



Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 1 - Sayı 3: 98-106 / Temmuz 2018

(Volume 1 - Issue 3: 98-106 / July 2018)

KAR VE RÜZGÂRIN SERALAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ: KIRŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ

Sedat BOYACI^{1*}

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 40100, Kırşehir, Türkiye

Gönderi: 08 Mayıs 2018; **Yayınlanma:** 01 Temmuz 2018
(Submission: May 08, 2018; **Published:** July 01, 2018)

Özet

Kırşehir ilinde kar ve rüzgârın seralar üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, Türkiye Standartlar Enstitüsü (TSE 498) değerleri ve Kırşehir ili uzun yıllık meteoroloji verilerinden yararlanılmıştır. Kırşehir ilinin hakim rüzgâr yönünün kuzey, şiddetli esen rüzgâr hızlarının ise güney ve kuzey yönlü rüzgârlar olduğu belirlenmiştir. Rüzgâr yükü değerlerine bakıldığında ilde 57 yıllık meteorolojik verilere göre şiddetli rüzgârın hızı, güney-güneydoğu yönünde 34.0 m s^{-1} 'dir. Bu hızdaki rüzgârın 1 m^2 sindeki etkili kuvveti de $q=72.25 \text{ kg m}^{-2}$ dir. Kırşehir ili için aylara göre yüzeye etki eden rüzgâr hız basıncı TSE değerlerine göre $q=80 \text{ kg m}^{-2}$ alınması uygun görülmüştür. Kırşehir ili uzun yıllık meteoroloji kayıtlarına bakıldığında ortalama rüzgâr hızları $1.9-3.6 \text{ m s}^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu rüzgâr hızlarının serada $10-50 \text{ cm}$ arasında 5 farklı pencere açıklığında oluşturacağı havalandırma etkisi $1.7-15.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu hava hareketinin serada oluşturacağı saatlik hava değişim sayısının $7-64$ arasında olacağı belirlenmiştir. Havalandırma etkinliği değerlendirildiğinde 30 cm lik pencere açıklığı ve sonrasındaki pencere açıklıklarında doğal havalandırma yoluyla seralarda iyi bir havalandırma etkinliği yakalandığı görülmüştür. Bunun yanında TSE standartlarına göre kar yükü bölgelerine göre I. bölgede yer alan ilde kar yükü olarak alınacak değer $P_{k0}= 80 \text{ kg m}^{-2}$ dir. İlde özellikle kışın ısıtılmayan seraların çatısında meydana gelebilecek buz yükü değerlerinin de sera proje çalışmalarında göz önünde bulundurulması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Sera, Rüzgâr yükü, Kar yükü, Kırşehir

Determine the effect of snow and wind on the greenhouses: Kırşehir province example

Abstract: In the study conducted to determine the effect of snow and wind on the greenhouses in Kırşehir province, the values of Turkey Standards Institute (TSI 498) and long years of meteorological data for Kırşehir were used. It was determined that the prevailing wind direction of Kırşehir province is north and the strong blowing wind speed arises from the southern and northern directed winds. When the wind load values are considered, it is seen that the speed of strong wind in the province is 34.0 m s^{-1} in the south-southeast direction according to 57 years of meteorological data. The effective force of the wind at this speed is $q=72.25 \text{ kg m}^{-2}$ per 1 m^2 . The wind speed pressure for the Kırşehir province by months was taken as $q=80 \text{ kg m}^{-2}$, which was deemed appropriate according to the TSI values. When the long-term meteorological records of the Kırşehir province are examined, it is seen that the average wind speeds vary between $1.9-3.6 \text{ m s}^{-1}$. It is seen that the ventilation efficiency of these wind speeds, which occur in 5 different window openings ranging between $10-50 \text{ cm}$ in the greenhouse, vary between $1.7-15.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. It was determined that the number of hourly air changes in the greenhouse will vary between 7 and 64. When the ventilation efficiency is evaluated, a good ventilation activity was observed in the greenhouses through natural ventilation in 30 cm and above window openings. Additionally, the value to be taken as the snow load is $P_{k0}= 80 \text{ kg m}^{-2}$ in the province, which is

included in the 1st region according to the snow load regions according to the TSI standards. It was determined that the values of ice load, which may occur in the roof of unheated greenhouses, especially in winter, should be taken into account in greenhouse project studies.

Keywords: Greenhouse, Wind load, Snow load, Kirsehir

*Corresponding author: Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 40100, Kırşehir, Türkiye
Email: sedat.boiyaci@ahievran.edu.tr (S. BOYACI)

1. Giriş

Seralar rüzgâra, yağmura, dolu ve karlara, bitki hastalıklarına veya aşırı sıcaklığa karşı bitkileri korumak için kullanılan yapılardır. Bu yapıların tasarımı ve iç mikro klima kalitesini etkileyen en önemli iklim faktörleri ise sıcaklık, küresel güneş radyasyonu, yağış ve rüzgâr şiddetidir. Bu nedenle, yerel meteorolojik koşullar sadece seraların iç ortam klima değerlerine değil, aynı zamanda yapısal tasarımlarını da büyük ölçüde etkilemektedir. Olumsuz iklim koşulları, sera yapılarının başarısızlığının en yaygın nedenidir. Bu nedenle, sera tasarımında, kullanılacak örtü malzemesi ve ekipmanlar çeşitli yerel iklim koşullarının dayattığı şartları yerine getirmelidir. Bahsedilen iklim faktörlerinin her biri, yerel koşullara bağlı olarak seranın işlevselliği ve başarısı üzerinde faydalı veya faydasız etkilere sahip olan bir takım etkiler üretir. Örneğin, aşırı rüzgâr hızlarının sera örtüsünde hasara neden olmasının yanında sera çerçeve ve temelinde çeşitli basınçlar ve gerilmeler meydana getirir. Diğer yandan, orta hızlarda esen rüzgâr en iyi iç mekan klima kontrolü için gerekli olan doğal havalandırmayı sağlar. Kar yağışı, yapının stabilitesini, örtünün mekanik davranışını ve seranın ısıtma gereksinimini etkiler. Bu sebeple, çatı açısı, yerel yağmur ve kar yağışı seviyelerine göre en ideal şekilde planlanmalıdır (Elsner ve ark., 2000).

Bir projeye bağlı olmadan kurulan sera yapılarında, kullanılan yapı malzemeleri ve malzeme boyutları değişiklikler göstermektedir. Yapı malzemelerindeki bu farklılıklar ekonomik olmayan ve mukavemet yönünden yetersiz sera yapılarının ortaya çıkmasına neden olur. Gerekli yük ve mukavemet hesapları yapılmadan seçilen malzemeler ile inşa edilen seralarda bazı yapı elemanları zamanla işlevselliğini kaybetmektedir. Şiddetli dış etkiler (kar, rüzgâr vb.) neticesinde meydana gelen çökme sonucunda sera içerisindeki ürünün büyük bir bölümü ya da tamamının pazarlanamaz duruma gelmesi neticesinde üreticinin ekonomik kayıplar yaşamasına neden olmaktadır (Dökmen ve Arıcı, 1998).

Bu sakıncaların giderilmesi amacıyla ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri kullanılırken farklı ülkelerde kendi yerel koşullarını dikkate alarak sera üzerine gelen yükler için standartlar oluşturmuşlardır. Buna göre Fransa'da NFU standartları uygulanmaktadır. Fransa kar yükü bakımından 4 bölgeye ayrılırken rüzgâr bakımından 3 farklı bölgeye ayrılmıştır. Yatay kar yükü bölgelere ve örtü türüne bağlı olarak 0.21-0.98 kN m⁻² arasında

değişirken, üç bölgedeki rüzgâr yükleri sırasıyla 22-38.6 m s⁻¹ arasında değişen tasarım rüzgâr hızı için 0.29-0.91 kN m⁻² arasında hesap edilmektedir. Almanya'da DIN standartları uygulanmaktadır. Kar yükü jeodezik yüksekliğe göre dört bölgesel sınıfa ayrılmıştır. Kar yükü sınıfı aralığı 0.75-5.5 kN m⁻² arasında değişir. Bunun yanında özel bir yönetmelik ile eğer bina 12 °C'ye kadar kalıcı olarak ısıtıldığında kar yükünün azaltılmasına izin verir. Çoğu durumda, ısıtılmalı, tek katlı örtülü seralar için 0.25 kN m⁻² kar yükü dikkate alınır. Çift örtü malzemesi kullanılıyorsa, ısıtma sıcaklığı 18 °C olmalıdır. Bahçe merkezinde kurulan ısıtılmalı seralar için 0.75 kN m⁻²lik bir yük dikkate alınmalıdır. Rüzgâr yükü, binanın yüksekliğine bağlıdır. Böylece etkili yüksekliği 4 m'nin altında olan seralar 20.4 m s⁻¹ rüzgâr hızına (73 km s⁻¹ hız; dinamik basınç: 0.25 kN m⁻²) dayanmalıdır; 8 m yüksekliğe kadar seralar, 28 m³ s⁻¹ (102 km s⁻¹; 0.5 kN m⁻²) bir rüzgâr hızı için tasarlanmalıdır. Binanın geometrik şekline bağlı olarak, yapının her yüzeyi için uygun aerodinamik basınç katsayıları dikkate alınmaktadır. Yunanistan'da genellikle, metal ve ahşap yapıların tasarımı, Alman standartlarına (DIN) uygundur. Yunanistan'daki seraların tasarımı için 120 km s⁻¹lik rüzgâr hızı ve 0.25 kN m⁻² kar yükü önerilmektedir. İtalya'da seralar için metal yapıların tasarımı ve inşası için bina kuralları standartı olarak İtalya Standardizasyon Örgütü (UNI) standartı kullanılmaktadır. Rüzgâr yükü Avrupa ön standartlarına (ENV) göre rüzgârın etkili hızının dikkate alınması gereken aralığı, 24-31 m s⁻¹ arasında değişir. Kar yükü ile ilgili olarak İtalya, yüksekliğe bağlı olarak zemin kar yükü 1.60 kN m⁻² (I. bölge), 1.15 kN m⁻² (II. bölge) ve 0.75 kN m⁻² (III. bölge) olarak üç bölgeye ayrılmıştır (Elsner ve ark., 2000).

Kırşehir ili için seralarda kar ve rüzgâr etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, rüzgâr ve karın seralar üzerine olan etkisi, araştırma alanı meteorolojik verileri dikkate alınarak rüzgâr hızı ve kar yüküne göre hesaplanmıştır. Bunun yanında, seraların yönlendirilmesinde önem taşıyan hakim rüzgârların esme sayıları analiz edilerek yörenin rüzgâr durumu yıllık ve mevsimlik olarak diyagramlar ile ortaya konulmuştur. Ayrıca elde edilen değerlerin TSE 498 de verilen değerler ile uyumluluğu ortaya konulmuştur.

2. Materyal Metot

2.1. Materyal

İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak bölümünde yer alan Kırşehir ilinin konumu, 38°50'-39°50' Kuzey enlemleri, 33°30'-34°50' Doğu boylamları arasında olup

denizden yüksekliği 985 m. dir. Kırşehir ilinde, kış ayları soğuk ve kar yağışlı, yaz ayları sıcak ve kurak geçen karasal iklim görülür. Thorntwait'in iklim tasnifine göre il yarı kurak iklim özelliğine sahiptir.

Kırşehir meteoroloji istasyonu verilerine göre Kırşehir ilinin uzun yıllık iklim verileri (57 yıl) Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Kırşehir ilinin uzun yıllık iklim verileri.

Parametre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ort. sıcaklık (°C)	-0.3	1.3	5.2	10.7	15.5	19.6	23.1	23.0	18.5	12.6	6.5	2.0	11.5
En yüksek sıcaklık (°C)	19.0	20.6	28.0	30.9	34.5	36.2	40.2	39.4	37.8	33.6	26.2	19.9	40.2
En düşük sıcaklık (°C)	-28.0	-25.3	-21.8	-8.2	-1.4	2.6	5.1	5.0	-1.2	-6.6	-21.5	-24.3	-28.0
Ort. nem (%)	78.6	74.7	68.0	64.0	61.5	55.1	48.6	48.6	53.1	63.6	72.7	79.2	63.9
Ort. kar yüksekliği(cm)	5.1	5.7	2.7	0.8	3.0					0.0	2.6	3.5	4.5
Maks. kar yüksekliği(cm)	30	45	30	6	3					1	16	30	45
Ort. rüzgâr hızı (m/sn)	1.9	2.3	2.5	2.4	2.3	2.7	3.6	3.4	2.6	2.2	1.9	1.9	2.5
Maks. rüzgâr yönüne hızı (m s ⁻¹)	NNE	SW	SSE	SE	WSW	WNW	N	WSW	NE	SSE	S	NW	SSE
Kuvvetli rüzgârlı gün sayısı	29.4	30.5	34.0	29.7	27.8	26.5	31.2	30.0	26.0	26.2	25.6	30.0	34.0
Fırtınalı günler sayısı ortalaması	6.2	5.9	8.7	9.3	10.0	12.3	16.9	15.8	9.5	7.5	5.2	5.3	106.8
	2.3	2.3	2.9	2.7	2.5	2.7	4.3	3.6	2.4	1.8	2.1	2.3	22.1

2.2. Metot

Çalışmada Kırşehir ili için hakim rüzgâr yönü ile rüzgâr ve karın seralar üzerinde yaratacağı etkilerin belirlenmesi amacıyla ilin uzun yıllık meteoroloji verilerinden ve Türk Standartları Enstitüsü (TS-498) tarafından yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri kullanılmıştır. Havalandırma gereksinimlerinin hesaplanmasında 200 m² (25 × 8) taban alana sahip, yan duvar yüksekliği 3.0 m, mahya yüksekliği 5.0 m olan tek katlı polietilen örtü malzemeli yay çatılı sera model olarak seçilmiştir. Çalışmada seçilen seranın bulunduğu bölge, 39.1639 enlem ve 34.1561 boylam noktaları arasında ve deniz seviyesinden yüksekliği 1007 metredir.

2.2.1. Rüzgâr yükü

Dik olarak bir yüzeye etki eden rüzgâr yükü Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanır.

$$W = cq \quad (1)$$

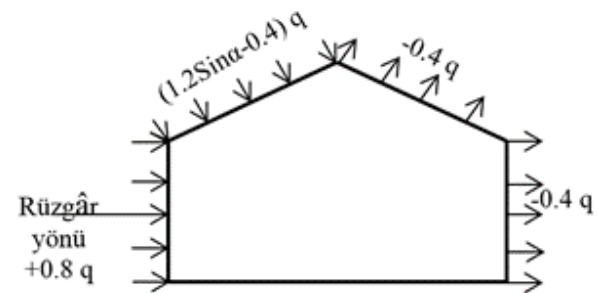
$$q = \frac{1}{16} V^2 \quad (2)$$

Burada; w= Rüzgâr yükü (kgf m⁻²), c= Yapı cinsi ve geometrisine bağlı olarak değişen bir katsayı (Tablo 2), q= Yüzeye etki eden rüzgâr hız basıncı (kgf m⁻²) (Şekil 1), V= Rüzgâr hızı m s⁻¹.

Tablo 2. Yapı yüksekliğine bağlı olarak kabul edilen rüzgâr hızları ve rüzgâr hız basıncı değerleri*.

Yapının yüksekliği (m)	Rüzgâr hızı (m s ⁻¹)	Hız basıncı değeri (kgf m ⁻²)
0-8	28	50
9-20	36	80
21-100	42	110
>100	46	130

*Mahalli topografik şartlar nedeniyle değişik rüzgâr hızları oluşabilir ve bu Tablo 2 değerinden sapabilir.



Şekil 1. Değişik yapılarda duvar ve çatı yüzeylerinde oluşan basınç ve emme durumu ile şekil katsayıları (c) (TS, 1997).

2.2.2. Kar yükü

Yatayla α açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediği çatılarda kar yükü hesap değeri Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanır.

$$P_k = m \times P_{ko} \quad (3)$$

Burada; P_k =kar yükü hesap değeri (kgf m^{-2}), P_{ko} =kar yükü (kgf m^{-2}) (Tablo 3), m =çatı α eğimine bağlı olarak azaltma değeri.

$$m = 1 - \frac{\alpha^* - 30^*}{40^*} \quad (4)$$

Tablo 3. Kar bölgeleri ve deniz seviyesinden yüksekliğe göre kar yükü değerleri (TS, 1997)*.

Yapı yerinin denizden yüksekliği (m)	Bölgeler			
	I	II	III	IV
≤200	75	75	75	75
300	75	75	75	80
400	75	75	75	80
500	75	75	75	85
600	75	75	80	90
700	75	75	85	95
800	80	85	125	140
900	80	95	130	150
1000	80	105	135	160
>1000	1000 m'ye karşılık gelen değerler, 1500 m'ye kadar % 10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde % 15 arttırılır.			

*Bu açıklamaların dışında kalacak özellikli bölgeler için o yerdeki kar yağma süresi ve yüksekliğe bağlı olarak Tablo 3'te verilen değerler, varsa meteorolojik ölçmelerden de faydalanarak artırılmalıdır.

2.2.3. Rüzgâr kuvvetleri etkisiyle havalandırma oranının belirlenmesi

Koşulların değişken olması, rüzgâr kuvvetleri etkisiyle havalandırma oranının belirlenmesi için teorik eşitliklerin kullanılmasını sınırlandırır. Aşağıda verilen Eşitlik 5 kullanılarak ampirik verilere dayanan yaklaşık sonuçlar belirlenebilir (Öztürk ve Başçetinçelik 2002).

$$Q = E \times A \times V_r \quad (5)$$

Bu eşitlikte;

Q = hava debisi ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), A = hava giriş açıklığı alanı (m^2), V_r = rüzgâr hızı (m s^{-1}), E = hava giriş açıklığının etkinliği.

Hava giriş açıklığının etkinliği (E değeri), dik esen rüzgârlar için 0,5-0,6 arasında alınmalıdır. Tarımsal yapılar için E değerinin 0,35 olarak alınması önerilir.

2.2.4. Havalandırma etkinliğinin belirlenmesi

Havalandırma etkinliğinin hesaplanmasında ısı dengesi eşitliği kullanılarak rüzgârın doğal havalandırma yoluyla oluşturduğu hava değişim oranları için sera iç ortam sıcaklıkları tahmin edilmiştir. Söz konusu ısı dengesi Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanır.

$$(1 - E \cdot F) \cdot \tau \cdot I \cdot A_g = U \cdot A_c \cdot (t_i - t_d) + \frac{M}{v} \cdot c_p \cdot (t_i - t_d) + 0.5 \cdot V_g \cdot N \cdot (t_i - t_d) \quad (6)$$

Eşitlikte; E : evapotranspirasyonun güneş radyasyonuna oranı (0.5), F : bitki örtü katsayısı (0.7), τ : örtü malzemesinin ışık geçirgenlik oranı (% 90), I : güneş radyasyon yoğunluğu (kW m^{-2}), A_g : sera taban alanı (m^2), U : örtü malzemesinin ısı geçirme katsayısı ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$), A_c : örtü yüzey alanı (m^2), M : havalandırma miktarı

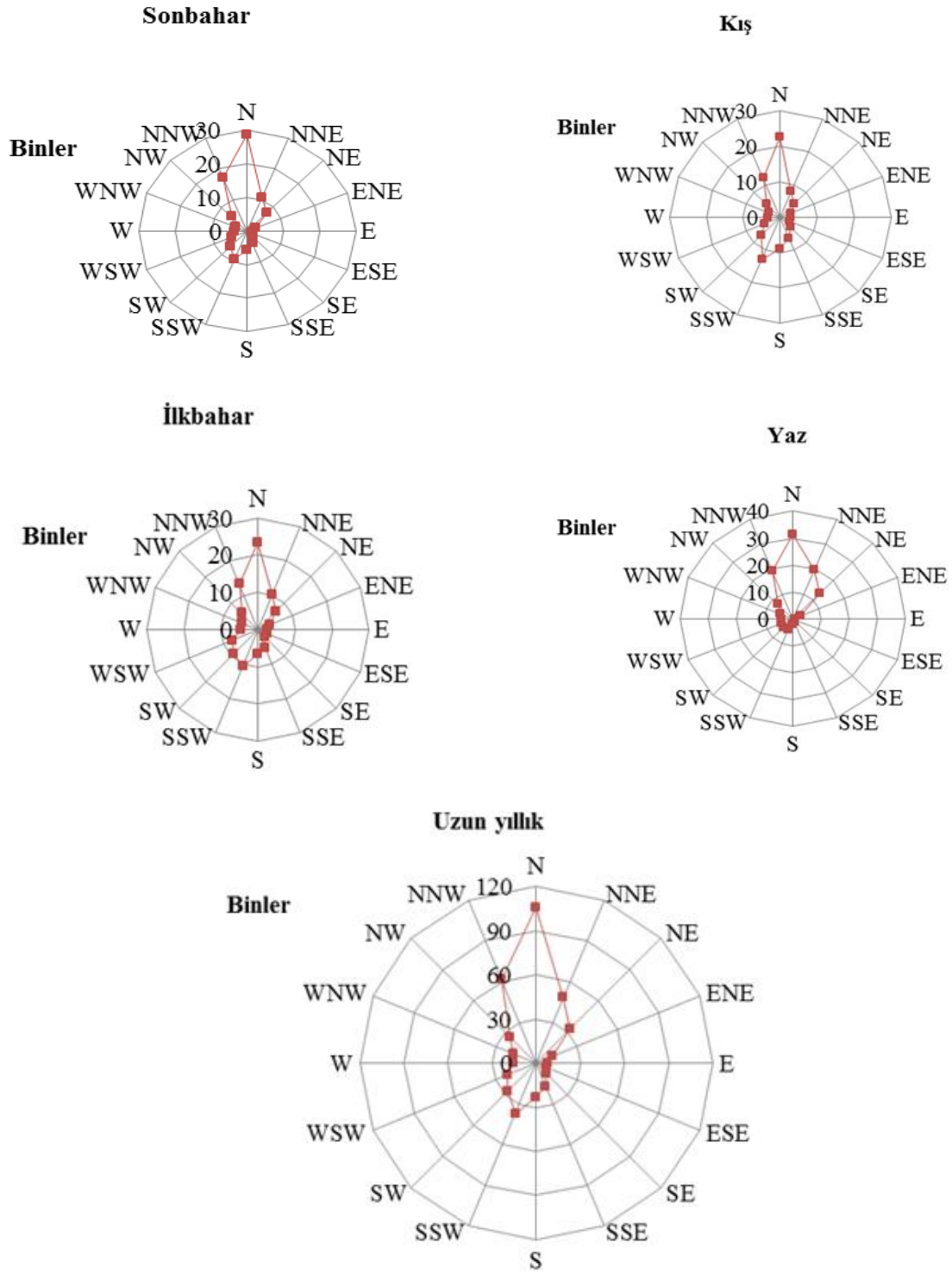
($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), v : havanın özgül hacmi ($\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$), c_p : havanın özgül ısı ($1 \text{ KJ kg}^{-1} \text{C}^{-1}$), V_g sera hacmi (m^3), N : infiltrasyon ile meydana gelen hava değişim sayısı (1 h^{-1}), t_i - t_d : sera iç ve dış ortam sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) göstermektedir (Cemek ve Demir, 1999; Cemek, 2005; Cemek ve ark, 2006; Yıldırım ve Meral, 2010). Çalışmada, hesaplama yapılan sera için tek katlı polietilen örtü malzemesinin ısı geçirgenlik katsayısı U ($6.8 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$) alınmıştır (Hellickson and Walker,1983). Hesaplamalarda havaya ilişkin özgül hacim değerleri psikrometrik diyagram yardımıyla belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Rüzgârın Seralar Üzerindeki Etkisi

3.1.1. Rüzgâr yönü

Kırşehir ilinde rüzgâr esme sayılarından yapılan diyagramlarda toplam esen rüzgârın % 22.5'i kuzey (N), % 13.2'si kuzey-kuzeybatı NNW, % 10.3'ü kuzey-kuzeydoğu NNE, % 7.8'i güney-güneybatı SSW, % 7.0'ı kuzeydoğu NE, % 5.8'i güneybatı SW, % 5.3'ü kuzeybatı NW, % 5.0'ı güney S, % 4.5'i batı-güneybatı WSW, % 3.6'sı güney-güneydoğu SSE, % 3.5'i batı- kuzeybatı WNW, % 3.3'ü batı W, % 2.5'i doğu-kuzeydoğu ENE, % 2.2'si güneydoğu SE, % 1.7'si doğu E, % 1.7'si doğu-güneydoğu ESE doğrultusunda etkili olmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kırşehir ilinin uzun yıllık ve mevsimlere göre rüzgâr diyagramları

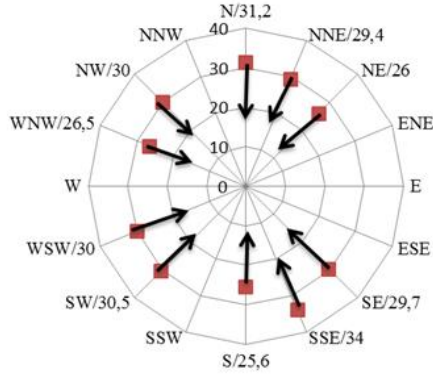
Mevsimlere göre rüzgâr esme sayılarından yapılan diyagramlarda sonbahar aylarında esen rüzgârın % 24.73'ü, kış aylarında esen rüzgârın % 20.19'u, ilkbahar aylarında esen rüzgârın % 19.60'ı ve yaz aylarında esen rüzgârın % 22.51'i kuzey (N) doğrultusunda etkili olmaktadır.

Kırşehir ilinin uzun yıllık verilere göre maksimum rüzgâr hızları ve yönlerine bakıldığında uzun yıllık verilere göre ilde gerçekleşen maksimum esen rüzgâr şiddeti güney-

güneydoğu yönünde 34 m s^{-1} olduğu Şekil 3 te görülmektedir.

Castilla ve Baeza, (2013) nın bildirdiğine göre (Nisen ve ark. 1988) günlük minimum 6 saatlik güneşlenme süresi $2.3 \text{ kWh m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ kadar güneş enerjisine karşılık gelmektedir. Etkili yetiştiricilik için (fotosentetik aktif radyasyon-PAR) toplam güneş radyasyonu sınır değeri $1 \text{ kWh m}^{-2} \text{ gün}$ olması gerekmektedir. Bunun yanında, seralarda bitki yetiştiriciliği yönünden Kasım, Aralık ve

Ocak aylarında minimum güneşlenme süresinin günlük 6 saatin ve toplamda ise 500-550 saatin altında olmaması istenir (Baytorun ve ark, 1996; Zabeltitz, 2011; Nisen ve ark. 1988).



Şekil 3. Kırşehir ilinin uzun yıllık verilere göre maksimum rüzgâr hızları ve yönleri.

Kırşehir ilinde Aralık ve Ocak aylarında günlük toplam radyasyonun eşik değeri $2.3 \text{ kWh m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ 'ün altında, sınır değer olan $1 \text{ kWh/m}^2 \text{ gün}$ değerinin üstünde kaldığı ve Kasım, Aralık ve Ocak aylarındaki toplam güneşlenme süresi eşik değer olan 500-550 saatin altında bulunmuştur. Kırşehir ilindeki seralarda ışıklanma süresi ve toplam günlük radyasyon miktarı kış aylarında yeterli değildir. İlde inşa edilecek seraların güneşten maksimum fayda sağlayabilmesi amacıyla sera uzun ekseninin Doğu-Batı doğrultusunda yönlendirilmesi ve Kasım, Aralık ve Ocak aylarında bitkisel üretimin optimum koşullarda sağlanabilmesi amacıyla söz konusu aylarda ısıtma yanında yapay aydınlatmaya gereksinim duyulduğunu belirtmiştir (Boyacı ve ark., 2016). Seraların kuruluş

yönüne dik esen şiddetli rüzgârlar devrilme ve örtü malzemesini parçalama yönünden etkili olur. Bunun önlenmesi amacıyla sera kısa eksenini rüzgârın esme yönüne inşa etmek gereklidir. Bu yönde konumlandırılan serada havalandırma açıklıkları kolaylıkla açılarak, havalandırma engellenmemiş olur. Uzun eksen yönünde yönlendirilen serada ise rüzgârın direk etkisi nedeniyle havalandırma sistemlerini kullanmak mümkün olmayacak ve serada istenen havalandırma sağlamayacaktır (Dökmen, 1991).

Kırşehir ili için esme sayılarına bakıldığında hakim rüzgâr yönü kuzeydir (Şekil 2). Maksimum rüzgâr hızı ve yönüne bakıldığında güney güneybatı ve kuzey yönlü rüzgârların etkili olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu nedenle sera kısa kenarının bu yönlerde olması gerekmektedir. Kırşehir ilinde kurulan seralarda, ışıklanma süresi ve toplam günlük radyasyon miktarı yetiştiricilik açısından kış aylarında yeterli düzeyde değildir. Buna bağlı olarak yetersiz ışıklanmanın verim üzerine olumsuz etkisi düşünüldüğünde ise ilde kurulması düşünülen seraların güneşten daha fazla yararlanabilmesi için sera uzun eksen yönünün Doğu-Batı yönünde konumlandırılması gerekmektedir. Şiddetli esen güney ve kuzey yönlü rüzgâr hızlarının seralarda devirme ve parçalama yönünden etkili olacağı dikkate alınarak seralarda rüzgâr gergilerinin kullanılması ve sera çevresinin seraya ulaşan güneş ışığını engellemeyecek şekilde rüzgâr kırınlar tesis edilmelidir.

3.1.2. Rüzgâr yükü

Çalışma alanında uzun yıllık (57 yıl) meteorolojik verilere göre en şiddetli rüzgârın hızı, güney-güneydoğu yönünde 34.0 m s^{-1} 'dir. Bu hızdaki rüzgârın 1 m^2 sindeki etkili kuvveti de $q=72.25 \text{ kg m}^{-2}$ dir. Kırşehir ili için aylara göre yüzeye etki eden rüzgâr hız basıncı değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kırşehir ili için rüzgâr yükü değerleri

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık maks. rüzgâr yönü ve hızı (m s^{-1})	NNE 29.4	SW 30.5	SSE 34.0	SE 29.7	WSW 27.8	WNW 26.5	N 31.2	WSW 30.0	NE 26.0	SSE 26.2	S 25.6	NW 30.0
Yüzeye etki eden rüzgâr hız basıncı (kg m^{-2})	54.02	58.14	72.25	55.13	48.30	43.89	60.84	56.25	42.25	42.90	40.96	56.25

Yun ve ark (2014) seranın ekonomik ve makul tasarımı için Kore seralarındaki yapıların rüzgâr yükünün $18.2-121.5 \text{ kg m}^{-2}$ alınması gerektiğini, Dökmen ve Arıcı (1998) Yalova ve yöresinde en şiddetli rüzgâr hızı, kuzeybatı yönünde 31.8 m s^{-1} 'dir. Bu hızda etkili rüzgâr kuvveti 63.2 kg m^{-2} 'dir. Fransa'da rüzgâr hızı için $0.29-0.91 \text{ kN m}^{-2}$ arasında hesap edilmektedir. Almanya'da etkili yüksekliği 4 m'nin altında olan seralar 20.4 m s^{-1} rüzgâr hızına (73 km s^{-1} hız; dinamik basınç: 0.25 kN m^{-2}) dayanmalıdır; 8 m yüksekliğe kadar seralar, $28 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (102 km s^{-1} ; 0.5 kN m^{-2}) bir rüzgâr hızı için tasarlanmalıdır. Yunanistan'da seraların tasarımı için 120 km s^{-1} 'lik rüzgâr hızı ve 0.25 kN m^{-2} kar yükü önerilmektedir. İtalya'da rüzgârın etkili hızının dikkate alınması gereken aralığı, $24-31 \text{ m s}^{-1}$ arasında değişir (Elsner ve ark., 2000).

Buna göre TSE tarafından verilen 0-8 m yüksekliğindeki yapılar için $q=50 \text{ kg m}^{-2}$ değeri 28 m s^{-1} değerine denk

gelmektedir. Ancak TSE standartlarına bakıldığında Tablo 2 de verilen değerlerin sabit olmadığı, Mahalli topografik şartlar nedeniyle değişik rüzgâr hızları oluşabileceğini ve değerlerin sapabileceğini bildirmiştir. Bu durumda yapılması gerek işlem ilin meteorolojik kayıtlarına göre değerler kullanılmaktadır. Buna göre Kırşehir ilinde yörenin en hızlı esen rüzgâr hızı (34 m s⁻¹) dikkate alındığında q=50 kg m⁻² değerinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Buna göre Kırşehir ilin için q=80kg m⁻² değerini kullanılması gerekmektedir. Bu değerde yaklaşık olarak V=35.8 m s⁻¹ ye denk gelmektedir. İlin en hızlı esen rüzgâr hızına (34 m/s) bakıldığında değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Benzer olarak araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalara bakıldığında rüzgâr yükü değerlerinin standart olmadığını her ülkenin kendi mahalli şartlarına göre değerler belirledikleri görülmektedir. Kırşehir ili içinde seralarda TSE standartlarından faydalanarak mahalli şartlara göre

rüzgâr yükü değerlerinin kullanılmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir.

3.2. Rüzgârın Doğal Havalandırmaya Etkisi

Kırşehir ili uzun yıllık meteoroloji kayıtlarına bakıldığında ortalama rüzgâr hızları 1.9-3.6 m s⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 6). Bu rüzgâr hızlarının serada 10-50 cm arasında 5 farklı pencere açıklığında oluşturacağı havalandırma etkisi 1.7-15.8 m³ s⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlerin serada oluşturacağı havalandırma oranı 0.51-4.74 m³ m⁻²d⁻¹ arasındadır. Bu hava hareketinin serada oluşturacağı saatlik hava değişim sayısı 7-64 arasında değiştiği Tablo 6 da görülmektedir. Bu rüzgâr hızlarına bağlı olarak serada iç sıcaklık değeri ortalama rüzgâr hızının (3.6 m s⁻¹) en yüksek olduğu Temmuz ayında ve 50 cm pencere açıklığında ortaya çıkmıştır. Havalandırma etkinliğine bakacak olursak 30 cm lik pencere açıklığı ve sonrasındaki pencere açıklıklarında doğal havalandırma yoluyla iyi bir havalandırma etkinliği yakalandığı görülmektedir.

Tablo 6. Kırşehir ili için rüzgâr etkileri

Aylar		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aylık ortalama rüzgâr hızı (m s ⁻¹)		1.9	2.3	2.5	2.4	2.3	2.7	3.6	3.4	2.6	2.2	1.9	1.9
Hava hacmi (m ³ s ⁻¹)	10 cm	1.7	2.0	2.2	2.1	2.0	2.4	3.2	3.0	2.3	1.9	1.7	1.7
	20 cm	3.3	4.0	4.4	4.2	4.0	4.7	6.3	6.0	4.6	3.9	3.3	3.3
	30 cm	5.0	6.0	6.6	6.3	6.0	7.1	9.5	8.9	6.8	5.8	5.0	5.0
	40 cm	6.7	8.1	8.8	8.4	8.1	9.5	12.6	11.9	9.1	7.7	6.7	6.7
	50 cm	8.3	10.1	10.9	10.5	10.1	11.8	15.8	14.9	11.4	9.6	8.3	8.3
Hava değişim sayısı (1 h ⁻¹)	10 cm	7	8	9	9	8	10	13	12	9	8	7	7
	20 cm	14	16	18	17	16	19	26	24	19	16	14	14
	30 cm	20	25	27	26	25	29	39	37	28	24	20	20
	40 cm	27	33	36	34	33	39	52	49	37	32	27	27
	50 cm	34	41	45	43	41	48	64	61	47	39	34	34
Havalandırma etkinliği	10 cm	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	20 cm	Y	Y	Y	Y	Y	Y	İ	İ	Y	Y	Y	Y
	30 cm	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ
	40 cm	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	İ	İ	İ	İ	İ
	50 cm	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	Çİ	İ	İ	İ	İ

Y=Yetersiz, İ=İyi, Çİ=Çok iyi

Baytorun ve ark. (1994), serada iyi bir havalandırma için, havalandırma açıklıklarının sera taban alanının % 20'si (Nicolaus, 1990) % 25, Özmerzi ve Kürklü (1989) sadece çatı havalandırması yapılıyor ise % 33'ü, Sevgican (1989) çatıdaki havalandırma açıklığı alanı taban alanının % 16-20'si oranında, kenarlarındaki havalandırma açıklıklarının alanı ise bu oranın yarısı kadar olması gerektiğini, Zabeltitz (1990) % 18-25 arasında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Harmanto ve ark. (2006), havalandırma açıklığının, toplam açıklığın % 20'sine azaltılması durumunda, sera iç ortam sıcaklığı

ürün olması durumunda 1.5 °C, boş olması durumunda ise 4.5 °C arttığını bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda, tropik koşullar için tasarlanmış olan bir serada, taban alanına kıyasla havalandırma açıklığı oranının en az % 60 olması gerektiği belirlenmiştir. (Baytorun, 1995) seralarda 1-20 hacim/saat lik hava değişim oranının yetersiz, 20-50 arasında iyi ve 50 nin üzerindeki değerleri çok iyi havalandırma olarak sınıflandırmıştır. Bournet ve ark. (2007), kenar açıklıklarının rüzgâr yönünde tasarlanması durumunda, 0.5 m s⁻¹ rüzgâr hızında en yüksek hava değişimi saatte 12.3 olarak

belirlenmiştir. Kaçıra ve ark. (2004), çatı havalandırmasının tamamen açık olduğu durumda 1.5 m s^{-1} lik rüzgâr hızında, özgül havalandırma oranı $6.03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Serada dakikada bir hava değişimi ($Z=60 \text{ h}^{-1}$) sağlanması durumunda, sera içi sıcaklığı dış sıcaklıktan $5 \text{ }^\circ\text{C}$ daha yüksektir. Bu sıcaklık farkının $5 \text{ }^\circ\text{C}$ olması genellikle uygun olduğundan, serada dakikada bir hava değişimi olması önerilir (Baytorun, 1989). Seralarda en düşük havalandırma oranı olarak, genellikle dakikada $0.75-1$ hava değişimi önerilir. Sera iç ortam sıcaklığındaki artış, hava akışıyla ters orantılıdır. Güneşli bir günde hava değişim oranının $3/4$ olması durumunda, sera iç ortamında sıcaklık artışı yaklaşık $6 \text{ }^\circ\text{C}$ dir. Bununla birlikte, hava değişim oranının dakikada 1 olması durumunda, sıcaklık yaklaşık $5 \text{ }^\circ\text{C}$ olacaktır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

Doğal havalandırma mekanik havalandırma sistemlerine göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri yönünden daha avantajlı bir yöntemdir. Seralarda sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde bu yöntemin etkin kullanımı yetiştirici yönünden çok önemlidir. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalara bakıldığında havalandırma etkinliğinin pencere açıklığı ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Kırşehir ilinde sıcaklıkların en yüksek olduğu Temmuz ayında, ortalama rüzgâr hızının yıl içerisinde en yüksek olduğu ay olduğu belirlenmiştir. Bu ayda doğal havalandırma ile $15.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ lik hava hacmi yakalamak mümkündür. Bu hava hacmi serada saatlik 64 kez hava değişimi oluşturacaktır. Bu hava değişimi araştırmacıların verdiği değerlere göre sera içerisinde çok iyi bir havalandırma etkinliği ortaya çıkaracaktır. Ancak sıcaklıkların yükselmeye başladığı Temmuz ve Ağustos aylarında ortaya çıkan ve 3 m/sn ve daha yüksek hızlarda esen rüzgâr seraların soğutulmasına yardımcı olurken, özellikle PE örtülü seralar için meydana gelebilecek şişme ve yırtılmalar bakımından bir dezavantaj oluşturabilir. Bu nedenle Kırşehir'de seraların kuruluşunda rüzgâr hızının dikkate alınması ve projelenecek yapılar için gerekli olan malzemelerin plastik sera yerine cam veya polikarbon seralara yönelmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bunun yanında ısı dengesi eşitliği kullanılarak hesaplanan iç dış sıcaklık farkı temmuz ayında $3,6^\circ\text{C}$ olarak hesap edilmiştir. Bu sıcaklık farkı maksimum sıcaklığın $40.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ye çıktığı günlerde bitkiler için yeterli olmayacağından bu dönemlerde doğal havalandırma yanında mekanik havalandırma yöntemlerinin de kullanılması gerekmektedir.

3.3. Kar Yükü

Seraların genellikle kar yağışı olmayan yerlerde kurulmasına karşın, kar yağışı olan bölgelerde bu yük çatı sistemlerinin projeleneğinde büyük önem taşır. Projelenede kar yükü yatay düzleme etkide bulunan düşey bir yük olarak alınır. Kar yükünün değerlendirilmesinde, sera kurulacak yerin deniz

seviyesinden yüksekliği ve çatı yüzeyinin yatayla yaptığı (α°) açı dikkate alınmalıdır.

Bunun yanında Kırşehir ilinde uzun yıllık meteorolojik verilere göre ortalama kar yüksekliği 4.5 cm iken, maksimum kar yüksekliği 45 cm dir. TSE 498 standartlarına göre kar yükü bölgelerine göre I. bölgede yer almaktadır. İlin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği ise 985 m dir. TSE 498 verilerine göre ilde kar yükü olarak alınacak değer $P_{ko} = 80 \text{ kg m}^{-2}$ dir. TS498 e göre ilde kurulacak seralarda bu değer alınması uygundur.

Fransa'da kar yükü bölgelere ve örtü türüne bağlı olarak $0.21-0.98 \text{ kN m}^{-2}$ arasında değişirken, Almanya'da kar yükü jeodezik yüksekliğe göre dört bölgesel sınıfa ayrılmıştır. Kar yükü sınıfı aralığı $0.75-5.5 \text{ kN m}^{-2}$ arasında değişir. Yunanistan'da 0.25 kN m^{-2} kar yükü önerilmektedir. İtalya'da kar yükü ile ilgili olarak İtalya, yüksekliğe bağlı olarak zemin kar yükü 1.60 kN m^{-2} (I. bölge), 1.15 kN m^{-2} (II. bölge) ve 0.75 kN m^{-2} (III. bölge) olarak üç bölgeye ayrılmıştır (Elsner ve ark. 2000).

Ülkemizde Kar bölgeleri ve deniz seviyesinden yüksekliğe göre kar yükü değerleri TSE standartlarına göre Tablo 3 te verilmiştir. Ancak bu değerler Tablo 3 te verilen açıklamaların dışında kalacak özellikli bölgeler için o yerdeki kar yağma süresi ve yüksekliğe bağlı olarak verilen değerler, varsa meteorolojik ölçmelerden de faydalanarak artırılmalıdır.

Burada görüldüğü üzere TSE tarafından verilen standartlar yalnızca genel değerler olup mahalli şartlara göre değişiklik gösterebilmektedir. Ülkemizde olduğu gibi araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara bakıldığında ülkeler kendi mahalli şartlarına göre kar yükü bölgeleri oluşturarak sera üzerine gelen kar yükü değerleri belirlenmiştir. Kar yükü değerinin yanında seranın ısıtılıp ısıtılmadığı da çok önemlidir. Isıtılan seralarda kar yükü değerleri azaltılabileceği gibi ısıtılmayan seralarda rüzgârında etkisiyle sera çatısında buzlanmada meydana gelebilmektedir.

Buzun oluşumu farklı değişkenlere (rüzgârın yönü, yükseklik, havanın nemi, havanın sıcaklığı, kullanılan yapı malzemesi cinsi vs. gibi) bağlı olarak meydana geldiğinden genel olarak geçerli bir buz yükü değeri verilememektedir. Özellikle dağlık, nemli rüzgârların estiği veya büyük su birikintileri civarında meydana geldiği gibi, sahile yakın ve nehir kenarlarında da ortaya çıkabilmektedir. Buz yükü değerinin hesaplanması gerekli ise ve yeterli veri olmadığı takdirde buzlanma oluşacak bölgelerde deniz seviyesinden 400 m ve üzerindeki yerler için buzlanmaya maruz kalacak yapı elemanlarının tüm yüzeylerinin 3 cm kalınlığında buz ile kaplı olduğu kabul edilir. Buzun birim hacimdeki ağırlığı 700 kg m^{-3} alınabilir (TS, 1997).

Buna göre sera üzerinde 3 cm buzlanma olduğu takdirde örnek aldığımız serada ortaya çıkacak yük 4867 kg dir. Bu yük miktarı artan sera alanı ile doğru orantılı olarak artacağından ilde kurulacak seralarda kar yükü yanında buz yükünün de dikkate alınması gerekmektedir.

4. SONUÇ

Kırşehir ili için seralarda kar ve rüzgâr etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışma sonucunda, ilde kurulacak seralarda rüzgâr ve kar yükü değerlerinin mutlaka göz önünde bulundurulması gerektiği belirlenmiştir. İlde kurulacak seralarda TSE 498 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerlerinin kullanılması yanında standartlarda belirtilen bu değerlerin mahalli şartlarda göz önüne alınarak yeniden değerlendirilmesi mühendisin bilgi ve tecrübesine bırakılmıştır. Bu nedenle, Kırşehir ilinde olduğu gibi ülkemizin değişik il ve ilçelerinde kurulması düşünülen seralarda mahalli şartların göz önünde bulundurulması yapının işlevselliği ve başarısı üzerinde olumlu katkılar meydana getirecektir. Aksi takdirde iklimin sert geçtiği mevsimlerde seralarda meydana gelebilecek devrilme, parçalanma gibi etkiler neticesinde seralarda yapısal ve yetiştiricilik yönünden büyük maddi kayıpların yaşanması kaçınılmaz olacaktır.

Kaynaklar

Baytorun AN, Tokgöz H, Üstün S, Akyüz A. 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, 303-313. Mayıs 1994, Adana.

Baytorun AN. 1995. Seralar. Çukurova Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Genel Yayın No: 110, Ders Kitapları Yayın No:29, Adana, 406s.

Baytorun N, Abak K, Üstün S, İkiz Ö. 1996. GAP alanlarında sera tarımı potansiyeli ve sahil bölgeleri ile karşılaştırılması. GAP 1. Sebze Tarımı Sempozyumu, 367-374, Şanlıurfa.

Bournet PE, Ould Khaoua, SA, Boulard T, Migeon C, Chasseriaux G. 2007. Effect of roof and side opening combinations on the ventilation of a greenhouse using computer simulation. Transactions ASABE, 50(1): 201-212.

Boyacı S, Akyüz A, Baytorun AN, Çaylı A. 2016. Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. Nevşehir Bilim Teknoloji Derg, 5(2) 142-157.

Castilla N, Baeza E. 2013. Greenhouse site selection. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. FAO Plant Prod Protect Paper, 217: 21-33.

Cemek B, Demir Y. 1999. Prevailing conditions, problems and development possibilities of greenhouses in the Black Sea Region. Turk J Agri Forest, 23(29), 431-439.

Cemek B, Karaman S, Ünlükara A. 2006. Tokat yöresinde seraların iklimlendirme gereksinimleri. GOP Ziraat Fak Derg, 23 (1): 25-36.

Cemek B. 2005. Samsun il ve ilçelerinde seraların iklimsel ihtiyaçlarının belirlenmesi. OMÜ Ziraat Fak Derg, 20 (3):34-43.

Dökmen F, Arıcı İ. 1998. Yalova ve yöresinde sera havalandırma sistemlerinde rüzgâr etkisi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv Ziraat Fak Derg, 29 (2): 304-319.

Dökmen F. 1991. Yalova - Karamürsel sahil şeridindeki bazı seralarda havalandırma sistemlerinin yeterlilikleri üzerine bir araştırma. Uludağ Üniv, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

Harmanto H, Tantau J, Salokhe VM. 2006. Optimization of ventilation opening area of a naturally ventilated net greenhouse in a humid tropical environment. International Symposium on Greenhouse Cooling. ISHS Acta Horticulturae 719.

Hellickson MA, Walker JN. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. Published by: ASAE, 372 pp., American Society of Agricultural Engineers 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 49085-9659 USA.

Kaçıra M, Sase S, Okushima L. 2004. Optimization of vent configuration by evaluating greenhouse and plant canopy ventilation rates under wind-induced ventilation. Transactions ASAE, 47(6): 2059-2067.

Nicolaus A. 1990. Ventilation methodologies in greenhouses. Acta Horticulturae, 263: 299-306.

Nisen A, Grafiadellis M, Jiménez R, La Malfa G, Martínez-García PF, Monteiro A, Verlodt H, Villele O, Zabeltitz CH, Denis JC, Baudoin W, Garnaud JC. 1988. Cultures Protegees en Climat Mediterranéen" FAO, Rome.

Özmerzi A, Kürklü A. 1989. Seralarda havalandırma yöntemleri ve zorunlu havalandırma sistemlerinin hesaplanması. Akdeniz Üniv Ziraat Fak Derg, 2(2): 101-120.

Öztürk HH, Başçetinçelik A. 2002. Seralarda havalandırma. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fak. Yayınları: 227, Adana.

Sevgican A. 1989. Örtüaltı sebzeçiliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı, Yayın No:19, Yalova.

TSE. 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri. Türk Standartları Enstitüsü, TS 498. Kasım 1997.

TÜİK. 2017. Bölgesel İstatistikler. <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/> (erişim tarihi: 12.04.2018).

Von Elsner B, Briassoulis D, Waaijenberg D, Mistriotis A, von Zabeltitz C, Gratraud J, Russo G, Suay-Cortes R. 2000. Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European union countries: Part I, design requirements. J Agri Engin Res, 75: 1-16.

Yıldırım D, Meral R. 2010. Güneşdoğu Anadolu Projesi (Gap) Bölgesi ve civarı illerde seraların iklimlendirme gereksinimleri. Harran Üniv Ziraat Fak Derg, 14(4): 13-22.

Yun SW, Shin YS, Yu C, Yoon YC. 2014. Analysis of working load on greenhouse foundation considering wind and snow load. Acta Horticulturae, 1037, 99-104.

Zabeltitz c.V. 1990. Greenhouse construction in function of better climate control. Acta Horticulturae: 263: 357-374.

Zabeltitz c.V. 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates. ISBN: 978-3-642-14581-0.