

Mida rohkem me maailmalt võtame,  
seda suuremaks muutuvad meie võlad  
ja lõpuks võib tulla aeg,  
mil me peame oma võlad tagasi maksma,  
tagasi maksma ajal, mis meie elu  
jätkamise seisukohalt võib olla vägagi ebameeldiv.

Norbert Wiener

## **ENERGIASÄÄSTU VÕIMALUSTEST KÜLMATEHNIKAS**

**REIN ALBRI**

Eesti Mereakadeemia, Mustakivi 25, 13912 Tallinn; rein.albri@emara.ee

Paraku elame ajastul, kus inimkonna ettevõtlikkus on ohustamas elu meie koduplaneedil. Atmosfääri hoolimatu saastamine on toonud kaasa kasvuhooneefekti, see omakorda aga üldise kliimasoojenemise. Tagajärjeks on paduvihmad, üleujutused, enneolematu jõuga tormid, kusjuures Maailmamere vete keskmine temperatuuritõus on põhjustanud kaose korallimerede elukoosluses ja polaaralade jääkatte kiire sulamise. Lisaks veel rebendid maa elusloodust kaitsvas osoonikihis, nn osooniaugud – kõik need on olnud viimase aja kuumad teemad nii akadeemilistes ringkondades, ajakirjanduses kui ka tavalistekondlikes vestlustes. Imselt on kõigile selgeks saamas murettekitav tõsiasi, et muutumas on Maa looduslik tasakaal. Selle tagajärjed võivad inimkonnale olla saatuslikult pöördumatud. Millise maailma me pärandame järgnevatele põlvkondadele, see sõltub eelkõige meist endist, seega meie tegevusest või tegevusetusest. Sellest lähtudes tuleb meil alustada kõigepealt säästlikust energiatarbimisest, juhindudes sealjuures kuldreeglist – tegutseda üleüldise hüvangu nimelt lokaalselt, kuid mõtelda globaalselt.

Energiatarbimine põhjustab ligikaudu 95% inimtegevuse tagajärjel tekkinud CO<sub>2</sub> emissioonidest. Eestis saadakse üle 90% toodetud elektrienergiast põlevkivist. Selle kaevandamisega ja töötlemisega kaasneb paraku ka keskkonnasaaste. Elektrienergia tootmise käigus paiskub meil aastas õhku ligikaudu 10 miljonit tonni CO<sub>2</sub>, mis tekitab atmosfääris süsinikdioksiidi üleküllastuse. Sellest saab alguse kasvuhooneefekt, mis aitab kaasa kliima soojenemisele. Lisaks eraldub põlevkivi põletamisel aastas atmosfääri veel ligikaudu 65000 vääveldioksiidi, mis omakorda põhjustab happevihmade teket, mille tulemuseks on mullastiku ja veekogude üleküllastumine happega. Samuti jäävad põlevkivi kaevandamisest ja kasutamisest maha suured aheraine- ja tuhamäed, millega seoses tekivad uued keskkonnaprobleemid. Elame piiratud ressursside ajastul. Eluline küsimus on tasakaalu saavutamise majandusliku efektiivsuse kasvu ja loodusvarade säästliku kasutamise vahel. Energiasäästlik eluviis on momendil ülimalt aktuaalne Euroopa Liidu energiapoliitika eesmärkides, seega loomulikult ka Eestis. Paraku on elektrienergia tarbimine Eestis viimastel aastatel suurenenud ja seda eriti kodustes majapidamistes. Elektrienergia tarbimine kasvab aasta-aastalt ka terves maailmas. Samas kasvab ka kasvuhoonegaaside hulk atmosfääris, vaatamata sellele, et Kyoto protokolliga ühinenud Euroopa Liidu liikmesriigid on seadnud eesmärgiks vähendada CO<sub>2</sub> emissiooni 2012.aastaks 8%

võrreldes 1990. aastaga. On välja arvatud, et kui õnnestuks energiakasutamise efektiivsust tõsta 1% võrra, oleks aastaks 2010 võimalik saavutada 2/3 säästupotentsiaalset ning selle tulemusena vältida umbes 200 miljoni tonni CO<sub>2</sub> emissiooni aastas, mis teeb 50 % EL Kyoto eesmärgist.

Alljärgnevalt vaatleme, kuidas oleks võimalik vähendada energiatarbimist külmutustehnikas. See on üks kaasaegsetest tehnikaharudest, mis meie arenevas maailmas leiab järjest suuremat levikut – vaadake kasvõi uusi moodsaid kaubakeskusi ehk nn supermarketite kette. Sellesse ritta tuleb veel lisada külmutusseadmetel baseeruvad kliimaseadmed ja soojuspumpsüsteemid – kõik nad tarbivad elektrienergiat ja sugugi mitte vähe – näiteks supermarketi kogu energiakulust läheb külma tootmisele ligikaudu 50%. Arenenud riikides kulub kliima- ja külmutusseadmetele 15% kogu tarbitavast energiast. Samas ei ole võimalik ka külmaobjektide ehitamist pidurdada, sest see seaks ohtu toiduainete kvaliteedi ja olmetingimused. Niigi rikneb normikohaste säilitustingimuste puudumisel igal aastal heaolumaades ligi 30% ja arengumaades isegi kuni 50% toiduainetest. Ometi on ka selle osa toidu tootmisel kulutatud tööjõudu, toorainet ja energiat. Ja seda olukorras, kus maailmas nälgib palju inimene ja iga päev sureb nälga tuhandeid lapsi – eelkõige Aafrikas, Aasias ja teistes arengumaades. Rahvusvahelise Külmainstituudi (International Institute of Refrigeration) andmetel toodetakse igal aastal maailmas selline kogus toiduaineid, mis teeks energiaks ümberarvestatuna ööpäevas ümmarguselt 20 kJ iga meie planeedi elaniku kohta. See on kogus, mis ligikaudu kahekordselt ületab inimese normaalse toitumisvajaduse. Teoreetiliselt ei peaks seega keegi siin maailmas kannatama nälga, ammugi siis veel nälga surema. Ja ometi on see paraku võimalik efektiivselt tegutseva külmaketi puudumise tõttu, mis tagaks kvaliteetse toiduahela alates tootjast kuni viimase tarbijani kõikidesse maailma soppidesse.

Alljärgnevalt on vaadeldud võimalusi säästmaks elektrienergiat külmutusseadmete käitlemisel. Vaadeldava kontrollsüsteemi käivitamiseks tuleks see seadustada nagu liiklusvahendite tehnokontroll Autoregistrikeskuses. Inimpotentsiaal taolise süsteemi loomiseks ja läbiviimiseks on Eestis olemas, kasvõi meie Mereakadeemia külmaeriala lõpetanud vilistlaskonna näol. Ühest küljest teeks see külmaobjekt valdajale teatud kulutusi, kuid samas säästab optimaalsel töörežiimil töötav külmutusseade raha ning looks teatud kindlustunde. Kokkuvõttes võidaksid sellega kõik, eelkõige aga keskkond, kus me elame.

Külmutusseadmete hooldust ja remonti tuleb teatavasti teostada vastavalt valmistajatehase poolt kehtestatud juhenditele või siis tekkinud vajadusele. Kuivõrd seda tehakse või ei tehta sõltub eelkõige külmaobjekti valdajast või hooldefirmast. Et iga külmutusseade sisaldab suuremal või vähemal määral külmutusagensit, siis võib hooldamata seade varem või hiljem saada otsese keskkonnareostuse allikaks või siis hakata ülemääraselt energiat tarbima, millega kaasneb kaudne keskkonnareostus suurenenud elektrienergia tarbimise näol. Kvalifitseeritud spetsialistide regulaarse kontrolli all töötavad külmutusseadmed tarbivad tunduvalt vähem elektrienergiat. Sellest tulenevalt on vajalik sisse viia vastav kontrollraamat, kuhu märgitakse iga-aastased külmaobjekti tehnilise ülevaate tulemused. Kontrollülevaatusi peavad läbi viima selleks volitatud ning vastava ettevalmistuse saanud külmutusspetsialistid koos keskkonnainspektoriga.

Allpool on toodud näited, millele on külmaobjekti kontrollimise käigus vajalik pöörata erilist tähelepanu, ja seletused, miks seda on vaja teha. Külmutusseadme ülevaate käigus saadud ja kontrollraamatusse kantud andmete põhjal on võimalik teha testitava seadme soojusenergeetiline analüüs ja leida selle tegelik jahutustegur

COP (Coefficient of Performance). Võrreldes seda optimaalsetel parameetritel töötava seadme jahutusteguriga, saamegi ülevaate, kuivõrd energiasäästev või –pillav on vaadeldav külmutusseade.

Külmutuskompressori töötundide arvestus lubab õigeaegselt teostada kompressori hooldus- ja remonttöid vastavalt valmistajatehase juhendile. See aitab vältida kompressori detailide purunemist üleliigse kulumise või metalli väsimuse tagajärjel. Purunemise tulemusena võib külmutusagens ja õli pääsedes ümbritsevasse keskkonda ja seda reostada. Normikohaselt töökorras kompressori täitetegur on ligilähedane teoreetilisele, seega säästab ta vigase kompressoriga võrreldes elektrienergiat, sest energia-kulu (kW-des) toodetud külmaühiku kohta (kW-des) on siis ligilähedane optimaalsele. Seda võtab arvesse jahutustegur ehk energia muundetegur  $COP = Q_k / P_k$ , kus  $Q_k$  on kompressori külmatootlikkus (kW),  $P_k$  teda käitava elektrimootori võimsus (kW).

1. Nii kompressori imi- kui ka survepoole rõhku on vaja kontrollida, selleks et oleks võimalik tegelikke parameetreid võrrelda optimaalsetega (teoreetilistega), st. sellistega, millised nad peaksid vastaval külmutusrežiimil antud hetkel olema. Kui imirõhk on ettenähtust madalam või surverõhk ettenähtust kõrgem, siis vihjab see külmutusseadme teatud režiimihälvetele. Optimaalsest suurem rõhkude vahe imi- ja survepoolel põhjustab ka seadme suuremaid energeetilisi kulutusi.
- 1) Kompressori imipoole temperatuuri jälgimine võimaldab kindlaks määrata ülekuumendustemperatuuri, s.t. aurustis keeva agensi ja kompressorisse imetava agensi auru temperatuuride vahet. Normist väiksem ülekuumendus põhjustab kompressoris nn niiske käigu. Sellega kaasneb üleliigne energiakulu, kuna silindris tekkiva parasiitauru näol väheneb kompressori täitetegur, halvimal juhul võib aga niiske käik minna üle märjaks käiguks, mis võib tekitada kompressori silindris hüdraulilisi lööke. Selle tagajärjel võib kompressor purunedes kaotada hermeetilisuse ning külmutusagens ja õli paiskuvad keskkonda, saastates atmosfääri. Samas halvendab niiske käik kompressori hõõrduvate detailide õlitust, mis omakorda võib kaasa tuua kompressori purunemise.
- 2) Lubatust kõrgem kompressori survetemperatuur vihjab kas kõrgendatud rõhule kondensaatoris, purunenud surveklappidele või kolvigrupi ebanormaalsele koostöole vms. Suureneb energiakulu külmatootmisel, on reaalne oht kompressori purunemiseks.
2. **Sulatuskell** – 24-tunnise skaalaga aegrelee, mille abil on võimalik kindlaksmääratud ajal alustada ja lõpetada külmkambris asuvatelt aurustitelt lumee- jääkihi sulatamist.
3. **Sulatusaeg** – miinustemperatuurilistele aurustipindadele külmunud niiskus halvendab aurustis keeva agensi ja jahutatava objekti õhu vahel toimuvat soojusvahetust. See omakorda põhjustab jahutataval objektil lubamatut temperatuuritõusu, samuti pikendab kompressori reaalselt tööaega – seega suureneb ka energiakulu. Samaspõhjustavad põhjendamatult pikad või sagedased sulatused põhjustavad objektil liigset temperatuuritõusu. Õige sulatusaegade vältus ja kordade arv (ööpäevas) aitab neid puudusi vältida.

4. **Kvaliteetse õli normikohane tasapind karteris** tagab kompressori detailide normaalse õlituse, mis omakorda tagab kompressori pikaajalisuse ja aitab vältida detailide purunemist. Töökorras kompressori külmatootlikkus on normikohane (COP-arv on ettenähtud piirides), mida ei saa aga öelda ebapiisava õlituse tõttu kinnikiilunud kolvirõngastega või muude defektsete detailidega kompressori kohta. Viimasel juhul on elektrienergia kulu toodetava külmaühiku kohta tunduvalt suurenenud.
5. **Õlieraldi** tõkestab õli sattumist kondensaatorisse ja sealt edasi aurustussüsteemi. Kondensaatori või aurusti sisepindadele sattunud õlikiht võib soojusvahetusprotsessi halvendada sel määral, et seadme energiakulu oluliselt suureneb.
6. **Õlirõhurelee** kuulub kaitseautomaatika valdkonda ja tagab kompressori automaatse seiskumise juhul, kui rõhk õlitussüsteemis kaob või langeb lubatust madalamale. Seega on kompressor kaitstud ebapiisavast õlitusest tulenevate tagajärgede eest nagu täiteteguri halvenemine (energiakulu suurenemine), kompressori purunemine ja külmutusagensi ning õli pääsemine ümbritsevasse keskkonda. Õlitussüsteemi häired on sageli tingitud õlipumba kulumisest või purunemisest, õlifiltri ummistumisest, reduktsioonklapi rikkest, õli kvaliteedist, kompressori vāntvõlli vālest pōrlemissuunast, aga ka kompressori tehnilisest seisukorrast (suured lõtkud raam- ja vāndalaagrites jne.). Õli temperatuuri tõus võib olla tingitud kompressori puudulikust jahutusest, ebakvaliteetsest remondist (liiga väikesed lõtkud, kolvi-silindri vārasend jne.).
7. **Madalrõhurelee**, kuuludes samuti kaitseautomaatika valdkonda, tagab kompressori automaatse seiskumise avariiliselt madala imirõhu puhul. Lubamatult madal imirõhk, millega kaasneb ka madal agensi keemisirõhk aurustis, võib põhjustada külmakandja (vesi, soolvesi, antifriis) külmumise. Selle tulemusena puruneb aurusti ja tagajärjeks on raske avarii. Imirõhu järsk langemine võib põhjustada ka õli vahuleminekut (õlipump ei taga siis kompressori õlitust) ja selle väljaheidet kompressori karterist, ka võivad deformeeruda imiklapi töölehed. Atmosfäärirõhust madalamal rõhul on oht õhu sisseimemiseks süsteemi – see toob kaasa kondenseerumisrõhu tõusu, mis omakorda suurendab elektrienergia kulu ja tõstab toodetava külma omahinda.
8. **Kõrgrõhurelee** kuulub samuti kompressori kaitseautomaatikaseadmete hulka ja peab tagama kompressori automaatse seiskumise lubamatult kõrge rõhu puhul survepoolel. Lubamatult kõrge rõhk võib põhjustada kompressorite ja survemahutite hermeetilisuse kadu (agensi ja õli atmosfääri paiskumise oht) või isegi nende purunemist. Seisva kompressori puhul võib rõhk kondensaatoris kasvada ainult välistemperatuuri tõusust tingituna, näiteks tulekahju korral või päikesekiirgusest. Töötava kompressori korral võib rõhu tõusu põhjustada kondensaatori jahutusvee (-õhu) hulga vähenemine või selle temperatuuri tõus, kondensaatori soojusvahetuspinna saastumine, ületäitumine agensiga, õhu sattumine süsteemi. Ka kompressori ebaõige käivitamine suletud survepoole sulgeventiiliga või suletud möödaviiguklapiga põhjustab surverõhu järsu tõusu kompressoris.

9. **Kondensaatorite rõhureled** juhivad jahutusventilaatorite tööd – eesmärk on stabiliseerida kondenseerumisrõhk ettenähtud suurusel. Kui kondenseerumisrõhk ilmastiku mõjul langeb, siis ventilaatori nr.1 vooluahelasse lülitatud rõhurelee seiskab selle ning soojusvahetuse intensiivsus kondensaatori ja ümbritseva keskkonna vahel väheneb. Jätkuval rõhulangul seiskab järgmine relee ventilaatori nr. 2 jne. Kui kondenseerumisrõhk sõltuvalt jahutatava keskkonna temperatuuri tõusust taas tõuseb ning ületab etteantud suuruse, siis lülituvad ventilaatorid vastavas järjekorras uuesti tööle. Stabiilne külmutusagensiagensi kondenseerumisrõhk tagab aurustussüsteemi normaalse täitumise – seega ka jahutatava objekti ettenähtud temperatuuri. Aurustussüsteemi ebapiisaval täitumisel pikeneb kompressori ööpäevane töötuskiik ning sellega seoses suurenevad energiakulud külma tootmisel. Normaalsest kõrgem kondenseerumisrõhk omakorda põhjustab suuremat energiakulu kuna suureneb ka rõhkude  $p_0$  (agensi keemiserõhk aurustis) ja  $p_k$  (agensi kondenseerumisrõhk kondensaatoris) vahe.
10. **Kondensaator** on külmutusseadmes üks olulistest soojusvahetusaparaatidest, mille vahendusel suunatakse jahutatavalt objektilt äravõetav soojus ümbritsevasse keskkonda. Kondensaatori soojusvahetuslik efektiivsus sõltub suurel määral tema väliskesta ja lamellide korrasolekust. Sellest sõltub, kas ventilaatorite poolt jahutuseks suunatav õhk läbib ettenähtud tee ja kasutatakse ära maksimaalselt või ainult osaliselt. Viimasel juhul, eriti aga soojal aastaajal, on kondensaatoris rõhk ülemäära kõrgendatud, sest ei jätku vajalikul määral jahutusõhku, jahedamal aastaajal võib rõhk kondensaatoris olla ka normaalne, kuid seda ainult kõikide ventilaatorite töötamisel. Mõlemal juhul energiakulu toodetava külmaühiku kohta suureneb.
11. **Kondensaatori tööpindade puhtus** – sellest sõltub suurel määral tema soojusvahetuslik omadus. Saastunud pindade puhul soojusvahetus halveneb, selle tulemusena tõuseb kondenseerumisrõhk ( $p_k$ ) ja –temperatuur ( $t_k$ ), seega suureneb jällegi  $p_0$  ja  $p_k$  vahe, mis toob enesega kaasa täiendava energiakulu, sest seadme külmatootlikkus väheneb.
12. **Kondensaatori ventilaatorid** – töökorras peavad olema nii nende labad kui ka elektrimootorid. Vigastatud tiivikulabadega ventilaatori suutlikkus on normaalsest tunduvalt väiksem, lisaks on ta ka kõrgendatud vibratsiooni- ja müraallikas. Vigastest labadest tekitatud vibratsioon rikub kondensaatori kesta, võivad puruneda ka elektrimootori laagrid ja ventilaatorite kinnitused. Ventilaatorite kontrollimisel tuleb fikseerida ka nende pöörlemissuund. Vigastatud labad, mittetöötav elektrimootor, vale pöörlemissuund – kõik need faktorid suurendavad energiakulu, sest suureneb rõhkude  $p_0$  ja  $p_k$  vahe ning seadme külmatootlikkus sellega väheneb.
13. **Kondensaatori rõhuregulaatori** ülesanne on hoida kondenseerumisrõhk stabiilselt ettenähtud piirides. Stabiilne kondenseerumisrõhk on eelkõige vajalik aurustussüsteemi normaalseks täitmiseks külmutusagensiga – kui vedela agensi rõhk enne aurustisse sisenemist tugevalt kõigub, siis on ka soojusvahetusprotsess aurustis häiritud. Alarõhu puhul võib tekkida olukordi, kus aurusti on vaid

osaliselt agensiga täidetud ning seega tema külmatootlikkus sellevõrra väiksem. Sellest tingituna on häiritud jahutatava objekti temperatuurirežiim, samuti võib kompressori tööaeg tunduvalt pikeneda ning koos sellega suureneb ka energiakulu.

14. **Ressiivri rõhuventiil (kaitseklapp)** kaitseb ressiivrit kui survemahutit (mingil põhjusel tekkinud) ülerõhu eest. Kaitseklapp peab ohutuse tagamiseks avanema seadistusrõhul. Kaitseklappe testitakse katsestendil kord aastas ja seejärel plommitakse.
15. **Imifilter** asub vahetult kompressoril ning tema ülesandeks on puhastada kompressori imipoolde sisenevat külmutusagensi mehhaanilistest mustusosakestest, mis mingil põhjusel (remont, montaaž jne) on sattunud külmutussüsteemi. Imifiltrit puhastatakse kas vastavalt tehasejuhendile hoolduste ajal või siis, kui selleks tekib vajadus. Mustunud imifilter tõkestab külmutusagensi aurul tee aurustist kompressori imipoolde. Selle tulemuseks on aurusti rõhutõusust tekkinud temperatuuritõus jahutataval objektil. Pikeneb kompressori tööaeg, pealegi on imirõhk kompressoris sel juhul madalam kui normaalsel režiimil (kui madalrõhurelee ei seiska enne kompressorit) ning kokkuvõtte suureneb jällegi energiakulu toodetava külmaühiku kohta.
16. **Kuivatusfiltri** (paigaldatakse vedela agensi liinile pärast kondensaatorit – liiniressiivrit) ülesandeks on neutraliseerida külmutussüsteemi sattunud vett. Süsteem ei tohiks mingilgi määral sisaldada vett. Kuna vesi agensis ei lahustu, siis veepiisad, sattudes koos vedele agensiga termoreguleerventiili düüsi, külmutavad seal jääkorkideks. Sellest tulenevalt ei pääse vedel külmutusagens enam aurustisse, kompressor imeb viimase kiiresti agensiaurust tühjaks ning seiskub teda sügava vaakumi eest kaitsva madalrõhurelee toimet. Tulemuseks on kiire temperatuuritõus jahutataval objektil. Sellised režiimihäired võivad jätkuda senikaua, kuni end ammendanud kuivatusfilter pole asendatud uuega ja veesakesed süsteemist kõrvaldatud.
17. **Niiskusindikaatori** ülesanne on informeerida vee olemasolust süsteemis. Indikaatori skaala värvimuutus hoiatab termoreguleerventiili düüsi külmumisohu eest ning on vihjeks vajadusele uuendada kuivatusfiltrit. Niiskusindikaatori klaassilma kaudu on võimalik ka hinnata süsteemi täitumisastet agensiga – kui indikaatorit läbivad gaasimullid, siis on see vihje külmutusagensi ebapiisavale kogusele süsteemis.
18. **Agensi tasapind liiniressiivris.** Külmutusagensit peab süsteemis olema sellises koguses, mis tagaks aurusti(te) normaalse täitumise. Süsteemis tsirkuleeriva agensi tasapinda on võimalik kontrollida liiniressiivril asuva näidiku abil. Liiniressiivri maksimaalne täituvus ei tohiks ületada 80% tema mahust, alumine piir peaks olema selline, mis tagaks veel aurustite täitumise vedela agensiga, mitte aga vedeliku-gaasi seguga. Kui ressiivris on agensi enam kui 80% või vedeliku pind ulatub kondensaatorisse, siis tõuseb kondenseerumisrõhk ja –temperatuur ning suureneb energiakulu külma tootmisel. Liigvähese tasapinna tõttu võib aga

liiniressiivrist koos vedelikuga aurustisse sattuda gaasi, mis aurustis rõhku tõstes halvendab soojusvahetusprotsessi jahutataval objektil ning tekitab seadme töös tõsiseid häireid – taas tõusvad energiakulutused.

19. **Agensilekked** on põhjustatud süsteemi ebatihedustest.

a) Kui mingi külmutussüsteemi osa töötab alarõhul (vaakumis), siis imetakse sinna lekke kaudu ümbritsevast keskkonnast õhku ning koos sellega ka niiskust (vett). Õhk külmutussüsteemis põhjustab kondenseerumisrõhu järsu tõusu, kusjuures rõhutõusu suuruse määrab sisseimetud õhu kogus. Vesi, sattudes termoreguleerventiili düüsi, moodustab seal jääkorgi. Esimesel juhul on tegemist suurenenud energeetiliste kuludega ja kompressoridetailide kiirema kulumisega, teisel juhul võib lakata külmutusseade üldse töötamast.

b) Kui mingi külmutussüsteemi osa töötab ülerõhul, siis pihkab agens lekke kaudu ümbritsevasse keskkonda. Pihkava agensi koguse määrab lekke põhjustanud ava suurus ning süsteemi ja atmosfääri rõhkude vahe. Lekke tulemuseks on keskkonnasaastatus ühelt poolt ja süsteemi häired agensi kaotusel teiselt poolt. Viimasel juhul võib olla ohustatud jahutataval objektil hoitava toiduaine temperatuurirežiim. Lekkest põhjustatud agensi alatäitumisega külmutusseade töötab suurenenud energiakuluga, kuna aurusti(d) on sel juhul täidetud alla normi ning jahutatava objekti temperatuur võib olla seega ettenähtust kõrgem.

**Lekkeotsija** abil on võimalik avastada ka kõige pisemad agensilekked. Et kaasaegsetel külmutusagensitel erilist iseloomulikku lõhna pole, siis on lekke avastamine võimalik ainult erivahendeid kasutades. Õigeaegne lekke avastamine ja selle kõrvaldamine aitab ära hoida keskkonnasaastatuse ja säilitada jahutatava objekti temperatuurirežiim ettenähtud piirides. Suuremates külmutusseadmetes kasutatakse statsionaarseid lekkedetektoreid, mis hoiatavad personali gaasi pihkamisest, väiksematel objektidel tuleb portatiivse lekkeotsijaga teha regulaarset lekkeseiret.

20. **Külmkambrite aurustid** on soojusvahetusaparaadid, mille vahendusel toimub soojuse eemaldamine jahutatavalt objektilt. Aurustis toimub soojusvahetus seal keeva agensi ja jahutatava objekti õhu vahel. Aurusti väliskesta (korpuse) ja torusiugude lamellide korrasolekut tuleb kontrollida nagu kondensaatorilgi – väliskestas ei tohi esineda õhuvoogu eksitavaid pragusid ega lahtisi kattedetaile. Lamellid ei tohi olla kokku muljutud, see halvendab aurusti soojusvahetusprotsessi, kuna õhu läbivool on sellisel juhul osaliselt takistatud. Kõik ülalnimetatud puudused põhjustavad seadme energeetiliste kulutuste suurenemist.

21. **Aurustite ventilaatorid** – töökorras peavad olema nii nende labad kui ka elektrimootorid. Vigastatud labadest tulenev vibratsioon põhjustab kõrgendatud müra, kahjustab elektrimootori laagreid ning ventilaatori kinnitust. Elektrimootori kahjustusest seiskunud ventilaatorid põhjustavad aurusti külmatootlikkuse langust, sama põhjustavad ka vales suunas pöörlevad ventilaatorid.

22. **Aurusti paisuventiili** ehk **termoreguleerventiili** vahendusel sisestatakse vedel agens aurustisse. Aurusti täitumine võib olla häiritud paisuventiili vales valikust, selle mehhaanilisest rikkest, vales montaažist või seadistusest, filtri ummistusest,

jääkorgi tekkest ventiili düüsis jms. Aurusti ala- või ületäitumine põhjustab häireid külmutusseadme töös. Esimesel juhul väheneb aurusti külmatootlikkus, see võib omakorda kaasa tuua nii jahutatava objekti temperatuuri tõusu kui ka kompressori pikema tööaja. Teisel juhul töötab seade kas niiskel või märjal käigul, mis samuti vähendab seadme külmatootlikkust (suurenenud energiakulu), halvendab kompressori hõõrduvate detailide õlitust või halvimal juhul põhjustab kompressori detailide purunemise hüdraulilise löögi tagajärjel.

23. **Kuumsulatusseadmete** korrasolekust sõltub miinustemperatuuriliste aurustite välispinnale tekkinud lumekooriku sulatuse kvaliteet. Kuumsulatusseadmed võivad olla nii elektrilised kui ka kuumadel gaasidel baseeruvad. Jahutusprotsessi käigus aurusti pinnale tekkiv lumekiht käitub isolaatorina, mis häirib külmutusagensi ja jahutatava objekti õhu vahelist soojusvahetust - tulemuseks on aurusti külmatootlikkuse langus ja temperatuuri tõus jahutataval objektil. Sellega seoses suureneb taas energiakulu.
24. **Ruumitermostaadi** abil hoitakse jahutatava objekti temperatuur nõutavates piirides. Ruumitermostaadi õigest valikust ja seadistuse täpsusest sõltub objekti temperatuuri stabiilsus ja kompressori käivituskordade arv ajaühikus (tunnis). Suure diferentsiaaliseadistusega ruumitermostaat põhjustab objektil suure temperatuurikõikumise, liiga väike diferentsiaal aga kompressori (elektrimootori) sagedasi käivitusi.
25. **Külmkambrite temperatuur** peab vastama määrusega kehtestatud normidele. Ebaõige seadistus põhjustab säilitatava toiduaine riknemise või suurenenud energeetilisi kulutusi – näiteks kui sügavkülmkambrites hoitakse temperatuuri madalamal kui see oleks vajalik.
26. **Seadmete ja torude kinnitus** – tuleb kontrollida, kas külmutusseadme torud on korralikult kinnitatud kanduritele, kas seadmed (kompressoriid, kondensaatorid, aurustid, survemahutid) asuvad kindlalt oma vundamentidel või kandraamistikul. Nii torud kui ka seadmed ei tohi töö ajal vibreerida. Vibratsiooni tulemusel võivad torusüsteemidesse tekkida praod ning katked. Tulemuseks on agensi- ja õlilekked. Eriti hoolikalt tuleb kontrollida külmkambriga laes või seintel asuvate aurustite kinnitusi. Miinustemperatuuriline aurusti muutub tööprotsessi käigus tema pinnale koguneva lume tõttu raskemaks ning võib hooletu montaaži tagajärjel kinnitusest lahti rebeneda. Selle tulemusena võivad rebeneda külmutusagensi torud ning agens ja õli pääsevad ümbritsevasse keskkonda.
27. **Kompressoriruumi ventilatsioon** – sellel on kaks põhilist funktsiooni. Esiteks: tagada ruumi õhu puhtus võimaliku agensilekke puhul, teiseks – tagada ruumis

Kasutatud kirjandus:

1. Eesti elektrimajanduse arengukava 2005 – 2015
2. Kyoto Protokoll
3. Internationale Institute of Refrigeration infolehed
4. Holodilnaja Tehnika 2007 – 1

LISA

Külmutusseadme kontroll-leht

Seadme valdaja:		Kontrolli teostaja:		Kontrollimise aeg:			
Nr.	Kompressor:	Tüüp .....	Nr.....	Töötunnid.....			
1.	Kompressor	Imirõhk.....bar	Surverõhk.....bar				
2.	Kompressor	Imitemperatuur.....°C	Survetemperatuur.....°C				
3.	El.mootori käivitusrelee		Korras		Hooldus		Vahetus .....A
4.	Sulatuskell		Korras		Hooldus		Vahetus Tüüp.....
5.	Sulatusaeg		Korras		Hooldus		Seadist. ....min.
6.	Õli tase kompressoris		Korras		Lisatud		Vahetus .....kg
7.	Õlieraldi (automaatika)		Korras		Hooldus		Vahetus Tüüp.....
8.	Õlirõhurelee		Korras		Seadistus		Vahetus Tüüp.....
9.	Madalrõhurelee		Korras		Seadistus		Vahetus Tüüp.....
		Lülitusrõhk: sisse.....bar, välja.....bar					
10.	Kõrgrõhurelee		Korras		Seadistus		Vahetus Tüüp.....
		Lülitusrõhk: sisse.....bar; välja.....bar					
11	Kondensaatori rõhurelee Ventilaator nr.1		Korras		Seadistus		Vahetus Tüüp.....
		Lülitusrõhk: sisse.....bar; välja.....bar					
12.	Kondensaatori rõhurelee Ventilaator nr.2		Korras		Seadistus		Vahetus Tüüp.....
		Lülitusrõhk: sisse.....bar; välja.....bar					
13.	Kondensaatori rõhurelee Ventilaator nr. 3		Korras		Seadistus		Vahetus Tüüp.....
		Lülitusrõhk: sisse.....bar; välja.....bar					

14.	Kondensaator		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
15	Kondensaatori puhtus		Korras		Hooldus			
16.	Kondensaatori vent. nr.1		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
17.	Kondensaatori vent.nr.2		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
18.	Kondensaatori vent.nr.3		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
19.	Kondensaatori vent.nr.4		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
20.	Kond. rõhuregulaator		Korras		Seadist.		Vahetus	Tüüp.....
		Töörõhk.....bar						
21.	Ressiivri rõhuventiil		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
22.	Imifilter		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
23.	Kuivatusfilter		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
24.	Niiskusindikaator		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
25.	Agensi tasapind		Norm		Lisatud	Kogus.....kg		
26	Agensilekked		Korras		Lekked		Likvid.	Arv.....
27.	Lekkesignalisaator		Korras		Hooldus		Rikkis	Tüüp.....
28.	Külmkambrite aurustid		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
29.	Aurustite ventilaatorid		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
30.	Aurustite paisuventiilid		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
31.	Kuumsulatusseadmed		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
32.	Ruumitermostaadid		Korras		Hooldus		Vahetus	Tüüp.....
33	Külmkambrite temper.		Norm		Seadist.			
34.	Seadmete ja torude kinnit.		Korras		Hooldus			
35	Kompressoriruumi ventil.		Korras		Hooldus			
36.	Tehniline dokumentats.		Korras		Puudub			