

ÇEVRE ZARARLARININ SAPTANMASINDA UZAKTAN ALGILAMA

Araş.Gör.Cafer SELİK

İ.Ü.Orman Fakültesi  
Orman İnşaatı ve Transportu  
Anabilim Dalı  
Büyükdere / İSTANBUL

## ÖZET

Ülkemiz doğal kaynaklarının, sanayileşmenin giderek gelişmesi ve yaygınlaşmasına paralel olarak görülür boyutlarda olumsuz bir etkileşim içinde olduğu herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Doğal kaynakların bekide en önemlisi olan ormanlar üzerinde de sözkonusu olumsuz etkileri görmek mümkündür.

Ormanlar gibi geniş alanlarda yayılış gösteren ve dinamik bir yapıya sahip olan diğer doğal kaynakların envanterinde çağdaş teknolojik olanaklardan faydalanmak kaçınılmazdır. Bu teknolojik olanaklardan birisi de "Uzaktan Algılama" dır.

Yersel çalışmaların yorucu ve zaman alıcı olmasının yanı sıra karar verme aşamasında sınırlı alansal verilerin kullanılması, kalıcı yaklaşımları ve önlemleri güçleştirmektedir. Zira yersel çalışmalar ile geniş yeryüzü kesimlerini hiç bir ayrıntı kaybetmeksizin kavramak olanaksızdır.

Uzaktan Algılama bilimi çok yönlü yararlanabilmeye olanak tanıyan bir disiplin oluşuyla, doğal kaynakların kontrolü ve envanterinde farklı meslek dallarının birlikte çalışmasına olanak tanımaktadır. Ülkenin ekonomik koşulları düşünüldüğünde, oldukça pahalı olan, konuya yönelik olarak geliştirilen yazılım ve donanım sistemlerinin ortak kullanımı ve konu çalışanları arasında sağlanacak birliktelik bu uzmanlık alanında rasyonel çalışma olanaklarını hazırlayacaktır.

Bu makalede Artvin ili Murgul ilçesinde faaliyet gösteren GÖKTAŞ Bakır üretim tesislerinin, çevre ormanlarda yapmış olduğu gaz zararları ve bu zararların Kızılötesi Renkli Filmler yardımı ile saptanması konusu üzerinde durulacaktır.

## 1. FOTOGRAFİK SİSTEMLER

Fotografik sistemler en eski uzaktan algılama sistemleridir. Yeryüzü objeleri tarafından yansıtılan ışınların gözle görülebilene ve aynı zamanda gözle görülemeyen yakın kızılötesi ışınlar (0.38-1.3 mikron) kameralar yardımıyla doğrudan doğruya fotografik emülsiyonlarla (filmlerle) saptanabilmektedir. Bilindiği gibi objelerin elektromanyetik spektrumun belirli bir alanına duyarlı emülsiyonlar kullanılarak yapılacak alımlarda oluşan güçlü kontrast, onların çevrelerinden ayrılabilmesini sağlayacağı açıktır. Bu nedenle klasik hava fotoğrafı alım yöntemlerinin yanında amaca uygun alımlar geliştirilmiştir.

### 1.1. KLASİK HAVA FOTOĞRAFI ALIMLARI

Klasik hava fotoğrafı alım kameraları ile kullanılan fotografik emülsiyonun ve kameranın özelliğine göre objeler resmedilirler. Bu alım kameraları ile yapılan alımlardan Pankromatik, Kızılötesi siyah-beyaz ve normal renkli fotoğraf alımları klasik yöntemler olarak tanımlanırlar. Alımlarda kullanılacak kamera, film türü ve filtre amaca uygun olarak seçilince, fotoğraf alım zamanı da gözönüne alınarak amaca en iyi hizmet eden fotoğraflar elde edilebilir.

### 1.2. KIZILÖTESİ RENKLİ FİMLER VE ÖZELLİKLERİ

İkinci Dünya Savaşı sonrası askeri amaçlar için geliştirilmiş olan bu film türü, günümüzde jeoloji, toprak ve özellikle ormancılık amaçlarında genel geçerliliğini kanıtlamıştır. Askeri amaçlar için kamuflajı saptamakta kullanılmasındaki teknik nitelik, ormancılık çalışmalarında da kullanılmasını olanaklı kılmıştır. Askeri amaç, yeşil boya veya kesilmiş dallar ile oluşturulan gizlenmeyi saptamaktır. Kesilmiş dalların yapraklarında oluşan biyolojik yapısal bozulma nedeniyle kızılötesi ışınların yansıtılma (remisyon) oranları da değişmektedir. Bu nedenle sağlıklı ve sağlıklı ağaçlar veya dallar, bu nitelikteki fotoğraflarda ayırte diledilmektedir.

Kızılötesi renkli filmler, çıplak gözle görülemeyen Yakın Kızılötesi (0.7-1.0 mikron) ışınlara duyarlıdır.

Bu bölgedeki ışınlar insan gözü tarafından algılanamazlar, başka bir deyimle rensizdirler. Bu nedenle yapay renklerin kullanımı sözkonusudur. Film banyosu sürecinde, bu görülemeyen ancak fotografik emülsiyon ile saptanabilen ışınlara renk verildiğinde, gözle görülen ışınlar da fiziksel renkleri dışında renk alırlar. Bu nedenle bu filmlere "YANLIŞ RENKLİ, YAPAY RENKLİ veya YANILTICI RENKLİ (FALSE COLOR PICTURES)" filmler denilmektedir.

Doğal objelere yönelik çalışmalarda, elektromanyetik spektrumun kızılötesi olarak tanımlanan bu bölümünün önemi büyüktür. Zira bu bölümde objelerin remisyon değerleri arasındaki farklılıklar, onların sağlık durumlarının da saptanmasını olanaklı kı-

lar. Yani objeler bu bölümde tür ve cinslerine göre de farklı resmedildikleri gibi sağlık durumlarına göre de farklı renkler-resmedilirler. Çevre kirliliğinin giderek artması ile sanayi ülkelerinde çevre kirliliğinin kontrolü günümüzde bu tür alımlarla gerçekleştirilmekte ve ancak Orta Avrupa gibi çevre kirliliğinin çok geniş boyutlara ulaştığı bölgelerde ise uydu görüntülerinin değerlendirilmesiyle daha ekonomik çalışmalar sürdürülmektedir.

### 1.3. ORMANCILIKTA KIZILÖTESİ RENKLİ FİLMLER

Kızılötesi renkli filmlerin ormancılıkta kullanılması giderek önem kazanmaktadır. Gerek algılanan spektrum kesimi gerekse kontrastın artırılması, ormancılık amaçlarına büyük olanaklar sağlamıştır. Örneğin ağaç türlerinin saptanması, meşcerelerin sınırlandırılması, bonitet farklılıklarının saptanması gibi tanımlamalar yapılabilmektedir. Ayrıca bu özel filmler yardımıyla çeşitli nedenlerle (gaz, böcek v.s) etkilenmiş, hastalanmış, ölmüş, bitki toplulukları tanınmakta ve ayırte dilmektedir.

Kızılötesi alımların yılın çeşitli zamanlarında yapılması ile ormancılık amaçlarına en uygun fotoğraflar elde edilebilir. Örneğin, en uygun alım zamanı olan "YAZ ORTASI ALIM" larda LADİN ağaç cinsinin nasıl saptandığı şöylece açıklanabilir.

- Yaz ortası alımları, sağlıklı LADİN ağaçları  
Remisyon: Çok miktarda kızılötesi, az yeşil, kırmızı ışın yok

Işıklandırma	Foto.Renk Oluşumu	Emilir	Geçirilir
Çok	-	Hiç	Mavi-Yeşil-Kırmızı
Az	(Sarı)	Mavi	Mavi-Yeşil-Kırmızı
-	Erguvan	Yeşil	Mavi-Kırmızı
Fotoğrafta görünüş			Mavi-Kırmızı

- Yaz ortası alımları, sağlıksız (ibreleri solmuş) LADİN ağaçları  
Remisyon: Kızılötesi hiç yok, az yeşil, kırmızı çok

Işıklandırma	Foto.Renk Oluşumu	Emilir	Geçirilir
-	Mavi-Yeşil	Kırmızı	Mavi-Yeşil
-	Sarı	Mavi	Yeşil-Kırmızı
Çok	Yok	Hiç	Mavi-Yeşil-Kırmızı
Fotoğrafta görünüş			Yeşil

Görüldüğü gibi sağlıklı ve sağlıksız LADİN ağaçları fotoğrafik emülsiyon üzerinde farklı renklerde saptanmaktadır. Bu

renk tonları sağlık durumlarına göre değişebildiği gibi alımda kullanılan film türü, alım koşulları ve banyo tekniğinin farklılığı ile de değişebilmektedir. Nitekim KENNEWEG (1972) ve ÇAĞRI-CI (1978) bu konuda "KODAK Infra 2443" nitelikteki bir film ile yaptıkları gaz zararlarının saptanmasıyla ilgili olarak araştırmalarında renk farklarını, sağlık durumlarına göre aşağıda bulunan tablodaki gibi vermektedirler.

1-Ölmüş ağaçlar	Yeşil-Mavi
2-Aşırı zarar görmüş ağaçlar	Gri Yeşilimsi, Kahverengi, Gri Arduvaz Grisi ve Erguvan
3-Gazdan orta derecede zarar görmüş ağaçlar	Açık Gri, Portakal Rengi, Sarı
4-Gazdan orta derecede veya uzun zamandır aşırı zarar görmüş ağaçlar	Koyu Erguvan, Erguvan, Kahvemsî Erguvan
5-Gazdan etkilenmeyen veya çok az etkilenen ağaçlar	Kırmızı, Erguvan Kırmızısı, Sarımtrak Kırmızı

Araştırma sonuçlarına göre seçilecek uygun alım zamanı, örneğin ilkbahar ve sonbaharda kızılötesi emülsiyon üzerindeki yapraklı ve ibreli ağaçlar farklı renklerde resmedileceklerdir. Amaç zarar görmüş objelerin saptanması olduğuna göre, hastalık derecesine göre farklı renklerde resmedilecek objeler rahatlıkla ayırtedilecek ve tanınacaktır. Ancak hemen belirtmek gerekir ki bireylerin tanınmasında kesin yargıya varmadan yersel kontroller yapılmalıdır.

## 2. GAZ ZARARLARI

Üretim kuruluşlarından atmosfere terkedilen gaz veya duman halindeki zararlı maddeler, insanlar, bitkiler ve toprak için zararlı toz parçacıkları da taşımaktadırlar. Bu nedenle hava kirliliği "toz zararları" ve "gaz zararları" olmak üzere ikiye ayrılır. Burada araştırma konusu gaz zararları olması nedeniyle bu konu hakkında kısa bilgiler verilecektir.

Üretim kuruluşlarından atmosfere bırakılan gazların oluşturdukları zarar açısından önem sırası, kükürt dioksit, flor, ozon ve oksitlenmiş hidrokarbonlar şeklindedir. Bu sıralanan gazlardan gerek araştırma sahasında ve gerekse genelde en yaygın olanı kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gazıdır. Bu gaz türünün oluşturduğu zararlar öteden beri araştırmalara konu olmuştur. SO<sub>2</sub> gazının en önemli kaynağı Murgul örneğinde olduğu gibi bakır üretim tesisleridir. Bunun yanısıra termik santraller, çimento fabrikaları, rafineriler ve fosil yakıtları yakan tesislerden bol ölçü-

de oluşarak atmosfere karışır. Araştırma sahamızdaki fabrikanın yılda yaklaşık 30000 ton (5 milyon m3) SO2 gazını bacalarından çevresine yaydığı düşünülürse, zararın büyüklüğünü daha iyi kavramak olanaklıdır. Bunun yanısıra Almanya'da 3.4 milyon ton SO2 nin atmosfere terkedildiği bilinmektedir (WENTZEL,1961). Bu durumda Almanya'da 200000 hektarlık orman alanının SO2 den etkilendiği saptanmış bulunmaktadır. Kanada'da bir maden ocağından 18 km uzaklığa kadar yaşayan hiç bir ağacın kalmaması SO2 gazının çevre kirlenmesindeki etkinliğini kanıtlamaktadır.

### 2.1. SO2 GAZININ VEJETASYON ÜZERİNDEKİ ETKİNLİĞİ

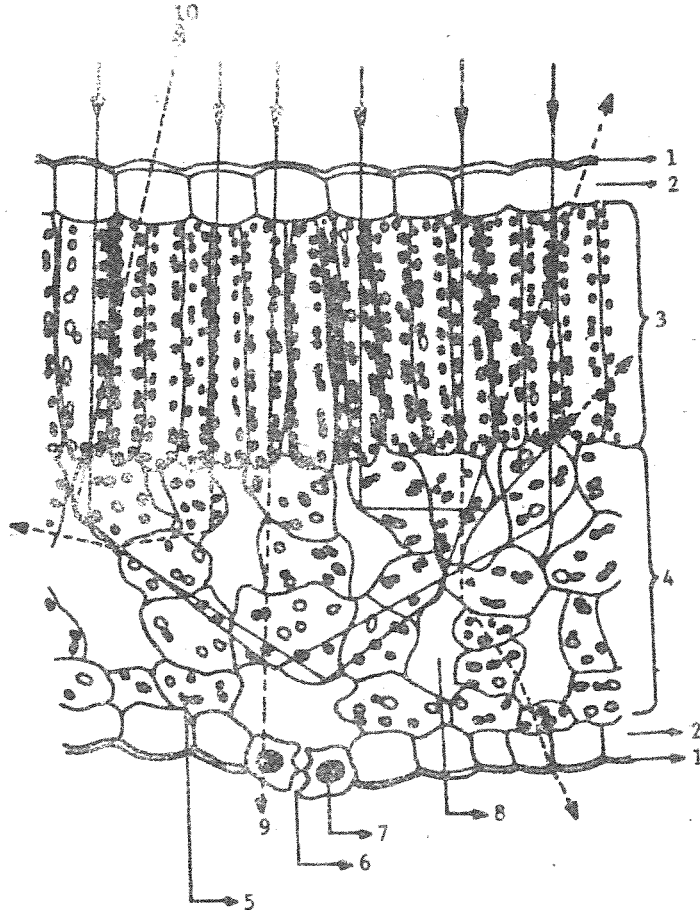
Üretim tesislerinden doğaya terkedilen gazlar, bitkinin özellikle yaprak dokularına girince, bazı enzimlerin bileşimini bozmak, klorofil hücrelerini yıpratarak, diğer madde değişimini engelleyerek, oksidasyon ve redüksiyon olayları sonucunda protoplazmayı yıpratarak zarar vermektedir (ÇEPEL, DÜNDAR, ERTAN, 1980).

SO2 gazı, stomalardan asimilasyon organlarına girince gaz konsantrasyonu yüksek ise, yaprak yapısındaki büyük hücre boşluklarını öldürebilir. O zaman (yapraklı ağaçlarda) yaprak damarları arasında gözle görülebilen kahverengi lekeler oluşur. Zararı oluşturan gazın konsantrasyonuna göre zarar şekli üç türe ayrılır (KARACA, 1977; WULLSCHLEGER, 1978).

- 1- Latent (görünmeyen, gizli) zararlar
- 2- Akut zararlar (gözle görülebilen, kısa sürede etkili olan zarar şeklidir. Lokal olarak sınırlı olup, öldürücü olabilirler.)
- 3- Kronik zararlar (uzun zaman süren etkinliğin sonunda ortaya çıkan, öldürücü olmayan fakat bazı organlarda az veya çok yıpranmaya neden olan zarar şeklidir.)

### 2.2. KIZİLÖTESİ FİLMER YARDIMIYLA GAZ ZARARLARININ SAPTANMASI

Gaz zararlarının, bitkilerin özellikle yapraklarında belirli zararlara neden olduğu belirtilmişti. Bu zararın sonucu, yaprakların mezofil tabakasında bol miktarda varolan hücreler arası boşluklar azalır ve remisyon değerleri düşer (Şekil-1). Yaprakların remisyon yüzdelerinin farklılığı, yapılarındaki klorofil nedeniyle değil, mezofil tabakasındaki hücreler arasındaki boşluklar nedeniyle olduğu saptanmıştır. Yaprakların yapısındaki klorofil, kızılötesi ışınları tümüyle geçirmektedir.



Şekil-1 : Yeşil yaprakların kızılötesi ışınları yansıtması  
 1-Kutikula, 2-Epidermis, 3-Palizat paransimi, 4-Sünger pa-  
 ranşimi, 5-Klorofil tanecikleri, 6-Stoma, 7-Stoma hücreleri  
 8-Hücreler arası boşluk, 9-Yansımadan giden ışın, 10-Yansı-  
 yan ışın (WILLSTATTER ve STOLL, 1918).

### 3. GÖKTAŞ (MURGUL) BAKIR ÜRETİM TESİSLERİ ÖRNEĞİ

Ülkemizde bazı üretim kuruluşları, kuruluş yıllarında çevre zararlarının değerlendirilmeyişi ve başkaca ekonomik nedenlerle bitki örtüsünün en yoğun olduğu yerlerde kurulmuşlardır. Bunlar-  
 dan birisi de araştırmamıza konu olan GÖKTAŞ (Murgul) Bakır üre-  
 tim tesisleridir. Üretim tesislerinin yeri gaz zararlarının en  
 üst düzeyde oluşması için adeta seçilmiş gibidir. Kuzey-Güney  
 doğrultusunda uzanan bir vadide yer alan üretim tesislerinden  
 oluşan, SO<sub>2</sub> ağırlıklı baca gazları oldukça geniş alanlara yayıl-  
 maktadır. Kuruluşun çevresi kültür alanları ile büyük bir bölümü  
 de ormanlar ile kaplıdır. 1878 yılından 1922 yılına kadar MTA  
 Enstitüsü'nce sürdürülen kuruluşun üretim çalışmaları daha sonra  
 ETİBANK'a devredilmiştir.

Araştırma alanı olarak seçilen GÖKTAŞ Bakır üreti tesisle-

rinin çevresindeki kültür alanlarında oluşan gaz zararları oldukça geniş boyutlar kazanmış ve kuruluş, kültür alanı sahiplerine üretim tahmini üzerinden parasal ödemelerde bulunmaktadır. Ancak çevredeki ormanların işletilmesi devlete ait olduğundan, bir devlet kuruluşunun diğer bir devlet kuruluşuna zararı şeklinde yorumlanarak, sorun karşılıklı iyi niyet ölçüleri içinde çözümlenmeye çalışılmıştır. Ormanlar üzerinde oluşan gaz zararı, düzensiz işletme ve üretim yöntemleri ile de karşılanamaz boyutlara ulaşınca, Orman Genel Müdürlüğü gaz etkinlik sınırının saptanmasını istemiştir. Sözü ettiğimiz alanın oldukça geniş olması nedeniyle yersel çalışmalar ile sorunun çözümlenemeyeceği anlaşılınca, hava fotoğrafları ile çözüm aranmıştır. Daha önce belirttiğimiz gibi, doğal koşulların oluşturduğu ortam içinde vejetasyon, gaz etkinliğini yapısında gizlemekte, çıplak gözle görülür hale geldiğinde ise artık ağaçların kesilerek uzaklaştırılmasından başka çözüm kalmamaktadır. Zaten uzun yıllar bu yöntem uygulanarak, topoğrafik yapının da uygun oluşu ile hızlı bir erozyon ortamı oluşturulmuştur.

Sorunun çözümlenmesi, yapılacak ve oldukça da pahalı olan ağaçlandırma çalışmalarına ışık tutacaktır. Bu nedenle araştırmanın geniş bir alanda yapılması ve gaz etkinlik sınırlarının saptanması amaçlanmıştır.

Bu amaçla öncelikle kızılötesi emülsiyonlar (filmler) sağlanarak üretim tesislerinin çevresinde Kuzey-Güney yönünde 15 km ve Doğu-Batı yönünde 7 km boyutlarında sözkonusu alanın fotoğraflarının alımı gerçekleştirilmiştir. Alımlar esnasında "KODAK Ektacrome-Infrared Aero Film (Aerochrom)" filmi kullanılmıştır. Diğer veriler ise aşağıda verilmiştir.

- Alım kamerasının türü	: Wild RC-10
- Kamera odak uzaklığı	: 153.29 mm
- Objektif türü	: Universal Oviogon
- Fotoğraf ölçeği	: 1 / 10000 (yaklaşık ölçek)
- Boyuna bindirme	: % 60 - 70
- Enine bindirme	: % 20 - 30
- Alım tarihi	: 7 Temmuz 1976
- Alım saati	: 12:00 - 13:00 arası

Uçuş sırasında 258 alım yapılmasına karşın, deneme uçuşları ve bazı teknik nedenlerle, yorumlanmak üzere 215 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir.

### 3.1. ARAŞTIRMA ALANINDA YAPILAN YERSEL ÇALIŞMALAR

Araştırma alanında gazın atkinliği dikkate alınarak, gaz kaynağı olan fabrikadan belirli uzaklıklarda ve özellik gösteren objelerin çevreleriyle birlikte, yersel fotoğraf alımları yapılmıştır. Yersel alımlarda kızılötesi renkli filmler, normal renkli filmler ve pankromatik siyah-beyaz filmler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu filmler ile karakteristik meşcere kesitleri ve tek ağaçların alımları yapılmıştır. Böylece çok sayıda objenin havadan ve yerden farklı görüntüleri saptanmıştır. Sözü e-



dilen filmler ile aynı konumda saptanan objelerin karşılaştırılması olanağı sağlanmış ve bütün bu özel alımların karşılaştırılmasında objenin doğadaki durumu baz olarak alınmıştır.

Araştırma bölgesinde "Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü" nce tesislerden 8 ile 14 km uzaklıkta 8 adet deneme alanı alınarak fidanlar dikilmiştir. Bloklar halinde alınan deneme alanları 3'er parsel olarak, fidan türleri (gök nar, la din ve sarıçam) kur'a ile parsellere dağıtılmıştır. 3 tür fidandan 1974 Kasım ayının ilk haftasında 600 adet dikilmiştir. Bunların yanısıra, yine aynı enstitü tarafından deneme alanları çevresinden 100 cm derinliğe kadar farklı derinliklerde toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin alımı 1975-1976 yıllarında, biri kurak, diğeri ise sonbaharda yağışlı devreden sonra gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında saptanan objeler, arazide bulunduktan sonra sağlık durumlarının incelenmesi yapılmış ve şu ölçülere göre sınıflandırılmışlardır.

- 1- Tepe yapısı iyi
- 2- Kısa ibreli ancak tepe yapısı bozulmamış
- 3- Kısa ibreli ve tepe yapısı bozulmuş
- 4- Son yıl ibreleri ölmüş ve seyrek tepeli
- 5- İnce dalları ve son sürgünleri ölmüş
- 6- İskelet haline dönüşmüş ölmüş ağaçlar

### 3.2. BÜRO ÇALIŞMALARI

Fotoğraflar üzerinde ve arazide belirlenmiş olan karakteristik objeler üzerinde büro çalışmaları aşamasında renk ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Söz konusu objelerin fotoğraflık yoğunluk değerleri MACBETH TD-102 markalı densitometre cihazında ölçülmüştür. Objeler, niteliklerine göre (gözle ayırılan) farklı iki toplum oluşturmaktadırlar. Birinci toplum sağlıklı ağaçların oluşturduğu, ikinci toplum ise sağlıklı ağaçların oluşturduğu toplum olarak değerlendirmeye kabul edilmiştir. Bu işleminde amaç renk paylarının böyle bir ayrıma yeterli olup olmadığını saptamaktır. Farklı iki toplum ve her toplum için 3 ayrı değişken (kırmızı, yeşil, mavi renk değerleri) vardır. Bu durumda "Diskriminant Analizi" yönteminin uygulanması düşünülmüş ve böylece elde edilecek diskriminant fonksiyonunun (ayrım fonksiyonunun) toplumların birbirinden ayrılmasında yeterli olup olmadığı denetlenmiştir.

### 3.3. FOTOĞRAFLARIN YORUMLANMASIYLA GAZ ETKİNLİK SINIRLARININ SAPTANMASI

Yersel kontroller ile denetlenen sayısal değerlendirmeler göstermiştir ki; sağlıklı ağaçlar fotoğraf üzerinde kırmızı, erguvan kırmızısı, sarımsak kırmızı, Hastalıklı ağaçlar ise gazdan etkilenme derecesine göre,

I. Derecede zarar görenler : Yeşil-Mavi

- II. Derecede zarar görenler : Gri kahverengi, yeşilimsi gri, arduvaz grisi, kahvemsî erguvan
- III. Derecede zarar görenler : Açık gri, portakal rengi, sarı ve sarımtrak kırmızı
- IV. Derecede zarar görenler : Koyu erguvan, grimsî erguvan, kahvemsî erguvan

renklerinde resmedilmişlerdir.

Böylece oluşturulan bu sınıflardan hareketle, gaz etkinliğinin 4 farklı etki alanı şeklinde yayılış gösterdiği kabul edilerek, etki alanlarının;

I. Derecede etki alanı	1047.3 ha
II. Derecede etki alanı	786.7 ha
III. Derecede etki alanı	817.6 ha
IV. Derecede etki alanı	3797.5 ha
<hr/>	
TOPLAM	6449.1 ha

olduğu belirlenmiştir.

Bu etkinlik sınırlarının dışında, gaz zararının olmadığı söylenemez, ancak ormancılık çalışmalarını (örneğin ağaçlandırma) etkileyecek boyutlarda değildir. Önlem alınmazsa etki sınırlarının orman içine doğru ilerleyeceği doğaldır. Gerek orman varlığının yok olması, artımın azalması ve gerek erozyonla toprakların taşınması ülke ekonomisi için onarılması güç kayıpları doğurmaktadır. Kayıpların önüne geçmek için öncelikle gaz kaynağından gazın yayılışı önlenmeli ve böylece oluşan ortamda süratle onarıcı ormancılık çalışmaları sürdürülmelidir.

## KAYNAKÇA

- ÇAĞIRICI, M. (1978) : Untersuchungen zur Frage der Erkennung Klassifizierung und Inventarisierung von Kranken und abgestorbenen Kiefern in Infrarot-Farbluftbildern. (Dissertation) Freiburg.
- ÇEPEL, N. -DÜNDAR, M. ERUZ, E. (1980) : Samsun Gelemen Orman Fidanlığında Görülen Duman Zararları Üzerine Araştırmalar. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 30, Sayı 1, S. 6-42.
- ERDİN, K. (1983) : Ormancılıkta Uzaktan Algılama ve Kızılötesi Renkli Filmler ile Gaz Zararlarının saptanması. İ.Ü.Orman Fak. Yayın No: 336, İ.Ü.Yayın No: 3139 (Doçentlik tezi), İstanbul.
- KARACA, İ. (1977) : Çevre Kirliliği ve Özellikle Endüstri Artıklarının Tarım Alanlarındaki Olumsuz Etkileri. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 90, A.Ü. Basımevi.
- KENNEWEG, H. (1972) : Die Verwendung von Farb- und Infrarot-Farbluftbildern für Zwecke der Forstl. Photo-Interpretation unter besonderer Berücksichtigung der Erkennung und Abgrenzung von Kronenschaden in Fichtenbeständen. Diss., Freiburg.
- WENTZEL, K. F. (1961) : Wald und Luftverunreinigung. Die Wirkung des Waldes auf Mensch und Umwelt. Hilltrup.
- WILLSTATTER, R. STOLL, A. (1918) : Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin.
- WULLSCHLEGER, E. (1978) : Die Abschätzung von Rauchschaden im Walde Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen, 129, 3: S. 402-413.