

## УВОД У ЕНЕРГЕТИКУ

### Кабинет за Расхладне уређаје: Вежбе B12-B13

Вежбе се састоје у приказивању и тумачењу изабраних карактеристичних примера примене расхладних уређаја и топлотних пумпи. Примери примене: 1) конзервирање намирница (расхлађивање, замрзавање, складишта за замрзнуте намирнице, прерада и производња намирница, транспорт намирница, комерцијални уређаји за хлађење, уређаји за хлађење у домаћинству); 2) климатизација ваздуха; 3) примена расхладних машина у циљу грејања; 4) стечњавање гасова; 5) хемијска индустрија; 6) нафтна индустрија; 7) медицина; 8) металургија и машиноградња; 9) наука и истраживања.

## 1.2 PRIRODNO I VEŠTAČKO GREJANJE

### 1.3 HRONOLOGIJA RAZVOJA TEHNIKE HLAĐENJA

Primena veštačkog hlađenja počela je više milenijuma pre Hrista, jer su još od davnina uočeni povoljan uticaj snižavanja temperature na trajnost namirnica, povećanje ugodnosti u prohladnim prostorijama leti, kao i prednosti konzumiranja ohlađenih napitaka. Međutim veoma dugo, praktično sve do prvih dekada devetnaestog veka veštačko hlađenje se zasnivalo isključivo na empirijski poznatim potrošnim procesima. Pri tome su umešno korišćene periodičke promene temperature okoline (zima - leto; dan - noć) kao i druge postojeće neravnoteže u okolini.

U područjima sa umerenom i kontinentalnom klimom zimi su skupljani sneg i led i čuvani u pećinama ili zatrpani u tlu (zaštićeni prethodno kakvom prirodnom izolacijom), da bi se koristili, kao potrošna materija, za potrebe hlađenja preko cele godine (Stara Kina, Antička Grčka, Rim...)

U zemljama sa toplijom klimom i bez izrazitih zima (Egipat, Mesopotamija, Indija...), hladna voda, pa ponekad čak i led, dobijani su za vedrih noći tokom izvesnog dela godine, kada su plitke porozne glinene posude sa relativno tankim slojem vode izlagane pod otvorenim nebom. Uspeh postupka prvenstveno se zasnivao na niskoj vlažnosti nezagađenog vazduha: Od vode su se odvodile znatne količine toplote usled intenzivnog vetrenja sa njene slobodne površine i sa poroznih zidova posude u vazduh niske vlažnosti; osim toga, usled niskog sadržaja vodene pare i ugljen dioksida u čistom vazduhu, njihovi pojasevi apsorpcije nisu imali veliki uticaj, atmosfera je bila u velikoj meri prozračna za dugotalasno toplotno zračenje sa površine vode, pa su se značajne dodatne količine toplote zračenjem predavale u Svemir.

Rashladne smeše sa temperaturama ispod 0 °C pravljene su najpre mešanjem snega i soli ( $NaCl$ ,  $CaCl$ ,  $Ca(NO_3)_2$ ,  $KNO_3$ , ...). Prvi pisani tragovi o primeni rashladnih smeša potiču iz Istočne Indije (oko IV veka pre Hrista). Mešanjem snega i razređene sumporne kiseline postigao je *Ch. Blagden* 1783. godine temperaturu od - 40 °C, dok je *T. Lovitz* mešanjem snega i  $CaCl$  1793. godine postigao temperaturu od - 50 °C.

Prvim naučnim radom iz oblasti hlađenja smatra se delo *R. Boyle-a*: "*Historia experimentalis de frigore*" (1665.) u kome se iznosi da voda u razređenom prostoru isparava na niskim temperaturama. 1777. godine *Nern* je pokazao da voda mrzne pod vakuumom (koji je podržavan tako što su nastale količine vodene pare apsorbovane pomoću sumporne kiseline). Na osnovu tih otkrića je u Engleskoj napravljena prva mašina za pravljenje leda (*Leslie*, 1810.).

*William Cullen* je 1755. godine<sup>1</sup> napravio rashladni uređaj pomoću vakuum mašine koja je odisavala vodenu paru iz suda u kome je ključala voda na niskoj temperaturi; pri tome je uspeo i da smrzne vodu pod staklenim zvonom. Međutim, parne rashladne mašine su mogle naći neku praktičnu primenu tek pošto je kao rashladni fluid, umesto vode, primenjena neka lako isparljiva tečnost, koja na niskim temperaturama ključa pod višim pritiskom nego voda. Prvu takvu mašinu napravio je engleski lekar *Jacob Perkins* 1834. – 1835. godine, sa etileterom ((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>O) kao rashladnim fluidom.

*Perkins*-ova mašina predstavlja prototip savremenih parnih kompresorskih rashladnih mašina, jer je sadržala sve njihove bitne elemente (isparivač u obliku specijalnog suda u kome je ključao etileter, kondenzator u obliku cevne zmijske, pumpa-kompresor i specijalni prigušni ventil), a rashladni fluid je kružio u zatvorenom toku. Međutim ova mašina (British patent #6662 zaštićena 1834. godine) nije našla širu primenu.

1844. – 1845. godine američki lekar *John Gorrie* je napravio i patentirao (1851.) prvu vazдушnu rashladnu mašinu sa detanderom.

1856. – 1857. godine *J. Harrison* je usavršio *Perkins*-ovu mašinu i napravio prvu industrijsku rashladnu instalaciju u jednoj Australijskoj pivari.

1862. godine škotski inženjer *A. C. Kirk* napravio je prvu upotrebljivu industrijsku vazдушnu rashladnu mašinu.

1866. godine Amerikanac *T. Love* je napravio prvu rashladnu mašinu sa ugljen dioksidom i ugradio je na brod za prevoz mesa iz Teksasa u Njujork.

1870. godine Dr. *Carl von Linde* je objavio veoma značajan rad pod naslovom “O odvođenju toplote pri nižim temperaturama mehaničkim sredstvima”; 1873. – 1876. on je napravio prvi amonijačni kompresor i prvu amonijačnu kompresorsku rashladnu instalaciju.

1877. godine *James Coleman* i braća *John* i *Henry Bell* su znatno usavršili vazдушnu rashladnu mašinu tako da je ona izvesno vreme bila masovno primenjivana, sve dok je nisu istisnule amonijačne parne kompresorske mašine.

Prvu apsorpcionu rashladnu mašinu periodičnog dejstva (voda kao rashladni fluid, a sumporna kiselina kao apsorber) napravio je *E. Carre* 1850. godine; 1859. - 1862. *F. Carre* je napravio prvu kontinualnu apsorpcionu rashladnu mašinu (amonijak kao rashladni fluid, a voda kao apsorber). Po ideji *Geppert*-a napravljena je 1899. godine prva difuzionu kontinualna apsorpciona rashladna mašina. *C. Munters* i *B. v. Platen* su 1925. godine patentirali amonijačnu difuzionu apsorpcionu mašinu sa vodonikom u isparivaču i apsorberu. Takvi uređaji su se masovno primenjivali, a i sada se ponekad primenjuju u hladnjacima za domaćinstvo, dok su praktički najprikladnije rešenje za područja bez električne napojne mreže.

Princip ejektorske rashladne mašine patentiran je 1884. godine; od 1900. godine bavili su se razvojem ovih mašina *Charles Parsons* i *Maurice Leblanc*, koji je 1920. godine, u saradnji sa firmom *Westinghouse*, napravio prvu upotrebljivu ejektorsku rashladnu instalaciju.

Stečnjavanje vazduha prvi je obavio *Carl v. Linde* 1895. godine pomoću prigušnog efekta, dok je *G. Claude* 1902. uveo postupak ekspanzije na niskim temperaturama. Stečnjavanje vodonika uspelo je *J. Dewar*-u 1898. godine, a helijuma *H. K. Onnes*-u 1908.

Važno je uočiti da je razvoj rashladnih mašina tekao ispočetka sporo, slično razvoju (energetskih) parnih mašina, da bi postao intenzivniji tek sa pojavom Termodinamike kao nauke<sup>2</sup> i savremenijom formulacijom njenog II zakona od strane *R. Clausius*-a 1850. godine. Krajem 19. i početkom 20. veka bile su poznate i u punom razvoju praktično sve značajnije vrste rashladnih

<sup>1</sup> Četrnaest godina pre parne mašine *J. Watt*-a (1769.), a 49 godina posle *Papin*-ove parne mašine (1706.).

<sup>2</sup> “Rođendanom” Termodinamike smatra se publikovanje rada *Sadi Carnot*-a: “Reflexions sur la puissance motrice du feu et les machines propres a developper cette puissance”(“Razmišljanja o pokretačkoj moći vatre i o mašinama podesnim da razvijaju tu moć”) 1824. godine.

mašina: parne i gasne kompresorske, apsorpcione i ejektorske rashladne mašine, a takođe i termoelektrični rashladni uređaji i uređaji za stečnjavanje gasova.

Prvi rashladni klipni kompresori bili su veoma sporohodi (do 1900. godine oko  $50 \text{ min}^{-1}$ ; 1910. godine  $100 \div 300 \text{ min}^{-1}$ ) i zbog toga veoma glomazni. Pogonjeni su bili najpre pomoću parnih mašina, a kasnije pretežno elektromotorima. Savremeni klipni kompresori su veoma brzohodi i najčešće se direktno pogone asinhronim elektromotorima: za učestalost struje od  $50 \text{ Hz}$ , broj obrtaja velikih ide i do oko  $1500 \text{ min}^{-1}$ , a malih hermetičkih i rotacionih kompresora do oko  $3000 \text{ min}^{-1}$  (za  $60 \text{ Hz}$  - srazmerno veći brojevi obrtaja).

Početkom 20. veka rashladne mašine su bile namenjene uglavnom industriji i za proizvodnju leda i radile su najčešće sa amonijakom, ugljen dioksidom i vazduhom. 1913. godine počela je primena metil hlorida; dvadesetih godina prošlog veka počela je masovnija proizvodnja kućnih kompresorskih hladnjaka sa sumpor dioksidom kao rashladnim fluidom; tridesetih godina počinje proizvodnja freona metanovog i etanovog reda, ali su oni zauzeli značajnije mesto tek neposredno posle drugog svetskog rata. Međutim, sedamdesetih godina je potvrđeno da freoni sa hlorom štetno deluju na zaštitni ozonski sloj atmosfere, pa su Bečkom konvencijom i Montrealskim protokolom iz 1987. godine predviđene veoma oštre redukcije njihove upotrebe i eliminacija u prvoj dekadi ovog veka.

Sada se intenzivno radi na iznalaženju novih ekološki bezopasnih rashladnih fluida sa izrazitom tendencijom ka "rehabilitaciji" nekada napuštenih "prirodnih" rashladnih fluida.

Praktično od samih početaka razvoja tehnike hlađenja bilo je poznato da se rashladne mašine sa manjim adaptacijama mogu koristiti i kao niskotemperaturske toplotne pumpe, ali se prva značajnija toplotna pumpa počela koristiti tek uoči Drugog svetskog rata (u Švajcarskoj) da bi ubrzo toplotne pumpe bile praktički zaboravljene. Razlozi dugotrajnog odsustva praktičnog interesa za toplotne pumpe su bile niske cene energije iz fosilnih goriva, relativno jednostavna, jeftina i pouzdana oprema za njihovo korišćenje i, sa druge strane, visoke cene samih toplotnih pumpi. Međutim, posle Prve naftne krize 1974. godine počinje nagli i međunarodno dobro koordiniran razvoj toplotnih pumpi za najraznovrsniju masovnu primenu.

Grejanje pomoću toplotnih pumpi ili drugih termo transformatora je u svakom slučaju termodinamički povoljnije u odnosu na grejanje na bazi jednostavnog spaljivanja goriva (zbog velikih temperaturskih razlika pri razmeni toplote između produkata sagorevanja i grejanih objekata), ali, da bi bilo isplativo, njegova termodinamička prednost mora biti dovoljna da prevlada povećane investicione troškove.

Dok su prve niskotemperaturske toplotne pumpe bile samo neznatno adaptirane rashladne mašine, novije toplotne pumpe i termotransformatori se izrađuju i od posebno konstruisanih komponenata, prilagođenih specifičnostima izvora i ponora u sastavu složenih energetske sistema. Pooštreni kriterijumi u pogledu savršenstva rada doveli su i do razvoja mašina sa adaptiranim ili novim ciklusima namenjenih prvenstveno potrebama grejanja. Međutim u svim značajnijim aspektima razvoj rashladnih uređaja, toplotnih pumpi i drugih termotransformatora ide uporedo i ne može se razdvojiti; isto važi i za tehnologiju proizvodnje i montaže, pa zato praktički i ne postoje proizvođači koji proizvode samo rashladne uređaje, a da ne proizvode istovremeno i razne vrste toplotnih pumpi ili obrnuto.

U novije vreme praktično sve rashladne mašine u klimatizerima mogu automatski da reverziraju ciklus i da u hladnim periodima rade kao toplotne pumpe. To značajno povećava angažovanost tih uređaja tokom cele godine, što veoma povoljno utiče na ekonomičnost njihove primene.

Savremeni razvoj mikroelektronike i računara pruža nove mogućnosti u automatizaciji i optimizaciji korišćenja rashladnih mašina i toplotnih pumpi.

## 1.4 PRIMENA RASHLADNIH MAŠINA I TOPLOTNIH PUMPI

Da bi se sveobuhvatno i objektivno ocenio značaj Tehnike hlađenja neophodno je najpre, na osnovu detaljne pretrage svih vrsta ljudske aktivnosti, sagledati sva područja postojeće i izvesne (očekivane) buduće primene. Pri tome treba imati u vidu da je u nekim oblastima primena tehnike hlađenja teško uočljiva na prvi pogled (npr. često se ne zna da je u mnogim proizvodnim procesima veštačko hlađenje baš neophodno ili presudno za zahtevani kvalitet), a da su često alternativne mogućnosti nedovoljno istražene. Međutim, za sagledavanje bar dela tog značaja, dovoljno je samo zamisliti svakodnevicu bez primene tehnike hlađenja.

Primene veštačkog hlađenja se razvrstavaju u tri grupe :

- za *održavanje kvaliteta*, tj. za usporavanje nepoželjnih promena hemijskih, biohemijskih i strukturnih karakteristika raznih proizvoda, u prvom redu za *konzervisanje namirnica*;

za *stvaranje i održavanje karakteristika ambijenta*, tj. da bi se ostvarila *klimatizacija* prostora u kojima se živi, radi i/ili obavljaju razne proizvodne aktivnosti;

primene kada veštačko hlađenje predstavlja *glavni ili sporedni proces* pri ostvarivanju neke aktivnosti (proizvodnja, istraživanje, lečenje, sport itd.).

### 1.4.1 Konzervisanje namirnica hlađenjem

Ova primena veštačkog hlađenja proističe iz činjenice da se svi fizički, hemijski i biohemijski procesi usporavaju sa snižavanjem temperature. Pri tome se optimalna temperatura nalazi suprotstavljanjem ostvarenih pozitivnih efekata i troškova hlađenja, ili je pak snižavanje temperature ograničeno pojavom štetnih efekata (najčešće je to neželjeno smrzavanje, ali su od značaja i fiziološka oštećenja plodova i sl.).

Sami procesi hlađenja i smrzavanja namirnica, prednosti i nedostaci tih metoda, kao i njihovo poređenje sa eventualnim alternativnim metodama konzervisanja prikazani su u odeljku D2 ("Konzervisanje namirnica") u Dodatku. Ovde je dovoljno napomenuti da su veštačko hlađenje i smrzavanje, u većini slučajeva, najpovoljniji metod, koji obezbeđuje željeno povećanje trajnosti.

Namirnice se prvo hlade u sabirnim centrima ili u proizvodnim hladnjačama, a zatim se skladište u ohlađenom ili smrznutom stanju (zavisno od vrste i namene) u skladišnim i distributivnim hladnjačama, u komercijalnim i, na kraju, u kućnim rashladnim uređajima. Između pojedinih faza skladištenja ohlađene, odnosno smrznute namirnice se transportuju hlađenim transportnim sredstvima. To su uglavnom kamioni, vagoni i brodovi hladnjače, a u novije vreme se sve više koriste hlađeni kontejneri koji se po potrebi prebacuju sa jednog na drugo transportno sredstvo (hlađeni kontejnerski transport). Namirnica na velike udaljenosti. Time je omogućeno da asortiman ishrane stanovništva, čak i u manje razvijenim zemljama, nema više izrazit sezonski i lokalni karakter, a da se pri tome za proizvodnju hrane biraju najpogodnije vreme i mesto. A to je od velikog ekonomskog značaja. Prispeće mnogih poljoprivrednih kultura ima cikličnost sa periodom od godinu dana (jer zavisi od godišnjih doba), a uslovi za njihov uzgoj su ponekad pogodni samo na ograničenim geografskim područjima, koja su često dosta udaljena od velikih potrošačkih centara. I u takvim slučajevima Tehnika veštačkog hlađenja omogućava da se period potrošnje skoro svih namirnica protegne čak do novog prispeća (praktično na celu godinu), a takođe i bezbedan transport.

Skup svih napred navedenih faza hlađenja, koji omogućava da se premoste prostor i vreme od ubiranja (odnosno proizvodnje) do finalne prerade i/ili potrošnje date namirnice, čine tzv. *rashladni lanac*.

### 1.4.2 Liofilizacija

Liofilizacija predstavlja proces sušenja smrznutih proizvoda sublimacijom u vakuumu. Na taj način se, zahvaljujući vakuumu, zoni sublimacije unutar sušenog proizvoda mogu dovesti potrebne količine toplote za promenu faze, kako bi se proces sušenja odvijao zadovoljavajućom brzinom, a da se pri tome bilo gde u proizvodu ne premaši dozvoljena temperatura iznad koje bi mogle nastati nepoželjne promene njegovih karakteristika.

Liofilizacijom se suše razni farmaceutski proizvodi (antibiotici, preparati od ljudske krvi...), mleko, ekstrakt kafe, povrće, meso..., pa čak i gotova jela. Tako osušeni proizvodi se u paronepropusnoj ambalaži mogu čuvati i u *nehlađenom* prostoru od jedne do dve godine, a mogu se koristiti odmah nakon dodavanja potrebnih količina vode. Međutim, pošto je ovaj proces skup, primenjuje se samo za visokovredne proizvode i/ili kada se drugi postupci uopšte ne mogu primeniti.

### 1.4.3 Proizvodnja potrošnih rashladnih materija

Ponekad, na početku ili na kraju lanca hlađenja, nije ekonomično, ili je praktički nemoguće primeniti autonomni rashladni uređaj zbog ograničenih prostorno-tehničkih mogućnosti i/ili zbog toga što se hlađeni proizvod u njima zadržava kratko i/ili transportuje retko. U takvim slučajevima se za hlađenje primenjuju potrošne rashladne materije. Zavisno od vrste namirnica i/ili ambalaže i potrebne temperature primenjuju se *običan vodeni led* (topi se na 0 °C), tzv. “*suvi led*” (čvrsti CO<sub>2</sub> koji na atmosferskom pritisku sublimira na –78,9 °C), ili *tečni azot* (koji na atmosferskom pritisku isparava na –196 °C), a u ređim slučajevima “patroni” ispunjeni sa pogodnim eutektičkim rastvorima (tzv. *akumulatori toplote hlađenja*).

### 1.4.4 Klimatizacija vazduha

Jedna od najznačajnijih oblasti primene tehnike hlađenja je u klimatizaciji kada se vazduh hladi i/ili suši pomoću rashladnih mašina, ili pak greje pomoću toplotnih pumpi.

Održavanjem zadatih vrednosti temperature i vlažnosti vazduha u klimatizovanom prostoru doprinosi se očuvanju zdravlja, osećaju ugodnosti i radne sposobnosti ljudi (*komforna klimatizacija* stambenih prostorija, ustanova, škola, bolnica, pozorišta, prodajnih objekata...) i/ili se pak omogućava optimalno vođenje raznih proizvodnih procesa (*industrijska klimatizacija* npr. u predionicama, tkačnicama, kod proizvodnje fotomaterijala, mikroelektronike, lekova, u pogonima precizne mehanike...).

Bez klimatizacije proizvodnih pogona neki proizvodni procesi bi bili praktički nemogući jer bi škart bio veliki, kvalitet proizvoda loš i neujednačen, a produktivnost zaposlenih bi bila znatno niža.

Klimatizacija vazduha u prostorijama za uzgoj životinja, biljaka i gljiva ima veliki uticaj na prirast, prinose, ostvareni kvalitet i ekonomičnost uzgoja.

Klimatizacija je od posebnog značaja i za prostorije specijalne namene (istraživačke laboratorije, računarski centri, hirurške sale itd.).

### 1.4.5 Stečnjavanje gasova

Stečnjavanje gasova je posebno značajna oblast rashladne tehnike.

Da bi se mogli transportovati cisternama na potrebnu udaljenost, zemni gas i drugi tehnički gasovi se prethodno moraju prevesti u tečno stanje i održavati na veoma niskoj temperaturi, kako pritisak u tim (dobro izolovanim) cisternama ne bi bio previsok.

Kod uobičajenog prekomorskog transporta zemnog gasa, on se u eksportnoj luci stečnja i preko mora prevozi u tankerima sa krioizolacijom na veoma niskoj temperaturi, na relativno niskom nad pritisku; u isparivačkim stanicama u prijemnoj luci tečnost se ponovo prevodi u parno (gasovito) stanje i na relativno visokom pritisku nastavlja put gasovodom do potrošača. Pri tome se rashladni

učinak tih isparivačkih stanica, koji je veoma ujednačen, može koristiti za pokrivanje toplotnog opterećenja utilizacionih lučkih hladnjača odgovarajućeg kapaciteta.

Postrojenja za stečnjavanje gasova se takođe mnogo primenjuju u hemijskoj i petrohemijskoj industriji kao i u azotarama (za stečnjavanje i razdvajanje vazduha).

#### **1.4.6 Primena tehnike hlađenja u hemijskoj i prehrambenoj industriji**

Pošto brzine hemijskih reakcija bitno zavise od temperature, egzotermne hemijske reakcije se moraju kontrolisati hlađenjem reaktora. Kada je optimalna temperatura reaktora ispod temperature okoline mora se primeniti veštačko hlađenje reaktora.

Veštačkim hlađenjem se često održava i optimalna temperatura raznih biohemijskih reakcija u procesima fermentacije, naročito ako se radi o velikim proizvodnim kapacitetima. Pošto se u tim procesima koriste odgovarajuće bakterijske ili gljivične kulture, održavanjem pogodne temperature favorizuje se razvoj željene vrste mikroorganizama, pa se na taj način, osim na brzinu, utiče na vrstu enzimske aktivnosti i kvalitet proizvoda.

#### **1.4.7 Primena tehnike hlađenja u naftnoj industriji**

Veštačko hlađenje se mora primeniti i pri frakcionoj destilaciji lakih ugljovodonika, kao i pri izdvajanju parafina iz mineralnih ulja kristalizacijom na niskim temperaturama. Pošto su obično potrebni veoma veliki učinci (red veličina u MW), a raspolaže se pri tome i sa dovoljnim količinama otpadne toplote, u naftnoj industriji se često koriste sorpcione i ejektorske rashladne mašine. U zavisnosti od temperaturskog opsega rada, primenjuju se i odgovarajući rashladni agregati sa turbokompresorima velikog učinka.

#### **1.4.8 Primena veštačkog hlađenja u medicini**

U medicini se rashladni uređaji najviše koriste za čuvanje krvi i preparata od nje, kao i za čuvanje organa i tkiva za transplantaciju ("banke" krvi, plazme, tkiva i organa).

Hlađenje se primenjuje i u hirurgiji, naročito kod operativnih zahvata na grudnom košu, pri čemu se organizam dovodi u stanje hipotermije, kada ćelije mogu duže da izdrže bez dopreme krvi.

Hlađenje organizma se može ostvariti odvođenjem toplote sa površine tela, ili pak posredstvom krvi, koja se odvodi u specijalan rashladni uređaj i zatim vraća u organizam.

Smrzavanje se ponekad koristi kao specijalna hirurška tehnika (npr. odstranjivanje krajnika smrzavanjem pomoću tečnog azota).

#### **1.4.9 Primena veštačkog hlađenja u istraživanjima**

Rashladni uređaji se mnogo koriste u laboratorijama:

- za ispitivanje karakteristika materijala, razne opreme, oruđa, mašina i instrumenata, kako na niskim temperaturama, tako i pri naglom snižavanju temperature;

za ispitivanje ponašanja živih organizama i tkiva na niskim temperaturama;

pri istraživanju raznih fizičkih, hemijskih, biohemijskih i fizioloških procesa;

za simuliranje uslova eksploatacije na niskim temperaturama.

Za napred navedene svrhe se koriste specijalni maloserijski ili unikatni uređaji prilagođeni konkretnim potrebama. Obično su relativno malog učinka, ali mogu ostvariti i najekstremnije uslove. Međutim, mogu biti i jako veliki, sa rashladnim učinkom od više MW (npr. kod aerotunela

za ispitivanje modela letelica i njihovih delova u stratosferskim uslovima, velike ispitne komore za ispitivanje drumskih vozila, železničkih vagona, specijalne opreme i sl.).

#### 1.4.10 Primena tehnike hlađenja u metalurgiji i mašinogradnji

U metalurgiji gvožđa i čelika postižu se znatna poboljšanja kvaliteta primenom rashladnih uređaja koji se koriste za sušenje vazduha koji se uduvava u visoke peći i konvertore.

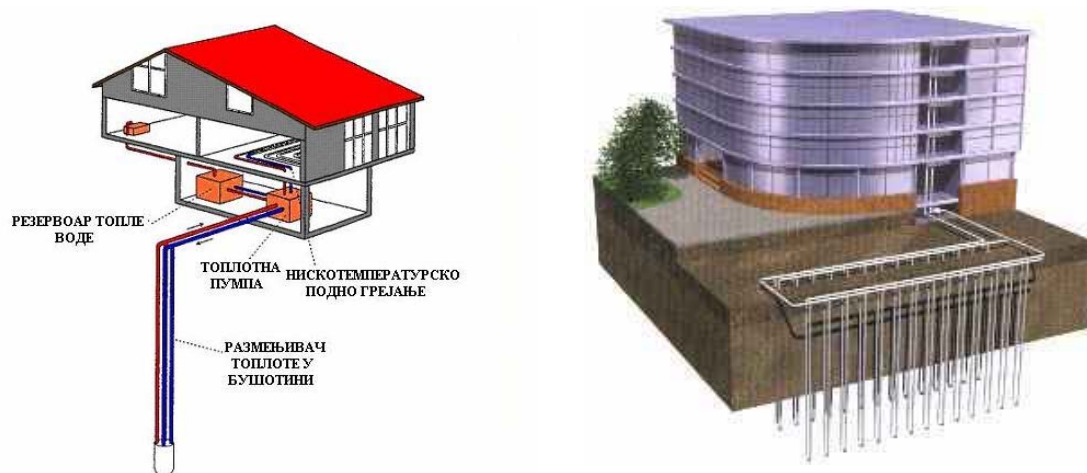
Niske temperature se koriste i kod termičke obrade nekih čelika i legura aluminijuma. Veštačko hlađenje se ponekad koristi za dovođenje nekih materijala u stanje povišene obradivosti, a kod specijalnih reznih alata za povećanje njihove izdržljivosti.

Pri izradi i demontaži presovanih sklopova sa velikim preklapom (zadorom), hlađenje čepa može sa uspehom da zameni ili smanji potrebu za grejanjem čaure. Time se znatno smanjuju sile presovanja ili razdvajanja sklopa, a sam postupak se olakšava.

#### 1.4.11 Primena rashladnih mašina u cilju grejanja (toplotne pumpe)

Visoke cene energije u kombinaciji sa pojeftinjenjem samih mašina doprinose naglom širenju primene toplotnih pumpi, a takođe i drugih termotransformatora. Primena levokretnih ciklusa u cilju grejanja može u velikoj meri da doprinese racionalizaciji potrošnje energije. Posebno je to slučaj kada se toplotnim pumpama supstituiše krajnje neracionalno elektrootporničko grejanje. Procenjuje se da te uštede u razvijenim zemljama mogu da dostignu i do 10% od ukupne potrošnje energije.

U novije vreme praktički svi rashladni uređaji za klimatizaciju vazduha mogu veoma lako da reverziraju ciklus da bi se koristili za grejanje klimatizovanog objekta. Na taj način se pospešuje plasman tih uređaja, jer se amortizacioni troškovi raspodeljuju na režim hlađenja i na režim grejanja.



Сл. 1 Примена геотермалне топлотне пумпе за грејање зграда

#### 1.4.12 Ostale primene

Osim u napred navedenim, rashladne mašine i toplotne pumpe se primenjuju i u mnogim drugim oblastima: npr. za hlađenje ploča veštačkih klizališta, za zagrevanje vode u plivačkim bazenima (često i kao mašine sa kogeneracijom rashladnog i grejnog učinka), u građevinarstvu za smrzavanje tla pri probijanju tunela kroz blatne terene, za prethlađenje vode i agregata pri izlivanju velikih betonskih masiva, za izmrzavanje vode iz rastvora (izdvajanje soli iz morske vode, koncentracija osetljivih voćnih sokova...), itd, ...itd. Međutim, nema potrebe dalje širiti izlaganja jer i do sada navedene primene dovoljno govore o značaju ove grane termotehnike.