

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ ÇATILARIN OPTİMUM KAR
YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ**

139189

İnş. Müh. Mustafa DURMAZ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İnşaat Yüksek Mühendisi”
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.08.2003
Tezin Savunma Tarihi : 22.08.2003**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ayşe DALOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Şakir ERDOĞDU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Çetin CÖMERT

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

**Y.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DOKÜMANTASYON MERKEZİ
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yapılar, üzerlerindeki kar yüklerini ekonomik ömürleri boyunca güvenli bir şekilde taşımak zorundadırlar. Ülkemizde doğru olarak belirlenmemiş çatı kar yüklerine göre tasarlanmış yapılarda çatı çökmelerine ve hasarlarına sıkça rastlanmaktadır. Bundan dolayı çatı kar yüklerinin doğru belirlenmesi hayati önemi haizdir. Bu derece önemli ve orijinal bir konuda çalışmamı sağlayan, çalışmamın başından sonuna kadar benimle yakından ilgilenen, çalışmam boyunca bana araştırma zevki ve bilimsel düşünme disiplini aşılıp ufkumu açan yönetici hocam, Saygıdeğer Doç. Dr. Ayşe DALOĞLU'na minnet ve şükranlarımı sunmayı her zaman bir borç bilirim.

Öğrenim hayatım boyunca bana emeği geçen tüm hocalarımı saygıyla anar, kendilerine minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Çalışmalarım sırasında bana büyük destek veren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sevgili eşim Arş.Gör. Bahar DİNÇ DURMAZ'a, hiçbir konuda yardımını esirgemeyen oda arkadaşım Arş.Gör. Şevket ATEŞ'e, çeşitli konularda yardımlarını aldığım Arş.Gör. Serkan BEKİROĞLU'na, Arş.Gör. Vedat TOĞAN'a, Arş.Gör. Tayfun DEDE'ye ve Arş.Gör. Adem BAYRAM'a teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışmayı 2002.112.1.4 kod numaralı araştırma projesi kapsamında destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta sevgili annem Çiğdem DURMAZ ve babam Şaban DURMAZ olmak üzere, ailemin tüm fertlerine müteşekkir olduğumu belirtir, bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Mustafa DURMAZ
TRABZON 2003

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖNSÖZ | II |
| İÇİNDEKİLER..... | III |
| ÖZET..... | VI |
| SUMMARY..... | VII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | VIII |
| TABLolar DİZİNİ..... | X |
| SEMBOLLER DİZİNİ..... | XIII |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş | 1 |
| 1.2. Kar ve Ölçümü | 2 |
| 1.2.1. Kar'ın Tanımı ve Oluşumu..... | 2 |
| 1.2.2. Kar Örtüsü ve Karın Erimesi..... | 3 |
| 1.2.3. Karın Fiziksel Özellikleri | 4 |
| 1.2.3.1. Yoğunluk | 4 |
| 1.2.3.2. Karın Su Eşdeğeri..... | 5 |
| 1.2.3.3. Karın Su Muhtevası ve Kalitesi..... | 5 |
| 1.2.3.4. Albedo | 6 |
| 1.2.4. Karın Ölçümü | 6 |
| 1.2.4.1. Kar Rasadının Yapıldığı Yerler..... | 7 |
| 1.2.4.1.1. Kar Rasat Parkı..... | 7 |
| 1.2.4.1.2. Kar Gözlem İstasyonu | 7 |
| 1.2.4.2. Kar Rasadında Kullanılan Başlıca Malzemeler..... | 8 |
| 1.2.4.2.1. Plüviyometre..... | 8 |
| 1.2.4.2.2. Kar Numune Tüpleri..... | 9 |
| 1.2.4.2.3. Kar Direkleri..... | 9 |
| 1.2.4.3. Ölçüm Hataları | 9 |
| 1.2.4.4. Eksik Verilerin Tamamlanması | 10 |
| 1.3. Zemin Kar Yükünün Belirlenmesi | 12 |
| 1.3.1. Zemin Kar Yükü..... | 12 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.3.2. | Zemin Kar Yüklü Verileri | 14 |
| 1.3.3. | Zemin Kar Yüklerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonları | 16 |
| 1.3.3.1. | Lognormal Dağılım | 17 |
| 1.3.3.2. | Tip I (Gumbel) Dağılımı | 18 |
| 1.3.3.3. | Weibull Dağılımı | 18 |
| 1.3.4. | Olasılık Dağılımının Seçimi ve Parametrelerin Tahmini | 19 |
| 1.3.5. | Kar Yüklerinin Bölgeselleştirilmesi | 20 |
| 1.3.6. | İstisna Kar Yükleri | 23 |
| 1.3.7. | Türk Standartlarında Zemin Kar Yükleri | 24 |
| 1.3.7.1. | TS498 – Kar Yüklü (P_{k0})..... | 24 |
| 1.3.7.2. | TS7046 – Yerdeki Karakteristik Kar Yüklü (S_0)..... | 25 |
| 1.4. | Çatılardaki Kar Yüklerinin Belirlenmesi..... | 25 |
| 1.4.1. | Rüzgardan Dolayı Yığılma ve Tekrar Dağılma..... | 26 |
| 1.4.2. | Teras Çatı Kar Yüklü..... | 29 |
| 1.4.3. | Eğimli Çatı Kar Yükleri | 30 |
| 1.4.4. | Üniform Olmayan Kar Yükleri..... | 33 |
| 1.4.4.1. | Dengesiz Yükler | 33 |
| 1.4.4.2. | Alt Çatılardaki ve Yakın binalardaki Birikintiler | 34 |
| 1.4.5. | Türk Standartlarında Çatı Kar Yükleri | 35 |
| 1.4.5.1. | TS498 – Kar Yüklü Hesap Değeri (P_k) | 35 |
| 1.4.5.2. | TS7046 – Çatılardaki Kar Yüklü (S)..... | 36 |
| 1.5. | Regresyon ve Korelasyon Analizi | 36 |
| 2. | YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR ve İRDELEME..... | 37 |
| 2.1. | Verilerin Toplanması..... | 37 |
| 2.2. | Eksik Verilerin Tamamlanması..... | 38 |
| 2.3. | İstasyon Verileri İçin Uygun Olasılık Dağılımlarının Belirlenmesi..... | 41 |
| 2.4. | 50 Yıl Ortalama Tekerrür Süreli Zemin Kar Yüklerinin ve Kar Derinliklerinin Hesaplanması..... | 48 |
| 2.5. | İstisna Yükleri..... | 52 |
| 2.6. | 2. Sınıf DMİ İstasyonları İçin 50 Yıl OTS’li Zemin Kar Yüklerinin Belirlenmesi..... | 53 |
| 2.7. | X_{50} Değerlerinin Bölgeselleştirilmesi (Zemin Kar Yüklü Haritasının Elde Edilmesi)..... | 56 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.8. | Belirlenen Zemin Kar Yüklerinin Türk Standartlarının Önerdiği Yüklerle Karşılaştırılması..... | 62 |
| 2.9. | Çatı Kar Yüklerinin ANSI/ASCE 7-98, TS 498 ve TS 7046'ya Göre Belirlenerek Dönüşüm Katsayılarının Değerlendirilmesi | 68 |
| 3. | SONUÇLAR..... | 79 |
| 4. | ÖNERİLER | 81 |
| 5. | KAYNAKLAR..... | 82 |
| | EKLER | 87 |



ÖZET

Genelde Türkiye’de, özelde Doğu Karadeniz bölgesinde kar yükünden dolayı çatı hasarlarına ve çökmelerine sıkça rastlanmaktadır. Bu durumun en önemli nedeni, tasarım çatı kar yüklerinin doğru belirlenememiş olmasıdır. Optimum tasarım çatı kar yükü, karın çatı üzerinde birikimini etkileyen bütün faktörlere bağlı olarak elde edilen dönüşürme katsayıları ile uygun zemin kar yükünün çarpılması sonucu elde edilir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizdeki çatıların optimum kar yüklerinin belirlenebilmesi için, Doğu Karadeniz bölgesinin zemin kar yükü haritasını en hassas şekilde oluşturmak ve diğer bölgeler için hazırlanacak haritalara öncülük etmek, kar yükü ile ilgili dünyanın en gelişmiş standartlarından olan ANSI/ASCE 7/98’in önerdiği dönüşüm katsayılarını Türk Standartlarının önerdiği değerlerle karşılaştırmak ve elde edilen sonuçlar paralelinde Türk Standartlarını değerlendirerek bu standartların gerekli görülen kısımlarının güncellenmesi için önerilerde bulunmaktır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki DMİ’ye ait 32 adet istasyondan elde edilen kar verileri kullanılarak bu istasyonlar için ortalama tekerrür süresi (OTS) 50 yıl zemin kar yükleri geliştirilen en son istatistiksel analiz yöntemleriyle belirlendi. Zemin kar yükünün Doğu Karadeniz bölgesindeki değişimini elde etmek amacıyla her istasyon için belirlenen 50 yıllık kar yükleri kullanılarak CBS teknikleri yardımıyla bölgenin zemin kar yükü haritası oluşturuldu. ANSI/ASCE 7/98, TS 498 ve TS 7046 standartlarının önerdiği dönüşüm katsayıları kullanılarak çeşitli tip çatılar için kar yükleri hesaplandı.

Elde edilen sonuçlar Türk Standartlarının önerdiği değerlerle karşılaştırıldığında, TS 498’in Doğu Karadeniz bölgesi için önerdiği zemin kar yüklerinin tamamen emniyetsiz olduğu, TS 7046’nın istatistiksel analiz yönteminin her durumda ekonomik olmadığı ve bu standartların önerdiği dönüşüm katsayılarının genelde sadece çatıların geometrik özelliklerini yansıtmalarından dolayı her tip ve özellikteki çatılar için optimum sonuçlar vermediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Zemin Kar Yükü, Çatı Kar Yükü, İstatistiksel Analiz, Coğrafi Bilgi Sistemleri, TS.498, TS.7046, ANSI/ASCE 7/98

SUMMARY

Determination of Optimum Snow Loads of Roofs in the Eastern Blacksea Region

In Turkey especially in the Eastern Blacksea region, it has been frequently met with roof damages and collapses due to snow loads. Most important reason of this is that the design snow loads have not being determined correctly. Optimum design roof snow load is determined by multiplying ground snow load with conversion coefficients that can be obtained according to the factors effect the accumulation of the snow on the roof.

The aim of this study is to constitute a ground snow load map for the Eastern Blacksea region in order to evaluate roof snow loads correctly, to lead the future studies to constitute ground snow load maps for the other regions in Turkey, to compare the conversion coefficients from American ANSI/ASCE 7-98 with those from Turkish codes, and to suggest some revisions of Turkish codes if necessary.

In this study, 50-year mean recurrence interval (MRI) ground snow loads for 32 DMI (State Meteorological Service) stations located in the Eastern Blacksea region and neighboring cities were determined with snow data collected from the stations using the latest developed statistical analysis methods.

Ground snow load map of the Eastern Blacksea region was constituted using GIS (Geographically Information System) techniques in order to obtain a representation of the variation of the ground snow load in the region using 50-year snow loads determined for each station. Roof snow loads for various types of roofs were derived using the conversion coefficients from ANSI/ASCE 7/98, TS 498 and TS 7046.

According to the ground snow load map constituted and the results obtained in the study, it can be concluded that ground snow loads suggested by TS 498 for Eastern Blacksea region are completely unsafe, and TS 7046 that suggest statistical analysis only to evaluate ground snow loads is not economic for each case. It is also observed that conversion coefficients suggested by the available codes to determine roof snow loads from ground snow loads do not give optimum result for every kind of roofs since the conversion coefficients reflect geometric characteristic of the roofs only.

Key Words: Ground Snow Load, Roof Snow Load, Statistical Analysis, GIS, TS 498, TS 7046, ANSI/ASCE 7-98

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Şekil 1. Karın kohezyonunun yoğunluk, tane büyüklüğü ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi..... | 4 |
| Şekil 2. Saçılma diyagramı | 11 |
| Şekil 3. Kanada için NBCC 1960'da eş yük eğrisi yöntemine göre çizilmiş zemin kar yükü..... | 21 |
| Şekil 4. İstisna kar yüküne bir örnek..... | 23 |
| Şekil 5. Basit şekilli çatılar | 26 |
| Şekil 6. Parapet duvarın arkasında karın yığılması..... | 27 |
| Şekil 7. Çatı derelerinde karın yığılması..... | 27 |
| Şekil 8. Masif bir çit etrafında karın yığılması | 28 |
| Şekil 9. Bitişik bir çatıdan dolayı karın birikinti oluşturması..... | 28 |
| Şekil 10. Beşik ve kemerli çatılar üzerindeki dengesiz kar yükleri | 28 |
| Şekil 11. ANSI72 (D çizgisi), ANSI82 (B,D ve E çizgileri), ASCE/ANSI88, 7/93, 7/95, 7/98 (A, B, D ve E çizgileri), NBCC41 (C çizgisi), NBCC77, 80, 85 (D çizgisi) ve NBCC90, 95 (D ve F çizgileri) için eğime bağlı azaltma katsayıları | 33 |
| Şekil 12. Artvin istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi | 49 |
| Şekil 13. Hopa istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen gumbel dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi... | 49 |
| Şekil 14. Erzincan istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen weibull dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi... | 50 |
| Şekil 15. Artvin istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen gumbel dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin belirlenmesi... | 51 |
| Şekil 16. Hopa istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin belirlenmesi..... | 51 |
| Şekil 17. Erzincan istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen weibull dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin belirlenmesi... | 52 |
| Şekil 18. 1.sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri için saçılma diyagramı | 54 |
| Şekil 19. 1.sınıf istasyonlar için gerçek X_{50} değerleri ile regresyon denkleminde elde edilen X_{50} değerleri arasındaki fark | 55 |
| Şekil 20. Doğu Karadeniz bölgesi il ve ilçeleri ve Doğu Karadeniz bölgesine komşu iller ve ilçeleri | 59 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Şekil 21. | Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonları | 60 |
| Şekil 22. | Doğu Karadeniz bölgesinin kar yükü haritası..... | 61 |
| Şekil 23. | Doğu Karadeniz bölgesindeki ilçe merkezleri için X_{50} ve P_k değerleri.... | 65 |
| Şekil 24. | 1. sınıf istasyonlar için X_{50} ve S_0 değerleri..... | 66 |
| Şekil 25. | 2. sınıf istasyonlar için X_{50} ve S_0 değerleri..... | 66 |
| Şekil 26. | Atelye binasının kesiti | 68 |
| Şekil 27. | Tiyatro binasının kesiti | 70 |
| Şekil 28. | Sanayi yapısının kesiti | 72 |
| Şekil 29. | 1. uygulama için tasarım kar yükleri | 75 |
| Şekil 30. | 2. uygulama için tasarım kar yükleri | 76 |
| Şekil 31. | 3. uygulama için tasarım kar yükleri | 77 |
| Ek Şekil 1.1. | Kar yağış yüksekliği haritası..... | 87 |
| Ek Şekil 2.1. | Ekstrem ihtimal kağıdı..... | 102 |
| Ek Şekil 3.1. | Sıcak ve soğuk çatılar için çatı eğim katsayısını belirlemede kullanılan grafikler..... | 115 |
| Ek Şekil 3.2. | Silindir çatılar için dengeli ve dengesiz yükler..... | 116 |
| Ek Şekil 3.3. | Sürekli kirişler için kısmi yükleme diyagramları | 117 |
| Ek Şekil 3.4. | Kırma ve beşik çatılar için dengeli ve dengesiz kar yükleri | 118 |
| Ek Şekil 3.5. | Testere dişi çatı için dengeli ve dengesiz kar yükleri | 119 |
| Ek Şekil 3.6. | Rüzgar üstü ve rüzgar altı basamaklarda meydana gelen birikintiler..... | 119 |
| Ek Şekil 3.7. | Alt çatılardaki kar birikintisinin şekli | 120 |
| Ek Şekil 3.8. | Birikinti yüksekliği h_d 'yi belirlemek için kullanılan grafik ve denklem .. | 120 |

TABLolar DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---------------|--|
| Tablo 1. | Zati kar yükü (P_{ko}) değerleri, kN/m^2 24 |
| Tablo 2. | Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m)..... 36 |
| Tablo 3. | Verilerin alındığı DMİ istasyonlarına ait bilgiler 38 |
| Tablo 4. | Eksik kar-su eşdeğer verili istasyonlarla diğer kar-su eşdeğer ölçümü yapan istasyonlar arasında yapılan korelasyon analizi sonucu elde edilen maksimum korelasyon katsayıları..... 39 |
| Tablo 5. | Artvin ve Gümüşhane istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... 40 |
| Tablo 6. | Eksik kar derinliği verili istasyonlarla diğer kar derinliği ölçümü yapan istasyonlar arasında yapılan korelasyon analizi sonucu elde edilen maksimum korelasyon katsayıları 40 |
| Tablo 7. | Regresyon analizleri sonucu istasyonların eksik verilerini tamamlamak için kullanılan regresyon denklemleri..... 41 |
| Tablo 8. | Artvin istasyonuna ait zemin kar yükü verilerine MOÇKK testinin uygulanışı..... 43 |
| Tablo 9. | Zemin kar yükü verilerine en iyi uyan dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi..... 44 |
| Tablo 10. | Artvin istasyonuna ait zemin kar derinliği (cm) verilerine MOÇKK testinin uygulanışı 45 |
| Tablo 11. | Kar derinliği verilerine en iyi uyan dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi..... 46 |
| Tablo 12. | Diğer istasyonlar için hesaplanan X_{50} ve D_{50} değerleri 53 |
| Tablo 13. | İstisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar 53 |
| Tablo 14. | 1. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları 55 |
| Tablo 15. | (34) denklemden tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} (kN/m^2) değerleri 56 |
| Tablo 16. | İstasyonların kotları ve X_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları..... 57 |
| Tablo 17. | Normalleştirilen X_{50} değerleri ($normalX_{50}$)..... 58 |
| Tablo 18. | Doğu Karadeniz bölgesindeki ilçelerin merkezleri için önerilen P_{ko} ve X_{50} (kN/m^2) değerleri..... 63 |
| Tablo 19. | TS7046'nın önerdiği karakteristik zemin kar yükü S_0 (kN/m^2) değerleri. 64 |
| Ek Tablo 2.1. | Azaltılmış aritmetik ortalama, \bar{y}_N 101 |

| | |
|--|-----|
| Ek Tablo 2.2. Azaltılmış standart sapma, σ_N | 101 |
| Ek Tablo 3.1. Rüzgara maruz kalma katsayısı, C_e | 121 |
| Ek Tablo 3.2. Isıl durum katsayısı, C_t | 121 |
| Ek Tablo 3.3. Önem katsayısı, I | 121 |
| Ek Tablo 4.1. Regresyon analizi tablosu | 126 |
| Ek Tablo 5.1. 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık maksimum kar derinlikleri ... | 129 |
| Ek Tablo 5.2. 1. sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık maksimum kar-su eşdeğeri verileri | 132 |
| Ek Tablo 5.3. Eksik verileri tamamlanan istasyonlara ait kar-su eşdeğerleri, mm | 134 |
| Ek Tablo 5.4. Eksik verileri tamamlanan istasyonlara ait kar derinlikleri, cm | 135 |
| Ek Tablo 5.5. Kar-su verileri zemin kar yükü verilerine dönüştürülen 1. sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık maksimum zemin kar yükü verileri, kN/m^2 | 136 |
| Ek Tablo 6.1. Hopa ve Giresun istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 137 |
| Ek Tablo 6.2. Bayburt ve Kars istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 137 |
| Ek Tablo 6.3. Giresun ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 137 |
| Ek Tablo 6.4. Ş.karahisar ve Gümüşhane istasyonları için regresyon analizi sonuçları . | 138 |
| Ek Tablo 6.5. Rize ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 138 |
| Ek Tablo 6.6. Trabzon ve Ordu istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 138 |
| Ek Tablo 6.7. Ardahan ve Kars istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 139 |
| Ek Tablo 6.8. Erzincan ve Gümüşhane istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 139 |
| Ek Tablo 6.9. Kars ve Ardahan istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 139 |
| Ek Tablo 6.10.Ordu ve Trabzon istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 140 |
| Ek Tablo 6.11.Tokat ve Erzincan istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 140 |
| Ek Tablo 7.1. Artvin ve Zara istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 141 |
| Ek Tablo 7.2. Hopa ve Rize istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 141 |
| Ek Tablo 7.3. Giresun ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 141 |
| Ek Tablo 7.4. Ş.karahisar ve Kangal istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 142 |
| Ek Tablo 7.5. Pazar ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 142 |
| Ek Tablo 7.6. Rize ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 142 |
| Ek Tablo 7.7. Akçaabat ve Trabzon istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 143 |
| Ek Tablo 7.8. Trabzon ve Akçaabat istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 143 |
| Ek Tablo 7.9. Oltu ve Tortum istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 143 |
| Ek Tablo 7.10.Ordu ve Akçaabat istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 144 |
| Ek Tablo 7.11. Kangal ve Zara istasyonları için regresyon analizi sonuçları | 144 |

| | |
|---|-----|
| Ek Tablo 7.12. Sarkışla ve Yıldızeli istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 144 |
| Ek Tablo 7.13. Yıldızeli ve Sarkışla istasyonları için regresyon analizi sonuçları..... | 145 |



SEMBOLLER DİZİNİ

| | |
|-----------|--|
| b | Zemin kar yükünün yükseklikle değişimi, $kN/m^2/m$ |
| C | Çatı çevresi ve geometrisine bağlı boyutsuz bir katsayı |
| C_a | Çatı geometrisi ve karın kayması gibi etkileri hesaba katan biriktirme katsayısı |
| C_b | 0.8'lik esas çatı kar yükü katsayısı |
| C_e | Boyutsuz rüzgara maruz kalma durumu katsayısı |
| C_s | Eğim katsayısı |
| C_t | Boyutsuz ısı durum katsayısı |
| C_w | Rüzgara maruz kalma katsayısı |
| D | Birikinti yoğunluğu, kN/m^3 |
| D | Zemin kar derinliği, cm |
| D_{50} | 50 yıl OTS'li kar derinliği, cm, m |
| D_i | P_i 'lerin okunduğu ölçeklerin kayıtları eksik olan ölçeğe uzaklıkları ($i=1, 2, 3, 4$) |
| D_{max} | İstisna zemin kar derinliği, cm |
| E | Zemin kar yükü hesaplanacak noktanın rakımı, m |
| F | F testinden elde edilen değer |
| G | Zemin kar yükü, kN/m^2 |
| g | Yerçekimi ivmesi, $9.807 m/sn^2$ |
| h | Kar derinliği, m |
| h_b | Üniform kar birikmesinin derinliği, m |
| h_b | p_f veya p_s 'yi γ 'ya bölerek belirlenen dengeli kar yükü yüksekliği, m |
| h_c | Dengeli kar yükünün üst yüzeyinden bitişik üst çatının en yakın noktasına, parapetin üst yüzeyine veya çatı üzerindeki çıkıntının üst yüzeyine olan yükseklik, m |
| h_d | Dengeli çatı kar yüküne eklenecek üçgen birikinti ilave yükünün yüksekliği, m |
| h_r | İki çatı yükseklikleri arasındaki fark, m |
| h_w | Kar-su eşdeğeri, mm |
| I | Zemin kar yükünü 50 yıldan farklı bir ortalama tekerrür süreli zemin kar yüküne çeviren boyutsuz bir önem katsayısı |
| i | Küçükten büyüğe sıralanan verilerin sıra numarası, ($i=1, 2, \dots, N$) |
| l | Çatı uzun kenarı, m |

| | |
|-----------------|---|
| L | Mahya çizgisine paralel çatı uzunluğu, m |
| l_c | Karakteristik uzunluk, m |
| L_u | 7.6 m'den küçük ve 183.9 m'den büyük olmaması gereken üst çatı uzunluğu, m |
| m | x değerlerinin ortalaması |
| m | Eğime bağlı azaltma katsayısı |
| N | Ortalama tekerrür süresi, yıl |
| N | Küçükten büyüğe sıralanan verilerin sayısı |
| N | İstasyon verilerinin gözlem süresi, yıl |
| normalSL | Normalleştirilmiş zemin kar yükü değeri, kN/m^2 |
| normal X_{50} | Normalleştirilmiş X_{50} , kN/m^2 |
| N_x | X ölçeğindeki yıllık ortalama yağış (X=A, B, C) |
| P | %95 anlam düzeyinde aşılma olasılığı |
| p_f | Teras çatı kar yükü, kN/m^2 |
| p_g | Zemin kar yükü, kN/m^2 |
| P_i | Kayıtları eksik olan ölçeğe göre her biri ayrı bir çeyrek düzlemde bulunan en yakın 4 ölçekteki okumalar (i=1, 2, 3, 4) |
| P_i | Test edilen dağılıma göre aşılmama olasılığı |
| P_k | Kar yükü hesap değeri, kN/m^2 |
| P_{k0} | Zati kar yükü, kN/m^2 |
| p_r | Çatı için yapısal tasarım yükü, kN/m^2 |
| p_r | 30 yıl ortalama tekerrür süreli 1 günlük maksimum yağmur yükü |
| p_s | Eğimli çatı kar yükü, kN/m^2 |
| P_x | X ölçeğindeki bilinmeyen yağış yüksekliği (X=A, B, C) |
| r | Korelasyon katsayısı |
| R | Korelasyon katsayısı |
| s | x değerlerinin standart sapması |
| s | Yapılar arasındaki yatay uzaklık, m |
| S | Çatılardaki kar yükü, kN/m^2 |
| S_0 | Yerdeki karakteristik kar yükü, kN/m^2 |
| SL | Zemin kar yükü, kN/m^2 |
| t | t testinden elde edilen değer |
| u | Gumbel dağılımının parametresi |
| w | Çatı kısa kenarı, m |

| | |
|------------------|--|
| W | Saçaktan mahyaya yatay mesafe, m |
| w | Kar birikintisinin genişliği, m |
| x | Zemin kar yükü |
| X | Zemin kar yükü, kN/m ² |
| X ₅₀ | 50 yıl OTS'li zemin kar yükü, kN/m ² |
| X _{max} | İstisna zemin kar yükü, kN/m ² |
| X _x | Yağış ölçüm dizisi (X=1, 2, ..., n) |
| Y _x | Yağış ölçüm dizisi (X=1, 2, ..., n) |
| Z | Kot, m |
| Z _i | Test edilen dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken |
| α | Gumbel ve weibull dağılımlarının parametresi |
| α | Çatı eğimi, derece |
| β | Weibull dağılımının parametresi |
| β | (E.3.7.3)'den belirlenen beşik çatı birikinti parametresi |
| β | Çatı eğimi, derece |
| γ | TS7046'ya göre kar yoğunluğu, kg/m ³ |
| γ | (E.3.7.4)'den belirlenen kar yoğunluğu, kN/m ³ |
| ε | Lognormal dağılımlı hata terimi |
| ζ | lnx değerlerinin standart sapması |
| θ | Rüzgar altı taraftaki çatı eğimi, derece |
| λ | lnx değerlerinin ortalaması |
| μ | Şekil katsayısı |
| μ _x | x değerlerinin ortalaması |
| ρ | Suyun özgül ağırlığı, 1000 kg/m ³ |
| σ | İstasyona ait zemin kar yükü verilerinin standart sapması |
| σ _x | x değerlerinin standart sapması |
| Φ(.) | Standart normal olasılık integrali |
| Φ ⁻¹ | Standart normal dağılımın yüzde nokta fonksiyonu |
| \bar{X} | İstasyona ait zemin kar yükü verilerinin aritmetik ortalaması |
| ANSI | American National Standard Institute |
| ASCE | American Society of Civil Engineering |
| BSI | British Standard Institution |
| CBS | Coğrafi Bilgi Sistemleri |

| | |
|--------------|---|
| DMI | Devlet Meteoroloji İşleri |
| DSİ | Devlet Su İşleri |
| EİEİ | Elektrik İşleri Etüd İdaresi |
| ISO | International Organization for Standartization |
| MOÇKK | Maksimum Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı |
| NBCC | National Building Code of Canada |
| NRCC | National Research Council of Canada |
| ODF | Olasılık Dağılım Fonksiyonu |
| OTS | Ortalama Tekerrür Süresi |
| SPSS | Statistical Package of Social Science |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kar, özellikle kar yağışının yoğun olduğu bölgelerde yapılar üzerinde birikmesi sonucu çatıların çökmesine ve hasar görmesine neden olmaktadır. Türkiye’de, kar birikmesinin neden olduğu çatı çökmelerine ve hasarlarına ait istatistiki bilgilerin yetersiz olması konunun açık bir şekilde değerlendirilmesini engellemekle birlikte basın-yayın organlarından takip edilebildiği kadarıyla ülkemizde bu gibi durumlara sıkça rastlanmaktadır. Çatı elemanlarının maruz kaldıkları kar yüklerini taşıyamayarak hasara uğramalarının en önemli nedeni, bu elemanların tasarım hesaplarında kullanılan çatı kar yüklerinin hasara sebep olan yüklerden küçük olmasıdır.

Çatı elemanlarının kar yüküne karşı emniyetli ve ekonomik olarak tasarımı, zemin kar yükü ile birlikte karın çatı üzerindeki birikimini etkileyen tüm faktörlerin birlikte dikkate alınmasını gerektirir. Çatılarda kar yükünü belirleyen faktörler her çatı için farklılıklar gösterebileceğinden, pratikte, zemin kar yükü esas alınarak çatı kar yükü belirlenir.

Zemin kar yükü, kar örtüsünün zemin yüzeyine uyguladığı normal gerilmeler olup yapının inşa edileceği bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı, zamana ve rakıma göre farklılıklar gösteren rastgele bir değişkendir. Bu nedenle zemin kar yükü, göz önüne alınan bölgeye ait uzun dönem kar verileri yardımıyla istatistiksel yöntemlerle tahmin edilir. Zemin kar yükü ile ilgili temel veriler gözlem istasyonlarınca ölçülen kar derinliği ve kar-su eşdeğeri verileridir.

Beşik, sundurma, kubbe vb. gibi basit şekilli çatılarda çatı şekli, çatı eğimi, çatı yüzeyinin pürüzlülüğü, rüzgarın ve güneş ışınımının çatı üzerindeki dağılımı, yapı ve çatı arasındaki ısı geçişler kar yükünü önemli ölçüde değiştirebilir. Bu faktörler arazi ölçümleri ve laboratuvar çalışmaları sonucunda boyutsuz dönüştürme katsayıları ile ifade edilirler. Çatı kar yükü, bu katsayılarla zemin kar yükü çarpılarak hesaplanır.

Karmaşık geometrik özellikler gösteren çatılarda ise karın çatı üzerindeki dağılımı çok değişik olabilir. Bu tip çatılarda çatı üzerinde ortaya çıkabilecek farklı yüklerin belirlenmesi için rüzgar tünellerinde modeller üzerinde yapılan deneylerden yararlanılır.

Kar yükü hesabında uyulması gereken esaslar, zemin kar yükü değerleri ve

dönüştürme katsayıları birçok ülkede yapı standartları içinde yer almış olup Türkiye’de TS 498 (T.S.E., 1997) ve TS 7046’da (T.S.E., 1989) verilmektedir. TS 498’de çatı kar yükü, dört farklı bölge için denizden olan yüksekliklere bağlı olarak verilen zemin kar yüklerinin sadece çatı eğimine bağlı bir katsayıyla çarpılmasıyla belirlenir. TS 7046’da, zemin kar yükü ele alınan bölge için istatistiki analizle veya kar yükü haritasından yararlanarak belirlenmiş ise çatı kar yükü, çatı eğimine ve çatı şekline bağlı olarak hesaplanır. Ayrıca TS 7046’da, ele alınan bölgeye ait uzun dönem kar verileri mevcutsa, zemin kar yükünün belirlenmesine yönelik bir istatistiki analiz metodu verilmektedir. Son yıllarda özellikle ABD ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalar doğrultusunda konu ile ilgili standartlar geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları ANSI/ASCE 7-98 (ANSI, 1999) ve NBCC Commentary on Snow Loads (NRCC, 1995) standartlarıdır.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizdeki çatıların optimum kar yüklerinin belirlenebilmesi için, Doğu Karadeniz bölgesinin zemin kar yükü haritasını en hassas şekilde oluşturmak ve diğer bölgeler için hazırlanacak haritalara öncülük etmek, ANSI/ASCE 7-98’in önerdiği dönüşüm katsayılarını Türk Standartlarının önerdiği değerlerle karşılaştırmak ve elde edilen sonuçlar paralelinde Türk Standartlarını değerlendirerek bu standartların gerekli görülen kısımlarının güncellenmesi için önerilerde bulunmaktır.

Çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki DMİ’ye ait 32 adet istasyondan elde edilen kar verileri kullanılarak bu istasyonlar için ortalama tekerrür süresi (OTS) 50 yıl zemin kar yükleri geliştirilen en son istatistiksel analiz yöntemleriyle belirlendi. Zemin kar yükünün Doğu Karadeniz bölgesindeki değişimini elde etmek amacıyla belirlenen 50 yıllık kar yükleri kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknikleri yardımıyla bölgenin zemin kar yükü haritası oluşturuldu. ANSI/ASCE 7-98, TS 498 ve TS 7046 standartlarının önerdiği dönüşüm katsayıları kullanılarak çeşitli tip çatılar için kar yükleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlarla Türk Standartlarının önerdiği değerler karşılaştırılarak gerekli görülen alanlarda önerilerde bulunuldu.

1.2. Kar ve Ölçümü

1.2.1. Kar’ın Tanımı ve Oluşumu

Schaefer’e göre kar’ın tanımı; atmosferin serbest havası içinde düşerken, yükselirken veya uçarken gittikçe büyüyen suyun katı halidir (Gürer, 1980). Diğer bir tanıma göre kar, su zerreciklerinin kristalleşmiş halidir (Teker, 1998).

Hava, sürekli olarak bir miktar su buharını yapısında tutmaktadır. Ani sıcaklık düşmesi halinde, atmosferin en yüksek tabakasından itibaren su buharı doyum noktasına varır. Soğumanın devamı halinde, 0°C'den yüksek sıcaklıklarda sis ve yağmur tanecikleri oluşur. Sıcaklık 0°C'ye düştüğü zaman, yavaş ve devamlı olan yoğunlaşma genel olarak altıgen yıldız ve plaka halinde buz kristalleri oluşturur. Diğer taraftan, eğer yoğunlaşma 0°C'nin çok altındaki sıcaklıklarda olursa, kar kristalleri plaka halinden iğne haline dönüşmektedir. Düşüş sırasında kar kristalleri kısmen erimeye uğramakta, böylece kristaller birleşmekte ve daha iri parçacıklar meydana gelmektedir. Yere düştükten sonra hava sıcaklığına bağlı olarak kar değişime uğramakta ve kar kütle olarak değişik bir yapıya ve fiziki özelliklere sahip olmaktadır. Normal olarak kristalleri tahrip edici değişim, iri ve amorf kütleler oluşturmaktadır (Gürer, 1977).

1.2.2. Kar Örtüsü ve Karın Erimesi

Türkiye'nin iklim koşullarında örneğin Fırat nehri su toplama alanında oluşan yağışın %70'i kar şeklindedir ve yüksek kotlarda (rakımlarda) hava sıcaklığı 0°C'nin altında kaldığı sürece devamlı olarak kar erimeden depolanmaktadır. Bu depolama haline *kar örtüsü* denir (Gürer, 1980).

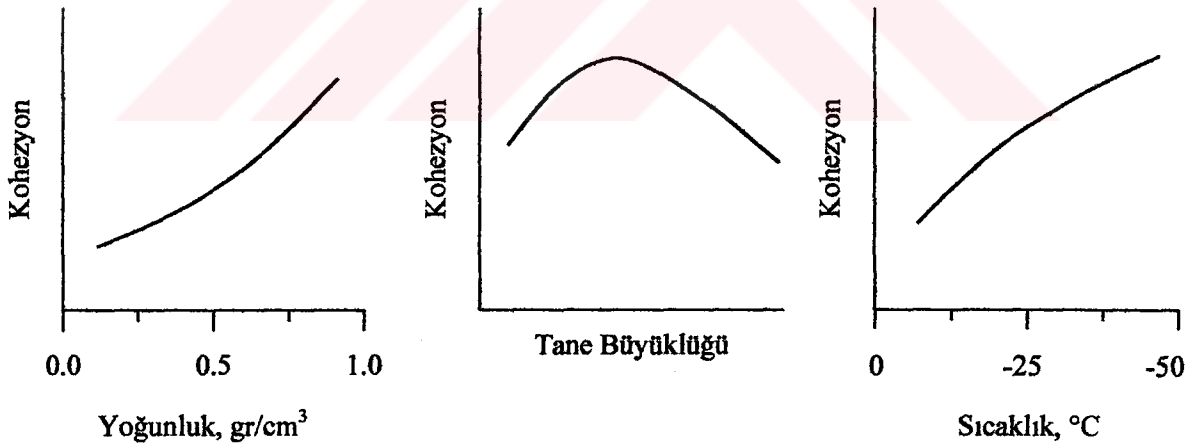
Kar tabakasının eriyerek su haline dönüşümü tamamen sıcaklığa bağlıdır. Karın donma noktasında 1 gr buzun sıcaklık değiştirmeden sıvı hale geçebilmesi için 80 kaloriye ihtiyaç vardır. Bakırın ısı iletkenliği 1 kalori/cm.sn.°C olmasına karşılık karın geçirgenliği buna göre çok düşük ve 0.0001-0.0007 kalori/cm.sn.°C arasındadır. Güneş ışınları karın erimesinde en önemli etkidir. Aydınlik ve bulutsuz günlerde karın albedosu daha büyük olduğundan erimesi az, ama sisli ve bulutlu günlerde yutulmuş ve saçılmış ışınımın tesirleri ile daha fazla kar erimesi olur. Durgun havadaki güneş ışınımı ile birlikte sıcak rüzgarlar karın daha fazla erimesine yardımcı olur. Meteorolojik değişkenlerden sıcaklık ve rüzgar dışında yağın yağmurlar da kar erimesini hızlandırır (Şen, 2000).

Alçak kotlarda karın erimesi çok daha kolay olur. Erime için kar örtüsünün 0°C'de izotermal (her noktasındaki sıcaklığın 0°C olması hali) olması alçak kotlarda üst kotlara nazaran çok daha erken olur. Keban havzasındaki kar gözlemlerinde devamlı üst üste binen kar örtüsü ölçülürken Trakya ve Antalya yöresinde her gözlemden sonra oluşan yeni bir kar örtüsü ölçülmektedir. Kar alçak kotlarda izotermal olunca geometrik olan kristal şekillerini kaybederek yavaş yavaş serbest su haline dönüşür ve oluşan su ya

buharlaşır ya da akışa dönüşür (Gürer, 1980).

Kar viskoplastik bir maddedir. Kar kütlesi kendi iç yapısına bağlı olarak akıcı veya yapışkan bir özellik gösterir. Bu özellik kar kütlesini oluşturan kar kristallerinin yapısına, karın yoğunluğuna, kar kütlesinin içerdiği serbest su miktarına, kar kütlesinin içerdiği serbest olmayan su miktarına ve dağılımına (donmuş su miktarına), kar kütlesindeki boşluk basıncına ve havanın sıcaklığına göre değişir (Küçük, 1998). Karın yavaş akıcı ve yapışkan bir sıvı özellikleri gösterebildiği dereceye *viskosite katsayısı* denir. Bu katsayı ne kadar yüksek ise kar o derece sıkı ve yoğundur (Gürer, 1980).

Karın kohezyonu yani kar tanelerinin birbirine yapışma kuvveti veya birbirini çekme kuvveti hava sıcaklığına, kar yoğunluğuna ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Kar'ın kohezyonu ve yapısında oluşan kesme kuvveti ile ilgili özellikler kar tabakalarının fazla eğimli vadi yamaçlarında kaymadan dengede kalıp kalamayacağını, yani çığ oluşup oluşmayacağını belirler. Kar'ın kohezyonu çok ince taneli eski karda en yüksek değere ulaşırken tane büyüklüğü arttıkça azalır. Şekil 1. incelendiğinde sıcaklık azaldıkça ve yoğunluk fazlaştıkça kohezyonun artmakta olduğu bunun yanı sıra tane büyüklüğüne göre kohezyonun önce artış gösterdiği ve sonradan azaldığı görülmektedir.



Şekil 1. Karın kohezyonunun yoğunluk, tane büyüklüğü ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi

1.2.3. Karın Fiziksel Özellikleri

1.2.3.1. Yoğunluk

Yerdeki kar örtüsünün yoğunluğu %5-90 gibi oldukça geniş bir aralıkta değişir. Yeni yağmış karın yoğunluğu ortalama olarak %10 varsayılır. Bu, 100 mm'lik yeni yağmış kar

kolonunun 10 mm'lik su sütununa sahip olduğu anlamına gelir. Kar, erimeden bekledikçe yoğunluğu artar ve %50-60'a kadar yükselir. Kar örtüsü üzerine yağın yağmur kar örtüsünün yoğunluğunu %90'a çıkarabilir. Yoğunluk %40-50 dolaylarına çıkınca kar suyu akış haline dönüşür. Diğer taraftan kar sıkışması ile oluşan buzullarda maksimum yoğunluğun %91 olarak ölçülmüş olduğu bildirilmektedir. Rüzgarın esiş yönündeki kar sıkışmaları ve sonradan yağın karın üstte meydana getirdiği tabakaların sıkıştırması sonucu karın yoğunluğu kar yağdıktan hemen sonra artar. Kar birikmesi çok olan yerlerde ilkbahar erimeleri başlamadan kısa zaman önce genel olarak karın yoğunluğu %40-60 arasında değişir (Gürer, 1980).

Yeni yağmış karın yoğunluğu önceden yağmış karın yoğunluğundan az olmasına karşın kar örtüsünün yoğunluk gözlemlerinde bunun belirlenmesi güçtür. Bu sebepten yeni yağın kara ait ölçümler kar tablası ile yapılmaktadır. Yeni yağın karın yoğunluğu esas olarak yağış sırasındaki hava sıcaklığı ile yakından ilgilidir. -5°C altındaki sıcaklıklarda kar yoğunluğunun değişimi oldukça azdır. Yoğunluk değişimi -5°C üzerindeki hava şartlarında daha belirgindir (Gürer, 1980).

1.2.3.2. Karın Su Eşdeğeri

Kar örtüsündeki toplam suyun mm veya cm olarak tanımıdır. Su eşdeğeri ile kar derinliği arasındaki bağıntı kar yoğunluğunu verir. Kar derinliği tek bir etken olarak kardaki suyu belirlemesi bakımından yeterli değildir. Bunun nedenleri, yeni yağın karın derinliği arttırması, yoğunluğun artması halinde derinliğin azalması ve buharlaşmadan dolayı derinliğin azalmasıdır.

1.2.3.3. Karın Su Muhtevası ve Kalitesi

Bu kavram karın su eşdeğeri tanımı ile karıştırılmamalıdır. Burada su muhtevasından kar kristalleri arasındaki boşluklarda veya kristaller üzerinde yapışık olarak kar ile eş zamanda bulunan suyun miktarı anlaşılmalıdır. Herhangi bir kar yığnında bu değer ağırlık cinsinden en fazla %5'ini teşkil eder. Kar kalitesi denince, ilgili kar tabakasında katı durumda bulunan suyun ağırlıkça yüzdesi anlaşılır. Buna göre su muhtevası %5 olan kar yığnının kalitesi %95 olur (Şen, 2000). Eğer sıcaklık 0°C'nin altında ise karın kalitesi %100'dür. Bu kardaki ıslaklık durumunu belirten iyi bir ölçüdür ve karı eritmek için

gereken ısı miktarının tespitine yarar (Gürer, 1980).

1.2.3.4. Albedo

Karın yansıtma gücüne karın albedosu denir. Başka bir ifade ile kardan yansıyan radyasyonun kara ulaşan radyasyona oranıdır. Yeni yağan karın albedosu %75 ile %88 arasında değişir. Eski ve ıslak karda albedo %43'e düşer (Gürer, 1980).

1.2.4. Karın Ölçümü

Türkiye'de kar ölçümleri değişik amaçlar için birbirlerinden farklı yöntemler ve aletler kullanılarak Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ), Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ) tarafından yapılmaktadır.

DMİ, Türkiye genelinde toplam 265 adet kar gözlem istasyonunda ölçümler yapmaktadır (URL-1, 2003). Bu istasyonlarda genel olarak kar derinliği, karın su eşdeğeri ve yoğunluğu gözlenmektedir (Gürer, 1998). Ayrıca kar yağışının başlangıç tarihi, yerde kalıcı kar örtüsünün oluştuğu tarih, karın derinliği ve zamana göre değişimi, kar örtüsünün tamamen kalktığı tarih ve karın su muhtevası da bazı istasyonlarda gözlenmektedir (Gürer, 1980). Toplanan veriler 1963'ten beri her yıl Günlük Yağış Dağılımı Bülteni adı altında yayınlanmaktadır (Bayazıt, 1999).

DSİ tarafından ülke su kaynaklarının planlama ve işletilmesine yönelik olarak su havzalarının yukarı havzalarında kar ölçümü yapılmaktadır. 1997 yılı itibari ile toplam 141 adet kar rasat parkında (kursunda) yıllık ortalama 887 adet kar gözlemi yapılmaktadır. Kar kurslarında yapılan gözlemler ağırlıklı olarak karın yoğunluğunu esas almakta , dolayısıyla kar derinliği ve karın su eşdeğeri belirlenebilmektedir (Durmaz, 1998).

EİEİ tarafından yine ülke su kaynaklarının planlama ve işletilmesine yönelik olarak kar rasadı yapılmaktadır. 1964 yılından bu yana 67 adet kar rasat parkı işletmeye açılmış olup bu istasyonlardan 10 tanesi çeşitli nedenlerle kapanmıştır. 5 tanesi ise güvenlik nedeniyle işletilememektedir. Mevcut kar kurslarında kar örtüsünün alansal dağılımı, kar derinliği, kar-su eşdeğeri, kar yoğunluğu ve kar tabakasındaki karın farklı derinliklerdeki sıcaklığı belirlenmektedir (Özkaya, 1998).

Yukarıda da belirtildiği gibi bu kurumlardan DMİ, kar gözlemlerini kar gözlem istasyonlarında, DSİ ve EİEİ ise kar rasat parklarında yapmaktadır.

1.2.4.1. Kar Rasadının Yapıldığı Yerler

1.2.4.1.1. Kar Rasat Parkı

Onbeş günlük ve aylık kar derinliği ile kar yoğunluğu gözlemlerinin yapıldığı kar gözlem mevkileridir. Kar ölçümüne çıkan ekiplerin her sefer aynı yerde ölçüm yapmalarını sağlamak amacıyla kar rasat parkı için 1:100 000 ölçekli haritadan bir kroki çıkarılmalıdır. Yol tarifleri, kodu ve özellikleri, yön durumu, rüzgar istikametleri hakkında bilgiler bu krokide belirtilmelidir. Kar rasat parkları daha kar yağmadan hazırlanmalıdır. Kar rasat parkı, 100 m uzunluğunda, 2 m genişliğinde şerit şeklinde bir alandır. Başlangıç ve bitiş noktaları kar ve tipiden kapanıp devrilmeyecek sağlamlıkta ve yeter uzunlukta, tepesinde kırmızı renkte flama tipi levhası olan direklerle işaretlenmelidir. Bu şerit içerisinde her 10 m’de bir flamadan ayrı ancak belirgin renkte boyanmış işaretler bulunmalıdır. Bu işaretli yerlerde ölçüm esnasında kar tüpleriyle numune karotları alınır (Teker, 1998).

Kar rasat parkları tepelerde rüzgar hakimiyeti altında olamaz. Aksi halde rüzgar, yağın karı savurur ve ölçülecek kar derinliği gerçek kar derinliğinden az olur. Parklar, vadi ve çukur alanlar içinde de olamaz. Aksi takdirde kar yığılması oluşur; ölçülmesi gereken gerçek derinlikten fazlası ölçülmüş olur. Dikkat edilmesi gereken konulardan biri de yaya, hayvan veya vasıtalarla kar örtüsünün örselenebileceği arazilerde kar rasat parklarının kurulmasının doğru olmadığı gerçeğidir.

Genellikle kar derinliği ve yoğunluğu ile ilgili ölçümlerin yapıldığı kar rasat parklarına projeler için lüzum görülürse kar yağışını da toplayabilecek totalizörlü (rüzgar siperli) plüviyometre de kurulabilir. Bu durumda plüviyometrede toplanacak karın eritilerek kar suyuna dönüştürülmesi gerekeceği için kar rasat parkının civarına bir de kar rasat barınağı kurulmalı ve barınakta eritme ve ölçme işlemlerinin yapılmasına yarayacak ocak, terazi, cam ölçek gibi malzemeler bulundurulmalıdır (Teker, 1998).

1.2.4.1.2. Kar Gözlem İstasyonu

Kar gözlem istasyonlarında hem karla ilgili bütün ölçümler hem de meteorolojik faktörler ölçülür. Yörede yerleştirilecek beş veya altı kar gözlem parkı ve ölçüm alanı içinde kar derinliğinin homojenliğini sağlamak amacıyla kurulması gerekli kar direklerinin merkezi sayılabilecek bir mevkide de kar gözlem istasyonu yer alır. Bu şekildeki yerleşim planının amacı, kar değerlerini kullanarak yapılacak hidrolojik çalışmalara eksiksiz ve

güvenilir bilgiler sağlamaktır. Bu amaçla, kar parklarında yapılan gözlemlerle istasyonda yapılan gözlemler ölçüm zamanının belli aralıklarında toplanıp değerlendirilerek o periyot için hidrolojik çalışmanın amacına uygun raporlar hazırlanır. Kar gözlem istasyonlarında, kar örtüsünün oluşmaya başladığı andan tamamen kalktığı zamana kadar günlük ve onbeş günlük olmak üzere iki grup gözlem yapılır (Tekler, 1998).

1.2.4.2. Kar Rasadında Kullanılan Başlıca Malzemeler

Burada kar rasadında kullanılan başlıca malzemelerin kullanılış amaçları ve kullanılma şekilleri üzerinde kısaca durulmaktadır.

1.2.4.2.1. Plüviyometre

Kar ölçümünde en önemli faktör kar su eşdeğeridir. Bunun için kar örtüsü derinliğinin ve yoğunluğunun bilinmesi gerekir. En pratik kar ölçüm yöntemi, yağın karın plüviyometrede toplanması ve toplanan karın hacmi belli miktarda sıcak su ile eritilerek ölçekli cam bir kaptaki ölçülmesidir. Bu şekilde plüviyometrede toplanan karın su eşdeğerini bulmak mümkündür. Kar yağışlarında plüviyometrelerin rüzgar siperi ile donanması çok yararlıdır. Bugün dünyada Alter, Nipher, Tratyakof tipi olmak üzere üç ayrı rüzgar siperi kullanılmaktadır. Türkiye’de kullanılmakta olan Hellmann tipi plüviyometrelerde rüzgar siperi kullanılmamakta ise de DSİ tarafından kullanılan USWB tipi standart totalizatörlerde (dağ plüviyometreleri) ise Nipher tipi rüzgar siperi kullanılmaktadır. Dağ plüviyometreleri çok kar yağın ve bundan dolayı pek sık gidilemeyen yüksek yörelere, daha çok kar ile beslenen barajların drenaj alanlarının üst kotlarına yerleştirilir. Genel olarak senede iki defa olmak üzere ilkbahar ve sonbaharda havalar iyi olduğu zaman totalizatörlerde biriken yağın ölçülür. Yöntem kısaca şöyledir:

- ✓ Belirli ağırlıkta ve hacimde yağ koyularak totalizatör içersinde birikecek yağın buharlaşarak kaybı önlenir.
- ✓ Belirli ağırlıkta ve hacimde antifiriz (CaCl_2) ilave edilerek totalizatör içinde birikecek karın eridikten sonra donmadan korunması sağlanır.
- ✓ Totalizatör siyaha boyanarak güneş ışınlarını daha fazla emmesi sağlanır. Bu şekilde yağın karın daha çabuk erimesi sağlanır.

Totalizatör’e gidilip yukarıdaki ilaveler yapılarak alet gözleme hazırlanır ve bu

ilavelerin miktarları kayıt edilir. Bir kış sonra ikinci gidişte toplam sıvı miktarından antifiriz ve yağ miktarları çıkarılıp yağış miktarı bulunur (Gürer, 1980).

Sadece toplam yağış miktarlarını veren plüviyometre ve totalizatör gibi yağış ölçerlerinin yanısıra yağışın zamana göre değişimi ve şiddeti hakkında bilgi veren yazıcı yağış aletleri plüviyografların kışın kullanılanlarını ısıtmak suretiyle kar erimesini kayıt etmek de mümkündür.

1.2.4.2.2. Kar Numune Tüpleri

Kardan numune almanın esası, kar yağışını takiben kar örtüsü oluştuktan sonra kar üst yüzeyinden zemine kadar olan kısmın kar numune alma tüpü içine doldurulmasıdır. Alınan numunenin derinliği ölçülüp ağırlığı tartıldıktan sonra kar su eşdeğeri ve yoğunluğu hesaplanır.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) standartlarına göre daha ziyade düzlük olan yüksek yörelerde her 1000 km²'lik alan için belirlenmiş bir yerde istasyon kurulur. Dağlık yörelerde ise 650-750 km²'lik alan için bir yer seçilir. Numuneler daima belirlenen yerlerden alınarak numunenin alındığı yöreyi temsil eden kar derinliği, yoğunluğu ve su eşdeğeri bulunur (Gürer, 1980).

1.2.4.2.3. Kar Direkleri

Uzaktan gözlenebilen kar direkleri kullanmak suretiyle gidilmesi çok zor olan yerlerde uçakla, helikopterle veya çok kuvvetli dürbünlerle kar derinliğini ölçmek mümkündür. Kar direklerinin boyu 10 metredir. Her 50 cm'de bir işaret vardır. Her 25 cm'de bir istenirse değişik renkler kullanılarak gözlem kolaylaştırılabilir. Kar direğinin bulunduğu yere gidilmesi mümkün olan en yakın yerde kar yoğunluğu ölçülür. Kar direği yardımıyla ölçülen kar derinliği de kullanılarak yaklaşık bir varsayım ile gidilemeyen kar direğinin bulunduğu kottaki kar su eşdeğeri tahmin edilebilir (Gürer, 1980).

1.2.4.3. Ölçüm Hataları

Plüviyometre ve plüviyograflarla yağışın ölçülmesinde çeşitli hatalar meydana gelebilir. Bu hatalardan dolayı okumalar yağışın gerçek değerini yansıtmayabilir. Okunan

değerler genellikle gerçek değerlerden daha küçük olur. En iyi şartlarda bile %10 kadar hata bulunması beklenebilir.

Hataların en önemlisi rüzgar etkisinden ileriye gelir. Ölçeğin yerden yüksekliği arttıkça rüzgar hızı da artar ve ölçeğe girebilen yağış yüzdesi azalır. Yapılan hatalar hafif yağışlarda %50'ye kadar çıkabilir. Bu hataları azaltmak için ölçeği mümkün olduğu kadar yere yakın ve rüzgar etkisinden uzak bir noktaya yerleştirmek ve rüzgar perdeleri kullanmak gerekir. Rüzgar perdeleri hava akımını yönelterek ölçeğin ağzı üzerinde çevriler ve düşey akımlar meydana gelmesine engel olurlar. En çok kullanılan tipler ölçeğin üzerinde dairesel bir halka çevresine mafsallı olarak asılmış rüzgar tarafından oynatılabilen levhalardan meydana gelen Alter perdeleri ve ters koni şeklindeki Nipher perdeleridir (Bayazıt, 1999).

Diğer önemli bir hata nedeni de bina, ağaç gibi yüksek engellerin etkisiyle ölçeğe yağışın bir kısmının giremeyeşidir. Bunun için ölçek, engellerden en az engel yüksekliğinin iki katı kadar uzağa yerleştirilmelidir (Bayazıt, 1999).

Bir de kar tüplerinin uygun kullanılmamasından doğan hatalar vardır. Bu hatalar kar derinlik ölçüsünde tüpün yeteri kadar kara saplanamayışından veya toprak kısmın da tüpün içine alınmasından oluşur. Terazî hatası veya ölçü hatasından kar ağırlığı hatalı ölçülebilir. Bu durum da kar yoğunluğunun hatalı hesaplanmasına neden olur (Tekler, 1998).

1.2.4.4. Eksik Verilerin Tamamlanması

Bir ölçekteki kayıtların bir kısmı eksikse bu kısmı tamamlamak için yakında bulunan ölçeklerin kayıtlarından faydalanılabilir. En yakın üç ölçekteki yıllık ortalama yağışlar N_A , N_B , N_C , eksik olan yağışa karşılık gelen okumalar P_A , P_B , P_C ise yıllık ortalama yağışı N_X olan ölçekteki bilinmeyen yağış yüksekliği aşağıdaki ifade ile tahmin edilebilir.

$$P_X = \frac{1}{3} \left(\frac{N_X}{N_A} P_A + \frac{N_X}{N_B} P_B + \frac{N_X}{N_C} P_C \right) \quad (1)$$

Eğer, N_A , N_B , N_C değerlerinin N_X 'den farkları %10'dan az ise (1) formülü yerine doğrudan doğruya aritmetik ortalama kullanılabilir.

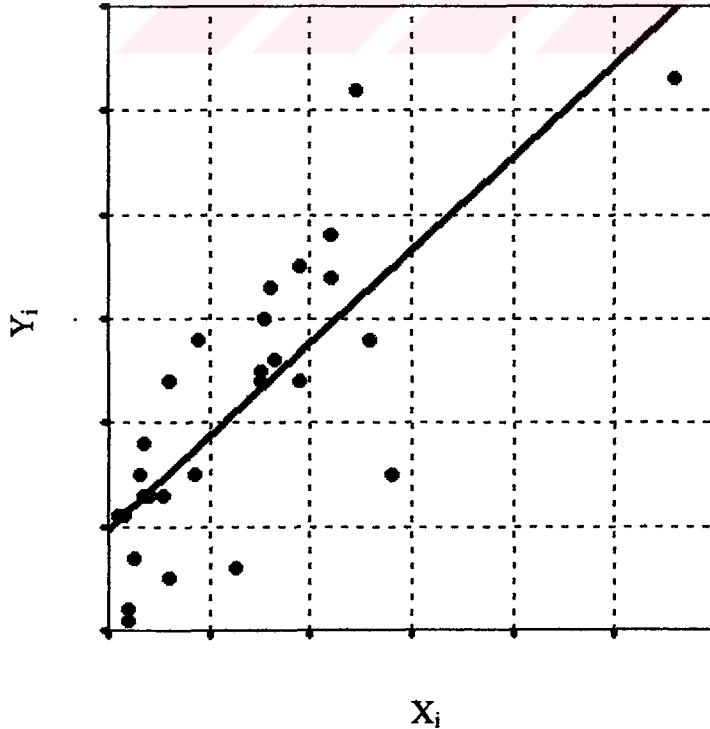
$$P_X = (P_A + P_B + P_C) / 3 \quad (2)$$

Eksik verileri tamamlamak için kullanılabilecek diğer bir formül aşağıda verilmektedir.

$$P_x = \left(\sum_{i=1}^4 P_i / D_i^2 \right) / \left(\sum_{i=1}^4 1 / D_i^2 \right) \quad (3)$$

Buradaki P_i ve D_i ($i=1, \dots, 4$) kayıtları eksik olan ölçüğe göre her biri ayrı bir çeyrek düzlemde bulunan en yakın 4 ölçekteki okumaları ve bu ölçüklerin kayıtları eksik olan ölçüğe uzaklıklarını göstermektedir (Bayazıt, 1999).

Diğer bir yöntem ise korelasyon yöntemidir. Birbiri ile ilişkisi olabilecek iki farklı istasyonda ölçülmüş olan aynı zamanlı yağış verilerinin bir kartezyen koordinat takımında noktalanması ile saçılma diyagramı elde edilir. İşte böyle bir saçılma diyagramına istatistikteki en küçük kareler yöntemi ile en uygun doğru veya eğrinin geçirilmesiyle artık bu iki istasyonun yağışları arasında bir fonksiyonla ifade edilebilen bağıntı elde edilmiş olur. Bu bağıntı aracılığıyla kayıtları tam olan istasyonun diğer istasyonun eksik verisine karşılık gelen veri değeri yerine konursa eksik veri değerleri hesap edilebilir. Bu yöntemin uygulanmasında en önemli nokta, her şeyden önce saçılma diyagramındaki noktaların belirgin bir doğru veya eğri etrafında toplandığını görmektir. İki farklı yerde ölçülen yağış



Şekil 2. Saçılma diyagramı

dizisini X_1, X_2, \dots, X_n ve Y_1, Y_2, \dots, Y_n ile gösterirsek bunların kartezyen koordinat sisteminde saçılması Şekil 2.'de gösterildiği gibi olabilir.

Eğer saçılma diyagramı bir doğru ile temsil edilebiliyorsa istatistikteki en küçük kareler yöntemi ile

$$Y = a + bX \quad (4)$$

doğrusunun a ve b katsayıları elde edilir. Bulunan a ve b katsayılarının (4) formülünde yerine konması ile istenen her X_i değeri için Y_i değerinin tahmin edilmesi mümkündür. Eğer Y_i dizisi eksik verileri temsil ederse X_i dizisi verilerinden bunlara karşı gelebilecek eksik Y_i değerleri (4)'ten hesaplanabilir (Şen, 2002).

1.3. Zemin Kar Yükünün Belirlenmesi

1.3.1. Zemin Kar Yükü

Dünyanın pek çok ülkesinde yapılan gözlemler ve sigorta şirketleri tarafından bir araya getirilen çatı hasarlarına ait istatistikler üzerinde yapılan çalışmalar yapı tasarımı için uygun kar yükünün belirlenmesinin önemini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca bu çalışmalarda çatı hasarlarının ve çökmelerinin büyük bir kısmına kar yükünün, geri kalan kısmına ise rüzgar ve yağmur yükünün neden olduğu sonucuna varılmıştır. Buna örnek olarak Amerika'da 1977-78 kışında rüzgarın ve yağmurun az sayıda yapıyı etkilemesine karşın kar yükünden dolayı 200'den fazla yapının çatısının çökmesi ve 40 milyon dolarlık zararın meydana gelmesi gösterilebilir (O'Rourke ve Redfield, 1982).

Yüklemenin istatistiksel analizinin yapılmaya başlandığı 1950'lere kadar tasarım kar yükü için kaba tahminler kullanılmıştır. Örneğin Howe (1912), 20. yüzyılın başlarında pek çok ülkede konum ayırt etmeksizin 1 kN/m^2 'lik üniform kar yükünün kullanıldığını belirtmiştir (Fridley vd., 1994). NBCC 1941'de (National Building Code of Canada, 1941) ise Ocak, Şubat ve Mart aylarında meydana gelen kar yağışlarının ortalamalarının toplamına yine aynı aylarda meydana gelen 24 saatlik maksimum yağmur yağış yükünün ilave edilmesiyle tahmin edilen tasarım kar yükü kullanılmıştır (Sack, 1989).

Günümüzde pek çok ülke standardında tasarım kar yükü olarak tasarım zemin kar yükünün dönüşüm katsayısı veya katsayılarıyla çarpılarak elde edilen değeri önerilmektedir. Zemin kar yükü, yapının bulunduğu bölgeye bağlı olup temel meteorolojik

verilerden yararlanılarak belirlenir. Dönüşüm katsayıları ise yapının rüzgara karşı konumuna, çatının geometrik ve ısıl özelliklerine bağlı olarak belirlenir (Ellingwood ve Redfield, 1983).

Zemin üzerinde karın birikmesi ve azalması işlemleri karmaşık olaylar olup hava ve zemin sıcaklığı, rüzgara ve güneşe maruz kalma durumu, nem, coğrafi çevre vb. gibi pek çok parametreye bağlıdır (Soukhov, 2002). Diğer bir ifadeyle kar yükleri bölgeden bölgeye değişir ve yukarıda sayılanlara ilaveten rakıma ve denizden olan uzaklığa da bağlıdır (Del Corso, 2000). İklim şartlarına bağlı olarak karın birikmesi ve azalması işlemleri iki ana gruba ayrılabilir. Karasal iklimde kar, kışın sonuna kadar sürekli olarak birikir ve sonra kısa bir süre zarfında eriyerek ortadan kalkar. Maksimum kar yükü normal olarak kışın sonunda meydana gelir. Kıyı ikliminde kar kış boyunca sürekli olarak birikmez; bir süre biriktikten sonra erir ve sonra tekrar birikmeye başlar. Bu yüzden maksimum kar yüküne tek bir kar yağışıyla erişilebilir. Hatta bazı kışlarda hiç kar yağmayabilir (Soukhov, 2002).

İklim olgusu tabiatta rastgele bir davranış gösterdiğinden kar yüklemesinin karakteristik parametrelerini belirleyebilmek için istatistik kullanılmalıdır. Böylece tasarımcı, iklimsel verilerin istatistiki analizinden tasarım zemin kar yükünü elde edebilir (Rusten, 1980). Belirli bir bölge için gelecekteki 25, 50 veya 100 yılda beklenen maksimum zemin kar yükü belirli bir olasılığa sahip bir niceliktir. Yıllık maksimum zemin kar yüklerini yıllık ekstremlerin dağılımlarından birine uydurduktan sonra maksimum zemin kar yükünün herhangi bir yılda belli bir değeri aşma olasılığı hesaplanabilir (O'Rourke ve Redfield, 1982). Diğer bir ifadeyle, yapı tasarımında kullanılan zemin kar yükü herhangi bir yılda aşılma olasılığına sahip bir değer olarak ifade edilebilir. Bu olasılık 0.01-0.04 arasında değişerek genelde 0.02 değerini alır. Bu, zemin kar yükünün bu olasılığın tersine eşit olan ($1/0.02 = 50$) 50 yıllık bir ortalama tekerrür süresine (OTS) sahip olduğu anlamına gelir (Durmaz, 2002). Avrupa ve Amerika'da OTS 50 yıl, Kanada ve Rusya'da 30 yıl alınarak tasarım zemin kar yükleri belirlenir (Sack, 1989).

Pek çok ülkede zemin kar yükü belirlenirken istatistik analizden yararlanılır, ancak temelde istatistik kullanılmasına rağmen bazı farklarla zemin kar yükü belirlenir. Örneğin Amerika'da, kar-su eşdeğeri ve kar derinliği ölçümü yapan 1. sınıf istasyonlara ait verilerden yararlanılarak ve olasılık dağılımlarından yalnızca lognormal dağılım kullanılarak OTS 50 yıl olan tasarım zemin kar yükü belirlenir. Yalnızca kar derinliği ölçümü yapan 2. sınıf istasyonların zemin kar yükü ise 1. sınıf istasyonlardan elde edilen

bir regresyon denklemiyle belirlenir (Sack, 1989).

Kanada'da tasarım zemin kar yükünün iki bileşeni vardır. Birincisi, OTS 30 yıl olup yalnızca gumbel dağılımından belirlenen zemin kar yükü bileşeni, ikincisi ise her bölgenin yıllık maksimum verilerinden 30 yıl OTS'li 1 günlük kış yağmur yükü olarak belirlenen yağmur bileşenidir. Zemin kar yükü bileşenine ait kar yükü verileri, kar derinliği verilerinden ve kar-su eşdeğeri ölçümü yapan istasyonlardan tayin edilen kar yoğunluğu verilerinden tespit edilir (Newark vd., 1989).

Avrupa'nın pek çok ülkesinde kar derinliği verilerinin farklı yoğunluk katsayılarıyla çarpılmasından elde edilen zemin kar yükü verilerinin bu verilere göre belirlenen uygun olasılık dağılımına göre analiz edilmesi sonucu OTS 50 yıl olan zemin kar yükü tespit edilir (Del Corso, 2000).

1.3.2. Zemin Kar Yükü Verileri

Dünyada zemin kar yığılmasına ait temel meteorolojik veriler ya kar-su eşdeğeri ya da basitçe kar derinliği olarak çeşitli tip istasyonlarda toplanır. Kar-su eşdeğeri, kar yağışına ilaveten kar mevsimi boyunca sık sık görülebilen yağmur yağışlarını da yansıtır. Kar-su eşdeğerleri kar kütlelerinin yoğunluğu düşünülmezsizin doğrudan zemin kar yüküne çevrilebilir. Bunlar, kar yükleri için uygun olasılık dağılımına karar verilmesinde en güvenilir verilerdir (Ellingwood ve O'Rourke, 1985).

Ancak dünyada pek çok meteoroloji istasyonu, verilerini kar derinliği cinsinden toplar. Bu kar derinlik verileri, kar derinliği ve yoğunluğu arasında bir bağıntı kullanılarak kar yüklerine çevrilebilir. 1970'li yıllara kadar kar derinlik ölçümlerini kar yüklerine çevirmek amacıyla 200 kg/m^3 'lük özgül ağırlık kullanılmasına rağmen son yıllarda yapılan çalışmalarla derinlik-yoğunluk ilişkisinin oldukça değişken olduğu ortaya konmuştur. Özgül ağırlık taze kar için $50-100 \text{ kg/m}^3$ civarında olup eğer oturma veya rüzgar sıkıştırması meydana gelmişse veya kar kütlesi pek çok kar yağışından oluşuyorsa 400 kg/m^3 veya daha büyük olabilir. Pek çok bölgede, özellikle soğuk iklimlerde kar derinlikleri ve su eşdeğerleri kış boyunca yıllık maksimum değerlerine aynı zamanda erişmezler (Ellingwood ve O'Rourke, 1985).

Bazı standartlarda temel meteorolojik verilerden kar yoğunluğunu tahmin etmek için basit modeller kullanılmaktadır. Örneğin ISO 4355'de (ISO, 1981) ve TS 7046'da kar yoğunluğu γ 'nın (kg/m^3) kar derinliği h (m) ile ilişkisi aşağıdaki formülle ifade

edilmektedir.

$$\gamma = 300 - 200 \cdot \exp(-1.5 \cdot h) \quad (5)$$

Bununla birlikte kar-su eşdeğeri verilerinin mevcut olmadığı istasyonlarda ölçülen kar derinliklerinden kar yoğunluğunu tahmin etmek için pek çok metot önerilmiş ve kullanılmıştır. Örneğin Alaskada, Leslie (1987) tarafından kar yoğunluğunu 10 cm'lik derinlik için 120 kg/m^3 , 300 cm'lik derinlik için 360 kg/m^3 veren bir bağıntı geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Idaho'da ise Sack ve Sheik-Taheri (1984) tarafından 10 cm'lik derinlik için 175 kg/m^3 , 300 cm'lik derinlik için 444 kg/m^3 yoğunluk veren başka bir bağıntı tanımlanmıştır (Newark vd., 1989).

1953'te Kanada'da, 192 kg/m^3 'lük özgül ağırlığa kış aylarında görülen 24 saatlik maksimum yağışın ilave edilmesiyle bulunan değerler kar derinlikleriyle çarpılmasıyla kar yükleri hesaplanmaya başlanmıştır (Boyd, 1961). Günümüzde Kanada'da özgül ağırlık, kar erimesinin olduğu bahar dönemi için $240-430 \text{ kg/m}^3$ arasında ve erimenin olmadığı kış dönemi için $190-390 \text{ kg/m}^3$ arasında alınmaktadır (Fridley vd., 1994).

ANSI/ASCE 7-98 için ABD'deki 1.sınıf istasyonların 50 yıl OTS'li zemin kar derinlikleri ile 50 yıl OTS'li zemin kar yükleri arasında ilişki kuran bir lineer olmayan regresyon denklemi geliştirilmiş ve bu denklem yalnızca kar derinliği ölçümü yapan 2.sınıf istasyonların zemin kar yüklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Tobiasson ve Greatorex, 1997). Snow (1984) ve Sack ve Taheri (1986) sırasıyla Colorado ve Idaho'da yaptıkları çalışmalarda kar yükleri ve derinlikleri arasında bağıntı kurmak için farklı tiplerde regresyon denklemleri kullanmışlardır (Fridley vd., 1994).

Japonya'da kar derinliği ölçümü yapan istasyonların verileri ortalama kar yoğunluğu ile zemin kar yüküne çevrilir. Ortalama kar yoğunluğu, zemin kar derinliğini ve zemindeki karın ağırlığını ölçen istasyonlardan elde edilir. Ortalama kar yoğunluğu, kış boyunca ölçülen maksimum kar yükünün maksimum kar derinliğine bölünmesiyle elde edilir (Ellingwood ve Redfield, 1983).

Kar yoğunluğunun tahmininde kullanılan pek çok model vardır. En çok kullanılanları JCSS, Rus, Amerikan, İsveç, Macar ve Granzer modelleridir. Bunların çoğu karasal ve kıyısal gibi özel iklim tipleri için kullanılmaktadır. Karasal iklim tipi için kullanılanlar kar tabakasının yerde kalma süresine ilaveten rüzgar hızı ile hava sıcaklığını, kıyısal iklim tipi için kullanılanlar ise sadece kar derinliğini hesaba katmaktadırlar (Soukhov, 2002).

Zemin kar yükünün belirlenmesinde kar-su eşdeğerinin kullanılması daha hassas

çözümlere olanak sağlamasına rağmen bu verilerin elde edildiği istasyonların konumu ve ölçüm sıklığı da ayrıca verilerin güvenilirliğini etkilemektedir. Dünyada yerleşim yerlerine yakın günlük ölçümler yapan kar rasat istasyonlarının verilerine, daha çok dağlık bölgelerde olan ve aylık veya 15 günlük ölçümler yapan kar kurslarının verilerinden daha çok önem verilmektedir (Sack, 1989). Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda istatistik analiz için en az 7 yıllık verilere ihtiyaç duyulduğu (Newark vd., 1989) ve bu sürenin artmasıyla birlikte çözümlerin daha da hassas olabileceği vurgulanmaktadır (Ellingwood ve Redfield, 1983).

1.3.3. Zemin Kar Yüklerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Zemin kar yükünün karakteristik değerinin hassas bir şekilde belirlenebilmesi, istatistiki verileri yani zemin kar yükünün yıllık maksimum değerlerini uydurmak için kullanılan olasılık dağılım fonksiyonunun (ODF) seçimine bağlıdır. Verilere en uygun ODF'nin tespiti öncelikle ölçüm yapılan istasyonun iklimsel ve coğrafi şartlarının göz önünde bulundurulmasına bağlıdır (Soukhov, 2002).

Zemin kar yüklerinin belirlenmesine ait literatürde pek çok ODF üzerinde durulmaktadır. Ancak özellikle lognormal ve ekstrem değer dağılımı tip I'den (gumbel) bahsedilmektedir.

Thom (1966), zemin kar-su eşdeğerinin yıllık maksimum serilerini uydurmak için lognormal dağılımı kullanmıştır (O'Rourke, 1983). Thom tarafından belirlenen 50 yıl OTS'li zemin kar yükleri ANSI A58.1-1972 (ANSI, 1972) zemin kar yükü haritası için temel teşkil etmiştir (O'Rourke, 1983). ANSI A58.1-1982 deki (ANSI, 1982) zemin kar yükü haritası ise, ABD için 50 yıl OTS'li zemin kar yüklerini lognormal dağılım kullanarak elde eden Tobiasson ve Redfield'in (1982) çalışmalarına dayandırılarak elde edilmiştir (O'Rourke, 1983). ANSI/ASCE 7-98'deki zemin kar yükü haritası ise Tobiasson ve Greatorex'in (1996) yine lognormal dağılım kullanarak elde ettiği 50 yıl OTS'li zemin kar yüklerine göre belirlenmiştir (Tobiasson ve Greatorex, 1997). Ayrıca Ellingwood ve O'Rourke (1985), kış mevsimi boyunca kar tabakasının sürekli olmadığı ve yıllık maksimumun şiddetli bir kar fırtınasıyla meydana geldiği iklim bölgelerinde lognormal dağılımın diğerlerinden daha iyi sonuç verdiğini belirtmektedir.

Boyd (1961) ve Steyaert (1980), gumbel dağılımının karakteristik zemin kar yüklerinin belirlenmesinde daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Ellingwood, 1984).

Kanada'da 1961 yılından beri 30 yıl OTS'li maksimum zemin kar derinlikleri gumbel dağılımı kullanılarak belirlenmektedir (Newark vd., 1989). Rusyada yapılan son çalışmalarda ekstrem değer dağılımı tip I (gumbel) kullanılmıştır (Soukhov, 2002).

Bu dağılımlara ilaveten Akerlund (1988) 50 yıllık zemin kar yüklerini pearson dağılımı aracılığıyla hesaplamıştır (Soukhov, 2002). Izumi vd. (1988), Japon kar verilerinin en iyi gumbel, lognormal ve tip III (weibull) dağılıma uyduğunu belirlemiştir (Soukhov, 2002). Soukhov (2002), Almanya'daki 331 meteoroloji istasyonundan elde ettiği zemin kar yükü verilerinden 171 istasyona ait olanların en iyi lognormal dağılıma, 82 istasyona ait olanların en iyi weibull dağılımına ve 78 istasyona ait olanların en iyi gumbel dağılımına uyduğunu belirlemiştir. Ayrıca Avrupa'da 6 ülkenin katılımıyla gerçekleştirilen ve 1996'da başlayıp 1999'da sona eren bir projede istasyon verilerinin dağılımları gumbel, lognormal ve weibull arasından seçilmiştir (Del Corso, 2000; Soukhov, 2002).

Kar derinliği, kar yoğunluğunun lineer olmayan bir fonksiyonu olduğundan derinlik verileri için en uygun ODF'nin muhtemelen kar yükü verilerine en iyi uymayacağı Soukhov (2002) tarafından belirtilmektedir.

Son yapılan çalışmalar en çok gumbel, lognormal ve weibull dağılımları üzerinde durduğundan aşağıda bu dağılım fonksiyonları kısaca açıklanmaktadır.

1.3.3.1. Lognormal Dağılım

Zemin kar yükleri için lognormal dağılım, Ellingwood (1984) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$F_{LN}(x) = \Phi\left(\frac{\ln x - \lambda}{\zeta}\right) \quad 0 < x < \infty \quad (6)$$

Burada x , zemin kar yükü, λ ve ζ sırasıyla $\ln x$ değerlerinin ortalaması ve standart sapmasıdır. $\Phi(\cdot)$ ise standart normal olasılık integralidir (Johnson ve Kotz, 1970).

N yıl OTS'li veya herhangi bir yılda aşılma olasılığı $1/N$ olan zemin kar yüküne karşılık gelen X_N değeri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$X_N = \exp\left[\lambda + \zeta \Phi^{-1}\left(1 - \frac{1}{N}\right)\right] \quad (7)$$

Burada Φ^{-1} , standart normal dağılımın yüzde nokta fonksiyonudur (URL-2, 2003).

1.3.3.2. Tip I (Gumbel) Dağılımı

Zemin kar yükleri için tip I (gumbel) dağılımı, Ellingwood (1984) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$F_1(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-u)]\} \quad -\infty < x < \infty \quad (8)$$

Burada x , zemin kar yükü; u ve α dağılımın parametreleri olup Ellingwood ve O'Rourke (1985) tarafından $u \approx m - 0.5772 / \alpha$ ve $\alpha \approx 1.283 / s$ şeklinde ifade edilmektedir. Burada m ve s sırasıyla x değerlerinin ortalaması ve standart sapmasıdır.

N yıl OTS'li veya herhangi bir yılda aşılma olasılığı $1/N$ olan zemin kar yüküne karşılık gelen X_N değeri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$X_N = u - \frac{1}{\alpha} \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{N}\right)\right] \quad (9)$$

1.3.3.3. Weibull Dağılımı

Zemin kar yükleri için weibull dağılımı Bayazit ve Oğuz (1994) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$F_w = 1 - \exp(-\alpha \cdot x^\beta) \quad (10)$$

Burada x , zemin kar yükü, α ve β dağılımın parametreleri olup aşağıdaki ifadelerden elde edilirler.

$$\mu_x = \alpha^{\frac{1}{\beta}} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (11)$$

$$\sigma_x = \alpha^{\frac{2}{\beta}} \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \right\} \quad (12)$$

Burada μ_x ve σ_x sırasıyla x değerlerinin ortalaması ve standart sapmasıdır.

1.3.4. Olasılık Dağılımının Seçimi ve Parametrelerin Tahmini

Kar ve rüzgar yükleri, bunlara ait temel klimatolojik veriler için uygun olasılık dağılımının seçimine bağlı olarak farklı değerler alabilirler (Ellingwood, 1984). Bir veri dizisine en iyi uyan dağılımı bulmak amacıyla çeşitli olasılık dağılımlarını test etmek için kullanılan pek çok yöntem vardır.

χ^2 (ki-kare) ve Kolmogorov-Smirnov testi gibi klasik istatistik dağılım uygunluk testlerini kullanan Steyaert vd. (1980), Thom (1966) ve Tobiasson ve Redfield (1982), çevresel bir değişkenin istatistiki bir modeli olarak en uygun dağılımın ne olduğu sorusuna birbirinden farklı cevaplar vermişlerdir (Ellingwood, 1984).

Son zamanlarda yıllık ekstrem rüzgar hızlarını ve zemin kar yüklerini modellemek için uygun olasılık dağılımlarını seçmeyi amaçlayan çalışmalar (Simiu ve Filliben, 1976; Simiu vd., 1978; Simiu vd., 2000; Ellingwood ve Redfield, 1983) uygunluk testi olarak maksimum olasılık çizgisi korelasyon katsayısı (MOÇKK) (Filliben, 1983) testinden yararlanmışlardır (Ellingwood, 1984). Ayrıca 1.3.3.'de bahsi geçen Avrupa zemin kar yükü haritasını çıkarmayı amaçlayan projede zemin kar verilerine en uygun olasılık dağılımı gumbel, lognormal ve weibull dağılımları arasından MOÇKK testi ile belirlenmiştir (Del Corso, 2002). Bu testte, test edilen dağılıma göre her istasyondaki yıllık ekstrem kar yükü değerleri veya kar yükü değerlerinin logaritmaları ile dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında korelasyon katsayısı hesaplanır. Bu katsayı ne kadar büyükse (ideal durumda 1'e eşit olacaktır) ODF o kadar uygundur (Soukhov, 2002).

Lognormal dağılım için λ ve ζ , gumbel dağılımı için u ve α , weibull dağılım için α ve β gibi parametreler yıllık ekstrem kar ölçüm verilerinden tahmin edilmelidirler (Ellingwood ve O'Rourke, 1985). Tahminler, momentler metodu, maksimum olabilirlik yöntemi (Bayazıt ve Oğuz, 1994) ve en küçük kareler (Montgomery ve Runger, 1999) gibi yöntemlerle elde edilebilirler.

Maksimum olabilirlik testi, dağılım parametrelerine karar verilmesinde diğerlerine nazaran daha iyi sonuçlar vermesine rağmen olasılık dağılım fonksiyonlarının çoğu için bu kriterin kullanılması her meteorolojik istasyon için iki lineer olmayan denklem takımının çözümünü gerekli kılmaktadır. En küçük kareler ve momentler yönteminin kullanılması ise basit hesaplamalar gerektirdiklerinden dolayı kolay ve çabuktur (Soukhov, 2002).

1.3.5. Kar Yüklerinin Bölgeselleştirilmesi

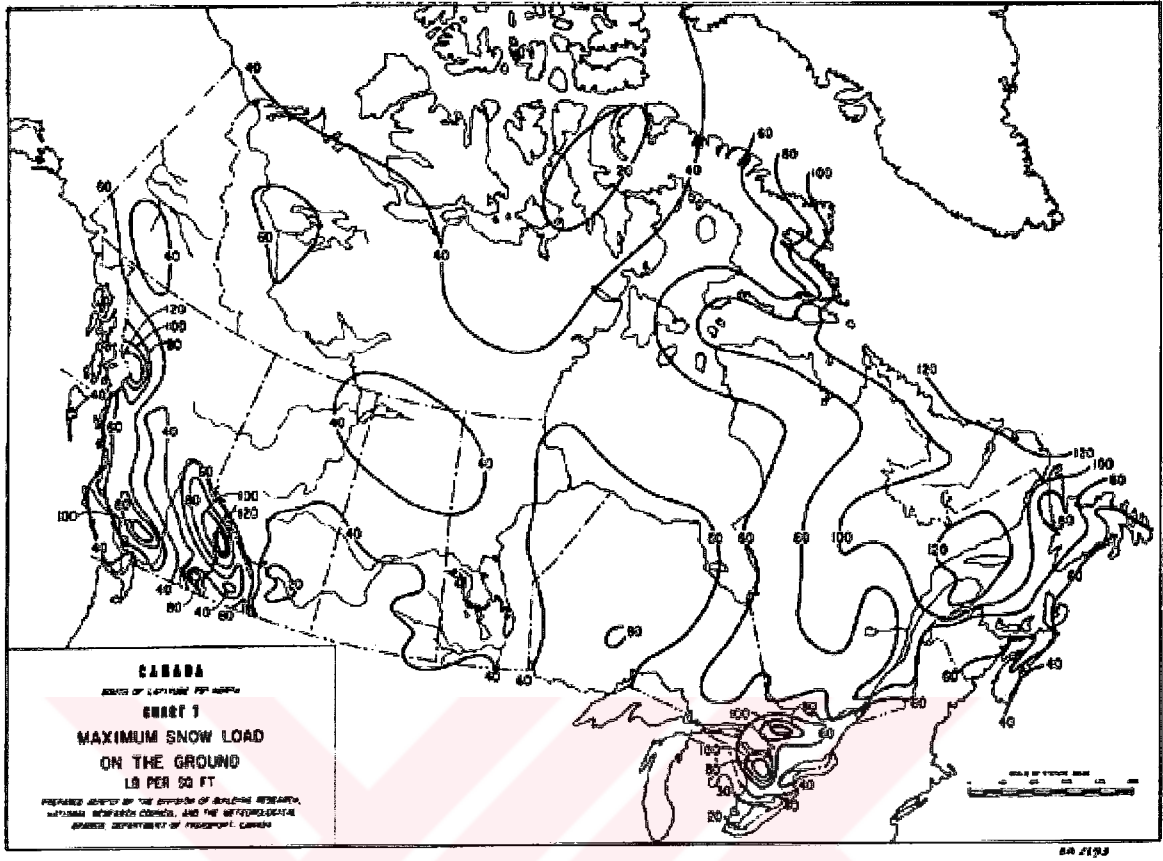
Meteorolojik veriler kullanılarak her istasyon için belirli tekerrür süreli maksimum zemin kar yükleri elde edildikten sonra bu yüklerin bölgeye yayılması, yani bu yükler kullanılarak bölgenin zemin kar yükü haritasının çıkarılması gerekir. Bunun için üç temel yöntem vardır (Rusten vd., 1980):

- 1) Bölgelere ayırma (zonal subdivision),
- 2) Eş yük eğrileri (continuous regional load contouring),
- 3) Veri normalleştirme (data normalization).

Amerika'nın Lake Tahoe şehri, Colorado ve Oregon eyaletleri ile Norveç'in Trondheim şehri bölgelere ayırma yönteminin kullanıldığı yerlere örnek verilebilir. Lake Tahoe, kar yükü şiddetine göre dokuz bölgeye ayrılmıştır. Lake Tahoe'daki zemin kar yükü için genel bir ampirik denklem elde edilmiş ve her kar yükü bölgesi için ayrı bir sayısal şiddet sabiti denkleme dahil edilerek her bölgenin zemin kar yükü hesaplanmıştır. 1975-76 kışında şiddetli kar yağışı ve buna bağlı ciddi yapısal hasarlardan dolayı Trondheim'da Ekim 1976'dan sonra yeni bir kar yükü yönetmeliği kullanılmaya başlanmıştır. Bu yönetmelikte Trondheim, her biri belirli bir sabit yüke sahip dört bölgeye ayrılmıştır. Colorado eyaletinde de kar-su eşdeğeri verilerinden yararlanılarak bölgelere ayırma yöntemi kullanılmıştır. Colorado'nun her bölgesi, yükseklik etkisini de yansıtan ampirik bir denklemde kullanılan bir sabiti temsil etmiştir. Oregon'un şehirleri bu eyalet için bölgelere ayırma işleminde ayrılan bölgeler olarak kullanılmıştır. Her şehir için 30 yıl OTS'li kar yüklerinin yüksekliğe bağlı değişimi için bir denklem elde edilerek farklı rakımlardaki kar yüklerinin tahmini sağlanmıştır (Rusten vd., 1980).

Eş yük eğrileri yöntemi Kanada'da 1980'lere kadar kullanılmasına rağmen günümüzde bu yöntem kullanılmamaktadır. Şekil 3.'de, Kanada için NBCC 1960'da eş yük eğrisi yöntemine göre çizilmiş zemin kar yükü haritası görülmektedir (Peter ve Schriever, 2002). Amerika'da ise halen bu yöntem kullanılmaktadır. İlk olarak ANSI A58.1-1972'de batı eyaletleri hariç Amerika'nın tamamı için 25,50 ve 100 yıl OTS'li zemin kar yükü eğrilerinin bulunduğu bir harita verilmiştir (Rusten vd., 1980). ANSI/ASCE 7-98'te ise zemin kar yükü eğrileri kar-su eşdeğerleri verilerine dayanılarak 50 yıl tekerrür süreli çizilmiştir.

Normalleştirilmiş zemin kar yüklerini kullanan üçüncü yöntem ilk olarak Amerika'nın Washington eyaleti için Davis (1975) tarafından geliştirilmiş ve daha sonra



Şekil 3. Kanada için NBCC 1960'da eş yük eğrisi yöntemine göre çizilmiş zemin kar yükü Haritası

Rusya'nın Idaho eyaleti için de kullanılmıştır (Rusten vd., 1980). Bu yöntem 1989'dan bu yana Kanada'da da kullanılmaktadır (Newark vd., 1989).

Rusten vd. (1980) yaptıkları çalışmada, her istasyon verisinden elde ettikleri belli tekerrür süreli zemin kar yükü değerlerini istasyonların rakımlarına bölerek normalleştirilmiş zemin kar yükleri elde etmişler ve bu değerlere göre zemin kar yükü haritası oluşturmuşlardır. Rusten vd.'nin bu çalışmasında herhangi bir yerdeki zemin kar yükü aşağıdaki ifadeyle hesaplanır.

$$G = E \cdot N \quad (13)$$

Burada G, zemin kar yükü (kN/m^2); E, zemin kar yükü hesaplanacak noktanın rakımı (m) ve N, haritadan alınan normalleştirilmiş zemin kar yükü değeridir ($kN/m^2/m$).

Newark (1989) ise her istasyon verisinden elde ettiği belli tekerrür süreli zemin kar yükü değerlerini normalleştirmek amacıyla aşağıdaki ifadeyi kullanmıştır.

$$\text{normalSL} = \text{SL} - bZ \quad (14)$$

Burada normalSL, normalleştirilmiş zemin kar yükü (kN/m^2); SL, istasyon verilerinden elde edilen zemin kar yükü (kN/m^2); b, bütün istasyonların regresyon analizi sonucu elde edilen regresyon eğimi yani zemin kar yükünün yükseklikle değişimi ($\text{kN/m}^2/\text{m}$) ve Z, verilerinden yararlanılan istasyonun rakımıdır (m). Newark (1989), bu ifadeden elde ettiği normalleştirilmiş zemin kar yüklerinden Kanada için zemin kar yükü haritası oluşturmuştur. Newark'a (1989) göre herhangi bir yerdeki zemin kar yükü

$$\text{SL} = \text{normalSL} + bZ \quad (15)$$

ifadesiyle bulunur. Burada SL, zemin kar yükü (kN/m^2); normalSL, zemin kar yükü hesaplanacak yer için haritadan alınan normalleştirilmiş zemin kar yükü (kN/m^2); b, zemin kar yükünün yükseklikle değişimi ($\text{kN/m}^2/\text{m}$) ve Z, zemin kar yükü hesaplanacak yerin rakımıdır (m).

Avrupa'nın zemin kar yükü haritasının oluşturulması amacıyla 1996'da başlayıp 1999'da sona eren çalışmada, bir zemin kar yükü haritası oluşturmak için en basit ve en etkili yolun karakteristik zemin kar yükü değerlerini deniz seviyesine indirmek ve farklı konum ve yüksekliklerdeki yükleri hesaplamak için uygun bir yükseklik-kar yükü bağıntısı elde etmek olduğu savunulmuş ve buna göre Avrupa zemin kar yükü haritası oluşturulmuştur (Del Corso, 2000). Bu çalışmada, yükseklik-kar yükü bağıntısının iklimden iklime değişeceği düşünülerek bütün bir Avrupa için aynı bağıntı kullanılmayıp farklı homojen iklim bölgeleri için farklı bağıntılar kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada konumsal interpolasyon analizi coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir (Del Corso, 2000).

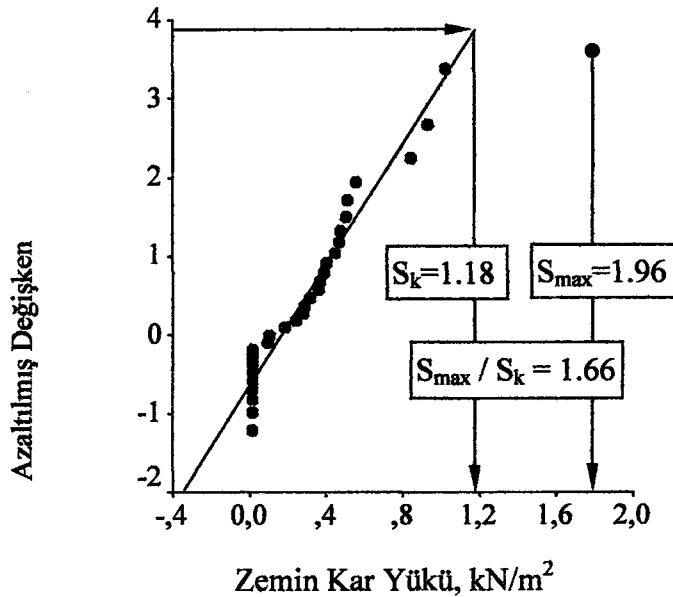
İkinci ve üçüncü yöntemlerle bir harita elde etmek için konumsal interpolasyon (spatial interpolation) analizi yapmak gerekir, yani zemin kar yükü haritası çıkarılacak bölgenin eşit aralıklı yatay ve düşey çizgilerle çok küçük parçalara ayrılarak çizgilerin kesişim noktalarındaki yüklerin tahmin edilmesi gerekir. Bunun için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Örneğin, merkezi, kesişim noktası olan belirli yarıçaplı bir daire içine düşen istasyonlara ait değerlere eşit ağırlık vererek bunların ortalamasını almak kullanılan yöntemlerden biridir (Tallin ve Ellingwood, 1987). Ancak Tallin ve Ellingwood (1987) değeri belirlenecek noktaya daha yakın olan istasyonların yüklerine daha fazla ağırlık vermeyi tercih ederek bunun için bir yöntem geliştirmişlerdir. Bunun yanında her kesişim

noktası için ya Tallin ve Ellingwood (1987) tarafından yapıldığı gibi değişken sayıda istasyon içeren daire alanının büyüklüğünün ya da değişken bir alanda işleme sokulacak minimum istasyon sayısının belirlenmesi gerekir (Newark vd., 1989). Newark'a (1989) göre ikinci seçeneğin tercih edilmesiyle her bir kesişim noktasındaki standart hata kabul edilebilir bir düzeye çekilebilir. Newark vd. (1989) ayrıca bir kesişim noktası için en az 13 istasyonun hesaba katılmasını savunmaktadır.

1.3.6. İstisna Kar Yükleri

Diğerlerinden ayrılmış bazı iklim bölgelerinde normal olmayan kar yüklerine sebep olan şiddetli kar yağışları kayıt edilmişse böyle kar yağışları daha düzenli kar yağış verilerinin istatistiki olarak düzenini bozarlar. Diğer bir ifadeyle geri kalan değerler için belirlenen istatistiki dağılıma uymazlar. Böyle kar yüklerinden *istisna kar yükleri* olarak sözedilir (Del Corso, 2000).

İstisna yükleri, sahil ve liman bölgeleri ile kar yağışlarının ara ara görüldüğü ve genellikle kısa ömürlü olduğu ılıman iklimler başta olmak üzere Avrupa'nın pek çok bölgesinde rastlanmaktadır. En büyük yükün, bu yük düşünülmeden karar verilen karakteristik yüke oranı 1.5'dan büyükse bu yük istisna yük olarak kabul edilir. Şekil 4.'de bu tanıma göre belirlenmiş istisna kar yüküne bir örnek verilmektedir (Del Corso, 2000).



Şekil 4. İstisna kar yüküne bir örnek

Böyle istisna yüklerle karşılaşıldığında bu değerlerin karakteristik zemin kar yüklerini oluşturmak için kullanılan verilerin arasından çıkarılması gerekir (Del Corso, 2000). Daha önce de bahsedildiği gibi istisna kar yüklerinin kış mevsimi boyunca karın genellikle birikmediği bölgelerde ve hafif, düzensiz ve kesikli kar yağışları ile karakterize edilen bölgelerde yani şiddetli rüzgarlara maruz kalan liman bölgelerinde ve ılıman iklim bölgelerinde ortaya çıkmasının muhtemel olduğu söylenebilir (Sims vd., 2000).

1.3.7. Türk Standartlarında Zemin Kar Yükleri

Türkiye’de, yapı tasarımında kullanılan çatı kar yüklerinin belirlenmesi amacıyla iki standart bulunmaktadır. Bunlar TS 498 ve TS 7046 standartlarıdır. Bu standartlarda, çatı kar yüküne esas teşkil eden zemin kar yükü şu şekilde verilmektedir.

1.3.7.1. TS 498 – Kar Yükü (P_{ko})

TS 498’te zemin kar yükü yerine *kar yükü* (P_{ko}) ifadesi kullanılmaktadır. Bu standartta kar yükü (P_{ko}) değeri Ek Şekil 1.’de verilen kar yağış yüksekliklerine göre düzenlenmiş haritadaki bölgelerin numarası ile Tablo 1.’den alınır.

Tablo 1. Zati kar yükü (P_{ko}) değerleri, kN/m^2

| Yapı Yerinin Denizden Yüksekliği (m) | BÖLGELER | | | |
|--|--|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| ≤ 200 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 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 |
| 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 |
| 900 | 0,80 | 0,95 | 1,30 | 1,50 |
| 1000 | 0,80 | 1,05 | 1,35 | 1,60 |
| > 1000 | 1000 m’ye tekabül eden değerler, 1500 m’ye kadar %10, 1500 m’den yukarı yüksekliklerde %15 arttırılır. | | | |

1.3.7.2. TS 7046 – Yerdeki Karakteristik Kar Yüğü (S_0)

TS 7046'ta zemin kar yüğü yerine *yerdeki karakteristik kar yüğü (S_0)* ifadesi kullanılmaktadır. Bu standarda göre yerdeki karakteristik kar yüğü (S_0), ya yerdeki kar yükünün doğrudan ölçümü, ya da daha çok, söz konusu bölgenin diğer meteorolojik verilerinin istatistiki değerlendirmesi ile belirlenir. Bu standarda göre yerdeki kar yükünün belirlenmesi için kullanılan yöntemler Ek 2.'de verilmektedir.

1.4. Çatılardaki Kar Yüklerinin Belirlenmesi

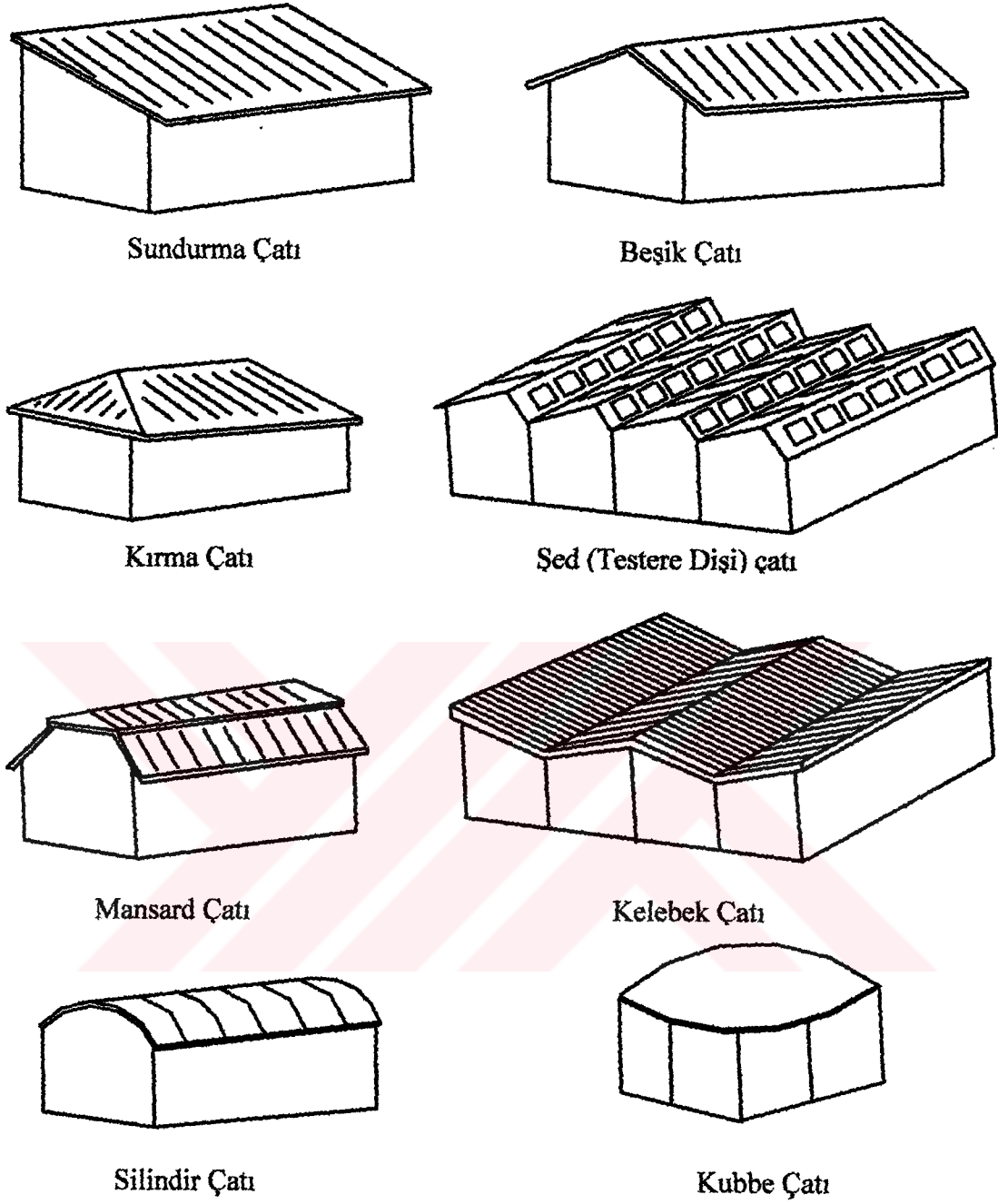
Kar, farklı ve karmaşık geometrik özellikler gösteren özel yapımlı çatılar dışında, teras, sundurma, beşik, kubbe, kemer çatı gibi basit şekilli çatılar üzerinde (Şekil 5.) esas olarak göz önüne alınan bölgenin rüzgar özelliklerine ve rüzgarın çatı üzerindeki dağılımına göre düzgün yayılı veya düzgün yayılı olmayan bir dağılım gösterir. Pratikte, çatı kar yüğü yapının inşa edileceği alanın zemin kar yüküne göre, çatı şekli, çatı malzemesinin pürüzlülüğü, rüzgarın ve güneş ışınımının çatı üzerindeki dağılımı ve yapıdan kaynaklanan ısı geçişler dikkate alınarak belirlenir. Çatı kar yükünü belirleyen bu faktörlerin çatının projelendirilmesi aşamasında göz önünde bulundurulması çatının güvenli ve ekonomik olarak projelendirilmesi bakımından önemlidir.

Çatı kar yüğü, karın çatı üzerinde birikimini etkileyen faktörlere bağlı olarak elde edilen boyutsuz dönüştürme katsayısı (şekil katsayısı) ve katsayıları ile zemin kar yükünün çarpılması sonucu elde edilen tasarım yüküdür. Bu boyutsuz dönüştürme katsayıları birçok ülkede kış mevsimleri boyunca zeminde ve çatıda düzenli olarak elde edilen kar yükü verilerinin ve laboratuarda yapılan çalışmalarda kaydedilen verilerin analizleri sonucu saptanmış ve yapı standartları içinde verilmiştir.

Çatılardaki kar yüğü, aşağıdaki nedenlerden dolayı zemin kar yükünden farklıdır (NBCC,1995):

- Rüzgardan dolayı yığılma, tekrar dağılma ve sıkışma,
- Çatı içinden ısı kayıplarının bir sonucu olarak erime,
- Eğimli çatılar üzerinden karın kayması.

Genelde, bir çatı üzerindeki ortalama kar yüğü zemin kar yükünden daha azdır, fakat karın yığılması ve tekrar dağılması çatı üzerinde belli bölgelerde son derece büyük çatı yüklerine sebep olabilir.



Şekil 5. Basit şekilli çatılar (Taymaz, 1997)

1.4.1. Rüzgardan Dolayı Yığılma ve Tekrar Dağılma

Rüzgarla birlikte karın yığılması ve aşınması, genel olarak rüzgar akımı içindeki burgaçlı akımların varlığından etkilenmektedir. Akımın yörüngesini değiştiren veya burgaçlı akımlar oluşturan herhangi bir engel karın yığılma şeklini değiştirir. Genelde karın tekrar dağılmasını aşağıdaki temel ilkeler tanzim ederler (NBCC, 1995).

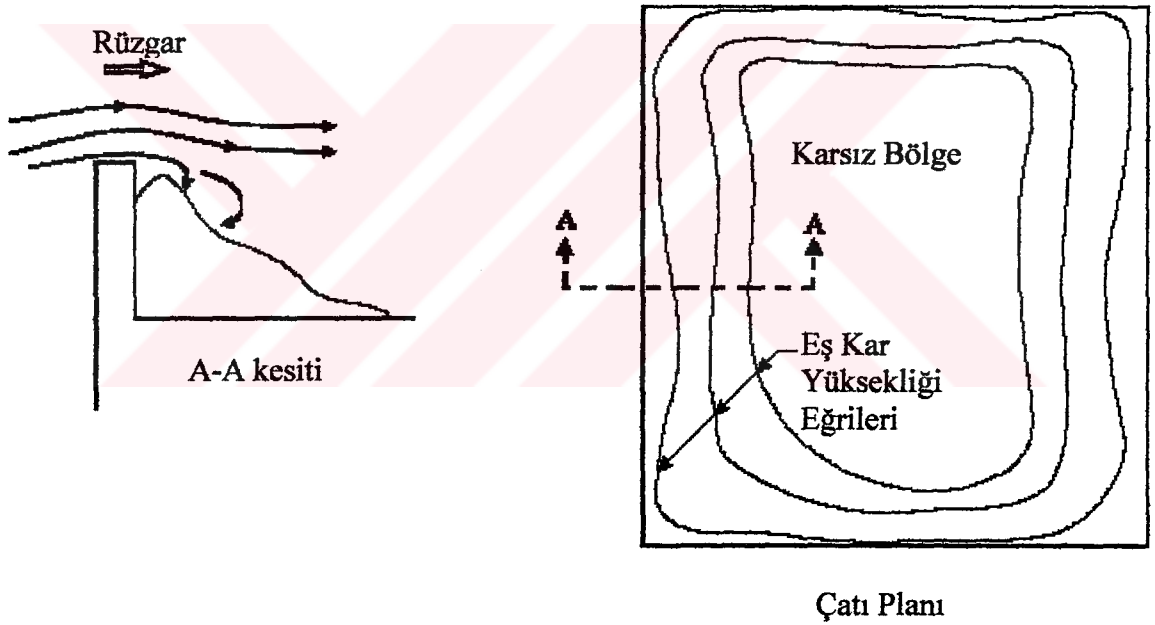
- Kar, hızlanan hava akışının olduğu bölgelerde oyulur ve durgun bölgelerde yığılır.

- Hava akımıyla beraber kar, taşındığı yerden yığıldığı yere kadar zemin veya çatı yüzeyine yakın bir şekilde neredeyse yatay olarak taşınır. Bu yüzden kar biriktiği bölgelerden daha yüksekte değil, eşit yükseklikte veya daha alçakta birikmeye meyillidir. Sonuçta herhangi bir çatı üzerinde biriken karın miktarı, bu çatı üzerindeki karın miktarıyla veya daha yüksekteki komşu ve bitişik çatılar üzerindeki karın miktarıyla sınırlıdır.

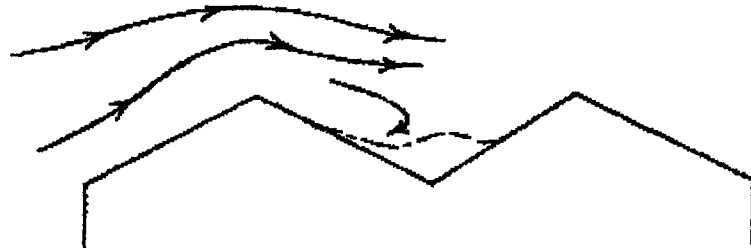
Aşağıdaki bölgelerde kar yığılması bol miktarda oluşabilir (NBCC, 1995):

- Parapet duvarlar ve çitler gibi engellerin etrafında (Bu durumda birikintinin yüksekliği engelin yüksekliği ile sınırlıdır.),
- Yüksek binalara veya bina kısımlarına yakın alçak seviyedeki çatı üzerlerinde,
- Şed (testere dişli) veya kelebek çatılarda oluşan çatı derelerinde.

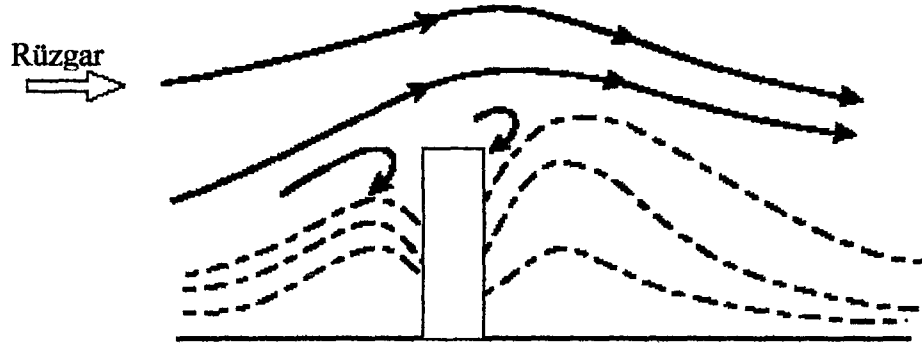
Birkaç tipik kar yığılması şekli aşağıda Şekil 6.-10.'da gösterilmektedir.



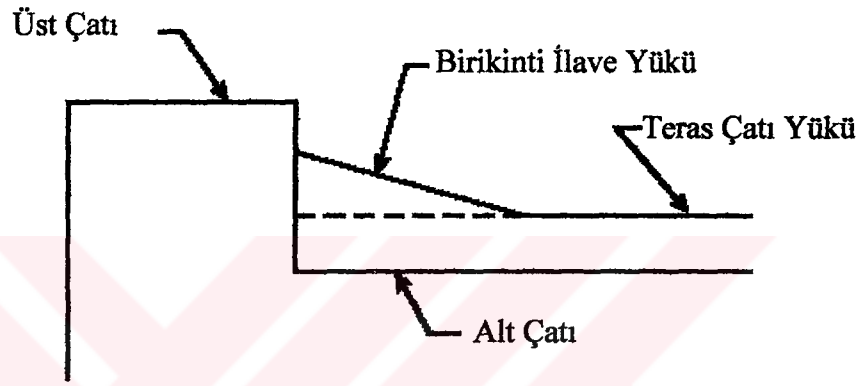
Şekil 6. Parapet duvarın arkasında karın yığılması



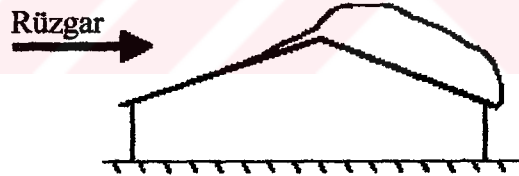
Şekil 7. Çatı derelerinde karın yığılması



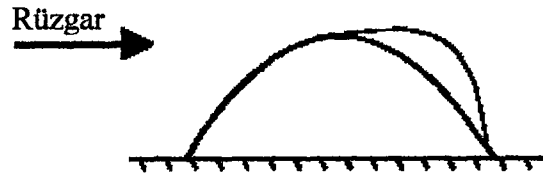
Şekil 8. Masif bir çit etrafında karın yığılması



Şekil 9. Bitişik bir çatıdan dolayı karın birikinti oluşması



Dengesiz Kar Yükü-Beşik Çatı



Dengesiz Kar Yükü-Kemerli Çatı

Şekil 10. Beşik ve kemerli çatılar üzerindeki dengesiz kar yükleri

Büyük dengesiz yükler, beşik veya kemerli çatıların rüzgar altı tarafında (rüzgardan korunan tarafta) karın yığılmasından kaynaklanabilir. Bu dengesiz yükler özellikle kemerler ve kemer makasları için tehlikeli olabilirler (NBCC, 1995).

%10 veya daha fazla eğimli çatılar periyodik olarak kayma sonucu kar yüklerinin hepsini veya bir kısmını kaybetme eğilimindedirler. Eğimli çatılara komşu veya bitişik alçak çatılar kayma sonucu oluşan ilave kar yüklerine göre tasarlanmalıdırlar. Kayan kar, parapet duvarlara ve diğer dikey yüzeylere yanal bir kuvvet de uygulayacağından bu hususun da göz önünde bulundurulması gerekir. Kamu kullanımına açık bölgelere yakın eğimli çatılar tehlikeli durumlara sebep olabileceklerinden bu durumdan kaçınılmalı veya etkileri azaltılmalıdır (NBCC, 1995).

Aşağıda, çeşitli tip kar yükleri için yapılan çalışmalardan bahsedilmekte ve kar tasarımı ile ilgili en gelişmiş standartlar olarak kabul edilen NBCC ve ANSI/ASCE standartlarının yapılan bu çalışmalar ışığında gelişim süreci incelenmektedir. Söz konusu standartlardan ANSI/ASCE 7-98'in günümüzde kullanılan versiyonundaki kar yükleri bölümü Ek 3.'de ayrıntılı olarak verilmektedir.

1.4.2. Teras Çatı Kar Yükleri

Çatının rüzgara ve güneşe maruz kalma durumu, yapıdaki ısı kayıpları, çatı geometrisi, çatı kaplama malzemesi ve çatı etrafındaki ve üzerindeki engeller çatı kar yüklerini önemli ölçüde etkilerler. NBCC'nin 1941 baskısı çatı kar yükü için aşağıdaki formülü vermektedir.

$$p_r = C \cdot p_g \quad (16)$$

Burada p_g , zemin kar yükü; C , çatı çevresi ve geometrisine bağlı boyutsuz bir katsayı ve p_r , çatı için yapısal tasarım yüküdür. Kanada'da 1956 yılında çatılardaki kar yüklerinin ülke çapında incelendiği bir araştırma başlatılmış ve rüzgardan korunan bir bölgede bir teras çatı için esas çatı kar yükünün genellikle zemin kar yükünün %80'i olduğu görülmüştür (Peter vd., 1963). Bu bilgi NBCC 1960'a dahil edilmiştir. Araştırma, esas kar yükü katsayısının çatının rüzgara tamamen maruz kaldığı bölgelerde %25 azaltılabileceğini de göstermiştir. Bu indirgeme ilk kez NBCC 1965'te kullanıma sunulmuştur. Aynı kurallar NBCC 1977'de de kullanılmıştır. ANSI A58.1-72'nin önerdiği kurallar ise NBCC 1965'in önerdikleri ile aynıdır (Sack, 1989).

1978'te ANSI (American National Standards Institute), CRREL (Cold Regions Research Engineering Laboratory) tarafından ülke çapında yapılan kar ölçümlerinin sonuçlarını kullanarak 1982 standardı için çatı kar yüküne etki eden faktörleri formüle edecek bir kar yükü komitesi kurdu. Komite, Birleşik Devletler ve Alaska için sırasıyla aşağıdaki formülleri önermiştir.

$$p_f = 0.7 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I \cdot p_g \quad (17.a)$$

$$p_f = 0.6 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I \cdot p_g \quad (17.b)$$

Burada p_f , teras çatı kar yükü; C_e , boyutsuz rüzgara maruz kalma durumu katsayısı; C_t , boyutsuz ısı durum katsayısı ve I , zemin kar yükünü 50 yıldan farklı bir ortalama tekerrür süreli zemin kar yüküne çeviren boyutsuz bir önem katsayısıdır. (17.a) ve (17.b)'deki 0.7 ve 0.6 katsayıları CRREL veri tabanının analizinden kaynaklanmaktadır. O'Rourke ve Stiefel (1983), çatı ve zemin kar yüklerine ait eş zamanlı ölçümleri kullanarak p_f/p_g dönüşüm katsayısı için muhtemel değer $0.47C_eC_t$ olduğu sonucuna varmışlardır. Burada ϵ , muhtemel değerle ilgili verilerde bir miktar saçılma olduğundan çarpıma eklenen lognormal dağılımlı bir hata terimidir. O'Rourke ve Stiefel (1983), hem yıllık maksimum zemin kar yükünün hem de dönüşüm katsayısının değişkenliğini düşünerek 50 yıl OTS'li çatı kar yükünün, 50 yıl OTS'li zemin kar yükünün $0.606C_eC_t$ katı olduğuna karar vermişlerdir. Fakat O'Rourke, C_e 'nin 1.32'den (rüzgardan korunan) 0.95'e (rüzgara maruz) değişen değerlerini kullanmışken ANSI82 C_e için 1.2'den (rüzgardan korunan) 0.8'e (rüzgara maruz) değişen değerlerini kullanmıştır. Bundan dolayı ANSI82'nin kullandığı 0.7'lik katsayının makul bir kolaylık sağladığı düşünülmüştür (Sack, 1989).

ANSI82'den sonra ANSI/ASCE88, ANSI/ASCE 7-93, ANSI/ASCE 7-95 ve ANSI/ASCE 7-98'de de teras çatılar için (17.a) formülü kullanılmıştır.

1.4.3. Eğimli Çatı Kar Yükleri

Alan gözlemleri (Lutes, 1971; Schriever 1967), tecrübe ve muhakeme yoluyla karın şed, beşik ve kemerli çatı şekilleri üzerindeki dağılımları elde edilmiş ve NBCC 1965 Ek 3.'e eklenmiştir. Buna müteakip bu temel yapı şekilleri için (16)'daki C 'nin değerleri ANSI72 tarafından önerilmiştir. Kanada, ilgili standartlarının 1970 ve 1975 baskılarında

küçük değişiklikler yapmıştır (Sack, 1989).

NBCC 1941, teras çatı kar yüküyle çarpılan bir eğime bağlı indirgeme katsayısını (C_s) hesaba katmıştır. C_s , 20° ve 62.9° arasındaki eğimli çatılar için Şekil 11.'de C çizgisiyle görüldüğü gibi azaltılır. Üst sınırı aşan eğimlerde çatının kardan müstesna olduğu ve 20° 'den az eğimli çatılarda çatının teras çatı kar yüküne sahip olduğu düşünülmüştür (Sack, 1989).

Bu eğime bağlı indirgeme katsayısı NBCC'nin 1960 baskısında değişmiş ve NBCC'nin 1977, 1980, 1985, 1990 ve 1995 baskılarında aynı katsayı kullanılmıştır (Şekil 11.'deki D çizgisi). NBCC 1985'de, 15° 'den büyük eğime sahip cam ve metal gibi kaygan yüzeyli çatılardan karın kayabileceği de belirtilmiştir. NBCC 1995'de ise C_s kaygan yüzeyli çatılar için de tanımlanmıştır (Şekil 11.'de F çizgisi).

C_s , NBCC 1980 ve 1985'de aşağıdaki denklemde kullanılmıştır.

$$p_s = C_b \cdot C_w \cdot C_a \cdot C_s \cdot p_g \quad (18)$$

Burada p_s , eğimli çatı kar yükü; C_b , 0.8'lik esas çatı kar yükü katsayısı; C_w , rüzgara maruz kalma katsayısı (normal yapılar için 1.0, rüzgara maruz kalan yapılar için 0.75) ve C_a , çatı geometrisi ve karın kayması gibi etkileri hesaba katan biriktirme katsayısıdır (Sack, 1989).

Newark vd. (1988) tarafından yapılan bir çalışmayla NBCC 1990'a 30 yıl ortalama tekerrür süreli 1 günlük maksimum yağmur yükü p_r de eklenmiştir. Böylece çatı kar yükü p , NBCC 1990'da aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$p = p_g (C_b \cdot C_w \cdot C_s \cdot C_a) + p_r \quad (19)$$

Bu bölümde karışıklığı önlemek için bazı semboller NBCC'de kullanılanlardan farklı gösterilmiştir.

NBCC 1995 için yapılan çalışmalarda, büyük yüzey alanına sahip teras çatılarda (hakim rüzgar doğrultusunda 120 m ve daha uzun çatılar) daha büyük miktarlarda birikme olabileceği dikkate alınmış ve biriktirme katsayısı çatı boyutları dikkate alınarak yeniden düzenlenmiş ve l_c , karakteristik uzunluk (m); l , çatı uzun kenarı (m); w , çatı kısa kenarı (m) olmak üzere karakteristik uzunluk, rüzgara kapalı ($C_w = 1.0$) ve açık alanlar için ($C_w = 0.75- 0.50$) biriktirme katsayıları sırasıyla

$$l_c = w(2 - w/l) \quad (20)$$

$$C_a = 1.2 \cdot [(1 - (30/l_c)^2)] \geq 1 \quad (21)$$

$$C_a = 1.6 \cdot [(1 - (120/l_c)^2)] \geq 1 \quad (22)$$

bağıntılarıyla verilmiştir. Bu ifadelerde çatı-yapı arasında oluşacak ısı geçişlerin etkisi dikkate alınmamış, yükün oluşabilecek ısı geçişlere bağlı olarak %5-15 oranlarında azaltılabileceği belirtilmiştir (Irwin vd, 1995).

ANSI72, 30°'den büyük eğimli çatılar için tasarım yükünde bir azaltmaya izin vermiştir. Teras çatı kar yükü p_f ile çarpılan eğime bağlı azaltma katsayısı C_s Şekil 11.'de D çizgisiyle gösterilmektedir. ANSI82, çatının yeterli eğimi varsa teras çatı kar yükünün aşağıda verildiği gibi azaltılabileceğini ifade etmiştir.

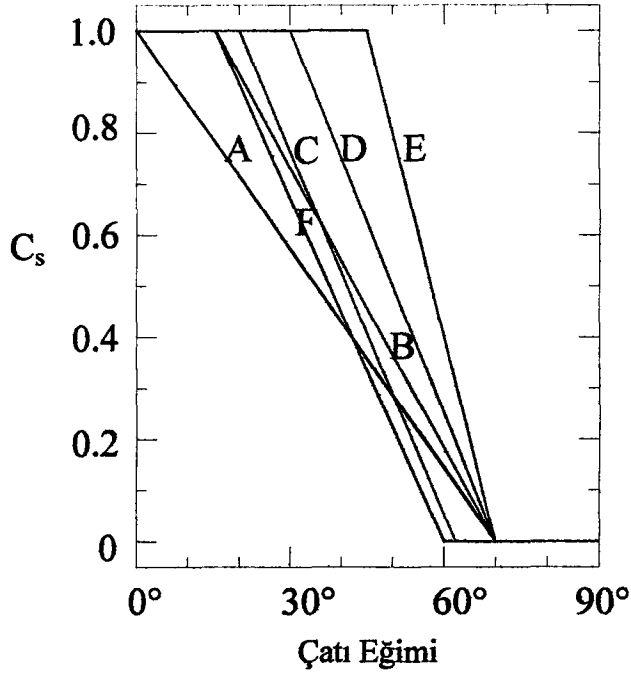
$$p_s = C_s \cdot p_f \quad (23)$$

Burada p_s , eğimli çatı kar yükü ve C_s , çatı eğimine, çatı kaplama malzemesine ve ısı özelliklerine bağlı boyutsuz bir katsayıdır. Üzerinde engel bulunmayan çatılar için eğim indirgeme katsayıları Şekil 11.'de gösterilmektedir. B çizgisi sıcak ($C_f=1.0$) kaygan yüzeyli çatılara, D çizgisi diğer bütün sıcak çatılara ve soğuk ($C_f>1.0$) kaygan yüzeyli çatılara ve E çizgisi diğer bütün soğuk çatılara uygulanır (Sack, 1989).

ASCE (American Society of Civil Engineering), engelsiz kaygan yüzeyli çatılar için C_s 'ye önemli değişiklikler önermiştir. Son araştırmalara (Sack vd., 1987; Sack, 1988) dayanarak ANSI/ASCE88 için önerilen eğime bağlı indirgeme katsayıları Şekil 11.'deki sıcak ($C_f=1.0$) kaygan yüzeyli çatılar için A çizgisi, soğuk ($C_f>1.0$) kaygan yüzeyli çatılar için B çizgisi ve diğer bütün yüzeyli sıcak ve soğuk çatılar için sırasıyla D ve E çizgileridir (Sack, 1989).

Kayan kar, bulunduğu çatının yükünü azaltmaktadır, fakat bu durum karın düştüğü çatı üzerinde büyük statik ve dinamik yüklere neden olabilir. Bu konuya değinen standart ve yönetmelikler statik yük kullanılmasını önermektedirler. NBCC 1985,1990 ve 1995, alt ve üst çatının göreceli büyüklüğüne, eğimine ve pozisyonuna bağlı olan bir dağılımda üst çatı dengeli kar yükünün yarısının kullanılmasını önermişlerdir.

ANSI82 ve ANSI/ASCE88-7-93-7-95-7-98'de karın eğimli bir çatıdan daha altta bulunan bir çatıya kaymasıyla oluşan ekstra yük, üstteki çatı üzerinde dengeli yükleme şartı altında biriken karın tamamının alttaki çatıya kayacağı varsayımıyla belirlenmiştir.



Şekil 11. ANSI72 (D çizgisi), ANSI82 (B,D ve E çizgileri), ANSI/ASCE88, 7-93, 7-95, 7-98 (A, B, D ve E çizgileri), NBCC41 (C çizgisi), NBCC77, 80, 85 (D çizgisi) ve NBCC90, 95 (D ve F çizgileri) için eğime bağlı azaltma katsayıları

1.4.4. Üniform Olmayan Kar Yükleri

Kar birikintisini, rüzgar hızı ve yönü, rüzgara karşı yöndeki ve yapının etrafındaki arazi engebese, hava sıcaklığı, nem, kar birikintisinin oluşma hızı ve yapının geometrisi etkiler (Isyumov ve Davenport, 1974). Bu etkiler (17.a), (17.b), (18) ve (19)'deki rüzgara maruz kalma durumu katsayılarına etki ederler.

1.4.4.1. Dengesiz Yükler

Bir yapıda mahyaya doğru esen rüzgar, rüzgar altı yüzeyde aerodinamik gölge bölgesi oluşturur ve rüzgar üstü taraftaki çatı yüzeyinden mevcut karı taşıyarak rüzgar altı yüzeyde üniform olmayan kar birikintisi meydana getirir. Üniform olmayan çatı kar yükleri kayan kardan da kaynaklanabilir.

Dengesiz kar yüküne ait ilk veriler Kanada'da 1956-1967 yılları arasında çatı kar yüklerinin incelendiği bir araştırmayla elde edilmiştir (Lutes, 1971; Schriever, 1967). Diğer bir çalışma çok katlı çatılar ve silindir çatılar için yapılmıştır (Taylor 1980).

Kanada'daki ilk çalışmalardan elde edilen tasarım kriteri NBCC'nin 1965 baskısına

dahil edilmiştir. Bu kriter genel olarak, beşik, kemerli ve silindir çatılar için bütün karın bir taraftan hareket ederek rüzgar altı tarafta yükleme oluşturması olarak açıklanabilir. Çatıların dere bölgelerindeki ilave kar birikimleri de bu standartta belirtilmiştir. NBCC'nin sonraki baskılarında da dengesiz yükler için aynı önerilerde bulunulmuştur. ANSI72 'de NBCC'ye benzer önerilerde bulunulmuş ve ANSI82'de bir dizi dengesiz yük önerilmiştir. ANSI'nin sonraki baskılarında da küçük değişikliklerle bir dizi dengesiz yük önerilmeye devam edilmiştir.

1.4.4.2. Alt Çatılardaki ve Yakın binalardaki Birikintiler

Güçlü rüzgarlar karı öylesine taşırlar ki birikintiler çatılarda çatı geometrisindeki ve çatı etrafındaki engellerdeki ani değişimler yaşanan bölgelerde birikir. Çok katlı çatılardaki birikintiler zemin kar yükünün pek çok katı kadar yük oluşturabilirler. Bunların, kardan dolayı meydana gelen yapısal hasarların ana nedeni olduğu düşünülmektedir. Bu tür birikintiler ilk defa NBCC 85'de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. NBCC85, üst çatının hemen yanındaki alt çatı üzerinde maksimum yükü çatı yükseklikleri arasındaki farkın (m) karın birim ağırlığıyla (2.4 kN/m^3) çarpımına eşit üçgen bir birikinti önermiştir. Birikinti ilave yükünün dengeli yükle toplamı $3p_g$ ile sınırlıdır. Birikintinin taban uzunluğu, çatı yükseklikleri arasındaki farkın iki katıdır. Uzunluğu 15 m'den daha az olan üst çatılar için tasarımcı birikintiyi azaltabilmektedir. NBCC85, birikinti yükünün üst ve alt çatının birbirine sınır veya 5 m'den daha az ayrı olduğunda düşünülmesi gerektiğini belirtmiştir. (17)'deki C_w 'nin değeri, yükseklik değişiminden itibaren rüzgarın estiği yönde çatı yükseklikleri arasındaki farkın 10 katı mesafe için 1.0'dır (Sack, 1989).

ANSI/ASCE88, teknik literatüründen ve sigorta şirketlerinin hasar raporlarından bir araya getirilen yaklaşık 350 birikinti kar yükü örnek durumundan oluşan bir çalışmaya dayalı olarak kar birikintisine ait yeni önerilerde bulunmuştur. Çoklu regresyon analizi, birikinti ilave yükü yüksekliğinin üst ve alt çatı uzunluğunun (yani kar kaynaklarının), zemin kar yükünün (yani yapı mahallindeki karın sürekliliğinin) ve çatıların yükseklikleri arasındaki farkın (birikinti şekillenmesi için mevcut boşluğun) bir fonksiyonu olduğunu belirtmiştir (O'Rourke vd., 1985). Aşağıdaki birikinti tasarım kriteri O'Rourke ve Wood (1986) ve O'Rourke vd.'nin (1986) çalışmalarından ortaya çıkmıştır.

Dengeli çatı kar yüküne eklenecek üçgen kar birikinti ilave yükünün aşağıda verilen h_d (1 ft=0.3048 m) maksimum yüksekliği vardır.

$$h_d = 0.43(L_u)^{1/3} \cdot (p_g + 10)^{1/4} - 1.5 \quad (24)$$

Burada L_u , 25 ft'den (7.6 m) küçük ve 600 ft'den (183.9 m) büyük olmaması gereken üst çatı uzunluğudur. Birikintinin yoğunluğu, D ($1 \text{ lb/ft}^3 = 0.157 \text{ kN/m}^3$)

$$D = 0.13 \cdot p_g + 14 \leq 35 \text{ lb/ft}^3 \text{ (} 5.5 \text{ kN/m}^3 \text{)} \quad (25)$$

ifadesiyle bulunur. Birikintinin başındaki ekstra kar yükü $h_d D$ 'ye eşittir ve buradaki toplam yük, birikinti yükünün dengeli çatı yükü, p_s ile toplamına eşittir. Birikintinin maksimum yüksekliği $h_r - h_b$ 'yi aşmamalıdır. Burada h_r , iki çatı yükseklikleri arasındaki fark ve h_b , üniform kar birikmesinin derinliğidir. O'Rourke, p_g 10 lb/ft^2 'den (0.48 kN/m^2) küçükse veya $(h_r - h_b)/h_b$ 0.2 'den daha küçükse birikinti yüklerinin düşünülmesine gerek olmadığını belirtmektedir.

Birikinti ilave yükü, çatı yüksekliklerinin değiştiği yerden itibaren $4h_d$ 'lik mesafede 0'a (sıfır) kadar azaltılır. Yüksek bir yapıya en çok 20 ft (6 m) uzaklıktaki alçak bir çatı üzerindeki birikinti yüküne yukarıdaki metotla karar verilmelidir. Ancak yapılar arasındaki yatay uzaklık s 'yi (ft) hesaba katmak için birikinti yükünün maksimum değeri $(20-s)/20$ katsayısıyla çarpılmalıdır.

ANSI/ASCE88'den sonraki baskılar da birikinti yükleri için aynı formasyonu kullanmışlardır.

1.4.5. Türk Standartlarında Çatı Kar Yükleri

Türkiye'de, yapı tasarımında kullanılan çatı kar yüklerinin belirlenmesi amacıyla iki standart bulunmaktadır. Bunlar TS 498 ve TS 7046 standartlarıdır. Bu standartlarda çatı kar yükleri şu şekilde verilmektedir.

1.4.5.1. TS 498 – Kar Yüğü Hesap Değeri (P_k)

Kar yükü hesap değeri (P_k) için alınacak yük, kar yağışı artış şartlarına göre değişkenlik gösterir. Kar yükü (P_{ko}), hareketli yük sınıfına girer. Bunun bağlı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.

30°'ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), kar yükü (P_{ko}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınır.

Yatayla α açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediği çatılarda kar yükü hesap değeri olarak

$$P_k = m \cdot P_{ko} \quad , \quad m = 1 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40^\circ} \quad (26)$$

alınır. m değeri (26)'dan hesaplanır ya da Tablo 2.'den alınır.

Tablo 2. Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m)

| α | 0° | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\leq 30^\circ$ | 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° | 0.0 | | | | | | | | | |

1.4.5.2. TS 7046 – Çatılardaki Kar Yükü (S)

Bu standartta çatılardaki kar yükü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$S = \mu \cdot S_0 \quad (27)$$

Bu formülde μ , şekil katsayısı; S_0 , yerdeki karakteristik kar yüküdür. μ ve S_0 'a ait ayrıntılı bilgiler Ek 2.'de verilmektedir.

1.5. Regresyon ve Korelasyon Analizi

Bu çalışmada verilerin istatistiksel analiz süreçlerinde regresyon ve korelasyon analizlerinin sık sık yapılması gerektiğinden bu kavramlar hakkında kısa bilgilerin verilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Ek 4.'de basit doğrusal regresyon ve korelasyon analizlerinden bahsedilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR ve İRDELEME

2.1. Verilerin Toplanması

Doğu Karadeniz bölgesinin zemin kar yükü haritasının oluşturulması amacıyla bu bölgedeki (Trabzon, Rize, Artvin, Giresun, Gümüşhane ve Bayburt illerinin bulunduğu bölge) ve bu bölgeye komşu illerdeki (Tokat, Ordu, Sivas, Erzincan, Erzurum, Ardahan ve Kars) Devlet Meteoroloji İşleri'nin (DMİ) işlettiği 1. ve 2. sınıf kar gözlem istasyonlarından kar verileri toplandı. 1. sınıf istasyonlar hem kar-su eşdeğeri hem de kar derinliği ölçümü yaparlarken 2. sınıf istasyonlar sadece kar derinliği ölçümü yapmaktadırlar.

Bu çalışmada Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ) gibi kurumlara bağlı kar rasat parklarında yapılan kar gözlem verilerinin kullanılmamasının bazı nedenleri vardır. Bunlar, bu işletmelere bağlı kar rasat parklarının il veya ilçe merkezlerinden çok uzakta olması ve rakımlarının merkezlerin rakımlarından fazla olması ve bu kar rasat parklarında yapılan kar gözlemlerinin 15 günlük veya aylık periyotlarla yapılmasıdır. Bunun yanında DMİ istasyonları il veya ilçe merkezlerinde kurulu bulunmakta ve bu istasyonlardaki kar gözlemleri kar mevsimi boyunca günlük olarak yapılmaktadır. Zemin kar yükü haritasında nüfusun ve yerleşimin yoğun olduğu il ve ilçe merkezlerindeki kar yüklerinin doğruya en yakın şekilde verilmesi hedeflendiğinden ve günlük yapılan ölçümlerle yıllık maksimum değerler büyük bir ihtimalle elde edilebildiğinden bu çalışmada DMİ istasyonlarının verileri kullanılmaktadır.

Tablo 3.'de verilerin alındığı istasyonun adı, bulunduğu ilçe, enlem ve boylamı, rakımı ve sınıfı verilmektedir.

Sözü edilen illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonlarından elde edilen kar-su eşdeğerlerine ve kar derinliklerine ait yıllık maksimum veriler Ek 5.'de verilmektedir. 14 tane 1.sınıf istasyondan elde edilen kar-su eşdeğeri ve kar derinliği verileri 1972-2002 yılları arasında ölçülmüş en az 30 yıllık verilerdir. 18 tane 2.sınıf istasyondan 17'sinden elde edilen kar derinliği verileri 1972-2002 yılları arasında ölçülmüş en az 15 yıllık veriler olup kalan 1 tane 2. sınıf istasyondan elde edilen kar derinliği verileri ise 1957-1978 yılları arasında ölçülmüştür.

Tablo 3. Verilerin alındığı DMİ istasyonlarına ait bilgiler

| İstasyon Adı | İlçesi | Sınıfı | Enlem | Boylam | Kot (m) |
|----------------|----------------|--------|-------|--------|---------|
| Trabzon | Trabzon | 1 | 41.00 | 39.43 | 30 |
| Akçaabat | Akçaabat | 2 | 41.01 | 39.35 | 10 |
| Hopa | Hopa | 1 | 41.24 | 41.49 | 33 |
| Artvin | Artvin | 1 | 41.11 | 41.49 | 597 |
| Giresun | Giresun | 1 | 40.55 | 38.24 | 38 |
| Şebinkarahisar | Şebinkarahisar | 1 | 40.18 | 38.25 | 1300 |
| Gümüşhane | Gümüşhane | 1 | 40.28 | 39.28 | 1219 |
| Rize | Rize | 1 | 41.02 | 40.31 | 4 |
| Pazar | Pazar | 2 | 41.11 | 40.53 | 50 |
| Kars | Kars | 1 | 40.37 | 43.06 | 1775 |
| Ardahan | Ardahan | 1 | 41.07 | 42.43 | 1829 |
| Erzurum | Erzurum | 1 | 39.55 | 41.16 | 1869 |
| Oltu | Oltu | 2 | 40.33 | 41.59 | 1275 |
| Tortum | Tortum | 2 | 40.18 | 41.33 | 1550 |
| Horasan | Horasan | 2 | 40.03 | 42.10 | 1540 |
| Hınıs | Hınıs | 2 | 39.22 | 41.42 | 1720 |
| Erzincan | Erzincan | 1 | 39.45 | 39.30 | 1215 |
| Ordu | Ordu | 1 | 40.59 | 37.54 | 4 |
| Tokat | Tokat | 1 | 40.18 | 36.34 | 640 |
| Sarıışla | Sarıışla | 2 | 39.21 | 36.25 | 1180 |
| Hafik | Hafik | 2 | 39.51 | 37.23 | 1275 |
| Yıldızeli | Yıldızeli | 2 | 39.52 | 36.36 | 1415 |
| Kangal | Kangal | 2 | 39.14 | 37.23 | 1545 |
| Divriği | Divriği | 2 | 39.22 | 38.07 | 1250 |
| Gemerek | Gemerek | 2 | 39.11 | 36.04 | 1173 |
| Ulaş | Ulaş | 2 | 39.26 | 37.02 | 1280 |
| İspir | İspir | 2 | 40.29 | 41.00 | 1200 |
| Bayburt | Bayburt | 1 | 40.15 | 40.14 | 1555 |
| Zara | Zara | 2 | 39.54 | 37.45 | 1348 |
| Sivas | Sivas | 2 | 39.45 | 37.01 | 1285 |
| İmranlı | İmranlı | 2 | 39.53 | 38.07 | 1550 |
| Suşehri | Suşehri | 2 | 40.10 | 38.06 | 950 |

2.2. Eksik Verilerin Tamamlanması

Ek 5.'deki istasyonlara ait veriler incelendiğinde bazı yıllara ait verilerin eksik olduğu görülmektedir. Daha önce de sözü edildiği gibi bir istasyonda yapılan kayıtlar sırasında değişik nedenlerle bazıları tutulamamış olabilir. Meteoroloji çalışmalarında kayıtlar ne kadar eksiksiz ve uzun süreli olursa, elde edilen sonuçlar o kadar güvenilir olur. Eksik verilerin civar istasyonların verilerinden yararlanarak hesaplanmaları gereklidir.

Bu çalışmada eksik veriler 1.2.4.4.'de anlatılan yöntemlerden korelasyon yöntemi ile tamamlanmıştır. Eksik kar-su eşdeğer verilerine sahip istasyonların verileri ile diğer kar-su eşdeğer ölçümü yapan istasyonların verileri arasında SPSS paket programı yardımıyla yapılan korelasyon analizi sonucu elde edilen en büyük korelasyon katsayıları ve bu katsayıların elde edildiği verilerin ait olduğu istasyonlar Tablo 4.'de verilmektedir.

Tablo 4. Eksik kar-su eşdeğer verili istasyonlarla diğer kar-su eşdeğer ölçümü yapan istasyonlar arasında yapılan korelasyon analizi sonucu elde edilen maksimum korelasyon katsayıları

| Eksik kar-su eşdeğer verili istasyon | Korelasyon katsayısı r'yi maksimum yapan istasyon | Korelasyon katsayısı, r | P değeri |
|--------------------------------------|---|-------------------------|----------|
| Artvin | Gümüşhane | 0.484 | 0.007 |
| Hopa | Giresun | 0.685 | 0.001 |
| Bayburt | Kars | 0.852 | 0.000 |
| Giresun | Hopa | 0.685 | 0.001 |
| Şebinkarahisar | Gümüşhane | 0.433 | 0.019 |
| Rize | Hopa | 0.539 | 0.070 |
| Trabzon | Ordu | 0.594 | 0.032 |
| Ardahan | Kars | 0.864 | 0.000 |
| Erzincan | Gümüşhane | 0.802 | 0.000 |
| Kars | Ardahan | 0.864 | 0.000 |
| Ordu | Trabzon | 0.594 | 0.032 |
| Tokat | Erzincan | 0.376 | 0.137 |

Tablodaki P değerlerinden Rize ve Tokat istasyonlarının korelasyon katsayılarını maksimum yapan istasyonlarla aralarında çok iyi bir ilişki olmadığı görülmektedir. Ancak bu zayıf ilişkiye rağmen Rize istasyonunun eksik verilerinin Hopa istasyonunun verileri ile, Tokat istasyonunun eksik verilerinin ise Erzincan istasyonunun verileri ile tamamlanması uygun görülmektedir.

Eksik kar-su eşdeğer verili istasyonlardan Artvin istasyonu ile korelasyon katsayısı r'yi maksimum yapan Gümüşhane istasyonu arasında SPSS paket programı yardımıyla yapılan regresyon analizi sonucu Tablo 5.'de verilmektedir.

Diğer eksik kar-su eşdeğer verili istasyonlar ile korelasyon katsayısı r'yi maksimum yapan istasyonlar arasında SPSS paket programı yardımıyla yapılan regresyon analizi sonuçları Ek 6.'da verilmektedir.

Eksik kar derinliği verilerine sahip istasyonların verileri ile diğer kar derinliği ölçümü yapan istasyonların verileri arasında SPSS paket programı yardımıyla yapılan korelasyon

analizi sonucu elde edilen en büyük korelasyon katsayıları ve bu katsayıların elde edildiği verilerin ait olduğu istasyonlar Tablo 6.'da verilmektedir.

Tablo 5. Artvin ve Gümüşhane istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,484 | 0,234 | 0,207 | 57,8969 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 28701,307 | 1 | 28701,307 | 8,562 | 0,007 |
| Artık (Rezidüel) | 93857,581 | 28 | 3352,056 | | |
| Genel | 122558,9 | 29 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 49,749 | 16,594 | | 2,998 | 0,006 |
| Gümüşhane | 0,802 | 0,274 | 0,484 | 2,926 | 0,007 |

Tablo 6. Eksik kar derinliği verili istasyonlarla diğer kar derinliği ölçümü yapan istasyonlar arasında yapılan korelasyon analizi sonucu elde edilen maksimum korelasyon katsayıları

| Eksik kar derinliği verili istasyon | Korelasyon katsayısı r'yi maksimum yapan istasyon | Korelasyon katsayısı, r | P değeri |
|-------------------------------------|---|-------------------------|----------|
| Artvin | Zara | 0.579 | 0.004 |
| Hopa | Rize | 0.787 | 0.000 |
| Giresun | Hopa | 0.746 | 0.000 |
| Şebinkarahisar | Kangal | 0.861 | 0.000 |
| Pazar | Hopa | 0.873 | 0.000 |
| Rize | Hopa | 0.787 | 0.000 |
| Akçaabat | Trabzon | 0.922 | 0.000 |
| Trabzon | Akçaabat | 0.922 | 0.000 |
| Oltu | Tortum | 0.869 | 0.000 |
| Ordu | Akçaabat | 0.768 | 0.000 |
| Kangal | Zara | 0.888 | 0.000 |
| Sarkışla | Yıldızeli | 0.874 | 0.000 |
| Yıldızeli | Sarkışla | 0.874 | 0.000 |

Eksik kar derinliği verili istasyonlar ile korelasyon katsayısı r'yi maksimum yapan istasyonlar arasında SPSS paket programı yardımıyla yapılan regresyon analizi sonuçları Ek 7.'de verilmektedir.

Regresyon analizleri sonucu istasyonların eksik verilerini tamamlamak için

kullanılan regresyon denklemleri Tablo 7.'de verilmektedir.

Tablo 7. Regresyon analizleri sonucu istasyonların eksik verilerini tamamlamak için kullanılan regresyon denklemleri

| Kar-su eşdeğer verilerinde eksik bulunan istasyonlar için kullanılan regresyon denklemleri | Kar derinliği verilerinde eksik bulunan istasyonlar için kullanılan regresyon denklemleri |
|--|---|
| Artvin = 49.749 + 0.802G.hane | Artvin = 28.038 + 0.951Zara |
| Hopa = 6.001 + 1.449Giresun | Hopa = 5.207 + 0.760Rize |
| Bayburt = 16.588 + 0.726Kars | Giresun = 9.701 + 0.447Hopa |
| Giresun = 15.073 + 0.324Hopa | Şebinkarahisar = 22.289 + 0.558Kangal |
| Şebinkarahisar = 91.776 + 0.682G.hane | Pazar = 13.307 + 0.876Hopa |
| Rize = 13.870 + 0.704Hopa | Rize = 8.908 + 0.815Hopa |
| Trabzon = 9.397 + 0.447Ordu | Akçaabat = 3.007 + 0.913Trabzon |
| Ardahan = 23.183 + 0.619Kars | Trabzon = -0.283 + 0.931Akçaabat |
| Erzincan = 9.335 + 0.338G.hane | Oltu = 1.484 + 0.616Tortum |
| Kars = -16.485 + 1.208Ardahan | Ordu = 3.047 + 1.055Akçaabat |
| Ordu = 9.872 + 0.790Trabzon | Kangal = -19.443 + 2.396Zara |
| Tokat = 7.318 + 0.548Erzincan | Sarkışla = 1.959 + 0.580Yıldızeli |
| | Yıldızeli = 4.941 + 1.319Sarkışla |

Regresyon denklemleri kullanılarak bazı yıllara ait eksik verileri tamamlanan istasyonlara ait bütün veriler Ek 5.'de verilmektedir.

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda kar-su eşdeğeri cinsinden elde edilen verilerin kar yüküne dönüştürülmesi gerekir. Dönüştürme işleminde aşağıdaki formül kullanılır.

$$X = \rho \cdot g \cdot h_w / 10^6 \quad (28)$$

Burada X, zemin kar yükü (kN/m²); ρ , suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m³); g, yerçekimi ivmesi (9.807 m/sn²) ve h_w , kar-su eşdeğeridir (mm).

Kar-su eşdeğer verileri zemin kar yükü verilerine dönüştürülen istasyonlara ait yıllık maksimum zemin kar yükü verileri Ek 5.'de verilmektedir.

2.3. İstasyon Verileri İçin Uygun Olasılık Dağılımlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada dağılımların uygunlukları maksimum olasılık çizgisi korelasyon katsayısı (MOÇKK) ile test edilmektedir. Bu yöntemde öncelikle yıllık ekstrem değerler küçükten büyüğe sıralanırlar. En küçük ekstrem değerın sıra numarası 1 olmak üzere bu

ekstrem değerlere sıra numarası verilir. Bu sıra numaralarına göre her ekstrem değer için önce test edilen dağılıma göre aşılma olasılığı P_i ve sonra bu aşılma olasılığından dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken Z_i hesaplanır. Test edilen dağılıma göre her istasyondaki yıllık ekstrem değerler veya yıllık ekstrem değerlerin e tabanına göre logaritmaları ile dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında korelasyon katsayısı hesaplanır. Bu katsayı ne kadar büyükse (ideal durumda 1'e eşit olacaktır) ODF o kadar uygundur.

Bu çalışmada uygunluğu test edilen dağılımlar lognormal, gumbel ve weibull dağılımları olduğundan korelasyon katsayıları, test edilen dağılım lognormal dağılım ise yıllık ekstrem değerlerin \ln 'leri ile lognormal dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında, test edilen dağılım gumbel dağılımı ise yıllık ekstrem değerler ile gumbel dağılımının olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında ve test edilen dağılım weibull dağılımı ise yıllık ekstrem değerlerin \ln 'leri ile weibull dağılımının olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında hesaplanır.

Her ekstrem değere ait aşılma olasılığı P_i , lognormal dağılım için

$$P_i = \frac{i - 0.4}{N + 0.2} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (29)$$

formülü ile hesaplanırken gumbel ve weibull dağılımları için

$$P_i = \frac{i}{N + 1} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (30)$$

formülü ile hesaplanır.

Her ekstrem değere ait azaltılmış değişken Z_i , lognormal dağılım için

$$Z_i = \phi^{-1}(P_i) \quad (31)$$

formülü ile, gumbel dağılımı için

$$Z_i = -\ln(-\ln P_i) \quad (32)$$

formülü ile hesaplanırken weibull dağılımı için

$$Z_i = \ln[-\ln(1 - P_i)] \quad (33)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 8.'de Artvin istasyonuna ait zemin kar yükü (kN/m^2) verileri için en uygun olasılık dağılımının bulunması amacıyla uygulanan MOÇKK testi verilmektedir.

Tablo 8. Artvin istasyonuna ait zemin kar yükü verilerine MOÇKK testinin uygulanışı

| Yıl | i | X_i kN/m^2 | $\ln(X_i)$ | Lognormal dağılım için P_i | Lognormal dağılım için Z_i | Gumbel ve Weibull dağılımları için P_i | Gumbel dağılımı için Z_i | Weibull dağılımı için Z_i |
|------|----|--------------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1984 | 1 | 0,15 | -1,897 | 0,019 | -2,070 | 0,031 | -1,243 | -3,450 |
| 1978 | 2 | 0,20 | -1,624 | 0,051 | -1,630 | 0,063 | -1,020 | -2,740 |
| 1981 | 3 | 0,27 | -1,307 | 0,083 | -1,380 | 0,094 | -0,862 | -2,318 |
| 1977 | 4 | 0,31 | -1,181 | 0,115 | -1,200 | 0,125 | -0,732 | -2,013 |
| 1996 | 5 | 0,32 | -1,153 | 0,147 | -1,050 | 0,156 | -0,619 | -1,773 |
| 1999 | 6 | 0,38 | -0,974 | 0,179 | -0,920 | 0,188 | -0,515 | -1,572 |
| 2001 | 7 | 0,43 | -0,838 | 0,212 | -0,800 | 0,219 | -0,419 | -1,399 |
| 1980 | 8 | 0,44 | -0,811 | 0,244 | -0,690 | 0,250 | -0,327 | -1,246 |
| 1986 | 9 | 0,48 | -0,743 | 0,276 | -0,595 | 0,281 | -0,238 | -1,108 |
| 1995 | 10 | 0,49 | -0,723 | 0,308 | -0,500 | 0,313 | -0,151 | -0,982 |
| 1972 | 11 | 0,50 | -0,695 | 0,340 | -0,410 | 0,344 | -0,066 | -0,865 |
| 2000 | 12 | 0,56 | -0,582 | 0,372 | -0,325 | 0,375 | 0,019 | -0,755 |
| 1987 | 13 | 0,62 | -0,480 | 0,404 | -0,240 | 0,406 | 0,104 | -0,651 |
| 2002 | 14 | 0,63 | -0,469 | 0,436 | -0,160 | 0,438 | 0,190 | -0,553 |
| 1975 | 15 | 0,64 | -0,447 | 0,468 | -0,080 | 0,469 | 0,277 | -0,458 |
| 1982 | 16 | 0,65 | -0,435 | 0,500 | 0,000 | 0,500 | 0,367 | -0,367 |
| 1983 | 17 | 0,66 | -0,411 | 0,532 | 0,080 | 0,531 | 0,458 | -0,277 |
| 1974 | 18 | 0,67 | -0,395 | 0,564 | 0,160 | 0,563 | 0,553 | -0,190 |
| 1991 | 19 | 0,73 | -0,310 | 0,596 | 0,240 | 0,594 | 0,651 | -0,104 |
| 1994 | 20 | 0,75 | -0,291 | 0,628 | 0,325 | 0,625 | 0,755 | -0,019 |
| 1979 | 21 | 0,78 | -0,248 | 0,660 | 0,410 | 0,656 | 0,865 | 0,066 |
| 1990 | 22 | 0,85 | -0,161 | 0,692 | 0,500 | 0,688 | 0,982 | 0,151 |
| 1973 | 23 | 0,88 | -0,132 | 0,724 | 0,595 | 0,719 | 1,108 | 0,238 |
| 1985 | 24 | 1,07 | 0,066 | 0,756 | 0,690 | 0,750 | 1,246 | 0,327 |
| 1976 | 25 | 1,12 | 0,109 | 0,788 | 0,800 | 0,781 | 1,399 | 0,419 |
| 1988 | 26 | 1,48 | 0,389 | 0,821 | 0,920 | 0,813 | 1,572 | 0,515 |
| 1998 | 27 | 1,48 | 0,389 | 0,853 | 1,050 | 0,844 | 1,773 | 0,619 |
| 1992 | 28 | 1,70 | 0,529 | 0,885 | 1,200 | 0,875 | 2,013 | 0,732 |
| 1993 | 29 | 2,05 | 0,718 | 0,917 | 1,380 | 0,906 | 2,318 | 0,862 |
| 1997 | 30 | 2,41 | 0,881 | 0,949 | 1,630 | 0,938 | 2,740 | 1,020 |
| 1989 | 31 | 2,63 | 0,967 | 0,981 | 2,070 | 0,969 | 3,450 | 1,243 |

Test edilen dağılım lognormal dağılım olduğunda korelasyon katsayısı $r = 0.992$, test edilen dağılım gumbel dağılımı olduğunda $r = 0.963$ ve test edilen dağılım weibull dağılımı olduğunda $r = 0.973$ olarak hesaplanır. Bu durumda Artvin istasyonuna ait zemin kar yükü verileri için en uygun dağılımın lognormal dağılım olduğuna karar verilir.

Diğer istasyonlara ait zemin kar yükü verileri için en uygun olasılık dağılımlarına karar vermek amacıyla uygulanan MOÇKK testi sonuçları Tablo 9.'da verilmektedir.

Tablo 9. Zemin kar yükü verileri için en uygun dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi

| İstasyon | Test Edilen Dağılım | r | Seçilen Dağılım |
|----------------|---------------------|-------|-----------------|
| Artvin | Lognormal | 0,992 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,963 | |
| | Weibull, | 0,973 | |
| Hopa | Lognormal | 0,928 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,931 | |
| | Weibull, | 0,927 | |
| Bayburt | Lognormal | 0,982 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,880 | |
| | Weibull, | 0,952 | |
| Giresun | Lognormal | 0,918 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,961 | |
| | Weibull, | 0,922 | |
| Gümüşhane | Lognormal | 0,979 | Weibull |
| | Gumbel | 0,957 | |
| | Weibull, | 0,987 | |
| Şebinkarahisar | Lognormal | 0,975 | Weibull |
| | Gumbel | 0,990 | |
| | Weibull, | 0,991 | |
| Trabzon | Lognormal | 0,940 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,988 | |
| | Weibull, | 0,942 | |
| Rize | Lognormal | 0,932 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,916 | |
| | Weibull, | 0,912 | |
| Ardahan | Lognormal | 0,977 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,922 | |
| | Weibull, | 0,936 | |
| Erzurum | Lognormal | 0,922 | Weibull |
| | Gumbel | 0,966 | |
| | Weibull, | 0,973 | |
| Kars | Lognormal | 0,972 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,828 | |
| | Weibull, | 0,941 | |
| Ordu | Lognormal | 0,932 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,984 | |
| | Weibull, | 0,937 | |
| Tokat | Lognormal | 0,985 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,918 | |
| | Weibull, | 0,952 | |
| Erzincan | Lognormal | 0,986 | Weibull |
| | Gumbel | 0,971 | |
| | Weibull, | 0,987 | |

Tablo 10.'da Artvin istasyonuna ait kar derinliği (cm) verileri için en uygun olasılık dağılımının bulunması amacıyla uygulanan MOÇKK testi verilmektedir.

Tablo 10. Artvin istasyonuna ait zemin kar derinliği (cm) verilerine MOÇKK testinin uygulanışı

| Yıl | i | D _i , cm | ln(D _i) | Lognormal dağılım için P _i | Lognormal dağılım için Z _i | Gumbel ve Weibull dağılımları için P _i | Gumbel dağılımı için Z _i | Weibull dağılımı için Z _i |
|------|----|------------------------|---------------------|---|---|---|---|--|
| 1984 | 1 | 11 | 2,398 | 0,020 | -2,050 | 0,032 | -1,234 | -3,418 |
| 1978 | 2 | 12 | 2,485 | 0,053 | -1,610 | 0,065 | -1,008 | -2,708 |
| 1981 | 3 | 24 | 3,178 | 0,086 | -1,370 | 0,097 | -0,848 | -2,285 |
| 1995 | 4 | 38 | 3,638 | 0,119 | -1,180 | 0,129 | -0,717 | -1,979 |
| 1996 | 5 | 39 | 3,664 | 0,152 | -1,030 | 0,161 | -0,601 | -1,738 |
| 1999 | 6 | 44 | 3,784 | 0,185 | -0,900 | 0,194 | -0,496 | -1,537 |
| 2001 | 7 | 44 | 3,784 | 0,219 | -0,775 | 0,226 | -0,397 | -1,363 |
| 1977 | 8 | 45 | 3,807 | 0,252 | -0,670 | 0,258 | -0,303 | -1,209 |
| 2000 | 9 | 46 | 3,829 | 0,285 | -0,570 | 0,290 | -0,212 | -1,070 |
| 1980 | 10 | 47 | 3,850 | 0,318 | -0,470 | 0,323 | -0,123 | -0,943 |
| 1972 | 11 | 50 | 3,912 | 0,351 | -0,380 | 0,355 | -0,035 | -0,825 |
| 1975 | 12 | 52 | 3,951 | 0,384 | -0,295 | 0,387 | 0,052 | -0,714 |
| 1986 | 13 | 52 | 3,951 | 0,417 | -0,210 | 0,419 | 0,140 | -0,610 |
| 1974 | 14 | 54 | 3,989 | 0,450 | -0,125 | 0,452 | 0,230 | -0,510 |
| 1991 | 15 | 54 | 3,989 | 0,483 | -0,045 | 0,484 | 0,320 | -0,413 |
| 1982 | 16 | 55 | 4,007 | 0,517 | 0,045 | 0,516 | 0,413 | -0,320 |
| 1990 | 17 | 55 | 4,007 | 0,550 | 0,125 | 0,548 | 0,510 | -0,230 |
| 1983 | 18 | 60 | 4,094 | 0,583 | 0,210 | 0,581 | 0,610 | -0,140 |
| 1994 | 19 | 60 | 4,094 | 0,616 | 0,295 | 0,613 | 0,714 | -0,052 |
| 1987 | 20 | 67 | 4,205 | 0,649 | 0,380 | 0,645 | 0,825 | 0,035 |
| 1985 | 21 | 69 | 4,234 | 0,682 | 0,470 | 0,677 | 0,943 | 0,123 |
| 1979 | 22 | 70 | 4,248 | 0,715 | 0,570 | 0,710 | 1,070 | 0,212 |
| 1976 | 23 | 71 | 4,263 | 0,748 | 0,670 | 0,742 | 1,209 | 0,303 |
| 1973 | 24 | 75 | 4,317 | 0,781 | 0,775 | 0,774 | 1,363 | 0,397 |
| 1992 | 25 | 85 | 4,443 | 0,815 | 0,900 | 0,806 | 1,537 | 0,496 |
| 1998 | 26 | 86 | 4,454 | 0,848 | 1,030 | 0,839 | 1,738 | 0,601 |
| 1993 | 27 | 114 | 4,736 | 0,881 | 1,180 | 0,871 | 1,979 | 0,717 |
| 1989 | 28 | 116 | 4,754 | 0,914 | 1,370 | 0,903 | 2,285 | 0,848 |
| 1988 | 29 | 118 | 4,771 | 0,947 | 1,610 | 0,935 | 2,708 | 1,008 |
| 1997 | 30 | 132 | 4,883 | 0,980 | 2,050 | 0,968 | 3,418 | 1,234 |

Test edilen dağılım lognormal dağılım olduğunda korelasyon katsayısı $r = 0.938$, test edilen dağılım gumbel dağılımı olduğunda $r = 0.978$ ve test edilen dağılım weibull dağılımı olduğunda $r = 0.959$ olarak hesaplanır. Bu durumda Artvin istasyonuna ait kar derinliği verileri için en uygun dağılımın gumbel dağılım olduğuna karar verilir.

Diğer istasyonlara ait kar derinliği verileri için en uygun olasılık dağılımlarına karar vermek amacıyla uygulanan MOÇKK testi sonuçları Tablo 11.'de verilmektedir.

Tablo 11. Kar derinliği verileri için en uygun dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi

| İstasyon | Test Edilen Dağılım | r | Seçilen Dağılım |
|----------------|---------------------|-------|-----------------|
| Artvin | Lognormal | 0,938 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,978 | |
| | Weibull, | 0,959 | |
| Hopa | Lognormal | 0,981 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,965 | |
| | Weibull, | 0,979 | |
| Bayburt | Lognormal | 0,980 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,918 | |
| | Weibull, | 0,964 | |
| Giresun | Lognormal | 0,939 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,990 | |
| | Weibull, | 0,978 | |
| Şebinkarahisar | Lognormal | 0,977 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,985 | |
| | Weibull, | 0,984 | |
| Gümüşhane | Lognormal | 0,990 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,993 | |
| | Weibull, | 0,991 | |
| Pazar | Lognormal | 0,963 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,988 | |
| | Weibull, | 0,984 | |
| Rize | Lognormal | 0,980 | Weibull |
| | Gumbel | 0,980 | |
| | Weibull, | 0,993 | |
| Akçaabat | Lognormal | 0,944 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,987 | |
| | Weibull, | 0,951 | |
| Trabzon | Lognormal | 0,957 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,981 | |
| | Weibull, | 0,950 | |
| Ardahan | Lognormal | 0,991 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,979 | |
| | Weibull, | 0,956 | |
| Erzincan | Lognormal | 0,989 | Weibull |
| | Gumbel | 0,981 | |
| | Weibull, | 0,990 | |
| Kars | Lognormal | 0,990 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,994 | |
| | Weibull, | 0,986 | |
| Ordu | Lognormal | 0,960 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,983 | |
| | Weibull, | 0,981 | |
| Tokat | Lognormal | 0,983 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,991 | |
| | Weibull, | 0,985 | |
| Erzurum | Lognormal | 0,983 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,964 | |
| | Weibull, | 0,930 | |
| Hınıs | Lognormal | 0,982 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,990 | |
| | Weibull, | 0,989 | |

Tablo 11.'in devamı

| İstasyon | Test Edilen Dağılım | r | Seçilen Dağılım |
|-----------|---------------------|-------|-----------------|
| Horasan | Lognormal | 0,993 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,983 | |
| | Weibull, | 0,985 | |
| İspir | Lognormal | 0,985 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,952 | |
| | Weibull, | 0,963 | |
| Oltu | Lognormal | 0,990 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,963 | |
| | Weibull, | 0,960 | |
| Tortum | Lognormal | 0,990 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,970 | |
| | Weibull, | 0,971 | |
| Divriği | Lognormal | 0,973 | Weibull |
| | Gumbel | 0,915 | |
| | Weibull, | 0,977 | |
| Gemerek | Lognormal | 0,991 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,990 | |
| | Weibull, | 0,969 | |
| Hafik | Lognormal | 0,990 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,989 | |
| | Weibull, | 0,984 | |
| İmranlı | Lognormal | 0,919 | Weibull |
| | Gumbel | 0,948 | |
| | Weibull, | 0,949 | |
| Kangal | Lognormal | 0,987 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,972 | |
| | Weibull, | 0,955 | |
| Sarkışla | Lognormal | 0,890 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,986 | |
| | Weibull, | 0,922 | |
| Sivas | Lognormal | 0,975 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,995 | |
| | Weibull, | 0,993 | |
| Suşehri | Lognormal | 0,969 | Weibull |
| | Gumbel | 0,989 | |
| | Weibull, | 0,992 | |
| Ulaş | Lognormal | 0,985 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,982 | |
| | Weibull, | 0,978 | |
| Yıldızeli | Lognormal | 0,926 | Gumbel |
| | Gumbel | 0,995 | |
| | Weibull, | 0,970 | |
| Zara | Lognormal | 0,990 | Lognormal |
| | Gumbel | 0,988 | |
| | Weibull, | 0,974 | |

2.4. 50 Yıl Ortalama Tekerrür Süreli Zemin Kar Yüklerinin ve Kar Derinliklerinin Hesaplanması

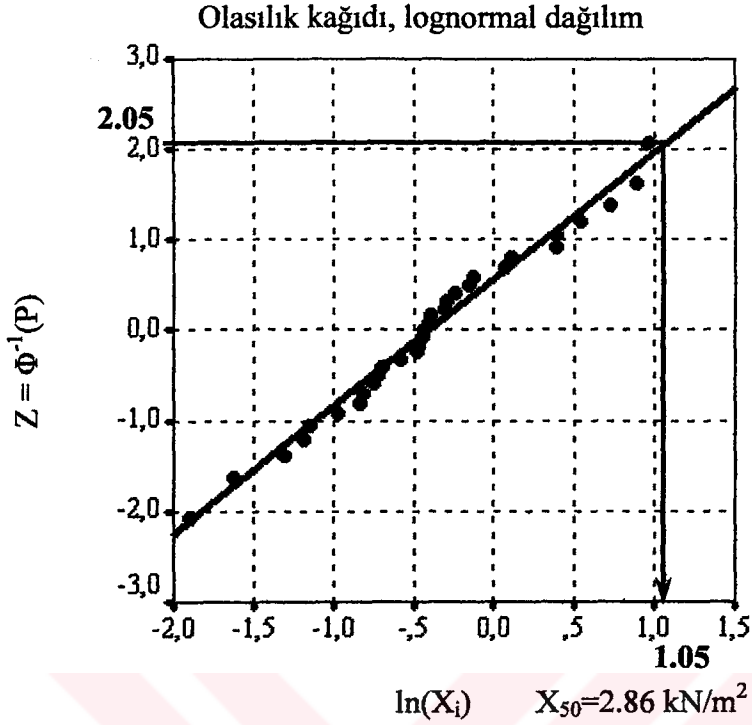
Bu çalışmanın amacı doğrultusunda, verileri için en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının belirlendiği istasyonlara ait belirli bir ortalama tekerrür süreli zemin kar yükleri ve kar derinlikleri hesaplanmıştır. Buna paralel olarak zemin kar yüklerinin ve kar derinliklerinin aşılma olasılığı 1/50 olan ya da ortalama tekerrür süresi 50 yıl olan değerleri belirlenmiştir. X_{50} , 50 yıl OTS'li zemin kar yükünü, D_{50} ise 50 yıl OTS'li kar derinliğini ifade etmektedir.

Burada X_{50} ve D_{50} şu şekilde hesaplanmaktadır. Her istasyona ait veriler bu istasyon için belirlenen dağılımın olasılık kağıdına yerleştirilir ve en küçük kareler yöntemiyle veriler arasından geçen en uygun doğru belirlenir. Dağılımın olasılık kağıdı üzerinde aşılma olasılığı 1/50=0.02 için, yani aşılmama olasılığı $P=0.98$ için, hesaplanan azaltılmış değişken değerinin doğruyu kestiği noktadan inilen dikme ile X_{50} ve D_{50} belirlenebilir. Aşılmama olasılığı $P=0.98$ için lognormal dağılımın azaltılmış değişken değeri 2.05, gumbel dağılımın azaltılmış değişken değeri 3.90 ve weibull dağılımının azaltılmış değişken değeri 1.36'dır.

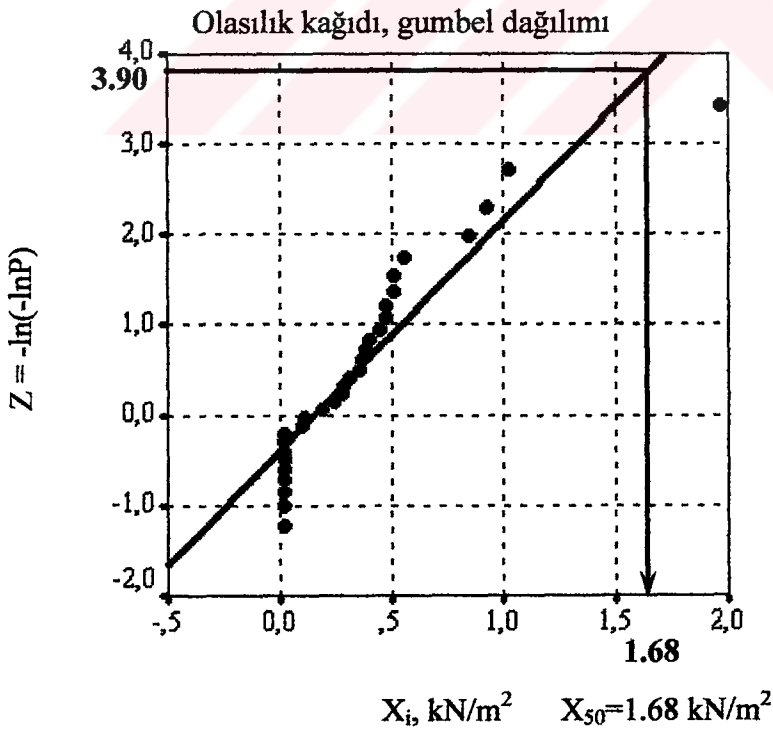
Şekil 12.'de Artvin istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. Doğrudan inilen dikmenin gösterdiği 1.05 değeri $\ln(X_{50})$ 'yi göstermektedir. Buradan kolayca $X_{50}=2.86$ kN/m² bulunur.

Şekil 13.'de Hopa istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen gumbel dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. Doğrudan inilen dikme ile $X_{50}=1.68$ kN/m² bulunur.

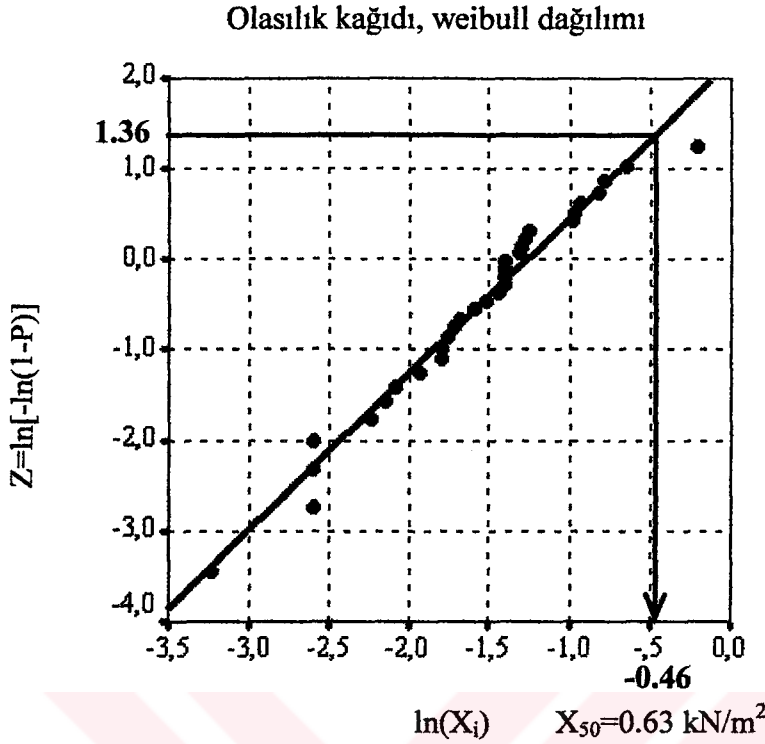
Şekil 14.'de Erzincan istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen weibull dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. Doğrudan inilen dikmenin gösterdiği -0.46 değeri $\ln(X_{50})$ 'yi göstermektedir. Buradan kolayca $X_{50}=0.63$ kN/m² bulunur.



Şekil 12. Artvin istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi



Şekil 13. Hopa istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen gumbel dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi

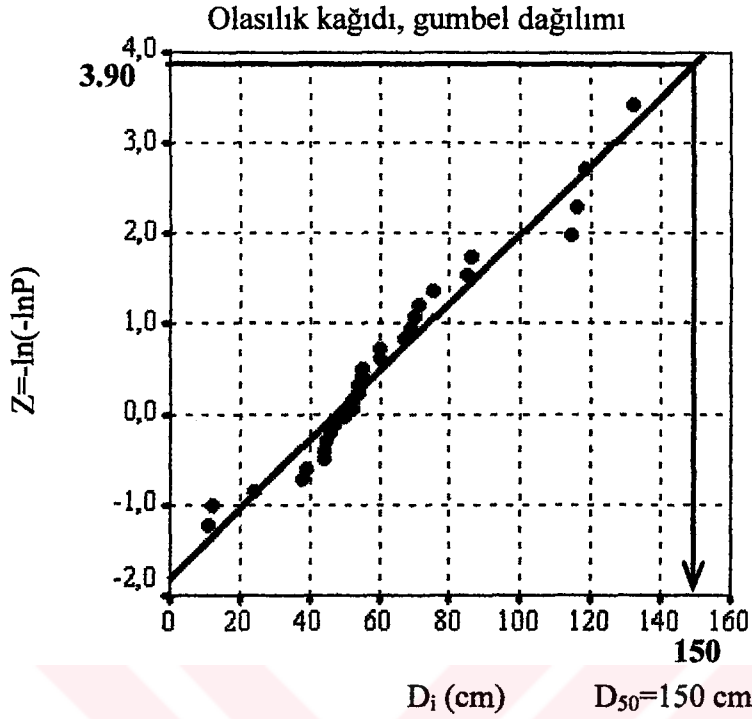


Şekil 14. Erzincan istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen weibull dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi

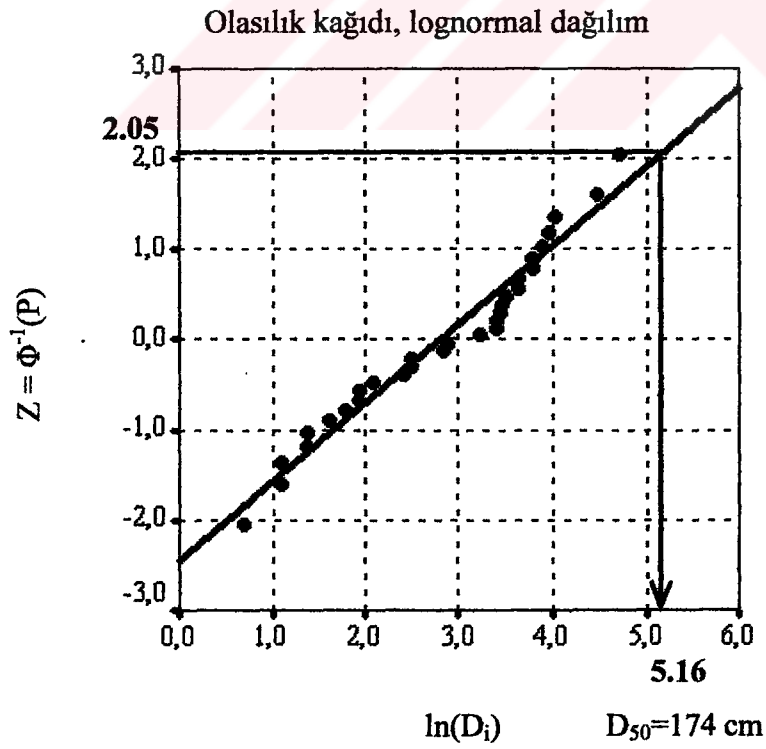
Şekil 15.'de Artvin istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen gumbel dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. Doğrudan inilen dikme ile $D_{50} = 150 \text{ cm}$ bulunur.

Şekil 16.'da Hopa istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. Doğrudan inilen dikmenin gösterdiği 5.16 değeri $\ln(D_{50})$ 'yi göstermektedir. Buradan kolayca $D_{50} = 174 \text{ cm}$ bulunur.

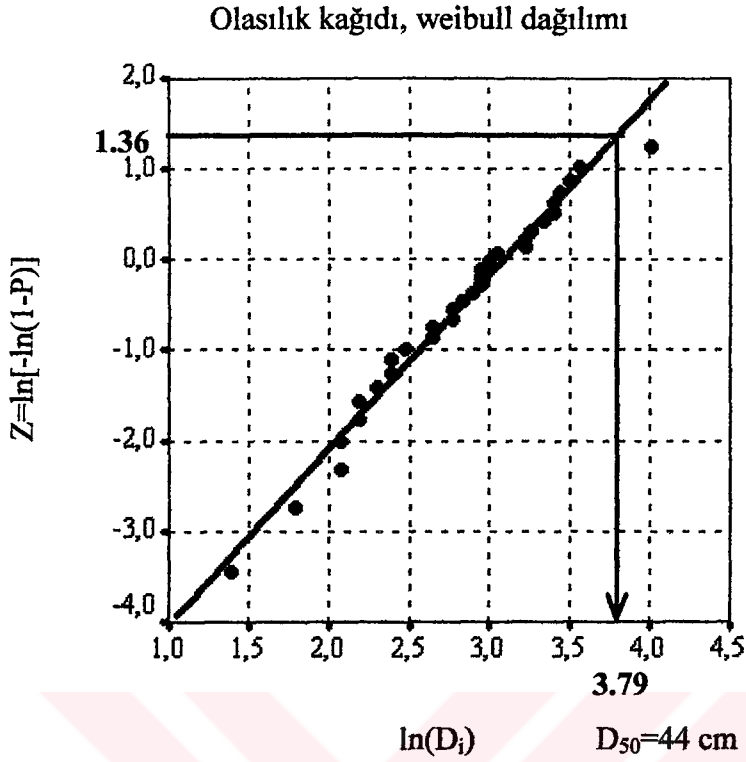
Şekil 17.'de Erzincan istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen weibull dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. Doğrudan inilen dikmenin gösterdiği 3.79 değeri $\ln(D_{50})$ 'yi göstermektedir. Buradan kolayca $D_{50} = 44 \text{ cm}$ bulunur.



Şekil 15. Artvin istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen gumbel dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin belirlenmesi



Şekil 16. Hopa istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin belirlenmesi



Şekil 17. Erzincan istasyonunun kar derinliği verileri için seçilen weibull dağılımının olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve D_{50} 'nin belirlenmesi

Diğer istasyonlar için benzer şekilde hesaplanan X_{50} ve D_{50} değerleri de Tablo 12.'de verilmektedir.

2.5. İstisna Yükler

Daha önce de bahsedildiği gibi en büyük yükün, bu yük düşünülmeden karar verilen karakteristik yüke oranı 1.5'dan büyükse bu yük istisna yük olarak kabul edilir. Böyle istisna yüklerle karşılaşıldığında, bu değerlerin karakteristik zemin kar yüklerini oluşturmak için kullanılan verilerin arasından çıkarılması gerekir.

Bu çalışma için bütün istasyonlara ait zemin kar yükleri ve kar derinlikleri verileri sözü edilen istisna yük kriterine göre incelenmiştir. Tablo 13.'de maksimum değerinin bu değer düşünülmeden belirlenen olasılık dağılım fonksiyonuna göre hesaplanan 50 yıl ortalama tekerrür süreli değere oranı 1.5'dan büyük olan istasyonlar verilmektedir.

Bu çalışmada istisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar için Tablo 12.'deki X_{50} (kN/m^2) ve D_{50} (cm) değerleri yerine Tablo 13.'deki X_{50} (kN/m^2) ve D_{50} (cm) değerleri kullanılmaktadır.

Tablo 12. DMİ istasyonları için hesaplanan X_{50} ve D_{50} değerleri

| 1. sınıf DMİ istasyonları için hesaplanan X_{50} (kN/m ²) ve D_{50} (cm) değerleri | | | 2. sınıf DMİ istasyonları için hesaplanan D_{50} (cm) değerleri | |
|--|-------------------------------|---------------|---|---------------|
| İstasyon | X_{50} (kN/m ²) | D_{50} (cm) | İstasyon | D_{50} (cm) |
| Artvin | 2,88 | 150 | Pazar | 107 |
| Hopa | 1,68 | 174 | Akçaabat | 51 |
| Bayburt | 1,35 | 83 | Hınıs | 201 |
| Giresun | 0,88 | 62 | Horasan | 99 |
| Gümüşhane | 1,52 | 93 | İspir | 108 |
| Şebinkarahisar | 2,77 | 116 | Oltu | 59 |
| Trabzon | 0,53 | 50 | Tortum | 88 |
| Rize | 1,76 | 115 | Divriği | 62 |
| Ardahan | 1,23 | 98 | Gemerek | 54 |
| Erzurum | 2,03 | 105 | Hafik | 81 |
| Kars | 1,46 | 96 | İmranlı | 194 |
| Ordu | 0,64 | 62 | Kangal | 158 |
| Tokat | 0,64 | 57 | Sarkışla | 71 |
| Erzincan | 0,63 | 44 | Sivas | 75 |
| | | | Suşehri | 86 |
| | | | Ulaş | 114 |
| | | | Yıldızeli | 89 |
| | | | Zara | 88 |

Tablo 13. İstisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar

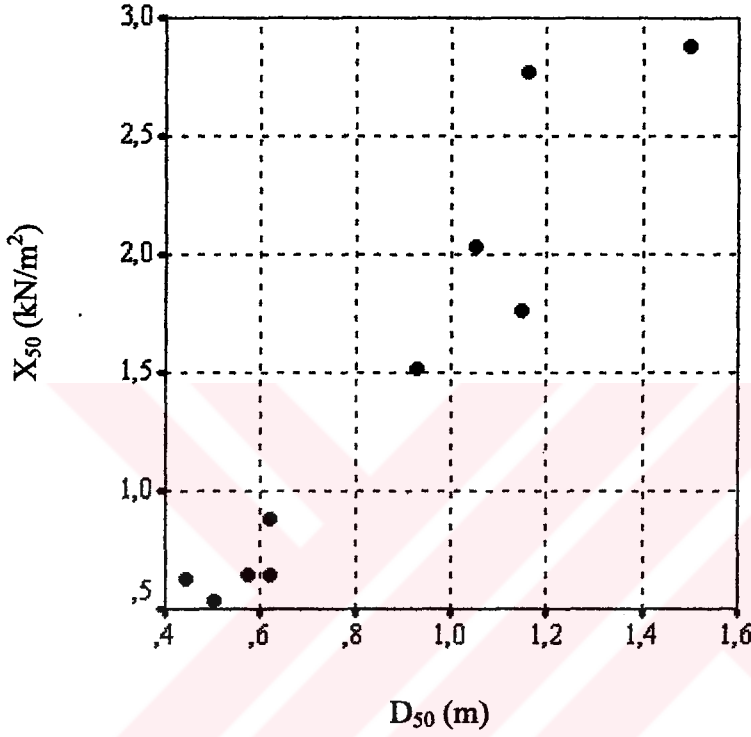
| İstasyon | X_{max} (kN/m ²) | X_{max} hariç diğer veriler için seçilen ODF | X_{50} (kN/m ²) | X_{max} / X_{50} |
|----------|--------------------------------|--|-------------------------------|--------------------|
| Hopa | 1.96 | Gumbel | 1.18 | 1.66 |
| Bayburt | 2.03 | Gumbel | 1.04 | 1.95 |
| Ardahan | 1.71 | Gumbel | 1.04 | 1.64 |
| Kars | 2.39 | Gumbel | 0.96 | 2.49 |
| İstasyon | D_{max} (cm) | D_{max} hariç diğer veriler için seçilen ODF | D_{50} (cm) | D_{max} / D_{50} |
| Bayburt | 110 | Weibull | 58 | 1.89 |
| Divriği | 95 | Weibull | 53 | 1.79 |

2.6. 2. Sınıf DMİ İstasyonları İçin 50 Yıl OTS'li Zemin Kar Yüklerinin Belirlenmesi

50 yıl ortalama tekerrür süreli kar derinlikleri tespit edilen istasyonların 50 yıl ortalama tekerrür süreli zemin kar yüklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için 1. sınıf istasyonların istisna yüklere sahip istasyonlar hariç X_{50} ve D_{50} değerleri arasında bir ilişki olup olmadığına bakılır. Eğer bu istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasında iyi bir

ilişki varsa bu değerler arasında regresyon analizi yapılarak bir regresyon denklemi elde edilir. Elde edilen bu denklemle 2. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} değerlerini belirlemek mümkün olur.

Şekil 18.'de 1. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri için saçılma diyagramı görülmektedir.



Şekil 18. 1. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri için saçılma diyagramı

Saçılma diyagramından görülebileceği gibi 1. sınıf istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasında iyi bir ilişki olduğu söylenebilir. 1. sınıf istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasında korelasyon analizi yapıldığında %99 güven aralığında $r = 0.955$ bulunur. Bu durumda X_{50} ve D_{50} değerleri arasında regresyon denklemi kurulabilir.

SPSS yardımıyla yapılan regresyon analizi sonucu

$$X_{50} = 1.6875 \cdot D_{50}^{1.5235} \quad (34)$$

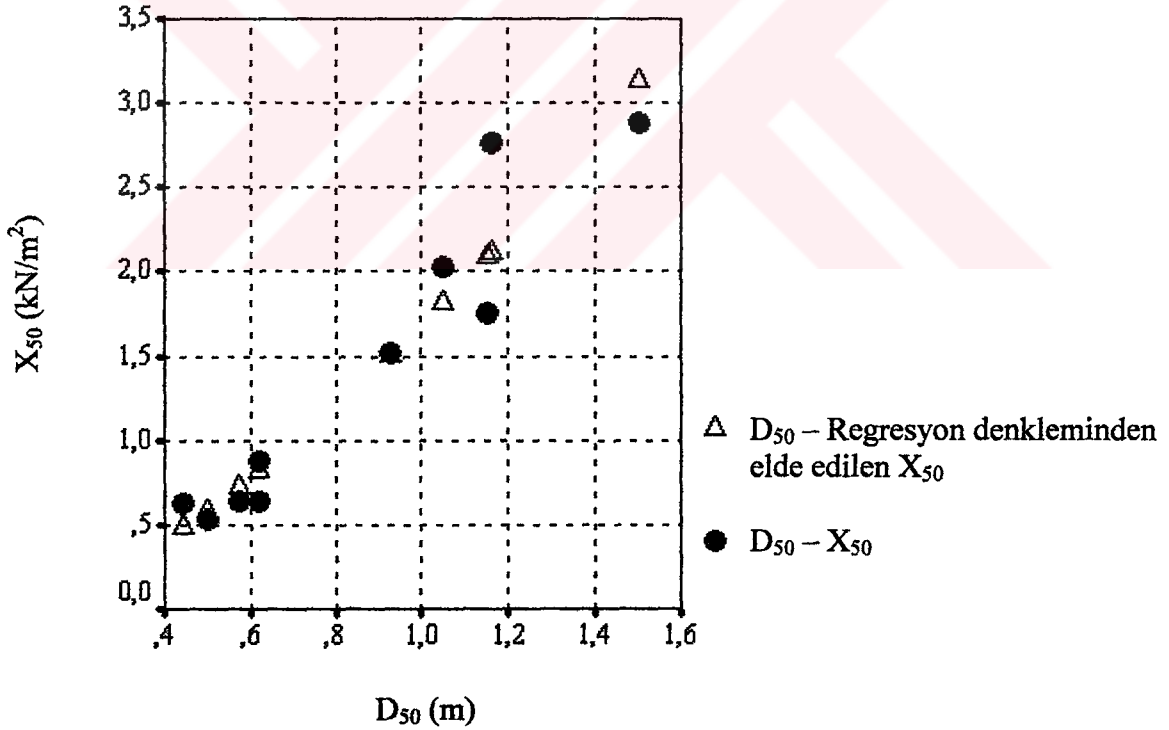
şeklinde lineer olmayan bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Burada X_{50} , 50 yıl OTS'li zemin kar yükü (kN/m²) ve D_{50} , 50 yıl OTS'li kar derinliğidir (m).

Regresyon analizine ait sonuçlar Tablo 14.'de verilmektedir.

Tablo 14. 1. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

| | R | R^2 | Düzeltilmiş R^2 | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------|
| | 0,9643 | 0,92987 | 0,92111 | 0,18518 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 3,6373881 | 1 | 3,6373881 | 106,07594 | 0,0000 |
| Artık (Rezidüel) | 0,2743234 | 8 | 0,03442904 | | |
| Katsayılar | | | | | |
| Değişken | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| D_{50} | 1,523516 | 0,147924 | 0,964298 | 10,299 | 0,0000 |
| (Sabit) | 1,687471 | 1,114920 | | 14,684 | 0,0000 |

Şekil 19.'da ise 1. sınıf istasyonlara ait X_{50} değerleri ile regresyon denkleminde D_{50} değerleri kullanılarak tahmin edilen X_{50} değerleri arasındaki farklar gösterilmektedir.



Şekil 19. 1. sınıf istasyonlar için gerçek X_{50} değerleri ile regresyon denkleminde elde edilen X_{50} değerleri arasındaki fark

Şekil 19.'dan da görüldüğü gibi X_{50} 'nin gerçek değerleri ile tahmin edilen X_{50} 'ler arasında çok fazla fark bulunmamaktadır. Bu nedenle 2. sınıf istasyonların X_{50} değerleri

(34) denklemi ile tahmin edilebilir.

Tablo 15.'de (34) denklemi kullanılarak 2. sınıf DMİ istasyonlarının D_{50} (m) değerlerinden elde edilen X_{50} (kN/m^2) değerleri verilmektedir.

Tablo 15. (34) denkleminde tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} (kN/m^2) değerleri

| İstasyon | D_{50} (m) | X_{50} (kN/m^2) |
|-----------|--------------|------------------------------|
| Akçaabat | 0,51 | 0,60 |
| Pazar | 1,07 | 1,87 |
| Hınıs | 2,01 | 4,90 |
| Horasan | 0,99 | 1,66 |
| İspir | 1,08 | 1,89 |
| Oltu | 0,59 | 0,76 |
| Tortum | 0,88 | 1,39 |
| Sivas | 0,75 | 1,10 |
| Divriği | 0,53 | 0,64 |
| Gemerek | 0,54 | 0,66 |
| Hafik | 0,81 | 1,22 |
| İmranlı | 1,94 | 4,65 |
| Kangal | 1,39 | 2,80 |
| Sarkışla | 0,71 | 1,00 |
| Zara | 0,88 | 1,39 |
| Suşehri | 0,86 | 1,33 |
| Ulaş | 1,14 | 2,06 |
| Yıldızeli | 0,89 | 1,41 |

2.7. X_{50} Değerlerinin Bölgeselleştirilmesi (Zemin Kar Yüğü Haritasının Elde Edilmesi)

Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için belirlenen X_{50} değerleri sadece istasyonların bulunduğu noktalardaki X_{50} değerlerini yansıtmaktadır. Bu noktalar dışındaki yerler için X_{50} değerleri, istasyonlar için belirlenen X_{50} değerlerinin bölgeselleştirilmesi ile elde edilebilir.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesi için bu bölgedeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} 'ler kullanılarak bölgeselleştirme yapılmaktadır. 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} değerleri bölgeselleştirme işleminin daha hassas olması için kullanılmaktadır. Diğer bir ifade ile 2. sınıf istasyonlar ile bölgeselleştirme işleminde kullanılan istasyon sayısı arttırılmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesine komşu illerdeki istasyonlara ait X_{50} değerlerinin kullanılmasının nedeni, bölgeselleştirme işleminde

kullanılan konumsal enterpolasyonun sağlıklı sonuçlar vermesi içindir.

Bu çalışmada bölgeselleştirme işlemi, 1.3.5.'de anlatılan yöntemlerden *veri normalleştirme* denilen yöntemle yapılmaktadır. Buna göre önce X_{50} değerleri normalleştirilmekte daha sonra da bu normalleştirilmiş X_{50} ($normalX_{50}$) değerleri 1.3.5.'de anlatılan konumsal enterpolasyon (spatial interpolation) yöntemiyle bölgeselleştirilmektedir. Bölgeselleştirilmiş $normalX_{50}$ değerleri yardımıyla bölge içinde herhangi bir noktadaki X_{50} değeri (15) denklemi ile belirlenebilir. Bu şekilde Doğu Karadeniz bölgesine ait zemin kar yükü haritası oluşturulmuş olur.

Bu çalışmada X_{50} değerlerinin normalleştirilmesi için (14) denklemi kullanılmaktadır. Ancak bu denklemin kullanılabilmesi için öncelikle b katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. b, istasyonlara ait kotların ve X_{50} değerlerinin regresyon analizi sonucu elde edilen sabitsiz regresyon denkleminin eğimidir ($kN/m^2/m$).

Tablo 16.'da istisna yüklerle sahip istasyonlar hariç diğer istasyonların kotları ve X_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları verilmektedir.

Tablo 16. İstasyonların kotları ve X_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,831 | 0,691 | 0,680 | 1,11306 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 74,930 | 1 | 74,930 | 60,480 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 33,450 | 27 | 1,239 | | |
| Genel | 108,380 | 28 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| Kot | 0,001396 | 0,000 | 0,831 | 7,777 | 0,000 |

Tablodan da görüldüğü gibi regresyon denklemi aşağıdaki gibidir.

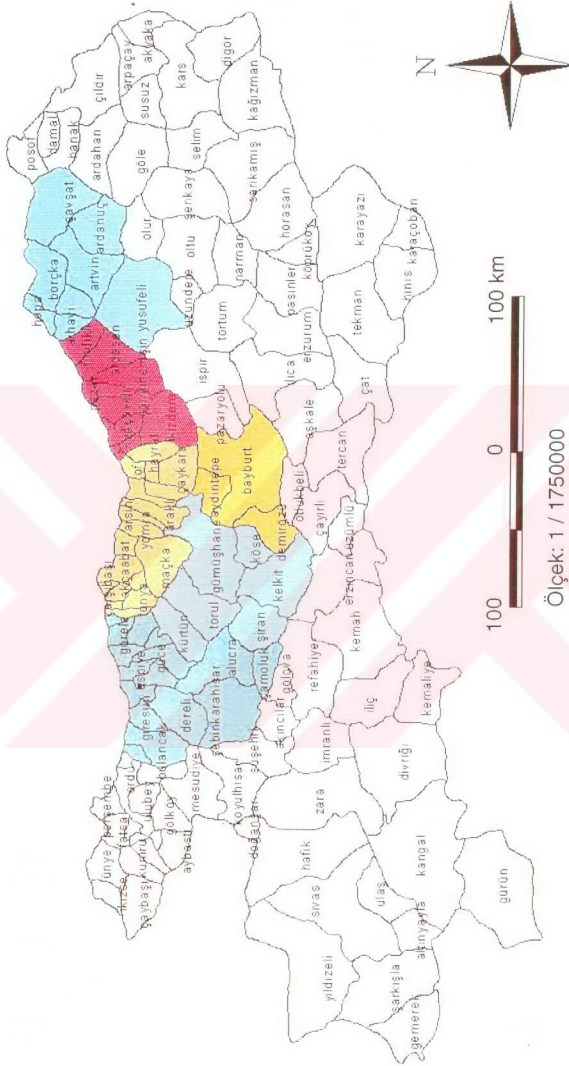
$$X_{50} = 0.0014 \cdot \text{Kot} \quad (35)$$

Bu durumda b katsayısı (35) denkleminin eğimi olan 0.0014'a eşit olur. b katsayısı kullanılarak (14) denkleminde elde edilen normalleştirilmiş X_{50} değerleri ($normalX_{50}$) Tablo 17.'de verilmektedir.

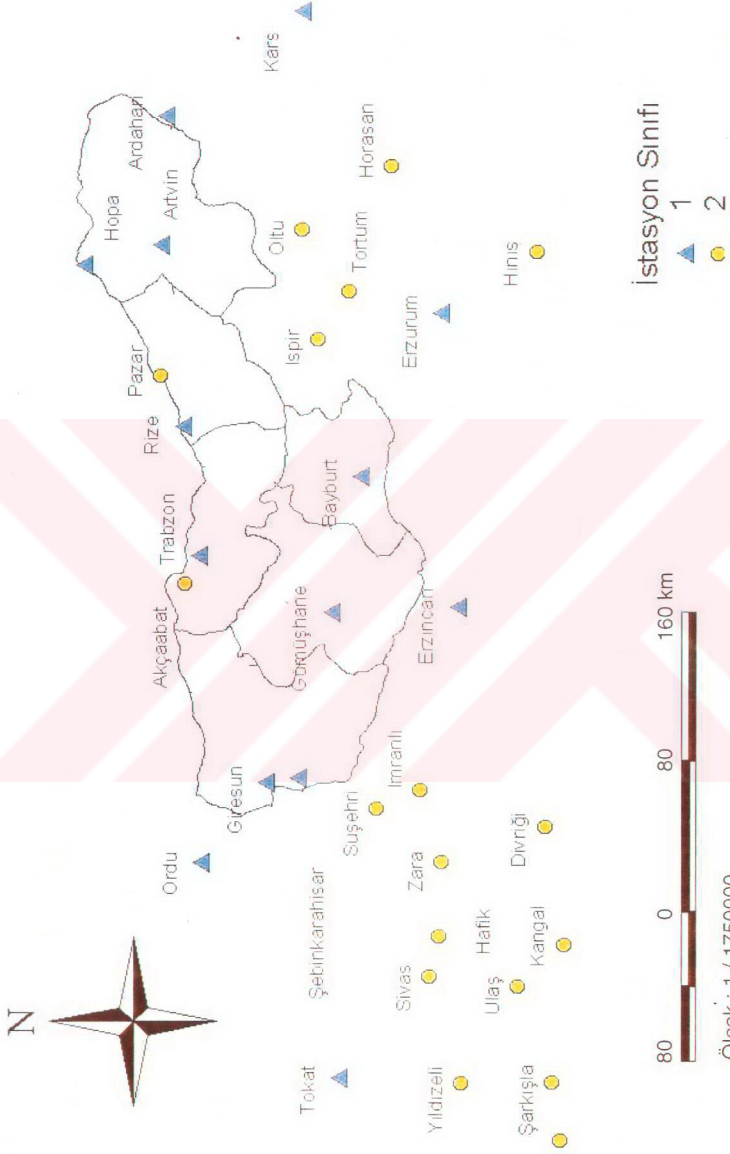
Tablo 17. Normalleştirilen X_{50} değerleri (normal X_{50})

| İstasyon | Sınıfı | Kot | X_{50} (kN/m ²) | normal X_{50} (kN/m ²) |
|----------------|--------|------|----------------------------------|---|
| Trabzon | 1 | 30 | 0,53 | 0,49 |
| Hopa | 1 | 33 | 1,18 | 1,13 |
| Artvin | 1 | 597 | 2,88 | 2,05 |
| Giresun | 1 | 38 | 0,88 | 0,83 |
| Şebinkarahisar | 1 | 1300 | 2,77 | 0,96 |
| Gümüşhane | 1 | 1219 | 1,52 | -0,18 |
| Rize | 1 | 4 | 1,76 | 1,75 |
| Kars | 1 | 1775 | 0,96 | -1,52 |
| Ardahan | 1 | 1829 | 1,04 | -1,51 |
| Erzurum | 1 | 1869 | 2,03 | -0,58 |
| Erzincan | 1 | 1215 | 0,63 | -1,07 |
| Ordu | 1 | 4 | 0,64 | 0,63 |
| Tokat | 1 | 640 | 0,64 | -0,25 |
| Bayburt | 1 | 1555 | 1,04 | -1,13 |
| Akçaabat | 2 | 10 | 0,60 | 0,59 |
| Pazar | 2 | 50 | 1,87 | 1,80 |
| Oltu | 2 | 1275 | 0,76 | -1,02 |
| Tortum | 2 | 1550 | 1,39 | -0,77 |
| Horasan | 2 | 1540 | 1,66 | -0,49 |
| Hınıs | 2 | 1720 | 4,90 | 2,50 |
| Sarkışla | 2 | 1180 | 1,00 | -0,65 |
| Hafik | 2 | 1275 | 1,22 | -0,56 |
| Yıldızeli | 2 | 1415 | 1,41 | -0,56 |
| Kangal | 2 | 1545 | 2,80 | 0,64 |
| Divriği | 2 | 1250 | 0,64 | -1,10 |
| Gemerek | 2 | 1173 | 0,66 | -0,98 |
| Ulaş | 2 | 1280 | 2,06 | 0,28 |
| İspir | 2 | 1200 | 1,89 | 0,21 |
| Zara | 2 | 1348 | 1,39 | -0,49 |
| Sivas | 2 | 1285 | 1,10 | -0,70 |
| İmranlı | 2 | 1550 | 4,65 | 2,48 |
| Suşehri | 2 | 950 | 1,33 | 0,00 |

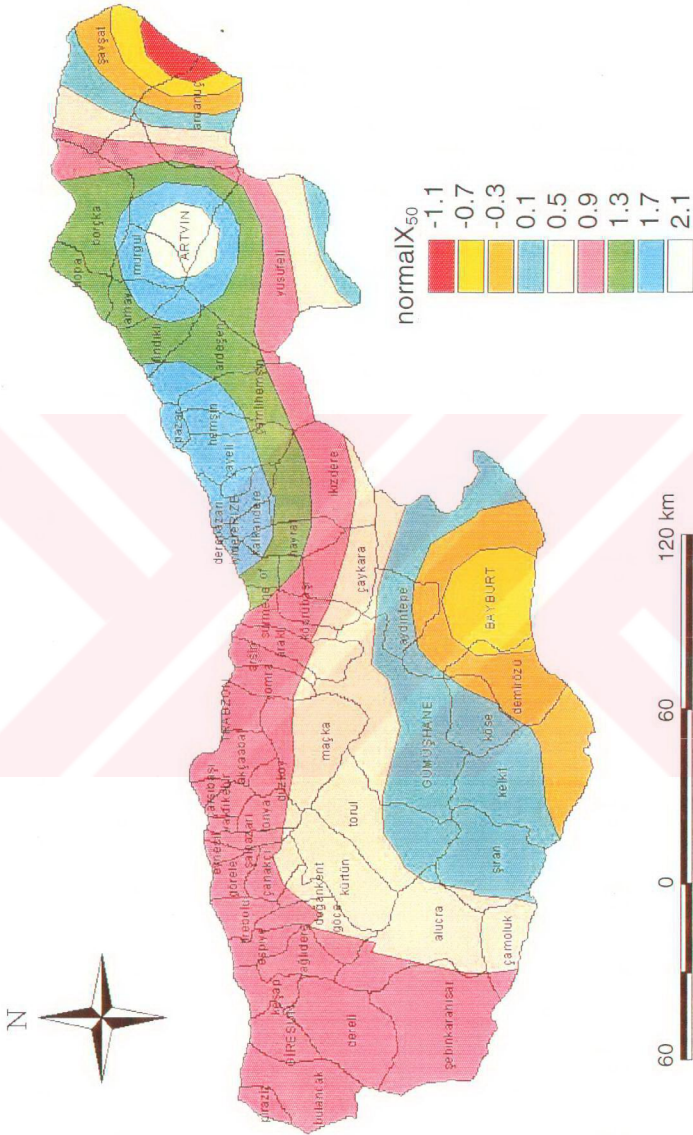
Bu çalışmada, konumsal enterpolasyon yapılarak normal X_{50} değerlerinin bölgeselleştirilmesi işlemi coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinin kullanıldığı ArcView paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu programla konumsal enterpolasyon ağırlıklı uzaklığın tersi (Inverse Distance Weighted) yöntemiyle yapılmıştır. Doğu Karadeniz bölgesi ve bu bölgeye komşu iller 250X350 birimlik bir grid içine yerleştirilmiş, her hücre için hesaba katılacak istasyon sayısı olarak 13 ve üs parametresi olarak 2 alınmıştır.



Şekil 20. Doğu Karadeniz bölgesi il ve ilçeleri ve Doğu Karadeniz bölgesine komşu iller ve ilçeleri



Şekil 21. Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DM1 istasyonları



$X_{50} = \text{normal}X_{50} + 0.0014x_{\text{kot}}$

Ölçek : 1 / 1750000

Şekil 22. Doğu Karadeniz bölgesinin kar yükü haritası

Şekil 20. de Doğu Karadeniz bölgesindeki illerin ve bu bölgeye komşu illerin ilçelerinin gösterildiği bir harita verilmekte, Şekil 21.'de Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonları gösterilmekte ve Şekil 22.'de ise Doğu Karadeniz bölgesinin kar yükü haritası verilmektedir. Bölge içindeki herhangi bir yer için harita üzerinden okunan normal X_{50} değeri şekilde verilen denklemde yerine yerleştirilirse bu yerin 50 yıl ortalama tekerrür süreli zemin kar yükü (X_{50}) elde edilebilir.

2.8. Belirlenen Zemin Kar Yüklerinin Türk Standartlarının Önerdiği Yüklerle Karşılaştırılması

Bu bölümde, bu çalışmada elde edilen harita yardımıyla Doğu Karadeniz bölgesinin ilçe merkezleri için belirlenen zemin kar yükleri ile TS 498'e göre aynı ilçe merkezleri için belirlenen zemin kar yükleri ve 1. sınıf istasyonların kar-su eşdeğerlerinden ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden belirlenen 50 yıl OTS'li zemin kar yükleri ile bu istasyonlardan elde edilen verilerden TS 7046'ya göre belirlenen zemin kar yükleri karşılaştırılmaktadır.

Doğu Karadeniz bölgesindeki her ilçe merkezi için TS 498'in ilçe merkezlerinin kar yağış yüksekliği bölgelerine ve denizden yüksekliklerine göre önerdiği kar yükü P_{ko} (kN/m^2) değerleri ve bu çalışmada elde edilen haritadan okunan Normal X_{50} (kN/m^2) değerleri ve ilçe merkezi kotları yardımıyla haritadaki denklemden belirlenen X_{50} (kN/m^2) değerleri Tablo 18.'de verilmektedir.

Şekil 23.'de ise ilçe merkezleri için belirlenen X_{50} ve P_{ko} arasındaki farklar görülmektedir.

TS 7046'nın Ek 2.'de belirtilen istatistik analiz yöntemiyle 1. sınıf istasyonların kar-su eşdeğeri verilerinden (28) denklemi ile hesaplanan zemin kar yükü verilerinden ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden (E.2.8) yoğunluk denklemi ile hesaplanan zemin kar yükü verilerinden belirlenen karakteristik kar yükü S_0 (kN/m^2) değerleri Tablo 19.'da verilmektedir. Tablo 19.'deki N, istasyonun kaç yıllık veriye sahip olduğunu, \bar{X} , istasyona ait zemin kar yükü verilerinin aritmetik ortalamasını, σ , istasyona ait zemin kar yükü verilerinin standart sapmasını ve S_0 , ilgili istasyonun (E.2.4) formülü ile hesaplanan 50 yıl ortalama tekerrür süreli zemin kar yükünü vermektedir.

Şekil 24. ve Şekil 25.'de sırasıyla 1. ve 2. sınıf istasyonlar için X_{50} ve S_0 arasındaki farklar görülmektedir.

Tablo 18. Doğu Karadeniz bölgesindeki ilçelerin merkezleri için önerilen P_{ko} (kN/m^2) ve X_{50} (kN/m^2) değerleri

| İlçe Merkezleri | Bölge | Rakım (m) | P_{ko} (kN/m^2) | Normal X_{50} (kN/m^2) | Kot (m) | X_{50} (kN/m^2) |
|-----------------|-------|-----------|------------------------------|-------------------------------------|---------|------------------------------|
| Trabzon | 4 | 33 | 0,75 | 0,90 | 33 | 0,94 |
| Akçaabat | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Araklı | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Arsin | 4 | 5 | 0,75 | 0,90 | 5 | 0,91 |
| Beşikdüzü | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Çarşamba | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Çaykara | 3 | 315 | 0,75 | 0,90 | 315 | 1,34 |
| Dernekpazarı | 4 | 190 | 0,75 | 0,90 | 190 | 1,17 |
| Düzköy | 4 | 735 | 1,25 | 0,90 | 735 | 1,93 |
| Hayrat | 4 | 180 | 0,75 | 1,30 | 180 | 1,55 |
| Köprübaşı | 4 | 200 | 0,75 | 0,90 | 200 | 1,18 |
| Maçka | 4 | 365 | 0,80 | 0,50 | 365 | 1,01 |
| Of | 4 | 10 | 0,75 | 1,30 | 10 | 1,31 |
| Sürmene | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Şalpazarı | 4 | 700 | 0,95 | 0,90 | 700 | 1,88 |
| Tonya | 4 | 755 | 1,40 | 0,90 | 755 | 1,96 |
| Vakfikebir | 4 | 755 | 1,40 | 0,90 | 755 | 1,96 |
| Yomra | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Gümüşhane | 3 | 1153 | 1,49 | 0,10 | 1153 | 1,71 |
| Kelkit | 3 | 1515 | 1,55 | 0,10 | 1515 | 2,22 |
| Köse | 3 | 1650 | 1,55 | 0,10 | 1650 | 2,41 |
| Kürtün | 3 | 602 | 0,85 | 0,50 | 602 | 1,34 |
| Şiran | 3 | 1400 | 1,49 | 0,10 | 1400 | 2,06 |
| Torul | 4 | 1000 | 1,60 | 0,50 | 1000 | 1,90 |
| Giresun | 4 | 5 | 0,75 | 0,90 | 5 | 0,91 |
| Alucra | 4 | 1500 | 1,76 | 0,50 | 1500 | 2,60 |
| Çamoluk | 4 | 2411 | 1,84 | 0,50 | 2411 | 3,87 |
| Çanakçı | 4 | 2182 | 1,84 | 0,90 | 2182 | 3,95 |
| Dereli | 4 | 250 | 0,80 | 0,90 | 250 | 1,25 |
| Doğankent | 4 | 1600 | 1,84 | 0,50 | 1600 | 2,74 |
| Espiye | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Eynesil | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Görele | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Güce | 4 | 1300 | 1,76 | 0,90 | 1300 | 2,72 |
| Keşap | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Piraziz | 3 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Şebinkarahisar | 4 | 1500 | 1,76 | 0,90 | 1500 | 3,00 |
| Tirebolu | 4 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Bulancak | 3 | 10 | 0,75 | 0,90 | 10 | 0,91 |
| Yağlıdere | 4 | 700 | 0,95 | 0,90 | 700 | 1,96 |
| Artvin | 4 | 550 | 0,90 | 1,70 | 550 | 2,47 |
| Ardanuç | 3 | 500 | 0,75 | 0,10 | 500 | 0,80 |
| Arhavi | 4 | 10 | 0,75 | 1,30 | 10 | 1,31 |
| Borçka | 4 | 125 | 0,75 | 1,30 | 125 | 1,48 |
| Hopa | 4 | 10 | 0,75 | 1,30 | 10 | 1,31 |
| Murgul | 4 | 740 | 1,40 | 1,70 | 740 | 2,74 |
| Şavşat | 4 | 1100 | 1,76 | -0,30 | 1100 | 1,24 |
| Yusufeli | 3 | 560 | 0,80 | 0,90 | 560 | 1,68 |
| Bayburt | 3 | 1550 | 1,20 | -0,70 | 1550 | 1,47 |
| Aydıntepe | 3 | 1650 | 1,20 | -0,30 | 1650 | 2,01 |
| Demirözü | 3 | 1510 | 1,20 | -0,30 | 1510 | 1,81 |

Tablo 18.'in devamı

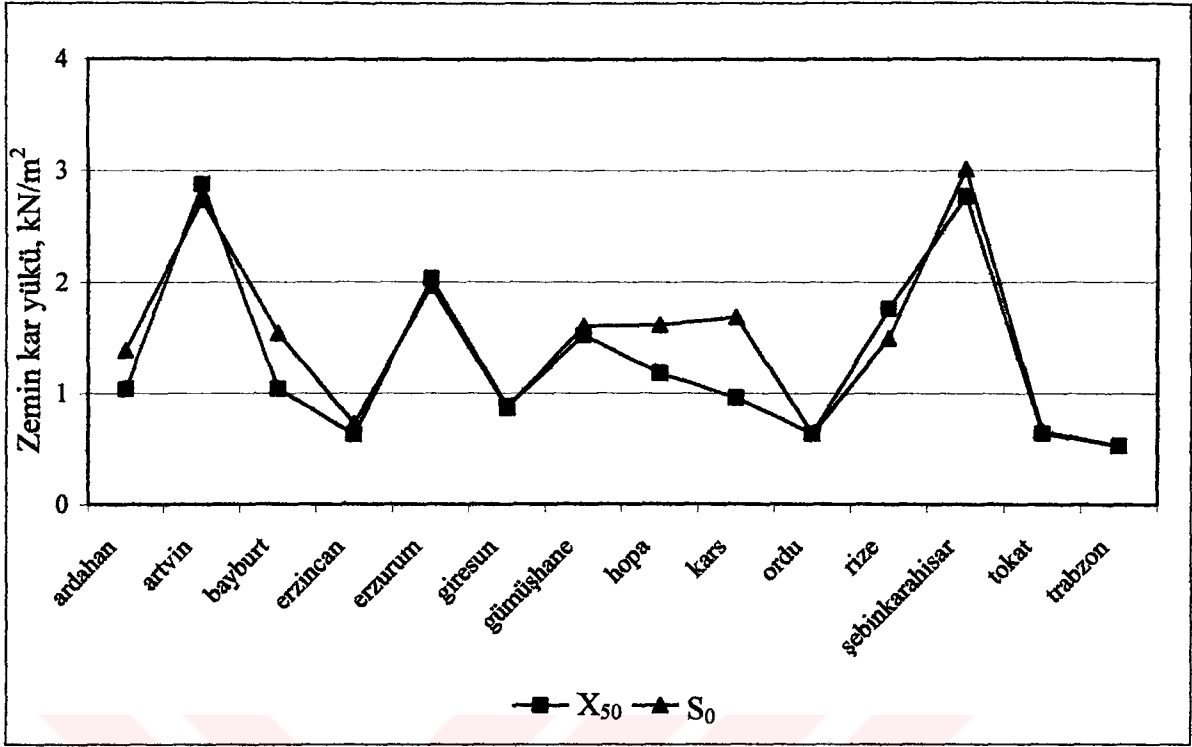
| | | | | | | |
|-------------|---|------|------|------|------|------|
| Rize | 4 | 6 | 0,75 | 1,70 | 6 | 1,71 |
| Ardeşen | 4 | 10 | 0,75 | 1,70 | 10 | 1,71 |
| Çamlıhemşin | 4 | 285 | 0,80 | 1,30 | 285 | 1,70 |
| Çayeli | 4 | 10 | 0,75 | 1,70 | 10 | 1,71 |
| Derepazarı | 4 | 10 | 0,75 | 1,70 | 10 | 1,71 |
| Fındıklı | 4 | 10 | 0,75 | 1,30 | 10 | 1,31 |
| Güneysu | 4 | 700 | 0,95 | 1,70 | 700 | 2,68 |
| Hemşin | 4 | 1200 | 1,76 | 1,70 | 1200 | 3,38 |
| İkizdere | 3 | 2000 | 1,55 | 1,30 | 2000 | 4,10 |
| İyidere | 4 | 10 | 0,75 | 1,70 | 10 | 1,71 |
| Kalkandere | 4 | 2400 | 1,84 | 1,70 | 2400 | 5,06 |
| Pazar | 4 | 10 | 0,75 | 1,70 | 10 | 1,71 |

Tablo 19. TS 7046'nın önerdiği karakteristik zemin kar yükü S_0 (kN/m²) değerleri

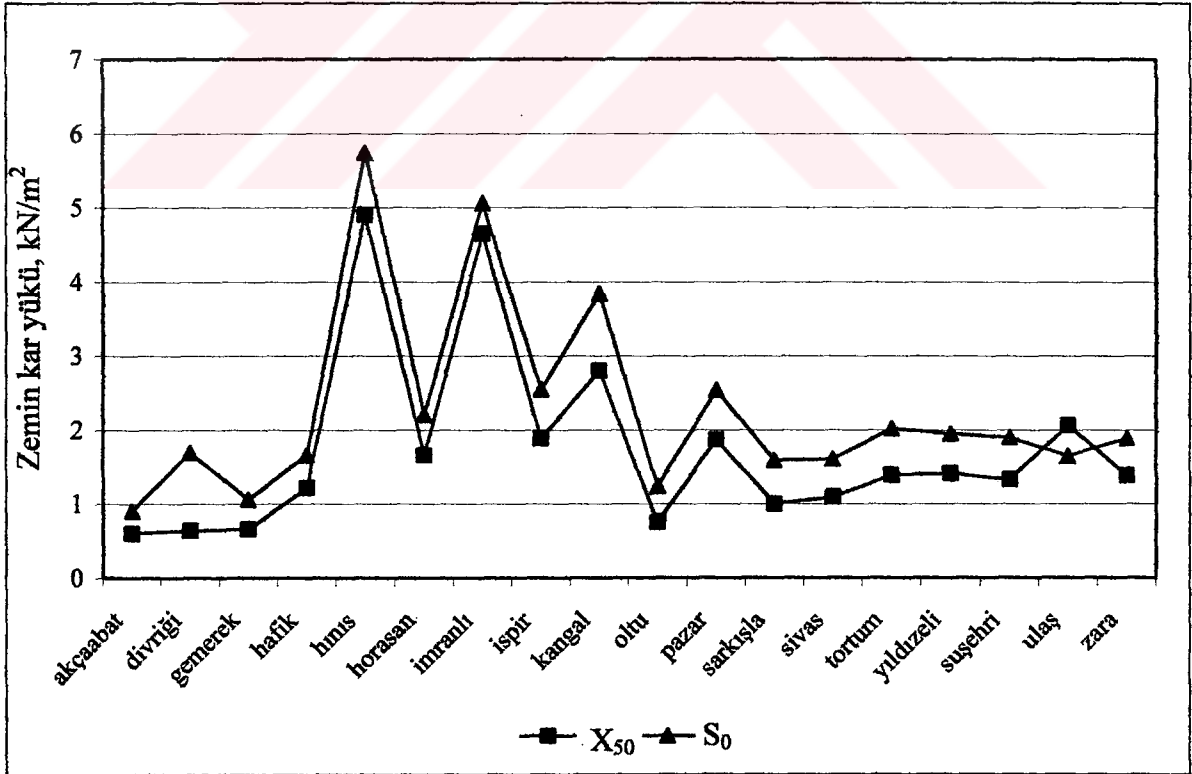
| İstasyon | Sınıf | N | \bar{X} | σ | S_0 (kN/m ²) |
|----------------|-------|----|-----------|----------|----------------------------|
| Ardahan | 1 | 31 | 0,495 | 0,295 | 1,39 |
| Artvin | 1 | 31 | 0,848 | 0,628 | 2,74 |
| Bayburt | 1 | 31 | 0,475 | 0,353 | 1,54 |
| Erzincan | 1 | 31 | 0,249 | 0,158 | 0,73 |
| Erzurum | 1 | 30 | 0,646 | 0,434 | 1,96 |
| Giresun | 1 | 30 | 0,234 | 0,210 | 0,87 |
| Gölmüşhane | 1 | 31 | 0,449 | 0,381 | 1,60 |
| Hopa | 1 | 30 | 0,365 | 0,412 | 1,61 |
| Kars | 1 | 31 | 0,436 | 0,412 | 1,68 |
| Ordu | 1 | 31 | 0,181 | 0,151 | 0,64 |
| Rize | 1 | 30 | 0,326 | 0,386 | 1,49 |
| Şebinkarahisar | 1 | 31 | 1,206 | 0,598 | 3,02 |
| Tokat | 1 | 29 | 0,165 | 0,163 | 0,66 |
| Trabzon | 1 | 31 | 0,153 | 0,125 | 0,53 |
| Akçaabat | 2 | 30 | 0,238 | 0,221 | 0,91 |
| Divriği | 2 | 31 | 0,450 | 0,411 | 1,69 |
| Gemerek | 2 | 31 | 0,362 | 0,232 | 1,06 |
| Hafik | 2 | 31 | 0,541 | 0,371 | 1,66 |
| Hınıs | 2 | 30 | 2,128 | 1,193 | 5,74 |
| Horasan | 2 | 30 | 0,686 | 0,503 | 2,21 |
| İmranlı | 2 | 31 | 1,477 | 1,183 | 5,06 |
| İspir | 2 | 29 | 0,661 | 0,621 | 2,55 |
| Kangal | 2 | 31 | 0,961 | 0,954 | 3,85 |
| Oltu | 2 | 29 | 0,344 | 0,294 | 1,24 |
| Pazar | 2 | 29 | 0,682 | 0,611 | 2,54 |
| Sarıışla | 2 | 32 | 0,489 | 0,363 | 1,59 |
| Sivas | 2 | 31 | 0,525 | 0,357 | 1,61 |
| Tortum | 2 | 29 | 0,586 | 0,472 | 2,02 |
| Yıldızeli | 2 | 31 | 0,575 | 0,455 | 1,95 |
| Suşehri | 2 | 31 | 0,620 | 0,423 | 1,90 |
| Ulaş | 2 | 22 | 0,392 | 0,400 | 1,65 |
| Zara | 2 | 31 | 0,612 | 0,423 | 1,89 |



Şekil 23. Doğu Karadeniz bölgesindeki ilçe merkezleri için X_{50} ve P_k değerleri, kN/m²



Şekil 24. 1. sınıf istasyonlar için X₅₀ ve S₀ değerleri, kN/m²



Şekil 25. 2. sınıf istasyonlar için X₅₀ ve S₀ değerleri, kN/m²

Şekil 23.'den, bu çalışmada elde edilen harita yardımıyla Doğu Karadeniz bölgesinin ilçe merkezleri için belirlenen X_{50} değerlerinin neredeyse tamamının TS 498'e göre aynı ilçe merkezleri için belirlenen P_{k0} değerlerinden büyük olduğu, yalnızca Şavşat ilçesinde P_{k0} değerinin X_{50} değerinden 0.52 kN/m^2 büyük olduğu görülmektedir. Doğu Karadeniz bölgesindeki 63 ilçeden Şavşat ilçesi hariç X_{50} ve P_k arasındaki farklar 53 ilçe merkezi için $0.05\text{-}1.01 \text{ kN/m}^2$ arasında değişirken, geri kalan 9 ilçe merkezi için $1.24\text{-}3.22 \text{ kN/m}^2$ arasında değişmektedir.

Şekil 24.'den de görülebileceği gibi 1. sınıf istasyonlar için X_{50} değerleri sadece Rize, Giresun, Erzurum ve Artvin istasyonlarında S_0 değerlerinden büyüktür. X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en küçük farklar sırasıyla Kars istasyonunda -0.72 kN/m^2 , Bayburt istasyonunda -0.50 kN/m^2 , Hopa istasyonunda -0.43 kN/m^2 ve Ardahan istasyonunda -0.35 kN/m^2 olup bu istasyonlar istisna yüklerin görüldüğü istasyonlardır. X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en büyük fark ise Rize istasyonunda 0.27 kN/m^2 'dir.

Şekil 25.'den de görülebileceği gibi 2. sınıf istasyonlar için X_{50} değeri sadece Ulaş istasyonunda S_0 değerinden büyüktür. X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en küçük fark Divriği ve Kangal istasyonunda -1.05 kN/m^2 , X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en büyük fark ise Ulaş istasyonunda 0.41 kN/m^2 'dir.

Sonuç olarak, TS 498'in Doğu Karadeniz bölgesinin ilçe merkezleri için önerdiği P_{k0} değerlerinin hemen hemen tamamı X_{50} değerlerinden küçük çıkmaktadır. Bunun nedeni olarak, TS 498'in önerdiği zemin kar yükü haritasının yeterince gerçekçi olmaması gösterilebilir.

Kar-su eşdeğer verilerinin kullanıldığı 1. sınıf istasyonlar için TS 7046'nın önerdiği S_0 değerleri genel olarak istisna yüklerin görüldüğü istasyonlarda X_{50} değerlerinden çok büyük çıkmaktadır. Bunun nedeni, TS 7046'nın istisna yükleri dikkate almadan zemin kar yüklerinin belirlenmesini önermesidir. İstisna yüklerin görülmediği diğer istasyonlar için ise S_0 değerleri X_{50} değerlerine çok yakın çıkmaktadır.

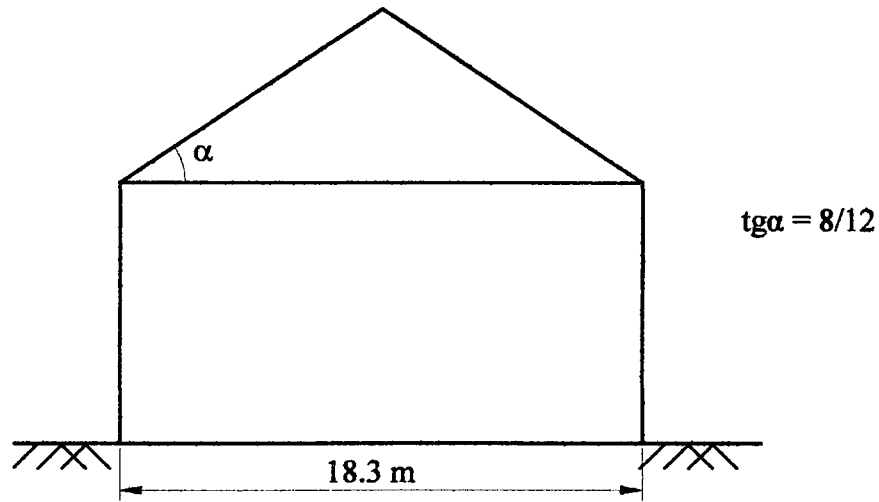
Kar derinliği verilerinin kullanıldığı 2. sınıf istasyonlar için TS 7046'nın önerdiği S_0 değerleri genelde X_{50} değerlerinden çok büyük çıkmaktadır. Bunun nedeni kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılan yoğunluk formülü ile olması gerekenden fazla büyük kar yükleri bulunması dolayısıyla istatistiki analize tabi tutulan bu verilerden büyük S_0 değerleri elde edilmesidir.

2.9. Çatı Kar Yüklerinin ANSI/ASCE 7-98, TS 498 ve TS 7046'ya Göre Belirlenerek Dönüşüm Katsayılarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde beşik, silindir ve farklı yüksekliklere sahip çatılara ait uygulamalar yapılmaktadır. Uygulamalarda ilgili çatının tasarım kar yükleri ANSI/ASCE 7-98, TS 498 ve TS 7046 standartlarının önerdiği şekilde belirlenmektedir. ANSI/ASCE 7-98 standardının, çatıların geometrisine ilaveten çatıların ısı durumlarını ve rüzgara maruz kalma durumlarını da hesaba katmasından dolayı tasarım çatı kar yüklerinin hesaplanmasında daha titiz ve gerçekçi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle önce bu standarda göre çözümler yapılmakta daha sonra da Türk Standartlarına göre çözümler yapılarak tasarım çatı kar yüklerinin karşılaştırılması olanağı sağlanmakta ve böylece dönüşüm katsayıları hakkında yorum yapabilmek mümkün hale gelmektedir.

Hesaplar, bu çalışmada belirlenen zemin kar yükü haritası kullanılarak uygulamalardaki çatılar için belirlenen tasarım zemin kar yüklerine göre yapılmaktadır.

Uygulama 1. Artvin'in Borçka ilçesinde 440 m. kotta inşa edilecek bir atelye binasının kesiti aşağıda verilmektedir. Binanın uzunluğu 30.5 m ve genişliği 18.3 m olup eğimi 8/12 olan beşik bir çatıya sahiptir. Çatı kaplama malzemesi olarak kiremit seçilmiştir. Yapının ısıtılacağı, tavan arasının havalandırılacağı ve çatının ısıl direnci R'nin $4.4 \text{ Km}^2/\text{W}$ 'den büyük olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yapının inşa edileceği alanda seyrek miktarda ağaç ve bina vardır.



Şekil 26. Atelye binasının kesiti

ANSI/ASCE 7-98'e göre çözüm

Teras çatı kar yükü

ANSI/ASCE 7-98'te teras çatı kar yükü $p_f=0.7C_e.C_t.I.p_g$ 'dir. Borçka için Şekil 22.'deki haritadan normal $X_{50}=1.3 \text{ kN/m}^2$ alınırsa $P_g=X_{50}=\text{normal}X_{50}+0.0014\text{kot}=1.3+(0.0014).(440)=1.916 \text{ kN/m}^2$ olur. Ek Tablo 3.1.'den kısmen rüzgara maruz ve B sınıfı bir arazideki yapı için $C_e=1.0$, Ek Tablo 3.2.'den havalandırılan çatılı ısıtılan yapılar ve $R>4.4$ için $C_t=1.1$ ve Ek Tablo 3.3'den ortalama öneme sahip yapılar için $I=1.0$ alınır. Böylece $p_f=(0.7).(1.0).(1.1).(1.0).(1.916)=1.475 \text{ kN/m}^2$ olur.

Çatının eğimi $\theta=\arctan(8/12)=33.7^\circ >15^\circ$ olduğundan p_f 'nin müsaade edilen minimum değerlerinin uygulanmasına gerek yoktur. $p_f=1.475 \text{ kN/m}^2$ kullanılır.

Eğimli çatı kar yükü

ANSI/ASCE 7-98'te eğimli çatı kar yükü $p_s=C_s.p_f$ 'dir. Burada $C_s, C_t=1.1$ olduğundan Ek Şekil 3.1a. ve Ek Şekil 3.1b.'deki değerlerin ortalaması alınarak hesaplanır. Ek Şekil 3.1a.'daki sürekli çizgi kullanılırsa $\theta=33.7^\circ$ 'lik açı için $C_s=0.9$ ve Ek Şekil 3.1b.'deki sürekli çizgi kullanılırsa $\theta=33.7^\circ$ 'lik açı için $C_s=1.0$ bulunur. Bu iki değer ortalamasından $C_s=0.95$ olur. Böylece

$$p_s=(0.95).(1.475)=1.40 \text{ kN/m}^2 \text{ (Dengeli Yük)}$$

bulunur.

Dengesiz Yükler

Beşik ve kırma çatılar için dengesiz yüklerin $\theta \geq 70^\circ$ ve $\theta < (21/W + 0.5)^\circ$ için düşünülmesine gerek yoktur. $W=9.15 \text{ m}$ ve $(21/9.15 + 0.5)=2.8^\circ > \theta=33.7^\circ$ olduğundan dengesiz yük durumu düşünülmemelidir.

$W > 6.1 \text{ m}$ ve $\theta \geq (275\beta p_f / \gamma W)$ olup olmadığı kontrol edilmelidir. Burada β parametresi L/W 'nin bir fonksiyonudur. $L/W=30.5/9.15=3.33$ ve $1 < L/W=3.33 \leq 4$ olduğundan $\beta=0.33+(0.167).(3.33)=0.89$ bulunur. Kar yoğunluğu γ (E. 3.7.4) ile belirlenir. $\gamma=0.426p_g+2.2=3.016 \text{ kN/m}^3$ bulunursa $W=9.15 \text{ m} > 6.1 \text{ m}$ ve $\theta=33.7^\circ \geq (275\beta p_f / \gamma W)=(275).(0.89).(1.475)/(3.016).(9.15)=13.1^\circ$ olduğundan çatı Ek Şekil 3.4.'deki $W > 6.1 \text{ m}$ ve $\theta \geq (275\beta p_f / \gamma W)$ şartlı dengesiz yüke göre tasarlanmalıdır.

$$\text{Rüzgarüstü yükü} = p_w = 0.3p_s = (0.3).(1.40) = 0.42 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rüzgaraltı yükü} = p_l = 1.2(1+(\beta/2)).p_s / C_e = 1.2(1+(0.89/2))1.40 / 1.0 = 2.43 \text{ kN/m}^2$$

bulunur.

TS 498'e göre çözüm

Bu standartta çatı kar yükü $P_k = m \cdot P_{ko}$ 'dır. Burada $P_{ko} = X_{50} = 1.916 \text{ kN/m}^2$ alınır ve $\alpha = 33.7^\circ$ olduğundan $m = 1 - (\alpha - 30^\circ) / 40^\circ = 0.9$ bulunur. Böylece

$$P_k = (1.916) \cdot (0.9) = 1.72 \text{ kN/m}^2$$

bulunur.

TS 7046'ya göre çözüm

Bu standartta çatı kar yükü $S = \mu \cdot S_0$ 'dır. Burada $P_{ko} = X_{50} = 1.916 \text{ kN/m}^2$ alınır ve $\beta = 33.7^\circ$ olduğundan Ek 1.'deki Föy 1'den $\mu_1 = 0.8[(60 - \beta) / 30] = 0.8[(60 - 34) / 30] = 0.70$ ve $\mu_2 = 1.2[(60 - \beta) / 30] = 1.2[(60 - 34) / 30] = 1.04$ şeklinde bulunur. TS 7046, Madde 4.2.1'e göre bina rüzgara maruz ise μ_1 'de %25 azaltma yapılır. Böylece

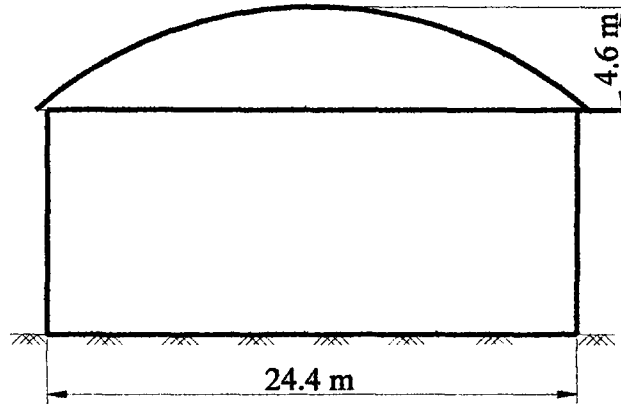
$$S_1 = \mu_1 \cdot (0.75) \cdot S_0 = (0.70) \cdot (0.75) \cdot (1.916) = 1.00 \text{ kN/m}^2 \text{ ve}$$

$$S_2 = \mu_2 \cdot S_0 = (1.04) \cdot (1.916) = 1.99 \text{ kN/m}^2$$

bulunur.

Şekil 29.'da 1.uygulama için belirlenen tasarım kar yükleri verilmektedir.

Uygulama 2. Trabzon'un Merkez ilçesinde 215 m. kotta 450 kişi kapasiteli, silindirik çatılı bir tiyatro binası inşa edilecektir. Binanın kesiti aşağıdaki şekilde verilmekte olup binanın açıklığı 24.4 m ve çatı kesitindeki daire yayının yüksekliği 4.6 m.'dir. Çatının betonarme olması düşünülüp çatı kaplama malzemesi olarak agrega esaslı membran kullanılacaktır. Çatının ısı direnci, $R = 3.5 \text{ Km}^2/\text{W}$ olup yapının ekonomik ömrü boyunca rüzgara maruz kalacağı düşünülmektedir.



Şekil 27. Tiyatro binasının kesiti

ANSI/ASCE 7-98'e göre çözüm

Teras çatı kar yükü

ANSI/ASCE 7-98'te teras çatı kar yükü $p_f=0.7C_e.C_t.I.p_g$ 'dir. Trabzon için Şekil 22.'deki haritadan normal $X_{50} = 0.9 \text{ kN/m}^2$ alınırsa $P_g=X_{50}=\text{normal}X_{50}+0.0014\text{kot} = 0.9 + (0.0014) \cdot (215)=1.20 \text{ kN/m}^2$ olur. Ek Tablo 3.1.'den rüzgara tamamen maruz ve B sınıfı bir arazideki yapı için $C_e=0.9$, Ek Tablo 3.2.'den $R=3.5$ için $C_t=1.0$ ve Ek Tablo 3.3'den önemli yapılar için $I=1.1$ alınır. Böylece

$$p_f = (0.7) \cdot (0.9) \cdot (1.0) \cdot (1.1) \cdot (1.20) = 0.83 \text{ kN/m}^2 \text{ olur.}$$

Saçaklardan mahyaya dikey açı, $\theta=\arctan(4.6/12.2)=21^\circ >10^\circ$ olduğundan p_f 'nin müsaade edilen minimum değerlerinin uygulanmasına gerek yoktur. $p_f = 0.83 \text{ kN/m}^2$ kullanılır.

Geometriden saçaklardaki çatının eğimi 41° bulunur. Bu yüzden Ek Şekil 3.2.'deki II durumuna göre dengeli ve dengesiz yükleri belirlemek gerekir.

Eğimli çatı kar yükü

ANSI/ASCE 7-98'te eğimli çatı kar yükü $p_s=C_s.p_f$ 'dir. Ek Şekil 3.2.'deki II durumuna göre eğimli çatı kar yükü $C_s=1.0$ 'a göre belirlenen çatı kısmı Ek Şekil 3.1a.'dan çatının eğiminin 30° 'den küçük olan kısmı için geçerlidir. Bu kısım da mahyadan dik geçen çizginin sağında ve solundaki 9.1 m'lik kısımdır. Bu bölgedeki kar yükü

$$p_s = (1.0) \cdot (0.83) = 0.83 \text{ kN/m}^2 \text{ bulunur.}$$

Ek Şekil 3.2.'deki II durumuna göre saçaklardaki eğimli çatı kar yükü Ek Şekil 3.1a.'dan saçaklardaki çatı eğimi 41° kullanılarak bulunan $C_s=0.72$ 'ye göre belirlenir. Böylece saçaklardaki kar yükü

$$p_s = (0.72) \cdot (0.83) = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur.

Dengesiz Yükler

Saçaklardan mahyaya dikey açı 10° 'den büyük ve 60° 'den küçük olduğundan Ek Şekil 3.2.'deki II durumuna göre dengesiz yükler belirlenmelidir.

$$\text{Mahyadaki dengesiz yük} = 0.5p_f = (0.5) \cdot (0.83) = 0.41 \text{ kN/m}^2$$

$$30^\circ \text{ noktasındaki dengesiz yük} = 2 \cdot p_f \cdot C_s^{**} / C_e = (2) \cdot (0.83) \cdot (1.0) / 0.9 = 1.84 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Saçaklardaki dengesiz yük} = 2 \cdot p_f \cdot C_s^* / C_e = (2) \cdot (0.83) \cdot (0.72) / 0.9 = 1.33 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur.

Eğim $>2.38^\circ$ olduğundan kar üstüne yağmur yükünü hesaba katmaya gerek yoktur.

TS 498'e göre çözüm

Bu standartta çatı kar yükü $P_k = m \cdot P_{ko}$ 'dır. Burada $P_{ko} = X_{50} = 1.20 \text{ kN/m}^2$ alınır ve α , saçaklardan mahyaya dikey açı olarak düşünülürse $\alpha = 21^\circ$ olarak bulunur. $\alpha < 30^\circ$ olduğundan

$$P_k = P_{ko} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur.

TS 7046'ya göre çözüm

Bu standartta çatı kar yükü $S = \mu \cdot S_0$ 'dır. Burada $P_{ko} = S_0 = 1.20 \text{ kN/m}^2$ alınır ve μ , Ek 1.'deki Föy 3'e göre I. durum için $\mu_1 = 0.8$ ve II. durum için $\mu_2 = 0.3 + 10(h/l) = 0.3 + 10(4.6/24.4) = 2.19$ ve $\mu_3 = \mu_2/2$ şeklinde bulunur. TS 7046, Madde 4.2.1'e göre bina rüzgara maruz ise μ_1 'de %25 azaltma yapılır. Böylece I. durum için

$$S_I = \mu_1 \cdot (0.75) \cdot S_0 = (0.8) \cdot (0.75) \cdot (1.20) = 0.72 \text{ kN/m}^2 \text{ ve}$$

II. durum için saçaklardaki yük

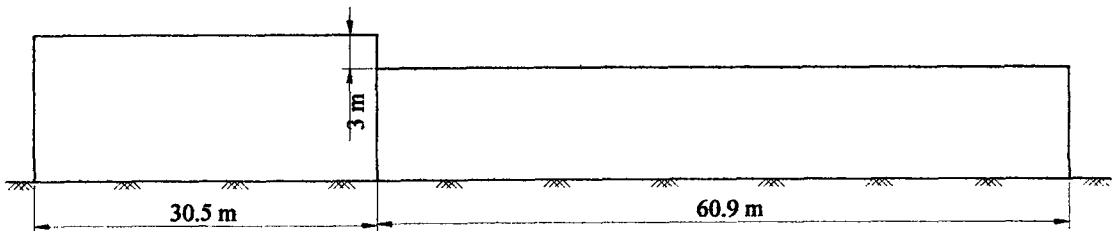
$$S_2 = \mu_2 \cdot S_0 = (2.19) \cdot (1.20) = 2.63 \text{ kN/m}^2 \text{ ve}$$

$$S_3 = \mu_3 \cdot S_0 = S_3 = (\mu_2/2) \cdot S_0 = (2.19/2) \cdot (1.20) = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur.

Şekil 30.'da uygulama 2. için belirlenen tasarım kar yükleri verilmektedir.

Uygulama 3. Gümüşhane'nin Şiran ilçesinde 1300 m kotta, farklı yüksekliklere sahip iki teras çatısı bulunan bir sanayi yapısı inşa edilecektir. Çatılar arasındaki yükseklik farkı 3 m'dir. 30.5 m x 30.5 m'lik yüksek kısmın ısıtılması ve 60.9 m genişliğinde ve 30.5 m uzunluğundaki alçak kısmın ise ısıtılmayarak depo olarak kullanılması düşünülmektedir. Yapı, çevresinde ağaç ve yüksek bina olmayacağı düşünülen bir sanayi sitesinde inşa edilecektir. Yapının kesiti aşağıdaki şekilde verilmektedir.



Şekil 28. Sanayi yapısının kesiti

ANSI/ASCE 7-98'e göre çözüm

Üst çatıda teras çatı kar yükü

ANSI/ASCE 7-98'te teras çatı kar yükü $p_f=0.7C_e.C_t.I.p_g$ 'dir. Şiran ilçesi için Şekil 22.'deki haritadan normal $X_{50} = 0.1 \text{ kN/m}^2$ alınırsa $P_g=X_{50} = \text{normal}X_{50}+0.0014k_{ot} = 0.1 + (0.0014) \cdot (1300)=1.92 \text{ kN/m}^2$ olur. Ek Tablo 3.1.'den rüzgara tamamen maruz ve B sınıfı bir arazideki yapı için $C_e=0.9$, Ek Tablo 3.2.'den $C_t=1.1$ ve Ek Tablo 3.3'den ortalama öneme sahip yapılar için $I=1.0$ 'dır. Böylece

$$p_f = (0.7).(0.9).(1.0).(1.0).(1.92) = 1.21 \text{ kN/m}^2$$

olur.

Çatının eğimi $\theta=0^\circ < 15^\circ$ olduğundan p_f 'nin müsaade edilen minimum değerleri düşünülmelidir. $p_g > 0.96 \text{ kN/m}^2$ ise $p_f \geq 0.96I$ olmalıdır. $\text{min}p_f = (0.96).(1.0) = 0.96 \text{ kN/m}^2$ olduğundan $p_f = 1.21 \text{ kN/m}^2$ kullanılır.

Alt çatıda teras çatı kar yükü

ANSI/ASCE 7-98'te teras çatı kar yükü $p_f=0.7C_e.C_t.I.p_g$ 'dir. Şiran ilçesi için Şekil 22.'deki haritadan normal $X_{50}=0.1 \text{ kN/m}^2$ alınırsa $P_g=X_{50} = \text{normal}X_{50}+0.0014k_{ot} = 0.1 + (0.0014) \cdot (1300)=1.92 \text{ kN/m}^2$ olur. Ek Tablo 3.1.'den kısmen rüzgara maruz ve B sınıfı bir arazideki yapı için $C_e=1.0$, Ek Tablo 3.2.'den ısıtılmayan bir yapı için $C_t=1.2$ ve Ek Tablo 3.3'den önemsiz yapılar için $I=0.8$ alınır. Böylece

$$p_f = (0.7).(1.0).(1.2).(0.8).(1.92) = 1.29 \text{ kN/m}^2 \text{ olur.}$$

Çatının eğimi $\theta=0^\circ < 15^\circ$ olduğundan p_f 'nin müsaade edilen minimum değerleri düşünülmelidir. $p_g > 0.96 \text{ kN/m}^2$ ise $p_f \geq 0.96I$ olmalıdır. $\text{min}p_f = (0.96).(0.8) = 0.77 \text{ kN/m}^2$ olduğundan $p_f = 1.29 \text{ kN/m}^2$ kullanılır.

Birikinti yükleri

$$\gamma = 0.426p_g + 2.2 = 1.92+2.2=3.02 \text{ kN/m}^3$$

$$h_b = p_f / \gamma = 1.29/3.02 = 0.43 \text{ m}$$

$$h_c = 3.05 - h_b = 3.05 - 0.43 = 2.62 \text{ m}$$

$$h_c/h_b = 2.62/0.43 = 6.1$$

$h_c/h_b \geq 0.2$ olduğundan birikinti yükleri düşünülmelidir.

Rüzgar altı basamağında (Rüzgarın soldan esmesi durumunda)

$l_u = 30.5 \text{ m}$ ve $p_g = 1.92 \text{ kN/m}^2$ olduğundan Ek Şekil 3.8.'dan h_d (rüzgar altı) = 1.16 m bulunur.

Rüzgar üstü basamağında (Rüzgarın sağdan esmesi durumunda)

l_u yerine alt çatının uzunluğu olan 61 m kullanılırsa ve $p_g=1.92 \text{ kN/m}^2$ olduğundan Ek

Şekil 3.8.'dan $h_d = 1.6$ m bulunur. Böylece h_d (rüzgar üstü) = $0.5h_d = 0.8$ m olur.

Rüzgar altı birikintisi için bulunan h_d , rüzgar altı birikintisi için bulunan h_d 'den daha büyük olduğundan $h_d = 1.16$ m kullanılır. $h_d < h_c$ olduğundan birikinti genişliği $w = 4h_d = (4).(1.16) = 4.64$ m olur. Birikinti ilave yükü ise

$$p_d = h_d \cdot \gamma = (1.16).(3.02) = 3.50 \text{ kN/m}^2$$

bulunur.

$p_g > 0.96 \text{ kN/m}^2$ olduğundan çatı eğimleri 2.38° 'den küçük olmasına rağmen kar üstüne yağmur ilave yükünü düşünmeye gerek yoktur.

TS 498'e göre çözüm

Bu standartta çatı kar yükü $P_k = m \cdot P_{ko}$ 'dır. Burada $P_{ko} = X_{50} = 1.92 \text{ kN/m}^2$ alınır

Üst çatıda, $\alpha < 30^\circ$ olduğundan

$$P_k = P_{ko} = 1.92 \text{ kN/m}^2 \text{ olur.}$$

Alt çatıda, $\alpha < 30^\circ$ olduğundan

$$P_k = P_{ko} = 1.92 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

TS 7046'ya göre çözüm

Bu standartta çatı kar yükü $S = \mu \cdot S_0$ 'dır. $P_{ko} = S_0 = 1.92 \text{ kN/m}^2 = 188.3 \text{ kgf/m}^2$ alınır

Alt çatıda

$\mu_1 = 0.8$ ve $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$ 'dir. $l_3 = 2h$ olduğundan $l_3 = 2 \times 3 = 6$ m olur. $0.8 \leq \mu_w \leq 4.0$ için $\mu_w = (l_1 + l_2) / 2h \leq (kh) / S_0$ şartı sağlanmalıdır. $\mu_w = (l_1 + l_2) / 2h = (30.5 + 61) / 6 = 15.25$ olduğundan bu şartın sağlanıp sağlanmadığına bakılmaz. Ek 2.'nin Ek C'sindeki $\mu_w = 1 + (1/h)(m_1 \cdot l_1 + m_2 \cdot l_2)(l_2 - 2h) \leq (kh) / S_0$ ifadesinden μ_w belirlenir. $\beta \leq 20^\circ$ olduğundan m_1 ve m_2 0.5 alınır. Böylece $\mu_w = 1 + (1/3)(0.5 \times 30.5 + 0.5 \times 61)(61 - 2 \times 3) = 838 > (200 \times 3) / 188.3 = 3.2$ olduğundan $\mu_w = 3.2$ alınır. $\beta \leq 15^\circ$ olduğundan $\mu_s = 0$ alınır ve $\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 3.2 = 3.2$ olur.

TS 7046, Madde 4.2.1'e göre bina rüzgara maruz ise μ_1 'de %25 azaltma yapılır. Böylece

$$S_1 = \mu_1 \cdot (0.75) \cdot S_0 = (0.8) \cdot (0.75) \cdot (1.92) = 1.12 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = \mu_2 \cdot S_0 = (3.2) \cdot (1.92) = 6.15 \text{ kN/m}^2 \text{ olur.}$$

Üst çatıda

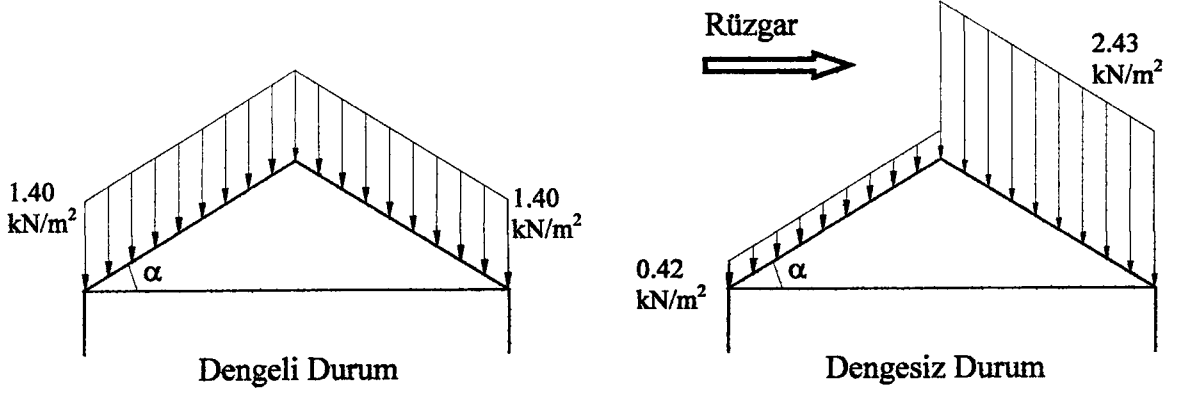
$$\mu_1 = 0.8 \cdot (0.75) \text{ olduğundan}$$

$$S_1 = \mu_1 \cdot S_0 = (0.8) \cdot (0.75) \cdot (1.92) = 1.12 \text{ kN/m}^2 \text{ olur.}$$

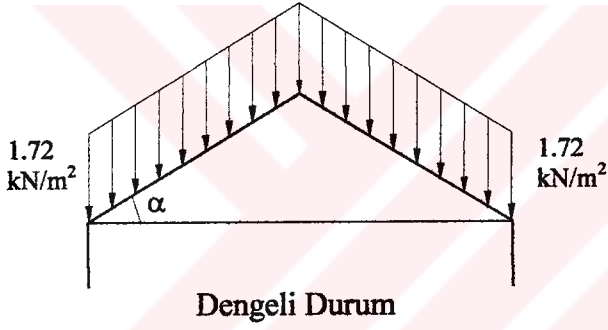
Şekil 31.'de uygulama 3. için belirlenen tasarım kar yükleri verilmektedir.

ANSI/ASCE 7-98'e göre çözüm

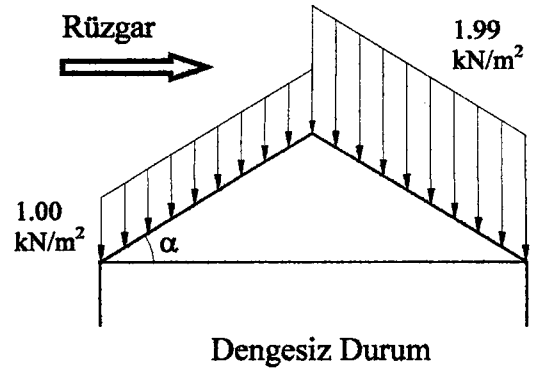
$$P_g = X_{50} = 1.916 \text{ kN/m}^2$$

**TS 498'e göre çözüm**

$$P_{ko} = X_{50} = 1.916 \text{ kN/m}^2$$

**TS 7046'ya göre çözüm**

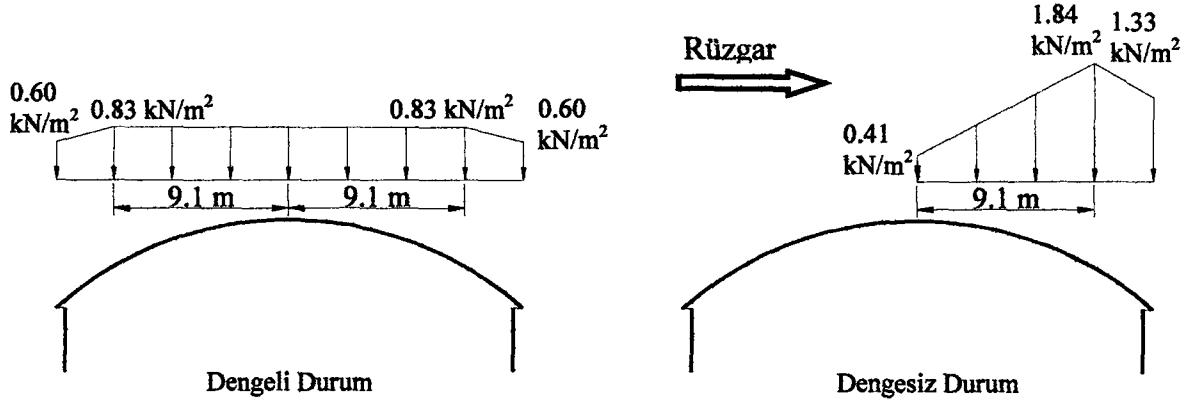
$$S_0 = X_{50} = 1.916 \text{ kN/m}^2$$



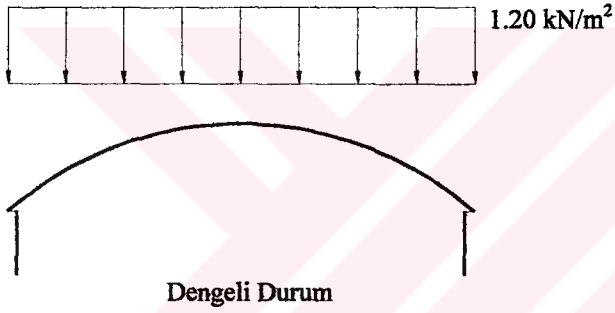
Şekil 29. 1. uygulama için tasarım kar yükleri

ANSI/ASCE 7-98'e göre çözüm

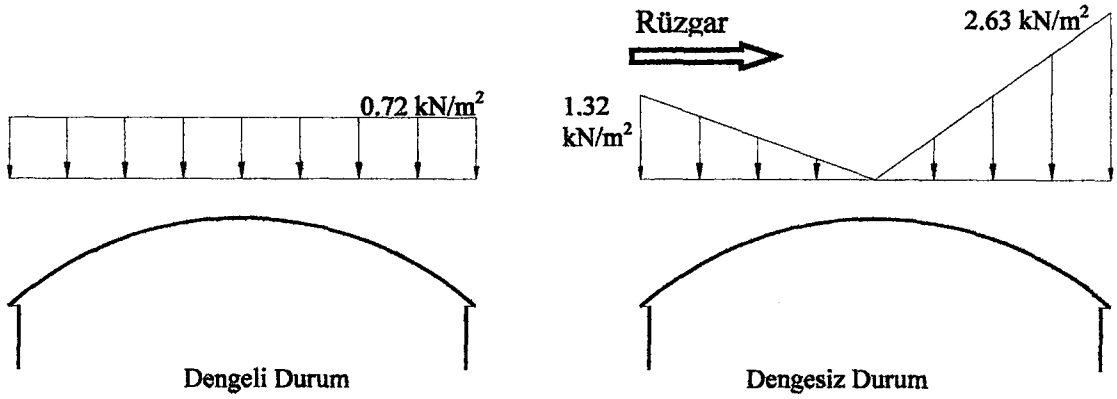
$$P_g = X_{50} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

**TS 498'e göre çözüm**

$$P_{ko} = X_{50} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

**TS 7046'ya göre çözüm**

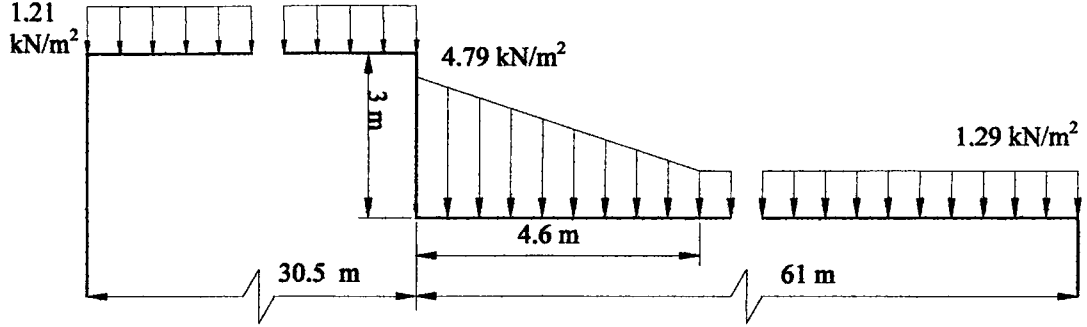
$$S_0 = X_{50} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$



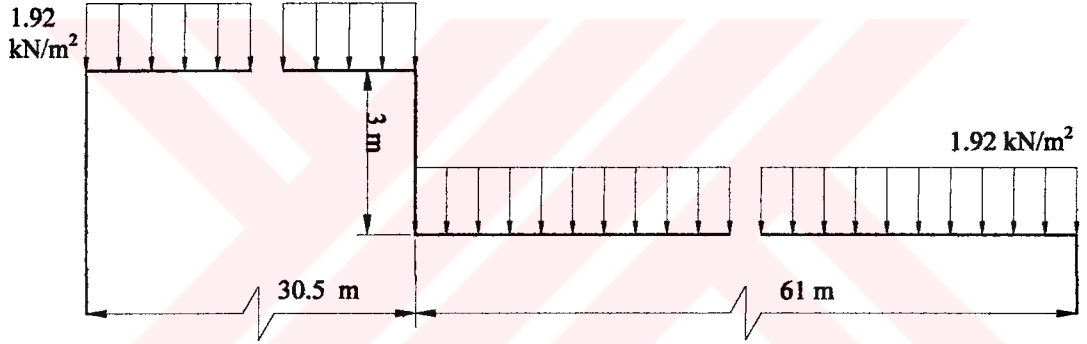
Şekil 30. 2. uygulama için tasarım kar yükleri

ANSI/ASCE 7-98'e göre çözüm

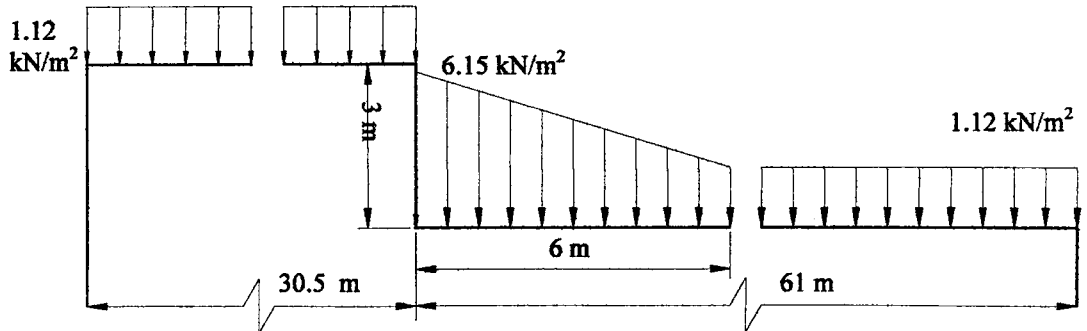
$$P_g = X_{50} = 1.92 \text{ kN/m}^2$$

**TS 498'e göre çözüm**

$$P_{ko} = X_{50} = 1.92 \text{ kN/m}^2$$

**TS 7046'ya göre çözüm**

$$S_0 = X_{50} = 1.92 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 31. 3. uygulama için tasarım kar yükleri

Uygulamalara ait sonuçlar karşılaştırıldığında, TS 498'in beşik, silindir ve farklı yüksekliklere sahip çatılar için ekonomik olmayan dengeli yükler önerdiği görülmektedir. Bunun nedeni olarak, TS 498'de çatı kar yükünün yalnızca eğime bağlı indirgeme katsayısı ile zemin kar yükünün çarpılması sonucu belirlenmesi ve ANSI/ASCE 7-98 standartındaki 0.7 katsayısı gibi dönüşüm katsayılarıyla çarpılan bir katsayının kullanılmaması gösterilebilir. Ayrıca TS 498'in dengesiz durumlar ve birikinti yükleri için öneride bulunmadığından tamamen emniyetsiz olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak da, dengesiz yüklere etki eden faktörlerin belirlenmemiş olması gösterilebilir.

TS 7046'nın beşik, silindir ve farklı yüksekliklere sahip çatılarda emniyetsiz dengeli yükler önerdiği görülmektedir. TS 7046'nın beşik, silindir ve farklı yüksekliklere sahip çatılarda emniyetsiz dengeli yükler önermesinin nedeni olarak ANSI/ASCE 7-98 standardının meskun mahallerde rüzgara maruz kalma durumu için en az 0.9 katsayısını önermesine karşılık TS 7046'nın rüzgara maruz bölgelerde 0.75 katsayısını önermesi ve ANSI/ASCE 7-98'in ısı durum katsayısı olarak en az 1.0 katsayısını önermesine karşılık TS 7046'nın ısı durum için herhangi bir katsayı önermemesi gösterilebilir. TS 7046'nın beşik ve silindir çatıların rüzgar üstü tarafları için ekonomik olmayan, rüzgar altı tarafları için emniyetsiz ve farklı yüksekliklere sahip çatılar için ekonomik olmayan dengesiz yükler önerdiği görülmektedir. Bunun nedeni olarak da TS 7046'da dengesiz yüklere etki eden faktörlerin doğru olarak belirlenmemiş olması gösterilebilir.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesinde ve bu bölgeye komşu illerde kar-su eşdeğeri ve kar derinliği ölçümü yapan Devlet Meteoroloji İşleri'ne (DMI) ait 14 adet 1. sınıf istasyondan ve yalnızca kar derinliği ölçümü yapan DMI'ye ait 18 adet 2. sınıf istasyondan yıllık maksimum değerler alınarak bütün bu verilerden her istasyonun ortalama tekerrür süresi (OTS) 50 yıl olan zemin kar yükleri ve kar derinlikleri istatistiksel analizle belirlenmiştir. İstatistiki analiz aşamasında her istasyon datası için en uygun olasılık dağılımı gumbel, weibull ve lognormal dağılımları arasından maksimum olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi ile seçilmiştir. 1. sınıf istasyonlar için belirlenen 50 yıl OTS'li kar yükleri ve kar derinlikleri arasında regresyon analizi yapılarak lineer olmayan bir regresyon denklemi kurulmuş, ve bu denklem yardımıyla 2. sınıf istasyonlar için 50 yıllık kar yükleri belirlenmiştir. Zemin kar yükünün Doğu Karadeniz bölgesindeki değişimini elde etmek amacıyla her istasyon için belirlenen 50 yıllık kar yükleri kullanılarak ve CBS tekniklerinden yararlanılarak konumsal analiz yapılmış ve bölgenin zemin kar yükü haritası oluşturulmuştur. ANSI/ASCE 7-98 standardının önerdiği dönüşüm katsayıları kullanılarak çeşitli tip çatılar için kar yükleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar halen yürürlükte olan standartlardan elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

TS 498'in Doğu Karadeniz bölgesi için tamamen emniyetsiz zemin kar yükleri önerdiği, TS 7046'ya göre kar yükü verilerinden genelde emniyetli ve ekonomik karakteristik zemin kar yüklerinin belirlendiği, fakat istisna yüklerin görüldüğü istasyonlar için ekonomik olmayan zemin kar yüklerinin belirlendiği görülmüştür.

Çatı kar yüklerinin yalnızca çatı geometrisinin bir fonksiyonu olmadığı, bunun yanı sıra çatının rüzgara ve güneşe maruz kalma durumu, yapıdaki ısı kayıpları, çatı kaplama malzemesinin türü ve çatı etrafındaki ve üzerindeki engeller gibi etkenlerinde dikkate alınarak belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmış ve TS 498 ve TS 7046 standartlarının önerdiği dönüşüm katsayılarının genelde sadece çatıların geometrik özelliklerini yansıtmalarından dolayı her tip ve özellikteki çatılar için optimum sonuçlar vermediği görülmüştür.

Çatıların yalnızca dengeli yüklere göre değil aynı zamanda dengesiz yüklere göre de tasarlanması gerektiği sonucuna varılmış ve TS 498 ve TS 7046 standartlarının dengesiz yükler için güvenli olmadığı görülmüştür.

Ayrıca, TS 7046'nın kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılmasını önerdiği yoğunluk formülü ile elde edilen değerlerle ekonomik olmayan zemin kar yüklerinin belirlendiği görülmüştür.



4. ÖNERİLER

Bu çalışma Türkiye'nin diğer bölgeleri için de yapılmalı ve Türkiye için yeni bir zemin kar yükü haritası çıkarılmalıdır. Böylece, TS 498'deki zemin kar yükü haritası da güncelleştirilmiş olacaktır.

İstasyonların istisna yükleri için bir kriter belirlenmeli ve bu kritere göre belirlenen yüklerin diğer verilerin arasından çıkarılmasından sonra istatistiki analize geçilmelidir.

Türk Standartlarındaki şekil katsayılarına ilaveten çatının rüzgara ve güneşe maruz kalma durumu, yapı-çatı arasındaki ısı geçişler, çatı kaplama malzemesinin türü ve çatı etrafındaki ve üzerindeki engeller için de katsayılar belirlenmelidir.

Çatılardaki dengesiz yüklerin arazi gözlemleri ve laboratuvar çalışmaları doğrultusunda incelenerek dengesiz yüklere etki eden faktörler belirlenmelidir.

TS 7046'nın kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılmasını önerdiği yoğunluk formülünün yerine, eş zamanlı yapılan çok sayıda kar derinliği ve kar yoğunluğu ölçümlerine ait veriler regresyon analizine tabi tutulmalı ve elde edilen regresyon denklemi kullanılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Abe, D. ve Shimizu, M., 2003. Snow Densities to Estimate Ground Snow Loads in Mountainous Areas of Japan.
<http://www2.ceri.go.jp/sirwec2002/english/papers/abe.pdf> 4 Şubat 2003
- ANSI, 1972. American National Standard Building Code Requirements for Minimum Design Loads in Building and Other Structures, ANSI A58.1-1972, American National Standard Institute, New York, N. Y.
- ANSI, 1982. American National Standard Building Code Requirements for Minimum Design Loads in Building and Other Structures, ANSI A58.1-1982, American National Standard Institute, New York, N. Y.
- ANSI, 1996. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7-95, American Society of Civil Engineers, New York, N. Y., 214.
- ANSI, 1999. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7-98, American Society of Civil Engineers, New York, N. Y., 214.
- Bayazit, M., 1999. Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 242.
- Bayazit, M. ve Bayhan, O., 1994. Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 211.
- Boyd, D. W., 1961. Maximum Snow Depths and Snow Loads on Roofs in Canada, Proceedings of the 29th Annual Meeting Western Snow Conference, Ottawa, Canada, 6-16.
- BSI, 1998. Loading for Buildings, BS 6399, British Standard Institution.
- Del Corso, R., 2002. Snow Loads on Structures: Research and Standardization.
http://bativille.cstb.fr/CenStarWS/Univ_Pisa.pdf 10 Aralık 2002
- Del Corso, R., Formichi, P. ve Stiefel, U., 2000. Recent European Research Advances Snow Loading and Their Possible Implementation in the Eurocodes, Progressive Structural Engineering Material, 2, 5, 483-494.
- Durmaz, M. ve Daloğlu, A., 2003. Zemin ve Çatı Kar Yüklerinin Belirlenmesi: Erzurum İli İçin Örnek Çalışma, Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi, İstanbul Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, İstanbul, 289-295.
- Durmaz, Z., 1998. DSİ 8.Bölge Müdürlüğü Kar Ölçüm Çalışmaları, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 27-34.

- Ellingwood, B., 1983. Statistical Tests of Environmental Load Data, Journal of Structural Engineering, 110, 6, 1400-1404.
- Ellingwood, B. ve O'Rourke, M. J., 1985. Probabilistic Models of Snow Loads on Structures, Structural Safety, 2, 4, 291-299.
- Ellingwood, B. ve Redfield, R., 1982. Ground Snow Loads for Structural Design, Journal of Structural Engineering, 109, 4, 950-964.
- Filliben, J. J., 1975. The Probability Plot Correlation Coefficient Test for Normality, Technometrics, 17, 1, 111-117.
- Fridley, K. J., Roberts, K. A. ve Mitchell, J. B., 1994. Estimating Ground Snow Loads Using Local Climatological Data, Journal of Structural Engineering, 120, 12, 3567-3576.
- Gürer, İ., 1977. Kar Meteorunun Evrimi ve İlkbahar Taşkın Tahminlerinde Kullanılması, DMİ Yayınları, No. 13, Ankara.
- Gürer, İ., 1980. Kar ve Ölçümü, DSİ Teknik Bülteni, Sayı 49, 34-41.
- Gürer, İ., 1998. Kar Örtüsünün Mukavemetinin İncelenmesi ve Ölçülmesi, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 35-50.
- Howe, M.A., 1912. The Design of Simple Roof-Trusses in Wood and Steel, John Wiley and Sons, New York, N. Y.
- Irwin, P. A., Gamble, S. L. ve Taylor, D. A., 1995. Effects of Roofs Size, Heat Transfer and Climate on Snow Loads: Studies for the 1995 NBC, Canadian Journal of Civil Engineering, 22, 770-784.
- ISO, 1981. Bases for Design of Structures- Determination of Snow Loads on Roofs, International Standard ISO 4355, International Organization for Standardization.
- Isumov, N. ve Davenport, A. G., 1974. A Probabilistic Approach to the Prediction of Snow Loads, Canadian Journal of Civil Engineering, 1, Sept., 28-49.
- Johnson, N. ve Kotz, S., 1970. Continuous Univariate Distributions, John Wiley and Sons, New York, N. Y.
- Küçük, İ., 1998. Kar Fiziği, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 51-59.
- Leslie, L. D., 1987. Predicted Snow Loads in Alaska, The Northern Engineer, 18, 4, 4-9.
- Lutes, D. A. ve Schriever, W. R., 1971. Snow Accumulations in Canada: Case Histories: II, Technical Paper 339, Div. Build. Res., NRCC No. 11915, Ottawa, Canada, 1-17.
- Montgomery, D. C. ve Runger, G. C., 1999. Applied Statistics and Probability for Engineers, John Wiley and Sons, New York, N. Y. 817.

- Newark, M. J., Welsh, E., Morris, R. J. ve Dnes, W. V., 1989. Revised Ground Snow Loads for the 1990 National Building Code of Canada, Canadian Journal of Civil Engineering, 16, 3, 267-278.
- NRCC, 1995. NBCC Structural Commentaries- Commentary on Snow Loads, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario., pp. 57-71.
- O'Rourke, M. J., Redfield, R. ve Bradsky, P.V., 1982. Uniform Snow Loads on Structures, Journal of the Structural Division, 108, St12, 2781-2798.
- O'Rourke, M. J., Speck, R. S. ve Stiefel, U., 1985. Drift Snow Loads on Multilevel Roofs, Journal of Structural Engineering, 111, 2, 290-306.
- O'Rourke, M. J. ve Stiefel, U., 1982. Roof Snow Loads for Structural Engineering, Journal of Structural Engineering, 109, 7, 1527-1537.
- O'Rourke, M. J. ve Stiefel, U., 1983. Analysis of Roof Snow Load Case Studies- Uniform Loads, CRREL Report, Hanover, N. H., 83, 1.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi/ SPSS, Minitab, Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Özkaya, M., 1998. Kar Rasat Çalışmaları, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 105-117.
- Peter, B. B. W., Dalglish, W. A. ve Schriever, W. R., 1963. Variation of Snow Loads on Roofs, Trans. Engrg. Inst. Can., 6, A-1, 1-11.
- Rusten, A., Sack, R. L. ve Molnau, M., 1980. Snow Load Analysis for Structures, Journal of the Structural Division, 106, St1, 11-21.
- Sack, R. L., 1988. Snow Loads on Sloped Roofs, Journal of Structural Engineering, 114, 3, 501-517.
- Sack, R. L., 1989. Designing Structures for Snow Loads, Journal of Structural Engineering, 115, 2, 303-315.
- Sack, R. L., Arnholtz, D. ve Haldeman, J. S., 1987. Sloped Roof Snow Loads Using Simulation, Journal of Structural Engineering, 113, 8, 1820-1833.
- Sack, R. L. ve Sheik-Taheri, A., 1984. Ground Snow Loads for Idaho, Proceedings of the 41st Annual Meeting Eastern Snow Conference, Washington, D.C., 59-63.
- Schriever, W. R., 2002. Estimating Snow Loads on Roofs. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd193e.html> 25 Kasım 2002
- Schriever, W. R., Faucher, Y. ve Lutes, D. A., 1967. Snow Accumulations in Canada: Case Histories: II, Technical Paper 237, Div. Build. Res., NRCC No. 9287, Ottawa, Canada, 1-29.

- Simiu, E., Bietry, J. ve Filliben, J. J., 1978. Sampling Errors in Estimation of Extreme Winds, Journal of the Structural Division, 104, St3, 491-501.
- Simiu, E. ve Filliben, J. J., 1976. Probability Distributions of Extreme Wind Speeds, Journal of the Structural Division, 102, St9, 1861-1877.
- Simiu, E., Heckert, N. A., Filliben, J. J. ve Johnson, S. K., 2001. Extreme Wind Load Estimates Based on the Gumbel Distribution of Dynamic Pressures: An Assessment, Structural Safety, 23, 2001, 221-229.
- Soukhov, D., 2002. European Snow Loads Research Program- Purposes and Tasks. http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer02/102_23.pdf 16 Aralık 2002
- Soukhov, D., 2002. The Probability Distribution Function for Snow Load in Germany. http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer03/103_25.pdf 2 Aralık 2002
- Steyaert, L., 1980. Estimating Water Equivalent Snow Depth from Related Meteorological Variables, U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-1389, Washington, D.C.
- Structural Engineers Association of Washington, 1975. Snow Load Analysis for Washington.
- Şen, Z., 2000. Karın Yağması ve Ölçülmesi, II. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 201-207.
- Şen, Z., 2002. Hidrolojide Veri İşlem, Yorumlama ve Tasarım - Seminer Notları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 193.
- T.S.E., 1989. Yapıların Tasarımı İçin Esaslar- Çatılardaki Kar Yüklerinin Tespiti, TS-7046, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 20.
- T.S.E., 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS-498, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 19.
- Tallin, A. ve Ellingwood, B., 1987. Structural Load Estimates From Geographically Sparse Data, Journal of Structural Engineering, 113, 3, 628-632.
- Taymaz, H., 1978. Yapı Bilgisi, Cilt 2, MEB Basımevi, İstanbul.
- Teker, A., 1998. Karın Tarifi, Özellikleri, Kar Gözlemleri Nedenleri, Kar Gözlem İstasyonu Tipleri ve Kar Gözlem İstasyonu Yerinin Seçimi, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 183-195.
- Thom, H., 1966. Distribution of Maximum Annual Water Equivalent of Snow on the Ground, Monthly Weather Review, 94, 4, 265-271.
- Tobiasson, W., Buska, J. ve Greatorex, A., 2000. Developing Ground Snow Loads for New Hampshire, Recent Advances in Proceedings of the 4th International Conference on Snow Engineering, Trondheim, Norway, 2000, 313-321.

Tobiasson, W. ve Greatorax, A., 1996. Snow Loads for the United States, CRREL Report, Hanover, N. H.

Tobiasson, W. ve Greatorax, A., 1997. Database and Methodology for Conducting Site Specific Snow Load Case Studies for the United States in Snow Engineering, Recent Advances in Proceedings of the Third International Conference on Snow Engineering, Sendai, Japan, 1996, 249-256.

Tobiasson, W. ve Redfield, R., 1983. Snow Loads for the United States, CRREL Report, Hanover, N. H.

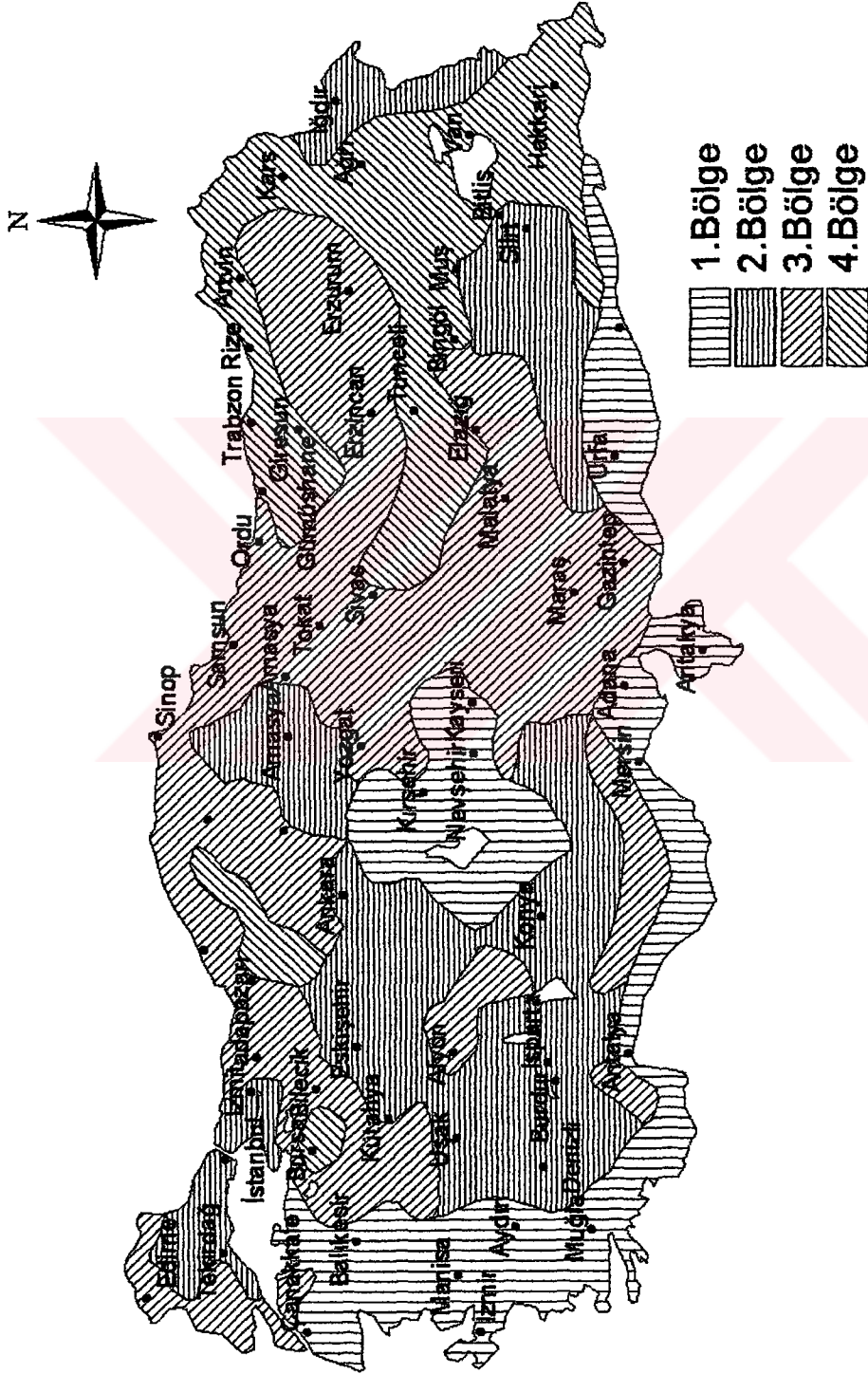
URL-1, 2003. <http://www.meteor.gov.tr/> İklim. 7 Mayıs 2003.

URL-2, 2003. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda362.htm#PPF> Percent Point Function. 31 Mayıs 2003.



EKLER

Ek 1. TS 498/Kasım 1997, Kar Yağış Yüksekliği Haritası



Ek Şekil 1.1. Kar yağış yüksekliği haritası

Ek 2. TS 7046/Mayıs 1989, Yapıların Tasarımı İçin Esaslar-Yapılardaki Kar Yüklerinin Tesbiti

0. Konu, Tarif, Kapsam

0.1. Konu

Bu standart, yapıların tasarımı için kullanılacak esaslardan birisi olan, çatılardaki kar yüküne dairdir.

0.2. Tarifler

0.2.1. Yerdeki Karakteristik Kar Yükü, S_0

Yerdeki karakteristik kar yükü, en gayri müsait T_r yıllık ortalamaların aşılmaması gereken miktardır. Diğer bir deyişle; T_r tekerrür eden yıllık en büyük kar yüküdür.

0.2.2. Tekerrür Süresi

Tekerrür süresi, belirli bir büyüklükte veya bu büyüklüğü aşan meteorolojik olayların tekrarlanması için gerekli, yıl olarak, ortalama süredir.

0.2.3. Çatılardaki Kar Yükü, S

Çatılardaki kar yükü değeri, yerdeki karakteristik kar yükü ile uygun bir şekil katsayısının çarpımıdır ve bu çatı alanının yatay izdüşümüne karşılık gelir.

0.2.4. Şekil Katsayısının Anma Değeri, μ_1

Şekil katsayısının anma değeri, kar sürüklenmesi ve karın kaymasını da göz önüne alarak belirlenmiş ve gerektiğinde indisli olarak kullanılan değerdir.

0.2.5. Yatay Boyutlar, L_1

Yatay boyutlar, gerektiğinde indisli olarak kullanılan boyutlardır.

Ek 2.'nin devamı

0.2.6. Açısal Boyutlar, β_i

Açısal boyutlar, gerektiğinde indisli olarak kullanılan boyutlardır.

0.3. Kapsam

Bu standart; yerdeki kar yüküne ilişkin istatistik veriler, bölge haritaları veya çizelgeler halinde belirlenmiş ise, çatılardaki kar yükünün tespiti metodlarını kapsar.

1. Genel

Çatılardaki kar yükünün dağılımı ve yoğunluğu; iklim, topoğrafya, binanın şekli, çatı örtü malzemesi, çatıdaki ısı akımı ve zamanın fonksiyonu olarak değişir. Bu fonksiyonları tanımlayan veriler yeterli değilse, çatılardaki kar yükünü ihtimal teorisi ile çözmek mümkün değildir. Bu standartta, çatılardaki kar yükünün tespiti için yarı ihtimal yolu kullanılmıştır.

Bir çatıdaki veya yerdeki, kar yığılmasına maruz herhangi bir alandaki karakteristik kar yükü; bu standartta göz önüne alınan bölge için belirlenmiş yerdeki karakteristik kar yükü S_0 ile, göz önüne alınan çatı bölümünün anma şekil katsayısı μ 'nün çarpımıdır.

Meteorolojik verilerin incelenmesi için gereken süreç Ek A. ve Ek B.'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Şekil katsayıları, iklime (özellikle kar mevsiminin süresi), rüzgara, yerel topoğrafyaya, binanın ve çevre binaların geometrisine (şekline), çatı örtü malzemesine, yapı tecridine vb. bağlıdır. Kar, rüzgarın tesiri ile tekrar dağılıbilir, eriyerek su halinde ara yerlere akarak orada tekrar donabilir, çatıdan kayarak düşebilir veya çatıdan uzaklaştırılabilir.

Bu standarttaki şekil katsayıları, tasarım uygulamaları için verilmiştir ve başka değerinin daha uygun olduğuna ilişkin kurallar verilmemişse olduğu gibi uygulanmalıdır.

Alışılmıştan dışında veya bu standartta verilmeyen şekillere sahip çatılardaki kar yükünün rüzgar tesiri ile dağılımını incelemek için, yığılım sürecini yeniden meydana getirecek şekilde teçhiz edilmiş bir rüzgar tüneli içinde yapılacak uygun deneyler, yeterli sonuçlar verecektir.

Ek 2.'nin devamı

2. Çatılardaki Kar Yüğü, S

2.1. Çatılardaki Kar Yüğü'nün Tespiti İçin Metotlar

Bu standartta çatılardaki kar yüğü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$S = \mu \cdot S_0 \quad (\text{E.2.1})$$

Bu formülde μ , şekil katsayısı; S_0 , yerdeki karakteristik kar yüküdür.

Not 1: Bu standartta; anma kar yükünün saptanmasında kullanılan; mesela uzun dönemli doğrudan ölçümler gibi diğer metotlar ele alınmamıştır. Her ne kadar, bu gibi metotlar daha sağlıklı sonuçlar verirse de, uygulamaları için yeterli veri henüz mevcut değildir.

Not 2: Çok katlı çatılarda (farklı yüksekliklere sahip çatılarda), çatıdan kayarak düşecek olan kar kütesinin muhtemel çarpma yükü, tasarımcı tarafından dikkate alınmalıdır.

2.2. Karın Erimesi, Kayması ve Kar Kütesinin Yer Değiştirmesinden Dolayı Oluşan Kısmi Yükleme

Eğer kar kütesinin hareketi, kayması, erimesi vb. olaylar sonucunda Madde 4.'de verilenden daha fazla dengesizlik bekleniyorsa ve eğer daha ayrıntılı bilgi mevcut değilse; çatı alanının verilen parçasına anma kar yükü, çatının geri kalan kısmına da sıfır yük uygulanır.

3. Yerdeki Karakteristik Kar Yüğü, S_0

Yerdeki karakteristik kar yükü, S_0 'a yerdeki kar yükünün doğrudan ölçümü, ya da daha çok, söz konusu bölgenin diğer meteorolojik verilerinin istatistiki değerlendirilmesi ile belirlenir.

Yerdeki karakteristik kar yükü ölçümleri iyi bir şekilde iskan edilmiş alanlarda, mesela yaprağını döken ağaçların bulunduğu alanlardan alınmalıdır.

Yerdeki karakteristik kar yükünün belirlenmesi için kullanılan metodlar Ek A. ve Ek B.'de verilmiştir.

Pratik uygulamalar için, yerdeki karakteristik kar yükü değeri, Madde 3.2.'de verilen

Ek 2.'nin devamı

ve bölge haritalarının hazırlanması için kullanılan esas değerlerin standart ara değerlerini verecek şekilde belirlenmelidir.

3.2. Kar Bölgeleri ve Haritaları

Ek A. ve Ek B.'de verilen metodlar, ülkenin sabit S_0 değerine sahip bölgeleri için esas alınacak değerleri verir. Küçük ölçekli bir haritada, eğer varlığı bilinmiyorsa, iklimdeki mahalli farklılıkların gösterilemeyeceği hususuna dikkat edilmelidir. Özellikle, dağlık bölgelerde kar yükünün yükseklikle birlikte arttığı bilinir. Değişik rakımlardaki meteorolojik istasyonlardan yapılan gözlemler yol gösterici olarak kabul edilebilir.

Standardize edilmiş T_r değerlerine göre harita çizilirken, eş kar yükü eğrileri veya bölgeleri, yerdeki karakteristik kar yükleri için aşağıdaki değerleri kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır (kgf/m^2 olarak).

30 – 50 – 70 – 100 – 150 – 200 – 250

4. Şekil Katsayıları

4.1. Genel Prensipler

Mükemmel derecede sakin havalarda, yağan kar çatıları ve toprağı üniform bir kar örtüsü ile örter ve tasarımda kullanılan kar yükü düzgün yayılı yük olarak alınır. Gerçek düzgün yayılı yükleme durumu nadiren ve ancak her tarafı yüksek ağaçlar, binalar vb. ile çevrili alanlarda görülür. Bu durumdaki şekil katsayısı 1 olarak kabul edilir.

Çoğu bölgelerde kar yağışı rüzgarla birlikte veya rüzgar öncesi olur. Rüzgar yağın karı tekrar dağıtır ve bazı çatılarda (özellikle farklı yüksekliklere sahip çatılarda), yığılımlı sürüklenen kar yükü, yerdeki kar yükünün birkaç katına ulaşır. Başka binalar, bitki örtüsü vb. engeller ile korunan çatılar, yerdekenden daha fazla kar yükü toplarlar. Bu olay Madde 4.2.4.'de verilen farklı yüksekliklere sahip çatılar ile aynı karakterdedir.

Ek olarak, eğik çatılarda kayma tesiri de göz önüne alınmalıdır. Karın kayması; çatının termal şartlarına, çatı yüzeyinin pürüzlülüğüne, çatı açısına ve çatı üzerinde bulunan engellere bağlıdır.

Şekil katsayısını istatistiki bazda saptayacak yeterli veri henüz sağlanamamıştır. Bu

Ek 2.'nin devamı

sebeple bir anma değeri verilir. Çatılar için temsili örnekler Madde 4.2.'de verilmiştir. Bununla beraber, şerit yükleme, çatının ısıtılarak periyodik olarak temizlenmesi gibi durumlar ayrıca değerlendirilmelidir.

Saçaklara paralel doğrultudaki kar dağılımı, düzgün yayılı olarak kabul edilir.

4.2. Rüzgara Maruz Alanlardaki Şekil Katsayıları

Madde 4.3. ve Ek C.'deki şekil katsayısı μ_1 , aşağıdaki şartlar sağlanıyorsa %25 azaltılır.

4.2.1. Bina, açık ve engelsiz bir arazide yerleşik ve çevresinde yalnız dağınık ve seyrek binalar ile ağaçlar bulunuyor ve böylece çatı her yönden gelebilecek rüzgarlara açıksa ve ileride de binanın çatı yüksekliğinin üzerindeki yüksekliklerdeki engellerin, bu engellerin yüksekliklerinin on katından daha yakın bir konumda yer alma ihtimali yoksa;

4.2.2. Çatıda, çatı üzerindeki karın çatıdan rüzgarla savrulmasını engelleyecek şekilde yapılmış parapet duvarlar gibi engeller yoksa;

Not: Bazı bölgelerde, çatılardaki kar yükü, kış şartlarına bakılmaksızın yerdeki kar yükünden belirli bir azaltma yapılarak bulunabilir. Bu bölgeler şunlardır:

a) Dağlar arasında yer alan sakin kış iklimine sahip vadilerde, bazen kar tabakalar halinde çatı üzerinde yığılır ve rüzgarla sürüklenmez.

b) Yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde, maksimum kar yükü, tek bir kar fırtınası sonucunda meydana gelebilir.

Bu gibi bölgelerde şekil katsayılarının tespiti, rüzgar sebebiyle savrulma ve kayma ihmal edilerek mahalli tecrübeye dayanır.

Ek 2.'nin devamı**4.3. Çeşitli Çatılar İçin Şekil Katsayıları****4.3.1. Basit Düz ve Tek Eğimli Çatılar ile Basit Çift Eğimli (Pozitif Çatı Eğimli) Çatılar İçin Şekil Katsayıları**

Basit düz ve tek eğimli çatılar ile basit çift eğimli (pozitif çatı eğimli) çatılar için şekil katsayıları Föy-1'de verilmiştir.

4.3.2. Dereli Çatılar ile Şet (Testere Dişli) Çatılar İçin Şekil Katsayıları

Dereli çatılar ile şet (testere dişli) çatılar için şekil katsayıları Föy-2'de verilmiştir.

4.3.3. Basit Eğri Çatılar İçin Şekil Katsayısı

Basit eğri çatılar için şekil katsayısı Föy-3'de verilmiştir.

4.3.4. Çok Katlı Çatılar (Farklı Yüksekliklere Sahip Çatılar) İçin Şekil Katsayısı

Çok katlı çatılar (farklı yüksekliklere sahip çatılar) için şekil katsayısı Föy-4'de verilmiştir.

4.3.5. Karmaşık Çok Katlı Çatılar (Karmaşık Farklı Yüksekliklere Sahip Çatılar) İçin Şekil Katsayısı

Karmaşık çok katlı çatılar (karmaşık farklı yüksekliklere sahip çatılar) için şekil katsayısı Föy-5'de verilmiştir.

4.3.6. Üzerinde Engeller Bulunan Çatılar İçin Şekil Katsayıları

Üzerinde engeller bulunan çatılar için şekil katsayısı Föy-6'da verilmiştir.

Ek 2.'nin devamı

UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

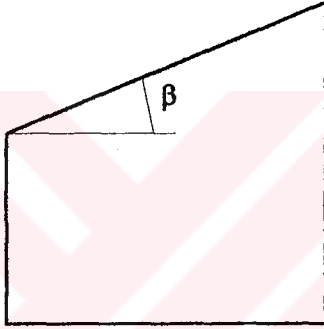
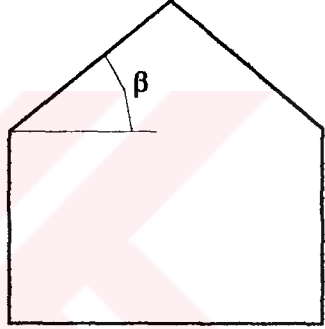
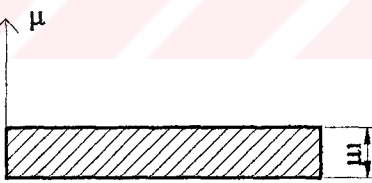
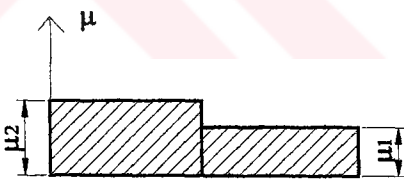
TS 7046/MAYIS 1989

Föy-1

BASİT, DÜZ VE TEK EĞİMLİ ÇATILAR İLE BASİT ÇİFT EĞİMLİ
ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARISHAPE COEFFICIENTS OF SIMPLE FLAT AND MONOPITCH ROOFS AND
SIMPLE PITCHED ROOFS (Positive Roof Slope)¹

Basit, Düz ve Tek Eğimli Çatılar

Basit Çift Eğimli Çatılar
(Pozitif Çatı Eğimli)

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| |  |  |
| |  |  |
| $0^\circ < \beta < 15^\circ$ | | $\mu_2 = \mu_1 = 0.8$ |
| $15^\circ < \beta < 30^\circ$ | $\mu_1 = 0.8$ | $\mu_2 = 0.8 + 0.4[(\beta - 15)/15]$ $\mu_1 = 0.8$ |
| $30^\circ < \beta < 60^\circ$ | $\mu_1 = 0.8[(60 - \beta)/30]$ | $\mu_2 = 1.2 [(60 - \beta)/30]$ $\mu_1 = 0.8[(60 - \beta)/30]$ |
| $\beta > 60^\circ$ | $\mu_1 = 0$ | $\mu_2 = \mu_1 = 0$ |

1) Asimetrik tek eğimli çatılarda; çatının her bir yüzü için şekil katsayısı, karşılık gelen simetrik çatıların şekil katsayısının yarı değeri olarak alınır.

Ek 2.'nin devamı

UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

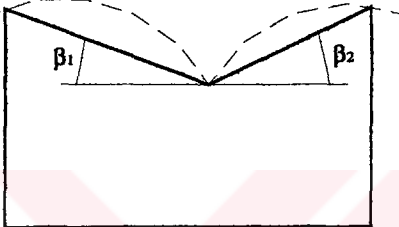
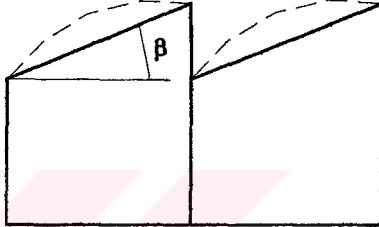
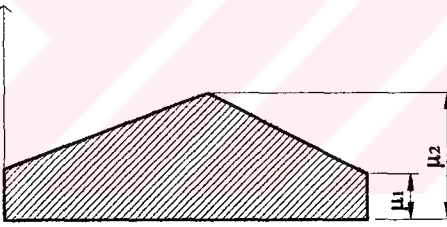
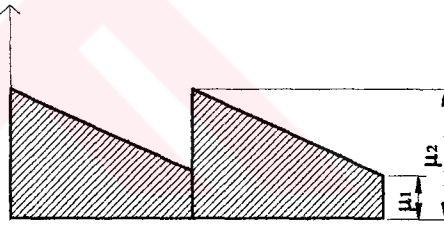
F8y-2

DERELİ ÇATILAR VE ŞET (Testere Dişi) ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI

SHAPE COEFFICIENTS OF SIMPLE OR MULTIPLE PITCHED ROOFS
(Negative Roof Slope) AND TWO SPAN OR MULTISPAN ROOFS

Dereli Çatılar

Şet (Testere Dişli) Çatılar

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| |  <p style="text-align: center;">$\beta = (\beta_1 + \beta_2) / 2$</p> |  |
| |  |  |
| $0^\circ < \beta < 30^\circ$ | $\mu_2 = 0.8[(30 + \beta) / 30]$ $\mu_1 = 0.8$ | $\mu_2 = 0.8[(30 + \beta) / 30]$ $\mu_1 = 0.8$ |
| $30^\circ < \beta < 60^\circ$ | $\mu_2 = 1.6$ $\mu_1 = 0.8[(60 - \beta) / 30]$ | $\mu_2 = 1.6$ $\mu_1 = 0.8[(60 - \beta) / 30]$ |
| $\beta > 60^\circ$ | $\mu_2 = 1.6$ $\mu_1 = 0$ | $\mu_2 = 1.6$ $\mu_1 = 0$ |

Ek 2.'nin devamı

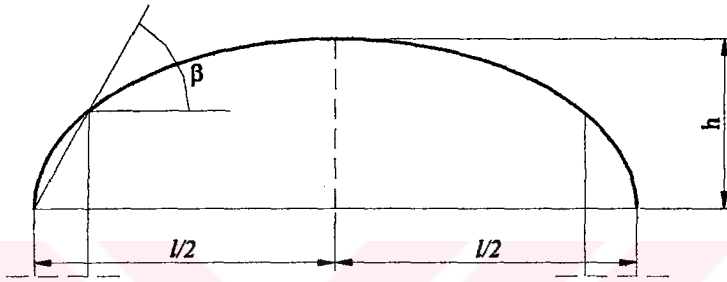
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

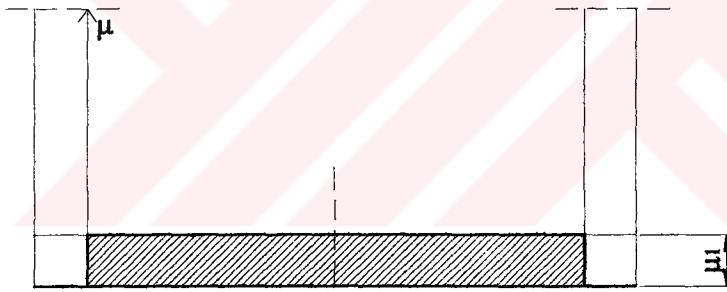
F5y-3

BASİT EĞRİ ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI
SHAPE COEFFICIENTS OF SIMPLE CURVED ROOFS



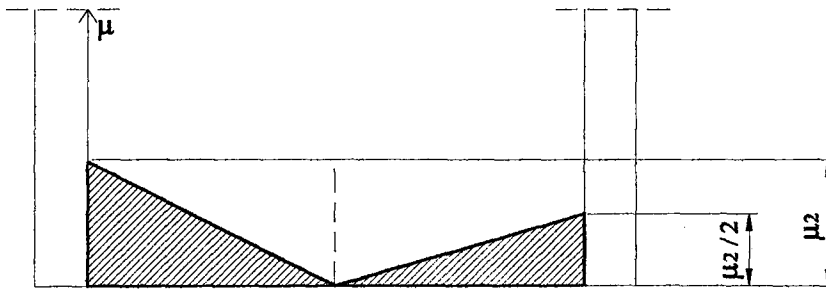
Aşağıdaki 1 ve 2 durumları incelenmelidir.

Durum - 1



$$\mu_1 = 0.8$$

Durum - 2



$$\mu_2 = 0.3 + 10h/l$$

Tahdit :

$$\mu_2 \leq 2.3$$

$$\mu = 0 \text{ Eğer } \beta > 60^\circ \text{ ise}$$

Ek 2.'nin devamı

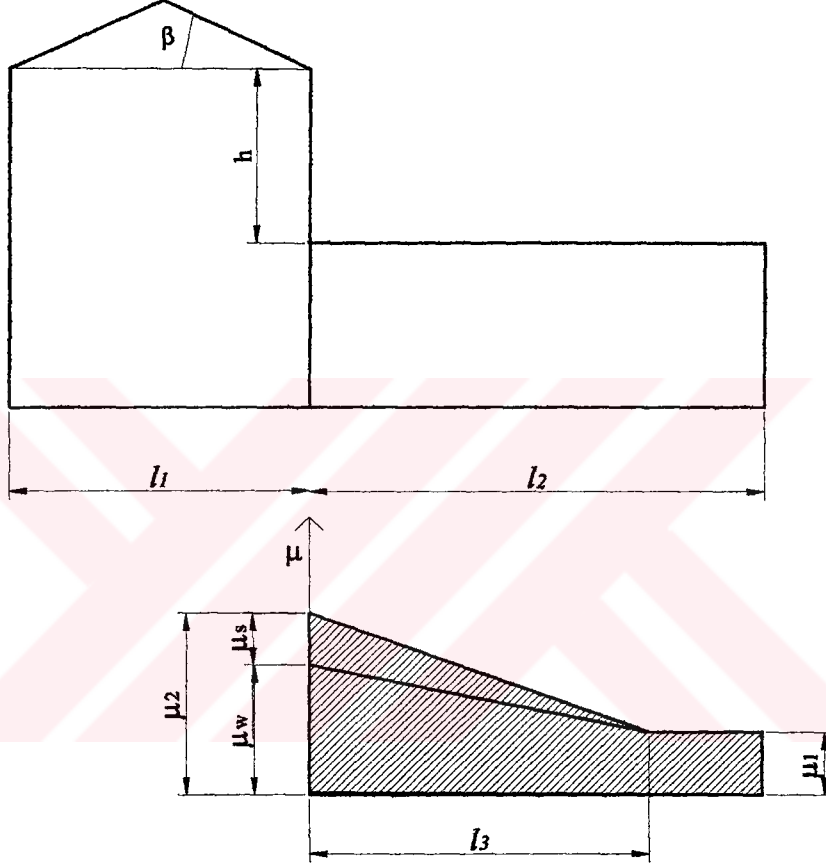
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

Föy-4

FARKLI YÜKSEKLİKLERE SAHİP ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI
SHAPE COEFFICIENTS OF MULTILEVEL ROOFS⁽¹⁾



$$\mu_1 = 0.8$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

Burada;

 μ_s = Kaymadan dolayı μ_w = Rüzgardan dolayı

$$l_3 = 2h^{(2)} \quad (5 \text{ m} \leq l_3 \leq 15 \text{ m} \text{ ise})$$

$$\mu_w = \frac{l_1 + l_2}{2h} \leq \frac{kh}{S_0} \quad (0.8 \leq \mu_w \leq 4.0 \text{ ise})$$

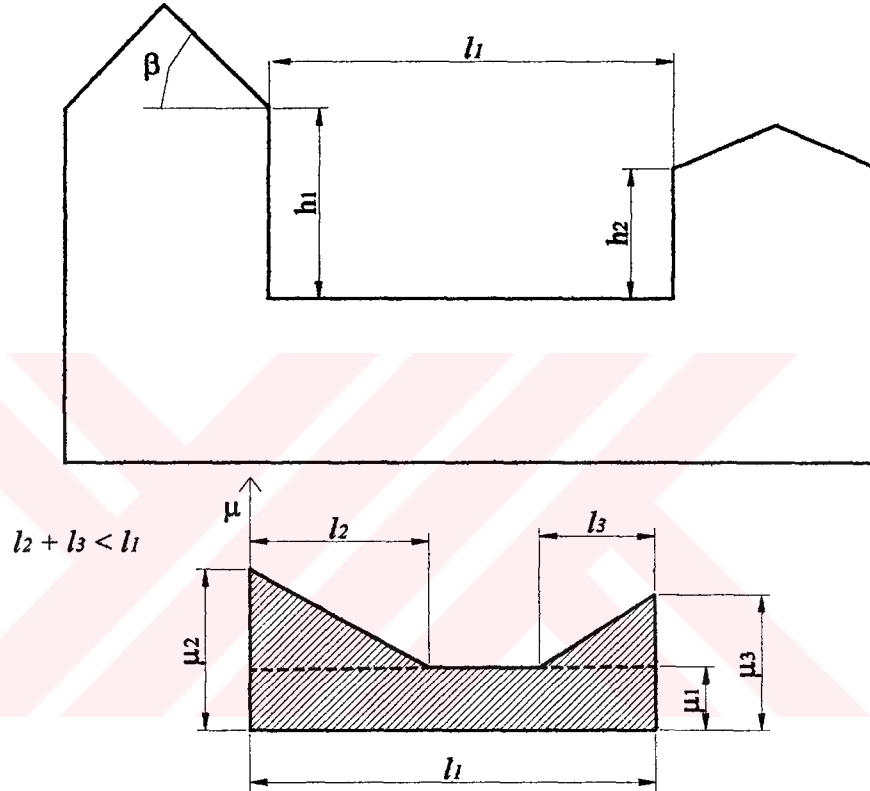
Burada h'nin birimi m, S_0 'ın birimi kgf/m^2 olarak alınırsa $k = 200 \text{ kgf/m}^3$ 'dür. $\beta > 15^\circ$ ise, μ_s üstteki çatının maksimum toplam yükünün %50'si eklenerek bulunur⁽³⁾ ve şekilde görüldüğü gibi doğrusal bir şekilde dağıtılır. $\beta \leq 15^\circ$ ise $\mu_s = 0$ 'dır.(1) μ_w için daha yaygın olarak kullanılan bir formül Ek-C'de verilmiştir.(2) Eğer $l_2 < l_3$ ise μ şekil katsayısı μ_1 ve μ_2 arasında yapılacak enterpolasyonla belirlenir.

(3) Üstteki çatının üzerindeki yük Föy-1 ve Föy-2'ye göre hesaplanır.

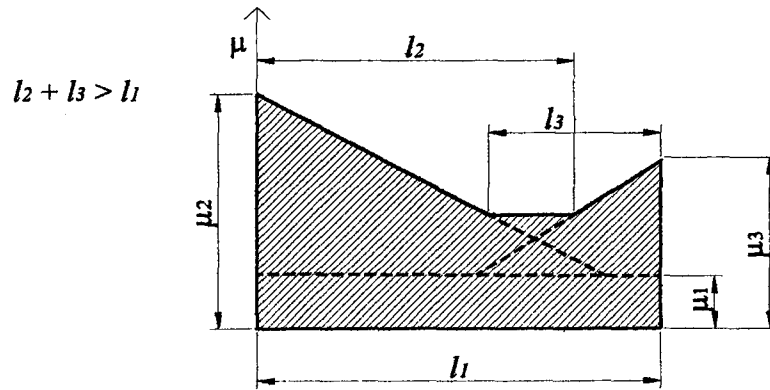
Ek 2.'nin devamı

UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989
Föy-5KARMAŞIK ÇOK KATLI ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI
SHAPE COEFFICIENTS OF COMPLEX MULTILEVEL ROOFS

$$l_2 = 2h_1; l_3 = 2h_2; \mu_1 = 0.8$$



$$l_2 = 2h_1; l_3 = 2h_2; \mu_1 = 0.8$$

Tahdit : $5 \text{ m} \leq l_2 \leq 15 \text{ m}$ $5 \text{ m} \leq l_3 \leq 15 \text{ m}$ olmalıdır. μ_2 ve μ_3 , $(\mu_s + \mu_w)$ Föy-1, Föy-2 ve Föy-4'e göre bulunur.

Ek 2.'nin devamı

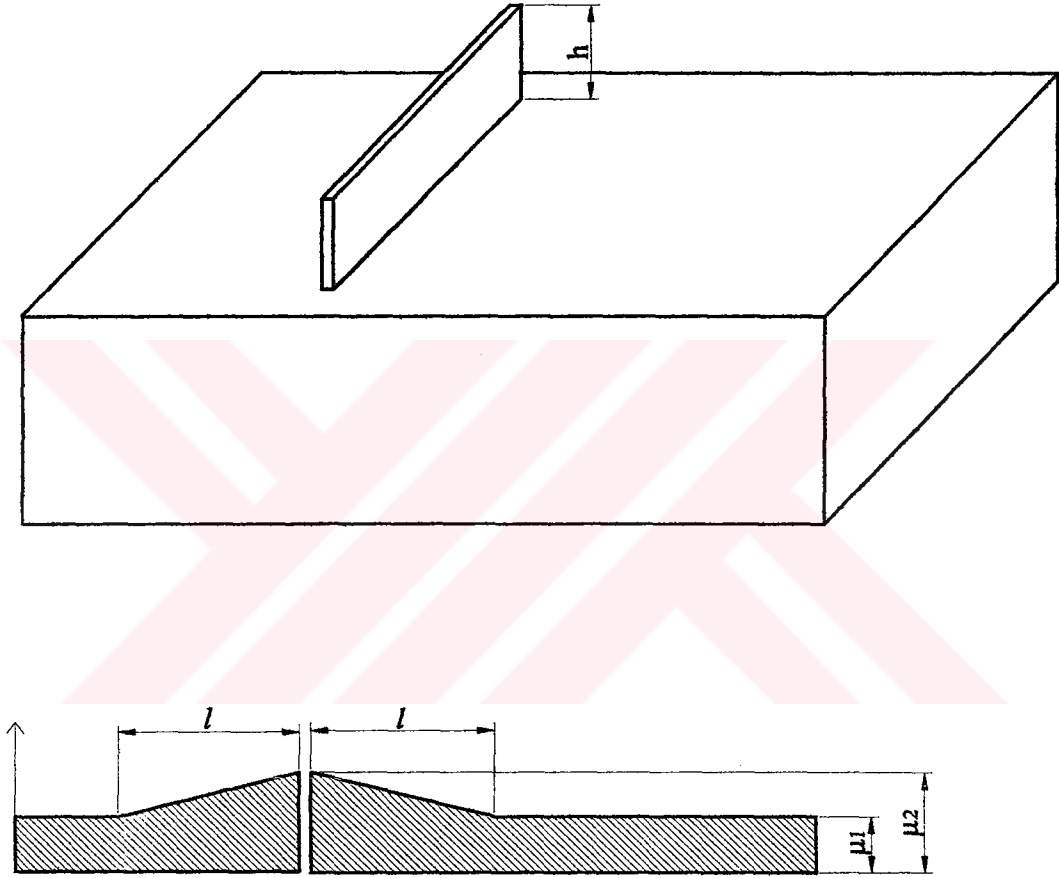
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

Föy-6

ÜZERİNDE ENGELLER BULUNAN ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI
 SHAPE COEFFICIENTS OF ROOFS WITH LOCAL PROJECTIONS AND OBSTRUCTIONS



$$\mu_2 = kh / S_0$$

Burada;

h = metre

 $S_0 = \text{kgf/m}^2$ k = 200 kgf/m³ $\mu_1 = 0.8$

l = 2h'dir.

Tahdit: $0.8 \leq \mu_2 \leq 2.0$ $5 \text{ m} \leq l \leq 15 \text{ m}$ olmalıdır.

Ek 2.'nin devamı

Ek A. Kar Yüğü Değerlerinin İstatistiki Değerlendirilmesi

Yapıların tasarımında yalnız her yıldaki maksimum yük göz önüne alınır. Gerekli karakteristik değerlerin saptanması için yıllık maksimum değerler istatistiki analize tabi tutulur. Eğer eldeki verilerin analizi yeterli değerleri vermiyorsa, gumbel'in 1. tip dağılımı, yıllık maksimum kar yükü dağılım eğrisi olarak kullanılır.

Not: Sık sık, bazı bölgelerde, belli yıllarda kar yağışının olmadığı gözlenir. Bu durumda, yıllık maksimum kar yükü dağılımı tip-1 kanunu ile iyi temsil edilemez. Bununla beraber, tip-1 kanununun kullanılışı, mesela yalnız bazı kar yağışının olduğu gözlenmiş yıllarla sınırlıdır. Verilen bir kar yükü değerini aşan yıllık frekans, kar yağışı olan yılların frekansı ile verilen yükü aşan yıllık frekansın çarpımına eşittir. Verilen yükü aşan yıllık frekans yalnız kar yağışı olan yıllar kullanılarak hesaplanır.

Aşağıda anlatılacak metot, gumbel'in tip 1 dağılımını ve bunu en küçük kareler metoduna uydurarak kullanılacak bir analitik sürece dairdir.

Not: Meteorolojik ölçümlerin yaratacağı zaafklar göz önüne alınmalıdır. Bu değerlerin anlam derecesi mahalli ölçme şartlarından dolayı bir meteorolojik istasyondan diğerine farklılık gösterir. Ek olarak, göz önüne alınan örneklerin küçüklüğünden dolayı istatistiki verilerde bazı düzeltmelerin yapılması gerekir.

x 'in muhtemel dağılımı aşağıdaki formülle verilir:

$$F(x) = \exp(-e^{-y}) \quad (\text{E.2.2})$$

Burada, $y = (x - a)/b$; $b = \sigma/\sigma_N$; $a = (\bar{x} - \sigma) \cdot \bar{y}_N / \sigma_N$; \bar{x} , gözlenen uç değerlerin aritmetik ortalaması; σ , gözlenen uç değerlerin standart sapması; \bar{y}_N ve σ_N , gözlem yıllarının fonksiyonları; \bar{y}_N , azaltılmış ortalama ve σ_N , azaltılmış standart sapmadır. (\bar{y}_N ve σ_N değerleri Ek Tablo 1.1 ve 1.2'de verilmiştir.)

Tekerrür süresi, T_r , verilen değeri aşan veya ona eşit olaylar arasındaki yıl cinsinden zaman aralığıdır ve yaklaşık olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir.

$$T_r = \frac{1}{1 - F(S_0)} \quad (\text{E.2.3})$$

Burada $F(S_0)$, yıllık maksimum kar yükünün dağılım fonksiyonudur.

Ek 2'nin devamı

İhtimal veya tekerrür süresi verilmişse, yerdeki karakteristik kar yükü S_0 değeri aşağıdaki formül kullanılarak bulunur.

$$S_0 = a - b \cdot \ln\{-\ln[F(S_0)]\} \quad (\text{E.2.4})$$

$F(S_0)$, 20 yıllık tekerrür süresi için 0.95 alınır.

Eldeki verileri uç değer dağılımına uydurmak için diğer bir yol ise, Ek Şekil 1.'deki uç değer ihtimal grafik kağıdına verileri işaretleyerek en iyi uyan doğruyu çizmektir.

Bu noktalar çoğunlukla aşağıdaki formül kullanılarak saptanır.

$$T_r = \frac{n+1}{m} \quad (\text{E.2.5})$$

Burada; n , ölçüm yapılan yıl sayısı ve m , en büyük için bir olmak üzere serinin mertebesidir. Bu formül, n değerleri hariç m 'inci mertebeden gözlem yılları serisinin aritmetik ortalamasının yaklaşık olarak belirtilmesidir.

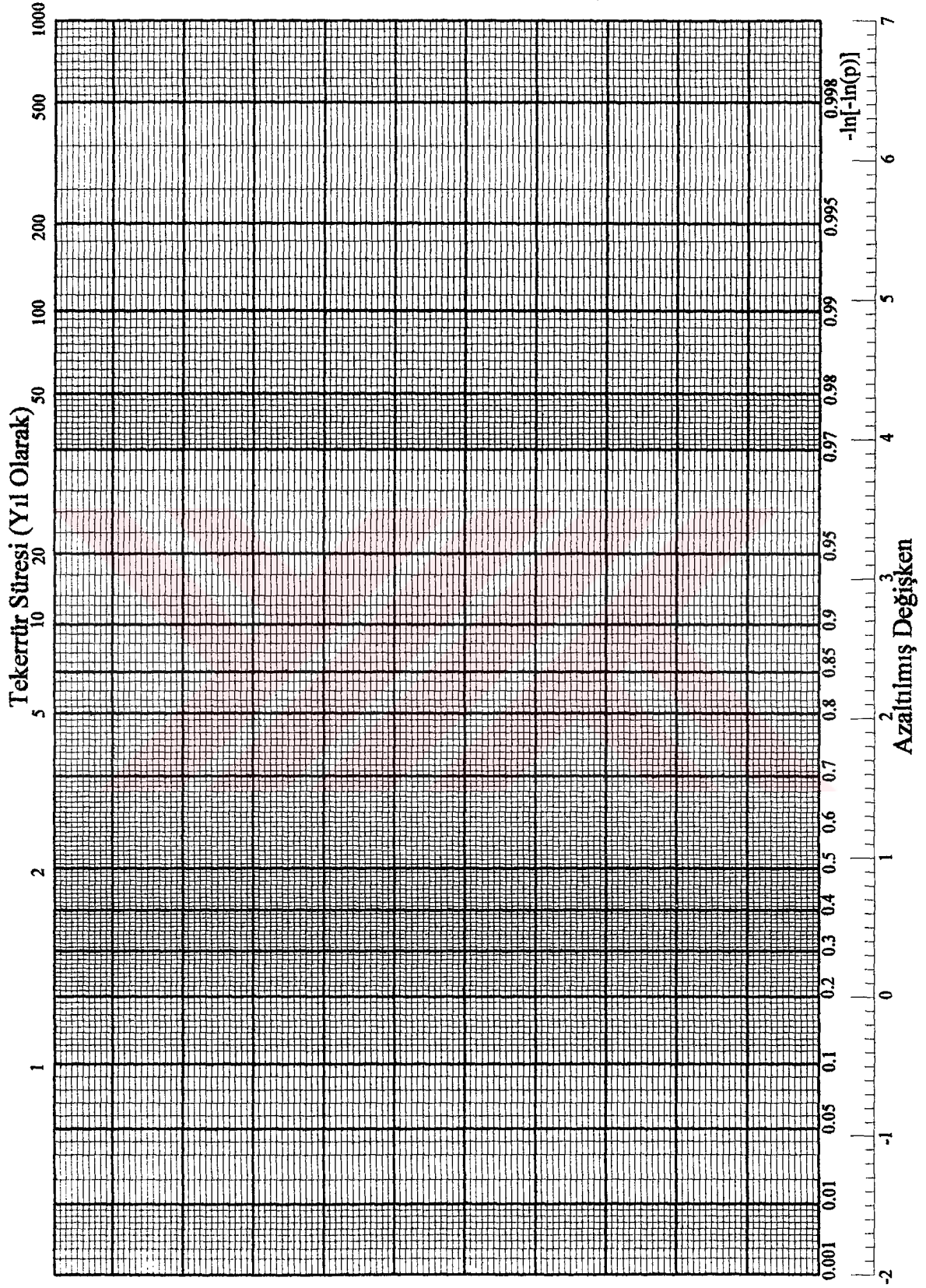
Ek Tablo 2.1. Azaltılmış aritmetik ortalama, \bar{y}_N

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,4952 | 0,4996 | 0,5035 | 0,5070 | 0,5100 | 0,5128 | 0,5157 | 0,5181 | 0,5202 | 0,5220 |
| 20 | 0,5236 | 0,5252 | 0,5268 | 0,5283 | 0,5296 | 0,5309 | 0,5320 | 0,5332 | 0,5343 | 0,5353 |
| 30 | 0,5362 | 0,5371 | 0,5380 | 0,5388 | 0,5396 | 0,5403 | 0,5410 | 0,5418 | 0,5424 | 0,5430 |
| 40 | 0,5436 | 0,5442 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5463 | 0,5468 | 0,5473 | 0,5477 | 0,5481 |
| 50 | 0,5485 | 0,5489 | 0,5493 | 0,5497 | 0,5501 | 0,5504 | 0,5508 | 0,5511 | 0,5515 | 0,5518 |
| 60 | 0,5521 | 0,5524 | 0,5527 | 0,5530 | 0,5533 | 0,5535 | 0,5538 | 0,5540 | 0,5543 | 0,5545 |
| 70 | 0,5548 | 0,5550 | 0,5552 | 0,5555 | 0,5557 | 0,5559 | 0,5561 | 0,5563 | 0,5565 | 0,5567 |
| 80 | 0,5569 | 0,5570 | 0,5572 | 0,5574 | 0,5576 | 0,5578 | 0,5580 | 0,5581 | 0,5583 | 0,5585 |
| 90 | 0,5586 | 0,5587 | 0,5589 | 0,5591 | 0,5592 | 0,5593 | 0,5595 | 0,5596 | 0,5598 | 0,5599 |

Ek Tablo 2.2. Azaltılmış standart sapma, σ_N

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,9497 | 0,9676 | 0,9833 | 0,9972 | 1,0095 | 1,0206 | 1,0316 | 1,0411 | 1,0493 | 1,0565 |
| 20 | 1,0628 | 1,0696 | 1,0754 | 1,0811 | 1,0864 | 1,0915 | 1,0961 | 1,1004 | 1,1047 | 1,1086 |
| 30 | 1,1124 | 1,1159 | 1,1193 | 1,1226 | 1,1255 | 1,1285 | 1,1313 | 1,1339 | 1,1363 | 1,1388 |
| 40 | 1,1413 | 1,1436 | 1,1458 | 1,1480 | 1,1499 | 1,1519 | 1,1538 | 1,1557 | 1,1574 | 1,1590 |
| 50 | 1,1607 | 1,1623 | 1,1638 | 1,1653 | 1,1667 | 1,1681 | 1,1696 | 1,1708 | 1,1721 | 1,1734 |
| 60 | 1,1747 | 1,1759 | 1,1770 | 1,1782 | 1,1793 | 1,1803 | 1,1814 | 1,1824 | 1,1834 | 1,1844 |
| 70 | 1,1854 | 1,1863 | 1,1873 | 1,1881 | 1,1890 | 1,1898 | 1,1906 | 1,1915 | 1,1923 | 1,1930 |
| 80 | 1,1938 | 1,1945 | 1,1953 | 1,1959 | 1,1967 | 1,1973 | 1,1980 | 1,1987 | 1,1994 | 1,2001 |
| 90 | 1,2007 | 1,2013 | 1,2020 | 1,2026 | 1,2032 | 1,2038 | 1,2044 | 1,2049 | 1,2055 | 1,2060 |

Ek 2.'nin devamı



Ek Şekil 2.1. Ekstrem ihtimal kağıdı

Ek 2.'nin devamı

Ek B. Yerdeki Maksimum Kar Yükünü Tespit Metodları

B.1. Genel Metodlar

Kar yükü tercihen kara eşdeğer su miktarı olarak ölçülmelidir. Bu ölçüm için bir kar bloğunun ağırlığı ölçülür veya kar eritilerek su cinsinden hacmi bulunur.

Diğer bir metot ise, kar tabakası yüzünden oluşan radyasyonda meydana gelen azalmanın ölçümüne dayanır.

Bu çeşit ölçümleri henüz birkaç ülke yapmaktadır. Bu sebeple daha başka bilgilerin de kullanılmasına gerek vardır.

En çok kullanılan kar gözlemi kar yükseklik kayıtlarıdır. Bununla beraber temsili kar derinliği oldukça zor bulunur. Küçük bölgelerde büyük farklılıklar gözlemlenebilir. Bu farklılık esas olarak rüzgardan ve orolojik (dağ coğrafyası) tesirinden kaynaklanır.

Yağış ve kar kalınlığının, özellikle dağlık alanlarda rakım ile birlikte arttığı bilinmektedir. Bu tesir de göz önüne alınmalıdır. Kar kalınlığının deniz seviyesi üzerindeki rakımın (H) bir fonksiyonu olarak değişimini göstermek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$\bar{d}_R = A \cdot B^H \quad (E.2.6)$$

Burada \bar{d}_R , yerdeki maksimum yıllık kar kalınlığının ortalaması; A ve B, bölgenin iklim koşullarına bağlı olan sabit katsayılarıdır.

Kar tabakasının kalınlığı, d kullanılarak yerdeki kar yükü S_0 aşağıdaki formül kullanılarak bulunur.

$$S_0 = \rho \cdot g \cdot d \quad (E.2.7)$$

Burada g, yerçekimi ivmesi; ρ , karın yoğunluğudur.

Bu formül kar yoğunluğundaki farklılıklardan dolayı kısıtlı bir şekilde kullanılır. Yeni yağan karın yoğunluğu 100 kg/m^3 'ten az, yerde bir süre beklemiş karın yoğunluğu ise 500 kg/m^3 'ten fazladır.

Kar tabakasının kalınlığı, yerdeki kar yükünün bulunmasında referans olarak alındığında, küçük bir iklim bölgesinde yerdeki karın havadaki yoğunluğu, üst üste katlar halinde biriken kar yükünün en yüksek olduğu zaman için değerlendirilmelidir. İç

Ek 2.'nin devamı

bölgelerde, karın yoğunluğu 200 kg/m^3 olarak alınır. Kıyı bölgelerde ise bu değer daha yüksektir. Yalnızca kar tabakasının kalınlığından elde edilen veriler kar yükünün doğru tahmini için yeterli bilgi sağlayamaz. Ilıman bölgelerde ise karın yoğunluğu 150 kg/m^3 (formüllerle elde edilen değerlerden daha küçüktür) olarak alınır ve bu genel bir kural olarak kullanılır.

B.2-Yerdeki Maksimum Kar Yükünün Regresyon (Gerileme) Analizi Metodu İle Tespit Edilmesi

Sıcaklık ve yağış kayıtları, belli bir sınıra kadar yerdeki kar yükünün tespitinde kullanılabilir. Yerdeki kar yükü kayıtlarına (eşdeğer su kayıtlarına) sahip meteorolojik istasyonlar, diğer meteorolojik parametreleri de ihtiva eden Regresyon Analizini yapabilirler. Araştırmalar böyle bir analizin 0.95 gibi oldukça yüksek bir katlı korelasyon katsayısı verdiğini göstermiştir.

Kar yoğunluğunun; kar tabakasının kalınlığı, kar tabakasının yerde kaldığı süre, rüzgar ve sıcaklığın fonksiyonu olarak tahmini içinde benzer bir analiz kullanılabilir.

Yapı güvenliği ortak komitesi kar tabakasının kalınlığı ile kar yoğunluğu arasındaki ilişkiyi aşağıdaki formülle verir.

$$\rho = 300 - 200 \cdot \exp(-1.5 \cdot d) \quad (\text{E.2.8})$$

Burada ρ , karın yoğunluğu (kg/m^3) ve d , kar tabakasının kalınlığıdır (m).

Ek 2.'nin devamı

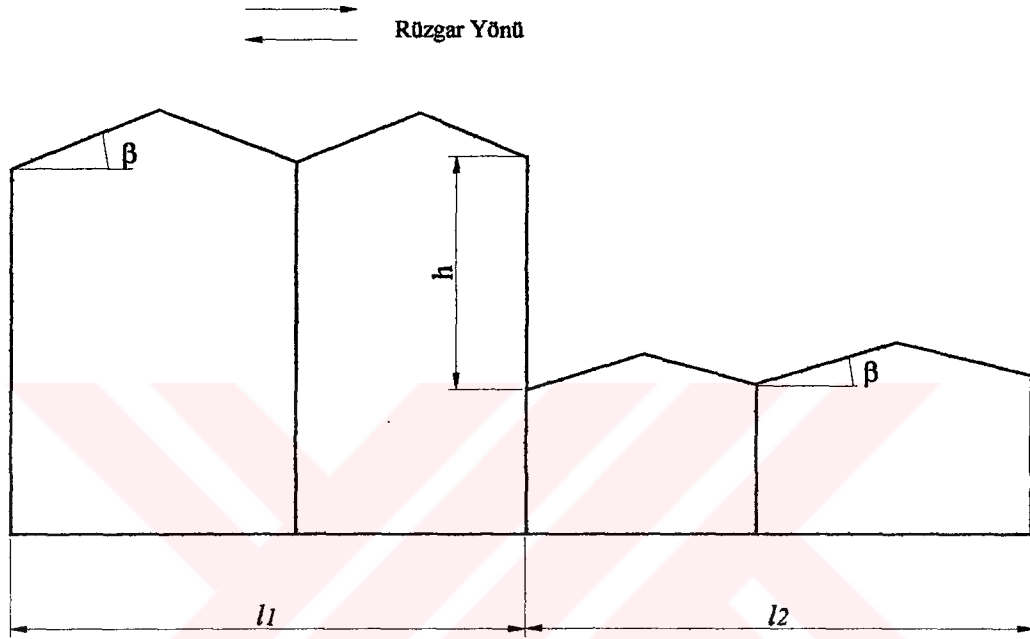
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

EK - C

FARKLI YÜKSEKLİKLERE SAHİP ÇATILARIN ŞEKİL KATSAYILARI

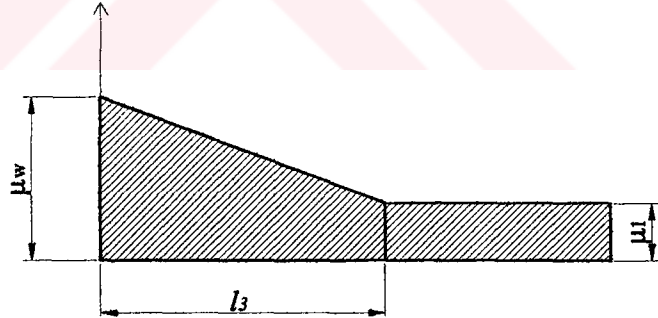


Farklı yüksekliklere sahip çatıların şekil katsayıları aşağıdaki formülle bulunur.

$$\mu_w = 1 + \frac{1}{h} (m_1 l_1 + m_2 l_2) (l_2 - 2h)$$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$l_3 = 2h$$



(h ve l metre olarak)
 $\mu_w \leq kh/S_0$ olmalıdır.

Burada;
 S_0 , (kN/m^2)
 K , (N/m^3)
 $l_3 < 15 \text{ m}$ 'dir.

m_1 (m_2) değerleri yukarıdaki çatının kesitine bağlıdır ve aşağıdaki değerlere eşittir.

$\beta \leq 20^\circ$ 'lik düzlem çatılar ve $f/l \leq 1/8$ Tonoz çatılar için 0.5
 $\beta > 20^\circ$ 'lik düzlem çatılar ve $f/l > 1/8$ 0.3

f = eğrilik yarıçapı (tonoz çatılar için)

m_1 ve m_2 katsayılarında çatı yüzeyinde karın hareket şartlarına bağlı olarak değişiklik yapılabilir.

Ek 3. ANSI/ASCE 7-98

Kar Yükleri

1. Semboller ve Notasyon

C_e = Ek Tablo 3.1.'den alınan rüzgara maruz kalma durumu katsayısı

C_s = Ek Şekil 3.1.'den belirlenen eğim katsayısı

C_t = Ek Tablo 3.2.'den alınan ısı durum katsayısı

h_b = p_f veya p_s 'yi γ 'ya bölerek belirlenen dengeli kar yükü yüksekliği, (m)

h_c = dengeli kar yükünün üst yüzeyinden bitişik üst çatının en yakın noktasına, parapetin üst yüzeyine veya çatı üzerindeki çıkıntının üst yüzeyine olan yükseklik, (m)

h_d = kar birikintisinin yüksekliği, (m)

h_o = çatı yüzeyi üzerindeki engelin yüksekliği, (m)

I = Ek Tablo 3.3.'den alınan önem katsayısı

l_u = birikintinin rüzgara karşı tarafındaki çatının uzunluğu, (m)

L = mahya çizgisine paralel çatı uzunluğu, (m)

p_d = birikinti ilave yükünün maksimumu, (kN/m^2)

p_f = teras çatı kar yükü, (kN/m^2)

p_g = zemin kar yükü, (kN/m^2)

p_s = eğimli çatı kar yükü, (kN/m^2)

s = binalar arasındaki mesafe, (m)

W = saçaktan mahyaya yatay mesafe, (m)

w = kar birikintisinin genişliği, (m)

β = (E.3.3)'den belirlenen beşik çatı birikinti parametresi

γ = (E.3.4)'den belirlenen kar yoğunluğu (kN/m^3)

θ = rüzgar altı taraftaki çatı eğimi (derece)

2. Zemin Kar Yükleri, p_g

Amerika için çatıların tasarım kar yüklerinin belirlenmesinde kullanılan zemin kar yükleri ANSI/ASCE 7-98'deki Şekil 7.1.'den alınır.

Ek 3.'ün devamı**3. Teras Çatı Kar Yükleri, p_f**

Eğimi 5° veya daha az olan bir çatı üzerindeki kar yükü p_f , aşağıdaki formül kullanarak hesaplanmalıdır.

$$p_f = 0.7 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I \cdot p_g \quad (\text{E.3.1})$$

3.1. Rüzgara Maruz Kalma Katsayısı, C_e

C_e 'nin değeri Ek Tablo 3.1.'den belirlenmelidir.

3.2. Isıl Durum Katsayısı, C_t

C_t 'nin değeri Ek Tablo 3.2.'den belirlenmelidir.

3.3. Önem Katsayısı, I

I 'nin değeri Ek Tablo 3.3.'den belirlenmelidir.

3.4. Düşük Eğimli Çatılar İçin p_f 'nin Müsaade Edilen Minimum Değerleri

p_f 'nin minimum değerleri, 15° 'den az eğimli sundurma çatılara, $(70/W)+0.5$ 'e eşit veya daha az eğimli kırma ve beşik çatılara ve saçaklardan mahyaya dikey açının 10° 'den küçük olduğu silindir çatılara uygulanmalıdır. Zemin kar yükü p_g 'nin 0.96 kN/m^2 veya daha az olduğu yerler için teras çatı kar yükü p_f , zemin kar yükü ile önem katsayısının çarpımından az olmamalıdır. Diğer bir ifade ile $p_g \leq 0.96 \text{ kN/m}^2$ ise $p_f \geq p_g \cdot I \text{ kN/m}^2$ olmalıdır. Zemin kar yükü p_g 'nin 0.96 kN/m^2 'den büyük olduğu yerler için teras çatı kar yükü p_f , 0.96 kN/m^2 ile önem katsayısının çarpımından az olmamalıdır. Diğer bir ifade ile $p_g > 0.96 \text{ kN/m}^2$ ise $p_f \geq 0.96 \cdot I \text{ kN/m}^2$ olmalıdır.

Ek 3.'ün devamı

4. Eğimli Çatı Kar Yükleri, p_s

Eğimli bir yüzey üzerinde bulunan kar yüklerinin bu yüzeyin yatay izdüşümünde etkidiği varsayılmalıdır. Eğimli çatı kar yükü p_s , teras çatı kar yükü p_f 'nin çatı eğim katsayısı C_s ile çarpımından elde edilmelidir.

$$p_s = C_s \cdot p_f \quad (E.3.2)$$

Sıcak, soğuk, silindir ve kelebek, şed ve beşik kemerli çatılar için C_s 'nin değerleri 4.1.-4.4.'den belirlenir. Isıl durum katsayısı C_t (Ek Tablo 3.2.'den), bir çatının soğuk veya sıcak olup olmadığını belirler. Kaygan yüzey değerleri, çatının yüzeyinin engelsiz olması ve kayan karın tamamının çatıdan uzaklaşmasına yetecek kadar boşluğun saçağın altında olması durumunda kullanılmalıdır. Çatı üzerinde karın kaymasını engelleyecek nesnelere olmadığı çatı engelsiz sayılmalıdır. Kaygan yüzeylere metal, arduvaz, cam ve düz yüzeyli bitümlü, kauçuk ve plastik membranlar dahildir. İçine agrega veya mineral tanecikler yerleştirilmiş membran yüzeyler düz olarak varsayılmamalıdır. Asfalt ve ahşap padavralar ise kaygan olarak düşünülmemelidir.

4.1. Sıcak Çatı Eğim Katsayısı, C_s

Karın saçaklardan kaymasına müsaade eden engelsiz, kaygan yüzeyli sıcak çatılar (Ek Tablo 3.2.'den belirlendiği gibi $C_t=1.0$) için çatı eğim katsayısı C_s , ısıl direnci (R değeri) $5.3 \text{ K.m}^2/\text{W}$ 'ye eşit veya daha fazla olan havalandırılmayan çatılar için ve ısıl direnci $3.5 \text{ K.m}^2/\text{W}$ 'ye eşit veya daha fazla olan havalandırılan çatılar için Ek Şekil 3.1a.'da verilen kesikli çizgi kullanılarak belirlenmelidir. Havalandırılan bir çatının altında harici hava saçaklardan mahyaya kadar serbestçe dolaşabilmelidir. Bahsedilen şartlara uymayan diğer sıcak çatılar için çatı eğim katsayısı C_s 'nin belirlenmesinde Ek Şekil 3.1a.'daki sürekli çizgi kullanılmalıdır.

4.2. Soğuk Çatı Eğim Katsayısı, C_s

Ek Tablo 3.2.'den belirlendiği gibi $C_t>1.0$ 'lı çatılar soğuk çatılardır. $C_t=1.2$ 'li, karın saçaklardan kaymasına müsaade eden engelsiz, kaygan yüzeyli soğuk çatılar için

Ek 3.'ün devamı

çatı eğim katsayısı C_s , Ek Şekil 3.1b.'deki kesikli çizgi kullanılarak belirlenmelidir. Diğer soğuk çatılar için Ek Şekil 3.1b.'deki sürekli çizgi kullanılmalıdır. $C_t=1.2$ 'li diğer bütün soğuk çatılar için çatı eğim katsayısı C_s 'yi belirlemek için Ek Şekil 3.1b.'deki sürekli çizgi kullanılmalıdır. $C_t=1.1$ 'li soğuk çatılar için C_s , Ek Şekil 3.1a.'daki uygun $C_t \leq 1.0$ eğrisi ile Ek Şekil 3.1b.'deki uygun $C_t=1.2$ eğrisinden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmelidir.

4.3. Silindir Çatılar İçin Çatı Eğim Katsayısı

Silindir çatıların 70° 'yi aşan eğime sahip kısımları kar yükünden müstesna yani $C_s=0$ düşünülmalıdır. Dengeli yükler, Ek Şekil 3.1.'deki uygun eğriden belirlenen C_s 'ye göre Ek Şekil 3.2.'deki dengeli yük diyagramlarından belirlenmelidir.

4.4. Kelebek, Şed ve Beşik Kemerli Çatılar İçin Çatı Eğim Katsayısı

Kelebek, şed ve beşik kemerli çatıların eğimden dolayı kar yükünde bir indirgeme olmaksızın ($p_s = p_f$) $C_s=1.0$ alınmalıdır.

4.5. Saçaklar Boyunca Buz Bentleri ve Sarkıtlar

Saçakları üzerindeki suyu drene eden aşağıdaki iki tip çatının çıkma yapan bütün kısımları, üzerlerindeki $2p_f$ 'lik üniform yayılı yüke mukavemet etmelidirler. Bunlar, R değeri $5.3 \text{ K.m}^2/\text{W}$ 'den az olan havalandırılmayan çatılar ve R değeri $3.5 \text{ K.m}^2/\text{W}$ 'den az olan havalandırılan çatılardır. Bu üniform yük uygulandığında sabit yükler hariç başka bir yükün çatıya uygulanmasına gerek yoktur.

5. Kısmi Yükleme

Seçili açıklıkların dengeli kar yüküyle yüklü ve geri kalan açıklıkların dengeli kar yükünün yarısıyla yüklü olduğu durumların etkisi aşağıdaki şekilde incelenmelidir.

Ek 3.'ün devamı

5.1. Sürekli Kiriş Sistemleri

Sürekli kiriş sistemleri Ek Şekil 3.3.'de gösterilen üç çeşit yüklemenin etkileri için incelenmelidir.

- 1. Durum: Dış açıklıklardan herhangi birinde dengeli kar yükünün tamamı ve diğer bütün açıklıklarda dengeli kar yükünün yarısı
- 2. Durum: Dış açıklıklardan herhangi birinde dengeli kar yükünün yarısı ve diğer bütün açıklıklarda dengeli kar yükünün tamamı
- 3. Durum: Dengeli kar yükünün tamamının herhangi iki komşu açıklıkta ve dengeli kar yükünün yarısının diğer bütün açıklıklarda olduğu mümkün olan bütün durumlar. Bu durumda mümkün olan kombinasyonların sayısı (n-1) olacaktır. Burada n, sürekli kiriş sistemindeki açıklıklar sayısıdır.

Yukarıdaki durumlardan herhangi birinde bir konsol mevcutsa bu bir açıklık olarak düşünülmelidir. $[(70/W)+0.5]$ 'den daha büyük eğimli beşik çatılarda açıklıkları mahya çizgisine dik olan yapısal elemanlara kısmi yük kurallarının uygulanmasına gerek yoktur.

5.2. Diğer Yapısal Sistemler

Yalnızca dengeli kar yükünün yarısına maruz kalan bölgeler incelenen elemanlar üzerinde en büyük etkilere neden oldukları için seçilmelidirler.

6. Dengesiz Çatı Kar Yükleri

Dengeli ve dengesiz çatı kar yükleri ayrı ayrı incelenmelidir. Dengesiz yükleri teşkil ederken rüzgar da hesaba katılmalıdır.

6.1. Kıрма ve Beşik Çatılar İçin Dengesiz Kar Yükleri

70°'yi aşan veya $[(70/W)+0.5]$ 'den daha az eğimli kıрма ve beşik çatılar için dengesiz kar yüklerinin uygulanmasına gerek yoktur. Saçakla mahya arasındaki mesafe W'nin 6.1 m veya daha az olduğu çatılar için yapı, eğimleri 5° veya daha az olan çatılar için rüzgar altı tarafta $1.5p_e/C_e$ 'ye ve 5°'yi aşan eğimli çatılarda rüzgar altı tarafta

Ek 3.'ün devamı

$1.5p_s/C_e$ 'ye eşit dengesiz üniform kar yüküne mukavemet edecek şekilde tasarlanmalıdır. $W > 6.1$ m olan ve eğimleri $275\beta p_f/\gamma W$ 'den daha büyük çatılar için yapı, rüzgar altı tarafta $1.2(1+\beta/2)p_s/C_e$ 'ye eşit dengesiz üniform kar yüküne dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. β , aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & L/W \leq 1 \\ 0.33 + 0.167L/W & 1 < L/W \leq 4 \\ 1.0 & L/W > 4 \end{cases} \quad (\text{E.3.3})$$

Burada L = mahya çizgisine paralel çatı uzunluğu ve W = saçaktan mahyaya yatay mesafedir. $W > 6.1$ m ve $275\beta p_f/\gamma W$ 'ye eşit veya daha az eğimli çatılar için yapı, rüzgar altı tarafta lineer olarak değişen bir kar yüküne dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu lineer olarak değişen yük mahyada $1.2p_f/C_e$ ve saçakta $1.2(1+\beta)p_f/C_e$ 'dir. Fakat saçaktaki ilave yük $1.2\beta p_f/C_e$, kar yoğunluğu γ ile mahya çizgisi ile saçaklar arasındaki yükseklik farkının çarpımından büyük alınmamalıdır.

$W > 6.1$ m'li dengesiz durum için sözkonusu açı $275\beta p_f/\gamma W$ 'den büyük olduğunda rüzgar üstü tarafta $0.3p_s$ 'lik üniform yük ve çatı eğimi $275\beta p_f/\gamma W$ 'ye eşit veya daha az olduğunda rüzgar üstü tarafta $0.3p_f$ 'lik üniform bir yük olmalıdır. Dengeli ve dengesiz yük diyagramları Ek Şekil 3.4.'de verilmektedir.

6.2. Silindir Çatılar İçin Dengesiz Kar Yükleri

Silindir çatıların 70° 'yi aşan eğime sahip kısımlarının kar yükünden müstesna olduğu varsayılmalıdır. Eğer saçaklardan mahyaya çizilen düz bir çizginin eğimi 10° 'den az veya 60° 'den büyük ise dengesiz kar yüklerini hesaba katmamalıdır.

Dengesiz yükler Ek Şekil 3.2.'deki yükleme diyagramlarına göre belirlenmelidir. Bütün durumlarda rüzgar üstü tarafın kardan müstesna olduğu düşünülmelidir. Eğer zemin veya başka bir çatı II veya III durumundaki silindir bir çatının saçaklarına 0.9 m veya daha az yakınsa, kar yükü 30° noktasıyla saçaklar arasında azaltılmamalı, fakat 30° noktasında sabit kalmalıdır. Bu dağılım Ek Şekil 3.2.'de kesikli bir çizgiyle gösterilmektedir.

Ek 3.'ün devamı

6.3. Kelebek, Şed ve Beşik Kemerli Çatılar İçin Dengesiz Kar Yükleri

Dengesiz yükler, 1.79° 'yi aşan eğime sahip kelebek, şed ve beşik kemerli çatılara uygulanmalıdır. 4.4.'e göre böyle çatılar için C_s , 1.0'a ve dengeli kar yükü, p_f 'ye eşit olmalıdır. Dengesiz kar yükü, mahyada dengeli kar yükünün yarısından ($0.5p_f$) çatı deresinde $2p_f/C_e$ 'ye kadar artırılmalıdır. Şed çatı için dengeli ve dengesiz yükleme diyagramları Ek Şekil 3.5.'da gösterilmektedir. Fakat, dere üzerindeki kar yüzeyi mahya üzerindeki kar yüzeyinden yüksekte olmamalıdır. Kar derinlikleri, kar yükünün (E.3.3)'den elde edilen kar yoğunluğuna bölünmesiyle belirlenmelidir.

6.4. Kubbe Çatılar İçin Dengesiz Kar Yükleri

Dengesiz kar yükleri kubbelere ve benzer yuvarlak yapılara da uygulanmalıdır. 6.2.'de silindir çatılar için kullanılan yöntemle belirlenen kar yükleri, planda rüzgardan mahfuz yani rüzgardan korunan taraftaki 90° 'lik daire dilimine uygulanmalıdır. Bu dilimin her iki kenarındaki yük 22.5° 'lik daire dilimleri boyunca sifıra kadar lineer olarak azaltılmalıdır. Geri kalan rüzgara maruz 225° 'lik daire diliminde kar yükü olmamalıdır.

7. Alçak Çatılardaki Birikintiler (Aerodinamik Gölge)

Çatılar, aynı yapının yüksek kısımlarının ve bitişik yapıların rüzgar gölgelerinde meydana gelen kar birikintilerinden oluşan sıkışmış yüklere mukavemet edecek şekilde tasarlanmalıdır.

7.1. Bir Yapının Alt Çatısı

Birikinti oluşturan kar, ters yönden esen bir rüzgarla yüksek bir çatıdan veya birikintinin olduğu başka bir çatıdan gelir. Rüzgar üstü (rüzgara maruz) ve rüzgar altı (rüzgardan mahfuz) birikintisi olmak üzere bu iki tip birikinti Ek Şekil 3.6.'de verilmektedir. Kar birikintisinden meydana gelen ilave yükün geometrisi Ek Şekil 3.7.'de gösterildiği gibi yaklaşık olarak bir üçgen gibi düşünülmelidir. Birikinti yükleri dengeli kar yükünün üstüne eklenmelidir. Eğer h_a/h_b 0.2'den küçükse birikinti yüklerinin

Ek 3.'ün devamı

uygulanmasına gerek yoktur.

Rüzgar altı birikintileri için birikinti yüksekliği h_d , üst çatının uzunluğunu kullanarak Ek Şekil 3.8.'dan belirlenmelidir. Rüzgar üstü birikintileri için birikinti yüksekliği, Ek Şekil 3.8.'daki l_u yerine alt çatının uzunluğunu kullanarak elde edilen birikinti yüksekliği h_d 'nin yarısını kullanarak belirlenmelidir. Tasarımda, bu iki yükseklikten büyük olanı kullanılmalıdır. Bu yükseklik h_c 'ye eşit veya daha küçükse birikinti genişliği w , $4h_d$ 'ye ve birikinti yüksekliği de h_d 'ye eşit olmalıdır. Bu yükseklik h_c 'yi aşarsa birikinti genişliği w , $4h_d^2/h_c$ 'ye ve birikinti yüksekliği de h_c 'ye eşit olmalıdır. Fakat birikinti genişliği w , $8h_c$ 'den büyük olmamalıdır. Birikinti genişliği w , alt çatının boyunu aşarsa çatının kenarında sıfır olmayacak şekilde kısaltılmalıdır. Birikinti ek yükünün maksimum değeri p_d , $h_d \cdot \gamma$ 'ya eşittir. Burada γ kar yoğunluğu (E.3.4)'den belirlenir.

$$\gamma = 0.426 \cdot p_g + 2.2 \quad (E.3.4)$$

(E.3.4)'deki γ , 4.7 kN/m^3 'den büyük olmamalıdır. Bu yoğunluk h_b 'nin belirlenmesinde kullanılmalıdır. ($h_b = p_f$ (veya p_s)/ γ)

7.2. Bitişik Yapılar ve Arazi Engebeleri

7.1.'deki şartlar bir çatıya 6.1 m daha yakın yüksek bir yapının veya bir arazi engebelerinin neden olduğu birikinti yüklerine karar vermek için kullanılmalıdır. Çatı ile komşu yapı veya arazi parçası arasındaki mesafe s , alt çatı üzerine uygulanan birikinti yüklerini $(6.1-s)/6.1$ katsayısı ile azaltmalıdır.

8. Çatı Çıkıntıları

7.1.'deki yöntem çatı çıkıntılarının bütün taraflarındaki ve parapet duvarlarındaki birikinti yüklerini hesaplamak için kullanılmalıdır. Böyle birikintilerin yüksekliği l_u yerine çıkıntının veya parapet duvarın bulunduğu rüzgara karşı olan çatının uzunluğu alınarak Ek Şekil 3.8.'dan bulunan birikinti yüksekliğinin dörtte üçü yani $0.75h_d$ alınmalıdır. Bir çatı çıkıntısının 4.6 m'den kısa olan tarafına birikinti yükünün uygulanmasına gerek yoktur.

Ek 3.'ün devamı**9. Kayan Kar**

Karın eğimli bir çatıdan daha altta bulunan bir çatıya kaymasıyla oluşan ekstra yük, üstteki çatı üzerinde dengeli yükleme şartı altında biriken karın tamamının alttaki çatıya kayacağı varsayımıyla belirlenmelidir. Üst çatıdaki mevcut toplam ekstra yük belirlenirken üst çatının yüzeyi düşünülmemelidir Ek Şekil 3.1.'deki sürekli çizgi kullanılmalıdır.

10. Kar Üzerine Yağmur İlave Yüğü

P_g 'nin 0.96 kN/m^2 veya daha az olduğu ancak sıfır olmadığı yerlerde, 2.38° 'den daha az eğimli bütün çatıların tasarım kar yükünü belirlerken uygulanan 0.24 kN/m^2 'lik kar üstüne yağmur ilave yükü olmalıdır. 3.4.'deki minimum teras çatı tasarım kar yükünün (E.3.1)'den belirlenen p_f 'yi aştığı yerlerde kar üstüne yağmur ilave yükü maksimum 0.24 kN/m^2 'lik indirgeme olacak şekilde iki değer arasındaki fark kadar azaltılmalıdır.

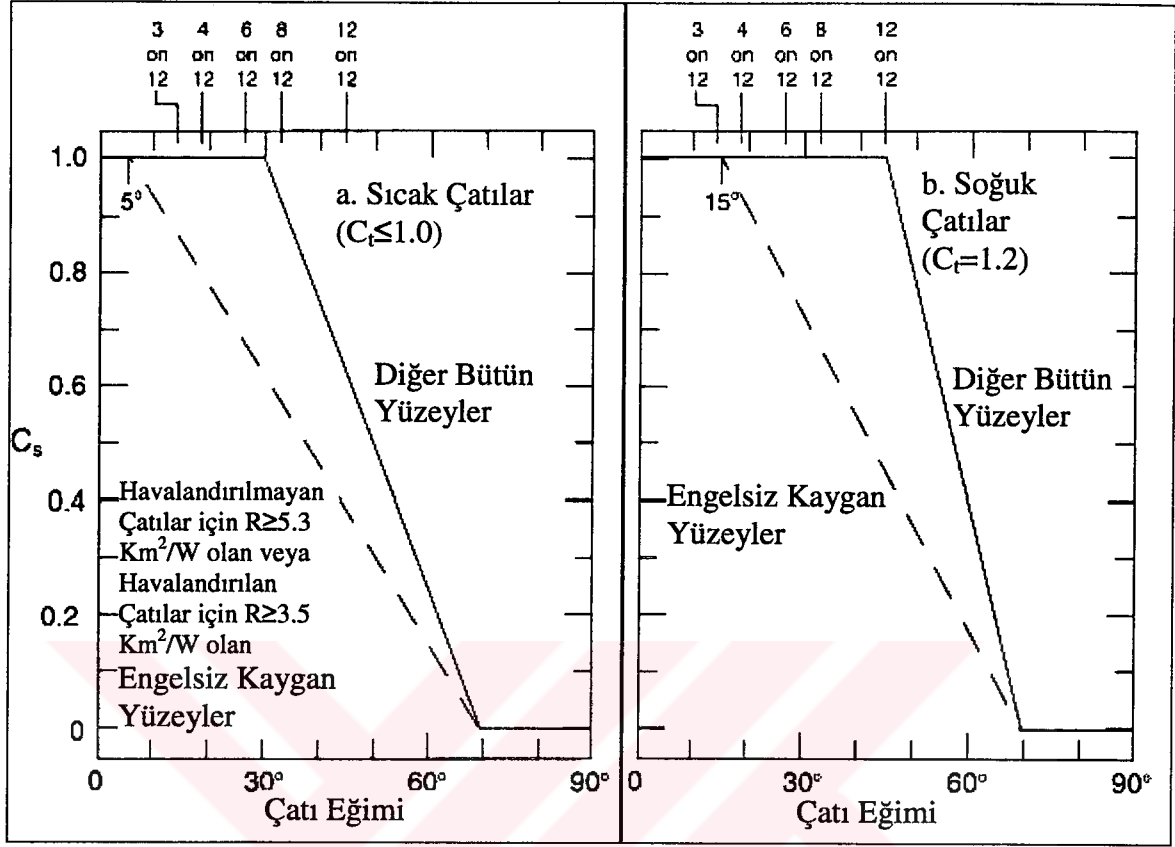
11. Göllenme Stabilitesizliği

Çatılar, göllenme stabilitesizliğini önleyecek şekilde tasarlanmalıdırlar. 1.19° 'den daha az eğimli çatılar için tam kar yüklerinin neden olduğu çatı sarkmaları, çatıdaki kar üstüne yağın yağmurun veya karın erimesi sonucu oluşan kar suyunun neden olabileceği göllenme stabilitesizliğinin ihtimali belirlenirken incelenmelidir.

12. Mevcut Çatılar

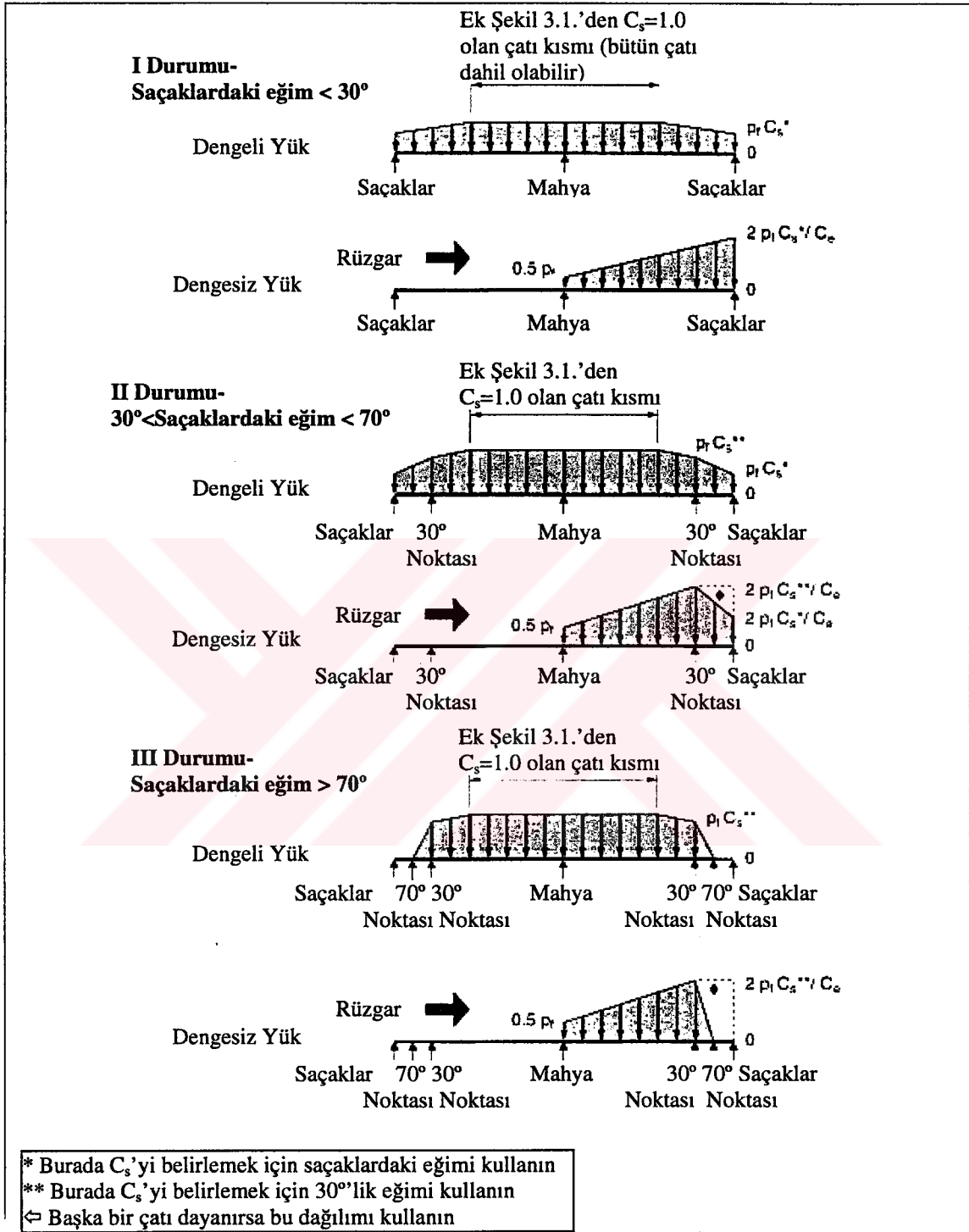
Mevcut çatılar, eklemelerin, tadilatların ve hemen yanına inşa edilen yeni yapıların neden olacağı artan kar yükleri için değerlendirilmeli ve gerekiyorsa güçlendirilmelidir.

Ek 3.'ün devamı



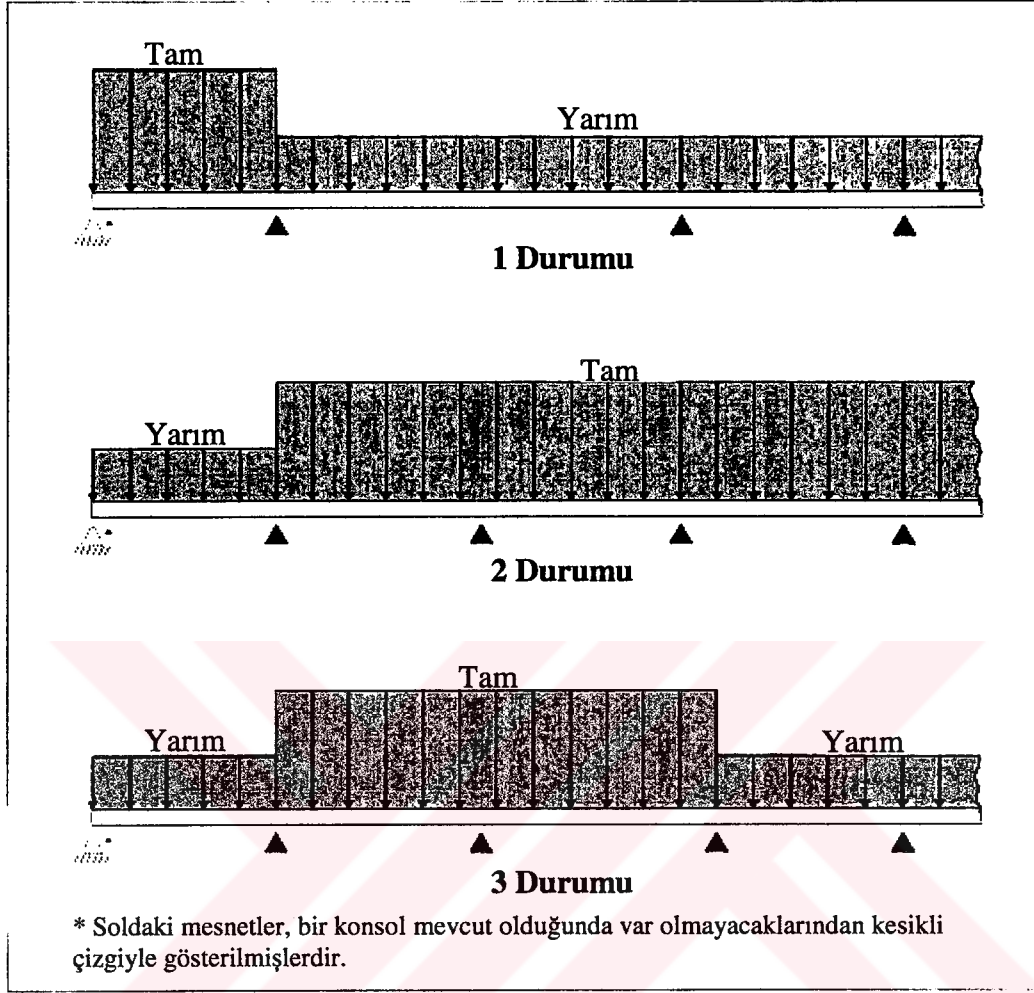
Ek Şekil 3.1. Sıcak ve soğuk çatılar için çatı eğim katsayısını belirlemede kullanılan grafikler

Ek 3.'ün devamı



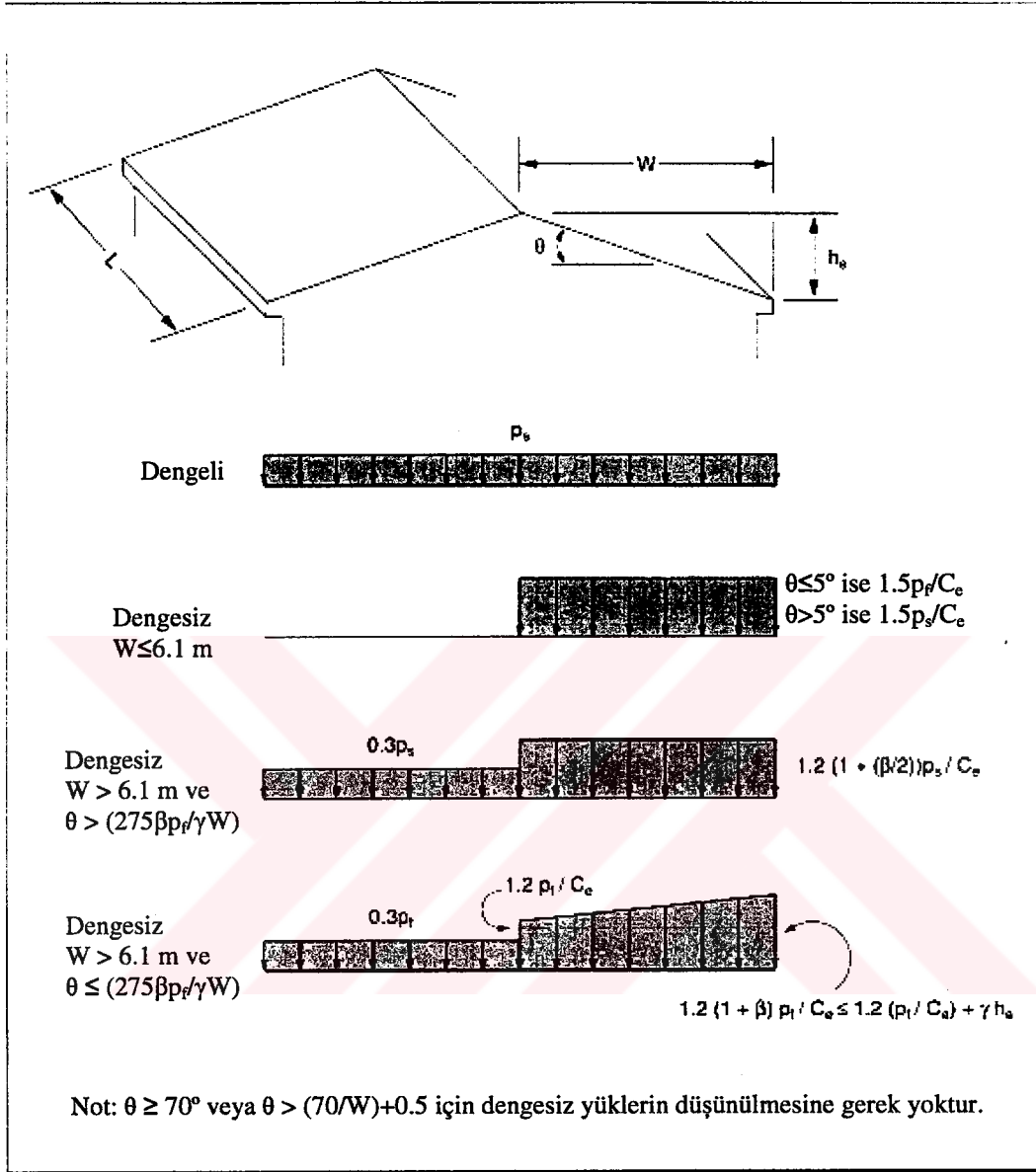
Ek Şekil 3.2. Silindir çatılar için dengeli ve dengesiz yükler

Ek 3.'ün devamı



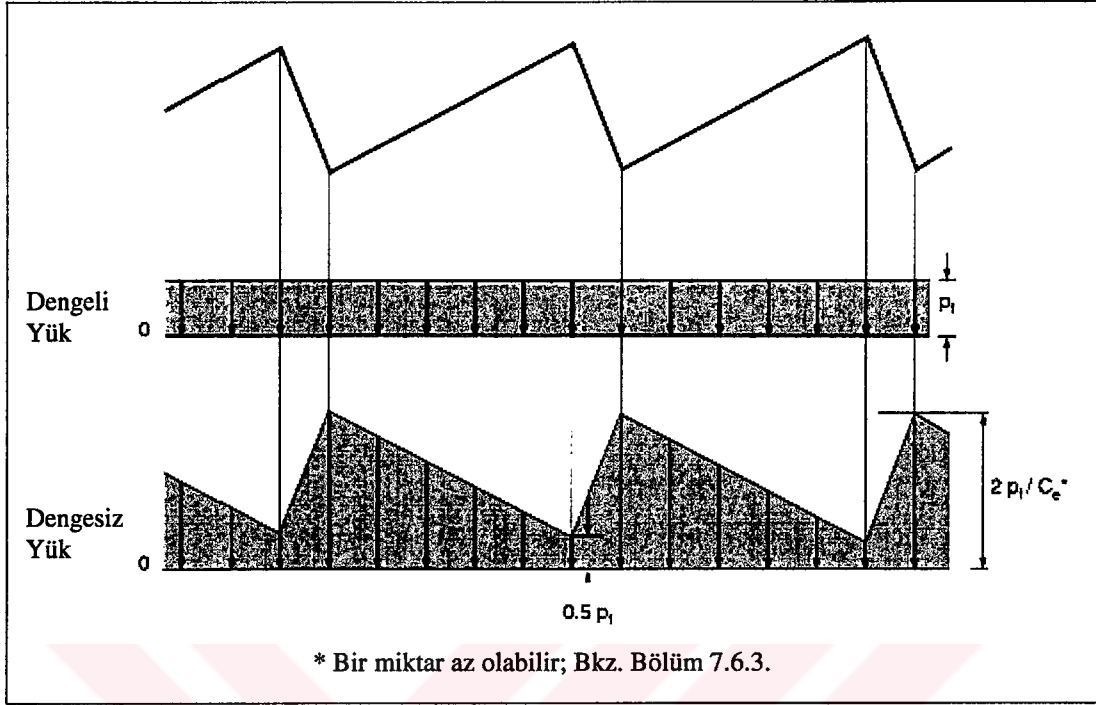
Ek Şekil 3.3. Sürekli kirişler için kısmi yükleme diyagramları

Ek 3.'ün devamı

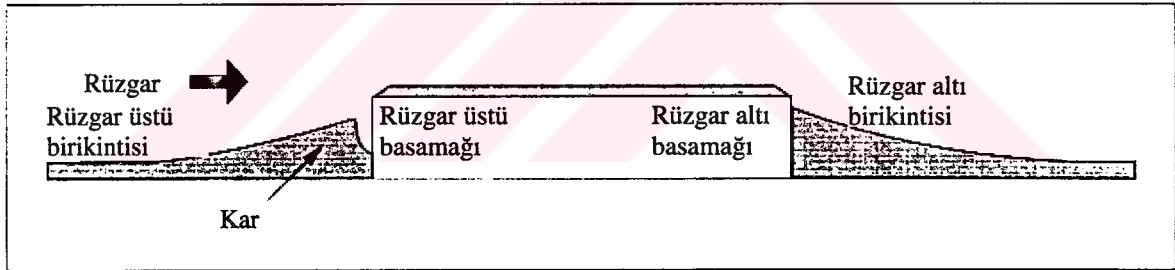


Ek Şekil 3.4. Kıırma ve beşik çatılar için dengeli ve dengesiz kar yükleri

Ek 3.'ün devamı

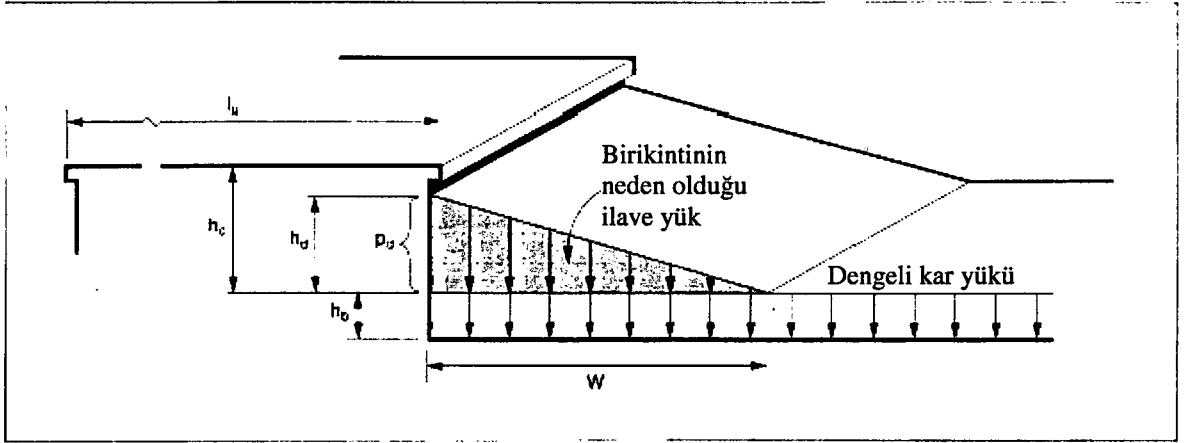


Ek Şekil 3.5. Testere dişi çatı için dengeli ve dengesiz kar yükleri

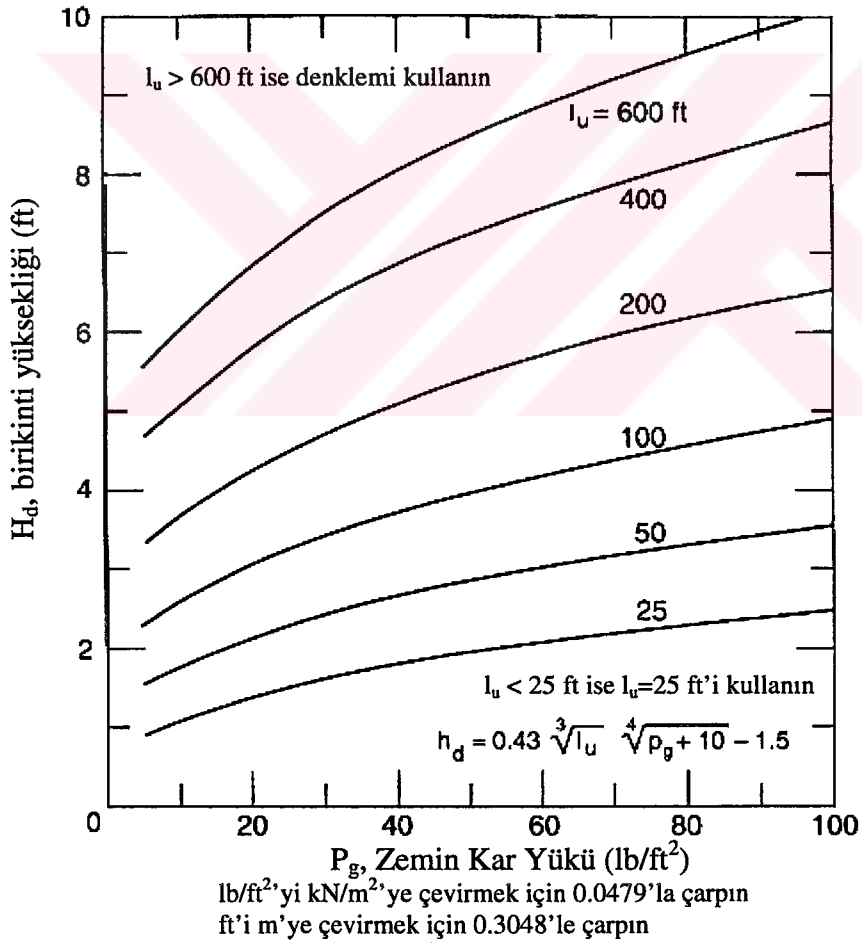


Ek Şekil 3.6. Rüzgar üstü ve rüzgar altı basamaklarda meydana gelen birikintiler

Ek 3.'ün devamı



Ek Şekil 3.7. Alt çatılardaki kar birikintisinin şekli

Ek Şekil 3.8. Birikinti yüksekliği h_d 'yi belirlemek için kullanılan grafik ve denklem

Ek 3.'ün devamıEk Tablo 3.7.2. Rüzgara maruz kalma katsayısı, C_e

| Arazi Sınıfı | Çatının Rüzgara Maruz Kalma Durumu* | | |
|---|-------------------------------------|----------------------|-------------------|
| | Rüzgara Maruz | Kısmen Rüzgara Maruz | Rüzgardan Korunan |
| A (Binaların en azından yarısının yüksekliği 21.3 m'den fazla olan büyük şehir merkezleri) | N/A | 1.1 | 1.3 |
| B (Genellikle insanların yaşadığı şehir merkezinden uzak birbirine yakın ve aralarında boşluk bulunan yükseltilerin olduğu bölgeler) | 0.9 | 1.0 | 1.2 |
| C (Genellikle yüksekliği 9.1 m'den az olan dağınık yükseltilerin bulunduğu açık arazi) | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| D (Düz, üzerinde yükselti bulunmayan, en azından 1.6 km uzaklıktaki açık su üzerinden esip gelen rüzgara maruz bölgeler) | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| Rüzgar alan dağınık bölgelerde ağaç hattının üzerindeki bölgeler | 0.7 | 0.8 | N/A |
| Seçilen arazi sınıfı ve çatının rüzgara maruz kalma durumu yapının ömrü boyunca içinde bulunacağı tahmini duruma karşılık gelmelidir. | | | |
| * Tanımlar | | | |
| Kısmen Rüzgara Maruz: Aşağıda belirtilen dışında kalan bütün çatılar | | | |
| Rüzgara Maruz: Arazi, yüksek yapılar veya ağaçlar gibi korunağı** olmayıp her tarafından rüzgara maruz çatılar. Üzerinde pek çok mekanik donanım aksamı veya diğer engellerden bulunan çatılar bu kategoride değildir. | | | |
| Rüzgardan Korunan: Etrafi tamamen ağaçlar veya başka engellerle çevrili çatılar. | | | |
| ** 10h ₀ 'lık mesafe içindeki engeller de korunak olabilirler. Burada h ₀ , çatıdan daha yüksekte bulunan engelin boyuna uzunluğudur. | | | |

Ek Tablo 3.7.3. Isıl durum katsayısı, C_t

| Isıl Durum* | C_t |
|---|-------|
| Aşağıda belirtilenler dışındaki bütün yapılar | 1.0 |
| Donma sıcaklığının üstünde tutulan yapılar ile soğuk ve R değeri 4.4 Km ² /W'den büyük havalandırılan çatılara sahip yapılar | 1.1 |
| Isıtılmayan yapılar | 1.2 |
| *Bu durumlar yapının ömrü boyunca kış mevsimlerinde bulunacağı tahmini şartlara karşılık gelmelidir. | |

Ek Tablo 3.7.4. Önem katsayısı, I

| Sınıf | I |
|--|-----|
| I (Zirai yapılar, geçici yapılar, küçük depolama yapıları vb.) | 0.8 |
| II (I, III ve IV'deki yapılar dışındaki yapılar) | 1.0 |
| III (Okullar, alışveriş merkezleri, ofis binaları vb.) | 1.1 |
| IV (Polis ve itfaiye merkezleri, sığınaklar, hastaneler vb.) | 1.2 |

Ek 4. Basit Doğrusal Regresyon ve Korelasyon Analizi (Özdamar, 2002)

Y bağımlı ve X bağımsız değişken olmak üzere iki değişken arasındaki sebep-sonuç ilişkisini matematiksel model olarak ortaya koyan yönteme regresyon analizi adı verilir.

İki değişken arasındaki ilişki düzeyini ve yönünü belirlemeye yardım eden yönteme ise korelasyon analizi adı verilmektedir.

Regresyon analizinin uygulanması için değişkenlerin bağımlı ve bağımsız değişken olarak ayrılması ve regresyon modelinin kurulması gerekir.

Bağımlı değişken: Değeri başka değişkenler tarafından etkilenen ve diğer değişkenlerin değeri değiştiğinde bu değişimden etkilenen değişkene bağımlı değişken denir. İncelenen bir olayda etkilenen, sonuç değişken bağımlı değişkendir. Bağımlı değişken genelde Y harfi ile gösterilir.

Bağımsız değişken: Değeri rastgele koşullara göre belirlenen, bağımsız olarak değişim gösteren ve başka değişkenlerin değişimi üzerine etkide bulunan değişkenlere bağımsız değişken adı verilir. Bağımsız değişken genelde X harfi ile gösterilir.

Regresyon ve korelasyon kavramları birbirleri içine girmiş iki kavramdır. Regresyon analizi ile korelasyon analizi birlikte ele alınırlar ve birbirlerini tamamlarlar. Verilere regresyon analizi uygulanırken korelasyon analizi de birlikte uygulanmaktadır. Fakat korelasyon analizi tek başına uygulanabilmektedir.

1.1. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Basit doğrusal regresyonun amacı, Y ile X arasındaki bağıntıyı $Y=a+bX$ biçiminde ifade eden modeli bulmak ve bu modelde yer alan a ve b katsayılarının önemliliğini test etmek, $Y=a+bX$ modeline göre belirlenen Y tahmin değerlerini gözlem aralığı içinde tahmin etmek (arakestim, interpolasyon) ya da gözlem aralığından bir ya da birkaç periyod önceki ve sonraki değerlerini tahmin etmek (dışsal kestirim, öteleme, ekstrapolasyon) için kullanılıp kullanılmayacağını belirlemektir.

Basit doğrusal regresyonda; toplumda, iki değişken arasında $Y=\alpha+\beta X$ biçiminde bir bağıntı olduğu varsayılır. Bu bağıntı n birimlik örnek verileri aracılığı ile $Y=a+bX$ biçiminde tahmin edilir. Bu eşitliğe basit doğrusal regresyon modeli adı verilir. Bu modelde a ve b katsayıları; α ve β parametrelerinin tahminidir. a katsayısı, sabit, b katsayısı ise regresyon katsayısı, regresyon doğrusunun eğimidir. b, X'de meydana gelen bir

Ek 4.'ün devamı

birimlik değişimin Y'de kaç birimlik bir değişime neden olacağını belirtir.

Basit doğrusal regresyon modelinde a ve b katsayılarının tahmini EKY (Enküçük Kareler Yöntemi) ile belirlenir.

EKY'ye göre a ve b katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n} \quad b = \frac{\sum \sum XY - (\sum X \sum Y) / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n} \quad (E.4.1)$$

Eğer b hesaplanmış ise a katsayısı X ve Y'nin ortalamalarından yararlanarak

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (E.4.2)$$

biçiminde hesaplanır.

Belirlenen a ve b katsayıları modelde yerine konarak verilere uyan doğru denklemi $Y=a+bX$ belirlenir. EKY'de a ve b katsayılarını hesaplamak için aşağıdaki gösterimlerle verilen terimlerden yararlanır.

n: birim sayısı, T_x : X değerleri toplamı, T_y : Y değerleri toplamı, CT_{xy} : XY çarpımlar toplamı, KT_x : X kareler toplamı, KT_y : Y kareler toplamı, S_x^2 : X'in varyansı, S_y^2 : Y'nin varyansı

Bu değerlerin hesaplanmasına ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$CT_{xy} = \sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \quad (E.4.3)$$

$$KT_x = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad (E.4.4)$$

$$KT_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (E.4.5)$$

$$b = CT_{xy} / KT_x \quad (E.4.6)$$

$$S_x^2 = KT_x / (n-1) \quad (E.4.7)$$

Ek 4.'ün devamı

$$S_Y^2 = KT_Y / (n-1) \quad (\text{E.4.8})$$

$$\bar{Y} = T_Y / n \quad (\text{E.4.9})$$

$$\bar{X} = T_X / n \quad (\text{E.4.10})$$

Bir gözlemin tahmin hatası,

$$e = Y - (a + bX) \quad (\text{E.4.11})$$

biçiminde belirlenir. Eğer model tam olarak verilere uygun ise, bu farkların tüm birimler için kareler toplamının sıfır olması beklenir. Fakat bu durum mümkün değildir. Öyleyse farkların kareleri toplamının minimum olması gerekir.

$$\sum e_i^2 = \sum (Y - (a + bX))^2 \Rightarrow 0 \quad (\text{E.4.12})$$

Regresyonun tutarlılığı, tahminin varyansının minimum olması ile mümkündür. Tahminin varyansı (s^2), aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S^2 = \frac{1}{(n-2)} \left[KT_Y - \frac{(CT_{XY})^2}{KT_X} \right] = \frac{(n-1)}{(n-2)} \left[S_Y^2 - \frac{S_{XY}^2}{S_X^2} \right] \quad (\text{E.4.13})$$

Tahminin standart hatası ise

$$S = \sqrt{S^2} \quad (\text{E.4.14})$$

biçiminde hesaplanır. Verilere uyan doğrunun tutarlı olup olmadığı regresyon analizi ile belirlenir. a ve b katsayıları, tahminin hatasını enküçük düzeyde tutacak (minimize) biçimde belirlenmelidir.

Yukarıda hesaplanan değerler aracılığı ile b'nin varyansı;

$$S_b^2 = \left[\frac{1}{n-2} \left(KT_Y - \frac{(CT_{XY})^2}{KT_X} \right) \right] / KT_Y \quad (\text{E.4.15})$$

Ek 4.'ün devamı

biçiminde ya da

$$S_b^2 = S^2 / KT_x \quad (\text{E.4.16})$$

biçiminde hesaplanır.

b'nin önemliliği için ($H_0:\beta=0$, $H_1:\beta\neq 0$) hipotezleri,

$$t = \frac{b-0}{\sqrt{S_b^2}} \quad \text{sd} = n - 2 \quad (\text{E.4.17})$$

modeli ile test edilir.

b'nin önemliliği, regresyon doğrusu eğiminin sıfırdan farklılığının testidir. b'nin sıfır olması $Y=a+bX$ doğrusunun x eksenine paralel olmasıdır. $b=0$ X'in üzerinde bir etkisinin olmadığını belirtir. b önemli ise "X'in Y üzerindeki belirleyiciliği önemlidir." yorumu yapılır.

a'nın varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_a^2 = \left(\frac{T_x}{n \cdot KT_x} \right) \cdot S^2 = \left(\frac{\sum X_i}{n \cdot KT_x} \right) \cdot S^2 \quad (\text{E.4.18})$$

Sabitin (a)'nın önemliliği için, ($H_0:\alpha=0$, $H_1:\alpha\neq 0$) hipotezleri,

$$t = \frac{a-0}{\sqrt{S_a^2}} \quad \text{sd} = n - 2 \quad (\text{E.4.19})$$

modeli ile test edilir.

a'nın önemliliği, regresyon doğrusunun merkezden geçip geçmediğinin test edilmesidir. α önemli ise X ve Y arasındaki regresyon denkleminde sabit'in mutlaka yer alması gerektiği belirtilir. Model mutlaka $Y=a+bX$ biçiminde tahmin edilmelidir. a önemli değil ise regresyon modeline sabit değeri katmadan, $Y=bX$ biçiminde tahmin edilmesinin sakıncalı olmayacağı anlamı çıkarılır.

Regresyon analizi, Y'nin varyansının bileşenlerine ayrılması ve bu varyans bileşenlerinin birbirlerine oranının önemliliğini belirleme işlemidir.

Regresyon analizinde Y'nin varyansı;

Ek 4.'ün devamı

$$\sum (Y - \bar{Y})^2 = \sum (Y - \bar{Y} + \hat{Y} - \hat{Y})^2 = \sum (Y - \hat{Y})^2 + \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 \quad (\text{E.4.20})$$

biçiminde iki bileşene ayrılır.

Burada \hat{Y} , regresyon tahmin değeri olan $\hat{Y} = a + bX$ değeridir.

Regresyon analizinde yararlanılan kareler toplamları $GKT=KT_Y$, $RKT=b^2.KT_X=(CT_{XY})^2/KT_X$ ve $AKT=GKT-RKT$ şeklinde, serbestlik dereceleri $RSD=1$ $GSD=n-1$ ve $ASD=n-2$ olmak üzere kareler ortalamaları $GKO=GKT/GSD$, $RKO=RKT/1$ ve $AKO=AKT/ASD$ ve F test istatistiği $F(1, ASD)=RKO/AKO$ şeklinde hesaplanırlar.

Burada kullanılan terimler aşağıdaki anlamları ifade etmektedir.

GKT: Genel kareler toplamı, RKT: Regresyon kareler toplamı, AKT: Artık kareler toplamı, GSD: Genel serbestlik derecesi, RSD: Regresyon serbestlik derecesi, GKO: Genel kareler ortalaması, RKO: Regresyon kareler ortalaması, AKO: Artık kareler ortalaması ve $F(1, ASD)$: Regresyonun önemliliği için F test istatistiğidir.

$F_{(1, asd)}$ test istatistiği, teorik 1, asd serbestlik dereceli F dağılımının kritik değerlerine göre $F_{(a, 1, asd)}$ değerlendirilir.

Regresyon analizinde sonuçlar Tablo 3.'deki gibi regresyon analizi tablosunda gösterilir.

Ek Tablo 4.1. Regresyon analizi tablosu

| Değişim Kaynağı (DK) | Serbestlik Derecesi (SD) | Kareler Toplamı (KT) | Kareler Ortalaması (KO) | Varyans Oranı (F) | Olasılık (P) |
|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|--------------|
| Regresyon | 1 | RKT | RKO | RKO/AKO | ?<P<? |
| Artık | n-2 | AKT | AKO | - | - |
| Genel | n-1 | GKT | GKO | - | - |

İki değişken arasındaki ilişkinin düzeyi Pearson korelasyon katsayısı r ile hesaplanır.

Korelasyon katsayısı r;

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X \sum Y) / n}{\sqrt{(\sum X^2 - (\sum X)^2 / n)(\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / n)}} \quad (\text{E.4.21})$$

şeklinde ya da çarpımlar toplamı ve kareler toplamı terimleri kullanılarak;

Ek 4.'ün devamı

$$r = \frac{CT_{XY}}{\sqrt{(KT_X)(KT_Y)}} \quad (E.4.22)$$

şeklinde hesaplanır.

Regresyon analizi sonuçlarından yararlanılarak da korelasyon katsayısı;

$$r = \sqrt{r^2} \quad (E.4.23)$$

biçiminde hesaplanabilir.

Burada r^2 ,

$$r^2 = RKT / KT_Y \quad (E.4.24)$$

biçiminde hesaplanır.

Korelasyon katsayısının önemliliği, t testi ile test edilir.

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad sd = n - 2 \quad (E.4.25)$$

t test istatistiğinin önemliliği $sd=n-2$ serbestlik dereceli t dağılımının kritik değerlerine göre ($t_{a, sd}$) belirlenir. $a=0.05, 0.01, 0.001$ için değerlendirme sonucu; $P>0.05$ ise, iki değişken arasında önemli ilişki olmadığı; $P\leq 0.05$ ise, değişkenler arasında önemli düzeyde ilişki olduğu biçiminde değerlendirilir.

1.2. Basit Korelasyon Analizi

Basit korelasyon, iki değişken arasındaki ilişkinin büyüklüğünü, yönünü ve önemliliğini ortaya koyan yöntemdir. X ve Y arasında basit doğrusal bir regresyon modeli kurulabiliyorsa iki değişken arasında da basit korelasyon ilişkisi kurulabilir. Korelasyon analizinde veri setinde yer alan X ve Y'nin bağımlı ya da değişken olmaları dikkate alınmaz.

İki değişken arasındaki regresyon modelini belirlerken bazı varsayımların yerine gelmesi gerekirken korelasyonda verilerin en az aralıklı ölçekle elde edilmiş olması

Ek 4.'ün devamı

yeterlidir.

İki değişken arasındaki ilişkinin düzeyi Pearson korelasyon katsayısı, r ile hesaplanır.

Korelasyon katsayısı r , (E.4.21) ile ya da çarpımlar toplamı ve kareler toplamı terimleri kullanılarak (E.4.22) ile hesaplanır.

Regresyon analizi sonuçlarından yararlanılarak da korelasyon katsayısı (E.4.23) ve (E.4.24) ile hesaplanır.

Korelasyon katsayısının önemliliği, (E.4.25) ile verilen t testi ile test edilir.



Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.1'in devamı

| Yıl | ARDAHAN | ERZİNCAN | ERZURUM | HİNİS | HORASAN | İSPİR | OLTU | TORTUM | KARS | ORDU | DIVRIĞI |
|------|---------|----------|---------|-------|---------|-------|------|--------|------|------|---------|
| 1972 | 34 | 12 | 28 | 105 | 41 | | | | 25 | 21 | 21 |
| 1973 | 29 | 11 | 41 | 55 | 36 | 15 | 15 | 25 | 33 | 17 | 26 |
| 1974 | 29 | 18 | 19 | 83 | 31 | 30 | - | 29 | 21 | - | 32 |
| 1975 | 54 | 19 | 50 | 113 | 18 | 34 | - | 36 | 30 | 5 | 31 |
| 1976 | 110 | 30 | 102 | 190 | 48 | 98 | 61 | 95 | 77 | 28 | 95 |
| 1977 | 38 | 16 | 31 | 47 | 24 | 12 | 9 | 17 | 43 | 1 | 18 |
| 1978 | 38 | 21 | 42 | 98 | 40 | 35 | 29 | 16 | 55 | - | 14 |
| 1979 | 22 | 25 | 15 | 48 | 11 | 45 | 6 | 21 | 9 | 15 | 11 |
| 1980 | 23 | 19 | 43 | 85 | 27 | 28 | 15 | 21 | 19 | 23 | 17 |
| 1981 | 34 | 4 | 18 | 96 | 22 | 16 | 12 | 9 | 18 | - | 15 |
| 1982 | 26 | 11 | 30 | 110 | 18 | 9 | 12 | 9 | 22 | 18 | 12 |
| 1983 | 30 | 10 | 20 | 125 | 29 | 29 | 13 | 32 | 26 | 18 | 27 |
| 1984 | 21 | 9 | 18 | 32 | 15 | 12 | 11 | 25 | 19 | - | 8 |
| 1985 | 37 | 55 | 48 | 62 | 35 | 35 | 17 | 15 | 47 | 48 | 28 |
| 1986 | 43 | 33 | 53 | 92 | 43 | 35 | 24 | 30 | 41 | 22 | 27 |
| 1987 | 56 | 19 | 35 | 110 | 28 | 28 | 26 | 43 | 38 | 22 | 38 |
| 1988 | 43 | 28 | 38 | 120 | 41 | 34 | 20 | 25 | 58 | 17 | 36 |
| 1989 | 17 | 26 | 17 | 25 | 11 | 37 | 16 | 21 | 14 | 23 | 10 |
| 1990 | 72 | 14 | 61 | 52 | 55 | 47 | 56 | 63 | 88 | 1 | 34 |
| 1991 | 37 | 25 | 50 | 93 | 38 | 26 | 22 | 40 | 53 | 27 | 31 |
| 1992 | 80 | 35 | 100 | 160 | 70 | 76 | 36 | 51 | 65 | 14 | 49 |
| 1993 | 50 | 20 | 53 | 115 | 99 | 67 | 27 | 48 | 63 | 59 | 37 |
| 1994 | 54 | 30 | 53 | 88 | 60 | 32 | 30 | 59 | 48 | 41 | 11 |
| 1995 | 37 | 31 | 41 | 144 | 50 | 22 | 11 | 26 | 49 | 2 | 25 |
| 1996 | 28 | 6 | 20 | 80 | 16 | 16 | 10 | 18 | 27 | 3 | 21 |
| 1997 | 25 | 8 | 40 | 33 | 27 | 17 | 22 | 25 | 27 | 38 | |
| 1998 | 26 | 16 | 35 | 55 | 44 | 20 | 12 | 30 | 21 | 2 | |
| 1999 | 60 | 9 | 24 | 44 | 16 | 10 | 12 | 28 | 25 | - | |
| 2000 | 75 | 14 | 63 | 84 | 60 | 29 | 35 | 48 | 57 | 26 | |
| 2001 | 39 | 8 | 34 | 55 | 24 | 99 | 8 | 16 | 30 | 4 | |
| 2002 | 60 | 17 | | | | | | | 36 | 26 | |

Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.1'in devamı

| Yıl | GEMEREK | HAFİK | İMRANLI | KANGAL | SARKIŞLA | SIVAS | SUŞEHİRİ | YILDIZELİ | ZARA | TOKAT | Yıl | ULAŞ |
|------|---------|-------|---------|--------|----------|-------|----------|-----------|------|-------|------|------|
| 1972 | 23 | 60 | 56 | 50 | 54 | 45 | 20 | | 36 | 39 | 1957 | 54 |
| 1973 | 10 | 20 | 37 | 16 | 12 | 4 | 12 | 10 | 14 | 4 | 1958 | 15 |
| 1974 | 51 | 42 | 49 | 36 | - | 31 | 39 | 29 | 27 | 31 | 1959 | 25 |
| 1975 | 28 | 35 | 67 | 54 | 34 | 44 | 59 | - | 24 | 19 | 1960 | 3 |
| 1976 | 42 | 76 | 85 | 145 | 41 | 67 | 73 | 68 | 57 | 27 | 1961 | 26 |
| 1977 | 23 | 23 | 38 | 32 | 28 | 22 | 23 | 35 | 18 | 28 | 1962 | 10 |
| 1978 | 31 | 34 | 65 | 39 | 26 | 25 | 36 | 36 | 29 | 13 | 1963 | 6 |
| 1979 | 15 | 20 | 29 | 16 | 16 | 17 | 6 | 25 | 20 | 8 | 1964 | 6 |
| 1980 | 26 | 45 | 59 | - | 33 | 40 | 24 | 48 | 59 | 14 | 1965 | 9 |
| 1981 | 12 | 18 | 46 | 17 | 14 | 15 | 33 | 32 | 12 | 7 | 1966 | 20 |
| 1982 | 14 | 27 | 47 | 28 | 26 | 19 | 13 | 34 | 37 | 18 | 1967 | 45 |
| 1983 | 19 | 50 | 59 | 70 | 19 | 22 | 39 | 41 | 30 | 44 | 1968 | 70 |
| 1984 | 10 | 14 | 4 | 13 | 1 | 12 | 9 | 1 | 13 | 4 | 1969 | 4 |
| 1985 | 23 | 48 | 108 | 110 | 26 | 41 | 52 | - | 57 | 28 | 1970 | 11 |
| 1986 | 15 | 18 | 64 | 77 | 9 | 18 | 17 | 24 | 33 | 24 | 1971 | 7 |
| 1987 | 22 | 35 | 87 | | 24 | 44 | 38 | 44 | 49 | 16 | 1972 | 25 |
| 1988 | 32 | 36 | 76 | | 12 | 32 | 59 | 29 | 73 | 12 | 1973 | 4 |
| 1989 | 28 | 40 | 53 | | 32 | 48 | 25 | 36 | 49 | 7 | 1974 | 17 |
| 1990 | 18 | 21 | 50 | | 14 | 25 | 32 | 16 | 21 | 18 | 1975 | 42 |
| 1991 | 25 | 15 | 53 | | 19 | 33 | 56 | | 17 | 17 | 1976 | 30 |
| 1992 | 33 | | 75 | | 29 | 52 | 62 | | 54 | 52 | 1977 | 26 |
| 1993 | 17 | | 67 | | 30 | 60 | 32 | | 38 | 40 | 1978 | 36 |
| 1994 | 11 | | 37 | | 13 | 15 | 42 | | 19 | 15 | | |
| 1995 | 47 | | | | 20 | 33 | 52 | | 27 | 4 | | |
| 1996 | 14 | | | | | 12 | 40 | | 20 | 12 | | |
| 1997 | | | | | | | | | | 14 | | |
| 1998 | | | | | | | | | | 6 | | |
| 1999 | | | | | | | | | | 3 | | |
| 2000 | | | | | | | | | | 18 | | |
| 2001 | | | | | | | | | | 6 | | |
| 2002 | | | | | | | | | | 31 | | |

Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.2. 1. sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık maksimum kar-su eşdeğeri verileri, mm

| Yıl | ARTVIN | HOPA | BAYBURT | GİRESUN | GÜMÜŞHANE | Ş.KARAHİSAR | RİZE |
|------|--------|------|---------|---------|-----------|-------------|------|
| 1972 | 51 | | 35 | | 49 | 115 | |
| 1973 | 89 | 48 | 30 | 26 | 20 | 20 | 21 |
| 1974 | 69 | - | 58 | - | 57 | 117 | - |
| 1975 | 65 | 40 | 78 | 27 | 52 | - | 47 |
| 1976 | 114 | 30 | 207 | 36 | 143 | 124 | - |
| 1977 | 31 | - | 35 | - | 27 | - | - |
| 1978 | 20 | - | 45 | - | 33 | 78 | - |
| 1979 | 80 | 11 | 46 | 26 | 43 | 65 | - |
| 1980 | 45 | 33 | 69 | 43 | 62 | 110 | 67 |
| 1981 | 28 | - | 29 | - | 12 | 69 | - |
| 1982 | - | 25 | 18 | 12 | 21 | 84 | - |
| 1983 | 68 | 28 | 28 | 24 | 46 | 104 | - |
| 1984 | 15 | - | 41 | - | 13 | 45 | - |
| 1985 | 109 | 200 | 102 | 71 | 40 | 224 | - |
| 1986 | 49 | 41 | 57 | 29 | 23 | 126 | 43 |
| 1987 | 63 | - | 57 | 35 | 38 | 179 | 10 |
| 1988 | 151 | 46 | - | 07 | 83 | 207 | 18 |
| 1989 | 268 | - | 17 | 22 | 83 | 149 | - |
| 1990 | 87 | - | 88 | - | 5 | 93 | - |
| 1991 | 75 | 52 | 34 | 35 | 61 | 170 | 46 |
| 1992 | 173 | 52 | 59 | 42 | 180 | 192 | 56 |
| 1993 | 209 | 49 | 52 | 39 | 76 | 189 | - |
| 1994 | 76 | 86 | 32 | 20 | 78 | 143 | 143 |
| 1995 | 50 | - | 40 | 33 | 28 | 74 | - |
| 1996 | 32 | 19 | 16 | 03 | 5 | 53 | - |
| 1997 | 246 | 95 | 30 | 34 | 25 | 79 | 100 |
| 1998 | 151 | 02 | 41 | 08 | 45 | 198 | 14 |
| 1999 | 39 | - | 21 | - | 9 | 49 | - |
| 2000 | 57 | 38 | 41 | 37 | 40 | 271 | 29 |
| 2001 | 44 | - | 13 | - | 19 | 63 | - |
| 2002 | 64 | 104 | 35 | 90 | 5 | 192 | 29 |

Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.2.'nin Devamı

| Yıl | TRABZON | ARDAHAN | ERZINCAN | ERZURUM | KARS | ORDU | TOKAT |
|------|---------|---------|----------|---------|------|------|-------|
| 1972 | 12 | 23 | 28 | 66 | 50 | 11 | 26 |
| 1973 | 25 | 37 | - | 81 | 60 | 15 | - |
| 1974 | - | 59 | 29 | 32 | 59 | 4 | 36 |
| 1975 | 28 | 93 | 12 | 81 | 89 | - | 16 |
| 1976 | 22 | 175 | 45 | 188 | 244 | 27 | 21 |
| 1977 | - | 94 | - | 64 | 67 | - | 10 |
| 1978 | - | 58 | 27 | 88 | 64 | - | 11 |
| 1979 | 51 | 36 | - | 19 | 12 | - | - |
| 1980 | 20 | 40 | 25 | 55 | 34 | - | 10 |
| 1981 | - | 47 | 4 | 22 | 16 | - | - |
| 1982 | - | 29 | - | 22 | - | 20 | 9 |
| 1983 | 20 | 40 | - | 17 | 30 | 15 | 33 |
| 1984 | - | 23 | 11 | 86 | 16 | - | - |
| 1985 | 43 | 40 | - | 94 | 41 | 59 | 31 |
| 1986 | 15 | 39 | 25 | 47 | 38 | 22 | 25 |
| 1987 | - | 57 | 21 | 59 | 18 | 8 | - |
| 1988 | - | 46 | - | 27 | 42 | - | 10 |
| 1989 | 19 | 21 | 28 | 123 | 11 | 23 | - |
| 1990 | - | 59 | 22 | 81 | 67 | - | 13 |
| 1991 | 8 | 36 | 53 | 196 | 47 | 40 | 16 |
| 1992 | 34 | 79 | 83 | 117 | 46 | 29 | - |
| 1993 | 29 | 47 | 40 | 65 | 45 | 48 | 88 |
| 1994 | - | - | 39 | 38 | 38 | 11 | 13 |
| 1995 | - | 35 | 46 | 26 | 41 | - | - |
| 1996 | 8 | 39 | 8 | 40 | 21 | - | 11 |
| 1997 | 32 | 25 | 8 | 55 | 19 | 26 | 14 |
| 1998 | 17 | 24 | 13 | 39 | 16 | - | 5 |
| 1999 | - | 60 | 8 | 67 | 15 | - | - |
| 2000 | 9 | 68 | 18 | 39 | 55 | 18 | 17 |
| 2001 | 9 | 24 | 15 | 45 | 24 | - | 5 |
| 2002 | 12 | 66 | 18 | - | 35 | 15 | 30 |

Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.3. Eksik verileri tamamlanan istasyonlara ait kar-su eşdeğerleri, mm

| Yıl | ARTVIN | HOPA | BAYBURT | GİRESUN | ŞEBİNK. | RİZE | TRABZON | ARTVİN | ERZİNCAN | KARS | ORDU | TOKAT |
|------|--------|------|---------|---------|---------|------|---------|--------|----------|------|------|-------|
| 1972 | 51 | | 35 | | 115 | | 12 | 23 | 28 | 50 | 11 | 26 |
| 1973 | 89 | 48 | 30 | 26 | 20 | 21 | 25 | 37 | 17 | 60 | 15 | 17 |
| 1974 | 69 | 02 | 58 | 02 | 117 | 02 | 11 | 59 | 29 | 59 | 4 | 36 |
| 1975 | 65 | 40 | 78 | 27 | 127 | 47 | 28 | 93 | 12 | 89 | 32 | 16 |
| 1976 | 114 | 30 | 207 | 36 | 124 | 35 | 22 | 175 | 45 | 244 | 27 | 21 |
| 1977 | 31 | 10 | 35 | 02 | 110 | 02 | 2 | 94 | 19 | 67 | 2 | 10 |
| 1978 | 20 | 02 | 45 | 02 | 78 | 02 | 2 | 58 | 27 | 64 | 2 | 11 |
| 1979 | 80 | 11 | 46 | 26 | 65 | 22 | 51 | 36 | 25 | 12 | 50 | 21 |
| 1980 | 45 | 33 | 69 | 43 | 110 | 67 | 20 | 40 | 25 | 34 | 26 | 10 |
| 1981 | 28 | 02 | 29 | 02 | 69 | 02 | 2 | 47 | 4 | 16 | 2 | 10 |
| 1982 | 66 | 25 | 18 | 12 | 84 | 31 | 18 | 29 | 17 | 19 | 20 | 9 |
| 1983 | 68 | 28 | 28 | 24 | 104 | 34 | 20 | 40 | 25 | 30 | 15 | 33 |
| 1984 | 15 | 02 | 41 | 02 | 45 | 02 | 2 | 23 | 11 | 16 | 2 | 13 |
| 1985 | 109 | 200 | 102 | 71 | 224 | 155 | 43 | 40 | 24 | 41 | 59 | 31 |
| 1986 | 49 | 41 | 57 | 29 | 126 | 43 | 15 | 39 | 25 | 38 | 22 | 25 |
| 1987 | 63 | 57 | 57 | 35 | 179 | 10 | 13 | 57 | 21 | 18 | 8 | 19 |
| 1988 | 151 | 46 | 47 | 07 | 207 | 18 | 2 | 46 | 38 | 42 | 2 | 10 |
| 1989 | 268 | 37 | 17 | 22 | 149 | 02 | 19 | 21 | 28 | 11 | 23 | 23 |
| 1990 | 87 | 02 | 88 | 02 | 93 | 02 | 2 | 59 | 22 | 67 | 2 | 13 |
| 1991 | 75 | 52 | 34 | 35 | 170 | 46 | 8 | 36 | 53 | 47 | 40 | 16 |
| 1992 | 173 | 52 | 59 | 42 | 192 | 56 | 34 | 79 | 83 | 46 | 29 | 53 |
| 1993 | 209 | 49 | 52 | 39 | 189 | 48 | 29 | 47 | 40 | 45 | 48 | 88 |
| 1994 | 76 | 86 | 32 | 20 | 143 | 143 | 14 | 47 | 39 | 38 | 11 | 13 |
| 1995 | 50 | 02 | 40 | 33 | 74 | 02 | 2 | 35 | 46 | 41 | 2 | 36 |
| 1996 | 32 | 19 | 16 | 03 | 53 | 27 | 8 | 39 | 8 | 21 | 16 | 11 |
| 1997 | 246 | 95 | 30 | 34 | 79 | 100 | 32 | 25 | 8 | 19 | 26 | 14 |
| 1998 | 151 | 02 | 41 | 08 | 198 | 14 | 17 | 24 | 13 | 16 | 24 | 5 |
| 1999 | 39 | 02 | 21 | 02 | 49 | 02 | 2 | 60 | 8 | 15 | 2 | 12 |
| 2000 | 57 | 38 | 41 | 37 | 271 | 29 | 9 | 68 | 18 | 55 | 18 | 17 |
| 2001 | 44 | 02 | 13 | 02 | 63 | 02 | 9 | 24 | 15 | 24 | 17 | 5 |
| 2002 | 64 | 104 | 35 | 90 | 192 | 29 | 12 | 66 | 18 | 35 | 15 | 30 |

Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.4. Eksik verileri tamamlanan istasyonlara ait kar derinlikleri, cm

| Yıl | ARTVİN | HOPA | GİRESUN | ŞEBINK. | PAZAR | RİZE | AKÇAABAT | TRABZON | OLTU | ORDU | KANGAL | SARKIŞLA | YILDIZELİ |
|------|--------|------|---------|---------|-------|------|----------|---------|------|------|--------|----------|-----------|
| 1972 | 50 | 88 | | 45 | | | 15 | | | 21 | 50 | 54 | 76 |
| 1973 | 75 | 44 | 38 | 26 | 40 | 30 | 29 | 28 | 15 | 17 | 16 | 12 | 10 |
| 1974 | 54 | 2 | 11 | 60 | 15 | 11 | 6 | 3 | 19 | 9 | 36 | 19 | 29 |
| 1975 | 52 | 38 | 24 | 52 | 36 | 59 | 30 | 30 | 24 | 5 | 54 | 34 | 50 |
| 1976 | 71 | 30 | 24 | 98 | 50 | 34 | 23 | 13 | 61 | 28 | 145 | 41 | 68 |
| 1977 | 45 | 7 | 13 | 30 | 19 | 3 | 2 | 2 | 9 | 1 | 32 | 28 | 35 |
| 1978 | 12 | 8 | 13 | 48 | 20 | 4 | 2 | 2 | 29 | 5 | 39 | 26 | 36 |
| 1979 | 70 | 17 | 15 | 32 | 10 | 7 | 16 | 23 | 6 | 15 | 16 | 16 | 25 |
| 1980 | 47 | 31 | 30 | 54 | 64 | 56 | 20 | 18 | 15 | 23 | 122 | 33 | 48 |
| 1981 | 24 | 3 | 11 | 26 | 16 | 11 | 2 | 2 | 12 | 5 | 17 | 14 | 32 |
| 1982 | 55 | 7 | 18 | 56 | 10 | 19 | 8 | 4 | 12 | 18 | 28 | 26 | 34 |
| 1983 | 60 | 32 | 33 | 86 | 30 | 54 | 20 | 18 | 13 | 18 | 70 | 19 | 41 |
| 1984 | 11 | 11 | 13 | 14 | 19 | 15 | 2 | 2 | 11 | 5 | 13 | 1 | 1 |
| 1985 | 69 | 112 | 53 | 86 | 108 | 77 | 42 | 41 | 17 | 48 | 110 | 26 | 39 |
| 1986 | 52 | 38 | 35 | 45 | 31 | 65 | 18 | 12 | 24 | 22 | 77 | 9 | 24 |
| 1987 | 67 | 18 | 28 | 51 | 41 | 12 | 3 | 4 | 26 | 22 | | 24 | 44 |
| 1988 | 118 | 25 | 6 | 72 | 33 | 20 | 14 | 8 | 20 | 17 | | 12 | 29 |
| 1989 | 116 | 12 | 24 | 48 | 19 | 18 | 23 | 25 | 16 | 23 | | 32 | 36 |
| 1990 | 55 | 4 | 1 | 30 | 35 | 6 | 3 | 3 | 56 | 1 | | 14 | 16 |
| 1991 | 54 | 33 | 26 | 53 | 42 | 38 | 15 | 12 | 22 | 27 | | 19 | |
| 1992 | 85 | 44 | 34 | 62 | 55 | 45 | 13 | 19 | 36 | 14 | | 29 | |
| 1993 | 114 | 49 | 52 | 59 | 58 | 31 | 24 | 28 | 27 | 59 | | 30 | |
| 1994 | 60 | 56 | 15 | 46 | 70 | 88 | 33 | 33 | 30 | 41 | | 13 | |
| 1995 | 38 | 6 | 15 | 23 | 7 | 1 | 2 | 2 | 11 | 2 | | 20 | |
| 1996 | 39 | 12 | 5 | 16 | 17 | 8 | 7 | 8 | 10 | 3 | | | |
| 1997 | 132 | 52 | 28 | 24 | 78 | 60 | 43 | 36 | 22 | 38 | | | |
| 1998 | 86 | 5 | 7 | 60 | 27 | 9 | 12 | 9 | 12 | 2 | | | |
| 1999 | 44 | 3 | 11 | 17 | 2 | 11 | 2 | 2 | 12 | 5 | | | |
| 2000 | 46 | 30 | 25 | 82 | 34 | 21 | 17 | 15 | 35 | 26 | | | |
| 2001 | 44 | 4 | 2 | 19 | 26 | 4 | 13 | 7 | 8 | 4 | | | |
| 2002 | | | | | | | | | | 26 | | | |

Ek 5.'in devamı

Ek Tablo 5.5. Kar-su eşdeğer verileri zemin kar yükü verilerine dönüştürülen 1. sınıf DMI istasyonlara ait yıllık maksimum zemin kar yükü verileri, kN/m²

| Yıl | Artvin | Hopa | Bayburt | Giresun | G.hane | Şebink. | Rize | Trabzon | Ardahan | Erzincan | Erzurum | Kars | Ordu | Tokat |
|------|--------|------|---------|---------|--------|---------|------|---------|---------|----------|---------|------|------|-------|
| 1972 | 0,50 | | 0,35 | | 0,48 | 1,12 | | 0,11 | 0,22 | 0,28 | 0,65 | 0,49 | 0,11 | 0,25 |
| 1973 | 0,88 | 0,47 | 0,30 | 0,26 | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,25 | 0,36 | 0,17 | 0,79 | 0,59 | 0,15 | 0,16 |
| 1974 | 0,67 | 0,02 | 0,57 | 0,02 | 0,56 | 1,15 | 0,02 | 0,11 | 0,58 | 0,29 | 0,31 | 0,58 | 0,04 | 0,35 |
| 1975 | 0,64 | 0,39 | 0,77 | 0,27 | 0,51 | 1,24 | 0,46 | 0,28 | 0,91 | 0,12 | 0,80 | 0,87 | 0,31 | 0,16 |
| 1976 | 1,12 | 0,29 | 2,03 | 0,35 | 1,40 | 1,21 | 0,34 | 0,21 | 1,71 | 0,44 | 1,85 | 2,39 | 0,26 | 0,21 |
| 1977 | 0,31 | 0,10 | 0,34 | 0,02 | 0,27 | 1,08 | 0,02 | 0,02 | 0,92 | 0,19 | 0,63 | 0,66 | 0,02 | 0,10 |
| 1978 | 0,20 | 0,02 | 0,44 | 0,02 | 0,33 | 0,76 | 0,02 | 0,02 | 0,56 | 0,27 | 0,87 | 0,63 | 0,02 | 0,11 |
| 1979 | 0,78 | 0,11 | 0,45 | 0,25 | 0,43 | 0,63 | 0,22 | 0,50 | 0,35 | 0,25 | 0,18 | 0,12 | 0,49 | 0,21 |
| 1980 | 0,44 | 0,32 | 0,67 | 0,42 | 0,61 | 1,08 | 0,66 | 0,20 | 0,39 | 0,25 | 0,54 | 0,33 | 0,25 | 0,10 |
| 1981 | 0,27 | 0,02 | 0,28 | 0,02 | 0,12 | 0,67 | 0,02 | 0,02 | 0,46 | 0,04 | 0,22 | 0,16 | 0,02 | 0,09 |
| 1982 | 0,65 | 0,24 | 0,17 | 0,12 | 0,20 | 0,82 | 0,30 | 0,18 | 0,29 | 0,17 | 0,22 | 0,18 | 0,20 | 0,09 |
| 1983 | 0,66 | 0,28 | 0,27 | 0,24 | 0,45 | 1,02 | 0,33 | 0,20 | 0,39 | 0,25 | 0,17 | 0,29 | 0,15 | 0,33 |
| 1984 | 0,15 | 0,02 | 0,40 | 0,02 | 0,13 | 0,44 | 0,02 | 0,02 | 0,22 | 0,11 | 0,85 | 0,15 | 0,02 | 0,13 |
| 1985 | 1,07 | 1,96 | 1,00 | 0,70 | 0,40 | 2,19 | 1,52 | 0,42 | 0,39 | 0,24 | 0,92 | 0,40 | 0,58 | 0,30 |
| 1986 | 0,48 | 0,41 | 0,56 | 0,29 | 0,23 | 1,24 | 0,42 | 0,15 | 0,38 | 0,25 | 0,46 | 0,37 | 0,22 | 0,24 |
| 1987 | 0,62 | 0,56 | 0,56 | 0,35 | 0,38 | 1,75 | 0,09 | 0,13 | 0,56 | 0,20 | 0,57 | 0,17 | 0,08 | 0,18 |
| 1988 | 1,48 | 0,45 | 0,46 | 0,07 | 0,81 | 2,03 | 0,18 | 0,02 | 0,45 | 0,37 | 0,26 | 0,42 | 0,02 | 0,10 |
| 1989 | 2,63 | 0,36 | 0,17 | 0,21 | 0,81 | 1,46 | 0,02 | 0,18 | 0,20 | 0,27 | 1,20 | 0,11 | 0,22 | 0,22 |
| 1990 | 0,85 | 0,02 | 0,86 | 0,02 | 0,05 | 0,91 | 0,02 | 0,02 | 0,58 | 0,22 | 0,79 | 0,66 | 0,02 | 0,13 |
| 1991 | 0,73 | 0,51 | 0,33 | 0,34 | 0,59 | 1,66 | 0,45 | 0,08 | 0,36 | 0,52 | 1,93 | 0,46 | 0,39 | 0,16 |
| 1992 | 1,70 | 0,51 | 0,58 | 0,41 | 1,77 | 1,88 | 0,55 | 0,33 | 0,78 | 0,81 | 1,14 | 0,45 | 0,28 | 0,51 |
| 1993 | 2,05 | 0,48 | 0,51 | 0,38 | 0,75 | 1,85 | 0,47 | 0,28 | 0,46 | 0,39 | 0,64 | 0,44 | 0,47 | 0,86 |
| 1994 | 0,75 | 0,85 | 0,31 | 0,20 | 0,77 | 1,40 | 1,40 | 0,14 | 0,46 | 0,38 | 0,37 | 0,38 | 0,11 | 0,13 |
| 1995 | 0,49 | 0,02 | 0,40 | 0,32 | 0,27 | 0,72 | 0,02 | 0,02 | 0,34 | 0,45 | 0,25 | 0,40 | 0,02 | 0,35 |
| 1996 | 0,32 | 0,19 | 0,16 | 0,03 | 0,05 | 0,52 | 0,26 | 0,08 | 0,38 | 0,07 | 0,39 | 0,20 | 0,16 | 0,11 |
| 1997 | 2,41 | 0,93 | 0,29 | 0,34 | 0,24 | 0,78 | 0,98 | 0,31 | 0,24 | 0,07 | 0,54 | 0,18 | 0,26 | 0,13 |
| 1998 | 1,48 | 0,02 | 0,40 | 0,08 | 0,44 | 1,94 | 0,14 | 0,17 | 0,24 | 0,12 | 0,38 | 0,16 | 0,23 | 0,05 |
| 1999 | 0,38 | 0,02 | 0,20 | 0,02 | 0,09 | 0,48 | 0,02 | 0,02 | 0,59 | 0,07 | 0,66 | 0,15 | 0,02 | 0,11 |
| 2000 | 0,56 | 0,37 | 0,40 | 0,37 | 0,39 | 2,65 | 0,28 | 0,08 | 0,67 | 0,18 | 0,38 | 0,54 | 0,18 | 0,17 |
| 2001 | 0,43 | 0,02 | 0,13 | 0,02 | 0,19 | 0,61 | 0,02 | 0,08 | 0,24 | 0,15 | 0,44 | 0,24 | 0,16 | 0,05 |
| 2002 | 0,63 | 1,02 | 0,35 | 0,88 | 0,05 | 1,88 | 0,29 | 0,11 | 0,65 | 0,17 | | 0,34 | 0,14 | 0,30 |

Ek 6. Eksik Kar-Su Eşdeğer Verili İstasyonlar İçin Regresyon Analizi Sonuçları

Ek Tablo 6.1. Hopa ve Giresun istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,685 | 0,470 | 0,438 | 33,39402 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 16787,819 | 1 | 16787,819 | 15,054 | 0,001 |
| Artık (Rezidüel) | 18957,731 | 17 | 1115,161 | | |
| Genel | 35745,549 | 18 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 6,001 | 14,223 | | 0,422 | 0,678 |
| Giresun | 1,449 | 0,373 | 0,685 | 3,880 | 0,001 |

Ek Tablo 6.2. Bayburt ve Kars istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,852 | 0,727 | 0,716 | 19,5787 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 27508,776 | 1 | 27508,776 | 71,764 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 10349,776 | 27 | 383325 | | |
| Genel | 37858,552 | 28 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 16,588 | 5,325 | | 3,115 | 0,004 |
| Kars | 0,726 | 0,086 | 0,852 | 8,471 | 0,000 |

Ek Tablo 6.3. Giresun ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,685 | 0,470 | 0,438 | 15,79522 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 3755,848 | 1 | 3755,848 | 15,054 | 0,001 |
| Artık (Rezidüel) | 4241,310 | 17 | 249,489 | | |
| Genel | 7997,158 | 18 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 15,073 | 5,689 | | 2,650 | 0,017 |
| Giresun | 0,324 | 0,084 | 0,685 | 3,880 | 0,001 |

Ek 6.'nın devamı

Ek Tablo 6.4. Şebinkarahisar ve Gümüşhane istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,433 | 0,187 | 0,157 | 57,9151 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 20884,011 | 1 | 20884,011 | 6,226 | 0,019 |
| Artık (Rezidüel) | 90562,411 | 27 | 3354 | | |
| Genel | 111446,42 | 28 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 91,766 | 16,599 | | 5,528 | 0,000 |
| Gümüşhane | 0,682 | 0,273 | 0,433 | 2,495 | 0,019 |

Ek Tablo 6.5. Rize ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,539 | 0,291 | 0,220 | 33,26816 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 4538,837 | 1 | 4538,837 | 4,101 | 0,070 |
| Artık (Rezidüel) | 11067,705 | 10 | 1106,771 | | |
| Genel | 15606,542 | 11 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 13,870 | 20,775 | | 0,668 | 0,519 |
| Hopa | 0,704 | 0,347 | 0,539 | 2,025 | 0,070 |

Ek Tablo 6.6. Trabzon ve Ordu istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,594 | 0,353 | 0,294 | 9,0434 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 491,145 | 1 | 491,145 | 6,006 | 0,032 |
| Artık (Rezidüel) | 899,607 | 11 | 81,782 | | |
| Genel | 1390,752 | 12 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 9,397 | 5,486 | | 1,713 | 0,115 |
| Ordu | 0,447 | 0,183 | 0,594 | 2,451 | 0,032 |

Ek 6.'nın devamı**Ek Tablo 6.7. Ardahan ve Kars istasyonları için regresyon analizi sonuçları**

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,864 | 0,747 | 0,738 | 15,8169 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 19965,363 | 1 | 19965,363 | 79,805 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 6754,745 | 27 | 250,176 | | |
| Genel | 26720,108 | 28 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standartize Katsayı | | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 23,183 | 4,310 | | 5,379 | 0,000 |
| Kars | 0,619 | 0,069 | 0,864 | 8,933 | 0,000 |

Ek Tablo 6.8. Erzincan ve Gümüşhane istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,802 | 0,643 | 0,627 | 10,9987 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 4800,107 | 1 | 4800,107 | 39,679 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 2661,392 | 22 | 120,972 | | |
| Genel | 7461,500 | 23 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standartize Katsayı | | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 9,935 | 3,395 | | 2,926 | 0,008 |
| Gümüşhane | 0,338 | 0,054 | 0,802 | 6,299 | 0,000 |

Ek Tablo 6.9. Kars ve Ardahan istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,864 | 0,747 | 0,738 | 22,0985 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 38972,315 | 1 | 38972,315 | 79,805 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 13185,237 | 27 | 488,342 | | |
| Genel | 52157,552 | 28 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standartize Katsayı | | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | -16,485 | 8,066 | | -2,044 | 0,051 |
| Ardahan | 1,208 | 0,135 | 0,864 | 8,933 | 0,000 |

Ek 6.'nın devamı**Ek Tablo 6.10. Ordu ve Trabzon istasyonları için regresyon analizi sonuçları**

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,594 | 0,535 | 0,294 | 12,0143 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 866,854 | 1 | 866,854 | 6,006 | 0,032 |
| Artık (Rezidüel) | 1587,774 | 11 | 144,343 | | |
| Genel | 2454,628 | 12 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 9,872 | 7,644 | | 1,291 | 0,223 |
| Trabzon | 0,789 | 0,322 | 0,594 | 2,451 | 0,032 |

Ek Tablo 6.11. Tokat ve Erzincan istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,376 | 0,141 | 0,084 | 18,3504 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 831,220 | 1 | 831,220 | 2,468 | 0,137 |
| Artık (Rezidüel) | 5051,069 | 15 | 336,738 | | |
| Genel | 5882,289 | 16 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 7,318 | 9,776 | | 0,749 | 0,466 |
| Erzincan | 0,548 | 0,349 | 0,376 | 1,571 | 0,137 |

Ek 7. Eksik Kar Derinliği Verili İstasyonlar İçin Regresyon Analiz Sonuçları

Ek Tablo 7.1. Artvin ve Zara istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,579 | 0,335 | 0,303 | 23,892 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 6030,492 | 1 | 6030,492 | 10,565 | 0,004 |
| Artık (Rezidüel) | 11986,987 | 21 | 570,809 | | |
| Genel | 18017,478 | 22 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standartize Katsayı | | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 28,038 | 11,191 | | 2,505 | 0,021 |
| Zara | 0,951 | 0,292 | 0,579 | 3,250 | 0,004 |

Ek Tablo 7.2. Hopa ve Rize istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,787 | 0,620 | 0,601 | 15,244 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 7574,098 | 1 | 7574,098 | 32,595 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 4647,402 | 20 | 232,370 | | |
| Genel | 12221,500 | 21 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standartize Katsayı | | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 5,207 | 5,637 | | 0,924 | 0,367 |
| Rize | 0,760 | 0,133 | 0,787 | 5,709 | 0,000 |

Ek Tablo 7.3. Giresun ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,746 | 0,557 | 0,535 | 9,851 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 2438,828 | 1 | 2438,828 | 25,129 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 1941,035 | 20 | 97,052 | | |
| Genel | 4379,864 | 21 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standartize Katsayı | | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 9,701 | 3,506 | | 2,767 | 0,012 |
| Hopa | 0,447 | 0,089 | 0,746 | 5,013 | 0,000 |

Ek 7.'nin devamı

Ek Tablo 7.4. Ş.karahisar ve Kangal istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,861 | 0,741 | 0,718 | 13,936 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 6121,377 | 1 | 6121,377 | 31,519 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 2136,315 | 11 | 194,210 | | |
| Genel | 8257,692 | 12 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standart Hata | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 22,289 | 6,291 | | 3,543 | 0,005 |
| Kangal | 0,558 | 0,099 | 0,861 | 5,614 | 0,000 |

Ek Tablo 7.5. Pazar ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,873 | 0,763 | 0,752 | 12,152 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 9982,423 | 1 | 9982,423 | 67,604 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 3100,882 | 21 | 147,661 | | |
| Genel | 13083,304 | 22 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standart Hata | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 13,307 | 4,102 | | 3,244 | 0,004 |
| Hopa | 0,876 | 0,107 | 0,873 | 8,222 | 0,000 |

Ek Tablo 7.6. Rize ve Hopa istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,787 | 0,620 | 0,601 | 15,788 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 8124,310 | 1 | 8124,310 | 32,595 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 4985,008 | 20 | 249,250 | | |
| Genel | 13109,318 | 21 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | Standart Hata | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 8,908 | 5,618 | | 1,586 | 0,129 |
| Hopa | 0,815 | 0,143 | 0,787 | 5,709 | 0,000 |

Ek 7.'nin devamı

Ek Tablo 7.7. Akçaabat ve Trabzon istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,922 | 0,850 | 0,842 | 4,380 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 1959,280 | 1 | 1959,280 | 102,143 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 345,270 | 18 | 19,182 | | |
| Genel | 2304,550 | 19 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 3,007 | 1,807 | | 1,665 | 0,113 |
| Trabzon | 0,913 | 0,090 | 0,922 | 10,107 | 0,000 |

Ek Tablo 7.8. Trabzon ve Akçaabat istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,922 | 0,850 | 0,842 | 4,422 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 1997,241 | 1 | 1997,241 | 102,143 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 351,959 | 18 | 19,553 | | |
| Genel | 2349,200 | 19 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | -0,283 | 1,958 | | -0,144 | 0,887 |
| Akçaabat | 0,931 | 0,092 | 0,922 | 10,107 | 0,000 |

Ek Tablo 7.9. Oltu ve Tortum istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,869 | 0,755 | 0,745 | 6,873 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 3643,028 | 1 | 3643,028 | 77,119 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 1180,972 | 25 | 47,239 | | |
| Genel | 4824,000 | 26 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 1,484 | 2,586 | | 0,574 | 0,571 |
| Tortum | 0,616 | 0,070 | 0,869 | 8,782 | 0,000 |

Ek 7.'nin devamı

Ek Tablo 7.10. Ordu ve Akçaabat istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,768 | 0,591 | 0,570 | 9,946 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 2853,095 | 1 | 2853,095 | 28,843 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 1978,360 | 20 | 98,918 | | |
| Genel | 4831,455 | 21 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 3,047 | 4,030 | | 0,756 | 0,458 |
| Akçaabat | 1,055 | 0,196 | 0,768 | 5,371 | 0,000 |

Ek Tablo 7.11. Kangal ve Zara istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,888 | 0,788 | 0,770 | 18,640 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 15494,785 | 1 | 15494,785 | 44,594 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 4169,572 | 12 | 347,464 | | |
| Genel | 19664,357 | 13 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | -19,443 | 11,560 | | -1,682 | 0,118 |
| Zara | 2,396 | 0,359 | 0,888 | 6,678 | 0,000 |

Ek Tablo 7.12. Sarkışla ve Yıldızeli istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,874 | 0,764 | 0,746 | 5,388 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 1224,306 | 1 | 1224,306 | 42,170 | 0,000 |
| Artık (Rezidüel) | 377,427 | 13 | 29,033 | | |
| Genel | 1601,733 | 14 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 1,959 | 3,171 | | 0,618 | 0,547 |
| Yıldızeli | 0,580 | 0,089 | 0,874 | 6,494 | 0,000 |

Ek 7.'nin devamı

Ek Tablo 7.13. Yıldızeli ve Sarkışla istasyonları için regresyon analizi sonuçları

| | R | R ² | Düzeltilmiş R ² | Tahminin Standart Hatası | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | 0,874 | 0,764 | 0,746 | 8,128 | |
| ANOVA (Varyans Analizi) | | | | | |
| Değişim Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | P |
| Regresyon | 2786,054 | 1 | 2786,054 | 42,170 | 0,000 |
| Artık (Rezidual) | 858,879 | 13 | 66,068 | | |
| Genel | 3644,933 | 14 | | | |
| Katsayılar | | | | | |
| | Standartize Edilmemiş Katsayılar | | Standartize Katsayı | t | P |
| | B | Standart Hata | Beta | | |
| (Sabit) | 4,941 | 4,656 | | 1,061 | 0,308 |
| Sarkışla | 1,319 | 0,203 | 0,874 | 6,494 | 0,000 |

ÖZGEÇMİŞ

1 Eylül 1977'de Gebze'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Gebze'de tamamladı. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Ekim 2000'de Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Aralık 2000'de Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 50/d kadrosuna Araştırma Görevlisi olarak atandı. İngilizce bilen ve evli olan Mustafa Durmaz halen Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

