The ASPO Company

Soojusvahetusvedelikud ehk soojuskandjad

HTF – ingl. keeles Heat Transfer Fluids



Heivo Viinalass
Telko Estonia OÜ
müügijuht
Tel.: 6548836

e-mail: heivo.viinalass@telko.com

http://www.telko.com/ee/esileht

11.3.2016

Telko

Telko on kemikaalide ja plastide hulgimüügiga tegelev keemiakontsern, peakontoriga Helsingis.

Firma kuulub Helsingi Börsil noteeritud Aspo Group koosseisu

www.aspo.com

Eestis tegutsetakse juba üle 20.aasta.

www.telko.com





Heivo Viinalass ©

Teema

- Soojusvahetusvedelikud (soojuskandjad, soojusülekandevedelikud, jahutusvedelikud) mida kasutatakse soojusvahetites (sekundaarkontuurivedelikud).
- Vesi on väga hea soojusvahetusvedelik, kuid külmub 0ºC madalamatel temperatuuridel.
- Vaatame aga vedelikke, mida kasutatakse süsteemi külmakindluse tagamiseks.
- Keskendume levinumatele veele lisatavatele soojusvahetusvedelikele mille baasainetena kasutatakse „-ool“ lõpuga külmumispunktialandajaid*.

- *ingl. keeles Freezing Point Depressant

Heivo Viinalass ©

Süsteemid ja kasutuskohad

- Mitmesugused vedelikjahutussüsteemid, kus energia viiakse ühest kohast teise.
  - Kütte-, ventilatsiooni- ja õhukonditsioneeri seadmed (HVAC)
  - Jahutid (kauplused, serveriruumid, toiduainete tööstus)
  - Külmhoidlad
  - Liuväljad
  - Teede ja sildade jäätõrjesüsteemid
  - Jääk- e heitsoojuse süsteemid
  - Päikese ja kiirgusKütte süsteemid
  - Maasoojuspumbad
  - Statsionaarsed generaatorid ja mootorid
  - Kompressormootorid
  - jpt.







Heivo Viinalass ©

Mis on valikut tehes oluline?

- Klienti huvitab eelkõige süsteemi kõrge efektiivsus, pikk eluiga, kasutusmugavus, ohutus ja hind.
- Eeldused sellistele soojusvahetusvedelikele on üldjuhul:
  - Piisav külmumiskindlus (meie kliimas kuni -35ºC)
  - Head soojusülekandeomadused erinevatel töötemperatuuridel.
  - Poleks tuleohtlik
  - Ohutu tervisele ja keskkonnale
  - Pikaealine, enam kui 15+ aastat
  - Hea saadavusega, et vajadusel saaks seda juurde osta (ümberehitused, laiendused, avariid)
  - Madalad järelkulud
  - Soodne hind

Heivo Viinalass ©

Projekteerimine



- Soojusvahetusvedeliku valiku etapid soojusvaheti projekteerimisel.
  - Määratleda maksimaalsed töötemperatuuride piirid (s.h. reserv min 10ºC)
  - Võrrelda vedelike baasainete termofüüsikalisi omadusi
  - Teha konstruktsioonilised arvutused
  - Langetada valik vedeliku osas
  - Vajadusel korrigeerida süsteemi konstruktsioone (ehitust, disaini, tsirkulatsiooni jms.).
  - Täpsustada konstruktsioonimaterjale
    - Et tagada süsteemi kõikide sõlmede nii töö kui kaitse vedeliku poolt põhjustada võivate kõrvalmõjude vastu (korrosioon, kavitatsioon, vananemine jm.).

      PS! Glükoolide puhul välistada tsingitud detailide kasutamine!
  - Arvestada töö-, tervise-, tule-, keskonna- ja veoohutusnõuetega
  - Arvestada saadavust, hoolde- ja käitluskulusid ning hinda.
  - Anda konkreetse toote osas soovitus (pean silmas, et ei kasutatakse baasaineid, vaid nende baasil valmistatud inhibiitoritega soojusvahetusvedelikke).
  - Anda juhised vedeliku monitooringuks.

Heivo Viinalass ©

Teemad

- I Vedelike termofüüsikalised omadused
- II Kemikaalid
- III Segamine veega ja korrosioon
- IV Käitlemine
- V Toormete hinnad
- VI Kommertslikud soojusvahetusvedelikud
- VII Hooldus

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik I

Parem termiline stabiilsus

- Soola lahused	+ H2O	+ inhibiitorid =>	-65...65ºC
- Polüglükoolid ja alkoholid	+ H2O	+ inhibiitorid =>	-73...150ºC
- Glükoolid	+ H2O	+ inhibiitorid =>	-51...175ºC
- Hüdrofloropolüeeter (HFPE) =>			-95...260ºC
- Mineraalõlid =>			-100...315ºC
- Sünteetilised orgaanilised vedelikud =>			-73...400ºC
- Silikoonõlid =>			-100...400ºC
- Sulasoolad (NaNO3, KNO3, NaNO2) =>			120...600ºC



Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik I

Parem termiline stabiilsus

- Soola lahused*	+ H2O	+ inhibiitorid =>	-65...65ºC
- Polüglükoolid ja alkoholid	+ H2O	+ inhibiitorid =>	-73...150ºC
- **Glükoolid**	**+ H2O**	**+ inhibiitorid =>**	**-51...175ºC**
- Hüdrofloropolüeeter (HFPE) =>			-95...260ºC
- Mineraalõlid =>			-100...315ºC
- Sünteetilised orgaanilised vedelikud =>			-73...400ºC
- Silikoonõlid =>			-100...400ºC
- Sulasoolad (NaNO3, KNO3, NaNO2) =>			120...600ºC

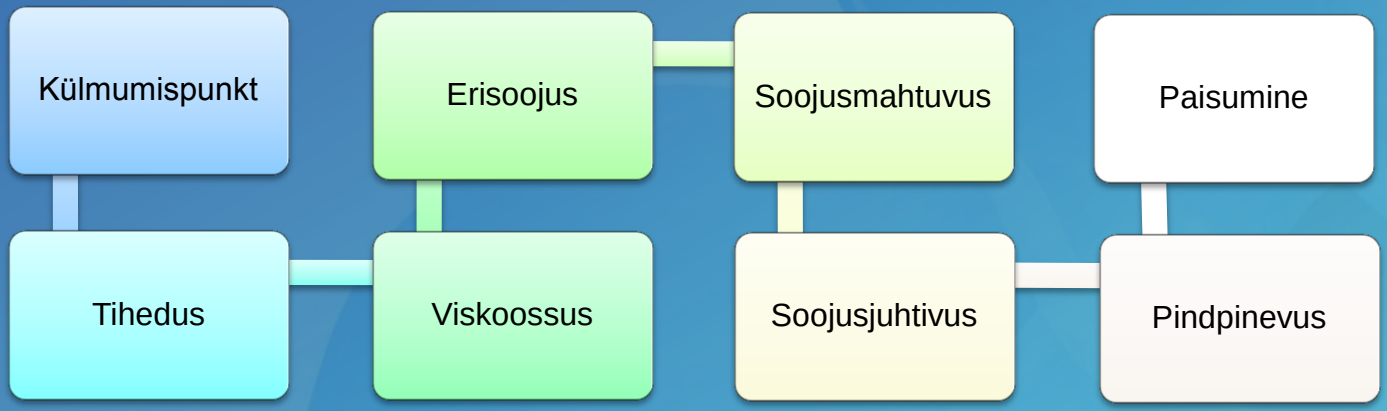
* Korrodeeruvus on olulisem kui termiline püsivus



Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik I

- Võrdleme 5 erineva vedeliku peamisi termofüüsikalisi omadusi:



- Need on leitavad internetist ja käsiraamatutest.
- Kindlasti olla tähelepanelik mõõtühikute osas, kui tegu on (vesi)lahustega => kas andmed on esitatud kaalu või mahu suhtes.

Heivo Viinalass ©

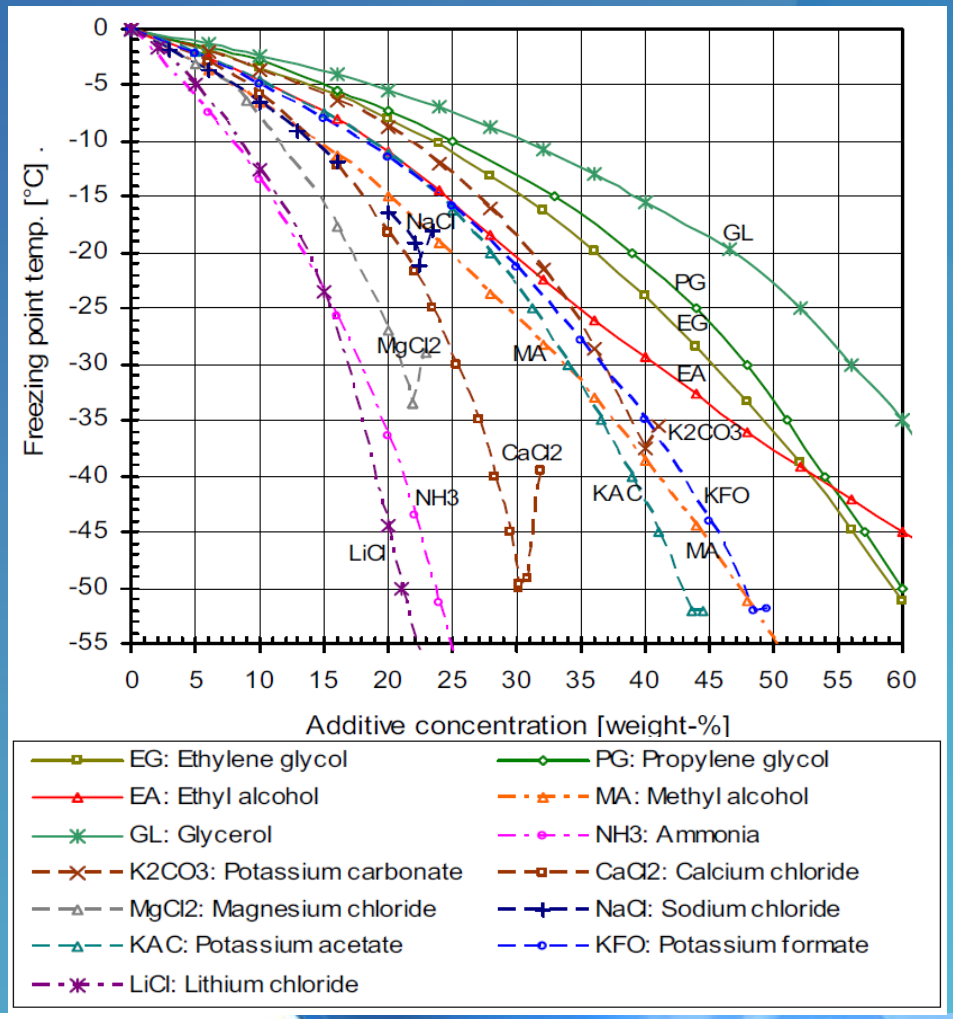
Soojusvahetusvedeliku valik I

Omadus	Vesi	Etüleen-glükool	Propüleen glükool	Glütse-rool	Etanool	Metanool
Keemispunkt ºC	100	197	187	290	78	65
Erikaal (20 ºC)	1	1,115	1,038	1,261	0,789	0,791
Erisoojus (cal/g ºC)	0,998	0,58	0,6	0,587	0,588	0,604
Viskoossus 20 ºC (cP)	0,9	16,2	42	950	1,095	0,611
Külmumispunkt (ºC)						
- Puhtana	0	-13	-59	17,1	-114	97,6
- 50% vesilahus	-	-36,6	-33	-21,9	-32	-40
Leekpunkt ºC (suletud)	-	127	109	160	17	12

Vältida erinevate baasainete segusid!

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik I



Külmumistemperatuuri sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist.
Kaalu %-des.

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool)
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

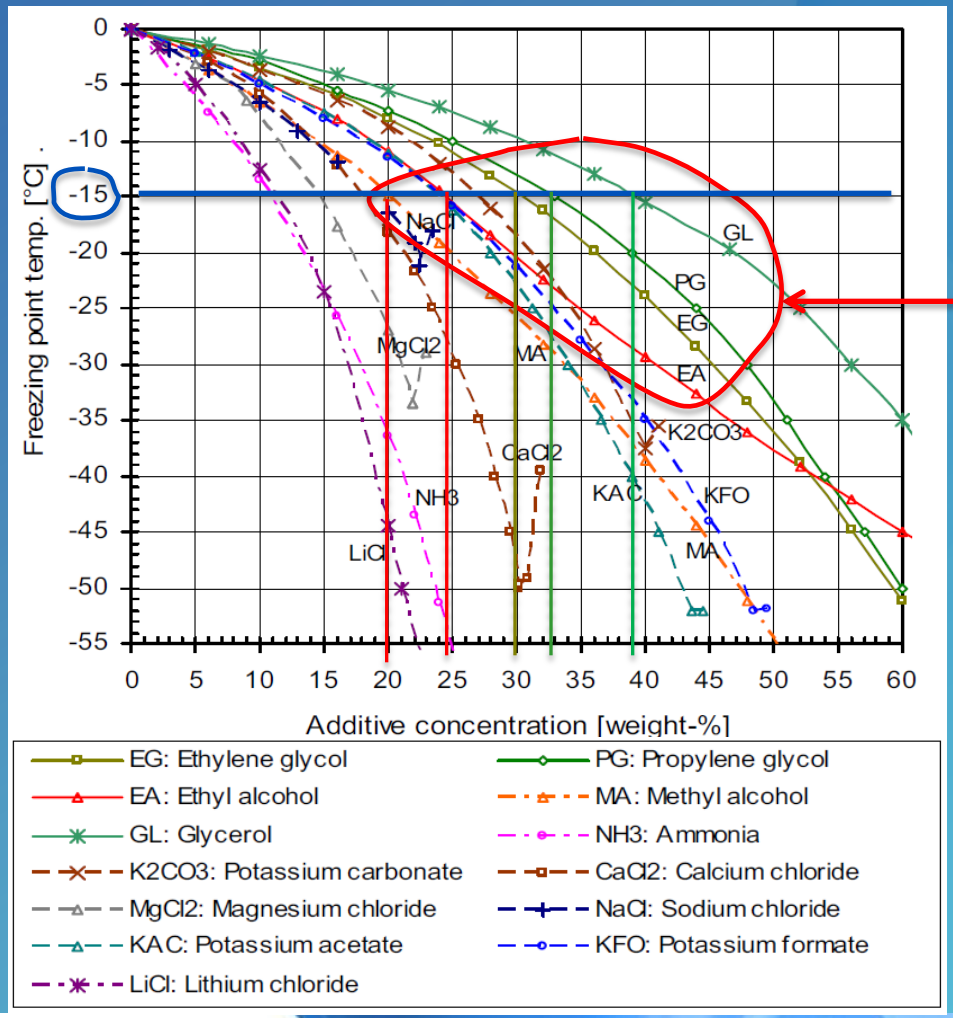
Freezing point

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

The ASPO Company

Soojusvahetusvedeliku valik I



Külmumistemperatuuri sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist.
Kaalu %-des.

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA- metüülalkohol e. metanool

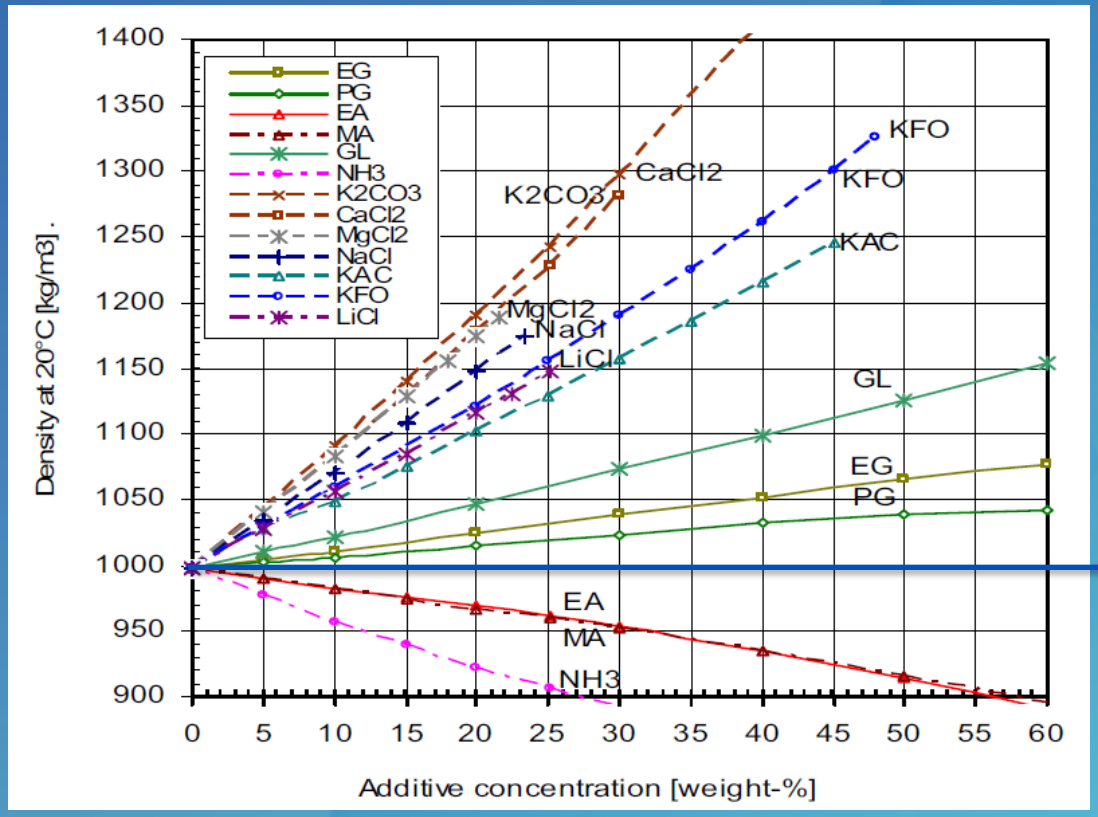
-15°C külmumiskindluse tagamiseks tuleb lisada vesilahusesse:
MA - 20%
EA - 24%
EG - 30%
PG - 33%
GL - 39%

Freezing point

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

Soojusvahetusvedeliku valik I



Tiheduse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist.
Kaalu %-des 20ºC.

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool

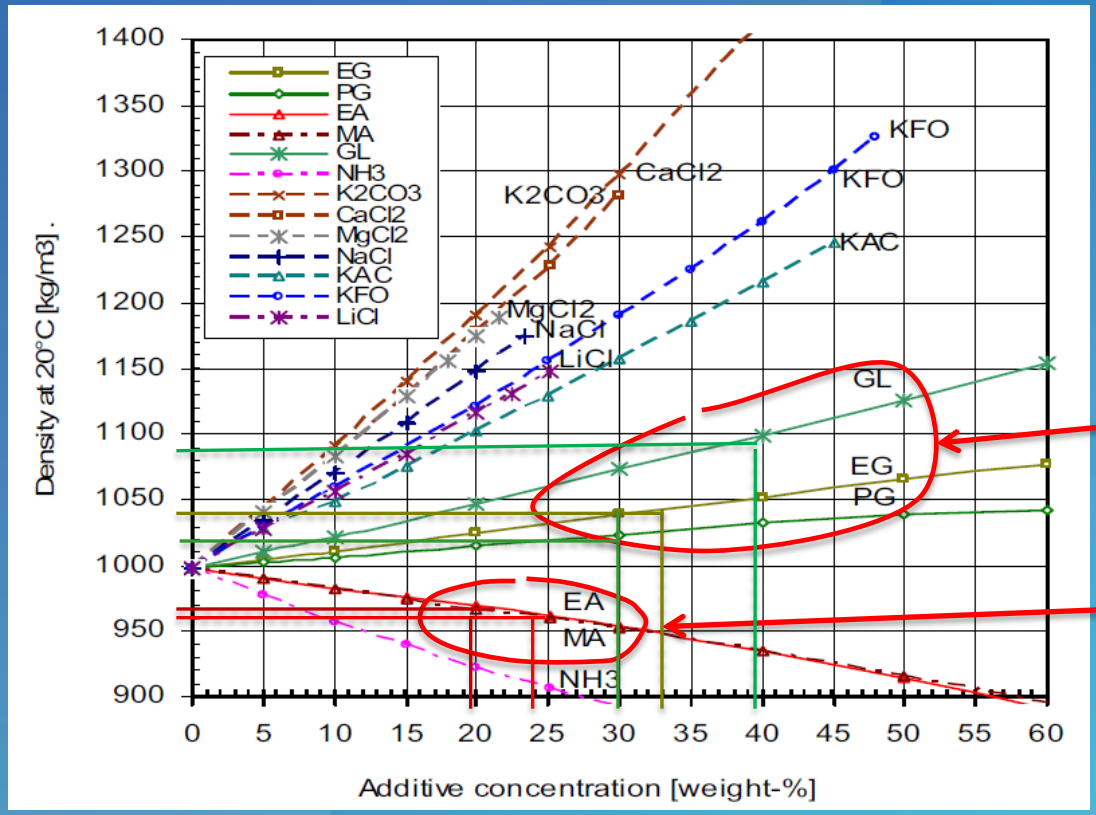
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

Density at 20 ºC

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

Soojusvahetusvedeliku valik I



PS! Võrdlemaks vedelike omadusi on graafikud, kus vesilahuse protsenti pole näidatud, soojusvahetusvedeliku (Additive) kontsentratsioon selline, mis annab selle vesilahusele külmakindluse -15ºC kaalu järgi.

Density at 20 ºC

Tiheduse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist.

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool

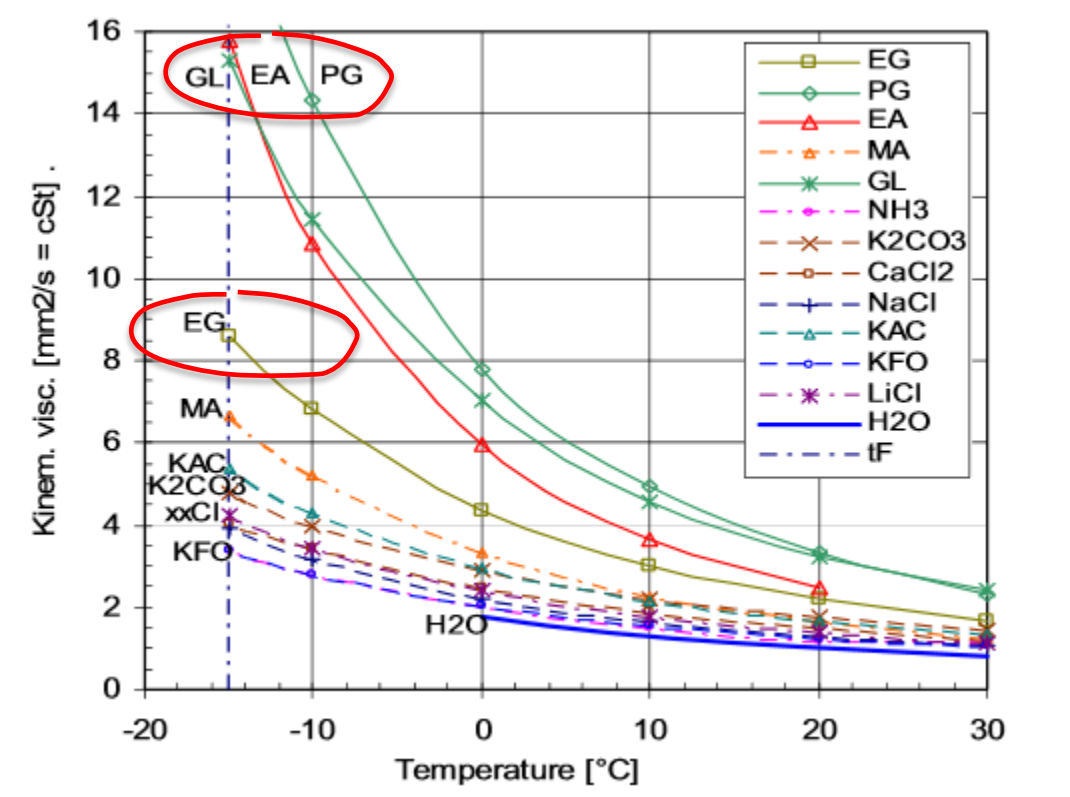
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

-15ºC külmumiskindlusega vesilahuses on tihedused:
GL - 39% => 1,09
EG - 30% => 1,04
PG - 33% => 1,02
MA – 20% => 0,97
EA - 24% => 0,96

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

Soojusvahetusvedeliku valik I



PS! Võrdlemaks vedelike omadusi on graafikud, kus vesilahuse protsenti pole näidatud, soojusvahetusvedeliku (Additive) kontsentratsioon selline, mis annab selle vesilahusele külmakindluse -15ºC kaalu järgi.
Kinematic viscosity

Kin. Viskoossuse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist -15ºC külmumiskindlusega vesilahuses
Kaalu %-des vahemikus -15ºC

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

-15ºC külmumiskindlusega vesilahuses on kin. viskoossus:
PG - 33% => 2,5 - 20cSt
GL - 39% => 2,5 - 16cSt
EA - 24% => 3 - 15cSt
EG - 30% => 2 - 9cSt
MA – 20% => 1,5 - 7cSt

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

Soojusvahetusvedeliku valik I

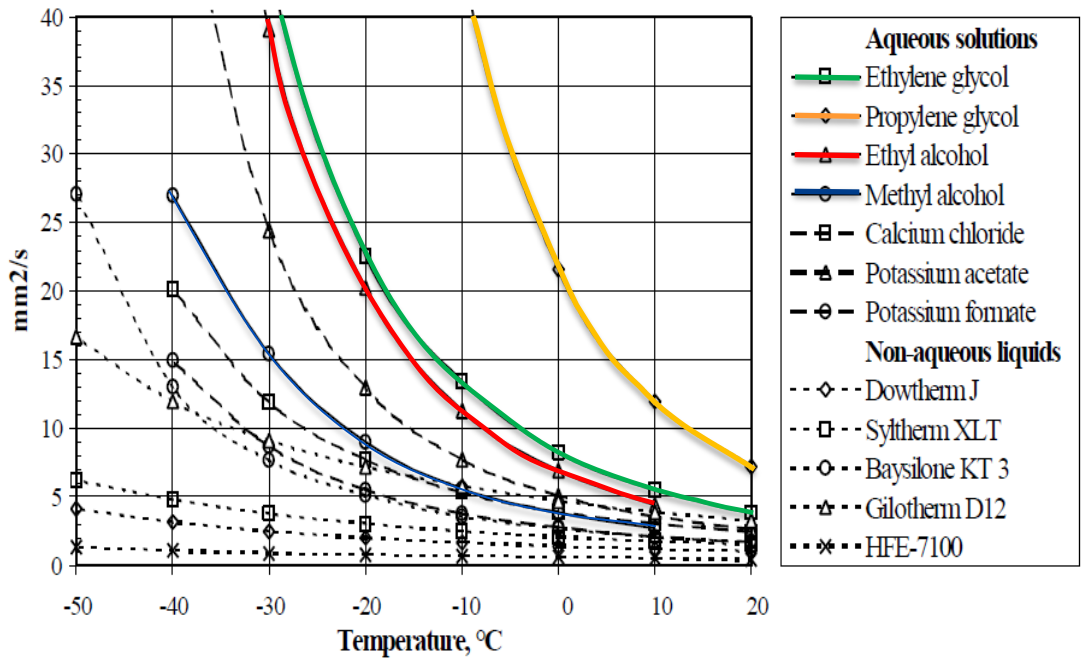


Fig. 1. Kinematic viscosity of a number of liquids (water solutions with t_{fr} = -40°C)

PS! Additive kontsentratsioon selline, mis annab selle vesilahusele külmakindluse -40°C kaalu järgi.

Kinematic viscosity

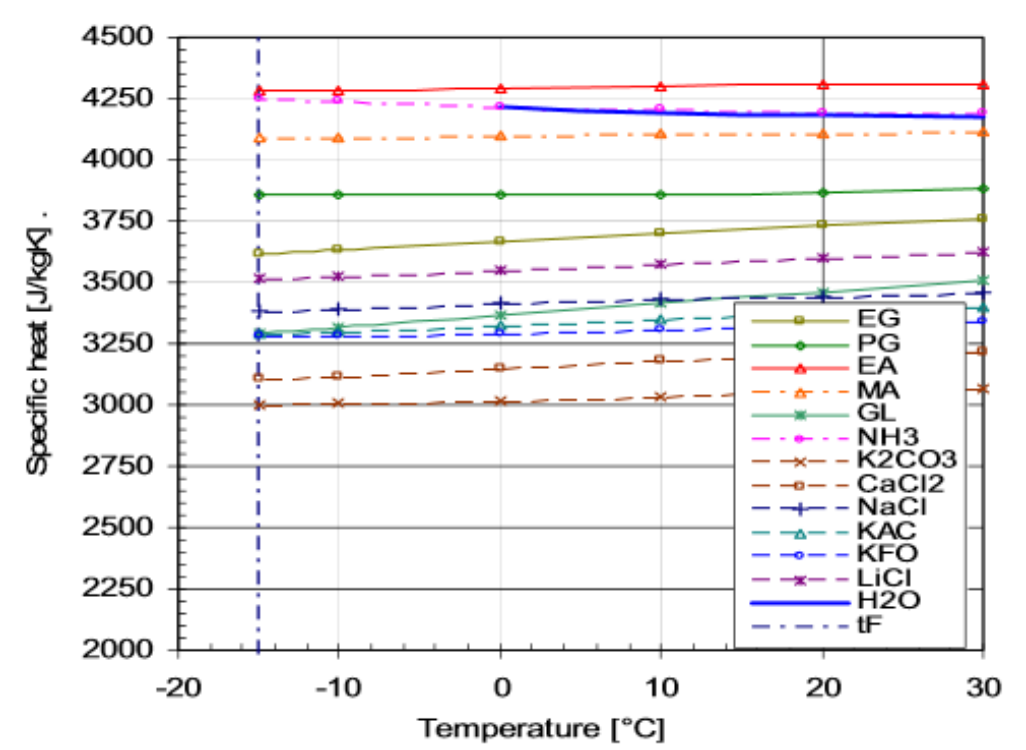
Kin. Viskoossuse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist -40°C külmumiskindlusega vesilahuses
Kaalu %-des -25°C

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

-40°C külmumiskindlusega vesilahuses on kin. viskoossus:
GL - => puudub
PG - 54% => liiga suur
EG - 53% => 32cSt
EA - 54% => 27cSt
MA – 20% => 12cSt

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik I



Erisoojuse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist -15ºC külmumiskindlusega vesilahuses

Kaalu %-des vahemikus -15ºC...30ºC.

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

EA - 24% => 4300J/kgK
H2O => 4200J/kgK
MA – 20% => 4100J/kgK
PG - 33% => 3900J/kgK
EG - 30% => 3600-3750J/kgK
GL - 39% => 3300-3500J/kgK

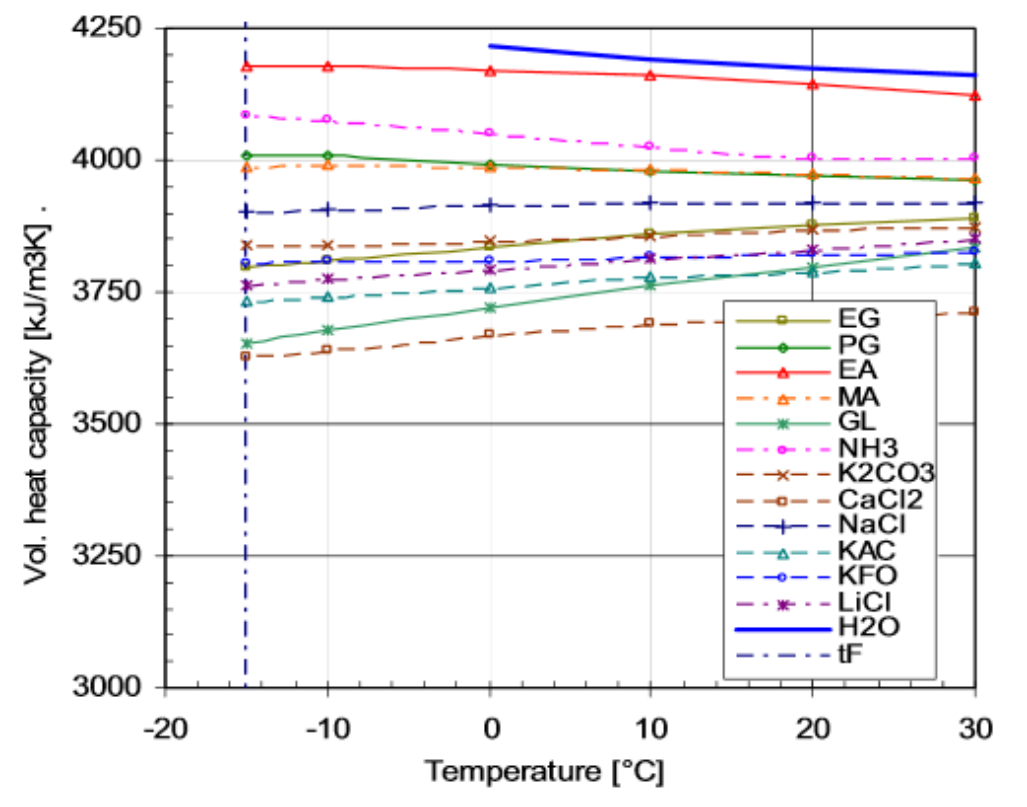
PS! Võrdlemaks vedelike omadusi on graafikud, kus vesilahuse protsenti pole näidatud, soojusvahetusvedeliku (Additive) kontsentratsioon selline, mis annab selle vesilahusele külmakindluse -15ºC kaalu järgi.

Specific heat

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik I



PS! Võrdlemaks vedelike omadusi on graafikud, kus vesilahuse protsenti pole näidatud, soojusvahetusvedeliku (Additive) kontsentratsioon selline, mis annab selle vesilahusele külmakindluse -15ºC kaalu järgi.

Volumetric heat capacity

Soojusmahtuvuse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist -15ºC külmumiskindlusega vesilahuses

Kaalu %-des vahemikus -15ºC...30ºC.

H2O - vesi
PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

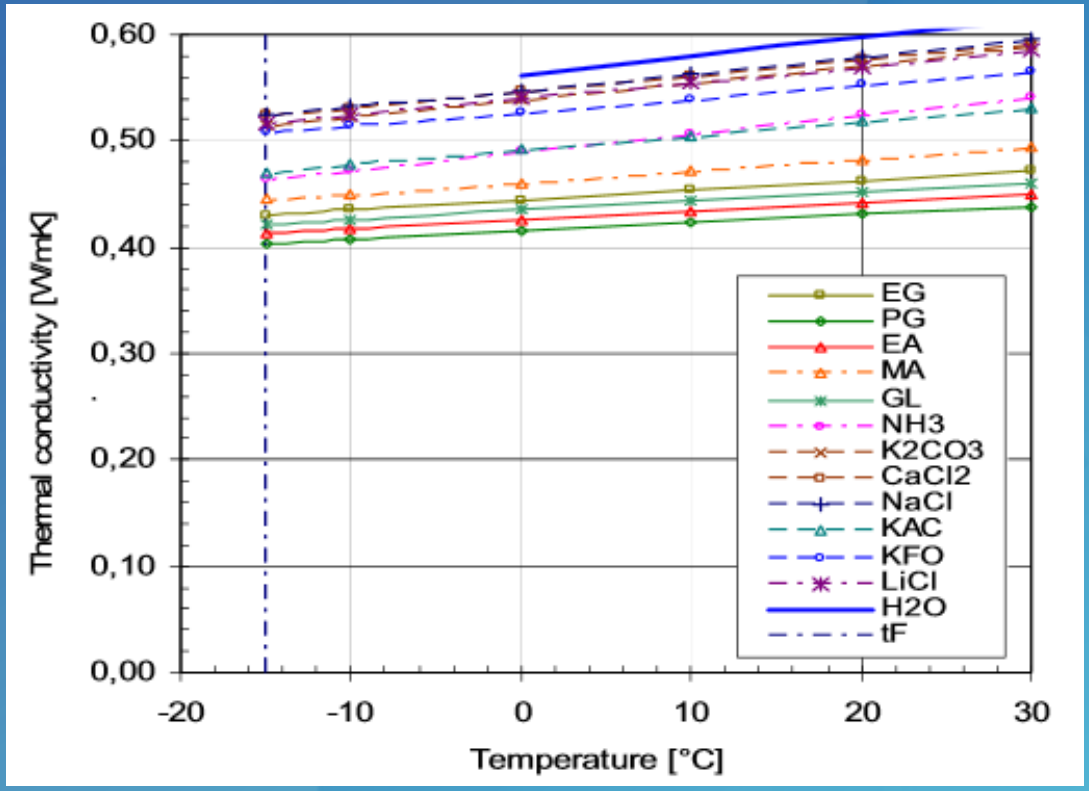
H2O – 4200-4150kJ/m3K
EA - 24% => 4200-4150
PG - 33% => 4000-3950
MA – 20% => 4000-3950
EG - 30% => 3800-3900
GL - 39% => 3650-3850

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

The ASPO Company

Soojusvahetusvedeliku valik I



PS! Võrdlemaks vedelike omadusi on graafikud, kus vesilahuse protsenti pole näidatud, soojusvahetusvedeliku (Additive) kontsentratsioon selline, mis annab selle vesilahusele külmakindluse -15ºC kaalu järgi.

Thermal conductivity

Soojusjuhtivuse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist -15ºC külmumiskindlusega vesilahuses

Kaalu %-des vahemikus -15ºC...30ºC.

H2O - vesi
PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. metanool

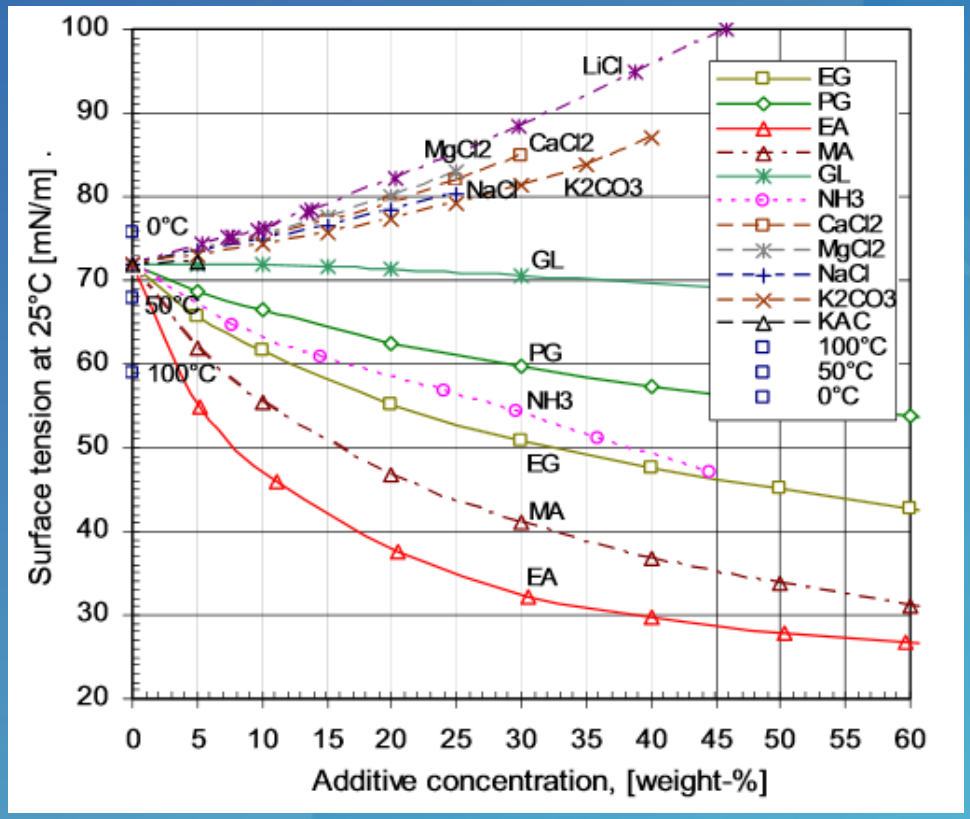
H2O – 0,56 - >0,6 W/mK
MA – 20% => 0,44 – 0,49
EG - 30% => 0,43 - 0,46
GL - 39% => 0,42 - 0,45
EA - 24% => 0,41 - 0,44
PG - 33% => 0,40 - 0,43

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

The ASPO Company

Soojusvahetusvedeliku valik I



Surface tension

Pindpinevuse sõltuvus vesilahuse kontsentratsioonist -15ºC külmumiskindlusega vesilahuses

Kaalu %-des 25ºC.

PG – propüleenglükool
EG – etüleenglükool
GL – glütseriin e. glütserool
EA – etüülalkohol e. etanool
MA – metüülalkohol e. Metanool

Kraanivee pindpinevus on umbes 73 mN/m (düüni/cm)

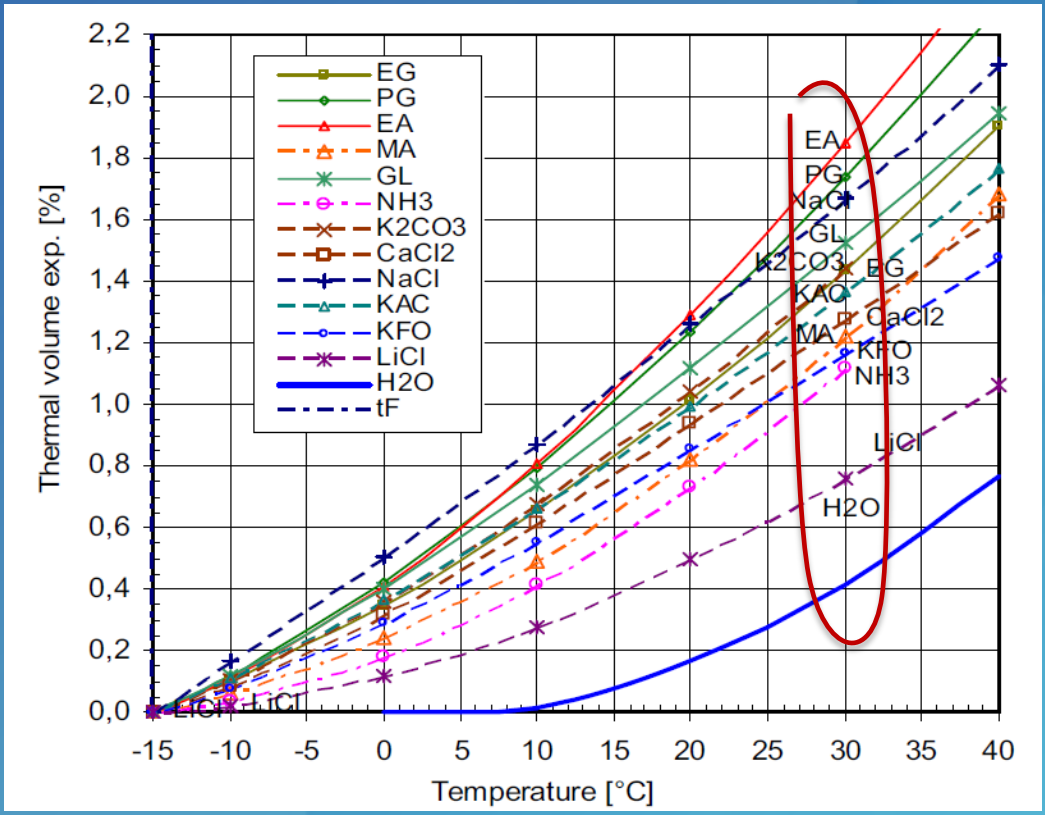
GL - 39% => 69 mN/m
PG - 33% => 58 mN/m
EG - 30% => 51 mN/m
MA - 20% => 47 mN/m
EA - 24% => 36 mN/m

Heivo Viinalass ©

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

The ASPO Company

Soojusvahetusvedeliku valik I



Paisumisteguri %
Paisupaagi maht.

-15ºC tagava töövedeliku paisumisteguri % erinevatel temperatuuridel.

H2O –	=> 0,4%
PG - 33%	=> 1,75%
EG - 30%	=> 1,45%
GL - 39%	=> 1,5%
EA - 24%	=> 1,85%

Allikas: Thermophysical Properties of Aqueous Solutions Used as Secondary Working Fluids, Åke Melinder

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II



- Vaadeldud külmumistemperatuuri alandajad on **kemikaalid.**
  - EG: C2H6O2 > CAS 107-21-1
  - PG: C3H8O2 > CAS 57-55-6
  - EA: C2H6O > CAS 64-17-5
  - MA: CH3OH > CAS 67-56-1
  - GL: C3H8O3 > CAS 56-81-5

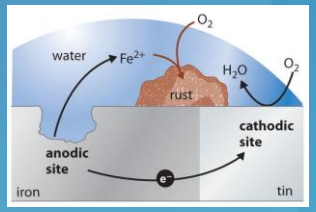
(**CAS-number - Chemical Abstracts Service'i number**) on keemilistele ainetele ja paljudele materjalidele unikaalne numbriline identifikaator.

- Segatakse veega + H2O





- Korrosiooni ja sadestite tekkimise oht!!!







Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- Kemikaaliseadus
  - Reguleerib kemikaali käitlemist ja kemikaali käitlemisega seotud majandustegevuse piiramist eesmärgiga kaitsta **inimese elu ja tervist, asja ja keskkonda.**
  - Kemikaali käitlejal peab olema vajalik teave kemikaali füüsikaliste ja keemiliste omaduste, ohtlikkuse, ohutusnõuete ja kahjutustamise kohta ning kemikaali käitlemiseks vajalikud teadmised ja oskused, kogemused ning hoiakud (edaspidi kompetentsus).
  - Majandus- ja kutsetegevuse raames kemikaali käitlev isik peab arvestust käideldavate ohtlike kemikaalide üle ja säilitab arvestusdokumente kümme aastat. Ohtlike kemikaalide arvestus peab näitama iga kemikaali koguse liikumist ettevõttes selle soetamisest kuni töötlemise, väljastamise või kahjutustamiseni.
  - https://www.riigiteataja.ee/akt/KemS
- Kõige üldistatumalt on kemikaaliseaduse eesmärk tagada ohutus kemikaalide käitlemisel. Seejuures on kemikaalide käitlemine ulatuslikult reguleeritud EL-i õigusega. Olulisimad EL-i õigusaktid selles valdkonnas on REACH-määrus ning CLP-määrus.

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- Vaatame nende kemikaalide märgistust.

	Piktogrammid	Ohukategooriad*	Ohulaused*
Glütserool			
Propüleenglükool			
Etüleenglükool		Akuutne mürgisus 4. STOT RE2/H373	H302 Allaneelamisel kahjulik
Etanool		Põlev vedelik 2.	H225 Väga tuleohtlik vedelik ja aur
Metanool		Põlev vedelik 2. Akuutne mürgisus 3. STOT SE 1	H225 Väga tuleohtlik vedelik ja aur H301 Mürgine allaneelamisel H311 Nahale sattumisel mürgine H331 Sissehingamisel mürgine H370 Kahjustab kesknärvisüsteemi elundeid.

* http://echa.europa.eu/et/information-on-chemicals

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- Denatureeritud etanool
- Liikmesriikide poolt kasutatavad denatureerimismeetodid
  - EESTI
    - 100 liitri absoluutse etanooli kohta:

CAS 67-64-1
- 3 liitrit atsetooni

CAS 3734-33-6
- 2 grammi denatooniumbensoaati



EUH066, Flam. Liq. 2 H225, Eye Irrit. 2 H319, STOT SE 3 H336, Acute Tox. 4, H302, H332, Aquatic Chronic 3 H412

ATKEAS - Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus.

  - SOOME
    - Hektoliitri absoluutse etanooli kohta, üks järgmistest segudest:

CAS 78-93-3
- 2 liitrit metüületüülketooni (MEK)

CAS 108-10-1
- 3 liitrit metüülisobutüülketooni

või

CAS 67-64-1
- 2 liitrit atsetooni

CAS 108-10-1
- 3 liitrit metüülisobutüülketooni



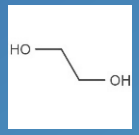
EUH066, Flam. Liq. 2 H225, Eye Irrit. 2 H319, STOT SE 3 H336, Flam. Liq. 2 H225, Eye Irrit. 2 H319, Acute Tox. 4 H332, STOT SE 3 H335

EUH066, Flam. Liq. 2 H225, Eye Irrit. 2 H319, STOT SE 3 H336, Flam. Liq. 2 H225, Eye Irrit. 2 H319, Acute Tox. 4 H332, STOT SE 3 H335

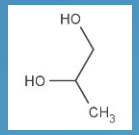
Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- Vedelikel on väga erinevad termofüüsikalised omadused.
- Peamiselt tänu omadustele, hinnale, käitlemisele ja kättesaadavusele on neist viiest vaadeldud kemikaalist kõige levinumad **glükoolipõhised** etüleen – (EG) või propüleenglükooli- (PG) baasil valmistatud soojusvahetusvedelikud.



- MEG e. Monoetüleenglükool, etüleenglükool, etaan-1,2-diool, etaandiool, etaanglükool, 1,2'-oksü-dietanool, etanool-1,2-diol jm.
- EC no.: 203-473-3, CAS no.: 107-21-1
- Molekulivalem: C2H6O2



- MPG e. Propüleenglükool, monopropüleenglükol, 1,2 propüleen glükool, 1,2-Propaandiool
- EC no.: 200-338-0, CAS no.: 57-55-6
- Molekulivalem: C3H8O2





Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- Arvestades erinevaid riskifaktoreid, on järgmiste kemikaalide kasutamine soojusvahetusvedelike baasainetena mittesoovitatav:
  - Metüülalkohol e. metanool (MA)
    - Väga mürgine!
      - H225 Väga tuleohtlik vedelik ja aur
      - H301 Mürgine allaneelamisel
      - H311 Nahale sattumisel mürgine
      - H331 Sissehingamisel mürgine
      - H370 Kahjustab kesknärvisüsteemi elundeid.
  - Isegi väike kogus (2ml) allaneelamine võib põhjustada pimedaks jäämise.



Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- ... kasutamine soojusvahetusvedelike baasainetena mittesoovitatav:
  - **Esteraldehüüdfraktsioon (EAF)**. Aldehüüdid on tugevad redutseerijad, nad oksüdeeruvad kergesti.
  - Puudub CAS number ja omadused varieeruvad
  - Suhteliselt **ebaselgete keemiliste ainete segu**, kuna on etanooli rektifitseerimise kõrvalprodukt. Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus lubab seda ameti järelvalve all importida, kui see sisaldab ühe liitri 100-protsendilise etanooli kohta kõiki järgmisi aineid vähemalt allpool nimetatud kogustes:
    - atseetaldehüüde ehk etanaali (CH3CHO) 500 mg;
      - Oksüdeerudes tekib etaanhape ehk äädikhape (2CH3CHO + O2 => 2CH3COOH)
    - etüülatsetaati e.etüületanaat (CH3COOCH2CH3) 500 mg;
      - Etüülatsetaat võib hüdrolüüsuda happelises või aluselises keskkonnas, saades etaanhappe ja etanooli
    - metanooli 1,5 mahuprotsenti;
    - puskariõli 20 mg.
      - Destillatsioonijääk , mis on tekkinud etanooli eraldamisel käärimissegust, koosneb kahest pentanooli isomeerist.
  - Kuid see sisaldab veel muidki estreid ja happeid, mida me ei tea (nt. sipelghape, kaneelhape jt.).
  - Sageli happeline, pH < 5 või muutub happeliseks süsteemis edasi oksüdeerides.





Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik II

- ... kasutamine soojusvahetusvedelike baasainetena mittesoovitatav:
  - Glütserool
    - Külmumiskindluse tagamiseks vajalik liiga suur kontsentratsioon
    - Liiga viskoosne madalatel temperatuuridel

Table 19. Viscosity of Glycerol-Water Solutions at Low Temperatures in Q

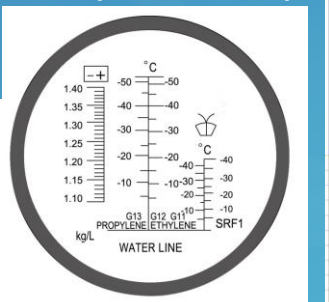
Temp.		-5°C	-10°C	-20°C	-30°C	-40°C
Glycerol % wt	Fp °C					
10	-1.6	—	—		—	—
20	-4.8	—		—	—	
30	-9.5	6.5	—	—		—
40	-15.4	10.3	14.4		—	
50	-23.0	18.8	24.4	48.1	—	—
60	-34.7	41.6	59.1	108.0	244.0	—
66.7	-46.5	74.7	113.0	289.0	631.0	1398.0
70	-38.5	110.0	151.0	394.0	1046.0	—
80	-20.3	419.0	683.0	1600.0	—	—
90	-1.6		—	—		

Heivo Viinalass ©

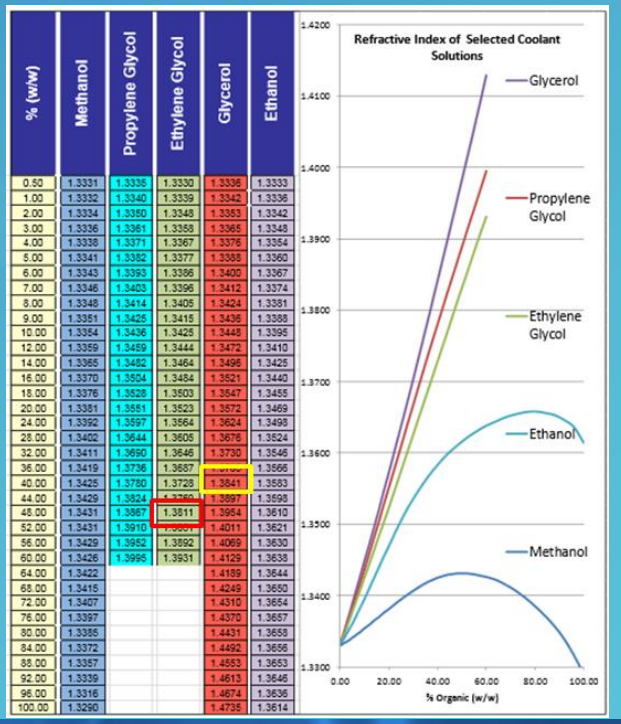
Soojusvahetusvedeliku valik II

- ... kasutamine soojusvahetusvedelike baasainetena mittesoovitatav:
  - Nende või teiste külmumistemperatuuri alandajate **segud**
    - Moondunud termofüüsikalised omadused
    - Probleemid arvutusteks ja kontrolliks (hooldusel)





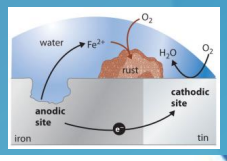
% (w/w)	Methanol	Propylene Glycol	Ethylene Glycol	Glycerol	Ethanol
0.50	1.3331	1.3335	1.3330	1.3336	1.3333
1.00	1.3332	1.3340	1.3339	1.3342	1.3336
2.00	1.3334	1.3350	1.3348	1.3353	1.3342
3.00	1.3336	1.3361	1.3358	1.3365	1.3348
4.00	1.3338	1.3371	1.3367	1.3376	1.3354
5.00	1.3341	1.3382	1.3377	1.3388	1.3360
6.00	1.3343	1.3393	1.3386	1.3400	1.3367
7.00	1.3346	1.3403	1.3396	1.3412	1.3374
8.00	1.3348	1.3414	1.3405	1.3424	1.3381
9.00	1.3351	1.3425	1.3415	1.3436	1.3388
10.00	1.3354	1.3436	1.3425	1.3448	1.3395
12.00	1.3359	1.3459	1.3444	1.3472	1.3410
14.00	1.3365	1.3482	1.3464	1.3496	1.3425
16.00	1.3370	1.3504	1.3484	1.3521	1.3440
18.00	1.3376	1.3528	1.3503	1.3547	1.3455
20.00	1.3381	1.3551	1.3523	1.3572	1.3469
24.00	1.3392	1.3597	1.3564	1.3624	1.3498
28.00	1.3402	1.3644	1.3605	1.3676	1.3524
32.00	1.3411	1.3690	1.3646	1.3730	1.3546
36.00	1.3419	1.3736	1.3687		1.3566
40.00	1.3425	1.3780	1.3728	1.3841	1.3583
44.00	1.3429	1.3824		1.3897	1.3598
48.00	1.3431	1.3867	1.3811	1.3954	1.3610
52.00	1.3431	1.3910		1.4011	1.3621
56.00	1.3429	1.3952	1.3892	1.4069	1.3630
60.00	1.3426	1.3995	1.3931	1.4129	1.3638
64.00	1.3422			1.4189	1.3644
68.00	1.3415			1.4249	1.3650
72.00	1.3407			1.4310	1.3654
76.00	1.3397			1.4370	1.3657
80.00	1.3386			1.4431	1.3658
84.00	1.3372			1.4492	1.3656
88.00	1.3357			1.4553	1.3653
92.00	1.3339			1.4613	1.3646
96.00	1.3316			1.4674	1.3636
100.00	1.3290			1.4735	1.3614



Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik III

- Nii ained ise kui nende vesilahused on korrodeerivad
  - Eelpoolnimetatud kemikaale kasutatakse toorainena toodete valmistamisel.
  - Soojusvahetusvedeliku jaoks olulised parameetreid ei normeerita.
  - Ilma korrosiooni vähendavate inhibiitoriteta on nii vedelikul kui ka süsteemil sageli lühike eluiga (näited 2-3 aastat). PS! Kui midagi pole juhtunud, on tegu õnneliku juhusega.
- Korrosioon on metalli oksüdeerumine väliskeskkonna toimel (õhu, gaaside, vee, lahuste, orgaaniliste vedelike jne.).
  - **Elektrokeemiline korrosioon** võib tekkida igas kinnises süsteemis (nii kütte- kui ka jahutussüsteemis), kuna süsteemis on erinevad metallid, mis süsteemis ringleva soojusvahetusvedeliku (elektrolüüt) toimel hakkavad omavahel reageerima.
  - Glükoolide termilise oksüdeerumise tagajärjel tekivad orgaanilised happed (langeb pH ja keskkond muutub korrodeeruvaks). Nt. EG-s tekivad glükolaadid, formaadid jms. PG-s tekivad laktaadid, formaadid, atsetaadid jms.
  - Korrosiooni tagajärjeks on metallide hävimine ja sadestiste teke, mis lõppkokkuvõttes halvendab drastiliselt soojusvahetuse efektiivsust.





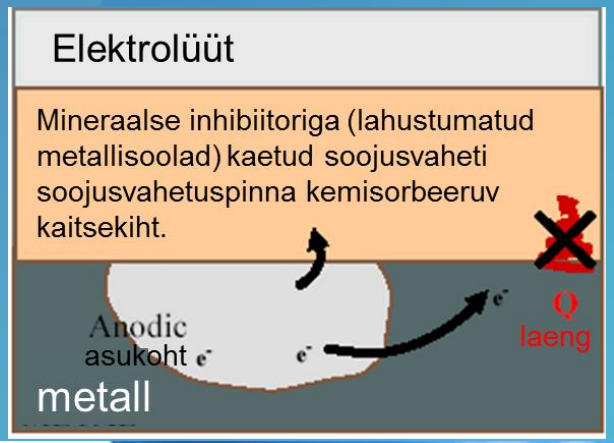


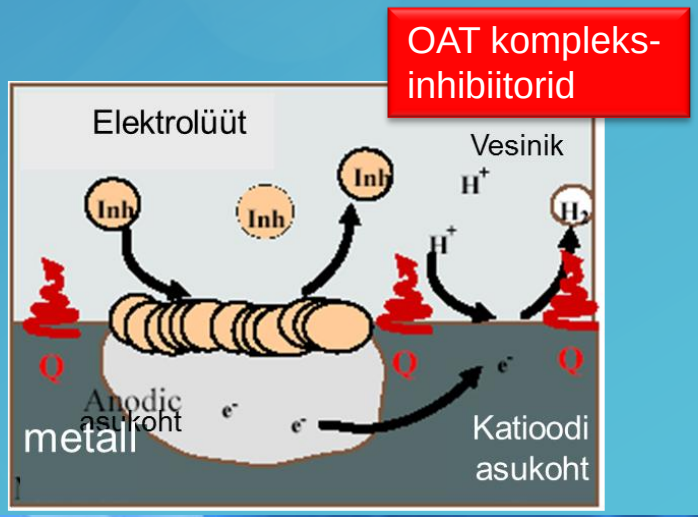

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik III

- Korrosiooni inhibiitorid:
  - On erinevate tehnoloogiliste lahendustega
    - Mineraalsed, hübriid, orgaanilised.
    - Mono- või multifunktsionaalsed.
  - On erinevate toimemehhanismidega.
    - Passivaatorid (neutraliseerivad metalli pinda)
    - Baasaine vananemisvastased neutralisaatorid (pH reservi moodustajad)
    - Termilise oksüdeerimise vastased

Mineraalsed manused moodustavad korrosiooni kaitseks kaitstavatele metallpindadele korrodeerumist takistava kaitsekihi, samas kui orgaanilised (monomolekulaarsed) manused katavad vaid korrsiooniohtlikud kohad, neutraliseerides korrosioni lokaalselt, tagades komplekse kaitse ja oluliselt parema soojusvahetuse





Heivo Viinalass ©

The ASPO Company

Soojusvahetusvedeliku valik III

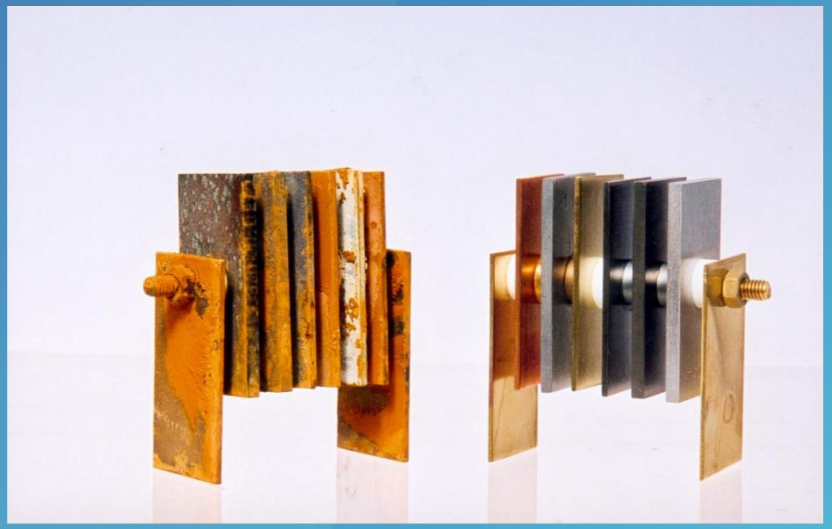
- Korrosiooni inhibiitorid:
  - Ei sobi kõigi baasainete või teiste inhibiitoritega.
  - Erineva vastupidavuse ja toimega vajalikel töörežiimidel.
  - Kaitsevad ühte või mitut metalli.
  - Paremad soojusvahetusvedelikud sisaldavad orgaanilisi kompleksmanuseid.
  - Kompleksmanuste puhul on arvestatud inhibiitorite koosmõju ja ohutust.
  - Erineva tervise- ja keskkonnaohuga.
  - Erineva elueaga.

- PS! MITTE kasutada autodele mõeldud jahutusvedelikke, kuna need töötavad hoopis teistel töörežiimidel! Autode jahutusvedelikud sisaldavad teistsuguseid või ebasobivaid inhibiitoreid, millel võivad olla kahjulikud kõrvalmõjud (silikaadid) ja piiratud kasutusaeg.

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik III

- Soojusvahetusvedelikke testitakse ja toodetakse vastavalt tehnilistele tingimustele.
- Tootja väljastatab spetsifikatsiooni ning valmistootele analüüsisertifikaadid.
- Nt. Korrosioonikaitset testitakse vastavalt ASTM D1384 järgi



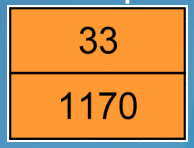


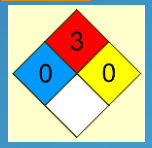


Heivo Viinalass ©

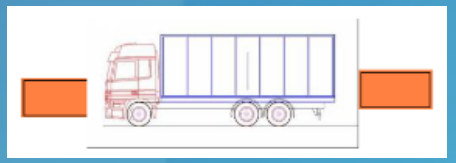
Soojusvahetusvedeliku valik IV

- Veo-, hoiu ja käitlusnõuded
  - **GL, EG ja PG baasilistel toodetel erinõuded puuduvad**.
  - Alkoholibaasiliste soojusvahetusvedelike üheks suurimaks probleemiks on nende tuleohtlikkus.
    - Vt. Leekpunkti vesilahuse graafikut.
  - Transpordil ADR

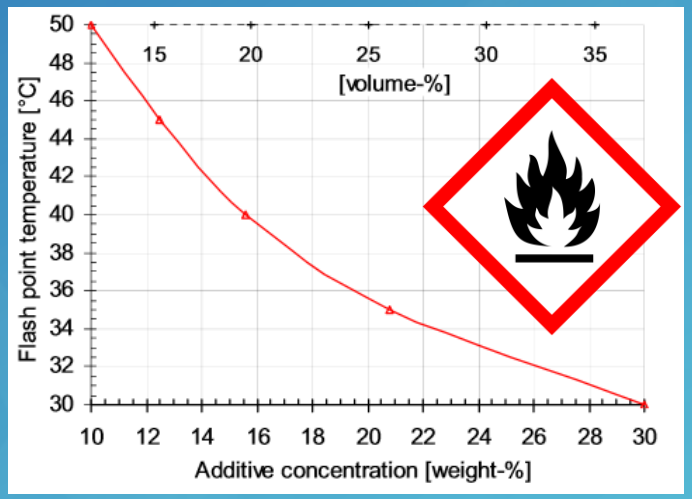








  - Hoiustamisel SEVESO
  - Käitlemisel– Ex (maandusega) mahutid





Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik IV

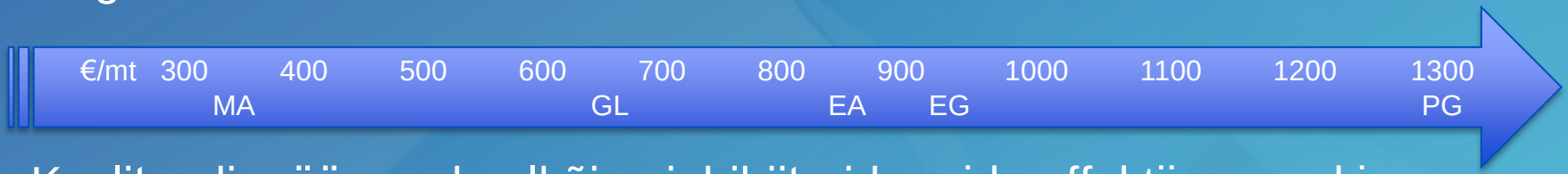
- Keskkonnaohutus
  - Lekkimine keskkonda
- Utiliseerimine
  - Millise soojusvahetusvedeliku puhul on tegu ohtliku jäätmega?
  - Jäätmeseadus
  - Jäätmete liigitamine
    - 1. juunist 2015 kehtib jäätmete ohtlikele omadustele otsekohalduv komisjoni määrus (EL) nr 1357/2014
      - Info toote ohutuskaardist
      - HP3 H225 Tuleohtlik vedelik leekpunktiga < 60ºC;
      - HP6 H302 >25%
      - ...
    - Ohtliku jäätme kood: 10 01 26 - Jahutusveekäitlusel tekkinud jäätmed

http://www.envir.ee/sites/default/files/20151202_jliigitamine_h.artus_.pdf
https://www.riigiteataja.ee/akt/13358009?leiaKehtiv

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik V

- Soojusvahetusvedelike hind sõltub toorainete-, tarne- ja käitluskulude-ning lisandite maksumusest.



- Kvaliteedi määravad eelkõige inhibiitorid - mida effektiivsemad ja kestvamad need on, seda väiksemad on soojusvahetusvedeliku käitluskulud.

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VI

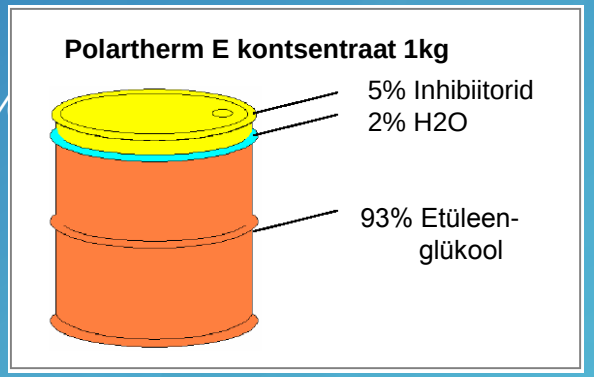
- Telko valmistab inhibiitortega etüleenglükooli (EG), propüleenglükooli (PG) ja sünteetilise den.etanooli baasilisi soojusvahetusvedelikke.
- Inhibiitoritega etüleen- ja propüleenglükooli baasilised kontsentraadid ning nende vesilahused kannavad kaubanduslikku nimetust Polartherm
  - Kaubanduslikule nimetusele järgneb täht või täht koos nubrikombinatsiooniga:
  - Kui numbrit taga pole, on tegu konstentraadiga. Kui tähele järgneb number, siis näitab see selle toote vesilahuse kontsentratsiooni.
    - E – etüleenglükool (preemium toode)
    - C – etüleenglükool (baas toode)
    - P – propüleenglükol (preemium toode)
- Inhibiitoritega, den.etanooli baasililist soojusvahetusvedelikku turustatakse Telko Ground nime all.

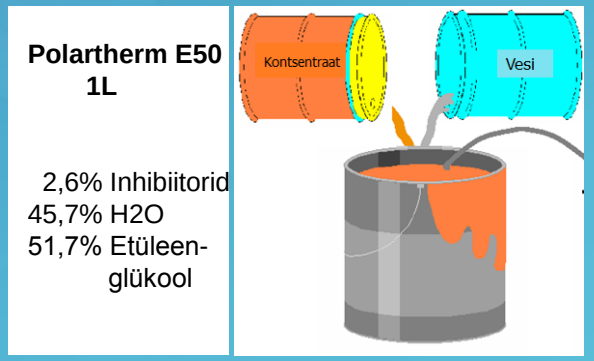
Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VI

- Polartherm E
  - 100% kontsentraat, milles EG sisaldus (w*) 93%
  - ϱ 1,112 => 1kg ≈ 0,9L
  - Polartherm E50
    - 50% vol Polartherm E + vol 50% H2O
    - ϱ 1,068 => 1kg ≈ 0,94L
    - EG sisaldus (w) 52%
- Polartherm P
  - 100% kontsentraat, milles EG w 97%
  - ϱ 1,044 => 1kg ≈ 0,96L
  - Polartherm P40
    - 40% vol Polartherm P + vol 60% H2O
    - ϱ 1,034 => 1kg ≈ 0,97L
    - PG sisaldus (w) 40,5%

*w – kaal (weight)





Segamine H2O-ga 1L Polartherm E50 saamiseks:
0,5L Polartherm E (ϱ 1,112) + 0,5L H2O = 1L
Polarthem E arvutuslik sisaldus on 0,556kg
EG sisaldus 0,556 kg x 93% = w 51,7%

Heivo Viinalass ©

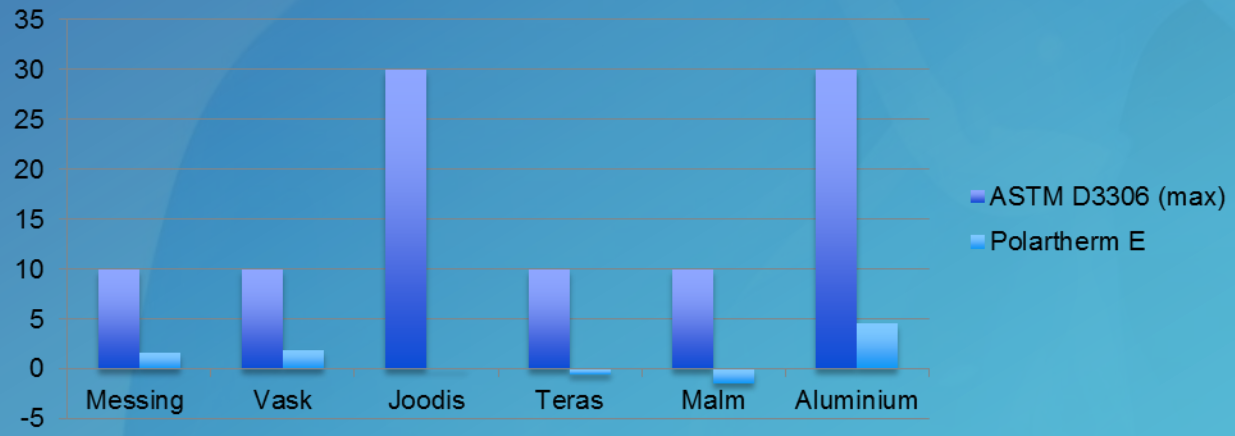
Soojusvahetusvedeliku valik VI

- Telko Ground
  - 100% kontsentraat, milles EA sisaldus (w) 91%
    - EA on 99,5% sünteetiline EA denatureeritud
    - Denaturandid IPA, MEK ja Bitrex (denatonium bensoaat)
    - Inhibiitorite hulk 3%
  - ϱ 0,8 => 1kg ≈ 1,25L
- Telko Ground 29
  - EA sisaldus w 29% ja vol 35%

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VI

- Polartherm E
  - Segamisel kasutatave vee maksimaalne karedus võib olla 25 ºdH (Saksa), sisaldades kuni 100 ppm kloriide ja 100 ppm sulfaate.
  - Korrosioonikindlus vastavalt ASTM D1384



  - Kaalukadu mg/testplaadil peale keemilist puhastust vastavalt ASTM protseduurile.
  - Kaalukadu väljendatakse tinglikult.

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VI

- Et rõhutada Polartherm E korrosioonikaitse vastupidavust, on selle katse viidud läbi tööstuses kasutatavate soojusvahetusvedelikega võrreldes oluliselt rangemates oludes.

Testi tingimused	Tööstuslikud normid	Polartherm E
Testi kestus	169h	504h
Vedeliku kogus	5l	6l
Rõhk	1,5bar	2,5bar
Voolu kiirus	3,0l/min	3,5l/min
Soojusvõimsus	5500W	5000W
Kuumutusanuma temp.	95ºC	115ºC
Jahutusanuma temp.	75ºC	95ºC
Soojusvahetusvedeliku kontsentratsioon	40% mahu jrg.	20% mahu jrg.

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VI

- Füüsikaliste omaduste poolest on eelistatuim inhibiitoritega etüleenglükooli baasil valmistatud soojusvahetusvedelik, kuna omab paremaid omadusi madalatel temperatuuridel.
  - Polartherm E on väga heade ja kestvate inhibiitoritega.
    - Pikk ekspuatatsioon = madal järelteeninduse kulu ja stabiilne soojusvahetus.
- Teatud tingimustel aga tuleb kasutada vaid propüleenglükooli. Seda eelkõige kohtades kus glükoolil võib olla kokkupuudet joogivee ja toiduainetega: toiduainetööstused, -laod, pruulikojad, lasteasutused jne.
  - Propüleenglükooli tuleb seal kasutada põhjusel, et see on vähem toksilisem kui etüleenglükool.
- Kui jahutussüsteem töötab temperatuuridel -18ºC ja madalamal, tasuks eelistada EG põhist soojusvahetusvedelikku kuna PG baasiline vedelik võib nõuda pumbalt enamat kui see on suuteline.

Heivo Viinalass ©

Süsteemi täitmine

- Jahutussüsteemi pikaajaline ja tõhus töö oleneb mitte üksnes soojusvahetusvedelike omadustest, vaid ka süsteemi õigest vedelikuga täitmisest ja hooldusest.
  - Enne täitmist peab süsteem olema täiesti puhas. Uut ja vana süsteemi puhastatakse ja pestakse läbi isemoodi. Uues võib leiduda õli ja metallitükikesi, vanas aga enamasti katlakivi, roostepuru, kemikaalide jääke jms.
  - Iga süsteemi jääv võõris võib mõjutada vedeliku omadusi.
- Vead süsteemi täitmisel võivad oluliselt mõjutada soojusvahetusvedeliku eluiga
- Kindlasti hoida alles soojusvahetusvedeliku spetsifikatsioon, analüüsisertifikaat ja toote ohutuskaart, et tulevikus objekti remondil, laiendamisel, ümberehitamisel või demonteerimisel oleks teada info kemikaali kohta.

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VII

- Soojusvahetusvedelikud on üldiselt hooldevabad, kuid seda on vaja regulaarselt monitoorida e. jälgida. Keemiline analüüs on kallis ja aeganõudev. Kui vedelik on juba riknenud, võivad kahjud olla suured.
  - Enamasti kestab Polartherm E ja P soojusvahetusvedelik 15 aastat ja enam kui järgitakse lihtsaid ekspluatatsiooni reegleid:
    - Süsteem peab olema puhas (metallid ei tohi olle määrdunud, õlised ega oksüdeerunud) ja selles ei tohi olla tsingitud detaile.
    - Süsteemi ei tohi lisata muid kemikaale ega vedelikke (kuna see muudab koostist)!!!
    - Regulaarselt, kord aastas hinnatakse vedeliku sisundit 5 parameetri järgi:
      - 1a 2a 3a 4a 5a 6a jne
      - Selgus (visuaalne, peab olema ilma sademeta)
      - Sade (juhul kui tekib, siis püüda hinnata kas tegu on bioloogilise või mehh. sademega)
      - Värvus (visuaalne, pruunikas värv viitab korrodeerumisele)
      - pH (pH meetriga, näitab manuste seisukorda)
      - Tihedus (tihedusemõõtur, näitab külmaaine kontsentratsioni ja lagunemist)
    - Neid näitajaid üles tähendades ja ajajoonel võrdlemisel, saame anda hinnangu vedeliku hetkeolukorrale ja prognoositavale kesvusele.

Heivo Viinalass ©

Parameter	WO 770252 Sample 1	WO 770253 Sample 2	WO 770254 Sample 3	WO 770255 Sample 4	WO 770256 Sample 5	WO 770257 Sample 6	WO 770258 Sample 7	WO 770262 KA 114J1	WO 770259 Z&PS
Physical Properties									
Appearance	Clear pink liquid, no precipitate	Clear green liquid, no precipitate	Clear green liquid, no precipitate	Clear pink liquid, no precipitate	Clear red liquid, no precipitate	Clear red liquid, no precipitate	Clear yellow liquid, no precipitate	Clear green liquid, no precipitate	Clear green liquid, no precipitate
pH @ 20°C	8.4	6.9	8.5	8.4	8.4	7.3	8.4	6.0	8.7
pH 50vol% @ 20°C	N/A	6.5	N/A	N/A	8.1	7.9	N/A	7.5	8.6
Density @ 20°C, kg/L	1.073	1.165	1.067	1.067	1.110	1.124	1.072	1.116	1.111
Freeze point, °C	-41	N/A	-36	-36	N/A	N/A	-41	N/A	N/A
Antifreeze concentration, %	53	Concentrate	49	49	~ 95	Concentrate	53	Concentrate	Concentrate
Organic inhibitors, wt%									
Mono acid branched, wt%	1.8	0.13	0.61	0.10	1.7	Not detected	Not detected	Not detected	BSB inhibitor 1, BSB inhibitor 2 and BSB copper inhibitor
Mono acid, wt%	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	0.13	Not detected	
Di acid, wt%	Not detected	0.01	0.05	< 0.01	Not detected	Not detected	0.10	Not detected	
Sodium benzoate, wt%	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	0.12	Not detected	
Benzotriazole, wt%	0.03	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected	0.06	Not detected	Not detected	
Tolyltriazole, wt%	Not detected	< 0.01	0.03	< 0.01	0.13	0.03	0.08	0,01	
Total	**1,83**	**<0,15**	**0,69**	**<0,12**	**1,83**	**0,09**	**0,43**	**0,01**	**2,6**
Traditional inhibitors, ppm m/v *(10 000 ppm = 1%) Trace levels <5 and < 1*									
Nitrite, ppm m/m	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nitrate, ppm m/m	**23**	< 5	< 5	< 5	< 5	**1177**	**388**	< 5	< 5
Phosphate, ppm m/m	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Silicon, ppm m/v	**3**	**2**	**4**	**5**	**3**	**18**	**2**	< 1	< 1
Molybdenum, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Boron, ppm m/v	42	< 1	< 1	< 1	< 1	**2021**	**22**	1187	< 1
Total	**< 68**	**< 7**	**< 9**	**< 10**	**< 8**	**3216**	**412**	1187	< 5
Glycol breakdown products									
Formate, ppm m/m	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	18	< 5	< 5	< 5
Glycolate, ppm m/m	< 5	< 5	< 5	< 5	123	21	< 5	< 5	< 5
Oxalate, ppm m/m	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Corrosive anions									
Chloride, ppm m/m	< 5	< 5	7	267	< 5	9	< 5	< 5	< 5
Sulfate, ppm m/m	26	< 5	15	9	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Corrosion elements									
Aluminum, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Copper, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Iron, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nickel, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Lead, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zinc, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Hard water cations									
Calcium, ppm m/v	< 1	7	1	10	4	2	< 1	< 1	< 1
Magnesium, ppm m/v	< 1	< 1	< 1	2	19	< 1	< 1	< 1	< 1

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VII

- Igale objektile koostada ja paigaldada hoolderaport süsteemi monitooringu kohta.
  - See annab nii omanikule kui hooldajale teada, mis vedelik (kemikaal) on süsteemis.
  - Võimaldab hinnata soojusvahetusvedeliku hetkeolukorda ning vananemist

Toode: **Polartherm E 40** **Süsteem täidetud:** **xx.xx.xxxx** **Tarnija:** **ccccccccccc**									
Kuupäev/ Tulemus	Tarne CoA	1. analüüs peale täitmist	1 aasta	2 aasta	3 aasta	4 aasta	5 aasta	...	15 aasta
Selgus (visuaalselt)	selge	Selge							
Sade (visuaalselt)	Puudub	puudub							
Värvus (visuaalselt)	punane	punane							
pH	8,9	8,5							
Tihedus 20*C	1,068	1,068							
Töö teostaja (inimese nimi ja firma)	Telko Estonia OÜ	Xxxxxxx Zzzzz OÜ							
Märkus									

Heivo Viinalass ©

Soojusvahetusvedeliku valik VII

- Objektil teha alati kättesaadavaks toote ohutuskaart!
  - Kemikaali ohutuskaart (SDS – Safety Data Sheet) on professionaalseks (erialaseks) kasutamiseks mõeldud dokument, mis sisaldab ohtliku kemikaali kohta seaduses ettenähtud piisavat informatsiooni kemikaali ohutuks käitlemiseks, teavitab potentsiaalsest ohust (kõrvaltoimete tekkimise tõenäosusest) inimese tervisele ja keskkonnale ning peab võimaldama tarvitusele võtta vajalikud abinõud töötajate tervise, ohutuse ja keskkonna kaitsmiseks ettevõttes.
  - Ohutuskaart on vahend teabe edastamiseks tarneahelas.

Heivo Viinalass ©

Polartherm® E kasutuses



Pärnu koostootmisjaam (Fortum Termest)

Valmimine 2011

Elektriline võimsus on 24 MW ja soojuslik võimsus 48 MW. Aastane elektrienergia müügimaht on 170 GWh ja soojuse müügimaht 220 GWhThe value of the investment is around EUR 80 million.

Polartherm E maht 35mt.



Serveriruumi jahutus
Valmimine 2010
Polartherm E16mt.



HVAC (Stockman Riga)
Ümberehitus 2011
Polartherm E 8mt.

Allikas ja pildid: Koduleht, Telko.

Heivo Viinalass ©

Polartherm® P kasutuses









Enefit280 õlitehas

Valmimine 2013.

Investeering EUR 206 milj.

Polartherm P 40 88mt.

Maxima Logistikakeskus

Valmimine 2015.

Investeering EUR 35 milj.

Polartherm P 35 48mt.

Allikas ja pildid: Koduleht, Telko.

Heivo Viinalass ©

Tänan tähelepanu eest!

Heivo Viinalass
Telko Estonia OÜ
müügijuht
Tel.: 6548836

e-mail: heivo.viinalass@telko.com

The ASPO Company