

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ANKARA İLİNDE KÜÇÜK İŞLETMELER İÇİN EKONOMİK PASİF
ISITMALI SERA MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Gürsel ÖZBAY

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ANKARA
2023

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ANKARA İLİNDE KÜÇÜK İŞLETMELER İÇİN EKONOMİK PASİF ISITMALI SERA MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Gürsel ÖZBAY

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Berna KENDİRLİ

Bu araştırmanın amacı, Ankara ilinde küçük ölçekli aile işletmeleri için farklı tip, taşıyıcı konstrüksiyon ve örtü malzemesine sahip bireysel pasif güneş sera modellerinin ayrı başlıklar altında ayrıntılı olarak incelenmesi, pasif güneş seraları tasarımı bir bütün olarak değerlendirilerek optimum çözümlere ulaşılmasıdır. Bu amaçla sera yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı ilçelerde küçük ölçekli 35 adet sera rastgele seçilerek, arazide anket çalışmaları yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre karasal iklim koşullarında ısıtma maliyetlerinin yüksek olduğu, üretimin yaz mevsimiyle sınırlı kaldığı, bölgesel iklim şartları göz önüne alınmadan yapılan seralarda ciddi hasarlar görüldüğü, yıkıldığı ve kullanım dışı kaldığı saptanmıştır. Tez çalışmasında iklimsel gereksinimlere göre güneş radyasyonu ile ısınan ve doğal havalandırma yoluyla sera içi ısı ve nem değerlerinin ayarlanabildiği pasif sera modeline ulaşabilmek için alternatif konstrüksiyon, taşıyıcı cam kaplama, modülerlik ve bakım maliyeti kriterlerine göre optimum sera tasarımları incelenmiştir. Analizler sonucunda, enerji verimliliği ve sanayi atığı, kullanım ömrü tamamlanmış malzemelerin sera yapısında kullanımı ile birlikte optimum pasif güneş sera projesi geliştirilmiştir. Test üretimi ve ölçüm analizleri, sera içi foton kazanımının yüksek olduğunu ve normal mevsimsel iklim koşullarında sera içi sıcaklık, bağıl nem değerlerinin pasif yöntemlerle bitki üretimi için yeterli düzeyde ayarlanabildiğini göstermektedir.

Şubat 2023 146 sayfa

Anahtar kelimeler: Ankara, pasif sera, cam taşıyıcı, geri dönüşüm yapı malzemeleri, küçük orta ölçek, dört mevsim

ABSTRACT

PhD Thesis

IMPROVING ECONOMIC PASSIVE HEATING GREENHOUSE MODELS FOR MANAGING SMALL SIZE GREENHOUSES IN THE CITY OF ANKARA

Gürsel ÖZBAY

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Berna KENDİRLİ

The purpose of this research is to study in detail the individual passive solar greenhouse models with different types and carrier construction and covering materials for small-scale family businesses in Ankara province, and to reach optimal solutions by evaluating them as a whole in the design of passive solar greenhouses. For this purpose, 35 small-scale greenhouses were randomly selected in districts where greenhouse farming is intensively carried out and field surveys were conducted. According to the results of the study, it was determined that heating costs are high in continental climate conditions, production is limited to the summer season, serious damages, collapses and out-of-use were observed in greenhouses built without considering regional climate conditions. In the thesis study, alternative constructions, carrier glazing, modularity and optimum greenhouse designs according to maintenance cost criteria were studied in order to reach a passive greenhouse model that is heated by solar radiation according to climatic requirements and can adjust the temperature and humidity values inside the greenhouse through natural ventilation. As a result of the analysis, an optimum passive solar greenhouse project was developed with the use of energy efficiency and industrial waste in the greenhouse structure along with the use of materials that have completed their useful life. Test production and measurement analyses show that the photon gain inside the greenhouse is high and the inside temperature and relative humidity values can be adjusted to sufficient levels for plant production using passive methods under normal seasonal climate conditions.

February 2023 146 pages

Key Words: Ankara, passive greenhouse, glass carrier, reuse building materials, small medium scale, four seasons

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Küresel Topluluk sürdürülebilir kalkınmayı görüşmek üzere Birleşmiş Milletler Genel Merkezinde 2016 yılında yüksek düzeyli katılım töreninde 2030 yılına kadar insanların yaşamlarını iyileştirmek ve sürdürülebilir kalkınma için 17 küresel hedefi kabul etmiştir. Açlığı sona erdirmeye, gıda güvenliğini sağlama, beslenmeyi iyileştirme ve sürdürülebilir tarımı teşvik etme sözü Dünya Gıda programının önceliğidir. Küresel hedefler aynı zamanda temiz enerji kullanımı, endüstride yenilik, sorumlu tüketim ve geriye dönüşüm hedeflerini kapsamaktadır.

Araştırma konusu seçimini yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Metin Olgun'a, doktora çalışmaları süresince ilk günden itibaren değerli destekler sağlayan ve çalışmayı yöneten Sayın Hocam Prof. Dr. Berna Kendirli'ye, uzun araştırma süresinde sürekli yol gösteren Sayın Hocam Prof. Dr. Köksal Demir'e, Doç Dr. Eylem Polat'a ve araştırmanın yazımında, grafiklerin, tabloların hazırlanmasında sürekli yardımcı olan çalışma arkadaşlarım Sn. Ecem İncesu ve Sn. Serap Akdemir'e teşekkür ederim.

Gürsel Özbay
Ankara, Şubat 2023

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1 Ticari Üretim Seraları Şartnamesi Genel Açıklamalar (TS EN 13031-1)	5
2.1.1 Sera sınıfları kullanıcı kılavuzu ve sera tanıtım plakası	6
2.2 Sera Tasarımı ve Yapı Mekanığı	8
2.3 Güneş Etrafında Yerküre Hareketleri ve Işınım Değerleri	17
2.4 Pasif Sera İçi Yapı Fiziği	22
2.4.1 Güneş ışık kazanımı	23
2.4.2 Güneş ısı kazanımı	29
2.4.3 Doğal havalandırma.....	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	42
3.1 Materyal	42
3.1.1 Araştırma alanının coğrafi özellikleri	42
3.1.2 Araştırma alanının iklim özellikleri	43
3.1.3 Araştırma alanı tarımsal durumu	45
3.2 Yöntem	47
3.2.1 Arazi çalışmaları	47
3.2.2 Büro çalışmaları	49
3.2.2.1 Seraların yapısal özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler	49
3.2.2.2 Sera içi çevre koşullarının düzenlenmesinde uygulanan yöntemler	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1 Sera İşletmelerinin Değerlendirilmesi.....	53
4.2 Araştırma Alanındaki Seraların Yapısal Özellikleri.....	53
4.2.1 Sera yapı elemanlarının analizi	56

4.3 Araştırma Alanındaki Seraların İklimlendirme Durumu.....	61
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	63
5.1 Pasif Sera Tasarım Aşamaları	63
5.1.1.....	63
5.1.2 Sera tasarımı.....	75
5.2 Pasif Sera Yapı Mekanîği ve Yapı Fizîği Analizleri.....	91
5.2.1 Saydam yüzey yapı mekanîği analizleri	91
5.2.2 Saydam yüzey yapı fizîği analizleri	98
5.3 Sera Projesi (Prototip) İmalatı.....	107
5.4 Model Sera Projesinde Çevre Koşullarının İncelenmesi.....	112
5.4.1 Sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri	112
5.4.2 Güneş radyasyonu ölçümleri.....	115
KAYNAKLAR	126
EKLER.....	129
EK 1 AYRINTILI KABİN TEST SICAKLIK VE % RH ÖLÇÜMLERİ	130
EK 2 PASİF GÜNEŞ SERASI FAYDALI MODEL SERTİFİKASYONU	134
EK 3 TASARIM TESCİL BELGELERİ.....	138
EK 4 SERA İÇİ DESTEK ALANI TERMAL KÜTLE TEFRİŞİ.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	146

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Kullanıcı kılavuzu.....	7
Şekil 2.2 Sera tanıtım plakası.....	7
Şekil 2.3 Sera tanıtım plakası-2	8
Şekil 2.4 Türkiye kar haritası	9
Şekil 2.5 Çin’de kullanılan pasif güneş enerji seralarının model ve parametreleri	11
Şekil 2.6 Saydam Yüzey Eğiminin Işık Geçirgenliğine Etkisi	13
Şekil 2.7 Kolonun tasarlanan eğimden sapması.....	14
Şekil 2.8 Temel çukuru içindeki prefabrike temel dikmesi konumu	14
Şekil 2.9 Kolon temelleri arasındaki yatay boşluk.....	15
Şekil 2.10 Kaplama çubuklarının amaçlanan konumundan sapma.....	16
Şekil 2.11 Kaplama panellerinin destek genişlikleri ve boşlukları için gereklilikler	16
Şekil 2.12 Türkiye’nin Coğrafi Konumu	18
Şekil 2.13 Güneş Geliş Açısı	18
Şekil 2.14 Dünya’nın güneş etrafındaki hareketi	19
Şekil 2.15 Sera yapısı güneş radyasyonu kazanım hesaplamaları	20
Şekil 2.16 Güneş hareket pozisyonları, 40 derece kuzey enleminde ölçülen azimut ve güneş yükseklik açıları	21
Şekil 2.17 40 derece kuzey enleminde, 21 Haziran tarihindeki güneş hareketleri	21
Şekil 2.18 Yaz Güneşi Yükseklik Açıları	22
Şekil 2.19 40 derece kuzey enleminde, 21 Aralık tarihindeki güneş hareketleri.....	22
Şekil 2.20 Kış Güneşi Yükseklik Açıları	22
Şekil 2.21 Düz saydam yüzey ve zikzak yüzey ışık geçirgenlikleri	24
Şekil 2.22 Tek ve çift cidarlı PC örtü malzemesi için hesaplanan ve ölçülen ışık geçirgenlikleri	25
Şekil 2.23 Zikzak PC panel ve venlo cam yüzeylerin mevsim ve yerleşimlerine göre güneş radyasyon geçirgenlikleri.....	26
Şekil 2.24 Bikonik geçirgenlik ve refleksiyon geometrik şekli	27
Şekil 2.25 Mimari camlarda dalga boylarına göre geçirgenlik oranları.....	27
Şekil 2.26 Şeffaf tek cam için gelen radyasyon açısına bağlı (düzlemin normali ile yapılan açı) ışık geçirgenlik ve refleksiyon oranları	28
Şekil 2.27 Farklı kalınlık ve özellikteki camların güneş ışığı geliş açılarına göre geçirgenlik, refleksiyon ve absorpsiyon özellikleri	28
Şekil 2.28 Beş cam türü için geliş açı eğimine bağlı güneş radyasyon geçirgenlikleri ..	29

Şekil 2.29 Dikey ve yatay yüzeyler için güneş açıları	32
Şekil 2.30 Anlık ısı dengesi güneş radyasyonu alan cam malzeme	34
Şekil 2.31 Dik etkiyen rüzgâr yükü etkisi	37
Şekil 2.32 Diyagonal etkiyen rüzgâr yükü etkisi	38
Şekil 2.33 Yapı kesitinde oluşan rüzgâr basıncı	38
Şekil 2.34 Yaz mevsimi için havalandırma ile sıcaklık artış oranı	39
Şekil 2.35 Havalandırma ebatlarına göre doğal havalandırma artırımı	40
Şekil 2.36 Tarafsız basınç aksı	40
Şekil 2.37 İç ve dış basınç dağılımı	41
Şekil 3.1 Ankara ili ve ilçeleri	42
Şekil 3.2 Ankara global güneş radyasyon dağılımı	44
Şekil 3.3 Ankara ili güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri	45
Şekil 3.4 Örtü altında yetiştirilen ürünler	46
Şekil 3.5 Giriş ve çıkış havalandırma açıklıkları yerleşimi	50
Şekil 3.6 Rüzgâr esiş yönünü etkileyen faktörler	51
Şekil 3.7 Kapak boyutlarının doğal havalandırmaya etkisi	52
Şekil 4.1 Seraların yapım amacı	53
Şekil 4.2 Araştırma alanında yay çatılı blok ve yay çatılı tekil seralar	54
Şekil 4.3 Araştırma alanı seraları konstrüksiyon özellikleri	55
Şekil 4.4 Beşik çatılı cam sera	55
Şekil 4.5 Sera kar yükü yıkılması	57
Şekil 4.6 Sera örtü malzemesi rüzgâr deformasyonu	57
Şekil 4.7 Donma etkisi kırılmalık özelliği	58
Şekil 4.8 PE örtü oksitlenme etkisi	59
Şekil 4.9 Kar yükü yıkılması	60
Şekil 4.10 Seralarda doğal havalandırma uygulaması	61
Şekil 4.11 Sera kullanım periyodu	61
Şekil 5.1 Test Kabini Görünüşleri	64
Şekil 5.2 Düz ve kırıklı cam kabin kesitleri	65
Şekil 5.3 Kabin planı	65
Şekil 5.4 İmalat detayı	66
Şekil 5.5 Kabinlerde ölçülen maksimum sıcaklık değerleri	67
Şekil 5.6 Kabinlerde ölçülen minimum sıcaklık değerleri	68
Şekil 5.7 Maksimum ve minimum sıcaklık farkı değişimi	68

Şekil 5.8 Kabinlerde ölçülen maksimum nisbi nem değerleri	68
Şekil 5.9 Kabinlerde ölçülen minimum nisbi nem değerleri.....	69
Şekil 5.10 Maksimum ve minimum nisbi nem farkı değişimi	69
Şekil 5.11 Kırıklı cam yaklaşık yoğunlaşma aksı	71
Şekil 5.12 Test kabini düz ve kırıklı cam yoğunlaşma oluşumu	72
Şekil 5.13 Düz cam ve kırıklı cam gün boyu sıcaklık değişimleri	73
Şekil 5.14 Düz cam ve kırıklı cam gün boyu nem değişimleri	74
Şekil 5.15 Pasif sera tasarım kriterleri akış diyagramı.....	78
Şekil 5.16 Saydam yüzey alternatif tasarımları	79
Şekil 5.17 Camın montaj tipinin Ug değerine etkisi	80
Şekil 5.18 R değeri ve ısı kaybı ilişkisi.....	83
Şekil 5.19 Modüler plan geometrisi	86
Şekil 5.20 Giriş ve çıkış havalandırma açıklıkları yerleşimi	86
Şekil 5.21 Doğal havalandırma açıklıkları yerleşim planı	87
Şekil 5.22 Tekil temel kesit ve plan görünüşü	88
Şekil 5.23 Sera toprağı ısı yalıtımı	89
Şekil 5.24 Düşey yalıtım görünüşü	90
Şekil 5.25 Yatay yalıtım kesiti	90
Şekil 5.26 Çatı camı şematik gösterimi	92
Şekil 5.27 Çatı rüzgâr yükü dağılımı	94
Şekil 5.28 Çatı rüzgâr yükü dağılımı	95
Şekil 5.29 Çatı camı bir modül kesiti.....	96
Şekil 5.30 Cam panel geliş açısı ve yansıma yüzdeleri	99
Şekil 5.31 Kış mevsiminde çatı düzlemine gelen güneş ışınlarının saatlik değişimi	100
Şekil 5.32 Kış mevsiminde düşey düzleme gelen güneş ışınlarının saatlik değişimi	101
Şekil 5.33 Yaz mevsiminde çatı düzlemine gelen güneş ışınlarının saatlik değişimi	102
Şekil 5.34 Çatı düzlemi düz ve kırıklı cam güneş ışık kazanımları	103
Şekil 5.35 Güney cephe düşey düzlem düz ve kırıklı cam ışık kazanımları.....	103
Şekil 5.36 Düşey düzlem düz ve kırıklı cam ışık geçirgenlik oranı.....	104
Şekil 5.37 Kış mevsimi güney cephe düşey düzlem Azimut ve yükseklik açıları.....	106
Şekil 5.38 Güney cephe düz ve kırıklı cam güneş ısı kazanımları.....	107

Şekil 5.39 Sera projesi perspektif görünümü	108
Şekil 5.40 Sera projesi plan ve kesit çizimleri	109
Şekil 5.41 Sera projesi iç düzenlemesi.....	109
Şekil 5.42 Model sera projesi montaj aşamaları	110
Şekil 5.43 Sera ölçüm cihazları yerleşimi.....	112
Şekil 5.44 Sabah (07:00-10:30)saatleri arası sıcaklık-zaman grafiği.....	113
Şekil 5.45 Öğle (12:00-14:30)saatleri arası sıcaklık-zaman grafiği.....	113
Şekil 5.46 Gece (02:00-05:00) saatleri arası sıcaklık-zaman grafiği	114
Şekil 5.47 Sabah (07:30-10:30) saatlerindeki sıcaklık-zaman grafiği	114
Şekil 5.48 Öğle (12:00-14:30) saatlerindeki sıcaklık-zaman grafiği	115
Şekil 5.49 Gece (02:00-05:00) saatlerindeki sıcaklık-zaman grafiği.....	115
Şekil 5.50 Kasım-Aralık ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	116
Şekil 5.51 Kasım-Aralık ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	116
Şekil 5.52 Kasım-Aralık ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	116
Şekil 5.53 Şubat ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	117
Şekil 5.54 Şubat ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	117
Şekil 5.55 Şubat ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları	117
Şekil 5.56 Mart ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	117
Şekil 5.57 Mart ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları	118
Şekil 5.58 Mart ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	118
Şekil 5.59 Nisan ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları	118
Şekil 5.60 Nisan ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	118
Şekil 5.61 Nisan ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları	119
Şekil 5.62 Mayıs ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	119
Şekil 5.63 Mayıs ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	119
Şekil 5.64 Mayıs ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları.....	119
Şekil 5.65 İlkbahar mevsimine ait sera görselleri	121
Şekil 5.66 Yaz mevsimine ait sera görselleri	122
Şekil 5.67 Sonbahar mevsimine ait sera görselleri	122
Şekil 5.68 Kış mevsimine ait sera görselleri.....	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Sera sınıfları	6
Çizelge 2.2 Zati kar yükü değerleri	9
Çizelge 2.3 Kolon temelleri arasındaki yatay mesafe için izin verilen en fazla sapma değerleri	15
Çizelge 2.4 Yatay mesafelerde izin verilen maksimum sapmalar	17
Çizelge 2.5 Her ayın 21. günü için yaklaşık astronomik veriler	30
Çizelge 2.6 Saydam yüzeye bağlı tasarım değerleri	35
Çizelge 3.1 Ankara ve ilçelerine ait koordinatlar	42
Çizelge 3.2 Ankara ili uzun yıllık ortalama iklim değerleri	44
Çizelge 3.3 Ankara ili çubuk ilçesi seracılık durumu	48
Çizelge 3.4 İncelenen seraların konum, alan ve malzeme türleri	48
Çizelge 4.1 İncelenen sera tipleri ve boyutsal özellikleri	54
Çizelge 5.1 Kabinlerde kullanılan malzeme özellikleri	64
Çizelge 5.2 Kabin elemanlarının R değerleri	66
Çizelge 5.3 Güney cephe saydam yüzey alternatif tasarım değerlendirme tablosu	79
Çizelge 5.4 Sera örtü malzemelerinin özellikleri	80
Çizelge 5.5 Saydam yüzey malzeme değerlendirme tablosu	81
Çizelge 5.6 Taşıyıcı konstrüksiyon malzeme değerlendirme tablosu	82
Çizelge 5.7 Doğal havalandırmaya etki eden tasarım kriterleri	85
Çizelge 5.8 Yüksekliğe bağlı rüzgâr hızı ve emme değerleri	94
Çizelge 5.9 Rüzgar etki yükleri karşılaştırması	96
Çizelge 5.10 Efektif cam kalınlık değerleri	97
Çizelge 5.11 Güney cephe düşey cam ısı kazanımı	106
Çizelge 5.12 Pasif Sera Modeli Bir Modül (30m ²) için Kullanılan Malzeme Analiz Tablosu	111

1. GİRİŞ

18.yy ikinci yarısında, özellikle demir ve tekstil sektöründe başlayan sanayi devrimi üretim yapısında ve ekonomisinde büyük değişimlere neden olmuştur. Bu gelişmeden sonra buharlı makinelerin yerini elektrik, petrol ve doğalgaz ile çalışan makineler almıştır. Fosil yakıtların keşfedilmesiyle otomobil ve uçak gibi araçlar kullanıma girmiş, sanayinin gelişimi hızlanarak ikinci sanayi devrimi dönemi başlamıştır. 1960'lı yılların başından sonra bilgisayarların kullanıma başlanmasıyla üçüncü sanayi devrimi devreye girmiştir. Günümüzde yapay zekâ, üç boyutlu yazıcılar, robot teknolojisi gibi yeni buluşlar dördüncü sanayi devrimini gerçekleştirmekte, içinde bulunduğumuz dönem Sanayi 4.0 olarak adlandırılmaktadır. (Anonymous 2019a)

Sanayi devrimleri getirdikleri olumlu sonuçların yanı sıra, insan hayatını değiştiren olumsuz sonuçları da beraberinde getirmiştir. Hızla başlayan sanayileşme artan bir ivmeyle tarım alanlarının ve su kaynaklarının hızla yok olmasına, hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olmuştur.

İlginç bir benzetmeyle, küresel ısınmaya neden olan gazlara sera gazları adı verilmektedir. Bu adlandırma yerküreye sera etkisi yapmalarından kaynaklanmaktadır. Genel olarak seralar güneş radyasyonunu iç ortama alarak sera içindeki ısının yükselmesini sağlamakta, oluşan ısının sera dışına kaçmasına engel olmaktadır. Sera gazları da yer küreye aynı etkiyi göstermekte, güneş ışığını atmosferden geçirmekte ancak güneş ışığı ile beraber oluşan ısının atmosferden geçerek dışarı çıkmasını engellemektedirler. (Anonymous 2022)

Bilim adamları tarafından yapılan araştırmalara göre en fazla etkili sera gazları Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Ozon (O₃) ve Su Buharı (H₂O) kabul edilmektedir.

Doğal koşullarda karbondioksit gazı yaşayan ve çürüyen organizmalardan ve yanar dağlardan yayılmaktadır. Günümüzde fosil yakıtların çok miktarda tüketilmesi karbondioksit gazı yayılımını giderek artmasına neden olmakta ve bilim adamları

tarafından küresel ısınmaya en fazla etkiyen faktör olarak kabul edilmektedir. (Anonymous 2022)

Metan gazı yayılımı, kömür madenciliği, doğal gaz kullanımı ile birlikte, sulak arazilerde pirinç yetiştiriciliği ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanmakta olup, küresel ısınmaya en fazla etkiyen ikinci faktör olarak kabul edilmektedir. (Anonymous 2022)

Atmosferde mevcut olan ozon gazı güneş ışınlarının zararlı etkilerinden yerküreyi korumaktadır. Günümüzde taşıt araçlarında, fabrikalarda gaz yakıt kullanılması, yerküreye yakın bölgede ozon tabakasının oluşmasına ve sera gazı etkisi oluşumuna neden olmaktadır. (Anonymous 2022)

Su buharı, ilginç bir sera gazı olarak rol oynamaktadır. Doğal şartlarda su buharı bulutları oluşturur ve yağmur olarak yerküreye geri gelerek sıcaklığın düşmesine neden olur. Diğer yönden incelendiğinde, su buharı ısının kaçmasına engel olarak ısı artışıını sağlamakta dolayısıyla daha fazla su buharı yayılımına neden olmakta ve bu etkiyi yaratan sarmal işleyiş daha kolay oluşmaktadır. (Anonymous 2022)

Küresel topluluk sürdürülebilir kalkınmayı görüşmek üzere Birleşmiş Milletler Genel Merkezinde 2016 yılında toplanmış yüksek düzeyli katılım töreninde 175 ülke temsilcisiyle kabul edilen yeni gündem, yerküredeki olumsuz gelişmelerin engellenerek yavaşlatılması ve endüstri devrimlerinden önceki seviyelere döndürülmesi planlanarak, 2030 yılına kadar insanların yaşamlarını iyileştirmek ve sürdürülebilir kalkınma için 17 küresel hedefi kabul etmiştir. Bu hedefler arasında yer alan açlığı sona erdirmeye, gıda güvenliğini sağlama, beslenmeyi iyileştirme ve sürdürülebilir tarımı teşvik etme sözü Dünya Gıda Programının önceliğidir. Küresel hedefler aynı zamanda temiz enerji kullanımı, endüstride yenilik, orman ve tarım alanlarıyla birlikte ekosistemin korunması, sorumlu tüketim ve geriye dönüşüm hedeflerini kapsamaktadır. (Anonymous 2021)

Dünyanın mevcut durumunda, Birleşmiş Milletler tarafından hedeflenen konular göz önüne alınarak bütün sektörlerde bilimsel araştırmaların yapılarak yeni üretim

tekniklerinin geliştirilmesi, temiz enerji kullanımı, karbon emisyonunun azaltılması, atık malzeme kontrolü, geri dönüşüm ve yeniden kullanım konularının ve gıda üretiminin doğal yollarla arttırılması en önemli konular arasına girmiştir.

Seralar iklim koşullarının denetimiyle yıl boyunca kültür bitkileri, tohum, fide ve fidan üretimi için gerekli uygun ortamların oluşturulduğu yapılar olup enerji verimliliğini öne çıkarmaktadır. Küresel topluluğun hedefleri doğrultusunda sera tasarımında yerküreye sera etkisi yapan gazların yayılımının önlenmesi için iki ana konu önem taşımaktadır.

Sera içi ekolojik ortamın doğal yollarla güneş enerjisi ve havalandırma ile sağlanması zararlı gaz yayılımını engelleyecektir. Aynı zamanda sera yapılarında kullanılan malzemelerin seçiminde, üretiminde ve kullanımında yerküreye sera etkisi yapmayan geri dönüşümü mümkün olan atık yapı elemanlarının kullanımı önem taşımaktadır.

Türkiye 36° ve 42° enlemler arasında yer almakta olup, güneş enerjisi kullanımı açısından oldukça iyi bir konumda bulunmaktadır. TC. Tarım Orman Bakanlığı verilerine göre 2019 yılı toplam örtü altı üretim alanı 789.604 dekadır. Antalya’da 286.522 da, Mersin’de 201.060 da, Adana’da 160.493 da, Muğla’da 39.048 da ve Hatay’da 11.456 da olarak önde gelen iller arasında yer almaktadır (Anonim 2019). Ülkemizde ekolojik koşullara bağlı olarak örtü altı alanlarının %88,5 oranında Akdeniz bölgesinde yoğunlaştığı saptanmaktadır. (Anonim 2019)

Ankara ili geniş arazi varlığıyla (25437km²) ülkemizin bitkisel üretiminde önde gelen illerinden birisidir. İlin geniş arazisinde iklim farklılıkları görülür. Güneyde, İç Anadolu ikliminin bariz özellikleri olan step iklimi, kuzeyde ise Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı halleri görülebilir. Karasal iklimin yaşandığı bu bölgede kış sıcaklıkları düşük, yaz mevsimi ise sıcak geçer. Ankara yıllık toplam güneşlenme süresi ve güneş ışınları şiddeti açısından oldukça avantajlı bir bölgede yer almaktadır. (Anonim 2021a)

Ankara ilinde seracılık yıl boyunca yapıldığında iklim şartlarından dolayı yüksek maliyet gerektiren bir faaliyettir. Bilgi ve teknoloji kullanımı gerektirdiğinden seracılık kırsal

alanlarda geliştirilecek endüstri kollarından biri olup, karasal iklime sahip bölgeler için pasif güneş seraları en ekonomik yöntemlerden biri olabilir. Karasal iklim koşullarında, sera ısıtma maliyetlerinin de yüksek olması nedeniyle sera kullanımı yaz mevsimiyle sınırlı kalmakta ve seracılık küçük ölçekli aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Ankara ilinde küçük ölçekli aile işletmeleri için farklı mimari tasarım, konstrüksiyon, örtü malzemeleri, ısı kazanımı, doğal havalandırma ve sera içi çevre koşullarının düzenlenmesine yönelik kriterlerin incelenmesi ve pasif güneş seralarının tasarımında bir bütün olarak değerlendirilerek optimum çözümlere varılmasıdır. Bunun yanında ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde yapının güneş ışınlamıyla ısınması ve içerdeki sıcaklığın korunması, yaz aylarında içerdeki yüksek sıcaklığın ve fazla nemin doğal havalandırma yöntemiyle düşürülmesi yoluyla sera yapılarının ilave bir enerjiye ihtiyaç duymaksızın üç veya dört mevsim kullanılabilmesinin mümkün olup olmadığının araştırılmasıdır.

Araştırma giriş bölümüyle birlikte beş ana başlık altında özetlenebilir. İkinci bölümde kuramsal temeller; TS EN 13031-1 Seralar-Tasarım ve Yapım- Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları ve ASHRAE-American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers göz önünde tutularak, pasif seralar konusunda dünyada ve ülkemizde yayınlanan kaynaklar incelenmiştir. Üçüncü bölümde, Ankara ili ve ilçelerinde küçük ölçekli işletmelerde seçilen seraların mevcut durumları incelenmiş ve araştırmanın yürütülmesinde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, arazi çalışmalarından elde edilen bulgular verilerek, sera işletmelerinin ürün desenleri, seraların yapısal özellikleri, sera yapı elemanlarının analizleri ve iklimlendirme durumları değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde arazi çalışmaları bulguları, pasif sera tasarımı kaynak bilgileri ve kabin testi ölçümleri göz önünde tutularak, pasif sera bütünü oluşturulan yapı bölümleri ayrıntılı olarak analiz edilmiş ve optimum pasif sera modeline ulaşılmaya çalışılmıştır. Bölümün son kısmında önerilen sera modelinin yapı fiziği ve mekaniği analizleri elde edilerek, prototip imalatı gerçekleştirilmiş ve sera yapısında mevsimlere göre sıcaklık, bağıl nem, güneş radyasyonu süresi ve kalitesi ölçümleri yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Pasif güneş seralarında; enerjinin toplanması, korunması ve doğal yöntemlerle dağıtımı ancak bir bütün olarak geliştirilmiş tasarımlarla mümkün olabilmektedir. Pasif güneş enerji seralarında, güneş enerjisinden pasif yollarla faydalanabilmesi için en etkili ve en çok kullanılan yöntem direk güneş enerji kazanımıdır. Bu yöntem, basit, ekonomik, karbon yayılımı olmaması nedenleriyle avantajlar sağlamakta, ancak sera içi üretim, çevre şartlarının sağlanmasında dikkatli çalışmayı gerektirmektedir. Tasarımda en önemli faktörler, mevsimlere bağlı güneş ışık süre ve kalitesi, aynı zamanda iç ortam sıcaklık ve bağıl nemin kontrol altında tutularak ayarlanabilmesidir.

Bu bölümde, sera kullanımı, yapı fiziği ve sera tasarımı ile birlikte mekaniği konularında ilgili kaynaklar incelenmiş ve kuramsal temeller sunulmuştur.

Bölümün ilk başlığında TS EN 13031-1 Bölüm 1 Ticari Üretim Seraları Standardı genel bilgi olarak sunulmaktadır. Özellikle sera yapılarının yürürlükteki standartlara göre sınıflandırılması, kullanım ömrü, kullanım ve bakım kılavuzları ve tasarım bilgi etiketleri verilmekte, bölümün ikinci başlığında, sera boyutları, tipleri, yapı elemanları mekaniği, bölümün son kısmında da güneş radyasyon kazanımı, sıcaklık, bağıl nem ve doğal havalandırma konularında kaynak araştırmaları sunulmaktadır.

2.1 Ticari Üretim Seraları Şartnamesi Genel Açıklamalar (TS EN 13031-1)

Bu standart CEN tarafından 19/05/2019 yılında onaylanmış ve Türk Standartları Enstitüsü Teknik Kurulunun 03/02/2020 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

Standart ticari seraların proje ve yapımında kullanılması gereken teknik ve özel hükümleri; mekanik dayanım, servis yeteneği, kullanım ömrü ve temel tasarım kriterlerini kapsamaktadır. Ayrıca sera tasarımı, yapı mekaniği ve yapı fiziği konularında kullanılması gereken diğer standartlar kaynak olarak verilmektedir.

2.1.1 Sera sınıfları kullanıcı kılavuzu ve sera tanıtım plakası

Seraların planlanan yaşam ömürlerine varabilmeleri için standartlara uygun proje, imalat ve montajlarının yapılması önemlidir. TS EN 13031-1 şartnamesine göre seraların sınıflandırılması çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Sera sınıfları (Anonim 2020a)

Tablo 2.1 Önerilen Sera Sınıfları (min.değerleri)			
TİP	Ticari Üretim Sera Sınıfı		
	Proje Kullanım Ömrü- yıl ^c		
	15 yıl	10 yıl	5 yıl
Tip A	A15		
Tip B ^{ab}	B15	B10	B5
a)	Proje kullanım ömrü 5 yıl olarak alınan yapılar, sınırlı servis süresiyle, tasarım yapısı olarak örneğin tüneller için tavsiye edilmektedir.		
b)	Değerli ekipman kullanılan ve/veya değerli ürün yerleştirilen seraların servis süresi, 10 yıldan kısa olmaması önerilmektedir.		
c)	Projede teknik destek amaçlı kullanılan alanlar (jeneratör odası, depo alanları, soğuk oda, ilaçlama, su deposu, paketleme alanları, bitki ve tohum hazırlama alanları) için minimum yapı ömrünün 15 yıl olarak planlanması önerilmektedir.		

Yürürlükteki şartname gereği yukarıda sınıflanan seralar için üretici firmaların Kullanıcı Kılavuzu ve Sera Tanıtım Plakasının sera kullanıcılarına verilmesi gereklidir. Kullanıcı kılavuzu şekil 2.1’deki bilgileri içermelidir. A15, B10 ve B15 sınıfı seralar için sera tanıtım plakası işletmenin giriş kısmına görülebilir bir yere monte edilmeli ve en az şekil 2.2’deki bilgileri içermelidir. Mevcut şartname aynı zamanda bilgi amaçlı olarak şekil 2.3’deki başlıkların sunulmasını da öngörmektedir. (Anonim 2020a)

- Sera Sınıfı (**Çizelge 2.1**)
- Üretici veya yüklenici adı
- Sera alanı
- Projelendirme aşamasında kabul edilen teknik kriterler (yük, şekil değiştirme, hareket toleransları vb.)
- Plastik örtü kullanılan B tipi seralar için; kullanılan plastik örtü tipi (tek veya çift örtü)
- Temel ve ankrajlar için teknik spesifikasyonlar. (Sera montajını üretici firmanın yapmaması durumunda)
- Çatı temizlik ve tamiri için kullanılacak aletler ve yöntemi
- Bakım ve tamir için ray kullanımı
- Bakım ve tamir talimatı
- Kırılan cam tamiri talimatı
- Seranın kullanım ömrü boyunca bakım ve koruma talimatları
- Havalandırma pencereleri rüzgar hızına bağlı kullanım talimatı
 - Havalandırma pencereleri rüzgar hızı Xm/sn değerine ulaştığında kapatılmalıdır.
 - X rüzgar hızı, proje aşamasında kabul edilen rüzgar hızının %65'idir.
- Kar yükü altında havalandırma pencereleri kullanım talimatı; havalandırma pencereleri kar yükü altında açılmamalıdır. (Aksi proje aşamasında kabul edilmedikçe.)
- Çatı üzerinde biriken karın eritilmesi talimatı, eğer proje aşamasında kar yüklerinde azaltma uygulandıysa (Talimat sera içi boş olsa dahi uygulanmalıdır.)
- Ürün asılma halatlarının montajı ve sehim talimatı
- Bu sera projesi, TS EN 13031-1 Seralar-Tasarım ve Yapım Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları şartnamesine göre yapılmıştır notunun bulunması gereklidir.

Şekil 2.1 Kullanıcı kılavuzu (Anonim 2020a)

- Sera sınıfı
- Üretici ve yüklenici adı
- Teslimat tarihi
- Sera alanı
- Ürün yetiştirme durumu
 - Ürün hareketi (bir yıl içerisindeki ürün yetiştirme sayısı)
 - Kışın ürün yetiştiriciliği (karlı mevsimde ürün yetiştirme periyodu)
- Montaj ve servis için karakteristik yükler
 - Sistem üzerindeki kalıcı kurulum yükleri
 - Sistem üzerinde isteğe bağlı yükler

Şekil 2.2 Sera tanıtım plakası (Anonim 2020a)

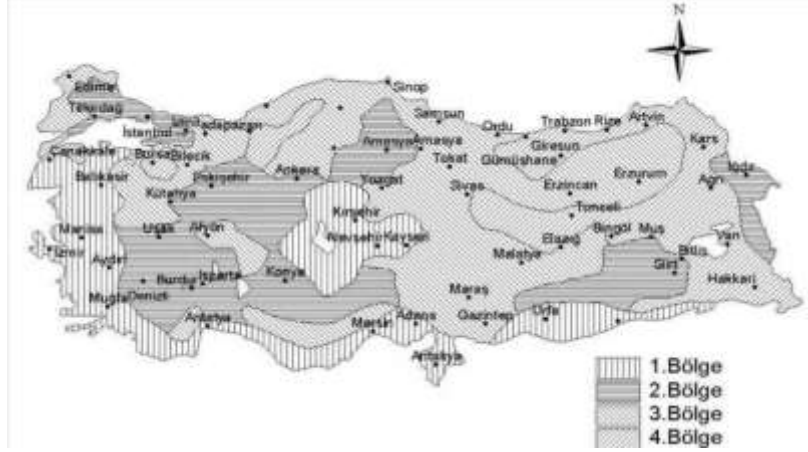
- Tamir ve Bakım Kılavuzu
 - Çatıya Çıkış Bilgileri
 - Cam stoğu ve acil durum tamir ekipmanları
- Yapısal detaylar
 - Isı etkisinden oluşan yükler
 - Cam panel ve taşıyıcı elemanlar arasındaki yükler
 - Oluk, oluk deşarjı ve yağmur suyu iniş borularının kapasitesi
- Sera Havalandırma Boşluk Oranı
 - Havalandırma Tipi (Mekanik, Doğal)
 - Boşluk oranı ve alanları
 - Rüzgar hızı ve doğrultusu
 - Havalandırmaların çatı ve duvarlardaki pozisyonu
 - Sera içi ve dışı sıcaklık nem değerleri
 - Havalandırmaların şekli
 - Sera iç hacmi
 - Sera içi ürün çeşidi ve hacmi
 - Sera içi ekipmanlar
- Işık Gölgeleme Oranı
 - Kaplama elemanları tarafından ışığın absorbe edilmesi
 - Sera tüm elemanlarından kaynaklı gölgeleme oranı
 - Işık refleksiyonu

Şekil 2.3 Sera tanıtım plakası-2 (Anonim 2020a)

2.2 Sera Tasarımı ve Yapı Mekanîği

TS EN 13031-1 Seralar Tasarım ve yapım şartnamesinde, seraların tasarımında alınacak yükler için “TS EN 1991-1-3 Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-3: Genel Etkiler Kar Yükleri” ve “TS EN 1991-1-4 Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-4: Genel Etkiler Rüzgâr Etkileri” ek standartları verilmektedir. Aynı zamanda sera yapısı ve taşıyıcı konstrüksiyonu proje ve imalatı konusunda “TS EN 1090-3 Çelik ve Alüminyum Yapı Uygulamaları-Bölüm3: Alüminyum Yapılar için Teknik Gereklere” ek standardı uygulanmaktadır.

Kar yüklerinin hesaplanmasında, Şekil 2.4’de verilen Türkiye kar haritası ve çizelge 2.2’de verilen zati kar yükü değerlerinden yararlanılmaktadır.



Şekil 2.4 Türkiye kar haritası (Anonim 2020b)

Çizelge 2.2 Zati kar yükü değerleri (KN/m²) (Anonim 2020b)

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

Türkiye kar haritası ve çizelge 2.2 incelendiğinde kar yüklerinin bölgelere göre farklılaştığı görülmektedir.

Akdeniz Bölgesi = $q=0,75 \text{ KN/m}^2$ – Kar Yağmayan Bölgelerde ($q=0$)

Ankara Yöresi:

II. Bölge denizden yükseklik 900m, $q=0.95 \text{ KN/m}^2$

III. Bölge denizden yükseklik > 1000m, $q=1.485 \text{ KN/m}^2$

Akdeniz bölgesi kar yağmayan bölgeler ile Ankara III. Bölge denizden yükseklik >1000m olan bölgeler karşılaştırıldığında, kar yükü farkı $\Delta q= 1.485 \text{ KN/m}^2$ olduğu

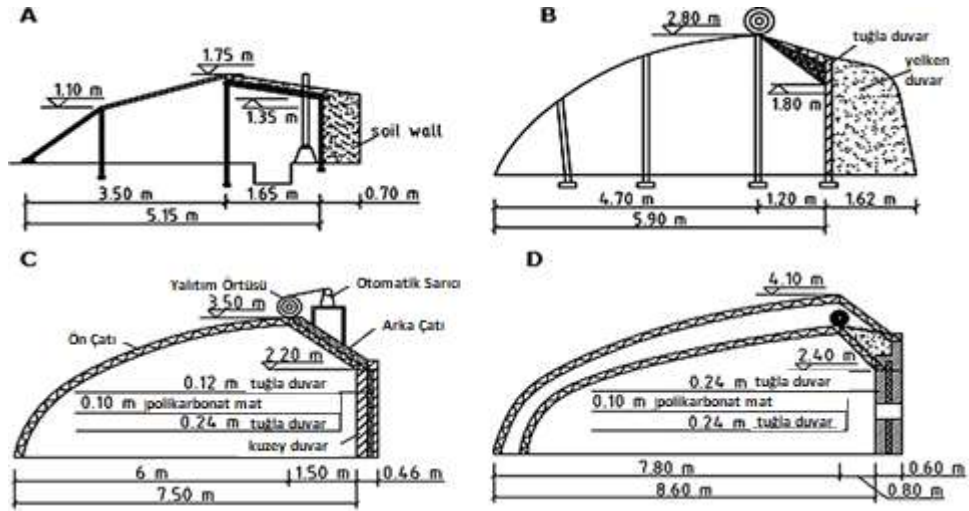
saptanmaktadır. Akdeniz bölgesinde yapıların seraların sahip olduğu yapısal taşıyıcı konstrüksiyon ve örtü malzemeleriyle Ankara coğrafyasında uygulanmasının ciddi hasarlara neden olabileceğinin öngörülmesi önemlidir.

2.2.1 Pasif sera boyut ve tipleri

Barber (2012) pasif güneş enerji kullanımının tarihsel gelişimini kaynaklarla açıklamış ve pasif sistemleri sınıflandırmıştır. Pasif güneş enerji kazanımını üç ana başlık altında; direk enerji kazanımı, dolaylı kazanım ve izole kazanım olarak çeşitlendirmiş ve bu sistemlerin çalışma prensiplerini açıklamıştır.

Göksu (2012) ve proje danışmanları, Günsera, Güneş Enerjili Sera Projesi isimli çalışmayı Gıda Tarım Orman Bakanlığı, Ar-Ge Projesi olarak hazırlamışlardır. Bu çalışmada güneş enerjili sera projeleri kapsamlı olarak çalışılmış, geliştirilen mimari projeler yapı fiziği açısından karşılaştırılmış ve optimum seçim yapılarak uygulama projesi seçilerek, proje imal edilmiş, üretim aşaması takip edilerek kullanımdaki verim, üretim mevsimleri, ilave destek aktif enerji vb. konular takip edilerek raporlanmıştır. Çalışmanın amacı pasif olarak mümkün olan maksimum güneş enerjisinden faydalanarak, sisteme minimum aktif enerji desteği verilmesidir.

Zhen-Xian Zhang (2010) pasif güneş seralarının boyut ve tipleri, özellikle kış mevsimi üretimi ve kuzey yarım küre 30°N-43°N enlemleri için ayrıntılı bir araştırma yapmıştır. Çalışmanın amacı pasif güneş enerjisinden faydalanmanın ve karbon emisyonunun ölçülmesidir. Çalışma kapsamında 20 yıl süresince kullanılan seraların aynı zamanda Rusya, Japonya, Kore, Singapur ve Avrupa ülkelerine ihracatının yapıldığı belirtilmektedir. Farklı ebat ve tipleri belirtilen çalışmada ortak özellikler; saydam yüzey güney cephe doğrultusunda, kuzey duvar yüksek ısı yalıtımlı taşıyıcı yapı elemanı ve kuzey yönde kısa ebatlı çatı elemanı olmasıdır. Güney cephe saydam yüzey, çelik veya bambu kirişleri ile taşınmakta ve plastik örtü ile kaplanmakta ve aynı zamanda dış tarafta hareketli yalıtım perdesi kullanılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Çin’de kullanılan pasif güneş enerji seralarının model ve parametreleri (Zhen Xian Zhang 2010)

Model A: 1985 öncesi kullanılan sera tipi kiriş açıklığı: 5,5m-6,5m, kuzey duvar kalınlığı 0,5m-0,7m, kemer yüksekliği 2,1m-2,4m, taşıyıcı çelik konstrüksiyon, çatı üzeri yalıtım perdesi kullanılmıyor, çatı kaplaması cam

Model B: 1986-1995 arası modifiye edilen sera yapısı, kiriş açıklığı 6m-8m, kemer yüksekliği 3m-4m, taşıyıcı kirişler bambu, çelik veya birlikte kullanım, sera içinde iki veya üç kolon, kuzey duvar toprak, kalınlık 0,8m-1,1m, güney saydam yüzey PE veya pvc ve üzerinde yalıtım perdesi

Model C: 1996 yılında kullanıma alınan modern sera, kiriş açıklığı 8m-14m, kemer yüksekliği 3,8m-5,5m, kuzey duvar boşluklu briket, polistren köpük ve perlit yalıtım, kalınlık 0,8m, sera içi kolon yok. Çelik kiriş galvaniz kaplı, yalıtım perdesi ve havalandırma kapakları otomatik kontrollü

Model D: 2007 yılında kullanıma alınan sera, çift kemer kullanımı dışında diğer parametreler Model C ile aynı

A,B,C sera tiplerinde ısıtma ve ışık kazanımının güneşten elde edildiği, özellikle kış mevsiminde kullanımda olduğu belirtilmektedir. Sıcak mevsimlerde, domates vb.

sebzeler, kış mevsiminde marul vb. sebzeler üretildiği ve kışın güneş enerjisinden pasif olarak faydalandığı, aktif ilave enerji kullanılmadığı belirtilmektedir.

Schiller ve Plinke (2016) pasif sera tasarımı konusunda yaptıkları çalışmada; geleneksel seralarla, pasif güneş seraları karşılaştırmasını yaparak, pasif seraların tasarımı konusunda sera yerleşimi, ısı ve ışık kontrolü, ısı kaybı-termal izolasyon ve havalandırma konularında ayrıntılı bilgi sunmaktadır.

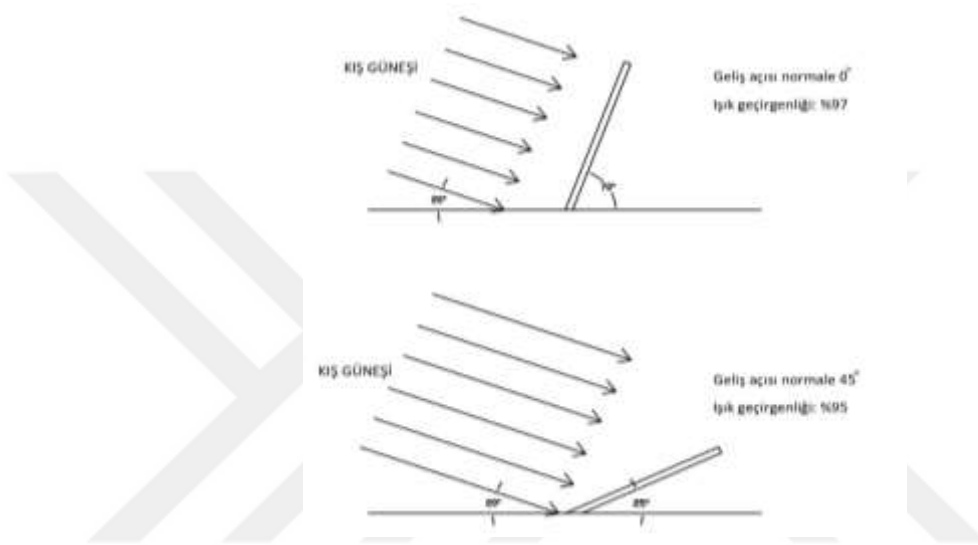
Pasif güneş seralarında, geniş saydam yüzeyler kullanımı yerine, saydam yüzeylerle termal yalıtımlı yüzeyler arasında denge kurularak, termal olarak stabil bir yapıya ulaşılmasının, dolayısıyla aşırı ısınma ve aşırı soğumaya karşı dayanıklı sera yapısına varılmasının önemi verilmektedir. Dolayısıyla sera tasarımı yapılırken maksimum güneş ışığı kazanımı için saydam yüzey yerleşimi, açısı ile aynı zamanda saydam yüzey alanının mümkün olduğunca azaltılarak, ısı kayıplarının önüne geçilmesinin önemi verilmektedir.

Pasif güneş sera tasarımında sadece güneş radyasyonu kullanılmakta, elektrikli veya mekanik cihazlar aktif olarak kullanılmamakta, karbon salınımı net olarak sıfır olmaktadır.

Sera tasarımı yapılan bölgenin iklimsel verileri çok iyi öğrenilmeli, tasarımın en önemli iki faktörü olan ışık ve sıcaklık verileri, bölge iklim koşullarına bağlı olmaktadır.

Seralarda kullanılan saydam yüzey malzemeleri incelenirken plastik film, PE kullanımı ayrıntılı olarak incelenmekte, avantajlarıyla birlikte dezavantajları da verilmektedir. Önemli görülen konu PE kullanımı, özellikle donma yaşanan iklim koşullarında tavsiye edilmemektedir. Polietilen örtülerin rüzgâr ve kar etkileriyle çok kolay yırtılabildiği ve yıkıldığı belirtilmekte aynı zamanda UV ışınlarında bozularak kırılgan hale geldiği bilgileri verilmektedir. Cam kaplamanın düşey düzlemlerde kullanılabildiği, çatı düzleminde kullanılması durumunda güvenlik regülasyonları gereği temperli veya lamine cam kullanılmasının önemli olduğu belirtilmektedir.

Çalışmada özellikle çatı saydam kaplama açısı ve taşıyıcı kirişlerin gölgeleme faktörü için verilen değerlerin pasif sera tasarımı için önemli olduğu, malzeme seçimi ve taşıyıcı kirişlerin gölgeleme faktörünün toplam ışık geçirgenliğini %30 veya daha fazla düşürdüğü belirtilmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Saydam Yüzey Eğiminin Işık Geçirgenliğine Etkisi (Schiller ve Plinke 2016)

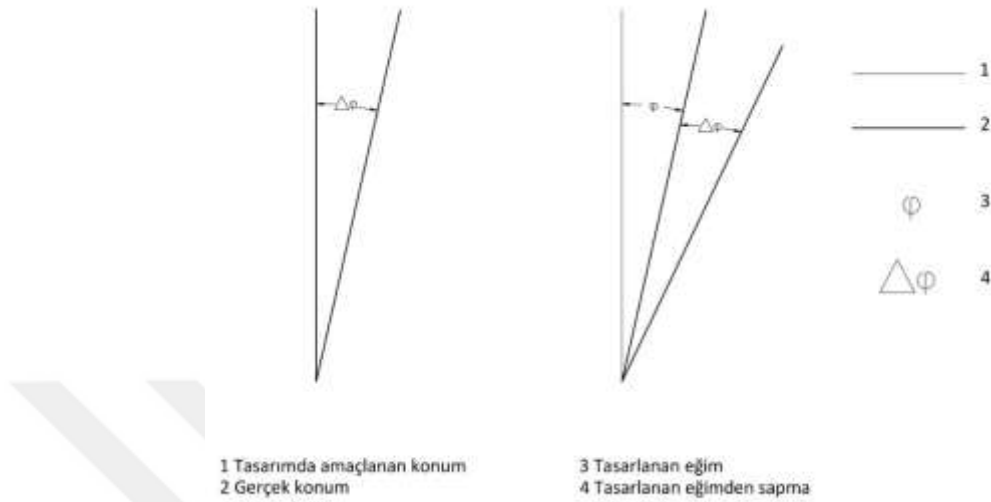
2.2.2 Pasif sera tasarımı ve yapımı

Bu bölümün ilk kısmında, yapı elemanlarının TS EN 13031-1 şartnamesi uyarınca tasarım metotları, nihai sınır durumları ve yapımı özetlenmektedir.

Şartname kapsamında yapıya etki eden tüm yükler, yük kombinasyonları, kullanılan malzemelerin üretim, fiziksel ve mekanik değerleri ve hesap yöntemleri için ilgili EN normlarına atıfta bulunulmakta ve hesap metodu ayrıntılı olarak verilmektedir. A ve B sınıfı seraların yapısal kapasitelerinin nihai dayanıklılık sınır değerlerine göre belirlenen hareketlerin tasarım değerlerini geçmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

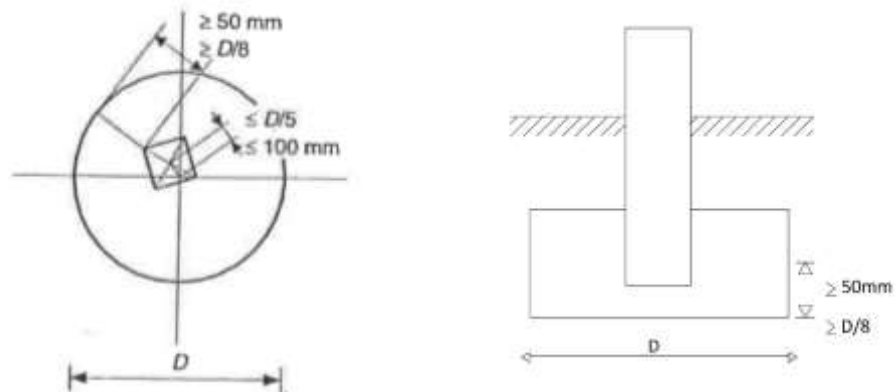
Yapı elemanlarının tasarlanan konumdan sapma tolerans limitleri sera tiplerine göre verilmektedir. Herhangi bir doğrultudaki kolonun tasarlanan eğimden sapması 1/200'den

veya $20/h$ 'dan (hangisi küçükse) fazla olmamalıdır. Tasarlanan eğimden sapmanın hesaplanmasında ısı hareketlerinin etkisi de değerlendirilmelidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Kolonun tasarlanan eğimden sapması (Anonim 2020a)

Temel kolonunun tasarlanan eğimden sapması $1/50$ 'den büyük olmamalıdır. Temel kolonu ve temel soketi yerleşimi Şekil 2.8'de verilmektedir. Dairesel temel aksı ve soket aksı kayıklığı $D/5$ veya 100 mm 'den hangisi küçükse ve temel kolonu kesiti dışından, temel soket boşluğunun arasındaki mesafe minimum 50 mm veya $D/8$ (hangi değer büyük ise) olmalıdır.

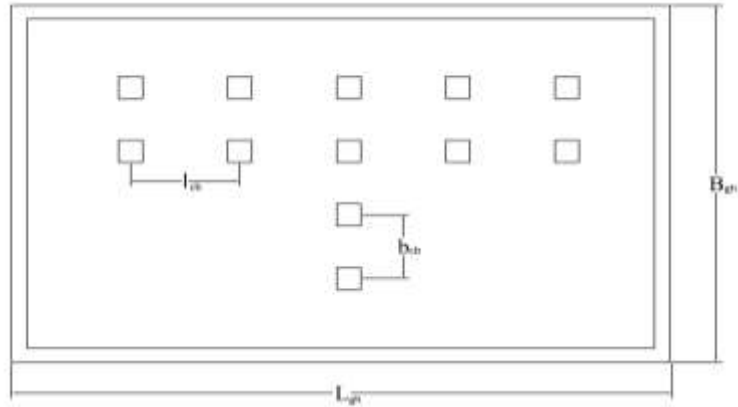


Şekil 2.8 Temel çukuru içindeki prefabrike temel dikmesi konumu (Anonim 2020a)

Tip-A sınıfı seralar için toleranslar: Kolon tabanları arasındaki yatay boşluk ve ölçülerdeki sapma çizelge 2.3’deki değerlerden fazla olmamalıdır (Şekil 2.9).

Çizelge 2.3 Kolon temelleri arasındaki yatay mesafe için izin verilen en fazla sapma değerleri (Anonim 2020a)

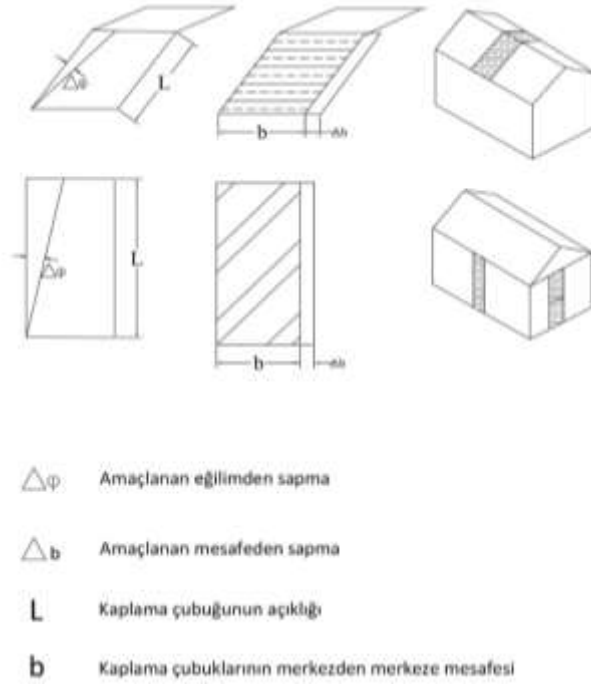
Mesafe (Şekil 4)	En fazla sapma (mm)
Kolon temelleri arasındaki, uzunluk (l_{cb}) ve genişlik (b_{cb}) yönündeki mesafe	15
Seranın toplam uzunluğu (L_{gh})	$1/3000 L_{gh}$ veya 30 (hangisi büyükse)
Seranın toplam genişliği (B_{gh})	$1/3000 B_{gh}$ veya 30 (hangisi büyükse)



B_{gh} Sera genişliği
 b_{cb} Sera genişliği boyunca kolon temelleri arasındaki mesafe
 L_{gh} Sera uzunluğu
 l_{cb} Sera uzunluğu boyunca kolon temelleri arasındaki mesafe

Şekil 2.9 Kolon temelleri arasındaki yatay boşluk (Anonim 2020a)

Örtü veya kaplama düzlemindeki mertek elemanının tasarlanan eğimde sapması ($\Delta\emptyset$) $1/150$ veya $12/L$ değerinden (hangisi küçükse) büyük olmamalıdır. Burada L , mertek elemanları arasındaki aks boşluğudur. Mertek aksları arasındaki tasarlanan boşluk (b) sapması (Δb) örtü veya kaplama elemanları üretim ebatlarının toleransından büyük olmamalıdır. Kaplamayı taşıyan çubuk elemanlarının yerleşimi dikkatli ayarlanmalı, panel montajında kırılmaların engellenmesi için çubuk eleman boyunca minimum boşluk toleransının 1mm’den az olmaması önemlidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Kaplama çubuklarının amaçlanan konumundan sapma (Anonim 2020a)

Kaplama panellerinin montajında, panelin profile oturduğu destek genişliği ve net boşluk ölçüleri Şekil 2.11'deki şartları sağlamalıdır. Destek genişliği, net oturma boşluğu, yapı taşıyıcı elemanlarının yükler altındaki deformasyonları, imalat toleransları, termal genleşme ve büzölmelerin göz önünde tutulması önemlidir.



Şekil 2.11 Kaplama panellerinin destek genişlikleri ve boşlukları için gereklilikler (Anonim 2020a)

Tip-B sınıfı seralar için toleranslar: Kolon tabanları arasındaki yatay boşluk ve ölçülerdeki sapmalar çizelge 2.4’de verilen değerleri geçmemelidir.

Çizelge 2.4 Yatay mesafelerde izin verilen maksimum sapmalar (Anonim 2020a)

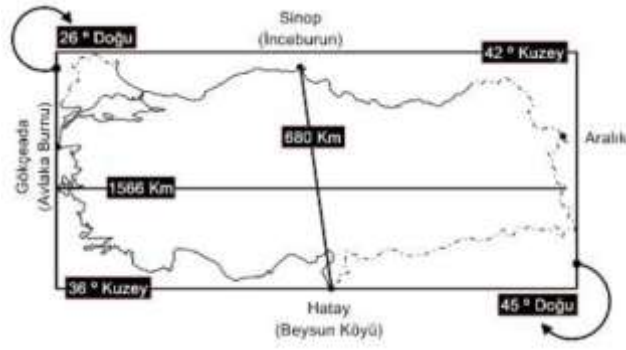
Ölçüler	Maksimum sapma
Her iki yönde kolon kaideleri arasındaki mesafe, uzunluk ve genişlik	30 mm
Seranın toplam uzunluğu Lgh	1/5000 Lgh veya 60 mm (hangisi büyükse)
Seranın toplam genişliği Bgh	1/5000 Bgh veya 60 mm (hangisi büyükse)

B5 sınıfı seranın, tek bölmeli kemerleri için, yay düzleminin tasarlanan eğimden sapması 1/50’den büyük olmamalıdır.

Seralara etkiyen yükler kapsamında, rüzgâr ve kar yükleri için bütün mühendislik yapılarında kullanılan TS EN 1991-1-3 (Kar Yükleri) ve TS EN 1991-1-4 (Rüzgâr Yükleri) standartlarına atıfta bulunmaktadır. Ankara yöresi için kar yükleri dikkatli analiz edilmelidir. (Anonim 2007a)

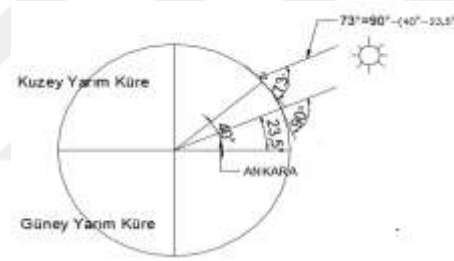
2.3 Güneş Etrafında Yerküre Hareketleri ve Işınım Değerleri

Dünya yüzeyine ulaşan kullanılabilir güneş radyasyonunun büyük bir bölümü, Türkiye’nin de yer aldığı 45° kuzey 45° güney enlemleri arasında kalan bölgededir. Kuzey yarım kürede 36°- 42° enlemleri arasında yer alan Türkiye’nin, Orta Avrupa ülkeleriyle karşılaştırıldığında güneş potansiyeli açısından daha iyi konumda olduğu görülmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Türkiye'nin Coğrafi Konumu (Anonim 2017a)

Güneş enerjisinden maksimum faydalanmak için güneş sistemi ve dünya yörüngesinin mevsimlere göre hareketinin incelenmesi önemlidir. Mevsimlere göre güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açısının hesaplanması şekil 2.13'de verilen basit açı hesaplarıyla yapılmaktadır.



Şekil 2.13 Güneş Geliş Açısı (21 Haziran öğlen saat 12:00) (Anonim 2017b)

Kuzey Y.K Geliş Açısı=90-(E-EN)

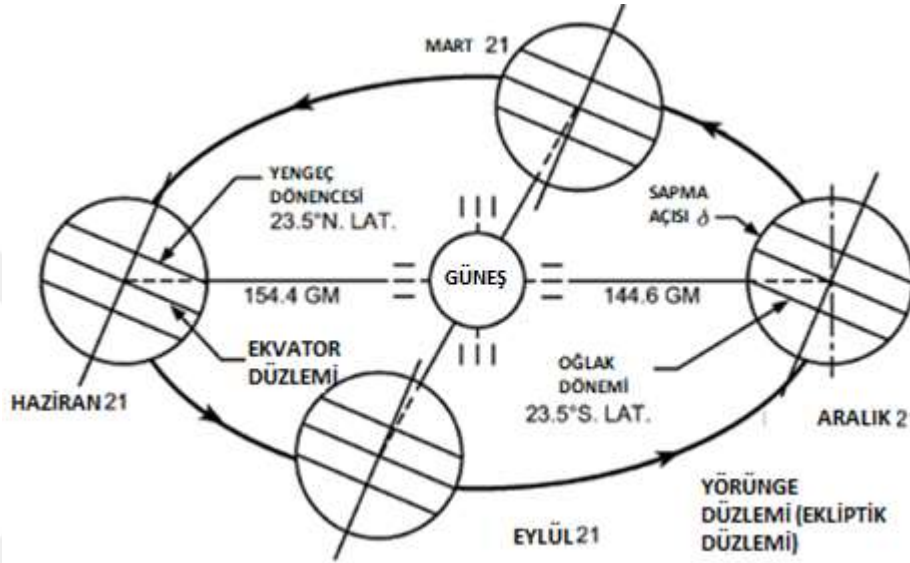
Güney Y.K Geliş Açısı=90-(E+EN)

Formülde; E= Hesap yapılan yörenin enlemi, EN=Güneş ışınlarının dik geldiği enlemi göstermektedir. Kış mevsimi için yapılan hesapta, kuzey ve güney yarım küreler için verilen formülün yer değiştirmesi gerekir.

Dünyanın kendi eksenini ve yörünge düzlemi ile yaptığı 23,45°'lik deklinasyon (sapma) açısı; güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı olarak tanımlanır (Şekil 2.14). Deklinasyon açısı yaklaşık olarak aşağıdaki formül ile bulunabilir (Cooper 1969).

$$\delta = 23,45 \sin \{ [360(284+n)] / 365 \}$$

n=1 (Ocaktan itibaren gün sayısı)



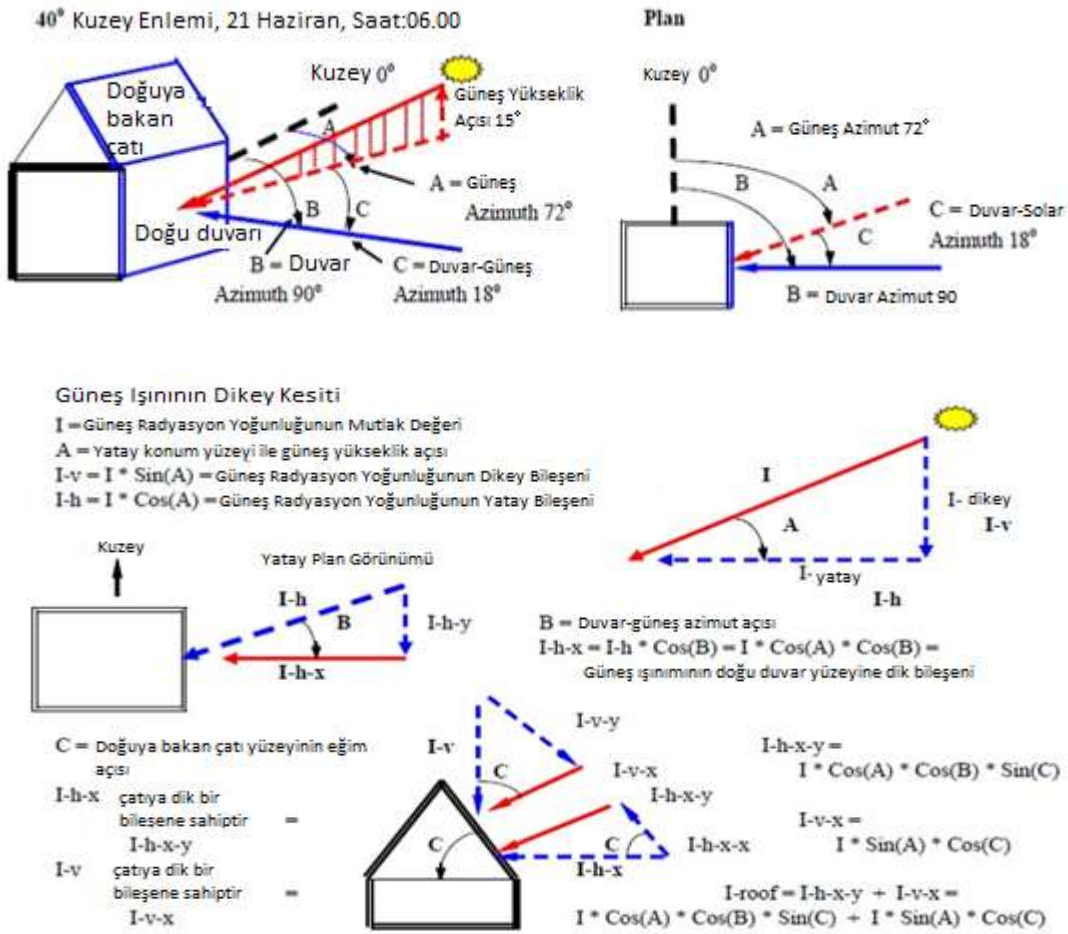
Şekil 2.14 Dünya'nın güneş etrafındaki hareketi (Anonim 2021b)

Yılmaz ve Memlük (2008) Ankara ili için yaptıkları çalışmada kış aylarında en düşük açı 26,7° ile geldiği, güneşin 07:06'da doğup, 16:26'da battığını hesaplamıştır. Yaz mevsimi 21 Haziran tarihinde güneş 73,5° ile en dik konuma gelmekte, bu tarihte 04:20'de doğan güneş 19:20'de batarak 15 saat Ankara'yı ısıtmaktadır. En dik olduğu konuma ise 11:51'de gelmektedir. İlkbaharda yaklaşık 61,9° ile gelen güneş, sonbahar mevsiminde ise yaklaşık 39,5° ile konumlanmaktadır.

Thomas (2007b) yapı düşey düzlemi ve çatı düzlemi için dik gelen güneş radyasyon yoğunluğu hesaplama yöntemini ayrıntılı olarak vermekte ve geometrik olarak formüllerde kullanılan açıların anlaşılması kolaylaşmaktadır.

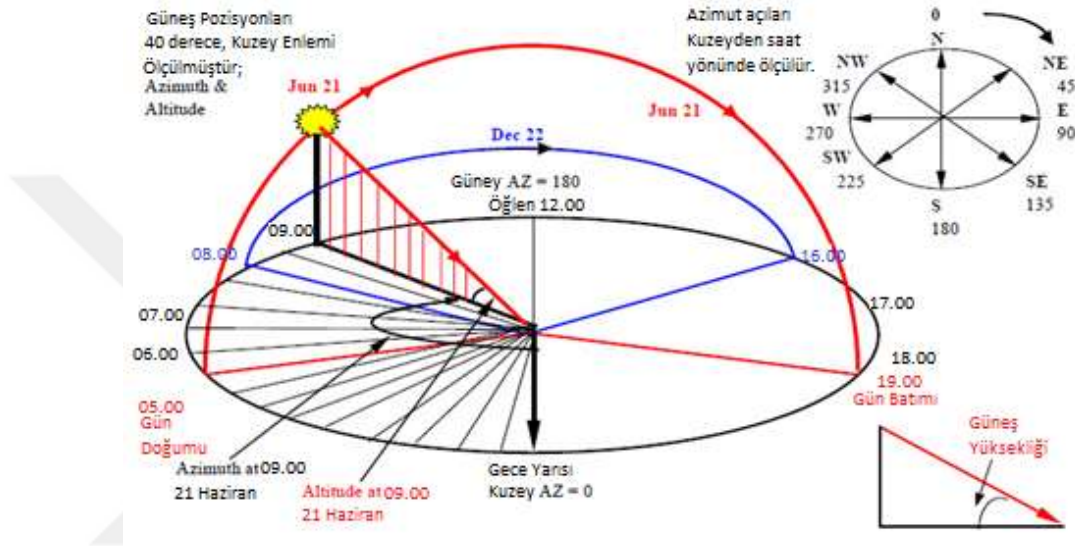
Azimut açısı plan düzleminde güneş ışınlarının yatay açısı olup sera duvar veya çatı elemanları için kuzey başlangıç noktası olarak saat yönünde alınabilir. Güneş ışınları azimut açısı plan düzleminde; günün saatlerine ve bir sene içindeki günlere göre değişmektedir. Güneş ışınlarının yoğunluğu, şiddeti yapı düzlemine dik gelen vektörel birleşenlerinin toplamıdır. Yönü belirlenen duvar azimut açısı sabit olup, güneş azimut açısı değişkendir.

Duvar radyasyon azimut açısı her zaman pozitif bir değer olup; güneş azimut açısı ve duvar azimut açısı arasındaki farka eşittir. Örneğin sera yan duvarı doğu cephesine bakması durumunda duvar azimut açısı 90 olup, güneş azimut açısı aynı gün içerisinde 45 ve 135 olabilir. Bu iki durumda duvar solar azimut açıları; $45-90 = -45$ ve $135-90 = 45$ olarak hesaplanır. Ancak duvar yüzeyindeki şiddetler aynı olacaktır (Şekil 2.15).

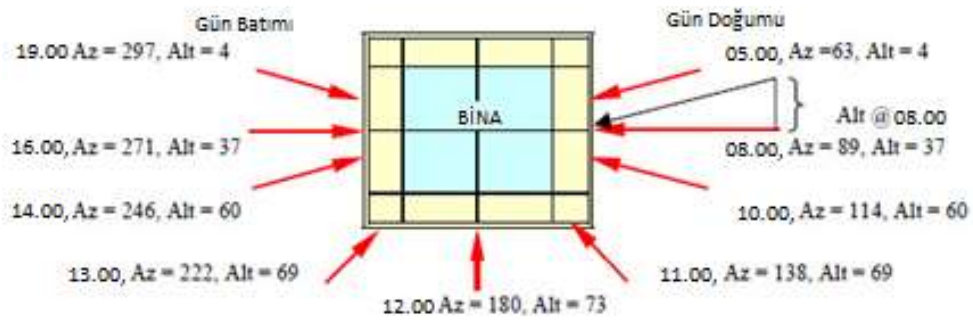


Şekil 2.15 Sera yapısı güneş radyasyonu kazanım hesaplamaları (Thomas 2007a)

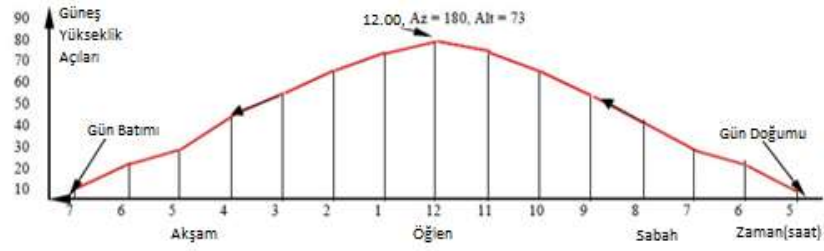
Sera güneş enerjisi kazanımı açısından belirlenen bir noktaya göre güneşin rölatif hareketlerinin hesaplanması önemlidir. Bu hesaplamalar için Yapı Enerji kazanımı bilgisayar programları kullanılmaktadır. Güneş azimut ve yükseklik açıları, 40 derece kuzey enlemi yaz ve kış mevsimleri için grafiklerden elde edilmektedir (Şekil 2.16-2.20). Pasif güneş seralarında, aktif enerji kullanmayarak, özellikle erken ilkbahar, kış ve geç sonbahar iklim koşullarında güneş enerjisinin kullanılması temel hedeftir.



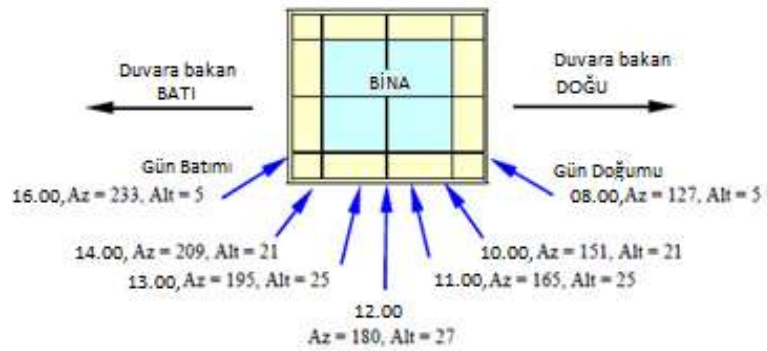
Şekil 2.16 Güneş hareket pozisyonları, 40 derece kuzey enleminde ölçülen azimut ve güneş yükseklik açıları (Thomas 2007a)



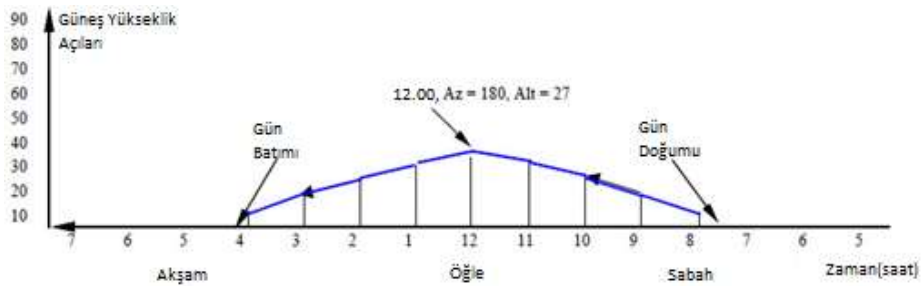
Şekil 2.17 40 derece kuzey enleminde, 21 Haziran tarihindeki güneş hareketleri (Thomas 2007a)



Şekil 2.18 Yaz Güneşi Yükseklik Açıları (Thomas 2007a)



Şekil 2.19 40 derece kuzey enleminde, 21 Aralık tarihindeki güneş hareketleri (Thomas 2007a)



Şekil 2.20 Kış Güneşi Yükseklik Açıları (Thomas 2007a)

2.4 Pasif Sera İçi Yapı Fiziği

Bu bölümde sera iç ortam yetiştiriciliğinin bağlı olduğu ve sera tasarımı ile değişkenlik gösteren, güneş ışık ve termal enerji, iç ortam sıcaklık, bağıl nem ve bu değerlerin kontrolü konusunda kuramsal temeller ve kaynaklar sunulmaktadır.

2.4.1 Güneş ışık kazanımı

TS EN 13031-1 standardı gereğince sera içine giren ışık miktarı, saydam kaplama ışık soğurması, seranın tüm elemanları tarafından ışığın tutulması ve ışık yansımaları gibi pek çok parametreye bağlıdır.

Işık tutma oranı (Rli), toplam ışık tutma alanı (Ali) ile zemin taban alanının oranına eşittir. (Agr)

$$Rli = Ali/Agr$$

Ali= Sera elemanlarının toplam ışık tutma alanı

Agr= Sera taban alanı

Seranın toplam ışık tutma alanı (Ali), sera tümünü temsil eden bir modül üzerinden tüm sera için hesaplanmaktadır. Toplam ışık tutma;

$$A_{li} = \sum_{i=1}^n l_i \frac{L_{A,i}}{2} \xi_i$$

$L_{A,i}$: i elemanı en kesit çevre uzunluğu

l_i : i elemanı uzunluğu

ξ_i = Düzeltme katsayısı

Düzeltme katsayısı ξ_i

$$\xi_i = 1 - \frac{\alpha_i}{\pi}$$

α_i : i elemanı ile zemin yüzeyi arasındaki en küçük açı (radyan) olarak verilmektedir.

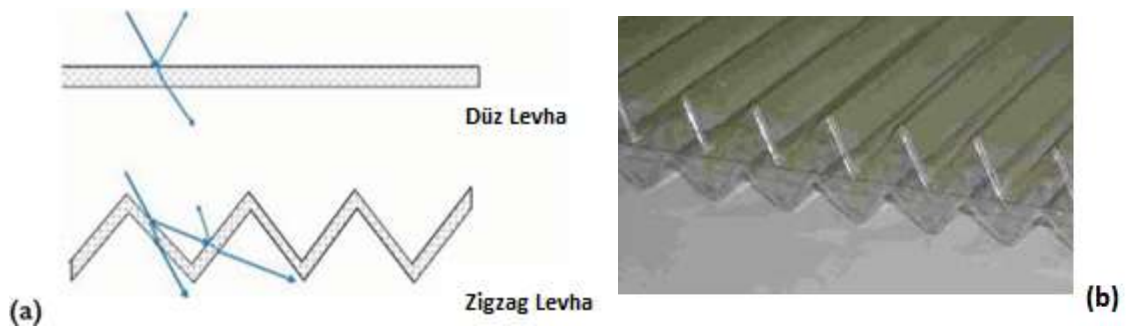
Ürünün yetiştirilmesi açısından sera ışık kazanımı aynı zamanda ışık kazanım süresi ve kalitesi açısından önem taşımaktadır. Tasarım aşamasında, sera yerleşim planı aksları, yapı elemanlarından kaynaklı gölgelemenin minimum olması, saydam çatı ve düşey düzlem kaplamaların ışık geçirgenlik oranı, saydam yüzey yerleşim yön ve açıları çok dikkatli çalışma gerektiren konulardır.

Sonneveld ve Swinkles (2002) yüksek ışık geçirgenliğine sahip yeni geliştirdikleri polikarbon kaplama malzemesi için, seralara kazandırdıkları katma değerleri, özellikle ışık geçirgenliğini hesap ve ölçümleme metotlarıyla sunmuşlardır.

Özellikle soğuk kış iklim koşullarında, termal yalıtım önem kazanmakta dolayısıyla çift örtü (PE), çift cidarlı PC uygulamalarına ihtiyaç duyulmakta, bu durum sera içi üretimde gerekli ışık geçirgenliğini çok düşürmektedir. Bu tür uygulamalar tek cam kaplamaya göre ışık geçirgenliğini %10 oranında azaltmaktadır. Aynı zamanda PE ve PC gibi malzemelerin kullanım süresinde iklim şartlarından etkilenerek ışık geçirgenlik özelliklerinin azaldığı belirtilmekte aynı zamanda taşıyıcı kirişlerin yoğunluğu gölgelemeyi arttırmaktadır.

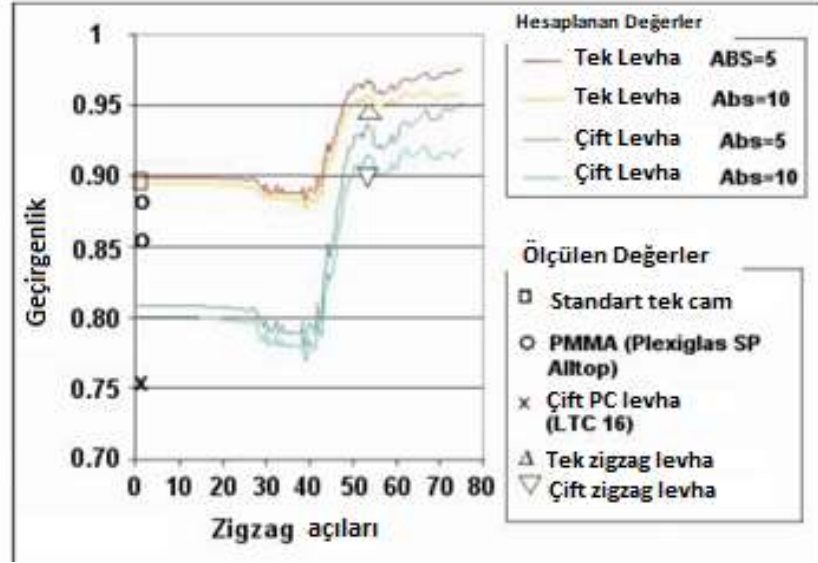
Araştırmacıların temel hedefi, termal yalıtımlı ve aynı zamanda tek camla mukayese edildiğinde aynı miktarda ışık geçirgenliğine sahip kaplama elemanı geliştirmektedir.

Işık düz, saydam bir yüzeye çarptığında belli bir miktarı yüzeyden geçmekte, Frenell kanununa göre diğer bir kısmı dış düzlemde yansıtılmaktadır. Işığın geliş açısıyla düzlemin normali arasındaki açı arttıkça yansıma miktarı da artmaktadır. Düz bir yüzeye sahip kaplama elemanında yansıyan ışık miktarı sera içine girememekte dolayısıyla ürün yetiştiriciliğinde kullanılmamaktadır. Zikzak yüzeylere sahip PC malzeme tasarımında, ışığın yansıyan kısmı diğer açılı yüzeye çarpmakta ve bir kısmı yeniden sera içine kazandırılmaktadır (Şekil 2.21).



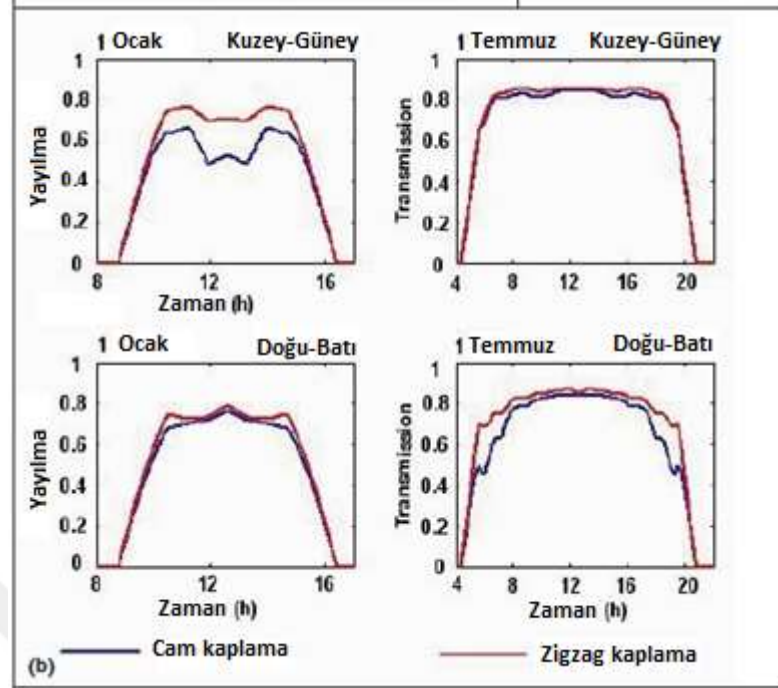
Şekil 2.21 Düz saydam yüzey ve zikzak yüzey ışık geçirgenlikleri (a), Üretilen PC Kaplama Elemanı (b) (Sonneveld ve Swinkles 2002)

Tek ve çift cidarlı PC kaplama malzemesi için hesaplanan ve ölçülen ışık geçirgenliği değerleri şekil 2.22’de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, zikzak eğim açıları 45° - 60° arasında optimum bulunmakta ancak bu geliştirilen ürün için, mukavemet, termal yalıtım ve kullanılan malzeme miktarı kriterleri göz önüne alındığında ideal eğim açısı 48° olarak verilmektedir.



Şekil 2.22 Tek ve çift cidarlı PC örtü malzemesi için hesaplanan ve ölçülen ışık geçirgenlikleri (Sonneveld ve Swinkles 2002)

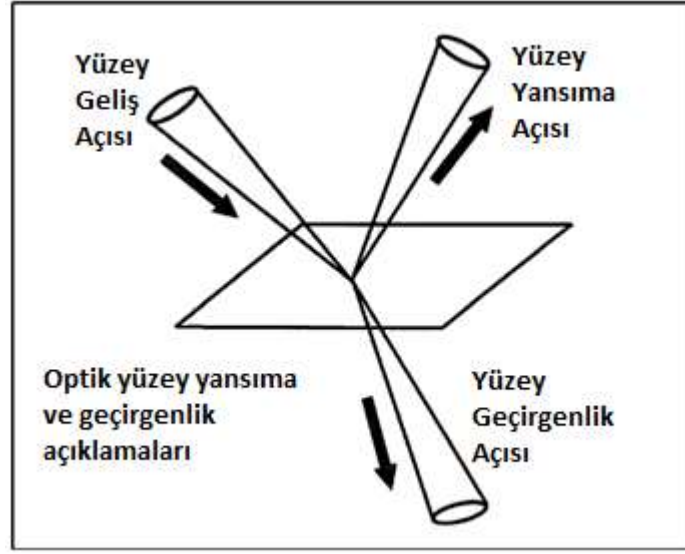
Farklı sera örtü malzemelerinin mevsim ve oryantasyonlara göre güneş radyasyonu geçirgenlikleri değişiklik göstermektedir. Sera yerleşim oryantasyonunun önemi şekil 2.23’de görülmektedir. Özellikle yağmur oluklarının kuzey-güney aksında yerleştirilmesi kış mevsiminde güneş radyasyon geçirgenliğini önemli ölçüde arttırmaktadır.



Şekil 2.23 Zikzak PC panel ve venlo cam yüzeylerin mevsim ve yerleşimlerine göre güneş radyasyon geçirgenlikleri (Sonneveld ve Swinkles 2002)

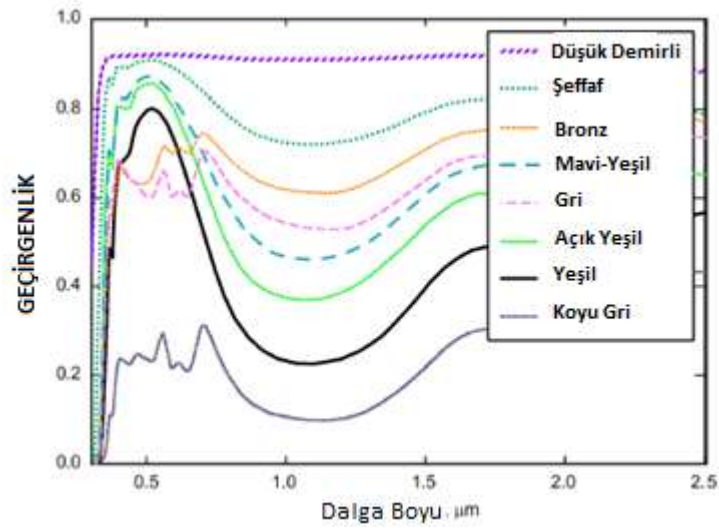
Yeni geliştirilecek tasarımlarda, özellikle kaplama elemanlarının taşıyıcı konstrüksiyonlarının azaltılarak, toplam gölgelemenin azaltılması ve mümkün olduğunca saydam yüzeylerden aynı zamanda yük taşıyıcı elemanlar olarak faydalanılması önemli görülmektedir. Güneş radyasyonu bir saydam yüzeye çarptığında, radyasyonun bir kısmı yüzeyden geçmekte, bir kısmı reflekte edilmekte bir kısmı da absorbe edilmektedir. Bu kısımların toplamı gelen radyasyona eşittir. ($T+R+A=1$)

Ancak radyasyonun dağılımı, gelen güneş radyasyonunun saydam yüzey normali ile yaptığı açı ve dalga boyu (veya frekansı) değerlerine bağlı olarak oldukça karmaşık bir değişim göstermektedir. Özellikle pasif güneş ışığından faydalanılan yapılarda bikonik olarak adlandırılan geçen ve yansıtılan radyasyon miktarları için önem taşımaktadır (Şekil 2.24). (Anonymous 2001)

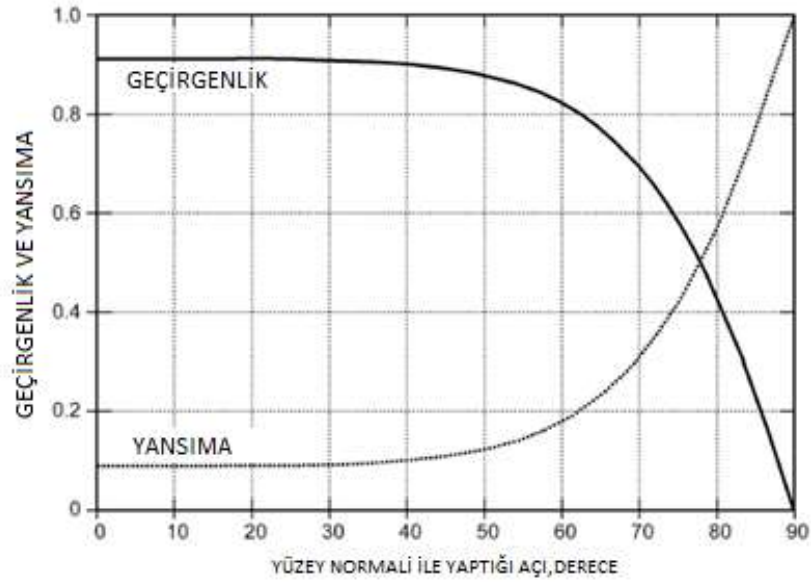


Şekil 2.24 Bikonik geçirgenlik ve refleksiyon geometrik şekli (Anonymous 2001)

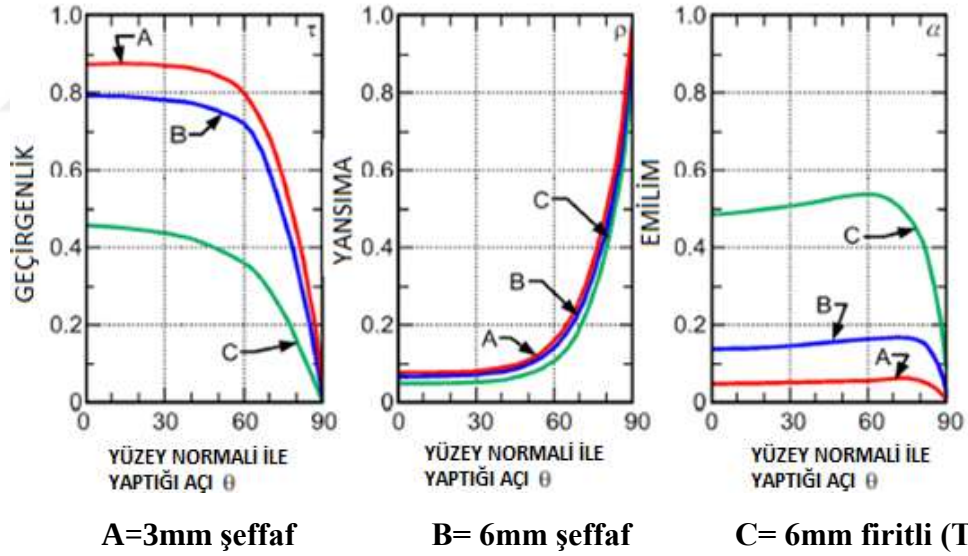
Cam düzlemi normal ile gelen radyasyon doğrultu açısı 40° 'nin altında değişim miktarı az olmakta ancak daha yüksek açılarla geçirgenlik ve refleksiyon miktarları ciddi farklılıklar göstermektedir (Şekil 2.25-2.27).



Şekil 2.25 Mimari camlarda dalga boylarına göre geçirgenlik oranları (Anonymous 2017)



Şekil 2.26 Şeffaf tek cam için gelen radyasyon açısına bağlı (düzlemin normali ile yapılan açı) ışık geçirgenlik ve refleksiyon oranları (refleksiyon indeksi $n=1,55$ kalınlık $n=3,2\text{mm}$, absorbsiyon $\alpha=0,01/\text{m}$) (Anonymous 2017)

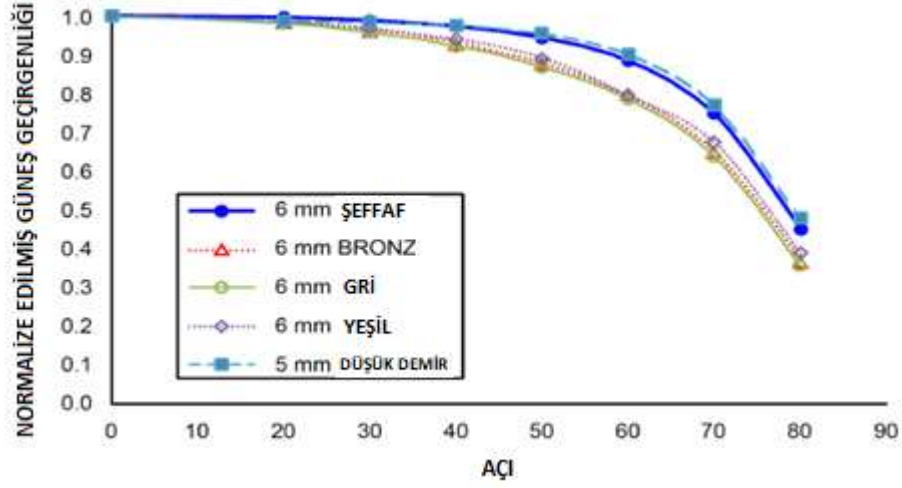


Şekil 2.27 Farklı kalınlık ve özellikteki camların güneş ışığı geliş açlarına göre geçirgenlik, refleksiyon ve absorpsiyon özellikleri (Anonymous 2017)

Şekil 2.27 incelendiğinde, cam düzlemi normali ile radyasyon geliş açısına ve cam kalınlık ve özelliğine bağlı olarak geçirgenlik miktarlarının da değiştiği görülmektedir.

Pasif güneş enerji seralarında, mevsimlere göre güneş radyasyon geliş açıları tasarımının oryantasyonu, çatı cam düzlemi eğim açısı, düşey cam düzlemi ve güneşin doğuşundan

batışına kadar olan süre içerisindeki güneş hareketleri göz önünde tutularak tasarımın planlanması sera içi ışık kazanımı ve süresi açısından önem kazanmaktadır (Şekil 2.28).



Şekil 2.28 Beş cam türü için geliş açısı eğimine bağlı güneş radyasyon geçirgenlikleri (Anonymous 2017)

2.4.2 Güneş ısı kazanımı

Sera yapılarında ısı transferi (kazanım, kayıp) üç ana birleşenden oluşmaktadır.

$$Q = Q_{Thr} + Q_{sol} + Q_{AL}$$

Q_{Thr} = İç ve dış ortam sıcaklık farklılığından oluşan termal enerji transferi ($U, A, \Delta t$)

Q_{sol} = Güneş radyasyonu termal enerji kazanımı ($SHGC, E, A$)

Q_{AL} = Kaplama yüzeyleri ile doğrama boşlukları arasında oluşan hava sızıntıları ($AL, A, \Delta t$)

Kondüksiyon ve konveksiyon ısı transferi (Q_{Thr}) sera içi ve dışı sıcaklık farklılıklarından meydana gelmekte olup, dış ortam sıcaklığı sera iç ortam sıcaklığından düşük olması durumunda negatif olup ısı kaybı oluşmaktadır. Eğik bir yüzeye gelen güneş radyasyonu doğrudan ışınlım, yaygın ışınlım ve yansıyan ışınlım olmak üzere üç birleşenden oluşur Güneş radyasyonu her zaman pozitifdir. (Isı kazanımı, Q_{sol})

Cam kaplama yüzeyinde kazanılan güneş radyasyon ısısı iki bölümden oluşmaktadır. Büyük bölümü cam yüzeye gelen güneş radyasyonunun iç kısma geçirilen miktarı, diğer bölümü ise cam yüzey çerçeve elemanları tarafından absorbe edilen kısmının kondüksiyon yoluyla sera içerisine aktarılan miktarıdır. (Anonymous 2017)

Atmosfer dışı yüzey normali üzerindeki güneş radyasyon yoğunluğu, güneş sabiti olarak $E_{sc}=1367 \text{ W/m}^2$ (Iqbal 1983) olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Dünya yörüngesi eliptik olduğundan bu değer maksimum 1412 W/m^2 ve minimum 1322 W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Atmosfer dışı yüzey normali doğrultusuna gelen güneş radyasyonu E_0 aşağıdaki formülle hesaplanabilir. (Anonymous 2019b)

$$E_0 = E_{sc} \left\{ 1 + 0,033 \cos \left[360^\circ \frac{n+3}{365} \right] \right\}$$

n = Hesaplama gününün, yılın başından itibaren sayısı ($n=1$, 1 Ocak, $n=32$ 1.Şubat vb.) (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 Her ayın 21. günü için yaklaşık astronomik veriler (Anonymous 2017)

Her ayın 21.gününe ait Yaklaşık Astronomik Veriler												
Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yılın Günü	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
E_0 , W/m^2	1410	1397	1378	1354	1334	1323	1324	1336	1357	1380	1400	1411
Zaman Denklemi (ET), min	-10.6	-14.0	-7.9	1.2	3.7	-1.3	-6.4	-3.6	6.9	15.5	13.8	2.2
Sigma δ , dereceler	-20.1	-11.2	-0.4	11.6	20.1	23.4	20.4	11.8	-0.2	-11.8	-20.4	-23.4

Rölatif hava kütlesi (m), atmosfer hava kütlelerinin, güneş baş üstünde olduğu durumdaki hava kütlelerine oranıdır (Kasten ve Young 1989)

$$m = 1 / [\sin \beta + 0,50572(6,07995 + \beta)^{-1,6364}]$$

β = Güneş yükseklik açısı, derece)

Açık gökyüzü koşullarında direkt ve yaygın güneş radyasyonu aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır (Anonim 2017).

$$E_b = E_0 \exp [-\tau_b m^{ab}]$$

$E_d = E_o \exp [-\tau_d m^{ad}]$ formülünde;

E_b =Direkt radyasyon (güneş ışınlarının geliş doğrultusuna dik ölçümü)

E_d =Yaygın yatay radyasyon (yatay yüzeyde ölçüm)

E_o =Dünya dışı normal radyasyon

m = Hava kütlesi

τ_b ve τ_d =Direkt ve dağınık optik derinlikler

a_b ve a_d = Direkt ve dağınık hava kütlesi üstleri

Direkt ve dağınık optik derinlik (τ_b , τ_d) değerleri hesap yapılan bölgeye ve aylara bağlı değişkenlik göstermektedir. Bu değerler her ayın 21.günü için çizelge 2.5 'de verilmiştir (Roth 2017).

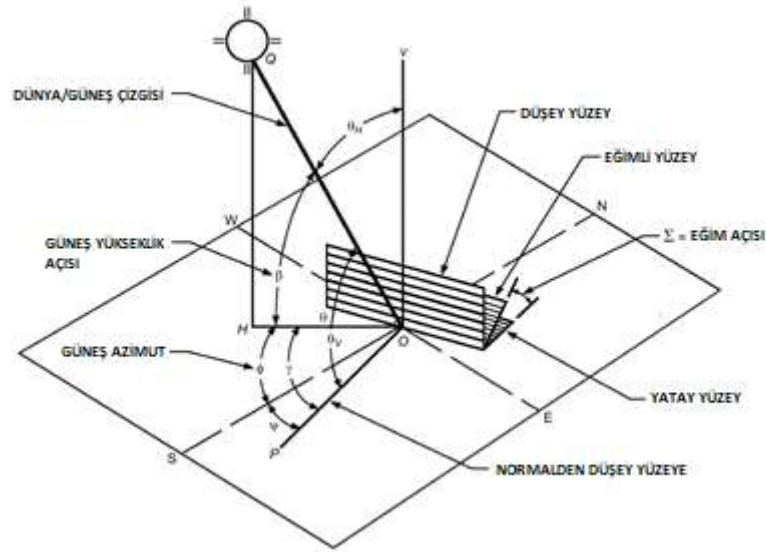
Hava kütlesi üssü değerleri a_b ve a_d değerleri aşağıda verilen ve τ_b , τ_d ile korelasyon yapılan ampirik formüllerle hesaplanmaktadır.

$$a_b = 1,454 - 0,406\tau_b - 0,268\tau_d + 0,21\tau_b \cdot \tau_d$$

$$a_d = 0,507 + 0,205\tau_b - 0,080\tau_d - 0,190\tau_b \cdot \tau_d$$

Hesaplanan radyasyon değerleri, açık gökyüzü koşullarında, güneş ışınlarının geliş doğrultusuna dik (E_b) ve yatay yüzeye gelen (E_d) olarak bulunmaktadır (Anonymous 2017).

Bulunan radyasyon değerlerinin seraların yerleşim oryantasyonuna göre yüzeylere dik gelen radyasyon miktarlarının hesaplanması gereklidir. Radyasyonu alacak yüzeyler düşey (duvar veya cam yüzeyi) ve eğik (çatı ışıklığı) olmaktadır (Şekil 2.29).



Şekil 2.29 Dikey ve yatay yüzeyler için güneş açıları (Anonymous 2017)

Güneş radyasyonunu alan yüzeyin oryantasyonu yatay düzlemdeki azimut açısı (Ψ) ve yüzey eğim açısıyla (Σ) belirlenmektedir. Yüzey-güneş azimut açısı (Υ), güneş azimut (Θ) ve yüzey azimut (Ψ) açıları farkından bulunmaktadır. Bulunan açı 90° büyük veya -90° küçük olması, yüzeyin gölgede olduğunu belirler.

$$\Upsilon = \Theta - \Psi$$

Güneş radyasyonunu alan yüzey normali ile güneş ışını arasındaki açı geliş açısı (Θ) olarak adlandırılır. Bu açı özellikle cam yüzeye gelen güneş radyasyonunun absorbe edilen, içeri geçirilen ve yansıyan güneş ışınları hesabında kullanılmaktadır.

$$\cos\Theta = \cos\beta \cdot \cos\Upsilon \cdot \sin\Sigma + \sin\beta \cdot \cos\Sigma$$

Hesaplama dikey yüzeyler için ($\Sigma = 90^\circ$)

$$\cos\Theta = \cos\beta \cdot \cos\Upsilon$$

Aynı zamanda yatay yüzeylerde ($\Sigma = 0^\circ$)

$$\Theta = 90 - \beta \text{ kullanılmaktadır.}$$

Yüzeye ulaşan toplam güneş ışını (E_t);

$$E_t = E_{tb} + E_{td} + E_{tr} \quad \text{olmak üzere üç bileşenin toplamıdır (Anonim 2017).}$$

Doğrudan Işınım;

$$E_{tb}=E_b.\cos\Theta$$

Yaygın ışınımın hesap yaklaşımı anisotropik yapısından dolayı zordur.

Düşey düzlemler için Stephenson (1965) ve Threlkeld (1963) tarafından yapılan çalışmalarda yatay düzlemdeki ışınım Y oranı ile hesaplanmakta ve bu oran yüzeye geliş açısının (Θ) fonksiyonu olmaktadır.

$E_{td} = E_d.Y$ formülünde;

$$Y= \max(0,45,0,55+0,437\cos\Theta+0,313\cos^2\Theta)$$

Eğik yüzeylerde;

$$E_{td} = E_d.(Y\sin\Sigma+\cos\Sigma) \quad (\Sigma \leq 90^\circ \text{ ise})$$

$$E_{td} = E_d.Y\sin\Sigma \quad (\Sigma > 90^\circ \text{ ise}) \quad \text{olmaktadır.}$$

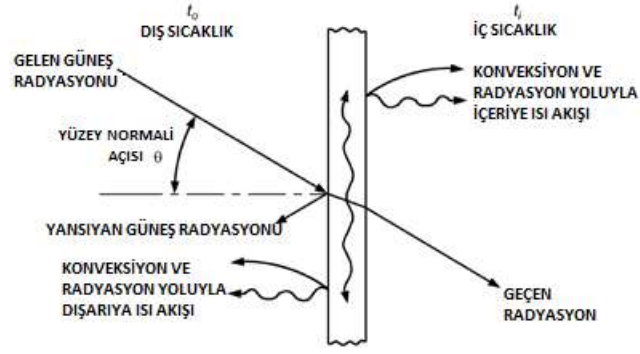
Burada verilen formüller, açık gökyüzü için geçerli olup, bulutlu gökyüzü için kullanılmamaktadır.

Bütün oryantasyonlardaki yüzeyler için yansıyan ışınım;

$$E_{tr}=(E_b\sin\beta+E_d)\delta_g.$$

Formülde δ_g zemin yansıtma katsayısı olup normal yeryüzü koşullarında genelde 0,2 kabul edilmekte, diğer koşullarda su, asfalt, çim, kar ve çöl kumu yansıtma katsayıları referanslardan bulunmaktadır. (Anonymous 2017)

Güneş ışınımından ısı kazanımı : Solar ısı kazanımı, cam yüzeyler (transparan) ve duvarlar (opak) için iki ayrı bölümde incelenebilir. Cam yüzeylerde ısı kazanımı (q_s), yüzeye çarpan direkt radyasyon (q_b) ve dağınık radyasyonun toplamından (q_d) oluşmaktadır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30 Anlık ısı dengesi güneş radyasyonu alan cam malzeme (Anonymous 2017)

Şekilde verilen net ısı dengesi, cam yüzeyde yaygın radyasyonun olmaması durumunda verilmektedir. Aynı zamanda, iç ortam ve dış ortam sıcaklık farklılıklarını da kapsamamaktadır.

Cam yüzeydeki güneş enerji akışı iki bölümden oluşmaktadır.

$$q_b = q_{bt} + q_{ba}$$

q_{bt} = Yüzey dik normaline gelen direkt ışınımın içeri geçirilen güneş enerji akışı

q_{ba} = Yüzeye gelen direkt ışınımın absorbe edilerek içeri verilen ısı akışı

Cam yüzey dik normaline gelen direkt güneş radyasyonundan oluşan enerji akışı;

$$q_b = E_{DN} \cdot \cos \Theta \cdot SHGC(\Theta)$$

SHGC=Güneş ısı kazanım katsayısı olup, cam özelliklerine göre çizelge 2.8’de verilmiştir.

$$q_d = q_{dt} + q_{da}$$

q_{dt} = Yüzeye dik gelen dağınık radyasyondan içeri geçen güneş enerji akışı

q_{da} = Dağınık radyasyonun absorbe edilerek içeri verilen güneş enerji akışı

Dağınık radyasyondan oluşan cam yüzeyindeki enerji akışı aşağıdaki formülünden hesaplanır.

$$q_d = (E_d + E_r) SHGC_{(D)}$$

Cam yüzeylerde toplam güneş termal enerji kazanımı;

$$q_s = E_{DN} \cos \theta \cdot SHGC_{(\theta)} + (E_d + E_r) SHGC_{(D)} \text{ formülü ile verilebilir.}$$

Çizelge 2.6 Saydam yüzeye bağlı tasarım değerleri (Anonymous 2017)

Cam Sistemi			Cam Merkezinin Özellikleri								Toplam Pencere SHGC		Toplam Pencere T_g						
			Yüzey Normali Geliş Açılar								Yüzey Normali		Yüzey Normali						
											Alüminyum		Diğer Doğramalar		Alüminyum		Diğer Doğramalar		
ID	Cam Kalınlık mm	Cam Merkezi T_g	Normal 0.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	Hesap Yapan	Açılabilir	Sabit	Açılabilir	Sabit	Açılabilir	Sabit	Açılabilir	Sabit		
Kaplamalı Tek Cam																			
1a	3	CLR	0.90	SHGC	0.86	0.84	0.82	0.78	0.67	0.42	0.78	0.79	0.70	0.76	0.80	0.81	0.72	0.79	
				T_g	0.83	0.82	0.80	0.75	0.64	0.39	0.75								
				R^+	0.08	0.08	0.10	0.14	0.25	0.51	0.14								
				R^+	0.08	0.08	0.10	0.14	0.25	0.51	0.14								
				U_g	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10								
1b	6	CLR	0.88	SHGC	0.81	0.80	0.78	0.73	0.62	0.39	0.73	0.74	0.66	0.72	0.78	0.79	0.70	0.77	
				T_g	0.77	0.75	0.73	0.68	0.58	0.35	0.69								
				R^+	0.07	0.08	0.09	0.13	0.24	0.48	0.13								
				R^+	0.07	0.08	0.09	0.13	0.24	0.48	0.13								
				U_g	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19	0.17	0.17								
1c	3	BRZ	0.68	SHGC	0.73	0.71	0.68	0.64	0.55	0.34	0.65	0.67	0.67	0.59	0.65	0.61	0.61	0.54	
				T_g	0.65	0.62	0.59	0.55	0.46	0.27	0.56								
				R^+	0.06	0.07	0.08	0.12	0.22	0.45	0.12								
				R^+	0.06	0.07	0.08	0.12	0.22	0.45	0.12								
				U_g	0.29	0.31	0.32	0.33	0.33	0.29	0.31								
1d	6	BRZ	0.54	SHGC	0.62	0.59	0.57	0.53	0.45	0.29	0.54	0.57	0.57	0.50	0.55	0.48	0.49	0.43	
				T_g	0.49	0.45	0.43	0.39	0.32	0.18	0.41								
				R^+	0.05	0.06	0.07	0.11	0.19	0.42	0.10								
				R^+	0.05	0.06	0.07	0.11	0.19	0.42	0.10								
				U_g	0.46	0.49	0.50	0.51	0.49	0.41	0.48								
1e	3	GRN	0.82	SHGC	0.70	0.68	0.66	0.62	0.53	0.33	0.63	0.64	0.64	0.57	0.62	0.73	0.74	0.66	
				T_g	0.61	0.58	0.56	0.52	0.43	0.25	0.53								
				R^+	0.06	0.07	0.08	0.12	0.21	0.45	0.11								
				R^+	0.06	0.07	0.08	0.12	0.21	0.45	0.11								
				U_g	0.33	0.35	0.36	0.37	0.36	0.31	0.35								
1f	6	GRN	0.76	SHGC	0.60	0.58	0.56	0.52	0.45	0.29	0.54	0.55	0.55	0.49	0.53	0.68	0.68	0.61	
				T_g	0.47	0.44	0.42	0.38	0.32	0.18	0.40								
				R^+	0.05	0.06	0.07	0.11	0.20	0.42	0.10								
				R^+	0.05	0.06	0.07	0.11	0.20	0.42	0.10								
				U_g	0.47	0.50	0.51	0.51	0.49	0.40	0.49								
1g	3	GRY	0.62	SHGC	0.70	0.68	0.66	0.61	0.53	0.33	0.63	0.64	0.64	0.57	0.62	0.55	0.56	0.50	
				T_g	0.61	0.58	0.56	0.51	0.42	0.24	0.53								
				R^+	0.06	0.07	0.08	0.12	0.21	0.44	0.11								
				R^+	0.06	0.07	0.08	0.12	0.21	0.44	0.11								
				U_g	0.33	0.36	0.37	0.37	0.37	0.32	0.35								
1h	6	GRY	0.46	SHGC	0.59	0.57	0.55	0.51	0.44	0.28	0.52	0.54	0.54	0.48	0.52	0.41	0.41	0.37	
				T_g	0.46	0.42	0.40	0.36	0.29	0.16	0.38								
				R^+	0.05	0.06	0.07	0.10	0.19	0.41	0.10								
				R^+	0.05	0.06	0.07	0.10	0.19	0.41	0.10								
				U_g	0.49	0.52	0.54	0.54	0.52	0.43	0.51								
1i	6	BLUGRN	0.75	SHGC	0.62	0.59	0.57	0.54	0.46	0.30	0.55	0.57	0.57	0.50	0.55	0.67	0.68	0.60	
				T_g	0.49	0.46	0.44	0.40	0.33	0.19	0.42								
				R^+	0.06	0.06	0.07	0.11	0.20	0.43	0.11								
				R^+	0.06	0.06	0.07	0.11	0.20	0.43	0.11								
				U_g	0.45	0.48	0.49	0.49	0.47	0.38	0.48								
Reflektörlü Tek Cam																			
1j	6	SS on CLR 8%	0.08	SHGC	0.19	0.19	0.19	0.18	0.16	0.10	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.07	0.07	0.06	
				T_g	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.05								
				R^+	0.33	0.34	0.35	0.37	0.44	0.61	0.36								
				R^+	0.50	0.50	0.51	0.53	0.58	0.71	0.52								
				U_g	0.61	0.61	0.60	0.58	0.52	0.37	0.57								
1k	6	SS on CLR 14%	0.14	SHGC	0.25	0.25	0.24	0.23	0.20	0.13	0.23	0.24	0.24	0.21	0.22	0.12	0.13	0.11	
				T_g	0.11	0.10	0.10	0.09	0.07	0.04	0.09								
				R^+	0.26	0.27	0.28	0.31	0.38	0.57	0.30								
				R^+	0.44	0.44	0.45	0.47	0.52	0.67	0.46								
				U_g	0.63	0.63	0.62	0.60	0.55	0.39	0.60								

2.4.3 Doğal havalandırma

Seralarda mekanik ve doğal havalandırma, içerdeki havanın dışarı atılarak, yerine dışarıdan alınan taze havanın girişinin sağlanmasıdır. Havalandırmanın amacı yaz mevsimlerinde sera içinde oluşan yüksek sıcaklığın ve nem oranının kontrolü, kış

mevsiminde içerdeki bağıl nem oranının ve gaz konsantrasyonunun kabul edilebilir seviyede tutulmasıdır.

Kış mevsimi dışarıdaki taze havanın sera içine alınması, içerideki nemli havanın dışarı atılması önemlidir. Sera içindeki nemli havanın dışarı atılmaması durumunda içerdeki nem değerleri çok yükselerek (%70 üzeri) bitkilerde mantar hastalığına ve fazla miktarda yoğunlaşma suyunun oluşmasıyla diğer hastalıklara neden olmaktadır. Bunun yanı sıra havalandırma yapılırken içerdeki sıcaklığında dikkatli kontrol edilmesi önemlidir. Referanslar minimum havalandırmanın bir saatte iki kere yapılmasını önermektedir. (Watson 2019)

Yaz mevsimi havalandırmanın amacı sera içi sıcaklığın, dış ortam sıcaklığına göre çok fazla yükselmesinin engellenmesidir. Havalandırma sistemi tasarlanırken özellikle hava sirkülasyonunun ürünün ve sera toprağının üzerinde etkin olması bitkilerin havalanması için önemli görülmektedir. Çok sıcak iklim şartlarında, iç hava sıcaklığının fazla yükselmemesi için genel olarak, kabul edilen havalandırma frekansı, bir adet havalandırmanın (tüm iç ortam hava kütlesinin deşarjı) bir dakika sıklıkla yapılmasıdır. Burada seranın yer aldığı bölge iklim şartları dikkatle incelenmelidir. (Kittas 2012)

Seralarda doğal havalandırma, yapı kesiti boyunca doğal yollarla meydana gelen basınç farklarından oluşan hava akımı demektir. Basınç farkları, rüzgâr etkisi ve iç – dış ortam sıcaklık farklılığının neden olduğu hava yoğunluğu farklarından meydana gelmektedir.

Doğal havalandırma yoluyla sıcaklık kontrolü ve havanın temizlenmesi mümkün olabilmekte, ancak çok nemli sıcak iklim ve çok soğuk iklim koşullarında pratikte tek başına önerilmemekte, mekanik havalandırmanın devreye sokulması tavsiye edilmektedir. Seralarda doğal havalandırma, sıcaklık kontrolü olarak soğutma amaçlı kullanılabilmektedir (Anonymous 2017).

Doğal havalandırma rüzgâr etkisinden ve termal yükten oluşan hava akımı olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir. Pratikte seralarda oluşan toplam hava akımı doğal iklim

koşullarına bağlı olarak, ayrı ayrı etkilerden veya bu etkilerin süper pozisyonundan meydana gelmektedir.

Rüzgâr etkisinden meydana gelen hava akımı: Hava akımını etkileyen rüzgâr yükleri; ortalama rüzgâr hızı, hâkim rüzgâr yönü, mevsimsel ve günlük değişimler ve sera etrafındaki rüzgârı etkileyen faktörlere (komşu yapılar, coğrafi konum, ağaçlar vb.) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Doğal havalandırma sistemi projelendirilirken genellikle mevsimsel ortalama rüzgâr hızının yarısı hesaplamalarda kabul edilmektedir. Giriş hava kapağı üzerindeki rüzgâr yükünün hesaplanması veya giriş hava kapağı alanlarının hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır (Anonymous 2017).

$$Q = C_v \times A \times V$$

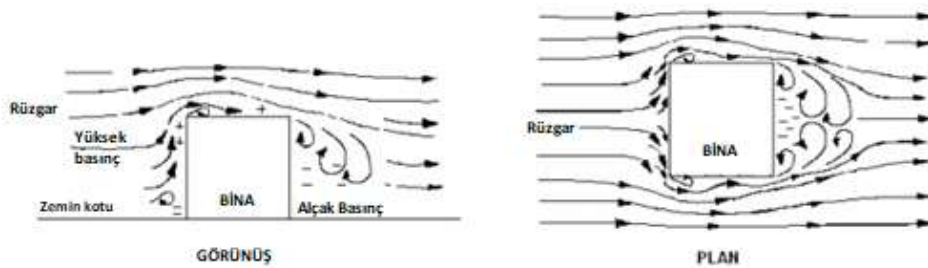
Q : Hava akım hızı, m³/sn

C_v: Havalandırma kapağı verimliliği, (dik rüzgâr yönü için 0,5 – 0,6, diyagonal rüzgâr yönü için 0,25 – 0,35)

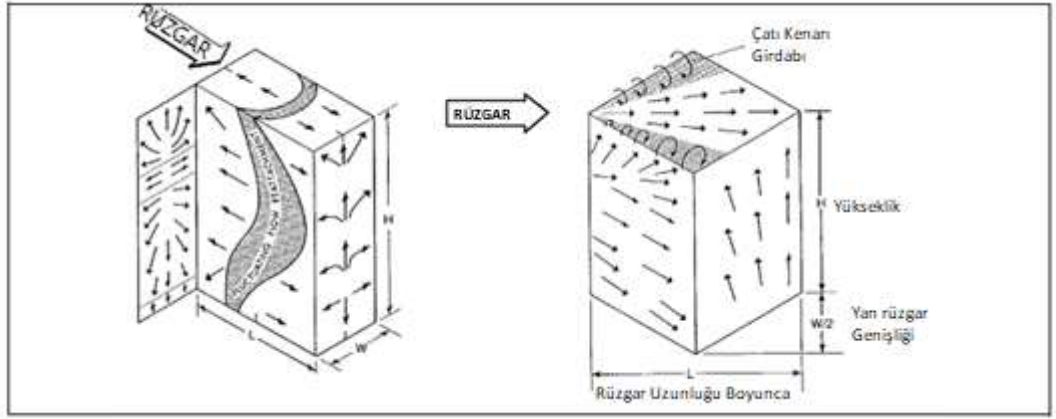
A: Hava giriş kapaklarının alanı, m²

V: Rüzgâr hızı, m/sn

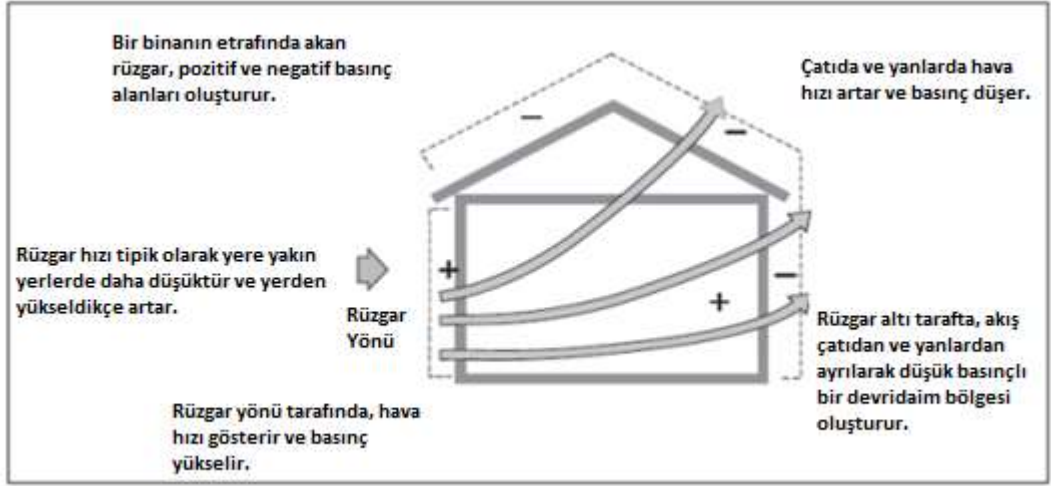
Çıkış kapaklarının yerleşiminin giriş kapaklarının karşı tarafında planlanması önemli görülmektedir. Giriş kapaklarının yapının yüksek basınç altındaki bölgesinde ve çıkış kapaklarının, yapının düşük basınç altındaki bölgesinde planlanması önemlidir (Şekil 2.31-2.33).



Şekil 2.31 Dik etkiyen rüzgâr yükü etkisi (Anonymous 2010a)

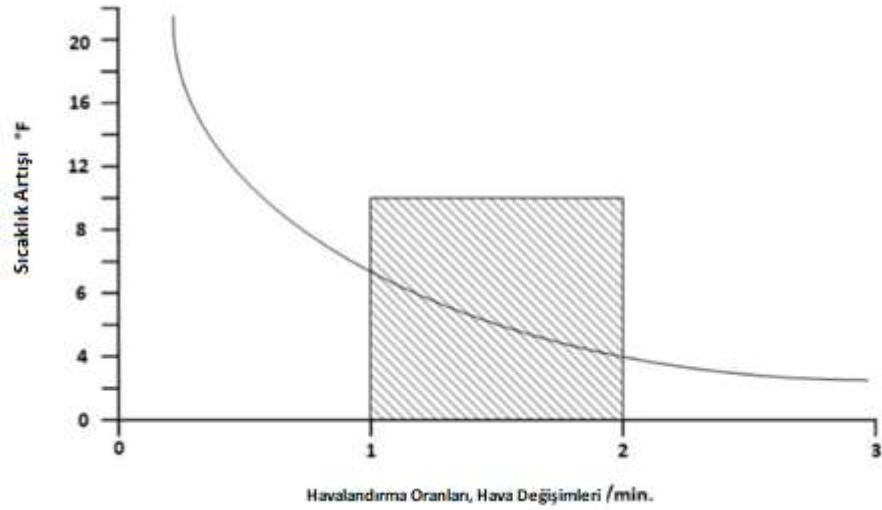


Şekil 2.32 Diyagonal etkiyen rüzgâr yükü etkisi (Anonymous 2010a)



Şekil 2.33 Yapı kesitinde oluşan rüzgâr basıncı (Anonymous 2010a)

Havalandırma hacmi oranlarının belirlenmesinde, sera yapısının yer aldığı bölge iklim koşulları, yaz mevsimi maksimum sıcaklıkla, bağıl nem değerleri ve kış mevsimi minimum sıcaklık ve bölge bağıl nem değerleri dikkatle incelenmelidir. Bir hava değişimi hacim olarak havalandırma yapılan sera bölgesinin hacmidir. Sera tasarımında yukarıdaki formül kullanılarak havalandırma kapakları adet, ebat ve yerleşimleri planlanabilir. Florida Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada havalandırma frekansının iç ortam sıcaklığındaki yükselmeye etkisi yaz mevsimi için şekil 2.34'de verilen grafikte belirtilmektedir (Watson 2019).



Şekil 2.34 Yaz mevsimi için havalandırma ile sıcaklık artış oranı (Watson 2019)

Termal yükten oluşan hava akımı: Yapının termal izolasyonu yeterli değilse aşağıdaki formül kullanılır (Anonymous 2001).

$$Q = CD \times A_x \sqrt{2g \Delta H_{NPL} (T_i - T_0) / T_i}$$

Q: Hava akım hızı, m³/sn

CD: Hava çıkış kapağı faktörü

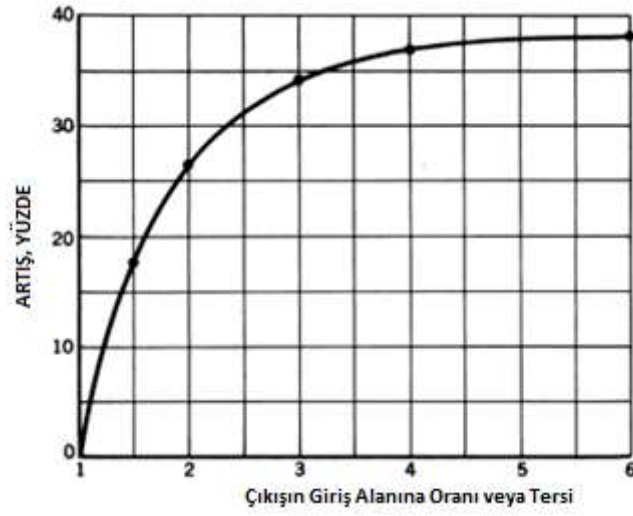
ΔH_{NPL} : Alt havalandırma kapağı orta noktası ile NPL arasındaki mesafe, m

T_i : İç sıcaklık, K

T_0 : Dış sıcaklık, K

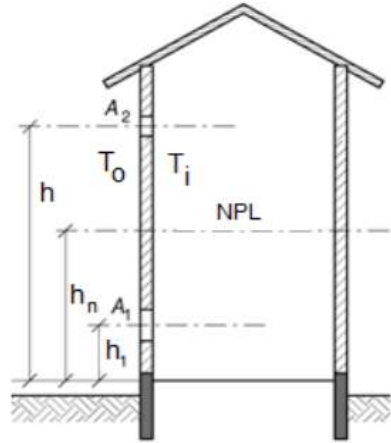
A: Giriş veya çıkış kapaklarının alanı (eşit kabul edilir), m²

Yukardaki formül $T_i > T_0$ olması durumunda kullanılır. $T_i < T_0$ olması durumunda, formülde T_i yerine T_0 kullanılır ve parantez içindeki $(T_i - T_0)$ yerine, $(T_0 - T_i)$ ifadesi kullanılır. Serada birden fazla havalandırma kapağı varsa giriş ve çıkış kapakları eşit kabul edilir. Havalandırma kapak alanına düşen en verimli hava akış miktarı, giriş ve çıkış kapak alanlarının eşit olması durumunda kabul edilir. Hava çıkış kapakları alanın, giriş alanlarına göre fazla olması (veya tersi) hava akışı miktarını artırır ancak ilave edilen kapak alan miktarlarıyla orantılı değildir. Giriş ve çıkış havalandırma kapakları eşit değilse, formülde küçük olan alan kullanılarak şekil 2.35’den elde edilen değerle artırım yapılır (Anonymous 2017).



Şekil 2.35 Havalandırma ebatlarına göre doğal havalandırma artırımı (Anonymous 2017)

Tarafsız basınç aksı yerinin tayini önemli bir kriterdir. Aks yerinin tayini birçok kriterle bağlı olduğundan oldukça karmaşıktır. Genel olarak bilgi alınabilecek kılavuz referanslar az miktarda olup, ASHRAE 2001'e göre yüksek yapılarda toplam bina yüksekliğinin $0,3H - 0,7H$ aralığında veya havalandırma kapaklarının diğer hava kapaklarına göre çok etkili olması durumunda $H/2$ alınabileceği belirtilmektedir (Şekil 2.36).



Şekil 2.36 Tarafsız basınç aksı (Anonymous 1989)

Havalandırma kapak yerleşimi, adedi ve ebatları tarafsız basınç eksen yerini değiştirmektedir.

Bu tez çalışmasında olduğu gibi üst havalandırma kapakları alanının rölatif olarak arttırılması durumunda, HNPL yükselir, tersi durumunda tabana doğru daha düşük kotta olacaktır.

Seralarda genel olarak birden fazla havalandırma kapakları kullanılmakta olup hava çıkış kapağı faktörü $CD = 0,65$ tavsiye edilmektedir (Anonymous 2017).

Termal yükten oluşan hava akımının oluşması için iç-dış sıcaklık farklarının min. $1,7^{\circ}\text{C} \sim 2^{\circ}\text{C}$ olması öngörülmelidir (Anonymous 1989). Pratikte yaz mevsiminde termal yükten oluşan hava akımı etkisi doğal havalandırma hesaplarında ihmal edilmektedir.

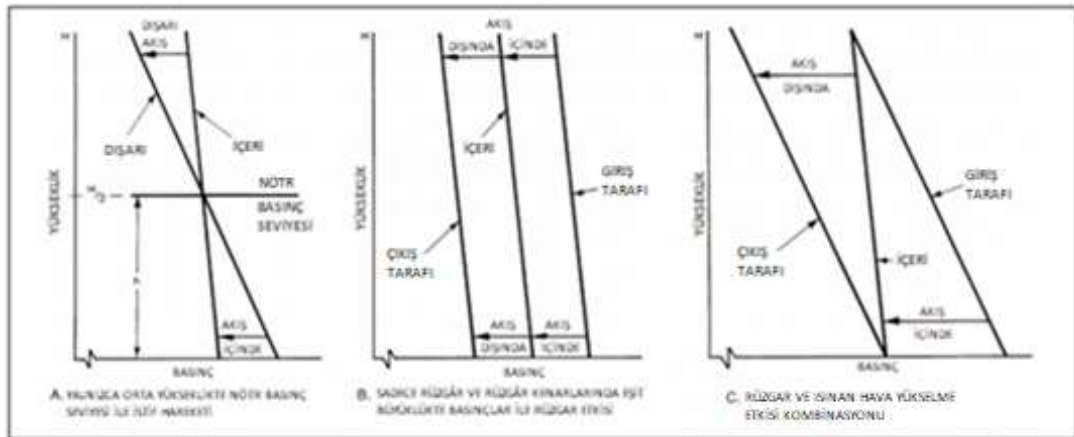
Rüzgâr ve termal etkilerin birleşik oluşturduğu hava akımı: Rüzgâr etkisinin mevcut olduğu durumda, yapıda oluşan toplam hava akımı rüzgâr ve termal etkilerinin birleşik olarak etkisinden meydana gelmektedir. Bu iki yük, basınç farklılıklarının oluşmasında, birbirleriyle aynı yönde etki gösterebileceği gibi, rüzgâr yönüne, sera içi ve dışı sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak ters yönde de etki yaratabilir (Şekil 2.37). Bu durumda aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$Q = \sqrt{Q_w^2 + Q_t^2}$$

Q: Toplam hava akımı, m^3/sn

Q_w : Rüzgâr etkisinden hava akımı, m^3/sn

Q_t : Termal yüklerden oluşan hava akımı, m^3/sn



Şekil 2.37 İç ve dış basınç dağılımı (Anonymous 2017)

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma alanının coğrafi özellikleri

Ankara ili 40°4'N enlemi ile 32°34'E boylamı arasında yer almakta ve ortalama deniz seviyesinden 891m yüksekliktedir. Ankara ili ve ilçelerine ait koordinatlar çizelge 3.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 3.1 Ankara ve ilçelerine ait koordinatlar (Koçer vd. 2016)

no	Yerleşim yeri	Enlem (K)	Boylam (D)	Yükseklik (m)	no	Yerleşim yeri	Enlem (K)	Boylam (D)	Yükseklik (m)
1	ANKARA	40° 4'	32° 34'	891	14	Güdül	40° 12'	32° 14'	730
2	Akyurt	40° 8'	33° 5'	1039	15	Haymana	39° 43'	32° 50'	1225
3	Altındağ	39° 59'	32° 58'	1084	16	Kalecik	40° 10'	33° 41'	780
4	Ayaş	40° 1'	32° 20'	993	17	Kazan	40° 14'	32° 41'	931
5	Bala	39° 50'	33° 28'	1300	18	Keçiören	40° 4'	32° 34'	891
6	Beypazarı	40° 10'	31° 55'	682	19	Kızılcahamam	40° 28'	32° 39'	986
7	Çamlıdere	40° 29'	32° 28'	1252	20	Mamak	39° 53'	33° 1'	1190
8	Çankaya	39° 51'	32° 55'	1115	21	Nallıhan	40° 17'	31° 33'	650
9	Çubuk	40° 14'	33° 2'	997	22	Polatlı	39° 58'	32° 16'	886
10	Elmadağ	39° 54'	33° 23'	1178	23	Pursaklar	40° 3'	32° 53'	1099
11	Etimesgut	39° 57'	32° 40'	808	24	Sincan	39° 58'	32° 35'	794
12	Evren	39° 2'	33° 48'	879	25	Şereflikoçhisar	38° 55'	33° 33'	993
13	Gölbaşı	39° 48'	32° 48'	1015	26	Yenimahalle	39° 59'	32° 41'	879

Ankara ilinin kuzeyinde Çankırı, Bolu doğusunda Kırıkkale, Kırşehir güneyinde Konya, Aksaray batısında Eskişehir ve kuzey batısında Bolu illeri yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Ankara ili ve ilçeleri (Anonim 2020c)

Ankara yöresi fiziki coğrafyasında doğuda Kızılırmak ve batıda Sakarya nehirleri bulunmakta olup nehir kollarının oluşturduğu ovalara sahip bir yöredir. Ankara yöresinin güney doğusunda Balaban ovası, batıda Mürted Ovası ve Hatip Ovası yer almaktadır.

Yörenin hidrografyasında Mogan, Eymir, Karagöl, Kurumcu ve Samsun gölleri bulunur. Yörenin arazisini başlıca Sakarya ve Kızılırmak nehirleri ile Çubuk Çayı, İncesu ve Ova çayları sulamaktadır. (Anonim 2022a).

3.1.2 Araştırma alanının iklim özellikleri

Ankara yöresinin geniş arazi varlığından dolayı iklim farklılıkları görülür. Kuzey yöresinde Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı halleri görülebilir. Genel olarak güneyde İç Anadolu özellikleri hakimdir. Kara ikliminin özellikleri olan, kış sıcaklıkları düşük yaz sıcaklıkları yüksek olmaktadır.

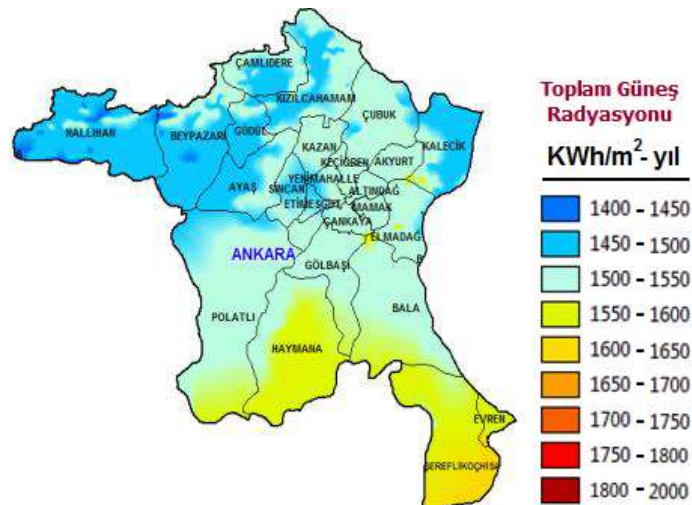
Ankara ilinde ortalama sıcaklık 10-13°C arasında, en yüksek sıcaklık değeri 41,4°C ve en düşük sıcaklık değeri -32,2°C kaydedilmiştir.

Bölgede doğal olarak düşen yağış miktarları kuzey ve güney kesimlerde farklılık göstermektedir. Aylık ortalama yağış miktarı 11-55 mm arasında, en yüksek kar kalınlığı 82 cm olarak Kızılcahamam istasyonunda kaydedilmiştir (Anonim 2022b).

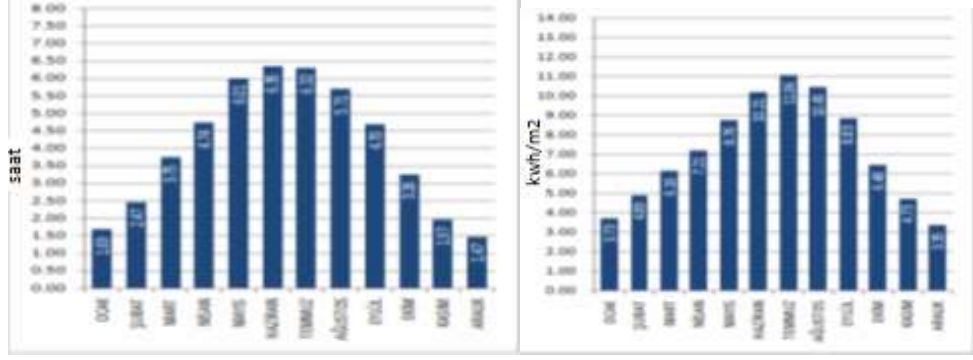
Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait araştırma alanı iklim verilerinin uzun yıllık ortalamaları çizelge 3.2'de verilmiştir (Anonim 2022b).

ANKARA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıl
	Ölçüm Periyodu (1927 - 2021)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,2	1,7	9,7	11,2	16,1	20,0	23,4	23,4	18,9	13,2	7,3	2,5	12,0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,2	6,9	11,5	17,4	22,4	26,7	30,3	30,5	26,1	20,0	13,1	6,5	17,9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3,2	-2,3	0,7	5,3	9,7	12,9	15,9	16,0	11,8	7,1	2,6	-0,8	6,3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,6	3,8	5,1	6,5	8,4	10,0	11,2	10,6	9,1	6,7	4,6	2,5	6,8
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,29	10,53	11,82	10,35	12,24	10,06	3,53	3,59	4,29	7,47	6,76	11,06	103,0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	40,5	35,3	39,5	42,2	51,3	35,2	14,1	12,5	18,0	27,5	31,9	44,6	392,0
	Ölçüm Periyodu (1927 - 2021)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18,4	21,3	27,8	31,6	34,4	37,0	41,0	40,4	39,1	33,3	24,7	20,4	41,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-34,9	-34,2	-19,3	-7,3	-1,0	3,8	8,5	5,8	-1,5	-9,8	-17,5	-34,2	-34,9
En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecinizi değeri üzerine getiriniz.													
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı					Günlük En Hızlı Rüzgar					En Yüksek Kar:			
11.06.1997 88,9 mm					27.04.1965 34,0 m/s					31.01.1950 33 cm			

Ankara yöresi yıllık toplam güneşlenme süresi ve güneş ışınları şiddeti açısından oldukça avantajlı durumdadır. Elektrik İşleri Etüd Dairesi tarafından Ankara ili Güneş Potansiyel Atlası sunulmuştur. Ankara ilinde güneş radyasyon dağılımı ortalama 1500 KWh/m² yıl düzeyindedir (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).



44



Şekil 3.3 Ankara ili güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri (Anonim 2021a)

Seraların tasarımında özellikle sera uygulama yöresine bağlı olarak maksimum kar yağış yüksekliği, maksimum rüzgâr hızı, hâkim rüzgâr yönü, maksimum sıcaklık, en düşük sıcaklık değerleri ve güneş radyasyonu şiddeti ve süresinin göz önünde tutulması büyük önem taşımaktadır.

3.1.3 Araştırma alanı tarımsal durumu

Ankara yöresi karasal iklim koşullarına sahip olduğundan yazları kurak, kışları soğuk olup, genel olarak en yağışlı mevsim ilkbahardır. İklim koşulları ve yörenin topoğrafik yapısı özelliklerinden step ve orman alanları mevcuttur. Step bitki topluluklarını genel olarak ayırkotu, keven, sorguç otu, hardal otu, gelincik, papatya, hatmi, kekik, böğürtlen oluşturmaktadır. Ormanlar genelde karaçam, ardıç ve meşedir.

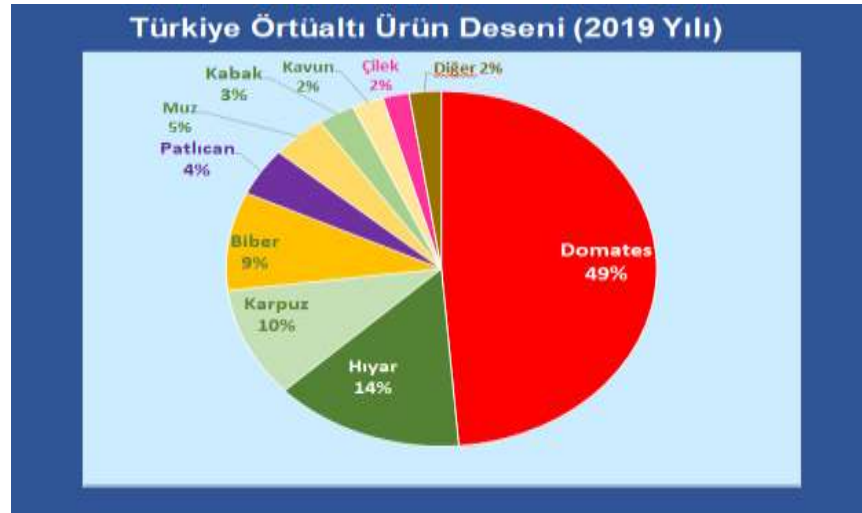
Ankara yöresinde başlıca buğday, arpa, çavdar, yulaf, baklagillerden nohut, fasulye, mercimek ve sanayi bitkilerinden şeker pancarı ve ayçiçeği yetiştirilmektedir. Genelde meyve üretimini elma, armut, ayva, kiraz, vişne, kayısı, erik ve badem oluşturmaktadır. Bilindiği üzere Kalecik Karası üzümleri, Kalecik sınırları içerisinde yetiştirilmektedir. Bu bölgedeki değerli üzüm çeşidi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümündeki çalışmalarla yöre için ciddi bir ürün haline gelmiştir.

Tarım Orman Bakanlığı 2019 yılı verilerine göre Ankara yöresinde örtü altı yetiştiriciliği 572 dekardır. Bu değer Antalya’da 286.522 da, Mersin’de 201.060 da, Adana’da 160.493 da olarak verilmektedir (Anonim 2019).

Ankara ili ve ilçeleri sera alanları incelendiğinde, orta ve küçük ölçekli seraların büyük bir oranının örtü elemanı değişimi yapılamadığı veya sera yapısının yıkılması nedeniyle kullanım dışı kaldığı saptanmaktadır. Mevcut kullanılan sera alanları ve ürün desenleri envanteri sağlıklı olarak saptanamamaktadır.

Türkiye’de 2019 yılında 31 milyon ton sebze üretilmiş olup, 7,8 milyon tonu örtü altında üretilmiştir. Antalya 3.8 milyon ton, Mersin 1.2 milyon ton, Adana 1 milyon ton, Muğla 690 bin ton olmak üzere dört ildeki toplam üretim yaklaşık 6.7 milyon ton olup, Türkiye toplam örtü altı üretiminin yaklaşık % 86’sını oluşturmaktadır (Anonim 2019).

Türkiye’de sera alanlarında yetiştirilen ürün deseni şekil 3.4’de verilmiştir. Buna göre örtü altında yetiştirilen ürünlerin yaklaşık yarısını domates çeşitleri oluşturmakta, bunu sırasıyla salatalık, karpuz, biber ve patlıcan izlemektedir.



Şekil 3.4 Örtü altında yetiştirilen ürünler (Anonim 2019)

3.2 Yöntem

Bu bölümde; araştırma alanında yapılan arazi çalışmaları ve büro çalışmalarında uygulanan yöntemler açıklanmıştır. Arazi çalışmaları bölümünde; araştırmanın yürütüleceği sera adedinin belirlenmesi, anket formu konularında açıklamalar yapılmıştır. Sera işletmelerinin özellikleri ve mevcut sorunları; uygulanan anketler, ölçümler ve gözlemler sonucunda belirlenmiştir. Seraların krokileri çizilmiş, fotoğrafları çekilmiş ve üreticilerle konuşularak uygulamada karşılaşılan sorunlar tespit edilmiştir. Büro çalışmalarında ise seraların yapısal özellikleri ve sera içi çevre koşullarının belirlenmesinde uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

3.2.1 Arazi çalışmaları

Araştırmanın temel materyalini oluşturan küçük ölçekli sera işletmelerinin envanteri çıkarılmaya çalışılmıştır. Ankara ili ve ilçelerinde ilgili kurumlarla yapılan görüşmelerde özellikle küçük ölçekli seralar için sağlıklı bir dokümantasyon yapılmadığı, sayılarının ve durumlarının mevcut durumu yansıtmadığı saptanmıştır. Mevcut planlama ile sağlıklı envanter çıkarılmasındaki zorluklar aşağıda sunulmaktadır.

- Sera alanlarının bölgesel olarak ilçeler bazında planlanmaması, dağınık olmaları,
- Değişik ilçelere yayılan sera dokümantasyonlarının periyodik olarak yenilenmemesi,
- Yatırımlarının planlaması ve teşvikinin Tarım Orman Bakanlığı İl Özel İdare ve farklı kurumlar tarafından yapıp bir bütün olarak planlanmaması,
- Mevcut olan seraların iklim koşullarından etkilenerek yıkılması, üretimdeki memnuniyetsizlik ve yüksek maliyetten dolayı kaldırılmaları, kalıcı seraların yapılmaması veya mevcut olsalar dahi kullanılmamaları sağlıklı envanter çıkarılmasını etkilemektedir.

Yapılan ön çalışma sonucunda Ankara ilinde Çubuk, Ayaş, Beypazarı, Nallıhan, Kazan, Kızılcahamam ilçelerinde sera varlığının yoğunlaştığı belirlenmiştir. Örnek olarak Çubuk ilçesi seracılık durumu çizelge 3.3’de verilmiştir. Elde edilen sayısal veriler

doğrultusunda, çalışmaya dahil edilecek sera adedi, yetiştiriciliğin yoğun olarak yapıldığı ilçelerde küçük ölçekli seralarda rastgele seçilmiş olup, anket çalışmaları 35 adet serada yürütülmüştür. Seralar toplam 17.4 dekar alanı kapsamaktadır.

Çizelge 3.3 Ankara ili çubuk ilçesi seracılık durumu (2011-2013)

Yıl	Destekli Sera Sayısı (Çiçek)	Destekli Sera Sayısı (Sebze)	Alan (m ²)	Çiftçinin Yaptığı Sera sayısı (Çiçek)	Çiftçinin Yaptığı Sera sayısı (Sebze)	Toplam (Çiçek)	Toplam (Sebze)
2011	4	8	500	-	7	4	15
			504	-	-		
2012	16	15	500	-	12	16	27
			504	-	-		
2013	14	8	500	7	6	23	14
			504				
Toplam	34	31		7	25	41	56

Ankara ilindeki mevcut küçük ölçekli seraların kullanım amacı, tipi, yerleşim düzeni, boyutları, yapı malzemesi, konstrüksiyonu, yetiştirilen bitki çeşidi ve seraların kullanım sürelerinin belirlenmesi için anket formu düzenlenerek araştırma alanında arazi çalışmaları yapılmıştır.

Arazide yapılan çalışmalarda seralar yerinde incelenerek fotoğrafları çekilmiş, boyutları belirlenmiş ve ilgili kişilerle görüşülerek karşılaştıkları sorunlar ve kendilerinin çözüm önerileri saptanmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3.4 İncelenen seraların konum, alan ve malzeme türleri

Sera No	Sera Yeri	Sera Alanı (m ²)	Malzeme Türü
1	Çubuk	14000/28 (10x50) Tekil	Çelik Boru+PE
2	Kızılcahamam	500 (10x50) Tekil	Çelik Boru+PE
3	Çubuk	2000/2 (10x50) Blok	Çelik Boru+PE
4	Nallıhan	1000 (10x50) Blok	Çelik Boru+PE
5	Yenice	1000 (10x50) Blok	Çelik Boru+PE
6	Çubuk	595 (8,5x35) Blok	Ahşap+PE
7	Yenimahalle	455 (7x65) Bağ Blok	Çelik I-profil+Cam

Bu tez çalışmasında seralar işletme özellikleri; işletme şekli, üretim periyodu ve yetiştirilen ürünler bakımından incelenmiştir. Yapısal özellikleri; sera tipi, konstrüksiyonun bileşenleri, örtü malzemesi, proje kaynağı, seranın boyutsal ve teknik özellikleri bakımından ve iklimlendirme özellikleri ise havalandırma, ısıtma, soğutma ve serinletme sistemleri ve unsurları yönünden incelenmiştir.

3.2.2 Büro çalışmaları

3.2.2.1 Seraların yapısal özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler

Uygulanan anketler, boyutsal ölçümler ve gözlemler sonucunda tespit edilen yapısal özellikler, çizilen krokiler, çekilen fotoğraflar incelenmiş ve uygulamada karşılaşılan sorunlar üreticilerle konuşularak belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde, konuyla ilgili yerli ve yabancı kaynaklardan faydalanılarak mevcut yapıların durumları belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.2.2 Sera içi çevre koşullarının düzenlenmesinde uygulanan yöntemler

Sera içi çevre koşullarının düzenlenmesinde uygulanan yöntemler aşağıda başlıklar halinde sunulmaktadır.

Doğal havalandırma sera tasarımı

Sera yerleşim oryantasyonu: Doğal havalandırma performansına etki eden en önemli kriter, sera yapısının hâkim rüzgar yönüne göre yerleştirilmesidir. Pasif sera yapısının güneş radyasyonu kazanımı kriteriyle birlikte bu oryantasyon oldukça dikkatli bir çalışmayı gerektirmektedir.

Sera içinde en iyi hava sirkülasyonu için, rüzgar giriş kapaklarının hakim yönüne 45° açıyla yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir. (Anonymous 1989) Maksimum hava akımı giriş kapağı rüzgârı 90°, dik olması durumunda oluşmaktadır. Genel prensip olarak

havalandırma kapaklarının yaz rüzgarlarına doğru yönlendirilmesi ve sera uzun kenarı boyunca yerleştirilmesi öngörülmelidir.

Sera yapısı şekli: Doğal havalandırma sistemi açısından sera yapısı şekil tasarımı çok büyük etki yaratmaktadır.

Doğal havalandırılmalı seraların plandaki açıklığı dar olmalıdır. İyi bir doğal havalandırma için maksimum genişlik 7,5 m olarak tasarlanmalıdır. (Anonymous 1989)

Yapı yüksekliği, şekli ve çatı eğimi çok büyük önem taşımaktadır. En iyi doğal havalandırma performansının elde edilmesi için, yapı uzunluk/genişlik oranının mümkün olduğunca düşük tasarlanması önemlidir. Stratejik olarak sera yapısının bu faktör göz önünde tutularak modüler olması önemlidir. Düzensiz yapı şekli, basınç ve emme basınçlarının değişken olmasını sağlamakta ve doğal havalandırmayı iyileştirerek arttırmaktadır.

Giriş ve çıkış havalandırma kapakları yerleşimi: Havalandırma kapakları sera kesitinde karşılıklı olarak düzenlenmeli ve içerdeki hava akımlarının doğrultusunun engelleyen elemanlar veya kısa devre oluşmasına engel olunmamalıdır (Şekil 3.5).

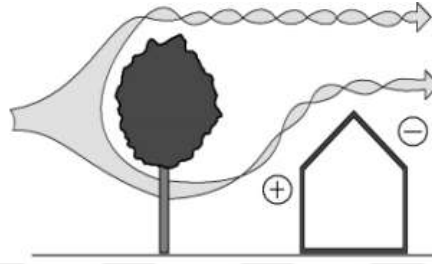


Şekil 3.5 Giriş ve çıkış havalandırma açıklıkları yerleşimi

Rüzgâr esiş yönlerinin çok değişken olması nedeniyle havalandırma kanatları dağıtımı mümkün olan her yönde ve rüzgâr esiş yönüne 45° açıyla yerleştirilmesi, sera içi hava akış hızını ve uniform dağılımının saptanması açısından önemlidir. (Bhatia 2015)

Hava giriş kapakları, başka bir yapı, ağaç, reklam tabelası veya herhangi bir hava akışını engelleyen bölümlerle kapatılmamalı, böyle bir engelleyici mevcut ise hava giriş kapaklarından minimum 7,5m uzakta olmasına özen gösterilmelidir (Şekil 3.6).

Giriş ve çıkış kapakları arasındaki düşey mesafenin mümkün olduğunca fazla olması, termal yükten oluşan hava akımına fayda sağlamaktadır. (Bhatia 2015)



Şekil 3.6 Rüzgâr esiş yönünü etkileyen faktörler

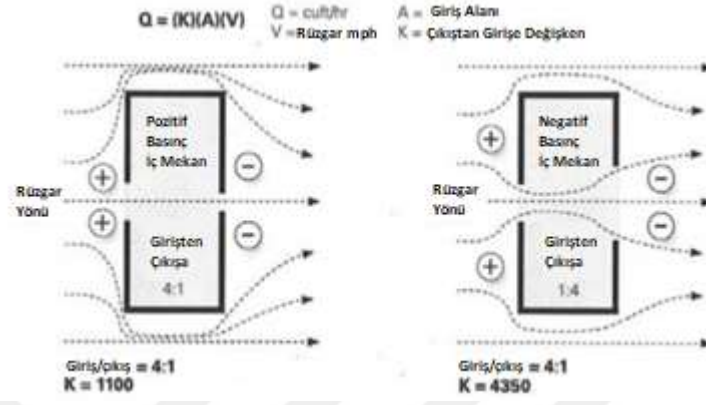
Havalandırma kapak boyutları: Sera içindeki havalandırma miktarı ve hava hızı havalandırma kapaklarıyla kontrol edilmektedir. Genel kural giriş ve çıkış hava kapaklarının mümkün olduğunca büyük ebatlı tasarlanmasıdır. Kapakların açılma miktarının ayarlanabilmesi içindeki bitkilerin fazla hava akımından olumsuz etkilenmemesi açısından önemlidir.

Yatay havalandırma kapakları, kare veya düşey kapaklara göre daha verimli olduğundan tercih edilmelidir. Yatay kapaklar değişken rüzgâr esiş yönünü daha fazla yakalayarak içindeki hava akımına verimli katkı sağlamaktadır. (Bhatia 2015)

Giriş ve çıkış hava kapaklarının yaklaşık eşit ebatlarda olması, birim alanda en iyi havalandırmayı vermektedir. Giriş kapaklarının daha küçük, çıkışların büyük olması sera içi hava akımını hızlandırmaktadır. Çıkış kapaklarının daha küçük, giriş kapaklarının daha büyük olması ise sera içi uniform havalandırmaya yardımcı olmaktadır.

Hava kapak alanlarının hesaplanan alanlardan daha büyük yapılması, iklimsel değişimler ve çok sıcak hava koşulları için tavsiye edilmektedir (Şekil 3.7). Yapı için en iyi hava

akımı sağlaması için giriş kapağına göre çıkış kapaklarının en az %25 büyük tasarlanması ve giriş kapak yüksekliğinin maksimum limit değerinin $H = 108$ cm olması tavsiye edilmektedir. (Anonim 2010b)



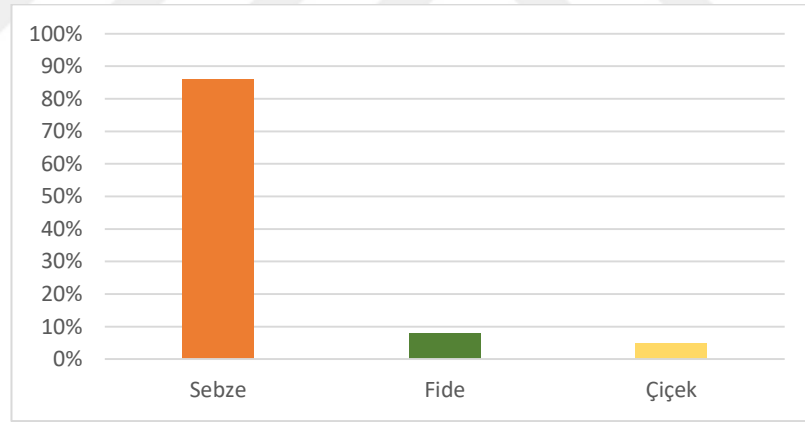
Şekil 3.7 Kapak boyutlarının doğal havalandırmaya etkisi (Anonim 2010b)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Sera İşletmelerinin Değerlendirilmesi

Seraların yatırım finansmanı teşviklerle yapılmakta olup, incelenen seraların 2011 ve 2017 yılları arasında yapıldığı tespit edilmiştir. (Anonim 2017c) Toplam 35 adet seradan 5 adedi işletme finansmanı ve projesiyle yapılmış olup, diğerleri teşvik kapsamında ve öngörülen tip proje ile ihale açılarak alt yüklenicilere yaptırılmıştır. İncelenen seralardan 34 adedi Türkiye güney coğrafyasında (36° enlem) kullanılan sera projeleri örnek alınarak yaptırılan yay çatılı plastik örtülü seralardır. Sadece AOÇ bitişik serası beşik çatılı cam seradır.

Seraların yapılma amacı genelde sebze, çiçek ve fide yetiştiriciliği olup, büyüklükleri 350 m² ~ 600 m² arasında yer almaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Seraların yapım amacı (Anonim 2017c)

4.2 Araştırma Alanındaki Seraların Yapısal Özellikleri

İnceleme yapılan seraların % 83'ünü yay çatılı tekil, % 11'ini yay çatılı blok, % 3'ünü beşik çatılı blok ve bağlantılı blok seralar oluşturmaktadır. Sera aksları kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiştir. İnceleme yapılan seraların yapısal özellikleri çizelge 4.1 ve şekil 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.1 İncelenen sera tipleri ve boyutsal özellikleri

Sera Tipleri	Adet	%	En (b)	Boy (m)	Yükseklik (h)
Yay Çatılı Tekil	29	83	10	50	3.5~4
Yay Çatılı Blok	4	11	10	50	3.5
Beşik Çatılı Blok	1	3	8.5	35	3.5
Bağlantılı blok Sera	1	3	7	65	3.5



Şekil 4.2. Araştırma alanında yay çatılı blok ve yay çatılı tekil seralar (Çubuk ilçesi 1 nolu sera)

Sera genişlikleri 7 -10 m, uzunlukları 28- 50 m, yan duvar yüksekliği 2-3.5 m ve mahya yüksekliği 3.5-4.5 m'dir. Sera kolon aksları arası mesafe 2.5-3.5 m, kapı boyutları genişlik 2.5 - 3.5 m ve yükseklik 2.5-3 m arasında değişmektedir.

Taşıyıcı konstrüksiyon olarak çelik boru veya kutu profil kullanılmakta olup, seçilen kesitler boru Ø30-60 veya kutu 40x60 - 40x80 kesitinde 2-3 mm et kalınlığındadır. Bağlantılı blok serada I-100 çelik profilleri kullanılmıştır. Kullanılan çelik malzemelerin antipas boyalı olduğu koruyucu boya veya daldırma galvaniz kaplama yapılmadığı saptanmış olup, sera şartlarında kısa sürede paslanma problemi yaşanmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Araştırma alanı seraları konstrüksiyon özellikleri (Çubuk ilçesi 1 nolu sera)

İnceleme yapılan seralarda konstrüksiyon birleşim aracı olarak cıvatalı birleşim yapılan 2 adet sera dışında kaynaklı birleşim kullanıldığı saptanmıştır.

Araştırma alanında yer alan beşik çatılı cam serada (AOÇ bitişik serası) kolon ve kirişlerde I 100, aşıklarda I 80 profilleri kullanılmış olup, kaynaklı birleşim yapılmıştır. (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Beşik çatılı cam sera (Yenimahalle ilçesi 7 nolu sera)

Araştırma alanı seralarında beşik çatılı cam sera dışında sürekli veya tekil temele rastlanmamış, sadece 6 adet serada genişliği 20-30 cm ve yüksekliği 30-35 cm olan beton döküm bloklar gözenmiştir. Tüm seralarda çevre koruması ve çevre yalıtımı mevcut değildir.

Sera örtü malzemesi olarak UV korumalı polietilen çeşitleri kullanılmakta olup, cam örtü malzemesi için tek örnek Atatürk Orman Çiftliği Meyve Fidanı ve çiçek satış serasıdır.

4.2.1 Sera yapı elemanlarının analizi

Arazide yapılan çalışmalarda seraların yapısal özellikleri incelenerek planlanan sera ömrüne olumsuz etki eden faktörler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar iki ana grup altında toplanabilir;

1. Taşıyıcı yapı iskeletinin gelen yüklere göre yetersiz projelendirilmesi ve kullanılan malzemelerde yetersiz detay ve oksitlenme önlemi alınmaması
2. Seralarda kullanılan polietilen örtü malzemesinin bölge koşullarında yük dayanımı ve planlanan kullanım ömrüne ulaşamaması.

Arazide yapılan çalışmalarda, sera yapı iskeletinin bir bölümünde veya tümünde oluşan yıkılmaların taşıyıcı sistemin rüzgâr ve kar yüküne yeterli dayanıma sahip olmamasından kaynaklandığı saptanmıştır (Şekil 4.5). Söz konusu yükler aynı zamanda PE sera örtü malzemesi tarafından taşınamamakta, yüksek buzlanmayla karın buza dönüşmesiyle ciddi yırtılma hasarlarına neden olmaktadır.

Araştırma alanında yapılan anket çalışmalarında işletme sahipleri özellikle kuzey ve yüksek bölgelerde kışın kar yağışının yoğun olduğunu, kar yüksekliğinin 30~35 cm değerlerine ulaştığını bildirmektedir. Bölgenin meteorolojik verileri dikkate alındığında 30 ~35 cm kar yüksekliği için (rutubet ve soğuk hava koşullarında yumuşak karın birim hacim ağırlığı 100~300 kg/m³, yağışlı ve rutubetli hava koşullarında 400~500 kg/m³) kar yükü değeri ortalama olarak 100~150 kg/m² arasında alınması gereklidir (Gürer 1983).



Şekil 4.5 Sera kar yükü yıkılması (Kızılcacahamam ilçesi 2 nolu sera)

Arazi çalışmalarında saptanan diğer bir önemli sorun, yüksek rüzgâr yüküne bağlı doğal havalandırma kanatlarından kaynaklı sera örtü malzemesi yelkenlenme deformasyonlarıdır (Şekil 4.6). Sorunun çözümü için, havalandırma kapakları tasarımında bölgenin iklim verilerinin ve standartların analiz edilmesinin önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.6 Sera örtü malzemesi rüzgâr deformasyonu (Yenice ilçesi 5 nolu sera)

Bölgede yapılan araştırmalarda yöresel iklim şartları göz önüne alınmadan yapılan seraların büyük kısmının kullanım dışı bırakıldığı veya söküldüğü, bir kısmının yıkıldığı saptanmıştır.

Araştırma alanındaki seraların kullanım dışı bırakılmasını etkileyen faktörlerden biri polietilen örtü malzemesidir. Yapı elemanı olarak polietilen yumuşak bir malzeme olup akma gerilmesinde yaklaşık %12, kopma gerilmesinde genel olarak %800 oranında uzama oluşturmaktadır. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, polietilen malzemenin uzamadan bağımsız olarak gevrek kırılma yaptığı saptanmıştır (Peggs ve Calson 1990). Yapılan çalışmalar sonucunda polietilen örtünün akma gerilmesinden daha düşük sürekli sabit bir gerilmeye maruz kaldığında, yumuşak malzeme kırılmasından gevrek kırılmaya geçiş yaptığı saptanmıştır. Gevrek kırılmanın hangi bölgede başlayıp ilerlediğinin araştırılması önemlidir. Polietilen malzeme üzerine gelen yüklerden oluşan gerilmeler, malzemenin akma gerilmesine ulaşmadan kırılmasına neden olmaktadır.

Arazide yapılan çalışmalardan saptanan kırılmalar montaj yöntemi, kullanılan örtü malzemesi türü ve büyük kısmı projelendirmeden kaynaklı olduğu söylenebilir. Polietilen malzemelerde; montaj sırasında yeterli boşluk bırakılmazsa düşük sıcaklıklarda büzülme gerilmelerinden kaynaklı gevrek kırılmanın olduğu saptanmıştır. Ayrıca düşük sıcaklıklarda yüksek büzülme gerilmeleriyle birlikte buz parçalarının düşmesinden veya montaj aletlerinden kaynaklı delik ve oyulmalarda gevrek kırılmanın arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Donma etkisi kırılmalık özelliği (Çubuk ilçesi 1 nolu sera)

Taşıyıcı metal konstrüksiyonlarda oksitlenmeye karşı yeterli önlem alınmaması da önem arz etmektedir. Polietilen örtünün pasla temas ettiği ve sürekli gerilme altında olan bölgelerde çatlama, kırılma oluşmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 PE örtü oksitlenme etkisi (Çubuk ilçesi 1 nolu sera)

Gevrek kırılmanın önlenmesi için PE örtünün montaj sisteminde termal büzülme gerilmeleri, örtü üzerinde meydana gelen mekanik hasarlar (montaj el aletleri/buz düşmesi), bağlantı yerlerindeki düzensizlikler ve delikler, kimyasal ve gerilme etkilerinin sinerjisi ve termal büzülme gerilmeleriyle birlikte, uzun süreli yükler ve dinamik yüklerin süperpozisyon etkilerinin dikkate alınması gerekir.

Sera örtü malzemesinin kimyasal birleşimi, fiziksel ve mekanik özellikleri de önem taşımaktadır. Sert plastik örtü uygulamalarında (HDPE, akrilik, polikarbon vb.) malzeme bir plak gibi çalışmakta, gelen yüklere bağlı oluşan moment ve kesme kuvveti gerilmeleri kontrolü, üretici firmaların sağladığı yük taşıma abaklarıyla basit bir şekilde yapılabilmektedir. Aynı zamanda bu malzemelerin taşıyıcı konstrüksiyona bağlantı montaj detayları; termal genleşme ve büzülme toleranslarına sahip olduğundan termal içsel gerilmeler oluşmamaktadır.

Yeterli bir hesap yaklaşımıyla PE örtüler membran gibi çalışmakta olup, yüklemeler altında moment ve kesme yükü gerilmeleri oluşmamakta, malzeme yüzeyine dik gelen

yüklerde, örtü üzerinde normal çekme gerilmeleri oluşturmaktadır. Oluşan gerilmelerin, kullanılan ürünün çekme dayanım gerilmesine göre analiz edilmesi önemlidir.

Yüksek kar yüklerinin olduğu bölgelerde, PE sera örtüsü kullanılması durumunda projelendirme aşamasında mümkün olduğunca ikiz veya blok sera tiplerinden kaçınılmalıdır. Bu tür sistemler yüksek kar birikintileri oluşturmakta ve seranın yıkılmasına neden olmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Kar yükü yıkılması (Çubuk ilçesi 1 nolu sera)

Arazide elde edilen verilere göre aynı zamanda çatı üzerinde biriken buz parçaları, eğik veya kemer çatı düzlemi boyunca düşerken örtü üzerinde yırtılmalara neden olmaktadır. Küçük yırtılma veya delinmeler ileriki rüzgar ve kar yüklerinde örtü elemanını kullanılamaz hale getirmektedir. İkiz veya blok sera yapıları kullanılacaksa oluk ebatları ve oluk ile örtü birleşim bölgelerinde ikincil bir koruyucu malzemeyle birlikte uygun detaylar çözülmelidir.

İskelet malzemesi çelik olan seralarda çelik malzemelerin daldırma galvaniz olarak minimum 60~65 mikron kaplanması veya antipas boya üzeri Class II boya ile boyanması ve örtü malzemesi ile konstrüksiyonun birleşim noktalarına oksitlenmeye karşı contaların yerleştirilmesi seraların servis ömrünün artırılmasında önemlidir. Yalnız örtü bağlantı kısımlarında değil, bütün çelik malzemelerin, PE örtü malzemesiyle temas edeceği dış düzlemlerde de ikincil bir contanın kullanılması önemlidir.

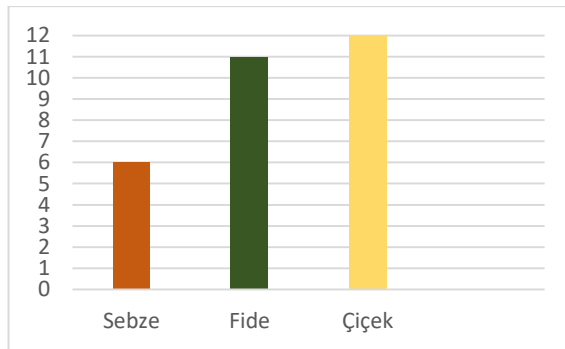
4.3 Araştırma Alanındaki Seraların İklimlendirme Durumu

Araştırma alanında incelenen seraların tamamında doğal havalandırma uygulanmaktadır. Seralarda doğal havalandırma yan duvarlar boyunca yüksekliği 1.2-2 m olan sürekli pencerelerle sağlanmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Seralarda doğal havalandırma uygulaması (Çubuk ilçesi 1 nolu sera)

Araştırma alanında incelenen plastik seralarda ısıtma sistemi bulunmamaktadır. Isıtma amacıyla genelde güneş enerjisinden yararlanılmakta olup, fide ve çiçek üretim seralarında, kışın hava fanlı kömür sobaları kullanılmaktadır. Sadece beşik çatılı cam serada (AOÇ bitişik serası) doğalgaz ile ısıtılan merkezi ısıtma sistemi bulunduğu belirlenmiştir. Bölgede fide ve çiçek seralarında üretimin sağlanabilmesi için ortalama beş aylık periyotta yapılan ısıtma işletme masraflarının çok yükselmesine neden olmaktadır (Şekil 4.11). Arazide yapılan çalışmalarda yüksek ısıtma maliyetlerinden dolayı Ankara ili ve ilçelerinde seraların yılın yarısında kullanım dışı bırakıldığı saptanmıştır.



Şekil 4.11 Sera kullanım periyodu (ay)

Araştırma alanında seraların kullanım dışı bırakılmasında yüksek ısıtma maliyetlerinin yanında, PE rt malzemesinin yırtılması ve kullanım ömrünün az olması, yüksek kar yüküne maruz bölgelerde sera konstrüksiyonunun toptan yıkılması gibi faktörler de etkili olmaktadır.

Ankara il ve ilçelerinde meteorolojik veriler göz önüne alındığında PE rt malzeme kullanımı, mevsim sıcaklıklarına bağlı doğal havalandırma ve ısıtma maliyetleri öne çıkmaktadır.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

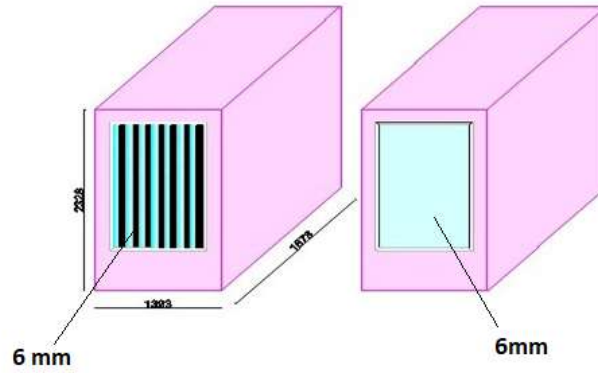
Araştırmanın bu bölümünde arazi çalışmalarından elde edilen bulgular, araştırma bölgesindeki seracılık işletmelerinin mevcut özellikleri, konuyla ilgili literatür bilgileri ve ülkemizde sera ekipmanları ve sera yapı malzemeleri üreten firmaların önerileri doğrultusunda Ankara ili iklim koşullarına uygun küçük ve orta ölçekli işletmelerde üç mevsim üretim yapılabilecek bir pasif sera modeli geliştirilmiştir.

Önerilen sera modeli atık malzemelerin değerlendirilmesiyle sürdürülebilir tarımsal üretime yönelik olarak planlanmıştır. Modelin geliştirilme sürecinde ilk aşamada örtü malzemeleri özelliklerinin bölge koşullarında incelenmesi için kabin testleri yapılmıştır. İkinci aşamada doğal havalandırmalı ek bir ısıtmaya gereksinim duymayan pasif sera modelinin tasarım kriterleri dikkate alınarak tip, malzeme seçimi ve teknik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra sera projesinin yapı mekaniği ve yapı fiziki analizleri yapılarak optimum kesitler belirlenmiş ve modüler olarak planlanan seranın üç modülden oluşan bir prototipi imal edilmiştir. Son aşamada model serada çevre koşullarının incelenmesi amacıyla yaz, sonbahar ve kış periyotlarında sebze üretimi yapılarak, iç ortam sıcaklık, bağıl nem ve güneşlenme değerleri ölçülmüştür.

5.1 Pasif Sera Tasarım Aşamaları

5.1.1 Kabin test çalışmaları

Pasif güneş seralarında kullanılması planlanan atık kırıklı cam ve mevcut uygulamalarda kullanılan düz tek cam termal karşılaştırmaları için iki adet test kabini hazırlanarak sıcaklık ve nisbi nem değerleri ölçümlenmiştir (Şekil 5.1).

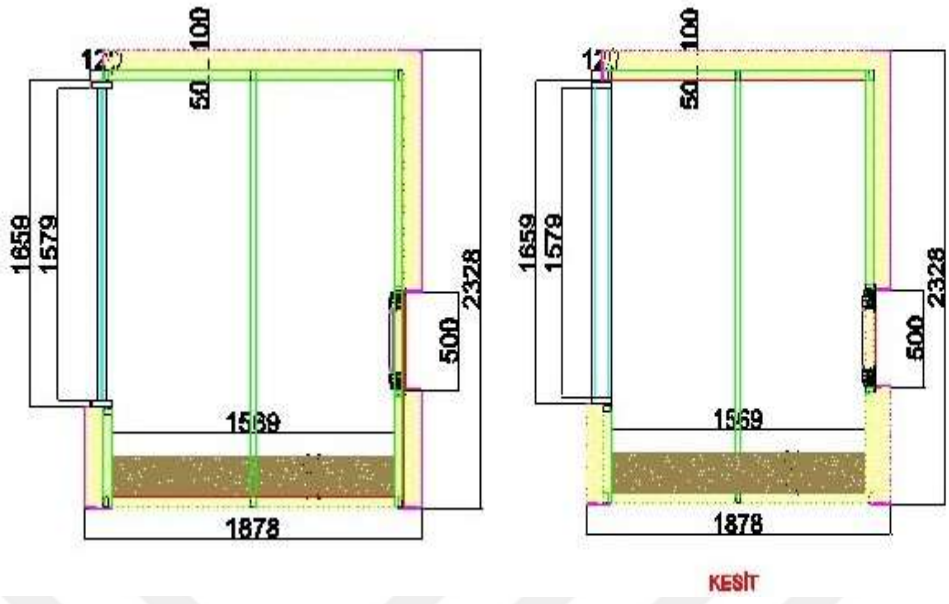


Şekil 5.1 Test Kabini Görünüşleri

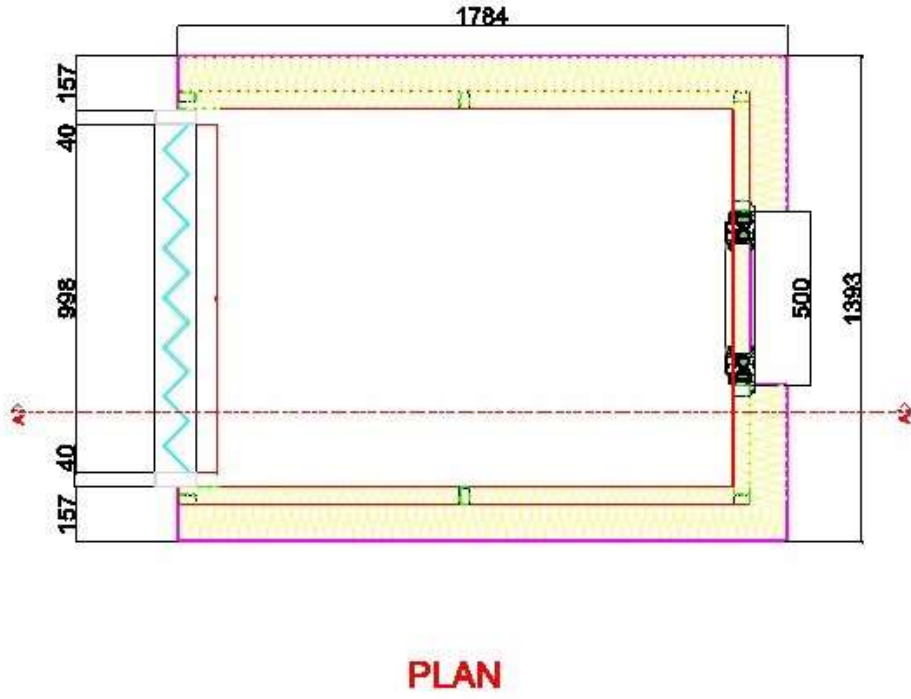
Testin amacı önerilen cam ve düz cam kullanımının iç ortamda yarattığı değerlerin karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla hazırlanan iki adet kabin ebatları, kullanılan tüm malzemeler, (güney cephe saydam yüzey harici) imalat detayları, alınan okuma aralıkları, test zamanlamaları ve kabinlerin yerleşim aksları aynı seçilmiştir. İki kabin arasındaki tek değişken, güney cephe camlamalarıdır. Test kabinlerinde kullanılan malzeme özellikleri çizelge 5.1’de, kabin kesit, plan ve detay çizimleri şekil 5.2-5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kabinlerde kullanılan malzeme özellikleri

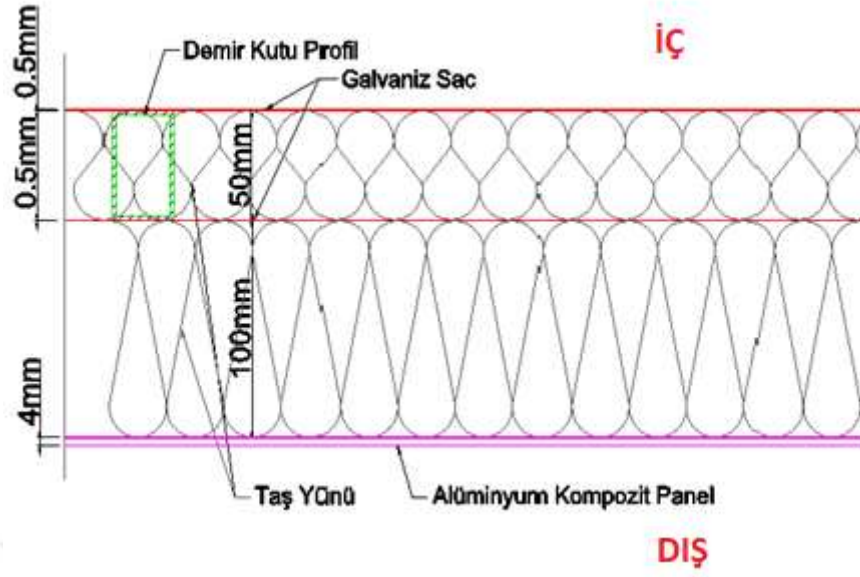
Malzeme	Kesit	Et Kalınlık	Özellik
Çelik kutu profil	50x30	2 mm	Antipas Boya
Galvaniz Sac	-	0,5 mm	Galvaniz
Taş yünü (1.sıra)	-	5 cm	$g=80\text{kg/m}^3$
Taş yünü (2.sıra)	-	10 cm	$g=80\text{kg/m}^3$
Alüminyum Kompozit Panel	-	5 mm	PPDF Boyalı
Tek Cam	-	6 mm	Şeffaf
Alüminyum Kutu	60x120	3 mm	Polyester Toz Boyalı



Şekil 5.2 Düz ve kırıklı cam kabin kesitleri



Şekil 5.3 Kabin planı



Şekil 5.4 İmalat detayı

Test kabin taban alanı 1.7 m^2 olup yan duvarlar $2 \times 3.31 \text{ m}^2$, arka duvar 2.29 m^2 ve güney cephesi ön duvar cam hariç katı alan 0.7 m^2 olup kabin alanının 1.57 m^2 'si cam düzleminden oluşmaktadır.

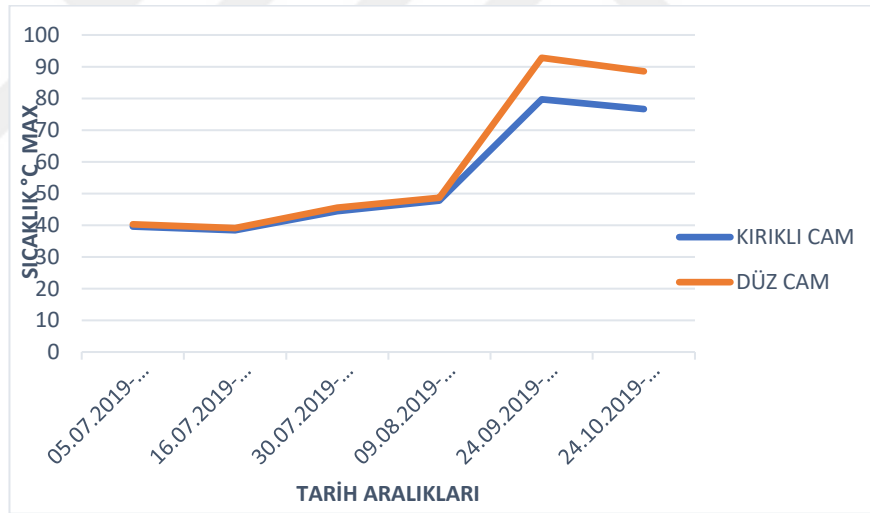
Kabin elemanlarının ısı iletim düzeyinin belirlenebilmesi için ısı direnç (R) değerleri hesaplanarak çizelge 5.2'de verilmiştir. Termal olarak yalıtım direnci yüksek tasarlanmıştır. ($R=21.3$)

Çizelge 5.2. Kabin elemanlarının R değerleri

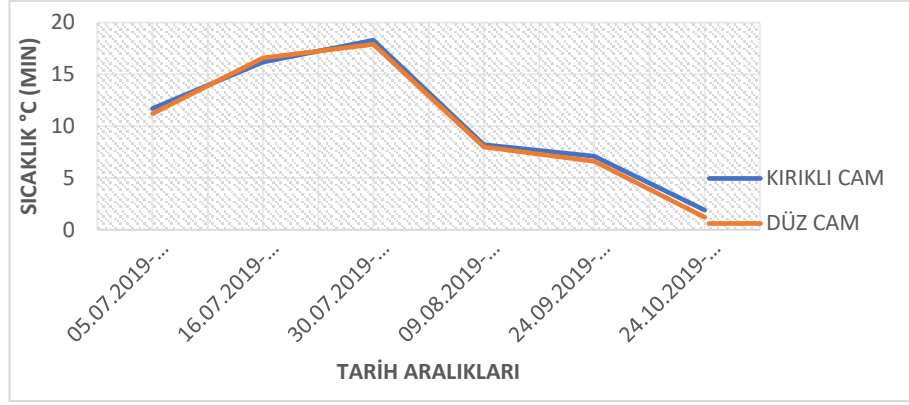
Malzeme	Termal direnç (R) ($\text{m}^2\text{K/w}$)
Taş Yünü (5 cm)	1.25
Taş Yünü (10 cm)	2.5
Galvaniz Sac	0.000009
Alüminyum Kompozit Panel	0.003
Toplam	3.75

Her iki kabin cam yüzeyleri güney aksına konumlandırılmıştır. Kabinlerin içindeki sıcaklık ve nisbi nem değerleri 15 dk. aralıklarla 24 saat/gün olarak dijital termometrelerle ölçülmüş ve çıktı değerleri bilgisayar ortamında alınmıştır. Test çalışmaları 2019 yılı Temmuz-Aralık ayları arasında yürütülmüştür. Kabinler test süresi boyunca kapalı tutulmuş, havalandırma yapılmamış, kabin içerisindeki termometrelerin okumalarının alınması için kabin kuzey cephesinde 50x50 cm'lik pencerelerden ulaşım sağlanmıştır.

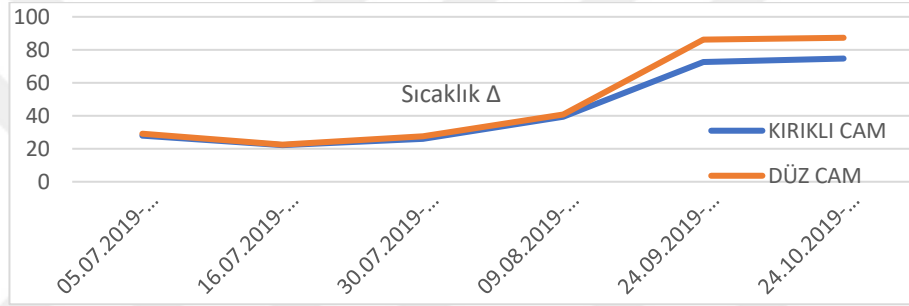
Testlerden alınan okumalar her iki kabin için sıcaklık ve nisbi nem değerleri karşılaştırılması için grafikler hazırlanmıştır (Şekil 5.5-5.10). Kabinlerin test yapıldığı aylardaki maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ve sıcaklıkların değişim aralıkları da karşılaştırılmıştır. Aynı çalışmalar havalandırma yapılmayan kabinlerdeki nem değerleri için de yapılarak, maksimum ve minimum nem değerleri ve nem değişim aralıkları karşılaştırılmıştır.



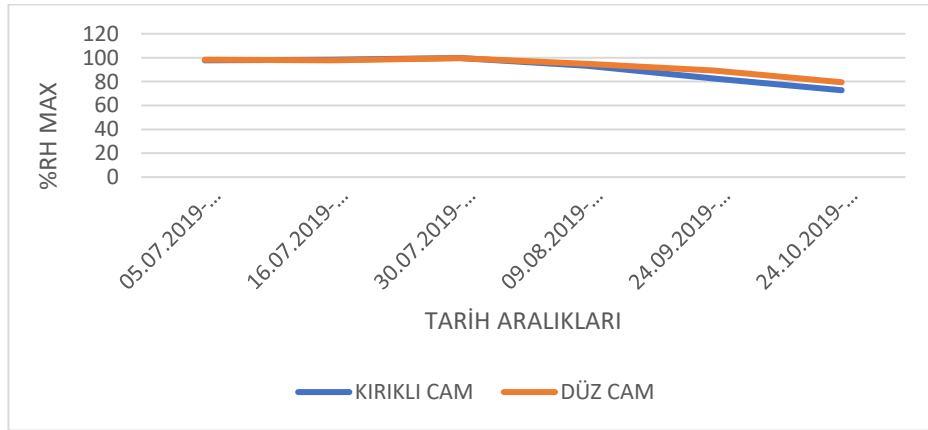
Şekil 5.5 Kabinlerde ölçülen maksimum sıcaklık değerleri



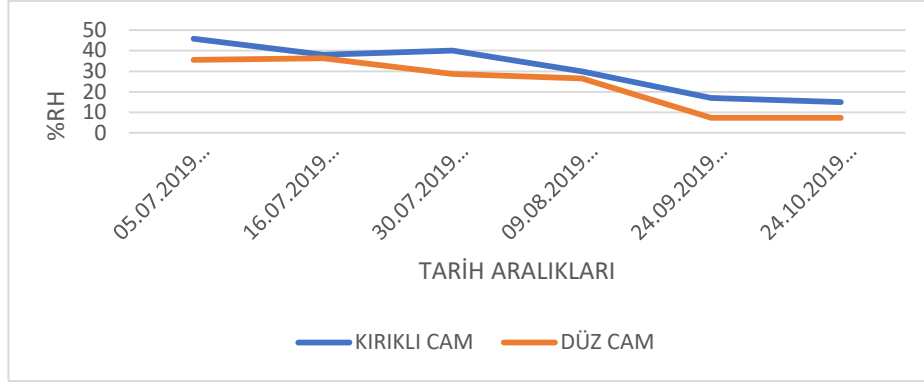
Şekil 5.6 Kabinlerde ölçülen minimum sıcaklık değerleri



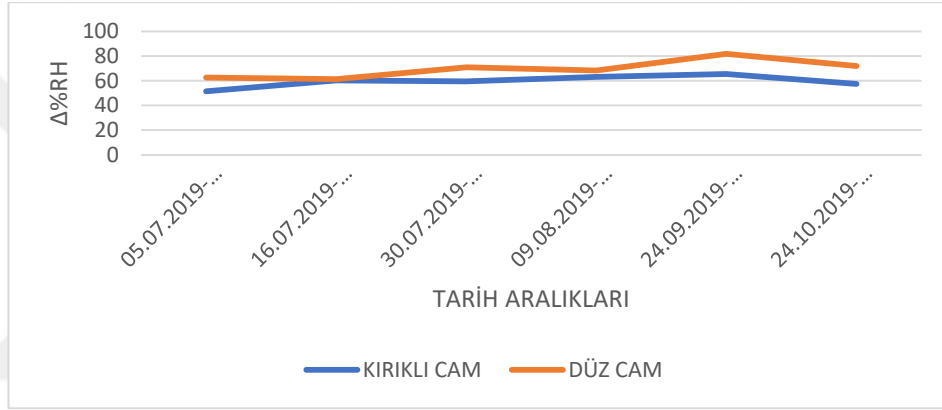
Şekil 5.7 Maksimum ve minimum sıcaklık farkı değişimi



Şekil 5.8 Kabinlerde ölçülen maksimum nisbi nem değerleri



Şekil 5.9 Kabinlerde ölçülen minimum nisbi nem değerleri



Şekil 5.10 Maksimum ve minimum nisbi nem farkı değişimi

Test sonuçlarından elde edilen bulgular ısı transferinde; iletim, taşınım (konveksiyon), termal radyasyon ve güneş radyasyonu göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Maksimum sıcaklık değerleri incelenirken test tarihlerinde test ölçümleri süresince güneş yükseklik açıları 21 Haziran 73.5°, 22 Eylül 39.5° ve 21 Aralık tarihinde 26.7° olarak değerlendirilmektedir. Şekil 5.5 incelendiğinde 24 Eylül tarihine kadar maksimum sıcaklık değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. Ancak düşey düzlemde olan cam Eylül ayı itibariyle, güneşin yeryüzüne 39.5° açı ile daha yatık konumda gelmesiyle düz cam öğle saatlerinde daha fazla dik güneş radyasyonu alarak iç sıcaklığı arttırmaktadır. Sabah saatlerinde güneş radyasyonu daha yatık olmasına rağmen güneş plan düzlemindeki

konumu doğu ve güney akslarında bulunmakta, dolayısıyla kırıklı cam bulunan kabin sıcaklıkları daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.

Temmuz ve Ağustos aylarında güneş yeryüzüyle yaklaşık 70° açı yapmakta, dolayısıyla kabin sıcaklık değerlerine daha az etki yaratmaktadır. Ancak yaz aylarında dağınık ve yansıyan güneş radyasyonundan düz cam bir miktar etkilenmektedir.

Sonuç olarak ısı kazanımı, güneş radyasyonu olmadığı ortamda iletim ve taşınım (konveksiyon) ısı transferi göz önüne alınması durumunda kırıklı cam yüzey alanı düz cama göre daha fazla olmasına rağmen ısı kazanımı iki kabinde de benzer sonuç vermektedir.

Kabin test denemelerinde minimum sıcaklık ölçümleri geceleri alınmış olup, güneş radyasyonu yoktur. Ölçümlenen sıcaklıklar ısı iletimi ve taşınımı (konveksiyon) kaynaklıdır. Alınan ölçümler her iki cam tipi için çok yaklaşık değerler olmasına rağmen kırıklı camda ısı kaybının az bir miktar düşük olduğu ölçülmektedir (Şekil 5.6).

Her iki test kabini iç sıcaklık ölçümleri eşit çıkması, Δt değerinin eşit olduğunu göstermekte olmasına karşın kırıklı cam kabinindeki cam yüzey alanı düz cam alanına göre %38 oranında daha fazladır.

Toplam ısı geçirgenliğinde ısı iletimi ve taşınım (konveksiyon) beraber göz önüne alındığında, kırıklı cam test kabininde toplam ısı geçirgenlik katsayısı U değeri cam geometrisinden kaynaklı, cam düzlemi iç ve dış yüzeylerdeki hava tabakası ısı geçirgenlik katsayısı değerlerinden kuvvetli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle kırıklı cam için U katsayısı daha iyi bir değere ulaşmaktadır.

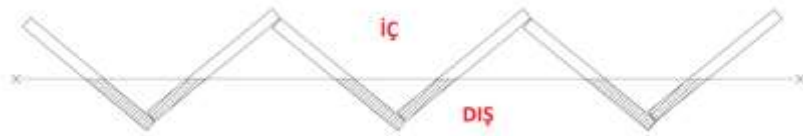
Her iki test kabininde havalandırma yapılmayan ortamda ve duvar termal yalıtımlarından nem difüzyonunu engellemek amacıyla çift sıra galvaniz sac kullanılmış kabinlerde maksimum ve minimum nisbi nem değerleri ölçülmüştür. Her iki test kabininde maksimum nisbi nem değerleri yakın sonuçlar vermektedir. Minimum nisbi nem

değerleri kırıklı cam için genelde tüm aylar için yüksek bulunmuş olup, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında belirginleşmektedir.

Düz cam kabininde özellikle sabah saatlerinde nem değerleri yüksek çıkmakta, bu duruma karşın öğlen saatlerinde yatık konumdaki güneş radyasyonunun etkisiyle özellikle Ekim, Kasım aylarında düşük çıkmaktadır. Gece saatlerinde alınan ölçümler her iki test kabininde örtüşmektedir.

Kırıklı cam kabininde maksimum ve minimum nem farklarının daha stabil olduğu %50-%65 değerleri arasında değiştiği ölçülmüştür. Düz cam kabininde nem farkları %60-%80 değerleri arasında değişmektedir.

Testlerin yapıldığı süre içerisinde, iklim koşullarına bağlı olarak cam yüzeylerinde yoğunlaşma meydana geldiği görülmüştür. Düz cam kabininde oluşan yoğunlaşma düzlemde uniform olarak dağıtılmakta ve bütün cam yüzeyini aynı oranda etkileyerek sera saydam yüzeyi ışık geçirgenliğini olumsuz etkilemekte, dolayısıyla kabin içi foton kazanımını azaltmaktadır. Kırıklı cam kabininde genel olarak yoğunlaşma oluşumu, plan düzleminde dış doğrultudaki üçgenlerin yüzey alanlarında oluşmakta, iç üçgenlerde saydam yüzey daha az etkilenmektedir. Kabin içi foton kazanımı azalmakla birlikte, göreceli oranda devam etmektedir (Şekil 5.11-5.12).



Şekil 5.11 Kırıklı cam yaklaşık yoğunlaşma aksı



Şekil 5.12 Test kabini düz ve kırıklı cam yoğunlaşma oluşumu

Test bulgularının sera tasarımıda değerlendirilmesinde, sera içi ışık kazanımı ve sera yapısı termal özellikleri önemli olmaktadır.

Seralarda ışık kazanımı, bitkiler tarafından 400 nm-700 nm dalga boyunda fotosentez prosesinde kullanılmaktadır. Fotosentez bir kuantum prosesi olup birim alana düşen foton enerjilerinden ziyade foton sayısı önem taşımakta, bitki biyologları söz konusu dalga boyunda birim alana düşen birim süredeki foton sayısını kullanmakta; dolayısıyla sera yatırım potansiyelini belirleyen en önemli faktör olmaktadır.

Seralarda saydam yüzey olarak kullanılan mevcut düz cam, polikarbon, PE alternatif malzemeleriyle karşılaştırıldığında, teorik ve deneysel çalışmalar kırıklı cam kullanımının, sera yapısında katma değer oluşturabileceğini göstermektedir.

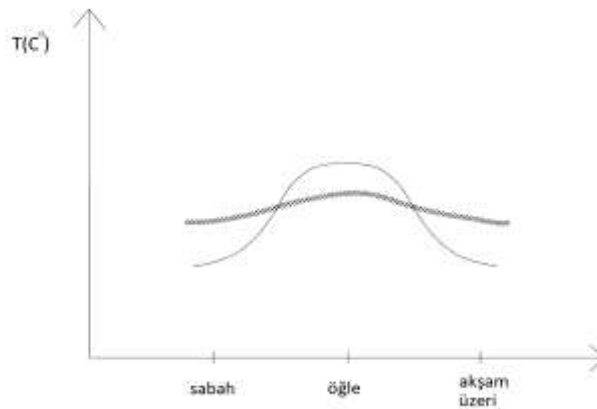
Pasif sera termal özellikleri iki ayrı başlık altında; güneş radyasyon enerji kazanımı ve yapı ısı direnci olarak incelenmesi ön koşulunda, güneş radyasyon enerji kazanımında, gün boyu süreklilik ve uniform kazanımı nedeniyle kırıklı cam kullanımının, alternatif malzemelere göre avantaj sağladığını yapılan test çalışmaları göstermektedir.

Kabin test denemelerinde sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri yapılmış ve elde edilen değerler grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir. Ayrıntılı grafikler EK-1’de verilmiştir.

Sera yapısı saydam yüzey ısı direnci veya ısı transfer katsayısı belirlenmesinde geometrik şeklin deneysel olarak incelenmesi amacıyla kabin testi sonuçları referans oluşturmaktadır. Saydam yüzey geometrisinden dolayı toplam ısı transferlerinde katı yüzey ısı iletimi, iç ve dış ortam ısı taşınımı (konveksiyon) ve termal radyasyon göz önünde tutulmalıdır.

Gece saatlerinde alınan (güneş radyasyonu yok) iç sıcaklık ölçümleri her iki test kabini için aynı değerleri vermektedir. Kırıklı cam kullanımında dezavantaj olarak gözüken yüzey alanındaki artış, daha düşük alana sahip olan düz cam kabiniyle yaklaşık aynı ısı transferini (ısı kaybı) yapmaktadır.

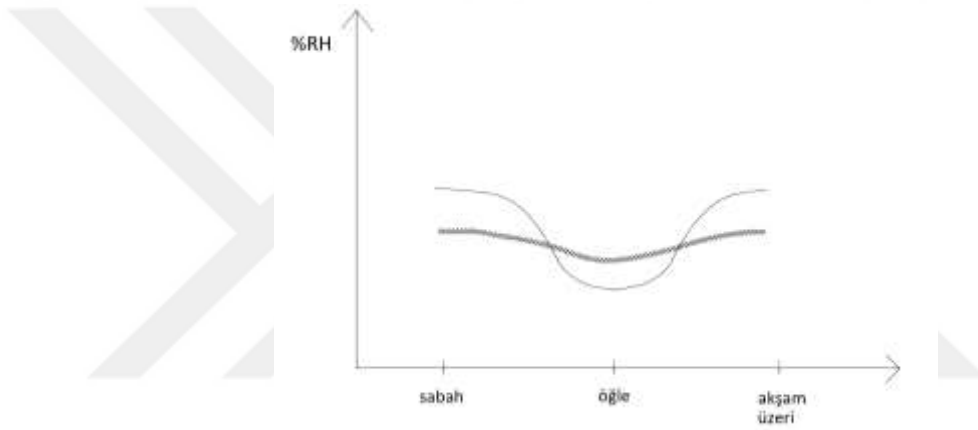
Teorik olarak beklendiği üzere genel olarak sabah saatlerinde iç ortam sıcaklık okumaları kırıklı cam kabininde yüksek, düz cam kabininde düşük ölçülmüştür. Ancak öğle saatlerinde kırıklı cam sıcaklık değerleri düşük, düz cam kabininde yüksek ölçülmüştür. Bu bulgu özellikle yaz mevsimlerinde cam seraların güneş radyasyonundan korunması için örtülen gölgeleme örtülerinin kullanılmaması açısından fayda sağlayabilir. Ölçümler direkt, yaygın ve yansıyan güneş radyasyonu göz önüne alındığında şekil 5.13’te verilen grafikte örtüşmektedir.



Şekil 5.13 Düz cam ve kırıklı cam gün boyu sıcaklık değişimleri

Gün uzunluğu boyunca kırıklı cam test kabini ısı değişimi, düz cama oranla daha stabil olmaktadır. Alınan ölçümler verilen kuramsal temellerle örtüşmekte, güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC) yüzey açısıyla değişmektedir (Anonim 2017).

Nisbi nem değerleri incelendiğinde, düz cam kabininde sabah saatlerinde yüksek sonuçlar vermekte ve öğlen saatlerinde belirgin olarak düşmektedir. Kırıklı saydam yüzey nem değerleri sabah saatlerinde göreceli olarak düşük, öğlen saatlerinde göreceli olarak yüksek sonuçlar vermektedir. Gün uzunluğu boyunca kırıklı cam saydam yüzey nem değişimi, düz cama oranla daha stabil olmaktadır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Düz cam ve kırıklı cam gün boyu nem değişimleri

Model tasarım çalışmaları için kabin test sonuçlarından önemli bulgular elde edilmiştir. Tasarım çalışmalarında aşağıda verilen konular yol gösterici olacaktır.

- Güney cephe düşey düzlemin cam kaplanması özellikle kış mevsimi güneş ısı ve ışık kazanımı açısından önemli görülmektedir.
- Yaz mevsiminde öğlen 12'de çatı yüzeyinden çok fazla ısı kazanımı olmamasına rağmen ışık kazanımının fazla olması bitkisel üretimde dikkate alınmalıdır.
- Işık kazanımı (foton) açısından yapı elemanlarının mümkün olduğunca az yoğunlukta kullanımı gölgelemenin azaltılması açısından önemlidir.
-

5.1.2 Sera tasarımı

Seralar, güneş radyasyonundan faydalanır ancak iklim koşullarına bağlı olarak ısıtma veya soğutma amaçlı ilave enerjiye ihtiyaç duyarlar. Mevcut enerji kaynakları, fosil yakıt, elektrik enerjisi vb. ilk yatırım ve işletme maliyetlerini arttırmakla beraber, küresel ısınmaya neden olan zararlı gazların yayılımına neden olmaktadır.

Geleneksel seralarda kullanılan tüm yapı elemanlarının malzemelerinin maden yataklarından çıkarımı, üretimi ve nakliyesi aşamasında da yeşil tasarımdan uzaklaşmakta ve yerküreye sera etkisi yapan zararlı gazların yayılımına neden olmaktadır.

Pasif seralar, güneş radyasyonu ile ısıtılmakta ve doğal havalandırma yapılarak sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanmakta ilave enerjiye ihtiyaç duyulmaması üzerine tasarlanmaktadır.

Kuramsal temellere göre; pasif sera temel tasarım kriterleri daha önceden belirlenmişken, coğrafi ve iklimsel şartlar göz önünde tutulduğunda bütün tasarım kriterleri birbiriyle çakışmakta, optimum kazanç sağlayan model tasarımına varılması, bütünü oluşturan yapı bölümlerinin çok yönlü analiz edilmesiyle mümkün olabilmektedir.

Pasif sera tasarımı konusunda dünyada çok fazla araştırma yapılmakta olup, sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla, minimum karbon ayak iziyle ve bütün mevsim koşullarında kullanılabilir pasif sera araştırmaları önem taşımaktadır.

Bu araştırmada bir bütün olarak pasif sera ile farklı model tasarım karşılaştırmaları yerine, pasif seranın bütünü oluşturan yapı bölümleri için modeller alternatif olarak tasarlanmış ve kendi bölümlerinde yapı fiziği, yapı mekaniği ve yapı malzemeleri karbon ayak izi kriterlerine göre karşılaştırılarak değerlendirilmiş, en fazla verimi sağlayan, optimum pasif seranın bütününe varılması hedeflenmiştir.

Model tasarımında maksimum güneş radyasyon kazanımı, minimum karbon ayak izi, ekonomik- modüler- montaj kolaylığı, İç Anadolu iklim koşullarına uygunluk, pasif sistemde maksimum ısı ve nem kontrolünün sağlanması ilkeleri dikkate alınmıştır.

Pasif seralar genellikle kırsal yörelerde yapılmaktadır. Tasarıma başlarken yapının şantiye organizasyonu, nakliye, gerekli kazı makinaları, vinç, kalıp montaj süresi, işçilik giderleri vb. gibi faktörlerin yanı sıra, ekonomi, tasarımın modüler olması ve zararlı gaz salınımı göz önüne alınarak Dairesel, Küresel, Yarı gömülü, İki kademeli ve Tam gömülü olası pasif sera model tasarımları çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. EU kriterlerine göre, yapı temel kazıları, kazı makinesi çalıştırılması, kazı malzeme nakliyesi kısıtlanmakta olup aynı zamanda yapı maliyeti, doğal havalandırma ve tarım ekipmanlarının kullanımı göz önünde tutulmuştur.

Model tasarım çalışmalarında bütün serayı oluşturan yapı bölümlerinin mümkün olduğunca fabrika ortamında imal edilmesi, şantiye sahasında ağır montaj ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaması, modüler olması, montaj süresinin kısa olması ve montaj süresinde ağır kazı ekipmanları ve sürekli elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaması öngörülmüştür.

Pasif sera model tasarım kriterleri için kuramsal temeller

- Yer seçimi
- Sera oryantasyonu
- Sera tasarım şekli, boyutları ve kullanımı
- Isı gereksinimleri, termal yalıtım, termal kütle
- Saydam yüzey özellik, alan, yönü, güneş radyasyonu kalite ve süresi
- Doğal havalandırma-gölgeleme
- Yapı fiziği ve mekaniğine uygun malzeme ve mümkünse geri dönüşüm veya yeniden kullanılabilen malzeme seçimi olarak ifade edilmektedir.

Yer seçimi tasarım kriteri bütün model pasif sera tasarımları için geçerlidir. Diğer tasarım kriterleri bütün olarak değerlendirilmelidir. Kriterlerden birinin gerekli şartı sağlamaması

bir bütün olarak model pasif sera tasarımını başarısızlığa götürmektedir. Örneğin model tasarım şekli ve ebatları doğal havalandırma kriterlerinden ayrı düşünülemez. Yapı fiziğine ve mekaniğine uygun malzeme seçimi, yapı ısı gereksinimleri, termal yalıtım, termal kütleden ayrı düşünülmediği gibi saydam yüzey özellik ve alanı da güneş radyasyon kalite ve süresinden ayrı planlanması başarılı model tasarımını sağlayamayacaktır.

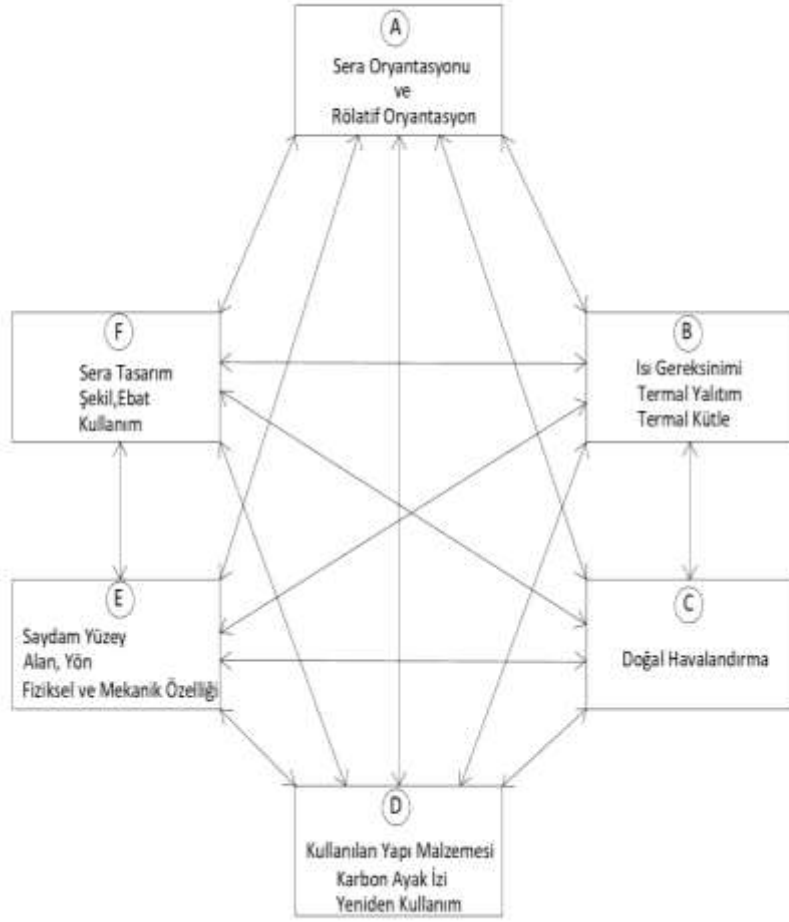
Araştırma kapsamında pasif sera tasarımından yola çıkılarak bütünü sağlayan yapı bölümleri için model tasarımlar yapılmış ve model sera bölümleri yapı fiziği, mekaniği ve yapı malzemesi kriterlerine göre karşılaştırılarak optimum bütünü sağlayan çözüme varılması amaçlanmıştır.

Model pasif sera yapı bölümleri

1. Güney cephe saydam yüzey tasarımı
2. Yapı taşıyıcı konstrüksiyonu
3. Kuzey cephe yüksek ısı yalıtımlı katı duvar ve termal kütle
4. Doğal havalandırma stratejisi ve havalandırma kapakları
5. Yapı temelleri ve çevre yalıtımı şeklinde gruplandırılabilir.

Model pasif sera bölümleri için hazırlanan alternatif tasarımlar şekil 5.15’de sunulan model tasarım kriterlerine göre puanlanarak başarılı model tasarıma ulaşılmasına çalışılmıştır. Puanlama sisteminde 1-Zayıf, 2-Orta, 3-İyi ve 4-Çok iyi değerleri kullanılmıştır.

Konsept tasarımın belirlenmesinden sonra yapı fiziği, yapı mekaniği ve yapı malzemeleri açısından ön tasarımın geliştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır.



Şekil 5.15 Pasif sera tasarım kriterleri akış diyagramı

a. Güney cephe saydam yüzey tasarımı ve malzeme seçimi:

Saydam yüzey tasarımı olarak üç farklı alternatif seçilmiştir (Çizelge 5.3, Şekil 5.16).

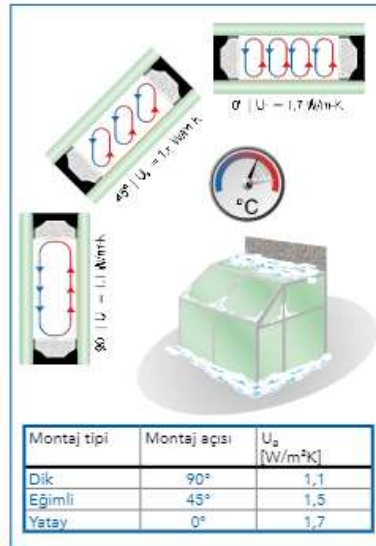
yansıtma, kullanım ömrü, kullanımda bakım ihtiyaçları, zararlı ışıklardan koruma, güvenlik, ekonomi ve karbon ayak izi kriterlerine göre yapılmaktadır.

Sera örtü malzemesinde seçim kriterleri karbon ayak izi, ekonomi, kullanım ömrü ve bakımı, ısı direnci (R) veya ısı geçirgenlik katsayısı (U), ısıtım geçirgenliği olarak dikkate alınmıştır. Sera örtü malzemesi olarak sıklıkla kullanılan malzemelerin özellikleri çizelge 5.4’de verilmiştir.

Ekonomi, karbon ayak izi kullanım ömrü boyunca bakım kriterleri ve çatı yüzeyi kullanımında güvenlik kriterleri ve ısı geçirgenlik katsayısı (U) olumsuz etkilenmesi göz önüne alınarak ısıcam kullanımı değerlendirilmeye alınmamıştır. Isı iletim katsayısının (U) montaj tipine bağlı olarak değişkenliği şekil 5.17’de sunulmaktadır.

Çizelge 5.4 Sera örtü malzemelerinin özellikleri

Saydam malzeme	Işık geçirgenliği %	Isı iletim katsayısı (W/m ² K)
3-4 mm Tek cam	89~94	5.7
4-6 mm Polikarbon	80~85	3.8-3.9
1-1.2 mm Polietilen	85~87	3-3.5



Şekil 5.17 Camın montaj tipinin U_g değerine etkisi (Anonim 2022c)

Çizelge 5.5 Saydam yüzey malzeme değerlendirme tablosu

Kriter No	Tek Cam	Yeniden kullanım (Lamine Cam)	4-6 mm Polikarbon	1-1.2 mm Polietilen	Açıklamalar
A (Ekonomi)	2	4	2	4	Polietilen malzeme ilk yatırım maliyeti göreceli olarak ekonomik bulunmakta, ancak kullanım ömrü kısa ve malzeme oksitlenmesi mevcut
B (Karbon ayak izi)	3	4	2	2	Bütün malzemelerde karbon ayak izi mevcut lamine cam yeniden kullanım
C (Isı geçirgenlik katsayısı)	2	2	4	3	Isı geçirgenlik katsayısı olarak polikarbon öne çıkmaktadır.
D (Güneş ışınım geçirgenliği)	4	4	3	3	Tek cam ve lamine cam avantaj sağlamaktadır.
E (Kullanım ömrü ve bakımı)	4	4	3	1	Kullanım ömrü olarak polikarbon, cam malzemeye göre daha kısadır. Temizliği: içerisinde kirlenme ve buğulanma dezavantajı bulundurmaktadır.
F (Montaj gereksinimi/Maliyet)	3	4	2	2	PC ve tek cam, özel detaylı konstrüksiyon ihtiyacı dezavantajı.
TOPLAM	18	22	16	15	

Lamine cam seçiminde; ekonomi, yeniden kullanım (karbon ayak izi), gölgeleme faktörünü düşürmesi, güneş radyasyonu, giriş süresi ve kalitesi, kullanım ömrü, bakım kolaylığı ve Avrupa normlarına göre güvenlik kriterlerinin sağlanması avantajları önemli görülmektedir (Çizelge 5.5). Lamine cam yeniden kazanımı yapılmamakta, fabrikalarda üretimden artan plakalar direkt atık olmaktadır.

b. Taşıyıcı konstrüksiyon seçimi:

Geleneksel taşıyıcı konstrüksiyon malzemeleri; çelik, ahşap ve alüminyum olarak sınıflandırılabilir. Taşıyıcı yapı projelendirme, yapı zati yük, rüzgâr ve deprem yükleri şartları, yapı imalat toleransları, kullanım ömürleri ve bakım konuları TS EN 13031-1 Seralar ve Tasarımında verilen kriterlerle belirlenmiştir. Bu standarda göre seçilen malzeme yapı mekaniğine uygunluğu, kullanım ömrü ve güvenlik kriterlerini sağlamalıdır.

Çizelge 5.6 Taşıyıcı konstrüksiyon malzeme değerlendirme tablosu

Kriter No	Çelik	Alüminyum	Ahşap	Açıklamalar
A (Ekonomi)	4	3	2	Min. kesit ve max. fayda kriterine göre çelik malzeme öne çıkmaktadır. LME global fiyatlara göre çelik malzeme kullanımı ekonomiktir.
B (Karbon ayak izi)	3	2	4	Karbon ayak izi kriterine göre, ahşap öne çıkmakta ancak bakım, izotrop malzeme olmaması dezavantaj
C (Malzemenin elastisite modülü)	4	3	2	Homojen ve izotrop malzeme olmaları nedeniyle çelik ve alüminyum öne çıkmakta, σ_{max} ve E değerlendirildiğinde çelik malzeme öne çıkmaktadır.
D (Kullanım ömrü ve bakımı)	3	4	2	Kullanım ömrü, bakımı açısından oksitlenmemesi alüminyum malzeme avantajıdır.
E (Max. Güneş kazanımı için min.taşıyıcı elaman kesiti)	4	3	2	A kriteriyle birlikte değerlendirildiğinde çelik kesitinin küçük olması avantajı
TOPLAM	18	15	12	

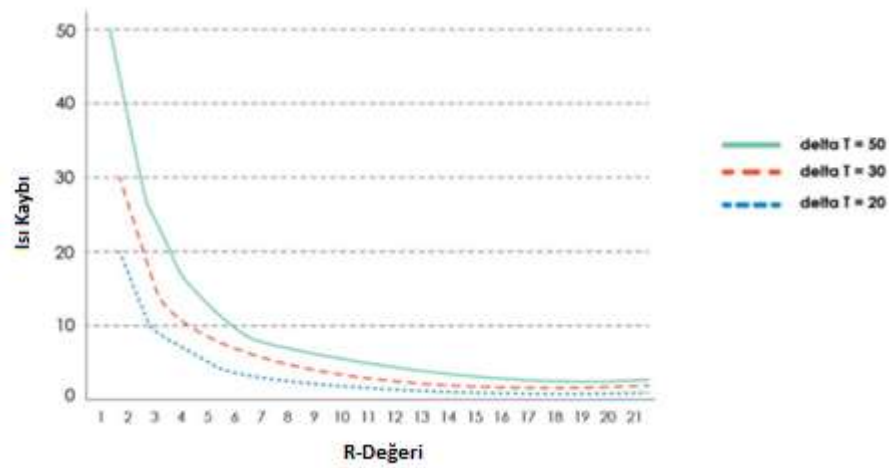
Alternatif tasarım taşıyıcı konstrüksiyonu malzeme seçimi çelik olarak değerlendirilmektedir (Çizelge 5.6). Bu seçimin en olumsuz kriteri, bulunduğu ortamda yüksek bağıl neme karşı oksitlenme önleminin alınmasıdır. Projenin geliştirilmesi aşamasında daldırma galvanizle kaplama veya Class 2 boya seçimi yapılacaktır.

c. Kuzey cephe termal yalıtım ve termal kütle:

Pasif Sera tasarımında ilave aktif enerjiye ihtiyaç duyulmaması açısından saydam yüzey seçimi kadar önemli ikinci konu kuzey cephe ısı yalıtımı ve aynı zamanda termal kütle kullanımını gelmektedir.

Isı yalıtımında R değeri bir malzemenin termal kondüksiyona karşı yalıtımını veya yalıtım direncini belirler. R değerinin yüksek olması ısı yalıtım değerini yükseltir. Isı direnci bütün yapı malzemeleri için kolaylıkla hesaplanabilir. Ancak bu değer ısı kayıplarında kullanılırken diğer faktörlerde göz önünde tutulmalıdır. Şekil 5.18’de sunulan grafik, malzeme ısı dirençleriyle ısı kayıpları arasındaki orantının lineer olmadığını göstermektedir (Shiller ve Plinke 2017).

Yalıtım stratejisi seçilirken, nerede ve ne kadar termal yalıtım direnci ile ekonomi arasındaki ilişkinin optimum seçilmesi önemlidir.



Şekil 5.18 R değeri ve ısı kaybı ilişkisi (Schiller ve Plinke 2017)

İç Anadolu iklim koşullarında kış mevsimi akşam sıcaklığı için sıcaklık farkı arası seçilmesi ön görüldüğünde, yalıtım değerini R-1 de R-3'e yükseltmek ısı kayıplarını %50 oranında azaltırken, R-10'dan ($SI-R=1.76m^2c/w$) R-13'e ($SI-R=2.28m^2c/w$) ısı kaybını ciddi oranda azaltmamaktadır.

Termal kütle olarak, kullanılmış araba lastiklerinin içerisine toprak zemin sıkıştırılarak elde edilen elemanların kullanımı seçilmiştir. Bu seçenek ilk olarak Michael Reynolds tarafından 1970 yılında evlerin yapımında geri kazanım veya doğada doğal olarak oluşan malzemelerin ve atık malzemelerin, örneğin; cam, plastik şişeler, alüminyum kutular, araba lastikleri gibi atık malzemelerin yeniden kullanılması ve doğal yöntemlerle iç sıcaklığın mevsimlere göre kontrol altına alınması, doğal enerji kullanılması öngörüsüyle hazırlanmıştır. (Reynolds 1970)

Kullanılmış araba lastiklerinin içerisine toprak sıkıştırılması ile yüksek termal dirençli yapı malzemesi üretilmektedir. Bu malzeme kış mevsiminde gündüz güneş radyasyonunu absorbe ederek sera içerisine ısı transferi yaparken, yaz mevsimi içerideki sıcaklığın düşmesine fayda sağlamaktadır. Bu özelliğinden dolayı termal kütle olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Geleneksel bir yapım yöntemi olmayıp konstrüksiyonun yapım yöntemleri (Earth ship volüme I-II) referanslarında verilmektedir. (Reynolds 1970)

Ekonomik, karbon ayak izi ve çevre dostu, verimli termal kütle, sağlam, kullanım ömrü uzun, planda istenilen formda yapılabilirliği gibi avantajları bulunmaktadır. Sera kuzey duvarı; termal kütle ve dış kısmına gerekli termal dirence sahip duvarla birlikte kullanılması öngörülmektedir.

d. Doğal havalandırma stratejisi ve havalandırma kapakları:

Seralarda doğal havalandırma, içerdeki havanın dışarı atılarak yerine dışarıdan alınan taze havanın girişinin sağlanmasıdır. Havalandırmanın amacı yaz mevsimlerinde sera içinde oluşan yüksek sıcaklığın ve bağıl nem oranının kontrolü, kış mevsiminde içerdeki bağıl nem ve gaz konsantrasyonunun kabul edilebilir seviyede tutulmasıdır.

Pasif sera tasarımımda temel tasarım kriteri daha önceden belirlenmişken doğal havalandırma gereksinimlerinin projeye beraber çözümlenmesi oldukça zordur. Örneğin geniş aks açıklığı ve hafif yapı konstrüksiyonu doğal havalandırma stratejisini imkânsız duruma getirmektedir (Çizelge 5.7). Proje tasarımına başlanırken doğal havalandırma gereksinimlerinin de pasif sera tasarımıyla birlikte çözülmesi önemlidir.

Çizelge 5.7 Doğal havalandırmaya etki eden tasarım kriterleri

Başarılı tasarım	Problemli tasarım
-Planda dar açıklık	-Planda büyük açıklık
-İki cepheli çözüm	-Tek cepheli çözüm
-Yüksek tavan	-Alçak tavan
-Termal yalıtımlı yapı	-Termal yalıtımsız yapı
-Kontrollü hava akımı	-Yüksek ısı kazanımı

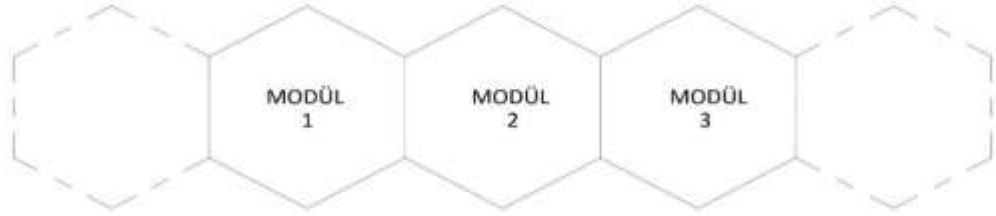
Doğal havalandırma performansına etki eden en önemli kriter, sera yapısının hâkim rüzgâr yönüne göre yerleştirilmesidir. Pasif sera yapısının güneş radyasyonu kazanımı kriteriyle birlikte bu oryantasyon oldukça dikkatli bir çalışmayı gerektirmektedir.

Sera içinde en iyi hava sirkülasyonu için, rüzgâr giriş kapaklarının hâkim yönüne 45° açıyla yerleştirilmesi önerilir (Anonim 1989). Maksimum hava akımı giriş kapağı rüzgâra 90° dik olması durumunda oluşmaktadır.

Doğal havalandırma sistemi açısından sera yapısı şekil tasarımı çok büyük etki yaratmaktadır. Doğal havalandırmada seraların plandaki açıklığa dar olmalıdır. İyi bir doğal havalandırma için maksimum genişlik 7.5m olarak tasarlanmalıdır (Anonim 1989).

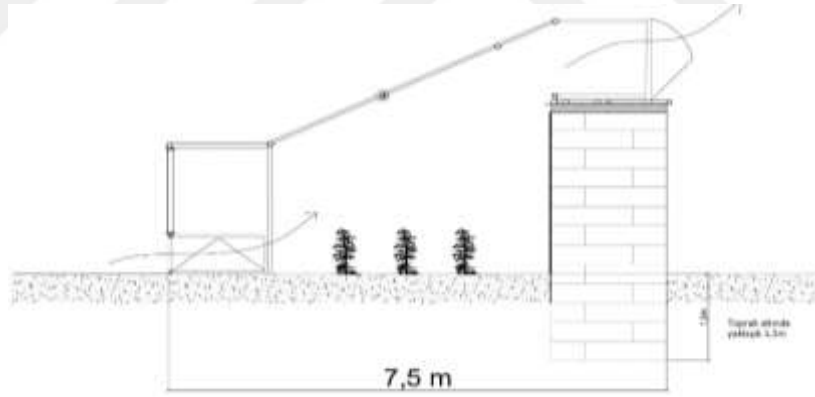
Yapı yüksekliği, şekli ve çatı eğimi çok büyük önem taşımaktadır. En iyi doğal havalandırma performansının elde edilmesi için yapı uzunluk/ genişlik oranının mümkün olduğunca düşük tasarlanması önemlidir.

Stratejik olarak sera yapısının bu faktör göz önünde tutularak modüler olması önemlidir. Düzensiz yapı şekli, basınç ve emme yüklerinin değişken olmasını sağlamakta ve doğal havalandırmayı iyileştirerek arttırmaktadır (Şekil 5.19).



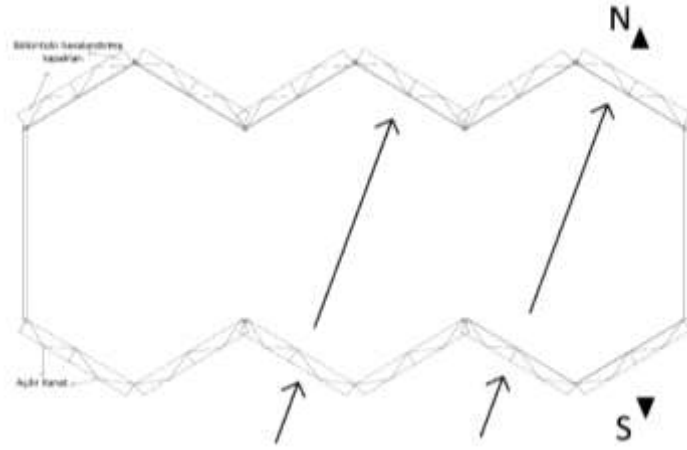
Şekil 5.19 Modüler plan geometrisi

Havalandırma açıklıkları sera kesitinde karşılıklı olarak düzenlenmeli ve içerdeki hava akımlarının doğrultusunu engelleyen elemanlar veya kısa devre oluşmasına engel olunmalıdır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 Giriş ve çıkış havalandırma açıklıkları yerleşimi

Rüzgar esiş yönleri çok değişken olması nedeniyle havalandırma açıklıkları dağıtımı mümkün olan her yönde ve rüzgar esiş yönüne 45° açıyla yerleştirilmesi, sera içi hava akış hızını ve uniform dağılımının sağlanması açısından önemlidir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21 Doğal havalandırma açıklıkları yerleşim planı

Sera içindeki havalandırma miktarı ve hava hızı havalandırma açıklıklarıyla kontrol edilmelidir. Genel kural giriş ve çıkış hava açıklıklarının mümkün olduğunca büyük ebatla tasarlanmasıdır. Pencereilerin açılma miktarının ayarlanabilmesi içindeki bitkilerin fazla hava akımından olumsuz etkilenmemesi açısından önemlidir.

Yatay havalandırma açıklıkları, kare veya düşey pencerelere göre daha verimli olduğundan tercih edilmelidir. Yatay açıklıklar değişken rüzgar esiş yönünü daha fazla yakalayarak içindeki hava akımına verimli katkı sağlamaktadır.

Yapı için en iyi hava akımının sağlanması giriş açıklığına göre çıkış açıklıklarının en az %25 büyük tasarlanması ve giriş açıklık yüksekliğinin maksimum limit değerinin $H=108\text{cm}$ olması tavsiye edilmektedir (Anonim 1989).

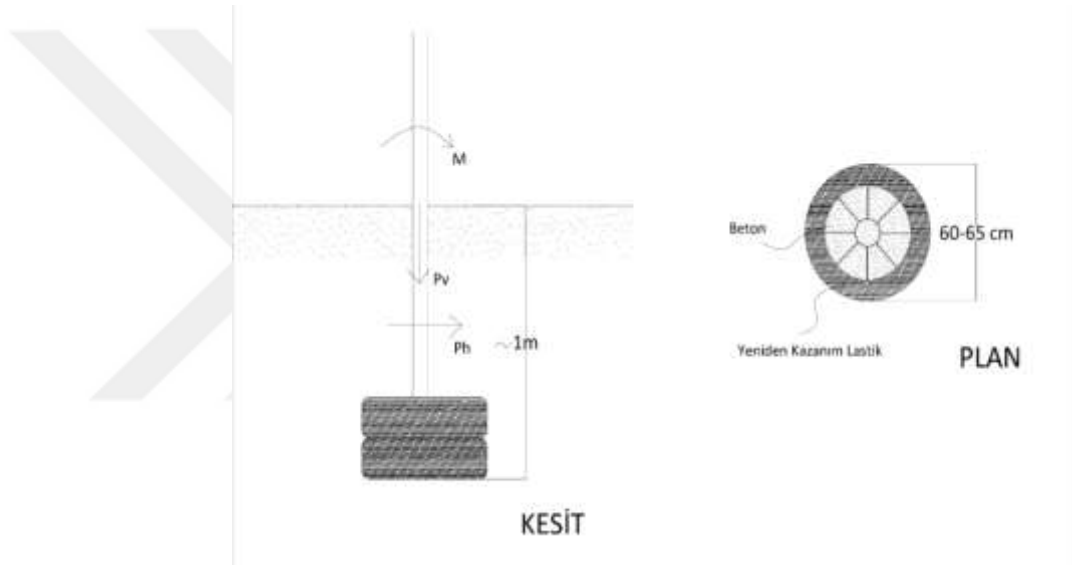
İlk yatırım maliyetleri, işletme enerji maliyetleri ve küresel yeşil tasarım gereksinimleri göz önüne alındığında doğal havalandırma tasarımları daha fazla önem kazanmaktadır.

e. Yapı temelleri ve çevre yalıtımı:

Sera yapılarında genelde sürekli veya tekil temel kullanılmaktadır. Tasarım olarak taşıyıcı kolon altlarında tekil temel öngörülmektedir. Zemin mekaniği açısından önemli kriter,

tekil temellerin birbirlerine göre rölatif deplasman yapmamalarıdır. Aksi takdirde yapı içerisinde boşluklar oluşacak veya rijit saydam yüzey kırılmalarına neden olacaktır.

Yapı temellerinde kullanılmış araba lastikleri, ekonomi, karbon ayak izi ve montaj kolaylığı açısından seçilmektedir. Yapı mekaniği açısından, yanal rüzgar ve deprem yüklerinde dayanım faktörü lastiklerin içerisine de beton kullanımını gerektirmektedir. Tasarım olarak temel betonlarının yerinde dökülmesi için hazır çelik kalıp veya ahşap kalıp gereksinimi olmamaktadır (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 Tekil temel kesit ve plan görünüşü

Pasif seralarda, sera toprağının iklim koşullarında davranışının analizi önemlidir. Sera yapısının enerji verimliliğinde sera toprağının yalıtılması taban zemininin bir pil gibi çalışmasını sağlamaktadır. İyi yalıtılmış sera toprağı termal enerjiyi depolayarak, sera iç sıcaklığını dengede tutmak için yardımcı olmaktadır.

Sera toprağı yalıtımının enerji verimliliği açısından, zeminde oluşan ısı kayıpları ve sera toprağının termal kütle olarak kullanılması iki önemli nedeni vardır.

Normal bir yapıda ısı kayıpları çatı ve yan duvarlarla birlikte alt döşemelerden de oluşmakta olup toplam enerji kayıplarının yaklaşık %15-20'sini oluşturmaktadır. Zeminin yalıtımsız olması, kışın toprağın don etkisinde kalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu konu seralarda daha fazla önem kazanmaktadır. Yalıtımlı sera toprağına bitkilerin kökleri toprak altında ve kendilerinin toprağına yakın bölgede olmalarından dolayı bütün yıl boyu daha ılık termal şartlarda büyümeleri sağlanmış olacaktır. (Anonymous 2015a)

Sera toprağından dış bölge zeminine ısı kaçışının engellenmesi, sera toprağında enerjinin depolanmasını sağlamaktadır. Bu durum sera toprağına da termal kütle olarak kullanılmasını sağlar. Pasif seralarda kullanılan kaya, su gibi termal kütle kullanımına sera toprağı da ilave olmaktadır (Şekil 5.23).

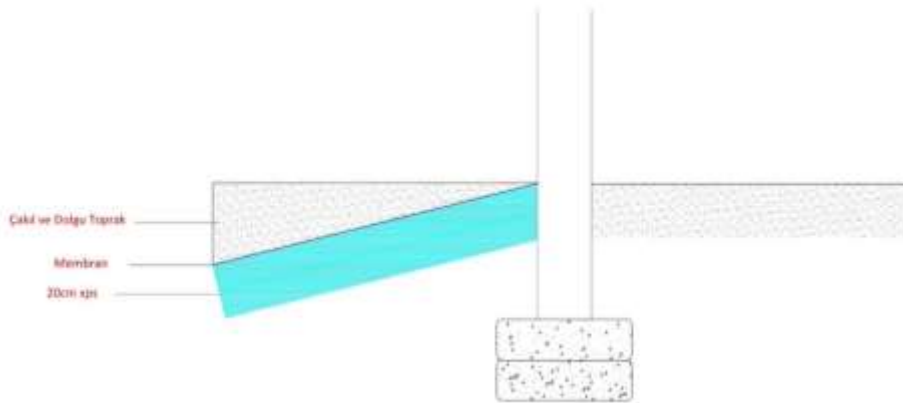


Şekil 5.23 Sera toprağı ısı yalıtımı (Anonymous 2015a)

Sera etrafının zemin yalıtımı için düşey ve yatay olmak üzere iki montaj yöntemi kullanılmaktadır. Sera temel tipine bağlı olarak yalıtım yöntemi belirlenmektedir.

Düşey yalıtım; plan düzleminde tüm güney cephe boyunca $b=25-30$ cm genişliğinde kazılarak düşey yönde yaklaşık 1-1.2 m derinliğinde yalıtım paneli monte edilir. Yalıtım malzemesi gözeneksiz (XPS vb.) iki kat ve yaklaşık $b=10$ cm kalınlığında olması

Şekil 5.24 Düşey yalıtım görünüşü



90

5.2 Pasif Sera Yapı Mekaniği ve Yapı Fiziği Analizleri

5.2.1 Saydam yüzey yapı mekaniği analizleri

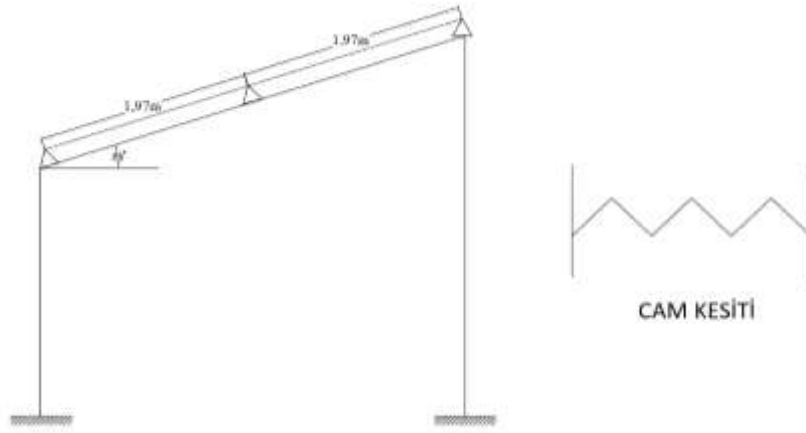
Pasif serada saydam yüzey olarak çatı yüzey camlarında lamine cam kullanılmaktadır. Lamine cam kullanımı sanayi sektöründe bu tür camların geri dönüşümünün yapılamaması, mukavemetinin tek cama oranla yüksek olması ve güvenlik açısından kırılma esnasında yere düşmeyip kendini asılı tutması özellikleri nedeniyle avantaj sağlamaktadır.

Proje kapsamında çatı düzleminde kullanılan lamine camlar aynı zamanda çatı yüklerini taşıyan yapı elemanları olarak tasarlanmaktadır. Dolayısıyla cam kendi ağırlığı ve üzerine gelen kar ve rüzgâr yüklerini ilave çerçeve profillerine gerek duyulmadan taşıyabilmektedir.

Camın yük taşıyıcı yapı unsuru olarak yapısal mekanik hesaplarında; Seralar-Tasarım ve Yapım-Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları (TS EN 13031-1), Kar Yükleri (Eurocode 1) (TS EN 1991-1-3) Rüzgar Etkileri (Eurocode 1) (TS EN 1991-1-4) ve Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS 498) şartnameleri dikkate alınmış, ayrıca proje yapısal cam kaplama hesap analizleri için Cam Panellerin Yük Taşıma Kapasitesinin Hesaplanması (PR EN 16612) EU hazırlık şartnamesinden yararlanılmıştır.

Proje çatı camları birbirlerine 90° açıyla birleştirilmiş, iç ve dış derz bölgelerinin birleşimlerinde yapısal silikon kullanılmıştır.

Bir cam elemanı kalınlığı (5+0.76+5) mm, her cam panelin uzunluğu L=1.97m ve genişliği b=30cm'dir. Sera ana taşıyıcı sistemi üzerine montaj yapılan camın şematik gösterimi şekil 5.26'da sunulmuştur.



Şekil 5.26 Çatı camı şematik gösterimi

Cam çatı hesaplamaları:

Cam kendi ağırlığı:

Cam yoğunluğu: 2500 kg/m^3 için $q_{\text{cam}}=75\text{N/m}$ (Bir modül camın kendi ağırlığı)

Kar yükü:

$$S=\mu_i \times C_e \times C_t \times S_k$$

μ_i =şekil katsayısı (seçilen değer zikzak yapısından dolayı çatıda kar tutulması arttırılmıştır. $w=1.2$)

S_k =Zemin kar değeri (1.25 kN/m^2 -3.Bölge)

C_e =Maruz kalma katsayısı (kırsal bölge olması nedeniyle 1.2 seçilmiştir.)

C_t =Isı katsayısı (Aktif ısıtma olmadığından azaltma yapılmamış 1 olarak seçilmiştir.)

$$q_{\text{snw}}=1.2 \times 1.2 \times 1.25=1.8 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Kar Yükü (TS 498)'e göre hesaplandığında 3.Bölgede, deniz seviyesinden yüksekliği 1500m 'ye kadar $P_k=1.25 \times 1.1=1.375 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Ankara yöresinin yüksek rakımlı olması nedeniyle kuzey bölgeler düşünülerek kar yükü değeri olarak 1.8 kN/m^2 dikkate alınmıştır.

Rüzgar yükü:

Esas Rüzgar hızı

$$V_b = C_{dir} \times C_{season} \times V_{b0}$$

V_{b0} = Esas rüzgar hızı temel değeri

C_{dir} = Doğrultu katsayısı (genel olarak 1 kabul edilir)

C_{season} = Mevsim katsayısı (genel olarak 1 kabul edilir)

Arazi kategorisi II seçilmiştir.

$$Z_n = 0,05m \quad Z > Z_{min}$$

$$V_b = C_{dir} \times C_{season} \times V_{b0} = 29.2 \text{ m/sn}$$

Esas rüzgar hızı kaynaklı basınç;

$$q_b = 1/2 \delta V_b^2 = 532.9 \text{ N/m}^2$$

$$\delta = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Tepe hızı kaynaklı rüzgar basıncı:

$$q_{p(z)} = [1 + Z I_v(z)] \times 1/2 \delta V_{m(z)}^2 = C_e(z) \times q_b$$

$C_e(z)$ değeri yaklaşık z (grafikten) seçilebilir.

$$(\text{Ön hesap grafikten } 2 \times 532.9 = 1.07 \text{ kN/m}^2)$$

Formülde $V_{m(z)}$, bir arazide yer seviyesinden Z_m yükseklikteki ortalama rüzgar hızı $V_{m(z)}$, arazinin engebeli olmasına, topoğrafik özelliklerine ve esas rüzgar hızı V_b değerine bağlıdır.

$$V_{m(z)} = C_{r(z)} \times C_{0(z)} \times V_b$$

Formülde; $C_{r(z)}$ = engebелilik katsayısı

$$C_{0(z)} = \text{topoğrafi katsayısı (1 seçilir)}$$

Arazi engebелiliği $C_{r(z)} = k_r \cdot \ln$

$$\text{Formülde; } k_r = 0,19^{0,07}$$

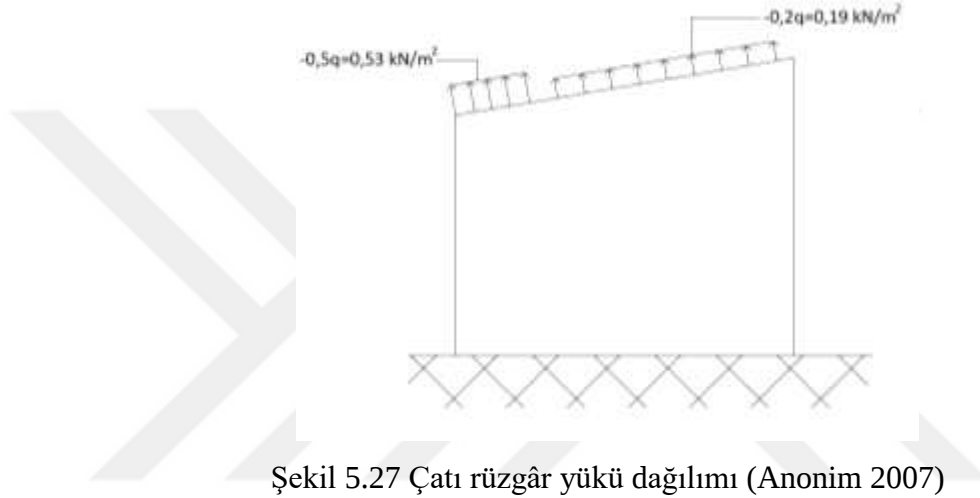
$$k_r=0,19^{0,07}=0,19$$

$$C_{r(z)}=0,19 \times \ln=0,909$$

$$V_{m(z)}=0,909 \times 29,2=26,54 \text{ m/sn}$$

Türbülans şiddeti $I_{v(z)}=0,209$ için $q_{p(z)}=992 \text{ N/m}^2$ (Grafikten kontrol $1,07 \text{ kN/m}^2$)

TS EN 1991-1-4'e göre hesaplanan çatı rüzgâr yüklerinin dağılımı şekil 5.27'de verilmiştir.



Şekil 5.27 Çatı rüzgâr yükü dağılımı (Anonim 2007)

Rüzgâr yükü (TS 498) standardına göre ayrıca hesaplanarak alternatif kontrol yapılmıştır. TS 498 standardında yüksekliğe bağlı olarak rüzgâr hızı ve emme değerleri çizelge 5.8'de verilmektedir.

Çizelge 5.8 Yüksekliğe bağlı rüzgâr hızı ve emme değerleri (Anonim 1987)

Zeminden Yükseklik m	Rüzgâr Hızı v m/s	Emme q (kN/m ²)
0 - 8	28	0,5
9 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

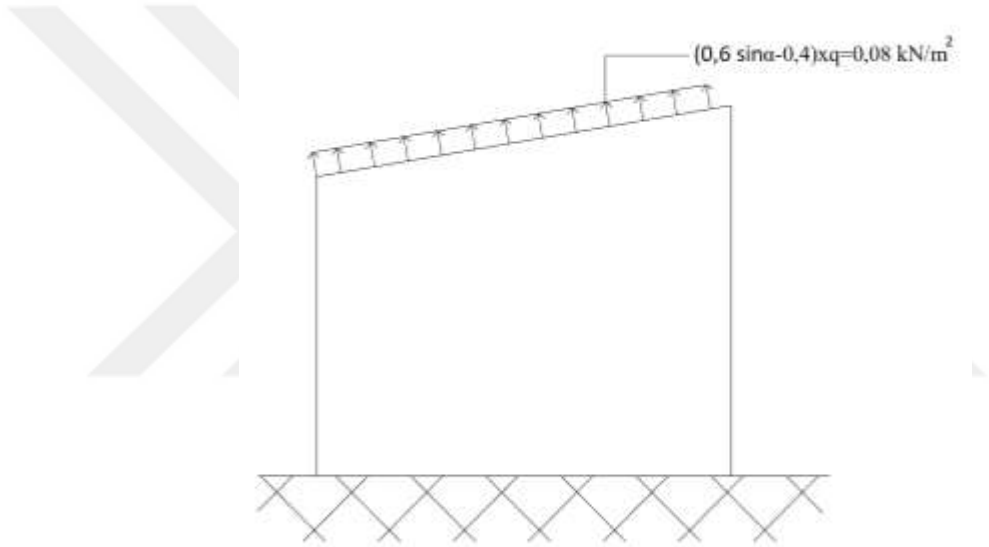
Çizelge 5.8’de verilen q değerleri münferit yapı elemanları için (aşık, kaplama elemanı, pencere vb) $\frac{1}{4}$ oranında arttırılmaktadır.

Proje kapsamında

$$0-8m=0.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.25=0.625 \text{ kN/m}^2$$

$q=0.08 \text{ kN/m}^2$ (Emme) olarak hesaplanmıştır.

TS 498’e göre hesaplanan çatı rüzgâr yüklerinin dağılımı şekil 5.28’de verilmiştir.



Şekil 5.28 Çatı rüzgâr yükü dağılımı (Anonim 1987)

İki şartnameye göre hesaplanan rüzgâr ve kar yükleri çizelge 5.9’da verilmiştir. Rüzgâr yükleri çatı düzleminde emme etkisi yaptığından yük kombinasyonlarında göz önüne alınmamaktadır. TS EN 13031-1 şartnamesi gereği montaj yükleri 0.07 kN/m^2 değerinden düşük alınmamalıdır. Cam ağırlığı, kar ve montaj yükleri dikkate alınarak toplam proje yükleri hesaplanmış ve çatı elemanına etki eden maksimum eğilme momenti $M_{\max} = 915 \text{ Nm}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.9 Rüzgar etki yükleri karşılaştırması

Şartname	Rüzgâr (q) kN/m ²	Kar (q) kN/m ²
TS 498	0.08 (Emme)	1.375
TS EN 1991-1	0.19 (Emme)	1.8

Cam $q_{0min}=75 \text{ N/m} \times 4 \text{ Ad}=300 \text{ N/m}$

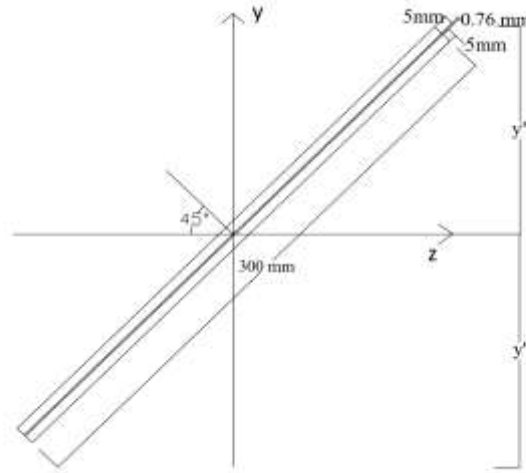
Kar $q_{snw} = 1800 \text{ N/m}^2 \times 0.848 \text{ m} = 1526 \text{ N/m}$

Montaj $q_{inst} = 70 \text{ N/m}^2 \times 0.848 \text{ m} = 59.4 \text{ N/m}$

$$\Sigma W = 1885.4 \text{ N/m}$$

Saydam yüzey mukavemet analizleri:

Bir adet cam düşey doğrultu ile 45° açı yapmaktadır. Toplam kalınlık 10.76 mm ve genişlik 300 mm'dir (Şekil 5.29).



Şekil 5.29 Çatı camı bir modül kesiti

Yükler düşey doğrultuda etki yarattığında iç ve dış cam yüzeyleri arasındaki PVB (polivinil butiral) folyoda kayma gerilmeleri oluşacaktır. Yapılan araştırmalar PVB malzeme kayma direncinin PVB malzeme özellikleri, yükleme süresi ve sıcaklığa bağlı

olduğunu göstermektedir. Pr EN 16612 (Anonymous 2015b) şartnamesine göre, iki cam yüzeyi arasındaki folyo malzemesi üzerinde oluşan kayma gerilmesi miktarının ayarlanması için W katsayısı kullanılarak cam efektif kalınlığı hesaplanmaktadır. W katsayısı (0) değerinde kayma transferi yapmamakta, (1) değeri kullanıldığında kesiti içinde oluşan tüm kayma gerilmesini transfer etmektedir. Ancak hesaplanan efektif cam kalınlığında kiriş sehim ve eğilme gerilmesi ayrı olarak değerlendirilmelidir. W=0.3 seçilmesi durumunda hesaplama ile bulunan efektif cam kalınlık değerleri çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Efektif cam kalınlık değerleri

Cam	Kalınlık (mm)	Sehim kriteri efektif kalınlık (mm)	Eğilme gerilmesi efektif kalınlık (mm)
5+0.76+5 cam	10.76	8.19	9.03

Efektif cam kalınlıklarına göre kesit atalet momentleri kiriş eğilme gerilmesi ve sehim kriterine göre hesaplanmaktadır.

Eğilme Gerilmesi Kriteri $I_z=1017\text{cm}^4$, $W_z=93.13\text{cm}^4$

Kiriş Sehim Kriteri $I_z=922.28\text{cm}^4$

Gerilme Kontrolü:

$$\sigma = 2.45 \text{ N/mm}^2 < 45 \text{ N/mm}^2$$

TS EN 13031-1 Şartnamesinde şeffaf tek cam için eğilme gerilmesi değeri 45 N/mm^2 verilmektedir.

Sehim Kontrolü:

$$\delta=0.57 \text{ mm}$$

TS EN 13011-1 şartnamesinde sınır değeri L/150 olarak verilmektedir. Ancak sistem tasarımı gereği, sera içi su izolasyonu ve infiltrasyon kaynaklı ısı kaybı gereği sehim kriteri büyük önem taşımaktadır.

5.2.2 Saydam yüzey yapı fiziği analizleri

Bu bölümde sera tasarımında güneş ışık kazanımı (foton yoğunluğu) ve güneş ısı kazanımı kriterleri geometrik ve tasarımsal olarak incelenmektedir. Sera içerisindeki üretim için gerekli olan kriterlerin artırılması ve günün saatlerine bağlı olan saydam yüzey kazanımlarının gün boyunca uniformluğu ve sürekliliği incelenmektedir.

Sera yetiştiriciliğinde pironetreler ile yapılan enerji ölçümleri ile birlikte fotosentez kimyasal reaksiyonunu aktive eden foton ölçümleri (PAR) önem taşımaktadır.

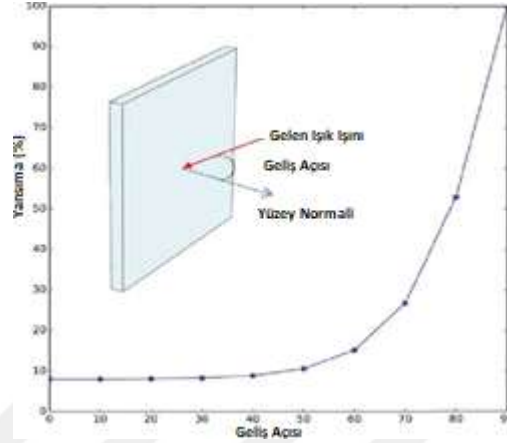
Güneş ışık kazanımı:

Model tasarımda sera cam yüzeyleri çatı düzlemi ve güney cephe düşey düzlem olarak incelenmektedir. Çatı düzleminde yer alan kırıklı camlar saydam yüzeyi oluşturmakta, aynı zamanda taşıyıcı eleman olarak tasarlanmaktadır. Bu düzlem boyunca, cam yüzeyini ve dış yükleri taşıyan kasa ve çerçeve elemanlarına gerek duyulmamaktadır.

Sık bölüntülerle yapılan çerçeve elemanları güneş ışığına gölgeleme etkisi yapmakta, bölüntü sıklığına bağlı olarak gölgeleme faktörünü %30 oranında arttırmaktadır. Aynı zamanda çatı saydam yüzeyinin düzlemsel yapı malzemeleriyle kaplanmasında güneş radyasyonunun yeryüzünden yansıyan miktarı sera içine alınamamaktadır.

Sera güney cephe düşey camları planda 120° açıyla yerleşen yine kırıklı cam cama birleşimleriyle imal edilmiştir. Düşey düzlemdeki camlarda, konvansiyonel düz cam montajında kullanılan kasa elemanlarına ihtiyaç duymamakta ve plan yerleşimi dolayısıyla gün boyunca uniform ışık kazanımı sağlamaktadır.

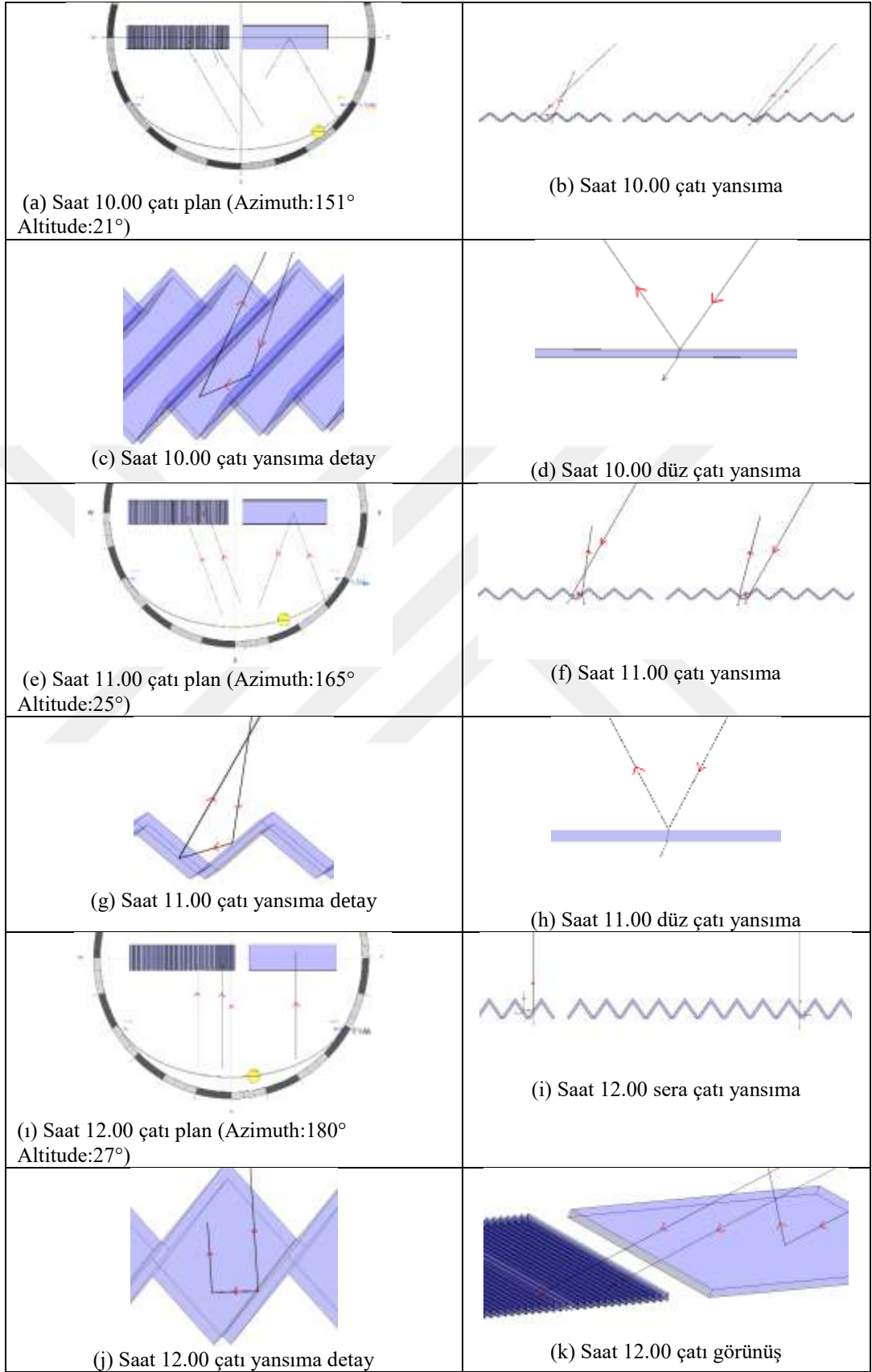
Düz cam panele gelen güneş ışığının düz cam normaliyile yaptığı açıya bağlı olarak yansım oranları şekil 5.30'da verilmektedir. Şekilden cam düzlemi normali ile gelen güneş ışığının geliş doğrultusunun 40°den daha fazla açı yapması durumunda, düz cam tarafından açıya bağlı olarak yansıtılan enerjinin arttığı görülmektedir.



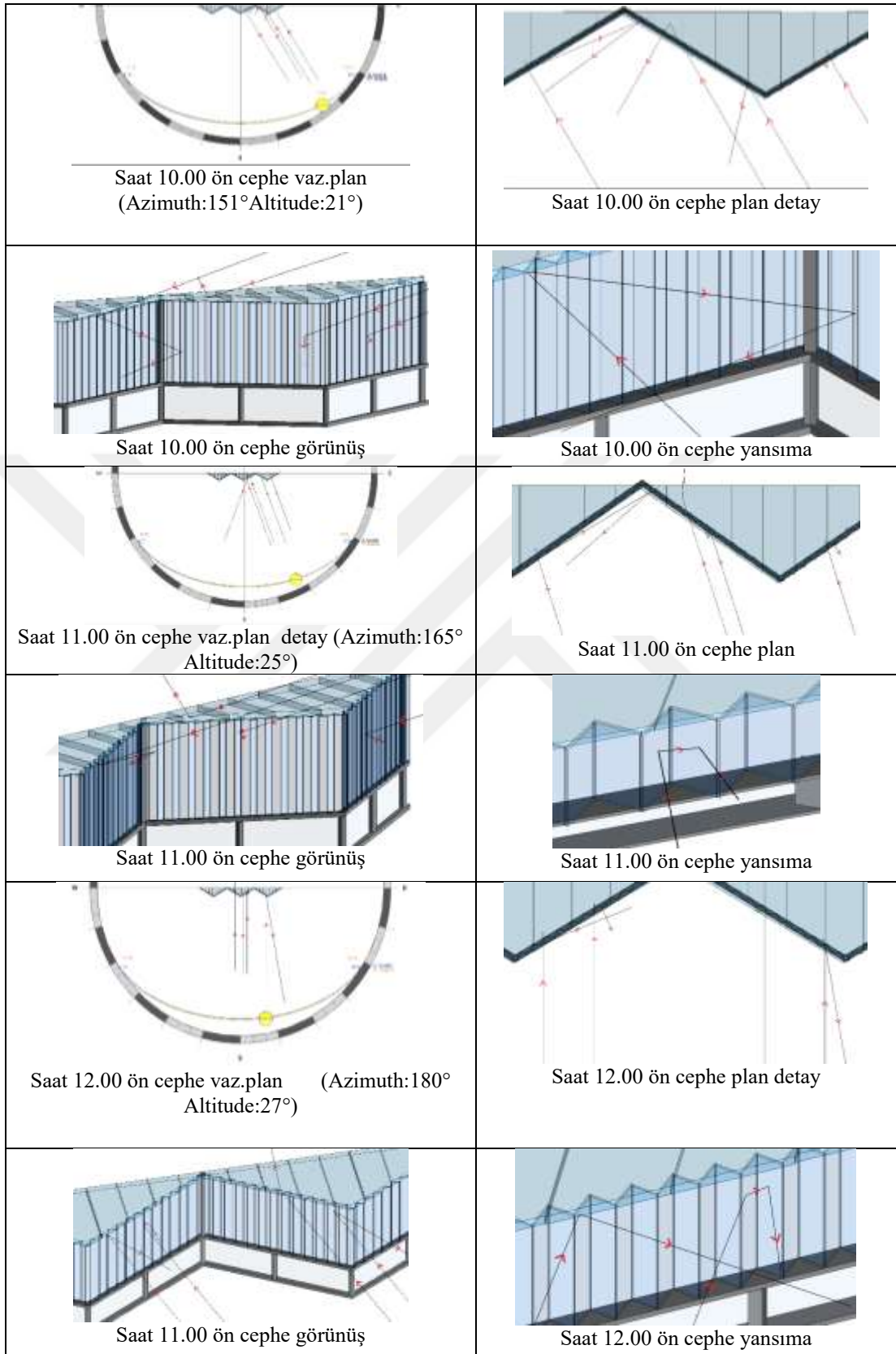
Şekil 5.30 Cam panel geliş açısı ve yansım yüzdeleri (Anonim 2020c)

Güneşin doğuşundan batışına kadar sera etrafındaki hareketleri incelendiğinde, düz cam uygulamalarında özellikle sabah ve akşamüzeri güneş ışık kazanımı sınırlı kalmaktadır. Geliştirilen tasarımın içeri aldığı güneş yoğunluğu incelenirken mevsimlere ve günün saatlerine bağlı güneş konumları ve sera yapısı yerleşim planı yönleri göz önünde tutulmuştur. Çalışmalar üç boyutlu olarak yapılmış ve modelleme için Revit programı kullanılmıştır.

Kış mevsiminde çatı yüzeylerine ve güney cepheye gelen güneş ışınlarının günün saatlerine, güneşin plan düzlemindeki konum ve yükseklik açısına bağlı olarak değişimi şekil 5.31 ve şekil 5.32'de verilmektedir.

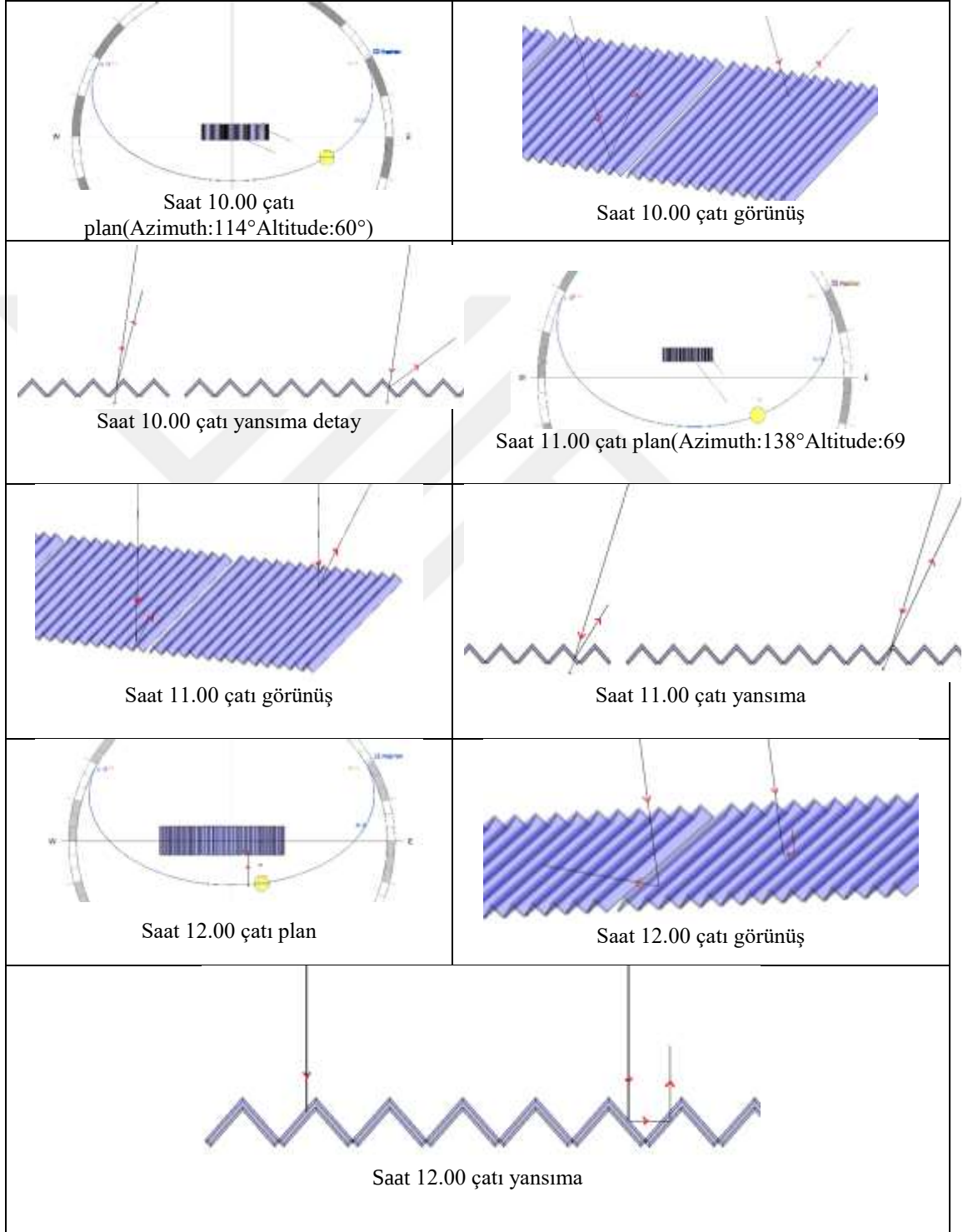


Şekil 5.31 Kış mevsiminde çatı düzlemine gelen güneş ışınlarının saatlik değişimi



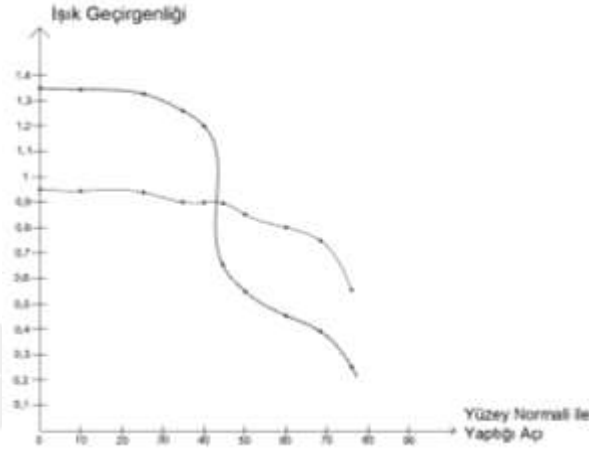
Şekil 5.32 Kış mevsiminde düşey düzleme gelen güneş ışınlarının saatlik değişimi ç

Yaz mevsiminde çatı yüzeylerine gelen güneş ışınlarının günün saatlerine, güneşin plan düzlemindeki konum ve yükseklik açısına bağlı olarak değişimi şekil 5.33’de verilmektedir.

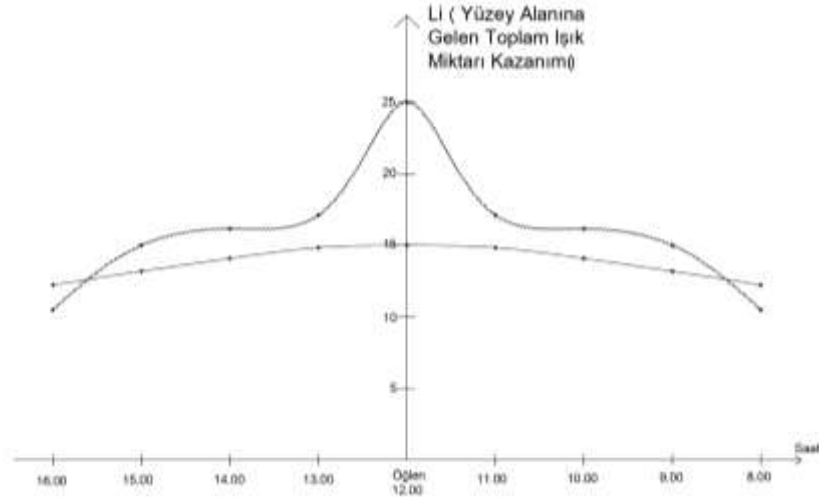


Şekil 5.33 Yaz mevsiminde çatı düzlemine gelen güneş ışınlarının saatlik değişimi

Kırıklı cam tasarımında, güneşin doğuşundan batışına kadar gün boyunca daha uniform güneş ışığından faydalanılmaktadır. Çatı düzlemi ve güney cephe düşey düzlem normalinden geçen doğu-batı eksenindeki yörünge güneş hareketlerine göre düz ve kırıklı camın güneş ışık kazanımları sırasıyla şekil 5.34 ve şekil 5.35’de verilmiştir. Grafikler kış güneşi azimut açıları için hazırlanmış olup, güneş yükseklik açılarını kapsamamaktadır.

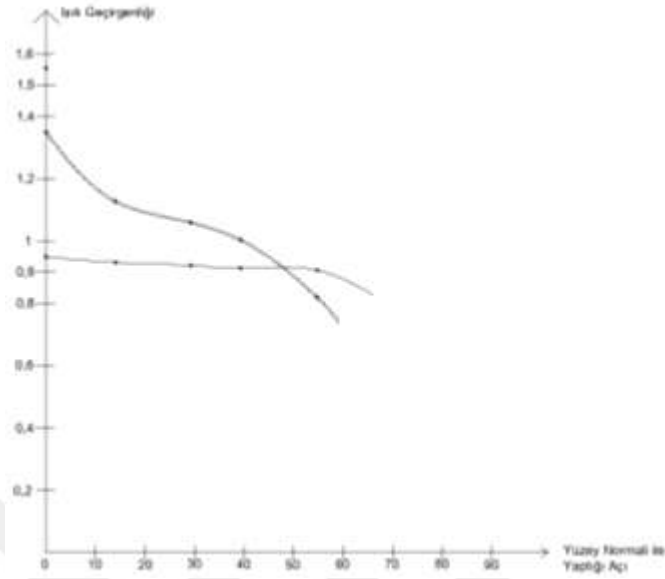


Şekil 5.34 Çatı düzlemi düz ve kırıklı cam güneş ışık kazanımları



Şekil 5.35 Güney cephe düşey düzlem düz ve kırıklı cam ışık kazanımları

Düşey düzlemde düz cam ve kırıklı camın ışık geçirgenlik oranları şekil 5.36’da verilmiştir.



Şekil 5.36 Düşey düzlem düz ve kırıklı cam ışık geçirgenlik oranı

Prototip proje üzerinde yapılan üç boyutlu geometrik çalışmalar ve kuramsal temeller üzerinden yapılan hesaplamalar sonucunda; tüm mevsimler için, özellikle kış mevsimi için sabah ve akşamüzeri alınan ışık yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir.

Güneş ısı kazanımı:

Sera çatı ve düşey düzlem cam örtü malzemelerinden güneş ısı kazanımı incelenmektedir. Isı kazanımı açısından yapılan tasarım geometrik çalışmaları teorik hesaplarda kullanılan tüm güneş radyasyonu ısı kazanım enerjisini gösterememektedir. Isı kazanımı, yüzeye çarpan direkt radyasyon (q_b) ve dağınık radyasyonların (q_d) toplamından oluşmaktadır. Yapılan çalışmalar cam yüzeyinde yaygın radyasyonun olmaması durumu için geçerlidir. Aynı zamanda iç ortam ve dış ortam sıcaklık farklılıklarını da kapsamamaktadır. Cam yüzeyin dik normaline gelen direkt güneş enerji akışı;

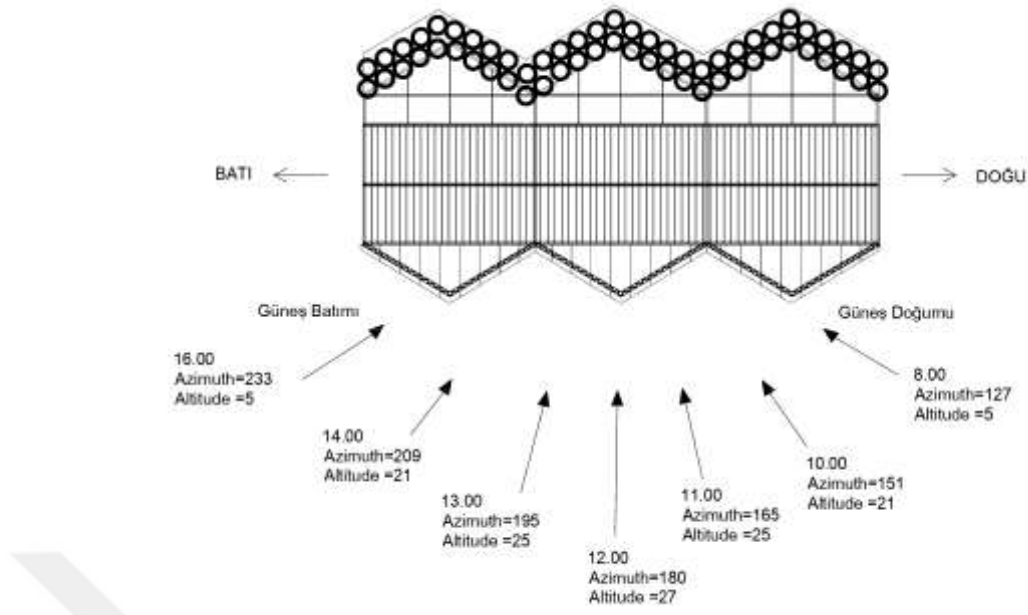
$$q_b = E_{DN} \cdot \cos\Theta \cdot SHGC(\Theta)$$

eşitliği ile elde edilmektedir. Eşitlikte SHGC güneş ısı kazanım katsayısı önem taşımaktadır. Bu katsayı yüzey açılara göre değişim göstermekte yüzey normali doğrultusunda maksimum değeri almaktadır. θ açısı, güneş yükseklik açısı (β) ve plan düzleminde güneş azimut ve yüzey azimut açıları farkına (γ) bağlı olmakta ve güneşin hareketlerine bağlı olarak değişmektedir.

Kış mevsiminde kırıklı cam tasarımının sabah ve akşamüstü saatlerinde güneş ısı kazanımını arttırdığı belirlenmiştir. Kabin test çalışmalarından elde edilen bulgular göz önüne alındığında sera içi güneş ısı kazanımı ve bağıl nem değerleri gün boyunca düz cama oranla daha az değişim göstermekte ve sera iç ortamı ısı ve bağıl nem değerlerini gün boyunca daha fazla uniform hale getirmektedir.

Düz cam uygulamalarında, cam boyutları mukavemet değerlerinden dolayı küçük ebatlarda kullanılabilmekte ve camın tutturulabilmesi için çerçeve elemanları yapımını gerektirmektedir. Bu nedenle toplam ısı transferi katsayısının (U değeri) ortalama ağırlıklı değere göre olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Bu etkilenme düzeyi sadece çerçeve elemanlarının yüksek enerji iletimi kaynaklı olmayıp, taşınım (konveksiyon) ve camla çerçeve boşlukları arasındaki infiltrasyona da bağlıdır.

Pasif seralar açısından düşünüldüğünde kış mevsimi süresince sera içerisinde maksimum oranda güneş ısı kazanımı ve özellikle sabah saatlerinde ve öğlen sonrası saatlerinde ısı kazanımı daha büyük önem taşımaktadır. Güney cephe düşey düzlem ısı kazanım değerlerinin hesaplanması için gerekli olan güneş yükseklik ve azimut açıları 21 Aralık tarihi için şekil 5.37’de verilmektedir.

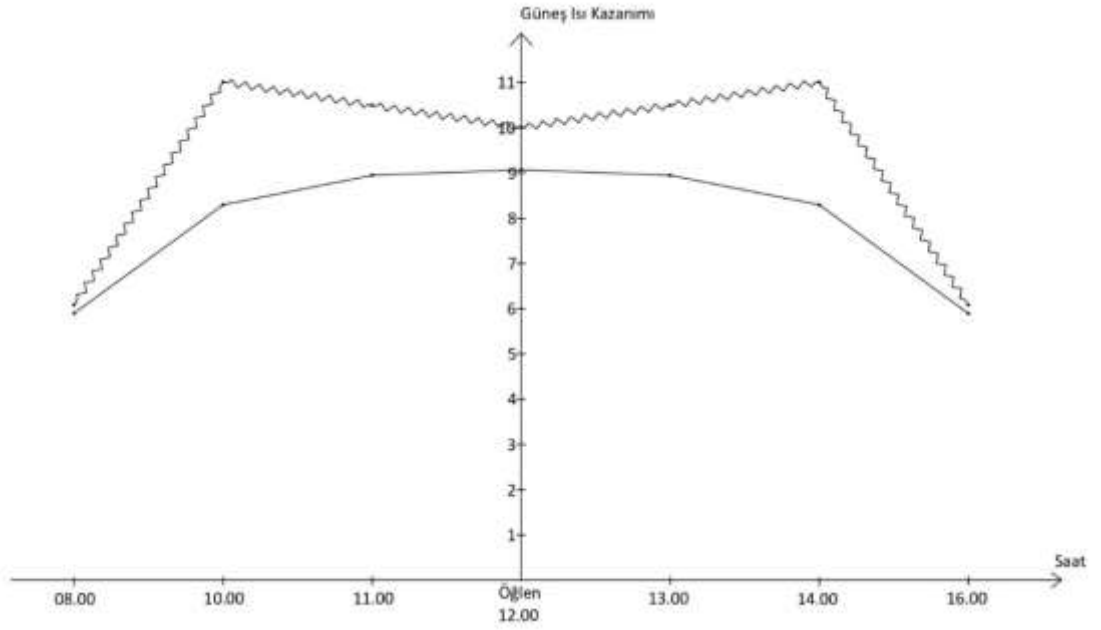


Şekil 5.37 Kış mevsimi güney cephe düşey düzlem Azimut ve yükseklik açıları (21 Aralık)

Hesaplama karşılaştırma amaçlı yapılmakta olup, prototip imalatı güney cephe düşey düzlem plan düzleminde genişlik ölçüleri alınmaktadır. Düz cam hesaplamasında üç modül toplam doğrusal plan genişliği alınmıştır. İki hesaplamada da cam yükseklikleri $h=1\text{m}$ alınmış ve direk güneş radyasyon değeri $E=1$ kabul edilmiştir. İki alternatif ısı kazanım değerleri sabah 08.00 öğlen 12.00 arası çizelge 5.11’de ve şekil 5.38’de verilmektedir.

Çizelge 5.11 Güney cephe düşey cam ısı kazanımı (21 Aralık)

Saatler	Düz Cam (qbxA)	Kırıklı Cam (qbxA)	Artış Oranı (%)
Sabah 8.00	5,952	6,199	4,1
Sabah 10.00	8,372	11,08	32,3
Sabah 11.00	8,986	10,52	17
Öğlen 12.00	9,152	10,03	10



Şekil 5.38 Güney cephe düz ve kırıklı cam güneş ısı kazanımları (21 Aralık)

5.3 Sera Projesi (Prototip) İmalatı

Prototip sera imalatı üç modülden oluşmakta olup her bir modül 30 m^2 ve toplam alan 90 m^2 'dir. Sera güney cephe düşey düzlem yüksekliği $h=2.7 \text{ m}$ olup, mahya yüksekliği 4 m 'dir. Kuzey cephe termal kütle yüksekliği $h=3 \text{ m}$ olup, duvar kalınlığı $b=1.4 \text{ m}$ 'dir. Cam çatı boyu $L=15 \text{ m}$ olup, çatı genişliği $b=6 \text{ m}$ 'dir. Cam çatı eğim açısı $\alpha=27^\circ$ ve çatı camları kırıklı olarak tasarlanmış lamine cam kullanılarak aynı zamanda yük taşıyıcı yapı elemanı olarak tasarlanmıştır.

Sera projesinde, plan düzleminde her bir modül bal peteği şeklinde tasarlanmıştır. Tasarımın getirdiği avantajlar aşağıda özetlenmektedir.

- **Doğal havalandırma kriteri:** Her yöndeki rüzgâr esiş doğrultusundan daha fazla faydalanılması
- **Yapı mekaniği kriteri:** Taşıyıcı çatı kirişlerinin mesnet açıklığının azalması, kesitlerin küçülmesi

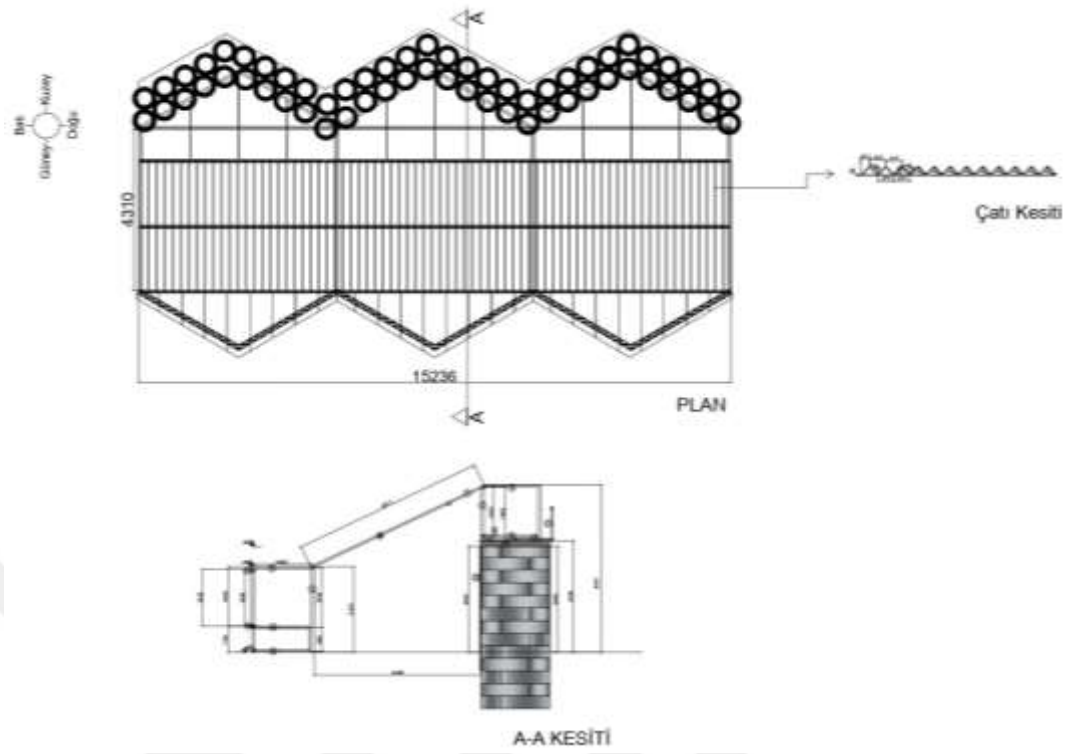
- **Işık kazanımı kriteri:** Taşıyıcı kesitlerin küçülmesinin gölgeleme katsayısına olumlu etkisi ve cam alanının artması nedeniyle ışık kazanımının artması

- **Güneş enerji kazanım kriteri:** Güney cephe düşey düzlem cam yerleşimi, özellikle kış mevsimi sabah ve öğlen sonrası güneş radyasyonunu cam normaline daha yakın olması nedeniyle güneş ısı kazanımını arttırmaktadır.

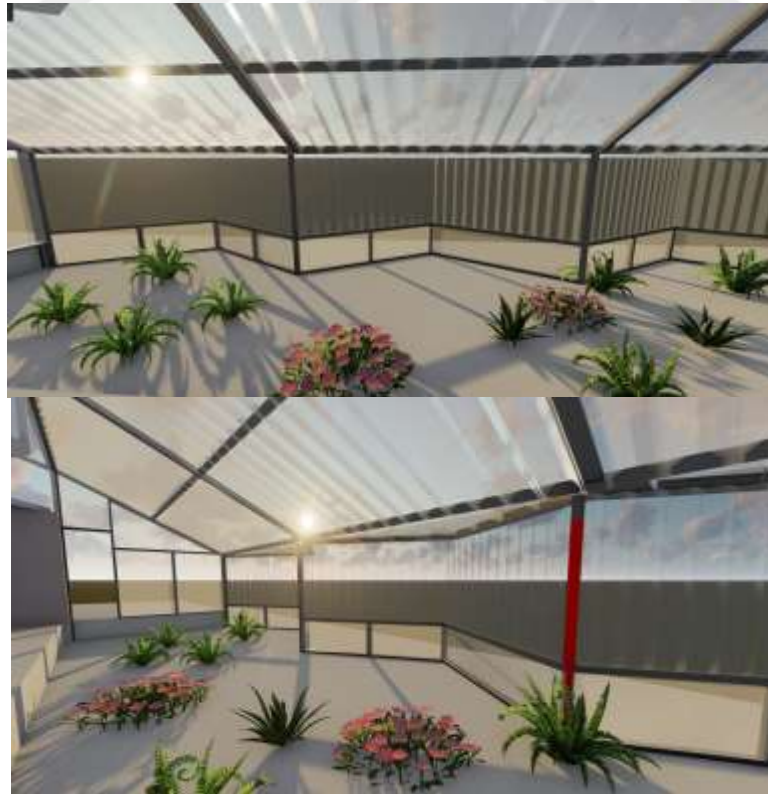
Önerilen sera projesinin perspektif görünümü şekil 5.39’da, plan ve kesit çizimleri şekil 5.40’da verilmiştir. Sera projesi iç düzenlemesine ilişkin görselleştirme şekil 5.41’de sunulmuştur.



Şekil 5.39 Sera projesi perspektif görünümü



Şekil 5.40 Sera projesi plan ve kesit çizimleri



Şekil 5.41 Sera projesi iç düzenlemesi

Mimari tasarımı tamamlanan sera projesinin model imalat çalışmalarına şubat 2020 tarihinde başlanmış, yapımı 2 hafta sürmüştür. Model sera, Esenboğa Havalimanı yanı Yenice mahallesi, Küme evleri Yılanlı Pınar Mevki fabrika sahasında kurulmuştur.

Termal kütlenin verimli olabilmesi ve pil gibi çalışabilmesi amacıyla termal kütle alt kotu don seviyesinin altında zemin kotundan 1.0 m derinliğe indirilmiştir. Daha derin seviyeye indirilmesi yaz ve kış mevsimleri için termal kütle ısı transferine olumlu katkı sağlayacaktır. Model sera imalatı ve montaj aşamaları şekil 5.42’de görülmektedir.

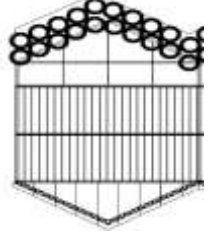


şekil 5.42 Model sera projesi montaj aşamaları

Model sera üretiminde kullanılan tüm kırıklı cam malzemeler sanayi üretim zayıflığından yeniden kullanım olarak değerlendirilmekte, özellikle çatı camları lamine cam olması nedeniyle yeniden cam üretiminde geri dönüşümü yapılamamakta ve direkt sanayi atığı olmaktadır. Çatı kırıklı camları aynı zamanda taşıyıcı elemanlar olarak hesaplanmakta olup çatı konstrüksiyonu çelik taşıyıcı kullanım miktarını azaltmakta ve cam kaplama çerçeve elemanlarına gerek duyulmamaktadır. Sera çatısı gölgeleme faktörü azaltılmaktadır.

Sera kuzey termal yalıtımlı duvarı aynı zamanda termal kütle olarak tasarlanmış olup kullanım ömrünü doldurmuş araba lastikleri içerisine toprak dolgu sıkıştırılmasıyla yeni ürün elde edilmiştir.

Çizelge 5.12 Pasif Sera Modeli Bir Modül (30m²) için Kullanılan Malzeme Analiz Tablosu

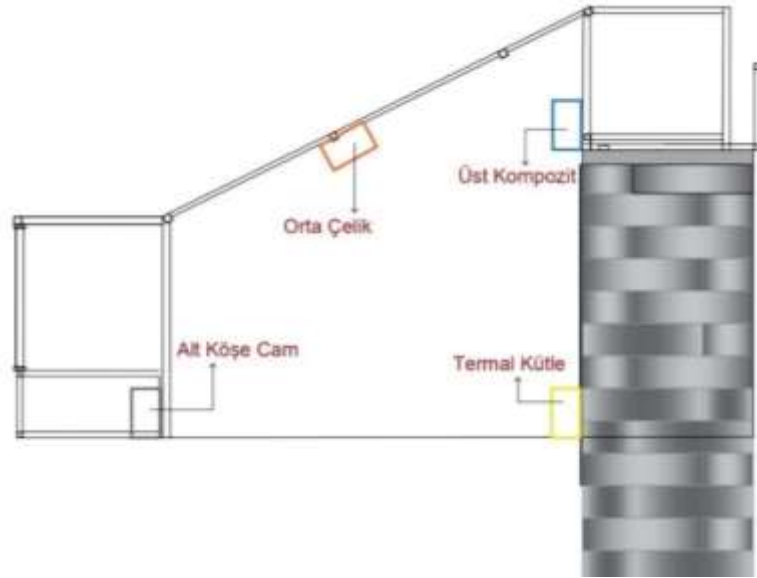
Pasif Sera Modeli Bir Modül (30m ²) için Kullanılan Malzeme Analiz Tablosu		
Malzeme	Toplam Sarfiyat	Açıklamalar
Taşıyıcı Demir Kutu Profil (Galvaniz kaplı/Class II boyalı)	50m	Yeni tedarik
Çatı Kaplama Camı (Lamine-Şeffaf)	27m ²	Sanayi kullanım dışı Yeniden Kullanım
Güney Cephe Düşey Cam Kaplama (Tek cam-Şeffaf)	11,25m ²	Sanayi kullanım dışı Yeniden Kullanım
Güney Cephe Yatay Düzlem Cam Kaplama (Şablon-Tek cam-Şeffaf)	4,14m ²	Sanayi kullanım dışı Yeniden Kullanım
Kullanım dışı araba lastiği	165ad	Sanayi kullanım dışı Yeniden Kullanım
Güney Cephe dış taraf sera zemin termal yalıtım (XPS/t=15cm kalınlık)	~9,6m ²	Yeni tedarik
Havalandırma kapakları (Boyalı sac-Taş yünü 10cm)	8,78m ²	Yeni tedarik

Pasif Güneş Serası model tasarım çalışmaları için Türk Patent Enstitüsü'nden Faydalı Model Tescil belgesi alınmış olup EK-2'de sunulmaktadır. Modüler Pasif Sera Tasarımı ve güney cephe kırıklı cam tasarımı için alınan Tasarım Tescil belgeleri EK-3'de sunulmaktadır.

5.4 Model Sera Projesinde Çevre Koşullarının İncelenmesi

5.4.1 Sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri

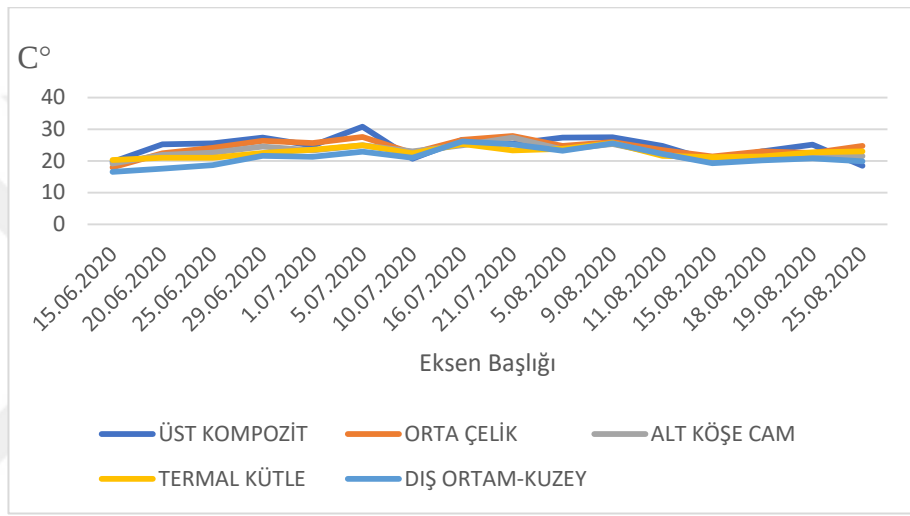
Sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri için CEM marka DT-172 numaralı cihaz kullanılmıştır. Prototip sera sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri ISO standartları kapsamında alınmış olup, bütün ölçüm cihazları kalibrasyon kontrollü ve CE sertifikasyonlarına sahiptir. Sera içi ölçüm yapılan bölgelerin cihaz yerleşimleri şekil 5.43'de sunulmaktadır.



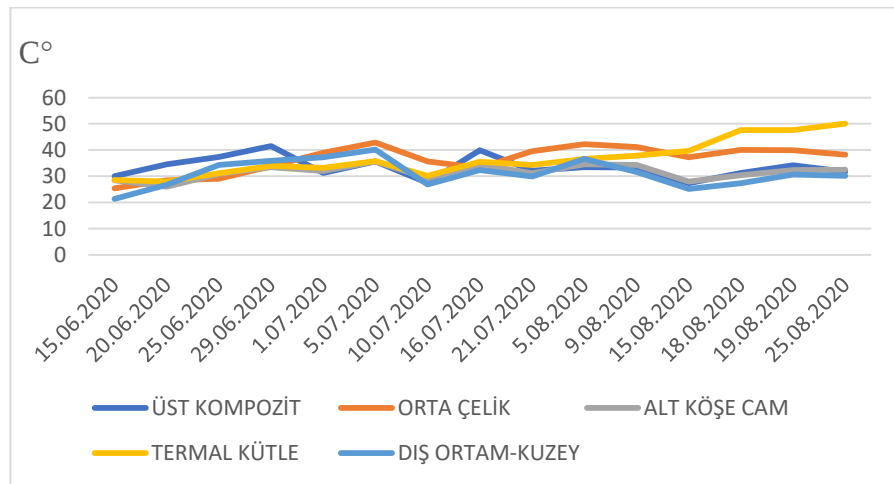
Şekil 5.43 Sera ölçüm cihazları yerleşimi

Ölçüm alınan cihazların sera içine yerleşimlerine göre ölçüm tarihleri ve zaman aralıkları ayrıntılı olarak grafiklerle verilmektedir. Prototip sera iç sıcaklık ölçümlerinin özellikle yaz ve kış mevsim iklim koşullarında, günün saatlerine bağlı olarak incelenmesi önemli görülmektedir.

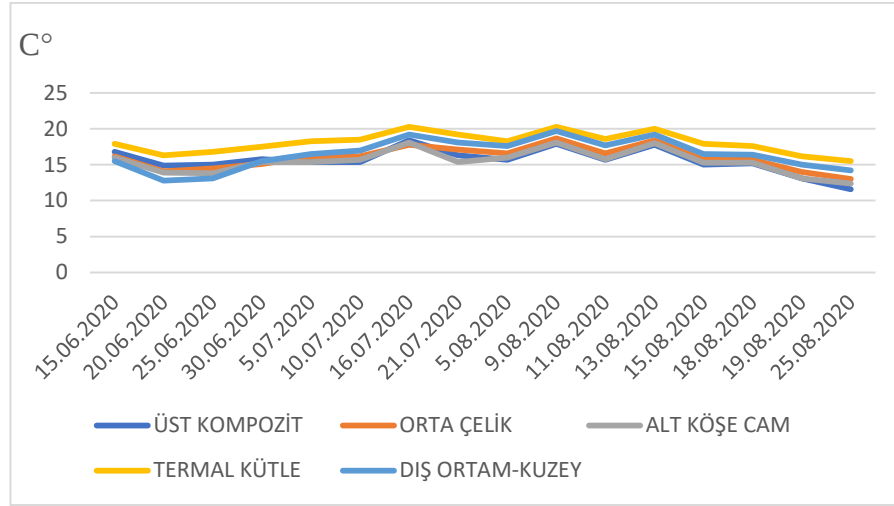
Yaz Mevsimi: Yaz mevsimi ölçümleri 15 Haziran-25 Ağustos 2020 tarihleri arasında alınmıştır. Yaz mevsimi iklim koşullarında, öğlen 12.00- 14.30 saatleri arasında dış ortam sıcaklıkları $27^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$ arasında değişkenlik gösterirken, sera içi zemine yakın bölgelerde sıcaklık $29^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ arasında değişkenlik göstermektedir. Alınan ölçümlerde doğal havalandırma kapakları açık olup, sera cam kaplama alanlarında gölgeleme perdesi kullanılmamıştır. Bitki yapraklarında ve meyvelerde yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenme saptanmamıştır (Şekil 5.44-5.46).



Şekil 5.44 Sabah (07:00-10:30)saatleri arası sıcaklık-zaman grafiği

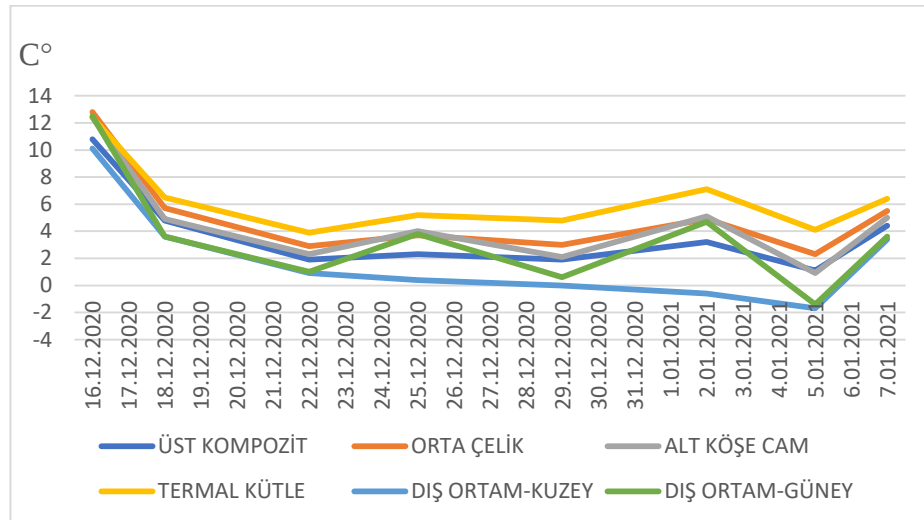


Şekil 5.45 Öğle (12:00-14:30)saatleri arası sıcaklık-zaman grafiği

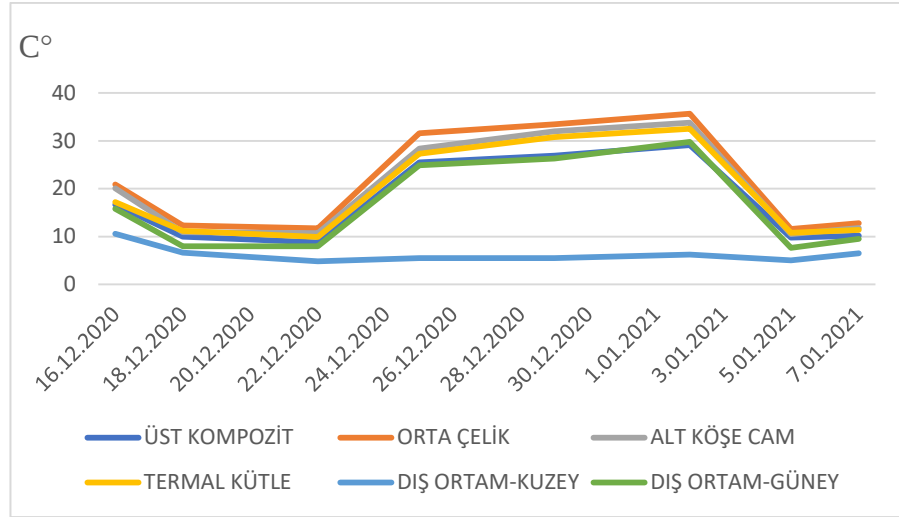


Şekil 5.46 Gece (02:00-05:00) saatleri arası sıcaklık-zaman grafiği

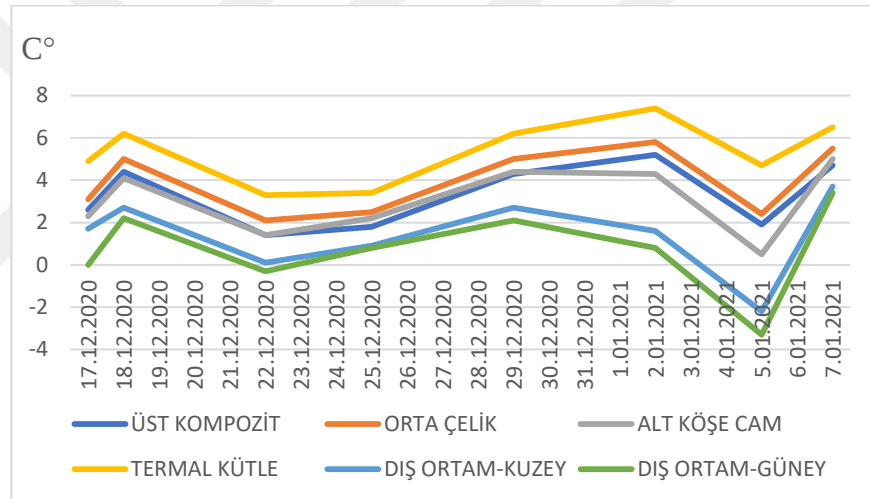
Kış mevsimi: Kış mevsimi ölçümleri 16 Aralık 2020, 7 Ocak 2021 tarihleri arasında alınmıştır. Kış mevsimi gece 02:00- 05:00 saatleri arasında dış ortam sıcaklıkları $+3,5^{\circ}\text{C}$ $\sim -3,4^{\circ}\text{C}$ arasında değişkenlik göstermektedir. Sera içi sıcaklıklar $+7^{\circ}\text{C}$ $\sim +2^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte, özellikle termal kütle taraındaki ölçümler $+7,5^{\circ}\text{C}$ ile $+4^{\circ}\text{C}$ arasında saptanmaktadır. Bütün kış mevsimi süresinde yapılan test üretiminde bitkilerde don tesirine rastlanmamıştır (Şekil 5.47-5.49).



Şekil 5.47 Sabah (07:30-10:30) saatlerindeki sıcaklık-zaman grafiği



Şekil 5.48 Öğle (12:00-14:30) saatlerindeki sıcaklık-zaman grafiği

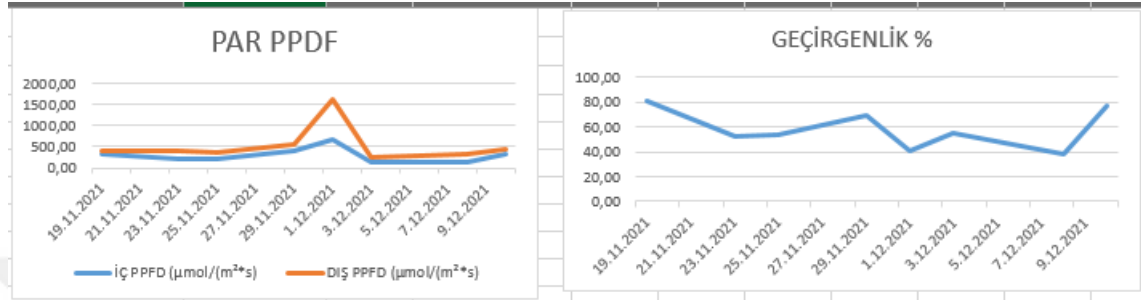


Şekil 5.49 Gece (02:00-05:00) saatlerindeki sıcaklık-zaman grafiği

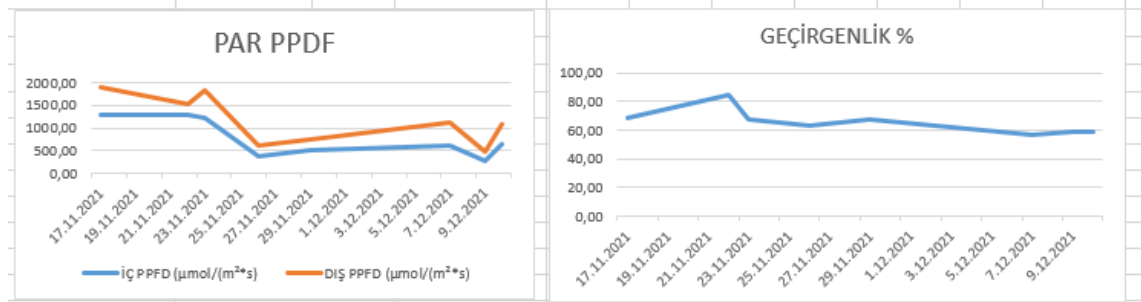
5.4.2 Güneş radyasyonu ölçümleri

Toplam güneş ışıınımı ölçümlelerinde pironometre cihazı kullanılmakta olup ölçüm 280-2800 nm dalga boyu aralığında yapılmaktadır. Bitki gelişiminde, fotosentez quantum prosesi olup, dalga boyundaki foton miktarına bağlı olmaktadır. Fotonentezi aktifleştiren 380-750 nm aralığındaki foton miktarı ölçümleri için PAR cihazları kullanılmaktadır. PAR ölçümleri Gigaheetz-Optik marka BTS256-E model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan cihaz CE sertifikalı olup, tüm ölçümler ISO standardına göre yapılmıştır.

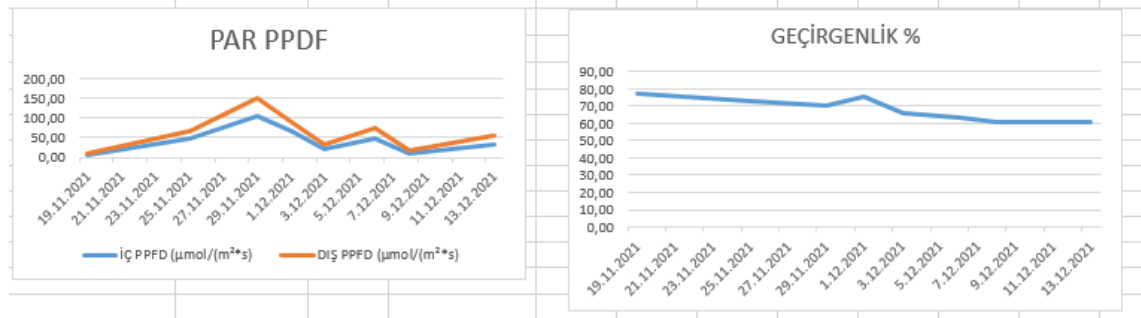
Sera yapısının bir bütün olarak güneş ışınım geçirgenliğinin saptanması için, bulutsuz mevsim şartlarının olduğu tarihlerde, güneş doğusundan batısına kadar geçen süre içerisinde yaklaşık olarak yarım saatlik periyodlarla PAR ölçümleri alınarak gün boyu oluşan güneş ışınım geçirgenlik oranları analiz edilmiştir (Şekil 5.50-5.73).



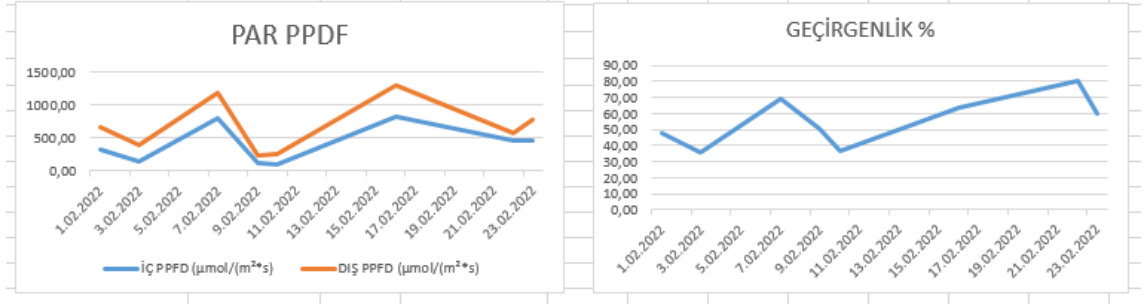
Şekil 5.50 Kasım-Aralık ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



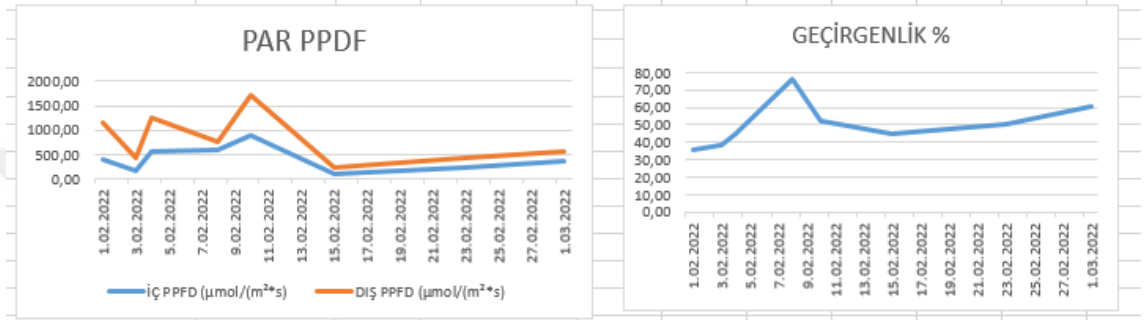
Şekil 5.51 Kasım-Aralık ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



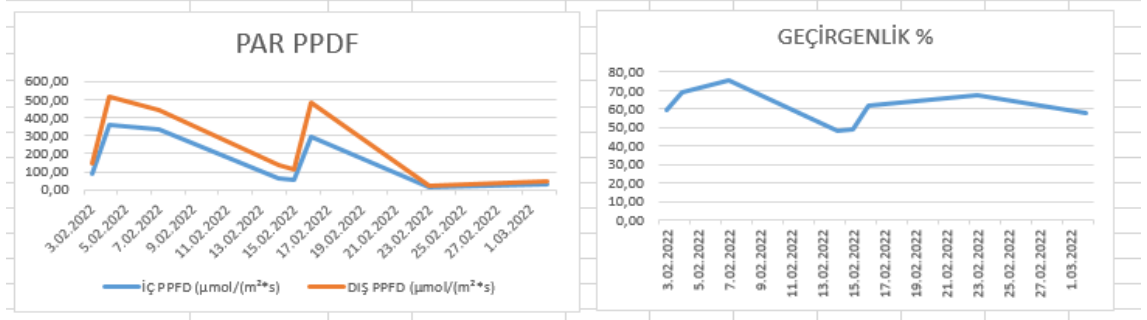
Şekil 5.52 Kasım-Aralık ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



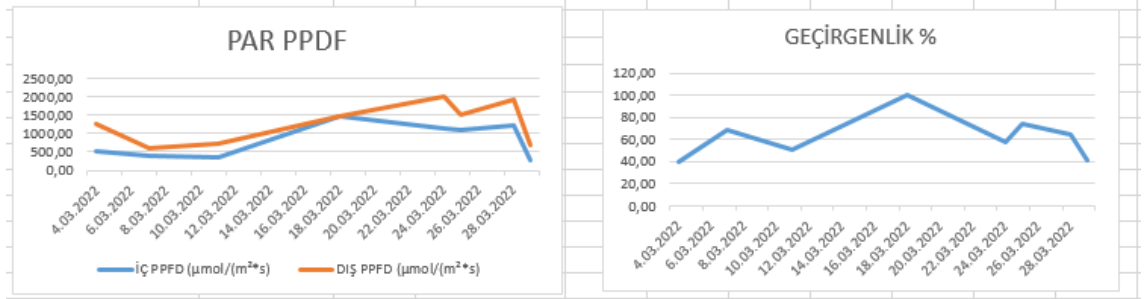
Şekil 5.53 Şubat ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



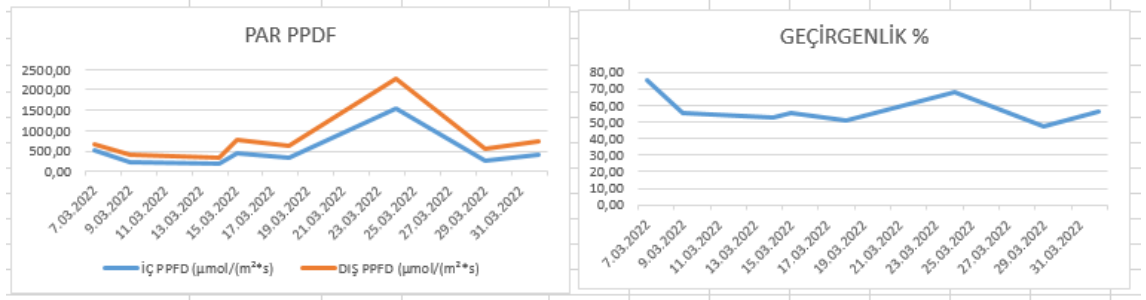
Şekil 5.54 Şubat ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



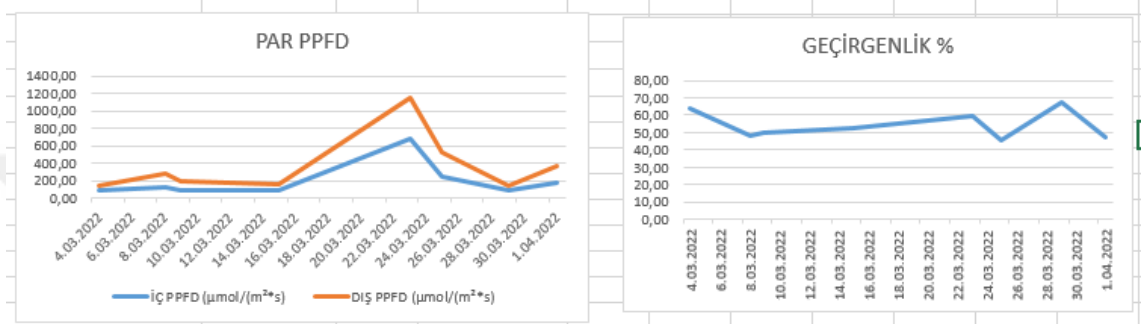
Şekil 5.55 Şubat ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



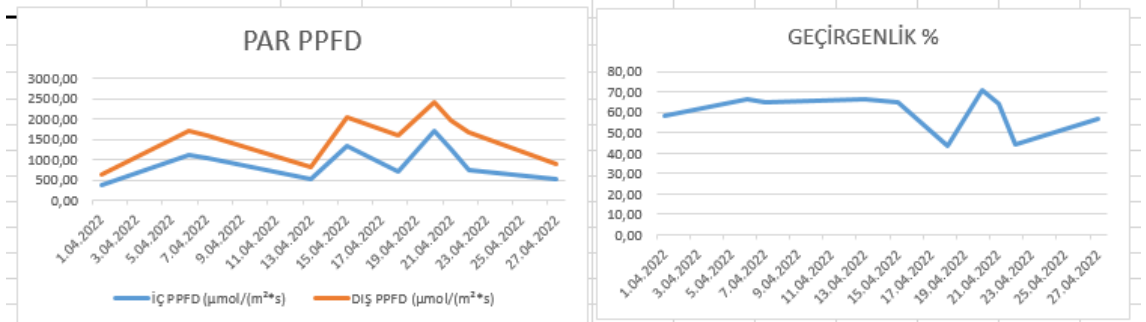
Şekil 5.56 Mart ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



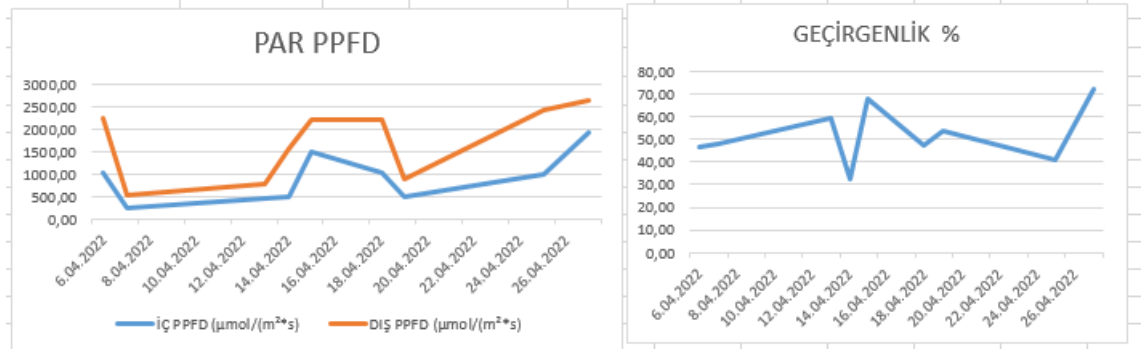
Şekil 5.57 Mart ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



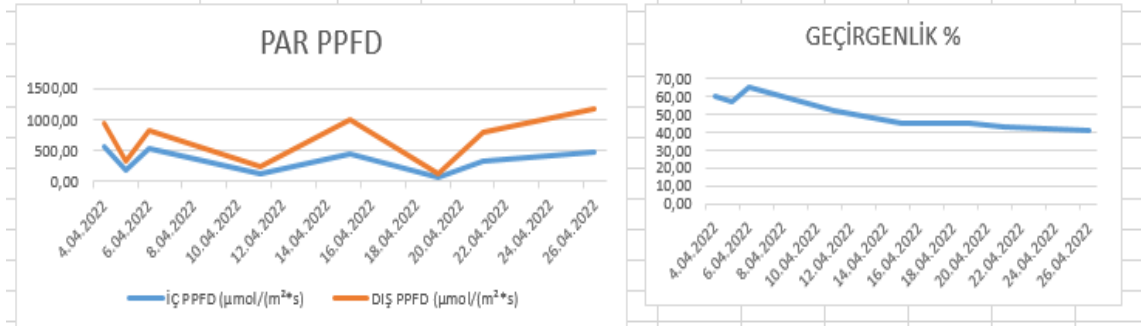
Şekil 5.58 Mart ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



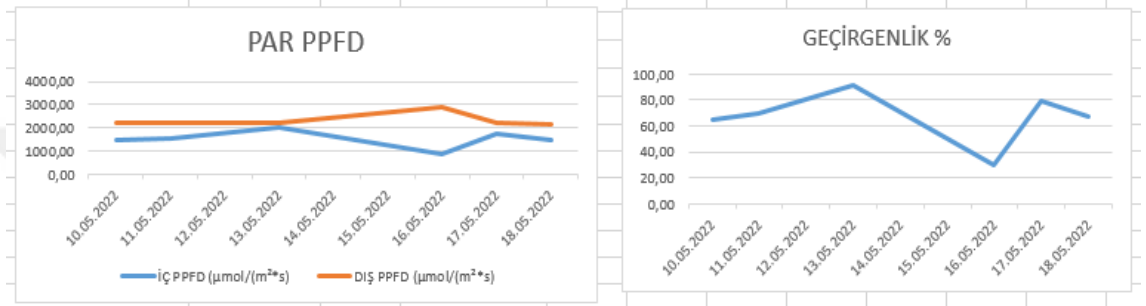
Şekil 5.59 Nisan ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



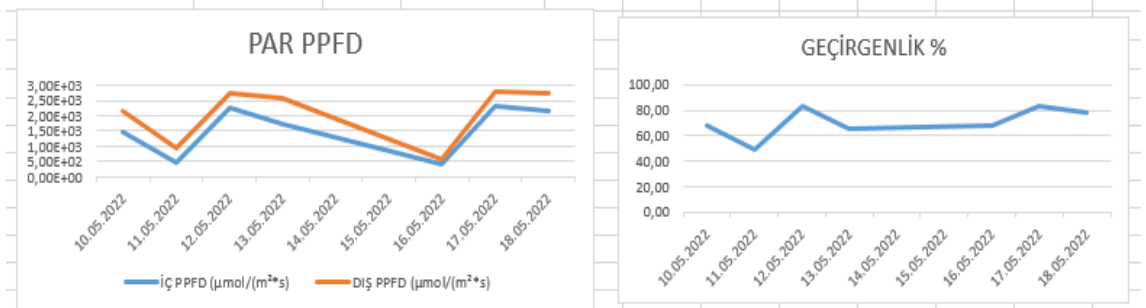
Şekil 5.60 Nisan ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



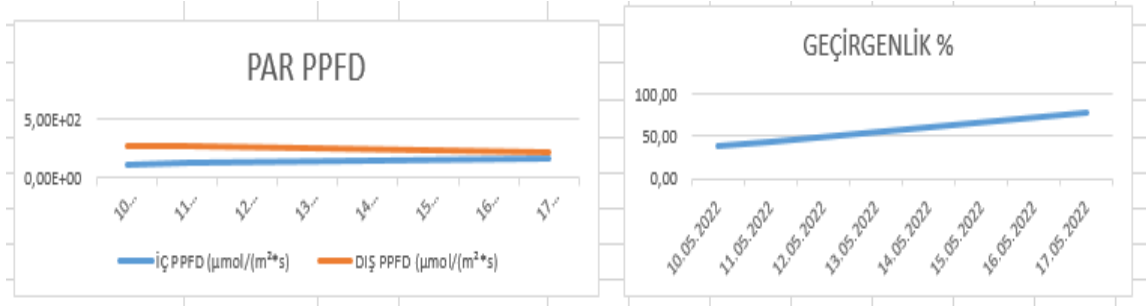
Şekil 5.61 Nisan ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



Şekil 5.62 Mayıs ayı sabah saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



Şekil 5.63 Mayıs ayı öğle saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları



Şekil 5.64 Mayıs ayı öğlen sonrası saatlerindeki PAR ölçüm sonuçları

Alınan okumalar Kasım ayından başlatılarak Mayıs ayı sonuna kadar devam edilmiş, özellikle kış ve ilkbahar mevsim koşullarında, sabah, öğlen ve öğlen sonrası PAR PPFD okumaları sera dışından ve sera içinde, yerden 1,5m yükseklikte alınarak yüzdesel geçirgenlik değerleri grafiklerle analiz edilmiştir.

Aylar bazında geçirgenlik yüzdeleri genel olarak benzer sonuçlar vermekte minimum %40, maksimum %85~90 değerlerine ulaşmaktadır.

Elde edilen veriler günün saatlerine göre sabah %40~90, öğlen %40~85 ve öğlen sonrası %40~80 değerlerinde bulunmaktadır.

Genel olarak seralarda kullanılan çatı kaplama malzemesi geçirgenliğine ve çatı konstrüksiyon gölgeleme etkisine bağlı olarak toplam geçirgenlik değerleri azalmaktadır. (Baştançelik 2016)

Genellikle seralarda ışık geçirgenliği yıllık 30~50% mertebesinde gerçekleşmektedir. (Both 2011)

Yapılan ölçümler sera yapısı güneş ışıının geçirgenliğinin yüksek olduğunu göstermekte, bununla birlikte güneş, doğuşu ve batışı arasındaki geçirgenlik oranlarının uniform olması önemli görülmektedir.

Pasif sera tasarım aşamasında amaçlanan sera yapısı gölgeleme oranının azaltılması için alınan önlemler aşağıda sunulmaktadır.

- Cam kaplama malzemesinin taşıyıcı olarak kullanılması
- Taşıyıcı çelik konstrüksiyon yoğunluğunun azaltılması
- Cam kaplama geometrik şeklinin sera içine daha fazla güneş ışığı alınması
- Cam kaplama geometrik şeklinin sera içine geçirdiği güneş ışığının dağınık olarak bitkilere ulaşması

Model seranın üretim periyodu boyunca kullanım süresini kontrol etmek amacıyla farklı mevsimlerde sebze üretimi yapılarak, bu periyotlarda sera içi iklim koşulları ölçülmüştür. 5-7 Nisan 2020 tarihlerinde; domates, biber ve patlıcan ekimi yapılmıştır. İlk biber hasadı 9 Haziran 2020, patlıcan hasadı 16 Haziran 2020 ve domates hasadı 2 Ağustos 2020 tarihlerinde yapılmıştır ve hasat süresi 14-22 Kasım 2020 tarihlerine kadar devam etmiştir.

Kış mevsimi üretim koşullarının test edilmesi amacıyla 2 Ocak 2021 tarihi itibarıyla marul ve taze soğan ekimi yapılarak marul hasadı 14 Şubat 2021 ve taze soğan hasadı 4 Mart 2021 tarihlerinde yapılmış olup 11 Nisan 2021 tarihine kadar taze soğan hasadı devam etmiştir.

Üretim denemelerine ait görseller kronolojik sırayla şekil 5.65-5.68’de sunulmaktadır.



Şekil 5.65 İlkbahar mevsimine ait sera görselleri (Nisan-Haziran 2020)



Şekil 5.66 Yaz mevsimine ait sera görselleri (Haziran-Eylül 2020)



Şekil 5.67 Sonbahar mevsimine ait sera görselleri (Eylül-Aralık 2020)



Şekil 5.68 Kış mevsimine ait sera görselleri (Aralık-Mart 2021)

Kış mevsimi gece dış sıcaklık -10°C ve -15°C arasında olması durumunda olası dona karşı ürünlerin üstüne naylon örtü kaplanması öngörülmektedir.

Prototip seranın farklı mevsimlerde kullanımı test edilmiş olup, kış mevsimi ekstrem iklim koşulları kullanımında sıcaklık kontrolü ve havalandırma kapaklarının kullanımına özen gösterilmesi önemli görülmektedir.

Sonuç olarak mevcut verilerin ışığı altında sorunların çözümü ve bölgedeki seracılığı geliştirmek için aşağıdaki hususların dikkate alınması önemli görülmektedir.

1. Dünyadaki enerji fiyatlarının yükselmesi de göz önüne alındığında, önümüzdeki yıllarda Ankara yöresindeki tarım sektörünün gelişimine daha fazla ihtiyaç duyulacaktır. Güneş radyasyonu süresi ve şiddeti açısından uygun yerleşimde bulunan Ankara yöresinde örtü altı yetiştiriciliğinde uzun kullanım ömrüne sahip pasif seralara ihtiyaç duyulduğu açıktır. Pasif seraların sadece sebze üretimi amaçlı değil, aynı zamanda talebin yoğun olduğu Ankara yöresinde fide, çiçek yetiştiriciliği ve tıbbi destek bitkileri yetiştiriciliği amaçlı planlama yapılması önemli görülmektedir.

2. Arazide yapılan görüşmelerde, tüm üreticilerin mevcut problemlerin giderilmesi durumunda dayanıklı ve sürekli bakıma gerek duyulmayan yapı malzemeleriyle, üç veya dört mevsim kullanıma uygun, özellikle cam örtü malzemeli seralar için istekli oldukları saptanmıştır. Ayrıca küçük ölçekli seracılık işletmelerinde teşhir ve satış amaçlı sosyal alan kullanımına ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

3. Araştırma alanında yapılan araştırmalarda arazi ve tarlaların tapu kadastro işlemlerinin yapılmadığı ve yatırım teşvikinden yararlanamadıkları saptanmıştır. Konunun çözülmesi için tapu kadastro işlemlerinin hızla yapılması ve arazilerin teşvik kapsamına alınarak verimli kullanılması önemli görülmektedir.

4. Küçük işletmelerin köyler, ilçeler ve bölgeler bazında gruplandırılarak bilgilendirilmeleri, dokümantasyonun yapılması periyodik olarak takip edilmeleri ve bölgesel zirai hizmetlerden faydalanabilmeleri ülke ekonomisi açısından önem taşımaktadır.

5. Araştırma alanında kullanım dışı bırakılan seralar ilk yatırım maliyetleri ve üretim yapılmamasından dolayı ülke ekonomisine katkı sağlamamaktadır. Planlamanın bir bütün olarak yapılması kalıcı sera yapısı için kullanılan malzemelerin ekonomik ve mukavemet koşullarını sağlaması önemli görülmektedir.

6. Yatırım ve teşviklerin sadece finans kaynaklı olduğu, bölgesel iklim şartları, yapı yükleri, iklimlendirme, kalıcı yapılar, uygun malzeme seçimi ve bölgesel projelerin olmadığı saptanmıştır. Sera yapılarında bölgesel tüm etkenler incelenerek model tiplerin oluşturulması önem taşımaktadır.

7. Sera yapılarında karbon emisyonunun düşürülmesi, yeşil enerjiden faydalanılması, proje bazında ve kullanılacak malzemelerin amacına uygun olarak teşviklerinin planlanması önemli görülmektedir.

8. Sera örtü elemanları etki eden normal yüklere dayanım göstermelidir. Taşıyıcı kemere gelen paralel yüklerle beraber, dik gelen yükler de aynı zamanda hesaba katılmalıdır. Taşıyıcı kemere gelen paralel yükler en az, örtü elemanı ön gerilme yükleri kadar olmalıdır. Eğer hesaplanan normal kuvvetler, örtü elemanı ön gerilme kuvvetinden büyük ise büyük olan değer alınmalıdır. Taşıyıcı kemere dik gelen uniform düzgün yükten

meydana gelen maksimum normal kuvvet ve aynı yöndeki örtü ön gerilme yükü beraber alınmalıdır. Örtü dayanımı, etki eden normal kuvvetlere göre kontrol edilmelidir.

9. Örtü dayanımı hesaplanırken, malzemenin uzun süreli davranışı yorulma, akma, çevre etkileriyle yaşlanma vb. göz önünde tutulmalıdır. Ön gerilme yükleri uzun süreli etki, rüzgâr yükü etkisi, kısa dönem etkisi olarak kabul edilir. Ancak bozulma, yaşlanma hem uzun hem de kısa süreli etkilerden oluşmaktadır.

10. Sera projeleri hazırlanırken, bölgesel, coğrafi ve iklim koşullarına bağlı ön gerilmeler ve tesir edecek dış yükler dikkatli seçilmelidir.

11. Sera yapısının proje ebatları oluşturulurken örtü malzemesinin kullanım ebatları dikkatli planlanmalıdır. Örtü malzemesinin ömrü boyunca oluşacak tüm yüklere bağlı gerilme değerleri hesaplanmalı ve dayanım gerilmelerine göre kontrolleri yapılmalıdır.

12. Taşıyıcı çelik malzeme ile PE örtü malzemesinin termal genleşme katsayıları arasında yaklaşık on kat fark vardır. Özellikle soğuk iklim koşullarında PE örtü malzemesi montaj detaylarında büzülme göz önünde tutulmalıdır.

13. Bütün yapı malzemelerinde geçerli olduğu gibi, proje mühendislerinin kullandıkları malzemeyi tanıyıp, fiziksel ve mekanik özelliklerini bilmeleri önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim. 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. TSE, Ankara.
- Anonim. 2007a. Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-3: Genel Etkiler-Kar Yükleri, 1999.1-3. TSE, Ankara.
- Anonim. 2007b. Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-4: Genel Etkiler-Rüzgar Etkileri, 1999.1-4. TSE, Ankara.
- Anonim.2017a. Web Sitesi: <https://www.cografyabilimi.gen.tr/turkiyenin-cografi-konumu/>, Erişim tarihi:01.11.2022
- Anonim. 2017b. Web Sitesi: <http://www.eie.gov.tr> , Erişim tarihi:08.12.2022
- Anonim. 2017c. Web Sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022->, Erişim Tarihi: 07.08.2021
- Anonim. 2019. Web Sitesi: <http://www.tarimorman.gov.tr> , Erişim tarihi:10.12.2022
- Anonim. 2020a. Seralar ve Tasarım- Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları. TSE, Ankara
- Anonim. 2020b. Web Sitesi: <http://www.mgm.gov.tr> , Erişim tarihi:08.12.2022
- Anonim 2020c. Web Sitesi: <https://www.binbirkanal.com/ankara-haritasi>, Erişim Tarihi:05.01.2022
- Anonim. 2021a. Web Sitesi: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> Erişim Tarihi:07.02.2021
- Anonim. 2021b. Web Sitesi: <https://www.hareket.gen.tr/dunyanin-yillik-hareketi.html>
- Anonim. 2022a. Web Sitesi: <http://www.ktb.gov.tr> , Erişim tarihi:06.11.2022
- Anonim. 2022b. Web Sitesi: <http://www.mgm.gov.tr> , Erişim tarihi:08.12.2022
- Anonim. 2022c. Web Sitesi: <https://www.guardianglass.com/tr/tr/tools-and-resources/resources/technical-literature>
- Anonymous. 1989. Cold Storage Applications ASHRAE Handbook Fundamentals
- Anonymous. 2001. Air Conditioning ASHRAE Handbook Fundamentals
- Anonymous. 2008. Web Sitesi: <http://www.fao.org/docrep/>, Erişim tarihi:05.02.2021
- Anonymous. 2010a. Refrigeration ASHRAE-Handbook Fundamentals
- Anonymous. 2010b. Web Sitesi: www.concretecentre.com , Erişim tarihi:19.08.2022
- Anonymous. 2015a. Web Sitesi: <https://ceresgs.com/solar-greenhouse-basics-insulating-your-foundation> , Erişim tarihi:15.05.2022
- Anonymous. 2015b. Web Sitesi: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/39868/1477ea337e5f4dd6a4a817de9cabeb2d/oSIST-prEN-16612-2013.pdf> , Erişim tarihi: 22.01.2022
- Anonymous. 2017. Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning ASHRAE-Handbook Fundamentals

- Anonymous. 2019a. Web Sitesi: <https://ied.eu/tag/industrial-revolution/> Erişim Tarihi:07.01.2022
- Anonymous. 2019b. Web Sitesi: <https://digilib.polban.ac.id/files/disk1/242/jbptppolban-gdl-arfiananur-12089-3-bab2--5.pdf>
- Anonymous. 2021. Web Sitesi: <https://www.un.org/en/climatechange> , Erişim tarihi:04.05.2020
- Anonymous. 2022. Web Sitesi: <https://climatekids.nasa.gov/greenhouse-effect/> , Erişim tarihi:05.11.2021
- Baştañçelik, A. Çevri, H. 2016. Akdeniz Bölgesindeki Değişik Örtü Malzemeli Seralarda, Işınımın Geçirgenlikleri ile Güneş Işınımı ve Fotosentez için Etkin Işınımın (PAR) Belirlenmesi Üzerinde bir Araştırma, Antalya
- Barber, S. 2012. History of Passive Solar Energy, ABD
- Bhatia, A.2015. Natural Ventilation Principles. HVAC, ABD
- Both, A.J. 2011. Horticultural Engineering. The State University of New Jersey,USA
- Cooper, P.I. 1969. Digital simulation of transient solar still processes. Solar Energy, 12, 313.
- Göksu, Ç. 2012. Günsera, Güneş Enerjili Sera Planlama Tasarım ve Uygulama , Güneş kitapları dizisi 7 , Proje Danışmanları : Demir , K., Yazgan, M., Yamalı, C., Çakmaklı , B., Pekin , M., Ankara.
- Gürer, İ. 1983. Kar Erimesi ve Akımı, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Doçentlik Tezi, Ankara.
- Iqbal, 1983. An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, Toronto.
- Kasten, F., ve Young, A., 1989. Revised optical air mass tables and approximation formula, cilt 28(22), s. 4735-4738
- Kendirli, B., B. Çakmak, Z. Gökalp, 2007. Analysis of Climate Factors for the development of Greenhouses in Eastern Blacksea Region", Building and Environment. 42 (7): 4072-4078.
- Kendirli, B. 2015. Sera Tipleri ve Yapı Malzemeleri. Tarım Türk Seracılık Dergisi.10: (56), 32-36.
- Kittas, C. Katsoulas, N. Bartzanas, T. 2012. Greenhouse Climate Control in Mediterranean Greenhouses, Yunanistan
- Koçer, A. Şevik, S. Güngör. A. 2016. Ankara ve İlçeleri için Güneş Kolektörü Optimum Eğim Açısının Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, Bursa
- Olgun, M. 2016. Tarımsal Yapılar (III. Baskı), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı: 529, Yayın No:1577, Ankara.
- Peggs, I.D., Carlson, D.S., 1999. Brittle Fracture in Polyethylene Geomembrans, Amerika Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1190.
- Schiller, L. ve Plinke, M. 2016. The Year-Round Solar Greenhouse: How to Design and Build a Net-Zero Energy Greenhouse. New Society Publishers, Kanada

- Schiller, L. ve Plinke, M. 2017. Heat Loss & Greenhouse R-Value, Kanada
- Sonneveld, P. ve Swinkles, G.2002. New Developments of energy-saving greenhouses with light transmittance
- Stephenson, D.G. 1965. Equations for Solar Heat Gain Through Windows. Solar Energy, 9(2), pp. 81-86.
- Reynolds, M. 1970. Earthships. Web Sitesi: <https://www.earthshipglobal.com/projects>, Erişim Tarihi:23.12.2022
- Roth, M. 2017. Updating climatic design data in the 2017 ASHRAE Handbook Fundamentals (RP-1699). ASHRAE Research Project-1699, Final Report
- Threlkeld, J.L. 1963. Solar irradiation of surfaces on clear days. ASHRAE Transactions, 69, 24-36.
- Varkie C.Thomas. 2007a. Heat Gains And Losses: Windows And Skylights, Energy Efficient Building Design, College of Architecture, Illinois Institute of Technology, Chicago, p.1-12
- Varkie C.Thomas. 2007b. Lighting (NASA) , USA
- Watson, J.A. 2019. Greenhouse Ventilastion. UF/IFAS Ziraat ve Biyoloji Mühendisliği Bölümü, ABD
- Yılmaz, T.,Memlük. Y. 2008. Vadilerde Rüzgar ve Güneş Hareketlerine bağlı planlama ve tasarım olanakları, Ankara Büyükesat Vadisi örneği, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 21/2. 193-04
- Zhen-Xian Zhang,2010. Structure, Function, Application, and Ecological Benefit of a Single-slope, Energy-efficient Solar Greenhouse, China

EKLER

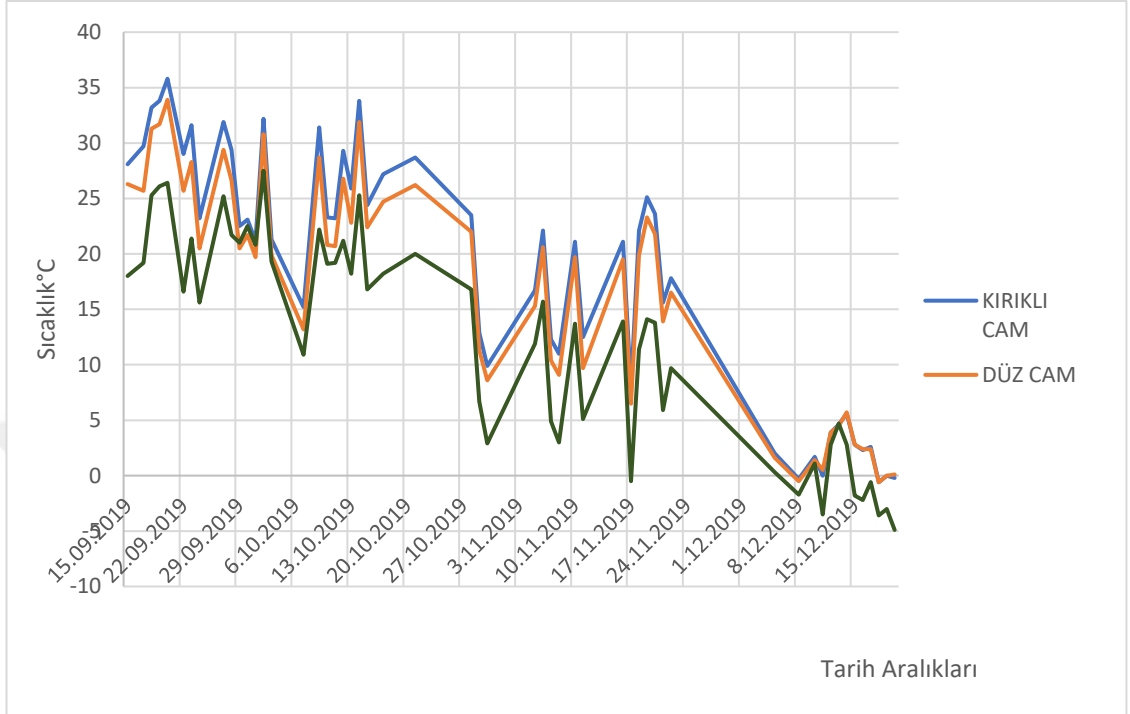
EK1 AYRINTILI KABİN TEST SICAKLIK VE % RH ÖLÇÜMLERİ

EK2 PASİF GÜNEŞ SERASI FAYDALI MODEL SERTİFİKASYONU

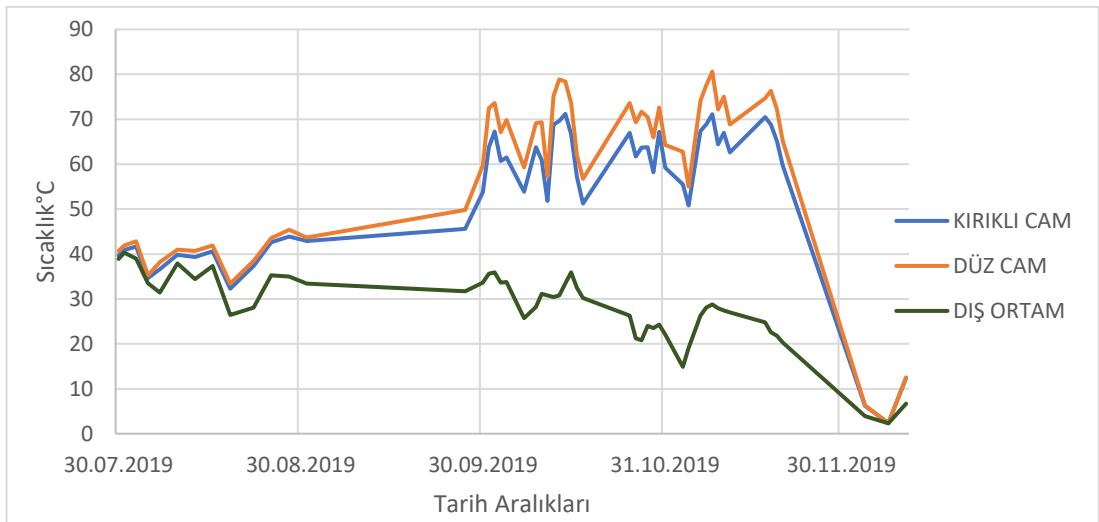
EK3 TASARIM TESCİL BELGELERİ

EK4 SERA İÇİ DESTEK ALANI TERMAL KÜTLE

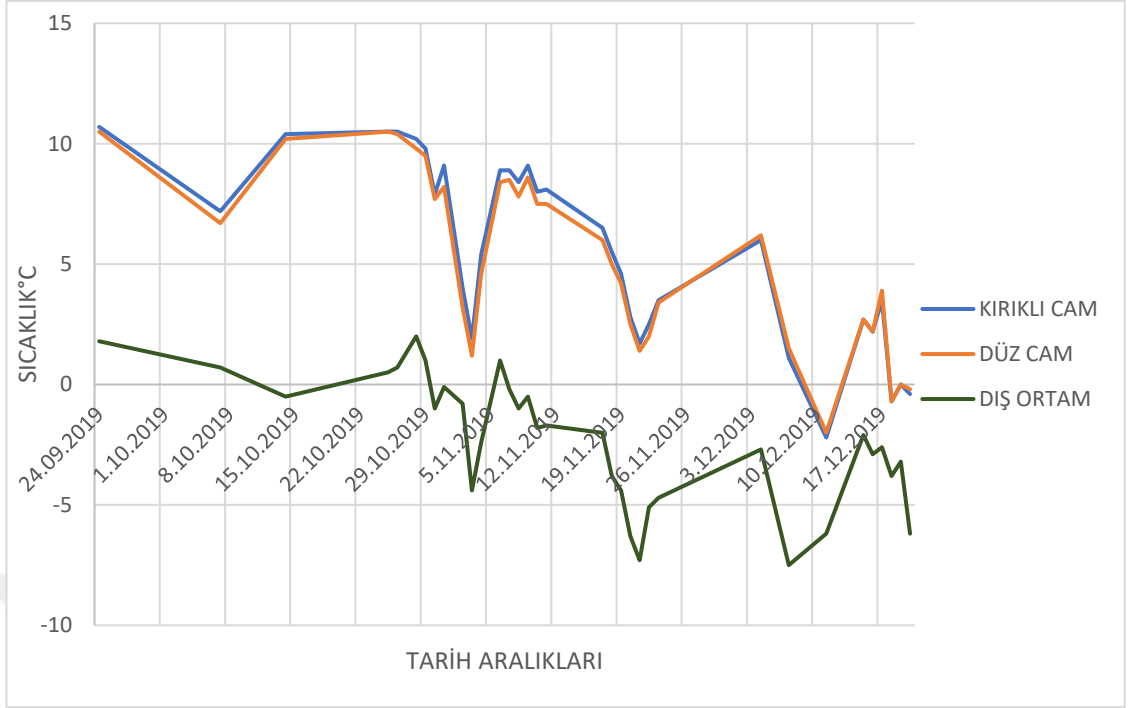
EK 1 AYRINTILI KABİN TEST SICAKLIK VE % RH ÖLÇÜMLERİ



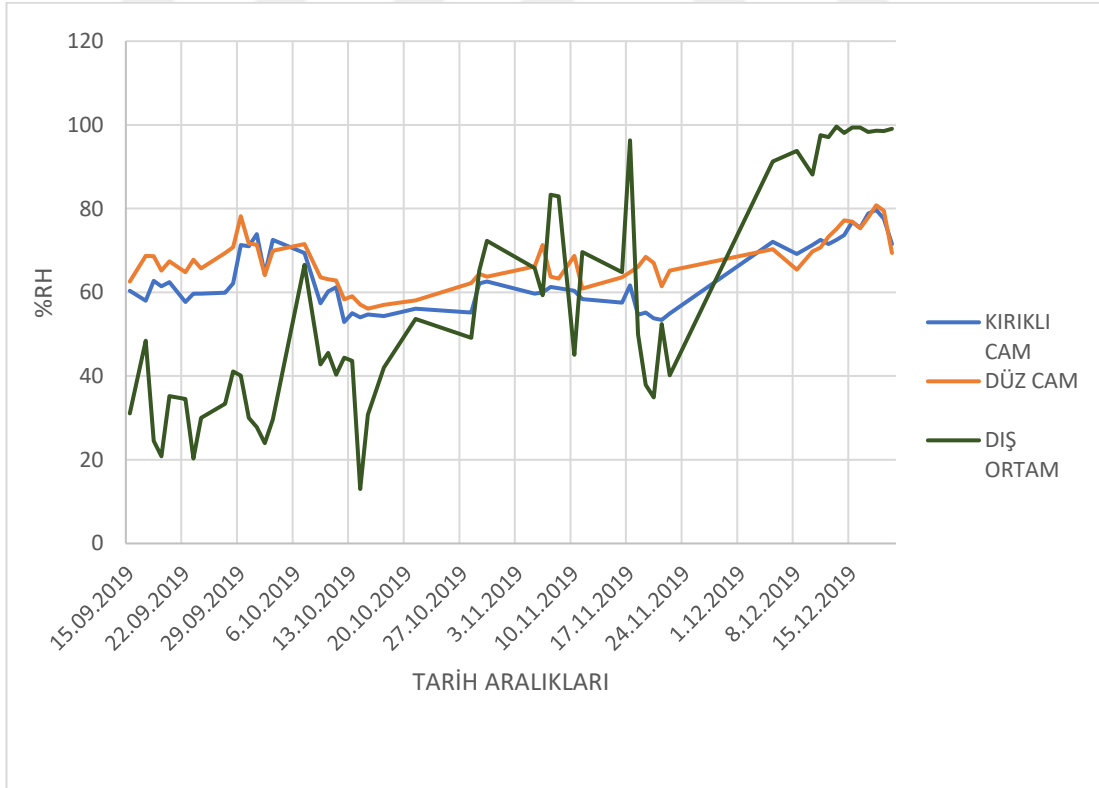
Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için sabah saatlerindeki SICAKLIK-ZAMAN grafiği



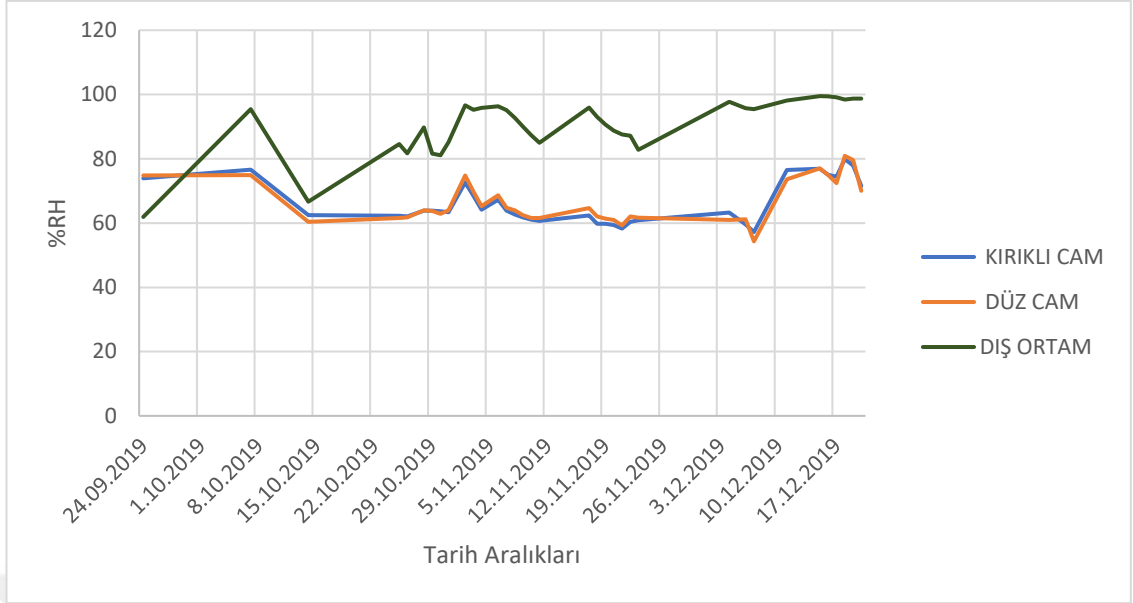
Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için öğle saatlerindeki SICAKLIK-ZAMAN grafiği



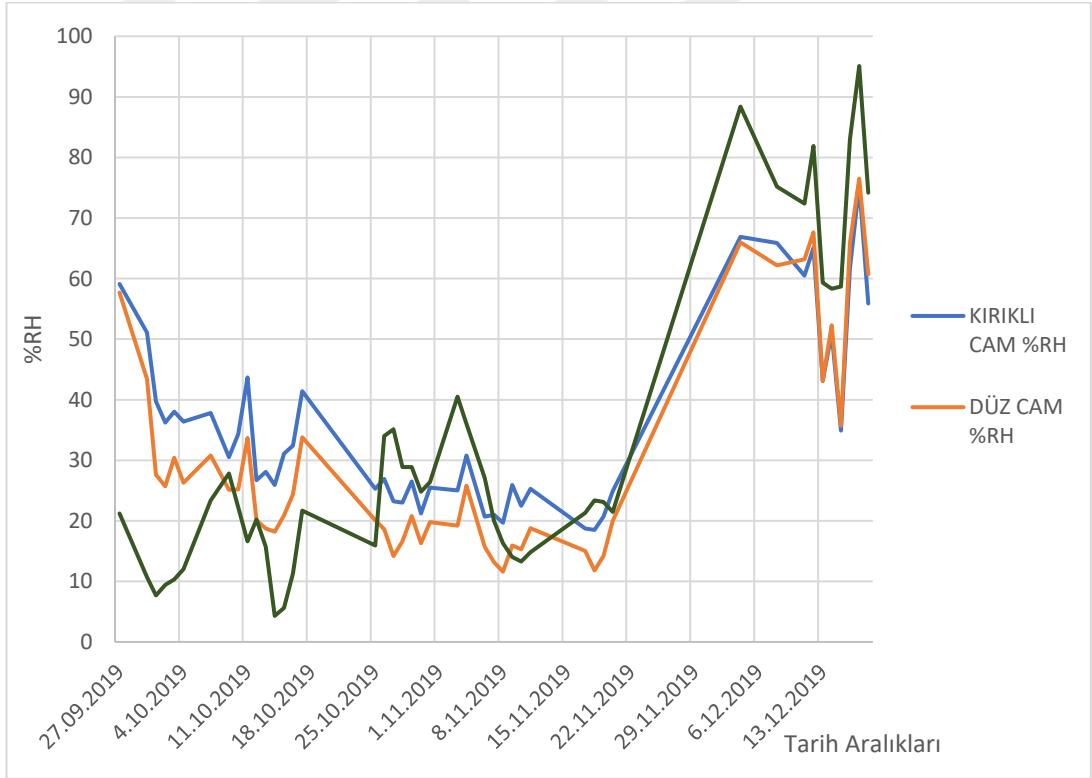
Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için en düşük sıcaklıklardaki SICAKLIK-ZAMAN grafiği



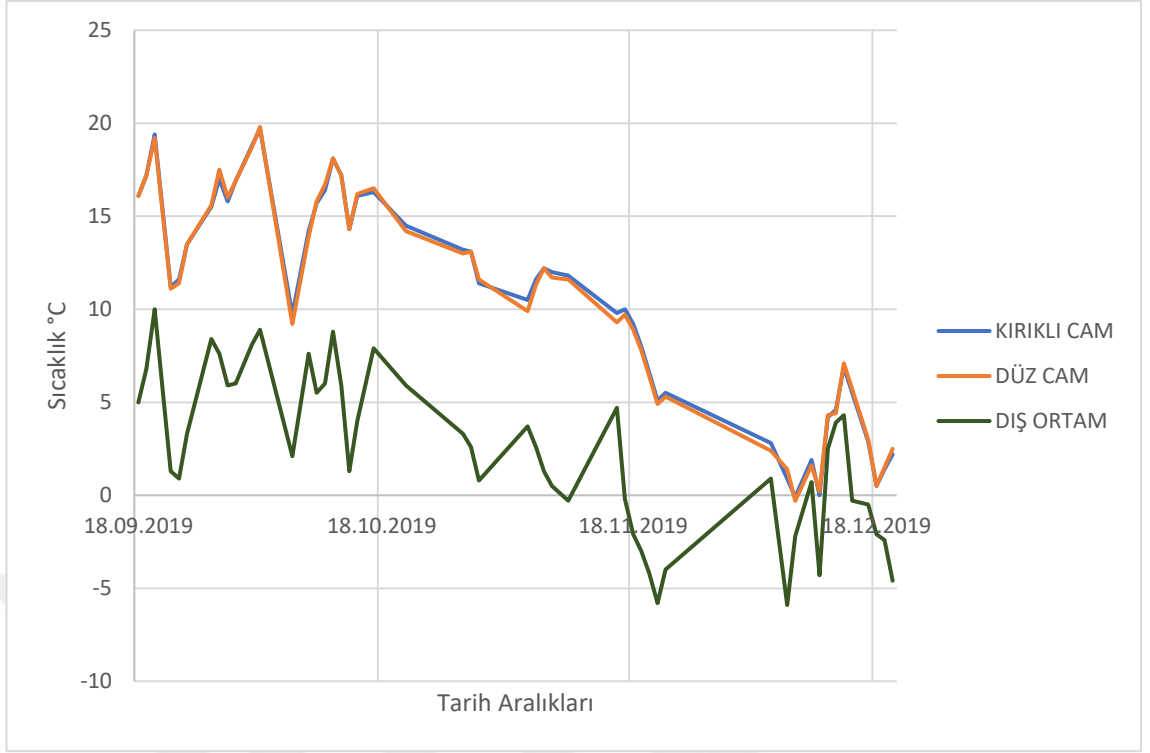
Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için sabah saatlerindeki %RH-ZAMAN grafiği



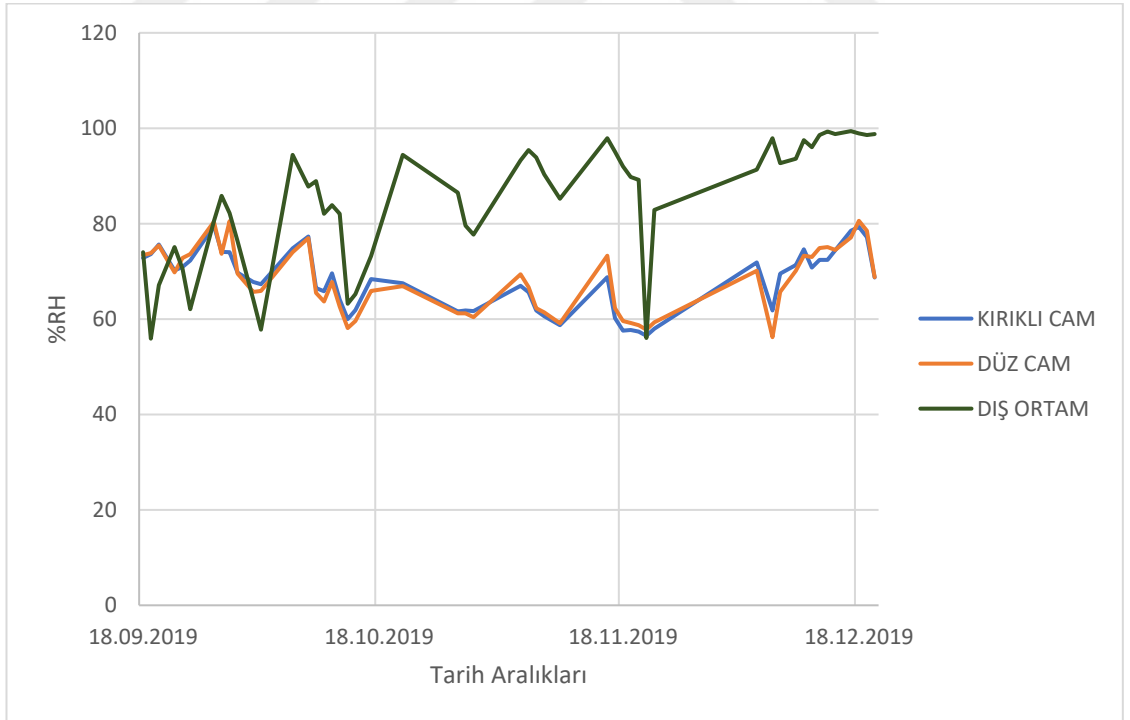
Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için en düşük sıcaklıklardaki % RH-ZAMAN grafiği



Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için öğle saatlerindeki % RH-ZAMAN grafiği



Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için gece saatlerindeki SICAKLIK-ZAMAN grafiği



Kırıklı cam, düz cam ve dış ortam için gece saatlerindeki % RH-ZAMAN

EK 2 PASİF GÜNEŞ SERASI FAYDALI MODEL SERTİFİKASYONU



FAYDALI MODEL BELGESİ

No: TR 2018 17084 Y

Buluş Başlığı

**ALTİGEN YERLEŞİM ALANINA SAHİP CAMDAN MAMUL MODÜLER
PASİF GÜNEŞ SERA YAPILANMASI**

Faydalı Model Sahibi

GÜRSEL ÖZBAY

Bu belge, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu kapsamında 13/11/2018 tarihinden itibaren 10 yıl süre ile korunmak üzere 21/02/2022 tarihinde verilmiştir.



T.C.
TÜRK PATENT VE MARKA KURUMU
Patent Dairesi Başkanlığı

Ek-1

EK LİSTESİ

- 1- PT_2018-17084_2022-O-337759_Ek1.pdf
- 2- PT_2018-17084_2022-O-337759_Ek2.pdf

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Adresi : <https://belgedogrulama.turkpatent.gov.tr/bg.aspx?Id=AB3C901F-AF3F-49D8-B169-F489AD8F32EC>
Gazi Mahallesi Hipodrom Caddesi No:13 (06560)
Yenimahalle / ANKARA
Telefon No: (0312) 303 1 303 Faks No : (0312) 303 11 73
İnternet Adresi www.turkpatent.gov.tr
Kep Adresi : tpe@tmo01.kep.tr

Bilgi İçin: Salih BEKTAŞ
Unvan:
Telefon No:
Eposta: salih.bektas@turkpatent.gov.tr



(10) TR 2018 17084 Y

FAYDALI MODEL BELGESİ

(21) Başvuru Numarası
u 2018/17084

(51) Buluşun tasnif sınıfı
A01G 9/14

(22) Başvuru Tarihi
2018/11/13

(43) Başvuru Yayın Tarihi
2020/05/21

(11) Başvuru Yayın No.
TR 2018 17084 A2

(45) Faydalı Model Belgesinin Veriliş Tarihi
2022/02/21

(30) Rûçhan Bilgileri (32) (33) (31) (74) Vekil

**BELGİN SAĞDIÇ (YETKİN PATENT VE DANIŞMANLIK LTD.
ŞTİ.)**
KONUR SOK. NO:69/8 BAKANLIKLAR/ANKARA

(71) Faydalı Model Sahibi
GÜRSEL ÖZBAY

Yenice Mah. Küme Evleri Yılanlı Pınar Mevki No:47 Çubuk Ankara TÜRKİYE

(72) Buluşu Yapan
GÜRSEL ÖZBAY

Yenice Mah. Küme Evleri Yılanlı Pınar Mevki No:47 Çubuk Ankara TÜRKİYE

(54) Buluş Başlığı

**ALTİGEN YERLEŞİM ALANINA SAHİP CAMDAN MAMUL MODÜLER PASİF GÜNEŞ SERA
YAPILANMASI**

(57) Özet

Buluş modüler olarak birleştirilebilen yatay kesit alanı altıgen formunda olan sera modüllerinden (1) oluşan pasif sera yapılanması ile ilgidir. Sera yapılanmasının boyutları sera modüllerinin (1) birleştirilmesi ya da birleştirilen sera modülünün yapıdan ayrılması ile büyütülüp küçütülebilmektedir.

TASARIM SİCİLİ

BAŞVURU BİLGİLERİ

Başvuru Numarası	: 2020/03575	Başvuru Tarihi	: 29/05/2020
Tescil Numarası	: 2020 03575	Tescil Tarihi	: 29/05/2020
Başvuru Çeşidi	: Çoklu	Tasarım Sayısı	: 2
Bülten Numarası	: 343	Bülten Tarihi	: 24/06/2020

BAŞVURU SAHİBİ

Ad Soyad / Unvan	: KONTUR-SEL ÇELİK ALÜMİNYUM MAMULLERİ SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Tabiyeti	: TÜRKİYE CUMHURİYETİ
Adres	: Yenice Mahallesi Küme Evleri Yılanlı Pınar Mevkii No:47 Çubuk Ankara TÜRKİYE

TASARIMLAR

Ürün Adı - Tasarım Sıra Numarası	Durumu	Tsr. Sys.	Lokarno Sınıf
Bina - 1,2	Tescilli	2	25-03

TASARIMCI

GÜRSEL ÖZBAY - 1, 2
Yenice Mahallesi Küme Evleri Yılanlı Pınar Mevkii No:47 Çubuk/Ankara TÜRKİYE

VEKİL

BELGİN SAĞDIÇ (YETKİN PATENT VE DANIŞMANLIK LTD. ŞTİ.)
KONUR SOK. NO:69/8 BAKANLIKLAR/ANKARA

EK 3 TASARIM TESCİL BELGELERİ





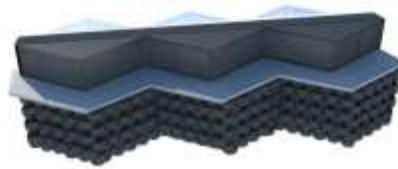
2020 03575

1.1 Bina



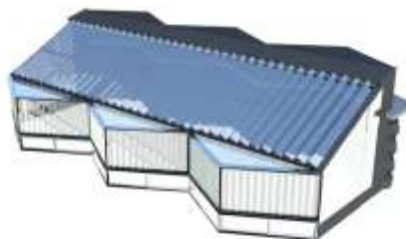
2020 03575

1.2 Bina



2020 03575

2.1 Bina



2020 03575

2.2 Bina



2020 03575

2.3 Bina



2020 03575

2.4 Bina



2020 03575

2.5 Bina



TASARIM TESCİL BELGESİ

No: 2018 07036

Tasarım Sahibi

**KONTUR-SEL ÇELİK ALÜMİNYUM MAMULLERİ SANAYİ VE
TİCARET LIMITED ŞİRKETİ**

Bu tasarım, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu kapsamında 21/11/2018 tarihinden itibaren 5 yıl süreyle korunmak üzere tescil edilmiş ve bu belge 19/04/2019 tarihinde düzenlenmiştir.

TASARIM SİCİLİ

BAŞVURU BİLGİLERİ

Başvuru Numarası	: 2018/07036	Başvuru Tarihi	: 21/11/2018
Tescil Numarası	: 2018 07036	Tescil Tarihi	: 21/11/2018
Başvuru Çeşidi	: Tekli	Tasarım Sayısı	: 1
Bülten Numarası	: 306	Bülten Tarihi	: 10/12/2018

BAŞVURU SAHİBİ

Ad Soyad / Unvan	: KONTUR-SEL ÇELİK ALÜMİNYUM MAMULLERİ SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Tabiyeti	: TÜRKİYE CUMHURİYETİ
Adres	: Yenice Mahallesi Küme Evleri Yılanlı Pınar Mevkii No:47 Çubuk Ankara TÜRKİYE

TASARIM

Ürün Adı - Tasarım Sıra Numarası	Durumu	Tsr. Sys.	Lokarno Sınıf
Yapı Malzemesi - 1	Tescilli	1	25-01

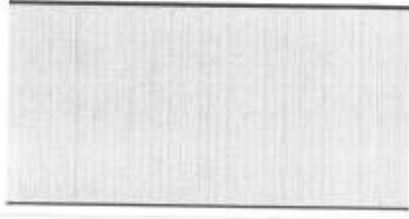
TASARIMCI

GÜRSEL ÖZBAY - 1
Yenice Mahallesi Küme Evleri Yılanlı Pınar Mevkii No:47 Çubuk/Ankara TÜRKİYE

VEKİL

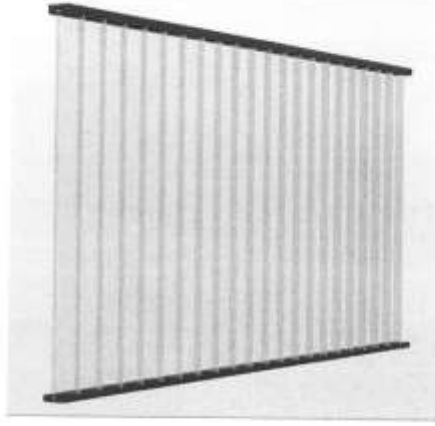
BELGİN SAĞDIÇ (YETKİN PATENT VE DANIŞMANLIK LTD. ŞTİ.)
KONUR SOK. NO:69/8 BAKANLIKLAR/ANKARA

2018 07036



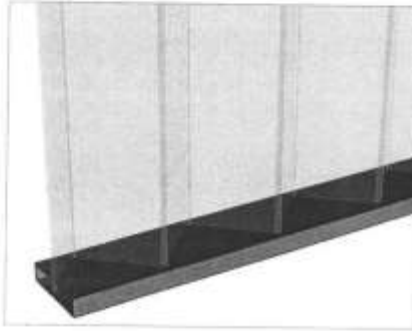
1.1 Yapı Malzemesi

2018 07036



1.2 Yapı Malzemesi

2018 07036



1.3 Yapı Malzemesi

2018 07036



1.4 Yapı Malzemesi

Sayı : E-39616753-110-220064099
Konu : 2018/17084 Numaralı Başvuru

24.01.2022

BELGİN SAĞDIÇ (YETKİN PATENT VE DANIŞMANLIK LTD. ŞTİ.)

İlgi : 13/11/2018 tarihli, 2018/17084 numaralı ve P18-08 referanslı başvurunuz.

İlgide kayıtlı başvurunuzla ilgili olarak, 18/10/2021 tarih ve E-39616753-110-210607034 sayılı yazımız ekinde gönderilen araştırma raporuna, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanununun 143 üncü maddesinin sekizinci fıkrası ve Uygulanmasına Dair Yönetmeliğin 121 inci maddesi hükümleri uyarınca süresi içinde tarafınızca itiraz edilmediği ve üçüncü kişilerce görüş bildirilmediği tespit edilmiştir. Bu nedenle, anılan Kanunun 143 üncü maddesinin dokuzuncu fıkrası hükmü uyarınca başvurunuza ait araştırma raporu değerlendirilmiş ve aynı maddenin onuncu fıkrası hükmü gereğince anılan başvuruza faydalı model verilmesine karar verilmiştir. Söz konusu karar ve faydalı model Resmi Patent Bülteninde yayımlanacaktır.

Ayrıca, anılan Kanunun ve Uygulanmasına Dair Yönetmeliğin ilgili maddeleri kapsamında faydalı model hakkına ilişkin açıklayıcı bilgiler aşağıda verilmektedir.

Faydalı modelin verilmiş olması, geçerliliği ve yararlılığı konusunda Kurumumuz tarafından garanti verildiği şeklinde yorumlanamaz ve Kurumun sorumluluğunu da doğurmaz.

Faydalı model verilmesinden sonra 6769 sayılı Kanunun 99 uncu maddesinde belirtilen itiraz usulü işletilemez, sadece mahkemeden hükümsüzlük talep edilebilir.

Bir faydalı modelin korunması için gerekli olan yıllık ücretler üçüncü yıldan başlamak üzere her yıl (faydalı modelin koruma süresi boyunca) vadesinde ödenir. Vade tarihi, başvuru tarihine tekabül eden ay ve gündür. Yıllık ücretler, vadesinde ödenmediği takdirde ek ücretle birlikte vadeyi takip eden altı ay içinde de ödenebilir. Yıllık ücretlerin bu süre içinde de ödenmemesi halinde faydalı model hakkı, bu ücretin son ödeme tarihi itibarıyla sona erer. Ancak, faydalı model hakkının sona erdiğine ilişkin bildirim tarihinden itibaren iki ay içinde telafi ücretinin ödenmesi halinde faydalı model hakkı, ücretin ödendiği tarih itibarıyla yeniden geçerlilik kazanır ve Bülteinde yayımlanır. Söz konusu telafi ücretinin ödenmemesi durumunda 6769 sayılı Kanunun 145 inci maddesinin birinci fıkrası uyarınca 101 inci maddesinin dördüncü fıkrası hükmünün uygulanması için talepte bulunulabilir.

Faydalı model sahibi veya yetkili kıldığı kişi, faydalı modelle korunan buluşu kullanmak zorundadır. Kullanma zorunluluğu, faydalı modelin verildiğine ilişkin ilanın ilgili bülteinde yayımlandığı tarihten itibaren üç yıllık veya faydalı model başvurusu tarihinden itibaren dört yıllık sürelerden hangisi daha geç sona eriyorsa, bu süre içinde gerçekleştirilir. 6769 sayılı Kanunun Uygulanmasına Dair Yönetmeliğin 123 üncü maddesinin birinci fıkrası ve 117 nci maddesinin sekizinci fıkrası hükümleri uyarınca faydalı modelin kullanıldığına ya da kullanılmadığına ilişkin beyanın anılan süre içinde Kuruma sunulması halinde bu durum sicile kaydedilerek

Bu belge, güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır.

Belge Doğrulama Adresi : <https://belgedogrulama.turkpatent.gov.tr/bg.aspx?id=F42EC126-66BF-44CE-5E93-7981BE923770>
Gazi Mahallesi Hipodrom Caddesi No:13 (06560)
Yenimahalle / ANKARA
Telefon No: (0312) 303 10 00 / 71 Faks No : (0312) 303 11 73
İnternet Adresi www.turkpatent.gov.tr
Kep Adresi : tpe@tpo1.kep.tr

Bilgi İçin: Mehmet Burak KAZEZ

Unvan:

Telefon No:



EK 4 SERA İÇİ DESTEK ALANI TERMAL KÜTLE TEFRİŞİ

