

Rüzgâr Türbinlerinin Tarımsal Amaçla Hayvan Barınaklarında Enerji Kaynağı Olarak Kullanılma Olanakları

Elif TÜRKBOYLARI^{1*}, Ahmet Nedim YÜKSEL²

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 59030, Tekirdağ

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 59030, Tekirdağ

¹<https://orcid.org/0000-0003-4658-8068>

²<http://orcid.org/0000-0002-0278-7498>

*Sorumlu yazar: eyuksel@nku.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 04.06.2023

Kabul tarihi: 12.11.2023

Online Yayınlanma: 11.03.2024

Anahtar Kelimeler:

Rüzgâr enerjisi
Rüzgâr türbini
Hayvan barınağı
Havalandırma
Soğutma

ÖZ

Kırsal kesimde bulunan hayvan barınaklarının enerji ihtiyacı, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi ile karşılanabilir. Bu ancak rüzgâr enerjisi potansiyeli olan bölgelerde uygulanabilir. Rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksek olan Marmara Bölgesinde, rüzgâr türbini kullanılarak üretilen elektrik, hayvan barınaklarının ihtiyacını karşılayacak durumdadır. Sistemden elde edilen elektrik enerjisi, hayvan barınaklarında mekaniksel havalandırma ve serinletme yapma imkanı sağlar. Taban alanı A_b ($9,4 \times 39,6 = 372,2 \text{ m}^2$) olan hayvan barınağında serinletme sistemi için, A_p ($14,9 \text{ m}^2$) ped alanı gerekir. Sistemde su sirkülasyonu için $0,2 \text{ kWh}$ gücünde sirkülasyon pompasına ihtiyaç vardır. Hayvan barınağının havalandırılması için, $0,75 \text{ kWh}$ gücünde, monofaze ve debisi $9500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ olan aspiratörlerden 6 adet kullanılacaktır. Sistemin ihtiyaç duyduğu en yüksek enerji $4,7 \text{ kWh}$ 'tir. Rüzgâr enerjisinin iklimsel koşullara bağlı olarak rastgele değişkenlik göstermesi nedeniyle, ihtiyaç duyulan $4,7 \text{ kWh}$ 'ten %25-30 daha yüksek (6 kWh gibi) bir rüzgâr türbini sistemi kullanılmalıdır. Projelenen rüzgâr türbini havalandırma ve soğutma sisteminin maliyeti $22710 \text{ \$}$ dolayındadır.

Possibilities of Using Wind Turbines As a Source of Energy in Animal Barns for Agricultural Purposes

Research Article

Article History:

Received: 04.06.2023

Accepted: 12.11.2023

Published online: 11.03.2024

Keywords:

Wind energy
Wind turbine
Animal barn
Ventilation
Cooling

ABSTRACT

The energy needs of animal barns in rural areas can be met using wind energy, which is a renewable energy source. This can only be applied in regions with a wind energy potential. In the Marmara Region, which has high wind energy potential, the electricity produced by wind turbines can meet the needs of animal barns. The electrical energy obtained from the system, provides mechanical ventilation and cooling in animal barns. For the cooling system in the animal barn with a floor area of A_b ($9.4 \times 39.6 = 372.2 \text{ m}^2$), a pad area of A_p (14.9 m^2) is required. To circulate water in the system, a circulation pump with a power of 0.2 kWh is needed. For air circulation in the barn, six units of 0.75 kWh power, single-phase aspirators with a flow rate of $9500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ will be sufficient for the system to work. The highest energy required by the system was 4.7 kWh . Because wind energy varies randomly depending on climatic conditions, a wind turbine system that is 25-30% higher (such as 6 kWh) than the required 4.7 kWh should be used. The cost of the projected wind turbine ventilation and cooling system was approximately $\$22710$.

Giriş

Sürekli değişen ve gelişen teknolojiye bağlı olarak artan enerji ihtiyacı insanlığın en büyük çıkmazlarından biridir. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen etmenlerden biri de kullandıkları enerji miktarıdır. Günümüzde her ne kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hızla artsa da fosil enerji kaynakları birincil küresel enerji olmaya devam etmektedir. Ancak bu enerji kaynaklarının tükenbilir özellikte olması, fiyatlarının değişkenliği ve belirli yerlerden başka bölge ya da ülkelere taşınması gibi sakıncalı yönleri de bulunmaktadır. Bu sakıncalarının yanında sebep olduğu sera gazlarının dünya doğasına ve atmosferine verdiği zararlardan dolayı, ülkeler sağlıklı, temiz, sürdürülebilir enerji kaynakları olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler (Karık ve ark., 2017). Yenilenebilir enerji kaynakları, ülkenin enerji kaynaklarını çeşitlendirmenin yanında, çevre üzerindeki olumsuz baskıyı da azaltabilmektedir (Koçaslan, 2010).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, ülkenin enerji sektöründe bağımsız olmasına yardımcı olabilir (Koçaslan, 2010). Rüzgar enerjisi, dünyada yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı gelişime sahip olan ve en fazla yatırım yapılan enerji türüdür.

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla, rüzgar ve güneş enerjisi yönünden birçok ülkeye göre çok daha avantajlıdır. Bu sistemlerin ilk yatırım masraflarının yüksek olmasına karşın hammadde giderlerinin olmaması, enerji üretim maliyetlerini düşürmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal işletmelerde, ekonomik olarak kullanılabilmesi yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Küsek ve ark., 2016; Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar türbini sistemi ile fotovoltaik panel sistemleri, birbirinin alternatifi değil de birbirinin tamamlayıcısı olabilirler. Her iki sisteminde avantajlı ve dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Rüzgarın sürekli esmemesi ve güneşten sadece belirli zaman dilimlerinde yararlanılması, bu enerji sistemlerinin birbirlerinden bağımsız kullanımından ziyade, hibrit bir sistem olarak enerji arz güvenliği açısından avantaj sağlamaktadır (Türkdoğan ve ark., 2020). Ayrıca kış aylarında daha yüksek rüzgar enerjisi ve yaz aylarında daha yüksek güneş enerjisi potansiyelinin olması, bu sistemlerin sürdürülebilir enerji arzı açısından birlikte kullanılması daha uygun olur (Rezaei ve ark., 2018).

Tarımsal üretim kollarından biri olan hayvancılık, dünyada ve ülkemizde ekonomik, sosyal ve beslenme açısından önemli bir çalışma alanıdır. İnsanların sağlıklı beslenmesi için vücudun ihtiyacı olan kalori, protein, yağ ve karbonhidratların dengeli bir şekilde karşılanması gerekir (Karacan, 2017). Beslenmede büyük önem taşıyan hayvansal protein kaynağı olan et üretimimiz yeterli olmamaktadır. Ülkemizin kişi başına et tüketimi, gelişmiş ülkelere göre düşük olmakla birlikte, 2019 verilerine göre ortalama 36,1 kg'dır (Sığır 13,6 kg, kanatlı 21,0 kg, koyun 1,5 kg) (BESD-BİR, 2023).

Türkiye hayvansal üretim ve hayvan sayısı bakımından oldukça iyi bir potansiyele sahiptir. Ancak hayvanların verimi istenilen seviyenin altındadır. Bunun başlıca nedenleri arasında, hayvan varlığının büyük kısmının düşük verimli olması ve hayvan barınaklarının iyi planlanmaması nedeniyle, olumsuz çevre koşulları ile bakım ve beslenmenin yeterli olmaması sayılabilir.

Hayvan Barınaklarında Çevre Koşulları

Son zamanlarda hayvan barınaklarının tasarımında, hayvan sağlığı ve konforunun yani refahının sağlanması ön plana çıkmaktadır. Hayvanlardan yüksek verim elde edilebilmesi için, barınak ortamında uygun yaşam konforunun sağlanması gerekir. Bu durum, dolaylı olarak işletmenin verimliliği olarak kendini gösterecektir (Yüksel ve ark., 2000; Yılmaz ve ark., 2012). Hayvan barınaklarında yapılan üretim sırasında, hayvanların beslenme ve sağlık ihtiyaçlarının karşılanmasında teknik açıdan büyük zorluklarla karşılaşmaz. Buna karşın barınak içindeki iklimsel çevre koşullarının düzenlenmesinde önemli sorunlar olduğu bilinmektedir (Barnwell, 1997; Karaca ve ark., 2016).

Hayvan barınaklarında uygun çevre koşullarının ve yaşam konforunun sağlanmasında, barınakların havalandırılması önemli rol oynamaktadır. Barınak içinin iklimsel ve kimyasal çevre koşulları, havalandırma ile hayvanlar için iyi bir seviyede tutulmuş olur. Barınak içindeki iklimsel çevre koşulları, hava sıcaklığı ve neminin dengelenmesi hava hareketi ile sağlanır. Kimyasal çevre koşulları ile barınak içindeki toz, zararlı mikroorganizma ve gazların (karbondioksit-CO₂, amonyak-NH₃ ve hidrojen sülfür-H₂S) oranları istenilen seviyede tutulmuş olur (Yüksel ve Şişman, 2015).

Tarımsal yapılarda doğal ve zorunlu (mekaniksel) havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Sıcak yaz aylarında, doğal havalandırma hayvan barınaklarında istenen etkiyi sağlayamaz. Böyle durumlarda hayvan barınaklarında yeterli havalandırma ve serinletme ancak zorunlu havalandırma ile yapılabilir. Zorunlu havalandırma için, elektrik enerjisine ihtiyaç vardır (Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018).

Hayvan barınaklarının genelde kırsal kesimde olması ve çevre koruma yasasına göre, yerleşim yerlerinden en az 1000 m uzağa yapılma zorunluluğu vardır. Bu zorunluluk bazen elektrik enerjisine ulaşmada sorun yaratabilir.

Kırsal kesimlerde, elektrik enerjisinin olmadığı, elektrik enerjisinin kesildiği zamanlarda veya enerji masrafını azaltmak amacıyla, rüzgar enerjisinden yararlanılarak rüzgar türbinleriyle elektrik enerjisi üretilebilir.

Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'de soğuk Karadeniz ve Kuzey Asya bozkırı ile sıcak Ege ve Akdeniz arasında, sürekli olarak bulunan alçak ve yüksek basınç merkezleri farklılıkları, Trakya, Güney Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında kuvvetli ve sürekli rüzgar oluşturmaktadır (Koçaslan, 2010).

Rüzgar, güneş kaynaklı radyasyonun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farkta havanın hareketine neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si rüzgar enerjisine dönüşür.

Rüzgarın özellikleri, yerel coğrafi farklılıkları ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamana ve yöreye göre farklılık gösterir. Rüzgar yön ve hız olarak iki farklı parametre ile ifade edilir. Rüzgar hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir (Anonim, 2023a).

Tekirdağ İli Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar hızının yüksek olduğu Marmara Bölgesinde bulunan Tekirdağ'ın rüzgar enerjisi potansiyeli verileri Tablo 1'de verilmiştir. Bu rüzgar hızları yerden 2 m yükseklikte ölçülmektedir.

Tablo 1. Tekirdağ-Merkez ilçesi uzun yıllar ortalama aylık hakim rüzgar yönü ve rüzgar hızı verileri (1940-2018) (ÇŞB, 2020)

Aylar	Rüzgar Hızı (ms ⁻¹)	Rüzgar Yönü	Aylar	Rüzgar Hızı (ms ⁻¹)	Rüzgar Yönü
Ocak	NW (% 15.40)	NW (% 15.40)	Temmuz	NE (% 12.60)	NE (% 12.60)
Şubat	NW (% 12.81)	NW (% 12.81)	Ağustos	NE (% 15.80)	NE (% 15.80)
Mart	NE (% 11.56)	NE (% 11.56)	Eylül	NE (% 12.69)	NE (% 12.69)
Nisan	WNW (% 10.49)	WNW (% 10.49)	Ekim	NW (% 14.29)	NW (% 14.29)
Mayıs	WNW (% 10.89)	WNW (% 10.89)	Kasım	NW (% 14.77)	NW (% 14.77)
Haziran	WNW (% 13.90)	WNW (% 13.90)	Aralık	NW (% 15.98)	NW (% 15.98)
			Yıllık Ortalama	NW (% 13.36)	NW (% 13.36)

Rüzgar hızı yükseklikle artmaktadır. Bu konuda Burdur'un Ağlasun ilçesinde yapılan bir çalışmada 2 m yükseklikte 1,05 ms⁻¹ olarak ölçülen rüzgar hızı, farklı yöntemlerle, 60 m yüksekliğe göre hesaplanmış ve 2,86 kat artarak 3,0 ms⁻¹ olarak bulunmuştur. Yine 3,0 ms⁻¹ olarak ölçülen rüzgar hızı 60 m'de 2,4 kat artarak 7,21 ms⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Dikmen ve Örgen, 2018). Hesaplama 60 m yükseklikteki rüzgar hızının göz önüne alınmasının nedeni, genelde rüzgar türbinlerinin hub (rotor göbeği) yüksekliğinin bu yükseklikte olmasıdır.

Tablo 1'de Tekirdağ için verilen değerlerinde, yükseklikle önemli ölçüde artacağı belirtilebilir.

Rüzgar santrali potansiyeli verilerine göre, rüzgar santrali kurulumu yönünden Tekirdağ ili Türkiye'de ön sıralarda (7. sırada) bulunmaktadır. Tekirdağ rüzgar enerji santrali teorik olarak potansiyeli 4627 MWe olmakla birlikte, devrede 183 ve inşa halinde 96 adet rüzgar türbini sistemi bulunmaktadır (Anonim, 2023b).

Bu çalışmanın amacı, hayvan barınaklarında zorunlu havalandırma için gerekli olan elektrik enerjisi ihtiyacının rüzgar türbinleri enerji sistemi ile karşılanmasının sağlanmasıdır. Genelde hayvan barınaklarının bulunduğu kırsal kesimlerde elektrik şebekesi bulunmamaktadır. Hayvan barınaklarında kurulacak rüzgar türbini sisteminden elde edilecek elektrik enerjisi ile, fan ve ıslak yastık (ped) sistemi kullanılarak barınanın havalandırılması ve serinletilmesi sağlanabilir.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırma alanı olan Tekirdağ ili, Türkiye'nin kuzey-batısında ve Trakya Bölgesi'nde yer almaktadır. Trakya Bölgesi, Türkiye'nin Avrupa kıtasında 26°-29° doğu boylamları ve 40°-42° kuzey enlemleri arasında yer alır. Tekirdağ, Marmara Denizinin kuzeyinde ve 6313 km² yüzölçümüne sahiptir. İl içerisinde genel olarak, yüksek dağlar, dik yamaçlar ya da vadiler yoktur. Tekirdağ, genel nemlilik indislerine göre hidrografik bölgelerden, yarı nemli iklim tipi içine girmekte olup, yaz ve kış mevsimlerinde rüzgarlıdır (Anonim, 2021).

Rüzgar enerjisi potansiyel atlasına göre, ülkemizde Tekirdağ ve Marmara Denizi sahilleri yüksek rüzgar hızına sahiptir (Karık ve ark., 2017; Tunus, 2019). Bu nedenle, Tekirdağ rüzgardan elektrik enerjisi üretmek yönünden önemli bir avantaja sahiptir.

Tekirdağ'da besi sığırı ahırlarında havalandırma ve serinletme yapmak amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinden yararlanmak için bir proje tasarlanmıştır. Mekaniksel havalandırma ve serinletme sistemlerinin projeleneceği 60 başlık duraklı serbest besi sığırı ahırının boyutları 9,4x39,6 m'dir (Yüksel ve ark., 1998).

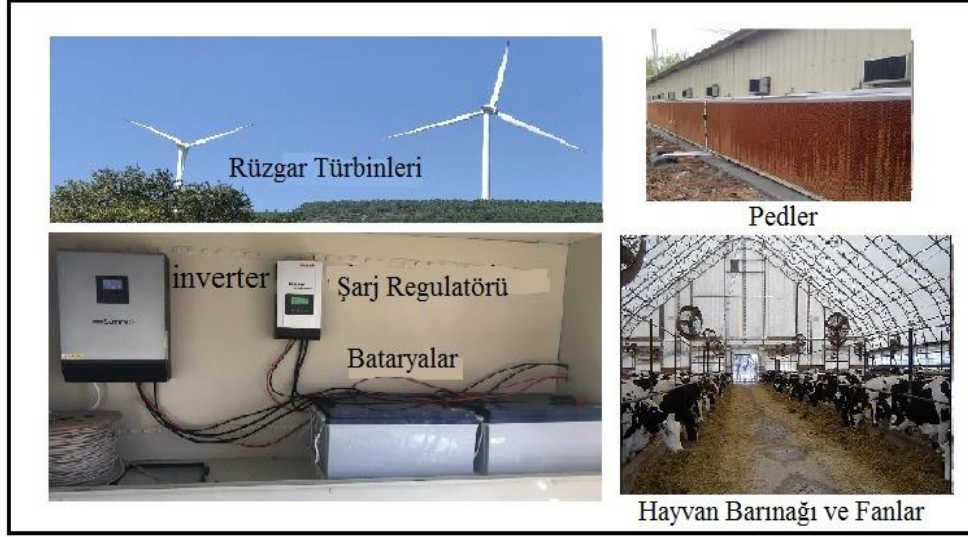
Boyutları belirtilen 60 hayvan barındırılan besi sığırı ahırını için havalandırma fanları, serinletme için ped (ıslak yastık) ve bunlara enerji üretecek rüzgar türbini sisteminin projelendirilmesi yapılacaktır.

Hayvan Barınaklarında Rüzgar Türbini Sisteminin Tasarımı

Rüzgar türbinleri, rüzgar enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine döndüren makinelerdir. Rüzgar türbinleri, elektrik enerjisi üretimine ancak belirli bir rüzgar hızında başlayabilmektedir. Bir rüzgar türbini cut-in (en düşük) ve cut-out (en yüksek) rüzgar hızları arasında enerji üretimi gerçekleştirir. Modern rüzgar türbinlerinin cut-in hızları 2-4 ms⁻¹, nominal hızları 10-15 ms⁻¹ ve cut-out hızları ise 25-35 ms⁻¹ arasındadır. Her bir rüzgar türbini için belirlenmiş bir rüzgar hızında sistemden elde edilen güç en büyük değere ulaşır. Bu en büyük güce nominal güç ve bu rüzgar hızına da nominal hız denilmektedir. Sistemin hasar görmemesi için, cut-out rüzgar hızından sonra, rüzgar türbinlerinin stop konumuna geçmesi otomatik olarak sağlanır (Anonim, 2023a).

Rüzgar türbini sisteminin yapısında uygulamaya bağlı olarak rüzgar türbini, akümülatör, akü şarj denetim birimi (şarj regülatörü), evirici (inverter), çeşitli elektronik devreler ve komuta merkezi bulunabilir (Toprak, 2011; Şenel ve Koç, 2015). Bu sistemde ihtiyaç duyulan güçteki rüzgar türbini enerji kaynağı olarak kullanılır. Rüzgar enerjisinin arz-talep uyumsuzluğu, yani ihtiyaç duyulan zamanda enerji üretiminin yapılamaması nedeniyle, sisteme aküler bağlanır. Aküler rüzgarın olmadığı zamanlarda sisteme enerji sağlarlar. Akülerin aşırı şarj olmasını ya da deşarj olmasını önlemek için, sisteme şarj regülatörü eklenir. Böylece akülerin kullanım süreleri uzamış olur. Şarj regülatörü akünün durumuna göre, rüzgar türbininden gelen akımı veya barınakta kurulan elektrik sisteminin akımını keser. Sistemde 220 V 50 Hz'lik alternatif akım kullanılacaksa veya şehir şebekesine akım

verilecekse, sistemde evirici (inverter) kullanılmalıdır (Toprak, 2011; Şenel ve Koç, 2015). Rüzgar türbini sistemi ile hayvan barınaklarında havalandırma ve serinletmeyi sağlayacak, fan-ıslak yastık (ped) sistemi Şekil 1’de görülmektedir (Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018). Şekil 1’de gösterilmiş olan inverter, şarj regülatörü ve bataryalar (aküler) Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiş proje kapsamında alınmıştır. Rüzgar türbini görseli ise Karşıyaka Mevkii’nde (Yalova) fotoğraflanmıştır.



Şekil 1. Rüzgar türbini sistemi ile hayvan barınaklarında havalandırma ve serinletme sisteminin elemanları

Hayvan barınaklarında havalandırma ve suyun farklı şekillerde kullanımı ile serinletme yapılabilir (Yağcıoğlu, 2005; Yüksel ve Şişman, 2015; Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018). Hayvan barınaklarında serinletme sistemleri, fanlar, ıslak yastıklar (ped), sirkülasyon pompası, su iletim boruları ve su deposundan oluşur. Suyun hayvan barınaklarında serinletmede kullanılmasında, genelde suyun buharlaşmasından yararlanır. Suyun buharlaştırılması, ıslak ve gözenekli bir yapıya sahip olan pedlerin kullanımı ile olur. Suyun soğutmadaki etkisi, bir gram su buharlaşırken havadan 598 cal (2500 J) duyulur ısı almasından kaynaklanır. Bu suyun buharlaşması için gereken buharlaşma gizli ısısının tamamına yakını havanın duyulur ısısından alınır. Böylece suyun buharlaşması için enerjisini kullanan ve barınağa giren havanın sıcaklığı da düşmüş olur. Islak yastıklarla barınak içi sıcaklığı, yörenin iklimine ve mevsimlere göre 6 ile 16 °C arasında değişmektedir (Abdalla ve Narendran, 1991; Barnwell, 1997; Karaca ve ark., 2016).

Hayvan barınaklarında ıslak yastıkların kullanılabilmesi için, mekaniksel havalandırmaya ihtiyaç vardır. Islak yastıkların bulunduğu barınak duvarının karşısındaki duvara aspiratörler yerleştirilir. Böylece aspiratörlerle barınak dışına atılan sıcak havanın yerine, ıslak yastıklardan geçen nemli ve serin hava barınak içine dolar (Boyacı ve ark., 2012; Yüksel ve Şişman, 2015; Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018).

Hayvan barınağındaki havalandırma miktarı, barınak iç hacmine veya barınaktaki hayvan sayısına göre hesaplanabilir. Yaz aylarında bir hayvan için yapılacak havalandırma miktarı, denemenin yapıldığı yerin coğrafi konumuna ve yapıldığı mevsimlere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Eğer deneme ılık ve serin yerlerde yapıldıysa, 500 kg canlı hayvan ağırlığı için havalandırma miktarı, $170 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ile $250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ oranındadır (Yüksel ve Şişman, 2015). Sıcak yörelerde yapıldıysa havalandırma miktarı, $500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ile $800 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ arasında değişmektedir (Yüksel ve ark., 2000).

Hayvan Barınaklarında Soğutma Sistemleri

Barınaklarda sıcak mevsimlerde serinletmenin belirli bir ölçüde sağlanması, hayvanlardaki sıcaklık stresini en aza indirmede yarar sağlamaktadır. Böylece sağlıklı, kaliteli ve verimli bir üretimin sürdürülmesine imkan verir (Yağcıoğlu ve ark., 2006; Yüksel ve Şişman, 2015).

Besi sığırı ahırlarında optimum sıcaklık sınırları 10 ile 16 °C arasında değişse de, soğuk mevsimlerde optimum sıcaklık 7 °C'ye kadar düşürülebilir. Kritik yüksek sıcaklık 22-25 °C'den sonra başlar. Bu sıcaklıktan sonra ahırların serinletilmesi gerekir. Büyükbaş hayvanların yüksek sıcaklığa toleransı, düşük sıcaklığa göre daha azdır. Yani hayvanlar yüksek sıcaklıktaki koşullara uyum sağlamada zorlanırlar (Yüksel ve ark., 1998; Yüksel ve Şişman, 2015).

Tekirdağ koşullarında dış hava sıcaklığına göre, barınaktaki hayvanların yaşam konforunu sağlamak amacıyla, barınakta ısıtma, havalandırma ve serinletme yapılması gereken aylar vardır. Dış hava sıcaklığının 7 °C'nin altına düştüğü aylar Aralık, Ocak, Şubat ve Marttır. Düşük sıcaklıklarda barınak içinde nem yoğunluğunun artması, barınak çalışanları ve hayvanları rahatsız eder. Bu nedenle, barınakta ısıtma yapılması gerekebilir. Dış hava sıcaklığının 7 ile 22 °C arasında olduğu Nisan, Mayıs, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında havalandırma ihtiyacı olmaktadır. Dış hava sıcaklığının yüksek olduğu ve 22-24 °C'nin üstüne çıktığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise havalandırmayla birlikte serinletmede yapılmalıdır. Hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde yapılacak zorunlu havalandırma, ıslak yastıklarla desteklenmelidir (Yüksel ve Şişman, 2015; Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018).

Bulgular ve Tartışma

Hayvan Barınaklarında Kullanılacak Fan-Ped Sistemlerinin Projelenmesi

Islak yastığın (ped) projesinin yapılacağı, 60 başlık besi sığırı ahırının boyutlarının bilinmesi gerekir. Duraklı besi sığırı ahırının eni 9,4 m, boyu 39,6 m ve yüksekliği 3,0 m'dir (Yüksel ve ark., 1998).

Islak yastıkların projelendirilmesinde Yüksel ve Şişman 2015 ve Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018 kaynaklarından yararlanılmıştır.

Hayvan barınağının her 25 m² taban alanı için, 1 m² ıslak yastık alanına ihtiyaç vardır. Taban alanı 372,2 m² (9,4x39,6) olan barınak için gerekli ped alanı şöyle bulunabilir (Eşitlik 1).

$$A_p = A_b/A_1 \quad (1)$$

$$A_p = \frac{372,2}{25} = 14,9 \text{ m}^2$$

Bu ıslak yastığın günlük su ihtiyacı, sıcak günlerde 1 m² yastık alanı için 30-40 L kadardır (Bucklin ve ark., 1993). Pedin ıslanması için, su deposunda suyun pede taşınmasına 0,2 kWh'lik küçük bir sirkülasyon pompası yeterli olur.

Hayvan barınaklarında havalandırma miktarı, barınağın bulunduğu coğrafi konum, mevsim ve hayvan sayısına göre belirlenir. Türkiye'nin kuzey bölgeleri için bu değer, 500 kg canlı ağırlık için 400 m³ h⁻¹ olarak alınabilir. Ülkemizde besi sığırlarının ortalama ağırlığı 700-750 kg olması nedeniyle, daha önce belirtilen rakamların %50 oranında artırılması gerekir. Bu durumda hayvan başına kullanılacak havalandırma miktarı 600 m³ h⁻¹'i bulur. Hayvan sayısına göre barınaktaki havalandırma miktarı (Eşitlik 2):

$$Q_t = Q_1 \times n$$

(2)

$$Q_t = 600 \times 60 = 36000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Barınak boyunun 25-30 m'yi geçmesi durumunda aspiratörler yeterli etkiyi gösteremez. Barınağın orta kısımlarında hava değişimi zorlaşır. Bu nedenle uzun hayvan barınaklarında orta kısımlara da 2 adet aspiratör yerleştirilerek istenilen havalandırma sağlanır (Yüksel ve Yüksel-Türkboyları, 2018).

Barınakta hayvanların ihtiyacına göre aspiratörler, bireysel veya grup halinde çalıştırılabilir. Ahırlarda bu havalandırma miktarını sağlayacak 60 cm çaplı, 1400 rpm (dd⁻¹), 0,75 kWh ve debisi 9500 m³ h⁻¹ olan aspiratörler kullanılacaktır (Anonim, 2022).

Havalandırma için aspiratör sayısı (Eşitlik 3):

$$n_a = Q_t/Q_a$$

(3)

$$n_a = \frac{36000}{9500} = 3,8 \sim 4 \text{ adet}$$

olarak bulunur. Uzun olan ahırın ortasına da 2 adet aspiratör yerleştirileceği için sistemdeki aspiratör sayısı 6 olur.

Sistemin toplam enerji ihtiyacı (Eşitlik 4):

$$0,75 \text{ kWh} \times 6 + 0,2 \text{ kWh} = 4,7 \text{ kWh}$$

(4)

olarak bulunur.

Bu havalandırma sisteminin verimli bir şekilde çalışabilmesi için, hesaplanan 4,7 kWh'ten daha büyük 6,0 kWh gibi bir rüzgar türbini sistemine ihtiyaç vardır. Zira rüzgâr türbininin enerji üretiminde zaman uyumsuzluğu sorunu vardır. Yani enerjiye ihtiyaç olan zamanda enerji üretiminin yapılamaması sorunudur (Tunus, 2019). Ayrıca rüzgarın sürekli dalgalı esmesi veya hiç esmemesi istenilen enerjiyi üretmeye engel olur. Bu nedenlerle ihtiyaçtan daha büyük bir sistem tercih edilmelidir. Sistem verimli olarak çalışırken, sistemden artan enerji daha sonra barınakta kullanılmak üzere, akülerde depo edilebilir. Aynı zamanda fazla enerji hayvan barınaklarında kullanılan hidroforda, gübre sıyırma makinasında veya iç aydınlatmada kullanılabilir.

Hayvan barınaklarında çevre koşullarının sağlanması ile hayvanların genetik yapı ve ırk özelliklerine bağlı olarak büyümesi, gelişmesi, yaşam konforu ve verimi artırılmış olur. Barınak çevre koşullarının sağlanmasında barınak havalandırması önemli rol oynar. Havalandırma hayvanların solunum ve diğer yaşamsal faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirli, nemli ve sıcak havanın yerine temiz havanın barınağa alınmasıdır. Barınaklarda hava değişimi dış hava koşullarına bağlı olmadan en iyi şekilde zorunlu havalandırma ve fan-ped sistemi ile sağlanır (Yüksel ve Şişman, 2015). Bu bağlamda, uygun oransal nem, hava hareketi, radyasyon, aydınlatma, hava kalitesi, barınağın havalandırma ve yalıtım özellikleri, yemleme sistemi, su temini, ses ve koku koşulları iyi organize edilmiş bir hayvan barınağı ile hayvan refahı artmakta ve verim yükselmektedir (Ekmekyapar, 2001).

Ülkemiz insanının sağlıklı bir şekilde yaşaması, ekonomik ve sosyal standardının artmasının önemli öğelerinden biri de yeterli ve dengeli beslenmektir (Karacan, 2017). Birim hayvan başına verimin artması, yeterli protein alamayan ülke insanların et ve süt ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynar. Böylece ülke insanının protein açığı da karşılanmış olur.

Havalandırma ve Soğutma Sisteminin Maliyet Analizi

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde, birim enerji maliyeti uygun olan sistemlerden biri rüzgar türbini sistemidir. Rüzgar türbini enerji sistemleri marka ve üretilen ülkelere göre farklılıklar göstermektedir. Ancak rüzgar türbini sistemlerinin maliyeti yüksek ve kWh başına maliyeti 2500 \$ dolayında olduğu görülmektedir (Erkoç, 2019; Türkdoğan ve ark., 2020).

Rüzgar türbini sistemi 6 kWh olup, değeri 15000 \$'dır. Bunun taşıma ve kurulum maliyeti de 3000 \$ kadardır. Sistemde kullanılan türbinin toplam maliyeti 18000 \$ olur.

Sistemde havalandırmada kullanılan aspiratörlerin taşıma ve montaj birim maliyeti 500 \$ olup, toplam 6 adet aspiratörün maliyeti 3000 \$'dır (Anonim, 2023c).

Barınağa giren havanın soğutulması için kullanılan pedin metrekaresi fiyatı 20 \$ olup, 15 m² ped 300 \$ olur (Anonim, 2023d). Buna nakliye ve montajda dahil edilirse, ped sistemi 360 \$'a mal olur. Pede su sağlayan pompada 50 \$'dır (Anonim, 2023e).

Sistemde kullanılacak 150 Ah jel akünün birim maliyeti 278 \$'dır. Taşıma ve montajla toplam 4 akünün maliyeti 1300 \$ olur (Anonim, 2023f).

Toplam olarak havalandırma ve soğutma sisteminin maliyeti 22710 \$'ı bulmaktadır.

Sonuçlar

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin tarımda kullanılması, elektrik enerjisi sorununu çözmeye yardımcı olacaktır. Hayvansal üretimde esas amaç, kaliteli ve yüksek bir verim için, ahır içi çevre koşullarında yaşam konforunun sağlanmasıdır. Ancak ülkemizde hayvan barınaklarında geniş şekilde doğal havalandırma sistemi uygulanır. Doğal havalandırma sıcak mevsimlerde, barınaklarda istenilen çevre koşullarını sağlayamaz. Hayvan barınaklarında yaşam konforunun sağlanmasında mekaniksel havalandırma daha etkili olacaktır. Mekaniksel havalandırma ile hava sıcaklığı, nemi, barınak havasındaki toz, zararlı mikroorganizma ve gazların oranları istenilen seviyede dengelenir.

Hayvan barınaklarında etkili havalandırma ve serinletme yapabilmek için, fan-ped sistemi kullanmak gerekir. Fan-ped sisteminin kullanılması için, elektrik enerjisine ihtiyaç vardır. Ancak hayvan barınaklarının yerleşim yerlerinin uzağında ve kırsal kesimde bulunması zorunluluğu, elektrik enerjisi kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu sorun, rüzgar potansiyeli iyi olan Marmara Denizi kıyılarında rüzgar türbinlerinin kullanımı ve elde edilecek elektrik enerjisi ile aşılabilir. Ülkemizin rüzgar enerjisi yönünden uygun olan bölgelerinde, rüzgar enerjisi sistemlerini tarımsal amaçlı olarak kullanmak mümkündür.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

Abdalla AM., Narendran R. Fog emitters as evaporative cooling devices for dairy cow sheds.

Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA) 1991; 22(1): 73-76.

Anonim. www.tekirdag.ktb.gov.tr/TR75726/genel-bilgiler.html (Erişim tarihi: 25.01.2021)

Anonim. www.hvacturk.com/urun/ayas-60-cm-7-kanatli-sanayi-tipi-aspirator (Erişim tarihi: 26.10.2022)

Anonim. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar> (Erişim tarihi: 02.04.2023). 2023a.

Anonim. <https://www.enerjiatlas.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye> (Erişim tarihi: 02.09.2023). 2023b.

Anonim. <https://www.fansanmarket.com/urun/sanayi-aspiratoru-harici-motorlu-kare-kasa-9500-m3h-cap-60-cm/146/> (Erişim tarihi: 01.09.2023). 2023c

Anonim. <https://turkish.alibaba.com/p-detail/Agriculture-60708802282.html?spm=a2700.7724857.0.0.332a4dd40GozfY> (Erişim tarihi: 01.09.2023). 2023d.

- Anonim. <https://www.hepsiburada.com/klpro-klpsp256-100watt-sirkulasyon-pompa-pm-HBC00000E6SPM> (Erişim tarihi: 01.09.2023). 2023e.
- Anonim. <https://www.acdc.com.tr/tr/jel-aku-hakkinda.htm?id=121507150> (Erişim tarihi: 01.09.2023). 2023f.
- Barnwell R. Evaporative cooling systems. Technical news, Quarterly Publication of Cobb-Vantress, 1997; 5(2).
- BESD-BİR. <https://besd-bir.org/assets/uploaded/Tr-kisi-basina-turlere-gore-et-tuketimi.pdf> (Erişim tarihi: 17.08.2023)
- Boyacı S., Akyüz A., Gençođlan S., Baydar Ş. Etlik piliç kümeslerinin fan ped sistemiyle serinletilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs 2012, sayfa no: 949-954, İzmir.
- Bucklin RA., Henley RW., McConnel DB. Fan and pad greenhouse evaporative cooling systems. University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, Circular 1135; 1993.
- ÇŞB, 2020. T.C. Tekirdağ Valiliđi Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tekirdağ İli Temiz Hava Eylem Planı. https://webdosya.csb.gov.tr/db/tekirdag/menu/temiz-hava-eylem-planı-2020-2024-s_20201016045422.pdf (Erişim tarihi: 01.09.2023)
- Dikmen E., Örgen FK. Ağlasun bölgesi için rüzgar hızı tahmini ve en uygun türbin tespiti. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2018; 7(2): 871-879.
- Ekmekyapar T. Tarımsal yapılar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları no: 204: Erzurum; 2001.
- Erkoç R. Güneş enerjisi santrallerinin modellenmesi, ekonomik analizi ve değerlendirme: Almanya ve Türkiye uygulamaları. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:106, Ordu, Türkiye, 2019.
- Karacan R. Türkiye’de kırmızı et talebinin, beyaz et tüketimi ve gelir dağılımı açısından değerlendirilmesi. Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar 2017; 54(630): 67-73.
- Karaca C., Yıldız Y., Dađtekin M., Gümüş, Z. Effect of water flow rate and cooling effectiveness and air temperature change in evaporative cooling pad systems. Environmental Engineering and Management Journal 2016; 15(4): 827-833.
- Karık F., Sözen A., İzgeç MM. Rüzgar gücü tahminlerinin önemi: Türkiye elektrik piyasasında bir uygulama. Politeknik Dergisi 2017; 20(4): 851-861.
- Koçaslan G. Sürdürülebilir kalkınma hedefi çerçevesinde Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyelinin yeri ve önemi. Sosyal Bilimler Dergisi 2010; 1: 53-61.
- Küsek G., Öztürk HH., Akdemir Ş. Tarım işletmelerinde güneş enerjisinden elektrik üretiminin teknolojik uygulanabilirliği. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 12-15 Nisan 2016, sayfa no: 127-136, Antalya.

- Rezaei M., Mostafaeipour A., Qolipour M., Tavakkoli-Moghaddam R. Investigation of the optimal location design of a hybrid wind-solar plant: A case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018; 43(1): 100-114.
- Şenel MC., Koç E. Dünya’da ve Türkiye’de rüzgar enerjisi durumu-genel değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 2015; 56(663): 46-56.
- Toprak A. Elektrik üretimi için düşük güçlü rüzgar enerji sistemi tasarımı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:82, Konya, Türkiye, 2011.
- Tunus O. Bursa’da yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretim potansiyelinin ekonomik analizi. Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:141, Bursa, Türkiye, 2019.
- Türkdoğan S., Mercan MT., Çatal T. Şebekeden bağımsız hibrit enerji sistemleri kullanılarak 40 hanelik bir topluluğun elektrik ve termal yük ihtiyacının karşılanması: Teknik ve ekonomik analizleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2020; 18: 476-485.
- Yağcıoğlu A. Sera mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın No: 562: İzmir; 2005.
- Yağcıoğlu A., Günhan T., Demir V. Tarımsal yapılarda nemli yastıklarla serinletme. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2006; 2(4): 381-388.
- Yılmaz Hİ., Ünal HB., Alkan İ. Süt sığırcılığında ahır konstrüksiyonlarının inşaat maliyeti ve hayvan refahı yönünden değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs 2012, sayfa no: 941-948, İzmir.
- Yüksel AN., Kocaman İ., Ergün N. Besi sığırcılığı, ahırların planlanması. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.: İstanbul; 1998.
- Yüksel AN., Soysal Mİ., Kocaman İ., Soysal Sİ. Süt sığırcılığı temel kitabı (süt sığırı ahırlarının planlanması / süt sığırı yetiştiriciliği). Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.: İstanbul; 2000.
- Yüksel AN., Şişman CB. Hayvan barınaklarının planlanması. Hasad Yayıncılık: İstanbul; 2015.
- Yüksel AN., Yüksel-Türkboyları E. Using the photovoltaic cells for ventilation and cooling of the animal barns. 1st International 14th National Congress on Agricultural Structures and Irrigation (ICASI-2018), 26-28 September 2018, page no: 49-55, Antalya.