

SICAKLIK-NEM İNDEKSİ PROGRAMI (SINEP)

Yüksel NADAROĞLU¹ Osman ŞİMŞEK¹ Özden DOKUYUCU¹ Yusuf ÇALIK²
Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1- Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2-Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı
ynadaroglu@mgm.gov.tr, osimsek@mgm.gov.tr, odokuyucu@mgm.gov.tr, ycalik@mgm.gov.tr

ÖZET

İnsanlar gibi hayvanlar da çevresel faktörlerden etkilenmekte, özellikle de aşırı sıcak ve nemden zarar görmektedirler. Son yıllarda etkisini daha çok hissettiren küresel ısınmanın etkisiyle sıcaklık stresi, süt sığırları üzerinde etkisini belirgin şekilde hissettirmekte ve önemli süt kayıplarına sebep olmaktadır. Süt sığırlarında sıcaklık stresinin düzeyinin tespit edilmesi amacıyla farklı indeksler bulunmaktadır. Bu indekslere genel olarak "Sıcaklık-Nem İndeksi" adı verilmektedir (SNİ veya THI). Hesaplanan indeks değerine bakılarak süt sığırlarının maruz kaldıkları sıcak stres düzeyi ve süt üretiminde ne oranda bir düşüş olabileceği tahmin edilebilir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz sığırcılığında önemli verim kayıplarına yol açan sıcaklık-nem stresinin oluşabileceği zaman dilimlerini önceden tahmin etmek, böylelikle çiftçilerimizin gerekli önlemleri almasını sağlayarak, kayıplarını en aza indirmek amacıyla "Sıcaklık-Nem İndeksi Programı (SINEP)" hazırlanmıştır.

Programda, Hava Tahmin ve Araştırma Modeli (WRF) tarafından üretilen saatlik sıcaklık ve nem tahmin değerlerinin, ülkemiz için belirlenen en uygun Sıcaklık-Nem İndeksine uygulamasıyla stres değerleri hesaplanmaktadır. Stres değerlerine göre stres şiddetleri ve renk sütunları oluşturulmaktadır. Böylelikle üreticilerimiz 72 saat öncesinden hayvanlarının strese girebilecekleri saat dilimlerini ve stres şiddetlerini görerek gerekli tedbirleri alabilecekler, planlama yapabileceklerdir. Çalışmada ayrıca ülkemizde özellikle süt üretiminde önemli bir konumda bulunan ve yıl boyunca hava sıcaklığı ile nem oranının yüksek olduğu Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgelerindeki illerimizin stresli gün sayıları (SNİ>72) belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sıcaklık Stresi, Sıcaklık-Nem İndeksi, SNİ,

ABSTRACT

Like human beings animals are affected by environmental factors, especially get harmed by high temperature and humidity. With the effect of global warming that shows more impact lately, heat stress show its impact clearly on milk cows and causes substantial loss of milk. There are different indexes that aim to determine the level of heat stress on milk cows. These indexes are generally called "Temperature-Humidity Index". By looking at the calculated index value, the level of heat stress that milk cows have been exposed to and the amount of milk that could increase can be estimated.

In order to anticipate the time of temperature-humidity stress that cause substantial yield loss in our country like all over the world and minimize our farmers' loss by ensuring them to take precautions, "Temperature-Humidity Index Program" has been developed.

This programme uses data from Weather Research and Forecast Model's hourly temperature and humidity values and modifies them Temperature and Humidity Index, predetermined best suitable for Tukey. After this modification stress values are calculated by this programme. Stress intensity and colour columns are formed according to stress levels. So our producers can see the time their animals will be stressed before 72 hours and can take necessary precaution and make plans. Also in this study the number of stressed day (THI>72) of the cities (in Marmara, Akdeniz and Ege regions) that have high temperature and high humidity and that are in important in milk production are detected.

Key words: Heat Stress, Temperature-Humidity Index, THI

1. GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme, bireylerin sağlığının korunması ve geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Süt ise insan beslenmesinde mükemmel bir gıda olarak nitelendirilmekte ve süttten elde edilen ürünler de vazgeçilmez gıdalar arasına girmiş bulunmaktadır. Süt ve ürünlerinin düzenli olarak alınmaları, kaliteli bir yaşantının sürdürülmesi için zorunludur.

Dünyada toplam süt üretimi 2013 yılında %1,4 oranında artarak 552 milyon ton, inek sütü üretimi ise %1 oranında artarak 468 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye’de 2013 yılı sonu itibariyle toplam sağılan hayvan sayısı, bir önceki yıla göre %8,3 artışla 23.889.767 baş olmuştur. Türkiye’de süt üretimi 2013 yılında bir önceki yıla göre %4,7 oranında artmış ve 18 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye toplam süt üretiminin %91,5’ini inek sütü, %6’sını koyun sütü, %2’sini keçi sütü ve %0,3’nü manda sütü oluşturmaktadır (Anonim, 2014).

Marmara, Ege ve Akdeniz bölgeleri ülkemizin en önemli süt üretim yerleri konumundadır. Bu bölgeler aynı zamanda mevcut süt sığırlarını büyük oranda kültür ırkına dönüştürmüşlerdir. Çalışmada, Sıcaklık-Nem İndeksi hesaplanan bu bölgelerdeki toplam 13 ilin, 2014 yılındaki toplam süt üretimi, ülkemizdeki toplam süt üretiminin %26’sını oluşturmaktadır. Ülke genelinde kültür ırkı ineklerin % 34’ü bu illerimizdedir ve bu ineklerden elde edilen süt miktarı, toplam kültür ırkı inekleri süt üretiminin % 44’üne tekabül etmektedir. Aynı zamanda, ülkemiz modern hayvancılık ve süt üretiminde önemli bir yere sahip olan bu iller, yıl boyu yüksek sıcaklık ve nem nedeniyle, süt ineklerinin en çok sıcaklık stresine maruz kaldıkları yerler arasında bulunmaktadır.

Süt sığırlarında sıcak stresine dayanıklılık veya duyarlı olma durumu bakımından “ırk”ın etkisi oldukça önemlidir. Tüm dünyada süt verimi yönünden üstün özelliklere sahip olduğu bilinen Holstein ırklarında sıcak stresine dayanıklılık en düşük düzeydedir (Dinçel ve ark., 2013). Ayrıca yapılan son çalışmalarda, ineklerin vücut sıcaklıklarında genetik bir artış olduğu da görülmektedir (0,07°C/yıl) (Dikmen ve ark., 2012). Hem süt verimindeki artış hem de vücut sıcaklığı bakımından genetik eğilimin pozitif ve sürekli artış eğiliminde olması durumu küresel ısınmanın etkisi ile bir arada değerlendirilecek olursa, süt sığırları yetiştiriciliğinde gelecekte sıcak stresinin daha da artan bir etkiye sahip olacağını göstermektedir (Dinçel ve ark., 2013).

Bu çalışmada, ülkemiz genelinde ve özellikle de güney ve batı bölgelerinde süt üretiminde kayıplara yol açan sıcaklık stresinin oluşabileceği zaman dilimlerini önceden tahmin etmek, böylelikle çiftçilerimizin gerekli önlemleri almasını sağlayarak kayıplarını en aza indirmek amacıyla hazırlanan “Sıcaklık-Nem İndeksi Programı’nın (SINEP) özellikleri ve çalışma prensipleri açıklanmıştır. Çalışmada ayrıca ülkemizde süt üretiminde önemli bir konumda bulunan ve yıl boyunca hava sıcaklığı ile nem oranının yüksek olduğu Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgelerindeki illerimizde görülen sıcaklık stresinin (THI>72) 2014 yılında etkili olduğu süreler saat olarak hesaplanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada, ülkemizde süt üretiminde önemli bir konumda bulunan 13 ilde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait otomatik meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen 2014 yılı saatlik hava sıcaklığı ve nispi nem değerleri kullanılmıştır. Oluşturulan veri seti kontrollerden geçirildikten sonra parametre değerleri eşitlikte yerine konularak, her güne ait sıcaklık-nem indeks değerleri hesaplanmıştır.

Hazırlanan Sıcaklık-Nem İndeksi Programı, PHP 5.3. yazılım dilinde hazırlanmıştır. SUSE Linux işletim sistemine sahip web sunucusu üzerinden yayınlanmaktadır. Programda Hava Tahmin ve Araştırma (Weather Research and Forecasting, WRF) modelinin 3 günlük saatlik hava sıcaklığı ve nispi nem tahmin çıktıları kullanılmaktadır. Program 81 il ve 890 adet ilçe merkezinin gelecek üç güne ait saatlik sıcaklık-nem indeks değerlerini hesaplamakta, stres şiddet değerlerine göre renk sütunları oluşturmaktadır.

2.1. Sıcaklık Stresi veya Sıcaklık-Nem İndeksi (SNİ-THI)

İnsanlar gibi hayvanlar da çevresel faktörlerden etkilenmekte, iklimsel değişkenlerin daha ekstrem sınırlara doğru kayma eğiliminde olmasıyla, sığırlar üzerinde giderek artan bir stres oluşmaktadır. Süt sığırlarından beklenen verimin alınabilmesi, onlara optimum çevre koşullarının sağlanmasıyla mümkündür. Süt sığırları için en uygun çevre koşulları 13- 18°C'lik çevre sıcaklığı, %60-70 nispi nem, orta derecede solar (güneş) radyasyon ve saatte 5-8 km'lik rüzgar hızı olarak tanımlanmaktadır (McDowell, 1972). Stres kaynağı olarak gösterilebilecek en önemli iklimsel faktörler ise, hava sıcaklığı ve nispi nem olup bu iki bileşenin birbirine göre durumu sığırlar üzerinde farklı etkilere neden olmaktadır. Havadaki nem ne kadar yüksek olursa, vücut ısısının dengelenmesi de o kadar zor olmaktadır. Çevre koşullarının olumsuz etkileri entansif üretim koşullarında özellikle yüksek verimli hayvanlarda daha fazla önem taşımaktadır.

Süt sığırlarında normal vücut sıcaklığının yükselmesine neden olan etkenlerin bileşkesine "Sıcak Stresi" denilmektedir. Sıcak stresi olumsuz etkilerini temel olarak döl verimi, süt verimi ve fonksiyonel özellikler üzerinde göstermektedir (Hansen, 2007; Smith ve ark., 2013; Rhodas ve ark., 2009).

Sıcaklık stresinin bilinen ölçümü "Sıcaklık-Nem Stres İndeksi'dir (SNİ-THI). İlk olarak Thom (1958) tarafından insanlar için geliştirilmiş ve Berry ve ark. (1964) tarafından süt sığırları için düzenlenmiştir. Süt sığırlarında sıcaklık stres düzeyinin tespit edilmesi amacıyla farklı indeksler bulunmaktadır. Bu indekslere genel olarak "Sıcaklık-Nem İndeksi (SNİ veya THI)" adı verilmektedir. Hesaplanan indeks değerine bakılarak, süt sığırlarının maruz kaldıkları sıcak stres düzeyi ve süt üretiminde ne oranda bir düşüş olabileceği tahmin edilebilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan THI değeri;

$$THI = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26.8)] \quad (NRC, 1971) \text{ dir.}$$

Burada T : °C olarak hava sıcaklığını, RH ise % olarak nispi nemi ifade etmektedir. THI için alternatif formüller benzer sonuçları vermektedir (Dikmen ve Hansen, 2009). Çalışmada, rektal sıcaklık ile en yüksek ilişkiye ($r =$

0,53) sahip olması (Dikmen ve Hansen, 2009) ve benzer birçok araştırmada kullanılması nedeniyle bu indeks seçilmiştir.

2.2. Hava Tahmin ve Araştırma Modeli (Weather Research and Forecasting, WRF)

WRF modeli, operasyonel öngörüler kadar atmosferik araştırmalara yanıt verebilecek yeni nesil orta ölçekli sayısal hava tahmin sistemidir. Bu program, çoklu dinamik çekirdekleri ile 3 boyutlu değişken asimilasyon sisteminin yer aldığı ve tüm bu sistemlerin paralel çalışmasını sağlayan bir mimariye sahip atmosfer dinamiği modelidir. WRF, ölçeği metre mertebesinden kilometrelere kadar değişebilen ölçeklerde çalışmaya uygun olarak tasarlanmıştır. Model daha önce benzer amaçlarla kullanılan MM5 modelinin geliştirilerek yenilenmiş bir versiyonudur. En önemlisi, modelin arkasında geniş bir geliştirici ve kullanıcı desteği vardır ve bu yönüyle gerçek bir “community model” (kullanıcı grubu modeli) niteliği taşır.

WRF; Atmosferik Araştırmalar Ulusal Merkezi (NCAR), Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi, Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri (NCEP) ve Tahmin Sistemleri Laboratuvarı (FSL), Hava Kuvvetleri Atmosfer Ajansı (AFWA), Oklahoma Üniversitesi ve Federal Havacılık Yönetimi (FAA) kurumları arasındaki ortak çalışma sonucu geliştirilmiştir. WRF, araştırmacılara gerçek veriler ile atmosfer simülasyonları yapma olanağını sağlar. WRF, bir modelin hesaplamalara göre değişken ve verimli olup olmadığını anlaşılmasına katkıda bulunur. Ayrıca fiziksel ve sayısal olarak kullanılan veriler için asimilasyon fırsatı da barındırır. WRF modelinin kullanıcıları, her geçen gün artmakta ve WRF modeli birçok merkezde aktif olarak kullanılmaktadır [Url-1, 2013]. WRF uygulama alanı, ideal simülasyonlar (Large Eddy Simulation (LES), konveksiyon, baroklinik dalgalar vs.), parametrisasyon araştırmaları, veri asimilasyon araştırmaları, tahmin araştırmaları, gerçek zamanlı SHT, çift-model uygulamaları ve eğitim olarak sıralanabilmektedir (Skamarock ve diğ., 2008).

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hesaplanan indeks (SNİ) değerlerine bakarak süt sığırlarının maruz kaldıkları sıcak stresi düzeyi ve verimlerinde ne oranda bir düşüş olabileceği konusunda tahmin yapılabilir. Bazı çalışmalarda SNİ değerinin 72 ve üzerine çıktığı durumlarda sıcak stresinin başladığı tespit edilmiştir (Gaughan ve ark., 2008). Bohmanova ve ark. (2007) Gürcistan'da yaptıkları çalışmada eşik değerini 72 olarak belirlemişlerdir. Holstein sığırlarında sıcaklık stresinin başladığı eşik değer olarak 65-69 aralığı, hatta daha düşük bir değer olabileceği de öne sürülmektedir (Bouraoui ve ark, 2002; Bryant ve ark, 2007; Zimbelman ve ark, 2009). Son yıllarda yapılan bazı çalışmalara göre SNİ değerinin 65 ve üzerine çıkması ile süt verimlerinde azalmanın başladığı ortaya konulsa da genel olarak eşik değer 72 olduğu kabul edilmektedir (Johnson, 1985; du Preez ve ark., 1990; Armstrong, 1994; Broucek ve ark, 2007; Reiczigel ark, 2009;. Gantner ve ark., 2011).

Süt sığırlarında günde iki defa yapılan sağımdan dolayı sıcaklık stresi nedeniyle oluşan verimdeki düşüş daha kolay anlaşılmakta, ekonomik gelire olan etkisi hızlı bir şekilde görülebilmektedir. Sıcaklık-nem stresinde bir birimlik artış olduğunda süt veriminde ne kadar bir değişim olduğuna dair çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bouraoui ve ark. (2002) SNİ'de 69 üzerindeki her birimlik artış için günlük inek başına 0.41 kg azalma meydana

geldiğini ortaya koymuşlardır. Herbut ve ark (2012) tarafından yapılan araştırmada ise her bir SNİ başına ineklerdeki süt kayıp miktarının 0,36-0,28 kg aralığında olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Balıkesir’de yapılan benzeri bir araştırmada sıcaklık stresinin etkisini göstermeye başlaması ve sıcaklık-nem indeksinin 72 olan kritik seviyenin üzerine çıkması ile süt verimindeki düşüşün, sürü ortalamasında 2.1 kg’dan 7,5 kg’a kadar çıktığı, sıcaklık-nem indeksindeki her bir birim artışın 0,7 kg-1,1 kg’lık süt kaybına yol açtığı belirlenmiştir.

Çalışmada saatlik SNİ değerinin, 72 eşik değeri üzerindeki her bir birimlik artışına karşılık süt veriminde 0,3 kg/inek azalma olduğu (Gartner ve ark., 2011; Salem ve ark., 2009; Smith ve ark., 2012) esas alınmıştır. Araştırmalarda daha yüksek değerlerde bulunmuş olmasına rağmen nispeten daha düşük bir değerin seçilmesinin nedeni, ölçülen saatlik hava sıcaklığı ve nispi nem değerlerinin il merkezlerindeki gözlem istasyonlarından elde edilmiş olmasıdır.

Çalışmada sıcaklık-nem indeks değerleri hesaplanan 13 il içerisinde, süt ineklerinin 2014 yılında hafif stres yaşadıkları (SNİ>65) birim süre en düşük 2754 saat ile Muğla’da, en yüksek süre ise 4601 saat ile Mersin’de gerçekleşmiştir (Tablo 1). Aynı illerimiz içerisinde süt ineklerinin verimde azalma olacak şekilde strese girdikleri zaman periyodu ise (SNİ>72) yine en düşük Muğla’da ve en yüksek Mersin’de gerçekleşmiştir. Bu iller içerisinde süt ineklerinde ölüme sebep olabilecek düzeyde aşırı şiddete strese maruz kaldıkları süre, 2014 yılında 1 saat süre ile sadece Antakya’da meydana gelmiştir. Yurdumuzun güney ve batı kesimlerinde bulunan illerimiz içerisinde kültür ırkı süt ineklerinde sıcaklık stresi nedeniyle 2014 yılında en fazla süt üretiminin azaldığı iller sırasıyla Mersin, Adana ve Antakya iken, Muğla, Balıkesir ve Bursa illeri azalmanın en az olduğu merkezlerdir.

Tablo 1. 13 İlde 2014 yılında gerçekleşen SNİ eşik değeri üzerindeki birim saat sayıları ve yıllık süt kayıp miktarları.

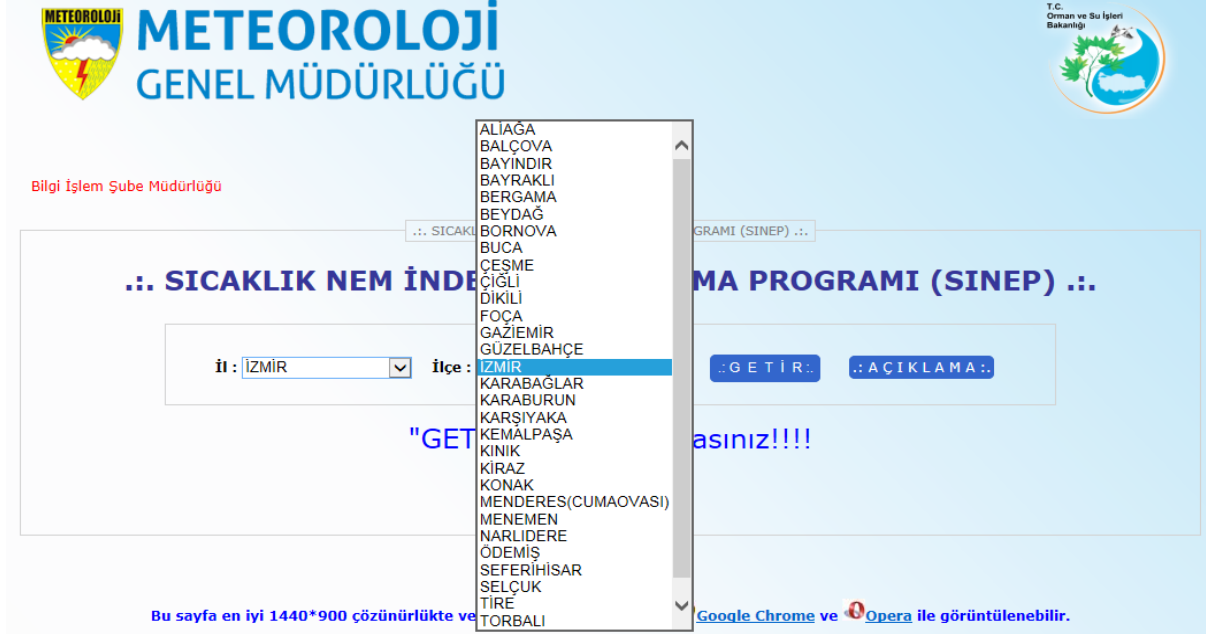
İLLER	Eşik Değerden Büyük Birim Saat Sayıları				Birim SNİ Süt Kayıp Miktarı Kg/İnek	Dönem Süt Kayıp Miktarı Kg/İnek
	Hafif Stres	STRES	Yoğun Stres	Ölüm		
	SNİ>65	SNİ>72	SNİ>80	SNİ>90		
SAKARYA	3247	1542	188	0	0,3	462,6
ÇANAKKALE	3046	1509	62	0	0,3	452,7
BURSA	3100	1498	172	0	0,3	449,4
BALIKESİR	2876	1257	51	0	0,3	377,1
MANİSA	3498	1793	224	0	0,3	537,9
İZMİR	3821	2157	178	0	0,3	647,1
AYDIN	3703	1919	354	0	0,3	575,7
DENİZLİ	3250	1391	23	0	0,3	417,3
MUĞLA	2754	1220	94	0	0,3	366
ANTALYA	4019	2532	831	0	0,3	759,6
İÇEL	4601	2937	934	0	0,3	881,1
ADANA	4332	2846	780	0	0,3	853,8
HATAY	4309	2679	229	1	0,3	803,7

Ülkemiz iklim şartları içerisinde başta güney ve batı bölgelerimiz olmak üzere, süt üretiminde önemli kayıplara yol açan sıcaklık stresinden korunmak için birçok yöntem bulunmaktadır. Gölgeleme, havalandırma, sulama-ıslatma, soğuk içme suyu verme, bilimsel besleme stratejileri gibi birçok modern yöntemle, ineklerdeki stres hafifletilerek veya tamamen uzaklaştırılarak süt verimindeki azalmanın önüne geçilebilir. Fakat bu yöntemlerin birçoğunun maliyetinin yüksek olması nedeniyle uygulanması zordur. Ancak yetiştiricilik açısından zorunlu olan bu serinletme ve stresten korunma yöntemlerinin önceden planlanarak doğru şekilde ve zamanında uygulanması hem daha ekonomik olacak hem de süt verimindeki azalmanın önüne geçilerek daha kârlı ve sürdürülebilir hayvancılık faaliyeti yapılabilecektir. İster aile tipi işletme isterse modern hayvancılık tesislerindeki süt üretim işletmeleri olsun, günlük planlamalarda hayvanların strese maruz kalacakları zaman dilimlerinin önceden bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla ülkemizdeki hayvancılık faaliyetleri için ilk defa hazırlanan zirai meteorolojik uygulama olarak süt sığırları Sıcaklık-Nem İndeksi Hesaplama Programı (SINEP) tasarlanmıştır. Program çiftçimizden araştırmacılara kadar geniş bir kitlenin kullanabileceği özellikte, sade ve anlaşılır bir şekilde hazırlanmıştır (Şekil 1).



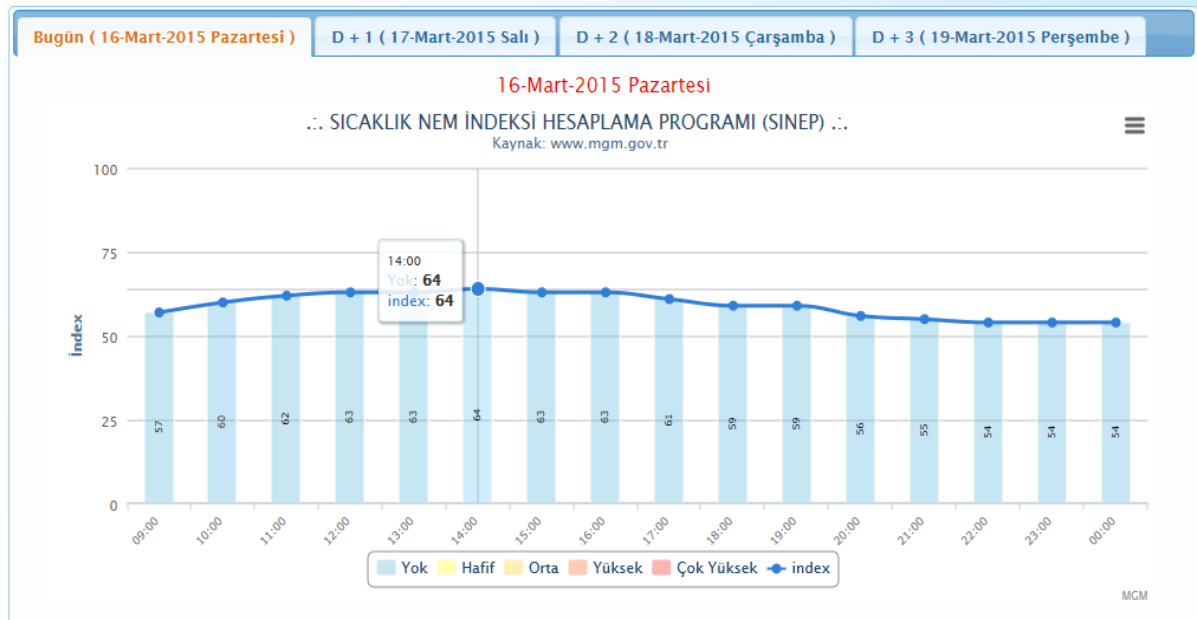
Şekil 1. Sıcaklık-nem indeksi programı ana yüzü.

Kullanıcı öncelikle hayvancılık faaliyetinde bulunduğu, işletmesinin bulunduğu yerleşim yerini il ve ilçe olarak seçebilmektedir (Şekil 2.).

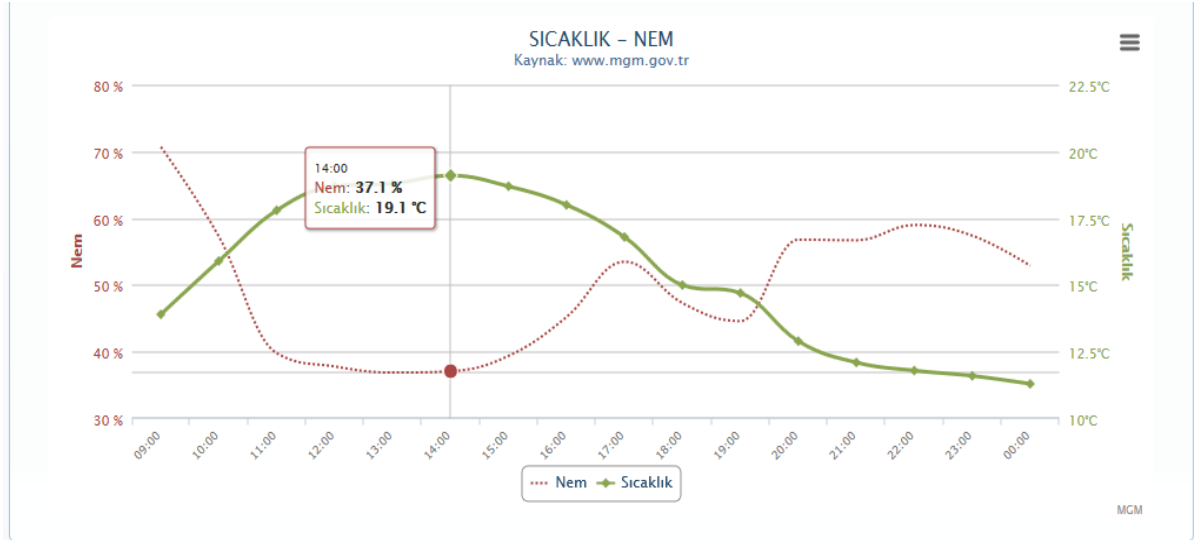


Şekil 2. Sıcaklık-nem indeksi programı il ve ilçe seçimi.

Ekranında bulunan GETİR butonuna tıkladığında, seçilen yerleşim yeri için gelecek 3 gün içerisinde süt sığırlarının strese maruz kalacakları saat dilimleri ve renklerine uygun olarak stres seviyelerini gösteren ekran oluşmaktadır (Şekil 3). Ekrandaki stres grafiği üzerinde gezinirken her bir saat dilimine ait stres değeri ve stres seviyesi görülebilmektedir.



Şekil 3. Sıcaklık-nem indeksi programında saatlik stres grafiklerinin ve değerlerinin görünümü.



Şekil 1. Sıcaklık-nem indeksi programında kullanılan saatlik hava sıcaklığı ve nispi nemin grafiği ve değerlerinin görünümü.

Çalışmada, sıcaklık stresi nedeniyle gelecekte beklenen süt miktarındaki azalışlarla ilgili olarak mali rakamlara, değişen ekonomik piyasalar nedeniyle yer verilmemiştir. Şurası bir gerçektir ki son yıllarda kendini daha çok hissettiren iklim değişikliğinin gelecekte muhtemel etkileriyle ilgili olarak araştırmalar yapılmalı, bu illerimize özgü sıcaklık stresi eşik değerleri ve kayıp oranları belirlenmelidir. Araştırmaların çalışma alanları genişletilmeli, tüm ülke coğrafyasını kapsayacak değerler üretilmelidir. Özellikle küçük ölçekli üretimden büyük ölçekli süt üretim tesislerine geçiş aşamasında iklim değişikliğinin etkileri de dikkate alınarak gölgelikler, serinletme ve soğutma sistemleri tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Anonim. 2014. TÜİK Hayvancılık İstatistikleri.

Erişim: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul>. Erişim Tarihi:26.01.2015

Erişim: <http://www.wrf-model.org/index.php>. Erişim tarihi: 17.03.2015.

Armstrong, D.V., Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 1994;77:2044–2050.

Berry, I. L., Shanklin, M. D. and Johnson, H. D., 1964. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity Trans. Am. Soc. Ag. Eng. 7 329–31

Bohmanova, J., Misztal, I., and Cole, J. B., 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stres. J. Dairy Sci. 90 1947–56

Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M. and Belyea, R. 2002 The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate Anim. Res. 51 479–91

Bryant, J. R., López-Villalobos, N., Pryce, J. E., Holmes, C. W. and Johnson, D. L. 2007. Quantifying the effect of thermal environment on production traits in three breeds of dairy cattle in New Zealand. N. Z. J. Agric. Res. 50 327–38

Brouček, J., Ryba, S., Mihina, S., Uhrincat, M., Kisac, P., 2007. Impact of thermal-humidity index on milk yield under conditions of different dairy management. J. Anim. and Feed Sci., 2007, vol. 16, p. 329-345.

Dikmen, S., Hansen, P.J., 2009. Is the temperatu-re-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. J. Dairy Sci., 92, 109-116.

- Dikmen, S., Null, D., Cole, J.J., Hansen, P.J., 2012. Heritability of body temperature and genetic correlations with production traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*
- Diñçel, D., Dikmen, S., 2013. Süt Sığırlarında Sıcak Stresinin Tespiti, Verim Üzerine Etkileri ve Korunma Yöntemleri, Uludağ Univ. J. Fac. Vet. Med.32,1:19-29
- Du Preez, J.H., Giesecke, W.H. and Hattingh, P.J., 1990. Heat Stress in dairy cattle and other livestock under southern African conditions. I. Temperature-Humidity index mean values during the four main seasons. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 57, 77-87.
- Efe, B., 2012. Manisa Soma bölgesi için meso ölçek sayısal hava tahmin modeli (WRF) ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği modeli (WINDSIM) kullanılarak kısa vadeli rüzgar enerjisi tahmini (Yüksek Lisans Tezi). İTÜ. İstanbul.
- Gantner, V., Mijic, P., Kuterovac, K., Solic, D., Gantner, R., 2011. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61:1, 56-63
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M. and Lisle, A., 2008. A new heat load index for feedlot cattle *J. Anim. Sci.* 86 226–34
- Göncü, S., Sıcaklık Stresi Altındaki Süt Sığırlarının Serinletilmesi. Ç.Ü.Z.F. Adana. <http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/5WMobYZB-1932013-9.pdf>. Erişim Tarihi: Ocak 2015.
- Hansen, P.J., 2007. Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology*, 68, S242-S249.
- Herbut, P., and Angrecka, S., 2012. Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Animal Science Papers and Reports* 4:363-372.
- Mader, T. L., M. S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 84, 712-719
- McDowell, R.E., 1972. Improvement of livestock production in warm climates. Freeman, San Francisco, pp. 410-449.
- NRC. 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Ravagnolo, O., Misztal, L, 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J. Dairy Sci*, 83, 2126-2130.
- Reiczigel, J., N. Solymosi, L. Konyves, A. Maroti-Agots, A. Kern, and J. Bartyik. 2009. Examination of heat stress caused milk production loss by the use of temperature-humidity indices. *Magyar Allatorvosok Lapja* 131:137–144.
- Rhodas, M. L., Rhodas, R. P., VanBaale, M. J. , Collier R. J. , Sanders S. R., Weber, W. J., Crooker B. A., 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci*, 92, 1986-1997.
- Salem, M.B., Bouraoui, R., 2009. Heat Stress in Tunisia: Effects on dairy cows and potential means of alleviating it. *South African J. Anim. Sci*, 39:1,256-259.
- Skamarock, C. W., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X., Wangi W., Powers, J. G. 2008. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR/TN – 475 +STR Boulder, Colorado, USA.
- Smith, D.L., Smith, T., Rude, B. J., Ward, S. H., 2013. Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, in press.
- Smith, J.F., Collier, R.J. Harner, J.P., Bradford, B.J., 2012. Strategies to Reduce Heat Stress in Dairy Cattle. 27th Annual Southwest Nutrition and Management Conference Book , 65-84.
- Thom, E. C., 1958. Cooling degree days *Air Cond., Heat. Vent.* 55 65–9.
- Tunç, M., 2013. İstanbul’da WRF modeli ile rüzgar tahmini doğrulaması (Yüksek Lisans Tezi). İTÜ. İstanbul.
- West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86, 2131-2144.
- Yıldız, G., 2014. Süt Sığırını Yetiştiriciliğinin Sorunları ve Beslenme Hastalıkları. *Veteriner.org, Sakarya pdf.*,23.

Zimbelman, R. B., Rhoads, R. P., Rhoads, M. L., Baumgard, L. H. and Collier, R. J. 2009. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows Proc. 24th Annual Southwest Nutrition and Management Conf.