

# NOVA GENERACIJA GASNIH APSORPCIONIH AMONIJAČNIH ČILERA – GAX Upoređenje sa električnim kompresorskim sistemima

NEW GENERATION OF  
GAS ABSORPTION AMMONIA CHILLERS  
Comparison to Electric Compressor Systems

Siniša Šćepanović, dipl. inž., ROBUR S.p.A., Italija

---

*Kratak istorijat apsorpcionih amonijačno-vodenih mašina za hlađenje. Analiza proizvoda na tržištu i poređenje sa klasičnim (kompresorskim) sistemima za proizvodnju rashladene vode. Pregled parametara funkcionisanja i efekata u zavisnosti od relevantnih temperatura. Pravila za projektovanje gasnih apsorpcionih mašina voda/amonijak. Prednosti korišćenja gasa u procesu i predstavljanje nekoliko tipičnih instalacija.*

---

*This paper includes a short account of absorption ammonia water chillers, the evaluation of products available on the market and comparison to the conventional (compressor) systems for water cooling. Operation parameters, temperature-related effects and principles for designing absorption ammonia water chillers are also presented. Advantages of using gas in the process are given along with the description of several typical installations.*

---

**Ključne reči:** apsorpcija; čiler; gas; robur; hlađenje; amonijak

**Key words:** absorption; chiller; gas; Robur; cooling; ammonia

## 1. Uvod

U širokoj ponudi klimatizacionih uređaja na tržištu, gasni amonijačni apsorpcioni čileri predstavljaju danas pouzdan i konkretan odgovor na klasične kompresorske sisteme. Masovna proizvodnja ovakvog tipa čilera počinje u Sjedinjenim Američkim Državama sredinom ovog veka, dok se u Evropi ozbiljnije pojavljuje 1991. godine, kada „Robur” S.p.A. (Bergamo, Italija) otkupljuje proizvodne pogone, know-how i sve patente firme „Elektroluks-Servel” u Indijani. Od 1991. do danas, u Evropi je instalirano oko 10.000 uređaja sa stalnim trendom širenja tržišta.

Apsorpcioni sistem, međutim, ostaje još uvek za dobar deo evropskih projekatnata i montera prilična nepoznanica. Mislimo, dakle, da je prezentacija ovog proizvoda korisna pre svega zbog poređenja sa poznatim i široko upotrebljavanim električnim čilerima.

## 2. Istorija apsorpcionih mašina

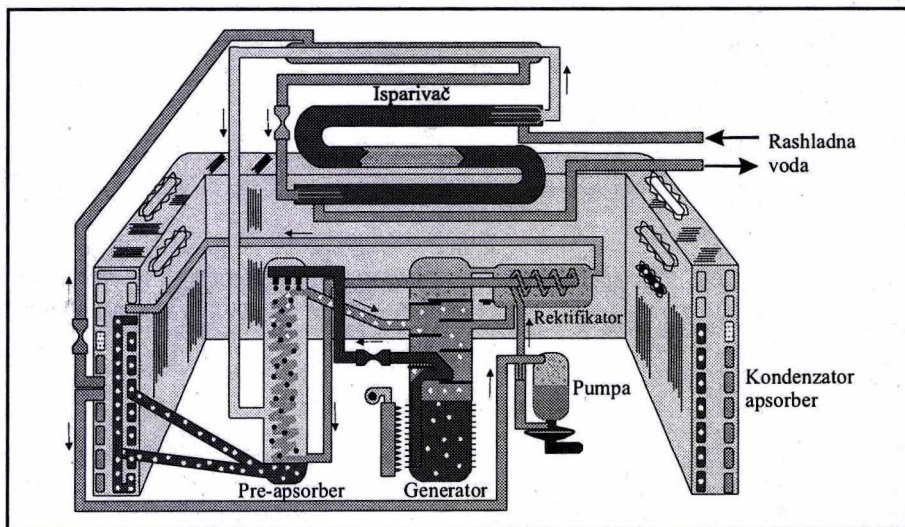
Apsorpcione rashladne mašine svakako nisu novost u rashladnoj tehnici. Još pre 130 godina su postajali uređaji koji su funkcionisali i koji su se uspešno prodavali na tržištu. Najplodniji period u tehnološkom razvoju bio je u prošlom veku između 1830. i 1870. godine, kada se pojavljuju, po prvi put, rashladne mašine sa kompresovanim gasovima (1834, Jacob Perkins), kao i one zasnovane na apsorpciji (1860, Ferdinand Carre).

Upravo je genijalnom Francuzu Kareu pošlo za rukom da nasluti i pretoči u realnost rashladnu apsorpcionu mašinu, tako da osniva prvu fabriku ovakvih uređaja 1866. godine. Kare je imao i sreću i sposobnost da izabere kombinaciju amonijaka i vode za apsorpcioni ciklus, koja se ispostavila toliko uspešnom, da se koristi i u današnjoj modernoj tehnologiji.

Od 1875. godine ovakve mašine potiskuju kompresorske uređaje i dominiraju na tržištu sve do tridesetih godina ovog veka, kada otkrivanje sintetičkih rashladnih sredstava – CFC – dovodi do ponovnog cvetanja i uspona kompresorskih rashladnih sistema.

Švedski naučnici Munters i Van Platen razvijaju dalje apsorpcione uređaje, uspevajući da eliminišu pumpu iz apsorpcionih mašina. Time doprinose razvoju novog tipa frižidera koji je zbog svoje trajnosti i tihog rada bio izuzetno na ceni. Ovakav frižider, koji je razvio „Elektroluks“, bio je jedan od najpopularnijih proizvoda na tržištu sve do pojave hermetičkih kompresora.

Tokom četrdesetih godina ovog veka, prvi put se pojavljuju apsorpcione mašine koje koriste novu kombinaciju brom-litijum i vodu (ovde je voda rashladno sredstvo). Ova tehnologija se razvija prevashodno u Evropi i Americi. Godine 1975. „Elektroluks“ – Arkla prodaje patente i opremu za proizvodnju ovakvih čilera Japancima i usredsređuje se na amonijačno-vodene čilere.



Slika 1. Šema rashladnog apsorpcionog ciklusa  $NH_3-H_2O$

Tabela 1. Tehničke karakteristike mašine GAX

Modeli			ACF 60-00	RTCF 120-00	RTCF 180-00	RTCF 240-00	RTCF 300-00
Termička snaga (na gorioniku)		kW	23,74	47,48	71,22	94,96	118,70
Rashladna snaga <sup>1</sup>		kW	17,49	34,98	52,47	69,96	87,45
		BTU	60.000	120.000	180.000	240.000	300.000
Protok hladne vode	- nominalni	l/h	2.735	5.470	8.205	10.940	13.675
	- max	l/h	3.200	6.400	9.600	12.800	16.000
	- min	l/h	2.500	5.000	7.500	10.000	12.500
Pad pritiska unutar čilera		m w.g.	3,9	4	4	4	4
Potrošnja gasa:	- metan <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	2,51	5,02	7,53	10,04	12,55
	- LPG <sup>3</sup>	kg/h	1,86	3,71	5,57	7,42	9,28
Protok vazduha kroz kondenzator <sup>4</sup>	- max	m <sup>3</sup> /h	10.200	20.400	30.600	40.800	51.000
	- min	m <sup>3</sup> /h	3.500	7.000	10.500	14.000	17.500
Nivo buke <sup>4,5</sup>	- max	dB(A)	58	61	63	64	65
	- min	dB(A)	47	50	52	53	54
<b>Električni podaci</b>							
Napon			230 V-50 Hz	230 V-50 Hz ili 380 V-50 Hz trofazne struje			
Snaga <sup>6</sup>		kW	820	1,64	2,46	3,28	4,10
<b>Hidraulična instalacija</b>							
Voda potis/usis		"F	1 1/4	2	2	2	2
Gas		"F	1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
<b>Fizički podaci</b>							
Rashladni fluid	- H <sub>2</sub> O	kg	10	10 x 2	10 x 3	10 x 4	10 x 5
	- NH <sub>3</sub>	kg	6,7	6,7 x 2	6,7 x 3	6,7 x 4	6,7 x 5
Težina		kg	350	840	1.300	1.740	2.170
Dimenzije	- dužina	mm	850	2.150	3.610	4.900	6.200
	- širina	mm	1.230	1.240	1.240	1.240	1.240
	- visina	mm	1.260	1.390	1.390	1.390	1.390

<sup>1</sup> Karakteristike pri normalnom funkcionisanju: spoljna temperatura vazduha 35°C, temperatura rashladne vode na potisu 7,2°C; temperatura rashladne vode na usisu 12,7°C.

<sup>2</sup> Donja toplotna moć 34,02 MJ/m<sup>3</sup> (1013 mbar - 15°C).

<sup>3</sup> Gornja toplotna moć 46,34 MJ/kg (1013 mbar - 15°C).

<sup>4</sup> Brzina ventilatora se smanjuje u slučaju da spoljna temperatura opadne 33°C.

<sup>5</sup> Izmereno 5 metara od uređaja koristeći semirefleksivnu podlogu.

<sup>6</sup> +/- 10% u funkciji napona i tolerancije apsorpcije električnih motora.

„Robur” S.p.A. 1991. kupuje kompletna postrojenja i know-how od „Elektroluksa” i počinje sa razvojem i lansiranjem gasnog apsorpcionog čilera, koji se sasvim obnovljen i modernizovan pojavljuje na svetskom tržištu 1998. godine, kao novi model GAX.

### 3. Termodinamički ciklus NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O

Današnji apsorpcioni rashladni uređaji koriste gas kao primarnu energiju. Zahtevi za električnom energijom su minimalizovani i ograničeni na pogon hidraulične pumpe za mešavinu kondenzacijskog ventilatora i ventilatora gorionika. Tečnost koja se koristi u rashladnom krugu je mešavina amonijaka i vode, gde je voda apsorpcioni, a amonijak rashladni fluid. Šematski prikaz rashladnog sistema vidi se na slici 1.

U generatoru se, uz pomoć energije dobijene sagorevanjem zemnog gasa (ili propan-butana), zagreva mešavina vode i amonijaka do tačke ključanja tako da se s jedne strane dobija para sa jakom koncentracijom amonijaka, a sa druge strane tečnost sa vrlo slabom koncentracijom amonijaka (slaba mešavina).

Para prolazi kroz rektifikator gde se oslobađa od eventualnih primesa vode. Vruća amonijačna para na visokom pritisku ulazi u kondenzator gde hladena na temperaturu okoline menja agregatno stanje i prelazi u tečnost. Tečni amonijak prolazi zatim kroz prvi laminacioni organ, čime mu se spušta pritisak, zatim kroz razmenjivač toplote i na kraju kroz drugi laminacioni organ, čime mu se temperatura spušta na 3°C. U ovakvim uslovima, sa niskom temperaturom i niskim pritiskom, amonijak ulazi u isparivač gde prelazi u gasovito stanje, oduzimajući toplotu vodi koja se vraća iz instalacije (ventikonvektori, fan-coils itd.).

Hladna amonijačna para na niskom pritisku koja izlazi iz isparivača prolazi kroz jedan razmenjivač toplote „cev u cev” (gde razmenjuje toplotu sa tečnim amonijakom koji ulazi u isparivač) i odlazi dalje u preapsorber), gde se meša sa slabom mešavinom (vodom) koja dolazi iz generatora pod nešto nižim pritiskom zahvaljujući dodatnom reduktoru pritiska.

U preapsorberu počinje proces apsorpcije, to jest rastvaranje amonijačne pare u tečnoj mešavini. Apсорpcija je proces koji oslobađa toplotu sve dok se kompletna količina amonijaka ne apsorbuje, tako da je neophodno dodatno ohladiti mešavinu kako bi se sav amonijak apsorbovao u vodi. Za tu svrhu se koristi apsorpciona baterija koja se hladi spoljnim vazduhom.

Kada je proces apsorpcije završen dobija se tečna mešavina sa visokom koncentracijom amonijaka (bogata mešavina), koja se dovodi na visoki pritisak uz pomoć membranske pumpe (koja je gonjena hidrauličnom uljnom pumpom). Mešavina pre povratka u generator prolazi kroz serpentinu rektifikatora i kroz preapsorber gde se dodatno zagreva i time povećava stepen korisnog dejstva mašine.

Tabela 2. Uporedne karakteristike apsorpcionih i kompresorskih čilera

Podaci za 1 kW rashladne vode	GA NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O	Električni čiler R22	Električni čiler R407a
Rashladni fluid	NH <sub>3</sub> u vodenom rastvoru	R22	R407a
Potrošnja goriva	0,14 m <sup>3</sup> /h	–	–
Potrošnja električne energije	46 Wh	401 Wh	419 Wh
Napon	230 V – 50 Hz	380 V – 50 Hz	380 V – 50 Hz
Protok vazduha kroz kondenzator	579,5 m <sup>3</sup> /h	448,3 m <sup>3</sup> /h	452,7 m <sup>3</sup> /h
Težina	19,9 kg	12,5 kg	12,6 kg

Uslovi: Spoljna temperatura 35°C; temperatura povratne vode 12°C; temperatura izlazne vode 7°C.

Primedba: Faktor COP se uobičajeno koristi za merenje korisnog dejstva električnih čilera. Korišćenje ovog faktora za gasne apsorpcione uređaje je neprimereno, jer su rashladni ciklus, a iznad svega način korišćenja primarne energije, sasvim različiti.

Rashladni krug je hermetičan (sve komponente su zavarene), ne postoje spojevi koji bi dozvolili eventualne gubitke tečnosti, sa izuzetkom spoja uljne pumpe i membrane koja je jedini pokretni elemenat u rashladnom krugu.

Apsorpcioni ciklus  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  sadrži rashladnu bateriju hladenu vazduhom, tako da su uređaji opremljeni aksijalnim ventilatorom koji je integrisan u čiler, smanjujući time instalacione probleme u odnosu na mašine hladene vodom kojima je neophodan rashladni toranj.

### 3.1. Operativni parametri

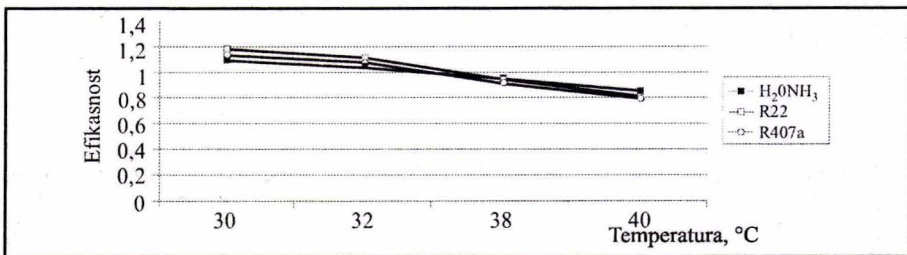
Na slici 2 se vidi da se rashladna snaga apsorpcionih uređaja ne razlikuje mnogo od električnih čilera. Takođe se može primetiti da se pri promeni spoljne temperature na sličan način menja efikasnost oba sistema.

Na slici 3 se vidi kako se menja rashladna snaga pri promeni temperature izlazne vode pri konstantnoj spoljnoj temperaturi vazduha od 35°C.

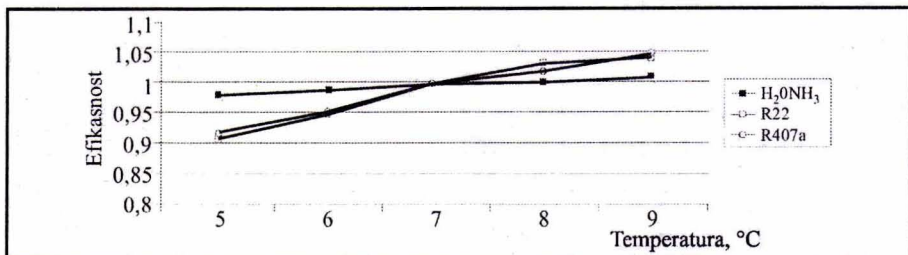
Apsorpcioni čiler ima mnogo konstantniji rad pri promeni temperature rashladne vode. Kompresorski čileri menjaju prilično, u pozitivnom ili negativnom smislu, svoje karakteristike u zavisnosti od izlazne temperature rashladne vode. Što se tiče spoljnih graničnih operativnih temperatura, apsorpcioni čileri sa  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  mogu da funkcionišu na temperaturama od -20°C do +46°C, dok kompresorski uređaji, sa posebnim dodacima mogu da funkcionišu od -18°C do +46°C.

### 3.2. Primarna energija

Gasni apsorpcioni uređaji koriste kao primarnu energiju zemni gas ili propan-butan. Zahtevi za električnom energijom su ograničeni jer je ona neophodna samo za pokretanje kondenzatorskog ventilatora, uljne pumpe i ventilatora gorionika.



Slika 2. Efikasnost rashladnih sistema pri promeni spoljne temperature vazduha



Slika 3. Efikasnost rashladnih sistema pri promeni temperature rashladne vode

Električni napon za sve apsorpcione uređaje je 230 V jednofazne struje, dok se za električne čilere preko 20 kW mahom prave trofazni priključci (poneki kompresorski uređaji traže trofazno napajanje već sa 12–15 kW instalisane snage). Odnos potrošnje električne energije između dva sistema je u proseku 1 prema 7 u korist gasnih mašina.

Tip primarne energije, neophodne za funkcionisanje čilera, često je osnovni faktor pri izboru rashladne mašine. Nikako se ne sme zaboraviti da korisnici koji instaliraju klimatizaciju imaju takođe potrebe i za grejanjem, tako da imaju sve preduslove da odaberu gas kao primarnu energiju. Korišćenje gasa u letnjim mesecima ne opterećuje gasnu instalaciju korisnika, dok se električni čiler po pravilu dodaje kao potrošač u letnjim mesecima, tako da povećava ukupnu zahtevanu instalisanu snagu. Vrlo često ugradnja električne kompresorske jedinice zahteva ugradnju dodatnog transformatora sa dodatnim troškovima građevinskih i električarskih radova.

### 3.3. Normalno i vanredno održavanje

Kao što je već naglašeno prilikom objašnjenja termodinamičnog ciklusa, amonijski apsorpcioni čileri su skoro statični (jedinu element koji je u pokretu je pumpa za mešavinu). Takođe je navedeno da je kompletan rashladni krug hermetičan, tako da su sve termodinamičke karakteristike tokom vremena konstantne.

Zahvaljujući ovakvoj konstrukciji, vanredno održavanje ovakvih mašina je skoro zanemarljivo. Apsorpcioni čileri nemaju potrebe za dopunjavanjem rashladnog fluida, nemaju unutrašnje komponente koje su podložne habanju i nemaju zaptivke koje moraju periodično biti promenjene. Zahvaljujući tome, garantni periodi za  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  čilere su mnogo duži.

Normalno održavanje podrazumeva sledeće operacije:

Možemo sa sigurnošću potvrditi da su ukupni troškovi održavanja apsorpcionih mašina konstantni tokom godina, dok se za električne kompresorske mašine oni proporcionalno povećavaju sa povećanjem broja sati čilera u pogonu.

## 4. Instalacija

### 4.1. Uslovi

Očigledna je neophodnost da se gasni čileri uvek instaliraju na otvorenom prostoru. Ova karakteristika se sve više vidi kao prednost proizvoda jer korisnik koji nema dovoljno prostora ili zatvorenih lokala, sve češće teži da rashladne mašine (kao i one za grejanje) instalira na otvorenom prostoru, čime naravno snižava troškove skupih zidarskih radova.

Prostori neophodni za instalaciju i održavanje, za protok rashladnog vazduha i za čišćenje skoro su identični za oba sistema, iako:

Tabela 3. Održavanje apsorpcionih i kompresorskih čilera

$\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ čiler	Električni čiler
Čišćenje kondenzatorske baterije	Čišćenje kondenzatorske baterije
Provera električnih komponenti (ventilator, uljna pumpa i ventilator gorionika)	Provera električnih komponenti (kompresor, ventilator, presostati, ventili itd.)
Provera nivoa ulja	Provera/dopuna rashladnog fluida

Tabela 4. Poređenje amonijaka i R22

	NH <sub>3</sub>	R22
Specifična toplota pare	4	1
Latentna toplota isparavanja	6	1
Termička provodljivost tečnosti	5,5	1
Gustina tečnosti	0,5	1

la (u svakom slučaju bolji je raspored težina na nosećoj osnovi), dok je za servisiranje neophodan manji prostor.

– jedinice NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O čilera sa manjom instalisanom snagom zahtevaju manje prostora od električnog čilera iste snage;

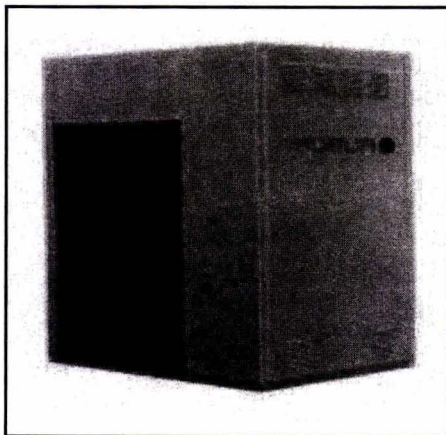
– srednje i veće snage NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O čilera zahtevaju više prostora jer su sastavljeni od više modu-

#### 4.2. Električne i vodovodne instalacije

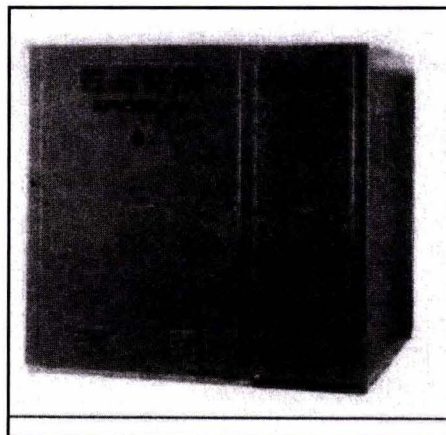
Odsustvo električnog kompresora u mašinama pojednostavljuje instalaciju za rashladnu vodu jer akumulacioni rezervoar nije neophodan (osim ako to nije projektni zahtev). Kao što je poznato, ovi rezervoari imaju ulogu da akumuliraju hladnu vodu i time spreče suviše česta paljenja kompresora koja bi mogla da prouzrokuju njegovo pregrevanje. Gasna instalacija za NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O čilere je uglavnom standardna gasna instalacija sa standardnim vrednostima za gasno napajanje. Električna instalacija nije zahtevana, ni sa materijalne ni sa izvođačke strane, a potrošnja je, kao što je već navedeno, 1/7 od potrošnje električnog čilera.

#### 4.3. Modularnost

Snage amonijačnih apsorpcionih čilera su srednje i male, ali im to ne smeta u njihovom modularnom funkcionisanju. Od snage 35 kW naviše, moduli se kontrolišu stepenima snage od 17,5 kW koji su programirani u fabrici pri montaži osnovnih jedinica (slika 4). To doprinosi većoj rashladnoj efikasnosti sistema i približnijoj krivoj snage u zavisnosti od promenljive potrebe za rashladnom vodom.



Slika 4.  
Rashladna jedinica od 87,5 kW



Slika 5.  
Jedinica za grejanje i klimatizaciju

## 5. Klimatizacija i grejanje na gas

Apsorpciona tehnologija  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  danas još uvek ne raspolaže reverzibilnim sistemom koji bi u zimskim mesecima mogao da zagreva vodu, kao što je to moguće u termodinamičkim ciklusima toplotnih pumpi sa komprimovanim gasovima.

Za zimsku klimatizaciju, kao i za eventualno zagrevanje tople sanitarne vode, apsorpcioni čileri su opskrbljeni jednim klasičnim visokoefikasnim kotlom. Kotao je montiran u istom bloku sa čilerom, tako da predstavlja kompaktna sistem. Modularnost, ranije citirana, odnosi se i na funkcionisanje grejanja – štaviše ovakvo rešenje kompletno odvajala instalaciju za grejanje i klimatizaciju od građevinskih struktura. Kako je sve instalisano napolju, nije neophodna ni kotlarnica, a postoje i sigurnosne i ekonomske prednosti ovakve instalacije.

Ovakvi uređaji sa  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  mogu da proizvode istovremeno i toplu i hladnu vodu tako da su idealni za instalacije sa 4 cevi (proizvodnja sanitarne vode, postgrejanje i sl.). Za razliku od toplotnih pumpi, toplotna snaga ovih jedinica ne trpi posebno u slučaju smanjivanja spoljne temperature.

Snaga električne toplotne pumpe, koja se generalno definiše pri  $7/8^\circ\text{C}$ , prepolovi se u slučaju kada se spoljna temperatura spusti na  $5^\circ\text{C}$ , tj. upravo kada se povećava potražnja za toplotnom energijom. Pored toga, toplotna pumpa ima ozbiljnih problema sa vlažnošću u vazduhu koji dovodi do zamrzavanja spoljne baterije. Odmrzavanje (ručno ili automatsko) zahteva zaustavljanje mašine i dodatnu potrošnju električne energije.

## 6. Uticaj na životnu sredinu

Zbog svojih izuzetnih karakteristika, amonijak se koristi još od prošlog veka kao rashladni fluid. U tabeli su navedene neke od osnovnih uporedbi sa R22.

### 6.1. Uticaji na atmosferu

Sintetički halogeni fluidi, otkriveni tokom tridesetih godina, niskih toksičnih osobina, nezapaljivi i sa dobrim rashladnim karakteristikama, uzroci su stvaranja rupe u ozonskom omotaču koji štiti Zemlju od ultraljubičastog zračenja. Mešavina  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  koja se koristi u apsorpcionim čilerima, potpuno je bezopasna za atmosferu i ukoliko bi čak i došlo do gubitka amonijaka on bi se rastvorio u atmosferi. Smatra se da se u prirodnim procesima godišnje oslobodi u atmosferu oko 1 milijarda tona amonijaka.

Ova činjenica čini apsorpcione mašine izuzetno interesantnim sa ekološkog stanovišta: nikakav rizik za ekološki sistem zemlje u slučaju dodira fluida sa atmosferom, a koriste se isključivo bezopasni prirodni elementi – amonijak i voda.

Kao što je dobro poznato, zabrana korišćenja halogenih fluida je tema o kojoj ceo svet danas živo diskutuje i upravo zbog toga su doneseni različiti propisi i potpisani protokoli koji regulišu proizvodnju, prodaju i rokove u kojima takvi fluidi moraju biti izbačeni iz upotrebe.

Evropska norma EN 3093/94 je fiksirala 2014. godinu kao onu u kojoj fluidi HCFC moraju biti kompletno izbačeni iz upotrebe. Postoji novi predlog evropske norme, o kojoj se trenutno raspravlja u evropskom parlamentu, po kojem bi ovaj datum bio pomenen na 2008. godinu. Neke zemlje su već donele svoje zakone koji sankcionišu upotrebu HCFC pred stupanja 2015. godine i to:

Švedska 1998.  
Nemačka 2000.

Austrija 2002.

Italija 2008.

Podsećamo da se problemi i norme u vezi sa korišćenjem fluida HCFC ne odnose samo na njihovo korišćenje, nego i na načine uništavanja i reciklovanje rashladnih mašina koje koriste ove fluide na kraju njihovog radnog veka.

## 6.2. Uticaji na ljude

Karakteristika amonijaka, koja je sigurno poznata svima, jeste njegov neprijatan miris koji ljudi osećaju pri koncentraciji od 5 do 10 ppm. Toksične karakteristike amonijaka koje su i dovele do njegove zamene sa halogenim fluidima moraju u svakom slučaju biti drugačije gledane, s obzirom na tehnološki nivo materijala i instrumenata koji su nam danas na raspolaganju.

Razrednost amonijaka u vodi, koja predstavlja dve trećine ukupne mešavine u rashladnom kolu, i njegova mala količina u sistemu, čine apsorpcioni čiler jedinstvenim i neuporedivim sa drugim sistemima u kojima se amonijak koristi kao rashladno sredstvo (uobičajeni sistemi za hladnjače). Pogledajmo ipak koji su uslovi za funkcionisanje jedinice  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ .

– Spoljna instalacija, tako da u slučaju gubitka amonijaka on odlazi brzo uvis i razređuje se jer je 1,7 puta lakši od vazduha.

– Na temperaturi od 20°C amonijak je kompletno razređen u vodi, pritisak unutar rashladnog kola je približan atmosferskom i ne formira se amonijačna para.

– Amonijak je zapaljiv pri koncentracijama od 16 do 25%. S obzirom na spoljašnju instalaciju ovako velike koncentracije su praktično nemoguće.

– U slučaju duže izloženosti amonijaku, efekti su sledeći:

– 5–10 ppm – oseća se neprijatan miris;

– 150–200 ppm – iritacija očiju;

– 1.000 ppm – vazduh se više ne može udisati;

– 160.000 ppm – eksplozivna atmosfera.

## 7. Idealni korisnici amonijačno-gasno-apsorpcionih čilera

Iako su amonijačni čileri pogodni za sve tipove klimatizacionih postrojenja, postoji nekoliko specifičnih slučajeva u kojima su oni praktično nezamenljivi.

### 7.1. Korisnici sa ograničenom električnom energijom

Potrebe za električnom energijom su u konstantnom porastu, s obzirom da većina mašina i uređaja koji nas okružuju koriste ovu energiju kao pogonsku. Ipak, sve se češće dešava da korisnici sa značajnim konzumima električne energije ne mogu da povećavaju zahteve za dodatnom energijom.

Korišćenje električne energije danas je maksimalno razvijeno, ali korišćenjem gasnih čilera mogu se ostvariti sledeće koristi:

– izbeći povećanje potrošnje električne energije zbog klimatizacije;

– konvertirati postojeći električni klimatizacioni sistem gasnim i time osloboditi električnu instalaciju za eventualne nove priključke bez uvećavanja električne instalacije.

Brojne su instalacije u kojima su se gasni čileri pokazali kao pravi odgovor u integraciji sa tradicionalnim sistemima, posebno za „špiceve” u periodima maksimalne potražnje električne energije. Na taj način se izbegava montaža transformatora i naravno plaćanje struje koja u tim slučajevima košta i tri do četiri puta više od uobičajene tarife.

## 7.2. Korisnici sa konstantnom potražnjom hladne vode

Industrija i zanatstvo, koji imaju kontinuirane tehnološke procese, koristeći  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  čilere imaju prednost da koriste uređaj koji je veoma pouzdan i koji ima konstantan rashladni kapacitet tokom godina. Skoro kompletno odsustvo pokretnih elemenata daje izuzetnu garanciju apsorpcionim čilerima i u najtežem kontinuiranom pogonu, a servisiranje i održavanje se svode na najelementarnije operacije. Jedna sezona rada u non-stop režimu odgovara broju radnih sati koje mašina u normalnom pogonu odradi za 4 godine.

## 7.3. Povoljne gasne tarife

Veliki korisnici imaju mogućnost da dodatno uštede, jer imajući velike konzume gasa tarife su im veoma niske, tako da u uporednoj kalkulaciji mogu da isplate veoma brzo (već za nekoliko godina) instalaciju za klimatizaciju.

U većini država, gasne kompanije imaju itekako interesa da povećaju potrošnju gasa u letnjim mesecima, kada ona obično drastično opadne, dajući specijalne popuste za klimatizaciju na gas. Primer Italije koja oslobađa od poreza gas za upotrebu u hotelskim objektima, ili Francuske i Španije, gde Gaz de France i Gaz Natural Espana dotiraju svaki ugrađeni čiler koji kao pogonsku energiju koristi gas.

## 8. Budući razvoj

Uprkos tome što apsorpcioni amonijačni čiler nije novost na tržištu, njegov razvoj poslednjih godina svakako pokazuje da za ovakvu tehnologiju ima interesa, pogotovu sa aspekta traženja alternativnih rashladnih fluida. Problem sa ozonskim omotačem sa početka 80-tih godina pojačao je interes za ovu tehnologiju, tako da različite firme koje se bave rashladnom tehnikom ponovo aktiviraju razvoj apsorpcionih mašina.

Zahvaljujući naporima firme koja trenutno raspolaže ovom tehnologijom („Robur” S.p.A.), prošle godine je na tržištu predstavljen novi proizvod GAX (High Efficiency Gas Absorption Chiller), a za kraj 1999. godine je planirano predstavljanje prototipa prve toplotne pumpe koja funkcioniše na apsorpcionom principu.