

EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMİNİN TOPRAK HAVA ISI DEĞİŞTİRİCİSİ İLE BERABER KULLANIMININ ISIL PERFORMANSA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Yunus DEMİRTAŞ (ORCID: 0000-0003-2200-0370)

Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Email: yunusdemirtas@siirt.edu.tr

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT (ORCID: 0000-0001-7123-1648)

Haran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Email: hbulut@harran.edu.tr

Özet

Binalarda tüketilen enerjinin önemli bir kısmı iklimlendirme sistemleri tarafından tüketilmektedir. Enerji maliyetlerinin her geçen gün artması iklimlendirme sistemlerinde pasif uygulamaların ve düşük enerji tüketimli sistemlerin kullanımının artmasına neden olmaktadır. Evaporatif soğutma bir diğer adıyla nemlendirmeli veya buharlaştırmalı soğutma bölgemizde yaygın kullanılan bir soğutma uygulamasıdır. En önemli avantajı özellikle bölgemiz gibi yazları kurak ve sıcak bir iklime sahip bölgelerde nemlendirme sağlayarak ortam sıcaklığını düşürmesidir. Ancak bu sistemlerde herhangi bir soğutucu akışkan kullanılmaması sadece suyun buharlaşma sıcaklığından faydalanılması sistemin soğutma kapasitesinin oldukça kısıtlı olmasına sebep olmaktadır. Toprak hava ısı değiştiricileri (THID) toprak altı sıcaklığından faydalanılarak kış döneminde ısıtma yaz döneminde ise soğutma yapabilen pasif iklimlendirme uygulamalarıdır. THID dış ortam havasının belli bir toprak derinliğine yerleştirilen boru sisteminden bir fan vasıtasıyla geçirilmesi esasına dayanır. Düşük enerji tüketimi ve olumsuz çevresel etkisinin olmamasından dolayı iklimlendirme uygulamalarında önemli bir kullanım potansiyeline sahiptir. Herhangi bir soğutucu akışkan olmayışı, kompresör, pompa gibi elemanlara ihtiyaç duyulmaması bu sistemin diğer avantajlarındandır. Toprak sıcaklığındaki dalgalanmanın da yıl boyunca sınırlı olması sistemin kışın ısıtmada yazın ise soğutmada kolaylıkla kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bu çalışmada Siirt ili yaz şartlarında THID kullanılarak elde edilen soğuk havanın bir hava kanalı vasıtasıyla evaporatif bir soğutma sistemine iletilmesiyle sistemin ısıl performansındaki değişim araştırılmıştır. Farklı ortam sıcaklıkları ve hava debilerinde psikrometrik diyagramdan faydalanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda sistemin ısıl performansının arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, toprak enerjisi, evaporatif soğutma, toprak hava ısı değiştirici

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE USE OF EVAPORATIVE COOLING
SYSTEM WITH EARTH AIR HEAT EXCHANGER ON THERMAL
PERFORMANCE**

Abstarct

A significant part of the energy consumed in buildings is used by air conditioning systems. Increasing energy costs every day leads to an increase in the use of passive applications and low energy consumption systems in air conditioning systems. Evaporative cooling is a widely used cooling application in our region. Its most important advantage is that it reduces the ambient temperature by providing humidification, especially in regions with dry and hot summers, such as our region. However, not using any refrigerant in these systems and only using the evaporation temperature of water causes the cooling capacity of the system to be quite limited. Earth air heat exchangers (EAHX) are passive air conditioning applications that can provide heating in the winter and cooling in the summer by utilizing the subsoil temperature. EAHX is based on the principle of passing outdoor air through a pipe system placed at a certain depth of soil through a fan. It has a significant potential for use in air conditioning applications due to its low energy consumption and no negative environmental impact. Other advantages of this system are the absence of any refrigerant and the need for elements such as compressors and pumps. The fact that the fluctuation in soil temperature is limited throughout the year allows the system to be easily used for heating in winter and cooling in summer. In this study, the change in the thermal performance of the system was investigated by sending the cold air obtained using EAHX to an evaporative cooling system through an air duct in the summer conditions of Siirt province. As a result of the calculations made using the Psychrometric diagram at different ambient temperatures and air flow rates, it was determined that the thermal performance of the system increased.

Keywords: Renewable energy, soil energy, evaporative cooling, earth air heat exchanger

Giriş

Binalardan ulaşım araçlarına, hastanelerden endüstriyel tesislere, seralardan bilgi işlem merkezlerine kadar iklimlendirme sistemlerinin kullanılmadığı bir alan yok gibidir. Isıtma, soğutma, nemlendirme ve havanın temizliği gibi uygulamaları içinde barındıran iklimlendirme sistemleri yaşam alanlarında, çalışma ortamlarında ve üretim merkezlerinde konfor, sağlık ve performansı etkileyen temel faktörlerden biridir (Howell, 2017).

Yenilenebilir enerji kullanımının her alanda artması ile iklimlendirme sistemlerinde de yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanan uygulamaların sayısında artış görülmektedir. Özellikle enerji maliyetlerinin yükselmesi iklimlendirme sistemlerinde yenilenebilir enerji kullanımının artışını daha da hızlandırmaktadır. İklimlendirme sistemlerinde bir diğer önemli konuda enerji verimliliğidir. İklimlendirme sistemlerinde enerji verimliliği; konutlarda yaşam standardı, konfor ve hizmet kalitesinin, endüstriyel tesislerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanabilir (İsa ve Onat, 2017).

İklimlendirme sistemlerini oluşturan temel başlıklardan biri de soğutmadır. Soğutma; düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısının aktarılması şeklinde ifade edilebilir (Çengel vd., 2011). Günümüzde birçok alanda kullanılan farklı soğutma yöntemleri bulunmaktadır. Tablo 1.'de başlıca soğutma yöntemleri belirtilmektedir.

Tablo 1. Temel soğutma yöntemleri

Eriyik teşkiliyle soğutma
Termoelektrik soğutma
Vortex tüpüyle soğutma
Manyetik soğutma
Evaporatif (Nemlendirmeli) soğutma
Absorbsiyonlu soğutma
Vakumla soğutma
Buhar enjektörlü soğutma
Buhar sıkıştırırmalı soğutma

Bu çalışma da yaygın olarak kullanılan soğutma yöntemlerinden evaporatif soğutma sistemlerinin toprak hava ısı değiştirici ile beraber kullanılmasının sistem performansına etkisi araştırılmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalardan alınan veriler ışığında yapılan hesaplamalarda evaporatif soğutmanın verimi, soğutma kapasitesi ve COP değerindeki değişim incelenmiştir.

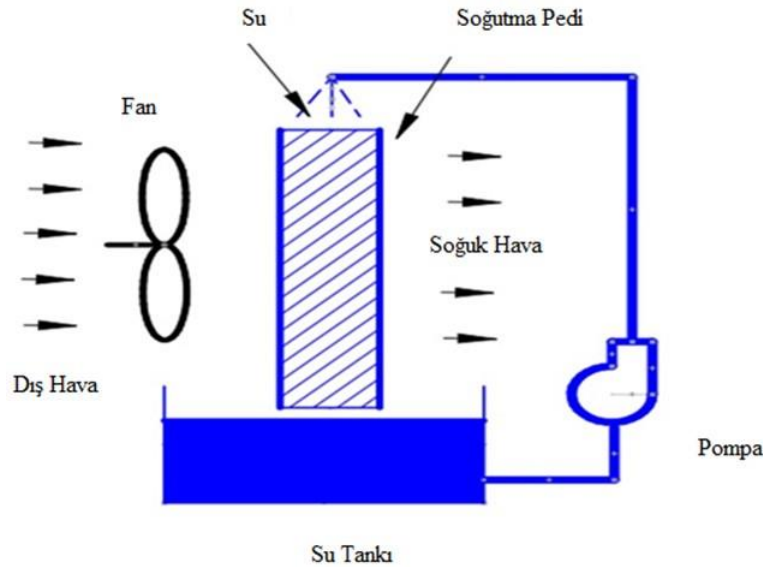
Araştırma Ve Bulgular

Evaporatif soğutma sistemleri; konfor iklimlendirmesi yanında tekstil fabrikalarında, güç santrallerinde, dökümhanelerde, fırınlarda, depolarda, otel mutfaklarında, atölyelerde konfor ve proses şartlarını iyileştirmek, verimi arttırmak amacıyla yoğun olarak kullanılan soğutma yöntemlerindendir. Temel çalışma prensibi havanın içine püskürtülen suyun buharlaştırılması için gerekli olan buharlaştırma gizli ısısının havanın duyulur ısısından alınması işlemine dayanır. Böylece havanın kuru termometre sıcaklığı düşürülerek soğutma elde edilir. Bu işlemde havanın yaş termometre sıcaklığı sabit kalmaktadır. Bu işlem sabit entalpide meydana geldiğinden adyabatik işlemdir (Bulut, 2017). Tablo 2.' de evaporatif soğutma sistemi uygulamalarının kullanıldığı alanlar gösterilmektedir (İdiz vd., 2017).

Tablo 2. Evaporatif soğutma sistemi uygulamalarının kullanıldığı alanlar

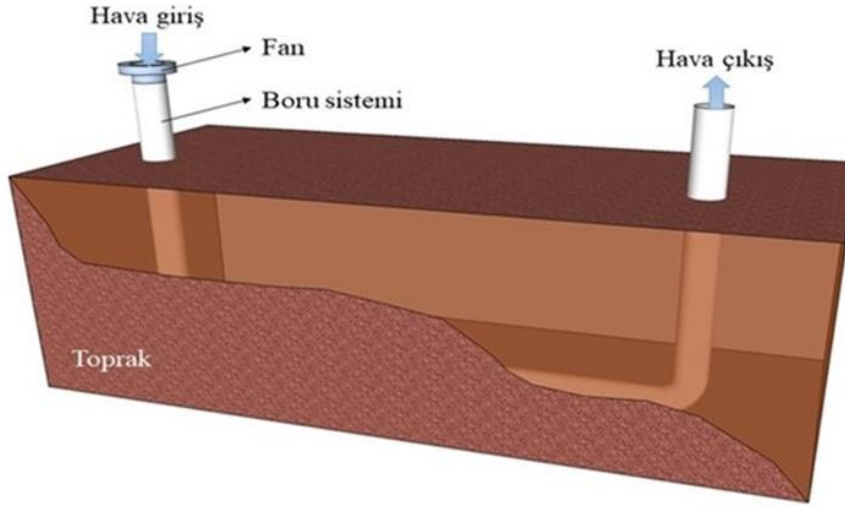
Tarım Sektörü	Hava Soğutmalı Su Soğutucularında
Hayvancılık Sektöründe	Hava Soğutmalı Soğuk Depolarda
Sanayide	Büyük Çatı Tipi Klima Sistemlerinde
Özel Konum Ve Şartlardaki	Petrokimya Tesislerinde
Endüstriyel Mutfaklarda	Kuru Tip Soğutucularda
Gaz Türbin Santrallerinde	Hava Soğutmalı Soğuk Depolarda
Jeotermal Santrallerde	Kuru Tip Soğutucularda

Şekil 1.'de evaporatif soğutma sistemi şematik olarak gösterilmektedir (Kapılan vd., 2023). Fan, soğutma pedi, su, su pompası, su tankı ve su püskürtme sisteminden oluşan evaporatif soğutma sistemi Doğrudan, Dolaylı ve Birleşik Evaporatif Soğutma Sistemi olmak üzere 3 farklı şekilde çalışmaktadır.



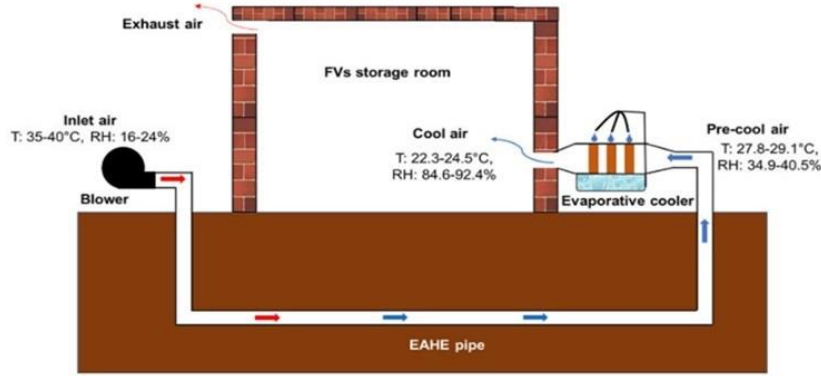
Şekil 1. Evaporatif soğutma sistemi (Kapılan vd., 2023)

Toprak hava ısı değiştirici sistemleri toprağın sahip olduğu ısı enerjisinden faydalanan yenilenebilir enerji teknolojilerindendir. Temel alışma prensibi belli bir derinlikteki toprağa yerleştirilen boru sisteminin içerisinden fan vasıtasıyla hava geçirmektir. Böylece yaz döneminde sıcak hava toprağa ısıısını vererek soğutulurken kış döneminde soğuk hava topraktan ısı geçerek ısıtılmaktadır. şekil 2.'de toprak hava ısı değiştirici şematik olarak gösterilmektedir. Toprak hava ısı değiştiricileri basit bir yapıya sahip olmakla birlikte performansını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Başta toprak derinliği, hava hızı, boru malzemesi olmak üzere iklim özellikleri, toprak çeşidi, boru dizilimi gibi faktörler de sistemin verimliliğini etkilemektedir.



şekil 2. Toprak hava ısı değiştirici

Evaporatif soğutma sistemlerinin toprak hava ısı değiştiriciler ile beraber kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde daha düşük sıcaklıkların elde edildiği, soğutma kapasitesi ve verimin arttığı tespit edilmiştir. şekil 3.'te bir meyve-sebze saklama deposunun evaporatif soğutma ve toprak hava ısı değiştirici ile iklimlendirilmesine ait çalışma gösterilmektedir. Yapay sınır ağlarından faydalanılan çalışmada farklı hava hızları, farklı debilerde su ve farklı kalınlıktaki soğutma levhalarına göre optimum değerler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda önerilen soğutma sisteminin bahçecilik ürünlerinin depolanmasında başarıyla uygulanabileceği ifade edilmiştir (Nishad, P., and Mangaraj, 2023).



Şekil 3. Toprak hava ısı değiştirici ve evaporatif soğutma sisteminin beraber kullanımı (Nishad, P., and Mangaraj, 2023)

Toprak hava ısı değiştirici ile evaporatif soğutmanın beraber kullanıldığı bir diğer çalışmada sistemin soğutma verimliliği ve su tüketimi teorik olarak incelenmiştir. Toprak hava ısı değiştiricinin tasarım parametrelerinin ön soğutma performansına etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler toprak hava ısı değiştiricisinin dolaylı bir evaporatif soğutucuya bağlanmasının yalnızca soğutma performansını artırmakla kalmayıp aynı zamanda su tüketimini de önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Nemati vd., 2021., Mongkon vd., 2013)

Sonuç

Toprak hava ısı değiştiricinin evaporatif soğutma sistemi ile beraber kullanımının sistem performansına etkisi ile ilgili yapılan teorik hesaplamalarda aşağıdaki denklemlerden faydalanılmıştır (Liu vd., 2019).

Denklem 1.1.'de basınç kaybı hesabı gösterilmektedir.

$$\Delta P = \left[f \times \frac{L}{D} \right] \times \rho \times \frac{v^2}{2} \quad (1.1)$$

Denklem 1.2.'de fanın harcadığı enerji için gerekli hesaplama gösterilmektedir.

$$W_{fan} = \frac{\Delta P \times V}{\eta} \quad (1.2)$$

Denklem 1.3.'de ise THID sisteminin COP değeri gösterilmektedir

$$COP = \frac{\dot{m}_h C_h (T_{hc} - T_{hg})}{W_{fan}} \quad (1.3)$$

THID sisteminin soğutma yükü yani toprağa verdiği ısı miktarı Denklem 1.4.'de gösterilmektedir.

$$Q_{soğ} = \dot{m}_h C_h (T_{hg} - T_{hc}) \quad (1.4)$$

THID sisteminin etkinliği Denklem 1.5.'te gösterilen teorik hesaplamalara göre tespit edilmektedir.

$$\varepsilon = \left| \frac{T_{hg} - T_{hc}}{T_{hg} - T_t} \right| \quad (1.5)$$

Evaporatif soğutma sisteminin soğutma yükü Denklem 1.6.'da gösterilmektedir.

$$Q_{soğ} = m_h C_h \Delta T_h \quad (1.6)$$

Evaporatif soğutma sisteminin etkinliği Denklem 1.7.'de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

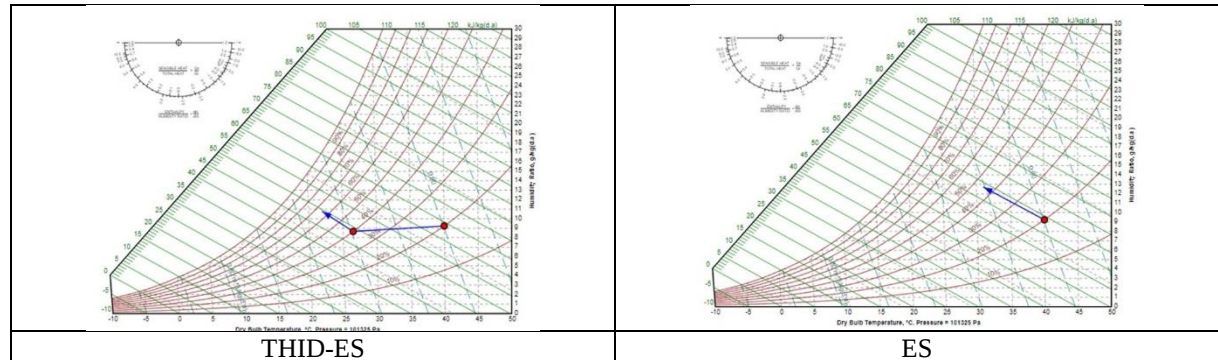
$$\varepsilon = \left| \frac{T_g - T_c}{T_g - T_{g,y}} \right| \quad (1.7)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda THID-ES sisteminin çıkış sıcaklığının ES soğutma sistemine göre yaklaşık % 28 daha düşük olduğu, THID-ES sisteminin veriminin ve COP değerinin ES soğutma sistemine göre yaklaşık % 52 arttığı tespit edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Tablo 3.'te gösterilmektedir.

Tablo 3. THID-ES ve ES sistemi ile ilgili hesaplama sonuçları

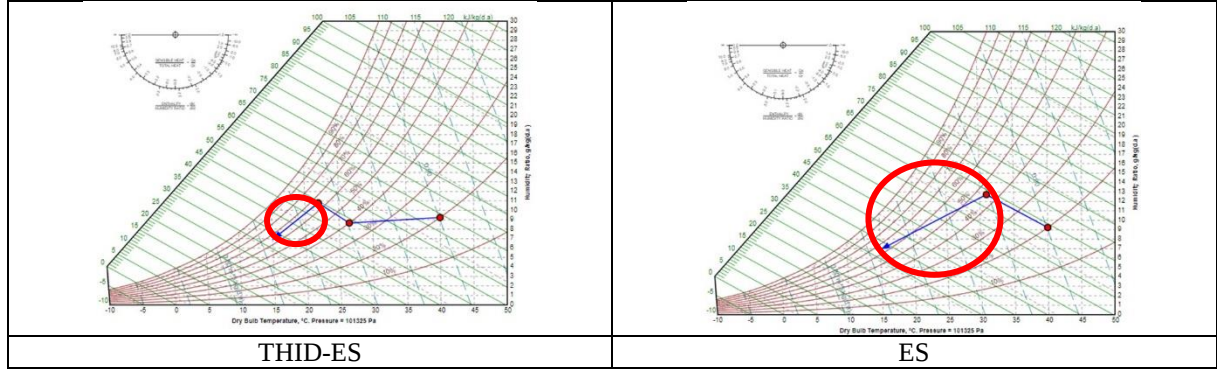
		Çıkış Sıcaklığı	Verim	COP	Dış hava sıcaklığı
1	THID-ES	22	0,93	12,6	40
	ES	31	0,6	8,1	40
2	THID-ES	23	0,90	11,9	42
	ES	33	0,54	7,3	42
3	THID-ES	25	0,9	11,5	45
	ES	35	0,51	6,8	45

Psikrometrik diyagram üzerinde yapılan işlemler sonucunda THID-ES sisteminin kullanılması durumunda soğutma yükünde yaklaşık %50 azalma olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.'te THID-ES ve ES sistemlerinin giriş ve çıkış sıcaklıklarındaki değişim psikrometrik diyagramda gösterilmektedir.



Şekil 4. THID-ES ve ES sistemlerinin giriş ve çıkış sıcaklıklarındaki değişim

Şekil 5.'te iki sistem arasındaki soğutma yükü psikrometrik diyagramda gösterilmektedir. THID sisteminin soğutma yüküne etkisi ile ilgili yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında THID-ES kullanımının daha iyi bir sonuç verdiği görülmektedir. Sadece THID kullanımının soğutma yükünde yaklaşık %33'lük bir düşüş sağladığı görülmektedir (Hegazi vd., 2021) THID-ES kullanımında ise bu oran yaklaşık %50'ya çıkmaktadır.



Şekil 5. THID-ES ve ES sistemlerinin soğutma yüklerinin karşılaştırılması

Sonuç olarak sıcak ve kurak iklime sahip bölgelerde yaygın olarak kullanılan evaporatif soğutma sistemlerinin toprak hava ısı değiştirici ile beraber kullanılmasının araştırıldığı çalışmada; THID-ES sisteminin soğutma performansında ve enerji verimliliğinde artış gözlemlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda toprak hava ısı değiştirici kullanılarak elde edilen soğuk havanın bir hava kanalı vasıtasıyla evaporatif soğutma sistemine iletilmesi şeklinde tasarlanan yeni soğutma sisteminin ihtiyaç duyulan soğutma yükünde yaklaşık %50 azalma sağladığı görülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında THID-ES sisteminin bina iklimlendirmesinde uygulamasının yapılabileceği gibi tarımsal ve hayvansal yapılarda da (sera, kümes, barınak vb.) ihtiyaç duyulan soğutma potansiyeline sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- Howell, R. H., 2017. Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning 8th Edition Based on the ASHRAE Handbook—Fundamentals
- İsa, K., & Onat, A. 2017. İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Verimliliği. Doğan Yayıncılık, 40-76.
- Çengel, Y. A., Boles, M. A., & Kanoğlu, M. 2011. Thermodynamics: an engineering approach (Vol. 5, p. 445). New York: McGraw-Hill.
- Bulut, H. 2017. Soğutma ve Klima Tekniği Ders Notları Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Şanlıurfa
- İdiz, A., Koçak, Y. C., Özdemir, F., Akdemir, Ö., ve Güngör, A. 2017. İklimlendirme Sistemlerinde Evaporatif Soğutma Uygulamaları. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 19-22 Nisan 2017/İzmir
- Kapilan, N., Isloor, A. M., & Karinka, S. 2023. Results in Engineering Review article A comprehensive review on evaporative cooling systems. Results in Engineering, 18(January), 101059. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101059>
- Nishad, P., & Mangaraj, S. 2023. Modeling and optimization of integrated earth air heat exchanger and direct evaporative cooling system using ANN and RSM approaches for preserving fruits and vegetables. Journal of Food Process Engineering, May, 1–17. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14434>
- Nemati, N., Omidvar, A., & Rosti, B. 2021. Performance evaluation of a novel hybrid cooling system combining indirect evaporative cooler and earth-air heat exchanger. *Energy*, 215, 119216. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.119216>
- Liu, Z., Sun, P., Li, S., Yu, Z. (Jerry), El Mankibi, M., Roccamena, L., Yang, T., & Zhang, G. 2019. Enhancing a vertical earth-to-air heat exchanger system using tubular phase change material. Journal of Cleaner Production, 237, 117763.
- Mongkon, S., Thepa, S., Namprakai, P., & Pratinthong, N. 2013. Cooling performance and condensation evaluation of horizontal earth tube system for the tropical greenhouse. *Energy and Buildings*, 66, 104–111.
- Hegazi, A. A., Abdelrehim, O., & Khater, A. 2021. Parametric optimization of earth-air heat exchangers (EAHEs) for central air conditioning. *International Journal of Refrigeration*, 129, 278-289.