

Kar Verilerinin İstatistiksel Analizi ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Zemin Kar Yüğü Haritasının Oluşturulması

Mustafa DURMAZ*

Ayşe DALOĞLU**

ÖZ

Türkiye’de, özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde, yapılar üzerinde biriken karın tasarım kar yükünden fazla olması sonucu pek çok çatı çökmekte veya hasar görmektedir. Modern standartlarda çatı kar yükü, tasarım zemin kar yükü ile dönüşüm katsayıları çarpılarak hesaplanır. Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz bölgesindeki tasarım zemin kar yüklerinin değişimini en hassas şekilde veren bir harita oluşturmak ve Türk standartlarından TS 498 ve TS 7046’nın konuya yaklaşımını irdelemektir. Bunun için Doğu Karadeniz bölgesi ve civarındaki 32 adet meteoroloji istasyonunun kar verileriyle her istasyon için 50 yıllık zemin kar yükü istatistiksel analiz yöntemleri ile belirlendi. Belirlenen bu yükler kullanılarak bölgenin zemin kar yükü haritası konumsal enterpolasyonla oluşturuldu. Elde edilen sonuçlardan TS.498’deki zemin kar yüklerinin emniyetsiz olduğu, TS.7046’daki istatistiksel analiz yönteminin bazı durumlarda uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çatı Kar Yüğü, Zemin Kar Yüğü, İstatistiki Analiz, TS 498, TS 7046

ABSTRACT

Statistical Analysis of Ground Snow Data and Construction of the Ground Snow Load Map of the Eastern Blacksea Region

In Turkey, especially in the Eastern Black Sea region, many of the roof collapses or damages occur because of heavy snowfall exceeding the maximum depth for design. Roof snow loads specified for structural design in modern standards are calculated as the product of a design ground snow load and conversion factors. The aim of this study is to construct a map to present the variation of the ground snow loads in Eastern Black Sea region precisely and, to discuss the approaches in Turkish standards of TS 498 and TS 7046. For the purpose, 50-year ground snow loads for 32 meteorology stations in the Eastern Black Sea region and adjacent cities were determined by statistical analysis using the snow data obtained from the stations. Using these loads, ground snow load map of the region was constructed by spatial interpolation method. It is concluded that ground snow loads suggested by TS 498 are not safe, and TS 7046 that suggest statistical analysis only to evaluate ground snow loads is not appropriate for some cases.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu’na 20.10.2003 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2005 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon – mdurmaz@ktu.edu.tr

** Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon – aysed@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

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 önemi 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 [1].

Türkiye'de, kar birikmesinin neden olduğu çatı çökmelerine ve hasarlarına ait istatistik bilgilerin yetersiz olması konunun açık bir şekilde değerlendirilmesini engellemekle birlikte basın-yayın organlarından takip edildiği kadarıyla ülkemizde bu gibi durumlara sıkça rastlanmaktadır. Meydana gelen bu yapısal hasarların en önemli sebebi, hasara sebep olan kar yüklerinin tasarımı kullanılan çatı kar yüklerinden fazla olması, yani tasarımı kullanılan çatı kar yüklerinin eksik hesaplanmasıdır. Bu durumda, ülkemizde yapıların tasarımı kullanılan çatı kar yüklerinin gerçeği yansıtacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Çatı elemanlarının kar yüküne karşı güvenli ve ekonomik olarak tasarımı, zemin kar yükü ile birlikte karın çatı üzerindeki birikimini etkileyen tüm faktörlerin birlikte dikkate alınmasını gerektirir. Bu çalışmada, çatı kar yükünün esas bileşeni olan zemin kar yükünün optimum şekilde belirlenmesi için izlenmesi gereken adımlara literatür taraması sonucu karar verilmiş ve bu adımlar takip edilerek Doğu Karadeniz bölgesinin zemin kar yükü haritası oluşturulmuştur.

2. ZEMİN KAR YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ

İklim olgusu tabiatta rastgele bir davranış gösterdiğinden kar yüklemesinin karakteristik parametrelerini belirleyebilmek için istatistik kullanılmalıdır. Böylece tasarımcı iklimsel verilerin istatistik analizinden tasarım zemin kar yükünü elde edebilir [2]. 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 [1]. Diğer bir ifadeyle yapı tasarımı 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. Avrupa ve Amerika'da OTS 50 yıl, Kanada ve Rusya'da 30 yıl alınarak tasarım zemin kar yükleri belirlenir [3].

2.1. 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 düşünülmesizin doğrudan zemin kar yüküne çevrilebilir. Bunlar, kar yükleri için uygun olasılık dağılımına karar verilmesinde en

güvenilir verilerdir [4]. 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 [4].

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 [3]. Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda istatistik analiz için en az 7 yıllık verilere ihtiyaç duyulduğu [5] ve bu sürenin artmasıyla birlikte çözümlerin daha da hassas olabileceği vurgulanmaktadır [6].

Bu çalışmada Doğu Karadeniz bölgesinin zemin kar yükü haritasının oluşturulması amacıyla bu bölgedeki ve bu bölgeye komşu illerdeki Devlet Meteoroloji İşleri'nin (DMİ) işlettiği 1. ve 2. sınıf kar gözlem istasyonlarından kar verileri toplandı. 1. sınıf istasyonlar hem kar-su eşdeğeri hem de kar derinliği ölçümü yaparlarken 2. sınıf istasyonlar sadece kar derinliği ölçümü yapmaktadırlar. 14 tane 1.sınıf istasyondan elde edilen kar-su eşdeğeri ve kar derinliği verileri en az 30 yıllık, 18 tane 2.sınıf istasyondan 17'sinden elde edilen kar derinliği verileri en az 15 yıllık verilerdir.

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda kar-su eşdeğeri cinsinden elde edilen verilerin kar yüküne dönüştürülmesi gerekir. Dönüştürme işleminde aşağıdaki formül kullanılabilir [7].

$$X = \rho_w \cdot g \cdot h_w / 10^6 \quad (1)$$

Burada X, zemin kar yükü (kN/m²); ρ_w , suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m³); g, yerçekimi ivmesi (9.807 m/sn²) ve h_w , kar-su eşdeğeridir (mm). 10⁶ katsayısı mm'yi m'ye ve N'a kN'a çevirmek için kullanılmıştır.

Tablo 1.'de verilerin alındığı istasyonun adı, bulunduğu ilçe, sınıfı, enlemi, boylamı ve kotu (denizden yüksekliği) verilmektedir.

2.2. 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. Veriler için en uygun ODF'nin tespiti öncelikle ölçüm yapılan istasyonun iklimsel ve coğrafi şartlarının göz önünde bulundurulmasına bağlıdır [8].

Zemin kar yüklerinin belirlenmesine ait literatürde pek çok ODF üzerinde durulmaktadır. Ancak özellikle lognormal, ekstrem değer dağılımı tip I (Gumbel) ve Weibull dağılımı üzerinde durulmaktadır [4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

2.3. Olasılık Dağılımının Seçimi

Bir veri dizisine en uygun dağılımı bulmak amacıyla çeşitli olasılık dağılımlarını test etmek için kullanılan pek çok yöntem vardır.

χ^2 (ki-kare) ve Kolmogorov-Smirnov testi gibi klasik istatistik dağılım uygunluk testlerini kullanan çalışmalar çevresel bir değişkenin istatistiki bir modeli olarak en uygun dağılımın ne olduğu sorusuna birbirinden farklı cevaplar vermişlerdir [16].

Tablo 1. Verilerin alındığı DMI istasyonlarına ait bilgiler

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

Son yıllarda yıllık ekstrem rüzgar hızlarını ve zemin kar yüklerini modellemek için uygun olasılık dağılımlarını seçmeyi amaçlayan çalışmalar uygunluk testi olarak maksimum olasılık çizgisi korelasyon katsayısı (MOÇKK) [17] testinden yararlanmışlardır [6, 16, 18, 19, 20, 21].

Bu çalışmada da her istasyon verisi için dağılımların uygunlukları MOÇKK ile test edilmektedir. Bu testte, ekstrem değerler küçükten büyüğe sıralanarak numaralanır. Bu sıra numaralarına göre her ekstrem değer için önce test edilen dağılıma göre aşılma olasılığı P_i ve sonra bu aşılma olasılığından dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken Z_i hesaplanır. Test edilen dağılımlar lognormal ve Weibull ise yıllık ekstrem değerlerin \ln 'leri ile dağılımların olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken değerleri arasında, test edilen dağılım Gumbel ise yıllık ekstrem değerler 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.
Her ekstrem değere ait aşılmama olasılığı P_i , lognormal dağılım için

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

formülü ile hesaplanırken Gumbel ve Weibull dağılımları için

$$P_i = \frac{i}{N+1} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

formülü ile hesaplanır.

Her ekstrem değere ait azaltılmış değişken Z_i , lognormal dağılım için

$$Z_i = \phi^{-1}(P_i) \quad (4)$$

formülü ile, Gumbel dağılımı için

$$Z_i = -\ln(-\ln P_i) \quad (5)$$

formülü ile hesaplanırken Weibull dağılımı için aşağıdaki formül kullanılır.

$$Z_i = \ln[-\ln(1 - P_i)] \quad (6)$$

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

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

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

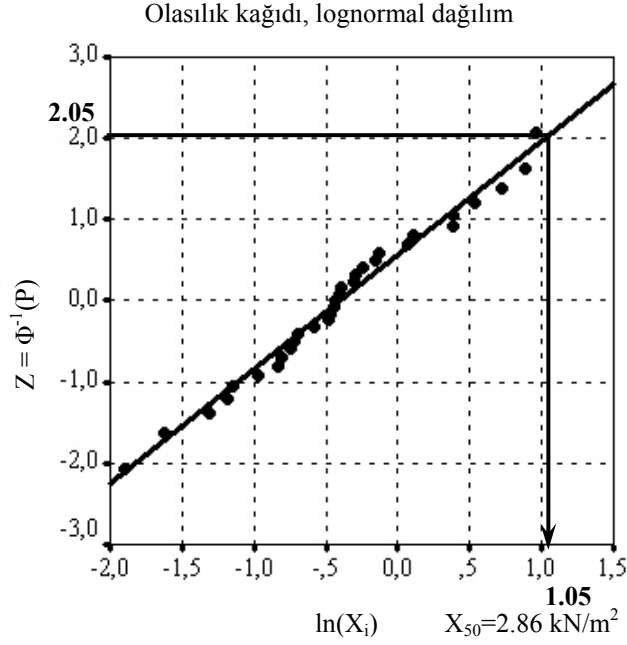
Bu çalışmanın amacı doğrultusunda, verileri için en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının belirlendiği istasyonlara ait belirli bir ortalama tekerrür süreli zemin kar yükleri ve kar derinlikleri hesaplanmıştır. Buna paralel olarak zemin kar yüklerinin ve kar derinliklerinin aşılma olasılığı $1/50$ olan ya da ortalama tekerrür süresi 50 yıl olan değerleri belirlenmiştir. X_{50} , 50 yıl OTS'li zemin kar yükünü, D_{50} ise 50 yıl OTS'li kar derinliğini ifade etmektedir. Her istasyona ait veriler bu istasyon için belirlenen dağılımın olasılık kağıdına yerleştirilir ve en küçük kareler yöntemiyle veriler arasından en uygun doğru geçirilir. Dağılımın olasılık kağıdı üzerinde aşılma olasılığı $1/50=0.02$ için, yani aşılmama olasılığı $P=0.98$ için verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla X_{50} ve D_{50} belirlenebilir. Aşılmama olasılığı $P=0.98$ için lognormal dağılımın azaltılmış değişken değeri 2.05, Gumbel dağılımın azaltılmış değişken değeri 3.90 ve Weibull dağılımının azaltılmış değişken değeri 1.36'dır. Şekil 1.'de Artvin istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen lognormal dağılımın

Kar Verilerinin İstatistiksel Analizi ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Zemin Kar...

olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin en küçük kareler yöntemiyle verilerin arasından geçirilen doğru yardımıyla belirlenmesi görülmektedir. $Z=2.05$ için doğrudan $\ln(X_{50})=1.05$ olarak tespit edilir. Buradan kolayca $X_{50}=2.86 \text{ kN/m}^2$ bulunur.

Tablo 2. Artvin istasyonuna ait zemin kar yükü verilerine MOÇKK testinin uygulanışı

Yıl	i	X_i kN/m ²	$\ln(X_i)$	Lognormal dağılım için P_i	Lognormal dağılım için Z_i	Gumbel ve Weibull için P_i	Gumbel dağılımı için Z_i	Weibull dağılımı için Z_i
1984	1	0.15	-1.897	0.019	-2.070	0.031	-1.243	-3.450
1978	2	0.20	-1.624	0.051	-1.630	0.063	-1.020	-2.740
1981	3	0.27	-1.307	0.083	-1.380	0.094	-0.862	-2.318
1977	4	0.31	-1.181	0.115	-1.200	0.125	-0.732	-2.013
1996	5	0.32	-1.153	0.147	-1.050	0.156	-0.619	-1.773
1999	6	0.38	-0.974	0.179	-0.920	0.188	-0.515	-1.572
2001	7	0.43	-0.838	0.212	-0.800	0.219	-0.419	-1.399
1980	8	0.44	-0.811	0.244	-0.690	0.250	-0.327	-1.246
1986	9	0.48	-0.743	0.276	-0.595	0.281	-0.238	-1.108
1995	10	0.49	-0.723	0.308	-0.500	0.313	-0.151	-0.982
1972	11	0.50	-0.695	0.340	-0.410	0.344	-0.066	-0.865
2000	12	0.56	-0.582	0.372	-0.325	0.375	0.019	-0.755
1987	13	0.62	-0.480	0.404	-0.240	0.406	0.104	-0.651
2002	14	0.63	-0.469	0.436	-0.160	0.438	0.190	-0.553
1975	15	0.64	-0.447	0.468	-0.080	0.469	0.277	-0.458
1982	16	0.65	-0.435	0.500	0.000	0.500	0.367	-0.367
1983	17	0.66	-0.411	0.532	0.080	0.531	0.458	-0.277
1974	18	0.67	-0.395	0.564	0.160	0.563	0.553	-0.190
1991	19	0.73	-0.310	0.596	0.240	0.594	0.651	-0.104
1994	20	0.75	-0.291	0.628	0.325	0.625	0.755	-0.019
1979	21	0.78	-0.248	0.660	0.410	0.656	0.865	0.066
1990	22	0.85	-0.161	0.692	0.500	0.688	0.982	0.151
1973	23	0.88	-0.132	0.724	0.595	0.719	1.108	0.238
1985	24	1.07	0.066	0.756	0.690	0.750	1.246	0.327
1976	25	1.12	0.109	0.788	0.800	0.781	1.399	0.419
1988	26	1.48	0.389	0.821	0.920	0.813	1.572	0.515
1998	27	1.48	0.389	0.853	1.050	0.844	1.773	0.619
1992	28	1.70	0.529	0.885	1.200	0.875	2.013	0.732
1993	29	2.05	0.718	0.917	1.380	0.906	2.318	0.862
1997	30	2.41	0.881	0.949	1.630	0.938	2.740	1.020
1989	31	2.63	0.967	0.981	2.070	0.969	3.450	1.243



Şekil 1. Artvin istasyonunun zemin kar yükü verileri için seçilen lognormal dağılımın olasılık kağıdına verilerin işlenişi ve X_{50} 'nin belirlenmesi

Benzer şekilde 1. sınıf DMİ istasyonları için hesaplanan X_{50} ve D_{50} değerleri ve 2. sınıf DMİ istasyonları için hesaplanan D_{50} değerleri sırasıyla Tablo 3. ve 4.'de verilmektedir.

Tablo 3. 1. sınıf DMİ istasyonları için hesaplanan X_{50} ve D_{50} değerleri

İstasyon	Kar Yükü Verileri İçin Seçilen Dağılım	X_{50} (kN/m ²)	Kar Derinliği Verileri İçin Seçilen Dağılım	D_{50} (m)
Artvin	Lognormal	2.88	Gumbel	1.50
Hopa	Gumbel	1.68	Lognormal	1.74
Bayburt	Lognormal	1.35	Lognormal	0.83
Giresun	Gumbel	0.88	Gumbel	0.62
Gümüşhane	Weibull	1.52	Gumbel	0.93
Şebinkarahisar	Weibull	2.77	Gumbel	1.16
Trabzon	Gumbel	0.53	Gumbel	0.50
Rize	Lognormal	1.76	Weibull	1.15
Ardahan	Lognormal	1.23	Lognormal	0.98
Erzurum	Weibull	2.03	Lognormal	1.05
Kars	Lognormal	1.46	Gumbel	0.96
Ordu	Gumbel	0.64	Gumbel	0.62
Tokat	Lognormal	0.64	Gumbel	0.57
Erzincan	Weibull	0.63	Weibull	0.44

Tablo 4. 2. sınıf DMİ istasyonları için hesaplanan D_{50} değerleri

İstasyon	Kar Derinliği Verileri İçin Seçilen Dağılım	D_{50} (m)
Pazar	Gumbel	1.07
Akçaabat	Gumbel	0.51
Hınıs	Gumbel	2.01
Horasan	Lognormal	0.99
İspir	Lognormal	1.08
Oltu	Lognormal	0.59
Tortum	Lognormal	0.88
Divriği	Weibull	0.62
Gemerek	Lognormal	0.54
Hafik	Lognormal	0.81
İmranlı	Weibull	1.94
Kangal	Lognormal	1.58
Sarkışla	Gumbel	0.71
Sivas	Gumbel	0.75
Suşehri	Weibull	0.86
Ulaş	Lognormal	1.14
Yıldızeli	Gumbel	0.89
Zara	Lognormal	0.88

2.5. İstisna Kar Yükleri

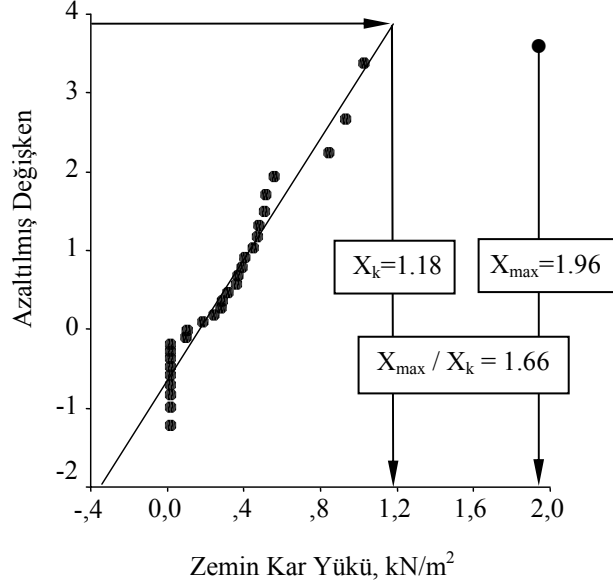
Bazı iklim bölgelerinde normal olmayan kar yüklerine sebep olan şiddetli kar yağışları kayıt edilmişse böyle kar yağışları daha düzenli kar yağış verilerinin istatistiki olarak düzenini bozarlar. Böyle kar yüklerinden istisna kar yükleri olarak söz edilir. İstisna yükleri, sahil ve liman bölgeleri ile kar yağışlarının ara ara görüldüğü ve genellikle kısa ömürlü olduğu iliman 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 [22]. Şekil 2.'de bu tanıma göre belirlenmiş istisna kar yüküne bir örnek verilmektedir.

Bu çalışma için bütün istasyonlara ait zemin kar yükleri ve kar derinlikleri verileri sözü edilen istisna yük kriterine göre incelenmiştir. Tablo 5.'de maksimum değerinin bu değer düşünülmeden belirlenen olasılık dağılım fonksiyonuna göre hesaplanan 50 yıl ortalama tekrür süreli değere oranı 1.5'dan büyük olan istasyonlar verilmektedir.

Bu çalışmada istisna yükleri ve derinliklere sahip istasyonlar için Tablo 3. ve 4.'deki X_{50} ve D_{50} değerleri yerine Tablo 5.'deki X_{50} ve D_{50} değerleri kullanılmaktadır.

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

ANSI/ASCE 7/95 ve 7/98 için Amerika'daki 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 [23].



Şekil 2. İstisna kar yüküne bir örnek (Hopa)

Tablo 5. İstisna yüklere ve derinliklere sahip istasyonlar

İstasyon	X_{max} (kN/m ²)	X_{max} hariç diğer veriler için seçilen ODF	X_{50} (kN/m ²)	X_{max} / X_{50}
Hopa	1.96	Gumbel	1.18	1.66
Bayburt	2.03	Gumbel	1.04	1.95
Ardahan	1.71	Gumbel	1.04	1.64
Kars	2.39	Gumbel	0.96	2.49
İstasyon	D_{max} (m)	D_{max} hariç diğer veriler için seçilen ODF	D_{50} (m)	D_{max} / D_{50}
Bayburt	1.10	Weibull	0.58	1.89
Divriği	0.95	Weibull	0.53	1.79

Bu çalışmada da 50 yıl ortalama tekerrür süreli kar derinlikleri tespit edilen istasyonların 50 yıl ortalama tekerrür süreli zemin kar yüklerinin belirlenmesi için benzer yöntem kullanılmıştır. Bunun için 1. sınıf istasyonların istisna yüklere sahip istasyonlar hariç X_{50} ve D_{50} değerleri arasında bir ilişki olup olmadığına bakılır. Eğer bu istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasında iyi bir ilişki varsa bu değerler arasında regresyon analizi yapılarak bir regresyon denklemi elde edilir. Elde edilen bu denklemle 2. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} değerlerini belirlemek mümkün olur.

Şekil 3.'de 1. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri için saçılma diyagramı görülmektedir.

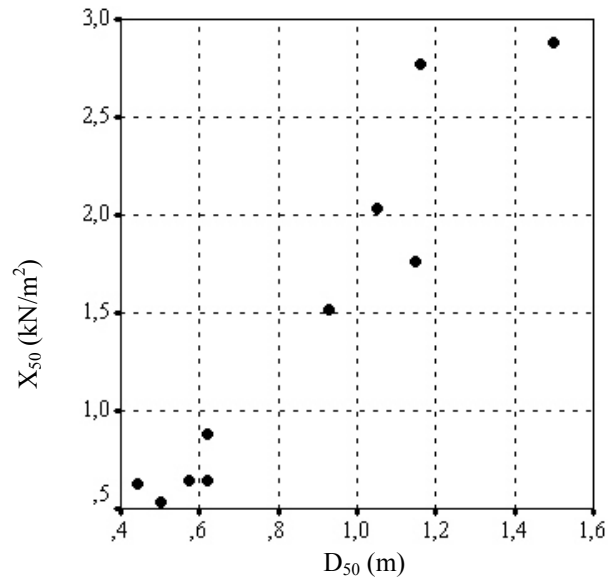
Saçılma diyagramından görülebileceği gibi 1. sınıf istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasında iyi bir ilişki olduğu söylenebilir. 1. sınıf istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasında

Kar Verilerinin İstatistiksel Analizi ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Zemin Kar...

korelasyon analizi yapıldığında %99 güven aralığında $r = 0.955$ bulunur. Bu durumda X_{50} ve D_{50} değerleri arasında regresyon denklemi kurulabilir. SPSS paket programı yardımıyla yapılan regresyon analizi sonucu

$$X_{50} = 1.6875 \cdot D_{50}^{1.5235} \quad (7)$$

şeklinde lineer olmayan bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Burada X_{50} , 50 yıl OTS'li zemin kar yükü (kN/m^2) ve D_{50} , 50 yıl OTS'li kar derinliğidir (m). Regresyon analizine ait sonuçlar Tablo 6.'da verilmektedir.



Şekil3. 1. sınıf DMİ istasyonlarının X_{50} ve D_{50} değerleri için saçılma diyagramı

Şekil 4.'den, 1. sınıf istasyonlara ait X_{50} değerlerinin regresyon denkleminde D_{50} değerleri kullanılarak tahmin edilen X_{50} değerlerine çok yakın olduğu görülebilmektedir. Bu nedenle 2. sınıf istasyonların X_{50} değerleri (7) denklemi ile tahmin edilebilir.

Tablo 7.'de (7) denklemi kullanılarak 2. sınıf DMİ istasyonlarının D_{50} (m) değerlerinden elde edilen X_{50} (kN/m^2) değerleri verilmektedir.

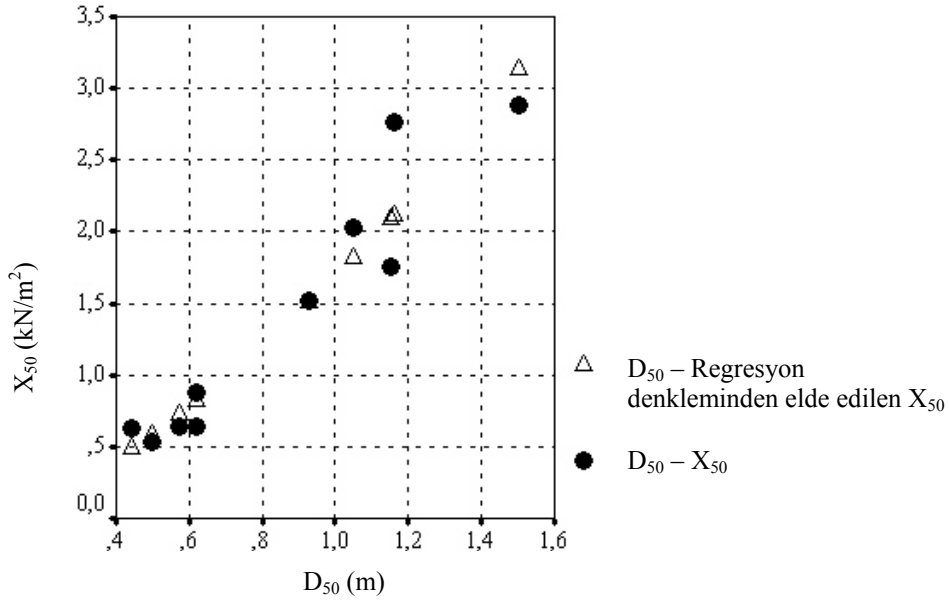
2.7. Kar Yüklerinin Bölgeselleştirilmesi

Meteorolojik veriler kullanılarak her istasyon için belirli tekerrür süreli 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 [2].

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

Tablo 6. 1. sınıf istasyonların X_{50} ve D_{50} değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları

R	R^2	Düzeltilmiş R^2		Tahminin Standart Hatası	
0.9643	0.92987	0.92111		0.18518	
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	3.6373881	1	3.6373881	106.07594	0.0000
Artık	0.2743234	8	0.03442904		
Katsayılar					
Değişken	Standartize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
D_{50}	1.523516	0.147924	0.964298	10.299	0.0000
(Sabit)	1.687471	1.114920		14.684	0.0000

Şekil 4. 1. sınıf istasyonların D_{50} değerlerine karşılık karakteristik X_{50} değerleri ve regresyon denkleminde tahmin edilen X_{50} değerleri

Tablo 7. (11) denklemden tahmin edilen 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} (kN/m^2) değerleri

İstasyon	D_{50} (m)	X_{50} (kN/m^2)
Akçaabat	0.51	0.60
Pazar	1.07	1.87
Hınıs	2.01	4.90
Horasan	0.99	1.66
İspir	1.08	1.89
Oltu	0.59	0.76
Tortum	0.88	1.39
Sivas	0.75	1.10
Divriği	0.53	0.64
Gemerek	0.54	0.66
Hafik	0.81	1.22
İmranlı	1.94	4.65
Kangal	1.39	2.80
Sarkışla	0.71	1.00
Zara	0.88	1.39
Suşehri	0.86	1.33
Ulaş	1.14	2.06
Yıldızeli	0.89	1.41

Bunların arasında en sık kullanılan veri normalleştirme yöntemidir. Kanada ve Avrupa'da da bu yöntem kullanılmaktadır [5, 18].

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesi için bu bölgedeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} 'ler kullanılarak veri normalleştirme yöntemiyle bölgeselleştirme yapılmaktadır. Daha hassas bir çözüm için 2. sınıf istasyonlara ait X_{50} değerleri kullanılarak bölgeselleştirme işleminde kullanılan istasyon sayısı artırılmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesine komşu illerdeki istasyonlara ait X_{50} değerlerinin kullanılmasının nedeni, bölgeselleştirme işleminin bölge sınırına yakın yerlerde daha hassas gerçekleşmesi içindir. Şekil 5.'de Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMİ istasyonları gösterilmektedir.

Veri normalleştirme yönteminde önce istasyonlara ait X_{50} değerleri normalleştirilmekte daha sonra da bu normalleştirilmiş X_{50} (normal X_{50}) değerleri konumsal enterpolasyon (spatial interpolation) yöntemiyle bölgeselleştirmektedir. Bölgeselleştirilmiş normal X_{50} değerleri yardımıyla bölge içinde herhangi bir noktadaki X_{50} değeri belirlenebilir.

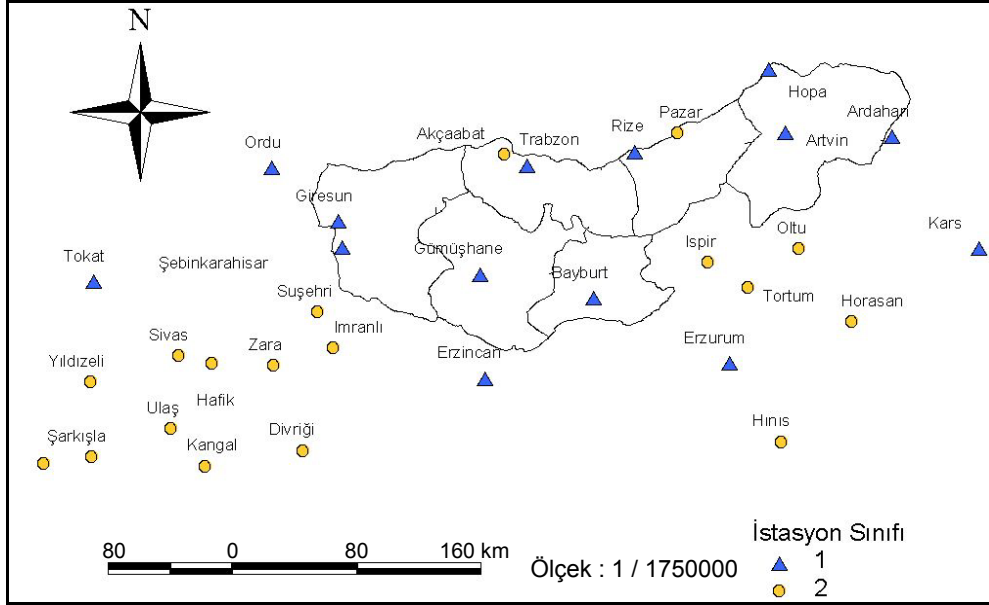
X_{50} değerlerinin normalize edilmesi için aşağıdaki formül kullanılır.

$$\text{normal}X_{50} = X_{50} - b \cdot \text{Kot} \quad (8)$$

Burada b, istasyonlara ait kotların ve X_{50} değerlerinin regresyon analizi sonucu elde edilen sabitsiz regresyon denkleminin eğimi ($kN/m^2/m$) ve Kot, istasyonun rakımıdır.

Tablo 8.'de b katsayısını elde etmek için istisna yüklere sahip istasyonlar hariç diğer istasyonların kotları ve X_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizinin sonuçları verilmektedir. Regresyon analizi sonucu elde edilen denklem aşağıdaki gibi olur.

$$X_{50} = 0.0014 \cdot \text{Kot} \quad (9)$$



Şekil 5. Doğu Karadeniz bölgesindeki ve bu bölgeye komşu illerdeki 1. ve 2. sınıf DMI istasyonları

Bu durumda b katsayısı (9) denkleminin eğimi olan 0.0014'a eşittir. b katsayısı kullanılarak (8) denkleminde elde edilen normalize edilmiş X_{50} değerleri (normal X_{50}) Tablo 9.'da verilmektedir.

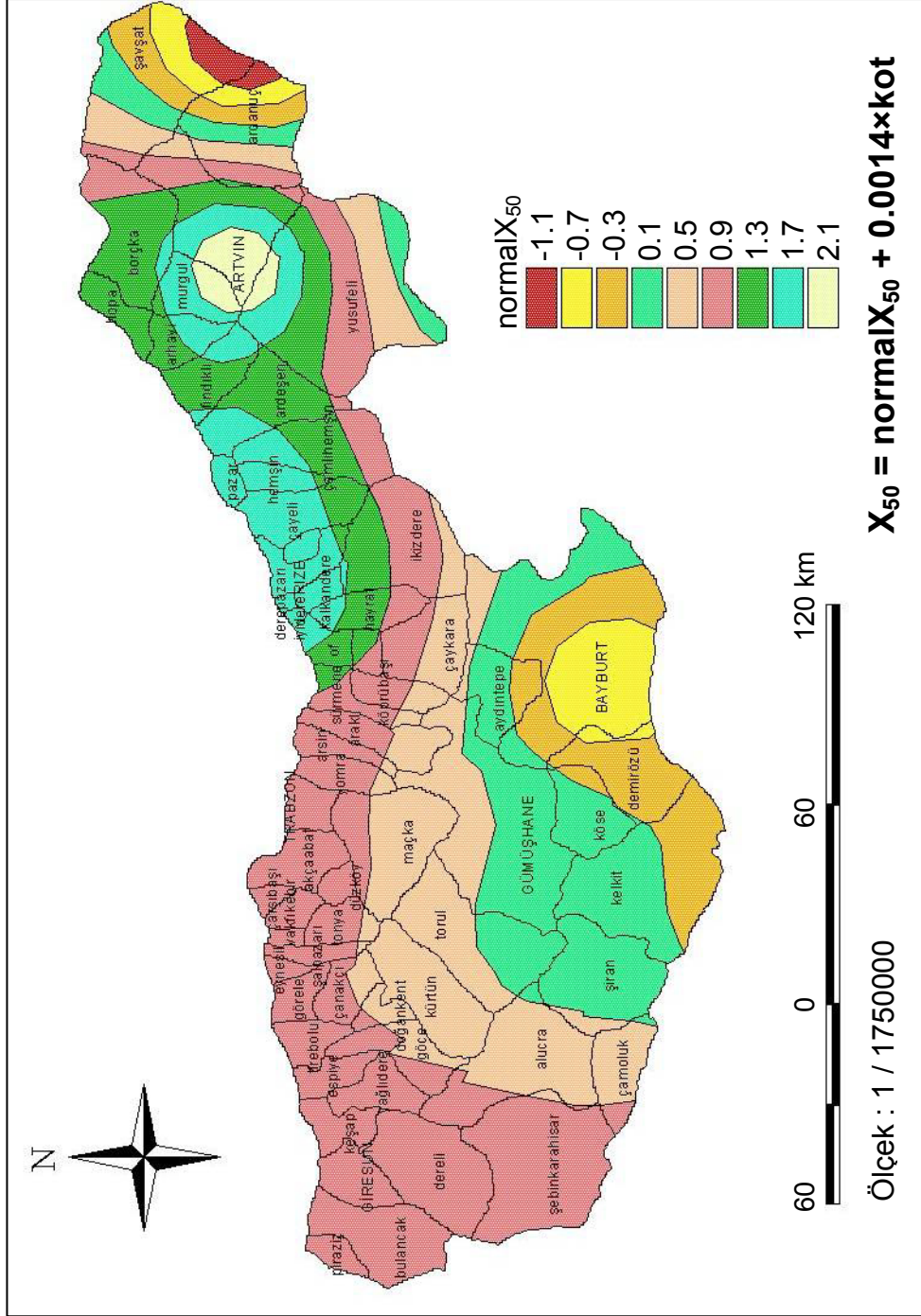
Bu çalışmada, konumsal enterpolasyon yapılarak normal X_{50} değerlerinin bölgeselleştirilmesi işlemi coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tekniklerinin kullanıldığı ArcView 3.2 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu programla konumsal enterpolasyon ağırlıklı uzaklığın tersi (Inverse Distance Weighted) yöntemiyle yapılmıştır. Doğu Karadeniz bölgesi ve bu bölgeye komşu iller 250x350 birimlik bir grid içine yerleştirilmiş, her hücre için hesaba katılacak istasyon sayısı olarak 13 ve üs parametresi olarak 2 alınmıştır. Şekil 6.'da Doğu Karadeniz bölgesinin normalize zemin kar yükü (normal X_{50}) haritası verilmektedir

Tablo 8. İstasyonların kotları ve X_{50} değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası		
0.831	0.691	0.680	1.11306		
ANOVA (Varyans Analizi)					
Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	74.930	1	74.930	60.480	0.000
Artık	33.450	27	1.239		
Katsayılar					
	Standartize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Katsayı	t	P
	B	Standart Hata	Beta		
Kot	0.001396	0.000	0.831	7.777	0.000

Tablo 9. Normalleştirilen X_{50} değerleri ($normalX_{50}$)

İstasyon	Sınıfı	Kot (m)	X_{50} (kN/m ²)	$normalX_{50}$ (kN/m ²)
Trabzon	1	30	0.53	0.49
Hopa	1	33	1.18	1.13
Artvin	1	597	2.88	2.05
Giresun	1	38	0.88	0.83
Şebinkarahisar	1	1300	2.77	0.96
Gümüşhane	1	1219	1.52	-0.18
Rize	1	4	1.76	1.75
Kars	1	1775	0.96	-1.52
Ardahan	1	1829	1.04	-1.51
Erzurum	1	1869	2.03	-0.58
Erzincan	1	1215	0.63	-1.07
Ordu	1	4	0.64	0.63
Tokat	1	640	0.64	-0.25
Bayburt	1	1555	1.04	-1.13
Akçaabat	2	10	0.60	0.59
Pazar	2	50	1.87	1.80
Oltu	2	1275	0.76	-1.02
Tortum	2	1550	1.39	-0.77
Horasan	2	1540	1.66	-0.49
Hınıs	2	1720	4.90	2.50
Sarkışla	2	1180	1.00	-0.65
Hafik	2	1275	1.22	-0.56
Yıldızeli	2	1415	1.41	-0.56
Kangal	2	1545	2.80	0.64
Divriği	2	1250	0.64	-1.10
Gemerek	2	1173	0.66	-0.98
İspir	2	1200	1.89	0.21
Zara	2	1348	1.39	-0.49
Sivas	2	1285	1.10	-0.70
İmranlı	2	1550	4.65	2.48
Suşehri	2	950	1.33	0.00



Şekil 7. Doğu Karadeniz bölgesinin normalize zemin kar yükü ($normalX_{50}$) haritası

Bölge içinde herhangi bir noktadaki X_{50} değeri ise

$$X_{50} = \text{normal}X_{50} + b \cdot \text{Kot} \quad (10)$$

formülü ile belirlenebilir. Burada $\text{normal}X_{50}$, X_{50} değeri belirlenecek yer için haritadan okunan normalize zemin kar yükü ve Kot , X_{50} değeri hesaplanacak yerin rakımıdır. Bu şekilde Doğu Karadeniz bölgesine ait zemin kar yükü haritası oluşturulmuş olur.

2.8. Türk Standartlarında Zemin Kar Yükleri

Türkiye’de, çatı kar yüklerinin belirlenmesinde esas teşkil eden karakteristik zemin kar yüklerinden yalnızca TS 498 [24] ve TS 7046 [25] standartlarında bahsedilmektedir.

TS 498’te karakteristik zemin kar yükü yerine kar yükü (P_{ko}) ifadesi kullanılmaktadır. Bu standartta P_{ko} değeri, kar yağış yüksekliklerine göre düzenlenmiş haritadaki bölgelerin numarası ile yapı yerinin denizden yüksekliğine göre belirlenir.

TS 7046’ta karakteristik zemin kar yükü yerine yerdeki karakteristik kar yükü (S_0) ifadesi kullanılmaktadır. Bu standarda göre S_0 , ya yerdeki kar yükünün doğrudan ölçümü, ya da söz konusu bölgenin diğer meteorolojik verilerinin istatistiki değerlendirmesi ile belirlenir. İhtimal veya tekrür süresi verilmişse, yerdeki karakteristik kar yükü S_0 değeri aşağıdaki formül kullanılarak bulunabilir.

$$S_0 = a - b \cdot \ln\{-\ln[F(S_0)]\} \quad (11)$$

Burada, $a = (\bar{x} - \sigma) \cdot \bar{y}_N / \sigma_N$, $b = \sigma / \sigma_N$ ve $F(S_0) = 1 - (1/T_r)$; \bar{x} , gözlenen kar yükü uç değerlerinin aritmetik ortalaması; σ , gözlenen uç değerlerin standart sapması; \bar{y}_N ve σ_N sırasıyla gözlem sayısına bağlı olarak TS 7046’daki Çizelge 1. ve 2.’den alınan azaltılmış ortalama ve azaltılmış standart sapma ve T_r , tekrür süresidir. $F(S_0)$, 50 yıllık tekrür süresi için 0.98 alınır.

Kar tabakasının kalınlığı, d kullanılarak yerdeki kar yükü S_0

$$S_0 = \rho \cdot g \cdot d \quad (12)$$

ifadesiyle bulunur. Burada g , yerçekimi ivmesi; ρ , karın yoğunluğudur. ρ , TS 7046’ya göre

$$\rho = 300 - 200 \cdot \exp(-1.5 \cdot d) \quad (13)$$

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

2.9. Belirlenen Zemin Kar Yüklerinin Türk Standartlarının Önerdiği Yüklerle Karşılaştırılması

Bu bölümde, bu çalışmada elde edilen harita yardımıyla Doğu Karadeniz bölgesinin ilçe merkezleri için belirlenen zemin kar yükleri ile TS 498’e göre aynı ilçe merkezleri için belirlenen zemin kar yükleri karşılaştırılmaktadır. Ayrıca, 1. sınıf istasyonların kar-su eşdeğerlerinden ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden bu çalışmaya göre

belirlenen 50 yıl OTS'li zemin kar yükleri ile bu istasyonlardan elde edilen verilerden TS 7046'ya göre belirlenen zemin kar yükleri de karşılaştırılmaktadır.

Tablo 10.'da, Doğu Karadeniz bölgesindeki ilçe merkezlerinin denizden yüksekliği (Kot), her ilçe merkezinin TS 498'deki kar yağış yüksekliği haritasına göre ait olduğu bölge (Bölge), TS 498'in ilçe merkezlerinin kar yağış yüksekliği bölgelerine ve denizden yüksekliklerine göre önerdiği kar yükü değerleri (P_{ko} , kN/m^2), bu çalışmada elde edilen haritadan her ilçe merkezi için okunan normalize edilmiş X_{50} değerleri ($normalX_{50}$, kN/m^2) ve (10) denklemi yardımıyla her ilçe merkezi için belirlenen 50 yıl OTS'li zemin kar yükleri (X_{50} , kN/m^2) verilmektedir.

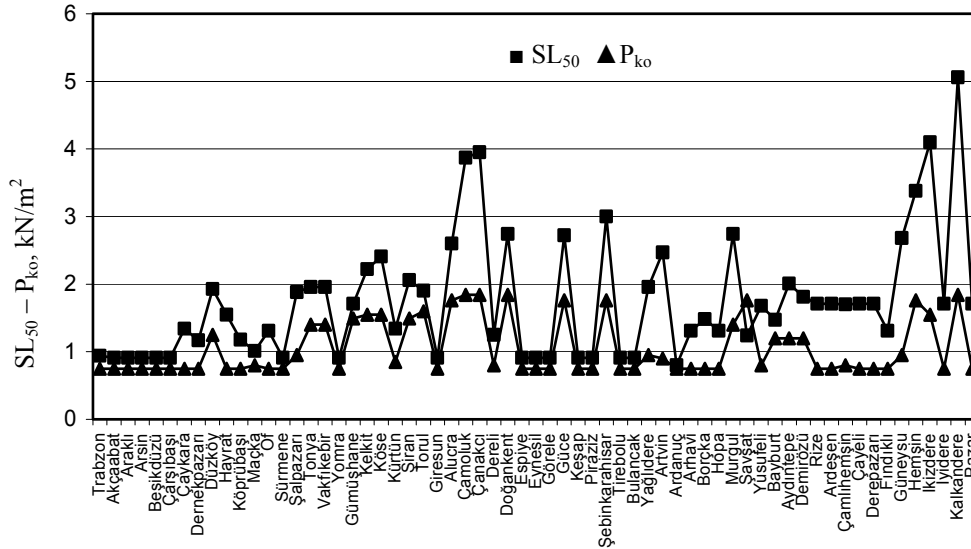
Şekil 7.'de il ve ilçe merkezleri için belirlenen X_{50} ve P_{ko} arasındaki farklar görülmektedir.

Tablo 10. Doğu Karadeniz bölgesinin il ve ilçe merkezlerinin P_{ko} ve X_{50} değerleri

İlçe Merkezleri	Kot (m)	Bölge	P_{ko} (kN/m^2)	$normalX_{50}$	X_{50} (kN/m^2)
Trabzon	33	4	0,75	0,90	0,94
Akçaabat	10	4	0,75	0,90	0,91
Araklı	10	4	0,75	0,90	0,91
Arsin	5	4	0,75	0,90	0,91
Beşikdüzü	10	4	0,75	0,90	0,91
Çarşıbaşı	10	4	0,75	0,90	0,91
Çaykara	315	3	0,75	0,90	1,34
Dernekpazarı	190	4	0,75	0,90	1,17
Düzköy	735	4	1,25	0,90	1,93
Hayrat	180	4	0,75	1,30	1,55
Köprübaşı	200	4	0,75	0,90	1,18
Maçka	365	4	0,80	0,50	1,01
Of	10	4	0,75	1,30	1,31
Sürmene	10	4	0,75	0,90	0,91
Şalpazarı	700	4	0,95	0,90	1,88
Tonya	755	4	1,40	0,90	1,96
Vakfikebir	755	4	1,40	0,90	1,96
Yomra	10	4	0,75	0,90	0,91
Gümüşhane	1153	3	1,49	0,10	1,71
Kelkit	1515	3	1,55	0,10	2,22
Köse	1650	3	1,55	0,10	2,41
Kürtün	602	3	0,85	0,50	1,34
Şiran	1400	3	1,49	0,10	2,06
Torul	1000	4	1,60	0,50	1,90
Giresun	5	4	0,75	0,90	0,91
Alucra	1500	4	1,76	0,50	2,60
Çamoluk	2411	4	1,84	0,50	3,87
Çanakçı	2182	4	1,84	0,90	3,95
Dereği	250	4	0,80	0,90	1,25
Doğankent	1600	4	1,84	0,50	2,74
Espiye	10	4	0,75	0,90	0,91
Eynesil	10	4	0,75	0,90	0,91
Görele	10	4	0,75	0,90	0,91
Güce	1300	4	1,76	0,90	2,72
Keşap	10	4	0,75	0,90	0,91
Piraziz	10	3	0,75	0,90	0,91
Şebinkarahisar	1500	4	1,76	0,90	3,00
Tirebolu	10	4	0,75	0,90	0,91
Bulancak	10	3	0,75	0,90	0,91

Tablo 10.'un devamı

İlçe Merkezleri	Kot (m)	Bölge	P_{ko} (kN/m ²)	normal X_{50}	X_{50} (kN/m ²)
Yağlıdere	700	4	0,95	0,90	1,96
Artvin	550	4	0,90	1,70	2,47
Ardanuç	500	3	0,75	0,10	0,80
Arhavi	10	4	0,75	1,30	1,31
Borçka	125	4	0,75	1,30	1,48
Hopa	10	4	0,75	1,30	1,31
Murgul	740	4	1,40	1,70	2,74
Şavşat	1100	4	1,76	-0,30	1,24
Yusufeli	560	3	0,80	0,90	1,68
Bayburt	1550	3	1,20	-0,70	1,47
Aydıntepe	1650	3	1,20	-0,30	2,01
Demirözü	1510	3	1,20	-0,30	1,81
Rize	6	4	0,75	1,70	1,71
Ardeşen	10	4	0,75	1,70	1,71
Çamlıhemşin	285	4	0,80	1,30	1,70
Çayeli	10	4	0,75	1,70	1,71
Derepazarı	10	4	0,75	1,70	1,71
Fındıklı	10	4	0,75	1,30	1,31
Güneysu	700	4	0,95	1,70	2,68
Hemşin	1200	4	1,76	1,70	3,38
Ikizdere	2000	3	1,55	1,30	4,10
Iyidere	10	4	0,75	1,70	1,71
Kalkandere	2400	4	1,84	1,70	5,06
Pazar	10	4	0,75	1,70	1,71



Şekil 7. Doğu Karadeniz bölgesindeki il ve ilçe merkezleri için SL_{50} ve P_{ko} değerleri

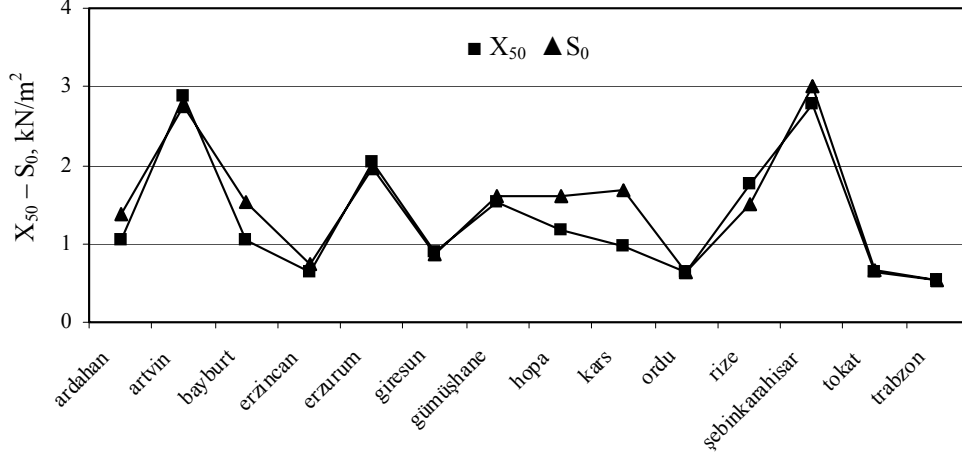
Şekil 7.'den, bu çalışmada elde edilen harita yardımıyla Doğu Karadeniz bölgesinin il ve ilçe merkezleri için belirlenen SL_{50} değerlerinin neredeyse tamamının, Şavşat ilçe merkezi hariç, TS 498'e göre aynı merkezler için belirlenen P_{ko} değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Bölgedeki 63 merkezin 53'ünde SL_{50} ve P_{ko} arasındaki farklar 0.05-1.01 kN/m^2 arasında değişirken, 9'unda 1.24-3.22 kN/m^2 arasında değişmektedir. Bunun nedeni olarak, TS 498'in önerdiği zemin kar yükü haritasının yeterince gerçekçi olmaması gösterilebilir.

TS 7046'ya göre 1. sınıf istasyonların kar-su eşdeğeri verilerinden (1) denklemi ile hesaplanan zemin kar yükü verilerinden ve 2. sınıf istasyonların kar derinliği verileri kullanılarak (12) ve (13) denklemlerinden hesaplanan zemin kar yükü verilerinden (11) denklemiyle belirlenen karakteristik kar yükü S_0 (kN/m^2) değerleri Tablo 11.'de verilmektedir. Tablo 11.'deki N, istasyonun kaç yıllık veriye sahip olduğunu, \bar{X} , istasyona ait zemin kar yükü verilerinin aritmetik ortalamasını, σ , istasyona ait zemin kar yükü verilerinin standart sapmasını ve S_0 , ilgili istasyonun 50 yıl ortalama tekerrür süreli zemin kar yükünü vermektedir.

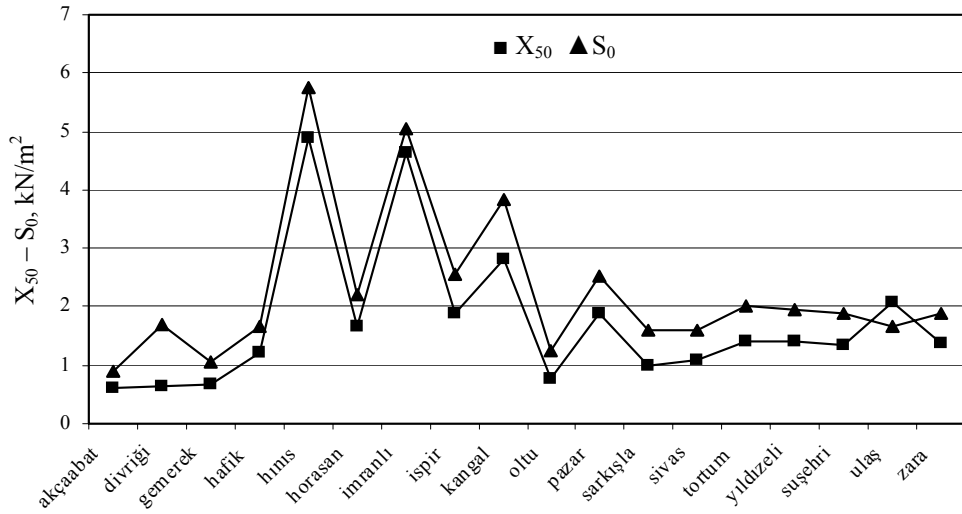
Tablo 11. TS 7046'nın önerdiği karakteristik zemin kar yükü S_0 (kN/m^2) değerleri

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

Şekil 8. ve 9.'da sırasıyla 1. ve 2. sınıf istasyonlar için X_{50} ve S_0 arasındaki farklar görülmektedir.



Şekil 8. 1. sınıf istasyonlar için X_{50} ve S_0 değerleri, kN/m²



Şekil 9. 2. sınıf istasyonlar için X_{50} ve S_0 değerleri, kN/m²

Şekil 8'den de görülebileceği gibi 1. sınıf istasyonlar için X_{50} değerleri sadece Rize, Giresun, Erzurum ve Artvin istasyonlarında S_0 değerlerinden büyüktür. X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en küçük farklar sırasıyla Kars istasyonunda -0.72 kN/m², Bayburt istasyonunda -0.50 kN/m², Hopa istasyonunda -0.43 kN/m² ve Ardahan istasyonunda -0.35 kN/m² olup bu istasyonlar istisna yüklerin görüldüğü istasyonlardır. X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en büyük fark ise Rize istasyonunda 0.27 kN/m²'dir. Kar-su eşdeğer verilerinin kullanıldığı 1. sınıf istasyonlar için TS 7046'nın önerdiği S_0 değerleri genel olarak istisna yüklerin

görüldüğü istasyonlarda X_{50} değerlerinden çok büyük çıkmaktadır. Bunun nedeni, TS 7046'nın istisna yükleri dikkate alınmadan zemin kar yüklerinin belirlenmesini önermesidir. İstisna yüklerin görülmediği diğer istasyonlar için ise S_0 değerleri X_{50} değerlerine çok yakın çıkmaktadır.

Şekil 9.'dan da görülebileceği gibi 2. sınıf istasyonlar için X_{50} değeri sadece Ulaş istasyonunda S_0 değerinden büyüktür. X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en küçük fark Divriği ve Kangal istasyonunda -1.05 kN/m^2 , X_{50} ve S_0 değerleri arasındaki en büyük fark ise Ulaş istasyonunda 0.41 kN/m^2 'dir. Kar derinliği verilerinin kullanıldığı 2. sınıf istasyonlar için TS 7046'nın önerdiği S_0 değerleri genelde X_{50} değerlerinden çok büyük çıkmaktadır. Genelde S_0 değerlerinin X_{50} değerlerinden büyük olmasının asıl nedeninin TS 7046'daki kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılan yoğunluk formülü olabileceği düşüncesiyle 1. sınıf istasyonlara ait kar-su eşdeğeri ve kar derinliği verilerinden gerçek yoğunluklar hesaplanmış ve bu değerler 1. sınıf istasyonların kar derinliği verilerinden sözü geçen formülle belirlenen yoğunluk değerleriyle karşılaştırılmıştır. Toplam 409 adet kar su eşdeğeri-kar derinliği veri çiftinin kullanıldığı bu karşılaştırmada elde edilen sonuçlar Tablo 4.'de özetlenmiştir. Burada γ 1. sınıf istasyonlardan elde edilen gerçek kar yoğunluğu değerini (kg/m^3), ρ TS 7046'ya göre belirlenen yoğunluk değerini (kg/m^3) ve N gözlem sayısını göstermektedir.

Tablo 4. Yoğunluk karşılaştırma sonuçları

$\rho - \gamma$	N	Minimum Fark	Maksimum Fark	Farkların Ortalaması	Farkların Standart Sapması
$\rho - \gamma > 0$	314	0,60	170,12	72,4190	39,7369
$\rho - \gamma < 0$	95	-229,56	-1,71	-77,1312	64,8935

Tablodan da anlaşılacağı gibi TS 7046'daki yoğunluk formülü ile genelde olması gerekenden büyük yükler önerilmekte ve dolayısıyla istatistiki analize tabi tutulan bu verilerden büyük S_0 değerleri elde edilmektedir.

3. SONUÇLAR

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

TS 498'in Doğu Karadeniz bölgesi için tamamen emniyetsiz zemin kar yükleri önerdiği (Şekil 7.), TS 7046'ya göre kar yükü verilerinden genelde emniyetli ve ekonomik karakteristik zemin kar yüklerinin belirlendiği, fakat istisna yüklerin görüldüğü istasyonlar için ekonomik olmayan zemin kar yüklerinin belirlendiği görülmüştür (Şekil 8.). Ayrıca, TS 7046'nın kar derinliği verilerini kar yükü verilerine dönüştürmek için kullanılmasını önerdiği yoğunluk formülü ile elde edilen değerlerle ekonomik olmayan zemin kar yüklerinin belirlendiği görülmüştür (Şekil 9).

4. ÖNERİLER

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

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

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

SEMBOLLER

b	Zemin kar yükünün yükseklikle değişimi, $kN/m^2/m$
D	Zemin kar derinliği, m
D_{50}	50 yıl OTS'li kar derinliği, m
D_{max}	İstisna zemin kar derinliği, m
d	Kar tabakası kalınlığı, m
F	F testinden elde edilen değer
$F(S_0)$	Karakteristik zemin kar yükünün aşılma olasılığı
g	Yerçekimi ivmesi, $9.807 m/sn^2$
h_w	Kar-su eşdeğeri, mm
i	Küçükten büyüğe sıralanan verilerin sıra numarası, ($i=1, 2, \dots, N$)
N	Küçükten büyüğe sıralanan verilerin sayısı
N	İstasyon verilerinin gözlem süresi, yıl
$normalX_{50}$	Normalleştirilmiş X_{50} , kN/m^2
P	%95 anlam düzeyinde aşılma olasılığı
P_i	Test edilen dağılıma göre aşılma olasılığı
P_{ko}	Zati kar yükü, kN/m^2
R	Korelasyon katsayısı
S_0	Yerdeki karakteristik kar yükü, kN/m^2
T_r	Tekerrür süresi
t	t testinden elde edilen değer
X	Zemin kar yükü, kN/m^2
X_{50}	50 yıl OTS'li zemin kar yükü, kN/m^2
X_i	Zemin kar yükü, kN/m^2 ($i=1, 2, \dots, N$)
X_k	Karakteristik zemin kar yükü, kN/m^2
X_{max}	İstisna zemin kar yükü, kN/m^2

y_N	Azaltılmış ortalama
Z	Kot, m
Z_i	Test edilen dağılımın olasılık kağıdına göre azaltılmış değişken
γ	TS7046'ya göre kar yoğunluğu, kg/m^3
ρ	Kar yoğunluğu, kg/m^3
ρ_w	Suyun özgül ağırlığı, $1000 kg/m^3$
σ	Zemin kar yükü verilerinin standart sapması
σ_N	Azaltılmış standart sapma
\bar{X}	İstasyona ait zemin kar yükü verilerinin aritmetik ortalaması
\bar{x}	Gözlenen uç değerlerin aritmetik ortalaması

Kaynaklar

- [1] O'Rourke, M. J., Redfield, R., Bradsky, P.V., Uniform Snow Loads on Structures, Journal of the Structural Division, 108, St12, 2781-2798, 1982.
- [2] Rusten, A., Sack, R. L., Molnau, M., Snow Load Analysis for Structures, Journal of the Structural Division, 106, St1, 11-21, 1980.
- [3] Sack, R. L., Designing Structures for Snow Loads, Journal of Structural Engineering, 115, 2, 303-315, 1989.
- [4] Ellingwood, B., O'Rourke, M. J., Probabilistic Models of Snow Loads on Structures, Structural Safety, 2, 4, 291-299, 1985.
- [5] Newark, M. J., Welsh, E., Morris, R. J., Dnes, W. V., Revised Ground Snow Loads for the 1990 National Building Code of Canada, Canadian Journal of Civil Engineering, 16, 3, 267-278, 1989.
- [6] Ellingwood, B., Redfield, R., Ground Snow Loads for Structural Design, Journal of Structural Engineering, 109, 4, 950-964, 1982.
- [7] Durmaz, M., Doğu Karadeniz Bölgesindeki Çatıların Optimum Kar Yüklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003
- [8] Soukhov, D., The Probability Distribution Function for Snow Load in Germany, http://www.uni-leipzig.de/~massivb/institut/lacer/lacer03/103_25.pdf, 2002.
- [9] Thom, H., Distribution of Maximum Annual Water Equivalent of Snow on the Ground, Monthly Weather Review, 94, 4, 265-271, 1966.
- [10] O'Rourke, M. J., Stiefel, U., Analysis of Roof Snow Load Case Studies- Uniform Loads, CRREL Report, 83, Hanover, N. H., 1983.
- [11] Tobiasson, W., Redfield, R., Snow Loads for the United States, CRREL Report, Hanover, N. H., 1983.
- [12] Tobiasson, W., Greatorex, A., Snow Loads for the United States, CRREL Report, Hanover, N. H., 1996.
- [13] Boyd, D. W., Maximum Snow Depths and Snow Loads on Roofs in Canada, Proceedings of the 29th Annual Meeting Western Snow Conference, Ottawa, Canada, 1961.
- [14] Steyaert, L., Estimating Water Equivalent Snow Depth from Related Meteorological Variables, NUREG/CR-1389, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., 1980.
- [15] Izumi, M., Mihashi, H., Takahashi, T., Statistical Properties of the Annual Maximum Series and a New Approach to Estimate the Extreme Values for Long Return

- Periods, First International Conference on Snow Engineering, Santa Barbara, California, 1988.
- [16] Ellingwood, B., Statistical Tests of Environmental Load Data, Journal of Structural Engineering, 110, 6, 1400-1404, 1983.
- [17] Filliben, J. J., The Probability Plot Correlation Coefficient Test for Normality, Technometrics, 17, 1, 111-117, 1975.
- [18] Del Corso, R., Snow Loads on Structures : Research and Standardization., http://bativille.cstb.fr/CenStarWS/Univ_Pisa.pdf, 2002.
- [19] Simiu, E., Filliben, J. J., Probability Distributions of Extreme Wind Speeds, Journal of the Structural Division, 102, St9, 1861-1877, 1976.
- [20] Simiu, E., Bietry, J., Filliben, J. J., Sampling Errors in Estimation of Extreme Winds, Journal of the Structural Division, 104, St3, 491-501, 1978.
- [21] Simiu, E., Heckert, N. A., Filliben, J. J., Johnson, S. K., Extreme Wind Load Estimates Based on the Gumbel Distribution of Dynamic Pressures: An Assesment, Structural Safety, 23, 2001, 221-229, 2001.
- [22] Del Corso, R., Formichi, P., Stiefel, U., Recent European Research Advances Snow Loading and Their Possible Implementation in the Eurocodes, Prograssive Structural Engineering Material, 2, 5, 483-494, 2000.
- [23] Tobiasson, W., Greatorex, A., 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.
- [24] T.S.E., Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS-498, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [25] T.S.E., Yapıların Tasarımı İçin Esaslar- Çatılardaki Kar Yüklerinin Tespiti, TS-7046, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1989.