

## **TERMÖELEKTRİK SOĞUTMA SİSTEMLERİ**

Doç. Dr. Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Osmanbey  
kampusü, 63000-Şanlıurfa.

E-mail: [hbulut@harran.edu.tr](mailto:hbulut@harran.edu.tr)

Tel:0.414.344 00 20

Faks: 0.414.344 00 31

### **Özet**

Termoelektrik soğutma sistemleri, sıcaklık dengelemesi veya ortam sıcaklığının altında bir soğutmanın gerektiği uygulamalarda kullanılan hareket eden elemanı olmayan ısı pompası özelliği olan cihazlardır. Modern ve yüksek teknolojilerin gelişmesi ile termoelektrik soğutucular, lazer diyotlar, mikro işlemciler, kan analiz cihazları ve taşınabilir piknik tipi soğutuculara kadar bir çok üründe karşımıza çıkmaktadır. Bu makalede, termoelektrik soğutmanın teorisi, uygulama alanları, tasarım ve seçiminde etkili olan elektriksel ve ısı parametreleri hakkında bilgiler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Termoelektrik, Peltier Etkisi, Soğutma.

### **1. Giriş**

Günümüzde, sağlam, güvenilir, kompakt, ufak boyutlu, hafif, uzun ömürlü, düşük malyette, düşük enerji tüketimine sahip ve bakım gerektirmeyen soğutuculara artan bir ihtiyaç vardır. Yaygın olarak kullanılan mevcut kompresörlü soğutma sistemleri mekanik olarak hareket eden parçaları olduğundan ve boyut olarak büyük olduklarından arzulanan ideal özelliklere sahip değillerdir. Teknolojinin hızlı bir şekilde arttığı bir zamanda, soğutma ihtiyacının sadece konfor ve gıdaların muhafazası amaçlı sınırlı kalmayacağı açıktır. Özellikle yeni ve daha sıkı imal edilmiş elektronik cihazların kendi içinde ürettiği ve dışına yaydığı ısının bertaraf edilmesinin ve ısı konfor sınırlarını aşan özel şartların istendiği soğutma gereksinimleri, buhar sıkıştırımlı konvansiyonel soğutma sistemlerinin dışında alternatif

soğutma cihazlarına yönelmeyi ortaya koymuştur. Termoelektrik soğutucular, askeri, elektronik gibi alanlardan bireysel özel soğutma ihtiyacına kadar bir çok uygulamada kullanılan ısı pompası özelliği olan cihazlardır [1,2].

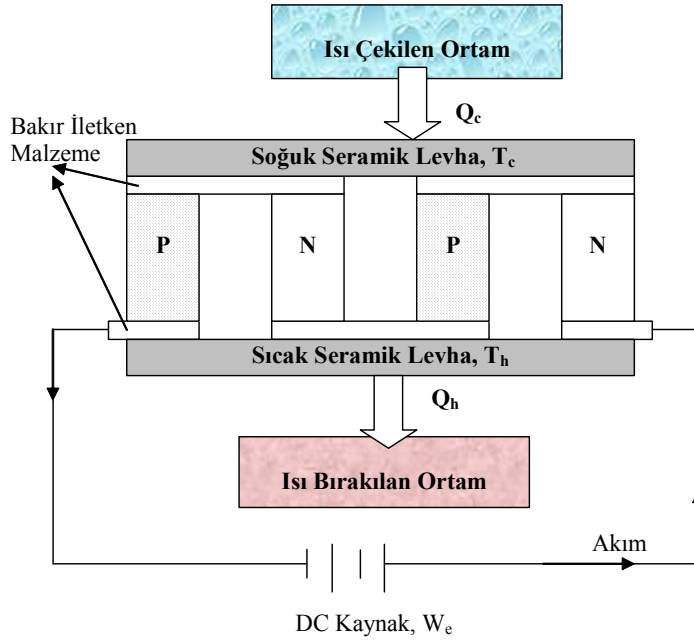
Hızla gelişen elektronik ve bilgisayar teknolojisinde, elektronik elemanların hassas biçimde çalışabilecekleri sıcaklık aralıkları bellidir. Elektronik malzemelerin soğutulması günümüzde mühendislerin en önemli problemlerinden biridir. Son yıllarda bu konuda giderek artan çalışmalar yapılmaktadır [3]. Termoelektrik soğutma sistemlerinin tasarımı, analizi ve uygulamaları ile ilgili konularda son zamanlarda önemli araştırmalar yapılmıştır [1,2, 4-14] ve araştırmacıların konuya ilgisi artmaktadır.

Bu çalışmada, son zamanlarda ticari olarak çeşitli ürünlerde rastlanan termoelektrik soğutmanın teorisi ve uygulama alanları ile ilgili temel bilgiler sunulmuştur.

## **2. Termoelektrik Soğutmanın Teorisi**

Termoelektrik soğutma temelde termoelektrik etkilerin en önemlilerden biri olan Peltier etkisine dayanır. Peltier etkisi, iki farklı metal elemandan oluşan bir devreye doğru akım verildiğinde, akımın yönüne göre, aksi uçlarda sıcaklıkta artmanın veya azalmanın meydana gelmesidir. Bu olayda ilginç olan, devrede uçlar arasında bir sıcaklık farkı oluşması ve dolayısıyla uçlarda bir ısınma veya soğumanın meydana gelmesidir. Isıl eleman çiftlerinin (Termokapıl) temelini oluşturan ve 1821 yılında keşfedilen Seebeck etkisinin tersi olan Peltier etkisi, Fransız bilim adamı Charles Athanese Peltier 1834 yılında keşfedilmiştir. 1950 yılından sonra yarıiletken teknolojisinde gelişmelerin hızlanması ile Peltier etkisi değişik uygulamalarda kendine kullanım alanları bulmuştur [2, 4, 16].

Termoelektrik soğutma, N ve P tipi yarı iletken metal çiftlerinden oluşmuş bir veya daha çok modülden bir doğru akımın geçmesi ile elde edilir. Şekil 1'de bir N ve P yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir. P ve N tipi termoelemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasına bağlanırlar. Akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma elde edilebilir. Şekil 1'den de görüleceği gibi soğutma durumunda, doğru akım N tipi yarı iletkenden P tipine geçmektedir. Akım, düşük enerji seviyesindeki P tipi yarıiletken malzemeden yüksek enerji seviyesine geçtiğinde soğutulacak ortamdan ısı çekerek soğutma meydana getirmektedir. Soğuk ortamdan çekilen bu ısı, yüksek sıcaklıktaki ortama elektronlar vasıtasıyla transfer edilir. Böylelikle ısı, bir ortamdan çekildiği gibi başka bir ortama da terk edilmektedir. Dolayısıyla termoelektrik modül ısı pompası vazifesi de gösterir.



**Şekil 1.** Bir termoelektrik soğutucu modülü

### 3. Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler

Bir termoelektrik soğutucunun verimliliği bağıl olarak kullanılan malzeme ile ilgilidir. Termoelektrik malzemelerin performansı, aşağıdaki eşitlikte verilen değer katsayısı ile ifade edilmektedir [1]:

$$ZT = \frac{\alpha^2 T}{kR} \quad (1)$$

Burada  $\alpha$  Seebeck katsayısı, T termoelektrik modülün yüzeylerinin ortalama sıcaklığı, k ısıl iletkenliği, R elektrik direncini göstermektedir. Metallerin ısı iletimi yüksek, fakat elektrik dirençleri düşük olduğundan, ZT değerleri de düşük olmaktadır. Günümüzde termoelektrik modüllerde kullanılan yarı iletken malzemelerin değer katsayısı, ZT, yaklaşık 0.4 ile 1.3 arasındadır [2].

Termoelektrik soğutucularda P ve N tipi termoelemanlarda kullanılan yarı iletken malzemeler,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , PbTe, SiGe ve BiSb gibi alaşımlardır. Bizmut Teleryum,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , yüksek termoelektrik verimi ve uygun sıcaklık aralığı nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir [1]. Alt ve üst plakalarda seramik malzeme kullanılır. Böylece ısıl iletkenlik, elektriksel yalıtkanlık ve mekanik mukavemet sağlanır. Termoelemanları birbirine bağlayan iletken malzeme olarak bakır veya alüminyum gibi ısıl iletkenliği yüksek malzemeler kullanılmaktadır [4].

#### 4. Termoelektrik Soğutucuların avantaj ve dezavantajları

Termoelektrik soğutucuların diğer soğutma sistemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir :

- Hareketli herhangi bir parçası yoktur. Dolayısıyla az bakıma ihtiyaç vardır.
- Uzun ömürlüdürler. Ömür testlerinde sürekli rejimde 100 000 saat çalışabildikleri görülmüştür.
- Termoelektrik soğutucu, CFC'ler gibi herhangi bir soğutucu akışkanı içermez. Dolayısıyla çevre ve doğa dostudurlar.
- Termoelektrik soğutucu, ısı pompası olarak tam tersinirdir. Isının yönü DC akımın yönü değiştirilerek kolayca değiştirilebilir.
- $\pm 0.1$  °C sıcaklık aralığında çok hassas sıcaklık kontrolü sağlanabilir.
- Termoelektrik Soğutucular, pozisyona bağımlı cihazlar değildir. Dikey veya yatay her konumda çalışabilirler. Yerçekimsiz ortamlarda da çalışır.
- Çok hassas, sıkı ve küçük ortamlarda çalışabilirler.

Termoelektrik soğutucular çeşitli dezavantajlara sahiptirler. Bunlar;

- Soğutma ve ısıtma performans katsayıları (COP) çok düşüktür. 0.3-0.7 arasındadır. Oysa klasik soğutma makinalarında bu değer 2-4 arasındadır. Buhar sıkıştırmalı, absorpsiyonlu ve termoelektrikli üç farklı mini buzdolabı için yapılan karşılaştırmalı çalışmada [5], buhar sıkıştırmalı tipte olanın maliyet ve işletme açısından daha uygun olduğu fakat diğerlerine göre daha gürültülü olduğu tespit edilmiştir. Termoelektrikli mini buzdolabının COP'sinin absorpsiyonlu mini buzdolabına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Yüksek soğutma yükleri için uygun değildirler. Buhar sıkıştırmalı soğutma sistemleri ile rekabet etmeli mümkün görülmemektedir.
- Şu an için pahalıdırlar.
- DC besleme gerektirir.

#### 5. Termoelektrik Soğutucuların kullanım alanları

Termoelektrik soğutucular yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı, tıbbi cihazlardan günlük hayatta kullandığımız bir çok cihaza kadar birçok uygulamada yer bulmuştur. Çizelge

1’de termoelektrik soğutma ürünlerinin kullanım alanları ve uygulamaları verilmiştir [1, 17,18].

**Çizelge 1.** Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları

Askeri/Uzay araştırmaları	Elektronik soğutma, soğutulan elbise, taşınabilir soğutucu, kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyotların soğutulması, telsiz istasyonları için kabin soğutma, uzay teleskoplarında.
Bireysel	Dinlenme taşıt soğutucuları, mobil ev soğutucuları, araba soğutucuları, taşınabilir piknik soğutucuları, bira, şarap veya su soğutucuları, içecek kutuları soğutucusu, motorsiklet kasketi soğutucusu, taşınabilir insulin soğutucusu.
Laboratuar ve bilimsel cihazlar	Kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyod soğutucuları, CCD soğutucusu, entegre devrelerin soğutulması, vidicon tüpü soğutucusu, laboratuar soğuk plaka, karıştırıcı soğutucu, soğuk oda, donma noktası refereans banyosu, mikrotome soğutması, elektroforesis hücre soğutucusu.
Endüstriyel sıcaklık kontrol	NEMA (ABD elektrik cihazları üreticileri birliğı) ortamları, kritik elemanları sert çevre şartlarından korunması, PC mikroişlemcileri, mikroişlemcilerin ve bilgisayarların numerik kontrollerinde ve robotiklerde, yazıcı ve fotokopilerde mürekkep sıcaklığının dengelenmesi, CCD kameralarda.
Resturant cihazları	Krema dağıtıcısı, çırpılmış krema dağıtıcısı, tereyağı dağıtıcısı
Çeşitli amaçlar	İlaç soğutucular (taşınabilir veya sabit), otel odaları soğutucuları, otomobil mini soğutucuları, otomobil koltuk soğutucuları, uçak içme suyu soğutucuları, yolcu otobüsü soğutucuları, gemi soğutucuları, karavan soğutucuları, kamyon soğutucusu, DNA döngülerinde, tıbbi teşhis cihazları, mesaj veya tedavi amaçlı sıcak/soğuk yataklarda.

Şekil 2 ve 7 arasında çeşitli uygulamalarda piyasada ticari olarak bulunan termoelektrik soğutma sistemleri gösterilmiştir [17-19].



Şekil 2. Piknik amaçlı bir piknik soğutucu



Şekil 3. Mini bir buzdolabı



Şekil 4. Lazer ve medikal uygulamalar için sıvı soğutucu



Şekil 5. Arabalar için mobil termolektrik soğutucu



Şekil 6. Bir CPU soğutulması için



Şekil 7. Vitrin tipi içecek soğutucusu

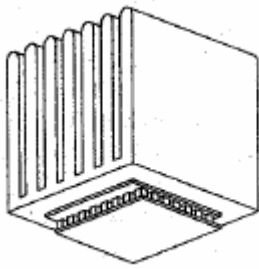
tasarlanmış termoelektrik soğutucu

## 6. Termoelektrik modüllerin seçim ve tasarımında ısıl ve elektriksel parametreler

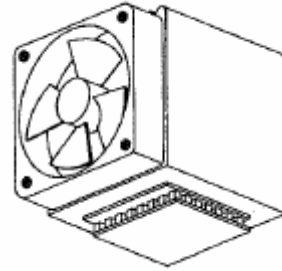
Bir soğutucunun tasarımı ve seçimi, genellikle üretici firma tarafından sağlanan termoelektrik modülün performans eğrilerine göre yapılmaktadır. Tasarım, termoelektrik soğutmanın sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ( $\Delta T$ ) ve istenen soğutma kapasitesi ile başlar. Belirlenen soğutma kapasitesine göre  $\Delta T$ -Akım eğrisinden modülün akım şiddeti belirlenir. Daha sonra Voltaj(V) -Akım (I) eğrisinde sıfır soğutma yükü ve sıfır sıcaklık farkında gerekli voltaj farkının üst ve alt limitleri belirlenir. Daha sonra ısı kaynağının ısıl direnci değerlendirilir [10].

Termoelektrik modüllerde, akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma gerçekleştirilir. Dolayısıyla ısıtma ve soğutma amaçlarının ikisinin de istendiği uygulamalarda, tasarım soğutma moduna göre yapılmalıdır [6].

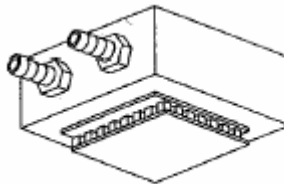
Termoelektrik modüllerde ısının çekildiği ve ısının atıldığı ortam son derece önemlidir. Isı aktarım türleri olarak modüller tasarım ve konstrüksiyon olarak farklılık gösterebilirler. Termoelektrik modüllerde, havadan havaya, sudan havaya, havadan suya, sudan suya ve soğuk plaka uygulamaları mevcuttur. Şekil 8'de ısı kaynağının soğutma türlerine göre çeşitli modüller gösterilmiştir [7]. Şekil 9'da sudan havaya bir soğutucu modülü ve Şekil 10'da ise soğuk plakalı termoelektrik soğutucu modülü gösterilmiştir [17].



a

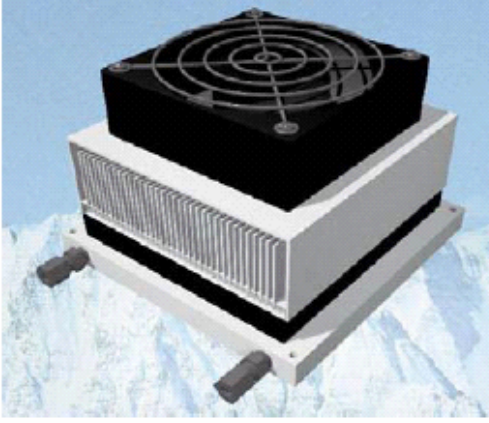


b



c

**Şekil 8.** Genel ısı kaynağı türleri; **a)** Serbest taşınımlı hava soğutmalı ısı kaynağı, **b)** Zorlanmış taşınımlı hava soğutmalı ısı kaynağı, **c)** Zorlanmış taşınımlı sıvı soğutmalı ısı kaynağı



**Şekil 9.** Sudan havaya bir termoelektrik soğutucu



**Şekil 10.** Soğuk plakalı termoelektrik soğutucu

Bir termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden bulunduğu ortama ısı verilir. Bu yüzey ısı kaynağına bağlıdır. Isı kaynağı olarak su veya hava olabilir. Isı kaynağı doğal veya zorlanmış taşınımlı hava ile soğutulduğunda (Şekil 8a ve 8b), sıcak yüzeyin sıcaklığı ( $T_h$ ) ve sıcak yüzeyden atılan ısı,  $Q_h$  aşağıdaki denklemden bulunabilir [4];

$$T_h = T_o + U \cdot Q_h \quad (2)$$

$$Q_h = Q_c + W_e \quad (3)$$

Burada,  $T_o$  ısının aktarıldığı ortam sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $U$  ısı değiştirgecinin toplam ısıl direnci ( $^{\circ}\text{C} / \text{Watt}$ ) ve  $Q_c$ , termoelektrik modülün soğuk yüzeyinin çektiği ısı ( $\text{W}$ ) ve  $W_e$  ( $\text{W}$ ) termoelektrik modülün çektiği elektrik gücü olup,  $I$  (Amper) ve  $V$  (Volt) bağlıdır.

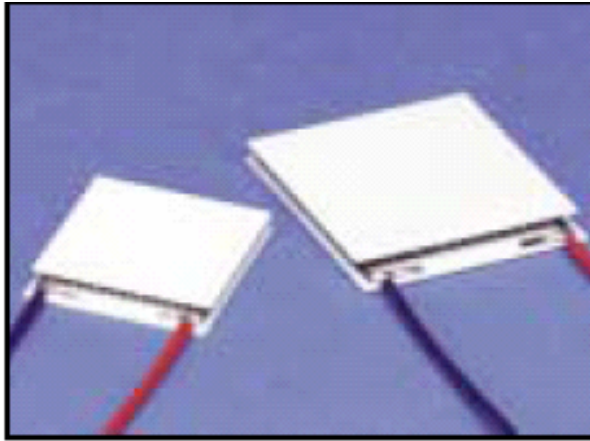
$$W_e = V \cdot I \quad (4)$$

Isı değiştirgecinin ısıl direnci bilinmediğinde sıcak yüzeyin sıcaklığı, hava soğutmalı doğal taşınımlı ortam sıcaklığına  $20\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hava soğutmalı zorlanmış taşınımlı ortam sıcaklığına  $10\text{-}15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve su soğutmalı da ise  $2\text{-}5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ortam sıcaklığına eklenerek bulunur. Örneğin  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  bir ortamda serbest taşınımlı hava soğutmanın yapıldığı bir termoelektrik modülün sıcak yüzeyinin sıcaklığı yaklaşık olarak  $20+35=55\text{ }^{\circ}\text{C}$  alınabilir.

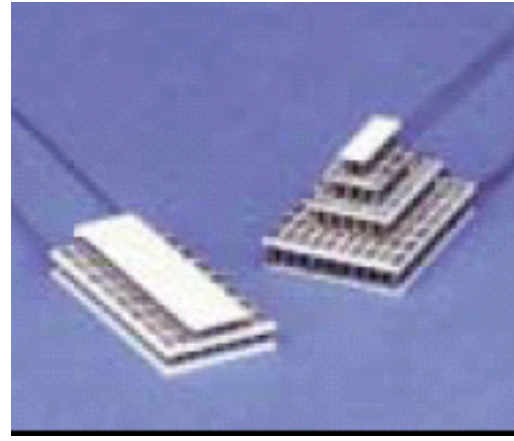
Termoelektrik soğutucunun soğuk yüzeyinin sıcaklığı ( $T_c$ ), eğer yüzey doğrudan soğutulacak cisim veya ortam ile temasta ise cismin sıcaklığı veya ortamın sıcaklığı alınabilir. Eğer bir ısı değiştirgeci arada varsa, ısıl dirençlerin göz önüne alınması gerekir.



Bir termoelektrik soğutucunun iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı ( $\Delta T = T_h - T_c$ ), son derece önemli bir parametre olup, sistem seçiminde diyagramlarda temel eksenlerden birini oluşturur. Eğer  $\Delta T < 55$  °C ise, tek kademeli termoelektrik modül yeterli olabilir. Tek kademeli bir modül için teorik maksimum sıcaklık farkı,  $65$  °C  $< \Delta T < 70$  °C'dir. Eğer  $\Delta T > 55$  °C ise, çok kademeli termoelektrik modüller seçilmelidir. Yedi adete varan tek kademeli termoelektrik modüller üst üste konarak, yüksek  $\Delta T$ 'ye sahip çok kademeli bir soğutma modülü oluşturulabilir [4]. Çok kademeli termoelektrik cihazlarda  $\Delta T \cong 130$  °C'ye kadar sağlanabilir. Pratikte ulaşılan en düşük sıcaklık  $-100$  °C'dir [1]. Şekil 11 ve 12'de sırasıyla tek ve çok kademeli termoelektrik soğutma modülleri gösterilmiştir.



**Şekil 11.** Tek kademeli termoelektrik soğutma modülleri



**Şekil 12.** Çok kademeli termoelektrik soğutma modülleri

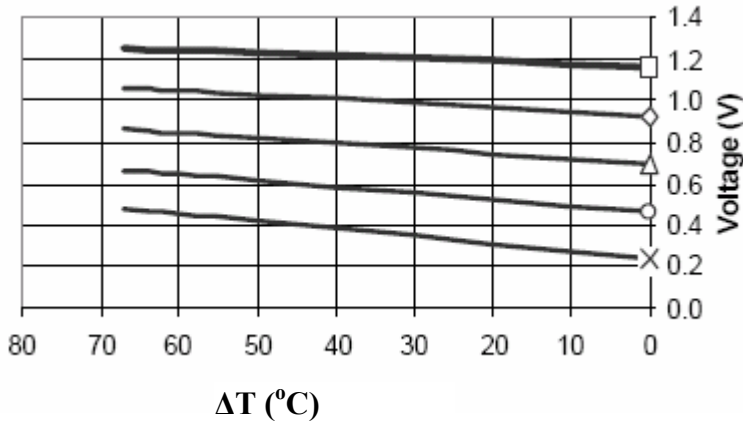
Termoelektrik soğutma modüllerin ısıtma ve soğutma tesir katsayıları (COP), konvansiyonel soğutma makinalarına ve ısı pompalarına benzer olarak aşağıdaki denklemlerde olduğu gibi tanımlanır.

$$COP_h = \frac{Q_h}{W_e} \quad (5)$$

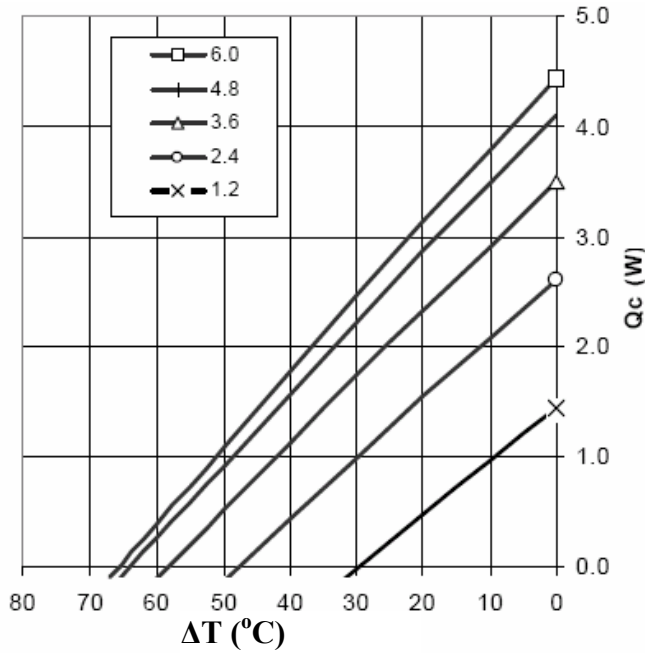
$$COP_c = \frac{Q_c}{W_e} \quad (6)$$

Termoelektrik soğutucular, belirlenen  $T_h$ 'da  $I_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $Q_{max}$  ve  $\Delta T_{max}$  değerleri ile değerlendirilirler ve üreticiler her tip için bu değerleri kataloglarında verirler.  $Q_{max}$  soğutulan ortamdaki çekilen maksimum ısıdır.  $I_{max}$  ve  $V_{max}$  ise  $T_c = 0$  olduğundadır.  $\Delta T_{max}$  ise soğutucu yüzeyleri arasında oluşabilecek en yüksek sıcaklık ( $I_{max}$ ,  $V_{max}$  ve  $Q_c = 0$ )

olduğunda) farklıdır [4]. Tipik bir termoelektrik modüller için tipik diyagramlar Şekil 13 ve Şekil 14'te gösterilmiştir [17].



Şekil 13.  $T_h=25$  °C için  $\Delta T$ -V performans diyagramı



Şekil 14.  $T_h=25$  °C için  $\Delta T$ - $Q_c$  performans diyagramı

## Sonuç

Termoelektrik cihazlar güç üretimi ve soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır. Termoelektrik soğutma uygulamalarına olan ilgi son zamanlarda artmıştır. Termoelektrik soğutucular askeri ve uzay çalışmalarında, hassas ölçüm aletlerinde, tıbbi, endüstriyel ve ticari cihazlarda artık yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Büyük soğutma yükleri için kullanılmamaları, düşük COP değerleri ve göreceli yüksek maliyetleri temel dezavantajları olarak durmaktadır. Ancak, yakın gelecekte, evsel uygulamalar için ısı pompası ve

iklimlendirme amaçlı termoelektrik soğutma sistemlerinin pazarda rekabete gireceği tahmin edilmektedir.

Termoelektrik sistemlerde kullanılan malzemeler verim üzerinde etkisi olduğundan yarıiletken malzemelerindeki gelişmeler bu tür cihazların daha verimli olmalarını sağlayacağı ve maliyetleri düşüreceği düşünülmektedir. Ayrıca PV panellerden elde edilecek DC güç ile termoelektrik soğutmanın gerçekleştirilmesi üzerine de çalışmalar planlanmaktadır. Böylelikle termoelektrik cihazlar tamamen çevre dostu ve işletme maliyeti düşük sistemler olarak karşımıza çıkabileceklerdir.

Termoelektrik soğutma sistemleri yapı ve kullanım amacı olarak farklı tipleri mevcuttur. Dolayısıyla termoelektrik cihazların tasarım ve seçiminde ısıl ve elektriksel parametrelerin tümü göz önüne alınmalıdır.

### **Kaynaklar**

1. Riffat, S.B., Ma, X. 2003. Thermoelectrics: a review of present and potential applications. *Applied Thermal Engineering*, 23:913–935.
2. Chung, M., Miskovsky, N.M., Cutler, P.H., Kumar, N., Patel, V. 2003. Theoretical analysis of a field emission enhanced semiconductor thermoelectric cooler. *Solid-State Electronics*, 47:745–1751.
3. Kılıç, M., Yiğit, A. *Isı Transferi*, 2. Baskı, Alfa Basım yayım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul, 2004.
4. Godfrey, S. 1996. An introduction to thermoelectric coolers. *ElectronicsCooling*, 2(3). <http://www.electronics-cooling.com>
5. Bansal, P. K., Martin, A. 2000. Comparative study of vapour compression, thermoelectric and absorption refrigerators. *International Journal of Energy Research*, 24: 93-107.
6. Godfrey, S. 1996. An introduction to thermoelectric coolers. *ElectronicsCooling*, 2(3).
7. Riffat, S.B., Ma, X. 2004. Improving the coefficient of performance of thermoelectric cooling systems: a review. *International Journal of Energy Research*, 28:753–768.
8. Chein, R., Huang, G. 2004. Thermoelectric cooler application in electronic cooling. *Applied Thermal Engineering*, 24:2207–2217.
9. Yang, R., Chen, G., Kumar, A. R., Snyder, G. J., Fleurial, J. P. 2005. Transient cooling of thermoelectric coolers and its applications for microdevices. *Energy Conversion and Management*, 46:1407–1421.
10. Huang, B.J., Chin C. J., Duang, C.L. 2000. A design method of thermoelectric cooler. *International Journal of Refrigeration*, 23:208-218.

11. Xuan, X.C. 2003. Investigation of thermal contact effect on thermoelectric coolers. *Energy Conversion and Management*, 44:399–410.
12. Xuan, X.C., Ng, K.C., Yap, C., Chua, H.T. 2002. The maximum temperature difference and polar characteristic of two-stage thermoelectric coolers. *Cryogenics*, 42:273–278.
13. Riffat, S.B., Ma, X. 2004. Optimum selection (design) of thermoelectric modules for large capacity heat pump applications. *International Journal of Energy Research*, 28:1231–1242.
14. Xuan, X.C., Ng, K.C., Yap, C., Chua, H.T. 2002. Optimization of two-stage thermoelectric coolers with two design configurations. *Energy Conversion and Management*, 43:2041–2052.
15. Chen, K., Lin, G. T. 2002. Optimization of multiple-module thermoelectric coolers using artificial-intelligence techniques. *International Journal of Energy Research*, 26:1269–1283.
16. Çengel, Y. A., Boles, M. A. *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*. Çeviren: Taner Derbentli, McGraw Hill-Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1996.
17. <http://www.melcor.com/>
18. <http://www.marlow.com>
19. [http://www.fujitaka.com/pub/peltier/english/peltier\\_products.html](http://www.fujitaka.com/pub/peltier/english/peltier_products.html)