

**ESKİŞEHİR**  
**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI**  
**ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLECİK**

**ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**METEOROLOJİ HARİTALARI KULLANILARAK ÇELİK**  
**ÇATILARIN KAR YÜKÜ ANALİZLERİ**

**Enez ALADAĞ**  
**Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı**  
**Dr. Kıvanç TAŞKIN**

**BİLECİK, 2019**  
**Ref.No: 10310360**



**ESKİŞEHİR  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ**

**ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**METEOROLOJİ HARİTALARI KULLANILARAK ÇELİK  
ÇATILARIN KAR YÜKÜ ANALİZLERİ**

**Enez ALADAĞ  
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı  
Dr. Kıvanç TAŞKIN**

**BİLECİK, 2019**



**ESKİŞEHİR  
ANADOLU UNIVERSITY**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ  
BİLECİK  
SEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences  
Department of Civil Engineering**

**THE SNOW LOAD ANALYSIS OF STEEL ROOFS USING  
METEOROLOGY MAPS**

**Enez ALADAG  
Master's Thesis**

**Thesis Advisor  
Dr. Kivanc TASKIN**

**BİLECİK, 2019**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS**  
**JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 05/11/2019 tarih ve 67-06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/11/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Enez ALADAĞ'ın "*Meteoroloji Haritaları Kullanılarak Çelik Çatıların Kar Yüğü Analizleri*" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

**ÜYE**  
**(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Kıvanç TAŞKIN**

**ÜYE(BAŞKAN) : Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN**

**ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Uğur ALBAYRAK**

**ONAY**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun  
.../.../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

**İMZA/ MÜHÜR**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi çalışmalarım sırasında, meteorolojik verilerin temini ve kullanılması hususunda yardımcı olan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne, tezimin her safhasında büyük emek ve katkısı olan Tez danışmanım Sn. Dr. Kıvanç TAŞKIN'a, tez çalışmalarımda yol gösteren, bilgisini, tecrübesini ve zamanını benden esirgemeyen Sn. Dr. Kerem PEKER'e, analiz ve haritalama işlemleri için Erdemli Proje çalışanlarına ve Eskişehir Teknik Üniversitesi Meteoroloji Verileri Çalışma Grubu'na, tezimin yazım aşamasında yardımını esirgemeyen Ziraat Yüksek Mühendisi Sn. Selin ÇAYAN'a teşekkür ederim.

En önemlisi, her zaman maddi ve manevi olarak beni destekleyen, teşvik eden ve emeği olan aileme teşekkür ederim.

## BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu Üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

...../...../ 2019

**Enez ALADAĞ**

# METEOROLOJİ HARİTALARI KULLANILARAK ÇELİK ÇATILARIN KAR YÜKÜ ANALİZLERİ

## ÖZET

Ülkemizde her yıl gerçekleşen meteorolojik olaylar kaynaklı yapı hasarlarından yola çıkılarak, mevcut yönetmeliklerin yeterli olmadığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, meteorolojik veriler kullanılarak güncel haritalar oluşturularak daha güvenli ve daha ekonomik tasarımların yapılması için mevcut yönetmeliklerde verilen harita ve hesap değerlerinin güncellenmesi için önerilerde bulunmaktır.

Çalışma sürecinde, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden 1975 yılından itibaren meteorolojik veriler temin edildi. Alınan veriler düzenlenerek ve Easyfit programında uygun olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak güncel değerler ortaya çıkarıldı. Bu değerler Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) yardımıyla kar, rüzgar, sıcaklık ve yağış için 50 yıl dönüş aralıklı haritalar oluşturuldu.

Oluşturulan meteorolojik haritalardaki kar yükleri kullanılarak TS 498'e göre boyutlandırılmış altı adet çelik çatı makası analizi SAP2000 programı ile yapıldı. Çelik çatı makas elemanları, oluşturulan meteorolojik haritalardan elde edilen kar yükleri altında göçme durumuna geldiği görüldü.

Sonuç olarak, TS 498 ve TS EN 1991 yönetmeliklerinde verilen hesap değerleri ve haritalarla bu çalışmada oluşturulmuş olan haritalar karşılaştırılıp fark haritası oluşturuldu. Ortaya çıkarılan fark haritasında günümüzde kullanılan haritalarda verilen değerlerin bazı bölgeler için emniyetsiz, bazı bölgeler için ekonomik olmayan değerler verildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Meteoroloji Verileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Rüzgar Yüğü, Kar Yüğü, Göçme Mekanizması

## THE SNOW LOAD ANALYSIS OF STEEL ROOFS USING METEOROLOGY

### MAPS

### ABSTRACT

Based on the building damage caused by meteorological events occurring every year in our country, it is understood that the existing regulations are not sufficient.

The objective of this study is to determine the map and account values given in the current regulations for the preparation of safer and more economical designs by creating the current update of meteorological features.

During the study, meteorological data were obtained from the General Directorate of Meteorological Affairs since 1975. Current values were determined by editing the data and using the appropriate probability distribution functions in Easyfit program. With the help of the Geographical Information System (GIS), these maps were generated with 50-year return intervals for snow, wind, temperature and precipitation.

Six different steel truss were analyzed by using SAP2000 according to TS498. The snow loads were taken from the meteorological maps. From the analysis, the elements of steel trusses were all in collapse mechanism

As a result, the calculation values and maps given in TS 498 and TS EN 1991 regulations were compared with the maps created in this study and the difference map was created. The difference map revealed that the values given in the maps used today are insecure for some regions and non-economic values for some regions.

**Key Words:** Meteorological Data, Geographical Information System, Wind Load, Snow Load, Collapse Mechanism

## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa No   |
|---|------------|
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....   | .....      |
| <b>BEYANNAME</b> .....  | .....      |
| <b>ÖZET</b> .....   | <b>I</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>II</b>  |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....                                      | <b>V</b>   |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....                                    | <b>VII</b> |
| <b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....                       | <b>V</b>   |
| <b>1.GİRİŞ</b> .....  | <b>1</b>   |
| 1.1. Çalışma Esasları ve Dayanağı .....                           | 2          |
| 1.2. Meteorolojik Olaylar Kaynaklı Yapı Hasarları .....           | 2          |
| 1.2.1. Kar kaynaklı yapı hasarları .....                          | 3          |
| 1.2.2. Rüzgar kaynaklı yapı hasarları .....                       | 5          |
| 1.3. Mevcut Tasarım Yönetmelikleri .....                          | 8          |
| 1.3.1. TS 498-1997 yönetmeliği .....                              | 8          |
| 1.3.1.1. TS 498-1997 yönetmeliği kar yükü hesabı .....            | 8          |
| 1.3.1.2. TS 498-1997 yönetmeliği rüzgar yükü hesabı .....         | 10         |
| 1.3.2. TS EN 1991 yönetmeliği .....                               | 12         |
| 1.3.2.1. TS EN 1991-1-3 kar yükü .....                            | 12         |
| 1.3.2.2. TS EN 1991-1-4 rüzgar yükü .....                         | 14         |
| <b>2.TASARIMDA KULLANILACAK METEOROLOJİ VERİLERİ</b> .....        | <b>15</b>  |
| 2.1. Verilerin Temini ve Gruplandırılması .....                   | 155        |
| 2.2. Verilerin Temizlenmesi ve Düzenlenmesi .....                 | 166        |
| 2.3. Verilerin Kaynak Veri Olarak Kabul Edilmesi .....            | 166        |
| <b>3.İSTATİSTİK TABANLI VERİ ANALİZİ</b> .....                    | <b>17</b>  |
| 3.1. MGM Verileri Üzerinden Ham Veri Tabanı Oluşturulması .....   | 17         |
| 3.2. Ekstrem Değer Teorisi.....                                   | 18         |
| 3.3. Kullanılacak Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Tespiti ..... | 19         |
| 3.4. Dönüş Aralıklarının Tespiti.....                             | 20         |
| 3.5. İstasyon Bazında İşlem Algoritması.....                      | 21         |
| <b>4.COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ÇALIŞMASI(CBS)</b> .....               | <b>24</b>  |

|   |              |
|---|--------------|
| 4.1. Veri Formatları .....  | 24           |
| 4.2. Harita Hazırlanmasında Kullanılacak Baz Parametreler .....   | 26           |
| 4.3. 50 Yıl Dönüş Aralıklı Ülke Veri Haritaları Hazırlanması .....  | 27           |
| <b>5.ÇALIŞMA SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRME.....</b>  | <b>34</b>    |
| <b>6.ÖRNEK BİR ÇELİK ÇATININ TS 498, ASCE 07-10 VE İSTATİSTİKSEL<br/>YÖNTEMLERLE HESAPLANAN KAR YÜKÜ İLE ANALİZİ.....</b>               | <b>44</b>    |
| 6.1. Analizde Kullanılacak Yapı Bilgileri .....   | 44           |
| 6.2. TS 498 Yönetmeliğine Göre Yük Hesaplamaları.....   | 44           |
| 6.3. TS 498 Yönetmeliğine Göre Analiz .....   | 45           |
| 6.4. ASCE 07-10 Yönetmeliğine Göre Yük Hesapları .....  | 46           |
| 6.5. ASCE 07-10 Yönetmeliğine Göre Analiz .....   | 46           |
| 6.6. İstatistiksel Yöntemlerle Hesaplanan Kar Yüküne Göre Yük Hesaplamaları ....  | 47           |
| 6.7. İstatistiksel Yöntemlerle Hesaplanan Kar Yüküne Göre Analiz.....   | 47           |
| 6.8. TS 498 Yönetmeliğine Göre Hesaplanan Kar Yükleri ile İstatistiksel<br>Yöntemlerle Hesaplanan Kar Yüklerinin Karşılaştırılması..... | 48           |
| <b>7.SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>   | <b>50</b>    |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>  | <b>51</b>    |
| <b>EKLER.....</b>   | <b>53</b>    |
| <b>ÖZ GEÇMİŞ.....</b>   | <b>.....</b> |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <b>Sayfa No</b> |
|--|-----------------|
| <b>Şekil 1.1.</b> Bilecik Edebalı Stadı çatısının çökmesi .....  | 3               |
| <b>Şekil 1.2.</b> Konya’da fabrika çatısı çökmesi .....  | 4               |
| <b>Şekil 1.3.</b> Bursa’da Afet Eğitim Merkezi dış cephe kaplaması sökülmesi.....                                | 5               |
| <b>Şekil 1.4.</b> Sakarya’da iş yeri deposu çatısı uçması.....   | 6               |
| <b>Şekil 1.5.</b> Kar yağış yüksekliği haritası .....  | 10              |
| <b>Şekil 1.6.</b> Rüzgar yükünün yüksekliğe göre değişiminin teorik ve TS 498’e göre modeli.....                 | 12              |
| <b>Şekil 2.1.</b> MGM istasyon bilgileri veri tabanı .....   | 15              |
| <b>Şekil 3.1.</b> Easyfit programında veri listesi ve fonksiyon grafikleri.....                                  | 17              |
| <b>Şekil 3.2.</b> Dağılımın uç değeri .....  | 18              |
| <b>Şekil 3.3.</b> Easyfit programında dağılım grafiği görünümü.....  | 19              |
| <b>Şekil 3.4.</b> Dağılım fonksiyonlarının parametre değerlerinin görünümü.....                                  | 20              |
| <b>Şekil 3.5.</b> Easyfit Programından elde edilen verilerin excel tablosu.....                                  | 21              |
| <b>Şekil 3.6.</b> Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare dağılım uygunluk test değerleri görünümü ..... | 22              |
| <b>Şekil 3.7.</b> Dönüş aralığının belirlenmesi .....  | 23              |
| <b>Şekil 4.1.</b> Vektörel ve raster veri formatı görünümü.....  | 25              |
| <b>Şekil 4.2.</b> Türkiye iller haritasının programa eklenmesi .....   | 27              |
| <b>Şekil 4.3.</b> Türkiye üzerindeki 50 yıllık maksimum sıcaklık verileri ile düzenlenen iller.. .....           | 28              |
| <b>Şekil 4.4.</b> Extent (sınır) ayarlaması .....  | 29              |
| <b>Şekil 4.5.</b> IDW yöntemiyle sürekli yüzey oluşturulması.....  | 30              |
| <b>Şekil 4.6.</b> Extact by mask uygulaması.....   | 31              |
| <b>Şekil 4.7.</b> Contour uygulaması, eşdeğer sıcaklık eğrileri oluşturulması .....                              | 32              |
| <b>Şekil 4.8.</b> Haritanın son şekli.....   | 33              |
| <b>Şekil 5.1.</b> 50 yıl dönüş aralıklı kar kalınlığı dağılımı haritası .....                                    | 35              |
| <b>Şekil 5.2.</b> 50 yıl dönüş aralıklı 3 saniye ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası .....                    | 36              |
| <b>Şekil 5.3.</b> 50 yıl dönüş aralıklı 600 saniye ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası .....                  | 37              |
| <b>Şekil 5.4.</b> 50 yıl dönüş aralıklı en düşük sıcaklık dağılımı haritası.....                                 | 38              |
| <b>Şekil 5.5.</b> 50 yıl dönüş aralıklı en yüksek sıcaklık dağılımı haritası.....                                | 39              |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Şekil 5.6.</b> | 50 yıl dönüş aralıklı aylık toplam yağış dağılımı haritası .....   | 40 |
| <b>Şekil 5.7.</b> | Rüzgar hızının temel değeri ( $V_{b_0}=28$ m/s) ile 50 yıl dönüş aralıklı 3 saniye( $V_3$ ) ortalama rüzgar hızı farkı haritası .....      | 41 |
| <b>Şekil 5.8.</b> | Rüzgar hızının temel değeri ( $V_{b_0}=28$ m/s) ile 50 yıl dönüş aralıklı 10 dakika ( $V_{600}$ ) ortalama rüzgar hızı farkı haritası..... | 42 |
| <b>Şekil 5.9.</b> | 50 yıl dönüş aralıklı kar yükü ile yürürlükteki yönetmeliklerde (TS 498 ve TS EN 1991-1-3) verilen kar yükü fark haritası .....            | 43 |
| <b>Şekil 6.1.</b> | TS 498 yönetmeliğine göre hesaplanan kar yüklerinin analizi .....  | 45 |
| <b>Şekil 6.2.</b> | TS 498 yönetmeliğine göre hesaplanan kar yüklerin tek tip kesite göre analizi .....  | 45 |
| <b>Şekil 6.3.</b> | ASCE 07-10 yönetmeliğine göre hesaplanan kar yüklerinin analizi .....  | 46 |
| <b>Şekil 6.4.</b> | ASCE 07-10 yönetmeliğine göre hesaplanan kar yüklerinin tek tip kesite göre analizi .....  | 47 |
| <b>Şekil 6.5.</b> | İstatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yüklerin analizi.....   | 48 |
| <b>Şekil 6.6.</b> | İstatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yüklerin tek tip kesite göre analizi  | 48 |
| <b>Şekil 6.7.</b> | TS 498'e göre hesaplanan kesitlere istatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yüklerinin uygulanması .....                                   | 49 |

**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sayfa No**

|   |    |
|---|----|
| <b>Çizelge 1.1.</b> Risk tanımları ve renklendirmeleri .....          | 7  |
| <b>Çizelge 1.2.</b> Çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri .....    | 9  |
| <b>Çizelge 1.3.</b> Zati kar yükü( $P_{k0}$ ) değerleri .....         | 9  |
| <b>Çizelge 1.4.</b> Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme ..... | 11 |



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| %                  | : Yüzde                         |
| $\alpha$           | : Çatı Eğimi                    |
| $^{\circ}\text{C}$ | : Derece Selsiyus               |
| A                  | : Etkilenen Yüzey Alanı         |
| $C_f$              | : Aerodinamik Yük Katsayısı     |
| $C_p$              | : Emme Katsayısı                |
| $P_{k0}$           | : Kar Yükü                      |
| $P_k$              | : Kar Yükü Hesap Değeri         |
| $S_k$              | : Zemin Kar Yükü Değeri         |
| V                  | : Rüzgar Hızı                   |
| $V_{b0}$           | : Rüzgar Hızı Temel Değeri      |
| W                  | : Rüzgar Yükü Hesap Değeri      |
| m                  | : Eğime Bağlı Azaltma Katsayısı |
| q                  | : Emme(Hız Basıncı) Katsayısı   |

### Kısaltmalar

|                |   |
|----------------|---|
| CBS            | : Coğrafi Bilgi Sistemi   |
| EUMETNET       | : Avrupa Meteoroloji Servisleri Ağı   |
| IDW            | : Ters Mesafe Ağırlıklı İnterpolasyon (Inverse Distance Weighted)           |
| MGM            | : Meteoroloji Genel Müdürlüğü   |
| TS 498         | : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri |
| TS EN 1991-1-3 | : Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yükleri       |
| TS EN 1991-1-4 | : Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-4: Genel Etkiler – Rüzgar Etkileri   |
| TS EN 1991-1-5 | : Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-5: Genel Etkiler – Isıl Etkileri     |

TS EN 1991-1-6 : Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-6: Genel Etkiler –  
İşletme Esnasındaki Etkiler



## 1. GİRİŞ

Yapıların tasarımında ve yapım sürecinde meteorolojik verilerin yapılar üzerindeki etkileri dikkate alınması gerekir. Bunlar kar yükü, rüzgar yükü, sıcaklık ve yağış etkileri olarak sıralanabilirler.

Ülkemizde farklı iklimlerin yaşanması sebebiyle yapının bulunduğu bölgede uygun değerlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle meteorolojik verilerin dikkatle takip edilerek, toplanıp yapı tasarımı için uygun ortalama değerler oluşturulmalıdır.

Günümüzde kullanılmakta olan TS 498 yönetmeliği kar, rüzgar, sıcaklık ve yağış hesap değerlerinin ve haritaların, birçok farklı iklimlerin yaşandığı ülkemiz için her yıl ortaya çıkan meteorolojik kaynaklı hasarlardan yola çıkılarak yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Yapı teknolojilerindeki değişiklikler ve iklim değişikliği nedeniyle tasarımda kullanılacak harita ve hesap değerleri üzerinde gerekli güncellemeler yapılmalıdır. 1997 yılında yayımlanan TS 498 yönetmeliğindeki bu harita ve değerler güncellenmediği için bu yetersizlik ortaya çıkmaktadır. Bu durum emniyetsiz veya ekonomik olmayan yapı tasarımlarına neden olmaktadır. Bunun sonucunda oluşan yapı hasarları can ve mal kaybı ile sonuçlanmaktadır.

Avrupa yönetmeliğinden çevrilerek elde edilmiş olan TS EN 1991 yönetmeliğinde milli ekteki haritalar TS 498 yönetmeliğindeki değerleri içermektedir. Bu durum TS EN 1991 yönetmeliğinin de emniyetsiz ve ekonomik olmayan yapı tasarımlarının yapı için güvensiz olduğunu ortaya koymaktadır.

Ülkemiz için meteorolojik veriler kullanılarak güncel haritalar oluşturmak amacıyla yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

Durmaz (2003), yüksek lisans tezinde, Doğu Karadeniz bölgesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) ait 32 adet istasyondan elde edilen kar verilerinin istatistiksel analizlerini yapılarak ortalama tekerrür süresi 50 yıl olan kar yüklerini belirlemiştir. Bu çalışma sonucunda CBS yardımıyla Doğu Karadeniz bölgesi için zemin kar yükü haritası oluşturmuştur.

Özgen (2007), yüksek lisans tezinde, MGM'ne ait 100 adet istasyondan elde edilen kar verilerinin istatistiksel analiz yöntemlerini kullanarak ortalama tekerrür süresi 50 yıl olan kar yüklerini belirlemiştir. Bu kar yükü değerlerini kullanarak CBS yardımıyla Türkiye için zemin kar yükü haritası oluşturmuştur.

### **1.1. Çalışma Esasları ve Dayanağı**

Ülkemizde her yıl kar yağışının veya kuvvetli rüzgar sonrasında yapı hasarları meydana gelmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden biri tasarım hatalarıdır. Mevcut yönetmeliklerde verilen değerlere göre yapılsa dahi bu hasarlar yine yaşanabilmektedir.

1997 yılında yayımlanan TS 498 yönetmeliğinde verilen harita ve hesap değerlerinin küresel ısınma etkileri ve yapı teknolojilerindeki değişiklikler nedeniyle güncelliğini yitirdiği anlaşılmıştır.

Avrupa standartlarından çevrilmiş olan TS EN 1991 yönetmeliği de TS 498’de verilen kar kalınlığı haritasının olduğu gibi alındığı için güncel olmadığı söylenebilir. Avrupa standardı olan EN 1991 yönetmeliğini kullanan ülkelerin Milli Ek kısmında meteoroloji verileri baz alınarak oluşturulan haritalar bulunmaktadır.

Meteorolojik olaylar kaynaklı yapı hasarlarına dayanarak mevcut yönetmeliklerin güvensiz harita ve hesap değerleri içerdiği görülmektedir. Bu hasarların yaşanmaması için, daha güvenli veya ekonomik yapı tasarımı için meteoroloji verilerinin incelenerek güncel hesap değerleri ve haritalar oluşturulması gerekmektedir.

### **1.2. Meteorolojik Olaylar Kaynaklı Yapı Hasarları**

Dünya genelinde tasarım ve uygulama hataları sonucunda kar, rüzgar, sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik olaylar kaynaklı yapı hasarları meydana gelmektedir. Bu hasarlar sonucunda önemli derecede can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Oluşan hasarlardan ibret alınarak hasara neden olan sebepler dikkatle incelenmeli, yapıların güvenli şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Ülkemizde oluşan meteorolojik kaynaklı yapı hasarları incelendiğinde, tasarım hatasının etkisi oldukça fazladır. Bu tasarımlar yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak yapılsa da, yetersiz veya ekonomik olmayan tasarımlar yapılmaktadır.

1997 yılından itibaren kullanılmakta olan TS 498 yönetmeliği, değişen iklim ve yapı teknolojisindeki gelişmeler nedeniyle güncelliğini yitirdiği görülmektedir. Yürürlükteki diğer bir yönetmelik olan Avrupa yönetmeliğinden çevrilen TS EN 1991 yönetmeliği de aynı harita ve değerler içerdiğinden güvensiz tasarımlar oluşmasına sebep olmaktadır.

### 1.2.1. Kar kaynaklı yapı hasarları

Türkiye’de kar yükünden kaynaklanan yapı hasarları genellikle geniş açıklıklı çelik çatılara sahip olan sanayi yapıları, pazaryerleri, spor salonları gibi yapılarda gerçekleşmektedir.

Tasarım hatalarından kaynaklanan hasarlar, mevcut yönetmeliklere uygun olarak yapılması halinde dahi yaşanabilmektedir. Meydana gelen bu yapısal hasarların en önemli sebebi, hasara sebep olan kar yüklerinin tasarımda kullanılan çatı kar yüklerinden fazla olması, yani tasarımda kullanılan çatı kar yüklerinin eksik hesaplanmasıdır. Bu durumda, ülkemizde yapıların tasarımında kullanılan çatı kar yüklerinin gerçek değerleri yansıtacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Durmaz ve Daloğlu, 2005).

Hasarın en büyük sebeplerinden biri kar yoğunluğudur. Yeni yağmış kar ağırlığı ile günlerce beklemiş kar ağırlığı ve sulu kar ağırlığı ile sulu olmayan kar ağırlıkları çok farklıdır. Yeni yağmış kar ağırlığı  $100-300 \text{ kg/m}^3$ , sulu kar ağırlığı  $400-500 \text{ kg/m}^3$ , buz ağırlığı  $900-970 \text{ kg/m}^3$  değerleri arasındadır (Topçu, 2006).

Farklı iklimlerin yaşandığı ülkemizde, bazı illerimizde yağın kar çatılarda günlerce bekleyerek donup ağırlaşmakta, bazı illerimizde ise aynı gün içerisinde erimektedir. Bu nedenle yerel iklim özellikleri tasarımda dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biridir.



**Şekil 1.1.** Bilecik Edebalı Stadı çatısının çökmesi(URL-1).

Şekil 1.1’de Bilecik Edebalı Stadı çatısının iki gün boyunca aralıksız yağın karın birikmesi sonucunda ağırlığa dayanamayıarak çöktüğü görülmektedir.



Şekil 1.2. Konya’da fabrika çatısı çökmesi(URL-2).

Şekil 1.2’de görülen fabrika çatısı, aralıklarla etkili olan kar yağışı nedeniyle çöktüğü bilinmektedir. Bekleyen karın yoğunluğunun artması ve üzerine yağışın devam etmesi çökmeyi tetikleyen en önemli faktör olduğu düşünülmektedir.

### 1.2.2. Rüzgar kaynaklı yapı hasarları

Rüzgar yükü, doğrultusu genelde yatay kabul edilen bir yüküdür. Rüzgar yükünün, çok yüksek olmayan normal yapılar için statik olduğu kabul edilir. Rüzgarın esme yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, arka yüzeylerde ise emme kuvveti oluşur. Rüzgar hızı, yapı yüksekliğince belli bir yüksekliğe kadar artar. Bu nedenle cephe ile çatıya etkileyen kuvvetler de yapı yüksekliğince artış gösterir (Seçer ve Kural, 2010).



**Şekil 1.3.** Bursa’da Afet Eğitim Merkezi dış cephe kaplaması sökülmesi(URL-3).

Şekil 1.3’te Bursa Afet Eğitim Merkezi’nin, saatteki hızı 130 kilometreye ulaşan lodos sebebiyle dış cephe kaplaması söküldüğü görülmektedir.



**Şekil 1.4.** Sakarya’da iş yeri deposu çatısı uçması(URL-4).

Şekil 1.4’te Sakarya’da şiddetli rüzgara dayanamayan iş yeri deposunun çatısı uçarak iki işçinin yaralanmasına sebep olmuştur.

Tüm bu yapılarda meydana gelen hasarlar ve daha da önemlisi can kayıpları düşünüldüğünde erken yapılacak meteorolojik uyarıların önemi görülmektedir. Avrupa ülkelerindeki kuvvetli meteorolojik hadiseleri gösteren, Avrupa Meteoroloji Servisleri Ağı (EUMETNET) faaliyetleri kapsamında MeteoAlarm sistemini geliştirilmiştir. Meteoalarm, kuvvetli meteorolojik hadiseleri uyarı seviyelerine göre renk kodları ve simgelerle gösterilen bir sistemdir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, ülkemiz için yerli ve milli kaynaklarla meteorolojik uyarıları gösteren MeteoUyarı uygulamasını geliştirmiştir. Kolay anlaşılması ve şiddetli hava olaylarının sonucunda oluşabilecek meteorolojik riskleri belirtmek için renk kodları kullanılmaktadır. Bu renk kodları Çizelge 1.1’de verildiği gibidir.

Meteorolojik hadisenin tahmin edilen şiddeti, bu şiddette bir hadisenin o yerde görülme sıklığı, hadisenin etkilemesi muhtemel alan ve süresi renk kodu seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlardır. Şiddetli meteorolojik olayların daha az şiddetli olanlara, seyrek görülen olayların daha sık görülenlere, etki alanı daha geniş ve daha uzun süren olayların dar alanda kısa süreli olanlara göre etkilerinin daha fazla, böylece daha yüksek renk koduna sahip olması gerekmektedir.

Uyarıların renk kodları belirlenirken tahmin edilen hava şartları ve meteorolojik risk açısından bunların muhtemel etkileri göz önüne alınması gerekmektedir. Benzer hava koşulları farklı bölgelerde farklı etkiye sebep olabileceğinden bu hava koşulları farklı renk kodlarına sahip olabilmektedir. Örneğin; Erzurum’da 10 cm kalınlığı oluşturacak kar yağışı normal sayılırken, aynı değer İzmir için uyarıya sebep olabilmektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü internet sitesinde yayınladığı Türkiye haritası üzerinde her il ve ilçe için tehlike oluşturabilecek eşik değerlerine göre renk kodları ve simgeler bulunmaktadır. Ayrıca haritadaki iller üzerinde renkler bulunmaktadır. İstenilen il ve ilçe seçilerek iki günlük daha detaylı uyarılar görülebilmektedir(URL-5).

**Çizelge 1.1.** Risk tanımları ve renklendirmeleri(URL-5).

| RENK    | RİSK TANIMI  |
|---------|--|
| YEŞİL   | Uyarı yapılmasını gerektiren meteorolojik hadise tahmin edilmemektedir.  |
| SARI    | Hava durumu potansiyel tehlikelidir: Tahmin edilen meteorolojik hadise olağandışı olmamakla birlikte, meteorolojik şartlardan etkilenebilecek faaliyetler konusunda dikkatli olunmalıdır.  |
| TURUNCU | Hava durumu tehlikelidir: Tahmin edilen meteorolojik hadise sıklıkla görülmemektedir. Hasar ve kayıpların oluşması muhtemeldir. Çok tedbirli olmalı, güncel meteorolojik koşullar ve tahminler takip edilmelidir.  |
| KIRMIZI | Hava durumu çok tehlikelidir: Son derece kuvvetli bir meteorolojik hadise tahmin edilmektedir. Büyük hasar ve kayıpların oluşması muhtemeldir. Bu hadiseler çoğu durumda geniş bir alan üzerinde hayatı tehdit eder. Güncel meteorolojik koşullar ve tahminler sıklıkla takip edilmelidir. |

### 1.3. Mevcut Tasarım Yönetmelikleri

Yapı tasarımında kar yükü, rüzgar yükü, sıcaklık ve yağış etkisi gibi yapıya etkiyecek yüklerin hesaplanması için ülkemizde yürürlükte olan TS 498-1997 ve TS EN 1991 yönetmelikleri ve çelik yapıların tasarımında bu yüklerin hesaplanması için 2018 Yeni Çelik Yapılar Yönetmeliği bulunmaktadır.

#### 1.3.1. TS 498-1997 yönetmeliği

TS 498-1997 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri yönetmeliği, yapı tasarımında kar ve rüzgar yükü hesap yöntemleri, konuyla ilgili haritaları ve diğer yüklerin hesap bilgilerini içermektedir.

##### 1.3.1.1. TS 498-1997 yönetmeliği kar yükü hesabı

TS 498-1997 yönetmeliğinin kar yükü ile ilgili kısmı Alman DIN 1055-1971 yönetmeliğinden alınmış ve Türkiye koşullarına göre uyarlanmıştır (Topçu, 2006-2012).

1997 yılında yürürlüğe giren bu yönetmelik kar yükü ( $P_{k0}$ ) hesabı için il ve ilçelerdeki kar bölgeleri, kar yağış yüksekliği haritası ve hesap değerlerini içermektedir. Bu yönetmeliğe göre Şekil 1.5'te görüldüğü gibi Türkiye dört bölgeye ayrılmıştır. Bölge numarası büyüdükçe kar yükü değeri de artmaktadır. Ayrıca kar yağışı yaşanmayan yerlerde kar yükü hesap değerinin ( $P_k$ ) sıfır alınacağı belirtilmektedir. Çatılardaki kar yükü için Çizelge 1.2'de verilen çatı eğimine ( $\alpha$ ) bağlı olarak azaltma değerleri ( $m$ ) kullanılır. Çatı eğimi  $30^\circ$  ve daha az ise kar yükü hesap değeri ( $P_k$ ), kar yükü ( $P_{k0}$ ) değerine eşit kabul edilerek düzgün yayılı yük olarak hesaplama yapılır. Yatayla  $\alpha$  açısı kadar eğimi olan çatılarda kar yükü hesap değeri Denklem 1.1'deki gibidir.

$$P_k = m \cdot P_{k0}$$

$$m = 1 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40^\circ}$$

$$0 \leq m \leq 1 \quad \dots \dots \dots (1.1)$$

**Çizelge 1.2.** Çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri(TS 498).

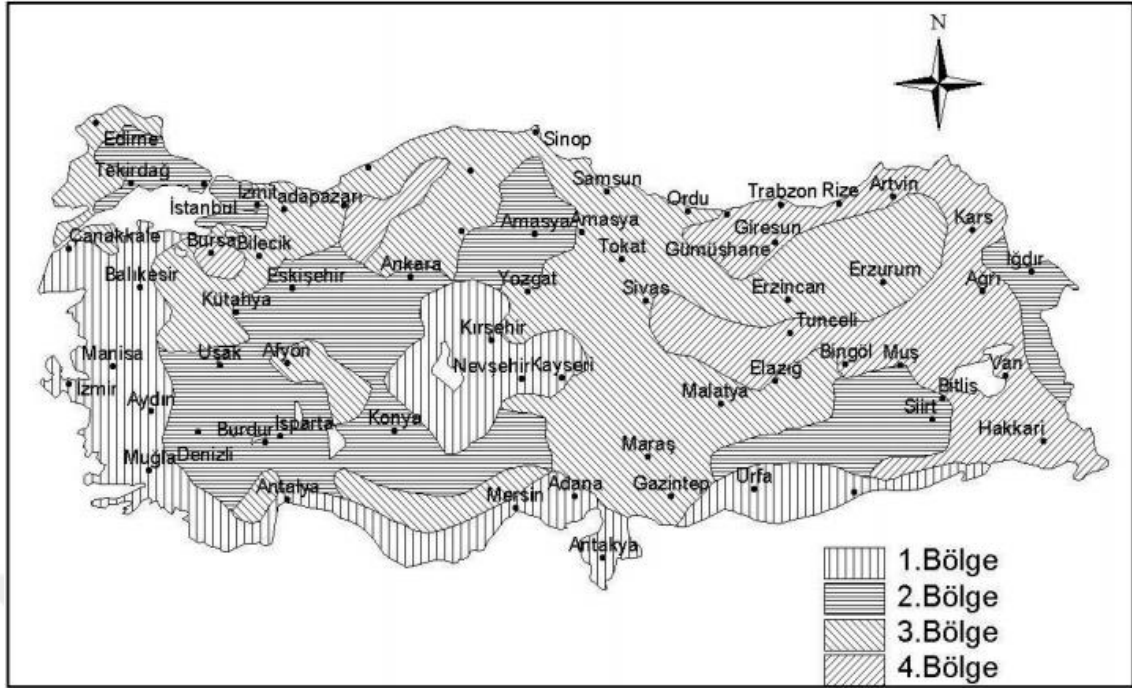
| $\alpha$  | 0°   | 1°   | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0-30°     | 1,0  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 30°       | 1,00 | 0,97 | 0,95 | 0,92 | 0,90 | 0,87 | 0,85 | 0,82 | 0,80 | 0,77 |
| 40°       | 0,75 | 0,72 | 0,70 | 0,67 | 0,65 | 0,62 | 0,60 | 0,57 | 0,55 | 0,52 |
| 50°       | 0,50 | 0,47 | 0,45 | 0,42 | 0,40 | 0,37 | 0,35 | 0,32 | 0,30 | 0,27 |
| 60°       | 0,25 | 0,22 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,07 | 0,05 | 0,02 |
| 70° - 90° |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Kar yükü( $P_{k0}$ ) değeri, kar yüksekliği haritasındaki bölgelerin numarasına göre Çizelge 1.3'den alınır.

**Çizelge 1.3.** Zati kar yükü( $P_{k0}$ ) değerleri  $kN/m^2$ (TS 498).

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

Bu açıklamaların dışında kalan bölgeler için bulunduğu yerdeki kar yağma süresi ve yüksekliğe bağlı olarak Çizelge 1.3'de verilen değerler, meteorolojik ölçümlerden faydalanılarak artırılması önerilmektedir. Ancak tasarımda nasıl kullanılacağı net bir şekilde belirtilmemektedir.



Şekil 1.5. Kar yağış yüksekliği haritası(TS 498).

### **1.3.1.2. TS 498-1997 yönetmeliği rüzgar yükü hesabı**

TS 498 yönetmeliğinde rüzgar haritası mevcut değildir. Hesap yöntemleri ve değerleri içermektedir. Rüzgar yükü hesaplamasında kullanılan TS 498-1997 yönetmeliği, kendi yönetmeliği veya standartlarına sahip yüksek bacalar, yüksek gerilim hatları, vinçler ve köprüler gibi yapılar için geçerli değildir.

Bu yönetmelikte rüzgar yükü, rüzgar basıncı ve hız basıncı(emme) hesap değerleri de bulunmaktadır.

Rüzgar yükü, her yönde en büyük değerinde etki edecek şekilde dikkate alınır. Rüzgar doğrultusu genellikle yatay kabul edilir. Rüzgarın estiği yönde yapıya çarptığı yüzeyde basınç, arka yüzeyde emme kuvveti oluşur.

Rüzgar yükü hesabı yapının geometrisine bağlıdır. Yapının bütününde basınç, emme ve sürtünme etkilerinin oluşturduğu rüzgar yükü bileşkesinin büyüklüğü Denklem 1.2'deki formül ile bulunur.

$$W = C_f \cdot q \cdot A \text{ kN} \dots\dots\dots (1.2)$$

Burada;

W = Rüzgar yükü hesap değeri

C<sub>f</sub> = Aerodinamik yük katsayısı

$q = \text{Emme}(\text{hız basıncı}), \text{ kN/m}^2$

$A = \text{Etkilenen yüzey alanı}, \text{ m}^2$

Aerodinamik yük katsayısı( $C_f$ ), yapı geometrisine ve rüzgarın esme yönüne bağlı olup, rüzgar kanalı deneyi ile elde edilir.

Yapının üst yüzeyine etki eden rüzgar basıncı( $w$ ), yapının geometrisine ve rüzgarın hızına bağlı olup, Denklem 1.3'teki gibi bulunur.  $w = C_p \cdot q \quad \text{kN/m}^2$

$$q = \frac{v^2}{1600} \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

Burada;

$q = \text{Yüzeye yayılı rüzgar basıncı}, \text{ kN/m}^2$

$C_p = \text{Emme katsayısı}$

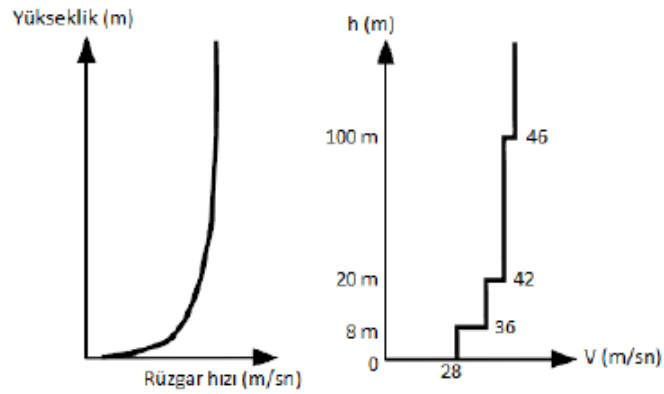
$V = \text{Rüzgar hızı}, \text{ m/s}$

Rüzgar hızı yapının yüksekliğine göre değişmektedir. Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve hız basıncı Çizelge 1.4'teki değerlerden bulunur.

**Çizelge 1.4.** Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme(TS 498).

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

Teorik olarak rüzgar hızı eğrisel olarak tanımlanırken TSE 498 modeline göre rüzgar hızı yüksekliğe bağlı olarak belirgin bir değişim gösterir. Bu standarda göre rüzgar hızı 100 m yükseklikten itibaren sabit kalır. Bu değişim Şekil 1.6'da görüldüğü gibidir(Gürses, 2012).



**Şekil 1.6.** Rüzgar yükünün yüksekliğe göre değişiminin teorik ve TS 498'e göre modeli(Gürses, 2012).

### 1.3.2. TS EN 1991 Yönetmeliği

TS EN 1991 Yapılar Üzerindeki Etkiler yönetmeliği, Avrupa standardından dilimize çevrilerek kullanıma sunulmaktadır. Bu çalışmada kar ve rüzgar yükü hesapları daha öncelikli olduğundan, TS EN 1991-1-3(kar yükü), TS EN 1991-1-4(rüzgar yükü) yönetmeliklerindeki hesap değerleri ve haritalar incelenecektir.

#### **1.3.2.1. TS EN 1991-1-3 Kar yükü**

TS EN 1991-1-3 yönetmeliği yapı tasarımında dikkate alınacak kar yükü hesabında kullanılmak üzere hesap değerleri, kar bölgeleri ve kar kalınlığı haritası içermektedir. Kar bölgeleri ve kar kalınlığı haritası TS 498 yönetmeliğinden olduğu gibi alınmıştır. Yönetmelikte verilen tanımlar, genel terimler ve tarifler şunlardır;

Karakteristik zemin kar yükü değeri; yıllık aşılma ihtimali %2 (50 yıl dönüş aralıklı) olan, istisnai kar yüklerini kapsamayan zemin üzerindeki kar yüküdür.

Mahal rakımı; yapımı düşünülen veya zaten mevcut olan bir yapının bulunduğu alanın deniz seviyesinden ortalama yüksekliğidir.

İstisnai zemin kar yükü; nadir görülen şiddetli kar yağışıyla oluşmuş, zemin üzerindeki kar tabakasının meydana getirdiği yüküdür. Coğrafi bölgeye bağlı olarak kaza eseri meydana gelmiş etkiler olarak da düşünülebilir.

Karakteristik çatı kar yükü değeri; zemin kar yükünün karakteristik değerinin uygun katsayılarla çarpılmış halidir.

Birikmemiş çatı kar yükü; diğer iklim etkileri nedeniyle çatı üzerindeki kar kütlesinin yeniden dağılımının meydana gelmesinden önce sadece çatının şekilsel özelliklerinin tesir ettiği kar yükünü tanımlayan yük düzenlemesidir.

Birikmiş çatı kar yükü; rüzgar gibi herhangi bir etki sonucu kar kütlesinin tamamının ya da bir kısmının taşınarak çatının belirli bir bölümünde birikmesi ile oluşan kar yükünü tanımlayan yük düzenlemesidir.

Çatı kar yükü şekil katsayısı; harici hava ve topografik etkiler ile ısı etkiler oluşmaksızın, çatı kar yükünün birikmemiş zemin kar yüküne oranıdır.

Isı katsayısı; kar erimesine sebep olan çatıdaki ısı akımının bir fonksiyonu olarak ifade edilen ve çatı kar yükünün azaltılması için kullanılan bir katsayıdır.

Maruz kalma (etkime) katsayısı; ısıtılmayan binalardaki çatı kar yükünün azaltılması veya çoğaltılması ile alakalı, karakteristik zemin kar yüküne bağlı olan katsayıdır.

İstisnâ çatı kar yükü; çatıda kar yığılması (başka bir yerden düşme gibi) sonucu nadir olarak oluşan kar tabakasının meydana getirdiği yük olarak tanımlanan yük düzenlemesidir.

Zemin kar yükü değeri( $S_k$ ), ihtiyaç duyulduğunda 20 yıldan daha az olmaması kaydıyla toplanan verilerin uygun bir istatistiksel analiz metodu kullanılarak daha kesin olarak belirlenebileceği ifade edilmektedir.

Çatı kar yükü hesabında, kar kütlelerinin çatı üzerinde farklı biçimlerde toplanabileceğinin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Buna neden olan çatı özellikleri ve diğer faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- Çatı şekli,
- Isıl özellikler,
- Yüzey pürüzlülüğü,
- Çatı altında oluşan ısı miktarı,
- Komşu binaların yakınlığı,
- Çevre arazisi yapısı,
- Lokal meteorolojik iklim özellikleri, özellikle rüzgar, sıcaklık değişkenliği, yağış(yağmur veya kar olarak) ihtimali.

Karın bir kaç kez eriyip donabileceği veya kar kütlelerinin üzerine yağmur yağabileceği bölgelerde, özellikle çatı drenaj sisteminin kar veya buz ile tıkanabileceği durumlarda çatı kar yükü arttırılmalıdır.

Çatıların farklı kar yükü etkilerine maruz kalmasına neden olan Çatı Şekil Katsayıları aşağıdaki çatı şekilleri için farklı farklı tanımlanmaktadır:

- Tek eğimli çatılar
- Çift eğimli çatılar
- Çok eğimli çatılar
- Silindirik çatılar
- Daha yüksek bir yapıya bitişik veya yakın olan çatılar

### **1.3.2.2. TS EN 1991-1-4 rüzgar yükü**

TS EN 1991-1-4 yönetmeliği yapı tasarımında dikkate alınacak rüzgar yükü hesabında kullanılmak üzere hesap esasları ve katsayılar içermektedir.

EN 1991-1-4 kullanılarak hesaplanan rüzgar etkileri karakteristik değerleri, rüzgar hızının veya hız kaynaklı rüzgar basıncının esas değerleri kullanılarak hesaplanır. Bu esas değerler ortalama tekerrür süresi 50 yıla eşit, yıllık aşılma olasılığı ise 0.02 olan karakteristik değerlerdir.

Yapı üzerindeki rüzgar tesiri, yapının boyutuna, şekline ve dinamik özelliklerine bağlıdır.

Esas rüzgâr hızının temel değeri, yılın herhangi bir bölümünden ve rüzgâr yönünden bağımsız olarak, çayır gibi az bir bitki örtüsüne ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip açık kırsal alanda yer seviyesinden 10 metre yukarıdaki karakteristik 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızıdır.

Ortalama rüzgar hızı, yüksekliğe, arazi engebeliğine, arazi orografisine, komşu yapıların yüksekliğine ve engellere bağlıdır.

Yapılara ve yapısal elemanlara etkileyen rüzgar etkileri, dış ve iç rüzgar basınçları birlikte dikkate alınarak belirlenmelidir.

## 2. TASARIMDA KULLANILACAK METEOROLOJİ VERİLERİ

Yapı tasarımında meteorolojik verilerin yapı üzerindeki etkileri dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır. Tasarım için kullanılan yönetmeliklerde meteorolojik etkilerin hesap değerleri ve yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar kar kalınlıkları, rüzgar hızları, sıcaklık değerleri ve yağış değerleridir. Bu değerler MGM tarafından uygun görülen ölçüm aletleri kullanılarak elde edilir.

### 2.1. Verilerin Temini ve Gruplandırılması

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kurulan istasyonlarda yapılan düzenli ölçümler sonucu meteorolojik veriler elde edilmektedir. Meteoroloji istasyonlarının 1975-2015 yılları arasında yaptığı ölçümlerinden aylık maksimum kar kalınlıkları, aylık minimum ve maksimum sıcaklıkları ve yönleriyle birlikte aylık maksimum rüzgar hızları temin edildi. Öncelikle temin edilen verilerin koordinatları ve istasyon kodları Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün sitesinden doğrulandı. Elimizdeki verilerin koordinatlarının, yüksekliklerinin ve istasyon kodlarının doğruluğu <http://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx> adresinden kontrol edildi. İstasyonlar Şekil 2.1'de gösterildiği gibi istasyon numarasına göre, istasyon adına göre ve ilçe adına göre sıralanmaktadır. Ardından her istasyona özel veri süzüm işlemi gerçekleştirildi. İlk süzüm işlemi yeterli veri bulunup bulunmadığını öğrenmek için gerçekleştirildi.

| No | Filtrele...                | İst. No | ICAO | İlçesi        | Sensörler | Harita |
|----|----------------------------|---------|------|---------------|-----------|--------|
| 1  | ANKARA ESENBÖĞA HAVALİMANI | 17128   | LTAC | Çubuk         |           |        |
| 2  | SİNCAN                     | 18244   |      | Sincan        | R,N,      |        |
| 3  | ÇANKAYA/ÇALDAĞ             | 18256   |      | Çankaya       | R,N,      |        |
| 4  | KALECİK                    | 18076   |      | Kalecik       |           |        |
| 5  | ÇUBUK                      | 18242   |      | Çubuk         | R,N,      |        |
| 6  | ANKARA MÜRTED HAVALİMANI   | 17127   | LTAE | Kahramankazan |           |        |
| 7  | GÖLBAŞI/UFUK DANIŞMENT     | 17134   | LTHA | Gölbaşı       | R,B,TS,   |        |
| 8  | GÜDÜL                      | 18077   |      | Güdül         | S,        |        |
| 9  | ETİMESGUT HAVALİMANI       | 17129   | LTAD | Etimesgut     |           |        |
| 10 | HAYMANA TARIM              | 17733   | HTRM | Haymana       | R,B,TS,   |        |

Şekil 2.1. MGM istasyon bilgileri veri tabanı(URL-6).

Meteorolojik veri kayıtlarının uzun süreli olması daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak sağlar. İstasyon sayısı çok olsa da istasyondan elde edilen verilerin (ölçümlerin) kullanılabilir olması için belirli bir sayıdan fazla olması gerekmektedir. Bu durum kar yükü için TS EN 1991-1-1-3'deki "4.1 Karakteristik Değerler" bölümünde de belirtildiği gibi 'Kaydedilen azami kar miktarı değerleri arasında genellikle dikkate değer ölçüde farklılıklar olabileceğinden 20 yıldan daha az kayıt tutma süreleri genellikle uygun değildir.' İbaresinden yola çıkıldı.

Bu konu üzerinde gerçekleştirilmiş önceki çalışmalardan, 20 yıldan daha az veri içerenler veri yetersizliği nedeniyle yeterince uygun olmadığı söylenebilir.

## **2.2. Verilerin Temizlenmesi ve Düzenlenmesi**

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden aldığımız verilerin bazılarında elle yazılan verilerin dijitalleştirilmesi sırasında ve kayıt yöntemi değişikliği sırasında oluşan hatalar veya eksik veriler görüldü. Kayıt sırasında bazı verilerde nokta, bazılarında ise virgül kullanıldığı için hesaplamalarda hatalı değerlere neden olacağından gerekli noktalama düzenlemeleri yapıldı. Ayrıca eksik veriler sistemde 0(sıfır) değeri olarak görüldüğü için bu veri yılı çıkarılarak temizleme işlemi yapıldı.

Elimizdeki verilerin, gerekli temizleme işlemleri yapıldıktan sonra yıllık maksimum değerleri hesaplandı. Maksimum değerleri alınan istasyonların, 20 yıldan fazla veya az olduğu haritalama işlemlerinde daha kolay görülmesi için gruplandırma çalışmaları yapıldı.

20 yıldan fazla olan verilerin haritalama işleminde kullanılmasına, 20 yıldan az olan verilerin ise kontrol amaçlı kullanılmasına karar verildi.

## **2.3. Verilerin Kaynak Veri Olarak Kabul Edilmesi**

20 yıldan fazla veri olarak süzülüp düzenlenmiş veri tabanları bir araya toplandı. 20 yıldan fazla verisi olan tüm istasyonlar yapılacak çalışma için kaynak veri tabanı olarak kabul edildi.

### 3. İSTATİSTİK TABANLI VERİ ANALİZİ

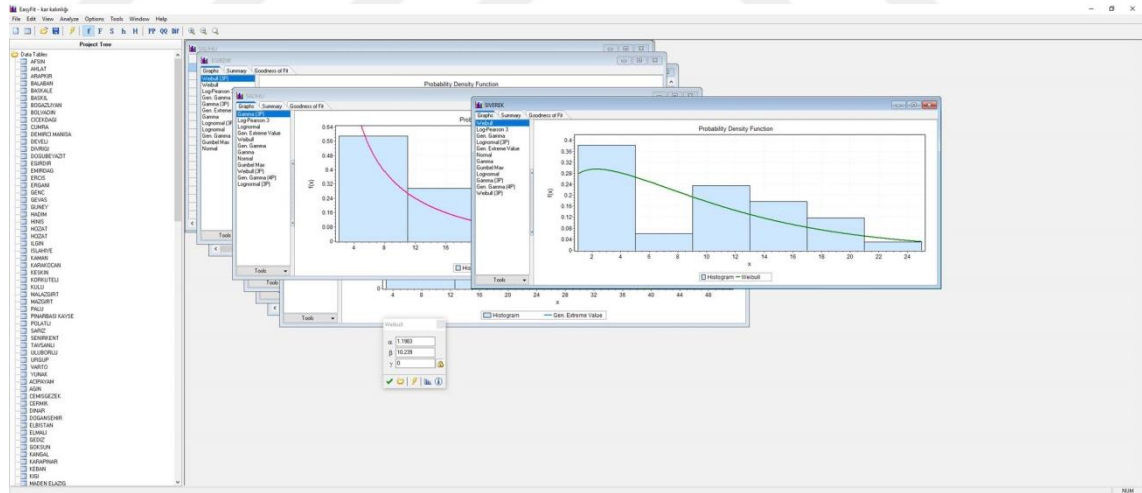
Meteorolojik olaylar doğada gelişigüzel bir davranış sergilediklerinden yüklemelere etki eden parametreleri belirleyebilmek için istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır. Böylece meteorolojik verilerden istatistiksel analiz yaparak tasarım yükü belirlenebilmektedir.

#### 3.1. MGM Verileri Üzerinden Ham Veri Tabanı Oluşturulması

Verilerin istatistiksel analizinin yapılması için Easyfit programı tercih edildi. Şekil 3.1'de Easyfit programının görünümü verilmiştir.

Easyfit programı otomatik ya da elle ayarlanabilen verileri kısa zaman içinde algılayıp çok sayıda ve en iyi dağılımı göstermek için tasarlanmış bir programdır. Bu sebeple bilim insanları, mühendisler, ekonomistler vb. tarafından sıklıkla kullanılmaktadır.

Easyfit programının faydaları şunlardır; manuel yöntemlere göre 70-95% oranında analiz sürelerini azaltır, öğrenilmesi ve kullanımı kolaydır, analiz hatalarını önler ve projelerin kalitesini garantiler.



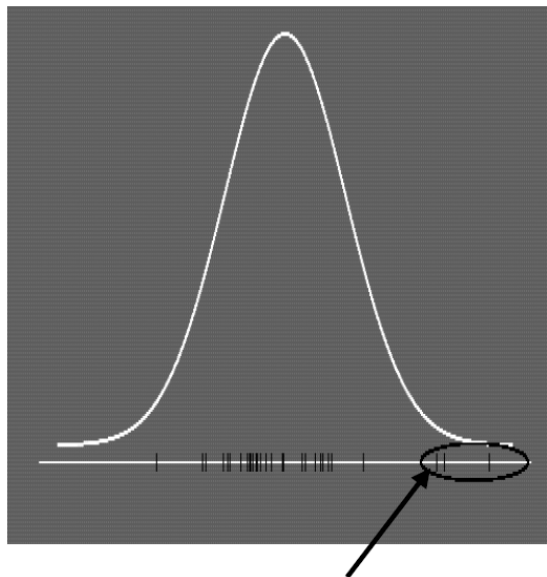
Şekil 3.1. Easyfit programında veri listesi ve fonksiyon grafikleri.

### 3.2. Ekstrem Değer Teorisi

Ekstrem olaylar genellikle beklenmeden gerçekleşen, nadiren gözlemlenebilen ancak ciddi sonuçlar doğurabilecek derecede önemli olaylardır. Bu nedenle ekstrem olayların ortaya çıkabilme ihtimalinin hesabı birçok bilim dalı için oldukça önemlidir.

Standart istatistik analizlerde, genellikle verilerin genel eğilimine odaklanılarak verileri temsil eden bir ortalama hesaplanır. Bu tip analizlerde, ekstrem değerler özellikle devre dışı bırakılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ekstrem değerler, genel olarak ya veri grubundan ayırıştırmak için ya da temel birer kaynak olarak düşünülüp üzerinde çalışmak için analiz edilir. Bu değerlerin analizi için kullanılacak yöntemlerden biri Ekstrem Değer Teorisi'dir. Ekstrem değer teorisi ile istatistiksel analiz, doğadan elde edilen verilerin, kısa periyotlar göz önünde bulundurularak, uzun periyotlarda olayların olasılığını tahmin etmeyi amaçlar. Bu teori Şekil 3.2'de görüldüğü gibi dağılımın merkezindeki gözlem değerlerinden ziyade, dağılımın kuyruğundaki verilerle ilgilenir(Eren ve Alpar, 2012).

Ekstrem değer teorisi olasılık dağılımlarının kuyruklarına odaklanarak nadir olarak gerçekleşen olaylara teorik bir çerçeve sunar. Bilimsel olarak ekstrem değer teorisi önvarsayım yapılmadan, geçmiş ekstrem olaylar ile geleceği öngörmeye çalışan bir teoridir. Bu bakımdan geçmiş verilerin güvenilirliği önemlidir.



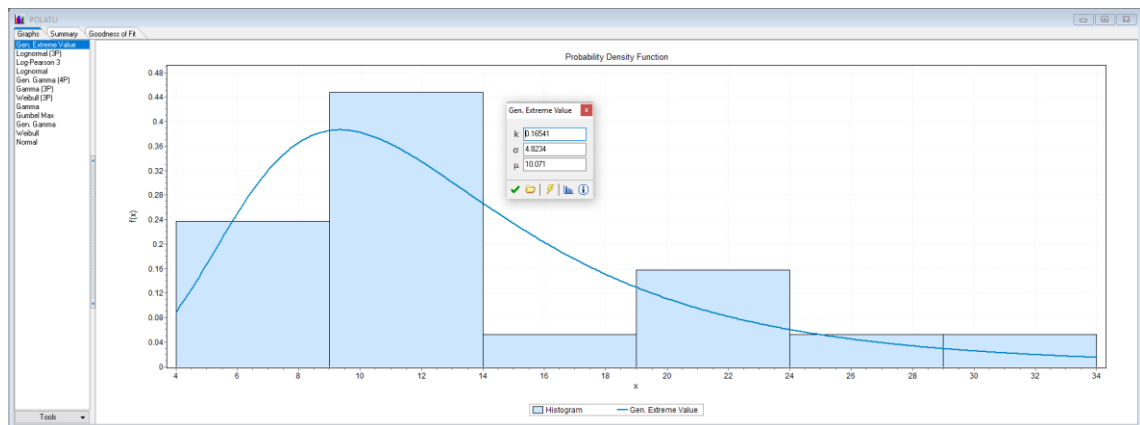
Şekil 3.2. Dağılımın uç değeri(Eren ve Alpar, 2012).

### 3.3. Kullanılacak Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Tespiti

Veriler Excel programından Easyfit programına aktarıldı ve uygun dağılımların belirlenmesi işlemi gerçekleştirildi. Bu işlem sonucunda;

- Weibull 3P
- Gamma 3P
- Gen. Extreme Value
- Gamma
- Lognormal 3P
- Log-Pearson 3
- Lognormal
- Gen. Gamma
- Gumbel max
- Normal
- Weibull
- Gen. Gamma 4P

Dağılımlarının kullanılmasına karar verildi. Bu dağılımlar ekstrem (uç) değer teorisi göz önüne alınarak seçildi. Şekil 3.3'de görüldüğü gibi Easyfit programında bu dağılımlar seçilerek grafikleri görülebilmektedir.



Şekil 3.3. Easyfit programında dağılım grafiği görünümü.

Şekil 3.4'de Easyfit programında kullanılan fonksiyonların parametre değerleri görülmektedir.

| #  | Distribution       | Parameters   |
|----|--------------------|--|
| 1  | Gamma              | $\alpha=3.4248$ $\beta=4.0264$                               |
| 2  | Gamma (3P)         | $\alpha=1.9579$ $\beta=5.27$ $\gamma=3.4713$                 |
| 3  | Gen. Extreme Value | $k=0.16541$ $\sigma=4.8234$ $\mu=10.071$                     |
| 4  | Gen. Gamma         | $k=1.0417$ $\sigma=3.6383$ $\beta=4.0264$                    |
| 5  | Gen. Gamma (4P)    | $k=0.95262$ $\alpha=2.1709$<br>$\beta=4.548$ $\gamma=3.4142$ |
| 6  | Gumbel Max         | $\sigma=5.8098$ $\mu=10.436$                                 |
| 7  | Log-Pearson 3      | $\alpha=196.77$ $\beta=0.0365$ $\gamma=-4.6876$              |
| 8  | Lognormal          | $\sigma=0.50525$ $\mu=2.4948$                                |
| 9  | Lognormal (3P)     | $\sigma=0.57826$ $\mu=2.3561$ $\gamma=1.3595$                |
| 10 | Normal             | $\sigma=7.4513$ $\mu=13.789$                                 |
| 11 | Weibull            | $\alpha=2.2787$ $\beta=14.949$                               |
| 12 | Weibull (3P)       | $\alpha=1.3854$ $\beta=10.941$ $\gamma=3.8035$               |

Şekil 3.4. Dağılım fonksiyonlarının parametre değerlerinin görünümü.

### 3.4. Dönüş Aralıklarının Tespiti

Öncelikle Easyfit programıyla en uygun dağılım seçildi ve bu dağılımın 2, 5, 10, 50, 100, 1000 ve 2500 yıllık dönüş periyotlarında gösterdiği değerler okundu. Normal şartlar altında dönüş periyotlarının seçimi yapılırken yapının 50 yıllık ekonomik ömrünün esas alınması gerekmektedir. Bunun için dönüş periyodu seçimleri yapılırken diğer tip tasarımlarla (deprem, ekstrem rüzgar) paralellik göstermesi açısından 2, 5, 10, 50, 100, 1000, 2500 yılları seçildi.

Dönüş periyodunu yapının ekonomik ömrü ve tasarım riski belirler. 50 yıl ekonomik ömrü olan bir yapıda tasarım riski %2 seçildiği takdirde poisson modeli formülasyon gereği 2474,9 yıl yani yaklaşık 2500 yıllık tekrarlanma periyodu elde edilir. Poisson modeline göre;

$$t \text{ zaman süresinde bir olayın aşılma olasılığı } P=1-e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \text{yıllık aşılma olasılığı, } \lambda = \ln(1-p)/(-t)$$

$$Tr = \text{Tekrarlanma periyodu, } Tr = 1/\lambda$$

$$t=50 \text{ yıl için aşılma olasılığı } 2\% (p=0.02) \text{ olan olay için yıllık aşılma olasılığı;}$$

$$\lambda = \ln(1-0.02)/(-50) = 0.000404$$

Bu olayın tekrarlanma periyodu  $Tr = 1/0.000404 = 2475$  yani yaklaşık 2500 yıl olarak hesaplanır.

2500, 1000 yıllık dönüş periyotlarında oluşacak olaylar yapının ağır hasar almasına veya göçmesine karşın bir tasarım gerektirir.

Bu işlem sonucu Şekil 3.5’de bulunan değerlerden ayrı bir Excel dosyası oluşturularak seçilen en iyi üç dağılım listelendi ve en iyi dağılım grafiğinden her bir dönüş aralığındaki değerler hesaplanarak yazıldı.

| Pano | Yazı Tipi     | Hizalama      | Sayı      | Stiller | Hücreler | Düzenleme |          |         |                 |                 |                |                  |                 |                    |
|------|---------------|---------------|-----------|---------|----------|-----------|----------|---------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|
| N26  |               |               | -5.9203   |         |          |           |          |         |                 |                 |                |                  |                 |                    |
| A    | B             | C             | D         | E       | F        | G         | H        | I       | J               | K               | L              | M                | N               |                    |
| 1    | ISTASYON_KODU | ISTASYON_ADI  | YUKSEKLİK | ENLEM   | BOYLAM   | FIRST_Z   | SECOND_Z | THIRD_Z | IKI_YILLIK_VERI | BES_YILLIK_VERI | ON_YILLIK_VERI | ELLI_YILLIK_VERI | YUZ_YILLIK_VERI | BESYUZ_YILLIK_VERI |
| 2    | 17868         | AFSIN         | 1230      | 38.2405 | 39.919   | 2         | 1        | 7       | -19.034         | -23.047         | -24.952        | -28.013          | -29.017         |                    |
| 3    | 17192         | AKSARAY       | 970       | 38.3705 | 33.9987  | 6         | 2        | 5       | -15.237         | -18.968         | -20.919        | -24.343          | -25.552         |                    |
| 4    | 17836         | DEVELI        | 1204      | 38.3744 | 35.4797  | 1         | 2        | 5       | -18.874         | -19.275         | -20.377        | -22.076          | -22.607         |                    |
| 5    | 17370         | ISKENDERUN    | 4         | 36.5924 | 36.1582  | 2         | 7        | 5       | 2.0941          | 0.70353         | 0.04892        | -0.99642         | -1.3377         |                    |
| 6    | 17986         | SAMANDAG      | 4         | 36.0814 | 35.9492  | 7         | 1        | 2       | -0.15233        | -1.2193         | -1.6178        | -2.0601          | -2.1499         |                    |
| 7    | 17375         | FINIKE        | 2         | 36.3024 | 30.1458  | 5         | 6        | 1       | 1.8392          | 0.45311         | -0.2533        | -1.464           | -1.8826         |                    |
| 8    | 17310         | ALANYA        | 6         | 36.5507 | 31.9803  | 5         | 1        | 6       | 2.0149          | 0.39256         | -0.99843       | -1.6989          | -2.1326         |                    |
| 9    | 17380         | KAS           | 153       | 36.2002 | 29.6502  | 6         | 2        | 7       | 3.1176          | 1.2774          | 0.3155         | -1.3729          | -1.969          |                    |
| 10   | 17320         | ANAMUR        | 2         | 36.0886 | 32.8649  | 6         | 7        | 5       | 2.1512          | 0.54483         | -0.29485       | -1.7887          | -2.289          |                    |
| 11   | 17297         | DATCA         | 28        | 36.7083 | 27.6919  | 6         | 5        | 2       | 2.4585          | 0.69575         | -0.22569       | -1.8431          | -2.414          |                    |
| 12   | 17298         | MARMARIS      | 16        | 36.8395 | 28.2452  | 5         | 2        | 1       | -0.29007        | -1.5806         | -2.1667        | -3.0691          | -3.3531         |                    |
| 13   | 17954         | MANAVGAT      | 38        | 36.7895 | 31.441   | 6         | 2        | 7       | 0.48049         | -0.79787        | -1.4661        | -2.639           | -3.053          |                    |
| 14   | 17340         | MERSIN        | 7         | 36.7808 | 34.6031  | 2         | 7        | 6       | 0.95329         | -0.6025         | -1.4131        | -2.8115          | -3.2957         |                    |
| 15   | 17330         | SILIFKE       | 10        | 36.3824 | 33.9373  | 1         | 2        | 5       | 0.88454         | -0.76123        | -1.5796        | -2.9479          | -3.4105         |                    |
| 16   | 17974         | GAZIPASA      | 21        | 36.2715 | 32.3045  | 7         | 2        | 6       | 0.17479         | -1.5965         | -2.4249        | -3.6155          | -3.9394         |                    |
| 17   | 17981         | KARATAS       | 22        | 36.5683 | 35.3894  | 2         | 7        | 6       | -0.42233        | -1.7174         | -2.3748        | -3.4862          | -3.8652         |                    |
| 18   | 17970         | KALE-DEMRE    | 25        | 36.2421 | 29.979   | 5         | 1        | 6       | -0.29235        | -1.6683         | -2.3659        | -3.5553          | -3.9648         |                    |
| 19   | 17296         | FETHIYE       | 3         | 36.6266 | 29.1238  | 2         | 5        | 1       | -1.3229         | -2.5983         | -3.171         | -4.0536          | -4.3399         |                    |
| 20   | 17360         | ANTALYA       | 64        | 36.9063 | 30.799   | 2         | 7        | 6       | -0.45403        | -1.8166         | -2.534         | -3.7813          | -4.2158         |                    |
| 21   | 17958         | ALATA-ERDEMLI | 7         | 36.6268 | 34.338   | 2         | 7        | 6       | -1.0911         | -2.4275         | -3.0929        | -4.2015          | -4.5754         |                    |
| 22   | 17979         | YUMURTALIK    | 34        | 36.7687 | 35.7903  | 6         | 2        | 5       | 0.14634         | -1.4523         | -2.2879        | -3.7547          | -4.2725         |                    |
| 23   | 17034         | GIRESLIN      | 38        | 40.9227 | 38.3878  | 2         | 7        | 6       | -1.75           | -2.9631         | -3.546         | -4.491           | -4.8032         |                    |
| 24   | 17221         | CESME         | 5         | 38.3036 | 26.3724  | 2         | 7        | 6       | -1.0992         | -2.3807         | -3.0862        | -4.3563          | -4.8104         |                    |
| 25   | 17854         | SELÇUK        | 17        | 37.9445 | 27.3673  | 7         | 2        | 1       | -4.3159         | -5.1395         | -5.428         | -5.7261          | -5.7817         |                    |
| 26   | 17908         | KOZLUK        | 112       | 37.4337 | 35.8188  | 7         | 2        | 6       | -0.42726        | -1.819          | -2.6399        | -4.2018          | -4.7725         |                    |
| 27   | 17037         | TRABZON       | 25        | 40.9985 | 39.7649  | 2         | 1        | 5       | -2.3474         | -3.575          | -4.151         | -5.0685          | -5.3674         |                    |

Şekil 3.5. Easyfit programından elde edilen verilerin excel tablosu.

### 3.5. İstasyon Bazında İşlem Algoritması

Meteorolojiden her istasyondan kar kalınlıkları, rüzgar hızları, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ve yağış miktarları verileri temin edildi. Elimizde yeterince veri olup olmadığını kolayca görmek için, 20 yıldan fazla olan veriler ve 20 yıldan az olan veriler ayrılarak gruplandırma işlemi yapıldı. İstasyonların arızalı olduğu senelerin boş geçilmesi, elle yazılan verilerin dijitalleştirilmesi hataları, sistem değişikliği vb. gibi sebeplerden kaynaklanan hatalar giderildi. Her istasyon verileri aynı seneleri kapsamadığından excel programı yardımı ile düzenlenerek kullanılacak hale getirildi. Düzenlenen veriler Easyfit programına girilerek istatistik analiz işlemleri yapıldı. Verilerin belli bir dağılımı gösterip göstermediğini sınamak için Easyfit programında Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare gibi parametrik olmayan test yöntemleri kullanıldı. Şekil 3.6’da Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare uygunluk testleri uygulanması görülmektedir.

Kolmogorov-Smirnov testi, gözlenmiş eklenik olasılık dağılım fonksiyonu ile varsayılan teorik olasılık dağılım fonksiyonu arasındaki karşılaştırmaya dayanır. Bu testin önemli özelliği, test edilen dağılımın eklenik fonksiyonuna bağlı olmamasıdır.

Buna rağmen Kolmogorov-Smirnov testi dağılımın merkezinde daha duyarlıdır(Karahan ve Özkan, 2012).

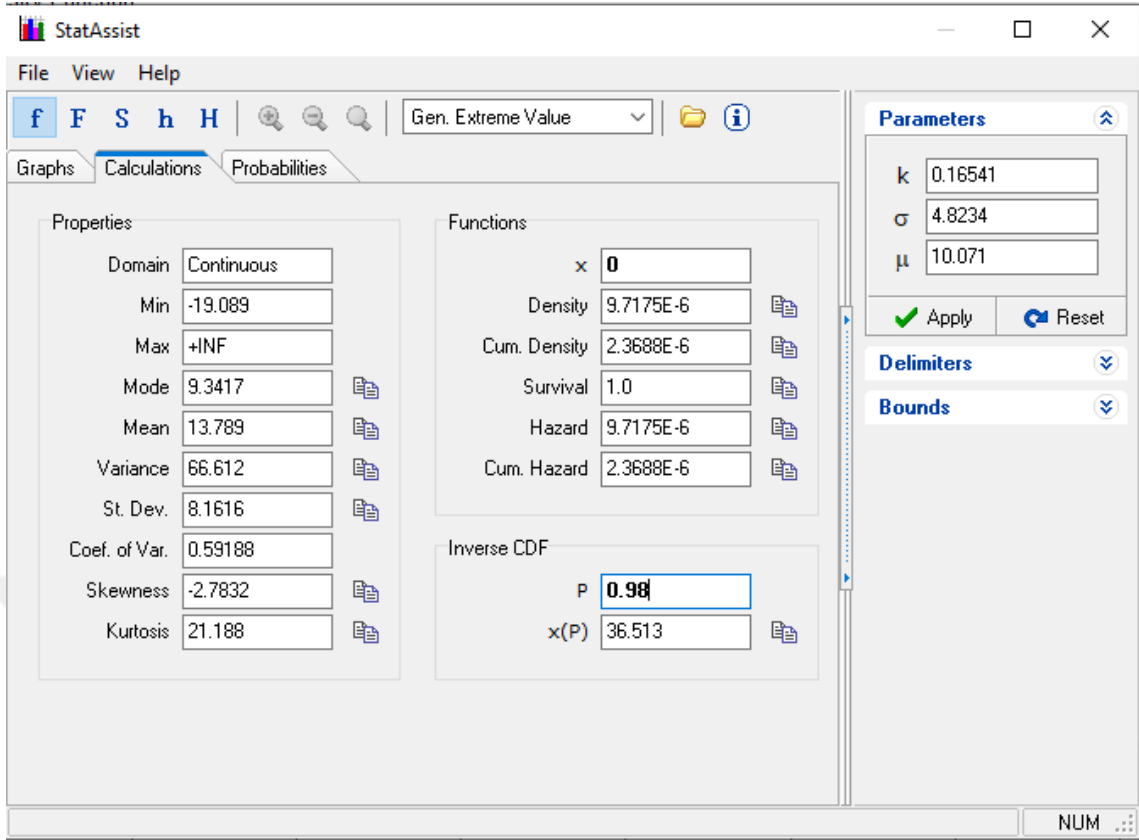
Anderson-Darling testi, Kolmogorov-Smirnov testinin aksine test edilen dağılımın kritik değerini kullanır. Her dağılım için ayrı kritik değer hesaplaması gereklidir. Anderson-Darling testi dağılımın uç kısmında daha duyarlıdır(Karahan ve Özkan, 2012).

Ki-kare testi, temel olarak gözlenen değer ile beklenen değer arasındaki farkın istatistiksel açıdan ne anlama geldiğine dayanır(Eser, 2015).

| #  | Distribution       | Kolmogorov-Smirnov |      | Anderson-Darling |      | Chi-Squared |      |
|----|--------------------|--------------------|------|------------------|------|-------------|------|
|    |                    | Statistic          | Rank | Statistic        | Rank | Statistic   | Rank |
| 1  | Gamma              | 0.15471            | 8    | 0.64605          | 8    | 7.8262      | 10   |
| 2  | Gamma (3P)         | 0.13173            | 6    | 0.437            | 5    | 0.25749     | 1    |
| 3  | Gen. Extreme Value | 0.11336            | 1    | 0.40104          | 3    | 0.37647     | 5    |
| 4  | Gen. Gamma         | 0.16678            | 10   | 0.69953          | 10   | 7.4974      | 9    |
| 5  | Gen. Gamma (4P)    | 0.13062            | 5    | 0.43154          | 4    | 0.26076     | 2    |
| 6  | Gumbel Max         | 0.15859            | 9    | 0.67277          | 9    | 7.9431      | 11   |
| 7  | Log-Pearson 3      | 0.1205             | 3    | 0.3927           | 2    | 0.33624     | 4    |
| 8  | Lognormal          | 0.12897            | 4    | 0.44074          | 6    | 0.97356     | 7    |
| 9  | Lognormal (3P)     | 0.11664            | 2    | 0.38771          | 1    | 0.31319     | 3    |
| 10 | Normal             | 0.2264             | 12   | 1.6476           | 12   | 6.0968      | 8    |
| 11 | Weibull            | 0.16737            | 11   | 1.1829           | 11   | 9.1004      | 12   |
| 12 | Weibull (3P)       | 0.13982            | 7    | 0.49721          | 7    | 0.67895     | 6    |

**Şekil 3.6.** Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare dağılım uygunluk test değerleri görünümü.

En uygun dağılım seçilerek, bu dağılımın 2, 5, 10, 50, 100, 1000, 2500 yıllık dönüş periyotlarındaki değerler okundu. Şekil 3.7’te görüldüğü gibi P değeri 0,98 seçilerek 50 yıl dönüş aralıklı(yıllık aşılma ihtimali 0,02) değerler hesaplandı. Her bir istasyon için seçilen dağılım grafiğinde dönüş periyotları uygulandı. Bulunan değerlerden seçilen en iyi 3 dağılım listelendi ve en iyi dağılım grafiğinden her bir dönüş aralığındaki değerler hesaplanarak yazıldı ve haritalama işlemine geçildi.



Şekil 3.7. Dönüş aralığının belirlenmesi.

#### 4. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ ÇALIŞMASI(CBS)

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), birçok farklı bilim dalı tarafından kullanıldığı için farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Örneğin, en genel ifade ile açıklamak gerekirse, Yomralıoğlu'na (2000) göre CBS, karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekandaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir.

İstatistiksel analizi yapılarak elde edilen verilerle CBS yardımıyla haritalama işlemi yapıldı. Elle çizilmiş olan önceki haritalar dijitalleştirilerek yeni haritalarla karşılaştırma amaçlı fark haritaları oluşturuldu. Son olarak meteorolojik veri kavramının yapısal tasarımı kullanılması ilişkin birçok kritik nokta olduğunu ve daha derinlemesine incelenip Türkiye' de tüm veriler için oluşacak anormalliklerin saptanması ve değişikliklerin yapılması sağlanacaktır.

##### 4.1. Veri Formatları

Coğrafi Bilgi Sisteminde yeryüzüne ait bilgiler, vektör ve raster formatlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Raster veri formatında konuma ait veriler; hücrelere bağlı olarak temsil edilir. Aynı boyuttaki hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. En küçük birim piksel olarak tanımlanır ve her piksel bir değere sahiptir. Vektörel veri formatında ise konuma ait veriler; nokta, çizgi ve alan özellikleri x, y koordinat değerleriyle depolanırlar. Nokta özelliği tek bir x, y koordinat çifti ile (meteoroloji istasyonları gibi), çizgi özelliği bir başlangıç ve bir bitiş noktası olan x, y koordinatlar dizisi ile (dereler, yollar, elektrik hatları gibi), alan özelliği ise başlangıç ve bitiş noktası aynı olan x, y koordinatlar dizisi ile temsil edilen verilerdir (parseller, binalar gibi). Şekil 4.1'de vektörel ve raster veri formatının farkı gösterilmektedir(URL-7).

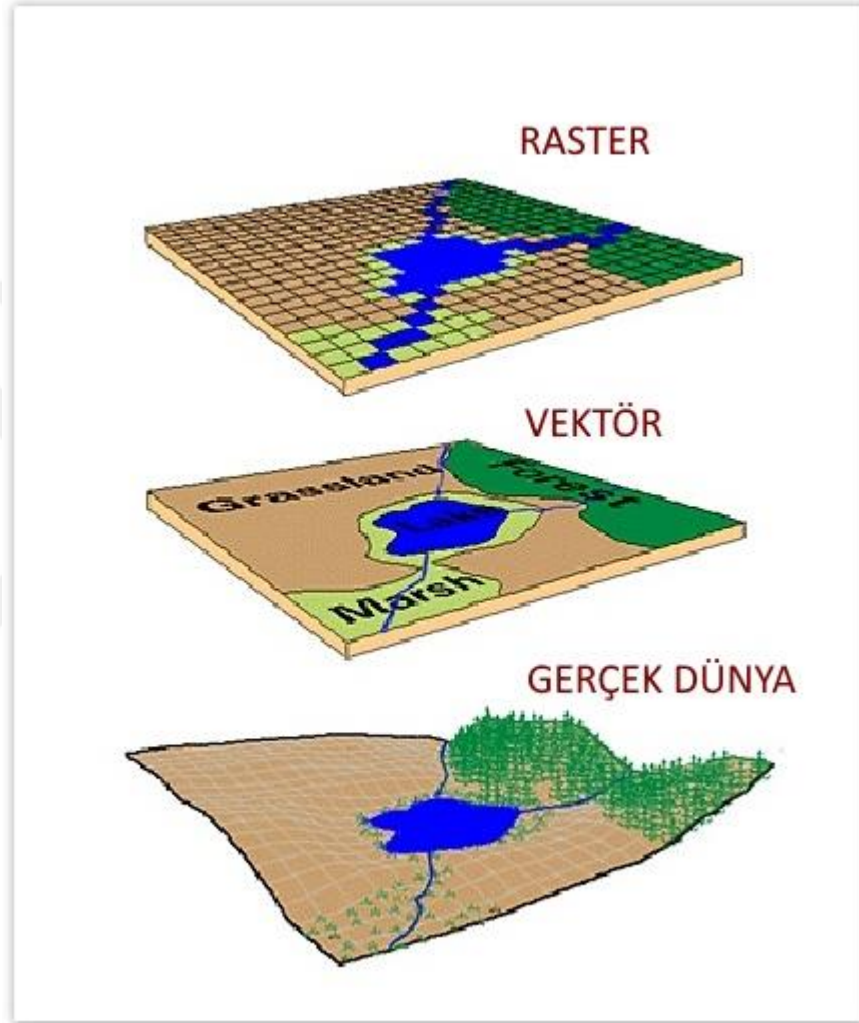
Vektör ve raster verilerin kendi aralarında avantajlı veya dezavantajlı durumları aşağıdaki gibidir.

Vektör veriler;

- Gerçeğe uygun verileri gösterir
- Veri yapıları karmaşıktır
- Simülasyonu zordur
- Grafiklerin doğruluğu ölçeğe bağlıdır.

Raster veriler;

- Veri yapıları oldukça basittir
- Piksel büyüdükçe veri kaybı yaşanır
- Veri hacmi büyüktür
- Simülasyonu kolaydır.



Şekil 4.1. Vektörel ve raster veri formatı görünümü.

#### 4.2. Harita Hazırlanmasında Kullanılacak Baz Parametreler

Bir haritadan beklenen özellikler; doğruluk, tamlık, açıklık, anlaşılabilirlik, kolay okunabilirlik, güzellik olarak sıralanabilir. Projenin son kısmında elde edilen, düzenlenen, dönüş periyotları belirlenen veriler haritalandırılmıştır. Haritalar oluşturulurken bir haritadan beklenen tüm özelliklerin sağlanmasına dikkat edilmiştir.

Projede;

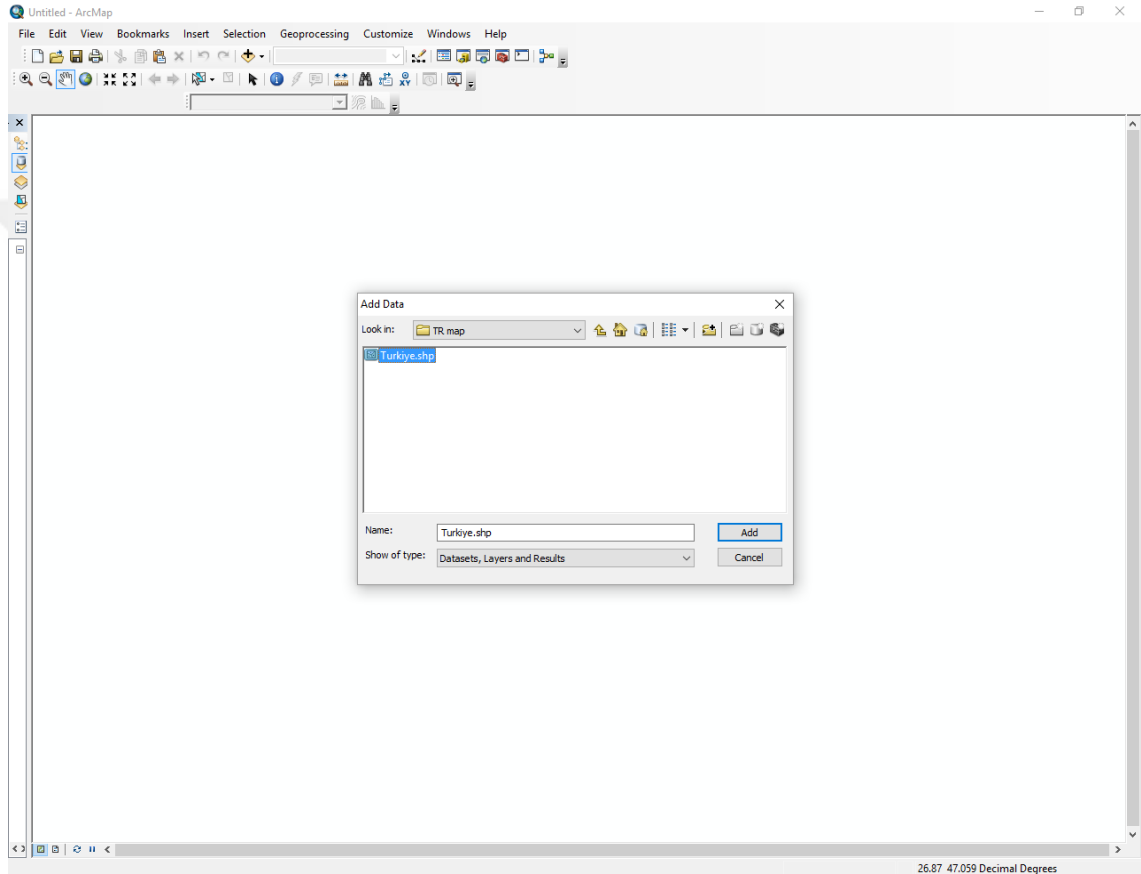
- Coğrafi koordinat sistemi “WGS84” olarak seçildi.
- Konusuna göre “tematik harita” tercih edildi. (İzotrmik tematik harita tercih edildi. İzotrmik harita yapımındaki temel problem, düzensiz aralıklı kontrol noktalarının bilinen değerleri ile bilinmeyen noktaların enterpolasyonudur. Sıcaklık, kar, rüzgar haritaları yapımında bu çizgiler farklı isimlendirilir. Örneğin; eş sıcaklık çizgileri oluşturuluyorsa bunlar izotherm, eş yağış çizgileri oluşturuluyorsa bunlar izohyet olarak adlandırılır.)
- Eşit aralıklı sınıflandırma kullanıldı.
- Renklendirmede ardışık renk paleti kullanıldı.

Pafta resim alanında;

- Başlık (yüksekliği 4 mm – 5 mm arasında)
- Ölçek
- Lejant
- Kuzey işareti
- Coğrafi koordinatlar (grid) kullanıldı.

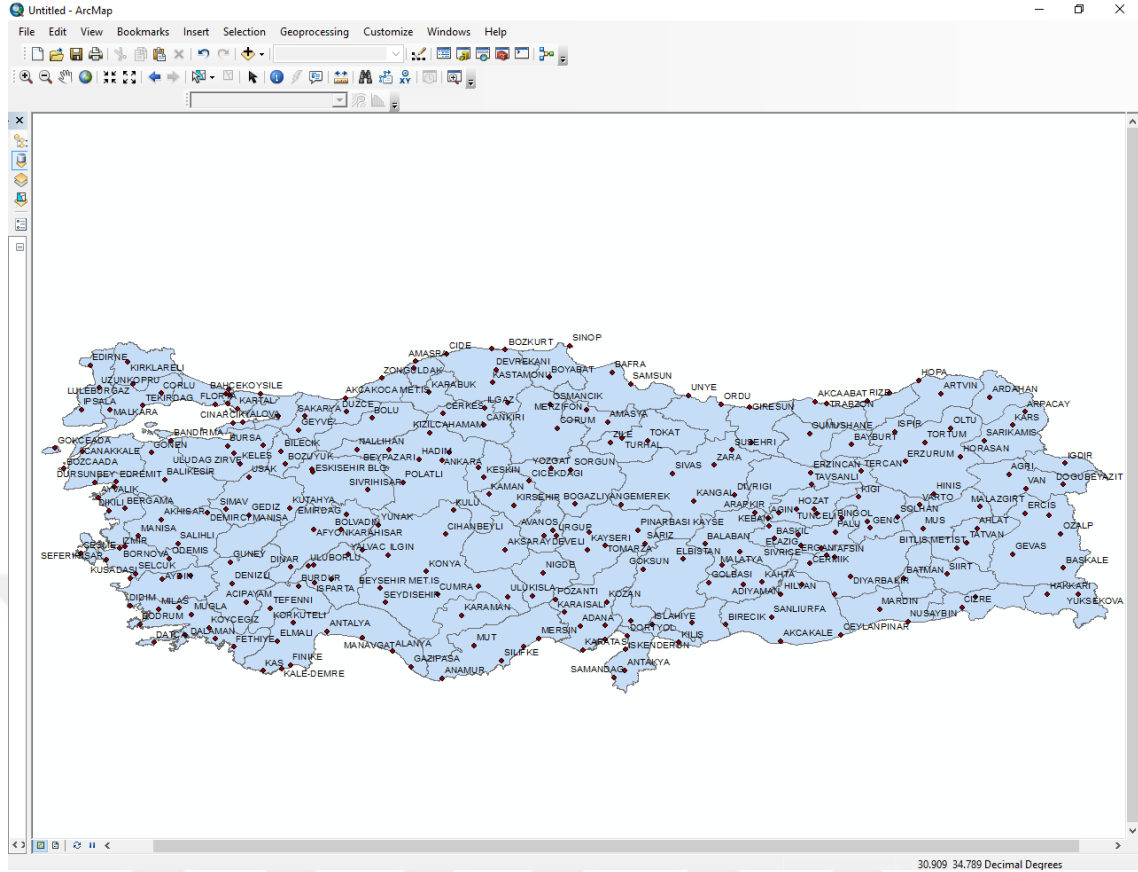
### 4.3. 50 Yıl Dönüş Aralıklı Ülke Veri Haritaları Hazırlanması

Öncelikle Şekil 4.2’de görüldüğü gibi Türkiye İller haritası ArcMap programına eklendi. Ardından Türkiye’nin de içinde bulunduğu “WGS84” coğrafi koordinat sistemi seçilerek, maksimum sıcaklık verisi için düzenlenen istasyonların enlem ve boylam değerleri excel programından aktarıldı.



Şekil 4.2. Türkiye iller haritasının programa eklenmesi.

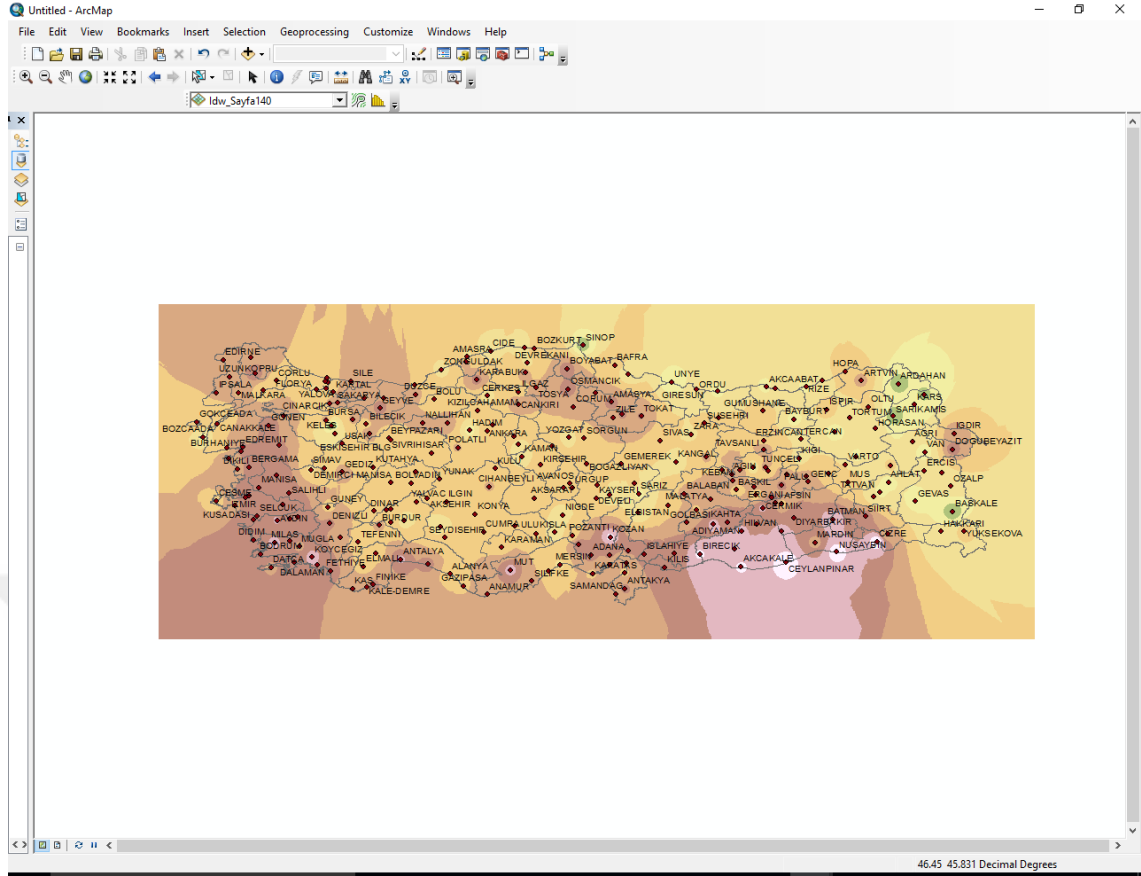
Şekil 4.3’de aktarılan istasyonlar isimleriyle birlikte gösterilmektedir.



**Şekil 4.3.** Türkiye üzerindeki 50 yıllık maksimum sıcaklık verileri ile düzenlenen iller.

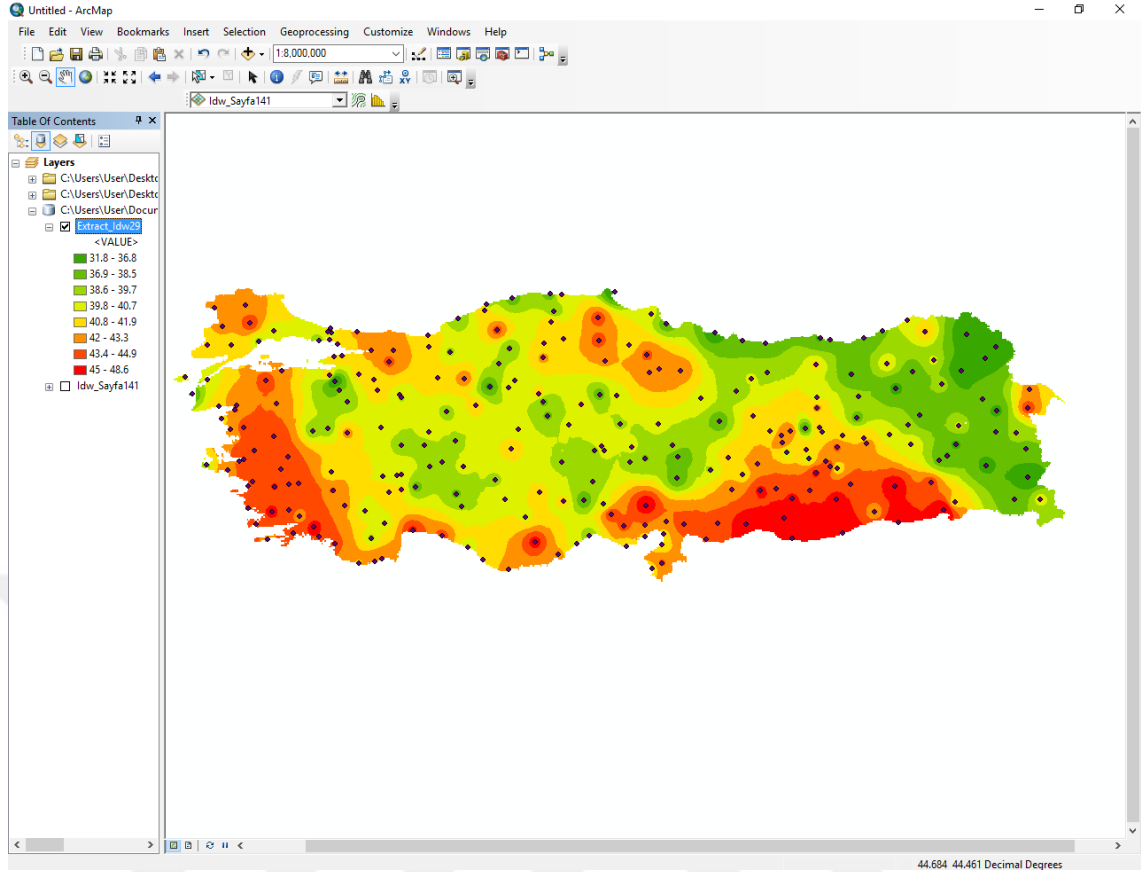
İstasyon koordinatlarının programa aktarılmasından sonra dikkat edilmesi gereken en önemli etken “Extent” ayarlamasıdır (Şekil 4.4). ArcMap, her istasyonun extentini (sınırını) kendi sınırı olarak tanıdığından sınıra yakın istasyon bulunmayan yerlerde hesaplama yapılamamaktadır. Bunun sebebi ise ArcMap herhangi bir katman üzerinde analiz gerçekleştirirken varsayılan olarak o katmanın sınırlarını kullanmaktadır.





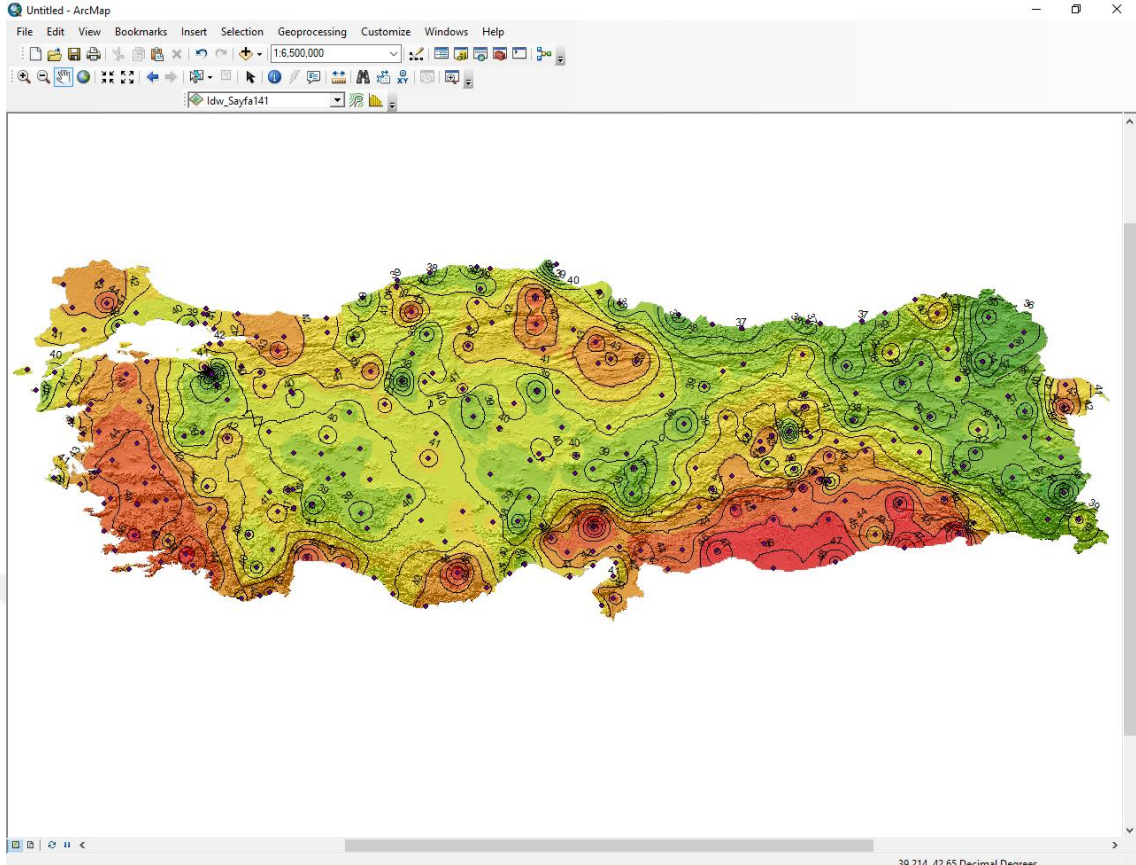
Şekil 4.5. IDW yöntemiyle sürekli yüzey oluşturulması.

Oluşturulan sürekli yüzey haritası “Extact By Mask” özelliği kullanılarak Şekil 4.6’da gösterilen haritaya dönüştürülerek, renk skalası ve değer aralığı düzenlendi. Renkler ardışık renk paletinden kırımızı-mavi olacak şekilde seçildi. Ayrıca tüm haritalarda eşit aralıklı renklendirme uygulandı.



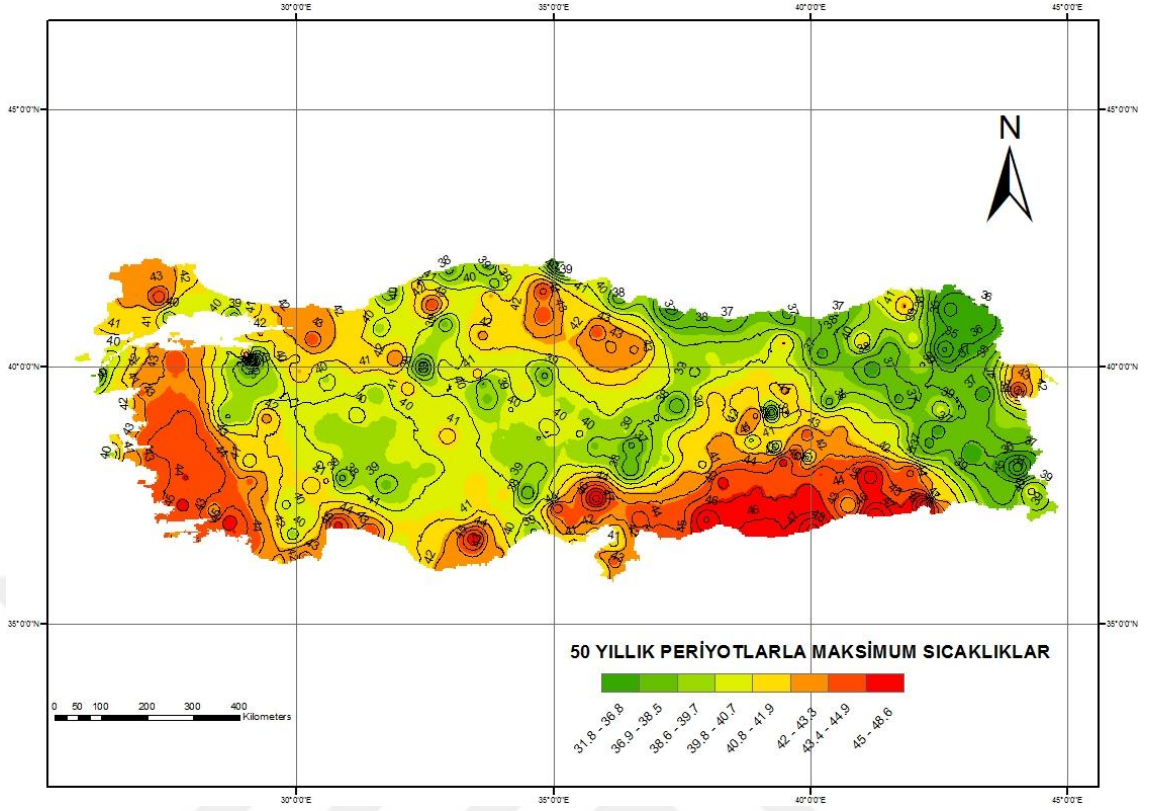
Şekil 4.6. Extact by mask uygulaması.

Sonraki aşamada kontur (contour) fonksiyonu kullanılarak eş sıcaklık eğrileri oluşturuldu(Şekil 4.7).



**Şekil 4.7.** Contour uygulaması, eşdeğer sıcaklık eğrileri oluşturulması.

Oluşturulan haritaya paftada olması gereken kuzey oku, ölçek, lejant, başlık ve grid eklenerek harita tamamlanarak son şekli oluşturuldu(Şekil 4.8). Yapılan bu işlemler tüm haritalara uygulandı.



Şekil 4.8. Haritanın son şekli.

## 5. ÇALIŞMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

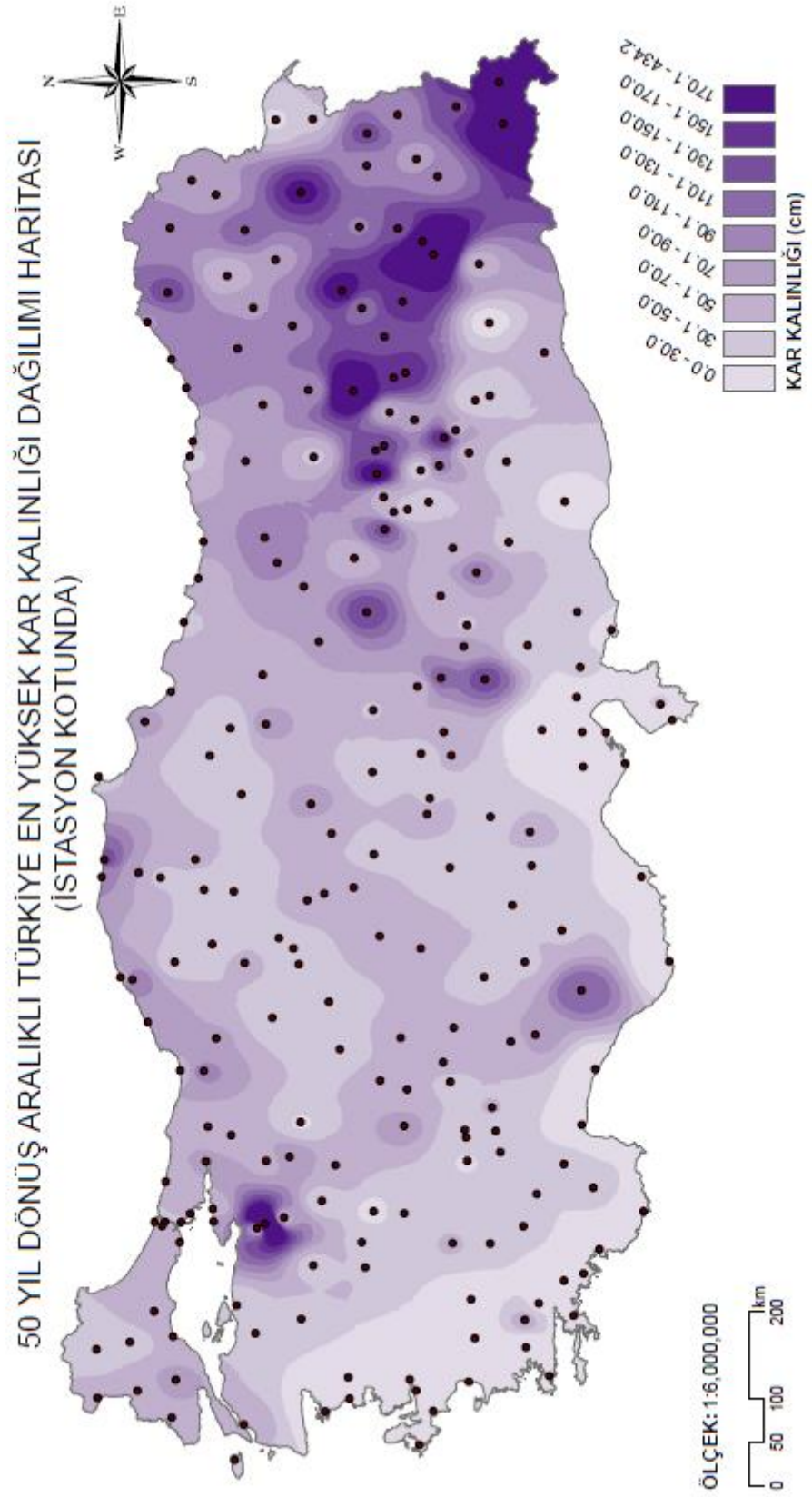
Çalışma kapsamında 10 yıldan fazla süredir hazırlanmakta olan harita çalışmalarının bilgi aktarılmaya çalışıldı.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden kar kalınlığı için 198 istasyon, rüzgar hızı için 265 istasyon, sıcaklık etkisi için 267 istasyon ve yağış için 264 istasyondan elde edilen veriler temin edildi. Elde edilen veriler süzülüp, düzenlenerek 20 yıldan fazla olan veriler haritalama çalışmasında kullanılmak üzere gruplandırıldı. 20 yıldan az olan veriler ise kontrol amaçlı değerlendirildi. Gruplandırılan veriler Easyfit programı yardımıyla istatistiksel analizi yapılarak, tasarımda kullanılması için aşılma riski 0.02, ortalama tekerrür süresi 50 yıl olan değerler bulundu. Bulunan değerler CBS yardımıyla haritalandırıldı. Bu işlem sonucunda 50 yıl dönüş aralıklı kar kalınlığı dağılımı haritası(Şekil 5.1), 3 saniye(V3) ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası(Şekil 5.2), 10 dakika(V600) ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası(Şekil 5.3), en düşük sıcaklık dağılımı haritası(Şekil 5.4), en yüksek sıcaklık haritası(Şekil 5.5) ve yağış yüksekliği dağılımı haritası(Şekil 5.6) elde edildi.

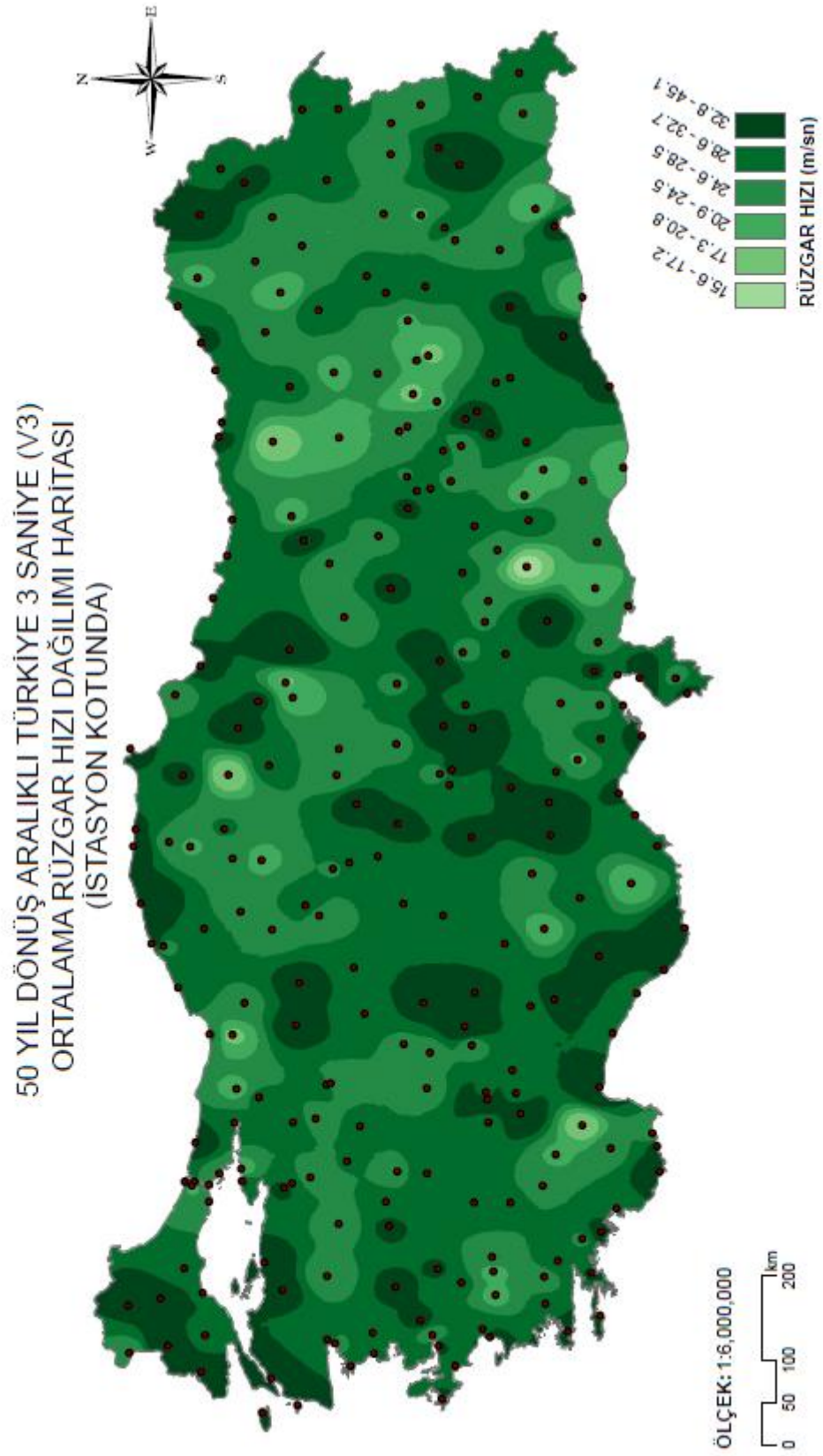
Kar yükü ve rüzgar yükü hesabı için günümüzde kullanılmakta olan TS 498, TS EN 1991 ve Yeni Çelik Yapılar Yönetmeliği-2016 standartlarında verilen harita ve hesap değerleri ile karşılaştırma amaçlı fark haritaları oluşturuldu.

TS 498'de ve TS EN 1991-1-3'de kullanılan harita ile istatistiksel çalışmamız sonucunda elde edilen kar kalınlığı fark haritasında görüldüğü üzere Türkiye genelinde bazı bölgelerimizde güvensiz, bazı bölgelerimizde ise ekonomik olmayan değerler verilmektedir.

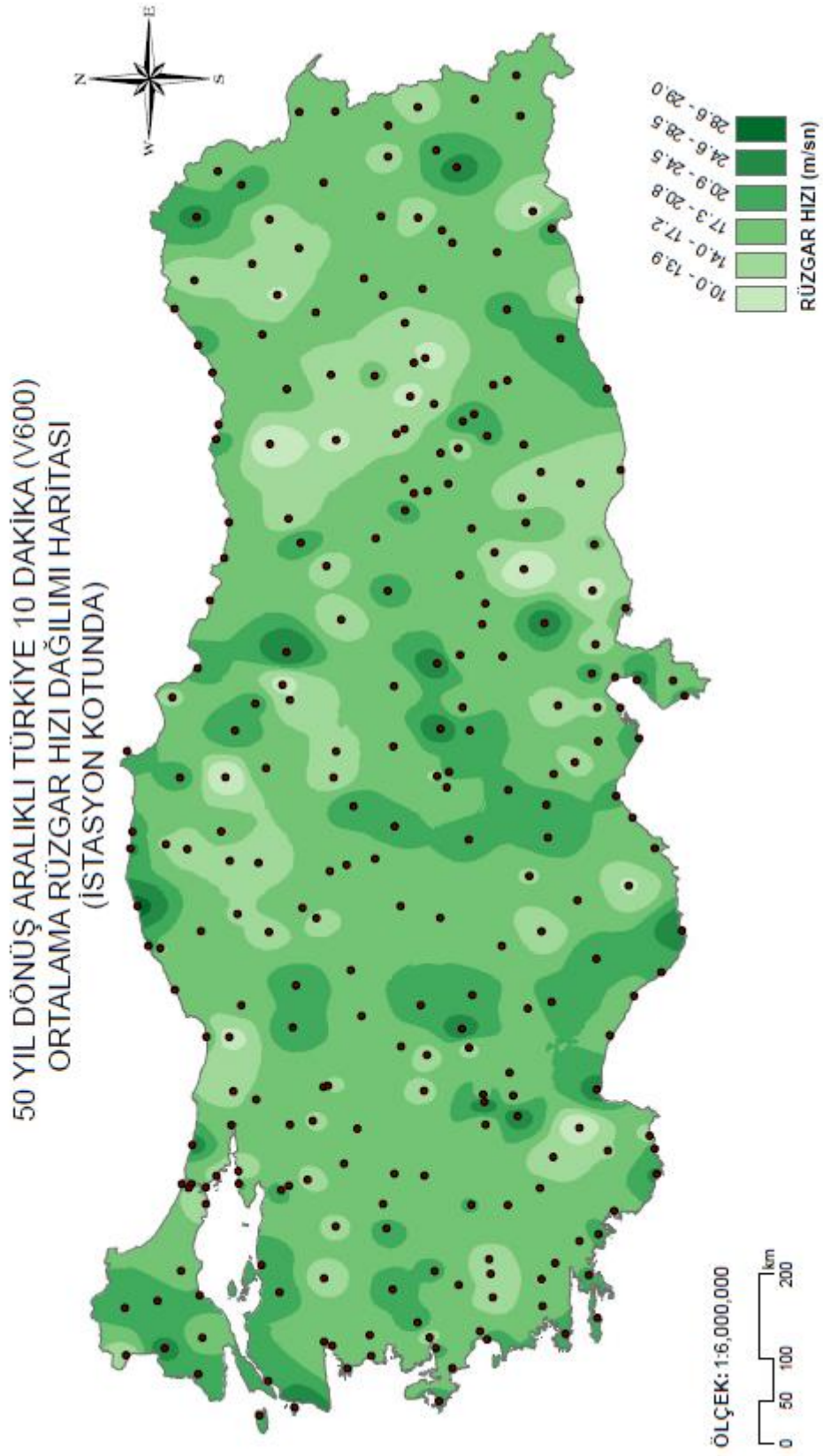
Rüzgar hızı fark haritalarında görüldüğü üzere, Yeni Çelik Yapılar Yönetmeliği'nde 10 dakika(V600) için rüzgar hızının temel değeri  $V_{b,0}=28$  m/s(100 km/sa)'e göre hesaplandığında, Türkiye'nin geneli için bu değer çok yüksek olduğu, 3 saniye(V3) için bakıldığında bazı bölgeler için yüksek, bazı bölgeler için düşük olduğu görülmektedir. Bu durumda Türkiye için tek bir değer kullanılmasının uygun olmadığı söylenebilmektedir.



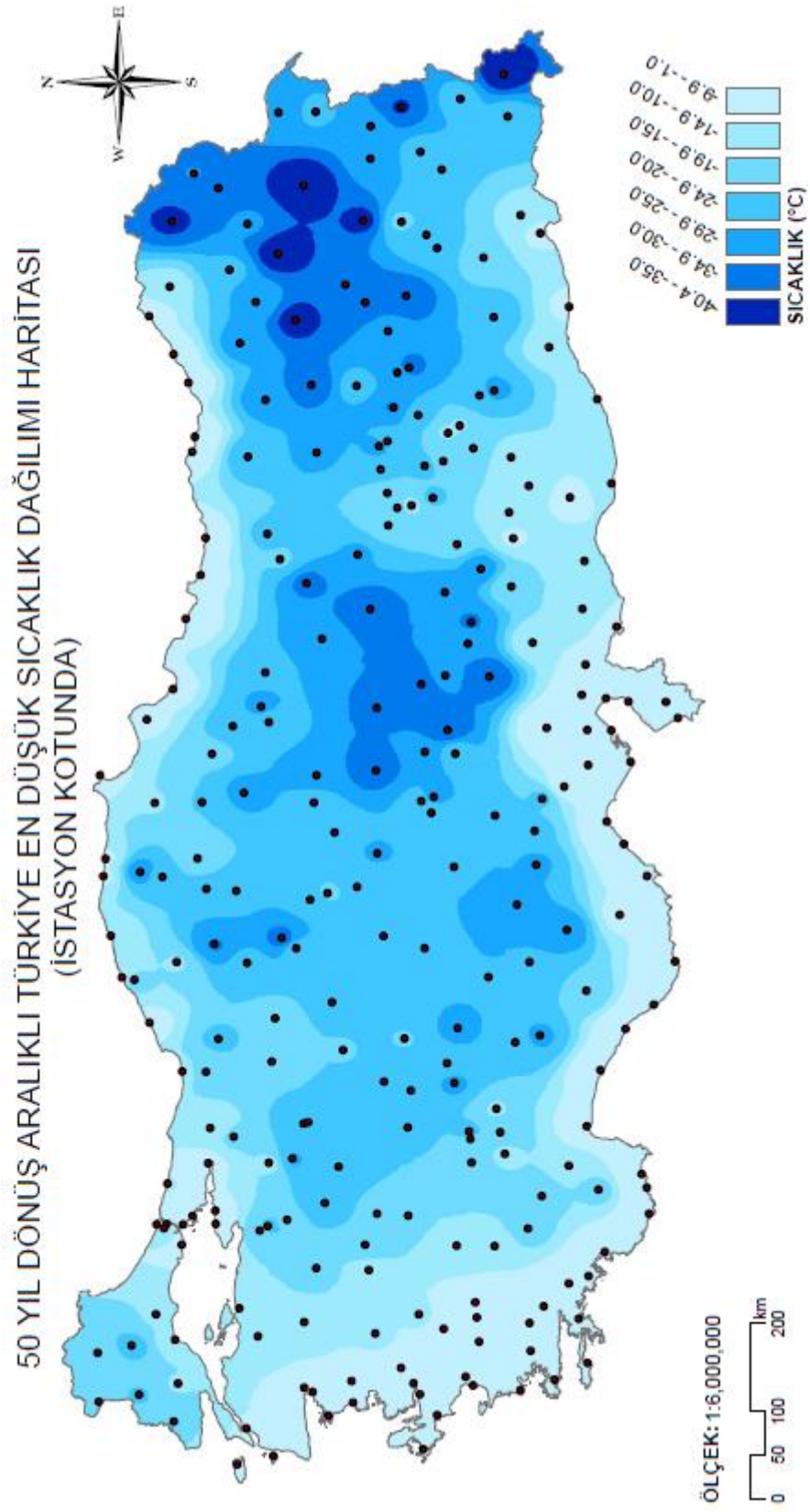
Şekil 5.1. 50 yıl dönüş aralıklı kar kalınlığı dağılımı haritası.



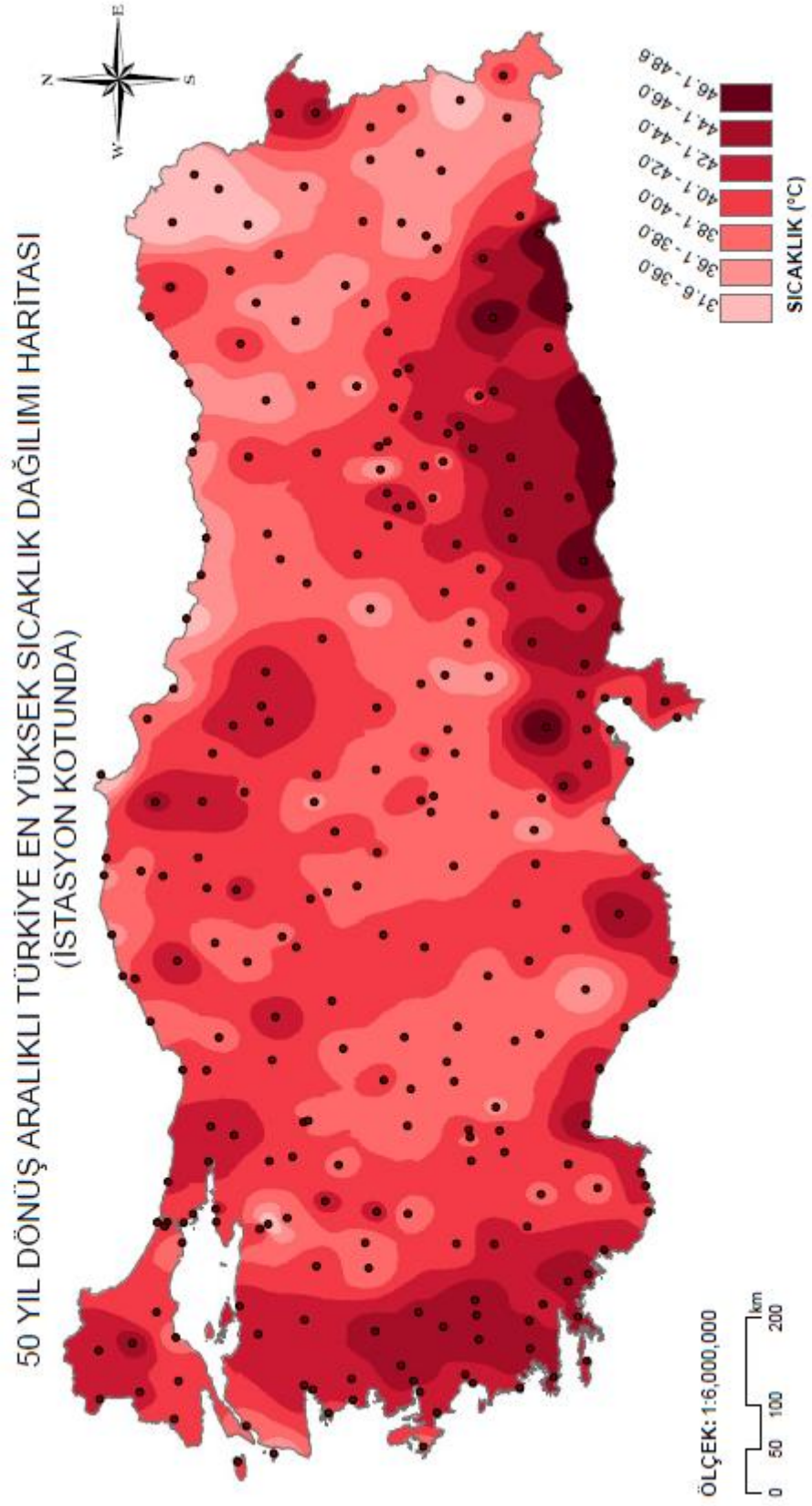
Şekil 5.2. 50 yıl dönüş aralıklı 3 saniye ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası.



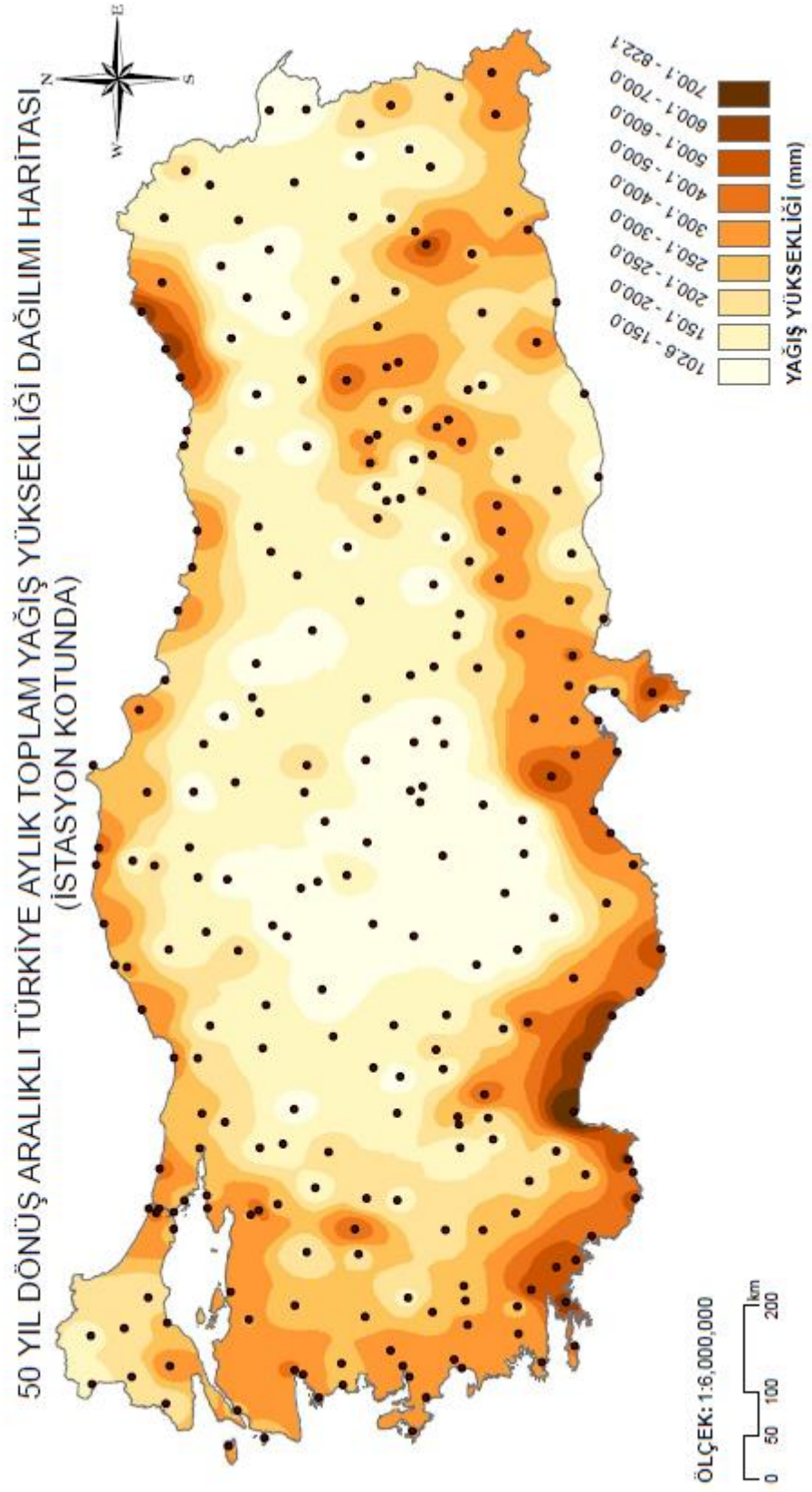
Şekil 5.3. 50 yıl dönüş aralıklı 600 saniye ortalama rüzgar hızı dağılımı haritası.



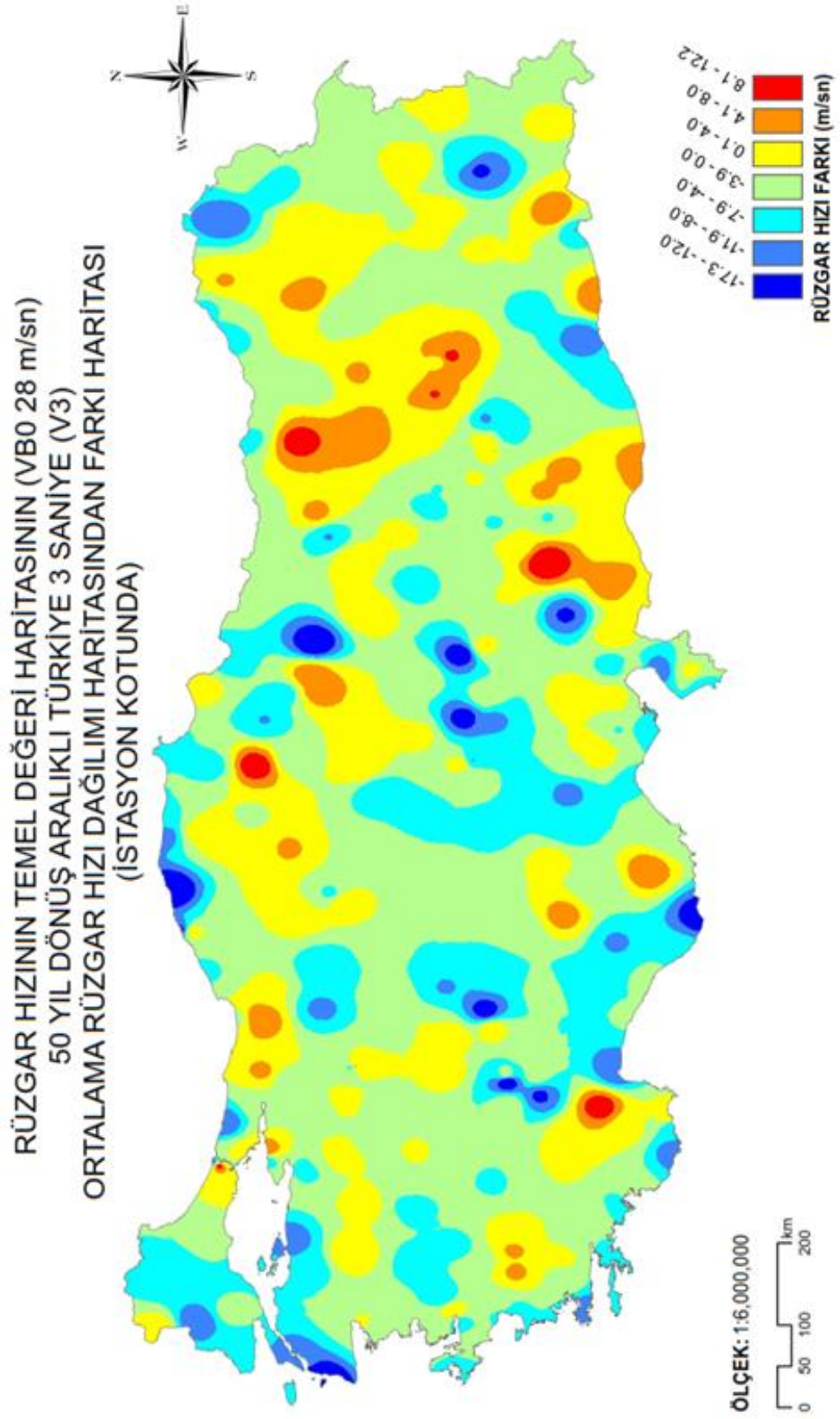
**Şekil 5.4.** 50 yıl dönüş aralıklı en düşük sıcaklık dağılımı haritası.



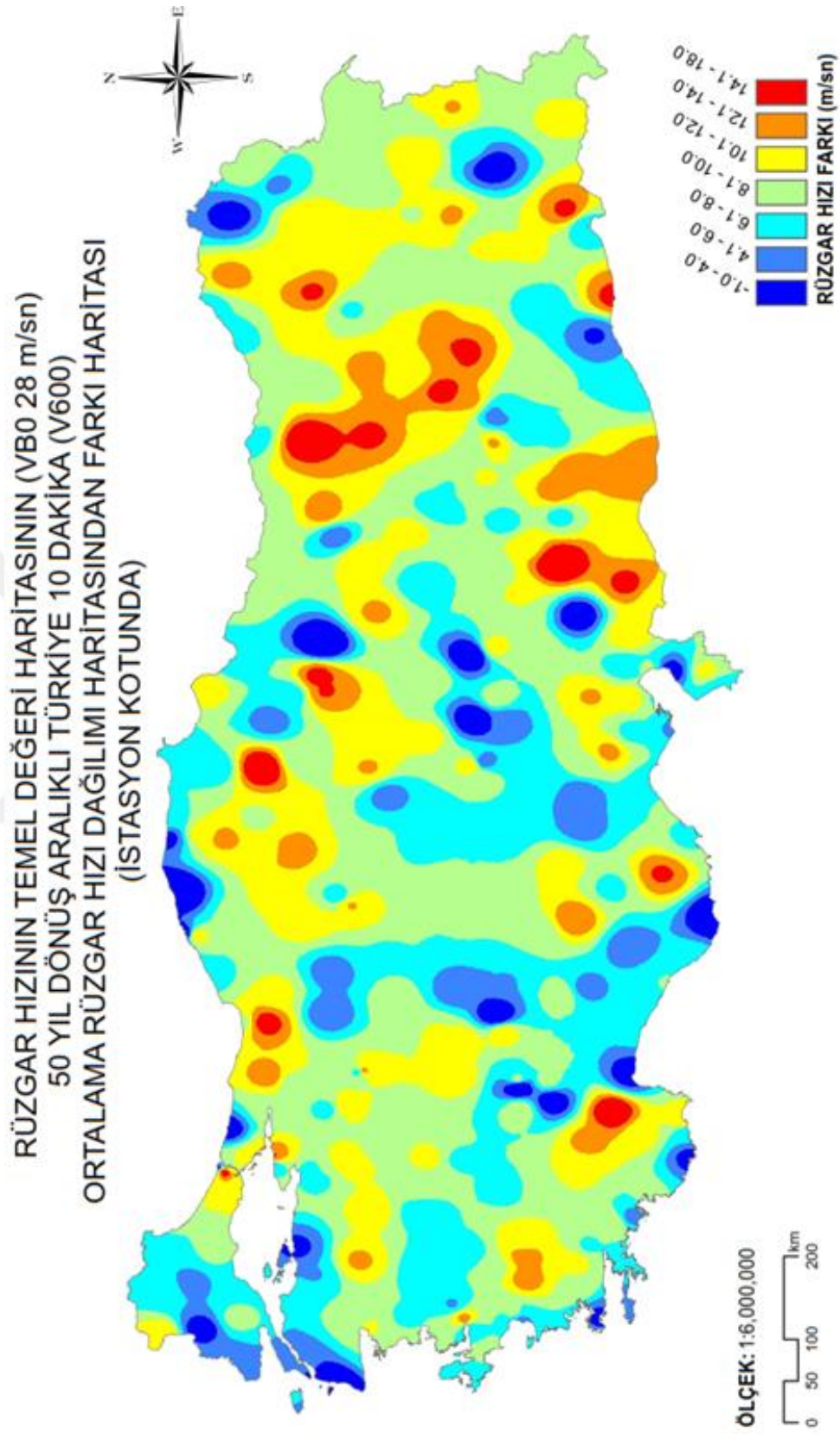
Şekil 5.5. 50 yıl dönüş aralıklı en yüksek sıcaklık dağılımı haritası.



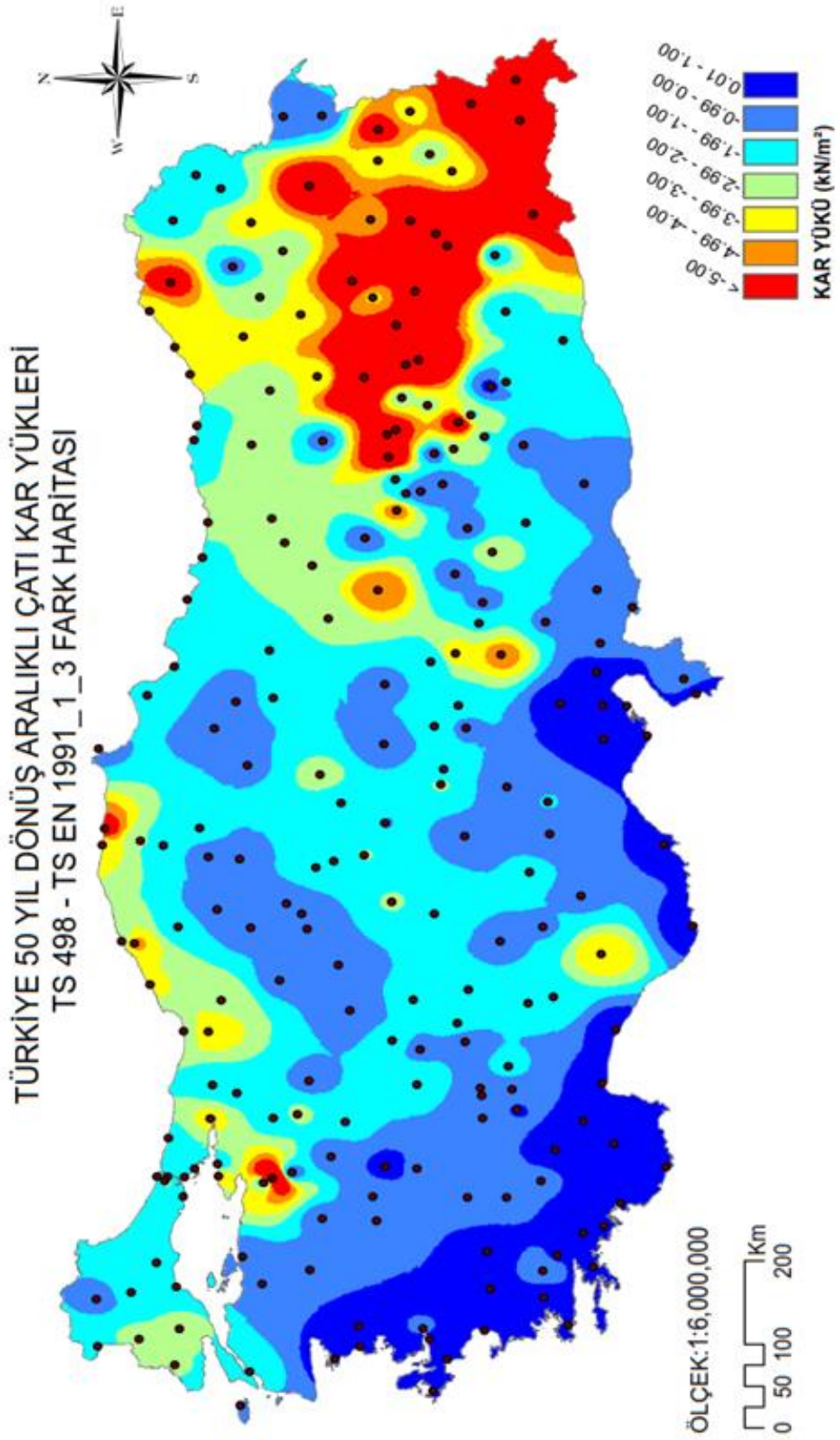
Şekil 5.6. 50 yıl dönüş aralıklı aylık toplam yağış dağılımı haritası.



**Şekil 5.7.** Rüzgar hızının temel değeri ( $V_{b0}=28 \text{ m/s}$ ) ile 50 yıl dönüş aralıklı 3 saniye ( $V_3$ ) ortalama rüzgar hızı farkı haritası.



**Şekil 5.8.** Rüzgar hızının temel değeri ( $V_{B0}=28$  m/s) ile 50 yıl dönüş aralıklı 10 dakika ( $V_{600}$ ) ortalama rüzgar hızı farkı haritası.



**Şekil 5.9.** 50 yıl dönüş aralıklı kar yükü ile yürürlükteki yönetmeliklerde (TS 498 ve TS EN 1991-1-3) verilen kar yükü fark haritası.

## 6. ÖRNEK BİR ÇELİK ÇATININ TS 498, ASCE 07-10 VE İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE HESAPLANAN KAR YÜKÜ İLE ANALİZİ

### 6.1 Analizde Kullanılacak Yapı Bilgileri

Analizde kullanılacak bina Erzincan il merkezinde yapılacak çelik çatılı fabrika binasıdır. Binanın denizden yüksekliği 1300 m'dir. Çatı ölçüleri 20\*40 m'dir. Çatı makası açıklığı 20 m ve makaslar arası mesafe 20 m'dir.

Yapısal çelik malzemesi olarak S235 seçilecek ( $F_y = 235 \text{ MPa}$ ,  $F_u = 360 \text{ MPa}$ )

Çatı eğimi:  $\tan\alpha=0,3$ ;  $\alpha=16,7^\circ$

Yük Tanımları(G);

Makas özağırlığı: 0,2kN/m<sup>2</sup>

Aşık kirişi özağırlığı:0,1 kN/m<sup>2</sup>

Çatı örtüsü özağırlığı:0,1 kN/m<sup>2</sup>

Rüzgar ve stabilite özağırlığı: 0,03 kN/m<sup>2</sup>

Toplam(G): 0,43 kN/m<sup>2</sup>

### 6.2 TS 498 Yönetmeliğine Göre Yük Hesaplamaları

Zati Yük Hesaplamaları (G);

Tek makasa gelen yük:  $0,43*20=8,6 \text{ kN/m}$

Ara düğüm noktalarına gelen yük:  $8,6*3,33/\cos 16,7 = 29,9 \text{ kN/m}$

Kenar düğüm noktalarına gelen yük= $8,6*3,33/(2*(\cos 16,7)) = 14,95 \text{ kN/m}$

Kar Yükü Hesaplamaları (Q);

TS 498 yönetmeliğinin EK-1 kısmında Erzincan il merkezi için kar yükü III. bölgededir.

Yönetmeliğe göre çatı eğimi  $30^\circ$  ve daha az ise kar yükü hesap değeri( $P_k$ ), kar yükü( $P_{k0}$ ) değerine eşit kabul edilerek düzgün yayılı yük olarak hesaplama yapılır. Çatı eğimi  $16,7^\circ$  olduğundan  $P_k$  değeri,  $P_{k0}$  değerine eşit kabul edildi. Zati kar yükü( $P_{k0}$ ) değerleri çizelgesinden  $1,35 \text{ kN/m}^2$  değeri bulundu. Binanın denizden yüksekliği 1300 m olduğundan değer %10 artıldı.

$P_k=1,35*1,1=1,485 \text{ kN/m}^2$

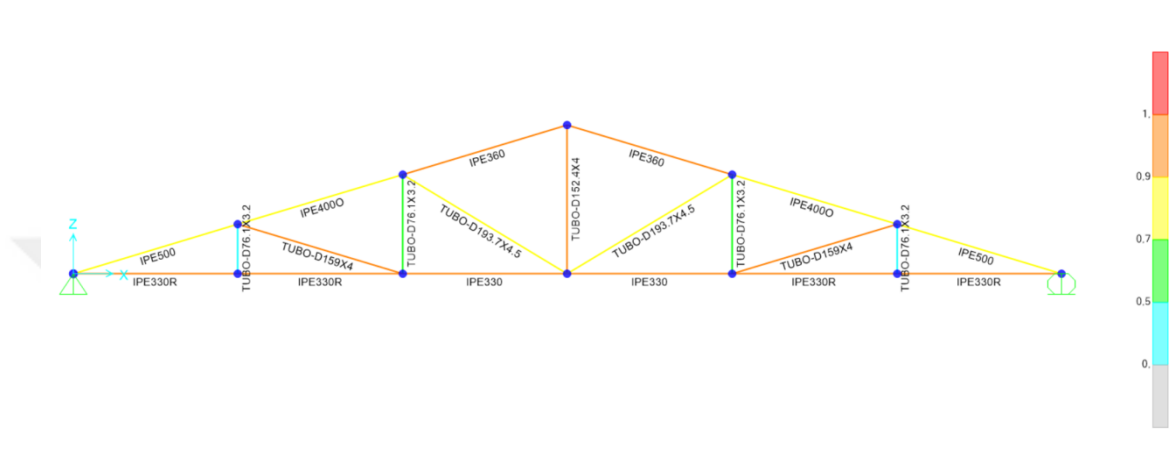
Tek makasa gelen yük:  $1,485 \text{ kN/m}^2*20\text{m}=29,7 \text{ kN/m}$

Ara düğüm noktalarına gelen kar yükü:  $29,7*3,33/\cos 16,7 = 103,2 \text{ kN/m}$

Kenar düğümlere gelen kar yükü:  $29,7*3,33/(2*(\cos 16,7))= 51,6 \text{ kN/m}$

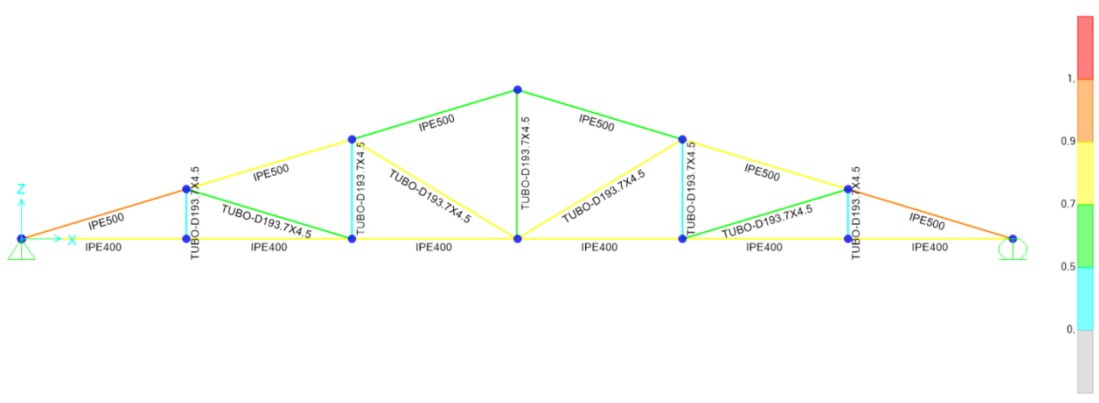
### 6.3 TS 498 Yönetmeliğine Göre Analiz

TS 498 yönetmeliğine göre bulunan yükler noktasal olarak düğüm noktalarına etkilildi. Ara düğüm noktalarına gelen kar yükü 103,2 kN/m, kenar düğüm noktalarına gelen kar yükü 51,6 kN/m yüklenerek analiz yapıldı. Analiz sonucunda otomatik olarak atanan kesitler Şekil 6.1’de görülmektedir.



Şekil 6.1 TS 498 yönetmeliğine göre hesaplanan kar yüklerinin analizi.

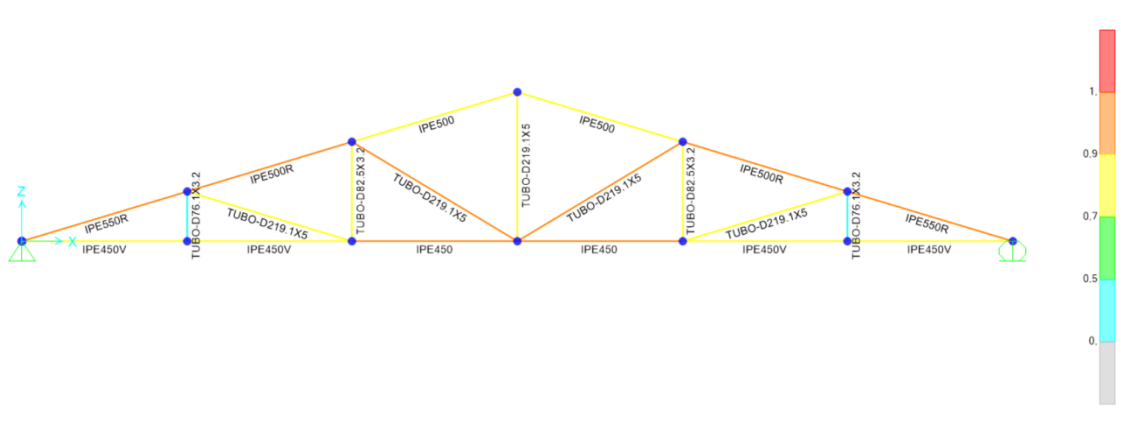
Bulunan kesitlerin en büyüğü seçilerek optimizasyonu yapıldı. Şekil 6.2’de görüldüğü gibi kesitler tek tip olarak atandı. Renk skalasındanda görüldüğü üzere sistemde zorlanan kesitler daha az zorlanmaya başlandığı görüldü.



Şekil 6.2 TS 498 yönetmeliğine göre hesaplanan kar yüklerin tek tip kesite göre analizi.

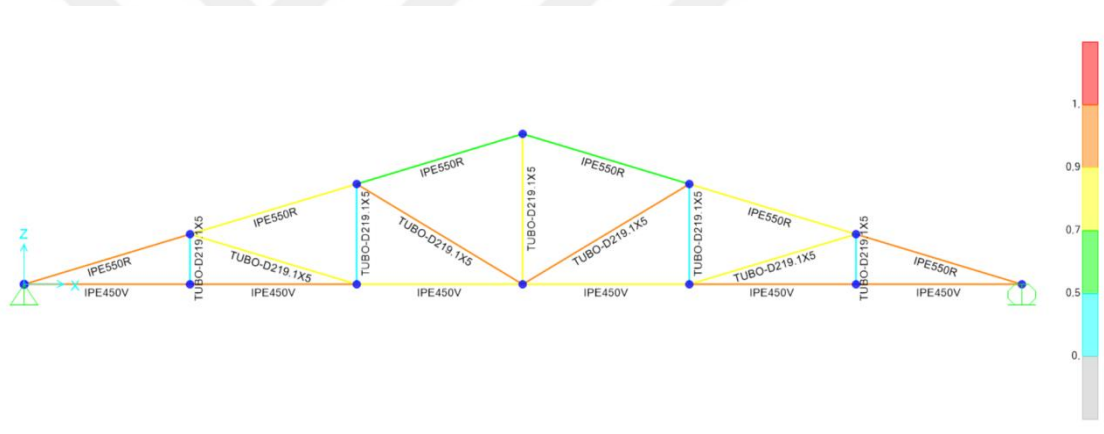






Şekil 6.5 İstatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yüklerinin analizi.

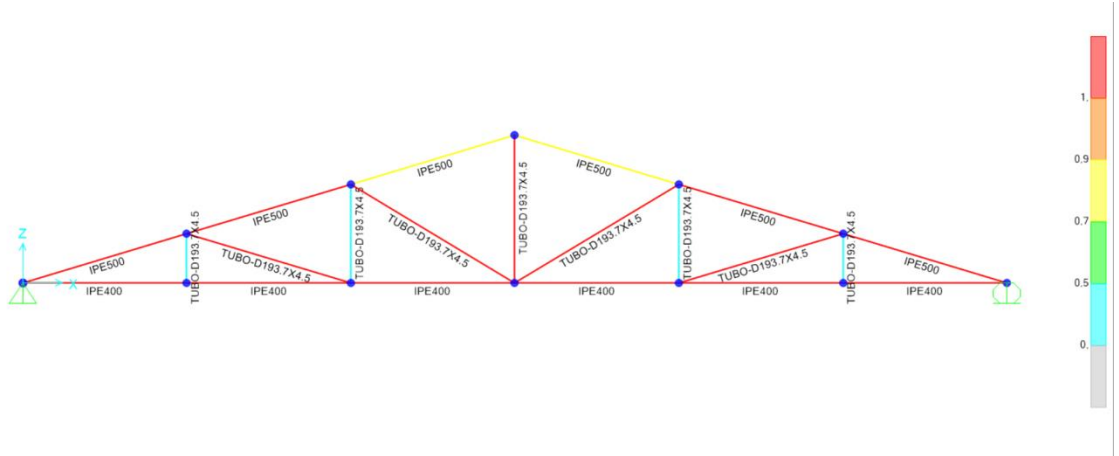
Şekil 6.6'da görüldüğü gibi kesitler tek tip olarak optimize edildi.



Şekil 6.6 İstatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yüklerinin tek tip kesite göre analizi.

## 6.8 TS 498 Yönetmeliğine Göre Hesaplanan Kar Yükleri ile İstatistiksel Yöntemlerle Hesaplanan Kar Yüklerinin Karşılaştırılması

Meteorolojik verilerden istatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yükleri ve TS 498'de verilen kar yükleri arasındaki fark, Şekil 5.9'da verilen fark haritasında açıkça görülmektedir. Örnek olarak Erzinan il merkezinde TS 498'e göre yapılan hesapta yaklaşık  $1 \text{ kN/m}^2$  eksik olarak hesaplanmaktadır. Şekil 6.7'de TS 498'e göre yapılan hesaplardaki kesitler üzerine istatistiksel yöntemlerle hesaplanan yükler etkilendi.



**Şekil 6.7** TS 498'e göre hesaplanan kesitlere istatistiksel yöntemlerle hesaplanan kar yüklerinin uygulanması

Analizler CSI SAP2000 programında sabit(G) yük ve kar yükü etkiltilerek yapıldı. Sonuç olarak TS 498'e göre hesaplanan kesitler, istatistiksel yöntemlerle hesaplanan yüklere dayanamayacağı görülmektedir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı tasarımında ve yapım aşamasında meteoroloji verilerinin etkisi can ve mal güvenliği için oldukça önemlidir. Meteorolojik olaylar kaynaklı yapı hasarlarına dayanarak mevcut yönetmeliklerdeki harita ve hesap değerlerinin yetersiz olduğu söylenebilir. Bu yetersizliğin en büyük nedeni 1997 yılında yürürlüğe giren TS 498 yönetmeliğindeki haritaların eski ve sabit değerleri içermesidir. Avrupa standartlarından çevrilerek kullanılmaya başlanan TS EN 1991 yönetmeliğindeki haritalar, TS 498 yönetmeliğinden hiçbir değişiklik yapılmadan olduğu gibi alındığından dolayı bu yetersizlik devam etmektedir.

Bu çalışmada yapılan analizler sonucunda TS 498 yönetmeliğine göre hesaplanan kesitler, istatistiksel yöntemlerle hesaplanan yüklere dayanamayacağı görülmüştür.

Can ve mal güvenliği için meteorolojik olaylar kaynaklı yapı hasarlarını önleyerek güvenli tasarımlar yapılması gerekmektedir. Güvenli tasarım yapılması için meteoroloji verileri dikkatle incelenip istatistiksel analizleri yapılarak yönetmeliklerin güncellenmesi gerekmektedir.

Türkiye’de tasarımda kullanılan meteoroloji verilerinin farklı dönüş aralıkları ile harita hazırlama çalışmaları devam etmektedir. Bu tez çalışmasında 50 yıl dönüş haritaları ve bu haritaların mevcut yönetmeliklerdeki haritalarla karşılaştırılmış olan fark haritaları verilmiştir.

Fark haritalarında görülen, yürürlükteki yönetmeliklerde bulunan haritalarda yetersiz değerlerin verildiği bölgelerimiz bulunmakla beraber ekonomik olmayan değerler de çok fazla görülmektedir. Meteorolojik olaylar kaynaklı yapı hasarlarının oluşmasını önlemek, daha güvenli ve daha ekonomik tasarımlar yapılması için kullanılmakta olan yönetmeliklerde verilen harita ve hesap değerlerinin güncellenmesi gerekmektedir. Meteoroloji verileri kullanılarak güncel harita oluşturma çalışmaları devam edilmektedir.

Bu haritaların proje aşamasında kullanılabilmesi için oluşturulan kar, rüzgar, sıcaklık ve yağış haritaları kullanılarak inşaat mühendisliği yapıları üzerindeki etkileri ayrı ayrı analizlerle incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Durmaz, M. (2003). *Doğu Karadeniz Bölgesindeki çatıların optimum kar yüklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Durmaz, M., Daloğlu, A., (2005). Kar Verilerinin İstatistiksel Analizi ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Zemin Kar Yükü Haritasının Oluşturulması. *İMO Teknik Dergi*, 239, 3619-3642.
- Eren, Ö., Alpar, O., (2012). Uç Değerler Teorisi ve Bir Bankacılık Uygulaması. *ABMYO Dergisi*, 26, 29-40.
- Eser, N. (2015). *Yüksek Dayanımlı Beton Kalitesinin İncelenmesi ve Yeni Bir Malzeme Katsayısı Önerilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray
- Gürses, P. (2012). *Yapılara Etki Eden Rüzgar Yüklerinin Eurocode 1-4 ve ASCE 7-05 Standartları Kullanılarak Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karahan, H., Özkan, E., (2012). Ege Bölgesi Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağışları İçin En Uygun Dağılımlar. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 152-157.
- Özgen, P. (2007). *Türkiye'deki çatıların optimum kar yüklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Seçer, M., Kural, M. E., (2010). Çelik Çatılara Etkiyen Yüklerin Araştırılması. 5. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*. 15-16 Nisan, İzmir.
- Tobler, W.R., (1970). A computer model simulating urban growth in the detroit region. *Economic Geography*, 46, 234-240.
- Topçu, A. (2006-2012). Kar Yükü ve Çöken Çatılar, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, <http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/> (13.05.2018)
- Türk Standartları Enstitüsü. (1987). TS498 *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2007). TS EN 1991-1-3 *Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yükleri*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2007). TS EN 1991-1-4 *Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-4: Genel Etkiler – Rüzgar Yükleri*, Ankara.
- Yomralıoğlu, T., (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. Akademi Kitabevi, Trabzon, 479.

**KAYNAKLAR (Devam Ediyor)**

- URL-1 <https://www.cnnturk.com/fotogaleri/turkiye/bilecikte-stadyumun-catisi-coktu?page=1>, (Eriřim Tarihi:18.02.2019)
- URL-2 <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/konyada-10-gunde-34-fabrikanin-catisi-coktu-292434.html>, (Eriřim Tarihi:18.02.2019)
- URL-3 <http://www.haberdesondurum.com/bursa-ilinde-afeti-afet-vurdu-2051546>, (Eriřim Tarihi:14.02.2019)
- URL-4 <http://www.bursahaber.com/sakarya/ruzgardan-ucan-cati-2-isciyi-yaraladi-h1466163.html>, (Eriřim Tarihi:14.02.2019)
- URL-5 <https://www.mgm.gov.tr/meteouyari/meteouyari-nedir.aspx>, (Eriřim Tarihi:06.05.2019)
- URL-6 <https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx>, (Eriřim Tarihi:06.05.2019)
- URL-7 <https://www.esri.com.tr>, (Eriřim Tarihi:13.05.2019)
- URL-8 <https://tr.wikipedia.org/wiki/İnterpolasyon>, (Eriřim Tarihi:13.05.2019)

## EKLER

## EK-1: Meteorolojiden Temin Edilen İstasyon Koordinatları

| ISTASYON_KODU | ISTASYON_ADI    | YUKSEKLİK | ENLEM   | BOYLAM  |
|---------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| 17015         | AKCAKOCA MET.IS | 10        | 41.0895 | 31.1374 |
| 17020         | BARTIN          | 33        | 41.6248 | 32.3569 |
| 17022         | ZONGULDAK       | 135       | 41.4492 | 31.7779 |
| 17024         | INEBOLU         | 64        | 41.9789 | 33.7636 |
| 17026         | SINOP           | 32        | 42.0299 | 35.1545 |
| 17030         | SAMSUN          | 4         | 41.2813 | 36.3378 |
| 17033         | ORDU            | 5         | 40.9838 | 37.8858 |
| 17034         | GİRESUN         | 38        | 40.9227 | 38.3878 |
| 17037         | TRABZON         | 25        | 40.9985 | 39.7649 |
| 17040         | RİZE            | 3         | 41.04   | 40.5013 |
| 17042         | HOPA            | 33        | 41.4065 | 41.433  |
| 17045         | ARTVIN          | 613       | 41.1752 | 41.8187 |
| 17046         | ARDAHAN         | 1827      | 41.1061 | 42.7055 |
| 17050         | EDİRNE          | 51        | 41.6767 | 26.5508 |
| 17052         | KIRKLARELİ      | 232       | 41.7382 | 27.2178 |
| 17054         | CORLU           | 145       | 41.1798 | 27.816  |
| 17056         | TEKİRDAĞ        | 4         | 40.9585 | 27.4965 |
| 17059         | KUMKOY          | 38        | 41.2505 | 29.0384 |
| 17061         | KIRECBURNU      | 59        | 41.1464 | 29.0502 |
| 17062         | GOZTEPE/İSTANBU | 5         | 40.9768 | 29.0623 |
| 17066         | KOCAELİ         | 74        | 40.7663 | 29.9173 |
| 17069         | SAKARYA         | 30        | 40.7676 | 30.3934 |
| 17070         | BOLU            | 743       | 40.7329 | 31.6022 |
| 17072         | DUZCE           | 146       | 40.8437 | 31.1488 |
| 17074         | KASTAMONU       | 800       | 41.371  | 33.7756 |
| 17078         | KARABUK         | 259       | 41.1963 | 32.6216 |
| 17080         | CANKIRI         | 755       | 40.6082 | 33.6102 |
| 17083         | MERZİFON        | 754       | 40.8793 | 35.4585 |
| 17084         | CORUM           | 776       | 40.5461 | 34.9362 |
| 17085         | AMASYA          | 409       | 40.6668 | 35.8353 |
| 17086         | TOKAT           | 611       | 40.3312 | 36.5577 |
| 17088         | GUMUSHANE       | 1216      | 40.4598 | 39.4653 |
| 17089         | BAYBURT         | 1584      | 40.2547 | 40.2207 |
| 17090         | SİVAS           | 1294      | 39.7437 | 37.002  |
| 17094         | ERZİNCAN        | 1216      | 39.7523 | 39.4868 |
| 17096         | ERZURUM         | 1758      | 39.9045 | 41.265  |
| 17097         | KARS            | 1777      | 40.6042 | 43.1073 |
| 17099         | AGRI            | 1646      | 39.7253 | 43.0522 |
| 17100         | IGDIR           | 856       | 39.9227 | 44.0523 |

|       |                 |      |         |         |
|-------|-----------------|------|---------|---------|
| 17110 | GOKCEADA        | 79   | 40.191  | 25.9075 |
| 17111 | BOZCAADA        | 30   | 39.8326 | 26.0728 |
| 17112 | CANAKKALE       | 6    | 40.141  | 26.3993 |
| 17114 | BANDIRMA        | 63   | 40.3315 | 27.9965 |
| 17116 | BURSA           | 100  | 40.1875 | 29.0611 |
| 17119 | YALOVA          | 4    | 40.6589 | 29.2796 |
| 17120 | BILECIK         | 539  | 40.1414 | 29.9772 |
| 17123 | ESKISEHIR ANADO | 787  | 39.8119 | 30.5287 |
| 17126 | ESKISEHIR BLG   | 801  | 39.7656 | 30.5502 |
| 17128 | ESENBOGA        | 959  | 40.124  | 32.9992 |
| 17130 | ANKARA          | 891  | 39.9727 | 32.8637 |
| 17135 | KIRIKKALE       | 751  | 39.8433 | 33.5181 |
| 17140 | YOZGAT          | 1301 | 39.8243 | 34.8159 |
| 17145 | EDREMIT         | 21   | 39.5895 | 27.0192 |
| 17152 | BALIKESIR       | 102  | 39.6522 | 27.8896 |
| 17155 | KUTAHYA         | 1011 | 39.4234 | 29.9834 |
| 17160 | KIRSEHIR        | 1007 | 39.1639 | 34.1561 |
| 17162 | GEMEREK         | 1182 | 39.185  | 36.0805 |
| 17165 | TUNCELI         | 981  | 39.1058 | 39.5408 |
| 17172 | VAN             | 1675 | 38.5012 | 43.373  |
| 17175 | AYVALIK         | 4    | 39.3113 | 26.6861 |
| 17180 | DIKILI          | 3    | 39.0737 | 26.888  |
| 17184 | AKHISAR         | 92   | 38.9118 | 27.8233 |
| 17186 | MANISA          | 71   | 38.6153 | 27.4049 |
| 17188 | USAK            | 919  | 38.6742 | 29.404  |
| 17190 | AFYONKARAHISAR  | 1034 | 38.738  | 30.5604 |
| 17191 | CIHANBEYLI      | 969  | 38.6503 | 32.9226 |
| 17192 | AKSARAY         | 970  | 38.3705 | 33.9987 |
| 17193 | NEVSEHIR        | 1260 | 38.6163 | 34.7025 |
| 17196 | KAYSERI         | 1094 | 38.687  | 35.5    |
| 17199 | MALATYA         | 950  | 38.3367 | 38.2177 |
| 17201 | ELAZIG          | 989  | 38.6443 | 39.2561 |
| 17203 | BINGOL          | 1139 | 38.8847 | 40.5007 |
| 17204 | MUS             | 1322 | 38.7509 | 41.5023 |
| 17205 | TATVAN          | 1665 | 38.5033 | 42.2808 |
| 17207 | BITLIS MET.IST. | 1573 | 38.401  | 42.101  |
| 17210 | SIIRT           | 895  | 37.9319 | 41.9354 |
| 17220 | IZMIR           | 29   | 38.3949 | 27.0819 |
| 17221 | CESME           | 5    | 38.3036 | 26.3724 |
| 17232 | KUSADASI        | 25   | 37.8597 | 27.2652 |
| 17233 | DIDIM           | 44   | 37.3699 | 27.2645 |
| 17234 | AYDIN           | 56   | 37.8402 | 27.8379 |
| 17237 | DENIZLI         | 425  | 37.762  | 29.0921 |

|       |                 |      |         |         |
|-------|-----------------|------|---------|---------|
| 17238 | BURDUR          | 957  | 37.722  | 30.294  |
| 17239 | AKSEHIR         | 1002 | 38.3688 | 31.4297 |
| 17240 | ISPARTA         | 997  | 37.7848 | 30.5679 |
| 17242 | BEYSEHIR MET.IS | 1141 | 37.6778 | 31.7463 |
| 17244 | KONYA           | 1031 | 37.9837 | 32.574  |
| 17246 | KARAMAN         | 1018 | 37.1932 | 33.2202 |
| 17248 | EREGLI KONYA    | 1046 | 37.5255 | 34.0485 |
| 17250 | NIGDE           | 1211 | 37.9587 | 34.6795 |
| 17255 | KAHRAMANMARAS   | 572  | 37.576  | 36.9228 |
| 17261 | GAZIANTEP       | 854  | 37.0585 | 37.351  |
| 17262 | KILIS           | 640  | 36.7085 | 37.1123 |
| 17265 | ADIYAMAN        | 672  | 37.7553 | 38.2775 |
| 17270 | SANLIURFA       | 550  | 37.1608 | 38.7863 |
| 17275 | MARDIN          | 1040 | 37.3103 | 40.7284 |
| 17280 | DIYARBAKIR      | 674  | 37.8973 | 40.2027 |
| 17282 | BATMAN          | 610  | 37.8636 | 41.1562 |
| 17285 | HAKKARI         | 1727 | 37.5745 | 43.7388 |
| 17287 | SIRNAK MET.IST. | 1350 | 37.5209 | 42.4523 |
| 17290 | BODRUM          | 26   | 37.0328 | 27.4398 |
| 17292 | MUGLA           | 646  | 37.2095 | 28.3668 |
| 17294 | DALAMAN         | 12   | 36.7719 | 28.7986 |
| 17296 | FETHIYE         | 3    | 36.6266 | 29.1238 |
| 17297 | DATCA           | 28   | 36.7083 | 27.6919 |
| 17298 | MARMARIS        | 16   | 36.8395 | 28.2452 |
| 17300 | ANTALYA         | 64   | 36.8965 | 30.7127 |
| 17310 | ALANYA          | 6    | 36.5507 | 31.9803 |
| 17320 | ANAMUR          | 2    | 36.0686 | 32.8649 |
| 17330 | SILIFKE         | 10   | 36.3824 | 33.9373 |
| 17340 | MERSIN          | 7    | 36.8051 | 34.6222 |
| 17351 | ADANA           | 23   | 37.0041 | 35.3443 |
| 17355 | OSMANIYE        | 94   | 37.0733 | 36.2457 |
| 17370 | ISKENDERUN      | 4    | 36.5924 | 36.1582 |
| 17372 | ANTAKYA         | 104  | 36.2048 | 36.1513 |
| 17375 | FINIKE          | 2    | 36.3024 | 30.1458 |
| 17380 | KAS             | 153  | 36.2002 | 29.6502 |
| 17602 | AMASRA          | 73   | 41.7526 | 32.3827 |
| 17604 | CIDE            | 36   | 41.8822 | 32.9476 |
| 17606 | BOZKURT         | 167  | 41.9597 | 34.0037 |
| 17608 | UZUNKOPRU       | 45   | 41.2726 | 26.7056 |
| 17610 | SILE            | 83   | 41.1688 | 29.6007 |
| 17618 | DEVREKANI       | 1050 | 41.5996 | 33.8345 |
| 17619 | BAHCEKOY        | 121  | 41.171  | 28.9909 |
| 17620 | BOYABAT         | 350  | 41.463  | 34.7853 |

|       |                |      |         |         |
|-------|----------------|------|---------|---------|
| 17622 | BAFRA          | 103  | 41.5515 | 35.9247 |
| 17624 | UNYE           | 16   | 41.143  | 37.293  |
| 17626 | AKCAABAT       | 3    | 41.0325 | 39.5615 |
| 17628 | PAZAR (RIZE)   | 78   | 41.1777 | 40.8993 |
| 17631 | LULEBURGAZ     | 46   | 41.4001 | 27.363  |
| 17632 | IPSALA         | 81   | 40.89   | 26.39   |
| 17634 | MALKARA        | 207  | 40.8873 | 26.908  |
| 17636 | FLORYA         | 37   | 40.9758 | 28.7865 |
| 17638 | KARTAL         | 28   | 40.8874 | 29.1894 |
| 17646 | CERKES         | 1126 | 40.815  | 32.8831 |
| 17648 | ILGAZ          | 885  | 40.9156 | 33.6258 |
| 17650 | TOSYA          | 870  | 41.0132 | 34.0367 |
| 17652 | OSMANCIK       | 419  | 40.9787 | 34.8011 |
| 17656 | ARPACAY        | 1688 | 40.8431 | 43.3278 |
| 17658 | CINARCIK       | 16   | 40.6427 | 29.1063 |
| 17662 | GEYVE          | 100  | 40.5214 | 30.296  |
| 17664 | KIZILCAHAMAM   | 1033 | 40.4729 | 32.6441 |
| 17666 | ISPIR          | 1223 | 40.4868 | 40.9997 |
| 17668 | OLTU           | 1312 | 40.5497 | 41.9951 |
| 17674 | GONEN          | 37   | 40.1135 | 27.6426 |
| 17676 | ULUDAG ZIRVE   | 1877 | 40.1075 | 29.129  |
| 17678 | YENISEHIR      | 1700 | 38.051  | 40.15   |
| 17679 | NALLIHAN       | 886  | 40.1733 | 31.332  |
| 17680 | BEYPAZARI      | 682  | 40.1608 | 31.9172 |
| 17681 | ZILE           | 719  | 40.296  | 35.8905 |
| 17682 | SEBINKARAHISAR | 1364 | 40.2872 | 38.4193 |
| 17683 | TURHAL         | 528  | 40.3753 | 36.0988 |
| 17684 | SUSEHRI        | 1164 | 40.1623 | 38.0752 |
| 17688 | TORTUM         | 1576 | 40.3013 | 41.5409 |
| 17690 | HORASAN        | 1540 | 40.0383 | 42.1705 |
| 17692 | SARIKAMIS      | 2102 | 40.3329 | 42.5983 |
| 17695 | KELES          | 1063 | 39.915  | 29.2313 |
| 17700 | DURSUNBEY      | 637  | 39.5758 | 28.619  |
| 17702 | BOZUYUK        | 754  | 39.9039 | 30.0525 |
| 17704 | TAVSANLI       | 833  | 39.5384 | 29.4914 |
| 17712 | SORGUN         | 923  | 39.8016 | 35.1805 |
| 17716 | ZARA           | 1338 | 39.8928 | 37.7473 |
| 17718 | TERCAN         | 1429 | 39.7769 | 40.3906 |
| 17720 | DOGUBEYAZIT    | 1640 | 39.5396 | 44.018  |
| 17722 | BURHANIYE      | 20   | 39.4983 | 26.9755 |
| 17726 | SIVRIHISAR     | 1070 | 39.4453 | 31.5354 |
| 17728 | POLATLI        | 886  | 39.5834 | 32.1624 |
| 17730 | KESKIN         | 1140 | 39.6682 | 33.6118 |

|       |                 |      |         |         |
|-------|-----------------|------|---------|---------|
| 17732 | CICEKDAGI       | 900  | 39.6067 | 34.4235 |
| 17734 | DIVRIGI         | 1121 | 39.3618 | 38.1142 |
| 17736 | MAZGIRT         | 1400 | 39.018  | 39.6015 |
| 17738 | KIGI            | 230  | 39.31   | 40.3491 |
| 17740 | HINIS           | 1715 | 39.3688 | 41.6957 |
| 17742 | BERGAMA         | 53   | 39.1098 | 27.171  |
| 17746 | DEMIRCI MANISA  | 855  | 39.0349 | 28.6482 |
| 17748 | SIMAV           | 809  | 39.0925 | 28.9786 |
| 17750 | GEDIZ           | 736  | 38.9947 | 29.4003 |
| 17752 | EMIRDAG         | 983  | 39.0098 | 31.1463 |
| 17754 | KULU            | 1005 | 39.0788 | 33.0657 |
| 17756 | KAMAN           | 1075 | 39.3652 | 33.7064 |
| 17760 | BOGAZLIYAN      | 1070 | 39.1897 | 35.2532 |
| 17762 | KANGAL          | 1521 | 39.2428 | 37.389  |
| 17764 | ARAPKIR         | 1200 | 39.0405 | 38.4875 |
| 17766 | AGIN            | 900  | 38.9413 | 38.7182 |
| 17768 | CEMISGEZEK      | 898  | 39.0401 | 38.9177 |
| 17770 | HOZAT           | 1485 | 39.1003 | 39.2314 |
| 17774 | KARAKOCAN       | 1090 | 38.9425 | 40.0428 |
| 17776 | SOLHAN          | 1366 | 38.9597 | 41.0503 |
| 17778 | VARTO           | 1510 | 39.1763 | 41.4455 |
| 17780 | MALAZGIRT       | 1540 | 39.1436 | 42.5308 |
| 17784 | ERCIS           | 1678 | 39.0197 | 43.3382 |
| 17786 | MURADIYE VAN    | 1706 | 38.9898 | 43.763  |
| 17790 | BORNOVA         | 25   | 38.4722 | 27.2189 |
| 17792 | SALIHLI         | 111  | 38.4831 | 28.1234 |
| 17796 | BOLVADIN        | 1018 | 38.7268 | 31.0477 |
| 17798 | YUNAK           | 1148 | 38.8205 | 31.7258 |
| 17802 | PINARBASI KAYSE | 1542 | 38.7251 | 36.3904 |
| 17804 | KEBAN           | 808  | 38.7947 | 38.7442 |
| 17806 | PALU            | 869  | 38.6907 | 39.926  |
| 17808 | GENC            | 993  | 38.7616 | 40.5577 |
| 17810 | AHLAT           | 1730 | 38.7487 | 42.475  |
| 17812 | OZALP           | 2000 | 38.6573 | 43.9767 |
| 17820 | SEFERIHISAR     | 22   | 38.199  | 26.835  |
| 17822 | ODEMIS          | 111  | 38.2157 | 27.9642 |
| 17824 | GUNEY           | 825  | 38.1515 | 29.0587 |
| 17826 | SENIRKENT       | 959  | 38.1047 | 30.5577 |
| 17828 | YALVAC          | 1096 | 38.283  | 31.1778 |
| 17832 | ILGIN           | 1036 | 38.2763 | 31.894  |
| 17833 | AVANOS          | 951  | 38.72   | 34.8538 |
| 17835 | URGUP           | 1068 | 38.5918 | 34.9116 |
| 17836 | DEVELI          | 1204 | 38.3744 | 35.4797 |

|       |              |      |         |         |
|-------|--------------|------|---------|---------|
| 17837 | TOMARZA      | 1402 | 38.4522 | 35.7912 |
| 17840 | SARIZ        | 1599 | 38.4781 | 36.5035 |
| 17842 | BALABAN      | 1098 | 38.4728 | 37.5913 |
| 17843 | BASKIL       | 1300 | 38.5725 | 38.8352 |
| 17844 | SIVRICE      | 1240 | 38.4507 | 39.3101 |
| 17846 | MADEN ELAZIG | 1047 | 38.3924 | 39.6757 |
| 17847 | ERGANI       | 986  | 38.267  | 39.766  |
| 17850 | SULTANHISAR  | 73   | 37.8843 | 28.1504 |
| 17852 | GEVAS        | 1694 | 38.2963 | 43.1197 |
| 17854 | SELCUK       | 17   | 37.9445 | 27.3673 |
| 17860 | NAZILLI      | 84   | 37.9135 | 28.3437 |
| 17862 | DINAR        | 864  | 38.0597 | 30.1531 |
| 17864 | ULUBORLU     | 1025 | 38.086  | 30.4582 |
| 17866 | GOKSUN       | 1344 | 38.024  | 36.4823 |
| 17868 | AFSIN        | 1230 | 38.2405 | 36.9167 |
| 17870 | ELBISTAN     | 1137 | 38.2038 | 37.1982 |
| 17871 | GOLBASI      | 900  | 37.7867 | 37.6532 |
| 17872 | DOGANSEHIR   | 1223 | 38.0958 | 37.8873 |
| 17874 | CERMIK       | 695  | 38.1371 | 39.4644 |
| 17880 | BASKALE      | 2286 | 38.0435 | 44.0173 |
| 17882 | EGIRDIR      | 920  | 37.8377 | 30.872  |
| 17884 | MILAS        | 57   | 37.3027 | 27.7804 |
| 17886 | YATAGAN      | 365  | 37.3395 | 28.1369 |
| 17890 | ACIPAYAM     | 941  | 37.4337 | 29.3498 |
| 17892 | TEFENNI      | 1142 | 37.3161 | 29.7792 |
| 17898 | SEYDISEHIR   | 1129 | 37.4267 | 31.849  |
| 17900 | CUMRA        | 1014 | 37.5658 | 32.79   |
| 17902 | KARAPINAR    | 996  | 37.7143 | 33.5267 |
| 17906 | ULUKISLA     | 1453 | 37.548  | 34.4867 |
| 17908 | KOZAN        | 112  | 37.4337 | 35.8188 |
| 17910 | KAHTA        | 725  | 37.7918 | 38.6155 |
| 17912 | SIVEREK      | 801  | 37.7522 | 39.3291 |
| 17914 | HILVAN       | 589  | 37.5806 | 38.9508 |
| 17920 | YUKSEKOVA    | 1877 | 37.5785 | 44.2862 |
| 17924 | KOYCEGIZ     | 24   | 36.97   | 28.6869 |
| 17926 | KORKUTELI    | 1017 | 37.0565 | 30.191  |
| 17928 | HADIM        | 1552 | 36.9696 | 32.4489 |
| 17934 | POZANTI      | 1050 | 37.4758 | 34.9022 |
| 17936 | KARAIKALI    | 240  | 37.2505 | 35.0628 |
| 17948 | NUSAYBIN     | 488  | 37.0833 | 41.2343 |
| 17950 | CIZRE        | 400  | 37.3326 | 42.2027 |
| 17952 | ELMALI       | 1095 | 36.7372 | 29.9121 |
| 17954 | MANAVGAT     | 38   | 36.7895 | 31.441  |

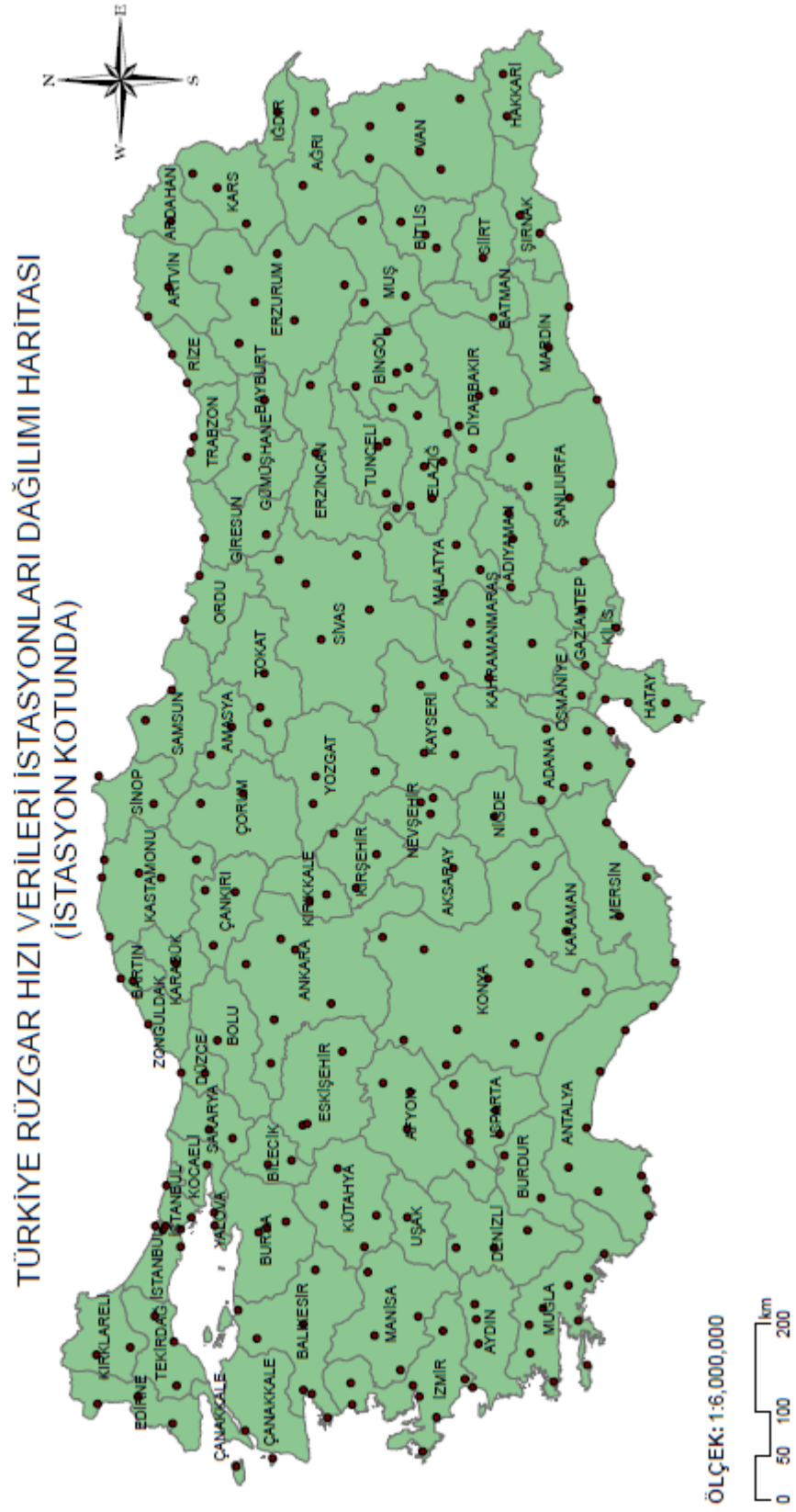
|       |               |     |         |         |
|-------|---------------|-----|---------|---------|
| 17956 | MUT           | 340 | 36.6514 | 33.4339 |
| 17958 | ALATA-ERDEMLI | 7   | 36.6268 | 34.338  |
| 17960 | CEYHAN        | 30  | 37.0153 | 35.7955 |
| 17962 | DORTYOL       | 29  | 36.8244 | 36.1981 |
| 17964 | ISLAHIYE      | 518 | 37.0333 | 36.6333 |
| 17966 | BIRECIK       | 346 | 37.0281 | 37.9638 |
| 17968 | CEYLANPINAR   | 360 | 36.8406 | 40.0307 |
| 17970 | KALE-DEMRE    | 25  | 36.2421 | 29.979  |
| 17974 | GAZIPASA      | 21  | 36.2715 | 32.3045 |
| 17979 | YUMURTALIK    | 34  | 36.7687 | 35.7903 |
| 17980 | AKCAKALE      | 365 | 36.7276 | 38.9473 |
| 17981 | KARATAS       | 22  | 36.5683 | 35.3894 |
| 17986 | SAMANDAG      | 4   | 36.0814 | 35.9492 |



EK-2.A Kar Verileri İstasyon Dağılım Haritası

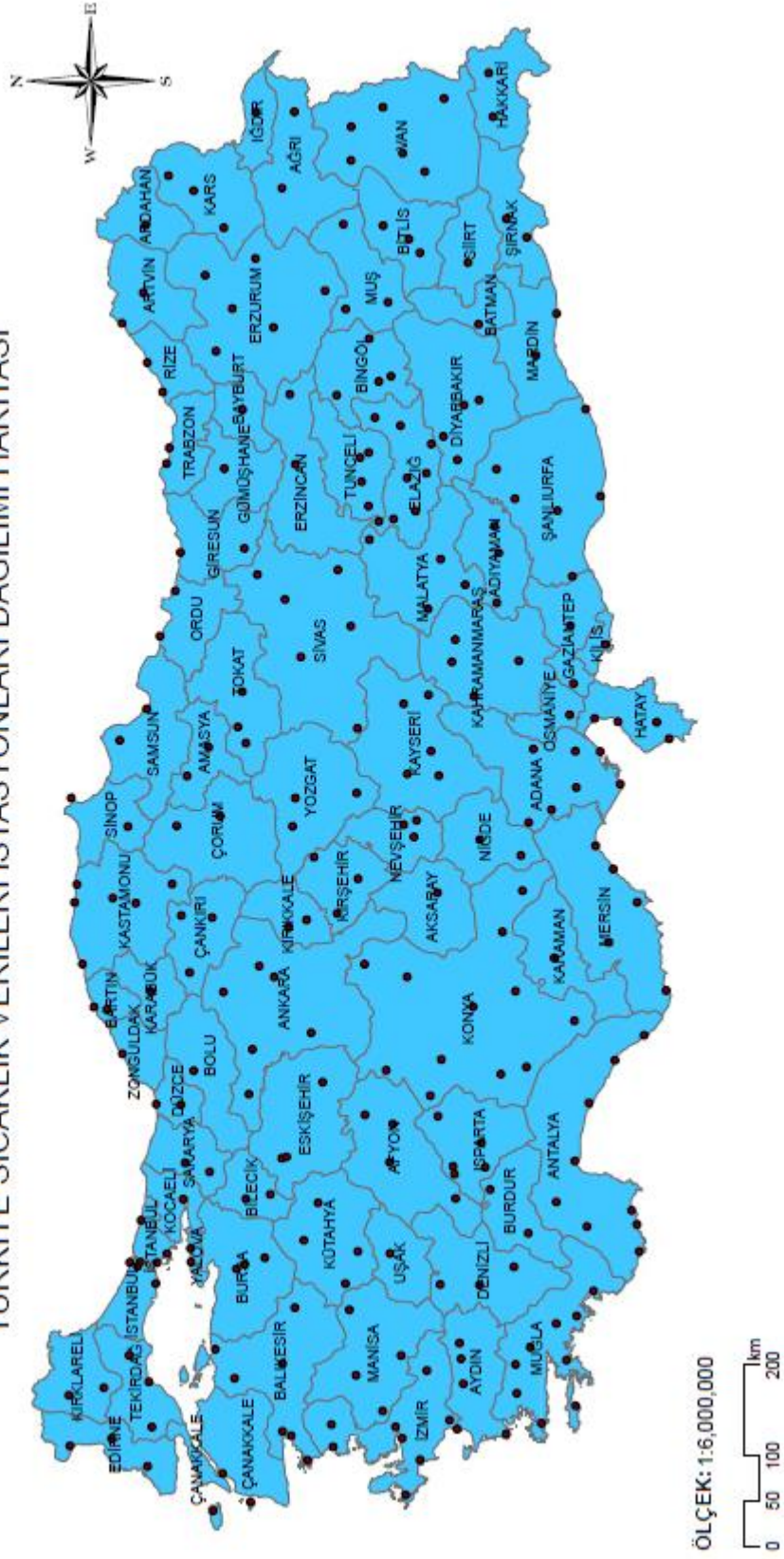


## EK-2.B Rüzgar Verileri İstasyon Dağılım Haritası



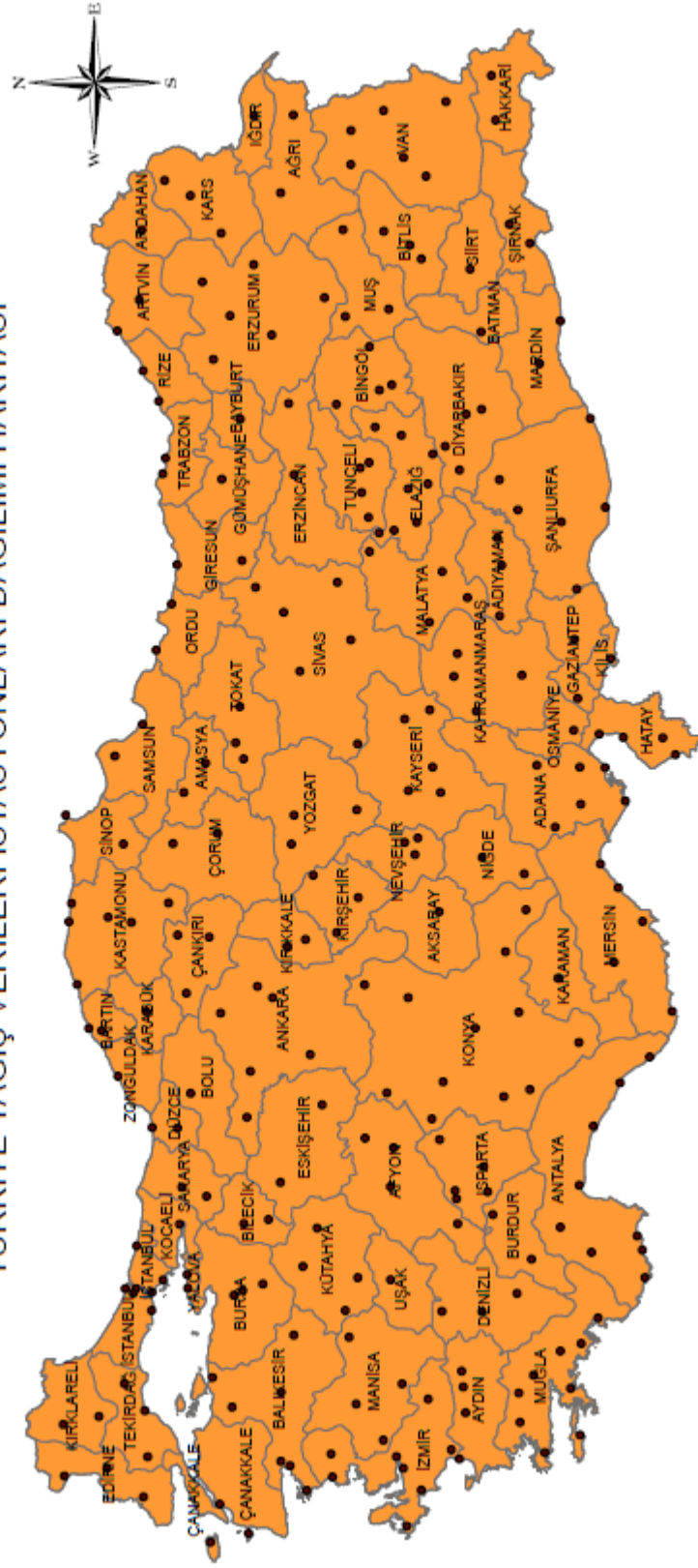
EK 2.C Sıcaklık Verileri İstasyon Dağılım Haritası

## TÜRKİYE SICAKLIK VERİLERİ İSTASYONLARI DAĞILIMI HARİTASI



## EK 2.D Yağış Verileri İstasyon Dağılım Haritası

## TÜRKİYE YAĞIŞ VERİLERİ İSTASYONLARI DAĞILIMI HARİTASI



## ÖZ GEÇMİŞ



### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Enez ALADAĞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Manisa - 1990

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi – İnşaat Mühendisliği  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce  
Bilimsel Faaliyetleri :

### İş Deneyimi

Stajlar : Meta Yapı, Genç İnşaat  
Projeler : İstanbul Yeni Havalimanı Projesi, Yunusemre Belediyesi  
Millet Çarşısı Projesi  
Çalıştığı Kurumlar : Belekoma Yapı Denetim, DSG Construction, Nimtaş İnşaat

### İletişim

Adres : Nişancıpaşa Mahallesi Yamanlar Caddesi No:30/8  
Şehzadeler/MANİSA  
E-Posta Adresi : enezaladag@gmail.com

### Akademik Çalışmaları

- Aladağ, E. ve Taşkın, K., “Meteoroloji Verilerinin Yapı Mühendisliğinde Tasarımda Kullanımı”, *International Disaster & Resilience Congress*, Eskişehir (2019). (poster sunumu)

**Tarih:**22/11/2019