

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA BATARYA TERMAL YÖNETİM SİSTEMLERİNİN PSI YÖNTEMİYLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Aşlı ABDULVAHİTOĞLU

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

abdulvahitoglu@atu.edu.tr ORCID ID:0000-0002-3603-6748

Dr. Öğr. Üyesi Adnan ABDULVAHİTOĞLU

Mudanya Üniversitesi

abdulvahitoglu@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-2659-6709

ÖZET

Günümüz dünyasında teknolojiye ilerlemeler ve değişimin hız kazanması ile sürdürülebilir çevre hedeflerinin ön plana çıkması, alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Bu dönüşümün merkezinde, fosil yakıt bağımlılığını azaltma, karbon emisyonlarını düşürme potansiyeliyle küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede öne çıkan elektrikli araçlar (EA) yer almaktadır. EA'ların performansını ve güvenliğini doğrudan etkileyen temel bileşenlerden biri, yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle tercih edilen lityum iyon piller (LIB)dir. Ancak LIB'ler, çalışma sırasında meydana gelen aşırı ısı üretimi sonucu termal dengesizlik ve sıcak nokta oluşumu gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu durum, batarya ömrünü kısaltmakta ve sistem güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu bağlamda, etkin bir batarya termal yönetim sisteminin (BTYS) tasarımı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada EA'larda yaygın olarak kullanılan LIB'lerin farklı soğutma yöntemleri ve malzeme kombinasyonları Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımlarından PSI (Tercih Seçim İndeksi) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu şekilde performans, maliyet, enerji verimliliği ve çevresel etki kriterleri açısından en uygun BTMS seçeneği belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sürdürülebilir ve güvenli EA teknolojilerinin geliştirilmesinde karar destek sistemlerinin etkinliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler : EA, LIB, BTYS, ÇKKV, PSI

1.GİRİŞ

Günümüzde teknolojiye meydana gelen hızlı değişim ve gelişim sayesinde küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele çalışmalarının merkezine elektrikli araçlar (EA'lar) yerleşmiştir. EA'ların verimliliği, güvenilirliği, menzili vb stratejik konularda en kritik bileşenlerinden biri batarya sistemleridir. Ancak bataryaların aşırı ısı üretimi, hem performansı düşürmekte hem de güvenlik risklerini artırmaktadır. Bu nedenle, etkili bir batarya termal yönetim sistemi (BTMS) tasarımı, batarya ömrünün korunması ve sistemin güvenli bir şekilde çalıştırılabilmesi için büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda geliştirilen hibrit sıvı soğutma–faz değişim malzemesi (LC–PCM) tabanlı termal yönetim sistemlerinin (hibrit-LC-BTMS), aktif ve pasif soğutma stratejilerini bir araya getirerek tek modlu sistemlere kıyasla daha dengeli sıcaklık dağılımı sağladığı görülmektedir. Venkatesh ve ark. (2024), PCM’lerin gözenekli mini kanallarla birlikte kullanılmasının prizmatik LIB’lerde ısı dağılımını iyileştirerek termal yönetim verimliliğini artırdığını ortaya koymuştur. Benzer biçimde, Saber ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada, PCM’lerin sıcaklık dalgalanmalarını azaltmadaki etkinliğini ve bu sayede pil ömrü ile güvenliğine yaptığı olumlu katkıyı vurgulamışlardır.

Faz Değişim Malzemeleri (PCM), kısaca katı ve sıvı fazlar arasında gerçekleşen geçişler sırasında ısıyı emerek veya serbest bırakarak sistemlerin sıcaklık stabilitesini sağlayan maddelerdir. PCM’ler, bu özellikleri sayesinde binaların ısı yönetiminde, enerji depolamada ve pil sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lee vd., 2019; Lencer vd., 2011; Bayraktar, 2020). Katı hal PCM’ler, sızıntı riskinin düşük olması ve yapısal kararlılıkları nedeniyle özellikle otomotiv uygulamaları için uygun görülmektedir (Al-Abidi, 2013). Ancak, prizmatik LIB’lerde kullanılacak PCM türlerinin termofiziksel özelliklerine dayalı sistematik karşılaştırmalar literatürde sınırlı düzeydedir.

Bu çalışmada, farklı katı PCM’lerin erime sıcaklığı, gizli ısı, özgül ısı, yoğunluk ve termal iletkenlik gibi termofiziksel özellikleri dikkate alınarak, hibrit LC–PCM termal yönetim sistemlerinde kullanılacak en uygun malzemenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak çeşitli PCM’ler performans, verimlilik ve uygulanabilirlik kriterleri açısından karşılaştırılmıştır. ÇKKV yaklaşımı, birden fazla kriterin eş zamanlı olarak sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak tanıdığı için, karar sürecine nesnel bir çerçeve kazandırmaktadır. Böylece, EA’larda optimum termal yönetimi sağlayacak PCM malzemesinin seçimi bilimsel ve analitik bir temele dayandırılmıştır. Çalışmanın aşamaları aşağıda Görsel 1’de gösterilmiştir.



Görsel 1. Çalışmanın aşamaları

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada EA araçların en önemli bileşenlerin biri olan batarya sistemlerinde etkili bir batarya termal yönetim sisteminin (BTMS) oluşturulması için kullanılan PCM’ler ÇKKV yöntemlerinden PSI yöntemi ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2.1. Faz Değiştiren Malzemeler (PCM)

PCM'ler, yüksek gizli ısı depolama kapasiteleri nedeniyle enerji yönetimi ve ısı kontrolü uygulamalarında özellikle EA BTMS'lerinde giderek daha fazla önem kazanan malzemelerdir. Bu malzemeler, katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya geçiş sırasında ısıyı emerek veya serbest bırakarak sıcaklık dalgalanmalarını dengeler ve sistemin termal kararlılığını korurlar (Yatağanbaba, 2013; Meletli, 2023). PCM'ler, faz değiştirme sıcaklıklarına ulaştıklarında sıcaklık artışı olmaksızın büyük miktarda ısı depolayabilir ve çevre sıcaklığı düştüğünde bu enerjiyi geri verebilir.

Evrende bulunan her madde teorik olarak faz değiştirebilse de sadece belirli sıcaklık aralıklarında faz geçişi yapabilen ve bu geçişlerin kontrol edilmesine imkan veren malzemeler enerji depolama açısından etkilidir. Bu nedenle enerji depolama uygulamalarında genellikle katı-sıvı faz değişimi tercih edilir; çünkü sıvı-buhar geçişleri, yüksek hacim ve basınç değişimleri nedeniyle pratik değildir. İdeal bir PCM, yüksek ısıl iletkenliğe, düşük aşırı soğuma eğilimine, kimyasal kararlılığa ve toksik olmayan bir yapıya sahip olmalıdır (Uğurlu, 2008).

PCM'ler, faz geçişleri sırasında büyük miktarda termal enerjiyi emerek ve depolayarak sistemlerin enerji dengesini korur (Özdemir vd., 2022). Bu özellikleri sayesinde, termal yönetim, enerji depolama ve pil sistemleri gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. PCM'lerin en büyük özelliklerinden biri, tekrarlanan faz değişim döngülerinde ısıl dengeyi koruyarak kararlı ortam sıcaklığı sağlamalarıdır (Meletli, 2023). Bir maddenin faz değişimi sırasında depoladığı veya serbest bıraktığı enerji "gizli ısı (latent heat)" olarak tanımlanır. Örneğin, bir katı madde erime noktasına ulaştığında ısı emerek sıvı faza geçer; çevre sıcaklığı düştüğünde ise yeniden katılaşılarak bu enerjiyi serbest bırakır. Bu süreç, parafin mumları gibi tipik PCM'lerde rahatlıkla gözlemlenebilir (Farid vd., 2004).

PCM'ler, kimyasal yapılarına göre organik, inorganik ve ötektik (organik-inorganik karışım) olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Organik PCM'ler genellikle parafin ve parafin olmayan bileşiklerden oluşurken, inorganik PCM'ler tuz hidratlar veya metaller içerebilir (Javadi, 2020). PCM entegrasyonunun etkinliği; erime sıcaklığı, gizli ısı kapasitesi, yoğunluk, termal iletkenlik ve hacimsel ısı kapasitesi gibi termo-fiziksel özelliklerle yakından ilişkilidir (Bayram ve Orhon, 2020). Bu özellikleriyle faz değiştiren malzemeler, güneş enerjisi sistemlerinden bina yalıtımına, elektronik soğutmadan uzay teknolojilerine kadar geniş bir uygulama alanı bulmakta ve termal enerji depolama ile enerji talep dengesinin sağlanmasına yönelik sürdürülebilir çözümler sunmaktadır (Farid vd., 2004).

Bu çalışmada ele alınan EA'ların bataryalarındaki, prizmatik lityum iyon hücrelere yönelik hibrit LC-BTMS yapılarında kullanılan PCM'lerin termo-fiziksel özellikleri aşağıda açıklanmıştır (Zhou ve ark.,2022, Wu ve ark, 2024, Liu ve ark, 2022, Awashi ve ark, 2025)

- i. Erime sıcaklığı: BTMS performansını belirleyen en kritik parametredir. PCM'in erime noktası hücrenin izin verilen çalışma sıcaklık aralığına tam olarak uymazsa sistem etkin bir ısıl tampon görevi göremez. Erime sıcaklığı çok düşükse PCM tüm çalışma boyunca sıvı kalır ve faz değişimi avantajı ortadan kalkar. Çok yüksekse hücre kritik sıcaklıklara ulaşmadan PCM aktive olamaz. Bu nedenle termal kontrolün hedef sıcaklık penceresi ile PCM erime sıcaklığının uyumu birincil tasarım kriteridir.
- ii. Gizli ısı: PCM'in faz değişimi sırasında soğurma kapasitesini belirler ve hücrenin pik ısınma yüklerini ne kadar süreyle bastırabileceğini doğrudan etkiler. Yüksek gizli ısı,

- özellikle hızlı şarj veya yüksek deşarj senaryolarında sıcaklık yükselmesini önemli ölçüde yavaşlatır. PCM seçiminin enerji depolama kapasitesi yönünden ana göstergesidir.
- iii. Isıl iletkenlik: Hibrit LC-BTMS içinde ısıyı hücre yüzeyinden PCM hacmine ve oradan da soğutma sıvısına aktarma hızını belirler. PCM'ler tipik olarak düşük iletkenliğe sahiptir; bu nedenle iletkenlik, ek katkılarla (grafit, metal köpük, CNT vb.) iyileştirilen kritik bir parametre olarak öne çıkar. Düşük iletkenlik, PCM'in gizli ısısından tam olarak yararlanılamamasına ve sıcaklık gradyanlarının artmasına yol açar.
- iv. Özgül ısı: Faz değişimi öncesi ve sonrası sıcaklık artışlarını yavaşlatmada rol oynadığı için önemlidir, ancak gizli ısıya kıyasla etkisi sınırlıdır. PCM katı bölgedeyken ilk ısınma eğimini etkiler, fakat esas ısıl yük yönetimi faz değişiminde gerçekleştiği için özgül ısı genellikle ikincil kriter olarak değerlendirilmiştir.
- v. Yoğunluk: Yoğunluk, sistemin hacimsel enerji soğurma kapasitesi ve paketleme verimliliği açısından değerlidir. Ancak diğer parametreler kadar kritik değildir. Daha çok kütle, hacim ve mekanik entegrasyon açısından etkili bir mühendislik kriteridir. Termal performansı doğrudan belirleyici rolü sınırlı olduğundan son sırada değerlendirilmiştir.
- EA'ların BTMS performansını etkileyen bu parametreler kapsamında karşılaştırılan PCM'ler ve özellikleri aşağıda Çizelge 1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. PCM'ler ve özellikleri (Awashi ve ark, 2025)

Kriter Yönü	max	max	max	max	min
PCM	Gizli ısı	Özgül ısı	Yoğunluk	Isıl İletkenlik	Erime sıcaklığı
Paraffin wax	176	2180	814	0,35	33,1
Paraffin and graphite	258,5	1926	998,2	1,23	40-43
RT35HC	240	2000	880	0,2	34-36
RT27	179	2500	870	0,24	26-28

2.2. Tercih Seçim İndeksi (PSI) Yöntemi

İngilizce açılımı "Preference Selection Index" olan PSI yöntemi, Maniya ve Bhatt tarafından 2010 yılında geliştirilen ve sıralama temelli Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden biridir. Temel olarak istatistiksel değerlendirme prensiplerine dayanan bu yöntem, karar verme sürecinde öne çıkan basit ve sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. PSI yönteminin en dikkat çekici yönü, diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak kriterler arası göreceli önem derecesi veya ağırlıklandırma işlemine ihtiyaç duymamasıdır (Maniya ve Bhatt, 2010; Attri ve Grover, 2015). Bu özelliği sayesinde, kriter ağırlıkları konusunda belirsizlik veya fikir ayrılığı bulunan durumlarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Madic vd., 2017).

Yöntem kapsamında her bir alternatif için belirli istatistiksel işlemler uygulanarak tercih seçim indeksi adı verilen bir skor elde edilir. Elde edilen bu indeks değeri, alternatiflerin en uygun olandan en az uygun olana doğru sıralanmasına olanak tanır (Tuş ve Adalı, 2018). PSI yöntemi, bu yönüyle hem uygulama kolaylığı hem de öznel yargılardan bağımsız sonuçlar sunması bakımından literatürde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Yöntemin adımları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır (Maniya ve Bhatt, 2011; Akbulut vd., 2024).

Adım 1. Eşitlik (1) ile başlangıç karar matrisi oluşturulur

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Fayda (max) yönlü kriterler Eşitlik (2) ve maliyet (min) yönlü kriterler Eşitlik (3) kullanılarak X başlangıç matrisi normalize edilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{j,max}} \quad (2)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{j,min}}{x_{ij}} \quad (3)$$

Adım 3. Eşitlik (4) kullanılarak tercih varyans değeri (PV_j) hesaplanır. \bar{x}_{ij}^* : j. Seçeneğin normalize edilmiş değerlerinin eşitlik (5) ile gösterilen aritmetik ortalaması alınır.

$$PV_j = \sum_{i=1}^N (x_{ij}^* - \bar{x}_{ij}^*)^2 \quad (4)$$

$$\bar{x}_{ij}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij}^* \quad (5)$$

Adım 4. Eşitlik (6) ile tercih değerindeki sapma (ϕ_j), Eşitlik (7) ile de genel tercih değeri (ψ_j) hesaplanır.

$$\phi_j = 1 - PV_j \quad (6)$$

$$w_j = \psi_j = \frac{\phi_j}{\sum_{j=1}^M \phi_j} \quad (7)$$

Burada w_j 'lerin toplamı 1'e eşit olmalıdır.

Adım 5. Tercih indeksi (I_i)'nin Eşitlik (8) ile hesaplaması yapılır ve sonuçlar büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$I_i = \sum_{j=1}^M x_{ij}^* \psi_j \quad (8)$$

3. TARTIŞMA VE BULGULAR

Çizelge 1.'de belirtilen PCM'ler ve özellikleri PSI yönteminde X başlangıç matrisi oluşturmaktadır. PSI yönteminde (2) ve (3) numaralı eşitlikler kullanılarak başlangıç matrisi normalize edilir. Normalize edilmiş matris aşağıda Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. PSI yönteminde normalize edilmiş matris.

PCM	Gizli ısı	Özgül ısı	Yoğunluk	Isıl İletkenlik	Erime sıcaklığı
Paraffin wax	0,68085	0,87200	0,81547	0,28455	0,78788
Paraffin and graphite	1,00000	0,77040	1,00000	1,00000	0,65000
RT35HC	0,92843	0,80000	0,88159	0,16260	0,76471
RT27	0,69246	1,00000	0,87157	0,19512	1,00000

Sırasıyla (4)-(8) numaralı eşitliklerde belirtilen PSI yönteminin diğer adımları uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar aşağıda Çizelge 3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. PSI yönteminde sonuçlar

PCM	PV_j	ϕ_j	ψ_j	I_i	Sıralama
Paraffin wax	0,2229	0,7771	0,274569549	0,944725	2
Paraffin and graphite	0,108029	0,891971	0,315156645	1,393118	1
RT35HC	0,387861	0,612139	0,216284767	0,76507	3
RT27	0,450963	0,549037	0,193989039	0,729233	4

Yapılan işlemler sonucunda en etkili sonucu verecek PCM'ler sırasıyla "Paraffin and graphite", "Paraffin wax" ve "RT35HC" olarak tespit edilmiştir. Tüm hesaplamalar Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, EA'larda kullanılan bataryaların termal yönetim performansını iyileştirmeye yönelik kullanılan dört farklı PCM, ÇKKV yöntemlerinden PSI yöntemi ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada "Paraffin wax", "Paraffin and graphite", "RT35HC" ve "RT27" olmak üzere dört farklı PCM'in erime sıcaklığı, gizli ısı, özgül ısı, yoğunluk ve ısı iletkenlik gibi termo-fiziksel özellikleri değerlendirilmiştir. PSI yöntemi, kriter ağırlıklandırmasına ihtiyaç duymadan objektif bir sıralama yapılmasına olanak tanıdığı için, bu tür çok kriterli karar verme problemlerinde etkin bir araç olarak kolaylıkla kullanılabilmesi yönünden öne çıkmıştır. Analiz sonuçları, BTMS'lerde kullanılacak en uygun PCM'in "Paraffin and graphite" olduğunu göstermiştir. Bu malzeme, yüksek gizli ısı kapasitesi ve ısı iletkenlik özellikleri sayesinde batarya hücreleri arasında daha homojen bir sıcaklık dağılımı sağlayarak aşırı ısınma riskini azaltmaktadır. Onu sırasıyla "Paraffin wax" ve "RT35HC" takip etmiştir. Elde edilen sonuçlar, hibrit LC-PCM tabanlı sistemlerde termal denge ve enerji verimliliği açısından grafit katkılı parafin bazlı PCM'lerin daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur. Microsoft Excel ortamında gerçekleştirilmiş çalışma bulguları PSI yönteminin EA batarya soğutma sistemlerinde malzeme seçimi için etkili bir karar destek aracı olduğunu kanıtlamaktadır. Gelecek çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemlerinin entegrasyonu, ağırlıklandırma yaklaşımlarının eklenmesi ve bazı parametrelerin değiştirilerek duyarlılık analizlerinin yapılmasıyla model doğrulanabilir ve genellenebilirliği artırılabilir.

KAYNAKÇA

- Akbulut, E. A., Ulutaş, A., Yürüyen, A. A., & Balalan, S. (2024). Hibrit bir ÇKKV modeli ile G20 ülkelerinin lojistik performansının ölçülmesi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 12(1), 1-21.
- Al-Abidi A. A., Mat S. B., Sopian K., Sulaiman M., Mohammed A. T., (2013). CFD Applications for Latent Heat TES: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, C 20, S 353-363.
- Attri, R. & Grover, S. (2015). Application of preference selection index method for decision making over the design stage of production system life cycle. *Journal of King Saud University Engineering Sciences*, 27(2), 207-216.

- Awasthi, A., Nirmalkar, N., & Tiwari, A. K. (2025). A review of PCM based hybrid battery thermal management systems for the prismatic lithium-ion batteries of the electric vehicle. *Future Batteries*, 5, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.fbat.2025.100035>
- Bayraktar F. S., (2020). Investigation of Thermal Properties of Boron Added Molten Salts for Concentrating Solar Power (CSP) Applications, M. Sc. Thesis, Kutahya Dumlupinar University Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- Bayram, N. S., & Orhon, A. V. (2020). Enerji Simülasyon Araçları ile Binalarda Faz Değiştiren Malzeme Uygulamaları. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 4(2), 55-63.
- Farid, M.M., Khudhair, M.A., Razack, S.A.K. ve Al-Hallaj, S. (2004) A Review on Phase Change Energy Storage: Materials and Applications. *Energy Conversion and Management*, 45:1597–1615.
- Javadi F. S., Metselaar H. S. C., Ganesan P., (2020). Performance Improvement of Solar Thermal Systems Integrated with PCMs (PCM), A Review, *Solar Energy*, C 206, S 330-352, 2020.
- Lee J., Wi S., Yun B. Y., Yang S., Park J. H., Kim S., (2019). Development and Evaluation of Gypsum/Shape-Stabilization PCMs Using Large-Capacity Vacuum Impregnator for TES, *Applied Energy*, C 241, S 278-290,
- Lencer D., Salinga M., Wuttig M., (2011). Design Rules for Phase-Change Materials in Data Storage Applications, *Advanced Materials*, C 23(18), S 2030-2058.
- Liu Y., Zheng R. , Li J. , *Renew. Sustain. Energy Rev.* 168 (2022) 112783, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112783>.
- Maniya, K. & Bhatt, M. G. (2010). A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials & Design*, 31(4), 1785-1789.
- Maniya, K. D., & Bhatt, M. G. (2011). An alternative multiple attribute decision making methodology for solving optimal facility layout design selection problems. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 542-549.
- Madić, M., Antucheviciene, J., Radovanović, M., & Petković, D. (2017). Determination of laser cutting process conditions using the preference selection index method. *Optics & Laser Technology*, 89, 214-220.
- Meletli, M. (2023). Faz Değiştiren Madde Kapsüllenmiş/Kapsüllenmemiş T-Dirençli Havalı Güneş Isıtıcıların Mahal Isıtma Performansına Etkisinin İncelenmesi, Hitit Üniversitesi, Fen Bil.Ens.Y.Lisans Tezi, Çorum.
- Mondal, S. (2008), “Phase Change Materials for Smart Textiles An Overview”, *Applied Thermal Engineering*, (28), 1536–1550.
- Özdemir, Ç. Ö., Akgün, H., Özkan, A., Günkaya, Z., & Banar, M. (2022). Termal Enerji Depolamada Polimer-Nano Malzeme Katkılı Parafin Vakstan Üretilen Faz Değişim

Malzemeleri Üzerine Bir Değerlendirme. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 27(2), 877-896.

- Saber, N., Richter, C., & Unnpörsson, R. (2025). Review of thermal management techniques for prismatic li-ion batteries. *Energies*, 18(3), 492. <https://doi.org/10.3390/en18030492>
- Tuş, A., & Adalı, E. A. (2018). Personnel assessment with CODAS and PSI methods. *Alphanumeric Journal*, 6(2), 243-256.
- Uğurlu, A. (2008). Taşıt Lpg dönüşüm regülatörlerindeki soğuk çalıştırma Probleminin çözümünde Faz değiştiren Malzemelerin (Pcm) uygulanması. Marmara Üni., Fen Bil.Ens.Y.Lisans Tezi., İstanbul.
- Venkatesh, R., Bhemuni, V. P., Chinnam, D. S. P., & Gift, M. D. M. (2024). Optimizing hybrid active–passive thermal management of prismatic li-ion batteries using phase change materials and porous-filled mini-channels. *Energy Storage*, 6(7). <https://doi.org/10.1002/est2.70060>.
- Yatağanbaba, A. (2013). Tuz Hidrat ve Parafinlerin Gözenekli Ortamlarda Isı Depolama Davranışlarının İncelenmesi (Master's thesis, Hitit University (Turkey)).
- Wu C. , Qiu C. , Yuan X. , Yuan N. , Zhang B. , Li Y. , Qin L., Shi H. , *Appl. Therm. Eng.* 244 (2024) 122777, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122777>.
- Zhou Z., Wang D. , Peng Y. , Li M. , Wang B. , Cao B. ,Yang L. , *Energy* 238 (2022) 122081, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122081>.