

**Enstitüsü** : **Fen Bilimleri**  
**Anabilim Dalı** : **Fizik**  
**Tez Danışmanı** : **Doç. Dr. Ayşegül Yılmaz**  
**Tez Türü ve Tarihi** : **Yüksek Lisans – Ocak 2012**

## **ATMOSFERDEKİ YAĞIŞA DÖNÜŞEBİLİR SU BUHARI MİKTARININ KÜRESEL KONUMLANDIRMA SİSTEMİYLE ÖLÇÜMÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **ÖZET**

Küresel konumlama sistemi (GPS) kesin bir yön bulma ve jeodezik konumlama için kurulmuştur. Sistem, yerkürenin etrafındaki yörüngede hareket eden uydulardan ve zamanı güncellemesi açısından destek istasyonlarının zemin tabanlı ağlarından oluşur.

Uydu takımından oluşan GPS, atomik saat ile kontrol edilen L bant sinyallerini yer yüzündeki alıcılara iletirler. Sinyalde meydana gelen zaman gecikmesi alıcıdaki konumunu oluşturmak için birden çok uydudan tek bir alıcıya doğru hareket eder. Sabit konumdaki GPS alıcılarından elde edilen bilgiler sinyal yolu gecikmesine birçok faktörün etkide bulunduğunu gösterir. GPS sinyal gecikmelerinin büyük bir kısmı sinyallerin iyonosfer ve nötr atmosferden geçişlerinde gerçekleşmektedir. GPS sinyalleri troposfer boyunca ilerlerken yayılım gecikmesine neden olan bir çeşit kırılmaya uğrarlar ve bunun dönüşümünde ise GPS ölçümlerinde troposferik hata ortaya çıkar. Troposfer GPS sinyallerinde saçıcı bir etki oluşturmayan bir ortamdır. Bu nedenle yayılım gecikmesi, sinyallerin frekansına bağlı değildir. Bilinen bir lokasyondaki alıcıyı ele alarak ardından uydunun bu lokasyona uzaklığı hesaplanarak anten ölçümlerinin verdiği uzaklık değerlendirilerek toplam atmosferik gecikme hesaplanmaktadır. Genellikle su buharının sebep olduğu nemin gecikmesi ile kuru hava ve su buharının karışımıyla meydana gelen hidrostatik denge olduğu düşünülen kuru gecikme arasında bir ayırım yapılmaktadır. Zaman içinde yavaş yavaş meydana gelen bu değişimin %90' ı kuru bileşenlerde meydana gelir. Kuru gecikme atmosferik şartlara özellikle basınca bağlıdır ve sadece nem gecikmesini ihmal ederek kolaylıkla toplam troposferik gecikmeden ayrıştırılabilir. Kuru gecikme zenit (başucu) yönünde 2.2 - 2.4 cm' den daha fazladır. Ancak yüzey basınç gözlemlerine dayanan yüksek doğruluk ile tahmin edilebilir.

Kuru bölümün aksine nemli olan kısım daha zamansal ve uzaysal değişkenlere sahiptir. Nem gecikmesinin bireysel uydulara olan etkileri, zenit yönünde belirlenen anten lokasyonundaki zenit ıslak gecikmesinin bir değerine 10 - 40 cm arasında değer veren karmaşık haritalandırma yöntemlerini kullanarak belirlenebilir. Öte yandan, hissedilir derecedeki su buharı içeriğinin ve bulutların bütünüyle troposfere hapsolmuş durumda oldukları bilinmektedir. Böylelikle troposfer tüm önemli hava olaylarının gerçekleştiği, yüzey ve atmosfer arasında yer alan su kaynaklarının buharlaşma ve yağış (yağmur, kar) yüzünden yer değiştirmelerin yaşandığı bölgedir.

Hava durumu tahmin kesinliğini önemli ölçüde artırmak için ise yağışa dönüşebilen su buharı (PWV) ölçümleri kullanılabilir.

Bu çalışmada troposferik nem gecikmesini biçimlendirmek için GPS gözlemlerinden elde edilen meteorolojik (GPS / MET) verilerden yararlanılarak su buharının kısmi basınç fonksiyonu için geliştirilen PWV model denklemini de kullanarak alternatif bir yaklaşım sunulmaktadır.

Çalışmada Uluslararası GPS servisinden (IGS) alınan meteorolojik (GPS / MET) verilerinin ISTA istasyonu için iyi bir biçimde aktarılmış olmasına dikkat edilerek, belirli bir yılın bütün aylarının seçilmiş günleri için veriler kullanılmıştır. Özellikle sıcaklık ve bağıl nem verileri, geliştirilen model denkleminde kullanılmak üzere uygun formata getirilmesinin ardından MATLAB programından yararlanılarak sonuca ulaşılmıştır. Sıcaklık ve bağıl nem verileri doygun kısmi buhar basınç denkleminin birimlerine uygun hale getirilmiştir. Yağışa dönüşebilen su buharı bilgisine ulaşılabilmesi için geliştirilen model denkleminde kısmi buhar basıncı faktörünün yanında hata oranını düşürmeye yönelik katsayılar kullanılmıştır. Bu katsayılar İstanbul il sınırının koordinat sisteminin enlem verilerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Aynı veri ve yöntemle zenit ıslak gecikme tahmini yapabilmek için MATLAB programında uygun formüller kullanılarak zenit ıslak gecikme verilerine ulaşabilmek için işlemler yapılmıştır. Modelin sonucu halen geçerli olan Mendes ıslak gecikme modeliyle karşılaştırılmıştır. Yapılan işlemlerin geçerliliğini test etmek amacıyla IGS- ANKR istasyonundan alınan verilerle de benzer işlemler yapıp, Mendes modeliyle kıyaslandığında sonuçların anlamlı olduğu görülmüştür.

Mendes' in ıslak gecikme modeli ve tezde oluşturulan yaklaşım model denkleminin yağışa dönüşebilen su buharı ölçümleri (PWV) elde etmek için kullanılmaktadır. PWV kısmi su buharı basıncı ile karşı karşıya getirildiğinde model denklemin sonucunun açık ve net olduğu görülmüştür. Ayrıca, kısmi su buharı verilerini nem gecikmesini (ZWD), model denklemindeki PWV ile ilişkilendirerek doğru tahmin ve hataya sebep olan faktörler hakkında bilgiye ulaşılmıştır. Geliştirilen modelin geçerli olan Mendes modeliyle aynı özelliklere ve benzer sayısal değerlere sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

**Institute** : **Institute of Sciences**  
**Department** : **Physics**  
**Supervisor** : **Assoc. Prof. Dr. Ayşegül Yılmaz**  
**Degree Awarded and Date** : **MSc – January 2012**

## **EVALUATION OF THE MEASUREMENT OF THE AMOUNT OF PRECIPITABLE WATER VAPOR IN ATMOSPHERE WITH GLOBAL POSITIONING SYSTEM**

### **ABSTRACT**

The Global Positioning System (GPS) tracking network was established to provide high precision navigation and geodetic positioning. The system consists of satellites in orbit around the earth and a ground-based network of support stations to update the ephemerides and clocks.

A constellation of GPS satellites transmit atomic-clock controlled L-band signals to receivers on the earth. Time delays of the signal travel paths from multiple satellites to a single receiver are used to establish the ground position of the receiver. Data recorded by GPS receivers at fixed locations will show signal path delays caused by a variety of effects. One class of GPS-signal delays can be directly attributed to the passage of the signals through the Earth's ionosphere and atmosphere. As the GPS signals travel through the troposphere, they are subjected to the refraction that causes propagation delay, in turn, tropospheric error in GPS measurements. The troposphere is a non-dispersive medium at the GPS frequencies, which means that the propagation delay does not depend on the frequency of the signal. By taking a receiver at a known location, then calculating the distance to a satellite's known location, and evaluating the measured distance to a satellite given by the antenna's measurements, a total atmospheric delay is calculated. Usually a distinction is made between a wet delay caused by water vapor, and a hydrostatic delay caused by a mixture of dry air and water vapor that is considered to be in hydrostatic equilibrium. Almost 90 % of the total occurs in the hydrostatic component, which varies slowly with time. The hydrostatic delay is dependent on atmospheric conditions, mainly pressure, and can easily be removed from the total tropospheric delay, leaving only the wet delay by easily modeling with the assumption of hydrostatic equilibrium to an accuracy at a millimetre level Mendes and Langley. The hydrostatic delay is much larger, 2.2 - 2.4 cm in the zenith direction. However, it can be predicted with high accuracy based on the surface pressure observations.

Unlike the hydrostatic part, the wet part has strong spatial and temporal variations. The effects of wet delays to the individual satellites are mapped to the zenith direction using sophisticated mapping functions that give one value of zenith wet delay, ZWD,

with the range can 10-40 cm, for a give antenna location. On the other hand, it is well-known that appreciable water-vapor contents and clouds are almost entirely confined to the troposphere.

Hence troposphere is the seat of all important weather processes and the region where interchange by evaporation and precipitation (rain, snow, and so forth) of water substance between the surface and the atmosphere takes place.

Recently atmospheric scientists have shown that to improve weather forecasting accuracy significantly, measurements of Precipitable Water Vapor (PWV), which is defined as the height of liquid water that would result from condensing all the water vapor in a column from the surface to the top of the atmosphere, can be used.

In this study, we present an alternative approach to model the tropospheric wet delay by using our model equation for PWV developed as a function of partial pressure of water vapor, only and GPS/MET data, a purely independent data set, instead of GPS observables.

In this study, by taking into consideration the suitability of meteorological data (GPS / MET) which has been obtained from International GPS Station (IGS), the data for a specific year's all months' s selected days is used. Especially, after making suitable temperature and relative humidity data to use in developed model, by benefitting from MATLAB programme the desired result is attained. Temperature and relative humidity data has been made suitable to equation of saturated local vapor pressure units. In the model equation which has been developed in order to reach the information of precipitable water vapor the ratio which is for reducing error rate beside local vapor pressure factor is used. The ratio is obtained by benefitting from latitude data in coordinate system of Istanbul' s provincial border. With the same data and method in order to predict zenith wet delay in MATLAB programme by using suitable formulas some operation is made. The result of the model has been compared with the available and valid result of MENDES wet delaying model. In order to test the validity of operations the same operation is made with the data which is taken from IGS- ANKR stations, and then it is seen that the results are meaningful.

Mendes' s wet delay model and the approaching model equation, which is created in this study, are used to obtain Precipitable Water Vapor measurements (PWV). When it is compared with PWV water vapor pressure it is seen that the model equation's result is loud and clear. In addition, by associating local water vapor data, wet delay (ZWD) with PWD in model equation, the information about factors, which lead to error for wrong prediction, is reached. It is learned that both ISTA station model and valid Mendes model have same characteristics and similar numerical values.