

**UPUTSTVO ZA BEZBEDNO I DUGOROČNO
KORIŠĆENJE ANTIFRIZA
U SISTEMIMA ZA GREJANJE I HLAĐENJE**



SADRŽAJ

1. SASTAV ANTIFRIZA	5
1.1 Bazni fluid	5
1.2 Aditivi	8
1.3 Demineralizovana voda	9
1.4 Destilovana voda	11
1.5 Mešanje koncentrovanog antifriza sa demineralizovanom ili destilovanom vodom .	11
2. KARAKTERISTIKE ANTIFRIZA ZA INDUSTRIJSKE SISTEME	13
2.1 Prednosti i nedostaci rashladne tečnosti na bazi propilen glikola u odnosu na monoetilen glikol	14
2.2 Preporuke antifriza prema vrstama industrijskih postrojenja	15
2.3 Kompatibilnost rashladnih tečnosti	17
2.4 Kompatibilnost antifriza sa materijalima	18
3. DOLIVANJE ANTIFRIZA U INDUSTRIJSKIM RASHLADNIM SISTEMIMA	20
3.1 Sistem za automatsku dopunu antifriza	21
3.2 Kontrola nivoa i dopuna	22
3.3 Procedura dolivanja antifriza u industrijskim rashladnim sistemima	22
4. ODRŽAVANJE I DIJAGNOSTIKA	23
4.1 Preporučena učestalost ispitivanja	23
4.2 Održavanje i tehnički saveti	24
4.3 Laboratorijske granične vrednosti industrijskog antifriza	24
4.4 Praktična metoda procene preostalog veka antifriza	25
4.5 Mogući problemi i tipične greške u primeni	25
5. SAVETI I PREPORUKE	27
5.1 Priprema sistema pre punjenja	27
5.2 Mehaničko čišćenje sistema	27
5.3 Kontrola i praćenje antifriza	27
5.4 Specifikacija materijala sistema	28
5.5 Tehnički saveti	28
5.6 Tipične greške koje treba izbegavati	29
5.7 Brzi dijagnostički tok za izbor (ako treba brzo odlučiti)	29
6. BEZBEDNOSNE MERE	29
6.1 Protivpožarna zaštita	30

6.2 Rukovanje i skladištenje	30
6.3 Odlaganje iskorišćenog antifriza.....	31
6.4 Preporuke za servisere.....	31
6.5 Preporuke za projektante sistema:	33
7. NAJČEŠĆA PITANJA I ODGOVORI	34

PREGOVOR

Antifrizi za industrijske sisteme su fluidi koji moraju odgovoriti brojnim zahtevima. U praksi se susrećemo sa velikim brojem različitih tipova rashladnih sistema koji zahtevaju različite tipove antifrizi. Zbog toga, da bi postigli maksimalni radni vek tehničkih sistema i antifrizi, smanjili troškove, sačuvali zdravlje ljudi i zaštilili životnu sredinu, od velike važnosti je pravilan odabir odgovarajućeg fluida, kao i primena i održavanje u eksploataciji.

Na žalost, u našoj zemlji na našem jeziku postoji vrlo oskudna literatura. Ovo UPUTSTVO ZA BEZBEDNO I DUGOROČNO KORIŠĆENJE ANTIFRIZA U SISTEMIMA ZA GREJANJE I HLAĐENJE namenjeno je svim učesnicima u procesu: korisnicima, kupcima, serviserima, projektantima, službama održavanja, službama nabavke itd.

Sadrži skup informacija o problematici industrijskih antifrizi:

- sastav i karakteristike antifrizi,
- primene u praksi,
- održavanje,
- dijagnostika,
- bezbednosne mere,
- saveti i preporuke,
- pitanja i odgovori koji se najčešće postavljaju od strane kupaca i korisnika.

Međutim, i pored ovako obimnih informacija nemoguće je obuhvatiti sve pojedinačne probleme. Zbog toga projektanti, serviseri, održavaoci kao i službe nabavke upućuju se na saradnju sa proizvođačima antifrizi za industrijske sisteme i njihovim stručnim službama.

Podaci i informacije navedene u Uputstvu prikupljeni su iz verodostojnih izvora, a mnogi su rezultat ličnog iskustva i saznanja. Nadam se da će vam ovo Uputstvo pomoći pri radu i da će te u njoj naći korisne informacije. Nova saznanja, kao i vaša pitanja, sugestije i predlozi će biti od velikog značaja za dopunu Uputstva kako bi sledeće izdanje bilo još potpunije.

Želim da se najsrdačnije zahvalim gospodinu Miletu Arnautu, vlasniku i generalnom direktoru kompanije GRAM d.o.o. Beograd, na predlogu da se napiše ovo Uputstvo i veoma korisnim sugestijama.

Autor Uputstva: Dr Mile Stojilković, dipl. inž. maš.

Proizvođač antifrizi: GRAM d.o.o. Beograd

Kontakt za hitne slučajeve: 011/21 44 115, 063/309-264,

E-mail: office@gram.rs

UPUTSTVO ZA BEZBEDNO I DUGOROČNO KORIŠĆENJE ANTIFRIZA U SISTEMIMA ZA GREJANJE I HLAĐENJE

Tečnost za prenos toplote (Antifriz) u industrijskim sistemima se često posmatra samo kao sredstvo za zaštitu od smrzavanja, mada ponašanje vezano za koroziju ima daleko veći značaj, jer u sistemu za grejanje i hlađenje vladaju idealni uslovi za razvoj korozije. Antifriz mora da ispuni čitav niz protivrečnih zahteva kao što su:

- niska temperatura mržnjenja,
- dobra zaštita od korozije,
- visoka temperatura ključanja,
- mali koeficijent zapreminskog širenja,
- minimalna viskoznost,
- nezapaljivost,
- dobra provodljivost toplote,
- da ne peni

1. SASTAV ANTIFRIZA

Osnovni sastojci antifriza su:

BAZNI FLUID + ADITIVI + VODA = ANTIFRIZ

- **Bazni fluid:** Najčešće se koristi **monoetilen glikol (MEG)**, u ekološki prihvatljivijim varijantama **propilen glikol (PG)** i **trietilen glikol (TEG)**. Ovi glikoli snižavaju tačku smrzavanja i povećavaju tačku ključanja vode.
- **Aditivi (paket):** inhibitor korozije, protiv kavitacije i taloženja, antipenušavac, stabilizator i pufer. Inhibitori korozije štite metalne delove rashladnog sistema od rđanja i korozije.
- **Voda:** mora biti destilovana ili demineralizovana, a pH vrednost na 20°C je 5,0 do 7,0.

1.1 Bazni fluid

Tečnosti za prenos toplote na bazi **monoetilen glikola (MEG)**, **propilen glikola (PG)** i **trietilen glikola (TEG)** se razlikuju prvenstveno po toksičnosti, viskoznosti, tački ključanja i specifičnoj primeni. Sve tri supstance su alkoholi (glikoli), mešljive su sa vodom i koriste se kao osnova za rashladne tečnosti, ali sa različitim karakteristikama.

Monoetilen Glikol (MEG)

- **Karakteristike:**
 - MEG je bezbojna, gusta tečnost slatkastog ukusa, visoko higroskopna i potpuno mešljiva sa demineralizovanom ili destilovanom vodom.

- Ima vrlo dobru toplotnu provodljivost;
- Tačka ključanja MEG-a je oko 197°C
- Nisku viskoznost (dinamička viskoznost na 20°C je oko 16 mPa·s)
- Nisku tačku smrzavanja već pri nižim koncentracijama:
 - 30% MEG / 70% voda: -17°C
 - 40% MEG / 60% voda: -27°C
 - 50% MEG / 50% voda: -37°C
 - 60% MEG / 40% voda: -53°C
 - 100% MEG: -13°C
- **Primena:**
 - Najčešće korišćen u proizvodnji rashladnih tečnosti
 - Najčešće se koristi u automobilske industriji kao osnovni sastojak antifrizna za motore, zbog odlične zaštite od smrzavanja i pregrevanja.
 - U industriji: HVAC sistemi; Procesna industrija; Energetika; Rashladni tornjevi
- **Toksičnost:**
 - Visoko toksičan ako se proguta, što je glavni bezbednosni nedostatak. 100 ml popijenog antifrizna na bazi MEG-a je dovoljno da izazove smrt čoveka, a 1 litar ovog antifrizna zagadi oko 10.000 litara pijaće vode, što predstavlja opasnost za biljni i životinjski svet
- **Efikasnost:**
 - Pruža superiornu zaštitu od smrzavanja i korozije u poređenju sa PG, kada se pravilno formuliše sa aditivima.
- **Prednosti:**
 - Najbolji termodinamički parametri.
 - Najjeftiniji od sva tri tipa.
 - Pogodan za velika i zahtevna postrojenja.
- **Mane:**
 - Toksičan (opasan za ljude i životnu sredinu – ne sme se piti ni udisati pare).
 - Zabranjen u prehrambenoj industriji i sistemima gde može doći do kontakta sa hranom.

Propilen Glikol (PG)

- **Karakteristike:**
 - PG je takođe bezbojna, viskozna tečnost, skoro bez mirisa i blago slatkog ukusa, mešljiva sa vodom.
 - Tačka ključanja PG-a je oko 188°C
 - Netoksičan, bezbedan za ljude.
 - FDA (Food and Drug Administration) odobrava upotrebu u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji.
 - Dobra termička stabilnost.

- Veća viskoznost od MEG-a (dinamička viskoznost na 20°C je oko 58 mPa·s)
- Tačka smrzavanja PG u vodi:
 - 30% PG / 70% voda: -14°C
 - 40% PG / 60% voda: -23°C
 - 50% PG / 50% voda: -33°C
 - 60% PG / 40% voda: -48°C
 - 100% PG: -59°C
- **Primena:**
 - Koristi se u sistemima gde je moguća slučajna kontaminacija hranom ili pićem (npr. u Prehrambenoj industriji: hladne komore, mlekare, pivare, Sistemima za grejanje/hlađenje u bolnicama, solarnim sistemima),
 - Farmaceutska i kozmetička industrija,
 - HVAC sistemi gde se zahteva netoksičnost,
 - Sistemi za hlađenje leda i pića, zbog svoje niske toksičnosti.
- **Toksičnost:**
 - Značajno manje toksičan od MEG-a (smatra se relativno bezbednim za upotrebu u blizini ljudi i životinja).
- **Efikasnost:**
 - Nešto manje efikasan od MEG-a u prenosu toplote (oko 10% lošija).
 - Zahteva veće koncentracije za postizanje iste tačke smrzavanja u odnosu na MEG.
- **Prednosti:**
 - Najbezbedniji (food-grade opcija).
 - Ekološki prihvatljiv.
 - Stabilan na višim temperaturama.
- **Mane:**
 - Lošiji prenos toplote u odnosu na MEG.
 - Veoma visoka viskoznost na niskim temperaturama.
 - Veće opterećenje pumpe u odnosu na MEG. PG zahteva jače pumpe i veće cevi pri niskim temperaturama.
 - Viša cena.

Dinamička viskoznost (mPa·s) čistog PG u odnosu na čist MEG:

T (°C)	PG (mPa·s)	MEG (mPa·s)
+20	58	16
0	200	50
-10	450	120
-20	1.000	300
-30	3.000	900
-40	10.000	2.500

Trietilen Glikol (TEG)

- **Karakteristike:**
 - TEG je takođe bezbojna, viskozna tečnost, veoma visoke tačke ključanja - sa višom tačkom ključanja od MEG-a i PG-a.
 - Izuzetno je higroskopan, efikasno apsorbuje vlagu iz okruženja.
 - Ima visoku tačku ključanja (oko 287°C), što je važno za primene gde je poželjna niska isparljivost.
 - Ima veću viskoznost u odnosu na MEG i PG što može uticati na pumpabilnost u nekim sistemima.
 - Nije pogodan za klasične rashladne sisteme.
 - Tačka smrzavanja TEG u vodi:
 - 30% TEG / 70% voda: -7°C
 - 40% TEG / 60% voda: -12°C
 - 50% TEG / 50% voda: -23°C
 - 60% TEG / 40% voda: -35°C
 - 100% TEG: -7°C
- **Primena:**
 - Trietilen Glikol se uglavnom koristi kao sredstvo za sušenje prirodnog gasa (dehidratacija) zbog svoje izuzetne higroskopnosti, ili kao rastvarač u industrijskim procesima.
 - Koristi se u sušarama, procesnoj u hemijskoj industriji.
 - Može efikasno da se koristi na temperaturi i do 204°C, bez značajne degradacije, što ga čini pogodnim za primene gde su temperature više u odnosu na druge glikole poput monoetilen glikola (MEG).
- **Toksičnost:**
 - Niska toksičnost, slična PG-u.
- **Efikasnost:**
 - Zbog svojih fizičkih svojstava, nije idealan izbor za standardne antifrizne u vozilima.
- **Prednosti:**
 - Izuzetno otporan na termičku degradaciju.
 - Odličan za procese dehidracije.
 - Bolja viskoznost pri povišenim temperaturama
- **Mane:**
 - Slab prenos toplote.
 - Nije tipičan antifriz za cirkulacione sisteme.

1.2 Aditivi

Aditivi su obavezni dodaci tečnostima za hlađenje. Čist monoetilen glikol kao i propilen glikol izazivaju koroziju crnih i obojenih metala. Glikolu se dodaje multifunkcionalni paket aditiva (inhibitor korozije, kavitacije i taloženja, antipenušavac, stabilizator i pufer) koji ima zadatak da spreči pojavu pene usled prodora vazduha, pojavu rđe i korozije koja može nastati usled delovanja produkata razlaganja glikola, a koji su kisele prirode.

- **Neorganski inhibitor korozije (IAT – Inorganic Additive Technology)**
 - Paket ne sadrži amine i nitrite ali sadrži silikate, fosfate i borate.
 - Dobra zaštita metala, ali kraći vek upotrebe.
- **Organski inhibitor korozije (OAT – Organic Acid Technology)**
 - Ne sadrži amine, fosfate, nitrite, nitrate i silikate.
 - Paket inhibitora korozije je na bazi organskih karboksilnih kiselina.
- **Hibridni paket inhibitora korozije (HOAT)**
 - Na bazi silikata i soli organskih kiselina.
 - Ne sadrži nitrite, amine ni fosfate.
 - Kombinacija IAT i OAT – izbalansirana brza zaštita i duži vek upotrebe
- **Kombinacija silikatnih inhibitora i OAT tehnologije (SOAT)**
 - OAT tehnologija koristi karboksilne kiseline koje štite samo tamo gde se korozija dešava, čime se produžava vek trajanja tečnosti.
 - Dodatak silikata pruža dodatnu "brzu" zaštitu naročito za aluminijumske delove.
 - Inhibitori formiraju molekularni sloj na površini metala samo tamo gde postoji potencijal za koroziju, što ih čini efikasnim i dugotrajnim.
 - Ne sadrži nitrite, fosfate, amine i borate

1.3 Demineralizovana voda

Demineralizovana voda je voda iz koje je najveći deo minerala uklonjen, najčešće postupkom katjonske i anjonske kolone kao i reverziosmoze. Koristi se u industriji, za razblaživanje koncentrovanog antifrizu i drugih tečnosti, za punjenje akumulatora, za industrijske procese gde je potrebna voda bez minerala i metala.

Ključne karakteristike:

- **Visoka čistoća:** Uklonjeni su većina rastvorenih soli, joni (kao što su kalcijum, magnezijum, natrijum, hloridi) i metali, što je čini hemijski čistom.
- **Niska provodljivost:** Zbog odsustva jona, ima vrlo nisku električnu provodljivost, često ispod 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikrosimensa po centimetru).
- **Slabo tvrda:** Praktično nema tvrdoću (oko 0.01 $^{\circ}\text{dH}$) jer su uklonjeni minerali koji je uzrokuju.
- **pH vrednost:** Obično je u rasponu od 5 do 7, blizu neutralne, iako može varirati zavisno od metode prečišćavanja.

- **Sadržaj gasova:** Može da sadrži rastvorene gasove.
- **Mikrobiološki status:** Demineralizovana vode je hemijski čista, ali nije nužno sterilisana, pa može da sadrži bakterije i organske materije, za razliku od destilovane vode.

Parametar	Tipične vrednosti	Napomena za industrijsku upotrebu
Električna Provodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0.05–5.0	Niže vrednosti = viša čistoća; bitno za kotlove i rashladne sisteme
Otpornost ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)	0.1–18	Ultračista voda 18.2 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$.
pH	5.0–7.0	Blago kisela zbog CO_2 iz vazduha
TDS (mg/L)	< 1	Za procese visoke čistoće poželjno < 0.5
Ukupna tvrdoća ($^\circ\text{dH}$)	< 1 (≈ 0)	Tvrdoća mora biti minimalna da se izbegnu naslage. Praktično bez Ca i Mg.
Alkalitet (mg/L)	≈ 0	Važno za kotlove pod visokim pritiskom
Hloridi (mg/L)	< 0.1–0.5	Nerđajući čelik posebno osetljiv na Cl–
Sulfati (mg/L)	< 0.1–0.5	Smanjuje rizik od korozije i naslaga
Silicijum-dioksid (mg/L)	< 0.01–0.5	Za turbine i kotlove visoke klase < 0.02 mg/L
Natrijum (mg/L)	< 0.1–5	Indikator preostale jonske kontaminacije
TOC ($\mu\text{g}/\text{L}$)	< 50–500	Za farmaciju i elektroniku cilj < 100
Rastvoreni kiseonik (mg/L)	5–10	Za kotlove se vrši deaeracija

Napomena: Kada su u pitanju kotlovi i kotlovska voda tu se pažnja usmerava na količinu hlora u toj vodi. Hlor je veoma bitna stavka posebno u velikim sistemima sa veoma velikim kotlovima - cilj je na nema hlora.

Ključne karakteristike demineralizovane vode:

1. Električna provodljivost

Ovo je jedna od najvažnijih karakteristika. Pošto su joni uklonjeni, demineralizovana voda je **veoma slab provodnik elektriciteta** (ili odličan izolator). Njena provodljivost je tipično manja od 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikrosimensa po centimetru), dok voda iz slavine može imati provodljivost od 200 do 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, u zavisnosti od regiona.

2. pH vrednost

pH vrednost čiste demineralizovane vode je neutralna, odnosno **5,0 - 7,0**. Međutim, u kontaktu sa vazduhom, ona brzo apsorbuje ugljen-dioksid (CO_2) iz atmosfere, stvarajući blagu ugljenu kiselinu, zbog čega pH vrednost obično pada na blago kiselu stranu (između 5,0 - 6,5).

3. Ukupne rastvorene čvrste materije (TDS)

Nivo **ukupnih rastvorenih čvrstih materija (TDS)** je zanemarljiv, obično manji od 10 ppm (delova na milion), a često i ispod 1 ppm. Ovo je kritično za sprečavanje taloženja kamenca i mineralnih naslaga (kao što su kalcijum karbonat ili magnezijum sulfat) u rashladnim sistemima.

4. Tačka smrzavanja i ključanja

Fizičke karakteristike su gotovo identične čistoj vodi (H₂O):

- **Tačka smrzavanja:** Približno **0°C**.
- **Tačka ključanja:** Približno **100°C** na standardnom atmosferskom pritisku.

1.4 Destilovana voda

Destilovana voda je hemijski prečišćena voda dobijena procesom **destilacije** (isparavanjem i naknadnom kondenzacijom pare), čime se iz nje uklanjaju minerali, soli, teški metali i mikroorganizmi.

Ključne karakteristike destilovane vode:

1. **Visoka hemijska čistoća:** Sadrži minimalne količine jonskih nečistoća. Mineralizacija (TDS) je obično manja od **5 ppm**.
2. **Elektroprovodljivost:** Zbog nedostatka minerala i jona, ima veoma nisku električnu provodljivost, tipično oko **5–10 µS/cm**. U farmaceutskoj industriji standardi preporučuju provodljivost čak manju od **1 µS/cm**.
3. **pH vrednost:** Destilovana voda je blago kisela odnosno **5,5 – 7,0** jer brzo apsorbuje ugljen-dioksid (CO₂) iz vazduha, koji u dodiru sa vodom stvara slabu ugljenu kiselinu.
4. **Bakteriološka čistoća:** Proces isparavanja efikasno uklanja bakterije i druge patogene. Međutim, čim dođe u kontakt sa vazduhom, počinje da gubi sterilnost.
5. **Odsustvo kamenca:** Pošto ne sadrži kalcijum i magnezijum, ne stvara naslage kamenca pri zagrevanju.

Industrijska primena

- Parni i vrelovodni kotlovi
- Rashladni sistemi uz dodatak inhibitora korozije
- Priprema antifrizna i hemikalija
- Laboratorija i farmacija
- Akumulatori i elektrotehnika

1.5 Mešanje koncentrovanog antifrizna sa demineralizovanom ili destilovanom vodom

Mešanje koncentrovanog antifrizna sa demineralizovanom ili destilovanom vodom je standardan proces za dobijanje rashladne tečnosti spremne za upotrebu. Pravilan odnos mešanja je ključan

za postizanje željenih svojstava, a najvažnije je uvek se pridržavati uputstava proizvođača antifrizu.

Osnovni koraci i smernice:

- **Proverite uputstva proizvođača**

Na pakovanju koncentrovanog antifrizu (bilo da je u pitanju monoetilen glikol ili propilen glikol) biće navedena tabela mešanja koja pokazuje potreban odnos antifrizu i demineralizovane ili destilovane vode za različite tačke smrzavanja/ključanja.

- **Koristiti isključivo destilovanu ili demineralizovanu vodu**

Za mešanje koristiti isključivo destilovanu ili demineralizovanu vodu. Voda iz slavine sadrži minerale (kamenac) koji se mogu taložiti unutar rashladnog sistema, stvarajući koroziju i smanjujući efikasnost hlađenja tokom vremena. Voda iz slavine kao i bunarska voda se ne smeju koristiti.

- **Postupak mešanja**

- Izmeriti potrebnu zapreminu koncentrovanog antifrizu.
- Izmeriti odgovarajuću zapreminu destilovane ili demineralizovane vode.
- Pomešati tečnosti u čistoj posudi pre nego što se sipaju u ekspanzioni sud (prelivni rezervoar) vozila ili industrijskog sistema. Nikada ne sipati čist, koncentrovani antifriz direktno u rashladni sistem bez prethodnog razređivanja.

- **Temperature mržnjenja i ključanja različitih tipova antifrizu u mešavini sa DEMI vodom**

Koncentrovani antifriz na bazi MEG (zapreminski) %	DEMI voda (zapreminski) %	Temperatura mržnjenja, °C	Temperatura ključanja, °C
20	80	- 9	102
25	75	- 12	103
30	70	- 16	104
35	65	- 20	105
40	60	- 25	106
45	55	- 31	107
50	50	- 37	108
55	45	- 45	109
60	40	- 53	111

Koncentrovani antifriz na bazi PG (zapreminski) %	DEMI voda (zapreminski) %	Temperatura mržnjenja, °C	Temperatura ključanja, °C
20	80	- 6	102
25	75	- 10	103

30	70	- 13	104
35	65	- 17	105
40	60	- 21	106
45	55	- 26	107
50	50	- 33	108
55	45	- 40	109
60	40	- 45	111

Koncentrovani antifriz na bazi TEG (zapreminski) %	DEMI voda (zapreminski) %	Temperatura mržnjenja, °C	Temperatura ključanja, °C
20	80	- 4	102
30	70	- 8	104
40	60	- 14	108
50	50	- 23	112
60	40	- 35	114
70	30	-38	116
80	20	-37	120
90	10	-22	150
100	0	-7	288

Propilen glikol je nešto manje efikasan u snižavanju tačke smrzavanja od monoetilen glikola, pa su potrebne nešto veće koncentracije za postizanje iste zaštite. Za istu tačku smrzavanja, potrebno je nešto više propilen glikola (oko 10%) nego monoetilen glikola.

Na primer, za zaštitu do -25°C, potrebno je oko 40% MEG-a ili oko 44% PG-a.

Glavna prednost propilen glikola je njegova niska toksičnost u poređenju sa etilen glikolom, zbog čega se često koristi u sistemima gde postoji rizik od kontaminacije (npr. u prehrambenoj industriji, farmaceutskoj industriji ili u sistemima grejanja i hlađenja u industriskim postrojenjima gde je blizak kontakt ljudi i sistema i u domaćinstvima).

2. KARAKTERISTIKE ANTIFRIZA ZA INDUSTRIJSKE SISTEME

Antifrizi imaju vitalnu ulogu u industrijskim sistemima obezbeđujući efikasan prenos toplote (grejanje ili hlađenje) u širokom opsegu temperatura, uz istovremenu zaštitu opreme od korozije i smrzavanja.

Glavne primene fluida za prenos toplote:

- **Industrijski rashladni sistemi:** Rashladne tečnosti na bazi MEG-a, ali zbog toksičnosti koriste se samo u zatvorenim sistemima gde curenje nije problematično. Koriste se za hlađenje mašina, opreme i industrijskih procesa (npr. mašine za duvanje ambalaže, rashladni krugovi).

- **Prehrambena i farmaceutska industrija (food grade):** Samo na bazi PG sa posebnom atestiranom formulacijom.
- **Sistemi centralnog i podnog grejanja:** Obezbeđuju efikasno i ravnomerno zagrevanje prostora.
- **Solarni sistemi:** U sistemima sa solarnim kolektorima fluidi prenose apsorbovanu sunčevu energiju do bojlera ili rezervoara. Koriste se rashladne tečnosti na bazi PG zbog ekološke sigurnosti i visoke stabilnosti na 180°C do 200°C.
- **HVAC i rashladni sistemi:** Fluidi za prenos toplote pružaju zaštitu od smrzavanja i efikasnu regulaciju temperature u sistemima grejanja, ventilacije i klimatizacije, posebno u hladnijim klimatskim uslovima.
- **Sušare i procesi sa veoma visokim temperaturama:** Koriste rashladnu tečnost na bazi TEG-a.
- **Sistemi sa mogućim curenjem u okolinu:** Uvek koriste rashladnu tečnost na bazi PG.

2.1 Prednosti i nedostaci rashladne tečnosti na bazi propilen glikola u odnosu na monoetilen glikol

Industrijske rashladne tečnosti na bazi propilen glikola (PG) i monoetilen glikola (MEG) imaju različite prednosti i nedostatke, pri čemu je ključna razlika u njihovoj toksičnosti.

Prednosti propilen glikola (PG) u odnosu na monoetilen glikol (MEG)

- Niska toksičnost (Glavna prednost): PG je netoksičan, ekološki i bezbedan za upotrebu u sistemima gde postoji rizik od slučajnog kontakta sa hranom, pićem ili pijaćom vodom (npr. u prehrambenoj industriji, farmaciji, solarnim sistemima za pripremu tople vode). Za razliku od njega, MEG je otrovan ako se proguta.
- Ekološka prihvatljivost: Zbog svoje niske toksičnosti, PG je generalno prihvatljiviji za okolinu i lakše se odlaže.
- Primena u osetljivim industrijama: Široko se koristi u kozmetici, medicini i prehrambenoj proizvodnji, kao i u HVAC sistemima u komercijalnim zgradama, zbog svoje bezbednosti.

Nedostaci propilen glikola (PG) u odnosu na monoetilen glikol (MEG)

- Viša cena: PG je obično skuplji od MEG-a.
- Nešto niža efikasnost prenosa toplote: PG ima niži toplotni kapacitet i veći viskozitet u poređenju sa MEG-om, što može rezultirati nešto manjom efikasnošću prenosa toplote i zahtevati veće protoke ili snažnije pumpe u određenim uslovima.
- Veći viskozitet na niskim temperaturama: Viskozitet PG-a raste značajnije na niskim temperaturama, što može uticati na performanse sistema u ekstremno hladnim uslovima.

Prednosti monoetilen glikola (MEG) u odnosu na propilen glikol (PG)

- Bolja efikasnost prenosa toplote: MEG ima superiornija termofizička svojstva, uključujući veći toplotni kapacitet i niži viskozitet, što ga čini efikasnijim za prenos toplote u industrijskim aplikacijama gde je efikasnost kritična.
- Niža cena: MEG je ekonomičnija opcija za velike industrijske sisteme gde toksičnost nije primarna briga.
- Bolje performanse na niskim temperaturama: MEG generalno zadržava bolju fluidnost (manji viskozitet) na veoma niskim temperaturama u poređenju sa PG-om.

Nedostaci monoetilen glikola (MEG) u odnosu na propilen glikol (PG)

- Visoka toksičnost: Glavni nedostatak MEG-a je njegova toksičnost, što ograničava njegovu upotrebu u aplikacijama gde može doći do kontakta sa ljudima, životinjama ili hranom. Zahteva strože mere bezbednosti pri rukovanju i odlaganju.
- Ekološki uticaj: Toksičan je za životnu sredinu ako se prospe ili nepropisno odloži.

Zaključak: Izbor između PG-a i MEG-a zavisi od specifičnih zahteva primene. Propilen glikol se preferira kada je bezbednost i netoksičnost najvažniji faktor, dok se monoetilen glikol bira kada su cena i maksimalna efikasnost prenosa toplote u zatvorenom, kontrolisanom industrijskom okruženju prioriteta. Oba tipa glikola moraju sadržati odgovarajuće inhibitore korozije radi zaštite sistema.

2.2 Preporuke antifrizna prema vrstama industrijskih postrojenja

Vrsta postrojenja	Preporučena baza antifrizna	Preporučeni tip inhibitora	Preporučena koncentracija %	Napomena i preporuke
Chiller sistemi (hladna voda)	MEG ili PG (poželjno PG za objekte sa ljudima)	OAT	25 – 35	MEG za industriju, PG za komercijalne objekte; OAT inhibitori za dug vek upotrebe
Procesno hlađenje u industriji	MEG (najčešće) TEG za visoke temperature	OAT	30 – 45	Koristiti MEG sa niskim pepelom i industrijskim OAT inhibitorima zbog stabilnosti
Industrijski rashladni sistemi sa čelikom i bakrom	MEG	OAT / HOAT	30 - 40	Dobra zaštita od korozije, stabilan na visokim temperaturama.
Rashladne stanice i toplotne pumpe	PG (bezbedniji, manje toksičan)	OAT	30 - 40	PG bolje podnosi mikrocurenja u objektima. Redovna kontrola pH

Izmenjivači toplote (plate & frame)	MEG ili PG (niskoviskozni)	OAT	25 - 35	Paziti na viskoznost – previsoka koncentracija smanjuje prenos toplote
Prehrambena i farmaceutska industrija	PG (food grade)	OAT	30 - 45	Samo NSF/FDA odobreni PG zbog mogućeg kontakta sa proizvodom.
Procesno hlađenje u industriji prerade plastike (brizganje, duvanje...)	MEG	OAT	25 – 40	Paziti na viskoznost – previsoka koncentracija smanjuje prenos toplote
Procesna industrija – rashladni krugovi	MEG	OAT / HOAT	25 – 40	Najbolji toplotni prenos; stabilan pri višim temperaturama
HVAC sistemi (chiller, fan-coil, centralno grejanje i hlađenje: stambeni i komercijalni objekti)	MEG gde ne postoji zahtev netoksičnosti PG sportski centri, kuhinje, bolnice...	OAT	MEG 25-30% PG 30 - 35	PG ima veću viskoznost, neophodna je provera pumpe. Za skladišta i hladnjače koncentracija je veća (MEG: 35-45% za PG: 40-50%)
Industrija pića i hladnjače za voće i povrće	PG (food grade)	OAT	30 - 45	Upotreba PG odobren od FDA. Bezbedan u slučaju curenja.

Preporuke antifrizna prema vrstama industrijskih postrojenja – nastavak

Vrsta postrojenja	Preporučena baza antifrizna	Preporučeni tip inhibitora	Preporučena koncentracija %	Napomena i preporuke
Geotermalne toplotne pumpe	PG	OAT	20 - 30	Optimalan balans viskoznosti i prenosa toplote.
Sistemi za hlađenje kompresora / generatora	MEG	HOAT	30 - 40	Dobra zaštita od korozije i visoke temperature.
Energetika i industrijski kotlovi, Industrijski izmenjivači toplote (plate & shell)	MEG	OAT	25 – 35	Izbegavati visoke koncentracije zbog smanjenja toplotne provodljivosti. Nije dozvoljen u sistemima gde postoji kontakt sa pijaćom vodom.

Sistemi sa aluminijumskim komponentama	PG ili MEG-HOAT	HOAT	25 - 30	HOAT daje najbolju zaštitu AL-legura
Sistemi protiv smrzavanja gasnih instalacija	MEG ili TEG	IAT/OAT	40 - 60	TEG se koristi za visoke temperature i dehidraciju gasa
Solarni termalni sistemi	PG	OAT	40 - 50	Mora izdržati visoke stagnacione temperature.
Sistemi protiv zamrzavanja (sprinkleri, hidranti)	PG	IAT/OAT	25 - 40	U skladu sa NFPA preporukama (PG je standard)
Kotlovi sa dvostrukim krugom	PG	OAT	20 - 30	Izbegavati MEG zbog toksičnosti i mogućeg prelaza u pitku vodu
Rashladne kule i otvoreni sistemi (gde postoji značajan kontakt sa vazduhom)	MEG gde ne postoji zahtev netoksičnosti PG ako je potreban non-toxic	OAT/HOAT	20 - 40	Otvoreni sistemi imaju veći gubitak glikola – plan za nadopunu i reciklažu. Pažljiva kontrola karbonskog taloga i biološkog rasta.
Postrojenja u hemijskoj i petrohemijskoj industriji	MEG TEG za više temperature	OAT	40 - 60	Proveriti kompatibilnost sa elastomerima i zaptivkama

2.3 Kompatibilnost rashladnih tečnosti

Kombinacija	Kompatibilnost	Obrazloženje
IAT + IAT	DA	Oprezno! Mogu se razlikovati po aditivima kod različitih brendova. Neophodna provera.
IAT + OAT	NE	Pojava gela i taloga koji začepuju hladnjake i uzrokuju pregrevanje.
IAT + SOAT	NE	Stari silikati nisu kompatibilni sa SOAT tečnostima
IAT + HOAT	Uglavnom NE	Oprezno! HOAT sadrži silikate koji mogu biti hemijski nestabilni sa klasičnim IAT. Različiti inhibitori – moguće taloženje
OAT + OAT	DA	Oprezno! Mogu se razlikovati po aditivima kod različitih brendova. Neophodna provera.
OAT + HOAT	Uglavnom NE	Oprezno! Zavisno od formulacije – moguće zamućenje

OAT + SOAT	Uglavnom DA	Oprezno! Nekad bez reakcija, ali preporuka je ne mešati jer bi se smanjila dugotrajnost SOAT-a. Slična baza ali različiti aditivi
HOAT + HOAT (isti tip: EU ili USA)	DA	Kompatibilni ako su obe formulacije silikatne ili fosfatne
HOAT (EU) + HOAT (USA)	NE	Evropski je silikatni, a američki fosfatni. Različite hemije dovode do taloženja i gubitka inhibitora
HOAT + SOAT	NE	SOAT zahteva čistu formulaciju
SOAT + SOAT	DA	Kompatibilni.

Tabela kompatibilnosti glikola

Kombinacija	Kompatibilnost	Obrazloženje
MEG + MEG	DA	Oprezno! Baze kompatibilne, ali tehnologija može praviti problem. Proveriti.
MEG + PG	Fizički DA ali hemijski NE	Ne preporučuje se. Mešanje je moguće, ali se gubi zaštita i performanse. Nema hemijske stabilnosti.
PG + PG	DA	Kompatibilno, stabilno, posebno za food-grade sisteme
TEG sa bilo kojim drugim glikolom	NE	TEG se ne meša sa MEG ili PG tečnostima zbog potpuno druge hemije

2.4 Kompatibilnost antifrizna sa materijalima

Kompatibilnost sa metalima

Materijal	MEG/PG sa inhibitorima	OAT antifriz	HOAT antifriz	Napomena
Bakar	Dobra	Vrlo dobra	Dobra	Silikati stvaraju zaštitni sloj, ali mogu da se talože
Mesing	Dobra	Dobra	Dobra	Stabilno, ali pH mora biti između 7,5 - 9
Aluminijum	Uslovno dobra (sa jakim inhibitorima)	Vrlo dobra	Rizično	Aluminijum zahteva moderne OAT/HOAT formulacije; silikat može da erodira površinu
Liveno gvožđe	Dobra	Vrlo dobra	Dobra	Korozija u kontaktu sa vazduhom ako sistem nije hermetičan
Čelik	Dobra	Dobra	Dobra	Zaštita od rđe zavisi od inhibitornih paketa
Nerđajući čelik	Odlična	Odlična	Odlična	Najotporniji materijal
Pocinkovani čelik	Loša	Loša	Loša	Zabranjen! Dovodi do brze razgradnje

Kompatibilnost sa plastičnim i gumenim materijalima

Materijal	MEG/PG antifriz	OAT antifriz	HOAT antifriz	Napomena
EPDM guma	Odlična	Odlična	Odlična	Najčešće korišćena u industriji. Preporučeno za zaptivke
NBR guma	Srednja	Srednja	Srednja	MEG/PG može da izazove bubrenje – koristiti specijalne formulacije
Viton (FKM)	Dobra	Dobra	Dobra	Otporno na visoke temperature
PVC	Loša	Loša	Loša	MEG/PG ga omekšava – ne preporučuje se
PEHD/PP	Vrlo dobra	Vrlo dobra	Vrlo dobra	Jedan od najboljih izbora za cevi
PTFE (teflon)	Odlična	Odlična	Odlična	Potpuno otporan
Silikon (creva)	Uslovno	Uslovno	Uslovno	Može da nabubri, zavisi od koncentracije i temperature

Kompatibilnost sa komponentama sistema

Komponenta	Kompatibilnost	Napomena
Pumpne zaptivke	EPDM preporuka	
Izmenjivači toplote (Al/Cu)	OAT/HOAT najbolje	Silikat može napraviti talog i smanjiti prenos toplote
Ekspanzione posude	Metalne	Membrane obavezno EPDM
Gumena creva	Izbegavati NBR i silikon	EPDM najbolji izbor

Kompatibilnost antifriza sa materijalima

Tip antifriza	Kompatibilni materijali	Ograničena kompatibilnost	Nekompatibilni materijali	Napomena
MEG (etilen-glikol)	Čelik, bakar, mesing, liveno gvožđe, nerđajući čelik, EPDM, PTFE, PEHD/PP	Aluminijum, NBR, silikon	PVC	Zahteva snažan inhibitorni paket
PG (propilen-glikol)	Čelik, bakar, mesing, nerđajući čelik, EPDM, PTFE, PEHD/PP	Aluminijum, NBR	PVC	Veća viskoznost, netoksičan
OAT antifriz	Aluminijum, čelik, nerđajući čelik, bakar, EPDM, PTFE	NBR, silikon	PVC	Najbolja zaštita aluminijuma, dug vek
HOAT antifriz	Aluminijum, čelik, bakar, mesing, EPDM, PTFE	NBR	PVC	Kombinacija OAT + silikati, univerzalniji

Tipični problemi nekompatibilnosti:

Problem	Uzrok	Posledica
Piting korozija aluminijuma	Neodgovarajući inhibitori	Probijanje izmenjivača
Bubrenje zaptivki	NBR/silikon	Curenja
Taloženje	Silikati + tvrda voda	Pad efikasnosti
Pojava pene	Mešanje tipova antifrizna	Kavitacija pumpi

3. DOLIVANJE ANTIFRIZA U INDUSTRIJSKIM RASHLADNIM SISTEMIMA

Dolivanje, odnosno dopuna antifrizna u industrijskim rashladnim sistemima mora da se radi kontrolisano i prema proceduri kako bi se izbegla korozija, zapušnja, razblaženje koncentracije ili stvaranje vazdušnih čepova.

1) Pre dolivanja uvek se radi analiza postojeće rashladne tečnosti iz sistema

- proveravanje nivoa tečnosti u ekspanzionoj posudi ili rezervoaru kada je sistem hladan
- identifikacija tipa antifrizna (IAT, HOAT, OAT, SOAT na bazi MEG, PG ili TEG)
- pH vrednost
- rezervna alkalnost (RA)
- tačka mržnjenja
- prisustvo taloga i čestica

Ako je rashladna tečnost degradirana vrši se potpuna zamena tečnosti!

2) Priprema antifrizna za dopunu

Za proveru koncentracije (odnos vode i antifrizna) koristi se baždareni ili ispravni refraktometar. Na osnovu trenutne koncentracije određuje se količina koncentrovanog antifrizna za postizanje željene tačke mržnjenja.

Koncentrovani antifriz se meša isključivo sa demineralizovanom ili destilovanom vodom, nikako običnom gradskom ili bunarskom vodom!

3) Postupak dolivanja

Procedura za sigurno i efikasno dolivanje:

- **Isključiti sistem:** Uveriti se da je ceo industrijski sistem za hlađenje potpuno isključen i da se ohladio kako bi se izbegle povrede od vrele tečnosti ili pritiska.
- **Locirati mesto za dolivanje:** Identifikovati odgovarajući otvor za punjenje, obično na ekspanzionoj posudi ili na najvišoj tački sistema.
- **Dodati tečnost:** Polako dodati pripremljenu mešavinu koncentrovanog antifrizna i vode do propisanog nivoa.

- **Ozračiti sistem:** Ako je potrebno, otvoriti ventile za ozračivanje na najvišim tačkama sistema da bi se uklonio zarobljeni vazduh, što može ometati cirkulaciju i efikasnost hlađenja.
- **Provera nakon startovanja:** Nakon dolivanja, pokrenuti sistem i pustiti ga da radi neko vreme, a zatim ponovo proveriti nivo tečnosti i eventualne znakove curenja.

4) Aktivnosti posle dolivanja

- **Kontrola koncentracije refraktometrom:** Obavezno izmeriti tačku smrzavanja tečnosti u sistemu. Preporučuje se kontrola koncentracije nakon nedelju dana, kada će se antifriz potpuno izmešati i pokazati tačan rezultat koncentracije.
- **Provera pH tečnosti:** Uporediti sa propisanim vrednostima. Preporučuje se provera pH vrednosti nakon nedelju dana.
- **Provera curenja:** Obratiti pažnju na: brze spojke, mehaničke zaptivače na pumpama, flanš spojeve, hladnjake i izmenjivače toplote.

5) Balansiranje sistema

Nakon 1 - 3 sata rada proveriti nivo u ekspanzionoj posudi i dopuniti po potrebi.

6) Greške koje treba izbegavati

- Dolivanje obične vode smanjuje zaštitu i podstiče koroziju
- Mešanje OAT i silikonskih antifrizova dovodi do taloženja gela
- Dolivanje u vruć sistem pod pritiskom
- Korišćenje nečiste opreme i creva
- Dolivanje bez kontrole pH i rezervne alkalnosti (RA)

3.1 Sistem za automatsku dopunu antifrizova

Preporučuje se ugradnja **sistema za automatsku dopunu** antifrizom kako bi se obezbedila kontinualna zaštita sistema grejanja/hlađenja. Sistem se sastoji od ekspanzionog suda sa integrisanom pumpom za automatsko održavanje pritiska i zapremine.

Specifikacije suda za dopunu

Zapremina suda:

- **1.000 litara** - za sisteme preko 10.000 litara
- **500 litara** - za sisteme od 5.000 do 10.000 litara
- **200 litara** - za sisteme do 5.000 litara

Obavezne karakteristike:

- **Poklopac sa brtvom** - sistem mora biti hermetički zatvoren
- **Providna merna cev** - za vizuelnu kontrolu nivoa antifrizova
- **Automatska pumpa** - sa kontrolom pritiska
- **Pritisni ventil** - za održavanje radnog pritiska

Procedura punjenja i rada

Inicijalno punjenje:

1. Antifriz se sipa u pripremni sud
2. Pumpa se pokreće ručno ili automatski
3. Sistem se puni do radnog pritiska
4. Proveriti sve spojeve na curenje

Radni parametri:

- **Radni pritisak:** 2,0 - 3,0 bara
- **Automatsko pokretanje pumpe:** pri padu pritiska ispod 2,0 bara
- **Zaustavljanje pumpe:** pri dostizanju 3,0 bara

3.2 Kontrola nivoa i dopuna

Praćenje stanja:

- **Dnevna kontrola** - vizuelno kroz providnu cev
- **Nivo za naručivanje** - kada sud sadži 20% početne zapremine
- **Hitna dopuna** - pri padu ispod 10% zapremine

Postupak dopune:

1. Uvek koristiti **isti tip antifriz** od istog proizvođača
2. Antifriz sipati **isključivo kroz pripremni sud**
3. **Nikada direktno u sistem** - zbog mogućnosti zagušenja

3.3 Procedura dolivanja antifrizu u industrijskim rashladnim sistemima

Korak	Šta se radi	Zašto je važno	Napomena / Tipični parametri
1. Identifikacija fluida u sistemu	Proveriti da li je u sistemu MEG, PG, TEG ili OAT/HOAT antifriz	Sprečava mešanje nekompatibilnih inhibitora	Ne mešati MEG-PG-TEG ili OAT-silikate
2. Analiza postojećeg fluida	Uzeti uzorak i proveriti pH, RA, tačku smrzavanja i čestice	Odlučuje se da li je sistem za dopunu ili zamenu	pH obično 7,5-9,5
3. Vizuelni pregled sistema	Proveriti curenja, boju glikola, talog i filtere	Sprečava gubitak tečnosti i degradaciju sistema	Po potrebi oprati filterske korpuse
4. Priprema antifrizne mešavine	Napraviti mešavinu koncentrovanog antifrizu i demineralizovane vode	Obezbeđuje tačku smrzavanja i stabilnost inhibitora	Tipično 30-50% glikola
5. Priprema sistema	Zaustaviti pumpe, stabilizovati pritisak, zatvoriti ventilaciju	Sprečava udare i aeraciju sistema	Ostaviti automatske odzračnike otvorene

6. Spajanje na servisni ventil ili ekspanzionu posudu	Povezati doznu pumpu ili sipati preko ekspanzione posude	Omogućava kontrolisano punjenje	Koristiti crevo i pribor bez nečistoća
7. Polako punjenje antifriz	Dolivati kontrolisanom brzinom	Sprečava stvaranje vazдушnih džepova	Praćenje nivoa i pritiska
8. Kontrola pritiska tokom punjenja	Postepeno podizati sistem na radni pritisak	Obezbeđuje normalnu cirkulaciju	Radni pritisak obično 2 do 3 bara
9. Startovanje pumpi na malom protoku	Pustiti cirkulaciju na "low speed"	Pomaže odvazdušivanje	10-15 min minimalnog protoka
10. Odvazdušivanje celog sistema	Ostaviti odzračnike da izbace vazduh, ručno odzračiti kritične tačke	Eliminacija vazduha – najčešći izvor problema	Visoke tačke i izmenjivači
11. Provera koncentracije nakon cirkulacije	Izmeriti refraktometrom 1-2 uzorka	Verifikacija konačne tačke smrzavanja	Standard: -12 do -27°C u industriji
12. Kontrola pH i inhibitora	Izmeriti pH nakon mešanja	Sprečava koroziju i kavitaciona oštećenja pumpi	Po potrebi dodati inhibitorni paket
13. Završno podešavanje nivoa u ekspanzionoj posudi	Nakon 1-3 sata rada dopuniti do propisanog nivoa	Kompenzuje gubitak usled odvazdušivanja	Sve ispod MIN uzrokuje ulazak vazduha
14. Evidencija i dokumentacija	Upisati količinu, vrstu glikola, datume i parametre	Obezbeđuje praćenje stanja sistema	Industrija obavezno vodi zapisnik

4. ODRŽAVANJE I DIJAGNOSTIKA

U toku upotrebe, antifriz gubi antikorozivna svojstva, usled potrošnje inhibitora korozije i čestih dolivanja, najčešće vode iz česme ili bunara. Minerali iz vode obrazuju kamenac i reaguju sa aditivima smanjujući njihovu efikasnost.

4.1 Preporučena učestalost ispitivanja

- Mesečno: merenje tačke smrzavanja (refraktometar), nivo tečnosti, vizuelna provera boje/zarobljenog vazduha.
- Kvartalno: provera pH, koncentracija inhibitora / rezervne alkalnosti, kontrola mikrobiologije (kod otvorenih i kule)
- Godišnje: potpuna laboratorijska analiza (hidroliza/raspad glikola, sadržaj vode, korozivnost prema standardima)
- U slučaju problema: test za niskomolekularne kiseline i proizvode raspada – mogu uzrokovati koroziju.

Napomena: Mora se odmah reagovati ako:

- antifriz promeni boju
- pojavi se talog ili gel

- pH padne ispod 7
- sistem često zahteva dopunu

Produženje bi izazvalo skuplju havariju sistema nego zamena antifriz!

4.2 Održavanje i tehnički saveti

Pravilno održavanje je ključno za dugotrajnu i bezbednu primenu antifriz:

1. **Čišćenje sistema:** Pre prve primene antifriz, sistem se mora temeljno očistiti od masnoća, korozije i mehaničkih nečistoća kako ne bi oslabili dejstvo inhibitora korozije.
2. **Pravilna koncentracija:** Koncentracije glikola ispod 20% i iznad 60% se ne preporučuju zbog povećanog rizika od korozije i niske tačke mržnjenja.
3. **Kompatibilnost materijala:** Određene zaptivke (od fenolnih smola, poliuretana i omekšanog PVC-a) nisu otporne na neke termofluide, pa je važno proveriti specifikacije. Posebno se zabranjuje korišćenje silikona u sistemu i pri zaptivanju spojeva.
4. **Redovna provera:** Fluidi imaju ograničen vek trajanja (npr. do 10 godina pri propisanim uslovima), te je neophodna redovna kontrola pH vrednosti, koncentracije i prisustva zagađivača.

4.3 Laboratorijske granične vrednosti industrijskog antifriz

Parametar	Jedinica mere	Normalna vrednost (nov antifriz)	Upozorenje - korekcija	Kritična vrednost - zamena	Komentari
pH (MEG - OAT/HOAT)	-	7,5 – 8,5	7,0 – 7,5 ili 8,5 – 9,0	< 7,0 ili > 9,0	Kisela sredina – jaka korozija
pH (PG – food-grade)	-	7,0 – 8,0	6,5 – 7,0 ili 8,0 – 8,5	< 6,5 ili > 8,5	Oštećenje bakra i aluminijuma
Rezervna alkalnost(RA)	MI HCl	8 - 15	5 - 8	< 5	Potrošeni inhibitori
TAN (ukupna kiselost)	mgKOH/g	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0	Oksidacija glikola
Električna provodljivost	μS/cm	< 2.000	2.000 – 4.000	>4.000	Kontaminacija solima/metalima
Sadržaj hlorida (Cl)	mg/L	<25	25 - 50	> 50	Piting korozija (Al, čelik)
Sadržaj sulfata (SO4)	mg/L	<50	50 - 100	> 100	Ubrzana elektrohemijaska korozija
Gvožđe (Fe)	mg/L	<1	1 - 5	>5	Aktivna korozija čelika

Bakar (Cu)	mg/L	<0,5	0,5 – 1,5	>1,5	Agresija na bakarne cevi i izmenjivače
Aluminijum (Al)	mg/L	<0,5	0,5 – 2,0	>2,0	Lokalna (piting) korozija
Tvrdoća (CaCO ₃)	mg/L	<20	20 – 50	>50	Kamenac, pad prenosa toplote
Izgled (boja, talog)	-	Čista, bistra	Blago zamućenje	Talog / gel	Hemijska razgradnja antifrizna
Miris (oksidacija)	-	Neutralan	Blago kiseo	Jak kiseo miris	Razgradnja glikola
Tačka mržnjenja	°C	Projektna vrednost	±2°C	> +2°C	Razređenje vodom

4.4 Praktična metoda procene preostalog veka antifrizna

Simptomi	Razlog	Procena stanja antifrizna	Preostali radni vek	Preporuke službi održavanja
Bistra tečnost, stabilna boja	Inhibitori očuvani	Odlično stanje	80 – 100%	Nastaviti normalan rad
Blago tamnija boja	Početa oksidacija	Dobro	60 – 80%	Kontrola za 6 – 12 meseci
Zamućenje bez taloga	Početo mešanje ili kontaminacija	Srednje	40 – 60%	Osnovna laboratorijska analiza
Fini talog	Inhibitori potrošeni	Loše	20- 40%	Korekcija ili planiranje zamene
Gel, pahuljice	Hemijska razgradnja	Kritično	< 10%	Hitna zamena
Jak kiseo miris	Razgradnja glikola	Kritično	< 10%	Hitna zamena
Pad pH (<7)	Aktivna korozija	Kritično	< 15%	Zamena + ispiranje
Učestale dopune	Curenje ili isparavanje	Varijabilno	30 – 70%	Provera sistema
Često zapušeni filteri	Taloženje korozije	Loše	20 – 40%	Filtracija + analiza
Kamenac na izmenjivačima	Tvrda voda	Loše	30 – 50%	Delimična zamena

4.5 Mogući problemi i tipične greške u primeni

- **Protok i brzina cirkulacije**

Obezbediti dovoljan protok antifrizu kroz sistem. Preniska brzina cirkulacije može uzrokovati:

- Prekomerno zagrevanje u pojedinim delovima sistema
- Stvaranje vazdušnih džepova
- Taloženje čestica i gubitak efikasnosti

- **Nedovoljna zapremina antifrizu u sistemu**

Sistem mora imati ekspanzioni sud ili nadomestak zapremine za toplotno širenje antifrizu. Nedovoljna zapremina može dovesti do:

- Oštećenja pumpe i ventila
- Gubitak antifrizu kroz sigurnosne ventile
- Pojave vazduha u sistemu jer vazduh oksidira glikole i dovodi do razgradnje antifrizu

- **Uticao na toplotnu efikasnost**

Antifriz smanjuje prenos toplote za 10-15% u odnosu na čistu vodu. Pri projektovanju sistema uračunati ovaj gubitak u proračune snage toplotnih izmenjivača.

- **Zabrana mešanja antifrizu**

Zabranjeno je korišćenje dva ili više različitih antifrizu u istom sistemu. Različiti inhibitori korozije mogu međusobno reagovati, stvarati taloge i onemogućiti funkcionisanje antifrizu.

- **Zabrana mešanja različitih baza**

Apsolutno je zabranjeno mešanje antifrizu na bazi monoetilen-glikola (MEG) i propilen-glikola (PG). Ove dve baze imaju potpuno različite hemijske osobine i pakete inhibitora, a njihovo mešanje dovodi do neminovnog kvara.

- **Zabrana dodatnog razređivanja**

Gotov rastvor antifrizu ne sme se dodatno razređivati demineralizovanom vodom. Razređivanje narušava balansiran odnos glikol:voda:aditivi, dovodeći do nedovoljne zaštite od korozije i promene tačke smrzavanja kao i pada pH vrednosti.

- **Uslovi skladištenja antifrizu za dopunu**

Sudovi za antifriz moraju biti jasno obeleženi (proizvođač, tip, datum proizvodnje) i čvrsto zatvoreni kako bi se sprečila oksidacija glikola.

- **Upotreba u sistemima sa dve krugnice**

Kod sistema sa primarnom i sekundarnom krugnicom, obezbediti da se antifriz nalazi samo u onom krugu gde je to neophodno. Nepotrebno punjenje celog sistema antifrizom predstavlja dodatni trošak i opterećenje za pumpe.

- **Radne temperature antifrizu**

Status	Temperatura	Efekat na antifriz	Preporuka
--------	-------------	--------------------	-----------

Normalna radna	< 80°C	Minimalno starenje	Idealni uslovi
Povišena	80°C - 95°C	Ubrzano starenje	Kontrola pH na 3 meseca
Rizična	95°C - 110°C	Brza oksidacija	Hitna provera uzorka
Opasna	> 110°C	Termalna razgradnja	ZAMENA ANTIFRIZA!

5. SAVETI I PREPORUKE

5.1 Priprema sistema pre punjenja

Po završetku ugradnje sistema obavezno je ispiranje sistema **isključivo demineralizovanom vodom**. Ne preporučuje se korišćenje gradske ili bunarske vode. Cilj je uklanjanje svih ostataka masnoća, korozije i mehaničkih primesa nastalih tokom montaže. Ostaci obične vode u sistemu sadrže minerale i teške metale koji oštećuju antifriz i remete njegovo funkcionisanje.

5.2 Mehaničko čišćenje sistema

Nedovoljno opran sistem predstavlja rizik po integritet antifriza. Ostaci zavarivanja, masnoće i mehaničke nečistoće tokom rada oštete zaštitni sloj inhibitora korozije, otvarajući put direktnom kontaktu glikola sa metalom i dovodeći do korozije. Preporučuje se ispiranje pod visokim pritiskom demineralizovanom vodom do potpunog uklanjanja svih nečistoća. Pritisak koji se koristi tokom ispiranja obično odgovara normalnom radnom pritisku sistema ili je tek nešto veći, kako bi se obezbedio potreban protok bez oštećenja komponenti. Na ovaj način može se ukloniti do 80% akumuliranog mulja i ostataka.

Ispražnjene sisteme treba odmah ponovo napuniti kako bi se izbegao svaki rizik od korozije, čak i ako sistem neće biti pušten u rad do kasnijeg datuma.

5.3 Kontrola i praćenje antifriza

Nakon punjenja, antifriz mora biti pod stalnim pritiskom. Neophodno je vođenje evidencije i redovna kontrola parametara:

Period kontrole:

- Prva kontrola: nakon puštanja u rad
- Druga kontrola: nakon 2 nedelje
- Redovne kontrole: mesečno (prva 3 meseca), potom tromesečno

Parametri za kontrolu:

- pH vrednost (cilj: 7.5-8.5)
- Vizuelni pregled (boja, talog, bistrina)

- Koncentracija (meriti refraktometrom za glikole)
- Preporučuje se laboratorijska analiza uzoraka kod proizvođača

Sistem mora biti potpuno bez vazduha. Vazduh uzrokuje oksidaciju glikola i gubitak zaštitnih svojstava antifrizna. Prilikom projektovanja i izvedbe obezbediti efikasno od vazdušivanje i eliminisati "vazdušne džepove".

5.4 Specifikacija materijala sistema

Prihvatljivi materijali:

- **Nerđajući čelik:** AISI 304, AISI 316, EN 1,4301, EN 1.4401
- **Čelične cevi:** EN 10255 (oznake: S235, P235, TR1, TR2) sa zaštitnom prevlakom.
- **Bakar/mesing:** EN 1057, CW510L
- **Plastika:** PP-R CT, PEX-a/b/c, PB,
- **PVC-U / PVC-C:** Mogu se koristiti, ali proveriti specifikaciju da li je odobreno za glikol.

Neprihvatljivi materijali:

- **Pocinkovani čelik** - Zabranjen! Dovodi do brze razgradnje
- **Običan čelik bez zaštite** - Brzo će korodirati čak i sa inhibitorima.
- **Neke jeftine plastike npr. LDPE, HDPE za normalnu upotrebu** - Mogu da bubre, postanu porozne ili da otpuštaju aditive u tečnost tokom vremena.

Kompatibilnost materijala i inhibitori:

- Metali: uglavnom kompatibilni: čelik, nerđajući čelik, aluminijum, bakar – ali potreban odgovarajući inhibitor
- Gume/zaptivke: proveriti kompatibilnost (EPDM je često najbolji izbor za glikole).
- Inhibitori: tražiti potpuno multimetalno paket-inhibitore (anodna/pasivizirajuća zaštita, pH-stabilizatori, azoli za bakar).
- Izbegavati: amonijumske soli i nekompatibilne nitrite-pakete bez provere.

5.5 Tehnički saveti

Pravilno održavanje je ključno za dugotrajnu i bezbednu primenu antifrizna:

5. **Čišćenje sistema:** Pre prve primene antifrizna, sistem se mora temeljno očistiti od masnoća, korozije i mehaničkih nečistoća kako ne bi oslabili dejstvo inhibitora korozije.
6. **Pravilna koncentracija:** Koncentracije glikola ispod 20% i iznad 60% se ne preporučuju zbog povećanog rizika od korozije i niske tačke mržnjenja.
7. **Kompatibilnost materijala:** Određene zaptivke (od fenolnih smola, poliuretana i omekšanog PVC-a) nisu otporne na neke termofluide, pa je važno proveriti specifikacije. Posebno se zabranjuje korišćenje silikona u sistemu i pri zaptivanju spojeva.

8. **Redovna provera:** Fluidi imaju ograničen vek trajanja (npr. do 10 godina pri propisanim uslovima), te je neophodna redovna kontrola pH vrednosti, koncentracije i prisustva zagađivača.

5.6 Tipične greške koje treba izbegavati

- Ne preporučuje se mešanje različitih tipova antifrizi (IAT-OAT-HOAT)
- Ne preporučuje se upotreba isključivo demineralizovane ili destilovane vode u sistemima koji rade ispod 7°C. Fizičke karakteristike demineralizovane ili destilovane vode su gotovo identične običnoj vodi: tačka smrzavanja približno 0°C, tačka ključanja: približno 100°C.
- Upotreba demineralizovane ili destilovane vode u industrijskim toplotnim i rashladnim sistemima bez inhibitora korozije se ne preporučuje, zahteva se obavezno dodavanje inhibitora korozije.
- Visoki procenti glikola preko 50% smanjuje toplotni prenos antifrizi
- Ne preporučuje se upotreba antifrizi za vozila u industrijskim sistemima

Sigurnost i zbrinjavanje:

- MEG je toksičan – osigurati oznake, procedure za rukovanje, prvu pomoć i sprečavanje curenja u okolinu.
- PG je relativno bezbedniji ali i dalje treba kontrolisano zbrinjavanje
- Zbrinjavanje: ne izlivi u kanalizaciju/pritoke – koristiti reciklažu, regeneraciju glikola ili ovrašćene servisere za tretman otpada

5.7 Brzi dijagnostički tok za izbor (ako treba brzo odlučiti)

1. Da li ima kontakt sa hranom / ljudima? Ako DA onda PG food-grade
2. Prioritet je maksimalna efikasnost i niži trošak? MEG
3. Da li je proces dehidracija gasa ili zahtev visoka tačka ključanja? TEG
4. Da li postoje aluminijum ili osetljivi metali u sistemu? Odabрати multimetalni inhibitor i proveriti kompatibilnost

6. BEZBEDNOSNE MERE

Antifriz na bazi Monoetilen glikola je toksičan i obeležava se piktogramima opasnosti, zbog toga se mora strogo pridržavati merama predostrožnosti:

- Antifriz treba držati van domašaja dece
- Pri radu sa antifrizom ne sme se udisati magla, odnosno para
- Nakon rada ruke treba detaljno oprati
- Prilikom rukovanja koristiti zaštitne naočare i rukavice
- U slučaju kontakta sa kožom ili očima, isprati obilnom vodom i potražiti medicinsku pomoć
- Gutanje monoetilen glikola može se javiti osećaj slabosti, omamljenost, vrtoglavica, mučnina, povraćanje, bol u stomaku, slepilo, edem na plućima, zapaljenje pluća oštećenje

jetre, iritacije, reproduktivne posledice, oštećenje nerava, grčeve, kardioplumonalni kolaps, oštećenje bubrega koje može dovesti do smrti.

- Mora se skladištiti pod ključem

Antifriz na bazi Propilen glikola nije toksičan i ne obeležava se piktogramima opasnosti. Kao mere predostrožnosti zahteva se:

- U slučaju kontakta sa kožom, mesto kontakta treba odmah oprati sapunom i vodom.
- U slučaju kontakta sa očima treba odmah ispirati oči velikom količinom vode
- U slučaju gutanja treba odmah isprati usta vodom i može se popiti 2 dl vode i potražiti savet lekara.
- Izbegavati ispuštanje u životnu sredinu.
- Odlaganje sadržaja i ambalaže vršiti u skladu sa nacionalnim propisima.

6.1 Protivpožarna zaštita

Antifriz nije lakozapaljiv, ali pri visokim temperaturama (>150°C) može da razvija zapaljive pare. Držati antifriz dalje od otvorenih izvora vatre, vrućih površina i iskrenja.

U slučaju požara dozvoljava se upotreba pena otporna na alkohol, suvi prah, ugljen dioksid ili raspršeni vodeni mlaz. Direktan mlaz vode nije pogodan jer može proširiti požar.

Vatrogasci moraju koristiti kompletnu zaštitnu odeću i maske za disanje. Kao produkti sagorevanja formiraju se toksični gasovi kao što je ugljen monoksid, ugljen dioksid i druga organska jedinjenja.

6.2 Rukovanje i skladištenje

Preporuke za bezbedno rukovanje

Obezbediti adekvatnu ventilaciju prostora u kojima se rukuje antifrizom. Rukovati daleko od otvorenog plamena, varnica, toplote i drugih izvora paljenja. Pre pauze i nakon završetka sa radom temeljno oprati ruke.

Nositi radnu zaštitnu odeću dugih rukava i nogavica. Zaštitne rukavice moraju biti nepropusne i otporne na hemikalije. Preporučuju se neoprenske rukavice, butyl gume, Viton ili nitril gume.

Preporuke za bezbedno skladištenje antifrizna

Čuvati u originalnim, čvrsto zatvorenim i adekvatno obeleženim pakovanjima na suvom, hladnom i dobro provetrenom mestu. Izbegavati dugotrajno izlaganje sunčevoj svetlosti. Skladištiti daleko od nekompatibilnih materijala. Ambalažu sa antifrizom čuvati u uspravnom položaju kako bi se izbeglo curenje. Eliminirati prisustvo otvorenog plamena, toplote, varnica i drugih izvora paljenja iz skladišnih prostorija. Čuvati odvojeno od hrane, pića i hrane za životinje. Elektrostatička punjenja mogu da se akumuliraju i stvaraju opasne uslove tokom rukovanja. Kako bi se smanjila opasnost preporučuje se uzemljenje. Kontrolisati sve operacije koje imaju potencijal stvaranja i nagomilavanja elektrostatičkog naelektrisanja (punjenje rezervoara i kontejnera, čišćenje rezervoara, uzimanje uzoraka, merenje, filtriranje, mešanje). Preporučena temperatura skladištenja: od -15 °C do 30 °C, rok skladištenja: 3 godine.

Oznaka sistema sa antifrizom

Sve priključnice, ventili i pristupne tačke sistema **OZNAČITI nalepnicom**: "SADRŽI ANTIFRIZ - NE PRAZNITI U KANALIZACIJU". Ovo sprečava pogrešno pražnjenje od strane servisera.

6.3 Odlaganje iskorišćenog antifriza

Antifriz se tretira kao opasan otpad zbog toksičnosti monoetilen glikola i teških metala koje može pokupiti iz korodiranih sistema, pa je njegovo prosipanje u kanalizaciju strogo zabranjeno. U Srbiji postoje kompanije i operateri koji se bave prikupljanjem i zbrinjavanjem opasnog otpada kao i iskorišćenog antifriza. Ove kompanije su registrovane u Agenciji za zaštitu životne sredine, a spisak operatera je naveden na sajtu: <https://sepa.gov.rs/otpad-registar/>.

Nakon kontaktiranja nekog od ovlašćenih operatera, on će na osnovu laboratorijske analize klasifikovati antifriz prema indeksnom broju iz [Kataloga otpada](#). Za preuzimanje i transport se koristi ADR oprema. Prilikom predaje obavezno se popunjava Dokument o kretanju opasnog otpada (DKOO), koji je dokaz da je otpad zbrinut u skladu sa zakonom.

6.4 Preporuke za servisere

Antifriz se primenjuje samo razblažen vodom, za šta se može koristiti demineralizovana ili destilovana voda. Koncentracije niže od minimalne koncentracije od 20% v/v koncentrovanog antifriza u vodi ne smeju se koristiti jer razblažene smeše ne pružaju dovoljnu zaštitu od korozije i mogu dovesti do rasta mikroorganizama i stvaranja biofilmova.

Maksimalna preporučena koncentracija za upotrebu je 60% v/v koncentrovanog antifriza u vodi. Prilikom intervencija na rashladnom sistemu, treba koristiti samo lemове bez hlorida jer ostaci hlorida mogu izazvati tačkastu koroziju.

Pocinkovani materijale se ne smeju koristiti jer cink se rastvara u smešama glikola i vode. Iako je čelik ispod sloja cinka zaštićen inhibitorima korozije, naslage cinka mogu prouzrokovati oštećenje pumpe itd. u sistemu.

Dozvoljene granice za zamenu antifriza u industrijskim rashladnim sistemima:

1. pH vrednost

Ovo je kritičan indikator korozivnosti tečnosti.

- **Dozvoljena granica:** Obično između **7,5 i 8,5** (blago bazno).
- **Kada menjati:** Ako pH padne **ispod 7,0**, tečnost postaje kisela i počinje da nagriža metalne komponente sistema. Treba hitno kontaktirati proizvođača antifriza.

2. Koncentracija glikola

Koncentracija direktno utiče na tačku smrzavanja i efikasnost prenosa toplote.

- **Optimalni opseg: 33% do 50%.**
- **Minimalna granica:** Ne sme pasti ispod **20%**, jer niske koncentracije ne pružaju dovoljnu zaštitu od korozije, čak i ako nema rizika od smrzavanja.
- **Maksimalna granica:** Ne bi trebalo da pređe **60%**, jer prevelika koncentracija glikola smanjuje efikasnost hlađenja i može podići tačku smrzavanja.

3. Vizuelni izgled i nečistoće

- **Izgled:** Tečnost mora biti bistra i homogena, bez vidljivih naslaga ili suspendovanih čestica.

- **Kada menjati:** Pojava **zamućenosti, taloga ili promene boje** ukazuje na raspadanje inhibitora korozije ili prisustvo produkata oksidacije. Treba zaustaviti sistem i uraditi analizu antifriza.

4. Rezervna alkalnost

- Meri sposobnost antifriza da neutrališe kiseline koje nastaju tokom vremena. Pad rezervne alkalnosti ispod specifikacija proizvođača jasan je znak da su aditivi potrošeni i da je potrebna zamena.

Mesta za uzimanje uzoraka antifriza u industrijskim rashladnim sistemima biraju se tako da uzorak bude **reprezentativan** za celokupnu zapreminu tečnosti. Idealno je uzimati uzorak dok je sistem u radu ili neposredno nakon isključivanja (unutar 30 minuta) kako bi se osiguralo da su čestice i inhibitori ravnomerno raspoređeni.

Glavne lokacije za uzimanje uzoraka su:

- **Namenski ventili za uzorkovanje:** Ovo je najpoželjnija metoda. Ventili se obično postavljaju na potisnim vodovima ili pre filtera rashladne tečnosti. Pre uzimanja uzorka, obavezno ispustite malu količinu tečnosti kako biste isprali stajaći antifriz iz samog ventila.
- **Povratni vod:** Uzorkovanje na povratnom vodu, pre nego što tečnost uđe u rezervoar ili filter, pruža najbolje informacije o stanju sistema jer je tečnost prošla kroz komponente koje hladi.
- **Rezervoar ili ekspanzioni sud:** Uzorak se uzima sa vrha pomoću vakuumske pumpe i čiste cevi. Važno je da cev ne dodiruje dno rezervoara kako se ne bi povukao nataloženi mulj koji bi lažno prikazao stanje tečnosti.
- **Ispusni čepovi:** Koriste se samo ako ne postoje druge opcije. Potrebno je prvo ispustiti značajnu količinu tečnosti (oko 1-2 litra) pre uzimanja samog uzorka kako bi se izbeglo uzorkovanje sedimenta i rđe sa dna sistema.
- **Udaljene tačke sistema:** Kod velikih sistema, preporučuje se uzimanje uzoraka i na najudaljenijim tačkama instalacije kako bi se proverilo da li dolazi do separacije ili stagnacije tečnosti u perifernim delovima

Važne napomene:

- **Sigurnost:** Nikada ne otvarati sistem pod pritiskom ili dok je tečnost previše vruća kako bi se izbegle opekotine.
- **Čistoća:** Koristiti isključivo nove, čiste boce i opremu za uzorkovanje kako ne bi kontaminirali uzorak spoljnim nečistoćama.
- **Dokumentacija:** Svaki uzorak mora biti jasno označen mestom uzimanja, datumom i podacima o radnim satima sistema

Prilikom servisa sistema koji sadrži antifriz, obavezno:

- Koristiti zaštitne naočare i rukavice
- Obavestiti se o procedurama zbrinjavanja otpada
- Ne ispirati alat i delove koji su bili u kontaktu sa antifrizom u kanalizaciju
- Oštećene delove zbrinuti kao opasan otpad

Šta uraditi ako je rashladni sistem korodirao zbog propusta u održavanju?

Ako je industrijski rashladni sistem već korodirao, sipanje novog antifrizu bez prethodnog čišćenja neće rešiti problem, jer će nečistoće i rđa brzo degradirati novi fluid.

Postupci za sanaciju i zamenu rashladne tečnosti:

1. Ispuštanje starog fluida

- Isključiti sistem i sačekati da se potpuno ohladi pre bilo kakve intervencije.
- Ispustiti sav stari antifriz kroz drenažne ventile. Proveriti da li u sistemu ima "mrtvih uglova" gde bi se tečnost mogla zadržati.

2. Hemijsko čišćenje i ispiranje - ključni korak za uklanjanje rđe, kamenca i naslaga.

- Isprati sistem demineralizovanom vodom dok ne počne da izlazi čista voda.
- Kod velike zaprljanosti sistem se mora napuniti vodom i čistačem (hemikalija za ispiranje) pa pustiti pumpu da cirkuliše tečnost određeno vreme (prema uputstvu proizvođača hemikalije) kako bi se rastvorile naslage.
- Nakon toga ponovo treba isprati sistem destilovanom ili demineralizovanom vodom, kako bi se uklonili svi ostaci hemijskog čistača.

3. Čišćenje filtera i provera curenja

- Očistiti sve filtere, mrežice i patrone filtera jer se tu skuplja rđa oslobođena tokom čišćenja.
- Nakon čišćenja korozije, mogu se pojaviti "skrivenne" rupe koje je rđa zatvarala. Sistem se mora testirati pod pritiskom pre sipanja novog antifrizu.

4. Punjenje novim antifrizom

- Koristiti antifriz proverenog kvaliteta sa odgovarajućim inhibitorima korozije
- Koncentrovani antifriz treba mešati isključivo sa destilovanom ili demineralizovanom vodom u propisanom odnosu, kako biste sprečili stvaranje novog kamenca i korozije.
- Prilikom punjenja nove tečnosti obezbediti da sav vazduh izađe iz sistema (odzračiti sistem) kako bi se izbegla kavitacija i lokalno pregrevanje.

5. Održavanje

- Nakon zamene rashladne tečnosti treba redovno proveravati pH vrednost i koncentraciju inhibitora u antifrizu (najmanje dva puta godišnje) kako bi se sprečila ponovna pojava korozije.

Preporuka: Sanaciju i zamenu rashladne tečnosti u slučaju kvara i korozije rashladnog sistema treba poveriti profesionalnoj kompaniji koja se bavi ovim poslovima.

6.5 Preporuke za projektante sistema:

Pri projektovanju rashladnih sistema neophodna je provera kompatibilnosti materijala sa antifrizom. Neki materijali kompatibilni sa antifrizom prikazani su u sledećoj tabeli:

Nerđajući čelik	Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM)
Ugljenični čelik (obavezan inhibitor korozije)	Fluorocarbon elastomeri (FKM - Viton)
Aluminijum (OAT najbolji izbor)	Polipropilen (PP)
Titanijum	Politetrafluoretilen (PTFE - Teflon)
Legure nikla	Polivinilhlorid neplastificirani (CPVC)
Bakar (kontrola pH obavezna)	Polietilen (PE)
Grafit (zaptivke)	Keramika (zaptivke)

Materijali koji nisu kompatibilni sa antifrizom: Cink, Pocinkovan čelik, Kadmijum, Magnezijum, prirodna guma, Koža, Tekstil, Poliuretan, Fenolformaldehidne smole.

7. NAJČEŠĆA PITANJA I ODGOVORI

1. Zašto je potrebno menjati rashladnu tečnost?

Rok upotrebe rashladne tečnosti u industrijskim sistemima je 10 godina ako se pravilno koristi. Rashladna tečnost u industrijskim sistemima se mora menjati jer se inhibitori korozije sadržani u rashladnim tečnostima postepeno razgrađuju i gube sposobnost zaštite rashladnog sistema.

2. Da li se različiti antifrizi mogu mešati jedni sa drugima?

Svaki proizvod sadrži različitu kombinaciju aditiva koji su kompatibilni sa različitim materijalima u sistemu za hlađenje. Mešanje različitih aditiva može narušiti njihove ukupne performanse i smanjiti nivo zaštite od korozije.

3. Šta treba da uradim ako je sistem za hlađenje napunjen pogrešnom rashladnom tečnošću?

Potpuno isпустite rashladnu tečnost i temeljno isperite sistem demineralizovanom vodom a zatim napunite odgovarajućim antifrizom u odgovarajućoj koncentraciji.

4. Koliko često treba menjati rashladne tečnosti?

U sistemu za hlađenje, pH puferi i aditivi se postepeno razgrađuju i vremenom postaju manje efikasni. Zato se vrši potpuna zamena rashladne tečnosti prema preporukama proizvođača. Takođe, preporučuje se čišćenje sistema za hlađenje i potpuno zamena rashladne tečnosti svaki put kada se sistem za hlađenje popravlja. Ovo sprečava da rđa, kontaminacija i suspendovane čestice ostanu u sistemu što dovodi do kamenca, korozije i drugih oštećenja.

5. Koliko dugo se antifrizi mogu čuvati u skladištu?

U originalnom zatvorenom pakovanju i propisanom skladištu, antifrizi imaju rok trajanja od najmanje tri godine od datuma proizvodnje.

6. Šta je uzrok promene boje, povišene pH vrednosti i pojave rđe u filterima?

Mešanjem nekompatibilnih antifrizna na bazi MEG i PG sa različitim inhibitorima dolazi do raspadanja inhibitora zbog različitog reagovanja sa metalima što dovodi do korozije i kao posledica promena boje, povišen pH i pojave rđe u filterima.

7. Zašto dolazi do pojave sivog mulja i taloga u pumpama?

Greška u dolivanju različitih tipova antifrizna dovodi do problema slepljivanja silikata u prisustvu organskih kiselina pri čemu se dolazi do pojave mulja i abrazije pumpi.

8. Zbog čega dolazi do pojave depozita i belih zrnaca?

Upotrebom tvrde vode koja sadrži kalcijum i magnezijum. Kalcijum i magnezijum reaguju sa fosfatima i silikatima što ima za posledicu pojavu kamenca, depozita i pad efikasnosti sistema.

9. Zašto dolazi do geliranja i mulja?

Gel nastaje kada se organski inhibitori (OAT) pomešaju sa: silikatima (nastaju polimerizovane čestice), fosfatima (nastaju insolubilni fosfati), boratima (nestabilni kompleksi), metalnim jonima iz korodiranog sistema. Rezultat je smanjen protok, povećan pritisak na pumpama, začepljeni izmenjivači i kvarovi.

10. Šta su uzroci gubitka zaštite od korozije i smanjenja pH?

Uzrok je hemijska degradacija antifrizna, starenje aditiva, visoke temperature, oksidacija. Posledice su svakako pojačana korozija i ubrzano propadanje sistema.

11. Šta je posledica korozije metala rashladnog sistema?

Rashladni sistem je izložen različitim vrstama korozije: Galvanska korozija (mešanje različitih metala, npr. Cu – Al); Piting korozija (hloridi, loše održavanje pH); Kavitaciona erozija na pumpama, a posledice su: curenje, kvarovi pumpi, smanjena efikasnost izmenjivača toplote.

12. Šta su uzroci curenja antifrizna?

Uzroci su: neispravne zaptivke, spojevi, starenje guma, korozija, visok pritisak u sistemu. Posledice su: pad koncentracije i tačke smrzavanja antifrizna, ulazak vazduha i oksidacija.

13. Kakve su posledice kada su previsoke koncentracije antifrizna?

Povećana je viskoznost, naročito na niskim temperaturama što ima za posledicu poteškoće kod startovanja pumpi, opterećenje motora i smanjen prenos toplote.

14. Šta je uzrok pojave pene u sistemu?

Uzroci su: prisustvo vazduha, potrošeni aditivi protiv penušanja (antipenušavci) i mesta u sistemu koja izazivaju turbulenciju. Posledice su loše hlađenje i kavitacija.

15. Zbog čega se stvara kamenac i talog?

Zbog reakcije sa tvrdim vodama ako se sistem dopunjava običnom vodom i ako se napuni sistem koji nije ispran.

16. Zbog čega se pojavljuje sluz i biofilm?

MEG i PG vremenom se oksidišu i razlažu, pri čemu nastaju organske kiseline koje su izvor ugljenika za bakterije. Mikroorganizmi najčešće ulaze ako se sistem dopunjava običnom vodom iz česme i bunara, preko otvorene ekspanzije posude ili zbog loše filtracije. Osim toga kada se inhibitori potroše, pH opada i mikrobiološka aktivnost raste. To dovodi do zapušanja filtera i ventila, zaprljanja izmenjivača, pada prenosa toplote i neprijatnog mirisa. Da bi se to sprečilo mora se koristiti demineralizovana voda, pH držati u propisanom opsegu, treba izbegavati otvorene sisteme i održavati minimalnu brzinu protoka. Ako se sluz već pojavila sistem se mora hemijski očistiti, dezinfikovati kompatibilnim biocidom i potpuno zameniti antifriz. Dodavanje biocida bez uklanjanja biofilma nema efekta.

17. Zašto koncentracija antifrizna prebrzo opada?

Uzroci mogu biti: curenje, isparavanje kod visokotemperaturnih krugova ili dosipanja vode, što naravno povećava rizik od zamrzavanja.

18. Šta je uzrok ubrzane korozije sistema?

Korozija je jedan od najkritičnijih problema. Čisti (neinhibirani) glikol, kada se pomeša sa vodom, stvara kisele uslove koji agresivno korodiraju metalne komponente sistema (cevi, pumpe, izmenjivače toplote). Zbog toga je neophodna upotreba antifrizna, koji sadrže aditive za zaštitu od korozije (inhibitore korozije). Redovno praćenje i održavanje nivoa inhibitora korozije (obično svakih 6 meseci) je ključno za dugoročnu zaštitu.

19. Smanjena efikasnost hlađenja, zašto?

Glikolne mešavine imaju lošiju sposobnost prenosa toplote (niži specifični toplotni kapacitet i toplotnu provodljivost) u poređenju sa čistom vodom. Previsoka koncentracija glikola (npr. preko 60%) može značajno smanjiti efikasnost hlađenja, što dovodi do preopterećenja sistema što zahteva više energije i povećanih operativnih troškova.

20. Zašto je bitno održavanje odgovarajuće koncentracije glikola u toku eksploatacije?

Ako je koncentracija preniska, sistem je izložen riziku od smrzavanja tokom zime, što može dovesti do pucanja cevi i izmenjivača toplote. Ako je previsoka, smanjuje se efikasnost prenosa toplote.