



Seralarda Isı Gereksiniminin Isıtma-Derece-Saat (HDH) Değerlerinden Gidilerek Belirlenmesi

A.Nafi Baytorun^{1*} Zeynep Zaimoğlu² Özkan Güğercin¹

Özet

Bir iklimin sertliği derece-gün cinsinden hassasiyetle karakterize edilebildiğinden, derece-gün yöntemi ile yapıların ısıtma veya soğutma enerji ihtiyacını belirlemek mümkündür. Isıtma-Derece-Gün (HDD) değerleri TS 825 standartlarına göre belirlenmiştir. Ancak seralarda ısı gereksiniminin HDD değerlerine göre belirlenmesi hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Bu durum seranın şeffaf bir örtü ile kaplanması sonucu gündüz saatlerinde seraya ulaşan güneş ışınımı nedeniyle sıcaklığın dış sıcaklıktan çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Ilıman iklim bölgelerinde kurulan seralarda DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan ısı gereksinimleri HDD yöntemine göre hesaplanan değerlerden %17 farklılık göstermektedir. Bu fark seraların gündüz saatlerinde ısıtıldığı soğuk iklim bölgelerinde daha da büyümektedir. Belirtilen nedenle yapılan bu çalışmada ısıtılmayan ve belli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık değerleri hesaplanarak kabul edilen farklı eşik sıcaklıkları için Isıtma-Derece-Saat (HDH) değerleri belirlenmiştir. HDH değerlerinden gidilerek hesaplanan ısı gereksinimleri DIN 4701 standartlarına göre yapılan hesaplamalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sera ısıtma, Isıtma-Derece-Gün, Isıtma-Derece-Saat

Determination of Heat Requirement in Heating-Degree-Hour (HDH) Values

Summary

Since a climate can be characterized with precision in degrees-day, it is possible to determine the heating or cooling energy requirements of the structures by the degree-day method. Heating-Degree-Day (HDD) values are determined according to TS 825 standards. However, determining the heat requirement in the greenhouse according to the HDD values results in erroneous results. This is due to the fact that the temperature of the greenhouse is higher than the outside temperature due to the effect of the solar radiation reaching the final result of covering the greenhouse with a transparent cover.

The heat requirements calculated in accordance with DIN 4701 standards in temperate climatic zones differ by 17% from the values obtained according to the HDD method. This difference is even greater in cold climate regions where greenhouses are heated during daylight hours. In this study, the temperature values in the unheated and unventilated greenhouse were calculated and the heating-degree-hour (HDH) values were determined for different accepted threshold values. These calculated values are the HDD values corrected in one place. The heat requirements calculated from the HDH values are in good agreement with the calculations made according to DIN 4701 standards.

Keywords: Greenhouse heating, Heating-Degree-Day, Heating-Degree-Hour

Giriş

Yapıların ısı gereksinimi normal ve özel koşullar için önceleri DIN 4701 şimdilerde DIN EN 12831 standartlarına göre hesaplanmaktadır. Seralar özel hesaplama koşullarına girerler. Seraların ısı gereksinimi örtü malzemesinden transmisyon (Φ_T) ve istenmeyen açıklıklardan infiltrasyon (Φ_L) yolu ile kaybolan ısı kayıplarının toplamına eşittir (von Zabeltitz, 1986; Baytorun, 2016). Isı gereksinimi, belirlenmiş iç ve hakim çevre sıcaklığına bağlı olarak birim zamanda seraya verilmesi gerekli ısı miktarıdır. Diğer bir ifade ile dış iklim koşullarına bağlı olarak değişen sera iç koşullarında, serada istenen sıcaklığı sağlamak amacıyla verilen ısı miktarıdır. Isıtma sistemleri belirli çevre koşullarında seranın ısı ihtiyacını karşılayacak şekilde projelendirilmelidir.

Genelde seralarda ısı gereksinimi, ortalama sıcaklık değerlerinden gidilerek hesaplanır. Ancak hesaplamalarda günlük ortalama sıcaklığın esas alınması, sıcaklığın yüksek olduğu geçiş dönemlerinde (Mart, Kasım) veya serada sıcaklığın düşük tutulduğu koşullarda hatalı sonuçların elde edilmesine neden olmaktadır (Tantau, 1983). Örneğin, dış sıcaklık ortalamasının 16°C olduğu günlerde serada sıcaklığın 16°C arzu edilmesi durumunda ısıtmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Oysa günlük ortalama 16°C bu değer altında ve üstünde sıcaklık değerlerini kapsamaktadır. Belirtilen nedenle sıcaklık ortalamasının yüksek olduğu dönemlerde, günün belli saatlerinde ısıtmaya gereksinim duyulmasına rağmen ortalama değer nedeniyle ısı gereksinimi hesaplanmamaktadır.

Serada ısı gereksiniminin hesaplanmasında yapılan hatalardan bir diğeri, belirli bir sıcaklığa göre hesaplanan ısı gücünün ısıtma süresi boyunca aynı kabul edilmesidir. Oysa serada ihtiyaç duyulan ısı gücü dış sıcaklık değerlerine göre değişim göstermektedir. Seralarda ısı gereksinimi saatlik değerlere göre hesaplanan ısı gücü değerlerinin toplamına eşittir (Meyer, 2008). Belirtilen nedenle serada ısı gereksinimi her saat için hesaplanan ısı gücünün toplamından gidilerek yapılmalıdır.

Çanakçı vd. (2013) Antalya için ısı gereksinimini her ayın gece saatlerinde ortaya çıkan sıcaklık ortalamalarını ve gece uzunluğunu dikkate alarak belirlemişlerdir. Von Zabeltitz (2011) Akdeniz ülkelerinde bulunan plastik seralar için ısı gereksinimini Hallaire'nin yöntemini kullanarak en düşük, en yüksek sıcaklık değerlerine ve bölgenin enlem derecesine bağlı gün uzunluğu değerlerinden giderek belirlemiştir.

Damrath (1980) yaptığı çalışmada her yıl için saatlik olarak hesapladığı ısı gereksinimi değerlerinin, uzun yıllar için ortalamasını alarak belirlemiştir. Uzun yıllık iklim değerlerinin saatlik ortalamalarının alınması ile yapılan hesaplamalarda, serada sıcaklık değerinin düşük alındığı ve dış sıcaklık değerinin yüksek olduğu durumlarda ortaya çıkan hata büyükmektedir. Damrath ve Klein (1983) Trier (Almanya) için ısı enerjisi gereksinimini saatlik değerlerden giderek hesaplamışlardır.

Üstün (1993), Baytorun vd. (2012), yaptıkları çalışmada Adana; Önder (1998) Antakya ili için HORTEx uzman sistemi ile saatlik değerlerden giderek belirtilen iller için gerekli olan yakıt tüketimlerini hesaplamışlardır.

Seralarda gündüz saatleri için yapılan ısı gereksinimi hesaplamalarında serada ihtiyaç duyulan ısı gereksiniminden, güneşten kazanılan ısı enerjisi düşülmektedir. Seraya ulaşan güneş ışınımının bir kısmı duyulur ısıya dönüşürken, belirli bir kısmı da suyun buharlaşmasında ve fotosentezde kullanılır. Seraya ulaşan güneş ışınımının duyulur ısıya dönüşüm faktörü (η) 0.7 olarak kabul edilmiştir (Damrath, 1980; Tantau, 1983; von Zabeltitz, 1986;). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda güneş ışınımının duyulur ısıya dönüşüm faktörü (η) serada üretilen bitkinin yaprak alan indeksine (LAI) bağlı olarak 0-1 arasında değiştiği belirlenmiştir (Schmidt, 2008; Tantau, 2013). Serada domates ve hıyar gibi büyük yaprak alan indeksine sahip bitkilerin üretildiği koşullarda η değeri bitkinin tam olgunluk evresinde küçülerek 0'a yaklaşmaktadır (Tantau, 2013).

Serada ısı gereksiniminin hesaplanmasında güneş ışınımının duyulur ısıya dönüşüm oranı yanında, serada depolanan ısı enerjisinin neden olduğu sıcaklık yükselmesinin de dikkate alınması daha sağlıklı sonuçların elde

edilmesi için gereklidir (Rath, 1992). Von Zabeltitz (2011) Akdeniz bölgesindeki seralarda ısı gereksiniminin hesaplanmasında sıcaklık yükselmesinin 1°C – 2°C alınabileceğini ifade etmektedir.

Serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi gündüz saatlerinde seradaki sıcaklık ortalaması ile takip eden gece saatlerindeki sıcaklık ortalamaları farkına bağlı olarak değişmektedir (Rath, 1992, 1994). Rath (1992) Almanya koşullarında cam seralarda maksimum sıcaklık yükselmesinin 7°C olarak alınabileceğini, ancak bu sıcaklık yükselmesinin azalan dış sıcaklığa göre 0°C'ye kadar düşebileceğini belirlemiştir. Aynı araştırmacı serada sıcaklık yükselmesinin sera tipine bağlı olarak değişim gösterdiğini ifade etmiştir (Rath, 1994).

Von Zabeltitz (2011) eserinde serada ısı gereksiniminin saatlik iklim değerlerinden giderek en doğru şekilde hesaplanabileceğini ifade etmektedir. Ancak saatlik iklim değerlerine (sıcaklık, rüzgar hızı ve güneş ışınımı) göre hesaplamaların yapılması, saatlik iklim verilerinin teminindeki zorluk yanında oldukça fazla zaman ve bilgisayar desteği gerektirmektedir. Bu amaçla son yıllarda seralarda ısı gereksinimi hesaplama modelleri farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde kurulan farklı donanımlara sahip seraların ısı gereksinimleri ve ısıtma sistemleri için gerekli olan parametreler ISIGER-SERA uzman sistem modeliyle kolaylıkla hesaplanabilmektedir. ISIGER-SERA uzman sistem modeli, ısı gereksinimini, seranın tipine, donanımına (ısı perdesi ve sızdırmazlığı, ısıtma sisteminin tipi, aydınlatma) ve dış iklim koşullarına göre serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve sıcaklık yükselmesini dikkate alarak hesaplamaktadır (Baytorun, vd., 2016).

Günümüzde binalarda enerji analizi için karmaşık ve gelişmiş yöntemler mevcut olmasına rağmen en basit enerji tahmin tekniklerinden olan derece-gün yöntemi önemini korumaktadır. Derece-gün yönteminde bir binanın enerji ihtiyacı temelde, binanın iç ortam sıcaklığı ile ilgili denge noktası sıcaklığı ve binanın bulunduğu yerin dış sıcaklığı arasındaki fark ile doğru orantılıdır. Şayet binanın iç ortam sıcaklığı ve iç ısı kazançları sabit ise, derece-gün

yöntemlerinden elde edilen değerlerle, binanın ısıtma veya soğutma ihtiyacı için gerekli enerji iyi bir hassasiyetle tahmin edilebilir (Büyükalaca vd., 2000, 2001).

Burgholzer ve Bogner (1997) yaptıkları çalışmalarda seralarda ısı gereksinimini derece-gün değerlerinden giderek hesaplamışlardır. Ancak seraların şeffaf örtü malzemesi nedeniyle ısı kazançları sabit olmadığından bu yöntemle ısı gereksinimi hesaplamalarında büyük sapmalar ortaya çıkmaktadır.

Güneş ışınımı gündüz saatlerinde serada sıcaklığın yükselmesine önemli derecede etki eder. Özellikle belirli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan seralarda iç sıcaklık dış sıcaklık değerinin çok üstüne yükselmektedir. Belirtilen nedenle oldukça pratik olan ısıtma-derece-gün yönteminin seralarda ısı gereksinimi hesaplamalarında kullanılması gerçek değerlerden farklı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada ısıtma-derece-gün yöntemindeki güneş ışınımı eksikliğinin giderilmesi amacıyla, güneş ışınımına bağlı serada ortaya çıkan sıcaklık dikkate alınarak hesaplanan ısıtma-derece-saat (HDH) değerlerinden gidilerek oldukça basit bir yöntemle seralarda ısı gereksiniminin hesaplanması, elde edilen sonuçların ısıtma-derece-gün (HDH) ve DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Seralarda ısı gereksinimi öncelerde DIN 4701 şimdilerde DIN EN 12831 standartlarında belirtilen esaslara göre 1 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\Phi_{CS} = \sum_1^{8760} (A_C * U_{CS} * (\theta_i - \theta_o) - A_G * I * \tau * \eta) * t_{si} \quad (1)$$

Eşitlikte;

Φ_{CS} : Sera ısı gereksinimi (W)

A_C : Sera örtü yüzey alanı (m²)

U_{CS} : Isı gereksinim katsayısı (W.m⁻²K⁻¹)

θ_i : Serada arzulanan sıcaklık (°C)

θ_o : Dış sıcaklık (°C)

A_G : Sera taban alanı (m²)

I : Güneş ışınımı (W.m⁻²)

τ : Örtü malzemesinin geçirgenliği (-)

η : Güneş ışınımının duyulur ısıya dönüşüm faktörü (-)

t_{si} : Simulasyon zaman dilimi (1 h)

Eşitlikte $A_c * U_{cs} * (\theta_i - \theta_o)$ örtü yüzeyinden transmision ve infiltrasyonla ortaya çıkan ısı kayıplarını, $A_G * I * \tau * \eta$ güneşten kazanılan ısıyı ifade etmektedir.

Serada güneş ışınımına bağlı olarak ortaya çıkan teorik sıcaklık dikkate alınarak ısı gereksinimi 2 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanabilir.

$$\Phi_{cs} = \sum_{n=1}^{8760} (A_c * U_{cs} * (\theta_{in} - \theta_{i,oHn})) * t_{si} \quad (2)$$

Eşitlikte;

$\theta_{i,oH}$: Isıtmasız serada güneş ışınımına bağlı hesaplanan sıcaklık [°C]

n : Yılın saatleri

Seraya ulaşan güneş ışınımına bağlı olarak ısıtılmayan ve belli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık 3 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanır (Rath, 1992).

$$\theta_{i,oH} = \frac{A_G * I * \tau * \eta}{A_c * U_{cs}} + \theta_o \quad (3)$$

Isı gereksiniminin hesaplanmasında gerekli olan ısıtma-derece-saat (HDH) değerleri, farklı eşik sıcaklıkları için dış sıcaklık yerine belli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık dikkate alınarak 4 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Isıtma-derece-saat (HDH) serada ortaya çıkan sıcaklık ve eşik sıcaklık farkının $(\theta_{i,oH} - \theta_{ET})$ pozitif olduğu değerler toplanarak Eşitlik 4'le hesaplanmıştır.

$$HDH = \sum_1^{8760} (\theta_{i,oH} - \theta_{ET}) \quad (4)$$

Eşitlikte;

HDH : Isıtma-derece-saat

θ_i^* : Isıtılmayan ve belli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan seradaki sıcaklık (°C)

θ_{ET} : Eşik sıcaklığı

Yapılan çalışmada, ısıtma-derece-saat (HDH) değerleri illerin uzun yıllık saatlik sıcaklık ve güneş ışınımı değerlerinden 13°C - 20°C arasındaki eşik değerler için hesaplanmıştır.

Serada ısı gereksinimi rüzgar hızına bağlı değişim gösterir (Tantau,2008). Rüzgâr hızına bağlı olarak düzeltilmiş ısı gereksinim katsayısı (U_{cs}) 5 nolu eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır. 5 nolu eşitliğe göre hesaplamalarda gerekli olan x_1 , x_2 ve x_3 değerleri aşağıdaki gibi alınmıştır (Rath 1992).

$$x_1 = 7,56, x_2 = 0,35 \text{ m.s}^{-1}, x_3 = -1,4$$

$$U_{cs} = U'_{cs} + \frac{U'_{cs}}{x_1} * (x_2 * v_w + x_3) \quad (5)$$

Eşitlikte;

v_w : Ortalama rüzgâr hızı (m.s⁻¹),

U'_{cs} : 4 m.s⁻¹ rüzgâr hızındaki ısı gereksinim katsayısı (W.m⁻²K⁻¹),

x_1, x_2, x_3 : Katsayılar.

Isıtma-derece-saat değerlerinden gidilerek serada üretim periyodu boyunca ihtiyaç duyulan ısı gereksinimi çok basit olarak 6 nolu eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\Phi_{cs} = A_c * U_{cs} * HDH \quad (6)$$

BULGULAR

Yapılan çalışmada TS 825 standartlarına göre üç farklı iklim bölgesinde yer alan seracılığın yaygın olarak yapıldığı ve jeotermal kaynaklar bakımından zengin olan iller seçilmiştir. Meteoroloji genel müdürlüğünden sağlanan uzun yıllık iklim değerlerinden (sıcaklık, güneş ışınımı, rüzgar hızı) gidilerek elde edilen standart datalardan dış sıcaklık ve seraya ulaşan ışınımına bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmeleri dikkate alınarak 4 nolu eşitliğe göre hesaplanan ısıtma-derece-saat (HDH) değerleri farklı eşik sıcaklıkları için Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi seraya ulaşan güneş ışınımı dikkate alınmadan 16°C için doğrudan dış sıcaklığa bağlı olarak hesaplanan ısıtma-derece-saat (HDH) değerleri, güneş ışınımının dikkate alındığı koşullara göre

Seralarda Isı Gereksiniminin Isıtma-Derece-Saat (HDH) Değerlerinden Gidilerek Belirlenmesi

hesaplanan *HDH* değerlerinden oldukça farklıdır.

Çizelge 1.TS 825'e göre farklı bölgelerde bulunan illerin farklı eşik değerleri için hesaplanan ısıtma-derece-saat (HDH) değerleri.

İller	TS 825 Bölge	Isıtma-Derece-Saat (HDH)								
		HDH	Işınım değerlerine göre düzeltilmiş Isıtma-Derece -Saat (HDH)							
		16°C	13°C	14°C	15°C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C
Adana	I	16028	6620	8645	10920	13416	16107	18995	22090	25428
Antakya		19634	8040	10219	12631	15288	18172	21278	24620	28218
Antalya		16602	6462	8606	11001	13625	16459	19514	22781	26273
Aydın		22949	9865	12405	15152	18125	21335	24784	28473	32381
İzmir		19725	7251	9524	12039	14766	17715	20916	24345	28006
Mersin		13749	5144	6967	9024	11332	13850	16578	19511	22660
Balıkesir	II	36827	18035	21368	24981	28892	33098	37594	42396	47539
Bursa		35498	16909	20163	23665	27438	31479	35810	40466	45487
Çanakkale		31780	13765	16774	20038	23580	27386	31481	35877	40572
Denizli		30802	14432	17324	20443	23783	27351	31163	35231	39551
Diyarbakır		42350	22963	26056	29324	32770	36405	40214	44215	48416
Kahramanmaraş		31445	15130	17827	20722	23818	27108	30599	34293	38207
Manisa		27894	12662	15428	18437	21699	25211	28955	32930	37142
Muğla		35846	17615	20781	24165	27752	31537	35548	39787	44253
Ordu		31936	13488	16564	19875	23478	27380	31583	36126	41018
Samsun		30653	12554	15583	18844	22376	26221	30356	34801	39603
Sinop		32092	12275	15339	18665	22245	26133	30355	34912	39810
Şanlıurfa		27503	13141	15615	18281	21133	24160	27362	30745	34325
Tekirdağ		36529	16707	19900	23362	27122	31177	35545	40208	45189
Yalova		31609	13620	16727	20090	23752	27719	31985	36569	41519
Afyon	III	56943	30461	34394	38604	43111	47907	52960	58255	63751
Kırşehir		56758	31075	34859	38872	43117	47618	52402	57471	62794
Kütahya		58573	31850	36071	40592	45453	50601	56015	61650	67465
Nevşehir		59170	31169	35177	39474	44088	49002	54179	59583	65169

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ili için güneş ışınımının dikkate alınmadığı koşullarda 16°C için hesaplanan ısıtma-derece-saat (*HDH*) değeri 16602 olurken, güneş ışınımının dikkate alınması durumunda %18 azalarak 13625 olmaktadır. Bu oran karasal iklimin hakim olduğu yerlerde gündüz ısıtmasının devreye girmesi nedeniyle daha fazla artmaktadır. Jeotermal kaynaklar bakımından zengin olan Kütahya ilinde güneş ışınımının dikkate alınmadığı koşullarda 16°C için hesaplanan *HDH* değeri 58573 olurken, güneş

ışınımının dikkate alınması durumunda %22 azalarak 45453 olmaktadır. Belirtilen nedenle seralarda ısı gereksiniminin ısıtma-derece-saat yöntemine göre hesaplanmasında, dış sıcaklık yerine serada güneş ışınımına bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklığın esas alınması daha sağlıklı sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

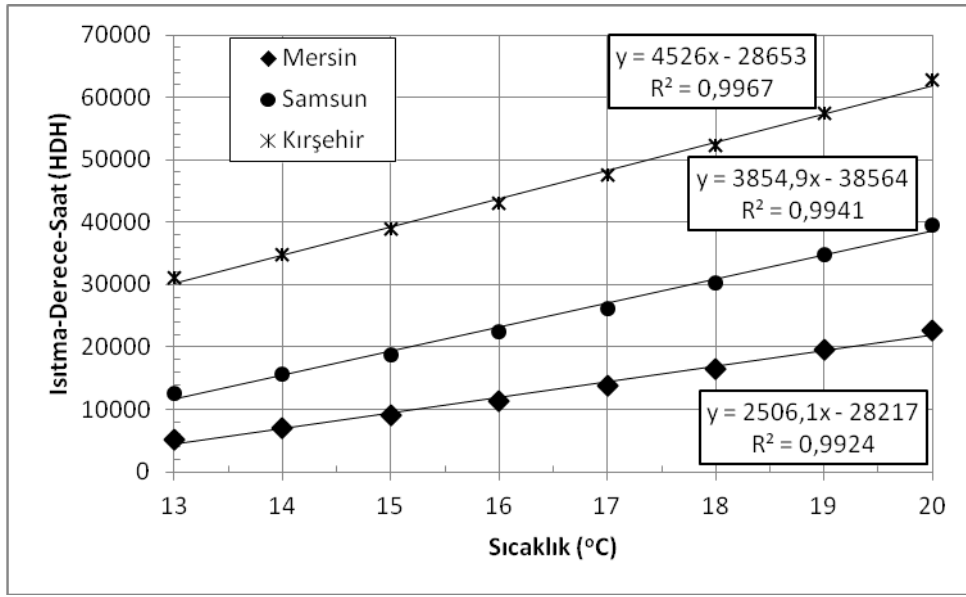
Çizelge 1'den de görüleceği gibi TS 825 standartlarına göre oluşturulmuş üç farklı iklim bölgesindeki illerde seraya ulaşan güneş ışınımı dikkate alınarak hesaplanmış ısıtma-derece-saat (*HDH*) değerleri farklılık göstermektedir.

Seralarda Isı Gereksiniminin Isıtma-Derece-Saat (HDH) Değerlerinden Gidilerek Belirlenmesi

Birinci bölgede yer alan Mersin en düşük *HDH* değerlerine sahipken, aynı bölgede yer alan Aydın daha yüksek ısıtma-derece-saat değerlerine sahiptir. Aydın için hesaplanan ısıtma-derece-saat değerleri Mersin iline göre farklı eşik sıcaklıklarına bağlı olarak 1.4 – 1.9 kat daha fazladır.

Kırşehir illeri için farklı eşik değerlerine bağlı olarak güneş ışınımının dikkate alındığı koşullar için hesaplanmış *HDH* değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi artan sıcaklık değerlerine bağlı olarak hesaplanan *HDH* değerleri artan doğrusal bir ilişki göstermektedir.

TS 825 standartlarına göre belirlenmiş üç ayrı iklim bölgesinde yer alan Mersin, Samsun ve

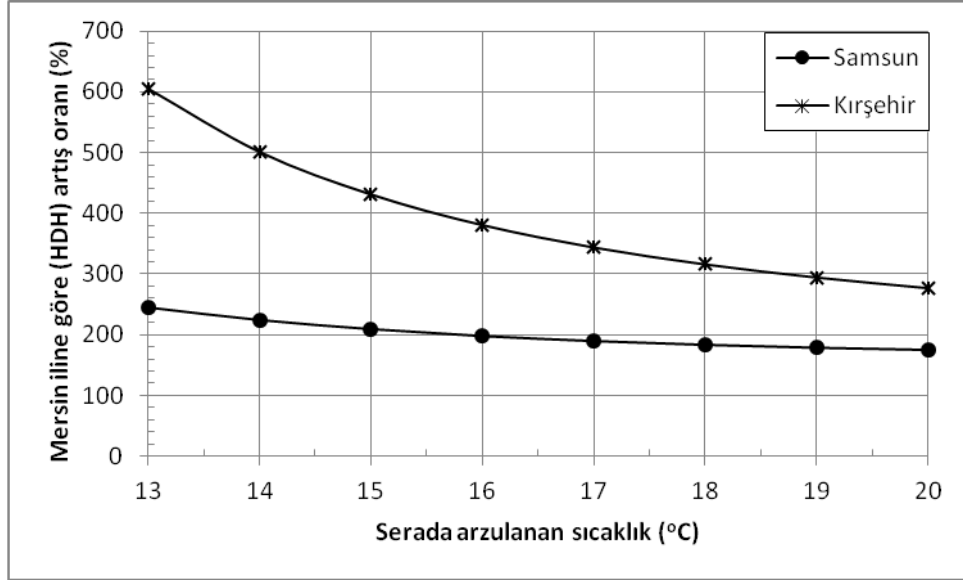


Şekil 1. TS 825 standartlarına göre farklı iklim bölgelerinde yer alan illerin farklı eşik sıcaklıklarına göre güneş ışınımı etkisi dikkate alınarak hesaplanmış ısıtma-derece-saat (*HDH*) değerleri.

II. ve III. iklim bölgelerinde yer alan iller için hesaplanan *HDH* değerlerinin I. bölgeye göre artış oranı farklıdır. Şekil 2'de II. ve III. iklim bölgesinde yer alan Samsun ve Kırşehir illerinin I. bölgede yer alan Mersin iline göre hesaplanan *HDH* değerlerinin artış yüzdeleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi hesaplamalarda kullanılan eşik sıcaklığın düşük olduğu koşullarda bu oran yükselirken, eşik sıcaklığın yüksek olduğu koşullarda oran

azalmaktadır. Bunun da nedeni eşik sıcaklığın yükselmesi durumunda ılıman iklime sahip Mersin ilinde gündüz saatlerinde ısıtma gereksiniminin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. III. bölgede yer alan Kırşehir ilinde eşik sıcaklığının 13°C istenmesi durumunda Mersin iline göre %600 daha fazla ısı gereksinimi hesaplanırken, sıcaklığın 16°C olması durumunda %380 ve sıcaklığın 20°C olması durumunda %280 daha fazla ısı gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Seralarda Isı Gereksiniminin Isıtma-Derece-Saat (HDH) Değerlerinden Gidilerek Belirlenmesi



Şekil 2. II. ve III. iklim bölgesinde bulunan Samsun ve Kırşehir ilinin I. bölgede yer alan Mersin iline göre güneş ışınımının dikkate alınması koşullarında farklı eşik sıcaklıkları için hesaplanan HDH artış oranları

Çizelge 2. Serada sıcaklığın 16°C'de tutulmak istenmesi durumunda farklı iklim bölgelerinde bulunan illerimiz için yılın aylarına bağlı olarak hesaplanmış HDH değerleri.

İller	TS825 Bölge	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Adana	I	3842	2928	1891	470	11	0	0	0	0	19	1141	3114	13416
Antakya		4440	3140	1851	433	9	0	0	0	0	85	1649	3682	15288
Antalya		3606	2912	2110	797	56	0	0	0	0	71	1290	2785	13625
Aydın		4552	3516	2585	1091	132	0	0	0	1	458	2052	3738	18125
İzmir		3993	3184	2340	710	36	0	0	0	0	124	1363	3016	14766
Mersin		3391	2583	1567	295	1	0	0	0	0	12	912	2570	11332
Balıkesir	II	6785	5212	4316	2021	665	42	0	0	118	1122	3259	5352	28892
Bursa		6239	4925	4060	2026	631	24	0	0	142	1257	3185	4949	27438
Çanakkale		5600	4565	3846	1833	401	1	0	0	12	707	2336	4282	23580
Denizli		5870	4528	3290	1388	250	0	0	0	22	793	2827	4815	23783
Diyarbakır		8236	6196	4147	1875	538	3	0	0	11	1002	4031	6731	32770
K.Maraş		6412	4796	3046	1052	125	0	0	0	0	380	2722	5284	23818
Manisa		5470	4199	3082	1228	163	0	0	0	3	521	2528	4506	21699
Muğla		6140	4977	4020	2185	651	22	0	0	48	1154	3366	5189	27752
Ordu		5310	4464	3930	2080	657	2	0	0	1	606	2378	4052	23478
Samsun		5042	4323	3921	2151	674	3	0	0	1	498	2038	3725	22376
Sinop		5128	4457	4018	2215	647	0	0	0	0	318	1822	3640	22245
Şanlıurfa		5804	4449	2886	872	38	0	0	0	0	141	2199	4743	21133
Tekirdağ		6530	5264	4253	2006	488	1	0	0	8	812	2715	5044	27122
Yalova		5574	4501	3836	1886	535	3	0	0	28	754	2425	4210	23752
Afyon	III	9284	7069	5447	2971	1380	393	68	87	771	2631	5160	7849	43111
Kırşehir		9477	7278	5398	2829	1277	242	1	7	535	2562	5476	8035	43117
Kütahya		9466	7264	5726	3137	1559	523	148	175	1076	2916	5409	8054	45453
Nevşehir		9515	7392	5564	2927	1390	417	84	120	830	2651	5217	7982	44088

Seralarda Isı Gereksiniminin Isıtma-Derece-Saat (HDH) Değerlerinden Gidilerek Belirlenmesi

Seralarda ısı gereksinimi yılın aylarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Seralarda yetiştirilen ürünler 17°C - 27°C'ye adapte olmuşlardır (Nisen ve ark, 1988). Akdeniz bölgesinde (I. Bölge) düzenli olarak ısıtılan seralarda ısıtma gece saatlerinde yapılmakta ve sıcaklık 16°C'de tutulmaktadır. Çizelge 2'de 16°C eşik sıcaklığı için farklı iklim bölgelerinde bulunan illerimizde yılın aylarına bağlı olarak hesaplanan ısıtma-derece-saat (HDH) değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi en yüksek HDH değeri Ocak ayında ortaya çıkmaktadır.

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya'da yıllık ısı gereksiniminin %26'sı Ocak ayında ortaya çıkarken, Nisan ayında ihmal edilecek düzeyde (%0.5) azalmaktadır. Diğer bir ifade ile Antalya'da seralarda ısıtma gereksinimi Kasım-Mart döneminde ortaya çıkmaktadır. TS 825'e göre II. bölgedeki illerimizde Ekim-Nisan, III. bölgede -Eylül-Mayıs döneminde ısıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

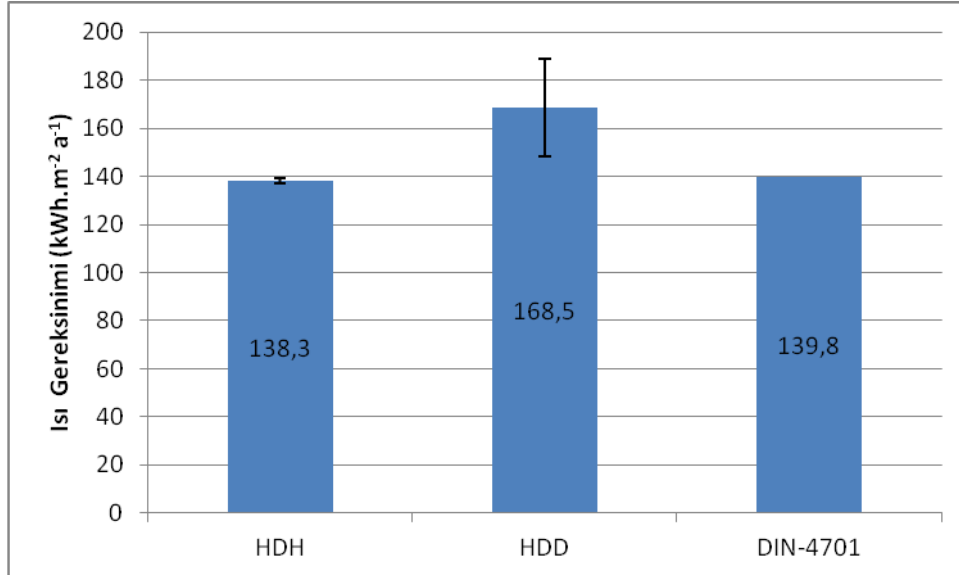
Farklı iklim bölgelerinde tek kat PE plastik kaplı seralarda 16°C için farklı yöntemlere göre hesaplanan ısı gereksinimleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Antalya için DIN 4701 standartlarına göre

hesaplanan ısı gereksinimi 139.8 kWh.m⁻²a⁻¹ olurken, güneş ışınımının dikkate alınmadığı ısıtma-derece-gün (HDD) yöntemine göre ısı gereksinimi 168.5 kWh.m⁻²a⁻¹ hesaplanmıştır. DIN4701 ve HDH yöntemine göre hesaplanan ısı gereksinimi farklılık göstermezken HDD yöntemine göre hesaplanan ısı gereksinimi önemli farklılık göstermektedir.

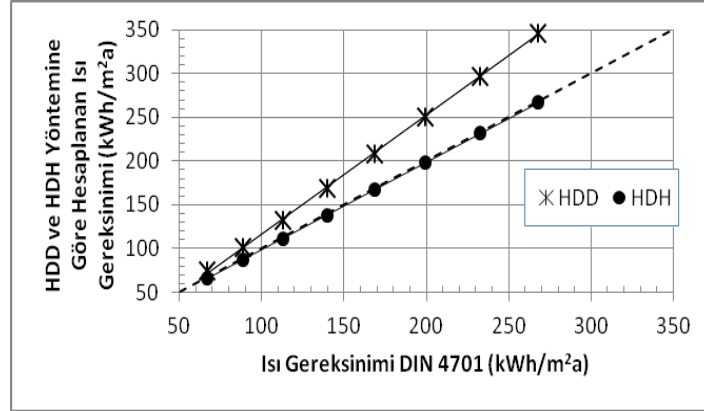
Çizelge 3.Farklı iklim bölgelerindeki seralarda sıcaklığın 16°C'de tutulmak istenmesi durumunda üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı değerleri (kWh.m⁻²a⁻¹)

İller	DIN-4701	HDH	HDD
Antalya (I)	139.8	138.3	168.5
Samsun (II)	220.2	219.6	303.6
Kütahya (III)	426.5	431.5	553.0

Antalya iklim koşullarında PE plastik kaplı seralarda farklı yöntemlere göre hesaplanan ısı gereksinimi Şekil 3'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi DIN 4701'e göre serada sıcaklığın 16°C'de tutulmak istenmesi durumunda hesaplanan ısı gereksinimi 139.8 kWh.m⁻²a⁻¹ olurken, ısıtma-derece-saat (HDH) yöntemine göre 138.3 kWh.m⁻²a⁻¹ ve ısıtma-derece-gün (HDD) yöntemine göre 168.5 kWh.m⁻²a⁻¹ olmaktadır.



Şekil 3. Antalya koşullarında farklı yöntemlere göre serada sıcaklığın 16°C'de tutulmak istenmesi durumunda üretim periyodu boyunca birim sera alanı için hesaplanan ısı gereksinimi



Şekil 4. Antalya için ısıtma-derece-gün (*HDD*) ve ısıtma-derece-saat (*HDH*) yöntemine göre hesaplanan ısı gereksinimi ile DIN 4701 yöntemiyle hesaplanmış ısı gereksinimleri arasındaki ilişkiler

HDH ve *HDD* yöntemlere göre hesaplanan ısı gereksinimleri ile DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan ısı gereksinimleri arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 4'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi ısıtma-derece-gün (*HDD*) yöntemine göre hesaplanan ısı gereksinimleri DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan ısı gereksinimi değerlerinden yüksektir. Güneş ışınımına bağlı serada gündüz saatlerinde ortaya çıkan sıcaklık yükselmeleri dikkate alınarak hesaplanan ısıtma-derece-saat (*HDH*) değerleri DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan ısı gereksinimleri ile uyum göstermektedir. DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan ısı gereksinimleri ile *HDH* ve *HDD* yöntemine göre hesaplanan ısı gereksinimleri arasındaki regresyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

<i>HDD</i>	$y = 1.3594 x - 19.534$	$R^2 = 0,9997$
<i>HDH</i>	$y = 1.0000 x - 1.1711$	$R^2 = 1.0000$

Sonuç olarak iç ısı kazançları sabit olan yapılarda ısı gereksiniminin ısıtma-derece-gün (*HDD*) yöntemiyle basit bir şekilde hesaplanması mümkündür. Şeffaf örtü malzemesi nedeniyle ısı kazanımları değişken olan seralarda *HDD* yöntemine göre ısı gereksiniminin hesaplanması, DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan değerlerden %17 - %27 daha fazladır. Bunun da nedeni şeffaf örtü ile kaplanan seralarda güneş ışınımının sera sıcaklığına anlamlı bir şekilde etki etmesi ve gündüz saatlerinde serada ortaya çıkan sıcaklığın dış sıcaklıktan çok yüksek olmasıdır.

Yapılan çalışmada serada ısı gereksiniminin kolayca hesaplanması için ısıtma-derece-saat (*HDH*) değerleri geliştirilmiştir. Bu değerler bir yerde seraya ulaşan güneş ışınımına bağlı olarak düzeltilmiş *HDD* değerleridir. *HDH* değerlerinin hesaplanmasında dış sıcaklık yerine seraya ulaşan güneş ışınımına bağlı olarak ortaya çıkan teorik sıcaklık değerleri esas alınmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda ısıtma-derece-saat (*HDH*) yöntemine göre hesaplanan ısı gereksinimi, DIN 4701 standartlarına göre hesaplanan ısı gereksinimi değerleriyle mükemmel bir uyum gösterdiği belirlenmiştir. Belirtilen nedenle çok basit bir yöntem olan ısıtma-derece-saat (*HDH*) değerlerinden gidilerek serada ısı gereksiniminin hesaplanması çok daha kolay ve gerçekçi olacaktır.

KAYNAKLAR

- Baytorun,A.N., Zaimoğlu,Z., Üstün,S. 2012. Akdeniz Bölgesi Seralarında Isı Enerjisi Gereksiniminin ve Enerji Artırım Önlemlerinin Etkisinin Belirlenmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu. Bornova, İzmir.
- Baytorun,A.N. 2016. Seralar. Nobel yayın evi 450 s.
- Baytorun,A.N., Akyüz,A., Üstün,S. 2016. Seralarda ısıtma sistemlerinin modellenmesi ve karar verme aşamasında bilimsel verilere dayalı uzman sistemin geliştirilmesi.TÜBİTAK Proje No: 1140533

- Burgholzer,P., Bogner,H. 1997. Energiekennzahlen und sparpotenziale in Gärtnereien. Eine Gemeinschaftsaktion von O.Ö. Energiesparverband, Ökologischer Betriebsberatung und Wirtschaftskammer O.Ö.
- Büyükalaca,O., Bulut,H., Yılmaz,T. 2000. Türkiye'nin bazı illeri için derece-gün değerleri, 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 1, sayfa 107-112.
- Büyükalaca,O., Bulut,H., Yılmaz,T. 2001. Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey, Applied Energy 69/4, 269-283.
- Çanakçı,M., Emekli,Y.N., Bilgin,S., Çağlayan,N. 2013. Heating Requirement and Cost in Greenhouses: A Case Study for Mediterranean Region of Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews 24, 483-490.
- Damrath,J., 1980. Tabellen zur Heizenergieermittlung von Gewächshäusern. Gartenbautechnische Information ITG Hannover. Heft 8 Klima Hannover.
- Damrath,J., Klein,F. 1983. Tabellen zur Heizenergieermittlung von Gewächshäusern Klima Trier. Gartenbau technische Informationen Heft 18. Institut für Technik im Gartenbau der Universität Hannover.
- DIN 4701. 1983. Regeln für die Berechnung des Wärmebedarf von Gebäuden. Teil 1 und Teil 2.
- DIN EN 12831. 2003: Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast Anlagen
- Meyer,j. 2008.Nomenklatur und Definitionen Bericht zur Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäuser. KTBL-Workshop 17. September 2008 in Worms.S.14-22.
- Nisen,A.,Grafiadellis,M.,Jiménez,R.,La Malfa,G.,Martiez-Garcia, P,F.,Monteiro,A., Verlodt,H.,Villele,O.,Zabeltitz,C,v.,Deni s,J,C.,Boudoin,W.,Garnaud,J.c.1988. Cultures protegees en climat mediterranean, FAO,Rome.
- Önder,D. 1999. Antakya Yöresindeki Plastik Seralarda Isı Gereksiniminin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi. 4(1-2):181-194
- Rath,T. 1992. Einsatz wissensbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems (HORTEX), Heft 34. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover.
- Rath,T. 1994. Einfluss der Wärmespeichern auf die Berechnung des Heizenergiebedarfs von Gewächshäusern mithilfe des k'-Modells. Gartenbauwissenschaft 59 (1), s.39-44.
- Schmidt,U. 2008. Das besondere Problem der Feuchte. Bericht zur Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäusern. KTBL-Workshop 17. September 2008 in Worms
- Tantau,H. J. 1983. Heizungsanlagen in Gartenbau Verlag Eugen Ulmer Stutgard
- Tantau,H.J. 2008. Wärmeverbrauchsmessung – Einflussfaktoren. Bericht zur Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäusern. KTBL-Workshop 17. September 2008 in Worms
- Tantau,H.,J. 2013. Heat Requirement Of Greenhouses Including Latent Heat Flux, Landtechnik, 68 (1), s.. 43-49.
- Üstün,S. 1993. Çukurova Bölgesinde Farklı Sera İçi İklim Koşullarında Isı Gereksiniminin Hesaplanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü: Ziraat Fakültesi Yüksek Lisans Tezi.
- von Zabeltitz, Chr. 1986. Gewächshäuser. Verlag Eugen-Ulmer 1986.
- Zabeltitz,Chr. Von. 2011. Integrated Greenhouse Systems For Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control, Springer Heidelberg Dordrecht London