

# Endüstriyel Alanlarda Risk Haritalarının Oluşturulması

Hakan Akçın<sup>1</sup>, Ahmet Gökhan Uzun<sup>2</sup>, Can Atalay<sup>1</sup>, Alihsan Şekertekin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak.

<sup>2</sup>ERDEMİR (Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası) T.A.Ş. Yapım ve Montaj Müdürlüğü Ölçme Başmühendisliği, Kdz. Ereğli, Zonguldak.

## Özet

*Bu çalışmada; büyük endüstriyel tesislerde kaza oluşturacak ve insan sağlığını tehlike altına alacak risk ve risk gruplarının belirlenmesi ve bunlara ilişkin risk haritalarının İnternet tabanlı CBS uygulamaları ile ele alınması amaçlanmıştır. Risk haritalarının oluşturulmasında Açık Kaynak Kodlu QGIS SAGA CBS yazılımı ve modülleri kullanılmıştır. Uygulamada GeoWeb harita desteği üzerinden ERDEMİR endüstriyel tesislerinin vektör veri yapısı, ERDEMİR T.A.Ş' nin internet üzerinde yayınladığı dokümantasyon verileri ile de öznetelik verileri oluşturulmuştur. Uygulamada endüstriyel alandaki tehlikeler; madde kaynaklı sıcaklık ve yangın, madde kaynaklı toz yayılımı, tesislerden kaynaklanan gürültü, enerji nakil hatlarından kaynaklanan elektromanyetik kirlilik, tesis içerisindeki yolların kesişimlerinde oluşan kara noktalar ve çeşitli yanıcı ve patlayıcı gaz ve sıvıların depolandığı tanklardaki patlamalar olarak belirlenmiştir. Bu tehlikelere ilişkin çalışanlarla ilişkili risk haritaları oluşturulmuştur. Son olarak bu risklere ilişkin ağırlıklandırılmış toplam risk haritası üzerinden tesisin en yüksek seviyeli risk alanları ile çalışanlar arasındaki ilişki ortaya çıkartılmış ve tesiste çalışanların %63'ünün yüksek risk altında olabileceği belirlenmiştir.*

## Anahtar Sözcükler

*Risk Haritaları, GeoWeb, Açık Kaynak Kodlu CBS, QGIS SAGA Yazılımı, Endüstriyel Tesisler.*

## 1. Giriş ve Konunun Önemi

Risk yönetim süreci; tehlikeler ile bu tehlikeler sonucu ortaya çıkan risklerin değerlendirilmesini, analizini, kontrol önlemlerinin etkili bir şekilde alınmasını ve yeni tehlikelerin oluşmaması için gerekli olan kurumsal sistemin oluşturulmasını kapsamaktadır (MEGEP, 2007). Bu bağlamda risk yönetimi geniş bir uygulama alanını kapsamakta, özellikle endüstriyel alanlarda risk yönetiminin ilkeleri, bu sektörün tüm birimlerine ayrıntılı bir şekilde uygulanabilmektedir. Endüstriyel bölgelerin etki alanı içerisindeki gerek doğal yaşam gerekse de kentsel alandaki yaşam tehlike altındadır. Genel anlamda tehlike; insana zarar veren, yapılar hasar veren, iş kaybına yol açan, çevre veya bölge üzerinde olumsuz etkiye sebep olma potansiyeli olan her şeydir. 30.06.2012 tarih ve 6331 numaralı “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu” ile 29.11.2012 tarih ve 25812 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği” kapsamında tehlike ve risk tanımlanmıştır. Bu Yasa ve yönetmeliği göre “Tehlike; iş yerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı ve iş yerini etkileyebilecek zarar ve hasar verme potansiyeli, Risk; tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalidir”.

Günümüzde, insan yaşamında risklerin kontrol altında tutulması ve yönetilmesi bir hedef, bir amaç haline gelmiştir. Günlük yaşamımızda ve işyerlerinde, büyük endüstriyel tesislerde sağlık ve güvenlik konusundaki çalışmalar için risk değerlendirmesi ve yönetiminin, ilgili işyerinin çalışma ortamına uygun olarak nasıl uygulanabileceği önemli bir konudur. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin temeli risk değerlendirmesine dayanmaktadır. Risk Değerlendirme kavramı yeni olmakla birlikte içeriği ve kullanılan yöntemler yeni değildir. Bu konuya açıklık getirmek amacıyla ILO'nun 244. toplantısında yayımlanan raporda risk yönetimi; Bir kuruluş ve çalıştırılmasındaki iş güvenliği önlemlerini iyileştirme ve sürdürmeyi başaracak tüm girişimler olarak tanımlanmıştır (Çakmak ve Uluç, 2014).

Özellikle endüstriyel alanlarda oluşan tehlikelerin belirlenmesi, risklerin tanımlanması önemli bir olgudur. Risk yönetiminde birinci yaklaşım, daha tesiste tehlike hiç oluşmadan, oluşacak tehlikenin büyüklüğü ve etkisi kestirilerek, üretimin risklerini öngörme, bunların önemine karar verme, bu riskleri azaltma veya eğer mümkünse ortadan tamamen kaldırma esasına dayanan proaktif yaklaşım söz konusudur. İkinci yaklaşım ise risklerin gerçekleşmesi sonucu meydana gelen kazanın ardından tekrar oluşmaması için kaza nedenlerini tespit etme ve çözüm arama esasına dayanan reaktif yaklaşım söz konusudur (Ceylan ve Başhelvacı, 2011). Risk, niteliksel ve niceliksel olarak da değerlendirilmektedir. Niteliksel (Kalitatif) değerlendirme tamamen sözel verilere dayalı olup, iş güvenliği uzmanının deneyimine bağlı olarak subjektif bir analiz içerir. Niceliksel (kantitatif) yöntemlerde ise tehlikeli bir olayın meydana gelme ihtimali, tehlikenin etkisi gibi değerlere sayısal değerler verilerek, bu değerlerin matematiksel ve mantıksal metotlar ile işlenmesi sonucu risk belirlenir.

Proaktif yaklaşım ve niceliksel uygulama tekniklerinden biri de CBS tabanlı risk haritalarının oluşturulmasıdır. Bu çalışmada bu konuya ilişkin örnek bir model uygulaması olarak, Ülkemizin en önemli Endüstriyel tesislerinden ERDEMİR T.A.Ş.'nin Zonguldak ili, Ereğli İlçesindeki tesisleri için Açık Kaynak Kodlu CBS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen risk değerlendirmeleri ele alınmıştır. Uygulamada; tüzel kişiliğin ve bilginin gizliliği ile kişilik haklarına müdahale açısından hukuksal bir gereklilik olarak Şirketin hizmete özel hiç bir veri ve bilgi kaynağı kullanılmamıştır. Kullanılan tüm konumsal veriler Web Harita servisleri üzerinden ortofoto harita mozaığı oluşturularak belirlenmiş, çalışanların tipi ve toplam çalışan sayısı, Şirketin internet üzerinden açık olarak yayınladığı katalogdan alınmış olup (ERDEMİR Ürün

\* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (372) 2572996 Faks: +90 (372) 2572996

E-posta: akcinh@beun.edu.tr (Hakan Akçın ), hakanakcin@hotmail.com

Katalogu, 2014), çalışanlara ilişkin olarak tesisteki sayısal dağılımlar yaklaşık olarak seçilmiştir. Tesisteki bazı birimlere ilişkin gürültü değerleri ve elektromanyetik kirlilik verileri gibi esasen mühendislik ölçmeleri ile belirlenmesi gerekli olan ancak bu çalışmada teorik olarak belirlenmiş verilerin kullanıldığı, uluslararası yayınlanmış kriterler ve değerler temel alınarak o tesis için gürültü değeri ve kirlilik değerinin literatür değeri olarak kabul edildiği bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

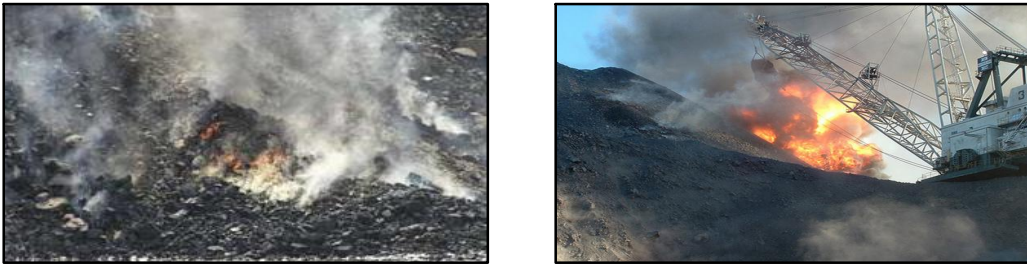
## 2. Endüstriyel Tesislerde Tehlikeleri Tanımlama

Bir endüstriyel tesiste çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından en önemli olgu, işyeri koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve sağlık riskini eğer mümkünse kaynağından kaldırmak, değilse azaltarak insan sağlığını etkilemeyen seviyeye düşürmektir. Bunu sağlamanın en önemli yolu iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemini oluşturarak risk analizleri yapmaktır. Risk analizi; ortamdaki tehlikelerin belirlenmesi ve riskin tanımlanması, riskin ölçülmesi, çözümlerin araştırılması ve koruma amaçlı stratejiler geliştirme, sistemi iyileştirme, çalışanları bu konuda bilinçlendirme ve organizasyonlar geliştirme süreçlerinin tümüdür.

Tehlike tanımlama, bu bağlamda risk yönetim sisteminin ilk ve önemli adımıdır (Kahraman, 2009). Tehlikelerin tanımlanması ile tehlikelerden kaynaklanan potansiyel zarar, kayıp ve hasar oluşturabilecek olumsuz etkiler analiz edilir ve böylece risk belirlenir. Tehlike tanımlama aşamasında kullanılan yöntemler ve ölçümler, tehlikenin endüstriyel tesis üzerindeki etki alanını ve çalışanlarla potansiyel ilişkisini en iyi şekilde anlaşılmasını sağlar. Endüstriyel alanlarda olası tehlikelerden bazıları şunlardır:

- Tesislerde stoklanan kömür, hammadde vb. yığınlardan ve bacalardan yayılan toksit madde etkisi,
- Yanıcı maddelerden kaynaklanan sıcaklık etkisi,
- Tesislerde stoklanan kömür, hammadde vb. yığınlardan yayılan toz etkisi,
- Yangın tehlikesi,
- Elektromanyetik etki,
- Tesislerde oluşan yüksek seviyeli gürültü etkisi,
- Tanklarda depolanan sıvı ve gazlara ilişkin patlama etkisi,
- Üretim araçlarının ya da tesisin yapı elemanlarının dış etkilerden veya kullanım hatasından kaynaklanan devrilme, düşme ve parçalanma etkisi,
- Tesis içi lastikli araç yolu ve raylı sistem yollarındaki kesişimlerde meydana gelecek olası kazalar.

Endüstriyel tesis alanı içerisinde stoklanan bazı hammaddeler, hurda ve çöpler ile kömür gibi fosil yakıtlar, potansiyel olarak hava ile temas halinde okside olarak (kızışarak) ortama ısı yaymakta ve bekleme zamanına bağlı olarak açık alevli yangına dönüşebilmektedir. Şekil 1'den de görüldüğü gibi, kömür havanın oksijeni ile reaksiyona girerek kızışmaya başlarken ortama Karbon Monoksit (CO) gibi zararlı gazlarda vermeye başlar (Ökten ve Yazıcı, 1984). Bu bağlamda bu tür ortamlarda çalışanlar hem yüksek sıcaklık etkisine hem de zararlı ve öldürücü toksit gazlara maruz kalırlar. Bu tür etkilerin Şekil 2'den de görüldüğü gibi; termal kamera, gaz sensörleri ya da uzaktan algılanmış termal görüntüler ve görüntü işleme teknikleri ile takip edilmesi ve koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir ( Zhang, 2004).



Şekil 1: Endüstriyel tesis stoklarında kömürün kendiliğinden yanması (Finkelman, 2006)



Şekil 2: Kömür Stok Yangınlarının termal görüntülerde ve Landsat 5 TM görüntüsü üzerinde proseslenmiş görüntüsü (Snall, 2011, Prakash vd., 2001).

Endüstriyel Tesis alanında gerek hammadde, hurda, çöp ve kömür stok sahalarından yayılan ve gerekse de tesislerdeki prosesleme sırasında ortaya çıkan parçacıklar (partiküller), havada yayılarak insan sağlığı açısından önemli bir tehlike kaynağı olmaktadır. Gerek tozuma ve gerekse ısı ile açığa çıkan bu parçacıkların çok küçük boyutta (mikron boyutunda) olması havada askıda kalmasına ve rahatça yayılmasına, çalışanlarında bunu soluması sonucu vücutlarına rahatlıkla girmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda havada Askıda Parçacık Miktarı (APM), yığınların içinde bantlı taşıma, paletli ve lastikli taşıyıcılarla liçlenmesi, rüzgarla havaya kalkması veya bacalardan salınması sonucu farklı emisyon değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Stok halde malzeme üzerinde oluşan APM meteorolojik koşullara bağlı olarak değişmekte ve modellenenmektedir. Bu modellemede en etkin parametreler en büyük rüzgâr hızı ve yönüdür. Tesisin içinde ve çevresinde çalışanlar için sağlık yönünden birçok hastalığın sebebi APM olabilmektedir (Özcan, 2009).

Toz kirliliğinin çalışanlar üzerindeki etkisini derecelendirebilmek için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan hava kalitesi indeksine göre APM'nin sınır değerlere ulaşması, çalışan sağlığı açısından tehlikeli seviyeye gelmesi anlamına gelmekte, çalışanlarda güç kaybına, kalp ve solunum rahatsızlıklarını yaşanmasına yol açmaktadır. APM'nin sürekli solunması ise KOAH ve pnömokonyoz hastalıkları ile akciğer kanseri riskini arttırmaktadır. APM' tehlikeli seviyeye geldiğinde, kesinlikle bu tür ortamlardan derhal uzaklaşılması ve maske takılması gerekmektedir. Toz dağılımının modellenmesinde kullanılan modellerden biri de kutu modelidir. Bu modelde kullanılan fonksiyon eşitlik 1'de verilmiştir (Berry ve Pistocchi, 2003).

$$Pk = Mk / (u \times B \times H) \quad (1)$$

Gürültü kirliliği de endüstriyel tesislerde çalışanlar açısından önemli bir sorundur. Gürültü, çalışanlar üzerinde fizyolojik, fiziksel ve psikolojik açıdan bir etkiye sahiptir ve aynı zamanda iş performansını azaltan bir tehlike kaynağıdır. Gürültü kirliliğinin temeli; istenmeyen ve hoşumuza gitmeyen sesin, dalgalar şeklinde havada yayılmasıdır, buna rağmen çevreyi kirlilettiği özelliğe sahip değildir, toprak ve suyu da kirlilemez (Maraş vd. 2011). Gürültü kirliliği, insanlar üzerinde kalıcı etki bırakabilir. Endüstriyel tesislerde gürültü 60-140 desibel (dBA) seviyelerine ulaşabilmekte ve iç kulakta kalıcı hasar ve denge kayıplarına yol açabilmektedir. Arazi şartları ve atmosfer etkileri göz ardı edildiğinde farklı gürültü kaynakları için, gürültünün mesafe ile azalmasının hesaplanmasında, noktasal kaynaklar için eşitlik (2) kullanılabilir (Rao ve Wooten, 1980);

$$L_1 - L_2 = 20 \times \log (r_2 / r_1) \quad (2)$$

Burada;  $L_1$   $r_1$  mesafedeki (m) gürültü düzeyi (dBA),  $L_2$   $r_2$  mesafedeki (m) gürültü düzeyi (dBA),  $r_1$  ölçüm yapıldığı noktanın kaynağa olan uzaklığı (m),  $r_2$ , mesafesi ise gürültünün azalmanın da belirlenen mesafedir (m).

Endüstriyel tesislerdeki diğer bir tehlike kaynağı içinde sıvı veya gaz bulunan tanklarda yüksek sıcaklık ya da tankların imalatındaki hatalardan dolayı meydana gelen patlamalardır. Bu tanklara ilişkin olarak Ocak 2001 yılında çıkan TS11939 standartları çerçevesinde depolanan hacim ile koruyucu bölge genişlikleri değerleri belirlenmiştir.

Elektromanyetik alanlar, çalışma ortamlarıyla aynı yerde bulunan elektrik yükleri veya iyonlar üzerinde kuvvet uygulayarak etkileşime girerler. Çalışanların vücutlarında da biyokimyasal ortamlar ve iyonlar olduğu için endüstriyel tesislerdeki elektrik iletim ve dağıtım hatları, kablolu haberleşme araçları ve her türlü elektrik elektronik cihaz ve donanımın yaydığı elektromanyetik alan insan vücudunu etkileyerek tehlike yaratmaktadır (Türkkan, 2012). Özellikle Sanayi tipi yüksek gerilim hatları altında ve yakınında çalışanların fizyolojik bozukluklar yaşadığı, güç yitimi yaşadıkları ve kanser riski taşıdıkları bilinmektedir. Elektromanyetik alanlardaki etki alanları ve korunma mesafeleri her ülke tarafından ayrı ayrı belirlenmiştir. Ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 30.11.2000 Tarih ve 24246 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ne göre ve 1978 tarihli Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ne göre emniyetli yaklaşım mesafeleri belirlenmiştir. Bu hatların yatay izdüşümlerine göre yaklaşım mesafesi emniyetli mesafe olarak belirlenmektedir. İngiltere'de bu mesafe 91m, ABD'de 30m ve ülkemizde 5m'dir (Vaizoğlu, 2001).

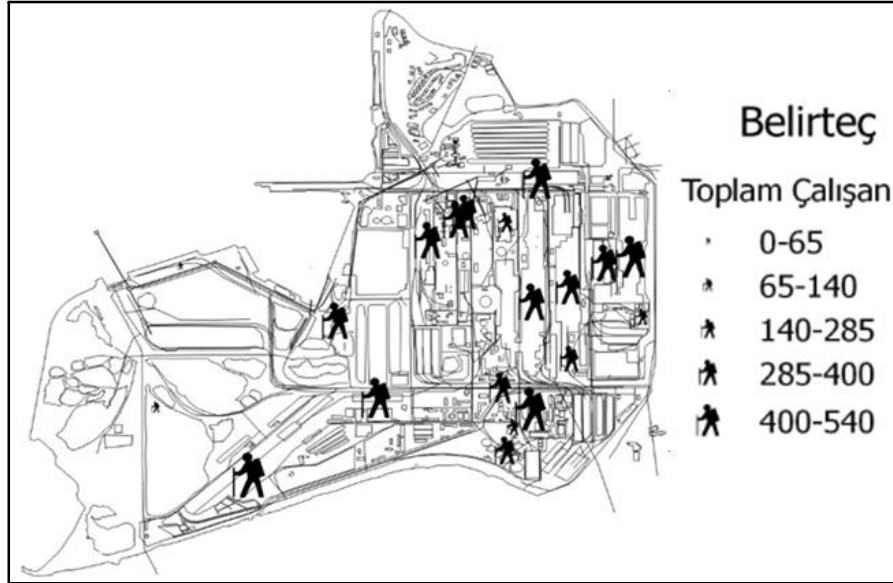
### 3. ERDEMİR Endüstriyel Tesisleri İçin Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Risk Haritalarının Oluşturulması

Çalışmada; Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası (ERDEMİR) T.A.Ş.'nin Karadeniz Ereğli'deki tesislerine yönelik risk haritalarının, proaktif yaklaşım ile niceliksel bir risk değerlendirmesi, Windows üzerinde çalışan açık kaynak kodlu QGIS SAGA yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ERDEMİR endüstriyel tesisleri için belirlenen çalışan sayıları, Eşitlik 1 ile belirlenen toz yayılım verileri, Eşitlik 2 ile hesaplanan gürültü verileri Landsat 5 TM görüntüsü üzerinden üretilen sıcaklık verileri, tesis içinde bulunan tankların konumsal merkezleri, yüksek gerilim hatları ve yol kesişim noktaları, GeoWeb harita servislerinden elde edilen ortofoto görüntü mozaığı üzerinden coğrafi olarak konumlanarak belirlenmiştir. Şekil 3'de uygulamada kullanılan görüntü mozaığı verilmiştir. Tesisin konumsal veri alt yapısı Google Earth GeoWeb harita desteği ile elde edilmiş ve bunun için değişik bir algoritma izlenmiştir. Bu algoritmada fabrika alanını kapsayan 43 adet 1:1000 ölçekli görüntü yaması, köşe noktalarına yerleştirilen işaretlerin WGS 84 -6<sup>0</sup>lik dilimde UTM koordinatları ile birlikte kesilerek NETCAD yazılımına aktarılmış, dönüşüm ve birleştirme işlemleri uygulanarak görüntü mozaığı oluşturulmuştur. Elde edilen mozaik QGIS SAGA CBS yazılımına aktarılarak risk haritalarının konumsal veri altlığı olarak kullanılmıştır. Risk haritalarının oluşturulmasında QGIS SAGA modülünde giridleme ile enterpolasyon işlemi Mesafenin Ters Algoritması kullanılmıştır.



Şekil 3: ERDEMİR Kdz Ereğli tesisleri ve risk haritalarının konumsal veri altlığı olarak üretilmiş ortofoto harita mozaïği.

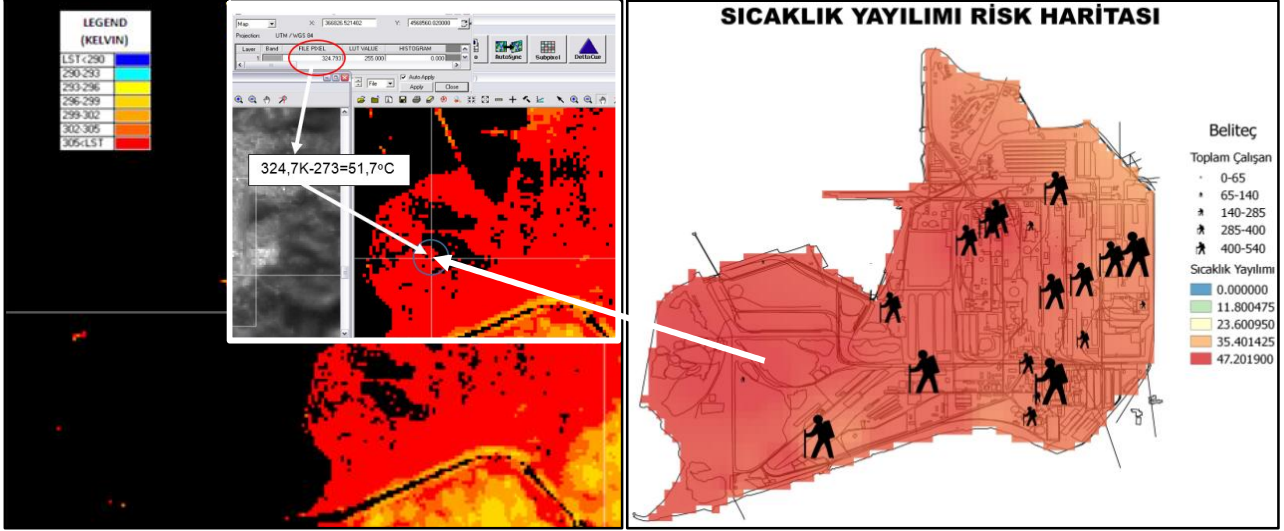
ERDEMİR endüstriyel tesisleri için uygulama alanı yaklaşık 450 hektardır. Bu tesis alanında; 2 adet liman, 2 adet sıcak haddehane, 2 adet soğuk haddehane, yüksek dereceli fırınlar, kok fabrikası, kireç fabrikası, cüruf fabrikası, çelik servis merkezi, kimyasal tanklar, cevher stok alanları, heliport, ofis binaları, ambarlar ve sosyal tesisler bulunmaktadır. Tesis alanındaki bu yapıların vektör haritası ve yapılarda çalışanların dağılımları Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4: Fabrika alanındaki yapıların vektör haritası ve çalışanların tesislere göre dağılımı.

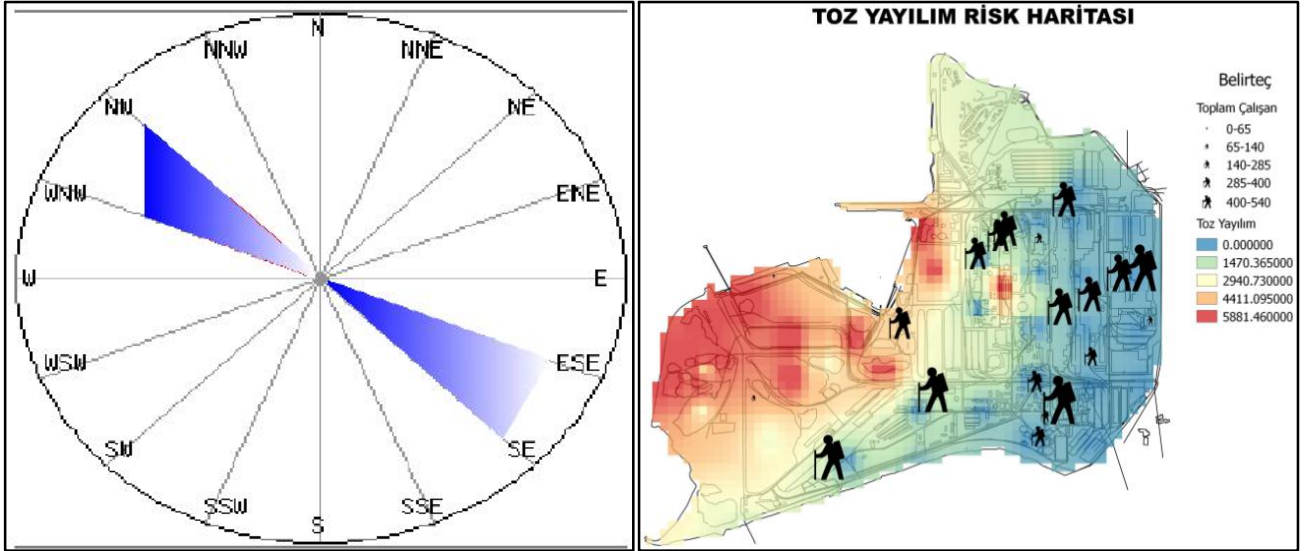
Yeryüzünde açığa çıkan ısı ya da ısınan zemin yapısı ile oluşan ısı değişimi termal bant uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama teknikleri ile belirlenebilmektedir. Günümüzde 60m’den 1,1 km mekânsal çözünürlüğe değişen uydu görüntüleri mevcuttur. NOAA, ESR-1, MODIS, TERRA, Rus RESURS, Alman yangın uzaktan algılama uydusu BIRD, Japon ASTER, ABD’nin Landsat-5 Tematik Mapper bant 6 ve Landsat-7 Tematik Mapper bant 6, sıcaklıkların yüzeyden tespitinde kullanılacak uydular ve görüntüleridir. Günümüzde gerçekleştiren test çalışmalarından ve bazı bilimsel araştırmalardan, yüzeyde ölçülen termal sıcaklıkların, termal bant uydu görüntülerinden yüksek korelasyonlu olarak elde edilebildiğini göstermiştir. Bu çalışmada tesisin sıcaklık verileri Landsat 5 uydu görüntüsünün üçüncü, dördüncü ve altıncı bantları işlenerek ve monowindow algoritması kullanılarak fabrikanın sıcaklık haritası elde edilmiştir (uygulama ile ilgili teknik bilgiler Şekertekin 2013’te ayrıntılı olarak verilmektedir). Fabrika alanının yer yüzey sıcaklık haritası (K cinsinden) ve çalışanlarla ilişkisi ( $^{\circ}\text{C}$  cinsinden) Şekil 5’te verilmiştir. Yer yüzey sıcaklık verilerinin CBS tabanlı yayılım analizi sonucu dış ortam ısısı olarak en yüksek sıcaklık değeri, beklenin aksine sıcak haddehane civarında değil, 51,7 $^{\circ}\text{C}$  ile kömür stok alanlarında çıkmıştır. Bu sonuç Şekil 1 ve Şekil 2 ile açıklanan durumu doğrulamaktadır.





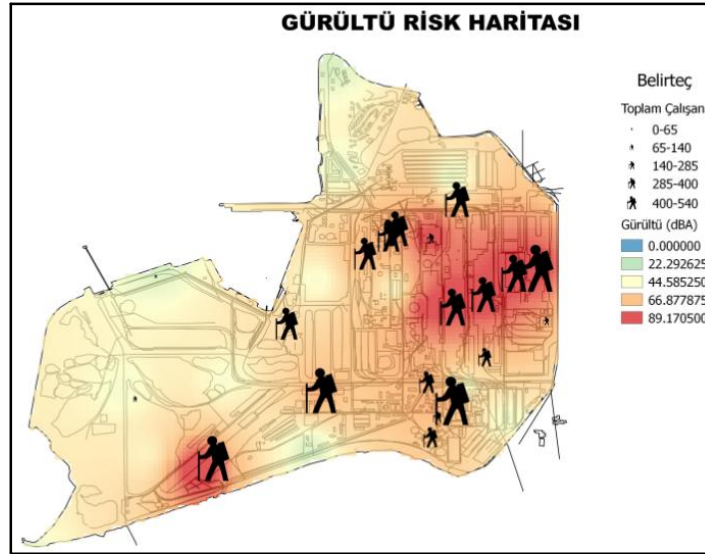
Şekil 5: Fabrika alanının yer yüzey sıcaklık ve sıcaklık yayılımı risk haritası.

Fabrika alanındaki toz yayılımının modellenmesi ve risk haritalarının oluşturulmasında, kütle giriş oranı cevher, hammadde ve hurda stok alanlarında yoğunluklarına göre kestirilmiştir, tozun çıktığı yükseklik 50 metre olarak kabul edilmiştir. Atmosferik değişiklikler ve topoğrafya değişiklikleri dikkate alınmamıştır. Zonguldak Valiliği İl ve Şehircilik Müdürlüğünden alınan yıllık ortalama rüzgâr hızı 2,4 m/s, güneydoğu hâkim rüzgâr yönündedir. Karadeniz Ereğli'ye ait yıllık ortalama rüzgâr yönü ve QGIS SAGA yazılımından elde edilen toz yayılımı risk haritası Şekil 6'da verilmiştir.

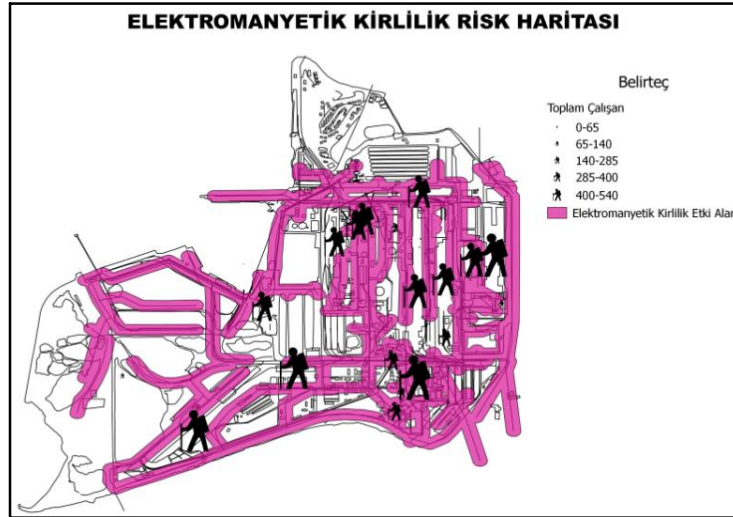


Şekil 6: Fabrika alanındaki hâkim rüzgâr yönü ve toz yayılım risk haritası.

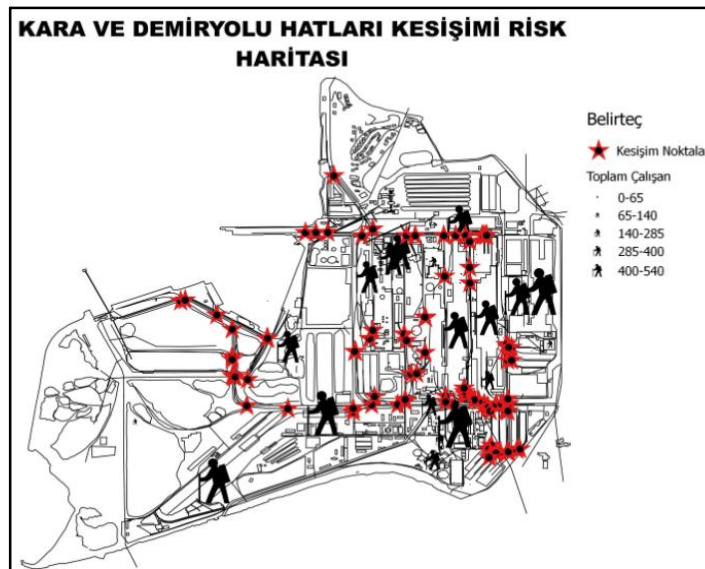
Gürültü kirliliği için benzer endüstriyel tesislerde yapılan ölçümler ve uluslararası standartlar çerçevesinde belirlenen sınır değerler taban alınarak 70-120 dBA arasında çalışma alanına uygulanmış ve Şekil 7'de verilen gürültü risk haritası oluşturulmuştur. Elektromanyetik kirlilik risk haritasının oluşturulması için ise 1965'de bir Amerikan Firması tarafından inşa edilmiş olması nedeniyle, ABD standartlarında uygulanan 30m yatay izdüşüm yaklaşım mesafesine göre vektör harita üzerinde yüksek gerilim hatlarına tampon bölge uygulaması yapılmış ve Şekil 8'de verilen elektromanyetik kirlilik risk haritası oluşturulmuştur. Benzer bir uygulama olarak vektör harita üzerinde lastikli taşıyıcılar yol ağı ve raylı sistem yol ağı üzerinde kaza riski yüksek yol kesişim noktaları "kara nokta" olarak belirlenmiş kara ve demiryolu hatları kesişim risk haritası oluşturulmuştur. Şekil 9'da elde edilen risk haritası verilmiştir. Son olarak fabrika alanında bulunan birçok kimyasal madde, hidrojen, metan, bütan, LPG gibi tanklara ilişkin tank patlama risk haritası oluşturulmuştur. Bu analizde TS11939 tank yaklaşım mesafeleri dikkate alınarak tampon bölge uygulaması gerçekleştirilmiş ve Şekil 10'da verilen tank patlama risk haritası elde edilmiştir.



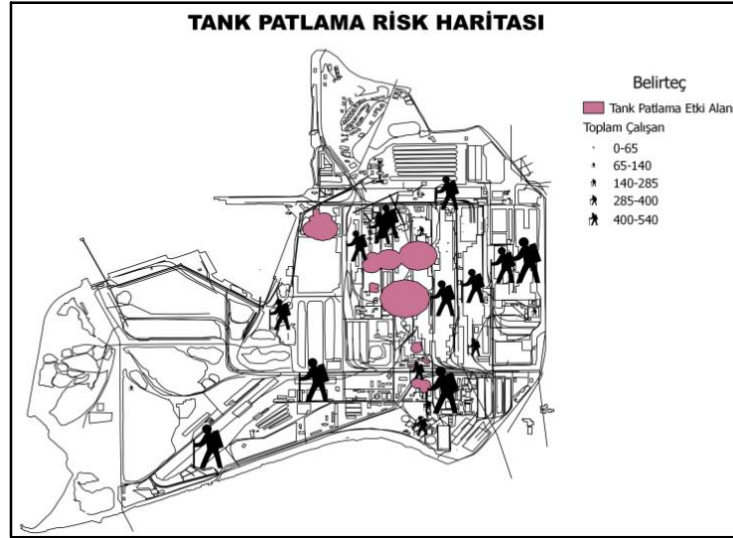
Şekil 7: Fabrika alanı gürültü risk haritası.



Şekil 8: Fabrika alanı elektromanyetik kirlilik risk haritası.



Şekil 9: Fabrika alanı kara ve demir yolu hatları kesişim risk haritası.



Şekil 10: Fabrika alanı tank patlama risk haritası.

Elde edilen altı farklı risk gurubu değerlendirildiğinde ERDEMİR fabrika alanının toplam risk haritasını elde etmek için sonuç analiz işlemi uygulanmıştır. Uygulamada fabrika alanını içine alan her bir grid karesine altı farklı risk gurubu için 0'dan 100'e kadar puanlama yapılmış ve her bir risk gurubu için atanan ağırlık değerleri ile ağırlıklı puanlar belirlenmiştir. Uygulamada ele alınan endeks değerleri tablo 1'de verilmiştir. Her bir grid için elde edilen toplam risk ağırlıklı puanları mesafenin tersi algoritması ile enterpole edilerek toplam risk haritası oluşturulmuş ve çalışanların dağılımı ile ilişkilendirilmiştir ve Şekil 11'de verilmiştir.

Tablo 1: ERDEMİR fabrika alanı için toplam riski belirlemede kullanılan endeks ve sınıf puanları ile ağırlıkları.

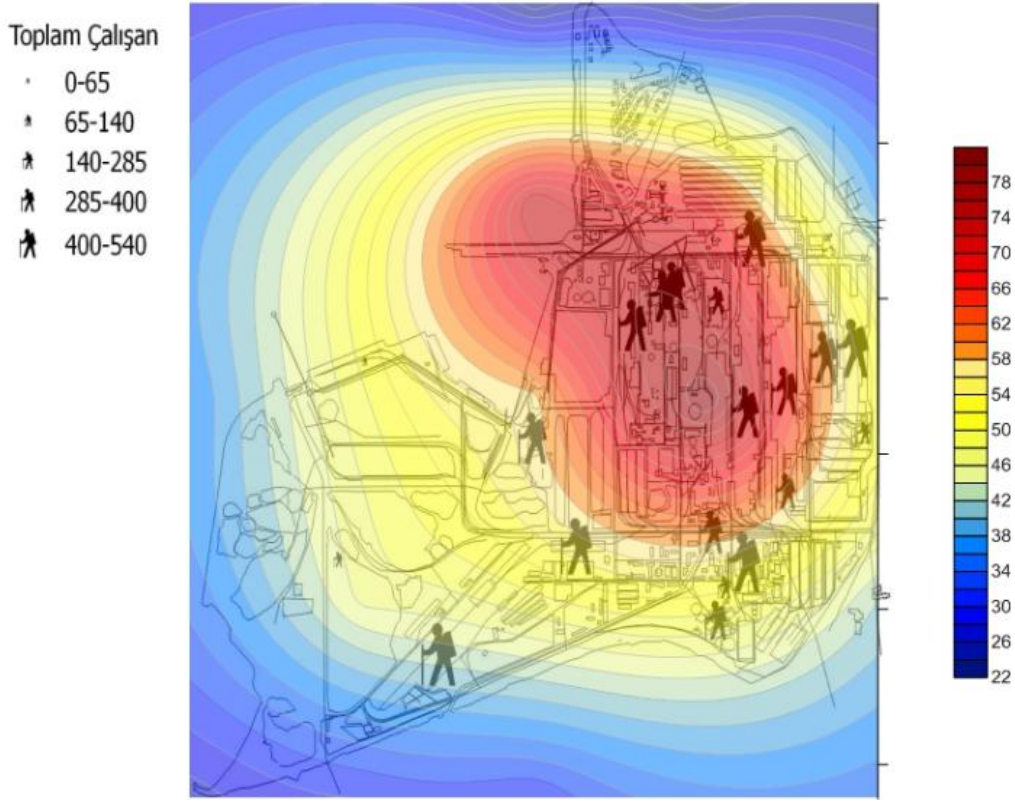
Endeks			Sınıf değeri				
Faktör seviyesi	Gösterge seviyesi		Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Faktörler	Göstergeler	Ağırlık değeri $W_G$	Endeks Puanı (1)	Endeks Puanı (2)	Endeks Puanı (3)	Endeks Puanı (4)	Endeks Puanı (5)
F	G		Sınıf Puanı (0-20 puan)	Sınıf Puanı (20-40puan)	Sınıf Puanı (40-60puan)	Sınıf Puanı (60-80puan)	Sınıf Puanı (80-100puan)
Tehlike	1. Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,15	34-37	37-39	39-42	42-44	44>
	2. Gürültü (dBA)	0,15	0-22	22-44	44-66	66-89	89>
	3. Toz ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0,15	2500-3000	3000-3500	3500-4000	4000-4500	4500>
	4. Tank patlama (%)	0,25	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
	5. Elektromanyetik K.(%)	0,15	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
	6. Yol Kesişim (adet)	0,15	0	0-2	2-4	4-6	6>
		[ ]=1,0					

ERDEMİR fabrika alanı için Risk haritası analizinde fabrika alanının bütününde çalışanların %63'nün 60-80 puan dağılımında kaldığı ve bununda Tablo 1'den yüksek risk gurubuna girdiği belirlenmiştir. CBS tabanlı analizde her bir grid için elde edilen toplam risk dağılımlarının yanı sıra risk guruplarının gritlere göre kendi içerisindeki dağılım toplamları da incelenmiştir. Risk endeks dağılımı şu şekilde oluşmuştur; sıcaklık ortalama puanı 72, gürültü ortalama puanı 61,1, toz ortalama puanı 51,7, tank patlama ortalama puanı 12,3, elektromanyetik kirlilik ortalama puanı 52,8 ve yol kesişim ortalama puanı 43,3 elde edilmiştir. Bu puanların da Tablo 1'de verilen ağırlıklarla çarpılmış ortalama endeks puanı 3 elde edilmiştir. Buna göre fabrika alanı tümü itibarıyla orta risk seviyesinde çıkmıştır. Ancak burada fabrika alanı içerisindeki tankların içindeki maddelerin yanıcı gaz sınıfındaki Benzon, Benzin,  $\text{CH}_4$  LPG olması durumunda ortalama risk endeks puanı 4 çıkmaktadır. Bu analize göre de fabrika alanı orta (2 ve 3 endeks puanı) ve yüksek (4-5 endeks puanı) risk seviyesindedir. Bu seviyelere göre değerlendirme kategorileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Endüstriyel alanlar risk değerlendirme kategorileri.

Risk Endeksi	Değerlendirme	Faaliyet
4 ve 5	Kabul edilemez risk	Bu riskle ilgili olarak fabrika yönetimi sürekli faaliyet içinde olmalı ve risklere anında müdahale edebilecek şekilde yapılmalıdır.
2 ve 3	Dikkate değer risk	Fabrika yönetimi bu riske mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edebilecek kabiliyette olmalıdır.
1	Kabul edilebilir risk	Riskler takip altında tutularak daha uzun vadede müdahale edilebilmeli ve çalışanlar sürekli eğiterek bilinçlendirmelidir.





Şekil 11:ERDEMİR fabrika alanı toplam risk haritası ve çalışanlar ile ilişkisi.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bir endüstriyel tesisteki risklerin tanımlanması ve tehlike kaynaklarının yaratacağı risklerin önceden belirlenerek kontrol altına alınması ya da bertaraf edilmesi açısından son derece önemlidir. Özellikle orta ve büyük ölçekte endüstriyel tesisler içerisinde çalışan binlerce işçi, teknik elamanın sağlığı açısından risk ölçümleri ve analizleri büyük önem arz etmektedir. Bu açıdan tesislerin bütünü için yapılacak risk analizlerinde risk haritalama yöntemi ön plana çıkmaktadır. Bu haritaların yapımında CBS tabanlı uygulamalar çalışanlarla risklerin ilişkilendirilmesi açısından oldukça etkin sonuçlar vermektedir. Gerek karar vericiler ve gerekse çalışanlar açısından Endüstriyel tesisin hangi noktasında yeni faaliyetlerin organize edilmesi açısından da önemli göstergeler oluşturmakta ve çözüm stratejilerine ışık tutmaktadır. Bu bağlamda ERDEMİR özelinde değişik algoritmalar ve kaynaklar kullanılarak proaktif risk haritalarının hazırlanabileceği bu çalışma ile gösterilmiştir.

Elde edilen risk haritalarının pek çok faydası olacağı muhakkaktır. Yapılan uygulama ile bu tesiste çalışanların toplam risk büyüklüğü açısından %63'nün yüksek risk altında olduğu belirlenmiştir. Fabrikanın genelinde ise yüksek risk seviyesiyle kabul edilemez risk kategorisinde olduğu saptanmıştır. Bu tür risk değerlendirmeleri, sistematik olarak gerçekleştirilecek tesislere özel risk ölçümleri ve analizleri ile takip edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma fabrikanın dış ortam risk değerlendirmelerini içermektedir. Yapılan değerlendirmelerde sırasıyla; tank patlama, sıcaklık, gürültü ve toz tehlikelerinin dış ortam riskleri açısından en önemlileri olduğu saptanmıştır. Ancak; gelişen geomatik uygulamaları ve teknolojileri ile iç ortam risklerinin de 3 Boyutlu CBS ile analizi edilebilmesi mümkündür ve bu tür büyük endüstri tesisleri için uygulanması önerilmektedir.

#### Teşekkür

Çalışmaya veri toplanması ve düzenlenmesi aşamasında destek sağlayan öğrencilerimiz Oğuzhan Konya ve Ozan Şafak'a teşekkürlerimizi sunarız.

#### Kaynaklar

Berry, P., Pistocchi, A., (2003). A multicriterial geographical approach for the environmental impact assessment of open-pit quarries. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 17(4), 213–226.

Ceylan H., Başhelvacı V. S., (2011), Değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: bir uygulama, *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol.3, No.2



- Çakmak, M., Uluyurt, B., (2014). Büyük endüstriyel Kazalar, Risk Değerlendirmesi ve Modelleme Çalışmaları, [www.rec.org.tr/dyn\\_files/42/4520-REC2.pdf](http://www.rec.org.tr/dyn_files/42/4520-REC2.pdf). [Erişim 15 Şubat 2015].
- ERDEMİR ürün kataloğu, (2014), [www.erdemir.com.tr/.../ERDEMiR\\_Grubu\\_Urun\\_Katalog\\_2014\\_rev1.pdf](http://www.erdemir.com.tr/.../ERDEMiR_Grubu_Urun_Katalog_2014_rev1.pdf). [Erişim 10 Mayıs 2014].
- Finkelman R. B., Belkin H. E., Centeno J. A., (2006), Health Impacts of Coal: Should We Be Concerned?, GEOTIME. [http://www.geotimes.org/sept06/feature\\_HealthImpacts.html](http://www.geotimes.org/sept06/feature_HealthImpacts.html). [Erişim 15 Şubat 2015].
- Kahraman Ö., (2009), *Bir otomobil fabrikasında İş sağlığı ve güvenliği alanında HTEA (FMEA) yöntemi ile risk analizi*, Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Maraş E. E., Maraş S. S., Maraş H. H., Alkış Z., (2011), *CBS Verilerinden Çevresel Gürültü Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Tahmin Yönteminin Analizi*, MSBHGK Harita Dergisi, Sayı 145, s.52-60, Ankara.
- MEGEP, (2007). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, *Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin güçlendirilmesi Projesi, Pazarlama ve Perakende Risk Tespit Etmek*, 50sh., pdf, Ankara.
- Ökten G. Ve Yazıcı S., (1984), *Kömürün depolanmasında karşılaşılabilecek sorunlar ve alınacak önlemler*, Madencilik dergisi, Cilt XXIII, sayı 2.
- Prakash, A., Fielding, E.J., Gens, R., van Genderen, J.L., and Evans, D.L., (2001), *Data fusion for investigating land subsidence and coal fire hazards in a coal mining area*, International Journal of Remote Sensing, v. 22, no. 6, p. 921-932.
- Rao, J., Wooten, D., (1980). *Environmental impact analysis handbook*. McGraw Hill, USA.
- Snall J., (2011), IRtalk <http://www.thesnellgroup.com/community/ir-talk/f/8/p/2034/8609.aspx>. [Erişim 15 Şubat 2015].
- Şekertekin A., (2013), *Uzaktan algılama verileri ile bölgesel çevre etkilerinin belirlenmesi: Zonguldak örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye.
- Türkkan A., (Editör), (2012), *Elektromanyetik alan ve sağlık etkileri*, Nilüfer Belediyesi Yayını, Bursa.
- Vaizoğlu, S. A., (2001), *Yüksek Gerilim Hatlarına ve Diğer Faktörlere Bağlı Düşük Frekanslı Elektromanyetik Kirlilik Durumunun ve Bazı Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhang J., (2004), *Spatial and statistical analysis thermal satellite imagery for extraction of coal fire related anomalies*, Doktora Tezi, Vienna University of Technology, Vienna.