se obezbijedila ispravna metoda i količinu punjenja. Punjenje sistema rashladnim fluidom (i u tečnoj i u parnoj fazi) bez gubitka rashladnog fluida

Nakon vakuumiranja sistema sljedeći korak je punjenje RACHP sistema sa rashladnim fluidom.

Punjenje RACHP sistema je dodavanje odgovarajuće količine rashladnog fluida u sistem kako bi on funkcionisao na željeni način. Svaki sistem ima, za predviđene uslove rada, optimalnu količinu punjenja, odnosno masu rashladnog fluida u sistemu koja obezbjeđuje najveću efikasnost i projektovani kapacitet hlađenja (ili grijanja u slučaju toplotnih pumpi).

Neki sistemi veoma dobro podnose odstupanja količine punjenja od projektovane količine, posebno oni sa risiverom. Za razliku od njih, sistemi sa direktnom ekspanzijom i sa malim kondenzatorima i kapilarnim cijevima su veoma osjetljivi.

Prije početka punjenja RACHP sistema, potrebno je znati potrebnu količinu rashladnog fluida. Proizvođači opreme daju informacije o potrebnoj količini punjenja na fabričkoj pločici sistema. Također, količina rashladnog fluida kod sklopljenih RACHP sistema prema projektu treba biti navedena u projektnoj dokumentaciji, tj. izračunata od strane projektanta sistema.

Međutim, ponekad se u praksi susrećemo s nemogućnošću da znamo tačnu količinu rashladnog fluida potrebnog za pravilan i efikasan rad sistema. U tom slučaju, nemamo drugog izbora nego da punimo RACHP sistem na osnovu mjerenja radnih parametara, uz kontrolu usisnog i potisnog pritiska, kao i pothlađenja i pregrijavanja. Punjenje kada tačna količina nije poznata vrši se vrlo pažljivo dodavanjem rashladnog fluida, praćenjem parametara i ponovnim dodavanjem određene količine i davanjem vremena da se sistem stabilizuje itd. Od posebne je važnosti stalno precizno pratiti količinu rashladnog fluida koje se dodaje mjerenjem količine elektronskom vagom.

Punjenje RACHP sistema rashladnim fluidom vrši se na dva načina:

- ▶ Punjenje RACHP sistema rashladnim fluidom u parnom agregatnom stanju (punjenje pare); i
- ▶ Punjenje RACHP sistema rashladnim fluidom u tečnom agregatnom stanju (punjenje tečnosti).

Način punjenja RACHP sistema zavisi od vrste rashladnog fluida i lokacija punjenja (strani niskog i visokog pritiska sistema, tečni ili parni vod).

Jedno komponentne supstance kao što su R-22, R-134a, R-32 mogu se puniti i u parnom i u tečnom agregatnom stanju.

Rashladni fluidi koji imaju oznaku od R-500 do R-599 su mješavine koje se ponašaju kao jednokomponentne supstance i mogu se puniti i u parnom i u tečnom agregatnom stanju.

Rashladni fluidi koji imaju oznaku od R-400 do R-499 su mješavine i mogu se puniti samo u tečnom agregatnom stanju.

Prilikom punjenja rashladnim fluidom u tečnom agregatnom stanju, treba paziti da se kompresor ili usisni vod ne preplave tečnosti i ne oštete kompresor.

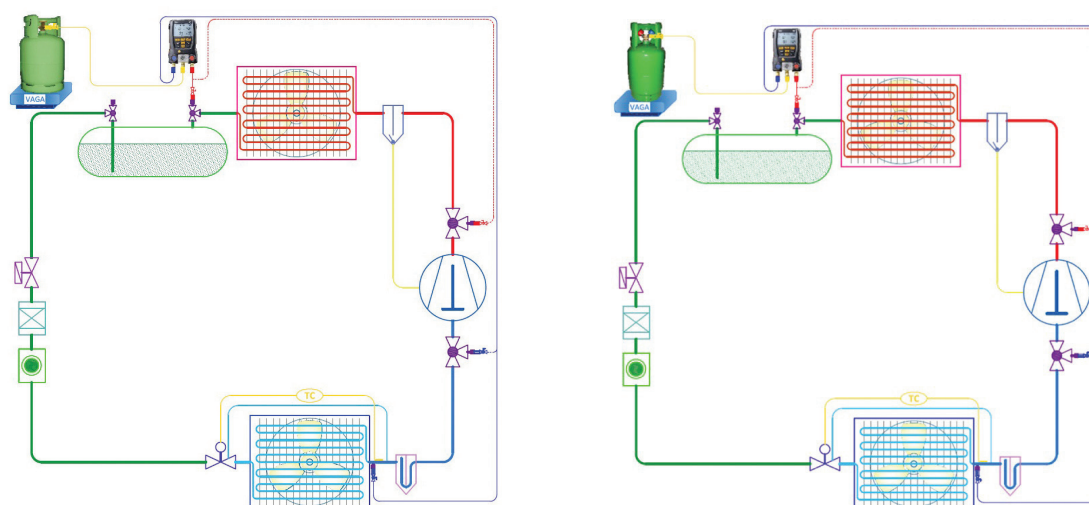
Punjenje u tečnoj ili gasovitoj fazi također zavisi od veličine sistema, prvenstveno zbog vremena punjenja, tako da se sistemi sa manjim kapacitetima, manje količine rashladnog fluida mogu puniti u tečnoj i gasovitoj fazi, dok se za sisteme sa većim kapacitetima i količinama rashladnog fluida preporučuje punjenje u tečnoj fazi. Međutim, generalno preporučuje se da se sistemi pune u tečnoj fazi.

Punjenje RACHP sistema u parnom agregatnom stanju (punjenje pare)

Kao što je već spomenuto, punjenje RACHP sistema u parnom agregatnom stanju se vrši kada je sistem napunjen jednokomponentnim rashladnim fluidom ili mješavinama kada je broj rashladnog sredstva od R500 do R599.

Sistemi sa manjim rashladnim kapacitetima i količinama rashladnog fluida mogu se puniti u parnom agregatnom stanju, dok se za punjenje sistema sa većim rashladnim kapacitetima i količinama rashladnog sredstva, iako se i oni mogu puniti u parnoj fazi, preporučuje punjenje u tečnom agregatnom stanju zbog brzine punjenja.

U slučaju da se koristi cilindar sa jednim ventilom, onda za punjenje sistema u parnom agregatnom stanju, cilindar treba biti u uspravnom položaju, ako se koristi cilindar sa dva ventila, onda se crijevo spaja na ventil sa plavom ručkom ventila (ventil za parnu fazu). Punjenje sistema u parnom agregatnom stanju prikazano je na slici ispod.

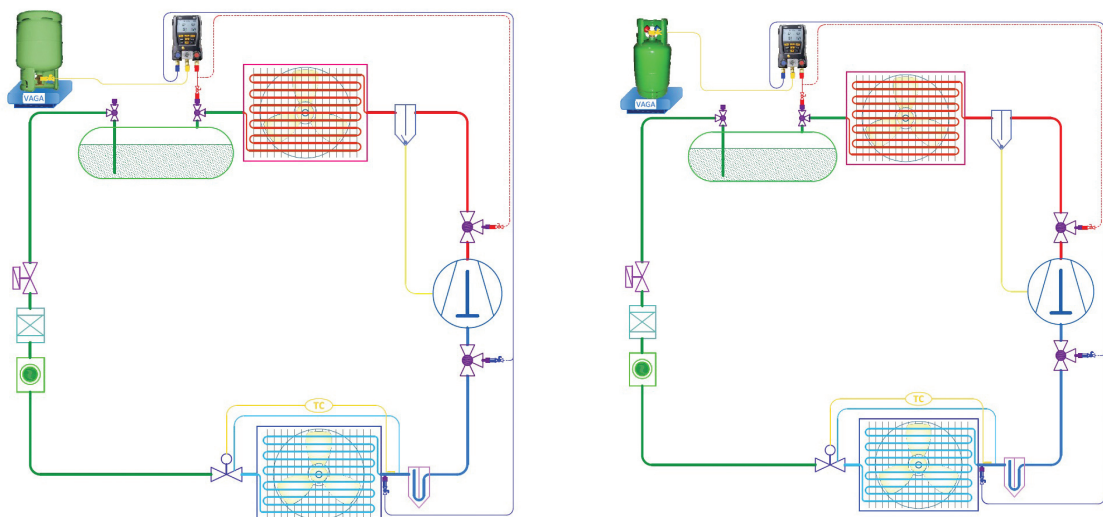


Slika 5.21: Punjenje RACHP sistema u parnom agregatnom stanju korištenjem cilindra sa jednim ventilom (slika lijevo) i cilindra sa dva ventila (slika desno)

Punjenje RACHP sistema u tečnom agregatnom stanju (punjenje tečnosti)

Punjenje rashladnog fluida u tečnom agregatnom stanju je preporučeni način punjenja RACHP sistema. Svi RACHP sistemi se mogu puniti na ovaj način, bez obzira na kapacitet hlađenja, vrstu rashladnog fluida i količinu rashladnog fluida koju je potrebno napuniti.

Na slici ispod prikazano je punjenje rashladnim fluidom u tečnom agregatnom stanju kod cilindra sa jednim i dva ventila.



Slika 5.22: Punjenje RACHP sistema u tečnom agregatnom stanju korištenjem cilindra sa jednim ventilom (slika lijevo) i cilindra sa dva ventila (slika desno)

U slučaju da se koristi cilindar sa jednim ventilom, za punjenje sistema u tečnoj fazi, cilindar treba biti u obrnutom položaju (naopačke), a ako se koristi cilindar sa dva ventila, onda se crijevo spaja na ventil sa crvenom ručkom na ventilu (ventil za tečnu fazu).



NAPOMENA

Prilikom punjenja rashladnog fluida u tečnom agregatnom stanju, obratiti pažnju da količina tečnosti nije prevelika prilikom punjenja kroz usisni ventil kompresora, kako bi se izbjegao hidraulički udar i oštećenje kompresora (obratiti pažnju na rad kompresora kako ne bi postao preglasan).

5.6 Korištenje vage za mjerenje mase rashladnog fluida

Najpreciznija metoda punjenja RACHP sistema rashladnim fluidom je pomoću elektronske vage. Moguće je koristiti opružnu vagu, na kojoj je cilindar ovješten (starija metoda), ili elektronsku vagu koja pokazuje izmjerenu masu cilindra s rashladnim fluidom. Također, nove elektronske vage su specijalizirane za precizno punjenje sistema zapaljivim rashladnim fluidima, jer imaju solenoidni ventil koji zaustavlja punjenje kada se dostigne unaprijed programirana količina tekućine (zadana količina).

Na slici ispod prikazana je elektronska vaga koja je sastavni dio alata servisnog tehničara.



Slika 5.23: Elektronska vaga koja ima mogućnost programiranja količine punjenja

5.7 Popunjavanje evidencione knjige o opremi svim relevantnim informacijama o prikupljenim ili dodatnim rashladnim fluidima

U skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini, nakon sprovedene servisne aktivnosti ovlašteno lice, kao predstavnik ovlaštenog serviser, rezultate sprovedenih servisnih aktivnosti, prikupljene i dodate količine rashladnog fluida navodi u propisanom obrascu – Obrazac evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi koje sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci.

Zakonski propisani obrazac evidencije provjere propuštanja prikazan je ispod.

OBRAZAC EVIDENCIJE OPERATERA O KOLIČINAMA I VRSTI DODATIH KONTROLISANIH ILI ZAMJENSKIH SUPSTANCI, KOLIČINAMA SAKUPLJENIH KONTROLISANIH SUPSTANCI TOKOM ODRŽAVANJA, SERVISIRANJA I KRAJNJEG ODLAGANJA RASHLADNE I KLIMATIZACIONE OPREME, TOPLOTNIH PUMPI I SISTEMA ZA ZASTITU OD POŽARA KOJE SADRŽE 3 KILOGRAMA ILI VIŠE KONTROLISANIH, ODNOSNO ZAMJENSKIH SUPSTANCI

Naziv pravnog lica ili preduzetnika/operatora:			
Adresa:			
Kontakt informacije	Telefon:	Faks:	E-mail:
Kontakt osoba operatera			
Vrsta stacionarne opreme			Serijski broj:
Opis (tehnički podaci)			Hermetički zatvoren: da/ne
Lokacija opreme			
Datum ugradnje ili isporuke:			
Vrsta rashladnog ili drugog sredstva			
Količina kontrolisane supstance ili mješavine sadržane u proizvodu ili opremi (kg):			

DODATE KOLIČINE SUPSTANCE				
Datum	Serviser	Vrsta supstance	Dodana količina (kg)	Obnovljena supstanca vraćena u uređaj (kg) ¹

SAKUPLJANJE/UKLANJANJE RASHLADNOG ILI DRUGOG SREDSTVA				
Datum	Serviser ²	Vrsta rashladnog ili drugog sredstva	Uklonjena količina (kg)	Uzrok sakupljanja - uklanjanja

PROVJERA ISPUŠTANJA (ISKLJUČIVO SA NAKNADNOM PROVJEROM ISPUŠTANJA)					
Datum	Serviser	Provjereni dijelovi sistema	Rezultat	Izvedeni postupci	Da li je potrebna naknadna provjera ispuštanja

ODRŽAVANJE ILI SERVISIRANJE				
Datum	Serviser	Dio	Obavljene radnje održavanja/ servisiranja	Komentari ³

ISPITIVANJE AUTOMATSKIH SISTEMA ZA OTKRIVANJE ISPUŠTANJA (AKO POSTOJI)			
Datum	Serviser	Rezultat	Komentari

¹ Supstanca obnovljena od ovlaštenog serviser.

² Ovlašteni serviser navodi podatke o nazivu i adresi, osim ako djelatnost obavlja ovlašteni serviser - lice koje posjeduje odgovarajuće uvjerenje o stručnoj osposobljenosti i zaposleno je kod operatera.

³ Komentari mogu uključiti svaku sugestiju za operatera u vezi sa održavanjem opreme.

5.8 Poznavanje zahtjeva i procedure postupanja, skladištenje i transport zagađenih rashladnih fluida i ulja

Prikupljanje je prvi korak prema ekološki prihvatljivom rukovanju rashladnim fluidima. Pored sprečavanja emisije rashladnih fluida, prikupljanje rashladnih fluida daje mogućnost da se poduzimanjem određenih postupaka prečišćavanja omogući ponovnu upotrebu prikupljenog rashladnog fluida.

Recikliranje rashladnih fluida

Prije nego što nastavimo s postupcima recikliranja rashladnog fluida prikupljenog iz RACHP sistema, potrebno je upoznati se s osnovnim terminima, opremom i alatima potrebnim za recikliranje prikupljenog rashladnog fluida iz RACHP sistema.

ŠTA ZNAČI “ RECIKLIRANJE” RASHLADNOG FLUIDA?

Definicija recikliranja (eng. recycle) prema standardu BAS EN 378-1:2022 je:



RECIKLIRANJE (RECYCLE)

Smanjenje zagađivača u korišćenim rashladnim fluidima odjeljivanjem ulja, uklanjanje nekondenzirajućih gasova i korišćenje uređaja kao što su filteri, sušači ili filter-sušači za smanjenje vlage, kiselosti i čestičnih materija.

Oprema i alat koja se koristi za recikliranje rashladnog fluida je identična kao i orpema i alat koja se koristi za prikupljanje, time što se još dodaje odvajač ulja. Postoje gotovi setovi za recikliranje koji se sastoje od manometarske grupe na kojoj je povezan odvajač ulja i filter-sušač što olakšava povezivanje. Stanice za prikupljanje rashladnog fluida iz auto klime su kompaktni uređaji za recikliranje jer pored uređaja za izvlačenje imaju servisna crijeva, odvajač ulja, filter sušač, elektronski vagu, cilindar za prikupljanje, integriranu manometarsku grupu, ventil za odzračivanje i elektroniku koja vodi servisera auto klime kroz procese, prikupljanja, izvlačenje kompresorskog ulja, vakuumiranje i punjenje novog kompresorskog ulja kao i punjenje definisane količine rashladnog fluida.

Na slici ispod prikazani su setovi za reciklažu i stanice za servisiranje auto klima.



Setovi za recikliranje



Stanica za recikliranje rashladnog fluida R-134a (lijevo) i R-1234yf (desno) iz auto klime
Slika 5.24: Setovi za recikliranje i stanice za recikliranje rashladnog fluida iz auto klime

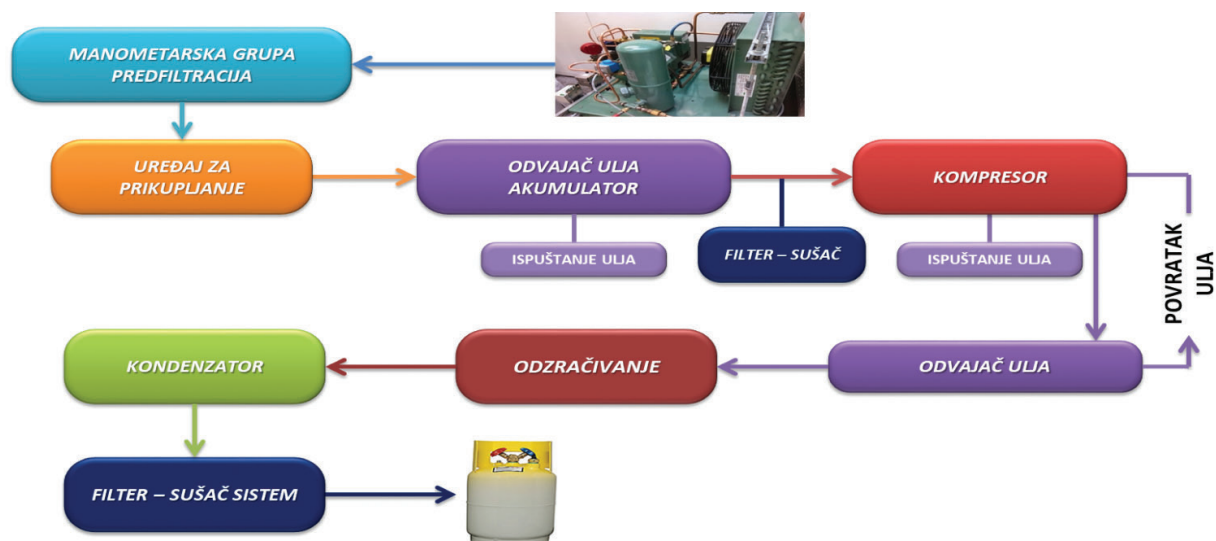
Postoje dva standardna metoda koji se koriste za recikliranje rashladnog fluida:

- Recikliranje sa jednim prolazom; i
- Recikliranje u više prolaza

Recikliranje u jednom prolazu

Recikliranjem u jednom prolazu vrši se prečišćavanje rashladnog fluida prvenstveno kroz separatore ulja i filter-sušač. Tokom procesa recikliranja, rashladni fluid prolazi kroz uređaj samo jednom, a zatim ulazi u cilindar za prikupljanje.

Na slici ispod prikazano je recikliranje rashladnog fluida u jednom prolazu.

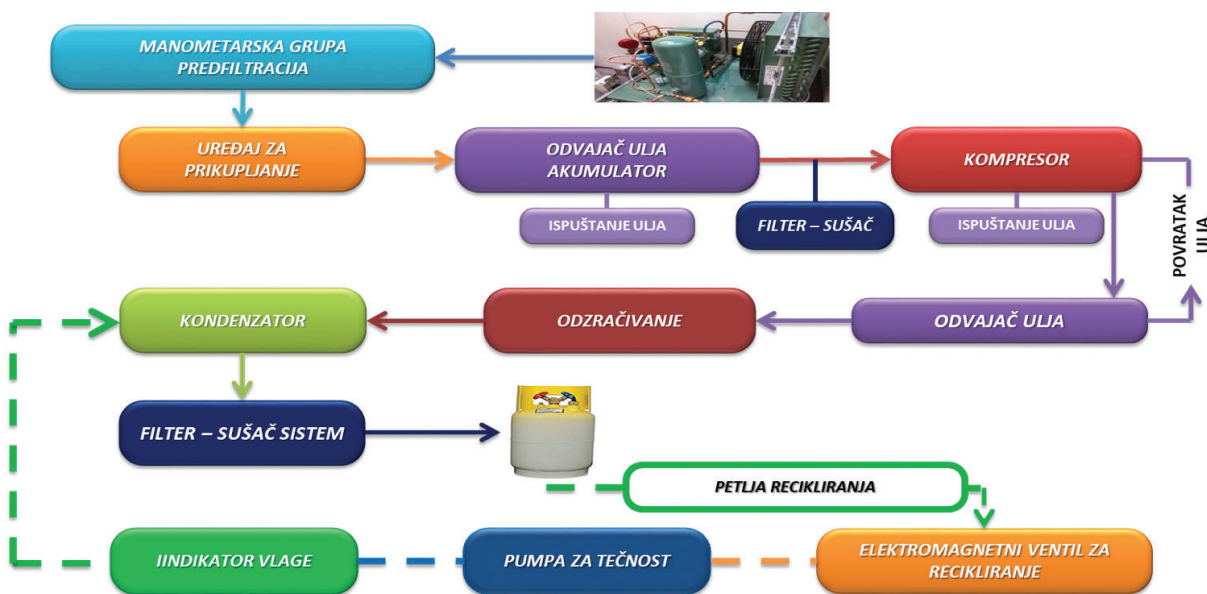


Slika 5.25: Recikliranje rashladnog fluida u jednom prolazu

Recikliranje u više prolaza

Recikliranjem u više prolaza vrši se prečišćavanje rashladnog fluida kroz separatore ulja i filtera-sušača više puta. Nakon određenog broja ciklusa, rashladni fluid se skladišti u cilindru za prikupljanje. Vrijeme nije mjera koliko je dobro rashladni fluid pročišćen, zbog različitog sadržaja vlage u samom rashladnom fluidu. Oba postupka mogu se izvesti na licu mjesta tokom prikupljanja rashladnog sredstva iz RACHP sistema ili nakon što je rashladni fluid prikupljen i uskladišten u cilindru za prikupljanje.

Na slici ispod prikazano je recikliranje rashladnog fluida u više prolaza.



Slika 5.26: Recikliranje rashladnog fluida u više prolaza

Regeneracija rashladnog fluida

ŠTA ZNAČI “REGENERACIJA” RASHLADNOG FLUIDA?

Definicija regeneracije (eng. reclaim) prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1:2022 je:



REGENERACIJA (RECLAIM)

Prerada korišćenih rashladnih fluida prema specifikacijama prvog puta korišćenog proizvoda.

Regeneracija je proces prerade prikupljenog rashladnog fluida postupcima kao što su filtriranje, sušenje, destilacija i hemijska obrada sa ciljem da mu se vrate karakteristike novog (neupotrebljavanog) rashladnog fluida. Provjera ostvarenih rezultata vrši se hemijskim analizama.

Proces regeneracije obično obuhvata postupke za koje je potrebna skupa oprema koju posjeduju samo specijalizovana postrojenja.

Međutim, regeneracija manjih količina rashladnog fluida se može izvršiti i mini uređajima za regeneraciju čija cijena je daleko prihvatljivija.

Na slici ispod prikazan je uređaj za regeneraciju manjih količina rashladnih fluida.

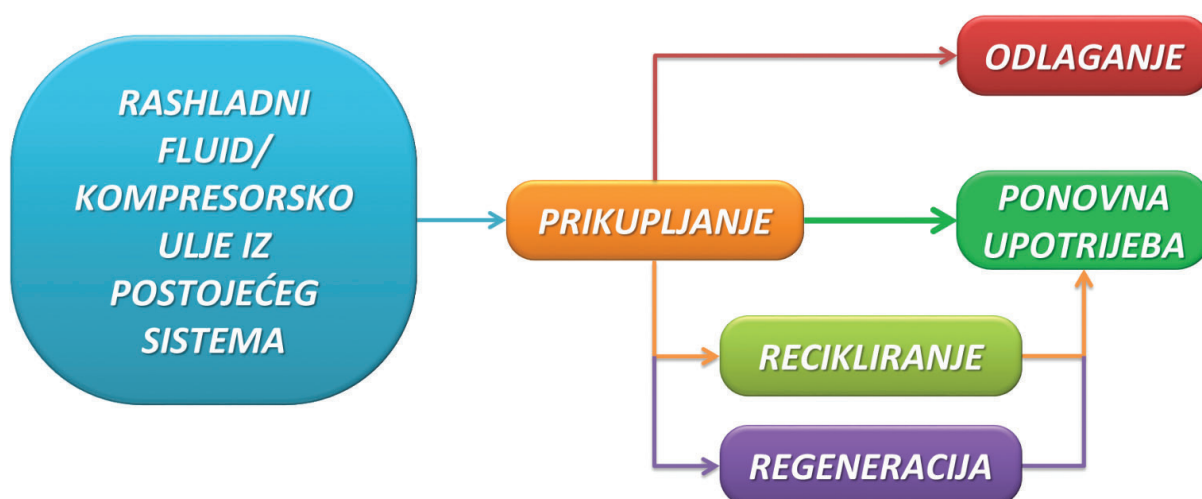


Slika 5.27: Uređaj za regeneraciju malih količina rashladnih fluida

Ponovna upotreba rashladnih fluida

Već je nekoliko puta navedeno da je svrha prikupljanja, recikliranja ili regeneracija rashladnog fluida njegova ponovna upotreba. Standard BAS EN 378-4:2016+A1:2020, pored definicije za održavanje i servisiranje, daje i informacije o zahtjevima za prikupljanja, recikliranje, regeneracije i ponovnu upotrebu prikupljenog rashladnog fluida, kao i odlaganje rashladnih fluida koji se ne mogu ponovo koristiti.

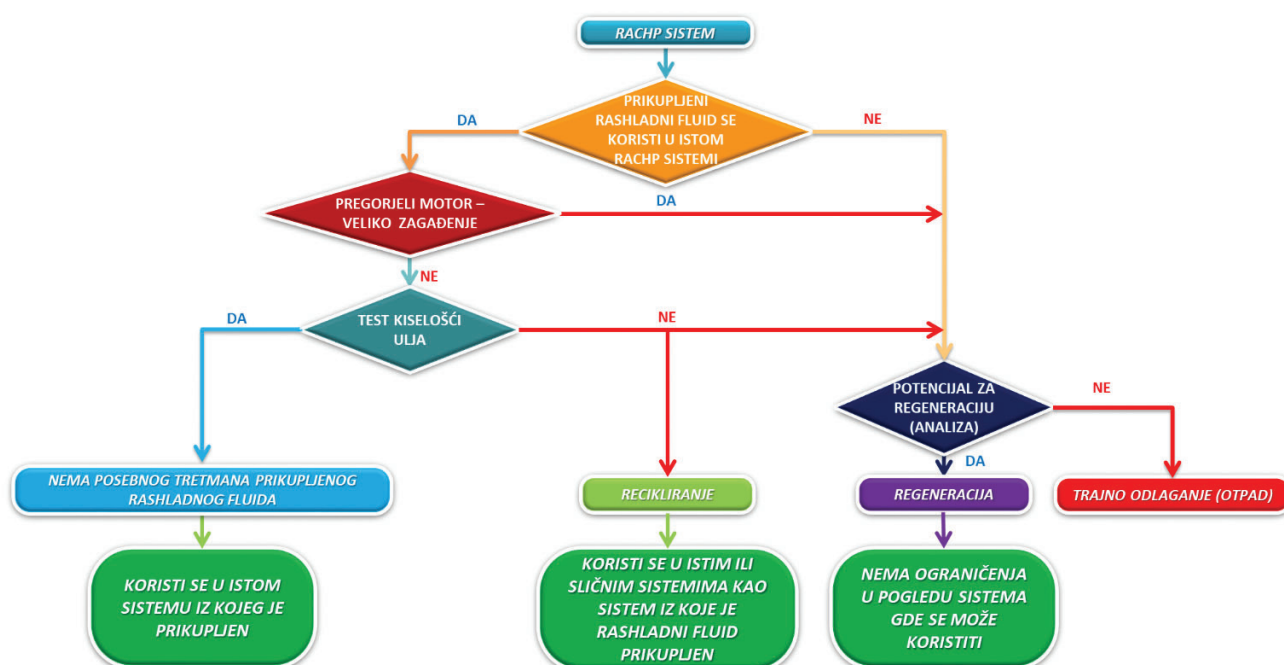
Pojednostavljeni prikaz veze između prikupljanja, recikliranja, regeneracije i ponovne upotrebe prikupljenog rashladnog fluida ili njegovog odlaganja u skladu sa standardom BAS EN 378-4+A1:2020 prikazan je na slici ispod.



Slika 5.28: Pojednostavljeni prikaz veze između prikupljanja, recikliranja, regeneracije i ponovne upotrebe prikupljenog rashladnog fluida u skladu sa standardom BAS EN 378-4+A1:2020

Standard također daje smjernice o rukovanju prikupljenim rashladnim fluidom prije njegove ponovne upotrebe i primjenjuje se na bilo koji prikupljeni rashladni fluid iz bilo kojeg RACHP sistema.

Šema rukovanja prikupljenim rashladnim fluidom u skladu sa standardom BAS EN 378-4:2016+A1:2020 prikazana je na slici ispod.



Slika 5.29: Šema rukovanja prikupljenim rashladnim fluidom u skladu sa standardom BAS EN 378-4:2016+A1:2020

Retrofit – zamjena rashladnog fluida u postojećem RACHP sistemu

Štetan uticaj određenih rashladnih fluida na okolinu doveo je do preduzimanja međunarodnih i nacionalnih aktivnosti za eliminaciju ili postepeno smanjenje upotrebe određenih fluida. Ove aktivnosti u nekim zemljama ponekad predviđaju zabranu dalje upotrebe određenih rashladnih fluida (prvenstveno CFC rashladnih fluida), ili nemogućnost obezbjeđivanja potrebnih količina rashladnih fluida za servisiranje uređaja koji su u funkciji, jer je uvoz ovih supstanci ograničen, tj. postoje kvote (HCFC i HFC rashladna fluida).

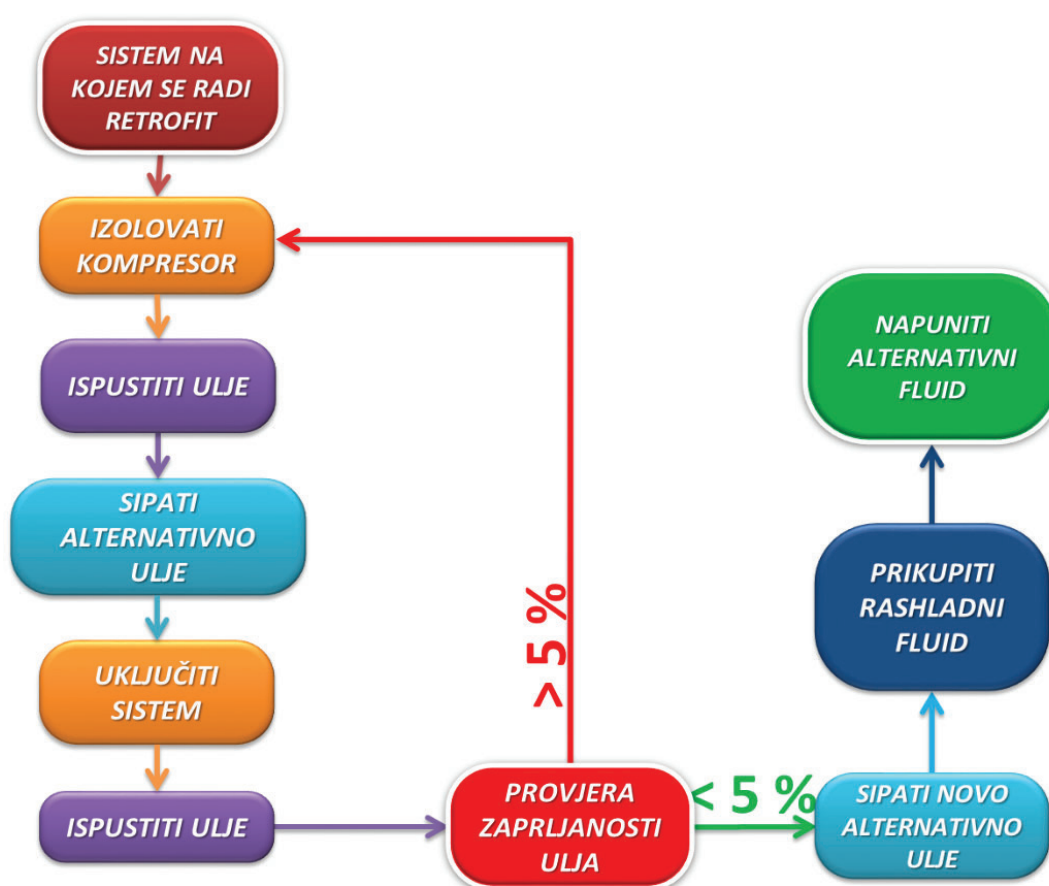
Prevazilaženje zabrane korištenja određenih rashladnih fluida ili nedovoljnih količina rashladnih fluida koja postaju sve skuplja ponekad se može prevazići primjenom rashladnog fluida čija dostupnost nije ograničena. Ova promjena rashladnog fluida u RACHP sistemu naziva se retrofit. Međutim, prije nego što se pristupi promjeni rashladnog fluida u RACHP sistemu, potrebno je napraviti detaljnu analizu obima aktivnosti koje treba preduzeti.

Postoje tri vrste retrofita:

- **DROP-IN RETROFIT** – je prelazak na alternativni rashladni fluid bez bilo kakvih promjena u RACHP sistemu. Može se javiti potreba da se neka mineralna ulja, nakon temeljnog ispiranja sistema uz upotrebu suhog azota, zamijene sa Poliol esterskim (POE) / Polialkilen glikolskim (PAG) uljima, poslije čega se sistem može napuniti potrebnom količinom drop-in rashladnog fluida.

- **JEDNOSTAVNI / EKONOMIČNI RETROFIT** – je prelazak na alternativni rashladni fluid koji zahtijeva samo zamjenu nekoliko nekompatibilnih dijelova kao što su zaptivači, o-ringovi, filter-sušaći. Jednostavni retrofit u nekim slučajevima može rezultirati blagim smanjenjem efikasnosti ili kapaciteta ili jednog i drugog.
- **OPTIMIZACIJA SISTEMA ILI PLANSKI RETROFIT** – je prelazak na alternativne rashladne fluide koji uključuje zamjenu glavnih komponenti sistema, kao što su kompresor, izmjenjivači toplote, ekspanzioni uređaj itd. sa novim koje su redizajnirani specijalno za alternativni rashladni fluid.

Tok retrofita u opštem slučaju je prikazan slici ispod. Moguće su varijacije u odnosu na prikazani dijagram toka, zavisno od karakteristika sistema čiji retrofit se vrši i vrste rashladnog fluida koji se koristi. Kada se koriste drop-in zamjene neki od koraka neće biti potrebni. U takvim slučajevima je važno da se ispoštuju preporuke proizvođača rashladnog fluida. Kada se kao zamjena koriste ugljovodonici (HC) treba voditi računa o bezbjednosnim aspektima.



Slika 5.30: Tok drop-in retrofita

6. Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje klipnog, vijčanog i rotacionog jednostepenog kompresora

U prvom poglavlju⁸ ovog priručnika u djelu osnova teorije rashladnih sistema, naučili smo da svaki parno kompresioni RACHP sistem sastavljen je od četiri osnovne komponente:

- Kompresor;
- Kondenzator;
- Prigušni element; i
- Isparivač.

Ovaj dio sadrži informacije o kompresoru kao jednom od četiri osnovne komponente RACHP sistema.

6.1 Objašnjenje osnovnih funkcija kompresora (uključujući kontrolu kapaciteta i sistema podmazivanja) i rizika od propuštanja ili oslobađanje rashladnog fluida koji su povezani sa radom kompresora

Kompresor u rashladnom sistemu ima dvije funkcije:

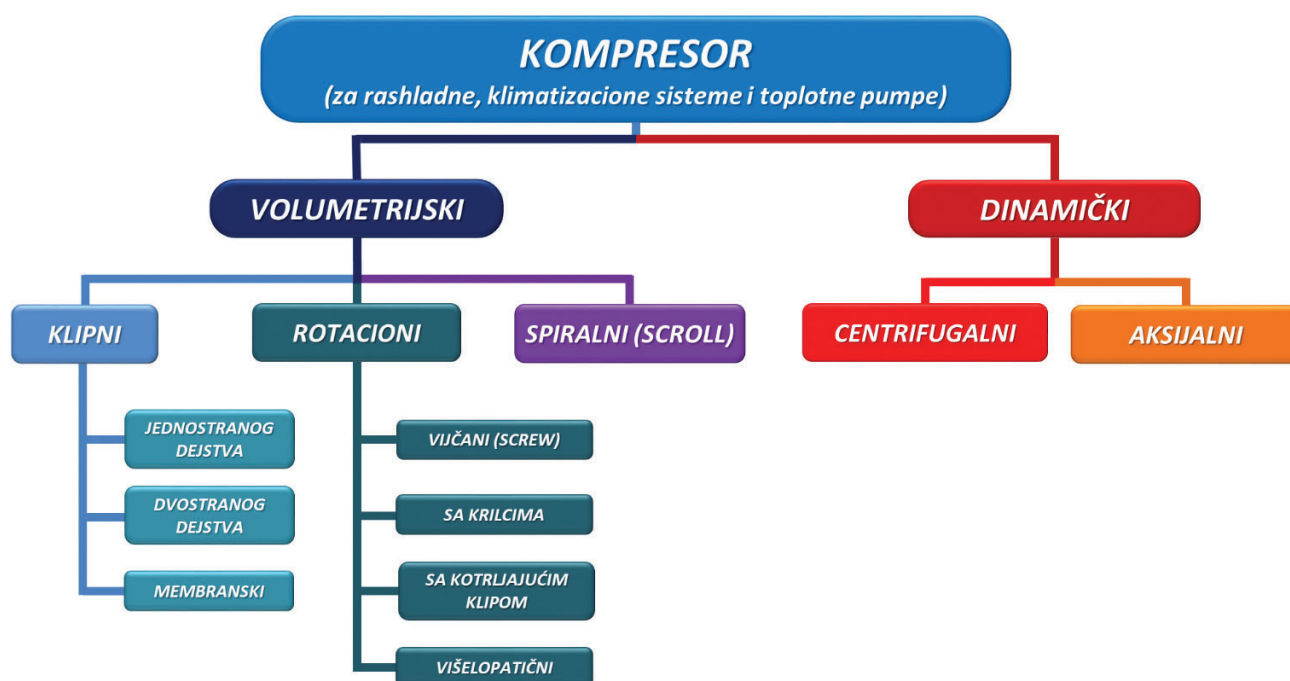
- ✓ Obezbeđuje cirkulaciju rashladnog fluida
- ✓ Povećava pritisak rashladnog fluida, a time i njegovu temperaturu, na nivou iznad temperature okoline koja prima toplotu rashladnog fluida (temperatura kondenzacije).

U praksi postoje mnogobrojne konstrukcije kompresora. Međusobno se mogu razlikovati po načinu sabijanje pare, hermetičnosti, prema vrsti rashladnog fluida koji koriste i prema broju stupnjeva.

Prema principu rada, odnosno načina sabijanje pare, kompresori se dijele na kompresore zapreminskog dejstva (zapreminski, volumetrijski) i na strujne (dinamičke) kompresore.

Na slici ispod prikazana je podjela kompresora prema principu rada.

⁸ Poglavlje 1: Osnovi termodinamike, tema 1.02: Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi)



Slika 6.1: Podjela kompresora prema principu rada

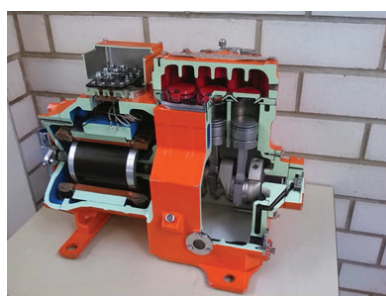
Prema hermetičnosti, odnosno načinu smještanja kompresora i elektromotora kompresori se dijele na:

- Hermetičke kompresore – motor i kompresor nalaze u zajedničkom zavarenom kućištu koje je nerastavljivo;
- Poluhermetički kompresori – motor i kompresor nalaze u zajedničkom zavarenom kućištu koje se može rastaviti; i
- Kompresori otvorenog tipa – motor i kompresor nalaze u odvojenim kućištima. Veza između motora i kompresora ostvaruje se preko spojnice ili remenice.

Na slici ispod prikazani je hermetički, poluhermetički i kompresor otvorenog tipa.



Hermetički klipni kompresor



Poluhermetički klipni kompresor



Klipni kompresor otvorenog tipa

Slika 6.2: Podjela kompresora prema hermetičnosti

Prema kapacitetu, odnosno rashladnom učinku koji svojim radom ostvaruju na isparivaču, kompresori se dijele na male (do 10 kW), srednje od (10 do 50 kW) i velike (od 50 do 500 i više kW).

Od svih tipova kompresora, posmatrano prema principu rada, u rashladnim sistemima najčešće se koriste sljedeći kompresori:

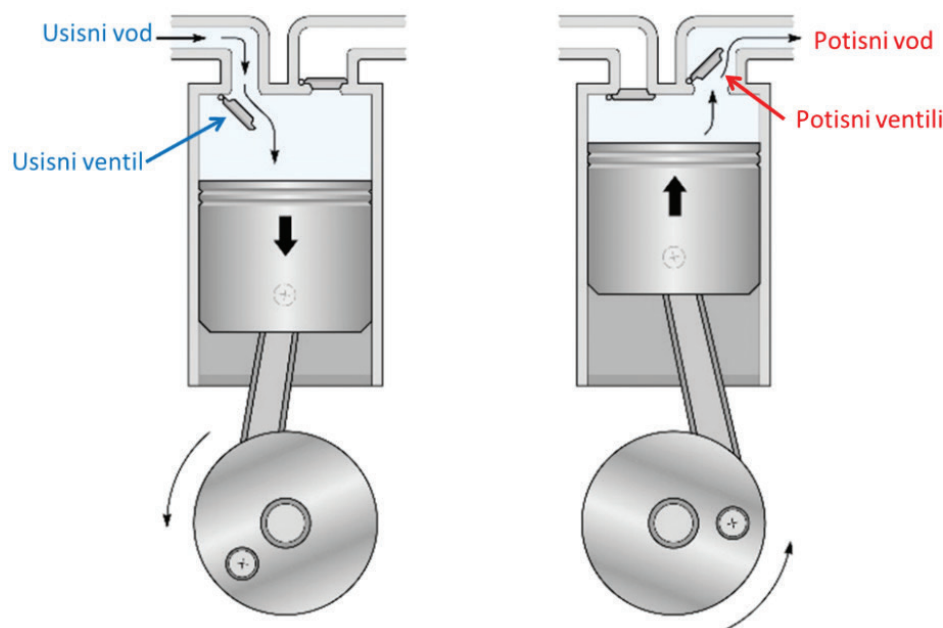
- Klipni;
- Vijčani (screw);
- Spiralni (scroll);
- Sa kotrljajućim klipom (rotary); i
- Centrifugalni.

U nastavku je prikazan princip rada najčešće korištenih tipova kompresora.

Klipni kompresori

Klipni kompresori predstavljaju kompresori zapreminskog dejstva kod kojih klipovi unutar cilindra sabijaju paru koja je dospjela u te cilindre. Njihova primjena je široko rasprostranjena u rashladnim i klimatizacionim sistemima i toplotnim pumpama svih kapaciteta.

Princip rada prikazan je na slici ispod.



Slika 6.3: Princip rada jednostepenog klipnog kompresora

Pregrijana para preko usisnog voda i usisnog ventila dopijeva u cilindar u trenutku kada je klip spušten, pri čemu u cilindru vlada nešto niži pritisak od pritiska isparavanja (od pritiska u usisnom vodu). Klip se zatim podiže skoro do kraja cilindra sabijajući paru (povećavajući joj pritisak, kao i temperaturu). Komprimirana para na pritisku nešto višem od pritiska kondenzacije prolazi kroz potisni ventil i napušta kompresor preko potisnog voda.

Klipni kompresori koriste kompresorsko ulje koje se nalazi u karteru samog kompresora. Kompresori većeg kapaciteta imaju pumpu za ulje (koja se pokreće preko vratila kompresora) i cio sistem za podmazivanje je pod pritiskom.

Na slici 6.2 prikazani su klipni kompresori hermetičkog, poluhermetičkog i otvorenog tipa.

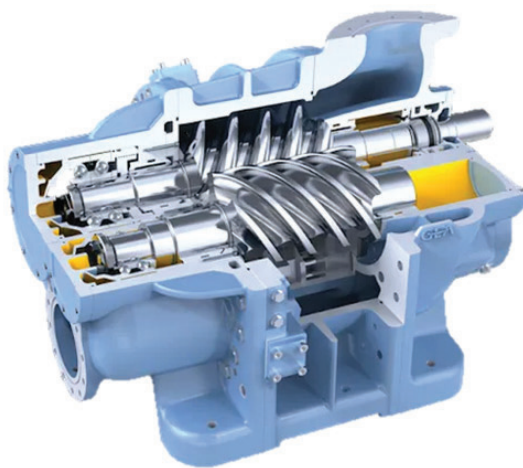
Vijčani (screw) kompresori

Zadnjih 35 do 40 godina došlo je do ubrzanog razvoja vijčanih (screw) kompresora. Ovaj tip kompresora koristi se kod RACHP sistema većih kapaciteta.

U praksi se mogu sresti dvije vrste ovih kompresora i to:

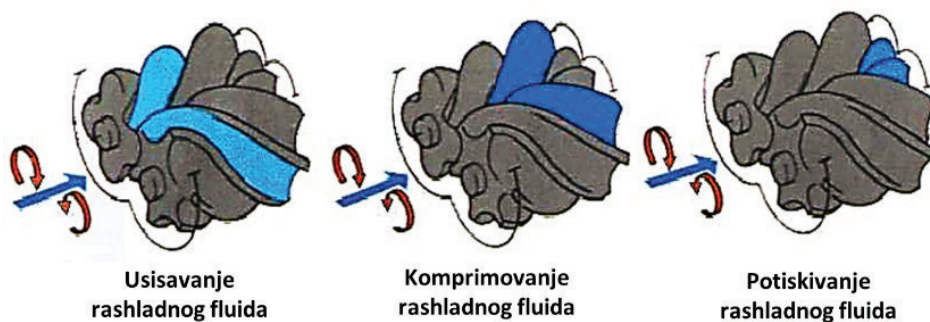
- Sa jednim vijkom (single screw); i
- Sa dva vijka (twin screw).

U praksi se najčešće susrećemo sa kompresorima sa dva vijka. Kod kompresora sa dva vijka, kompresor ima dva vijčana rotora, profili spregnutih helikoidalnih zuba su usaglašeni ali nisu isti. Glavni rotor (pogonski ili muški) ima konveksne bregove (zube) dok pomoćni (gonjenji ili ženski) rotor ima konkavne bregove. U praksi se javljaju različite kombinacije broja zuba rotora, ali najčešća konstrukcija savremenog vijčanog kompresora ima 4 zuba na glavnom i 6 zuba na pomoćnom rotoru. Oba rotora su smještena u masivnom kućištu na kojem se na jednom kraju nalazi usisni a na drugom potisni otvor. Na slici ispod prikazan je vijčani kompresor otvorenog tipa sa dva vijka.



Slika 6.4: Vijčani kompresor otvorenog tipa sa dva vijka

Žljebovi između zuba do zidova kućišta formiraju kanale po cijeloj dužini oba rotora. Kroz svaki taj kanal prolazi po jedan zub naspramnog rotora, koji dijeli kanal na usisni i potisni dio. Prilikom okretanja rotora, veličina kanala između zuba se mijenja tako da na prednjoj strani povećava (usis), a na drugoj strani se smanjuje (potis). Princip rada vijčanog kompresora sa jednim vijkom prikazan je na slici ispod.

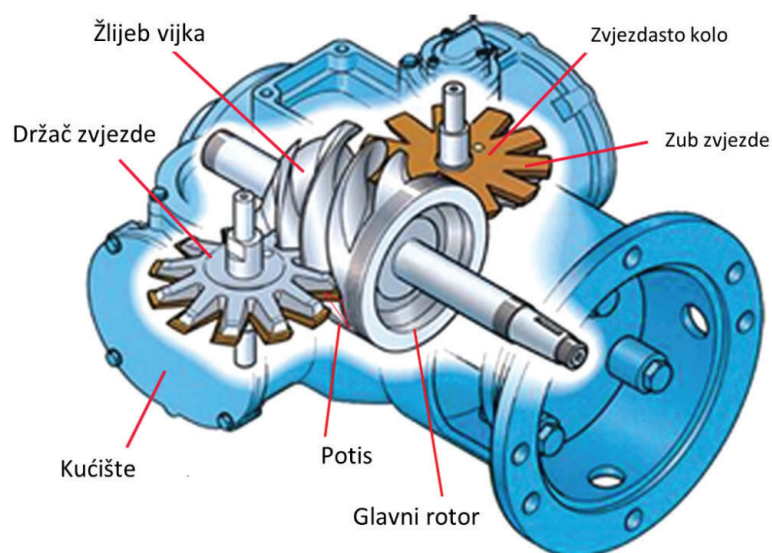


Slika 6.5: Princip rada vijčanog kompresor sa dva vijka

Vijčani kompresori sa jednim vijkom (trorotorni kompresori) sastoje se od glavnog rotora i dva zvjezdasta kola (gate rotor) čiji zubi po dimenzijama odgovaraju žlijebu na glavnom rotoru. Gasoviti rashladni fluid na usisu ispunjava žlijeb rotora. Kada se zvjezdasto kolo uzubi u glavni rotor zatvara žlijeb i na taj način zahvata gas. Pošto se spirala i dalje okreće dolazi do kompresije gasa jer se dužina, a time i zapremina, žlijeba smanjuje. Ulje za podmazivanje, koje se ubrizgava u kompresor, zaptiva zazor i sprječava propuštanja gasa.

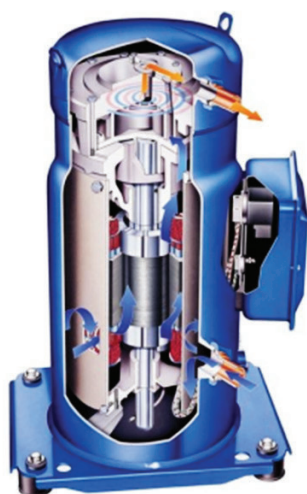
Glavni rotor je balansiran u radijalnom i aksijalnom smjeru tako da ležajevi kompresora imaju dug životni vijek. Jednostavna konstrukcija sa samo tri osnovna dijela smanjuje mogućnost kvarova i troškove održavanja.

Na slici ispod prikazan je vijčani kompresor sa jednim vijkom.



Slika 6.6: Vijčani kompresor otvorenog tipa sa jednim vijkom

Spiralni (scroll) kompresori



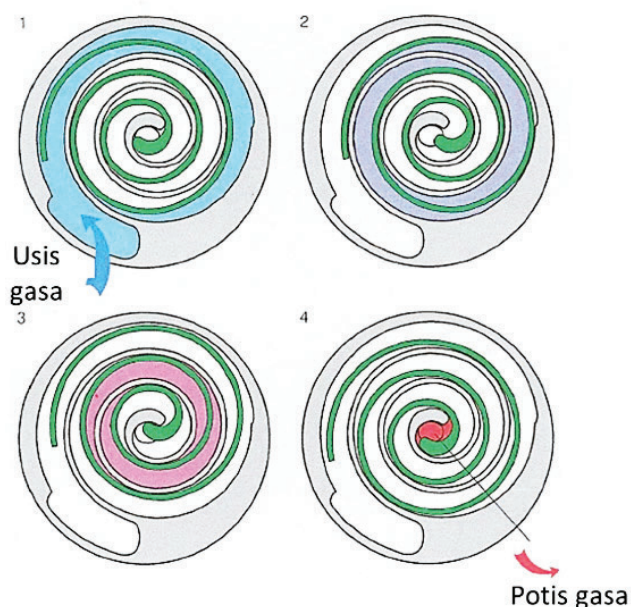
Kod spiralnog kompresora rashladni fluid se nalazi između dvije cilindrične spirale koje su međusobno spregnute. Gornja spirala je nepokretna. Sa donje strane je zatvorena poklopcem na čijem se središtu nalazi potisni otvor, dok je sa donje strane otvorena i u nju ulazi donja pokretna spirala. Donja spirala je sa donje strane zatvorena dnom. Visine spirala su jednake tako da otvoreni kraj svake od njih naliježe na poklopac suprotne spirale.

Na slici prikazan je spiralni (scroll) kompresor. Ovi su kompresori hermetičkog tipa.

Slika 6.7: Spiralni (scroll) kompresor hermetičkog tipa

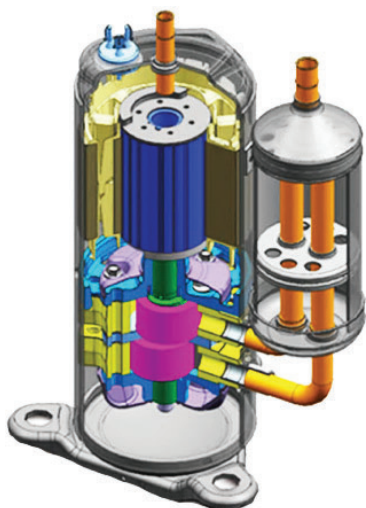
Donja spirala kruži (orbitira ali se ne okreće oko svoje ose) unutar kanala gornje nepokretne spirale. Takvo kretanje omogućava stvaranje zatvorenih prostora sa promjenljivom zapreminom.

Princip rada spiralnog kompresora prikazan je na slici ispod.



Slika 6.8: Princip rada spiralnog (scroll) kompresora

Kompresori sa kotrljajućim klipom (rotary)



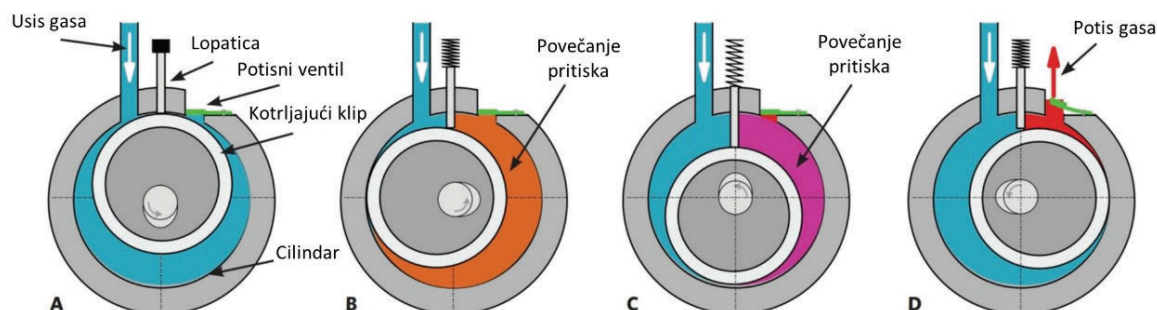
Rotacioni kompresori sa kotrljajućim klipom su najčešće korišteni kompresori kod split klima uređaja. Najčešće nalaze se konstrukcije sa jednim i sa dva kotrljajuća klipa. Karakteristika ovih kompresora je ugrađeni akumulator kapljevine, koji štiti kompresor od povratka tečnog (vlažnog) rashladnog fluida.

Na slici prikazan je kompresor sa dva rotirajuća klipa (twin rotary) hermetičkog tipa.

Slika 6.9: Rotacioni kompresori sa kotrljajućim klipom hermetičkog tipa

U rotacionom kompresoru sa kotrljajućim klipom rashladni fluid se komprimuje rotacionim kretanjem valjka unutar cilindra. Valjak rotira ekscentrično (van centra) oko osovine, tako da je dio valjka uvijek u kontaktu sa unutrašnjim zidom cilindra. Pored toga, po valjku uvijek, pod dejstvom opruge, klizi i jedan kraj lopatice. Te dvije tačke kontakta stvaraju unutar cilindra dva zatvorena prostora sa kontinuiranom promjenom zapremine.

Princip rada kompresora sa kotrljajućim klipom prikazan je na slici ispod.



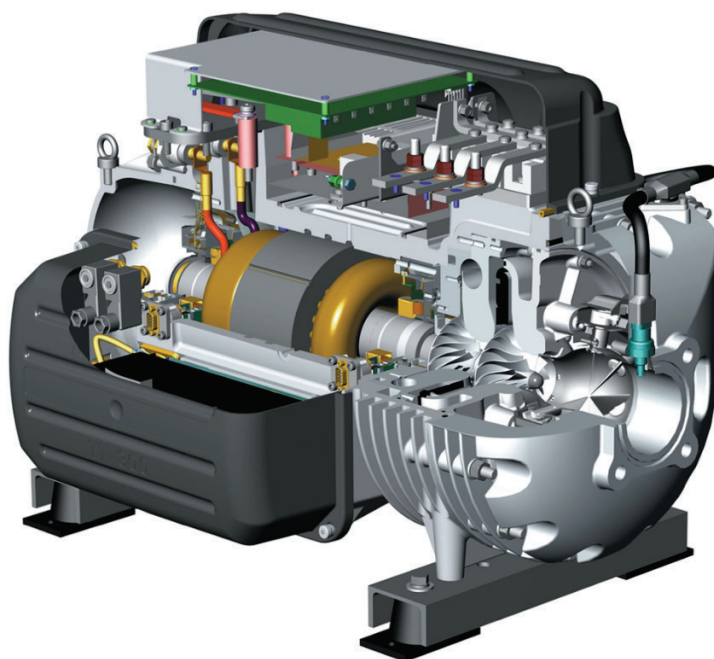
Slika 6.10: Princip rada rotacionog kompresora sa kotrljajućim klipom

Centrifugalni kompresori

Centrifugalni kompresori koriste rotaciono djelovanje radnog kola kako bi se na rashladni fluid unutar volute (pužnog kućišta) djelovalo centrifugalnom silom. Rashladni fluid se u radno kolo usisava kroz veliki kružni ulaz, a zatim protiče između lopatica. Lopatice na rashladni fluid djeluju centrifugalnom silom i potiskuju ga prema zidovima kućišta.

Pritisak rashladnog fluida raste zato što je pritjeran uz strane spiralnog kućišta. Centrifugalni kompresori su pogodni za komprimovanje velikih količina protoka na relativno niskom pritisku (stepeni sabijanja su mali). Sila kompresije koju proizvodi radno kolo kompresora je mala, tako da rashladni uređaji koji koriste centrifugalne kompresore obično imaju više radnih kola koji su postavljena u seriji.

Na slici ispod prikazan je centrifugalni kompresor poluhermetičkog tipa.



Slika 6.11: Centrifugalni kompresor poluhermetičkog tipa

6.2 Pravilno postavljanje kompresora, uključujući opremu za kontrolu i zaštitu, kako ne bi došlo do propuštanja ili velikog oslobađanja rashladnog fluida prilikom puštanja sistema u rad

Pravilno postavljanje kompresora podrazumijeva odabir mjesta za kompresor koje obezbjeđuje dobru ventilaciju, čak i u slučaju kada se koriste kondenzatori koji su udaljeni od kompresora, jer motor kompresora i potisne cijevi emituju toplotu.

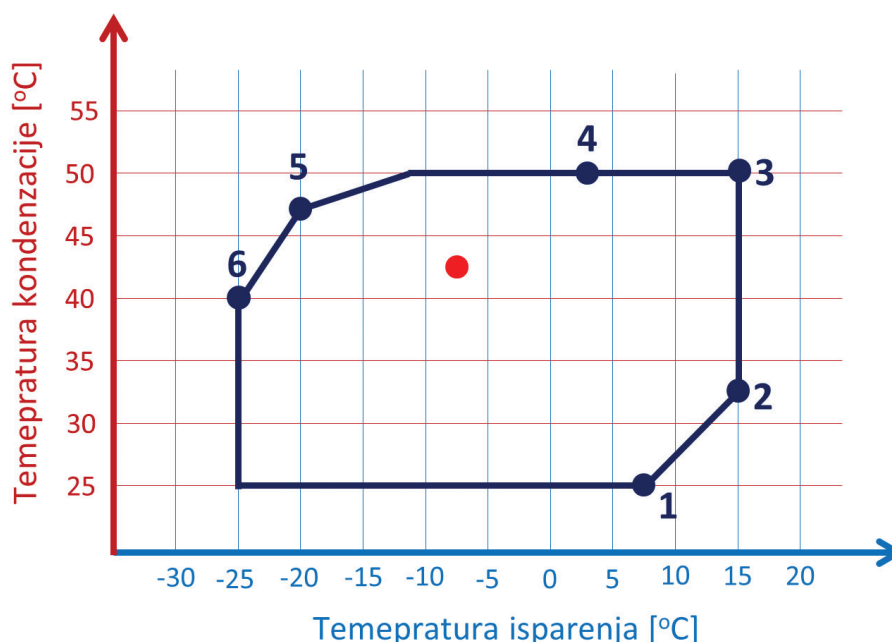
Proizvođači kompresora uvijek daje sve podatke o radnom opsegu kompresora (takozvani „working envelope“ na engleskom), i ključno je da radni parametri kompresora ostanu unutar ovih uslova. Kvarovi na kompresoru dolaze kada kompresor krene da radi izvan radnog opsega.

Kvarovi na kompresoru mogu biti rezultat lošeg dizajna kompresora (neodgovarajući izbor kompresora) ili ostalih komponenta sistema, nepravilno puštanje u rad samog kompresora ali i loše održavanje i servisiranje sistema.

Pregrijavanje kompresora prouzrokuje kvar, a uzroci pregrijavanja mogu biti:

- Veliki stepen kompresije;
- Veliko pregrijavanje pare na izlazu iz isparivača;
- Visoka izlazna temperatura na potisu;
- Nedostatak spoljašnjeg hlađenja;
- Neadekvatno hlađenje motora; i
- Visoka temperatura povratnog gasa.

Na slici ispod prikazan je radni opseg, dok je opis uzroka koji mogu dovesti do kvara kompresora ukoliko kompresor radi na određenoj ivici radnog opsega dat niže.



Slika 6.12: Radni opseg („working envelope“) kompresora

- ▶ **Tačka 1:** Mali kompresioni odnos uzrokuje nepravilni rad usisnih i potisnih ventil pločica i dugi rad u ovom režimu može dovesti do njihovog oštećenja;
- ▶ **Tačka 2:** Kada kompresor radi na granici maksimalno dozvoljenog isparenja koji je proizvođač odredio, maseni protok kompresora je veći što uzrokuje veća opterećenja na ležajevima kompresora;
- ▶ **Tačka 3:** Povećanjem temperatura isparenja raste temperatura kondenzacije pa se i opterećenje motora kompresora povećava;
- ▶ **Tačka 4:** Maksimalno dozvoljena temperatura kondenzacije, ravna linija između tačke 3 i 4, je ograničeno pritiskom zasićene pare;
- ▶ **Tačka 5:** Visoka temperatura kondenzacije i niska temperatura isparavanja povećavaju ograničenje termičkog opterećenja kompresora; i
- ▶ **Tačka 6:** U slučaju niske temperature isparenja i niže temperature kondenzacije smanjuje se maseni protok kroz kompresor i gustina usisnog gas.

Kompresor treba da radi unutar radnog opsega, (crvena tačka na slici iznad).

Do pregrijavanja kompresora također dolazi svaki put i kada se kompresorsko ulje toliko zagrije da izgubi svoju sposobnost da podmazuje.

Standardna zaštite kompresora obuhvata zaštitu od niskog pritiska („low pressure protection“), zaštitu od visokog pritiska („high pressure protection“) i zaštitu od visoke izlazne temperature kompresora („high discharge temperature“).

6.3 Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača

Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača na sistemu radi se u skladu sa uputstvima proizvođača opreme koji definišu kako i šta se podešava na rashladnoj i elektro instalaciji. Tokom održavanja i servisiranja potrebno je provjeriti kako su podešeni prekidači zaštite od niskog i visokog pritiska („low and high pressure switch“) i njihovu ispravnost. Također tokom održavanja i servisiranja potrebno je provjeriti kako su podešeni kontrolni prekidači i njihovu ispravnost.

6.4 Podešavanje usisnih i potisnih zaustavnih ventila

Podešavanje usisnih i potisnih zaustavnih ventila na sistemu radi se u skladu sa uputstvima proizvođača opreme koji definišu kako i šta se podešava na rashladnoj instalaciji. Tokom održavanja i servisiranja potrebno je provjeriti kako su podešeni usisi i potisni zaustavni ventili i da li su otvoreni kako ne bi prouzrokovali problem i padove pritiska u instalaciji.

6.5 Provjera sistema za povratak ulja

Glavna uloga ulja za rashladne sisteme je podmazivanje kompresora i odvođenje toplote. Pored toga, ulje poboljšava zaptivanje komore kompresora i ventila i odstranjuje nečistoće sa podmazivanih mjesta. Kompresorsko ulje potrebno je da zadovolji sljedeće uslove:

- Podmazivanje – smanjenje trenja i habanja između tarućih površina;
- Zaptivanje – obezbjeđuje zaptivenost između usisne i potisne strane, ili na izlazu iz vratila kućišta;

- Hlađenje – ležajeva i kućišta; i
- Izolacija – elektromotora kod hermetičke konstrukcije.

Ulje je potrebno jedino u kompresoru. Međutim, ono dolazi u dodir i sa drugim komponentama unutar sistema zbog izbacivanja ulja iz kompresora. Pretpostavlja se da u sistemima za hlađenje cirkuliše 5 do 10% ulja.

Osnovni kriterijumi za izbor kompresorskog ulja su:

- ✓ Dobro miješanje i rastvorivost - Dobro miješanje osigurava da se ulje vraća u kompresor, a previsoka rastvorivost može rezultirati ispiranjem ulja sa pokretnih dijelova;
- ✓ Nizak indeks viskoznosti - Omogućava da ulje ostvaruje dobro podmazivanje na visokim temperaturama i da bude dovoljno fluidno na niskim temperaturama kako bi u svim uslovima obezbjeđivalo dobar uljni film;
- ✓ Kompatibilnost sa svim materijalima u instalaciji – Nema potencijala oštećenja komponente i materijala niz koje prolazi;
- ✓ Dobro kvašenje podmazivanih površina;
- ✓ Bez štetnog djelovanja po okolini i biorazgradivost.

Ono što je također bitno napomenuti je da se kompresori isporučuju sa fabričkim punjenjem kompresorskog ulja i da proizvođači uz kompresor dostavljaju i listu ulja koja se mogu koristiti. Nepoštovanje ovih preporuka može, zbog nekompatibilnosti, prouzrokovati oštećenje mehaničkih i električnih dijelova kompresora.

U RACHP sistemima koriste se sljedeće vrste kompresorskih ulja:

- ▶ **Mineralna ulja (MO)** – Mineralna ulja se mogu koristiti sa rashladnim fluidima koji sadrže hlor, amonijak i ugljovodonicima;
- ▶ **Alkil benzenska ulja (AB)** – Alkilbenzenska ulja su ulja na sintetičkoj osnovi. Termički su mnogo stabilnija od mineralnih ulja, a mogućnost njihovog miješanja sa rashladnim fluidima je veća. Osim toga, stvaranje pjene nakon starta postrojenja je manje izraženo;
- ▶ **Poliol Esterska ulja (POE)** – Polioli esterska ulja (POE) su sintetička sredstva za podmazivanje koja se koriste u velikom broju rashladnih i klimatizacionih uređaja. Ova ulja imaju osobine slične PAG uljima, ali nisu toliko otporna na razlaganje pri visokim sadržajima vode. Esterska ulja se isporučuju sa ostatkom vlage od 50 ppm i manje;
- ▶ **Poli alfa olefinska ulja (PAO)** – Zbog odlične termičke stabilnosti se koriste u rashladnim sistemima koji rade u ekstremnim uslovima;
- ▶ **Polivinil etarska ulja (PVE)** – PVE su sintetička ulja koja se koriste kao zamjena za POE. Veoma često se koriste u VRV sistemima. Higroskopnija su od POE ulja, ali se u kontaktu sa vlagom ne javlja proces hidrolize. To znači da je, za razliku od POE, moguća dehidracija; i
- ▶ **Polialkilglikolska ulja (PAG)** – PAG su sintetička sredstva za podmazivanje koja se koriste u primjenama sa npr. HFC–R134a.

U tabeli ispod prikazane su preporuke i ograničenja pri korištenju različitih vrsta kompresorskih ulja sa različitim tipovima rashladnih fluida.

Tabela 6.1: Kompatibilnost kompresorskih ulja sa rashladnim fluidima

Kompatibilnost kompresorskih ulja sa rashladnim fluidima						
Grupa rashladnih fluida	Mineralna ulja (MO)	Alkil benzenska ulja (AB)	Poli alfa olefinska ulja (PAO)	Poliol esterska ulja (POE)	Polivinil etarska ulja (PVE)	Polialkil-glikolska ulja (PAG)
(H)CFC	✓	✓	! ¹	!	✗	✗
HFC + mješavine	✗	!	✗	✓	✓	✓ ¹
HFC/HC mješavine	! ²	! ²	! ²	✓	✓	✗
HFO+HFC/HC mješavine	✗	✗	✗	✓ ³	✓ ³	✗
HC	✓ ⁴	! ⁴	✓ ⁴	✓ ⁴	✗	! ⁴
NH3 + R-723	✓	!	✓	✗	✗	! ⁵
CO2	✗	✗	! ²	✓	✗	✓

✓ Pogodno ! Sa ograničenjem ✗ Nepogodno

¹ Posebno kritično sa vlagom i moguća veća osnovna viskoznost

² Pogodno u zavisnosti od dizajna sistema

³ Posebno naznačeno

⁴ Moguća veća osnovna viskoznost

⁵ Posebno kritično sa vlagom

Instalacija sistema treba biti izvedena da omogući povratak ulja u kompresor. Tokom serviranja i održavanja potrebno je provjeriti sistem povratka ulja u kompresor. Kod određene vrste kompresora na samom kompresoru ugrađeno je nivokazno staklo. Proizvođači kompresora pored nivokaznog stakla, najčešće postavljaju granice minimalnog i maksimalnog dozvoljenog nivoa ulja.

Kod određenih tipova kompresora potrebno je pratiti i kontrolisati pritisak ulja. Ukoliko na sistemu postoji mogućnost mjerenje pritiska ulja potrebno je pri puštanju u rad nakon serviranja i održavanja provjeriti pritisak ulja.

Kako bi se smanjila količina ulja koja cirkuliše kroz sistem, preporuka je ugraditi separator ulja kad god je moguće. Funkcija separatora ulja je povratak kompresorskog ulja u kompresor.

Miscibility gap (Zona nerastvorivosti)

Kroz sistem zajedno sa rashladnim fluidom cirkuliše od 5 do 10% ulja. Pri određenim uslovima, naročito kod niskih isparenja, dolazi do razdvajanja ulja i rashladnog fluida odnosno, oni se više ne miješaju.

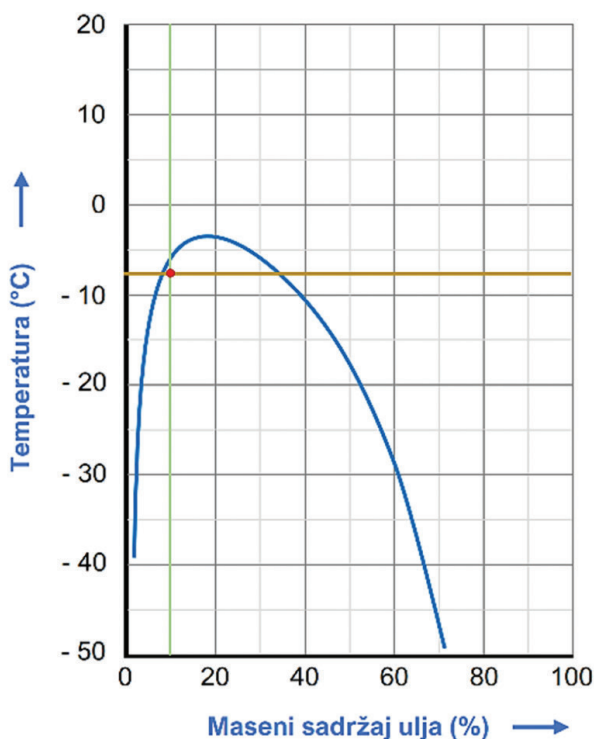
Ova pojava je poznata kao "Miscibility gap - Zona nerastvorljivosti".

Kod niskih isparenja dolazi do razdvajanja i ulje ostaje u dijelovima instalacije, što dovodi do problema pri radu, ne samo u isparivaču već u čitavom sistemu. Zato je važno obratiti pažnju na postavljanje usisnog cjevovoda kako bi se obezbijedio adekvatan povratak ulja jer tokom vremena kompresor izbacuje količinu ulja koja se ne vraća.

Ako je u karteru kompresora niska temperatura, a grijač ne radi, onda se također može pojaviti ovo razdvajanje i start kompresora je otežan.

Na slici ispod prikazan je primjer mješavina koja sadrži 90% R-22 (zelena linija) i 10% mineralnog ulja (KM32) i cirkuliše u sistemu na -7°C (braon linija). Kriva plavom bojom prikazuje granicu zone rastvorivosti i nerastvorivosti. Iznad krive je zona rastvorivosti dok se ispod krive “zona pod zvonom” nalazi se zona nerastvorivosti.

Tačka na grafiku koja odgovara ovim parametrima leži ispod krive koja ograničava zonu nerastvorivosti što znači da se mješavina razdvaja na dvije faze: rashladni fluid i ulje.



Slika 6.13: Primjer miješanja i zona nerastvorivosti rashladnog fluida HCFC-22 i mineralnog ulja

Efekat mogućnosti kreiranja uslova koji omogućuju pojavu zone nerastvorivosti i time opasnost po samom kompresoru, izbjegava se korištenjem grijača u zoni gdje se nalazi kompresorsko ulje u kompresoru (karter kompresora).

Potrebno je provjeriti ispravnost rada grijača tokom servisiranja ili održavanje sistema.

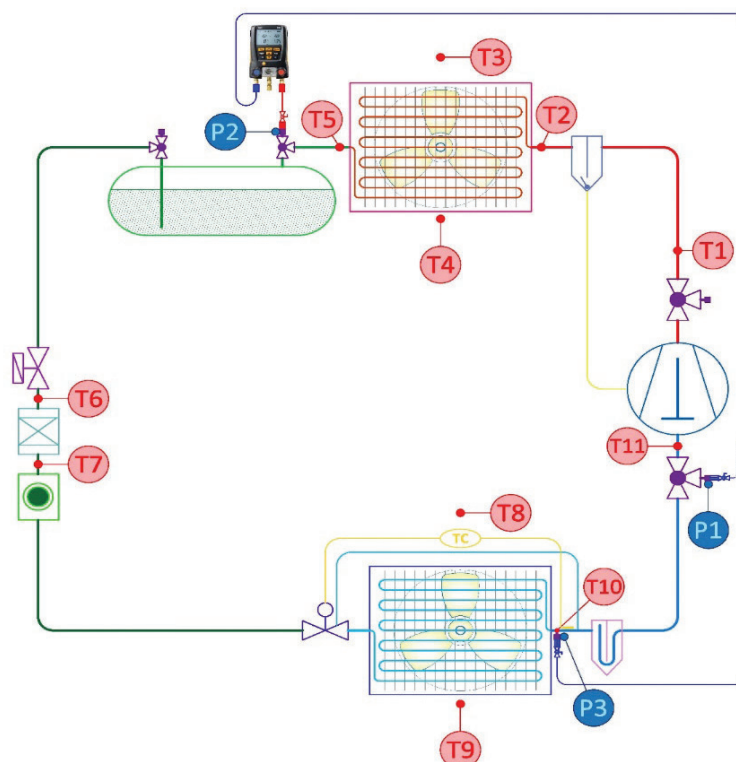
6.6 Puštanje u rad i zaustavljanje kompresora i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada

Nakon puštanja u rad i po uspostavljanju radnog režima, potrebno je uraditi provjeru radnih parametara i vidjeti da li odgovaraju predviđenim parametrima. Ovo podrazumijeva mjerenje pritiska i temperature u određenim djelovima sistema. Pri ovome treba provjeriti da li je kompresor u radu u svom radnom opsegu kao i stepen sabijanja.

Pored mjerenja pritiska na strai niskog i visokog pritiska potrebno je amper kliještima izmjeriti struju koju kompresor troši i da se rezultati mjerenja uporede sa potrošnjom koja je na fabričkoj tablici kompresora. Također potrebno je provjeriti i napajanje, odnosno ulazni električni napon sistema i kompresora.

Kako je već napomenuto u četvrtom poglavlju⁹, prvi korak u detekciji propuštanja je mjerenje parametara sistema (pritisak, temperatura, jačina struje ili snaga kompresora, itd.). Određivanje potencijalnog propuštanja na sistemu pomoću mjerenje parametara je indirektna metoda provjere propuštanja.

Na slici ispod prikazane su mjerne tačke pritiska i temperature na jednom rashladnom sistemu.



Slika 6.14: Mjerne tačke pritiska i temperature na rashladnom sistemu

6.7 Pisanje izvještaja o stanju kompresora u kom se identifikuju problemi pri radu kompresora koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne poduzme

Nakon sprovedenog mjerenja radnih parametara instalater ili serviser treba pripremiti izvještaj o sprovedenom mjerenju.

Informacije o poduzetim aktivnostima tokom održavanja ili servisiranja upisuju se u zakonskom propisanom obrazcu evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi i sistema za zaštitu od požara koje sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci. Informacije se upisuju u dijelu održavanje ili servisiranje, koji je prikazan ispod, ali to se više odnosi na održavanje ili servisiranje RACHP sistema u cjelini, a ne određenih komponenta sistema.

⁹ Poglavlje 4: Provjere propuštanja, tema 4.04 Provjera propuštanja sistema indirektnom metodom u skladu sa važećim propisima u Bosni i Hercegovini i uputstvom za upotrebu sistema

ODRŽAVANJE ILI SERVISIRANJE				
Datum	Serviser	Dio	Obavljene radnje održavanja/servisiranja	Komentari ³

³ Komentari mogu uključiti svaku sugestiju za operatera u vezi sa održavanjem opreme.

Zakonski propisani obrazac o izgledu izvještaja koji sadrži sve informacije o izmjenjenim parametrima i o stanju određenih komponenta RACHP sistema ne postoji. Izvještaj bi trebalo da sadrži najmanje četiri vrste informacije kao što su:

- ✓ Osnovne informacije o operateru rashladnog i klimatizacionog sistema i/ili toplotne pumpe;
- ✓ Osnovne informacije o servisnoj radionici i serviseru koji sprovodi mjerenje radnih parametara;
- ✓ Osnovne informacije o samom rashladnom i/ili klimatizacionom sistemu i/ili toplotnoj pumpi;
- ✓ Informacije o rezultatima mjerenja (pritiska, temperature, struje) uključujući i primjedbe i preporuke operatera na bazi rezultata mjerenja;

U tabeli ispod prikazan je prijedlog izvještaja koji se može koristiti da bi se pripremio izvještaj o sprovedenom testu.

Tabela 6.2: Prijedlog izvještaja o sprovedenom mjerenju radnih parametara

IZVJEŠTAJ O PUŠTANJU U RAD / ODRŽAVANJU / SERVISIRANJU INSTALACIJE			
Servisna radionica			
Serviser			
Adresa			
Telefon / faks			
Broj certifikata			

INFORMACIJE O OPERATERU SISTEMA	
Naziv operatera	
Lokacija opreme	
Registracioni broj opreme	

OSNOVNE INFORMACIJE O RASHLADNOJ I/ILI KLIMATIZACIONOJ OPREMI I/ILI TOPLITNOJ PUMPI			
Tip uređaja		Model i serijski br.	
Rashladni fluid i grupa		Rashladni kapacitet	
Datum puštanja u rad		Datum servisiranja	

INFORMACIJE O IZMJERENIM RADNIM PARAMETRIMA, PRIMJEDBE I PREPORUKE			
Količina punjenja rashladnim fluidom			
Količina ulja		Tip ulja	
Usisni pritisak P1		Pritisak kondenzacije P2	
Pritisak na izlazu iz isparivača P3			
Temperatura rashladnog fluida na izlazu iz kompresora T1		Temperatura rashladnog fluida na ulazu u kondenzator T2	
Temperatura vazduha / vode na ulazu u kondenzator T3		Temperatura vazduha / vode na izlazu iz kondenzatora T4	
Temperatura rashladnog fluida na izlazu iz kondenzatora T5		Temperatura rashladnog fluida na ulazu u filter / sušač T6	
Temperatura rashladnog fluida na izlazu iz filtera / sušača T7		Temperatura vazduha / vode na ulazu u isparivač T8	
Temperatura vazduha / vode na izlazu iz isparivača T9		Temperatura rashladnog fluida na izlazu iz isparivača T10	
Temperatura rashladnog fluida na usisu kompresora T11		Pothlađivanje rashladnog fluida na izlazu iz kondenzatora	
Pregrijavanje rashladnog fluida na izlazu iz isparivača		Pregrijavanje rashladnog fluida na usisu kompresora	
LP podešeni presostat niskog pritiska		HP podešeni presostat visokog pritiska	

ELEKTRIČNI PODACI			
Napajanje – Napon	L1	L2	L3
Amperaža – Struja – ukupno	L1	L2	L3
Struja koju vuče kompresor	L1	L2	L3
Struja koju vuče ventilator na kondenzatoru			
Struja koju vuče ventilator na isparivaču			

OSTALI PODACI			
Tip kompresora		Risiver tank - veličina	
Tip kondenzatora		Tip presostata niskog pritiska	
Tip isparivača		Tip presostata visokog pritiska	

Primjedbe:	Potpis serviser	Datum
------------	-----------------	-------

7. Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje kondenzatora sa vazдушnim i vodenim hlađenjem

U prvom poglavlju¹⁰ ovog priručnika u djelu osnova teorije rashladnih sistema, naučili smo da svaki parno kompresioni RACHP sistem sadrži četiri osnovna elementa:

- Kompresor;
- Kondenzator;
- Prigušni element; i
- Isparivač.

Ovaj dio sadrži informacije o kondenzatoru kao jednom od četiri osnovne komponente RACHP sistema.

7.1 Objašnjenje osnovne funkcije kondenzatora i rizika propuštanja koji su povezani sa radom kondenzatora

Kondenzator u RACHP sistemima je izmjenjivač toplote u kome rashladni fluid mijenja svoje agregatno stanje iz pare u tečnost – kondenzuje se, predajući toplotu okolini. Drugim riječima, primarna funkcija kondenzatora je uklanjanje toplote iz rashladnog fluida pomoću drugog rashladnog fluida, tj. okoline (vazduha ili vode).

Iako je termin “kondenzator” usko povezan s procesom kondenzacije, rashladni fluid ulazi u kondenzator kao pregrijana para, a izlazi kao pothlađena tečnost. To znači da se prije i nakon kondenzacije, osjetna toplota uklanja iz pare, odnosno tečnosti. Da bi se proces izmjene toplote odvijao, temperatura kondenzacije mora biti viša od temperature okoline (okolnog vazduha ili vode). Kao i kod drugih izmjenjivača toplote, ovaj proces se odvija pri konstantnom pritisku.

Osnovna podjela kondenzatora je prema mediju koji prima toplotu, i to:

- ▶ Vazdušni kondenzator – hlađeni vazduhom;
- ▶ Vodeni kondenzator – hlađeni vodom; i
- ▶ Kombinovani kondenzatori – hlađeni vodom u kombinaciji sa vazduhom.

Na osnovu konstrukcije, kondenzatori se mogu podijeliti na:

- ▶ Vazduhom hlađeni - sa zavojnicom (na primjer, kućni frižider), sa prirodnom ili prisilnom cirkulacijom vazduha oko kondenzatora, atmosferski;
- ▶ Vodeno hlađeni - protivstrujni, dobošasti, koaksijalni (cijev u cijevi) i pločasti; i
- ▶ Kombinovani isparavajući (atmosferski sa slivanjem vode preko cijevi kroz koje cirkuliše rashladni fluid) ili da bi se smanjila temperatura kondenzacije, novije konstrukcije se rade sa prskanjem izmjenjivača vodenom prašinom odnosno povećanjem vlage vazduha koji prolazi kroz kondenzator.

Kondenzatori su tako konstruisani da se ulazni priključak kondenzatora najčešće nalazi na vrhu, a izlazni pri dnu kondenzatora. Time se obezbjeđuje da se tečni rashladni fluid, koji se

¹⁰ Poglavlje 1: Osnovi termodinamike, tema 1.02: Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi)

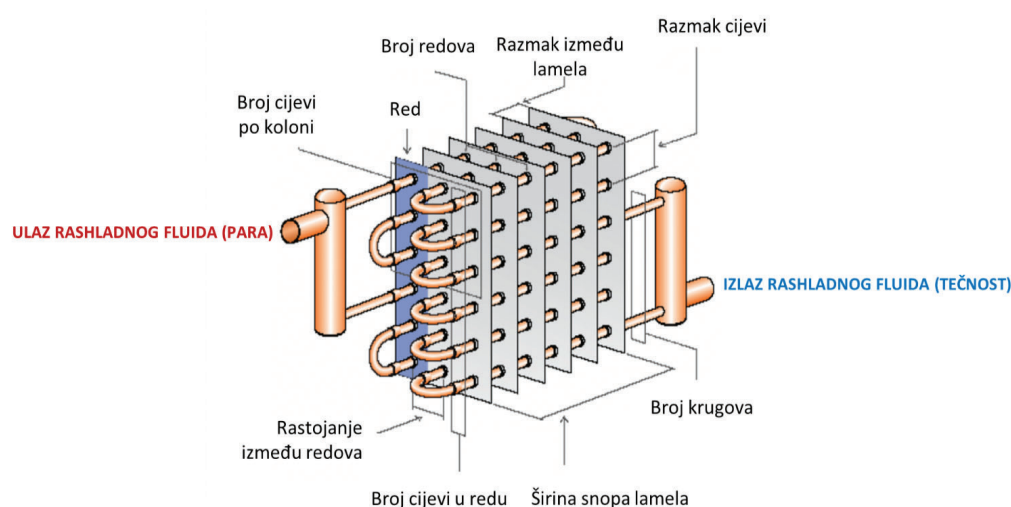
stvara tokom kondenzacije, prikuplja na dnu kondenzatora tako da u ekspanzioni element dolazi samo tečna faza.

Vazduhom hlađeni kondenzatori

Vazduhom hlađeni kondenzator je najčešći tip kondenzatora koji se nalazi u praksi za male i srednje RACHP instalacije. Njegov najčešće korišteni dizajn je rebrast cjevasti kondenzator. Rashladni fluid struji kroz cijevi kondenzatora, dok vazduh struji kroz njih izvana. Cijevi kondenzatora su izrađene od bakra, dok su rebra (peraje) kroz koje prolaze ove cijevi izrađena od aluminijsa, kako bi se povećala površina.

Cijevi i lamele su gusto poredane kako bi se postigla dovoljno velika površina razmjenjivača. Cijevi mogu biti poredane u koridornom ili šahovskom rasporedu.

Na slici ispod prikazan je cijevno lamelasti vazduhom hlađeni kondenzator.

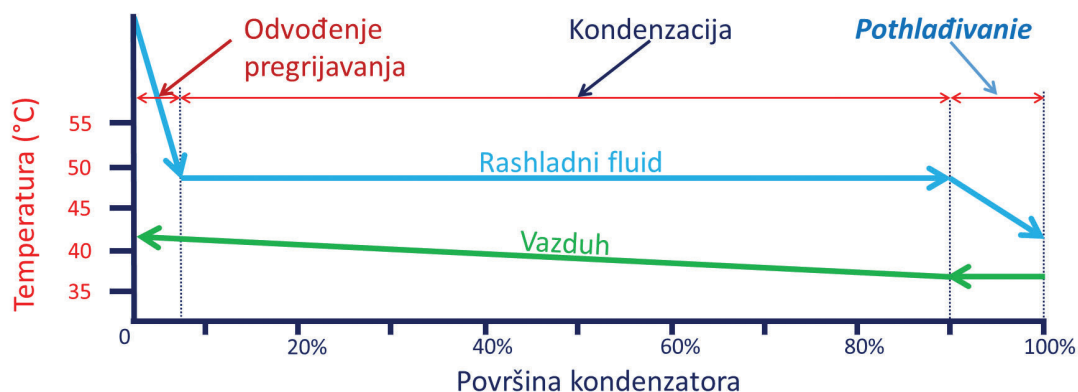


Slika 7.1: Cijevno lamelasti vazduhom hlađeni kondenzator

Kao što je pomenuto ranije, odvajanje toplote rashladnog fluida odvija se u tri faze. Kako se teško može potvrditi u kom dijelu kondenzatora se jedna faza završava, a druga počinje, kondenzator se može podijeliti na tri sekcije u skladu sa njima i to:

- ✓ Odvođenje toplote pregrijavanja (senzibilna toplota);
- ✓ Odvođenje toplote tokom promjene agregatnog stanja rashladnog fluida – kondenzacija (latentna toplota); i
- ✓ Odvođenje toplote tečnog rashladnog fluida – pothlađivanje (senzibilna toplota).

Na slici ispod prikazane su sekcije i način odvođenje toplote kod vazduhom hlađenog kondenzatora.



Slika 7.2: Odvođenje toplote kod vazduhom hlađenog kondenzatora

Vazduhom hlađeni kondenzatori rade na višoj temperaturi kondenzacije od onih hlađenim vodom, tako da kompresor (i RACHP sistem uopšte) ima 15 do 20% manji kapacitet, što se mora kompenzovati korištenjem većeg kompresora. To povećava potrošnju energije i smanjuje energetska efikasnost sistema.

Protok vazduha može biti prirodan (kao što je slučaj kod kućnih frižidera) ili prinudno strujanje vazduha ventilatorom. Kod kondenzatora koji koriste prinudno strujanje vazduha, ventilator se može podesiti da uvlači vazduh kroz snop cijevi (postavljen naprijed) ili ga gura (postavljen iza).

Na slici ispod prikazani su najčešće korišteni vazduhom hlađeni kondenzatori sa prirodnim i prinudnim strujanjem vazduha.



Prirodno strujanje vazduha



Prinudno strujanje vazduha

Slika 7.3: Vazduhom hlađeni kondenzator sa prirodnim i prinudnim strujanjem vazduha

Vodom hlađeni kondenzatori

Postoji više vrsta vodom hlađenih kondenzatora među kojima su najvažnije sljedeće vrste konstrukcije:

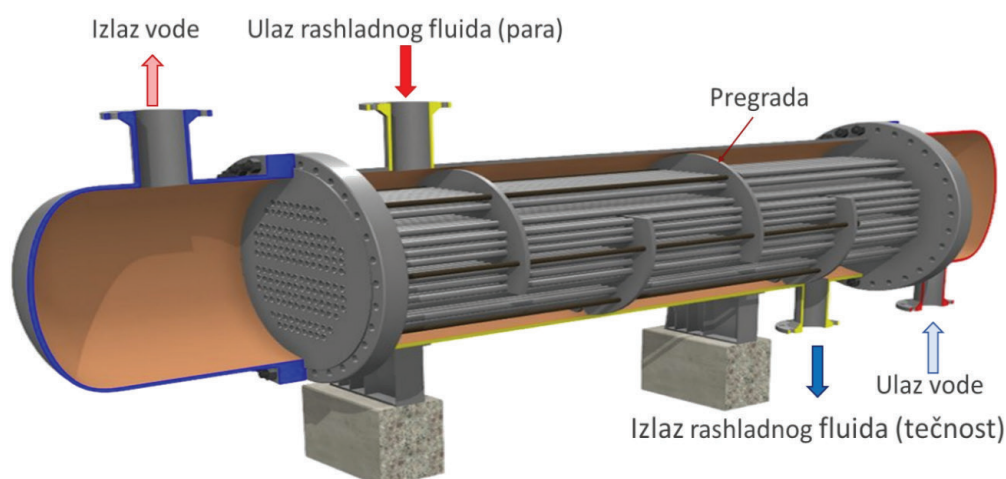
- ▶ Plašt i cijev;
- ▶ Plašt i spirala;
- ▶ Cijev u cijev (koaksijalni);
- ▶ Pločasti; i
- ▶ Evaporativni.

Vodom hlađeni kondenzator – plašti i cijev

Vodom hlađeni kondenzator tipa plašt i cijev sastoji se od velikog broja bakarnih cijevi koje su postavljene unutar čeličnog plašta. Kroz cijevi protiče voda, a para rashladnog fluida prolazi spolja oko grupe cijevi kroz plašt. Para koja ulazi sa gornje strane kondenzatora se kondenzuje na spoljašnjoj strani cijevi i kapa na dno kondenzatora, gdje se postavlja izlazni priključak za rashladni fluid. Zbog takve konstrukcije kondenzator se može iskoristiti kao risiver za sakupljanje tečnog rashladnog fluida.

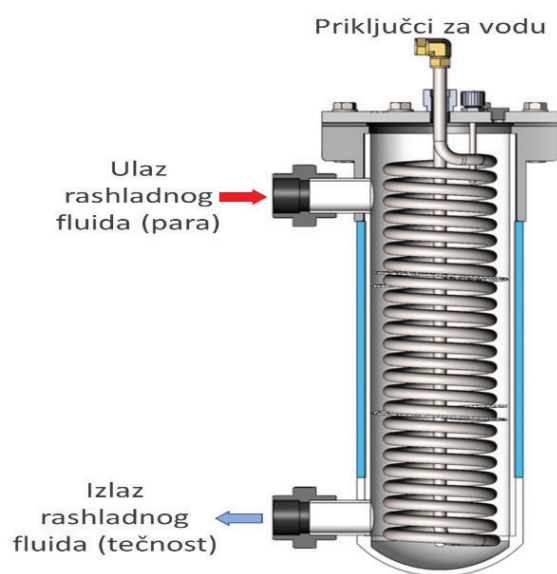
Krajevi plašta se zatvaraju poklopcima, koji se mogu demontirati, pa je moguće periodično čišćenje cijevi. Cijevi su u nekim slučajevima savijene u obliku slova U tako da je dovoljan samo jedan poklopac.

Na slici ispod prikazan je vodom hlađeni kondenzator tipa plašti i cijev.



Slika 7.4: Vodom hlađeni kondenzator tipa plašti i cijev

Konstrukcija vodom hlađenog kondenzatora tipa plašt i cijev omogućava da se velika površina za kondenzovanje smjesti u relativno mali prostor. Zbog toga se ova vrsta kondenzatora koristi u većini rashladnih sistema hlađenih vodom.



Vodom hlađeni kondenzator – plašti i spirala

Vodom hlađeni kondenzator tipa plašt i spirala sastoji se od duge bakarne spirale koja je smještena u čelični plašt. Kroz spiralnu cijev protiče voda, a para rashladnog fluida iz kompresora se dovodi u oklop kondenzatora da bi se kondenzovala na spoljašnjoj strani hladnih cijevi.

Na slici ispod prikazan je vodom hlađeni kondenzator tipa plašti i spirala.

Slika 7.5: Vodom hlađeni kondenzator tipa plašti i spirala

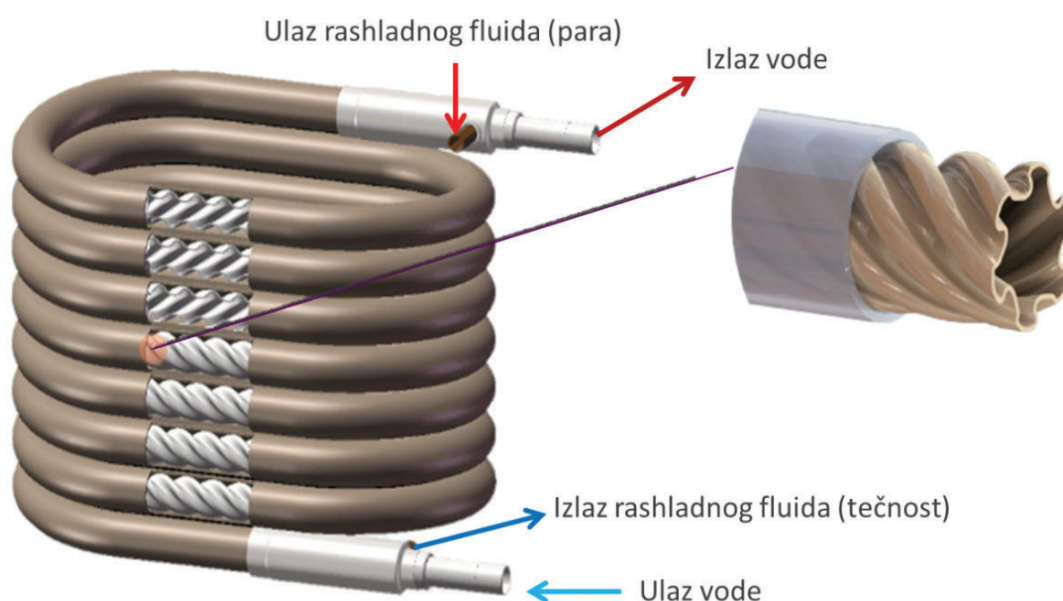
Jedan od najvećih nedostataka vodom hlađenog kondenzatora tipa plašt i spirala je otežano servisiranje na terenu. Ako se na spirali pojavi propuštanje, mora se demontirati poklopac plašta i izvaditi čitava spirala kako bi se otkrilo i popravilo mjesto propuštanja.

Za razliku od pravih cijevi kod nekih vrsta kondenzatora, koje se jednostavno mogu očistiti mehaničkim čistačima cijevi, neprekidnu spiralu nije lako očistiti. Navedeni nedostaci umanjuju značaj koji bi mogli imati niski troškovi izrade ove vrste kondenzatora.

Vodom hlađeni kondenzator – cijev u cijev (koaksijalni)

Vodom hlađeni kondenzator tipa cijev u cijev sastoji se od koaksijalno postavljene cijevi jedna unutar druge. Rashladni fluid teče kroz prostor između spoljašnje i unutrašnje cijevi, a kroz unutrašnju cijev teče voda za hlađenje. Zahvaljujući takvoj konstrukciji, pored hlađenja koje se ostvaruje zbog prijenosa toplote na vodu, ostvaruje se i prijenos toplote na okolni vazduh čime se povećava efikasnost kondenzatora.

Na slici ispod prikazan je vodom hlađeni kondenzator tipa cijev u cijev (koaksijalni).



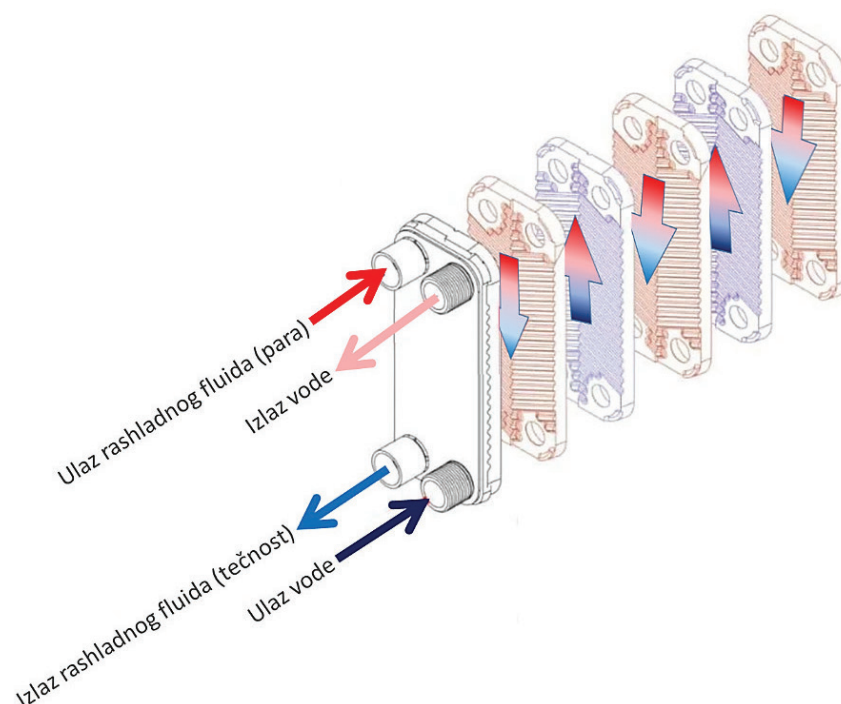
Slika 7.5: Vodom hlađeni kondenzator tipa cijev u cijev (koaksijalni)

Vodom hlađeni kondenzator – pločasti

Kada govorimo o pločastim kondenzatorima, oni mogu biti klasične konstrukcije lemljenih pločastih izmjenjivača topline ili spiralnih pločastih izmjenjivača topline.

Tvrdo lemljeni pločasti kondenzatori se često koriste zbog gabarita jer imaju dobar prijenos toplote a manje su konstrukcije od kondenzatora tipa plašt i cijev. Nedostatak ovih kondenzatora je što traže visok kvaliteta čistoća vode koja prolazi kroz njih jer je razmak između ploča mali pa od nečistoće vode mogu se lako začepiti. Princip rada je da između dvije ploče struju rashladni fluid a u paru ploča pre i iza struju voda (red vode, red rashladnog fluida itd.).

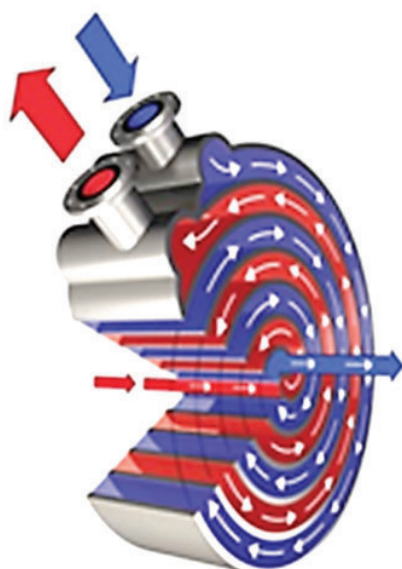
Na slici prikazan je pločasti vodom hlađeni kondenzator.



Slika 7.6: Pločasti vodom hlađeni kondenzator

Kako bi se smanjio zahtjev za čistoću vode u praksi se koristile i spiralni vodom hlađeni kondenzatori koji se izrađuju namotavanjem dvije duge metalne ploče koje formiraju dvije koncentrične spiralne putanje za kretanje rashladnog fluida i vode. Krajevi ploča su zavareni kako bi se spriječilo miješanje. Širina ploča i njihov razmak optimizirani su za svaku primjenu. Razmak između ploča obično se održava odstojećima.

Na slici je prikazan je spiralni vodom hlađeni kondenzator.

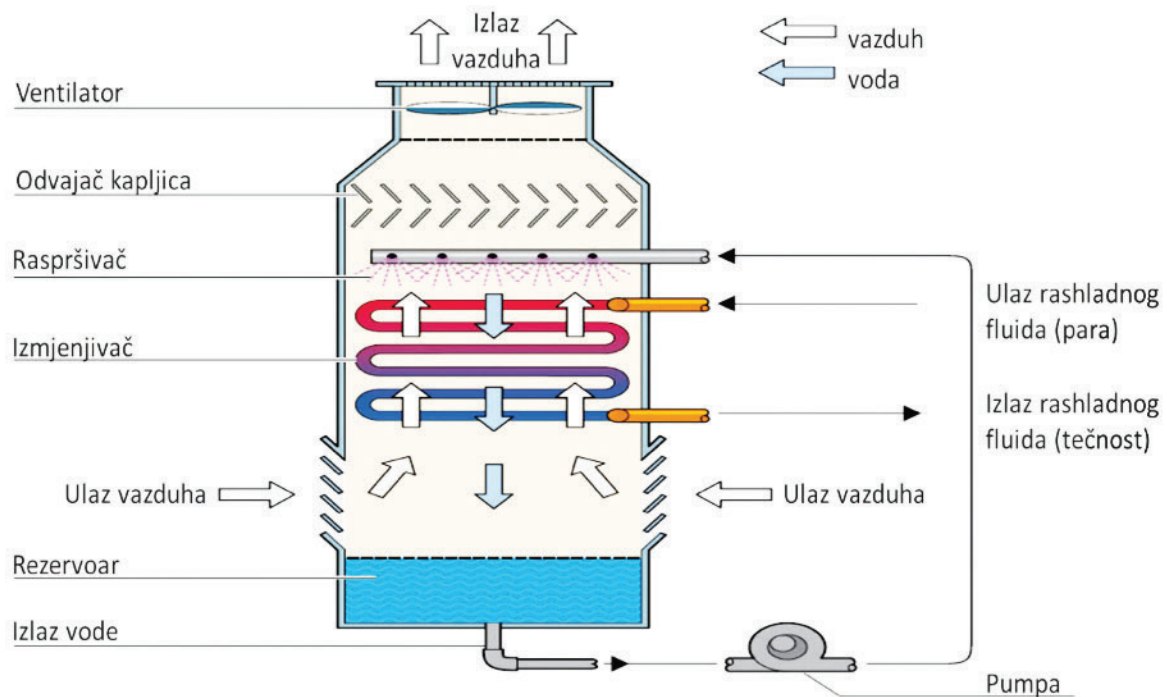


Slika 7.7: Spiralni vodom hlađeni kondenzator

Evaporativni kondenzator

Evaporativni kondenzatori kombinuju funkcije vodom hlađenog kondenzatora vodom i vazduhom hlađenog kondenzatora, slijedeći princip rashladnog tornja. U suštini, funkcionišu kao vazduhom hlađeni kondenzator, dodavanjem vlage vazduhu pomoću vode koja se prska po vanjskoj površini snopa cijevi radi povećanja izmjene topline. Zbog svog efikasnog rada i manje potrošene količine vode (u usporedbi s vodom hlađenim kondenzatorima), sve se više koriste u rashladnim sistemima srednjeg i velikog kapaciteta. Potrošnja vode kreće se od 5% do 10% potrošnje vode kondenzatora istog kapaciteta, ali hlađenih tekućom vodom.

Na slici ispod prikazan je evaporativni kondenzator.



Slika 7.8: Evaporativni kondenzator

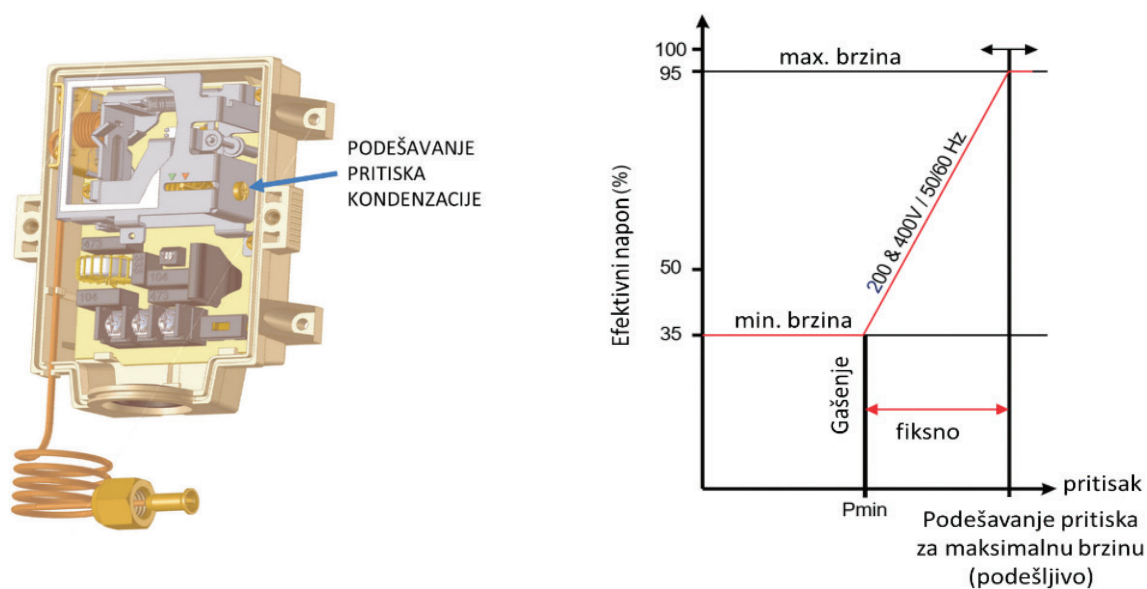
7.2 Podešavanje regulatora pritiska kondenzacije vezanog za rad kondenzatora

Pritisak kondenzacije je veoma važan jer je direktno povezan sa temperaturom kondenzacije. Regulacija temperature kondenzacije je posebno važna tokom zime kako bi se spriječilo da temperatura kondenzacije bude preniska u slučaju hlađenja u zimskim uslovima.

Ako sam uređaj nema ugrađenu kontrolu temperature kondenzacije, preporučuje se ugradnja presostata koji će uključivati/isključivati ventilatore pri određenom pritisku kod vazduhom hlađenih kondenzatora, ili termalnog ventila koji reguliše protok vode kod vodom hlađene kondenzatore.

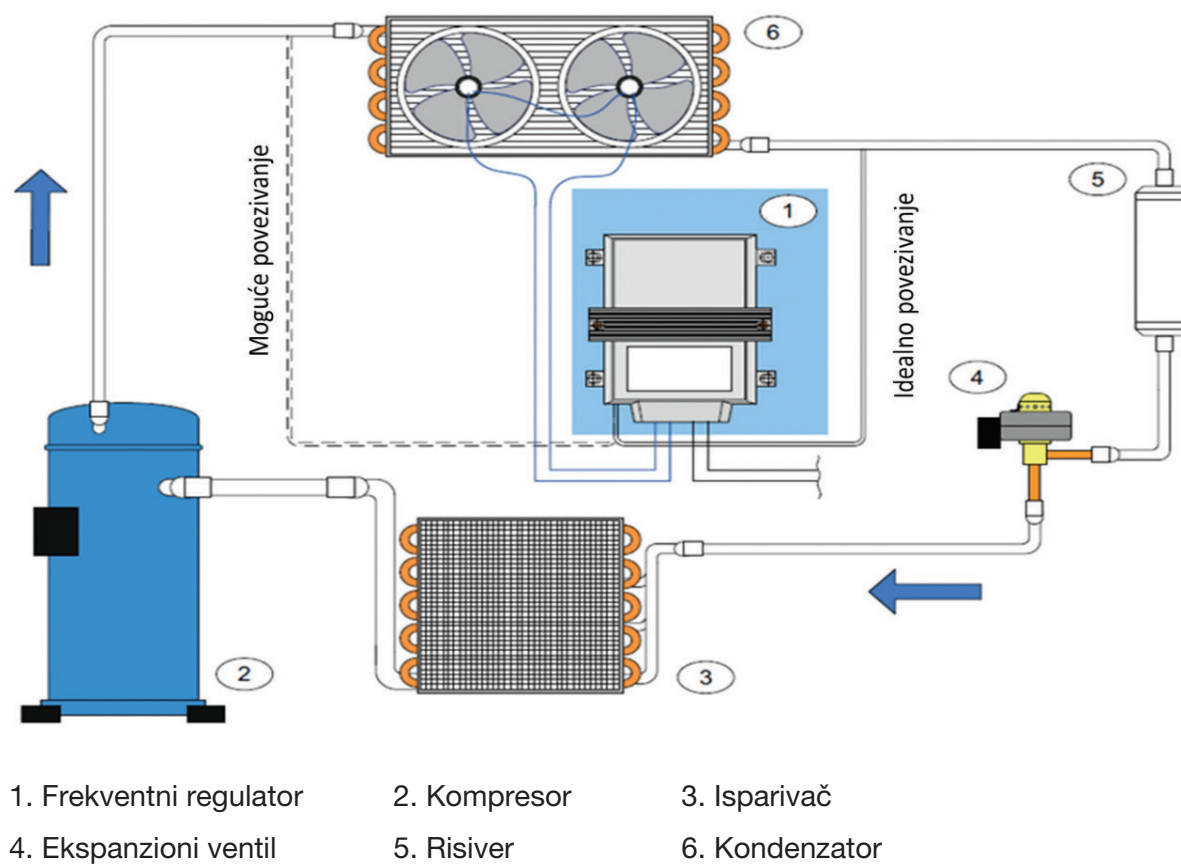
Bolja i finija regulacija postiže se ugradnjom frekventnog regulatora za regulaciju brzine ventilatora kod vazduhom hlađenih kondenzatora ili ugradnju frekventno regulisane pumpe u kod vodom hlađenih kondenzatore.

Na slici ispod prikazana je jednostavna vrsta frekventnog regulatora koji se često koristi u RACHP sistemima koji imaju vazduhom hlađen kondenzator.



Slika 7.9: Frekventni regulator za kontrolu pritiska kondenzacije kod vazduhom hlađenog kondenzatora

Na slici ispod prikazana je lokacija ugradnje frekventnog regulatora za kontrolu pritiska kondenzacije.



Slika 7.10: Lokacija ugradnje frekventnog regulatora za kontrolu pritiska kondenzacije

Kao što je spomenuto, regulacija rada kondenzatora svodi se na regulaciju protoka rashladne tečnosti kojom hladimo kondenzator: kod vodom hlađenog kondenzatora – smanjenjem ili povećanjem broja okretaja cirkulacione pumpe, ili termostatskog ventila čime se temperatura kondenzacije održava praćenjem temperature izlazne vode.

Kod vazduhom hlađenih kondenzatora – smanjenjem / povećanjem broja okretaja ili isključivanjem ventilatora kondenzatora i/ili, ako je potrebno, većim smanjenjem efektivne površine kondenzacije.

Kod evaporativnih kondenzatora, pored kombinacije navedenog, postoji i prelazak na režim rada, tj. bez prskanja vode - “suhi”.

7.3 Pravilno postavljanje kondenzatora uključujući i opremu za kontrolu i zaštitu, kako ne bi došlo do ispuštanja ili velikog oslobađanja rashladnog fluida prilikom puštanja sistema u rad

Pravilno postavljanje kondenzatora uključujući i opremu za kontrolu i zaštitu ima veliki uticaj na pravilan rad sistema. Pritisci kondenzacije su najviši kod vazduhom hlađenih kondenzatora dok su najniži kod evaporativnih kondenzatora.

Vazduhom hlađeni kondenzatori, kada god je moguće, postavljaju se na sjevernoj strani, kako bi se smanjio uticaj zračenja Sunca.

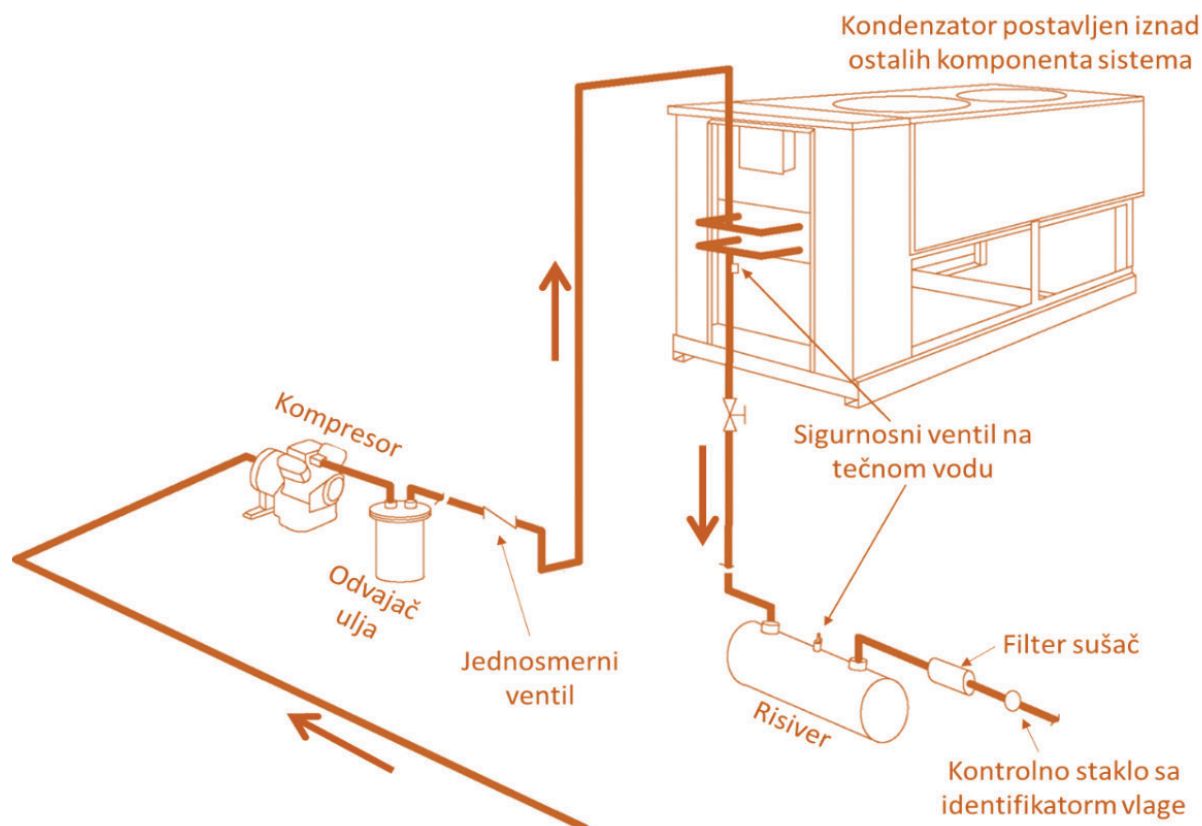
Ulazni priključak kondenzatora postavlja se sa gornje strane, dok izlazni priključak postavlja se sa donje strane, kako bi se tečnost rashladnog fluida gravitaciono slijevala i sakupljala na dnu kondenzatora, a potom bi se dalje ta tečnost vodila do prigušnog elementa (uređaja za ekspanziju) ili risivera ukoliko postoji na instalaciji.

Kada se kondenzator nalazi iznad nivoa kompresora, potisni vodovi vrućeg gasa treba da se podignu iznad nivoa rashladnog fluida u krugu kondenzatora.

Na cijevnom vodu pregrijane pare (vod između kompresora i ulaz u isparivač) potrebno je instalirati uljne zamke (sifone), kako bi se spriječilo akumulacija ulja u potisnim vodovima.

Na dužim cjevovodima potrebno je obezbjediti cjevovode osloncima a rastojanja između oslonaca u odnosu na dimenzije cijevi dato je u standardu BAS EN 378-2:2017 .

Slika ispod daje uopšteni prikaz cijevnog razvoda od kompresora do vazduhom hlađenog kondenzatora koji se nalazi na višem nivou od kompresora i ostalih komponenta sistema.



Slika 7.11: Cijevni razvod od kompresora do vazduhom hlađenog kondenzatora

Nekoliko puta je već spomenuto da su najveći pritisci u instalaciji u kondenzatoru, a potencijalno propuštanje bi rezultiralo velikim i brzim gubitkom rashladnog fluida iz sistema. U kondenzatoru rashladni fluid mijenja iz pregrijanog parnog stanja u tečno stanje, pa ukoliko postoji propuštanje na tečnom vodu gubici rashladnog u tom agregatnom stanju su veći.

Spojevi na strani visokog pritiska su najosjetljiviji na potencijalna propuštanja, pa treba posebnu pažnju posvetiti provjeri propuštanja prije puštanja u rad. Također, kondenzator se obično instalira na otvorenom, pa efekti korozije i atmosferskih uticaja tokom vremena ostavljaju traga na trajnosti kondenzatora.

7.4 Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača

Kondenzator i cijevni vod prije i nakon kondenzatora su mjesta zaštite od visokog pritiska. Dodatni problem može biti vazduh (nekondezibilni gas) koji dodatno povećava već visok pritisak u sistemu. Kao zaštitna mjera, pored visokotlačnih prekidača (sa i bez automatskog resetiranja), postoje i električni prekidači sa sigurnosnim ili funkcionalnim aktiviranjem ventilatora kondenzatora kada se poveća pritisak u potisnim cijevima nakon kompresora.

Standardom BAS EN 378-2:2017 specificira se koji tip zaštite od previsokog pritiska treba da postoji na sistemu. Potreba od aktiviranje zaštitnih prekidača visokog pritiska i sigurnosnih ventila zavisi od raznih aspekata sistema, uključujući i vrijednost PS.

U tabeli ispod prikazani su vrijednosti na kojima bi se trebala aktivirati zaštita od previsokog pritiska.

Tabela 7.1: Vrijednosti pritiska za aktiviranje zaštite od previsokog pritiska

Vrijednosti pritiska za aktiviranje zaštite na sistemu	
Pritisaci aktiviranja zaštite na sistemu otvaranjem sigurnosnih ventila ako postoje	PS
Pritisak otvaranja sigurnosnog ventila (na kom on ima pun protok) za rasterećenje instalacije	$\leq 1,1 \times PS$
Pritisak uključanja sigurnosnog prekidača za zaštitu od previsokog pritiska, ako je na sistemu postavljen sigurnosni ventil	$\leq 0,9 \times PS$
Pritisak uključanja sigurnosnog prekidača za zaštitu od previsokog pritiska, ako je na sistemu postavljen sigurnosni ventil	$\leq 1,0 \times PS$

Sigurnosni ventili kondenzatora mogu se ugraditi kada su servisni ventili ugrađeni i na ulaznim i na izlaznim priključcima kondenzatora. Ozbiljni incidenti mogu se dogoditi kada se zavojnice kondenzatora napune tečnim rashladnim fluidom, a zatim se servisni ventili zatvore. U ovoj situaciji, promjena temperature okoline može uzrokovati izuzetno visoke hidraulične sile zbog širenja tečnosti, što može oštetiti cijevi. Prilikom održavanja i servisiranja potrebno je provjeriti podešavanje zaštitnih prekidača i sigurnosnog ventila koji štiti kondenzator od visokog pritiska.

7.5 Provjera potisnog cjevovoda i tečnog voda

Vibracije na cijevnom vodu izlaza iz kompresora do kondenzatora (cjevovod prigrrijane pare), mogu prouzrokovati pucanja spojeva što dovodi do propuštanja rashladnog fluida. Kako bi se smanjilo prenošenje vibracije koje se javljaju tokom rada kompresora preporuka je instaliranje fleksibilne veze na cjevovodu na ulazu i izlazu iz kompresora (usisni i potisni vod). Fleksibilnu vezu potrebno je instalirati na pravilan način i bez savijanja.

Linija pothlađenog tečnog rashladnog fluida na izlazu iz kondenzatora, kao i tečni vod na izlazu iz risivera, kritične su tačke sa stanovišta propuštanja rashladnog fluida, zbog najvećeg pritiska u instalaciji i tečne faze rashladnog fluida. Tokom održavanja i servisiranja, a kod sistema koje imaju punjenje veće od 3 kilograma rashladnog fluida u skladu sa nacionalnim propisima, potrebno je sprovesti provjere propuštanja tokom rada sistema, korištenjem jedne od direktnih metoda.

7.6 Ispuštanje nekondenzirajućih gasova iz kondenzatora uz korištenja uređaja za ispuštanje rashladnog fluida

Prisustvo nekondenzirajućih gasova u instalaciji utiče na povišenje pritiska kondenzacije, pa samim tim i više temperature na potisu kompresora, što može uticati i na režim podmazivanja sa jedne strane a dovodi i do povećanu potrošnje električne energije, odnosno smanjenje energetske efikasnosti sa druge strane.

Kako bi se onemogućila pojava nekondenzirajućih gasova, jako je bitno pravilno odraditi proceduru vakuumiranja sistema da bi se eliminisao vazduh i vlaga u skladu sa kodom dobre prakse. Procedura vakuumiranja i otklanjanja nekondenzirajućih gasova i vlage opisana je trećem poglavlju ovog priručnika u dijelu 3.04 - Vakuumiranje sistema da bi se eliminisao vazduh i vlaga u skladu sa kodom dobre prakse.

Provjera da li u sistemu postoje nekondenzirajući gasovi može se ustanoviti prilikom isključivanje RACHP sistema, a nastavkom rada ventilatora na kondenzatoru. Nakon izvjesnog vremena para rashladnog fluida će se kondenzovati i potrebno je provjeriti da li je tada pritisak u kondenzatoru viši od pritiska zasićenja za temperaturu kondenzacije rashladnog fluida. Ako jeste, to je indikator da u sistemu postoje nekondenzirajući gasovi.

Kod većih instalacija se nekondenzirajući gasovi kontrolisano (često ručno) ispuštaju do pritiska kondenzacije u kondenzatoru ili risiveru, iako je preporuka korištenja uređaja za ispuštanje rashladnog fluida. Uobičajeno prihvaćene bezbjednosne procedure i mjere moraju se poštovati kada se praktikuje korištenje uređaja za ispuštanje rashladnog fluida ili se vrši ručno ispuštanje.

Prilikom prikupljanja rashladnog fluida, ako je proces prikupljanja sporiji od očekivanog, moguće je da su u pitanju nekondenzirajući gasovi. To se može lako i brzo utvrditi korištenjem veze pritiska/temperature rashladnog fluida koji se prikuplja i provjerom u odnosu na temperaturu i pritisak na cilindru za prikupljanje.

7.7 Puštanje u rad i zaustavljanje kondenzatora i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada kondenzatora

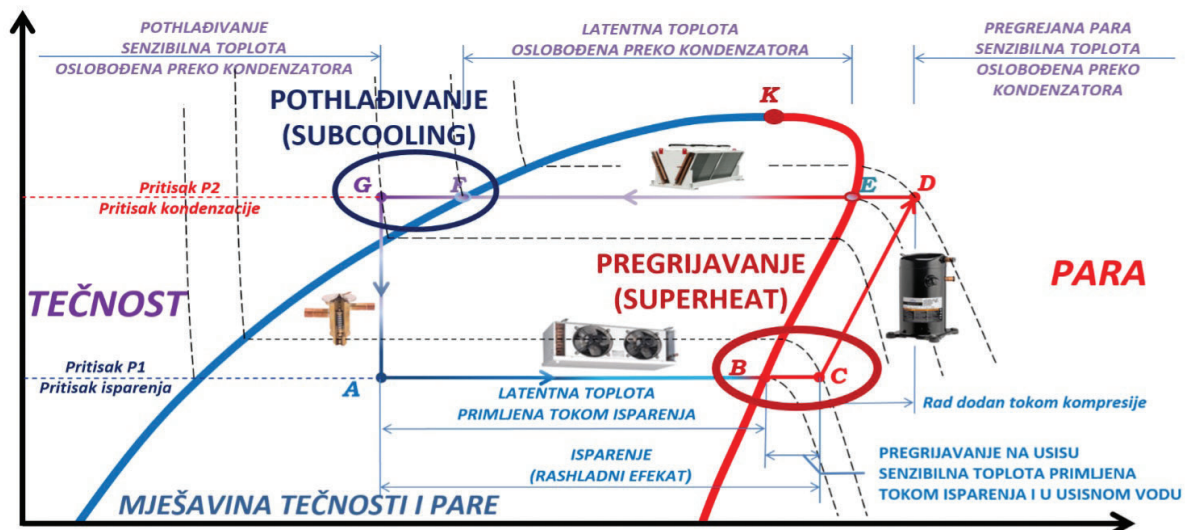
Nakon puštanja u rad i uspostavljanja radnog režima, potrebno je uraditi provjeru radnih parametara i vidjeti da li odgovaraju predviđenim parametrima. Ovo podrazumijeva mjerenje pritiska i temperature u određenim dijelovima sistema. Pri ovome treba provjeriti da li kondenzator radi ispravno i da li dolazi do kompletnog pretvaranja agregatnog stanja iz pregrija- ne pare na ulazu u tečnosti na izlazu.

U poglavlju 1.02 - Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi) u dijelu "Osnova teorije rashladnih sistema" u tabeli 1.6 prikazana su iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja u zavisnosti od tipa kondenzatora i isparivača, koje se koriste u razmatranju rada rashladnih sistema. Ova iskustvena pravila prikazana u tabeli 1.6 a također još jednom i u tabeli ispod.

Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja	
Kondenzacija	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod vazduhom hlađenog kondenzatora sa prinudnom cirkulacijom: $t_{kond.} = 12 \text{ do } 18^{\circ}\text{C}$ iznad ulazne temperature okolnog (ambijentalnog) vazduha. Usvaja se: $t_{kond.} = t_{amb.} + 15^{\circ}\text{C}$
	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod vodom hlađenog kondenzatora usvaja se: $t_{kond.} = t_{ul. voda} + 10^{\circ}\text{C}$
	- Temperatura kondenzacije rashladnog fluida kod evaporativnog kondenzatora usvaja se: $t_{kond.} = t_{okolnog vazduha po vlažnom termometru} + 10^{\circ}\text{C}$

Da bi se odredilo da li je došlo do kompletne promjene agregatnog stanja rashladnog fluida potrebno je nakon mjerenja radnih parametara, pritiska i temperatura rashladnog fluida na izlazu iz kondenzatora uraditi proračun **pothlađivanja (subcooling)**, kao jedne od vrlo bitnih provjera koju serviser treba provjeriti prilikom puštanja u rad ili održavanja i servisiranja RACHP sistema.

Na slici ispod ponovo prikazujemo promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima u logp-h dijagramu.



Slika 7.12: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima

Na slici iznad **pothlađivanje (subcooling)**, je dio između tačke F i G.

POTHLAĐIVANJE (SUBCOOLING)



Razlika između temperature koja odgovara pritisku zasićenja rashladnog fluida (pritisak na izlazu iz kondenzatora – tačka F na dijagramu) i stvarne izmjerene temperature na izlazu iz kondenzatora (tačka G na dijagramu).

$$\Delta t_{\text{pothlađivanje}} = t_{\text{koja odgovara pritisku}} - t_{\text{izmjereno na izlazu iz kondenzatora}}$$

Preporuka je da ova razlika bude: 1 do 3 Kelvina



NAPOMENA

Kod nekih sistema, naročito kod toplotnih pumpi ponekad dizajn samog sistema predviđa veća pothlađivanja koja mogu biti u opsegu od 5 do 15 K. Preporuka je da se provjeri u uputstvu proizvođača koje je željeno (dizajnirano) pothlađivanje kako bi se kontrolom utvrdilo da li kondenzator radi kako je dizajniran, sa predviđenom temperaturom kondenzacije i pothlađivanja.

7.8 Provjera površine kondenzatora

Kondenzator je osjetljiv na prljavštinu na saću i redovne aktivnosti održavanja trebaju uključivati pranje kondenzatora kada nije vruć već ohlađen na sobnu temperaturu. Prethodno se površina kondenzatora tretira nekorozivnim supstancama kako bi se uklonili insekti, muhe, prašina itd. Potrebno je sačekati da sredstvo djeluje, a zatim oprati kondenzator vodom, ali ne jakim mlazom koji može prouzrokovati savijanje rebara kondenzatora. Savijena rebra se mogu ispraviti posebnim alatom - češljem prije puštanja sistema u rad.

Kod vodom hlađenog kondenzatora potrebno je pratiti pad pritiska na vodenoj strani i redovno provjeravati i/ili čistiti filtre za vodu koji se nalaze na ulazu vode u kondenzator.

7.9 Pisanje izvještaja o stanju kondenzatora u kom se identifikuju problemi pri radu kondenzatora koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do ispuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne poduzme

Nakon sprovedenog mjerenja radnih parametara instalater ili serviser treba pripremiti izvještaj o sprovedenom mjerenju.

Informacije o poduzetim aktivnostima tokom održavanja ili servisiranja upisuju se u zakonskom propisanom obrazcu evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacije opreme, toplotnih pumpi i sistema za zaštitu od požara koji sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci. Informacije se upisuju u dijelu održavanje ili servisiranje, prikazanom ispod, ali to se više odnosi na održavanje ili servisiranje RACHP sistema u cjelini, a ne određene komponente sistema.

ODRŽAVANJE ILI SERVISIRANJE				
Datum	Serviser	Dio	Obavljene radnje održavanja/servisiranja	Komentari ³

³ Komentari mogu uključiti svaku sugestiju za operatera u vezi sa održavanjem opreme.

Zakonski propisani obrazac o izgledu izvještaja koji sadrži sve informacije o izmjerenim parametrima i stanju određenih komponenta RACHP sistema ne postoji. U šestom poglavlju ovog priručnika prikazana je tabela koja se može koristiti i u kojoj se mogu opisati opažanja povezana sa problemima pri radu komponenti RACHP sistema.

8. Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje isparivača sa vazдушnim i vodenim hlađenjem

U prvom poglavlju¹¹ ovog priručnika u djelu osnova teorije rashladnih sistema, naučili smo da svaki parno kompresioni RACHP sistem sadrži četiri osnovna elementa:

- Kompresor;
- Kondenzator;
- Prigušni element; i
- Isparivač.

Ovaj dio sadrži informacije o isparivaču kao jednoj od četiri osnovne komponente RACHP sistema.

8.1 Objašnjenje osnovne funkcije isparivača (uključujući sistem otapanja) i rizika od propuštanja koji su povezani sa radom isparivača

Isparivač RACHP sistemima je izmjenjivač toplote u kome rashladni fluid mijenja svoje agregatno stanje iz tečnost u paru - isparavanje, primajući toplotu okoline. Drugim riječima, primarna funkcija isparivača je preuzimanje toplote iz okoline (vazduha, vode, toplota koja se preuzme zamrzavanjem proizvoda kontaktnim prenosom toplote), i njeno prenošenje rashladnom fluidu u isparivaču.

Iako je termin "isparivač" usko povezan s procesom isparenja, rashladni fluid ulazi u isparivač kao mješavina tečnosti i pare (dominanto tečnosti), a izlazi kao pregrijana para. To znači da osim toplote koja se apsorbira tokom isparavanja rashladni fluid preuzima i određenu količinu toplote radi pregrijavanja. Da bi se proces izmjene toplote odvijao, temperatura isparenja mora biti niža od temperature okoline (vazduha ili vode). Kao i kod drugih izmjenjivača toplote, ovaj proces se odvija pri konstantnom pritisku.

Potrebna efikasnost isparivača se ostvaruje maksimalnim povećanjem dodirne površine dva fluida, uz zahtjev da se mora maksimalno smanjiti otpor proticanju fluida.

Zbog raznovrsne primjene rashladnih uređaja postoji i veliki broj različitih konstrukcija isparivača. Uopšteno uzevši, isparivači se mogu klasifikovati na sljedeći način:

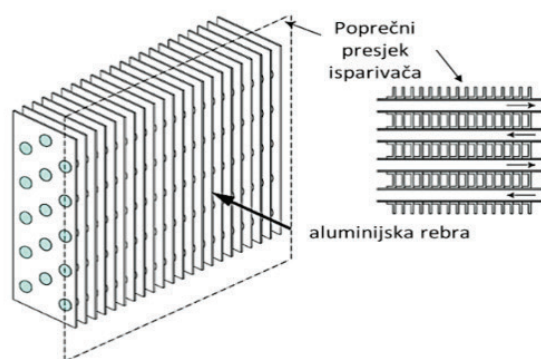
- ▶ Isparivači za hlađenje vazduha;
- ▶ Isparivači za hlađenje tečnosti;
- ▶ Isparivači za hlađenje i zamrzavanje proizvoda kontaktnim prenosom toplote; i
- ▶ Specijalni isparivači (primjer isparivač / kondenzator kod rashladnih rashladnih sistema).

Prema količini rashladnog fluida koji im se dovodi, isparivači mogu biti:

- ▶ Suhi isparivači (ili sa direktnom ekspanzijom („Direct Expansion“) poznati kao DX isparivači); i
- ▶ Preplavljeni isparivači (flooded evaporator).

¹¹ Poglavlje 1: Osnovi termodinamike, tema 1.02: Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi)

Isparivači za hlađenje vazduha



Slika 8.1: Konstrukcija isparivač za hlađenje vazduha

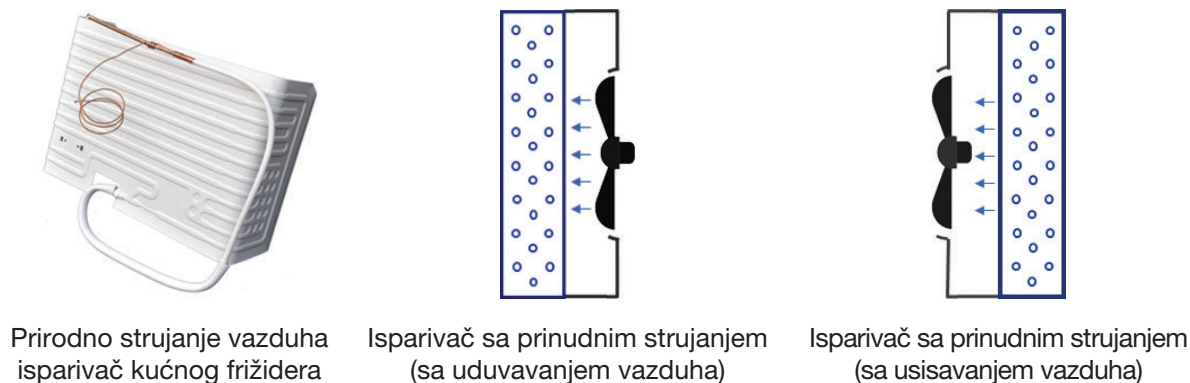
Isparivači za hlađenje vazduha direktnom ekspanzijom su najčešći tip isparivača u rashladnim sistemima. Njihova konstrukcija je slična kao vazduhom hlađeni kondenzator. Sastoje se od bakrenih cijevi na kojima su postavljena aluminijumska rebra (pera), kako bi se povećala vanjska površina. Na slici lijevo prikazana je konstrukcija isparivača za hlađenje vazduha.

Rastojanje između rebara prilagođava se primjeni i radnim potrebama sistema. Mora se uzeti u obzir da vazduh uvijek sadrži određenu količinu vodene pare (vlažnosti). Ako se vazduh ohladi ispod tačke rose, ova vodena para će se kondenzirati na površini hladnog isparivača tj. izdvojiti će se iz vazduha. Odvojeni kondenzat mora se ukloniti putem odvodne cijevi za kondenzat.

Ako temperatura isparavanja leži ispod približno -3°C , kondenzovana voda će se smrzavati na površini isparivača. Sloj leda na isparivaču smanjuje njegove performanse. Da bi se to spriječilo povremeno se mora vršiti odmrzavanje prirodnim putem (isključivanje kompresora), pomoću električnih grijača, toplog gasa iz sistema i sl.

Ako je isparivač dizajniran da radi na tako niskim temperaturama razmak između rebara mora biti veći. Veličina razmaka između rebara kreće se između 2,4 mm (isparivač A/C u automobilima), 12 mm (isparivač za hladnjače na dostavnim vozilima) i 30 mm kod stacionarnih uređaja.

Dimenzije isparivača za hlađenje vazduha variraju ovisno o potrebnom kapacitetu i veličini raspoloživog prostora za ugradnju. Slično kao i kod kondenzatora, strujanje vazduha može da bude prirodno ili prinudno. Na slici ispod prikazani su isparivači za hlađenje vazduha prirodnim i prinudnim strujanjem vazduha.



Slika 8.2: Isparivači za hlađenje vazduha prirodnim i prinudnim strujanjem vazduha

Isparivači za hlađenje tečnosti (suhi isparivači tipa DX)

Suhi isparivači za hlađenje tečnosti su isparivači u koje se dovodi samo količina rashladnog fluida koja u njima može ispariti. U praksi je to nešto manje od predviđene količine, tako da izlaz iz isparivača predstavlja blago pregrijanu paru.

Postoji nekoliko vrsta suhih isparivača, ali najčešće korišteni isparivači su:

- ▶ Plašt i cijev (shell and tube);
- ▶ Lemljeni pločasti isparivači (brazed plate); i
- ▶ Cijev u cijev (tube in tube).

Na slici ispod prikazani su isparivači za hlađenje tečnosti tipa plašt i cijev kao i lemljeni pločasti isparivač.



Isparivač plašt i cijev (shell and tube)



Lemljeni pločasti isparivač

Slika 8.3: Suhi isparivači za hlađenje tečnosti – plašt i cijev i lemljeni pločasti isparivač

Za razliku od vodom hlađenog kondenzatora tipa plašt i cijev, gdje voda teče kroz cijevi, a rashladni fluid se nalazi oko cijevi, u isparivaču tipa plašt i cijev voda koja se hladi nalazi se oko cijevi dok se rashladni fluid kreće kroz cijevi isparivača.

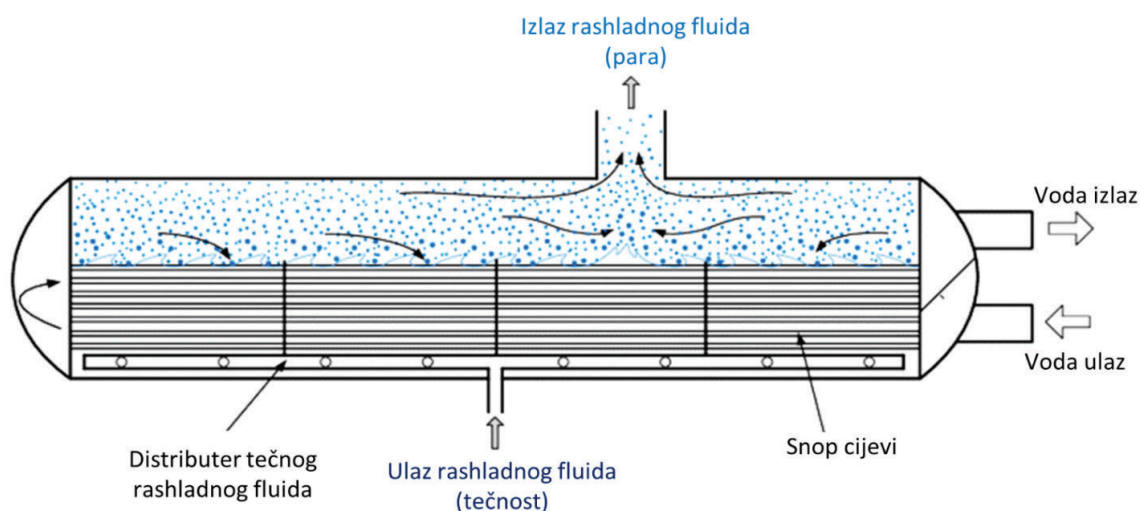
Isparivači za hlađenje tečnosti se obično koriste u sistemima sa indirektnim hlađenjem. U ovim sistemima se u isparivaču hladi tečnost (uglavnom smjesa vode i glikola), koja služi kao sekundarni rashladni fluid, i koja cirkuliše pomoću pumpe kroz izmjenjivač toplote koji se nalaze u prostoru koji se hladi i na taj način dalje hladi prostor ili proizvodi unutar prostora.

Bez obzira na tip isparivača za hlađenje tečnosti, da bi RACHP sistem funkcionisao bez problema neophodno je da kolo kroz koje cirkuliše sekundarni rashladni fluid (voda ili glikol) bude u potpunosti odzračeno. Ako i najmanja količina vazduha ostane zarobljena u kolu doći će do smanjenja kapaciteta sistema i pojave buke

Preplavljeni (poplavljeni) isparivač za hlađenje tečnosti (flooded evaporator)

Za razliku od suhih isparivača, kod preplavljenih isparivača, u isparivač se uvodi više rashladnog fluida nego što može ispariti, što rezultira vlažnom parom na izlazu. Ovaj tip isparivača je tipa plašt i cijev. Rashladni fluid se nalazi u plaštu i rashladni fluid u tečnom agregatnom stanju preplavljuje snop cijevi kroz koji cirkuliše voda ili glikol. Rashladni fluid preuzima toplotu vode i na taj je način hladi, pri čemu isparava, a potom parni rashladni fluid ulazi u usisni vod.

Na slici ispod prikazana je konstrukcija preplavljenog isparivača (flooded evaporator)



Slika 8.4: Konstrukcija preplavljenog isparivača (flooded evaporator)

Preplavljeni isparivači se često koriste u sistemima velikog kapaciteta. Za razliku od suhih isparivača tipa plašt i cijevi, preplavljeni isparivači, imaju dizajn sličniji kondenzatorima sa plaštom i cijevima, gdje se isparavajući rashladni fluid nalazi oko cijevi, a voda teče kroz cijevi.

Za razliku od kondenzatora, protok rashladnog fluida je usmjeren drugačije - ulaz rashladnog fluida je sa dna (donja strana), a izlaz pare rashladnog fluida je s vrha (gornja strana). U slučaju korištenja ove vrste isparivača, vrlo je važno kontrolisati nivo rashladnog fluida u isparivaču.

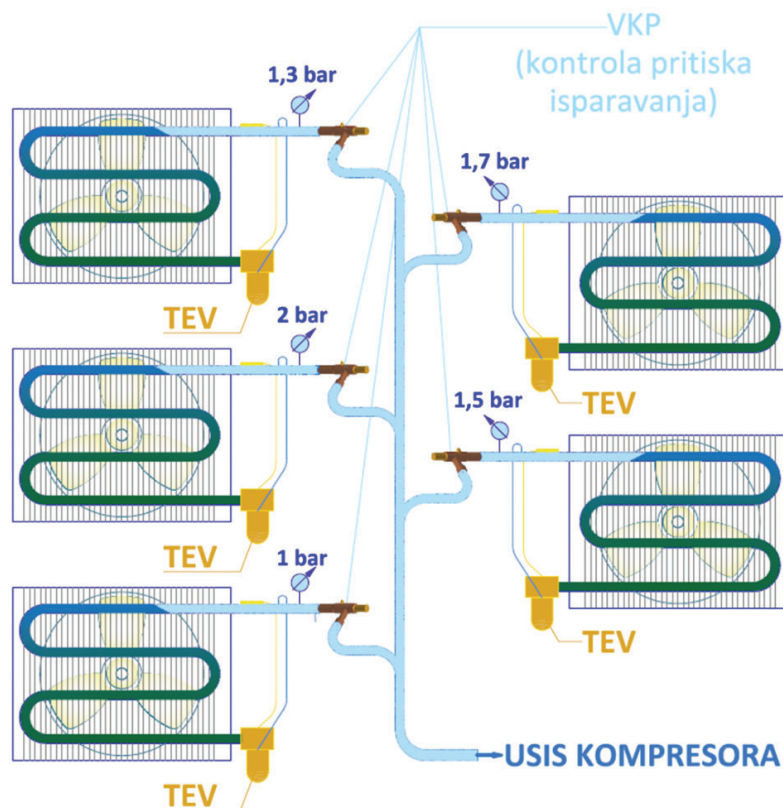
8.2 Podešavanje regulatora pritiska isparavanja u isparivaču

Za regulaciju pritiska kod RACHP sistema najčešće koriste se ventili konstantnog pritiska (VKP). U zavisnosti od položaja zatvarača, ovi ventili mogu regulisati pritisak ispred sebe (ulazni pritisak) ili pritisak iza sebe (izlazni pritisak).

Kada se postavljaju za regulaciju pritiska na izlazu iz isparivača, koriste se kako bi regulisali i omogućili:

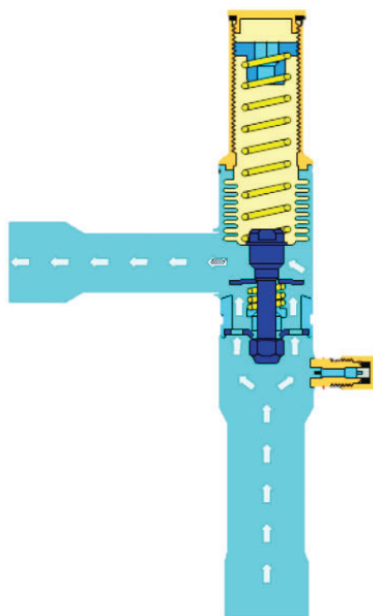
- ✓ Regulaciju pritiska isparavanja – održavaju konstantni pritisak isparavanja, a time i temperaturu isparavanja; i
- ✓ Omogućili rad RACHP sistema sa višestepenim isparavanjem i jednim kompresorom.

Na slici ispod prikazan je rad RACHP sistema sa višestrukim isparavanjem i jednim kompresorom.



Slika 8.5: Rad RACHP sistema sa višestrukim isparavanjem i jednim kompresorom

Ventil konstantnog pritiska za regulaciju temperature isparavanja prikazan je na slici ispod.



Princip rada ventila je sljedeći:

- ▶ Kada se pritisak isparenja smanjuje, ventil se zatvara pod dejstvom sile opruge;
- ▶ Zatvaranjem ventila smanjuje se protok rashladnog fluida ili ako se ventil zatvori u cijelosti doći će do zaustavljanje protoka rashladnog fluida u određenom momentu;
- ▶ Ovo će dovesti do povećanja pritiska u isparivaču, i kada se pritisak poveća i savlada silu opruge ventil započinje sa otvaranjem i rashladni fluid opet cirkuliše kroz isparivač sve dok se pritisak u isparivaču opet ne smanji.

Podešavanje pritiska se vrši zatezanjem ili otpuštanjem matice za podešavanje sile opruge, koja reguliše silu opruge.

Slika 8.6: Ventil konstantnog pritiska za regulaciju temperature isparavanja

8.3 Pravilno postavljanje isparivača uključujući i opremu za kontrolu i zaštitu, kako ne bi došlo do propuštanja ili velikog oslobađanja rashladnog fluida prilikom puštanja sistema u rad

Položaj isparivača tokom procesa hlađenja je veoma važan. Kod isparivača za hlađenje vazduha koji hlade proizvode u specifičnoj rashladnoj komori, potrebno je osigurati pravilan protok vazduha oko proizvoda koji se hlade. Protok hladnog vazduha iz isparivača ne smije biti usmjeren prema vratima za rukovanje robom, zbog velikih gubitaka pri otvaranju vrata. Kod transportnog hlađenja, na primjer, u nekim slučajevima je potrebno isključiti uređaj prije otvaranja vrata.

Odmrzavanje (eng. defrost) isparivača je također neophodno pri radu sa smrznutom robom, pa posudu za sakupljanje otopljenog leda i kondenzata treba usmjeriti tako da padaju prema dolje, a kondenzat otječe gravitacijom.

8.4 Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača

Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača na sistemu radi se u skladu sa uputstvima proizvođača opreme koji definišu kako i šta se podešava na rashladnoj i elektro instalaciji. Tokom održavanja i servisiranja isparivača potrebno je provjeriti kako je podešen prekidač zaštite od niskog pritiska (low pressure switch) i njegovu ispravnost.

Također tokom održavanja i servisiranja potrebno je provjeriti kako su podešeni kontrolni prekidači i njihovu ispravnost (na primjer temperaturni prekidač koji isključuje kompresor kada se u prostoru dostigne željena temperatura).

Kod isparivača za hlađenje vode postoji zaštita od preniske vrijednosti pritiska (kao zaštita od zamrzavanja vode) sa jedne strane, a postavlja se i prekidač protoka (flow switch) i temperaturna sonda u samom isparivaču sa druge strane.

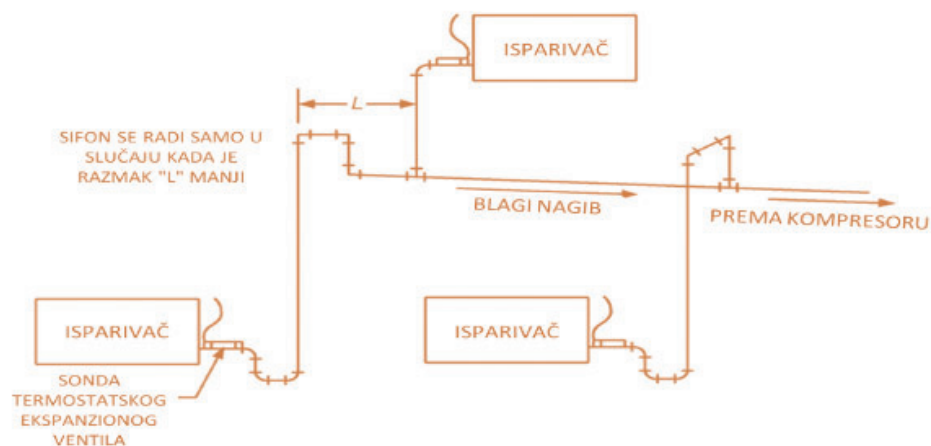
Zadatak ovih uređaja je da prekinu rad kompresora kada se u RACHP sistemu naruši podešeni režim rada.

8.5 Provjera da li su tečni vod i usisni cjevovod pravilno postavljeni

Dobar dizajn i pravilna instalacija cjevovoda u RACHP sistemu zahtjeva obraćanje pažnje na sljedeće zahtjeva:

- ▶ Obezbijediti ispravan dovod rashladnog fluida u isparivače;
- ▶ Odabir odgovarajućih dimenzija cijevi kako bi se omogućio rad sistema bez prekomjernih padova pritiska;
- ▶ Izrada cjevovoda na način da se omogući povratak ulja u kompresor i sprečavanje zaostatka prevelike količine ulja u instalaciji;
- ▶ Sprečavanje povratka tečnog rashladnog fluida ili prevelike količine ulja u kompresor bilo tokom rada ili u vreme mirovanja; i
- ▶ Smanjenje gubitka ulja iz kompresora.

Na slici ispod prikazani su način povezivanja kada se isparivači nalaze ispod ili iznad nivoa kompresora.



Slika 8.7: Način povezivanja kada se isparivači nalaze ispod ili iznad nivoa kompresora

8.6 Provjera cjevovoda toplog gasa za otapanje isparivača

Otapanje je neizbježna operacija kojom se čiste naslage leda sa površine isparivača. Led djeluje kao izolacija i sprječava intenzivnu izmjenu toplote između vazduha i površine isparivača, smanjujući kapacitet hlađenja. Postoji nekoliko načina za otapanja isparivača, a najčešće korišteni su:

- ▶ Otapanje toplim gasom; i
- ▶ Otapanje elektro-otpornim grijačima.

Otapanje toplim gasom

Jedan od načina otapanje isparivača je toplim gasom. Klasičan primjer otapanja toplim gasom je otapanje toplotnih pumpi (split klima uređaja) prilikom rada u režimu grijanja. Pregrijana para ("topli gas") rashladnog fluida pod visokim pritiskom i visokom temperaturom iz potisa kompresora usmjerava se prema isparivaču kroz posebnu cijev, gdje, prolazeći kroz isparivač, topi led koji se nakupio na vanjskoj površini. Voda koja se stvara tokom otapanja ulijeva se u posudu ispod isparivača kako bi sakupila kondenziranu vodu.

Potrebno je paziti prilikom otapanja toplim gasom da se u prostoru koji se hladi ne unese više toplote nego što je potrebno za otapanje. Da bi se ubrzao proces otapanja toplim gasom, ventilator se često isključuje kako vazduh ne bi cirkulirao tokom procesa otapanja.

Otapanje elektro-otpornim grijačima

Drugi način otapanja je pomoću elektro-otpornih grijača koji se postavljaju u isparivač, fabrički postavljeni na posebno dizajnirano mjesto u saću. Odvod kondenzata je isti kao kod prvog načina odmrzavanja.

Početak i kraj procesa otapanja mogu se regulirati temperaturnom sondom koja se nalazi u saću samog isparivača ili se može regulirati vremenski. Prilikom regulacije temperature procesa otapanja, kontroler uređaja je programiran da pokrene proces otapanja kada primi informaciju da je temperatura isparivača ispod postavljene referentne temperature. Proces otapanja se nastavlja sve dok se ne dostigne temperatura definisana kao konačna temperatura otapanja. Na osnovu informacija o temperaturi, kontroler sistema pokreće i završava proces otapanja.

U slučaju vremenski kontroliranog otapanja, početak otapanja aktivira se tajmerom. Također, kraj perioda otapanja je opet vremenski definisan, a podatak o trajanju se empirijski definiše.

U rashladnim vitrinama u supermarketima, proces otapanja se provodi samo uz pomoć ventilatora i vazduha iz prostora koji se hladi. Takvi sistemi prate pad pritiska vazduha koji prolazi kroz isparivač, a početak i kraj procesa otapanja reguliše se vazдушnim prekidačem.

8.7 Puštanje u rad i zaustavljanje isparivača i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada isparivača

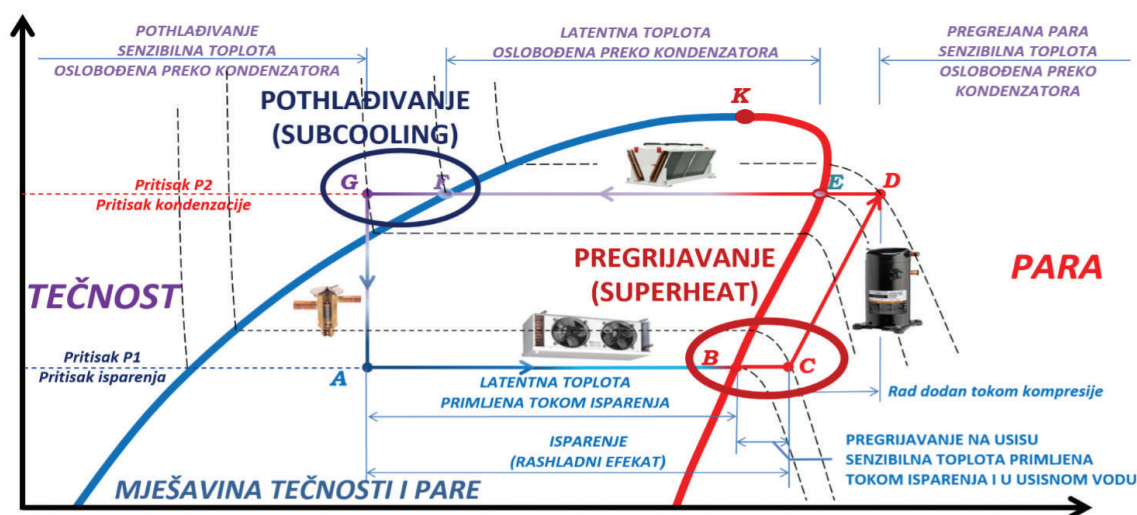
Nakon puštanja u rad i po uspostavljanju radnog režima, potrebno je uraditi provjeru radnih parametara i vidjeti da li odgovaraju predviđenim parametrima. Ovo podrazumijeva mjerenje pritiska i temperature u određenim dijelovima sistema. Pri ovome treba provjeriti da li isparivač radi ispravno i da li dolazi do kompletnog pretvaranja agregatnog stanja iz tečnosti na ulazu do pregriјane pare na izlazu.

U poglavlju 1.02 - Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi) u dijelu "Osnova teorije rashladnih sistema" u tabeli 1.6 prikazana su iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparenja u zavisnosti od tipa kondenzatora i isparivača, koje se koriste u razmatranju rada rashladnih sistema. Ova iskustvena pravila prikazana u tabeli 1.6 a također još jednom u tabeli ispod.

Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja	
Isparavanje	Temperatura isparavanja rashladnog fluida u isparivaču za hlađenje vazduha / vode usvaja se: $t_{\text{isparavanja}} = t_{\text{željena temperatura prostora / vode}} - (7 \text{ do } 10^{\circ}\text{C})$

Da bi se odredilo da li je došlo do kompletne promjene agregatnog stanja rashladnog fluida potrebno je nakon mjerenja radnih parametara, pritiska i temperatura rashladnog fluida na izlazu iz isparivača uraditi proračun **pregrijavanja (superheat)**, kao jedne od najbitnijih provjera koju serviser treba provjeriti prilikom puštanja u rad ili održavanja i servisiranja RACHP sistema.

Na slici ispod ponovo prikazujemo promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima u logp-h dijagramu.



Slika 8.8: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima

Na slici iznad **pregrijavanje (superheat)**, je dio između tačke B i C.



PREGRIJAVANJE (SUPERHEAT)

Razlika između stvarne izmjerene temperature na izlazu iz isparivača (tačka C na dijagramu) i temperature koja odgovara pritisku zasićenja rashladnog fluida (pritisak na izlazu iz isparivača – tačka B na dijagramu).

$$\Delta t_{\text{pregrijavanje}} = t_{\text{izmjerena temp. na izlazu isparivača}} - t_{\text{koja odgovara pritisku isparenja}}$$

Preporuka je da ova razlika bude: 4 do 8 Kelvina

8.8 Provjera površine isparivača

Slično kao i kod vazduhom hlađenog kondenzatora, rebra isparivača za hlađenje vazduha trebaju se periodično provjeravati, jer savijena ili oštećena rebra smanjuju količinu vazduha koja prolazi kroz isparivač. Ako dođe do oštećenja rebara, mogu se ispraviti češljem na isti način kao i kod vazduhom hlađenog kondenzatora.

Razmak (korak) između lamela zavisi od temperature na kojoj je predviđen rad isparivača za hlađenje vazduha i kreće se od 8 mm za temperature iznad 0 °C, pa čak i do 30 mm za temperature vazduha ispod -20 °C u komori za zamrzavanje.

Pravilno odmrzavanje isparivača je važno za dobru distribuciju vazduha u rashladnoj komori, jer led na površini smanjuje poprečni presjek za protok vazduha i time otežava pravilno hlađenje proizvoda. U nekim situacijama, protok vazduha kroz isparivač može biti gotovo zaustavljen zbog leda. Svaki put kada smanjeni protok vazduha dosegne površinu isparivača, smanjit će se i opterećenje samog uređaja. Kada nema dovoljno protoka vazduha, to će uzrokovati da rashladni fluid u cijevima ostane u tečnom stanju i neće isparavati u isparivaču jer nema izmjene toplote.

Na slici ispod prikazan je potpuno zaleđeni isparivač kod toplotne pumpe u režimu grijanja



Slika 8.9: Potpuno zaleđeni isparivač kod toplotne pumpe u režimu grijanja

8.9 Pisanje izvještaja o stanju isparivača u kom se identifikuju problemi pri radu isparivača koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne poduzme

Nakon sprovedenog mjerenja radnih parametara instalater ili serviser treba pripremiti izvještaj o sprovedenom mjerenju.

Informacije o poduzetim aktivnostima tokom održavanja ili servisiranja upisuju se u zakonskom propisanom obrazcu evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi i sistema za zaštitu od požara koji sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci. Informacije se upisuju u dijelu održavanje ili servisiranje, prikazanom ispod, ali to se više odnosi na održavanje ili servisiranje čitavog RACHP sistema, a ne određenih komponenta sistema.

ODRŽAVANJE ILI SERVISIRANJE				
Datum	Serviser	Dio	Obavljene radnje održavanja/ servisiranja	Komentari ³

³ Komentari mogu uključiti svaku sugestiju za operatera u vezi sa održavanjem opreme.

Zakonski propisani obrazac o izgledu izvještaja koji sadrži sve informacije o izmjeranim parametrima i stanju određenih komponenta RACHP sistema ne postoji. U šestom poglavlju ovog priručnika prikazana je tabela¹² koja se može koristiti i u kojoj se mogu opisati opažanja povezana sa problemima pri radu komponente RACHP sistema.

¹² Poglavlje 6: Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje klipnog, vijčanog i rotacionog jednostepenog kompresora, tema 6.07: Pisanje izvještaja o stanju kompresora u kom se identifikuju problemi pri radu kompresora koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do curenja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne preduzme, tabela 6.2

9. Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje termoekspanzionih ventila (TEV) i drugih dijelova

U prvom poglavlju¹³ ovog priručnika u djelu osnova teorije rashladnih sistema, naučili smo da svaki parno kompresioni RACHP sistem sadrži četiri osnovna elementa:

- Kompresor;
- Kondenzator;
- Prigušni element; i
- Isparivač.

Ovaj dio sadrži informacije o prigušnom (ekspanzionom) elementu kao jednom od četiri osnovne komponente RACHP sistema.

9.1 Objašnjavanje osnovnog rada različitih vrsta ekspanzionih regulatora (termostatski ekspanzioni ventil, kapilarna cijev) i rizika koji su povezani sa njihovim radom

Prigušni (ekspanzioni) uređaj u RACHP sistemu služi za ekspanziju tečnog rashladnog fluida sa visokog pritiska i temperature na niži pritisak i temperaturu. Do ekspanzije dolazi kada rashladni fluid u tečnom agregatnom stanju prolazi kroz cijev određene dužine sa manjim prečnikom ili kroz najmanji poprečni presjek na sjedištu ekspanzionog ventila.

Druga funkcija prigušnog (ekspanzionog) uređaja je da snabdijeva isparivač sa samo onoliko tečnog rashladnog fluida koliko može ispariti u datim uslovima rada.

- ▶ Ako je isparivač prezasićen rashladnim fluidom, tečni rashladni fluid koji nije ispario može stići do kompresora i prouzrokovati oštećenje kompresora; i
- ▶ Ako u isparivač stiže nedovoljna količina tečnog rashladnog fluida, neće se u potpunosti iskoristiti površina isparivača. Kao rezultat se može javiti preveliko pregrijavanje u isparivaču. Dodatnim pregrijavanjem proces kompresije se pomjera ka višim temperaturama, što zahtijeva više energije i prouzrokuje da finalna temperatura kompresije bude neprihvatljivo visoka, što opet može prouzrokovati oštećenje kompresora.

Proces ekspanzije rashladnog fluida u prigušnom uređaju je izoentalpičan, što znači da se toplotni sadržaj niti smanjuje niti povećava kada rashladni fluid protječe kroz prigušni ventil.

Rashladni fluid na ulazu u prigušni uređaj je u tečnom stanju i pod visokim pritiskom. Kada napusti prigušni uređaj rashladni fluid ima nizak pritisak u oblasti zasićene pare. Tokom ekspanzije dolazi i do djelomičnog isparavanja, tako da u isparivač ulazi mješavina tečnosti i pare.

U rashladnim RACHP sistemima koriste se sljedeće vrste prigušnih elemenata:

- ✓ Kapilarne cijevi; i
- ✓ Ekspanzioni ventili (termostatski i elektronski).

¹³ Poglavlje 1: Osnovi termodinamike, tema 1.02: Razumijevanje osnova teorije rashladnih sistema – osnove termodinamike (glavni pojmovi)

Kapilarna cijev

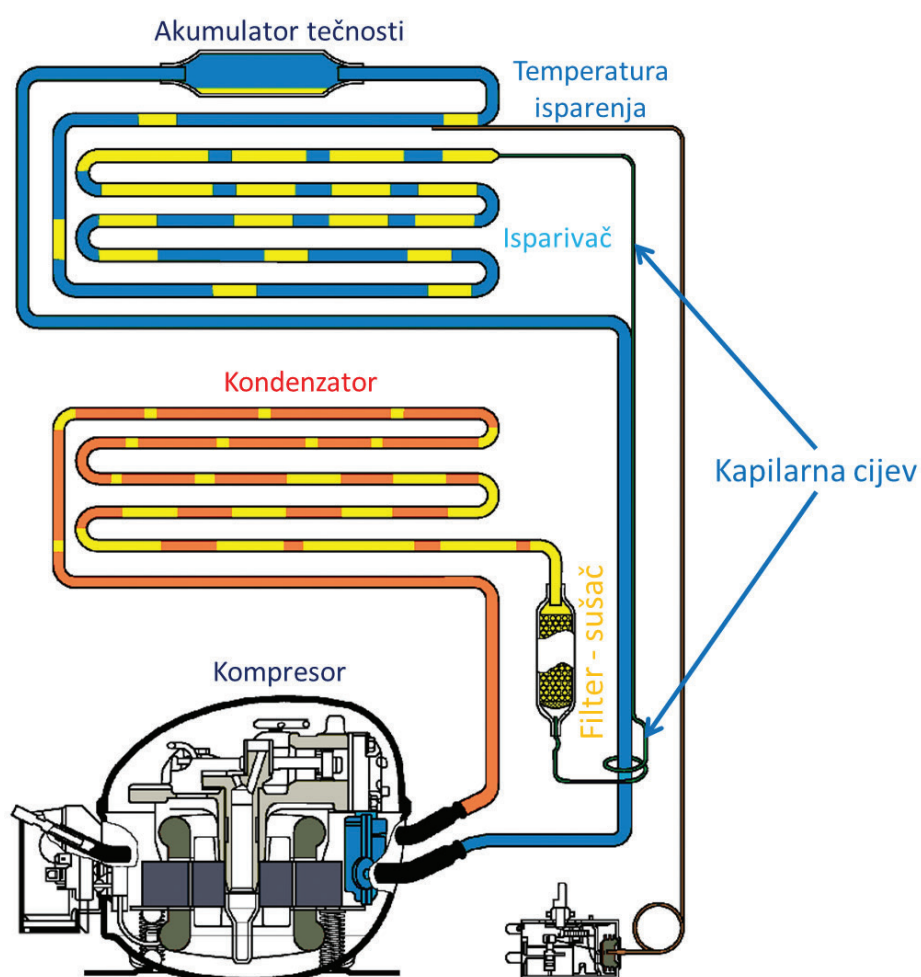
Kapilarna cijev se kao prigušni element koristi u manjim sistemima sa kapacitetom ispod 5 kW. Obično se susreće u kućnim aparatima (kućni frižideri i zamrzivači, AC uređaji), ali se može koristiti i u većim sistemima sa stabilnim radnim uslovima.

Kapilarna cijev je najjednostavnija vrsta prigušnog elementa koja nema pokretne dijelove. Kapilarna cijev je bakarna cijev prečnika 0,5 do 1,5 mm i dužine od 0,2 do 6 m.

Zbog manjeg prečnika cijevi postoji mogućnost zapušavanja cijevi pa se zbog toga ispred kapilarne cijevi postavlja filter – sušač.

Mala površina poprečnog presjeka cijevi predstavlja otpor za protok fluida, posebno zbog djelomičnog isparavanja i pojave gasne faze pri prelazu sa visokog na niski pritisak. Brzina protoka zavisi od razlike pritisa.

Na slici ispod prikazan je rashladni sistem koji koristi kapilaru kao prigušni element.



Slika 9.1: Rashladni sistem koji koristi kapilaru kao prigušni element

Kada sistem ne radi, rashladni fluid se raspoređuje u sistemu za hlađenje što može prouzrokovati povratak tečnog rashladnog fluida u kompresor, pa je potrebno ugraditi zaštitu od povratka tečne faze u kompresor. Na primjer akumulator tečnosti kod kućnog frižidera štiti kompresor od povratka tečnog rashladnog fluida, a time od hidrauličnog udara, odnosno oštećenja kompresora.

Ekspanzioni ventil

U RACHP sistemima kod kojih tokom rada dolazi do velikih promjena opterećenja preporučuje se upotreba regulacionog prigušnog elementa kakav je ekspanzioni ventil.

Visoka efikasnost RACHP sistema može se postići samo kada rashladni fluid u cijelosti ispari u isparivaču i malo se pregrije, odnosno izlazi iz isparivača kao malo pregrijana pare.

Ekspanzioni ventili se mogu podijeliti na:

- ✓ Termostatski (mehanički) ekspanzioni ventil (TEV); i
- ✓ Elektronski ekspanzioni ventil (EEV).

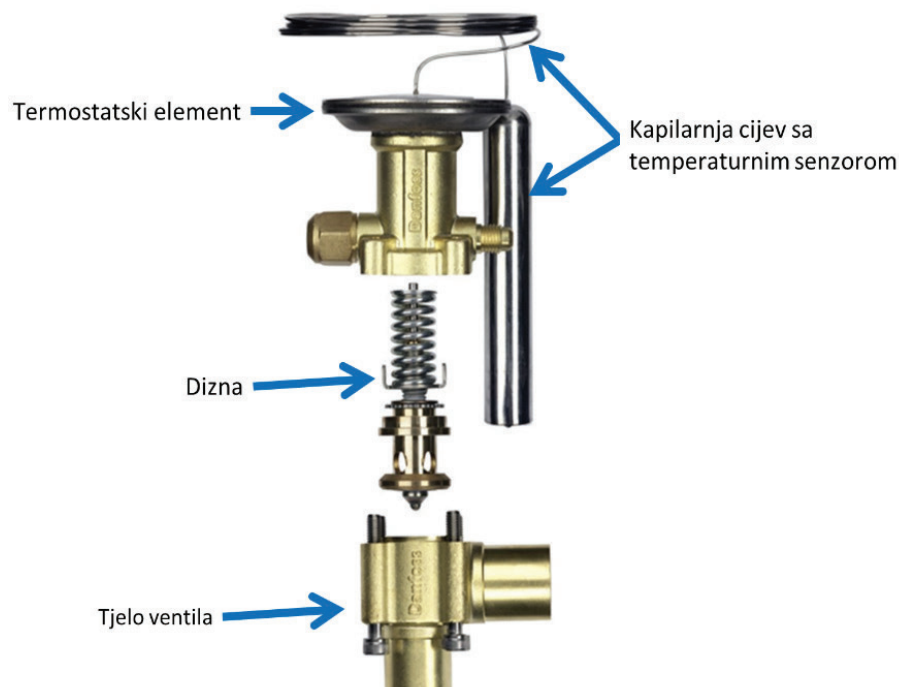
Termostatski ekspanzioni ventil (TEV)

Termostatski ekspanzioni ventili (TEV) su konstruisani tako da prigušuju rashladni fluid i u isparivač propuštaju tačno onoliko rashladnog fluida koliko je njemu potrebno u zavisnosti od toplotnog opterećenja, kako bi rashladni fluid mogao da potpuno ispari i dodatno se pregrije. Ova vrsta ventila održava konstantan nivo pregrijavanja na izlazu isparivača u širokom opsegu promjena opterećenja. Na taj način se onemogućava da kompresor usisa tečni rashladni fluid, što bi dovelo do njegovog oštećenja.

Termostatski ekspanzioni ventil sastoji se od četiri osnovna dijela i to:

- Termostatski element;
- Kapilarna cijev sa temperaturnim senzorom;
- Dizna ventila; i
- Tijelo ventila.

Na slici ispod prikazani su dijelovi termostatskog ekspanzionog ventila.



Slika 9.2: Dijelovi termostatskog ekspanzionog ventila

Količina tečnog rashladnog fluida koju će ventil propustiti zavisi od otvorenosti dizne, koja se mijenja zavisno od položaja vretena, odnosno pregrijavanja na izlazu iz isparivača.

Da bismo razumjeli kako termostatski ekspanzioni ventil funkcioniše, potrebno je detaljnije razmotriti sve njegove dijelove:

- ✓ Sklop termostatskog elementa, u kojem se nalazi dijafragma;
- ✓ Kapilarna cijev i temperaturni senzor koji je napunjen nekom tečnošću koja pri povećanju ili sniženju temperature se širi i skuplja, i time povećava ili smanjuje pritisak na dijafragmu; i
- ✓ Tijelo ventila, s jednom ili više aksijalnih osovina pokretanih dijafragmom: osovina(e) regulira(ju) otvor dizne kroz koju se dozira količina rashladnog fluida koja ulazi u isparivač.

Prema konstrukciji postoje dvije vrste mehaničkih ekspanzijskih (termostatskih) ventila, i to:

- ▶ Termostatski ekspanzioni ventil bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska; i
- ▶ Termostatski ekspanzijski ventil sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska.

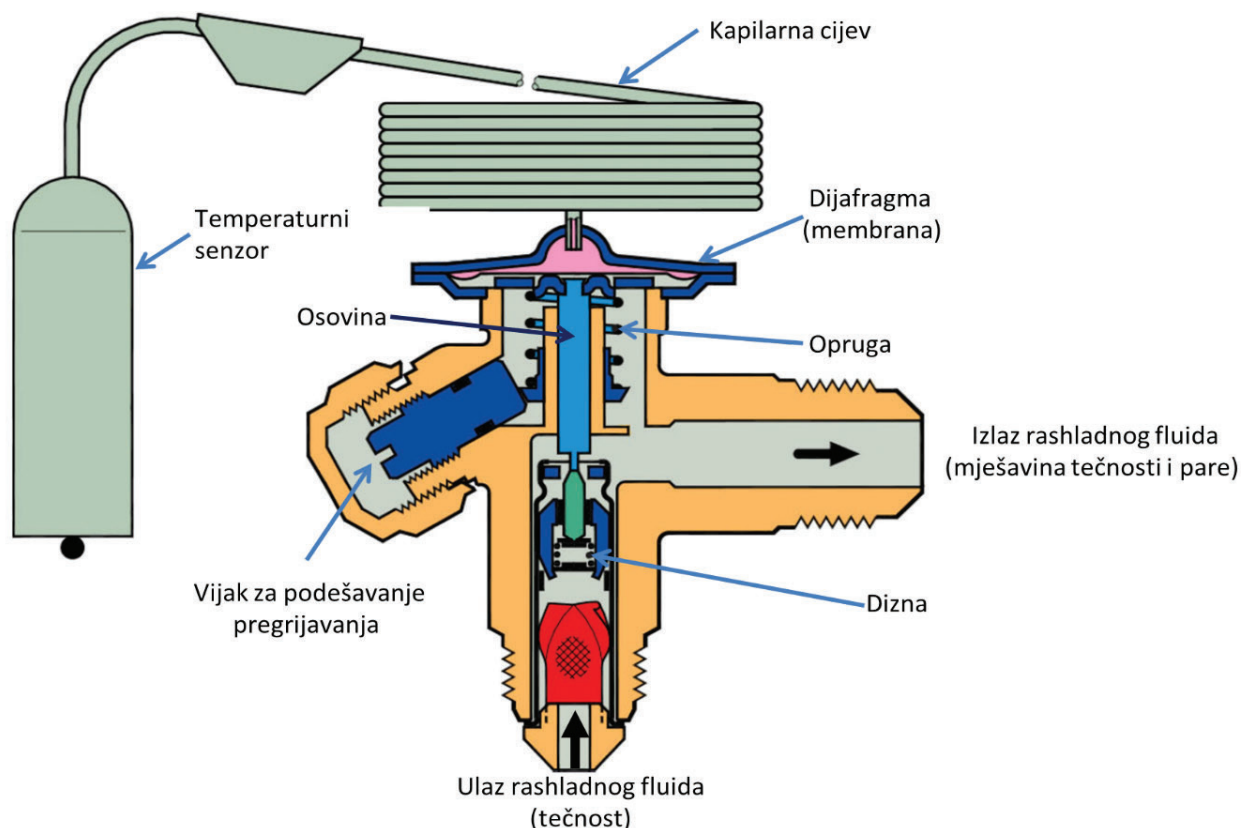
Termostatski ekspanzioni ventil (TEV) bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska

U RACHP sistemima manjih rashladnih kapaciteta i bez prevelikih oscilacija u potrebama za hlađenjem, kao i sistemima koji imaju mali pad pritiska pri protoku rashladnog fluida kroz isparivač, često se ugrađuju termostatski ekspanzioni ventili bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska.

Na otvorenost dizne odnosno količina tečnog rashladnog fluida koji ulazi u termostatskom ventilu utiču tri pritiska:

- ▶ Pritisak fluida kojim je napunjen temperaturni senzor (P_s);
- ▶ Pritisak opruge (P_o); i
- ▶ Unutrašnji pritisak izjednačavanja – pritisak na ulazu isparivača (P_i).

Na slici ispod prikazan je termostatski ekspanzioni ventil (TEV) bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska. Kada ventil radi bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska, to znači da se njegovo otvaranje reguliše samo na osnovu pritiska stvorenog širenjem mijeha dijafragme (membrane) i sile u opruzi.



Slika 9.3: Termostatski ekspanzioni ventil bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska

TEV radi prema sljedećem principu. Temperaturni senzor (sonda) se postavlja na izlazu iz isparivača, a kapilarna cijev spaja sondu s jednom stranom dijafragme (membrane) ventila. Senzor je napunjen isparljivom tekućinom. Zbog porasta temperature pare rashladnog fluida na izlazu iz isparivača, (povećanje pregrijavanja), tekućina unutar senzora isparava i kroz kapilarnu cijev dopire do dijafragme (membrane), koja se širi. Kako se dijafragma (membrana) širi, ona djeluje na osovину dizne ventila i, savladavajući silu pritiska na ulazu u isparivač i silu opruge, dizna otvara ventil i počinje propuštati veću količinu tečnog rashladnog sredstva. Kako rashladni fluid prolazi kroz uski otvor, širi se, smanjujući svoj pritisak i temperaturu, te mješavina tečnosti i pare rashladnog fluida niskog pritiska i temperature ulazi u isparivač. Nakon što dovoljna količina rashladnog fluida prođe kroz isparivač, izlazna para će se ohladiti, pregrijavanje izlazne pare će se smanjiti. Ovo će uzrokovati da se tečnost u senzoru vrati u senzor, povlačeći dijafragmu (membranu), tako da pod silom opruge dizna smanjuje (zatvara) otvor ventila kroz koji prolazi rashladni fluid i smanjuje količinu rashladnog sredstva koje ulazi u isparivač.

U RACHP sistemima manjih rashladnih kapacitetima i bez prevelikih oscilacija u potrebama za hlađenjem, kao i sistemima koji imaju mali pad pritiska pri protoku rashladnog fluida kroz isparivač, često se ugrađuju termostatski ekspanzioni ventili bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska.

Termostatski ekspanzioni ventil (TEV) sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska

U RACHP sistemima većim rashladnih kapaciteta i čestim oscilacijama u potrebama za hlađenjem, preporučuje se ugradnja termostatskih ekspanzionih ventila sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska (egalizacijom pritiska).

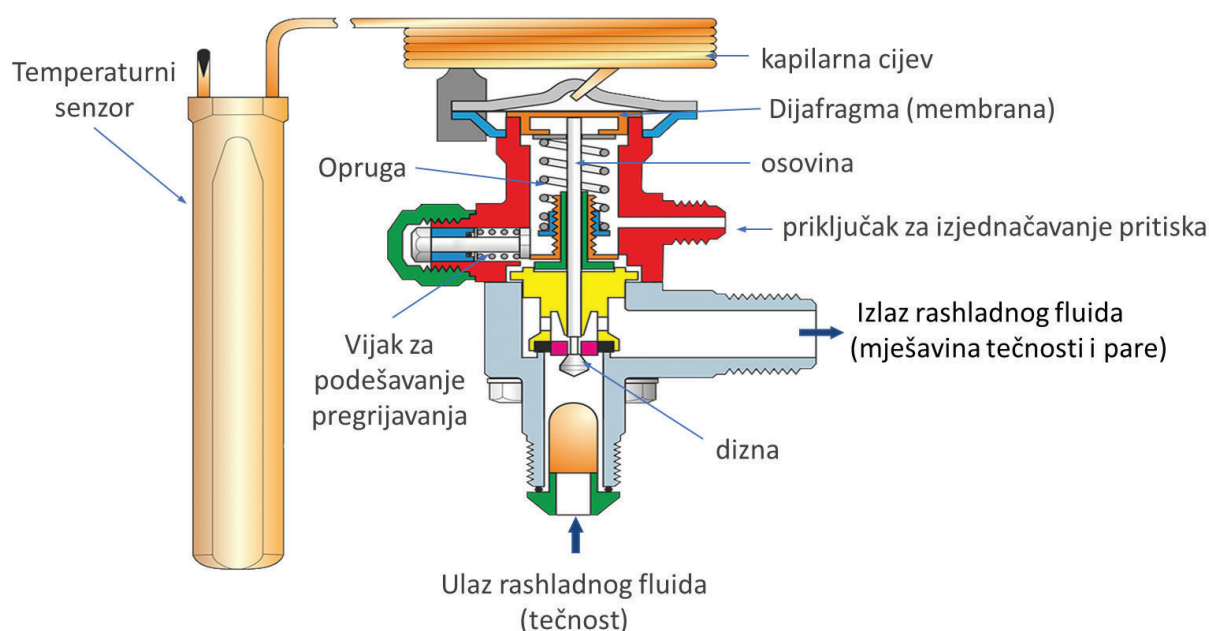
Spoljašnje izjednačavanje pritiska (egalizacija) postiže se dodavanjem cijevnog voda koji spaja termostatski (regulacijski) dio ventila i izlaz iz isparivača. Prednost ovog dodavanja je što se pored temperature rashladnog fluida na izlazu iz isparivača uzima se u obzir i pad pritiska u isparivaču, pa se prati stvarni pritisak na izlazu isparivača, a time i stvarno pregrijavanje pare.

Za razliku od TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem, preporuka korištenja TEV bez izjednačavanja je samo u manjim isparivačima gdje je pad pritiska tokom protoka rashladnog fluida u isparivaču zanemariv.

Na otvorenost dizne odnosno količinu tečnog rashladnog fluida koji ulazi u TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska, utiču tri pritiska:

- Pritisak fluida kojim je napunjen temperaturni senzor (P_s);
- Pritisak opruge (P_o); i
- Spoljašnji pritisak izjednačavanja – pritisak na izlazu iz isparivača (P_i).

Na slici prikazan je TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska.

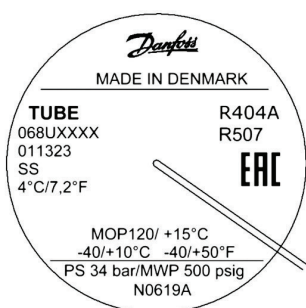


Slika 9.4: Termostatski ekspanzioni ventil sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska

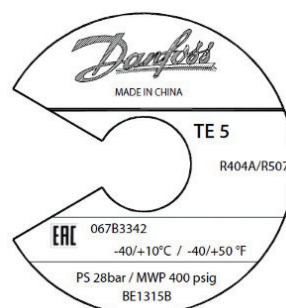
Prilikom odabira mehaničkog termičkog ekspanzionog ventila, treba obratiti pažnju na još jednu karakteristiku termostatskog ekspanzionog ventila, a to je da li ventil ima takozvanu MOP (maksimalni radni pritisak) karakteristiku ili ne. Informacije o tome mogu se pronaći na fabričkoj natpisnoj pločici termostatskog ekspanzionog ventila.

Kod TEV sa karakteristikom “MOP” (maksimalni radni pritisak), punjenje senzora tečnošću je nešto niže, što ograničava otvaranje termostatskog ekspanzionog ventila na višu temperaturu, jer pritisak pregrijane pare raste sporije od pritiska vlažne pare tečnosti u senzoru.

Na slikama ispod prikazana je fabrička tablica TEV na kojoj se može vidjeti da li je TEV sa MOP ili bez MOP karakteristike.

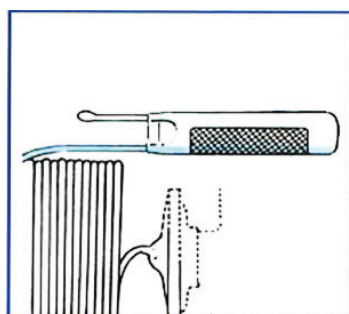


TEV sa MOP karakteristikom

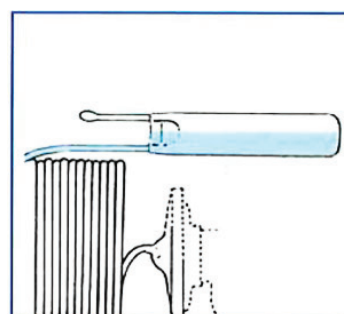


TEV bez MOP karakteristike

Slika 9.5: Fabričke tablice TEV i označavanje MOP karakteristike



TEV sa MOP karakteristikom



TEV bez MOP karakteristike

Slika 9.6: Razlika u punjenju temperaturnog senzora TEV sa i bez MOP karakteristike

Elektronski ekspanzioni ventil (EEV)

Značajna poboljšanja u performansama i efikasnosti RACHP sistema mogu se postići korištenjem elektronskog ekspanzionog ventila (EEV) umjesto uobičajenih termostatskih (mehaničkih) ekspanzionih ventila (TEV).

Postoji nekoliko vrsta ovih ventila, a najčešće se koriste EEV sa step (koračajnim) motorima ili ventili sa impulsno-širinskom modulacijom (PWM – Pulse Width Modulation).

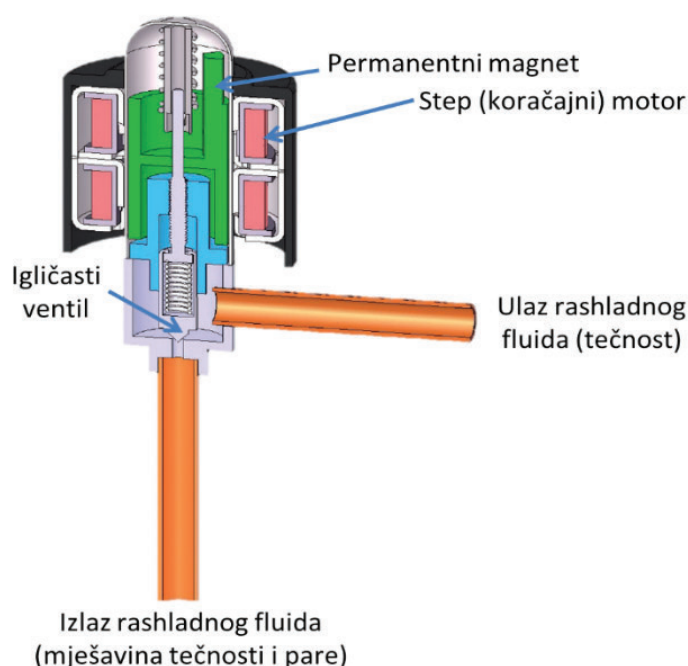
Impulsno-širinska modulacija (PWM) ventila funkcioniše tako što vrijeme rada dijeli na segmente. Na primjer, vrijeme rada od 6 sekundi podijeljeno je na segmente. Ako je ventil

otvoren 6 sekundi i ne zatvori se, onda radi sa 100%. Ako mu je potrebno 50% kapaciteta, otvoriti će se na 3 sekunde, zatim zatvoriti na 3 sekunde itd.

Tipičan koračni motor rotira dok je pod naponom, a nakon promjene napona, rotira za precizno definisan ugao i ostaje u tom položaju dok se ne primijeni novi naponski impuls. Broj koraka po rotaciji osovine motora je velik (obično 480), tako da se može postići precizno pozicioniranje. Linearni aktuatori se koriste za pretvaranje ugaonog kretanja osovine motora u linearno kretanje, što, zbog prijenosnih odnosa zupčanika, također povećava snagu.

Isto kao i kod TEV, princip rada EEV je na osnovi pregrijavanja odnosno doziranja količine rashladnog fluida koji unutar isparivača treba da potpuno ispari i dodatno se malo pregrije.

Na slici ispod prikazan je EEV sa step (koračajnim) motorom.



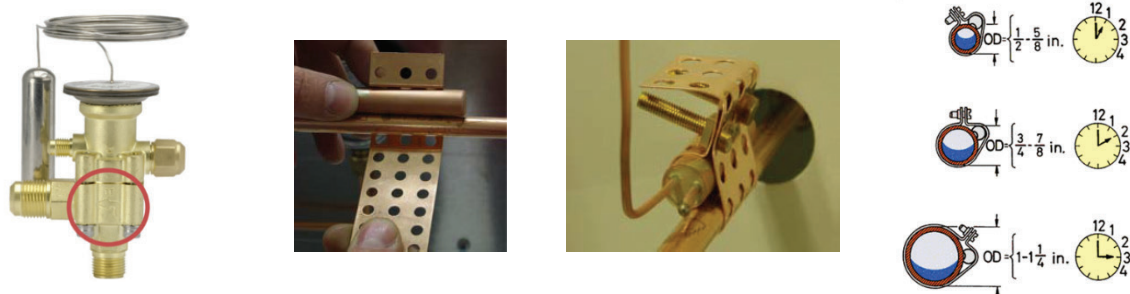
Slika 9.7: EEV sa step (koračajnim) motorom

Princip rada je isti kao i kod TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska. Ugrađen je upravljački dio ventila (kontroler) koji prima informacije o temperaturi i pritisku rashladnog fluida na izlazu iz isparivača, a na osnovu primljenih podataka kontroler radi proračun pregrijavanja i šalje signal motoru ventila, koji otvara ili zatvara ventil, propuštajući precizno određenu količinu rashladnog fluida, tako da je pregrijavanje rashladnog fluida na izlazu iz isparivača uvijek konstantno.

9.2 Postavljanje ventila u ispravi poloŹaj

Prilikom ugradnje TEV, obratiti pažnju na oznaku smjera protoka rashladnog fluida na tijelu ventila. Temperaturni senzor se postavlja uvijek na horizontalnoj cijevi što je moguće bliŹe do izlaza isparivača, nikada na vertikalnom cjevovodu. Senzor treba biti sigurno pričvršćen duŹ cijele duŹine izlazne cijevi isparivača. Preporučuje se premazivanje kontaktne površine termički provodljivom pastom. Nakon pričvršćivanja temperaturnog senzora temperaturni senzor se treba izolovati kako ambijentalni uslovi ne bi imali uticaja na pravilni rad ventila.

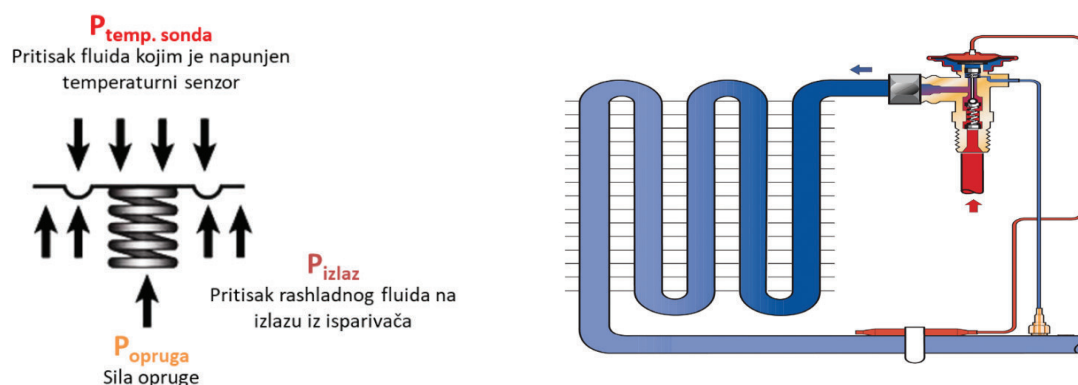
Na slici ispod prikazan je smjer, pričvršćavanje i pozicija temperaturnog senzora kod TEV.



Uređaj za prikupljanje Mehanička ili elektronska manometarska grupa pozicija senzora

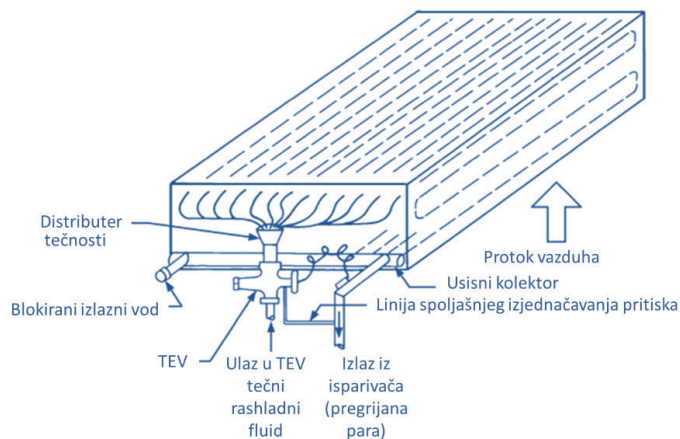
Slika 9.8: Smjer strujanja, postavljanje, pričvršćivanje i pozicija temperaturnog senzora kod TEV

Na slici ispod prikazan je način povezivanja TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska kao i sile koji utiču na otvorenost dizne.



Slika 9.9: Sile koje utiču na otvaranje dizne i način povezivanja TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska

Kod većih površina isparivača kako bi se isparivač ravnomjerno punio tečnošću izlaz ekspanzionog ventila ima razdjelnik (distributer) tečnosti. Na slici ispod prikazan je horizontalno postavljeni isparivač sa distributerom tečnosti i način povezivanja TEV.



Slika 9.10: Pravilno postavljanje TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska i razdjelnikom tečnosti

Za razliku od TEV kod kojih je strujanje rashladnog fluida samo u jednom smjeru, neki EEV mogu imati protok u oba smjera (bi-flow). Prilikom instalacije treba provjeriti uputstva proizvođača i provjeriti da li je ventil namijenjen za strujanje rashladnog fluida u jednom ili u oba smjera.

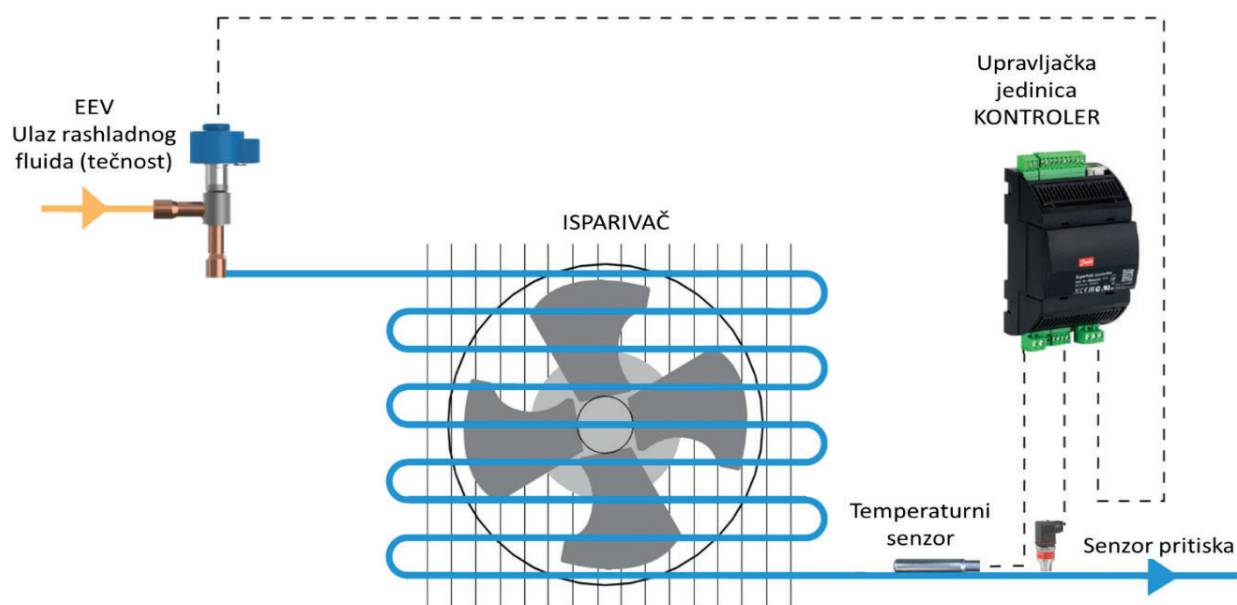
Na slici ispod prikazan je EEV kod kojeg je strujanje moguće u oba smjera.



Slika 9.11: EEV kod kojeg je strujanje rashladnog fluida moguće u oba smjera (bi-flow)

Za rad EEV pored samog ventila potreban je još i senzor temperature i pritiska kao i upravljačka jedinica – kontroler.

Na slici ispod prikazano je povezivanje elemenata EEV.



Slika 9.12: Povezivanje elemenata EEV

Već je istaknuto da je RACHP sistem koji koristi EEV mnogo efikasniji u poređenju sa RACHP sistemom koji koristi standardni termostatski ekspanzioni ventil sa fiksnim rasponom pregrijavanja na definisanoj radnoj tački.

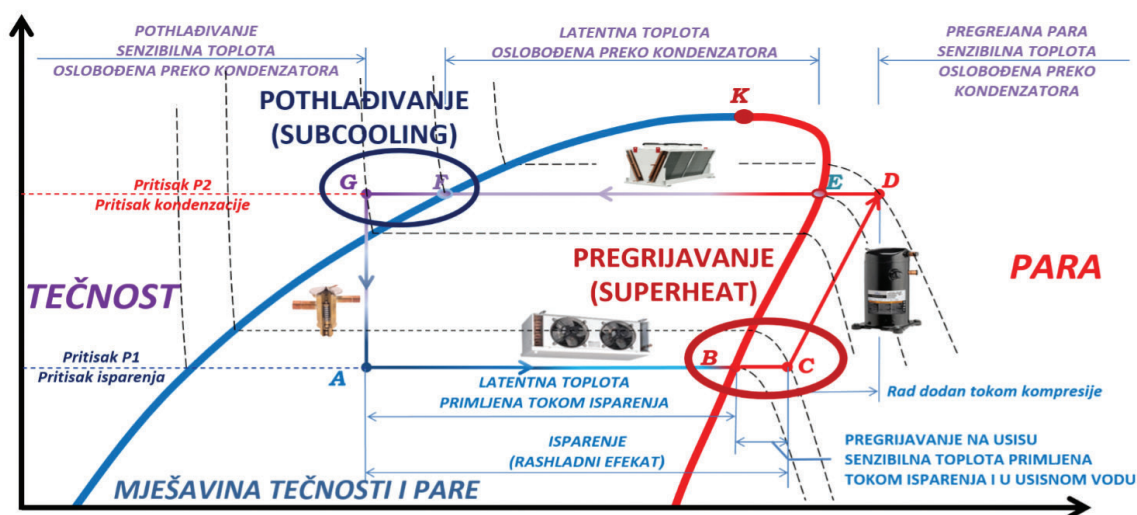
9.3 Podešavanje mehaničkih / elektronskih ekspanzionih ventila

Podešavanje TEV i EEV svodi se na podešavanje pregrijavanja.

Podešavanje mehaničkog TEV svodi se na podešavanje pregrijavanja podešavanjem sile opruga. Za podešavanje pregrijavanja, potreban je precizan termometar, koji se postavlja ispod toplotne izolacije na mjestu gdje se nalazi temperaturni senzor TEV, dok se na servisnom ventilu na izlaz iz isparivača mjeri pritisak. Potrebno je raditi postepeno i provjeravati rezultat u ustaljenom načinu rada, čekajući da se nivo izmjerenih rezultata stabilizira. Prije podešavanja potrebno je postići željenu radnu temperaturu (npr. temperaturu vazduha u prostoriji) i očistiti isparivač od leda odmrzavanjem. Mjerenje se izvodi nekoliko puta radi provjere/potvrde rezultata.

Detaljnije informacije o pregrijavanju (superheat) i o načinu proračuna pregrijavanja date su u 8 poglavlju ovog priručnika u djelu 8.07 – Puštanje u rad i zaustavljanje isparivača i provjera radnih parametara, uključujući i mjerenja tokom rada isparivača.

Iako je u poglavlje 8 već detaljnije objašnjen način proračuna pregrijavanja, zbog važnosti ove provjere na slici ispod se još jednom prikazuje proračun pregrijavanja.



Slika 9.13: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima

Na slici iznad **pregrijavanje (superheat)**, je dio između tačke B i C.

PREGRIJAVANJE (SUPERHEAT)

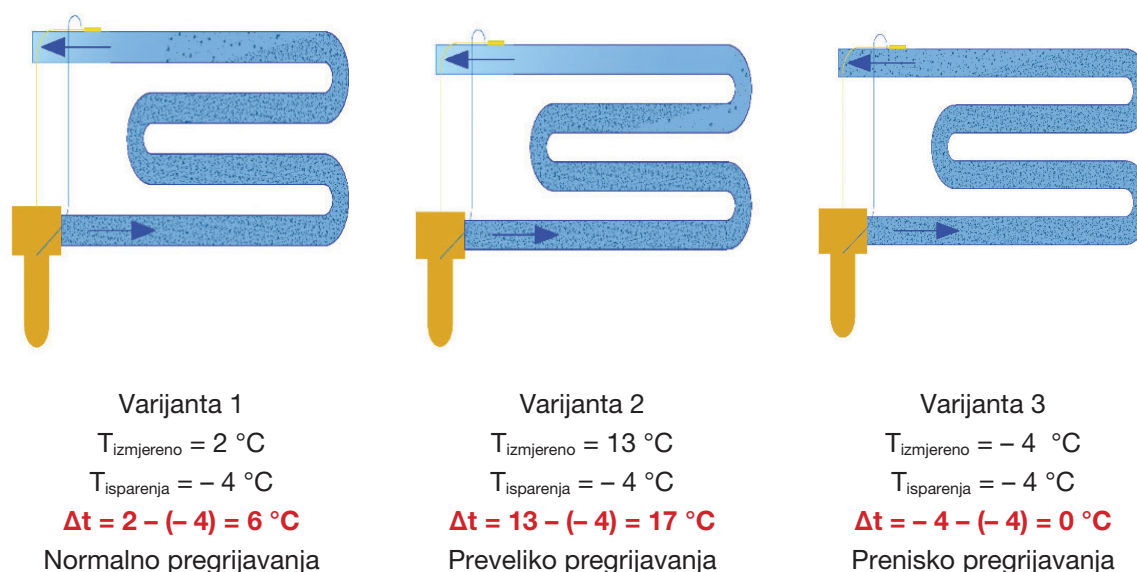


Razlika između stvarne izmjerene temperature na izlazu iz isparivača (tačka C na dijagramu) i temperature koja odgovara pritisku zasićenja rashladnog fluida (pritisak na izlazu iz isparivača – tačka B na dijagramu).

$$\Delta t_{\text{pregrijavanje}} = t_{\text{izmjerena temp. na izlazu isparivača}} - t_{\text{koja odgovara pritisku isparavanja}}$$

Preporuka je da ova razlika bude: 4 do 8 Kelvina

Na slici ispod prikazani su različiti primjeri pregrijavanja pare koji definišu normalno pregrijavanje (varijanta 1) i nepoželjno pregrijavanje ili nedovoljno pregrijavanje (varijante 2 i 3).

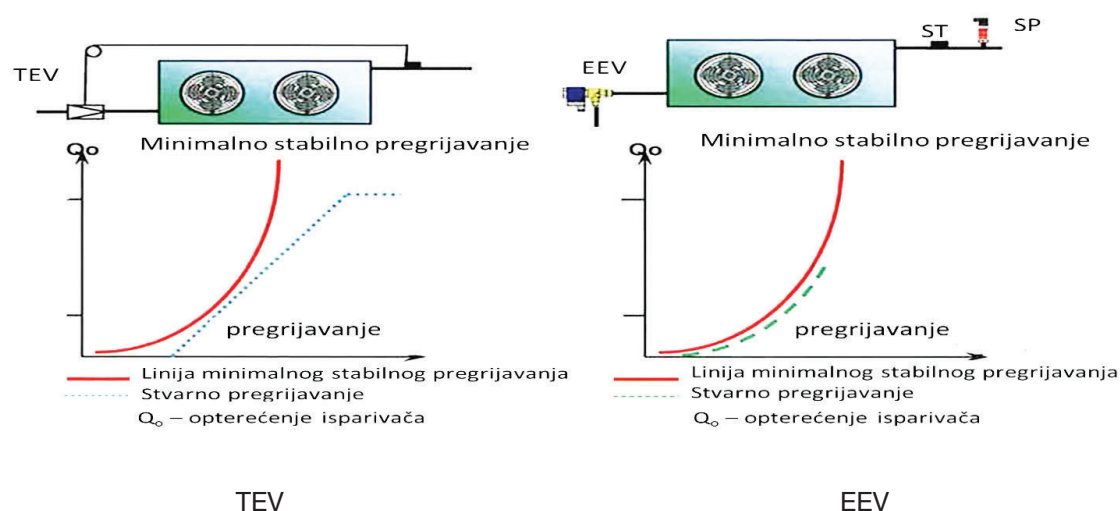


Slika 9.14: Proračun pregrijavanja, normalno, preveliko i prenisko pregrijavanje

EEV je motorizovani igličasti ventil (sa impulsnim modularnim ili stepenasto kontinuiranim radom) koji djeluje kao dio regulacionog sklopa za doziranje tečnosti u isparivaču. Regulacioni sklop se sastoji od senzora temperature i pritiska, kontrolera i samog EEV (prikazano na slici 9.12).

Kontroler je mikroprocesor koji pomoću signala senzora temperature i pretvarača pritiska upravlja iglom ventila, odnosno utiče na formiranje površine protoka kroz ventil. Budući da ulazne signale obrađuje mikroprocesor, njime se može vrlo precizno upravljati karakteristikom regulacije, tj. pregrijavanjem (tzv. kriva minimalnog stabilnog pregrijavanja (MSS) isparivača).

Na slici ispod prikazana je razlika u kontroli pregrijavanja između termostatskog ekspanzionog ventila (TEV) i elektronskog ekspanzionog ventila (EEV), u zoni stabilnog rada desno od crvene linije koja predstavlja minimalno stabilno pregrijavanje.



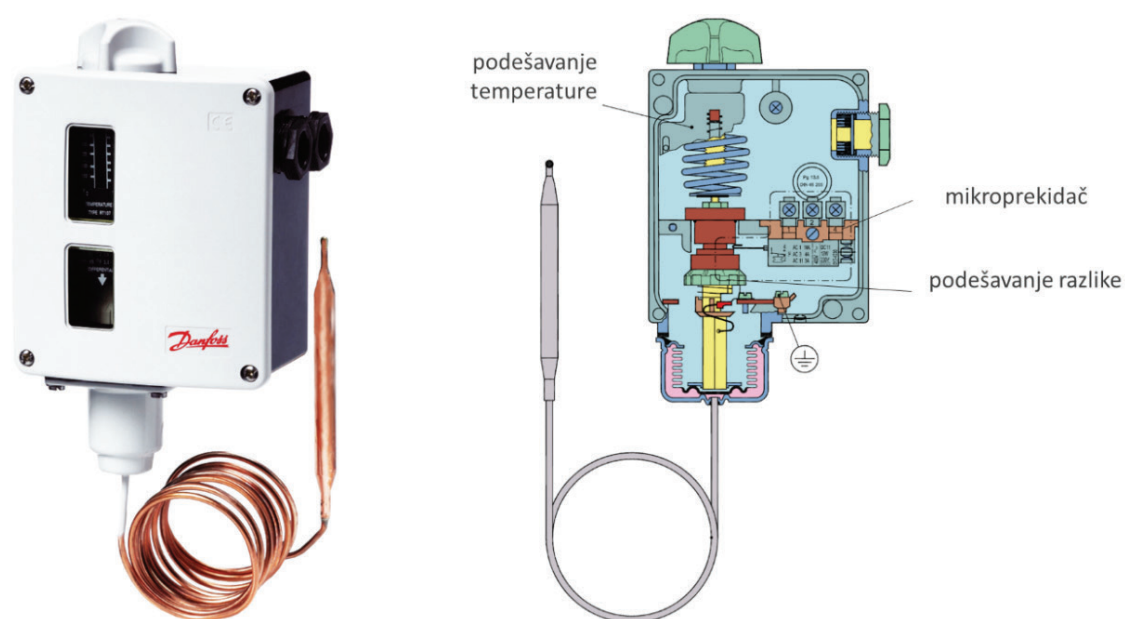
Slika 9.15: Linija minimalnih stabilnih pregrijavanja i radna karakteristika TEV i EEV

9.4 Podešavanje mehaničkih / elektronskih termostata

Temperaturni prekidači (termostati) se koriste za zaustavljanje kompresora kada se dostigne određena temperatura. To može biti temperatura prostorije koja se hladi ili određene temperature u RACHP sistemu, kao što je previsoka temperatura rashladnog sredstva na izlazu kompresora.

Podešavanje mehaničkih / elektronskih termostata u praksi znači podešavanje željene temperature. Danas se skoro na svim RACHP sistemima susrećemo sa digitalnim termostatima, dok se ranije na RACHP sistemima postavljali mehanički termostati.

Na slici ispod prikazani su mehanički i elektronski termostati.



Mehanički termostat



Elektronski termostat i temperaturni senzori

Slika 9.16: Mehanički i elektronski termostat

9.5 Podešavanje ventila za regulaciju pritiska

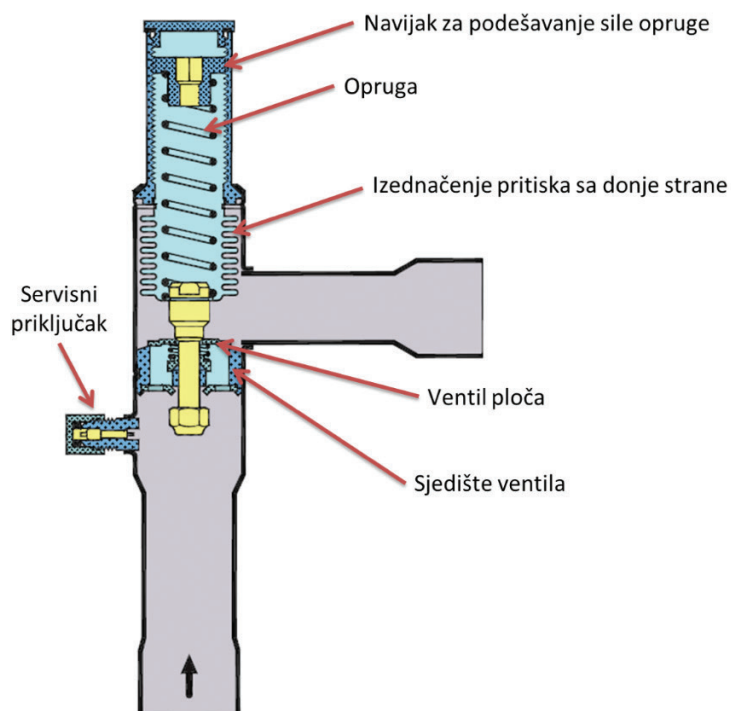
Ventili za regulaciju pritiska koriste se za održavanje ili regulaciju pritiska u određenim dijelovima instalacije, prvenstveno pritiska kondenzacije i isparavanja. Slično prigušnim uređajima (ekspanzionim ventilima), ventili za konstantni pritisak mogu biti mehanički i elektronski. Mehanički rade pomoću sile opruge, dok elektronski zahtijevaju ugradnju dodatnih senzora i kontrolera.

Ovisno o položaju sjedišta ventila i dizajnu, ovi ventili mogu regulisati pritisak ispred (ulazni pritisak) ili iza (izlazni pritisak).

Ovisno o dizajnu sistema, uslovima rada i potrebi za kontrolom određenog dijela instalacije, ventili konstantnog pritiska se najčešće koriste za:

- ✓ Regulaciju pritiska kondenzacije;
- ✓ Regulaciju pritiska isparavanja (pritisak na izlazu iz isparivača);
- ✓ Regulaciju usisnog pritiska kompresora; i
- ✓ Regulaciju protoka toplog gasa kroz baj pas toplog gasa

Dizajn ventila za regulaciju pritiska kondenzacije, isparavanja i usisni pritiska kompresor je vrlo sličan. Na slici ispod prikazan je dizajn najčešće korištenog ventila za regulaciju pritiska.



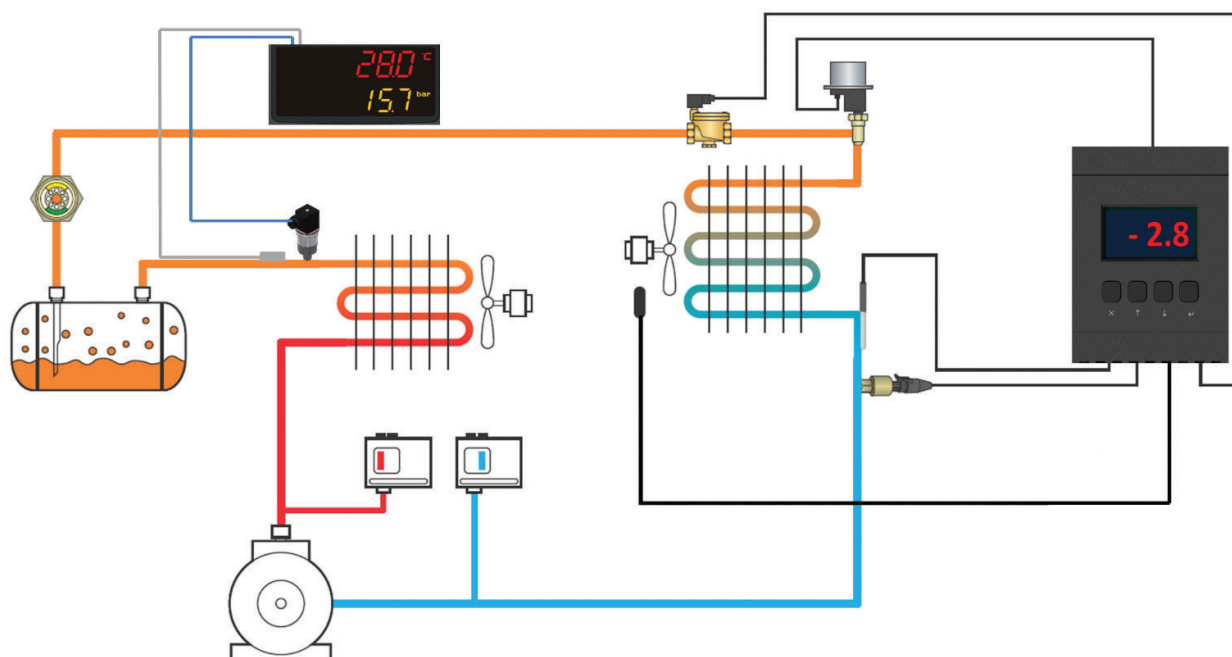
Slika 9.17: Dizajn ventila za regulaciju pritiska

Podešavanje ventila vrši se mjerenjem pritiska na servisnom priključku i podešavanjem sile opruge u zavisnosti od kontrole koju želimo postići regulacijom ventila. Kod elektronskih ventila za održavanje pritiska vrši se samo kontrola ispravnosti ventila mjerenjem pritiska.

9.6 Podešavanje mehaničkih i elektronskih graničnika pritiska

Detaljnije informacije o podešavanju mehaničkih i elektronskih graničnika pritiska date su u poglavlju 6¹⁴, poglavlju 7¹⁵ i poglavlju 8¹⁶.

Na slici ispod prikazana je primjena senzora pritiska i temperature kao i graničnika visokog i niskog pritiska.



Slika 9.18: Primjena senzora pritiska i temperature

Podešavanje mehaničkih graničnika pritiska svodi se na podešavanje sile opruge. Mehanički prekidači pritiska mogu biti pojedinačni, kombinovani (za visoki i niski pritisak) ili diferencijalni.

Pojedinačni prekidači pritiska

Presostati mogu imati i opciju resetovanja ili automatsko resetovanje. Pojedinačni presostati mogu se koristiti za zaštitu i od niskog i od visokog pritiska. Najčešće u RACHP sistemima, sigurnosni presostat niskog pritiska ima automatsko resetovanje, dok presostat visokog pritiska ima ručno resetovanje.

Na slici ispod prikazani su pojedinačni prekidači pritiska sa i bez reset opcije.

14 Poglavlje 6: Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje klipnog, vijčanog i rotacionog jednostepenog kompresora, tema 6.03: Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača

15 Poglavlje 7: Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje kondenzatora sa vazдушnim i vodenim hlađenjem, tema 7.04: Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača

16 Poglavlje 8: Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje isparivača sa vazдушnim i vodenim hlađenjem, tema 8.04: Podešavanje zaštitnih i kontrolnih prekidača



Slika 9.19: Pojedinačni prekidači pritiska sa i bez reset opcije

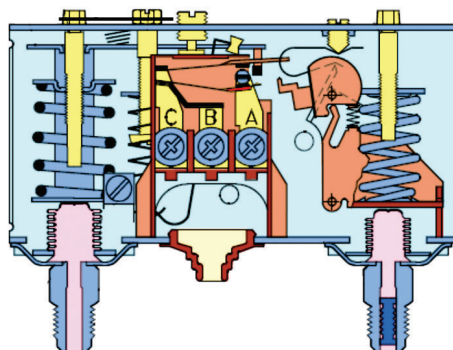
Prekidač niskog pritiska isključuje kompresor kada pritisak u usisnom vodu padne ispod podešenog pritiska prekidača pritiska. Kada pritisak u usisnom vodu poraste za podešenu razliku pritiska prekidača pritiska, kompresor će se ponovo uključiti i sistem će nastaviti s radom. U slučaju da je ugrađen prekidač niskog pritiska s opcijom resetovanja, kompresor se neće automatski uključiti čak ni ako se pritisak u usisnom vodu poveća. Kada se pritisak u usisnom vodu poveća za podešenu razliku, stvorit će se uslovi za resetovanje greške (alarma), a kompresor će se uključiti nakon pritiska na dugme za resetovanje na prekidaču pritiska.

U slučaju prekidača visokog pritiska (prekidača visokog pritiska), prekidač pritiska će isključiti kompresor kada pritisak u potisnom vodu poraste iznad dozvoljenog podešenog pritiska prekidača pritiska. Kada se pritisak u potisnom cjevovodu smanji za podešenu razliku pritiska na prekidaču pritiska, ako prekidač pritiska nema opciju resetovanja, kompresor će se ponovo uključiti. U slučaju da je ugrađen presostat visokog pritiska sa opcijom resetovanja, slično presostatu sa opcijom resetovanja za niski pritisak, kompresor se neće automatski uključiti iako se pritisak u potisnom cjevovodu smanji. Kada se pritisak u potisnom cjevovodu smanji za podešenu razliku, stvorit će se uslovi za resetovanje greške (alarma), a kompresor će se uključiti nakon pritiska na dugme za resetovanje na presostatu.

Mehanički kombinovani prekidači pritiska

Mehanički kombinovani prekidači pritiska imaju prekidač niskog i visokog pritiska ugrađen u jedno kućište. Prekidač pritiska može biti sa opcijom resetovanja za niski i visoki pritisak, opcijom resetovanja samo za visoki pritisak ili bez opcije resetovanja. Ovi prekidači pritiska imaju odvojena podešavanja za visoki i niski pritisak, a razlika pritiska najčešće se podešava zajedno za visoki i niski pritisak. Ipak kod nekih proizvođača postoji i mogućnost pojedinačnog podešavanja, u zavisnosti od modela i proizvođača.

Na slici ispod prikazan je kombinovani prekidač pritiska.



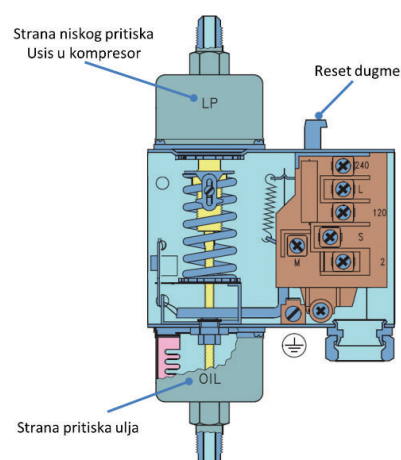
Slika 9.20: Mehanički kombinovan prekidač pritiska sa reset opcijom visokog pritiska

Princip rada kombinovanog prekidača niskog i visokog pritiska je potpuno isti kao i za pojedinačne prekidače visokog i niskog pritiska.

Diferencijalni prekidači pritiska

Ovi prekidači pritiska se najčešće koriste u rashladnim sistemima koji koriste klipne kompresore. Diferencijalni prekidač pritiska se koristi za zaštitu kompresora od niskog pritiska ulja za podmazivanje. Ovi prekidači pritiska mjere pritisak na izlazu uljne pumpe i pritisak usisavanja. Kada je razlika između ovih pritisaka manja od podešene vrijednosti, aktivira se interni tajmer, koji obezbjeđuje kašnjenje potrebno za uspostavljanje pritiska pri pokretanju kompresora i sprečava gašenje kompresora u slučaju kratkotrajnog pada pritiska. Ako se razlika pritiska ne uspostavi u određenom vremenskom periodu, obično u periodu od 35 do 55 sekundi, tada prekidač pritiska zaustavlja kompresor. Ovisno o modelu, razlika diferencijalnog pritiska može biti fiksna ili podesiva. Greška (alarm) se briše pritiskom na dugme za resetovanje.

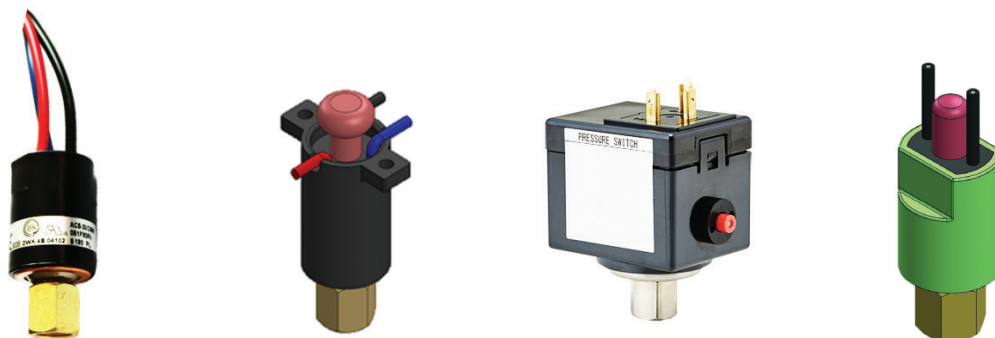
Na slici ispod prikazan je diferencijalni prekidač pritiska



Slika 9.21: Diferencijalni prekidač pritiska

Elektronski prekidači pritiska

U novije vrijeme, elektronski prekidači pritiska se sve više ugrađuju u RACHP sisteme. Strukturno su slični senzorima pritiska (pretvaračima), ali za razliku od njih, kada se pritisak smanji u slučaju niskog pritiska, ili poveća u slučaju visokog pritiska, iznad pritiska podešenog u kontroleru, kontroler isključuje kompresor.



Slika 9.22: Elektronski prekidači pritiska sa ili bez reset opcije

Slično kao i mehanički prekidači pritiska, elektronski prekidači pritiska mogu biti sa ili bez reset opcije, a neki modeli i proizvođači nude i mogućnost podešavanja pritiska i razlike pritiska. Najčešće se sigurnosni pritisak i diferencijalni pritisak podešavaju u kontroleru.

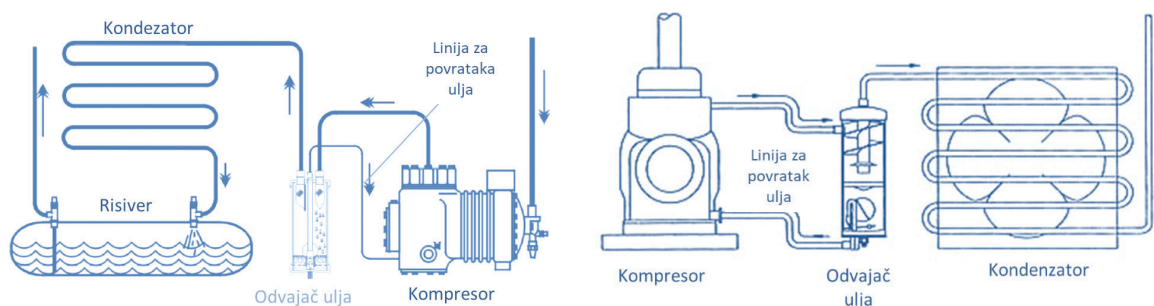
9.7 Provjera rada odvajača ulja

Kako bi se smanjila količina ulja koja se prenosi kroz sistem u vodu između kompresora i kondenzatora, preporučuje se ugradnja odvajača ulja. Treba imati na umu da ne postoji 100% efikasan odvajač ulja, što znači da sistem mora imati odgovarajuće dimenzije cjevovoda i po potrebi, ugraditi sifone i lire kako bi se osigurao povratak ulja u kompresor.

Odvajač ulja može samo odgoditi kvar sistema zbog nedostatka ulja uzrokovanog nepravilnim cjevovodima i nemogućnošću vraćanja ulja koje cirkuliše sa rashladnim fluidom kroz sistem do kompresora. Problem vraćanja ulja u kompresor javlja se posebno tokom rada kompresora pri smanjenom opterećenju kada su protok i količina rashladnog fluida koje cirkuliše kroz sistem mali.

Brzina parnog rashladnog fluida pod visokim pritiskom smanjuje se pri ulasku u odvajač. Zbog toga ulazni filter zadržava ulje. Formirane kapljice ulja padaju na dno odvajača ulja. Kada nivo ulja dostigne zadani nivo, otvara se plovak ventil i ulje se, pod uticajem pritiska u odvajaču ulja, koji je veći od pritiska u kućištu kompresora, vraća u kompresor. Kod nekih odvajača, na izlazu iz odvajača ulja ugrađen je i filter koji zadržava preostalu količinu ulja i sprečava njegovo dalje kretanje kroz sistem.

Na slici ispod prikazan je način povezivanja različitih tipova odvajača ulja kod klipnih kompresora.



Slika 9.23: Postavljanje odvajača ulja

Provjera rada odvajača ulja podrazumijeva praćenje promjene nivoa ulja na nivokaznom staklu ulja na kompresoru tokom održavanja ili servisiranja.

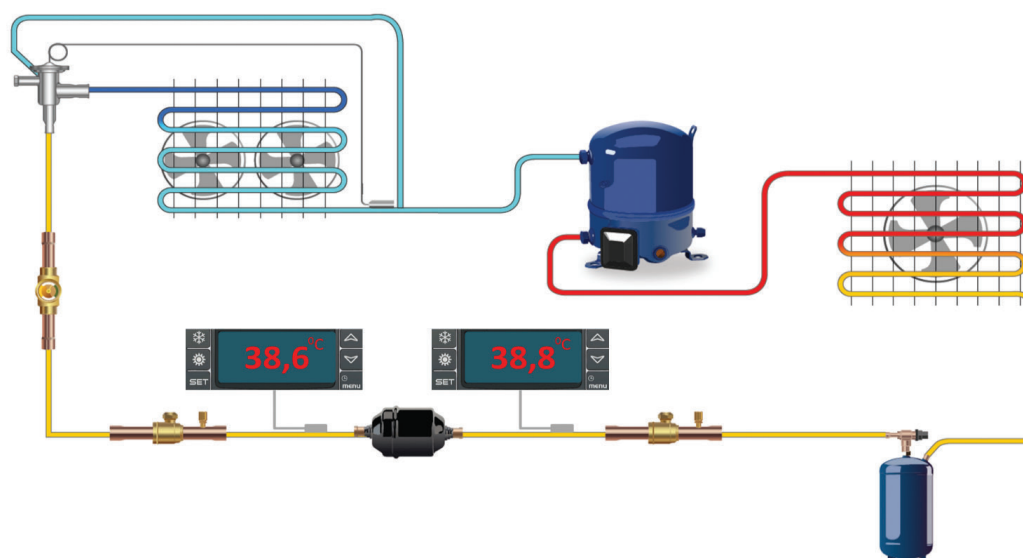
9.8 Provjera stanja filtera sušača

Kako je već napomenuto funkcije filtera sušača u rashladnom sistemu su sljedeće:

- uklanjanje vlage iz rashladnog fluida;
- Uklanjanje kiseline iz rashladnog fluida; i
- Filtriranje prljavštine i ostalih nečistoća.

Nalazi se na tečnom vodu visokog pritiska, nakon izlaza iz kondenzatora a pre ulaska u prigušni (ekspanzioni) uređaj. Provjera stanja filtera – sušača radi se mjerenjem temperature prije i iza filtera. Veća razlika temperature ukazuje na zasićenje filtera, jer isti se počinje ponašati kao prigušni uređaj i isti se treba promijeniti. Preporuka je da razlika temperature pre i iza filtera ne bude veća od 2 stepeni, optimalno je da razlika bude manja od 1 stepena.

Na slici ispod prikazan je jedan rashladni sistem i provjera stanja mjerenjem temperature prije i iza filtera.



Slika 9.24: Provjera stanja filtera – sušača mjerenjem temperature prije i iza filtera

9.9 Pisanje izvještaja o stanju ovih dijelova u kom se identifikuju problemi pri radu ovih dijelova koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do propuštanja ili oslobađanja rashladnog fluida ako se ništa ne poduzme

Nakon sprovedenog mjerenja radnih parametara instalater ili serviser treba pripremiti izvještaj o sprovedenom mjerenju.

Informacije o poduzetim aktivnostima tokom održavanja ili servisiranja upisuju se u zakonskom propisanom obrazcu evidencije operatera o količinama i vrsti dodatih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci, količinama sakupljenih kontrolisanih supstanci tokom održavanja, servisiranja i krajnjeg odlaganja rashladne i klimatizacione opreme, toplotnih pumpi i sistema za zaštitu od požara koje sadrže 3 kilograma ili više kontrolisanih, odnosno zamjenskih supstanci i informacije se upisuje u djelu održavanje ili servisiranje, prikazanom ispod, ali to se više odnosi na održavanje ili servisiranje RACHP sistema u cjelini, a ne određenih komponenta sistema.

ODRŽAVANJE ILI SERVISIRANJE				
Datum	Serviser	Dio	Obavljene radnje održavanja/ servisiranja	Komentari ³

³ Komentari mogu uključiti svaku sugestiju za operatera u vezi sa održavanjem opreme.

Zakonski propisani obrazac o izgledu izvještaja koji sadrži sve informacije o izmjenjenim parametrima i stanju određenih komponenta RACHP sistema ne postoji. U šestom poglavlju ovog priručnika prikazana je tabela¹⁷ koja se može koristiti i u kojoj se mogu opisati opažanja povezana sa problemima pri radu komponenti RACHP sistema.

¹⁷ Poglavlje 6: Dijelovi: Instalacija, puštanje u rad i održavanje klipnog, vijčanog i rotacionog jednostepenog kompresora, tema 6.07: Pisanje izvještaja o stanju kompresora u kom se identifikuju problemi pri radu kompresora koji bi mogli da oštete sistem i dovedu do curenja ili oslobađanja rashladnog fluida ukoliko se ništa ne preduzme, tabela 6.2

10. Cjevovod: postavljanje nepropusnog cijevnog razvoda u rashladnim instalacijama

Bakarne cijevi su najčešće korištene cijevi za izradu instalacije u RACHP sistemima. Pored bakarnih cijevi, koriste se i cijevi od aluminijskog, čelika i drugih materijala. Za primjenu sa korozivnim rashladnim fluidima, poput amonijaka, ili u korozivnim okruženjima, kao što je hemijska industrija, moraju se koristiti cijevi od nehrđajućeg čelika kako bi se spriječilo puštanje uslijed korozije.

Bakarne cijevi koje se koriste u RACHP sistemima su standardizovane, a termini koje koristimo, kao što su osnovna veličina, osnovni pritisak, ispitni i radni pritisak, definisani su u standardu. Spoljni prečnik (OD – spoljni prečnik) je osnovna veličina prema standardu BAS EN 12735-1:2021¹⁸, što omogućava upotrebu navojnih elemenata i drugih elemenata tamo gdje se međusobno podudaraju. Izmjenjivači toplote koriste cijevi prema standardu BAS EN 12735-2:2019¹⁹.

Ono na što treba obratiti posebnu pažnju jeste da postoji potpuno drugačija vrsta cijevi, gdje su dimenzije date u nominalnim veličinama NV cjevovoda. Ove cijevi se ne koriste u rashladnoj i klimatizacijskoj tehnici, ali su standardne u sistemima grijanja ili vodovoda i ne smiju se koristiti u cijevnim instalacijama u RACHP sistemima. Kod ove vrste cijevi standard definiše svijetli otvor cijevi, dok vanjski promjer varira ovisno o debljini stijenke cijevi.

Bakarne cijevi u RACHP sistemima najčešće se koriste u sistemima koji kao rashladne fluide koriste HCFC, HFC, HC i HFO. Cijevi koje se koriste treba da podnose visoke pritiske, da su čiste iznutra i da su zatvorene zaštitnim kapicama. Neke cijevi prilikom isporuke imaju i azot (dušik) N₂ - inertni gas unutar cijevi. Za razliku od bakarnih cijevi za vodu koje su za niske pritiske i bez posebne zaštite, bakarne cijevi za hlađenje i klimatizaciju proizvode se u dimenzijama prema standardu BAS EN 12735-1:2021.

U **amonijačnim instalacijama**, upotreba bakrenih cijevi nije dozvoljena jer dolazi do hemijske reakcije, pa se u ovim sistemima koriste bešavne čelične cijevi sa svojstvima predviđenim za rad na niskim temperaturama. Bešavne čelične cijevi, po obliku i dimenzijama, su u skladu sa standardom BAS EN 10220:2004²⁰.

U instalacijama koje koriste **R744 – CO₂** kao rashladni fluid, susrećemo prohromske cijevi izrađene od nehrđajućeg čelika, a u novije vrijeme instalacije se sve češće izvode sa specijalnim bakrenim cijevima (primjer cijevi tipa K65) ojačanim čelikom. Cijevi od nehrđajućeg čelika date su u standardu BAS EN 10216-5:2022²¹, a njihove dimenzije date su u standardu BAS EN 10220:2004.

Standardi BAS EN 14276-1:2021²² i BAS EN 14276-2:2021²³ propisuju opšte zahtjeve za instalacije opreme pod pritiskom za RACHP sisteme.

18 BAS EN 12735-1:2021: Bakar i legure bakra - Bešavne okrugle cijevi za klimatizaciju i hlađenje - Dio 1: Cijevi za cjevovode (Copper and copper alloys - Seamless, round tubes for air conditioning and refrigeration - Part 1: Tubes for piping systems)

19 BAS EN 12735-2:2017: Bakar i legure bakra - Bešavne, okrugle cijevi za klimatizaciju i hlađenje - Dio 2: Cijevi za opremu (Copper and copper alloys - Seamless, round tubes for air conditioning and refrigeration - Part 2: Tubes for equipment)

20 BAS EN 10220:2004: Bešavne i šavne čelične cijevi - Dimenzije i mase po jedinici dužine (Seamless and welded steel tubes - Dimensions and masses per unit length)

21 BAS EN 10216-5:2022: Bešavne čelične cijevi namijenjene za rad pod pritiskom - Tehnički uvjeti isporuke - Dio 5: Cijevi od nehrđajućeg čelika (Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 5: Stainless steel tubes)

22 BAS EN 14276-1:2021: Oprema pod pritiskom za rashladne sisteme i toplotne pumpe - Dio 1: Posude - Opći zahtjevi (Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps - Part 1: Vessels - General requirements)

23 BAS EN 14276-2:2021: Oprema pod pritiskom za rashladne sisteme i toplotne pumpe - Dio 2: Cjevovodi - Opći zahtjevi (Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps - Part 2: Piping - General requirements)

Ako ih podijelimo po obliku i dimenzijama, bešavne bakrene cijevi za hlađenje i klimatizaciju mogu biti:

- ✓ Meke;
- ✓ Polutvrde; i
- ✓ Tvrde.

Polutvrde i tvrde su u obliku ravnih cijevi (dužine do 6 m), a meke (žarene) se isporučuju u koturovima dužine 15 ili 50 m.

Tankozidne rebraste cijevi prema BAS EN 12735-2:2017 koriste se u izmjenjivačima toplote, namijenjenim za termotehničke instalacije.

U tabelama ispod prikazuju se standardne dimenzije mekih cijevi (isporučuju se u koturovima), prema američkom standardu ASTM B 280 i prema njemačkom DIN 8905 (odgovarajući bosanskohercegovački standard bi bio BAS EN 12735-1:2021). Debljina stijenke u ASTM standardu je prvobitno definisana u hiljaditim dijelovima inča, a u tabeli su vrijednosti tih mjerenja preračunate u milimetre. Nominalna veličina za ovu cijev je stvarni spoljni prečnik (promjer) cijevi. Polutvrde i tvrde cijevi su u obliku pravih cijevi (dužine do 6 m), a meke cijevi se isporučuju u rolnama dužine 15, 30 ili 50 m.

Tabela 10.1: Dimenzije mekih bakarnih cijevi u po ASTM B 280 i DIN 8905 standardu

Američki standard namotaj cijevi od mekog bakra		
Spoljni prečnik in	Dužina u stopama (foot x 0,3048 = 15,24 m)	Debljina zida mm
1/8"	50	0,76
3/16"	50	0,76
1/4"	50	0,76
5/16"	50	0,81
3/8"	50	0,81
1/2"	50	0,81
5/8"	50	0,89
3/4"	50	0,89
7/8"	50	1,14
1 1/8"	50	1,21
1 3/8"	50	1,4
1 5/8"	50	1,52

Evropski standard namotaj cijevi od mekog bakra					
Spoljni prečnik in	Dužina m	Debljina zida mm	Spoljni prečnik mm	Dužina m	Debljina zida mm
3/16"	50	1	4	25	1
1/4"	30	1	6	25	1
5/16"	50	1	8	25	1
3/8"	30	1	10	25	1
1/2"	30	1	12	25	1
5/8"	30	1	15	25	1
3/4"	15	1	16	25	1
7/8"	15	1	18	25	1
			22	25	1

Dimenzije tvrdih cijevi koje se koriste u RACHP sistemima prikazane su u tabelama ispod.

Tabela 10.2: Dimenzije tvrdih bakarnih cijevi u po ASTM B 280 i DIN 8905 standardu

Američki standard tvrde bakarne cijevi		
Spoljni prečnik in	Dužina in	Debljina zida mm
3/8"	16,4	0,76
1/2"	16,4	0,89
5/8"	16,4	1,02
3/4"	16,4	1,07
7/8"	16,4	1,14
1 1/8"	16,4	1,21
1 3/8"	16,4	1,40
1 5/8"	16,4	1,53
2 1/8"	16,4	1,78
2 5/8"	16,4	2,03
3 1/8"	16,4	2,29
3 5/8"	16,4	2,54
4 1/8"	16,4	2,79

Evropski standard tvrde bakarne cijevi					
Spoljni prečnik in	Dužina m	Debljina zida mm	Spoljni prečnik mm	Dužina m	Debljina zida mm
1/4"	4 ili 5	1	6	5	1
3/8"	4 ili 5	1	8	5	1
1/2"	4 ili 5	1	10	5	1
5/8"	4 ili 5	1	12	5	1
3/4"	4 ili 5	1	15	5	1
7/8"	4 ili 5	1	16	5	1
1"	4 ili 5	1	18	5	1
1 1/8"	4 ili 5	1	22	5	1
1 3/8"	4 ili 5	1,24	28	5	1,5
1 5/8"	4 ili 5	1,24	35	5	1,5
2 1/8"	4 ili 5	1,65	42	5	1,5
2 5/8"	4 ili 5	2,10	54	5	2
3 1/8"	4 ili 5	2,50	64	5	2
3 5/8"	4	2,50	76	5	2
4 1/8"	4	2,50	89	5	2
			108	5	2,5

Rad sa bakarnim cijevima – sječenje bakarnih cijevi

Kao što je već naznačeno, u RACHP sistemima, koji koriste HCFC, HFC, HFO i HC rashladne fluide, najčešće se koriste bakrene cijevi.

Spoj komponente u RACHP sistemima tj. izgradnja cjevovoda, uključuje rad s bakrenim cijevima.

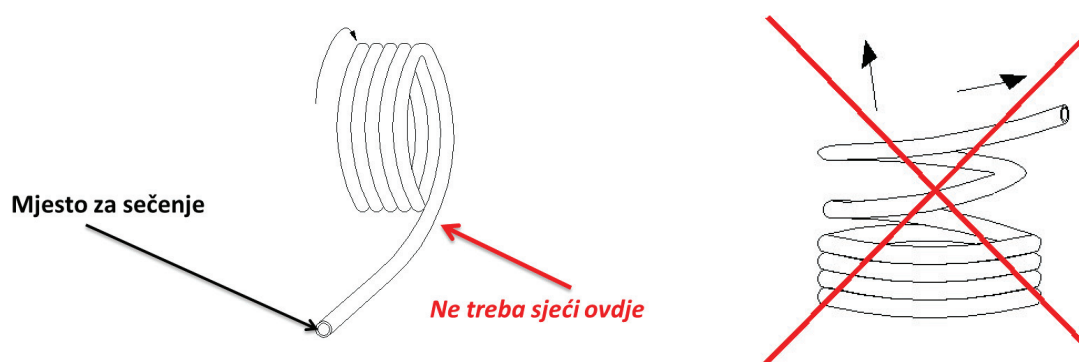
Bakarne cijevi koje se koriste u RACHP sistemima su odgovarajuće obrađene kako bi se dobile željene karakteristike. Kako bi se eliminisao rizik od oksidacije unutar cijevi, ove cijevi su zatvorene na krajevima. Također, iz istog razloga, obično su napunjene dušikom (N₂), koji je inertni gas. Svi krajevi cijevi moraju se odmah spojiti nakon rezanja komada odgovarajuće dužine iz namotaja ili cijevi. Već je naznačeno da su dostupne kao meke, polutvrde i tvrde cijevi. Tri vrste se izrađuju u različitim debljinama stijenki i različitim unutrašnjim promjerima (prečnicima). Meki tip cijevi se najčešće pakuje u obliku namotaja (kalema), dok se tvrdi tip pakuje u obliku ravnih cijevi. Meke bakarne cijevi se koriste u uređajima koji se koriste u domaćinstvima ili u manjim komercijalnim rashladnim i klima uređajima. Tvrdi bakar se uglavnom koristi u svim ostalim RACHP sistemima.

Ono što treba uzeti u obzir su dimenzije cijevi (spoljni prečnik “ds”, debljina zida “dc” i unutrašnji prečnik “du”), kao i maksimalni pritisak za koji su namijenjene.

Općenito, bez obzira na standard po kojem su izrađene, za ove cijevi uvijek vrijedi sljedeće pravilo: $ds - 2 \times dc = du$ (na primjer, ako govorimo o bakrenoj cijevi spoljnim prečnikom 18 mm s debljinom zida cijevi od 1 mm, to bi značilo da je unutrašnji prečnik $18 - 2 \times 1 = 16$ mm).

Prilikom pripreme cjevovoda, izvodimo nekoliko operacija sa bakarnim cijevima, kao što su sječenje bakarnih cijevi na potrebne dimenzije, čišćenje unutrašnjosti cijevi na mjestu sječenja, savijanje, prerezivanje ili priprema bakarnih cijevi za rastavljivi tip spoja (izrada konusa – pertlovanje).

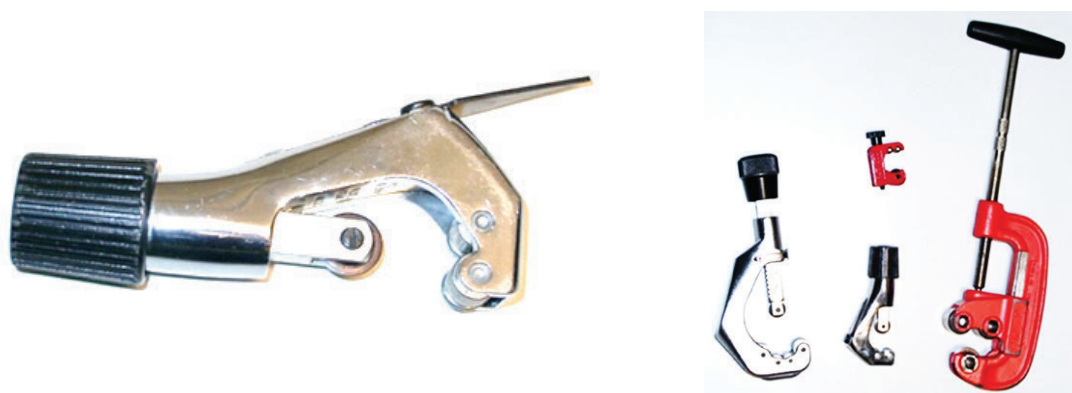
Ukoliko se radi sa mekim bakarnim cijevima prvo je potrebno uraditi odmotavanje namotaja. Cijev se pravilno odmotava tako što se kraj cijevi na pogodan način učvrsti uz ravnu površinu i razmotava namotaj kako bi se moglo izvršiti sječenje. Na slici ispod prikazano je pravilno odmotavanje namotaja, mjesto sječenja i nepravilni način odmotavanja namotaja meke bakarne cijevi.



Slika 10.1: Pravilno i nepravilno odmotavanje meke bakarne cijevi i pravilno mjesto sječenja

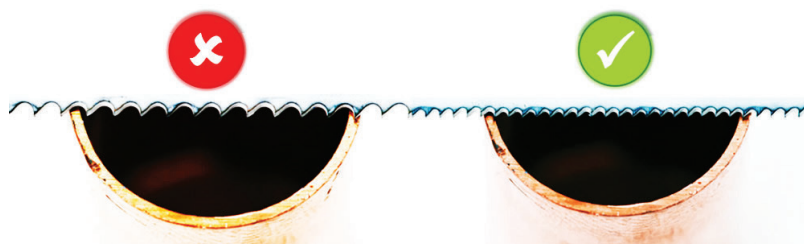
Sječenje je procedura rada sa bakarnim cijevima koju je jednostavno nemoguće izbjeći. Za sječenje bakarnih cijevi preporuka je korištenje rezača namijenjenog za sječenje bakarnih cijevi.

Na slici ispod prikazani su različite vrste i veličine rezača.



Slika 10.2: Različite vrste rezača za sječenje bakarnih cijevi

Iako danas postoje rezači sa kojima se mogu sjeći i veće prečnike cijevi pored rezača cijevi sječenje se može izvesti i sa ručnom testerom. Pri tome je potrebno obratiti pažnju da testera ima najmanje 32 zuba po inču. Na slici ispod prikazana je testera koja se može koristiti za sječenje bakarnih cijevi.



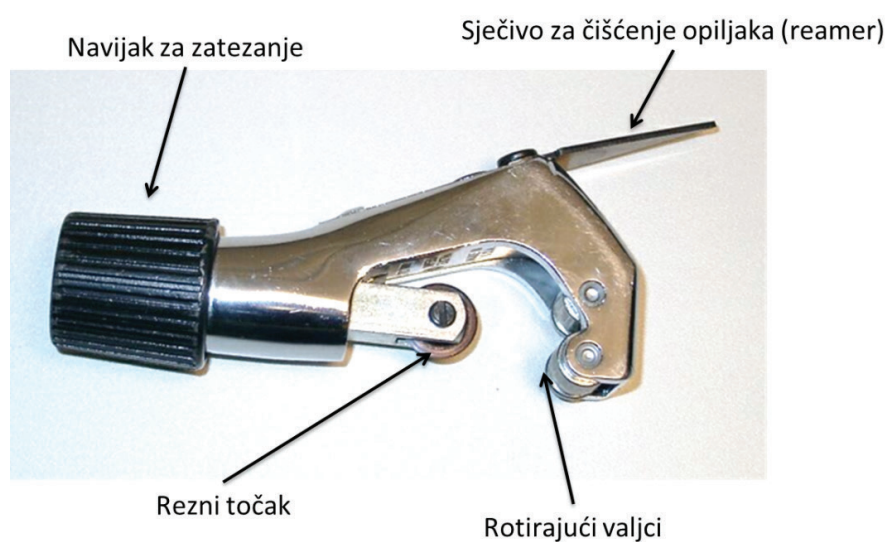
Slika 10.3: Testera za sječenje bakarnih cijevi (32 zuba po inču)

Za sječenje kapilarnih cijevi koristi se kliješta za sječenje kapilarnih cijevi. Na slici ispod prikazana su kliješta za sječenje kapilarnih cijevi.



Slika 10.4: Kliješta za sječenje kapilarnih cijevi

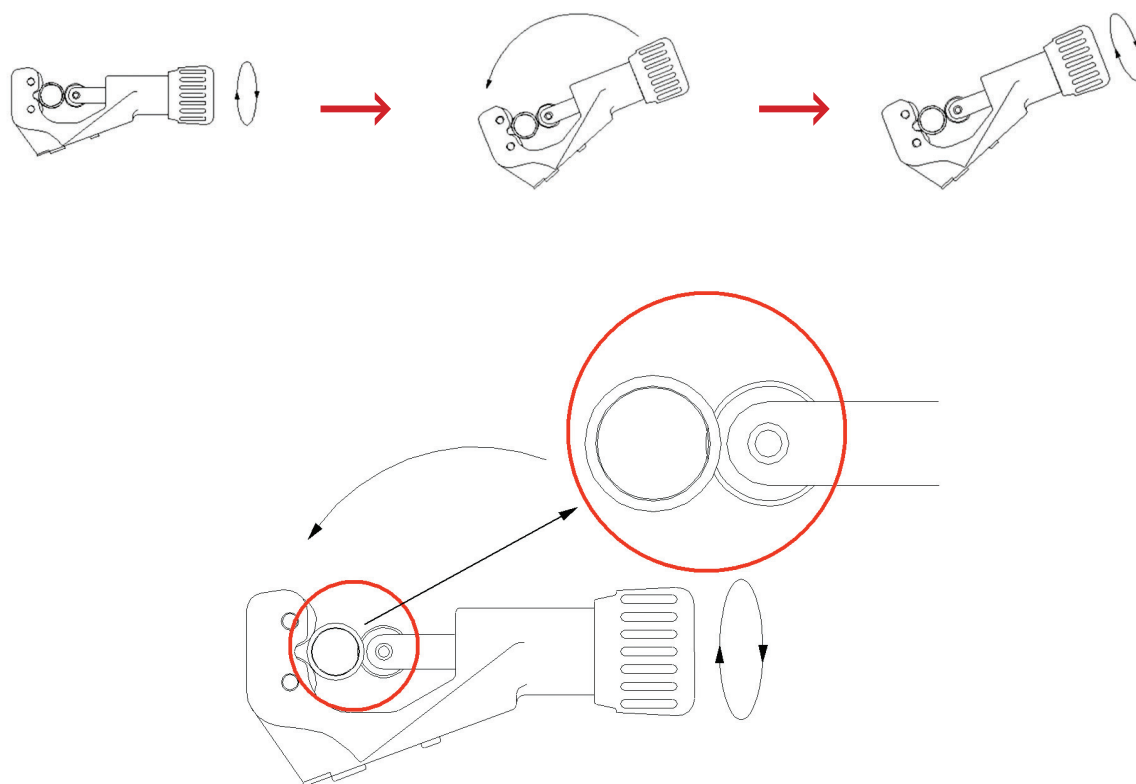
Rezač bakarnih cijevi je standardni alat za svakog servisera RACHP sistema. Na slici ispod prikazani su komponente jednog tipičnog rezača bakarnih cijevi.



Slika 10.5: Tipični rezač bakarnih cijevi i komponente od kojih je sastavljen

Prvi korak u sječenju bakarne cijevi je stezanje bakrene cijevi između reznog točka i rotirajućih valjka za pozicioniranje cijevi. Zatim, rotiranjem rezača oko bakrene cijevi i postepenim zatezanjem navojka za zatezanje, oštrica prodire u bakrenu cijev i reže je.

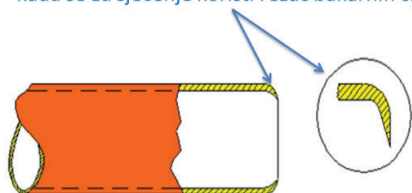
Na slici ispod prikazana je procedura sječenja bakarne cijevi.



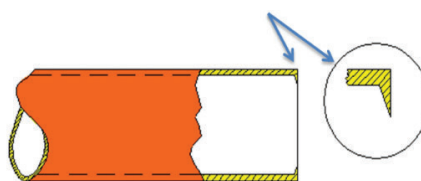
Slika 10.6: Način sječenja bakarnih cijevi korištenjem rezača za bakarne cijevi

Prilikom rezanja bakarne cijevi, krajevi bakarne cijevi se savijaju na mjestu rezanja zbog prodiranja noža. Na slici ispod prikazana je deformacija bakarne cijevi na mjestu sječenja.

Deformacija bakarne cijevi na mjestu sječenja
kada se za sječenje koristi rezač bakarnih cijevi



Deformacija bakarne cijevi na mjestu sječenja
kada se za sječenje koristi testera



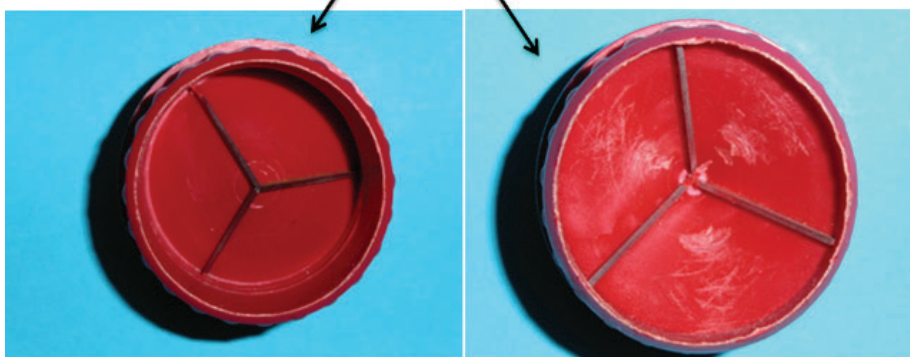
*Slika 10.7: Deformacija bakarne cijevi na mjestu sječenja
kada se za sječenje koristi rezač ili testera*

Prije bilo kakvog daljnjeg rada, krajeve cijevi treba očistiti od ovih deformacija (opiljaka), kako ne bi došlo do njihovog lomljenja tokom rada RACHP sistema i potencijalnog oštećenja bilo koje komponente sistema. Za uklanjanje ove krivine koriste se različite vrste alata koji se nazivaju “reamer”.

Na slikama ispod prikazani su razne vrste alata za čišćenje opiljaka na mjestu sječenja.



unutrašnji – spoljačni nožić (reamer)



Slika 10.8: Različite vrste alata (“reamer”) za čišćenje deformacije (opiljaka) na mjestu sječenja

Na slici ispod prikazan je izgled cijevi nakon čišćenja krajeva, a prije nego što se nastavi s daljnjim aktivnostima.



Slika 10.9: Izgled cijevi nakon čišćenja opiljaka

Kada završimo sa sječenjem, ostatak namotaja treba sakupiti, a krajeve cijevi zatvoriti kako bi se spriječio ulazak vlage iz vazduha u unutrašnjost cijevi do sljedeće upotrebe

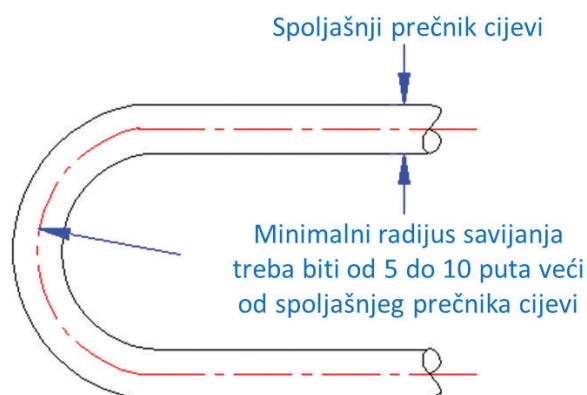
Rad sa bakarnim cijevima – savijanje bakarnih cijevi

Prilikom izrade RACHP sistema, savijanje i širenje bakarnih cijevi je uobičajena praksa. Savijanjem cijevi izbjegava upotrebu dodatnih elemenata, što smanjuje mogućnost propuštanja. Savijanje tvrdih bakarnih cijevi najčešće se vrši u fabričkim uslovima, mašinama posebno dizajniranim za savijanje.



Slika 10.10: Mašinsko savijanje bakarnih cijevi i povezivanje komponenti sistema

Prilikom instaliranja ili servisiranja RACHP sistema, instalateri/serviseri često koriste metode savijanja cijevi. Savijaju meke ili tvrde cijevi najčešće dimenzija do 18 milimetara. Posebno je važno obratiti pažnju na sljedeće:

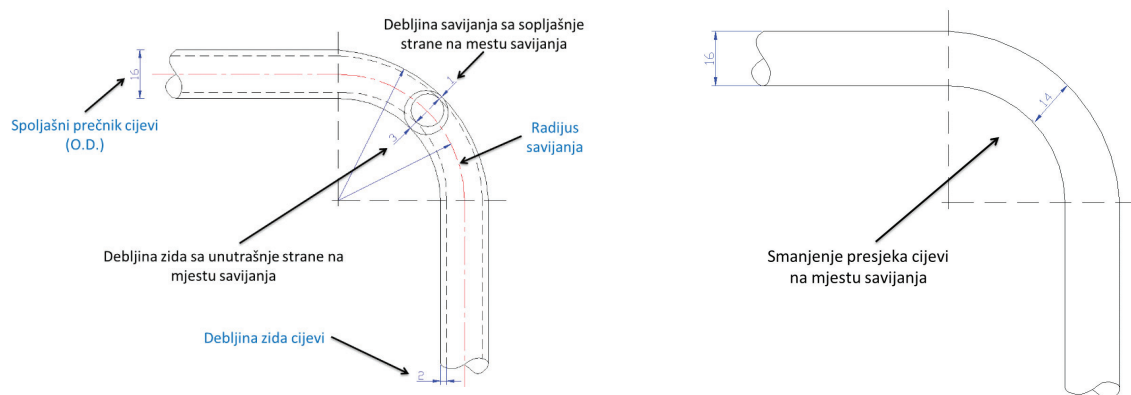


Slika 10.11: Minimalni radijus savijanja pri savijanju bakarnih cijevi

Jedna od opasnosti koja se javlja prilikom ručnog savijanja cijevi ili neodgovarajućim i ne-kvalitetnim alatima je promjena poprečnog presjeka cijevi duž savijanja, tj. u samoj krivini. Sužavanje unutrašnjeg otvora na mjestu savijanja utiče na protok rashladnog fluida. Prilikom dimenzionisanja prečnika cijevi, pažnja se posvećuje padu pritiska i brzini protoka rashladnog fluida, tj. masenom protoku. Loše izvedena savijanja cijevi mogu imati značajan uticaj na ispravan protok rashladnog fluida.

Tokom savijanja, materijal se rasteže na spoljašnjoj strani luka, a sabija na unutrašnjoj. Loši alati za savijanje ili nepravilno savijanje uzrokuju kritične tačke na strani savijanja, što može uticati na trajnost materijala i uzrokovati slabljenje materijala duž radijusa savijanja, što, za uzvrat, može uzrokovati pucanje, a time i propuštanje rashladnog fluida.

Na slici ispod prikazane su kritične tačke savijanja gdje je promjena presjeka cijevi po dužini luka.



Slika 10.12: Kritične tačke savijanja i smanjenje prečnika na mjestu savijanja

Instalatera i serviseri RACHP sistema najčešće koriste sljedeće vrste alata za savijanje bakarnih cijevi:

- Ručni presovni savijač;
- Opruga za savijanje; i
- Ručni savijač

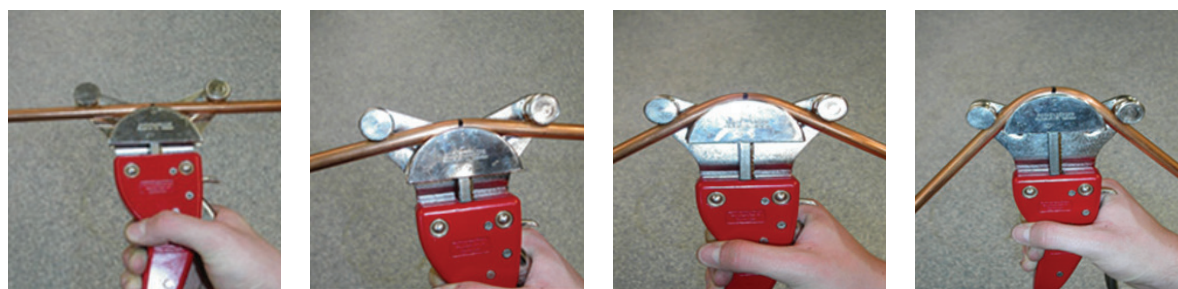
Ručni presovni savijač (ram type bending press)

Ovo je alat tipa prese sa odvojenim okvirima za svaku pojedinačnu dimenziju cijevi.



Slika 10.13: Ručni presovni savijač

Savijanje bakarne cijevi pomoću ovog alata izvodi se u nekoliko koraka: Posebno je važno da se savijanje vrši postepeno, a ne odjednom.



Slika 10.14: Koraci prilikom savijanja cijevi ručnim presovnim savijačem

Opruga za savijanje (spring bending)

Ova metoda savijanja preporučuje se kod mekih bakrenih cijevi gdje nisu potrebni mali radijusi savijanja i gdje tačna dužina komada nije jako važna. Opruge dolaze u različitim veličinama i mogu se postaviti s unutrašnje ili spoljne strane cijevi. Savijanje opruga smanjuje rizik od oštećenja cijevi na mjestu savijanja.

Na slici ispod prikazane su opruge za savijanje.



Slika 10.15: Opruge za savijanje bakarnih cijevi različitih veličina

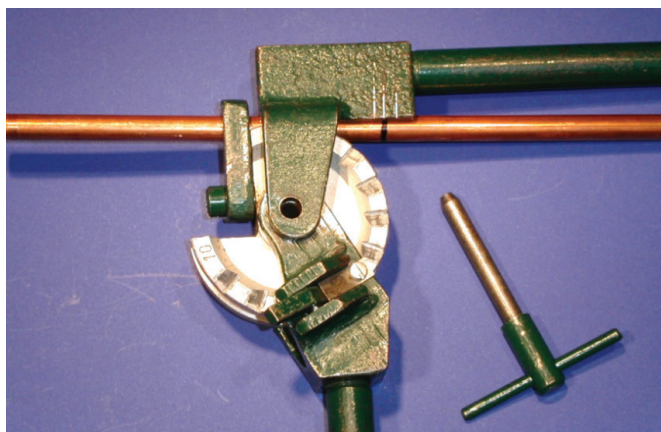
Slično kao i savijanje bakarne cijevi pomoću ručnog presovnog savijača, savijanje pomoću opruga izvodi se u nekoliko koraka: Posebno je važno da se savijanje vrši postepeno, a ne odjednom.



Slika 10.16: Koraci prilikom savijanja cijevi oprugom

Ručni savijač (hand bender)

Ovo je jedan od najčešće primjenjivanih alata instalatera/servisera. Na slici ispod prikazan je ručni savijač.



Slika 10.17: Ručni savijač za savijanje bakarnih cijevi

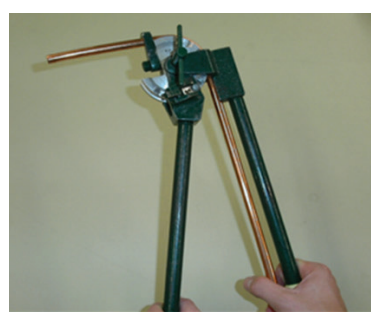
Slično kao i kod prethodnih alata savijanje se izvodi u nekoliko koraka: Posebno je važno da se savijanje vrši postepeno, a ne odjednom.



Postavljanje cijevi



Savijanje pod uglom od 45°



Savijanje pod uglom od 90°



Savijanjem Savijanje pod uglom od 90°



Skidanje alata nakon završetka savijanja

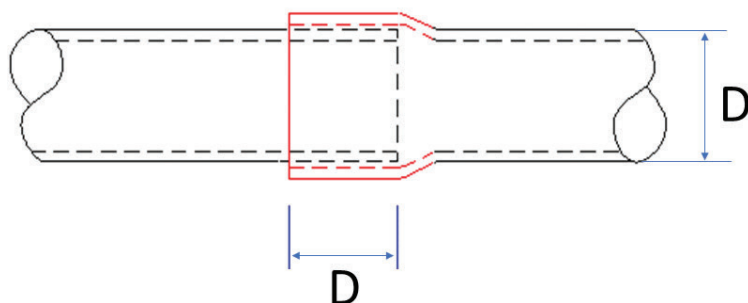
Slika 10.18: Koraci prilikom savijanja cijevi ručnim savijačem

Veoma je važno da prečnik bakarne cijevi odgovara prečniku profilnog točka na ručnom savijaču kod ovog savijača.

Rad sa bakarnim cijevima – proširivanje bakarnih cijevi

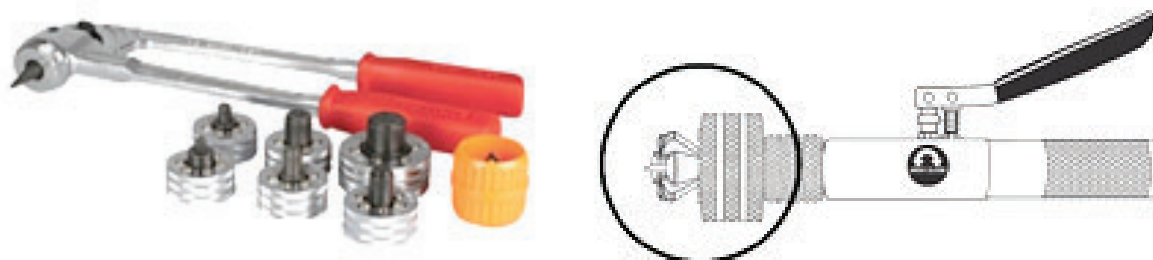
Rastavljivi i nerastavljivi spojevi bakrenih cijevi su kritične tačke za propuštanje. Kako bi se smanjio broj nerastavljivih (lemljenih) spojeva i izbjegla upotreba fittinga pri spajanju cijevi istog promjera, uobičajena je praksa proširiti jednu od cijevi. Nerastavljiva cijev standardnog promjera ubacuje se u proširenu cijev i lemljenje je na uobičajen način. Na taj način, umjesto dvije tačke lemljenja potrebne pri spajanju odgovarajućeg fittinga, dobija se spoj cijevi s jednom tačkom lemljenja.

Da bi se postigao kvalitet veza, mora postojati dovoljna dužina preklapanja cijevi. Pravilo je da dužina preklapanja cijevi ne smije biti manja od spoljnog promjera cijevi.



Slika 10.19: Spajanje cijevi proširivanjem

Postoje različite vrste alata za proširivanje cijevi, a najčešće korišteni su ručni alat za proširivanje cijevi i njegova modifikacija koja koristi hidrauliku za pomicanje konusa.

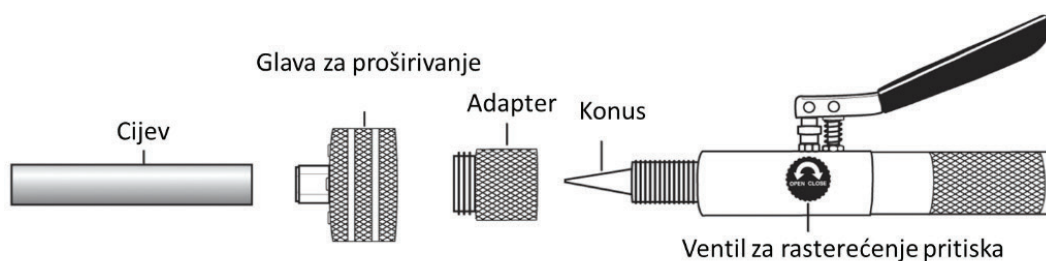


Ručni alat

Hidraulični alat

Slika 10.20: Alati za proširivanje cijevi

Hidraulični alat za proširivanje bakarnih cijevi i komponente alata prikazane su na slici ispod

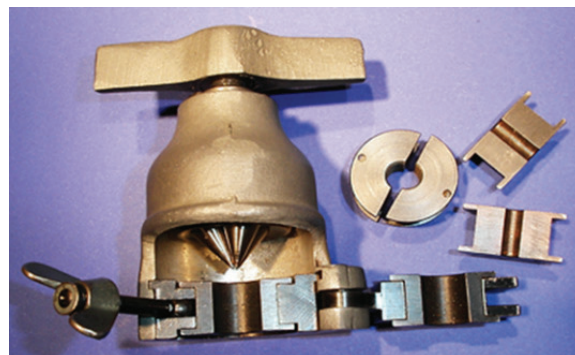
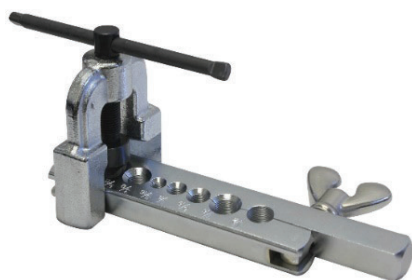


Slika 10.21: Hidraulični alat za proširivanje cijevi

Rad sa bakarnim cijevima – izrada rastavljivih spojeva (flared connection)

Rastavljive veze, odnosno ovaj način povezivanja koriste se za spajanje bakarnih cijevi sa komponentama RACHP sistema manjih veličina (do 18 mm). Ovi priključci izrađuju se na mekim bakarnim cijevima.

Na slici ispod prikazani su alati koji se koriste za izradu konusa za spajanje bakarnih cijevi rastavljivom vezom.



Slika 10.22: Alat za izradu konusa kod rastavljivih veza

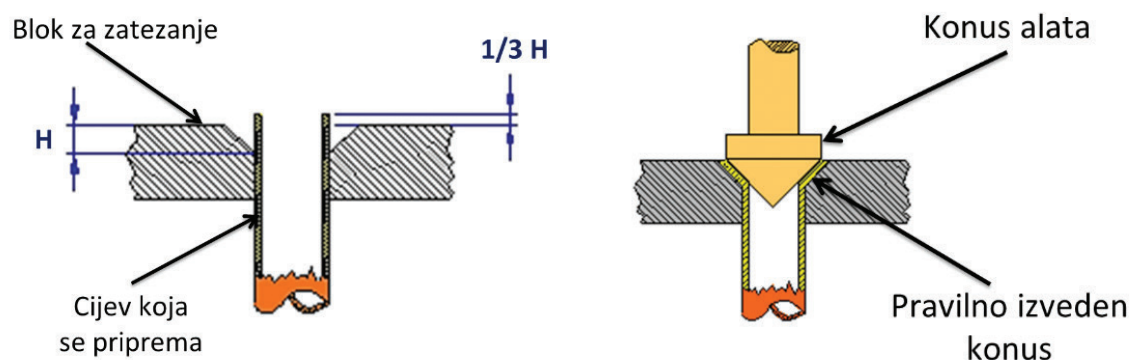
Rastavljivi spojevi su kritične tačke za propuštanje e rashladnog fluida i preporuka je izbjegavati ovaj tip veza kad god je to moguće.



NAPOMENA

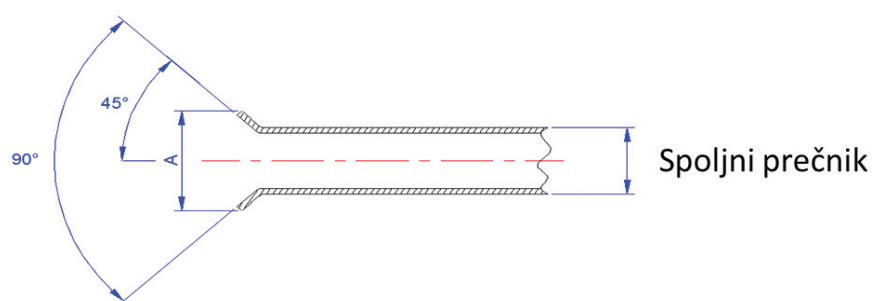
- ✓ Prije početka izrade konusa, kraj cijevi treba očistiti od svih savijanja nastalih rezanjem bakrene cijevi;
- ✓ Prije početka izrade konusa, potrebno je postaviti maticu kojom zatežemo cijev, jer se naknadno ne može podesiti; i
- ✓ Obratiti pažnju na dimenzije cijevi, prema američkom ili evropskom standardu, i koristiti matice koje odgovaraju standardu cijevi

Na slici ispod prikazan je način postavljanja cijevi kod alata za izradu konusa kod kojeg nema postavljenog graničnika za postavljanje cijevi.



Slika 10.23: Postavljanje cijevi u držač alata i nalijeganje konusa alata

Pravilno izrađeni konus podrazumijeva ugao od 90o. Provjera da li je konus pripremljen pravilno može se uraditi mjerenjem prečnika konusa. Na slici ispod prikazane su mjere za provjeru pravilno izrađenog konusa.



Slika 10.24: Karakteristične dimenzije pravilno izvedenog konusa

U tabelama ispod prikazani su dimenzije pravilno izvedenog konusa u zavisnosti od prečnika cijevi.

Tabela 10.3 : Dimenzije pravilno izvedenog konusa prema američkom standardu cijevi

Američki standard namotaj cijevi od mekog bakra		
Spoljni prečnik Američki standard	Prečnik konusa "A" MAX (inch)	Prečnik konusa "A" MIN (inch)
1/8	0.181	0.171
3/16	0.249	0.239
1/4	0.325	0.315
5/16	0.404	0.388
3/8	0.487	0.471
7/16	0.561	0.545
1/2	0.623	0.607
9/16	0.676	0.660
5/8	0.748	0.732
3/4	0.916	0.900
7/8	1.041	1.025

Tabela 10.4 : Dimenzije pravilno izvedenog konusa prema evropskom standardu cijevi

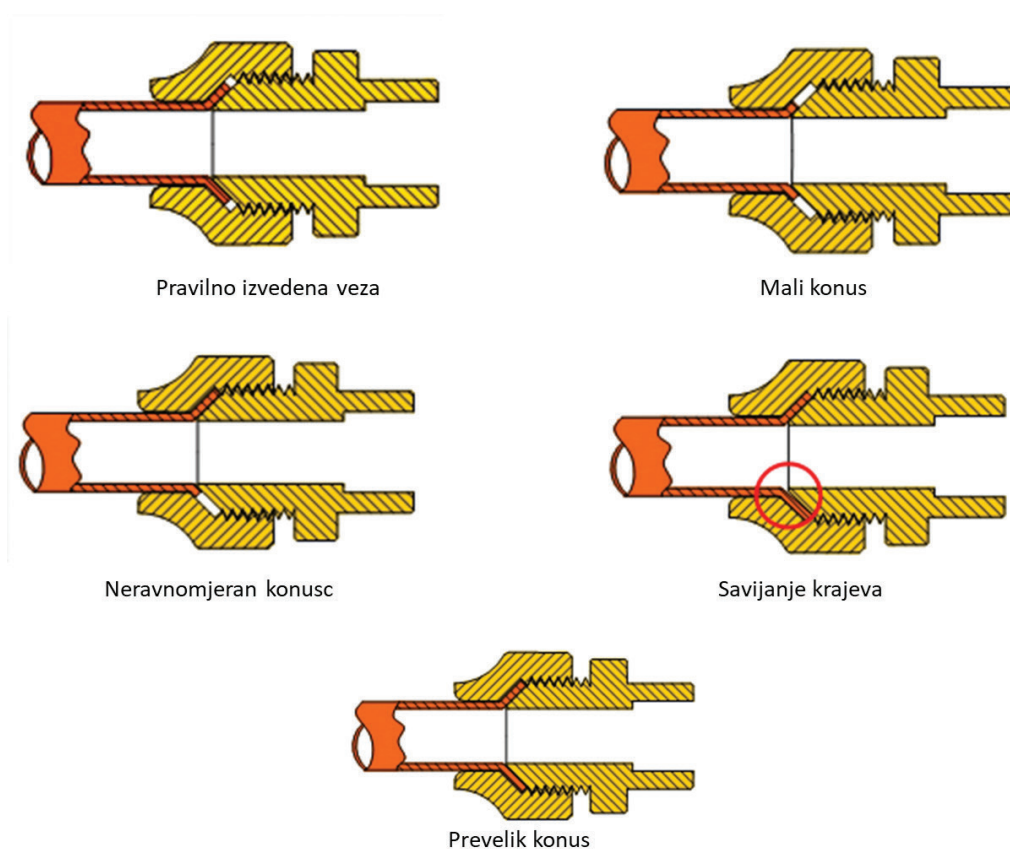
Američki standard namotaj cijevi od mekog bakra	
Spoljni prečnik Evropski standard	Prečnik konusa "A" mm. +/-0.2
6	9
8	11
10	13
12	15
15	19
16	19
18	21



NAPOMENA

Izrada rastavljive veze nije preporučena kod cijevi čiji je prečnik veći od 7/8 inča po američkom standardu ili 18 milimetara po evropskom standardu.

Na slici ispod prikazani su primjeri pravilno i nepravilno izvedenih konusa na samom spoju i naleganju.



Slika 10.25: Pravilno i nepravilno izrađeni konusi za rastavljiv tip veze

Već je napomenuto da fitting mora biti odgovarajući za standardnu cijevi. Na slici ispod prikazane su različite vrste priključaka i fitinga koji se koriste kod rastavljivog tipa veza.



Slika 10.26: Priključci i fitinzi za rastavljivi tip veze

10.1 Zavarivanje, tvrdo i/ili meko lemljenje metalnih spojeva i cjevovoda koji su nepropusni, a koji se koriste kod rashladnih i klimatizacionih uređaja i toplotnih pumpi

Nerastavljiv tip veza je preporučeni tip povezivanja cijevi i komponente RACHP sistema. Nerastavljivi tip veza može se izvesti na sljedeći način:

- ▶ Presovanim spojevima; i
- ▶ Tvrdo lemljenje.

U nastavku prikazani su ova dva načina povezivanja, odnosno izrade nerastavljivih / nepropusnih spojeva.

Rad sa bakarnim cijevima – izrada presovanih spojeva (nerastavljiv tip veze)

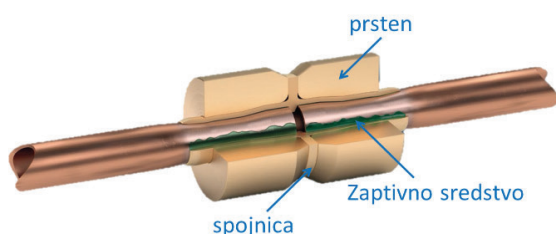
Tehnologija spajanja cijevi presovanjem (pritiskom) je provjerena metoda za dobijanje hermetičkih spojeva između dvije metalne cijevi. Koristi se kao zamjena za lemljenje u kućanskim aparatima i sistemima koji koriste ugljikovodike kao rashladni fluidi, a sve se više koristi u malim i srednjim RACHP sistemima.

Prednosti ove metode spajanja su:

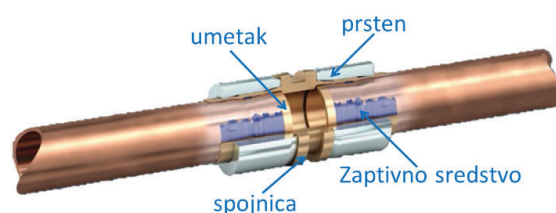
- ✓ Trajno hermetičko zaptivanje;
- ✓ Lako spajanje cijevi izrađene od različitih materijala;
- ✓ Potrebna je najosnovnija priprema cijevi; i
- ✓ Brzo i lako spajanje.

Postoje dvije vrste spojnice koji se koriste, spojnica tipa 00 (kućni frižideri i zamrzivači, samostojne rashladne vitrine, mala rashladna oprema) i spojnica tipa 50 (split, multisplit, VRV).

Na slici ispod prikazani su obje spojnice.



Spojnica tipa 00



Spojnica tipa 50

Slika 10.27: Spojnice za izradu presovanih spojeva

Kod oba tipa spojnice, spoj se sastoji od spojnice i prstenova koji se pomoću alata navlače na spojnici. Zbog konusnog unutrašnjeg presjeka prstena i posebnog oblika spoljašnje i unutrašnje ivice spojnice tokom spajanja se smanjuje unutrašnji prečnik spojnice tako da se ostvaruje mehaničko zaptivanje.

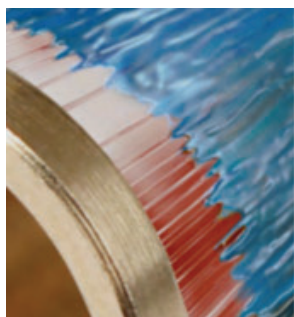
Na metalnim cijevima se tokom proizvodnje mogu formirati uzdužne brazde. Da bi se to kompenzovalo, prije sastavljanja spoja krajeve cijevi treba premazati zaptivnim sredstvom. Zaptivno sredstvo zadržava elastičnu strukturu u opsegu temperatura od 50 do 150 °C, a kako ne sadrži isparljive komponente očvršćivanje se odvija veoma brzo i spoj se može koristiti nedugo poslije spajanja.

Kod spojnice tipa 50 se koristi i stabilizacioni umetak koji obezbjeđuje oslonac za cijev i time bolje prijanjanje između cijevi i spojnice. Umetkom se koriguje i ovalnost cijevi koja postoji kod cijevi isporučenih u obliku kalema.

Na slici ispod prikazano je namazivanje zaptivnim sredstvom i stabilizacioni umetak kod spojnice tipa 50.



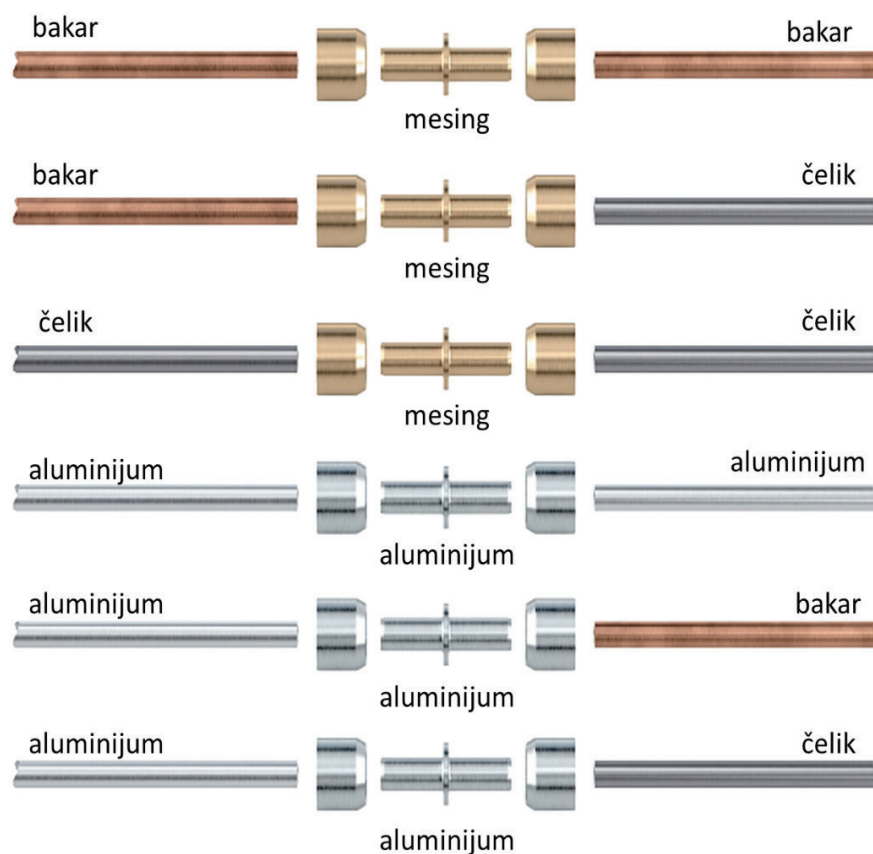
Namazivanje zaptivnim sredstvom



Stabilizacioni umetak kod spojnice tipa 50

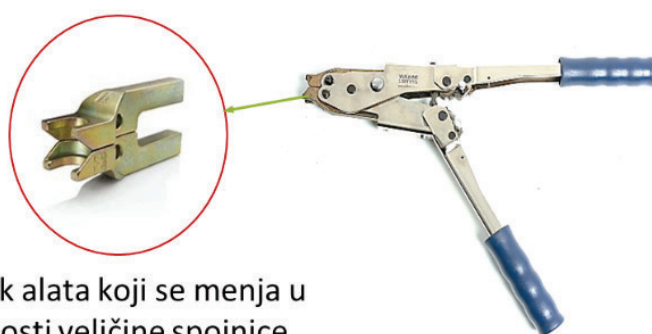
Slika 10.28: Namazivanje zaptivnim sredstvom i stabilizacioni umetak kod spojnice tipa 50

Ovi tipovi spoja mogu se koristiti u sistemima s radnim pritiskom do 50 bara i radnom temperaturom od -50 do 150 °C. Izbor konektora zavisi od materijala od kojih su napravljene cijevi koje spajamo. Na slici ispod prikazan je izbor spojnice i zavisnosti od materijala cijevi koji spajamo.



Slika 10.29: Izbor spojnice u zavisnosti od materijala cijevi

Za izradu spojeva se koristi ručni alat za presovane spojeve. Na slici ispod prikazan je alat koji se koristi za izradu presovanih spojeva



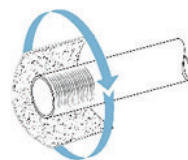
Dodatak alata koji se menja u zavisnosti veličine spojnice

Slika 10.30: Alat za izradu presovanih spojeva

Izrada spoja odvija se u nekoliko koraka. Na slikama ispod prikazani su koraci tokom izrade presovanog spoja.



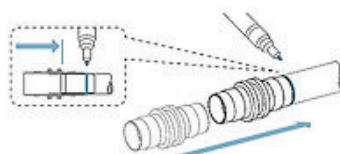
Korak 1: Čišćenje krajeva cijevi od savijanja od rezanja



Korak 2: Korištenje abrazivne krpe, za čišćenje krajeve sa spoljašnje strane



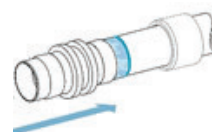
Korak 3: Postavljanje umetka za stabilizaciju



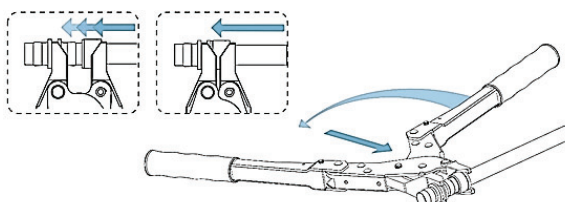
Korak 4: Pre postavljanje zaptivanog sredstva postavlja se spojnica do kraja i vrši se obilježavanje



Korak 5: Nanošenje zaptivnog sredstva



Korak 6: Postavlja se spojnica i rotira se cijev za 360o kako bi se zaptivno sredstvo ravnomjerno rasporedilo



Korak 7: Postavljaju se čeljusti alata na prsten i graničnik spojnice. Ručke alata se zatezaju sve dok prsten ne dodirne graničnik. Položaj cijevi se ne smije mijenjati tokom zatezanja

Slika 10.29: Izbor spojnice u zavisnosti od materijala cijevi

Osim pravih spojnice, postoji i veliki broj drugih spojnice za posebne namjene. Dio njih je prikazan na slici ispod.



Reducir spojnica



Spojnica sa igličastim servisnim ventilom



T spojnica



Slijepa spojnica

Slika 10.32: Različite vrste spojnice za presovane spojeve

Rad sa bakarnim cijevima – tvrdo lemljenje (nerastavljiv tip veze)

Za spajanje bakarnih cijevi, izradu nerastavljivih spojeva, koriste se dva postupka lemljenja:

- ▶ **Meko lemljenje (soldering)** – je proces spajanja bakarnih cijevi kod kojeg je temperatura topljenja materijala koji se koristi za spajanje cijevi **niža od 450°C**. Ova metoda lemljenja se koristi za izradu sistema centralnog grijanja, vodovodnih instalacija i sistema za grijanje vode pomoću solarnih kolektora. Tačka topljenja materijala koji se koriste za spajanje bakrenih cijevi prilikom mekog lemljenja kreće se od +182°C do +213°C.
- ▶ **Tvrdo lemljenje (brazing)** – je proces spajanja bakrenih cijevi u kojem je temperatura topljenja materijala koji se koristi za spajanje cijevi **viša od 450°C**. Tačka topljenja materijala koji se koriste za spajanje bakrenih cijevi pri lemljenju kreće se od +538°C do +816°C.



NAPOMENA

Za spajanje bakarnih cijevi u RACHP sistemima i izrade nerastavljivih spojeva koristi se isključivo metoda tvrdog lemljenja (brazing).

Ovaj priručnik pokriva samo postupak spajanja bakarnih cijevi metodom tvrdog lemljenja (brazing).

Kao što je gore navedeno, lemljenje se vrši na temperaturama od 538°C do 816°C.

Materijal koji koristimo u metodi lemljenja je:

- Lem na bazi Cu i P (bakar i fosfor), koji koristimo samo za spajanje bakarnih cijevi s bakarnim spojnica. Fosfor ima ulogu smanjenja tačke topljenja i fluksa legure. Primjer je dat u tabeli ispod na prvom mjestu; i
- Lem na bazi srebra Ag 5%, 15%, 30% i više, obavezno s fluksom i korištenjem fluksa na bazi vode.
- Lem od 5% Ag, koristi se za spojeve cijevi niskog pritiska (na primjer, ekspanzioni ventil i čelično tijelo koje ima bakarne spojnice za spajanje bakrenih cijevi);
- Lem od 15% Ag se koristi na strani visokog pritiska instalacije, cijevi itd; i
- Lem od 30% Ag i više koristi se prilikom spajanja različitih materijala s običnim bakarnim cijevima, mesingom, gvožđem, čelikom i slično u RACHP sistemima. U tabeli ispod Ag legure i žice su navedene od drugog do petog mjesta. Preporuke za lemljenje žice u RACHP sistemima i instalacijama date su u donjoj tabeli:

Tabela 10.5: Žice za tvrdo lemljenje kod RACHP sistema

Specifikacija prema EN ISO 3677	Specifikacija prema DIN 8513	Opseg temperature °C		Radna temperatura °C
		Početak topljenja	Početak ukapljavanje	
B - Cu 94 P - 710 / 880	L - CuP6	710	880	730
B - Cu 92 P Ag - 650 / 810	L - Ag2P	650	810	710
B - Cu 36 AgZn Sn - 630 / 730	L - Ag34Sn	630	730	710
B - Ag 45 CuZn Sn - 640 / 680	L - Ag45Sn	640	680	670
B - Ag 44 CuZn - 680 / 740	L - Ag44	680	740	730

Prilikom izvođenja postupka tvrdog lemljenja preporučuje se upotreba fluksa (pasta). Pasta za lemljenje, osim što rastvara i čisti površinu od oksida, također štiti površinu od ponovne oksidacije tokom zagrijavanja, a također omogućava “kvašenje” površina koje su spojene srebrnom legurom.

Izbor legure koja će se koristiti prilikom spajanja tvrdim lemljenjem prvenstveno zavisi od:

- Tolerancije u dimenzijama spojnih elemenata (preporučuje se da prečnik elementa koji ulazi u cijev bude 0,1 do 0,2 milimetra veći od prečnika cijevi); i
- Vrste materijala koji se spajaju (bakar na bakar, bakar na mesing, bakar na čelik itd.).

Na slici ispod prikazani su žice za lemljenje neobložene, obložene fluksom kao i pasta za tvrdi lem (fluks).



Bakar – fosforna žica

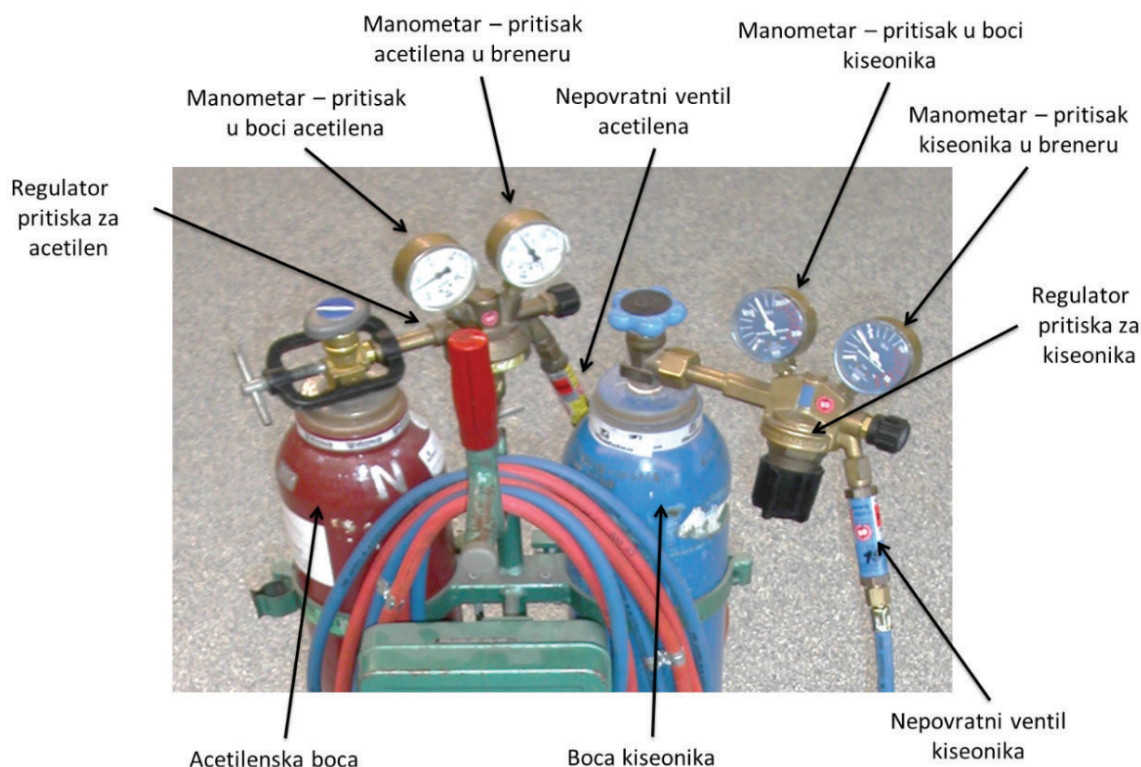
Obložene srebrene žice

Pasta (fluks) za tvrdi lijem

Slika 10.33: Žice za lemljenje neobložene, obložene fluksom kao i pasta za tvrdi lem (fluks)

Oprema potrebna za izvođenje postupka tvrdog lemljenja sastoji se od boce s kiseonikom, boce s acetilenom, regulatora pritiska za kiseonik i acetilen, nepovratnih ventila i crijeva za kiseonik i acetilen, drške gorionika i gorionika odgovarajuće veličine. Upotreba lične zaštitne opreme je obavezna.

Na slici ispod prikazana je potrebna oprema za izvođenje postupka tvrdog lemljenja.



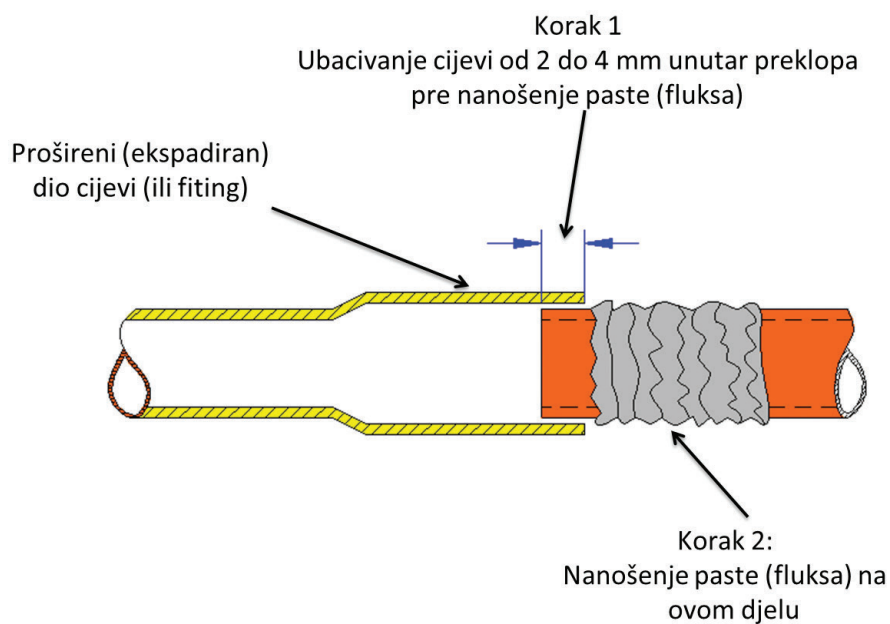
Slika 10.34: Oprema za tvrdi lem

Kombinacijom acetilena i kiseonika može se postići temperatura do $+3320\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sa Map gasom postiže se temperatura od oko $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Iz tog razloga se ne preporučuje upotreba propan-butan gasa za kućnu upotrebu, jer se ne postiže potrebna temperatura.

Priprema spoja za lemljenje i sam proces lemljenja provodi se u nekoliko koraka. Postupak lemljenja počinje postupcima koji su već opisani u prethodnim poglavljima i nastavlja se sa još nekoliko koraka:

- ✓ Mjerenje, sječenje cijevi, obrada ruba presječenog dijela - uklanjanje ostataka opiljaka, oblikovanje spoljne i unutrašnje strane otvora;
- ✓ Formiranje čašice sa ekspanderom na kraju bakarne cijevi.
Razmak između spojeva čašice/cijevi je 0,1 do 0,2 mm;
- ✓ Mehaničko čišćenje cijevi izvana, brusnim papirom, uzdužno radi uklanjanja laka sa spoljne strane cijevi;
- ✓ Korak 1 – umetanje cijevi 2-4 mm u prošireni dio – čašicu;
- ✓ Korak 2 - nanošenje fluksa (paste);

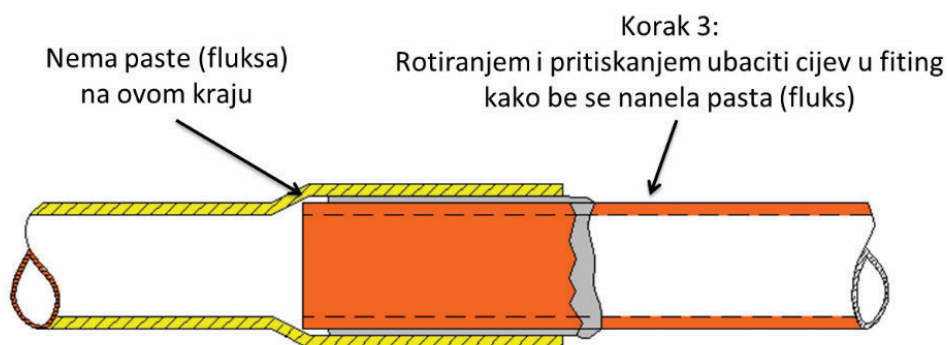
Na slici ispod prikazani su koraci 1 i 2.



Slika 10.35: Koraci 1 i 2 tokom pripreme spoja za tvrdi lem

- ✓ Korak 3 – okretanjem i pritiskom ubacujemo cijev u spojnicu i brišemo višak fluksa (paste) koji viri izvan spoja;

Na slici ispod prikazan je korak 3.

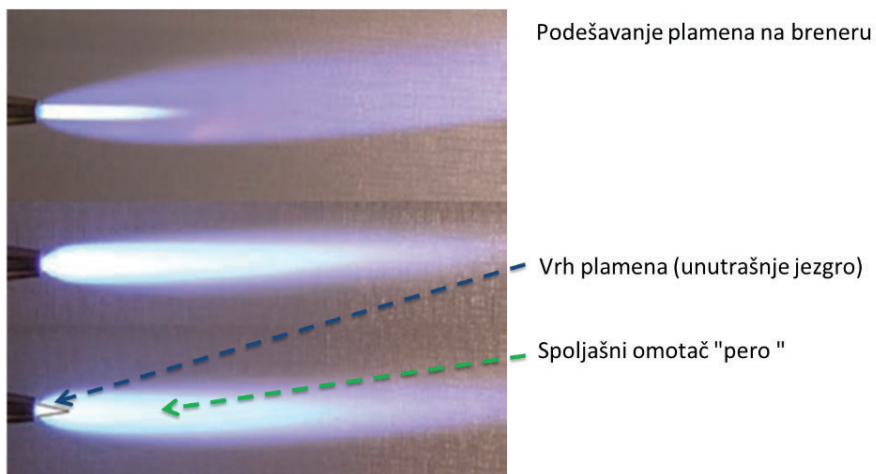


Slika 10.36: Korak 3 tokom pripreme spoja za tvrdi lem

- ✓ Korak 4 – Ako se u blizini spoja nalaze elementi koji se mogu oštetiti (igla servisnog ventila, četvoro smjerni ventil itd.), omotati element sa spoljne strane vlažnom krpom kako ne bi došlo do oštećenja;

- ✓ Korak 5 – pustiti inertni gas – suhi azot N2 kroz cijevi kako se ne bi stvarali ostaci ugljenika, koji bi završili u filteru – sušaču ili kompresoru;

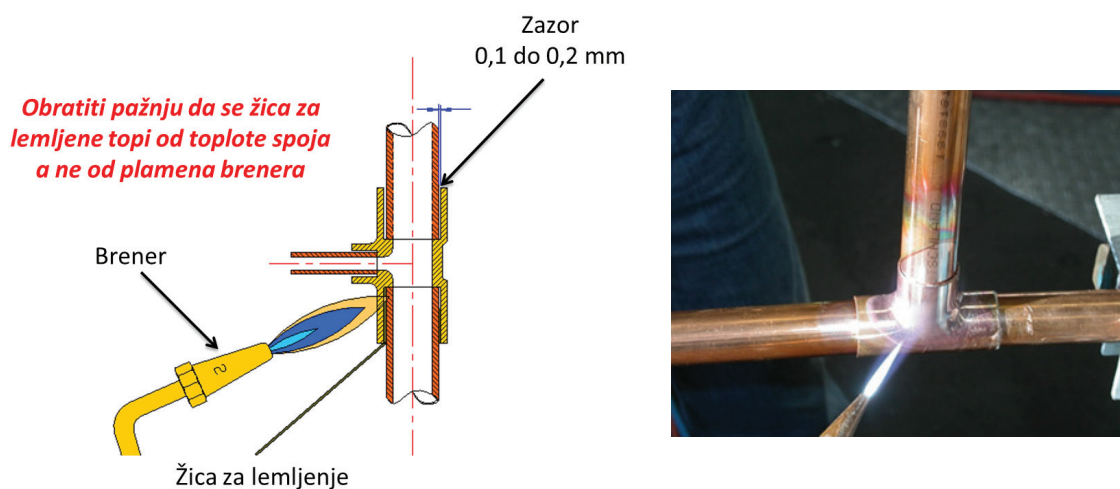
Na slici ispod prikazano je podešavanje plamena



Slika 10.37: Podešavanje plamena

- ✓ Korak 6 – Grije se cijev plamenom, široko pomičući plamenik pokretima koji podsjećaju na pisanje broja osam;

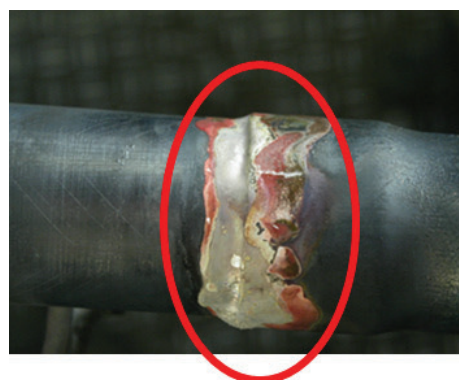
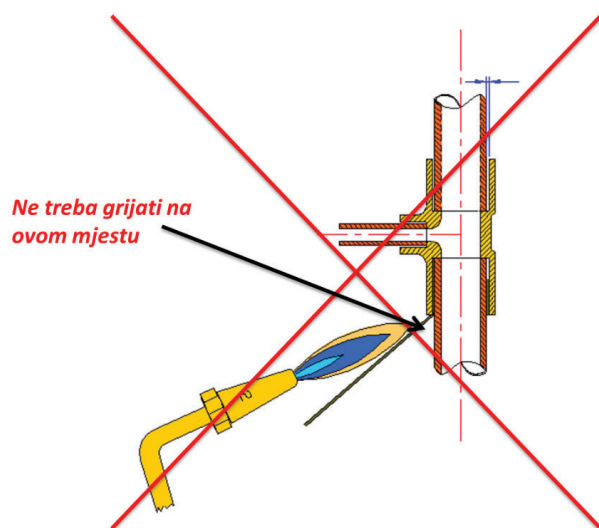
Na slici ispod prikazano je mjesto grijanja.



Slika 10.38: Pravilno grijanje spoja koji se lemi

- ✓ Korak 7 – Kada se dostigne temperatura lemljenja, nanosi se dodatni materijal. Kapilarnim efektom pod uticajem toplote, materijal će popuniti prazninu između cijevi koje se spajaju;
- ✓ Korak 8 – Dodatni materijal (žica za lemljenje - srebro) će se kapilarno usisati na toplije mjesto. Zagrijavanje se vrši na mjestu preklapanja, a dodatni materijal se nanosi ispod spoja. Dodatni materijal treba da se otopi od toplote zagrijanog spoja, a lem će pratiti toplotu i ući (popuniti) prazninu do toplijeg dijela cijevi; i
- ✓ Korak 9 - Hlađenje spoja. Spoj ostavljamo da se prirodno hladi i kada se ohladi, čistimo ga od preostalog materijala. Važno je ukloniti dijelove paste (fluksa) jer su oni uzrok korozije.

Na slici ispod prikazao je nepravilno grijanje spoja koji se lemi i dio koji se treba očistiti kako ne bi došlo do korozije spoja.

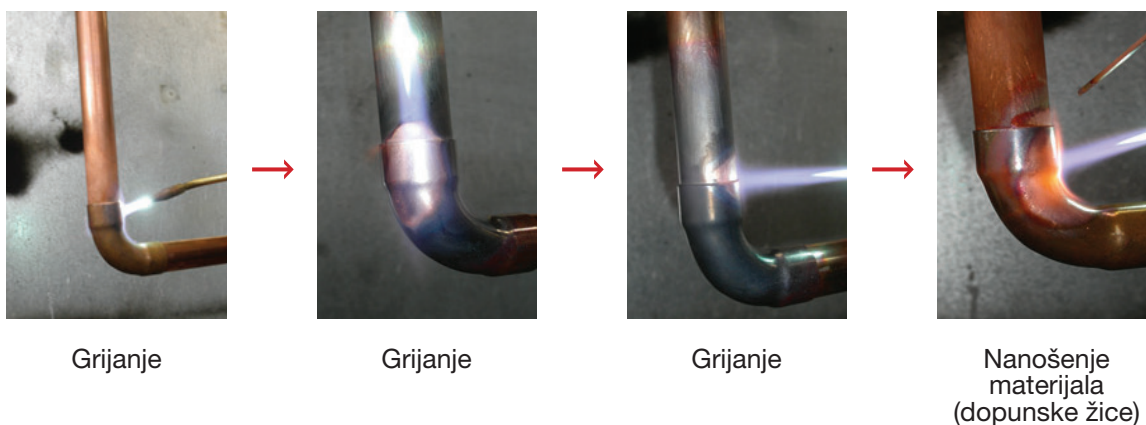


Nepravilno grijanje spoja koji se lemi

Bakar – fosforna žica

Slika 10.39: Nepravilno grijanje spoja koji se lemi i neočišćeni dio fluksa nakon tvrdog lemljenja

Na slikama ispod prikazan je postupak tvrdog lemljenja od početka grijanja do nanošenja materijala.



Grijanje

Grijanje

Grijanje

Nanošenje materijala (dopunske žice)

Slika 10.40: Grijanje spoja i nanošenje dopunskog materijala tokom postupka tvrdog lemljenja

Na slikama ispod prikazana je razlika kada se tokom tvrdog lema ne koristi suhi azot (slika lijevo) i kada se koristi (slika desno).



Lemljenje bez korištenja suhog azota



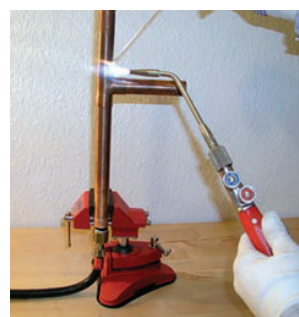
Lemljenje u prisustvu suhog azota

Slika 10.41: Izgled spoja nakon tvrdog lema kada se koristi i kada se ne koristi suhi azot

Slika ispod prikazuje kako se koristi suhi azot tokom procedure lemljenja



Povezivanje azotnog cilindra



Lemljenje u prisustvu azota

Slika 10.42: Korištenje suhog azota tokom izrade tvrdog lema



NAPOMENA

Prilikom lemljenja bakarnih cijevi većih prečnika (promjera), potrebno je prvo zagrijati cijeli obim cijevi. Nakon što se cijev zagrije duž cijelog obima, počinje nanošenje dodatnog materijala (žice).

Bosanskohercegovačkim standardom BAS EN ISO 13585:2025 – Tvrdo lemljenje – Kvalifikaciono ispitivanje lemlaca i operatera lemljenja (Brazing - Qualification testing of brazers and brazing operators), specificirani su zahtjevi za kvalifikacijsko ispitivanje lemlaca i operatera lemljenja metalnih materijala i daju se opšte odredbe o zahtjevima kvaliteta za lemljenje.

10.2 Pravljenje / provjera cjevovoda i cijevnih oslonaca

Za pravilan i efikasan rad RACHP sistema od posebne je važnosti da je cjevovod pravilno konstruisan i čist. U nastavku ovog djela prikazani su važne napomene za pravljenje / provjeru cjevovoda i cijevnih oslonaca.

Osnovne informacije o određivanju prečnika cijevi i načina vođenja instalacije

Određivanje prečnika cijevi vrši inženjer na osnovu složenih proračuna, pri čemu je potrebno uzeti u obzir brzinu kretanja rashladnog fluida koje struji kroz cijevi, zbog odgovarajućih padova pritiska (kako ne bi bili preveliki), potencijalno ključanje rashladne tečnosti u tečnim vodovima instalacije (što negativno utiče na rad ekspanzionih ventila), zatim, povlačenje preostalog kompresorskog ulja prema kućištu kompresora i tako dalje.

U tabeli ispod prikazane su preporučene brzine u cjevovodima u zavisnosti od toga koji je cjevovod u instalaciji u pitanju).

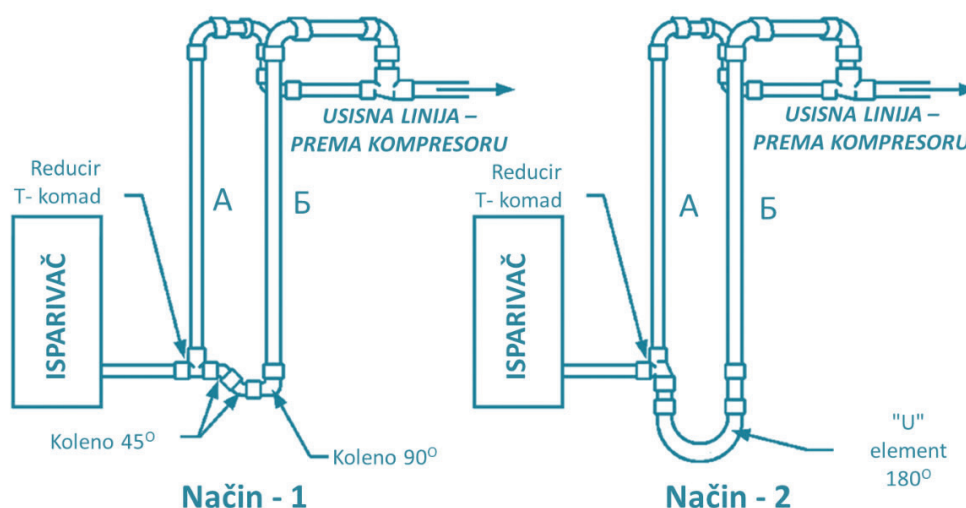
Tabela 10.6: Preporučene brzine rashladnog fluida u cjevovodima

Usisni cjevovod halogenizovani rashladnih fluida (CFC, HCFC, HFC) i HC	4,5 – 20 m/s
Potisni cjevovod halogenizovani rashladnih fluida (CFC, HCFC, HFC) i HC	8 – 20 m/s
Tečni vod od risivera do prigušnog elementa amonijak i halogenizovani rashladni fluidi (CFC, HCFC, HFC) i HC	0,5 – 1,25 m/s
Usisni cjevovod amonijak	8 – 20 m/s
Potisni cjevovod amonijak	10 – 25 m/s
Tečni vod od kondenzatora do risivera amonijak	0,6 m/s

Uobičajen je blagi nagib od 2% (20 mm/m) na horizontalnom dijelu cjevovoda - instalacije zbog gravitacionog kretanja tečnog rashladnog fluida do relevantnih komponenti, kao i ulja kompresora.

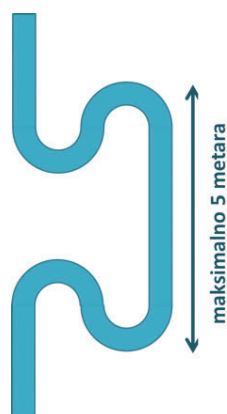
Preporučuje se posebna pažnja na mjestima gdje postoji mogućnost sakupljanja ulja, kao što su izmjenjivači, razdjelnici itd. Po potrebi se preporučuje ugradnja "sifona" u određenim dijelovima instalacije gdje postoji potencijalna opasnost od sakupljanja ulja. Također je potrebno pogledati preporuke proizvođača opreme ako postoji visinska razlika između određenih komponenti ili ako je spojeno više komponenti.

Ako se isparivač nalazi na nižem nivou od kompresora, a kompresor ima regulaciju kapaciteta i može raditi sa smanjenim kapacitetom, preporučuje se izvođenje "sifona" na jedan od načina prikazanih na slici u nastavku.



Slika 10.43: Preporuke o načinu pripreme "sifona" na usisnom vodu na izlazu iz sistema kada je ugrađen kompresor sa kontrolom kapaciteta

Ako postoji veća visinska razlika između određenih komponenti, na primjer kompresora i kondenzatora, preporučuje se izrada "sifona" na udaljenostima ne većim od 5 metara, kao što je prikazano na slici ispod. Preporučuje se pažljivo provjeriti upute proizvođača opreme o načinu vođenje cjevovoda.



Slika 10.44: Preporuke o načinu pripreme "sifona" u instalaciji gdje je velika visinska razlika između osnovnih komponenti sistema

Osnovne informacije o podupiranju cjevovoda

Podupiranje cjevovoda je također važno tokom izgradnje cjevovoda. Podupirači duž cijele dužine cjevovoda postavljaju se zavisno o promjeru bakarnih cijevi, a preporuke za preporučene maksimalne udaljenosti za nosače bakrenih cijevi u odnosu na spoljni promjer cijevi date su u bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-2:2017.

U tabeli ispod prikazane su preporučene maksimalne udaljenosti za nosače bakrenih cijevi.

Tabela 10.7: Preporučene maksimalne udaljenosti za nosače bakrenih cijevi

Preporučene maksimalne udaljenosti za nosače bakrenih cijevi u odnosi na spoljni prečnik cijevi u milimetrima	Rastojanje (metar)
5 do 22 meke cijevi	2
22 do 44 za polutvrde cijevi	3
54 do 67 za polutvrde cijevi	4

Napomena: Informacije o mekim i polutvrđim cijevima prema klasifikaciji u standardu BAS EN 12735-1 i BAS EN 12735-2.

U tabeli ispod prikazane su preporučene maksimalne udaljenosti za nosače čeličnih cijevi

Tabela 10.8: Preporučene maksimalne udaljenosti za nosače čeličnih cijevi

Preporučene maksimalne udaljenosti za nosače čeličnih cijevi u odnosu na nominalni prečnik cijevi DN (prema standardu EN ISO 6708)	Rastojanje (metar)
15 do 25	2
32 do 50	3
65 do 80	4,5
100 do 175	5
200 do 350	6
400 do 450	7

Moment zatezanja matice kod rastavljivih veza definisan je u standardu BAS EN 378-2:2017. Zatezanje se vrši odgovarajućim ključem za podešavanje i moment ključem kako bi se spriječilo uvijanje cijevi i dodatno naprezanje cijevi. Momenta zatezanja matice prema dimenzijama bakarne cijevi prikazan je u tabeli ispod.

Tabela 10.9: Preporučeni moment zatezanja matice kod rastavljivih veza prema standardu BAS EN 378-2:2017

Spoljni prečnik (u skladu sa standardom EN 12375-1 i EN 12375-2)			Minimalna debljina zida (mm)	Moment zatezanja (Nm)
(mm)	”Imperijalna” mjera			
	(mm)	(in)		
6			0,8	14 – 18
	6,35	1/4	0,8	14 – 18
	7,94	5/16	0,8	33 - 42
8			0,8	33 - 42
	9,52	3/8	0,8	33 - 42
10			0,8	33 - 42
12			0,8	50 - 62
	12,7	1/2	0,8	50 - 62
15			0,8	63 - 77
	15,88	5/8	0,95	63 - 77
18			1	90 - 110
	19,06	3/4	1	90 - 110

Ispravan dizajn cjevovoda, pravilan izbor dimenzija cijevi, pričvršćivanje cjevovoda i zatezanje matice rastavljivih spojeva, kao i kvalitet tvrdog lema utiču na ispravan i efikasan rad RACHP sistema.

Osnovne informacije o izolaciji cjevovoda

Uvijek je potrebno dobro izolovati određene dijelove cijevi. Posebnu pažnju treba obratiti na to da li je tečni vod od kondenzatora do termostatskog ekspanzionog ventila dobro izolovan, kako ne bi došlo do isparavanja rashladnog fluida u toj cijevi, što bi kasnije uticalo na loš rad ekspanzionog ventila. Osim toga, uvijek je potrebno provjeriti izolaciju usisnog cjevovoda (budući da je rashladni fluid na niskim temperaturama) kako bi se smanjila kondenzacija, stvaranje leda i dodatno zagrijavanje rashladnog fluida prije ulaz u kompresor.

Debljina izolacije cijevi zavisi od uslova rada i mogućnosti kondenzacije vlage iz okolnog vazduha u kontaktu sa hladnom površinom cijevi.

Iz praktičnih razloga, poželjno je postaviti izolaciju na cijev prije ugradnje. Kada to nije moguće, izolaciju treba izrezati na dužinu i postaviti na cijev. Nakon ugradnje, izrezano područje treba zalijepiti.

Na slici ispod prikazana je najčešće korištena izolacija za izoliranje bakarnih cijevi.



Slika 10.45: Izolacija za izoliranje bakarnih cjevovoda

11. Rashladni fluidi i informacije o relevantnim tehnologijama za zamjenu ili smanjenje upotrebe fluorovanih gasova staklene bašte i njihovo bezbjedno rukovanje

U današnje vrijeme, način života na kojem smo navikli, je nezamisliv bez uređaja za hlađenje i klimatizacije. Čuvanje određenih proizvoda poput mesa, voća i povrća, lijekova itd. nezamislivo je bez uređaja za hlađenje. Udobnost radnog prostora, prostora u kojem živimo ili u kojima se odvijaju društvene aktivnosti se ne može ostvariti bez uređaja za klimatizaciju. Zadnjih decenija sve više se koriste i toplotne pumpe kao energetski efikasni način grijanja i hlađenja stambenih i poslovnih prostora. U nekim gradovima u zemljama Evropske Unije toplotne pumpe koriste se i u sistemima centralnog gradskog grijanja.

Rad RACHP sistema je nemoguće zamisliti bez rashladnih fluida. Rashladni fluid je prenosnik toplote koji, u toku rada rashladnog sistema, preuzima toplotu u isparivaču na niskoj temperaturi i pritisku i predaje je u kondenzatoru na većem pritisku i temperaturi.

Uticaj rashladnih fluida na životnu okolinu i odgovarajući propisi iz oblasti zaštite životne sredine su opisani i prikazani u drugom poglavlju ovog priručnika.

Ovo poglavlje, donosi osnovne informacije o rashladnim fluidima, alternativnim tehnologijama koje koriste rashladne fluide čiji je uticaj na životnu sredinu jako mali ili zanemariv, a koje su alternative supstancama koje oštećuju ozonski omotač i fluirane gasove sa efektom staklene bašte.

11.1 Rashladni fluidi – označavanje, bezbjednosna klasifikacija i karakteristike

Rashladni fluidi su klasifikovani u dvije grupe:

- Organski; i
- Neorganski.

Tipični neorganski rashladni fluid su:

- ✓ Amonijak (R-717) – koristi se u velikim industrijskim rashladnim postrojenjima, a danas se sve više primjenu nalaze u velikim postrojenjima za klimatizaciju ili sistemima centralnog grijanja.
- ✓ Ugljen dioksid (R-744) – koristi se u komercijalnoj rashladi u supermarketima, distributivnim centrima, industrijskoj rashladi i toplotnim pumpama;
- ✓ Voda²⁴ (R-718) – koristi se u kao rashladni fluid u apsorpcijskim sistemima (apsorpcijski sistemi koji koriste rastvor voda – litium bromid);

²⁴ Voda (R718) je u osnovi pogodna kao rashladni fluid u sistemima kompresije pare. Zbog visoke trojne tačke od 0,01°C i vrlo niskog pritiska pare u temperaturnom rasponu uobičajenih primjena u rashladnim sistemima i toplotnim pumpama, nije baš zanimljiva za takve standardne primjene. Koristi se za visokotemperaturne toplotne pumpe, procesno hlađenje i hlađenje servera. Zbog vrlo niskog volumetrijskog kapaciteta, obično su potrebni vrlo veliki protoci.

- ✓ Vazduh²⁵ (R-729) – primarno se koristi u avio industriji, sistemima za kontrolu okoline u avionima (Aircraft environmental control systems (ECS), u vojnoj industriji, kod visoko temperaturnih industrijskih toplotnih pumpi, kriogenih i eksperimentalnih rashladnih sistema;
- ✓ Tečni azot²⁶ (R-728) – koristi se kao rashladni fluid za ultra niske temperature , kriogene sisteme u specijalne aplikacije u medicini, hemiji, prehrambenoj industriji itd.; i
- ✓ Helijum²⁷ (R-704) – koristi se za ultra niske temperature i specijalne aplikacije (tečni helijum se koristi u kriogenici (njegova najveća pojedinačna upotreba, koja troši oko četvrtine proizvodnje), te u hlađenju supervodljivih magneta, s glavnom komercijalnom primjenom u MRI skenerima).

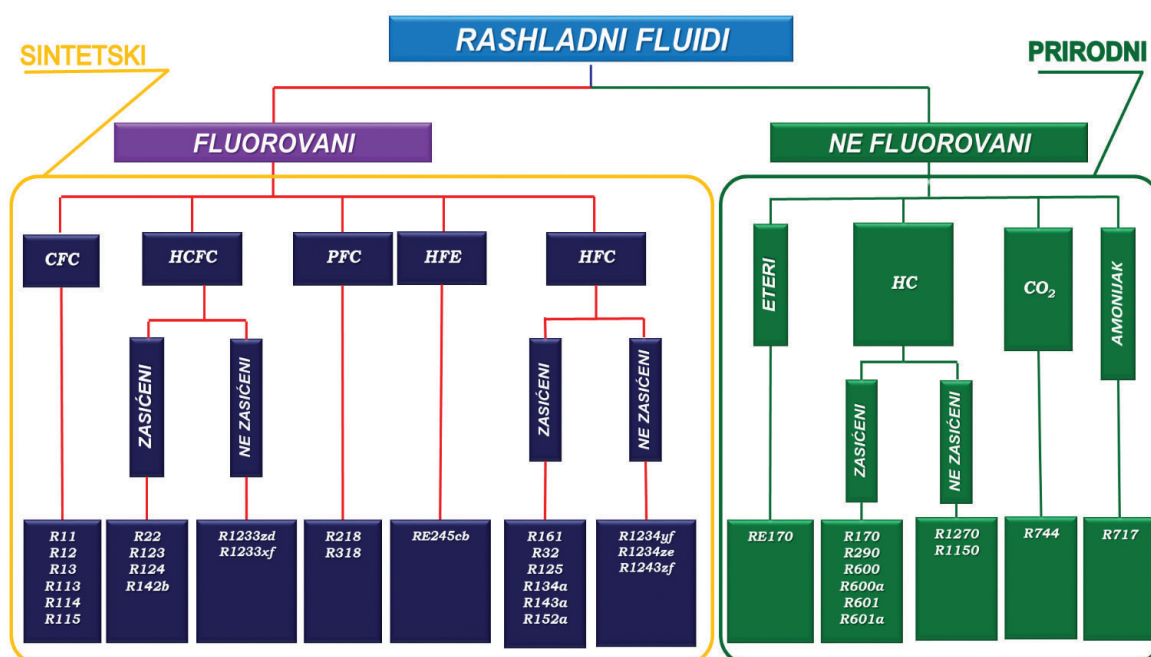
Organski rashladni fluidi su klasifikovani u sljedeće grupe:

- Čisti ugljovodonici (HC): metan, etan, propan, butan, itd. (rafinisani od prirodnog gasa); i
- Hemijski proizvedeni rashladni fluidi na bazi HC.

Čisti HC reaguju sa HCl (hlorovodoničnom kiselinom) i/ili HF (fluorovodoničnom kiselinom) da bi se stvorili rashladni fluidi, kao što su CFC, HCFC, HFC, HFO i njihove mješavine.

U praksi podjela rashladnih fluida koji se koriste u RACHP sistemima je na prirodne (ne-fluorovane) i sintetske (fluorovane rashladne fluide).

Na slici ispod prikazana je podjela rashladnih fluida koji se koriste u RACHP sistemima na prirodne i sintetske.



Slika 11.1: Podjela rashladnih fluida

25 Korištenje vazduha (R-729) kao rashladnog fluida je tehnički izvodljivo, ali ekonomski neefikasano za većinu RACHP sistema. Njegova upotreba je opravdana uglavnom tamo gdje apsolutna sigurnost, nulte emisije i pouzdanost nadmašuju efikasnost.

26 Tečni azot (R-728) je rashladni fluid samo u vrlo specijaliziranim kriogenim i parnim sistemima. Nije realna alternativa za konvencionalne rashladne sisteme ili toplinske pumpe.

27 Tečni helijum (R-704) je rashladni fluid samo u vrlo specijaliziranim kriogenim i parnim sistemima. Nije realna alternativa za konvencionalne rashladne sisteme ili toplinske pumpe.

Označavanje rashladnih fluida

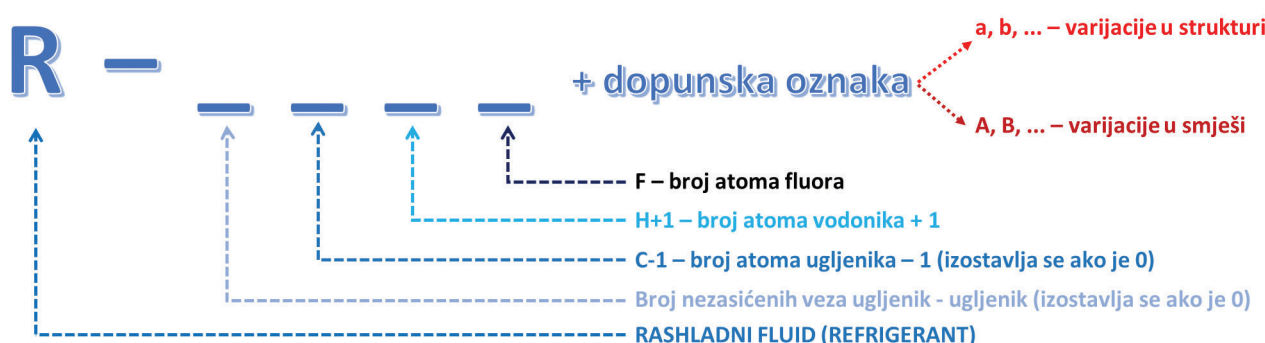
Hemijski nazivi rashladnih fluida su generalno dugački i kompleksni. Da bi se stvorio jednostavniji način označavanja rashladnih fluida uvedene su brojne oznake.

U osnovi, svakom rashladnom fluidu se dodjeljuje identifikacioni broj koji se sastoji od slova R (od Refrigerant – rashladni fluid) i crtice nakon koje slijedi broj koji mu dodjeljuje ASHRAE na osnovu hemijske strukture.

Klasifikacija se zasniva na standardu ASHRAE 34 (prihvaćena i u standardu ISO 817-2024) i omogućava da se imenuju svi rashladni fluidi na jasan i međunarodno priznat način klasifikacijom prema hemijskom sastavu.

Bosanskohercegovački institut za standardizaciju je prihvatio i objavio međunarodni standard ISO 817 i označavanje rashladnih fluida kao i klasifikacija bezbjednosti prema standardu BAS ISO 817 ²⁸/A1:2021.

Označavanje rashladnih fluida u skladu sa standardom BAS ISO 817/A1:2021 prikazano je na slici ispod.



Slika 11.2: Označavanje rashladnih fluida u skladu sa standardom BAS ISO 817/A1:2021

Klasifikacija bezbjednosti rashladnih fluida

Standard ISO 817:2024 (kao i standard ASHRE 34-2022 i bosanskohercegovački standard BAS ISO 817/A1:2021) definiše klasifikaciju bezbjednosti rashladnih fluida prema dva osnovna bezbjednosna kriterijuma:

✓ **Toksičnost**

✓ **Zapaljivost.**

Prema standard ISO 817:2024 (kao i standard ASHRE 34-2022) klasifikacija bezbjednosti označava se kombinacijom **slova "A" i "B"** kako i **brojeva "1", "2L", "2" i "3"**.

Toksičnost

Bezbjednost supstance za korištenje se određuje na osnovu količine ili koncentracije koja je potrebna da bi nastale štetne posljedice i, u nekim slučajevima, potrebne dužine i broja ponavljanja izlaganja dejstvu te supstance.

Po toksičnosti se svrstavaju u klasu:

²⁸ BAS ISO 817/A1:2021 – Rashladna sredstva - Označavanje i sigurnosna klasifikacija - Amandman 1 (Refrigerants — Designation and safety classification - AMENDMENT 1)

- "A" – niska toksičnost; i
- "B" – visoka toksičnost.

U klasu A spadaju rashladni fluidi kod kojih nisu uočena štetna dejstva pri koncentraciji do 400 ppm, a u klasu B svi ostali.



NAPOMENA

**SVI RASHLADNI FLUIDI SU TOKSIČNI
U MANJOJ ILI VEĆOJ MJERI.**

Zapaljivost

Zapaljivost rashladnih fluida utiče na bezbjednost ljudi i imovine. Ova opasnost se mora uzeti u obzir prilikom projektovanja, montaže i upotrebe sistema.

Najvažniji parametri kojima se definiše zapaljivost rashladnih fluida, na osnovu kojih se određuju uslovi za bezbjednu upotrebu, su granice zapaljivosti (**LFL-donja granica zapaljivosti** i **UFL- gornja granica zapaljivosti**), toplota sagorijevanja, brzina prostiranja plamena i minimalna energija potrebna za paljenje.

Po ovim kriterijumima rashladni fluidi su svrstani u sljedeće klase:

- 1 – nema prostiranja plamena;
- 2L – niža zapaljivost sa gornjom brzinom ispod 10 cm/s;
- 2 – zapaljivi sa gornjom brzinom iznad 10 cm/s; i
- 3 – zapaljivi rashladni fluidi.

Na slici ispod prikazani su najčešće korišteni rashladni fluidi prema klasi bezbjednosti.

 POVEĆANJE ZAPALJIVOSTI	VISOKA ZAPALJIVOST "3"	A3 R-290; R600a; R-170; R-1150; R-1270; R-50	B3
	ZAPALJIVI "2"	A2 R-152a; R-142b *	B2 R-1132(E)
	NIŽA ZAPALJIVOST "2L"	A2L * R-32; R-1234yf; R-455A	B2L * R-717
	NEMA PROSTIRANJA PLAMENA "1"	A1 R-22 *; R-404A; R-134a R-407C; R-410A; R-744	B1 R-245fa; R-514A
		NISKA TOKSIČNOST "A"	VISOKA TOKSIČNOST "B"
		POVEĆANJE TOKSIČNOSTI	

Slika 11.3: Prikaz najčešće korištenih rashladnih fluida prema klasi bezbjednosti

*Rashladni fluidi koji imaju potencijal oštećenja ozonskog omotača

Karakteristike i vrste rashladnih fluida

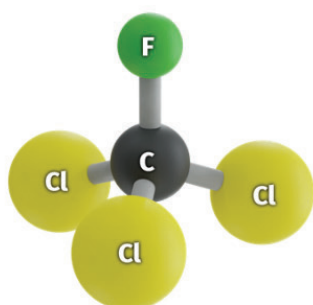
Prilikom izbora rashladnog fluida za proizvodnju novih RACHP uređaja, ili tokom retrofita postojećih, moraju se u obzir uzeti njegove sljedeće karakteristike:

- ✓ Hemijske karakteristike i stabilnost;
- ✓ Radni pritisci;
- ✓ Termodinamičke karakteristike;
- ✓ Bezbjednosne karakteristike; i
- ✓ Cijena i dostupnost.

Rashladni fluidi koji se koriste u RACHP sistemima dijele se u sljedeće vrste:

- ▶ Hlorofluorouglenici (CFC);
- ▶ Hlorofluorougļjovodonici (HCFC);
- ▶ Fluorougļjovodonici (HFC); i
- ▶ Prirodni rashladni fluidi – ugļjovodonici, ugļjen-dioksid, amonijak

Hlorofluorougļjenici (CFC)



Molekul CFC-11
(Trichlorofluoromethane)

*Slika 11.4: Molekula
rashladnog fluida CFC-11*

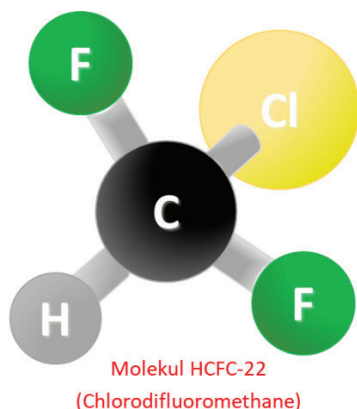
CFC rashladni fluidi su hemijski proizvedeni rashladni fluidi koji imaju potencijal oštećenje ozonskog omotača. Potencijal oštećenja ozonskog omotača (ODP) definiše se prema CFC-11 (slika desno) kao odnos ukupnog gubitka ozona koji izaziva ta supstanca i gubitka ozona koje izaziva CFC-11 iste mase.

U svom hemijskom sastavu sadrže atome fluora (F), ugļjenika (C) i hlora (Cl). Najčešće korišteni rashladni fluidi iz ove grupe rashladnih fluida su R-11, R-12 i R-115. Njihova široka primjena započinje tridesetih godina prošlog vijeka i imali su široku primjenu u gotovo svim oblastima: kućnim uređajima, komercijalnom hlađenju, hladnjačama, hlađenju u transportu i klimatizaciji u automobilima.

Termodinamičke karakteristike i prenos toplote su dobre, imaju klasu bezbjednosti A1, tako da omogućavaju izradu sistema visoke efikasnosti. Stabilni su, što za posljedicu ima nezapaljivost i netoksičnost.

CFC rashladni fluidi bili su široko rasprostranjeni i bili veoma jeftini i lako dostupni, međutim, zbog hlora koji sadrže, oni imaju potencijal oštećenja ozonskog omotača i njihova je eliminacija završena i više se ne koriste u Bosni i Hercegovini.

Hlorofluorougļjovodonici (HCFC)

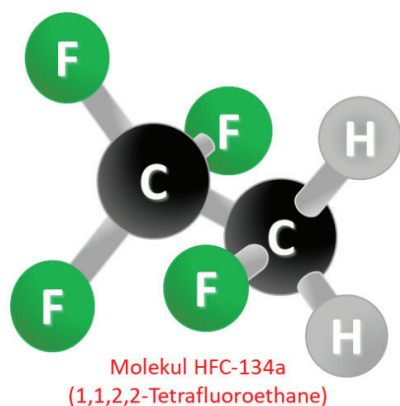


Slika 11.5: Molekula rashladnog fluida HCFC-22

HCFC rashladni fluidi su hemijski proizvedeni rashladni fluidi koji imaju potencijal oštećenje ozonskog omotača. U svom hemijskom sastavu sadrže atome vodika (H), fluora (F), ugljenika (C) i hlora (Cl). Najčešće korišteni rashladni fluidi iz ove grupe su R-22, R-123 i R-124 (u okviru raznih mješavina). Kao što je ranije navedeno, bili su u široko rasprostranjeni, u skoro svim aplikacijama, uključujući komercijalno hlađenje, hladnjače, transportno hlađenje, stacionarni klima uređaji i rashladni uređaji. Pošto sadrže vodonik, HCFC su manje hemijski stabilni od CFC, ali ipak imaju dobru kompatibilnost sa većinom materijala i tradicionalnim mazivima kao što su mineralna ulja.

Termodinamička i transportna svojstva HCFC-a su obično veoma dobra, imaju klasu bezbjednosti A1, pa se sa njima mogu napraviti veoma efikasni rashladni sistemi. **Slično kao i CFC-i oni, zbog sadržaja hlora,** oštećuju ozonski omotač njihova je eliminacija završena, uvoz je zabranjen i nalaze se još samo u nekim starijim sistemima u Bosni i Hercegovini.

Fluorougļjovodonici (HFC)



Slika 11.6: Molekula rashladnog fluida HFC-134a

HFC rashladni fluidi su hemijski proizvedeni rashladni fluidi koji **nemaju** potencijal oštećenja ozonskog omotača. U svom hemijskom sastavu sadrže atome vodika (H), fluora (F) i ugljenika (C). I pored toga što nemaju potencijal oštećenja ozonskog omotača, imaju negativan uticaj na životnu sredinu zbog fluora u svom sastavu, odnosno imaju visok potencijal globalnog zagrijavanja. Nazivaju se još i fluorovani gasovi sa efektom staklene bašte.

Početkom devedestih predstavljeni su kao alternative supstancama koji oštećuju ozonski omotač. Najčešće korišteni rashladni fluidi iz ove grupe su R-134a, R-32, R-125 i R-143a (uglavnom u mješavinama, kao što su R-404A, R-407C i R-410A). Široko su primijenjeni u skoro svim aplikacijama koje tradicionalno koriste CFC

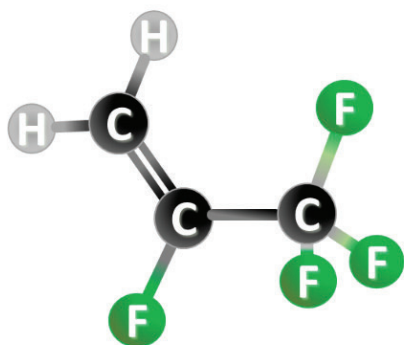
i HCFC, uključujući kućno i komercijalno hlađenje, hladnjače, klima uređaje za vozila, transportno hlađenje, stacionarne klimatizacije uređaje, čilere i toplotne pumpe.

Rashladni fluidi iz grupe HFC-a su hemijski veoma stabilni i kompatibilni su sa većinom materijala. Međutim, oni se ne miješaju sa tradicionalnim mazivima, tako da se moraju koristiti odgovarajuća sintetička ulja. Većina njih spadaju u klasu bezbjednosti A1 ali neki od njih koji se danas koriste imaju klasu bezbjednosti A2L (HFC-32) ili A2 (HFC-152a), odnosno imaju propagaciju zapaljivosti.

Njihova termodinamička i transportna svojstva se kreću od prilično do veoma dobrih, čime

imaju potencijal za dobru efikasnost. Trenutno, HFC-i imaju umjerenu cijenu i lako su dostupni, ali je Bosna i Hercegovina, u skladu sa Kigali amandmanom na Montrealski protokol, preuzela mjere kontrole koje su počele od 1. Januara 2024 i obavezala se na smanjenje potrošnje za 80% do 2045, tako da se može očekivati da će njihova cijena rasti, a dostupnost će se sigurno smanjivati.

Hidrofluoroolefini (HFO)



Slika 11.7: Molekula rashladnog fluida HFO-1234yf

Konvencionalni HFC rashladni fluidi su zasićeni, ali postoji i mali broj nezasićenih HFC rashladnih fluida, poznatih kao hidrofluoroolefini (HFO). Općenito, oni su vrlo nestabilni, ali nedavno je identifikovan mali broj spojeva koji su dovoljno stabilni da se koriste kao rashladni fluidi.

Karakteriše ih niska toksičnost, niska zapaljivost i nizak potencijal globalnog zagrijavanja (GWP). Najvažnija sredstva iz ove grupe rashladnih sredstava su R1234yf i R1234ze. R1234yf se koristi u sistemima klimatizacije u motornim vozilima kao zamjena za R134a.

Većina njih pripadaju u klasi bezbjednosti A2L, odnosno imaju propagaciju zapaljivosti.

Iako imaju niski potencijal globalnog zagrijavanja već postoje studije koje ukazuju da imaju štetni uticaj na životnu sredinu i smatraju se za kratkotrajne alternative HFC supstanci.

Mješavine rashladnih fluida

Kako bi se dobilo poboljšanje određenih karakteristika rashladnih fluida, pored toga što se koriste kao pojedinačne supstance, rashladni fluidi mogu biti smjesa dvije ili više supstanci, koje se nazivaju mješavine.

Mješavine rashladnih fluida su formiranje tako da obezbijede podudaranje sa određenim svojstvima i karakteristikama rashladnog fluida, i prvobitno su korišteni kao zamjene CFC i HCFC rashladnih fluida u slučaju retrofita, ili da bi se postigao određeni skup osobina iz drugih razloga.

Mješavine se mogu dobiti kombinacijom CFC, HCFC, HFC i/ili HC i PFC rashladnih fluida. Komponente od koje je napravljena smiješa rashladnog fluida nemaju identične fizičke karakteristike; imaju različite gustine, različite viskoznosti i različitu temperaturu isparavanja i kondenzacije pri datom pritisku.

Mješavine su podijeljene u dvije grupe:

- Zeotropne mješavine – imaju oznaku R-4XX; i
- Azeotropne mješavine – imaju oznaku R-5XX

Zeotropne mješavine R-4XX

Kod zeotropskih mješavina (rashladni fluidi čiji je prvi broj 4 – R-4XX), dolazi do klizanja temperature u području pare, pa se u tom području više ne poklapaju pritisak i temperatura. Ovo znači da temperatura zasićenja pare nije ista kao temperatura zasićenja tečnosti.

Klizanje temperature može biti veće ili manje u zavisnosti od termodinamičkih karakteristika i % odnosa rashladnih fluida od kojih je mješavina sastavljena.

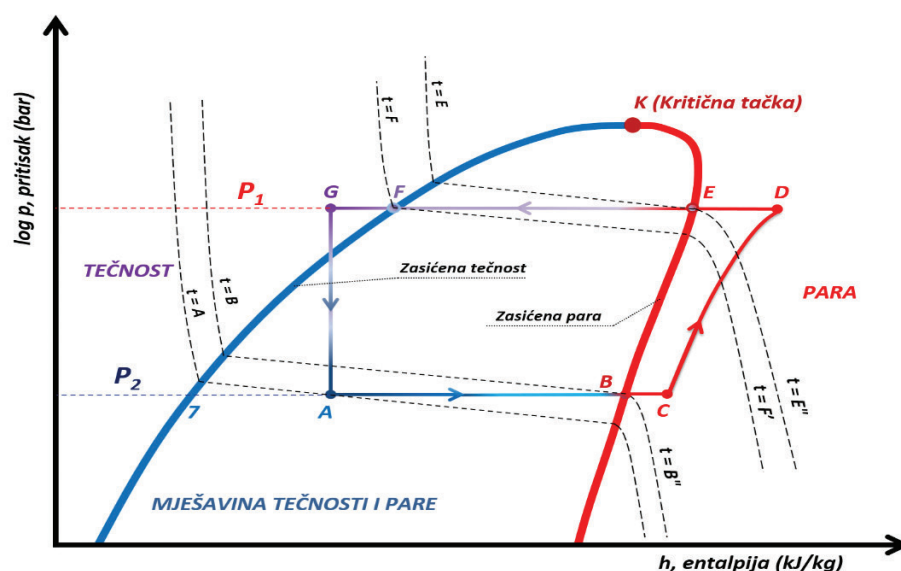
Pri projektovanju RACHP instalacija, koje kao rashladni fluid koriste zeotropsku mješavinu, usvaja se da je pritisak kondenzacije rashladnog fluida jednak pritisku na srednjoj temperaturi kondenzacije, koja je aritmetička sredina temperature zasićenja tečnosti (bubble point – tačka F, odnosno temperatura $t = F$ na slici 11.8 ispod) i temperature zasićenja pare (dew point – tačka E, odnosno temperatura $t = E$ na slici 11.8 ispod).

$$t_{cond.} = \frac{t_F + t_E}{2}$$

Za pritisak isparavanja usvaja se pritisak koji se određuje pomoću srednje temperature isparavanja na ulazu u isparivač (tačka A, odnosno temperatura $t = A$) i temperature zasićenja pare na izlazu iz isparivača (tačka B, odnosno temperatura $t = B$).

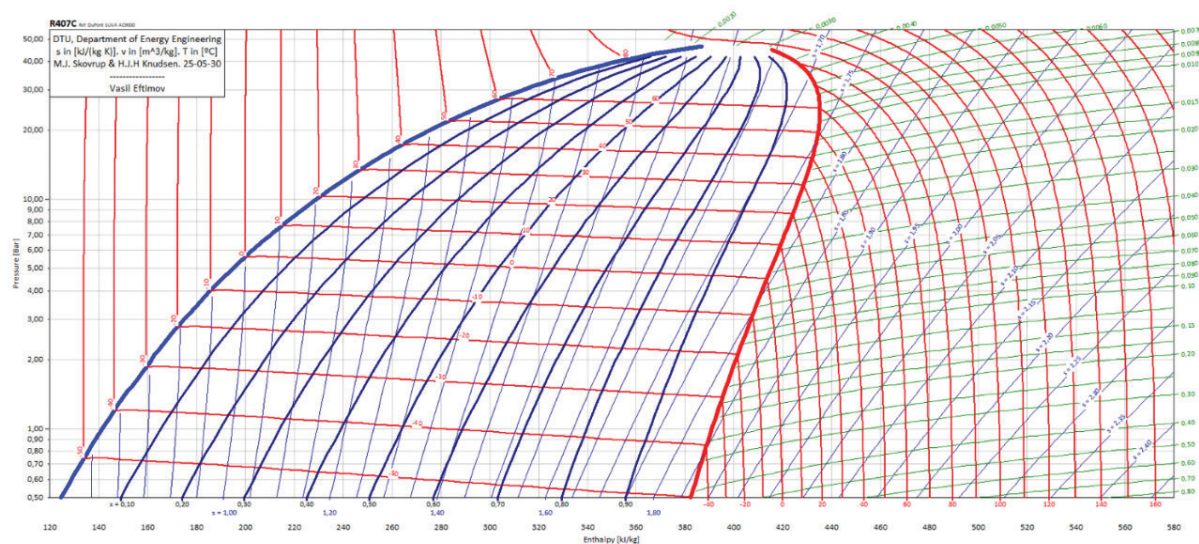
$$t_{isp.} = \frac{t_A + t_B}{2}$$

Klizanje temperature kod zeotropskih mješavina prikazano je na slici ispod.



Slika 11.8: Klizanje temperature zeotropskih mješavina u dijagramu log p – entalpija

Karakteristični primjer rashladnog fluida koji ima veće klizanje temperature je rashladni fluid R-407C. Na slici ispod prikazano je klizanje temperature u dijagramu pritisak entalpija za rashladni fluid R-407C.



Slika 11.9: Klizanje temperature rashladnog fluida R-407C u dijagramu pritisak – entalpija

Temperature zasićenja za rashladni fluid R-407C prikazane su u tabeli na slijedećoj stranici.

Tabela 11.1: Tabela zasićenja za rashladni fluid R-407C

Pressure (MPa)	Temp Bubble (°C)	Temp Dew (°C)	Density Liquid (kg/m³)	Volume Vapor (m³/kg)	Enthalpy Liquid (kJ/kg)	Enthalpy Vapor (kJ/kg)	Entropy Liquid (kJ/kg·K)	Entropy Vapor (kJ/kg·K)	Specific Heat Liquid (c _p , kJ/kg·K)	Specific Heat Vapor (c _p , kJ/kg·K)	Vapor c _p /c _v	Velocity of Sound Liquid (m/s)	Velocity of Sound Vapor (m/s)	Viscosity Liquid (μPa·s)	Viscosity Vapor (μPa·s)	Cond Liquid (mW/(m·K))	Cond Vapor (mW/(m·K))	Surface Tension (mN/m)	Pressure (MPa)
0.01	-82.45	-74.81	1495.5	1.89703	90.48	366.78	0.5259	1.9471	1.281	0.668	1.182	1008	149.1	779.8	8.43	151.5	6.94	24.75	0.01
0.02	-72.5	-65.02	1466.7	0.99017	103.24	372.75	0.591	1.9104	1.283	0.694	1.181	953	151.8	632.8	8.83	145.4	7.52	22.93	0.02
0.04	-61.25	-53.95	1433.7	0.51705	117.72	379.47	0.6612	1.8761	1.291	0.727	1.182	893	154.6	513.1	9.28	138.5	8.19	20.91	0.04
0.06	-53.96	-46.79	1412.0	0.35346	127.17	383.77	0.705	1.8573	1.299	0.75	1.184	856	156.1	453.1	9.57	134.1	8.64	19.62	0.06
0.08	-48.42	-41.34	1395.3	0.26975	134.39	386.99	0.7374	1.8445	1.306	0.769	1.187	828	157.1	414.4	9.79	130.7	8.99	18.65	0.08
0.1	-43.9	-36.9	1381.5	0.21865	140.31	389.59	0.7635	1.8349	1.312	0.786	1.190	806	157.8	386.2	9.97	128.1	9.28	17.87	0.1
0.10132	-43.63	-36.63	1380.7	0.21595	140.67	389.75	0.7650	1.8343	1.312	0.787	1.190	804	157.8	384.6	9.98	127.9	9.29	17.82	0.10132
0.12	-40.05	-33.11	1369.7	0.18411	145.39	391.78	0.7854	1.8273	1.318	0.8	1.193	787	158.3	364.3	10.12	125.8	9.52	17.21	0.12
0.14	-36.67	-29.79	1359.1	0.15916	149.86	393.68	0.8043	1.821	1.324	0.813	1.196	770	158.7	346.6	10.25	123.8	9.75	16.63	0.14
0.16	-33.65	-26.83	1349.7	0.14025	153.86	395.36	0.8211	1.8156	1.329	0.825	1.199	755	159.0	331.8	10.37	122.0	9.94	16.12	0.16
0.18	-30.92	-24.15	1341.0	0.12542	157.51	396.86	0.8362	1.811	1.334	0.837	1.201	742	159.3	319.1	10.48	120.4	10.13	15.66	0.18
0.2	-28.41	-21.69	1333.0	0.11347	160.87	398.22	0.8499	1.8069	1.339	0.848	1.204	730	159.5	308.0	10.57	119.0	10.29	15.24	0.2
0.22	-26.09	-19.41	1325.5	0.10362	163.99	399.47	0.8625	1.8033	1.344	0.858	1.207	719	159.6	298.2	10.66	117.6	10.45	14.86	0.22
0.24	-23.93	-17.29	1318.4	0.09536	166.91	400.62	0.8742	1.8	1.349	0.868	1.210	708	159.7	289.5	10.75	116.4	10.6	14.5	0.24
0.26	-21.9	-15.31	1311.8	0.08833	169.65	401.69	0.8851	1.797	1.354	0.877	1.213	698	159.8	281.6	10.83	115.2	10.74	14.16	0.26
0.28	-19.99	-13.43	1305.5	0.08227	172.24	402.69	0.8954	1.7942	1.358	0.886	1.216	689	159.8	274.4	10.9	114.2	10.87	13.85	0.28
0.3	-18.19	-11.66	1299.5	0.07699	174.71	403.62	0.905	1.7917	1.362	0.895	1.219	680	159.8	267.8	10.97	113.1	10.99	13.56	0.3
0.32	-16.47	-9.98	1293.7	0.07235	177.06	404.49	0.9141	1.7894	1.367	0.903	1.222	672	159.8	261.8	11.04	112.2	11.11	13.28	0.32
0.34	-14.83	-8.38	1288.2	0.06824	179.3	405.32	0.9228	1.7872	1.371	0.911	1.224	664	159.8	256.1	11.11	111.2	11.23	13.01	0.34
0.36	-13.27	-6.85	1282.9	0.06457	181.45	406.1	0.931	1.7851	1.375	0.919	1.227	656	159.8	250.9	11.17	110.4	11.35	12.76	0.36
0.38	-11.77	-5.38	1277.8	0.06127	183.52	406.85	0.9389	1.7832	1.379	0.927	1.230	649	159.7	246.0	11.23	109.5	11.46	12.52	0.38
0.4	-10.33	-3.97	1272.8	0.0583	185.52	407.55	0.9465	1.7814	1.383	0.934	1.233	642	159.7	241.4	11.28	108.7	11.57	12.29	0.4
0.42	-8.94	-2.61	1268.0	0.05559	187.44	408.23	0.9537	1.7796	1.387	0.942	1.236	635	159.6	237.1	11.34	107.9	11.68	12.07	0.42
0.44	-7.61	-1.31	1263.4	0.05313	189.3	408.87	0.9607	1.778	1.391	0.949	1.239	629	159.5	233.0	11.39	107.2	11.78	11.85	0.44
0.46	-6.31	-0.04	1258.8	0.05087	191.11	409.48	0.9674	1.7764	1.395	0.956	1.242	622	159.4	229.1	11.45	106.5	11.88	11.65	0.46
0.48	-5.06	1.18	1254.4	0.04879	192.86	410.07	0.9739	1.775	1.399	0.963	1.245	616	159.3	225.4	11.5	105.8	11.98	11.45	0.48
0.5	-3.85	2.36	1250.1	0.04687	194.56	410.64	0.9801	1.7735	1.403	0.97	1.248	610	159.2	221.9	11.54	105.1	12.08	11.26	0.5
0.55	-0.98	5.17	1239.8	0.04267	198.61	411.95	0.995	1.7702	1.413	0.987	1.255	596	158.9	213.9	11.66	103.5	12.31	10.81	0.55
0.6	1.7	7.79	1230.0	0.03915	202.42	413.15	1.0087	1.7672	1.422	1.004	1.262	583	158.6	206.7	11.77	102.1	12.54	10.4	0.6
0.65	4.22	10.24	1220.7	0.03615	206.02	414.25	1.0216	1.7644	1.432	1.02	1.270	571	158.2	200.1	11.88	100.7	12.75	10.01	0.65
0.7	6.6	12.56	1211.7	0.03356	209.44	415.25	1.0338	1.7618	1.441	1.036	1.278	559	157.8	194.1	11.98	99.4	12.96	9.64	0.7

Tabela 11.2: Najčešće korišteni zeotropni rashladni fluidi i njihov maseni sastav u %

	R-22	R-32	R-124	R-125	R-134a	R-142b	R-143a	R-152a	R-218	R-1270	R-318	R-290	R-600a
R-401A	53		34					13					
R-401B	61		28					11					
R-401C	33		52					15					
R-402A	38			60								2	
R-402B	60			38								2	
R-403A	75								20			5	
R-403B	56								39			5	
R-404A				44	4		52						
R-405A	45					5,5		7			42,5		
R-406A	55					41							4
R-407A		20		40	40								
R-407B		10		70	20								
R-407C		23		25	52								
R-407D		15		15	70								
R-408A	47			7	46								
R-409A	60		25			15							
R-409B	65		25			10							
R-410A		50		50									
R-410B		45		55									
R-411A	87,5							11		1,5			
R-411B	94							3		3			
R-412A	70					25			5				
R-413A					88				9				3
R-416A			39,5		59								1,5
R-417A				46	50								4
R-422D				65,1	31,5								3,4

Mješavine rashladnih fluida sastavljene od HFC rashladnih fluida.

Azeotropne mješavine R-5XX

Azeotropna mješavina je smjesa dva rashladna fluida koji se ponašaju kao jednokomponentna supstanca. Pri određenim pritiscima azeotropna smjesa će djelovati kao jednokomponentni rashladni fluid. Kada se toplota doda ili ukloni iz azeotropne rashladne mješavine, sastav (molni udio) pare i tečnosti ostaju suštinski nepromijenjeni tokom cijelog procesa.

Drugim riječima, u mješavini koja je 50% fluida A i 50% fluida B, za svaki molekula fluida A koji ispari ili se kondenzuje, molekula fluida B čini isto.

Tabela 11.3: Najčešće korišteni azeotropni rashladni fluidi i njihov maseni sastav u %

Rashladni fluid	Rashladni fluid komponenta A	Rashladni fluid komponenta B	Tačka ključanja u 0°C pri pritisku od 1 bar
R-500	73,8% R-12	26,2% R-22	-33,5
R-501	75% R-22	25% R-12	-41,5
R-502	51,2% R-115	48,8% R-22	-45,5
R-503	59,9% R-13	40,1% R-23	-87,9
R-504	48,2% R-32	51,8% R-115	-57,2
R-505	78% R-12	22% R-31	-29
R-506	55% R-31	45% R-114	-12,4
R-507A	50% R-125	50% R-143a	-46,5
R-508A	39% R-23	61% R-116	-85
R-508B	46% R-23	54% R-116	-88

Azeotropna mješavina u kojoj je jedna od komponenti CFC su zabranjene i eliminisane prema Montrealskom protokolu.

Prirodni rashladni fluidi

Amonijak, ugljen dioksid i razni ugljovodonici pripadaju grupi koja se naziva “prirodni rashladni fluidi”. Svi prirodni rashladni fluid postoje u materijalnim ciklusima prisutnim u prirodi čak i bez ljudske intervencije.

Imaju nulti ODP i nulti ili zanemarivi GWP. Evolucija i tehnološke inovacije pomogle su da se “prirodni rashladni fluidi” smatraju sigurnim i ekonomičnim rješenjem za primjenu u mnogim sektorima. Zbog njihovog minimalnog uticaja na životnu sredinu i pogodnije perspektive održivog tehnološkog razvoja, RACHP sistemi s prirodnim rashladnim fluidima počinju igrati važnu ulogu kao alternative postojećim rashladnim fluidima (uglavnom HFC-ima) u mnogim primjenama. Najčešće korišteni prirodni rashladni fluidi danas su R-290, R-600a, R-717 i R-744.

Ugljovodonici (HC)

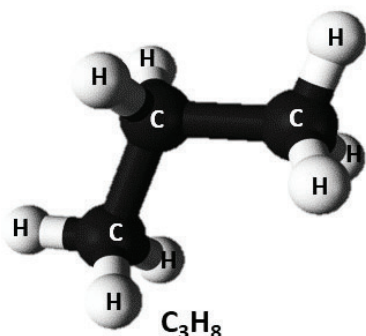
Ugljovodonici su prirodne supstance koje se sastoje od atoma vodika (H) i ugljenika (C) i imaju različite primjene u širokom rasponu industrijskih procesa. Najčešće korišteni rashladni fluidi su izobutan (C₄H₁₀ – R600a), propan (C₃H₈ – R290) i propilen (C₃H₆, – R1270) i njihove smješe.

Ugljovodonici su korišteni kao rashladni fluidi od kraja devetnaestog stoljeća do 1930-ih, a ponovo se koriste od početka 1990-ih. Pored industrijske primjene, HC se koriste u domaćim frižiderima i zamrzivačima, komercijalnim frižiderima i zamrzivačima, klima uređajima, rashladnim uređajima i toplotnim pumpama.

Ugljovodonici su hemijski stabilni i pokazuju dobru kompatibilnost s materijalima u RACHP sistemima, slično kao CFC i HCFC rashladni fluidi. Također imaju odlična termodinamička i transportna svojstva, što omogućava stvaranje vrlo efikasnih RACHP sistema. Njihov glavni nedostatak je klasifikacija bezbjednosti A3 odnosno lako su zapaljivi.

Nemaju uticaj na ozonski omotač i imaju zanemariv potencijal globalnog zagrijavanja (GWP), tako da nisu kontrolisane supstance prema protokolima iz Kyota ili Montreala. R-600a i R-290 su relativno jeftini, a dostupnost je neujednačena i varira od zemlje do zemlje.

Propan (HC-290)



Slika 11.10: Molekula rashladnog fluida HC-290

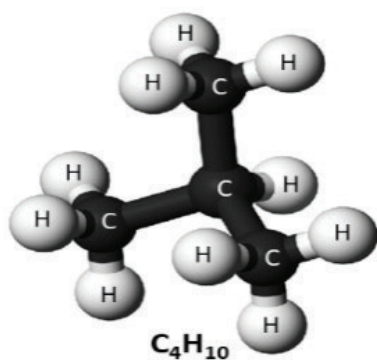
Propan kao prirodni rashladni fluid nije nepoznat i jedan je od rashladnih fluida koji polako ima sve širu primjenu. Oznaka propana je R-290. Propan je prirodna supstanca sa hemijskom formulom C₃H₈.

R-290 ima širok spektar primjene. To uključuje komercijalno hlađenje (rashladne vitrine), hladnjače i hlađenje u procesima prerade hrane, industrijsko hlađenje, transportno hlađenje, mali klima uređaji, veliki klima uređaji, rashladni uređaji i toplotne pumpe.

Opšte karakteristike propana su:

- ✓ Nema potencijala oštećenja ozonskog omotača ODP = 0.
- ✓ Ima nizak potencijal globalnog zagrijavanja GWP = 3.
- ✓ Niska cijena.
- ✓ Univerzalna dostupnost.
- ✓ Niske radne pritiske.
- ✓ Visok toplotni kapacitet pare.
- ✓ Hemijski je stabilan.
- ✓ Dobar prijenos toplote, manje količine punjenja.
- ✓ Dobra stabilnost, kompatibilnost materijal.
- ✓ Ima širok spektar primjene u RACHP sisteme.
- ✓ Visoka zapaljivost pri koncentraciji od 2% - 10% u vazduhu (bezbjednosna klasa A3).
- ✓ Dodatni troškovi za sigurnosne mjere.
- ✓ Zahtijeva posebnu obuku servisera.

Izobutan (HC-600a)



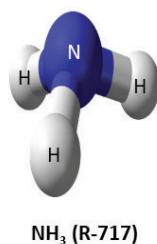
Slika 11.11: Molekula rashladnog fluida HC-600a

Izobutan, ili R-600a (hemijski spoj s molekularnom formulom C_4H_{10}), zamjena je za druge rashladne fluide u kućnim frižiderima i zamrzivačima. Rashladni fluid R-600a koristilo se u prošlosti do 1940-ih, kada su ga zamijenili hlorofluorougijici (CFC). Sada je ponovo stekao široku popularnost zbog ekoloških razmatranja. Za razliku od fluorovanih rashladnih fluida (CFC, HCFC, HFC), R-600a ima ODP nula i gotovo zanemariv GWP. Izobutan je posebno popularan u Evropi. Danas se kućni frižideri i zamrzivači proizvode sa rashladnim fluidom R-600a.

Opšte karakteristike izobutana su:

- ✓ Nema potencijala oštećenja ozonskog omotača ODP = 0.
- ✓ Ima nizak potencijal globalnog zagrijavanja GWP = 1.
- ✓ Niska cijena.
- ✓ Univerzalna dostupnost.
- ✓ Odlične termodinamičke osobine koje dovode do visoke energetske efikasnosti.
- ✓ Veoma nizak radni pritisak.
- ✓ Mali odnos visokog i niskog pritiska.
- ✓ Omogućava mala punjenja.
- ✓ Dobra stabilnost, kompatibilnost materijal.
- ✓ Niska toksičnost.
- ✓ Visoka zapaljivost pri koncentraciji od 1,5% - 8,5% u vazduhu (bezbjednosna klasa A3).
- ✓ Dodatni troškovi za sigurnosne mjere.
- ✓ Nizak zapreminski kapacitet hlađenja.
- ✓ Zahtijeva posebnu obuku servisera.

Amonijak (R-717)



Slika 11.12: Molekula rashladnog fluida amonijaka NH_3 (R-717)

Molekula amonijaka se sastoji od atoma azota (N) i vodonika (H) i ima široku primjenu u industriji. Kao rashladni fluid koristi se od kasnih 1800-ih, a trenutno se koristi za industrijsko hlađenje, hlađenje u skladištima i procesima prerade hrane, i u novije vreme i za komercijalno hlađenje i čilere. R-717 je hemijski stabilan, ali pod određenim uslovima učestvuje u reakcijama, na primer kada je u kontaktu sa ugljen-dioksidom, vodom ili bakrom.

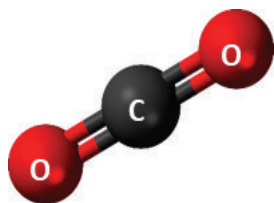
Nasuprot tome, kompatibilnost u sistemima od čelika uz pravilno odabrana ulja je dobra. Karakteristika pritisak-temperatura R-717 je u velikoj mjeri slična onoj za HCFC-22. Termodinamička i transportna svojstva su odlična, što omogućava izradu visoko efikasnih sistema.

Zbog veće toksičnosti i manje zapaljivosti, ima B2 bezbjednosnu klasifikaciju. Za razliku od fluorovanih gasova, nema uticaja na ozonski omotač niti na klimatske promjene, tako da nije obuhvaćen ni Kjoto ni Montrealskim protokolom. R-717 je veoma jeftin i dostupan kod specijalizovanih trgovaca.

Opšte karakteristike amonijaka su:

- ✓ Nema potencijala oštećenja ozonskog omotača ODP = 0.
- ✓ Nema potencijal globalnog zagrijavanja GWP = 0.
- ✓ Veoma niska cijena.
- ✓ Univerzalna dostupnost.
- ✓ Mala gustina pare u poređenju sa vazduhom.
- ✓ Visoka efikasnost rashladnog ciklusa.
- ✓ Veliki kapacitet prenosa toplote.
- ✓ Visoke zapreminske performanse.
- ✓ Jak miris koji služi kao efikasan alarm za propuštanje.
- ✓ Male veličine cijevi sistema.
- ✓ Dobro poznati rashladni fluid u industriji.
- ✓ Toksičnost preko 25 ppm koncentracije.
- ✓ Zapaljivost pri koncentraciji od 16% - 25% u vazduhu.
- ✓ Mala mogućnost miješanja sa kompresorskim uljem.
- ✓ Visok potisni pritisak.
- ✓ Potreba za evaporativnim ili vodom hlađenim kondenzatorima.
- ✓ Zahtijeva posebnu obuku za hitne slučajeve.
- ✓ Zahtijeva posebnu obuku servisera.

Ugljen dioksid (R-744)



CO₂ (R-744)

Slika 11.13: Molekula rashladnog fluida CO₂

Ugljen-dioksid se sastoji od atoma ugljenika i kiseonika. Kao rashladni fluid se koristio od sredine 1800-ih do pojave CFC-a i HCFC-a. Ponovo je počeo da se koristi od kasnih 1990-ih i njegova upotreba se trenutno povećava, između ostalog, u industrijskom hlađenju, hladnjačama, komercijalnom hlađenju i toplotnim pumpama.

R-744 je hemijski stabilan, pa ne reaguje u većini uslova i kompatibilan je sa većinom materijala. Karakteristika pritisak-temperatura za R-744 se razlikuje od većine konvencionalnih rashladnih fluida po tome što radi na pritiscima, na primer, oko sedam puta većim od R22, što zahtijeva da se sistem dizajnira sa posebnom

pažnjom. Pored toga, ima nisku kritičnu temperaturu, tako da je potreban poseban dizajn sistema kada temperature okoline prelaze +25°C.

Inače, termodinamička i transportna svojstva su odlična, i omogućavaju izradu visoko efikasnih sistema u hladnijim klimama. Zbog svoje manje toksičnosti i nezapaljivosti, ima A1 bezbjednosnu klasifikaciju. Za razliku od fluorovanih gasova, nema uticaj na ozonski omotač tako da nije pod kontrolom Montrealskog protokola. Obuhvaćen je Kjoto protokolom, jer ima GWP=1 ali njegova upotreba zbog toga nije ograničena. R-744 je veoma jeftin i široko dostupan kod specijalizovanih prodavaca.

Opšte karakteristike izobutana su:

- ✓ Nema potencijala oštećenja ozonskog omotača ODP = 0.
- ✓ Ima nizak potencijal globalnog zagrijavanja GWP = 1.
- ✓ Veoma niska cijena.
- ✓ Univerzalna dostupnost.
- ✓ Netoksičan.
- ✓ Nezapaljiv.
- ✓ Relativno visoki nivoi kontinuirane izloženosti od 5.000 ppm.
- ✓ Visoke zapreminske performanse.
- ✓ Mala zapremina kompresora.
- ✓ Male veličine cjevovoda sistema.
- ✓ Dobar potencijal za povrat toplote.
- ✓ Dobar potencijal za energetska efikasnost.
- ✓ Veoma visoki projektovani pritisci sa potencijalnim bezbjednosnim implikacijama.
- ✓ Niska kritična tačka (+31°C).
- ✓ Relativno visoka trojna tačka (-56,6°C) / 5,2 bara.
- ✓ Veći kapitalni troškovi.
- ✓ Posebne mjere predostrožnosti, oprema ili procedure za duge periode gašenja postrojenja.
- ✓ Velika gustina pare u poređenju sa vazduhom.
- ✓ Malo praktičnog iskustva u servisnom sektoru.

11.2 Upoznavanje sa relevantnim alternativnim tehnologijama koja ili nikako ili u manjoj količini koriste supstance koje oštećuju ozonski omotač i/ili fluorovane gasova sa efektom staklene bašte i kako se njima bezbjedno rukuje

Implementacija Montrealskog Protokola podrazumijeva eliminaciju (izbacivanje iz upotrebe) rashladnih fluida koji imaju potencijal oštećenja ozonskog omotača, grupa supstanci CFC i HCFC, kao i smanjenje potrošnje fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte iz grupe HFC rashladnih fluida koji su prije četrdesetak godina bili predstavljani kao alternative za ODS.

RACHP uređaji koji se koriste u različitim aplikacijama mogu se podijeliti na sljedeći način:

- ▶ Rashladni uređaji;
- ▶ Stacionarni uređaji za klimatizaciju i toplotne pumpe; i
- ▶ Klimatizacija u automobilima;

Rashladni uređaji

Rashladni sektor ili rashladni uređaji se dalje mogu podijeliti na:

- ✓ Aparati za domaćinstvo;
- ✓ Komercijalna rashlada;
- ✓ Industrijska rashlada; i
- ✓ Transportno hlađenje.

Aparati za domaćinstvo

Ova vrsta uređaja uključuje rashladne uređaje koje se koriste u domaćinstvu za skladištenje i/ili zamrzavanje hrane i pića.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazani su u tabeli ispod.

Tabela 11.4: Aparati za domaćinstvo

Vrsta opreme	Frižideri i zamrzivači
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HFC-134a
Tipično punjenje	0,1 do 0,3 kg
Tipični rashladni kapacitet	0,1 do 0,5 kW
Instalacija	Fabrički proizvedeni uređaji
Tipična lokacija opreme prema standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa A (prostor opšte zauzetosti – neograničen pristup)
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici pri deinstalaciji – trajno odlaganje opreme
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	< 2%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbjednosna klasifikacija	Komentar
HC-600a	1	A3	Široka primjena u ovim vrstama uređaja. Široka dostupnost komponenata. Ima dobre termodinamičke karakteristike i bolju energetske efikasnost u poređenju sa opremom koja koristi HFC-134a.
	Kvalifikacije servisera		Potrebna je obuka servisera za rukovanje sa zapaljivim rashladnim fluidima
	Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida		

Komercijalna rashlada

Ova vrsta uređaja uključuje komercijalne rashladne sisteme i uređaje koji se koriste za skladištenje i izlaganje proizvoda u maloprodaji hrane i pića (supermarketi, prodavnice mješovite robe, prodavnice itd.) i u ugostiteljstvu (restorani, hoteli itd.). Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazani su u tabeli ispod.

Tabela 11.5: Komercijalna rashlada

Vrsta opreme	Rashladne vitrine	Kondenzatorske jedinice	Centralizovani sistemi (centrale)
Tipično punjenje	0,1 do 0,5 kg	1 do 10 kg	20 do 200 kg
Tipični rashladni kapacitet	0,1 do 1 kW	2 do 20 kW	40 do 200 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HCFC-22; HFC-134a; R-404A		
Instalacija	Fabrički proizvedeni uređaji	Povezivanje komponenti sistema na licu mjesta. Instalacija na mjestu ugradnje	
Tipična lokacija opreme prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa A (prostor opšte zauzetosti – neograničen pristup)		
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici pri deinstalaciji – trajno odlaganje opreme	Gubici tokom rada uređaja	Gubici tokom rada uređaja
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	< 2%	5 do 20%	10 do 30%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbjednosna klasifikacija	Komentar
HC-600a	1	A3	Primjena u rashladnim vitrinama. Dobre termodinamičke karakteristike HC-290 može se koristiti za kondenzatorske jedinice sa manjim količinama rashladnog fluida. Obavezno provjeriti bezbjednosne standarde i regulativu. Potrebna je obuka servisera za rukovanje za zapaljivim rashladnim fluidima
HC-290	3	A3	
HC-1270	2	A3	
Kvalifikacije servisera			
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-744	1	A1	Rashladne vitrine – primjena u uređajima za hlađenje pića. Polako se primjenjuje sve više u ovim uređajima. Trenutno visoka cijena opreme. Kondenzatorske jedinice – počinje se sve više koristiti posljednjih godina. Centralizovani sistemi (centrale) – široka primjena u transkritičnim i podkritičnim sistemima u EU zemljama. Primjena u kaskadnim instalacijama Potrebna je posebna obuka servisera
Kvalifikacije servisera			
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-717	0	B2L	Centralizovani sistemi (centrale)) – upotreba kod indirektnih sistema, obratiti pažnju na energetska efikasnost sistema Potrebna je posebna obuka servisera
Kvalifikacije servisera			
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-450A	601	A1	Mogu se koristiti u svim vrstama sistema u ovom podsektoru. R-450A i R-513A se mogu koristiti samo u MT sistemima (MT - sistemi srednje temperature od 0 do 8 0C), dok se R-452B, R-454A, R-454B, R-454C, R-455A i R-457A mogu koristiti u MT i LT sistemima (LT – sistemi niske temperature od -18 do -25 0C)
R-452B	698	A2L	
R-454A	237	A2L	
R-454B	465	A2L	
R-454C	146	A2L	
R-455A	146	A2L	
R-457A	137	A2L	
R-513A	630	A1	
Kvalifikacije servisera			F-gas certifikat
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Industrijska rashlada

Ova vrsta uređaja uključuje industrijske rashladne sisteme i uređaje koji se koriste u proizvodnoj i procesnoj industriji. Većina industrijskog hlađenja se koristi u (a) preradi i skladištenju hrane i pića i (b) proizvodnji petrohemikalija, hemikalija i farmaceutskih proizvoda. Brojni drugi industrijski pogoni koriste hlađenje, kao što je proizvodnja plastičnih proizvoda i poluprovodnika. Industrijska rashladna oprema se također koristi u raznim drugim primjenama kao što su velike hladnjače, klizališta i zatvoreni skijaški objekti, itd. Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.6: Industrijska rashlada

Vrsta opreme	Sistemi male i srednje veličine	Veliki distributivni sistemi	Veliki sekundarni rashladni sistemi
Tipično punjenje	10 do 100 kg	250 do 5000 kg	100 do 2.000 kg
Tipični rashladni kapacitet	20 do 100 kW	100 do 5.000 kW	200 do 5.000 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HCFC-22; HFC-134a; R-404A; R-507A		
Instalacija	Povezivanje komponenti sistema na licu mjesta. Instalacija na mjestu ugradnje	Fabrički proizvedeni uređaji, potrebna instalacija na mjestu ugradnje	
Tipična lokacija opreme prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa C (dozvoljen pristup zaposlenih lica upoznatih sa bezbjednosnim procedurama)		
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici tokom rada uređaja	Gubici tokom rada uređaja	Gubici tokom rada uređaja
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	5% do 10%	5 do 15%	2 do 5%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbjednosna klasifikacija	Komentar
HC-290 HC-1270	3	A3	Primjena u velikim distributivnim sistemima i velikim sekundarnim rashladnim sistemima. Obavezno provjeriti bezbjednosne standarde i regulativu.
	2	A3	
	Kvalifikacije servisera		Potrebna je obuka servisera za rukovanje za zapaljivim rashladnim fluidima
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-744	1	A1	Sistemi male i srednje veličine - primjena ovog rashladnog fluida u industrijskim instalacijama u zadnjih 10 godina je u porastu. Primjena u kaskadnim instalacijama gdje je R-744 u donjoj kaskadi a R-717 u gornjoj kaskadi.
	Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera
	Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida		
R-717	0	B2L	Veliki distributivni sistemi i veliki sekundarni rashladni sistemi – upotreba R-717 u hlađenju u industriji nikada nije ni prestala. Prednost današnjih sistema je mala količina punjenja u poređenju sa starim amonijačnim instalacijama.
	Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera
	Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida		
R-450A	601	A1	Mogu se koristiti u svim vrstama sistema u ovom podsektoru naročito kod sistema male i srednje veličine. R-450A i R-513A se mogu koristiti samo u MT sistemima (MT - sistemi srednje temperature od 0 do 8 0C), dok se R-452B, R-454A, R-454B, R-454C, R-455A i R-457A mogu koristiti u MT i LT sistemima (LT – sistemi niske temperature od -15 do -20 0C)
R-452B	698	A2L	
R-454A	237	A2L	
R-454B	465	A2L	
R-454C	146	A2L	
R-455A	146	A2L	
R-457A	137	A2L	
R-513A	630	A1	
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Transportno hlađenje

Ova vrsta uređaja uključuje rashladne sisteme i uređaje koji se koriste u različitim vrstama transporta. Većina transportnih rashladnih sistema koristi se za prevoz smrznutih ili rashlađenih prehrambenih proizvoda i pića.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.7: Transportno hlađenje

Vrsta opreme	Drumski saobraćaj (dostavna vozila, kamioni i prikolice)	Kontejneri i brod
Tipično punjenje	1 do 8 kg	20 do 1.000 kg
Tipični rashladni kapacitet	3 do 10 kW	40 do 2.000 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HFC-134a; R-404A	
Instalacija	Fabrički proizvedeni uređaji, potrebna instalacija na mjestu ugradnje	
Tipična lokacija opreme prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Ne može se dati klasifikacija prostora prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici tokom rada uređaja	
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	8% do 20%	5 do 30%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbjednosna klasifikacija	Komentar
HC-290	3	A3	Još uvijek u fazi razvoja. Moguća upotreba kod dostavnih vozila malih rashladnih kapaciteta i količine punjenja.
			Potrebna je obuka servisera za rukovanje sa zapaljivim rashladnim fluidima
			Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida
R-744	1	A1	Još uvijek u fazi razvoja. Moguća primjena kod većih vozila u drumskom transportu a naročito kod brodova.
			Potrebna je posebna obuka servisera
			Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida
R-452B	698	A2L	-452A ima široku primjenu već nekoliko godina u drumskom saobraćaju. Ipak očekuje se da će se R-452A polako izbaciti iz upotrebe prije svega zbog visokog GWP-a. Očekivanja su da se ipak postavi ograničenja GWP-a i u ovom podsektoru pa se sve više razmišlja o korištenju alternativa sa GWP-om manjim od 150.
R-454A	237	A2L	
R-454C	146	A2L	
R-455A	146	A2L	
HFO-1234yf	4	A2L	
Kvalifikacije servisera			F-gas certifikat
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Stacionarni uređaji za klimatizaciju i toplotne pumpe

Stacionarni uređaji za klimatizaciju i toplotne pumpe se dalje mogu podijeliti na:

- ✓ Mali samostalni klima uređaji;
- ✓ Mali split klima uređaji;
- ✓ Veliki split klimatizacioni uređaji i ostale vrste sistema vazduh-vazduh;
- ✓ Čileri; i
- ✓ Toplotne pumpe i sistemi samo za grijanje.

Mali samostalni klima uređaji

Ova vrsta uređaja uključuje male hermetički zatvorene klima uređaje koji se koriste za hlađenje malih prostorija u stambenim i poslovnim zgradama.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.8: Mali samostalni klima uređaji

Vrsta opreme	Mali samostalni klima uređaji
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HCFC-22; R-407C; R-410A
Tipično punjenje	0,2 do 2 kg
Tipični rashladni kapacitet	2 do 7 kW
Instalacija	Fabrički proizvedeni uređaji, nema dopunske instalacije na mjestu ugradnje
Tipična lokacija opreme prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa A (prostor opšte zauzetosti – neograničen pristup)
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici pri deinstalaciji – trajno odlaganje opreme
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	< 2%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbednosna klasifikacija	Komentar
HC-290	3	A3	Ugljovodonici (HC) se puno koriste u ovom podsektoru i podsektorskim sistemima naročito kad je količina punjenja manja od 0,5 kg. Obavezno provjeriti bezbednosne standarde i regulativu.
	Kvalifikacije serviseri		Potrebna je obuka serviseri za rukovanje sa zapaljivim rashladnim fluidima
	Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida		
R-32	675	A2L	R-32, R-446A i R-447A su neke od alternativa za R-410A. Ipak može se očekivati ograničenje upotrebe prije svega zbog GWP-a koji je veći od 150.
R-446A	459	A2L	
R-447A	582	A2L	
R-454C	146	A2L	
R-455A	146	A2L	
Kvalifikacije serviseri		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Mali split klima uređaji

Ova vrsta uređaja uključuje male split klima uređaje koji se koriste za hlađenje pojedinačnih prostorija u stambenim i poslovnim zgradama. Ovo je veliki sektor u smislu potrošnje rashladnog fluida i nastavlja biti rastuće tržište. Mali split uređaji drže dominantan udio klima uređaja snage hlađenja ispod 12 kW.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.9: Mali split klima uređaji

Vrsta opreme	Mali split klima uređaji
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HCFC-22; HFC-32; R-407C; R-410A
Tipično punjenje	0,5 do 3 kg
Tipični rashladni kapacitet	2 do 12 kW
Instalacija	Fabrički proizvedeni uređaji, potrebna instalacija na mjestu ugradnje
Tipična lokacija opreme prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa A (prostor opšte zauzetosti – neograničen pristup)
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici pri deinstalaciji – trajno odlaganje opreme
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	1% do 5%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbjednosna klasifikacija	Komentar
HC-290 HC-1270	3 2	A3 A3	Smatraju se potencijalnom alternativom u ovom sektoru i podsektorskom sistemu. Iako se mogu naći na tržištu (prije svega u jedinicama koje imaju opciju samo hlađenja), još uvijek je njihova primjena ograničena iz bezbjednosnih razloga. Moguća primjena kod mono-split uređaja manjih kapaciteta i manje količine punjenja. Obavezno provjeriti bezbjednosne standarde i regulativu.
	Kvalifikacije servisera		Potrebna je obuka servisera za rukovanje sa zapaljivim rashladnim fluidima
	Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida		
R-32 R-446A R-447A R-454A R-454B R-454C R-455A R-459A	675 459 582 237 465 146 146 459	A2L A2L A2L A2L A2L A2L A2L A2L	R-32 je najšire korišteni rashladni fluid u ovim uređajima u zadnjim godinama. Koristi se i kao prelazno rešenje, jer ima karakteristike slične rashladnom fluidu R-410A. Razvijaju se nove mješavine koje su svojim termodinamičkim karakteristikama i radnim pritiscima bliže postojećim rashladnim fluidima i mogu poslužiti kao zamjene prije svega za rashladne fluide HCFC-22, R-407C i R-410A koji imaju visok GWP. Ipak može se očekivati ograničenje upotrebe prije svega zbog GWP-a koji je kod nekih od ovih rashladnih fluida veći od 150.
	Kvalifikacije servisera		F-gas sertifikat
	Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150		

Veliki split klimatizacioni uređaji i ostale vrste sistema vazduh-vazduh

Ova vrsta uređaja obuhvata različite tipove sistema za klimatizaciju zgrada koji koriste isparivač sa direktnom ekspanzijom (DX) za hlađenje vazduha koji se dovodi u prostoriju ili u cijelu zgradu.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.10: Veliki split klimatizacioni uređaji i ostale vrste sistema vazduh-vazduh

Vrsta opreme	Veliki mono-split i multi-split klimatizeri	VRF sistemi	Kanalski i kompaktni sistemi
Tipično punjenje	3 do 10 kg	5 do 100 kg	5 do 100 kg
Tipični rashladni kapacitet	10 do 40 kW	12 do 150 kW	12 do 200 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	R-407C; R-410A		
Instalacija	Fabrički proizvedene spoljašnje i unutrašnje jedinice, potrebna instalacija na mjestu ugradnje	Fabrički proizvedeni uređaji, ili sklopljeni na mjestu ugradnje	
Tipična lokacija opreme prema bosanskohercegovačkom standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa A (prostor opšte zauzetosti – neograničen pristup)		
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici tokom rada uređaja i trajno odlaganje opreme		
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	1% do 4%	1 do 5%	2 do 6%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbednosna klasifikacija	Komentar
HFC-32	675	A2L	Razmatra se kao moguća alternativa. Obavezno provjeriti bezbednosne standarde i regulativu.
	Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat
	Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150		
R-744	1	A1	Moguća alternativa u kanalskim i kompaktnim sistemima. Nažalost ograničenje primjene samo na mjestima koje imaju niže ambijente temperature, jer je energetska efikasnost značajnije manja od ostalih alternativa.
	Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera
	Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida		
R-450A	601	A1	R-450A i R-513A razmatraju se kao rešenja, jer spadaju u klasu A1, a imaju značajnije niži GWP u poređenju sa rashladnim fluidom R-410A koji je najčešće korišteni rashladni fluid u ovim sistemima. Ipak postoji mogućnost ograničenja GWP na manje od 150. Ostali rashladni fluidi koji imaju GWP manje od 150 spadaju u bezbednosnu klasifikaciji A2L i imaju isto ograničenje kao i HFC-32.
R-451A	146	A2L	
R-451B	160	A2L	
R-454C	146	A2L	
R-455A	146	A2L	
R-457A	137	A2L	
R-513A	630	A1	
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Čileri

Ova vrsta uređaja uključuje čilere koji se koriste za klimatizaciju zgrada i neke industrijske primjene hlađenja. Mnoge velike zgrade kojima je potrebna klimatizacija hlade se pomoću čilera koji hlade vodu ili glikol koji se koristi kao posredni rashladni fluid u centralnim sistemima.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.11: Čileri

Vrsta opreme	Čileri manje i srednje veličine	Veliki čiler
Tipično punjenje	40 do 500 kg	500 do 1.300 kg
Tipični rashladni kapacitet	50 do 750 kW	750 do 2.000 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HFC-134a; R-407C; R-410A	
Instalacija	Fabrički proizvedeni - najčešće isporučeni napunjeni. Nije potrebna dopunska instalacija na mjestu ugradnje	
Tipična lokacija opreme prema BH standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Mašinske sale ili instalacije na otvorenom prostoru – nezauzeti prostori	
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici tokom rada uređaja	
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	2% do 4%	2 do 4%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbednosna klasifikacija	Komentar
HC-290 HC-1270	3 2	A3 A3	Dostupni na tržištu naročito kod čilera manje i srednje veličine. Pošto njihova instalacija spada u klasu nezauzetog prostora potrebno je samo dobro provjetravanje prostora ukoliko su u zatvorenom prostoru ili ograničenja potencijalnih izvora toplote kod otvorenih prostora. Imaju dobru energetska efikasnost.
Kvalifikacije servisera		Potrebna je obuka servisera za rukovanje sa zapaljivim rashladnim fluidima	
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-717	0	B2L	Amonijakni čileri novije generacije su jedno od veoma dobrih rešenja za čilere srednje veličine, a možda i jedno od najboljih rešenja za velike čilere. Količina punjenja je jako mala, postižu se veliki rashladni kapaciteti. Dostupni su sa klipnim i vijčanim kompresorima i energetska efikasnost uređaja je visoka posebno kod vodom hlađenih kondenzatora. Dolaze kompaktni fabrički urađeni i potrebno je povezivanje samo vodene strane.
Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera	
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-744	1	A1	Moguća primjena kod čilera manje i srednje veličine i kod velikih čilera. Ipak njihova efikasnost je visoka kod vodom hlađenih kondenzatora. Pogodni za pripremu sanitarne tople vode ako je pored hlađenja potrebna i sanitarna topla voda.
Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera	
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
HFO-1234ze(E) HFO-1336mzz(E)	2 16	A2L A1	HFO-1234ze(E) već dostupan na tržištu naročito kod čilera manje i srednje veličine. HFO-1336mzz(E) je novi rashladni fluid koji se može koristiti kod velikih centrifugalnih čilera.
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Mogućnost da bude kratkoročno prelazno rešenje. Iako ima niski GWP i moglo bi se smatrati kao dugoročno rešenje zajedno sa prirodnim rashladnim fluidima, ipak postoje istraživanja koji ukazuju na potencijalno negativni uticaj na životnu sredinu.			
HFC-32	675	A2L	Koristi se kao alternativa u čilerima manje i srednje veličine.
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			
R-450A R-451A R-454C R-455A R-457A R-513A	601 146 146 146 137 630	A1 A2L A2L A2L A2L A1	R-450A i R-513A razmatraju se kao rešenja, jer spadaju u klasi A1 a imaju značajnije niži GWP u poređenju sa rashladnim fluidom R-410A koji se često koristi kod čilera manjih i srednjih veličina. Ipak postoji mogućnost ograničenja GWP na manje od 150.
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Toplotne pumpe i sistemi samo za grijanje

Ova vrsta uređaja uključuje toplotne pumpe koje se koriste za različite primjene grijanja.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.12: Toplotne pumpe i sistemi samo za grijanje

Vrsta opreme	Grijanje prostora: kućno / komercijalni sistemi	Grijanje vode: kućno / komercijalni sistemi	Toplotne pumpe (hlađenje, grijanje i grijanje vode): kućno / komercijalni sistemi	Sistemi za grijanje velikih prostora
Tipično punjenje	3 do 6 kg	1 do 2 kg	3 do 6 kg	250 do 7.000 kg
Tipični rashladni kapacitet	4 do 20 kW	1 do 5 kW	4 do 20 kW	500 do 5.000 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HFC-134a; R-410A			
Instalacija	Fabrički proizvedeni najčešće isporučeni napunjeni. Instalacija potrebna na mjestu ugradnje u slučaju da se radi o split izvedbi, u ostalim slučajevima nije potrebna dopunska instalacija na mjestu ugradnje.			
Tipična lokacija opreme prema BH standardu BAS EN 378-1+A1:2022	Klasa A (prostor opšte zauzetosti – neograničen pristup)			
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici tokom rada uređaja i trajno odlaganje opreme		Gubici tokom rada uređaja	
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	< 2%		2 do 5%	

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbednosna klasifikacija	Komentar
HC-290	3	A3	Dostupni uređaji na tržištu. Imaju dobru energetska efikasnost. Obratiti pažnju na mjesto ugradnje i obavezno provjeriti bezbjednosne standarde i regulativu.
HC-1270	2	A3	
Kvalifikacije servisera		Potrebna je obuka servisera za rukovanje sa zapaljivim rashladnim fluidima	
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-717	0	B2L	Koristi se u sistemima za grijanje velikih prostora i za centralne sisteme za grijanje u nekim EU gradovima. Nije pogodan za ostale sisteme.
Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera	
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
R-744	1	A1	R-744 je pogodan za zagrijavanje vode zbog velikog temperaturnog opsega vode koja se zagrijava (npr. od 10 oC do 70 oC, zagrijava u jednom ciklusu). U Japanu je u funkciji nekoliko miliona toplotnih pumpi, ali su obezbjeđene subvencije. R-744 toplotne pumpe nisu uobičajene van Japana.
Kvalifikacije servisera		Potrebna je posebna obuka servisera	
Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida			
HFO-1234ze(E)	2	A2L	HFO-1234ze(E) već dostupan na tržištu naročito kod sistema za grijanje velikih prostora. HFO-1336mzz(E) nije široko dostupan ali predstavlja se kao alternativa kod sistema za grijanje velikih prostora.
HFO-1336mzz(E)	16	A1	
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Mogućnost da bude kratkoročno prelazno rešenje. Iako ima niski GWP i moglo bi se smatrati kao dugoročno rešenje zajedno sa prirodnim rashladnim fluidima, ipak postoje istraživanja koji ukazuju na potencijalno negativni uticaj na životnu sredinu.			
HFC-32	675	A2L	Koristi se kao alternativa za sisteme koji koriste R-410A. Široka dostupnost.
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			
R-450A	601	A1	R-450A i R-513A razmatraju se kao rešenja, jer spadaju u klasu A1 a imaju značajnije niži GWP u poređenju sa rashladnim fluidom R-410A koji se najčešće koristi kod toplotnih pumpi u kućno/ komercijalnim sistemima i sistema za grijanje vode. Ipak postoji mogućnost ograničenja GWP na manje od 150.
R-451A	146	A2L	
R-454C	146	A2L	
R-455A	146	A2L	
R-457A	137	A2L	
R-513A	630	A1	
Kvalifikacije servisera		F-gas certifikat	
Kratkoročno prelazno rešenje, očekivana zabrana opreme koja koristi rashladne fluide sa GWP-om većim od 150			

Klimatizacija u automobilima

Ova vrsta uređaja uključuje klima uređaje u vozilima.

Rashladni fluidi koji se trenutno koriste kod ove vrste uređaja kao i njihove alternative prikazane su u tabeli ispod.

Tabela 11.13: Klima uređaje u vozilima

Vrsta opreme	Automobili (laka vozila)	Veća vozila (autobusi, vagoni, itd.)
Tipično punjenje	0,4 do 0,8 kg	2 do 20 kg
Tipični rashladni kapacitet	3 do 5 kW	10 do 30 kW
Rashladni fluid koji se koristi u ovim sistemima	HFC-134a	
Instalacija	Fabrički proizvedeni. U rijetkim se slučajevima radi instalacija sistema za klimatizaciju u vozilima ili na vozilu koje nema fabrički ugrađen sistem	
Glavna emisija rashladnih fluida	Gubici tokom rada uređaja	
Tipično godišnje propuštanje kod ove vrste uređaja	5% do 15%	5 do 15%

Alternativni rashladni fluid	GWP	Bezbjednosna klasifikacija	Komentar
HFO-1234yf	4	A2L	Svi modeli razvijeni i proizvedeni nakon 1. januara 2017. koriste HFO-1234yf. Razmatra se njegova primjena i u većim vozilima naročito kod autobusa.
			Kvalifikacije servisera: F-gas certifikat. Najčešće je posebna kategorija za MAC sektor.
			Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida Iako ima niski GWP i moglo bi se smatrati kao dugoročno rešenje zajedno sa prirodnim rashladnim fluidima, ipak postoje istraživanja koji ukazuju na potencijalno negativni uticaj na životnu sredinu
R-744	1	A1	Neki proizvođači automobila, kao što je Mercedes razvijaju sisteme ili koriste u nekim modelima R-744 kao rashladni fluid za klima uređaje u automobilima.
			Kvalifikacije servisera: Potrebna je posebna obuka servisera
			Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida
HFC-152a	124	A2	Razmatra se moguća upotreba za laka vozila
			Kvalifikacije servisera: F-gas certifikat. Najčešće je posebna kategorija za MAC sektor.
			Mogućnost da bude kratkoročno prelazno rešenje.
HC-290	3	A3	Razmatra se moguća upotreba za laka vozila a i za veća vozila
			Kvalifikacije servisera: Potrebna je obuka servisera za rukovanje za zapaljivim rashladnim fluidima
			Dugoročna alternativa HFC rashladnih fluida

11.3 Informacije o relevantnim bjezbjednosnim standardima za rad sa prirodnim i zapaljivim rashladnim fluidima

Cilj Montrealskog protokola (MP) o supstancama koje oštećuju ozonski omotač je zaštita ozonskog omotača postepenim ukidanjem proizvodnje i potrošnje gotovo 100 industrijskih hemikalija poznatih kao supstance koje oštećuju ozonski omotač (ODS), koje uključuju hlorofluorouglenike (CFC), hidrohlorofluorouglik (HCFC), halone, metilbromid, ugljik tetrahlorid i metil hloroform.

Prema ovom ugovoru, zemlje u razvoju i razvijene zemlje imaju jednake, ali različite odgovornosti, ali najvažnije je da obje grupe zemalja imaju obavezujuće, vremenski ograničene i mjerljive obaveze. Do danas, stranke Protokola su postepeno ukinule 98% potrošnje ODS-a.

Rashladni fluidi koja su se obično koristila u RACHP sistemima, kao što su CFC i HCFC, imala su fizičke i hemijske karakteristike koje su ih činile posebno pogodnim za ove primjene. Jedna od posebnih prednosti, pored fizičkih karakteristika koje su ih činile efikasnim rashladnim fluidima, bila je ta što su ove hemikalije uglavnom nezapaljive, netoksične i relativno nereaktivne. Stoga, RACHP oprema i sistemi koji su dizajnirani za korištenje CFC-a i HCFC-a nisu stavljali veliki naglasak na sigurnosna pitanja zbog relativno benigne prirode rashladnih fluida. Sa završetkom postepenog ukidanja CFC-a i tekućim postepenim ukidanjem proizvodnje i potrošnje HCFC-a prema Montrealskom protokolu, postoji širok raspon alternativa s nultim ODP-om koje se mogu usvojiti.

Neke od ovih alternativa, poput hidrofluorouglijika (HFC), imaju nulti ODP, većina njih je slična po svojstvima hemikalijama koje zamjenjuju, ali mnoge od njih imaju visok potencijal globalnog zagrijavanja (GWP). Druge, poput ugljikovodika (HC), amonijaka i CO₂, imaju karakteristike koje se znatno razlikuju. HFC-i su i dalje najčešće korištena zamjena za HCFC-e.

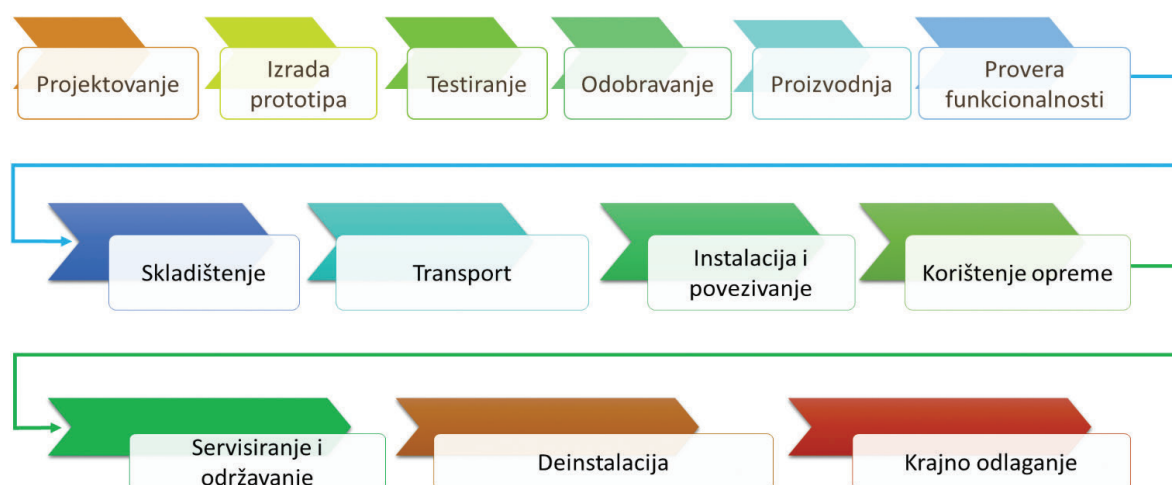
Da bi se ispunile obaveze iz Kigali amandmana prema Montrealskom protokolu, zemlje moraju usvojiti rashladne fluide s nižim GWP-om. Međutim, ove alternative pokazuju niz specifičnih svojstava koja mogu spriječiti njihovo bezuvjetno usvajanje: zapaljivost, toksičnost i visoki radni pritisci mogu ograničiti njihovu primjenjivost i zahtijevati posebne prakse ili pristupe za sigurno rukovanje.

Budući da ove karakteristike predstavljaju odstupanje od uobičajenih praksi, propisi i standardi mogu pomoći u olakšavanju primjene ovih alternativnih rashladnih fluida za servisne tehničare i preduzeća koja nisu nužno upoznata s načinom i procedurama rada u skladu sa propisima standardima.

Vijek trajanja RACHP opreme i sistema sastoji se od mnogo faza, od njihovog nastanka do konačnog rastavljanja.

Kako bi se osiguralo da RACHP oprema i sistemi postignu potreban nivo prihvatanja proizvoda, uključujući i sigurnost, proizvođači provode odvojene procjene rizika kako bi se pozabavili svim predvidljivim opasnostima, kao što su one koje proizlaze iz zatvorenog prostora, električne energije, požara, zapaljivosti, visokog pritiska, visokih i niskih temperatura, pokretnih dijelova, buke, toksičnosti, vibracija, opasnosti tokom instalacije, rad, servisiranje i održavanje kao i deinstalacija i trajno odlaganje posmatra se čitav životni vijek RACHP sistema.

Slika ispod prikazuje faze kroz koji prolazi RACHP sistem i oprema u svom životnom vijeku.



Slika 11.14: Faze životnog vijeka RACHP uređaja

Kada govorimo o bezbjednosnim standardima, postoje dvije glavne vrste standarda koji se primjenjuju na RACHP uređaje i sisteme:

- ▶ **Grupni standardi** (također se nazivaju generički ili horizontalni standardi): Oni sadrže pravila koja se mogu primijeniti na većinu RACHP uređaja.
- ▶ **Standardi za proizvode** (ili vertikalni standardi): Oni pokrivaju samo specifične tipove opreme unutar RACHP sektora ili podsektora, na primjer kućni frižideri ili split klima uređaji.

Tabela ispod predstavlja sažetak glavnih međunarodnih i bosanskohercegovačkih standarda, kao i njihovu primjenjivost.

Tabela 11.14: Pregled najvažnijih međunarodnih i bosanskohercegovačkih bezbjednosnih standarda

Sektor	Grupni standardi bezbjednosti EN 378 (ISO 5149)				Standardi bezbjednosti proizvoda					
	BAS EN 378-1+A1:2022 ²⁹	BAS EN 378-2:2017 ³⁰	BAS EN 378-3+A1:2022 ³¹	BAS EN 378-4+A1:2020 ³²	IEC 60335-2-11	BAS EN IEC 60335-2-24:2024 ³³	BAS EN IEC 60335-2-40:2025 ³⁴	BAS EN IEC 60335-2-89:2023 ³⁵	BAS ISO 13043:2012 ³⁶	BAS ISO 20854:2023 ³⁷
Kućni rashladni uređaji	✓	✓	✓	✓		✓				
Komercijalno hlađenje	✓	✓	✓	✓				✓		
Industrijski sistemi	✓	✓	✓	✓						
Transportno hlađenje	✓	✓	✓	✓						
Klima uređaji i vazduh-vazduh toplotne pumpe	✓	✓	✓	✓			✓			
Toplotne pumpe za grijanje vode	✓	✓	✓	✓			✓			
Sušilice za veš sa toplotnim pumpama	✓	✓	✓	✓	✓					
Čileri	✓	✓	✓	✓			✓			
Klima uređaji u automobilima				✓					✓	
Rashladni kontejneri	✓	✓	✓	✓						✓

29 BAS EN 378-1+A1:2022 – Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbjednosni i ekološki zahtjevi – Dio 1: Osnovni zahtjevi, definicije, klasifikacija i kriteriji odabira

30 BAS EN 378-2:2017 – Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbjednosni i ekološki zahtjevi – Dio 2: Projektovanje, konstrukcija, ispitivanje, obilježavanje i dokumentacija

31 BAS EN 378-3+A1:2022 – Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbjednosni i ekološki zahtjevi – Dio 3: Mjesto ugradnje i lična zaštita

32 BAS EN 378-4+A1:2020 – Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbjednosni i ekološki zahtjevi – Dio 4: Rukovanje, održavanje, servisiranje i rekuperacija

33 BAS EN IEC 60335-2-24:2024 – Kućanski i slični električni uređaji - Sigurnost - Dio 2-24: Posebni zahtjevi za frižidere, zamrzivače, aparate za sladoled i ledomate

34 BAS EN IEC 60335-2-40:2025 – Kućanski i slični električni uređaji - Sigurnost - Dio 2-40: Posebni zahtjevi za električne toplotne pumpe, klima-uređaje i uređaje za sušenje vazduha

35 BAS EN IEC 60335-2-89:2023 – Kućanski i slični električni aparati - Sigurnost - Dio 2-89: Posebni zahtjevi za komercijalne rashladne uređaje i ledomate s ugrađenom ili udaljenom rashladnom jedinicom ili motor-kompresorom

36 BAS ISO 13043:2012 – Cestovna vozila – Rashladni sistemi koji se koriste u mobilnim sistemima za klimatizaciju (MAC) – Sigurnosni zahtjevi

37 BAS ISO 20854:2023 – Termički izolovani kontejneri - Sigurnosni standard za rashladne sisteme koji koriste zapaljiva rashladna sredstva - Zahtjevi za projektovanje i rad

Pored ovih RACHP standarda, postoje brojni drugi standardi koji mogu biti primjenljivi na RACHP uređaje i sisteme. Na primjer, standardi koji se odnose na sisteme pod pritiskom primjenjuju se na mnogo različitih tipova proizvoda uključujući RACHP uređaje i sisteme.

Povezanost sva četiri dijela grupnog bezbjednosnog standarda BAS EN 378 i standarda BAS EN ISO 22712:2024 koji je objavio Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, prikazana je u tabeli ispod.

Tabela 11.15: Veza između standarda BAS EN 378 i BAS EN ISO 22712:2024³⁸

BAS EN 378		Dio 1	Dio 2	Dio 3	Dio 4
UKLJUČENO OSOBLJE	Projektanti/dizajneri opreme/postrojenja				
	Proizvođači opreme/postrojenja				
	Instalateri opreme/postrojenja				
	Osoblje za održavanje/servisiranje				
	Upravnik objekta/vlasnik postrojenja/operator				
	Dizajner/projektant objekta				
AKTIVNOSTI TOKOM RADNOG VIJEKA Aktivnosti prema standardu BAS EN ISO 22712:2024 Osposobljenost osoblja	Projektovanje				
	Prethodna montaža (sklapanje uređaja)				
	Instalacija				
	Provjera instalisane opreme i automatike				
	Puštanje u rad				
	Upravljanje				
	Inspekcijski pregled				
	Provjera propuštanja				
	Opšte održavanje				
	Održavanje rashladnog kruga (circuit maintenance)				
	Prekid rada radi uklanjanje opreme iz upotrebe				
	Uklanjanje rashladnog fluida				
	Demontaža				

38 BAS EN ISO 22712:2024 – Sistemi za hlađenje i toplotne pumpe – Kompetentnost osoblja

Na osnovu svega što je prikazano može se zaključiti da je grupni standard BAS EN 378 najbitniji standard za RACHP uređaje i sisteme.

BAS EN 378-1+A1:2022 Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbednosni i ekološki zahtjevi Dio 1: Osnovni zahtjevi, definicije, klasifikacija i kriteriji odabira	BAS EN 378-2:2017 Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbednosni i ekološki zahtjevi Dio 2: Projektovanje, konstrukcija, ispitivanje, obilježavanje i dokumentacija
BAS EN 378 RASHLADNI SISTEMI I TOPLOTNE PUMPE – BEZBJEDNOSNI I EKOLOŠKI ZAHTJEVI	
BAS EN 378-3+A1:2022 Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbednosni i ekološki zahtjevi Dio 3: Mjesto ugradnje i lična zaštita	BAS EN 378-4+A1:202 Rashladni sistemi i toplotne pumpe – Bezbednosni i ekološki zahtjevi Dio 4: Rukovanje, održavanje, servisiranje i rekuperacija

Standard daje glavne smjernice o bezbjednosnim i ekološkim zahtjevima za rad sa rashladnim sistemima i toplotnim pumpama, tokom njihovog životnog vijeka.

Trenutno je standard u reviziji i očekuje se njegovo poboljšanje 2026. Najavljuje se i dio 5 standarda koji je fokusiran na rashladne fluide, slično standardu ISO 817.

11.4 Informacije o prednostima i nedostacima, posebno u vezi sa energetsom efikasnošću, alternativnih rashladnih fluida u skladu sa namjenom i klimatskim uslovima različitih regiona

Implementacija Montrealskog Protokola podrazumijeva eliminaciju (izbacivanje iz upotrebe) rashladnih fluida koji imaju potencijal oštećenja ozonskog omotača, grupa supstanci CFC i HCFC, kao i smanjenje potrošnje fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte iz grupe HFC rashladnih fluida koji su prije četrdesetak godina bili predstavljeni kao alternative za ODS.



**NA ŠTA TREBA OBRATITI
PAŽNJU PRILIKOM ODABIRA
ALTERNATIVE ZA HFC
RASHLADNE FLUIDE SA
VISOKIM GWP-om?**

Alternativni rashladni fluid treba imati sljedeće karakteristike:

- ✓ **Potencijal oštećenja ozonskog omotača** - Rashladni fluid ne treba da ima potencijal oštećenja ozonskog omotača ($ODP = 0$);
- ✓ **Potencijal globalnog zagrijavanja** - Rashladni fluid treba da ima potencijal globalnog zagrijavanja manji od 150, očekivano uvođenje zabrane za opremu ($GWP < 150$);
- ✓ **Termodinamičke karakteristike** – Rashladni fluid treba da ima slične termodinamičke i transportne karakteristike kao i postojeći rashladni fluidi;
- ✓ **Volumetrijski kapacitet (rashladni učinak) – ALTERNATIVNI RASHLADNI FLUID MORA ZADRŽATI ILI POBOLJŠATI PERFORMANSE SISTEMA** i treba da ima odgovarajući ili jednak volumetrijski kapacitet kao HFC rashladni fluidi;
- ✓ **Kompatibilnost sa uljima** – Rashladni fluid treba da ima dobru rastvorivost i miješanje u kompresorskim uljima;
- ✓ **Zapaljivost** – Rashladni fluid ne treba biti zapaljiv i ne treba podržavati gorenje kada je u bilo kojoj koncentraciji sa vazduhom;
- ✓ **Toksičnost** – Akutna i hronična toksičnost trebaju se uzeti u obzir; i
- ✓ **Cijena** – Rashladni fluid treba biti dostupan i imati prihvatljiviju cijenu.

Jedna od bitnijih karakteristika rashladnog fluida je **zahtjev da alternativni rashladni fluidi moraju zadržati ili poboljšati performanse sistema**, jer promjena rashladnog fluida zbog njegovog direktnog uticaja zbog emisija (oštećenje ozonskog omotača ili globalno zagrijavanje) ne bi imalo smisla ako se za rad sistema koji koristi alternativni rashladni fluid troši više električne energije i time povećava indirektni uticaj.

I pored toga što matematičke simulacije i analize određenog rashladnog ciklusa koji koristi HFC rashladne fluide pokazuju manju energetska efikasnost HFC rashladnih fluida, u poređenju sa sistemom koji bi u istim uslovima i zahtjevima za hlađenje koristio prirodne rashladne fluide kao što su HC, R-744 i R-717 ipak da bi dobili pravilniju ocjenu performansi u praktičnom radu sistema na terenu i prilikom poređenja bi trebalo uzeti u obzir i informacije o upotrijebljenoj vrsti kompresora, primjena rashladnog sistema, uslova sredine i tipa sistema, a podaci proizvođača obezbijedili bi i preciznije upoređivanje za određenu aplikaciju i prelazak na rashladne fluide sa niskim GWP-om.

Performanse RACHP sistema zavise od primjene određenog sistema, dizajna i održavanje sistema, a ne samo od termodinamičkih svojstava rashladnog fluida koji se koristi, pa je zato potrebna detaljnija analiza velikog broja kriterijuma.

Idealni rashladni fluid koji pokriva sve aplikacije i temperaturne režime **NE POSTOJI I MALO JE VJEROVATNO DA ĆE IKADA POSTOJATI**. Izbor će stoga morati da se svede na određene supstance iz grupe rashladnih fluida sa niskim GWP.

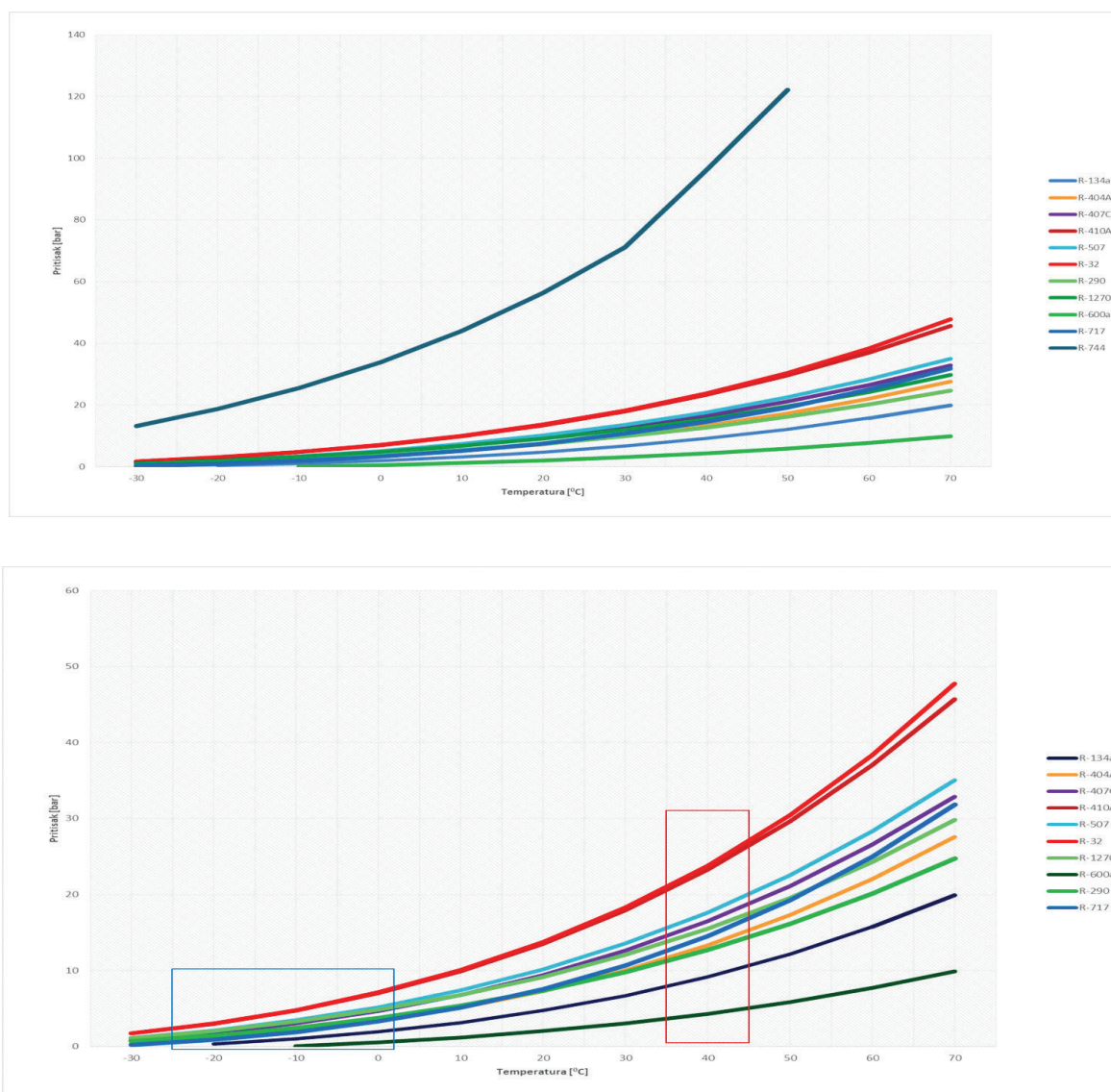
Ipak, kao rezultat svjetskih napora koji su u toku i da bi se uticalo na klimatske promjene, došlo je do velikog porasta interesovanja za prirodne rashladne fluide. Prirodni rashladni fluidi su, pored ekološke prihvatljivosti, također visoko efikasni – **u stvari amonijak se smatra najefikasnijim rashladnim fluidom** – što u skladu s tim omogućava nisku potrošnju energije postrojenja. Ipak amonijak ima velika ograničenja u primjenama kod RACHP sistema manjih kapaciteta.

R-744 ima jako dobru energetska efikasnost kada radi na niskim temperaturama kondenzacije, ispod 31 stepen Celzijusa, odnosno u pod kritičnom režimu. Kada radi u režimu iznad kritična tačke (transkrično) onda je njegova energetska efikasnost za 50 i više procenata manja u poređenju sa tradicionalnim HFC rashladnim fluidima.

HC, uopšteno imaju bolju energetska efikasnost ali su lako zapaljivi pa su zahtjevi za bezbjednost sistema i okoline puno veći.

Ako pričamo o radnim pritiscima, izuzev R-744 koji ima visoke radne pritiske, svi ostali rashladni fluidi imaju slične radne pritiske kao i tradicionalni HFC rashladni fluidi.

Na slici ispod prikazani su odnosi radnih pritiska najčešće korištenijih HFC i prirodnih rashladnih fluida.



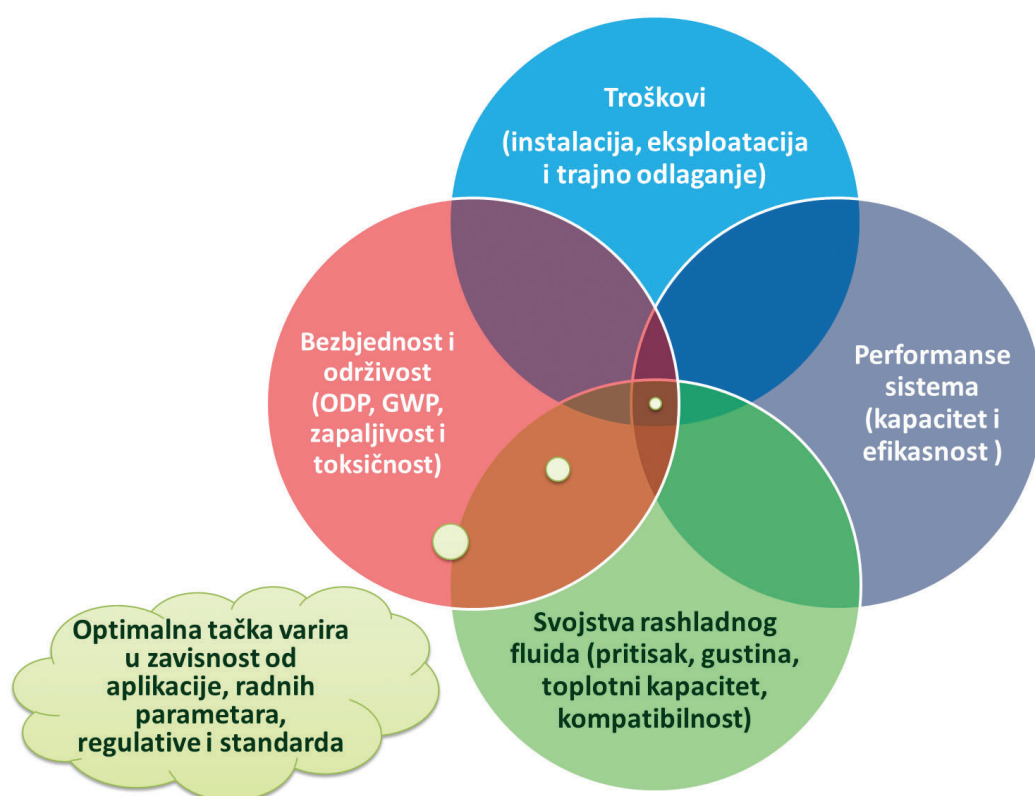
Slika 11.15: Odnos pritisak – temperatura kod najčešće korištenih HFC i prirodnih rashladnih fluida

Na slici iznad se može vidjeti da kada se isključi R-744 najviše radne pritiske imamo kod sistema koji koriste HFC-32 i R-410A rashladne fluide, kada gledamo radne pritiske tokom temperature kondenzacije u opsegu 35 do 45 stepeni Celzijusa i isparavanja u opsegu od 5 do -25 stepeni Celzijusa.

Sa ekonomskog stanovišta, prirodni rashladni fluidi su lako dostupni i jeftiniji su što je značajan faktor za početno punjenje postrojenja (i investicionu cijenu), a to također ima i pozitivan efekat na tekuće troškove održavanja kada se uzmu u obzir gubici uslijed propuštanja. Međutim, zbog toksičnosti i zapaljivosti troškovi vezani za mjere bezbjednosti su veće nego kod tradicionalnih rashladnih fluida.

Odabir pravog rashladnog fluida je ipak veliki izazov.

Na slici ispod prikazan je maštovit grafički prikaz kako bi trebalo balansirati kriterijumima za izbor kada se bira najprikladniji rashladni fluid za određenu aplikaciju (hlađenje, klimatizacija ili toplotne pumpe).



Slika 11.16: Kriterijumi za odabir alternativnog rashladnog fluida u novim RACHP sistemima u zavisnosti od aplikacije

Akronimi i skraćenice

Skraćenica/ akronim	ZNAČENJE POJMOVA
AHRI	Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute Institut za klimatizaciju, grijanje i hlađenje
AIT	Auto-ignition temperature Temperatura samopaljenja
ANSI	American National Standards Institute Američki nacionalni institut za standarde
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers Američko udruženje inženjera grijanja, hlađenja i klimatizacije
ATEL	Acute Toxicity Exposure Limit Granica izloženosti akutne toksičnosti
BV	Burning Velocity Brzina prostiranja plamena
CEN	European Committee for Standardization/Comité Européen de Normalisation Evropski komitet za standardizaciju
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization/ Comité Européen de Normalisation Électrotechnique Evropski komitet za standardizaciju u oblasti elektrotehnike
CFCs	Chlorofluorocarbons Hlorofluorouglenik
EPA	Environmental Protection Agency Agencija za zaštitu životne sredine
EU	European Union Evropska unija
GHG	Green House Gasses Gas sa efektom staklene bašte
GWP	Global Warming Potential Potencijal globalnog zagrijavanja
HC	Hydrocarbon Ugljovodonik
HCFC	Hydrochlorofluorocarbon Hlorofluorouglijovodonik
HFC	Hydrofluorocarbons Fluorouglijovodonik
HFO	Hydrofluoroolefin Hidrofluoroolefin
HoC	Heat of Combustion Toplota sagorijevanja
HP	Heat Pump Toplotna pumpa
HPMP	HCFC phase out management plan Plan eliminacije HCFC supstanci koje oštećuju ozonski omotač
IEC	International Electrotechnical Commission Međunarodna elektrotehnička komisija

IIR	International Institute of Refrigeration Međunarodni institut za hlađenje
ISO	International Organization for Standardization Međunarodna organizacija za standardizaciju
KIP	Kigali Implantation Plan Plan za implementaciju Kigali amandmana
LFL	Lower Flammable Limit Donja granica zapaljivosti
MAC	Mobile Air-Conditioning Klima uređaji u vozilima
BAS	Institute for Standardization of Bosnia and Herzegovina Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine
MIE	Minimum Ignition Energy Minimalna energija paljenja
MOP	Meeting Of the Parties (of Montreal Protocol) Sastanak strana Montrealskog protokola
MP	Montreal Protocol Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač
MT	Metric tonnes Metričke tone
MVTEO	Ministry of Foreign Trade and Economic Relations of Bosnia and Herzegovina Ministarstvo Vanjske Trgovine i Ekonomskih Odnosa
NOU	National Ozone Unit Nacionalna ozonska jedinica (Kancelarija za zaštitu ozonskog omotača)
ODL	Oxygen Deprivation Limit Granica nedostatka kiseonika
ODP	Ozone Depleting Potential Potencijal oštećenja ozonskog omotača
ODS	Ozone Depleting Substance Supstanca koja oštećuje ozonski omotač
PFAS	Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances Perfluoroalkilne i polifluoroalkilne supstance
PL	Practical limit Praktično ograničenje
RACHP	Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Hlađenje, klimatizacija i toplotne pumpe
RTOC	Refrigeration Technical Option Committee Komitet za tehničke opcije u hlađenju
TEAP	Technology and Economic Assessment Panel Panel za tehnološke i ekonomske procjene
UFL	Upper Flammable Limit Gornja granica zapaljivosti
UNEP	United Nations Environment Programme Program Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization Organizacija Ujedinjenih nacija za industrijski razvoj

Pojmovi i definicije

Alternativna supstanca	Prema Montrealskom protokolu, hemikalija čija je upotreba dozvoljena kao zamjena za supstance koje oštećuju ozonski omotač i čiji je potencijal oštećenja ozonskog omotača nula.
Apsolutni pritisak	Apsolutni (stvarni) pritisak Pabs, je zbir vrijednosti pritiska koji je očitao na manometru (Pgauge) i atmosferskog pritiska Pamb ($\approx 1,013$ bar). $P_{abs} = P_{amb} + P_{gauge}$
Atmosferski pritisak	Također poznat kao barometarski pritisak, odnosi se na pritisak koji atmosfera vrši iznad površine Zemlje. Standardni pritisak na nivou mora jednak je 1 atmosferi (atm) ili 101,35 kPa.
Atmosferski životni vijek	Mjera prosječnog vremena koje molekula ostaje netaknuta nakon što se ispusti u atmosferu.
Azeotrop	Mješavina koja se sastoji od jednog ili više rashladnih fluida različite isparljivosti koja značajno ne mijenja sastav ili temperaturu dok isparava (ključa) ili kondenzuje (ukapluje se) pod konstantnim pritiskom. Mješavine rashladnih fluida kojima je dodijeljena oznaka serije R5xx prema ISO 817 su azeotropi.
Cjevovodi	Sve cijevi ili tubusi (uključujući crijeva, mjehove, spojnice ili fleksibilne cijevi) za međusobno povezivanje različitih dijelova RACHP sistema.
Dekompozicija smješe	Promjena sastava smješe rashladnog fluida isparavanjem najlakše isparavajuće komponente (komponenti) ili kondenzacijom manje kondenzujuće komponente smjese rashladnog fluida.
Detektor rashladnog sredstva	Senzorski uređaj koji reaguje na unaprijed određenu koncentraciju rashladnog fluida u okolini.
Efekat staklene bašte	Gasovi sa efektom staklene bašte u atmosferi efikasno apsorbiraju toplotno infracrveno zračenje koje emituje Zemljina površina, sama atmosfera i oblaci. Atmosfera emituje zračenje u svim smjerovima, uključujući i prema Zemljinoj površini. Gasovi sa efektom staklene bašte zadržavaju toplotu unutar površinskog troposferskog sistema i podižu temperaturu Zemljine površine. To se naziva prirodni efekt staklene bašte. Povećanje koncentracije gasova sa efektom staklene bašte dovodi do povećane apsorpcije infracrvenog zračenja i uzrokuje radijacijsko djelovanje, ili energetska neravnotežu, koja se kompenzira povećanjem temperature površinsko-troposferskog sistema. To je pojačani efekt staklene bašte.
Emisije	Ispuštanje gasova ili aerosola u atmosferu tokom određenog područja i vremenskog perioda.
Fluorokarboni	Halogenirani ugljenovodonici koji sadrže atome fluora, uključujući hlorofluorouglenike, hidrohlorofluorouglenike, hidrofluorouglenike i perfluorouglenike.
Fosilna goriva	Goriva na bazi ugljenika dobijena iz geoloških (fosilnih) naslaga ugljenika. Primjeri uključuju ugalj, naftu i prirodni plin.

Gasovi sa efektom staklene bašte (GHG)	Gasoviti sastojci atmosfere, i prirodni i antropogeni, koji apsorbiraju i emitiraju zračenje unutar spektra toplotnog infracrvenog zračenja koje emitiraju Zemljina površina, atmosfera i oblaci. Ovo svojstvo uzrokuje efekt staklene bašte. Primarni gasovi sa efektom staklene bašte u Zemljinoj atmosferi su vodena para, ugljen dioksid, dušikov oksid, metan i ozon. Štaviše, u atmosferi postoji niz potpuno antropogenih gasova sa efektom staklene bašte, kao što su halogenirani ugljovodonici i druge supstance koje sadrže hlor i brom, a koje su obuhvaćene Montrealskim protokolom. Neki drugi gasovi u tragovima, kao što su sumporni heksafluorid, hidrofluorouglenici i perfluorouglenici, zbog sadržaja fluora također su gasovi sa efektom staklene bašte.
Halogeni	Porodica hemijskih elemenata sa sličnim hemijskim svojstvima koja uključuje fluor, hlor, brom i jod.
Halogenirani ugljovodonici	Hemijska jedinjenja koji sadrže atome ugljenika i jedan ili više atoma halogena: hlora, fluora, broma ili joda. Potpuno halogenirani ugljovodonici sadrže samo atome ugljenika i halogena, dok djelomično halogenirani ugljovodonici sadrže i atome vodonika. Halogenirani ugljovodonici koji oslobađaju hlor, brom ili jod u stratosferu uzrokuju oštećenje ozonskog omotača. Halogenirani ugljovodonici su također gasovi sa efektom staklene bašte. Halogenirani ugljovodonici uključuju hlorofluorouglenike, hidrohlorofluorouglenike, hidrofluorouglenike, perfluorouglenike i halone.
Hermetički sistem	Hermetički zatvoren sistem, bez rastavljivih spojeva.
Hermetički kompresor	Kombinacija kompresora i elektromotora koji rade u mješavini ulja i pare rashladnog fluida, a oba su zatvorena u istom kućištu. Nema vanjskog vratila ili zaptivki vratila.
Hidrofluorouglenici (HFC)	Halogenouglenici koji sadrže samo atome ugljika, vodika i fluora. Budući da HFC-i ne sadrže hlor, brom ili jod, ne oštećuju ozonski omotač. Poput drugih halogenouglenika, oni su snažni gasovi sa efektom staklene bašte.
Hidrohlorofluorouglenici (HCFC)	Halogenouglenici koji sadrže samo atome vodika, hlora, fluora i ugljika. Budući da HCFC-i sadrže hlor, doprinose oštećenju ozonskog omotača. Također su gasovi sa efektom staklene bašte.
Hlađenje	Proces snižavanja temperature proizvoda ili prostora na željenu temperaturu.
Hlorofluorouglenici (CFC)	Halogenirani ugljovodonici koji sadrže samo atome hlora, fluora i ugljenika. CFC-i su i supstance koje oštećuju ozonski omotač i gasovi sa efektom staklene bašte.
Isparivač	Isparivač RACHP sistemima je izmjenjivač toplote u kome rashladni fluid mijenja svoje agregatno stanje iz tečnost u paru - isparavanje, primajući toplotu okolini.
Ispuštanje (ventilacija)	Servisna praksa u kojoj se rashladnom fluid dozvoljava da iscure u atmosferu, što je obično prečica za izbjegavanje njegovog prikupljanja.
Izmjenjivač topline	Dio rashladnog sistema koji se koristi za prenos toplote preko granice, uključujući kondenzator, isparivač i međuhladnjake.
Izolacijski ventil	Ventil koji sprečava protok u oba smjera kada je zatvoren.

Jednostavni "drop-in" retrofit	Postupak zamjene CFC ili HCFC rashladnih fluida, rashladnim fluidima koja nisu CFC ili HCFC u postojećim RACHP uređaja bez ikakvih modifikacija uređaja. Međutim, postupci ugradnje se često nazivaju naknadnom ugradnjom jer uređaji trebaju napraviti manje modifikacije, kao što su promjena maziva, zamjena uređaja za ekspanziju i zamjena filtera-sušača.
Kaskadni sistem	Dva ili više nezavisnih rashladnih krugova gdje kondenzator jednog sistema odvodi toplotu direktno u isparivač drugog.
Kjoto protokol	Kjoto protokol uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama (UNFCCC) usvojen je na Trećem zasjedanju Konferencije strana (COP) UNFCCC-a 1997. godine u Kjotu, Japan. Sadrži pravno obavezujuće obaveze, pored onih uključenih u UNFCCC. Zemlje uključene u Aneks B Protokola složile su se da smanje svoje antropogene emisije gasova sa efektom staklene bašte (posebno ugljen dioksida, metana, dušikovog oksida, hidrofluorouglenika, perfluorouglenika i sumpornog heksafluorida) za najmanje 5% ispod nivoa iz 1990. godine u obavezujućem periodu od 2008. do 2012. godine. Kjoto protokol stupio je na snagu 16. februara 2005. godine
Klima uređaj	Uređaj koji ima proces kontrole temperature, vlažnosti, sastava i distribucije vazduha u svrhu ljudske udobnosti ili za posebne tehničke potrebe u industrijskom procesu (farmaceutskom, tekstilnom itd.) ili nekoj drugoj primjeni.
Klimatske promjene	Klimatske promjene odnose se na statistički značajnu varijaciju ili u srednjem stanju klime ili u njenoj varijabilnosti, koja traje duži period (obično decenijama ili duže). Klimatske promjene mogu biti posljedica prirodnih unutrašnjih procesa ili vanjskog djelovanja, ili trajnih antropogenih promjena u sastavu atmosfere ili u korištenju zemljišta. Treba napomenuti da Član 1 Okvirne konvencije o klimatskim promjenama (UNFCCC) definiše klimatske promjene kao "promjenu klime koja se direktno ili indirektno pripisuje ljudskoj aktivnosti koja mijenja sastav globalne atmosfere i koja se, pored prirodne klimatske varijabilnosti, posmatra tokom uporedivih vremenskih perioda." UNFCCC stoga pravi razliku između " klimatskih promjena " koje se mogu pripisati ljudskim aktivnostima koje mijenjaju sastav atmosfere i " klimatske varijabilnosti " koja se može pripisati prirodnim uzrocima.
Koeficijent performansi (COP)	Mjera energetske efikasnosti rashladnog sistema, također definisana kao odnos korisnog efekta (toplote) i uloženog rada. Korisni efekat je brzina hlađenja u slučaju RACHP sistema, a brzina zagrijavanja u slučaju toplotnih pumpi. COP prvenstveno ovisi o radnom ciklusu i nivoima temperature (temperatura isparavanja ili kondenzacije), kao i o svojstvima dizajna i veličine rashladnog sistema.
Kompetencija	Minimalne kvalifikacije, znanje i sposobnost zadovoljavajućeg obavljanja aktivnosti datog zanimanja.
Kompresor	Uređaj za mehaničko povećanje pritiska pare rashladnog fluida.
Kondenzacijska jedinica	Kombinacija jednog ili više kompresora, kondenzatora, risivera (ako je potrebno) i odgovarajuće dodatne opreme.
Kondenzator	Kondenzator u RACHP sistemima je izmjenjivač toplote u kome rashladni fluid mijenja svoje agregatno stanje iz pare u tečnost - kondenzuje, predajući toplotu okolini.
Kontrolisana supstanca	Prema Montrealskom protokolu, je svaka supstanca koja oštećuje ozonski omotač ili supstanca iz aneksa F, koja podliježe kontrolnim mjerama, kao što je zahtjev za postepeno ukidanje ili smanjenje potrošnje.

Latentna toplota	To je količina toplote potrebna za promjenu faze čiste supstance pri čemu temperatura ostaje konstantna.
Tvrdo lemljeni spoj	Spoj dobijen spajanjem metalnih dijelova s legurama koje se tope na temperaturama općenito višim od 450 °C, ali nižim od temperatura topljenja spojenih dijelova (vidi tvrdo lemljenje)
Meko lemljeni spoj	Spoj dobijen spajanjem metalnih dijelova metalnim smjesama ili legurama koje se tope na temperaturama nižim od 450 °C.
Tvrdo lemljenje	Tvrdo lemljenje je proces spajanja pri kojem se dodatni metal ili legura zagrijava na temperaturu topljenja iznad 450 °C (840 °F) i raspoređuje između dva ili više dijelova koji se dobro spajaju kapilarnim djelovanjem. Na temperaturi tečnosti, rastopljeni dodatni metal i fluks stupaju u interakciju s tankim slojem osnovnog metala, hladeći se i formirajući jak, zatvoren spoj. Da bi se stvorili jaki lemljeni spojevi, dijelovi moraju biti dobro spojeni, a osnovni metali moraju biti izuzetno čisti i bez oksida.
Maksimalni dozvoljeni pritisak	Maksimalni pritisak za koji je oprema dizajnirana, kako je specificirao proizvođač.
Maksimalni radni pritisak	Maksimalni pritisak koji se javlja tokom rada za koji je oprema dizajnirana, kako je specificirao proizvođač.
Manometarski pritisak	Pritisak jednak razlici između apsolutnog pritiska i atmosferskog pritiska.
Mašinska soba	Potpuno zatvorena prostorija ili prostor, provjetravan mehaničkom ventilacijom i dostupan samo ovlaštenim osobama, namijenjen za ugradnju RACHP sistema ili njihovih komponenti. Može se ugraditi i druga oprema, pod uslovom da je kompatibilna sa sigurnosnim zahtjevima za RACHP sisteme.
Meko lemljeni spoj	Spoj dobijen spajanjem metalnih dijelova metalnim smjesama ili legurama koje se tope ispod 200 °C.
Metoda potiskivanja i povlačenja ("push-pull")	Metoda za prikupljanje rashladnog fluida iz sistema korištenjem negativnog pritiska (usisavanja) s jedne strane za izvlačenje starog rashladnog fluida i pumpanjem reciklirane pare rashladnog fluida na drugu stranu kako bi se rashladni fluid potisnulo kroz sistem.
Mješavine (smješe)	Smjesa dvije ili više čistih rashladnih fluida. Mješavine se koriste za postizanje svojstava koja odgovaraju mnogim rashladnim svrhama. Na primjer, supstanca visokog i niskog pritiska može se pomiješati kako bi se uskladila s pritiskom druge supstance. Mješavine se mogu podijeliti u dvije kategorije: azeotropne i zeotropne.
Mobilni sistem	Rashladni sistem koji se obično transportuje tokom rada.
Montrealški protokol	Montrealški protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač usvojen je u septembru 1987. godine. Nakon otkrića antarktičke ozonske rupe krajem 1985. godine, vlade su prepoznale potrebu za snažnim mjerama za smanjenje proizvodnje i potrošnje brojnih CFC-a (CFC-11, -12, -113, -114 i -115) i nekoliko halona (1211, 1301, 2402). Protokol je osmišljen tako da se rasporedi postepenog ukidanja mogu revidirati na osnovu periodičnih naučnih i tehnoloških procjena. Nakon takvih procjena, Protokol je prilagođen kako bi se ubrzali rasporedi postepenog ukidanja 1990. (London), 1992. (Kopenhagen), 1995. (Beč), 1997. (Montreal), 1999. (Peking), ponovo 2007. godine u Montrealu i Kigali 2016 godine.

Multilateralni fond	Dio finansijskog mehanizma u okviru Montrealskog protokola. Multilateralni fond je osnovan odlukom Drugog sastanka strana Montrealskog protokola (London, juni 1990.) i počeo je s radom 1991. godine. Glavni cilj Multilateralnog fonda je pomoći strankama iz člana 5 Montrealskog protokola (čija je godišnja potrošnja i proizvodnja supstanci koje oštećuju ozonski omotač manja od 0,3 kg) da se pridržavaju kontrolnih mjera Protokola.
Naknadna ugradnja (retrofit)	Nadogradnja ili prilagođavanje opreme kako bi se mogla koristiti u promijenjenim uslovima. Na primjer, rashladna oprema se prilagođava tako da može koristiti alternativni rashladni fluid umjesto CFC-a, HCFC-a ili HFC-a
Nekondezirajući gasovi	Gasovi s vrlo niskim temperaturama ključanja, koji se ne kondenziraju lako. Dušik i kisik su najčešći.
Normalna tačka ključanja (NBP)	Tačka ključanja jedinjenja na atmosferskom pritisku (1,013 bara).
Odlaganje	Prenošenje proizvoda drugoj strani, obično radi uništenja.
Održavanje	Sve vrste poslova koje može obavljati tehničar za održavanje, prvenstveno vezane za osiguranje kontinuiranog dobrog rada i rada rashladnih sistema, kao i vođenje evidencije.
OFP (Zaštita od prepunjenosti)	Zaštita od prepunjivanja je sigurnosni prekidač ugrađen u jedinicu za prikupljanje rashladnog fluida ili cilindru za prikupljanje, namijenjenu za prenos i skladištenje rashladnih fluida. Općenito, ovi prekidači jednostavno isključuju uređaj za prikupljanje. OFP uređaji ne pružaju nijednom uređaju za prikupljanje funkciju "odlaska"; prenos rashladnog fluida mora pratiti tehničar. Pod određenim uslovima u nekim okolnostima, ovaj prijenos može biti opasan čak i kada se uređaj koristi. Opasnosti se mogu pojaviti u sljedećim situacijama: • Tokom postupaka "push-pull", nakon što se zaštita pokrene, samo isključivanje uređaja za prikupljanje ne sprječava prepunjivanje cilindra za sakupljanje; i • Prilikom korištenje cilindra s velikom količinom hladnog rashladnog fluida za izvlačenje iz sistema na višoj temperaturi, isključivanje uređaja za prikupljanje neće spriječiti migraciju rashladnog fluida do najhladnije tačke (u ovom slučaju cilindra za prikupljanje) i na kraju prepunjivanje cilindra čak i kada je uređaj isključen.
Osjetna toplina	To je količina toplote koja uzrokuje promjenu temperature supstance bez promjene njenog faznog stanja. Može se procijeniti pomoću uređaja za očitavanje temperature.
Oštećenje ozonskog omotača	Ubrzano hemijsko uništavanje stratosferskog ozonskog omotača prisustvom supstanci proizvedenih ljudskim aktivnostima.
Ozon	Triatomski oblik kisika (O ₃) , koji je gasovit sastojak atmosfere. U troposferi nastaje fotohemijskim reakcijama koje uključuju gasove koji se javljaju prirodno i nastaju uslijed antropogenih aktivnosti ("smog"). Troposferski ozon djeluje kao gas sa efektom staklene bašte. U stratosferi ozon nastaje interakcijom između sunčevog ultraljubičastog zračenja i molekularnog kisika (O ₂) . Stratosferski ozon igra glavnu ulogu u stratosferskoj radijacijskoj ravnoteži. Njegova koncentracija je najveća u ozonskom omotaču.

Ozonski omotač	Sloj u stratosferi gdje je koncentracija ozona najveća. Sloj se proteže od oko 15 do 35 km. Ovaj sloj se iscrpljuje antropogenim emisijama spojeva hlora i broma. Svake godine, tokom proljeća na južnoj hemisferi, dolazi do vrlo jakog iscrpljivanja ozonskog omotača iznad antarktičke regije. Ovo iscrpljivanje je uzrokovano antropogenim spojevima hlora i broma u kombinaciji sa specifičnim meteorološkim uslovima te regije. Ovaj fenomen se naziva antarktička ozonska rupa.
Parno kompresioni rashladni sistem	Najčešće korišteni rashladni ciklus. U ovom ciklusu, rashladni fluid naizmjenično isparava i kondenzira; tokom parne faze rashladni fluid se komprimira. Osnovne komponente uključuju kompresor, kondenzator, prigušni (ekspanzioni) uređaj i isparivač.
Perfluorouglenici (PFC)	Sintetički proizvedeni halogenouglenici koji sadrže samo atome ugljenika i fluora. Karakteriziraju ih ekstremna stabilnost, nezapaljivost, niska toksičnost, nulti potencijal oštećenja ozonskog omotača i visoki potencijal globalnog zagrijavanja.
Poluhermetički kompresor	Jedinica koja sadrži kompresor i elektromotor koji radi u mješavini ulja i pare rashladnog fluida. Kompresor i elektromotor su smješteni u istom kućištu i imaju uklonjivi poklopac za pristup, ali nema vanjskog vratila ili zaptivki vratila.
Postupno ukidanje	Prestanak sve proizvodnje i potrošnje hemikalije kontrolisane Montrealskim protokolom.
Potencijal globalnog zagrijavanja (GWP)	Indeks koji upoređuje uticaj emisije fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte na klimu u odnosu na uticaj emisije iste količine ugljen dioksida. GWP se određuje kao odnos vremenski integrisanog radijacijskog djelovanja koje proizlazi iz impulsne emisije 1 kg supstance u odnosu na 1 kg ugljen dioksida, tokom fiksnog vremenskog horizonta.
Potencijal oštećenja ozonskog omotača (ODP)	Relativni indeks koji pokazuje stepen u kojem hemijski proizvod može uzrokovati oštećenje ozonskog omotača u poređenju sa oštećenjem uzrokovanim rashladnim fluidom R-11. Konkretno, ODP supstance koja oštećuje ozonski omotač definiše se kao integrisana promjena ukupne emisije ozona po jedinici mase te supstance u odnosu na integrisanu promjenu ukupne emisije ozona po jedinici mase R-11.
Prigušni uređaj (uređaj za ekspanziju)	Prigušni (ekspanzioni) uređaj u RACHP sistemu služi za ekspanziju tečnog rashladnog fluida sa visokog pritiska i temperature na niži pritisak i temperaturu. Do ekspanzije dolazi kada rashladni fluid u tečnom agregatnom stanju prolazi kroz cijev određene dužine sa manjim prečnikom ili najmanji poprečni presjek na sjedištu ekspanzionog ventila.
Prikupljanje	Uklanjanje rashladnog fluida u bilo kom stanju iz sistema i njegovo skladištenje u spoljašnjem cilindru.
Prirodni rashladni fluidi	Prirodni rashladni fluidi su prirodno prisutne supstance, kao što su ugljovodonici (npr. propan, izobutan), ugljen dioksid i amonijak. Ove supstance se mogu koristiti (između ostalog) kao rashladni fluidi u raznim vrstama RACHP sistema. Ključne karakteristike ovih rashladnih fluida su da ne doprinose oštećenju ozonskog omotača već nemaju ili imaju samo zanemariv utjecaj na globalno zagrijavanje.

Punjenje	Prebacivanje rashladnog fluida iz izvora rashladnog fluida (novi, reciklirani ili regenerisani rashladni fluid u cilindru) u sistem, obično prema određenoj težini, količini pothlađenja i/ili pritisku isparavanja i temperatura pregrijavanja. Punjenje se obično vrši pomoću namjenske mašine za punjenje (npr. u proizvodnom prostoru pri proizvodnji RACHP uređaja) ili pomoću cilindra povezan sa sistemom putem manometarske grupe ili crijeva. Boca se isključuje iz rashladnog sistema nakon što je rashladni sistem potpuno napunjen novim, recikliranim ili regenerisanim rashladnim fluidom.
Rashladni fluid	Rashladni fluid je prenosnik toplote koji, u toku rada rashladnog sistema, preuzima toplotu u isparivaču na niskoj temperaturi i pritisku i predaje je u kondenzatoru na većem pritisku i temperaturi.
Rashladni sistem	Kombinacija međusobno povezanih dijelova koji sadrže rashladni fluid, uključujući jedan zatvoreni krug u kojem rashladni fluid cirkulira radi odvođenja i odvođenja toplote (tj. hlađenja, grijanja).
Rastavljivi spoj	Dok je lemljenje proces termičkog spajanja, rastavljivi spojevi omogućavaju mehaničku vezu između bakrenih cijevi i komponente. Ovo je kompresijski spoj bakar-mesing/gvožđe kod kojeg se na kraju cijevi izrađuje se konusni rašireni dio pertlovanjem. Ovo je mehanički spoj i sklon je curenju.
Recikliranje	Smanjenje zagađivača u korištenim rashladnim fluidima odjeljivanjem ulja, uklanjanje nekondenziranih gasova i korištenje uređaja kao što su filteri, sušaci ili filter-sušaci za smanjenje vlage, kiselosti i čestičnih materija.
Regeneracija	Prerada korištenih rashladnih fluida prema specifikacijama prvog puta korištenog proizvoda. Hemijskom analizom regenerisanog rashladnog fluida utvrđuje da li su ispunjene odgovarajuće specifikacije. Identifikacija zagađivača i potrebna hemijska analiza specificirane su u nacionalnim i međunarodnim standardima za nove proizvode.
Risiver	Posuda trajno povezana sa sistemom ulaznim i izlaznim cijevima za akumulaciju tečnog rashladnog fluida.
Savijanje	Budući da se bakrena cijev tako lako oblikuje, često se savija kako bi se prilagodila potrebama cjevovodnog sistema na mjestu ugradnje. Savijanje bakrenih cijevi je relativno jednostavno i može se obaviti ručno ako je u pitanju široki radijus savijanja, ali za uže savijanje treba koristiti posebnu opremu kako bi se izbjeglo savijanje cijevi, što bi ograničilo protok. Takvi alati mogu se kretati od jednostavnog uređaja nalik opruzi koji sprječava urušavanje stijenci cijevi, do sofisticiranijih uređaja koji uključuju poluge ili zupčanike.
Sekundarni (ili indirektni) sistem hlađenja	Sistem koji koristi fluid koji prenosi toplotu iz proizvoda ili prostora, ili iz drugog sistema za hlađenje ili grijanje, u sistem za hlađenje, bez kompresije i ekspanzije fluida.
Servisiranje	Primjena servisnih tehnika ili posebne opreme dizajnirane da spriječi ili smanji gubitak rashladnog fluida iz opreme tokom instalacije, rada ili odlaganja RACHP sistema.
Servis	Sve vrste poslova koje može obavljati serviser, od instalacije, rada, inspekcije, popravke, naknadne ugradnje, redizajna i demontaže rashladnih sistema do rukovanja, skladištenja, obnavljanja i recikliranja rashladnih sredstava, kao i vođenja evidencije.
Bezbjednosno – tehnički list (MSDS)	Sigurnosni savjetodavni bilten koji su pripremili proizvođači hemikalija za određeni rashladni fluid ili spoj.
Snaga	Brzina kojom se obavlja rad ili prenosi energija putem strujnog kola.

Specifična toplota	Količina toplote potrebna da se jedinica mase supstance zagrije za 1 °C. Mjeri se u džulima po Kelvinu po kilogramu.
Strana niskog pritiska	Dio rashladnog sistema koji radi na približno istom pritisku kao i isparivač, dio od izlaza prigušnog (ekspanzionog) uređaja do ulaza u kompresor.
Strana visokog pritiska	Dio rashladnog sistema koji radi na nivou pritiska kondenzatora, nakon izlaza iz kompresora do ulaz u prigušnom (ekspanzionom) uređaju.
Supstance koje oštećuju ozonski omotač (ODS)	Supstance za koje se zna da oštećuju stratosferski ozonski omotač. ODS kontrolisane prema Montrealskom protokolu i njegovim amandmanima su hlorofluorouglenici, hidrohlorofluorouglenici, haloni, metilbromid, ugljen tetrahlorid, metil hloroform, hidrobromofluorouglenici i bromohlorometan.
Tačka ključanja	Temperatura tečnosti u tački u kojoj počinje isparavati.
Tačka mjehurića	Temperatura zasićenja tečnosti rashladnog fluida pri određenom pritisku; temperatura na kojoj tečni rashladni fluid prvi put počinje da ključa.
Tačka rose	Temperatura na kojoj parni rashladni fluid prvi put počinje kondenzirati; također se definiše kao temperatura na kojoj parni rashladni fluid dostiže zasićenje pod određenim pritiskom
Test čvrstoće pritiskom	Pritisak koji se primjenjuje za ispitivanje čvrstoće rashladnog sistema ili bilo kojeg njegovog dijela.
Test nepropusnosti	Ispitivanje hermetičnosti rashladnog sistema, ili bilo kojeg njegovog dijela, pod pritiskom.
Ton rashladnog sistema (TR)	Uobičajena jedinica za kapacitet rashladnog ili klima uređaja. Definiše se kao brzina energije potrebna za topljenje tone leda na 0 ° C u 24 sata. 1 tona rashladne energije (TR) = 3,517 kW = 12.000 Btu/h.
Toplota	Prijenos energije s jednog mjesta na drugo zbog temperaturne razlike između dva mjesta. Toplota se može prenositi iz jednog oblika energije u drugi.
Transkritični ciklus	Rashladni ciklus čiji kompresor komprimira rashladni fluid na pritisku iznad kritične tačke.
Ugljovodonici (HC)	Hemijska jedinjenja koje se sastoje od jednog ili više atoma ugljenika okruženih samo atomima vodonika.
Ukupni ekvivalentni uticaj zagrijavanja (TEWI)	Mjera ukupnog uticaja opreme na globalno zagrijavanje zasnovana na ukupnim povezanim emisijama gasova sa efektom staklene bašte tokom životnog vijeka opreme, uključujući njenu proizvodnju i odlaganje radnih fluida i hardvera na kraju životnog vijeka. TEWI uzima u obzir i direktne emisije i emisije povezane s energijom koje proizvodi energija potrošena u radu opreme. TEWI se mjeri u jedinicama mase ekvivalenta CO ₂ .
Ultraljubičasto zračenje (UV)	Zračenje sunca s talasnim dužinama između vidljive svjetlosti i rendgenskih zraka. UV-B (280-320 nm), jedan od tri pojasa UV zračenja, štetan je za život na Zemljinoj površini i uglavnom ga apsorbira ozonski omotač.
Uništenje	Uništavanje supstanci koje oštećuju ozonski omotač ili njihovih smjesa u odobrenim postrojenjima za uništavanje.
Uređaj za isključivanje	Uređaj za isključivanje protoka fluida, kao što je rashladno sredstvo ili slana voda

Vakuumiranje (evakuacija)	Vakuumiranje (evakuacija) RACHP sistema znači konačno uklanjanje vlage ili nekondenzirajućih gasova u sistemu. To znači uklanjanje svih rashladnih fluida i isparljivih zagađivača poput vlage i vazduha, ostavljajući tako gotovo vakuum. Vakuumiranje (evakuacija) se vrši korištenjem vakuum pumpe, kao zadnji korak pre punjenje RACHP sistema rashladnim fluidom, a idealno je postići apsolutni pritisak od 0,5 mbar (50 Pa, 375 mikrona) ili niži.
Ventil za smanjenje pritiska	Ventil koji se aktivira pritiskom, a zatvoren je oprugom ili nekim drugim fluidom, a dizajniran je za automatsko ispuštanje prekomjernog pritiska tako što se otvara pri podešenom pritisku i ponovo zatvara nakon što pritisak padne ispod podešenog pritiska.
Zasićeni pritisak pare	Maksimalni pritisak pare supstance na datoj temperaturi kada se akumulira u tečnom stanju u zatvorenom prostoru.
Zatvoreni sistem	Rashladni sistem u kojem su svi dijelovi koji sadrže rashladni fluid čvrsto spojeni zavarivanjem, lemljenjem ili sličnim trajnim spojem. Zatvoreni sistem ne sadrži rastavljive spojeve.
Zauzeti prostor	Potpuno zatvoreni prostor koji ljudi zauzimaju duži vremenski period. Zauzeti prostor može biti dostupan javnosti (na primjer supermarket) ili samo obučanim osobama (na primjer, rezanje mesa). U zauzetom prostoru može biti instaliran kompletan rashladni sistem ili dijelovi istog.
Zavareni spoj	Spoj dobijen spajanjem metalnih dijelova u plastičnom ili rastopljenom stanju.
Zavojnica	Dio rashladnog sistema konstruiran od savijenih ili ravnih cijevi i služi kao izmjenjivač topline (isparivač ili kondenzator).
Zemlje člana 5 Montrealskog protokola	Zemlje u razvoju koje su stranke Montrealskog protokola čija je godišnja potrošnja i proizvodnja supstanci koje oštećuju ozonski omotač (ODS) po glavi stanovnika manja od 0,3 kg. Trenutno, 148 od 197 stranaka Montrealskog protokola ispunjava ove kriterije. Zemlje iz člana 5 imaju pravo na tehničku i finansijsku pomoć od Sekretarijata Multilateralnog fonda.
Zeotrop	Mješavina rashladnog fluida koja se sastoji od dvije ili više supstanci različite isparljivosti, a koja značajno mijenja sastav ili temperaturu dok isparava (ključa) ili kondenzuje (ukapljuje) pod datim pritiskom. Zeotropna mješavina rashladnog fluida kojoj je dodijeljena oznaka serije R4xx prema standardu ISO 817.

Lista tabela

Tabela 1.1: Osnovne jedinice mjere u SI sistemu mjera
Tabela 1.2: Izvedene jedinice iz osnovnih SI jedinica
Tabela 1.3: Složene jedinice
Tabela 1.4: Često korišteni prefiksi za jedinice
Table 1.5: Konverzija temperaturnih skala
Table 1.6: Iskustvena pravila temperature kondenzacije i isparavanja
Tabela 1.7: Tabela zasićenja za rashladni fluid R-134a
Tabela 1.8: Tabela zasićenja za rashladni fluid R-407C
Tabela 1.9: Opis komponenata jednostavnog rashladnog sistema
Tabela 1.10: Opis pridruženih vodova jednostavnog rashladnog sistema
Tabela 10.5: Žice za tvrdo lemljenje kod RACHP sistema
Tabela 3.1: Vrijednosti ambijentalne temperatura i odgovarajućih maksimuma u zavisnosti od sistema
Tabela 3.2: Test pod pritiskom prema PS
Tabela 3.3: Vrijednosti pritiska za aktiviranje zaštite na sistemu
Tabela 3.4: Prijedlog izvještaja o sprovedenom testu pod pritiskom
Tabela 3.5: Temperatura ključanja vode u zavisnosti od pritiska
Tabela 3.6: Željeni nivo vakuuma u različitim jedinicama mjera
Tabela 3.7: Prijedlog izvještaja o sprovedenoj proceduri vakuumiranja
Tabela 4.1: Kritična mjesta propuštanja
Tabela 6.1: Kompatibilnost kompresorskih ulja sa rashladnim fluidima
Tabela 6.2: Prijedlog izvještaja o sprovedenom mjerenju radnih parametara
Tabela 7.1: Vrijednosti pritiska za aktiviranje zaštite od previsokog pritiska
Tabela 10.1: Dimenzije mekih bakarnih cijevi u po ASTM B 280 i DIN 8905 standardu
Tabela 10.2: Dimenzije tvrdih bakarnih cijevi u po ASTM B 280 i DIN 8905 standardu
Tabela 10.3 : Dimenzije pravilno izvedenog konusa prema američkom standardu cijevi
Tabela 10.4 : Dimenzije pravilno izvedenog konusa prema evropskom standardu cijevi
Tabela 10.5: Žice za tvrdo lemljenje kod RACHP sistema
Tabela 10.6: Preporučene brzine rashladnog fluida u cjevovodima
Tabela 10.7: Preporučene maksimalne udaljenosti za nosače bakrenih cijevi
Tabela 10.8: Preporučene maksimalne udaljenosti za nosače čeličnih cijevi
Tabela 10.9: Preporučeni moment zatezanja matice kod rastavljivih veza prema standardu BAS EN 378-2:2017
Tabela 11.1: Tabela zasićenja za rashladni fluid R-407C
Tabela 11.2: Najčešće korišteni zeotropni rashladni fluidi i njihov sastav mase u %
Tabela 11.3: Najčešće korišteni azeotropni rashladni fluidi i njihov sastav mase u %
Tabela 11.4: Aparati za domaćinstvo
Tabela 11.5: Komercijalna rashlada
Tabela 11.6: Industrijska rashlada
Tabela 11.7: Transportno hlađenje
Tabela 11.8: Mali samostalni klima uređaji
Tabela 11.9: Mali split klima uređaji
Tabela 11.10: Veliki split klimatizacioni uređaji i ostale vrste sistema vazduh-vazduh
Tabela 11.11: Čileri
Tabela 11.12: Toplotne pumpe i sistemi samo za grijanje

Lista slika

- Slika 1.1: Uporedni termometri Farenthajtova, Celziusova i Kelvinova temperaturna skala
- Slika 1.2: Mehanizmi prenosa toplote
- Slika 1.3: Senzibilna i latentna toplota
- Slika 1.4: Promjena temperature i agregatnog stanja pri grijanju vode
- Slika 1.5: Primjer ključanja vode na različitim nadmorskim visinama
- Slika 1.6: Ilustrativni prikaz rashladnog sistema
- Slika 1.7: Molijerovom dijagram pritisak - entalpija (logp-h)
- Slika 1.8: Molijerovom dijagram pritisak - entalpija (logp-h) za rashladni fluid R-134a
- Slika 1.9: Rashladni sistem prikazan u Molijerovom logp-h dijagram
- Slika 1.10: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima
- Slika 1.11: Klizanje temperature zeotropskih mješavina u dijagramu pritisak – entalpija
- Slika 1.12: Klizanje temperature rashladnog fluida R-407C u dijagramu pritisak – entalpija
- Slika 1.13: Različite varijacije primijenjene na rad jednog rashladnog sistema
- Slika 1.14: Šematski prikaz jednostavnog rashladnog sistema
- Slika 1.15: Loptasti, elektromagnetni ventil i jednosmjerni ventili
- Slika 1.16: Servisni sigurnosni ventili
- Slika 1.17: Različite vrste filtera sušača
- Slika 1.18: Kontrolno staklo sa indikatorom vlage
- Slika 1.19: Različite vrste resivera
- Slika 1.20: Različite vrste odvajača ulja
- Slika 1.21: Akumulator tečnosti
- Slika 1.22: Različite vrste senzora za mjerenje pritiska i temperature
- Slika 1.23: Različite vrste prekidači pritiska i temperature
- Slika 2.1: Molekula ozona
- Slika 2.2: Ozon u atmosferi
- Slika 2.3: Ozonski omotač i debljina ozonskog omotača
- Slika 2.4: Prirodno stvaranje i razgradnja ozonskog omotača
- Slika 2.5: Razgradnja ozona pod dejstvom hlora
- Slika 2.6: Sistemi koji doprinose oštećenju ozonskog omotača
- Slika 2.7: Prirodni efekat staklene bašte i narušavanje efekta ljudskim aktivnostima
- Slika 2.8: Raspored eliminacije rashladnih fluida iz Aneksa C – grupa I (HCFC rashladni fluidi)
- Slika 2.9: Raspored smanjenja potrošnje rashladnih fluida iz Aneksa F (HFC rashladni fluidi)
- Slika 2.10: Obaveze smanjenje potrošnje upotrebe fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte u Bosni i Hercegovini u skladu sa Kigali Amandmanom Montrealskog protokola
- Slika 2.11: Obrazac evidencije serviseri o vrstama i količinama sakupljenih upotrijebljenih i obnovljenih, odnosno obrađenih kontrolisanih ili zamjenskih supstanci u skladu sa članom 54 stav 1 Zakona o zaštiti vazduha
- Slika 2.12: Izgled forme u platformi koja sadrži osnovne podatke o ovlaštenom pružatelja usluge u godišnjem izveštaju o prikupljenim supstancama
- Slika 2.13: Izgled forme u platformi godišnjeg izvještaja o nabavljenim/korištenim količinama supstanci
- Slika 2.14: Izgled forme u registraciji RACHP opreme
- Slika 2.15: Uticaj rashladnih fluida na životnu sredinu
- Slika 3.1: Informacije o PS na fabričkoj tablici sistema i pojedinim komponentama sistema
- Slika 3.2: Informacija o sprovedenom testu pod pritiskom prikazana na fabričkoj tablici uređaja
- Slika 3.3: Boca sa suhim azotom sa regulatorom pritiska koja se koristi za test pod pritiskom
- Slika 3.4: Povezivanje sistema za test pod pritiskom
- Slika 3.5: Oprema i alati koji se koriste za vakuumiranje sistema

Slika 3.6: Povezivanje sistema za sprovođenje postupka vakuumiranja

Slika 4.1: Sprovođenje provjere propuštanja u skladu sa
važećim propisima u Bosni i Hercegovini

Slika 4.2: Mjerne tačke pritiska i temperature na rashladnom sistemu

Slika 4.3: Set za provjeru propuštanja ultraljubičastom lampom

Slika 4.4: Provjera propuštanja korištenjem metode ultraljubičaste lampe

Slika 4.5: Provjera propuštanja korištenje testa sapunicom i mjehurićima

Slika 4.6: Provjera propuštanja korištenjem infracrvenog
elektronskog detektora propuštanja

Slika 5.1: Servisni ventili

Slika 5.2: Položaji servisnog (rotalock) ventila

Slika 5.3: Servisna crijeva, zaptivači i različite vrste adaptera

Slika 5.4: Mehanička i elektronska manometarska grupa

Slika 5.5: Mehanička manometarska grupa sa dva ventila

Slika 5.6: Cilindar za jednokratnu upotrebu

Slika 5.7: Spektar boja cilindra za jednokratnu upotrebu

Slika 5.8: Cilindri koju se mogu ponovo puniti

Slika 5.9: Cilindar za prikupljanje prema DOT standardu

Slika 5.10: Cilindar za prikupljanje prema ADR standardu

Slika 5.11: Širenje rashladnog fluida unutar cilindra za
prikupljanje uslijed porasta temperature

Slika 5.12: Cilindri za prikupljanje sa ugrađenom zaštitom od prepunjivanja

Slika 5.13: Oprema i alati koji se koriste za prikupljanje rashladnih fluida

Slika 5.14: Prikupljanje rashladnog fluida u parnoj fazi – način povezivanja

Slika 5.15: Prikupljanje rashladnog fluida u tečnoj fazi – način povezivanja

Slika 5.16: Prikupljanje rashladnog fluida korištenjem push
– pull metode – način povezivanja

Slika 5.17: Označavanje cilindra nakon prikupljanja

Slika 5.18: Tester za testiranje kiselost ulja u zavisnosti od vrste ulja

Slika 5.19: Prikupljanje kompresorskog ulja iz instalacije pod pritiskom dušika (azota)

Slika 5.20: Punjenje ulja tokom vakuumiranja

Slika 5.21: Punjenje RACHP sistema u parnom agregatnom stanju korištenjem cilindra
sa jednim ventilom (slika lijevo) i cilindar sa dva ventila (slika desno)

Slika 5.22: Punjenje RACHP sistema u tečnom agregatnom stanju korištenjem cilindra
sa jednim ventilom (slika lijevo) i cilindar sa dva ventila (slika desno)

Slika 5.23: Elektronska vaga koja ima mogućnost programiranja količine punjenja

Slika 5.24: Set za recikliranje i stanice za recikliranje rashladnog fluida iz auto klime

Slika 5.25: Recikliranje rashladnog fluida u jednom prolazu

Slika 5.26: Recikliranje rashladnog fluida u više prolaza

Slika 5.27: Uređaj za regeneraciju malih količina rashladnih fluida

Slika 5.28: Pojednostavljeni prikaz veze između prikupljanja, recikliranja,
regeneracije i ponovne upotrebe prikupljenog rashladnog
fluida u skladu sa standardom BAS EN 378-4+A1:2020

Slika 5.29: Šema rukovanja prikupljenim rashladnim fluidom u skladu
sa standardom BAS EN 378-4:2016+A1:2020

Slika 5.30: Tok drop-in retrofita

Slika 6.1: Podjela kompresora prema principu rada

Slika 6.2: Podjela kompresora prema hermetičnosti

Slika 6.3: Princip rada jednostepenog klipnog kompresora

Slika 6.4: Vijčani kompresor otvorenog tipa sa dva vijka

Slika 6.5: Princip rada vijčanog kompresor sa dva vijka

Slika 6.6: Vijčani kompresor otvorenog tipa sa jednim vijkom

Slika 6.7: Spiralni (scroll) kompresor hermetičkog tipa

Slika 6.8: Princip rada spiralnog (scroll) kompresora

Slika 6.9: Rotacioni kompresori sa kotrljajućim klipom hermetičkog tipa

Slika 6.10: Princip rada rotacionog kompresora sa kotrljajućim klipom
 Slika 6.11: Centrifugalni kompresor poluhermetičkog tipa
 Slika 6.12: Radni opseg (working envelope) kompresora
 Slika 6.13: Primjer miješanja i zona nerastvorivosti rashladnog fluida HCFC-22 i mineralnog ulja
 Slika 6.14: Mjerne tačke pritiska i temperature na rashladnom sistemu
 Slika 7.1: Cijevno lamelasti vazduhom hlađeni kondenzator
 Slika 7.2: Odvođenje toplote kod vazduhom hlađenog kondenzatora
 Slika 7.3: Vazduhom hlađeni kondenzator sa prirodnim i prinudnim strujanjem vazduha
 Slika 7.4: Vodom hlađeni kondenzator tipa plašti i cijev
 Slika 7.5: Vodom hlađeni kondenzator tipa cijev u cijev (koaksijalni)
 Slika 7.6: Pločasti vodom hlađeni kondenzator
 Slika 7.7: Spiralni vodom hlađeni kondenzator
 Slika 7.8: Evaporativni kondenzator
 Slika 7.9: Frekventni regulator za kontrolu pritiska kondenzacije kod vazduhom hlađenog kondenzatora
 Slika 7.10: Lokacija ugradnje frekventnog regulatora za kontrolu pritiska kondenzacije
 Slika 7.11: Cijevni razvod od kompresora do vazduhom hlađenog kondenzatora
 Slika 7.12: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima
 Slika 8.1: Konstrukcija isparivač za hlađenje vazduha
 Slika 8.2: Isparivači za hlađenje vazduha prirodnim i prinudnim strujanjem vazduha
 Slika 8.3: Suhi isparivači za hlađenje tečnosti – plašt i cijev i lemljeni pločasti isparivač
 Slika 8.4: Konstrukcija preplavljenog isparivača (flooded evaporator)
 Slika 8.5: Rad RACHP sistema sa višestrukim isparavanjem i jednim kompresorom
 Slika 8.6: Ventil konstantnog pritiska za regulaciju temperaturu isparavanja
 Slika 8.7: Načini povezivanja kada se isparivači nalaze ispod ili iznad nivoa kompresora
 Slika 8.8: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima
 Slika 8.9: Potpuno zaleđeni isparivač kod toplotne pumpe u režimu grijanja
 Slika 9.1: Rashladni sistem koji koristi kapilaru kao prigušni element
 Slika 9.2: Dijelovi termostatskog ekspanzionog ventila
 Slika 9.3: Termostatski ekspanzioni ventil bez spoljašnjeg izjednačavanja pritiska
 Slika 9.4: Termostatski ekspanzioni ventil sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska
 Slika 9.5: Fabričke tablice TEV i označavanje MOP karakteristike
 Slika 9.6: Razlika u punjenju temperaturnog senzora TEV sa i bez MOP karakteristike
 Slika 9.7: EEV sa step (koračajnim) motorom
 Slika 9.8: Smjer strujanja, postavljanje, pričvršćivanje i pozicija temperaturnog senzora kod TEV
 Slika 9.9: Sile koje utiču na otvaranje dizne i način povezivanja TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska
 Slika 9.10: Pravilno postavljanje TEV sa spoljašnjim izjednačavanjem pritiska i razdelnikom tečnosti
 Slika 9.11: EEV kod kojeg je strujanje rashladnog fluida moguće u oba smjera (bi-flow)
 Slika 9.12: Povezivanje elemenata EEV
 Slika 9.13: Promjene agregatnog stanja rashladnih fluida u RACHP sistemima
 Slika 9.14: Proračun pregrijavanja, normalno, preveliko i prenisko pregrijavanje
 Slika 9.15: Linija minimalnih stabilnih pregrijavanja i radna karakteristika TEV i EEV
 Slika 9.16: Mehanički i elektronski termostat
 Slika 9.17: Dizajn ventila za regulaciju pritiska
 Slika 9.18: Primjena senzora pritiska i temperature
 Slika 9.19: Pojedinačni prekidači pritiska sa ili bez reset opcije
 Slika 9.20: Mehanički kombinovan prekidač pritiska sa reset opcijom visokog pritiska
 Slika 9.21: Diferencijalni prekidač pritiska
 Slika 9.22: Elektronski prekidači pritiska sa ili bez reset opcije
 Slika 9.23: Postavljanje odvajača ulja
 Slika 9.24: Provjera stanja filtera – sušača mjerenjem temperature prije i iza filtera

Slika 10.1: Ispravno i neispravno odmotavanje meke bakarne cijevi i mjesto sječenja

Slika 10.2: Različite vrste rezača za sječenje bakarnih cijevi

Slika 10.3: Testera za sječenje bakarnih cijevi (32 zuba po inču)

Slika 10.4: Kliješta za sječenje kapilarnih cijevi

Slika 10.5: Tipični rezač bakarnih cijevi i komponente od kojih je sastavljen

Slika 10.6: Način sječenja bakarnih cijevi korištenjem rezača za bakarne cijevi

Slika 10.7: Deformacija bakarne cijevi na mjestu sječenja kada se za sječenje koristi rezač ili testera

Slika 10.8: Različite vrste alata ("reamer") za čišćenje deformacije (opiljaka) na mjestu sječenja

Slika 10.9: Izgled cijevi nakon čišćenja opiljaka

Slika 10.10: Mašinsko savijanje bakarnih cijevi i povezivanje komponenti sistema

Slika 10.11: Minimalni radijus savijanja pri savijanju bakarnih cijevi

Slika 10.12: Kritične tačke savijanja i smanjenje prečnika na mjestu savijanja

Slika 10.13: Ručni presovni savijač

Slika 10.14: Koraci prilikom savijanja cijevi ručnim presovnim savijačem

Slika 10.15: Opruge za savijanje bakarnih cijevi različitih veličina

Slika 10.16: Koraci prilikom savijanja cijevi oprugom

Slika 10.17: Ručni savijač za savijanje bakarnih cijevi

Slika 10.18: Koraci prilikom savijanja cijevi ručnim savijačem

Slika 10.19: Spajanje cijevi proširivanjem

Slika 10.20: Alati za proširivanje cijevi

Slika 10.21: Hidraulični alat za proširivanje cijevi

Slika 10.22: Alat za izradu konusa kod rastavljivih veza

Slika 10.23: Postavljanje cijevi u držač alata i naleganje konusa alata

Slika 10.24: Karakteristične dimenzije pravilno izvedenog konusa

Slika 10.25: Pravilno i nepravilno izrađeni konusi za rastavljiv tip veze

Slika 10.26: Priključci i fitinzi za rastavljiv tip veze

Slika 10.27: Spojnice za izradu presovanih spojeva

Slika 10.28: Namazivanje zaptivnim sredstvom i stabilizacioni umetak kod spojnice tipa 50

Slika 10.29: Izbor spojnice u zavisnosti od materijala cijevi

Slika 10.30: Alat za izradu presovanih spojeva

Slika 10.31: Koraci tokom izrade presovanog spoja

Slika 10.32: Različite vrste spojnice za presovane spojeve

Slika 10.33: Žice za lemljenje neobložene, obložene fluksom kao i pasta za tvrdi lem (fluks)

Slika 10.34: Oprema za tvrdi lem

Slika 10.35: Koraci 1 i 2 tokom pripreme spoja za tvrdi lem

Slika 10.36: Korak 3 tokom pripreme spoja za tvrdi lem

Slika 10.37: Podešavanje plamena

Slika 10.38: Pravilno grijanje spoja koji se lemi

Slika 10.39: Nepravilno grijanje spoja koji se lemi i neočišćeni dio fluksa nakon tvrdog lemljenja

Slika 10.40: Grijanje spoja i nanošenje dopunskog materijala tokom postupka tvrdog lemljenja

Slika 10.41: Izgled spoja nakon tvrdog lema kada se koristi i kada se ne koristi suhi azot

Slika 10.42: Korištenje suhog azota tokom izrade tvrdog lema

Slika 10.43: Preporuke o načinu pripreme "sifona" na usisnom vodu na izlazu iz sistema kada je ugrađen kompresor sa kontrolom kapaciteta

Slika 10.45: Izolacija za izoliranje bakarnih cjevovoda

Slika 11.1: Podjela rashladnih fluida

Slika 11.2: Označavanje rashladnih fluida u skladu sa standardom BAS ISO 817/A1:2021

Slika 11.3: Prikaz najčešće korištenih rashladnih fluida prema klasi bezbjednosti

Slika 11.4: Molekula rashladnog fluida CFC-11

Slika 11.5: Molekula rashladnog fluida HCFC-22

Slika 11.6: Molekula rashladnog fluida HFC-134a

Slika 11.7: Molekula rashladnog fluida HFO-1234yf
 Slika 11.8: Klizanje temperature zeotropskih mješavina u dijagramu pritisak – entalpija
 Slika 11.9: Klizanje temperature rashladnog fluida R-407C u dijagramu pritisak – entalpija
 Slika 11.10: Molekula HC-290
 Slika 11.11: Molekula rashladnog fluida HC-600a
 Slika 11.12: Molekula rashladnog fluida amonijaka NH₃ (R-717)
 Slika 11.13: Molekula rashladnog fluida CO₂
 Slika 11.14: Faze životnog vijeka RACHP uređaja
 Slika 11.15: Odnos pritisak – temperatura kod najčešće korištenih HFC i prirodnih rashladnih fluide
 Slika 11.16: Kriterijumi za odabir alternativnog rashladnog fluida u novim RACHP sistemima u zavisnosti od aplikacije

Korištena literatura

1. ASHRAE Refrigeration handbook, 2022
2. Bundesfachschule Kälte Klima Technik, predavanja
3. Dobri servisni praktiki vo sistemite za ladenje i toplinski pumpi koi koristat fluorirani gasovi kako sredstvo za ladenje (priračnik za obuka), Frigotermika-CE doo (Skopje, Makedonija), 2024
4. Priručnik za servisere rashladnih i klima uređaja, Agencija za zaštitu životne sredine Crne Gore, 2024
5. Dobra servisna praksa u rashladnoj tehnici i klimatizaciji, Agencija za zaštitu životne sredine Crne Gore, 2024
6. Prirodni i zapaljivi rashladni fluidi, Agencija za zaštitu životne sredine Crne Gore, 2025
7. Manual on good service practces in refrigeration and air conditioning, National Agency for Protection of the Environment - Tunisia, 2021
7. Manual on good service practicies in refrigeration and air conditioning – natural and flammable refrigerants, National Agency for Protection of the Environment – Tunisia, 2021
8. Guides to codes and standards in RACHP systems and equipment, National Agency for Protection of the Environment – Tunisia, 2023
9. Priručnik za servisere rashladnih i klima uređaja, Ministarstvo zaštite životne sredine / Kancelarija za zaštitu ozonskog omotača Republike Srbije, 2018
10. RTOC assesment report 2022
11. TEAP assesment report 2022
12. International Safety Standards in Air Conditioning, Refrigeration & Heat Pump, GIZ
13. Standard ASHARE 34:2022
14. Standard EN 378 – dio 1, 2, 3 i 4
15. Tehnička dokumentacija Danfoss, Bitzer, SCM, Daikin , Linde, Chemours

