

Güneş Enerjisi Tesisatlarında Antifriz Olarak Etilen ve Propilen Glikol Kullanımının İncelenmesi

Necdet ALTUNTOP*

Özet

Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde, kış aylarında suyun donmasını önlemek için, tesisatlarda antifriz kullanılmaktadır. Türkiye’de, alternatifi olmadığı için antifriz olarak etilen glikol kullanılmaktadır. Etilen glikolün güneş enerjisi tesisatlarında kullanım suyunun karışma ihtimali bulunduğundan sağlık açısından tehlikelidir. Antifrizin kullanım suyunun karışması durumunda, duş ve banyo esnasında, insanların tüm vücutlarının, antifrizli suyun yiyecek ve içeceklerde kullanılması durumunda da tüm iç organlarının, sağlığının bozulmasına sebep olacaktır. Güneş enerjisi tesisatlarında etilen glikolden kaynaklanan olumsuzlukların önlenmesi için, antifriz olarak etilen glikol yerine, diğer alternatif antifrizlerin, özellikle propilen glikol kullanılmalıdır. Bu çalışmada, ilk olarak etilen glikol’un, sağlık açısından canlılar ve çevreye verdiği zararlar üzerinde durulmaktadır. Etilen glikol ve propilen glikolün; sıcaklık, basınç, viskozite, özgül ısı, ısı iletim katsayısı, donma noktası gibi özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Sonuç olarak; propilen glikolün fiziksel, kimyasal ve ısı özelliklerinin etilen glikol kadar iyi olduğu ve her uygulama için etilen glikol yerine kullanılabileceği anlatılmaya çalışıldı.

1. GİRİŞ

Türkiye’de tüm yıl boyunca güneş enerjisinden sıcak su elde etmek için kullanılan güneşli sıcak su üretim sistemlerinde, kış aylarında meydana gelebilecek donma riskini ortadan kaldırmak için, kolektör ve ısı değiştirici devresinde antifriz sıvı içeren kapalı devre güneş enerjisi sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Türkiye’de, bazı sıcak sulu kalorifer tesisatları, motorlu taşıtların motor-soğutma sistemleri ve güneşli sıcak su üretim tesisatları da içinde olmak üzere hemen her donmayı önleme uygulamasında etilen glikol kullanılmaktadır. Bu çerçevede piyasada satılan, hemen her yerde bulunan tek antifriz olduğu ve piyasada başka alternatifleri olmadığı için güneş enerjisi tesisatlarında da antifriz olarak yine etilen glikol kullanılmaktadır. Bu sıvının güneş enerjisi tesisatlarında kullanımı, sağlık açısından çok tehlikelidir.

Antifriz olarak etilen glikol kullanılan kapalı devre güneş enerjisi sistemlerinde insanların sağlığı; kansere yakalanmaktan, gözlerin kör olmasına kadar varabilecek çok büyük risk altındadır. Motorlu taşıtlarda sadece antifrizin radyatöre doldurulması işlemi esnasında ve radyatörün su kaynatması durumunda, insanların deri ve gözlerinin zarar görmesi riski var iken, güneş enerjisinden ısınan sıcak suyun, tesisattaki antifriz ile karışması durumlarında, duş ve banyo esnasında, insanların tüm vücutları, antifriz içeren suyun yiyecek ve içeceklerde kullanılması durumunda da tüm iç organlarının zarar görmesi söz konusudur. Bu risk, hayvanlar ve bitkiler gibi diğer canlılar içinde mevcuttur.

* Doç. Dr., Erciyes Üniv. Müh. Fak. Mak. Böl.

renklerde uygulanmaya başlandı ve en yaygın olarak kullanılan etilen glikolden kaynaklanan bu olumsuzluğun önlenmesi için, güneş enerjisi sistemlerinde ve diğer uygulamalarda etilen glikol yerine, alternatif antifiriz sıvıların, özellikle propilen glikolün kullanılmasıdır. Bu çerçevede, Amerika birleşik devletlerinde ve bazı Avrupa ülkelerinde özellikle güneş enerjisi sistemlerinde etilen glikolün kullanılmasına izin verilmemektedir. Etilen glikol'un yerine kullanılması önerilen diğer antifiriz sıvıların ve propilen glikolün, etilen glikolün sahip olduğu kimyasal ve ısıl performansı sağlayıp sağlamayacağı tartışılmaktadır.

Bu çalışmada, ilk olarak etilen glikolün, sağlık açısından insanlar başta olmak üzere diğer canlılar ve çevreye verdiği zararlar üzerinde durulacaktır. Etilen glikol yerine kullanılacak propilen glikolün; sıcaklık, basınç, viskozite, özgül ısı, ısıl iletim katsayısı, donma noktası gibi değerleri karşılaştırmalı olarak diyagramlar halinde verilecektir. Bu çalışma sonucunda propilen glikolün fiziksel, kimyasal ve ısıl özelliklerinin etilen glikol kadar iyi olduğu ve her uygulamaya için etilen glikol yerine kullanılabilceği görüldü.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ANTI-FREEZELER

Tesisattaki suyun donma sıcaklığını düşürerek, donmadan kaynaklanacak tahribatların önlenmesi için kullanılacak akışkanlar ve bu akışkanların kullanımı ile ortaya çıkan avantaj ve dezavantajları Tablo 1'de görülmektedir. Tablo 1'de donma önleyici veya geciktirici olarak çok sayıda akışkan bulunmakla birlikte, uygulamada genel olarak su + glikol karışımları daha yaygın kullanılmaktadır. Glikol karışımları içinde de uygulama en yaygın kullanılan ise etilen glikoldür.

ETİLEN GİKOLÜN KANSEROJENLİĞİ
Etilen glikol içeriğinde bol miktarda toksit (zehirleyici) madde içerdiği için tüm canlıların sağlığı açısından tehlikeli bir akışkandır. Tablo 1'de belirtildiği gibi, renk olarak genelde yeşil ve tat olarak ise tatlıdır. Bu sebeple, açık bira kıldığında veya yere döküldüğünde kedi köpek veya çocukların yemesi mümkündür.

Etilen glikolün 10 gramı bir kediyi, 30 gramı bir köpeği ve iki ÷ üç yemek kaşığı dolusunun ise bir çocuğu öldürebilecek kadar toksit madde içermektedir. Etilen glikol vücuda alındıktan 1 ila 6 saat sonra ilk belirtiler, kalp atışlarının hızlanması, hızlı soluma ile kendini göstermektedir. Etilen glikol sindirildikten 12 ÷ 36 saat sonra hastanın sinir sistemini ve dolayısı ile beyнинin ardından böbreklerinin tahrip olması ile hasta komaya girmekte ve akabinde ölmektedir[3-6].

Etilen glikolün kanserojen bir madde olduğu konusu ise tartışmalıdır. Örneğin ABD sağlık bakanlığı, etilen glikolü kanserojen maddeler grubuna almazken, Kaliforniya gibi bazı eyalet yönetimleri kanserojen maddeler grubuna dahil etmektedir[7-10].

Etilen glikol günümüzde yaygın olarak, kalorifer tesisatlarında, araç radyatörlerinde ve fren sıvılarında kullanılmaktadır. Araçlarda ve kalorifer tesisatlarında etilen glikolün kullanılması, dış ortama sızıntı olmaması durumunda, insan sağlığı ve çevre açısından tehlike oluşturmamaktadır.

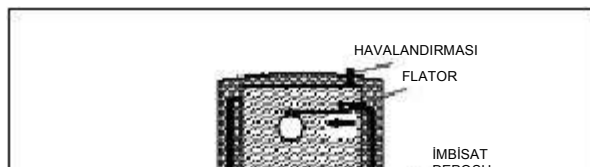
Etilen glikolün güneş enerjisi tesisatlarında kullanımı, araçlarda kullanımından çok farklıdır. Etilen glikol + su karışımı, güneş enerjisi tesisatında kullanım suyuna karışması durumunda, insan derisine zarar vereceği gibi, ısınmış su içerisinde etilen glikol kısmen buharlaşmakta ve teneffüs ile insan bünyesine alın-

Tablo-1. Etilen glikol ve Propilen glikolün fiziksel özellikleri [1,4].

Özellikler	Etilen glikol (C ₂ H ₆ O ₂)	Propilen glikol (C ₃ H ₈ O ₂)
Tat	Tatlı	Tatsız
Toksitlik	Yüksek oranda toksit	Çok az oranda toksit
Renk	Genelde yeşil	Renksiz
Fiyat	Ucuz	Pahalı

ma riski vardır.

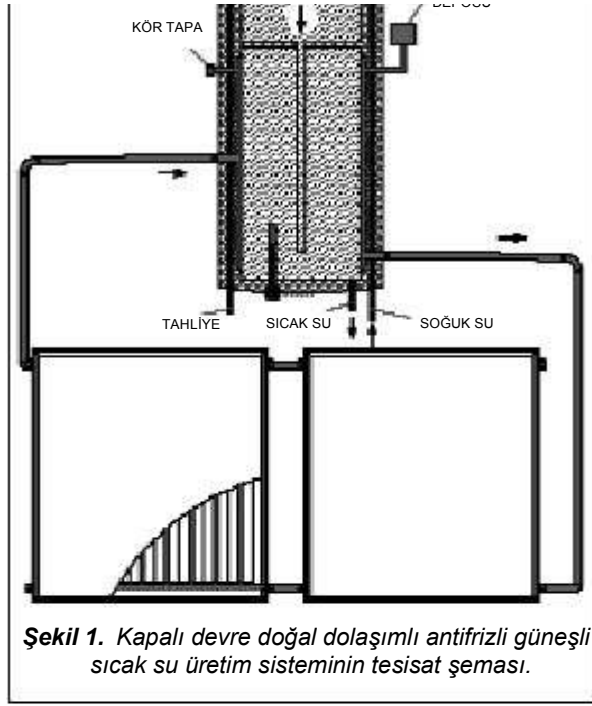
Etilen glikolün donma sıcaklığını düşürücü akışkan olarak güneşli sıcak su üretim tesisatlarında kullanılması halinde uygulamada di-



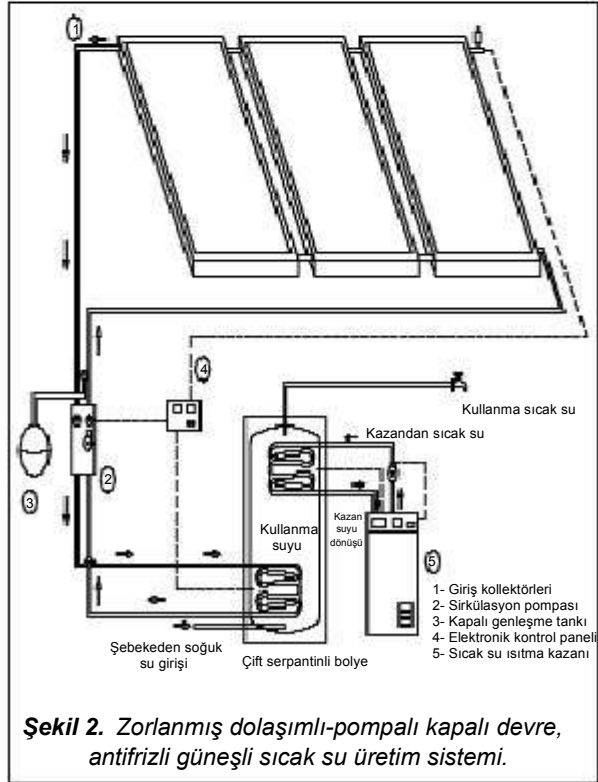
zayn edilen güneşli sıcak su tesisatlarına örnekler Şekil 1 ve 2'de görülmektedir. Şekil 1'de doğal dolaşimli kapalı devre, gömleklili ısı de-ğiştiricisine sahip bir tesisat düzenlemesi görülmektedir. Sistemdeki kolektörler ve sıcak su tankının dış gömleğinde antifrizli su dolaşmaktadır. Sıcak su tankının gömlek kısmında korozyon veya benzeri sebeplerden meydana gelebilecek delinme sonucunda, etilen glikolün kullanım suyuna karışma riski bulunmaktadır. Şekil 2'de görülen zorlanmış dolaşimli (pom-palı) güneşli sıcak su üretim sisteminde, sıcak su tankının içinde bulunan ısı de-ğiştiricisi (ser-pantin) borularında ve güneş kolektörlerinde etilen glikol + su karışımı dolaşmaktadır. Burada da, sıcak su tankı içindeki borularda, delinme veya çatlama gibi sebeplerden etilen glikolün, kullanım suyuna karışma riski bulunmaktadır.

Şekil 1 ve 2'deki tesisat bağlantılarının dışında, etilen glikol + su karışımının kullanım suyu tankının içinde veya çevresinde yer almadığı, ve sıcak su tankından uzak olduğu yani plakalı ısı de-ğiştiricilerinin kullanıldığı uygulamalar, akışkanların karışma riski bulunmadığı için sağlıklı uygulamalardır. Etilen glikolün insan sağlığına çok zararlı bir madde olmasından dolayı, bu akışkanın güneşli sıcak su sistemlerinde, plakalı ısı de-ğiştiricisinin kullanıldığı uygulamaların dışındaki Şekil 1 ve 2'deki gibi tesisatlarda kesinlikle kullanılmaması gereklidir. Etilen glikol yerine sağlık ve çevre açısından tehlike oluşturmayan, benzeri termodinamik özelliklere sahip olan başka bir akışkanın kullanılması gerekmektedir. Etilen glikol yerine güneş enerjisi tesisatlarında kullanılacak alternatif akışkan propilen glikol dür. Tablo 2'de etilen glikol, propilen glikol ve diğer donma önleyici maddelerin teknik, termodinamik, kimyasal ve çevresel etkileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Propilen glikol renksiz ve tatsız bir sıvıdır. Çok az toksit madde içerir. Toksiklik oranı etilen glikolün yedide biri civarındadır. Canlıların vücutları-



Şekil 1. Kapalı devre doğal dolaşimli antifrizli güneşli sıcak su üretim sisteminin tesisat şeması.



Şekil 2. Zorlanmış dolaşimli-pom-palı kapalı devre, antifrizli güneşli sıcak su üretim sistemi.

na alındığı zaman dahi her hangi bir zararı söz konusu değildir.

Propilen glikol insan sağlığı açısından zararsız olduğu için, kozmetik ürünlerinde, ilaçlarda ve özellikle fast food olarak tabir edilen gıda maddelerinin yapımında koruyucu madde olarak kullanılmaktadır.

ya yerel yönetimler, etilen glikolün kullanımlarını sınırladıkları için ısıtma tesisatlarında, araçlarda ve güneş enerjisi sistemlerinde propilen glikol kullanılmaktadır. ABD ve AB pazarlarında etilen ve propilen glikolün aralarında hemen hemen fiyat farkı kalmamıştır.

Türkiye'de, antifriz piyasasına tümü ile etilen glikol hakim durumdadır. Bu maddenin kullanı-

Piyasada etilen glikolün çok yaygın olması ve propilen glikolün ise bulunmamasının sebebi ise tümü ile ticaridir. Geçmiş yıllarda, antifriz olarak piyasaya etilen glikolün verilmesi ve piyasaların bu maddeye alışmasından kaynaklanmaktadır. ABD ve Avrupa pazarlarında, çevreye verdiği zararlardan dolayı hükümetler ve

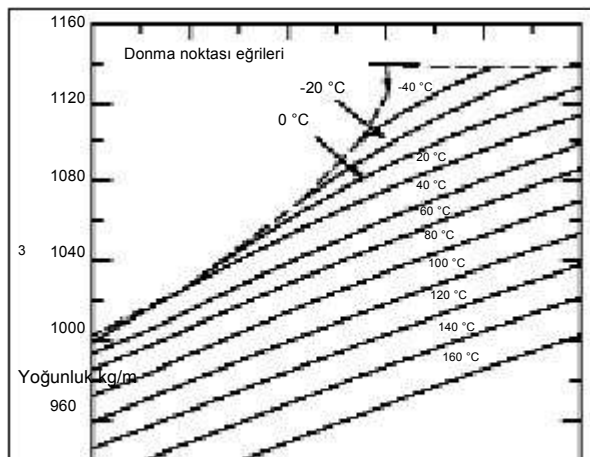
mi açısından herhangi bir sınırlayıcı veya kısıtlayıcı kural bulunmadığından dolayı rahatça satılmaktadır. Yerli üretimi bir çok firma tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de henüz propilen glikol üretimi mevcut değildir. Üretilmemesinin sebebi ise talep olmamasındandır. Yerli antifriz üreticilerinin büyük çoğunluğu, bu ürünü ürete-

Tablo 2. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan sıvı akışkanlar[2].

Akışkan	Avantajları	Dezavantajları
Normal su	<ul style="list-style-type: none"> Zehirli değildir, Çevre kirliliği oluşturmaz, 0 °C'de donar, atmosfer Emniyetli, Ucuz. 	<ul style="list-style-type: none"> 0 °C'de donar, atmosfer basıncında 100 °C'de kaynar. Korozyona sebep olur.
Su + Etilen Glikol (C ₂ H ₆ O ₂) karışımları	<ul style="list-style-type: none"> %50'lik karışım 36°C'ye kadar donmaz. Uygun inhibitörle metal ihtiva eden sistemlerde kullanılır Suya göre kaynama noktası ve ısı iletkenliği yüksektir. 	<ul style="list-style-type: none"> Zehirlidir.
Su + Propilen Glikol (C ₃ H ₈ O ₂) karışımları	<ul style="list-style-type: none"> %50'lik karışım 33 °C'ye kadar donmaz. Uygun inhibitörle metal ihtiva eden sistemlerde kullanılır Suya göre kaynama noktası ve ısı iletkenliği yüksektir. 	<ul style="list-style-type: none"> Çok zehirli değildir.
Silikon yağlar	<ul style="list-style-type: none"> Donmaz ve kaynamaz. Uzun ömürlüdür ve metallerde korozyona sebep olmaz. Alev alma noktası yüksektir 	<ul style="list-style-type: none"> Isıl kapasitesi düşük, viskozitesi yüksektir. Pahalıdır. Kolay sızabilir.
Hidrokarbonlar	<ul style="list-style-type: none"> Ucuzdur. Uçucu değildir. 	<ul style="list-style-type: none"> Kolayca oksitlenebilir. Isıl kararlılığı zayıftır. Vizkozitesi büyük ve ısı iletkenliği düşüktür.
Parafinli veya madeni yağlar	<ul style="list-style-type: none"> Geniş sıcaklık aralığında kullanılabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Vizkozitesi yüksek ve ısı iletkenliği düşüktür. Büyük pompalar gerektirir.
Su + gliserin karışımı	<ul style="list-style-type: none"> Zehirli değildir. 	<ul style="list-style-type: none"> Vizkozitesi büyüktür. Aşırı ısındığında korozyona neden olur.
Florokarbonla	<ul style="list-style-type: none"> Sistem boyutları ve pompa küçültülebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Maliyeti yüksektir.

cek teknolojik imkanlara sahiptirler. Bazı firmalar, yurt dışından ithal etmekte ve iç piyasaya sunmaktadırlar. Satış miktarları çok düşük seviyededir.

Kaynaklarda, etilen ve propilen glikolün bakır borulu kolektörler için, mineral, sentetik ve silikonlu yağların ise alüminyum borulu kolektörler için uygun olduğu yönünde bilgiler bulunmakla birlikte, etilen ve propilen glikolün içerisine alüminyuma verilecek zararı önleyen çeşitli inhibitör maddelerin ilavesi durumunda, alüminyum kolektörlerde kullanılabileceği belirtilmektedir [11].

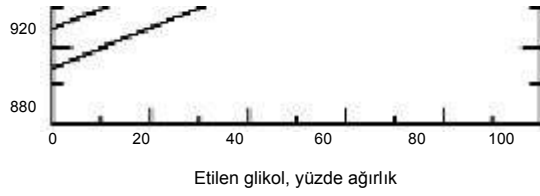


4. ETİLEN GLİKOL VE PROPİLEN GLİKOLÜN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

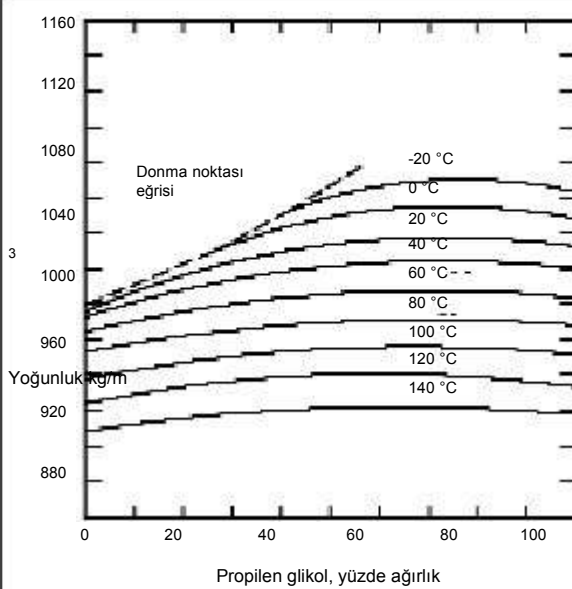
Isıtma, soğutma ve güneş enerjisi sistemlerin - de donma önleyici olmasının yanı sıra ısı taşı - yıcı akışkan olarak da kullanılan etilen glikolün yerine, önerilen propilen glikolün, yoğunluk, viskozite, özgül ısı, ısı iletkenlik katsayısı ve bu - har basınçları gibi termodinamik özelliklerinin uygun olması gerekmektedir. Uygulamada, donma önleyici olarak yüzlerce antifriz olarak kullanılabilecek farklı kimyasal madde bulun - maktadır. Fakat en iyi termodinamik özelliklere sahip olduğu için, uygulamada en yaygın olarak kullanılan antifriz etilen glikoldür. Propilen glikolün termodinamik özellikleri, etilen glikol kadar iyi olmasına rağmen, kullanıcılar açısından termodinamik özellikleri pek iyi bilinmemektedir.

Şekil 3 ve 4'de, etilen glikol ve propilen glikolün su ile karışım oranlarına göre yoğunlukların - daki değişme görülmektedir. Her iki şekilden de görüldüğü gibi, etilen glikol ve propilen glikolün su ile karışım oranlarına göre yoğunlukları arasında önemseneyecek fark bulunmamaktadır. Şekil 5 ve 6'da, etilen glikol ve propilen glikolün viskozitelerinin antifriz + su oranı karışım yüz - desini ile değişimleri görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi, propilen glikol sıcaklık da dikkate alındığında, akıcılığı etilen glikole göre daha yüksek olan bir akışkandır. Bu durum propilen glikol açısından önemli bir üstünlüktür.

Şekil 7 ve 8'de, etilen glikol ve propilen glikolün

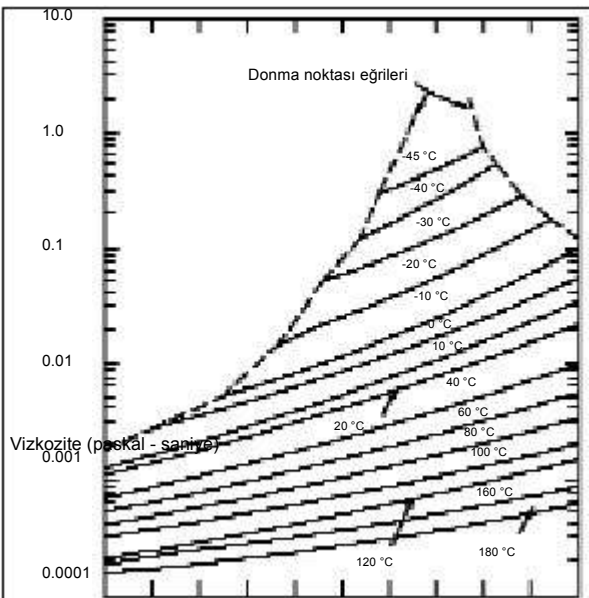


Şekil 3. Etilen glikolün yoğunluğunun su oranı ile değişimi[12].

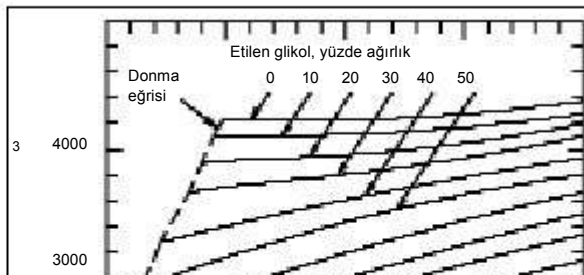


Şekil 4. Propilen glikolün yoğunluğunun su oranı ile değişimi [12].

özgül ısılarının sıcaklık ile değişimleri görü - lülmektedir. Özgül ısı, ısı taşıyıcı olarak kullanı - lan bir akışkan için çok önemlidir ve yüksek ol - ması tercih edilir. Şekil 8'de görüldüğü gibi, propilen glikolün özgül ısı, yani bir kilogramı -



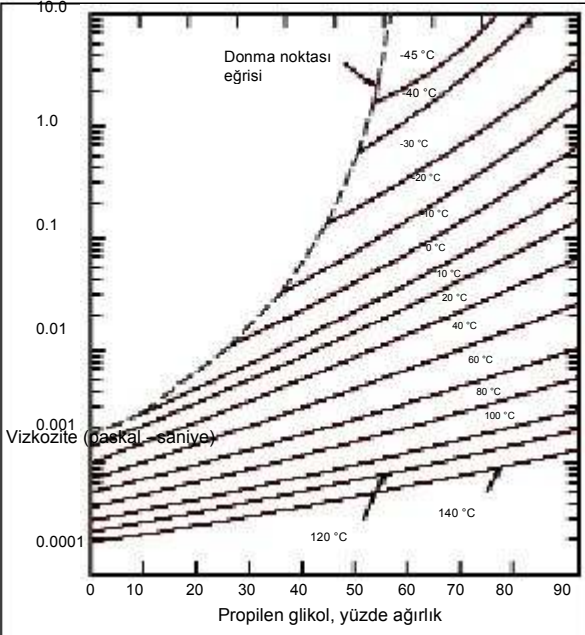
lün, ısı iletkenlik katsayılarının sıcaklık ile de - ğişimleri görülmektedir. Akışkanlar açısından ısı iletkenlik katsayısının yüksek olması çok önemli bir avantajdır. Şekillerden de görüldüğü üzere su içerisinde etilen ve propilen yüzdeleri - nin değişik olduğu durumlarda her iki akışka - nın ısı iletim katsayıları hemen hemen aynı iken glikol oranları arttıkça etilen glikol lehine arttığı görülmektedir.



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

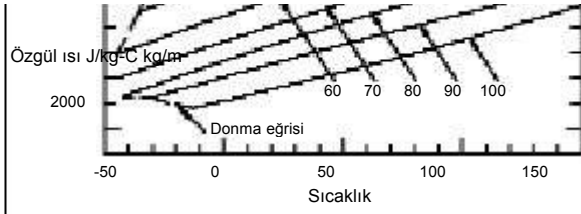
Etilen glikol, yüzde ağırlık

Şekil 5. Etilen glikolün viskozitesinin sıcaklık ile değişimi [12].

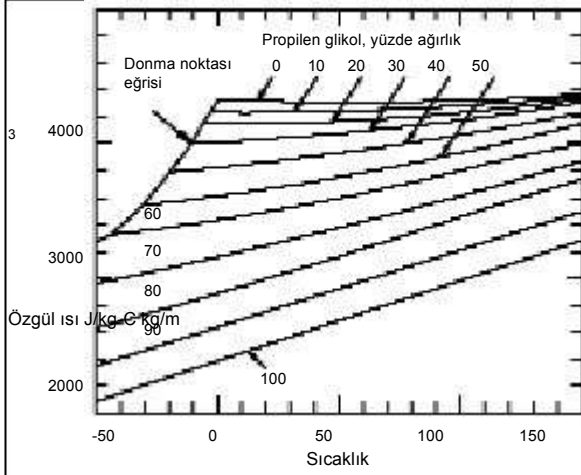


Şekil 6. Propilen glikolün viskozitesinin su oranı ile değişimi [12].

nın sıcaklığa bağlı olarak taşıyabildiği ısı enerjisi, Şekil 7'deki etilen glikole göre daha yüksektir. Bu durum, ısı enerjisi taşıyıcılığı açısından propilen glikol için önemli bir üstünlüktür. Şekil 9 ve 10'da, Etilen glikol ile propilen glikol



Şekil-7. Etilen glikolün özgül ısısının sıcaklıkla değişimi [12].

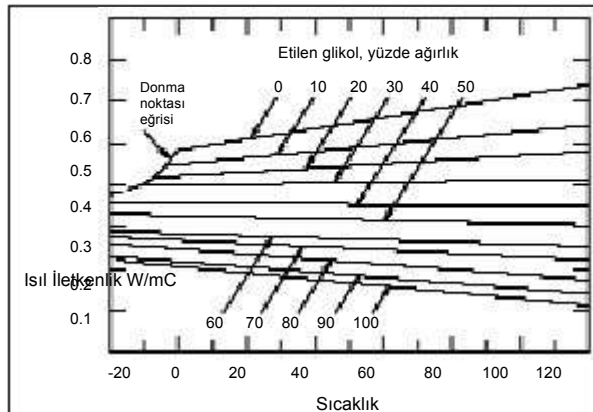


Şekil-8. Propilen glikolün özgül ısısının sıcaklık ile değişimi [12].

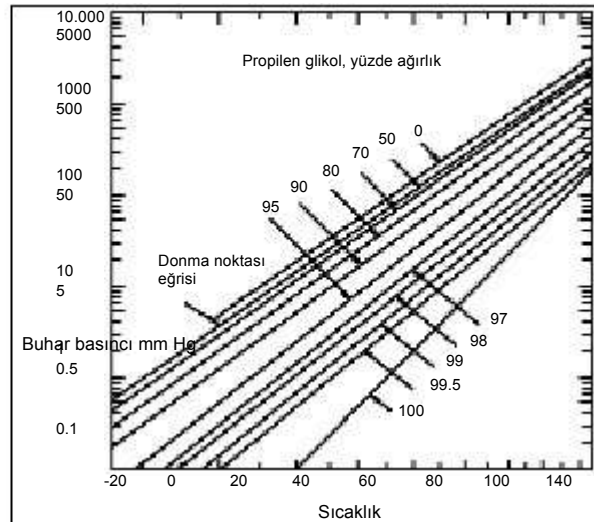
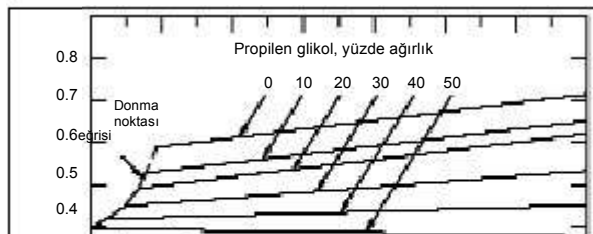
Şekil 11 ve 12'de etilen glikol ile propilen glikolün buhar basınçlarının sıcaklıkla değişimi

36
2005

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 86,

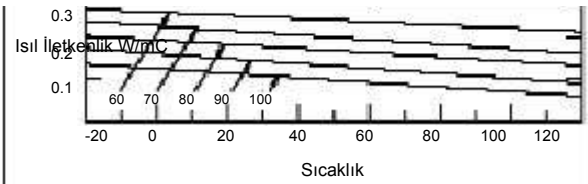


Şekil 9. Etilen glikolün ısı iletkenliğinin sıcaklıkla değişimi [12].

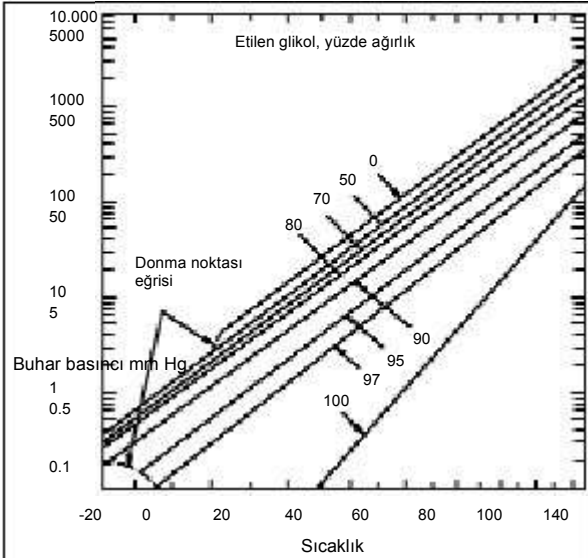


Şekil-12. Propilen glikolün buhar basıncının sıcaklık ile değişimi [12].

leri görülmektedir. Buhar basınçları açısından her iki akışkanın hemen hemen aynı özelliklere sahip oldukları görülmektedir. Şekil 13 ve 14'te etilen ve propilen glikol + su

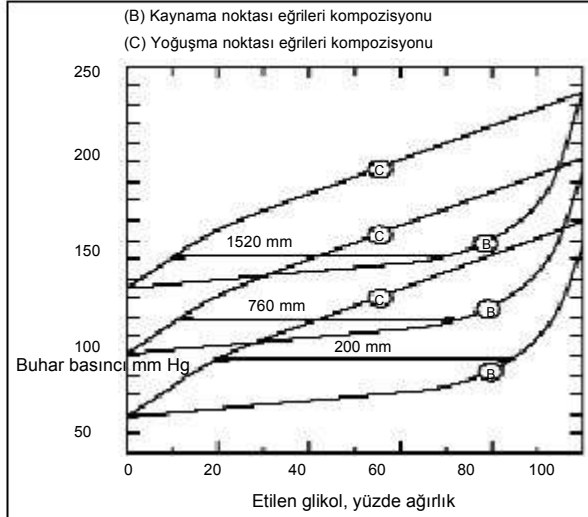


Şekil 10. Propilen glikolün ısı iletkenliğinin sıcaklık ile değişimi [12].

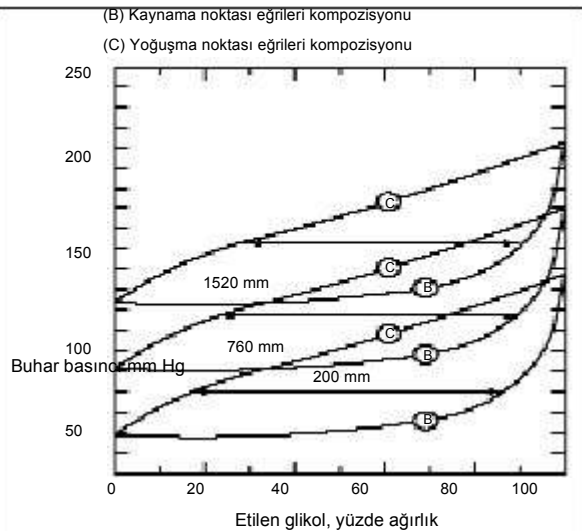


Şekil-11. Etilen glikolün buhar basıncının sıcaklık ile değişimi [12].

Şekil 13 ve 14 te etilen ve propilen glikol + su karışımlarının yüzde oranına göre sıcaklık - rının değişimleri görülmektedir. Bu diyagram üzerinde kaynama ve yoğuşma sıcaklık eğri - ri de ayrı ayrı verilmektedir. Şekillerden de gö - rüldüğü üzere her iki akışkanın birbirlerine gö - re aynı özelliklere sahip olup birbirlerinden her - hangi bir avantaj veya dezavantajları söz konu - su değildir.



Şekil-13. Etilen glikolün sıcaklığının su oranı ile değişimi [12].



Şekil-14. Propilen glikolün sıcaklığının su oranı ile değişimi [12].

5. SONUÇLAR

Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde kış ay - larında suyun donmaması için kullanılan etilen glikolde bulunan bol miktardaki toksit maddeler nedeniyle, tüm canlılar için çok zararlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle etilen glikol yerine kullanılabilir propilen glikol; sıcaklık, ba - sınç, viskozite, özgül ısı, ısı iletim katsayısı,

sıcaklık eğrileri karşılaştırıldığında her iki akışkanın birbirlerine göre aynı özelliklere sahip olup, birbirlerinden herhangi bir avan - taj veya dezavantajlarının söz konusu de ğ - dir.

7. Propilen glikol, etilen glikole göre çok az tok sit madde içermektedir.
8. Fiyat olarak propilen glikol, etilen glikole gö - re AB ve ABD de aynı olmakla birlikte Türki - ye'de propilen glikol daha pahalıdır. Bu du - rum pazar şartlarından kaynaklanmaktadır.

Zorlanmış dolaşımli güneşli sıcak su üretim sistemlerinde ısı de ğ iştiricili su tankları yerine etilen glikol veya propilen glikol + su karışımı - nın kullanım suyu tankının içinde veya çevre - sinde yer almadığı, ve sıcak su tankından uzak olduğu plakalı ısı de ğ iştiricilerinin kullanılma - sının daha uygun olduğu görüldü. Bu çalışma sonucunda propilen glikolün fiziksel, kimyasal ve ısı özelliklerinin etilen glikol kadar iyi olduğu ve her uygulama için etilen glikol yerine kullanı - labileceği belirlendi.

KAYNAKLAR

[1] Antifiriz Poisoning, <http://www.eclipse.net>,

[2] Tırıs M. Tırıs C. Fırdalı Y. "Güneş Enerjili Su Isıt -

donma noktası gibi değerleri etilen glikol ile karşılaştırılmış ve aşağıda verilen sonuçlara varılmıştır.

1. Etilen glikol ve propilen glikolün su ile karışım oranlarına göre yoğunlukları arasında önemsenecek fark bulunmamaktadır.
2. Propilen glikolün sıcaklıklar dikkate alındığında, akıcılığı, etilen glikole göre daha yüksek olan bir akışkandır. Bu durum propilen glikol açısından önemli bir üstünlüktür.
3. Propilen glikolün özgül ısısı etilen glikole göre daha yüksektir. Bu durum, ısı enerjisi taşıyıcılık açısından propilen glikol için önemli bir üstünlüktür.
4. Su içerisinde etilen ve propilen yüzdelerinin değişik olduğu durumlarda her iki akışkanın ısı iletim katsayıları hemen hemen aynı iken glikol oranları arttıkça etilen glikol lehine arttığı görülmektedir.
5. Buhar basınçları açısından her iki akışkanın hemen hemen aynı özelliklere sahip oldukları görülmektedir.
6. Etilen ve propilen glikol + su karışımlarının yüzde oranına göre kaynama ve yoğunlaşma

[2] FİDAN, F. ve ÖZTÜRK, A., "Güneş Enerjisi Sıcak Sıvı Sistemleri", TÜBİTAK M.A.M., Gebze-Kocaeli, 1997.

[3] Antifiriz, <http://www.mediumdutytruck.info>

[4] Ethylene Glycol and Propylene Glycol, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service in Atlanta, GA, <http://www.atsdr.cdc.gov>

[5] Antifiriz Warning, <http://www.bcrescue.org>

[6] Antifiriz, <http://www.epa.gov>

[7] Antifiriz, <http://www.state.ma.us>

[8] Propylene Glycol Antifiriz and Engine Cool, <http://www.pecuniary.com>

[9] Propylene Glycol Antifiriz Coolant, <http://www.neosyntheticoil.com>

[10] The Dangers of Antifiriz, <http://www.akc.org>

[11] Kılıç A. Ve Öztürk A., "Güneş Enerjisi", Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1983

[12] Duffie J.A., Beckman W.A., "Solar Engineering of Thermal Processes", J. Wiley&Sons, 1991.