

**ATMOSFERİK KİRLETİCİLERİN  
KURU VE ISLAK ÇÖKELME MEKANİZMALARININ  
KİREÇTAŞLARINDAKİ PARLAKLIK KAYBINA ETKİSİ**

**Emrah GÖKALTUN**

**Anadolu Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Mimarlık Bölümü ESKİŞEHİR**

**ÖZET**

Bu çalışmada, yapılar üzerine “**Kuru ve Islak Çökme Mekanizmaları**” şeklinde, iki farklı yoldan ulaşan atmosferik kirleticilerin etkileri ve bu etkilerin, farklı ortamlarda ve konumlarda yer alan kireçtaşları üzerinde meydana getirdiği parlaklık değişimleri incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda, atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökme mekanizmalarının kireçtaşları ile olan etkileşiminin ve kimyasal reaksiyonunun, hava kirliliği seviyesi, meteorolojik faktörler, yağmur suyunun asitliliği, kireçtaşı örneklerinin yerleştirildiği bölgelerin yapısı ve durumu, kireçtaşlarının bu bölgeler içinde bulunduğu konum, reaksiyon süresi, kireçtaşlarının karakteristik özellikleri ve kimyasal yapıları gibi temel faktörlere bağlı olduğu ve hem kuru hem de ıslak çökme mekanizmalarının etkisiyle, çok kısa süreçler sonunda dahi parlaklık kaybı meydana geldiği ve bu parlaklık kaybının da, kireçtaşlarının bünyesinde, bundan sonra ortaya çıkabilecek hasar ve bozulmaların başlangıcını oluşturduğu bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Atmosferik Kirlilik, Kireçtaşları, Taş Hasarı

**ABSTRACT**

**THE EFFECT OF THE DRY AND WET DEPOSITION MECHANISMS  
OF THE ATMOSPHERIC POLLUTERS ON THE BRIGHTNESS LOSS  
OF THE LIMESTONES**

In this study, the effect of “Dry and Wet Deposition Mechanisms” of the atmospheric pollutants was searched for the loss of brightness of the limestones, that are located in different regions of an urban settlement, having different properties. This study resulted as, the interaction and the chemical reaction of the dry and wet deposition mechanisms of the air pollutants on the limestones depends on the air pollution level, meteorological factors, the acidity of the rain water, the different characteristics of the different regions, reaction period, the characteristic and chemical properties of the limestones. In addition, even for the short periods of time, by the effect of the both dry and wet deposition mechanisms, loss of brightness occurs on the limestones and this loss of brightness causes the beginning of the damage and decay in the formation of the limestone for the further stages.

**Key words:** Atmospheric Pollution, Limestones, Stone Decay

## 1. GİRİŞ

Hem ülkemizde, hem de diğer ülkelerde, tarihsel ve kültürel niteliklere sahip birçok yapıda ve anıtta yapı malzemesi olarak kullanılmış olan doğal taşlar, günümüz yapılarında da geniş bir kullanım alanına sahiptir. Canlı, cansız bütün varlıklar üzerinde zararlı etkileri bilinen ve kentsel ortamlarda yüksek oranlarda bulunan atmosferik kirleticiler, yağış, sis, nem, rüzgar, sıcaklık ve güneş ışığı gibi atmosferik faktörler ile birleştiğinde yapılarımızın bütünü veya dış kabuğunu meydana getiren doğal taşları, çok farklı biçimlerde etkiler ve taşın cinsine bağlı olarak da büyük çeşitlilik ve değişkenlik gösteren hasar ve bozulmaları ortaya çıkartır.

Doğal taşlar içerisinde önemli bir yer tutan ve yapılarda yoğun biçimde kullanılan kireçtaşı mermerleri, atmosferik kirleticilerden en çok etkilenen yapı taşlarıdır. Özellikle, SO<sub>x</sub> (kükürtoksitler), NO<sub>x</sub> (azotoksitler) gibi birinci derecede önemli olan ve atmosferik ortamda çok yüksek oranlarda bulunan kirleticiler ile kimyasal etkilerin sonucunda meydana gelen kireçtaşı hasar oluşumları, kirleticilerin, taşın yüzeyine iki farklı yoldan:

A. Gaz şeklini içeren “Kuru Çökelme Mekanizması”,

B. Sulu (asitik) şekli içeren “Islak Çökelme Mekanizması”

ile ulaşması sonucunda gelişim gösterir.

### 1.1. Kuru Çökelme Mekanizması

Hemen hemen her kentsel ortamda, son derece aktif ve yüksek oranda bulunan birincil kirleticiler, yağmur veya kar yağışının olmadığı ortamlarda, rüzgar ve türbülans etkileri ile atmosferden, taş yüzeyine gaz şeklinde ulaşır ve yüzey üzerinde birikir. “**Kuru Çökelme**” (**Dry Deposition**) olarak adlandırılan bu olayda (1)atmosferik kirleticilerin gaz biçiminde taş yüzeyine ulaşmasında (Şekil 1) ve (kalsiyum sülfat/alçıtaşı gibi) hasar ve bozulmaların oluşumunda; yağışsız sürenin uzunluğu, güneş ışığının parlaklığı, rüzgar hızı, çiy, sis ve bağıl nemlilik gibi atmosferik faktörler, biyolojik faktörler, O<sub>2</sub> (oksijen) ve O<sub>3</sub> (ozon) gibi katalizörler, taşın karakteristik özellikleri, yüzeyin doğal yapısı (pürüzlülük/pürüzsüzlük, gözeneklilik/gözeneksizlik), yüzeyin ya da taşın bünyesinin nemliliği ve PH'ı, taşın absorpsiyon (emme) oranı, atmosferik kirletici konsantrasyonunun durumu ve miktarı son derece önemlidir.(2).

### 1.2. Islak Çökelme Mekanizması

Gaz halindeki kirleticilerin yağmur suyu, atmosferik nem (bağıl nemlilik), sis veya bulutların içindeki su damlacıkları ile birleşip, çözülmesini içeren bir kimyasal oluşum olan “**Islak Çökelme**” (**Wet Deposition**), havadaki kirleticilerin mutlak konsantrasyonunu, yağmur suyu içindeki kirleticilerin mutlak konsantrasyonunu, atmosferdeki kirleticilerin yerini, damlacık boyutlarını ve PH'ını kapsar. Bu mekanizmaya göre, SO<sub>x</sub> (kükürtoksit)'ler ve NO<sub>x</sub> (azotoksit)'ler gibi kirleticilerin kimyasal bir reaksiyon sonucu dönüşüme uğraması ile meydana gelen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sülfürik asit) ve N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (nitrik asit), taş yüzeyine damlacıklar halinde etki ederek (Şekil 2) veya çok ince bir su tabakasının bulunduğu yüzey üzerinde biçimlenerek (Şekil 3), kireçtaşlarının bünyesinde hasar ve bozulmaların gelişimini başlatır [3].

16 ay süren (Ocak 1995-Nisan 1996) bu çalışmada da, kentsel bir ortam içinde, farklı yerleşim özelliklerine sahip bölgelere yerleştirilmiş yapı malzemeleri üzerinde atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökelme mekanizmalarının etkileri ve bu etkilerin seçilen yapı malzemesi üzerinde

meydana getirdiği hasar oluşumlarının hangi boyutlarda gerçekleştiğinin araştırılması amaçlanmıştır. Kireçtaşlarında bundan sonraki aşamalarda ortaya çıkabilecek hasar ve bozulmalar için bir başlangıç oluşturması ve atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökelme mekanizma etkilerinin açıklığa kavuşturulabilmesi açısından, bu çalışma için seçilen farklı karakteristik özelliklere (izelge 1) ve kimyasal yapıya (izelge 2) sahip, **Bilecik Pembesi, Kemalpaşa Beyazı, Eskişehir Süpren ve Denizli Traverten** [4] kireçtaşlarındaki hasar oluşumları, yalnızca, parlaklık değişimi yönünden ele alınmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Atmosferik kirleticilerin ıslak ve kuru çökelme mekanizmalarının kireçtaşları üzerindeki etkileri ile bu etkilerin meydana getireceği parlaklık değişimlerinin incelenbilmesinde, pratikte, yağmurun etkisi altında kalacak kireçtaşı örneklerinin, ıslak çökelme mekanizması ile, yağmurun etkisinden korunacak şekilde atmosferik ortama yerleştirilen kireçtaşı örneklerinin ise, kuru çökelme mekanizmasının etkisi ile karşı karşıya kalacağı yönünde bir varsayım kabul edilmiştir.

İkinci olarak, karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılabilmesi açısından, kireçtaşı örneklerinin en az iki farklı bölgeye yerleştirilmesine karar verilmiş ve ilki, kent merkezine yakın bir noktada, ikincisi de (kent merkezinden uzak bir noktada) Anadolu Üniversitesi Yunussemre Kampüsü'nde olmak üzere buldukları konumları itibariyle birbirlerinden çok farklı özelliklere sahip iki bölge belirlenmiştir. Daha sonra, dört farklı kireçtaşı türüne ait yaklaşık 250 adet örnek, her iki bölgeye de, iki farklı konumda (yağmurun doğrudan etkisi altında kalacak ve yağmurdan korunacak şekilde) yerleştirilmiş ve 16 ay boyunca, her bir kireçtaşı birer aylık periyotlarla toplanmıştır. 16 ay sonunda toplanan 236 adet kireçtaşı örneğinin (parlaklık kaybı makro boyutta olduğu için) ıplak gözle incelenmesini içeren bir metot benimsenerek, parlaklık kaybına ilişkin bir değerlendirmenin yapılabilmesi sağlanmıştır.

Yapılan inceleme ile kireçtaşlarının, kendi ilerinde, **Parlak, Yarı Parlak/Yarı Mat** ve **Mat** olmak üzere üç farklı durumda buldukları görölmüş

ve 16 ay boyunca, 4 değişik kireçtaşı türüne ait, toplam 236 adet örneğin göstermiş olduğu bu üç farklı davranış, hazırlanan parlaklık değişim tabloları üzerine işlenmiştir (Çizelge 3.a, 3.b, 4.a ve 4.b). Hazırlanan bu tablolar ile, her bir kireçtaşı türünün, iki ayrı bölgede ve iki ayrı konumda, parlaklık değişimi açısından en çok hangi davranışı (Parlak, Yarı Parlak/Yarı Mat ve Mat) sergilediği ve atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökeltme mekanizmalarının kireçtaşlarındaki parlaklık kaybı açısından, en çok hangi bölgelerde ve konumlarda etkili olduğu açıklığa kavuşturularak, kuru ve ıslak çökeltme mekanizma etkileri ve bu etkilerin kireçtaşları üzerinde meydana getirdiği parlaklık kayıplarına ilişkin bulgulara ulaşılmıştır.

### 3. BULGULAR

Yapılan bu çalışmanın sonucunda, yapıların cephelerinde kaplama malzemesi olarak kullanılan kireçtaşlarındaki parlaklık değişimlerinin, atmosferik kirleticilerin “**Kuru ve Islak Çökeltme Mekanizmaları**” olarak nitelendirilen reaksiyonlarının ayrı ayrı veya birleşik etkileri ile meydana geldiği ve bu etkileşimin, deney süresince yapılan araştırmalar ve ölçümlerden elde edilen veriler ve değerlendirmeler doğrultusunda:

- \* Meteorolojik faktörler,
- \* Hava kirliliği seviyesi,
- \* Yağmur veya kar suyunun PH değerleri,
- \* Kireçtaşı örneklerinin konulduğu bölgenin yapısı ve durumu,
- \* Kireçtaşı örneklerinin konumu,
- \* Kireçtaşlarının karakteristik özellikleri ve kimyasal yapıları,
- \* Reaksiyon süresi,

gibi kriterlere bağlı olduğu bulunmuştur. Kuru çökeltme ve ıslak çökeltme mekanizmalarının biçimlenmesinde görev alan ve aynı zamanda “**Temel Faktörler**” olarak da nitelendirebileceğimiz bu kriterlerin, kireçtaşları üzerindeki parlaklık kaybına etkileri şu şekilde açıklanabilir:

#### 3.1. Meteorolojik Faktörler

Rüzgar, sis, bağıl nemlilik ve güneş radyasyonu gibi meteorolojik faktörlerin, kireçtaşları üzerindeki parlaklık kaybına etkisi, atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökme mekanizmalarının oluşumunda katalizör görevi yapan sis ve bağıl nemlilik ile hava kirleticilerin taşınımında etkin bir öneme sahip rüzgar ile ifade edilebilir. Ancak, her iki çalışma bölgesinde de, bu faktörlere ait ölçümler yapma imkanı olmadığı için, kireçtaşları üzerindeki parlaklık kaybında nasıl bir etkiye sahip olduklarının açıklanabilmesi oldukça güçtür.

### **3.2 Hava Kirliliği Seviyesi**

Hava kirliliği, kireçtaşları üzerinde meydana gelen parlaklık kaybında birincil faktör olup, hem kuru çökme, hem de ıslak çökme mekanizmaları ile etkili olmaktadır. Hava kirliliğinin, çalışma bölgelerinden kent merkezinde (Eskişehir İl Çevre Müdürlüğü tarafından hava kirliliği ölçümü sadece kent merkezinde yapılmıştır.), çok yüksek bir seviyede olması nedeniyle (5), hem kuru, hem de ıslak çökme mekanizması ile kireçtaşlarında parlaklık kaybına yol açmasının yanında, deneysel çalışmanın ilk aylarında (1994-95 kışında), kirliliğin, çok yüksek bir seviyede bulunması da (Şekil 4 ve 5), kireçtaşları üzerinde kısa bir süreçte reaksiyon göstermesinde önemli bir etkidir.

### **3.3 Yağmur ve Kar Suyunun PH Değerleri**

Yağmur suyunun, hava kirliliği seviyesinin durumuna göre, PH'nın düşerek veya yükselerek, asitik veya bazik özellik kazanması ve bu ilişkinin, çalışma süresi boyunca yapılan yağmur suyu PH ölçümleri (Şekil 6.a ve 6.b) ile alınan SO<sub>2</sub> ölçümlerinin çakışmasından anlaşılmıştır. Özellikle, 1994-95 kışında hava kirliliğinin Kısa Vade Sınır (150 Mg/m<sup>3</sup>) ve Uzun Vade Sınır (400 Mg/m<sup>3</sup>) değerlerinin üzerine çıkması, yağmur ve kar sularının PH'ında da büyük bir asitliliğe neden olmuş ve PH 5.6 seviyelerine kadar ulaşmıştır. Bu sonuç, yağmur suyunun asitliliği ile hava kirliliği seviyesi arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya koyan önemli bir veridir.

### 3.4. Kireçtaşı Örneklerinin Konulduğu Bölgelerin Yapısı ve Durumu

Çalışma bölgelerinden birisi olan kent merkezinde, çok düzensiz ve sıkışık bir yapılaşma ile birlikte, trafik yoğunluğunun olması ve rüzgarın uzaklaştırabileceği bir koridor oluşmaması nedeniyle, hava kirliliği, çok yüksek oranlara ulaşmış ve kuru çökme ve ıslak çökme mekanizmaları şeklinde, çok kısa süreç içerisinde, kireçtaşları üzerinde parlaklık kaybına yol açmıştır.

İkinci çalışma bölgesi, Yunusemre Kampüsü'nün ise, kentin genel yerleşim yeri olan ovanın dışında, eğimli bir arazi üzerinde kurulmuş olması ve son derece yoğun bir ağaç topluluğu içinde yer alması yanında hemen hemen her yönden rüzgar alabilmesi de, hava kirliliğinin çok düşük düzeylerde kalmasını sağlamış ve kuru çökme mekanizması ile zemin seviyesine ya da taş yüzeyine yakın mesafelerde sis veya yüksek nemlilik ile meydana gelebilecek ıslak çökme mekanizması etkili olmadığı için, yağmurdan etkilenmeyecek şekilde konulmuş kireçtaşları, 16 aylık periyot boyunca, parlaklıklarını büyük ölçüde koruyabilmişlerdir. Ancak, yağmur suyunun kirleticiler ile reaksiyona girdiği, atmosferin üst kısımlarında, hava kirliliğinin oldukça yüksek oranlarda seyretmesi dolayısıyla, (yağmur veya kar yağışı ile meydana gelen) ıslak çökme mekanizması, kuru çökme mekanizmasının tam tersine, son derece etkili olarak, kireçtaşları üzerinde kısa sürede meydana gelen parlaklık kayıplarını ortaya çıkarmıştır.

### 3.5. Kireçtaşı Örneklerinin Konumu

Hava kirliliğinin, kireçtaşları üzerinde parlaklık kaybına yol açmasında taşların konumu, yani yağmurun etkisi altında olması ya da yağmurun etkisinden korunacak biçimde yerleştirilmiş olması da son derece önemlidir. Yağmurun etkisi altında bırakılmış kireçtaşları, yağışlı (sisli veya yüksek nemliliğin olduğu) dönemlerde, ıslak çökme, yağışsız dönemlerde ise, kuru çökme mekanizmasının kimyasal reaksiyonu ile karşı karşıya kalırken, yağmurun etkisinden korunacak şekilde yerleştirilen kireçtaşları, çoğunlukla kuru çökme mekanizması ile reaksiyona girmişlerdir.

Kent merkezinde, her iki konumda da yerleştirilen kireçtaşları, kuru ve ıslak çökme mekanizmaları ile parlaklık kaybı gösterirken, Yunusemre

Kampüsü'nde sadece yağmurun etkisi altında kalan kireçtaşlarında bir parlaklık kaybının gözlenmesi, kuru çökme mekanizmasının, yeryüzüne yakın mesafede bulunan kirleticiler ile, ıslak çökme mekanizmasının da, atmosferin üst kısımlarındaki kirleticiler ile oluştuğuna ilişkin bir sonuçtur. Bu yüzden, kampüsteki hava kirliliği son derece sınırlı oranlarda kaldığı için, kuru çökme mekanizması etkili olamamış ve kireçtaşları üzerinde belirgin bir parlaklık kaybına yol açmamıştır.

### **3.6. Reaksiyon Süresi**

Atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökme mekanizmalarının, kireçtaşlarında parlaklık kaybına etkisinde, reaksiyon süresi de önemli bir faktör olarak göze çarpmaktadır. Özellikle, yağışın, sisin ve yüksek nemliliğin olmadığı çok uzun dönemlerde devam eden kuru çökme mekanizmasının, kireçtaşları üzerindeki etkisinin uzun bir süreç sonunda oluşum göstermesi ve çok daha kısa bir periyod boyunca (yağışlı, sisli veya yüksek nemliliğin olduğu dönemlerde) süren ıslak çökme mekanizmasının parlaklık kaybına etkisinin ise, hemen deneysel çalışmanın ilk dönemlerinde belirginleşerek ortaya çıkması, ıslak çökme mekanizmasının etkisinin, kuru çökme mekanizmasına göre, çok daha agresif ve kısa süreçte reaksiyona girebilen bir yapıya sahip olduğunun göstergesidir.

### **3.7. Kireçtaşlarının Karakteristik Özellikleri ve Kimyasal Yapıları**

Yapılan çalışma sonucunda, farklı karakteristik özelliklere sahip kireçtaşlarının, bu özelliklerinin, genel olarak parlaklık korunumunda çok fazla etkili olmadığı bulunmuştur.

Çizelge 1'de karakteristik özellikleri verilen ve bu bilgiler doğrultusunda:

**Denizli Traverten<Kemalpaşa Beyazı<Bilecik Pembesi<Eskişehir Süpren**



şeklinde, karakteristik özelliklerine (fiziksel, mekanik ve teknolojik dayanımlarına) göre sıralanabilen kireçtaşlarının, parlaklık değişim tablolarındaki verilere dayanarak, parlaklık korunumu açısından da:

### **Kemalpaşa Beyazı<Bilecik Pembesi<Denizli Traverten<Eskişehir Süpren**

sonucunu vermesi ve bu sonuçlar doğrultusunda, karakteristik özellikler (yüksek porozite ve su emme özelliğine sahip olmaları gibi) bakımından, son derece zayıf bir kireçtaşı türü izlenimi veren Denizli Traverten kireçtaşının, her iki bölgede ve farklı konumlarda, kuru ve ıslak çökme mekanizmalarının etkileri altında, Kemalpaşa Beyazı ve Bilecik Pembesi kireçtaşlarından çok daha yüksek bir dayanım göstermesi ve karakteristik özelliklerine göre yüksek dayanıma sahip kireçtaşlarının, parlaklık bakımından da yüksek dayanıma sahip olabileceği teorisinin, sadece Eskişehir Süpren kireçtaşı için geçerlilik kazanması, kireçtaşlarının karakteristik özelliklerinin, parlaklık değişimine doğrudan yansımadağını ortaya koyan önemli bir veridir.

Kireçtaşlarının parlaklık durumlarındaki değişimlere, Çizelge 2’de belirtilen kimyasal yapıları açısından da bakıldığında:

CaCO<sub>3</sub> (kalsiyum karbonat) oranının, **Kemalpaşa Beyazı<Eskişehir Süpren<Bilecik Pembesi<Denizli Traverten,**

MgCO<sub>3</sub> (magnezyum karbonat) oranının, **Bilecik Pembesi<Denizli Traverten<Eskişehir Süpren<Kemalpaşa Beyazı,**

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (demir oksit) oranının, **Kemalpaşa Beyazı<Denizli Traverten<Eskişehir Süpren<Bilecik Pembesi,**

SiO<sub>2</sub> (silisyum oksit) oranının da, **Kemalpaşa Beyazı<Denizli Traverten<Eskişehir Süpren<Bilecik Pembesi,**

sıralamasını vermesi ve bu değerlendirmelere göre, CaCO<sub>3</sub> miktarının en yüksek olduğu Denizli Traverten kireçtaşının ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarının en yüksek olduğu Eskişehir Süpren kireçtaşının parlaklık korunumu bakımından en dayanıklı kireçtaşları olduğu sonucunun ortaya çıkması, CaCO<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarlarındaki artışın, kireçtaşlarında parlaklık dayanımına olan etkisini gösteren bir bulgudur. Ayrıca, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> ve CaCO<sub>3</sub> bakımından en düşük orana sahip kireçtaşı olan Kemalpaşa Beyazı'nın, parlaklık değişim verileri açısından da, en zayıf kireçtaşı türü olduğunun bulunması ve bunun yanısıra, bünyesindeki (diğer kireçtaşlarına göre) yüksek MgCO<sub>3</sub> miktarının, parlaklık dayanımına bir etkisinin olmaması ise, büyük olasılıkla yapısında % 7.13 oranında bulunan içeriği bilinmeyen maddelerden kaynaklanan bir sonuçtur.

Bu saptamalara göre, kireçtaşlarının kimyasal yapıları ile parlaklık değişimleri arasında çok açık bir ilişki kurulamasa da, kireçtaşlarının kimyasal yapılarının, karakteristik özellikler ile karşılaştırıldığında parlaklık değişimi açısından daha baskın bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

#### 4. TARTIşMA

Bu bulgular doğrultusunda, atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökelme mekanizmaları ile kireçtaşları arasındaki ilişkiyi belirleyen "**Temel Faktörleri**", bir tablo üzerinde (izelge 5) zetlemek ve bu faktörler içinde yer alan, meteorolojik faktörler, hava kirliliği seviyesi, yağmur veya kar suyunun PH değerlerini, "**Kuru ve Islak kelme Mekanizmalarının Oluşum Faktörleri**", kireçtaşı örneklerinin konulduğu bölgenin yapısı ve durumu, kireçtaşı örneklerinin konumu, reaksiyon süresi, kireçtaşlarının karakteristik özellikleri ve kimyasal yapılarını da, "**Kuru ve Islak kelme Mekanizmalarının Etkileşim Faktörleri**" olarak nitelendirmek mümkündür.

Sonuç olarak:

\* Kireçtaşlarında parlaklık kaybına yol açan kirleticilerin kuru ve ıslak çökelme mekanizmalarının oluşumunda, rüzgar, bağıl nemlilik, sis, güneş ışığı

ve radyasyon gibi meteorolojik faktörlerin katalizör etkisi vardır; ancak bunların hangi oranlarda ve durumlarda etkisinin olduğunun açıklanması oldukça güçtür.

\* Yağmur suyunun (veya kar suyunun) PH değeri ile hava kirliliği seviyesi arasında doğrudan bir ilişki vardır ve hava kirliliği seviyesindeki düşümlere ve yükselmelere paralel olarak, yağmur suyu da asitik veya bazik özellik kazanmaktadır.

\* Hava kirliliği, kireçtaşlarındaki parlaklık kaybının meydana gelmesinde tek etkidir ve atmosfer içindeki oranının artmasında veya düşmesinde, içinde bulunduğu bölgenin yapısı ve durumu son derece önemlidir.

\* Islak çökme mekanizmaları, (çoğunlukla) atmosferin üst kesimlerinde, kuru çökme mekanizmaları ise, atmosferin yeryüzeyine yakın kesimlerinde biçimlenen kimyasal reaksiyonlardır.

\* Islak çökme mekanizmasında, taşların konumu son derece önemli iken, kuru çökme mekanizmasında taşların konumu önemli değildir. Kuru çökme mekanizması, yağmurun etkisinden korunacak şekilde yerleştirilmiş kireçtaşları üzerinde etkili olmasının yanı sıra, ıslak çökmenin olmadığı yağışsız dönemlerde de, yağmurun etkisi altında kalacak şekilde yerleştirilmiş kireçtaşları üzerinde gelişim göstermektedir.

\* Atmosferik ortamdaki oluşumu ve kireçtaşlarındaki parlaklık kaybına etkisi (sadece yağışlı, sisli ve yüksek nemliliğin olduğu dönemlerde) çok kısa bir süreç içerisinde gerçekleşen ıslak çökme mekanizması, hem atmosferdeki oluşumu, hem de kireçtaşları ile etkileşimi, (yağışlı, sisli ve yüksek nemliliğin olduğu dönemler hariç) çok uzun bir periyod boyunca devam eden kuru çökme mekanizmasına göre, çok daha agresif yapılı ve yüksek oranda parlaklık kaybına neden olan kimyasal bir reaksiyondur.

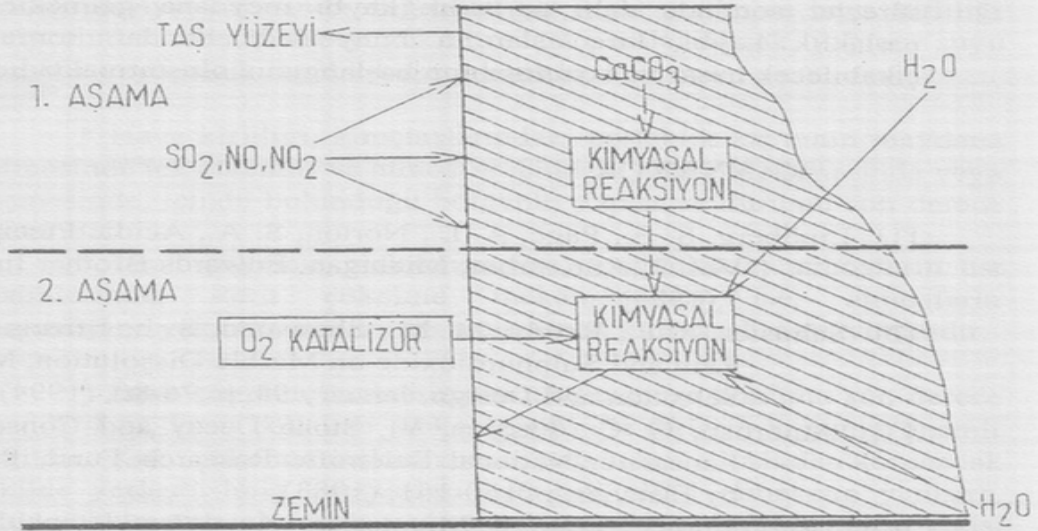
\* Kireçtaşlarının karakteristik özelliklerinin, parlaklık kaybına bir etkisi söz konusu değildir. Öyle ki, karakteristik bakımdan çok dayanıksız gibi görünen kireçtaşları, parlaklık dayanımı yönünden bunun tam tersi bir reaksiyon

gösterebilmektedir. Kireçtaşlarının kimyasal yapıları ise, karakteristik özelliklerden daha baskın olup, kireçtaşlarının parlaklık durumu ile sınırlı da olsa bir ilişkiye sahiptir.

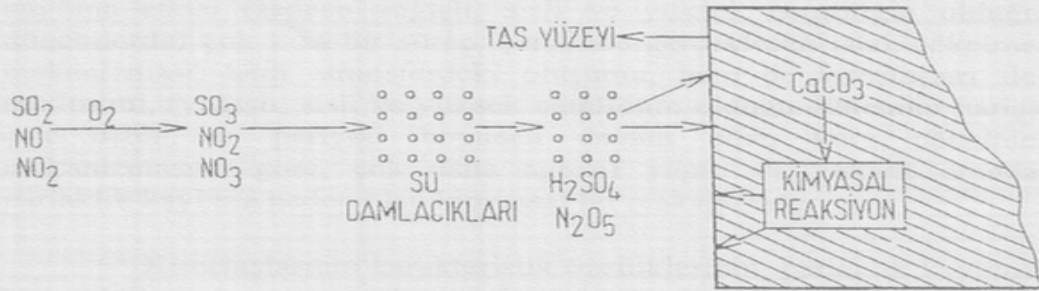
Atmosferik kirleticilerin gerek kuru çökme, gerekse ıslak çökme mekanizmalarının etkisiyle olsun, kireçtaşları üzerinde, çok kısa süreler sonunda dahi parlaklık kaybı meydana gelmekte ve bu parlaklık kaybı, kireçtaşlarının bünyesinde bundan sonra ortaya çıkabilecek hasar ve bozulmaların başlangıcını oluşturmaktadır.

### KAYNAKÇA

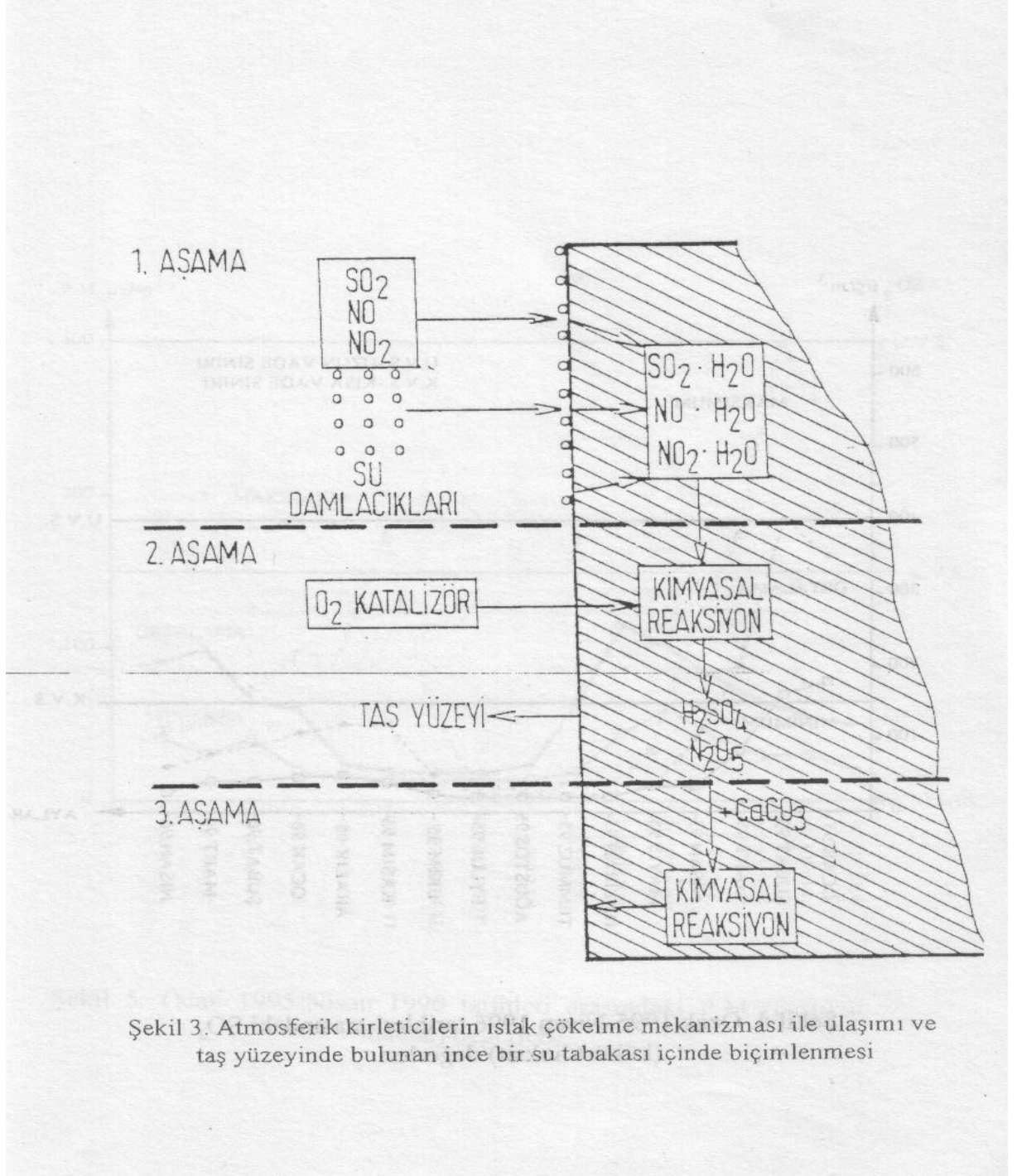
- [1] Lindberg, S. E., Page, A. L., Norton, S. A., Acidic Precipitation, Vol. 3, Ann Arbor, Michigan, (1989), Edwards Brother Inc., p. 4-5.
- [2] Schuster, P. F., Reddy, M. M., Sherwood, S. I., Effects of Acid Rain and Sulphurdioxide on Marble Dissolution, Materials Selection and Design, January 94, p. 76-80, (1994).
- [3] Amoroso, G. G., Fassina, V., Stone Decay and Conservation, Lausanne, (1983), National Scientific Research Fund, Published by Elsevier, p. 150-151.
- [4] Anonymous, Türkiye Mermerleri Kataloğu, Istanbul Maden İhracatçıları Birliği, Istanbul, (1990).
- [5] Anonymous, Eskişehir İl Çevre Müdürlüğü 1995-96 Yılı Hava Kirliliği Faaliyet Raporu, Eskişehir, (1996).

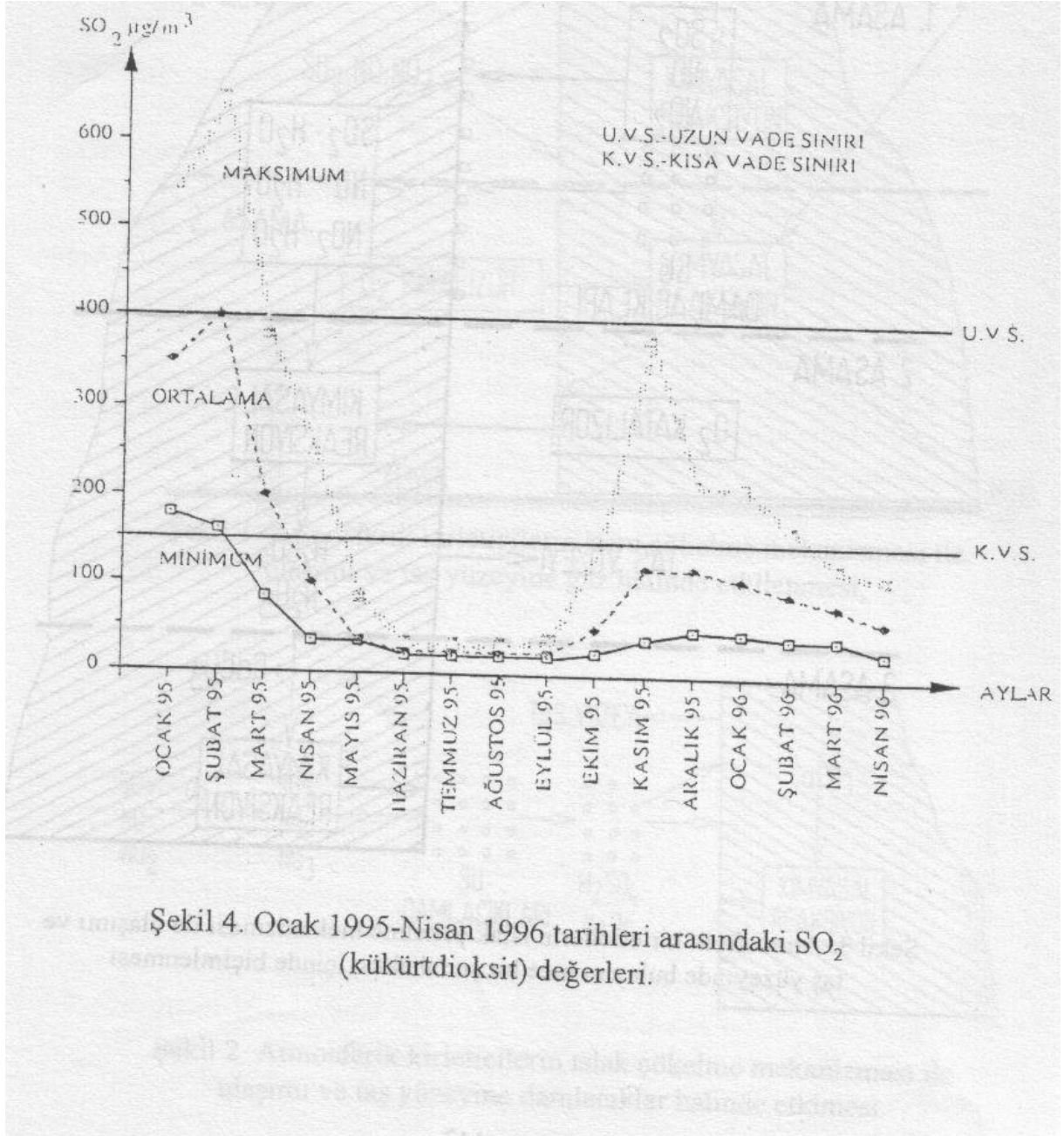


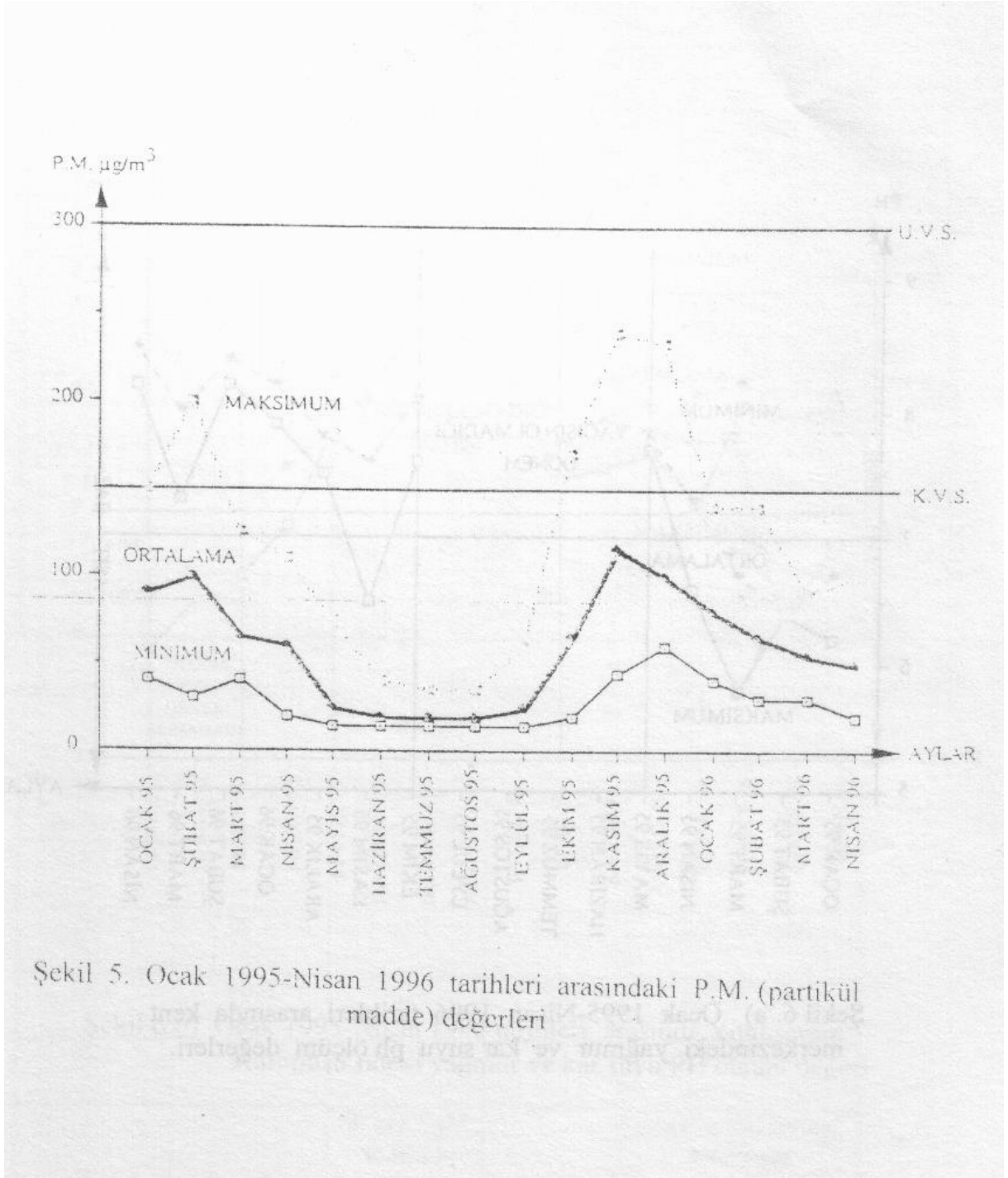
Şekil 1. Atmosferik kirleticilerin kuru çökme mekanizması ile ulaşımı ve taş yüzeyine gaz halinde etkilenmesi,



Şekil 2. Atmosferik kirleticilerin ıslak çökme mekanizması ile ulaşımı ve taş yüzeyine damlacıklar halinde etkimesi.

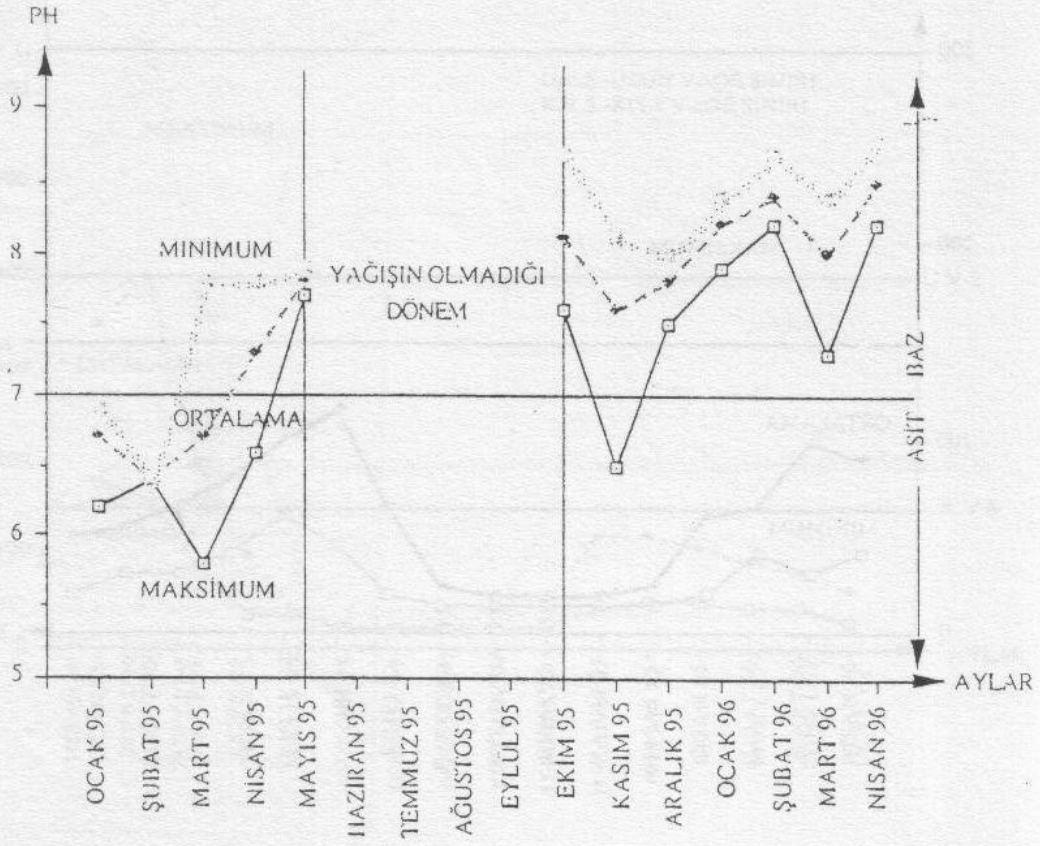




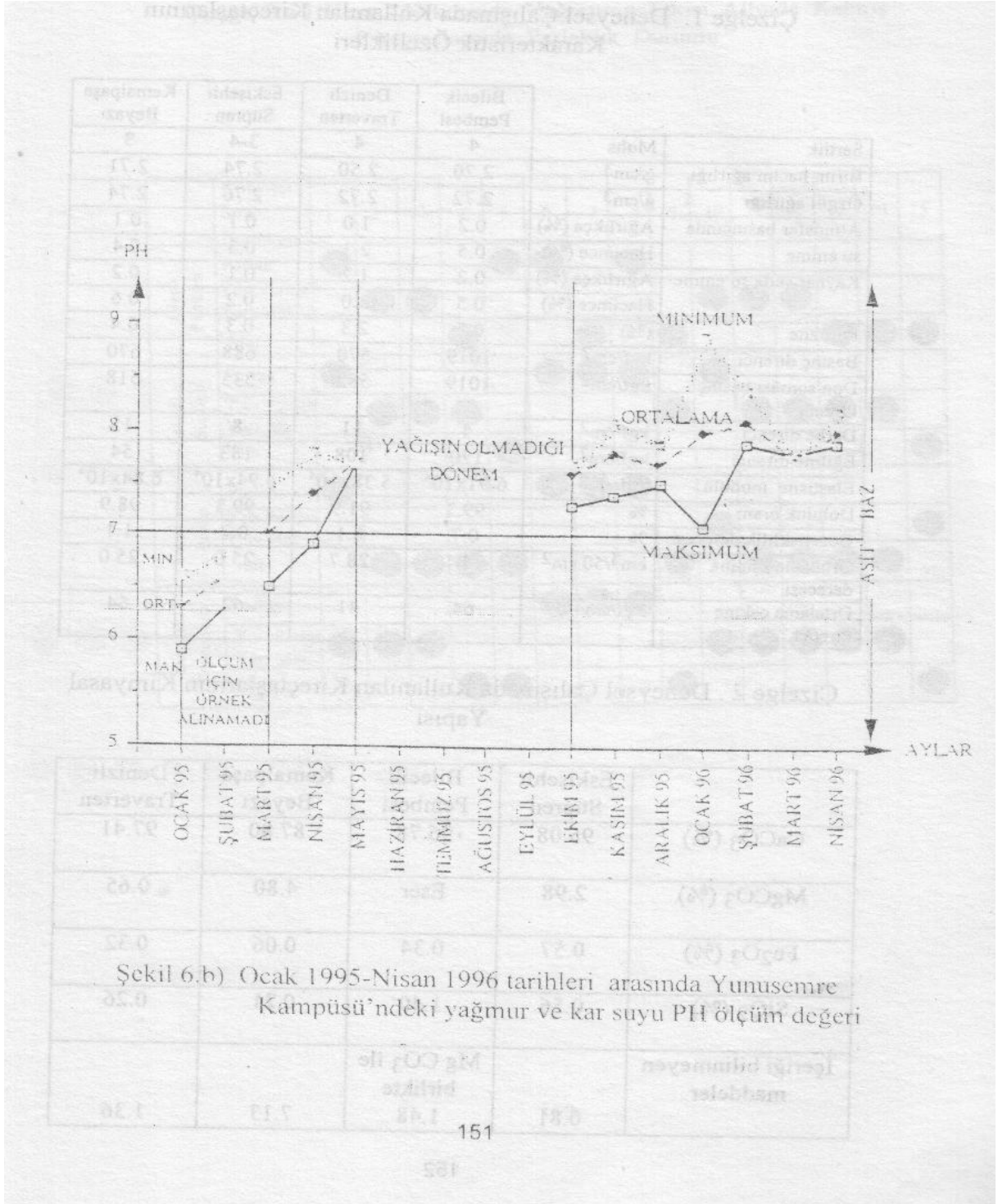


Şekil 5. Ocak 1995-Nisan 1996 tarihleri arasındaki P.M. (partikül madde) değerleri





Şekil 6. a). Ocak 1995-Nisan 1996 tarihleri arasında kent merkezindeki yağmur ve kar suyu ph ölçüm değerleri.



Şekil 6.b) Ocak 1995-Nisan 1996 tarihleri arasında Yunussemre Kampüsü'ndeki yağmur ve kar suyu PH ölçüm değeri

Çizelge 1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kireçtaşlarının Karakteristik Özellikleri

		Bilecik Pembesi	Denizli Traverten	Eskişehir Süpren	Kemalpaşa Beyazı
Sertlik	Mohs	4	4	3-4	3
Birim hacim ağırlığı	g/cm <sup>3</sup>	2.70	2.50	2.74	2.71
Özgül ağırlığı	g/cm <sup>3</sup>	2.72	2.72	2.76	2.74
Atmosfer basıncında su emme	Ağırlıkça (%)	0.2	1.0	0.1	0.1
	Hacimce (%)	0.5	2.3	0.3	0.4
Kaynar suda su emme	Ağırlıkça (%)	0.2	1.2	0.1	0.2
	Hacimce (%)	0.5	3.0	0.2	0.6
Porozite	(%)	0.5	2.3	0.3	0.4
Basınç direnci	kgf/cm <sup>2</sup>	1019	570	688	670
Don sonrası basınç direnci	kgf/cm <sup>2</sup>	1019	582	535	518
Darbe direnci	kgf/cm <sup>2</sup>	4	11	8	15
Eğilme direnci	kgf/cm <sup>2</sup>	170	108	183	54
Elastisite modülü	kgf/cm <sup>2</sup>	6.91x10 <sup>4</sup>	5.38x10 <sup>4</sup>	4.94x10 <sup>4</sup>	6.84x10 <sup>4</sup>
Doluluk oranı	%	99.3	91.9	99.3	98.9
Gözeneklilik derecesi	%	0.7	8.1	0.7	1.1
Ortalama aşınma derecesi	cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	14.1	28.7	25.0	25.0
Ortalama çekme direnci	kgf/cm <sup>2</sup>	64	41	62	64

Çizelge 2 . Deneysel Çalışmada Kullanılan Kireçtaşlarının Kimyasal Yapısı

	Eskişehir Süpren	Bilecik Pembesi	Kemalpaşa Beyazı	Denizli Traverten
CaCO <sub>3</sub> (%)	95.08	96.78	87.80	97.41
MgCO <sub>3</sub> (%)	2.98	Eser	4.80	0.65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.57	0.34	0.06	0.32
SiO <sub>2</sub> (%)	0.56	1.40	0.21	0.26
İçeriği bilinmeyen maddeler	0.81	Mg CO <sub>3</sub> ile birlikte 1.48	7.13	1.36

Çizilge 3.a) Kent Merkezinde Yağmurun Etkisi Altında Kalmış  
Kireçtaşlarında Parlaklık Durumu

Kireçtaşı Sıra Numarası	Kireçtaşı														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bilecik Pambesi	Parlak	●				●	●		●						
	Yarı Parlak		●	●						●	●	●			
	Yarı Mat				●			●		●			●	●	●
	Mat														
Eskişehir Süpren	Parlak	●					●	●	●		●				
	Yarı Parlak		●	●	●					●		●	●	●	●
	Yarı Mat														
	Mat					●									●
Kemalpaşa Beyazı	Parlak	●					●	●	●						
	Yarı Parlak									●					●
	Yarı Mat										●	●	●	●	
	Mat		●	●	●	●				●		●	●	●	
Düzce Traverten	Parlak						●	●	●						
	Yarı Parlak	●	●	●							●	●	●	●	●
	Yarı Mat														
	Mat					●	●			●					●

Çizelge 3.b) Kent Merkezinde Yağmurun Etkisinden Korunmuş Kireçtaşlarında Parlaklık Durumu

	Kireçtaşı Sıra Numarası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bilecik Pembesi	Parlak	●	●	●	●	●				●					
	Yarı Parlak Yarı Mat							●							
	Mat						●		●		●	●	●	●	●
Eskişehir Supren	Parlak	●	●	●	●	●		●		●	●				
	Yarı Parlak Yarı Mat						●		●			●	●	●	●
	Mat														
Kemaşpaşa Beyazı	Parlak	●	●		●	●		●							
	Yarı Parlak Yarı Mat			●						●					
	Mat						●		●		●	●	●	●	●
Denizli Traverien	Parlak	●	●	●	●	●		●		●					
	Yarı Parlak Yarı Mat														
	Mat						●		●		●	●	●	●	●

Çizelge 4.a) Yunuasevre Kampüsü'nde Yağmurun Etkisinde Kalmış Kireçtaşlarında Parlaklık Durumu

	Kireçtaşı Sıra Numarası	Kireçtaşı Sıra Numarası															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Bilecik Pentesi	Parlak															●	
	Yarı Parlak	●	●	●													
	Yarı Mat																
	Mat				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●
Eskişehir Süprün	Parlak						●										
	Yarı Parlak	●	●	●	●	●		●	●	●	●					●	
	Yarı Mat																
	Mat											●	●	●			●
Konyağa Bayazı	Parlak																
	Yarı Parlak	●															
	Yarı Mat																
	Mat		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Denizli Traverten	Parlak								●							●	
	Yarı Parlak	●	●									●					
	Yarı Mat																
	Mat			●	●	●	●	●	●		●		●	●		●	●

Çizelge 4.b) Yunusemre Kampüs'nde Yağmurun Etkisinden Korunmuş Kireçtaşlarında Parlaklık Durumu

	Kireçtaşı Sıra Numarası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Bilecik Pembesi	Parlak	●		●	●	●	●		●	●	●	●		
Yarı Parlak			●					●					●	●	●	●
Yarı Mat																
Mat																
Eskişehir Süpren	Parlak	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Yarı Parlak															
	Yarı Mat															
	Mat															
Karaman Beyazı	Parlak	●	●	●	●			●	●	●		●	●			
	Yarı Parlak						●	●			●			●	●	●
	Yarı Mat															
	Mat															
Denizli Traverten	Parlak	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Yarı Parlak															
	Yarı Mat															
	Mat															

Çizelge 5. Temel Faktörlerin Kuru ve Islak Çökeltme Mekanizmaları İle İlişkisi

	Islak Çökeltme Mekanizması ile İlişkisi	Kuru Çökeltme Mekanizması ile İlişkisi
Meteorolojik Faktörler	VAR	VAR
Yağmur veya Kar Suyunun PH Değerleri	VAR	YOK
Hava Kirliliği Seviyesi	VAR	VAR
Taşların İçinde Bulunduğu Bölgenin Yapısı ve Durumu	VAR	VAR
Taşların Konumu	VAR	YOK
Reaksiyon Süresi	VAR	VAR
Taşların Karakteristik Özellikleri	BELİRSİZ	BELİRSİZ
Taşların Kimyasal Yapıları	SINIRLI	SINIRLI