

METEOROLOJİK ATMOSFERİK SAYISAL MODEL İLE METEOROLOJİK VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ VE DAĞILIM MODELLERİNDE KULLANILMASI

İsmail ULUSOY^{1(*)}, Selim ŞAHİN², Hüseyin TOROS²

¹Fatih Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece, 34500, İstanbul

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, 34469, İstanbul

ÖZET

Artan nüfus ve sanayileşmenin etkisi ile hava kirliliği günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenle hava kirliliğini öngörerek bu kirliliği en aza indirmeye yollarını araştırmak önem arz etmektedir. Bu çerçevede ülkemizde, planlanan yatırımlar için Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporları hazırlanmaktadır. ÇED raporlarının önemli içeriklerinden birisi de yatırımların hava kalitesine etkisinin belirlenip gerekliyse alınacak önlemlerin ortaya koyulmasıdır. Bu amaçla kullanılan en önemli araçlardan biri kirlilik dağılım modelleridir.

Kirlilik dağılım modellerinin çalıştırılması için yer seviyesi ve yukarı seviyeye (radyozonde) ait meteorolojik verilere ihtiyaç vardır. Modellerden isabetli sonuçlar almak için meteorolojik verilerin çalışma alanını temsil edebilirliği yüksek olmalıdır. Meteorolojik verilerin temsil yeteneği; verilerin çalışma alanına ait olması, topoğrafyanın karmaşıklığı, çalışma alanının meteorolojik şartlarını yansıtması ve verilerin toplandığı zaman periyoduna ait olması olarak dört faktöre bağlıdır. Bu dört madde birlikte değerlendirildiğinde meteorolojik verilerin temin edildiği istasyonun model alanına göre konumu ve alınan verinin zaman periyodu önem kazanmaktadır.

Türkiye’de sadece 8 noktada radyozonde ölçümleri yapılmaktadır. Yer seviyesi parametrelerini ölçen istasyonlar ise daha yaygındır. ÇED çalışmalarında kullanılan yukarı seviye meteoroloji verileri uzak bir noktadan, yer seviyesine ait meteorolojik veriler ise çoğunlukla en yakın istasyondan alınmaktadır ve bu mesafe bazen 50 km’nin üzerine çıkmaktadır. Bu durum meteorolojik verilerin temsil yeteneğini azaltmaktadır. Meteorolojik verilerin en yakın istasyondan alınması yerine, sayısal atmosferik model çalıştırılarak çalışma yapılan nokta için elde edilmesi mümkündür. Ayrıca sayısal atmosferik model verilerinin yersel çözünürlüğü 1 km’ye kadar düşebilmektedir, böylece verilerin temsil özelliği artmaktadır. Temsil edebilirliği yüksek verilerle kirlilik yayılım modellerinin çalıştırılması daha isabetli kirlilik dağılım haritalarının oluşturulmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada örnek bir sanayi tesisi için AERMOD kirlilik dağılım modeli, meteoroloji istasyonu ölçüm verileri ve WRF (The Weather Research and Forecasting) sayısal atmosferik model verileri ile ayrı ayrı çalıştırılarak sonuçlar karşılaştırılmış ve ÇED çalışmalarında kullanılabilirliği tartışılmıştır. Çalışma neticesinde WRF modeli ile yapılan modelleme

* iu@st.fatih.edu.tr

sonuçlarının, uzaktaki bir istasyon verisi ile yapılan modelleme sonucundan daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca dağılımların da gerçek istasyon sonucuna daha yakın olduğu gözlemlenmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Emisyon Dağılım Modeli, ÇED Raporu, AERMOD, WRF, Meteorolojik Veri

1. GİRİŞ

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED); artan sanayileşmeden kaynaklanacak çevresel sorunların öngörülmesinde ve önlenmesinde en önemli adımlardan biridir. 1969 yılında ilk olarak ABD’de Ulusal Çevre Politikası Kanunu kapsamında bahsi geçen ÇED raporu daha sonraki yıllarda AB ülkelerinde de etkin çevre yönetim aracı olarak yerini almıştır. Türkiye’de ise ilk olarak 11.08.1983’te 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun 10. Maddesiyle mevzuata giren Çevresel Etki Değerlendirme, Kanunun kabulünden 10 sene sonra 07.02.1993’te ilk ÇED Yönetmeliği olarak 21489 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Serter, 2006). ÇED çalışmaları çeşitli değişikliklere uğrayarak günümüzde 25.11.2014 Tarih ve 29186 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği kapsamında yürütülmektedir.

Yönetmeliğe göre ÇED; “Gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalar” olarak tanımlanmaktadır (ÇED Yönetmeliği, 2014) Bu tanım kapsamında ÇED çalışmaları yürütülürken, faaliyetlerden kaynaklanacak etkilerin havaya, suya, toprağa, canlı ve cansız varlıklara, sosyal, kültürel ve ekonomik hayata olan etkileri detaylı olarak değerlendirilmektedir

Hava kirliliği başta sanayi olmak üzere çeşitli kaynaklardan oluşan en önemli çevre sorunlarından biri olduğundan, ÇED çalışmalarında da önemli bir yer almaktadır. Tesislerin hava kirliliğine olası etkilerini belirleyebilmek amacıyla çeşitli yöntem ve araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlardan biri de “hava kalitesi modelleri”dir. ÇED raporlarında, yönetmelikte öngörülen hesap ve modelleme çalışmalarında uluslararası kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan hava kirliliği dağılım modelleri ve metotları kullanılması gerekmektedir (SKHKKY, 2009).

Ülkemizde ÇED raporları için hazırlanan hava kalitesi modellerinde, Amerikan Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından geliştirilen AERMOD (AMS/EPA Regulatory Model) kullanılmaktadır. AERMOD modeli, kaynaktan çıkan kirleticinin, meteorolojik ve topografik şartlar altında dağılımını veren en iyi dağılım modellerinden biridir (EPA, 2005). AERMOD modelinin çalıştırılması için, bu topografik ve meteorolojik verileri AERMOD modeline uygun haline getiren ön işlemciler kullanılmaktadır. Meteorolojik verileri programa uygun hale getiren ön işlemci ise AERMET’tir. AERMET meteorolojik ön işlemcisi, temelde iki tür veri setiyle çalışmaktadır. Bu veri setleri, yer seviyesinde 2 metre ve 10 metre yüksekliklerde ölçülen yüzey parametreleri ve atmosferin dikey profilinin yer aldığı ravinzone (radiosonde)

parametreleridir. AERMET bu iki tür veriyi kullanarak, model için gerekli olan veri setini hazırlamaktadır.

Türkiye’de yapılan ÇED raporlarında kullanılan meteorolojik verilerin temini Meteoroloji Genel Müdürlüğünden sağlanmaktadır. Ülkemizde Meteoroloji Genel Müdürlüğü altında toplam 1139 yer seviyesi rasatı ve 8 adet ravinzonde rasatı yapan istasyon yer almaktadır (MGM, 2014). ÇED çalışmalarında hem yüzey hem de ravinzonde verileri, çalışma alanına en yakın istasyondan sağlanmaktadır.

Modelde kullanılan verilerin proje sahasını temsil etmesi, model belirsizliğini azaltacaktır. Hava kalitesi modellerinde meteorolojik temsiliyet; meteoroloji istasyonunun çalışma alanına yakınlığı, topoğrafya, çalışma alanının meteorolojik şartlarına benzerlik ve verilerin toplandığı zaman periyoduna ait olması olarak dört faktörle değerlendirilmektedir (EPA, 2005). Ülkemizde ÇED çalışmalarında en yakın meteoroloji istasyonu verisinin kullanılması ise bazı durumlarda temsiliyeti azaltmaktadır. Özellikle proje yakınında istasyonun bulunmaması, bazı durumlarda 50 km uzaklıktaki meteoroloji istasyonunun verisinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Meteorolojik veriler bilhassa rüzgar yön ve şiddeti mekânsal olarak çok değişkenlik gösterdiğinden, modelde istenilen temsiliyet seviyesini düşürmektedir.

Günümüzde meteorolojik gözlem yapılmayan yerlerde hem geçmiş dönem analizleri, hem de meteorolojik tahminlerin yapılabilmesi amacıyla atmosferik sayısal modeller kullanılmaktadır. Bu çalışmada Atmosferik Sayısal Modellerdeki gelişmeler ve doğruluk paylarındaki artıştan dolayı tesis bölgesini içine alan bir alanda yüksek çözünürlükte atmosferik sayısal model kullanımının temsil yeteneği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında, Ankara ilinde kurulması planlanan nokta kaynaklı bir tesis senaryosu için,

- I. Bulunduğu bölgedeki istasyon verisi,
- II. En yakın istasyon verisi ve
- III. Atmosferik sayısal model verisi

kullanılarak AERMOD için meteorolojik veri hazırlanmış ve model çalıştırılmıştır. Senaryodaki tesis; Ankara İli Beypazarı ilçesinde 40.13 N, 32,00 E koordinatlarında, topografyanın karmaşık olduğu bir bölgede kurulacak olan bir termik santraldir.

WRF modeli, eğer önceden çalıştırılmış bir ağ sistemi kullanılmıyorsa oldukça yoğun bilgisayar gücü gerektirmektedir. Bu nedenle bu çalışmada kısa bir zaman periyodu için modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu zaman periyodu, 13 Kasım 2014-15 Kasım 2014 aralığını kapsamaktadır.

2.1 AERMOD kirlilik dağılım modeli

AERMOD; Amerikan Meteoroloji Topluluğu/Çevre Koruma Ajansı Model Geliştirme Komitesi (AERMIC) tarafından geliştirilen bir hava kalitesi modelidir. Atmosferik sınır tabaka prensibine dayalı, gauss dağılımını kullanan en modern dağılım modeli olduğu belirtilmektedir (EPA, 2005). Modelde; nokta, alan, hacim, çizgi ve benzeri bir çok kaynak türü için farklı algortimlarda hesaplar yer almaktadır. Kullanılan meteorolojik veriye bağlı

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

olarak konsantrasyonlar saatlik periyottan birkaç yıllık periyoda kadar hesaplanabilmektedir. Modelde bir ağ sistemi tanımlanmakta ve emisyonlar bu ağ sistemindeki köşe noktaları için hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada AERMOD modeli, bir termik santral bacası için SO₂ parametresinin dağılımını inceleyecek biçimde hazırlanmıştır. Çalışma alanı, baca merkezde olacak biçimde 5 km'lik kare şeklinde bir alan olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı 500 metre aralıklarla gridlere bölünerek toplam 121 nokta için saatlik ve günlük maksimum emisyonlar hesaplanmıştır.

2.2 Meteorolojik ölçüm verileri

Senaryo olarak belirlenen proje sahasına en yakın meteoroloji istasyonu; proje sahasına 7 km uzaklıkta yer alan Beypazarı Meteoroloji İstasyonu'dur. Bu istasyonda bulutluluk hariç yüzey verilerinin tamamı ölçülmektedir. Ravinzonde verileri ise proje sahasına 75 km uzaklıkta yer alan Ankara Bölge istasyonunda ölçülmektedir. Gerçek istasyon verilerinin kullanıldığı modelleme çalışmasında, Beypazarı Meteoroloji İstasyonunun yüzey verileri ile Ankara Bölge İstasyonunun ravinzonde verileri kullanılmıştır.

Bölgede meteoroloji istasyonunun bulunmaması durumunu temsil eden koşullar için yapılan modelleme çalışmasında ise yüzey verileri, bölgeye en yakın istasyon olan Akıncı istasyonundan temin edilmiştir. Ravinzonde verileri bu çalışmada yine Ankara Bölge İstasyonundan temin edilmiştir.

2.3 Atmosferik sayısal bölgesel iklim modeli WRF

WRF (Weather Research and Forecasting) atmosferik araştırmalara ve atmosferik hadiseleri tahmin etmek için tasarlanmış, yeni nesil orta ölçekli sayısal hava tahmin sistemidir. WRF paralel hesaplamayı ve sistem geliştirilmesini kolaylaştırmak için birincisi veri çözümleme sistemi ikincisi yazılım mimarisi olan iki dinamik çekirdek ile karakterize edilir. Model geniş aralıklarda, on metreler mertebesinde binlerce kilometreler mertebesi ölçeğinde meydana gelen meteorolojik uygulamaların modellemesinde kullanılabilir. WRF geliştirilmesine 1990'ların son bölümünde başlanmıştır ve temelde NCAR (National Center for Atmospheric Research), NCEP (National Centers for Environmental Prediction), FSL (Forecast Systems Laboratory), AFWA (Air Force Weather Agency) the Naval araştırma laboratuvarı, Oklahoma, and the Federal Aviation Administration (FAA) katkılarıyla tasarlanmıştır.

WRF modeli bir önceki MM5 modelin temelinde kurulmakla birlikte daha esnek, farklı uygulamalara imkan veren, değiştirilebilir bir yazılımı mümkün kılan paralel programlama içermektedir. Model, Navierstokes denklemleri temelinde üç boyutlu meteorolojik parametreleri (rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, basınç, nem, yağış vb.) hesaplamaktadır. Hem araştırma hem de operasyonel çalışmalar için son derece uygun yaklaşımlar içermektedir. WRF meteorolojik modeli hava kalitesi modellemesi kapsamında, kimyasal modeller için gerekli olan meteorolojik parametrelerin elde edilmesinde en çok tercih edilen modellerden birisidir. Başlangıç ve sınır şartlarının hazırlanması, yer ile ilgili verinin modele entegrasyonu, varsa gözlem verisinin eklenmesi ön işlemler arasında yer almaktadır.

Modelin çalıştırılması esnasında en önemli parametreler fiziksel ve dinamik süreçlerin karar verildiği kısımlardır. Bunlar içerisinde mikrofizik, kümülüs parametrelendirmesi, uzun dalga ve kısa dalga boylu radyasyon, türbülanslı sınır tabaka, yüzey tabaka, yüzey parametrelendirmesi, adveksiyon ve difüzyon ana süreçlerdir. Fiziksel ve dinamik

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

parametreler için yapılan çalışmanın amacına, grid çözünürlüğüne ve zaman adımına bağlı olarak farklı seçenekler bulunmaktadır. Yapılan çalışmanın arkasındaki fiziksel süreçlerin doğru kurgulanması ve en gerçekçi sonuçların alınması açısından modellemenin bu adımı son derece önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında, tesis kurulacak alanda bölgeyi kapsayan meteorolojik veri reanaliz doğruluk testleri yapılmış küresel veri tabanından bölgesel sayısal WRF modeli yardımıyla saatlik olarak çalışma kapsamındaki zaman diliminin verisi elde edilmiştir.

2.4 AERMOD için meteorolojik verinin hazırlanması

Çalışma kapsamında elde edilen meteorolojik istasyon verileri AERMET ön işlemcisi yardımıyla, WRF verileri ise MMIF (Mesoscale Model Interface Program) vasıtasıyla AERMOD kullanımına hazır hale getirilmiştir.

AERMET, meteoroloji istasyonundan alınan ham yüzey ve sondaj verilerini, arazi karakteristiklerini de dahil ederek sınır tabakalarını hesaplayıp derleyerek AERMOD kullanımına hazır hale getiren ön işlemci programıdır. Program çeşitli formatlardaki yüzey dosyalarını, ravinzonde dosyalarını ve varsa saha ölçüm sonuçlarını içeren dosyaları işleyerek modele hazır hale getirmektedir. Bu çalışmada yüzey verileri SAMSON meteorolojik veri formatında, ravinzonde verileri ise TD6201 meteorolojik veri formatında hazırlanarak AERMET'e verilmiş ve çalıştırılmıştır.

MMIF; sayısal tahmin modellerinin çıktılarını istenilen EPA dağılım modeline uygun formata dönüştüren bir yazılımdır (EPA, 2015). Çalışma kapsamında, belirtilen zaman periyodu için üretilen WRF model çıktısı (netcdf dosyası), MMIF modeli kullanılarak AERMOD içi hazır dosya formatına dönüştürülmüştür.

3. SONUÇLAR

AERMOD modeli 3 farklı senaryo için çalıştırılmıştır. Modelleme çalışması 120 noktada SO₂ konsantrasyonu belirlenmiştir. Her bir senaryo için bu noktaların tanımlayıcı istatistik verileri saatlik periyot için Tablo 1'de, günlük periyot için Tablo 2'de sunulduğu gibidir.

Tablo 1. Saatlik modelleme çalışmasında alıcı noktalar için istatistik verileri

	Beypazarı	Akıncı	WRF
Ortalama	79	183	53
Ortanca	21	36	12
Aralık	705	2758	693
En Küçük	1	6	0
En Büyük	706	2765	693
Say	121	121	121

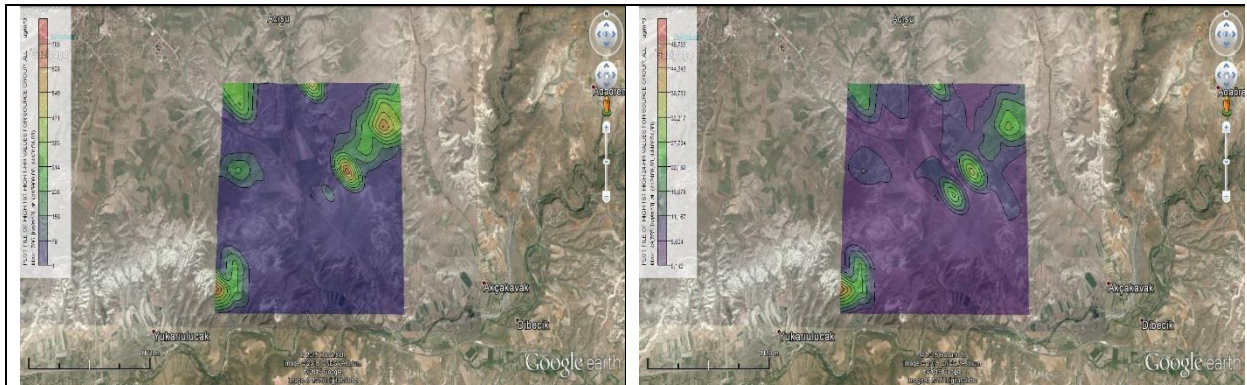
Tablo 2. Saatlik modelleme çalışmasında alıcı noktalar için istatistik verileri

	Beypazarı	Akıncı	WRF
Ortalama	6	15	5
Ortanca	3	4	1
Aralık	50	178	81
En Küçük	0	0	0
En Büyük	50	178	81
Say	121	121	121

Tablo 1’de görüldüğü üzere, Beypazarı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışması için saatlik maksimum konsantrasyon 706 iken, bu değer Akıncı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışması için 2765, WRF model çıktısının kullanıldığı modelleme çalışması içinse 693 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında saatlik ortalama konsantrasyon Beypazarı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışmasında 79 iken, bu değer Akıncı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışması için 183, WRF model çıktısının kullanıldığı modelleme çalışması içinse 53 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2 günlük maksimum değerler için istatistiksel verileri sunmaktadır. Bu tabloda görüldüğü üzere Beypazarı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışması için günlük maksimum konsantrasyon 6 iken, bu değer Akıncı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışması için 15, WRF model çıktısının kullanıldığı modelleme çalışması içinse 5 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında günlük ortalama konsantrasyon Beypazarı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışmasında 50 iken, bu değer Akıncı istasyonu verisinin kullanıldığı modelleme çalışması için 178, WRF model çıktısının kullanıldığı modelleme çalışması içinse 81 olarak hesaplanmıştır.

Modelleme sonucu elde edilen maksimum saatlik ve günlük konsantrasyon dağılımları; Beypazarı Meteoroloji İstasyonu verisi için Şekil 1’de, Akıncı Meteoroloji İstasyonu verisi için Şekil 2’de, WRF model verisi için Şekil 3’te sunulduğu gibidir.



Şekil 1. Beypazarı Meteoroloji İstasyonu Verisi İle Hazırlanan Modelleme Sonucu

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Üç farklı senaryoya göre yapılan modelleme çalışmalarında, Beypazarı Meteoroloji İstasyonu, Akıncı Meteoroloji İstasyonu ve WRF model verisi kullanılarak sonuçları sunulmuştur. Temel istatistiksel parametreler incelendiğinde, Beypazarı istasyonu verisi temel alınarak minimum, maksimum ve ortalama değerlerde WRF model verisinin, Akıncı istasyon verisinden daha yakın sonuçlar ürettiği görülmektedir. Ayrıca korelasyon analizlerine bakıldığında, bütün noktaların sonuçlarında WRF sonuçlarının Beypazarı istasyonu sonuçları ile yüksek korelasyona sahip olduğu, Akıncı istasyonunun korelasyonunun ise daha düşük olduğu görülmektedir.

Emisyon dağılım haritalarında, WRF model sonucuyla yapılan emisyon modelinde elde edilen dağılımların, Beypazarı istasyonu verisi ile yapılan modeldekine benzer dağılımlar sergilediği görülmektedir. Akıncı istasyonu verisi ile yapılan modelleme çalışmasında ise dağılımların kuzey doğu bölgesindeki emisyonları Beypazarı istasyonuna nispeten düşük hesapladığı görülmektedir.

Bu sonuçlara göre temsili istasyonun bulunmadığı bölgede WRF model sonuçlarının kullanılması, en yakın istasyon sonucunun kullanılmasından daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

5. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, planlanan bir tesis için uzaktaki bir istasyon verisi ile meteorolojik model verisi kullanılarak hava kalitesi modeli çalıştırılmış ve sonuçları tesise yakın bir istasyonun verisiyle çalıştırılan hava kalitesi modeli ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan değerlendirmede, WRF modeli sonucu ile yapılan hava kalitesi modelinin, tesisten uzakta yer alan istasyon verisinden daha iyi temsil ettiği belirlenmiştir. Ülkemizde yapılan ÇED çalışmalarında hava kalitesi modelleri, en yakın istasyondan temin edilen meteorolojik veri ile yürütülmektedir. İstasyon ağının yeterince yaygın olmaması nedeniyle tesisle en yakın istasyon mesafesi bazen 50 km'ye kadar çıkabilmektedir. Ayrıca kuş uçuşu mesafe kısa olsa bile özellikle deniz kenarına kurulan istasyonların verileri, iç bölgelerde çok yüksek rakımlardaki proje alanları için kullanılmaktadır. Bu çalışma göstermektedir ki planlanan tesis yakınında bölgeyi temsil edecek bir istasyon bulunmaması durumunda, meteorolojik model kullanımı daha gerçekçi sonuçlar vererek modeldeki belirsizliği azaltacaktır.

Meteorolojik modellerin ÇED çalışmalarında kullanımı için en az bir yıllık veri gerektiğinden, bu verilerin önceden temini amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün, üniversitelerin veya özel sektörün geriye dönük en az 5 yıllık düşük çözünürlüklü veri üretmesi, gerektiğinde yüksek çözünürlüklü uzun dönem verisini daha hızlı üretmek için önemli bir veri tabanı oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2014, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

EPA, 2005, 40 CFR Part 51 Bölüm 8.3

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015
7-9 Ekim 2015, İZMİR

EPA, 2015, http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm#aermod, Erişim Tarihi: 1 Eylül 2015

MGM, 2015, MGM-2014 Faaliyet Raporu

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2009, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Serter, G., 2006, Türkiye’de Çevresel Etki Değerlendirmesinin Tarihsel Süreçteki Gelişimi, Planlama 1, 43-52

WRF Community, 2015, <http://www.wrf-model.org/index.php> , Erişim Tarihi: 1 Eylül 2015