

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİNİN ZEMİN KAR YÜKÜ HARİTASININ  
OLUŞTURULMASI VE ÇATI KAR YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Cemalettin TERZİ**

**MART 2011  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİNİN ZEMİN KAR YÜKÜ HARİTASININ  
OLUŞTURULMASI VE ÇATI KAR YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**İnş. Müh. Cemalettin TERZİ**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14.02.2011  
Tezin Savunma Tarihi : 09.03.2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayşe DALOĞLU**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Korhan ÖZGAN**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Trabzon 2011**

## ÖNSÖZ

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

Çalışmanın hazırlanması sırasında, ihtiyaç duyduğum her türlü teknik ve manevi desteği bana sağlayan, yaptığı motivasyonla yalnız olmadığımı bana hissettiren, engin tecrübesi ve önerileri ile bana yol gösteren ve yönlendiren, araştırmam sırasında bana araştırma zevki ve bilimsel düşünme disiplini aşıl原因an çok değerli yönetici hocam, Prof. Dr. Ayşe DALOĞLU'na minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın başından sonuna kadar benimle yakından ilgilenen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, hiçbir konuda yardımlarını esirgemeyen, saygıdeğer İnşaat Yüksek Mühendisi Mustafa DURMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

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

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem Hüsniye TERZİ ve babam Rıfat TERZİ'ye ayrıca sevgili kardeşim Dilek TERZİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cemalettin TERZİ  
Trabzon 2011

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Kar ve Ölçümü.....	2
1.2.1. Karın Tanımı ve Oluşumu .....	2
1.2.2. Kar Örtüsü ve Karın Erimesi .....	3
1.2.3. Karın Fiziksel Özellikleri .....	6
1.2.3.1. Yoğunluk .....	6
1.2.3.2. Karın Su Eşdeğeri .....	7
1.2.3.3. Karın Su Muhtevası ve Kalitesi .....	7
1.2.3.4. Albedo .....	7
1.2.4. Karın Ölçümü .....	7
1.2.4.1. Kar Rasadının Yapıldığı Yerler .....	9
1.2.4.1.1. Kar Rasat Parkı .....	9
1.2.4.1.2. Kar Gözlem İstasyonu .....	10
1.2.4.2. Kar Rasadında Kullanılan Başlıca Malzemeler .....	10
1.2.4.2.1. Plüviyometre .....	10
1.2.4.2.2. Kar Numune Tüpleri .....	11
1.2.4.2.3. Kar Direkleri .....	11
1.2.4.2.4. Kar Masası .....	12
1.2.4.3. Ölçüm Hataları .....	12
1.2.4.4. Eksik Verilerin Tamamlanması .....	13
1.3. Zemin Kar Yükünün Belirlenmesi .....	14

1.3.1.	Zemin Kar Yüğü .....	14
1.3.2.	Zemin Kar Yüğü Verileri .....	16
1.3.3.	Zemin Kar Yüğülerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonları.....	18
1.3.3.1.	Lognormal Dağılım .....	20
1.3.3.2.	Tip I (Gumbel) Dağılımı .....	20
1.3.3.3.	Weibull Dağılımı .....	21
1.3.4.	Olasılık Dağılımının Seçimi ve Parametrelerin Tahmini .....	21
1.3.5.	Kar Yüğülerinin Bölgeselleştirilmesi .....	22
1.3.6.	İstisna Kar Yüğüleri.....	25
1.3.7.	Türk Standartlarında Zemin Kar Yüğüleri .....	27
1.3.7.1.	TS 498 – Kar Yüğü ( $P_{ko}$ ).....	27
1.3.7.2.	TS 7046 – Yerdeki Karakteristik Kar Yüğü ( $S_o$ ) .....	27
1.4.	Çatılardaki Kar Yüğülerinin Belirlenmesi.....	28
1.4.1.	Rüzgardan Dolayı Yığılıma ve Tekrar Dağılıma.....	29
1.4.2.	Teras Çatı Kar Yüğüleri .....	32
1.4.3.	Eğimli Çatı Kar Yüğüleri .....	34
1.4.4.	Üniform Olmayan Kar Yüğüleri.....	37
1.4.4.1.	Dengesiz Yüğüler .....	37
1.4.4.2.	Alt Çatılardaki ve Yakın Binalardaki Birikintiler .....	37
1.4.5.	Türk Standartlarında Çatı Kar Yüğüleri .....	39
1.4.5.1.	TS 498 – Kar Yüğü Hesap Değeri ( $P_k$ ) .....	39
1.4.5.2.	TS 7046 – Çatılardaki Kar Yüğü ( $S$ ) .....	40
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME .....	41
2.1.	Verilerin Toplanması .....	41
2.2.	Eksik Verilerin Tamamlanması .....	43
2.3.	İstasyon Verileri İçin Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Belirlenmesi.....	43
2.4.	50 ve 100 Yıl Tekerrür Süreli Zemin Kar Yüğülerinin ve Kar Derinliklerinin Hesaplanması.....	52
2.5.	İstisna Yüğüler.....	55
2.6.	2. Sınıf DMİ İstasyonları İçin 50 Yıl ve 100 Yıl OTS'li Zemin Kar Yüğülerinin Belirlenmesi .....	57
2.7.	$X_{50}$ ve $X_{100}$ Değeriilerinin Bölgeselleştirilmesi İle Zemin Kar Yüğü Haritalarının Elde Edilmesi .....	63

2.8.	Doğu Anadolu Bölgesine Ait Normalleştirilmiş Zemin Kar Yüğü Haritasının Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi .....	76
2.9.	Belirlenen Zemin Kar Yüğülerinin Türk Standartlarında Önerilen Yüğülerle Karşılaştırılması.....	84
2.10.	Çatı Kar Yüğülerinin ANSI/ASCE 7-05, TS 7046 ve TS 498'e göre Belirlenmesi ve Dönüşüm Katsayılarının Değerlendirilmesi.....	100
2.11.	Rakıma Göre Değerşen Normalleştirilmiş Zemin Kar Yüğü Haritasının Oluşturulması.....	104
3.	SONUÇLAR.....	118
4.	ÖNERİLER .....	120
5.	KAYNAKLAR.....	121
6.	EKLER .....	126
ÖZGEÇMİş		

## ÖZET

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle mevsimsel olarak kar yağışı etkisinde olan bir ülkedir. Bu yüzden yapılacak yapılar için çatı kar yüklerinin doğru olarak belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu durum öz ağırlıkları küçük olan çelik yapılar açısından özellikle önem taşımaktadır. Çatı kar yüklerinin doğru belirlenememiş olmasından dolayı, Türkiye’de özellikle kar yağışının fazla olduğu bölgelerde çatı hasarlarına ve çatı çökmelerine sıkça rastlanmaktadır.

Bu çalışmada, Doğu Anadolu bölgesindeki çatıların kar yüklerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için, Doğu Anadolu bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki DMİ’ ye ait 42 adet istasyondan elde edilen kar verileri kullanıldı. Bu istasyonlar için ortalama tekerrür süresi (OTS) 50 yıl ve 100 yıl olan zemin kar yükleri, istatistik analiz yöntemleriyle belirlendi. Zemin kar yükünün Doğu Anadolu bölgesindeki değişimini elde etmek amacıyla istasyonlar için belirlenen 50 yıllık ve 100 yıllık zemin kar yükleri kullanılarak CBS teknikleri yardımı ile bölgenin normalize edilmiş zemin kar yükü haritaları oluşturuldu. Bu haritalardaki herhangi bir noktanın değerini bulmak için 2 parametreye göre değişen bir formül kullanıldı. Formülden bağımsız zemin kar yükü haritaları elde etmek için daha önceden oluşturulan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritaları ile rakım haritası CBS teknikleri yardımıyla birleştirildi ve her nokta için değer veren zemin kar yükü haritaları oluşturuldu. İstatistiksel yöntemler kullanılarak elde edilen zemin kar yükleri ve haritalardan elde edilen normalize edilmiş zemin kar yükleri, TS498 ve TS 7046’nın önerdiği zemin kar yükleri ile karşılaştırıldı. Gerekli görülen kısımlarının güncellenmesi için önerilerde bulunuldu. Ayrıca ANSI/ASCE 7-05, TS 498 ve TS 7046 standartlarının önerdiği dönüşüm katsayıları kullanılarak beşik çatılar için kar yükleri hesaplandı ve sonuçlar tablo halinde verildi. Bu sonuçlara bağlı olarak değerlendirme yapıldı.

Elde edilen sonuçlar Türk standartlarının önerdiği değerlerle karşılaştırıldığında, TS 498’in Doğu Anadolu bölgesi için önerdiği zemin kar yüklerinin büyük çoğunlukta emniyetsiz olduğu, TS 7046’nın istatistiksel analiz yönteminin her durumda ekonomik olmadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Zemin Kar Yükü, Çatı Kar Yükü, İstatistiki Analiz, Coğrafi Bilgi Sistemleri, TS 498, TS 7046, ANSI /ASCE 7-05

## SUMMARY

### **Production of Ground Snow Load Map and Determination of Roof Snow Loads in Eastern Anatolia Region**

Turkey is a country which is affected by seasonal snowfall because of its geographical position. Therefore, roof snow loads should be determined correctly while designing buildings. This is especially important for steel structures since their own weight are small. Because the snow loads are not determined correctly, roof damages and collapses are observed frequently in Turkey, especially in the regions which have too much snowfall.

In this study, to determine the optimum snow loads of roofs in the Eastern Anatolia Region, snowfall data of the 42 stations of the State Meteorological Service (DMI) in the Eastern Anatolia Region and its neighbor cities were used. Mean ground snow loads which have 50 and 100 year return periods were determined for these stations by statistical analysis method. To determine the variation of ground snow loads in the Eastern Anatolia Region, normalized ground snow loads map of that region were produced by CBS technique using ground snow loads which have 50 and 100 year return periods. To obtain the value of any point on that map, an equation with 2 parameters was derived. Ground snow load maps which show the values of any point were produced by using elevation maps and previous normalized ground snow load maps together to get maps which are independent of the equation. Ground snow loads obtained by statistical methods and normalized ground snow loads obtained from maps were compared to the snow loads recommended by TS 498 and TS 7046 and up-dating was suggested for required parts. Snow loads for gable roofs were calculated by using the conversion coefficients from ANSI/ASCE 7-05, TS 498 and TS 7046 codes. The results were shown in tabular form.

When the results were compared to the recommended values by Turkish Standards, it was seen that recommended snow load of the Eastern Anatolia Region by TS 498 is mostly unsafe and statistical analysis method by TS 7046 is not economical for any case.

**Key Words:** Ground Snow Load, Roof Snow Load, Statistical Analysis, GIS, TS 498, TS 7046, ANSI/ASCE 7-05



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Karın kohezyonunun yoğunluk, tane büyüklüğü ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi ..... 6
Şekil 2.	Saçılma diyagramı ..... 14
Şekil 3.	Doğu Karadeniz Bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası..... 26
Şekil 4.	Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası ..... 26
Şekil 5.	İstisna kar yüküne bir örnek ..... 27
Şekil 6.	Basit şekilli çatılar ..... 30
Şekil 7.	Parapet duvarın arkasında karın yığılması..... 31
Şekil 8.	Çatı derelerinde karın yığılması..... 31
Şekil 9.	Masif bir çit etrafında karın yığılması ..... 31
Şekil 10.	Bitişik bir çatıdan dolayı karın birikinti oluşturması..... 32
Şekil 11.	Beşik ve kemerli çatılar üzerindeki dengesiz kar yükleri..... 32
Şekil 12.	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 ..... 36
Şekil 13.	1.sınıf DMİ istasyonlarının $X_{50}$ ve $D_{50}$ değerleri için saçılma diyagramı 58
Şekil 14.	1.sınıf DMİ istasyonlarının $X_{100}$ ve $D_{100}$ değerleri için saçılma diyagramı 59
Şekil 15.	1. sınıf istasyonlar için gerçek $X_{50}$ değerleri ile regresyon denkleminde elde edilen $X_{50}$ değerleri arasındaki fark ..... 60
Şekil 16.	1. sınıf istasyonlar için gerçek $X_{100}$ değerleri ile regresyon denkleminde elde edilen $X_{100}$ değerleri arasındaki fark..... 61
Şekil 17.	Doğu Anadolu bölgesinin illeri ve bu bölgeye sınır olan ülkeler ..... 68
Şekil 18.	Doğu Anadolu bölgesinin ve bu bölgeye komşu olan illerin il merkezleri ve ilçe merkezleri..... 69
Şekil 19.	Doğu Anadolu bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonları ..... 70
Şekil 20.	Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekerrür süresi 50 yıl'a göre hesaplanmış normalleştirilmiş zemin kar yükü ( $SL_{50}$ ) haritası ..... 71
Şekil 21.	Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekerrür süresi 100 yıl'a göre hesaplanmış normalleştirilmiş zemin kar yükü ( $SL_{100}$ ) haritası..... 72
Şekil 22.	Doğu Anadolu bölgesinin 1. ve 2. sınıf istasyonları için hesaplanan $X_{50}$ değerleri ve haritadan okunan $SL_{50}$ değerlerinin karşılaştırılması .... 75

Şekil 23.	Doğu Anadolu bölgesinin 1. ve 2. sınıf istasyonları için hesaplanan $X_{100}$ değerleri ve haritadan okunan $SL_{100}$ değerlerinin karşılaştırılması .	76
Şekil 24.	Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası (Özgen,2007).....	78
Şekil 25.	Doğu Anadolu bölgesi il merkezleri için $SL_{50}$ ve $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerleri .....	79
Şekil 26.	Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen $SL_{50}$ ve $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerleri .....	83
Şekil 27.	Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen $P_{ko}$ ve $SL_{50}$ değerleri.....	92
Şekil 28.	Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen $P_{ko}$ ve $SL_{100}$ değerleri .....	93
Şekil 29.	Doğu Anadolu bölgesi 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan $X_{50}$ ve $X_{100}$ değerleri ile istasyonların bulunduğu yerler için hesaplanan $P_{ko}$ değerleri.....	94
Şekil 30.	Doğu Anadolu bölgesi 1. sınıf istasyonlar için hesaplanan $S_o$ ve $X_{50}$ değerleri .....	97
Şekil 31.	Doğu Anadolu bölgesi 1. sınıf istasyonlar için hesaplanan $S_o$ ve $X_{100}$ değerleri .....	98
Şekil 32.	Doğu Anadolu bölgesi 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan $S_o$ ve $X_{50}$ değerleri .....	99
Şekil 33.	Doğu Anadolu bölgesi 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan $S_o$ ve $X_{100}$ değerleri.....	99
Şekil 34.	Atölye binasının gösterimi.....	101
Şekil 35.	Uygulamalar için hesaplanan tasarım çatı kar yüklerinin diyagramları ...	102
Şekil 36.	Doğu Anadolu bölgesi için koordinat sistemi GCS_European_1950 olan haritaya göre hazırlanan OTS'si 50 yıl olan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası.....	105
Şekil 37.	Doğu Anadolu bölgesi için koordinat sistemi GCS_European_1950 olan haritaya göre hazırlanan OTS'si 100 yıl olan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası.....	106
Şekil 38.	Doğu Anadolu bölgesi OTS'si 50 yıl olan rakıma göre değişen normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası .....	107
Şekil 39.	Doğu Anadolu bölgesi OTS'si 100 yıl olan rakıma göre değişen normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası .....	108
Ek Şekil 1.1.	Kar yağış yüksekliği haritası.....	126
Ek Şekil 2.1.	Ekstrem ihtimal kağıdı.....	141

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Zati kar yükü ( $P_{ko}$ ) değerleri, $kN/m^2$ .....	28
Tablo 2. Çatı eğimine ( $\alpha$ ) bağlı olarak azaltma değeri (m).....	39
Tablo 3. Verilerin alındığı DMİ istasyonlarına ait bilgiler .....	42
Tablo 4. Erzurum istasyonuna ait zemin kar yükü verileri için MOÇKK testinin uygulanışı.....	45
Tablo 5. Zemin kar yükü verileri için en uygun dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi.....	46
Tablo 6. Erzurum istasyonuna ait kar derinliği (mm) verilerine MOÇKK testinin uygulanışı.....	48
Tablo 7. Kar derinliği verileri için en uygun dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi .....	49
Tablo 8. Erzurum istasyonu zemin kar yükü hesabı için yapılan regresyon analizi sonuçları.....	53
Tablo 9. Erzurum istasyonu kar derinliği hesabı için yapılan regresyon analizi sonuçları.....	54
Tablo 10. DMİ istasyonları için hesaplanan $X_{50}$ ve $D_{50}$ değerleri .....	54
Tablo 11. DMİ istasyonları için hesaplanan $X_{100}$ ve $D_{100}$ değerleri.....	55
Tablo 12. 50 yıl OTS için hesaplanan istisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar .....	56
Tablo 13. 100 yıl OTS için hesaplanan istisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar .....	56
Tablo 14. 1. sınıf DMİ istasyonlarının $X_{50}$ ve $D_{50}$ değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları .....	59
Tablo 15. 1. sınıf DMİ istasyonlarının $X_{100}$ ve $D_{100}$ değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları .....	60
Tablo 16. (35) denklemden tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait $X_{50}$ (kPa) değerleri .....	62
Tablo 17. (36) denklemden tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait $X_{100}$ (kPa) değerleri .....	62
Tablo 18. İstasyonların kotları ve $X_{50}$ değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları.....	64
Tablo 19. İstasyonların kotları ve $X_{100}$ değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları .....	64
Tablo 20. Normalleştirilen $X_{50}$ değerleri ( $NormalX_{50}$ ).....	66

Tablo 21.	Normalleştirilen $X_{100}$ (Normal $X_{100}$ ).....	67
Tablo 22.	Hesaplanan $X_{50}$ değerleri ve haritadan hesaplanan $SL_{50}$ değerleri.....	73
Tablo 23.	Hesaplanan $X_{100}$ değerleri ve haritadan hesaplanan $SL_{100}$ değerleri.....	74
Tablo 24.	Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezler için $SL_{50}$ ve $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerleri.....	80
Tablo 25.	Doğu Anadolu bölgesindeki il ve ilçe merkezleri için önerilen $P_{ko}$ (kPa) ve $SL_{50}$ (kPa) değerleri.....	85
Tablo 26.	Doğu Anadolu bölgesindeki il ve ilçe merkezleri için önerilen $P_{ko}$ (kPa) ve $SL_{100}$ (kPa) değerleri.....	88
Tablo 27.	Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan $X_{50}$ (kPa) ve $S_o$ (kPa) değerleri.....	95
Tablo 28.	Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan $X_{100}$ (kPa) ve $S_o$ (kPa) değerleri.....	96
Tablo 29.	Standartlara göre uygulamalar için belirlenen tasarım çatı kar yükleri....	103
Tablo 30.	Uygulamalarda ANSI/ASCE 7-05 standart'ında hesaplanan ilave yükün uzunluğu ( $l_i$ ) değerleri.....	103
Tablo 31.	Doğu Anadolu bölgesi için tekerrür süresi 50 yıla göre hesaplanmış $ZKY_{50}$ ve $HKY_{50}$ değerleri.....	109
Tablo 32.	Doğu Anadolu bölgesi için tekerrür süresi 100 yıla göre hesaplanmış $ZKY_{100}$ ve $HKY_{100}$ değerleri.....	113
Tablo 33.	Doğu Anadolu bölgesindeki DMİ'ye ait 1. ve 2. sınıf istasyonların $X_{50}$ ve $X_{100}$ değerleri ile $HKY_{50}$ ve $HKY_{100}$ değerleri.....	116
Ek Tablo 2.1.	Azaltılmış aritmetik ortalama, $\bar{y}_N$ .....	140
Ek Tablo 2.2.	Azaltılmış standart sapma, $\sigma_N$ .....	140
Ek Tablo 3.1.	1. ve 2. sınıf DMİ istasyonlarına ait eksik verileri tamamlanmış şekilde kar-su eşdeğerleri (mm).....	145
Ek Tablo 3.2.	Kar-su eşdeğer verileri zemin kar yükü verilerine dönüştürülen 1. sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık maksimum zemin kar yükü verileri, kPa...	147
Ek Tablo 3.3.	Eksik verileri tamamlanmış şekilde DMİ istasyonlarına ait kar derinliği verileri, cm.....	149

## SEMBOLLER DİZİNİ

a	Normal ve lognormal dağılımda 0.375 veya 0.40, ekstrem dağılımlarda 0.44
b	Zemin kar yükünün yükseklikle değişimi, $\text{kN/m}^2/\text{m}$
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, $\text{kN/m}^3$
$D_{50}$	50 yıl OTS'li kar derinliği, cm, m
$D_{100}$	100 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, $\text{kN/m}^2$
g	Yerçekimi ivmesi, $9.807 \text{ m/sn}^2$
$\text{HKY}_{50}$	50 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
$\text{HKY}_{100}$	100 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
h	Kar derinliği, m
$h_b$	Üniform kar birikmesinin derinliği, m
$h_b$	$p_f$ veya $p_s$ 'yi $\gamma$ '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
$h_r$	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, ..., N)
l	Çatı uzun kenarı, m
$l_c$	Karakteristik uzunluk, m
$l_i$	Uygulamalarda hesaplanan ilave yükün uzunluğu, m
$l_u$	Kar birikintisinin bulunduğu 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, kPa
normalX <sub>50</sub>	Normalleştirilmiş X <sub>50</sub> , kPa
normalX <sub>100</sub>	Normalleştirilmiş X <sub>100</sub> , kPa
NX <sub>50</sub>	Normalleştirilmiş X <sub>50</sub> , kPa
NX <sub>100</sub>	Normalleştirilmiş X <sub>100</sub> , kPa
N <sub>x</sub>	X ölçeğindeki yıllık ortalama yağış (X= A,B,C)
$p_f$	Teras çatı kar yükü, kN/m <sup>2</sup>
$p_g$	Zemin kar yükü, kN/m <sup>2</sup>
$P_i$	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 <sup>2</sup>
$P_{ko}$	Zati kar yükü, kN/m <sup>2</sup>
$p_r$	Çatı için yapısal tasarım yükü, kN/m <sup>2</sup>
$p_r$	30 yıl ortalama tekerrür süreli 1 günlük maksimum yağmur yükü
$p_s$	Eğimli çatı kar yükü, kN/m <sup>2</sup>
$p_w$	Uygulamalarda hesaplanan rüzgar tarafı yükü
$p_l$	Uygulamalarda hesaplanan rüzgar altı ilave yükü
$P_x$	X ölçeğindeki bilinmeyen yağış yüksekliği (X=A, B, C)
r	Korelasyon katsayısı
$r_{0.05}^*$	0,05 anlamlılık düzeyine göre r'nin kritik değeri

$r_{\alpha}^*$	$\alpha$ anlamlılık düzeyine göre $r$ 'nin kritik değeri
R	Korelasyon katsayısı
s	x değerlerinin standart sapması
S	Boyutsuz, çatı eğimine bağlı olarak değişen değer
S	Çatılardaki kar yükü, $\text{kN/m}^2$
$S_o$	Yerdeki karakteristik kar yükü, $\text{kN/m}^2$ (kPa)
SL	Zemin kar yükü, $\text{kN/m}^2$ (kPa)
$SL_{50}$	50 yıl OTS'li haritadan bulunan zemin kar yükü değerleri, kPa
$SL_{100}$	100 yıl OTS'li haritadan bulunan zemin kar yükü değerleri, kPa
t	t testinden elde edilen değer
u	Gumbel dağılımının parametresi
w	Çatı kısa kenarı, m
x	Zemin kar yükü
X	Zemin kar yükü, $\text{kN/m}^2$
$X_{50}$	50 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
$X_{100}$	100 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
$X_{\max}$	İstisna zemin kar yükü, kPa
$X_x$	Yağış ölçüm dizisi ( $x=1, 2, \dots, n$ )
$Y_x$	Yağış ölçüm dizisi ( $x=1, 2, \dots, n$ )
z	Olasılık kâğıdı üzerinde aşılmama olasılığı için hesaplanan azaltılmış değişken değeri
Z	Kot, m
$Z_i$	Test edilen dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken
$ZKY_{50}$	50 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
$ZKY_{100}$	100 yıl OTS'li zemin kar yükü, kPa
$\alpha$	Gumbel ve weibull dağılımlarının parametresi
$\alpha$	Çatı eğimi, derece
$\alpha$	Anlamlılık düzeyi
$\beta$	Weibull dağılımının parametresi
$\beta$	Çatı eğimi, derece
$\beta_0$	Regresyon analizinde elde edilen sabit
$\beta_1$	Regresyon analizinde elde edilen çarpan
$\gamma$	TS 7046'ya göre kar yoğunluğu, $\text{kg/m}^3$

$\gamma$	ANSI/ASCE 7-05'e göre belirlenen kar yoğunluğu, kN/m <sup>3</sup>
$\varepsilon$	Lognormal dağılımlı hata terimi
$\zeta$	lnx değerlerinin standart sapması
$\lambda$	lnx değerlerinin ortalaması
$\mu$	Şekil katsayısı
$\mu_x$	x değerlerinin ortalaması
$\rho$	Suyun özgül ağırlığı, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\sigma$	İstasyona ait zemin kar yükü verilerinin standart sapması
$\sigma_x$	x değerlerinin standart sapması
$\Phi(.)$	Standart normal olasılık integrali
$\Phi^{-1}$	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
GCS	Geographical Coordinate System
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	Devlet Su İşleri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
HGK	Harita Genel komutanlığı
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 sebep olmaktadır. Türkiye’de, kar birikmesinin neden olduğu çatı çökmelerine ait istatistiki bilgilerin yetersiz olması konunun değerlendirilmesi açısından bir eksiklik olmakla beraber çatı elemanının kar yüküne karşı güvenli ve ekonomik olarak projelendirilebilmesi, zemin kar yükü ile birlikte karın çatı üzerindeki birikimini etkileyen tüm faktörlerin de dikkate alınmasını gerektirir.

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 gerilmelerdir ve göz önüne alınan bölgenin meteorolojik özelliklerine bağlı, mevsime ve rakıma göre farklılıklar gösteren rasgele bir değişkendir. Bu nedenle, zemin kar yükü uzun dönem kar verileri yardımıyla istatistiksel yöntemlerle tahmin edilir. Zemin kar yükü ile ilgili temel veriler gözlem istasyonlarınca ölçülen kar derinliği ve karın su eşdeğeridir.

Beşik, sundurma, kubbe gibi basit şekilli çatılarda çatı şekli, çatı eğimi, çatı yüzeyinin pürüzlülüğü, rüzgârın 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 nedenle bu tip özel yapı çatılarda, çatı üzerinde ortaya çıkabilecek farklı yüklerin belirlenmesi için rüzgar tünellerinde, modeller üzerinde yapılan deneylerden yararlanır.

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 7-05 (ANSI, 2006), ASCE/SEI 7-10, NBCC Commentary on Snow Loads (NRCC, 1995) ve BS 6399 (BSI, 1988) standartlarıdır.

Çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki DMİ istasyonlarına ait verilerden yararlanılarak, bu istasyonlar için ortalama tekerrür süresi (OTS) 50 yıl ve 100 yıl olan zemin kar yükleri istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlendi. Doğu Anadolu bölgesinde zemin kar yükü değişimini elde etmek amacıyla, ortalama tekerrür süresi 50 yıl ve 100 yıl olarak hesaplanan zemin kar yükleri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri yardımıyla zemin kar yükü haritaları elde edildi. OTS'si 50 yıl'a göre hazırlanan Doğu Anadolu bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen değerler ile Özgen(2007) tarafından hazırlanan Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından Doğu Anadolu bölgesi için elde edilen değerler karşılaştırıldı. Çalışmada hazırlanan haritalardan elde edilen zemin kar yükü değerleri, TS 498'de önerilen zemin kar yükü ve TS 7046'da önerilen istatistiki yöntemle belirlenen zemin kar yükü değerleri ile karşılaştırıldı. TS 498, TS 7046 ve ANSI/ASCE 7-05'nin önerdiği dönüşüm katsayıları kullanılarak beşik çatılar için çatı kar yükleri hesaplandı. Bu üç standarda göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldı. Ayrıca formülden bağımsız zemin kar yükü haritaları elde etmek için, daha önceden oluşturulan OTS'si 50 ve 100 yıl'a göre hesaplanmış normalleştirilmiş zemin kar yükü haritaları ile rakım haritası birlikte kullanılarak her nokta için değer veren zemin kar yükü haritaları oluşturuldu.

## **1.2. Kar ve Ölçümü**

### **1.2.1. Karın 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).

Dünyamız üzerinde mevcut atmosferin içinde; serbest olarak, dünyanın hareketine bağlı bir şekilde dolaşan bulutlar aslında çeşitli yoğunluktaki su buharlarıdır. İşte bu bulutlarda bulunan su zerrecikleri bulutun sağa sola, aşağı yukarı hareketi nedeniyle birbirlerine çarpıp birleşirler, büyürler. Bu esnada oluşacak soğuk bir cephe hareketi veya atmosferin yukarı kısımlarında var olan sıcaklık düşmesi nedenleriyle sıvı haldeki su zerrecikleri donarak sıvı halden katı hale geçer. Eğer atmosfer şartları, su zerreciklerinin donma noktasının hemen altında yağmasını mümkün kılıyorsa, bu yağışa kar yağışı denir (Teker, 1998).

Cemagref'e göre kar'ın oluşumu; yer küreyi saran hava kütlesi içerisinde daima bir miktar su buharı vardır. Kar, atmosfer içinde düşerken, yükselirken veya uçururken büyüyen su kütesinin katı halidir. Atmosferde yağış, genelde yağmur, kar, kırağı, ve dolu şeklinde oluşur. Kar deniz, nehir ve göllerden buharlaşan suyun oluşturduğu bulutlar içerisinde çok düşük negatif sıcaklıklardan dolayı meydana gelmektedir. Atmosferde yükselen su buharı (saf olmayan su) soğur ve 0° C altında bile sıvı olarak kalabilen mikro damlacıklı bir yapı oluşturur. Bu durum "aşırı ergime" dir. Fakat bu ergime durumu çok çabuk bozulabilir. Bu dengeyi bozan ve aşırı ergimeyi durduran askıdaki parçacıklardır. Bu parçacıklara donma çekirdekleri denir ve kristalleşmeye doğru giden adımı başlatırlar. Komşu moleküller bu olaylar esnasında birbirlerine yaklaşır ve yapışırlar. Atmosferde kar kristalinin oluşumu, çapı, dallanması (kollara ayrılması), su buharı miktarının, sıcaklığın ve bulutların diğer karakteristiklerinin bir fonksiyonudur (Gürer, 2002).

Yağış 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 (Gürer, 1977).

### **1.2.2. Kar Örtüsü ve Karın Erimesi**

Atmosferden yeryüzüne yağan kar, tabaka tabaka kar örtüsünü meydana getirir (Teker, 1998).

Yeryüzüne erişen kar, hızlı bir şekilde %15 civarında bir yoğunluğa erişir. Daha sonra kar tazeliğini kaybederek oturur ve bu esnada başlangıçtaki küçük buz kristalleri bir şekilde birleşerek ve değişime uğrayarak daha kaba kristaller haline dönüşür. Böyle bir

değişimde önemli olayların başlıcaları şunlardır:

- Yer çekimi dolayısı ile oturmaların ortaya çıkması,
- Eski kar üzerine yenisi yağınca üzerine gelen ağırlık dolayısı ile sıkışmaya maruz kalması,

• Özellikle eğimli yüzeyler üzerinden esen rüzgar hızının verdiği basınç kuvveti dolayısı ile ilave sıkışmaların meydana gelmesi. Rüzgarlarla sıkıştırılmış eski bir kar tabakasının sertliği yeni yağmış kar tabakasından çok fazla olur,

- Kar tabakasının üst ve alt sınırlarının eriyerek tekrar donması,
- Yağmurlar dolayısı ile ilave yoğunlaşmanın meydana gelmesi (Şen, 2000).

Bütün kar örtüleri buz, hava ve akışkan su karışımından oluşur. Wohlrab (1992)'e göre bir kar kütesinin yaklaşık olarak % 10-40 buz, % 60-90 hava ve % 0-30 da sudan oluşur. Bu bileşimlerin oranı, dış faktörlere, kar örtüsündeki içsel faktörlere ve diğer koşullara göre değişiklik gösterir. Mesela  $<-2$  °C den düşük çevresel sıcaklıklarda ve kar birikimi esnasındaki çok düşük hava neminde ince kristalli ve hava boşluklu bir strüktüre sahip kuru yeni kar oluşur. Buna karşılık donma noktasına yakın ve üzerindeki sıcaklıklarda yüksek akışkan su içerikli ağır kar örtüleri oluşur (Gerçek,2007).

Kar örtüsünün bileşimi ve strüktürü için en önemli belirleyici etkenler Wohlrab ve diğ.(1992), Baumgartner ve Liebscher (1996) a göre aşağıda verilmiştir.

• Yağış esnasındaki ve kar birikmesi sonrasındaki farklı hava tabakalarındaki (yüzeğe yakın ve çeşitli yüksekliklerdeki bulutlarda) çevre sıcaklığı

- Kar örtüsünün kendi sıcaklığı (soğuk içeriği, spesifik sıcaklıklar)
- Nem
- Isıma (radyasyon)
- Rüzgâr ilişkileri

• Bir kar örtüsünün birikme süresi, kar yoğunluğuna etki eden faktör olarak (Gerçek,2007).

Kar tabakasının eriyerek su haline dönüşümü tamamen sıcaklığa bağlıdır. Karın donma noktasında 1 gram buzun sıcaklık değiştirmeden sıvı hale geçebilmesi için 80 kaloriye ihtiyaç vardır. Bakırın ısı geçirgenliği 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 etkendir. 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).

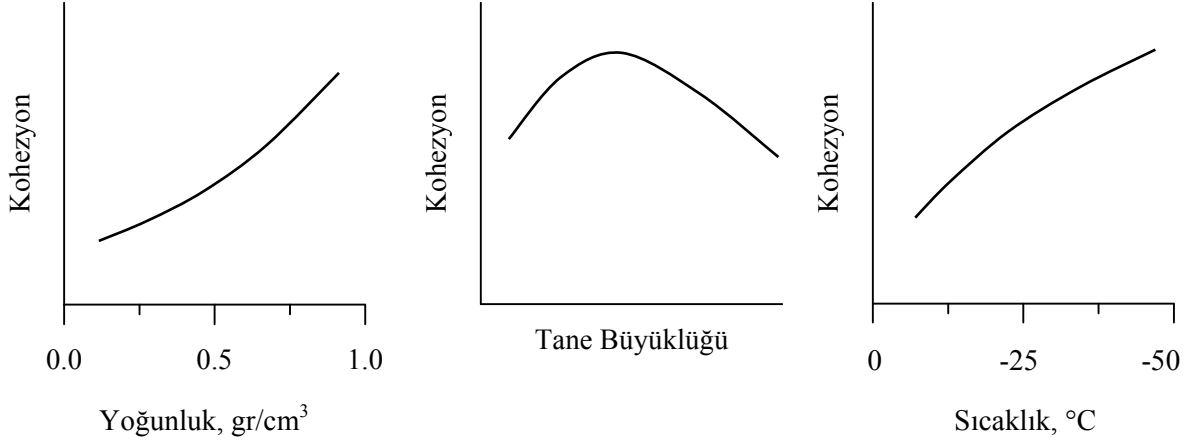
Alçak kotlarda karın erimesi çok daha kolay olur. Erime için kar örtüsünün 0°C'de izotermal (her noktasındaki sıcaklığın 0°C olması hali) olması alçak kotlarda üst kotlara nazaran çok daha erken olur. Keban havzasındaki kar gözlemlerinde devamlı üst üste binen kar örtüsü ölçülürken Trakya ve Antalya yöresinde her gözlemlerde son 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 viskozite katsayısı denir. Bu katsayı ne kadar yüksek ise kar o derece sıkı ve yoğundur (Gürer, 1980).

Erime mevsiminin başlangıcında havzada depolanan karın; sıkışma farklılığı, derinliğinin değişikliği, yüzeysel kirlilik ve yüzey formlarının farklılığı nedeniyle günlük erime miktarlarında farklılık görülür. Erime düşük kotlarda erken ve çabuk olur. Yükseklerle çıkıldıkça bu miktar azalarak devam eder, mevsim sonunda veya ilkbaharın son aylarında ve yaz aylarında da erime sürer. Kardaki bu yavaş erime sulama mevsimi boyunca gereksinime cevap verecek kadar suyu sağlayabilir. Ani ısınmalar sonucu büyük bir kütlenin erimesi kar feyezanlarını oluşturacağından, depolanması gereken su miktarlarının ve baraj göllerinin kapasitelerinin hesabında bu değerler kullanılır. Kar ölçümlerinin periyodik olarak yapılması, bütün bir mevsim boyunca yavaş yavaş eriyerek topraktan sızıp yer altı suyuna karışan su miktarları hakkında ve yer altı suyu bilançosunun hesabında da yararlı olur. (Bakır vd., 2008)

Karın kohezyonu yani kar tanelerinin birbirine yapışma kuvveti veya birbirini çekme kuvveti hava sıcaklığına, kar yoğunluğuna ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Karın kohezyonu ve yapısında oluşan kesme kuvveti ile ilgili özellikler kar tabakalarının fazla eğimli vadi yamaçlarında kaymadan dengeli olarak kalıp kalamayacağını, yani çığ oluşup oluşmayacağını belirler. Karın kohezyonu çok ince taneli eski karda en yüksek değere ulaşırken tane büyüklüğü arttıkça azalır. Şekil 1. incelendiğinde sıcaklık azaldıkça ve

yoğunluk fazlalaştıkça 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 %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 yoğunluğunu %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 sebeple yeni yağın kara ait ölçümler kar tablası ile yapılmaktadır. Yeni yağın karın yoğunluğu esas olarak yağın 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 yığımında 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 yığınının 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**

Albedo kelime anlamı olarak yansıtabilirlik, yüzeylerin yansıtma gücü veya bir yüzeyin üzerine düşen elektromanyetik enerjiyi yansıtma kapasitesi olarak tarif edilir. Genel olarak güneş ışığını yansıtma kapasitesi için kullanılır. Yeryüzünde en yüksek albedo oranına sahip ortamlardan birisi kar örtüsüdür.

Karın yansıtma gücüne karın albedosu denir. Başka bir ifadeyle kardan yansıyan radyasyonun kara ulaşan radyasyona oranıdır. Yeni yağın 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).

2009 yıl sonu itibariyle, DMİ bünyesinde 356 adet otomatik meteoroloji gözlem istasyonu, 6 adet kar otomatik meteoroloji gözlem istasyonu ile 4 adet yağış otomatik meteoroloji gözlem istasyonu faal olarak işletilmektedir. Tarım ve Turizm potansiyeli olan ilçelerimize bu sistemlerin yaygınlaştırılması ve orman yangınları ile mücadelede meteorolojik desteğin artırılması amacıyla, mevcut gözlem ağına ilave edilecek 240 adet OMGI sistemini kurma çalışmaları devam etmektedir.(DMİ ,2010)

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.

Bu kurumlar günümüzde kar ölçüm istasyonları sayısını daha da arttırmıştır. Aynı zamanda teknolojinin ve ölçüm tekniklerinin gelişmesi ile ortaya çıkan yeni cihazlar ve ölçüm teknikleri bu kurumlar tarafından kullanılmaya başlanmıştır.

Kar ölçümlerinden elde edilen verilerle hidrolojik çalışmalarda yararlanılması

- Proje çalışmalarında ve muhtemel taşkın hesaplarında,



- Kar biriken alanlarda hidrolojik dengenin tayini ve mevsimsel akım miktarının belirlenmesi,
- Kar ihtiva eden havzalar için akış hidroğraflarının analizinde,
- Her istasyon bölgesindeki kar su eşdeğerinin ve depolama kapasitesinin tayininde,
- Şehircilik planlamalarında, bina inşaatlarında kar yükünün tayini,
- Feyazan potansiyelinin hesaplanmasında,
- Burada verilerin toplanması yalnız su kaynaklarının geliştirilmesinde değil, ulaşım, ziraat, çığ öngörüsü, spor faaliyetleri, turizm ve ekonomik hayatın birçok bölümleri ile de yakından ilgilidir.(EİEİ,2007)

#### **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 mevkiileridir. 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 (Teker, 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 kaptan 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 yağış ölçülür. Yöntem kısaca şöyledir:

- Belirli ağırlıkta ve hacimde yağ koyularak totalizatör içersinde birikecek yağışın buharlaşarak kaybı önlenir.
- Belirli ağırlıkta ve hacimde antifiriz ( $\text{CaCl}_2$ ) ilave edilerek totalizatör içinde birikecek karın eridikten sonra donmadan korunması sağlanır.
- Totalizatör siyaha boyanarak güneş ışınlarını daha fazla emmesi sağlanır. Bu şekilde yağın 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  $\text{km}^2$ 'lik alan için belirlenmiş bir yerde istasyon kurulur. Dağlık yörelerde ise 650-750  $\text{km}^2$ '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).

#### **1.2.4.2.4. Kar Masası**

İstasyonun rüzgar almayan bir yerine kurulan 30x30 cm boyutlarındaki bu ekipmanla yeni yağın karın derinliği ölçülür (Teker, 1998).

Ülkemizde bunlara ek olarak, kar su eşdeğerini ölçmeye yarayan kar yastıkları, otomatik kar ölçüm istasyonları(AWOS) gibi ölçüm aletleri de kullanılmaya başlanmıştır.

#### **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 rüzgâr etkisinden ileriye gelir. Ölçeğin yerden yüksekliği arttıkça rüzgâr 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 rüzgâr etkisinden uzak bir noktaya yerleştirmek ve rüzgâr perdeleri kullanmak gerekir. Rüzgâr perdeleri hava akımını yöneltmek için ölçeğin ağzı üzerinde çevriler ve düşey akımlar meydana gelmesine engel olurlar. En çok kullanılan tipler ölçeğin üzerinde dairesel bir halka çevresine mafsallı olarak asılmış rüzgâr 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 kısmının da tüpün

içine alınmasından oluşur. Terazi hatası veya ölçü hatasından kar ağırlığı hatalı ölçülebilir. Bu durum da kar yoğunluğunun hatalı hesaplanmasına neden olur (Teker, 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 kullanılacak 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 ölçeye göre her biri ayrı bir çeyrek düzlemde bulunan en yakın 4 ölçekteki okumaları ve bu ölçeklerin kayıtları eksik olan ölçeye uzaklıklarını göstermektedir (Bayazit, 1999).

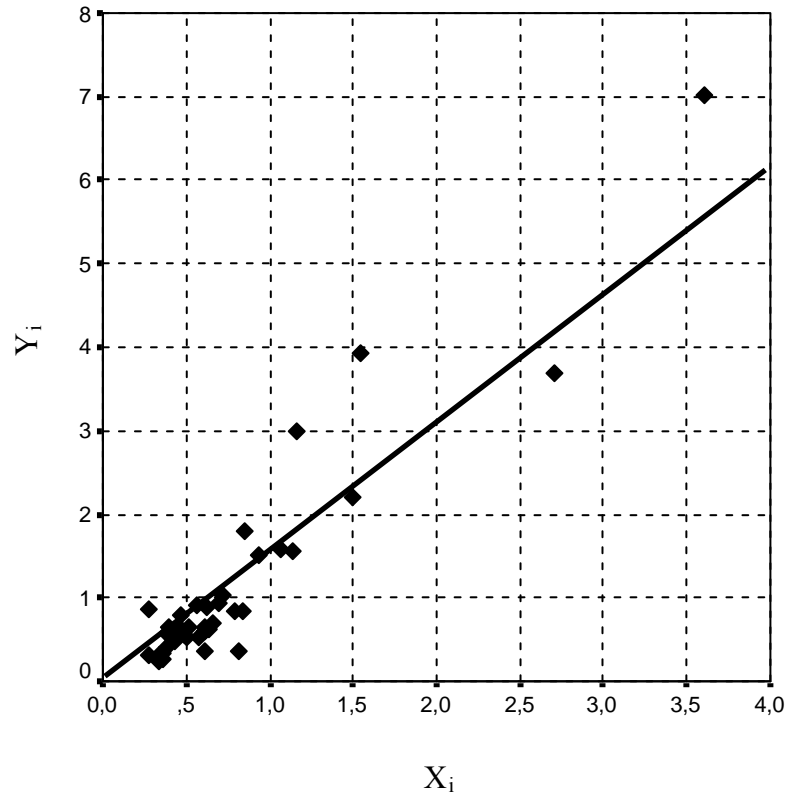
Diğer bir yöntem ise korelasyon yöntemidir. Birbiri ile ilişkisi olabilecek iki farklı istasyonda ölçülmüş olan aynı zamanlı yağış verilerinin bir kartezyen koordinat takımında noktalanması ile saçılma diyagramı elde edilir. İşte böyle bir saçılma diyagramına istatistikteki en küçük kareler yöntemi ile 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 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).



Şekil 2. Saçılma diyagramı

### 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  $1 \text{ kN/m}^2$ '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 ısı 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 istatistiksel 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 kütesinin 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  $200 \text{ kg/m}^3$ 'lük özgül ağırlık kullanılmasına rağmen son yıllarda yapılan çalışmalarla derinlik-yoğunluk ilişkisinin oldukça değişken olduğu ortaya konmuştur. Özgül ağırlık taze kar için  $50\text{-}100 \text{ kg/m}^3$  civarında olup eğer oturma veya rüzgar sıkıştırması meydana gelmişse veya kar kütesi pek çok kar yağışından oluşuyorsa  $400 \text{ kg/m}^3$  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  $\gamma$ 'nın ( $\text{kg/m}^3$ ) 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 metod önerilmiş ve kullanılmıştır. Örneğin Alaskada, Leslie (1987) tarafından kar yoğunluğunu 10 cm'lik derinlik için  $120 \text{ kg/m}^3$ , 300 cm'lik derinlik için  $360 \text{ kg/m}^3$  veren bir bağıntı geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Idaho'da ise Sack ve Sheik-Taheri (1984) tarafından 10 cm'lik derinlik için  $175 \text{ kg/m}^3$ , 300 cm'lik derinlik için  $444 \text{ kg/m}^3$  yoğunluk veren başka bir bağıntı tanımlanmıştır (Newark vd., 1989).

1953'te Kanada'da,  $192 \text{ kg/m}^3$ '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  $240\text{-}430 \text{ kg/m}^3$  arasında ve erimenin olmadığı kış dönemi için  $190\text{-}390 \text{ kg/m}^3$  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,  $\lambda$  ve  $\zeta$  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  $\Phi^{-1}$ , 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.

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

Burada  $x$ , zemin kar yükü;  $u$  ve  $\alpha$  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 Bayazıt ve Oğuz (1994) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

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

Burada  $x$ , zemin kar yükü,  $\alpha$  ve  $\beta$  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  $\mu_x$  ve  $\sigma_x$  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.

$\chi^2$  (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  $\lambda$  ve  $\zeta$ , gumbel dağılımı için  $u$  ve  $\alpha$ , weibull dağılım için  $\alpha$  ve  $\beta$  gibi parametreler yıllık ekstrem kar ölçüm verilerinden tahmin edilmelidirler (Ellingwood ve O'Rourke, 1985). Tahminler, momentler metodu, maksimum olasılık yöntemi (Bayazıt ve Oğuz, 1994) ve en küçük kareler (Montgomery ve Runger, 1999) gibi yöntemlerle elde edilebilirler.

Maksimum olasılık 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. 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 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 ( $\text{kN/m}^2$ ); E, zemin kar yükü hesaplanacak noktanın rakımı (m) ve N, haritadan alınan normalleştirilmiş zemin kar yükü değeridir ( $\text{kN/m}^2/\text{m}$ ).

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 ( $\text{kN/m}^2$ ); SL, istasyon verilerinden elde edilen zemin kar yükü ( $\text{kN/m}^2$ ); 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

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

ifadesiyle bulunur. Burada  $SL$ , zemin kar yükü ( $\text{kN/m}^2$ );  $\text{normalSL}$ , zemin kar yükü hesaplanacak yer için haritadan alınan normalleştirilmiş zemin kar yükü ( $\text{kN/m}^2$ );  $b$ , 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 geçeceği 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 dikey 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.

Durmaz ve Daloğlu tarafından yapılan bir çalışma ile Şekil 3.'de görülen Doğu Karadeniz Bölgesi'nin zemin kar yükü haritası yukarıda bahsedilen yöntemlerden, veri normalleştirme yöntemiyle elde edilmiştir (Durmaz ve Daloğlu, 2006).

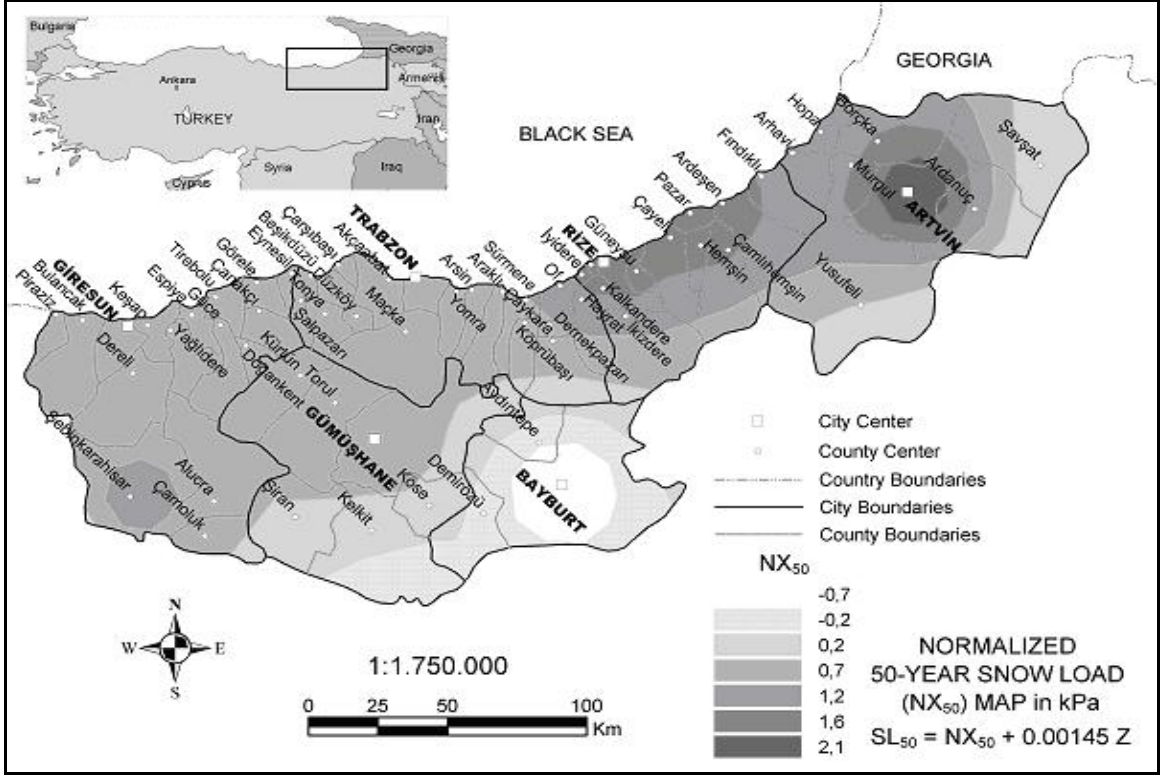
Özgen tarafından yapılan çalışmada, veri normalleştirme yöntemiyle Şekil 4.'de görülen Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası hazırlanmıştır (Özgen,2007).

### **1.3.6. İstisna Kar Yükleri**

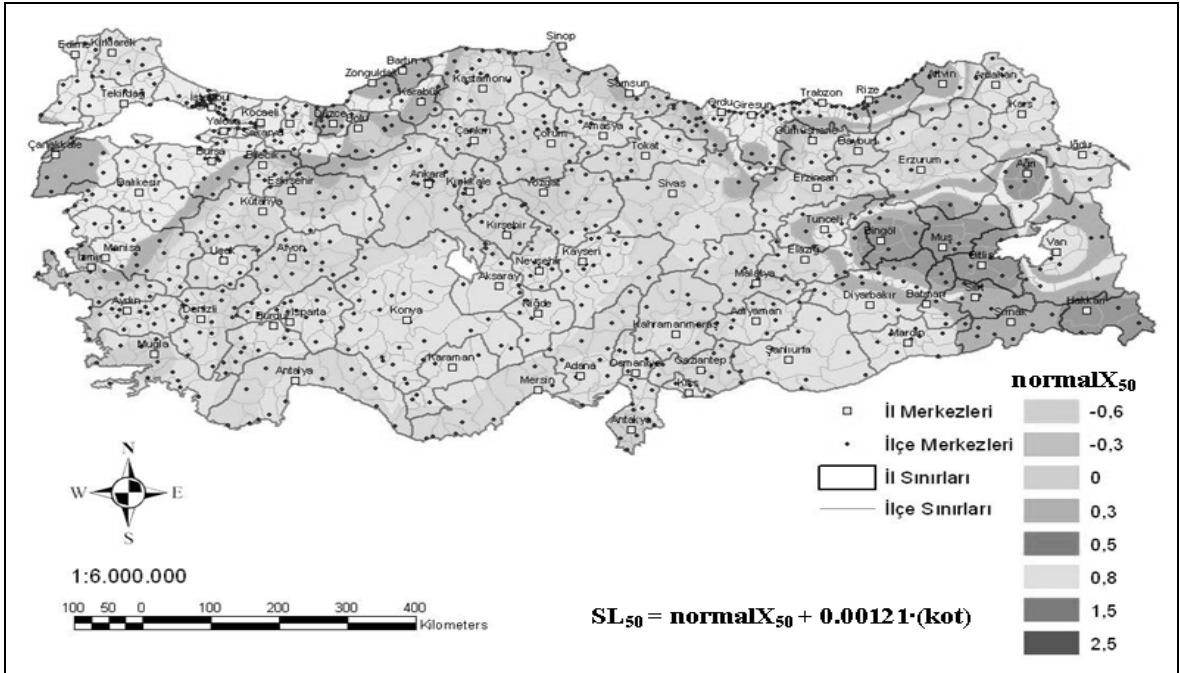
Diğerlerinden ayrılmış bazı iklim bölgelerinde normal olmayan kar yüklerine sebep olan şiddetli kar yağışları kayıt edilmişse böyle kar yağışları daha düzenli kar yağış verilerinin istatistiki olarak düzenini bozarlar. Diğer bir ifadeyle geri kalan değerler için belirlenen istatistiki dağılıma uymazlar.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

İstisna yüklere, 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 5.'de bu tanıma göre belirlenmiş istisna kar yüküne bir örnek verilmektedir (Del Corso, 2000).

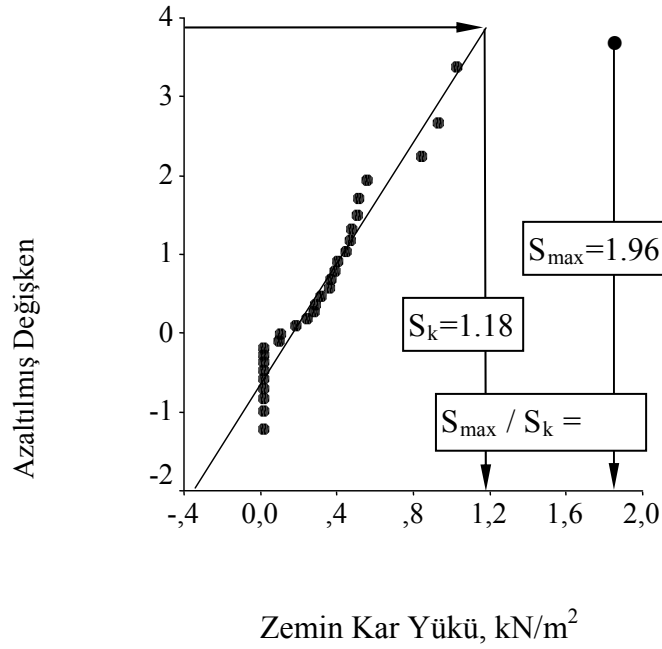
Böyle istisna yüklerle karşılaşıldığında bu değerlerin karakteristik zemin kar yüklerini oluşturmak için kullanılan verilerin arasından çıkarılması gerekir (Del Corso, 2000). Daha önce de bahsedildiği gibi istisna kar yüklerinin kış mevsimi boyunca karın genellikle birikmediği bölgelerde ve hafif, düzensiz 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).



Şekil 3. Doğu Karadeniz Bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası (Durmaz ve Daloğlu, 2006)



Şekil 4. Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası (Özgen, 2007)



Şekil 5. İstisna kar yüküne bir örnek

### 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.

#### 1.3.7.2. TS 7046 – Yerdeki Karakteristik Kar Yükü ( $S_0$ )

TS 7046’ta zemin kar yükü yerine yerdeki karakteristik kar yükü ( $S_0$ ) ifadesi kullanılmaktadır. Bu standarda göre yerdeki karakteristik kar yükü ( $S_0$ ), 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.

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.			

#### 1.4. 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 6.) esas olarak göz önüne alınan bölgenin rüzgâr özelliklerine ve rüzgarın çatı üzerindeki dağılımına göre düzgün yayılı veya düzgün yayılı olmayan bir dağılım gösterir. Pratikte, çatı kar yükü 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 yükü, 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 yükü, aşağıdaki nedenlerden dolayı zemin kar yükünden farklıdır (NBCC,1995):

- Rüzgardan dolayı yığılma, tekrar dağılma ve sıkışma,
- Çatı içinden ısı kayıpların bir sonucu olarak erime,

- Eğimli çatılar üzerinden karın kayması.

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

#### 1.4.1. Rüzgârdan Dolayı Yığılma ve Tekrar Dağılma

Rüzgârla 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.

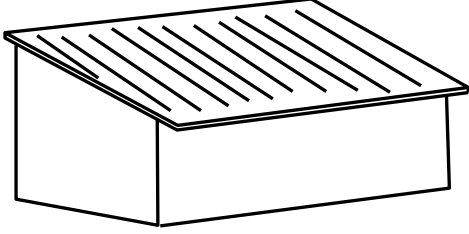
Aşağıdaki bölgelerde kar yığılması bol miktarda oluşabilir (NBCC, 1995):

- 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.

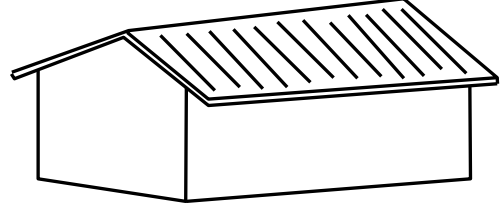
Birkaç tipik kar yığılması durumu Şekil 7.-11.'da gösterilmektedir.

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).

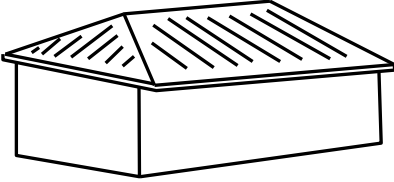
%10 veya daha fazla eğimli çatılar periyodik olarak kayma sonucu kar yüklerinin hepsini veya bir kısmını kaybetme eğilimindedirler. Eğimli çatılara komşu veya bitişik alçak çatılar kayma sonucu oluşan ilave kar yüklerine göre tasarlanmalıdırlar. Kayan kar, parapet duvarlara ve diğer dikey yüzeylere yanal 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).



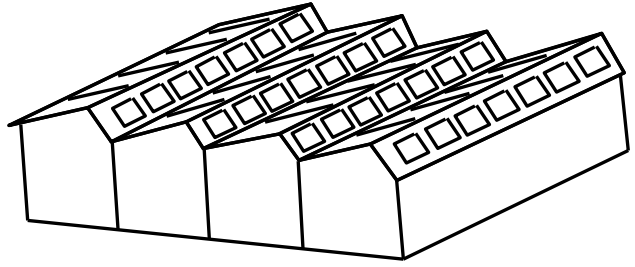
Sundurma Çatı



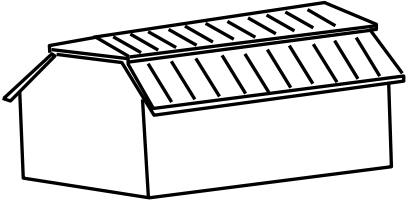
Beşik Çatı



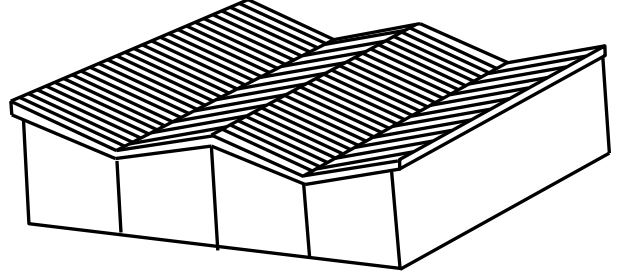
Kırma Çatı



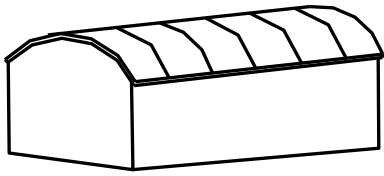
Şed (Testere Dişi) çatı



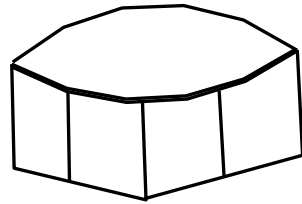
Mansard Çatı



Kelebek Çatı

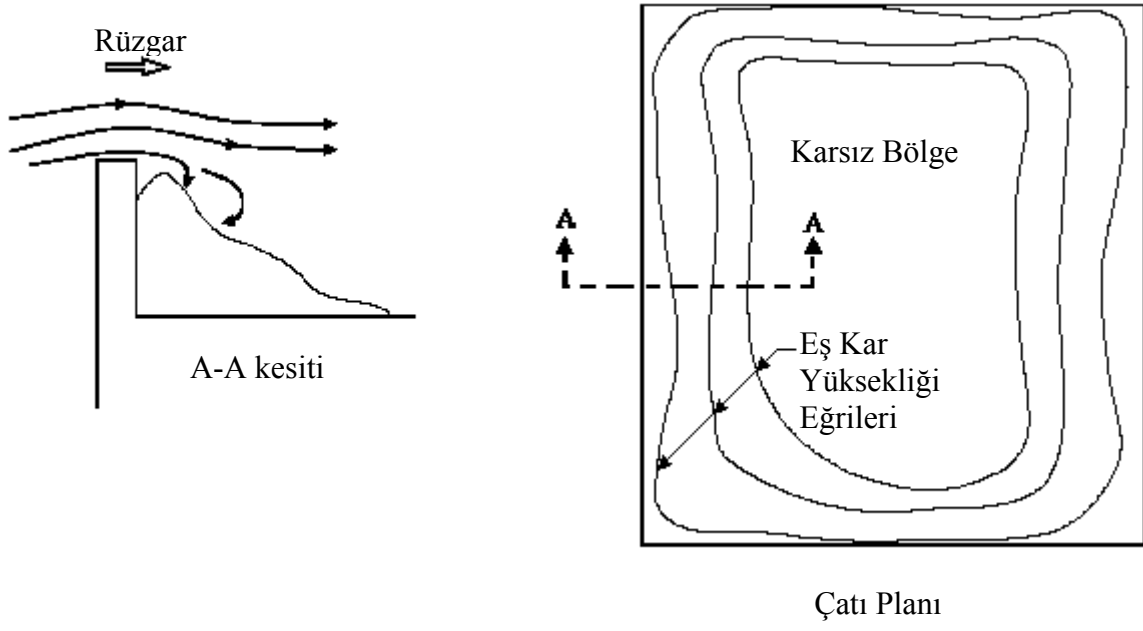


Silindir Çatı



Kubbe Çatı

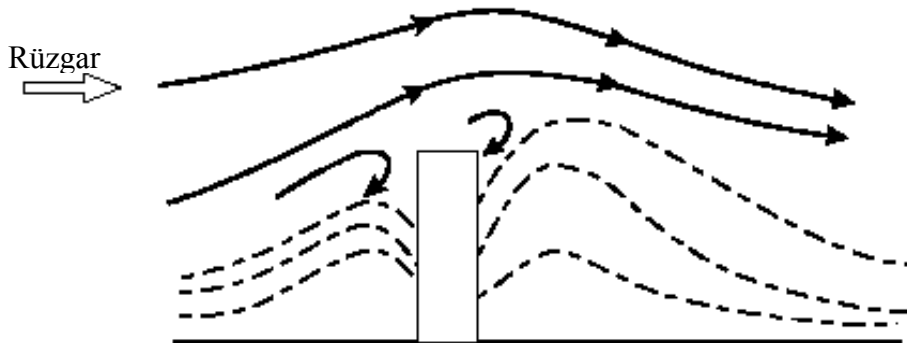
Şekil 6. Basit şekilli çatılar (Taymaz, 1997)



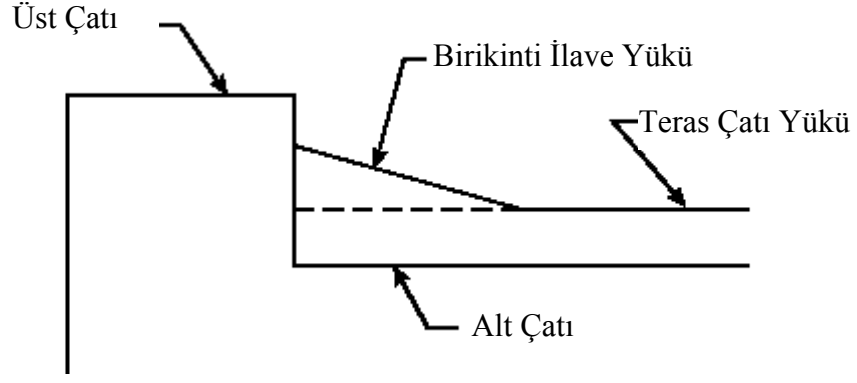
Şekil 7. Parapet duvarın arkasında karın yığılması



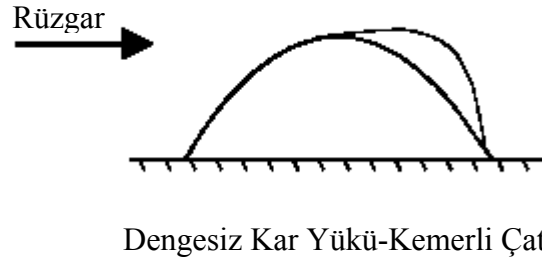
Şekil 8. Çatı derelerinde karın yığılması



Şekil 9. Masif bir çit etrafında karın yığılması



Şekil 10. Bitişik bir çatıdan dolayı karın birikinti oluşması



Şekil 11. Beşik ve kemerli çatılar üzerindeki dengesiz kar yükleri

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.

#### 1.4.2. Teras Çatı Kar Yükleri

Çatının rüzgara ve güneşe maruz kalma durumu, yapıdaki ısıl kayıplar, 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 ıslıl 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 değerin  $0.47C_eC_t\varepsilon$  olduğu sonucuna varmışlardır. Burada  $\varepsilon$ , 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 düşünölmüştür (Sack, 1989).

ANSI82'den sonra ANSI/ASCE88, ANSI/ASCE 7-93, ANSI/ASCE 7-95, ANSI/ASCE 7-98, ANSI/ASCE 7-02, ANSI/ASCE 7-05'de de teras çatılar için (17.a) formölü 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.  $C_s$ ,  $20^\circ$  ve  $62.9^\circ$  arasındaki eğimli çatılar için Şekil 12.'de  $C$  çizgisiyle göröldüğü gibi azaltılır. Üst sınırı aşan eğimlerde çatının kardan müstesna olduğu ve  $20^\circ$ 'den az eğimli çatılarda çatının teras çatı kar yüküne sahip olduğu düşünölmüştür (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 12.'deki  $D$  çizgisi). NBCC 1985'de,  $15^\circ$ '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 12.'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).

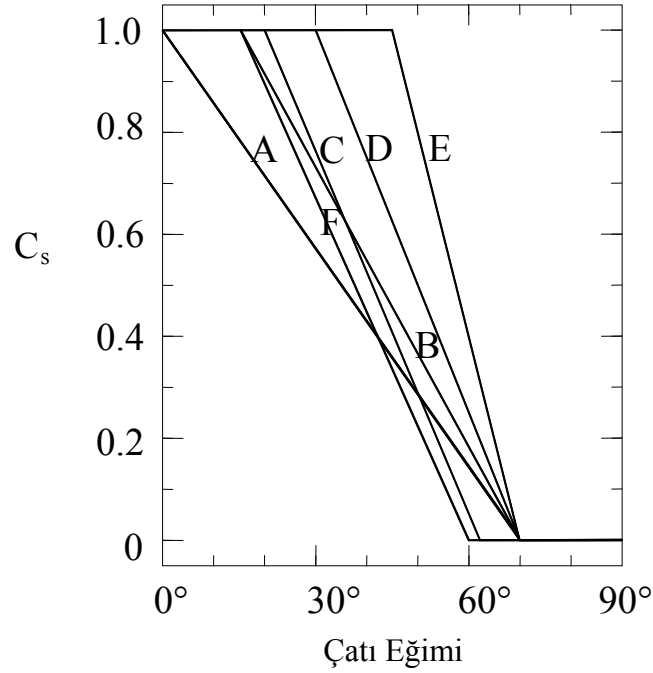
ANSI72, 30°’den büyük eğimli çatılar için tasarım yükünde bir azaltmaya izin vermiştir. Teras çatı kar yükü  $p_f$  ile çarpılan eğime bağlı azaltma katsayısı  $C_s$  Şekil 12.’de D çizgisiyle gösterilmektedir. ANSI82, çatının yeterli eğimi varsa teras çatı kar yükünün aşağıda verildiği gibi azaltılabileceğini 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 12.’de gösterilmektedir. B çizgisi sıcak ( $C_t=1.0$ ) kaygan yüzeyli çatılara, D çizgisi diğer bütün sıcak çatılara ve soğuk ( $C_t>1.0$ ) 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 12.'deki sıcak ( $C_t=1.0$ ) kaygan yüzeyli çatılar için A çizgisi, soğuk ( $C_t>1.0$ ) kaygan yüzeyli çatılar için B çizgisi ve diğer bütün yüzeyli sıcak ve soğuk çatılar için sırasıyla D ve E çizgileridir (Sack, 1989).



Şekil 12. 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

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.

ANSI/ASCE 7-05'te soğuk çatılar  $C_t=1,1$  içinde  $C_s$  değerinin belirlenmesi için grafik eklenmiş,  $C_t$ , ısıl durum katsayısı tablosuna ekleme yapılmıştır.

#### 1.4.4. Üniform Olmayan Kar Yükleri

Kar birikintisini, rüzgar hızı ve yönü, rüzgara karşı yöndeki ve yapının etrafındaki arazi engebeleri, 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 silindirik 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 silindirik 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 ( $2.4 \text{ kN/m}^3$ ) 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 lb/ft<sup>3</sup>=0.157kN/m<sup>3</sup>)

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

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<sup>2</sup>'den (0.48 kN/m<sup>2</sup>) 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. Bu standartlar, 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 yüğü hesap değeri ( $P_k$ ) için alınacak yük, kar yağışı artış şartlarına göre değışkenlik gösterir. Kar yüğü ( $P_{ko}$ ), hareketli yük sınıfına girer. Bunun bağılı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. Kar yağmayan yerlerde kar yüğü hesap değeri sıfır alınır.

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

Yatayla  $\alpha$  açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediğı çatılarda kar yüğü 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 ( $\alpha$ ) bağılı olarak azaltma değeri ( $m$ )

$\alpha$	$0^\circ$	$1^\circ$	$2^\circ$	$3^\circ$	$4^\circ$	$5^\circ$	$6^\circ$	$7^\circ$	$8^\circ$	$9^\circ$
$\leq 30^\circ$	1.0									
$30^\circ$	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77
$40^\circ$	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.57	0.55	0.52
$50^\circ$	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27
$60^\circ$	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02
$70^\circ-90^\circ$	0.0									

**1.4.5.2. TS 7046 – Çatılardaki Kar Yüğü (S)**

Bu standartta çatılardaki kar yüğü aŖağıdaki formöl kullanılarak hesaplanır.

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

Bu formölde  $\mu$ , Ŗekil katsayısı;  $S_0$ , yerdeki karakteristik kar yüküdür.  $\mu$  ve  $S_0$ 'a ait ayrıntılı bilgiler Ek 2.'de verilmektedir.



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

### 2.1. Verilerin Toplanması

Doğu Anadolu bölgesinin zemin kar yükü haritasının oluşturulması amacıyla bu bölgedeki (Ardahan, Kars, Iğdır, Ağrı, Erzurum, Erzincan, Tunceli, Bingöl, Bitlis, Muş, Elazığ, Malatya, Van, Hakkari) ve bu bölgeye komşu illerdeki (Artvin, Bayburt, Gümüşhane, Sivas, Adıyaman, Diyarbakır, Batman, Siirt) Devlet Meteoroloji İşleri'nin (DMİ) işlettiği 1. ve 2. sınıf kar gözlem istasyonlarından kar verileri toplandı. 1. sınıf istasyonlar kar-su eşdeğeri ve kar derinliği ölçümü yaparlarken, 2. sınıf istasyonlar sadece kar derinliği ölçümü yapmaktadırlar.

Bu çalışmada Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) gibi kurumlara bağlı kar rasat parklarında oluşturulan kar gözlem verileri kullanılmamıştır. Bunun nedenleri:

- Bu işletmelere bağlı kar rasat parklarının il ve ilçe merkezlerinden çok uzakta olması,
- Rakımlarının, merkezlerin rakımlarından fazla olması,
- Kar rasat parklarında yapılan kar gözlemlerinin 15 günlük veya aylık periyotlarla yapılmasıdır.

Çalışmada DMİ istasyonlarının verilerinin kullanılmasının nedenleri:

- DMİ istasyonlarının il ve ilçe merkezlerinde olması,
- DMİ istasyonlarındaki kar gözlemlerinin, kar gözlemleri boyunca günlük olarak yapılması,
- Zemin kar yükü haritasında nüfusun ve yerleşimin yoğun olduğu il veya ilçe merkezlerindeki kar yüklerinin doğruya en yakın şekilde verilmesi hedeflendiğinden, günlük yapılan ölçümlerle yıllık maksimum değerlerin büyük bir ihtimalle elde edilebilmesidir.

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

Tablo 3. Verilerin alındığı DMİ istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon adı	İlçesi	Sınıfı	Enlem	Boylam	Kot (m)
Adıyaman	Adıyaman	1	37,45	38,17	672
Ağrı	Ağrı	1	39,43	43,03	1632
Ardahan	Ardahan	1	41,07	42,43	1829
Artvin	Artvin	1	41,11	41,49	628
Bayburt	Bayburt	1	40,15	40,14	1584
Bingöl	Bingöl	1	38,52	40,30	1177
Bitlis	Bitlis	1	38,22	42,06	1573
Diyarbakır	Diyarbakır	1	37,54	40,12	674
Elazığ	Elazığ	1	38,39	39,15	990
Erzincan	Erzincan	1	39,45	39,30	1218
Erzurum	Erzurum	1	39,54	41,17	1869
Giresun	Giresun	1	40,55	38,23	38
Gümüşhane	Gümüşhane	1	40,28	39,28	1219
Hakkari	Hakkari	1	37,34	43,44	1728
Hopa	Hopa	1	41,24	41,26	33
Iğdır	Iğdır	1	39,55	44,03	858
Kahramanmaraş	Kahramanmaraş	1	37,36	36,56	572
Kars	Kars	1	40,37	43,06	1775
Malatya	Malatya	1	38,21	38,13	948
Rize	Rize	1	41,02	40,30	9
Siirt	Siirt	1	37,55	41,57	896
Şebinkarahisar	Şebinkarahisar	1	40,17	38,25	1364
Tunceli	Tunceli	1	39,07	39,33	981
Van	Van	1	38,28	43,21	1671
Batman	Batman	2	37,35	41,07	610
Divriği	Divriği	2	39,22	38,07	1120
Gemerek	Gemerek	2	39,11	36,04	1171
Hafik	Hafik	2	39,51	37,23	1275
Hınıs	Hınıs	2	39,22	41,42	1715
Horasan	Horasan	2	40,03	42,10	1540
İmranlı	İmranlı	2	39,53	38,07	1550
İspir	İspir	2	40,29	41,00	1222
Kangal	Kangal	2	39,14	37,23	1541
Muş	Muş	2	38,41	41,29	1323
Oltu	Oltu	2	40,33	41,59	1322
Pazar	Pazar	2	41,10	40,54	79
Sivas	Sivas	2	39,45	37,01	1285
Suşehri	Suşehri	2	40,09	38,04	1163
Şarkışla	Şarkışla	2	39,21	36,25	1180
Tortum	Tortum	2	40,18	41,33	1572
Yıldızeli	Yıldızeli	2	39,52	36,36	1415
Zara	Zara	2	39,54	37,45	1347

## 2.2. Eksik Verilerin Tamamlanması

İstasyonlarda yapılan bazı kayıtlar sırasında değişik nedenlerle kayıtların bazıları tutulamamış olabilir. Meteoroloji çalışmalarında kayıtlar ne kadar eksiksiz ve uzun süreli olursa, elde edilen sonuçlar o kadar güvenilir olur. Eksik veriler civar istasyonların verilerinden yararlanılarak hesaplanabilir.

Bu çalışmada istasyonların eksik verileri, 1.2.4.4.'de anlatılan yöntemlerden korelasyon yöntemi ile Durmaz(2003) ve Özgen(2007) tarafından gösterildiği şekilde, eksik verilere sahip istasyonlar ile kar-su eşdeğeri ve kar derinliği ölçümü yapan civar istasyonların verileri arasında SPSS paket programı yardımıyla yapılan korelasyon analizi sonucunda tamamlanmıştır. İstasyonlara ait kar-su eşdeğeri ve kar derinliği verileri eksikleri tamamlanmış şekilde Ek 3.'de verilmiştir. Aynı şekilde 1. sınıf DMİ istasyonlarına ait kar-su eşdeğeri verileri (28) denklemi ile yıllık maksimum zemin kar yükü verilerine dönüştürülmüş ve Ek 3.'de verilmiştir.

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

## 2.3. İstasyon Verileri İçin Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada her istasyon verisi için en uygun dağılımı bulmak üzere MOÇKK yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her istasyondaki kar verileri  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_n$  olacak şekilde en küçük ekstrem değer in sıra numarası 1 olacak şekilde küçükten büyüğe doğru sıralanırlar. Bu sıra numaralarına göre her ekstrem değer için önce test edilen dağılıma göre aşılmama olasılığı  $P_i$  ve sonra bu aşılmama olasılığından dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değeri  $Z_i$  hesaplanır.

i. eleman için  $P_i$  ;

$$P_i = (i - a) / (n - 2a + 1) \quad (29)$$

formülü ile hesaplanır. Burada a kuantillerin tarafsız değerlerini elde edebilmek için kullanılması gereken bir değerdir ve x'in dağılımına bağlıdır. Normal ve lognormal dağılımında  $a = 0,375$  (Blom formülü) veya  $a = 0,40$  (Cunnane formülü) kullanılırken ekstrem dağılımlarda  $a = 0,44$  (Gringorten formülü) kullanılır (Stedinger vd,1992).

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 en küçük kareler analizinden korelasyon katsayısı hesaplanır. Buna olasılık çizgisi korelasyon katsayısı denir ve r ile gösterilir. OÇKK testinden elde edilen r ile seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine göre tablodan alınan kritik değer ( $r_{\alpha}^*$ ) oranlanır. Bu oranın ( $r_{\alpha}^* / r$ ) en küçük olduğu dağılım tipi kabul edilir.  $r_{\alpha}^* / r$  değeri 1'den küçük olmak zorundadır. Bu çalışmada anlamlılık düzeyi  $\alpha=0,05$  seçilmiştir. Veriler için seçilen dağılım  $r_{0,05}^* / r < 1$  şartını sağlayan ve  $r_{0,05}^* / r$  değerini en küçük yapan dağılımdır.

Bu çalışmada uygunluğu test edilen dağılımlar Lognormal, Gumbel ve Weibull dağılımlarıdır. Bu dağılımların korelasyon katsayıları, test edilen dağılım Lognormal dağılım ise yıllık ekstrem değerlerin e tabanına göre logaritmaları 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 e tabanına göre logaritmaları ile Weibull dağılımının olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında hesaplanır.

Her ekstrem değere ait azaltılmış değişken  $Z_i$ , Lognormal dağılım için

$$Z_i = \Phi^{-1}(P_i) \quad (30)$$

formülü ile, Gumbel dağılımı için

$$Z_i = -\ln(-\ln P_i) \quad (31)$$

formülü ile hesaplanırken Weibull dağılımı için

$$Z_i = \ln[-\ln(1 - P_i)] \quad (32)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 4. de Erzurum istasyonuna ait zemin kar yükü (Pa) verileri için en uygun olasılık dağılımın bulunması amacıyla uygulanan MOÇKK testi verilmektedir.

Tablo 4. Erzurum istasyonuna ait zemin kar yükü verileri için MOÇKK testinin uygulanışı

Yıl	i	$X_i$ (Pa)	$\ln(X_i)$	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 $Z_i$
1983	1	166,77	5,117	0,020	-2,070	0,018	-1,391	-4,009
1979	2	186,39	5,228	0,052	-1,630	0,050	-1,096	-2,968
1981	3	215,82	5,374	0,084	-1,380	0,082	-0,915	-2,455
1982	4	215,82	5,374	0,116	-1,200	0,114	-0,774	-2,108
1995	5	255,06	5,541	0,148	-1,050	0,147	-0,653	-1,842
1988	6	264,87	5,579	0,180	-0,920	0,179	-0,544	-1,625
1974	7	313,92	5,749	0,212	-0,800	0,211	-0,443	-1,441
1994	8	372,78	5,921	0,244	-0,690	0,243	-0,347	-1,279
1998	9	382,59	5,947	0,276	-0,595	0,275	-0,255	-1,134
2000	10	382,59	5,947	0,308	-0,500	0,307	-0,166	-1,002
1996	11	392,40	5,972	0,340	-0,410	0,339	-0,078	-0,881
2001	12	441,45	6,090	0,372	-0,325	0,371	0,010	-0,767
1986	13	461,07	6,134	0,404	-0,240	0,404	0,097	-0,660
1997	14	539,55	6,291	0,436	-0,160	0,436	0,185	-0,558
1980	15	539,55	6,291	0,468	-0,080	0,468	0,275	-0,461
1987	16	578,79	6,361	0,500	0,000	0,500	0,367	-0,367
1977	17	627,84	6,442	0,532	0,080	0,532	0,461	-0,275
1993	18	637,65	6,458	0,564	0,160	0,564	0,558	-0,185
2002	19	647,46	6,473	0,596	0,240	0,596	0,660	-0,097
1972	20	647,46	6,473	0,628	0,325	0,629	0,767	-0,010
1999	21	657,27	6,488	0,660	0,410	0,661	0,881	0,078
1975	22	794,61	6,678	0,692	0,500	0,693	1,002	0,166
1973	23	794,61	6,678	0,724	0,595	0,725	1,134	0,255
1990	24	794,61	6,678	0,756	0,690	0,757	1,279	0,347
1984	25	843,66	6,738	0,788	0,800	0,789	1,441	0,443
1978	26	863,28	6,761	0,820	0,920	0,821	1,625	0,544
1985	27	922,14	6,827	0,852	1,050	0,853	1,842	0,653
1992	28	1147,77	7,046	0,884	1,200	0,886	2,108	0,774
1989	29	1206,63	7,096	0,916	1,380	0,918	2,455	0,915
1976	30	1844,28	7,520	0,948	1,630	0,950	2,968	1,096
1991	31	1922,76	7,562	0,980	2,070	0,982	4,009	1,391

Test edilen dağılım Lognormal dağılım olduğunda korelasyon katsayısı  $r = 0.991$  ve  $r_{0,05}^* / r = 0.9737$ , test edilen dağılım Gumbel dağılımı olduğunda,  $r = 0.972$  ve  $r_{0,05}^* / r = 0.9806$ , test edilen dağılım Weibull dağılımı olduğunda,  $r = 0.967$  ve  $r_{0,05}^* / r = 0.9857$  olmaktadır. Bu durumda Erzurum istasyonuna ait kar yükü verileri için en uygun dağılım Lognormal dağılımdır. Diğer istasyonlara ait kar yükü verileri için en uygun olasılık

dağılımlarının belirlenmesi amacıyla uygulanan MOÇKK testi sonuçları Tablo 5.'de verilmektedir.

Tablo 5. Zemin kar yükü verileri için en uygun dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi

İstasyon	Test Edilen Dağılım	r	Seçilen Dağılım
Ardahan	Lognormal	0.978	Lognormal
	Gumbel	0.941	
	Weibull	0.928	
Kars	Lognormal	0.975	Lognormal
	Gumbel	0.852	
	Weibull	0.938	
İğdır	Lognormal	0.982	Gumbel
	Gumbel	0.983	
	Weibull	0.950	
Ağrı	Lognormal	0.976	Weibull
	Gumbel	0.948	
	Weibull	0.976	
Erzurum	Lognormal	0.991	Lognormal
	Gumbel	0.972	
	Weibull	0.967	
Erzincan	Lognormal	0.992	Lognormal
	Gumbel	0.974	
	Weibull	0.978	
Tunceli	Lognormal	0.980	Weibull
	Gumbel	0.888	
	Weibull	0.975	
Bingöl	Lognormal	0.980	Weibull
	Gumbel	0.987	
	Weibull	0.988	
Bitlis	Lognormal	0.991	Lognormal
	Gumbel	0.979	
	Weibull	0.961	
Elazığ	Lognormal	0.971	Weibull
	Gumbel	0.990	
	Weibull	0.994	
Malatya	Lognormal	0.982	Gumbel
	Gumbel	0.985	
	Weibull	0.970	
Van	Lognormal	0.989	Lognormal
	Gumbel	0.971	
	Weibull	0.965	
Hakkari	Lognormal	0.987	Weibull
	Gumbel	0.981	
	Weibull	0.983	

Tablo 5. 'in devamı

İstasyon	Test edilen Dağılım	r	Seçilen dağılım
Artvin	Lognormal	0,992	Lognormal
	Gumbel	0,96867	
	Weibull	0,96908	
Bayburt	Lognormal	0,983	Lognormal
	Gumbel	0,912	
	Weibull	0,950	
Gümüşhane	Lognormal	0,9795	Weibull
	Gumbel	0,9678	
	Weibull	0,9811	
Adıyaman	Lognormal	0,984	Weibull
	Gumbel	0,871	
	Weibull	0,977	
Diyarbakır	Lognormal	0,915	Gumbel
	Gumbel	0,977	
	Weibull	0,958	
Giresun	Lognormal	0,956	Weibull
	Gumbel	0,962	
	Weibull	0,979	
Şebinkarahisar	Lognormal	0,977	Weibull
	Gumbel	0,987	
	Weibull	0,991	
Rize	Lognormal	0,968	Weibull
	Gumbel	0,971	
	Weibull	0,993	
Hopa	Lognormal	0,966	Weibull
	Gumbel	0,957	
	Weibull	0,969	
Siirt	Lognormal	0,870	Gumbel
	Gumbel	0,975	
	Weibull	0,936	
Kahramanmaraş	Lognormal	0,980	Weibull
	Gumbel	0,919	
	Weibull	0,980	

Tablo 6.'da Erzurum istasyonuna ait zemin kar derinliği (mm) verileri için en uygun olasılık dağılımının bulunması amacıyla uygulanan MOÇKK testi verilmektedir.

Tablo 6. Erzurum istasyonuna ait kar derinliği (mm) verilerine MOÇKK testinin uygulanışı

Yıl	i	D <sub>i</sub> (mm)	ln (D <sub>i</sub> )	Lognormal dağılım için P <sub>i</sub>	Lognormal dağılım için Z <sub>i</sub>	Gumbel ve Weibull dağılımları için P <sub>i</sub>	Gumbel dağılımı için Z <sub>i</sub>	Weibull dağılımı için Z <sub>i</sub>
1979	1	150	5,011	0,020	-2,070	0,018	-1,391	-4,009
1989	2	170	5,136	0,052	-1,630	0,050	-1,096	-2,968
1981	3	180	5,193	0,084	-1,380	0,082	-0,915	-2,455
1984	4	180	5,193	0,116	-1,200	0,114	-0,774	-2,108
1974	5	190	5,247	0,148	-1,050	0,147	-0,653	-1,842
1996	6	200	5,298	0,180	-0,920	0,179	-0,544	-1,625
1983	7	200	5,298	0,212	-0,800	0,211	-0,443	-1,441
1999	8	240	5,481	0,244	-0,690	0,243	-0,347	-1,279
1972	9	280	5,635	0,276	-0,595	0,275	-0,255	-1,134
1982	10	300	5,704	0,308	-0,500	0,307	-0,166	-1,002
1977	11	310	5,737	0,340	-0,410	0,339	-0,078	-0,881
2001	12	340	5,829	0,372	-0,325	0,371	0,010	-0,767
1998	13	350	5,858	0,404	-0,240	0,404	0,097	-0,660
1987	14	350	5,858	0,436	-0,160	0,436	0,185	-0,558
1988	15	380	5,940	0,468	-0,080	0,468	0,275	-0,461
1997	16	400	5,991	0,500	0,000	0,500	0,367	-0,367
1973	17	410	6,016	0,532	0,080	0,532	0,461	-0,275
2002	18	410	6,016	0,564	0,160	0,564	0,558	-0,185
1995	19	410	6,016	0,596	0,240	0,596	0,660	-0,097
1978	20	420	6,040	0,628	0,325	0,629	0,767	-0,010
1980	21	430	6,064	0,660	0,410	0,661	0,881	0,078
1985	22	480	6,174	0,692	0,500	0,693	1,002	0,166
1975	23	500	6,215	0,724	0,595	0,725	1,134	0,255
1991	24	500	6,215	0,756	0,690	0,757	1,279	0,347
1993	25	530	6,273	0,788	0,800	0,789	1,441	0,443
1994	26	530	6,273	0,820	0,920	0,821	1,625	0,544
1986	27	530	6,273	0,852	1,050	0,853	1,842	0,653
1990	28	610	6,413	0,884	1,200	0,886	2,108	0,774
2000	29	630	6,446	0,916	1,380	0,918	2,455	0,915
1992	30	1000	6,908	0,948	1,630	0,950	2,968	1,096
1976	31	1020	6,928	0,980	2,070	0,982	4,009	1,391

Test edilen dağılım Lognormal dağılım olduğunda korelasyon katsayısı  $r = 0.982$  ve  $r_{0,05}^* / r = 0.9827$ , test edilen dağılım Gumbel dağılımı olduğunda  $r = 0.971$  ve  $r_{0,05}^* / r = 0.9817$ , test edilen dağılım Weibull dağılımı olduğunda  $r = 0.956$  ve  $r_{0,05}^* / r = 0.9971$  olarak hesaplandı. Bu durumda Erzurum istasyonu için en uygun dağılımın Gumbel dağılımı olduğuna karar verildi.



Diğer istasyonlara ait kar derinliği verileri için en uygun olasılık dağılımlarına karar vermek amacıyla uygulanan MOÇKK testi sonuçları Tablo 7.'de verilmektedir.

Tablo 7. Kar derinliği verileri için en uygun dağılımın MOÇKK testi ile belirlenmesi

İstasyon	Test Edilen Dağılım	r	Seçilen Dağılım
Ardahan	Lognormal	0,991	Gumbel
	Gumbel	0,986	
	Weibull	0,949	
Kars	Lognormal	0,990	Gumbel
	Gumbel	0,993	
	Weibull	0,982	
İğdır	Lognormal	0,941	Gumbel
	Gumbel	0,985	
	Weibull	0,976	
Ağrı	Lognormal	0,982	Gumbel
	Gumbel	0,973	
	Weibull	0,970	
Erzurum	Lognormal	0,982	Gumbel
	Gumbel	0,971	
	Weibull	0,956	
Erzincan	Lognormal	0,990	Weibull
	Gumbel	0,9866	
	Weibull	0,9872	
Tunceli	Lognormal	0,949	Weibull
	Gumbel	0,846	
	Weibull	0,962	
Bingöl	Lognormal	0,986	Weibull
	Gumbel	0,976	
	Weibull	0,981	
Bitlis	Lognormal	0,996	Gumbell
	Gumbel	0,995	
	Weibull	0,984	
Elazığ	Lognormal	0,958	Weibull
	Gumbel	0,979	
	Weibull	0,992	
Malatya	Lognormal	0,981	Gumbel
	Gumbel	0,989	
	Weibull	0,972	
Van	Lognormal	0,980	Weibull
	Gumbel	0,943	
	Weibull	0,972	
Hakkari	Lognormal	0,961	Gumbel
	Gumbel	0,960	
	Weibull	0,947	

Tablo 7.'nin devamı

İstasyon	Test Edilen Dağılım	r	Seçilen Dağılım
Adıyaman	Lognormal	0,969	Weibull
	Gumbel	0,932	
	Weibull	0,992	
Artvin	Lognormal	0,936	Gumbel
	Gumbel	0,978	
	Weibull	0,964	
Bayburt	Lognormal	0,978	Lognormal
	Gumbel	0,934	
	Weibull	0,964	
Diyarbakır	Lognormal	0,888	Gumbel
	Gumbel	0,961	
	Weibull	0,956	
Gümüşhane	Lognormal	0,990	Gumbel
	Gumbel	0,992	
	Weibull	0,989	
Giresun	Lognormal	0,935	Gumbel
	Gumbel	0,990	
	Weibull	0,984	
Şebinkarahisar	Lognormal	0,976	Gumbel
	Gumbel	0,980	
	Weibull	0,979	
Rize	Lognormal	0,979	Weibull
	Gumbel	0,983	
	Weibull	0,994	
Hopa	Lognormal	0,980	Gumbel
	Gumbel	0,973	
	Weibull	0,972	
Siirt	Lognormal	0,907	Gumbel
	Gumbel	0,978	
	Weibull	0,954	
Kahramanmaraş	Lognormal	0,885	Gumbel
	Gumbel	0,984	
	Weibull	0,899	
Muş	Lognormal	0,977	Weibull
	Gumbel	0,993	
	Weibull	0,993	
Hınıs	Lognormal	0,982	Gumbel
	Gumbel	0,989	
	Weibull	0,986	
Horasan	Lognormal	0,993	Gumbel
	Gumbel	0,991	
	Weibull	0,976	

Tablo 7'nin devamı

İstasyon	Test Edilen Dağılım	r	Seçilen Dağılım
İspir	Lognormal	0,983	Lognormal
	Gumbel	0,956	
	Weibull	0,955	
Oltu	Lognormal	0,991	Lognormal
	Gumbel	0,971	
	Weibull	0,955	
Tortum	Lognormal	0,990	Gumbel
	Gumbel	0,980	
	Weibull	0,969	
Batman	Lognormal	0,932	Gumbel
	Gumbel	0,983	
	Weibull	0,942	
Sivas	Lognormal	0,978	Gumbel
	Gumbel	0,994	
	Weibull	0,989	
Divriği	Lognormal	0,973	Weibull
	Gumbel	0,933	
	Weibull	0,981	
Gemerek	Lognormal	0,991	Gumbel
	Gumbel	0,991	
	Weibull	0,959	
Hafik	Lognormal	0,990	Gumbel
	Gumbel	0,993	
	Weibull	0,981	
İmranlı	Lognormal	0,919	Weibull
	Gumbel	0,96193	
	Weibull	0,96199	
Kangal	Lognormal	0,987	Gumbel
	Gumbel	0,976	
	Weibull	0,944	
Suşehri	Lognormal	0,969	Weibull
	Gumbel	0,983	
	Weibull	0,989	
Şarkışla	Lognormal	0,890	Gumbel
	Gumbel	0,988	
	Weibull	0,938	
Yıldızeli	Lognormal	0,857	Gumbel
	Gumbel	0,990	
	Weibull	0,934	
Zara	Lognormal	0,990	Gumbel
	Gumbel	0,984	
	Weibull	0,965	

Tablo 7.'nin devamı

İstasyon	Test edilen dağılım	r	Seçilen Dağılım
Pazar	Lognormal	0,961	Gumbel
	Gumbel	0,993	
	Weibull	0,989	

#### 2.4. 50 ve 100 Yıl 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 ile aşılmama olasılığı 1/100 olan ya da ortalama tekerrür süresi 100 yıl olan değerleri belirlenmiştir.  $X_{50}$ , 50 yıl OTS'li zemin kar yükünü,  $D_{50}$  ise 50 yıl OTS'li kar derinliğini,  $X_{100}$  100 yıl OTS'li zemin kar yükünü,  $D_{100}$  ise 100 yıl OTS'li kar derinliğini ifade etmektedir.

Burada  $X_{50}$  ve  $D_{50}$  veya  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  şöyle hesaplanmaktadır. Zemin kar yükü veya kar derinliği hesaplanmak istenen istasyonların verileri arasında MOÇKK testi ile seçilen uygun olasılık dağılımına göre yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen regresyon analizi parametreleri  $(\beta_0, \beta_1)$ , aşağıdaki (33) ve (34) regresyon denklemlerinde yerine konularak hesaplanır. Formüldeki  $X_{50}$  ve  $D_{50}$  yerine  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  konularak 100 yıl OTS'li zemin kar yükü ve kar derinliği hesaplanır.

Gumbel Dağılımı için

$$z = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{50} \quad , \quad z = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{50} \quad (33)$$

Weibull ve Lognormal dağılımları için ise

$$z = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(X_{50}) \quad , \quad z = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(D_{50}) \quad (34)$$

formülü kullanılır.

Burada,  $\beta_0$  regresyon analizinde elde edilen sabit,  $\beta_1$  regresyon analizinde elde edilen çarpan,  $z$  ise olasılık kâğıdı üzerinde aşılmama olasılığı için hesaplanan azaltılmış

değişken değeridir. Aşılma olasılığı  $1/50 = 0.02$  için, yani  $P=0.98$  için Lognormal dağılımın azaltılmış değişken değeri 2.05, Gumbel dağılımın azaltılmış değişken değeri 3.90, Weibull dağılımın azaltılmış değişken değeri ise 1,364'tür. Aşılma olasılığı  $1/100 = 0.01$  için, yani  $P=0.99$  için Lognormal dağılımın azaltılmış değişken değeri 2.33, Gumbel dağılımının azaltılmış değişken değeri 4.6, Weibull dağılımının azaltılmış değişken değeri ise 1,527'dir.

Tablo 4.'de verilen Erzurum istasyonuna ait zemin kar yükü verileri için regresyon analizi yapıldığında  $\beta_0 = -9.727$  ve  $\beta_1 = 1.548$  bulunur. Erzurum istasyonuna ait zemin kar yükü verileri regresyon analizi sonuçları Tablo 8.'de verilmektedir.

$$2,05 = -9,727 + 1,548.\ln(X_{50}) \quad , \quad X_{50} = 2,01 \text{ kPa}$$

$$2,33 = -9,727 + 1,548.\ln(X_{100}) \quad , \quad X_{100} = 2,41 \text{ kPa}$$

Tablo 6.'da verilen Erzurum istasyonuna at kar derinliği verileri için regresyon analizi yapıldığında  $\beta_0 = -1.766$  ve  $\beta_1 = 0.006$  bulunur. Erzurum istasyonuna ait kar derinliği verileri regresyon analizi sonuçları Tablo 9.'da verilmektedir.

$$3,9 = -1,766 + 0,006.D_{50} \quad , \quad D_{50} = 0,94 \text{ m}$$

$$4,6 = -1,766 + 0,006.D_{100} \quad , \quad D_{100} = 1,06 \text{ m}$$

(33) ve (34) formülleri kullanılarak hesaplanan  $X_{50}$ (kPa) ve  $D_{50}$ (m) değerleri Tablo 10.'da,  $X_{100}$ (kPa) ve  $D_{100}$ (m) değerleri Tablo 11.'de verilmiştir.

Tablo 8. Erzurum istasyonu zemin kar yükü hesabı için yapılan regresyon analizi sonuçları

	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin Standart Hatası	
	0.991	0.983	0.982	0.130542	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	28.143	1	28.143	1651.473	0.000
Artık (Rezidüel)	0.494	29	0.017		
Genel	28.637	30			
Katsayılar					
	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
(Sabit)	- 9.727	0.241		- 40.445	0.000
Değişken	1.548	0.038	0.991	40.638	0.000

Tablo 9. Erzurum istasyonu kar derinliği hesabı için yapılan regresyon analizi sonuçları

	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin Standart Hatası	
	0.971	0.943	0.941	0.301070	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	43.207	1	43.207	476.672	0.000
Artık (Rezidüel)	2.629	29	0.091		
Genel	45.836	30			
Katsayılar					
	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
(Sabit)	- 1.766	0.120		- 14.765	0.000
Değişken	0.006	0.000	0.971	21.833	0.000

Tablo 10. DMİ istasyonları için hesaplanan X<sub>50</sub> ve D<sub>50</sub> değerleri

İstasyonlar	X <sub>50</sub> (kPa)	D <sub>50</sub> (m)
Ardahan	1,26	0,98
Kars	1,46	0,96
Iğdır	0,25	0,31
Ağrı	4,26	1,82
Erzurum	2,01	0,94
Erzincan	0,96	0,42
Tunceli	2,19	1,34
Bingöl	3,59	1,46
Bitlis	7,04	2,78
Elazığ	0,57	0,41
Malatya	0,55	0,56
Van	1,50	0,72
Hakkari	3,39	2,81
Siirt	0,60	0,61
Adıyaman	1,09	0,48
Artvin	2,92	1,48
Bayburt	1,38	0,82
Diyarbakır	0,52	0,36
Gümüşhane	1,36	0,93
Giresun	0,67	0,59
Şebinkarahisar	2,57	1,18
Rize	1,69	0,98
Hopa	2,03	0,93
Kahramanmaraş	0,47	0,35

Tablo 11. DMİ istasyonları için hesaplanan  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri

İstasyonlar	$X_{100}$ (kPa)	$D_{100}$ (m)
Ardahan	1,45	1,09
Kars	1,77	1,08
Iğdır	0,27	0,35
Ağrı	4,77	2,05
Erzurum	2,41	1,06
Erzincan	1,17	0,45
Tunceli	2,44	1,48
Bingöl	3,96	1,57
Bitlis	8,24	3,13
Elazığ	0,64	0,44
Malatya	0,62	0,63
Van	1,85	0,78
Hakkari	3,74	3,16
Siirt	0,69	0,70
Adıyaman	1,42	0,58
Artvin	3,57	1,66
Bayburt	1,64	0,95
Diyarbakır	0,60	0,41
Gümüşhane	1,54	1,05
Giresun	0,73	0,67
Şebinkarahisar	2,78	1,32
Rize	2,09	1,13
Hopa	2,51	1,07
Kahramanmaraş	0,58	0,41

## 2.5. İstisna Yükler

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 12.'de maksimum değer bu değer düşünülmeden belirlenen olasılık dağılım fonksiyonuna göre hesaplanan 50 yıl OTS'li değere oranı 1,5'dan büyük olan istasyonlar verilmektedir. Aynı şekilde Tablo13'de de maksimum değer bu değer düşünülmeden belirlenen olasılık dağılım fonksiyonuna göre hesaplanan 100 yıl OTS'li değere oranı 1,5'dan büyük olan istasyonlar verilmektedir.

Bu çalışmada istisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar için Tablo 10'daki  $X_{50}$  (kPa) ve  $D_{50}$ (m) değerleri yerine Tablo 12'deki  $X_{50}$  (kPa) ve  $D_{50}$ (m) değerleri, aynı şekilde Tablo 11'deki  $X_{100}$ (kPa) ve  $D_{100}$ (m) değerleri yerine Tablo 13'deki  $X_{100}$ (kPa) ve  $D_{100}$ (m) değerleri kullanılmaktadır.

Tablo 12. 50 yıl OTS için hesaplanan istisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar

İstasyon	$X_{max}$ (kPa)	$X_{max}$ hariç diğer veriler için seçilen ODF	$X_{50}$ (kPa)	$X_{max}/ X_{50}$
Ağrı	6,375	Weibull	3,66	1,74
Ardahan	1,717	Gumbel	1,03	1,67
Hakkari	4,47	Gumbel	2,64	1,69
Kars	2,39	Gumbel	0,95	2,52
Tunceli	4,43	Weibull	1,77	2,50
Siirt	0,744	Gumbel	0,47	1,57
Adıyaman	1,575	Weibull	0,86	1,83
Bayburt	2,03	Gumbel	0,97	2,09
Hopa	1,96	Gumbel	1,13	1,73
İstasyon	$D_{max}$ (m)	$D_{max}$ hariç diğer veriler için seçilen ODF	$D_{50}$ (m)	$D_{max}/ D_{50}$
Bingöl	2	Weibull	1,31	1,53
Tunceli	2,796	Gumbel	0,96	2,91
Van	1,18	Weibull	0,62	1,90
Bayburt	1,10	Weibull	0,55	2,00
Divriği	0,95	Weibull	0,49	1,94

Tablo 13. 100 yıl OTS için hesaplanan istisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar

İstasyon	$X_{max}$ (kPa)	$X_{max}$ hariç diğer veriler için seçilen ODF	$X_{100}$ (kPa)	$X_{max}/ X_{100}$
Ağrı	6,375	Weibull	4,07	1,56
Hakkari	4,47	Gumbel	2,99	1,50
Kars	2,39	Gumbel	1,06	2,25
Tunceli	4,43	Weibull	1,94	2,28
Bayburt	2,03	Gumbel	1,09	1,86
Hopa	1,96	Gumbel	1,3	1,51
İstasyon	$D_{max}$ (m)	$D_{max}$ hariç diğer veriler için seçilen ODF	$D_{100}$ (m)	$D_{max}/ D_{100}$
Tunceli	2,796	Gumbel	1,08	2,59
Van	1,18	Weibull	0,66	1,78
Bayburt	1,1	Weibull	0,58	1,89
Divriği	0,95	Weibull	0,53	1,79



## 2.6. 2. Sınıf DMİ İstasyonları İçin 50 Yıl ve 100 Yıl OTS'li Zemin Kar Yüklerinin Belirlenmesi

50 yıl ve 100 yıl ortalama tekerrür süreli kar derinlikleri tespit edilen istasyonların 50 yıl ve 100 yıl ortalama tekerrür süreli zemin kar yüklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

50 yıl OTS'li zemin kar yüklerinin belirlenmesi için 1.sınıf istasyonların istisna yüklere sahip istasyonlar hariç  $X_{50}$  ve  $D_{50}$  değerleri arasında iyi 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 denklemle 2. sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{50}$  değerlerini belirlemek mümkün olur.

Aynı şekilde 100 yıl OTS'li zemin kar yüklerinin belirlenmesi için de 1. sınıf istasyonların istisna yüklere sahip istasyonlar hariç  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında iyi bir ilişki olup olmadığına bakılır. Eğer bu istasyonların  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında iyi bir ilişki varsa bu değerler arasında regresyon analizi yapılarak bir regresyon denklemi elde edilir. Elde edilen denklemle 2. sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{100}$  değerlerini belirlemek mümkün olur.

Şekil 13.'de 1. sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{50}$  ve  $D_{50}$  değerleri için saçılma diyagramı görülmektedir.

Saçılma diyagramından görüleceği 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  $r = 0.987$  bulunur. Bu durumda  $X_{50}$  ve  $D_{50}$  değerleri arasında regresyon denklemi kullanılabilir.

SPSS yardımıyla yapılan regresyon analizi sonucu

$$X_{50} = 0.967115 \cdot D_{50} + 0.989145 \cdot D_{50}^2 - 0.153559 \cdot D_{50}^3 \quad (35)$$

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

$X_{50}$  ve  $D_{50}$  değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları Tablo 14.'de verilmektedir.

Şekil 14.'de 1. sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında saçılma diyagramı görülmektedir.

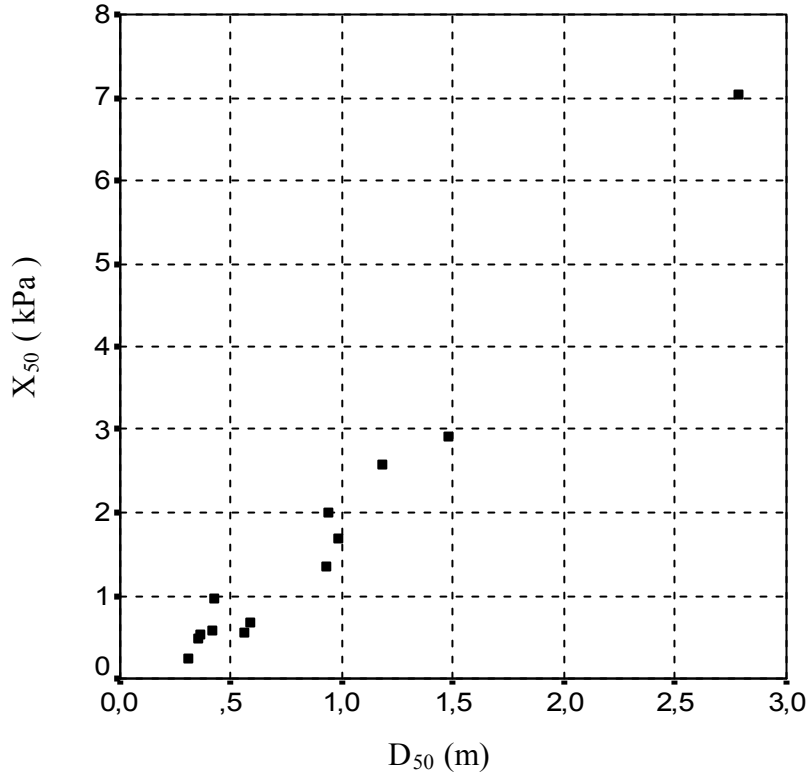
Saçılma diyagramından görüleceği gibi 1. sınıf istasyonların  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında iyi bir ilişki olduğu söylenebilir. 1.sınıf istasyonların  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında korelasyon analizi yapıldığında %99 güven aralığında  $r = 0.976$  bulunur. Bu durumda  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında regresyon denklemi kullanılabilir.

SPSS yardımıyla yapılan regresyon analizi sonucu

$$X_{100} = 0.736522 \cdot D_{100} + 1.265066 \cdot D_{100}^2 - 0.210118 \cdot D_{100}^3 \quad (36)$$

şeklinde lineer olmayan bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Burada  $X_{100}$ , 100 yıl OTS'li zemin kar yükü (kPa) ve  $D_{100}$ , 100 yıl OTS'li kar derinliğidir (m).

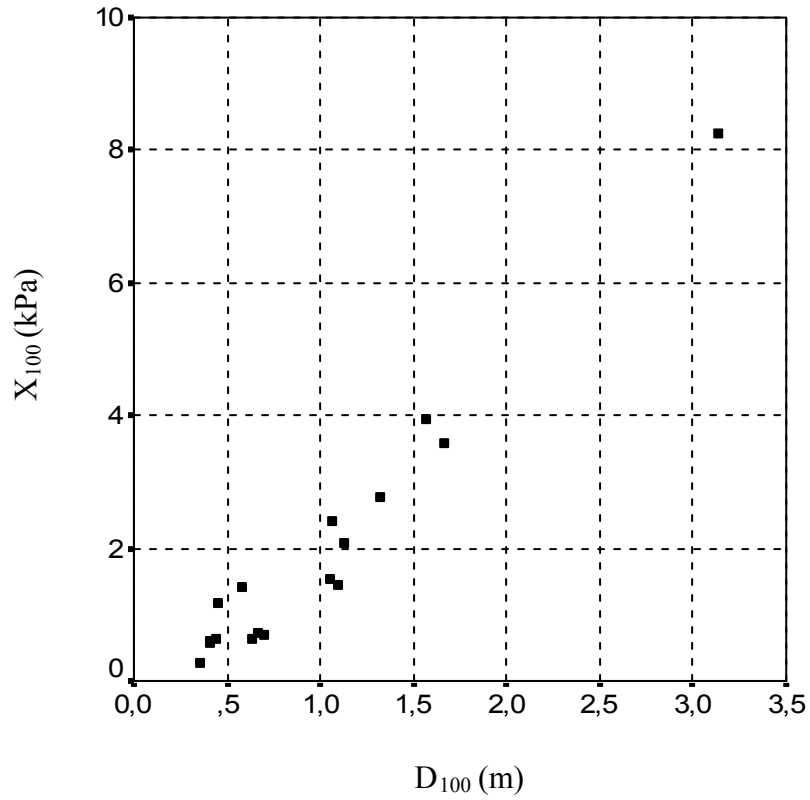
$X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları Tablo 15.'de verilmektedir.



Şekil 13. 1.sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{50}$  ve  $D_{50}$  değerleri için saçılma diyagramı

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	
	0.99588	0.99178	0.98931	0,24993	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	75.365740	3	25.121913	402.16955	0.000
Artık (Rezidüel)	0.624660	10	0.062466		
Katsayılar					
	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
$D_{50}$	0.967115	0.397666	0.435010	2.432	0.0353
$D_{50}^2$	0.989145	0.540825	0.944162	1.829	0.0973
$D_{50}^3$	-0.153559	0.147449	-0.384778	-1.041	0.3222

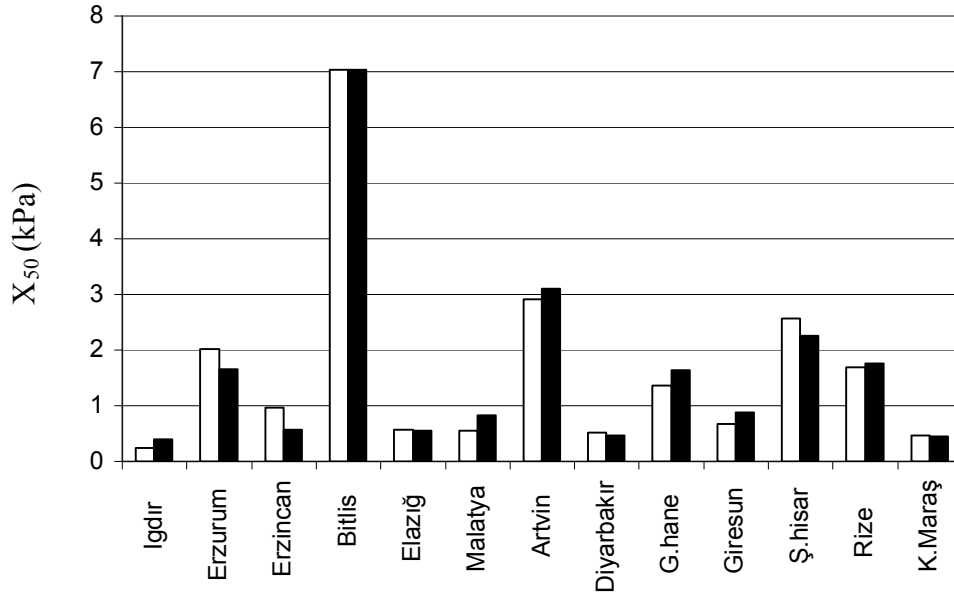


Şekil 14. 1. sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri için saçılma diyagramı

Tablo 15. 1.sınıf DMİ istasyonlarının  $X_{100}$  ve  $D_{100}$  değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminin Standart Hatası	
	0.99170	0.98347	0.97992	0.38368	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	122.59944	3	40.866481	277.60420	0.000
Artık (Rezidüel)	2.06096	14	0.147211		
Katsayılar					
	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
$D_{100}$	0.736522	0.470075	0.323018	1.567	0.1395
$D_{100}^2$	1.265066	0.559234	1.236357	2.262	0.0401
$D_{100}^3$	-0.210118	0.135215	-0.591633	-1.554	0.1425

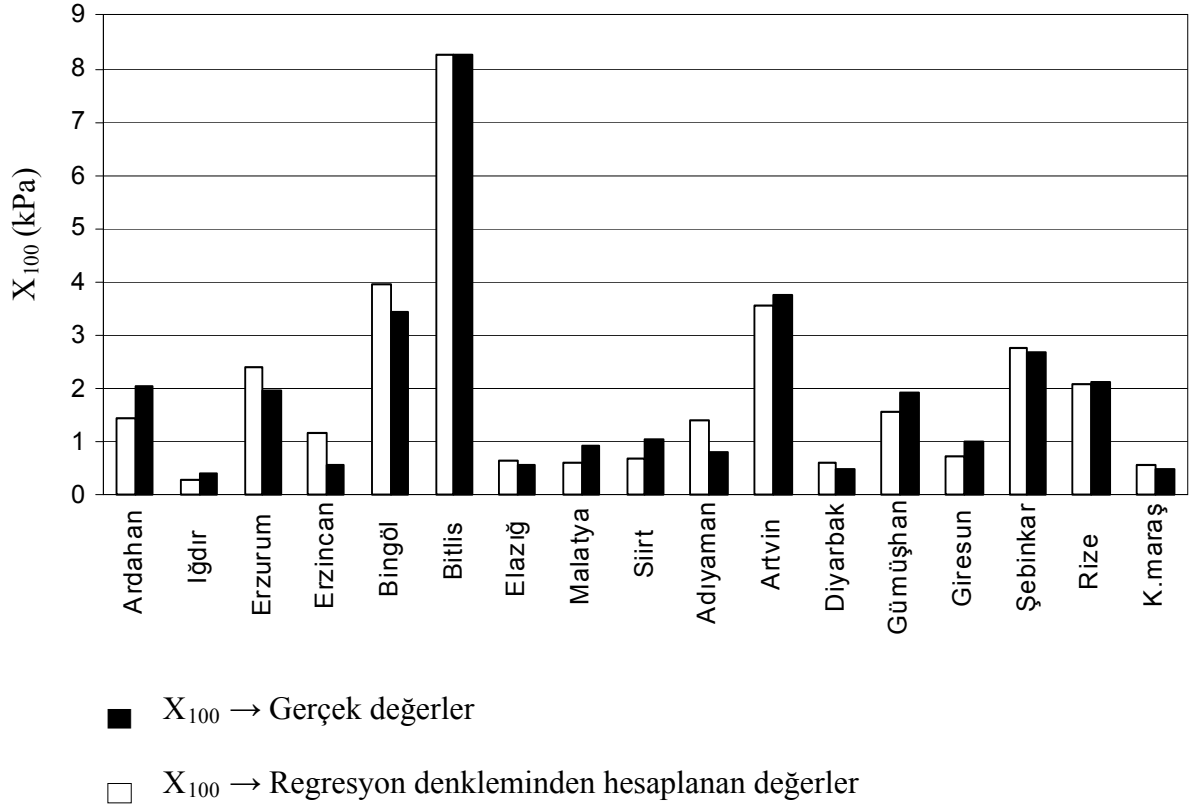
Şekil 15.'te 1. sınıf istasyonlara ait  $X_{50}$  değerleri ile regresyon denkleminde  $D_{50}$  değerleri kullanılarak tahmin edilen  $X_{50}$  değerleri arasındaki farklar gösterilmektedir.



- $X_{50} \rightarrow$  Gerçek değerler
- $X_{50} \rightarrow$  Regresyon denkleminde hesaplanan değerler

Şekil 15. 1. sınıf istasyonlar için gerçek  $X_{50}$  değerleri ile regresyon denkleminde elde edilen  $X_{50}$  değerleri arasındaki fark

Şekil 16.'da 1. sınıf istasyonlara ait  $X_{100}$  değerleri ile regresyon denkleminde  $D_{100}$  değerleri kullanılarak tahmin edilen  $X_{100}$  değerleri arasındaki farklar gösterilmektedir.



Şekil 16. 1. sınıf istasyonlar için gerçek  $X_{100}$  değerleri ile regresyon denkleminde elde edilen  $X_{100}$  değerleri arasındaki fark

Şekil 15.'te görüldüğü gibi istisna yük ve derinliğe sahip olmayan istasyonların gerçek  $X_{50}$  değerleri ile tahmin edilen  $X_{50}$  değerleri arasında çok fark bulunmamaktadır. Bu nedenle 2. sınıf istasyonların  $X_{50}$  değerleri (35) denkleminde tahmin edilebilir. Aynı şekilde Şekil 16.'da görüldüğü gibi istisna yük ve derinliğe sahip olmayan istasyonların gerçek  $X_{100}$  değerleri ile tahmin edilen  $X_{100}$  değerleri arasında da çok fark görülmemektedir. Bu nedenle 2. sınıf istasyonların  $X_{100}$  değerleri (36) denkleminde tahmin edilebilir.

Tablo 16.'da (35) denklemi kullanılarak 2. sınıf DMİ istasyonlarının  $D_{50}$  (m) değerlerinden elde edilen  $X_{50}$  (kPa) değerleri verilmektedir.

Tablo 17.'de (36) denklemi kullanılarak 2. sınıf DMİ istasyonlarının  $D_{100}$  (m) değerlerinden elde edilen  $X_{100}$  (kPa) değerleri verilmektedir.

Tablo 16. (35) denkleminde tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait  $X_{50}$  (kPa) değerleri

İstasyonlar	$D_{50}$ (m)	$X_{50}$ (kPa)
Batman	0,22	0,26
Divriği	0,49	0,69
Gemerek	0,53	0,77
Hafik	0,72	1,15
Hıms	2,01	4,69
Horasan	0,93	1,63
İmranlı	1,75	3,90
İspir	1,06	1,95
Kangal	1,23	2,40
Muş	1,55	3,30
Oltu	0,58	0,86
Pazar	1,03	1,88
Sivas	0,78	1,28
Suşehir	0,79	1,31
Şarkışla	0,70	1,11
Tortum	0,78	1,28
Yıldızeli	0,84	1,42
Zara	0,81	1,35

Tablo 17. (36) denkleminde tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait  $X_{100}$  (kPa) değerleri

İstasyonlar	$D_{100}$ (m)	$X_{100}$ (kPa)
Batman	0,25	0,26
Divriği	0,53	0,71
Gemerek	0,60	0,85
Hafik	0,80	1,29
Hıms	2,25	5,67
Horasan	1,05	1,92
İmranlı	1,93	4,62
İspir	1,27	2,55
Kangal	1,41	2,96
Muş	1,66	3,75
Oltu	0,68	1,02
Pazar	1,17	2,26
Sivas	0,88	1,48
Suşehir	0,88	1,48
Şarkışla	0,78	1,24
Tortum	0,88	1,48
Yıldızeli	0,96	1,69
Zara	0,91	1,56

## 2.7. $X_{50}$ ve $X_{100}$ Değerlerinin Bölgeselleştirilmesi ile Zemin Kar Yükü Haritalarının Elde Edilmesi

Doğu Anadolu bölgesindeki ve bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için belirlenen  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri sadece istasyonların bulunduğu noktalardaki  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerlerini yansıtmaktadır. Bu noktalar dışındaki yerler için  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri, istasyonlar için belirlenen  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerlerinin bölgeselleştirilmesi ile elde edilmiştir.

Bu çalışmada, Doğu Anadolu bölgesi için bu bölgedeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf istasyonlara ait  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri kullanılarak bölgeselleştirme yapılmıştır. 2.sınıf istasyonlara ait  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri, bölgeselleştirme işleminde kullanılan istasyon sayısını arttırarak, bölgeselleştirme işlemlerinin daha hassas olması için kullanılmıştır. Doğu Anadolu bölgesine komşu illerdeki istasyonlara ait  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerlerinin kullanılmasının nedeni, bölgeselleştirme işleminde kullanılan konumsal enterpolasyonun sağlıklı sonuçlar vermesi içindir.

$X_{50}$  değerleri ortalama tekerrür süresi 50 yıl olan zemin kar yükü haritasının hazırlanmasında,  $X_{100}$  değerleri ise ortalama tekerrür süresi 100 yıl olan zemin kar yükü haritasının hazırlanmasında kullanılmıştır.

Bu çalışmada, bölgeselleştirme işlemi, 1.3.5.'de anlatılan yöntemlerden veri normalleştirme yöntemiyle yapılmaktadır. Buna göre önce  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri normalleştirilmekte daha sonra da bu normalleştirilmiş  $X_{50}$  (normal $X_{50}$ ) ve normalleştirilmiş  $X_{100}$  (normal $X_{100}$ ) değerleri 1.3.5.'de anlatılan konumsal enterpolasyon (spital interpolation) yöntemiyle bölgeselleştirilmektedir. Bölgeselleştirilmiş normal $X_{50}$  ve normal $X_{100}$  değerleri yardımıyla bölge içindeki herhangi bir noktadaki  $X_{50}$  veya  $X_{100}$  değeri (15) denklemi ile belirlenebilir. Bu şekilde Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekerrür süresi 50 ve 100 yıla göre hazırlanmış zemin kar yükü haritası oluşturulmuş olur.

Bu çalışmada  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerlerinin normalleştirilmesi için (14) denklemi kullanılmaktadır. Ancak bu denklemin kullanılabilmesi için öncelikle b katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. b, istasyonlara ait kotların ve  $X_{50}$  (veya  $X_{100}$ ) değerlerinin regresyon analizi sonucunda elde edilen sabitsiz regresyon denkleminin eğimidir(kPa/m).

Tablo 18.'de 50 yıl OTS'ye göre hesaplanan istisna yüklere sahip istasyonlar hariç diğer istasyonların kotları ve  $X_{50}$  değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları verilmektedir.

Tablo 19.'da 100 yıl OTS'ye göre hesaplanan istisna yüklere sahip istasyonlar hariç diğer istasyonların kotları ve  $X_{100}$  değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları verilmektedir.

Tablo 18. İstasyonların kotları ve  $X_{50}$  değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin Standart Hatası	
	0.80969	0.65560	0.64483	1.34563	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	110.29797	1	110.29797	60.91389	0.000
Artık (Rezidüel)	57.94303	32	1.81072		
Genel	168.241	33			
Katsayılar					
	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
Kot	0.001498	0.000192	0.809688	7.805	0.000

Tablo19. İstasyonların kotları ve  $X_{100}$  değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin Standart Hatası	
	0.80178	0.64285	0.63264	1.55544	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	152.41512	1	152.41512	62.99717	0.000
Artık (Rezidüel)	84.67888	35	2.41940		
Genel	237.094	36			
Katsayılar					
	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
Kot	0.001684	0.000212	0.801777	7.937	0.000

Tablo 18.' den görüldüğü üzere  $X_{50}$  değerleri için regresyon denklemi aşağıdaki gibidir.

$$X_{50} = (0.001498) \cdot \text{Kot} \quad (37)$$

Normalleştirilmiş  $X_{50}$  ( $\text{normal}X_{50}$ ) değerlerini bulmak için kullanacağımız (14) denklemindeki b katsayısı, (37) denklemindeki 0.001498'e eşit olur. (14) denkleminde



kullanılarak elde edilen normalleştirilmiş  $X_{50}$  değerleri ( $normalX_{50}$ ) Tablo.20'de verilmektedir.

Tablo 19.'dan görüldüğü üzere  $X_{100}$  değerleri için regresyon denklemi aşağıdaki gibidir.

$$X_{100} = (0.001684) \cdot Kot \quad (38)$$

Normalleştirilmiş  $X_{100}$  ( $normalX_{100}$ ) değerlerini bulmak için kullanacağımız (14) denklemdeki b katsayısı, (38) denklemdeki 0.001684'e eşit olur. (14) denklemi kullanılarak elde edilen normalleştirilmiş  $X_{100}$  değerleri ( $normalX_{100}$ ) Tablo 21.'de verilmektedir.

Bu çalışmada, konumsal enterpolasyon yapılarak  $normalX_{50}$  ve  $normalX_{100}$  değerlerinin bölgeselleştirilmesi işlemi Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin kullanıldığı ArcWiew paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu programla konumsal enterpolasyon ağırlıklı uzaklığın tersi (Inverse Distance Weighted) yöntemiyle yapılmıştır.

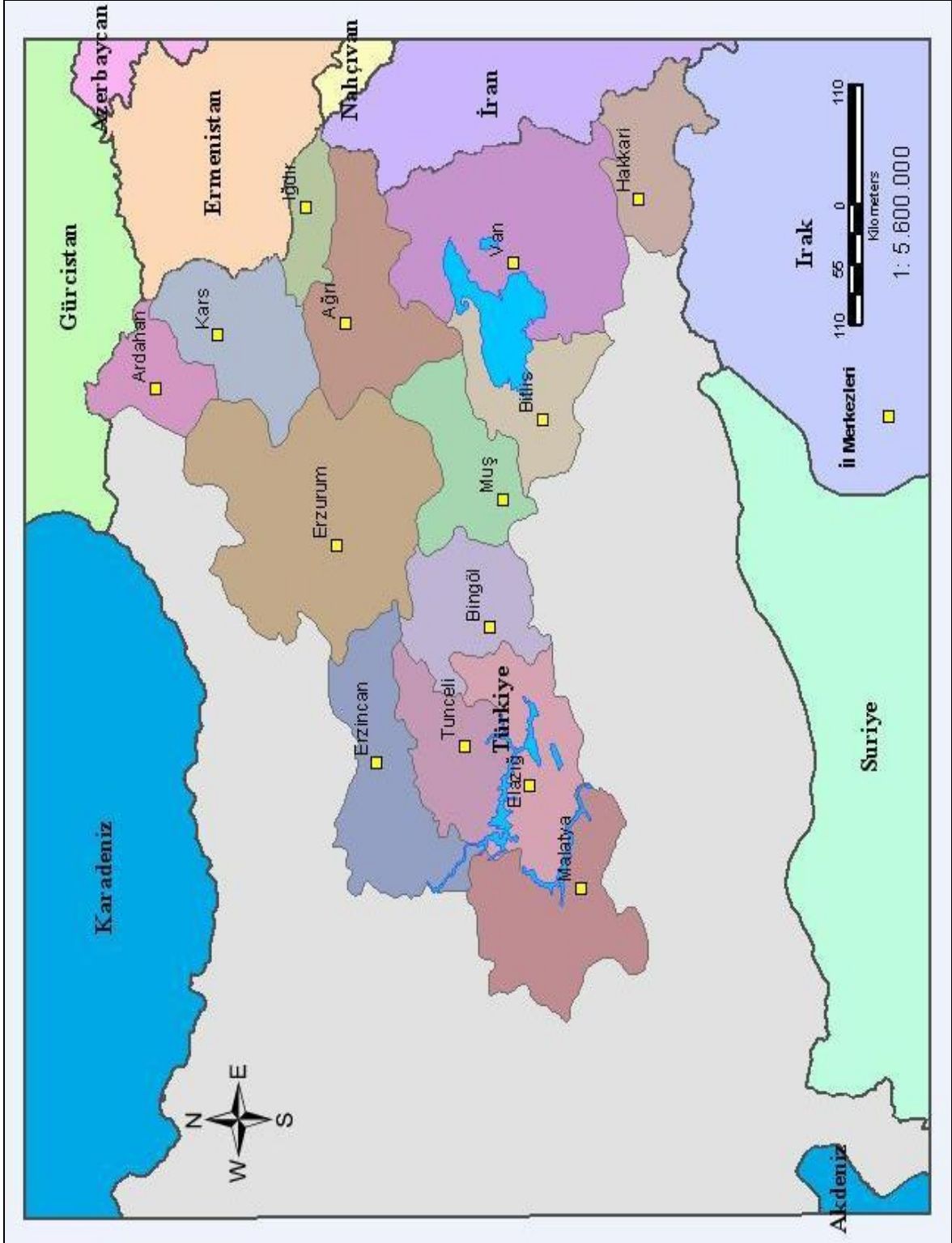
Şekil 17.'de Doğu Anadolu bölgesinin illeri ve bölgeye sınır olan ülkeler gösterilmektedir. Şekil 18.'de Doğu Anadolu bölgesinin ve bu bölgeye komşu olan illerin il merkezleri ve ilçe merkezleri gösterilmektedir. Şekil 19.'de Doğu Anadolu bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonları gösterilmektedir. Şekil 20.'de Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekerrür süresi 50 yıl'a göre hesaplanmış zemin kar yükü haritası gösterilmektedir. Şekil 21.'de Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekerrür süresi 100 yıl'a göre hesaplanmış zemin kar yükü haritası gösterilmektedir. Doğu Anadolu bölgesindeki herhangi bir yer için ortalama tekerrür süresi 50 yıla göre hesaplanmış zemin kar yükünü ( $SL_{50}$ ) elde etmek için, haritadaki o yere karşılık gelen  $normalX_{50}$  değeri okunup, şekilde verilen formülde yerine yazılarak hesaplanır. Aynı şekilde Doğu Anadolu bölgesindeki herhangi bir yer için ortalama tekerrür süresi 100 yıla göre hesaplanmış zemin kar yükünü ( $SL_{100}$ ) elde etmek için, haritadaki o yere karşılık gelen  $normalX_{100}$  değeri okunup, şekilde verilen formülde yerine yazılarak hesaplanır.

Tablo 20. Normalleştirilen  $X_{50}$  değerleri (Normal $X_{50}$ )

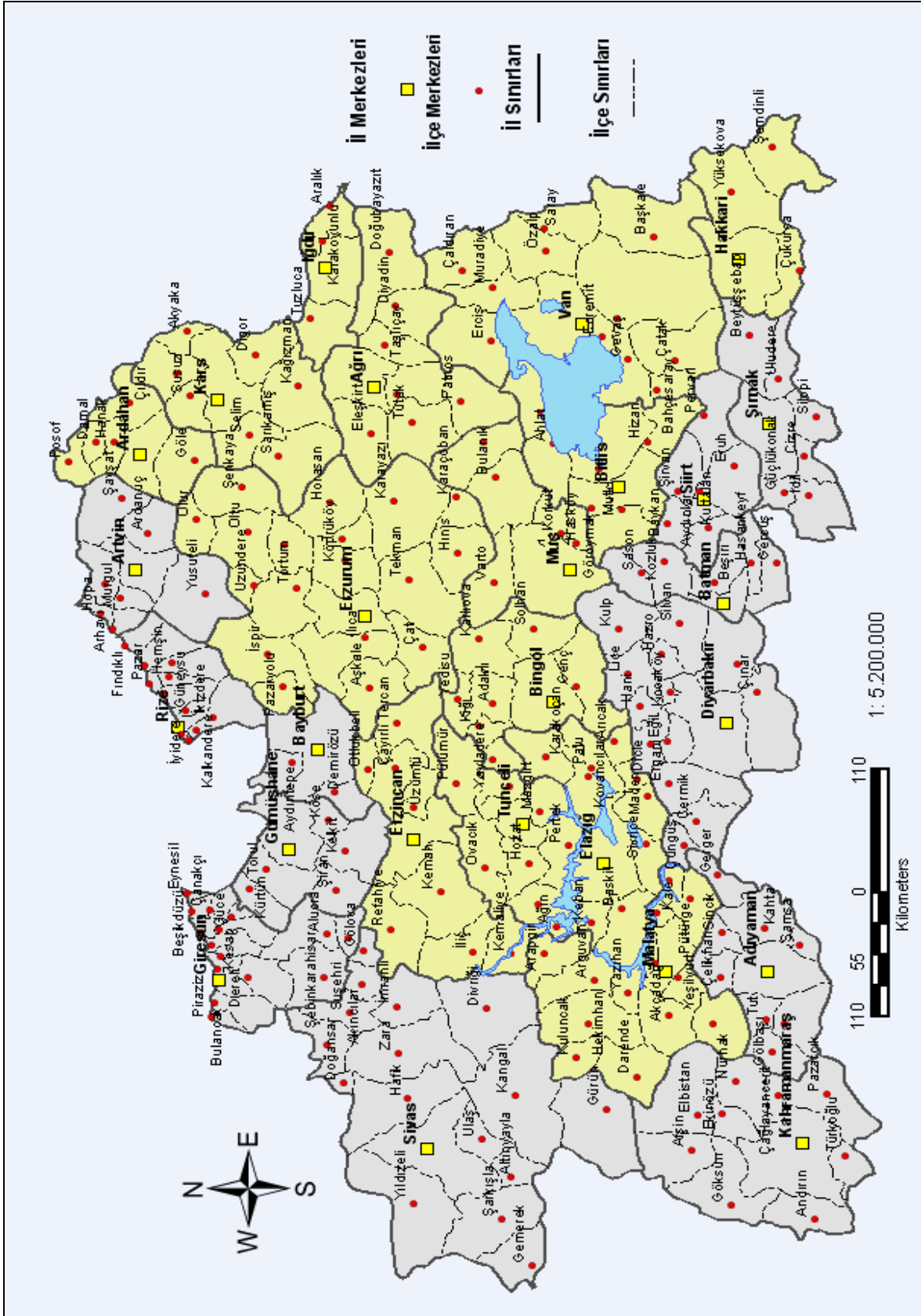
İstasyon	Sınıfı	Rakım (m)	$X_{50}$ (kPa)	Normal $X_{50}$ (kPa)
Ardahan	1	1829	1,03	-1,71
Kars	1	1775	0,95	-1,71
Iğdır	1	858	0,25	-1,04
Ağrı	1	1632	3,66	1,22
Erzurum	1	1869	2,01	-0,79
Erzincan	1	1218	0,96	-0,86
Tunceli	1	981	1,77	0,30
Bingöl	1	1177	3,59	1,83
Bitlis	1	1573	7,04	4,68
Elazığ	1	990	0,57	-0,91
Malatya	1	948	0,55	-0,87
Van	1	1671	1,50	-1,00
Hakkari	1	1728	2,64	0,05
Siirt	1	896	0,47	-0,87
Adıyaman	1	672	0,86	-0,15
Artvin	1	628	2,92	1,98
Bayburt	1	1584	0,97	-1,40
Diyarbakır	1	674	0,52	-0,49
Gümüşhane	1	1219	1,36	-0,47
Giresun	1	38	0,67	0,61
Şebinkarahisar	1	1364	2,57	0,53
Rize	1	9	1,69	1,68
Hopa	1	33	1,13	1,08
Kahramanmaraş	1	572	0,47	-0,39
Batman	2	610	0,26	-0,65
Divriği	2	1120	0,69	-0,99
Gemerek	2	1171	0,77	-0,98
Hafik	2	1275	1,15	-0,76
Hınıs	2	1715	4,69	2,12
Horasan	2	1540	1,63	-0,68
İmranlı	2	1550	3,90	1,58
İspir	2	1222	1,95	0,12
Kangal	2	1541	2,40	0,09
Muş	2	1323	3,30	1,32
Oltu	2	1322	0,86	-1,12
Pazar	2	79	1,88	1,76
Sivas	2	1285	1,28	-0,64
Suşehri	2	1163	1,31	-0,43
Şarkışla	2	1180	1,11	-0,66
Tortum	2	1572	1,28	-1,07
Yıldızeli	2	1415	1,42	-0,70
Zara	2	1347	1,35	-0,67

Tablo 21. Normalleştirilen  $X_{100}$  (Normal $X_{100}$ )

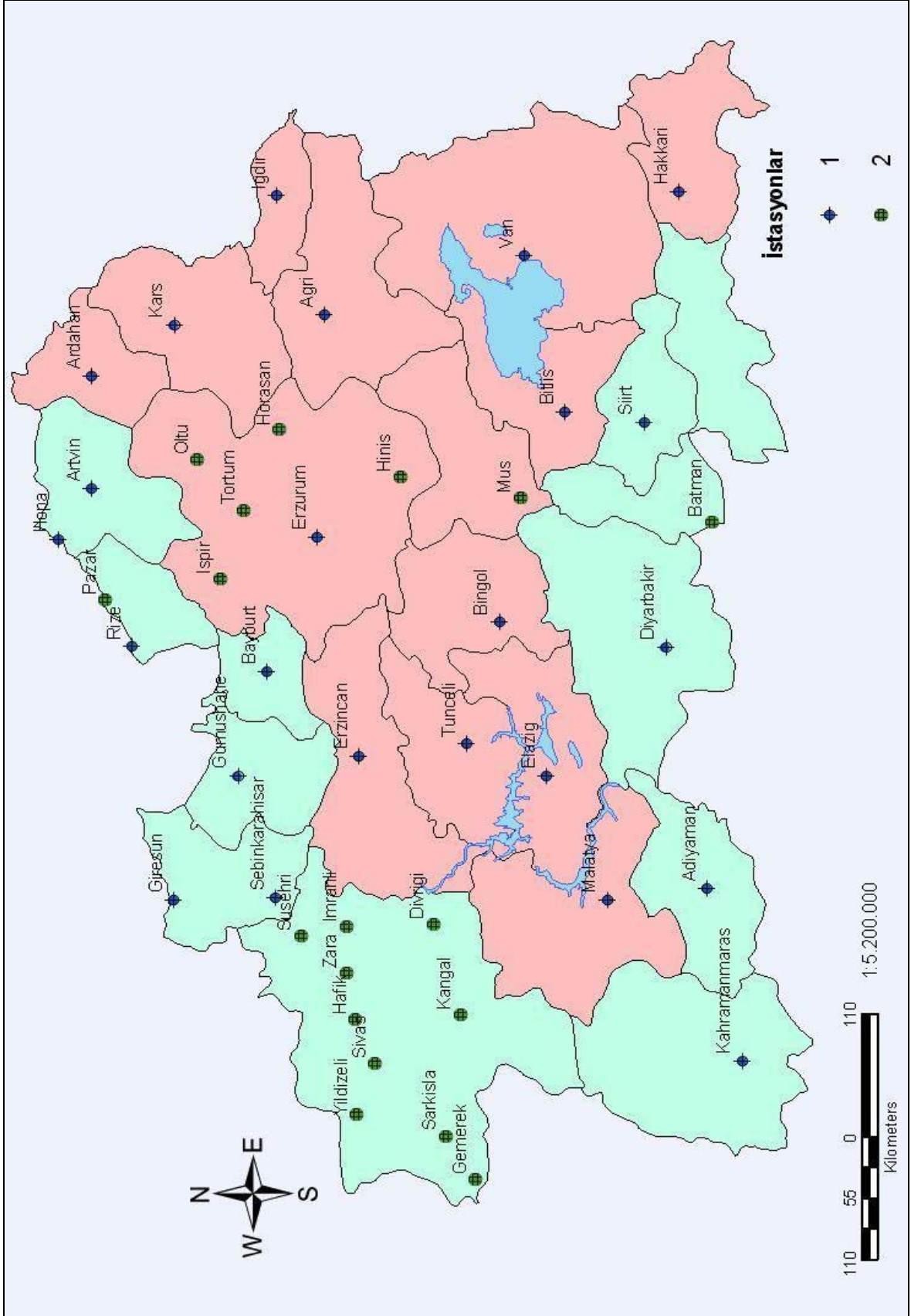
İstasyon	Sınıfı	Rakım (m)	$X_{100}$ (kPa)	Normal $X_{100}$ (kPa)
Ardahan	1	1829	1,45	-1,63
Kars	1	1775	1,06	-1,93
Iğdır	1	858	0,27	-1,17
Ağrı	1	1632	4,07	1,32
Erzurum	1	1869	2,41	-0,74
Erzincan	1	1218	1,17	-0,88
Tunceli	1	981	1,94	0,29
Bingöl	1	1177	3,96	1,98
Bitlis	1	1573	8,24	5,59
Elazığ	1	990	0,64	-1,03
Malatya	1	948	0,62	-0,98
Van	1	1671	1,85	-0,96
Hakkari	1	1728	2,99	0,08
Siirt	1	896	0,69	-0,82
Adıyaman	1	672	1,42	0,29
Artvin	1	628	3,57	2,51
Bayburt	1	1584	1,09	-1,58
Diyarbakır	1	674	0,60	-0,54
Gümüşhane	1	1219	1,54	-0,51
Giresun	1	38	0,73	0,67
Şebinkarahisar	1	1364	2,78	0,48
Rize	1	9	2,09	2,07
Hopa	1	33	1,30	-0,38
K.Maraş	1	572	0,58	1,24
Batman	2	610	0,26	-0,77
Divriği	2	1120	0,71	-1,18
Gemerek	2	1171	0,85	-1,12
Hafik	2	1275	1,29	-0,86
Hınıs	2	1715	5,67	2,78
Horasan	2	1540	1,92	-0,67
İmranlı	2	1550	4,62	2,01
İspir	2	1222	2,55	0,49
Kangal	2	1541	2,96	0,36
Muş	2	1323	3,75	1,52
Oltu	2	1322	1,02	-1,21
Pazar	2	79	2,26	2,13
Sivas	2	1285	1,48	-0,68
Suşehri	2	1163	1,48	-0,48
Şarkışla	2	1180	1,24	-0,75
Tortum	2	1572	1,48	-1,17
Yıldızeli	2	1415	1,69	-0,69
Zara	2	1347	1,56	-0,71



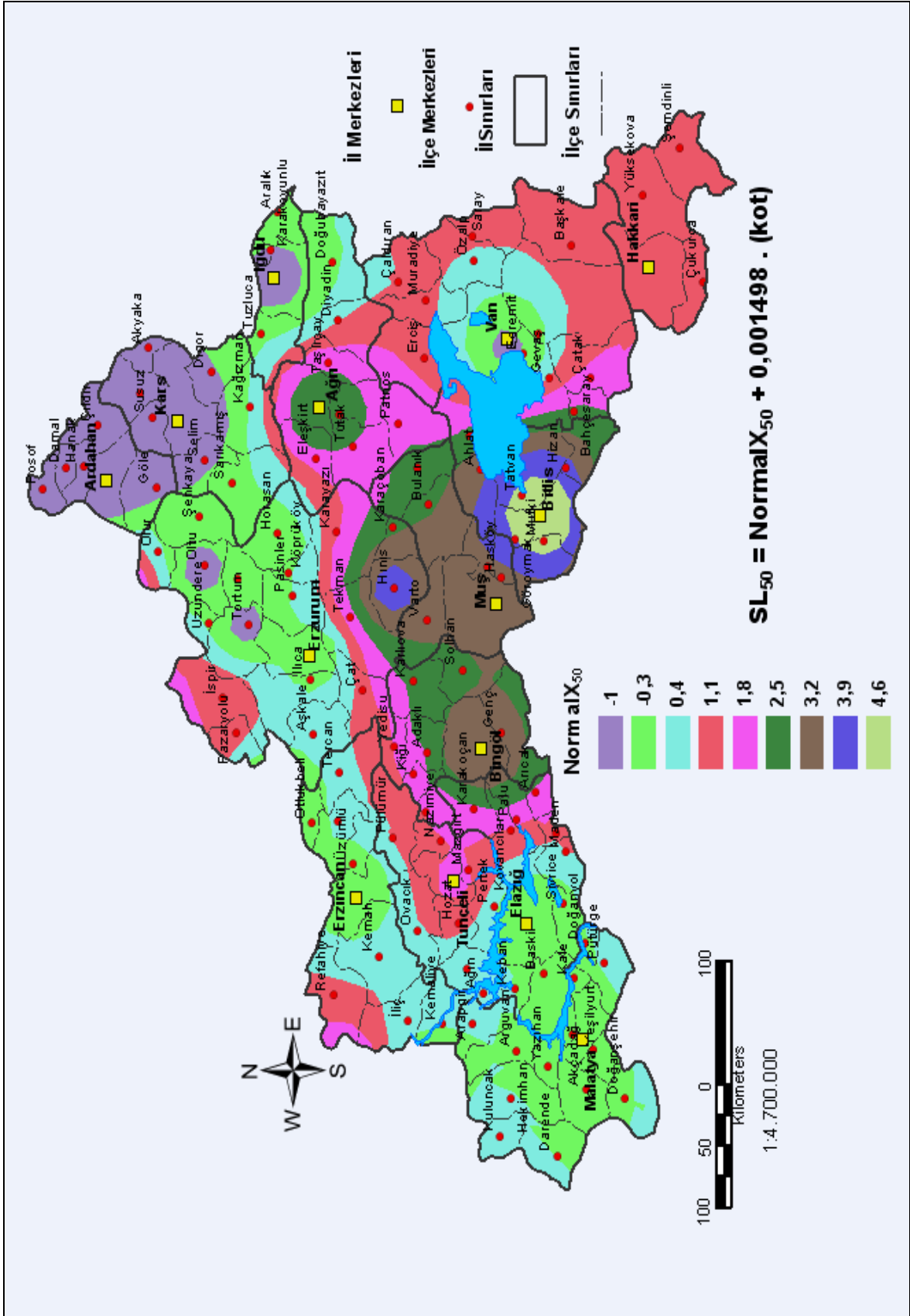
Şekil 17. Doğu Anadolu bölgesinin illeri ve bu bölgeye sınır olan ülkeler



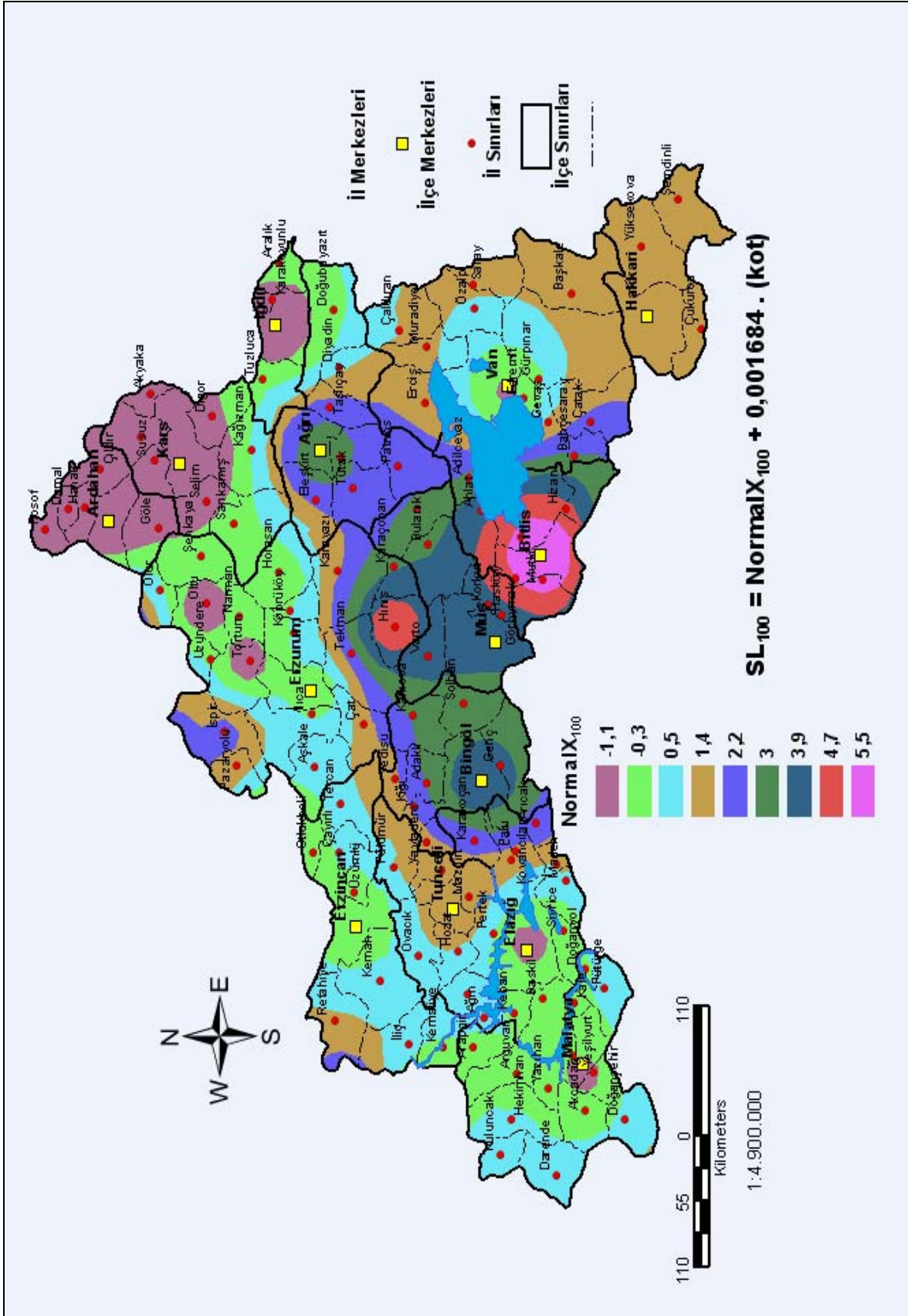
Şekil 18. Doğu Anadolu bölgesinin ve bu bölgeye komşu olan illerin il merkezleri ve ilçe merkezleri



Şekil 19. Doğu Anadolu bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonları



Şekil 20. Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekerrür süresi 50 yıl'a göre hesaplanmış normleştirilmiş zemin kar yükü (SL<sub>50</sub>) haritası



Şekil 21. Doğu Anadolu bölgesi için ortalama tekrür süresi 100 yıl'a göre hesaplanmış normleştirilmiş zemin kar yükü (SL<sub>100</sub>) haritası



Tablo 22.'de Doğu Anadolu bölgesine ait 1.sınıf ve 2.sınıf istasyonlar için hesaplanan  $X_{50}$  değerleri ile ortalama tekerrür süresi 50 yıla göre hesaplanmış zemin kar yükü ( $SL_{50}$ ) haritasından, aynı istasyonlara ait değerlerin okunması ile hesaplanan  $SL_{50}$  değerleri ve bu değerler arasındaki farklar gösterilmektedir.

Aynı şekilde Tablo 23.'de Doğu Anadolu bölgesine ait 1.sınıf ve 2.sınıf istasyonlar için hesaplanan  $X_{100}$  değerleri ile ortalama tekerrür süresi 100 yıla göre hesaplanmış zemin kar yükü ( $SL_{100}$ ) haritasından, aynı istasyonlara ait değerlerin okunması ile hesaplanan  $SL_{100}$  değerleri ve bu değerler arasındaki farklar gösterilmektedir.

Şekil 22.'de Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $X_{50}$  değerleri ile aynı istasyonların, OTS'si 50 yıl'a göre hazırlanmış olan haritadan okunan  $SL_{50}$  değerleri arasındaki farklar gösterilmektedir.

Şekil 23.'te Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $X_{100}$  değerleri ile aynı istasyonların, OTS'si 100 yıl'a göre hazırlanmış olan haritadan okunan  $SL_{100}$  değerleri arasındaki farklar gösterilmektedir.

Tablo 22. Hesaplanan  $X_{50}$  değerleri ve haritadan hesaplanan  $SL_{50}$  değerleri

İstasyonlar	Kot (m)	Normal $X_{50}$ (kPa)	$SL_{50}$ (kPa)	$X_{50}$ (kPa)	$SL_{50}/X_{50}$
Hınıs	1715	3,9	6,47	4,69	1,38
Bitlis	1573	4,6	6,96	7,04	0,99
Van	1671	-1	1,50	1,50	1,00
Tortum	1572	-1	1,35	1,28	1,06
Oltu	1322	-1	0,98	0,86	1,14
İğdir	858	-1	0,29	0,25	1,14
Horasan	1540	-0,3	2,01	1,63	1,23
Erzurum	1869	-0,3	2,50	2,01	1,24
Ağrı	1632	2,5	4,94	3,66	1,35
Bingöl	1177	3,2	4,96	3,59	1,38
Hakkari	1728	1,1	3,69	2,64	1,40
İspir	1222	1,1	2,93	1,95	1,50
Muş	1323	3,2	5,18	3,30	1,57
Erzincan	1218	-0,3	1,52	0,96	1,59
Ardahan	1829	-1	1,74	1,03	1,69
Kars	1775	-1	1,66	0,95	1,75
Tunceli	981	1,8	3,27	1,77	1,85
Malatya	948	-0,3	1,12	0,55	2,04
Elazığ	990	-0,3	1,18	0,57	2,08
				Ortalama=	1,44
				Varyans=	0,11

Tablo 22.'den görüleceği gibi  $SL_{50}$  değerleri  $X_{50}$  değerlerinden Bitlis istasyonu hariç diğer istasyonlarda büyük çıkmaktadır. Van istasyonunda ise  $SL_{50}$  ve  $X_{50}$  değeri aynı çıkmaktadır.  $SL_{50} / X_{50}$  oranı 0,99 - 2,08 arasında değişmekte olup ortalama 1,44, varyans ise 0,11'dir. Genel olarak  $SL_{50}$  ve  $X_{50}$  değerleri birbirine yakındır. Bazı istasyonlarda  $SL_{50}$  ve  $X_{50}$  değerleri arasındaki oran fazla çıkmaktadır. Bu istasyonların  $SL_{50}$  ve  $X_{50}$  değerleri arasındaki oranın büyük çıkmasının nedeninin, haritanın kullanılabilir olması amacıyla -1 – 4,6 değerleri arasında 9 farklı değer kullanılması sonucu olduğu düşünülmektedir.

Tablo 23. Hesaplanan  $X_{100}$  değerleri ve haritadan hesaplanan  $SL_{100}$  değerleri

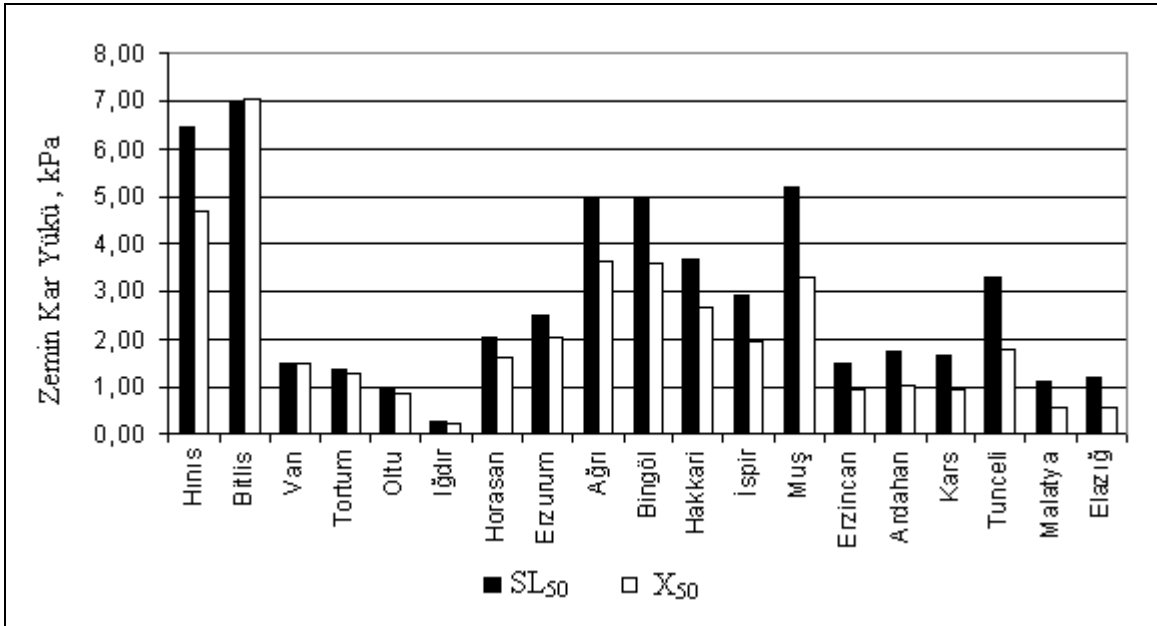
İstasyonlar	Kot (m)	Normal $X_{100}$ (kPa)	$SL_{100}$ (kPa)	$X_{100}$ (kPa)	$SL_{100}/X_{100}$
Malatya	948	-1,1	0,50	0,62	0,80
Van	1671	-1,1	1,71	1,85	0,93
Bitlis	1573	5,5	8,15	8,24	0,99
Tortum	1572	-1,1	1,55	1,48	1,05
Oltu	1322	-1,1	1,13	1,02	1,10
Erzurum	1869	-0,3	2,85	2,41	1,18
Horasan	1540	-0,3	2,29	1,92	1,19
İğdir	858	-1,1	0,34	0,27	1,28
Hınıs	1715	4,7	7,59	5,67	1,34
Ardahan	1829	-1,1	1,98	1,45	1,37
Ağrı	1632	3	5,75	4,07	1,41
Hakkari	1728	1,4	4,31	2,99	1,44
Bingöl	1177	3,9	5,88	3,96	1,49
Erzincan	1218	-0,3	1,75	1,17	1,50
Tunceli	981	1,4	3,05	1,94	1,57
Muş	1323	3,9	6,13	3,75	1,63
İspir	1222	2,2	4,26	2,55	1,67
Kars	1775	-1,1	1,89	1,06	1,78
Elazığ	990	-1,1	0,57	0,64	0,89
				Ortalama=	1,29
				Varyans=	0,08

Tablo 23.'de görüleceği gibi  $SL_{100}$  ve  $X_{100}$  değerleri birbirlerine oldukça yakın çıkmaktadır. 4 istasyonda  $SL_{100}$  değeri  $X_{100}$  değerinden küçük çıkmakta,  $SL_{100}$  ve  $X_{100}$  oranları ise 0,80 - 0,90 arasında değişmektedir. Bu 4 istasyon için  $SL_{100}$  ve  $X_{100}$  değerleri arasındaki fark, farkın çok az olmasından dolayı ihmal edilebilir düzeydedir. Tablo 23'den görüldüğü üzere  $SL_{100} / X_{100}$  ortalaması 1,29 , varyansı 0,08'dir.

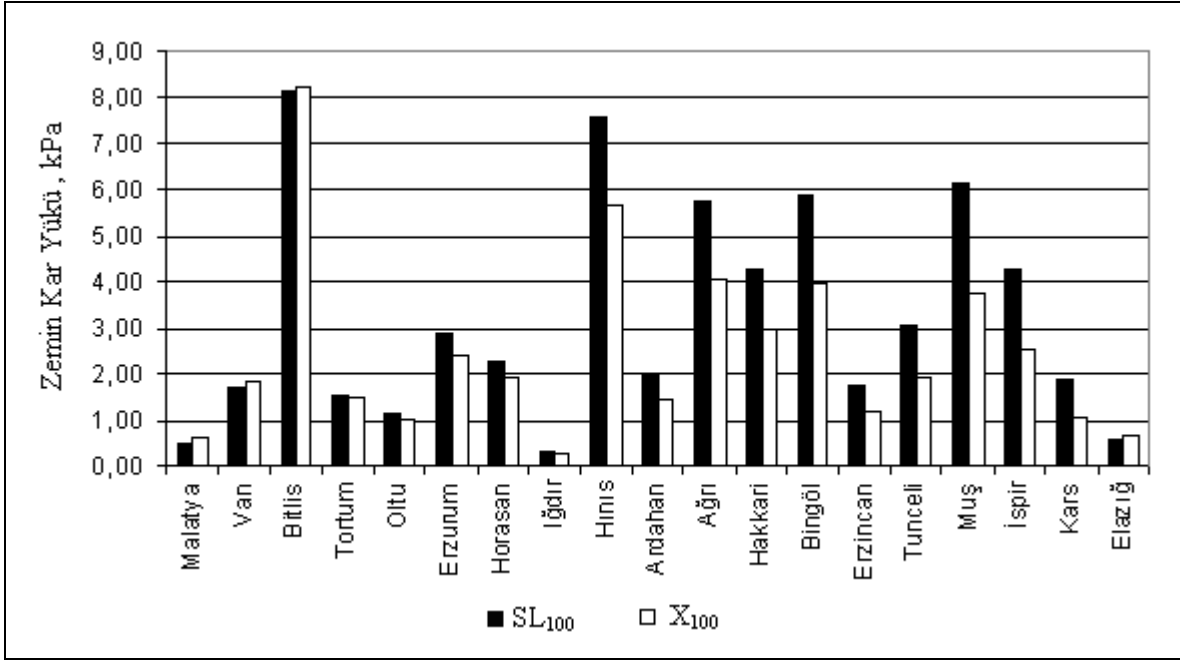
Her iki harita da Normal $X_{50}$  ve Normal $X_{100}$  değerleri için 9'dan daha fazla farklı değer kullanılması, bazı istasyonlardaki hatalarının azalması yönünde değişmesine neden olabilirdi fakat kullanım açısından oldukça zor olacağı düşünüldüğünden mümkün olduğu kadar aralık sayısı az tutulmuştur.

Genel olarak  $SL_{50}$  ve  $X_{50}$  veya  $SL_{100}$  ve  $X_{100}$  değerleri arasındaki farkın az olmasını ve çoğunlukla  $SL_{50}$  ve  $SL_{100}$  değerlerinin sırasıyla  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerlerinden büyük olmasını göz önünde bulundurduğumuzda, her iki haritanın da güvenilirlik açısından kullanılabilir olduğunu söyleyebiliriz.

Her iki harita için de hesaplanan  $SL_{50}$  ve  $SL_{100}$  değerleri ile istasyon verilerinden hesaplanan  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri arasındaki farklar Şekil 22. ve Şekil 23.'te gösterilmektedir. Haritalarda hesaplanan zemin kar yükleri ile istasyonlar için hesaplanan zemin kar yükleri değişse de aralarındaki farklar hemen hemen aynı kaldığı gözükmemektedir. Sadece Malatya, Elazığ ve Van istasyonlarında aksi bir değişiklik vardır.



Şekil 22. Doğu Anadolu bölgesinin 1. ve 2. sınıf istasyonları için hesaplanan  $X_{50}$  değerleri ve haritadan okunan  $SL_{50}$  değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 23. Doğu Anadolu bölgesinin 1. ve 2. sınıf istasyonları için hesaplanan X<sub>100</sub> değerleri ve haritadan okunan SL<sub>100</sub> değerlerinin karşılaştırılması

## 2.8. Doğu Anadolu Bölgesine Ait Normalleştirilmiş Zemin Kar Yüğü Haritasının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi

Özgen(2007) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'deki DMİ istasyonlarından, 1.sınıf istasyonların kar-su eşdeğeri verilerinden ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden faydalanılarak ortalama tekerrür süresi 50 yıla göre hazırlanmış Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasındaki Doğu Anadolu bölgesinin il ve ilçe merkezleri için elde edilen zemin kar yükü değerleri ile bu çalışmada hazırlanan, DMİ istasyonlarından, Doğu Anadolu bölgesi ve bu bölgeye komşu illerin 1.sınıf istasyonların kar-su eşdeğeri 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden faydalanılarak ortalama tekerrür süresi 50 yıl'a göre hazırlanmış Doğu Anadolu bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasındaki il ve ilçe merkezleri için elde edilen zemin kar yükü değerleri karşılaştırılmıştır.

Şekil 24.'de Özgen(2007) tarafından hazırlanan ortalama tekerrür süresi 50 yıl'a göre hazırlanmış Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası görülmektedir.

Tablo 24.'de Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için Özgen(2007) tarafından hazırlanan Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından, elde edilen değerler

ile bu çalışmada tekerrür süresi 50 yıl'a göre hazırlanmış Doğu Anadolu bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen değerler görülmektedir.

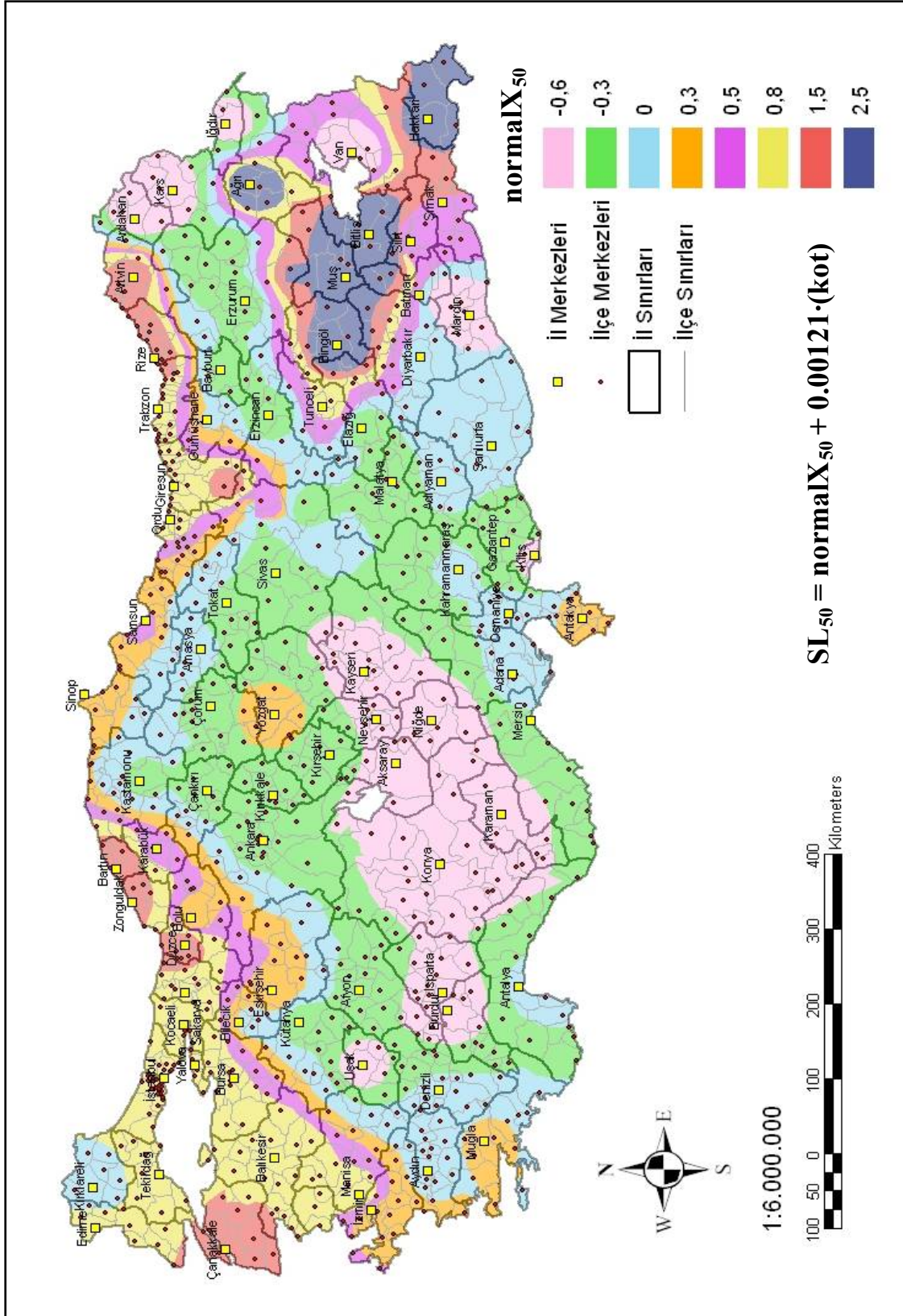
Şekil 25.'de Doğu Anadolu bölgesi il merkezleri için, Özgen tarafından hazırlanan Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen  $SL_{50}$  (Özgen,2007) değerleri ile bu çalışmada hazırlanmış Doğu Anadolu bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen  $SL_{50}$  değerleri arasındaki farklar, Şekil 26.'da Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için,  $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerleri ile  $SL_{50}$  değerleri arasındaki farklar görülmektedir.

Şekil 25.'den görüldüğü üzere, Doğu Anadolu bölgesi il merkezleri için her iki haritadan elde edilen zemin kar yükü değerleri arasında en küçük fark Kars il merkezinde, en büyük fark ise Bitlis il merkezinde olmaktadır. Ardahan, Iğdır, Van il merkezlerinde ise değerler birbirine oldukça yakın çıkmaktadır. Iğdır ve Hakkari il merkezlerinde  $SL_{50}$  değeri,  $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerinden küçük çıkmaktadır.

Tablo24.'deki değerlerin  $SL_{50}/ SL_{50}$  (Özgen,2007) değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanması ile Şekil 26.'da görülen  $SL_{50}$  değerleri ile  $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerleri arasındaki farkın daha net görülmesi sağlanmıştır.

Tablo 24.'de görüldüğü üzere 13 tane il ve ilçe merkezinde  $SL_{50}/ SL_{50}$  (Özgen,2007) oranı 0,63 - 0,96 değerleri arasında değişmektedir. Sadece bu il ve ilçe merkezleri için Özgen tarafından hazırlanan haritanın verdiği değerler, bu çalışmada hazırlanan haritanın verdiği değerlerden büyük çıkmaktadır. 80 tane il ve ilçe merkezinde  $SL_{50}/ SL_{50}$ (Özgen,2007) oranı 1,03–1,50 değerleri arasında değişmektedir. 31 tane il ve ilçe merkezinde ise  $SL_{50}/ SL_{50}$ (Özgen,2007) oranı 1,51-2,45 arasında değişmektedir. Bu 31 il ve ilçe merkezleri için zemin kar yükü değerleri arasında büyük farklılıklar vardır.

Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için karşılaştırılması yapılan haritalardan elde edilen zemin kar yüklerinin farklı olmasının nedenleri, bu çalışmada yapılan bölgeselleştirmede sadece Doğu Anadolu bölgesi ve bu bölgenin komşu il ve ilçelerinin istasyonlarının kar yükü verileri kullanılmış, (Özgen, 2007) tarafından hazırlanan haritada ise tüm Türkiye'deki 1. ve 2. sınıf istasyonların kar yükü verileri kullanılmıştır. Dolayısıyla Türkiye'de karın az yağdığı istasyonların haritadaki değerleri düşürmede etkisi olduğu söylenebilir. İşlemlerde kullanılan değerlerde virgülden sonraki hassasiyet, istasyon verilerine göre istatistiksel olarak hesaplanan kar yükü değerlerinin farklı olması, her iki çalışmada Normal $X_{50}$  değerlerini elde edinceye kadar olan hesap kısmında ki farklılıklar,

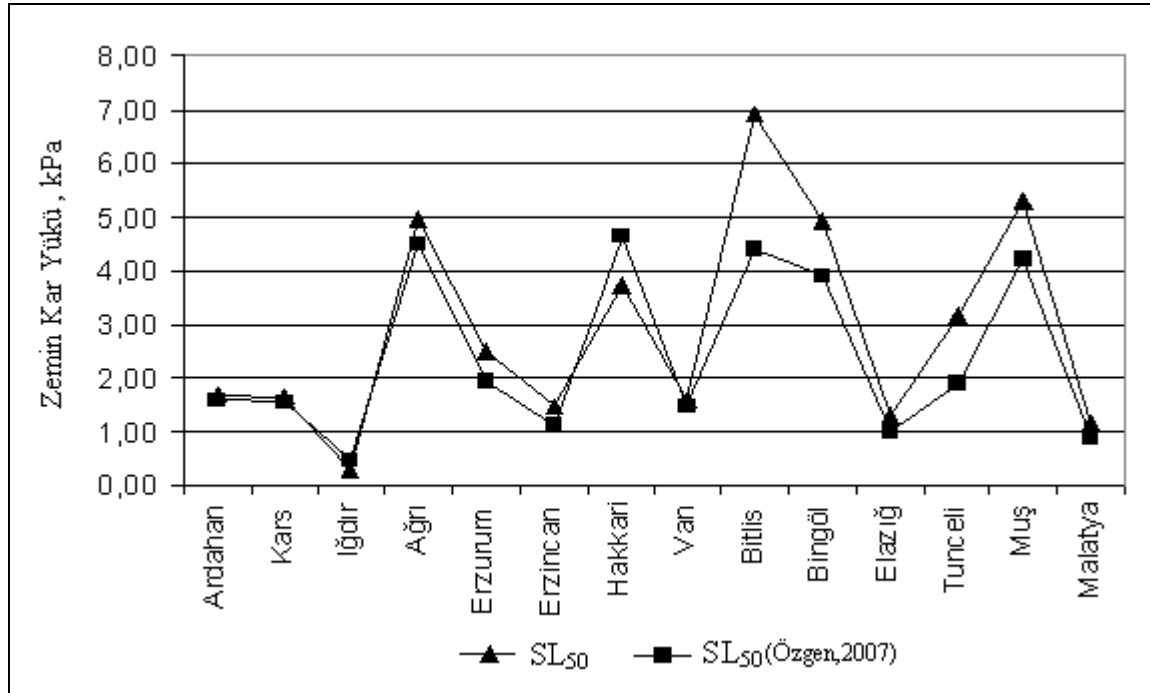


Şekil 24. Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası (Özgen,2007)

gibi nedenlerde haritanın hazırlanmasında veri olarak girilen Normal $X_{50}$  değerini değiştirmiştir, bu da haritaların farklı olmasında etkili olmuştur denebilir. Bu haritaların hazırlanması sırasında istasyonların yerleri harita katmanı üzerinde çalışmayı yapan kişi tarafından elle işaretlendiğinden, ne kadar fazla özen gösterilmiş olsa da, farklı olması kaçınılmazdır. Bu durum da analizlerin farklı çıkmasına azda olsa neden olmuş olabilir.

Doğu Anadolu bölgesi zemin kar yükü haritasından elde edilen değerlerin, Türkiye zemin kar yükü haritasından elde edilen değerlerden daha büyük olduğu ve aynı zamanda bölgesel olarak hazırlandığından daha hassas olduğu Tablo 24.'de görülmektedir.

Sonuç olarak Türkiye'de 1.sınıf ve 2. sınıf istasyon sayısının artırılması istatistik hesaplamaların daha hassas ve gerçeğe daha yakın sonuçlar alınması için gerekmektedir. Bununla beraber bölgeler hatta kar yağışının önemli olduğu iller bazında zemin kar yükü haritalarının hazırlanması gerekmektedir.



Şekil 25. Doğu Anadolu bölgesi il merkezleri için SL<sub>50</sub> ve SL<sub>50</sub>(Özgen,2007) değerleri

Tablo 24. Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için  $SL_{50}$  ve  $SL_{50}$ (Özgen,2007) değerleri

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	Normal $X_{50}$	$SL_{50}$ (kPa)	Normal $X_{50}$ (Özgen,2007)	$SL_{50}$ (Özgen,2007) (kPa)	$SL_{50}/SL_{50}$ (Özgen,2007)
Karakoyunlu	844	-1	0,26	-0,6	0,42	0,63
Iğdır	860	-1	0,29	-0,6	0,44	0,65
Oltu	1280	-1	0,92	-0,3	1,25	0,73
Çukurca	1340	1,1	3,11	2,5	4,12	0,75
Şemdinli	1420	1,1	3,23	2,5	4,22	0,77
Hakkari	1748	1,1	3,72	2,5	4,62	0,81
Yüksekova	1900	1,1	3,95	2,5	4,80	0,82
Posof	1540	-1	1,31	-0,3	1,56	0,84
Tortum	1600	-1	1,40	-0,3	1,64	0,85
Digor	1640	-1	1,46	-0,3	1,68	0,86
Keban	816	-0,3	0,92	0	0,99	0,93
Tutak	1565	1,8	4,14	2,5	4,39	0,94
Eleşkirt	1810	1,8	4,51	2,5	4,69	0,96
Akyaka	1530	-1	1,29	-0,6	1,25	1,03
Başkale	2000	1,1	4,10	1,5	3,92	1,04
Arpaçay	1690	-1	1,53	-0,6	1,44	1,06
Van	1727	-1	1,59	-0,6	1,49	1,07
Susuz	1750	-1	1,62	-0,6	1,52	1,07
Kars	1768	-1	1,65	-0,6	1,54	1,07
Ardahan	1800	-1	1,70	-0,6	1,58	1,08
Hanak	1820	-1	1,73	-0,6	1,60	1,08
Selim	1847	-1	1,77	-0,6	1,63	1,08
Çıldır	1910	-1	1,86	-0,6	1,71	1,09
Solhan	1410	2,5	4,61	2,5	4,21	1,10
Göle	2030	-1	2,04	-0,6	1,86	1,10
Adaklı	1520	2,5	4,78	2,5	4,34	1,10
Ağrı	1632	2,5	4,94	2,5	4,47	1,11
Damal	2110	-1	2,16	-0,6	1,95	1,11
Hamur	1690	2,5	5,03	2,5	4,54	1,11
Pertek	1100	0,4	2,05	0,5	1,83	1,12
Maden	1100	0,4	2,05	0,5	1,83	1,12
Özalp	2075	0,4	3,51	0,5	3,01	1,17
Arıcak	1080	1,8	3,42	1,5	2,81	1,22
Karakoçan	1090	1,8	3,43	1,5	2,82	1,22
Ahlat	1720	3,2	5,78	2,5	4,58	1,26
Varto	1530	3,2	5,49	2,5	4,35	1,26
Muş	1404	3,2	5,30	2,5	4,20	1,26
Korkut	1400	3,2	5,30	2,5	4,19	1,26
Hasköy	1345	3,2	5,21	2,5	4,13	1,26
Bingöl	1151	3,2	4,92	2,5	3,89	1,26
Genç	1010	3,2	4,71	2,5	3,72	1,27
Sarıkamış	2060	-0,3	2,79	-0,3	2,19	1,27
Erzurum	1853	-0,3	2,48	-0,3	1,94	1,27
Şenkaya	1850	-0,3	2,47	-0,3	1,94	1,27

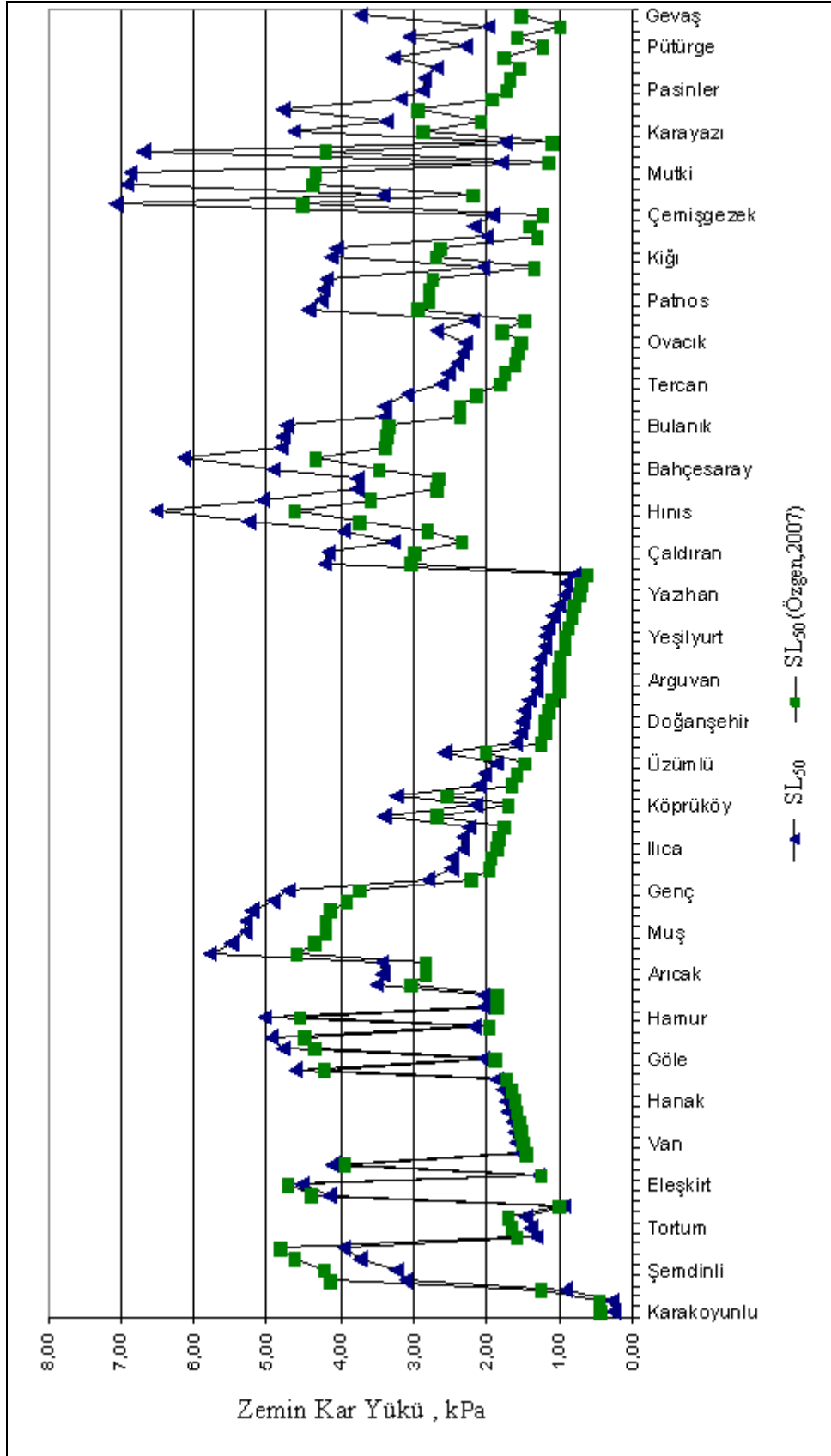


Tablo 24.'ün devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	NormalX <sub>50</sub>	SL <sub>50</sub> (kPa)	NormalX <sub>50</sub> (Özgen,2007)	SL <sub>50</sub> (Özgen,2007) (kPa)	SL <sub>50</sub> /SL <sub>50</sub> (Özgen,2007)
Ilıca	1760	-0,3	2,34	-0,3	1,83	1,28
Otlukbeli	1755	-0,3	2,33	-0,3	1,82	1,28
Narman	1700	-0,3	2,25	-0,3	1,76	1,28
Nazimiye	1530	1,1	3,39	0,8	2,65	1,28
Köprüköy	1635	-0,3	2,15	-0,3	1,68	1,28
Mazgirt	1430	1,1	3,24	0,8	2,53	1,28
Doğubayazıt	1600	-0,3	2,10	-0,3	1,64	1,28
Horasan	1540	-0,3	2,01	-0,3	1,56	1,28
Üzümlü	1450	-0,3	1,87	-0,3	1,45	1,29
Kovancılar	980	1,1	2,57	0,8	1,99	1,29
Sivrice	1266	-0,3	1,60	-0,3	1,23	1,30
Baskil	1220	-0,3	1,53	-0,3	1,18	1,30
Doğanşehir	1210	-0,3	1,51	-0,3	1,16	1,30
Erzincan	1185	-0,3	1,48	-0,3	1,13	1,30
Uzundere	1140	-0,3	1,41	-0,3	1,08	1,30
Tuzluca	1075	-0,3	1,31	-0,3	1,00	1,31
Arguvan	1075	-0,3	1,31	-0,3	1,00	1,31
Elazığ	1067	-0,3	1,30	-0,3	0,99	1,31
Akçadağ	1050	-0,3	1,27	-0,3	0,97	1,31
Darende	1000	-0,3	1,20	-0,3	0,91	1,32
Yeşilyurt	1000	-0,3	1,20	-0,3	0,91	1,32
Malatya	964	-0,3	1,14	-0,3	0,87	1,32
Doğanyol	920	-0,3	1,08	-0,3	0,81	1,33
Battalgazi	885	-0,3	1,03	-0,3	0,77	1,33
Yazıhan	825	-0,3	0,94	-0,3	0,70	1,34
Aralık	813	-0,3	0,92	-0,3	0,68	1,34
Kale	740	-0,3	0,81	-0,3	0,60	1,36
Saray	2080	1,1	4,22	0,5	3,02	1,40
Çaldıran	2040	1,1	4,16	0,5	2,97	1,40
Diyadin	1925	0,4	3,28	0	2,33	1,41
Çat	1895	1,1	3,94	0,5	2,79	1,41
Karlıova	1830	2,5	5,24	1,5	3,71	1,41
Hınıs	1750	3,9	6,52	2,5	4,62	1,41
Adilcevaz	1700	2,5	5,05	1,5	3,56	1,42
Muradiye	1780	1,1	3,77	0,5	2,65	1,42
Erciş	1775	1,1	3,76	0,5	2,65	1,42
Bahçesaray	1620	2,5	4,93	1,5	3,46	1,42
Hizan	1500	3,9	6,15	2,5	4,32	1,42
Karaçoban	1545	2,5	4,81	1,5	3,37	1,43
Malazgirt	1530	2,5	4,79	1,5	3,35	1,43
Bulanık	1500	2,5	4,75	1,5	3,32	1,43
Pülümür	1535	1,1	3,40	0,5	2,36	1,44
Hozat	1530	1,1	3,39	0,5	2,35	1,44
Gürpınar	2250	-0,3	3,07	-0,6	2,12	1,45

Tablo 24.'ün devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	NormalX <sub>50</sub>	SL <sub>50</sub> (kPa)	NormalX <sub>50</sub> (Özgen,2007)	SL <sub>50</sub> (Özgen,2007) (kPa)	SL <sub>50</sub> /SL <sub>50</sub> (Özgen,2007)
Tercan	1475	0,4	2,61	0	1,78	1,46
Kağızman	1420	0,4	2,53	0	1,72	1,47
Olur	1325	0,4	2,38	0	1,60	1,49
Kuluncak	1280	0,4	2,32	0	1,55	1,50
Ovacık	1250	0,4	2,27	0	1,51	1,50
Alacakaya	1060	1,1	2,69	0,5	1,78	1,51
Arapgir	1200	0,4	2,20	0	1,45	1,51
Taşlıçay	1760	1,8	4,44	0,8	2,93	1,51
Patnos	1635	1,8	4,25	0,8	2,78	1,53
Çatak	1625	1,8	4,23	0,8	2,77	1,53
Yayladere	1600	1,8	4,20	0,8	2,74	1,53
Kemah	1100	0,4	2,05	0	1,33	1,54
Kiğı	1550	1,8	4,12	0,8	2,68	1,54
Yedisu	1500	1,8	4,05	0,8	2,62	1,55
İliç	1060	0,4	1,99	0	1,28	1,55
Edremit	1650	-0,3	2,17	-0,6	1,40	1,56
Çemişgezek	1000	0,4	1,90	0	1,21	1,57
Tatvan	1655	4,6	7,08	2,5	4,50	1,57
Refahiye	1550	1,1	3,42	0,3	2,18	1,57
Bitlis	1545	4,6	6,91	2,5	4,37	1,58
Mutki	1510	4,6	6,86	2,5	4,33	1,59
Kemaliye	925	0,4	1,79	0	1,12	1,60
Güroymak	1400	4,6	6,70	2,5	4,19	1,60
Ağın	900	0,4	1,75	0	1,09	1,61
Karayazı	2360	1,1	4,64	0	2,86	1,62
Palu	1050	1,8	3,37	0,8	2,07	1,63
Tekman	2000	1,8	4,80	0,5	2,92	1,64
Tunceli	914	1,8	3,17	0,8	1,91	1,66
Pasinler	1660	0,4	2,89	-0,3	1,71	1,69
Aşkale	1625	0,4	2,83	-0,3	1,67	1,70
Çayırlı	1520	0,4	2,68	-0,3	1,54	1,74
Pazaryolu	1450	1,1	3,27	0	1,75	1,86
Pütürge	1250	0,4	2,27	-0,3	1,21	1,87
İspir	1300	1,1	3,05	0	1,57	1,94
Hekimhan	1050	0,4	1,97	-0,3	0,97	2,03
Gevaş	1750	1,1	3,72	-0,6	1,52	2,45



Şekil 26. Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen SL<sub>50</sub> ve SL<sub>50</sub>(Özgen,2007) değerleri

## 2.9. Belirlenen Zemin Kar Yüklerinin Türk Standartlarında Önerilen Yüklerle Karşılaştırılması

Bu bölümde, bu çalışmada OTS'si 50 yıl ve 100 yıla göre elde edilen haritalar yardımıyla Doğu Anadolu bölgesinin il ve ilçe merkezleri için belirlenen zemin kar yükleri ile TS 498'e göre belirlenen zemin kar yükleri karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde bu çalışmada Doğu Anadolu bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1.sınıf istasyonların kar-su eşdeğerlerinden ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden yararlanılarak OTS'si 50 yıl ve 100 yıla göre hesaplanan zemin kar yüklerinden, Doğu Anadolu bölgesindeki istasyonlara ait zemin kar yükleri ile TS 498 ve TS 7046'ya göre belirlenen zemin kar yükleri ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Doğu Anadolu bölgesindeki il ve ilçe merkezi için, TS 498'in il ve ilçe merkezleri için kar yağış yüksekliği bölgelerine ve denizden yüksekliklerine göre önerdiği kar yükü  $P_{ko}$  (kPa) değerleri ve bu çalışmada OTS'si 50 yıla göre elde edilen haritalardan okunan  $NormalX_{50}$  (kPa) değerleri ile il ve ilçe merkezi kotları yardımıyla haritadaki denklemden elde edilen  $SL_{50}$ (kPa) değerleri Tablo 25.'de verilmektedir. Aynı şekilde  $P_{ko}$  (kPa) değerleri ile OTS'si 100 yıla göre elde edilen haritalardan okunan  $NormalX_{100}$  (kPa) değerleri ile il ve ilçe merkezleri kotları yardımıyla haritadaki denklemden elde edilen  $SL_{100}$ (kPa) değerleri Tablo 26.'de verilmektedir.

Tablo 25.'ten görüldüğü üzere il ve ilçe merkezlerinin 52 tanesinin  $P_{ko}/SL_{50}$  oranı 0,18 - 0,50 arasında değişmekte ve bu merkezler için  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerinden çok küçük çıkmaktadır. İl ve ilçe merkezlerinin 41 tanesinde  $P_{ko}/SL_{50}$  oranı 0,53 -0,93 arasında değişmekte ve  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerinden küçük çıkmaktadır. İl ve ilçe merkezlerinin 7 tanesinin  $P_{ko}/SL_{50}$  oranı 0,98-1,06 oranında değişmekte olup,  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerine çok yakındır. İl ve ilçe merkezlerinin 22 tanesinin  $P_{ko}/SL_{50}$  oranı 1,07-1,63 oranında değişmekte olup  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerinden büyük çıkmaktadır. Iğdır ve Karakoyunlu için  $P_{ko}/SL_{50}$  oranı sırasıyla 3,30 ve 3,59 şeklinde değişmekte olup  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerinden çok büyük çıkmaktadır.

Tablo 25.'ten anlaşıldığı üzere, Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için TS 498'e göre hesaplanan zemin kar yükleri, bu çalışmada OTS'si 50 yıl olarak hazırlanan haritaya göre hesaplanan zemin kar yükleriyle karşılaştırıldığında, % 75 oranında emniyetsiz, % 5,6 oranında harita ile denk, % 19,4 oranında ise aşırı emniyetli çıkmaktadır.

Tablo 25. Doğu Anadolu bölgesindeki il ve ilçe merkezleri için önerilen  $P_{ko}$ (kPa) ve  $SL_{50}$ (kPa) değerleri

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	$P_{ko}$ (kPa)	Normal $X_{50}$	$SL_{50}$ (kPa)	$P_{ko}/SL_{50}$
Ardahan	4	1800	1,84	-1	1,70	1,08
Posof	4	1540	1,84	-1	1,31	1,41
Damal	4	2110	1,84	-1	2,16	0,85
Hanak	4	1820	1,84	-1	1,73	1,07
Çıldır	4	1910	1,84	-1	1,86	0,99
Göle	4	2030	1,84	-1	2,04	0,90
Kars	4	1768	1,84	-1	1,65	1,12
Arpaçay	4	1690	1,84	-1	1,53	1,20
Susuz	4	1750	1,84	-1	1,62	1,13
Akyaka	4	1530	1,84	-1	1,29	1,42
Selim	4	1847	1,84	-1	1,77	1,04
Sarıkamış	4	2060	1,84	-0,3	2,79	0,66
Digor	4	1640	1,84	-1	1,46	1,26
Kağızman	2	1420	1,16	0,4	2,53	0,46
İğdir	2	860	0,95	-1	0,29	3,30
Tuzluca	2	1075	1,16	-0,3	1,31	0,89
Karakoyunlu	2	844	0,95	-1	0,26	3,59
Aralık	2	813	0,95	-0,3	0,92	1,04
Ağrı	4	1632	1,84	2,5	4,94	0,37
Eleşkirt	4	1810	1,84	1,8	4,51	0,41
Tutak	4	1565	1,84	1,8	4,14	0,44
Hamur	4	1690	1,84	2,5	5,03	0,37
Taşlıçay	4	1760	1,84	1,8	4,44	0,41
Doğubayazıt	2	1600	1,21	-0,3	2,10	0,58
Diyadin	2	1925	1,21	0,4	3,28	0,37
Patnos	4	1635	1,84	1,8	4,25	0,43
Erzurum	3	1853	1,55	-0,3	2,48	0,63
Olur	3	1325	1,49	0,4	2,38	0,62
Şenkaya	3	1850	1,55	-0,3	2,47	0,63
Oltu	3	1280	1,49	-1	0,92	1,62
Uzundere	3	1140	1,49	-0,3	1,41	1,06
İspir	3	1300	1,49	1,1	3,05	0,49
Pazaryolu	3	1450	1,49	1,1	3,27	0,46
Narman	3	1700	1,55	-0,3	2,25	0,69
Tortum	3	1600	1,55	-1	1,40	1,11
Horasan	3	1540	1,55	-0,3	2,01	0,77
Köprüköy	3	1635	1,55	-0,3	2,15	0,72
Pasinler	3	1660	1,55	0,4	2,89	0,54
Aşkale	3	1625	1,55	0,4	2,83	0,55
Çat	3	1895	1,55	1,1	3,94	0,39
Tekman	3	2000	1,55	1,8	4,80	0,32
Hınıs	4	1750	1,84	3,9	6,52	0,28
Karaçoban	4	1545	1,84	2,5	4,81	0,38

Tablo 25.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	P <sub>ko</sub> (kPa)	NormalX <sub>50</sub>	SL <sub>50</sub> (kPa)	P <sub>ko</sub> /SL <sub>50</sub>
Karayazı	4	2360	1,84	1,1	4,64	0,40
İlica	3	1760	1,55	-0,3	2,34	0,66
Erzincan	3	1185	1,49	-0,3	1,48	1,01
Otlukbeli	3	1755	1,55	-0,3	2,33	0,67
Tercan	3	1475	1,49	0,4	2,61	0,57
Çayırlı	3	1520	1,55	0,4	2,68	0,58
Üzümlü	3	1450	1,49	-0,3	1,87	0,80
Kemah	3	1100	1,49	0,4	2,05	0,73
Refahiye	3	1550	1,55	1,1	3,42	0,45
İliç	3	1060	1,49	0,4	1,99	0,75
Kemaliye	4	925	1,6	0,4	1,79	0,90
Tunceli	4	914	1,6	1,8	3,17	0,50
Pülümür	4	1535	1,84	1,1	3,40	0,54
Nazimiye	4	1530	1,84	1,1	3,39	0,54
Ovacık	4	1250	1,76	0,4	2,27	0,77
Çemişgezek	4	1000	1,6	0,4	1,90	0,84
Hozat	4	1530	1,84	1,1	3,39	0,54
Mazgirt	4	1430	1,76	1,1	3,24	0,54
Pertek	4	1100	1,76	0,4	2,05	0,86
Bingöl	4	1151	1,76	3,2	4,92	0,36
Yedisu	4	1500	1,76	1,8	4,05	0,43
Karlıova	4	1830	1,84	2,5	5,24	0,35
Yayladere	4	1600	1,84	1,8	4,20	0,44
Kiğı	4	1550	1,84	1,8	4,12	0,45
Adaklı	4	1520	1,84	2,5	4,78	0,39
Solhan	4	1410	1,76	2,5	4,61	0,38
Genç	2	1010	1,16	3,2	4,71	0,25
Bitlis	4	1545	1,84	4,6	6,91	0,27
Adilcevaz	4	1700	1,84	2,5	5,05	0,36
Ahlat	4	1720	1,84	3,2	5,78	0,32
Güroymak	4	1400	1,76	4,6	6,70	0,26
Tatvan	4	1655	1,84	4,6	7,08	0,26
Mutki	2	1510	1,21	4,6	6,86	0,18
Hizan	4	1500	1,76	3,9	6,15	0,29
Elazığ	3	1067	1,49	-0,3	1,30	1,15
Ağın	4	900	1,5	0,4	1,75	0,86
Keban	4	816	1,5	-0,3	0,92	1,63
Baskil	3	1220	1,49	-0,3	1,53	0,98
Sivrice	3	1266	1,49	-0,3	1,60	0,93
Maden	3	1100	1,49	0,4	2,05	0,73
Alacakaya	3	1060	1,49	1,1	2,69	0,55
Kovancılar	3	980	1,35	1,1	2,57	0,53
Arıcak	3	1080	1,49	1,8	3,42	0,44
Palu	3	1050	1,49	1,8	3,37	0,44

Tablo 25.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	$P_{ko}$ (kPa)	Normal $X_{50}$	$SL_{50}$ (kPa)	$P_{ko}/SL_{50}$
Karakoçan	3	1090	1,49	1,8	3,43	0,43
Malatya	3	964	1,35	-0,3	1,14	1,18
Arapgir	4	1200	1,76	0,4	2,20	0,80
Arguvan	4	1075	1,76	-0,3	1,31	1,34
Hekimhan	3	1050	1,49	0,4	1,97	0,76
Kuluncak	3	1280	1,49	0,4	2,32	0,64
Darende	3	1000	1,35	-0,3	1,20	1,13
Yazihan	3	825	1,3	-0,3	0,94	1,39
Akçadağ	3	1050	1,49	-0,3	1,27	1,17
Battalgazi	3	885	1,3	-0,3	1,03	1,27
Yeşilyurt	3	1000	1,35	-0,3	1,20	1,13
Kale	3	740	1,25	-0,3	0,81	1,55
Doğanyol	3	920	1,35	-0,3	1,08	1,25
Pütürge	3	1250	1,49	0,4	2,27	0,66
Doğanşehir	3	1210	1,49	-0,3	1,51	0,99
Van	4	1727	1,84	-1	1,59	1,16
Erciş	4	1775	1,84	1,1	3,76	0,49
Çaldıran	2	2040	1,21	1,1	4,16	0,29
Muradiye	2	1780	1,21	1,1	3,77	0,32
Özalp	2	2075	1,21	0,4	3,51	0,34
Saray	2	2080	1,21	1,1	4,22	0,29
Edremit	4	1650	1,84	-0,3	2,17	0,85
Gevaş	4	1750	1,84	1,1	3,72	0,49
Gürpınar	4	2250	1,84	-0,3	3,07	0,60
Bahçesaray	4	1620	1,84	2,5	4,93	0,37
Çatak	4	1625	1,84	1,8	4,23	0,43
Başkale	4	2000	1,84	1,1	4,10	0,45
Hakkari	4	1748	1,84	1,1	3,72	0,49
Yüksekova	4	1900	1,84	1,1	3,95	0,47
Şemdinli	4	1420	1,76	1,1	3,23	0,55
Çukurca	4	1340	1,76	1,1	3,11	0,57
Muş	3	1404	1,49	3,2	5,30	0,28
Malazgirt	4	1530	1,84	2,5	4,79	0,38
Bulanık	4	1500	1,76	2,5	4,75	0,37
Korkut	4	1400	1,76	3,2	5,30	0,33
Hasköy	4	1345	1,76	3,2	5,21	0,34
Varto	4	1530	1,84	3,2	5,49	0,34

Tablo 26.'dan görüldüğü üzere il ve ilçe merkezlerinin 60 tanesinin  $P_{ko}/SL_{100}$  oranı 0,15 - 0,50 arasında değişmekte ve bu merkezler için  $P_{ko}$  değeri  $SL_{100}$  değerinden çok küçük çıkmaktadır. İl ve ilçe merkezlerinin 41 tanesinde  $P_{ko}/SL_{100}$  oranı 0,51 - 0,95

arasında değişmekte ve  $P_{ko}$  değeri  $SL_{100}$  değerinden küçük çıkmaktadır. İl ve ilçe merkezlerinin 7 tanesinin  $P_{ko}/SL_{100}$  oranı 0,97-1,05 oranında değişmekte olup,  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerine çok yakındır. İl ve ilçe merkezlerinin 11 tanesinin  $P_{ko}/SL_{100}$  oranı 1,08-1,41 oranında değişmekte olup  $P_{ko}$  değeri  $SL_{50}$  değerinden büyük çıkmaktadır. İl ve ilçe merkezlerinin 5 tanesinin  $P_{ko}/SL_{100}$  oranı 2,14 - 2,96 arasında değişmekte olup  $P_{ko}$  değeri  $SL_{100}$  değerinden çok büyük çıkmaktadır.

Tablo 26.'dan anlaşıldığı üzere Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için TS 498'e göre hesaplanan zemin kar yükleri, OTS'si 100 yıl olarak hazırlanan haritaya göre hesaplanan zemin kar yükleriyle karşılaştırıldığında, % 81,5 oranında emniyetsiz , % 5,6 oranında harita ile denk, % 12,9 oranında ise aşırı emniyetli çıkmaktadır.

Şekil 27.'de Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen  $P_{ko}$  ve  $SL_{50}$  değerleri arasındaki farklar görülmektedir.

Şekil 28.'de Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen  $P_{ko}$  ve  $SL_{100}$  değerleri arasındaki farklar görülmektedir.

Tablo 26. Doğu Anadolu bölgesindeki il ve ilçe merkezleri için önerilen  $P_{ko}$ (kPa) ve  $SL_{100}$ (kPa) değerleri

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	$P_{ko}$ (kPa)	Normal $X_{100}$	$SL_{100}$ (kPa)	$P_{ko}/SL_{100}$
Ardahan	4	1800	1,84	-1,1	1,93	0,95
Posof	4	1540	1,84	-1,1	1,49	1,23
Damal	4	2110	1,84	-1,1	2,45	0,75
Hanak	4	1820	1,84	-1,1	1,96	0,94
Çıldır	4	1910	1,84	-1,1	2,12	0,87
Göle	4	2030	1,84	-1,1	2,32	0,79
Kars	4	1768	1,84	-1,1	1,88	0,98
Arpaçay	4	1690	1,84	-1,1	1,75	1,05
Susuz	4	1750	1,84	-1,1	1,85	1,00
Akyaka	4	1530	1,84	-1,1	1,48	1,25
Selim	4	1847	1,84	-1,1	2,01	0,92
Sarıkamış	4	2060	1,84	-0,3	3,17	0,58
Digor	4	1640	1,84	-1,1	1,66	1,11
Kağızman	2	1420	1,16	0,5	2,89	0,40
İğdir	2	860	0,95	-1,1	0,35	2,73
Tuzluca	2	1075	1,16	-0,3	1,51	0,77
Karakoyunlu	2	844	0,95	-1,1	0,32	2,96
Aralık	2	813	0,95	-0,3	1,07	0,89



Tablo 26.'nın devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	P <sub>ko</sub> (kPa)	NormalX <sub>100</sub>	SL <sub>100</sub> (kPa)	P <sub>ko</sub> /SL <sub>100</sub>
Ağrı	4	1632	1,84	3	5,75	0,32
Eleşkirt	4	1810	1,84	2,2	5,25	0,35
Tutak	4	1565	1,84	2,2	4,84	0,38
Hamur	4	1690	1,84	3	5,85	0,31
Taşlıçay	4	1760	1,84	2,2	5,16	0,36
Doğubayazıt	2	1600	1,21	-0,3	2,39	0,51
Diyadin	2	1925	1,21	0,5	3,74	0,32
Patnos	4	1635	1,84	2,2	4,95	0,37
Erzurum	3	1853	1,55	-0,3	2,82	0,55
Olur	3	1325	1,49	0,5	2,73	0,55
Şenkaya	3	1850	1,55	-0,3	2,82	0,55
Oltu	3	1280	1,49	-1,1	1,06	1,41
Uzundere	3	1140	1,49	-0,3	1,62	0,92
İspir	3	1300	1,49	2,2	4,39	0,34
Pazaryolu	3	1450	1,49	1,4	3,84	0,39
Narman	3	1700	1,55	-0,3	2,56	0,60
Tortum	3	1600	1,55	-1,1	1,59	0,97
Horasan	3	1540	1,55	-0,3	2,29	0,68
Köprüköy	3	1635	1,55	-0,3	2,45	0,63
Pasinler	3	1660	1,55	0,5	3,30	0,47
Aşkale	3	1625	1,55	0,5	3,24	0,48
Çat	3	1895	1,55	1,4	4,59	0,34
Tekman	3	2000	1,55	2,2	5,57	0,28
Hınıs	4	1750	1,84	4,7	7,65	0,24
Karaçoban	4	1545	1,84	3	5,60	0,33
Karayazı	4	2360	1,84	1,4	5,37	0,34
İlica	3	1760	1,55	-0,3	2,66	0,58
Erzincan	3	1185	1,49	-0,3	1,70	0,88
Otlukbeli	3	1755	1,55	-0,3	2,66	0,58
Tercan	3	1475	1,49	0,5	2,98	0,50
Çayırlı	3	1520	1,55	0,5	3,06	0,51
Üzümlü	3	1450	1,49	-0,3	2,14	0,70
Kemah	3	1100	1,49	0,5	2,35	0,63
Refahiye	3	1550	1,55	1,4	4,01	0,39
İliç	3	1060	1,49	0,5	2,29	0,65
Kemaliye	4	925	1,6	-0,3	1,26	1,27
Tunceli	4	914	1,6	1,4	2,94	0,54
Pülümür	4	1535	1,84	0,5	3,08	0,60
Nazimiye	4	1530	1,84	1,4	3,98	0,46
Ovacık	4	1250	1,76	0,5	2,61	0,68
Çemişgezek	4	1000	1,6	0,5	2,18	0,73

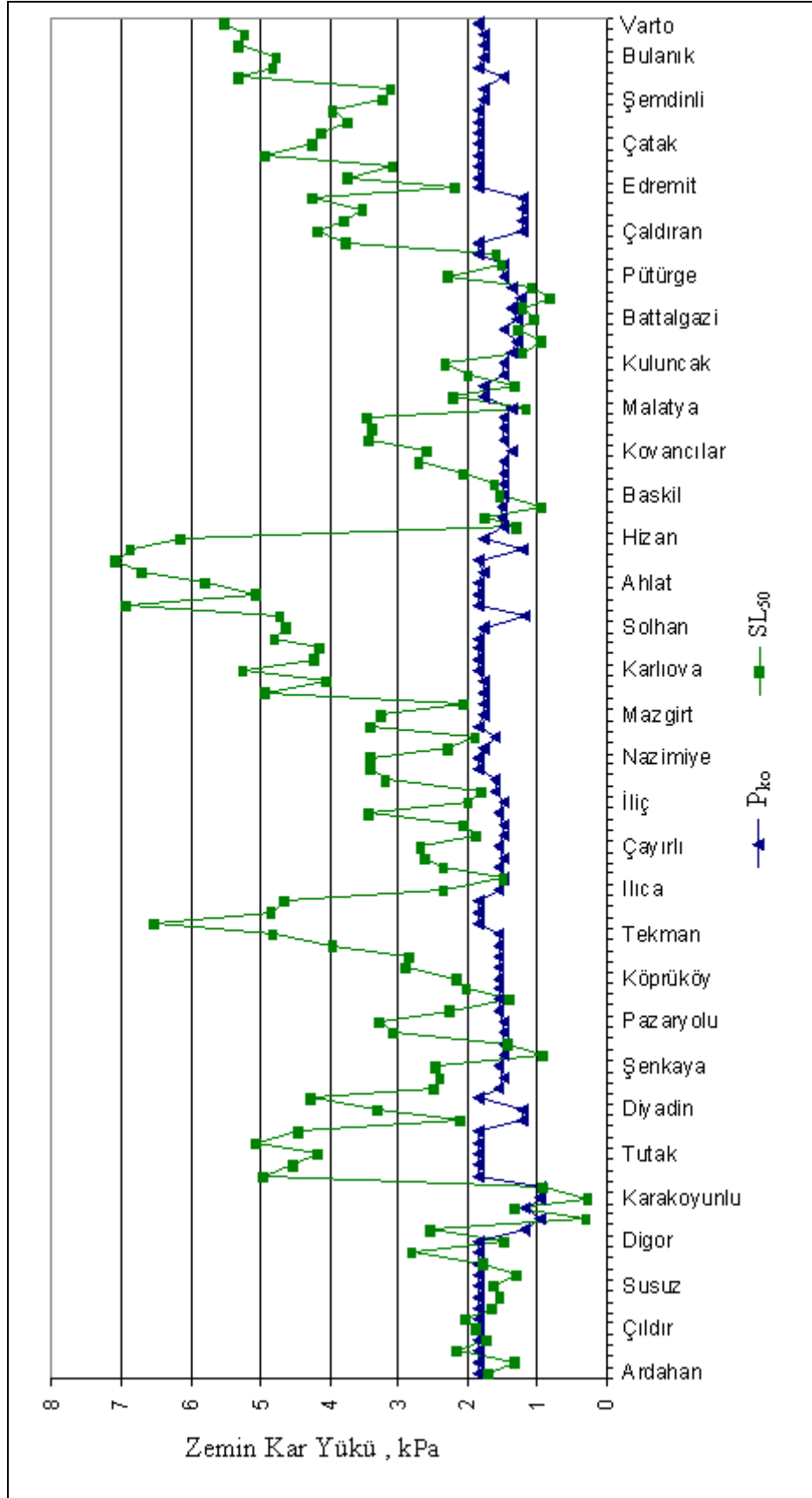
Tablo 26.'nın devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	P <sub>ko</sub> (kPa)	NormalX <sub>100</sub>	SL <sub>100</sub> (kPa)	P <sub>ko</sub> /SL <sub>100</sub>
Hozat	4	1530	1,84	0,5	3,08	0,60
Mazgirt	4	1430	1,76	1,4	3,81	0,46
Pertek	4	1100	1,76	0,5	2,35	0,75
Bingöl	4	1151	1,76	3,9	5,84	0,30
Yedisu	4	1500	1,76	1,4	3,93	0,45
Karlıova	4	1830	1,84	3	6,08	0,30
Yayladere	4	1600	1,84	1,4	4,09	0,45
Kiğı	4	1550	1,84	2,2	4,81	0,38
Adaklı	4	1520	1,84	3	5,56	0,33
Solhan	4	1410	1,76	3	5,37	0,33
Genç	2	1010	1,16	3,9	5,60	0,21
Bitlis	4	1545	1,84	5,5	8,10	0,23
Adilcevaz	4	1700	1,84	3	5,86	0,31
Ahlat	4	1720	1,84	3,9	6,80	0,27
Güroymak	4	1400	1,76	5,5	7,86	0,22
Tatvan	4	1655	1,84	5,5	8,29	0,22
Mutki	2	1510	1,21	5,5	8,04	0,15
Hizan	4	1500	1,76	4,7	7,23	0,24
Elazığ	3	1067	1,49	-1,1	0,70	2,14
Ağın	4	900	1,5	0,5	2,02	0,74
Keban	4	816	1,5	-0,3	1,07	1,40
Baskil	3	1220	1,49	-0,3	1,75	0,85
Sivrice	3	1266	1,49	-0,3	1,83	0,81
Maden	3	1100	1,49	0,5	2,35	0,63
Alacakaya	3	1060	1,49	1,4	3,19	0,47
Kovancılar	3	980	1,35	1,4	3,05	0,44
Arıcak	3	1080	1,49	2,2	4,02	0,37
Palu	3	1050	1,49	1,4	3,17	0,47
Karakoçan	3	1090	1,49	2,2	4,04	0,37
Malatya	3	964	1,35	-1,1	0,52	2,58
Arapgir	4	1200	1,76	-0,3	1,72	1,02
Arguvan	4	1075	1,76	-0,3	1,51	1,17
Hekimhan	3	1050	1,49	0,5	2,27	0,66
Kuluncak	3	1280	1,49	0,5	2,66	0,56
Darende	3	1000	1,35	0,5	2,18	0,62
Yazıhan	3	825	1,3	-0,3	1,09	1,19
Akçadağ	3	1050	1,49	-0,3	1,47	1,01
Battalgazi	3	885	1,3	-0,3	1,19	1,09
Yeşilyurt	3	1000	1,35	-1,1	0,58	2,31
Kale	3	740	1,25	-0,3	0,95	1,32
Doğanyol	3	920	1,35	-0,3	1,25	1,08

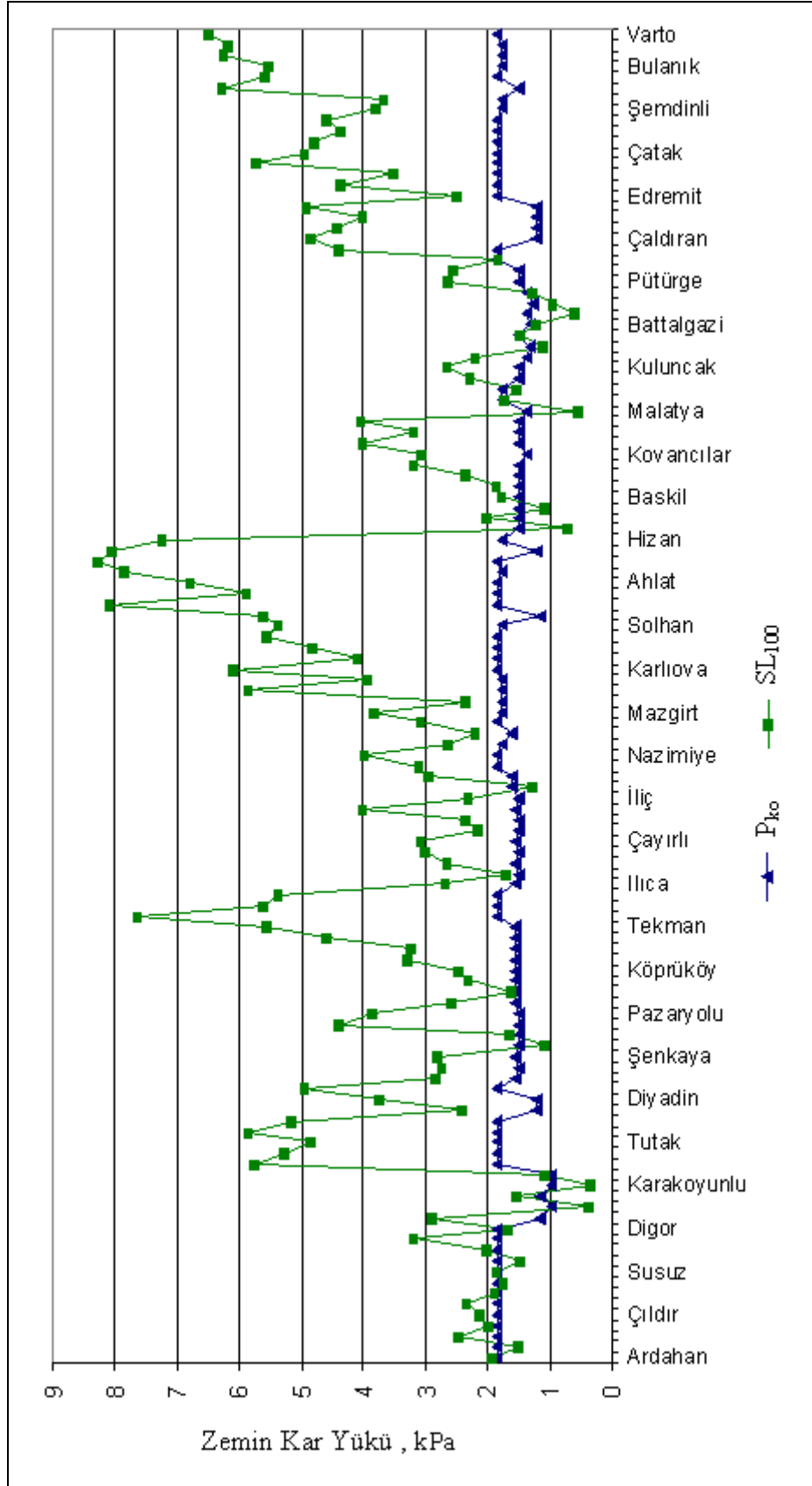
Tablo 26.'nın devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Bölge	Rakım (m)	$P_{ko}$ (kPa)	Normal $X_{100}$	$SL_{100}$ (kPa)	$P_{ko}/SL_{100}$
Pütürge	3	1250	1,49	0,5	2,61	0,57
Doğanşehir	3	1210	1,49	0,5	2,54	0,59
Van	4	1727	1,84	-1,1	1,81	1,02
Erciş	4	1775	1,84	1,4	4,39	0,42
Çaldıran	2	2040	1,21	1,4	4,84	0,25
Muradiye	2	1780	1,21	1,4	4,40	0,28
Özalp	2	2075	1,21	0,5	3,99	0,30
Saray	2	2080	1,21	1,4	4,90	0,25
Edremit	4	1650	1,84	-0,3	2,48	0,74
Gevaş	4	1750	1,84	1,4	4,35	0,42
Gürpınar	4	2250	1,84	-0,3	3,49	0,53
Bahçesaray	4	1620	1,84	3	5,73	0,32
Çatak	4	1625	1,84	2,2	4,94	0,37
Başkale	4	2000	1,84	1,4	4,77	0,39
Hakkari	4	1748	1,84	1,4	4,34	0,42
Yüksekova	4	1900	1,84	1,4	4,60	0,40
Şemdinli	4	1420	1,76	1,4	3,79	0,46
Çukurca	4	1340	1,76	1,4	3,66	0,48
Muş	3	1404	1,49	3,9	6,26	0,24
Malazgirt	4	1530	1,84	3	5,58	0,33
Bulanık	4	1500	1,76	3	5,53	0,32
Korkut	4	1400	1,76	3,9	6,26	0,28
Hasköy	4	1345	1,76	3,9	6,16	0,29
Varto	4	1530	1,84	3,9	6,48	0,28

TS 498'de önerildiği şekliyle kar yükleri, kar yağış yüksekliği bölgelerine ve denizden yüksekliğine göre değişmektedir. Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezlerinin yükseklikleri çoğunlukla TS 498'de önerilen denizden yükseklik değerlerinden büyük olduğu için, kar yükleri bölgelere göre belirli yüksekliklerden sonra sabit olmaktadır. Bu durum Şekil 27.'de  $SL_{50}$  ve  $P_{ko}$  karşılaştırmasında, Şekil 28.'de  $SL_{100}$  ve  $P_{ko}$  karşılaştırmasında rahatlıkla görülmektedir. Dolayısıyla TS 498'de, Doğu Anadolu bölgesi için bu çalışmada hazırlanan haritalara göre büyük çoğunlukta emniyetsiz yükler önerildiği söylenebilir.

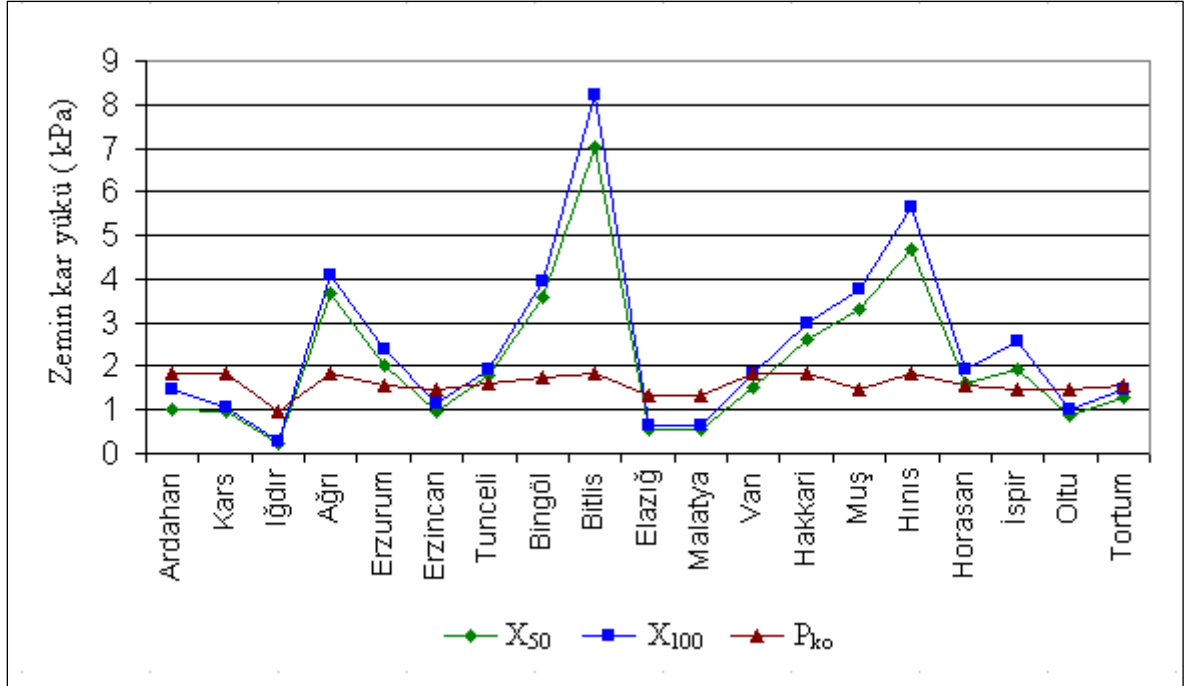


Şekil 27. Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen  $P_{ko}$  ve  $SL_{50}$  değerleri



Şekil 28. Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için belirlenen  $P_{ko}$  ve  $SL_{100}$  değerleri

Şekil 29.'da çalışmada Doğu Anadolu bölgesi 1. ve 2. sınıf istasyonlar için OTS'si 50 yıl ve 100 yıla göre hesaplanan zemin kar yükü değerleri ile TS 498'e göre belirlenen zemin kar yükü değerleri arasında yapılan karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 29. Doğu Anadolu bölgesi 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan X<sub>50</sub> ve X<sub>100</sub> değerleri ile istasyonların bulunduğu yerler için hesaplanan P<sub>ko</sub> değerleri

Şekil 29.'dan da görüldüğü üzere istasyonların bulunduğu yerler baz alındığında, TS 498'e göre belirlenen zemin kar yükü değerleri, Ardahan, Kars, Iğdır, Elazığ, Malatya, Oltu istasyonları için, X<sub>50</sub> ve X<sub>100</sub> zemin kar yükü değerlerinden büyük çıkmakta, özellikle Ağrı, Bingöl, Bitlis, Muş, Hınıs istasyonların bulunduğu yerler için ise X<sub>50</sub> ve X<sub>100</sub> zemin kar yükü değerlerinden oldukça küçük çıkmaktadır. Dolayısıyla TS 498'e göre hesaplanan zemin kar yükü değerlerinin, istasyonların bulunduğu yerler için, istasyonlardan elde edilen zemin kar yükü değerlerine göre büyük çoğunlukta emniyetsiz olduğu, bazı istasyonların bulunduğu yerler için ise ekonomik olmadığı söylenebilir.

Tablo 27.'de Doğu Anadolu bölgesindeki 1. sınıf istasyonların, OTS'si 50 yıla göre hesaplanan  $X_{50}$  (kPa) değerleri ile TS 7046'nın Ek 2.'de belirtilen istatistiki yöntemle göre OTS'si 50 yıl için hesaplanan  $S_o$  (kPa) değerleri, aynı şekilde Doğu Anadolu bölgesindeki 2. sınıf istasyonlar için, OTS'si 50 yıl için belirlenen  $X_{50}$  (kPa) değerleri ile TS 7046'da 2.sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden (E.2.8) yoğunluk denklemi kullanılarak hesaplanan karakteristik zemin kar yükü  $S_o$  (kPa) değerleri,  $X_{50}$  değerlerinin dağılımları ve  $S_o/X_{50}$  oranı verilmektedir.

Tablo 28.'de Doğu Anadolu bölgesindeki 1. sınıf istasyonların, OTS'si 100 yıla göre hesaplanan  $X_{100}$  (kPa) değerleri ile TS 7046'nın Ek 2.'de belirtilen istatistiki yöntemle göre OTS'si 100 yıl için hesaplanan  $S_o$  (kPa) değerleri, aynı şekilde Doğu Anadolu bölgesindeki 2. sınıf istasyonlar için, OTS'si 100 yıl için belirlenen  $X_{100}$  (kPa) değerleri ile TS 7046'da 2.sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden (E.2.8) yoğunluk denklemi kullanılarak hesaplanan karakteristik zemin kar yükü  $S_o$  (kPa) değerleri,  $X_{100}$  değerlerinin dağılımları ve  $S_o/X_{100}$  oranı verilmektedir.

Tablo 27. Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $X_{50}$  (kPa) ve  $S_o$  (kPa) değerleri

İstasyonlar	Sınıf	N	$\bar{X}$	$\sigma$	$S_o$ (kPa)	Dağılımlar	$X_{50}$ (kPa)	$S_o/X_{50}$
Ardahan	1	31	0,501	0,297	1,40	Gumbel	1,03	1,36
Kars	1	31	0,438	0,410	1,67	Gumbel	0,95	1,76
Erzurum	1	31	0,647	0,427	1,93	Lognormal	2,01	0,96
Erzincan	1	31	0,270	0,195	0,86	Lognormal	0,96	0,89
Iğdır	1	30	0,186	0,025	0,26	Gumbel	0,25	1,05
Ağrı	1	30	1,523	1,335	5,56	Weibull	3,66	1,52
Hakkari	1	30	1,336	0,961	4,24	Gumbel	2,64	1,61
Van	1	30	0,423	0,300	1,33	Lognormal	1,50	0,89
Bitlis	1	30	2,563	1,517	7,15	Lognormal	7,04	1,02
Bingöl	1	30	1,431	0,947	4,30	Weibull	3,59	1,20
Elazığ	1	30	0,217	0,141	0,64	Weibull	0,57	1,13
Tunceli	1	30	0,838	0,799	3,26	Weibull	1,77	1,84
Malatya	1	30	0,225	0,128	0,61	Gumbel	0,55	1,11
Muş	2	30	1,785	1,068	5,02	Weibull	3,30	1,52
İspir	2	30	0,659	0,611	2,51	Lognormal	1,95	1,29
Oltu	2	30	0,343	0,289	1,22	Lognormal	0,86	1,42
Tortum	2	30	0,585	0,464	1,99	Gumbel	1,28	1,55
Horasan	2	30	0,686	0,503	2,21	Gumbel	1,63	1,35
Hınıs	2	30	2,128	1,193	5,74	Gumbel	4,69	1,22

Tablo 28. Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $X_{100}$  (kPa) ve  $S_o$  (kPa) değerleri

İstasyonlar	Sınıf	N	$\bar{X}$	$\sigma$	$S_o$ (kPa)	Dağılımlar	$X_{100}$ (kPa)	$S_o/X_{100}$
Ardahan	1	31	0,501	0,297	1,58	Lognormal	1,45	1,09
Kars	1	31	0,438	0,410	1,93	Gumbel	1,06	1,82
Erzurum	1	31	0,647	0,427	2,20	Lognormal	2,41	0,91
Erzincan	1	31	0,270	0,195	0,98	Lognormal	1,17	0,84
İğdir	1	30	0,186	0,025	0,28	Gumbel	0,27	1,03
Ağrı	1	30	1,523	1,335	6,40	Weibull	4,07	1,57
Hakkari	1	30	1,336	0,961	4,85	Gumbel	2,99	1,62
Van	1	30	0,423	0,300	1,52	Lognormal	1,85	0,82
Bitlis	1	30	2,563	1,517	8,11	Lognormal	8,24	0,98
Bingöl	1	30	1,431	0,947	4,89	Weibull	3,96	1,24
Elazığ	1	30	0,217	0,141	0,73	Weibull	0,64	1,14
Tunceli	1	30	0,838	0,799	3,76	Weibull	1,94	1,94
Malatya	1	30	0,225	0,128	0,69	Gumbel	0,62	1,12
Muş	2	30	1,785	1,068	5,69	Weibull	3,75	1,52
İspir	2	30	0,659	0,611	2,89	Lognormal	2,55	1,13
Oltu	2	30	0,343	0,289	1,40	Lognormal	1,02	1,37
Tortum	2	30	0,585	0,464	2,28	Gumbel	1,48	1,54
Horasan	2	30	0,686	0,503	2,52	Gumbel	1,92	1,31
Hınıs	2	30	2,128	1,193	6,49	Gumbel	5,67	1,14

Tablo 27. ve Tablo 28.'deki N, istasyonun kaç yıllık veriye sahip olduğunu,  $\bar{X}$ , istasyona ait zemin kar yükü verilerinin aritmetik ortalamasını,  $\sigma$ , istasyona ait zemin kar yükü verilerinin standart sapmasını,  $S_o$ , ilgili istasyonun (E.2.4) formülü ile OTS'si 50 yıl ve 100 yıla göre hesaplanan zemin kar yükünü vermektedir.

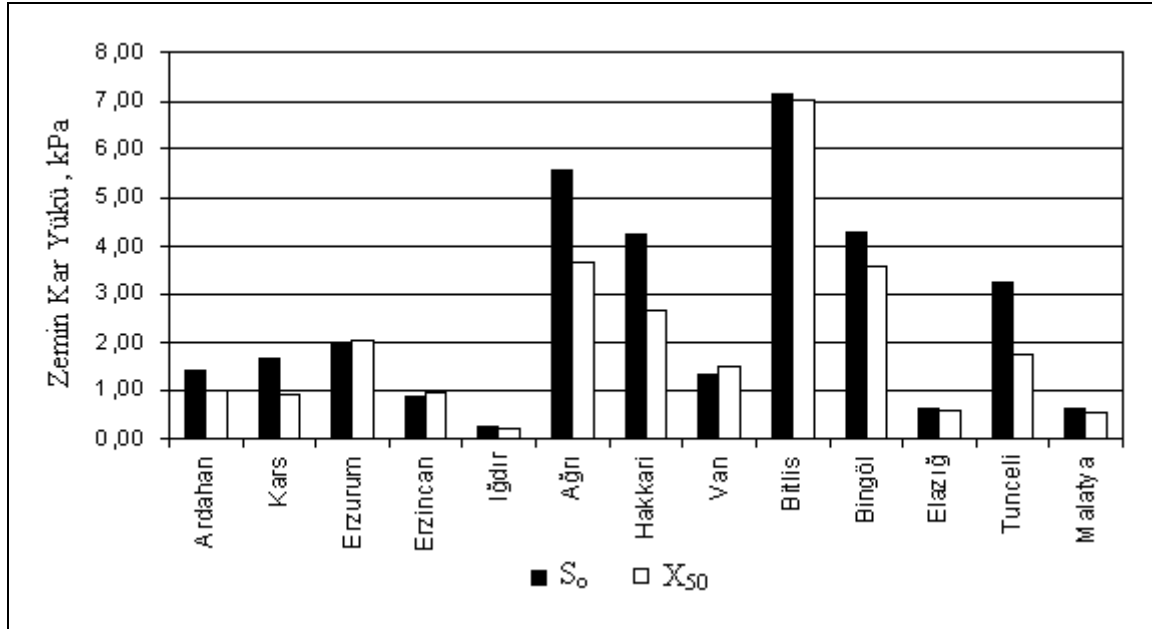
Doğu Anadolu bölgesindeki 1. sınıf istasyonlar için hesaplanan,  $X_{50}$  (kPa) ve  $S_o$  (kPa) değerleri arasındaki fark Şekil 30.'da,  $X_{100}$  (kPa) ve  $S_o$  (kPa) değerleri arasındaki fark ta Şekil 31.'de gösterilmektedir.

Doğu Anadolu bölgesindeki 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan,  $X_{50}$  (kPa) ve  $S_o$  (kPa) değerleri arasındaki fark Şekil 32.'de,  $X_{100}$  (kPa) ve  $S_o$  (kPa) değerleri arasındaki fark ta Şekil 33.'de gösterilmektedir.

Tablo 27.'ye bakıldığında 1. sınıf istasyonlar için 3 istasyon dışında  $S_o$  değeri  $X_{50}$  değerinden büyük çıkmaktadır.  $S_o$  değeri ile  $X_{50}$  değeri arasındaki farkın en büyük olduğu istasyon Ağrı daha sonra da sırasıyla Hakkari ve Tunceli istasyonlarıdır. Ardahan, Ağrı, Hakkari, Kars, Tunceli istasyonları istisna yüklerle sahip olan istasyonlardır.  $S_o$  değerleri genel olarak istisna yüklerin görüldüğü 1. sınıf istasyonlarda  $X_{50}$  değerlerinden büyük



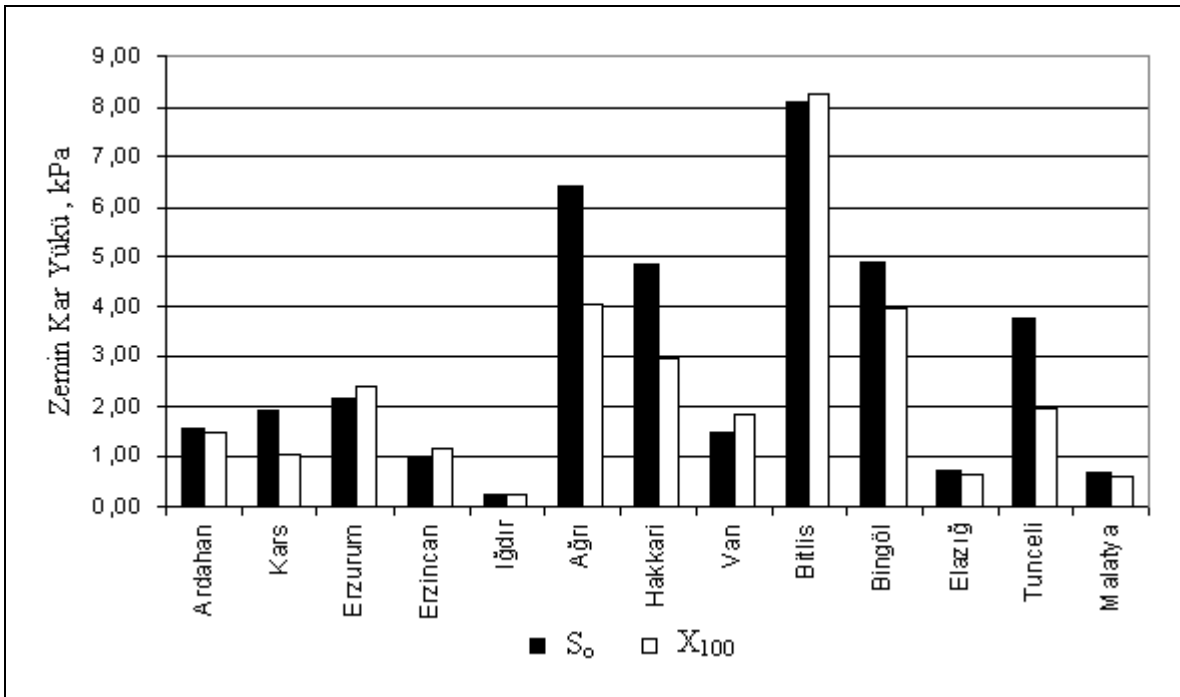
çıkılmaktadır. Bunun nedeni, TS 7046’da istisna yükler dikkate alınmadan zemin kar yüklerinin hesaplanmasının önerilmesidir. İstisna yüklerin görülmediği diğer istasyonlar için  $S_0$  değerleri  $X_{50}$  değerlerine çok yakın çıkmaktadır. Iğdır istasyonuna bakıldığında  $S_0$  değeri  $X_{50}$  değeri ile hemen hemen aynıdır. Bunun sebebi Iğdır istasyonunun istisna yüke sahip olmaması ve dağılımının Gumbel dağılımı olmasıdır. Çünkü TS 7046 standardı dağılım olarak yalnızca Gumbel dağılımının kullanılmasını uygun görmektedir. Diğer dağılımlara sahip istasyonların  $X_{50}$  değerlerinin  $S_0$  değerlerine yakın çıkması TS 7046’nın dağılım olarak sadece Gumbel dağılımını kullanmasının uygun olduğunu göstermemektedir.



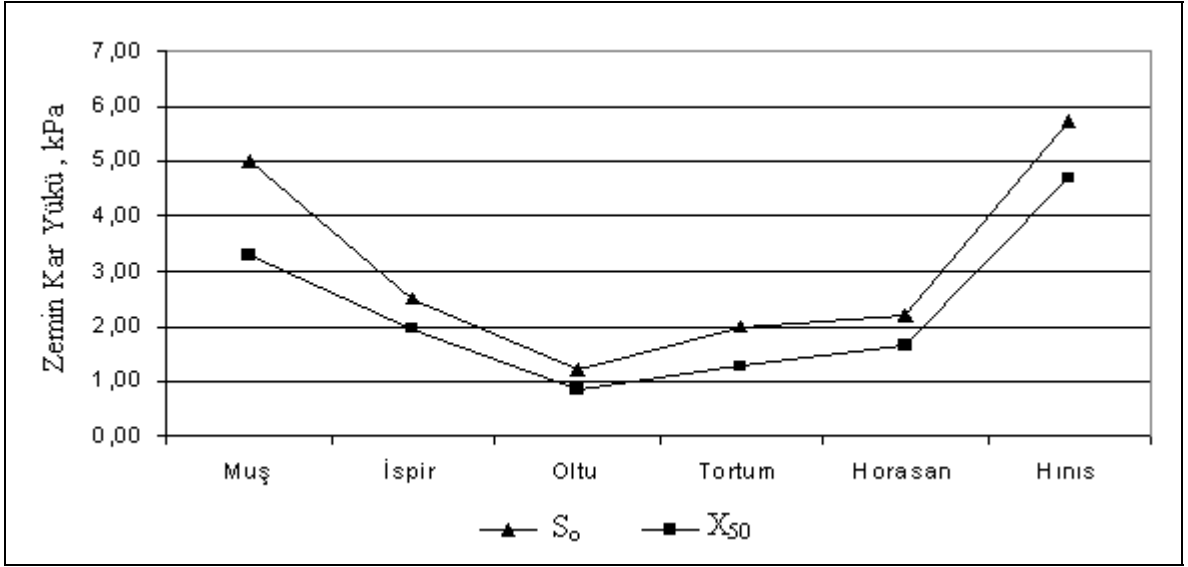
Şekil 30. Doğu Anadolu bölgesi 1. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $S_0$  ve  $X_{50}$  değerleri

Tablo 28.’e bakıldığında 1. sınıf istasyonlar için 4 istasyon dışında  $S_0$  değeri  $X_{100}$  değerinden büyük çıkmaktadır. Tablo 27’den farklı olarak Bitlis istasyonunun  $X_{100}$  değeri  $S_0$  değerinden büyük çıkmaktadır. OTS’si 50 yıla göre hesaplanan değerler gibi,  $S_0$  değeri ile  $X_{100}$  değeri arasındaki farkın en büyük olduğu istasyon Ağrı daha sonra da sırasıyla Hakkari ve Tunceli istasyonlarıdır. İstisna yüklerle sahip istasyonlar Ağrı, Hakkari, Kars, Tunceli istasyonlarıdır.  $S_0$  değerinin  $X_{100}$  değerinden büyük çıktığı istasyonlar Bingöl istasyonu ile istisna yüke sahip olan istasyonlardır.  $S_0$  değerinin  $X_{100}$  değerinden büyük çıkmasının nedeni, yukarıda belirttiğimiz TS 7046 standardında istisna yükler dikkate alınmadan zemin kar yüklerinin hesap edilmesidir. Ardahan istasyonu OTS’si 50 yıla göre

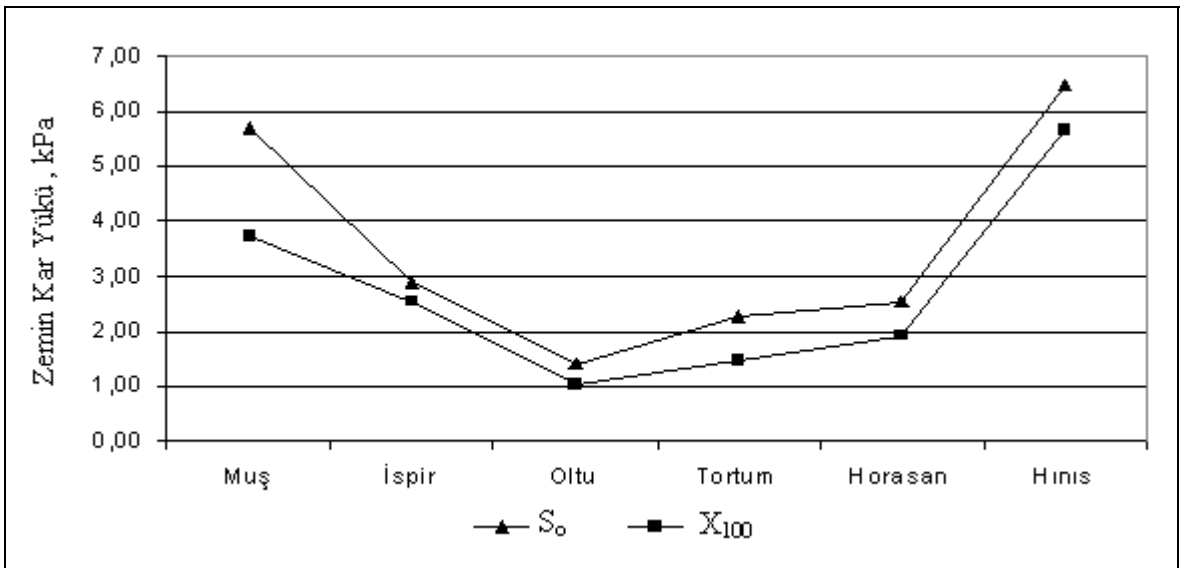
yapılan hesapta istisna yüke sahip olurken, OTS'si 100 yıla göre yapılan hesapta istisna yüke sahip olmamaktadır. Buna paralel olarak  $S_0$  değeri ile  $X_{100}$  değeri arasındaki farkta küçülmektedir. Dolayısıyla bu durum TS 7046'da istisna yükün dikkate alınmamasından dolayı  $S_0$  değerinin büyük çıkması hatasını doğrulamaktadır. OTS'si 50 yıla göre hazırlanan zemin kar yükü değerlerinde olduğu gibi Iğdır istasyonunun  $S_0$  değeri  $X_{100}$  değerine çok yakın çıkmaktadır. Burada da bu durumun nedeni yukarıda bahsedildiği gibi Iğdır istasyonunun dağılımının Gumbel dağılımı olmasına ve istisna yüke sahip olmamasına bağlanabilir. Tablo 28.'den görüldüğü gibi farklı dağılımlara sahip istasyonların  $X_{100}$  değerleri  $S_0$  değerlerine yakın çıkmaktadır. Bu durum da daha önce bahsedildiği gibi TS 7046 standardında sadece Gumbel dağılımının kullanılmasının uygun olduğunu doğrulamamaktadır.



Şekil 31. Doğu Anadolu bölgesi 1. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $S_0$  ve  $X_{100}$  değerleri



Şekil 32. Doğu Anadolu bölgesi 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $S_0$  ve  $X_{50}$  değerleri



Şekil 33. Doğu Anadolu bölgesi 2. sınıf istasyonlar için hesaplanan  $S_0$  ve  $X_{100}$  değerleri

Doğu Anadolu bölgesindeki 2. sınıf istasyonlar için, TS 7046 'ya göre önerilen değerler  $X_{50}$  değerlerinden büyük çıkmaktadır. Bunun nedeni TS 7046'da 2. sınıf istasyonlar için kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılan yoğunluk formülü ile gerekenden fazla büyük kar yükleri bulunması, buna bağlı olarak bu verilerin TS 7046'da önerilen istatistiki analize tabi tutulması sonucunda büyük  $S_0$  değerlerinin elde edilmesidir.

## 2.10. Çatı Kar Yüklerinin ANSI/ASCE 7-05, TS 7046 ve TS 498'e göre Belirlenmesi ve Dönüşüm Katsayılarının Değerlendirilmesi

Tasarlanacak olan bir yapının çatı sistemi, tasarımcı tarafından değişik şekillerde tasarlanabilir. Genel olarak uygulamalara bakıldığında, birçok çatı şekli bulunmaktadır.

Bu bölümde çatı sistemlerinde uygulama açısından örneğinin çok bulunduğu beşik çatı geometrisine sahip çatılar için değerlendirmede bulunulacaktır. 5 farklı açıda ve 2 farklı kotta bulunan beşik çatı sistemine sahip bir yapı için 10 adet örnek çözülmüştür. Bu çatı sistemi için hesaplanan tasarım kar yükleri ANSI/ASCE 7-05, TS 7046 ve TS 498'de önerildiği şekilde belirlenmiştir.

TS 498 ve TS 7046'da önerilen tasarım çatı kar yükleri ile çatıların geometrisine ilave olarak, çatıların ısı durumlarını ve rüzgara maruz kalma durumlarını da hesaba katmasından dolayı tasarım çatı kar yüklerinin hesaplanmasında daha titiz ve gerçekçi olduğu düşünülen ANSI/ASCE 7-05 standardında önerilen tasarım çatı kar yükleri ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 29.'da verilmiştir.

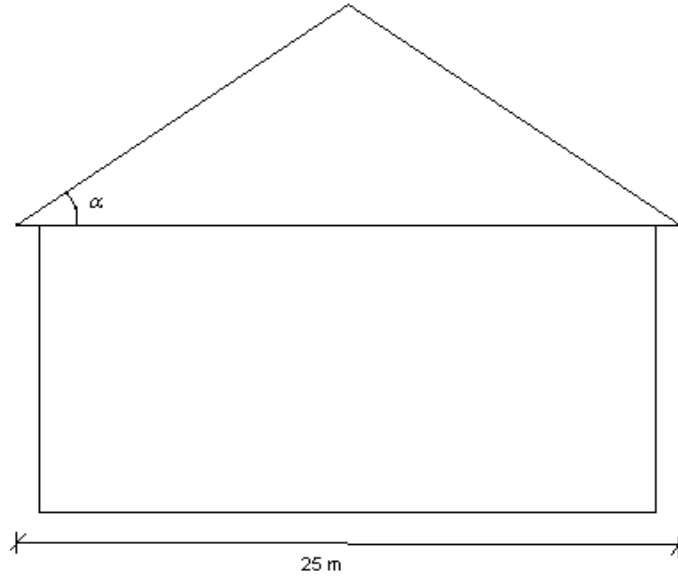
Uygulamaların her birinde, TS 498 ve TS 7046'ya göre çatı kar yüklerini hesaplamada, TS 498 ve TS 7046'de önerilen zemin kar yükleri ile, bu çalışmada OTS'si 50 yıla göre hazırlanmış olan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen zemin kar yükü değeri kullanılmış, ANSI/ASCE 7-05 standardında önerilen çatı kar yüklerini hesaplamada ise, yine bu çalışmada OTS'si 50 yıla göre hazırlanmış olan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen zemin kar yükü değeri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 29.'da görülmektedir. ANSI/ASCE 7-05'e göre hesaplanan ilave yükün uzunluğu( $l_1$ ) Tablo 30.'da görülmektedir.

Şekil 35.'te uygulamalar için hesaplanan tasarım çatı kar yüklerinin diyagramı gösterilmektedir. Diyagramdaki değerler sembol olarak gösterilmiştir. Diyagramdaki sembollerin değerleri her uygulama için ilgili tablodan alınır.

Uygulama 1-5, Erzurum il merkezi yakınlarında yapılacak bir atölye binası için, yapının diğer özellikleri aynı olmakla birlikte çatının eğimi değiştirilip hesaplamalar yapılmış, uygulama 6-10'da ise Bingöl il merkezi yakınlarında yapılacak bir atölye binası için, yapının diğer özellikleri aynı olmakla birlikte çatının eğimi değiştirilip hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışma için hazırlanan uygulamaların, matematiksel işlem kısımları bu bölümde yazılmamıştır. Bu üç standart'a göre beşik çatılar için kar yükü hesap detayları Özgen(2007)'den bakılabilir.

**Uygulama 1-5.** Erzurum il merkezi yakınlarında 1800 m kotta inşa edilecek bir atölye binasının kesiti Şekil 34.'de verilmektedir. Binanın uzunluğu 60 m ve genişliği 25 m'dir. Çatının yatayla yaptığı açı  $\alpha$ , uygulama 1,2,3,4,5 için sırasıyla  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ 'dir.Yapının çatı şekli beşik çatı olup, çatı kaplaması eternit seçilmiştir. Yapının ısıtılacağı ve tavan arasının havalandırılacağı düşünülmektedir. Yapının inşa edileceği alanda seyrek miktarda ağaç bulunmaktadır.

**Uygulama 6-10.** Uygulama 1-5'deki yapıyla aynı özelliklere sahip atölye binası, Bingöl il merkezi yakınlarında 1080 m kotta inşa edilecektir.

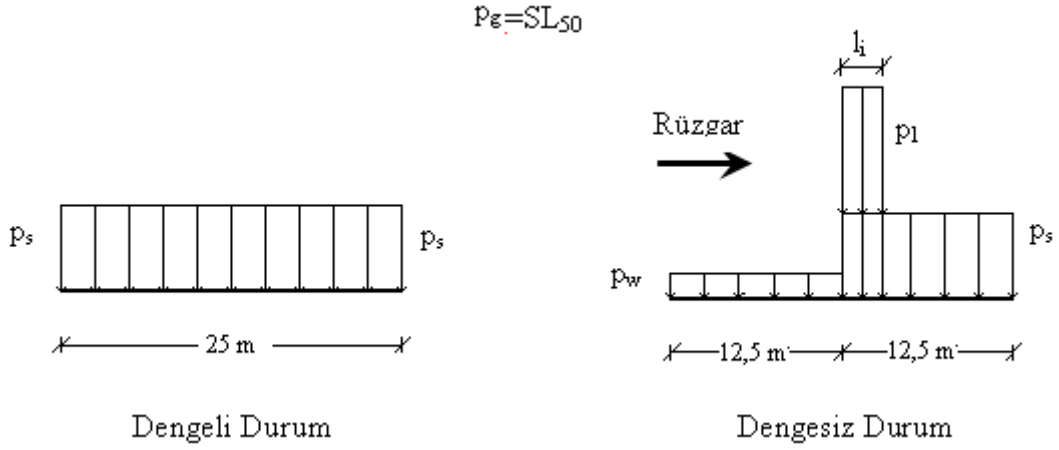


Şekil 34. Atölye binasının gösterimi

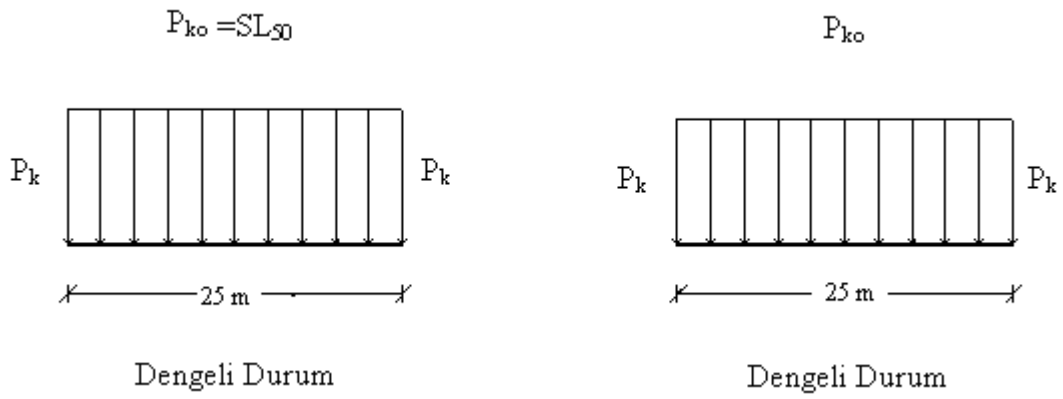
Uygulamalara ait sonuçlar karşılaştırıldığında, TS498 'de beşik çatılar için ekonomik olmayan dengeli yükler önerildiği görülmektedir. Bunun nedeninin, TS 498'in çatı kar yüklerini, zemin kar yükü ile sadece çatı eğimine bağlı olan indirgeme katsayısının çarpılarak bulunması, çatı kar yükü hesabında yapının rüzgâr alma durumu, yapının ısı durumu gibi etkilerin göz önünde bulundurmaması olduğu söylenebilir.

TS 7046 sonuçları, ANSI/ASCE 7-05 sonuçları ile  $S_o=SL_{50}$  için karşılaştırıldığında dengesiz durum için, TS 7046'dan elde edilen sonuçların rüzgar üstü yükü ve rüzgar altı yükleri için ekonomik olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni TS 7046 'da dengesiz yüklere etki eden faktörlerin doğru olarak belirlenememiş olması gösterilebilir.

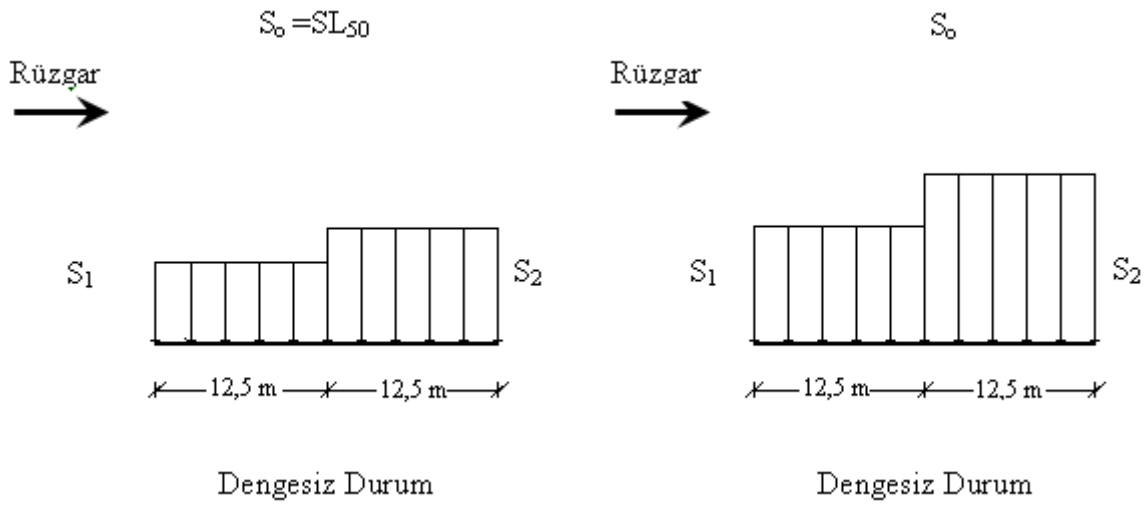
ANSI/ASCE 7-05'e göre çözüm



TS 498'e göre çözüm



TS 7046'ya göre çözüm



Şekil 35. Uygulamalar için hesaplanan tasarım çatı kar yüklerinin diyagramları

Tablo 29. Standartlara göre uygulamalar için belirlenen tasarım çatı kar yükleri

Uyg. No	Açı	TS 498			TS 7046				ANSI/ASCE 7-05			
		Zemin Kar Yüğü (kPa)		Çatı Kar Yüğü (kPa)	Zemin Kar Yüğü (kPa)		Çatı Kar Yüğü (kPa)		Zemin Kar Yüğü (kPa)	Çatı Kar Yüğü (kPa)		
		SL <sub>50</sub>	Pk <sub>0</sub>	Pk	SL <sub>50</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	SL <sub>50</sub>	p <sub>s</sub>	p <sub>w</sub>	p <sub>1</sub>
1	10	2,40		2,40	2,40		1,44	1,92	2,40	1,51	0,45	1,1
			1,55	1,55		1,93	1,16	1,54				
2	20	2,40		2,40	2,40		1,44	2,23	2,40	1,51	0,45	1,61
			1,55	1,55		1,93	1,16	1,79				
3	25	2,40		2,40	2,40		1,44	2,56	2,40	1,51	0,45	1,85
			1,55	1,55		1,93	1,16	2,06				
4	30	2,40		2,40	2,40		1,44	2,88	2,40	1,51	0,45	2,11
			1,55	1,55		1,93	1,16	2,32				
5	35	2,40		2,09	2,40		1,21	2,40	2,40	1,33	0,40	2,40
			1,55	1,35		1,93	0,94	1,93				
6	10	4,82		4,82	4,82		2,89	3,86	4,82	3,04	0,91	1,82
			1,76	1,76		4,30	2,58	3,44				
7	20	4,82		4,82	4,82		2,89	4,48	4,82	3,04	0,91	2,67
			1,76	1,76		4,30	2,58	4,0				
8	25	4,82		4,82	4,82		2,89	5,14	4,82	3,04	0,91	3,08
			1,76	1,76		4,30	2,58	4,59				
9	30	4,82		4,82	4,82		2,89	5,78	4,82	3,04	0,91	3,49
			1,76	1,76		4,30	2,58	5,16				
10	35	4,82		4,19	4,82		2,42	4,82	4,82	2,68	0,80	3,94
			1,76	1,53		4,30	2,16	4,30				

Tablo 30. Uygulamalarda ANSI/ASCE 7-05 standart'ında hesaplanan ilave yükün uzunluğu (l<sub>i</sub>) değerleri

Uygulama No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l <sub>i</sub> (m)	5,14	3,67	3,28	3,02	2,84	6,48	4,60	4,14	3,79	3,54

### 2.11. Rakıma Göre Değişen Normalleştirilmiş Zemin Kar Yükü Haritasının Oluşturulması

Harita Genel komutanlığından(HGK) temin edilen, coğrafi koordinat sistemi GCS\_European\_1950 olan haritada il sınırları, il merkezleri, ilçe merkezleri ve göller katmanları, çalışmada daha önceden hesaplanan istasyon verileri ile birlikte kullanılarak yeni bir zemin kar yükü haritası elde edilmiştir. Bu haritada kullandığımız verilerin tümü ve haritanın normalleştirme yöntemi, tez çalışmasında daha önce hazırladığımız normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası ile aynıdır.

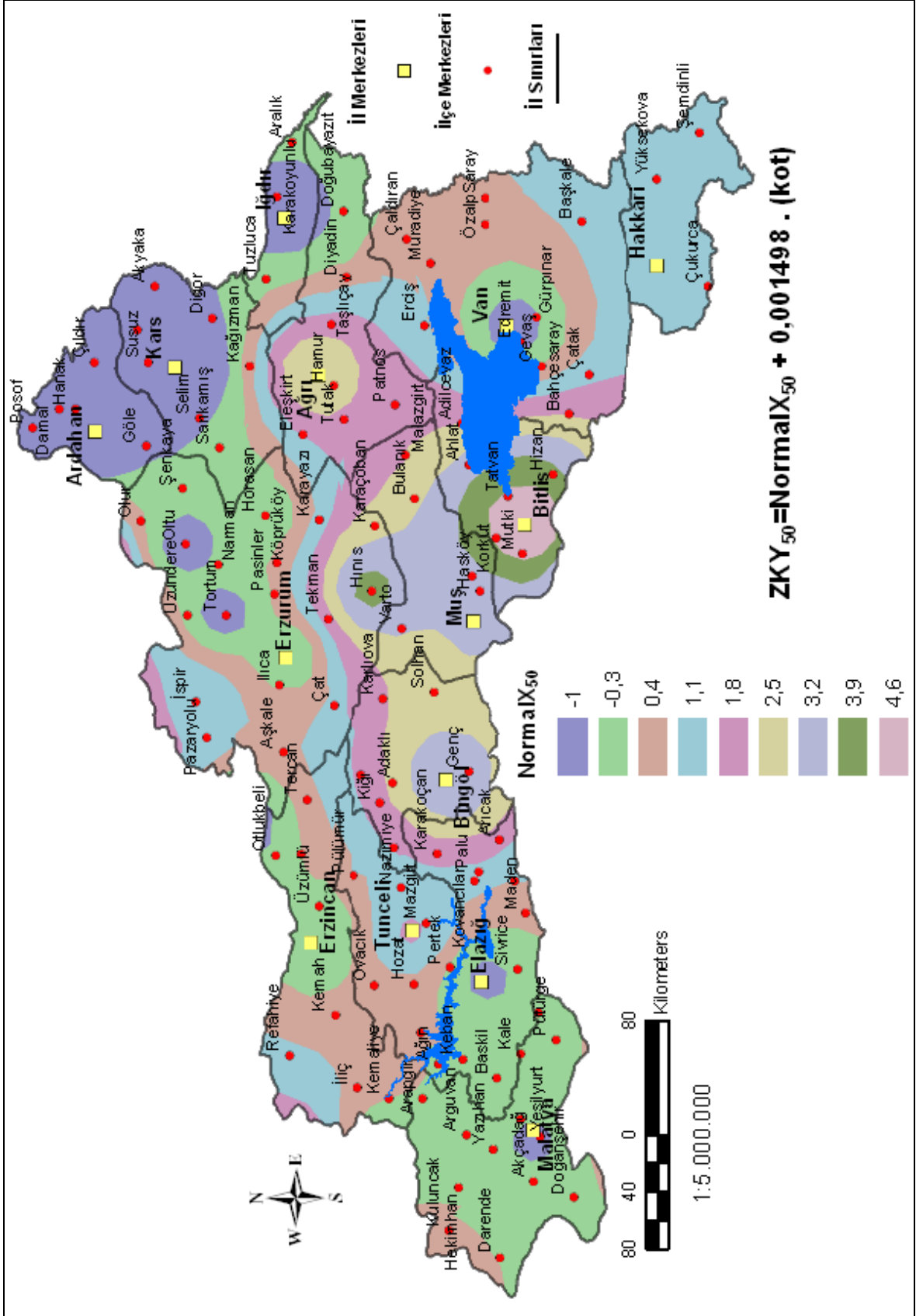
Rakıma göre değişen formülsüz zemin kar yükü haritasını oluşturmada, benzer şekilde koordinat sistemi GCS\_European\_1950 olan haritada yukarıda bahsedilmiş katmanlara ek olarak HGK'dan temin edilen rakım katmanı kullanılmıştır. Rakım katmanı raster formatına çevrilerek  $NX_{50}$  (diğer haritada  $NX_{100}$ ) değerleri ile kesiştirilmiştir. Daha sonra öznitelik tablosundaki rakım ve  $NX_{50}$  (diğer haritada  $NX_{100}$ ) değerlerinden yararlanarak, haritalarda her nokta için  $HKY_{50}$  ve  $HKY_{100}$  zemin kar yükü değerlerinin hesaplandığı raster formatında formülsüz zemin kar yükü haritaları oluşturulmuştur.

Rakıma göre değişen zemin kar yükü haritaları ArcGIS programı ile hazırlanırken program OTS'si 50 yıl olan haritayı 798.318 adet piksel şeklinde alanlara, OTS'si 100 yıl olan haritayı ise 799.292 adet piksel şeklinde alanlara bölmüştür. Her iki harita üzerinde  $HKY_{50}$  ve  $HKY_{100}$  değerlerinin tamamının gösterilmesi haritanın kullanımı açısından imkansızdır. Bu iki haritada, koordinatları bilinen veya bilinmeyen herhangi bir noktanın zemin kar yükü değeri, ilgili programda harita üzerinde o noktanın bulunduğu yere imlecin götürülmesi ile değerinin okunması şeklinde bulunabilir. Genel olarak nüfusun il ve ilçe merkezlerinde bulunduğu düşünülerek, Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için, tekerrür süreleri 50 yıl olan haritaların  $HKY_{50}$  değerleri  $ZKY_{50}$  değerleriyle birlikte Tablo 31.'de, benzer şekilde tekerrür süreleri 100 yıl olan haritaların  $HKY_{100}$  değerleri  $ZKY_{100}$  değerleriyle birlikte Tablo 32.'de verilmiştir

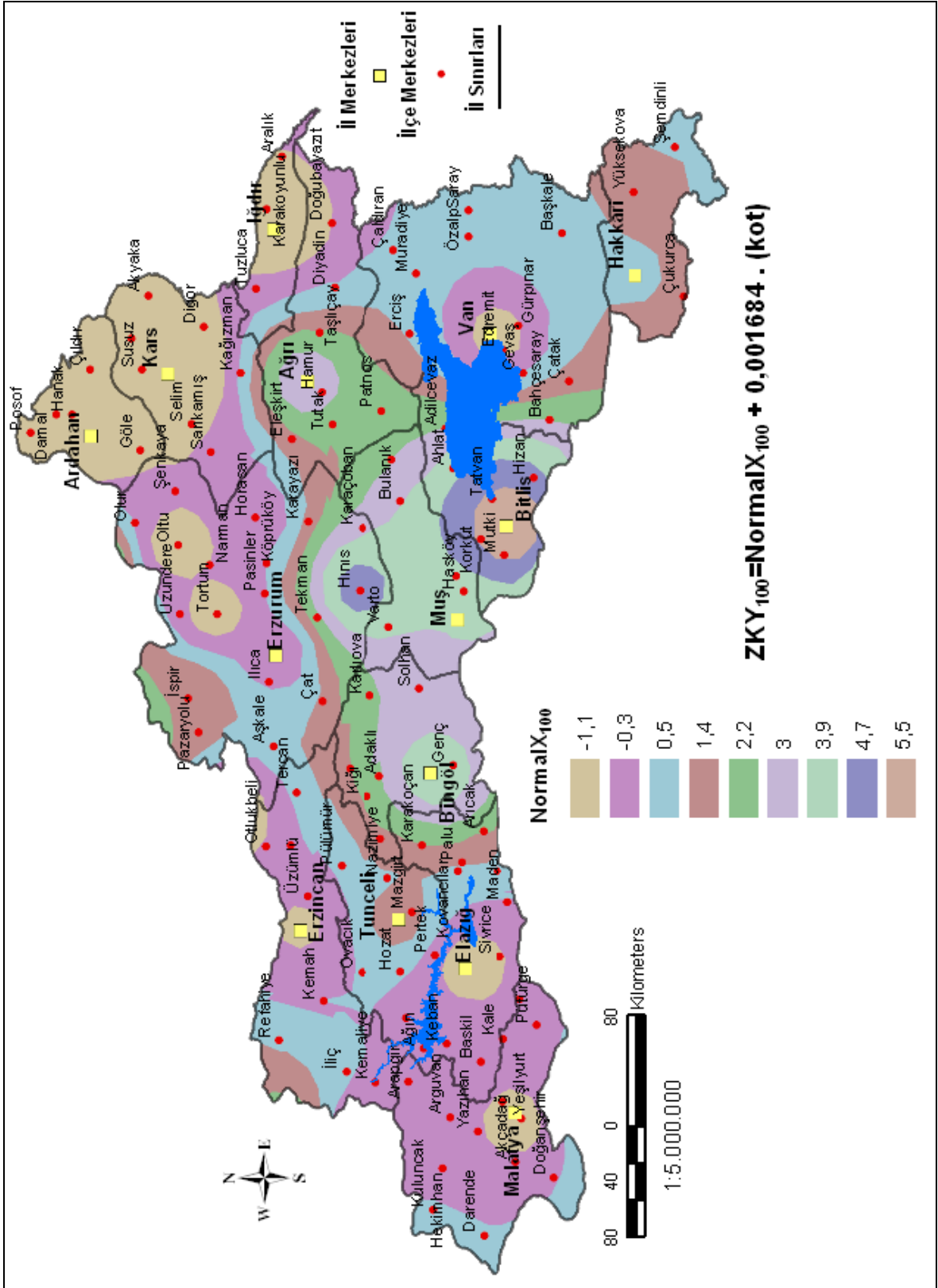
Şekil 36. ve Şekil 37.'de Doğu Anadolu bölgesi için koordinat sistemi GCS\_European\_1950 olan, sırasıyla tekerrür süresi 50 ve 100 yıl'a göre hazırlanmış normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası gösterilmektedir.

Şekil 38. ve Şekil 39.'da Doğu Anadolu bölgesi için koordinat sistemi GCS\_European\_1950 olan, sırasıyla tekerrür süresi 50 yıl ve 100 yıla göre hazırlanmış formülden bağımsız rakıma göre değişen zemin kar yükü haritası görülmektedir.

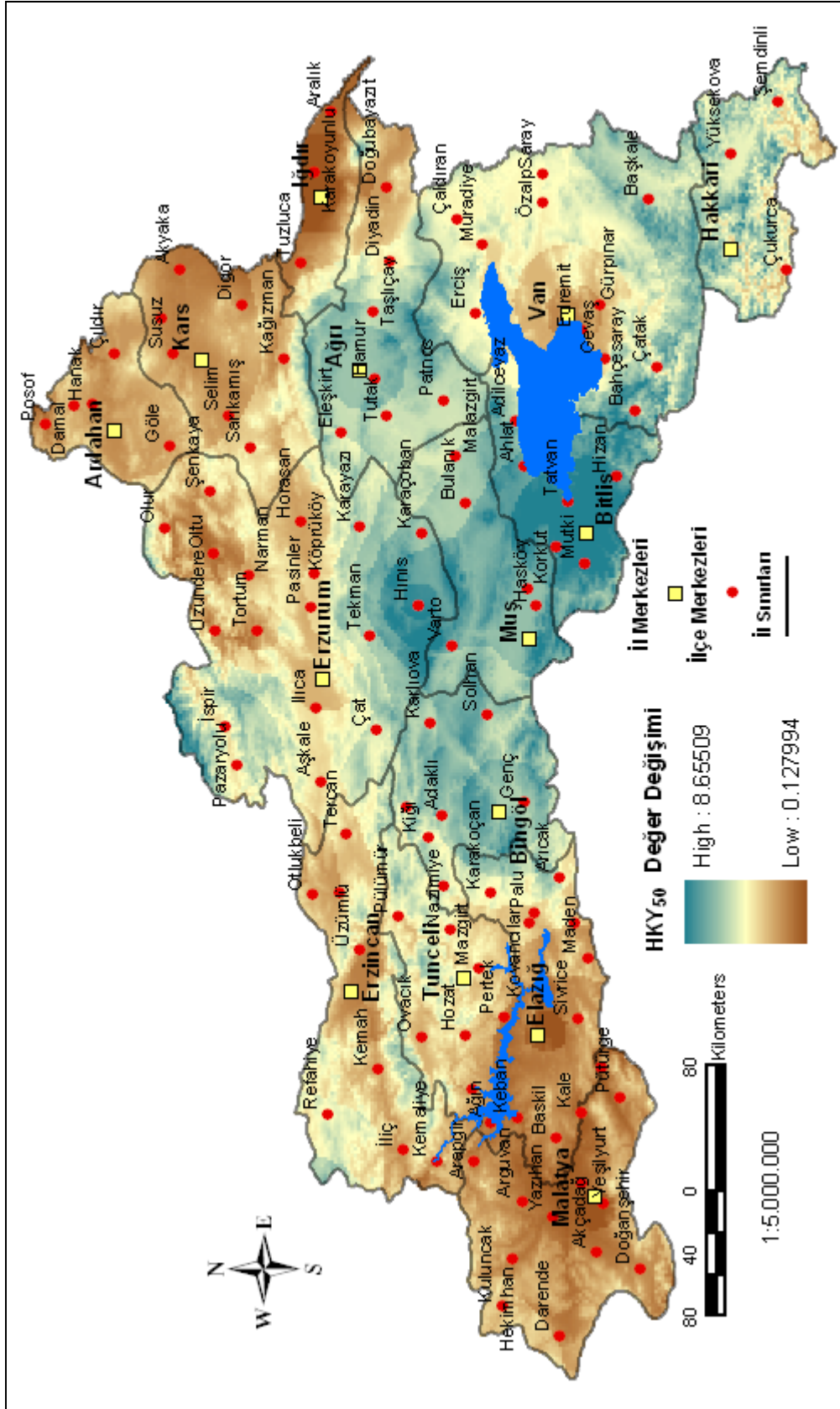




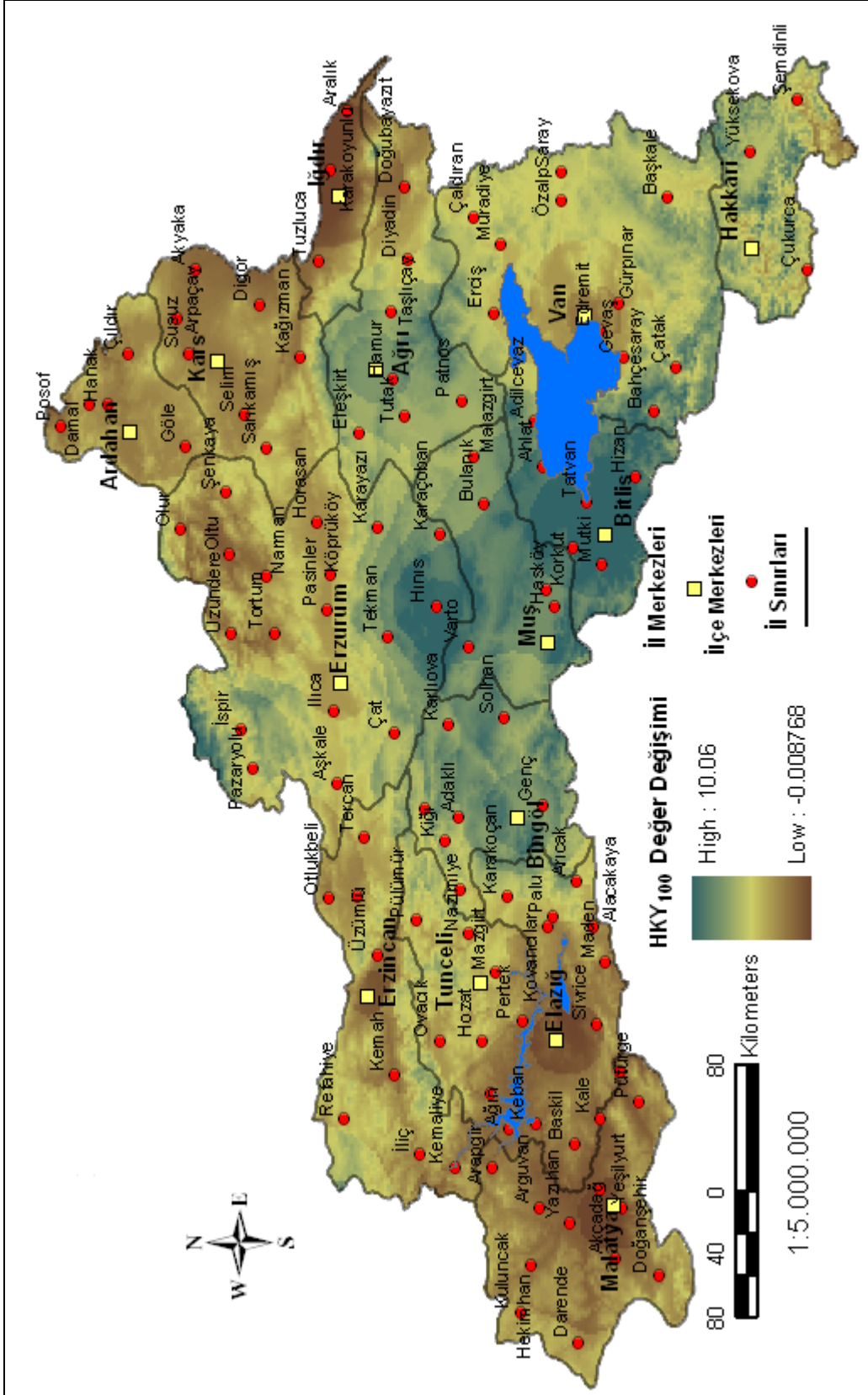
Şekil 36. Doğu Anadolu bölgesi için koordinat sistemi GCS\_European\_1950 olan haritaya göre hazırlanan OTS'si 50 yıl olan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası



Şekil 37. Doğu Anadolu bölgesi için koordinat sistemi GCS\_European\_1950 olan haritaya göre hazırlanan OTS'si 100 yıl olan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası



Şekil 38. Doğu Anadolu bölgesi OTS'si 50 yıl olan rakıma göre değişen normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası



Şekil 39. Doğu Anadolu bölgesi OTS'si 100 yıl olan rakıma göre değişen normalize edilmiş zemin kar yükü haritası

Tablo 31. Doğu Anadolu bölgesi için tekerrür süresi 50 yıla göre hesaplanmış ZKY<sub>50</sub> ve HKY<sub>50</sub> değerleri

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	normalX <sub>50</sub>	ZKY <sub>50</sub> (kPa)	HKY <sub>50</sub> (kPa)	ZKY <sub>50</sub> /HKY <sub>50</sub>
Ardahan	1800	-1	1,70	1,65	1,03
Posof	1540	-1	1,31	1,09	1,20
Damal	2110	-1	2,16	2,17	1,00
Hanak	1820	-1	1,73	1,69	1,02
Çıldır	1910	-1	1,86	1,85	1,00
Göle	2030	-1	2,04	2,00	1,02
Kars	1768	-1	1,65	1,64	1,00
Arpaçay	1690	-1	1,53	1,50	1,02
Susuz	1750	-1	1,62	1,67	0,97
Akyaka	1530	-1	1,29	1,28	1,01
Selim	1847	-1	1,77	1,78	0,99
Sarıkamış	2060	-0,3	2,79	2,96	0,94
Digor	1640	-1	1,46	1,49	0,98
Kağızman	1420	0,4	2,53	2,58	0,98
İğdır	860	-1	0,29	0,29	0,98
Tuzluca	1075	-0,3	1,31	1,41	0,93
Karakoyunlu	844	-1	0,26	0,29	0,93
Aralık	813	-0,3	0,92	0,93	0,99
Ağrı	1632	2,5	4,94	4,95	1,00
Eleşkirt	1810	1,8	4,51	4,50	1,00
Tutak	1565	1,8	4,14	4,14	1,00
Hamur	1690	2,5	5,03	5,02	1,00
Taşlıçay	1760	1,8	4,44	4,41	1,01
Doğubayazıt	1600	-0,3	2,10	2,05	1,02
Diyadin	1925	0,4	3,28	3,33	0,99
Patnos	1635	1,8	4,25	4,24	1,00
Erzurum	1853	-0,3	2,48	2,50	0,99
Olur	1325	0,4	2,38	2,34	1,02
Şenkaya	1850	-0,3	2,47	2,72	0,91
Oltu	1280	-1	0,92	0,91	1,01
Uzundere	1140	-0,3	1,41	1,42	0,99
İspir	1300	1,1	3,05	3,39	0,90
Pazaryolu	1450	1,1	3,27	3,41	0,96
Narman	1700	-0,3	2,25	2,23	1,01
Tortum	1600	-1	1,40	1,90	0,74
Horasan	1540	-0,3	2,01	2,01	1,00
Köprüköy	1635	0,4	2,85	2,79	1,02
Pasinler	1660	0,4	2,89	2,87	1,01
Aşkale	1625	0,4	2,83	2,87	0,99
Çat	1895	1,1	3,94	4,00	0,98

Tablo 31.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	normalX <sub>50</sub>	ZKY <sub>50</sub> (kPa)	HKY <sub>50</sub> (kPa)	ZKY <sub>50</sub> /HKY <sub>50</sub>
Tekman	2000	1,8	4,80	4,78	1,00
Hınıs	1750	3,9	6,52	6,48	1,01
Karaçoban	1545	2,5	4,81	4,82	1,00
Karayazı	2360	1,1	4,64	4,45	1,04
Ilıca	1760	-0,3	2,34	2,33	1,00
Erzincan	1185	-0,3	1,48	1,50	0,98
Otlukbeli	1755	-0,3	2,33	2,31	1,01
Tercan	1475	0,4	2,61	2,68	0,97
Çayırlı	1520	-0,3	1,98	2,67	0,74
Üzümlü	1450	-0,3	1,87	2,09	0,90
Kemah	1100	0,4	2,05	2,03	1,01
Refahiye	1550	1,1	3,42	3,61	0,95
İliç	1060	0,4	1,99	2,38	0,83
Kemaliye	925	0,4	1,79	1,44	1,24
Tunceli	914	1,8	3,17	3,27	0,97
Pülümür	1535	0,4	2,70	2,75	0,98
Nazimiye	1530	1,1	3,39	3,45	0,98
Ovacık	1250	0,4	2,27	2,29	0,99
Çemişgezek	1000	0,4	1,90	1,89	1,01
Hozat	1530	0,4	2,69	2,64	1,02
Mazgirt	1430	1,1	3,24	3,33	0,97
Pertek	1100	-0,3	1,35	1,48	0,91
Bingöl	1151	3,2	4,92	4,87	1,01
Yedisu	1500	1,8	4,05	3,99	1,01
Karlıova	1830	1,8	4,54	4,46	1,02
Yayladere	1600	1,8	4,20	3,95	1,06
Kiğı	1550	1,8	4,12	4,27	0,97
Adaklı	1520	2,5	4,78	5,05	0,95
Solhan	1410	2,5	4,61	4,60	1,00
Genç	1010	3,2	4,71	4,67	1,01
Bitlis	1545	4,6	6,91	6,90	1,00
Adilcevaz	1700	2,5	5,05	4,99	1,01
Ahlat	1720	3,2	5,78	5,85	0,99
Güroymak	1400	4,6	6,70	6,57	1,02
Tatvan	1655	4,6	7,08	7,06	1,00
Mutki	1510	4,6	6,86	6,88	1,00
Hizan	1500	3,9	6,15	6,27	0,98
Elazığ	1067	-1	0,60	0,64	0,93
Ağın	900	-0,3	1,05	1,05	1,00
Keban	816	-0,3	0,92	0,77	1,19
Baskil	1220	-0,3	1,53	2,18	0,70

Tablo 31.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	normalX <sub>50</sub>	ZKY <sub>50</sub> (kPa)	HKY <sub>50</sub> (kPa)	ZKY <sub>50</sub> /HKY <sub>50</sub>
Sivrice	1266	-0,3	1,60	1,71	0,93
Maden	1100	0,4	2,05	1,88	1,09
Alacakaya	1060	1,1	2,69	2,24	1,20
Kovancılar	980	1,1	2,57	2,63	0,98
Arıcak	1080	1,8	3,42	3,37	1,01
Palu	1050	1,1	2,67	2,67	1,00
Karakoçan	1090	1,8	3,43	3,42	1,00
Malatya	964	-1	0,44	0,47	0,95
Arapgir	1200	-0,3	1,50	1,39	1,08
Arguvan	1075	-0,3	1,31	1,36	0,97
Hekimhan	1050	-0,3	1,27	1,46	0,87
Kuluncak	1280	0,4	2,32	2,33	0,99
Darende	1000	-0,3	1,20	1,31	0,91
Yazıhan	825	-0,3	0,94	0,92	1,02
Akçadağ	1050	-0,3	1,27	1,23	1,03
Battalgazi	885	-0,3	1,03	0,87	1,18
Yeşilyurt	1000	-1	0,50	0,62	0,80
Kale	740	-0,3	0,81	0,88	0,92
Doğanyol	920	-0,3	1,08	1,26	0,85
Pütürge	1250	-0,3	1,57	1,40	1,12
Doğanşehir	1210	-0,3	1,51	1,53	0,99
Van	1727	-1	1,59	1,52	1,05
Erciş	1775	1,1	3,76	3,61	1,04
Çaldıran	2040	0,4	3,46	3,46	1,00
Muradiye	1780	0,4	3,07	2,92	1,05
Özalp	2075	0,4	3,51	3,42	1,03
Saray	2080	0,4	3,52	3,59	0,98
Edremit	1650	-1	1,47	1,56	0,94
Gevaş	1750	0,4	3,02	3,20	0,95
Gürpınar	2250	-1	2,37	1,63	1,45
Bahçesaray	1620	1,8	4,23	4,44	0,95
Çatak	1625	1,1	3,53	3,62	0,98
Başkale	2000	1,1	4,10	4,46	0,92
Hakkari	1748	1,1	3,72	3,36	1,11
Yüksekova	1900	1,1	3,95	3,94	1,00
Şemdinli	1420	1,1	3,23	3,03	1,07
Çukurca	1340	1,1	3,11	2,93	1,06
Muş	1404	3,2	5,30	5,33	0,99
Malazgirt	1530	2,5	4,79	4,05	1,18
Bulanık	1500	2,5	4,75	4,69	1,01
Korkut	1400	3,2	5,30	5,16	1,03

Tablo 31.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	normal $X_{50}$	ZKY <sub>50</sub> (kPa)	HKY <sub>50</sub> (kPa)	ZKY <sub>50</sub> /HKY <sub>50</sub>
Hasköy	1345	3,2	5,21	5,11	1,02
Varto	1530	3,2	5,49	5,60	0,98
				Ortalama =	0,99676
				Varyans =	0,00776

OTS'si 100 yıla göre hazırlanan haritada HKY<sub>100</sub> değeriminin gösterildiği kısımda en alt değer olarak negatif değer gözükmemektedir. Bunun nedeni HKY<sub>100</sub> değerinin programa hesaplatılırken, Malatya ilinde bazı noktaların rakımının düşük olması ve NX<sub>100</sub> değerinin -1,1 olup negatif yönde fazla olmasıdır. Dolayısıyla negatif değerler dikkate alınmamalı kar yağmadığı kabul edilmelidir.

Tablo 31.'de görüldüğü gibi ZKY<sub>50</sub> değerleri ile HKY<sub>50</sub> değerleri arasında çok fark bulunmamaktadır. ZKY<sub>50</sub>/HKY<sub>50</sub> oranı, 32 merkezde 0,70-0,97 arasında, 70 merkezde 0,98-1,02 arasında, 21 merkezde 1,03-1,24 arasında değişmekte, Gürpınar ilçesinde ise ZKY<sub>50</sub>/HKY<sub>50</sub> oranı 1,24 olmaktadır. ZKY<sub>50</sub>/HKY<sub>50</sub> oranlarının ortalaması 0,99676 ve varyansları 0,00776'dır.

Benzer şekilde Tablo 32.'de görüldüğü üzere ZKY<sub>100</sub> değerleri ile HKY<sub>100</sub> değerleri arasında da çok büyük farklar görülmemektedir. ZKY<sub>100</sub>/HKY<sub>100</sub> oranı, 38 merkezde 0,70-0,97 arasında, 72 merkezde 0,98-1,04 arasında, 12 merkezde 1,05-1,19 arasında değişmekte, Gürpınar ilçesinde ZKY<sub>100</sub>/HKY<sub>100</sub> oranı 1,44 ve Battalgazi ilçesinde ZKY<sub>100</sub>/HKY<sub>100</sub> oranı 1,80 olmaktadır. ZKY<sub>100</sub>/HKY<sub>100</sub> oranlarının ortalaması 0,9945, varyansları 0,0121 olmaktadır.

İl ve ilçe merkezleri açısından ortalama tekerrür süreleri aynı olan haritalardan elde edilen değerlere ve bu değerler arasındaki oranlara bakıldığında, ortalama tekerrür süreleri aynı olan haritalar arasında tutarlılık bakımından iyi bir ilişki olduğu söylenebilir.

Tablo 33.'de Doğu Anadolu bölgesindeki 1. ve 2. sınıf istasyonlar için OTS'si 50 yıl ve 100 yıla göre hesaplanmış  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri ile, OTS'si 50 yıl ve 100 yıla göre hesaplanmış rakıma göre değişen normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen HKY<sub>50</sub> ve HKY<sub>100</sub> değerleri ve bu değerlerin oranları verilmektedir.



Tablo 32. Doğu Anadolu bölgesi için tekerrür süresi 100 yıla göre hesaplanmış ZKY<sub>100</sub> ve HKY<sub>100</sub> değerleri

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	NormalX <sub>100</sub>	ZKY <sub>100</sub> (kPa)	HKY <sub>100</sub> (kPa)	ZKY <sub>100</sub> /HKY <sub>100</sub>
Ardahan	1800	-1,1	1,93	1,88	1,03
Posof	1540	-1,1	1,49	1,25	1,19
Damal	2110	-1,1	2,45	2,46	1,00
Hanak	1820	-1,1	1,96	1,93	1,02
Çıldır	1910	-1,1	2,12	2,11	1,00
Göle	2030	-1,1	2,32	2,28	1,02
Kars	1768	-1,1	1,88	1,87	1,00
Arpaçay	1690	-1,1	1,75	1,72	1,02
Susuz	1750	-1,1	1,85	1,90	0,97
Akyaka	1530	-1,1	1,48	1,46	1,01
Selim	1847	-1,1	2,01	2,02	0,99
Sarıkamış	2060	-0,3	3,17	3,36	0,94
Digor	1640	-1,1	1,66	1,70	0,98
Kağızman	1420	0,5	2,89	2,95	0,98
İğdir	860	-1,1	0,35	0,35	0,98
Tuzluca	1075	-0,3	1,51	1,62	0,93
Karakoyunlu	844	-1,1	0,32	0,34	0,93
Aralık	813	-1,1	0,27	0,28	0,96
Ağrı	1632	3	5,75	5,75	1,00
Eleşkirt	1810	1,4	4,45	4,44	1,00
Tutak	1565	2,2	4,84	4,83	1,00
Hamur	1690	3	5,85	5,83	1,00
Taşlıçay	1760	2,2	5,16	5,14	1,00
Doğubayazıt	1600	-0,3	2,39	2,34	1,02
Diyadin	1925	0,5	3,74	3,80	0,99
Patnos	1635	2,2	4,95	4,94	1,00
Erzurum	1853	-0,3	2,82	2,85	0,99
Olur	1325	-0,3	1,93	1,88	1,03
Şenkaya	1850	-0,3	2,82	3,09	0,91
Oltu	1280	-1,1	1,06	1,04	1,01
Uzundere	1140	-0,3	1,62	1,63	0,99
İspir	1300	1,4	3,59	3,98	0,90
Pazaryolu	1450	1,4	3,84	4,00	0,96
Narman	1700	-0,3	2,56	2,55	1,01
Tortum	1600	-1,1	1,59	2,16	0,74
Horasan	1540	-0,3	2,29	2,30	1,00
Köprüköy	1635	-0,3	2,45	3,18	0,77
Pasinler	1660	-0,3	2,50	2,48	1,01
Aşkale	1625	0,5	3,24	3,28	0,99
Çat	1895	1,4	4,59	4,66	0,99

Tablo 32.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	NormalX <sub>100</sub>	ZKY <sub>100</sub> (kPa)	HKY <sub>100</sub> (kPa)	ZKY <sub>100</sub> /HKY <sub>100</sub>
Tekman	2000	2,2	5,57	5,55	1,00
Hınıs	1750	4,7	7,65	7,60	1,01
Karaçoban	1545	3	5,60	5,61	1,00
Karayazı	2360	1,4	5,37	5,16	1,04
Ilıca	1760	-0,3	2,66	2,66	1,00
Erzincan	1185	-1,1	0,90	0,93	0,97
Otlukbeli	1755	-0,3	2,66	2,63	1,01
Tercan	1475	0,5	2,98	3,06	0,97
Çayırlı	1520	-0,3	2,26	2,25	1,00
Üzümlü	1450	-0,3	2,14	2,38	0,90
Kemah	1100	0,5	2,35	2,33	1,01
Refahiye	1550	0,5	3,11	3,32	0,94
İliç	1060	0,5	2,29	2,73	0,84
Kemaliye	925	-0,3	1,26	1,66	0,76
Tunceli	914	1,4	2,94	3,05	0,96
Pülümür	1535	0,5	3,08	3,15	0,98
Nazimiye	1530	0,5	3,08	3,14	0,98
Ovacık	1250	0,5	2,61	2,63	0,99
Çemişgezek	1000	-0,3	1,38	1,37	1,01
Hozat	1530	0,5	3,08	3,02	1,02
Mazgirt	1430	1,4	3,81	3,91	0,97
Pertek	1100	-0,3	1,55	1,70	0,91
Bingöl	1151	3,9	5,84	5,78	1,01
Yedisu	1500	1,4	3,93	3,87	1,02
Karlıova	1830	2,2	5,28	5,19	1,02
Yayladere	1600	1,4	4,09	3,82	1,07
Kığı	1550	2,2	4,81	4,97	0,97
Adaklı	1520	2,2	4,76	5,07	0,94
Solhan	1410	3	5,37	5,36	1,00
Genç	1010	3,9	5,60	5,55	1,01
Bitlis	1545	5,5	8,10	8,09	1,00
Adilcevaz	1700	3	5,86	5,80	1,01
Ahlat	1720	3,9	6,80	6,87	0,99
Güroymak	1400	5,5	7,86	7,72	1,02
Tatvan	1655	5,5	8,29	8,27	1,00
Mutki	1510	5,5	8,04	8,06	1,00
Hizan	1500	4,7	7,23	7,36	0,98
Elazığ	1067	-1,1	0,70	0,75	0,93
Ağın	900	-0,3	1,22	1,22	1,00
Keban	816	-0,3	1,07	0,91	1,18
Baskil	1220	-0,3	1,75	2,49	0,70

Tablo 32.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	NormalX <sub>100</sub>	ZKY <sub>100</sub> (kPa)	HKY <sub>100</sub> (kPa)	ZKY <sub>100</sub> /HKY <sub>100</sub>
Sivrice	1266	-1,1	1,03	1,16	0,89
Maden	1100	-0,3	1,55	1,36	1,14
Alacakaya	1060	0,5	2,29	2,56	0,89
Kovancılar	980	0,5	2,15	2,22	0,97
Arıcak	1080	2,2	4,02	3,97	1,01
Palu	1050	1,4	3,17	3,16	1,00
Karakoçan	1090	1,4	3,24	3,22	1,01
Malatya	964	-1,1	0,52	0,55	0,95
Arapgir	1200	-0,3	1,72	1,60	1,08
Arguvan	1075	-0,3	1,51	1,56	0,97
Hekimhan	1050	-0,3	1,47	1,68	0,87
Kuluncak	1280	0,5	2,66	2,67	0,99
Darende	1000	0,5	2,18	2,32	0,94
Yazıhan	825	-0,3	1,09	1,07	1,02
Akçadağ	1050	-0,3	1,47	1,42	1,03
Battalgazi	885	-1,1	0,39	0,22	1,80
Yeşilyurt	1000	-1,1	0,58	0,72	0,81
Kale	740	-0,3	0,95	1,03	0,92
Doğanyol	920	-0,3	1,25	1,46	0,86
Pütürge	1250	-0,3	1,81	1,62	1,12
Doğanşehir	1210	-0,3	1,74	1,76	0,99
Van	1727	-1,1	1,81	1,73	1,05
Erciş	1775	0,5	3,49	3,32	1,05
Çaldıran	2040	0,5	3,94	3,94	1,00
Muradiye	1780	0,5	3,50	3,34	1,05
Özalp	2075	0,5	3,99	3,90	1,03
Saray	2080	0,5	4,00	4,09	0,98
Edremit	1650	-1,1	1,68	1,78	0,95
Gevaş	1750	0,5	3,45	3,64	0,95
Gürpınar	2250	-1,1	2,69	1,86	1,44
Bahçesaray	1620	2,2	4,93	5,17	0,95
Çatak	1625	1,4	4,14	4,23	0,98
Başkale	2000	0,5	3,87	4,28	0,90
Hakkari	1748	0,5	3,44	3,04	1,13
Yüksekova	1900	1,4	4,60	4,59	1,00
Şemdinli	1420	0,5	2,89	2,67	1,08
Çukurca	1340	1,4	3,66	3,45	1,06
Muş	1404	3,9	6,26	6,30	0,99
Malazgirt	1530	2,2	4,78	4,73	1,01
Bulanık	1500	3	5,53	5,47	1,01
Korkut	1400	3,9	6,26	6,11	1,02

Tablo 32.'in devamı

İl ve İlçe Merkezleri	Rakım (m)	Normal $X_{100}$	ZKY $_{100}$ (kPa)	HKY $_{100}$ (kPa)	ZKY $_{100}$ /HKY $_{100}$
Hasköy	1345	3,9	6,16	6,04	1,02
Varto	1530	3,9	6,48	6,60	0,98
				Ortalama =	0,9945
				Varyans =	0,0121

Tablo 33. Doğu Anadolu bölgesindeki DMİ'ye ait 1. ve 2. sınıf istasyonların  $X_{50}$  ve  $X_{100}$  değerleri ile HKY $_{50}$  ve HKY $_{100}$  değerleri

İstasyonlar	Sınıf	$X_{50}$	HKY $_{50}$	HKY $_{50}/X_{50}$	$X_{100}$	HKY $_{100}$	HKY $_{100}/X_{100}$
Ardahan	1	1,03	1,75	1,70	1,45	1,99	1,37
Kars	1	0,95	1,73	1,82	1,06	1,97	1,86
Erzurum	1	2,01	2,62	1,30	2,41	2,98	1,24
Erzincan	1	0,96	1,49	1,55	1,17	0,91	0,78
Iğdır	1	0,25	0,29	1,16	0,27	0,35	1,30
Ağrı	1	3,66	4,96	1,36	4,07	5,76	1,42
Hakkari	1	2,64	3,36	1,27	2,99	3,04	1,02
Van	1	1,50	1,53	1,02	1,85	1,74	0,94
Bitlis	1	7,04	6,75	0,96	8,24	7,91	0,96
Bingöl	1	3,59	4,87	1,36	3,96	5,77	1,46
Elazığ	1	0,57	0,46	0,81	0,64	0,54	0,84
Tunceli	1	1,77	3,60	2,03	1,94	3,42	1,76
Malatya	1	0,55	0,37	0,67	0,62	0,44	0,71
Muş	2	3,30	6,25	1,89	3,75	7,33	1,95
İspir	2	1,95	3,39	1,74	2,55	3,98	1,56
Oltu	2	0,86	0,91	1,06	1,02	1,04	1,02
Tortum	2	1,28	1,54	1,20	1,48	1,75	1,18
Horasan	2	1,63	2,05	1,26	1,92	2,34	1,22
Hınıs	2	4,69	6,41	1,37	5,67	7,52	1,33
			Ortalama=	1,34		Ortalama=	1,26
			Varyans =	0,14		Varyans =	0,13

Tablo 33.'den de görüldüğü gibi HKY $_{50}/X_{50}$  oranlarının ortalaması 1,34 varyansları 0,14'tür. HKY $_{50}/X_{50}$  oranı 0,67-2,03 arasında değişmektedir. HKY $_{100}/X_{100}$  oranlarının ortalaması 1,26 varyansları 0,13'tür. HKY $_{100}/X_{100}$  oranı 0,71-1,95 arasında değişmektedir. Genel olarak HKY $_{50}$  değerleri  $X_{50}$  değerlerinden ve HKY $_{100}$  değerleri  $X_{100}$  değerlerinden büyük çıkmaktadır. HKY $_{50}/X_{50}$  ve HKY $_{100}/X_{100}$  oranları ayrı ayrı incelendiğinde HKY $_{50}/X_{50}$  ve HKY $_{100}/X_{100}$  oranlarının 1'den küçük olduğu istasyonlardaki zemin kar yükü değerlerinin birbirine çok yakın olması her iki haritadan elde edilen değerlerin

kullanılabilir olduğunu göstermektedir.  $HKY_{50}/X_{50}$  ve  $HKY_{100}/X_{100}$  oranlarının 1'den büyük olduğu istasyonların bir kısmı için emniyetli yükler önerdiği, bir kısmı için ise aşırı emniyetli yük önerdiği görülmektedir.

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Doğu Anadolu bölgesinde ve bu bölgeye komşu illerde kar-su eşdeğeri ve kar derinliği ölçümü yapan Devlet Meteoroloji İşleri'ne (DMİ) ait 24 adet 1. sınıf istasyondan ve yalnızca kar derinliği ölçümü yapan DMİ'ye ait 18 adet 2. sınıf istasyondan yıllık maksimum değerler alındı. Bu verilerin kullanılması ile her istasyon için ortalama tekerrür süresi (OTS) 50 yıl ve 100 yıl olan zemin kar yükleri ve kar derinlikleri istatistiksel analizle belirlendi. Zemin kar yükü ve kar derinliklerinin istatistiksel analizle belirlenmesi aşamasında, her istasyon verisi için en uygun olasılık dağılımı, Gumbel, Weibull ve Lognormal dağılımları arasından maksimum olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi ile belirlendi. 1. sınıf istasyonlar için OTS'si 50 yıl'a göre belirlenmiş olan zemin kar yükü ve kar derinliği verileri arasında regresyon analizi yapılarak lineer olmayan bir regresyon denklemi elde edilip, bu denklem yardımıyla 2. sınıf istasyonların 50 yıllık kar yükleri hesaplandı. Benzer şekilde 1. sınıf istasyonlar için OTS'si 100 yıl'a göre belirlenmiş olan zemin kar yükü ve kar derinliği verileri arasında regresyon analizi yapılarak lineer olmayan bir regresyon denklemi elde edilip, bu denklem yardımıyla 2. sınıf istasyonların 100 yıllık kar yükleri hesaplandı. Zemin kar yükünün Doğu Anadolu bölgesindeki değişimini elde etmek amacıyla her istasyon için belirlenen 50 yıllık ve 100 yıllık zemin kar yükleri kullanılarak CBS teknikleri yardımı ile konumsal analiz yapılarak bölgenin 50 yıllık ve 100 yıllık normalize edilmiş zemin kar yükü haritaları oluşturuldu. OTS'si 50 yıl'a göre hazırlanan Doğu Anadolu bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından elde edilen değerler ile (Özgen,2007) tarafından hazırlanan Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasından Doğu Anadolu bölgesi için elde edilen değerler karşılaştırıldı. Formülden bağımsız zemin kar yükü haritaları elde etmek için daha önceden oluşturulan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritaları ile rakım haritası birlikte kullanılarak her nokta için değer veren zemin kar yükü haritaları oluşturuldu. Bu çalışmada hazırlanan 50 yıllık ve 100 yıllık Doğu Anadolu bölgesi normalleştirilmiş zemin kar yükü haritalarından elde edilen zemin kar yükü değerleri ile TS 498 ve TS 7046'dan elde edilen zemin kar yükü değerleri karşılaştırıldı. ANSI/ASCE 7-05 standardının önerdiği dönüşüm katsayıları kullanılarak beşik çatılar için kar yükleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar TS 498 ve TS 746'dan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada hazırlanan 50 yıl OTS'li Doğu Anadolu bölgesi zemin kar yükü haritasından elde edilen değerlerin, Türkiye'nin normalleştirilmiş zemin kar yükü haritası(Özgen,2007)'ndan elde edilen değerlerden daha emniyetli olduğu aynı zamanda bölgesel olarak hazırlandığından daha hassas olduğu görülmüştür.

Doğu Anadolu bölgesindeki istasyonların bulunduğu yerler için, TS 498'de önerilen zemin kar yükü değerleri ile istasyon verilerinden istatistiki yöntemle elde edilen zemin kar yükü değerleri karşılaştırıldığında, TS 498'de bazı istasyonların yerleri için emniyetsiz yüklerin önerildiği, bazıları için ise ekonomik olmayan yüklerin önerildiği görülmüştür.

TS 498 standardında, bu çalışmada tekerrür süresi 50 yıla göre hazırlanan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasına göre Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için, % 75 oranında emniyetsiz zemin kar yükü, % 5,6 oranında harita ile denk zemin kar yükü, % 19,4 oranında ise aşırı emniyetli kar yükü önerilmektedir. Benzer şekilde TS 498'de, bu çalışmada tekerrür süresi 100 yıla göre hazırlanan normalleştirilmiş zemin kar yükü haritasına göre Doğu Anadolu bölgesi il ve ilçe merkezleri için, % 81,5 oranında emniyetsiz zemin kar yükü , % 5,6 oranında harita ile denk zemin kar yükü, % 12,9 oranında ise aşırı emniyetli zemin kar yükü önerilmektedir.

TS 7046 standardına göre, istisna yüklerin dikkate alınmamasından dolayı, Doğu Anadolu bölgesindeki 1.sınıf istasyonlardan istisna yüke sahip olan istasyonlar için ekonomik olmayan zemin kar yükü önerilmektedir. İstisna yüke sahip olmayan istasyonlar için ise çalışmada hesaplanan zemin kar yükü değerlerine yakın değerler önerilmektedir. 2.sınıf istasyonların tümü için ise TS 7046'ya göre belirlenen zemin kar yükü değerleri, çalışmada bulunan zemin kar yükü değerlerinden büyük çıkmaktadır. Bunun sebebi TS 7046'da 2. sınıf istasyonlar için kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılan yoğunluk formülü ile gerekenden fazla büyük kar yükleri bulunması, buna bağlı olarak bu verilerin TS 7046'da önerilen istatistiki analize tabi tutulması sonucunda büyük  $S_0$  değerlerinin elde edilmesidir.

TS 498 ve TS 7046 standartlarının önerdiği dönüşüm katsayıların, genelde çatıların geometrik özelliklerini dikkate almasından dolayı beşik çatılar için optimum sonuçlar vermediği görülmüştür.

Çatı kar yüklerinin belirlenmesinde çatının geometrisi ile birlikte çatının rüzgara ve güneşe maruz kalma durumunun, yapıdaki ısı kayıpların, çatı kaplama malzemesi türünün, çatı üzerindeki ve etrafındaki engellerin, çatının yapılacağı yapının önem katsayısının da dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

#### 4.ÖNERİLER

Kar yağışı verileri üzerine istatistiksel çalışmaların daha hassas yapılması ve gerçeğe daha yakın sonuçlar alınması için Türkiye’de 1.sınıf ve 2. sınıf istasyon sayılarının artırılması gerekmektedir. Bununla beraber bölgeler hatta kar yağışının önemli olduğu iller bazında zemin kar yükü haritalarının hazırlanması gerekmektedir.

TS 498 standardındaki kar yağış yüksekliği haritasının güncellenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda kar yağış yüksekliği bölgeleri için yapının denizden yüksekliğine göre zati kar yükü değerleri tablosunun, daha büyük rakımlar için hazırlanması gerekmektedir.

TS 7046'da kar derinliği verilerinin kar yükü verilerine dönüştürülmesinde kullanılması önerilen 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.

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

TS 498 ve TS 7046’daki şekil katsayılarına ilaveten çatının rüzgâra ve güneşe maruz kalma durumu, yapı-çatı arasındaki ısı geçişler, çatı kaplama malzemesinin türü ve çatı üzerindeki ve çatı etrafındaki engeller içinde katsayılar belirlenmelidir.

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



## 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.
- ANSI, 2006. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7-05, American Society of Civil Engineers, New York, N. Y., 214.
- Bakır, H., Coşkun, T., Birhan, H., Daşcı, E., Özlü, A., Çakal, M.Ali. ve Öztaş, T., 2008. Erzurum-İlca-Sinirbaşı Deresi Havzası Yağış Ve Akımlarının Araştırılması, Erzurum Kar Hidrolojisi Konferansı, Mart, Erzurum, Bildiri Kitabı: 51-61.
- Bayazıt, M., 1999. Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 242.
- Bayazıt, 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](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.

- DMİ, 2010. T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2009.
- 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, M. ve Daloğlu, A., 2006. Frequency analysis of ground snow data and production of the snow load map using geographic information system for the Eastern Black Sea region of Turkey, *Journal of Structural Engineering*, 132, 7, 1166-1177.
- Durmaz, M., 2003. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Çatıların Optimum Kar Yüklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Durmaz, Z., 1998. DSİ 8.Bölge Müdürlüğü Kar Ölçüm Çalışmaları, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 27-34.
- E.İ.E.İ., 2007. Kar Gözlemleri Kitabı(1966-2005), ISBN 978 / 975 / 8964/68/0.
- Ellingwood, B., 1984. 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., 1983. 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.
- Gerçek, H., 2007. Kastamonu Yöresinde Orman-Kar İlişkilerinin Hidrolojik İşlevler Ve Çığ Kontrolü Yönünden Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- 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.
- Gürer, İ., 2002. *TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri*, 420-421-422, 4-5-6, 147-154.

- 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 Standartization.
- Isumov, N. ve Davenport, A. G., 1974. A Probabilistic Approach to the Prediction of Snow Loads, Canadian Journal of Civil Engineering, 1, 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., 57-71 pp.
- O'Rourke, M. J., Redfield, R. ve Bradsky, P.V., 1982. Uniform Snow Loads on Structures, Journal of the Structural Division, 108, 12, 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.*

- Özgen, P., 2007. Türkiye'deki Çatıların Optimum Kar Yüklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- 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, 1, 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., Estimating Snow Loadson 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, 3, 491-501.
- Simiu, E. ve Filliben, J. J., 1976. Probability Distributions of Extreme Wind Speeds, Journal of the Structural Division, 102, 9, 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 Assesment, Structural Safety, 23, 2001, 221-229.
- Soukhov, D., European Snow Loads Research Program- Purposes and Tasks. [http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer02/102\\_23.pdf](http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer02/102_23.pdf) 16 Aralık 2002.
- Soukhov, D., The Probability Distribution Function for Snow Load in Germany. [http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer03/103\\_25.pdf](http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer03/103_25.pdf) 2 Aralık 2002.
- Stedinger, J. R., Vogel, R. M., and Foufoula-Georgiou, E., Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, New York, 1992.

- 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, 313-321.
- Tobiasson, W. ve Greatorex, A., 1996. Snow Loads for the United States, CRREL Report, Hanover, N. H.
- Tobiasson, W. ve Greatorex, 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, <http://www.meteor.gov.tr/> İklim. 7 Mayıs 2003.
- URL-2, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda362.htm#PPF> Percent Point Function. 31 Mayıs 2003.



## **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 Yüğü, $S_0$**

Yerdeki karakteristik kar yüğü, en gayri müsait  $T_r$  yıllık ortalamaların aşılması 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 Yüğü, $S$**

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

##### **0.2.4. Şekil Katsayısının Anma Değeri, $\mu_i$**

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, $L_i$**

Yatay boyutlar, gerektiğinde indisli olarak kullanılan boyutlardır.

## Ek 2'nin devamı

### 0.2.6. Açısal Boyutlar, $\beta_i$

Açısal boyutlar, gerektiğinde indisli olarak kullanılan boyutlardır.

### 0.3. Kapsam

Bu standart; yerdeki kar yüküne ilişkin istatistiki 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 çözümlenmek 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  $\mu$ '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 dağılabilir, 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.

Alışılmışın 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  $\mu$ , 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,  $S_0$ , ya 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 metotlar 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 ( $\text{kgf/m}^2$  olarak).

30 – 50 – 70 – 100 – 150 – 200 – 250

## 4. Şekil Katsayıları

### 4.1. Genel Prensipler

Mükemmel derecede sakin havalarda, yağın 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), yığışımli sürüklenen kar yükü, yerdeki kar yükünün birkaç katına ulaşır. Başka binalar, bitki örtüsü vb. engeller ile korunan çatılar, yerdekinden 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 özel 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  $\mu_1$ , 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

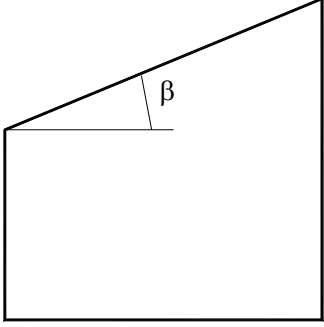
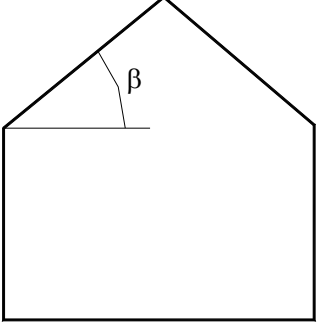
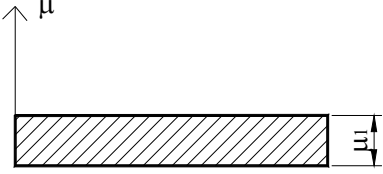
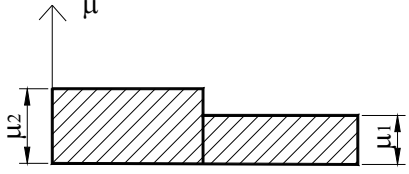
TS 7046/MAYIS 1989

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)<sup>1</sup>

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

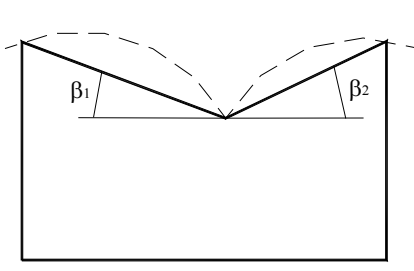
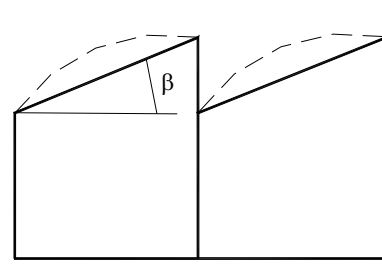
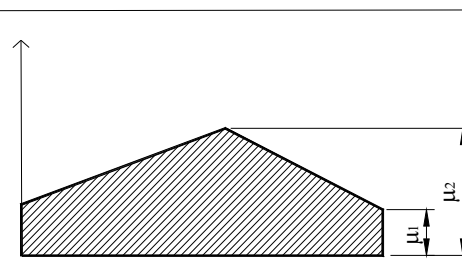
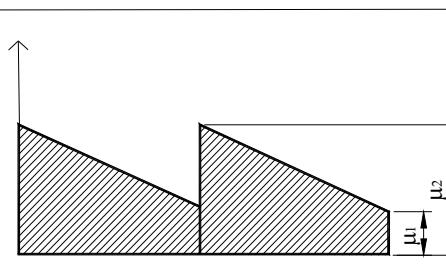
Föy-2

## 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;"><math>\beta = (\beta_1 + \beta_2) / 2</math></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

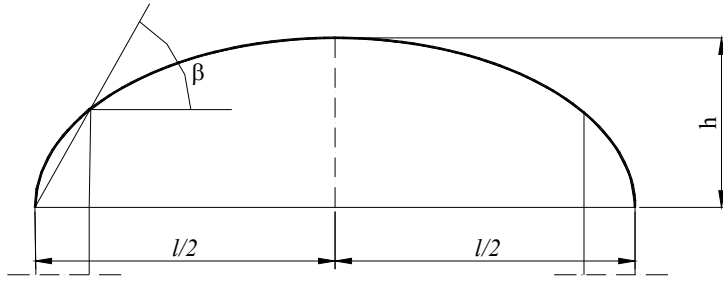
TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

Föy-3

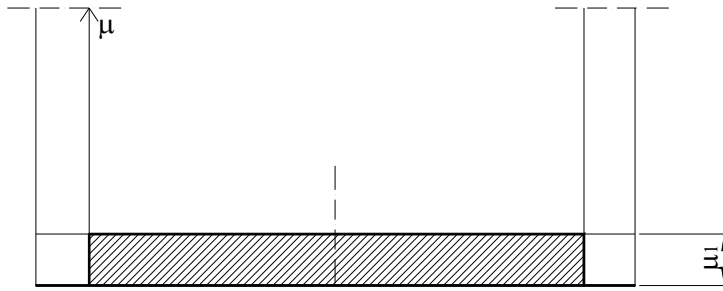
## BASİT EĞRİ ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI

## SHAPE COEFFICIENTS OF SIMPLE CURVED ROOFS



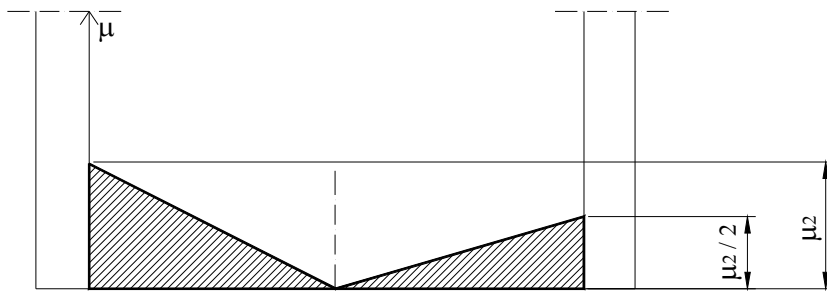
Aşağıdaki 1 ve 2 durumları incelenmelidir.

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

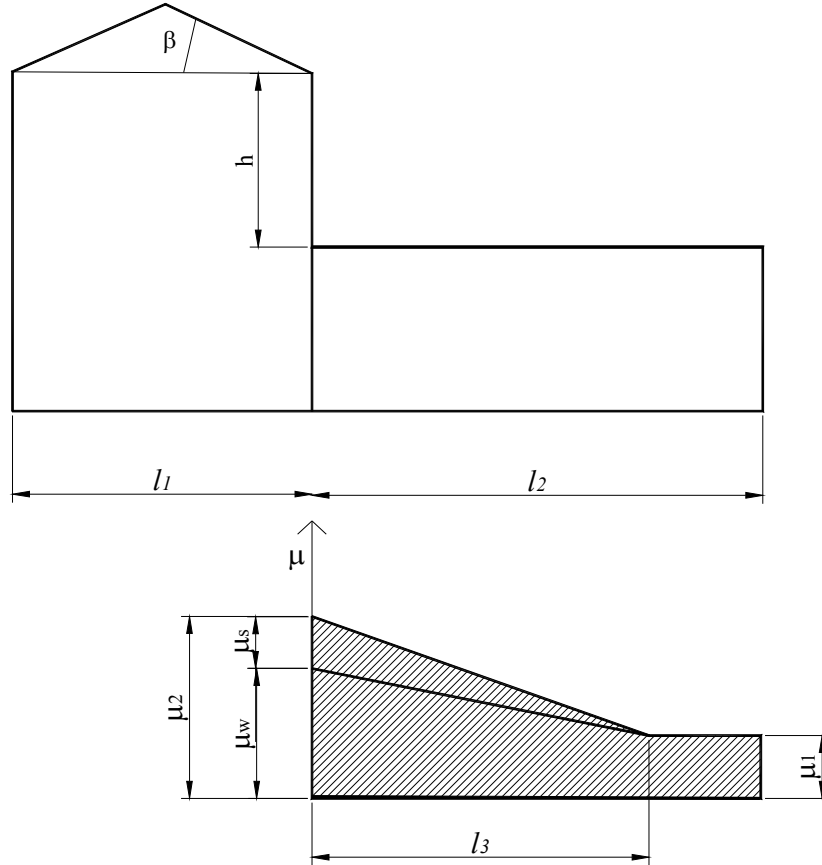
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

Föy-4

FARKLI YÜKSEKLİKLERE SAHİP ÇATILAR İÇİN ŞEKİL KATSAYILARI  
 SHAPE COEFFICIENTS OF MULTILEVEL ROOFS<sup>(1)</sup>



$$\mu_1 = 0.8$$

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

Burada;

 $\mu_s$  = Kaymadan dolayı $\mu_w$  = Rüzgardan dolayı

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

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

Burada h'nin birimi m,  $S_0$ 'ın birimi  $\text{kgf/m}^2$  olarak alınırsa  $k = 200 \text{ kgf/m}^3$ 'dür. $\beta > 15^\circ$  ise,  $\mu_s$  üstteki çatının maksimum toplam yükünün %50'si eklenerek bulunur<sup>(3)</sup> ve şekilde görüldüğü gibi doğrusal bir şekilde dağıtılır. $\beta \leq 15^\circ$  ise  $\mu_s = 0$ 'dir.(1)  $\mu_w$  için daha yaygın olarak kullanılan bir formül Ek-C'de verilmiştir.(2) Eğer  $l_2 < l_3$  ise  $\mu$  şekil katsayısı  $\mu_1$  ve  $\mu_2$  arasında yapılacak enterpolasyonla belirlenir.

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



## Ek 2'nin devamı

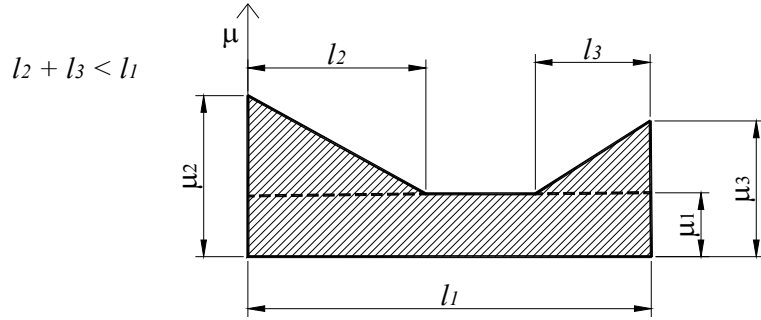
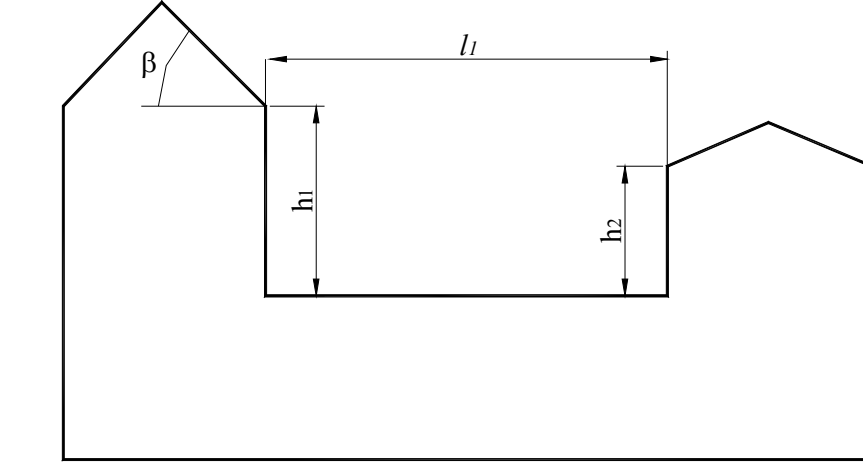
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

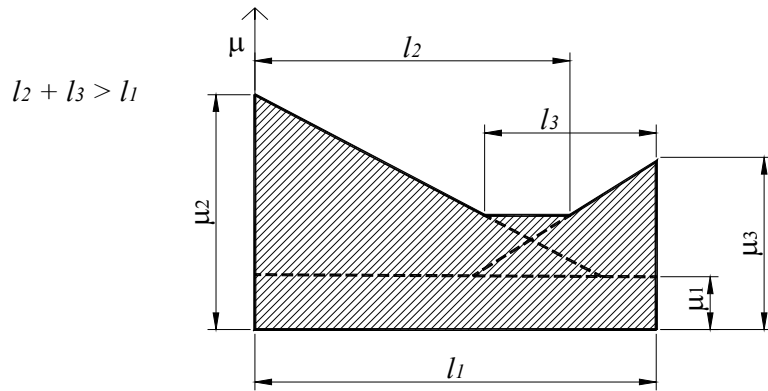
TS 7046/MAYIS 1989

Föy-5

KARMAŞIK 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.

$\mu_2$  ve  $\mu_3$ , ( $\mu_s + \mu_w$ ) Föy-1, Föy-2 ve Föy-4'e göre bulunur.

## Ek 2'nin devamı

UDK 624.042.42

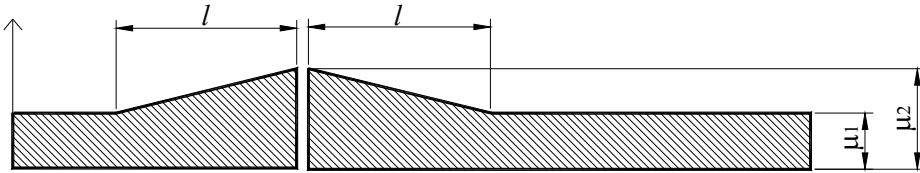
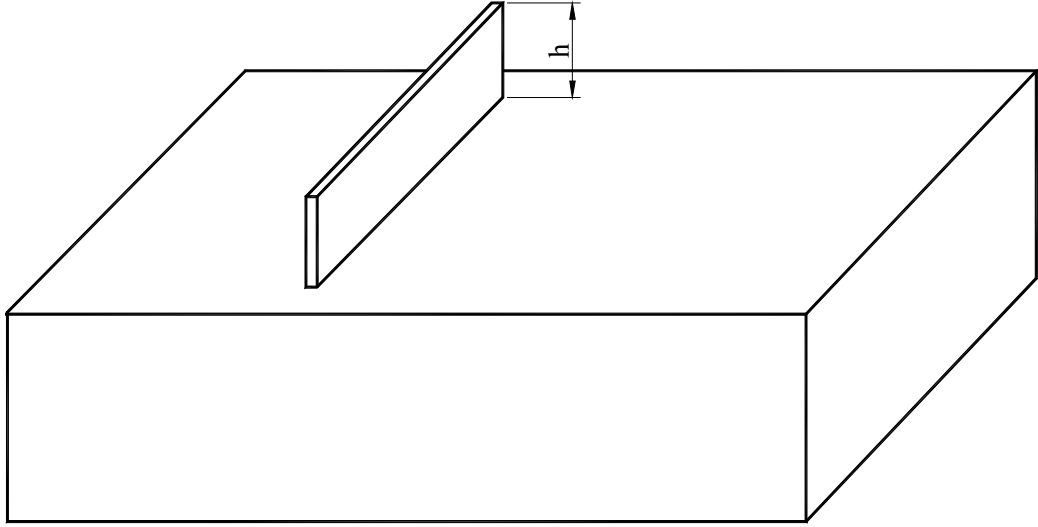
TÜRK STANDARTLARI

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/m<sup>3</sup> $\mu_1 = 0.8$ 

l = 2h'dır.

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 yüğü dağılım eğrisi olarak kullanılır.

**Not:** Sık sık, bazı bölgelerde, belli yıllarda kar yağışının olmadığı gözlenir. Bu durumda, yıllık maksimum kar yüğü 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 yüğü değerini aşan yıllık frekans, kar yağışı olan yılların frekansı ile verilen yüğü aşan yıllık frekansın çarpımına eşittir. Verilen yüğü aşan yıllık frekans yalnız kar yağışı olan yıllar kullanılarak hesaplanır.

Aşağıda anlatılacak metod, 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;  $\sigma$ , gözlenen uç değerlerin standart sapması;  $\bar{y}_N$  ve  $\sigma_N$ , gözlem yıllarının fonksiyonları;  $\bar{y}_N$ , azaltılmış ortalama ve  $\sigma_N$ , azaltılmış standart sapmadır. ( $\bar{y}_N$  ve  $\sigma_N$  değerleri Ek Tablo 2.1 ve 2.2'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.

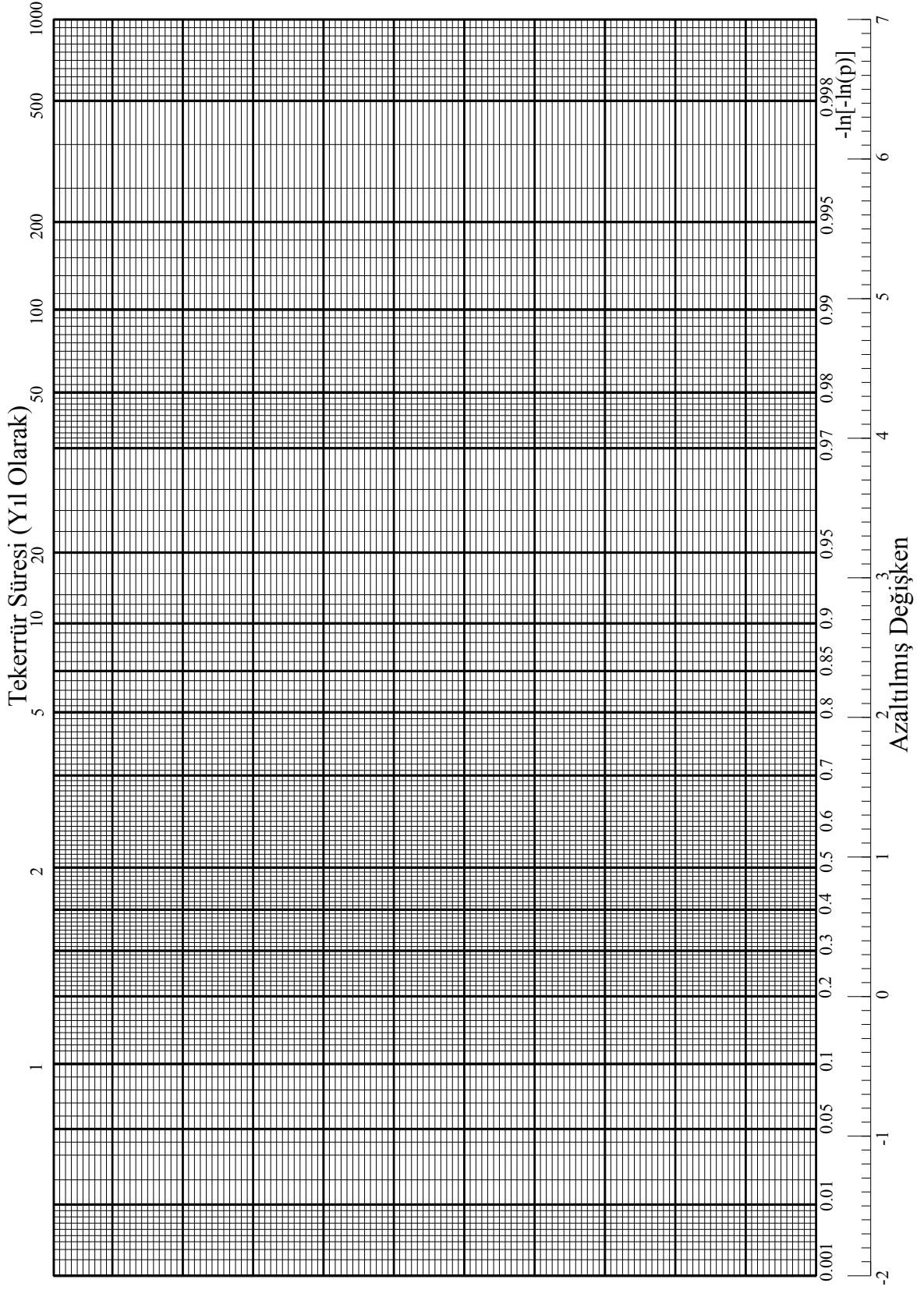
Ek Tablo 2.1. Azaltılmış aritmetik ortalama,  $\bar{y}_N$

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,  $\sigma_N$

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.

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

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.

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

Burada g, yerçekimi ivmesi;  $\rho$ , karın yoğunluğudur.

Bu formül kar yoğunluğundaki farklılıklardan dolayı kısıtlı bir şekilde kullanılır. Yeni yağın karın yoğunluğu  $100 \text{ kg/m}^3$ 'ten az, yerde bir süre beklemiş karın yoğunluğu ise  $500 \text{ kg/m}^3$ '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  $200 \text{ kg/m}^3$  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  $150 \text{ kg/m}^3$  (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  $\rho$ , karın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ) ve  $d$ , kar tabakasının kalınlığıdır (m).

## Ek 2'nin devamı

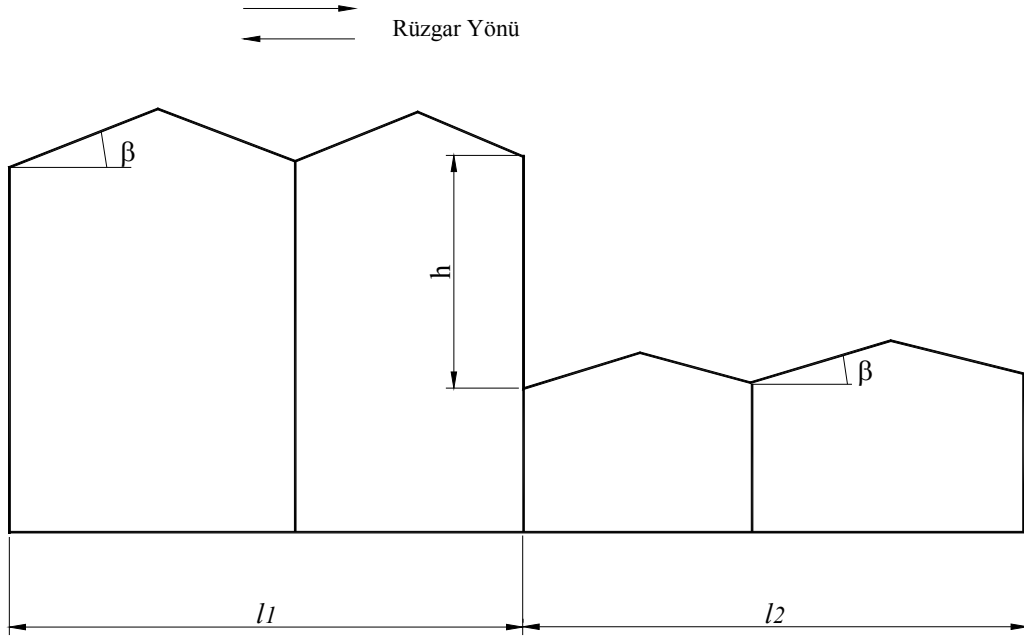
UDK 624.042.42

TÜRK STANDARTLARI

TS 7046/MAYIS 1989

EK - C

## FARKLI YÜKSEKLİKLERE SAHİP ÇATILARIN ŞEKİL KATSAYILARI

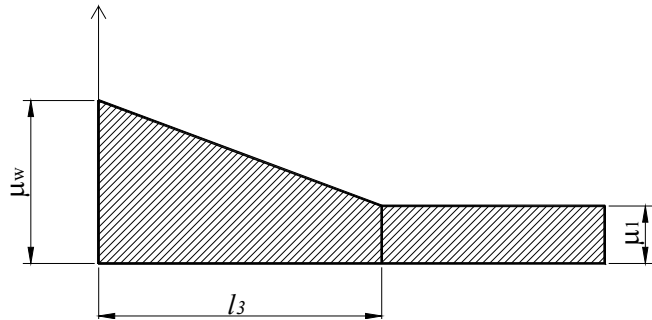


Farklı yüksekliklere sahip çatıların şekil katsayıları aşağıdaki formülle bulunur.

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

$$\mu_1 = 0.8$$

$$l_3 = 2h$$



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

Burada;  
 $S_o$ , (kN/m<sup>2</sup>)  
 $K$ , (N/m<sup>3</sup>)  
 $l_3 < 15$  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. Eksik verilerin tamamlanmış şekilde 1. ve 2. Sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık kar-su eşdeğeri (mm) ve kar derinliği (cm) verileri**

Ek Tablo 3.1. 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonlarına ait eksik verileri tamamlanmış şekilde kar-su eşdeğerleri(mm)

Yıl	Ardahan	Kars	Erzurum	Erzincan	Bayburt	Gümüşhane	Giresun	Rize	Hopa	Ş.karahisar	Artvin
1972	23	50	66	28	35	49	28	30	139	115	51
1973	37	60	81	14	30	20	26	21	48	20	89
1974	59	59	32	29	58	57	20	6	2	117	69
1975	93	89	81	12	78	52	27	47	40	131	65
1976	175	244	188	45	207	143	36	38	30	124	114
1977	94	67	64	22	35	27	22	1	4	88	31
1978	58	64	88	27	45	33	22	2	6	78	20
1979	36	12	19	37	46	43	26	1	11	65	80
1980	40	34	55	25	69	62	43	67	33	110	45
1981	47	16	22	4	29	12	20	6	1	69	28
1982	29	25	22	14	18	21	12	17	25	84	66
1983	40	30	17	13	28	46	24	66	28	104	68
1984	23	16	86	11	41	13	22	12	11	45	15
1985	40	41	94	86	102	40	71	98	200	224	109
1986	39	38	47	25	57	23	29	43	41	126	49
1987	57	18	59	21	57	38	35	10	23	179	63
1988	46	42	27	41	59	83	7	18	46	207	151
1989	21	11	123	28	17	83	22	16	13	149	268
1990	59	67	81	22	88	5	12	7	2	93	87
1991	36	47	196	53	34	61	35	46	52	170	75
1992	79	46	117	83	59	180	42	56	52	192	173
1993	47	45	65	40	52	76	39	34	49	189	209
1994	64	38	38	39	32	78	20	143	86	143	76
1995	35	41	26	46	40	28	33	0	3	74	50
1996	39	21	40	8	16	5	3	2	19	53	32
1997	25	19	55	8	30	25	34	100	95	79	246
1998	24	16	39	13	41	45	8	14	2	198	151
1999	60	15	67	8	21	9	20	6	1	49	39
2000	68	55	39	18	41	40	37	29	38	271	57
2001	24	24	45	15	13	19	12	2	2	63	44
2002	66	35	66	18	35	5	90	29	104	192	64

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.1'in devamı

Yıl	İğdır	Tunceli	Bitlis	Ağrı	Bingöl	Elazığ	Malatya	Van	Hakkari	Diyarbakır	K.maraş	Siirt	Adıyaman
1976	21,86	452,00	720,60	263,80	340,00	44,50	26,40	110,10	156,30	42,80	28,00	21,30	18,61
1977	19,62	32,60	140,80	99,00	149,20	39,20	38,10	17,60	172,20	9,80	7,18	28,60	62,68
1978	19,62	70,20	333,50	144,00	196,00	29,20	18,00	16,00	73,50	22,30	2,74	21,60	0,81
1979	14,78	94,30	146,80	53,90	98,00	18,00	21,40	9,50	93,80	27,00	17,17	16,20	16,16
1980	17,39	106,50	177,00	184,90	149,90	15,40	16,10	60,00	21,20	1,10	16,06	15,30	6,36
1981	14,78	63,30	165,20	61,90	112,80	7,20	12,20	34,00	247,00	3,50	0,41	6,00	1,46
1982	17,01	32,00	212,70	174,80	116,00	1,76	9,20	95,40	112,80	48,00	0,31	24,80	0,21
1983	18,88	150,20	378,60	187,20	298,00	12,50	4,30	37,00	235,00	30,20	10,51	35,20	42,40
1984	18,13	19,00	68,60	48,90	40,00	25,20	20,00	46,00	87,00	0,11	2,74	0,11	21,10
1985	21,11	68,00	310,80	649,90	91,80	38,10	17,70	89,20	186,30	28,60	9,40	44,50	13,90
1986	18,13	62,10	279,50	140,80	61,80	18,00	43,60	62,30	154,00	0,30	2,74	3,90	3,90
1987	18,51	177,40	464,60	338,90	108,00	18,60	12,10	24,60	345,40	12,90	13,84	10,10	3,90
1988	19,62	74,70	458,10	212,40	134,40	26,00	17,70	40,00	456,00	27,00	4,96	23,60	6,40
1989	18,51	37,80	120,40	15,90	22,70	8,60	11,20	100,50	51,90	25,60	1,70	31,20	5,00
1990	25,21	64,00	242,70	100,00	56,60	9,70	23,80	51,80	57,00	7,50	0,81	14,60	0,61
1991	22,98	97,50	221,90	130,00	154,80	11,30	14,90	19,40	110,70	3,50	4,00	19,30	6,40
1992	20,00	159,60	612,00	488,20	436,20	45,00	62,40	44,60	240,50	43,40	18,00	38,30	59,20
1993	19,25	23,60	503,20	157,20	246,20	59,00	38,00	30,00	230,40	20,00	7,00	75,80	35,70
1994	18,51	49,20	181,50	244,20	98,30	19,80	32,10	117,40	77,80	12,20	0,71	23,50	0,51
1995	18,51	28,40	291,90	162,00	160,00	6,60	21,20	36,80	83,50	0,22	0,51	0,26	0,31
1996	18,88	62,20	208,00	94,20	127,00	22,20	18,30	10,80	84,80	2,60	0,21	7,20	0,71
1997	18,13	36,50	228,00	81,00	87,00	11,00	17,70	40,00	98,10	4,60	14,90	15,00	33,30
1998	16,64	87,20	178,20	93,20	142,00	21,50	11,60	35,00	49,70	16,80	0,61	10,00	0,41
1999	15,15	7,40	95,10	13,60	20,00	15,20	16,00	20,80	19,60	0,11	0,11	0,26	0,11
2000	15,90	139,60	224,40	92,00	182,00	50,60	36,20	9,80	96,80	6,30	19,60	10,00	160,50
2001	16,27	38,60	208,30	50,00	58,60	16,80	23,20	15,00	98,90	22,40	16,00	10,40	18,80
2002	25,00	100,50	210,70	125,00	62,60	19,00	26,20	20,90	70,80	20,00	1,60	14,40	13,30
2003	19,00	106,00	211,10	90,00	298,00	31,00	49,70	35,90	188,00	21,40	59,00	12,20	27,80
2004	21,60	49,50	122,20	61,00	183,20	18,50	18,20	43,30	42,00	34,90	11,00	23,80	4,30
2005	19,60	73,50	121,60	99,00	145,80	4,00	11,20	21,00	143,30	0,22	1,60	6,00	3,90

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.2. Kar-su eşdeğer verileri zemin kar yükü verilerine dönüştürülen 1. Sınıf DMİ istasyonlarına ait yıllık maksimum zemin kar yükü verileri, kPa

Yıl	Ardahan	Kars	Erzurum	Erzincan	Bayburt	Gümüşhane	Giresun	Rize	Hopa	Ş.karahisar	Artvin
1972	0,226	0,491	0,647	0,275	0,343	0,481	0,275	0,294	1,364	1,128	0,5
1973	0,363	0,589	0,795	0,137	0,294	0,196	0,255	0,206	0,471	0,196	0,873
1974	0,579	0,579	0,314	0,284	0,569	0,559	0,196	0,059	0,02	1,148	0,677
1975	0,912	0,873	0,795	0,118	0,765	0,51	0,265	0,461	0,392	1,285	0,638
1976	1,717	2,394	1,844	0,441	2,031	1,403	0,353	0,373	0,294	1,216	1,118
1977	0,922	0,657	0,628	0,216	0,343	0,265	0,216	0,009	0,039	0,863	0,304
1978	0,569	0,628	0,863	0,265	0,441	0,324	0,216	0,017	0,059	0,765	0,196
1979	0,353	0,118	0,186	0,363	0,451	0,422	0,255	0,006	0,108	0,638	0,785
1980	0,392	0,334	0,54	0,245	0,677	0,608	0,422	0,657	0,324	1,079	0,441
1981	0,461	0,157	0,216	0,039	0,284	0,118	0,196	0,059	0,009	0,677	0,275
1982	0,284	0,245	0,216	0,137	0,177	0,206	0,118	0,167	0,245	0,824	0,647
1983	0,392	0,294	0,167	0,128	0,275	0,451	0,235	0,647	0,275	1,02	0,667
1984	0,226	0,157	0,844	0,108	0,402	0,128	0,216	0,118	0,108	0,441	0,147
1985	0,392	0,402	0,922	0,844	1,001	0,392	0,697	0,961	1,962	2,197	1,069
1986	0,383	0,373	0,461	0,245	0,559	0,226	0,284	0,422	0,402	1,236	0,481
1987	0,559	0,177	0,579	0,206	0,559	0,373	0,343	0,098	0,226	1,756	0,618
1988	0,451	0,412	0,265	0,402	0,579	0,814	0,069	0,177	0,451	2,031	1,481
1989	0,206	0,108	1,207	0,275	0,167	0,814	0,216	0,157	0,128	1,462	2,629
1990	0,579	0,657	0,795	0,216	0,863	0,049	0,118	0,069	0,017	0,912	0,853
1991	0,353	0,461	1,923	0,52	0,334	0,598	0,343	0,451	0,51	1,668	0,736
1992	0,775	0,451	1,148	0,814	0,579	1,766	0,412	0,549	0,51	1,884	1,697
1993	0,461	0,441	0,638	0,392	0,51	0,746	0,383	0,334	0,481	1,854	2,05
1994	0,628	0,373	0,373	0,383	0,314	0,765	0,196	1,403	0,844	1,403	0,746
1995	0,343	0,402	0,255	0,451	0,392	0,275	0,324	0,002	0,025	0,726	0,491
1996	0,383	0,206	0,392	0,078	0,157	0,049	0,029	0,02	0,186	0,52	0,314
1997	0,245	0,186	0,54	0,078	0,294	0,245	0,334	0,981	0,932	0,775	2,413
1998	0,235	0,157	0,383	0,128	0,402	0,441	0,078	0,137	0,02	1,942	1,481
1999	0,589	0,147	0,657	0,078	0,206	0,088	0,196	0,059	0,009	0,481	0,383
2000	0,667	0,54	0,383	0,177	0,402	0,392	0,363	0,284	0,373	2,659	0,559
2001	0,235	0,235	0,441	0,147	0,128	0,186	0,118	0,017	0,017	0,618	0,432
2002	0,647	0,343	0,647	0,177	0,343	0,049	0,883	0,284	1,02	1,884	0,628

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.2'nin devamı

Yıl	İğdır	Tunceli	Bitlis	Ağrı	Bingöl	Elazığ	Malatya	Van	Hakkari	Diyarbakır	K.maraş	Siirt	Adıyaman
1976	0,214	4,434	7,069	2,588	3,335	0,437	0,259	1,08	1,533	0,42	0,275	0,209	0,183
1977	0,193	0,32	1,381	0,971	1,464	0,385	0,374	0,173	1,689	0,096	0,07	0,281	0,615
1978	0,193	0,689	3,272	1,413	1,923	0,286	0,177	0,157	0,721	0,219	0,027	0,212	0,008
1979	0,145	0,925	1,44	0,529	0,961	0,177	0,21	0,093	0,92	0,265	0,168	0,159	0,158
1980	0,171	1,045	1,736	1,814	1,471	0,151	0,158	0,589	0,208	0,011	0,158	0,15	0,062
1981	0,145	0,621	1,621	0,607	1,107	0,071	0,12	0,334	2,423	0,034	0,004	0,059	0,014
1982	0,167	0,314	2,087	1,715	1,138	0,017	0,09	0,936	1,107	0,471	0,003	0,243	0,002
1983	0,185	1,473	3,714	1,836	2,923	0,123	0,042	0,363	2,305	0,296	0,103	0,345	0,416
1984	0,178	0,186	0,673	0,48	0,392	0,247	0,196	0,451	0,853	0,001	0,027	0,001	0,207
1985	0,207	0,667	3,049	6,376	0,901	0,374	0,174	0,875	1,828	0,281	0,092	0,437	0,136
1986	0,178	0,609	2,742	1,381	0,606	0,177	0,428	0,611	1,511	0,003	0,027	0,038	0,038
1987	0,182	1,74	4,558	3,325	1,059	0,182	0,119	0,241	3,388	0,127	0,136	0,099	0,038
1988	0,193	0,733	4,494	2,084	1,318	0,255	0,174	0,392	4,473	0,265	0,049	0,232	0,063
1989	0,182	0,371	1,181	0,156	0,223	0,084	0,11	0,986	0,509	0,251	0,017	0,306	0,049
1990	0,247	0,628	2,381	0,981	0,555	0,095	0,233	0,508	0,559	0,074	0,008	0,143	0,006
1991	0,225	0,956	2,177	1,275	1,519	0,111	0,146	0,19	1,086	0,034	0,039	0,189	0,063
1992	0,196	1,566	6,004	4,789	4,279	0,441	0,612	0,438	2,359	0,426	0,177	0,376	0,581
1993	0,189	0,232	4,936	1,542	2,415	0,579	0,373	0,294	2,26	0,196	0,069	0,744	0,35
1994	0,182	0,483	1,781	2,396	0,964	0,194	0,315	1,152	0,763	0,12	0,007	0,231	0,005
1995	0,182	0,279	2,864	1,589	1,57	0,065	0,208	0,361	0,819	0,002	0,005	0,003	0,003
1996	0,185	0,61	2,04	0,924	1,246	0,218	0,18	0,106	0,832	0,026	0,002	0,071	0,007
1997	0,178	0,358	2,237	0,795	0,853	0,108	0,174	0,392	0,962	0,045	0,146	0,147	0,327
1998	0,163	0,855	1,748	0,914	1,393	0,211	0,114	0,343	0,488	0,165	0,006	0,098	0,004
1999	0,149	0,073	0,933	0,133	0,196	0,149	0,157	0,204	0,192	0,001	0,001	0,003	0,001
2000	0,156	1,369	2,201	0,903	1,785	0,496	0,355	0,096	0,95	0,062	0,192	0,098	1,575
2001	0,16	0,379	2,043	0,491	0,575	0,165	0,228	0,147	0,97	0,22	0,157	0,102	0,184
2002	0,245	0,986	2,067	1,226	0,614	0,186	0,257	0,205	0,695	0,196	0,016	0,141	0,13
2003	0,186	1,04	2,071	0,883	2,923	0,304	0,488	0,352	1,844	0,21	0,579	0,12	0,273
2004	0,212	0,486	1,199	0,598	1,797	0,181	0,179	0,425	0,412	0,342	0,108	0,233	0,042
2005	0,192	0,721	1,193	0,971	1,43	0,039	0,11	0,206	1,406	0,002	0,016	0,059	0,038

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.3. Eksik verileri tamamlanmış şekilde DMİ istasyonlarına ait kar derinliği verileri, cm

Yıl	Ardahan	Erzincan	Erzurum	Kars	Giresun	Artvin	Bayburt	G.hane	Rize	Hopa	Şebink.	Tortum	Oltu	İspir	Hınıs	Horasan	Pazar
1972	34	12	28	25	21	50	21	7	28	88	45	32	21	34	105	41	35
1973	29	11	41	33	38	75	29	16	30	44	26	25	15	15	55	36	40
1974	29	18	19	21	11	54	31	41	11	2	60	29	19	30	83	31	15
1975	54	19	50	30	24	52	37	42	59	38	52	36	24	34	113	18	36
1976	110	30	102	77	24	71	110	80	34	30	98	95	61	98	190	48	50
1977	38	16	31	43	13	45	31	20	3	7	30	17	9	12	47	24	19
1978	38	21	42	55	13	12	29	23	4	8	48	16	29	35	98	40	20
1979	22	25	15	9	15	70	48	54	7	17	32	21	6	45	48	11	10
1980	23	19	43	19	30	47	37	30	56	31	54	21	15	28	85	27	64
1981	34	4	18	18	11	24	16	20	11	3	26	9	12	16	96	22	16
1982	26	11	30	22	18	55	21	20	19	7	56	9	12	9	110	18	10
1983	30	10	20	26	33	60	17	32	54	32	86	32	13	29	125	29	30
1984	21	9	18	19	13	11	32	23	15	11	14	25	11	12	32	15	19
1985	37	55	48	47	53	69	56	32	77	112	86	15	17	35	62	35	108
1986	43	33	53	41	35	52	28	26	65	38	45	30	24	35	92	43	31
1987	56	19	35	38	28	67	32	40	12	18	51	43	26	28	110	28	41
1988	43	28	38	58	6	118	39	65	20	25	72	25	20	34	120	41	33
1989	17	26	17	14	24	116	14	45	18	12	48	21	16	37	25	11	19
1990	72	14	61	88	1	55	42	23	6	4	30	63	56	47	52	55	35
1991	37	25	50	53	26	54	23	38	38	33	53	40	22	26	93	38	42
1992	80	35	100	65	34	85	55	78	45	44	62	51	36	76	160	70	55
1993	50	20	53	63	52	114	45	60	31	49	59	48	27	67	115	99	58
1994	54	30	53	48	15	60	29	46	88	56	46	59	30	32	88	60	70
1995	37	31	41	49	15	38	43	19	1	6	23	26	11	22	144	50	7
1996	28	6	20	27	5	39	20	11	8	12	16	18	10	16	80	16	17
1997	25	8	40	27	28	132	33	14	60	52	24	25	22	17	33	27	78
1998	26	16	35	21	7	86	28	51	9	5	60	30	12	20	55	44	27
1999	60	9	24	25	11	44	19	11	11	3	17	28	12	10	44	16	2
2000	75	14	63	57	25	46	28	43	21	30	82	48	35	29	84	60	34
2001	39	8	34	30	2	44	9	25	4	4	19	16	8	99	55	24	26
2002	60	17	41	36	21	62	33	35	28	27,4	47						

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.3'ün devamı

Yıl	Elazığ	Bingöl	Iğdır	Bitlis	Malatya	Van	Tunceli	Hakkari	Ağrı	Adıyaman	Diyarbakır	K.Maraş	Siirt	Muş	Batman
1976	26	115	21	341	25	50	285	114	190	10	25	13	19	119	8
1977	26	33	15	72	17	21	39	98	59	28	8	8	38	94	9
1978	16	70	15	118	14	10	54	98	77	2	16	4	21	69	3
1979	22	87	2	51	21	8	58	79	28	9	19	17	25	29	14
1980	15	71	9	86	16	48	63	100	50	5	14	16	12	42	9
1981	12	52	2	83	5	36	44	90	52	3	4	0,1	6	58	0,1
1982	4	45	8	217	7	46	17	80	86	1,8	27	0,1	24	80	7
1983	15	160	13	155	12	29	65	123	94	15	27	11	30	138	6
1984	27	24	11	40	35	32	10	51	32	11	0,1	4	0,5	32	0,1
1985	26	58	19	200	15	45	55	80	225	11	20	10	34	92	21
1986	17	32	11	118	41	41	38	70	77	4	2	4	4	51	4
1987	21	52	12	246	13	22	97	139	122	4	10	14	10	72	1
1988	22	71	15	152	15	28	34	160	104	5	18	6	22	60	2
1989	13	20	12	60	61	72	25	71	26	7	16	13	25	33	5
1990	18	36	30	85	22	30	35	62	41	3,5	5	0,1	12	59	1
1991	10	88	24	145	16	22	58	62	88	5	4	5	23	97	6
1992	27	200	16	275	48	44	92	260	165	30	25	24	37	163	15
1993	38	110	14	235	32	30	20	246	82	17	12	8	69	144	18
1994	20	78	12	130	29	120	30	79	94	0,9	5	0,1	22	88	4
1995	5	65	12	113	23	28	22	84	60	0,1	0,5	0,1	0,5	80	0,5
1996	20	65	13	79	16	13	48	86	36	2	6	0,1	8	40	0,5
1997	12	48	11	87	15	39	50	70	45	16	7	15	14	62	9
1998	24	75	7	61	21	37	34	50	76	0,4	12	0,1	9	36	0,1
1999	10	17	3	34	21	24	4	22	23	0,2	0,1	0,1	0,5	14	0,1
2000	40	86	5	161	38	12	80	108	80	60	7	21	12	96	3
2001	20	48	6	107	18	14	40	94	99	24	16	27	7	67	0,1
2002	30	40	29	110	33	28	67	71	75	8	17	15	12	55	10
2003	29	82	17	170	42	24	40	184	82	17	19	37	16	90	12
2004	25	70	19	140	22	45	36	111	75	5	24	14	30	113	4
2005	7	78	13	115	14	24	35	80	96	4	1	3	6	82	0,1

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.3.'ün devamı

Yıl	Sivas	Gemerek	Zara	Divriği	Suşehir	Şarkışla
1965						21
1966	20	16	22	23	12	21
1967	33	20	35	19	43	45
1968	30	30	68	34	25	62
1969	30	10	32	25	20	66
1970	11	19	21	23	6	34
1971	90	9	11	4	28	28
1972	45	23	36	21	20	54
1973	4	10	14	26	12	12
1974	31	51	27	32	39	19
1975	44	28	24	31	59	34
1976	67	42	57	95	73	41
1977	22	23	18	18	23	28
1978	25	31	29	14	36	26
1979	17	15	20	11	6	16
1980	40	26	59	17	24	33
1981	15	12	12	15	33	14
1982	19	14	37	12	13	26
1983	22	19	30	27	39	19
1984	12	10	13	8	9	1
1985	41	23	57	28	52	26
1986	18	15	33	27	17	9
1987	44	22	49	38	38	24
1988	32	32	73	36	59	12
1989	48	28	49	10	25	32
1990	25	18	21	34	32	14
1991	33	25	17	31	56	19
1992	52	33	54	49	62	29
1993	60	17	38	37	32	30
1994	15	11	19	11	42	13
1995	33	47	27	25	52	20
1996	12	14	20	21	40	

**Ek 3'ün devamı**

Ek Tablo 3.3.'ün devamı

Yıldızeli		Kangal		Hafik		İmranlı	
Yıl	d(cm)	Yıl	d(cm)	Yıl	d(cm)	Yıl	d(cm)
1960	12	1956	31	1961	9	1964	108
1961	20	1957	57	1962	23	1965	142
1962	9	1958	21	1963	14	1966	61
1963	15	1959	30	1964	32	1967	81
1964	9	1960	11	1965	22	1968	215
1965	15	1961	36	1966	21	1969	48
1966	21	1962	26	1967	35	1970	10
1967	0,1	1963	17	1968	46	1971	18
1968	54	1964	37	1969	27	1972	56
1969	2	1965	23	1970	20	1973	37
1970	0,1	1966	30	1971	8	1974	49
1971	9	1967	81	1972	60	1975	67
1972	72	1968	72	1973	20	1976	85
1973	10	1969	70	1974	42	1977	38
1974	29	1970	15	1975	35	1978	65
1975	50	1971	14	1976	76	1979	29
1976	68	1972	50	1977	23	1980	59
1977	35	1973	16	1978	34	1981	46
1978	36	1974	36	1979	20	1982	47
1979	25	1975	54	1980	45	1983	59
1980	48	1976	145	1981	18	1984	4
1981	32	1977	32	1982	27	1985	108
1982	34	1978	39	1983	50	1986	64
1983	41	1979	16	1984	14	1987	87
1984	1	1980	122	1985	48	1988	76
1985	39	1981	17	1986	18	1989	53
1986	24	1982	28	1987	35	1990	50
1987	44	1983	70	1988	36	1991	53
1988	29	1984	13	1989	40	1992	75
1989	36	1985	110	1990	21	1993	67
1990	16	1986	77	1991	15	1994	37



## **ÖZGEÇMİŞ**

9 Ekim 1983'de Sivas'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini, Rize'de tamamladı. 2003 yılında Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölümüne girdi ve 2007 yılında onur öğrencisi olarak mezun oldu. Eylül 2007'de Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.