

# TERMOELEKTRİK TEKNOLOJİSİNİN TAŞIT SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İlker Temizer<sup>1</sup>, Cumali İlkılıç<sup>2</sup>, Burak Tanyeri<sup>3</sup>, Ömer Cihan<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Muş Alparslan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Muş

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Fırat

<sup>3</sup> Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Batman

<sup>4</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul

\*burak.tanyeri@batman.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada, Termoelektrik jeneratörlerinin teknik özellikleri incelenerek ısıtma, soğutma sistemleri ile beraber elektrik üretim yöntemleri belirtilmektedir. Termoelektrik enerji, pil ve akülerin şarj edilmesinde, aydınlatma elemanlarının çalıştırılmasında, oto buzdolaplarında, bilgisayar işlemcilerinin soğutulması gibi alanlarda kullanılmaktadır. Termoelektrik enerjiyi özellikle ısının atıl durumunda, geri dönüşümünün yapılmadığı durumlarda kullanımı ön plandadır. Sobalar, araç egzozları, doğal sıcak su kaynakları, güneş ışınlarının odaklanması gibi atıl ısının değerlendirilebileceği kaynaklardan kullanılır. Bu çalışmada termoelektrik teknolojisinin beraberinde getirdiği değişiklikler ve yenilikler yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Termoelektrik, yarıiletken, Taşıt.

## EFFECTS ON VEHICLE SYSTEMS OF TECHNOLOGY THERMOELECTRIC

**Abstract:** In this study, examining the technical specifications of thermoelectric generators, heating, cooling systems along with methods of electricity production were stated. Thermoelectric energy is used in charge batteries and accumulators, the operation of the lighting elements, auto refrigerators, computer chips and cooling. Thermoelectric energy is at the foreground with the use of waste heat. Stoves, vehicle exhausts, natural hot springs, to focus the sun's rays are used as sources of waste heat and can be assessed. In this study, changes and innovations in thermoelectric technology are brought about.

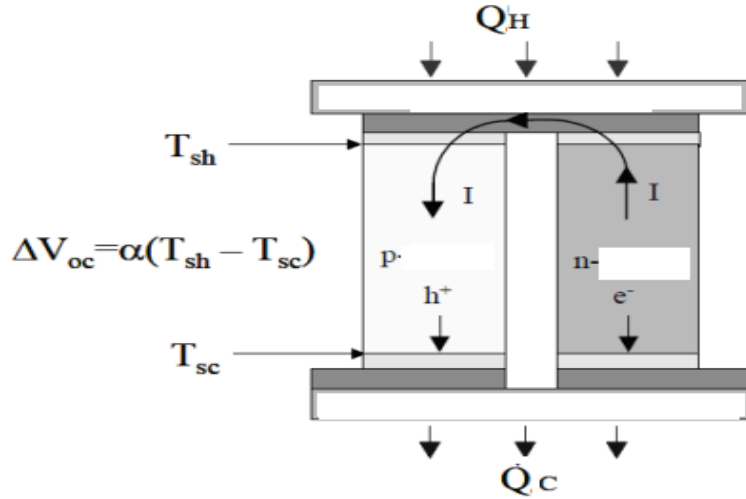
**Key words:** Thermoelectric, semiconductor, Vehicle

## 1. GİRİŞ

Mevcut enerji kaynaklarının sonlu fosil yakıt kökenli olması ve bu kaynakların ortaya çıkardığı olumsuz etkilerinden dolayı insanlık yeni nesil enerji teknolojilerini geliştirmeyi hedef edinmiştir. Günümüzde genel olarak kullanılan ve oldukça yaygın olarak dünyamızda bulunan fosil enerji kaynakları; kömür, petrol, gaz ve orman ürünleridir. Bu gibi kaynaklardan elde edilen enerji kimyasal reaksiyon ve oksidasyon gibi olaylara dayanmaktadır. Kimyasal reaksiyon sonucu ortaya çıkan enerji, doğrudan doğruya kullanılabilirdiği gibi bazı durumlarda da başka bir enerjiye dönüştürülerek dolaylı olarak kullanılır. Yenilenebilir enerji yapısal olarak kaynağını doğadan alan ve kendini yenileyebildiği gibi çevre üzerinde olumsuz etkileri bulunmayan kaynaklar olarak bilinir. Bu enerji kaynakları içinde elektrik enerjisi üretimi, büyük ölçüde elektromanyetik indüksiyona dayalı jeneratörlerin etkisinde olduğunu söyleyebiliriz? Söz konusu etki dışında günümüzde Termoelektrik olarak adlandırılan teknoloji 19. yüzyıl ortalarından beri biliniyor olmasına karşılık yeterince işlevsen bir kullanım alanına ulaşamamıştır. Isı enerjisi ile elektrik enerjisinin birbirlerine doğrudan dönüşümünü tanımlayan termoelektrik, 1821 yılında Thomas Johann Seebeck, tarafından keşfedilmiş fakat o zamanda tam olarak anlaşılmamıştır. Seebeck'in keşfinden 12 yıl sonra 1834'de, Peltier Fransız Bilim Akademisinde, iki farklı iletken arasındaki birleşme yerinde sıcaklık anormallikleriyle ilgili bir makale yayınladı. Bu olgu Peltier etkisi olarak bilinir. Peltier etkisi akım verildiğinde bir üretimi veya iki farklı iletkenin arasındaki sınır tabakanın çevresindeki ısı absorpsiyonunu içerir. Absorbe edilen ya da üretilen sıcaklık miktarı akımla orantılıdır ve orantı katsayısı Peltier katsayısı olarak bilinir. Sonuç olarak sıcaklık absorpsiyonu ya da üretimi yer alsın ya da almasın bu akımın yönüne bağlıdır. Başka bir deyişle bu olgu tersinirdir. Bundan bir anlam çıkarmaya çalışırsak Peltier'in düşüncesine göre, bunun nedeni sertlik, yumuşaklık ya da elektriksel iletkenlik gibi iletkenlerin özellikleridir. Deney sonuçları ortaya koyduğu teorik açıklamaya uymadığı zaman, ölçümlere inanmayı reddetmiştir. Sonraki birkaç yıl boyunca Becquerel ve diğer araştırmacılar Peltier etkisinin gerçek doğasını açıklamaya çalıştılar ve sonuç olarak 1898'de Lenz, bizmut ve antimon yolunun birleşim yerindeki bir çukura bir su damlası yerleştirmiştir. Akım ters çevrildiğinde bu damla buza dönüşür, sonra tekrar ters çevrildiğinde erir. Bilindiği gibi sudan 80 kalori alındığında donar ve 80 kalori verildiğinde erir. Bir elektrik akımı iki iletkenin bağlantı noktasında ısı üretir ya da absorblar. Lenz bunun akım yönüne bağlı olduğunu açıkça izah etmiştir [1].

Termoelektrik sistemlerde etkinlik kullanılan termoelektrik malzemenin tipine göre değişkenlik göstermektedir. Burada sorun değerlerin hesaplanması kısmında dđğümlenmektedir. Değer hesabı, bir malzemenin elektriksel iletkenliğinin oranlanması yoluyla yapılır. Asıl hedeflenen çalışma malzemenin içinden elektronların kolayca geçmesine uygun ancak ısı veya termal titreşimlerin (fonon) geçişine dirençli olmasıdır [2].

Termoelektrik yapılar, termoelektrik jeneratörler ve soğutucular olmak üzere iki baslık altında incelenebilir. Termoelektrik jeneratörler ve soğutucular termodinamik kanunlarına bağlı olarak doğrudan enerji dđnüşümlerini gerçekleştiren yapılardır. Termoelektrik jeneratörler ısı enerjisini doğrudan elektrik enerjisine eviren yapılardır. Termoelektrik soğutucular ise ısının soğuk bölgeden sıcak bölgeye elektrik enerjisini kullanarak taşınmasını sağlayan ısı pompalarıdır. Buna ek olarak termoelektrik soğutucularda soğuk bölgeden sıcak bölgeye ısı transferinin gerçekleşmesi için dışarıdan bir iř uygulaması gerekliliği önemlidir. Termoelektrik jeneratörlerde ve soğutucularda yarı iletken malzemeler kullanılmakta ve kullanılan n ve p tipi yarı iletkenlerin ısı transferinde gösterdikleri tepkiler değişiklik göstermektedir. N tipi yarı iletkenlerde ısı serbest olan elektronlar ile taşınırken p tipi yarı iletkenlerde boşluklar ile taşınır. N ve p tipi bu iki yarı iletkenin birbirlerine iletken bir malzeme ile bağlanması ile tek bir hücre oluşturulmuş olur. Bu hücrelerin birleştirilmesi ile termoelektrik modül oluşturulur.



şekil 1. Sıcaklık farkıyla oluşan elektron hareketliliği [3].

Teknolojinin ilerlemesi ve tüketicilerden gelen taleplere bağlı olarak araçlarda konfor gün geçtikçe artmaktadır. Artan konfora paralel olarak araçlarda enerji tüketimi de artmaktadır. Soğutma ve ısıtma sistemleri, elektrikli camlar, yol bilgisayarı, radyo, açılabilir tavan, sensör ve güvenli sürüş elektronik donanımları ve daha birçok birleşen elektrik enerjisine gereksinim duymaktadır. Elektrik enerjisinin depo edilme sorunu ve akü sistemlerinin araç üzerinde yarattığı ekstra yükler yakıt tüketimini arttırmaktadır. Bu nedenle enerjinin araç üzerinde daha hafif elemanlar ile üretimi gereksiz yüklerden kaçınılmasını ve fosil yakıtların daha az kullanılmasını sağlayacaktır. Termoelektrik jeneratör modülü egzoz gazlarının ısısından ürettiği elektrik ile alternatör tarafından üretilen elektrik gücünün önemli bir bölümünü karşıladığından dolayı taşıtların yakıt tüketimini azaltacaktır [4].

### 1.1. Termoelektrik Etkiler

Termoelektrik, ısı enerjisinin elektrik enerjisine veya elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşümüdür. Termoelektriğin temelini oluşturan fiziksel prensipler 1800'lü yıllara dayanmaktadır. Termoelektrikle ilgili ilk önemli buluş; 1821'de Alman Thomas Seebeck tarafından farklı iki metalden oluşan ve metallerin birleşim yerlerinin farklı sıcaklıklarda tutulduğu kapalı bir devrede devamlı elektrik akımının oluştuğunu bulmasıdır. 1834'te Jean Peltier'in "Seebeck Etkisi" üzerine yaptığı araştırmalar sonucu kapalı bir devreye elektrik akımı verilmesi halinde farklı metallerin birleşim yerlerinden ısı enerjisinin birinden atılırken diğerinde absorplandığı ortaya çıkmıştır. Yirmi yıl sonrasında ise William Thompson; Seebeck ve Peltier Etkileri arasında ilişki kurmuştur. Birkaç yıl süren bu aktivite sırasında değerlendirilen hemen hemen tüm bilinen yarı iletkenler, yarı metaller ve alaşımlar arasında oda sıcaklığında en iyi sonucu veren malzemelerin  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  ve  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  alaşımları olduğu ortaya çıkmıştır [5].

#### 1.1.1. Seebeck Etkisi

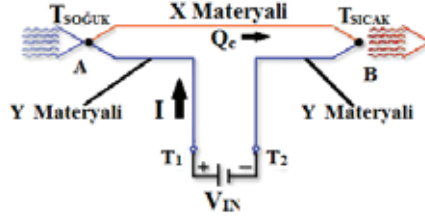
Johann Seebeck oluşturduğu elektrik devresinde iki farklı metal kullanarak metallerin farklı sıcaklıklarda olması durumunda elektrik akımını ürettiğini gözlemledi. Seebeck önce bu olayı farklı sıcaklıklardaki metallerin manyetik alan oluşturduğunu ve bu manyetik alanında bir akım ortaya çıkardığına inandı. Ancak indükleme ile oluşan elektrik akımının magnetler tarafından Amper yasasına uygun bir şekilde olacağı biliniyordu. Daha sonra metaller

arasındaki sıcaklık farkının bu metaller arasında bir elektriksel gerilim farkını oluşturduğu ve bu gerilim farkında devrede akım oluşturduğu anlaşıldı. Bu olay Seebeck olayı olarak bilinmektedir. Metaller arasında oluşan elektriksel gerilim, sıcaklık farkının büyüklüğüne bağlıdır. Bu büyüklük Seebeck katsayısı ile tanımlanabilir. Sıcaklık ölçümlerinde kullanılan ısı çiftlerinin çalışma prensibi bu olayla açıklanabilir.

Sıcaklık farkından dolayı oluşan bu elektrik potansiyeline *Seebeck etkisi* denir ve bu etki bir sabitle tanımlanabileceği için bu sabite *Seebeck katsayısı* denir. Eğer serbest yük taşıyıcıları olan gaz molekülleri pozitif yüklü ise bu malzemeye *p-tipli malzeme* denir. Pozitif yükler soğuk kısımda birikeceğinden pozitif potansiyel ortaya çıkacaktır. Benzer olarak serbest yükler negatif yüklü iseler *n-tipli malzeme* denir ve böylece negatif potansiyel ortaya çıkar arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır [5,6].

### 1.1.2. Peltier Etkisi

1834 yılında Charles Athanasa Peltier, iki farklı metali birleştirerek elektrik akımı uygulamış ve bu birleşme noktasında metallerden birinin ısındığını, diğerinin ise soğuduğunu gözlemlemiştir. Isının akış yönü, elektrik akımının yönüne bağlı olup, gerilim ters çevrildiğinde, öncelikle ısınan metal bu sefer soğumakta ve soğuyan metal de ısınmaktadır. Termoelektrik etkinin çift yönlü olduğunu ortaya koyan Peltier deneyi termoelektrik soğutuculara (TEC) öncülük etmiştir. Materyallerde ısı akışının akıma oranı Peltier Etkisi (P) olarak bilinir. Bu durum, yarı iletken içinde ısıyı taşıyacak olan parçacıkların dışarıdan uygulanan sıcaklıktan etkilenerek yer değiştirmeleri yerine dışarıdan yarı iletken uçlarına uygulanan gerilim farkı ile ısı taşıyıcı parçacıkların yer değiştirmesi sağlanır. Böylece ısı yarı iletkenin bir ucundan diğer ucuna aktarılması olur. Bu ısı aktarımının hızı kullanılan malzemelerin özelliklerine bağlıdır. Yani p ve n tipli yarı iletkenlerin seri olarak birleştirilmesi ve bu devre üzerinden doğru akım geçtiğinde, yarı iletkenin bir ucundan ısı emilirken, diğer ucundan ısı açığa çıkar. Açığa çıkan ısı miktarı, devreden geçirilen doğru akımla doğru orantılıdır. Elektronlar, farklı iki yarı iletken malzemenin birleşme noktasından birinden diğerine geçerken, yarı iletkenlerin bir tarafları ısı enerjisini soğurucu diğer tarafında ise ısı enerjisini yayıcı bir şekilde davranmaktadır.



Şekil 2. Peltier Deneyi ve Termoelektrik Çifti

Peltier deneyinde X ve Y malzemeleri, yine A ve B noktalarından birleştirilir. T1 ve T2 terminali arasında  $V_{IN}$  gerilimi uygulandığında akan I akımı,  $Q_c$  miktarındaki bir ısının A noktasından alınarak B noktasına verilmesine neden olur. Aktarılan ısı şu formülle hesaplanır:

$$Q_c = I \cdot b_{xy} \quad (1)$$

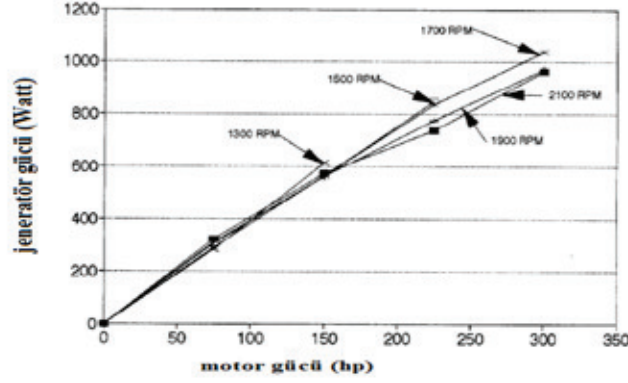
Burada  $b_{xy}$ , malzemenin cinsi, modülün geometrisi ve sıcaklığa bağımlı bir çarpandır [7]. Termoelektrik ısıyı materyalin bir tarafından diğer tarafına iletebilen taşıyıcı yük akışı söz konusudur.

Her yönüyle hiçbir soğutma sistemi ideal değilken ve her alet için termoelektrik modüllerin kullanımı uygun değilken, termoelektrik soğutucular alternatif teknoloji olarak daha büyük avantajlar sağlar. Çevreye duyarlılığı açısından konvansiyonel soğutucu sistemleri kloroflorokarbonlar veya diğer kimyasallar kullanılmadan üretilemezler. Bu kimyasal maddeler çevreye zarar verebilirler. Termoelektrik aletler hiçbir tür gazı kullanmaz ve üretmez [8].

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Clarkson üniversitesi küçük vasıtalı araçlar için TEG' nin uygulamaları geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir. Çoğu trafiğe kapalı alanlarda ağır vasıtalı araçlar ile alakalı TEG sistemini geliştiren firma olan Hi-Z teknoloji ile ortaklaşa çalışan Clarkson Üniversitesi küçük vasıtalarda eksiksiz bir TEG sistemi tamamlanarak test etmiştir. Sistemin temel elemanları bizmut ve tellürün farklı kompozisyonlarından oluşan yarı iletkenler, seramik yapı ve termokupllardır. Bu sistemde bir yüzeyin ısıtılmasına karşın diğer yüzeyin soğutulması ile elektrik üretimi oluştuğu bilinmektedir. Bu araştırma projesinin birinci safhasında kamyonet tipi araçlar için TEG sisteminin eskizsiz tasarımı ve teknik özellikleri geliştirilmiştir. Isı değiştiriciler ile birlikte genel





Şekil 6. Motor gücüne bağlı olarak değişen çıkış gücü

Dizel motorlarının egzozsundan 1Kw elektrik üreten program için orijinal tasarım amacıyla mevcut tasarımlar karşılaştırılmıştır. Burada sağlanan bilgiler gösteriyor ki ısı transfer tasarımları son derece önemlidir. Hem elemanlar arasındaki sıcaklık farkı hem de elementlerin ortalama sıcaklıklarının hassasiyetleri nedeniyle sistem dikkat edilmesi gereken bazı hususları içerir [10].

Isı akışının doğrudan yararlı elektrik enerjisine çevrildiği bir çok işlem den biri olan termoelektrik enerji üretimi yüksek güvenilirlik, sessizlik, hareketli parçaların olmayışı ve uzun ömürlü bakımsız çalışması gibi sebeplerle ön plana çıkmaktadır. Termoelektrik jeneratör sisteminin jeotermal sistemler için de kullanılabilir olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Melcor firmasının CP1.4-127-06L kodlu 12 adet termoelektrik modülü elektriksel olarak seri bağlanarak bir modül düzeneği oluşturulmuştur. Sistemde ısıtma bloğu için kullanılan jeotermal su yerine, güneş enerjisi ile ısıtılan su veya doğrudan güneş enerjisi kullanılarak da elektrik enerjisi elde edilebilir. Jeneratör yüksüz ise 43 °C sıcaklık farkında ürettiği gerilim 28,12 V olarak ölçülmüştür. 40 °C sıcaklık farkında 6.15 W olarak bulunmuştur [11].

Otomotiv endüstrisi atık gazların dönüşü üzerine son zamanlarda bazı gelişmeler göstermektedir. 400 K ile 1000 K sıcaklık aralığına sahip egzoz gazlarındaki enerjinin geri dönüşümü ile alternatör sistemine yardımcı ya da onun yerine kullanılması sonucu yakıt tüketiminde azalmalar sağladığı yapılan çalışmalarla ispatlanmıştır. İşletme sistemine, motor kapasitesine göre değişen atık ısı 20 kW ile 400 kW aralığında olup son derece önemli bir kayıp olarak değerlendirilmektedir. Atık termal enerjinin geri dönüşü ile üretilen elektrik yakıt etkinliğini arttırmada, artan elektrik ihtiyacını karşılamada



ve sera gazı emisyonlarını azaltma konusunda etkili olabilecektir. Bu alanda devam eden çalışmalarda  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  alaşımları kullanılarak bazı prototipler başarıyla elde edilmiştir [12].

Alt ve üst soğutucunun sıcaklık dağılımını karşılaştırmak için 2300 devirde 20-120 N.m yük altında ölçümler yapılmıştır. Ayrıca alt soğutucunun sıcaklık dağılımı 1700 ile 3200 motor devrinde sunulmuştur. Yapılan araştırma sonuçları şunu gösteriyor ki egzoz gazlarının ısı yoğunluğu motor hız ve motor yüküne bağlı olarak değişmektedir. Maksimum motor gücü 3300 devirde 120 Nm yük altında 41 kW olarak belirlenmiştir. Tasarlanan ısı değiştirici, motor çalışma parametrelerine bağlı olan egzoz gazlarının 0.6 ile 5 kW arasındaki enerjisini faydalı kullanımına müsaade eden bir tasarımdır. %5 etkinliğe sahip olan termoelektrik modül ile 750 W elektrik gücü sağlamak mümkün olabilir [13].

Termoelektrik aletlerin yaygın kullanımına ulaşmak için biraz daha zamana ihtiyacın olduğunu söyleyebiliriz. Şimdiden kesin bir kullanım alanının bilgisayar ekipmanlarının soğutulması olduğunu söyleyebiliriz. Aynı mantık otomobillerin içinin soğutulması alanında da geçerlidir. Her yolcuya yakın çalışacak termoelektrik serinletme sistemleri geliştirilebilir. Termoelektrik soğutmanın mini buzdolaplarında etkili çalıştığı yapılan çalışmalarda görülmüştür. Daha etkili malzemeler ile otomobil uygulamalarının önü açılabilir. Bu sistemlerde en yoğun kullanım soğutma alanında olmuştur. Otomobillerde kullanılan küçük buzdolapları, bilgisayar işlemcilerinin soğutulması sistemin kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Bunun beraberinde atık gazlardan elektrik üretimi de çalışılan belirli alanların başında gelir. Termoelektrik modüllerde buzdolaplarında olduğu gibi gaz sıkıştırıcı kompresörler kullanmadığı için oldukça sessizlerdir. Bu yüzden klimalarda da kullanılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Termoelektrik enerji, pil ve akülerin şarj edilmesinde, aydınlatma elemanlarının çalıştırılmasında, araçlarda yakıt tasarrufu sağlanmasında kullanılmaktadır. Termoelektrik enerjiyi özellikle ısının atıl duruma, geri dönüşümünün yapılmadığı durumlarda kullanımı ön plandadır. Sobalar, araç egzozları, doğal sıcak su kaynakları, gazlı su ısıtıcıları, güneş ışınlarının odaklanması gibi atıl ısının değerlendirilebileceği kaynaklardan kullanılır. Termoelektrik teknolojisinin kullanıldığı bir başka alanda araç koltuk sisteminin lokal olarak ısıtılması ve soğutulması olmuştur [14].

Sıcak yüzeyde, elektronların yüksek enerji seviyesindeki n-tipi yarı iletken elementten daha düşük bir enerji seviyesindeki p-tipi yarı iletken element üzerinde hareket etmesiyle bir ısı düşüşü olur, böylece ısı enerjisi atılmış

olur. Termoelektrik soğutucular ısı pompasıdır; hareketli parça, akışkan ve ya gaz içermez. Dışarıdan verilen elektriksel güç arttırılırsa, hareketli elektron sayısı da artacağından soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki ısı transfer miktarı da artacaktır. Eğer akım yönü ters çevrilirse, bu işlem tersine işleyecek ve sıcak yüzeyle, soğuk yüzey kendi arasında yer değiştirecektir. Yüzeyler arasındaki sıcaklık farkından dolayı modül elektrik üretmeye başlayacaktır [15].

### 3. SONUÇ

Yüzeyler arası ısı geçişinin azaltılması, sıcak yüzeyin ısı kaybının düşürülmesi, soğuk yüzeyin daha iyi soğutulması gibi yapılacak bazı iyileştirmelerle bu etkinlik daha da arttırılabilir. Böylece Termoelektrik enerji üretim sistemleri önümüzdeki yıllarda önemli bir alternatif enerji kaynağı olarak karşımıza çıkaracaktır. Termoelektrik güç üretimi ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüşme şeklidir. Başka bir deyişle bir yarı iletkenin sıcak ve soğuk yüzeyleri arasında meydana gelen sıcaklığa bağlı olarak kaynaklanan ısının elektrik enerjisine dönüşümüdür. Deney düzenekleri bu tanıma göre tasarlanmıştır. Amaç termoelektrik modüller üzerinde maksimum sıcaklık farkını yakalayarak doğal şartlar altında çevre dostu alternatif bir sistem meydana getirmektir. Termoelektrik jeneratörlerinin geliştirilmesi ile daha yüksek oranlarda güç sağlayacağı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Daha geniş ölçekte otomobillerin içinin termoelektrik soğutulmasında kullanımı mümkün olabilir. Sürücü ve yolculara yakın bölgelere uygulanacak olan soğutma ile termoelektrik serinletme sistemleri geliştirilebilir.

### 4. KAYNAKLAR

- [1] Pişkin, M.B., 2006. "Yarı İletken Alaşımlarının Elektrik, Termoelektrik, Fiziksel Ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi Ve Sanayi Uygulamaları" Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- [2] Gönülşen, B., "Isıdan Doğrudan Güce", Teknoloji Dünyası, Mühendislik Ve Makine, 49,587.
- [3] Douglas T. Crane, "Potential Thermoelectric Applications In Diesel Vehicles", Proceedings Of The 9<sup>th</sup> Diesel Engine Emissions Reduction (Deer) Conference: August 24-28, 2003, Newport, Rhode Island.
- [4] [http://bilimselkonular.com/index.php/ueye-bloglarından/ucuz-ve-etkinlikli\\_termoelektrik.html](http://bilimselkonular.com/index.php/ueye-bloglarından/ucuz-ve-etkinlikli_termoelektrik.html), 13.11.2011.
- [5] Derun, E.M., 2005. Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> Ve Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> İçerikli Bileşiklerin Termoelektrik, Yapısal Ve Mikroyapısal Özelliklerinin İncelenmesi', Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- [6] Özgün, H. 2009. Termoelektrik Jeneratörlerin Çok Düşük Sıcaklıklarda Teorik ve Deneysel Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Bilim ve Teknoloji A.B.D.
- [7] Döşkaya H.E., 2010. Güneş Enerjisi ve Atık Isı Kullanılarak Termoelektrik Modül İle Deneysel Elektrik Üretimi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği A.B.D , Hatay.
- [8] Bansal P. K. ve Martin A. 2000. Comparative Study Of Vapour Compression, Thermoelectric And Absorption Refrigerators” *International Journal Of Energy Research*, 24:93-107.
- [9] Eric F. Thacher, Joseph R. W Agner, Sr. Project Manager, Thermoelectric Generator, Clarkson University.
- [10] Aleksandr S. Kushch, John C. Bass, Saeid Ghamaty and Norbert B. Elsner, Thermoelectric Development At Hi-Z Technology, Paccar Technical Center.
- [11] Su,Ş., İlbaş,M., Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Ve Sergisi”, Tmmob Makina Mühendisleri Odası, Ekim 2003 - Kayseri.
- [12] Jean-Pierre Fleurial’ Thermoelectric Power Generation Materials: Technology And Application Opportunities, *Springer, Pages: 79-85,volume: 61, issue: 4, (2009)*.
- [13] K. Wojciechowski, J. Merkisz, P. Fuć, P. Lijewski, M.Schmidt Study of Recovery Of Waste Heat From The Exhaust of Automotive Engine, Poznan University of Technology, Piotrowo 3, 60-965, Poznan, Poland.
- [14] Gönülşen B.,Isıdan Doğrudan Güce, *Teknoloji Dünyası, Mühendis ve makine*, 49,587.
- [15] Yalçınkaya,G., 2008.“ Termoelektrik Modül İle Soğutma Ve Deneysel Elektrik Üretimi” Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.