

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

41° KUZEY ENLEMİNDE (TRABZON'DA) GÜNEŞ ENERJİSİ İLE KERESTE  
(DOĞU LADINI) KURUTMA OLANAKLARININ ARASTIRILMASI

Mak.Yük.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

" Doktor "

Ünvanının Verilmesi İçin kabul Edilen Tezdir.

T. C.

Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.03.1991

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 14.05.1991

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Yalcın ÖRS

Jüri Üyesi : Prof Dr. Tuncay YILMAZ

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Teoman AYHAN

Enstitü Müdürü : Doc.Dr. Temel SAVASKAN

Mart - 1991

TRABZON

## ÖNSÖZ

Agaç malzemenin kullanıldığı yerde biçim değişikliğine uğramaması için kullanma yerinin bağıl nem ve sıcaklığına uygun bir denge rutubetine kadar kurutulması gerekmektedir. Kereste kurutmada genel olarak teknik ve doğal kurutma metodları kullanılmaktadır. Doğal kurutma uzun zaman almakta ve kerestenin istenen rutubet derecesine kadar kurutulması çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Teknik kurutmada ise enerji ve işletme masrafları yüksektir. Günümüzde birçok alanda yaygınlaşan enerji tasarrufu ve alternatif enerji kaynaklarına yönelik araştırmalar kereste kurutmada da önem kazanmaya başlamıştır. Güneş enerjisi sistemleri kurutmada uygulanan sıcaklık kademelerinde yüksek verimle çalışabilmekte ve bu amaçla kurulan sistemler güneş enerjisinin çoğu uygulamalarından ekonomik olmaktadır. Güneş enerjisi ile kereste kurutmanın Trabzon iklim şartlarında kullanılabilirliğini ve enerji tasarrufuna katkısını belirlemek amacıyla "41° Kuzey Enleminde (Trabzon'da) Güneş Enerjisi ile Kereste (Doğu Ladin) Kurutma Olanaklarının Araştırılması" konulu bu çalışma Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu araştırma aynı zamanda TÜBİTAK tarafından desteklenen TOAG-689 sayılı projedir.

Doktora Tezi danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarım boyunca her türlü yardım ve teşviklerini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Yalçın ÖRS'e teşekkürü zevkli bir borç bilirim. Yapıcı eleştirilerinden geniş ölçüde yararlandığım Sayın Hocam Doç. Dr. Teoman AYHAN'a ve Sayın Hocam H. Şinasi ONUR'a teşekkür ederim.

Güneş fırını inşaatında emeği geçen Fakültemiz teknik elemanlarına, rasat sonuçlarının temininde ve ölçü aletlerinin kalibrasyonunda yardımlarını esirgemeyen Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, Mart 1991

Kemal ÜÇÜNCÜ

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
I. GİRİŞ .....	1
II. LİTERATÜR ÖZETİ .....	6
III. MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
3.1. Araştırma Materyali .....	15
3.2. Araştırma Yöntemleri .....	16
3.2.1. Güneş Işınımı Hesaplarında Kullanılan Yöntemler .....	16
3.2.2. Güneş Toplayıcısının Tasarımı ve Veri- minin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler .....	19
3.2.3. Güneş Fırını Tasarımı ve Güneş Enerji- si ile Kereste Kurutmada Uygulanan Yöntemler .....	25
3.2.4. Isıl Hesaplarda Uygulanan Yöntemler ..	30
3.2.5. Araştırmanın Yapıldığı Bölgenin İklim Şartlarının Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler .....	33
3.2.6. Deneylerde Uygulanan Yöntemler .....	33
3.2.6.1. Kereste İstifleme Yöntemi ...	33
3.2.6.2. Rutubet Kontrolunda Uygulanan Yöntemler .....	35
3.2.6.3. Sıcaklık ölçümünde Uygulanan Yöntemler .....	39

3.2.6.4. Bağıl Nem ölçümünde Uygulanan Yöntemler .....	41
3.2.6.5. Hava Hızı ve Debisinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler .....	41
3.2.7. İstatistik Değerlendirmelerde Kullanılan Yöntemler .....	43
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	44
4.1. Araştırmanın Yapıldığı Bölgenin İklim Şartları.	44
4.2. Güneş Işınımı ile İlgili Veriler .....	46
4.3. Fırın Sıcaklığı ve Bağıl Nemi ile İlgili Bulgular .....	53
4.4. Toplayıcı Verimi ile İlgili Bulgular .....	61
4.5. Hesapla Belirlenen Fırın Sıcaklığının Deneysel Fırın Sıcaklığı ile Karşılaştırılması .....	63
4.6. Isı Kayıpları ve Yararlı Isı ile İlgili Bulgular .....	64
4.7. Kurumanın Gidişi ile İlgili Bulgular .....	67
4.7.1. Haziran (1989) Ayında Kurumanın Gidişi .	68
4.7.2. Temmuz (1989) Ayında Kurumanın Gidişi .	71
4.7.3. Ağustos (1989) Ayında Kurumanın Gidişi .	74
4.7.4. Eylül (1989) Ayında Kurumanın Gidişi ...	77
4.7.5. Ekim (1989) Ayında Kurumanın Gidişi ....	80
4.7.6. Kasım (1989) Ayında Kurumanın Gidişi ...	83
4.7.7. Aralık (1989) ve Ocak (1990) Aylarında Kurumanın Gidişi .....	86
4.7.8. Şubat (1990) ve Mart (1990) Aylarında Kurumanın Gidişi .....	91
4.7.9. Nisan (1990) Ayında Kurumanın Gidişi ...	96
4.7.10. Mayıs (1990) Ayında Kurumanın Gidişi ..	96
4.8. Ayların ve Mevsimlerin Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	101

4.8.1. Haziran, Temmuz ve Ağustos Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	102
4.8.2. Eylül, Ekim ve Kasım Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	104
4.8.3. Aralık, Ocak ve Şubat Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	107
4.8.4. Mart, Nisan ve Mayıs Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	109
4.8.5. Mevsimlerin Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri.	111
4.9. Güneş Işınımının Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	113
4.10. Kereste Rutubetinin ve Denge Rutubetinin Kuruma Üzerindeki Etkileri .....	122
4.11. Güneş Fırınında ve Açık Havada Kurutma Denemelerinde Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi .....	125
V. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	133
VI. KAYNAKLAR .....	136
VII. EKLER .....	140
VIII. ÖZGEÇMİŞ .....	194

## ÖZET

Higroskopik bir madde olan ağac malzeme rutubet alıp verme sırasında boyutlarını üç yönde farklı olmak üzere değiştirir. Bu sebeple, ağac malzemenin kullanıldığı yerde biçim değişikliği göstermemesi amacıyla kullanma yerinin bağıl nemi ve sıcaklığına uygun bir denge rutubetine kadar kurutulması gerekmektedir. Kerestenin teknik metodlarla kurutulması enerji harcaması gerektirmekte ve bu maksatla harcanan enerjinin esasını ısıtma oluşturmaktadır. Günümüzde birçok alanda yaygınlaşan enerji tasarrufu ve alternatif enerji kaynaklarına yönelik araştırmalar kereste kurutmada da önem kazanmaya başlamıştır. Bu çalışmada, 41° kuzey enleminde yer alan Trabzon iklim şartlarında sera tipi güneş fırınlarının kereste kurutulmasında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

1.2 m<sup>3</sup> kapasiteli ve 6 m<sup>2</sup> toplayıcı alanına sahip güneş fırınında 50 mm kalınlıktaki Doğu Ladini (*Picea Orientalis* L. (Link.)) keresteleri 1 Haziran 1989 ile 31 Mayıs 1990 tarihleri arasında, yaz döneminde birer aylık, kış döneminde ise ikişer aylık periyotlarda kurutulmuştur. Güneş fırınında kurutma ile doğal kurutmanın karşılaştırılması maksadıyla aynı dönemde doğal kurutma denemeleri de yapılmıştır.

Güneş fırınında Nisan - Ekim arasındaki 7 aylık yaz döneminde, kereste bir ayda ortalama % 10.6, Kasım - Mart arasındaki 5 aylık kış döneminde ise bir ayda ortalama % 18 rutubete kadar kurumuştur. Ayrıca kış döneminde iki aylık kurutma periyodu sonunda kerestenin ortalama % 12 rutubete kadar kuruduğu gözlenmiştir.

Açık havada yaz ve kış dönemlerinde yapılan kurutma denemelerinde kereste sonuç rutubetleri arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Trabzon iklim şartlarında kerestenin en çok % 15 sonuç rutubetine kadar kuruduğu ve bunun için 3 aydan fazla bir süreye ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

Yapılan kurutma denemeleri sonucunda; Nisan - Ekim arasındaki aylarda güneş enerjisi ile kereste kurutmanın uygun koşullara sahip olduğu söylenebilir. Diğer taraftan 50 mm kalınlıktaki 1 m<sup>3</sup> Doğu Ladini kerestesinin güneş fırınında kurutulması halinde teknik kurutmaya göre yaklaşık 550 kWh enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

## SUMMARY

Addition of water to wood causes to swelling until fiber saturation point and wood shrinks as it loses moisture below this point. In order to proper usage of wood without deformation, it must necessarily be dried until equilibrium moisture content (MC) corresponding relative humidity and temperature of service in use. A large amount of energy is used heating process in kiln drying. Investigations related to energy savings and alternativ energy sources also gained importance nowadays at timber drying processes. In this stady, green house type solar kiln was investigated with the aim of determining the drying ability in Trabzon (41°N).

Spruce (*Picea Orientalis* L. (Link.)) (5x200x18-26 cm) were dried in between 1st June 1989 and 31st 1990 as one month and two months intervals during summer and winter, respectively, at solar kiln having 1.2 m<sup>3</sup> capacity and 6 m<sup>2</sup> collector area. Air seasoning were also realized in order to make comparison with solar kiln drying process.

Timber were dried until 10.6 % MC in a month in summer between April and October. It coul't be reached 18 % MC dryness for monthly drying comprised 5 months winter period between Nowember - March, where as 12 % MC were realized at the same season both in solar kiln.

No considerable difference was found between final MCs of timber seasoned in winter and summer. It was also determined that timber canbe dried until 15 % final Mc in Trabzon climatic conditions and in order to reach to this final MC neaily 3 months are to be required.

The results of drying experiments showed that sufficient solar energy was found to be existed in between April and October for timber drying. On the other hand, 550 kWh energy savings are to be accomplished by solar kiln drying compare to kiln drying for per m<sup>3</sup> spruce timber having 50 mm thickness.

## I. GİRİŞ

Higroskopik bir madde olan ağac malzeme, içerisinde bulunduğu ortamın sıcaklığı ve bağıl nemine göre elde edeceği denge rutubetine bağlı olarak bünyesine su almakta ya da çevresine su vermektedir. Böylece, higroskopik sınırlar olarak kabul edilen % 0 ile % 25 - % 33 rutubet dereceleri arasında boyutlarında ve hacminde rutubet alma ile genişleme, kuruma ile daralma meydana gelmektedir (1). "Odunun çalışması" olarak ifade edilen boyutlardaki bu değişme her yönde aynı olmadığından, gerilmelerin doğmasına ve bu da çatlama, çarpılma, birleşme yerlerinin açılıp kapanması gibi çeşitli sakıncalara yol açmakta; sonuç olarak, kullanım yerinde kayıplara sebep olmaktadır. Ağac malzemenin boyutlarının ve formunun korunabilmesi için kullanım amacı ve yerinin gerektirdiği rutubet derecelerine kadar kurutulması gerekmektedir (2), (3).

Kurutma, ağac malzeme içerisinde bulunan kullanım amacı ve yeri için uygun olmayan fazla suyun atılmasıdır. İdeal bir kurutmanın amacı, kurutma sırasında kaliteyi düşürmeden koruyucu bir biçimde, en kısa sürede ve en ekonomik şekilde ağac malzemeyi çeşitli kullanım yerlerinin gerektirdiği rutubet derecelerine kadar kurutmaktır (2), (3).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan termik kurutma metodları, doğal ve teknik kurutma metodları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Termik kurutmada ağac malzeme içerisinde bulunan su önce ısıtılarak su buharı haline getirilmekte ve sonra odun dokularından ayrılan bu su buharı uygun metodlar kullanılarak ağac malzemedeki uzaklaştırılmaktadır (2), (3).



Doğal kurutmada ağac malzeme, dış kurutma faktörleri bakımından uygun bir yerde, tekniğine uygun bir şekilde istif edilerek havanın sıcaklığı ve bağıl nemi gibi dış kurutma faktörlerine hiç bir teknik etki yapılmadan kurumaya bırakılmaktadır (3). Atmosfer şartları altında doğal kurutma uzun zaman almakta, büyük ve masraflı kereste depolarının tesis ve yönetimine ihtiyaç göstermekte, sermaye uzun süre beklemeye terkedilmekte, kuruma süresi boyunca malzeme kaliteyi düşüren mantarların saldırısına açık bulunmaktadır (1). Kuruma süresinin uzaması sakıncasının yanında doğal kurutmada gerçekleştirilen sonuç rutubeti ısıtılan kapalı binalar içinde kullanılan ağac malzeme için yeterli değildir.

Doğal kurutmada enerji talep edilmemesine rağmen, geniş depo yeri ihtiyacı yanında, kerestenin rutubeti her zaman kullanım yerinin gerektirdiği rutubete kadar düşürülemez. Teknik kurutma hızlı gerçekleşmesine ve sonuç rutubetinin yeterince azaltılabilmesine rağmen yakıt ve işletme masrafları yüksektir (4). Kereste kurutmada, özellikle sert ağac keresteleri için gerekli enerji, kereste üretiminde kullanılan toplam enerjinin % 60 - % 70 i oranındadır (5). Cech ve Pfaf (6) ile Chen (7)  $1 m^3$  yellow - poplar kerestesinin yaklaşık 1000 kWh'lik enerji ile kurutulabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, yapılan teorik hesaplar da  $1 m^3$  iğne yapraklı ağac kerestelerinin ortalama 600 kWh'lik enerji ile kurutulabileceğini göstermiştir (1). Enerji giderlerini azaltmak için kerestenin önce % 20 - % 30 rutubete kadar açık havada ve ondan sonra da % 6 - % 8 sonuç rutubetine kadar fırında kurutulması önerilmektedir (3), (7), (8).

Artan insan nüfusu ile birlikte gelişen teknoloji enerji tüketimini arttırmıştır. Yurdumuz enerji girdileri bakımından dışa bağımlıdır. Tüketilen enerjinin önemli bir kısmı, özellikle petrol, dışalımla karşılanmaktadır (9). Diğer taraftan fosil yakıtların kısa bir gelecekte biteceği tahmin

edilmektedir. Bu gelişmeler, son yıllarda gerekli miktar ve kalitede enerji üretiminin sağlanması üzerinde önemli çalışmalara yol açmıştır. Ekonomik ve yeterli miktarda enerji arzının üç farklı yolla sağlanması mümkündür (10):

- 1) Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak,
- 2) Zorunlu ve gönüllü enerji kısıtlamaları,
- 3) Enerji makinalarının verimini arttırmak.

Bu çalışmada yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile kereste kurutma olanakları araştırılmıştır. Güneş enerjisi sistemleri 100 °C'nin altındaki sıcaklıklarda oldukça yüksek verimle çalışmaktadırlar. Güneş enerjisinin düşük sıcaklıklardaki uygulamalarında sağlanan başarı, kereste kurutmada da kullanılabileceği düşüncesini güçlendirmiştir. Böylece, güneş enerjisi ile kereste kurutma, teknik ve doğal kurutma arasında, ancak ikisinden de farklı yararlı bir yenilikle alternatif bir kereste kurutma metodu olarak ortaya çıkmıştır. Bu metodla ilgili olarak yurt dışında önemli araştırmalar yapılmıştır. Birçok ülkede de kombine güneş fırınlarında kereste kurutma üzerine araştırmalar sürdürülmektedir. Hatta bu fırınların bir kısmı ticari olarak işletilmektedir (11).

Güneş enerjisi ile kereste kurutmada, toplayıcıdan geçen hava ısınarak kereste istifi üzerine verilmektedir. Son 30 yıl içinde sera tipi güneş fırınları üzerinde geniş araştırmalar yapılmıştır. Düşük verimle çalışmalarına rağmen klasik kurutmadan daha ekonomik bir şekilde işletilebilme ve doğal kurutmaya göre daha kısa sürede daha az kusurlu kerestenin kurutulması mümkün olmaktadır. Son yıllarda ise harici güneş toplayıcılı ve ısı depolama yeteneği olan birçok kombine güneş fırını inşa edilmiştir (12), (13), (14), (15).

Literatür incelemeleri sonucunda; yurdumuzda güneş enerjisi ile kereste kurutma üzerine bir araştırmanın yapılmadığı anlaşılmıştır. Enerji tasarrufuna katkı sağlayabilmek maksadıyla bu çalışmada 41° kuzey enleminde (Trabzon'da) güneş enerjisi ile kereste kurutma olanakları araştırılmıştır. Kullanılan güneş fırını sera tipi olarak nitelendirilmekte olup, toplayıcı fırın üzerine 30° ve 60° eğimle yerleştirilmiştir. Havalı toplayıcıdan 2 adet 80 Watt'lık vantilatörle emilen hava kereste istifi üzerine gönderilmiştir. Fırının kapasitesi  $1.2 \text{ m}^3$ , toplayıcı alanı ise  $6 \text{ m}^2$  dir.

Güneş enerjisi ile kerestenin % 10'dan daha düşük rutubete kadar kurutulmasındaki güçlükler gözönüne alınarak kolay kuruyan ve yörede geniş yayılış alanı gösteren ağaçlardan Doğu Ladini (*Picea Orientalis* (L.) Link.) kerestesi kurutma materyali olarak seçilmiştir. Doğramacılıkta yaygın olarak kullanılan Doğu Lâdini kerestesinin % 10 sonuç rutubetine kadar kurutulması bu alandaki kullanım amacı için yeterli sayılmaktadır (1). 50 mm kalınlıktaki Doğu Lâdini keresteleri 1 Haziran 1989 ile 31 Mayıs 1990 tarihleri arasında; yaz döneminde birer aylık, kış döneminde ise ikişer aylık periyotlarda kurutulmuştur. Güneş fırınında kurutma ile doğal kurutmanın karşılaştırılması amacıyla, aynı dönemde ayrıca doğal kurutma denemeleri de yapılmıştır.

Araştırmanın ilk aşamasında, yıllık ortalamalarından eğik yüzeylere gelen güneş ışıını hesaplanarak toplayıcı ve güneş fırını tasarlanmıştır. Güneş fırını inşasından sonra toplayıcıda hava hızı, giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülerek toplayıcı verimi belirlenmiştir. Yatay yüzeye gelen güneş ışıını değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMGM) Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden alınarak deneme periyodunda eğik yüzeye gelen güneş ışıını değerleri hesaplanmıştır (16). Üç aylık boş fırın testlerinden sonra kurutma deneylerine başlanmıştır. Kereste rutubetinin

gidisini belirlemek amacıyla her gün sabahları, rutubet kontrolü örnek tahtaları tartılmıştır. Kurutma denemeleri boyunca fırın içindeki havanın bağıl nemi ve sıcaklığı belirli saatlerde ölçülerek kuruma ile olan ilişkileri belirlenmiştir. Dış hava şartlarına ilişkin değerler DMGM Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden alınarak doğal kurutma denemeleri değerlendirilmiştir (16).

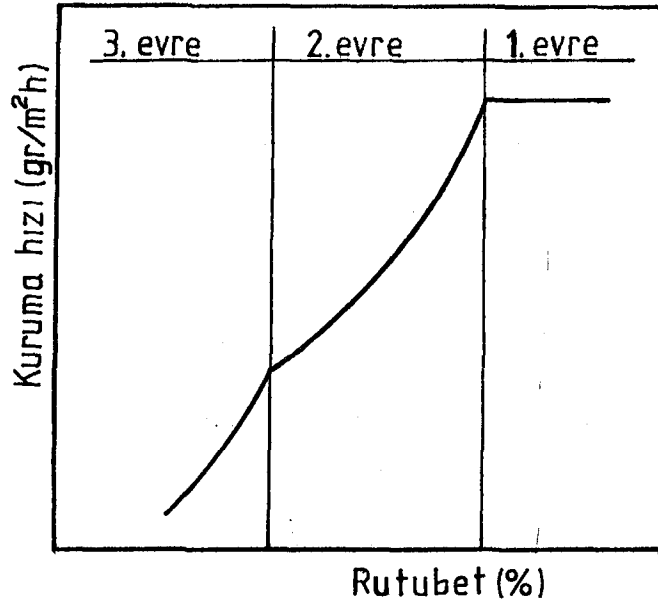


## II. LİTERATÜR ÖZETİ

Agaç malzemenin kurutulması ve kurumunun gidişi üzerinde etkili olan en önemli dış kurutma faktörleri havanın sıcaklığı, bağıl nemi ve hızı olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (3). Tam yaş haldeki ağaç malzemenin kurutma faktörleri değişmeksizin kurutulması üç evrede tamamlanır (1), (17), (18). Kurumanın sabit hızla geliştiği ilk evrede buharlaşma odunun yüzeyinde meydana gelir. Odunun yüzeyi tamamen su filmi ile kaplanmış olup, suyun odun yüzeyinden buharlaşması su yüzeyinden buharlaşmaya benzer. Odunun iç kısmından gelen suyun difüzyon hızı yavaşlayıp su filminin yüzeyde tutulamadığı noktadaki rutubete "kritik rutubet miktarı" denir. Kurutma başlangıcında odunlar tam yaş halde olmadıklarından sabit kuruma evresi olarak bilinen "birinci kuruma evresi" ya çok kısa sürer ya da hiç gerçekleşmez (1), (18).

Kritik noktadan sonra odun yüzeyi yer yer kurur. Bu yüzden kuruma hızı azalır ve kuruma yavaşlar. Kuruma hızının henüz yüzeysel buharlaşmaya bağlı olduğu, iç difüzyon etkisinin olmadığı kabul edilen bu ikinci evreye "birinci azalan kuruma evresi" denir.

Kuruma hızı üzerinde difüzyonun etkili olmaya başlaması ile üçüncü kuruma evresi veya "ikinci azalan kuruma evresi" başlar. Difüzyon hızı odundaki rutubet konsantrasyonu ile yakından ilişkilidir. Odun içerisinde ortalama konsantrasyon farkında meydana gelen azalma difüzyon hızının azalmasına sebep olur. Bu evrede dış kurutma faktörlerinin etkisi kaybolur ve kurutmada odunun iç yapısı önem kazanır (1). Odun için kuruma evreleri Şekil 2.1. de gösterilmiştir.



Sekil 2.1. Higroskopik madde için kuruma evreleri.

Kurumanın ilk evresinde yüzeydeki hücreler iç kısımlardaki hücrelere göre daha fazla su kaybeder ve lif doygunluk noktasından itibaren yüzey bölgesinde daralma meydana gelir. Daralmanın meydana getirdiği basınç etkisi ile iç kısımlardaki hücrelerin suyu hava boşluklarına doğru hareket eder. Zorlama etkisi ile gerçekleşen bu akım hücre boşluklarında bulunabilecek ekstraktif maddeleri de beraberinde taşır. Bu maddeler, özellikle hızlı kuruma sonucu kılcal akım borularını tıkar (18). Bu sebeple ekstraktif maddesi fazla olan ağac kerestelerinde, başlangıçta kuruma hızının düşük tutulması istenir.

Odunun su geçirgenliğinin yüksek olması kurumayı hızlandırır. Öz odunda suyun difüzyon hızı diri oduna göre daha yavaştır. Odunun kuruma süresi üzerinde biçme yönünün de etkisi vardır. Liflere paralel yönde suyun hareket hızı liflere dik yöne göre 5 - 8 kat daha fazladır (3). Radyal yönde suyun hareket hızı, öz ışınlarının su geçirgenliği daha yüksek olduğundan teğet yöne göre daha yüksektir (19).

Kuruma olayını açıklamak amacıyla çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller basit ve karmaşık modeller olarak iki grupta incelenmiştir. Basit modellerde kurutma mekanizmalarından sadece bir tanesinin azalan kuruma evresindeki kurutma hızını kontrol ettiği kabul edilir. Karmaşık modellerde ise iki veya daha fazla kurutma mekanizmasının aynı anda meydana geldiği ve kuruma hızını beraberce etkiledikleri kabul edilmektedir. Basit kurutma modelleri kurutma mekanizmalarına bağlı olarak üç şekilde ifade edilmiştir (20):

- a) Difüzyon modeli,
- b) Kılcal akım modeli,
- c) Buharlaştırma-yoğunlaştırma modeli.

Difüzyon modeli genel olarak iç gözenekleri çok küçük olan katılarda geçerli olup, katının iç gözeneklerinden yüzeyine doğru sıvı akımı şeklinde gerçekleşir. Büyük gözenekli katılarda azalan kuruma evresindeki rutubet akışı kılcal akım mekanizması prensiplerine göre oluşur ve bu amaçla kuruma hızı kılcal akım modelleri ile hesaplanır. Kurutma mekanizması difüzyon modeline göre daha iyi tanımlanabilmesine rağmen matematiksel ifadesi oldukça karmaşıktır (21).

Karmaşık kurutma modelleri için genel bir sınıflama yapmak oldukça güçtür. Bu modeller araştırmacıların isimlerine göre aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır (20):

- a) Krischer modeli,
- b) Peck modeli,
- c) Lykov modeli,
- d) Morgan modeli.

Krischer (22) modelinde katının nemi kurutma sırasında difüzyon ve kılcal akım mekanizmalarının etkisi ile yüzeye doğru hareket eder. Karmaşık ve uzun bir hesplamaya ihtiyaç göstermesi bu modelin kullanımını zorlaştırmaktadır.

Peck (23) modelinde katının içinde oluşan kurutma mekanizması ile yüzeyde dış kurutma faktörleri gözönünde tutulmuştur. İnce katıların düşük sıcaklıklarda kurutulduğu durumlarda uygun sonuçlar vermiştir.

Lykov (24) modelinde kurutma sırasında ısı ve kütle transferine ek olarak hidrodinamik iletim mekanizması da göz önüne alınmıştır. Kurutma mekanizmasının matematiksel olarak kolayca ifade edilebilmesine rağmen fazla sayıda katsayı kullanıldığı için mevcut çözümleri genellikle uygulamaya yönelik değildir (25).

Morgan (26) modelinde katının iç gözeneklerinin yaş, yüzeye yakın kısımlarının ise kuru olduğu kabul edilmiştir. Bu iki bölgeyi ayıran düzlemde buharlaşmaya başlayan su, difüzyon mekanizması ile yüzeye ulaşır. Matematiksel ifadesi ve çözümü karmaşık olduğu için genellikle tek boyutlu sistem geometrileri için incelenmiştir. Buharlaşma düzleminin yerinin ve merkeze doğru hareket hızının doğru olarak formüle edilebilmesi halinde kurutma hızının hesaplanmasında uygun sonuçlar vermektedir.

Güneş ışınımının yeryüzündeki dağılımı yörelere göre önemli farklılıklar gösterir. Yeryüzüne gelen ortalama güneş ışınımı şiddeti  $0 - 1000 \text{ W/m}^2$  arasında değişmektedir. Yurdumuzun bir bölümü de güneş kuşağı adı verilen bölgede bulunmaktadır. Güney Anadolu Bölgesi en bol güneş alan bölge olup, yıllık ortalama tüm güneş ışınımı şiddeti  $16 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$ 'dür. Kuzey Anadolu Bölgesi ise yurdumuzun en az güneş ışınımı alan bölgesidir ve yıllık ortalama tüm güneş ışınımı şiddeti  $11 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$  dolayındadır (27). Bu sonuçlar güney bölgelerimizin kuzey bölgelerimizden yaklaşık % 45 daha fazla güneş ışınımı aldığını göstermektedir.

Güneş enerjisinin düşük sıcaklık uygulamaları geniş bir kullanım alanı bulmuş olup, bunların başlıcaları aşağıda



sunulmuştur (27):

- a) Konutların sıcak su temini,
- b) Konut ısıtması,
- c) Konut soğutması,
- d) Tarım ürünlerinin kurutulması,
- e) Sera ısıtması,
- f) Yüzme havuzu ısıtması,
- g) Saf su elde edilmesi,
- h) Tuz üretimi,
- i) Güneş pompaları,
- j) Güneş fırınları.

Güneş enerjisi uygulamalarından özellikle sıcak su temini ve ısıtma ile ilgili güneş sistemlerinin teknolojilerinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Halen yurdumuzun güney ve batı sahillerinde de sıcak su sistemleri yaygınca kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ile kereste kurutma konusunda da çeşitli ülkelerde yapılmış ve devam eden birçok araştırma mevcuttur. Bu araştırmaların bir kısmı güneş fırınlarının tasarımı ve çalışması ile bir kısmı da kurutma denemeleri ile ilgilidir.

Güneş enerjisi ile kereste kurutma araştırmaları genel olarak sera tipi güneş fırınları ile başlatılmıştır (28), (29), (30), (31). Read ve dig. (12), Plumtre (32), Wengert (33), Gaugh (34), Casin (35) ve Bois (36) güneş fırınlarının tasarımı ve çalıştırılması ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. Little (37) ise güneş fırınlarının tasarımı ve performansına ilişkin araştırmalarda bulunmuştur.

Yang (38) iki yıllık devrede pasif tip bir güneş fırınının performansını, kereste kurutma oranını, fırın sıcaklığını, kereste kurutma kusuru ve fırın izolasyonunun etkilerini araştırmıştır. Araştırmanın diğerlerinden farklı bir yanı 48° kuzey enleminde yapılmış olmasıdır. Eylül 1977

ile Haziran 1978 ve Agustos 1978 ile Nisan 1979 arasında iki kurutma periyodu uygulanmıştır. Fırında kereste kurutma oranı kışın ve yazın açık hava koşullarındaki kurutmadan sırası ile 2.3 ve 9 kat daha hızlı olduğu bulunmuştur. Kurutma kusurları ise açık hava koşullarına göre 5-9 kat daha azdır. Taze Jack Çamı kerestesi (51 mm x 102 mm x 1.2 m) yazın % 60 rutubetten % 19 rutubete kadar 12 günde kurumuştur. Kışın ise aynı rutubete 100 günde ulaşılabilmiştir. Yang, güneş enerjisi ile kereste kurutma sonuçlarını açık havada kurutma ile karşılaştırmak amacıyla doğal kurutma denemeleri de yapmıştır. Açık havada Kasım ayında başlatılan kurutmada 230 günde, Agustos ayında başlatılan kurutmada ise 243 günde % 19 rutubete ulaşılmıştır. Taze kereste güneş fırınında Agustos ayında 30 günde, kış mevsiminde ise 140 günde % 10 rutubete kadar kurutulabilmiştir. Açık hava şartlarında ise kereste % 10 rutubete kadar kurutulamamıştır. Söz konusu araştırmada fırın yalıtımının etkileri de incelenmiş ve ısı yalıtımının fırın verimini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. İki yıllık deneme sonuçları; kereste sonuç rutubeti ve kalitesi yönlerinden güneş enerjili kurutmanın doğal kurutmaya göre daha üstün olduğunu göstermiştir.

Chen (7) alüminyum kutucuklardan oluşan harici güneş toplayıcılı bir fırında yellow - poplar kerestesinin kurutulmasını denemiştir. Güneş fırını 1978 yazından 1979 sonbaharına kadar yaklaşık ikişer aylık sürelerle 5 kez ayrı ayrı çalıştırılmıştır.  $1.18 \text{ m}^3$  lük iki ayrı kereste istifi güneş fırınında ve açık havada kurutulmuştur. Hava hızı fırında 2.54 m/s, güneş toplayıcısında ise 3.9 m/s dir. Kurutulan kereste partilerinin hepsinde güneş fırınında kurutma havada kurutmadan daha hızlı gerçekleşmiştir. Ancak kurutmanın başlangıcında fırın içindeki havanın bağıl nemi yüksek olduğundan bu aşamada doğal kurutmanın daha hızlı gerçekleştiği gözlenmiştir. Temmuz ayında fırında kurutulan % 95 başlangıç rutubetindeki kereste % 15 sonuç rutubetine 8 günde, havada

kurutulan % 88 başlangıç rutubetindeki kereste ise aynı sonuç rutubetine 16 günde düşmüştür. Aynı sonuç rutubetine fırında kurutmada Eylül ayında 10 günde, Kasım ayında 27 günde, Ocak ayında 53 günde ve Mart ayında 28 günde ulaşılmıştır. Söz konusu aylarda doğal kurutma süreleri ise sırasıyla 35, 168, 111 ve 33 gündür. Chen, her iki kurutmada kereste kalitesinin aynı olduğunu vurgulamıştır. Kurutma zamanına bağlı olarak elektrik enerjisi tüketimi kışın yaz mevsimine göre 4 kat daha fazla olmuştur. Buna rağmen kış mevsiminde bile harcanan enerji klasik kurutmada harcanan enerjiden daha azdır.  $1.18 \text{ m}^3$  yellow - poplar kerestesinin klâsik kurutma metodunda kurutulması için yaklaşık 1200 kWh enerji kullanılmaktadır (6). Yazın güneş enerjisi ile kereste kurutmada klâsik kurutmada harcanan enerjinin dörtte biri, kışın ise dörtte üçü oranında enerji harcanmaktadır. Benzer sonuçlar Troxell ve Mueller (39) tarafından Lodgepol Çamı ve Engellement Lâdini kerestelerinin kurutulmasına ilişkin yapılan araştırmalarda verilmiştir. Chen, güneş fırınlarında kereste kurutmanın, sonuç rutubetinin % 12 den fazla olması istendiğinde ve 2 - 20  $\text{m}^3$  kapasiteler için uygun olabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca güneş fırınlarının küçük değişikliklerle yüksek sıcaklıklarda kurutma programlarının istenmediği tarım ürünleri, kömür ve diğer endüstriyel ürünlerin kurutulmasında da kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Little (11) 1977 Mayıs ayında işletmeye alınan 50 MBF ( $60 \text{ m}^3$ ) kapasiteli 2 ticari güneş fırınının 5 yıllık çalışma raporlarını açıklamıştır. Isı ihtiyacının % 44'ü güneş enerjisi ile karşılanmıştır. Bu fırınların diğerlerinden en önemli farkı, toplayıcıların sağladığı enerjinin % 23'ü kadarının yansıtıcılardan sağlanmasıdır. Yansıtıcıların toplayıcılardan daha ekonomik olması önemli bir avantaj kabul edilmektedir. Fosil yakıtların fiyatlarındaki artış hızı güneş enerjili kurutma sistemlerinin geri ödeme periyodu ile

dogrudan ilişkilidir. Fosil yakıt fiyatlarının artış hızının % 25 olması halinde güneş fırınlarının 5 yıl veya daha kısa bir sürede kendini amorti edebileceği sonucuna varılmıştır.

Simpson ve Tschernitz (40) tropikal enlemde yatay güneş toplayıcılı,  $2.4 \text{ m}^3$  kapasiteli bir güneş fırınında iki ayrı ağac kerestesinin kurutulmasını denemişlerdir. Düşük maliyetle inşa edilen güneş fırını tam otomatik işleme sahiptir. 2.9 cm kalınlıktaki kızıl mese % 8 rutubete kadar 54 günde, akçağac ise 26 günde kurutulmuştur. Fırın sıcaklığı ortam sıcaklığının ortalama  $24.6 \text{ }^\circ\text{C}$  üzerinde seyretmiştir. Güneş fırınlarının tropikal bölgede başarı ile kullanılacağı ifade edilmiştir. Harpole (41) ise sözü edilen bu güneş fırınının ekonomik analizini yapmıştır.

Helmer ve Chen (42) nem uzaklaştırmalı güneş fırını için matematiksel bir model geliştirmişlerdir.  $60 \text{ m}^3$  kapasiteli ticari bir güneş fırını Kuzey Illinois ikliminde yılın 4 mevsimi için simule edilmiştir. Güneş fırınları yağ yakıtlı, odun yakıtlı ve kondensasyonlu kereste kurutma sistemleri ile yakıt ve yatırım maliyetleri bakımından karşılaştırılmıştır. 2.54 cm kalınlıktaki yellow -poplar kerestesi % 8 rutubete kadar 5.5 günde kurutulmuştur. Kompüter simulasyonu güneş fırınlarının 2.54 cm kalınlıktaki yellow - poplar kerestesini klasik kurutmaya eşdeğer sürede kurutabileceğini göstermiştir. Güneş enerjili kurutmada enerji tüketimi kondensasyonlu kurutmaya göre % 15 daha azdır. Bu avantajlarına rağmen güneş fırınları henüz cazip bulunmamaktadır. Zira esas olarak güneş toplayıcılarının yüksek fiyatından dolayı yatırım maliyetleri fazladır. Ancak toplayıcı fiyatları düşürülebilir veya enerji fiyatları artarsa güneş fırınları diğer kurutucularla rekabet edebilecektir.

Yapılan literatür incelemeleri sonucunda; yurdumuzda güneş enerjisi ile kereste kurutma konusunda bir araştırmanın yapılmadığı anlaşılmıştır. Ancak Akyurt ve diğ. (18)

tarafından tarım ürünlerinin güneş enerjisi ile kurutulmasına ilişkin bir araştırma yapılmıştır. Yurdumuzda güneş enerjisinin kereste kurutma üzerindeki başarısını belirlemek amacıyla "41° Kuzey Enleminde (Trabzon'da) Güneş Enerjisi ile Kereste (Doğu Lâdini) Kurutma Olanaklarının Araştırılması" konulu bu çalışma Trabzon'da gerçekleştirilmiştir.



### III. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Araştırma Materyali

Kurutma denemelerinde Doğu Ladini (*Picea Orientalis* (L.) Link.) kerestesi kullanılmıştır. Güneş fırınında ve açık havada kurutulan Doğu Ladini kerestesi Trabzon ve Artvin Orman Bölge Müdürlüklerine bağlı Orman İşletmelerinden temin edilmiştir. Materyal seçiminde kerestelerin aynı tomruk partilerinden alınarak rutubet farkının minimum değere düşürülmesine özen gösterilmiştir. Kurutma denemelerinde kullanılan kerestelerin kalınlığı 50 mm, uzunluğu 2 m olup, genişlikleri 18 - 26 cm arasında değişmiştir.

Kurutma denemeleri için Doğu Ladini kerestesinin seçiminde kereste kuruma hızı, sonuç rutubeti ve taşıma maliyetleri gibi faktörler etkili olmuştur. Bu faktörlerin etkilerini aşağıdaki gibi açıklamak mümkündür:

\* Güneş fırını, maksimum sıcaklık 60 °C olacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca güneş enerjisi homojen bir dağılım göstermemektedir. Bu şartlarda kolay kuruyabilen Ladin kerestesinin seçimi uygun görülmüştür.

\* Doğu Ladini kerestesi doğramacılıkta yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alanda kerestenin %10 rutubet derecelerine kadar kurutulması genellikle yeterli sayılmaktadır. Güneş enerjisi ile kerestenin % 10 rutubet derecesinden daha düşük rutubete kadar kurutulmasındaki ekonomik güçlükler materyal seçiminde bir başka etkili faktör olmuştur.

\* Güneş enerjisi ile kereste kurutmanın başarılı olması durumunda taşıma maliyetlerini azaltabilmek amacıyla

hammadenin yakın mesafelerden getirilmesi uygundur. Bu bakımdan, yurdumuzda tek yetiştirme yöresi Doğu Karadeniz Bölgesi olan ve kolay kuruduğu bilinen Doğu Lâdin kerestesi istenen amacı en iyi biçimde karşılayacak nitelik ve nicelikte bulunmuştur.

### 3.2. Araştırma Yöntemleri

#### 3.2.1. Güneş Işınımı Hesaplarında Kullanılan Yöntemler

Meteoroloji istasyonlarında genel olarak yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı değerleri ölçülmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin projelendirilmesinde ise eğik yüzeye gelen güneş ışınımının bilinmesi gerekir. Bu amaçla, Kılıç ve Öztürk (27) den yararlanılarak eğik yüzeye gelen güneş ışınımı hesaplanmıştır.

Eğik yüzeye gelen günlük doğru ve yaygın güneş ışınımının, tüm güneş ışınımının fonksiyonu olarak verildiği çeşitli ampirik eşitlikler mevcuttur. Bunlardan, yaygın ışınım oranı ve berraklık indeksi ile ilgili eşitliklerden yararlanılmıştır.  $Q$  yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımı,  $Q_y$  yatay yüzeye gelen günlük yaygın güneş ışınımı olmak üzere yaygın ışınım oranı

$$K_y = Q_y/Q \quad (3.1)$$

eşitliği ile verilmiştir. Benzer şekilde  $Q_0$  atmosfer dışında yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımı olmak üzere berraklık indeksi

$$K_t = Q/Q_0 \quad (3.2)$$

eşitliği ile ifade edilmiştir. Yaygın ışınım oranı ile berraklık indeksi arasındaki ilişki için Page (43) tarafından verilen

$$K_y = 1 - 1.13 K_t \quad (3.3)$$

eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitliklerden yararlanılarak günlük doğru ve yaygın güneş ışıını değeri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

$$Q_y = K_y Q \quad (3.4)$$

$$Q_d = Q - Q_y \quad (3.5)$$

Anlık tüm güneş ışıınının (I) günlük tüm güneş ışıınına (Q) oranı ( $r_t = I/Q$ ) için

$$\psi = \exp(-4(1 - |h|/H)^2) \quad (3.6)$$

olmak üzere, Kılıç ve Öztürk (27) tarafından verilen

$$r_t = \frac{\pi}{4t_0} (\cos(90h/H) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} (1 - \psi)) \quad (3.7)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada, I anlık tüm güneş ışıını, Q günlük tüm güneş ışıını,  $t_0$  gün uzunluğu, H güneş batış açısı ve h saat açısıdır. Benzer şekilde yaygın ışıını oranı

$$r_y = \frac{\pi}{24} \frac{\cosh - \cosh H}{\sinh - \frac{\pi}{180} H \cosh} \quad (3.8)$$

eşitliği ile verilmiştir. Anlık yaygın ve doğru güneş ışıını değeri

$$I_y = r_y Q_y \quad (3.9)$$

$$I_d = I - I_y \quad (3.10)$$

eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Uygulamada genel olarak eğik yüzeylere gelen güneş ışıınının bilinmesi istenir. Eğik yüzeye gelen anlık doğru ışıınının hesaplanması amacıyla yatay - eğik yüzey dönüşüm



katsayısı için verilen

$$R_d = \frac{\cos(e-s) \cos d \cosh + \sin(e-s) \sinh}{\cos e \cos d \cosh + \sin e \sinh} \quad (3.11)$$

esitliği kullanılmıştır. Burada, e enlem açısı, d deklinasyon açısı, h saat açısı ve s toplayıcı eğim açısıdır. Eğik yüzeye, gelen anlık doğru güneş ışınımı yatay - eğik yüzey dönüşüm katsayısından yararlanılarak

$$I_{ed} = R_d I_d \quad (3.12)$$

esitliği ile hesaplanmıştır. Eğik yüzeyin uzayı görüş açısı

$$R_y = (1 + \cos s) / 2 \quad (3.13)$$

olmak üzere, eğik yüzeye gelen anlık yaygın güneş ışınımının hesaplanmasında

$$I_{ey} = R_y I_y \quad (3.14)$$

esitliğinden yararlanılmıştır. Aynı şekilde eğik yüzey için anlık yansıyan güneş ışınımının hesaplanmasında

$$I_{ya} = R_{ya} I \quad (3.15)$$

esitliğinden yararlanılmış ve yansıyan ışınım dönüşüm katsayısı da

$$R_{ya} = (1 + \cos s) \rho / 2 \quad (3.16)$$

esitliği ile verilmiştir. Burada  $\rho$  çevrenin yansıtma katsayısı olup, 0.20 olarak alınmıştır (44).

Eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı doğru, yaygın ve yansıyan güneş ışınımı değerlerinin toplamından ibaret olup,

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (3.17)$$

esitliği ile hesaplanmıştır.

### 3.2.2. Güneş Toplayıcısının Tasarımı ve Veriminin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

Toplayıcılar, içerisinden geçen akışkana göre sıvılı ve havalı toplayıcılar olarak iki gruba ayrılırlar. Sıvılı toplayıcılarda genellikle su, havalı toplayıcılarda ise hava dolastırılır. Kereste kurutmada direkt olarak havadan yararlanıldığından havalı tip toplayıcıların kullanılması uygun görülmüştür. Sıvılı toplayıcıların verimi havalı toplayıcıların veriminden yüksek olmakla birlikte, havalı toplayıcıların sıvılı toplayıcılara göre bazı avantajları vardır. Bu avantajlarını şöyle sıralayabiliriz (18), (27):

- a) Havalı tip toplayıcıların imalâtı basit ve yatırım masrafları düşüktür,
- b) Sistemde ikinci bir ısı değiştirici tesisatına gerek duyulmaz ve bu sebeple kurutma işlemleri için daha uygundurlar,
- c) Havalı tip toplayıcılarda donma ve korozyon etkisi olmaz.

Güneş enerjisinden istenen oranda yararlanabilmek için düz toplayıcısının uygun bir eğim açısına sahip olması gerekir. Eğim açısı, enlem açısına, yöreye ve uygulama amacına göre değişir. Düz toplayıcıların optimum eğim açısı için, kullanım dönemine bağlı olarak, Duffie ve Beckman (45) tarafından aşağıdaki değerler önerilmiştir:

- a) Yıl için :  $s = \text{enlem}$ ,
- b) Yaz için :  $s = \text{enlem} - 10^\circ$ ,
- c) Kış için :  $s = \text{enlem} + 10^\circ$ .

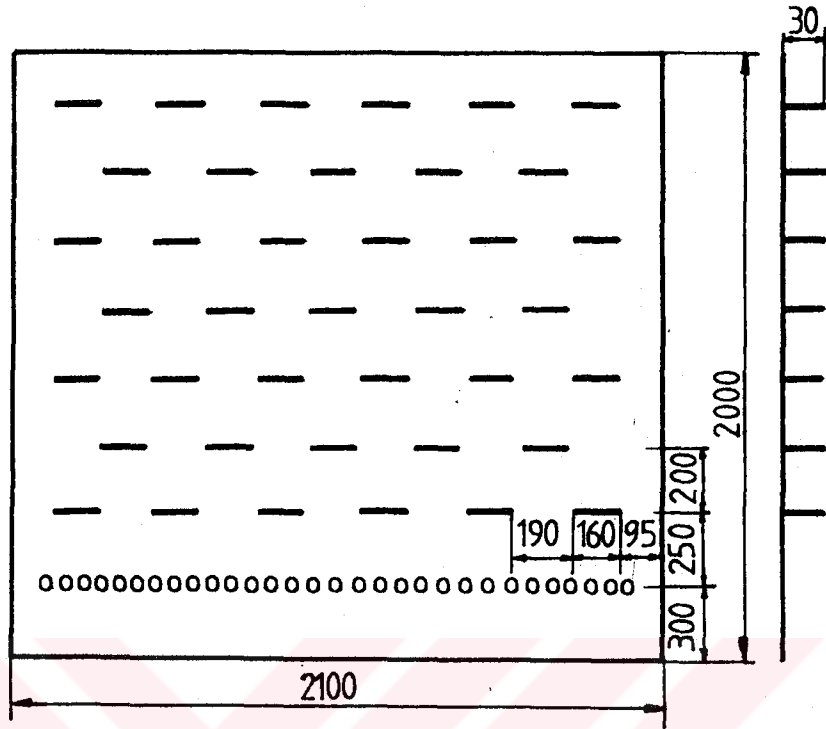
Deriş (44) ise, optimum toplayıcı eğim açısının kullanım dönemine bağlı olarak aşağıdaki gibi seçilebileceğini ifade etmiştir:

- a) Yıl için :  $s = 0.9 \times \text{enlem}$ ,  
 b) 7 ay kış için :  $s = \text{enlem} + 10^\circ$ ,  
 c) 3 ay kış için :  $s = \text{enlem} + 25^\circ$ ,  
 d) Yaz için :  $s = \text{enlem} - 25^\circ$ .

Toplayıcı eğiminin belirlenmesinde iklim şartları önemli rol oynar. Özellikle kış aylarının çok kapalı geçtiği yörelerde düz toplayıcıyı bu aylara göre yönlendirip, tesisatın verimsiz kullanılmasına yol açılmamalıdır. Toplayıcının kullanım amacı önemli olup, eğimi optimum çalışmanın istendiği aylara göre ayarlanmalıdır.

Güneş fırını için imal edilen toplayıcının eğimi belirlenirken iki durum gözönüne alınmıştır: Bunlardan birincisi; toplayıcının yıl boyu maksimum ışıınımdan yararlanabilmesi, ikincisi ise; toplayıcının fırın çatısı olarak uygunluğunun sağlanmasıdır. Yıl boyunca güneş ışıınımdan optimum yararı sağlamak amacıyla toplayıcı  $30^\circ$  ve  $60^\circ$  olmak üzere iki eğimde yapılmıştır. Bu sistem, hem fırın tasarımı için uygun bulunmuş, hem de kış döneminde  $60^\circ$  eğimli toplayıcının, yaz döneminde ise  $30^\circ$  eğimli toplayıcının güneş ışıınımdan bolca yararlanmaları sağlanmıştır.  $30^\circ$  eğimli toplayıcı  $2 \text{ m}^2$ ,  $60^\circ$  eğimli toplayıcı ise  $4 \text{ m}^2$  dir.

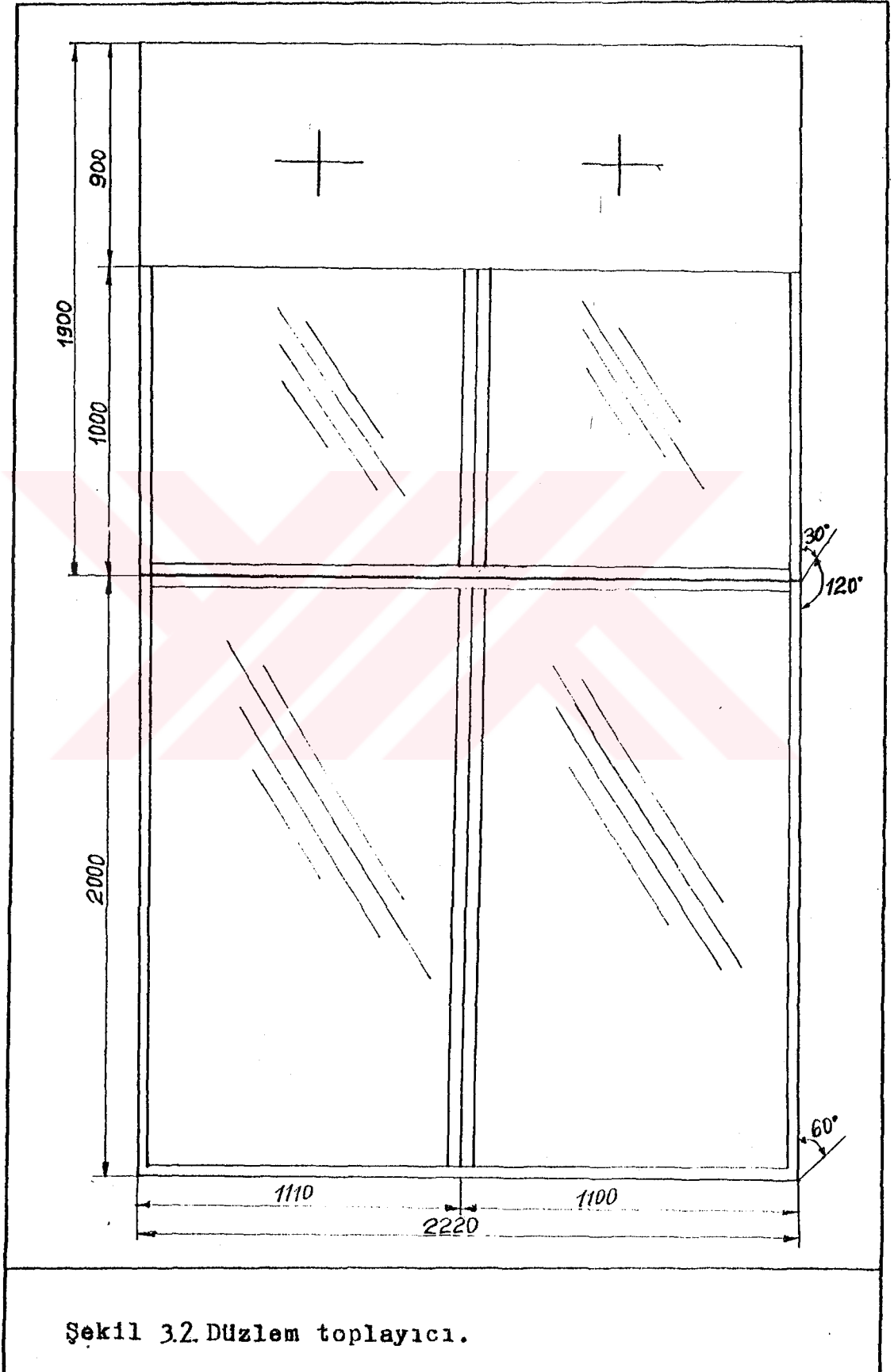
Güneş enerjisi ile kereste kurutmada kullanılmak üzere kanatlı havalı tip güneş toplayıcı imal edilmiştir. Kanatlar siyah levha üzerine saptırmalı olarak kaynak edilmiştir. Böylece, hem yüzey hem de hava akışının türbülansı artırılarak ısı transferinin iyileşmesi sağlanmıştır. Kanatçıkların yüksekliği 30 mm, uzunluğu ise 160 mm dir. Şekil 3.1. de görüldüğü gibi kanatçıklar arasında 190 mm, kanatçık dizileri arasında ise 200 mm aralık bırakılmıştır. Toplayıcı seçici yüzeyi, sac levha güneş ışıınımları yutma özelliğine sahip mat siyah boya ile boyanarak elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Siyah sac üzerinde kanatcıkların dizilişi.

Saydam örtü olarak 4 mm kalınlıkta tek kat cam kullanılmış ve bu cam U40 mm çelik profilden hazırlanan bir kasa içerisine yerleştirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan kasa 60 mm kalınlıktaki ahşap kadronlardan yapılan bir çerçeve üzerine monte edilmiştir. Şekil 3.2. de görüldüğü gibi 30° ve 60° eğimli toplayıcıların her biri iki bölümden oluşur. Toplayıcı siyah sacı ile cam arasında 68 mm hava akış boşluğu bırakılmıştır. Toplayıcı, kurutma odasının çatısı konumunda olup, arka yüzeyinde aşırı bir ısı yalıtımı yoluna gidilmemiştir. Ancak, siyah sacın montajını kolaylaştırmak ve toplayıcıdan fırında istiflenen kerestelere geçecek ısının perdelenmesi amacıyla siyah levha 20 mm kalınlıktaki çimento lu yonga levha üzerine monte edilmiştir.

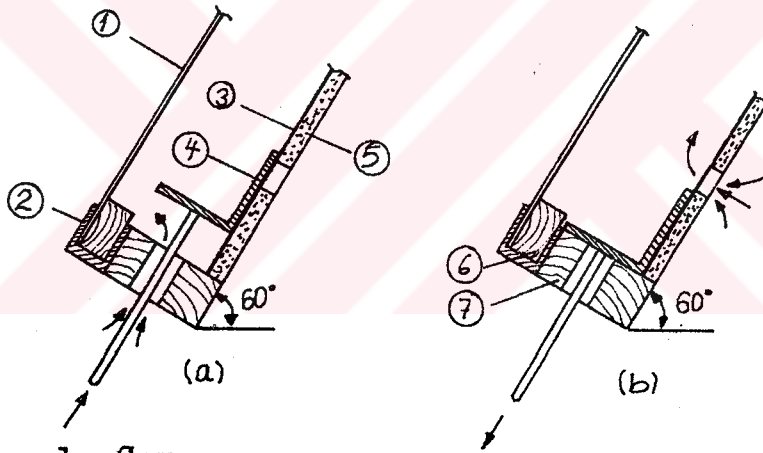
Toplayıcı sistemi açık veya kapalı devre çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu amaçla, toplayıcının zemine yakın



Şekil 3.2. Düzlem toplayıcı.

bölgesinde açık havaya ve kurutma odasına açılan hava giriş delikleri delinmiştir. Hava giriş deliklerinin açılıp kapatılması sürgülü bir levha ile gerçekleştirilmiştir. Levha, toplayıcıya doğru sürüldüğünde kurutma odasına açılan delikler kapatılarak açık devre çalışma, dışa doğru çekildiğinde ise dışa açılan delikler kapatılarak kapalı devre çalışma gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.3. de hava giriş deliklerini açma kapama düzeni gösterilmiştir.

Havalı toplayıcının birleşme yerlerinde kaçakların önlenmesi amacıyla "sista cam yapıştırıcı" kullanılmıştır. İki



- 1- Cam
- 2- U40 Çelik profil kasa
- 3- Siyah sac
- 4- Sürgülü levha
- 5- 20 mm Çimentolu yonga levha
- 6- 22x30 mm Ahşap çıta
- 7- 50x60 mm Ahşap kadron

Şekil 3.3. Hava girişi kontrol düzeni.  
a) Açık devre,  
b) Kapalı devre.

toplayıcının birleştiği bölgedeki sızdırmazlık, bu boşluğa konan uygun profildeki ahşap çitanın üzeri odun talaşından hazırlanan dolgu maddesi ve sista cam yapıştırıcı ile kaplanarak sağlanmıştır. Ancak, zamanla bu bölgede kaçakların olduğu gözlenmiş ve özellikle yağmurlu günlerden sonra yeni yapıştırma işlemleri ile takviye edilmiştir.

Havalı güneş toplayıcının yararlı enerjisinin hesaplanmasında

$$q = m C_p (T_{ag} - T_{aç}) \quad (3.18)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

$q$  : Havalı toplayıcıda toplanan yararlı enerji ( $W/m^2$ ),

$m$  : Havanın kütleysel debisi ( $kg/m^2-h$ ),

$C_p$  : Havanın özgül ısısı ( $Wh/kg^{\circ}C$ ),

$T_{ag}$ : Havanın toplayıcıya giriş sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ),

$T_{aç}$ : Havanın toplayıcıdan çıkış sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ) dir.

Toplayıcı ısı verimi, yararlı enerjinin toplayıcı yüzeyine gelen anlık toplam güneş ışınımına oranı olarak tanımlanmakta olup

$$\eta = q/I_e \quad (3.19)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Toplayıcı verimi işletme noktası parametresi,  $p = (T_{ag}-T_o)/I_e$  nin bir fonksiyonu olarak

$$\eta = \eta_o - K \frac{T_{ag} - T_o}{I_e} \quad (3.20)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada;  $\eta_o$  maksimum toplayıcı verimi,  $K$  toplayıcı ısı kayıp katsayısı ( $W/m^2^{\circ}C$ ),  $T_o$  ortam sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ) dir.

### 3.2.3. Güneş Fırını Tasarımı ve Güneş Enerjisi ile Kereste Kurutmada Uygulanan Yöntemler

Kurutma denemeleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüsünde kurulan güneş fırınında gerçekleştirilmiştir.

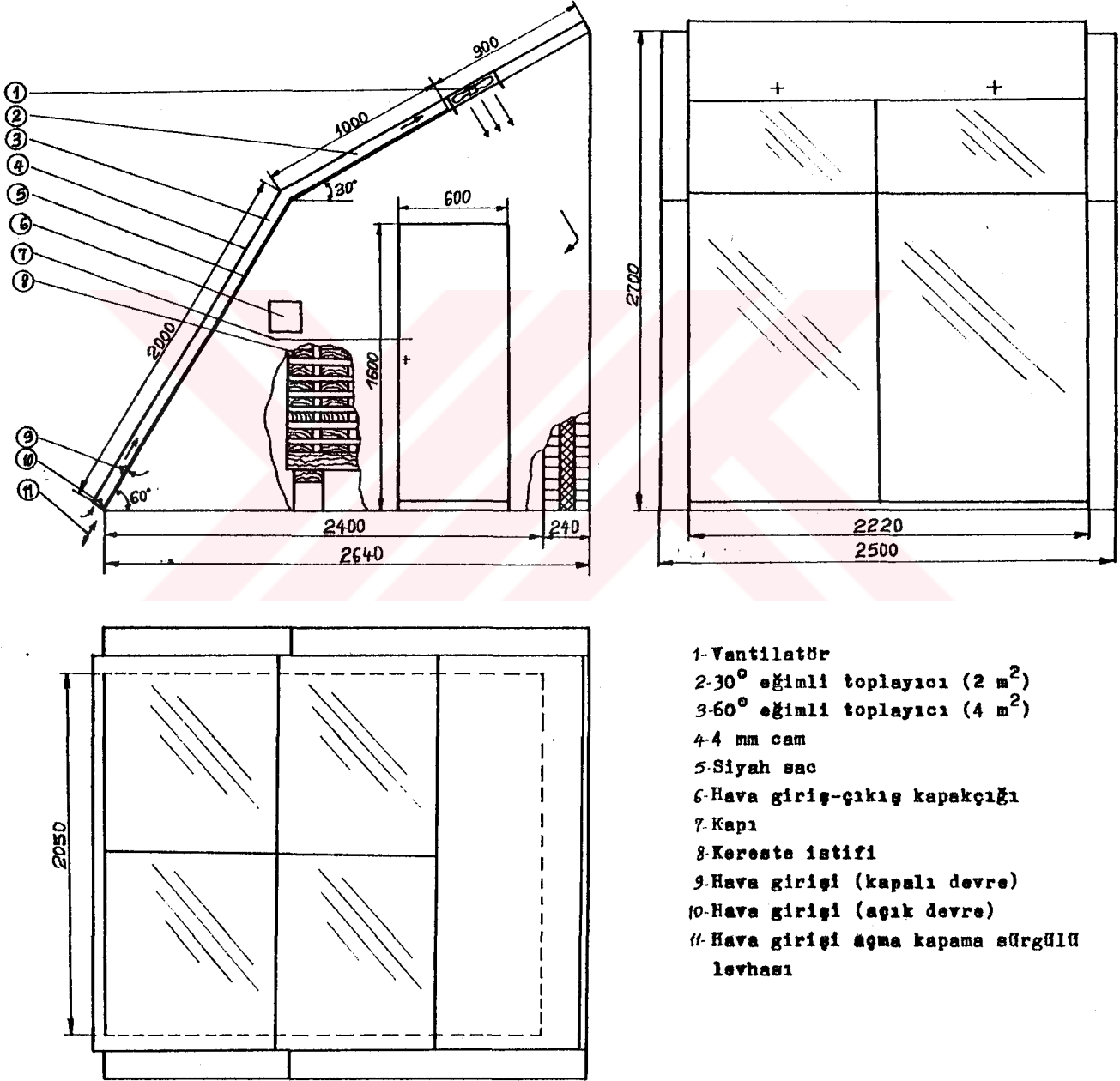
Kurutma odasının kapasitesi, güneş enerjisi ve dolayısıyla kurutma süresi ile yakından ilişkilidir. Bu bakımdan kapasite, uygulamada genellikle toplayıcı alanına bağlı olarak belirlenmektedir. Mevcut araştırma sonuçları ve teorik güneş enerjisi hesaplarından yararlanılarak kapasitenin toplayıcı alanına oranı için  $0.2 \text{ m}^3$  kereste/ $\text{m}^2$  toplayıcı değeri seçilmiştir (5), (32). Buna bağlı olarak da  $6 \text{ m}^2$  lik toplayıcı alanı için fırın kapasitesi  $1.2 \text{ m}^3$  olarak belirlenmiştir. 2 m uzunlukta kereste kurutulacağı tasarlanarak kurutma odası 2.05 m x 2.4 m lik kullanılabilir alan üzerine kurulmuştur.

Kurutma odasının duvarları 8.5 cm kalınlıkta çift kat tuğla ile örülerek, ısı yalıtımı amacıyla, tuğlalar arasına 5 cm kalınlıkta cam yünü yerleştirilmiştir. Duvarlar sıvanarak iç yüzeyleri badana yapılmış, dış yüzeyleri ise ısıyı yutma özelliğine sahip koyu renkli mat bir boya ile boyanmıştır.

Şekil 3.4. de görüldüğü gibi kurutma odasının güney cephesi  $30^\circ$  ve  $60^\circ$  eğimli kademeli bir toplayıcı ile çatı şeklinde inşa edilmiştir. Bu tasarım şekli yatırım maliyetlerini önemli oranda azaltmıştır. Doğu cephesine, kereste yükleme boşaltma ve kontrol giriş çıkışı için bir kapı yapılmıştır. Gerektiğinde içerideki nemli havanın dışarı atılması amacıyla fırının doğu ve batı cephesine birer kapakçık yerleştirilmiştir. Sistem, açık veya kapalı devre çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Açık devre çalışmada; hava dışarıdan alınmakta, toplayıcının fırın içerisine açılan hava giriş delikleri kapatılmaktadır. Kapalı devre çalışmada ise; hava



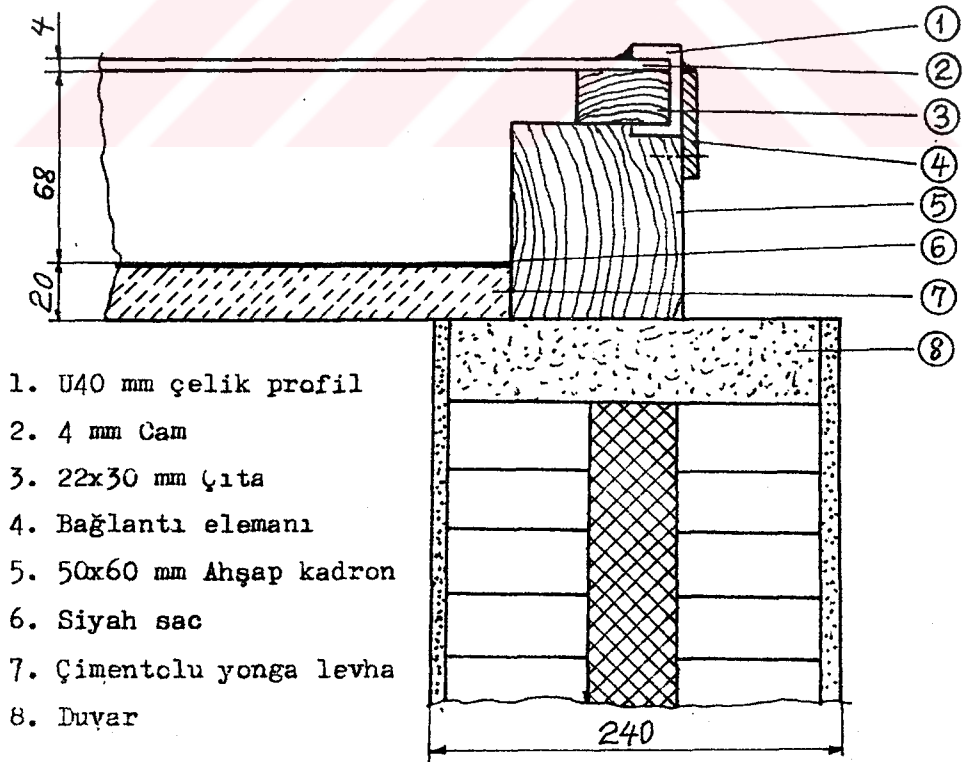
fırın içerisinden alınmakta, toplayıcının dışı açılan hava delikleri kapatılmaktadır. Kapalı devre çalışma enerji tasarrufu bakımından önemli olup, fırın iklimi uygun olduğu oranda tercih edilir.



Şekil 3.4. Güneş fırını.

Toplayıcı kasası, fırın duvarını çevreleyen 60 mm kalınlıktaki ahşap kadronlardan yapılmış çerçeve üzerine monte edilmiştir. Toplayıcının arka yüzeyinde özel bir ısı yalıtımı yoluna gidilmemiş; siyah sac, 20 mm kalınlıktaki cimentolu yonga levha üzerine yerleştirilmiştir. Cimentolu yonga levha bir miktar ısı yalıtımı sağlarken, siyah sac için de destek görevi görür. Toplayıcının kurutma odası üzerine montajı ile ilgili bağlantı detayı Şekil 3.5 de gösterilmiştir.

Toplayıcıda hava sirkülasyonu, toplayıcının üst bölümüne yerleştirilen iki adet 80 Watt'lık vantilatörle sağlanmıştır. Vantilatörlerin herbirinin teorik debisi  $860 \text{ m}^3/\text{h}$  kadardır. Hava, toplayıcının alt kısmından vantilatörlerle emilerek üst taraftan kurutma odası içerisindeki kereste istifi üzerine verilmiştir. Kurutma odası içerisindeki hava hareketinin de mevcut vantilatörlerle sağlanması



Şekil 3.5. Toplayıcı - duvar bağlantı detayı.

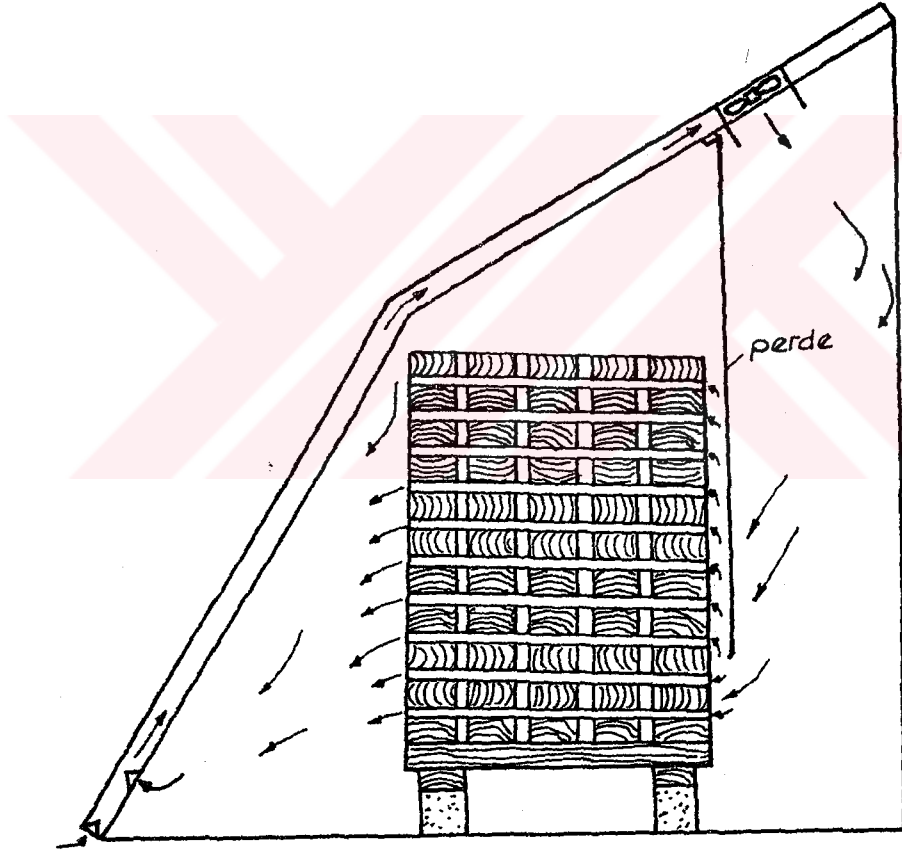
tasarlanmıştır. Gerçekte bu vantilatörlerle kurutma odasında sağlanan hava hızı, pratikte istenen hava hızından düşüktür. Ancak, özellikle düşük bağıl nem değerlerinde, ormal hava hızında kurutma kusurlarının meydana gelebileceği endişesiyle hava hızının artırılması yoluna gidilmemiştir.

Vantilatörler çalıştırılarak yapılan ilk denemeler sonucunda; kurutma odasının tabanına yakın bölgelerinde yeterli hava akımının sağlanamadığı gözlenmiştir. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak, kurutma odasında gerek hava akımının gerekse sıcaklık ve bağıl nemin dengelenmesi amacıyla kereste istifi ile vantilatörler arasına bir perde yerleştirilmiştir. Şekil 3.6 da gösterilen bu değişiklikle tabana yakın bölgelerde de hava hızında bir artış sağlanmıştır.

Güneş fırınında kereste kurutmanın işleyiş prensibi şu şekilde açıklanabilir: Sıcaklık, havanın bağıl nemini düşürücü yönde etki eder ve havanın kurutma yeteneği kurulugu oranında artar (1), (3). Buna göre, toplayıcıda ısınan havanın bağıl nemi düşer. Böylece, su buharı alma kapasitesi artan düşük bağıl nemdeki hava kereste istifi üzerine verilmiştir. Kerestelerden ayrılan su buharı higroskopik özellikteki hava içerisinde depolanır. Bağıl nemi artan hava, fırının iki yanındaki kapakçıklardan dışarı atılmıştır. Fırın bağıl neminin yeterli olduğu durumlarda sistem kapalı devre olarak çalıştırılmış ve hava çıkış kapakçıkları kapatılmıştır.

Fırın sıcaklığının dış hava sıcaklığından yüksek olması havanın su buharı alma kapasitesini artıracığından, fırında kuruma doğal kurumadan daha hızlı olacaktır. Güneş fırınında maksimum sıcaklık 60 °C olabileceğinden, yüksek sıcaklıkta kurutmadan doğabilecek kurutma kusurları söz konusu olmayacaktır. Yüksek bağıl nem oluşması durumunda hava çıkış kapakçıkları açılarak bir miktar nemli havanın dışarı atılması sağlanmıştır. Düşük bağıl nem değerlerinde ise

sistem kapalı devre çalıştırılmıştır. Buna rağmen, bağıl nemdeki düşüş önlenemediği durumlarda, kerestelerde meydana gelebilecek gerilmelerin doğal kurutmaya benzer şekilde geceleri azalacağı düşünülerek sistem için ek bir nemlendirici kullanılmamıştır.



Şekil 3.6. Fırında hava hareketi.

### 3.2.4. Isıl Hesaplarda Uygulanan Yöntemler

Güneş fırını ile ilgili olarak yapılan ısı hesaplarında ısı kaybı, yararlı güneş ışınlamı, fırında depolanan ısı ve teorik fırın sıcaklığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bir sistem için en genel halde; giren ısı ( $Q_g$ ), çıkan ısı ( $Q_c$ ), üretilen ısı ( $Q_u$ ) ve depolanan ısı ( $Q_d$ ) olmak üzere 4 ayrı ısı sözkonusu olup, bunlar arasında

$$Q_g + Q_u = Q_c + Q_d \quad (3.21)$$

şeklinde ısı denge denklemi yazılabilir (46).

Güneş fırınında ısı üretilmemektedir. Giren ısı, güneş ışınlamı vasıtasıyla toplayıcıda ısınan havadan sağlanan yararlı ısı ile toplayıcıdan ısı iletimi yoluyla fırına geçen ısı şeklinde iki kısımdan oluşmuştur. Toplayıcının alt yüzeyinde ısı yalıtımı yapılmadığından, bu yüzeyden fırına geçen ısı da hesaplara dahil edilmiştir. Toplayıcı birim alanına gelen güneş ışınlamı  $I_t$ , toplayıcı alanı  $A_t$  ve toplayıcı verimi olmak üzere, yararlı güneş ışınlamı

$$Q_u = \eta A_t I_t \quad (3.22)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Toplayıcıdan ısı iletimi ile fırına geçen ısının hesaplanması için de

$$Q_t = K_t A_t (T_L - T_i) \quad (3.23)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

- $K_t$  : Toplayıcı alt yüzeyinin toplam ısı iletim katsayısı ( $W/m^2K$ ),
- $A_t$  : Toplayıcı alanı ( $m^2$ ),
- $T_L$  : Toplayıcı levhasının ortalama sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ),
- $T_i$  : Fırın sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ) dir.

Toplam ısı iletimi katsayısının hesaplanmasında

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (3.24)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır (46), (47). Bu eşitlikte;

- $\alpha_i$  : İç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı ( $W/m^2K$ ),  
 $\alpha_d$  : Dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı ( $W/m^2K$ ),  
 $L_i$  : Malzemelerin kalınlıkları (m),  
 $\lambda_i$  : Malzemelerin ısı iletim katsayıları ( $W/mK$ ) dir.

Güneş fırınında kaybedilen ısı ( $Q_C$ ), iletim yoluyla kaybedilen ısı ( $Q_T$ ) ile hava yenilenmesinden ileri gelen (enfiltasyon) ısı kaybının ( $Q_L$ ) toplamından ibarettir (48).

$$Q_C = Q_T + Q_L \quad (3.25)$$

iletim yoluyla kaybedilen toplam ısı miktarı için

$$Q_t = Q_0 z \quad (3.26)$$

eşitliği kullanılmış ve

$$Q_0 = K A_d (T_i - T_o) \quad (3.27)$$

olarak alınmıştır. Zam katsayısı  $z$  için

$$z = 1 + z_D + z_H \quad (3.28)$$

eşitliği kullanılmıştır.  $z_H$  yön zammı olup, güneş fırını kuzey - güney yönünde kurulmuş olduğundan ihmal edilmiştir.  $z_D$  zayıf rejim işletme hali için % 7 olarak alınmıştır.

Hava yenilenmesinden ileri gelen ısı kaybı

$$Q_L = \sum (\alpha_l)_A R H (T_i - T_o) z_E \quad (3.29)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Burada;

- $\sum (\alpha_l)_A$  : Rüzgar geçirgenliği,  
 $R$  : Mahal karakteristigi,

H : Yapı karakteristiği,  
 $z_E$  : Köşe pencereleri için zam faktörünü göstermek-  
 te olup  $z_E = 1$  olarak alınmıştır.

Kurutma odasında depolanan ısının belirlenmesi amacıyla

$$Q_d = \Sigma m C_p \left( \frac{T_i - T_o}{2} \right) \quad (3.30)$$

esitliği kullanılmıştır (1), (46), (47). Burada;  $\Sigma m C_p$  fırında ısınan malzemelerin toplam ısı kapasitesidir. Fırın boş durumda iken ısı duvarlarda ve fırın içindeki havada depo edilmiştir.

Güneş fırını içindeki sıcaklığın teorik olarak hesaplanması amacıyla ısı denge denkleminde yararlanılmıştır. Ancak, bu hesaplarda bazı kabuller yapılmıştır. Boş fırın testlerinde yapılan ölçümler sonucunda toplayıcı levhası ile fırın sıcaklığı arasındaki farkın havanın toplayıcıya giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farka yaklaşık eşit olduğu gözlenmiştir. Bu noktadan hareket edilerek  $T_L - T_i = T_a - T_{ag}$  alınmıştır. Teorik fırın sıcaklığı saatlik olarak adım adım hesaplanmıştır. Bu sebeple depolanan ısının hesaplanmasında kullanılan dış ortam sıcaklığı yerine yararlı güneş ışınımının başladığı andaki fırın sıcaklığı ( $T_{it-1}$ ) alınarak, sıcaklık farkı için  $\Delta T = (T_{it} - T_{it-1})/2$  esitliği kullanılmıştır. Depolanan ısının belirlenmesinde kullanılan sıcaklık farkının, sıcaklığın duvar kalınlığı boyunca doğrusal olarak değiştiği varsayımı ile saat başı ve sonundaki fırın sıcaklıkları arasındaki farkın yarısına eşit olduğu kabul edilmiştir (1). Bu varsayımlar doğrultusunda, fırın sıcaklığının teorik olarak hesaplanmasında kullanılan

$$T_{it} = \frac{\eta A_t I_t + (\Sigma m C_p + K_d A_d) T_{it-1} + K_t A_t T_L + K_d A_d T_o}{\Sigma m C_p + K_d A_d} \quad (3.31)$$

esitliği elde edilmiştir.

### 3.2.5. Araştırmanın Yapıldığı Bölgenin İklim Şartlarının Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler

Kurutma denemelerinin yapıldığı Haziran 1989 ile Mayıs 1990 tarihleri arasında dış hava sıcaklığı, bağıl nemi, rüzgâr hızı, bulutluluk, yağış durumu, güneşlenme süresi ve güneşlenme oranı değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün rasat sonuçlarından alınmıştır. Ölçümlerin yapıldığı meteoroloji istasyonu ile güneş fırınının kurulduğu Karadeniz Teknik Üniversitesi kampüsü arasındaki uzaklık oldukça azdır. Bu bakımdan sözkonusu iki noktadaki rasat sonuçları arasında önemli bir farkın olmayacağı kabul edilmiştir. Diğer taraftan 3 ay boyunca güneş fırını yanında ölçülen dış ortam sıcaklığı ve bağıl nem değerleri ile adı geçen kurumdan alınan değerler arasında belirgin bir farkın olmadığı görülmüştür.

Araştırma döneminin iklim şartları ile uzun yıllar ortalamaları karşılaştırılmış ve aralarında belirgin bir fark bulunmamıştır. Bu bakımdan, kurutma denemelerinde elde edilen sonuçların uzun yıllar için genelleştirilmesi mümkündür.

### 3.2.6. Deneylerde Uygulanan Yöntemler

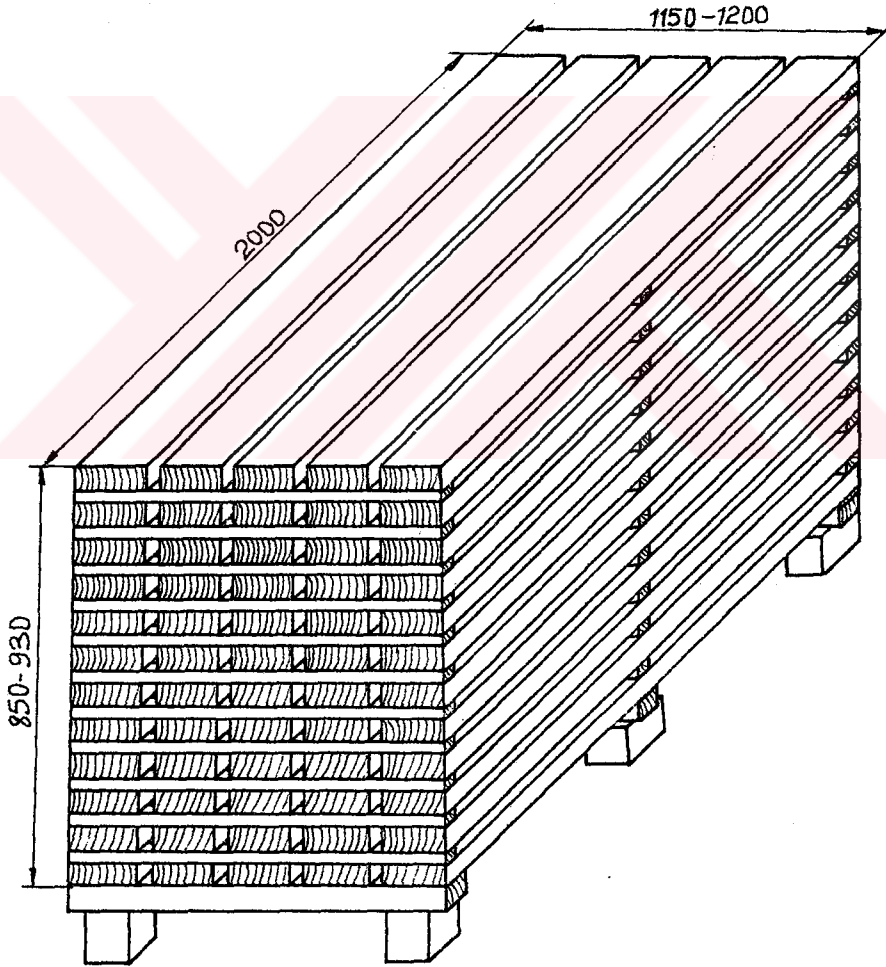
#### 3.2.6.1. Kereste İstifleme Yöntemi

Kurutma denemelerinde 50 mm kalınlıkta ve 2 m uzunlukta Doğu Lâdini kerestesi kullanılmıştır. Kerestelerin genişlikleri 18 - 26 cm arasında olup, dar keresteler alt kısımda olmak üzere dar aralıklı sandık şeklinde istif yapılmıştır. Lâdin kerestesinin gerek doğal ve gerekse teknik yolla kurulmasında bu istif şekli uygulanmaktadır (3). Böyle bir istiflemeye hava, istif boşluklarının bir ucundan girip



kereste yüzeylerini yalayarak diğer ucundan çıkar. İstif lâtaları 30 mm kalınlıkta olup, yıl boyunca aynı lâtalar kullanılmıştır. İstif 12 cm x 12 cm ölçülerindeki beton bloklar üzerine kurulmuştur.

Şekil 3.7. de görüldüğü gibi 2 m uzunluktaki kerestelerden hazırlanan dar aralıklı sandık şeklindeki istifin yüksekliği 850 - 930 mm, genişliği 1150 - 1200 mm arasında değişmiştir. Bu ölçülere bağlı olarak istiflenen kereste hacmi ortalama  $1.12 \text{ m}^3$  olmuştur.



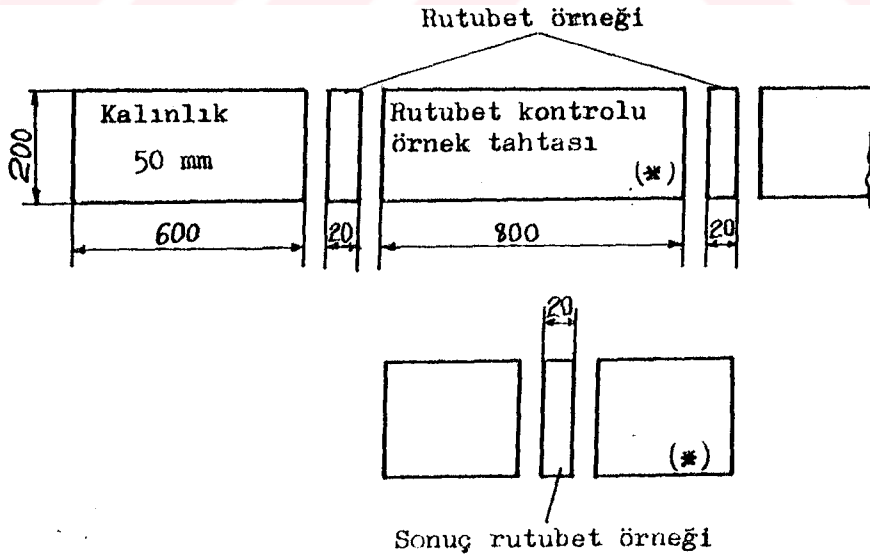
Şekil 3.7. Güneş fırınında hazırlanan sandık şeklinde dar aralıklı istif ve genel ölçüleri.

Açık havada kurutulan keresteleri direkt güneş ışıını ve yağmurdan korumak için istife % 3 eğim verilerek oluklu saca örtülmüştür.

### 3.2.6.2. Rutubet Kontrolunda Uygulanan Yöntemler

Kurutma deneylerinde; başlangıçta, kurutma boyunca ve kurutma sonunda kereste rutubetinin bilinmesi gerekir. Bu amaçla, istifi temsil edecek şekilde seçilen kerestelerden 800 mm uzunlukta 6 adet rutubet kontrolü örnek tahtası alınmıştır. Kerestelerin başlangıç rutubetini ve rutubet kontrolü örnek tahtalarının tam kuru ağırlığını belirlemek üzere, istifi temsil edecek şekilde seçilen kerestelerden 20 mm genişlikte ve kereste kalınlığında rutubet örnekleri alınmıştır.

Sekil 3.8. de görüldüğü gibi kerestenin bir ucundan 600 mm uzaklıktaki kısımdan başlamak üzere, önce 20 mm



Sekil 3.8. Rutubet kontrolü örnek tahtasının, rutubet örneğinin ve sonuç rutubet örneğinin hazırlanması.

genişlikte rutubet örneği, devamından 800 mm uzunlukta rutubet kontrolü örnek tahtası ve son olarak ikinci bir rutubet örneği alınmıştır. Kurutma denemelerinin bitişinden sonra rutubet kontrolü örnek tahtalarının ortasından sonuç rutubet örneği alınarak kereste sonuç rutubeti belirlenmiştir.

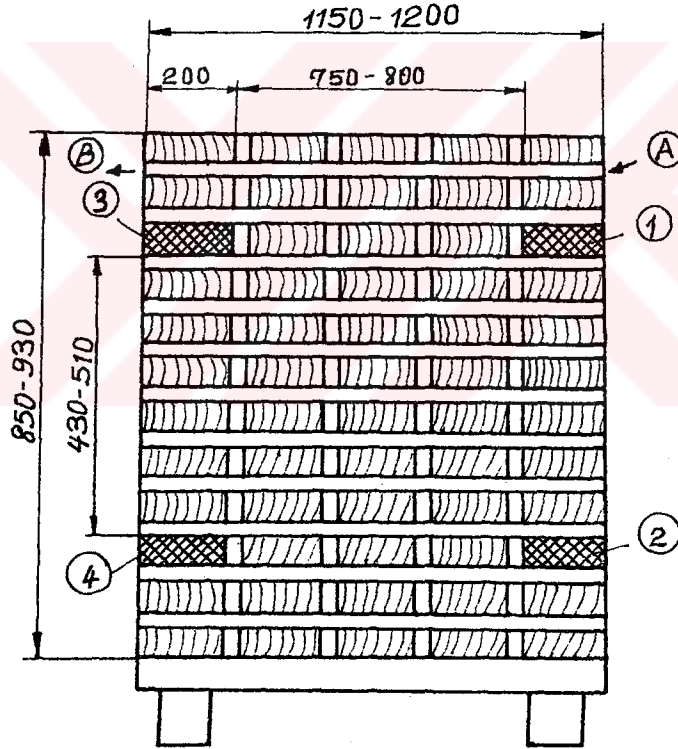
Rutubet kontrolü örnek tahtalarının kerestenin uc kısmından 600 mm içeriden alınmasının en önemli sebebi, kerestenin enine kesitlerinde meydana gelen hızlı kurumadır. Tomruklar biçildikten sonra kerestelerin uc kısımları hızlı kuruyarak ortalama rutubetin altına düşmektedir. Bu bakımdan kereste rutubetini temsil etmesi için rutubet kontrolü örnek tahtaları kerestenin uc kısmından yaklaşık olarak 600 - 1000 mm içeriden alınmaktadır (1), (2), (3).

Rutubet kontrolü örnek tahtasının 1000 mm uzunlukta olması, enine kesitlerdeki hızlı kurumunun etkilerini azaltması bakımından uygun bulunmasına rağmen denemelerde 800 mm uzunlukta rutubet kontrolü örnek tahtaları kullanılmıştır. Böyle bir seçimin sebebi kurutulmuş kerestelerin kısa boy olmasıdır. Çünkü istifin aynı yüzüne iki rutubet kontrolü örnek tahtasının yerleştirilmesi söz konusu olup, toplam uzunluklarının istif uzunluğundan küçük olması gerekir. Benzer durum rutubet kontrolü örnek tahtalarının sayısı için de geçerlidir. Örnek tahta sayısının 6 olması önerilmekle (1) birlikte, güneş fırınındaki istifte 4, açık havadaki istifte ise 2 adet olarak alınmıştır. Burada örnek tahta sayısının azaltılması üzerinde istif hacminin küçük oluşu etkili olmakla birlikte, örnek tahta rutubetlerinin standart sapma değerlerinin küçük oluşu da gözönüne alınmıştır.

Şekil 3.9. da görüldüğü gibi rutubet kontrolü örnek tahtalarının 2 tanesi hava giriş tarafına, 2 tanesi de hava çıkış tarafına yerleştirilmiştir. Örnek tahtalar arasındaki uzaklık, dikey yönde 430 - 510 mm, yatay yönde ise 750 - 800 mm kadardır. Yine şekilde görüldüğü gibi rutubet örnekleri istifin alttan ve üstten üçüncü sırasına yerleştirilmiştir.

Rutubet kontrolü örnek tahtalarının uzunlukları normal tahtalardan daha kısa olduğu için daha hızlı kururlar. Bunu önlemek amacıyla enine kesitleri tutkal veya parafinle kaplanmıştır. Parafin kaplamalar özellikle fazla rutubetli örneklerde istenen sonucu sağlamadığı için tutkal kullanılmıştır

Başlangıç rutubetinin belirlenmesi amacıyla 20 mm genişlikteki rutubet örnekleri 0.01 g hassasiyetteki analitik



- 1,2 ,3,4 : Rutubet kontrolü örnek tahtaları  
 A : Hava girişi  
 B : Hava çıkışı

Sekil 3.9. Rutubet kontrolü örnek tahtalarının istif enine kesitinde dağılışı.

terazide tartılarak ilk ağırlıkları belirlenmiştir. Tam kuru ağırlığın belirlenmesi amacıyla rutubet örnekleri, elektrikli kurutma dolabında  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar kurutulularak içinde  $\text{CaCl}_2$  bulunan bir desikatörde soğutulmuşlardır. Rutubet örneğinin yaş ağırlığı ( $m_r$ ), tam kuru ağırlığı ( $m_o$ ) olmak üzere, başlangıç rutubeti

$$r = (m_r - m_o) / m_o \quad (3.32)$$

esitliği ile hesaplanmıştır. Rutubet örneklerinin başlangıç rutubetleri arasında istatistiksel anlamda belirgin bir farklılık görülmemiştir. Bu sebeple, kereste istifini temsil edecek başlangıç rutubeti için rutubet örneklerinin başlangıç rutubetlerinin ortalaması alınmıştır.

Kereste rutubetinin gidişini izlemek için tartı metodundan yararlanılmıştır. Bu amaçla, 800 mm uzunluktaki her bir rutubet kontrolü örnek tahtası bir terazide tartılarak başlangıç ağırlıkları bulunmuştur. Başlangıç rutubeti ve ağırlıkları belirlenen rutubet kontrolü örnek tahtalarının tam kuru ağırlıkları

$$m_o = m_r (1+r) \quad (3.33)$$

esitliği ile hesaplanmıştır. Tam kuru ağırlık sabit bir değerdir. Her gün sabahları tartılan rutubet kontrolü örnek tahtalarının o andaki rutubetini belirlemek için (3.32) esitliği kullanılmıştır. Böylece her bir rutubet kontrolü örnek tahtası için belirlenen o andaki rutubet değerlerinin aritmetik ortalamaları alınarak kereste istifleri için kullanılmıştır.

Sonuç rutubetinin belirlenmesi ve denetimi amacıyla sonuç rutubet örneği tartılarak ilk ağırlığı ( $m_r$ ) belirlenmiş ve kurutma dolabında  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulup, içinde  $\text{CaCl}_2$  bulunan bir desikatörde soğutulmuştur. Desikatörden alınan örnek tekrar

tartılarak tam kuru ağırlığı (mo) belirlenmiştir. Her iki ağırlıktan yararlanılarak (3.32) eşitliği ile ilgili örneğin sonuç rutubeti hesaplanmıştır. İstifi temsil edecek sonuç rutubeti için örnek sonuç rutubetlerinin aritmetik ortalamaları alınmıştır.

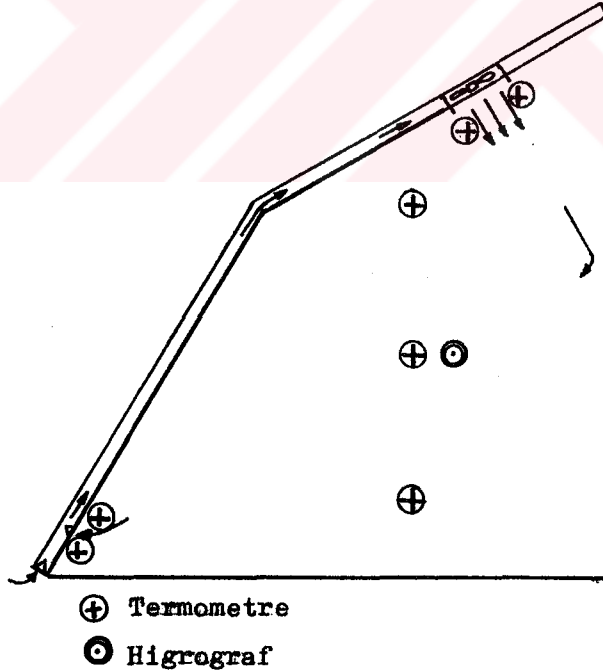
### 3.2.6.3. Sıcaklık ölçümünde Uygulanan Yöntemler

Sıcaklığın kuruma üzerindeki etkilerini ve güneş ışınımı - sıcaklık ilişkilerini belirlemek amacıyla fırın içinde 3 noktada (x) ölçülen sıcaklıkların aritmetik ortalamaları alınmıştır. Sıcaklık ölçümünde civalı termometreler kullanılmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda; fırın içinde yatay yöndeki sıcaklıklar arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak, toplayıcı cidarının yaklaşık 50 cm mesafesi içerisindeki sıcaklığın fırın ortam sıcaklığından daha yüksek olduğu görülmüştür. Kereste istifinin hacmi de dikkate alınarak sıcaklık ölçümlerinde bu bölgedeki farklılık ihmal edilmiştir.

Düsey yönde sıcaklık fırın tabanına doğru azaldığından termometreler, Şekil 3.10. da gösterildiği gibi, genel olarak düsey bir hat üzerinde yerleştirilmiştir. Termometrelerin, ölçülen sıcaklıklardan hesaplanan ortalamaların fırın ortalama sıcaklığını temsil edecek şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmiştir.

Güneş fırınında ilk üç aylık periyotta saatlik sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Değerlendirmelerde ise güneş öğlesinden 1 saat sonra ölçülen sıcaklıkların ortalamaları dikkate alınmıştır. Bu sıcaklıklar fırın sıcaklığını temsil edebildiği gibi işlemlerde ve uygulamada önemli kolaylıklar sağlamıştır. Maksimum fırın sıcaklığı güneş öğlesinden yaklaşık 1 saat sonra gerçekleşmiş olup, saatlik sıcaklık ölçümlerinden hesaplanan ortalama fırın sıcaklığı ile yüksek mertebede ilişkili olduğu anlaşılmıştır.

Toplayıcı verimini belirlemek için hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ikişer termometre ile ölçülmüştür. Şekil 3.10. da görüldüğü gibi termometrelerden 2 tanesi hava girişine, 2 tanesi de vantilâtör çıkışına yerleştirilmiştir. Hava giriş ve çıkış sıcaklıkları için her iki grup termometre ile ölçülen sıcaklıkların ayrı ayrı ortalamaları alınmıştır. Toplayıcı veriminin işletme noktası parametresi ile değişimini belirlemek amacıyla aynı dönemde dış hava sıcaklığı da ölçülmüştür. Kurutma fırını yanında ölçülen dış hava sıcaklığı ile Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden alınan değerler arasında istatistiksel anlamda belirgin bir farklılık bulunmamıştır. Bu bakımdan doğal kurutma denemelerinde adı geçen kurumdan alınan sıcaklıklar kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde termometre ve higrografın konumları.

#### 3.2.6.4. Bağıl Nem ölçümünde Uygulanan Yöntemler

Bağıl nem, fırının merkezi bir noktasında higrografla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. İlk üç aylık sürede saatlik bağıl nem ölçümleri yapılarak fırındaki bağıl nemin dağılımı incelenmiştir. Saatlik ölçümler maksimum bağıl nemin genel olarak sabahları gerçekleştiğini göstermiştir. Minimum bağıl nem ise güneş öğlesinden yaklaşık 1 - 2 saat sonra gözlenmiştir.

Saatlik olarak ölçülen bağıl nem değerlerinden hesaplanan ortalama fırın bağıl nemi ile minimum bağıl nem arasında yüksek mertebede bir ilişkinin olduğu tesbit edilmiştir. Bu bakımdan değerlendirmelerde minimum fırın bağıl nemi değerleri kullanılmıştır.

Fırının çeşitli noktalarında yapılan bağıl nem ölçümleri, bağıl nemin, sıcaklığın aksine düşey yönde arttığını göstermiştir. Bu farklılığı gidermek için Higrograf, ortalama fırın bağıl nemini veren bir noktaya yerleştirilmiştir.

Higrograf, hatalı ölçümlere yol açmamak için, periyodik olarak DMGM Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğünde kalibre edilmiştir.

#### 3.2.6.5. Hava Hızı ve Debisinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler

Hava hızının kurutma ve toplayıcı verimi üzerinde etkili olması sebebiyle kurutma odası ve toplayıcıdaki değerlerinin ölçülmesi gerekmektedir. Fırın içerisinde belirli noktalarda hacimsel bir anemometre ile hava hızı ölçülmüştür. İstif girişinde ölçülen hava hızı 0.7 m/s olmasına karşılık, istif çıkışında 0.5 m/s değerine düşmüştür. İstif çıkışındaki boşlukta hava hızının yer yer 0.2 m/s değerine kadar düştüğü gözlenmiştir. Sistemin kapalı devre çalıştırılması durumunda ise, özellikle bu bölgedeki hava hızında



belirli bir artış sağlanmıştır. Mevcut hava hızı kurutma için yeterli olmamakla birlikte, düşük bağıl nem değerlerinde kurutma kusurlarına sebep olabileceği gözönüne alınarak hava hızının artırılması yoluna gidilmemiştir.

Toplayıcı hava debisinin belirlenmesi amacıyla, toplayıcı girişinde mikroanemometreye bağlı bir pitot borusuyla dinamik basınç ölçülmüştür. Ölçülen dinamik basınç değeri mmSS cinsinden olup,  $1 \text{ mmSS} = 9.81 \text{ N/m}^2$  olmak üzere hava hızı

$$u = \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} \quad (3.34)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Belirli noktalar için hesaplanan hızların ortalaması toplayıcıdaki hava hızı olarak alınmıştır. Toplayıcıda ortalama hava hızı yaklaşık  $1.4 \text{ m/s}$  olarak bulunmuştur. Hacimsel debi, süreklilik eşitliğinden yararlanılarak

$$V = u A_k \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (3.35)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Burada,  $A_k$  toplayıcının kesit alanı olup,  $A_k = 0.1428 \text{ m}^2$  dir. Kütleli hava debisi için

$$m = \rho V \text{ (kg/h)} \quad (3.36)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada havanın özgül ağırlığı için ortalama  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$  değeri alınmıştır.

Literatürde su debisi için  $0.02 \text{ kg/m}^2\text{s}$  değeri uygun görülmektedir (27), (44). Özgül ısı değerleri dikkate alındığında, hava debisinin  $0.08 \text{ kg/m}^2\text{s}$  olması gerektiği anlaşılır. Bu durumda kullanılacak vantilatörlerin buna uygun debide seçilmesi uygun görülmüştür. Yapılan araştırmada debinin küçük seçilmesi, düşük debilerde toplayıcıdan geçen havanın daha yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılabilmesine bağlı olarak, fırın sıcaklığının yüksek tutulması isteğinden kaynaklanmıştır.

### 3.2.7. İstatistiksel Değerlendirmelerde Kullanılan Yöntemler

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan varyans, korelasyon ve regresyon analizleri için Kalıpsız (48) dan yararlanılmıştır. Varyans analizinde kullanılan F- tablo ve t- testinde kullanılan t- tablo değerleri Linder (1964) den, Duncan testinde kullanılan q- tablo değerleri de Weber (1967) den alınmıştır.

Yapılan varyans analizleri sonucunda gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel anlamda belirgin bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır. Duncan testi sonuçları ilgili tablolarda 0 ve 1 rakamları ile gösterilmiştir.

- 0 : Gruplara ait ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel anlamda belirgin olmadığını,
- 1 : Gruplara ait ortalamalar arasındaki farkın % 1 yanlış olma olasılığı için belirgin olduğunu göstermektedir.

İki toplumun karşılaştırılmasında varyansların eşitliği F- testi ile, eşit varyanslı toplumların aritmetik ortalamaları arasındaki farkın anlamlı bulunup bulunmadığı da t- testi ile denetlenmiştir.

Korelasyon analizlerinde, korelasyon katsayısının  $\rho = 0$  olan bir toplumdaki rastgele alınma olasılığı da yine t- testi ile denetlenmiştir. Korelasyon katsayıları yüksek olan değişkenler arasında regresyon analizleri yapılarak matematiksel eşitlikleri verilmiştir.

## IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Araştırmanın Yapıldığı Bölgenin İklim Şartları

Kurutma denemelerinin yapıldığı 1 Haziran 1989 ile 31 Mayıs 1990 tarihleri arasında dış hava sıcaklığı, bağıl nemi, rüzgâr hızı, bulutluluk oranı, yağış durumu, güneşlenme süresi ve güneşlenme oranı değerleri DMGM Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü rasat sonuçlarından alınmıştır (16). Mart 1989 ile Mayıs 1989 arasındaki 3 aylık süre içerisinde güneş fırını yakınında ölçülen dış hava sıcaklığı ve bağıl nemi ile meteoroloji istasyonundan alınan değerler arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu bakımdan, doğal kurutma denemelerinin değerlendirilmesinde meteoroloji istasyonundan alınan iklim verilerinin kullanılabilceği kanısına varılmıştır.

Bulutluluk oranı 0 ile 10 arasında rakamlarla gösterilmiş olup; 0.0 - 1.9 arası açık, 2.0 - 8.0 arası bulutlu ve 8.1 - 10 arası kapalı olarak kabul edilmiştir. Tablo 4.1. de iklim verileri aylık ortalamaları verilmiştir.

Haziran 1989 ile Mayıs 1990 tarihleri arasında en yüksek aylık sıcaklık ortalaması 23.9 °C ile Ağustos ayında, en düşük aylık sıcaklık ortalaması ise 5.5 °C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Yıllık sıcaklık ortalaması ise 14.2 °C olmuş ve uzun yıllar ortalaması ile arasında belirgin bir fark görülmemiştir.

Bağıl nem, yaz aylarında kış aylarına göre daha yüksek değerlere çıkmıştır. Örneğin, bağıl nem ortalaması Kasım-Ocak arasındaki 3 aylık dönemde % 70.5 olmasına karşılık, Şubat - Nisan arasındaki 3 aylık dönemde % 75.3, Mayıs-Ekim

Tablo 4.1. Haziran 1989 ile Mayıs 1990 tarihleri arasındaki bir yıllık dönemin iklim verileri aylık ortalamaları.

To : Dış hava sıcaklığı (°C),  
 Øo : Dış hava bağıl nemi (%),  
 v : Rüzgâr hızı (m/s),  
 t : Güneşlenme süresi (saat),  
 to : Mümkün güneşlenme süresi (saat),  
 t/to: Güneşlenme oranı (%),  
 Y : Yağışlı günler sayısı (gün),  
 B : Bulutluluk oranı,

Aylar	To	Øo	v	t	t/to	B	Y
Haziran	20.4	78.5	1.5	7.7	51	4.4	8
Temmuz	22.9	79.4	1.9	3.3	22	6.9	5
Ağustos	23.9	79.4	2.0	6.7	48	4.1	5
Eylül	19.7	81.3	2.1	4.8	38	4.8	11
Ekim	16.1	79.2	2.1	3.8	34	5.6	13
Kasım	12.7	69.9	2.4	3.7	37	5.3	11
Aralık	7.7	70.5	2.2	2.8	30	5.5	11
Ocak	5.5	71.2	2.3	2.8	29	6.0	13
Şubat	7.1	74.3	2.0	2.7	25	6.7	9
Mart	7.7	76.1	1.9	4.5	38	5.1	7
Nisan	11.9	75.4	1.8	4.4	33	6.1	16
Mayıs	14.1	81.6	1.6	4.6	32	6.1	14
Ortalama	14.2	76.4	2.0	4.3	35	5.6	10

arasındaki 6 aylık dönemde % 79.9 olmuştur. En düşük aylık bağıl nem ortalaması % 69.9 ile Kasım ayında, en yüksek bağıl nem ortalaması ise % 81.6 ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir. Genel olarak, yüksek rüzgâr hızlarında bağıl nemde düşüş olduğu söylenebilir. Yıllık bağıl nem ortalaması % 76.4 olmuş ve uzun yıllar ortalaması ile arasında belirgin bir farklılık görülmemiştir.

Uzun yıllar ortalaması ile araştırma dönemindeki yıllık güneşlenme oranı ortalaması arasında istatistiksel anlamda belirgin bir fark olmamasına rağmen, matematiksel anlamda en belirgin fark bu faktör üzerinde gözlenmiştir. Nitekim, yıllık ortalama güneşlenme oranı % 35, uzun yıllar ortalaması

ise % 40 dir.

Haziran - Mayıs arasındaki bir yıllık dönemin 123 günü yağışlı geçmiştir. Buna göre her ayın ortalama 10 gününün yağışlı geçtiği söylenebilir.

Haziran 1989 ile Mayıs 1990 arasındaki aylık iklim şartları Tablo (A.1 - A.12) de verilmiştir.

#### 4.2. Güneş Işınımı ile ilgili Veriler

Çalışmanın ilk aşamasında; yatay yüzeye gelen tüm güneş ışınımı uzun yıllar aylık ortalama değerlerinden yararlanılarak teorik güneş enerjisi hesapları yapılmıştır. Teorik hesaplarda, güneş ışınımının güneş öğlesi olan saat 12'den önce ve sonra eşit miktarda geldiği kabul edilerek sadece öğleden önceki değerler verilmiştir.

Tablo 4.2. de görüldüğü gibi yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımı aylık ortalamasının en yüksek değeri  $5246 \text{ W/m}^2$  ile Haziran ayında, en düşük değeri ise  $1266 \text{ W/m}^2$  ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Işınım değerlerinin aylık ortalamaları arasında belirgin farklar gözlenmiştir.

Yatay yüzeye gelen uzun yıllar güneş ışınımı ortalamalarından yararlanılarak hesaplanan eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı aylık ortalamaları  $30^\circ$  eğik yüzey için Tablo 4.3. de,  $60^\circ$  eğik yüzey için de Tablo 4.4. de verilmiştir. Tablolarda görüldüğü gibi yaz aylarında  $30^\circ$  eğik yüzeye, kış aylarında ise  $60^\circ$  eğik yüzeye daha fazla güneş ışınımı gelmektedir. Bu durumu, güneş ışınlarının yaz aylarında  $30^\circ$  eğik yüzeye, kış aylarında ise  $60^\circ$  eğik yüzeye daha dik gelmesi ile açıklamak mümkündür. Yıllık ışınım ortalamaları karşılaştırıldığında;  $30^\circ$  eğik yüzeye  $60^\circ$  eğik yüzeyden % 12 daha fazla güneş ışınımının geldiği görülür.

Eğik yüzeye gelen doğru, yaygın ve yansıyan güneş ışınımı değerlerinin toplam güneş ışınımına oranları  $30^\circ$  ve  $60^\circ$

Tablo 4.2. Uzun yıllar ortalamalarından hesaplanan yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ısınımı aylık ortalamaları ( $W/m^2$ ).

Aylar	S A A T L E R							TOPLAM
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	-	9	79	160	221	250	1438
Şubat	-	-	48	147	244	312	345	2192
Mart	-	22	109	213	303	362	393	2804
Nisan	-	86	194	307	401	459	486	3866
Mayıs	47	146	264	378	458	515	543	4702
Haziran	74	185	311	417	501	554	581	5246
Temmuz	55	138	267	369	443	493	516	4562
Ağustos	19	100	205	309	386	440	463	3844
Eylül	-	40	136	240	327	382	413	3076
Ekim	-	-	68	172	266	331	362	2398
Kasım	-	-	19	102	191	257	289	1716
Aralık	-	-	3	63	141	199	227	1266

egik yüzeyler için Tablo 4.5. de verilmiştir. Yansıyan güneş ısınımının toplam güneş ısınımına oranı  $30^\circ$  egik yüzey için % 1.4,  $60^\circ$  egik yüzey için de % 6.0 dır. Yansıyan ısınımın yerden gelmesi ve  $60^\circ$  egik yüzeyin yeri görüş açısının büyük olması, yansıyan ısınımın artmasında etkili olmuştur. Yansıyan ısınımın toplam ısınım içindeki payı çok küçük olup; toplam ısınımın ana bileşenlerinin, doğru ve yaygın ısınım olduğu söylenebilir. Doğru ısınım oranı  $30^\circ$  egik yüzey için % 53.2,  $60^\circ$  egik yüzey için % 54.2 olup; aralarında önemli bir fark yoktur. Buna karşılık, yaygın ısınım oranı  $30^\circ$  egik yüzeyde % 45.4,  $60^\circ$  egik yüzeyde ise % 39.8 kadardır. Bu farkın,  $30^\circ$  eğimli yüzeyin uzayı görüş açısının daha büyük olmasından ileri geldiği söylenebilir. Doğru ısınım, kış aylarında yaz aylarından daha yüksek, yaygın ısınım ise yaz aylarında kış aylarından daha yüksektir. Bu durum, genel olarak yaz aylarında havanın daha fazla su buharı taşınması ile açıklanabilir. Gerçekte, araştırmanın gerçekleştirildiği Trabzon'un iklim şartları gözlemlendiğinde; bağıl nemin yaz aylarında kış aylarından daha yüksek olduğu görülür. Aynı

Tablo 4.3. Uzun yıllar ortalamalarından hesaplanan 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ısınımı aylık ortalamaları (W/m<sup>2</sup>).

Aylar	S A A T L E R						TOPLAM
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	9	108	223	300	335	1950
Şubat	-	58	188	311	394	433	2768
Mart	22	119	240	344	421	448	3188
Nisan	77	190	316	423	486	517	4018
Mayıs	119	241	365	458	523	553	4518
Haziran	144	276	393	487	548	582	4860
Temmuz	115	240	351	435	491	517	4298
Ağustos	86	195	309	394	454	481	3838
Eylül	38	142	259	358	421	456	3348
Ekim	-	79	211	324	401	438	2906
Kasım	-	22	145	264	348	386	2330
Aralık	-	3	86	201	277	311	1756

Tablo 4.4. Uzun yıllar ortalamalarından hesaplanan 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ısınımı aylık ortalamaları (W/m<sup>2</sup>).

Aylar	S A A T L E R						TOPLAM
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	7	118	243	323	356	2094
Şubat	-	59	196	321	402	441	2838
Mart	19	111	226	326	389	423	2988
Nisan	59	159	273	370	433	460	3508
Mayıs	78	182	293	378	439	468	3676
Haziran	86	195	303	394	450	480	3816
Temmuz	79	176	278	355	410	434	3464
Ağustos	64	157	258	338	395	418	3260
Eylül	33	126	236	327	386	421	3058
Ekim	-	79	213	325	400	434	2902
Kasım	-	14	160	286	382	410	2504
Aralık	-	2	95	224	302	336	1918

Tablo 4.5. Egik yüzeye gelen doğru, yaygın ve yansıyan güneş ışınımının toplam güneş ışınımına oranları (uzun yıllar ortalamalarından, %).

Aylar	Yüzey eğimi, $\alpha=30^\circ$			Yüzey eğimi, $\alpha=60^\circ$		
	Doğru	Yaygın	Yans.	Doğru	Yaygın	Yans.
Ocak	58.1	40.7	1.2	65.4	30.4	4.2
Şubat	58.0	40.7	1.3	63.3	32.0	4.7
Mart	51.0	47.5	1.5	54.0	40.2	5.8
Nisan	49.9	48.5	1.6	48.5	44.7	6.8
Mayıs	49.9	48.4	1.7	44.5	47.8	7.7
Haziran	51.5	46.8	1.7	43.9	47.8	8.3
Temmuz	47.1	51.2	1.7	41.1	51.0	7.9
Ağustos	47.4	51.1	1.5	44.5	48.2	7.3
Eylül	49.7	48.8	1.5	50.9	48.2	7.3
Ekim	56.2	42.5	1.3	60.7	34.3	5.0
Kasım	60.9	37.9	1.2	67.6	28.2	4.2
Aralık	58.5	40.4	1.1	66.3	29.6	4.1
Ortalama	53.2	45.4	1.4	54.2	39.8	6.0

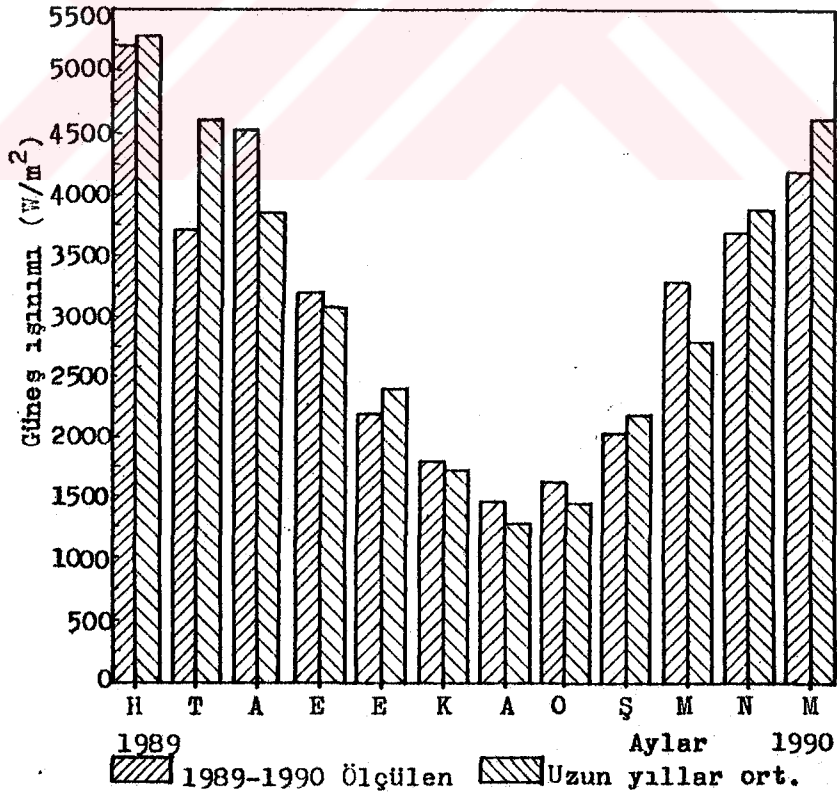
şekilde, yıllık ortalamalar bakımından yaygın ışınımın doğru ışınımdan daha büyük olması, bu bölgede havanın fazla miktarda su buharı taşıdığını göstermektedir.

Kurutma denemelerinin yapıldığı Haziran 1989 ile Mayıs 1990 tarihleri arasında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı değerleri DMGM Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü güneş ışınımı ölçümlerinden alınmıştır. Adı geçen kurum tarafından  $\text{cal/cm}^2$  biriminde ölçülen ışınım değerleri  $\text{W/m}^2$  birimine dönüştürülerek aylık ortalamaları Tablo 4.6. da verilmiştir. Uzun yıllar ortalamaları ile araştırma periyodundaki tüm güneş ışınımı aylık ortalamaları Histogram 1. de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Aylık değerler arasında bazı sapmalar olmasına rağmen yıllık ortalamalar arasında belirgin bir farkın olmadığı gözlenmiştir. Bu özellik, yapılan kurutma denemelerinde elde edilen sonuçların uzun yıllara göre genelleştirilebileceğini göstermesi bakımından önemli bulunmuştur.



Tablo 4.6. Haziran 1989 - Mayıs 1990 arasında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı aylık ortalamaları ( $W/m^2$ ).

AYLAR	S A A T L E R												Top.
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
Haziran	161	290	411	500	599	635	617	547	495	380	281	170	5087
Temmuz	93	183	289	404	451	473	459	394	335	269	198	108	3656
Ağustos	83	225	358	472	539	584	583	547	455	342	212	94	4494
Eylül	-	143	266	372	439	441	440	390	319	208	109	-	3126
Ekim	-	73	166	267	329	352	329	292	215	119	42	-	2140
Kasım	-	-	142	237	305	312	292	233	152	69	-	-	1743
Aralık	-	-	66	158	262	292	259	206	143	63	-	-	1450
Ocak	-	-	74	170	262	298	302	255	161	83	-	-	1605
Şubat	-	-	109	201	290	328	329	297	229	145	62	-	1989
Mart	-	87	223	339	408	471	477	452	367	269	140	-	3235
Nisan	-	160	268	361	451	517	507	455	367	294	181	-	3562
Mayıs	115	220	316	425	500	525	499	477	404	297	220	124	4122



Sekil 4.1. Yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımının uzun yıllar ve Haziran 1989 - Mayıs 1990 arasında ölçülen aylık ortalama değerleri.

Tablo 4.7. Haziran 1989 ile Mayıs 1990 arasında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışımasını aylık ortalamaları (W/m<sup>2</sup>).

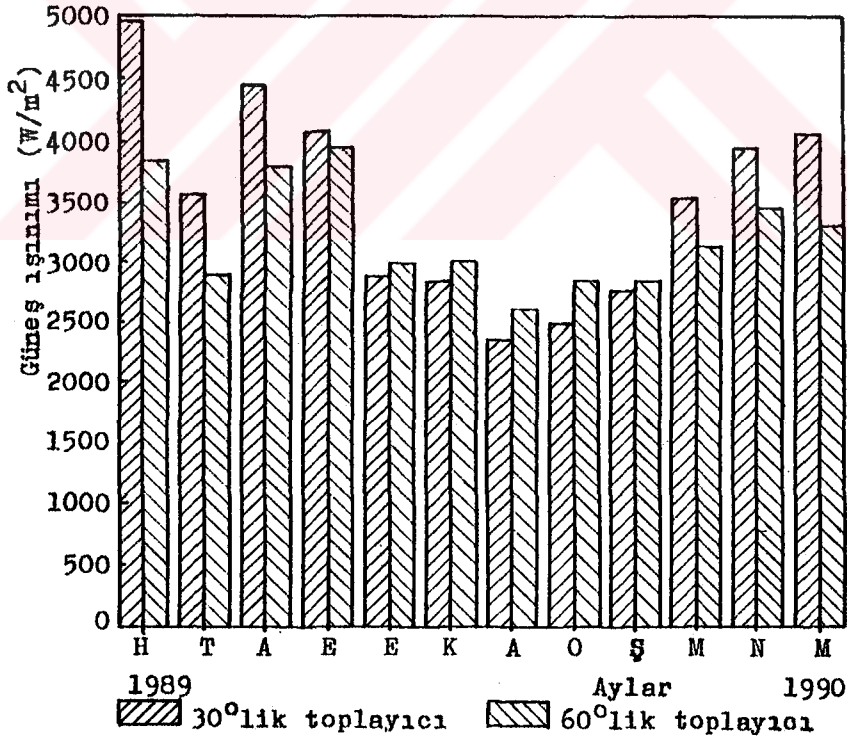
AYLAR	S A A T L E R												TOP.
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
Haziran	152	254	387	490	599	664	625	548	485	358	246	160	4948
Temmuz	97	165	276	384	436	478	463	395	329	256	178	112	3571
Ağustos	94	214	342	451	536	578	578	542	443	339	202	104	4432
Eylül	51	177	337	475	564	566	567	502	407	263	135	40	4084
Ekim	-	107	221	407	427	453	420	372	274	150	51	-	2883
Kasım	-	162	260	379	464	451	425	336	221	100	35	-	2833
Aralık	-	-	116	257	421	457	396	317	226	110	-	-	2305
Ocak	-	-	127	266	403	449	460	392	250	150	-	-	2497
Şubat	-	37	151	270	391	438	440	402	315	216	113	-	2773
Mart	-	101	231	363	441	515	521	491	394	281	138	34	3511
Nisan	47	158	280	389	491	569	558	498	397	310	181	67	3946
Mayıs	112	201	307	428	514	543	514	489	407	288	200	115	4119

Tablo 4.8. Haziran 1989 ile Mayıs 1990 arasında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışımasını aylık ortalamaları (W/m<sup>2</sup>).

AYLAR	S A A T L E R												TOP.
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
Haziran	93	172	292	390	486	528	514	445	386	273	168	97	3845
Temmuz	71	123	217	311	363	401	388	329	269	203	130	77	2882
Ağustos	80	181	291	395	462	499	498	467	379	288	171	87	3798
Eylül	44	168	325	462	549	555	556	489	398	254	128	34	3961
Ekim	-	119	233	449	429	462	427	379	280	154	51	-	2992
Kasım	-	12	319	436	538	499	469	380	245	113	8	-	3019
Aralık	-	-	145	302	490	524	448	360	265	133	-	-	2669
Ocak	-	-	150	306	457	503	517	445	287	178	-	-	2843
Şubat	-	41	163	286	411	461	462	424	337	240	140	-	2965
Mart	-	85	199	319	395	463	468	441	346	243	116	28	3104
Nisan	37	132	243	343	441	512	502	448	350	268	150	47	3473
Mayıs	75	149	245	353	431	459	435	410	355	229	146	71	3337

Arastırma peryodundaki 1 yıllık dönemde egik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışıını, yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışıınından yararlanılarak bir Basic program vasıtasıyla hesaplanmıştır. Bu dönemde egik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışıını aylık ortalamaları 30° egik yüzey için Tablo 4.7. de 60° egik yüzey için de Tablo 4.8. de verilmiştir.

Sekil 4.2. de 30° ve 60° egimli toplayıcı yüzeylerine gelen günlük toplam güneş ışıını aylık ortalamaları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. 30° egik yüzeye gelen toplam güneş ışıını aylık ortalamaları Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında 60° egik yüzeye



Sekil 4.2. 30° ve 60° egimli toplayıcı yüzeylerine gelen günlük toplam güneş ışıını aylık ortalama değerleri.

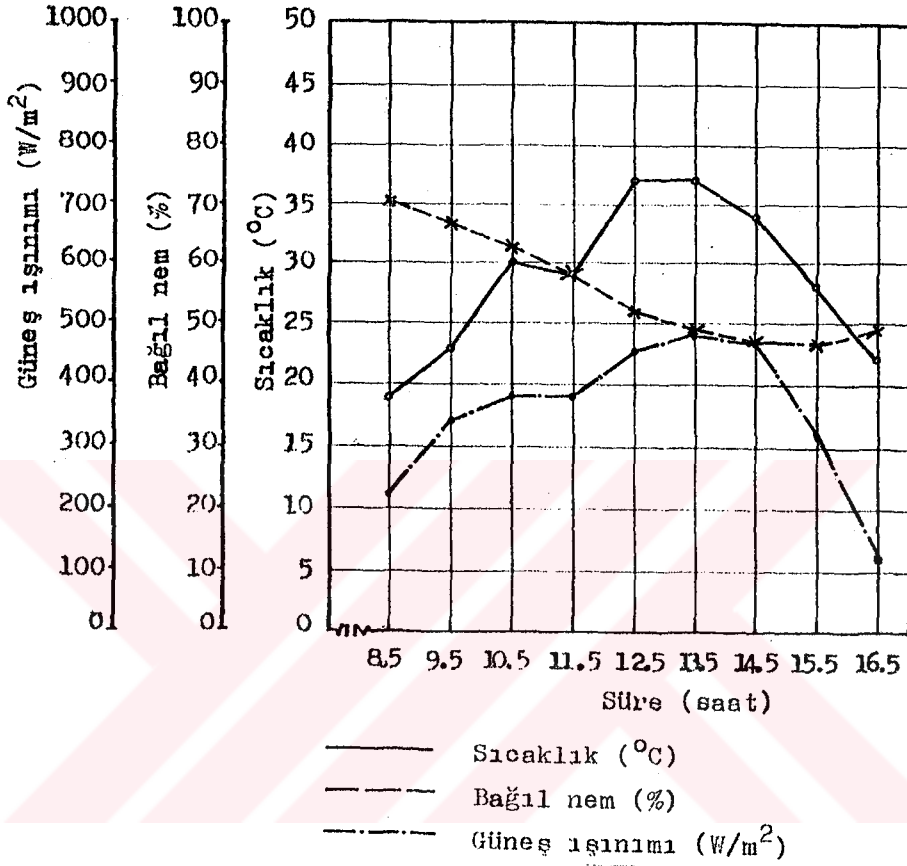
gelen toplam güneş ışıınımlı aylık ortalamalarından yüksek; Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ise düşüktür. Yıllık ortalamalar karşılaştırılmış ve 30° eğik yüzeye gelen toplam güneş ışıınımlınının 60° eğik yüzeye gelen toplam güneş ışıınımlından % 8 daha fazla olduğu görülmüştür. Benzer şekilde; eğik yüzeye gelen toplam güneş ışıınımlı yıllık ortalamaları yatay yüzeye gelen tüm güneş ışıınımlı yıllık ortalamalarından % 10.8 daha fazladır. Bu sonuçlar, kullanım amacının uygun olması durumunda toplayıcı eğiminin yaz aylarına göre ayarlanmasınının daha uygun olacağını göstermiştir.

#### 4.3. Fırın Sıcaklığı ve Bağıl Nemi ile İlgili Bulgular

Mart ayında imalatı tamamlanan güneş fırınında ilk olarak boş fırın testleri yapılmıştır. Mart, Nisan ve Mayıs aylarında güneşlenme süresi boyunca saatlik sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Söz konusu değerlerin saatlik değişimleri 20 Mart, 20 Nisan ve 18 Mayıs günleri için Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 de ayrı ayrı gösterilmiştir.

Şekil 4.3. de görüldüğü gibi 20 Martta saat 8.30'da 19 °C olan sıcaklık saat 12.30'da maksimum değeri olan 37 °C ye yükselmiştir. Saat 10 - 12 arasında güneş ışıınımlında beklenen artışın gerçekleşmemesi sıcaklığı da etkilemiştir. Saat 13.30'dan sonra sıcaklık azalmaya başlamış ve saat 16.30'da 22 °C ye düşmüştür. Bağıl nem ise sıcaklıkla ters yönde bir gidış göstermiştir. Sabah saat 8.30'da % 70 olan bağıl nem saat 14.30'da minimum değeri olan % 47'ye düşmüştür. Bu saatten sonra bağıl nem artarak saat 16.30'da % 49'a yükselmiştir. Ancak bu artışın % 2 gibi son derece küçük bir degerde kaldığı görülmüştür.

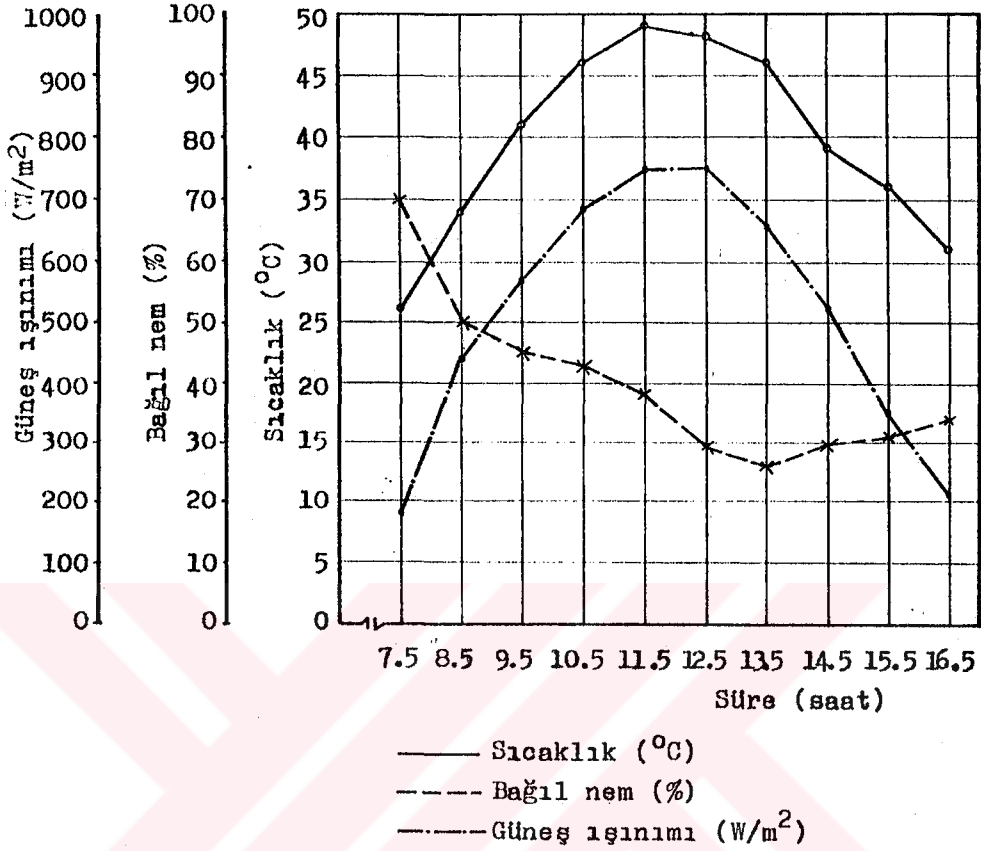
Şekil 4.4. de 20 Nisan 1989 gününe ilişkin sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımlınının saatlik değişimleri gösterilmiştir. Sabah saat 7.30'da 26 °C olan sıcaklık, saat 11.30'da 49 °C ile maksimum değerine ulaşmıştır. Daha sonraki saatlerde azalmaya başlayan sıcaklık saat 16.30'da 31 °C ye



Sekil 4.3. 20 Mart 1989 tarihinde güneş ışınımı, güneş fırını sıcaklığı ve bağıl neminin saatlik değişimi.

düşmüştür. Saat 7.30'da % 70 olan bağıl nem azalarak 13.30'da minimum değeri olan % 26'ya düşmüştür. Bu saatten sonra bağıl nem artarak saat 16.30'da % 34'e yükselmiştir. 20 Nisan'da güneş ışınımı genel olarak normal bir seyir izlemiştir. Buna bağlı olarak sıcaklık en yüksek değerine, bağıl nem ise en düşük değerine beklenenden daha önceki saatlerde ulaşmıştır.

Sekil 4.5. de 18 Mayıs 1989 gününe ilişkin güneş ışınımının normal bir seyir izlediği görülmektedir. Sıcaklık, sabah saat 7.30'da 27 °C iken saat 12.30'da 50 °C ye yükselmiş ve 17.30'da 36 °C ye düşmüştür. Sabah saat 7.30'da

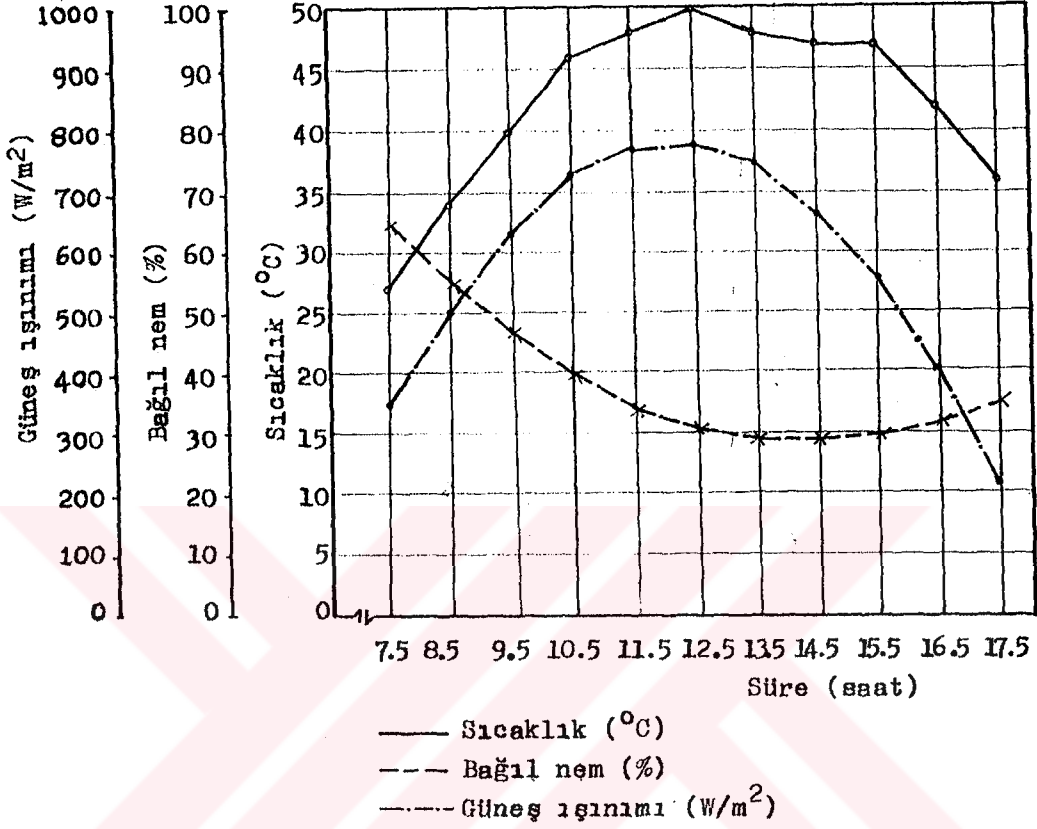


Sekil 4.4. 20 Nisan 1989 tarihinde güneş ışınlamı, güneş fırını sıcaklığı ve bağıl neminin saatlik anlık değişimi.

% 65 olan bağıl nemin öğleden sonra saat 13.30'da %29'a düştüğü gözlenmiştir. Daha sonra bir miktar artarak 17.30'da % 35'e yükselmiştir.

Yapılan ölçümler minimum sıcaklık ve maksimum bağıl nemin sabahları, maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nemin de güneş öğlesinden sonra gerçekleştiğini göstermiştir. Güneş ışınlamındaki kararsızlıklar ekstrem sıcaklık ve bağıl nemin gerçekleşme saatlerini etkilemekle birlikte, genel olarak, maksimum sıcaklığın saat 12 - 13 arasında ve minimum bağıl nemin de saat 13 - 14 arasında gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

Maksimum fırın sıcaklığı ile güneşlenme süresi içerisinde gerçekleşen ortalama fırın sıcaklığı arasında yapılan



Sekil 4.5. 18 Mayıs 1989 tarihinde güneş ışınımı, güneş fırını sıcaklığı ve bağıl neminin saatlik değişimi.

korelasyon analizi bu iki deger arasında yüksek mertebede bir dogrusal ilişkinin oldugunu göstermiştir. Söz konusu ilişkinin korelasyon katsayısı  $r = 0.97$  olarak bulunmuştur. Bu güçlü ilişkiye bağlı olarak regresyon analizi uygulanmış ve ortalama fırın sıcaklığı ile maksimum fırın sıcaklığı arasında aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$T_{ort} = -2.33 + 0.89 T_{max} \pm 1.76 \quad (4.1)$$

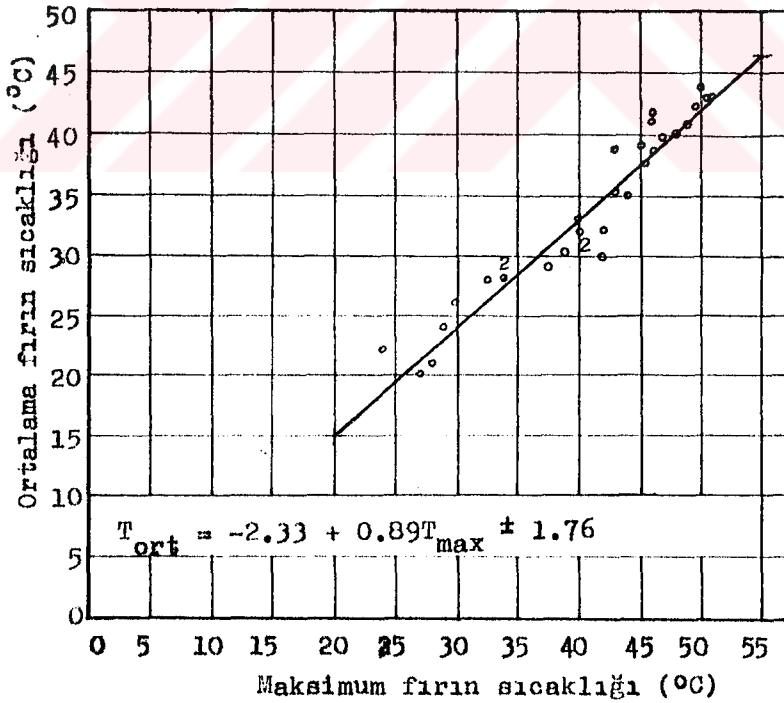
Bu eşitlikle ilgili korelasyon katsayısının, güneş ışınımının normal dağılım gösterdiği günlerde yüksek olduğu gözlenmiştir. Diğer bir ifade ile açık günlerde, maksimum sıcaklık ortalama sıcaklığı daha iyi açıklamaktadır. Maksimum fırın sıcaklığının ortalama fırın sıcaklığı ile olan

dogrusal iliskisi Sekil 4.6. da gösterilmistir. Bu grafik 30 günlük ölçüm degerleri ile hazirlanmistir.

Sıcaklık degerlerine benzer sekilde, minimum fırın bağıl nemi ile güneşlenme süresi boyunca gerçekleşen ortalama fırın bağıl nemi arasında yapılan korelasyon analizi, bu iki değişken arasında yüksek mertebede bir dogrusal iliskinin olduğunu göstermiştir. Korelasyon katsayısı  $r = 0.98$  olarak bulunmuş ve ilgili değişkenler arasında aşağıdaki eşitliğin yazılabileceği anlaşılmıştır.

$$\varnothing_{ort} = 11.56 + 0.94 \varnothing_{min} \pm 2.70 \quad (4.2)$$

Sekil 4.7. rastgele seçilen 30 ölçüm değeri için ortalama ve minimum fırın bağıl nemi arasındaki iliski gösterilmiştir.



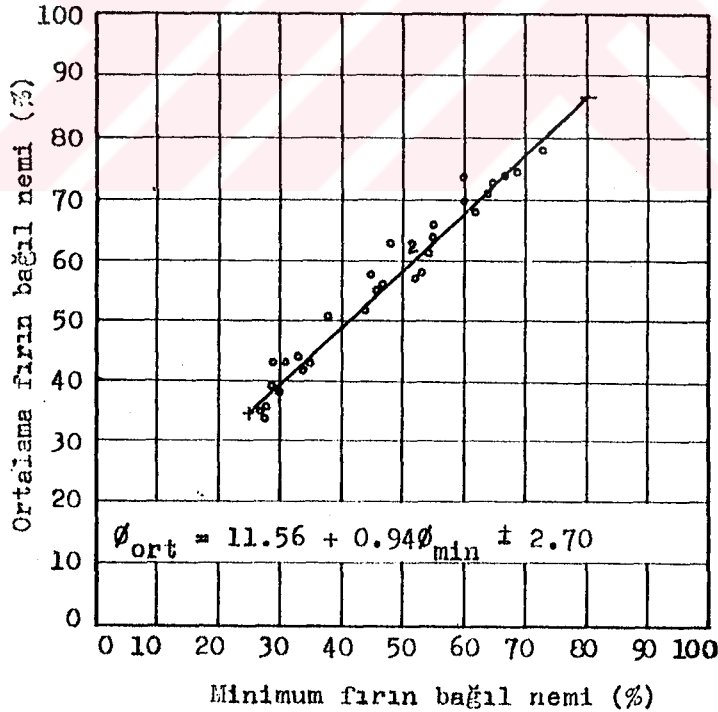
Sekil 4.6. Maksimum fırın sıcaklığı ile ortalama fırın sıcaklığı arasındaki iliski.



Kurutma denemelerinin değerlendirilmesinde maksimum fırın sıcaklığı ve minimum fırın bağıl nemi değerleri kullanılmıştır. Bu seçim, sözkonusu verilerin kolay ölçülebilmesi ve değerlendirme olanağı sağlamasına bağlı olarak yapılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı 1 Haziran 1989 ile 31 Mayıs 1990 arasında ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve bunlara bağlı olarak belirlenen denge rutubeti değerleri (50) düzenlenerek Şekil (4.14 - 4.33) de gösterilmiştir. Sözkonusu değerler ayrıca Tablo (4.9 - 4.20) de verilmiştir.

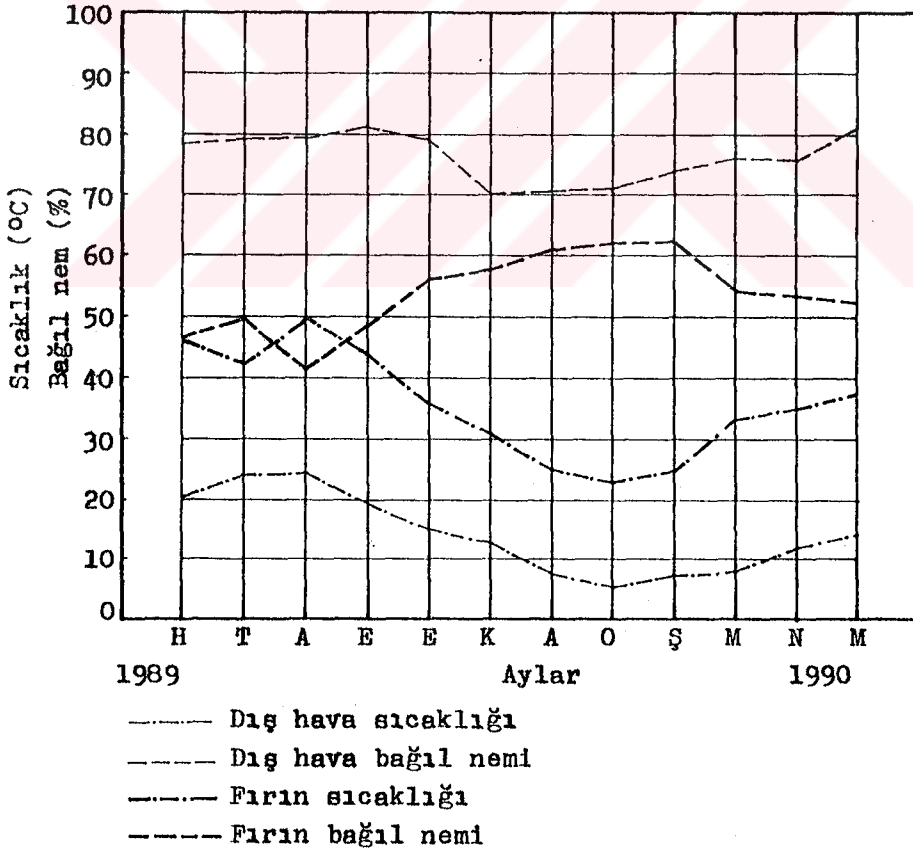
Kurutma döneminde, günlük ortalama fırın sıcaklığının en düşük değeri 6.0 °C ile Ocak ve Şubat aylarında, en büyük değeri ise 61.0 °C ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, günlük ortalama en düşük fırın bağıl nemi % 28 ile



Şekil 4.7. Minimum fırın bağıl nemi ile ortalama fırın bağıl nemi arasındaki ilişki.

Ekim ayında, en yüksek fırın bağıl nemi ise % 91.0 ile Şubat ayında gözlenmiştir. Aylık ortalama değerler karşılaştırıldığında ise; en yüksek sıcaklığın 50.2 °C ile Ağustos ayında, en düşük sıcaklığın da 23.0 °C ile Ocak ayında gerçekleştiği anlaşılmıştır. Buna bağlı olarak en düşük aylık bağıl nem ortalaması % 41.4 ile Ağustos ayında ve en yüksek aylık bağıl nem ortalaması da % 61.8 ile Ocak ayında gerçekleşmiştir.

Haziran 1989 - Mayıs 1990 arasında dış hava sıcaklığı ve bağıl nemi ile fırın sıcaklığı ve bağıl neminin aylık ortalamaları Şekil 4.8. de gösterilmiştir. Şekil 4.8 de görüldüğü gibi Aralık, Ocak ve Şubat aylarının dışındaki aylık

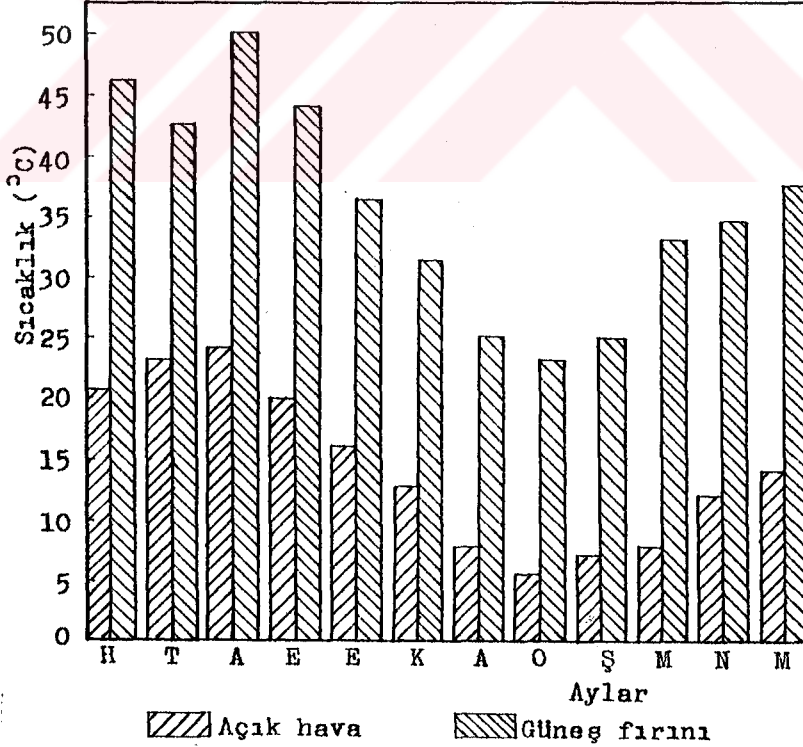


Şekil 4.8. Haziran 1989 - Mayıs 1990 arasında dış hava sıcaklığı ve bağıl nemi ile fırın sıcaklığı ve bağıl neminin aylık ortalama değerleri.

fırın sıcaklığı ortalamaları 30 °C'nin üzerindedir. Ayrıca Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında aylık sıcaklık ortalamaları 40 °C'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Bu aylarda aylık bağıl nem ortalamaları da % 50'nin altında kalmıştır.

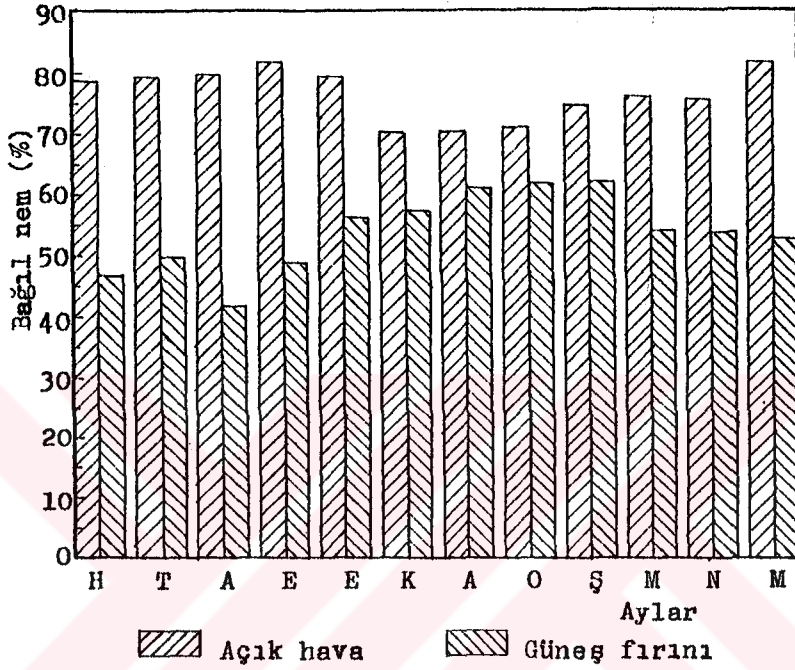
Güneş fırını ve dış ortam sıcaklığı aylık ortalamaları Şekil 4.9 da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Yıllık ortalama fırın sıcaklığı 35.7 °C, dış ortam sıcaklığı ise 14.2 °C olup; yıllık ortalama sıcaklık farkı 21.5 °C olmuştur. Şekil 4.9. da görüldüğü gibi fırın ve dış hava sıcaklıkları arasındaki fark yaz aylarında daha yüksektir.

Güneş fırını ve dış hava bağıl neminin aylık ortalamaları Şekil 4.10. da gösterilmiştir. Dış hava bağıl neminin



Şekil 4.9. Güneş fırını ve dış hava sıcaklığının aylık ortalama değerleri.

aylık ortalaması % 76.4, fırın bağıl neminin aylık ortalaması % 53.6 olup; aralarında % 22.8'lik bir fark vardır. Aylık ortalamalar arasındaki farklar, sıcaklıkla benzer şekilde yaz aylarında kış aylarından daha yüksektir.



Sekil 4.10. Güneş fırını ve dış hava bağıl neminin aylık ortalama değerleri.

#### 4.4. Toplayıcının Verimi ile İlgili Bulgular

Toplayıcı veriminin belirlenmesi amacıyla havanın toplayıcıya giriş ve çıkış sıcaklıkları ile toplayıcıdaki hava hızı ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda toplayıcıdaki hava hızının 1.4 m/s olduğu belirlenmiş ve bu veriden yararlanılarak hava debisi  $0.04 \text{ kg/m}^2\text{s}$  olarak hesaplanmıştır. 50 ölçüm değeri için hesaplanan toplayıcı veriminin ortalama % 45 olduğu anlaşılmıştır.

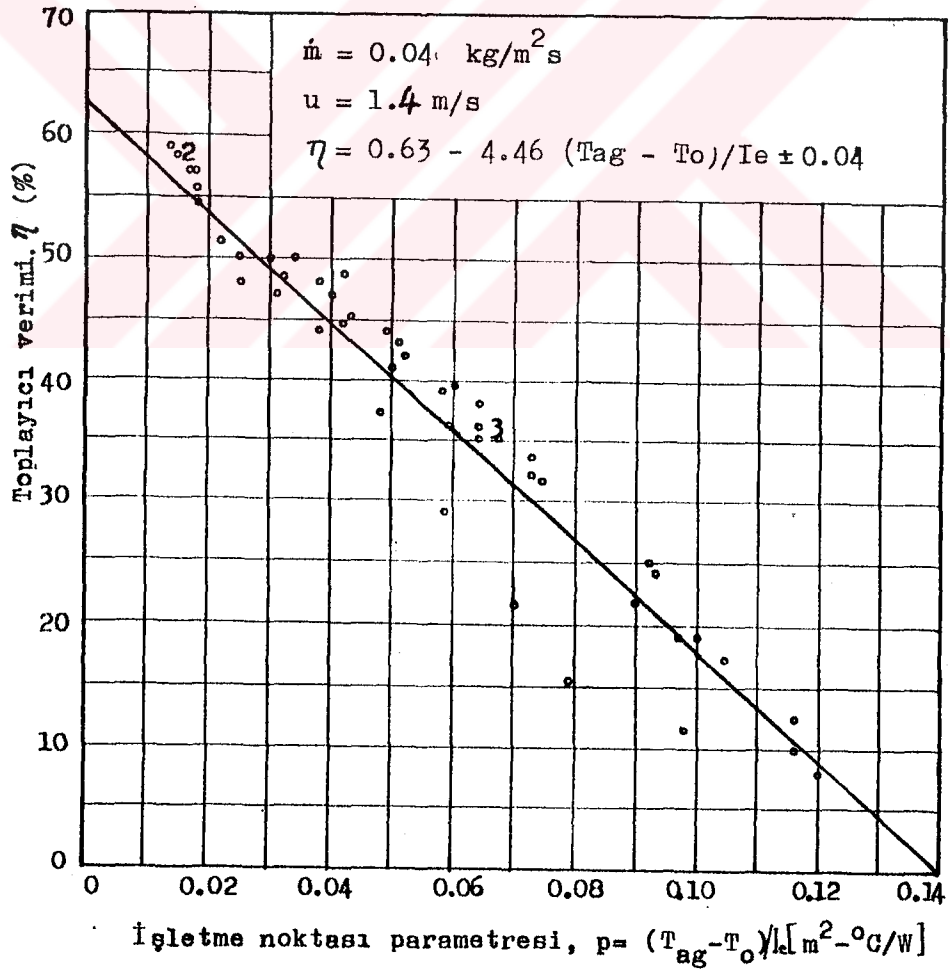
Toplayıcı veriminin sabit bir değer olarak verilmesi çoğu zaman değerlendirilmelerde yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla burada toplayıcı veriminin işletme noktası parametresi olarak ifade edilen  $p = (T_{ag}-T_o)/I_e$  ile ilişkisi

verilmiştir. Yapılan korelasyon analizi, bu iki değişken arasında  $r = 0.96$  mertebesinde bir doğrusal ilişkinin olduğunu göstermiştir. Regresyon analizi ile toplayıcı verimi ve işletme noktası parametresi arasında

$$\eta = 0.63 - 4.46 (T_{ag}-T_o)/I_e \pm 0.04 \quad (4.3)$$

esitliği elde edilmiştir.

Burada;  $T_{ag}$  hava giriş sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_o$  dış ortam sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $I_e$  eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) dir. Toplayıcı verimi ile işletme noktası parametresi arasındaki ilişki Şekil 4.11. de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Toplayıcı veriminin işletme noktası parametresi ile değişimi.

#### 4.5. Hesapla Belirlenen Fırın Sıcaklığının Deneysel Fırın Sıcaklığı ile Karşılaştırılması

Fırın için verilen ısı denge denkleminde yararlanılarak hesaplanan fırın sıcaklığı ölçülen fırın sıcaklığı değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Toplayıcıdan iletimle kurutma odasına geçen  $Q_t$  ısı için toplam ısı iletim katsayısı  $K_t = 5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmış olup toplayıcı alanı  $A_t = 6 \text{ m}^2$  dir.

Duvarın toplam ısı transfer katsayısı, hava yenilenmesinden ileri gelen ısı kaybı da dikkate alınarak  $K_d = 1.2 \text{ W/m}^2$  olarak belirlenmiştir. Toplam duvar alanı da  $A_d = 13.8 \text{ m}^2$  dir.

Fırın boş durumda iken ısı fırın içindeki havada ve duvarlarda depolanmıştır. Mevcut malzemelerin özelliklerine bağlı olarak toplam ısı kapasite  $\Sigma mC_p = 560 \text{ Wh/K}$  şeklinde hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler teorik fırın sıcaklığı ile ilgili olarak verilen (3.31) eşitliğinde yerine konarak

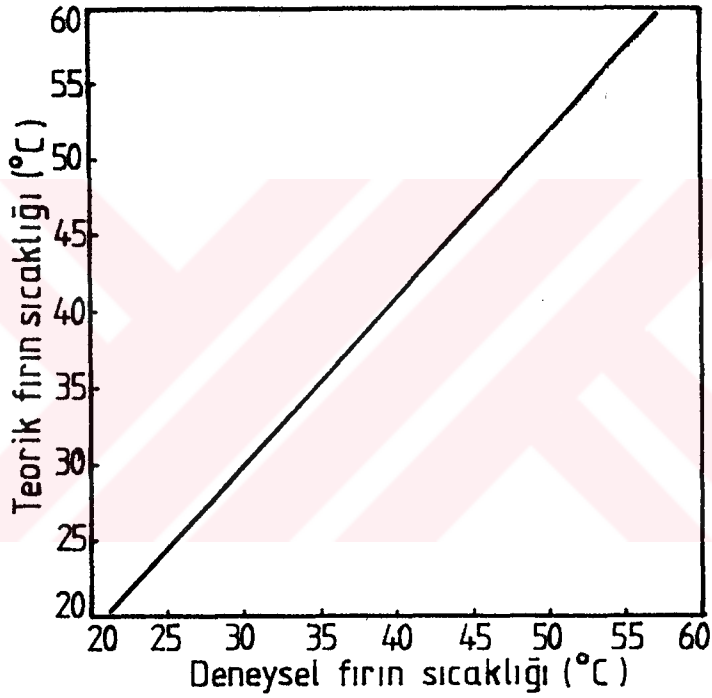
$$T_{it} = 0.0194I_e + 0.906T_{it-1} + 0.107 T_L + 0.094T_o \quad (4.4)$$

eşitliği elde edilmiştir. Burada  $T_o$  dış ortam sıcaklığı ile  $\Delta T_L$  havanın toplayıcıya giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark olup ölçüm sonuçlarından alınmıştır. Toplayıcı verimi deneysel sonuçlardan saatlik olarak hesaplanmıştır. Başlangıç fırın sıcaklığı ( $T_{it-1}$ ) için güneş ısınımının yararlı ısıya dönüştüğü anda ölçülen fırın sıcaklığı alınmış, daha sonra hesaplanan teorik fırın sıcaklığı bir sonraki saatte hesaplanan fırın sıcaklığının başlangıç değeri olarak alınmıştır.

Hesaplanan fırın sıcaklıkları ölçülen fırın sıcaklıkları ile karşılaştırılarak aralarında  $r = 0.97$  mertebesinde doğrusal bir ilişki bulunmuş ve bu ilişkiye bağlı olarak

$$T_{it} = -2.88 + 1.098T_{id} \quad (4.5)$$

eşitliği elde edilmiştir. Şekil 4.12. de teorik olarak hesaplanan fırın sıcaklığının ölçülen fırın sıcaklığı ile ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.12. DeneySEL ve teorik fırın sıcaklıkları arasındaki ilişki.

#### 4.6. Isı Kayıpları ve Yararlı Isı ile ilgili Bulgular

Kurutma odasında fırın duvarlarından ısı iletimi ile birleşme yerlerinden sıcak hava kacakları ile ısı kaybı meydana gelmektedir. Isı kayıpları arttığı oranda fırının kurutma yeteneği azalır. Bu bakımdan; güneş fırınında oluşan ısı kayıplarının bilinmesi ve ısı yalıtımının ekonomik sınırlar içinde tutulması gerekmektedir.

Isı kayıpları Bölüm 3.2.4. de verilen eşitlikler vasıtasıyla hesaplanmıştır.

Güneş toplayıcıdan sağlanan yararlı ısının hesaplanması için (3.22) eşitliği kullanılmıştır. Ortalama toplayıcı verimi % 45 olarak belirlenmiştir. Toplayıcı alanı  $6 \text{ m}^2$  olup, bu durumda toplayıcı yüzeyine gelen güneş ısınımı ile yararlı ısı arasında

$$Q_u = 2.7 I_t \quad (4.6)$$

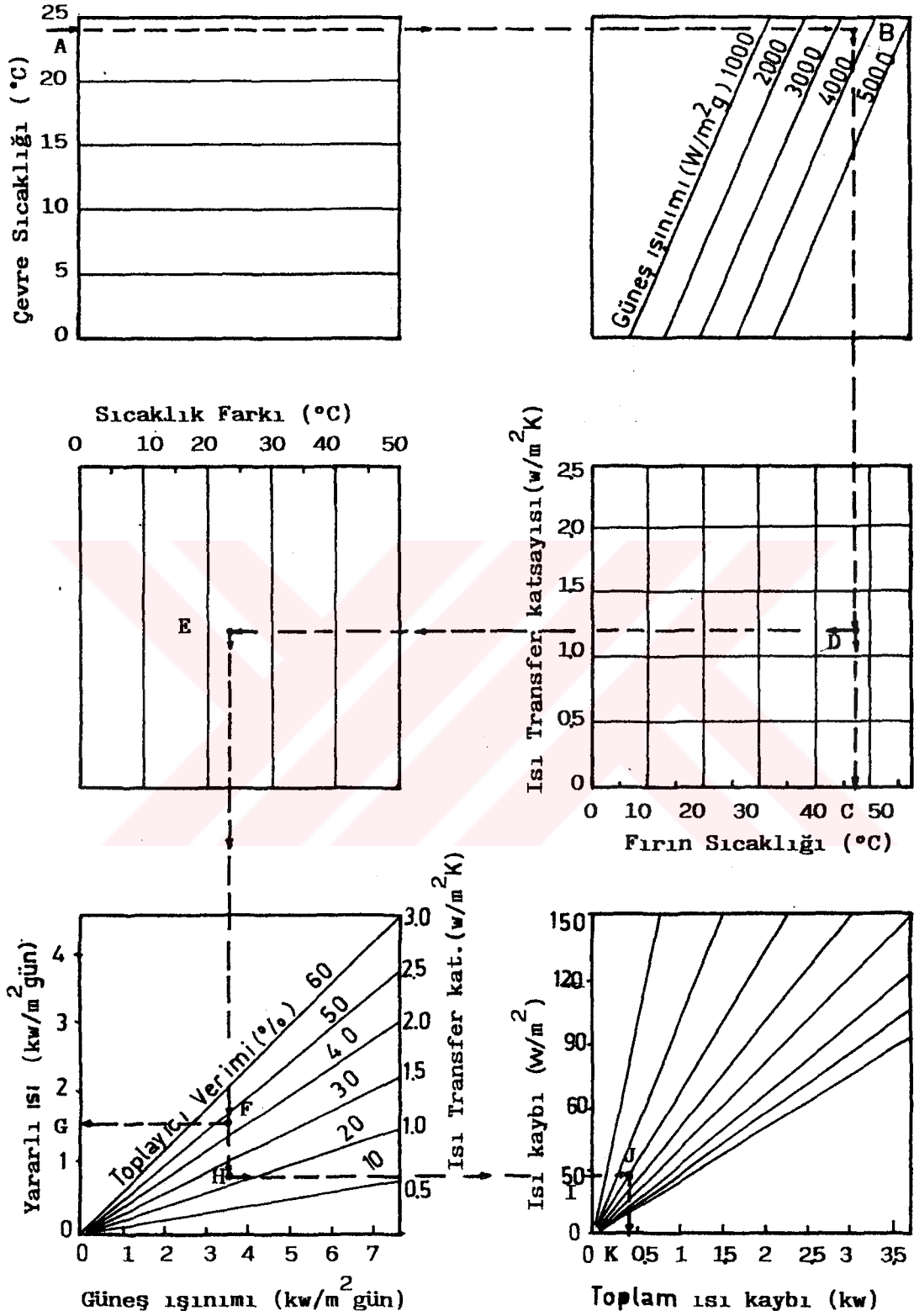
eşitliği elde edilmiştir.

Dış ortam sıcaklığı, güneş ısınımı, duvar ısı iletim katsayısı, duvar alanı ve toplayıcı verimi gibi fırın ve dış ortam şartlarına bağlı olarak fırın sıcaklığı, ısı kaybı ve yararlı ısıyı gösteren Şekil 4.13 deki abak oluşturulmuştur. Abakta, aynı tipte, ancak farklı boyutlarda inşa edilmiş değişik şartlarda çalışan bir güneş fırınının fırın sıcaklığının, ısı kayıplarının ve yararlı ısının doğrudan belirlenmesi mümkündür. Aşağıda, başlangıç şartları verilen bir fırın için fırın sıcaklığı, yararlı ısı ve ısı kayıplarının nasıl belirlendiği açıklanmıştır:

Dış ortam sıcaklığı	$T_o = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
Isı iletim katsayısı	$K_d = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
Duvar alanı	$A_d = 13.8 \text{ m}^2$ ,
Toplayıcı alanı	$A_t = 6 \text{ m}^2$ .
Güneş ısınımı	$I_t = 3500 \text{ W/m}^2\text{gün}$
Toplayıcı verimi	$\eta = \% 45$

Dış ortam sıcaklığı  $T_o = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  değerini gösteren A noktasından günlük toplam güneş ısınımının  $3500 \text{ W/m}^2\text{gün}$  olduğu B noktasına gelinmiştir. B noktasından apsis eksenine apsis eksenine inilen dik doğrunun alt diyagramda apsis eksenini kestiği C noktasında fırın sıcaklığı  $T_i = 47 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak okunmuştur. Toplam ısı transfer katsayısı  $K_d = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  değerini gösteren D noktasından apsis eksenine paralel doğrultuda





Şekil 4.13 :Güneş fırını ve iklim şartlarına bağlı olarak fırın sıcaklığı, yararlı ısı ve ısı kaybının belirlenmesi.

hareket edilerek sıcaklık farkının  $T_i - T_o = 23$  °C olduğu değeri gösteren E noktasına gelinmiştir. E noktasından apsis eksenine inilen dik doğru ile toplayıcı veriminin % 45 olduğu F noktası belirlenmiştir. F noktasından apsis eksenine çizilen paralel doğrunun ordinat eksenini kestiği G noktasında yararlı ısı  $q_u = 1600$  W/m<sup>2</sup> gün olarak belirlenmiştir. F noktasından apsis eksenine dik yönde hareket edilerek toplam ısı transfer katsayısının  $1.2$  W/m<sup>2</sup> olduğu H noktası belirlenmiştir. H noktasından apsis eksenine çizilen paralel doğrunun belirlediği I noktasında ısı kaybı  $q_k = 28$  W/m<sup>2</sup> olarak okunmuştur. Bu şartlarda  $A_d = 13.8$  m<sup>2</sup> değerini gösteren J noktasından apsis eksenine inilen dik doğrunun ordinat eksenini kestiği K noktasında toplam ısı kaybı  $Q_k = 380$  W olarak okunmuştur.

Yukarıda izlenen yolla değişik boyutlarda inşa edilmiş güneş fırınlarının fırın sıcaklığını, ısı kayıplarını ve toplayıcılarının sağladığı yararlı ısıyı belirlemek mümkündür.

#### 4.7. Kurumanın Gidişi ile İlgili Bulgular

Çalışmanın asıl amacı; güneş fırınında 1 yıllık dönemde kerestenin aylık kuruma miktarını belirleyerek teknik ve doğal kurutma arasındaki yerini, güneş enerjisinin kuruma üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Bu amaçla, 50 mm kalınlıktaki Doğu Lâdini keresteleri hem güneş fırınında hem de açık havada bir örtü altında kurutulmuştur. Kurutma denemeleri yaz döneminde birer aylık, kış döneminde Aralık - Ocak ve Şubat - Mart aylarında ikişer aylık periyotlarda yapılmıştır. Kurumanın gidişini izlemek için rutubet kontrolü örnek tahtaları her gün sabahları tartılarak günlük kurumam miktarları ve kerestenin o andaki rutubeti hesaplanmıştır.

#### 4.7.1. Haziran (1989) Ayında Kurumanın Gidişi

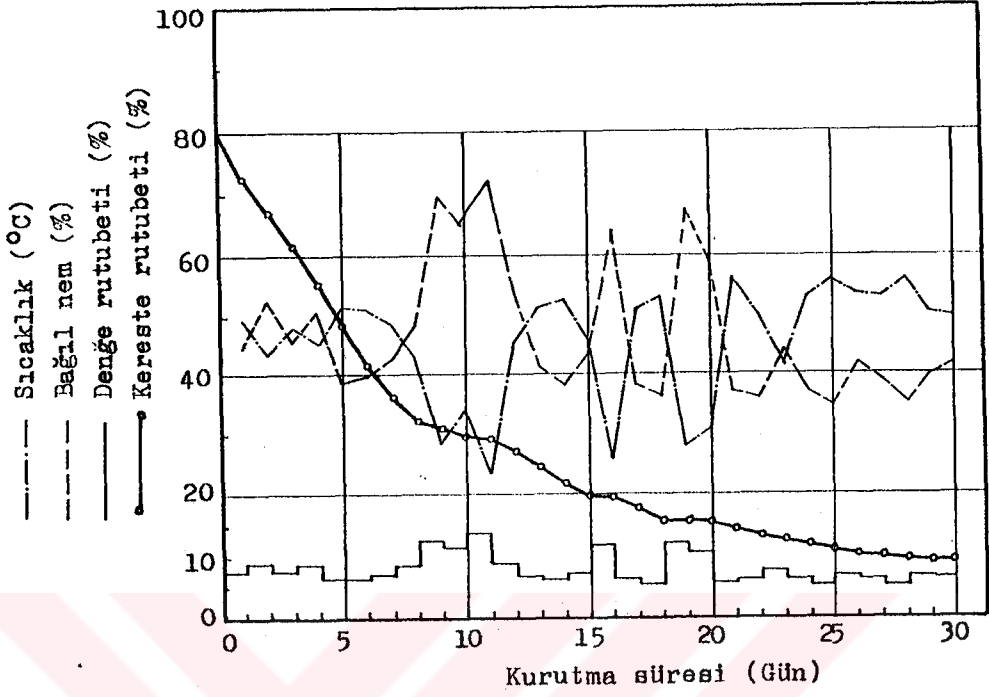
Haziran ayında güneş fırınında  $1.120 \text{ m}^3$  Doğu Lâdini kerestesi kurutulmuştur. Kerestenin ortalama başlangıç rutubeti % 79.7 dir. Şekil 4.14. de görüldüğü gibi 8 gün sonunda kereste rutubeti % 32 olmuştur. Bu süre içerisinde sıcaklık ortalaması  $47.9 \text{ }^\circ\text{C}$ , bağıl nem ortalaması % 45.8 ve denge rutubeti ortalaması da % 7.4 olmuştur. Kurumanın oldukça hızlı gerçekleştiği bu aşamada kereste rutubetinde % 47.7 oranında bir azalma gözlenmiştir. Diğer bir ifade ile lif doygunluğu rutubet derecesinin üzerinde günlük ortalama kuruma miktarı % 6.0 olmuştur. Kurutmanın 9, 10 ve 11.inci günlerinde sıcaklık düşmüş, bağıl nem ise yükselmiş ve kuruma hızı oldukça yavaşlamıştır. 11.inci gün sonunda % 29.1 olan kereste rutubeti, bundan sonra daha hızlı bir şekilde azalarak 15.inci gün sonunda % 19.6 ya düşmüştür. 16.ncı günde fırın denge rutubeti % 11.6 ya yükselmiş ve kuruma hızı azalmıştır. 17 ve 18.inci günlerde denge rutubeti ortalaması % 5.9 a düşmüş ve kuruma hızlanarak kereste rutubeti % 15.7 ye düşmüştür. 19 ve 20.nci günlerde ise sıcaklıkta azalma, bağıl nemde artış gözlenmiş olup; belirgin bir kuruma olmamıştır. 21.inci günden sonra sıcaklık ve bağıl neme bağlı olarak düzenli bir kuruma seyri izlenmiştir. Tablo 4.9. da görüldüğü gibi Haziran ayı sonunda fırında kurutulan kerestenin sonuç rutubeti % 9.2 olmuştur.

Haziran ayında açık hava şartlarında, başlangıç rutubeti % 79.1 olan kereste, ilk 7 gün içinde düzenli bir şekilde % 52.9 rutubete kadar kurumıştır. Bu dönemde dış havanın bağıl nemi % 80'in altında kalmış ve sıcaklık ortalaması  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  olmuştur. 8.inci gün ile 14.üncü gün arasında bağıl nem % 80'in üzerinde, sıcaklık  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altında kalmış ve kereste önemli bir azalma gözlenmemiştir. Tablo 4.9. da görüldüğü gibi 14.üncü gün sonunda kereste rutubeti % 44.9 olmuştur. 15.inci günden sonra kuruma hızlanmış ve kereste

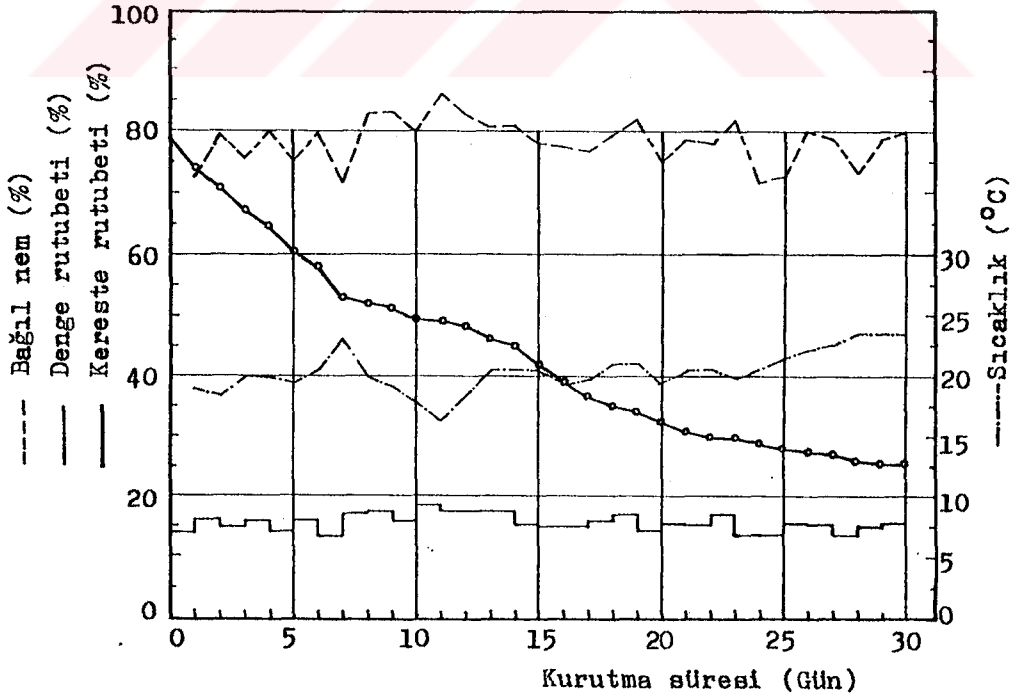
Tablo 4.9. Haziran (1989) ayı iklim verileri  
ve kereste rutubetinin gidışı.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				79.7				79.1
1	50.0	45.0	7.2	72.7	18.8	73.0	13.9	73.9
2	44.0	53.0	8.6	67.4	18.5	79.7	16.1	70.8
3	48.5	46.0	7.4	61.2*	19.8	76.3	14.8	67.0*
4	45.5	51.0	8.2	55.8	19.8	80.0	16.1	64.6
5	52.0	39.0	6.3	48.9	19.4	75.3	14.3	60.6
6	51.5	40.0	6.4	42.5	20.5	79.7	16.0	58.0
7	49.0	43.0	6.9	36.5	23.2	71.7	13.5	52.9
8	42.5	49.0	8.2	32.0	19.7	82.7	17.4	52.0
9	28.5	70.0	12.6	30.5	18.8	83.0	17.5	51.3
10	34.0*	65.0	11.3	28.9*	18.0	80.0	16.1	49.4*
11	23.5	72.9	13.6	28.1	16.6	86.3	18.6	49.0
12	45.5	54.0	8.7	26.1	18.6	82.7	17.4	48.2
13	51.5	41.0	6.5	23.8	20.5	80.7	16.6	46.4
14	53.0	38.0	6.0	21.4	20.5	81.3	16.7	44.9
15	46.5	43.0	7.2	19.7	20.5	78.3	15.3	42.1
16	26.0	64.0	11.6	19.2	19.4	77.7	15.2	39.2
17	51.5	38.0	6.1	17.5	19.8	77.0	15.0	36.5
18	53.5	36.0	5.7	15.8	21.2	79.3	16.0	34.8
19	28.0	67.0	12.1	15.7	21.0	82.0	17.0	34.3
20	30.5	59.0	10.4	15.4	19.5	75.0	14.5	31.9
21	56.5	37.0	5.7	14.0	20.6	78.7	15.6	31.1
22	50.0	36.0	5.9	12.9	20.4	78.0	15.3	30.3
23	42.0	44.0	7.5	12.2	19.7	82.0	17.1	30.1
24	53.5*	37.0	5.9	11.4	20.5*	71.7	13.6	29.1*
25	56.0	35.0	5.4	10.7	21.6	73.0	13.8	28.2
26	54.0	42.0	6.6	10.4	22.3	80.3	16.0	27.9
27	53.5	39.0	6.1	10.0	22.6	79.0	15.8	27.5
28	56.0	35.0	5.4	9.5	23.5	73.3	13.7	26.9
29	50.5	40.0	6.5	9.3	23.4	78.7	15.5	26.6
30	50.0	41.0	6.6	9.2	23.5	79.7	15.8	26.4
ORT.	45.9	46.6	7.8		20.4	78.5	15.7	

\* Tahmini degerler.



Şekil 4.14. Haziran (1989) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Şekil 4.15. Haziran (1989) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.

rutubeti 20.nci gün sonunda % 31.9 a düşmüştür. Şekil 4.15. de görüldüğü gibi denge rutubetinin % 15 in altına düştüğü günlerde etkin bir kuruma gerçekleşmiştir. Haziran ayında açık hava şartlarında kurutulan kerestenin 30.uncu gün sonundaki rutubeti % 26.4 olmuştur.

#### 4.7.2. Temmuz (1989) Ayında Kurumanın Gidişi

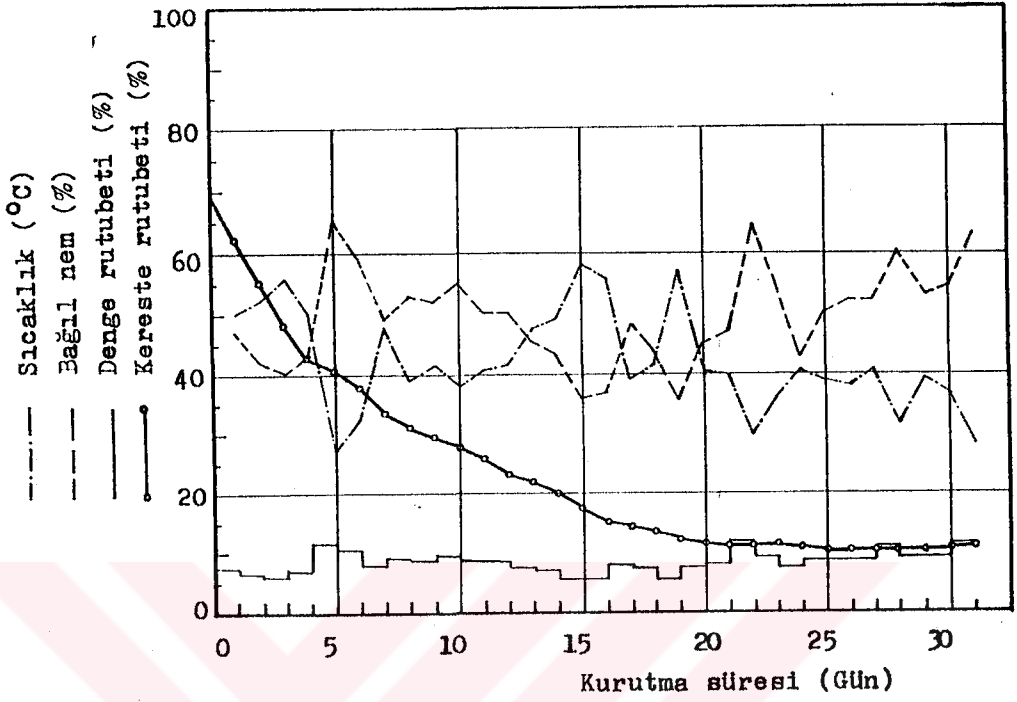
Günes fırınında, % 68.8 başlangıç rutubetindeki  $1.170 \text{ m}^3$  kereste kurutulmuştur. Şekil 4.16. da görüldüğü gibi ilk 4 günde sıcaklık ortalaması  $52.1 \text{ }^\circ\text{C}$ , bağıl nem ortalaması % 43 olmuş ve zamanla doğrusal ilişkili hızlı bir kuruma gerçekleşmiştir. Bu hızlı kuruma ile 4.üncü gün sonunda kereste rutubeti % 42.4 e düşmüştür. 5 ve 6.ncı günlerde sıcaklıktaki azalma, bağıl nemdeki artış kurumanın yavaşlamasına sebep olmuştur. Temmuz ayında kereste rutubeti 8.inci gün sonunda % 31.2 ye düşmüştür. Bundan sonra düzenli bir kuruma gözlenmiş ve 16.ncı gün sonunda kereste rutubeti % 15.1 olmuştur. 21.inci günde kereste % 11.0 e kadar kurumasına rağmen 22.nci günde denge rutubetindeki yükselme sebebiyle kereste rutubeti artarak % 11.2 ye çıkmıştır. Tablo 4.10. da görüldüğü gibi Temmuz ayında en düşük kereste rutubeti % 10.2 ile 25.inci gün sonunda gerçekleşmiştir. 26.ncı günden sonra kereste rutubeti sürekli artarak 31.inci gün sonunda % 11.2 ye yükselmıştır.

Temmuz ayında açık hava şartlarında kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 69.2 dir. 1, 3 ve 8.inci günlerde kısmen yavaş olmakla birlikte, ilk 9 günde hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti % 43.6 ya düşmüştür. Bu süre içerisinde sıcaklık  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  nin üzerinde kalmıştır. 10.uncu günde bağıl nem % 84.3 olmuş ve kuruma oldukça yavaşlamıştır. 11 ve 16.ncı günler arasında hızlı kuruma devam etmiştir. Tablo 4.10. da görüldüğü gibi 15.inci gün sonunda kereste rutubeti % 31.9 a düşmüştür. 17 ve 22.nci günler arasında kuruma oldukça yavaş seyretmiştir. Şekil 4.17. de görüldüğü gibi

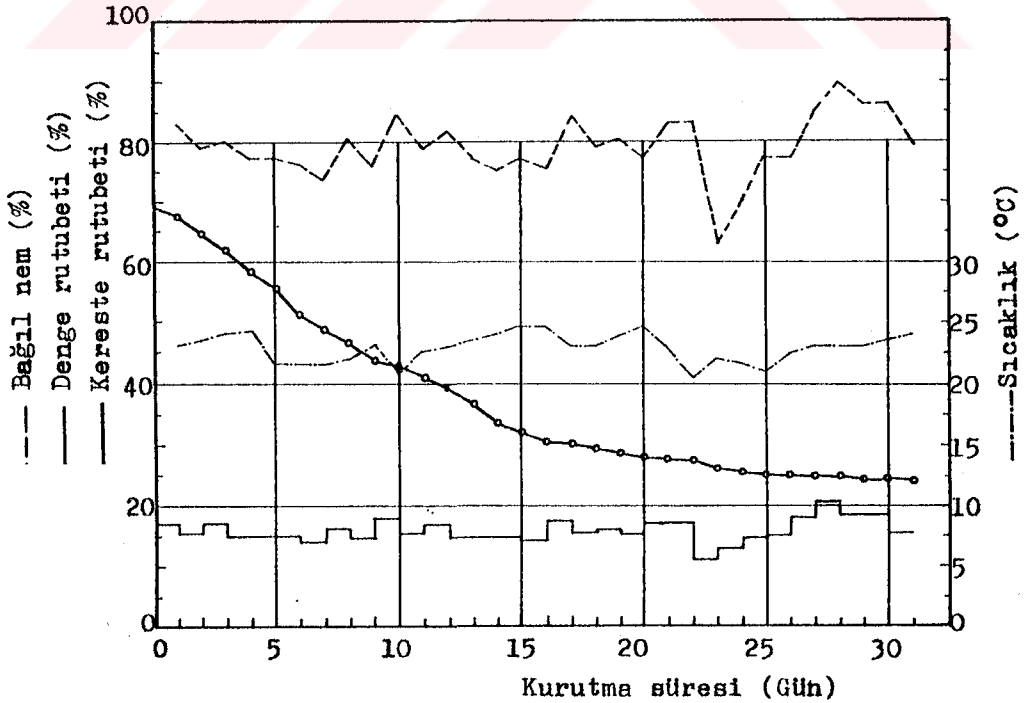
Tablo 4.10. Temmuz (1989) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				68.8*				69.2*
1	50.0	47.0	7.5	62.0	23.2	82.7	17.2	67.0
2	52.5	42.0	6.7	55.6	23.5	79.0	15.6	64.1
3	56.0	40.0	6.2	48.9	24.0	80.0	16.0	61.6
4	50.0	43.0	7.0	43.0	24.3	77.3	14.9	58.4
5	27.0	65.0	11.7	40.6	21.7	77.0	14.9	55.3
6	32.5	59.0	10.4	37.9	21.6	76.3	14.7	52.1
7	47.5	49.0	7.8	33.1	21.4	73.6	14.2	48.6
8	39.0	53.0	9.0	30.8	21.8	80.3	16.3	46.8
9	41.5	52.0	8.7	29.0	23.2	76.0	14.8	44.0
10	38.0	55.0	9.4	27.9	21.8	84.3	17.7	42.2
11	40.5	50.0	8.6	25.9	22.4	79.0	15.6	41.1
12	41.5	50.0	8.5	23.7	23.0	81.7	16.8	39.6
13	47.5	45.0	7.4	21.7	23.4	76.7	14.8	37.1
14	49.0	43.0	7.1	19.8	24.1	75.3	14.4	34.5
15	58.0	36.0	5.6	17.5	24.5	76.7	14.7	32.7
16	56.0	37.0	5.7	15.4	24.4	75.3	14.4	31.2
17	39.5	48.0	8.1	14.8	23.1	83.7	17.3	30.9
18	41.5	44.0	7.4	13.9	23.1	79.3	15.6	30.1
19	57.0	35.0	5.3	12.7	23.8	80.3	16.1	29.6
20	40.5	45.0	7.7	11.8	24.6	77.0	14.9	28.9
21	40.0	47.0	8.0	11.6	22.8	83.0	17.2	28.7
22	30.0	64.0	11.4	11.8	20.5	83.0	17.3	28.5
23	36.0	55.0	9.4	11.7	22.0	62.7	11.3	27.3
24	40.5	43.0	7.4	11.0	21.6	70.0	13.1	26.5
25	39.0	50.0	8.6	10.6	21.1	77.0	14.9	26.1
26	38.0	52.0	8.8	10.7	22.6	77.0	14.9	25.8
27	40.5	52.0	8.7	10.6	23.2	85.0	18.1	25.7
28	32.0	60.0	10.8	10.8	23.0	89.3	20.6	25.7
29	39.5*	53.0	9.0	10.9*	23.2	86.0	18.5	25.5*
30	37.0	54.0	9.2	11.0	23.4	86.0	18.5	25.5
31	28.5	63.0	11.3	11.2	23.9	91.0	15.7	25.3
ORT.	42.5	49.4	8.3		22.9	70.0	15.8	

\* Tahmini degerler.



Sekil 4.16. Temmuz (1989) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Sekil 4.17. Temmuz (1989) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



23 ve 24.ncü günlerde, sonraki günlerden daha hızlı bir kuruma olmuştur. 25.inci günden sonra kuruma hızı oldukça azalarak 31.inci gün sonunda kereste rutubetinin % 25.3 e düştüğü görülmüştür.

#### 4.7.3. Ağustos (1989) Ayında Kurumanın Gidişi

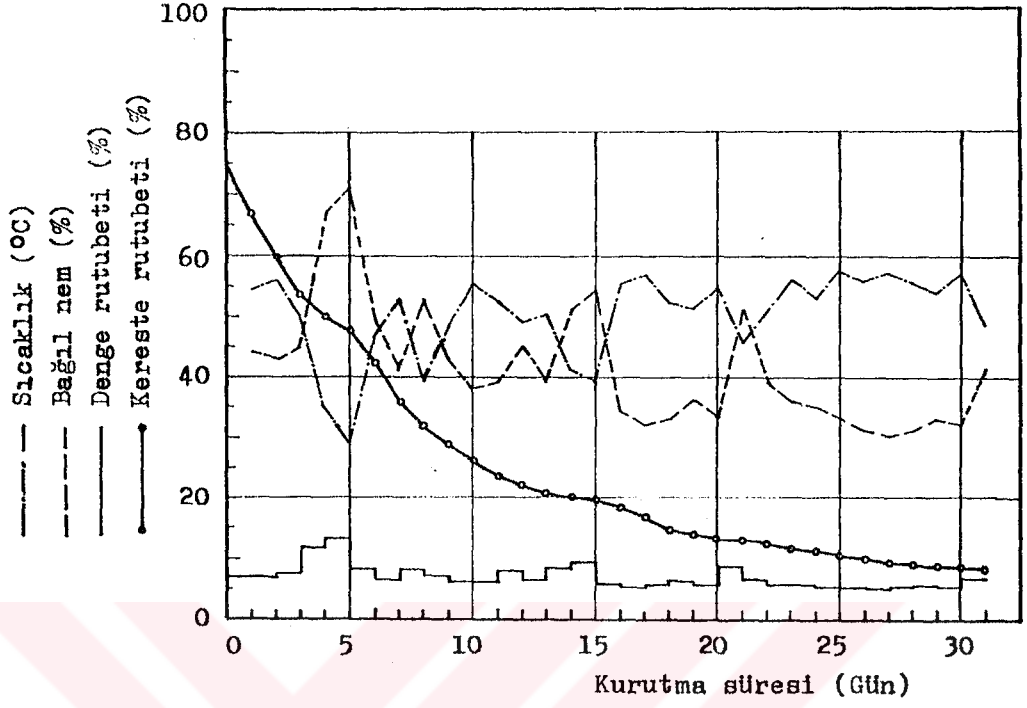
Ağustos ayında güneş fırınında, başlangıç rutubeti % 74.4 olan  $1.035 \text{ m}^3$  kereste kurutulmuştur. İlk 3 gün içinde hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti % 54.1 e düşmüştür. 4 ve 5.inci günlerde sıcaklıktaki azalma ve bağıl nemdeki artış kuruma hızını yavaşlatmıştır. Kuruma hızı 6.ncı günden sonra artmış ve kereste rutubeti 8.inci gün sonunda % 31.8 e düşmüştür. Şekil 4.18. de görüldüğü gibi hızlı kuruma 8.inci günden sonra da devam etmiş ve kereste rutubeti 13.üncü gün sonunda % 20.4 olmuştur. 14 ve 15.inci günlerde kuruma hızı belirgin bir şekilde azalmıştır. 15.inci gün sonunda % 19.3 olan kereste rutubeti daha sonra hızla azalarak 20.nci gün sonunda % 12.7 ye düşmüştür. 21 ve 22.nci günlerde kuruma hızında azalma gözlenmiştir. 23.üncü günden sonra düzenli kuruma devam etmiş ve Tablo 4.11. de görüldüğü gibi 30.uncu gün sonunda kereste rutubeti % 8.2 omuştur.

Ağustos ayında açık hava şartlarında kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 73.6 dir. Bu ayın ilk üç gününde kereste hızlı bir şekilde rutubet kaybederek % 65.0 e kadar kurumuştur. 4 ve 6.ncı günler arasında kuruma hızında azalma görülmüştür. Şekil 4.19. da 9, 11 ve 13.üncü günler dışında kurumanın hızlı olduğu ve kereste rutubetinin 18.inci gün sonunda % 30.7 ye düştüğü görülmektedir. Lif doygunluğu rutubet derecesinin altında kuruma yavaş, ancak düzenli bir şekilde gerçekleşmiştir. Tablo 4.11. de Ağustos ayında doğal olarak kurutulan kerestenin sonuç rutubetinin % 23.5 olduğu görülmektedir.

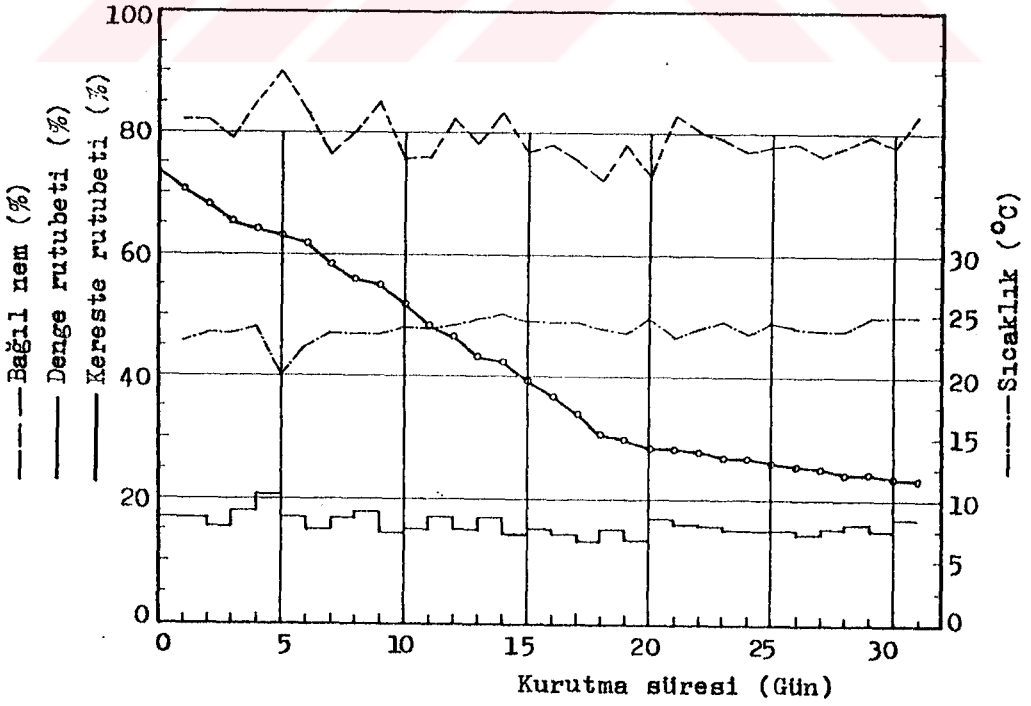
Tablo 4.11. Ağustos (1989) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				74.4				73.6
1	54.5	44.0	6.8	66.8	22.9	82.0	16.8	70.6
2	56.0	43.0	6.7	59.9	23.6	81.7	16.7	67.9
3	50.0	45.0	7.2	54.1	23.6	79.0	15.6	65.0
4	34.5	67.0	11.8	50.5	24.0	84.7	17.9	63.7
5	28.5	71.0	12.9	47.6*	20.4	89.7	20.6	62.9*
6	46.5	49.0	8.0	42.3	22.6	83.0	17.3	61.8
7	52.5	41.0	6.6	35.9	23.4	77.0	14.9	58.3
8	39.0	53.0	8.8	31.8	23.4	82.3	16.9	56.2
9	48.0	43.0	6.9	28.7	23.5	85.3	18.2	55.3
10	55.0	38.0	5.9	25.8	24.1	75.7	14.5	51.8
11	52.5	39.0	6.2	23.8	23.8	76.3	14.7	48.6
12	49.0	45.0	7.8	22.0	24.2	82.0	16.8	46.5
13	50.0	39.0	6.3	20.4	24.7	78.3	15.3	43.5
14	41.0	51.0	8.2	19.6	25.3	83.3	17.2	42.3
15	39.0	54.0	9.1	19.3	24.5	75.7	14.5	39.1
16	55.5	34.0	5.5	17.8	24.4	78.3	15.3	36.7
17	56.5	32.0	5.2	15.7	24.5	75.2	14.4	33.8
18	52.0	33.0	5.5	14.4	23.8	72.3	13.3	30.7
19	51.0	36.0	6.1	13.7	23.5	78.0	15.3	29.8
20	54.5	33.0	5.4	12.7	24.7	73.0	13.6	28.5
21	45.5	51.0	8.4	12.5	23.2	82.7	17.1	28.4
22	50.5	39.0	6.5	12.2	24.1	80.0	16.0	28.0
23	56.0	36.0	5.6	11.5	24.5	79.3	15.7	27.2
24	53.0	35.0	5.7	11.2	23.4	77.3	15.1	26.7
25	57.5	33.0	5.3	10.3	24.5	77.7	15.2	26.0
26	56.0*	31.0	5.2	9.8*	24.0	78.3	15.3	25.6*
27	57.0	30.0	4.9	9.1	23.7	75.7	14.5	25.0
28	55.5	31.0	5.2	8.7	23.8	77.7	15.3	24.6
29	54.0	33.0	5.4	8.4	24.8	80.3	16.1	24.3
30	57.0	32.0	5.2	8.2	25.1	78.0	15.1	23.8
31	48.5	42.0	6.8	8.2	25.1	82.7	16.9	23.5
ORT.	50.2	41.4	6.8		23.9	79.4	15.9	

\* Tahmini degerler.



Sekil 4.18. Ağustos (1989) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidisi.



Sekil 4.19. Ağustos (1989) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidisi.

#### 4.7.4. Eylül (1989) Ayında Kurumanın Gidişi

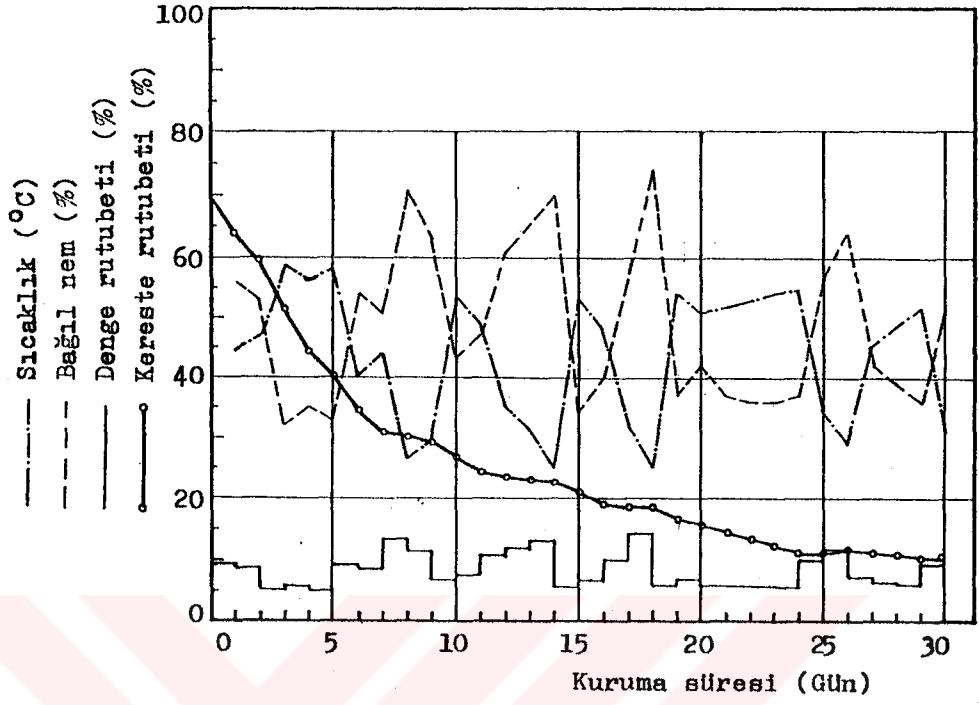
Güneş fırınında başlangıç rutubeti % 69.3 olan  $1.155 \text{ m}^3$  kereste kurutulmuştur. İlk 7 gün içinde hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti % 30.7 ye düşmüştür. 8 ve 9.uncu günlerde bağıl nemdeki artış kuruma hızının yavaşlamasında etkili olmuştur. Bu iki günde toplam % 1.7'lik bir rutubet azalması gözlenmiştir. 10 ve 11.inci günlerde kuruma hızlanarak kereste rutubeti 11.inci gün sonunda % 24.0 e düşmüştür. Şekil 4.20. de görüldüğü gibi 12 ve 14.üncü günler arasında kereste rutubetindeki azalma miktarı çok az olmuştur. 15 ve 16.ncı günlerde kuruma hızlanarak 14.üncü gün sonunda % 22.4 olan kereste rutubeti 16.ncı gün sonunda % 18.7 ye düşmüştür. 17 ve 18.inci günlerde kuruma hızının tekrar azaldığı gözlenmiştir. 19 ve 24.üncü günler arasında yeniden düzenli ve hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti 24.üncü gün sonunda % 11.0 e düşmüştür. 25.inci günde kuruma olmamış, 26.ncı günde ise kereste rutubeti artarak % 11.2 ye yükselmiştir. 27 ve 29.uncu günler arasında az da olsa kuruma devam etmiş ve 29.uncu gün sonunda kereste rutubeti % 10.2 olmuştur. Tablo 4.12. de görüldüğü gibi Eylül ayının son gününde kuruma olmamış ve kerestenin sonuç rutubeti % 10.2 de kalmıştır.

Eylül ayında açık hava şartlarında kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 68.8 dir. 2.nci gün dışında hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti 6.ncı gün sonunda % 47.8 e düşmüştür. 7 ve 9.uncu günler arasında bağıl nem artmış ve kuruma yavaşlamıştır. Şekil 4.21. de görüldüğü gibi 10.uncu gündeki hızlı bir kurumadan sonra azalan bir kuruma dönemi gözlenmiş ve 14.üncü gün sonunda kereste rutubeti % 38.8 olmuştur. 15.inci günde denge rutubeti % 12.6 olmuş ve % 4.3 gibi önemli miktarda bir kuruma gerçekleşmiştir. Açık havada kereste 17.nci gün sonunda lif doygunluğu rutubet derecesine kadar kurumuştur. Daha sonraki günlerde bağıl nemin % 80'in üzerinde kaldığı ve kereste rutubetinin yavaş düştüğü

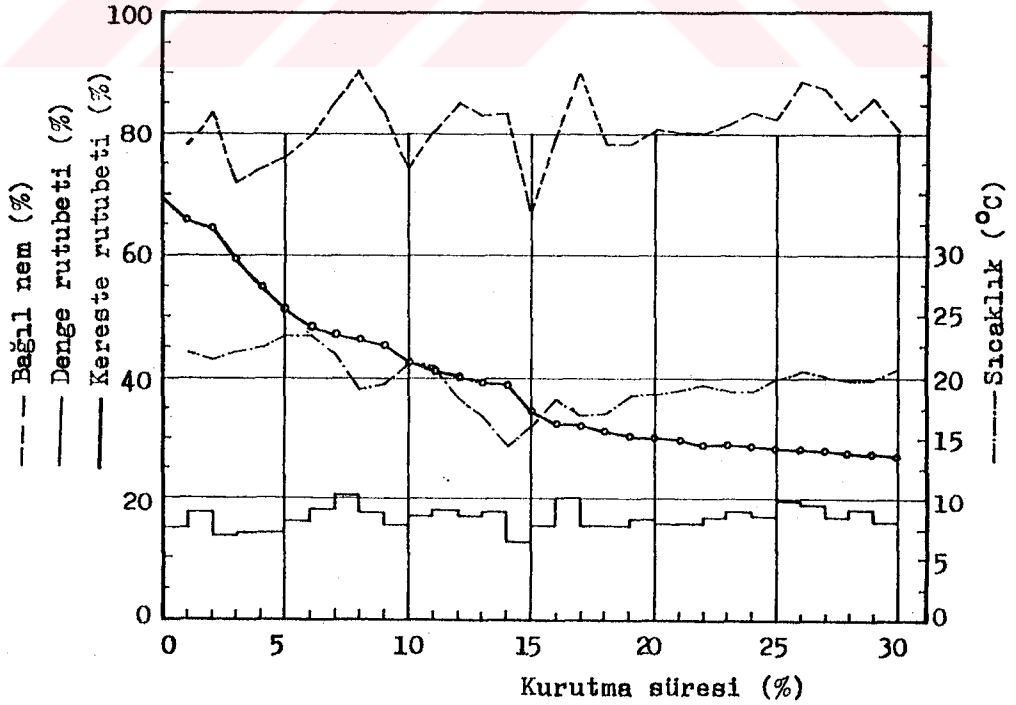
Tablo 4.12. Eylül (1989) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				69.3				68.8
1	44.5	56.0	9.0	63.9	22.4	77.7	15.1	65.4
2	47.0	53.0	8.4	58.3	21.6	84.0	17.5	64.2
3	59.0	32.0	5.1	51.4	22.2	71.7	13.5	59.4
4	56.5	35.0	5.5	45.1	22.4	74.3	14.2	55.1
5	58.0	33.0	5.2	38.9	23.4	75.7	14.5	50.9
6	40.0	54.0	9.0	34.9	23.6	79.7	15.9	47.8
7	44.0	51.0	8.3	30.7	21.8	85.3	18.0	46.8
8	26.5	71.0	12.9	29.9	19.1	90.3	20.3	46.2
9	29.5	63.0	11.2	29.0	19.5	84.3	17.8	45.2
10	53.5	43.0	6.8	26.3	21.1	74.3	15.6	42.5
11	49.0	47.0	7.5	24.0	20.7	81.7	16.8	40.8
12	35.0	61.0	10.6	23.2	18.6	85.3	18.2	40.2
13	31.5	65.0	11.5	22.7	16.8	83.0	17.3	39.4
14	25.0	70.0	12.8	22.4	14.4	83.3	17.7	38.8
15	53.0	34.0	5.6	20.4	16.0	67.3	12.6	34.5
16	48.0*	40.0	6.6	18.7*	18.4	78.7	15.6	32.4*
17	32.0	57.0	10.0	18.3	17.0	89.7	20.1	32.2
18	25.0	74.0	14.0	18.2	17.3	78.0	15.4	31.3
19	54.0	37.0	5.8	16.5	18.6	78.3	15.5	30.5
20	51.0	42.0	6.8	15.5	18.8	80.7	16.4	30.2
21	52.0	37.0	6.0	14.4	19.0	80.0	16.1	29.7
22	53.0	36.0	5.8	13.2	19.6	80.3	16.1	29.1
23	54.0	36.0	5.8	12.1*	19.1	81.7	16.8	28.8*
24	54.5	37.0	5.7	11.0	19.1	84.0	17.8	28.7
25	34.5	57.0	9.8	11.0	19.9	82.7	17.1	28.5
26	29.0	64.0	11.4	11.2	20.4	88.7	19.9	28.5
27	45.0	42.0	7.1	11.0	20.2	87.7	19.3	28.2
28	48.5	39.0	6.4	10.7	19.9	82.7	17.1	27.8
29	51.5	36.0	6.0	10.2	20.0	86.0	18.3	27.7
30	30.5	51.0	9.0	10.2	20.7	80.7	16.3	27.3
ORT.	43.8	48.4	8.2		19.7	81.3	16.8	

\* Tahmini degerler.



Sekil 4.20. Eylül (1989) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidışı.



Sekil 4.21. Eylül (1989) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidışı.

gözlenmiştir. Tablo 4.12. de görüldüğü gibi Eylül ayında, açık hava şartlarında kereste % 27.3 sonuç rutubetine kadar kuruyabilmiştir. Bu ayda kereste sonuç rutubetinin yüksek olması, özellikle son günlerdeki yüksek bağıl nemden ileri geldiği söylenebilir.

#### 4.7.5. Ekim (1989) Ayında Kurumanın Gidişi

Güneş fırınında % 72.4 başlangıç rutubeinde  $1.084 \text{ m}^3$  kereste kurutulmuştur. Şekil 4.22. de görüldüğü gibi 2, 4 ve 6.ncı günler dışında kereste rutubeti hızla azalarak 10.uncu gün sonunda % 30.5 e düşmüştür. Denge rutubetinin % 15'in üzerinde olduğu günlerde kurumanın oldukça yavaşladığı gözlenmiştir. Hızlı kuruma 11.inci günde de devam etmiştir. 12 ve 14.üncü günler arasında ise yüksek bağıl nem ve düşük sıcaklık kuruma hızında azalmaya yol açmıştır. 14.üncü gün sonunda % 25.7 rutubetteki kereste daha sonra hızlı bir şekilde kuruyarak 17.nci gün sonunda rutubeti % 18.3'e düşmüştür. 18 ile 21.inci günle arasında yavaşlayan kuruma hızı 22 ile 27.nci günler arasında tekrar artış göstermiştir. Tablo 4.13. de görüldüğü gibi Ekim ayında en düşük kereste rutubeti % 11.9 ile 27.nci gün sonunda gerçekleşmiştir. Bu ayın son 4 gününde sıcaklığın azalması, bağıl nemin artması sonucu kereste rutubetinde artış olmuştur. Böylece 27.nci gün sonunda % 11.9 olan kereste rutubeti ayın son gününde % 12.8'e yükselmiştir. Bu sonuçlar, ayın son günlerinde bağıl nem ve sıcaklığın aylık ortalamalar düzeyinde seyretmiş olması halinde kereste rutubetinin % 11.9'un altına düşebileceğini göstermiştir.

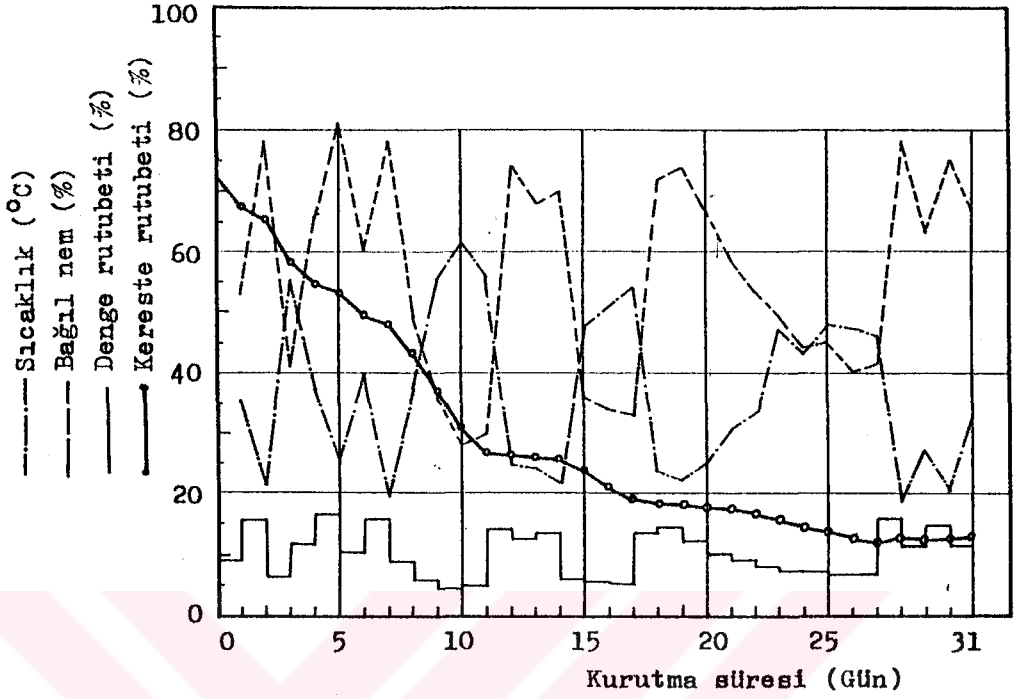
Açık havada kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 71.6 dır. Ekim ayının ilk 8 günü içinde 1 ve 3.üncü günler dışında, doğal olarak kurutulan kerestenin rutubeti oldukça yavaş bir düşüş göstermiştir. Denge rutubetinin % 20 civarında olduğu bu dönemin 8.inci günü sonunda kereste rutubetinin % 59.5'e düştüğü görülmüştür. Bundan sonraki 3 gün

Tablo 4.13. Ekim (1989) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidışı.

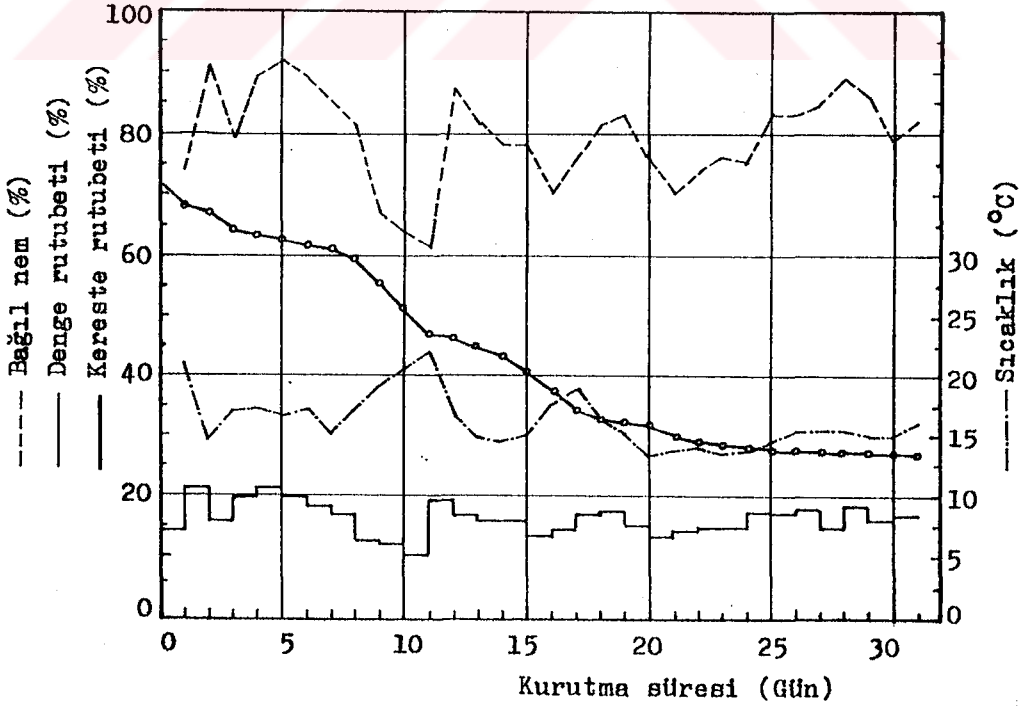
Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				72.4*				71.6*
1	35.5	53.0	9.1	66.7	21.0	74.3	14.3	67.9
2	21.0	78.0	15.4	64.2	14.4	91.0	20.8	67.1
3	55.0	41.0	6.4	57.4	17.0	78.7	15.7	64.0
4	37.0	66.0	11.4	54.5	17.3	88.7	19.7	63.2
5	25.5	81.0	16.3	52.7	16.6	92.0	21.2	62.6
6	40.0	60.0	10.3	49.8	16.9	88.7	19.7	62.0
7	19.5	78.0	15.7	48.0	15.0	84.7	18.0	61.2
8	37.5	49.0	8.8	42.6	17.2	81.3	16.7	59.5
9	55.0	36.0	5.7	36.4	19.3	67.0	12.4	55.5
10	61.0	28.0	4.5	30.0	20.4	64.0	11.7	51.3
11	55.5	30.0	5.0	25.7	21.9	61.3	10.3	46.7
12	24.5	74.0	14.0	25.3	16.6	87.3	19.1	46.4
13	24.0	68.0	12.4	25.0	14.7	80.7	16.6	45.0
14	21.5	70.0	13.1	24.3	14.4	78.3	15.8	42.9
15	47.0	36.0	6.1	22.3	15.0	78.3	15.8	41.0
16	50.0	34.0	5.8	20.2	17.6	70.3	13.5	37.4
17	54.0	33.0	5.4	18.3	18.8	75.7	14.6	34.3
18	23.5	72.0	13.5	17.9	16.4	81.3	16.7	33.0
19	22.0	74.0	14.3	17.8	15.2	83.3	17.6	32.4
20	25.0	67.0	12.3	17.6	13.2	76.0	15.1	31.6
21	30.5*	58.0	10.1	17.3*	13.8	70.3	13.5	30.1*
22	33.0	53.0	9.2	16.6	14.0	74.3	14.6	29.1
23	47.0	49.0	8.0	15.6	13.6	76.0	15.1	28.6
24	43.0	44.0	7.4	14.5	13.8	75.0	14.8	27.8
25	47.5	45.0	7.3	13.6	14.4	83.0	17.5	27.6
26	47.0	40.0	6.7	12.6	15.4	82.7	17.3	27.4
27	46.0	41.0	6.8	11.9	15.6	84.7	18.1	27.3
28	18.5	78.0	16.8	12.3	15.3	88.7	14.8	27.3
29	27.0*	63.0	11.4	12.4*	15.2	85.7	18.5	27.2*
30	20.0	75.0	14.7	12.7	15.2	78.7	15.9	26.9
31	33.0	66.0	11.5	12.8	15.9	81.7	16.9	26.7
ORT.	36.3	56.1	10.1		16.1	79.2	16.4	

\* Tahmini degerler.





Sekil 4.22. Ekim (1989) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Sekil 4.23. Ekim (1989) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.

içinde hızlı kuruma ile kereste rutubeti 11.inci gün sonunda % 46.7 ye düşmüştür. Şekil 4.23. de görüldüğü gibi 12.nci gündeki yavaş kurumadan sonra hızla azalan kereste rutubeti 18.inci gün sonunda % 33.0 olmuştur. 19.uncu günden sonra kuruma hızı bir miktar azalarak devam etmiş ve kereste rutubeti 24.üncü gün sonunda % 27.8'e düşmüştür. Ekim ayının son günlerinde bağıl nemdeki artış kurumanın yavaşlamasına sebep olmuştur. Tablo 4.13.de görüldüğü gibi 25.inci günden sonra doğal kuruma hızı belirgin oranda azalmış ve kereste rutubeti 31.inci gün sonunda % 26.7 olmuştur.

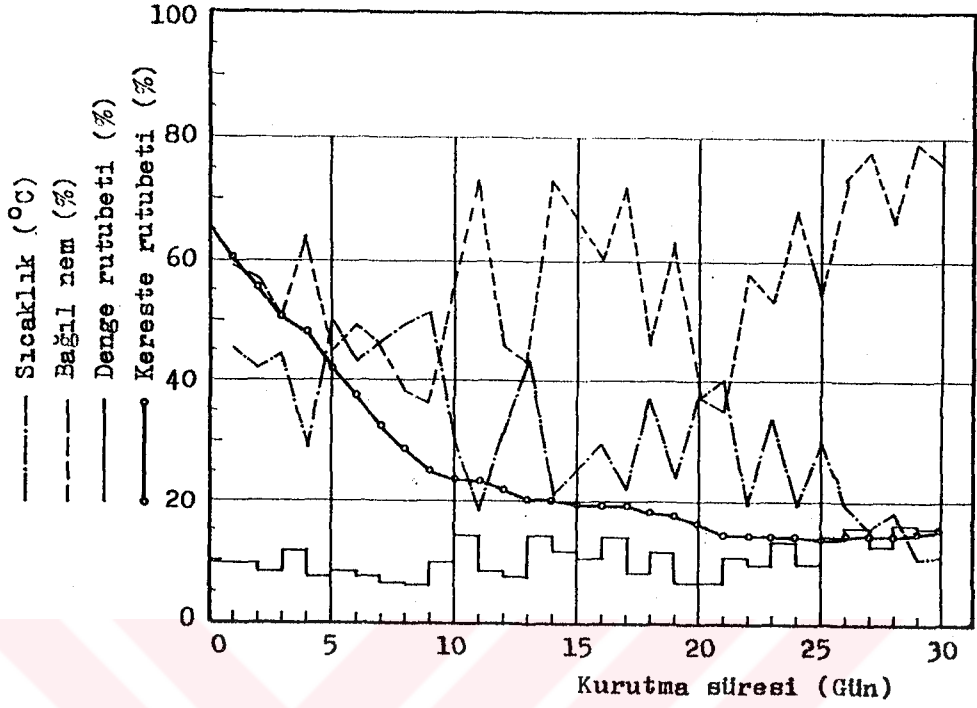
#### 4.7.6. Kasım (1989) Ayında Kurumanın Gidişi

Günes fırınında başlangıç rutubeti % 65.4 olan  $1.076 \text{ m}^3$  kereste kurutulmuştur. Kasım ayının 4.üncü günü dışında hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti 7.nci gün sonunda % 32.3'e düşmüştür. Hızlı kuruma 8 ve 9.uncu günlerde de devam etmiş ve kereste rutubeti 9.uncu gün sonunda % 25.0 olmuştur. 11.inci gündeki yavaş kurumaya rağmen, kereste rutubetinin 13.üncü gün sonunda % 19.9'a düştüğü gözlenmiştir. 14 ve 17.nci günler arasında yavaş bir kuruma izlenmiştir. Bu dönemde toplam % 0.8'lik bir rutubet azalması olmuştur. 18 ve 21.inci günler arasında, 19.uncu günün dışında, kereste rutubetinde önemli miktarda azalma olmuş ve 21.inci gün sonunda kerestenin % 14.5'e kadar kuruduğu görülmüştür. Şekil 4.24. de görüldüğü gibi 23.üncü gün sonunda % 13.7 olan kereste rutubeti 24.üncü gün artarak % 13.8'e çıkmıştır. Tablo 4.14.de görüldüğü gibi Kasım ayında kereste rutubetinin en düşük değeri % 13.5 ile 25.inci günde gerçekleşmiştir. 26 Kasımdan sonra kereste rutubeti artarak 30.uncu gün sonunda % 14.7'ye yükselmiştir. Bu ayın son günlerinde kereste rutubetinde meydana gelen artış, sıcaklığın azalması ve bağıl nemin artması veya diğer bir ifade ile denge rutubetinin artmasından kaynaklanmış olabilir.

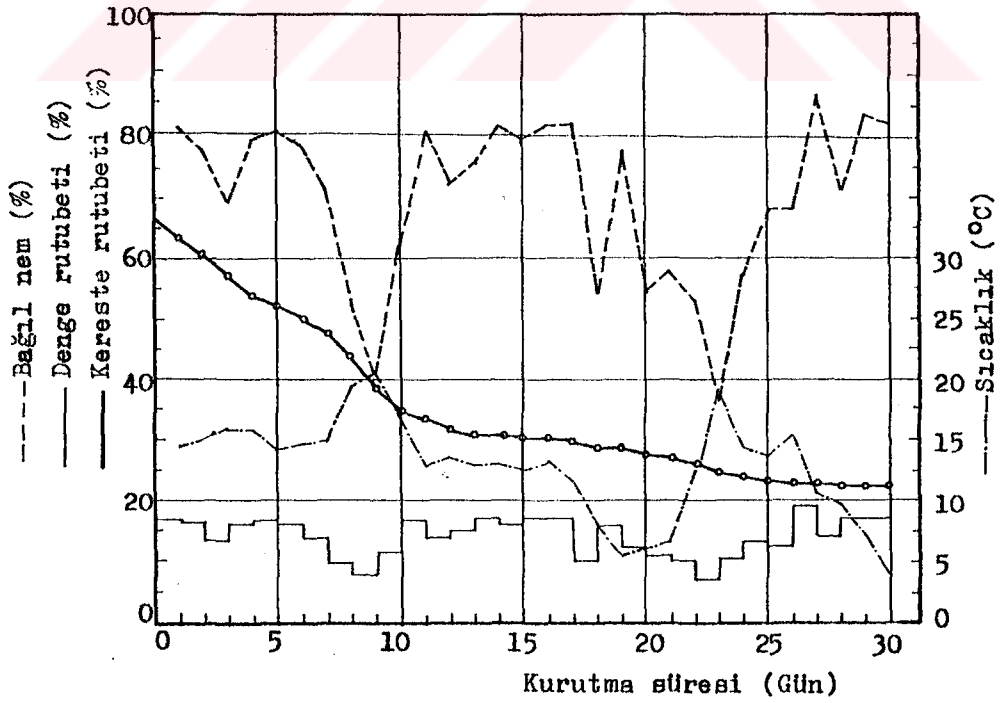
Tablo 4.14. Kasım (1989) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				65.4				66.3
1	45.5	59.0	9.6	60.3	14.6	81.3	16.6	63.4
2	42.0	57.0	9.5	55.4	14.9	78.3	15.8	60.6
3	44.5	50.0	8.1	50.2	15.8	69.0	12.9	56.7
4	29.5	64.0	11.4	47.8	15.4	79.7	16.2	54.3
5	50.0	45.0	7.2	42.2	14.2	80.7	16.4	52.2
6	43.0	49.0	8.0	37.4	14.7	78.7	16.0	50.1
7	46.5	46.0	7.5	32.4	15.0	71.3	13.5	46.9
8	49.5	38.0	6.3	28.6	18.6	52.3	9.8	42.8
9	51.0	36.0	6.0	25.3	19.9	39.7	7.7	37.9
10	30.0	56.0	9.8	23.8	16.4	61.7	11.4	34.3
11	18.5*	73.0	14.1	23.5*	13.2	81.0	16.6	32.9*
12	31.5	46.0	8.2	22.0	13.4	72.0	14.0	31.6
13	44.0	43.0	7.2	20.1	12.8	76.0	15.1	30.8
14	20.5	73.0	14.0	19.7	13.0	82.0	16.9	30.5
15	25.0	67.0	12.3	19.5	12.6	79.3	16.1	30.1
16	29.5	60.0	10.6	19.2	13.2	82.0	16.9	29.9
17	22.0	72.0	13.8	19.1	11.5	81.7	16.9	29.7
18	37.0	46.0	8.0	17.8	8.0	54.3	10.3	28.7
19	24.0	63.0	11.4	17.5	5.6	77.7	15.6	28.4
20	37.0	37.0	6.6	16.0	6.0	54.3	10.4	27.6
21	40.0	35.0	6.4	14.4	6.4	57.3	10.8	27.0
22	19.5	58.0	10.6	14.2	12.4	53.3	10.0	26.3
23	34.0	53.0	9.1	13.6	18.9	36.3	7.1	24.8
24	19.5	68.0	12.9	13.7*	14.3	57.3	10.6	24.0*
25	30.0	54.0	9.5	13.5	13.8	68.0	13.0	23.6
26	19.0	73.0	14.1	13.7	15.2	67.7	12.6	23.0
27	15.5	78.0	15.7	14.1	10.4	87.0	19.1	23.2
28	18.0	66.0	12.5	14.2	9.8	71.3	13.8	22.8
29	10.5	79.0	15.9	14.5	7.1	84.0	17.1	22.7
30	11.0	76.0	15.3	14.7	4.2	82.3	17.3	22.7
ORT.	31.3	57.3	10.4		12.7	69.9	13.9	

\* Tahmini değerler.



Şekil 4.24. Kasım (1989) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidışı.



Şekil 4.25. Kasım (1989) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidışı.

Kasım ayında açık hava şartlarında kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 66.3 tür. Şekil 4.25. de görüldüğü gibi ilk 7 günde hızlı bir kuruma gerçekleşmiştir. 8 ve 10.uncu günler arasında ise kuruma hızı daha da artarak 10.uncu gün sonunda kereste rutubeti % 34.3'e düşmüştür. Bu dönemde hızlı kuruma üzerinde düşük bağıl nemin etkili olduğu söylenebilir. 13.üncü gün sonunda % 30.5 rutubetteki kereste bundan sonra oldukça yavaş kurumuş ve 17.nci gün sonunda % 29.7'ye düşmüştür. 18.inci günden sonra kuruma hızında artış gözlenmiş ve kereste rutubeti 26.ıncı gün sonunda % 23.0 olmuştur. Kasım ayının son günlerinde doğal kurutma oldukça yavaş seyretmiş ve 27.inci günde kereste rutubetinde artış gözlenmiştir. Tablo 4.14 de görüldüğü gibi açık havada kurutulan kerestenin rutubeti 30.uncu gün sonunda % 22.7'ye düşmüştür. Kasım ayında sıcaklığın düşük olmasına rağmen, hızlı kurumanın düşük bağıl nemden kaynaklandığı söylenebilir.

### 3.7.7. Aralık (1989) ve Ocak (1990) Aylarında Kurumanın Gidişi

Aralık - Ocak döneminde başlangıç rutubeti % 207.2 olan  $1.167 \text{ m}^3$  kereste 2 ay boyunca güneş fırınında kurutulmuştur. Bu dönemde kurutulan keresteler, biçildikten sonra bir süre açık havada kurutulmuş ve daha sonra yağmur altında kalarak tam doymun hale gelmişlerdir. Aralık ayında 11 ve 12.nci günler dışında çok hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti 24.üncü gün sonunda % 56.1'e düşmüştür. Bu dönemde sıcaklığın düşük bağıl nemin yüksek olmasına rağmen hızlı kurumanın, kerestelerin daha önce yağmur altında kalarak yüksek oranda su içermelerinden ileri geldiği söylenebilir. 25.inci günden sonraki kuruma seyri diğer kış aylarına benzer şekilde devam etmiştir. Bu sonuçlar, kerestenin yaklaşık % 60 rutubet derecesine kadar doğal olarak kuruduktan sonra yağmur altında rutubetini artırdığı ihtimalini güçlendirmektedir. 25 ve 28.inci günler arasındaki kurumaya oranla 29 ve

31.inci günler arasında daha hızlı bir kuruma olmuştur. Tablo 4.15. de görüldüğü gibi Aralık ayının 31.inci günü sonunda kereste rutubeti % 36.4'e düşmüştür. Aynı kereste Ocak ayında da kurutulmaya devam edilmiştir. Ocak ayının 2.nci gününde kuruma hızlı olmuş ve 3.üncü gün sonunda kereste rutubetinin % 31.8'e düştüğü görülmüştür. Şekil 4.26. da ise Ocak ayının 6, 7, 9, 10 ve 12.nci günlerinde kurumanın hızlı olduğu görülmektedir. 14.üncü gün sonunda % 19.4 olan kereste rutubeti 15.inci gün sonunda % 19.7'ye yükselmiştir. Benzer şekilde 17, 21, 22 ve 28.inci günlerde kereste rutubetinde artış olmuştur. Tablo 4.16. da görüldüğü gibi Ocak ayının 19, 20, 25 ve 26.ncı günlerinde hızlı kuruma gerçekleşmiştir. Son 3 günde düşük bağıl nem kuruma hızını artırmıştır. Böylece 1 Aralıkta % 207.2 başlangıç rutubetindeki kereste, 31 Ocak sonunda % 13.2 rutubete kadar kurumuştur. Diğer bir ifade ile güneş fırınında kereste, Aralık ayında % 36.4, Ocak ayında da % 13.2 rutubete kadar kurutulabilmiştir.

Aralık ayında açık havada kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 200.6 dır. Bu dönemde 1.inci günün dışında 10.uncu güne kadar hızlı bir kuruma izlenmiştir. 10.uncu gün sonunda rutubeti % 137.3 olan kereste devam eden 2 günde oldukça yavaş kurumuştur. 20 Aralık sonunda kereste rutubeti % 75.0 olup; 24 Aralık gününe kadar hızlı kuruma devam etmiştir. Tablo 4.15. de 24.üncü gün sonunda kereste rutubetinin % 58.5'e düştüğü görülmektedir. Fırında kurutmaya benzer şekilde bundan sonra kuruma hızında belirgin bir azalma gözlenmiştir. Kuruma hızındaki bu azalma, daha önce de ifade edildiği gibi kerestenin önceden yaklaşık % 60 rutubet derecesine kadar kurutulmuş olmasından ileri gelmiştir. Başka bir ifade ile % 60 rutubetin üzerindeki yüksek kuruma hızı, kerestenin daha önce yağmur altında almış olduğu rutubetin kolay buharlaştırılabilmesinden ileri geldiği söylenebilir (3). 25 ve 28.inci günler arasında kuruma hızında belirgin bir azalma gözlenmiştir. Son 3 günde kereste

Tablo 4.15. Aralık (1989) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				207.2				200.6
1	11.0	81.0	16.7	204.0	3.3	84.7	17.9	198.3
2	27.0	68.0	12.3	197.4	2.7	70.3	13.5	192.2*
3	19.0	79.0	15.8	193.0	4.4	58.7	11.2	183.8
4	26.0	47.0	8.6	185.2	5.1	55.0	10.4	174.2
5	36.0	32.0	6.0	173.4	5.9	56.7	10.7	165.0
6	13.0	71.0	13.7	168.5	2.8	78.0	15.8	160.4
7	32.5	38.0	7.0	157.5	6.9	51.7	9.7	150.2
8	9.5	81.0	16.7	156.4	6.8	82.0	17.1	148.3
9	25.5*	49.0	8.9	148.6*	5.8	77.7	15.6	144.9*
10	19.0	70.0	13.5	145.4	11.4	61.3	11.3	137.3
11	7.5	85.0	18.2	144.5	2.6	90.0	20.2	136.2
12	7.0	81.0	16.7	143.4	2.4	86.7	18.7	134.8
13	19.5	70.0	13.3	137.7	4.7	73.0	14.2	131.0
14	32.0	44.0	7.9	128.4	5.4	58.7	11.0	123.2
15	20.0	57.0	10.5	124.7	6.5	58.3	10.9	114.8
16	32.5*	41.0	7.5	115.5*	9.0	54.0	10.1	106.5*
17	25.0	63.0	11.5	111.4	12.2	60.3	11.1	99.0
18	37.0	40.0	7.1	100.0	12.8	56.0	10.4	90.7
19	30.0	45.0	8.1	92.6	13.6	56.3	10.4	82.5
20	34.5	42.0	7.5	84.1	11.4	57.7	10.7	75.0
21	30.5	56.0	9.9	77.9	10.1	76.7	15.2	71.8
22	34.0	45.0	8.0	70.0	9.5	73.0	14.2	67.8
23	29.5*	56.0	9.9	63.4*	9.2	67.0	12.5	63.0*
24	32.0	48.0	8.5	56.1	9.0	70.7	13.8	58.5
25	15.0	79.0	15.9	54.1	8.8	88.0	19.5	57.5
26	26.5	51.0	9.3	50.3	9.7	79.0	16.2	55.6
27	16.5	81.0	16.5	48.6	8.1	87.7	19.3	55.1
28	19.5	78.0	15.7	46.8	9.5	86.0	18.6	54.2
29	32.0	47.0	8.4	42.9	9.0	75.7	15.1	51.7
30	28.5	48.0	8.7	39.6	9.8	69.7	13.4	48.5*
31	26.0	52.0	9.5	36.4	9.8	84.7	17.9	47.2
ORT.	25.1	60.8	11.6		7.7	70.5	14.6	

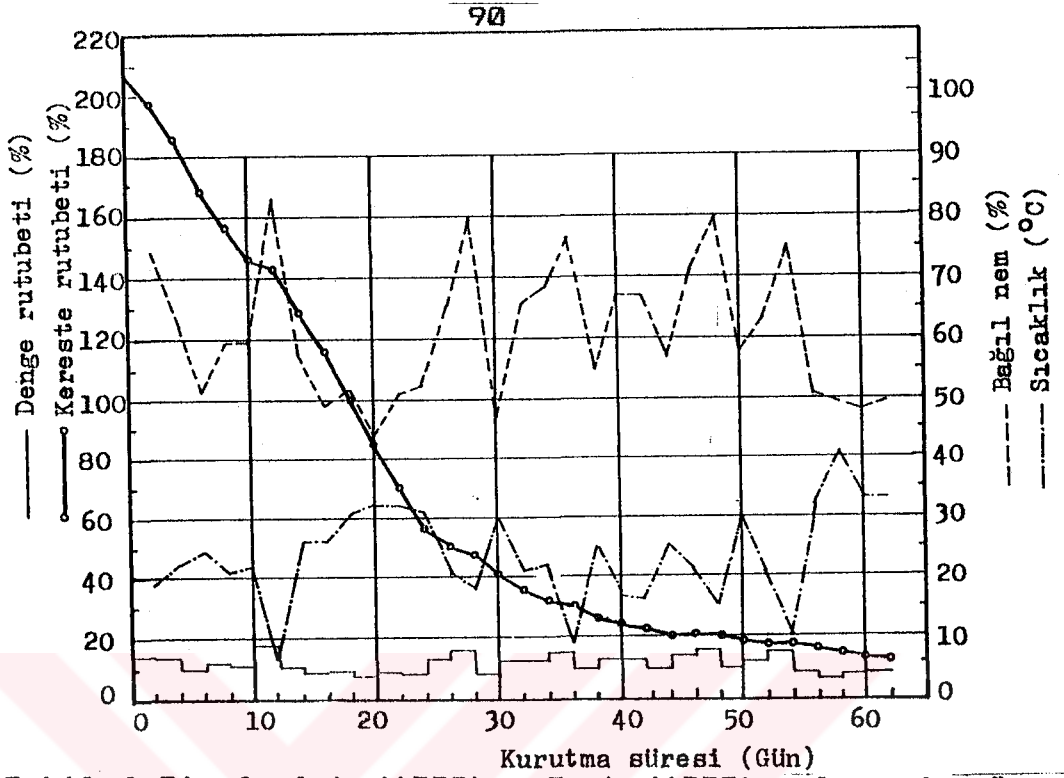
\* Tahmini degerler.

Tablo 4.16 Ocak (1990) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidışı.

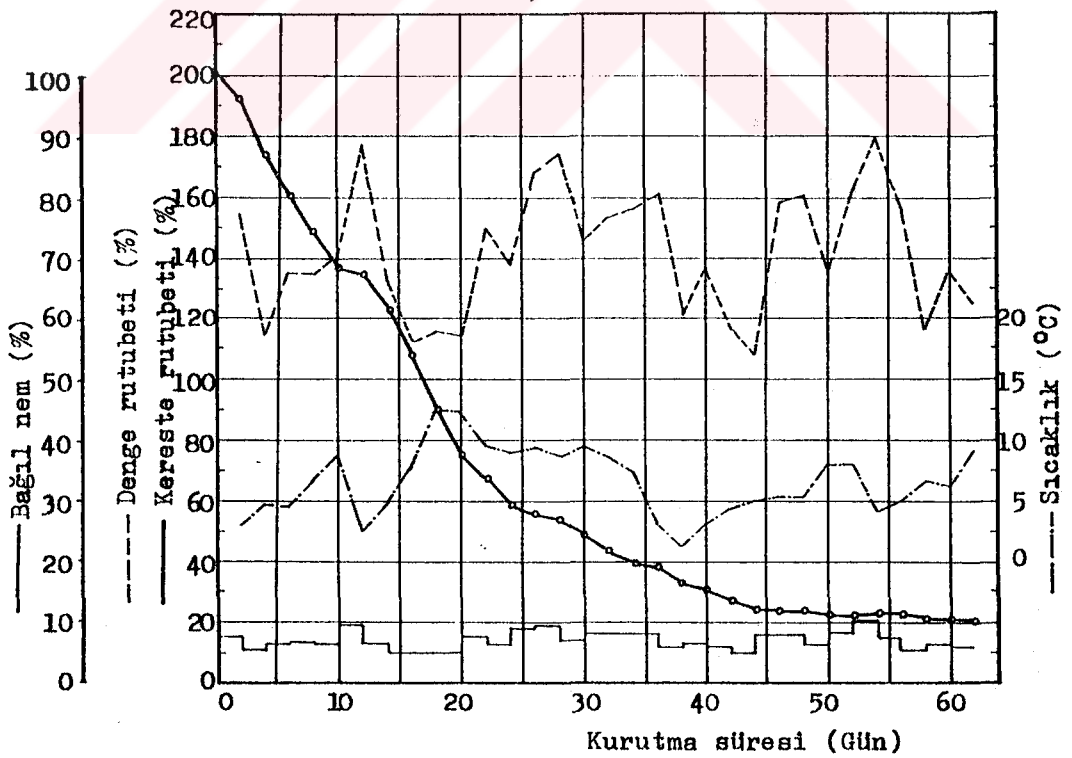
Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				36.4				47.2
1	15.5	79.0	16.0	35.4	7.0	69.3	13.2	44.2
2	32.5	62.0	10.9	32.7	6.4	77.7	15.6	42.1
3	11.0	74.0	14.3	31.8	6.2	78.0	15.7	40.3
4	12.0	73.0	14.1	30.8	5.2	79.3	16.2	39.0
5	6.0	80.0	16.3	30.3	1.7	82.0	16.9	37.5
6	22.5*	53.0	9.6	27.9*	0.8	56.3	10.5	34.9*
7	28.0	56.0	9.9	25.9*	1.8	65.0	12.4	33.2*
8	7.0	79.0	16.2	25.2	3.3	66.3	12.6	31.4
9	26.0	55.0	10.0	23.9	3.2	70.0	13.4	30.6
10	23.0	52.0	9.5	22.3	4.0	51.3	11.5	28.6
11	9.0	81.0	16.5	22.2	4.7	64.7	12.2	27.4
12	34.0	52.0	9.1	20.8	4.6	56.0	10.6	26.1
13	16.5*	61.0	11.1	20.2*	5.6	53.3	10.0	25.0*
14	33.5	58.0	10.0	19.4	5.1	82.3	17.3	24.9
15	8.5	84.0	18.0	19.7	5.8	76.3	15.2	24.4
16	22.0	74.0	14.0	19.4	4.4	89.0	19.7	24.6
17	8.0	85.0	18.1	19.6	6.2	71.0	13.5	23.7
18	22.0	65.0	11.8	18.9	7.6	72.3	13.8	23.2
19	37.5	51.0	8.9	17.8	8.4	64.0	11.9	22.3
20	31.0	48.0	8.6	16.8	9.5	72.7	14.0	21.8
21	10.0*	79.0	16.1	17.1*	6.4	89.3	19.8	22.0*
22	9.0	78.0	15.8	17.3	4.4	89.7	20.1	22.2
23	11.5	72.0	14.0	17.3	4.2	90.3	20.3	22.6
24	25.5	60.0	10.7	16.8	5.3	84.7	17.9	22.6
25	38.0	41.0	7.2	15.9	4.5	70.0	13.4	22.2
26	44.0	37.0	6.4	14.9	6.8	62.3	11.7	21.9
27	38.5	34.0	6.2	14.1*	6.6	53.7	10.1	21.3*
28	24.0	62.0	11.2	14.2	6.8	68.3	12.9	21.0
29	42.0	34.0	6.0	13.6	5.8	66.7	13.3	20.7
30	32.5	50.0	8.9	13.4	9.0	49.3	9.4	20.2
31	33.5	49.0	8.6	13.2	8.9	75.0	15.1	20.1
ORT.	23.0	61.8	11.7		5.5	71.2	14.2	

\* Tahmini değerler.





**Şekil 4.26.** Aralık (1989) - Ocak (1990) aylarında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidışı.



**Şekil 4.27.** Aralık (1989) - Ocak (1990) aylarında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidışı.

rutubeti hızlı bir şekilde azalarak ay sonunda % 47.2'ye düşmüştür. Ocak ayında kurutulmaya devam edilen kerestenin rutubeti düzenli bir şekilde azalarak 8 Ocak sonunda % 31.4 olmuştur. Kuruma seyri 13 Ocak gününe kadar aynı şekilde devam etmiştir. Bu tarihte kereste rutubetinin % 25.0 olduğu görülmüştür. Kurutmanın 45 ve 47.nci günleri arasında kereste rutubetinde önemli bir azalma olmamıştır. 47.nci gün sonunda % 24.6 olan kereste rutubeti 55.inci gün sonunda % 22.6'ya düşmüştür. Tablo 4.16. da görüldüğü gibi 25 Ocaktan sonra kuruma hızında belirgin bir artış olmuş ve kurutmanın 62.nci günü olan 31 Ocak sonunda kereste rutubeti % 19.8'e düşmüştür. Bu arada Şekil 4.27. de görüldüğü gibi kurutmanın son 2 gününde kereste rutubetinde değişim olmamıştır.

#### 4.7.8. Şubat (1990) ve Mart (1990) Aylarında Kurumanın Gidişi

Başlangıç rutubeti % 79.8 olan  $1.094 \text{ m}^3$  kereste Şubat-Mart aylarında 2 ay boyunca güneş fırınında kurutulmuştur. İlk 2 günden sonra 9.uncu gün sonuna kadar hızlı bir kuruma olmuştur. 10.uncu günden sonra kuruma hızı azalarak devam etmiş ve 14.üçüncü gün sonunda kereste rutubeti % 31.6'ya düşmüştür. Kuruma, 21.inci güne kadar aynı hızla devam etmiş ve 21.inci gün sonunda kereste rutubetinin % 23.1'e düştüğü görülmüştür. Şekil 4.28. de görüldüğü gibi 22 ve 25.inci günler arasında son derece yavaş bir kuruma seyri izlenmiştir. 25.inci gün sonunda % 22.2 olan kereste rutubeti, sonraki 2 günde hızla azalarak % 18.8'e düşmüştür. Tablo 4.17. de görüldüğü gibi Şubat ayı sonunda kereste rutubeti % 18.3 olmuştur. Aynı kereste Mart ayında da güneş fırınında kurutulmaya devam edilmiştir. Mart ayının ilk 2 gününe oranla 3 ve 5.inci günleri arasında kereste daha yavaş kurumuştur. Hatta 4.üçüncü gün kereste rutubetinde artış olduğu gözlenmiştir. 5.inci gün sonunda % 16.9 olan kereste rutubeti sonraki 2 günde % 14.9'a düşmüştür. Kurutmanın 39.uncu günü olan

Tablo 4.17. Şubat (1990) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

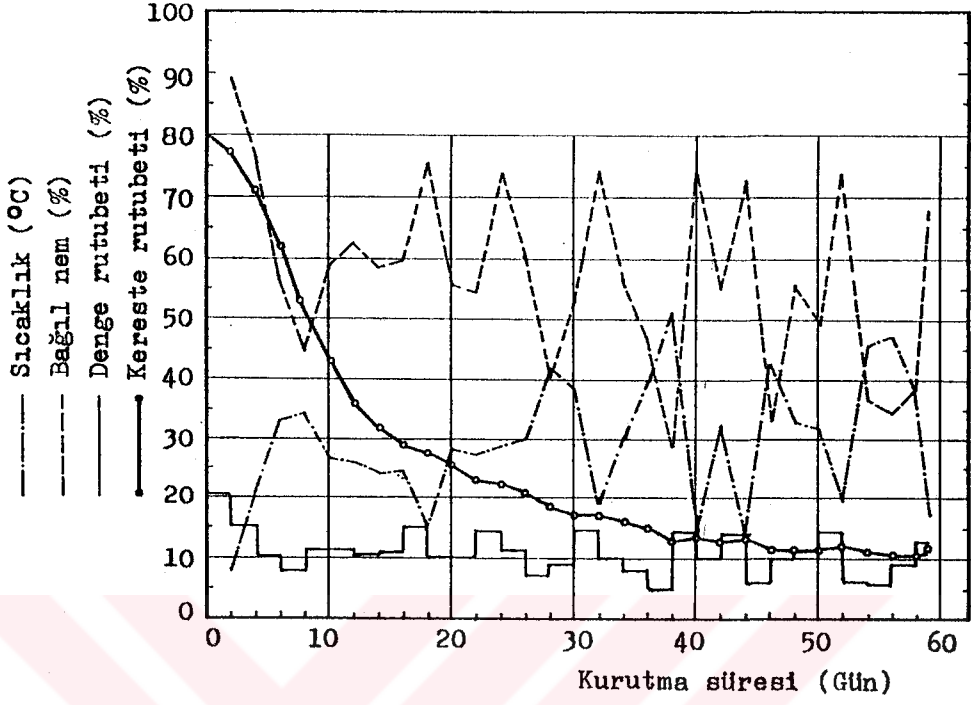
Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				79.8				78.9
1	7.8	91.0	21.1	78.7	6.3	91.3	20.6	77.8
2	10.0	87.0	19.4	77.4	6.1	88.7	19.5	76.8
3	16.5*	81.0	16.7	75.0*	6.1	88.3	19.3	76.1*
4	24.5	72.0	13.6	71.4	5.7	88.3	19.3	74.9
5	40.5	42.0	7.2	64.9	6.2	73.0	13.9	70.4
6	25.0	70.0	13.1	61.1	5.1	90.3	20.1	69.7
7	27.0	47.0	8.5	55.4	5.1	80.0	16.2	67.0
8	41.0	42.0	7.2	50.1	5.8	71.7	13.7	63.2
9	44.0	38.0	6.4	44.5	3.9	80.7	16.8	60.8
10	9.5*	79.0	16.0	42.6*	5.2	78.0	15.8	58.0*
11	37.0	53.0	9.1	38.5	5.8	77.7	15.7	55.7
12	15.0	72.0	13.6	35.9	10.8	66.3	12.4	51.6
13	32.0	54.0	9.5	32.9	12.3	71.3	13.8	48.3
14	16.5	63.0	11.5	31.4	16.1	33.3	6.8	42.0
15	21.0	70.0	13.1	30.4	8.6	90.3	20.0	41.6
16	28.0	49.0	8.8	28.8	12.6	51.3	9.7	38.2
17	14.0*	70.0	13.3	27.9*	5.1	87.0	18.8	37.5*
18	6.0*	81.0	16.8	27.4*	3.2	88.7	19.6	37.1*
19	16.0	71.0	13.4	26.6	2.9	77.0	15.5	35.5
20	40.0	40.0	7.0	24.8	3.6	64.7	12.2	33.2
21	41.0	39.0	6.8	23.2	3.9	67.0	12.7	31.6
22	14.0	70.0	13.3	22.8	4.5	77.7	15.7	30.8
23	14.5	72.0	13.6	22.5	4.8	79.3	16.3	30.3
24	11.0	76.0	15.1	22.3*	6.2	76.7	15.2	29.7*
25	13.5	77.0	15.4	22.3	7.0	83.7	17.8	29.5
26	46.0	42.0	7.0	20.9	9.3	63.3	11.8	28.7
27	51.5	33.0	5.6	18.9	10.7	54.0	10.0	27.6
28	32.5	48.0	8.6	18.3	16.0	40.0	7.9	26.0
ORT.	24.8	61.8	11.8		7.1	74.3	15.3	

\* Tahmini değerler.

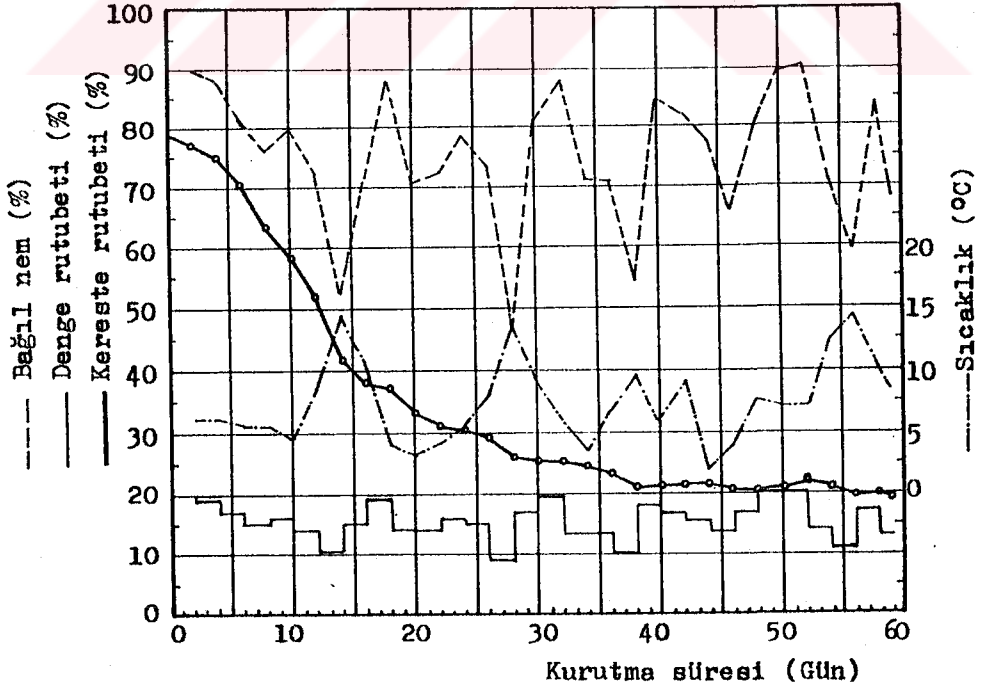
Tablo 4.18. Mart (1990) ayında iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
				18.3				26.0
1	36.0	55.0	9.5	17.7	9.2	77.7	15.8	25.7
2	41.0	52.0	8.6	17.0	9.2	84.0	18.0	25.6
3	29.0*	67.0	12.1	16.9*	7.5	89.7	20.3	25.7*
4	9.0	81.0	17.0	17.1	4.4	86.0	18.4	25.7
5	17.0	67.0	12.5	17.1	3.4	76.0	15.1	25.5
6	42.5	45.0	7.5	16.3	4.1	66.3	12.2	24.6
7	51.5	34.0	5.7	15.3	6.4	69.0	13.1	23.9
8	39.0	60.0	10.1	15.2	6.5	73.0	14.2	23.5
9	49.5	30.0	5.3	14.1	6.9	57.7	10.8	22.5
10	52.5	28.0	4.9	13.0	12.1	50.3	9.4	21.1
11	10.0	76.0	15.3	13.2	6.0	83.7	17.6	21.2
12	19.0	72.0	13.9	13.4	6.0	85.3	18.2	21.4
13	48.0	40.0	6.6	12.6	9.5	78.3	16.0	21.4
14	17.5	70.0	13.5	12.7	8.5	84.0	18.0	21.5
15	9.0	76.0	15.3	12.9	2.9	77.3	15.5	21.4
16	19.0	69.0	13.1	13.0	1.5	77.7	15.7	21.4
17	49.0	30.0	5.3	12.1*	3.1	61.0	12.9	20.9*
18	37.5	36.0	6.5	11.6	5.2	71.7	13.9	20.5
19	23.0	68.0	12.6	11.7	7.6	79.0	15.8	20.5
20	42.5	43.0	7.3	11.4	7.4	84.0	18.0	20.7
21	47.0	39.0	6.6	11.0	6.8	91.3	20.8	21.1
22	17.0	79.0	16.0	11.2	7.4	87.3	19.0	21.3
23	24.0	68.0	12.6	11.3	7.2	88.7	19.6	21.6
24	15.0*	79.0	16.0	11.5*	7.0	90.7	20.5	21.9*
25	48.0	36.0	6.1	11.2	10.2	83.0	17.6	21.9*
26	43.5	37.0	6.4	11.0	14.7	58.0	10.9	21.1
27	45.0	35.0	6.0	10.8	14.4	60.7	11.5	20.4
28	49.5	34.0	5.8	10.4	14.0	57.3	10.7	19.6
29	48.5	36.0	6.1	10.3	11.3	80.0	16.6	19.6
30	26.5	61.0	11.9	10.5	9.1	83.7	17.9	19.7
31	17.0	68.0	13.0	10.8	8.6	68.0	13.1	19.2
ORT.	33.0	53.9	10.0		7.7	76.1	15.7	

\* Tahmini degerler.



Sekil 4.28. Şubat (1990) - Mart (1990) aylarında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Sekil 4.29. Şubat (1990) - Mart (1990) aylarında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.

8 Martta denge rutubeti % 10.1'e yükselmiş ve kerestede kuruma olmamıştır. Tablo 4.18. de görüldüğü gibi denge rutubetindeki azalma 9 ve 10.uncu günlerde kurumanın hızlanmasını sağlamıştır. 10.uncu gün sonunda % 12.6 olan kereste rutubeti 12.inci gün sonunda % 13.2'ye yükselmiştir. 13.üncü gün sonunda % 12.4 rutubete kadar kuruyan kereste tekrar rutubet alarak 16.ncı gün sonunda % 12.9'a yükselmiştir. Şekil 4.28. de görüldüğü gibi bundan sonraki günlerde kereste rutubetindeki iniş - çıkışlar devam etmiştir. Mart ayında en düşük kereste rutubetine % 10.3 ile 29.uncu günde ulaşılmıştır. Kereste rutubeti kurutmanın son günü olan 31 Martta % 10.8 olmuştur.

Şubat - Mart aylarında açık havada kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 78.9 dur. Şubat ayının ilk 4 gününde kuruma çok yavaş olmuş ve kereste rutubeti % 74.9'a düşmüştür. 5.inci günden sonra kuruma hızlanmış ve 12.nci gün sonunda kereste rutubetinin % 51.6 olduğu görülmüştür. 13 ve 14.üncü günlerde şiddetli bir kuruma olmuştur. Bu 2 günde kereste rutubetinde toplam % 9.6'lık bir azalma olmuştur. 16.ncı gün sonunda kereste rutubeti % 38.2 olmuş ve sonraki 2 günde kuruma hızı belirgin bir miktarda azalmıştır. Tablo 4.17. de görüldüğü gibi 21.inci gün sonunda % 31.6 olan kereste rutubeti Şubat ayının son gününde % 26.0'ya düşmüştür. Mart ayının ilk 5 gününde belirgin bir kuruma olmamıştır. 6 ve 10.uncu günler arasında kuruma hızı artmış ve kereste rutubeti 10.uncu gün sonunda % 21.1'e düşmüştür. 11, 12 ve 14.üncü günlerde kereste rutubetinde artış gözlenmiştir. Şekil 4.29. da görüldüğü gibi sonraki günlerde de kereste rutubetinde artma va azalmalar devam etmiştir. Şubat ayından itibaren açık hava şartlarında kurutulan kerestenin Mart ayı sonunda % 19.2'ye ulaşmıştır.

#### 4.7.9. Nisan (1990) Ayında Kurumanın Gidişi

Güneş fırınında 4 Nisandan itibaren % 57.8 başlangıç rutubetindeki  $1.206 \text{ m}^3$  kereste kurutulmuştur. Şekil 4.30. da görüldüğü gibi ilk günlerdeki hızlı bir kuruma ile kereste rutubeti 8 Nisanda % 33.4'e düşmüştür. 10.uncu günden sonra kuruma hızı gittikçe azalmış ve 15.inci gün sonunda kereste rutubeti % 25.8 olmuştur. 16.ncı günden sonra kuruma hızı tekrar artmıştır. 20 Nisanda kereste rutubeti % 17.9'a düşmesine rağmen, 21.inci günde kuruma gözlenmemiştir. Tablo 4.19. da görüldüğü gibi Nisan ayının 22 ve 24.üncü günlerinde hızlı kuruma devam ederek 27.nci gün sonunda kereste rutubeti % 13.4'e düşmüştür. 28.inci gün ise kereste rutubeti artarak % 13.6'ya çıkmıştır. Son 2 gün kuruma devam etmiş ve kurutmanın 27. günü olan 30 Nisanda kerestenin % 12.5'e kadar kuruduğu gözlenmiştir.

Açık havada, % 58.1 başlangıç rutubetindeki kereste 4 Nisandan itibaren kurumaya bırakılmıştır. Hızlı kuruma özellikle 8 Nisanda artarak 9.uncu gün sonunda kereste rutubeti % 41.5'e düşmüştür. 10.uncu günde kuruma oldukça yavaşlamıştır. 11.inci gündeki hızlı kurumadan sonra 15.inci güne kadar kereste rutubetinde önemli bir düşüş gözlenmemiştir. 15.inci gün sonunda % 36.0 olan kereste rutubeti 18.inci gün sonunda % 31.7'ye düşmüştür. 20 Nisanda da önemli bir kuruma olmamıştır. Şekil 4.31. de görüldüğü gibi bundan sonra kuruma hızı düşük olmasına rağmen düzenli bir şekilde devam etmiştir. Nisan ayında açık havada kereste % 25.1'e kadar kurumıştır.

#### 4.7.10. Mayıs (1990) Ayında Kurumanın Gidişi

Mayıs ayında % 45.6 başlangıç rutubetindeki  $1.092 \text{ m}^3$  kereste güneş fırınında kurutulmuştur. Kurutma 5 Mayısta başlatılmıştır. İlk günlerde kereste hızlı bir şekilde kuruyarak 8.inci gün sonunda rutubeti % 31.3'e düşmüştür.

Tablo 4.19. Nisan (1990) ayı iklim verileri ve kereste rutubetinin gidişi.

Gün	Güneş Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
1	13.0	74.0	14.6		6.0	71.7	13.9	
2	11.5	73.0	14.3		5.3	70.7	13.7	
3	34.5	57.0	9.8	57.8	6.2	75.0	14.8	58.1
4	45.0	47.0	7.7	52.2	8.3	86.3	18.8	56.0
5	36.0	50.0	8.6	49.0	8.3	78.7	16.5	53.2
6	50.0	38.0	6.3	44.4	9.4	85.3	18.5	51.6
7	52.0	33.0	5.5	39.2	10.0	80.0	16.6	49.3
8	53.5	32.0	5.4	34.3	16.1	35.0	7.0	44.6
9	25.0	67.0	12.3	32.5	13.8	73.3	14.4	41.5
10	33.5	55.0	9.5	29.6	12.1	82.3	17.2	40.5
11	23.0	63.0	11.6	28.2	16.5	57.0	10.5	37.1
12	21.0	76.0	15.0	27.1	10.2	90.0	20.5	37.1
13	17.5	78.0	15.8	26.2	10.1	89.7	20.4	36.9
14	14.0*	81.0	16.6	25.8*	9.7	90.7	20.8	36.8*
15	20.0	74.0	14.4	24.8	9.5	84.3	18.1	36.0
16	44.0	43.0	7.2	23.0	10.6	71.0	13.7	33.8
17	58.0	29.0	4.8	20.7	11.7	72.0	14.0	32.3
18	37.5	51.0	8.6	19.6	11.2	78.0	15.8	31.7
19	48.0	43.0	6.9	18.2	11.6	82.7	17.5	31.2
20	35.5	52.0	9.0	17.6	14.6	74.7	14.8	30.3
21	14.5*	73.0	14.3	17.6*	11.1	83.0	17.5	30.1*
22	53.0	31.0	5.3	16.2	12.8	73.3	14.3	29.4
23	35.0	50.0	8.7	15.5	16.4	66.3	12.4	28.5
24	49.5	36.0	5.7	14.5	19.2	63.3	11.8	27.3
25	37.5	46.0	7.9	13.9	17.5	72.0	14.0	26.8
26	35.0	49.0	8.5	13.5	17.7	67.0	12.7	26.0
27	31.5	53.0	9.4	13.4	16.5	70.0	13.5	25.5
28	15.5*	75.0	14.8	13.6*	11.2	80.3	16.7	25.4*
29	41.5	51.0	8.4	13.3	11.4	81.0	16.9	25.2
30	53.0	32.0	5.4	12.5	11.7	77.0	15.6	25.1
Ort.	34.6	53.7	9.7		11.9	75.4	15.4	

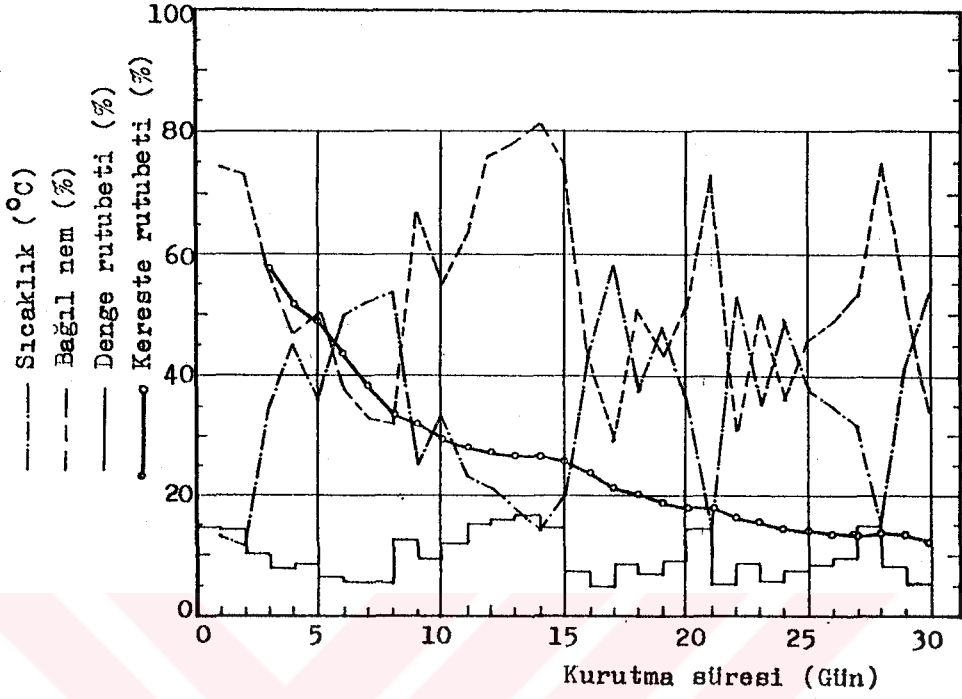
\*Tahmini değerler.



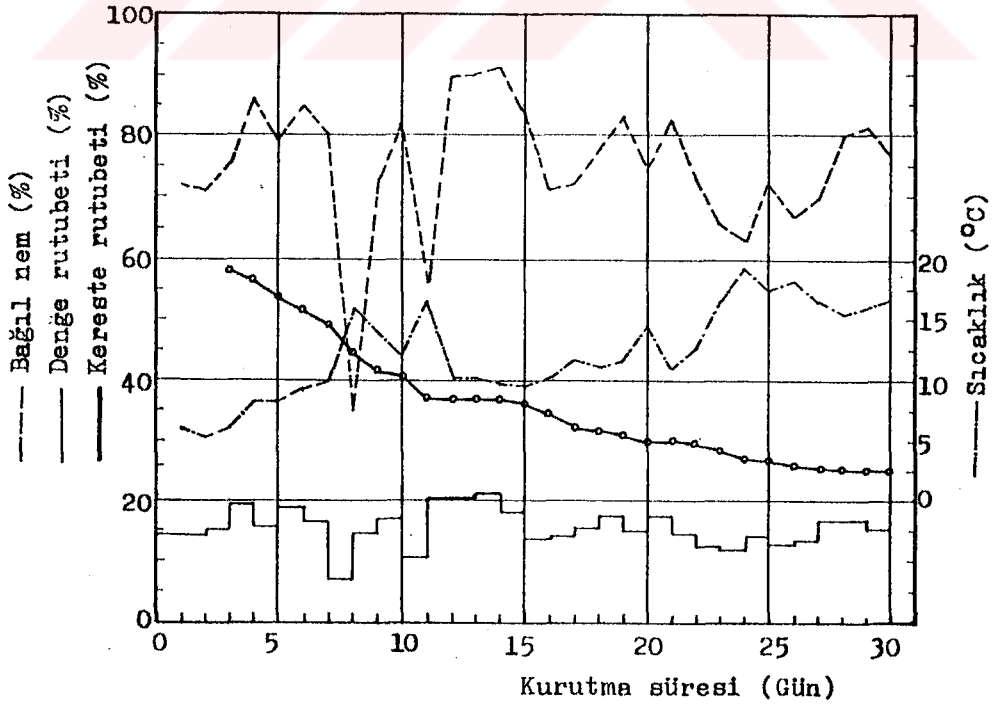
Tablo 4.20. Mayıs (1990) ayı iklim verileri ve kurumanın gidişi.

Gün	Günes Kurutma				Doğal Kurutma			
	Ti (°C)	Øi (%)	rd (%)	r (%)	To (°C)	Øo (%)	rd (%)	r (%)
1	19.0	76.0	15.1		9.9	80.3	16.7	
2	34.5	58.0	10.0		10.9	75.0	15.0	
3	26.0	67.0	12.3		10.8	74.3	14.8	
4	24.5	71.0	13.3	45.6	10.2	81.3	17.0	45.4
5	20.0*	73.0	14.1	42.8*	9.6	81.0	16.9	43.6*
6	31.0	59.0	10.1	39.1*	9.6	75.7	15.2	40.9*
7	47.0	41.0	6.8	34.8	12.4	70.3	13.6	37.2
8	50.0	36.0	6.0	31.3	14.0	77.7	15.6	35.1
9	44.5	44.0	7.3	28.8	12.6	83.7	17.7	34.6
10	25.0	69.0	12.9	27.8	12.8	80.0	16.5	33.1
11	31.5	56.0	9.8	26.6	13.5	80.0	16.4	31.0
12	32.0	55.0	9.6	25.3	13.1	80.0	16.4	31.3
13	52.0	36.0	5.9	23.5	14.6	73.3	14.4	29.9
14	48.0	40.0	6.6	21.6	13.2	77.3	15.5	28.9
15	27.0	57.0	10.1	20.9	12.8	84.0	17.8	28.5
16	30.0	61.0	10.8	20.5	13.2	90.0	20.4	28.4
17	21.0	72.0	13.9	20.3	13.4	89.3	20.1	28.5
18	39.5	49.0	8.3	19.3	15.6	85.7	18.4	28.4
19	48.5	41.0	6.7	18.0*	16.4	88.0	19.0	28.1*
20	31.0	60.0	10.6	17.4	14.8	90.0	20.3	28.3
21	23.5	68.0	12.7	17.3	12.6	79.0	16.1	28.0
22	38.0	52.0	8.5	16.7	13.9	83.7	17.6	27.9
23	48.0	45.0	7.2	15.8	15.2	78.3	15.6	27.2
24	30.0	58.0	10.2	15.7	15.0	79.3	16.1	26.8
25	48.0	43.0	6.9	14.9	15.2	83.0	17.4	26.8
26	57.5	33.0	5.3	13.8*	18.3	82.7	17.1	26.7*
27	55.5	31.0	5.1	13.0	20.8	77.3	15.5	26.0
28	52.0	30.0	5.1	12.3	19.6	81.3	16.6	25.7
29	26.0	73.0	13.8	12.6	16.0	92.0	21.4	25.9
30	54.0	30.0	5.0	11.9	17.9	87.0	19.0	26.0
31	50.0	34.0	5.8	11.4	18.1	88.3	19.6	26.1
Ort.	37.6	52.5	9.2		14.1	81.6	17.1	

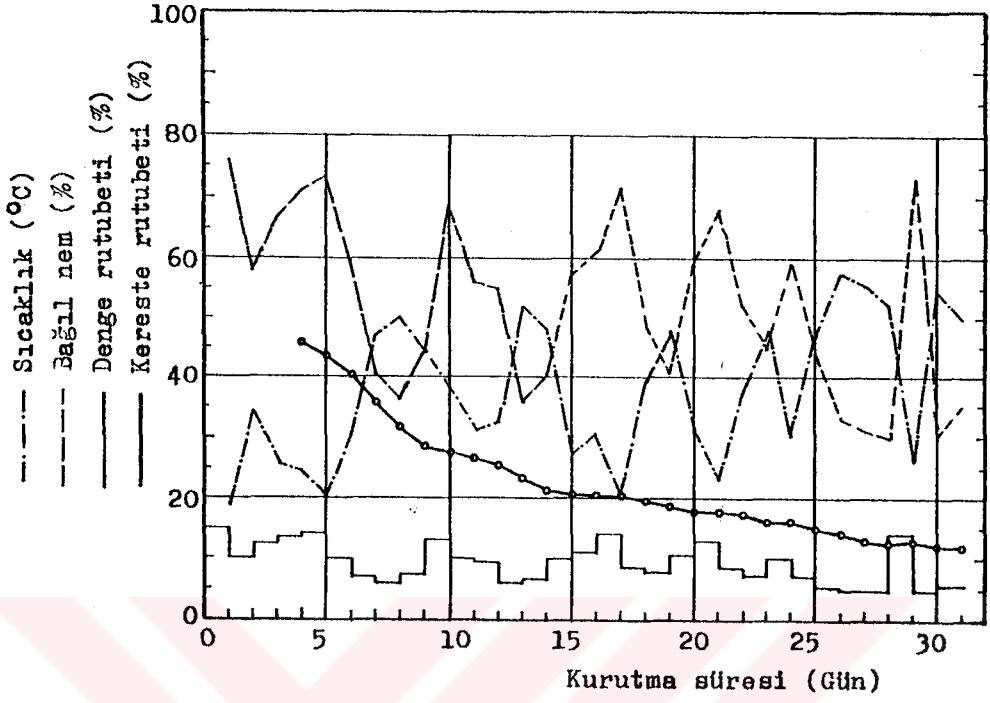
\* Tahmini degerler.



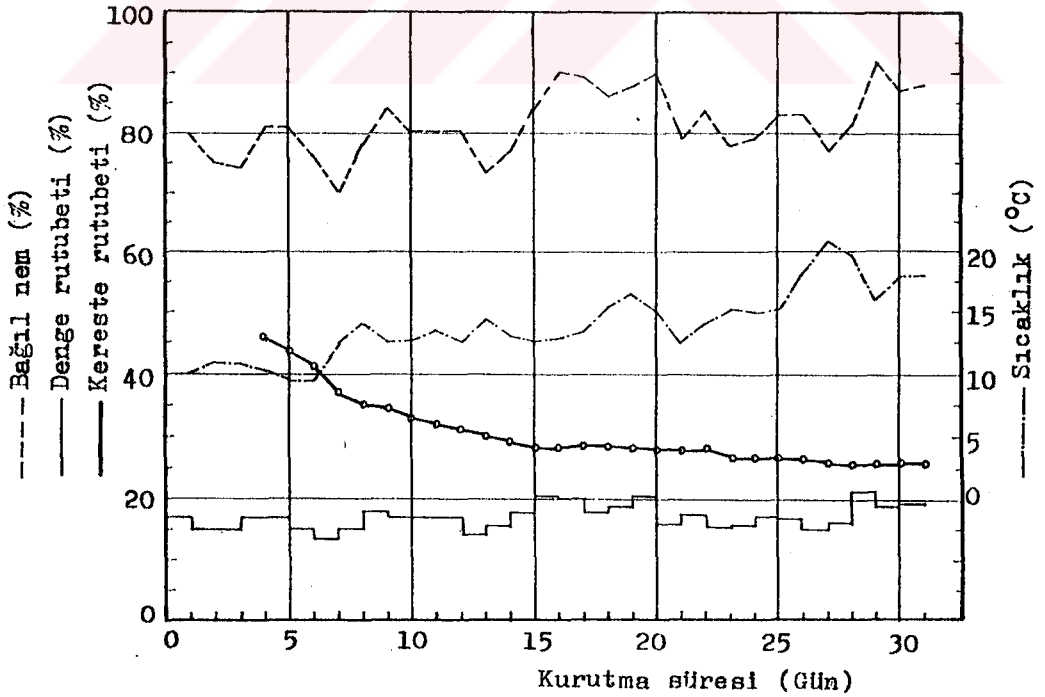
Sekil 4.30. Nisan (1990) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Sekil 4.31. Nisan (1990) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Sekil 4.32. Mayıs (1990) ayında güneş fırınında kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.



Sekil 4.33. Mayıs (1990) ayında doğal kurutma şartları ve kereste rutubetinin gidişi.

10.uncu günde kuruma yavaşlamış, ancak bundan sonra 14.üncü güne kadar hızlı bir kuruma ile 16.ıncı gün sonunda kereste rutubeti % 20.3 olmuştur. Şekil 4.32. de görüldüğü gibi 17.nci günde kerestede kuruma olmamıştır. 20.nci gün sonunda % 17.5 olan kereste rutubeti 21.inci günde de değişmemiştir. Tablo 4.20. de görüldüğü gibi 29.uncu günde kereste rutubetinde artış olmuştur. Mayıs ayında güneş fırınında kurutulan kerestenin sonuç rutubeti % 11.4 ile ayın son gününde en düşük değerine ulaşmıştır.

Başlangıç rutubeti % 45.4 olan kereste açık havada 5 Mayıs'tan itibaren kurutulmuştur. Mayıs ayında, 11.ici gün sonunda kereste rutubeti % 32 olarak ölçülmüştür. Kuruma, bundan sonra 15.inci gün sonuna kadar aynı hızla devam etmiş ve 15.inci gün sonunda kereste rutubeti % 28.5 olmuştur. 16 ve 22.nci günler arasında etkili bir kuruma olmamıştır. 22.nci gün sonunda % 27.9 olan kereste rutubeti 23.üncü gün sonunda % 27.2 ye düşmüştür. Şekil 4.33. de görüldüğü gibi 23.üncü gün gerçekleşen kuruma miktarı diğer günlere oranla daha fazla olmuştur. Kereste rutubeti 28.inci gün sonunda % 25.7 ye düşmesine rağmen Tablo 4.20. de görüldüğü gibi tekrar artarak ay sonunda % 26.1 e yükselmiştir. Kereste rutubetindeki bu artış dış hava bağıl neminin % 90 gibi yüksek oranlara çıkmasından ve 29.uncu günün yağmurlu geçmesinden ileri gelmiş olabilir.

#### 4.8 Ayların ve Mevsimlerin Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri

Ayların ve mevsimlerin güneş ışınımı, sıcaklık, , bağıl nem ve kuruma üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla aylık ve mevsimlik değerler arasında varyans analizleri yapılmıştır. Farklı değerler için Duncan testi uygulanmış olup; sonuçlar 1 ve 0 rakamları ile gösterilmiştir. 0 gruplarait ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel anlamda belirgin olmadığını, 1 ise gruplara ait ortalamalar arasındaki farkın

% 1 yanılma olasılığı için belirgin olduğunu göstermiştir. Güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem ve kuruma oranının aylık ortalama değerleri Tablo 4.21. de verilmiştir.

Tablo 4.21. Güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem ve kuruma oranının aylık ortalamaları.

Aylar	Güneş ışınımı (W/m <sup>2</sup> )	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Kuruma (%)
Haziran	4213	45.9	46.6	2.35
Temmuz	3112	42.5	49.4	1.86
Ağustos	4042	50.2	41.4	2.14
Eylül	4003	43.8	48.4	1.97
Ekim	2956	36.3	56.1	1.92
Kasım	2967	31.3	57.3	1.69
Aralık	2548	24.3	59.9	5.51
Ocak	2728	23.0	61.9	0.75
şubat	2939	24.8	61.8	2.20
Mart	3286	33.0	53.9	0.24
Nisan	3632	34.6	53.7	1.70
Mayıs	3598	37.6	52.2	1.27

#### 4.8.1. Haziran, Temmuz ve Ağustos Aylarının Güneş ışınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri

Güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem ve kuruma oranı değerleri için yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.22. de verilmiştir.

Güneş ışınımı değerleri için yapılan varyans analizi; Haziran, Temmuz ve Ağustos ayı ortalamaları arasındaki farkın % 1 yanılma olasılığı ile önemli olduğunu göstermiştir. Uygulanan Duncan testi sonucunda; Haziran ve Ağustos ayı güneş ışınımı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Buna karşılık, Haziran - Temmuz ve Temmuz - Ağustos ayları güneş ışınımı ortalamaları arasındaki farklar aynı yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur. Tablo 4.21. de görüldüğü gibi güneş ışınımı aylık

Tablo 4.22. Haziran, Temmuz ve Ağustos Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağlı Nem ve Kuruma Üzerine Etkilerini Belirlemek için Yapılan Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

VARYANS ANALİZLERİ							DUNCAN TESTİ SONUÇLARI			
Özellik	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ser. der.	Kareler Ortala.	F hesap	F tablo		Haz.	Ağs.	Tem.
Işınım	G. Arası	21557120	2	10778560	6.67	4.97	Haz.	4213		
	G. İçi	144037500	89	1618399			Ağs	4036	0	
	Genel	165591600	91				Tem	3112	1	1
Sıcaklık	G. Arası	1510.31	2	755.16	11.41	4.97	Ağs.	50.2		
	G. İçi	5891.17	89	66.19			Haz.	45.9	0	
	Genel	7401.49	91				Tem.	42.1	0	
Bağlı nem	G. Arası	1426.70	2	713.35	7.72	4.97	Tem.	49.4		
	G. İçi	8228.39	89	92.45			Haz.	46.6	0	
	Genel	9655.09	91				Ağs.	41.4	1	0
Kuruma oranı	G. Arası	3.71	2	1.86	0.36	4.97	Haz.	2.35		
	G. İçi	458.78	89	5.15			Ağs.	2.14	0	
	Genel	462.49	91				Tem.	1.86	0	0
								4213	4036	3112
								50.2	45.9	42.1
								49.4	46.6	41.4
								2.35	2.14	1.86

ortalama değerleri Haziran ayında  $4213 \text{ W/m}^2$ , Temmuz ayında  $3112 \text{ W/m}^2$  ve Ağustos ayında  $4042 \text{ W/m}^2$  olmuştur.

Ağustos ayı sıcaklık ortalaması ile Temmuz ayı sıcaklık ortalaması arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur. Aynı yanılma olasılığı için Haziran - Temmuz ve Haziran - Ağustos ayı sıcaklık ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır. Tablo 4.21. de görüldüğü gibi sıcaklık ortalamaları Haziran ayında  $45.9 \text{ }^\circ\text{C}$ , Temmuz ayında  $42.5 \text{ }^\circ\text{C}$  ve Ağustos ayında sa  $50.2 \text{ }^\circ\text{C}$  olmuştur.

Haziran, Temmuz ve Ağustos ayı bağıl nem ortalamaları arasında yapılan varyans analizi sonucunda; gruplar arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Ancak Duncan testi sonucunda; yalnız Temmuz ve Ağustos ayı bağıl nem ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur. Aynı yanılma olasılığında Haziran - Temmuz ve Haziran - Ağustos ayı bağıl nem ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır. Tablo 4.21. de bağıl nem ortalamalarının Haziran ayında % 46.6, Temmuz ayında % 49.4 ve Ağustos ayında % 41.4 olduğu görülmektedir.

Yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonucunda; aylık kuruma oranları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. İstatistiksel anlamda önemli bulunmamasına rağmen en yüksek kuruma oranı, en yüksek güneş ışıını ortalamasına sahip olan Haziran ayında % 2.35 olarak gerçekleşmiştir. Kuruma oranı ortalamaları Temmuz ayında % 1.86 ve Ağustos ayında % 2.14 olmuştur.

#### 4.8.2. Eylül, Ekim ve Kasım Aylarının Güneş Işınıını, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri

Yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları; aylık güneş ışıını ortalamaları arasındaki farkın % 1 yanılma olasılığı için anlamlı olmadığını göstermiştir.

Tablo 4.23 de görüldüğü gibi en yüksek güneş ışıını ortalaması  $4003 \text{ W/m}^2$  ile Eylül ayında gerçekleşmiştir. Güneş ışıını aylık ortalaması Ekim ayında  $2956 \text{ W/m}^2$  ve Kasım ayında da  $2957 \text{ W/m}^2$  olmuştur. Eylül ayı ile Ekim ve Kasım ayı güneş ışıını ortalamaları arasında sırasıyla  $1447 \text{ W/m}^2$  ve  $1446 \text{ W/m}^2$  gibi matematiksel anlamda belirgin farklar olmakla birlikte, bu farklar istatistiksel anlamda % 1 yanılma olasılığı için önemli bulunmamıştır.

Varyans analizleri sonucunda; sıcaklık ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Duncan testi sonucunda; Eylül ve Kasım ayı sıcaklık ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için önemli bulunmuştur. Aynı yanılma olasılığı için Eylül - Ekim ve Ekim - Kasım sıcaklık ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır. Sıcaklık ortalamaları Eylül ayında  $43.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , Ekim ayında  $36.3 \text{ }^\circ\text{C}$  ve Kasım ayında  $31.3 \text{ }^\circ\text{C}$  olmuştur. Güneş ışıını aylık ortalamaları aynı olmakla birlikte; Ekim ayı sıcaklık ortalamasının Kasım ayı sıcaklık ortalamasından daha büyük olması, Ekim ayında dış sıcaklık ortalamasının daha yüksek olması ile açıklanabilir.

Yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonucunda; aylık bağıl nem ortalamaları arasındaki farklar % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Güneş ışıını ortalamasının en yüksek olduğu Eylül ayında bağıl nem ortalaması % 48.4 ile en düşük degerde kalmıştır. Güneş ışıını ortalamalarının eşit olduğu Ekim ve Kasım aylarında ise bağıl nem ortalamaları sırasıyla % 56.1 ve % 57.3 olarak gerçekleşmiştir.

Aylık kuruma oranı ortalamaları arasındaki farklar %1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Kuruma oranı ortalamaları Eylül ayında % 1.97, Ekim ayında % 1.93 ve Kasım ayında da % 1.69 olmuştur.



Tablo 4.23. Eylül, Ekim ve Kasım Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağlı Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkilerini Belirlemek için Yapılan Varyans Analizleri ve Duncan Testi Sonuçları.

VARYANS ANALİZLERİ							DUNCAN TESTİ SONUÇLARI			
Özellik	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ser. der.	Kareler Ort.	F hesap	F tablo		Eyl.	Kas.	Ek.
Işınım	G.Arası	20894660	2	10447330	3.63	4.97	Eyl.	4003	2959	2956
	G.İçi	253432200	88	2877553			Kas.	0	0	
	Genel	274326900	90				Ek.	0	0	
Sıcaklık	G.Arası	2483.36	2	1241.68	8.50	4.97	Eyl.	43.8	36.3	31.3
	G.İçi	13000.94	88	146.08			Ek.	0	0	
	Genel	15484.30	90				Kas.	1	0	
Bağlı nem	G.Arası	1986.62	2	993.311	4.95	4.97	Kas.	57.3	56.1	48.4
	G.İçi	17864.38	88	200.72			Ek.	0	0	
	Genel	19851.00	90				Eyl.	0	0	
Kuruma oranı	G.Arası	2.02	2	1.01	0.23	4.97	Eyl.	1.97	1.93	1.69
	G.İçi	397.79	88	4.47			Ek.	0	0	
	Genel	399.81	90				Kas.	0	0	

#### 4.8.3. Aralık, Ocak ve Şubat Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri

Güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem ve kuruma oranı değerleri için yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.24. de verilmiştir.

Söz konusu ayların güneş ışınımı ortalamaları arasındaki farklar % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Tablo 30. da görüldüğü gibi güneş ışınımı aylık ortalamaları Aralık ayında  $2548 \text{ W/m}^2$ , Ocak ayında  $2728 \text{ W/m}^2$  ve Şubat ayında  $2939 \text{ W/m}^2$  olmuştur.

Güneş ışınımı aylık ortalamalarına benzer şekilde aylık sıcaklık ortalamaları arasındaki farklar da %1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Sıcaklık ortalamaları Aralık ayında  $24.3 \text{ }^\circ\text{C}$ , Ocak ayında  $23.0 \text{ }^\circ\text{C}$  ve Şubat ayında da  $24.8 \text{ }^\circ\text{C}$  olmuştur.

Yapılan varyans analizi sonucunda; aylık bağıl nem ortalamaları arasındaki farklar da anlamlı bulunmamıştır. Aylık bağıl nem ortalamaları Aralık ayında % 58.9, Ocak ayında % 61.9 ve Şubat ayında %61.8 olarak gerçekleşmiştir.

Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Aralık-Ocak ve Aralık - Şubat ayı kuruma oranı ortalamaları arasındaki farkın % 1 yanılma olasılığı için anlamlı olduğunu göstermiştir. Aynı yanılma olasılığı için Ocak - Şubat ayı kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Kuruma oranı aylık ortalamaları Aralık ayında % 5.51, Ocak ayında % 0.75 ve Şubat ayında % 2.20 dir. % 207.2 başlangıç rutubetindeki kereste Aralık ayında % 36.4'e kadar kurutulmuş ve aynı kereste Ocak ayında da kurutulmaya devam edilmiştir. Eşit şartlarda, ağaç malzemenin, lif doygunluğu noktası üzerinde lif doygunluğu noktası altındaki rutubet derecesine oranla daha hızlı kuruduğu anlaşılmıştır. Aralık

Tablo 4.24. Aralık, Ocak ve Şubat Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağlı Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkilerini Belirlemek için Yapılan Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

VARYANS ANALİZLERİ							DUNCAN TESTİ SONUÇLARI			
Özellik	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ser. der.	Kareler Ort.	F hesap	F tablo		Şub.	Oca.	Ara.
Işınım	G.Arası	526848	2	263431	0.11	4.97	Şub.	2939		
	G.İci	212839600	87	2446432			Oca.	2728		
	Genel	213366500	89				Ara.	2548		
Sıcaklık	G.Arası	62.91	2	34.66	0.24	4.97	Şub.	24.8		
	G.İci	11214.71	87	128.90			Ara.	24.3		
	Genel	11277.62	89				Oca.	23.0		
Bağlı nem	G.Arası	595.41	2	297.70	1.16	4.97	Oca.	61.9		
	G.İci	22251.00	87	255.76			Şub.	61.8		
	Genel	22846.41	89				Ara.	58.9		
Kuruma oranı	G.Arası	391.26	2	195.63	43.96	4.97	Ara.	5.51		
	G.İci	387.19	87	4.45			Şub.	2.19		
	Genel	778.45	89				Oca.	0.75		
								2939	2728	2548
								24.8	24.3	23.0
								61.9	61.8	58.9
								5.51	2.19	0.75

ve Şubat aylarında Ocak ayından daha hızlı bir kurumanın gerçekleşmiş olması, Aralık ve Şubat aylarında kurutulan kerestelerin daha yüksek başlangıç rutubetine sahip olması ile açıklanabilir.

#### 4.8.4. Mart, Nisan ve Mayıs Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri

Mart, Nisan ve Mayıs ayı güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem ve kuruma oranı değerlerine uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.25. de verilmiştir.

Güneş ışınımı aylık ortalamaları Mart ayında  $3286 \text{ W/m}^2$ , Nisan ayında  $3632 \text{ W/m}^2$  ve Mayıs ayında  $3598 \text{ W/m}^2$  olup; ortalamalar arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır.

Mart, Nisan ve Mayıs ayı sıcaklık ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmamıştır. Aylık sıcaklık ortalamaları Mart ayında  $33.0 \text{ }^\circ\text{C}$ , Nisan ayında  $34.6 \text{ }^\circ\text{C}$  ve Mayıs ayında  $37.6 \text{ }^\circ\text{C}$  olmuştur. Yaklaşık aynı güneş ışınımı ortalamalarına rağmen Nisan ayına göre Mayıs ayında gerçekleşen daha yüksek sıcaklığın, Mayıs ayındaki yüksek dış sıcaklıktan ileri geldiği söylenebilir.

Yapılan varyans analizleri sonucunda bağıl nem ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Mart, Nisan ve Mayıs ayı bağıl nem ortalamaları sırasıyla % 53.9, % 53.7 ve % 52.2 olmuştur.

Kuruma oranı ortalamaları Mart ayında % 0.24, Nisan ayında % 1.68 ve Mayıs ayında % 1.27 olmuştur. Mart - Nisan ve Mart - Mayıs ayları kuruma oranı ortalamaları arasındaki farklar % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur. Aynı yanılma olasılığı için Nisan - Mayıs ayı kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Kereste başlangıç rutubetinin etkisi bu aylarda da görülmüştür. Nisan ve Mayıs aylarında kurutulan kerestelerin başlangıç

Tablo 4.25. Mart, Nisan ve Mayıs Aylarının Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağlı Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi için Yapılan Varyans Analizleri ve Duncan Testi Sonuçları.

VARYANS ANALİZLERİ							DUNCAN TESTİ SONUÇLARI				
Özellik	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ser. der.	Kareler Ort.	F hesap	F tablo		Nis.	May.	Mar.	
Işınım	G.Arası	4959232	2	2479616	0.91	4.97	Nis.	3632	3632	3597	3215
	G.İçi	242334000	89	2722854			May.	3597	3597	3215	
	Genel	247293200	91				Mar.	3215	3215		
Sıcaklık	G.Arası	703.85	2	351.93	1.84	4.97	May.	37.7	37.7	34.6	33.0
	G.İçi	17007.79	89	191.10			Nis.	34.6	34.6	33.0	
	Genel	17711.64	91				Mar.	33.0	33.0		
Bağlı nem	G.Arası	637.73	2	318.87	1.23	4.97	Mar.	53.9	53.9	53.7	52.2
	G.İçi	23144.49	89	260.05			Nis.	53.7	53.7	52.2	
	Genel	23782.22	91				May.	52.2	52.2		
Kuruma oranı	G.Arası	18.08	2	9.04	5.24	4.97	Nis.	1.68	1.68	1.27	0.24
	G.İçi	141.48	89	1.73			May.	1.27	1.27	0.24	
	Genel	159.56	91				Mar.	0.24	0.24		

rutubetleri Mart ayında kurutulan kerestelerin başlangıç rutubetinden daha yüksektir. Buna bağlı olarak başlangıç rutubeti yüksek olan keresteler daha hızlı kurumuştur. Kısaca, kurutma faktörleri arasında belirgin bir fark olmamasına rağmen kuruma oranları arasındaki farkın kerestelerin başlangıç rutubetindeki farklılardan ileri geldiği söylenebilir.

#### 4.8.5. Mevsimlerin Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkileri

Mevsimlik güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem ve kuruma oranı değerleri arasında yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.26. da verilmiştir.

Mevsimlik güneş ışınımı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur. En yüksek güneş ışınımı ortalaması  $3782 \text{ W/m}^2$  ile yaz mevsiminde, en düşük güneş ışınımı ortalaması ise  $2731 \text{ W/m}^2$  ile kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Güneş ışınımı ortalamaları ilkbahar mevsiminde  $3480 \text{ W/m}^2$ , sonbahar mevsiminde  $3302 \text{ W/m}^2$  olmuştur. Uygulanan Duncan testi sonucunda; kış mevsimi güneş ışınımı ortalaması ile ilkbahar, yaz ve sonbahar güneş ışınımı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur. Aynı yanılma olasılığı için diğer ortalamalar arasındaki farklar belirgin bulunmamıştır.

Sıcaklık değerleri için yapılan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları yalnız ilkbahar ve sonbahar sıcaklık ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olmadığını göstermiştir. Diğer ortalamalar arasındaki farklar aynı yanılma olasılığı için ayrı ayrı anlamlı bulunmuştur. En yüksek sıcaklık ortalaması  $46.1 \text{ }^\circ\text{C}$  ile yaz mevsiminde, en düşük sıcaklık ortalaması ise  $24.0 \text{ }^\circ\text{C}$  ile kış mevsiminde gerçekleşmiştir. ilkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki sıcaklık ortalamaları sırasıyla  $35.2 \text{ }^\circ\text{C}$  ve  $37.1 \text{ }^\circ\text{C}$  olmuştur. Güneş ışınımı ortalaması ilkbaharda sonbahardan yüksek olmasına rağmen, sıcaklık ortalaması sonbaharda ilkbahardan daha yüksek olmuştur.

Tablo 4.26. Mevsimlerin Güneş Işınımı, Sıcaklık, Bağlı Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi için Yapılan Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

VARYANS ANALİZLERİ							DUNCAN TESTİ SONUÇLARI				
Özellik	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ser. der.	Kareler Ort.	F hesap	F tablo		Yaz	İlk	Son	Kış
Işınım	G. Arası	612564450	2	20418820	9.26	3.80	Yaz	3782			
	G. İci	89254100	361	2472366			İlk	3480			
	Genel	953780500	364				Son	3302			
Sıcaklık	G. Arası	24006.13	3	8002.04	59.3	3.80	Yaz	46.1			
	G. İci	50385.97	361	139.57			Son	37.1			
	Genel	74392.10	364				İlk	35.2			
Bağlı nem	G. Arası	8731.75	3	2910.58	13.5	3.80	Kış	60.8			
	G. İci	77687.25	361	215.20			Son	54.0			
	Genel	86419.00	364				İlk	53.3			
Kuruma oranı	G. Arası	160.01	3	53.34	10.62	3.80	Kış	2.84			
	G. İci	1813.83	361	5.02			Yaz	2.11			
	Genel	1973.84	364				Son	1.86			
							İlk	0.95			

Sonbaharda fırın sıcaklığındaki bu artışın yüksek dış sıcaklık ortalamasından ileri geldiği söylenebilir.

İlkbahar ve sonbahar bağıl nem ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Bağıl nem ortalamaları ilkbahar mevsiminde % 53.3, sonbahar mevsiminde ise % 54.0 olmuştur. En yüksek bağıl nem % 60.8 ile kış mevsiminde, en düşük bağıl nem % 45.8 ile yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Duncan testi sonucunda sonbahar - kış, ilkbahar - kış, yaz - kış, yaz - ilkbahar ve yaz - sonbahar bağıl nem ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmuştur.

Mevsimlik kuruma oranı değerlerine uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonucunda; yaz - kış ve yaz - sonbahar kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Aynı yanılma olasılığı için diğer ortalamalar arasındaki farklar ayrı ayrı anlamlı bulunmuştur. Tablo 4.26. da kuruma oranı ortalamalarının kış mevsiminde % 2.84, yaz mevsiminde % 2.11, sonbahar mevsiminde % 1.86 ve ilkbahar mevsiminde %0.95 olduğu görülmektedir. Kış mevsiminde gerçekleşen yüksek kuruma oranının, daha önce de açıklandığı gibi özellikle Aralık ayında kurutulan kerestenin başlangıç rutubetinin çok yüksek oluşundan ileri geldiği söylenebilir. Aynı şekilde ilkbahardaki düşük kuruma oranı, düşük başlangıç rutubetindeki kerestenin kurutulmuş olması ile açıklanabilir.

#### 4.9. Güneş Işınımının Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkisi

Aylık güneş ışınımı değerlerinin fırın sıcaklığı ve bağıl nemi ile ilişkisini belirlemek maksadıyla korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizlerinde

$$Y = a + bX \pm S_{xy}$$

doğru denklemi kullanılmıştır.



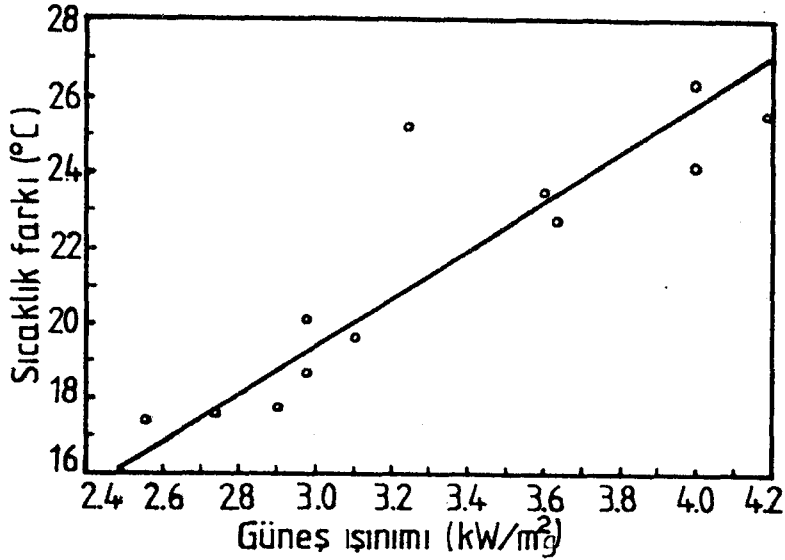
Güneş ışıınımlı ile sıcaklık farkı arasındaki regresyon denklemleri aylık olarak düzenlenerek Tablo 4.27. de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi korelasyon katsayısı bir yıllık dönemde  $r = 0.94$ , Nisan - Ekim arasındaki 7 aylık dönemde  $r = 0.96$  ve Kasım - Mart arasındaki 5 aylık dönemde  $r = 0.93$  olarak bulunmuştur. Güneş ışıınımlı ile fırın ve dış ortam sıcaklık farkı arasındaki ilişki Şekil 4.34. de gösterilmiştir.

Fırın bağıl nemi ile eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışıınımlı arasında yapılan korelasyon analizlerine bağılı olarak elde edilen regresyon denklemleri Tablo 4.28. de verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı bir yıllık dönem için bağıl nemle ışıınımlı arasındaki korelasyon katsayısı  $r = -0.89$  olmuştur. Benzer şekilde, korelasyon katsayısı Nisan - Ekim

Tablo 4.27. Fırın sıcaklığının güneş ışıınımlı ile ilişkisinin belirlenmesi için yapılan korelasyon ve regresyon analizi sonuçları.

Y : Fırın ve dış hava sıcaklığı arasındaki fark ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
X : Eğimli yüzeye gelen toplam güneş ışıınımlı ( $\text{W}/\text{m}^2$ ),

Aylar	Regresyon denklemi	Korelasyon Katsayısı
Haziran	$Y = 0.69 + 0.0059X \pm 2.12$	0.97
Temmuz	$Y = 1.81 + 0.0056X \pm 2.32$	0.96
Ağustos	$Y = 0.08 + 0.0065X \pm 2.46$	0.95
Eylül	$Y = 0.55 + 0.0059X \pm 3.29$	0.95
Ekim	$Y = 1.25 + 0.0064X \pm 3.95$	0.95
Kasım	$Y = -0.70 + 0.0065X \pm 3.40$	0.95
Aralık	$Y = -0.68 + 0.0068X \pm 2.39$	0.95
Ocak	$Y = -1.00 + 0.0068X \pm 3.61$	0.95
Şubat	$Y = -1.07 + 0.0064X \pm 4.69$	0.93
Mart	$Y = -6.25 + 0.0097X \pm 4.09$	0.96
Nisan	$Y = -3.57 + 0.0072X \pm 2.38$	0.99
Mayıs	$Y = 2.10 + 0.0059X \pm 2.10$	0.98
7 Ay Yaz	$Y = 0.53 + 0.0062X \pm 2.95$	0.96
5 Ay Kış	$Y = -1.54 + 0.0072X \pm 4.39$	0.93
Yıl Ort.	$Y = -0.16 + 0.0065X \pm 3.73$	0.94



Sekil 4.34. Güneş ışıını ile fırın ve dış ortam sıcaklık farkı aylık ortalamaları arasındaki ilişki.

arasındaki 7 ay için  $r = -0.89$  ve Kasım - Mart arasındaki 5 ay için de  $r = -0.87$  olarak bulunmuştur. Sekil 4.35. de güneş ışıını ile fırın bağıl nemi arasındaki doğrusal ilişki gösterilmiştir.

Kereste rutubeti kuruma, fırın sıcaklığı ve bağıl nemi üzerinde etkili olmaktadır. Kereste rutubetinin bu faktörler üzerindeki etkisini azaltarak güneş ışıınının etkilerinin daha açık biçimde izlenebilmesi amacıyla lif doygunluğu rutubet derecesinin altındaki değerler arasında ilişkiler araştırılmıştır. Bu bölgede 5 ayrı güneş ışıını grubu oluşturulmuştur. Ortalama güneş ışıını değerlerine karşılık gelen fırın sıcaklığı, fırın ve dış ortam sıcaklık farkı, fırın bağıl nemi ile günlük kuruma oranı ortalamaları Tablo 4.29. da verilmiştir.

Tablo 4.27. de görüldüğü gibi, güneş fırınına farklı rutubette kerestenin yüklenmiş olması durumunda, güneş ışıını ile sıcaklık farkı arasında  $r = 0.94$  mertebesinde doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Kereste rutubetinin dar bir aralıkta kaldığı anlardaki güneş ışıını ile sıcaklık farkı arasında ise  $r = 0.998$  mertebesinde doğrusal bir ilişkinin

Tablo 4.28. Fırın bağıl neminin güneş ışıınımlı ile ilişkisini belirlemek için yapılan korelasyon ve regresyon analizi sonuçları.

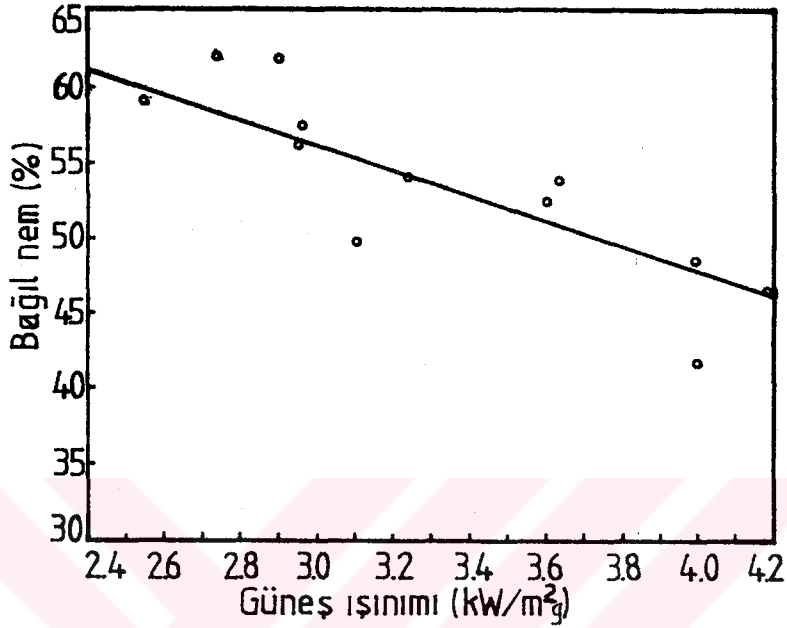
X : Eğimli yüzeye gelen toplam güneş ışıınımlı ( $W/m^2$ ),  
Y : Güneş fırını içindeki havanın bağıl nemi (%).

Aylar	Regresyon Denklemleri	Korelasyon Katsayısı
Haziran	$Y = 77.00 - 0.0072X \pm 3.78$	-0.94
Temmuz	$Y = 65.72 - 0.0052X \pm 3.72$	-0.89
Ağustos	$Y = 75.24 - 0.0084X \pm 6.20$	-0.80
Eylül	$Y = 77.16 - 0.0072X \pm 4.83$	-0.93
Ekim	$Y = 82.27 - 0.0088X \pm 5.53$	-0.95
Kasım	$Y = 78.31 - 0.0071X \pm 7.13$	-0.85
Aralık	$Y = 91.59 - 0.0128X \pm 8.91$	-0.84
Ocak	$Y = 87.28 - 0.0093X \pm 4.54$	-0.96
Şubat	$Y = 84.66 - 0.0078X \pm 7.75$	-0.90
Mart	$Y = 94.88 - 0.0126X \pm 6.17$	-0.94
Nisan	$Y = 83.08 - 0.0081X \pm 6.12$	-0.93
Mayıs	$Y = 81.19 - 0.0081X \pm 5.65$	-0.93
7 Ay Yaz	$Y = 77.63 - 0.0077X \pm 6.21$	-0.89
5 Ay Kış	$Y = 85.21 - 0.0092X \pm 7.73$	-0.87
Yıl Ort.	$Y = 81.56 - 0.0084X \pm 7.17$	-0.89

Tablo 4.29. Belirli güneş ışıınımlı ( $I_t$ ) değerlerine karşılık gelen fırın sıcaklığı  $T(i)$ , bağıl nemi ( $\phi_i$ ), fırın ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı ( $dT$ ) ile kuruma oranı ( $dr$ ) ortalama değerleri.

Grup	$I_t (W/m^2)$	$T_i (°C)$	$dT (°C)$	$\phi_i (%)$	$dr (%)$
1	1527	20.3	9.0	69.5	0.29
2	2588	31.9	16.5	57.1	0.50
3	3554	36.3	23.0	51.2	0.94
4	4503	49.2	29.8	37.7	1.15
5	5372	50.8	34.0	37.3	1.51

olduğu belirlenmiştir. Buna göre lif doygunluk noktası altında sözkonusu değişkenler arasında

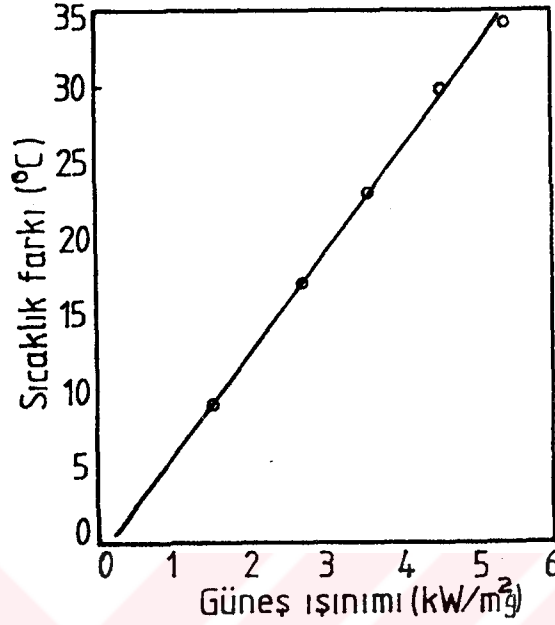


Sekil 4.35. Güneş ışınımı ile fırın bağıl nemi aylık ortalamaları arasındaki ilişki.

$$T_i - T_o = -0.71 + 0.0066 I_t \pm 0.68 \quad (4.7)$$

esitliği elde edilmiştir. Burada, değişkenler arasında daha yüksek mertebede bir ilişkinin olması, fırın sıcaklığı üzerinde kereste rutubetinin de etkili olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, kereste rutubetindeki artışın fırın sıcaklığının azalmasında etkili olduğu söylenebilir.

Kereste rutubetinin aynı olduğu anlarda güneş ışınımı ile sıcaklık farkı arasında doğrusal bir ilişki olup; en yüksek sıcaklık 50.8 °C ile 5372 W/m<sup>2</sup> ortalama güneş ışınımı değerinde gerçekleşmiştir. En düşük ortalama fırın sıcaklığı da 20.3 °C ile en düşük güneş ışınımı ortalaması olan 1527 W/m<sup>2</sup> de meydana gelmiştir. Diğer sıcaklık ortalamaları ise 4503 W/m<sup>2</sup> için 49.2 °C, 3554 W/m<sup>2</sup> için 36.3 °C ve 2588 W/m<sup>2</sup> için 31.9 °C olmuştur. Sekil 4.36. da lif doygunluk noktası



Sekil 4.36. Güneş ışınımı ile fırın ve dış ortam sıcaklık farkı arasındaki ilişki (LDN altı).

altında güneş ışınımı ile sıcaklık farkı arasındaki doğrusal ilişki gösterilmiştir.

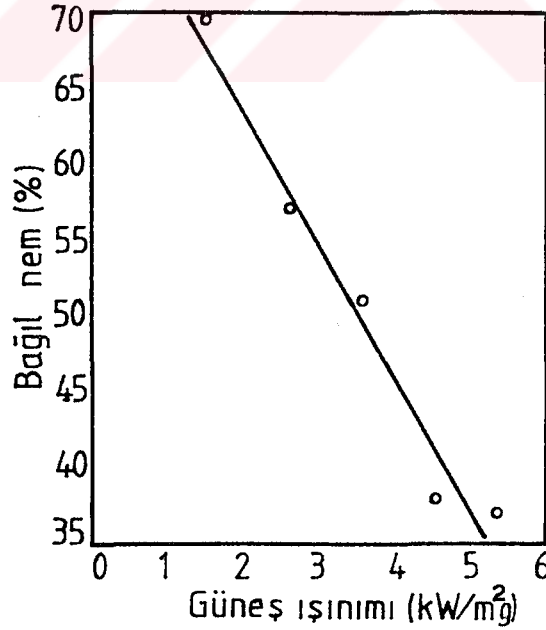
Tablo 4.28. de görüldüğü gibi bağıl nem ile güneş ışınımı arasında  $r = -0.89$  mertebesinde doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Kereste rutubetinin aynı olduğu zamanlardaki değişkenler arasında ise  $r = -0.98$  mertebesinde doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki için

$$\phi_i = 81.34 - 0.0088 I_t \pm 3.29 \quad (4.8)$$

eşitliği elde edilmiştir. Sıcaklığa benzer şekilde fırın bağıl nemi de kereste rutubetinden etkilenmiştir. Kereste rutubetindeki artış fırın bağıl neminin yükselmesine yol açmaktadır. En yüksek bağıl nem ortalaması % 69.5 ile en düşük güneş ışınımı ortalaması olan 1527 W/m<sup>2</sup> de, en düşük bağıl nem ortalaması ise % 37.3 ile en yüksek güneş ışınımı ortalaması olan 5372 W/m<sup>2</sup> de gerçekleşmiştir. Tablo 4.29. da görüldüğü gibi diğer bağıl nem ortalamaları 2588 W/m<sup>2</sup> de

% 57.1,  $3554 \text{ W/m}^2$  de % 51.2 ve  $4503 \text{ W/m}^2$  de % 37.7 olmuştur. Şekil 4.37. de lif doygunluk noktası altında güneş ışınımı ile fırın bağıl nemi arasındaki doğrusal ilişki gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizleri, güneş ışınımının kuruma oranı üzerinde etkili olacağı beklentisini doğrulamıştır. Ancak uygulanan Duncan testi sonucunda; birbirini izleyen güneş ışınımı ortalamalarında gerçekleşen kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4.30). Diğer bir ifade ile  $1527 \text{ W/m}^2$  ile  $2588 \text{ W/m}^2$ ,  $2588 \text{ W/m}^2$  ile  $3554 \text{ W/m}^2$ ,  $3554 \text{ W/m}^2$  ile  $4503 \text{ W/m}^2$  ve  $4503 \text{ W/m}^2$  ile  $5372 \text{ W/m}^2$  güneş ışınımı ortalamalarına karşılık gelen kuruma oranı ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Öteki grup ortalamaları arasındaki farklar aynı yanılma olasılığı için ayrı ayrı anlamlı bulunmuştur.  $5372 \text{ W/m}^2$  güneş ışınımı ortalamasında % 1.51 ile en yüksek kuruma oranı gerçekleşmiştir. En



Şekil 3.37. Güneş ışınımı ile fırın bağıl nemi arasındaki ilişki (LDN altı).

Tablo 4.30. Güneş Işınımının Sıcaklık, Bağıl Nem ve Kuruma Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi için Yapılan Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

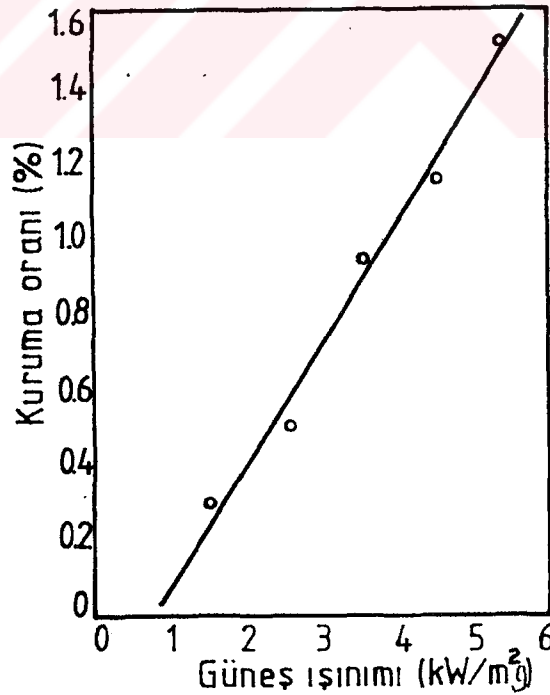
VARYANS ANALİZLERİ							DUNCAN TESTİ SONUÇLARI						
Özellik	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ser. der.	Kareler Ort.	F hesap	F tablo							
Sıcaklık	G. Arası	28838.1	4	7209.5	196	3.35	5372	50.8	5372	4503	3554	2588	1527
	G. İçi	7828.8	213	36.8			4503	49.2	0				
	Genel	36667.0	217				3554	36.3	1	1	1	1	1
							2588	31.9	1	1	1	1	1
Bağıl nem	G. Arası	33576.2	4	8394.1	158.4	3.35	1527	69.5	69.5	57.1	51.2	37.7	37.3
	G. İçi	11285.7	213	53.0			2588	57.1	1				
	Genel	44861.9	217				3554	51.2	1	1	1	1	1
							4503	37.7	1	1	1	1	1
Kuruma oranı	G. Arası	35.9	4	8.97	17.0	3.35	5372	1.51	1.51	1.15	0.94	0.50	0.29
	G. İçi	111.9	213	0.53			4503	1.15	0				
	Genel	147.8	217				3554	0.94	1	0	0	0	0
							2588	0.50	1	1	1	1	1
						1527	0.29	1	1	1	1	1	

düşük kuruma oranı ortalamasının ise % 0.29 ile  $1527 \text{ W/m}^2$  de meydana geldiği görülmüştür. Diğer yandan  $4503 \text{ W/m}^2$  ortalama güneş ışınımında % 1.15 oranında bir kuruma gözlenirken, bu oran  $3554 \text{ W/m}^2$  de % 0.50 olmuştur. Güneş ışınımındaki artış kurumayı hızlandırıcı yönde beklenen etkiyi göstermiştir. Nitekim lif doygunluk noktası altında güneş ışınımı ile günlük kuruma oranı arasında  $r = 0.99$  mertebesinde doğrusal bir ilişki bulunmuş ve bu ilişki için

$$dr = -0.25 + 0.000321 I_t \pm 0.07 \quad (4.9)$$

esitliği elde edilmiştir. Lif doygunluk noktası altında güneş ışınımının kuruma ile ilişkisi Şekil 4.38. de gösterilmiştir.

Sonuç olarak; güneş ışınımı sıcaklık, bağıl nem ve kuruma üzerinde etkili olmuştur. Güneş ışınımındaki artış fırın sıcaklığını ve kuruma oranını artırmış, bağıl nemi ise azaltmıştır.



Şekil 4.38. Güneş ışınımı ile kuruma oranı arasındaki ilişki (LDN altı).



#### 4.10. Kereste Rutubetinin ve Denge Rutubetinin Kuruma Üzerindeki Etkileri

Günlük kuruma oranının matematiksel olarak ifade edilebilmesi amacıyla kurumunun güneş ışınlı, sıcaklık, bağıl nem ve denge rutubeti ile ilişkileri araştırılmıştır. Denge rutubetinin kuruma ile olan ilişkisi diğer faktörlerden daha anlamlı bulunmuştur. Ancak, istatistiksel analizler sonucunda; kuruma üzerinde kereste rutubetinin de etkili olduğu anlaşılmıştır. Kereste rutubetinin denge rutubetine oranı olan "kurutma meyli", günlük kuruma oranının fonksiyonu olarak alınmıştır. Kurutma meyli ile günlük kuruma oranı arasında yapılan korelasyon analizi, bu iki değişken arasında yüksek derecede bir doğrusal ilişkinin olduğunu göstermiştir. Söz konusu ilişkinin matematiksel olarak ifade edilebilmesi amacıyla, regresyon analizi yapılarak a ve b regresyon katsayıları belirlenmiştir. Günlük kuruma oranı ( $d_r$ ), denge rutubeti ( $r_d$ ), kereste rutubeti ( $r$ ) ve standart sapma  $S_{xy}$  olmak üzere, kuruma oranı ile kurutma meyli arasındaki ilişki için

$$d_r = a + b(r/r_d) \pm S_{xy}$$

şeklindeki doğru denklemi kullanılmıştır. Elde edilen regresyon denklemleri aylık olarak düzenlenerek Tablo 4.31. de verilmiştir.

Tablo 4.31. de görüldüğü gibi en düşük ilişki  $r = 0.76$  ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Aynı şekilde söz konusu bu düşük ilişki, Aralık ayında standart hatanın diğer aylardan daha büyük çıkmasına yol açmıştır. Aynı çizelgede diğer aylardaki ilişkilerin  $0.95$ 'in üzerinde olduğu görülmektedir. Lif doygunluğu noktası altındaki ilişkilerin daha yüksek derecede olduğu gözlenmiştir. Aralık ayında çok yüksek rutubette kerestenin kurutulmuş olması, kuruma oranı ile kurutma meyli arasındaki ilişkinin azalmasına sebep olmuştur. Tablo

Tablo 4.31. Günlük kuruma miktarı ile kurutma meyli arasındaki ilişki için yapılan korelasyon ve regresyon analizlerinin sonuçları.

$r$  : Kereste rutubeti (%),  
 $rd$ : Denge rutubeti (%),  
 $Y = dr$ : Günlük kuruma oranı (%),  
 $X = (r/rd)$ : Kurutma meyli (%),  
 $S_{xy}$ : Standart sapma (%).

Regresyon denklemi :  $Y = a + b*X \pm S_{xy}$

Aylar	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı
Haziran	$Y = -0.89 + 0.85*X \pm 0.52$	0.98
Temmuz	$Y = -0.93 + 0.88*X \pm 0.40$	0.98
Ağustos	$Y = -1.14 + 0.89*X \pm 0.60$	0.97
Eylül	$Y = -0.86 + 0.81*X \pm 0.42$	0.98
Ekim	$Y = -0.98 + 0.85*X \pm 0.40$	0.98
Kasım	$Y = -1.19 + 1.10*X \pm 0.36$	0.98
Aralık	$Y = 1.21 + 0.37*X \pm 2.10$	0.76
Ocak	$Y = -1.50 + 1.48*X \pm 0.24$	0.95
Şubat	$Y = -0.95 + 0.82*X \pm 0.54$	0.96
Mart	$Y = -0.86 + 0.72*X \pm 0.12$	0.97
Nisan	$Y = -0.90 + 0.80*X \pm 0.33$	0.98
Mayıs	$Y = -1.40 + 0.97*X \pm 0.30$	0.97
Ortalama	$Y = -1.01 + 0.86*X \pm 0.43$	0.97

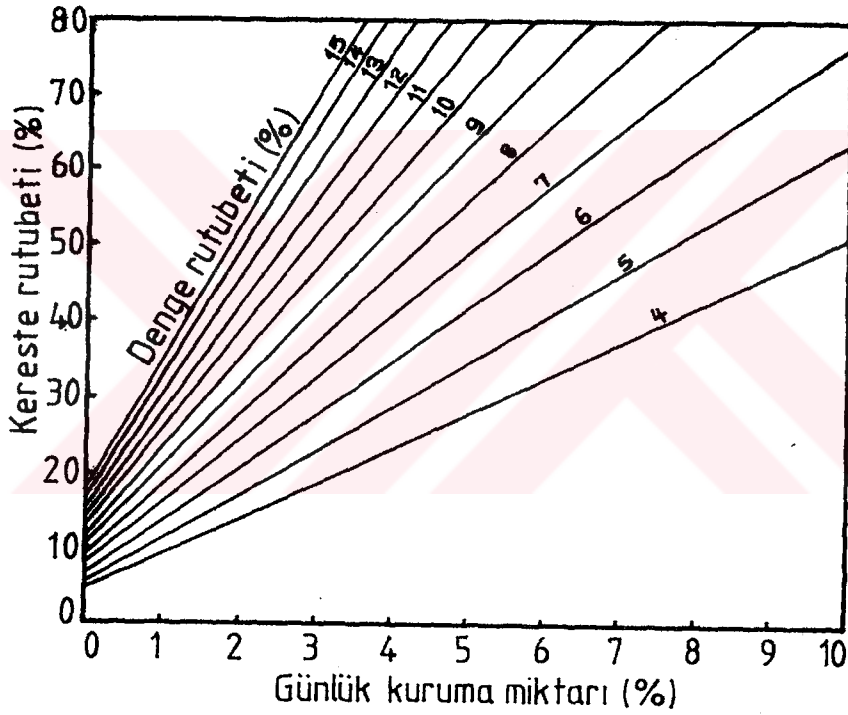
4.31 de görüldüğü gibi yıllık ortalama korelasyon katsayısının  $r = 0.97$  olduğu ve bu yüksek derecedeki ilişkiye dayanarak kuruma oranının kurutma meyli ( $k = r/rd$ ) cinsinden matematiksel olarak ifade edilmesi mümkündür. Bu noktadan hareket edilerek günlük kuruma oranı için

$$dr = -1.01 + 0.86(r/rd) \pm 0.43 \quad (4.10)$$

eşitliği elde edilmiştir. Kereste rutubeti ve denge rutubetinin belirlenmiş olması durumunda bu eşitlik yardımıyla günlük kuruma oranı büyük bir yaklaşıklıkla hesaplanabilmektedir. Ancak, bu eşitliğin denemelerin gerçekleştirildiği

güneş fırını şartlarında, diğer bir ifade ile toplayıcı veriminin ortalama % 45 ve kereste rutubetinin % 80'den düşük olması durumunda geçerli olabilir.

Sekil 4.39. da günlük kuruma miktarı ile kereste rutubeti ve fırındaki ekstrem denge rutubeti arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Sekil 4.39. Kereste rutubeti ile denge rutubetine bağlı olarak günlük kuruma miktarının belirlenmesi.

#### 4.11. Güneş Fırınında ve Açık Havada Kurutma Denemelerinde Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Haziran ayında güneş fırınında kurutulan % 79.7 başlangıç rutubetindeki kereste lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 8 günde kurumuştur. Aynı dönemde, % 79.1 başlangıç rutubetindeki kerestelerin ise açık hava şartlarında lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 20 günde kuruduğu gözlenmiştir. Güneş fırınında kurutulan kerestenin sonuç rutubeti % 9.2, açık havada kurutulan kerestenin sonuç rutubeti ise % 25.4 olmuştur. Kurutma denemeleri sonucunda; günlük kuruma oranı aylık ortalamalarının güneş fırını için % 2.35, açık hava için % 1.79 olduğu anlaşılmıştır. Uygulanan t- testi sonucunda; kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Gerçekte, hesapla bulunan  $t = 0.40$  değerine göre  $t_{\alpha; (2n-2)} = 2.66$  tablo değeri daha büyüktür. Buna rağmen güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranı ortalaması açık havada gerçekleşen kuruma oranı ortalamasından % 31 daha büyüktür. Güneş fırınında Haziran ayında kurutulan kerestelerde hafif uç çatlakları gözlenmiştir. Açık havada kurutulan kerestelerde ise ilk hafta sonunda oluşmaya başlayan uç çatlaklarında özellikle üçüncü hafta sonunda belirgin bir artış gözlenmiştir. Doğal kurutma sonunda kerestelerde kısmen yüzey çatlakları da görülmüştür.

Temmuz ayında güneş fırınında kurutulan kereste % 68.8 başlangıç rutubetinden lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 8 günde, açık havada kurutulan kereste ise % 69.2 başlangıç rutubetinden lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 15 günde kurumuştur. Güneş fırınında kurutulan kerestenin Temmuz ayı sonundaki rutubeti % 11.2 olmakla birlikte, 25.inci gün sonundaki rutubetin % 10.2 olduğu görülmüştür. Bu bakımdan kereste sonuç rutubeti % 10.2 olarak kabul edilmiştir. Açık havadaki kurutma denemelerinde ise kerestenin

sonuç rutubeti % 24.3 olmuştur. Temmuz ayında kuruma oranı aylık ortalamaları güneş fırını için % 1.86, açık hava için % 1.42 olarak bulunmuştur. Uygulanan t- testi sonucunda kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Hesapla bulunan  $t = 0.4$  değeri  $t_{\alpha}; (2n-2)\%1 = 2.66$  tablo değerinden küçüktür. Buna rağmen matematiksel anlamda; güneş fırınındaki kuruma oranı ile açık havadaki kuruma oranı arasında % 31 kadar bir farkın olduğu anlaşılmıştır. Diğer bir ifade ile güneş fırınındaki kuruma açık havadaki kurumadan % 31 daha hızlı olduğu söylenebilir. Temmuz ayında güneş fırınında kurutulan kerestelerde önemli uç ve yüzey çatlakları gözlenmemiştir. Ancak 2 adet kerestede kılıcına yönde eğilme görülmesine rağmen, bunun biçme hatasından ve kerestenin budak yapısından ileri geldiği anlaşılmıştır. Benzer durum açık havada kurutulan kerestelerin bir tanesinde de görülmüştür. Açık havada kurutulan kerestelerin bir kısmında derin uç çatlakları ve hafif yüzey çatlakları oluşmuştur.

Agustos ayında güneş fırınında % 74.4 başlangıç rutubetindeki kereste 8 günde lif doygunluğu rutubet derecesine kadar kurumuştur. Açık havada kurutulan % 73.6 başlangıç rutubetindeki kereste ise lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 18 günde kurumuştur. Agustos ayında kereste sonuç rutubeti değerleri güneş fırınında % 8.2, açık havada ise % 23.5 olmuştur. Aylık kuruma oranı ortalamaları güneş fırını için % 2.14, açık hava için % 1.58 olarak gerçekleşmiştir. t- testi sonucunda; kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Hesaplanan  $t = 0.49$  değeri  $t_{\alpha}; (2n-2)\%1 = 2.66$  değerinden küçüktür. Ancak matematiksel olarak değerlendirildiğinde; güneş fırınında kurutmada gerçekleşen kuruma oranının açık havada gerçekleşen kuruma oranından % 35 daha büyük olduğu görülür. Güneş fırınında kurutulan kerestelerde meydana gelen uç çatlaklarının Haziran ve Temmuz aylarınınkinden daha büyük olmakla birlikte, bu çatlakların kullanımda kusur

sayılabilecek derecede olmadığı görülmüştür. Benzer durum açık havada kurutulan kerestelerde de gözlenmiş, ancak bazı yüzey çatlakları derin çatlaklara dönüşmüştür.

Eylül ayında güneş fırınında kurutulan % 69.3 başlangıç rutubetindeki kereste lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 7 günde, açık havada kurutulan % 68.8 başlangıç rutubetindeki kereste ise aynı rutubet derecesine kadar 17 günde kurumıştır. Kereste sonuç rutubeti güneş fırınında % 10.2, açık havada % 27.3 olarak gerçekleşmiştir. Aylık kuruma oranı ortalamaları ise güneş fırınında % 1.97, açık havada % 1.38 olmuştur. Yapılan t- testi sonucunda; kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Gerçekte, hesaplanan  $t = 0.45$  değeri  $t_{\alpha; (2n-2)} = 2.66$  tablo değerinden küçüktür. Ancak, Eylül ayında güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranı aylık ortalaması açık havada gerçekleşen kuruma oranı aylık ortalamasından % 43 daha büyüktür. Diğer taraftan her iki kurutma denemesi boyunca kerestelerde önemli sayılabilecek kurutma kusurlarının oluşmadığı gözlenmiştir.

Ekim ayında güneş fırınında % 72.4 başlangıç rutubetindeki kereste lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 10 günde, açık havada % 71.6 başlangıç rutubetindeki kereste aynı rutubet derecesine kadar 20 günde kurumıştır. Güneş fırınında kurutulan kerestenin Ekim ayı sonundaki rutubeti % 12.8 olmakla birlikte, 27.inci günde kereste rutubetinin % 11.9'a düştüğü görülmüştür. Bu bakımdan Ekim ayında güneş fırınında kurutulan kerestenin sonuç rutubeti % 11.9 olarak alınmıştır. Ay sonunda kereste rutubetindeki artış, sıcaklığın azalması ve bağıl nemin artmasından ileri gelmiştir. Açık havada kurutulan kerestenin sonuç rutubeti % 26.6 olarak gerçekleşmiştir. Kuruma oranı aylık ortalamaları ise güneş fırını için % 1.92, açık hava için % 1.42 olmuştur. Kuruma oranı değerlerine uygulanan t- testi sonucunda; kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için

anlamli bulunmamıştır. Böyle bir yargıya  $t = 0.43$  hesap degerinin  $t_{\alpha; (2n-2)} = 2.66$  tablo degerinden küçük olması sonucunda varılmıştır. İstatistiksel anlamda belirgin bir fark bulunmamasına karşılık, güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranı ortalamasının açık havada gerçekleşen kuruma oranı ortalamasından % 35 daha büyük olduğu görülmüştür. Her iki kurutma denemesinin ikinci haftası içerisinde hafif uç çatlakları oluşmuş, ancak kurutma periyodu sonunda kerestelerde önemli sayılabilecek kuruma kusurları görülmemiştir.

Kasım ayında % 65.4 başlangıç rutubetindeki kereste güneş fırınında lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 7 günde kurutulmuştur. Kasım ayı sonunda % 14.7'ye düşmekle birlikte, 25.inci günde % 13.5 olan kereste rutubeti sonuç rutubeti olarak kabul edilmiştir. Açık havada kurutulan % 66.3 başlangıç rutubetindeki kereste lif doygunluğu rutubet derecesine kadar 12 günde kurumuştur. Doğal olarak kurutulan kerestelerin sonuç rutubeti % 22.7 olmuştur. Bu ayda, diğer aylara oranla hızlı kurumanın düşük bağıl nemden ileri geldiğini söylemek mümkündür. Aylık kuruma oranı ortalamaları güneş fırını için % 1.69, açık hava için % 1.45 tir. Uygulanan t- testi sonucunda; ortalamalar arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamli bulunmamıştır. Bunu,  $t = 0.20$  hesap degerinin  $t_{\alpha; (2n-2)} = 2.66$  tablo degerinden küçük olması doğrulamaktadır. Güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranı aylık ortalaması açık havada gerçekleşen kuruma oranı aylık ortalamasından % 17 daha büyüktür. Kasım ayında kurutulan kerestelerden güneş fırınındakiler üzerinde önemli çatlaklar oluşmamış, açık havadakiler üzerinde ise önemli uç ve yüzey çatlakları oluşmuştur.

Aralık ayında kurutulan kerestelerin başlangıç rutubetleri çok yüksek olup; fırında ve açık havada kereste rutubetindeki düşüş çok hızlı olmuştur. Güneş fırınında kurutulan % 207.2 başlangıç rutubetindeki kereste ay sonunda % 36.4 rutubete kadar kurumuştur. Açık havada kurutulan

% 200.6 başlangıç rutubetindeki kereste ise ay sonunda % 47.2 rutubete kadar kurumuştur. Aralık ayında kurutulan keresteler Ocak ayında da kurutulmaya devam edilmiştir. Güneş fırınında kurutulan kereste lif doygunluğu rutubet derecesine Ocak ayının 3.üncü günü sonunda, açık havada kurutulan kereste ise 8.inci günü sonunda düşmüştür. Ocak ayı sonunda kereste sonuç rutubetinin güneş fırını için % 13.2, açık hava için % 20.2 olduğu görülmüştür. Uygulanan t- testi sonucunda; kuruma oranı aylık ortalamaları arasındaki fark %1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Aralık-Ocak döneminde kurutulan kerestelerde önemli çatlaklar gözlenmemiştir. Ancak, güneş fırınında kurutulan kereste yüzeylerinde mavileşme meydana gelmiştir.

Şubat ayında güneş fırınında kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 79.8 olup; 14.üncü gün sonunda lif doygunluğu rutubet derecesine düşmüştür. Kereste rutubetinin ay sonunda ise % 18.3'e düştüğü görülmüştür. Açık havada, başlangıç rutubeti % 78.9 olan kereste 21 günde lif doygunluğu rutubet derecesine kadar kurumuş ve kereste sonuç rutubeti % 26.0 olmuştur. Şubat ayında kurutulan keresteler Mart ayında da kurutulmaya devam edilmiştir. Mart ayı sonunda kereste sonuç rutubeti güneş fırınında % 10.8'e, açık havada ise % 19.2'ye düşmüştür. Bu ayda güneş fırınında kurutulan kerestenin rutubeti 29.uncu gün sonunda % 10.3'e düşmüş ve bu değer sonuç rutubeti olarak kabul edilmiştir. İki aylık kurutma periyodunda kuruma oranı ortalamaları güneş fırını için % 1.17, açık hava için % 1.01 olmuştur. Uygulanan t- testi sonucunda; kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır. Nitekim, hesaplanan  $t = 0.27$  değeri  $t_{\alpha}; (2n-2)\%1 = 1.98$  değerinden küçüktür. Güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranı ortalaması açık havada gerçekleşen kuruma oranı ortalamasından % 16 daha büyüktür. Şubat - Mart döneminde kurutulan kerestelerde önemli sayılabilecek çatlaklar gözlenmemiştir. Ancak güneş fırınında kurutulan kerestelerde yüzeysel küflenmeler



meydana gelmiştir.

Başlangıç rutubeti % 57.8 olan kereste güneş fırınında 4 Nisandan itibaren kurutulmaya başlanmıştır. 9 Nisanda lif doygunluğu rutubet derecesine düşen kereste rutubeti ay sonunda, yani kurutmanın 27.inci günü sonunda % 12.5 olmuştur. Açık havada kurutulan kerestenin başlangıç rutubeti % 58.1 dir. Benzer şekilde 4 Nisanda açık havada kurutulmaya başlanan kereste 18 Nisanda lif doygunluğu rutubet derecesine kadar kurumuştur. Kereste rutubeti ay sonunda % 25.1 olmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda; kuruma oranı ortalamaları güneş fırını için % 1.68, açık hava için % 1.22 olarak bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için belirgin değildir.  $t = 0.53$  hesap değerinin  $t_{\alpha; (2n-2)} = 2.74$  tablo değerinden küçük oluşu bunu doğrulamıştır. Güneş fırını kuruma oranı ortalaması açık hava kuruma oranı ortalamasından % 38 daha büyüktür. Nisan ayında kurutulan kerestelerde kurutmadan önce uç ve yüzey çatlaklarının oluştuğu gözlenmiştir. Kurutmadan sonra bu çatlaklarda önemli bir değişme olmamıştır.

Mayıs ayında % 45.6 başlangıç rutubetindeki kereste 5 Mayıs'tan itibaren güneş fırınında kurutulmuş ve kereste rutubetinin lif doygunluğu rutubet derecesine 5 günde düştüğü görülmüştür. Kereste sonuç rutubeti ise % 11.4 olmuştur. % 45.4 başlangıç rutubetindeki kereste açık havada 5 Mayıs'ta kurutulmaya başlanmıştır. 9 günde lif doygunluğu rutubet derecesine kadar düşen kereste rutubeti ay sonunda % 26.1 olmuştur. Aylık kuruma oranı ortalamaları güneş fırını için % 1.55, açık hava için % 0.91 dir.  $t$ - testi sonucunda; kuruma oranı ortalamaları arasındaki fark % 1 yanılma olasılığı için anlamlı bulunmamıştır.  $t = 1.17$  hesap değeri  $t_{\alpha; (2n-2)} = 2.74$  tablo değerinden küçüktür. Buna rağmen, güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranı ortalaması açık havada gerçekleşen kuruma oranı ortalamasından % 76 daha büyüktür. Mayıs ayında kurutulan kerestelerde önemli sayılacak uç ve yüzey

çatlakları oluşmamıştır.

Kurutma denemeleri sonunda elde edilen sonuçlar aylık olarak düzenlenerek Tablo 4.32. de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi güneş fırınında bir aylık sürede kurutulan kerestelerin sonuç rutubetleri yaz ayı olarak kabul edilen Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında % 12'nin altına düşmüştür. 7 aylık yaz periyodundaki birer aylık kurutma denemelerinde kereste sonuç rutubeti % 10.6 olmuştur. Bu dönemde kurutulan kerestelerin ortalama başlangıç rutubeti % 66.9 dur. Bu sonuçlar, 50 mm kalınlıktaki Doğu Lâdini kerestesinin yılın 7 ayında 1 aylık dönem

Tablo 4.32. Güneş fırınında ve açık havada kurutulan kerestelerin başlangıç (rb) ve sonuç (rs) rutubetleri.

Kurutma Peryodu	Güneş Fırını		Açık Hava	
	rb(%)	rs(%)	rb(%)	rs(%)
Haziran	79.7	9.2	79.1	25.4
Temmuz	68.8	10.6	69.2	24.3
Ağustos	74.4	8.2	73.6	23.5
Eylül	69.3	10.2	68.8	27.3
Ekim	72.4	11.9	71.6	26.7
Kasım	65.4	13.5	66.3	22.7
Aralık (1)	207.2	36.4	200.6	47.2
Ocak	36.4	13.2	47.2	20.2
Şubat (2)	79.8	18.3	78.9	26.0
Mart	18.3	10.3	26.0	19.2
Nisan (3)	57.8	12.5	58.1	25.1
Mayıs (4)	45.6	11.4	45.4	26.1

- (1) Aralık ayında kurutulan keresteler Ocak ayında da kurutulmaya devam edilmiştir.  
(2) Şubat ayında kurutulan keresteler Mart ayında da kurutulmaya devam edilmiştir.  
(3) Keresteler 4 Nisandan itibaren kurutulmaya başlanmıştır.  
(5) Keresteler 5 Mayıs'tan itibaren kurutulmaya başlanmıştır.

içerisinde güneş enerjisi ile ortalama % 10 - 12 rutubete kadar kurutulabileceğini göstermiştir. Kış aylarında ise (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart) 2 aylık bir dönemde kerestenin yaklaşık % 12 rutubete kadar kurutulabileceği anlaşılmıştır. Benzer şekilde bu dönemde, bir aylık kurutma süresinde ise kereste ancak ortalama % 20 rutubete kadar kurutulabilmiştir.

Kış ve yaz aylarında doğal kurutma sonuç rutubetleri arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Tablo 4.32 de görüldüğü gibi % 66.5 başlangıç rutubetindeki kereste yaz aylarında bir aylık süre içerisinde ortalama % 25.5, % 83.8 başlangıç rutubetindeki kereste ise kış aylarında aynı sürede ortalama % 27.0 rutubete kadar kurumıştır. En düşük kereste sonuç rutubeti % 22.7 ile Kasım ayında gerçekleşmiştir.

Kurutma denemelerinin değerlendirilmesi sonucunda; güneş fırınında gerçekleşen kuruma oranının açık havada gerçekleşen kuruma oranından yaz döneminde % 41.3, kış döneminde ise % 12.9 daha büyük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, güneş enerjisi ile kereste kurutmanın yaz döneminde etkili olacağını göstermiştir.

## V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kurutma denemelerinden elde edilen değerlere uygulanan istatistiksel analizler güneş ışınımının sıcaklık, bağıl nem ve kuruma üzerinde etkili olacağı düşüncesini doğrulamıştır. Güneş ışınımındaki artış sıcaklığın artmasını, bağıl nemin azalmasını sağlayarak kuruma hızını artırmıştır. Lif doygunluğu rutubet derecesinin altında günlük kuruma oranı  $1527 \text{ W/m}^2$  de % 0.29,  $5372 \text{ W/m}^2$  de % 1.51,  $4503 \text{ W/m}^2$  de % 1.15,  $3554 \text{ W/m}^2$  de % 0.94 ve  $2588 \text{ W/m}^2$  de % 0.50 olmuştur.

Yaz döneminde güneş fırınında kurutulan kerestelerde en düşük sonuç rutubeti % 8.2 ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Bu ayda toplayıcı yüzeyine gelen güneş ışınımı aylık ortalaması  $4042 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık ortalaması  $50.2 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nem ortalaması % 41.4 olmuştur. Haziran ayında kereste % 9.2 rutubete kadar kurutulabilmiş; aylık ortalamalar güneş ışınımı için  $4213 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık için  $45.9 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nem için % 46.6 olarak ölçülmüştür. Temmuz ayında güneş ışınımı ortalaması  $3112 \text{ W/m}^2$  olup; % 10.6 rutubete kadar bir kuruma gerçekleşmiştir. Bu ayda sıcaklık ortalaması  $42.5 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nem ortalaması % 49.4 olmuştur. Eylül ayında güneş ışınımı ortalaması  $4003 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık ortalaması  $43.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , bağıl nem ortalaması % 48.4 olmuş ve kereste % 10.2 rutubete kadar kurumuştur. Kerestenin % 11.9 rutubete kadar kurutulabildiği Ekim ayında güneş ışınımı ortalaması  $2956 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık ortalaması  $36.3 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nem ortalaması da % 56.1 olmuştur. Nisan ayında kereste % 12.5 rutubete kadar 27 günde kurumuştur. Bu ayda güneş ışınımı ortalaması  $3632 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık ortalaması  $34.6 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nem ortalaması % 53.7 olarak gerçekleşmiştir. Mayıs ayında 5.inci günde kurutulmaya

başalanan kereste 27 günde % 11.4 rutubete kadar kurumuştur. Güneş ışınımı ortalaması  $3598 \text{ W/m}^2$ , sıcaklık ortalaması  $37.6 \text{ }^\circ\text{C}$  ve bağıl nem ortalaması % 52.2 olmuştur.

Yaz döneminde güneş fırınında gerçekleştirilen kurutma denemeleri, ortalama % 70 başlangıç rutubetindeki kerestenin bir ayda yaklaşık % 10 - % 12 rutubete kadar kurutulabileceğini göstermiştir.

Kış döneminde ortalama % 81.4 başlangıç rutubetindeki kereste güneş fırınında 1 ayda yaklaşık % 18.3 rutubete kadar kurutulabilmiştir. Aralık ve Ocak aylarında 2 aylık kurutma periyodu sonunda ise kereste rutubeti % 13.2 ye düşmüştür. Benzer şekilde Şubat ve Mart aylarındaki 2 aylık kurutma periyodu sonunda kereste rutubeti % 10.3'e ulaşmıştır. Kasım ayında kereste % 65.4 başlangıç rutubetinden % 13.5 rutubete kadar kurumuştur. Güneş fırınında yapılan kurutma denemeleri, kerestenin kış döneminde ortalama % 12 rutubete kadar 2 ayda kurutulabileceğini göstermiştir.

Açık havada yaz döneminde % 66.5 başlangıç rutubetindeki kereste bir ayda ortalama % 25.5 rutubete kadar kurutulabilmiştir. Kış döneminde ise ortalama % 83.8 başlangıç rutubetindeki kereste aynı sürede % 27.0 sonuç rutubetine kadar kurumuştur. Yaz ve kış dönemindeki doğal kurutma denemelerinde elde edilen kereste sonuç rutubetleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Güneş fırınında yaz döneminde elde edilen ortalama % 10.6 sonuç rutubetinin birçok kullanım yeri için yeterli sayılabileceği düşünülürse, bu dönemde güneş enerjisi ile kereste kurutmanın önemli avantajlar sağlayabileceği anlaşılmaktadır. Doğal kurutmada kereste rutubetinin Trabzon iklim şartlarında ortalama % 15'in altına düşmediği ve bunun için de yaklaşık 3 aylık bir süreye ihtiyaç duyulması, güneş enerjisi ile kereste kurutmanın daha avantajlı olacağını gösterir.

Teknik kurutmada % 10 sonuç rutubeti için yaklaşık 7

gün gereklidir. Güneş enerjisi ile kereste aynı rutubete kadar bir ayda kurutulabilmesine rağmen, önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Her iki kurutma metodu enerji girdileri bakımından karşılaştırılmış ve 50 mm kalınlıktaki 1 m<sup>3</sup> Doğu Lâdini kerestesinin güneş fırınında ortalama % 10 sonuç rutubetine kadar kurutulması halinde yaklaşık olarak 550 kWh'lik enerjinin tasarruf edilebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca güneş enerjisi ile kereste kurutmada işletme masrafları oldukça azdır. Güneş enerjisi ile kereste kurutmanın; enerji tasarrufu ve düşük işletme masrafları yanında, çevre kirliliğine yol açmaması da önemini artırmaktadır.

Özellikle kış dönemindeki güneş enerjili kurutma denemelerinde, fırın bağıl neminin yüksek olduğu günlerde kereste yüzeylerinde küflenmeler oluşmuştur. Küflenme üzerinde fırın içerisindeki düşük hava hızının da etkili olduğu anlaşılmıştır. Hava hızının artırılması amacıyla, toplayıcıda hava sirkülasyonu sağlayan vantilâtörlerden bağımsız olarak, fırın içerisine ayrı bir havalandırma vantilâtörünün yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Kurutma denemelerinde kalite düşmesine sebep olabilecek kurutma kusurları oluşmamıştır. Bu bakımdan fırında artırılacak hava hızının önemli kurutma kusurlarına yol açmayacağı söylenebilir.

Kış döneminde yapılan kurutma denemeleri arzulanan başarıyı sağlamamıştır. Bu bakımdan, Trabzon'da kurulacak güneş fırını toplayıcı eğimlerinin yaz aylarına göre ayarlanması uygun bulunmuştur.

Sonuç olarak; denemelerde kullanılan 50 mm kalınlıktaki Doğu Lâdini keresteleri Nisan - Ekim ayları arasındaki 7 aylık yaz döneminde güneş fırınında yaklaşık bir ayda ortalama % 10 sonuç rutubetine kadar kurutulabilmektedir. Diğer taraftan güneş fırını ve toplayıcı dizaynında sağlanacak gelişmelerle kurutma süresinin kısaltılması veya kerestenin daha düşük rutubet derecelerine kadar kurutulması mümkün olabilecektir.

## VI. KAYNAKLAR

1. örs, Y., Kurutma ve Buharlama Tekniği, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 15, Trabzon, 1986.
2. Kantay, R., Türkiye'nin Bazı önemli Ağaç Türleri Kerestelerinin Teknik Kurutma özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no. 269, İstanbul, 1978.
3. Berkel, A., Kerestenin Doğal ve Hızlandırılmış Doğal Kurutma Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 266, İstanbul, 1978.
4. Kantay, R. ve Bozkurt, A. Y., Biçilmiş Ağaç Malzemenin Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Metodlarının Isı Ekonomisi Bakımından İncelenmesi, Isı Bilimi ve Tekniği 2. Ulusal Kongresi, 1979, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 235 - 253.
5. Comstock, G. L., Energy Requirements for Drying of Wood Products, Forest Prod. Res. Soc., Madison Wis. (1975) 8 - 12.
6. Cech, M. Y. and Pfaff, F., Dehumidification Drying of Spruce Studs, Forest Prod. J., 28, 3 (1978) 22 - 26.
7. Chen, P. Y. S., Design and Tests of a 500 BF Solar Kiln, Forest Prod. J., 31,3 (1981) 33 - 38.
8. Berkel, A., Ağaç Malzemenin Tabii Surette Kurutulması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, İstanbul, 6,1 (1956)1-26.
9. DPT, 6. Beş Yıllık Kalkınma Planı 1990-1994, DPT no: 2174, Ankara, 1989.
10. İleri, A., Ekserji Verimi, Isı Bilimi ve Tekniği 3. Ulusal Kongresi, 1981, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 164-174.
11. Little, R. L., Industrial Use of Solar Heat in Lumber Drying: a Long-Term Performance Report, Forest Prod. J., 34,9(1984) 22 - 26.
12. Read, W. R., Choda, A. ve Cooper, P. I., A Solar Timber Kiln, Solar Energy, 15(1974) 309 - 316.

13. McCormick, P. O., Robertson, S. J., Solar Industrial Process Heat for Kiln Drying Lumber, Practical Application of Solar Energy to Wood Proceeding January 6-7, 1977, Blacksburg, Va., 65 - 68.
14. Tschernitz, J. L. ve Simpson, W. T., Solar Kiln: Feasibility of Utilizing Solar Energy for Drying Lumber in Developing Countries, Forest Prod. Lab., Madison Wis., TA(AG) 02,75, 1977.
15. Lumley, T. G. ve Choong, E. T., Technical and Economic Characteristics of to Solar Kiln Designs, Forest Prod. J., 29,7 (1979) 49 - 56.
16. DMGM Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon için 1989 - 1990 Aylık Rasat Sonuçları, Trabzon, 1990.
17. Kısakürek, B., Döner Kurutucularda Kurutma Süresi Hesaplanması, 1. Ulusal Kütle Trasferi Simpozyumu Isıtma ve Isı Ekonomisi Ulusal Kongresi, 1981, Ankara, 27-37.
18. Akyurt, M., Sevilir, E., Söylemez, E., Selçuk, M.K., Güneş Enerjisi ve Bazı Yakıtlarla Meyve ve Sebze Kurutulması, TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, TOAG - 97, Ankara, 1976.
19. Kantay, R., Çam ve Göknar Kerestesi ile Yapılan Bir Doğal Kurutma Denemesi, I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, İstanbul, 35,B/2 (1985), 40 - 51.
20. Kısakürek, B., Kurutma Modelleri, 1. Ulusal Kütle Transferi Simpozyumu Isıtma ve Isı Ekonomisi Ulusal Kongresi, 1981, Ankara, Bildiriler Kitabı, 7 - 25.
21. Van Vorst, W. T., Remarks on the Drying of Granular Materials, The Boelter Anniversary Volume of Heat Transfer, McGraw-Hill, 1964.
22. Krischer, O., Die Wiessenschaftlichen Grundlagen der Trocknung - Stechnik, Springer - Verlag, Berlin, 1963.
23. Kısakürek, B., Peck, R. E. ve Cakaloz, T., Generalized Drying Curves for Porous Solids, Can. J. Chem. Eng., V53 (1975) 53.
24. Lykov, A. V. ve Mikhailov, Y. A., Theory of Energy and Mass Transfer, Printice Hall. New Jersey, 1961.
25. Lykov, A. V., Heat and Mass Transfer in Capillary Porous Bodies, Pergamon Press, 1966.



26. Arzan, A. A. ve Morgan, R. P., A Transient, Two-region Moving Boundary Analysis of the Drying Process, Chem. Eng. Progr. Symp. Ser., 63,79 (1967) 24.
27. Kılıc, A. ve Öztürk, A., Güneş Enerjisi, Kipas Yayını, İstanbul, 1983.
28. Rehman, M. A. ve Chawla, D. P., Seasoning of Timber Using Solar Energy, Indian For. Bull., 229 (1961) 18.
29. Maldonado, E. D., Solar Radiation Used to Dry Mahogany Lumber in Puerto Rico, USDA For. Ser. Note, 14, 1962.
30. Tao, Y., Hsiao, C., Lumber Solar Drying Experiment at Taichung, Taiwan Provincial Chung-Hsing Univ. Bull., 63-N-49 (1964) 14.
31. Satter, M. A., The Feasibility of Solar Drying of Timber in East Pakistan, Forest Dale News, 1,3 (1969) 48 - 56.
32. Plumtre, R. A., The Design and Operation of a Small Solar Seasoning Kiln on the Equator in Uganda, Commonwealth For. Res., (London), 130,46,4 (1967) 298 - 309.
33. Wengert, E., Improvements in Solar Kiln Design, For. Prod. Lab., Madison Wis., 1971.
34. Gough, D. K., The Design and Operation of a Solar Timber Kiln, Fiji Timbers and Their Uses, 67 (1977) 17.
35. Casin, R. F., Solar Dryer for Lumber, Forest Prod. Res. Inst., Philippines, 1967.
36. Bois, P. J., Constructing and Operating a Small Solar Heated Lumber Dryer, Forest Prod. Util Tech. Rep.7, USDA, 1977.
37. Little, R. L., Design and Performance Foreign Solar Lumber Dryers, Solar Energy to Wood Processing, Blacksburg, Va., 1977, 35 - 48.
38. Yang, K. L., Solar Kiln Performance At a High Latitude, 48° N, Forest Prod. J., 30,3 (1980) 37 -40.
39. Troxell, H. E. ve Mueller, L. A., Solar Lumber Drying in the Central Rocky Mountain Region, Forest Prod. J., 18,1 (1968) 19 - 24.
40. Simpson, W. T. ve Tschernitz, J. L., Solar Dry Kiln for Tropical Latitudes, Forest Prod. J., 34,5 (1984) 25-34.

41. Harpole, G. B., Investmen Opportunity: The FPL Low-Cost Solar Dry Kiln, Forest Prod. Lab., Madison Wis., 1988.
42. Helmer, W. A. ve Chen, P. Y. S., Computer Simulation of a New Method to Dry Lumber Using Solar Energy an Absorbtion Refrigeration, Wood and Fiber Science, 17, 4 (1955) 464 - 476.
43. Page, R. K., The Estimation of Monthly Mean Values of Daily Total Short-wavw Radiation on Vertical and Inclined Surface From Sunshine Records for Latitudes 40 N, Proc.UN Cons. News Sources of Energy, s/98 (1961),40.
44. Deris, N., Günes Enerjisi, Sıcak Su ile Isıtma Tekniqi, Sermet Matbaası, İstanbul, 1979.
45. Duffie, I. A. ve Beckman, W. A., Solar Energy Thermal Processes, J. Wiley and Sons, N.Y., 1974.
46. Dagsöz, A. K., Isı Geçisi, Birsen Kitabevi, İstanbul, 1977.
47. Kakac, S., örneklerle Isı Transferi, Güven Kitabevi, Ankara, 1972.
48. Rietschel, H. ve Raiss, W., Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme Tekniqi, II.Cilt, Çev.: U. Göktürk, Arı Kitabevi, 1974.
49. Kalıpsız, A., İstatistik Yöntemler, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın no. 294, İstanbul, 1981.
50. Kurtoglu, A., Hava Kurusu Odunda Rutubet Değişimleri ve Türkiye'de Odunun Muhtemel Denge Rutubeti Miktarlarının Dağılımı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın no. 362, İstanbul, 1984.

## VII. EKLER

Tablo A.1. Haziran (1989) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Øo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 15.0 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 51 %

Gün	To(°C)	Øo(%)	Tt(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	18.8	73.0	18.7	1.2	12.3	0.0	
2	18.5	79.7	19.2	1.4	7.4	4.0	+
3	19.8	76.3	19.4	1.9	11.0	2.0	
4	19.8	80.0	19.9	0.5	7.3	4.0	+
5	19.4	75.3	20.3	2.4	12.4	0.0	
6	20.5	79.7	20.8	1.4	13.5	0.7	
7	23.2	71.7	21.4	2.2	7.0	6.0	+
8	19.7	82.7	22.0	1.7	2.4	7.3	
9	18.8	83.0	21.8	0.4	0.0	9.0	
10	18.0	80.0	21.1	2.0	0.5	9.0	+
11	16.6	86.3	20.6	2.1	0.0	10.0	+
12	18.6	82.7	20.1	1.2	1.4	6.0	
13	20.5	80.7	20.0	2.0	11.3	4.7	
14	20.5	81.3	20.3	2.2	12.3	4.7	
15	20.5	78.3	21.2	1.5	4.3	5.7	
16	19.4	77.7	21.5	1.5	0.0	6.7	+
17	19.8	77.0	21.2	1.9	10.1	5.7	
18	21.2	79.3	21.2	2.1	10.4	0.0	
19	21.0	82.0	21.6	1.4	0.3	9.3	
20	19.5	75.0	21.6	1.8	0.0	8.5	
21	20.6	78.7	21.3	2.6	11.1	0.7	
22	20.4	78.0	21.6	1.4	10.4	4.3	+
23	19.7	82.0	21.9	1.9	3.5	7.7	+
24	20.5	71.7	21.9	2.5	11.7	3.0	
25	21.6	73.0	21.1	1.8	12.6	0.0	
26	22.3	80.3	22.7	1.7	13.2	2.0	
27	22.6	79.0	23.2	1.1	12.1	2.3	
28	23.5	73.3	23.7	1.8	13.4	0.0	
29	23.4	78.7	24.2	1.6	11.8	2.7	
30	23.5	79.7	24.5	1.4	6.7	7.0	
Ort.	20.4	78.5	21.4	1.7	7.7	4.4	8

Tablo A.2. Temmuz (1989) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Øo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 14.8 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 22 %

Gün	To (°C)	Øo (%)	Tt (°C)	v (m/s)	t (h)	Bulut	Yağış
1	23.2	82.7	24.6	1.6	6.4	7.7	
2	23.5	79.0	24.8	1.7	6.2	2.7	
3	24.0	80.0	25.1	1.5	10.0	3.7	
4	24.3	77.3	25.4	2.0	5.7	6.7	
5	21.7	77.0	25.5	3.4	0.0	9.0	+
6	21.6	76.3	24.6	1.9	0.0	8.0	
7	21.4	73.7	23.7	2.9	3.8	8.3	
8	21.8	80.3	23.4	2.9	1.5	8.7	
9	23.2	76.0	23.3	1.3	1.3	8.0	
10	21.8	84.3	23.3	3.2	0.0	9.3	
11	22.4	79.0	23.5	1.9	0.5	8.7	
12	23.0	81.7	23.5	2.6	2.0	6.0	
13	23.4	76.7	23.5	1.6	8.4	2.7	
14	24.1	75.3	23.7	1.8	13.1	2.0	
15	24.5	76.7	24.4	2.1	12.8	2.0	
16	24.4	75.3	25.1	2.0	12.8	1.0	
17	23.1	83.7	25.5	3.6	2.6	6.0	
18	23.1	79.3	25.3	3.2	2.3	8.0	
19	23.8	80.3	25.1	3.0	10.3	0.0	
20	24.6	77.0	25.2	3.5	0.8	8.0	
21	22.8	83.0	24.9	3.9	0.0	9.0	
22	20.5	83.0	24.6	3.0	0.0	9.0	
23	22.0	62.7	23.7	3.0	0.0	9.0	
24	21.6	70.0	23.3	2.6	0.0	8.7	+
25	22.1	77.0	23.2	2.8	0.0	9.0	
26	22.6	77.3	23.2	2.2	0.0	9.0	+
27	23.2	85.0	23.2	0.7	0.3	8.7	
28	23.0	89.3	23.2	1.4	0.1	8.3	
29	23.2	86.0	23.3	1.6	0.2	9.0	
30	23.4	86.0	23.4	2.2	0.0	9.0	+
31	21.4	91.0	23.6	1.7	0.0	9.3	+
Ort.	23.9	79.4	24.1	2.3	3.3	6.9	5

Tablo A.3. Ağustos (1989) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Øo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 13.8 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 48 %

Gün	To(°C)	Øo(%)	t(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	22.9	82.0	21.6	2.2	10.5	1.7	
2	23.6	81.7	21.6	2.5	11.6	0.0	
3	23.6	79.0	21.7	2.2	9.8	2.3	
4	24.0	84.7	21.8	2.9	0.1	8.0	
5	20.4	89.7	21.8	3.1	0.0	9.3	+
6	22.6	83.0	22.0	2.3	5.7	5.7	
7	23.4	77.0	22.0	1.3	7.0	4.0	
8	23.4	82.3	22.0	1.6	0.0	8.3	
9	23.5	85.3	22.0	2.7	3.6	6.3	
10	24.1	75.7	22.0	2.2	11.6	0.0	
11	23.8	76.3	22.0	2.2	9.0	3.7	
12	24.2	82.0	22.1	1.8	1.9	6.7	
13	24.7	78.3	22.4	1.9	6.6	5.3	
14	25.3	83.3	22.4	2.2	0.4	8.3	
15	24.5	75.7	22.5	2.1	2.7	6.0	+
16	24.4	78.3	22.6	3.4	10.4	0.3	
17	24.5	75.7	22.7	3.5	9.9	2.3	
18	23.8	72.3	22.7	2.0	5.9	2.7	
19	23.5	78.0	22.8	2.6	8.0	3.3	+
20	24.7	73.3	22.8	2.3	8.1	1.7	
21	23.2	82.7	22.8	3.4	3.5	6.3	+
22	24.1	80.0	22.9	2.8	5.5	7.7	+
23	24.5	79.3	23.0	3.6	6.8	4.0	
24	23.4	77.3	23.0	3.4	8.3	4.3	
25	24.5	77.7	23.0	2.4	9.0	2.3	
26	24.0	78.3	23.0	2.2	10.7	0.0	
27	23.7	75.7	23.0	2.5	9.9	0.3	
28	23.8	77.7	23.0	3.2	9.3	4.0	
29	24.8	80.3	23.2	3.0	6.3	5.3	
30	25.1	78.0	23.2	2.1	10.2	2.3	
31	25.1	82.7	23.2	2.0	3.9	5.0	
Ort.	23.9	79.5	22.5	2.5	6.7	4.1	5

Tablo A.4. Eylül (1989) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)

Øo = Hava bağıl nemi (%)

Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)

v = Rüzgar hızı (m/s)

t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 12.5 saat

Aylık güneşlenme oranı : 38 %

Gün	To(°C)	Øo(%)	Tt(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	22.4	77.7	25.8	2.7	2.6	7.3	+
2	21.6	84.0	25.5	1.8	4.0	4.7	+
3	22.2	71.7	24.9	2.1	9.8	0.0	
4	22.4	74.3	24.7	2.3	9.8	0.7	
5	23.4	75.7	24.7	2.9	9.8	0.0	
6	23.6	79.7	24.8	4.0	3.5	6.3	
7	21.8	85.3	24.7	2.4	0.6	9.0	+
8	19.1	90.3	24.3	2.8	0.0	9.0	+
9	19.5	84.3	23.5	2.5	1.4	6.0	
10	21.1	74.3	22.8	2.0	9.6	3.3	+
11	20.7	81.7	22.8	3.0	3.4	7.0	+
12	18.6	85.3	22.6	3.4	2.6	5.7	+
13	16.8	83.0	22.4	6.0	0.3	8.3	+
14	14.4	83.3	21.7	3.3	0.0	7.0	
15	16.0	67.3	21.1	3.9	8.8	1.0	
16	18.4	78.7	20.6	2.8	5.2	5.3	+
17	17.0	89.7	20.5	2.9	4.0	8.0	+
18	17.3	78.0	20.4	2.7	0.1	7.3	
19	18.6	78.3	20.1	4.0	8.2	3.0	
20	18.8	80.7	20.1	3.7	7.3	2.0	
21	19.0	80.0	20.2	2.4	8.0	1.3	
22	19.6	80.3	20.2	2.3	6.2	3.3	
23	19.1	81.7	20.4	2.9	7.4	1.3	
24	19.1	84.0	20.2	1.7	8.8	0.0	
25	19.9	82.7	20.4	2.5	1.4	8.3	
26	20.4	88.7	20.5	2.0	0.1	8.3	+
27	20.2	87.7	20.5	2.5	4.0	7.7	
28	19.9	82.7	20.6	2.2	8.3	2.7	
29	20.0	86.0	20.8	2.6	7.0	2.7	
30	20.7	80.7	20.8	2.8	1.8	6.7	
Ort.	19.7	81.3	22.1	2.8	4.8	4.8	11

Tablo A.5. Ekim (1989) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Öo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = Toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 11.1 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 34 %

Gün	To(°C)	Öo(%)	Tt(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	21.0	74.8	20.6	2.8	2.4	8.3	+
2	14.4	91.0	20.4	2.3	0.0	9.0	+
3	17.0	79.7	19.8	3.4	7.7	6.0	
4	17.3	88.7	19.5	3.3	1.3	9.0	+
5	16.6	92.0	19.3	4.5	0.0	8.3	+
6	16.9	88.7	19.2	3.2	1.0	7.7	+
7	15.0	84.7	18.7	1.4	0.0	8.7	+
8	17.2	81.3	18.3	2.5	4.8	7.7	
9	19.3	67.0	18.3	4.2	8.7	0.0	
10	20.4	64.0	18.3	2.9	8.8	0.3	
11	21.9	61.3	18.5	1.3	8.6	0.0	
12	16.6	67.3	18.6	1.8	1.8	7.7	+
13	14.7	80.7	18.4	4.4	0.0	8.7	+
14	14.4	79.3	17.9	1.5	0.0	8.0	
15	15.0	78.3	17.6	2.0	8.9	0.7	
16	17.6	70.3	17.5	1.0	9.0	0.7	
17	18.8	75.7	17.3	2.2	6.1	5.3	
18	16.4	81.3	17.4	2.2	0.0	7.7	
19	15.2	83.3	17.5	3.1	0.2	8.7	+
20	13.2	76.0	17.4	1.9	0.0	8.7	+
21	13.8	70.3	16.8	2.3	1.3	7.7	
22	14.0	74.3	16.6	2.7	2.7	7.0	
23	13.6	76.0	16.5	3.3	5.4	3.3	
24	13.8	75.0	16.3	2.7	8.9	1.7	
25	14.4	83.0	16.1	2.1	8.5	0.3	
26	15.4	72.7	15.9	3.3	7.4	3.0	
27	15.6	84.7	16.0	2.2	7.2	1.7	
28	15.3	88.7	16.1	2.2	0.0	9.0	+
29	15.2	85.7	16.2	1.6	0.0	9.7	+
30	15.2	78.7	16.2	2.3	0.0	9.0	+
31	15.9	81.7	16.1	1.5	7.5	2.0	
Ort.	16.1	79.2	17.7	2.5	3.8	5.6	13

Tablo A.6. Kasım (1989) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Øo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme sresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 9.9 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 37 %

Gün	To(°C)	Øo(%)	Tt(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	14.6	81.3	16.1	2.3	7.5	0.7	
2	14.9	78.3	16.0	2.5	4.1	3.7	
3	15.8	69.0	15.9	3.8	6.8	3.3	
4	15.4	79.7	15.7	2.8	3.1	6.0	
5	14.2	80.7	15.6	2.8	7.8	0.0	
6	14.7	78.7	15.4	2.3	7.6	0.3	
7	15.0	71.3	15.3	1.9	7.8	0.0	
8	18.6	52.3	15.3	2.6	7.8	1.0	
9	19.9	39.7	15.2	4.6	5.9	4.0	
10	16.4	61.7	15.4	2.9	2.4	8.0	
11	13.2	81.0	15.4	2.2	0.2	6.3	
12	13.4	72.0	15.2	2.1	4.0	7.3	+
13	12.8	76.0	14.9	3.1	6.5	2.3	
14	13.0	82.0	14.8	1.8	0.0	6.7	
15	12.6	79.3	14.5	4.4	2.4	7.3	+
16	12.2	82.0	14.4	3.8	4.2	6.7	+
17	11.5	81.7	14.2	7.2	1.8	7.3	+
18	8.0	54.3	14.1	6.1	5.3	3.7	
19	5.6	77.7	13.3	1.9	2.9	7.7	+
20	6.0	54.3	12.7	5.1	5.8	2.7	
21	6.4	57.3	11.7	3.4	7.7	1.3	
22	12.4	53.3	11.1	2.0	0.6	7.0	
23	18.9	36.3	11.0	4.2	5.7	5.0	
24	14.3	57.3	11.4	4.1	0.0	9.0	+
25	13.8	68.0	11.9	2.8	4.3	7.7	+
26	15.2	67.7	12.1	3.3	0.0	8.7	
27	10.4	87.0	12.7	3.8	0.0	9.0	+
28	9.8	71.3	12.1	1.5	0.2	8.0	+
29	7.1	84.0	11.9	5.3	0.0	9.0	+
30	4.3	82.3	11.3	3.7	0.0	9.7	+
Ort.	12.7	69.9	13.9	3.4	3.7	5.3	11



Tablo A.7. Aralık (1989) ayı iklim verileri.

$T_o$  = Hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $\theta_o$  = Hava bağıl nemi (%)  
 $T_t$  = 50 cm. de toprak sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $v$  = Rüzgar hızı (m/s)  
 $t$  = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 9.2 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 30 %

Gün	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$\theta_o(\%)$	$T_t(^{\circ}\text{C})$	$v(\text{m/s})$	$t(\text{h})$	Bulut	Yağış
1	3.3	84.7	10.5	3.4	0.0	7.0	+
2	2.7	70.3	9.8	5.1	3.9	4.3	
3	4.4	58.7	9.3	4.6	0.1	7.7	
4	5.1	55.0	8.8	2.2	5.4	4.3	
5	5.9	56.7	8.5	3.2	7.2	2.0	
6	2.8	78.0	8.3	5.1	2.6	7.0	+
7	6.9	51.7	8.0	4.4	5.9	2.3	
8	6.8	82.0	7.6	4.2	0.0	9.7	+
9	5.8	77.7	7.7	1.7	4.1	6.7	+
10	11.4	61.3	7.8	5.7	0.0	9.3	+
11	2.6	90.0	8.2	3.7	0.0	10.0	+
12	2.4	86.7	7.7	2.1	0.0	10.0	+
13	4.7	73.0	6.9	3.1	2.5	4.7	
14	5.4	58.7	6.8	2.9	6.7	0.7	
15	6.5	58.3	6.5	2.7	1.4	7.0	
16	9.0	54.0	6.6	3.1	6.2	2.0	
17	12.2	60.3	6.7	1.7	0.7	4.0	
18	12.8	56.0	7.0	3.7	6.6	0.3	
19	13.6	56.3	7.7	3.5	2.1	4.7	
20	11.4	57.7	8.2	2.0	2.0	5.7	
21	10.1	76.7	8.3	3.8	0.8	8.3	
22	9.5	73.0	8.5	2.5	4.3	3.3	
23	9.2	67.0	8.6	1.1	6.6	0.0	
24	9.0	70.7	8.5	2.8	6.1	0.0	
25	8.8	88.0	8.4	2.5	0.0	9.7	+
26	9.7	79.0	8.5	2.3	2.8	5.7	
27	8.1	87.7	8.6	1.8	0.0	6.0	
28	9.5	86.0	8.6	0.9	0.1	7.0	+
29	9.0	75.7	8.6	2.3	3.7	4.3	
30	9.8	69.7	8.7	1.2	1.5	8.3	+
31	9.8	84.7	8.8	1.8	1.9	8.0	+
Ort.	7.7	70.5	8.2	2.9	2.8	5.5	11

Tablo A.8. Ocak (1990) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Öo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 9.5 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 29 %

Gün	To(°C)	Öo(%)	Tt(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	7.0	69.3	9.0	3.3	0.0	9.0	+
2	6.4	77.7	9.0	1.7	2.8	8.0	+
3	6.2	78.0	8.7	4.0	0.0	8.7	+
4	5.2	79.3	8.5	2.0	0.0	9.0	+
5	1.7	82.0	8.3	4.2	0.0	9.7	+
6	0.8	56.3	7.5	3.2	6.5	1.0	
7	1.8	65.0	6.8	3.0	6.2	5.3	
8	3.3	66.3	6.5	4.4	0.0	9.3	+
9	3.2	70.0	6.2	2.5	4.4	3.3	
10	4.0	51.3	6.0	3.1	3.8	5.3	
11	4.7	64.7	5.9	4.8	0.0	6.3	
12	4.6	56.0	5.7	3.2	7.5	1.0	
13	5.6	53.3	5.6	2.9	0.0	5.3	
14	5.1	82.3	5.7	2.9	7.3	0.0	
15	5.8	76.3	5.8	3.0	0.0	8.7	+
16	4.4	89.0	5.9	2.4	0.5	9.7	+
17	6.2	71.0	6.1	4.1	0.0	10.0	+
18	7.6	72.3	6.2	2.9	2.8	8.3	+
19	8.4	64.0	6.3	2.2	3.4	5.3	
20	9.5	72.7	6.5	3.3	3.6	7.0	
21	6.4	89.3	6.8	3.2	0.0	10.0	+
22	4.4	89.7	7.0	2.6	0.0	10.0	+
23	4.2	90.3	6.9	4.3	0.0	8.7	+
24	5.3	84.7	6.7	3.1	1.4	7.0	
25	4.5	70.0	6.6	2.2	8.0	0.0	
26	6.8	62.3	6.5	1.4	8.0	0.0	
27	6.6	53.7	6.3	2.8	8.0	0.3	
28	6.8	68.3	6.2	4.6	1.0	7.3	
29	5.8	66.7	6.2	4.1	7.8	0.3	
30	9.0	49.3	6.2	1.6	0.8	7.3	
31	8.9	75.0	6.2	1.8	2.5	5.0	
Ort.	5.5	71.2	6.7	3.1	2.8	6.0	13

Tablo A.9. Şubat (1990) ayı iklim verileri.

$T_o$  = Hava sıcaklığı (°C)  
 $\theta_o$  = Hava bağıl nemi (%)  
 $T_t$  = Toprak sıcaklığı (°C)  
 $v$  = Rüzgar hızı (m/s)  
 $t$  = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 10.6 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 25 %

Gün	$T_o$ (°C)	$\theta_o$ (%)	$T_t$ (°C)	$v$ (m/s)	$t$ (h)	Bulut	Yağış
1	6.3	91.3	6.5	2.3	0.0	10.0	+
2	6.1	88.7	6.6	1.4	0.0	10.0	+
3	6.1	88.3	6.6	2.5	0.0	10.0	+
4	5.7	88.3	6.9	1.8	3.4	9.3	
5	6.2	73.0	7.0	2.3	5.6	5.3	
6	5.1	90.3	7.1	2.1	1.5	6.3	
7	5.1	80.0	7.2	2.3	3.9	5.0	
8	5.8	71.7	7.1	2.7	7.9	2.3	
9	3.9	80.7	7.2	3.1	7.8	1.3	
10	5.2	78.0	7.2	2.0	0.0	9.0	
11	5.8	77.7	7.1	2.9	4.5	8.7	
12	10.8	66.3	7.2	1.3	0.0	8.0	
13	12.3	71.3	7.2	2.7	3.7	3.7	
14	16.1	33.3	7.5	1.9	0.0	8.3	
15	8.6	90.3	7.7	1.9	0.2	6.7	
16	12.6	51.3	8.1	6.7	0.0	8.3	+
17	5.1	87.0	8.2	2.6	0.0	9.3	+
18	3.2	88.7	8.1	3.6	0.0	10.0	+
19	2.9	77.0	7.5	4.1	0.9	8.3	+
20	3.6	64.7	7.1	3.0	6.6	1.7	
21	3.9	67.0	6.8	3.3	6.5	2.7	
22	4.5	77.7	6.8	2.8	0.0	9.0	
23	4.8	79.3	6.7	3.0	0.0	9.0	+
24	6.2	76.7	6.7	2.1	0.0	8.3	
25	7.0	83.7	6.7	1.5	0.0	10.0	+
26	9.3	63.3	7.0	1.9	9.2	0.0	
27	10.7	54.0	7.3	1.6	9.2	0.3	
28	16.0	40.0	7.6	2.3	3.9	8.0	
Ort.	7.1	74.3	7.2	2.6	2.7	6.7	9

Tablo A.10. Mart (1990) ayı iklim verileri.

To = Hava sıcaklığı (°C)  
 Øo = Hava bağıl nemi (%)  
 Tt = 50 cm. de toprak sıcaklığı (°C)  
 v = Rüzgar hızı (m/s)  
 t = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 11.9 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 38 %

Gün	To(°C)	Øo(%)	Tt(°C)	v(m/s)	t(h)	Bulut	Yağış
1	9.2	77.7	8.3	3.8	2.4	5.3	
2	9.2	84.0	8.6	2.5	5.8	6.0	
3	7.5	89.7	9.9	1.9	4.1	5.3	
4	4.4	86.0	9.0	2.6	0.0	10.0	+
5	3.4	76.0	8.7	2.2	1.5	8.0	+
6	4.1	66.3	7.9	2.8	8.4	3.7	
7	6.4	69.0	8.0	1.4	9.2	0.0	
8	6.5	73.0	8.2	5.1	6.0	5.0	+
9	6.9	57.7	8.2	2.2	9.3	0.0	
10	12.1	50.3	8.1	2.3	9.3	0.0	
11	6.0	83.7	8.5	2.6	0.0	7.3	+
12	6.6	85.3	8.4	1.6	0.0	8.0	
13	9.5	78.3	8.3	1.6	7.3	1.0	
14	8.5	84.0	8.6	4.6	2.4	4.0	+
15	2.9	77.3	8.5	7.1	0.9	8.7	+
16	1.5	77.7	8.1	2.1	2.8	5.0	+
17	3.1	61.0	7.5	2.9	7.1	3.0	
18	5.2	71.7	7.4	2.1	6.5	3.0	
19	7.6	79.0	7.6	1.2	1.4	8.7	
20	7.4	84.0	8.1	2.5	6.9	6.0	
21	6.8	91.3	8.4	2.1	9.0	3.0	
22	7.4	87.3	8.9	1.9	0.0	10.0	
23	7.3	88.7	9.1	1.5	0.0	9.3	
24	7.0	90.7	9.2	1.4	0.0	9.0	
25	10.2	83.0	9.2	1.4	5.6	2.7	
26	14.7	58.0	9.5	1.2	4.5	2.0	
27	14.4	60.7	10.2	0.5	8.4	2.7	
28	14.0	57.3	10.7	1.8	8.7	0.0	
29	11.3	80.0	11.2	1.9	8.5	2.7	
30	9.1	83.7	11.6	2.1	2.1	9.3	
31	8.6	68.0	11.7	5.2	0.0	10.0	
Ort.	7.7	76.1	8.9	2.5	4.5	5.1	7

Tablo A.11. Nisan (1990) ayı iklim verileri.

$T_o$  = Hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $\phi_o$  = Hava bağıl nemi (%)  
 $T_t$  = 50 cm. de toprak sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $v$  = Rüzgar hızı (m/s)  
 $t$  = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 13.2 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 33 %

Gün	$T_o$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\phi_o$ (%)	$T_t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$v$ (m/s)	$t$ (h)	Bulut	Yağış
1	6.0	71.7	10.3	3.5	0.1	8.3	+
2	5.3	70.7	10.8	2.6	0.0	8.0	+
3	6.2	75.0	10.8	2.2	5.5	3.0	
4	8.3	86.3	10.8	1.6	8.0	2.3	
5	8.3	78.7	10.8	1.3	6.8	2.3	
6	9.4	85.3	10.6	0.9	8.8	0.0	
7	10.0	80.0	10.6	2.4	9.9	0.0	
8	16.1	35.0	10.6	3.2	10.1	0.0	
9	13.8	73.3	10.9	2.4	1.5	8.0	+
10	12.1	82.3	11.0	2.9	4.4	9.0	
11	16.5	57.0	11.2	3.8	0.2	8.7	+
12	10.2	90.0	11.4	3.2	0.0	10.0	+
13	10.1	89.7	11.5	1.2	0.0	10.0	+
14	9.7	90.7	11.6	2.4	0.0	10.0	+
15	9.5	84.3	11.6	2.1	0.0	10.0	+
16	10.6	71.0	11.6	1.6	7.2	4.3	
17	11.7	72.0	11.7	1.4	10.3	1.3	
18	11.2	78.0	11.7	3.0	4.1	8.7	
19	11.6	82.7	11.8	1.9	10.3	4.7	+
20	14.6	74.7	11.8	1.8	2.5	4.7	+
21	11.1	83.0	12.0	2.8	0.0	9.7	+
22	12.8	73.3	12.0	2.2	11.0	1.3	
23	16.4	66.3	12.1	1.8	1.9	8.3	+
24	19.2	63.3	12.4	2.5	4.5	7.7	
25	17.5	72.0	12.6	1.7	3.1	8.7	
26	17.7	67.0	12.6	3.0	2.0	8.7	+
27	16.5	70.0	12.5	2.8	4.3	6.7	+
28	11.2	80.3	12.4	1.4	0.0	9.0	+
29	11.4	81.0	12.4	1.8	7.6	5.0	+
30	11.7	77.0	13.5	2.7	9.1	4.0	
Ort.	11.9	75.4	11.6	2.3	4.4	6.1	16

Tablo A.12. Mayıs (1990) ayı iklim verileri.

$T_o$  = Hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $\theta_o$  = Hava bağıl nemi (%)  
 $T_t$  = 50 cm. de toprak sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $v$  = Rüzgar hızı (m/s)  
 $t$  = Güneşlenme süresi (saat)

Mümkün güneşlenme süresi : 14.4 saat  
 Aylık güneşlenme oranı : 32 %

Gün	$T_o$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\theta_o$ (%)	$T_t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$v$ (m/s)	$t$ (h)	Bulut	Yağış
1	9.9	80.3	14.5	3.6	0.0	9.3	+
2	10.9	75.0	14.2	1.8	4.1	8.7	+
3	10.9	74.3	13.9	1.9	0.4	8.3	+
4	10.2	81.3	13.7	1.2	0.0	9.3	+
5	9.6	81.0	13.5	1.8	0.0	10.0	+
6	9.6	75.7	13.2	1.7	0.4	5.7	+
7	12.4	70.3	13.2	1.7	12.7	0.3	
8	14.0	77.7	13.5	1.5	12.7	0.0	
9	12.6	83.7	14.2	2.4	8.1	5.7	
10	12.8	80.0	14.6	1.5	0.6	8.3	+
11	13.5	80.0	14.5	1.2	0.6	8.3	+
12	13.1	80.0	14.6	2.7	0.6	9.3	+
13	14.6	73.3	14.6	1.4	9.5	2.7	+
14	13.2	77.3	15.2	2.3	10.6	2.3	
15	12.8	84.0	15.7	1.5	0.0	10.0	
16	13.2	90.0	15.6	0.8	0.0	10.0	
17	13.4	89.3	15.6	1.6	0.0	9.3	+
18	15.6	85.7	15.4	1.1	3.5	5.7	+
19	16.4	88.0	15.6	1.1	12.1	1.3	
20	14.8	90.0	16.2	2.9	2.0	9.0	
21	12.6	79.0	16.4	1.6	0.0	7.0	+
22	13.9	83.7	16.1	1.5	0.0	8.7	
23	15.2	78.3	16.0	1.3	11.6	3.0	
24	15.0	79.3	16.3	1.8	0.1	7.3	
25	15.2	83.0	16.4	2.4	8.1	2.7	
26	18.3	82.7	16.7	2.0	13.4	0.0	
27	20.8	77.3	17.5	1.5	9.1	1.7	
28	19.6	81.3	18.2	3.0	8.7	4.3	
29	16.0	92.0	18.8	1.4	0.5	8.7	+
30	17.9	87.0	18.6	2.8	10.5	5.7	
31	18.1	88.3	18.8	2.3	4.3	7.7	
Ort.	14.1	81.6	15.5	1.8	4.6	6.1	14

Tablo B.1. Haziran (1989) ayında yatay yüzeye gelen  
anlık tüm güneş ısınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	73	209	377	544	656	740	795	802	753	663	544	391	223	63	6833
2	36	160	293	398	488	677	747	523	126	181	174	300	265	64	4452
3	49	167	342	460	474	677	795	795	649	705	488	405	195	49	6250
4	83	223	356	551	593	712	760	321	84	398	223	202	167	28	4701
5	87	223	398	481	586	753	788	753	747	677	551	398	223	56	6721
6	58	181	356	523	649	733	781	788	767	691	488	328	265	91	6692
7	49	112	244	335	474	558	663	767	712	579	523	384	309	63	5672
8	79	223	342	433	530	760	823	467	335	265	209	153	105	49	4743
9	7	21	49	140	216	265	258	153	133	167	112	98	49	14	1682
10	14	28	42	84	126	314	377	405	405	481	391	167	133	84	3047
11	26	21	42	84	140	140	126	153	160	105	98	56	49	42	1242
12	14	49	84	126	202	447	628	760	698	433	258	202	126	56	4083
13	82	244	335	558	691	767	802	788	747	663	474	363	195	91	6800
14	39	288	523	607	663	753	809	788	733	642	523	356	174	35	6931
15	74	230	426	579	614	635	447	558	356	237	160	126	167	35	4644
16	21	49	70	70	105	98	147	209	279	349	167	126	35	14	1739
17	35	153	377	502	642	740	781	795	760	663	523	384	237	77	6669
18	76	216	370	523	656	740	788	788	753	663	551	405	202	91	6822
19	14	56	133	147	42	63	153	244	300	286	220	258	98	49	2066
20	21	112	153	167	195	216	209	265	307	209	126	112	56	35	2183
21	61	223	377	544	677	760	802	816	753	677	537	419	244	70	6960
22	60	209	349	509	642	733	767	774	663	600	328	56	56	56	3802
23	21	84	300	544	656	747	593	481	349	167	126	28	21	14	4131
24	65	209	384	530	656	747	781	795	684	663	544	391	223	70	6742
25	74	223	384	544	670	742	788	788	753	677	558	419	244	84	6948
26	49	209	307	467	607	698	760	760	733	677	558	419	272	105	6621
27	122	209	391	530	663	726	753	740	712	607	502	356	195	48	6555
28	94	244	398	558	670	740	767	767	719	558	523	384	209	56	6687
29	42	140	258	377	488	642	719	740	712	614	495	384	279	147	6037
30	35	126	244	426	530	635	628	733	565	544	440	370	195	70	5541
Ort.	52	161	290	411	500	599	635	617	547	495	380	281	170	61	5200

Tablo B.2. Temmuz (1989) ayında yatay yüzeye gelen  
anlık tüm güneş ısınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	42	98	188	195	453	593	698	705	670	607	502	363	195	56	5365
2	21	126	272	426	565	649	677	712	677	635	349	321	147	91	5668
3	35	147	279	447	572	553	684	733	544	363	572	433	286	126	5884
4	49	126	300	481	586	656	719	733	677	460	314	202	49	28	5382
5	7	7	14	42	28	63	112	133	98	140	230	119	21	7	1021
6	21	70	91	155	195	265	314	251	126	119	49	35	21	28	1740
7	56	133	230	405	635	740	760	530	356	398	272	160	77	21	4773
8	21	84	195	447	516	433	244	258	279	209	181	140	70	42	3119
9	14	84	133	237	384	398	433	607	474	460	419	202	160	63	4068
10	21	35	70	209	258	363	433	398	342	300	160	77	42	14	2722
11	14	49	153	307	474	370	300	426	370	328	202	133	77	35	3238
12	42	105	195	314	356	447	474	405	265	153	153	251	209	63	3432
13	49	202	335	495	140	86	726	719	447	342	398	377	279	56	5623
14	63	195	256	502	628	705	753	740	705	600	523	384	223	56	6333
15	35	167	328	488	628	719	760	767	733	649	544	398	195	77	6488
16	28	160	286	453	586	684	740	740	719	649	551	377	216	70	6259
17	56	167	328	321	363	370	530	349	230	195	91	56	42	28	3129
18	21	84	272	279	593	600	398	377	460	433	328	349	98	28	4320
19	91	230	377	509	628	705	740	740	684	593	398	293	181	42	6212
20	14	91	195	279	460	398	307	181	119	140	91	84	56	21	2436
21	14	56	98	167	230	447	467	509	370	223	147	133	63	21	2955
22	14	42	70	98	167	140	126	153	70	77	77	56	42	21	1153
23	21	70	133	174	237	293	307	279	195	188	216	153	84	28	2378
24	7	35	70	105	202	293	572	593	537	377	307	188	77	28	3391
25	21	70	133	237	300	307	405	426	405	326	230	119	70	35	3082
26	21	56	133	216	391	412	384	335	342	244	133	63	42	35	2807
27	7	28	84	237	481	572	495	314	251	251	188	105	49	14	3076
28	7	35	98	181	258	265	272	377	426	398	244	147	84	21	2813
29	7	56	167	293	363	321	279	293	307	300	258	258	119	14	3035
30	14	63	140	216	286	349	391	328	300	181	147	133	56	7	2611
31	0	14	35	49	77	160	174	112	49	49	56	35	21	21	852
Ort.	27	93	183	289	404	451	473	459	394	335	269	198	108	39	3722



Tablo B.3. Ağustos (1989) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	7	63	216	384	530	642	705	726	705	649	737	412	258	105	5938
2	42	133	335	481	607	691	726	719	677	600	481	328	157	28	6000
3	42	133	321	474	600	670	572	698	670	572	447	279	126	28	5630
4	14	77	174	293	258	265	133	105	119	160	279	181	84	28	2170
5	0	14	28	56	98	153	167	126	181	174	98	77	63	33	1268
6	0	35	181	216	265	398	544	733	670	572	398	377	167	88	4644
7	35	133	328	488	607	677	712	642	523	405	381	153	49	14	5030
8	21	91	195	286	377	307	335	328	258	188	140	98	56	14	2693
9	21	84	202	258	384	460	642	587	593	523	342	223	119	21	4458
10	14	56	230	405	551	642	698	712	677	607	495	384	195	50	5679
11	21	112	293	440	558	642	677	642	621	530	307	209	84	7	5142
12	14	98	286	321	405	579	572	614	314	272	230	174	91	14	3984
13	21	84	258	405	537	621	635	600	481	495	251	174	84	21	4577
14	14	84	244	356	460	391	321	377	328	216	147	119	63	14	3133
15	14	84	286	440	321	153	209	223	614	321	195	126	77	17	3080
16	9	70	244	398	523	642	684	691	670	600	502	286	133	21	5472
17	11	98	251	391	530	642	698	705	684	530	474	321	188	56	5578
18	19	91	223	377	398	349	572	670	628	530	391	237	77	9	4570
19	7	56	174	286	440	593	663	670	635	549	321	77	49	5	4526
20	23	112	126	412	558	593	684	684	628	467	398	202	35	5	4926
21	7	63	153	301	419	474	607	363	551	412	293	84	14	1	3741
22	14	98	230	195	509	460	698	684	370	377	349	140	28	5	4156
23	5	77	167	209	335	656	719	747	684	572	419	216	77	28	4910
24	20	70	195	384	572	649	698	638	614	391	356	153	70	6	4805
25	10	105	244	405	551	642	684	691	656	579	377	188	84	10	5226
26	9	49	244	433	579	663	691	684	635	535	398	237	70	2	5229
27	10	77	230	419	551	656	698	691	663	579	453	286	126	21	5459
28	21	98	237	419	544	600	684	677	628	530	384	216	56	2	5095
29	10	70	181	328	516	600	649	670	579	495	307	167	63	14	4650
30	13	105	272	460	516	600	649	656	607	495	370	237	77	3	5061
31	16	70	230	377	516	593	398	342	293	265	188	230	112	28	3658
Ort.	16	83	225	358	472	539	584	583	547	455	342	212	94	22	4532

Tablo B.4. Eylül (1989) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	49	195	279	488	656	293	119	167	91	49	28	28	2442
2	0	21	28	56	265	391	440	405	474	502	272	181	3035
3	140	314	453	586	670	698	684	642	537	384	209	56	5372
4	133	314	433	565	656	684	663	579	440	391	209	63	5128
5	105	265	412	551	642	677	677	628	523	398	237	70	5185
6	42	160	342	467	474	349	314	174	209	202	105	42	2881
7	56	91	202	398	342	558	279	133	126	91	42	21	2337
8	14	63	84	153	223	209	216	119	77	63	77	21	1305
9	21	63	63	28	21	105	188	551	419	112	70	28	1667
10	98	279	419	551	642	642	635	614	502	279	167	21	4883
11	35	112	328	516	565	481	684	286	167	63	70	49	3356
12	35	77	160	188	105	188	530	188	419	307	181	42	2420
13	35	98	98	258	160	160	230	126	70	84	35	21	1384
14	21	84	84	167	293	293	181	28	49	84	70	21	1374
15	28	153	419	558	663	712	712	677	565	335	230	63	5114
16	49	167	391	544	335	328	453	579	405	244	77	7	3579
17	14	153	384	328	565	209	153	21	133	56	14	14	2044
18	21	49	63	84	112	70	84	188	279	167	70	21	1207
19	105	244	391	516	600	677	684	635	523	314	174	84	4947
20	35	133	335	460	572	635	607	572	481	265	91	28	4214
21	35	133	328	460	565	607	614	565	419	265	70	35	4095
22	35	140	307	447	551	621	621	593	335	153	84	21	3907
23	49	153	195	426	558	614	614	558	453	293	160	23	4098
24	28	133	321	453	551	600	607	551	453	286	153	28	4165
25	28	112	286	328	495	328	181	98	63	49	35	14	2016
26	13	49	119	202	237	153	174	223	244	147	49	21	1631
27	21	98	265	370	460	488	460	370	258	167	84	14	3056
28	49	181	321	474	474	586	565	467	300	160	70	14	3662
29	42	147	300	447	530	565	544	481	370	181	112	21	3739
30	35	112	167	91	174	265	300	495	181	140	35	14	2009
Ort.	46	143	266	372	439	441	440	390	319	208	109	36	3208

Tablo B.5. Ekim (1989) ayında yatay yüzeye gelen  
anlık tüm güneş ışınlımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R											TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	21	84	230	370	293	202	230	300	265	70	98	2163
2	21	35	56	56	63	63	84	98	49	56	21	602
3	7	105	300	481	572	628	579	405	270	258	91	3705
4	7	70	154	195	335	433	342	133	91	35	70	1865
5	1	21	35	35	70	105	119	98	105	70	56	715
6	28	91	105	174	112	405	335	237	363	140	49	2039
7	0	7	35	112	174	167	105	147	112	42	28	929
8	15	133	230	447	544	405	286	244	293	140	77	2814
9	12	140	286	426	523	600	593	530	426	279	58	3873
10	21	167	300	454	544	593	572	523	412	244	77	3907
11	13	174	300	454	502	572	572	523	412	237	56	3815
12	17	119	223	286	426	167	63	84	56	35	21	1497
13	10	35	70	126	181	188	147	91	42	21	14	925
14	8	42	70	181	300	181	188	112	77	77	42	1278
15	14	112	272	412	530	558	572	475	370	244	77	3636
16	35	140	286	419	495	572	558	495	356	209	42	3607
17	16	84	258	384	370	504	551	495	356	202	42	3262
18	5	14	42	42	63	56	91	91	119	91	35	649
19	7	28	105	216	202	133	126	314	147	70	42	1390
20	1	21	91	112	167	265	258	223	91	28	14	1271
21	7	56	98	140	391	509	356	370	174	70	5	2176
22	14	56	181	307	516	468	342	209	154	126	49	2422
23	3	42	160	370	286	488	523	461	321	174	35	2863
24	14	112	193	433	509	551	544	468	335	195	32	3386
25	10	63	251	291	481	530	516	461	321	154	49	3127
26	7	70	188	391	447	426	412	433	314	154	56	2898
27	10	91	223	349	433	476	461	398	251	112	42	2846
28	3	35	70	98	84	77	21	35	28	14	3	468
29	0	9	77	160	133	105	174	140	63	17	0	878
30	0	11	35	49	49	70	70	42	70	12	0	408
31	21	91	223	321	405	412	405	412	209	105	35	2639
Ort.	11	73	166	267	329	352	329	292	215	119	42	2195

Tablo B.6. Kasım (1989) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R											TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	2	49	202	321	398	447	461	384	251	105	21	2639
2	7	63	251	349	405	433	488	356	181	126	112	2771
3	3	70	195	314	398	475	454	356	223	119	17	2664
4	5	77	209	314	398	314	174	119	56	42	17	1725
5	3	70	216	342	426	475	461	398	279	140	27	2836
6	16	77	244	349	447	475	461	391	216	77	21	2772
7	2	56	188	314	405	454	440	391	237	98	12	2595
8	4	56	188	321	405	323	426	377	265	119	9	2609
9	21	91	174	279	419	454	440	391	363	91	21	2742
10	3	63	188	342	349	279	223	154	63	42	8	1714
11	0	5	84	209	147	91	14	91	181	63	17	902
12	7	63	195	314	412	433	363	195	105	35	3	2125
13	1	35	140	335	398	440	447	384	209	63	10	2461
14	0	21	91	181	202	98	133	154	119	77	10	1085
15	16	105	216	286	300	223	328	174	77	70	17	1813
16	0	49	181	293	405	356	126	174	70	42	12	1708
17	0	21	154	209	349	195	133	126	63	14	3	1267
18	3	49	188	314	461	370	412	223	181	70	21	2292
19	0	8	63	91	258	488	454	370	258	105	3	2098
20	0	21	98	209	356	440	468	447	300	160	28	2527
21	0	35	174	279	419	454	447	391	209	98	5	2510
22	0	19	35	91	167	216	244	195	119	105	7	1198
23	1	42	160	307	398	391	342	230	167	56	3	2098
24	0	6	21	56	77	77	63	35	28	21	4	387
25	31	120	230	209	356	363	300	202	98	9	0	1925
26	0	3	28	105	91	63	42	28	21	14	2	395
27	0	1	35	70	56	49	42	42	35	28	11	368
28	0	16	70	195	147	216	181	77	56	21	3	983
29	0	3	21	21	28	63	70	56	35	21	4	321
30	0	0	10	77	91	98	133	91	91	35	3	628
Ort.	4	43	142	237	305	312	292	233	152	69	14	1804

Tablo B.7. Aralık (1989) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	0	7	56	237	251	98	70	77	35	0	830
2	16	119	181	377	321	328	244	230	112	12	1940
3	16	84	174	202	188	272	154	84	70	9	1253
4	35	112	307	384	405	293	286	126	28	1	1976
5	3	77	216	356	391	405	349	244	147	49	2236
6	28	126	244	426	256	91	49	35	21	3	1278
7	11	105	230	377	419	398	328	209	84	5	2165
8	16	19	98	42	42	49	49	28	21	10	475
9	3	84	195	356	405	279	174	160	77	3	1738
10	10	49	91	195	237	112	84	112	56	5	950
11	2	14	35	42	105	56	14	7	7	3	285
12	2	7	63	63	77	105	126	119	105	23	688
13	2	35	149	251	398	286	181	202	70	3	1567
14	7	98	223	363	405	363	307	167	42	2	1977
15	1	49	112	209	300	251	265	181	70	9	1448
16	11	91	230	354	384	349	251	154	27	0	1852
17	3	70	140	181	237	202	154	174	49	7	1218
18	2	35	126	265	335	363	321	209	70	10	1736
19	0	33	105	265	209	314	202	112	77	13	1331
20	4	70	195	251	293	370	216	154	70	10	1633
21	2	49	167	181	335	342	244	112	56	11	1500
22	3	70	160	293	363	300	328	230	112	21	1881
23	4	56	174	307	356	349	300	167	35	2	1751
24	2	36	140	279	356	384	342	223	91	11	1863
25	2	49	112	174	202	188	160	126	53	2	1078
26	5	84	188	342	258	293	181	98	63	7	1519
27	21	84	126	160	195	160	167	140	70	7	1132
28	7	98	160	140	223	174	181	133	28	3	1148
29	7	63	147	321	363	377	293	174	77	10	1832
30	7	84	202	321	369	279	209	112	70	10	1664
31	3	70	154	349	363	209	167	147	56	5	1529
Ort.	8	66	158	262	292	259	206	143	63	9	1467

Tablo B.8. Ocak (1990) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ısınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	2	14	42	126	140	188	147	63	42	5	768
2	8	77	202	279	293	370	293	126	28	3	1679
3	3	49	147	147	147	91	91	56	28	4	761
4	2	42	91	167	174	216	167	112	56	9	1037
5	8	56	63	77	77	63	56	42	35	3	479
6	7	84	223	384	433	419	356	230	91	16	2242
7	4	70	202	377	412	419	363	216	105	8	2175
8	21	49	98	167	209	188	140	154	77	5	1107
9	8	42	181	342	314	405	328	154	70	13	1856
10	2	70	147	356	398	384	335	229	91	21	2025
11	0	35	140	174	160	126	98	91	35	21	880
12	4	84	230	356	398	433	377	230	112	14	2237
13	3	56	126	223	244	251	195	112	70	14	1295
14	10	98	230	335	405	419	370	230	91	13	2200
15	9	49	133	167	133	84	49	28	28	14	693
16	1	14	63	154	230	363	223	84	28	12	1171
17	10	63	98	119	77	56	35	49	42	14	561
18	4	42	195	349	279	307	391	188	119	28	1902
19	15	140	244	356	475	433	286	147	70	13	2176
20	9	77	167	293	426	363	426	258	105	28	2156
21	2	21	91	105	133	56	49	42	28	14	540
22	0	14	49	84	112	140	160	91	42	5	696
23	7	56	174	223	223	216	188	140	63	28	1319
24	5	91	140	244	440	475	323	202	91	21	2028
25	8	91	223	391	481	495	475	328	216	42	2750
26	16	105	244	405	481	502	468	314	188	34	2757
27	87	279	370	433	481	433	349	188	77	7	2704
28	20	98	202	307	440	363	216	98	35	1	1779
29	17	133	286	412	481	502	481	349	188	35	2885
30	23	126	244	258	251	272	237	202	209	49	1873
31	2	70	216	321	293	349	223	251	112	28	1866
Ort.	10	74	170	262	298	302	255	161	83	17	1632

Tablo B.9. Şubat (1990) ayında yatay yüzeye gelen  
anlık tüm güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R											TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	13	21	49	63	42	42	28	35	21	7	1	321
2	0	21	91	84	84	119	77	63	49	13	1	608
3	5	21	119	202	237	258	237	119	63	28	3	1293
4	11	42	119	307	405	502	307	209	160	21	0	2084
5	16	140	349	447	537	537	419	188	98	28	2	2760
6	12	147	174	377	349	335	174	160	112	56	8	1903
7	19	133	300	398	509	461	314	160	98	28	3	2422
8	33	181	342	447	509	509	474	377	202	49	1	3125
9	17	126	300	426	468	530	495	405	251	91	6	3115
10	19	35	63	98	126	126	147	91	49	14	1	767
11	42	188	349	405	509	468	440	272	188	70	3	2934
12	49	119	181	230	223	160	119	70	84	28	2	1265
13	7	70	117	230	272	461	481	419	209	112	10	2418
14	14	35	63	126	133	112	105	84	49	28	3	750
15	3	35	42	56	70	133	377	384	181	63	3	1347
16	21	63	147	181	349	391	356	181	70	28	3	1790
17	17	105	195	188	314	244	195	167	126	63	5	1619
18	3	28	35	49	91	84	77	112	63	28	3	572
19	35	91	181	461	481	370	209	202	140	133	35	2338
20	56	244	426	537	572	600	579	293	181	98	14	3601
21	28	174	279	412	579	586	579	481	449	181	23	3673
22	49	126	181	209	230	230	244	237	160	42	16	1726
23	14	35	105	279	167	181	279	279	140	70	10	1560
24	35	98	126	223	188	91	35	21	14	14	2	847
25	7	21	49	105	174	147	98	112	133	70	17	931
26	84	244	440	509	593	649	607	488	335	119	10	4078
27	56	244	419	523	614	621	614	530	370	174	21	4187
28	70	272	349	544	356	279	237	258	174	77	12	2628
Ort.	26	109	201	290	328	329	297	229	145	62	8	2023

Tablo B.10. Mart (1990) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	2	63	216	147	202	488	600	383	258	209	140	30	2739
2	1	28	119	321	475	544	565	488	384	251	105	21	3302
3	9	133	209	433	523	593	488	307	209	91	35	2	3033
4	1	21	63	126	133	147	140	147	119	112	49	10	1065
5	1	56	154	398	419	272	321	300	251	223	126	30	2550
6	7	63	307	454	572	649	684	628	537	370	133	17	4421
7	5	98	321	488	614	642	663	621	523	370	154	22	4521
8	5	42	35	98	321	691	642	684	593	447	140	23	3719
9	11	63	300	523	635	712	698	677	572	405	181	24	4802
10	9	49	279	488	586	656	656	635	523	370	160	19	4431
11	7	77	154	209	77	63	91	98	91	56	35	23	980
12	17	77	133	174	265	384	356	265	216	147	63	19	2116
13	16	98	342	495	628	677	670	621	480	328	160	42	4566
14	3	56	84	28	28	91	167	384	349	265	154	35	1643
15	33	140	244	391	77	70	98	84	140	181	42	21	1520
16	4	35	265	237	342	461	384	572	237	279	237	61	3114
17	21	77	230	475	656	733	747	719	607	447	160	63	4936
18	17	119	363	523	642	684	677	621	349	230	105	27	4356
19	6	28	56	230	384	391	433	363	377	370	126	49	2811
20	16	105	307	398	468	642	705	649	544	363	202	63	4461
21	28	154	405	551	642	677	712	656	537	335	188	35	4919
22	3	21	49	84	140	154	160	195	160	140	91	21	1218
23	12	63	126	188	272	391	454	440	398	356	216	56	2971
24	16	42	56	77	133	188	181	188	160	119	70	28	1258
25	49	160	314	419	572	614	621	551	488	321	209	63	4382
26	28	133	307	440	551	586	509	488	384	272	209	63	3970
27	63	188	356	481	572	593	565	572	481	314	209	49	4447
28	49	147	328	461	537	656	670	628	537	370	230	70	4684
29	42	133	272	447	551	614	635	614	537	363	251	98	4556
30	63	174	356	468	426	356	356	300	216	126	77	28	2947
31	14	56	167	265	223	195	147	133	119	112	91	28	1549
Ort.	18	87	223	339	408	471	477	452	367	269	140	37	3290



Tablo B.11. Nisan (1990) ayında yatay yüzeye gelen  
anlık tüm güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R													TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	21	35	98	84	140	307	160	174	84	153	77	28	4	1365
2	28	63	112	188	279	244	125	56	70	98	125	77	9	1475
3	35	181	425	572	698	698	593	446	363	216	258	105	7	4598
4	70	202	335	495	565	670	698	677	537	474	293	105	7	5128
5	56	230	300	300	321	600	712	628	572	405	251	63	1	4439
6	56	167	370	600	705	753	760	719	621	495	307	91	8	5652
7	56	209	460	607	719	774	781	737	649	509	321	119	13	5955
8	35	181	453	600	705	760	760	722	628	488	307	181	7	5832
9	77	223	321	209	230	223	488	579	272	181	98	42	7	2951
10	35	126	244	272	397	705	753	530	279	398	321	105	12	4177
11	49	63	98	105	105	160	146	293	286	84	35	28	10	1462
12	49	125	160	272	321	223	188	98	146	105	140	91	7	1926
13	14	112	202	174	188	188	119	84	63	147	105	42	10	1447
14	28	63	98	140	160	174	105	91	119	70	35	14	2	1097
15	42	77	188	293	293	300	230	146	140	91	56	28	3	1887
16	28	91	237	530	705	740	719	684	621	447	265	147	23	5235
17	56	258	488	642	747	802	767	698	642	502	328	147	20	6098
18	84	237	286	488	565	753	733	579	188	160	126	98	31	4330
19	28	335	474	600	733	753	726	698	593	488	300	126	17	5871
20	63	223	349	419	502	670	426	488	488	126	77	14	1	3845
21	14	35	56	49	56	133	160	140	112	70	63	49	11	946
22	133	321	474	565	663	740	747	733	621	530	370	174	27	6097
23	91	153	140	112	321	433	405	474	405	453	165	35	10	3176
24	63	112	195	488	726	712	607	509	516	384	195	63	13	4583
25	49	181	119	314	593	663	663	349	77	77	56	21	5	3165
26	84	105	140	181	363	419	572	509	467	314	133	35	3	3324
27	70	314	509	544	356	167	321	230	167	328	35	28	12	3082
28	7	21	42	84	167	105	181	147	140	63	63	21	3	1042
29	21	35	153	286	579	816	747	684	530	523	377	188	38	4978
30	105	307	516	628	628	809	816	753	628	433	160	63	16	5862
Ort.	51	160	268	361	451	517	507	455	367	294	181	77	11	3701

Tablo B.12. Mayıs (1990) ayında yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ısınımı ( $W/m^2$ ).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	17	84	77	77	84	209	216	153	126	91	105	70	28	8	1345
2	13	56	84	140	349	565	600	635	607	593	398	279	49	21	4389
3	7	70	188	370	370	265	258	216	195	181	77	63	35	12	2307
4	9	56	132	202	321	432	363	146	153	167	105	49	28	19	2182
5	14	56	63	119	223	370	286	209	181	63	28	21	21	5	1659
6	15	91	181	405	244	223	440	523	328	209	174	181	98	7	3119
7	26	181	370	530	698	781	823	823	788	698	572	398	230	56	6974
8	49	244	405	572	712	788	830	823	767	670	530	363	174	35	6962
9	56	126	202	293	663	684	747	656	593	447	474	426	209	41	5617
10	42	119	181	167	237	167	105	98	460	488	133	70	35	14	2316
11	35	77	119	223	551	691	551	460	223	244	53	49	35	21	3332
12	9	28	91	223	523	405	474	258	505	105	21	49	35	5	2731
13	20	63	188	447	572	760	886	802	753	733	551	363	216	49	6403
14	42	216	377	523	649	740	781	788	733	586	481	258	70	11	6255
15	28	91	140	209	265	286	321	335	335	307	181	140	42	28	2708
16	49	119	147	160	293	314	328	314	216	140	167	84	49	21	2401
17	14	28	77	147	167	140	126	188	293	147	7	35	77	35	1481
18	10	49	237	202	35	440	474	467	467	440	244	209	160	35	3469
19	42	181	349	523	649	740	781	767	663	670	495	384	272	81	6597
20	21	91	202	363	572	649	509	174	216	126	28	14	14	6	2985
21	14	49	147	167	258	251	244	265	167	112	98	91	63	28	1954
22	14	70	160	307	419	579	488	453	391	314	293	188	112	42	3830
23	56	216	384	530	677	774	781	844	698	565	509	391	153	77	6655
24	28	105	258	314	251	174	216	335	384	349	328	209	188	42	3181
25	28	91	160	223	349	628	816	816	788	712	586	453	265	91	6006
26	63	216	391	565	698	788	837	837	795	719	614	453	258	70	7304
27	98	209	377	523	621	705	726	726	663	614	412	335	174	70	6253
28	49	153	321	474	551	349	544	670	628	656	537	405	265	91	5693
29	28	147	279	126	98	147	202	223	251	216	153	126	84	42	2122
30	70	202	384	447	551	740	753	684	733	677	495	412	265	91	6504
31	35	84	147	237	516	726	760	767	677	481	356	251	147	56	5240
Ort.	32	115	220	316	425	500	525	499	477	404	297	220	124	39	4193

Tablo C.1. Trabzon'da güneş ışınımı uzun yıllar ortalama değerleri.

H(°)	= Güneş batış açısı
to(h)	= Gün uzunluğu
Q(MJ/m <sup>2</sup> -gün)	= Yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımı
Qo(MJ/m <sup>2</sup> -gün)	= Atmosfer dışına gelen günlük tüm güneş ışınımı
Qy(MJ/m <sup>2</sup> -gün)	= Yatay yüzeye gelen yaygın güneş ışınımı
Qd(MJ/m <sup>2</sup> -gün)	= Yatay yüzeye gelen doğru güneş ışınımı
Kt(-)	= Berraklık indeksi
Ky(-)	= Yaygın ışınım oranı

Aylar	H	to	Q	Qo	Kt	Ky	Qy	Qd
Ocak	70.6	9.4	5.2	14.4	0.36	0.59	3.1	2.1
Şubat	78.1	10.4	7.9	19.8	0.40	0.55	4.3	3.6
Mart	87.9	11.7	10.1	26.7	0.38	0.57	5.8	4.3
Nisan	98.3	13.1	14.0	34.0	0.41	0.54	7.6	6.4
Mayıs	107.2	14.3	17.0	39.2	0.43	0.51	8.7	8.3
Haziran	111.8	14.9	19.0	41.3	0.46	0.48	9.1	9.9
Temmuz	109.7	14.6	16.6	40.2	0.41	0.53	8.8	7.8
Ağustos	102.0	13.6	13.9	36.0	0.39	0.56	7.8	6.1
Eylül	91.9	12.3	11.1	29.3	0.38	0.57	6.3	4.8
Ekim	81.5	10.9	8.7	21.8	0.40	0.55	4.8	3.9
Kasım	72.7	9.7	6.2	15.7	0.40	0.55	3.4	2.8
Aralık	68.3	9.1	4.6	13.0	0.35	0.60	2.8	1.8

Tablo C.2. Anlık toplam ışınım oranı değerleri (rt).

Aylar	S A A T L E R						
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Ocak	-	-	0.006	0.055	0.111	0.153	0.173
Şubat	-	-	0.022	0.067	0.116	0.142	0.157
Mart	-	0.008	0.039	0.076	0.108	0.129	0.140
Nisan	-	0.022	0.050	0.079	0.103	0.118	0.125
Mayıs	0.010	0.031	0.056	0.080	0.097	0.109	0.115
Haziran	0.014	0.035	0.059	0.079	0.095	0.105	0.110
Temmuz	0.012	0.030	0.058	0.080	0.096	0.107	0.112
Ağustos	0.005	0.026	0.053	0.080	0.100	0.114	0.120
Eylül	-	0.013	0.044	0.078	0.106	0.124	0.134
Ekim	-	-	0.028	0.071	0.110	0.137	0.150
Kasım	-	-	0.011	0.059	0.111	0.149	0.168
Aralık	-	-	0.002	0.049	0.110	0.156	0.178

Tablo C.3. Anlık yaygın ışıınım oranı değerleri (ry).

Aylar	S A A T L E R						
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Ocak	-	-	0.012	0.068	0.113	0.145	0.162
Şubat	-	-	0.033	0.076	0.110	0.135	0.147
Mart	-	0.013	0.048	0.079	0.105	0.123	0.132
Nisan	-	0.029	0.056	0.080	0.099	0.113	0.120
Mayıs	0.014	0.037	0.059	0.078	0.095	0.106	0.112
Haziran	0.019	0.040	0.060	0.078	0.092	0.103	0.108
Temmuz	0.017	0.039	0.059	0.078	0.093	0.104	0.110
Ağustos	0.008	0.033	0.057	0.079	0.097	0.105	0.116
Eylül	-	0.019	0.052	0.080	0.103	0.119	0.127
Ekim	-	-	0.040	0.078	0.109	0.130	0.142
Kasım	-	-	0.019	0.070	0.112	0.142	0.157
Aralık	-	-	0.004	0.064	0.114	0.149	0.167

Tablo C.4. Yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışıınımı (Uzun yıllar ortalamalarından, W/m<sup>2</sup>).

Aylar	S A A T L E R							TOPLAM
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	-	9	79	160	221	250	1438
Şubat	-	-	48	147	244	312	345	2192
Mart	-	22	109	213	303	362	393	2804
Nisan	-	86	194	307	401	459	486	3866
Mayıs	47	146	264	378	458	515	543	4702
Haziran	74	185	311	417	501	554	581	5246
Temmuz	55	138	267	369	443	493	516	4562
Ağustos	19	100	205	309	386	440	463	3844
Eylül	-	40	136	240	327	382	413	3076
Ekim	-	-	68	172	266	331	362	2398
Kasım	-	-	19	102	191	257	289	1716
Aralık	-	-	3	63	141	199	227	1266

Tablo C.5. Yatay yüzeye gelen anlık doğru güneş ışınımı  
(Uzun yıllar ortalamalarından,  $W/m^2$ ).

Aylar	S A A T L E R							TOPLAM
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	-	-	21	64	97	112	588
Şubat	-	-	8	55	111	149	168	982
Mart	-	1	32	87	135	165	182	1204
Nisan	-	25	76	139	193	222	234	1774
Mayıs	13	57	122	190	229	260	273	2288
Haziran	26	84	159	219	268	293	307	2712
Temmuz	14	43	123	179	216	239	247	2122
Ağustos	2	29	82	139	176	213	213	1708
Eylül	-	7	45	100	146	173	190	1322
Ekim	-	-	15	69	121	158	173	1072
Kasım	-	-	1	36	85	123	140	770
Aralık	-	-	-	14	54	85	99	504

Tablo C.6. Yatay yüzeye gelen anlık yaygın güneş ışınımı (Uzun yıllar ortalamalarından,  $W/m^2$ )

Aylar	S A A T L E R							TOPLAM
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	-	9	79	160	221	250	1438
Şubat	-	-	48	147	244	312	345	2192
Mart	-	22	109	213	303	362	393	2804
Nisan	-	86	194	307	401	459	486	3866
Mayıs	47	146	264	378	458	515	543	4702
Haziran	74	185	311	417	501	554	581	5246
Temmuz	55	138	267	369	443	493	516	4562
Ağustos	19	100	205	309	386	440	463	3844
Eylül	-	40	136	240	327	382	413	3076
Ekim	-	-	68	172	266	331	362	2398
Kasım	-	-	19	102	191	257	289	1716
Aralık	-	-	3	63	141	199	227	1266

Tablo C.7. 30° eğik yüzey için yatay - eğik yüzey dönüşüm katsayısı (Rd).

Aylar	S A A T L E R					
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Ocak	-	-	2.51	2.03	1.87	1.81
Şubat	-	2.47	1.81	1.65	1.59	1.56
Mart	1.70	1.41	1.37	1.35	1.34	1.34
Nisan	0.77	1.02	1.11	1.15	1.16	1.17
Mayıs	0.60	0.86	0.97	1.03	1.06	1.07
Haziran	0.55	0.81	0.92	0.98	1.01	1.03
Temmuz	0.57	0.83	0.94	1.00	1.03	1.04
Ağustos	0.68	0.94	1.04	1.09	1.11	1.13
Eylül	1.09	1.22	1.25	1.26	1.27	1.27
Ekim	-	1.93	1.62	1.53	1.49	1.48
Kasım	-	4.84	2.27	1.91	1.78	1.73
Aralık	-	-	2.85	2.18	1.98	1.90

Tablo C.8. 60° eğik yüzey için yatay - eğik yüzey dönüşüm katsayısı (Rd).

Aylar	S A A T L E R					
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Ocak	-	-	3.35	2.51	2.23	2.13
Şubat	-	3.28	2.14	1.86	1.75	1.71
Mart	1.93	1.44	1.37	1.34	1.33	1.32
Nisan	0.34	0.78	0.92	0.98	1.02	1.03
Mayıs	0.04	0.49	0.68	0.78	0.83	0.85
Haziran	-	0.39	0.59	0.70	0.75	0.78
Temmuz	-	0.43	0.63	0.73	0.79	0.81
Ağustos	0.18	0.64	0.81	0.89	0.93	0.95
Eylül	0.89	1.11	1.16	1.18	1.19	1.20
Ekim	-	2.34	1.81	1.65	1.58	1.56
Kasım	-	-	2.93	2.30	2.16	2.00
Aralık	-	-	3.94	2.77	2.42	2.29

Tablo C.9. 30° ve 60° eğik yüzeyler için yaygın (R<sub>y</sub>) ve yansıyan (R<sub>ya</sub>) ışıınım dönüşüm katsayıları.

Yüzey eğimi (°)	Yaygın ışıınım için R <sub>y</sub>	Yansıyan ışıınım için R <sub>ya</sub>
30	0.933	0.017
60	0.750	0.063

Tablo C.10. 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışıınıını (Uzun yıllar ortalamalarından, W/m<sup>2</sup>)

Aylar	S A A T L E R						TOPLAM
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	9	108	223	300	335	1950
Şubat	-	58	188	311	394	433	2768
Mart	22	119	240	344	421	448	3188
Nisan	77	190	316	423	486	517	4018
Mayıs	119	241	365	458	523	553	4518
Haziran	144	276	393	487	548	582	4860
Temmuz	115	240	351	435	491	517	4298
Ağustos	86	195	309	394	454	481	3838
Eylül	38	142	259	358	421	456	3348
Ekim	-	79	211	324	401	438	2906
Kasım	-	22	145	264	348	386	2330
Aralık	-	3	86	201	277	311	1756

Tablo C.11. 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (Uzun yıllar ortalamalarından, W/m<sup>2</sup>)

Aylar	S A A T L E R						TOPLAM
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
Ocak	-	7	118	243	323	356	2094
Şubat	-	59	196	321	402	441	2838
Mart	19	111	226	326	389	423	2988
Nisan	59	159	273	370	433	460	3508
Mayıs	78	182	293	378	439	468	3676
Haziran	86	195	303	394	450	480	3816
Temmuz	79	176	278	355	410	434	3464
Ağustos	64	157	258	338	395	418	3260
Eylül	33	126	236	327	386	421	3058
Ekim	-	79	213	325	400	434	2902
Kasım	-	14	160	286	382	410	2504
Aralık	-	2	95	224	302	336	1918

Tablo C.12. Eğik yüzeye gelen doğru, yaygın ve yansıyan güneş ışınımının toplam güneş ışınımına oranları (%).

Aylar	Yüzey eğimi = 30°			Yüzey eğimi = 60°		
	Doğru Işınım	Yaygın Işınım	Yansıyan Işınım	Doğru Işınım	Yaygın Işınım	Yansıyan Işınım
Ocak	58.1	40.7	1.2	65.4	30.4	4.2
Şubat	58.0	40.7	1.3	63.3	32.0	4.7
Mart	51.0	47.5	1.5	54.0	40.2	5.8
Nisan	49.9	48.5	1.6	48.5	44.7	6.8
Mayıs	49.9	48.4	1.7	44.5	47.8	7.7
Haziran	51.5	46.8	1.7	43.9	47.8	8.3
Temmuz	47.1	51.2	1.7	41.1	51.0	7.9
Ağustos	47.4	51.1	1.5	44.5	48.2	7.3
Eylül	49.7	48.8	1.5	50.9	48.2	7.3
Ekim	56.2	42.5	1.3	60.7	34.3	5.0
Kasım	60.9	37.9	1.2	67.6	28.2	4.2
Aralık	58.5	40.4	1.1	66.3	29.6	4.1
Ortalama	53.2	45.4	1.4	54.2	39.8	6.0



Tablo D.1. Haziran (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlamı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	37	151	327	512	645	744	811	818	757	652	512	338	159	37	6499
2	34	124	258	375	477	678	760	525	120	172	165	264	185	39	4176
3	38	128	298	433	463	678	810	810	650	694	459	350	144	38	5993
4	39	160	310	518	582	714	773	314	80	387	211	183	128	28	4427
5	38	159	344	453	575	757	803	767	751	666	518	344	159	37	6371
6	37	135	309	492	638	736	796	803	771	680	459	286	183	38	6365
7	39	96	217	316	463	556	672	781	714	568	492	333	152	39	5438
8	39	161	299	408	519	763	839	466	327	255	198	142	92	39	4547
9	7	20	47	133	209	260	254	145	126	160	106	92	47	18	1623
10	13	27	40	80	120	307	374	403	400	471	368	153	106	37	2898
11	20	20	40	80	135	135	120	148	155	100	93	53	45	21	1165
12	13	47	80	120	192	442	635	773	700	422	244	183	104	39	3994
13	37	171	292	525	680	771	818	803	751	652	446	315	143	38	6442
14	36	196	447	571	652	757	826	804	737	631	492	309	130	33	6621
15	39	165	368	545	603	635	445	562	349	227	152	120	128	33	4370
16	20	47	66	66	100	93	140	202	274	341	158	116	33	13	1670
17	33	119	327	472	631	743	796	811	764	652	492	333	167	38	6378
18	37	155	321	492	645	744	804	804	757	652	518	350	147	38	6462
19	13	53	123	139	40	60	145	238	294	278	208	226	82	31	1930
20	20	91	139	158	187	208	200	259	301	201	120	106	53	32	2075
21	37	159	326	512	666	764	818	833	757	666	505	361	171	37	6612
22	39	152	304	479	631	736	781	788	664	589	309	53	53	39	5616
23	20	80	264	512	645	750	599	481	342	159	120	27	20	17	4033
24	37	151	333	499	645	751	796	811	686	652	512	338	159	37	6406
25	37	159	332	512	659	746	804	804	757	666	525	361	171	37	6569
26	37	151	269	440	596	700	774	774	736	666	525	362	188	38	6256
27	39	151	338	499	652	729	767	753	715	596	472	310	143	37	6201
28	38	171	344	525	659	744	781	781	722	547	492	333	151	37	6325
29	38	112	229	355	477	642	730	752	714	603	466	333	192	40	5686
30	33	104	217	401	519	635	635	745	563	533	414	322	144	39	5306
Ort.	32	120	254	387	490	599	644	625	548	485	358	246	126	34	4948

Tablo D.2. Temmuz (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	34	87	172	185	448	600	713	721	680	604	479	320	144	34	5220
2	20	103	243	406	562	658	691	728	688	633	333	284	115	35	5499
3	33	115	249	427	569	673	699	750	549	356	546	379	197	35	5577
4	34	103	267	459	593	666	735	750	688	455	299	184	47	34	5302
5	7	7	13	40	27	60	108	130	93	137	220	106	20	7	973
6	20	63	86	147	189	262	314	247	120	113	47	33	20	25	1685
7	34	108	207	386	633	754	779	536	352	392	259	148	73	20	4679
8	20	77	177	427	512	433	235	250	272	200	172	130	66	32	3004
9	13	78	125	226	378	396	433	617	475	455	400	184	123	34	3937
10	20	33	66	199	251	361	435	398	339	293	152	73	40	13	2674
11	13	47	142	293	470	367	294	427	367	321	192	125	73	32	3162
12	33	90	177	299	389	448	477	404	257	145	145	225	151	33	3234
13	34	148	296	472	133	82	743	735	447	335	380	332	193	34	4362
14	33	143	229	479	626	718	772	758	718	597	499	337	159	33	6102
15	32	126	290	466	626	732	780	787	747	647	519	349	143	33	6278
16	27	123	254	432	583	696	758	758	732	647	526	331	155	33	6056
17	32	126	290	306	357	367	537	346	221	186	86	53	40	27	2974
18	20	79	243	266	590	607	396	374	461	427	313	308	87	34	4203
19	34	164	332	486	626	717	758	758	695	590	380	260	135	33	5968
20	13	79	176	266	456	398	303	172	113	133	86	80	53	23	2352
21	13	53	93	159	222	448	471	515	368	215	140	124	60	22	2902
22	13	39	66	93	163	136	121	149	66	73	73	53	39	17	1103
23	20	66	124	165	230	289	303	274	186	180	206	140	75	29	2287
24	7	33	66	100	193	286	581	603	542	371	293	171	73	30	3350
25	20	66	125	226	293	302	405	427	404	319	219	113	66	32	3016
26	20	53	124	206	386	412	383	332	339	236	126	60	40	31	2747
27	7	27	80	226	477	579	500	309	243	243	179	100	47	13	3028
28	7	33	93	172	250	258	265	376	427	393	232	136	76	23	2742
29	7	53	153	284	357	316	272	287	302	293	246	230	97	13	2910
30	13	60	130	206	279	347	391	325	295	172	140	124	53	7	2542
31	0	13	33	47	73	160	175	109	47	47	53	33	20	13	822
Ort.	20	77	165	276	384	436	478	463	395	329	256	178	86	26	3571

Tablo D.3. Ağustos (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlamı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	7	60	205	365	503	621	682	706	692	634	732	392	226	43	5867
2	40	126	318	463	589	678	700	701	662	582	463	312	149	27	5819
3	39	126	305	458	587	661	543	685	661	556	430	265	120	27	5461
4	13	70	166	293	256	262	126	100	113	152	278	172	75	15	2002
5	0	13	27	53	93	151	165	120	183	175	94	73	53	9	1210
6	0	33	172	205	252	378	528	745	677	560	385	359	151	33	4488
7	33	126	312	477	601	677	711	630	503	385	363	145	47	13	5023
8	18	84	186	177	380	402	320	321	246	179	133	92	53	13	2614
9	20	80	192	245	365	444	644	581	594	518	327	212	113	20	4354
10	13	53	218	385	531	628	688	699	667	503	480	375	179	39	5543
11	20	106	278	426	547	537	671	630	614	516	292	198	80	7	5022
12	13	93	272	309	394	586	574	622	298	258	218	165	86	13	3903
13	20	80	245	393	532	623	634	594	465	385	238	165	80	20	4475
14	13	80	232	352	466	388	305	368	317	205	140	118	60	13	3053
15	13	80	273	442	313	145	198	212	640	313	185	120	73	16	3023
16	9	66	232	379	504	632	672	680	663	589	489	272	126	20	5332
17	10	93	238	371	510	630	686	604	577	510	458	305	173	38	5395
18	18	86	212	364	378	331	562	674	631	524	378	225	73	9	4466
19	7	53	165	272	425	592	667	675	640	546	305	73	47	5	4471
20	22	106	120	398	550	586	688	683	625	449	383	192	33	5	4835
21	7	60	145	290	412	471	619	345	558	405	281	80	13	1	3687
22	13	93	219	185	506	449	715	699	351	360	337	133	27	5	4092
23	5	73	159	198	318	657	723	756	689	566	405	205	73	27	4854
24	19	66	185	369	567	651	701	633	611	371	340	145	66	6	4731
25	9	100	232	388	538	636	677	685	652	569	359	179	80	9	5112
26	9	47	232	418	569	660	685	677	628	520	381	225	66	2	5118
27	9	73	218	401	535	648	688	680	656	566	437	272	120	20	5323
28	20	93	225	404	532	501	680	672	622	517	367	205	53	2	4982
29	9	66	172	312	507	598	640	673	575	484	292	159	50	13	4568
30	12	100	258	448	502	591	640	648	599	478	352	225	73	3	4931
31	15	66	219	371	521	607	381	325	278	252	179	219	106	25	3563
Ort.	15	79	214	342	451	536	578	578	542	443	339	202	88	16	4432

Tablo D.4. Eylül (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	54	241	353	623	844	377	153	215	116	62	35	31	3105
2	0	26	35	71	341	503	566	521	605	636	336	200	3842
3	155	388	574	748	862	898	880	826	686	486	258	62	6824
4	147	388	548	721	844	880	853	745	562	495	258	70	6513
5	116	328	522	703	826	871	871	808	668	504	293	77	6588
6	46	198	433	596	610	449	404	224	267	256	130	46	3660
7	62	113	256	508	440	718	350	171	161	115	52	23	2978
8	15	78	106	195	287	269	278	153	98	80	95	23	1679
9	23	78	80	36	27	135	242	709	535	142	87	31	2124
10	108	345	531	703	826	826	817	790	641	353	207	23	6171
11	39	139	415	650	727	619	880	368	213	80	87	54	4279
12	39	95	203	240	135	242	682	242	535	380	224	46	3072
13	39	121	124	329	206	206	296	162	89	106	43	23	1746
14	23	104	106	213	377	377	233	36	63	106	87	23	1748
15	31	189	531	712	853	916	916	871	721	424	284	70	6520
16	54	207	495	695	431	422	583	745	517	309	95	8	4561
17	15	189	486	419	727	269	197	27	170	71	17	15	2603
18	23	61	80	107	144	90	108	242	356	212	87	23	1533
19	116	302	495	659	772	871	880	817	668	398	215	93	6286
20	39	164	424	587	736	817	781	736	614	336	113	31	5378
21	39	164	415	587	727	781	790	727	535	335	87	39	5227
22	39	173	389	571	709	799	799	763	428	194	104	23	4990
23	54	189	247	544	718	790	790	718	578	371	198	25	5223
24	31	164	407	578	709	772	781	709	578	362	189	31	5312
25	31	139	362	419	637	422	233	126	80	62	43	15	2570
26	14	61	151	258	305	197	224	287	312	186	61	23	2078
27	23	121	336	472	592	628	592	476	329	212	104	15	3901
28	54	224	407	605	610	754	727	601	383	203	87	15	4669
29	46	182	380	571	682	727	700	619	472	229	139	23	4770
30	39	139	212	116	224	341	386	637	231	177	43	15	2560
Ort.	51	177	337	475	564	566	567	502	407	263	135	40	4084

Tablo D.5. Ekim (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlamı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	119	317	565	361	216	258	371	337	66	146	2756
2	46	63	83	60	60	84	108	47	63	20	633
3	162	434	737	785	858	785	534	349	366	135	5145
4	93	194	295	426	563	427	126	86	33	93	2336
5	20	33	49	66	101	122	96	116	76	80	761
6	133	113	262	106	520	415	277	489	170	51	2537
7	7	33	168	202	185	100	161	119	140	27	1041
8	214	316	684	738	518	340	286	380	169	105	3750
9	232	413	652	714	819	808	725	592	402	72	5429
10	285	437	696	746	800	777	715	571	345	109	5490
11	297	436	695	681	776	776	713	570	332	68	5345
12	191	310	436	568	170	60	80	53	33	20	1920
13	35	70	190	213	217	156	86	40	20	13	1041
14	43	66	274	382	196	206	106	73	74	43	1464
15	176	388	630	721	752	773	638	503	342	107	5032
16	230	411	641	668	773	752	668	481	285	40	4948
17	119	363	587	477	668	730	666	478	271	40	4408
18	13	40	61	60	53	91	95	146	118	45	722
19	27	118	328	232	126	120	401	162	66	42	1622
20	20	97	167	182	322	311	266	86	27	13	1490
21	65	101	209	508	675	446	477	196	66	5	2748
22	64	236	468	696	613	424	233	165	146	50	3095
23	40	201	565	349	643	695	613	423	224	33	3787
24	174	257	663	687	739	729	626	447	260	30	4613
25	78	351	443	633	706	685	614	424	192	51	4188
26	91	247	597	592	550	529	571	412	192	64	3846
27	132	305	532	571	625	602	518	315	123	40	3763
28	51	92	149	96	83	20	33	27	13	3	567
29	9	83	242	142	100	198	153	60	16	0	1003
30	10	38	73	47	76	76	40	84	11	0	457
31	132	304	489	528	529	518	539	250	111	33	3435
Ort.	107	221	407	427	453	420	372	274	150	51	2883

Tablo D.6. Kasım (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	181	390	535	623	685	710	598	400	160	45	4336
2	251	505	592	639	664	760	551	268	219	489	4939
3	283	374	521	623	734	697	547	346	200	26	4351
4	314	402	516	618	447	202	116	53	40	22	2731
5	286	426	580	678	739	715	628	458	252	77	4840
6	319	489	592	714	737	713	614	335	107	47	4667
7	215	358	521	635	696	672	610	372	152	11	4242
8	214	356	533	633	466	646	583	425	199	9	4063
9	387	328	456	663	700	675	613	618	138	47	4625
10	246	354	570	530	386	288	179	60	40	8	2660
11	5	127	327	181	86	13	86	273	79	31	1210
12	246	370	516	643	655	533	253	114	33	3	3365
13	111	246	559	620	670	682	595	316	70	9	3881
14	47	139	268	274	93	140	188	148	107	9	1412
15	450	418	462	441	288	471	215	73	84	22	2924
16	178	338	476	630	520	120	215	66	40	11	2595
17	45	280	318	534	244	135	133	60	13	3	1765
18	178	355	517	732	546	619	304	261	85	42	3640
19	8	68	87	366	751	691	567	408	164	3	3113
20	44	151	317	546	671	720	709	493	293	78	4022
21	112	325	452	659	695	683	608	317	151	5	4006
22	36	33	92	208	282	331	259	146	169	7	1561
23	144	290	503	617	581	496	316	233	53	3	3236
24	6	20	70	96	91	66	33	27	20	4	432
25	522	450	314	542	532	422	265	100	9	0	3156
26	3	31	163	121	65	40	27	20	13	2	484
27	1	49	99	61	47	40	40	33	33	29	430
28	25	93	297	178	288	227	73	53	20	3	1257
29	3	21	20	27	74	86	66	36	21	4	356
30	0	9	85	94	99	160	94	112	33	3	691
Ort.	162	260	379	464	451	425	336	221	100	35	2833

Tablo D.7. Aralık (1989) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	0	7	53	380	385	93	66	84	33	0	1102
2	3	260	304	650	508	522	384	411	240	3	3284
3	3	160	288	300	253	414	204	90	119	3	1834
4	3	240	581	664	670	455	468	183	27	1	3292
5	2	144	386	613	649	675	599	447	345	3	3865
6	3	280	442	747	383	86	47	33	20	3	2043
7	3	223	415	653	700	660	556	369	163	2	3744
8	2	18	161	40	40	47	47	27	20	2	401
9	3	158	333	606	668	426	243	256	139	3	2833
10	2	64	111	292	353	114	80	157	84	2	1260
11	1	13	33	40	150	56	13	7	7	1	322
12	2	7	60	60	73	112	165	183	233	2	897
13	2	33	232	396	654	430	256	348	118	3	2481
14	3	200	396	622	670	589	510	273	40	2	3306
15	1	58	150	312	566	373	424	302	118	3	2208
16	3	179	410	603	628	561	397	243	26	0	3050
17	3	120	214	258	348	281	205	288	60	3	1778
18	2	33	181	424	534	587	536	364	118	3	2782
19	0	31	136	425	293	494	299	151	139	3	1971
20	3	118	333	396	453	600	326	243	118	3	2592
21	2	58	271	256	533	547	382	150	78	3	2281
22	3	119	257	481	588	468	551	411	239	3	3119
23	3	78	287	508	574	560	494	271	33	2	2811
24	2	34	217	453	575	628	579	395	179	3	3061
25	2	62	155	247	283	256	219	185	73	2	1484
26	3	158	317	578	386	453	256	120	98	3	2371
27	3	161	184	218	269	202	232	215	121	3	1606
28	3	201	259	178	322	228	260	199	27	2	1678
29	3	99	228	537	588	615	481	287	139	3	2978
30	3	158	348	536	599	426	312	150	118	3	2653
31	3	118	243	592	587	292	228	227	78	3	2370
Ort.	2	116	257	421	457	396	317	228	108	2	2305

Tablo D.8. Ocak (1990) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışıını (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	2	13	40	154	169	256	194	60	40	5	933
2	8	115	321	425	429	570	451	165	27	3	2514
3	3	58	225	194	182	86	89	53	27	4	921
4	2	40	101	222	220	297	222	144	68	8	1322
5	5	91	71	81	74	60	53	40	38	3	516
6	7	135	367	626	688	662	573	381	152	8	3599
7	4	99	323	612	649	662	586	352	187	8	3479
8	8	49	114	220	282	244	169	228	119	5	1437
9	8	40	278	544	468	634	518	223	97	9	2817
10	2	98	209	571	622	596	532	377	151	9	3166
11	0	33	206	240	200	138	97	106	33	8	1060
12	4	135	381	573	624	688	613	381	205	8	3612
13	3	64	168	322	343	355	269	139	99	8	1770
14	8	169	380	533	636	662	599	380	152	8	3529
15	7	61	200	236	160	80	47	27	27	7	849
16	1	13	60	194	319	562	324	84	27	8	1592
17	6	103	136	153	73	53	33	47	50	6	661
18	4	40	307	557	404	455	637	292	221	9	2925
19	8	275	409	572	764	687	440	210	99	8	3474
20	8	116	251	453	674	559	704	437	187	9	3399
21	3	20	123	129	171	53	47	40	27	6	617
22	0	13	47	80	121	173	222	114	43	5	818
23	7	63	266	322	304	291	256	196	81	9	1795
24	5	151	195	360	699	763	509	322	151	9	3161
25	7	163	379	653	790	816	812	594	479	8	4703
26	7	199	423	680	791	829	799	566	409	7	4710
27	9	637	678	731	788	701	572	306	126	7	4554
28	9	168	321	478	698	557	306	108	33	1	2678
29	7	275	515	700	798	836	830	644	414	7	5027
30	9	238	407	385	353	391	346	321	448	9	2907
31	2	97	350	504	429	532	319	421	203	9	2866
Ort.	5	122	266	403	449	460	392	250	143	7	2497



Tablo D.9. Şubat (1990) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	18	20	59	76	40	40	27	35	20	7	340
2	0	20	109	87	83	138	76	62	53	12	640
3	5	20	126	243	289	322	300	126	60	27	1518
4	10	40	118	403	545	698	403	268	224	20	2738
5	15	188	501	628	753	753	583	233	111	27	3791
6	11	201	210	516	457	435	190	187	137	88	2435
7	18	175	419	548	708	632	413	186	111	27	3237
8	32	265	492	630	711	711	674	550	303	72	4439
9	16	164	422	596	646	744	707	597	392	176	4461
10	18	33	60	94	133	133	173	95	47	13	800
11	53	276	502	561	710	645	617	374	276	123	4137
12	76	157	230	289	268	168	113	66	93	27	1487
13	7	66	164	278	334	632	682	617	313	226	3321
14	13	33	60	140	145	112	106	85	47	34	775
15	3	33	40	53	66	126	523	567	269	110	1790
16	20	60	166	202	458	524	483	223	66	27	2230
17	16	127	248	215	405	294	226	201	165	507	2005
18	3	27	33	47	96	85	78	146	81	43	638
19	35	98	221	650	664	489	245	256	187	279	3122
20	93	385	638	782	818	862	850	417	270	198	5314
21	27	261	397	586	834	845	854	734	769	407	5708
22	72	164	223	248	271	271	304	317	226	54	2151
23	13	33	100	362	174	196	362	389	191	125	1945
24	49	129	151	291	227	86	33	20	13	13	1013
25	7	20	47	100	201	159	93	124	190	134	1074
26	172	397	676	753	868	956	911	756	564	259	6313
27	106	401	646	781	907	918	928	831	632	399	6548
28	122	429	501	783	467	346	290	349	250	140	3676
Ort.	37	151	270	391	438	440	402	315	216	113	2773

Tablo D.10. Mart (1990) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	2	60	220	140	195	531	664	408	265	212	137	28	2862
2	1	27	113	337	514	596	621	530	411	258	100	20	3529
3	9	130	211	468	572	655	530	317	207	86	33	2	3221
4	1	20	60	124	129	144	136	146	116	111	47	9	1042
5	1	53	150	429	451	276	334	311	258	228	123	28	2642
6	7	60	321	492	628	720	762	694	589	392	129	16	4809
7	5	93	337	532	677	712	737	686	572	392	151	21	4914
8	5	40	33	93	333	770	712	760	654	479	137	22	4037
9	10	60	313	573	702	795	779	752	630	432	179	23	5248
10	9	47	289	532	644	728	728	702	572	392	157	18	4819
11	7	76	161	225	73	60	86	93	87	53	33	22	976
12	16	73	128	170	272	412	379	272	219	144	60	18	2162
13	15	93	360	535	694	753	745	686	522	345	157	40	4946
14	3	53	80	27	27	86	159	416	378	279	153	33	1693
15	31	139	256	428	73	66	93	80	135	185	40	20	1546
16	4	33	274	240	358	498	407	629	240	290	237	56	3266
17	20	73	235	517	727	820	837	801	671	479	157	58	5395
18	16	115	384	572	710	762	753	686	369	234	100	26	4728
19	6	27	53	232	409	416	466	384	404	393	122	47	2958
20	15	100	321	427	506	712	787	719	597	384	201	58	4825
21	27	151	432	605	711	754	795	727	589	353	186	33	5364
22	3	20	47	80	135	150	157	200	162	141	89	20	1201
23	11	60	120	183	276	416	490	474	428	377	216	52	3102
24	15	40	53	73	126	189	181	191	161	117	67	27	1241
25	47	157	329	451	628	679	687	603	532	337	208	58	4714
26	27	129	321	476	603	645	554	529	410	282	208	58	4241
27	58	186	376	523	628	654	620	628	523	329	208	47	4781
28	47	144	345	500	587	729	745	694	589	392	230	63	5064
29	40	129	282	484	603	679	704	677	589	384	252	85	4908
30	58	172	377	509	458	374	374	309	215	120	73	27	3066
31	13	53	169	280	228	193	140	126	113	107	88	27	1538
Ort.	17	84	231	363	441	515	521	491	394	281	138	34	3511

Tablo D.11. Nisan (1990) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	20	33	93	80	133	329	154	173	80	155	74	27	1350
2	27	60	108	191	295	252	119	53	66	93	123	67	1454
3	33	179	454	630	776	778	654	480	386	219	259	91	4934
4	63	201	353	540	621	746	779	752	589	510	295	91	5541
5	52	230	313	312	333	662	795	694	630	431	252	58	4762
6	52	165	393	664	787	846	855	803	689	534	310	79	6178
7	52	209	495	674	805	873	881	826	723	551	325	101	6514
8	33	180	487	665	788	855	855	808	698	527	310	150	6356
9	69	223	338	207	227	216	531	638	281	180	93	40	3042
10	33	122	250	279	401	786	843	578	288	423	324	91	4420
11	45	60	93	100	100	153	139	311	306	80	33	27	1446
12	46	122	159	285	339	222	181	93	139	100	138	79	1903
13	13	110	209	175	188	186	113	80	60	147	103	39	1424
14	27	60	95	140	160	175	100	86	115	66	33	13	1072
15	40	73	191	310	307	314	231	139	133	86	53	27	1904
16	27	86	243	581	786	829	804	761	688	479	266	124	5675
17	52	260	527	715	839	907	665	781	715	543	332	123	6660
18	74	237	297	532	620	843	820	636	182	155	122	85	4603
19	27	339	511	665	821	847	815	780	657	527	303	107	6399
20	58	223	368	451	546	745	455	529	532	120	73	13	4113
21	13	33	53	47	53	133	165	143	112	67	61	43	924
22	112	325	512	625	740	833	842	822	691	575	376	144	6597
23	80	150	133	106	333	465	431	513	435	486	163	33	3330
24	58	108	195	532	809	795	670	554	564	408	194	58	4944
25	47	179	113	329	654	738	738	366	73	73	53	20	3383
26	74	100	133	174	383	448	629	554	508	329	129	33	3496
27	63	317	549	598	375	159	332	227	159	345	33	27	3184
28	7	20	40	80	169	100	185	146	141	60	60	20	1027
29	20	33	148	296	637	919	837	760	581	565	382	156	5334
30	90	310	558	698	697	914	922	844	698	465	158	57	6413
Ort.	47	158	280	389	491	569	558	498	397	310	181	67	3946

Tablo D.12. Mayıs (1990) ayında 30° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ısınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	16	68	73	73	80	207	215	146	120	86	100	66	27	8	1285
2	12	53	80	133	347	581	621	659	626	602	387	253	47	20	4421
3	7	65	172	360	371	262	254	208	186	173	73	60	33	11	2236
4	9	53	123	194	320	442	368	139	145	159	100	47	27	18	2144
5	13	53	60	113	220	378	288	204	175	60	27	20	20	5	1636
6	14	80	167	394	238	214	449	539	327	201	166	167	84	7	3047
7	24	134	332	518	714	816	866	866	824	714	559	357	164	25	6914
8	25	173	363	559	728	824	874	866	801	684	518	326	130	25	6896
9	27	102	186	283	675	709	781	682	611	449	462	382	154	27	5532
10	24	95	166	160	232	159	100	93	472	495	126	66	33	13	2234
11	26	72	113	214	559	718	569	470	214	237	50	47	33	20	3341
12	9	27	86	215	530	411	487	252	519	100	20	47	33	5	2739
13	19	60	173	435	581	792	933	842	785	749	538	527	157	26	6417
14	26	157	339	510	661	770	819	826	763	595	469	235	66	10	6248
15	25	79	131	201	260	283	320	336	336	304	173	131	40	25	2643
16	24	95	137	153	290	314	329	314	209	133	160	80	47	20	2304
17	13	27	73	141	162	133	120	183	297	141	7	33	65	19	1413
18	9	47	216	194	33	447	485	477	476	442	235	192	123	26	3403
19	26	135	314	511	662	771	819	804	688	684	483	345	191	26	6459
20	20	80	185	353	581	673	524	165	207	120	27	13	13	6	2966
21	13	47	136	160	255	248	240	263	159	106	93	86	59	22	1888
22	13	66	149	297	420	596	500	462	394	310	283	173	94	27	3785
23	26	157	345	517	691	808	820	888	726	574	497	351	118	26	6543
24	26	89	235	304	245	165	205	334	387	347	318	182	140	26	3013
25	26	81	149	214	347	649	856	856	822	727	572	406	188	27	5921
26	24	155	350	552	714	825	883	883	832	736	601	405	181	24	7165
27	27	153	339	510	632	733	759	759	688	625	401	302	131	27	6085
28	27	119	290	462	558	349	560	697	649	668	524	364	188	28	5484
29	22	111	252	120	93	140	194	217	248	211	146	118	73	23	1965
30	26	148	345	436	559	771	789	714	763	691	483	369	187	27	6308
31	27	77	138	228	521	754	795	802	702	485	345	229	116	27	5246
Ort.	20	92	201	307	428	514	543	514	489	407	288	200	95	20	4119

Tablo E.1. Haziran (1989) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	33	74	214	380	510	601	663	669	612	515	380	221	75	33	4981
2	29	74	179	286	382	550	622	434	102	147	140	182	80	36	3244
3	33	73	200	326	371	550	663	663	527	547	345	229	75	33	4635
4	36	78	207	386	462	579	633	264	68	313	172	138	75	24	3434
5	35	75	224	339	456	612	657	628	607	526	385	224	75	33	4876
6	33	73	205	367	504	596	651	657	623	536	344	193	78	35	4895
7	33	71	156	245	371	453	552	639	579	451	368	220	77	34	4250
8	35	78	201	309	414	618	686	387	272	212	163	115	71	34	3595
9	6	17	40	110	172	215	212	124	108	134	91	77	40	15	1363
10	11	23	34	68	102	255	311	335	329	376	280	119	68	35	2347
11	18	17	34	68	112	114	103	125	130	85	78	46	37	19	984
12	11	40	68	102	164	363	522	633	567	340	195	137	71	37	3251
13	34	76	196	389	536	623	669	657	607	515	335	208	73	35	4954
14	31	78	280	421	515	612	675	657	596	499	366	205	71	28	5035
15	35	78	239	404	478	516	370	463	289	191	130	102	75	28	3399
16	17	40	57	57	85	80	119	171	227	273	128	91	28	11	1385
17	28	71	215	353	499	601	651	663	618	515	367	218	76	34	4910
18	34	74	211	367	510	601	657	657	612	515	385	227	73	36	4959
19	11	46	97	117	34	51	124	200	244	226	165	154	57	28	1554
20	17	60	107	131	157	176	170	218	249	167	102	89	46	28	1716
21	32	74	214	380	525	618	669	681	612	525	375	233	76	33	5048
22	34	77	204	359	499	596	639	645	539	467	241	46	46	34	4424
23	17	68	181	381	510	607	493	398	284	136	102	23	17	15	3232
24	33	74	218	371	510	607	651	663	556	515	380	221	75	34	4909
25	33	74	217	380	520	603	657	657	612	525	389	233	76	34	5012
26	32	75	183	330	472	567	634	634	596	526	390	234	79	37	4788
27	37	75	222	372	515	590	628	617	579	472	353	206	74	33	4771
28	35	77	224	390	520	601	640	640	584	435	367	218	75	33	4838
29	33	72	162	272	382	522	599	617	579	478	349	219	81	41	4405
30	28	72	156	305	414	516	522	611	459	425	314	214	76	36	4147
Ort.	28	65	172	292	390	486	528	514	445	386	273	168	66	31	3845

Tablo E.2. Temmuz (1989) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	29	67	132	154	363	497	595	601	563	485	367	218	73	30	4174
2	17	68	173	314	452	545	577	608	569	507	261	197	70	33	4390
3	28	69	176	329	457	557	583	625	455	291	415	252	78	35	4353
4	30	69	187	353	468	551	614	626	569	368	237	139	40	29	4277
5	6	6	11	34	23	51	92	110	80	113	168	76	15	6	791
6	17	49	74	122	157	219	264	209	102	97	40	28	17	22	1418
7	30	69	153	300	507	622	649	449	295	319	208	118	63	17	3799
8	17	63	133	328	413	361	200	212	230	169	144	106	57	28	2460
9	11	66	104	183	308	331	364	516	396	368	309	138	70	30	3196
10	17	28	57	162	208	302	365	335	284	241	128	63	34	11	2236
11	11	40	113	231	379	307	249	359	307	264	158	103	63	28	2611
12	28	65	134	236	286	373	400	340	218	124	124	162	72	30	2592
13	30	74	204	362	114	70	620	614	372	275	295	225	78	30	3363
14	30	71	164	366	501	593	644	632	593	479	381	227	73	29	4784
15	28	69	199	357	501	605	650	656	617	518	395	234	71	31	4929
16	23	69	179	333	468	575	632	632	605	518	401	224	73	30	4761
17	29	68	199	241	291	307	449	292	188	158	74	46	34	23	2398
18	17	66	173	213	474	503	334	315	384	347	247	211	67	29	3378
19	32	74	224	371	501	593	632	632	575	474	295	183	71	28	4684
20	11	59	130	210	368	332	256	147	97	114	74	68	46	20	1931
21	11	46	80	134	186	373	395	431	307	180	119	102	51	19	2434
22	11	33	54	78	134	115	103	127	57	63	63	46	33	15	931
23	17	57	99	137	191	242	256	232	159	152	166	109	58	25	1901
24	6	28	57	85	164	241	486	504	449	302	231	130	63	26	2774
25	17	57	102	182	241	254	340	359	337	262	178	96	57	27	2509
26	17	46	101	167	313	343	322	280	284	197	108	51	34	67	2291
27	6	23	68	182	385	479	419	261	206	203	148	85	40	11	2517
28	6	28	80	143	208	218	225	316	366	319	187	108	61	20	2274
29	6	46	119	225	291	266	231	243	254	241	197	164	64	11	2357
30	11	51	104	167	230	290	329	274	248	147	119	101	46	6	2122
31	0	11	28	40	62	133	147	93	40	40	46	28	17	11	697
Ort.	18	53	123	217	311	363	401	388	329	269	203	130	54	23	2882

Tablo E.3. Ağustos (1989) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ısınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	6	51	176	312	431	533	586	607	595	543	617	324	166	40	4986
2	34	108	369	394	505	584	610	603	570	498	304	264	128	23	4982
3	33	108	257	390	503	569	465	589	569	476	366	227	102	23	4677
4	11	55	134	346	219	326	108	85	97	130	234	139	57	13	1757
5	0	11	23	46	80	130	143	102	158	150	80	61	37	9	1030
6	0	28	147	176	215	323	454	645	586	488	327	291	119	31	3831
7	28	108	259	404	515	584	613	543	432	329	310	124	40	11	4302
8	16	68	152	151	326	348	283	276	210	153	114	80	46	11	2234
9	17	68	164	210	312	381	557	501	518	444	279	181	97	17	3741
10	11	46	187	329	455	540	587	601	575	508	407	309	144	34	4734
11	17	91	235	362	469	550	578	543	529	442	249	170	68	6	4308
12	11	80	220	263	337	507	496	538	255	221	187	141	74	11	3346
13	17	68	207	334	456	538	547	512	400	330	204	141	68	17	3840
14	11	68	189	297	400	335	261	316	272	176	119	97	51	11	2604
15	11	68	218	371	268	124	170	181	557	268	158	102	63	14	2574
16	7	57	198	324	431	544	578	585	572	505	415	332	108	17	4573
17	9	80	204	318	437	542	590	597	584	437	390	257	140	34	4618
18	15	74	181	309	323	284	484	583	545	449	322	192	63	7	3832
19	6	46	141	232	363	512	577	584	553	468	361	63	40	4	3849
20	19	91	102	338	471	505	590	590	539	385	326	164	28	4	4153
21	6	51	124	247	353	407	536	295	483	347	240	68	11	1	3169
22	11	80	185	158	434	386	620	606	301	308	287	114	23	4	3516
23	4	63	136	170	272	568	625	654	505	485	345	176	63	23	4177
24	16	57	158	314	486	562	606	545	527	218	390	124	57	5	4067
25	8	85	198	331	461	548	583	591	562	488	307	153	68	8	4392
26	7	40	198	355	488	569	590	583	541	446	325	193	57	2	4394
27	8	63	187	342	458	558	593	586	565	485	372	232	102	17	4568
28	17	80	193	344	456	509	586	579	537	443	313	176	46	2	4278
29	8	57	147	267	435	516	560	581	496	415	249	136	51	31	3929
30	11	85	220	380	430	509	551	559	516	410	301	1e3	63	2	4229
31	13	57	182	313	447	526	327	278	238	215	153	182	89	22	3042
Ort.	13	67	181	291	395	462	499	498	467	379	288	171	73	14	3798

Tablo E.4. Eylül (1989) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	47	229	341	606	822	370	150	209	113	60	33	27	3006
2	0	25	34	70	332	494	556	507	589	614	319	172	3710
3	133	368	554	728	839	881	864	804	667	469	245	53	6606
4	127	368	529	702	822	864	837	725	547	478	245	60	6303
5	100	311	504	685	804	855	855	787	650	487	278	67	6380
6	40	188	418	580	594	441	395	218	260	247	123	40	3545
7	53	107	247	495	428	704	352	167	157	111	40	20	2891
8	13	74	103	190	279	264	273	149	96	77	90	20	1628
9	20	74	77	35	26	133	237	690	521	137	82	27	2058
10	93	327	512	685	804	811	802	760	624	341	196	20	5983
11	33	131	401	641	708	607	864	358	207	77	82	47	4157
12	33	90	196	234	132	237	669	235	521	375	212	40	2975
13	33	115	120	321	200	202	290	158	87	103	41	20	1690
14	20	98	103	207	367	370	229	35	61	103	82	20	1695
15	27	179	512	693	830	899	899	848	702	410	270	60	6329
16	47	196	478	676	420	414	572	725	503	298	90	7	4426
17	13	179	460	408	708	264	193	26	165	68	16	13	2524
18	20	57	77	104	140	88	106	235	347	204	82	20	1482
19	100	286	478	641	752	855	864	795	650	384	204	80	6088
20	33	156	410	572	716	802	766	716	598	324	107	27	5226
21	33	156	401	572	708	766	775	708	521	324	82	33	5079
22	33	164	375	555	690	784	784	743	416	187	98	20	4851
23	47	179	238	529	699	775	775	699	56	358	188	22	5072
24	27	156	392	563	690	758	766	690	563	350	179	27	5161
25	27	131	350	408	620	414	229	123	78	60	41	13	2493
26	12	57	145	251	297	193	220	279	303	180	57	20	2016
27	20	115	324	460	576	616	581	463	321	204	98	13	3792
28	47	212	392	589	594	740	713	585	373	196	82	13	4536
29	40	172	367	555	664	713	687	602	469	221	131	20	4633
30	33	131	204	113	218	335	379	620	225	171	41	13	2484
Ort.	44	168	325	462	549	555	556	489	396	254	128	34	3961



Tablo E.5. Ekim (1989) ayında 60° egik yüzeye gelen anlık toplam güneş ısınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	131	338	623	361	199	245	372	344	57	164	2835
2	50	60	91	51	51	74	102	40	60	17	596
3	185	474	813	826	898	818	551	359	396	151	5472
4	99	198	323	433	577	429	108	74	28	99	2369
5	17	28	53	57	88	110	83	109	72	89	707
6	148	105	287	91	530	416	270	513	171	47	2578
7	6	28	184	196	175	85	151	110	34	23	992
8	248	337	754	772	527	334	279	391	169	113	3925
9	271	451	720	749	856	845	760	629	438	74	5793
10	337	478	768	784	846	811	750	606	373	121	5874
11	352	476	767	713	809	809	747	604	358	69	5705
12	221	333	480	589	153	51	68	46	28	17	1985
13	32	63	208	208	210	144	74	34	17	11	1000
14	39	57	300	388	182	194	91	63	64	39	1417
15	201	421	695	755	783	805	665	529	369	117	5341
16	268	447	707	697	805	782	697	505	303	34	5246
17	131	391	647	488	690	766	693	501	287	34	6429
18	11	34	66	52	46	80	86	146	122	47	691
19	23	114	360	224	108	102	408	154	57	37	1587
20	17	90	182	170	319	307	262	74	23	11	1456
21	64	91	229	522	697	449	487	188	57	4	2789
22	63	246	515	726	630	425	222	153	143	46	3168
23	34	206	623	348	662	719	635	439	233	28	3928
24	199	271	731	718	768	756	650	466	274	26	4859
25	80	378	487	669	731	709	637	440	196	47	4374
26	96	259	659	613	562	539	590	427	195	63	4002
27	147	324	587	589	643	618	532	319	116	34	3910
28	57	96	164	93	76	17	28	23	11	2	569
29	7	78	266	132	85	190	143	51	14	0	967
30	9	35	80	41	71	71	34	84	10	0	436
31	147	324	530	543	538	527	555	247	103	28	3552
Ort.	119	233	449	429	462	427	379	280	154	51	2992

Tablo E.6. Kasım (1989) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlamı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	14	488	626	731	772	801	700	460	198	12	4802
2	14	639	697	753	748	862	644	300	265	18	4938
3	15	466	609	731	829	786	638	394	239	12	4719
4	16	502	601	722	488	200	102	46	34	13	2724
5	15	536	682	802	838	809	740	533	308	12	5274
6	15	617	696	845	835	806	721	382	118	12	5047
7	14	445	608	746	785	756	715	426	176	10	4680
8	15	443	622	743	512	725	681	490	236	7	4474
9	16	407	530	782	790	761	720	728	150	12	4905
10	15	439	667	512	416	301	180	51	34	7	2724
11	4	146	374	188	74	11	74	308	83	11	1273
12	15	460	601	753	734	590	271	107	28	2	3563
13	13	299	655	727	753	767	696	357	68	8	4342
14	12	159	299	301	80	129	194	152	117	8	1451
15	18	522	535	504	300	517	224	63	85	13	2781
16	15	418	552	738	575	102	224	57	34	10	2725
17	12	343	359	621	250	122	125	51	11	2	1898
18	14	440	603	864	606	692	335	288	87	13	3942
19	7	65	74	411	847	777	660	469	190	2	3502
20	12	174	358	635	754	812	837	573	360	13	4530
21	13	401	523	775	783	768	712	358	174	4	4512
22	12	28	83	218	296	354	281	149	198	5	1624
23	14	355	584	722	647	546	349	254	46	2	3519
24	5	17	72	101	90	61	28	23	17	3	418
25	19	564	352	628	589	459	286	90	7	0	2995
26	2	29	186	131	60	34	23	17	11	2	495
27	1	54	108	58	40	34	34	28	33	5	396
28	11	100	337	184	305	233	63	46	17	2	1297
29	2	19	17	23	73	88	66	32	19	3	342
30	0	8	82	87	89	161	87	115	28	2	661
Ort.	12	319	436	538	499	469	380	245	113	8	3019

Tablo E.7. Aralık (1989) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınlımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	0	6	46	440	437	80	57	81	28	0	1174
2	3	341	360	771	585	601	441	499	313	3	3919
3	3	201	340	337	272	469	217	85	145	3	2072
4	4	314	718	789	783	520	546	205	23	1	3904
5	2	181	468	728	759	792	711	547	461	5	4655
6	4	369	538	892	431	74	40	28	17	2	2396
7	3	290	505	778	822	773	656	445	206	2	4480
8	2	15	189	34	34	40	40	23	17	2	396
9	2	199	398	717	780	484	265	298	181	2	3315
10	2	69	114	329	397	103	68	174	97	2	1355
11	1	11	28	34	166	51	11	6	6	1	316
12	2	6	51	51	63	105	175	210	307	3	973
13	2	28	267	455	763	499	282	417	143	2	2858
14	2	258	480	737	783	685	598	321	34	2	3901
15	1	59	162	352	533	418	491	358	143	3	2518
16	3	228	498	713	732	649	457	283	22	0	3584
17	2	145	245	285	388	306	218	341	61	2	1994
18	2	28	202	491	615	681	630	437	143	3	3232
19	0	27	144	492	320	567	335	164	172	3	2223
20	2	143	397	455	516	697	369	281	143	3	3006
21	2	59	318	282	615	631	438	162	87	3	2596
22	2	144	300	562	683	535	649	498	312	3	3688
23	2	87	338	595	665	648	578	318	28	2	3262
24	2	29	243	527	666	732	683	478	228	3	3591
25	2	65	169	272	310	277	237	200	81	2	1622
26	2	199	377	681	434	516	282	122	115	2	2731
27	3	203	207	235	291	209	253	247	147	2	1798
28	2	259	303	185	357	241	287	226	23	2	1885
29	2	116	263	631	682	715	561	339	172	3	3483
30	2	199	417	629	695	483	351	162	143	3	3184
31	2	143	281	699	681	318	247	261	87	2	2721
Ort.	2	143	302	490	524	448	360	265	131	2	2669

Tablo E.8. Ocak (1990) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışıını (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	2	11	34	157	170	275	205	51	35	4	944
2	7	131	371	480	476	644	512	176	23	2	2821
3	2	59	257	206	186	74	77	46	23	3	932
4	2	34	97	235	228	320	235	151	69	7	1378
5	5	108	68	75	64	51	46	34	36	2	489
6	6	159	430	725	787	757	661	448	182	8	4161
7	3	110	374	707	740	755	675	410	229	7	4011
8	8	43	113	232	301	255	170	257	139	4	1523
9	7	34	317	624	522	721	592	248	107	8	3179
10	2	108	231	657	707	677	609	442	180	8	3621
11	0	28	231	259	205	131	85	105	28	7	1080
12	3	158	447	661	711	787	709	447	254	7	4185
13	2	633	180	355	373	388	291	144	111	8	1914
14	7	206	447	612	725	756	692	447	182	7	4080
15	6	64	226	257	161	68	40	23	23	6	874
16	1	11	51	200	345	637	359	75	23	7	1709
17	5	123	148	161	63	46	28	40	51	6	670
18	3	34	354	640	445	507	737	336	274	9	3338
19	8	349	482	659	878	786	499	233	110	7	4011
20	7	133	284	515	770	632	819	518	229	8	3916
21	2	17	133	132	178	46	40	34	23	5	609
22	0	11	40	68	115	176	241	118	40	4	813
23	6	62	303	355	326	311	275	215	86	8	1947
24	4	180	213	401	799	876	582	372	180	8	3614
25	6	201	450	763	916	946	956	720	627	8	5594
26	7	249	505	796	916	962	940	685	532	8	5600
27	11	840	825	856	912	807	664	357	150	6	5429
28	8	202	371	544	798	629	335	104	28	2	3020
29	6	353	623	823	928	974	981	785	541	7	6021
30	8	298	479	431	384	430	383	371	581	10	3377
31	2	107	407	576	476	599	351	497	250	9	3274
Ort.	5	145	306	457	503	517	445	287	172	6	2843

Tablo E.9. Şubat (1990) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R										TOPLAM
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
1	19	17	59	75	34	34	23	32	17	6	316
2	0	17	109	79	72	134	66	55	51	11	595
3	4	17	117	242	291	328	306	117	51	23	1496
4	9	34	104	419	574	746	419	277	245	17	2844
5	13	201	547	673	808	808	662	237	108	23	4039
6	10	217	211	547	476	451	179	184	140	103	2519
7	15	184	451	583	757	672	431	182	107	23	3407
8	27	294	536	676	762	762	725	604	340	81	4808
9	14	173	456	638	689	799	763	657	448	221	4859
10	15	28	51	81	123	123	170	88	40	11	731
11	56	307	548	598	760	687	661	400	307	150	4474
12	88	166	237	294	267	155	97	57	89	23	1473
13	6	57	157	278	337	672	733	680	352	289	3561
14	11	28	51	133	137	99	95	76	40	35	706
15	2	28	34	46	57	108	558	625	300	133	1892
16	17	51	161	193	478	552	510	226	57	23	2268
17	14	128	255	209	418	294	221	202	174	129	2045
18	2	22	28	40	89	76	70	152	84	51	615
19	31	92	223	697	708	511	240	263	200	359	3324
20	111	441	708	851	886	935	927	452	303	252	5866
21	23	293	432	631	905	918	934	820	898	533	6387
22	81	173	227	245	268	268	308	335	248	58	2209
23	11	28	85	375	159	184	375	418	206	153	1994
24	54	136	150	302	227	74	28	17	11	11	1012
25	6	17	40	85	196	149	80	118	209	168	1068
26	220	461	757	825	949	1048	1002	850	661	337	7109
27	132	467	724	858	995	1007	1023	938	745	526	7415
28	149	491	546	848	487	350	291	371	275	172	3979
Ort.	41	163	286	411	461	462	424	337	240	140	2965

Tablo E.10. Mart (1990) ayında 60° eğik yüzeye gelen  
anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	2	51	189	119	168	477	599	364	231	183	115	24	2522
2	1	23	97	295	461	536	559	475	361	223	86	17	3133
3	7	109	182	412	514	590	476	280	179	74	28	2	2854
4	1	17	51	107	111	125	117	127	100	96	40	8	899
5	1	46	129	377	403	242	295	275	224	197	103	24	2317
6	6	51	278	433	565	650	688	626	520	340	109	14	4280
7	4	80	291	469	611	642	665	619	505	340	127	18	4371
8	4	34	28	80	294	696	642	686	578	415	115	19	3593
9	9	51	271	505	634	719	704	680	557	374	150	20	4673
10	7	40	250	469	581	658	658	634	505	340	132	15	4287
11	6	63	139	198	63	51	74	80	75	46	28	19	841
12	14	63	110	146	240	368	337	240	190	123	51	15	1896
13	13	80	312	472	626	681	673	619	460	298	132	34	4400
14	2	46	68	23	23	74	136	374	332	242	127	28	1475
15	27	116	222	377	63	57	80	68	116	160	34	17	1336
16	3	28	237	208	318	446	362	567	208	251	197	45	2869
17	17	63	202	456	657	742	758	725	593	416	132	46	4806
18	14	97	333	505	641	688	680	619	324	202	86	22	4210
19	5	23	46	201	364	371	416	342	355	341	103	40	2606
20	13	86	278	375	453	642	711	649	527	333	167	46	4280
21	23	127	374	535	642	681	719	657	520	305	155	28	4768
22	2	17	40	68	116	129	136	176	140	122	75	17	1038
23	10	51	102	157	242	370	439	424	376	327	179	43	2720
24	13	34	46	63	108	165	158	167	140	101	57	23	1074
25	40	132	285	397	565	612	619	543	469	291	173	46	4172
26	23	109	278	419	543	581	497	475	360	243	173	46	3746
27	46	155	326	461	566	589	558	566	461	285	173	40	4226
28	40	121	298	441	528	658	673	626	520	340	191	49	4484
29	34	109	243	426	543	612	635	611	520	333	209	60	4334
30	46	144	327	449	409	332	332	273	186	102	63	23	2685
31	11	46	146	246	201	168	119	108	97	92	74	23	1330
Ort.	14	71	199	319	395	463	468	441	346	243	116	28	3104

Tablo E.11. Nisan (1990) ayında 60° eğik yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R												TOPLAM
	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
1	17	28	80	68	114	293	133	150	68	133	63	23	1171
2	23	51	92	166	262	223	102	46	57	80	103	46	1250
3	28	150	394	556	702	704	598	429	338	188	214	63	4357
4	49	167	306	477	559	674	705	680	521	442	244	63	4886
5	43	191	271	273	294	596	719	626	556	374	209	46	4198
6	42	138	341	588	712	767	774	727	609	464	256	56	5475
7	42	173	430	596	729	791	799	749	640	478	268	67	5763
8	28	150	423	588	713	775	775	732	617	457	256	92	5608
9	51	185	292	179	197	186	476	575	245	155	80	34	2656
10	28	103	216	243	356	711	763	520	251	367	267	63	3890
11	35	51	80	85	85	131	119	278	269	68	28	23	1252
12	37	103	137	250	302	194	155	80	119	85	115	54	1631
13	11	92	181	152	164	162	97	68	51	127	86	32	1224
14	23	51	81	121	140	153	85	74	99	57	28	11	925
15	34	63	165	272	272	278	202	119	114	74	46	23	1660
16	23	74	210	513	711	751	728	688	608	416	220	80	5022
17	41	215	458	633	760	823	785	707	633	472	274	78	5880
18	55	197	257	469	558	763	742	573	156	133	103	60	4065
19	23	280	444	588	744	768	738	706	581	457	250	70	5649
20	46	185	319	397	490	673	406	475	469	102	63	11	3635
21	11	28	46	40	46	116	146	125	97	57	52	30	794
22	72	268	444	553	670	755	763	745	611	499	309	89	5779
23	57	126	114	91	295	415	384	460	383	422	136	28	2911
24	46	91	168	469	732	719	604	497	498	353	161	46	4385
25	40	150	97	288	589	666	666	325	63	63	46	17	3009
26	54	86	114	149	340	399	567	498	447	285	109	28	3077
27	49	262	477	528	333	136	293	197	136	299	28	23	2758
28	6	17	34	68	149	85	162	127	122	51	51	17	890
29	17	28	127	259	574	833	758	686	513	490	315	96	4698
30	62	256	485	618	630	829	837	766	618	403	132	45	5680
Ort.	37	132	243	343	441	512	502	448	350	268	150	47	3473

Tablo E.12. Mayıs (1990) ayında 60° eğik yüzeye gelen  
anlık toplam güneş ışınlımı (W/m<sup>2</sup>).

Gün	S A A T L E R														TOPLAM
	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1	14	43	63	63	68	175	182	125	102	74	85	57	23	7	1081
2	11	46	68	114	288	487	525	557	525	494	307	185	40	17	3662
3	6	53	131	284	307	222	216	178	159	148	63	51	28	10	1854
4	7	46	99	159	266	371	312	119	124	136	85	40	23	15	1802
5	11	45	51	96	184	318	244	174	149	51	23	17	17	4	1385
6	12	60	130	311	200	183	380	456	276	171	140	130	61	6	2514
7	21	67	233	404	583	681	730	730	688	583	435	248	72	23	5497
8	22	73	252	435	595	688	737	730	669	559	404	229	66	21	5480
9	25	66	142	229	553	593	659	576	512	371	363	266	74	24	4453
10	21	58	127	134	195	136	85	80	396	406	108	57	28	11	1841
11	23	59	96	176	459	600	481	398	182	200	43	40	28	17	2802
12	7	23	74	176	435	346	412	215	435	85	17	40	28	4	2297
13	16	51	134	342	476	662	787	710	656	612	420	230	73	23	5193
14	23	74	238	399	541	644	691	697	638	488	368	173	57	9	5039
15	21	58	106	165	218	240	272	285	283	253	144	106	34	21	2207
16	22	59	108	128	242	265	279	267	178	114	134	68	40	17	1921
17	11	23	63	117	137	114	102	156	250	120	6	28	44	17	1187
18	8	40	161	161	28	376	410	404	400	365	192	146	68	23	2783
19	23	69	222	399	541	644	691	679	576	559	378	241	78	25	5125
20	17	59	141	280	476	563	443	141	177	102	23	11	11	5	2451
21	11	40	106	133	213	210	205	224	136	91	80	74	49	19	1589
22	11	57	119	239	347	500	423	391	332	259	228	135	64	24	3129
23	23	72	241	404	565	675	691	749	607	471	388	245	66	25	5222
24	22	62	172	244	206	141	176	284	326	289	254	145	70	23	2414
25	23	61	119	176	288	544	722	722	686	594	446	281	79	26	4769
26	22	68	243	429	583	688	744	744	695	601	465	277	72	23	5655
27	27	73	238	399	518	613	641	641	575	512	317	215	69	25	4861
28	24	68	208	363	459	294	474	589	543	547	410	255	80	27	4341
29	19	59	180	102	80	119	165	185	210	177	123	95	53	20	1588
30	25	71	242	342	459	644	666	603	638	565	378	257	78	26	4992
31	23	62	112	187	429	631	671	677	587	399	275	170	68	25	4317
Ort.	18	57	149	245	353	431	459	435	410	335	229	146	53	18	3337



**ÖZGEÇMİŞ**  
**(Kemal ÜÇÜNCÜ)**

1958 yılında Akçaabat/Trabzon'da doğdu. 1976 yılında Erzurum Yavuz Selim öğretmen Lisesini bitirdi. 1980 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun olup, Yüksek Lisans çalışmalarına başladı. 1981 yılında İller Bankası Trabzon Bölge Müdürlüğünde 7 ay görev yaptıktan sonra aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesine Araştırma Görevlisi olarak girdi. 1982 yılında Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans çalışmalarını tamamlayarak Makina Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. Askerliğini 1983-1984 yılları arasında Milli Savunma Bakanlığı Araştırma-Geliştirme Daire Başkanlığında Yedek Subay olarak yaptı. 1984 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora çalışmalarına başladı. 1988 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Odun Mekanik ve Teknolojisi Anabilim Dalına öğretim Görevlisi olarak atandı. Halen adı geçen bölümde Makina Bilgisi, Teknik Resim, Malzeme Bilgisi ve Fabrika Planlaması derslerini vermektedir.

Fransızca bilen Kemal ÜÇÜNCÜ iki çocuk babasıdır.