

**KAR PERDELERİ İLE
KARAYOLLARINDA KAR MÜCADELESİ**

76231

Engin BIÇAKCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
76231**

Haziran 1998

ANKARA

Engin BIÇAKCI tarafından hazırlanan KAR PERDELERİ İLE KARAYOLLARINDA KAR MÜCADELESİ adlı bu tezin Yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. İbrahim Güner
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Tülay ÖZBEK

Üye : Prof. Dr. İbrahim GÜNER

Üye : Dr. Osman ÖZDEMİR

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

B. Atsoy

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KARIN OLUŞUMU	3
2.1. Kar Yığılmasının Mekaniği	3
2.2. Karın Fiziksel Özellikleri	5
2.2.1. Kar derinliği	5
2.2.2. Kar yoğunluğu	5
2.2.3. Kar su eşdeğeri	6
3. KARAYOLLARINDA KARIN MEYDANA GETİRDİĞİ SORUNLAR VE YOL GÜZERGAHININ BELİRLENMESİ.....	7
3.1. Yol Güzerghının Yerleşiminde Başlıca Prensipler	8
3.1.1. Yol yerleşiminin belirlenmesi	8
3.2. Kesit Projelendirmesi ile Kar Birikmesinin Kontrolü.....	10
3.2.1. Dolgular	10
3.2.2. Yarmalar	12
3.2.3. Karma enkesitler.....	14

4. KAR TEMİZLEME VE BUZ KONTROLÜ	15
4.1. Türkiye’de Kar Kaldırma Ve Buz Kontrol Çalışmaları	17
4.2. Kar ve Buz Kontrolünde Kullanılan Mekanik Ekipmanlar	19
4.3. Kimyasal Maddeler	19
5. KAR PERDELERİ	20
5.1. Kar Perdelerinin Çalışması	20
5.2. Kar Perdelerinin Tipleri ve Karakteristikleri	23
5.3. Kar Perdelerinin Projelendirilmesi	33
5.4. Rüzgar Yönünün Belirlenmesi	37
5.5. Kar Taşınımının Belirlenmesi	38
5.6. Perde Yerleşiminin Belirlenmesi	41
5.6.1. Perde yönü	41
5.6.2. Yoldan geri çekme mesafesi	41
5.6.3. Perde yüksekliği	42
6. UYGULAMA	45
6.1. Verilerin Analizi	50
6.2. Sonuç ve Öneriler	55
KAYNAKLAR	57
EKLER	59
ÖZGEÇMİŞ	97

KAR PERDELERİ İLE KARAYOLLARINDA KAR MÜCADELESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Engin Bıçakcı

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖZET

Türkiye'de her kış, kar ve buz ile mücadele yüksek maliyetlerle gerçekleştirilmektedir. Gerek kapanan yolların açılması ve açık korunması, gerekse çığ mücadelesi büyük bir insan gücü ve ekipman gerektirmektedir. Kar mücadelesinde bazı yapılarla bu mücadeleye yardımcı olunabilir. Bunlardan birisi kar perdeleridir. Kar perdeleri ile rüzgarla taşınıp biriken kar ile mücadele edilmektedir. Kar perdelerinin hem inşası kolaydır hem de yapım ve bakım maliyeti düşüktür.

Ankara, Kızılcahamam-Çerkeş arasındaki karayolu üzerinde mevcut bulunan kar perdeleri incelenerek tekrar boyutlandırılmıştır. Bu boyutlandırmada bölgenin maksimum kar derinlikleri, rüzgar yönleri gibi verilerden yararlanılmıştır.

Bilim Kodu : 624.02.02
Anahtar Kelimeler : Kar Perdeleri, Kar Mücadelesi
Sayfa Adedi : 97
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. İbrahim GÜRER

SNOW CONTROL WITH SNOW FENCES ON ROADS
(M.Sc. Thesis)

Engin Bıçakcı

GAZI UNIVERSTY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECNOLOGY

ABSTRACT

Snow transport by wind, during and after snowfall, causes various problems on the roads due to snow drift, accumulation, icing and poor visibility. Snow drift depends on snowfall, topography, air temperature, air humidity, prevailing wind direction and speed. It is prevented by snow fences. In this paper, the basis for snow fence design is given and as an example the existing snow fences on the road from Işık Dağı to Çerkeş is reevaluated.

Science code :624.02.02
Key Words : Snow Fence, Snow Removal
Page Number :97
Adviser : Prof.Dr. İbrahim GÜRER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof.Dr. İbrahim GÜNER'e, değerli arkadaşlarım M.Levent KOÇ, Önder KOÇYİĞİT, Murat UYAN'a, Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Şube Müdürü Rıza SARIKAYA'ya, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Mahmut AKTAŞ'a teşekkürü borç bilirim.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ**Sayfa**

Çizelge 4.1: Bazı bölgelerde kar mücadelesinde harcanan tuz miktarları	18
•	
Çizelge 4.2: Buzlanmayı önleyici kimyasal maddeler	19
Çizelge 6.1: Güvem meteoroloji istasyonu için en çok esen rüzgar yönü	47
Çizelge 6.2: D.M.İ.' den ve E.İ.E.İ. 'den elde edilen yıllık maksimum kar derinlikleri	50
Çizelge 6.3: D.M.İ. den elde edilen yağış miktarları	51
Çizelge 6.4: Tahmini kar derinlikleri ve yağış yükseklikleri	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Kar tanelerinin hareket çeşitleri ve rüzgarla kar taşınımı.....	4
Şekil 3.1: Kar birikmesine ve rüzgara göre doğu-batı yönlü karayolu kesit yerleşimi	9
Şekil 3.2: Kar birikmesine ve rüzgara göre kuzey-güney yönlü karayolu kesit yerleşimi	9
Şekil 3.3: Değişik eğimli dolgularda hava akışının geçişi	11
Şekil 3.4: Yarmada yığılma şekilli anaforlar	12
Şekil 3.5: 6 m' den küçük sandık yarmalarda kar birikmesinin gelişme sırası	13
Şekil 3.6: 6 m'den büyük sandık yarmalarda kar birikmesinin oluşumu	14
Şekil 3.7: Karma enkesitlerde kar dağılımı	14
Şekil 4.1: Kar mücadelesi çalışmalarından bir kesit	16
Şekil 5.1 : Bir kar perdesinin rüzgar ile çalışma şekli	21
Şekil 5.2: Kar perdelerinin yol güzergahında genel yerleşim durumu	22
Şekil.5.3: Perdesiz kar birikmesi	22
Şekil.5.4: Perdeli kar birikmesi	22
Şekil.5.5: Dolu gövdeli bir perdede kar birikmesi	23
Şekil 5.6 :Kafes şekilli bir perdede kar birikmesi	24
Şekil 5.7 : Bir perdenin karakteristik parametreleri	25
Şekil 5.8: Altında boşluk bulunmayan kar perdesinde yığılma şekli.....	26
Şekil 5.9: Altında boşluk bulunan kar perdesinde yığılma şekli	27

Şekil 5.10-a :Yaşayan kar perdelerinden genel bir görünüş	29
Şekil 5.10-b: Yaşayan kar perdeleri	29
Şekil 5.11 : Kafes tipi kar perdesi	29
Şekil 5.12: Tipik Kanada kar perdesi	30
Şekil 5.13: Betonarme kar perdesi	31
Şekil 5.14: Tipik İsveç kar perdesi	32
Şekil 5.15: Su kaynağı olarak kar depolamak için kullanılmış kar perdelerinden genel bir görünüm	33
Şekil 5.16-a: Gerçek arazi şartlarında kar ile model çalışmaları	34
Şekil 5.16-b: Gerçek arazi şartlarında kar ile model çalışmaları	34
Şekil 5.17: Kar taşınım eğrisi.....	39
Şekil 5.18 :Kar depolama-perde yüksekliği eğrisi.....	40
Şekil 5.19: Çeşitli rüzgar yönleri için perde yerleşimleri	43
Şekil 5.20: Perde uzunluğunun belirlenmesi	44
Şekil 6.1: Arazide kar numunesinin alınması.....	46
Şekil 6.2: Alınan numunenin tartılması	46
Şekil 6.3: Kar derinliğinin ölçülmesi.....	48
Şekil 6.4: Kar sıcaklığının ölçülmesi	49
Şekil 6.5 : Meteoroloji istasyonlarının maksimum kar derinliklerinin karşılaştırması	51
Şekil 6.6: Güvem ve Çerkeş meteoroloji istasyonlarının yağış miktarlarının karşılaştırılması	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

- d: Lata Kalınlığı
 z, z_0 : Taşıma Yapılan Kotlar
E : Kar Derinliği
H: Perde Yüksekliği
h: Şev Yüksekliği
 h_w : Kar Su Eşleniği
 $h(t)$: Tekerrür Süresi İçin Tahmin Edilen Kar Derinliği
L: Yığılma Uzunluğu
P: Perde Yoğunluğu
s: Perde ile Zemin Arasındaki Mesafe
 U^* : Sürtünme Hızı
 U_p : Doğal Yüzeyin 1m. Üzerinde Rüzgar Hızı
 U_p^* : Prototipin Sürtünme Hızı
 U_t^* : Eşik Sürtünme Hızı
 U_{tp}^* : Prototipin Eşik Sürtünme Hızı
 U_{tm}^* : Modelin Eşik Sürtünme Hızı
 $U(z)$: z Yüksekliğindeki Ortalama Rüzgar Hızı
K: Von Karman Sabiti
 τ : Kayma Gerilmesi
 ρ : Hava Yoğunluğu
 Fr_m : Modelin Froude sayısı
 Fr_p : Prototipin Froude sayısı
 V_m : Modeldeki Hız
 V_p : Prototipteki Hız
DMİ: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİEİ: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
TCK: Karayolları Genel Müdürlüğü

1.GİRİŞ

Kış şartları nedeni ile yol üzerinde meydana gelen kar ve buz tabakaları trafik emniyetini azaltır ve ulaşımda kesintilere sebep olabilir. Zaman zaman kesintilerle bile olsa ulaşımı sağlamak için büyük bir insan gücü ve ekipmanın sürekli çalışması gerekmektedir. Bu ise yüksek bir maliyeti beraberinde getirir. Özellikle İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da her kış, yağın kar ile birlikte birçok köy ve kasaba mahsur kalmaktadır. Bu yerleşim merkezlerinin mahsur kalması, kar mücadelesinin yanında nakliyelerin yapılamaması sebebi ile de ekonomik olarak kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıpları düşük miktarlara indirebilmek, trafik emniyetini kışın da azami ölçüde sağlayabilmek için yolun daha etüt ve proje safhasında konunun incelenmesi, buna göre planlanması gerekmektedir. Bunun için de yol enkesitlerinin, topografyanın, hakim rüzgar yönünün, kar yağış miktarının, çığ bölgelerinin belirlenmesi gibi parametreler bu amaca yönelik olarak incelenip planlanarak projelendirilmesi gerekir.

Yanlış projelendirme veya topografik şartlar nedeni ile yol üzerinde rüzgarın kar biriktirmesi engellenemeyebilir. Bu gibi durumlarda kar birikmesini engellemek için kar perdelerinden yararlanılabilir. Kar perdeleri hem kar birikmesini büyük oranda engeller hem de tipi esnasında görüş mesafesini artırarak trafik emniyetini artırır.

Kar perdeleri çeşitli malzemelerden yapılabilir. Ahşap kullanılan yaygın malzemelerden birisidir. Bunun yanında betonarme, saman halat, sentetik maddeler ve ağaç dalları gibi geniş bir malzeme yelpazesinden de yararlanılabilir.

Kar perdelerinin boyutlandırılmasında ve yerleştirilmesinde maksimum kar derinlikleri, hakim rüzgar yönü, kar-su eşdeğeri gibi verilerden yararlanılır.

Bu verilerin bulunmasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DMİİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nden (EİEİ) ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nden (TCK) yararlanılmıştır.

Bu çalışmada Kızılcahamam - Çerkeş arası karayolu üzerinde Işık Dağı - Beldoruğu bölgesinde mevcut bulunan kar perdeleri, gerek doğrudan arazide yapılan gözlemler ile ve gerekse Çankırı-Çerkeş, Ankara-Kızılcahamam ve Güvem meteoroloji istasyonlarının meteorolojik kayıtları incelenerek tekrar boyutlandırılmıştır. Doğrudan yapılan gözlemler esnasında yetersiz projelendirilmiş bile olsa kar perdelerinin kar yığılmalarını kısmen engellediği belirlenmiştir.



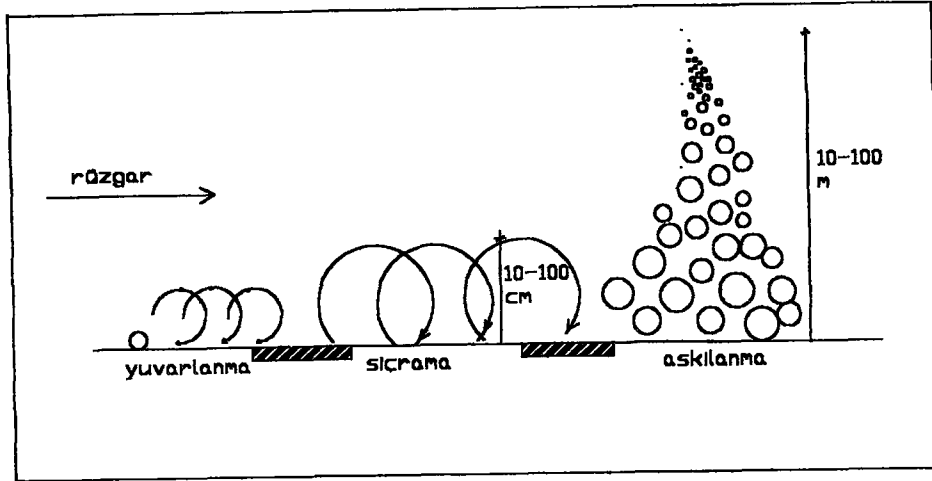
2. KARIN OLUŞUMU

Hava daima bir miktar su buharını bünyesinde bulundurmaktadır. Bu su buharı sıcaklık değişimlerinden dolayı sürekli bir çevrim halindedir. Ani sıcaklık düşmelerinde 0 °C nin üzerinde sis ve yağmur taneleri oluşur. 0 °C ve 0 °C 'nin altına düşmesi halinde genel olarak altıgen yıldız ve plaka halinde buz kristalleri oluşur. Bu buz kristallerinin mikroskopik toz tanecikleri gibi havadaki yabancı maddelerin etrafında oluştuğu bilinmektedir. Diğer taraftan 0 °C nin çok altında yoğunlaşma olursa buz kristalleri plaka halinden iğne haline dönüşmektedir. Yeryüzüne kar taneleri düşerken kısmen erimekte, birleşmekte ve böylece daha büyük taneler oluşturmaktadır.

2.1. Kar Yığılmasının Mekaniği

Rüzgar etkisi altında olmadan yağın karın birikmesinden çok, rüzgar ile taşınan karın meydana getirdiği yığılma ve görüş mesafesi problemleri önemlidir.

Rüzgarla taşınan kar partiküllerinin hareketi üç yolla meydana gelir: Akım içinde süspanse olarak, sıçrayarak veya sadece yüzeyde yuvarlanarak. Bu hareketler değişik birleşimler halinde veya tek tek oluşabilirler. Sıçrayan partiküller akım içinde daha çok taşınacaktır. Onların hareketi yüzeye yakın akışkanlarda ek sürüklenmeye zorlar. Akım içinde yükselmiş olan partiküller çok büyük olduğu zaman yüzeyde yavaş olarak, sıçramada çöken partiküllerin etkisi altında veya akışkanın sürüklemesinden birisi ile hareket edebilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Kar tanelerinin hareket çeşitleri ve rüzgarla kar taşınımı

Kar sürüklenmesinin başlaması için zemin yüzeyindeki küçük düzensizliklerin tamamen dolarak ortadan kalkması gerekir. Bunun için zemin yüzeyinde yeterli miktarda kar bulunmalıdır. Hava sıcaklığının 0 °C ve 0 °C 'nin altında ve rüzgar hızı yaklaşık 15 km/saat' ten büyük olduğu zaman kar birikmesi oluşabilir (Arıca, 1976).

Kar hareketini sağlayan rüzgarın hızı (Meister, 1986) ve (Castelle, 1992) tarafından

$$U(z) = \frac{U^*}{K} \ln \frac{z}{z_0} \quad (2.1)$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Burada $U(z)$; z yüksekliğindeki ortalama rüzgar hızı (m/s), U^* ; Sürtünme hızı (m/s), K ; Von Karman sabiti (~ 0.4), z ; yüzeyden yükseklik (m), z_0 ; pürüzlülük yüksekliği (m) ($z > z_0$) dir (z_0 , kar yüzeyi için 0.0005 ~0.002 m arasında bir değer alabilir. Bu değer tane çapının 1/30 'u kadardır. (Naaïm, Brugnot, 1992)).

Hız vektörünün kayma gerilmeleri (τ) kar taşınımını sağlar. Bu kuvvetler, kardaki taneler arası adezyon gerilmelerini aştığı zaman kar rüzgar ile taşınmaya başlar. Taşınan karın miktarı havanın ve karın ısisına, kar tanelerinin büyüklüğü ve hacmine, rüzgar hızına, zemin eğimine, karın taşınma mesafesine bağlıdır. Kayma gerilmesini (Meister,1986); (Castelle,1992)

$$\tau = \rho * (U^*)^2 \quad (2.2)$$

olarak belirtmiştir. Burada U^* : sürtünme hızı (m/s), τ : kayma gerilmesi (kg/m^2), ρ : Hava yoğunluğudur ($\text{kg.s}^2/\text{m}^4$).

2.2. Karın Fiziksel Özellikleri

2.2.1. Kar derinliği

Kar tablası kullanılarak her kar yağışından sonra, alanı 1 m^2 olan beyaz tabla üzerinde biriken karın derinliği ölçülür. Devamlı kar örtüsünün derinliği ise kar eşelleri (direkleri) kullanılarak ölçülür. Bu ölçümler amaca göre her gün veya beş günde bir yapılabileceği gibi, ulaşılması zor yerlerde helikopter, uçak veya dürbün kullanılarak 15 veya 30 günde bir yapılır. Bu şekilde ölçülen değerler biriken kar örtüsü derinliğidir ve kar örtüsü derinliğinin zamana bağlı değişimini verir.

2.2.2. Kar yoğunluğu

Zemin üzerinde mevcut bulunan kar örtüsünün yoğunluğu oldukça büyük bir değişim gösterir. Yeni yağmış karın yoğunluğu 100 kg/m^3 olarak kabul edilebilir (Gürer,1980). Rüzgar yönündeki kar sıkışmaları ve sonradan yağın

karın üstte meydana getirdiği tabakaların basıncı sonucu karın yoğunluğu yağdıktan hemen sonra artmaya başlar. "Kar erimeden beklediği sürece, yoğunluğu dış etkilerle meydana gelen sıkışmalardan dolayı 500-600 kg/m³'e kadar artar. Kar örtüsünün üzerine düşen yağmur, kar örtüsünün yoğunluğunu 900 kg/m³ 'e kadar çıkarabilir. Diğer taraftan kar sıkışması ile oluşan buzullarda maksimum yoğunluk 910 kg/m³ olarak ölçülmüştür" (Gürer, 1980). Arazide yapılan ölçümlerde arazideki karın yoğunluğunun 220 kg/m³ civarında olduğu olarak belirlenmiştir.

2.2.3.Kar su eşdeğeri

Kar örtüsündeki toplam su miktarının mm veya cm cinsinden tanımlanmasıdır. Su eşdeğeri ile kar derinliği arasındaki bağıntı kar yoğunluğunu verir. Kar derinliği tek başına kardaki suyun belirlenmesi için yeterli değildir. Çünkü; yeni yağın karın yoğunluğu az derinliği fazladır. Zamanla karın sıkışması nedeni ile yoğunluk artar, derinlik azalır. Bundan dolayı derinlik ile su eşdeğeri arasında doğrudan bir bağlantı kurmak doğru olmayabilir. Bunun için kar yoğunluğunun da belirlenmesi gerekir.

3. KARAYOLLARINDA KARIN MEYDANA GETİRDİĞİ SORUNLAR VE YOL KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Özellikle dağ yollarında kış esnasında birçok kar problemi yaşanmaktadır. Yolların açık olarak korunabilmesi ve ulaşımın sağlıklı olarak gerçekleştirilmesi önemlidir. Bunun için yeni planlanan yolların mümkün olduğu kadar kar problemlerini en aza indirebilecek şekilde projelendirilmesi gerekmektedir.

Yüksek kotlu dağlık bölgelerde rüzgar ile savrulmadan yağan kara ender olarak rastlanabilir. Çoğunlukla kar yağışı bu bölgelerde rüzgar ile birlikte meydana geldiğinden dolayı rüzgarla taşınan karın sorunlu alanlarda birikmesi sebebi ile yollar kapanabilir. Bu sebeple rüzgarla taşınan kar miktarı büyük önem taşır.

Tipi, karayollarında yarma olan bölgelerde çoğu defa kar birikintilerinin oluşmasına, görüş mesafesinin ve araç görünürlüğün büyük oranda azalmasına yol açar. Görüş mesafesi trafik emniyeti açısından çok önemli bir parametredir. Tipi esnasında birkaç metrenin üzerine çıkmayabilir. Bu ise araçların çarpma ve kara saplanma olasılığını yükseltir.

Dağ yollarını bütün kış boyunca açık tutmayı başarmak pahalı ve çok zor bir kış bakım problemidir. Kış şartları, yolun kapatılmasına mecbur edebilir. Bu durumlarda araçlar uygun bir yerde bekletilerek kar temizleme ekibini izlemeleri sağlanabilir. Böylece yollarda emniyet artırılır ve kaza riski azaltılmış olur.

3.1. Yol Güzergahının Yerleşiminde Başlıca Prensipler

Karayollarında kar temizleme çalışmalarında kolaylık sağlaması açısından rüzgarın kar taşıma özelliğinden yararlanılabilir. Bu amaçla karayolunun, üzerinde biriken karı rüzgar yardımı ile üzerinden uzaklaştıracak şekilde yani bir çeşit kar erozyon bölgesi gibi davranması sağlanmaya çalışılmalıdır. Böylece karayolunun üzerinde biriken kar miktarı azalarak kar temizlik çalışmalarına kolaylık sağlanabilir. Rüzgarın bu özelliğini kullanabilmek için karayolu ekseninin hakim rüzgar yönüne paralel olması sağlanarak büyük miktarlardaki kar birikimlerinin önüne geçilebilir. Arazi oluşumlarının sebep olduğu yığılmaların rüzgar almayan yüzünde, yığılma şeklinin dışından geçirilmesi uygun olabilir.

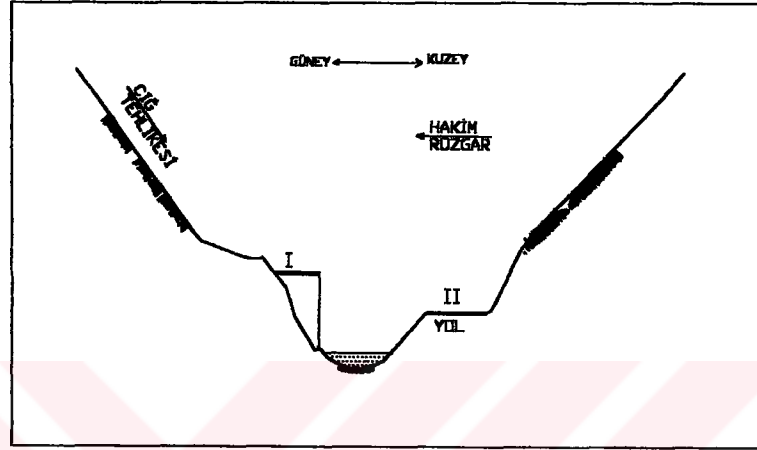
Yol projelendirilmesinde, hakim rüzgar yönü ile yol ekseni arasındaki açının uygun olması sağlanamayabilir. Rüzgar yönü ile yol arasındaki açının artması yol kenarında bulunan çeşitli engellerin arkasında oluşan kar birikmelerinin yol üzerine kaymasına, bu ise kar temizleme çalışmalarında güçlükler neden olabilir.

3.1.1. Yol yerleşiminin belirlenmesi

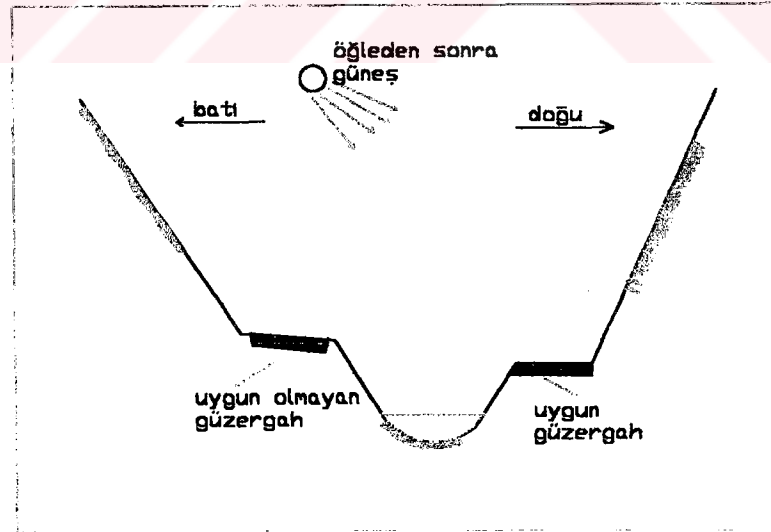
Kar fırtınalarının etkilediği arazilerde yolların mümkün olan yerlerde derin vadi ve ormanlık alanlarda yapılması tercih edilebilir. Böylece rüzgarın etkisinden kısmen korunularak kar birikmesi azaltılabilir.

Yeni bir yol yapılmadan önce, hakim rüzgar yönü ve kürtüne neden olan arazi oluşumlarının belirlenmesi ve buna göre projelendirilmesi, yerleşimin belirlenmesi daha sonra yol üzerinde yapılacak olan kar mücadelesinde önemli kolaylıklar sağlayabilir.

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 de vadi yönelimine göre yolun yapılması uygun olabilecek uygulamalar verilmektedir. Doğu-Batı yönlü vadinin II. yamacında yolun yapılması tercih edilir (Şekil 3.1). Eğer vadi Kuzey- Güney yönünde uzanıyorsa güneş öğleden sonra batı yamacını çok etkiler ve karın erimesine sebep olur. Bu sebeple batıya bakan yamaç olan II. yamaca yapılması uygun olur (Şekil 3.2).



Şekil 3.1: Kar birikmesine ve rüzgara göre doğu-batı yönlü karayolu kesit yerleşimi (Arıca,1976)



Şekil 3.2: Kar birikmesine ve rüzgara göre kuzey-güney yönlü karayolu kesit yerleşimi (Arıca,1976)

3.2.Kesit Projelendirilmesi İle Kar Birikmesinin Kontrolü

Yol, kar birikmesi mümkün olan alanların içinden geçiyorsa yolun kırmızı kotu (yolun toprak işleri sonucu yol ekseninin boykesitteki durumunu gösteren hat) bir miktar yükseltilebilir. Bu miktar, tutulan daha önceki kar derinliği kayıtlarına ve arazide ölçülen kar derinliklerine göre belirlenebilir.

Yığılmanın hacmi, şekli ve yerleşimi yolun enkesit şekline, hakim rüzgar yönüne, rüzgar şiddetine ve topografyaya bağlıdır ve rüzgarın hızındaki küçük bir azalma bile kar birikmesine neden olabilir. Bu sebeple kesit projelendirmesi ile yol üzerinde birikecek olan kar miktarı sınırlandırılabilir.

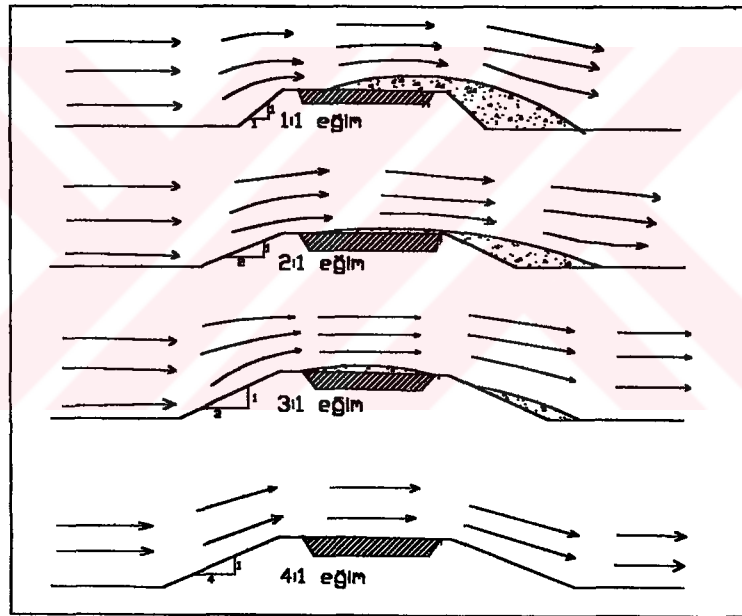
3.2.1. Dolgular

Dolguların projelendirilmesinde göz önüne alınabilecek başlıca değişkenler ortalama kar derinliği, yol güzergahına bağlı rüzgar yönü, karayolu üzerindeki kar birikme miktarıdır. “Rüzgar yönü yola dik açılı olduğu zaman yol dolgusunun eğimi $1/2$ olursa platform üzerinde kar birikmesine sebep olur. Bunu önlemek için, $1/4$ eğim kullanılması faydalıdır. Buna rağmen $1/2$ eğimi korumayı ve dolgu yüksekliğinin yaklaşık iki katına eşit yarıçapıyla dolgunun kenarının yuvarlaklaştırılması önerilen bir uygulamadır” (Arıca,1976).

Rüzgar yolun rüzgar alan ön ve rüzgar almayan arka yüzlerinin ikisinde de anafor şekillerine sebep olur. Bu yüzden yükseltilmiş bir yol veya dolgu rüzgarın serbest sürüklemesine engeldir. Karayolu dolgusunun rüzgar alan ön yüzün eğimi dik olduğu zaman, hava akımı karayolu üzerinde yığılmaya sebep olacak anaforlar oluşturur ve banket hattında yukarı doğru yoldan

saptırır. Bu anafor, (Şekil 3.3) de gösterildiği gibi karayolu yüzeyi düz ve dolgu eğimi 4:1 olduğu zaman kaybolur (Arıca, 1976).

Kar derinliğinin üstünde sürekli köprü şeklinde yol inşa etmek de en etkili çözümlerden birisidir. Kar, o zaman platformun altından geçecektir. Böylece yığılma ve görüş problemleri ile daha az karşılaşılacaktır. Yükseltilmiş yol dolgu üzerindeki yollardan çok daha pahalı projelerdir ve bu yüzden dolgunun çok yüksek olması gereken yerlerde, iklimin çok sert olduğu bölgelerdeki kar problemi olan yerlerde, tünellerin arasındaki kısa, dolgu gerektiren mesafelerde uygulanabilir.



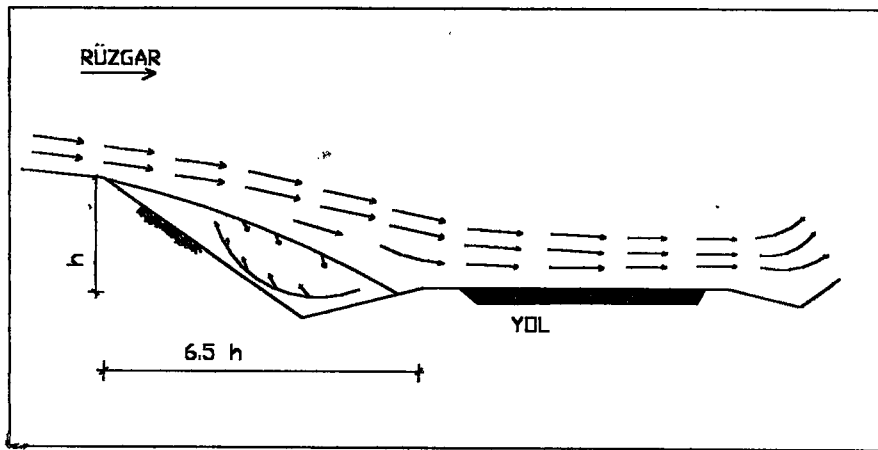
Şekil 3.3: Değişik eğimli dolgularda hava akışının geçişi
(Arıca, 1976)

3.2.2. Yarmalar

Yarmalar potansiyel kar birikme alanlarıdır. Projelendirme esnasında bu kar birikme miktarını azaltmak, kar birikmesi için gereken boşluğu yaratmak ve birikme alanından kolay kar temizleme yapılabilecek şekilde projelendirme yapmak kar mücadelesi için önemlidir. Çift taraflı yarmalar (sandık yarmalar) kar temizleme çalışmalarında karın yol üzerinden kaldırılması için gereken boşluğu sağlayamadığı için çift yanlı yarmaların kullanılması sakıncalı olabilir.

Yolun yarma kesimlerinde yol platformu ile yarma şevi arasında yağış sularının drenajı için hendek adı verilen kanallar yapılır. Yarmalarda, orman kenarı gibi yerlerde yer seviyesinden kar derinliğine eşit hendek derinliği uygun olabilir.

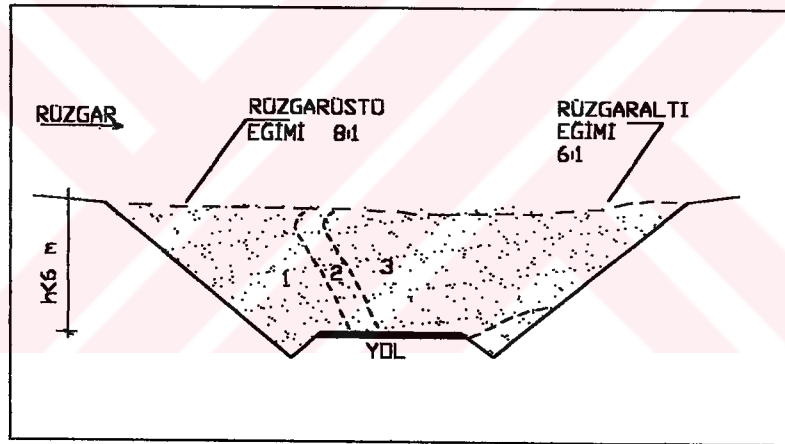
Karayolu dolgusunun rüzgar almayan arka kısmında gözlemlenen durum aynı zamanda karayolunda yarma olan yerlerde de olmaktadır. Şekil 3.4 de gösterildiği gibi, anafor alanının uzunluğu yarma derinliğinin 6,5 katına yakındır (Arıca,1976).



Şekil 3.4: Yarmada yığılma şekilli anaforlar (Arıca, 1976)

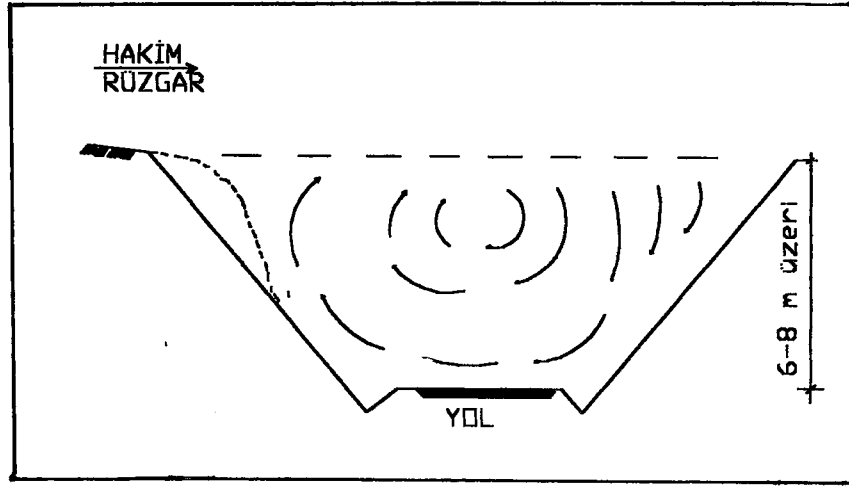
Eğer yarma eğimleri çok dik yapılırsa kar yığılmalarına hassas geniş depo alanları oluşur. Yaklaşık olarak yarma 1:5 eğimde yapılırsa rüzgar akımı karı süpürür (Arıca,1976).

Kar yığılmalarının olduğu yerlerde 6-8 m'den derin yarmalar kritik alanlardır. Bu alanlarda biriken kar kütlesini yol platformu üzerinden tamamen uzaklaştırmak mümkün olmayabilir. Bu yüzden yol yüzeyinde büyük kar kümeleri oluşur. Bu kümeler, kar perdesi rezervi gibi davranır ve çok kısa zamanda yolu kapatır. Derin yarmalardaki kar yığılmaları Şekil 3.5 de gösterilmektedir.



Şekil 3.5: 6 m' den küçük sandık yarmalarda kar birikmesinin gelişme sırası (Arıca, 1976)

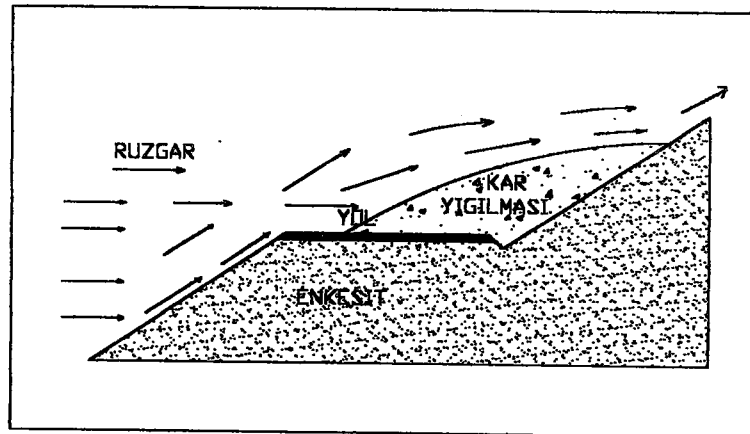
Derin olmayan yarma alanlarında depolanabilecek kar miktarı kısıtlıdır. Eğer yarmalar 6-8 m' den derin olursa yol üzerindeki karın birikimi yavaş olacak ve yolun kapanması uzun bir süre gerektirecektir. Bu durum Şekil 3.6 da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: 6 m'den büyük sandık yarmalarda kar birikmesinin oluşumu
(Arıca ,1976)

3.2.3. Karma Enkesitler

Hem yarma hem de dolgu işlemlerinin yapıldığı karma enkesitlerde rüzgar, eğimli yerlerde yokuş aşağı doğru olduğu zaman arazide daha fazla kar yayılır. Kar birikmesi az olur. Rüzgar yokuş yukarı dolgu şevi yönünden şev boyunca gelen rüzgar yol eksenine dik gelen rüzgarı bir miktar saptırır (Şekil 3.7). Rüzgar bu yönde olursa karın birikme miktarı artar. Eğer rüzgar alan yer bataklıklar ve su sahaları gibi geniş ve açık alanlar ise yayılan kar miktarı fazla olur.



Şekil 3.7: Karma enkesitlerde kar dağılımı (Yıldırım,1978)

4. KAR TEMİZLEME VE BUZ KONTROLÜ

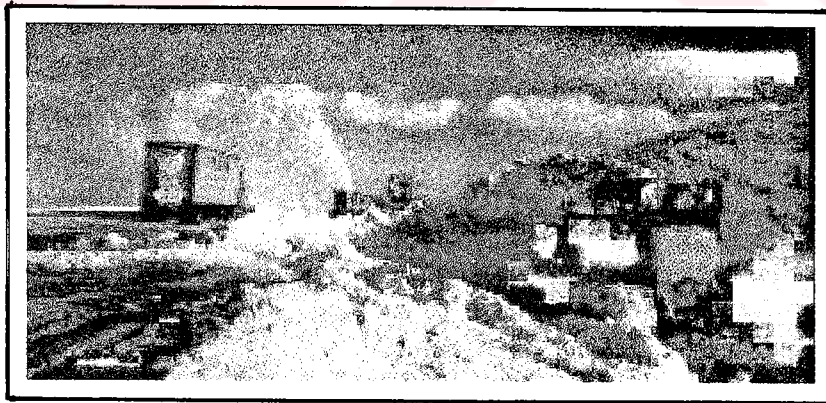
Kar mücadelesi doğa güçleri ile savaşmak olarak tanımlanabilir. Kar temizleme ve buz kontrolü, fırtınalar etkilemeye başladıktan sonra, insan gücü, malzemeler ve makinelere ihtiyaç duyulmasına sebep olur. Eşyaların, endüstriyel ve askeri malzemelerin, insanların naklinin büyük bir kısmı karayolları ile sağlanmaktadır. Bu yüzden bütün mevsimler boyunca açık olarak korunması önemlidir. Kar temizleme ve buz kontrolü, yolun geometrik ve fiziksel projelendirilmesine, trafik akış miktarına, bir defada yağan kar miktarına bağlı olarak değişen fonksiyonlardır. Daha fazla kar yağışı, daha fazla kar temizleme çalışmalarına sebep olacaktır. Eğer yolun trafik hacmi yüksek ise, yolun daha fazla açık tutulma ihtiyacı doğacaktır. Geometrik ve fiziksel projelendirmelerin iyi olması (düşük eğimli, düzgün kurp, yüksek kaliteli asfalt yol gibi), kar temizleme çalışmalarına kolaylık sağlayabilir. Kötü yapılmış ve kötü yüzey şartlarına sahip, küçük trafik hacimli bazı yollarda genellikle buz kontrolü ve kar temizleme çalışmaları daha zor gerçekleştirilebilir. Yol üzerindeki kar birikimi genellikle fırtına yüzündendir. Kar ve buz, asfalt yol ile araç lastiği arasındaki sürtünme katsayısını azaltarak araçların hareketi için çeşitli güçlükler çıkarır. Bunun gibi durumlarda, sürtünme katsayısı 1,10 ile 1,50 arasında değişir (Arıca, 1976). Buz kontrolü ve kar temizleme çalışmaları; rüzgar ile yer değiştiren kar yığılmasından korunması gereken enkesit ve karayolu konumundan alınan ölçümler, karayolu platformu üzerinde kar yığılmasından korumak için kullanılan kar perdelerinin yerleşimleri, kaymayı azaltan aşındırıcıların kullanımı, kimyasallar ve makinelerin birlikte kullanılması ile yoldan buz ve kar temizleme şeklinde yapılabilir.

Aşındırıcı maddeler olarak kırmataş, kum, deniz kumu, kömür cürufu gibi maddeler kullanılabilir.

Aşağıdaki metotlar, kar ile buzun kontrolü ve eritilmesi için kullanılan metotlara örnektir:

1. Aşındırıcıların karayolu yüzeyine serilmesi
2. Buzlanmayı önleyici eritici kimyasallar veya onların aşındırıcı karışımlarının yol yüzeyine serilmesi
3. Kar ve buzun eritici kimyasallar ile eritilmesi
4. Yüzeyin elektrik ile ısıtılarak buzlanmasının engellenmesi

Kar temizleme ve buz kontrolü çalışmalarının amaçlarından bazıları, kar ve buzdan etkilenmiş karayolunun üzerinde araç kullanan kişilerin maksimum emniyeti ve bakım sağlamaktır . Bu emniyet, yol yüzeyi ile araç lastiği arasındaki sürtünme miktarını artırarak sağlanabilir. Kar perdeleri, kar temizleme ekipmanları, eritici kimyasal maddeler, aşındırıcılar ve onların karışımları kırağı, ıslak yüzeyin donması, kar birikmesi ve buz filmlerinin oluşmasını engellemek için kullanılır. Şekil 4.1 de kar temizleme çalışmalarından bir kesit görülmektedir.



Şekil 4.1: Kar mücadelesi çalışmalarından bir kesit (<http://www.uwyo.edu>)

4.1. Türkiye’de Kar Temizleme Ve Buz Kontrol Çalışmaları

Kar temizleme çalışmaları, trafik akışı, yol şartları ve iklime bağlıdır. Yollar kar temizleme programının yapılması esnasında sınıflandırılır. Türkiye’de T.C.K. Bakım Dairesi bu şekilde yolların değerlendirmesini yapar ve yolların düzenli açık tutulup tutulamayacağına karar verir. Bu değerlendirmeler her yıl Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından “Kış Programı Haritası” olarak yayınlanmaktadır. Bu harita EK-1 de verilmiştir. Harita içerisinde belirtilen imkan buldukça açılabilen yollar arasında Sarıkamış’ın (Kars) bağlantı yolları; Beytüşşebap’ın (Şırnak) bağlantı yolları; Bayburt- Pazaryolu (Erzurum); Divriği (Sivas)- Arapgir (Malatya); Zara (Sivas)-Suşehri (Sivas); Refahiye (Erzincan)- Kemah (Erzincan); Gaziantep-Halfeti; Akdağmadeni (Yozgat)-Suşehri (Sivas); Akdağmadeni (Yozgat)-Gemerek (Sivas); Sivas-Karaçayır; Kayseri -Boğazlıyan (Yozgat) ve Boğazlıyan-Felahiye (Kayseri); Çayıralan (Yozgat)- Sarıkaya (Yozgat); Tokat-Artova-Yeşilyurt-Sulusaray güzergahı; Kurşunlu (Çankırı)-Araç (Kastamonu); Bolu-Yığılca-Alaplı güzergahı; Pasinler (Erzurum)-Narman ve Şarköy (Tekirdağ)-Mürefte (Tekirdağ) arasındaki yollar sayılabilir. Bu yolların özellikle Ege ve Marmara Bölgeleri hariç Anadolu genelinde yaygın olduğu haritada göze çarpmaktadır.

Bunun yanı sıra kış sezonu boyunca açılmayan yollar da vardır. Bu yollara örnek olarak ise Erzurum-Tekman; Muş-Kulp (Diyarbakır) ve Kulp-Silvan (Diyarbakır); Şırnak-Pervari (Siirt); Yalnızçam (Ardahan)-Aldanuç (Artvin); Bulanık (Muş)-Ovakışla (Bitlis); Ahlat (Bitlis)-Karahasan (Muş) ve Trabzon-Bayburt arasındaki yollar verilebilir. Bu açılmayan yolların ise daha çok Van Gölü civarında yoğunluk kazandığı haritada göze çarpmaktadır.

Tez çalışmalarının yapıldığı Güvem (Ankara) ve Çerkeş (Çankırı) arasındaki yol daimi açık tutulan yollar sınıfına girmektedir.

1991-92 kış mevsiminde Güneydoğu Anadolu'da sadece T.C. Karayolları II. (Van) Bölge Müdürlüğü, toplam 2230 km'lik yolda 75 gün süreyle tam gün mücadelede 620 personel ve 230 makine (greyder, loader, düz bıçaklı kamyon gibi) kullanarak toplamı 37 milyon m³ kar ve 1,7 milyon m³ çığ kürünmüştür. Kar mücadelesi genelde denizden 1700 m yükseklikte yoğunlaşmıştır. 1991-92 kış mevsiminde kar ve çığ mücadelesinde, sadece Karayolları Van Bölgesi tarafından 6.900.000 \$ harcanmıştır (Gürer,1992, sözlü görüşme)¹. Çizelge 4.1 de bazı yerleşim bölgelerinde harcanan tuz miktarları verilmektedir.

Çizelge 4.1: Bazı bölgelerde kar mücadelesinde harcanan tuz miktarları
(Ton) (R., Sarıkaya, 1997, sözlü görüşme)²

Bölge No	Y	I	L	L	A	R
	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997
1-İSTANBUL	3271	3827	3985	1790	2604	5800
2-İZMİR	194	128	221	47	147	300
3-KONYA	1096	932	821	1099	1440	1700
4-ANKARA	8681	5447	7371	5581	4687	7000
5-MERSİN	939	1578	1641	932	1080	1000
6-KAYSERİ	545	1559	1229	2181	2827	1500
7-SAMSUN	480	615	470	160	200	600
8-ELAZIĞ	932	1284	650	243	770	1500
9-DİYARBAKIR	185	607	430	112	46	300
10-TRABZON	114	83	149	75	70	300
11-VAN	716	490	709	984	2034	1000
12-ERZURUM	108	860	295	502	1166	600
13-ANTALYA	178	128	176	178	181	200
14-BURSA	416	377	1135	972	606	1200
15-KASTAMONU	190	607	483	527	510	500
16-SIVAS	179	375	400	414	452	500
TOPLAM	18224	18897	20165	15797	18820	24000

¹ GÜRER, İbrahim, 1992, T.C.K. Van Bölge Müdürü Yusuf Ziya ile sözlü görüşme notları

² SARIKAYA, Rıza, 1997, T.C.K. Bakım Şube Müdürü, Ankara

4.2. Kar ve Buz Kontrolünde Kullanılan Mekanik Ekipmanlar

Kar mücadelesinde birçok ekipman kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları kar bıçakları, kamyonlar, greyderler, kar kürüycüler ve yükleyiciler olmak üzere sıralanabilir.

Kar bıçakları yılın geri kalan kısımlarında başka işlerde kullanılabilen araçlara takılabildikleri için kullanışlıdır. Tek taraflı bıçak, İki taraflı bıçak, V tipi bıçak, döner bıçak ve kanat bıçak gibi çeşitleri vardır. Bunlardan kanat bıçaklar yardımcı bıçaklardır. V bıçak taşıyan makinelerin bir veya iki tarafına takılırlar. Döner bıçaklar ise derin kar tabakalarının ve sabit kar bıçakları ile atılması mümkün olmayan yığınların temizlenmesinde veya karı itecek yer bulunmaması gibi durumlarda kullanılabilir (Yıldırım,1978).

4.3.Kimyasal Maddeler

Tuz; temiz olması, ekonomik olması, kolay ve hızlı serilmesi, yüksek çözünürlüklü ince kimyasal maddelerden iki kat kalın tabakalara işlemesi, kuvvetli buz önleyici olması, güvenli olması, toksit bir etkiye sebep olmaması gibi sebeplerle buz önleyici olarak tercih edilebilir. Tuzlar arasında kalsiyum klorür ve kaya tuzu etkili, düşük maliyetli ve kolay bulunma özelliğine sahiptir. Buzlanmayı önleyici bazı kimyasal maddeler Çizelge 4.2 de görülmektedir.

Çizelge 4.2: Buzlanmayı önleyici kimyasal maddeler (Arıca, 1976)

Buz çözücü kimyasal maddeler	Formül	Isı
Sodyum Klorür (Kaya Tuzu)	NaCl	-21 °C
Kalsiyum Klorür	CaCl ₂	-55 °C
Üre	CO(NH ₂) ₂	-11.5 °C
Amonyum Sülfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	-19 °C
Mağnezyum Klorür	MgCl ₂	-33 °C
Alüminyum Klorür	AlCl ₃	-54 °C
Lityum Klorür	LiCl	-80 °C

5. KAR PERDELERİ

Kürtün olarak adlandırılan rüzgarla oluşan kar birikmesi dağlık alanlarda rüzgarın etkisi ile tepeliklerin - dağların rüzgar almayan arka kısımlarında kar birikmesi ve sonuçta çığ denilen doğal afetin oluşması ve daha düz alanlarda, açık kesimlerde yol, ağaçlık ve bunun gibi çeşitli yapılar nedeni ile temizlenmesi gereken birikintilerin oluşması sebebi ile önemlidir.

Yolların üzerinde kardan dolayı oluşan daha önce yukarıda tanımlanan problemleri çözebilmek için kar perdeleri kullanılabilir. İyi planlanmış bir kar perdesi sistemi rüzgarla sürüklenen kar problemini etkili olarak uzun bir süre boyunca çözümleyebilir.

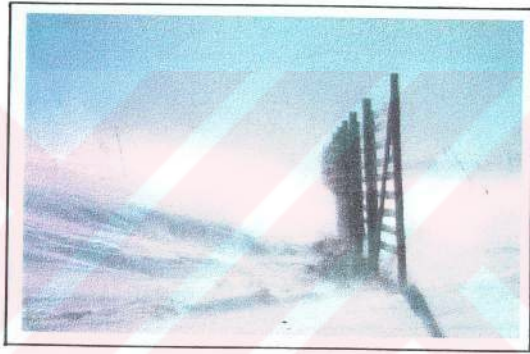
Kar perdeleri ekonomik olmalarının yanında ek olarak yollarda daha fazla emniyet sağlar. Çünkü sürüklenen karın oluşturduğu birikintiler araç kontrollerinin kaybolmasına, kurplarda ve kavşaklarda görüş mesafesinin azalmasına, araçların görünürlüğünün azalmasına, trafik ve bilgi işaretlerinin kaybolmasına, emniyet bariyerlerinin etkisizleşmesine sebep olur. Kar perdeleri, rüzgarla sürüklenerek yolu geçen karı azaltarak görüş mesafesini artırır. Buz ve yarı erimiş kar oluşumlarını azaltır.

5.1. Kar Perdelerinin Çalışması

Sürüklenen kar parçacıkları ince kum taneciklerine benzer. Bir kısmı havada asılı olarak taşınır. Ağır olanlar ise yüzeyde yuvarlanarak veya sıçrayarak sürüklenir. Diğer bir benzerlik de nehir suyunda sediment taşınımıdır. Suyun hızı arttığında taşıdığı sediment miktarı artar ve hızın azaldığı yerlerde bu sedimenti bırakır. Bu yerlerde birikmelere sebep olur.

Daha büyük ve ağır kar taneleri karla örtülü yüzey boyunca, rüzgarla serbest olarak taşınan hafif tanelerden daha yavaş olarak hareket eder. Bu

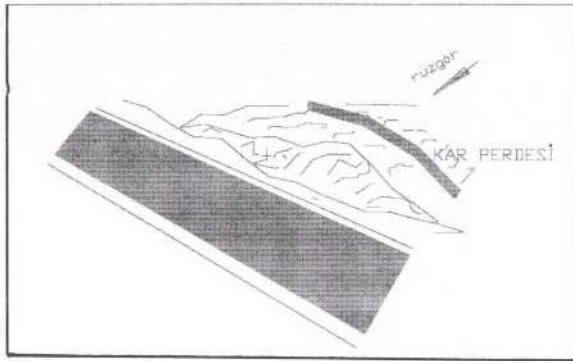
sürüklenen kar, yüzeyde kar dalgacıkları veya kürtün oluşturur. Kar perdesi ile rüzgarın hızı azaltılarak yüzeyde sürüklenen karın hareketsiz kalması sağlanır. Bu kar partiküllerinin bir kısmı perdenin rüzgar yönündeki rüzgar alan ön tarafında depolanır. Kar birikiminin çoğunluğu kar perdesinin rüzgar almayan arka kısmında oluşur. Bir kar perdesinin tipi esnasındaki çalışma biçimi Şekil 5.1 de görülmektedir. Kar birikmesinin büyük bir kısmı aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi rüzgar almayan arka kısımda olmaktadır.



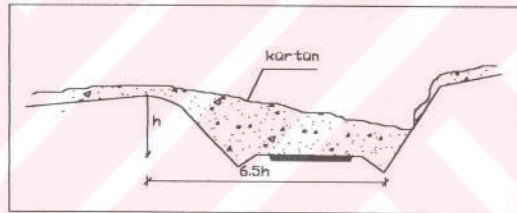
Şekil 5.1 : Bir kar perdesinin rüzgar ile çalışma şekli (Hartman,1995)

Yol güzergahındaki kar perdelerinin genel yerleşimi Şekil 5.2 de gösterilmiştir.

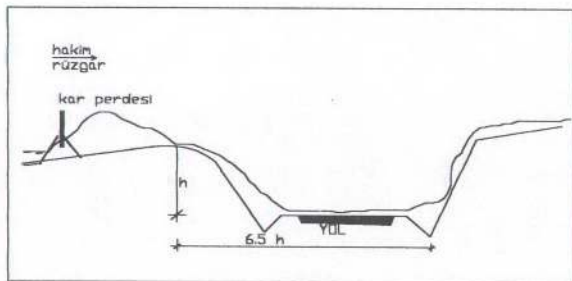
Kar perdesi bulunmayan yarmada oluşan kar birikme biçimi Şekil 5.3 de görülmektedir. Şekil 5.4 de ise aynı kesitte kar perdesinin bulunması halinde meydana gelecek kar birikmesinin şekli verilmektedir. Şekillerde görüldüğü gibi kar perdesi yol üzerinde oluşacak birikmeyi geriye çekerek yol üzerinde oluşmasını engellemektedir.



Şekil 5.2: Kar perdelerin yol güzergahında genel yerleşim durumu



Şekil.5.3: Perdesiz kar birikmesi (Yıldırım,1978)



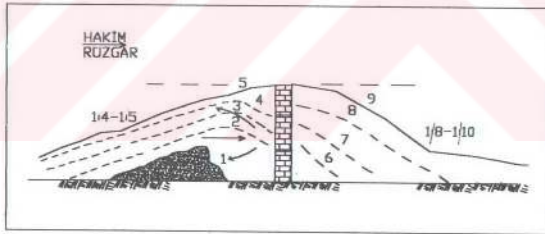
Şekil.5.4: Perdeli kar birikmesi (Yıldırım, 1978)

5.2.Kar Perdelerinin Tipleri Ve Karakteristikleri

Kar perdeleri ahşaptan betona kadar çok çeşitli malzemelerden yapılabilmektedir ve birçok farklı tipleri vardır. Bu kar perdesi tipleri ilk uygulandıkları bölgelerin isimleri ile adlandırılırlar. Kar perdeleri istinat duvarları gibi dolu gövde olarak yapılacağı gibi delikli veya kafes şeklinde de yapılabilir.

Kar perdesinin gerekli yüksekliği, sürüklenen kar miktarı, perdenin etrafındaki arazinin topografyası ve zeminin üzerindeki kar derinliğine bağlı olarak değişir.

Eğer perde gövdesi dolu gövde olarak yapılırsa bir süre sonra kar birikimi perdeyi kapatır. Rüzgar doğrultusuna dikey olarak konulan dolu gövdeli bir perdenin etrafında kar Şekil 5.5 deki gibi birikir.

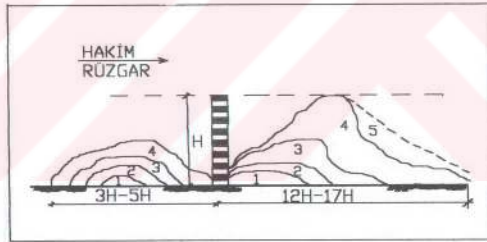


Şekil.5.5: Dolu gövdeli bir perdede kar birikmesi (Yıldırım,1978)

Perdenin üstünden esen rüzgarlarla birlikte gelen kar taneleri perde üstünden aşar. Perdenin karşısına gelenler perdeye çarparak aşağı ve yukarı hareket ederler. Yukarı sıçrayan kar taneleri üstteki hava akımı ile yeniden perdeye çarpmak üzere sürüklenirler veya perdenin üzerindeki akıma kapılarak üstten aşarlar. Aşağı doğru hareket edenler ise yere çarparlar. Hava akımının perdeye çarpması ile dipte meydana gelen anafor

neticesinde ön tarafta oluşan kar birikintisi 0,5 ile 2,00 m kadar mesafede başlar. Rüzgarın şiddetine bağlı olarak bu mesafe değişir. İlk kar birikintisi (1) şeklinde olur. Karların sürüklenmesi devam ettikçe, birikinti ile perde arasındaki boşluklarda rüzgar hızının azalmasından dolayı yavaş yavaş dolmaya, (1) birikintisinin şekli dikleşmeye ve gelişmeye başlar. Perdenin önü 1,2,3,4,5 şeklinde kar tabakaları ile tamamen dolar.

Perdeyi üstten aşan rüzgarlar arka kısımda sakin bir havaya rastlar. Rüzgarın hızı düşer ve bu defa sürüklenen kar taneleri arka kısımda çökmeye başlar. Perde arkası, şekilde gösterilen 6,7,8,9 sırası ile dolar. Dolu gövdeli perdenin önü ve arkası dolduktan sonra artık perde çalışmaz duruma gelir. Eğer gövde, delikli veya kafes şeklinde yapılırsa karın perdeyi tamamen kapaması engellenir (Şekil 5.6).



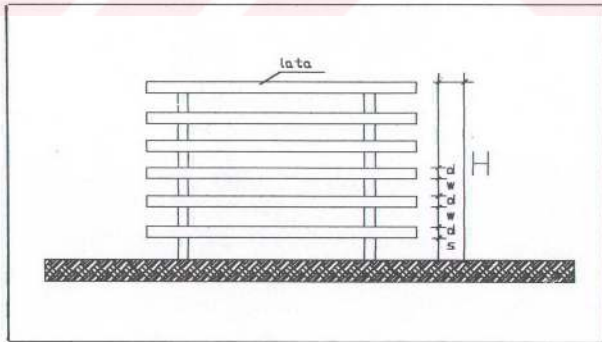
Şekil 5.6 :Kafes şekilli bir perdede kar birikmesi (Yıldırım, 1978)

Anafor bölgesi rüzgar almayan kısmının uzunluğu ve anaforların tipi perdenin şekli ile değişir. Eğer perde dolu gövde olarak yapılmış ise anafor oluşumu belirgindir, anafor bölgesi kısadır ve türbülans önemlidir. Diğer yandan perde eğer gözenekli ise , anafor bölgesi uzundur ve anaforlar daha az belirgindir. Dolu gövdeli perdelerin arkasındaki birikme orantılı olarak kısa ve derindir. Gözenekli perdelerin arkasında oluşan birikme ise daha uzun ve sıgıdır.

Perde yoğunluk oranı (perde malzemesinin cephe alanının perdenin açıklıklar dahil toplam cephe alanına oranı), perde yüksekliği ve zeminden perdeye olan boşluk mesafesi kar tutma kapasitesini etkileyen başlıca değişkenlerdir. Perdenin rüzgar almayan arka kısmındaki kar birikmesinin uzunluğu, kar perdesinin korunması gereken alandan minimum uzaklığını belirlediği için önemli bir etkidir. Kar perdesinin karakteristik parametreleri, perde yüksekliği (H) (m), yığılma uzunluğu (L) (m) ve perdenin yoğunluk oranı (P) (%) olmak üzere (Şekil 5.7) aralarındaki ilişki denklem 5.1 de verilmiştir.

$$L = \frac{360(2.2 + H)}{(22.1 + P)} \quad (5.1)$$

Korunacak olan alanın rüzgar alan yüzüne yerleştirilen perdenin bu alana uzaklığı (L+5) ile belirlenebilir. Model deneyleri ile kar birikmesinin uzunluğu dolu gövdeli perde için perde yüksekliğinin on katı (10H), %50 perde yoğunluğu için perde yüksekliğinin onbeş katı (15H) olduğu belirlenmiştir (Arıca, 1976).



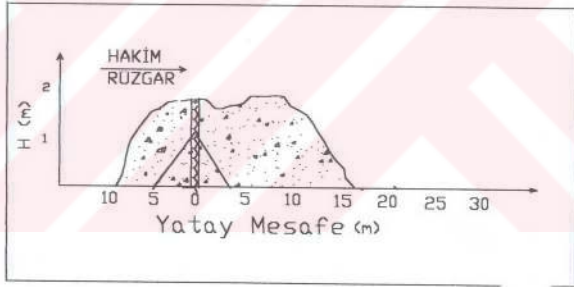
Şekil 5.7 : Bir perdenin karakteristik parametreleri (Norem,1985)

Kar perdesinin etkinliği başlıca şunlara bağlıdır (şekil 5.7):

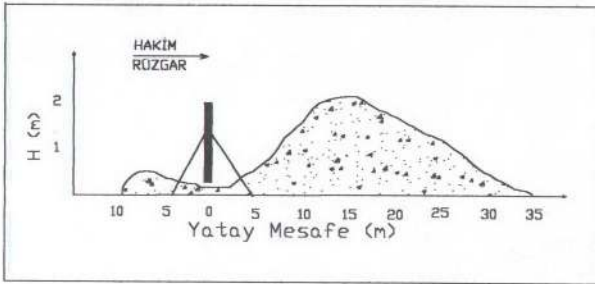
$$P_o = \Sigma d / H \quad (5.2)$$

Burada, H: perde yűkseklđđ (m), d: her lata için kalınlık (m), P_o : toplam kar perdesi yoğunluğu (%) (lata alanı ile yerle perde arasındaki kapsadığı perde alanının oranı) olarak tanımlanabilir.

Perdenin altında ve bitkilerin űstűnde 15-25 cm arasında bir bořluk (s) olması kar perdelerinin çalıřmasında olumlu bir etkiye sahiptir (Norem,1985). řekil 5.8 de altında bořluk bulunmayan ve řekil 5.9 da bořluk bulunan kar perdesindeki yđılma řekli gűrűlmektedir.



şekil 5.8: Altında boşluk bulunmayan kar perdesinde yđılma şekli (Burkard, 1992)



Şekil 5.9: Altında boşluk bulunan kar perdesinde yığılma şekli (Burkard, 1992)

Perdenin düşeyde rüzgarla 30° açı ile eğim yapması her hangi bir sakınca doğurmayabilir. Fakat daha büyük açılar toplama kapasitesini azaltır. Lataların genişliği (d) 2,5 cm den 22,5 cm 'e kadar değişen genişliklerde olabilir (Arıca,1976).

Alt boşluk, perdenin yüksekliği ve kar derinliğinin her ikisine de bağlıdır. Yatay arazilerde kar derinliğinin ortalama $0,3H - 0,4H$ olduğu yerlerde $0,15 - 0,20H$ boşluk daha fazla kullanılır (Norem,1985). Yerel kar derinliklerinin 2m' yi aştığı yerlerde alt boşluk $0,3H$ 'ın üzerinde kullanılır. 1,2 m' lik perdeye eklenen 15 cm' lik alt boşluk kapasiteyi % 30 artırır. En az lata genişliği 10 cm önerilmektedir (Norem, 1985)

İsveç ve Rus tipi perdeler kısmen kar ile örtüldükleri zaman toplanan karın içinden çıkarılabilme özellikleri vardır. Zemine tespit edilmemişlerdir. Bu perdeler çıkarılarak tekrar dikilebilir. Böylece tekrar işler hale gelirler (Yıldırım,1978).

Düşey dikmeler üzerindeki saman halatından ibaret olan bir Danimarka tipi perdenin rüzgar almayan tarafında çıtalı tipteki bir perdeye nazaran daha fazla kar topladığı tespit edilmiştir (Yıldırım,1978).

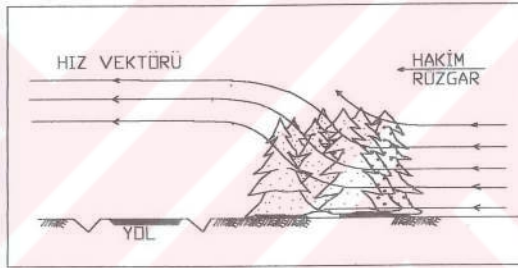
Bu tip kar perdelerinin yanında bitkilerden de bir kar perdesi oluşturulabilir. Bu tip perdelerle yaşayan kar perdeleri veya canlı iksa perdeler adı verilebilir. Yaşayan perdeler, birkaç sıra ağaç ve -veya çalıdan meydana gelir.

Yaşayan kar perdelerinin yapısal perdelerden dış görünüş olarak daha hoş olması, bitkinin doğal yeri vahşi yaşamı sağlaması, küçük bakımların yeterli olması, yol kenarlarını güzelleştirmede de kullanılabilmesi gibi avantajları vardır. Bunun yanında iklim, toprak tipi ve bazı yöresel şartlar, ağaç ve bitkilerin yetişmesini zorlaştırması; bitkilerin, karı engelleyecek boya gelmeleri için birkaç yıl gerekmesi; perde yüksekliği ve perde yoğunluğu, dolayısıyla kar yığılmasının uzunluğu ve kar depolama kapasitesi zaman ile değişmesi; rüzgar, böcekler, hastalıklar gibi etkenlerden dolayı kolay zarar görmesi gibi dezavantajları da vardır. Yaşayan kar perdeleri Şekil 5.10-a 'da ve çalışma prensibi ise Şekil 5.10-b 'de gösterilmektedir.

Olgun yüksekliklerinin 15 katı kadar veya orada yapılması gerekli yapısal perde yüksekliğinin 35 katından hangisi büyük ise o kadar yoldan uzakta perde oluşturulur (Tabler, 1991).

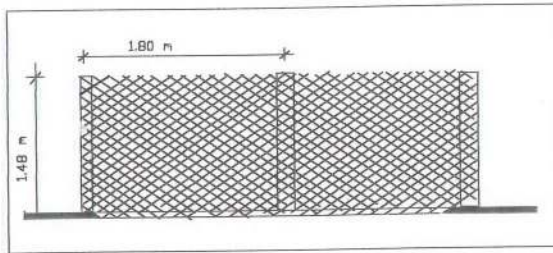


Şekil 5.10-a :Yaşayan kar perdelerinden genel bir görünüş (Berst,J.)

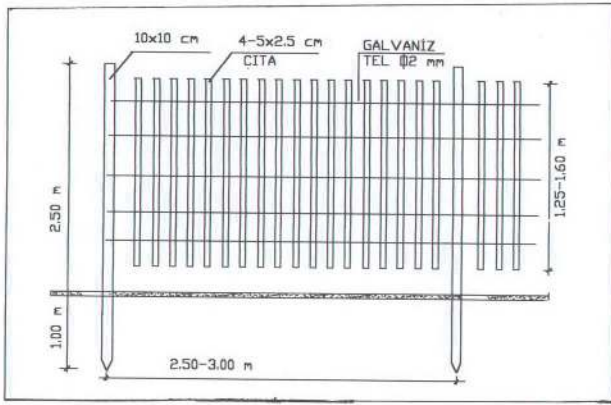


Şekil 5.10-b: Yaşayan kar perdeleri (Burkard, 1992)

Perde çeşitlerinden kafes tipi kar perdesi Şekil 5.11'de ve Kanada tipi kar perdesi ise Şekil 5.12 de verilmiştir.

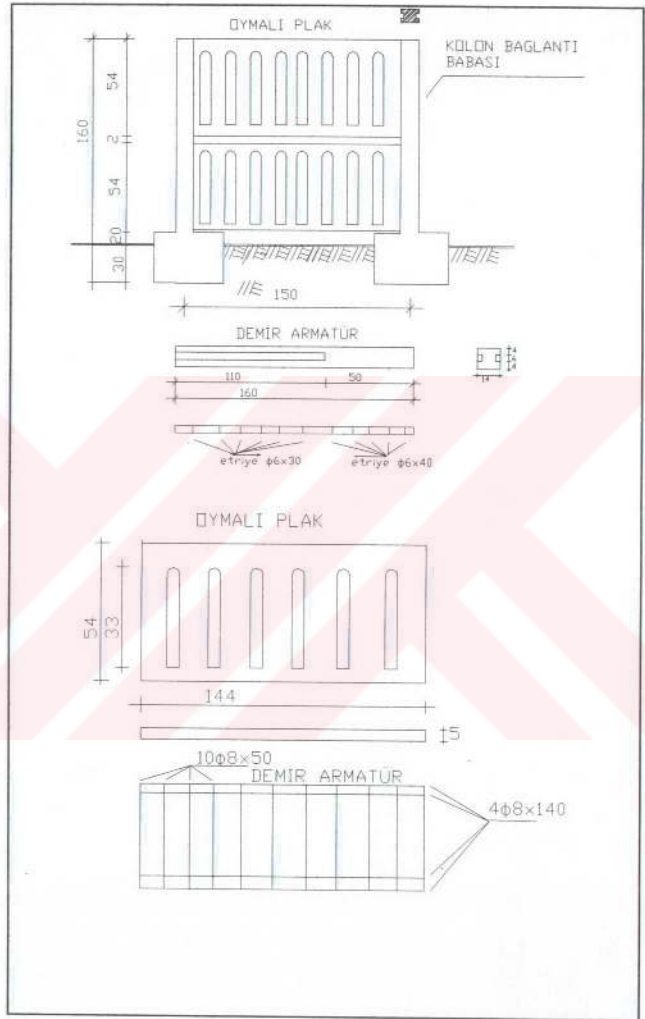


Şekil 5.11 : Kafes tipi kar perdesi (Sarman, 1953)

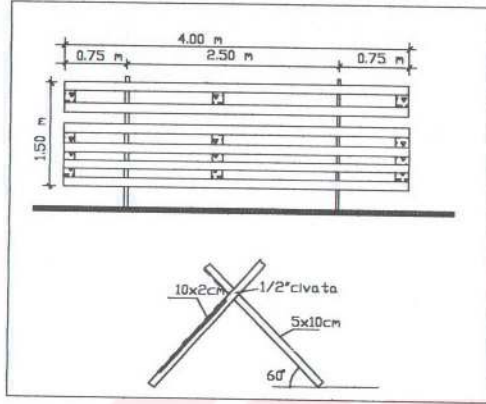


Şekil 5.12: Tipik Kanadakar perdesi (Sarman, 1953)

Kar perdesi çeşitlerinden betonarme kar perdesi Şekil 5.13 de verilmektedir. Betonarme kar perdesi ile kanada tipi kar perdesinin fiyat analizleri EK-2 de verilmektedir. Bu analizlere göre 3 m uzunluktaki bir Kanada tipi perdenin fiyatı 1,5 m betonarme perdenin fiyatına yakındır. Bunun yanında Kanada tipi perdenin ahşap olması nedeni ile ahşap kısımlarının kolayca sökülüp alınabilmesi ve sürekli bakım gerektirmesi dezavantajıdır. İsveç tipi kar perdesi ise Şekil 5.14 de verilmektedir.



Şekil 5.13: Betonarme kar perdesi (R., Sankaya, 1997, sözlü görüşme)



Şekil 5.14: Tipik İsveç kar perdesi (Sarman, 1953)

Kar perdelerinden karayollarında kar ile mücadelenin yanı sıra yüksek kotlu alanlarda bulunan hendekler, büyük çukurluklar ile beraber kullanılarak düşük yağışlı, kurak mevsimlerde su kaynağı olarak yararlanmak üzere kar depolamak için de yararlanılabilir. Böylece kurak mevsimlerde vahşi yaşam ve çiftlik hayvanları için gerekli su sağlanabilir. Bu bölgelerde kar toplamak için kar perdeleri ve dolgu birlikte kullanılabilir. Tutulan kar miktarını artırmak için dolgular havuzun rüzgar almayan tarafına, kar perdeleri ise rüzgar alan tarafın kenarına yerleştirilmiş olmalıdır. Bu şekilde toplanan kar yavaş yavaş eriyerek gerekli su ihtiyacını karşılar. Bu amaçla yapılmış bir kar perdesi sistemi Şekil 5.15 de görülmektedir.



Şekil 5.15: Su kaynağı olarak kar depolamak için kullanılmış kar perdelerinden genel bir görünüm (Hartman, 1995)

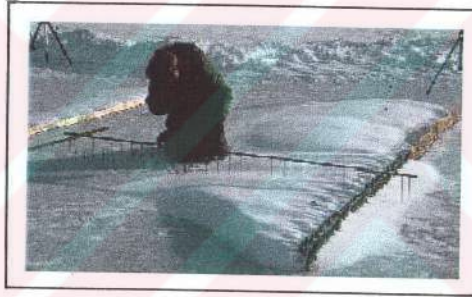
5.3. Kar Perdelerinin Projelendirilmesi

Kar perdelerinin projelendirilmesinde en önemli faktör depolama kapasitesidir. İlk olarak rüzgarla taşınan kar miktarının ne kadar bir kısmının depolanacağına karar verilir. İkinci adım ise bu depolama kapasitesi ile kar perdesini projelendirmektir.

Rüzgarla sürüklenen karın miktarının tahmini için tekrar yerleşen kar miktarı, yol üzerindeki depolanmış kar ve rüzgarın birikinti yaptığı mesafe belirlenmiş olması önemlidir. Eğer hakim rüzgar yönü biliniyorsa; mesafe, topografik haritalar, hava fotoğrafları veya kış esnasında doğrudan gözlem ile belirlenebilir.

Karın tekrar yerleşmesinin belirlenmesinin ilk adımı, kış kar yağışının kar-su eşdeğerinin tahminidir (Yıllık toplam yağın kar miktarının %10 u olarak hesaplanabilir (Tabler,1991)). Perdenin yüksekliği veya kalınlığı, belirlenecek sıra sayısı kar taşınım miktarından bulunabilir.

Rüzgarla oluşan kar yığılmalarının şeklini belirleyebilmek için model deneylerinden de yararlanılmaktadır. Model çalışmalarında perde 1:100 ve 1:300 ölçeklerinde küçültülerek deneylerde kullanılabilir (Anno,1983). Kar tanelerinin benzeşimi için ise aktif kil partikülleri veya mika parçacıkları kullanılmaktadır. Tipi rüzgar tüneli ile oluşturulmaktadır. Model kar partikülleri kompresör ile rüzgar tünelinin içine püskürtülerek tipi esnasındaki arazideki perde şartları yapay olarak laboratuvarda oluşturulmaktadır. Daha sonra model yığılma şekli incelenerek perdenin arazideki çalışma şekli tahmin edilerek perde projelendirilmeye çalışılır. Bunun yanı sıra arazi şartlarında da model oluşturularak gerçek kar taneleri ile de deney yapılabilir (Şekil 5.16-a ve Şekil 5.16-b).



Şekil 5.16-a: Gerçek arazi şartlarında kar ile model çalışmaları
(<http://www.wvre.uwo.edu>)



Şekil 5.16-b: Gerçek arazi şartlarında kar ile model çalışmaları
(<http://www.wvre.uwo.edu>)

Benzeşim ve modelleme üç kategoride yapılabilir. Bu kategoriler geometrik benzeşim, kinematik benzeşim ve dinamik benzeşimdir. Geometrik benzeşimde model ve prototipin uzunluklar oranı sabittir. Kinematik benzeşimde hızların ölçeği aynıdır. Dinamik benzeşimde ise kuvvet oranları aynı olmalıdır. Bu kuvvetlerden başlıcaları; akış sürtünmeleri, atalet kuvvetleri, gravite, basınç ve yüzey gerilmeleri olarak sıralanabilir. Birçok durumda, bu kuvvetlerin hepsi uygulanmaz ve bazıları ihmal edilir. Dinamik benzeşimin yapılabilmesi için geometrik benzeşimin ve kinematik benzeşimin sağlanmış olması gerekir. Froude ve Reynold benzeşimi olmak üzere iki ana benzeşim yaklaşımı kullanılır.

Froude benzeşimi atalet ve yerçekimi kuvvetlerinin etkin olduğu durumlarda kullanılır. Bu sistemlerden bazıları dalga etkileri, açık kanallarda suyun akışı, köprü ayaklarındaki akım kuvvetleri, orifisteki akım kuvvetleri ve yerçekimi kuvvetlerinin etkili olduğu sistemlerdir. Kar perdeleri için model çalışmaları yapılırken model ve prototipteki rüzgar hızlarının belirlenmesinde birçok araştırmacı Froude benzeşimini kullanmıştır. Çünkü kar ile ilgili model deneylerinde viskoz kuvvetlerden çok atalet ve yerçekimi kuvvetleri etkilidir. Kar perdelerinin benzeşiminde ise geometrik benzeşimden yararlanılmıştır. Yani belli bir ölçekte küçültülerek kullanılır. Bunun yanında kar taneciklerinin benzeşimi için kil taneleri, ince talaş tozu ve mika gibi maddelerden yararlanılabilir. Froude benzeşimi için model ve prototipin Froude sayılarının eşit olması gerekmektedir (Shames,1962).

$$Fr_m/Fr_p=1 \quad (5.3)$$

oranını sağlaması gerekir.

Froude sayısı atalet kuvvetlerinin yerçekimi kuvvetlerine oranıdır. Model ve prototip için Froude sayısının

$$Fr_m = \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot h_m}} \quad (5.4)$$

$$Fr_p = \frac{V_p}{\sqrt{g \cdot h_p}} \quad (5.5)$$

olduğu bilindiğine göre,

$$\frac{Fr_m}{Fr_p} = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot h_m}}}{\frac{V_p}{\sqrt{g \cdot h_p}}} \quad (5.6)$$

oranı elde edilebilir. Buradan;

$$\frac{V_m}{V_p} = \sqrt{\frac{h_m}{h_p}} \quad (5.7)$$

elde edilebilir. Bunun anlamı hızların ölçeği geometrik ölçeğin karekökü ile orantılıdır. Denklem 5.4 'den

$$\frac{Fr_m}{Fr_p} = \frac{\left(\frac{L_m}{t_m}\right) / \sqrt{L_m}}{\left(\frac{L_p}{t_p}\right) / \sqrt{L_p}} \quad (5.8)$$

ve buradan da

$$\frac{Fr_m}{Fr_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{1/2} \frac{t_p}{t_m} \quad (5.9)$$

sonucu çıkarılabilir. Yani zaman ölçeği geometrik ölçeğin karekökü ile orantılıdır.

Froude sayısını kullanan modellemeye göre rüzgar hızını (Anno,1983)

$$\frac{Up^*}{Um^*} = \frac{Utp^*}{Utm^*} \quad (5.10)$$

olarak saptamıştır. Burada U^* sürtünme hızı, U_t^* eşik sürtünme hızı, m ve p sırası ile model ve prototipi tanımlar.

Reynold benzeşiminde ise viskoz kuvvetlerin önemli olduğu durumlarda yararlanılır. Bir modelin hem Froude hem de Reynold benzeşimini sağlaması gerekir. Fakat böyle bir modeli yapmak oldukça zordur. Bu nedenle yer çekimi kuvvetleri önemli ise Froude benzeşimini; viskoz kuvvetler önemli ise Reynold benzeşimini kullanmak uygun olur (Shames,1962).

5.4. Rüzgar Yönünün Belirlenmesi

Hakim rüzgar yönü, kar perdelerinin projelendirilmesinde önemli bilgilerinden birisidir. Rüzgar yönü; kar taşıma mesafesini, kar taşınımını, perde yönelimini ve yerleşimini belirler. Hakim rüzgar yönü mümkün olduğu kadar kesin olarak belirlenmesi projelendirmede önemli kolaylıklar sağlayabilir. Rüzgar yönünü belirlemede kullanılan metotlardan bazıları :

- 1- Hava istasyonlarının meteorolojik verilerinin analizi
- 2- Sahada kar birikme yönünün belirlenmesi
- 3- Hava fotoğrafları ile kar birikme yönünün belirlenmesi
- 4- Bitkilerin rüzgara göre aldığı şekil (Gevşek veya bükülmüş ağaçlar) veya karın sebep olduğu, ağaç kazıkların veya desteklerin üzerindeki aşınmalar.

Rüzgar yönünün belirlenmesinin en basit metodu pusula kullanımı ile ağaçların veya diğer cisimlerin arkasındaki kar yığılmasının yönünü belirlemektir.

Geniş yığılmaların güzergahı ve kışın yapılan ölçümler ortalama yığılma yönünü belirler. Eğer sadece küçük yığılmalar mevcutsa ölçümler çeşitli zamanlarda tekrarlanır. Çünkü yarma ve dolgular yerel rüzgar yönünü değiştirir. Bu ise yanlış sonuçlar elde edilmesine sebep olabilir.

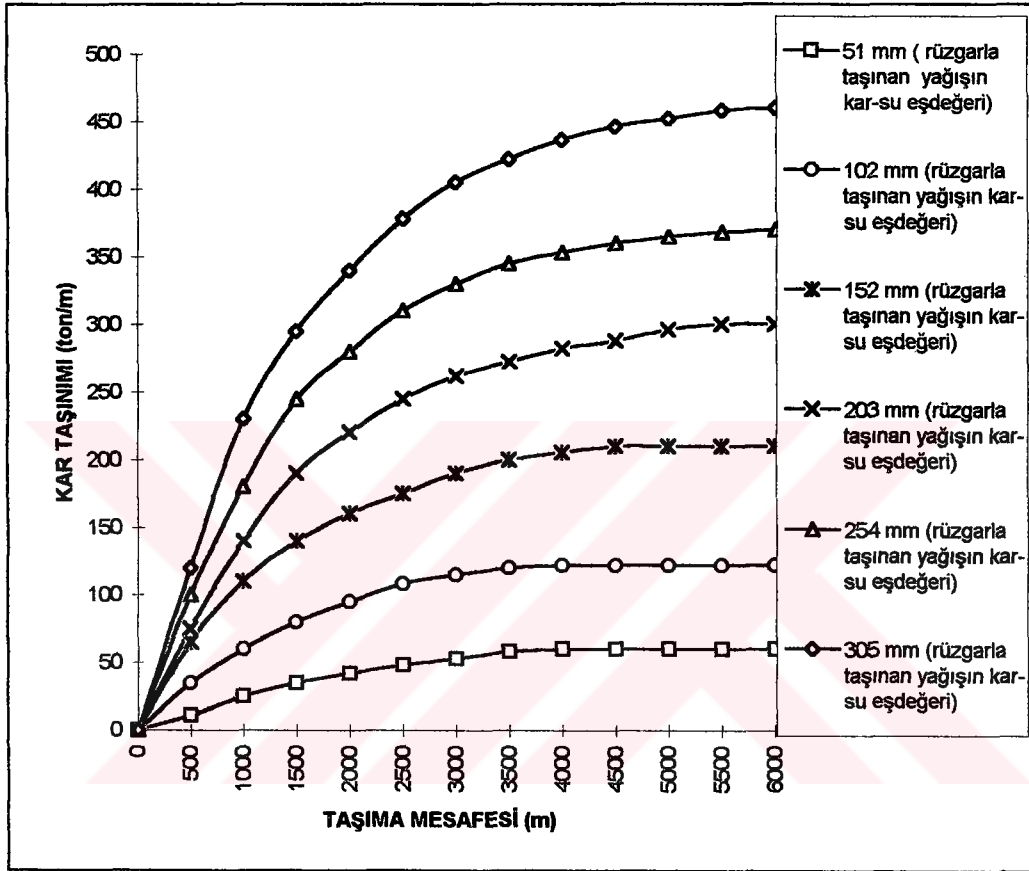
5.5. Kar Taşınımının Belirlenmesi

Kar taşınımı, rüzgar etkisi altındaki birim genişlikteki kar perdesi tarafında belirli bir zaman aralığına (1 saat, 1 gün ,vs.) tutulan kar miktarıdır. Bu genellikle ton/m şeklinde ifade edilir. Kar taşınımı, perdenin büyüklüğüne doğrudan bağlıdır.

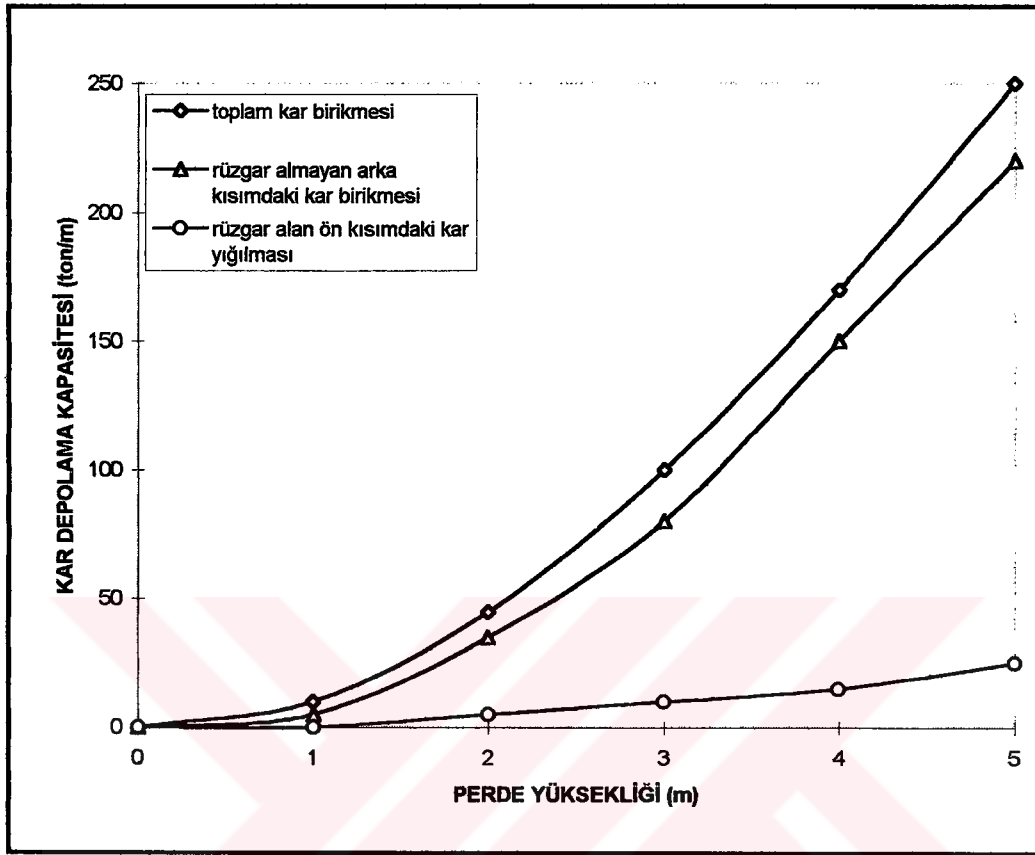
Projelendirme aşamasında mevsimsel kar taşınımının miktarının belirlenmesi için kar taşınım eğrisi kullanılır (Şekil 5.17). Bunun için rüzgar tarafından savrularak kar perdesine getirilen kar miktarının kar-su eşdeğerinin belirlenmesi gerekir. Bu değer yıllık toplam kar yağışı miktarının %10'u olarak alınabilir. Savrulup perde önüne biriktirilen kar miktarı, bu kar-su eşdeğeri miktarının %70'i dir (Tabler,1991). Kar verileri ve taşıma mesafesi değerleri ile Şekil 5.17 'ye girilerek mevsimsel kar taşınımı bulunur. Perdenin yüksekliği ise Şekil 5.18 'den kar taşınımı miktarı kullanılarak bulunabilir.

Örneğin yoldan rüzgar alan yüzün yönünde kar taşıma mesafesi 800 m ve ortalama olarak yıllık yağan kar miktarı 1900 mm ise buradan rüzgar ile taşınarak perde önüne getirilen kar miktarının kar-su eşdeğeri 133mm ($1900 \times \%10 \times \%70$) olacaktır. Bu değerler yardımı ile Şekil 5.17 den yararlanılarak kar taşınım miktarı yaklaşık 95000 kg/m olarak elde edilecektir. Bu durumda Şekil 5.18 yardımıyla perde yüksekliği 3 m. olarak belirlenebilir. 6 sıra 1,4 m perde benzer kar depolamasını sağlar. Ancak yüksek tek sıralı tek perde, kısa ve çok sıralı perdeye daima tercih edilir. Yüksek tek sıra perde daha fazla kar tutmakla kalmaz aynı zamanda

sürücünün görüş şartlarını iyileştirir, görüş mesafesini artırır. Daha az maliyet getirir ve daha az yer kaplar.



Şekil 5.17: Kar taşınım eğrisi (Tabler, 1991)



Şekil 5.18 : Kar depolama-perde yüksekliği eğrisi (Tabler, 1991)

5.6. Perde Yerleşiminin Belirlenmesi

5.6.1. Perde yönü

Hakim rüzgar yönü yol eksenine göre normalle 25° lik bir açı içerisinde ise perdeler yol eksenine paralel olmalıdır (Tabler, 1991). Daha büyük açı yapıyorsa, perdeler hakim rüzgar yönüne dik hale getirilir. Perdeler yola açılı olarak projelendirildiği zaman, yol ile açılı perdeler arasına yerleştirilecek olan yola paralel perdelerin koruma etkisi büyük olur.

Eğer hakim rüzgar yönü yolun eksenine paralele yakınsa, yolun her iki yanına yerleştirilen balık sırtı şeklindeki perdeler ile görüş düzeltilebilir.

Kar perdeleri sadece tek hakim rüzgar yönü için etkili olabilir. İki veya daha fazla hakim rüzgar yönü ve aşırı kar sürüklenmesi mevcutsa perdede biriken kar doğal kar perdesi gibi çalışarak perdenin tamamen kapanmasına sebep olabilir. Böyle durumlarda karma perde sistemleri kullanılabilir (Şekil 5.19).

5.6.2.Yoldan geri çekme mesafesi

Perdelerin rüzgar almayan arka kısmında oluşan yığılmanın, yolu kapamaması için, perdeler yoldan yeterli bir uzaklıkta yapılmalıdır. Düz arazi üzerinde % 50 gözenekli kar perdesi için minimum yoldan geri çekme mesafesi perde yüksekliğinin 35 katı kadardır (Tabler, 1991). Bazı arazi özellikleri (tepe, hendek, yağmur ve sel suları ile açılmış dereler gibi) perdeyi, yoldan minimum mesafeden daha uzağa yerleştirilmesine neden olabilir. Uzağa yerleştirilen perdenin ise koruma gücü daha az olur. Bu

maksimum geri çekme mesafesi doğrudan doğruya birikim problemine bağlıdır.

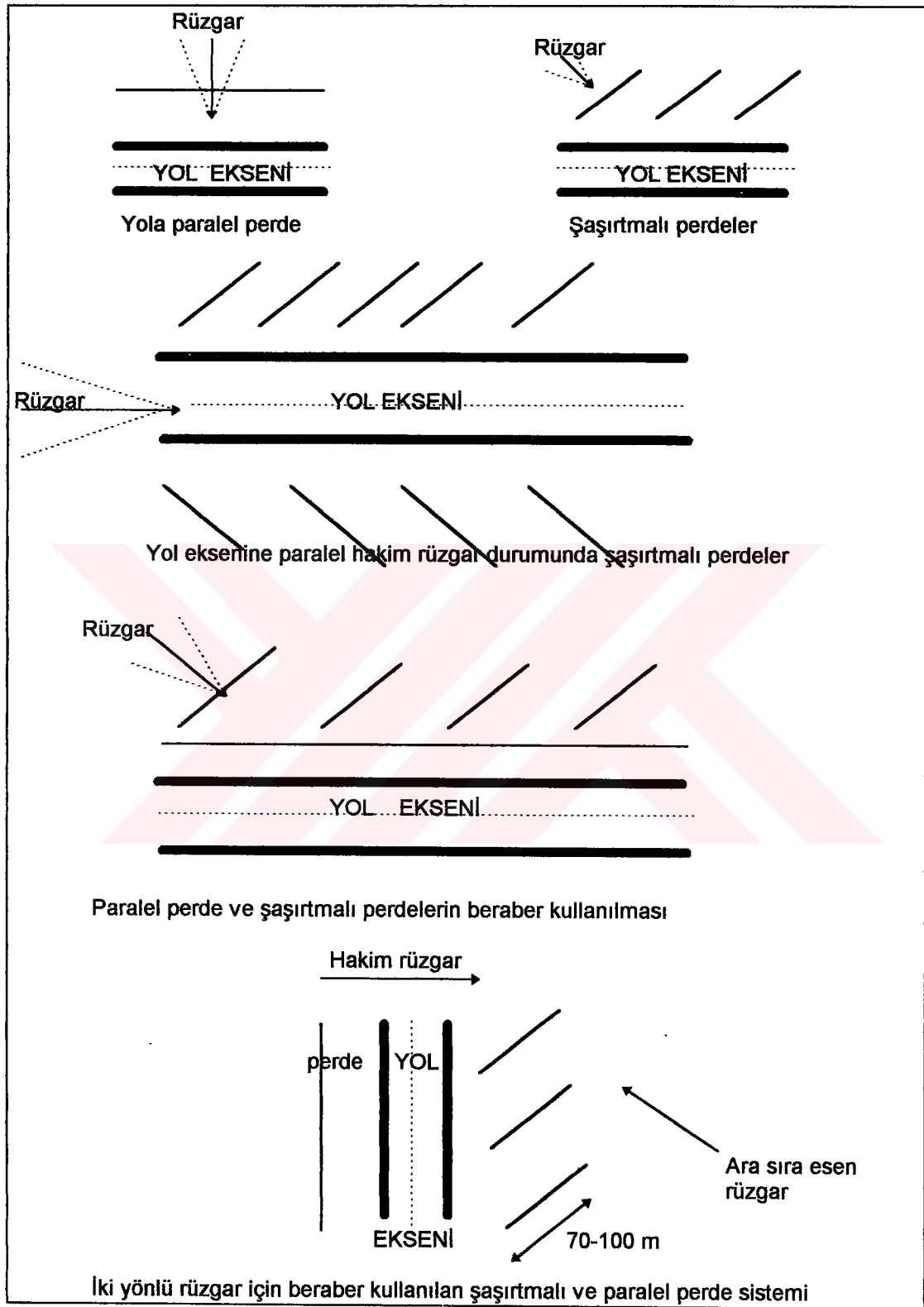
Rüzgar yönü, yola açılı perdeler gerektirdiği zaman, eğik ve zikzak sıralanmış (şaşırtmalı) perde sistemi en iyi korumayı sağlayabilir (Şekil 5.19). Bu sıraların gerekli uzunluğu yol ile perde arasındaki açığa bağlıdır.

5.6.3. Perde yüksekliği

Yükseklik, en önemli perde projelendirme öğelerinden biridir. Çünkü maliyet, depolama kapasitesi ve etkili kar tutulması üzerinde büyük etkisi vardır. Perdenin altında bırakılan alt boşluk, kar birikiminin perdeyi kapamasına engel olur. Düz yerlerde optimum alt boşluk toplam perde yüksekliğinin %15 inden fazla ise kar depolama kapasitesi önemli ölçüde azalır (Tabler,1991).

Kar perdesinin gerekli yüksekliği; sürüklenen kar miktarı, perdenin etrafındaki arazinin topoğrafyası ve zemin üzerindeki kar yüksekliğine bağlıdır. 4,5 m den yüksek perde gerekirse birden fazla sayıda sıraya sahip alçak perde sistemleri yapılması daha uygun olur (Tabler, 1991).

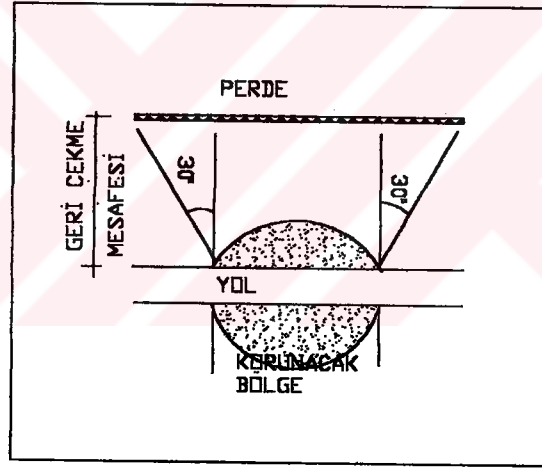
Ne kadar depolama kapasitesine ihtiyaç olduğunu deneme-yanılma ve tanımlananın üzerinde kar taşınım tahmini ile belirlenebilir. Depolama kapasitesi, perde yüksekliğinin karesi ile orantılıdır. Yani 4 m'lik bir perde 2 m'lik bir perdenin dört katı kar depolar (Tabler,1991).



Şekil 5.19: Çeşitli rüzgar yönleri için perde yerleşimleri (Yıldırım, 1978)

"Eğik perdelerin (düşey ile açı yapan perdeler) daha iyi depolama sağladığı bilinmesine rağmen çoğunlukla düşey perdeler yapılagelmiştir. Eğimi 5° olan perdelerin en iyi kapasiteye sahip olduğunu bulunmuş, genelde 15° eğim önerilmiştir. Eğik perdelerin kullanılma nedeni kısmen kapasite kısmen de eğri yerleştirilmiş perdelerin kar kuvvetlerini daha iyi karşılayabilecek olmasıdır" (Tabler, 1991).

Perde uzunlukları ise korunacak olan bölgeyi kapsayacak şekilde olmalıdır. Kürtün alanının her iki ucundan $20 H$ kadar uzatılması uygun olabilir (Tabler, 1991). Bu değer Şekil 5.20 'de görüldüğü gibi yaklaşık 30° lik bir açı ile uçlardan uzatarak da sağlanabilir.



Şekil 5.20: Perde uzunluğunun belirlenmesi (Tabler, 1991)

6. UYGULAMA

Arazi çalışmaları için Kızılcahamam - Çerkeş karayolu 32. km Işık Dağı bölgesine karar verilmiştir. Bu dağın kotu 1610 m. dir. Işık Dağı'ndan Çerkeş tarafına inişte yol üzerinde yolun her iki yanında mevcut kar perdeleri bulunmaktadır. Bu kar perdelerinin fotoğrafları ve arazinin haritaları (EK-3) de verilmektedir. Mevcut kar perdelerinin yükseklikleri 1,25 - 1,55 m. boyları ise 15 ile 34 m. arasında değişmektedir. 1995-96 kış mevsiminde 16.12.1995- 21.01.1996- 10.03.1996 tarihlerinde arazide üç kez gerekli ölçümler yapılarak kış mevsimi boyunca kar perdelerinin davranışları incelenmeye çalışılmıştır. Bu ölçümler ile bir kar perdesinde oluşan kar yığılmasının profilinin izlenme olanağı bulunmuştur. Arazide kar perdelerinin kar profilleri, kar-su eşdeğeri, hakim rüzgar yönü gibi kar perdesi projelendirmesinde gerekli olan parametreler saptanmıştır. Arazide ve perdede oluşan yığılmaların pusula yardımıyla saptanan yönlerinden ve o anki rüzgarın direkt ölçümünden, arazideki mevcut hakim rüzgar yönünün "kuzey" olduğu saptanmıştır. Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Güvem İstasyonu'nda en çok esen rüzgar yönleri Çizelge 6.1. de verilmiştir. Bu çizelgede de hakim rüzgar yönünün kuzey olduğu görülmektedir. Arazide yapılan ölçümlerle arazi kar yoğunluğunun yaklaşık 220 kg/m^3 ile 280 kg/m^3 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu ölçümlerde kar numune alma tüpü, el terazisi, kürek ve derece kullanılmıştır. Numune tüpünün iki ağzı da açıktır. Ayrıca, kapaklı bir askısı bulunmaktadır. Tüp karın içerisine dik olarak zemine temas edene kadar batırılır. Zeminle temas edince üzerindeki ölçeklerden kar derinliği okunur. Sonra tüpün bir tarafındaki kar kürekle zemine kadar açılır. Askısı takılarak numune tartılır. Okunan kar derinliği yardımı ile kar numunesinin hacmi bulunur. Karın ağırlığına bölünerek yoğunluğu hesaplanır. Buradan kar- su eşdeğeri de hesaplanabilir. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 de arazide bu ölçümler yapılırken görülmektedir.



Şekil 6.1: Arazide kar numunesinin alınması

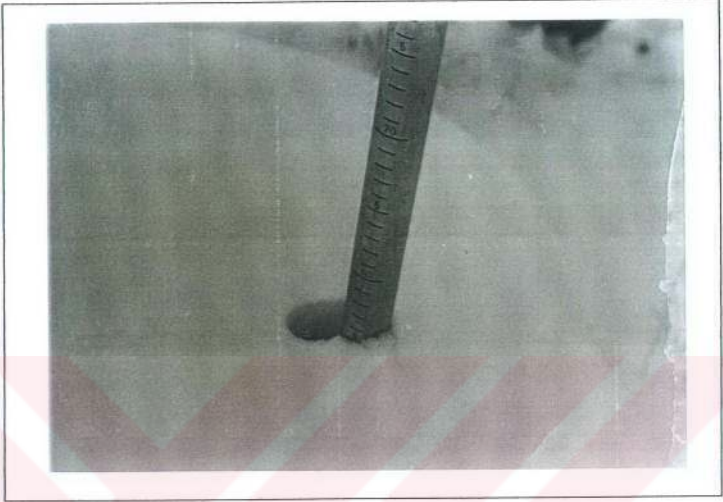


Şekil 6.2: Alınan numunenin tartılması

Çizelge 6.1:Güvem Meteoroloji İstasyonu için en çok esen rüzgar yönü

GÜVEM İÇİN EN ÇOK ESEN RÜZGAR YÖNÜ												
YIL	AYLAR											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1965	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S
1966	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S
1967	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S
1968	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S
1969	N	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	S
1970	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	S	N
1971	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1972	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S
1973	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1974	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S	S	S
1975	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1976	S	N	-	-	N	N	-	-	-	N	-	S
1977	S	N	N	N	-	N	-	N	N	N	S	N
1978	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S
1979	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1980	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	S	S
1981	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S
1982	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N
1983	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S
1984	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1985	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	SN	SN
ORT:	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Kar derinliği ölçümleri ise üzerinde cetvel bulunan bir jalon yardımı ile yapılmıştır. Alınan kar derinlik ölçümleri mevcut kar perdelerinin önünde ve arkasında oluşan kar birikmesinin oluşumunu inceleyebilmek ve profilini çıkarabilmektir. Bu amaçla kar perdesinin önünde ve arkasında 1'er m ara ile derinlik okuması alınmıştır. Bu okunan derinliklerden çıkarılan profiller grafiklerle EK-4 de verilmiştir. Kar perdeleri, grafiklerde "0" noktasında konumlanmıştır. Kar perdelerinin her iki tarafında kar derinliği farklı olduğu için iki adet "0" değeri vardır. Kar derinliğini ölçme işlemi Şekil 6.3 de görülmektedir.



Şekil 6.3: Kar derinliğinin ölçülmesi

Arazide hava sıcaklığının yanında karın erime derecesini belirlemek amacı ile hava sıcaklığının yanında arazide mevcut karın sıcaklığını da ölçmek gerekmektedir. Bunu yapmak için öncelikle kar zemine kadar açılır. Kar sıcaklığı ölçümü yüzeyden 10 cm derinde yapılır. Termometre yere paralel olarak karın içine saplanır. 2-3 dakika sonra çıkarılarak hemen okuma yapılır. Eğer zeminde yeterince kar yoksa termometre kar örtüsü derinliğinin tam orta noktasına batırılarak ölçüm yapılır (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1994). Bu işlem Şekil 6.4 de görülmektedir.



Şekil 6.4: Kar sıcaklığının ölçülmesi

Arazide yapılan ölçümlerin yanında E.İ.E.İ. Salın Köyü meteoroloji istasyonu, D.M.İ. Çerkeş, Güvem ve Kızılcahamam meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Fakat E.İ.E.İ. 'den elde edilen bilgilere göre bu otomatik istasyonda verimli bir çalışma sağlanamamıştır. Fakat alınan veriler hakim rüzgar yönlerinin saptanmasında yardımcı olmuştur.

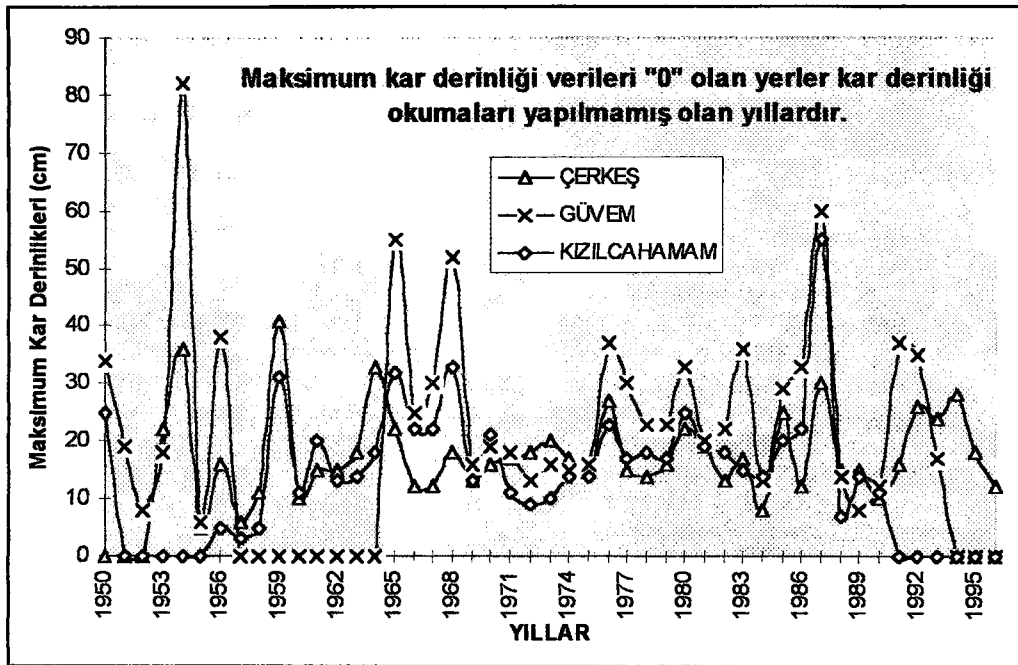
Elde edilen verilerin analizi aşağıdadır. Yapılan hesaplar için yıllık maksimum kar derinlikleri alınmıştır. Bu veriler yardımı ile yineleme periyodu (t) 20 ve 30 yıl olan gelebilecek maksimum kar derinliği, Gumbel olasılık dağılımı kullanılarak tahmin edilmiştir. Çünkü bir kar perdesinin ortalama ömrü 20- 25 yıl kadardır. Bulunan maksimum kar derinliği ile kar perdesi boyutlandırılmış, hesaplanan kar perdesi boyutları ile mevcut kar perdesi boyutları karşılaştırılmıştır.

6.1. Verilerin Analizi

Çizelge 6.2: D.M.İ. 'den ve E.İ.E.İ. 'den elde edilen yıllık maksimum kar derinlikler (İtalik harfle yazılan veriler Ek 4'den tahmin edilmiştir)

YIL	MAKSİMUM KAR DERİNLİĞİ (CM)			
	ÇERKEŞ	GÜVEM	SALIN	KIZILCAHAMAM
1953	22	18		22
1954	36	82		36
1955	5	6		5
1956	16	38		16
1957	6	15		6
1958	11	20		11
1959	41	50		41
1960	10	19		10
1961	15	24		15
1962	15	24		15
1963	18	27		18
1964	33	42		33
1965	22	55		22
1966	12	25		12
1967	12	30		12
1968	18	52		18
1969	13	16		13
1970	16	19		16
1971	17	18		11
1972	18	13		9
1973	20	16		10
1974	17	15		14
1975	15	16		14
1976	27	37		23
1977	15	30		17
1978	14	23		18
1979	16	23		17
1980	22	33		25
1981	19	20		17
1982	13	22		25
1983	17	36		19
1984	8	13		18
1985	25	29		15
1986	12	33		14
1987	30	60		20
1988	15	14		22
1989	15	8		55
1990	10	12		7
1991	20	37		14
1992	26	35	13	11
1993	24	17	23	24
1994	28	37	12	28
1995	12	21	13	12
1996	12	21		12

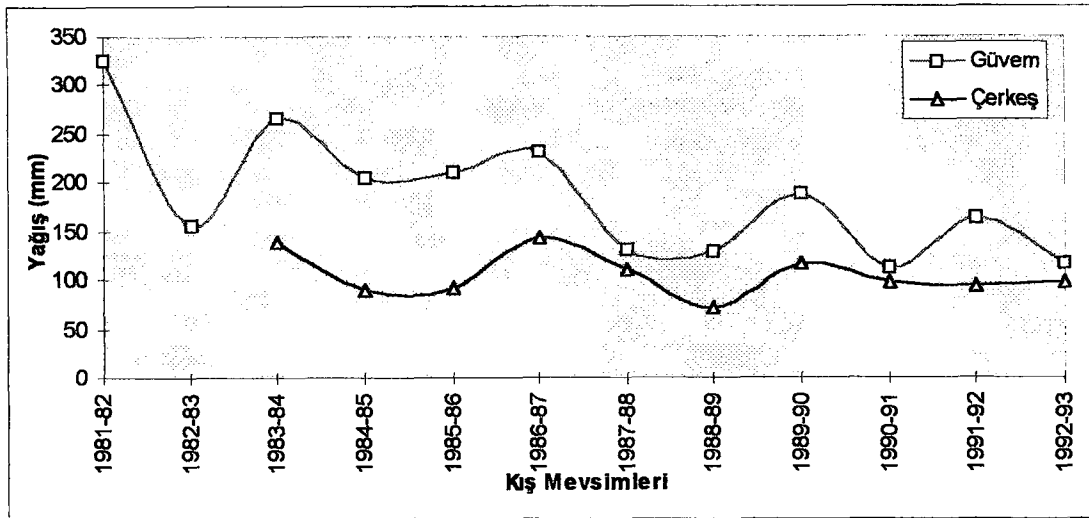
EK-5 de meteoroloji istasyonlarının maksimum kar derinlikleri ve yağış miktarları verilmiştir.



Şekil 6.5 : Meteoroloji istasyonlarının maksimum kar derinliklerinin karşılaştırması

Çizelge 6.3: D.M.İ. den elde edilen yağış miktarları

KIŞ MEVSİMİ	YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)	
	GÜVEM İST.	ÇERKEŞ İST.
1981-1982	324.9	
1982-1983	156.3	
1983-1984	265.3	139.3
1984-1985	204.8	89.4
1985-1986	210.1	91.8
1986-1987	230.4	144
1987-1988	131.4	110
1988-1989	129.9	72.2
1989-1990	187.4	117.3
1990-1991	112	98.3
1991-1992	163.9	94.5
1992-1993	116	97.6



Şekil 6.6: Güvem ve Çerkeş meteoroloji istasyonlarının yağış miktarlarının karşılaştırması

Şekil 6.5 de üç meteoroloji istasyonunun yıllık maksimum kar derinlikleri grafik ile karşılaştırılmıştır. Üç istasyonun maksimum kar derinlik eğrilerindeki dalgalanmalar birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Fakat grafikten de görüldüğü gibi Güvem istasyonunun kot yüksekliği Çerkeş istasyonuna göre daha düşük olmasına karşılık daha yüksek kar derinliği bulunmaktadır. Kızılcahamam ve Çerkeş istasyonlarının maksimum kar derinlikleri ise birbirine yakındır. Şekil 6.6 da ise Güvem ve Çerkeş meteoroloji istasyonlarının kış mevsimlerindeki yağış miktarları karşılaştırılmıştır. Bu grafikte de Güvem istasyonunun Çerkeş istasyonuna göre daha fazla yağış aldığı görülmektedir. Bu sebeple Güvem meteoroloji istasyonunun kar verilerindeki fark dikkate alınarak ve Işık Dağı'ndaki kar perdelerinin dağın Çerkeş tarafındaki yamacında olması nedeni ile Çerkeş'in maksimum kar derinlik verileri yardımı ile Işık Dağı'nda kar derinliği tahmini yapılmıştır.

Çizelge 6.4 de Gumbel dağılımı kullanılarak 20 ve 30 yıllık gelebilecek maksimum kar derinlikleri tahmin edilmiştir. Tablo 6.4 'de kullanılan sembollerden; n : gözlem sayısı, $\sum x$: Yıllık maksimum kar derinlikleri veri

toplamı, μ : Aritmetik ortalama, σ : Standart sapma, t : yineleme periyodunu gösterir.

$\beta = \mu - 0,45\sigma$ ve $\alpha = 1,28 / \sigma$ olarak alınarak belirlenen yineleme periyodu için tahmin edilen maksimum kar derinliği ($h(t)$);

$$h(t) = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \left(\frac{t}{t-1} \right) \right] \quad (6.1)$$

formülünden hesaplanmıştır.

Çizelge 6.4: Tahmini kar derinlikleri ve yağış yükseklikleri

İSTASYON	KOT (m)	n	Σx	μ	σ	$h(t)$ (cm) t=20 yıl	$h(t)$ (cm) t=30 yıl
MAKSİMUM KAR DERİNLİKLERİ (cm)							
Çerkeş	1125,8	44	788	17,91	7,56	32,05	34,50
Güvem	1050	34	920	27,06	16,17	57,30	62,53
Kızılcahamam	960	22	385	17,5	9,83	35,89	39,06
KIŞ MEVSİMİNDEKİ KAR YAĞIŞI KAR-SU EŞDEĞERİ (mm)							
Güvem	1050	12	2232,4	186,03	62,16	302,30	322,41
Çerkeş	1125,8	10	1054,4	105,44	21,55	145,75	152,72

Kar derinliğinin kot farkı ile değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle Işık dağındaki kar derinliği ile bu istasyonlardaki kar derinlikleri birbirinden farklıdır. Bu amaçla istasyonlardan elde edilen kar derinliklerini Işık Dağı kotuna taşıyabilmek için; E: Kar derinliği (cm), z: son arazi kotu ve z_0 : başlangıç kotu (m) olmak üzere;

$$E(z) = \frac{E(z_0)}{2} \left(1 + \frac{z}{z_0} \right) \frac{z}{z_0} \quad (6.2)$$

formülünden (Naaım, 1992; Ancey,1992) yararlanmıştır. Çerkeş, Güvem ve Kızılcahamam meteoroloji istasyonlarındaki kar derinlikleri Işık Dağı kotu (1610 m) na bu formül yardımı ile çıkarılırsa; 30 yıllık yineme periyodu için Çerkeş (1125,8 m) istasyonunda 60 cm, Güvem (1050 m) istasyonunda 121,45 cm ve Kızılcahamam (960 m) istasyonu için ise 87,68 cm kar derinliğı bulunabilir. Bu üç tahminin aralığına göre Işık Dağı kar derinliğı yaklaşık olarak ortalama 80-90 cm arasında bir değer kabul edilmiştir.

2000 m. den yüksek yerlerde kot ile kar derinliğinin tahmini için:

$$z_o = (z_o^*) + (kot - 2000) / 100 * 0,05 \quad (6.4)$$

formülü de vardır (Burkard,1992). Bu formüle göre her 100 m'lik kot artışı için 5 cm kar derinliğı artar. Fakat, 2000 m. den yüksek kotlar için geğerli olduğundan burada kullanılmamıştır.

Çerkeş istasyonunun otuz yıl yineme periyodu için bulunan yağış değeri 152,72 mm (Çizelge 6.4) dir. Rüzgarla taşınan kar miktarı ise $(152,72 * \%70)$ 106,90 mm (Tabler, 1991) olarak bulunmuştur. Bu değer ile birlikte, arazide belirlenen kar taşınım mesafesi 600 m alınarak kar taşınımı eğrisi yardımıyla (Şekil 5.17) kar taşınımı 45000 kg/m, perde yüksekliğı -depolama kapasitesi eğrisi (Şekil 5.18) yardımı ile 1,90 m kar perdesi yüksekliğı belirlenmiştir.

Kar perdelerinin altındaki boşluk için 0,15 H ile 0,20 H arasında bir değer alınarak (Norem,1985) $s = 0,29$ m ve $s = 0.38$ m değerleri elde edilir. Gerekli alt boşluk miktarı bu değerlerden $s = 0,35$ m kabul edilmiştir. Yoldan geri çekme mesafesi ise bulunan bu kar perdesi yüksekliğı için $35H$ bağıntısı ile (Tabler,1991) hesaplanmış ve $35H = 66,5$ m olarak bulunmuştur.

6.2. Sonuç ve Öneriler

Yapılan hesaplamalarda görüldüğü gibi kar perdesinin yüksekliği 1,90 m çıkmıştır. Arazideki mevcut kar perdelerinin yüksekliklerinin 1.25~1,55 m arasında olduğu düşünülürse mevcut kar perdelerinde gerekli yüksekliğin sağlanamadığı belirlenmiş olur. Mevcut kar perdelerinin yoldan ortalama olarak uzaklığı 7-15 m arasında değişmektedir. Bu mesafenin mevcut kar perdelerinin yüksekliği olan 1,5 m için yaklaşık 55 m (35H) civarında olması gerekmektedir. Böylece kar perdelerinin aynı zamanda, yoldan uzaklığı olan gerekli minimum mesafeyi sağlamadığı da saptanmıştır. Yapılan hesaplar sonucu bulunan kar perdesi yüksekliği 1,90 m için ise bu değer 65 m olması gerekir.

Alt boşluğun hesaplanması sonucu bu miktar 35 cm bulunmuştur. Arazideki kar perdelerinde ise bu boşluk miktarı yaklaşık 8~15 cm arasında bulunmaktadır. Bu nedenle mevcut kar perdelerindeki alt boşluk miktarı da yeterli değildir.

Arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemlerle de kar perdelerinin yetersizliği saptanmıştır. Ani bastıran kar ile yolun kısmen dolduğu, bununla birlikte kar temizleme ekiplerinin hızlı bir şekilde müdahale ettikleri izlenmiştir. Gerek kar temizleme gerekse tuz serme işlemlerini büyük bir hızla gerçekleştirmektedirler. Böylece kar perdelerinin eksikliklerini telafi etmektedirler.

Mevcut kar perdelerinin 1,90 m ye yükseltilmesi, alt boşluk miktarı 35 cm ve yoldan 65 m kadar uzakta yapılması ile kürtünün kontrolünün daha kolay olacağı, bu kürtün sorununun büyük oranda çözümlenebileceği sonucu elde edilebilir.

Türkiye'de kar perdelerinin kullanımının yaygınlaştırılması ile kar mücadelesinde harcanan para miktarında bir miktar tasarruf sağlanabilir. Özellikle dağlık bölgelerde bulunan ara sıra açılabilen ve açılmayan yollarda sorunlu alanlarda yol üzerinde biriken kar miktarını azaltarak kar mücadelesini kolaylaştırabilir. Böylece hem zamandan hem de paradan tasarruf edilebilir.



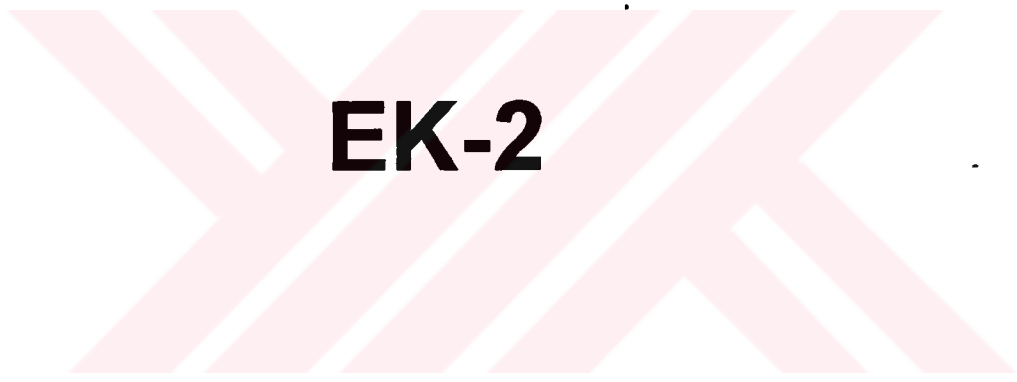
KAYNAKLAR

- ANNO, Y., 1983, **Requirements For Modelling of a Snowdrift**, Cold Regions Science and Tecnology, Amsterdam, Holland
- ARICA, A., 1976, **Cento Seminar on the Maintenance and Improvement of Highways and Their Structures**, İslamabad, Pakistan.
- BEYAZIT, M., AVCI, İ., ŞEN, Z., 1991, **Hidroloji Uygulamaları**, İ.T.Ü. İnşaat Fak. Hidrolik A.B.D., İstanbul
- BERST, J., <http://dnr.state.co.us>
- BURKARD, S.A., GUBLER, H.U., 1992, **Calcul Des Avalanches**, Une Methode Didactique Pour le Calcul Practique, France
- CASTELLE, T., 1992, **Snow Transport by the Wind in Mountain Regions**, Université européenne d'été sur les risques naturels, Fransa
- FÖHN, P., M., B., 1995, **Modelisation of Dence Avalanches**, Université européenne d'été sur les risques naturels, Neige et avalanches (Snow and avalanches), Fransa
- FREER, G.L., **Avalanche Safety Measures For Highways**, B.C. Ministry of Highways and Public Works
- GÜRER, İ., 1980, **Kar ve Ölçümü**, D.S.İ. Teknik Bülteni, Sayı:49, Ankara
- HARTMAN, M., 1995, <http://culter.colorado.edu>
- JAIRELL, R.L., SCHMIDT, R.A., 1990, **Snow Fencing Near Pit Reservoirs to Improve Water Supplies**, April 17-19 ,58th Annual Meeting Western Snow Conference, Sacramento, California
- MEISTER, R., 1986, **Wind Systems and Snow Transport in Alpine Topography**, Proceeding of the Davos Symposium, Switzerland
- NAAIM, M., ANCEY, C., 1992, **Modelisation of Dence Avalanches**, Université européenne d'été sur les risques naturels, Neige et avalanches (Snow and avalanches), Actes-Chamonix, 14-25 Septembre , France
- NAAIM, F., BRUGNOT, G., 1992, **Transport de la Neige Par le Vent**, Cemagref, France

- NEWARK,M.J., MORRIS, R.J., WELSH, I.E., 1989, **Revised Ground Snow Loads for the 1990 National Building Code of Canada**, Canadian Journal of Civil Engineering, Vol:16, No:3
- NOREM,H., 1982, **Increasing Traffic Safety and Regularity in Snow-Storm Periods**, International Winter Road Congress,Oslo,Norveç.
- NOREM,H.,1985, **Design Criteria and Location of Snow Fences**, Annals of Glaciology, International Glaciological Society.
- SARMAN,H.Z., 1953, **Kar Siperleri**, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları No: 17, Kitap Serisi 9, Ankara
- SHAMES,I.H.,1962, **Mecanics of Fluids**, Tosho Printing CO.,LTD, Tokyo,Japan
- SOLBERG, H., NOREM, H., SOFTELAND, O., 1971, **Geometric Features of Motorways**, XIV.th World Congress, Permanent International Association of Road Congresses, Prague
- TABLER,R.D., 1987, **Slide Rule For Snow Fence Design**, 55th Western Snow Conference, April 14-16, Vencouver, British Columbia
- TABLER,R.D.,1991, **Snow Fence Guide**, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington D.C.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1994, **Çığ Rasatcısı El Kitabı**, Ankara
- YILDIRIM,B., 1978, **Karayollarında Kar, Buz ve Çığ Sorunu ve Alınacak Tedbirler**, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü.



EK-1



EK-2



Ek 2.1: Betonarme kar perdesi (R., Sarıkaya, 1997, sözlü görüşme)



Ek 2.2: Betonarme kar perdesi (R., Sarıkaya, 1997, sözlü görüşme)

Ek 2.3: Betonarme perde için fiyat analizi (1996 birim fiyatları) (R., Sarıkaya, 1997, sözlü görüşme)

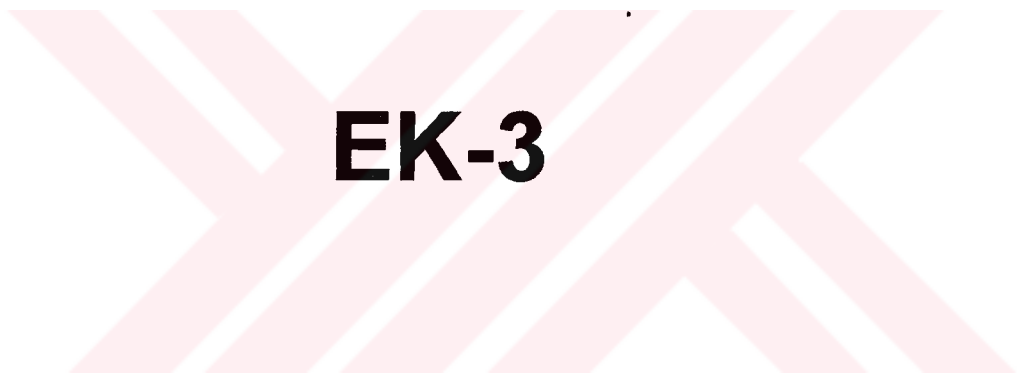
Poz No 3988	Analizin Adı: PREFABRİK BETONARME KAR PERDESİNİN YAPILMASI VE YERİNE KONMASI				Ölçü Birimi ADET
Poz No	CİNSİ	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)
04.008	Çimento (PÇ 325)	ton	0,035	2000000	70000
04.251	Betonarme çelik çubuk (Ø 8)	kg	13,060	15391	201006
16.023/K	Her dozda demirli beton Buhar kuru karşılığı	m ³	0,0865	1011538,4	874989
04.109	Mazot	kg	1,2	26271	31525
23.001/K	Betonarme demir işçiliği	ton	0,013	7504200	97555
21.001	Seri kalıp	m ²	3,284	136705	448939
04.110/1	Kalıp Yağı	kg	1,10	3360	336
	Kalite kontrol, teknik hizmetler, imalat, yerinde yatay düşey taşınması, istifi karşılığı				
01.501	Düz işçi	Sa	0,17	52428	8913
01.409	Formen	Sa	0,02	114968	2299
				A	948071
	Tesis giderleri karşılığı			%10 A	94807
07.006/K	Kum -çakıl nakli F=K(0,0007M+0,01)A x Y K=3100000 M=20 km A=1 Y=1,6	m ³	0,105	119040	12499
09.001/K	Çimentonun taşınması, boşaltılması ve istifi F=K(0,0007M+0,01)A+0,5sa x Düz işçi M=200 km A=1	ton	0,035	491214	17192
	Betonarme kar perdesinin yatay, düşey taşınması, istifi, taşıtlara yüklenmesi v.s.				
03.521	Lastik tekerlekli yükleyici	sa	0,006	850081	5100,49
01.501	Düz işçi	sa	0,06	52428	3145,7
14.009/K-A	Kar Perdesinin Yerine Yerleştirilmesi	m ³	0,075	440440,8	33033
16.002/K	Demirsiz beton	m ³	0,025	949398,4	23735
07.006/K	Kum -çakıl nakli F=K(0,0007M+0,01)A x Y M=20 km A=1 Y=1,6	m ³	0,030	1190040	3571
09.001/K	Çimentonun taşınması, boşaltılması ve istifi F=K(0,0007M+0,01)A+0,5sa x Düz işçi M=200 km A=1	ton	0,010	491214	4912
	İnşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma vs.				
01.501	Düz işçi	sa	0,01	52428	524,28
			%25	Müt. Karı	1146590
				TOPLAM	286648
					1433238

Ek 2.4: Betonarme perde için fiyat analizi (1997 birim fiyatları)

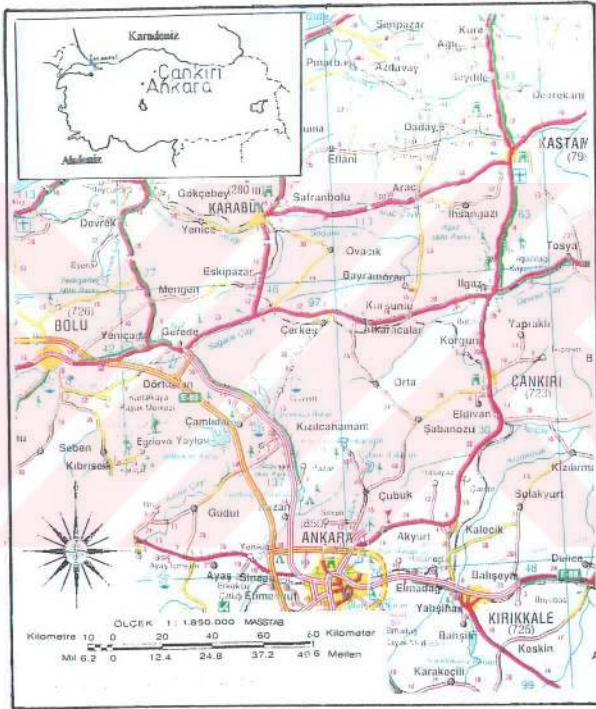
Poz No	Analizin Adı:	Ölçü Birimi				ADET
Poz No	CİNSİ	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)	
04.008	Çimento (PÇ 325)	ton	0,035	5 000 000	175 000	
04.251	Betonarme çelik çubuk (Ø 8)	kg	13,060	26 150	341 519	
16.023/K	Her dozda demirli beton	m ³	0,0865	4 535 750	392 342	
	Buhar kürü karşılığı					
04.109	Mazot	kg	1,2	55 840	67 008	
23.001/K	Betonarme demir işçiliği	ton	0,013	54 207 500	704 698	
21.001	Seri kalıp	m ²	3,284	332 081	1 090 554	
04.110/1	Kalıp Yağı	kg	1,10	5 900	6 490	
	Kalite kontrol, teknik hizmetler, imalat, yerinde yatay düşey taşınması, istif karşılığı					
01.501	Düz işçi	Sa	0,17	107 500	18 275	
01.409	Formen	Sa	0,02	235 700	4 714	
	Tesis giderleri karşılığı			A	2 800 600	
				%10 A	280 060	
07.006/K	Kum -çakıl nakli	m ³	0,105	268 750	28 219	
	$F=K(0,0007M+0,01)A \times Y$					
	$K=3100000 \quad M=20 \text{ km} \quad A=1 \quad Y=1,6$					
09.001/K	Çimentonun taşınması, boşaltılması ve istifi	ton	0,035	134 375	4 703	
	$F=K(0,0007M+0,01)A+0,5sa \times \text{Düz işçi}$					
	$M=200 \text{ km} \quad A=1$					
	Betonarme kar perdesinin yatay, düşey taşınması, istifi, taşıtlara yüklenmesi v.s.					
03.521	Lastik tekerlekli yükleyici	sa	0,006	850 081	5 100,49	
01.501	Düz işçi	sa	0,06	107 500	6 450	
	Kar Perdesinin Yerine Yerleştirilmesi					
14.009/K-A	Kazı ve dolgu	m ³	0,075	1 093 758	82 032	
16.002/K	Demirsiz beton	m ³	0,025	2 858 270	71 457	
07.006/K	Kum -çakıl nakli	m ³	0,030	268 750	8 063	
	$F=K(0,0007M+0,01)A \times Y$					
	$M=20 \text{ km} \quad A=1 \quad Y=1,6$					
09.001/K	Çimentonun taşınması, boşaltılması ve istifi	ton	0,010	134 375	1 343	
	$F=K(0,0007M+0,01)A+0,5sa \times \text{Düz işçi}$					
	$M=200 \text{ km} \quad A=1$					
	İnşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma vs.					
01.501	Düz işçi	sa	0,01	107 500	1 075	
			%25	Müt. Karı	3 289 103	
				TOPLAM	822 276	
					4 111 379	

Ek 2.5: Kanada tipi kar perdesi için fiyat analizi (1997 birim fiyatları)

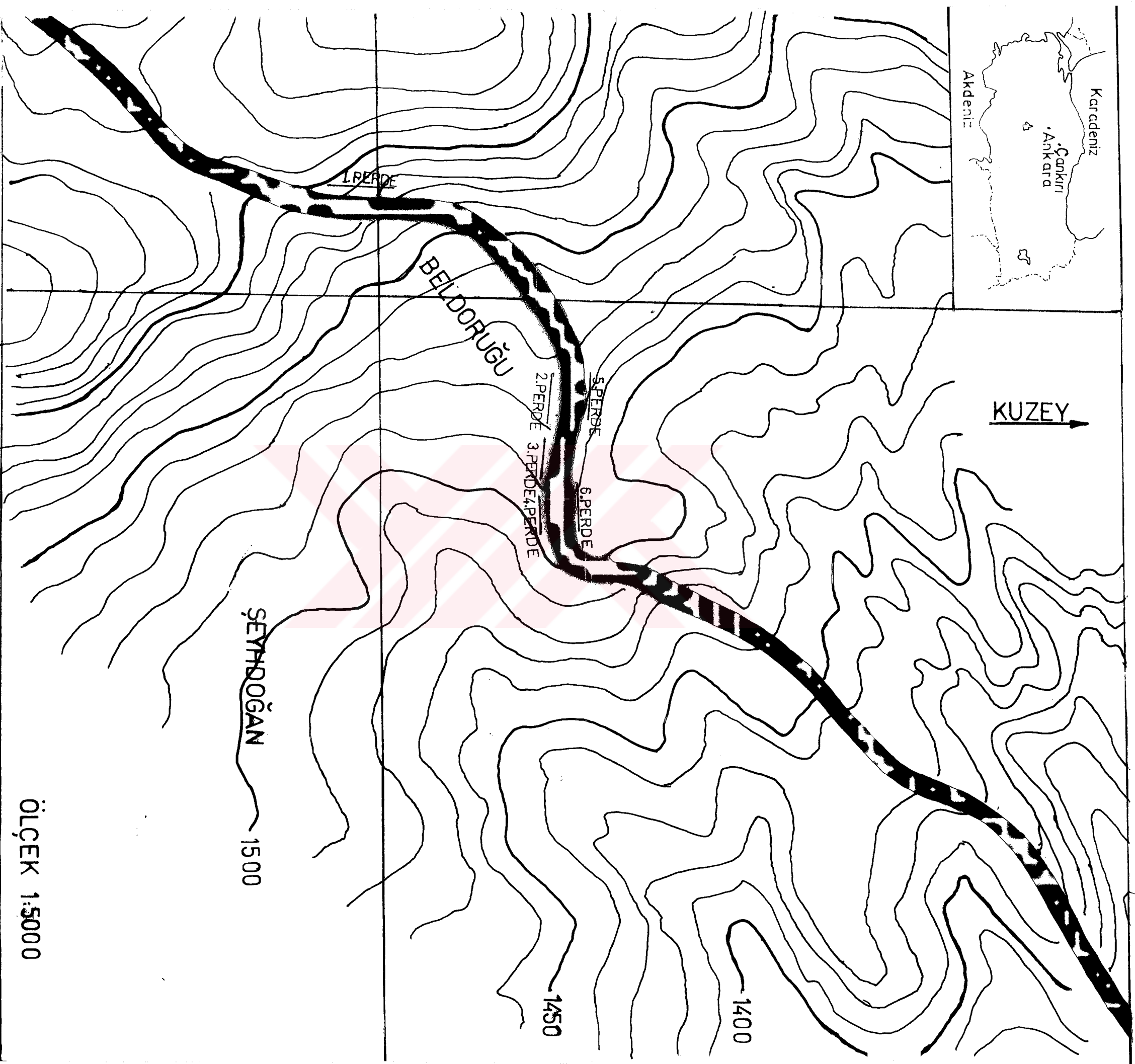
Poz No 3988	Analizin Adı: KANADA TİPİ PERDENİN YAPILMASI VE YERİNE KONMASI				Ölçü Birimi ADET
Poz No	CİNSİ	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)
04.152	2.Sınıf Çam Kereste (her boyutta biçilmiş)	m ³	0,097	36 300 000	3 521 100
04.266	Galvaniz Tel	kg	0,9	38 300	35 010
04.270	Çivi	kg	0,5	40 700	20 350
14.009/k	Kazı ve Dolgu	m ³	0,075	1 093 755	82 032
04.109	Mazot	kg	1,2	26 271	31 525
09.001	Düz İşçi	sa	4	107 500	430 000
01.409	Formen	sa	0,5	235 700	117 850
03.521	Lastik tekerlekli yükleyici	sa	0,006	850 081	5 100
	Kalite kontrol, teknik hizmetler, imalat, yerinde yatay düşey taşınması, istif karşılığı				
01.501	Düz işçi	Sa	0,17	52 428	8 913
01.409	Formen	Sa	0,02	114 968	2 299
	Kar Perdesinin Yerine Yerleştirilmesi				
14.009/K-A	Kazı ve dolgu	m ³	0,075	1 093 758	82 032
16.002/K	Demirsiz beton	m ³	0,025	2 858 270	71 457
07.006/K	Kum -çakıl nakli	m ³	0,030	268 750	8 063
	F=K(0,0007M+0,01)A x Y M=20 km A=1 Y=1,6				
					4 415 731
				%25 Müt.Karı	441 573
				TOPLAM	4 857 304



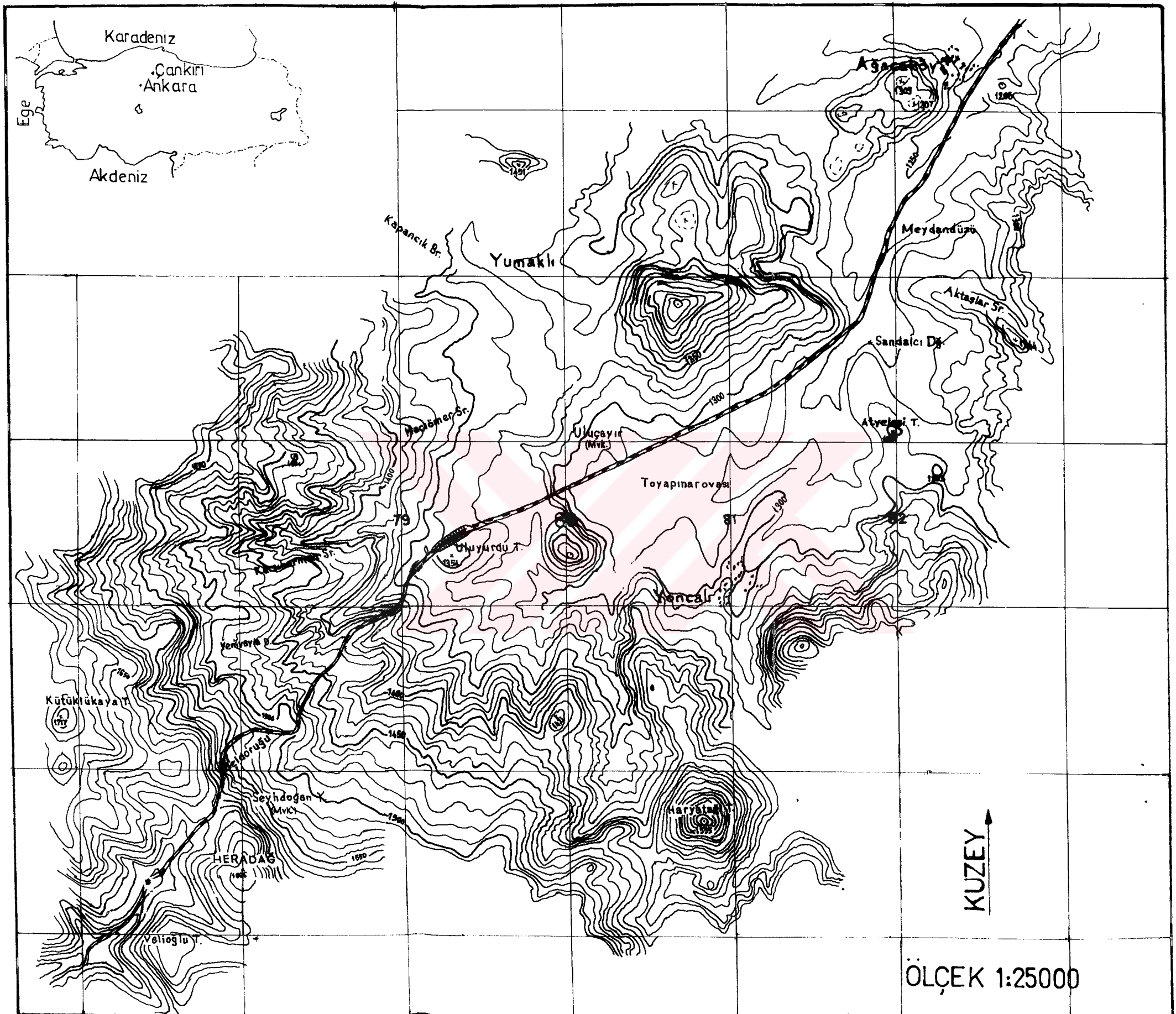
EK-3



Ek 3.1: Uygulama alanının genel yerleşimi



Ek 3.3: Uygulama alanının 1:5000 ölçekli haritası



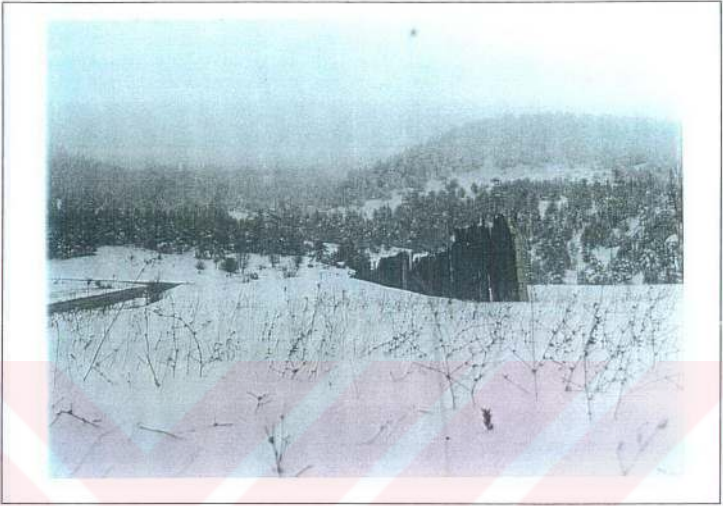
Ek 3.2: Uygulama alanının 1:25000 ölçekli haritası



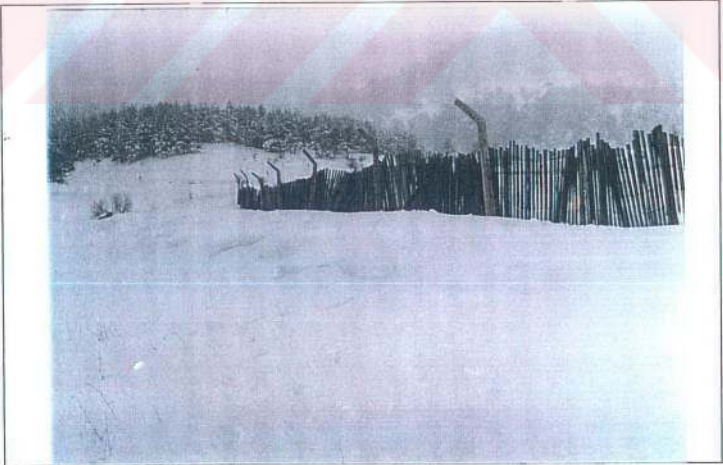
Ek 3.4: Araziden genel bir görünüm



Ek 3.5: Araziden genel bir görünüm



Ek 3.6: Kar perdesinin yola göre yerleşimi ve rüzgar almayan arka kısımdaki kürtünün şekli



Ek 3.7: Kar perdesinin rüzgar alan ön kısmındaki kürtün oluşumu



Ek 3.8: Kar perdesinin önden görünüşü



Ek 3.9: Kar perdesinin arkadan görünüşü



Ek 3.10: Kanada Tipi Perdenin Birleşim Detayı



Ek 3.11: Farklı zamanlarda yağan karın tabakalaşması



EK-4

Ek 4.1: 16.12.1996 tarihli arazi ölçümleri ve kar birikmesinin profilleri

ARAZİ ÖLÇÜMLERİ:

Proje Sahası : Kızılcahamam - Çerkeş karayolu 32. km

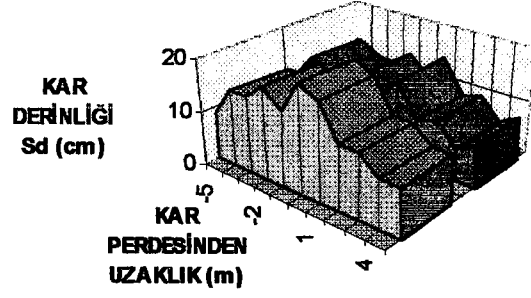
Araziye Çıkma Tarihi : 16.12.1996

Araziye Çıkanlar : Prof. Dr. İbrahim GÜRER
M. Levent KOÇ
Engin BIÇAKCI

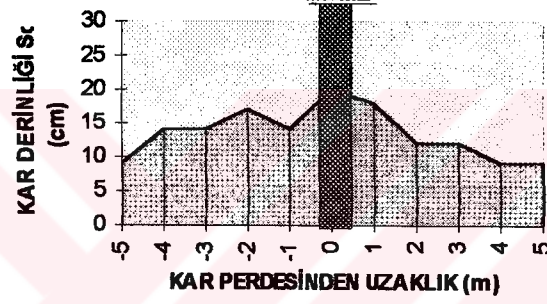
Hava Durumu : Kapalı ve kar yağışı var.



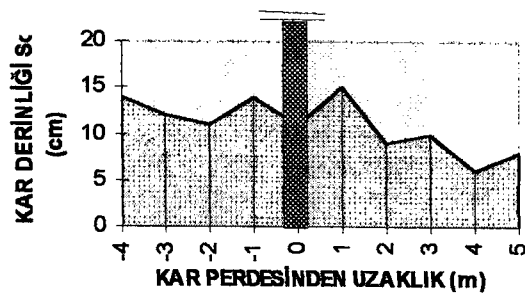
I.PERDE I.ÖLÇÜM KESİTLERİ



I.PERDE I.ÖLÇÜM I.KESİT



I.PERDE I.ÖLÇÜM II.KESİT



Ek 4.2: 21.01.1997 tarihli arazi ölçümleri ve kar birikmesinin profilleri

Proje Sahası : Kızılcahamam - Çerkeş Karayolu 32.km

Araziye Çıkma Tarihi : 21.01.1997

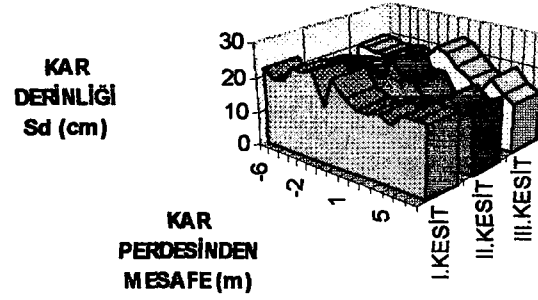
Araziye Çıkanlar: Engin Bıçakcı
M.Levent KOÇ

Hava Durumu: Kapalı, ölçüm esnasında yağış yok. Ölçüm öncesi hafif kar yağışlı. Hava sıcaklığı +1 °C. Batı yönünden hafif rüzgarlı.

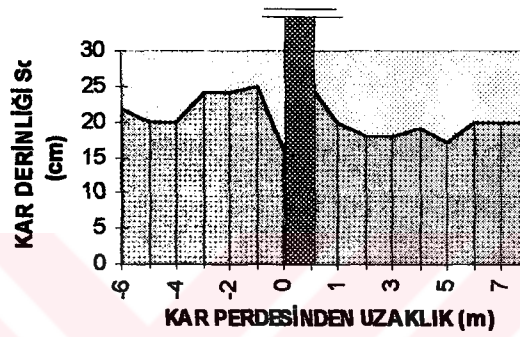
Kar Özellikleri: Kuru, çok yumuşak, taze kar. Tane çapı 1 mm. Kar yüzeyi düz. Kar sıcaklığı -1 °C.



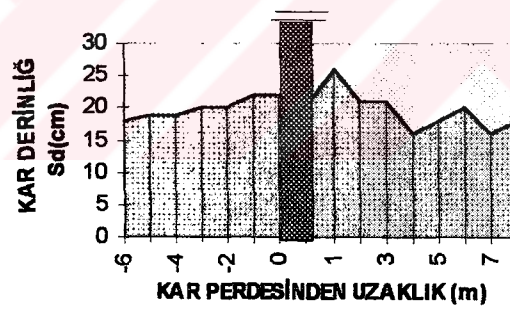
I.PERDE II.KAR KESİTİ ÖLÇÜMLERİ



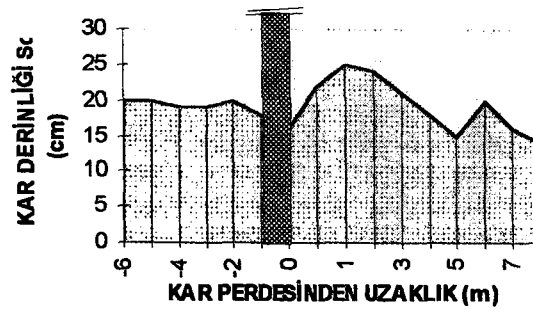
I.PERDE II.ÖLÇÜM I.KESİT



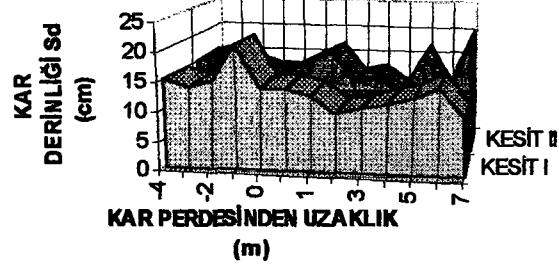
I.PERDE II.ÖLÇÜM II.KESİT



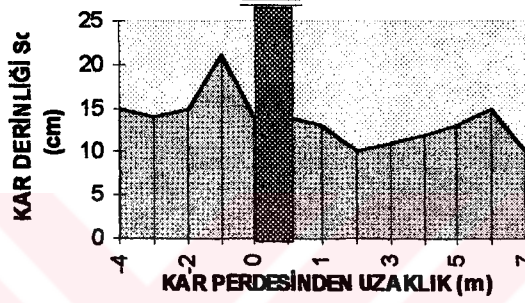
I.PERDE II. ÖLÇÜM III. KESİT



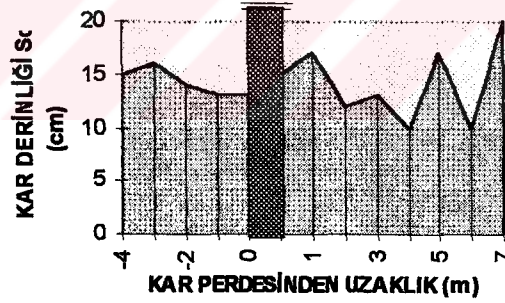
II. PERDE KAR KESİTLERİ



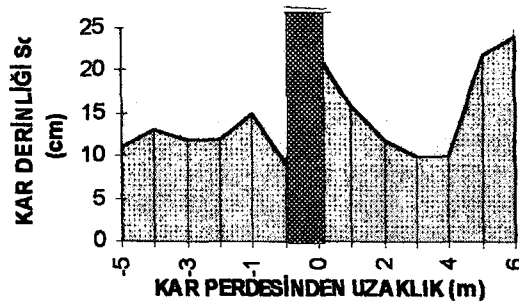
II. PERDE II. ÖLÇÜM I. KESİT

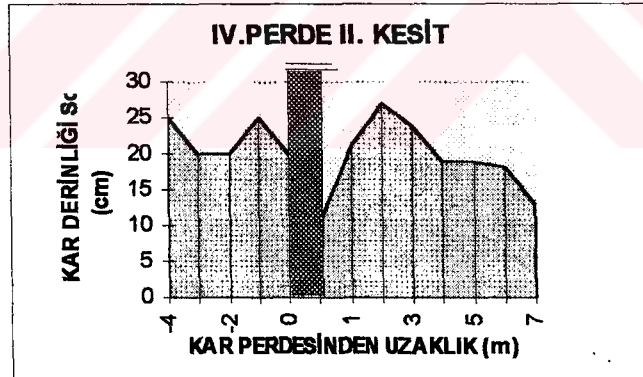
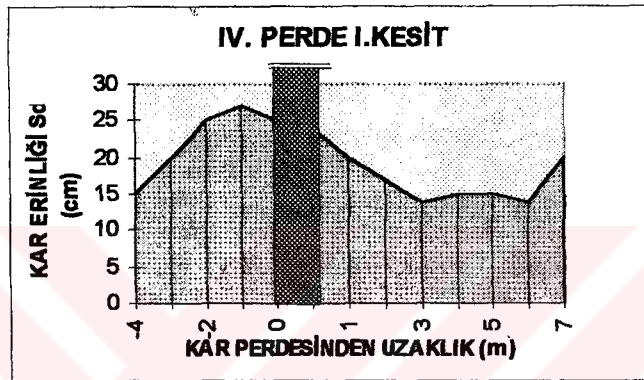
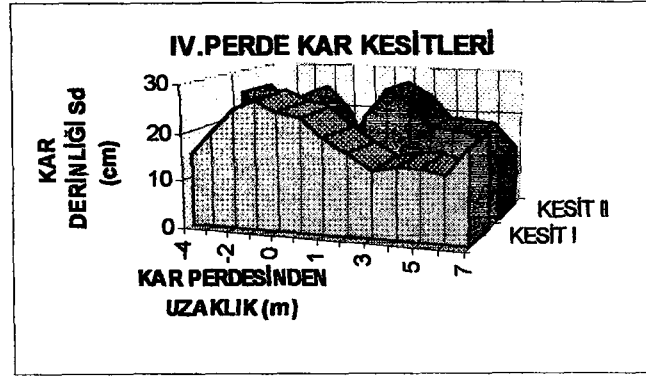


II. PERDE II. ÖLÇÜM II. KESİT



III. PERDE KAR KESİTİ





Ek 4.3: 10.03.1997 tarihli arazi ölçümleri ve kar birikmesinin profilleri

Proje Sahası: Kızılcahamam - Çerkeş karayolu 32.km

Araziye Çıkış Tarihi : 10.03.1997

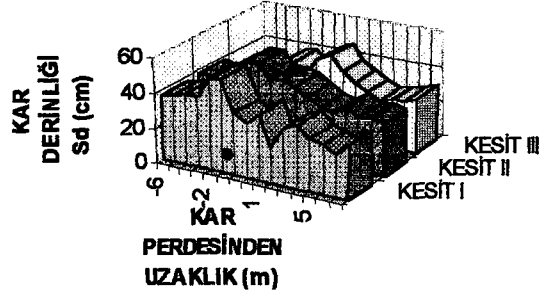
Araziye Çıkanlar : Engin BIÇAKCI
M. Levent KOÇ

Hava Durumu: Kapalı. Hafif sisli. Az kar yağışlı. Hava sıcaklığı +2 °C. Kuzey yönünden hafif rüzgarlı.

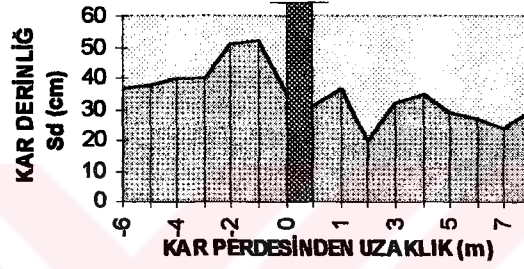
Kar Özellikleri : Az nemli, yumuşak taze kar. Tane çapı 1mm. Kar yüzeyi düz. Kar sıcaklığı 0 °C.



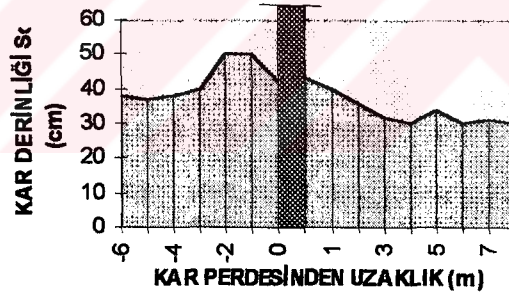
III. ÖLÇÜM I. PERDE KAR KESİTLERİ

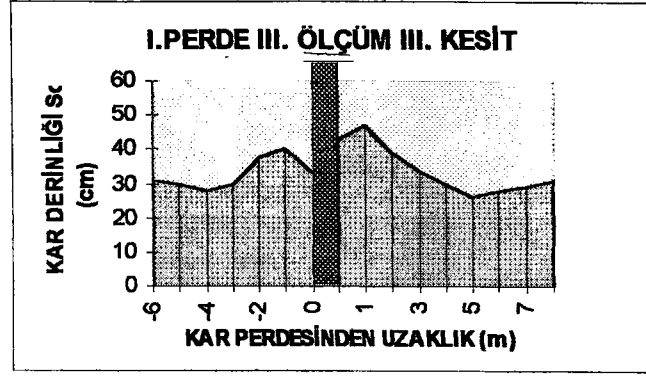


I.PERDE III. ÖLÇÜM I.KESİT

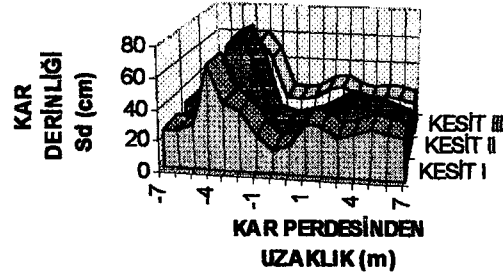


I.PERDE III. ÖLÇÜM II. KESİT

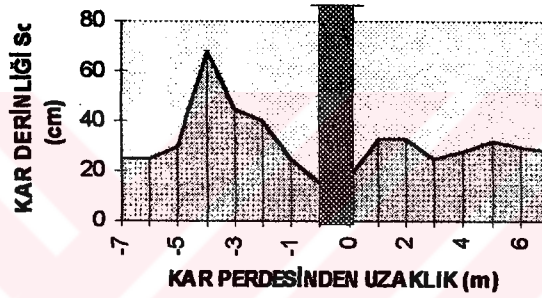




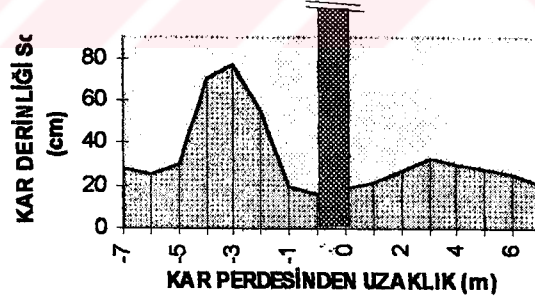
II.PERDE III. ÖLÇÜM KAR KESİTLERİ

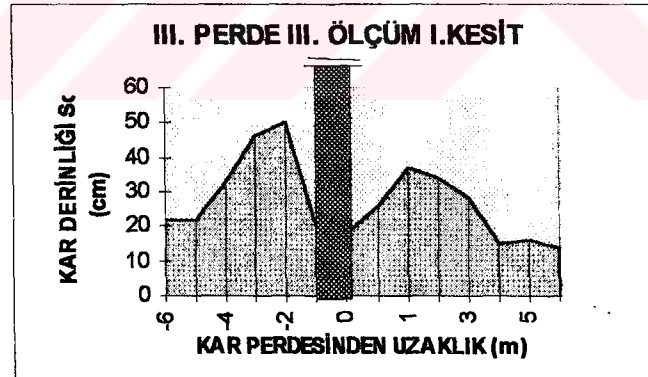
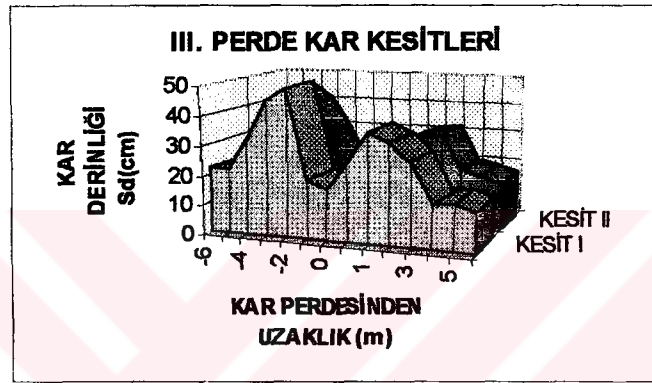
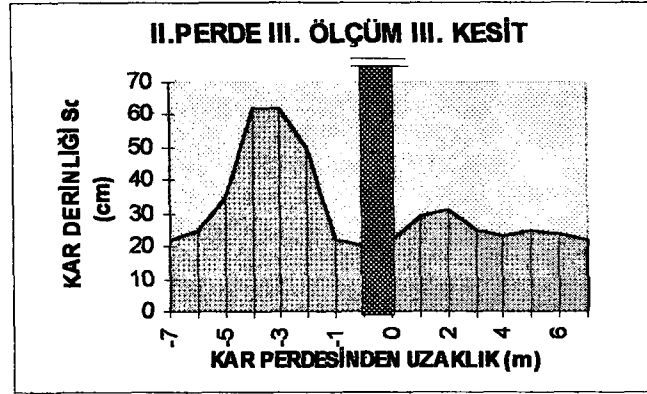


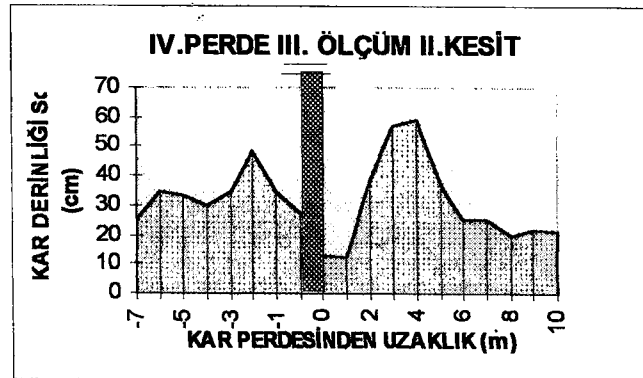
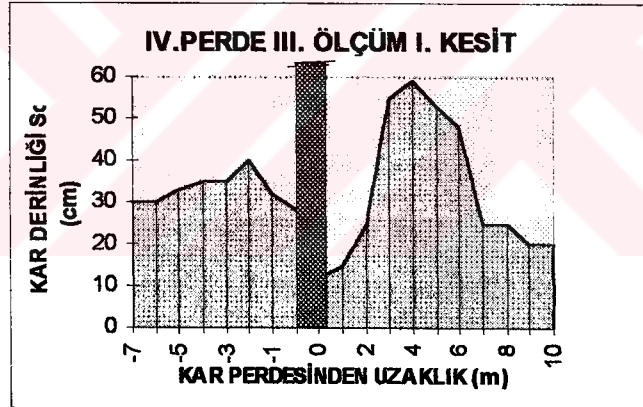
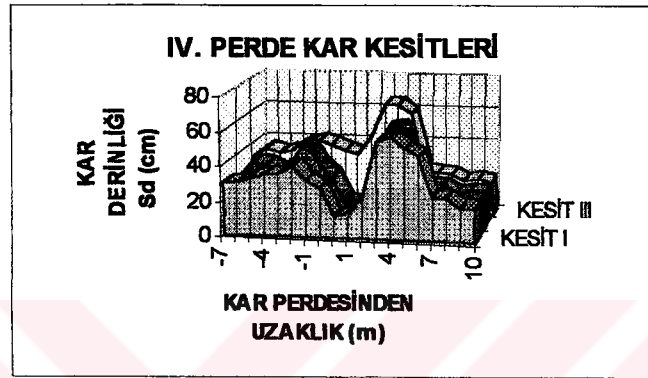
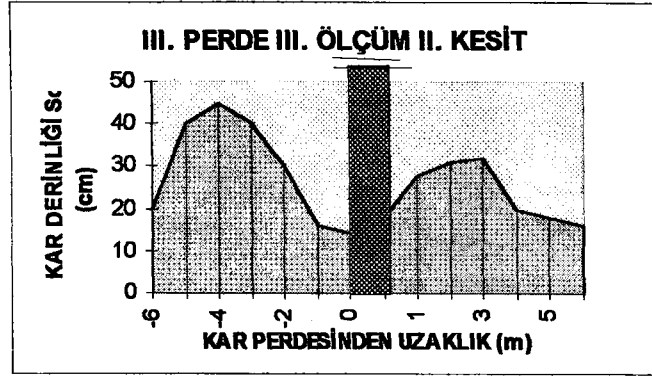
II.PERDE III. ÖLÇÜM I.KESİT

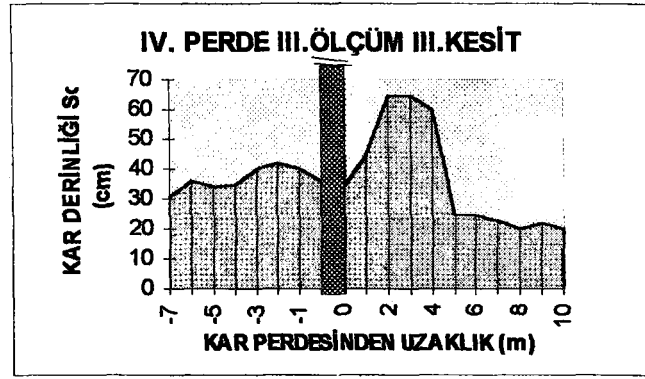


II.PERDE III. ÖLÇÜM II. KESİT











EK-5

Ek 5.1: Kızılcahamam meteoroloji istasyonunun maksimum kar derinlikleri

KIZILCAHAMAM									
EN YÜKSEK KAR ÖRTÜSÜ DERİNLİĞİ (cm)									
YIL	AYLAR								
	I	II	III	IV	V	X	XI	XII	YILLIK
1931	6							8	8
1932	10	7	22					3	22
1933	5	4	1	4				4	5
1941	11	5	7				7	46	46
1942	73	82	16					1	82
1943	31	39	28	13				2	39
1944	2	19	1					6	19
1945	43	18	14					13	43
1946	.	11	16					3	11
1947	32	22						14	32
1948	2	32	25	7				19	32
1949	17	20	18	7				15	20
1950	25	25	8						25
1951	-	-	-				-	-	-
1956	-	-	-					5	5
1957	3	2	2					3	3
1958	2	5	3					2	5
1959	18	28	31						31
1960	3	7	11						11
1961	-	10	.				3	20	20
1962	3	13	1					6	13
1963	14	1	2						14
1964	11	14	1				4	18	18
1965	4	32	1					1	32
1966	22							9	22
1967	8	22	3				2	12	22
1968	33	33	5					9	33
1969	13	13	.	2				2	13
1970	3	2	2					21	21
1971	1	3	2					11	11
1972	8	6						9	9
1973	10						1	4	10
1974	8	1						14	14
1975	13	10					3	14	14
1976	23	19	12					13	23
1977	17	1	1					7	17
1978	18		1					6	18
1979	11							17	17
1980	25	16	7	1			1	11	25

EK 5.1 'İN DEVAMI									
1981	19	19	16				1	3	19
1982	8	18	5					13	18
1983	15	11	2						15
1984	14	7	1					1	14
1985	20	20	11					15	20
1986	12	3	1				5	22	22
1987	55	1	19					5	55
1988	4	5	3				7	3	7
1989	4	14	1				4	7	14
1990	3	3	11		4			5	11

Ek 5.2: Güvem meteoroloji istasyonunun maksimum kar derinlikleri

GÜVEM									
EN YÜKSEK KAR ÖRTÜSÜ DERİNLİĞİ (cm)									
YIL	AYLAR								
	I	II	III	IV	V	X	XI	XII	YILLIK
1950	32	34	15						34
1951	9		2					19	19
1952	6	8	5						8
1953	9	10	18					18	18
1954	82	57	35					7	82
1955	2							6	6
1956	28	38							38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	1	55	42	2				2	55
1966	25		1					7	25
1967	9	30	10	3			11	15	30
1968	52	48	8					29	52
1969	16	15	3	4				16	16
1970	5	13	2	5				19	19
1971	3	3	1					18	18
1972	5	13	2					7	13
1973	16	1	3				3	5	16
1974	9	6						15	15
1975	14	10	5				4	16	16
1976	37	31	22				1	15	37
1977	30	10	4					14	30
1978	23	12						11	23
1979	16	1		1				23	23
1980	33	33	23	3				24	33
1981	15	20	14				1	1	20
1982	12	22	4					13	22
1983	33	36	24					1	36
1984	13	4	1					4	13
1985	18	29	16			1		20	29
1986	10	5	2				7	33	33
1987	60	4	21				1	10	60
1988	3	5	14				4	5	14
1989	8	8					3	8	8
1990	4	10	12					1	12
1991	4	6	1					37	37
1992	35	35	20				7	16	35
1993	17	14	9					12	17

Ek 5.3: Çerkeş meteoroloji istasyonunun maksimum kar derinlikleri

ÇERKEŞ									
EN YÜKSEK KAR ÖRTÜSÜ DERİNLİĞİ (cm)									
YIL	AYLAR								
	I	II	III	IV	V	X	XI	XII	YILLIK
1953								22	22
1954	36	24	10	7			12	7	36
1955	2	4	2	.				5	5
1956	14	16	16	1		1	11	6	16
1957	6	4	3					3	6
1958	5	5	11					3	11
1959	39	37	41					.	41
1960	5	9	10					.	10
1961	15	13	3				8	15	15
1962	9	15	6					8	15
1963	18	7	3	5				8	18
1964	16	16	2	.			14	33	33
1965	4	22	1	4			3	1	22
1966	12	1	4	.				2	12
1967	6	12	10	4			6	7	12
1968	18	16	14	.				12	18
1969	13	11	3	5					13
1970	5	2	2	3				16	16
1971	1	2	10	.		4		17	17
1972	12	18	2	.			2	11	18
1973	20	3	3	.			7	6	20
1974	17	10	3	5			3	14	17
1975	13	9	1	.			3	15	15
1976	27	17	16	.			3	8	27
1977	15	.	8	2			2	4	15
1978	14	5	4	.				12	14
1979	7	6	1	6			2	16	16
1980	20	15	15	4			2	22	22
1981	12	19	10				2		19
1982	5	13	7					3	13
1983	17	8	3				4		17
1984	8	5	3				1	3	8
1985	7	25	18			3		21	25
1986	12	2	1				3	6	12
1987	30	1	23	5			2	12	30
1988	3	5	15			5	6	11	15
1989	15	8	3				8	9	15

EK 5.3'ÜN DEVAMI									
1990	10	2	3	3	12	6	2	4	10
1991	11	16	1				1	20	16
1992	26	23	7				7	21	26
1993	24	4	5				11	10	24
1994	5	14	6				14	28	28
1995	12	12	3				18	6	18
1996	12	6	5						12

Ek 5.4: Güvem meteoroloji istasyonunun yağış miktarları

GÜVEM İSTASYONUNUN YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)												
YIL	AYLAR											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1981	178,9	43,7	71,6	17,9					6,0	26,1	60,3	184,1
1982	58,3	22,2	40,1	85,6					70,3	3,2	33,5	20,8
1983	56,1	45,9	10,8	80,1					3,0	88,6	99,1	49,7
1984	85,7	30,8	52,6	86,9					0,8	2,2	34,3	3,1
1985	97,2	70,2	36,7	33,7					2,0	23,5	40,2	33,4
1986	73,0	63,5	12,0	16,3					30,4	11,3	17,9	96,2
1987	102,8	13,5	44,1	57,7					9,1	27,4	22,4	64,7
1988	9,0	35,3	78,0	61,9					4,8	46,0	64,8	49,8
1989	6,1	9,2	28,1	23,7					5,1	46,4	81,1	63,8
1990	4,8	37,7	33,9	79,7					40,7	37,0	16,6	51,4
1991	10,1	33,9	12,4	53,3					17,2	39,8	20,4	125,3
1992	7,7	10,5	81,6	51,4					1,0	35,7	25,8	33,2
1993	27,5	29,5	41,5	27,7					0,0	6,0	41,6	55,2

Ek 5.5: Çerkeş meteoroloji istasyonunun yağış miktarları

ÇERKEŞ İSTASYONUNUN YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)												
YIL	AYLAR											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1983	30,5	18,1	7,0	70,7						23,6	74,7	13,2
1984	30,7	20,7	27,9	84,0						4,0	27,1	2,4
1985	27,3	32,6	16,0	32,7						25,0	29,0	40,6
1986	30,5	21,7	7,3	12,7						13,0	17,6	42,6
1987	64,7	19,1	30,2	68,3						43,4	22,5	54,7
1988	11,4	21,4	47,0	48,3						51,9	23,2	28,2
1989	9,4	11,4	35,6	17,9						54,6	60,6	32,5
1990	18,7	5,5	6,5	64,9						23,3	25,0	26,2
1991	18,8	28,3	16,1	49,9						44,6	16,0	48,7
1992	10,7	19,1	21,3	15,6						36,3	36,6	32,3
1993	13,0	15,7	14,2	26,6						5,2	30,4	17,1

Ek 5.6: Kış mevsimlerindeki kar yağış miktarı

KIŞ MEVSİMİNDEKİ YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)		
KIŞ MEVSİMİ	GÜVEM	ÇERKEŞ
1981-1982	324,9	
1982-1983	156,3	
1983-1984	265,3	139,3
1984-1985	204,8	89,4
1985-1986	210,1	91,8
1986-1987	230,4	144
1987-1988	131,4	110
1988-1989	129,9	72,2
1989-1990	187,4	117,3
1990-1991	112	98,3
1991-1992	163,9	94,5
1992-1993	116	97,6

ÖZGEÇMİŞ

1971 Sivas doğumludur. İlk-Orta ve Lise öğrenimini aynı ilde yapmıştır. 1992 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Halen Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

