



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

**NEMLİ TOPRAK PARAMETRELERİ VE
ELEKTROMANYETİK YOLLA ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf YILMAZ

146301113

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

İstanbul, 2017



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

**NEMLİ TOPRAK PARAMETRELERİ VE
ELEKTROMANYETİK YOLLA ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf YILMAZ

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “NEMLİ TOPRAK PARAMETRELERİ VE ELEKTROMANYETİK YOLLA ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.



17.08.2017

YUSUF YILMAZ

ONAY

Tezimin/ kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumunyıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

17.08.2017

Yusuf YILMAZ

ÖZET

NEMLİ TOPRAK PARAMETRELERİ VE ELEKTROMANYETİK YOLLA ARAŞTIRILMASI

Yusuf YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Ağustos, 2017- 145 sayfa

Bu tez çalışmasında toprağın içerdiği su miktarını elektromagnetik yolla tespit edinebilmenin yolları araştırılmıştır. Bunun için zaman tabanlı reflektometri (TDR) ve frekans tabanlı reflektometri (FDR) yöntemlerini ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar incelenenmiş ve bu yöntemleri kullanarak toprağın su miktarını hesaplayan modeller kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümde toprağın elektromanyetik özellikleri açıklanmış ve literatürde toprağın su miktarını hesaplayabilmek için hangi parametrelerin kullanılabilirdiği tespit edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümde TDR yöntemi kullanarak toprağın dielektrik sabiti hesaplanmış ve hesaplanan bu dielektrik sabite göre Topp veya Malicki modellerini kullanarak toprağın hacimsel su miktarının tespiti yoluna gidilmiştir. Topp ve Malicki modelleri karşılaştırılmış ve sayısal olarak tutarlılıkları değerlendirilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde FDR kullanılmış ve bu yöntemle toprağın su miktarı tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler TDR yöntemi ile elde edilen verilerle karşılaştırılmış ve iki yöntemin sonuçlarının tutarlılığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TDR, FDR, Toprağın su miktarının hesaplanması, Dielektrik Sabiti

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOIL MOISTURE PARAMATERS BY USING ELECTROMAGNETIC WAVES

Yusuf YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Ağustos, 2017- 145 sayfa

In this thesis study, ways of determining the amount of water contained in soil by electromagnetic method have been investigated. For this purpose, studies in the literature related to time-based reflectometry (TDR) and frequency-based reflectometry (FDR) methods have been investigated and models that calculate water amount of soil using these methods have been used.

In the second part of the study, the electromagnetic properties of soil were explained and it was determined in the literature which parameters could be used to calculate the amount of water in the soil.

In the third part of the study, the dielectric constant of the soil was calculated by using the TDR method and the volumetric water amount of the soil was determined by using the Topp or Malicki models according to the calculated dielectric constant. Topp and Malicki models were compared and evaluated for their numerical consistency.

FDR was used in the fourth part of the study and the amount of water in the soil was determined by this method. The obtained data were compared with the data obtained by the TDR method and the consistency of the results of the two methods was determined.

Key Words: TDR, FDR, determination of soil water content, Dielectric constant.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca bana yardımcı olan ve tecrübeleri ile yol gösteren, tez çalışmam süresi boyunca bilgi birikimlerinden yararlandığım çok değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Osman YILDIRIM'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca öğrenim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen annem ve babama, gösterdiği hoşgörü ve sabrından dolayı ablama çok teşekkür ederim.

İstanbul, 2017

Yusuf YILMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖZET-----	v
ABSTRACT-----	vi
ÖNSÖZ-----	vii
TABLolar LİSTESİ -----	x
ŞEKİLLER LİSTESİ-----	xi
EKLER LİSTESİ-----	xii

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Problemin Tespiti -----	1
1.2. Çalışmanın Amacı -----	1
1.3. Araştırmanın Metodolojisi -----	1
1.4. Ünitelerin Planı-----	2

2. BÖLÜM

TOPRAĞIN ELEKTROMANYETİK ÖZELLİKLERİ

2.1. Toprağın manyetik özellikleri -----	3
2.2. Toprağın dielektrik özellikleri -----	5

3. BÖLÜM

TDR YÖNTEMİ

3.1. TDR yönteminin belirlenmesi-----	6
3.2. TDR Yönteminin Ortaya Çıkışı-----	7
3.3. TDR'ın yapısı-----	8
3.4. TDR kullanılarak dielektrik sabitinin hesaplanması-----	10
3.5. Kullanılması öne sürülen TDR modeli-----	12

3.6. TDR kullanarak topraktaki su içeriğinin tespit edilmesi-----	13
3.7. Dielektrik sabitten toprağın su içeriğini hesaplamak için kullanılan modeller-	14
3.8. Topp modeli-----	15
3.9. Malicki Modeli-----	18

4. BÖLÜM
NEM ORANININ TESPİTİNDE FDR KULLANIMI

5. BÖLÜM
SONUÇ

KAYNAKÇA-----	35
ÖZGEÇMİŞ-----	133

TABLolar LİSTESİ

sayfa

Tablo 2.1. Materyallerin Geçirgenlik Sabitleri.....	5
Tablo 3.1. Materyallerin Dielektrik Sabitleri.....	14
Tablo 3.2. Topp denklemine göre hacimsel su içeriği.....	17
Tablo 3.3. Dielektrik sabiti değerleri için Python kodu kullanıldığında ortaya çıkan veriler.....	17
Tablo 4.1. Evrensel toprak katsayı değerleri.....	25
Tablo 4.2. King ve Smith'in kitaplarında yayınladıkları deneysel frekans dielektrik sabit değerleri.....	26
Tablo 4.3. İterasyon Sayısı, Hesaplanan Dielektrik Sabiti değeri ve ölçekleme kat sayısı.....	28
Tablo 4.4. Yöntemler ve Hesaplanan Nem Oranları.....	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

	sayfa
Şekil 3.1. TDR sistem konfigürasyonu.....	8
Şekil 3.2. Toprak için kullanılan TDR sisteminin bir görüntüsü.....	8
Şekil 3.3. İkili veya üçlü probe içeren sistemler.....	9
Şekil 3.4. Taşınabilir bir TDR aleti.....	10
Şekil 3.5. Öne sürülen TDR Modeli.....	12
Şekil 3.6. Çeşitli dielektrik sabitlerinde Topp'un denklemine göre hacimsel su oranı.....	16
Şekil 3.7. Dielektrik sabite göre nem oranı ve elektromanyetik dalganın iletim süresi.....	16
Şekil 3.8. Topp ve Malicki Denklemlerine Göre Dielektik Sabit Değerler.....	19
Şekil 3.9. Malicki ve Topp'un denklemlerine göre topraktaki su oranı ve dielektrik sabit grafiği.....	20
Şekil 4.1. Dielektrik Sabit vs Frekans.....	22
Şekil 4.2. Evrensel Toprak Dielektrik vs Frekans Grafiği.....	24
Şekil 4.3. Frekans vs Dielektrik Sabiti Gerçek Değerleri.....	26
Şekil 4.4. Ölçekleme katsayısı ve frekans grafiği.....	29
Şekil 4.5. Hacimsel neme göre ölçekleme oranı.....	30
Şekil 4.6. Ölçeklenmiş Frekans ve Dielektrik Sabiti Grafiği.....	31

EKLER LİSTESİ

sayfa

Ek-1. Python Kodları.....	34
Ek-2. Datalar.....	47



1.BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Problemin Tespiti

Elektromagnetik dalgalar yardımı ile yeryüzü toprak özellikleri, yeryüzü bitki örtüsü özelliklerinin ortaya çıkarılması veya ortam bünye parametrelerinin tespiti ve benzeri problemler çözülmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, öncelikle literatürde yer alan elektromagnetik dalgalar kullanan yöntemler araştırılmıştır. Özellikle Topp, Malicki, Longmire ve Smith modelleri yardımı ile toprak katmanının içindeki su miktarının ölçüldüğü problemler incelenmiştir. Topp ve Malicki modellerinde zaman tabanlı reflektrometri(TDR) kullanıldığı Longmire ve Smith modelinde ise frekans tabanlı reflektrometri(FDR) kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışma ile, sözü edilen modellerin birbiri ile kıyaslaması TDR ve FDR yöntemleri ile tutarlılığının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.3. Araştırmanın Metodolojisi

Topp ve Malicki Modelleri için aynı empedans değerinde aynı sonuçların elde edilip edilmediğini araştırmak için;

- Geniş bir dielektrik sabiti aralığı için Topp modeli ve Malicki modeli kullanılarak topraktaki su miktarı oranları hesaplandı. Bu hesaplamalardan elde edilen grafiklerin Topp ve Malicki modellerinin tutarlı olduğunu gösterdiği belirlendi.
- Deneysel olarak elde edilmiş dielektrik sabiti değeri Topp Modelinde ve Malicki modelinde ayrı ayrı hesaplandı.
- Deneysel olarak elde edilmiş dielektrik sabiti Longmire ve Smith in modeli kullanılarak hesaplandı.

- Longmire ve Smith modeli kullanılarak FDR yöntemi ile hesaplanan su oranı Topp ve Malicki modeli kullanılarak TDR yöntemi ile elde edilen TDR verilerinin uyumluluğu araştırıldı.

1.4. Ünitelerin Planı

Tezin birinci bölümünde giriş, ikinci bölümünde toprağın elektromagnetik özellikleri yer almıştır. İkinci bölümde toprağın magnetik özellikleri tanım ve ifadelerine yer verilmiştir. Ayrıca toprağın özelliklerini ifade eden toprağın dielektrik sabitini formüllerine yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde topraktaki su içeriğinin hesaplanmasına yönelik literatür modellerine yer verilmiştir. Su içeriğini farklı materyaller üzerinden tespit edebilmek için pek çok farklı model olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölümde TDR yönteminin önemine vurgu yapılmıştır. Bu bölümde ayrıca dielektrik sabitten topraktaki su miktarının hesaplanmasında kullanılan Topp ve Malicki modelleri karşılaştırılmış ve dielektrik sabiti değerlerine göre topraktaki su miktarı hesaplanmıştır.

Dördüncü bölümde suyun içeriğini hesaplamak için kullanılan başlıca yöntemlerden biri olan TDR yöntemine detaylı bir şekilde yer verilmiştir.

Beşinci bölümde toprağın su içeriğini hesaplamak için kullanılabilcek başka bir yöntem olan frekans tabanlı reflektrometre (FDR) yöntemi incelenmiş ve önceki bölümlerde TDR ile elde edilen su içerikleri ile FDR yöntemi kullanılarak elde edilmiş veriler karşılaştırılmıştır.

2.BÖLÜM

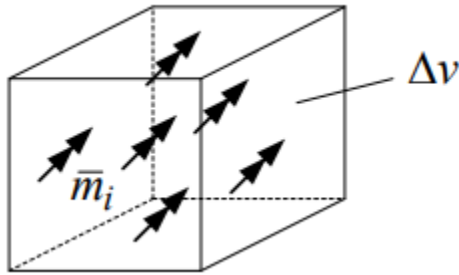
TOPRAĞIN ELEKTROMAGNETİK ÖZELLİKLERİ

Toprağın elektromanyetik özelliği elektromanyetik geçirgenlik, doğru akım iletkenliği ve dielektrik sabitini içermektedir.

2.1. Toprağın manyetik özellikleri

Manyetize halleri oluşturabilen bütün materyallere manyetik materyaller denir. Manyetize edildikleri zaman bu materyaller kendilerini çevreleyen bölgede bir manyetik alan meydana getirirler. Manyetik materyaller manyetik alana yerleştirildiklerinde de manyetize olurlar. Bunlara örnek olarak demir ve çelik verilebilir. Bütün manyetize materyaller mıknatıs özelliği göstermek zorunda değildir.

Yukarıda ifade edilen manyetize olma durumu dielektrik materyallerin elektrik alana bırakıldıklarında meydana gelen polarizasyona da benzetilebilir. Bir materyalin manyetik dipole momentleri içeren manyetize edilmiş bir hacmi düşünülüğünde,



Magnetizasyon vektör alanı \bar{M} aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\bar{M} = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^N \bar{m}_i}{\Delta v} A/m$$

N Δv 'deki manyetize olmuş molekül sayısını ifade eder.

Manyetize edilmiş materyalin makroskopik etkileri \overline{M} ile ifade edilir. Bu süreç polarize edilmiş dielektrik ve \overline{P} ile aynıdır. Daha özel bir şekilde yazılırsa manyetik alan yoğunluğu H aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\overline{H} = \frac{\overline{B}}{\mu_0} - \overline{M} \text{ A/m Veya eşit olarak}$$

$$\overline{B} = \mu_0 \overline{H} + \mu_0 \overline{M} = \mu_0 (\overline{H} + \overline{M}) \text{ şeklinde de yazılabilir.}$$

Deneysel çalışmalar sonucunda çoğu materyaller için aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\overline{M} = X_m \overline{H}$$

X_m manyetik duyarlılık olarak adlandırılır ve boyutsuz bir niceliği ifade eder.

Yukarıdaki iki denklem birleştirilerek aşağıdaki denklem elde edilebilir.

$$\overline{B} = \mu_0 \overline{H} + \mu_0 X_m \overline{H} + \mu_0 (1 + X_m) \overline{H}$$

Bu da yine aşağıdaki denkleme dönüştürebilir.

$$\overline{B} = \mu \overline{H}$$

Sonuç olarak manyetik geçirgenlik denklemi elde ederiz

$$\mu = \mu_r \mu_0 = (1 + X_m) \mu_0$$

Bir materyalin ne tür manyetik materyal olduğuna manyetik geçirgenlik sabiti μ_r ile karar verilir. Eğer $\mu_r = 1$ değerine çok yakınsa bu madde anti ferromanyetik maddedir. Toprakların büyük çoğunluğu ferromanyetik olmadığından toprağın elektromanyetik özellikleri çoğunlukla sadece DC elektrik iletkenliği ve dielektrik sabiti ile ifade edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada toprağın görece manyetik geçirgenliği $\mu_r = 1$ olarak ifade edilecek ve $\mu_r = \mu/\mu_0$ eşitliğinden $\mu = \mu_0$ Olarak alınacaktır.

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m Vakumdaki manyetik geçirgenlik}$$

Bazı genel materyallerin manyetik geçirgenlik sabitleri Tablo 1.1'de yer almaktadır.

Tablo 2.1: Materyallerin Bağıl Manyetik Geçirgenlikleri

Materyal Adı	μ_r Değeri
Bizmut	0.99983
Alüminyum	1.00002
Gümüş	0.99998
Kobalt	250
Kurşun	0.999983
Nikel	600
Bakır	0.999991
Yumuşak çelik	2000
Su	0.999991
Demir	5000
Vakum	1.000000
Mu-metal	100,000
Hava	1.0000004
Supermalloy	1,000,000

Kaynak: Staelin, 2011.

Tablo 2.1.'de görüldüğü gibi metal olmayan pek çok materyal için manyetik geçirgenlik sabiti değeri 1 alınabilir. Toprak da bunlardan biridir.

2.2. Toprağın dielektrik özellikleri

Dielektrik, sabit materyalin elektromanyetik enerjiyi elektrik yükü şeklinde depolayabilmesini ve salıvermesini ifade eder ve daha klasik olarak ifade etmek gerekirse kapasitörlerin depolama güçleri ile ilişkilendirilir (Kazunori, Jan, Holger ve Seiichiro, 2012). Dielektrik sabit elektromanyetik dalganın salınımının hızı, gerçek empedansı ve reflektivite gibi özelliklerini büyük oranda etkiler.

Dielektrik sabit ϵ genellikle vakumun dielektrik sabiti ϵ_0 ile normalize edilerek ifade edilir.

Vakumun dielektrik sabiti $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} F/m$ kabul edilir.

3. BÖLÜM

TDR YÖNTEMİ

3.1. TDR Yönteminin Belirlenmesi

Su içeriğini farklı materyaller üzerinden tespit edebilmek pek çok farklı disiplinin ilgi alanındadır. Bu çalışma toprağın su içeriğinin tespiti ile ilgilidir. Toprağın su içeriğinin sulu ağırlık ve kuru ağırlık olarak ölçülmesi en kesin yöntem olsa da bunun için topraktan su örnekleri almak kurutmak ve ölçümlemek gereklidir. Doğal olarak bu çok enerji isteyen ve çok yavaş bir yöntemdir.

Toprağın su içeriğinin tespitinde diğer kabul gören yöntemlerin içinde radyoaktif yöntemleri de sayabiliriz. Nötron saçılması metodu ve gama ışını soğrulması yöntemleri de bunlardan biridir. Bu yöntemler de oldukça doğru sonuçlar veren ve yıkıcı olmayan yöntemlerdir. Ancak bu yöntemler de her toprak tipi için özel olarak kalibrasyon gerektirmekte ve olası sağlık tehlikeleri nedeni ile oldukça dikkatli olarak kullanılmalrı gerekmektedir (Noborio, 2001).

Toprağın su içeriğini ölçmek için kullanılan diğer yöntemler arasında tansiyometreler, alçı blokları sayılabilir ancak bu yöntemlerin de tümü kendine has bazı dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlar kesin ve doğru olmayan sonuç veya sonuçları elde ederken harcanan efor ve zaman olarak sayılabilir (Reeves & Smith, 1992).

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı bu çalışmada yukarıda sayılan türden dezavantajlar içermeyen (Time domain reflectometry) TDR yöntemi kullanılacaktır.

3.2. TDR Yönteminin Ortaya Çıkışı

Elektromanyetik geçirgenlik genelde ölçülmek istenen materyalin düşük frekanslarda iki adet kapasitif plakanın arasına yerleştirilmesi ve karmaşık empedansının ölçülmesi ile elde edilir. Bu geniş bir frekans aralığında pek çok ölçüm yapılmasını gerektiren ve doğal olarak da oldukça zaman alan bir yöntemdir. Ayrıca ölçüm için aletlere ciddi manada yatırım yapmak gereklidir.

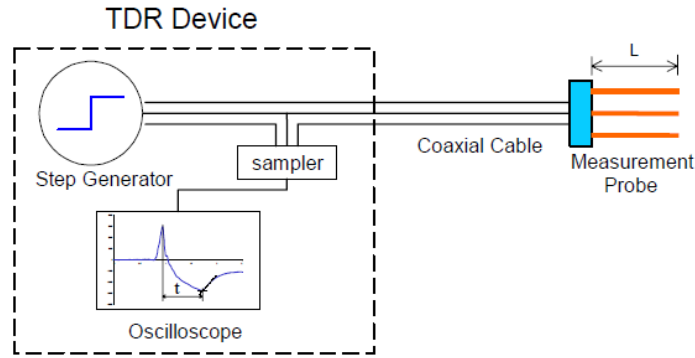
Fellner-Feldegg 1969 yılında 1Mhz den GHz'e varan frekans aralıkları için aynı bilginin frekans domaini kullanarak elde edilmesi yerine, zaman domaini kullanarak elde edilebileceğini öne sürmüştür. Bunu da TDR kullanarak gerçekleştirmiştir. O günden bu zamana kadar TDR yöntemi toprağın dielektrik özelliklerini ölçümlerken sıklıkla kullanılmıştır.

Özellikle son yıllarda TDR alanında çok hızlı bir gelişme olmuştur. TDR yöntemi toprağın su içeriğini ölçmekte ve toplu elektriksel geçirgenliğini tespit etmekte çok değerli bir kaynak haline gelmiştir. Toprağın su içeriğini hesaplayabilmek için TDR'dan elde edilen dalga formlarının iki önemli özelliği kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi elektromanyetik dalganın TDR uçları arasındaki seyahat zamanı diğeri ise elektromanyetik dalganın voltaj şiddetidir. Ancak toprağın dielektrik sabiti ile ilgili daha pek çok bilgi TDR'dan alınan bilgiler ışığında elde edilebilir. Bunun için TDR'ın dinamiklerini çok iyi anlamak ve gelen datayı başarılı bir şekilde yorumlamak çok önemlidir (Drnevich, Lin, Yi, Yu, & Lovell, 2001).

Bu çalışmada TDR dan elde edilecek voltaj şiddeti datasından ziyade TDR uçları arasındaki seyahat zamanı datası kullanılacaktır.

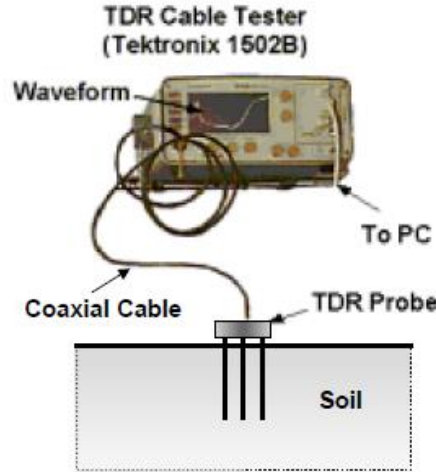
3.3. TDR'ın Yapısı

TDR yöntemi aslında basitçe bir adet elektromanyetik dalga oluşturucu ve bir adet de oluşturulan bu dalgayı alıcı uca algılayabilen bir alıcı osiloskop ucundan ibarettir. Bu aletler çoğu zaman kablo radarları olarak da adlandırılırlar. Sinyal oluşturucu bir kablo üzerinde veya bir metal üzerinde bir elektromanyetik dalga yayar. Osiloskop'un bağlı olduğu uç da bu yayılan dalgayı tespit eder.



Kaynak: Drnevich, Lin, Yi, Yu, & Lovell, 2001.

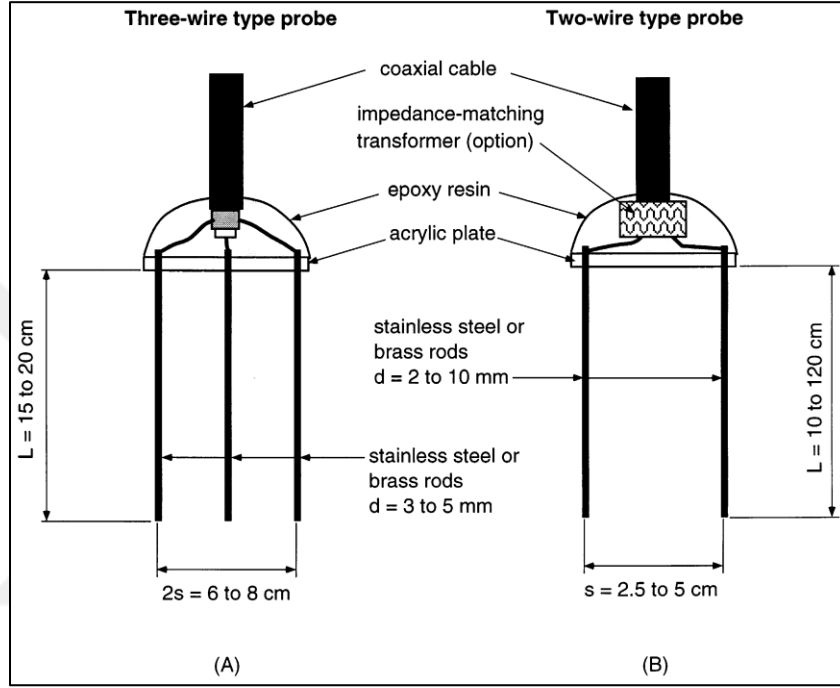
Şekil 3.1. TDR sistem konfigürasyonu.



Kaynak: Drnevich, Lin, Yi, Yu, & Lovell, 2001.

Şekil 3.2. Toprak için kullanılan TDR sisteminin bir görüntüsü.

Bu sistemde görüldüğü gibi bir adet osiloskop ve toprağa yerleştirilmiş üçlü probadan oluşmaktadır. Bu sistemin farklı çeşitleri olabilir. Osiloskop yerine bu ölçümleri kendiliğinden yapan mantık devreleri içeren ve direkt olarak problara bağlı sistemler de mevcuttur.



Kaynak: Noborio, 2001.

Şekil 3.3. İkili veya üçlü probe içeren sistemler.

Şekil 3.3.'te görüldüğü üzere ikili veya üçlü probe içeren sistemler de mevcuttur ancak bizim çalışmamızda iki probe içeren sistem öngörülmektedir.



Şekil 3.4. Taşınabilir bir TDR aleti.

Görüldüğü gibi toprağa batırılacak probeun bulunduğu ünite yani iki probe ve gelen veriyi işleyen bir adet kontrol ünitesi bulundurmaktadır (Soil Lab Modules, 2017).

3.4. TDR Yöntemi Kullanılarak Dielektrik Sabitinin Hesaplanması

Toprakta yol alan bir elektromanyetik dalganın yayılım hızı dielektrik sabiti ve manyetik geçirgenliği ile ifade edilir.

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\epsilon_r \mu_0\mu_r}}$$

$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ Boş uzayın dielektrik sabitidir.

$\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$ Toprağın görece dielektrik sabittir.

$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ Vakumdaki manyetik geçirgenlik

$\mu_r = \mu/\mu_0$ Görece manyetik geçirgenliği ifade eder.

Çoğu toprakta manyetik özellikler göz ardı edilebilir. Manyetik özelliklerin neden göz ardı edildiği, bu çalışmada, "Toprağın manyetik özellikleri" bölümünde

etraflıca açıklanmıştı. Bu nedenle $\mu_r = \mu$ diyebiliriz. Sonuçta dalganın yayılım hızı denklemi aşağıdaki şeklini alır.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots (1)$$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ışık hızını ifade eder (Kazunori, Jan, Holger ve Seiichiro, 2012).

Toprağa batırılan probeun uzunluğu L olarak bilinmektedir. Oluşturulan sinyalin L yolunu kat eder ve probe uzunluğu bittiğinde yansuyarak geri döner. Geri dönen sinyal tespit edilir. Böylece elektromanyetik dalganın L+L yani 2L yolunu ne kadar sürede kat ettiği ve doğal olarak da hızı hesaplanır.

$$t = \frac{2L}{v} \dots (2) \text{ veya aynı şekilde}$$

$$v = \frac{2L}{t} \dots (3) \text{ olarak elektromanyetik dalganın hızını elde ederiz.}$$

Elektromanyetik dalganın topraktaki hızı hesaplandıktan sonra görece dielektrik sabit denklemine yerleştirilir ve toprağın dielektrik sabiti denklemi elde edilir.

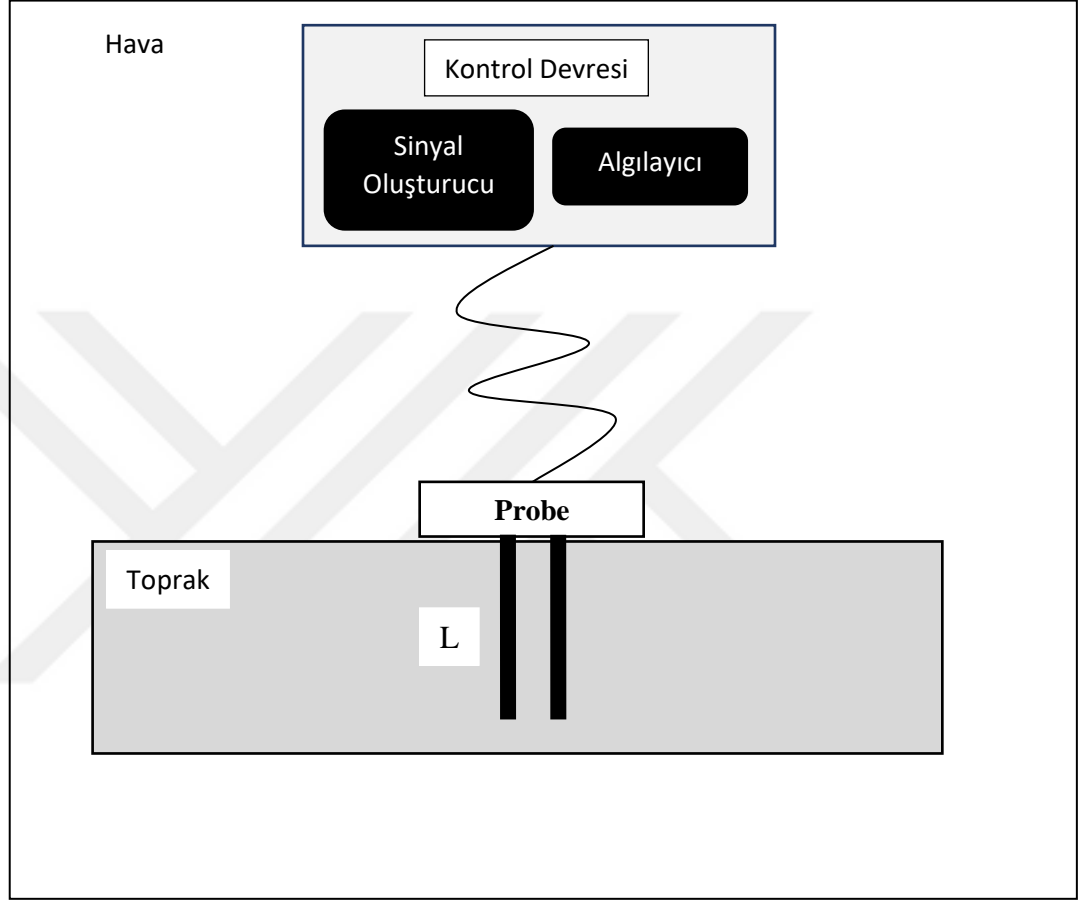
$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots (4)$$

$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2 \dots (5)$ elektromanyetik dalganın hız denklemi bu denklemde yerine yazılırsa aşağıdaki denklem elde edilmiş olur.

$$\epsilon_r = \left(\frac{ct}{2L}\right)^2 \dots (6) \text{ TDR yönteminde kullanılacak dielektrik sabiti denklemi}$$

Bu çalışmada kullanılması öngörülen ve önceki bölümlerdeki açıklanan kaynaklardan yola çıkılarak hazırlanan TDR düzeneği bir sonraki bölümde açıklanmıştır.

3.5. Bu Çalışmada Kullanılması Öne Sürülen TDR Modeli



Şekil 3.5. Öne sürülen TDR Modeli

Önerilen sistemde ikili probe kullanılmakta ve çubuklar arasında 5 cm genişlikte ölçülecek toprak katmanını barındırmaktadır. Probeler koaksiyel kablo ile kontrol devresine bağlıdır. Kontrol devresi probedan t anında gönderilen elektromanyetik dalgayı dinlemekte ve elektromanyetik dalganın probe un sonundan yansıyor geri geldiği $t+n$ anına kadar bu dinleme işlemi sürmektedir.

Elektromanyetik dalganın yansıyan bölümü algılayıcıya ulaşınca dalganın seyahat süresi hesaplanır ve buradan önceki bölümlerde açıklandığı gibi dielektrik sabiti hesaplanır. Dielektrik sabiti hesaplandıktan sonra tekrar bir elektromanyetik dalga gönderir ve bu süreç tekrar eder.

3.6. TDR Kullanılarak Topraktaki Su İçeriğinin Tespit Edilmesi

Davis ve Annan (1977) yaptıkları çalışmalarda dielektrik geçirgenliğin reel kısmının 1 MHz ve 1 GHz frekansları arasında frekansa çok da bağımlı olmadığını göstermiştir. Ayrıca çalışmalarında imajiner kısmın reel kısma oranla oldukça küçük olduğunu ve bu nedenle de göz ardı edilebilir olduklarını belirtmişlerdir.

Bu sonuçlara dayanarak Topp, 1980 yılında bugüne dek en çok kabul gören dielektrik sabitinin topraktaki hacimsel nem oranına bağlılığını ortaya koyan en kapsamlı çalışmayı yapmış ve kendi adıyla anılan denklemi elde etmiştir.

Bu çalışmada Davis ve Annanın çalışmalarında ortaya koydukları frekans aralığını baz aldığından dielektrik sabitin imajiner kısmı önemli değildir. Ayrıca TDR metodunda yine aynı frekans aralığı için yukarıda belirtildiği şekilde farklı frekanslara bağlı bir yöntem izlenmemiştir (Drnevich, Lin, Yi, Yu ve Lovell, 2001).

TDR yönteminin önceki bölümlerde bahsedilen toprağın su içeriğini hesaplama yöntemleri arasında bariz üstünlüğü vardır.

TDR yöntemi toprağın dielektrik sabitini ve nem oranını hesaplarken hem çok kesin sonuç verir hem de farklı toprak tiplerinde sorunsuzca çalışabilir. Farklı toprak tiplerinde çalışırken de her seferinde kalibrasyon gibi zaman alıcı işlemlere gerek duymaz. Ayrıca TDR yöntemi topraktaki tuz oranından da etkilenmediği için daha doğru sonuçlar verir. TDR yönteminin bir diğer avantajı kullanılan ekipmanların kolayca taşınabilir türden olmasıdır (Reeves & Smith, 1992).

TDR elektromanyetik bir dalganın bir yansımasının analizi sonucu dielektrik sabitinin hesaplanmasına dayanır. Pek çok uygulamada topraktaki su içeriğini hesaplayabilmek için Topp'un 1980 yılında yaptığı çalışmadan yararlanır. (Topp, Davis, & Annan, 1980) Ancak Topp'un çalışmasına benzer pek çok yaklaşık sonuçlar veren çalışmalar da mevcuttur. Topp'un çalışması toprağın hacimsel su içeriğini TDR yöntemi ile ölçülen dielektrik sabitten hesaplanmasını içerir.

TDR ile ölçülen dielektrik sabitinden su içeriğini hesaplamak mümkündür çünkü su topraktan çok daha fazla dielektrik sabitine sahiptir. 20 santigrat derecedeki suyun

dielektrik sabiti 81 iken aynı sıcaklıktaki toprağın dielektrik sabiti 3 ila 5 arasındadır. Aynı şekilde toprağın içinde bulunabilecek havanın da dielektrik sabiti 1'e eşittir (Yu ve Yu, 2006).

3.7. Dielektrik sabitten toprağın su içeriğini hesaplamak için kullanılan modeller

Suyun dielektrik sabiti diğer bütün toprak tiplerine göre oldukça fazla olduğu için toprağın su içeriğini belirlemek için toprağın dielektrik sabitinden yola çıkmak oldukça mantıklıdır.

Tablo 3.1. Materyallerin Dielektrik Sabitleri

Materyal	Dielektrik Sabit
Hava	1
Su	80 (20 Santigrad derecede)
Buz	3 (-5 Santigrad derecede)
Bazalt	12
Granit	7-9
Kumtaşı	9-11
Kuru kil	3.5
Kuru kum	2.5

Kaynak: Noborio, 2001.

3.8. Topp modeli

Dielektrik sabitini tespit ettikten sonra topraktaki hacimsel nem oranının tespiti için en çok kabul gören çalışma, 1980 yılında Topp tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışma çoğu toprak tipi için oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

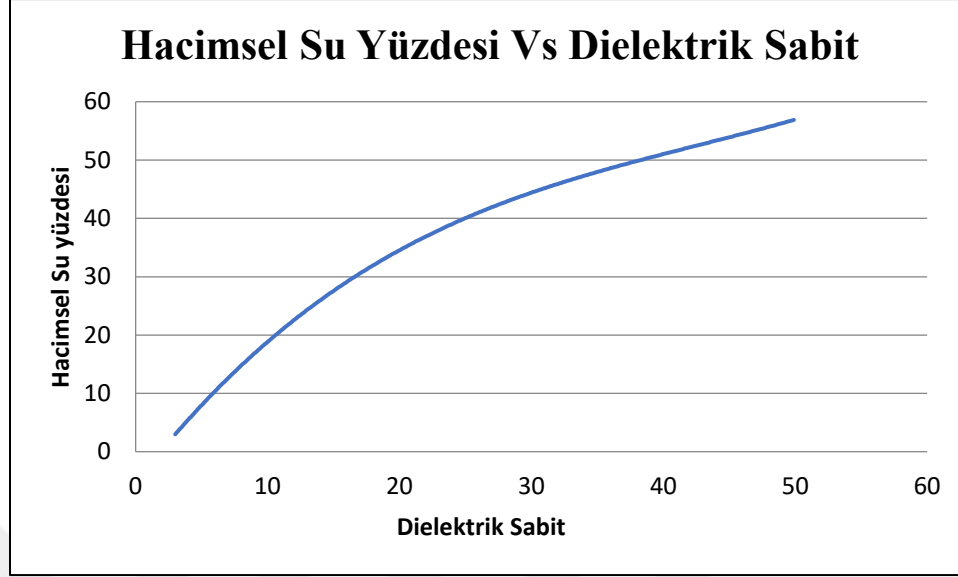
Bu çalışmada dielektrik sabitin sıcaklığa göre güçlü bir hassaslık içermediği yani sıcaklıkla çok bağlantılı olmadığı saptanmıştır. Ayrıca toprak içeriğinin kumlu veya killi olması da dielektrik sabitini fazla etkilememektedir. Toprağın tuzluluk oranı da bu çalışmaya göre dielektrik sabitine etkisi oldukça azdır. Bu nedenle bu model birim yoğunluğu 1.14–1.44 mg m⁻³ olan topraklar için yani çoğu toprak tipi için oldukça tutarlı sonuçlar vermektedir. Bu modelin bugüne kadar kullanılan en popüler model olmasının nedeni de budur (Noborio, 2001).

$$\theta = 4.3 \times 10^{-6} \varepsilon_r^3 - 5.5 \times 10^{-4} \varepsilon_r^2 + 2.92 \times 10^{-2} \varepsilon_r - 5.3 \times 10^{-2}$$

Topp'ın denklemine dielektrik sabitini yerleştirerek toprağın hacimsel su oranı direkt olarak elde edilebilir.

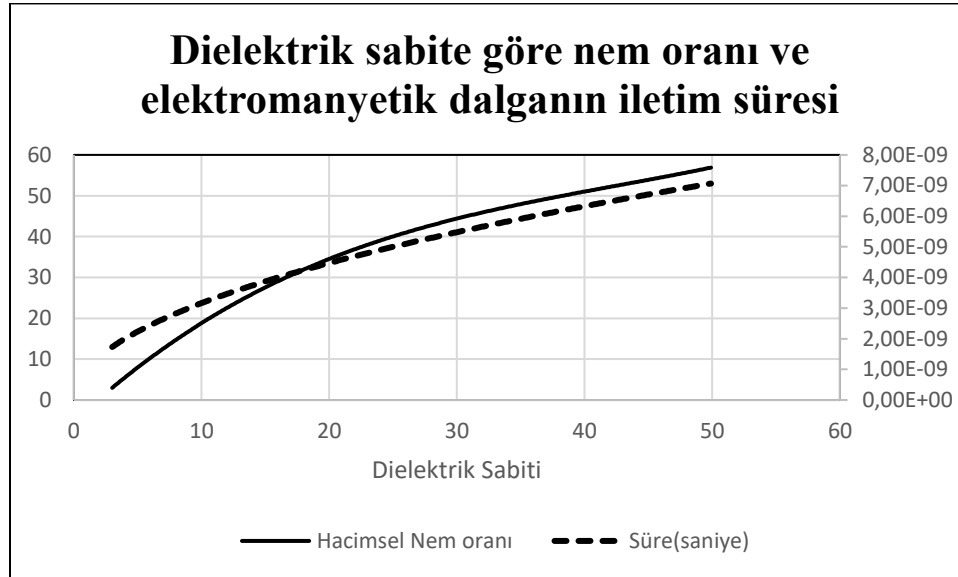
Topp'un denklemi 3 ile 50 dielektrik sabiti arasında simülasyonu yapıldığında aşağıdaki grafik elde edilir.

Simulasyon için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.1. alt bölümünde bulunabilir. Simulasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.1. alt bölümünde mevcuttur.



Şekil 3.6. Çeşitli dielektrik sabitlerinde Topp'un denklemine göre hacimsel su oranı.

TDR'ın çalışma prensibini daha detaylı açıklayacak bir başka grafik de alıcı ve vericiler arasındaki iletim zamanını dielektrik sabitine göre gösteren grafikdir.



Şekil 3.7. Dielektrik sabite göre nem oranı ve elektromanyetik dalganın iletim süresi.

Şekil 3.7.'de açıkça dielektrik sabitin değişimi ile hacimsel olarak topraktaki su oranının ve elektromanyetik dalganın alıcı uçtan çıkması ile verici uca ulaşması arasındaki sürenin ilişkisini görebilmekteyiz.

Bu grafiği oluşturmak için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.2. alt bölümünde bulunabilir. Simülasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.2. alt bölümünde mevcuttur.

Bir başka çalışmada aşağıdaki değerler için Topp denklemine göre hacimsel su içeriği hesaplanmıştır.

Tablo 3.2. Topp denklemine göre hacimsel su içeriği.

Dielektrik Sabiti	Hacimsel Nem Oranı
24,5	39,5
8,7	16,2
8,5	15,8

Kaynak: Menziani, Rivasi, Pugnaghi, Santengelo ve Vincenzi, 1996.

Tablo 3.2.'deki dielektrik sabiti değerleri için Python kodu kullanarak hesaplama yapıldığında Tablo 3.3.'teki veriler elde edilir.

Tablo 3.3. Dielektrik sabiti değerleri için Python kodu kullanıldığında ortaya çıkan veriler

Dielektrik Sabiti	Hacimsel Nem Oranı (Menziani'nin hesaplaması)	Python ile hesaplanan sonuç
24,5	39,5	39,54988375
8,7	16,2	16,22420629
8,5	15,8	15,81032375

Tablo 3.3.'deki veriler ışığında Topp denkleminin Python kodu ile hesaplamalarının Manziani'nin çalışması ile tamamen tutarlılık arz ettiği de görülmektedir.

Bu datayı oluşturmak için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.9. alt bölümünde bulunabilir. Simülasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.9. alt bölümünde mevcuttur.

3.9. Malicki Modeli

Topp'ın çalışmasını incelerken bu çalışmanın birim yoğunluğu 1.14–1.44 mg m⁻³ olan topraklar için yani toprak tiplerinin çoğunu kapsadığı belirtilmişti. Ancak birim yoğunluğu bu aralığın dışında olan toprak tipleri için de dielektrik sabitten topraktaki nem oranını tespit edebilmek mümkündür.

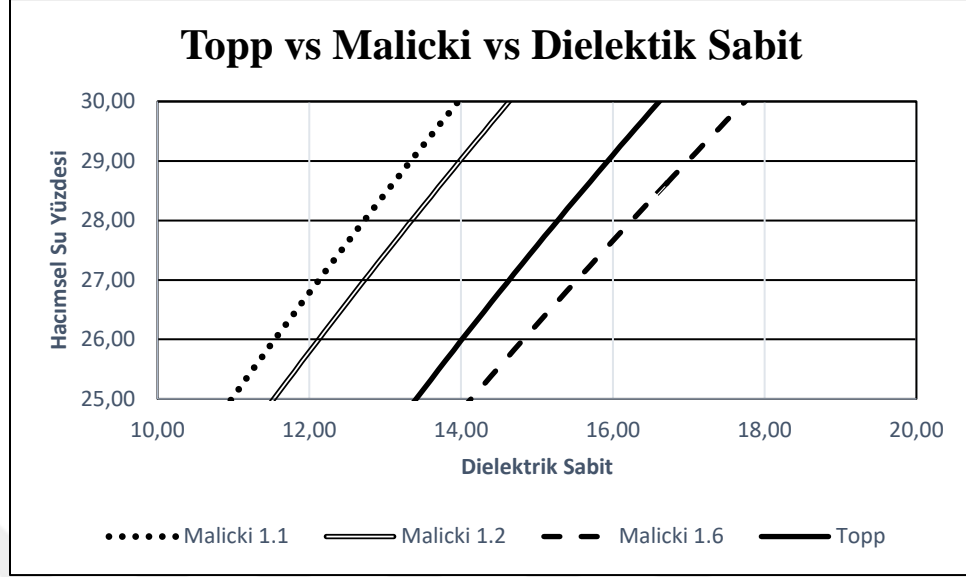
Bu modele göre Topp'ın denklemindeki sadece dielektrik sabitine ilave olarak toprağın birim yoğunluğu da hesaba katılır.

$$\theta = \frac{(\epsilon_r^{0.5} - 0.819 - 0.168 \rho_b - 0.159 \rho_b^2)}{(7.17 + 1.18\rho_b)}$$

(Malicki, Plagge ve Roth, 1996).

Bilgisayar simülasyonunda farklı birim yoğunluğuna sahip toprak tipleri için Malicki'nin denklemini koşulsuz ve elde edilen sonuçlar Topp'un denkleminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Simülasyon için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.3. alt bölümünde bulunabilir. Simülasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.3. alt bölümünde mevcuttur.

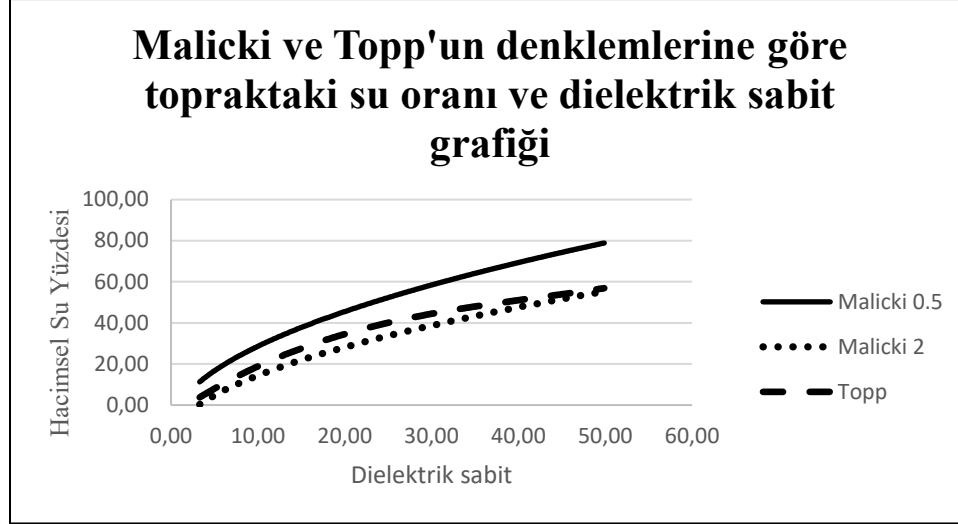


Şekil 3.8. Topp ve Malicki Denklemlerine Göre Dielektik Sabit Değerleri

Topp'ın denklemi 1,14 ve 1,44 arasında olduğu farz edilirse Malicki'nin denklemi ile Topp'ın denklemi arasında özellikle görece düşük nem oranında çok büyük oranda örtüşme vardır. Bu birbirinden bağımsız iki çalışmanın tutarlı sonuçlarla birbirlerini desteklediklerini ortaya koymaktadır.

Topraktaki nem oranı çoğunlukla aşırı oranlar için değil, yüzde otuzun altındaki nem oranları için tespit edilmesi gerektiğinden sonuçların daha da tutarlı olacağı barizdir.

Topp'un denklemi ile Malicki'nin denkleminin tutarlılığı belirlendikten sonra Topp'un denkleminin çözüm olmadığı farklı birim toprak yoğunlukları için de Malicki'nin denklemini simülasyonda koşturup sonuçları görmek toprağın su içeriğini hesaplamak için oldukça faydalı olacaktır.



Şekil 3.9. Malicki ve Topp'un denklemlerine göre topraktaki su oranı ve dielektrik sabit grafiği.

Simulasyon için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.4. alt bölümünde bulunabilir. Simulasyon sonucu elde edilen dotalar da yine ekler bölümünün 2.4. alt bölümünde mevcuttur.

Şekil 3.9.'daki simülasyondan yüksek birim yoğunluğa sahip topraklarda Malicki'nin denkleminin Topp'ununkine daha yakın olduğu gözükmemektedir. Ancak düşük birim yoğunluğa sahip topraklar için Malicki'nin denklemi su yüzdesini yüzde onluk bir farkla hesaplamaktadır. Bu çalışmada, tarımsal alan başta olmak üzere pek çok alanda yüzde 10 fark çok önemli olmayabilirse de özellikle düşük birim yoğunluklu topraklarda daha doğru sonuç alabilmek için Topp'un denklemi yerine Malicki'nin denkleminin kullanılmasının daha doğru olduğu ortaya çıkmıştır.

Ancak çalışmamız çok düşük birim yoğunluklu veya çok yüksek birim yoğunluklu topraklara odaklanmamakta, toprakların büyük çoğunluğuna odaklanmaktadır. Toprakların büyük çoğunluğu için Topp'un denklemi önceki bölümlerde de belirtildiği gibi gayet tutarlı ve başarılı sonuçlar vermektedir. Topp'un denklemi özellikle herhangi bir kalibrasyona gerek duymaması ve tek girdisinin dielektrik sabiti olması nedeni ile Malicki'nin denklemine göre oldukça tutarlıdır. Malicki'nin

denklemini kullanılmak istendiğinde öncelikle topraktan örnek alınmalı ve toprağın birim yoğunluğu hesaplanmalı ve denkleme o şekilde kullanılmalıdır. Ancak bu TDR yöntemi ile hızlı bir şekilde toprak tipinden bağımsız topraktaki su oranı tespitine engel bir durumdur. Zira örnek alıp işlemek hem zahmetli hem de uzun sürecektir. Ayrıca toprağı homojen olarak var sayamayacağımızdan birden fazla örnek alma ihtiyacı doğabilecektir.

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı bu çalışma genel kabul görmüş Topp'un denklemini kullanmayı daha uygun bulmuştur.

4. BÖLÜM

NEM ORANININ TESPİTİNDE FDR KULLANIMI

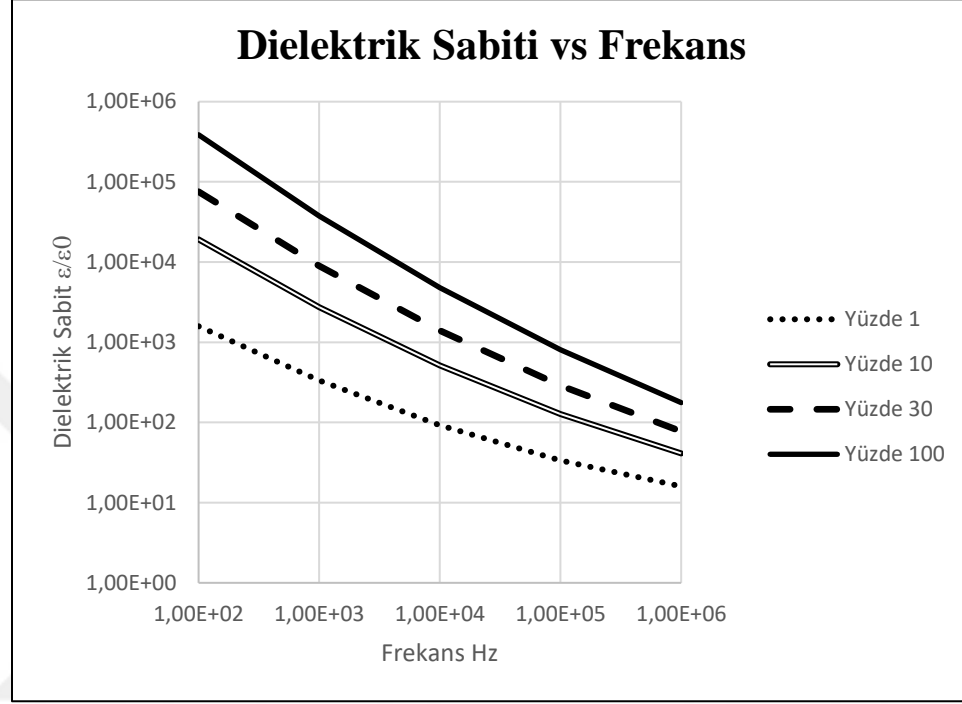
TDR yöntemi adı üzerinde (Time domain reflectometry) zaman domaininde olan bir yöntemdir. Önceki bölümde bu yöntemin çalıştığını farklı yöntemlerle simüle ederek göstermiştik. Bu bölümde frekans domaini kullanılarak topraktaki nem oranını tespit eden en temel çalışmalardan biri incelenecek ve sonuçları zaman domaini ile yaptığımız simülasyonlar ile karşılaştırılacaktır. Teorik olarak zaman domaini veya frekans domaini bazlı çalışmaların birbirlerine yakın sonuçlar vermesi gereklidir.

1966 yılında Scott dielektrik sabit ve toprağın iletkenliği ile ilgili o döneme dek yapılmamış bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada pek çok toprak tipi kullanılarak dielektrik sabit ve toprak iletkenliği parametrelerin 10^2 Hz ile 10^6 Hz frekansları arasındaki ilişkilerini incelemiştir. Bu incelemelerin sonunda Scott bu parametrelerin topraktaki su oranı ile oldukça başarılı bir şekilde orantılanabildiğini saptamıştır. Araştırmasının ortalamalarını alarak toprağın dielektrik sabitinin ve çeşitli su oranlarında frekansa bağlı fonksiyonlarını ve grafiklerini de oluşturmuştur (Scott, 1983).

$$D = 4.905 + 1.308W - 0.971F + 0.111W^2 - 0.168FW + 0.059F^2$$

Yukarıdaki denklemini python kodu ile 10^2 Hz ile 10^6 Hz frekans aralığında hesaplırsak şekil 9.1.'deki grafiğı elde ederiz.

İlgili Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.5. alt bölümünde bulunabilir. Elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.5. alt bölümünde mevcuttur.



Şekil 4.1. Dielektrik Sabiti- Frekans

Bu araştırmanın ışığında eğer belirli bir frekansta toprağın dielektrik sabitini ve iletkenliğini biliniyorsa 10^2 ve 10^6 Hertz frekansları arasında o toprağın başka bir frekanstaki dielektrik sabitini ve iletkenliğini gerçeğe çok yakın bir şekilde hesaplayabilmenin yolu açılmıştır.

Scott'ın araştırmalarından sonra Longmire ve Smith Scott'ın çalışmasını alarak farklı bir matematiksel modele oturtmuş ve daha geniş bir frekans aralığı için daha rahat kullanılabilir hale getirmenin yollarını aramışlardır (Longmire & Smith, 1975).

Longmire ve Smith'in önerisi Scott'a benzer olarak her toprak tipinde kullanılabilir geniş bir evrensel toprak empedansı modeli oluşturmak ve bunu farklı toprak tipleri için ölçekleyerek tahminler yürütmek üzerine kurulmuştur.

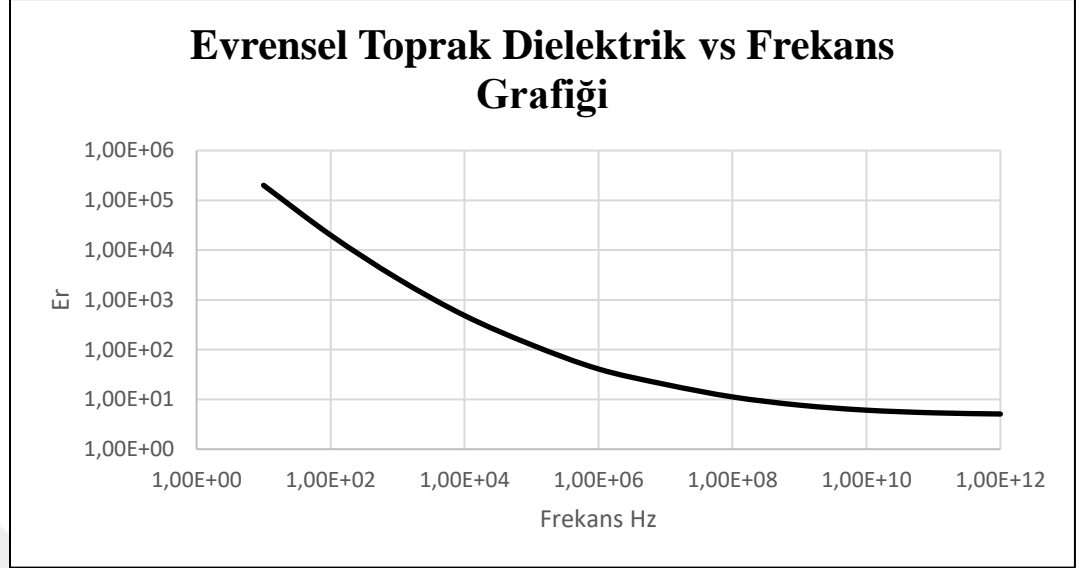
Bunun için Scott'ın geliştirdiği dielektriğe dayalı frekans grafiğinin yanında ölçeklemek için kullanılan frekans ölçekleme katsayısını da eklemiştir.

Bu çalışmaların yapılmasının asıl amacı dielektrik sabit değerinin zaman domaininde olduğu gibi sabit bir değerde olduğu şeklinde bir ön kabulün yapılmamasıdır. Yani zaman domaininde çalışırken dielektrik sabit önceki bölümlerde belirtilen nedenlerden dolayı sabit kabul edilir. Ancak frekans domaininde çalışırken dielektrik sabit frekansa göre değişeceğinden dielektrik sabiti öngörmek gereklidir. Dielektrik sabiti nem oranı hesabında kullanıldığından aslında dielektrik sabiti ön görmek nem oranını ön görmek demektir. Bu nedenle öncelikle farklı toprak tiplerinde dielektrik sabit nasıl ön görülür ve nasıl hesaplanır onu incelemek gereklidir.

Dielektrik sabiti ön görebilmek için iki yöntemi kullanabiliriz. Birincisi Longmire ve Smith'in dielektrik sabiti ve frekans grafiği kullanılabilir. İkinci yöntem olarak da bu grafiğin aslında elde edildiği denklemler kullanılabilir. Ancak her toprak tipi için bu grafik farklı olacağından denklemler yolu ile dielektrik sabit hesaplamak veya dielektrik sabiti biliyorsak iterasyon ile frekansı elde etmek en mantıklısıdır.

Geniş bir frekans aralığı kullanılarak Longmire ve Smith'in denklemi ölçekleme katsayısı 1 verilerek Python da koşulursa aşağıdaki toprağın evrensel dielektriğe bağlı frekans grafiği elde edilir.

Simülasyon için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.6. alt bölümünde bulunabilir. Simülasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.6. alt bölümünde mevcuttur.



Şekil 4.2. Evrensel Toprak Dielektrik- Frekans Grafığı

Longmire ve Smith in denklemi:
$$\epsilon_r = \epsilon_\infty + \sum_{n=1}^N \frac{a_n}{1 + \left(\frac{f}{f_n}\right)^2}$$

Longmire ve Smith $\epsilon_\infty = 5$ olarak almıştır. Bu nedenle bu çalışmada da bu değer 5 olarak alınacaktır.

a_n evrensel toprak katsayısıdır ve aşağıdaki tablo 9.1.'den elde edilir.

$$f_n = 10^{n-1}$$

Tablo 4.1. Evrensel toprak katsayı değerleri

a ₁	3.40 10 ⁶
a ₂	2.74 10 ⁵
a ₃	2.58 10 ⁴
a ₄	3.38 10 ³
a ₅	5.26 10 ²
a ₆	1.33 10 ²
a ₇	2.72 10 ¹
a ₈	1.25 10 ¹
a ₉	4.80 10 ⁰
a ₁₀	2.17 10 ⁰
a ₁₁	9.80 10 ⁻¹
a ₁₂	3.92 10 ⁻¹
a ₁₃	1.73 10 ⁻¹

ϵ_r Ölçülen dielektrik sabit

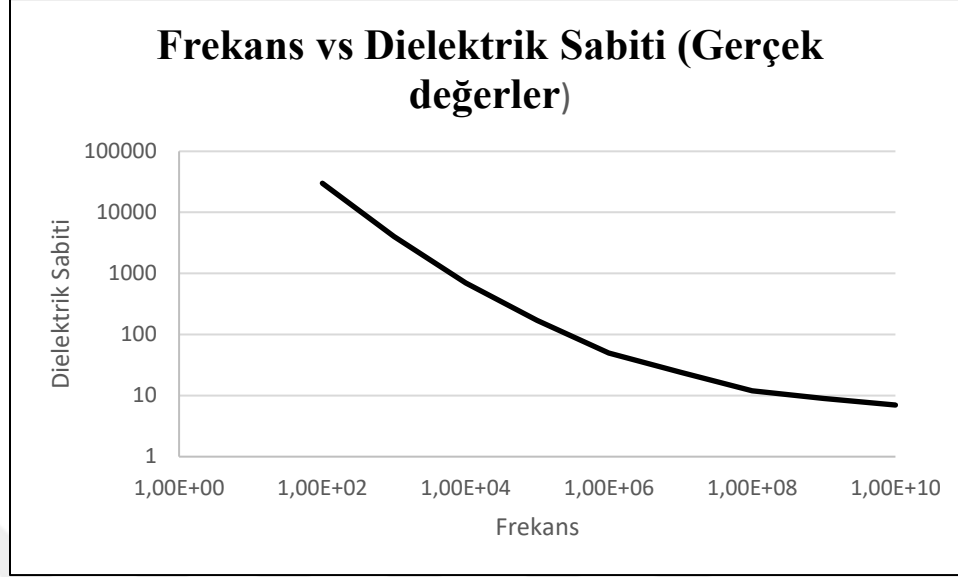
F Ölçekleme katsayısı

Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi yukarıdaki grafik ve denklemler evrensel denklemlerdir ve bir toprak tipi için kullanılamazlar. Kullanılabilmeleri için o toprak tipine göre ölçeklenmeleri gerekir. Ölçekleme denklemde bulunan F katsayısı ile yapılır.

Ölçekleme katsayısı çeşitli şekillerde tespit edilebilir ancak tespit edilmesindeki en sağlıklı yol iterasyondur.

Ölçekleme yapılabilmesi için öncelikle toprağın herhangi bir frekansında ölçülmüş dielektrik sabiti değerine ihtiyaç vardır.

King ve Smith in kitaplarında çeşitli frekanslar için deneysel olarak ölçülmüş dielektrik sabiti değerleri yayınlamışlardır. Bu değeler hem Longmire ve Smith'in çalışmasını hem de Topp'un çalışmasını doğrulamak açısından yeterlidir.



Şekil 4.3. Frekans- Dielektrik Sabiti (Gerçek Değerleri)

Tablo 4.2. King ve Smith'in kitaplarında yayınladıkları deneysel frekans dielektrik sabit değerleri

Frekans (Hz)	Dielektrik Sabit
1,00E+02	30000
1,00E+03	4000
1,00E+04	700
1,00E+05	170
1,00E+06	50
1,00E+07	24
1,00E+08	12
1,00E+09	9
1,00E+10	7

Kaynak: King, Smith, & Owens, 1981.

King ve Smith'in kitaplarında yayınladıkları dielektrik sabiti – frekans ikilisinden sadece 1 tanesini alarak diğerlerini Longmire ve Smith'in metodu ile bulmaya çalışırsak:

Öncelikle yukarıdaki değerlerden sadece 1 tanesinin bilindiği varsayılır. Yani 1 Mhz frekansında dielektrik sabitinin 50 olduğunun bilindiği ve diğer değerlerin bilinmediği ön kabulü ile yola çıkılır.

Daha sonra 1 Mhz değeri Longmire ve Smith'in denklemine yerleştirilir ve ölçekleme katsayısı çok küçük bir değer olan 0.01 olarak girilir. Longmire ve Smith'in denkleminde elde ettiğimiz sonucun 50'ye çok yakın bir değer olması gerekir. Ancak ölçekleme katsayısı doğru olmadığı için oldukça farklı bir değer çıkacaktır. Bu nedenle iterasyon kullanarak ölçekleme katsayısı değeri 0.01 artırılarak doğru olarak hesaplanması gereken 50 dielektrik sabiti değerine yaklaşılar. Değerler tutturulduğunda ölçekleme katsayısı da belirlenmiş olur.

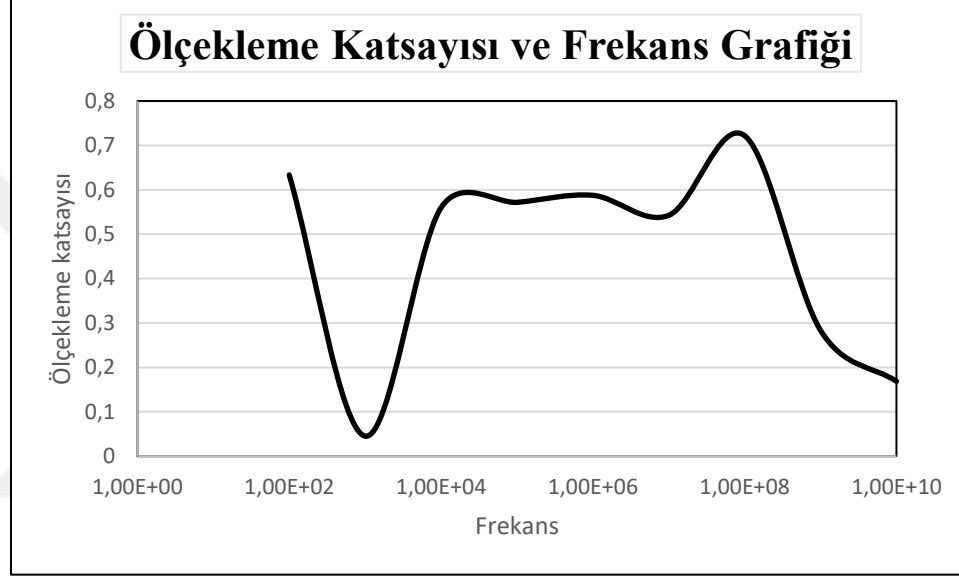
Tablo 4.3. İterasyon Sayısı, Hesaplanan Dielektrik Sabiti değeri ve ölçekleme kat sayısı

#İTERASYON SAYISI	Hesaplanan Dielektrik Sabiti Değeri	Ölçekleme Katsayısı
17	1665,919306	0,0017
18	1581,724616	0,0018
274	243,6145448	0,0274
275	243,1194479	0,0275
1077	119,2900291	0,1077
1078	119,2192265	0,1078
1283	106,4343341	0,1283
1284	106,3796793	0,1284
2153	76,81642829	0,2153
2154	76,79620692	0,2154
3053	64,37388543	0,3053
3054	64,36447274	0,3054
4133	56,90998225	0,4133
4134	56,90481107	0,4134
5871	50,11265381	0,5871
5872	50,10957622	0,5872
5873	50,10649927	0,5873
5874	50,10342297	0,5874
5875	50,10034731	0,5875
5876	50,09727229	0,5876
5876	50,09727229	0,5876

Yukarıdaki tablo 4.3.'te görülebildiği gibi iterasyon kullanılarak ölçekleme katsayısı bulunmaya çalışılmış ve dielektrik sabiti değeri arzu edilen seviyeye gelene kadar hesaplama devam etmiştir. Bunun için tam olarak 5876 kere hesaplama yapılmış ve

sonuçta 1MHz frekans ve 50 dielektrik sabiti değeri için ölçekleme katsayısı yaklaşık olarak 0.59 olarak bulunmuştur.

Simülasyon için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.7. alt bölümünde bulunabilir. Simülasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.7. alt bölümünde mevcuttur.



Şekil 4.4. Ölçekleme katsayısı ve frekans grafiği.

İlgili ölçekleme katsayısı iterasyonunu bütün frekans ve dielektrik sabit ikilileri için çalıştırsak yukarıdaki grafik elde edilir (Şekil 9.4.). Bu grafik çok değişken gözüktüğü de sonuçlar oldukça tutarlıdır. 0.01 Mhz ile 100 Mhz arası incelendiğinde ölçekleme katsayısının oldukça tutarlı olduğu ve neredeyse aynı olduğu görülecektir. Longmire ve Smith'in çalışması da zaten çok düşük veya çok yüksek frekanslar için değil yukarıda belirtilen frekanslarda daha iyi sonuçlar vermektedir.

Ölçekleme katsayısı doğru bir şekilde tespit edilebildiğine göre artık bu toprak tipine ait frekans ve dielektrik sabit grafiği geniş bir frekans aralığında çizilebilir. Yani artık herhangi bir frekans aralığında ölçüme gerek duymadan dielektrik sabiti bilinebilecek hale gelmiştir.

Ölçekleme katsayısı elde edildiğine göre artık ilgili topraktaki su oranı da elde edilebilir.

Hacim ve ölçekleme katsayısı arasındaki geçiş yine Longmire ve Smith'in önerdiği başka bir denklemden elde edilir.

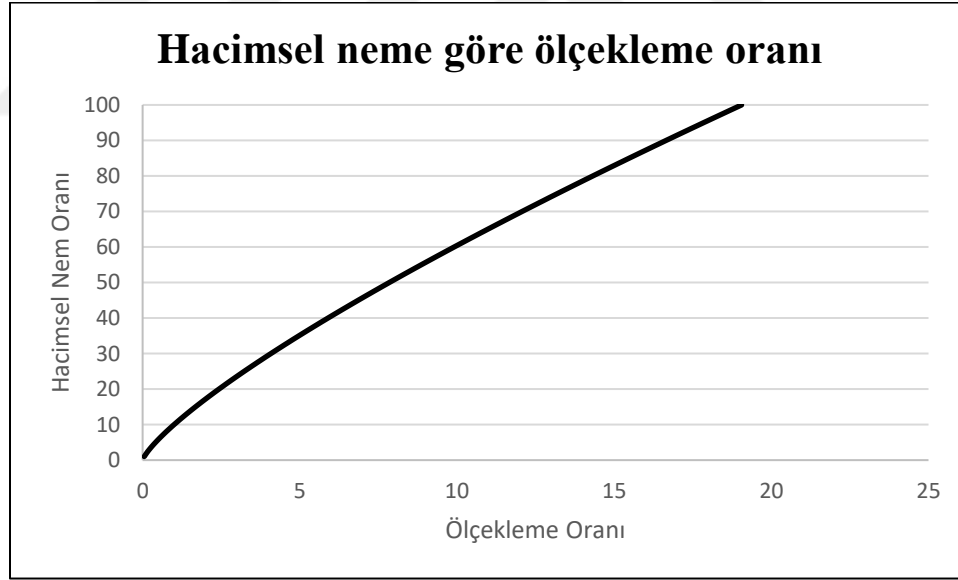
$$F = \left(\frac{P}{10}\right)^{1.28} \quad \text{Longmire ve Smith'in hacimsel su oranı ölçekleme katsayısı grafiği}$$

P Topraktaki hacimsel su içeriği

F Ölçekleme katsayısı olmak üzere

$$\left(\frac{P}{10}\right) = F^{0,78125} \quad \text{ise}$$

$$P = F^{0,78125} * 10 \quad \text{Hacimsel nem oranı}$$



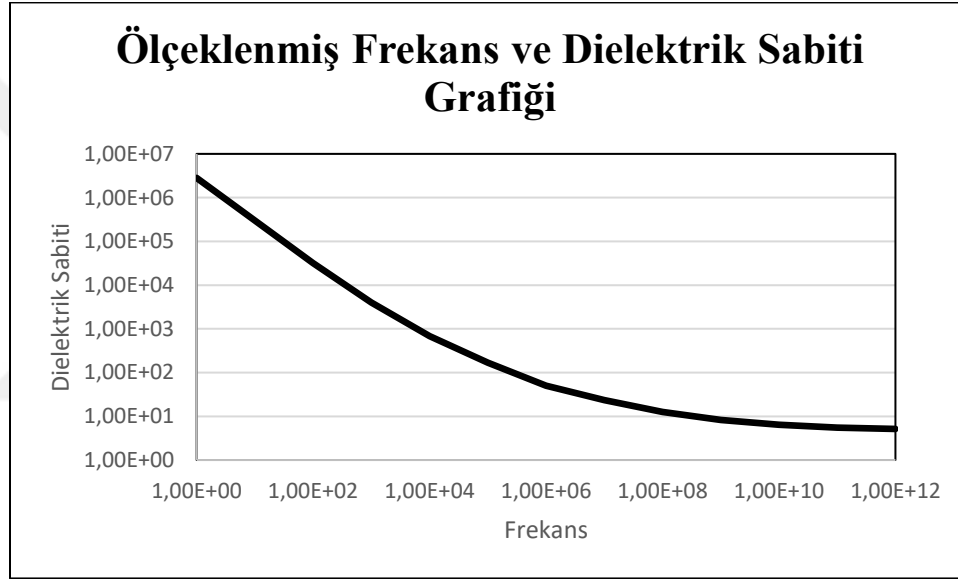
Şekil 4.5. Hacimsel neme göre ölçekleme oranı

Örnek toprak tipinde ölçekleme katsayısı 0.59 olarak hesaplanmıştı. Denkleme yerleştirirsek,

$$P = F^{0,78125} * 10 = 0.5^{0,78125} = 6.62 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Şimdi bu sonucu önceki bölümlerde ele aldığımız TDR yöntemi ile kıyaslayalım.

TDR yöntemi ile kıyaslama yapılabilmesi için dielektrik sabitin çok yüksek frekanslarda artık çok fazla değişmediği bölgedeki değerlerinden birini alıp nem hesabını buna göre yapmak gerekir. Bunun için de ilk önce Longmire ve Smith'in evrensel toprak grafiğini alıp örnekte kullanılan toprak tipi için ölçeklendirilmesi gerekir.



Şekil 4.6. Ölçeklenmiş Frekans ve Dielektrik Sabiti Grafiği.

Simulasyon için kullanılan Python kodu bu çalışmanın ekler bölümünün 1.8. alt bölümünde bulunabilir. Simulasyon sonucu elde edilen datalar da yine ekler bölümünün 2.8. alt bölümünde mevcuttur.

Şekil 4.6'daki grafik 0.59 ölçekleme katsayısına göre ölçeklendirilmiştir. Grafik incelendiğinde dielektrik sabitin 5.5 seviyesinde artık iyice yatay seyretmeye başladığı görülmektedir. Yani bu toprak tipi için yüksek frekanstaki dielektrik sabiti yaklaşık olarak 5.5 değerini alabilir. Bu 5.5 değerini TDR yönteminde kullanılan Topp'un denklemine yerleştirirsek nem oranı : 9.16 olarak çıkacaktır.

Aynı değeri yine TDR yönteminde kullanılan Malicki denkleme kalibrasyon sabiti 1.1 alınarak yerleştirilirse 13.56 kalibrasyon sabiti 1.4 olarak yerleştirilirse de 11.10 çıkacaktır.

Tablo 4.4. Yöntemler ve Hesaplanan Nem Oranları

Yöntem	Hesaplanan Nem Oranı
TDR Topp	9.16
TDR Malicki 1.1	13.56
TDR Malicki 1.4	11.10
Longmire Smith	6.62

Bu sonuçlardan görüldüğü üzere sonuçlar arasında ciddi bir fark bulunmamaktadır. Hem TDR üzerinden ölçülen sonuçlar hem de FDR üzerinden ölçülen sonuçlar teorik olarak birbirlerine çok yakın çıkmaktadır.

5. BÖLÜM

SONUÇ

Yukarıdaki çalışmaların neticesinde TDR yöntemi kullanarak da FDR yöntemi kullanarak da topraktaki su içeriğinin tespit edilebildiği açıklığa kavuşmuştur. Her iki yöntemin de birbirine göre bazı avantajları mevcuttur. Ancak kesin olan iki yöntemin de tutarlı sonuçlar verdiği ve birinden elde edilen datanın diğeri kullanılarak teyit edilebildiğidir. Bu nedenle bu çalışmada yapılan simülasyonun gerçek dünyada deneysel olarak denenmesi durumunda da gayet tutarlı sonuçlar vermesi ihtimali oldukça yüksektir.

İki yöntemin de birbirlerine karşı çeşitli avantajları ve dezavantajları mevcuttur.

TDR yönteminde frekans domaininde değil de zaman domaininde olduğu için hesaplama yapılması oldukça kolaydır. TDR'da yapılması gereken zaman farkını bulmak ve bundan dielektrik sabite geçmektir. Daha sonra matematiksel modeller kullanılarak toprağın su içeriği rahatlıkla bulunabilir. Ayrıca TDR yönteminde fiziki kurulum yapılmak istenirse FDR'a göre daha basit malzemelerle bu yapılabilir.

TDR yönteminin dezavantajı ise ölçüm yapabilmek için alıcı ve verici ucu toprağa gömmenin gerekmesidir. Yani her ölçüm yapılmak istendiğinde bu işlem tekrarlanmalı ve ölçüm bu şekilde yapılmalıdır. Bu da çok pratik olan bir şey değildir. Özellikle temassız ölçümün hızı düşünüldüğünde bu yöntem oldukça yavaş kalacaktır.

FDR yönteminde frekans domaininde çalışıldığından TDR yöntemine göre matematiksel hesaplamalar daha karmaşıktır. Ayrıca ölçümleri evrensel toprak modeline göre kalibre edebilmek için örnek toprağın yüksek bir frekansta ölçülmüş değerinin olması gerekmektedir. Ancak bir kere kalibrasyon yapıldıktan sonra temassız ölçüm mümkündür. Yani bu yöntem TDR yöntemine göre kalibrasyon yapıldıktan sonra oldukça hızlı bir yöntemdir denebilir.

Çalışmaların sonucunda ölçüm hatalarının maksimum yüzde on seviyelerinde olduğu düşünülmektedir. Bu tarımsal uygulamalar için yeterli bir hassaslıktır. FDR ve TDR temelli topraktaki nem içeriğinin anlık olarak tespit edilebildiği bir sistemin kurulması durumunda bu sistemin tarımsal sulama takibi ihtiyaçlarını fazlası ile karşılayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Drnevich, V. P., Lin, C.-P., Yi, Q., Yu, X., & Lovell, J. (2001). *REAL-TIME DETERMINATION OF SOIL TYPE, WATER CONTENT, AND DENSITY USING ELECTROMAGNETICS*. West Lafayette, Indiana: School of Civil Engineering Purdue University.
- Kazunori, T., Jan, I., Holger, P., & Seiichiro, K. (2012). *Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management*. intechopen.
- King, R. W., Smith, G. S., & Owens, M. (1981). *Antennas in Matter. Fundamentals, Theory, and Applications*. MIT Press.
- Longmire, C. L., & Smith, K. S. (1975). *A Universal impedance for soils*. Santa Barbara, California: Mission Research Corporation.
- MALICKI, M., PLAGGE, R., & ROTH, C. (1996). Improving the calibration of dielectric TDR soil moisture determination taking into account the solid soil. *European journal of soil science*, 357-366.
- Menziani, M., Rivasi, M. R., Pugnaghi, S., Santengelo, R., & Vincenzi, S. (1996). Soil volumetric water content measurement using TDR technique . *ANNALI DI GEOFISICA*, 91-96.
- Noborio, K. (2001). Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 213-237.
- Reeves, T. L., & Smith, M. A. (1992). Time domain reflectometry for measuring soil water content in range surveys. *Journal of Range Measurement*, 412-414.
- Scott, J. H. (1983). *Electrical and magnetic properties of rock and soils*. United States Department Of The Interior.
- Soil Lab Modules*. (2017, 08 12). Soilweb:
<http://labmodules.soilweb.ca/time-domain-reflectometry/> adresinden alındı
- Staelin, D. H. (2011). *Electromagnetics and Applications*. Department of Electrical Engineering and Computer Science Massachusetts Institute of Technology.
- Topp, G., Davis, J., & Annan, A. (1980). Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resource Research*, 574-582.
- Yu, X., & Yu, X. (2006). Time Domain Reflectometry Tests of Multilayered Soils.

EKLER

Ek-1. Python Kodları

1.1. Simulasyon: Topraktaki su içeriğine göre dielektrik sabitini Topp denklemine göre hesaplayan Python kodu

```
from __future__ import division
import math
from math import log10
import equations

print ("TOPP DENKLEMİ : ")

for i in range(30,500,1):
    output_line = "Er:\t" + str(i/10) + "\t" + "Q:\t" + \
        str(equations.topp_equation(i/10))
    output_line = output_line.replace(".",",")
    print output_line
```

1.2. Simulasyon: Dielektrik sabitine göre elektromanyetik dalganın alıcı uçtan verici uca iletim süresini kıyaslayan Python kodu

```
#!/usr/bin/env python2
from __future__ import division
import math
from math import log10

def dielectric_constant(travel_time):
    # t in seconds
    speed_of_light = 3 * 10 ** 8 #METERS / SECOND
    L = 0.3 #METERS
    dielectric_constant = ((speed_of_light * travel_time) / L ) ** 2
```



```
return dielectric_constant
```

```
def travel_time(dielectric_constant):
```

```
    # t in seconds
```

```
    speed_of_light = 3 * 10 ** 8 #METERS / SECOND
```

```
    L = 0.3 #METERS
```

```
    t = ((dielectric_constant ** 0.5) * L) / speed_of_light
```

```
    return t
```

```
def topp_equation(dielectric_constant):
```

```
    volumetric_water_content = (4.3) * (10 **(-6)) * (dielectric_constant ** 3) - \
                                (5.5) * (10 **(-4)) * (dielectric_constant ** 2) + \
                                (2.92) * (10 **(-2)) * (dielectric_constant ) - \
                                (5.3) * (10 **(-2))
```

```
    return volumetric_water_content * 100
```

```
# Volumetric water content vs dielectric constant
```

```
for i in range(30,500,1):
```

```
    Er = i/10
```

```
    t = travel_time(Er)
```

```
    volumetric_water_content = topp_equation(i/10)
```

```
    print "Er:\t" + str(Er) + "\t" + "Q:\t" + str(volumetric_water_content) + "\t" + \
          "t :\t" + str(t)
```

1.3. Simulasyon: Topp ve Malicki denklemlerini karşılaştırarak dielektrik sabiti hesaplayan Python kodu

```
#!/usr/bin/env python2

from __future__ import division
import math
from math import log10
import equations

calibration_list=[0.5,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,2,2.5]

for n in range(len(calibration_list)):
    calibration = calibration_list[n]
    print ("MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU" +
str(calibration))

    for i in range(30,500,1):

        output_line = "Er:\t" + str(i/10) + "\t" + "Q:\t" + \
            str(equations.malicki_equation((i/10),calibration))
        output_line = output_line.replace(".",",")

        if i % 10 == 0:
            print output_line

print ("TOPP DENKLEMI : ")
```

```

for i in range(30,500,1):
    output_line = "Er:\t" + str(i/10) + "\t" + "Q:\t" + \
        str(equations.topp_equation(i/10))
    output_line = output_line.replace(".",",")

    if i % 10 == 0:
        print output_line

```

1.4. Simulasyon: Topp ve Malicki denklemlerini karşılaştırarak dielektrik sabiti hesaplayan Python kodu 2

```

#!/usr/bin/env python2

from __future__ import division
import math
from math import log10
import equations

calibration_list =[0.5,2]

for n in range(len(calibration_list)):
    calibration = calibration_list[n]
    print ("MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU" +
str(calibration))

for i in range(30,500,1):

    output_line = "Er:\t" + str(i/10) + "\t" + "Q:\t" + \

```

```

        str(equations.malicki_equation((i/10),calibration))
    output_line = output_line.replace(".",",")

    if i % 10 == 0:
        print output_line

print ("TOPP DENKLEMI : ")

for i in range(30,500,1):
    output_line = "Er:\t" + str(i/10) + "\t" + "Q:\t" + \
        str(equations.topp_equation(i/10))
    output_line = output_line.replace(".",",")

    if i % 10 == 0:
        print output_line

```

1.5. Simulasyon: Scott'ın evrensel su içeriği dielektrik sabiti grafiğini hesaplayan Python kodu

```

#!/usr/bin/env python2

from __future__ import division

import equations
#ASAGIDAKI SU ORANLARI ICIN
#SCOTT IN DENKKEMINE GORE
#FREKANS VS DIELEKTRIK SABITI HESAPLAR
water_list = [0.3,1,3,10,30,100]

```

```

for x in range(len(water_list)):
    water_content = water_list[x]
    frekans = 10
    n = 2
    while frekans < 1*10**7:
        a = equations.scott(frekans,water_content)
        b = "DIELEKTRIK SABITI: " + str(a) + "\t " + "FREKANS: " +
str(frekans) + "\t "
        b = b.replace(".",",")
        print b
        frekans = 10**n
        n = n + 1

```

1.6. Longmire ve Smith in denklemini geniş bir frekans aralığında hesaplayarak dielektrik sabiti elde eden Python kodu:

```

#!/usr/bin/env python2
# -*- coding: cp1254 -*-

```

```

from __future__ import division
import equations

```

```

frekans = 1

```

```

n = 2

```

```

#LONGMIRE VE SMITH DENKLEMİNİ GENİŞ BİR FREKANS
ARALIGINDA KESTUR

```

```

while frekans < 1*10**13:

```

```

    a = equations.ls_calculate_er(frekans,1)

```

```

    a = str(a)

```

```

    a = a.replace(".",",")

```

```

    b = "DIELEKTRİK SABİTİ: " + str(a) + "\t" + "FREKANS: " + str(frekans)
+ "\t"
    print b
    frekans = 10**n
    n = n + 1

```

1.7. İterasyon ile ölçekleme katsayısını Longmire ve Smith in denklemini kullanarak hesaplayan Python kodu:

```

#!/usr/bin/env python2
# -*- coding: cp1254 -*-

from __future__ import division
import equations

def get_scale_factor(desired_freq,desired_er):
    print "\n\n\n"
    print "OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK İSTENİLEN
FREKANS : " + str(desired_freq) + \
        " DIELEKTRİK SABİT: " + str(desired_er)
    for i in range(1000000):
        scale_factor = i / 10000
        er = equations.ls_calculate_er(desired_freq,scale_factor)

        if i% 100 == 0:

            OUT = "ITERASYON#: \t" + str(i) + "\tHesaplanan Er: \t" + str(er) + \
                "\tOLCEKLEME KATSAYISI: \t" + str(scale_factor)
            OUT = OUT.replace(".",",")
            print OUT

```

```

if er - desired_er < 0.1:
    print "OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!" + "\n"
    OUT = "TOPLAM ITERASYON#:\t" + str(i) + "\tHesaplanan Er:\t" +
str(er) + \
        "\tOLCEKLEME KATSAYISI:\t" + str(scale_factor)
    OUT = OUT.replace(".",",")
    return OUT
    break

```

```

#
freqs = [10**2,10**3,10**4,10**5,10**6,10**7,10**8,10**9,10**10]
ers   = [30000,40000,700 ,170 ,50 ,24 ,12 ,9 ,7]

##freqs = [10**6]
##ers   = [50]

#
for i in range(len(freqs)):
    # FREKANS VE DIELEKTRİK SABITİNİ FONKSİYONA GİR
    print get_scale_factor(freqs[i],ers[i])

```

1.8. Ölçekleme katsayısını farklı frekans ve dielektrik sabite göre iterasyon ile hesaplayan Python kodu:

```

#!/usr/bin/env python2
# -*- coding: cp1254 -*-

from __future__ import division
import equations

```

```

freqs = [10**2,10**3,10**4,10**5,10**6,10**7,10**8,10**9,10**10]
ers   = [30000,40000,700 ,170 ,50 ,24 ,12 ,9 ,7]

# BUNUN ICIN FREKANS VE DIELEKTRİK SABİTİ İKİLİSİNE İHTİYAC
VAR

for i in range(len(freqs)):
    # FREKANS VE DIELEKTRİK SABİTİNİ FONKSİYONA GIR
    print "OK: " + str(equations.get_scale_factor(freqs[i],ers[i])) + "\tE:\t" +
str(ers[i]) + \
        "\tF:\t" + str(freqs[i])

```

1.9. Simülasyon: Topp denkleminin çeşitli değerler için hesaplanması

```

#!/usr/bin/env python2

from __future__ import division
import math
from math import log10
import equations

erlist = [24.5,8.7,8.5]

print ("TOPP DENKLEMİ : ")

for i in range(len(erlist)):
    er = erlist[i]

```



```
output_line = "Er:\t" + str(er) + "\t" + "Q:\t" + \
               str(equations.topp_equation(er))
```

```
output_line = output_line.replace(".",",")
print output_line
```

1.10. Simulasyonlarda kořturulan denklemleri iren Python kütüphanesi

```
#!/usr/bin/env python2
# -*- coding: cp1254 -*-

from __future__ import division

import math
from math import log10

def ls_calculate_er(frequency,scale_factor):
    # LONGMIRE VE SMITH IN DIELEKTRIK SABITI DENKLEMİ
    def calculate_an(n):
        #LONGMIRE VE SIMITHIN DENKLEMİ ICIN AN HESABI
        if n == 1:
            coeff = 3.40*10**6
        elif n==2:
            coeff = 2.74*10**5
        elif n==3:
            coeff = 2.58*10**4
        elif n==4:
```

```

        coeff = 3.38*10**3
elif n==5:
        coeff = 5.26*10**2
elif n==6:
        coeff = 1.33*10**2
elif n==7:
        coeff = 2.72*10**1
elif n==8:
        coeff = 1.25*10**1
elif n==9:
        coeff = 4.80*10**0
elif n==10:
        coeff = 2.17*10**0
elif n==11:
        coeff = 9.80*10**-1
elif n==12:
        coeff = 3.92*10**-1
elif n==13:
        coeff = 1.73*10**-1

##    print ("Kullanılan evrensel toprak katsayısı: " + str(n) + " Degeri: " +
str(coeff) )
    return coeff

def calculate_fn(n):
    #LONGMIRE VE SMITH IN DIELEKTRIK SABITI DENKLEMI ICIN
FN HESABI
    fn = 10**(n-1)
    return fn

#LONGMIRE VE SMITH IN DIELEKTRIK SABITI DENKLEMININ ANA
BOLUMU

```

```

freq_scale_factor = scale_factor
temp1 = 0
e_infinite = 5
n = 13
for i in range(1,n+1):

    temp2 =
    (calculate_an(i))/(1.00+(freq_scale_factor*frequency/calculate_fn(i))**2)
    temp1 = temp1 + temp2
result = temp1 + e_infinite

return result

```

```
def scott(frequency,water_content):
```

#SCOTT IN HACIMSEL SU ORANI FREKANS VE DIELEKTRIK SABITI

DENKLEMI

#D = DIELECTRIC CONSTANT

#F = FREQUENCY

#W = WATER CONTENT

F = log10(frequency)

W = log10(water_content)

dielectric_constant = 4.905 + 1.308*W - 0.971*F + 0.111*W**2 - 0.168*F*W
+ 0.059*F**2

D = 10**dielectric_constant

return D

```

def topp_equation(dielectric_constant):
    #TOPP UN DENKLEMINU KULLANARAK DIELEKTRIK SABIT ELDE
    EDILIR
    volumetric_water_content = (4.3) * (10 **(-6)) * (dielectric_constant ** 3) - \
        (5.5) * (10 **(-4)) * (dielectric_constant ** 2) + \
        (2.92) * (10 **(-2)) * (dielectric_constant ) - \
        (5.3) * (10 **(-2))
    return volumetric_water_content * 100

```

```

def malicki_equation(dielectric_constant,calibration):
    #MALICKI DENKLEMINI KULLNARAK DIELEKTRIK SABIT ELDE
    EDILIR
    volumetric_water_content = ( dielectric_constant ** (0.5) \
        -0.819 - 0.168 * calibration - 0.159*
    (calibration**2)) \
        / (7.17 + 1.18 * calibration)
    return volumetric_water_content * 100

```

```

def get_scale_factor(desired_freq,desired_er):

    for i in range(1000000):
        scale_factor = i / 10000
        er = ls_calculate_er(desired_freq,scale_factor)

        if er - desired_er < 0.1:

```

return scale_factor
break

Ek-2. Datalar

2.1. (1.1) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

TOPP DENKLEMİ :

Er:	3,0	Q:	2,97661
Er:	3,1	Q:	3,23626013
Er:	3,2	Q:	3,49489024
Er:	3,3	Q:	3,75250291
Er:	3,4	Q:	4,00910072
Er:	3,5	Q:	4,26468625
Er:	3,6	Q:	4,51926208
Er:	3,7	Q:	4,77283079
Er:	3,8	Q:	5,02539496
Er:	3,9	Q:	5,27695717
Er:	4,0	Q:	5,52752
Er:	4,1	Q:	5,77708603
Er:	4,2	Q:	6,02565784
Er:	4,3	Q:	6,27323801
Er:	4,4	Q:	6,51982912
Er:	4,5	Q:	6,76543375
Er:	4,6	Q:	7,01005448
Er:	4,7	Q:	7,25369389
Er:	4,8	Q:	7,49635456
Er:	4,9	Q:	7,73803907
Er:	5,0	Q:	7,97875
Er:	5,1	Q:	8,21848993
Er:	5,2	Q:	8,45726144

Er: 5,3 Q: 8,69506711
Er: 5,4 Q: 8,93190952
Er: 5,5 Q: 9,16779125
Er: 5,6 Q: 9,40271488
Er: 5,7 Q: 9,63668299
Er: 5,8 Q: 9,86969816
Er: 5,9 Q: 10,10176297
Er: 6,0 Q: 10,33288
Er: 6,1 Q: 10,56305183
Er: 6,2 Q: 10,79228104
Er: 6,3 Q: 11,02057021
Er: 6,4 Q: 11,24792192
Er: 6,5 Q: 11,47433875
Er: 6,6 Q: 11,69982328
Er: 6,7 Q: 11,92437809
Er: 6,8 Q: 12,14800576
Er: 6,9 Q: 12,37070887
Er: 7,0 Q: 12,59249
Er: 7,1 Q: 12,81335173
Er: 7,2 Q: 13,03329664
Er: 7,3 Q: 13,25232731
Er: 7,4 Q: 13,47044632
Er: 7,5 Q: 13,68765625
Er: 7,6 Q: 13,90395968
Er: 7,7 Q: 14,11935919
Er: 7,8 Q: 14,33385736
Er: 7,9 Q: 14,54745677
Er: 8,0 Q: 14,76016
Er: 8,1 Q: 14,97196963
Er: 8,2 Q: 15,18288824
Er: 8,3 Q: 15,39291841

Er: 8,4 Q: 15,60206272
Er: 8,5 Q: 15,81032375
Er: 8,6 Q: 16,01770408
Er: 8,7 Q: 16,22420629
Er: 8,8 Q: 16,42983296
Er: 8,9 Q: 16,63458667
Er: 9,0 Q: 16,83847
Er: 9,1 Q: 17,04148553
Er: 9,2 Q: 17,24363584
Er: 9,3 Q: 17,44492351
Er: 9,4 Q: 17,64535112
Er: 9,5 Q: 17,84492125
Er: 9,6 Q: 18,04363648
Er: 9,7 Q: 18,24149939
Er: 9,8 Q: 18,43851256
Er: 9,9 Q: 18,63467857
Er: 10,0 Q: 18,83
Er: 10,1 Q: 19,02447943
Er: 10,2 Q: 19,21811944
Er: 10,3 Q: 19,41092261
Er: 10,4 Q: 19,60289152
Er: 10,5 Q: 19,79402875
Er: 10,6 Q: 19,98433688
Er: 10,7 Q: 20,17381849
Er: 10,8 Q: 20,36247616
Er: 10,9 Q: 20,55031247
Er: 11,0 Q: 20,73733
Er: 11,1 Q: 20,92353133
Er: 11,2 Q: 21,10891904
Er: 11,3 Q: 21,29349571
Er: 11,4 Q: 21,47726392

Er: 11,5 Q: 21,66022625
Er: 11,6 Q: 21,84238528
Er: 11,7 Q: 22,02374359
Er: 11,8 Q: 22,20430376
Er: 11,9 Q: 22,38406837
Er: 12,0 Q: 22,56304
Er: 12,1 Q: 22,74122123
Er: 12,2 Q: 22,91861464
Er: 12,3 Q: 23,09522281
Er: 12,4 Q: 23,27104832
Er: 12,5 Q: 23,44609375
Er: 12,6 Q: 23,62036168
Er: 12,7 Q: 23,79385469
Er: 12,8 Q: 23,96657536
Er: 12,9 Q: 24,13852627
Er: 13,0 Q: 24,30971
Er: 13,1 Q: 24,48012913
Er: 13,2 Q: 24,64978624
Er: 13,3 Q: 24,81868391
Er: 13,4 Q: 24,98682472
Er: 13,5 Q: 25,15421125
Er: 13,6 Q: 25,32084608
Er: 13,7 Q: 25,48673179
Er: 13,8 Q: 25,65187096
Er: 13,9 Q: 25,81626617
Er: 14,0 Q: 25,97992
Er: 14,1 Q: 26,14283503
Er: 14,2 Q: 26,30501384
Er: 14,3 Q: 26,46645901
Er: 14,4 Q: 26,62717312
Er: 14,5 Q: 26,78715875

Er: 14,6 Q: 26,94641848
Er: 14,7 Q: 27,10495489
Er: 14,8 Q: 27,26277056
Er: 14,9 Q: 27,41986807
Er: 15,0 Q: 27,57625
Er: 15,1 Q: 27,73191893
Er: 15,2 Q: 27,88687744
Er: 15,3 Q: 28,04112811
Er: 15,4 Q: 28,19467352
Er: 15,5 Q: 28,34751625
Er: 15,6 Q: 28,49965888
Er: 15,7 Q: 28,65110399
Er: 15,8 Q: 28,80185416
Er: 15,9 Q: 28,95191197
Er: 16,0 Q: 29,10128
Er: 16,1 Q: 29,24996083
Er: 16,2 Q: 29,39795704
Er: 16,3 Q: 29,54527121
Er: 16,4 Q: 29,69190592
Er: 16,5 Q: 29,83786375
Er: 16,6 Q: 29,98314728
Er: 16,7 Q: 30,12775909
Er: 16,8 Q: 30,27170176
Er: 16,9 Q: 30,41497787
Er: 17,0 Q: 30,55759
Er: 17,1 Q: 30,69954073
Er: 17,2 Q: 30,84083264
Er: 17,3 Q: 30,98146831
Er: 17,4 Q: 31,12145032
Er: 17,5 Q: 31,26078125
Er: 17,6 Q: 31,39946368

Er: 17,7 Q: 31,53750019
Er: 17,8 Q: 31,67489336
Er: 17,9 Q: 31,81164577
Er: 18,0 Q: 31,94776
Er: 18,1 Q: 32,08323863
Er: 18,2 Q: 32,21808424
Er: 18,3 Q: 32,35229941
Er: 18,4 Q: 32,48588672
Er: 18,5 Q: 32,61884875
Er: 18,6 Q: 32,75118808
Er: 18,7 Q: 32,88290729
Er: 18,8 Q: 33,01400896
Er: 18,9 Q: 33,14449567
Er: 19,0 Q: 33,27437
Er: 19,1 Q: 33,40363453
Er: 19,2 Q: 33,53229184
Er: 19,3 Q: 33,66034451
Er: 19,4 Q: 33,78779512
Er: 19,5 Q: 33,91464625
Er: 19,6 Q: 34,04090048
Er: 19,7 Q: 34,16656039
Er: 19,8 Q: 34,29162856
Er: 19,9 Q: 34,41610757
Er: 20,0 Q: 34,54
Er: 20,1 Q: 34,66330843
Er: 20,2 Q: 34,78603544
Er: 20,3 Q: 34,90818361
Er: 20,4 Q: 35,02975552
Er: 20,5 Q: 35,15075375
Er: 20,6 Q: 35,27118088
Er: 20,7 Q: 35,39103949

Er: 20,8 Q: 35,51033216
Er: 20,9 Q: 35,62906147
Er: 21,0 Q: 35,74723
Er: 21,1 Q: 35,86484033
Er: 21,2 Q: 35,98189504
Er: 21,3 Q: 36,09839671
Er: 21,4 Q: 36,21434792
Er: 21,5 Q: 36,32975125
Er: 21,6 Q: 36,44460928
Er: 21,7 Q: 36,55892459
Er: 21,8 Q: 36,67269976
Er: 21,9 Q: 36,78593737
Er: 22,0 Q: 36,89864
Er: 22,1 Q: 37,01081023
Er: 22,2 Q: 37,12245064
Er: 22,3 Q: 37,23356381
Er: 22,4 Q: 37,34415232
Er: 22,5 Q: 37,45421875
Er: 22,6 Q: 37,56376568
Er: 22,7 Q: 37,67279569
Er: 22,8 Q: 37,78131136
Er: 22,9 Q: 37,88931527
Er: 23,0 Q: 37,99681
Er: 23,1 Q: 38,10379813
Er: 23,2 Q: 38,21028224
Er: 23,3 Q: 38,31626491
Er: 23,4 Q: 38,42174872
Er: 23,5 Q: 38,52673625
Er: 23,6 Q: 38,63123008
Er: 23,7 Q: 38,73523279
Er: 23,8 Q: 38,83874696

Er: 23,9 Q: 38,94177517
Er: 24,0 Q: 39,04432
Er: 24,1 Q: 39,14638403
Er: 24,2 Q: 39,24796984
Er: 24,3 Q: 39,34908001
Er: 24,4 Q: 39,44971712
Er: 24,5 Q: 39,54988375
Er: 24,6 Q: 39,64958248
Er: 24,7 Q: 39,74881589
Er: 24,8 Q: 39,84758656
Er: 24,9 Q: 39,94589707
Er: 25,0 Q: 40,04375
Er: 25,1 Q: 40,14114793
Er: 25,2 Q: 40,23809344
Er: 25,3 Q: 40,33458911
Er: 25,4 Q: 40,43063752
Er: 25,5 Q: 40,52624125
Er: 25,6 Q: 40,62140288
Er: 25,7 Q: 40,71612499
Er: 25,8 Q: 40,81041016
Er: 25,9 Q: 40,90426097
Er: 26,0 Q: 40,99768
Er: 26,1 Q: 41,09066983
Er: 26,2 Q: 41,18323304
Er: 26,3 Q: 41,27537221
Er: 26,4 Q: 41,36708992
Er: 26,5 Q: 41,45838875
Er: 26,6 Q: 41,54927128
Er: 26,7 Q: 41,63974009
Er: 26,8 Q: 41,72979776
Er: 26,9 Q: 41,81944687

Er: 27,0 Q: 41,90869
Er: 27,1 Q: 41,99752973
Er: 27,2 Q: 42,08596864
Er: 27,3 Q: 42,17400931
Er: 27,4 Q: 42,26165432
Er: 27,5 Q: 42,34890625
Er: 27,6 Q: 42,43576768
Er: 27,7 Q: 42,52224119
Er: 27,8 Q: 42,60832936
Er: 27,9 Q: 42,69403477
Er: 28,0 Q: 42,77936
Er: 28,1 Q: 42,86430763
Er: 28,2 Q: 42,94888024
Er: 28,3 Q: 43,03308041
Er: 28,4 Q: 43,11691072
Er: 28,5 Q: 43,20037375
Er: 28,6 Q: 43,28347208
Er: 28,7 Q: 43,36620829
Er: 28,8 Q: 43,44858496
Er: 28,9 Q: 43,53060467
Er: 29,0 Q: 43,61227
Er: 29,1 Q: 43,69358353
Er: 29,2 Q: 43,77454784
Er: 29,3 Q: 43,85516551
Er: 29,4 Q: 43,93543912
Er: 29,5 Q: 44,01537125
Er: 29,6 Q: 44,09496448
Er: 29,7 Q: 44,17422139
Er: 29,8 Q: 44,25314456
Er: 29,9 Q: 44,33173657
Er: 30,0 Q: 44,41

Er: 30,1 Q: 44,48793743
Er: 30,2 Q: 44,56555144
Er: 30,3 Q: 44,64284461
Er: 30,4 Q: 44,71981952
Er: 30,5 Q: 44,79647875
Er: 30,6 Q: 44,87282488
Er: 30,7 Q: 44,94886049
Er: 30,8 Q: 45,02458816
Er: 30,9 Q: 45,10001047
Er: 31,0 Q: 45,17513
Er: 31,1 Q: 45,24994933
Er: 31,2 Q: 45,32447104
Er: 31,3 Q: 45,39869771
Er: 31,4 Q: 45,47263192
Er: 31,5 Q: 45,54627625
Er: 31,6 Q: 45,61963328
Er: 31,7 Q: 45,69270559
Er: 31,8 Q: 45,76549576
Er: 31,9 Q: 45,83800637
Er: 32,0 Q: 45,91024
Er: 32,1 Q: 45,98219923
Er: 32,2 Q: 46,05388664
Er: 32,3 Q: 46,12530481
Er: 32,4 Q: 46,19645632
Er: 32,5 Q: 46,26734375
Er: 32,6 Q: 46,33796968
Er: 32,7 Q: 46,40833669
Er: 32,8 Q: 46,47844736
Er: 32,9 Q: 46,54830427
Er: 33,0 Q: 46,61791
Er: 33,1 Q: 46,68726713

Er: 33,2 Q: 46,75637824
Er: 33,3 Q: 46,82524591
Er: 33,4 Q: 46,89387272
Er: 33,5 Q: 46,96226125
Er: 33,6 Q: 47,03041408
Er: 33,7 Q: 47,09833379
Er: 33,8 Q: 47,16602296
Er: 33,9 Q: 47,23348417
Er: 34,0 Q: 47,30072
Er: 34,1 Q: 47,36773303
Er: 34,2 Q: 47,43452584
Er: 34,3 Q: 47,50110101
Er: 34,4 Q: 47,56746112
Er: 34,5 Q: 47,63360875
Er: 34,6 Q: 47,69954648
Er: 34,7 Q: 47,76527689
Er: 34,8 Q: 47,83080256
Er: 34,9 Q: 47,89612607
Er: 35,0 Q: 47,96125
Er: 35,1 Q: 48,02617693
Er: 35,2 Q: 48,09090944
Er: 35,3 Q: 48,15545011
Er: 35,4 Q: 48,21980152
Er: 35,5 Q: 48,28396625
Er: 35,6 Q: 48,34794688
Er: 35,7 Q: 48,41174599
Er: 35,8 Q: 48,47536616
Er: 35,9 Q: 48,53880997
Er: 36,0 Q: 48,60208
Er: 36,1 Q: 48,66517883
Er: 36,2 Q: 48,72810904

Er: 36,3 Q: 48,79087321
Er: 36,4 Q: 48,85347392
Er: 36,5 Q: 48,91591375
Er: 36,6 Q: 48,97819528
Er: 36,7 Q: 49,04032109
Er: 36,8 Q: 49,10229376
Er: 36,9 Q: 49,16411587
Er: 37,0 Q: 49,22579
Er: 37,1 Q: 49,28731873
Er: 37,2 Q: 49,34870464
Er: 37,3 Q: 49,40995031
Er: 37,4 Q: 49,47105832
Er: 37,5 Q: 49,53203125
Er: 37,6 Q: 49,59287168
Er: 37,7 Q: 49,65358219
Er: 37,8 Q: 49,71416536
Er: 37,9 Q: 49,77462377
Er: 38,0 Q: 49,83496
Er: 38,1 Q: 49,89517663
Er: 38,2 Q: 49,95527624
Er: 38,3 Q: 50,01526141
Er: 38,4 Q: 50,07513472
Er: 38,5 Q: 50,13489875
Er: 38,6 Q: 50,19455608
Er: 38,7 Q: 50,25410929
Er: 38,8 Q: 50,31356096
Er: 38,9 Q: 50,37291367
Er: 39,0 Q: 50,43217
Er: 39,1 Q: 50,49133253
Er: 39,2 Q: 50,55040384
Er: 39,3 Q: 50,60938651

Er: 39,4 Q: 50,66828312
Er: 39,5 Q: 50,72709625
Er: 39,6 Q: 50,78582848
Er: 39,7 Q: 50,84448239
Er: 39,8 Q: 50,90306056
Er: 39,9 Q: 50,96156557
Er: 40,0 Q: 51,02
Er: 40,1 Q: 51,07836643
Er: 40,2 Q: 51,13666744
Er: 40,3 Q: 51,19490561
Er: 40,4 Q: 51,25308352
Er: 40,5 Q: 51,31120375
Er: 40,6 Q: 51,36926888
Er: 40,7 Q: 51,42728149
Er: 40,8 Q: 51,48524416
Er: 40,9 Q: 51,54315947
Er: 41,0 Q: 51,60103
Er: 41,1 Q: 51,65885833
Er: 41,2 Q: 51,71664704
Er: 41,3 Q: 51,77439871
Er: 41,4 Q: 51,83211592
Er: 41,5 Q: 51,88980125
Er: 41,6 Q: 51,94745728
Er: 41,7 Q: 52,00508659
Er: 41,8 Q: 52,06269176
Er: 41,9 Q: 52,12027537
Er: 42,0 Q: 52,17784
Er: 42,1 Q: 52,23538823
Er: 42,2 Q: 52,29292264
Er: 42,3 Q: 52,35044581
Er: 42,4 Q: 52,40796032

Er: 42,5 Q: 52,46546875
Er: 42,6 Q: 52,52297368
Er: 42,7 Q: 52,58047769
Er: 42,8 Q: 52,63798336
Er: 42,9 Q: 52,69549327
Er: 43,0 Q: 52,75301
Er: 43,1 Q: 52,81053613
Er: 43,2 Q: 52,86807424
Er: 43,3 Q: 52,92562691
Er: 43,4 Q: 52,98319672
Er: 43,5 Q: 53,04078625
Er: 43,6 Q: 53,09839808
Er: 43,7 Q: 53,15603479
Er: 43,8 Q: 53,21369896
Er: 43,9 Q: 53,27139317
Er: 44,0 Q: 53,32912
Er: 44,1 Q: 53,38688203
Er: 44,2 Q: 53,44468184
Er: 44,3 Q: 53,50252201
Er: 44,4 Q: 53,56040512
Er: 44,5 Q: 53,61833375
Er: 44,6 Q: 53,67631048
Er: 44,7 Q: 53,73433789
Er: 44,8 Q: 53,79241856
Er: 44,9 Q: 53,85055507
Er: 45,0 Q: 53,90875
Er: 45,1 Q: 53,96700593
Er: 45,2 Q: 54,02532544
Er: 45,3 Q: 54,08371111
Er: 45,4 Q: 54,14216552
Er: 45,5 Q: 54,20069125

Er: 45,6 Q: 54,25929088
Er: 45,7 Q: 54,31796699
Er: 45,8 Q: 54,37672216
Er: 45,9 Q: 54,43555897
Er: 46,0 Q: 54,49448
Er: 46,1 Q: 54,55348783
Er: 46,2 Q: 54,61258504
Er: 46,3 Q: 54,67177421
Er: 46,4 Q: 54,73105792
Er: 46,5 Q: 54,79043875
Er: 46,6 Q: 54,84991928
Er: 46,7 Q: 54,90950209
Er: 46,8 Q: 54,96918976
Er: 46,9 Q: 55,02898487
Er: 47,0 Q: 55,08889
Er: 47,1 Q: 55,14890773
Er: 47,2 Q: 55,20904064
Er: 47,3 Q: 55,26929131
Er: 47,4 Q: 55,32966232
Er: 47,5 Q: 55,39015625
Er: 47,6 Q: 55,45077568
Er: 47,7 Q: 55,51152319
Er: 47,8 Q: 55,57240136
Er: 47,9 Q: 55,63341277
Er: 48,0 Q: 55,69456
Er: 48,1 Q: 55,75584563
Er: 48,2 Q: 55,81727224
Er: 48,3 Q: 55,87884241
Er: 48,4 Q: 55,94055872
Er: 48,5 Q: 56,00242375
Er: 48,6 Q: 56,06444008

Er: 48,7 Q: 56,12661029
Er: 48,8 Q: 56,18893696
Er: 48,9 Q: 56,25142267
Er: 49,0 Q: 56,31407
Er: 49,1 Q: 56,37688153
Er: 49,2 Q: 56,43985984
Er: 49,3 Q: 56,50300751
Er: 49,4 Q: 56,56632712
Er: 49,5 Q: 56,62982125
Er: 49,6 Q: 56,69349248
Er: 49,7 Q: 56,75734339
Er: 49,8 Q: 56,82137656
Er: 49,9 Q: 56,88559457

2.2. (1.2) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

Er: 3.0 Q: 2.97661 t: 1.73205080757e-09
Er: 3.1 Q: 3.23626013 t: 1.76068168617e-09
Er: 3.2 Q: 3.49489024 t: 1.788854382e-09
Er: 3.3 Q: 3.75250291 t: 1.81659021246e-09
Er: 3.4 Q: 4.00910072 t: 1.84390889146e-09
Er: 3.5 Q: 4.26468625 t: 1.87082869339e-09
Er: 3.6 Q: 4.51926208 t: 1.8973665961e-09
Er: 3.7 Q: 4.77283079 t: 1.92353840617e-09
Er: 3.8 Q: 5.02539496 t: 1.94935886896e-09
Er: 3.9 Q: 5.27695717 t: 1.97484176581e-09
Er: 4.0 Q: 5.52752 t: 2e-09
Er: 4.1 Q: 5.77708603 t: 2.02484567313e-09
Er: 4.2 Q: 6.02565784 t: 2.04939015319e-09
Er: 4.3 Q: 6.27323801 t: 2.07364413533e-09
Er: 4.4 Q: 6.51982912 t: 2.09761769634e-09

Er: 4.5 Q: 6.76543375 t: 2.12132034356e-09
Er: 4.6 Q: 7.01005448 t: 2.14476105895e-09
Er: 4.7 Q: 7.25369389 t: 2.16794833887e-09
Er: 4.8 Q: 7.49635456 t: 2.19089023002e-09
Er: 4.9 Q: 7.73803907 t: 2.21359436212e-09
Er: 5.0 Q: 7.97875 t: 2.2360679775e-09
Er: 5.1 Q: 8.21848993 t: 2.25831795813e-09
Er: 5.2 Q: 8.45726144 t: 2.2803508502e-09
Er: 5.3 Q: 8.69506711 t: 2.30217288664e-09
Er: 5.4 Q: 8.93190952 t: 2.32379000772e-09
Er: 5.5 Q: 9.16779125 t: 2.34520787991e-09
Er: 5.6 Q: 9.40271488 t: 2.36643191324e-09
Er: 5.7 Q: 9.63668299 t: 2.38746727726e-09
Er: 5.8 Q: 9.86969816 t: 2.40831891576e-09
Er: 5.9 Q: 10.10176297 t: 2.4289915603e-09
Er: 6.0 Q: 10.33288 t: 2.44948974278e-09
Er: 6.1 Q: 10.56305183 t: 2.46981780705e-09
Er: 6.2 Q: 10.79228104 t: 2.4899799196e-09
Er: 6.3 Q: 11.02057021 t: 2.5099800796e-09
Er: 6.4 Q: 11.24792192 t: 2.52982212813e-09
Er: 6.5 Q: 11.47433875 t: 2.5495097568e-09
Er: 6.6 Q: 11.69982328 t: 2.56904651573e-09
Er: 6.7 Q: 11.92437809 t: 2.58843582111e-09
Er: 6.8 Q: 12.14800576 t: 2.60768096208e-09
Er: 6.9 Q: 12.37070887 t: 2.62678510731e-09
Er: 7.0 Q: 12.59249 t: 2.64575131106e-09
Er: 7.1 Q: 12.81335173 t: 2.66458251889e-09
Er: 7.2 Q: 13.03329664 t: 2.683281573e-09
Er: 7.3 Q: 13.25232731 t: 2.70185121722e-09
Er: 7.4 Q: 13.47044632 t: 2.72029410175e-09
Er: 7.5 Q: 13.68765625 t: 2.73861278753e-09

Er: 7.6 Q: 13.90395968 t: 2.75680975042e-09
Er: 7.7 Q: 14.11935919 t: 2.7748873851e-09
Er: 7.8 Q: 14.33385736 t: 2.79284800875e-09
Er: 7.9 Q: 14.54745677 t: 2.81069386451e-09
Er: 8.0 Q: 14.76016 t: 2.82842712475e-09
Er: 8.1 Q: 14.97196963 t: 2.84604989415e-09
Er: 8.2 Q: 15.18288824 t: 2.86356421266e-09
Er: 8.3 Q: 15.39291841 t: 2.88097205818e-09
Er: 8.4 Q: 15.60206272 t: 2.89827534924e-09
Er: 8.5 Q: 15.81032375 t: 2.91547594742e-09
Er: 8.6 Q: 16.01770408 t: 2.93257565972e-09
Er: 8.7 Q: 16.22420629 t: 2.94957624075e-09
Er: 8.8 Q: 16.42983296 t: 2.96647939484e-09
Er: 8.9 Q: 16.63458667 t: 2.98328677804e-09
Er: 9.0 Q: 16.83847 t: 3e-09
Er: 9.1 Q: 17.04148553 t: 3.0166206258e-09
Er: 9.2 Q: 17.24363584 t: 3.03315017762e-09
Er: 9.3 Q: 17.44492351 t: 3.0495901364e-09
Er: 9.4 Q: 17.64535112 t: 3.06594194335e-09
Er: 9.5 Q: 17.84492125 t: 3.08220700148e-09
Er: 9.6 Q: 18.04363648 t: 3.09838667697e-09
Er: 9.7 Q: 18.24149939 t: 3.11448230048e-09
Er: 9.8 Q: 18.43851256 t: 3.1304951685e-09
Er: 9.9 Q: 18.63467857 t: 3.14642654451e-09
Er: 10.0 Q: 18.83 t: 3.16227766017e-09
Er: 10.1 Q: 19.02447943 t: 3.17804971641e-09
Er: 10.2 Q: 19.21811944 t: 3.19374388453e-09
Er: 10.3 Q: 19.41092261 t: 3.20936130718e-09
Er: 10.4 Q: 19.60289152 t: 3.22490309932e-09
Er: 10.5 Q: 19.79402875 t: 3.2403703492e-09
Er: 10.6 Q: 19.98433688 t: 3.25576411922e-09

Er: 10.7 Q: 20.17381849 t: 3.27108544676e-09
Er: 10.8 Q: 20.36247616 t: 3.28633534503e-09
Er: 10.9 Q: 20.55031247 t: 3.30151480384e-09
Er: 11.0 Q: 20.73733 t: 3.31662479036e-09
Er: 11.1 Q: 20.92353133 t: 3.33166624979e-09
Er: 11.2 Q: 21.10891904 t: 3.34664010614e-09
Er: 11.3 Q: 21.29349571 t: 3.36154726279e-09
Er: 11.4 Q: 21.47726392 t: 3.37638860323e-09
Er: 11.5 Q: 21.66022625 t: 3.39116499156e-09
Er: 11.6 Q: 21.84238528 t: 3.40587727319e-09
Er: 11.7 Q: 22.02374359 t: 3.4205262753e-09
Er: 11.8 Q: 22.20430376 t: 3.43511280746e-09
Er: 11.9 Q: 22.38406837 t: 3.44963766213e-09
Er: 12.0 Q: 22.56304 t: 3.46410161514e-09
Er: 12.1 Q: 22.74122123 t: 3.47850542619e-09
Er: 12.2 Q: 22.91861464 t: 3.49284983931e-09
Er: 12.3 Q: 23.09522281 t: 3.50713558335e-09
Er: 12.4 Q: 23.27104832 t: 3.52136337233e-09
Er: 12.5 Q: 23.44609375 t: 3.53553390593e-09
Er: 12.6 Q: 23.62036168 t: 3.54964786986e-09
Er: 12.7 Q: 23.79385469 t: 3.56370593624e-09
Er: 12.8 Q: 23.96657536 t: 3.577708764e-09
Er: 12.9 Q: 24.13852627 t: 3.59165699921e-09
Er: 13.0 Q: 24.30971 t: 3.60555127546e-09
Er: 13.1 Q: 24.48012913 t: 3.61939221417e-09
Er: 13.2 Q: 24.64978624 t: 3.63318042492e-09
Er: 13.3 Q: 24.81868391 t: 3.64691650576e-09
Er: 13.4 Q: 24.98682472 t: 3.66060104354e-09
Er: 13.5 Q: 25.15421125 t: 3.67423461417e-09
Er: 13.6 Q: 25.32084608 t: 3.68781778292e-09
Er: 13.7 Q: 25.48673179 t: 3.70135110466e-09

Er: 13.8 Q: 25.65187096 t: 3.7148351242e-09
Er: 13.9 Q: 25.81626617 t: 3.72827037646e-09
Er: 14.0 Q: 25.97992 t: 3.74165738677e-09
Er: 14.1 Q: 26.14283503 t: 3.7549966711e-09
Er: 14.2 Q: 26.30501384 t: 3.76828873628e-09
Er: 14.3 Q: 26.46645901 t: 3.78153408024e-09
Er: 14.4 Q: 26.62717312 t: 3.7947331922e-09
Er: 14.5 Q: 26.78715875 t: 3.80788655293e-09
Er: 14.6 Q: 26.94641848 t: 3.82099463491e-09
Er: 14.7 Q: 27.10495489 t: 3.83405790254e-09
Er: 14.8 Q: 27.26277056 t: 3.84707681233e-09
Er: 14.9 Q: 27.41986807 t: 3.86005181312e-09
Er: 15.0 Q: 27.57625 t: 3.87298334621e-09
Er: 15.1 Q: 27.73191893 t: 3.88587184555e-09
Er: 15.2 Q: 27.88687744 t: 3.89871773792e-09
Er: 15.3 Q: 28.04112811 t: 3.91152144312e-09
Er: 15.4 Q: 28.19467352 t: 3.92428337407e-09
Er: 15.5 Q: 28.34751625 t: 3.93700393701e-09
Er: 15.6 Q: 28.49965888 t: 3.94968353163e-09
Er: 15.7 Q: 28.65110399 t: 3.96232255123e-09
Er: 15.8 Q: 28.80185416 t: 3.97492138287e-09
Er: 15.9 Q: 28.95191197 t: 3.98748040748e-09
Er: 16.0 Q: 29.10128 t: 4e-09
Er: 16.1 Q: 29.24996083 t: 4.01248052955e-09
Er: 16.2 Q: 29.39795704 t: 4.0249223595e-09
Er: 16.3 Q: 29.54527121 t: 4.03732584764e-09
Er: 16.4 Q: 29.69190592 t: 4.04969134626e-09
Er: 16.5 Q: 29.83786375 t: 4.06201920232e-09
Er: 16.6 Q: 29.98314728 t: 4.07430975749e-09
Er: 16.7 Q: 30.12775909 t: 4.08656334834e-09
Er: 16.8 Q: 30.27170176 t: 4.09878030638e-09

Er: 16.9 Q: 30.41497787 t: 4.11096095822e-09
Er: 17.0 Q: 30.55759 t: 4.12310562562e-09
Er: 17.1 Q: 30.69954073 t: 4.13521462563e-09
Er: 17.2 Q: 30.84083264 t: 4.14728827067e-09
Er: 17.3 Q: 30.98146831 t: 4.15932686862e-09
Er: 17.4 Q: 31.12145032 t: 4.17133072292e-09
Er: 17.5 Q: 31.26078125 t: 4.18330013267e-09
Er: 17.6 Q: 31.39946368 t: 4.19523539268e-09
Er: 17.7 Q: 31.53750019 t: 4.20713679359e-09
Er: 17.8 Q: 31.67489336 t: 4.21900462195e-09
Er: 17.9 Q: 31.81164577 t: 4.23083916026e-09
Er: 18.0 Q: 31.94776 t: 4.24264068712e-09
Er: 18.1 Q: 32.08323863 t: 4.25440947724e-09
Er: 18.2 Q: 32.21808424 t: 4.26614580154e-09
Er: 18.3 Q: 32.35229941 t: 4.27784992724e-09
Er: 18.4 Q: 32.48588672 t: 4.28952211791e-09
Er: 18.5 Q: 32.61884875 t: 4.30116263352e-09
Er: 18.6 Q: 32.75118808 t: 4.31277173057e-09
Er: 18.7 Q: 32.88290729 t: 4.32434966209e-09
Er: 18.8 Q: 33.01400896 t: 4.33589667774e-09
Er: 18.9 Q: 33.14449567 t: 4.34741302386e-09
Er: 19.0 Q: 33.27437 t: 4.35889894354e-09
Er: 19.1 Q: 33.40363453 t: 4.37035467668e-09
Er: 19.2 Q: 33.53229184 t: 4.38178046004e-09
Er: 19.3 Q: 33.66034451 t: 4.3931765273e-09
Er: 19.4 Q: 33.78779512 t: 4.40454310911e-09
Er: 19.5 Q: 33.91464625 t: 4.41588043316e-09
Er: 19.6 Q: 34.04090048 t: 4.42718872424e-09
Er: 19.7 Q: 34.16656039 t: 4.43846820423e-09
Er: 19.8 Q: 34.29162856 t: 4.44971909226e-09
Er: 19.9 Q: 34.41610757 t: 4.46094160464e-09

Er: 20.0 Q: 34.54 t: 4.472135955e-09
Er: 20.1 Q: 34.66330843 t: 4.48330235429e-09
Er: 20.2 Q: 34.78603544 t: 4.49444101085e-09
Er: 20.3 Q: 34.90818361 t: 4.50555213043e-09
Er: 20.4 Q: 35.02975552 t: 4.51663591625e-09
Er: 20.5 Q: 35.15075375 t: 4.52769256907e-09
Er: 20.6 Q: 35.27118088 t: 4.53872228716e-09
Er: 20.7 Q: 35.39103949 t: 4.54972526643e-09
Er: 20.8 Q: 35.51033216 t: 4.5607017004e-09
Er: 20.9 Q: 35.62906147 t: 4.57165178026e-09
Er: 21.0 Q: 35.74723 t: 4.58257569496e-09
Er: 21.1 Q: 35.86484033 t: 4.59347363114e-09
Er: 21.2 Q: 35.98189504 t: 4.60434577329e-09
Er: 21.3 Q: 36.09839671 t: 4.61519230369e-09
Er: 21.4 Q: 36.21434792 t: 4.62601340249e-09
Er: 21.5 Q: 36.32975125 t: 4.63680924775e-09
Er: 21.6 Q: 36.44460928 t: 4.64758001545e-09
Er: 21.7 Q: 36.55892459 t: 4.65832587954e-09
Er: 21.8 Q: 36.67269976 t: 4.66904701197e-09
Er: 21.9 Q: 36.78593737 t: 4.67974358272e-09
Er: 22.0 Q: 36.89864 t: 4.69041575982e-09
Er: 22.1 Q: 37.01081023 t: 4.70106370942e-09
Er: 22.2 Q: 37.12245064 t: 4.71168759576e-09
Er: 22.3 Q: 37.23356381 t: 4.72228758125e-09
Er: 22.4 Q: 37.34415232 t: 4.73286382648e-09
Er: 22.5 Q: 37.45421875 t: 4.74341649025e-09
Er: 22.6 Q: 37.56376568 t: 4.7539457296e-09
Er: 22.7 Q: 37.67279569 t: 4.76445169983e-09
Er: 22.8 Q: 37.78131136 t: 4.77493455453e-09
Er: 22.9 Q: 37.88931527 t: 4.7853944456e-09
Er: 23.0 Q: 37.99681 t: 4.79583152331e-09

Er: 23.1 Q: 38.10379813 t: 4.80624593628e-09
Er: 23.2 Q: 38.21028224 t: 4.81663783152e-09
Er: 23.3 Q: 38.31626491 t: 4.82700735446e-09
Er: 23.4 Q: 38.42174872 t: 4.83735464898e-09
Er: 23.5 Q: 38.52673625 t: 4.84767985742e-09
Er: 23.6 Q: 38.63123008 t: 4.8579831206e-09
Er: 23.7 Q: 38.73523279 t: 4.86826457786e-09
Er: 23.8 Q: 38.83874696 t: 4.87852436706e-09
Er: 23.9 Q: 38.94177517 t: 4.88876262463e-09
Er: 24.0 Q: 39.04432 t: 4.89897948557e-09
Er: 24.1 Q: 39.14638403 t: 4.90917508345e-09
Er: 24.2 Q: 39.24796984 t: 4.9193495505e-09
Er: 24.3 Q: 39.34908001 t: 4.92950301755e-09
Er: 24.4 Q: 39.44971712 t: 4.93963561409e-09
Er: 24.5 Q: 39.54988375 t: 4.94974746831e-09
Er: 24.6 Q: 39.64958248 t: 4.95983870705e-09
Er: 24.7 Q: 39.74881589 t: 4.96990945592e-09
Er: 24.8 Q: 39.84758656 t: 4.9799598392e-09
Er: 24.9 Q: 39.94589707 t: 4.98998997995e-09
Er: 25.0 Q: 40.04375 t: 5e-09
Er: 25.1 Q: 40.14114793 t: 5.00999001995e-09
Er: 25.2 Q: 40.23809344 t: 5.0199601592e-09
Er: 25.3 Q: 40.33458911 t: 5.02991053598e-09
Er: 25.4 Q: 40.43063752 t: 5.03984126734e-09
Er: 25.5 Q: 40.52624125 t: 5.04975246918e-09
Er: 25.6 Q: 40.62140288 t: 5.05964425627e-09
Er: 25.7 Q: 40.71612499 t: 5.06951674225e-09
Er: 25.8 Q: 40.81041016 t: 5.07937003968e-09
Er: 25.9 Q: 40.90426097 t: 5.08920426e-09
Er: 26.0 Q: 40.99768 t: 5.09901951359e-09
Er: 26.1 Q: 41.09066983 t: 5.10881590978e-09

Er: 26.2 Q: 41.18323304 t: 5.11859355683e-09
Er: 26.3 Q: 41.27537221 t: 5.12835256198e-09
Er: 26.4 Q: 41.36708992 t: 5.13809303147e-09
Er: 26.5 Q: 41.45838875 t: 5.14781507049e-09
Er: 26.6 Q: 41.54927128 t: 5.15751878329e-09
Er: 26.7 Q: 41.63974009 t: 5.16720427311e-09
Er: 26.8 Q: 41.72979776 t: 5.17687164222e-09
Er: 26.9 Q: 41.81944687 t: 5.18652099196e-09
Er: 27.0 Q: 41.90869 t: 5.19615242271e-09
Er: 27.1 Q: 41.99752973 t: 5.20576603393e-09
Er: 27.2 Q: 42.08596864 t: 5.21536192416e-09
Er: 27.3 Q: 42.17400931 t: 5.22494019105e-09
Er: 27.4 Q: 42.26165432 t: 5.23450093132e-09
Er: 27.5 Q: 42.34890625 t: 5.24404424085e-09
Er: 27.6 Q: 42.43576768 t: 5.25357021463e-09
Er: 27.7 Q: 42.52224119 t: 5.26307894678e-09
Er: 27.8 Q: 42.60832936 t: 5.27257053059e-09
Er: 27.9 Q: 42.69403477 t: 5.2820450585e-09
Er: 28.0 Q: 42.77936 t: 5.29150262213e-09
Er: 28.1 Q: 42.86430763 t: 5.30094331228e-09
Er: 28.2 Q: 42.94888024 t: 5.31036721894e-09
Er: 28.3 Q: 43.03308041 t: 5.31977443131e-09
Er: 28.4 Q: 43.11691072 t: 5.32916503779e-09
Er: 28.5 Q: 43.20037375 t: 5.33853912602e-09
Er: 28.6 Q: 43.28347208 t: 5.34789678285e-09
Er: 28.7 Q: 43.36620829 t: 5.35723809439e-09
Er: 28.8 Q: 43.44858496 t: 5.366563146e-09
Er: 28.9 Q: 43.53060467 t: 5.37587202229e-09
Er: 29.0 Q: 43.61227 t: 5.38516480713e-09
Er: 29.1 Q: 43.69358353 t: 5.3944415837e-09
Er: 29.2 Q: 43.77454784 t: 5.40370243444e-09

Er: 29.3 Q: 43.85516551 t: 5.41294744109e-09
Er: 29.4 Q: 43.93543912 t: 5.42217668469e-09
Er: 29.5 Q: 44.01537125 t: 5.4313902456e-09
Er: 29.6 Q: 44.09496448 t: 5.44058820349e-09
Er: 29.7 Q: 44.17422139 t: 5.44977063738e-09
Er: 29.8 Q: 44.25314456 t: 5.45893762558e-09
Er: 29.9 Q: 44.33173657 t: 5.4680892458e-09
Er: 30.0 Q: 44.41 t: 5.47722557505e-09
Er: 30.1 Q: 44.48793743 t: 5.48634668974e-09
Er: 30.2 Q: 44.56555144 t: 5.49545266561e-09
Er: 30.3 Q: 44.64284461 t: 5.50454357781e-09
Er: 30.4 Q: 44.71981952 t: 5.51361950084e-09
Er: 30.5 Q: 44.79647875 t: 5.52268050859e-09
Er: 30.6 Q: 44.87282488 t: 5.53172667438e-09
Er: 30.7 Q: 44.94886049 t: 5.54075807088e-09
Er: 30.8 Q: 45.02458816 t: 5.5497747702e-09
Er: 30.9 Q: 45.10001047 t: 5.55877684387e-09
Er: 31.0 Q: 45.17513 t: 5.56776436283e-09
Er: 31.1 Q: 45.24994933 t: 5.57673739744e-09
Er: 31.2 Q: 45.32447104 t: 5.58569601751e-09
Er: 31.3 Q: 45.39869771 t: 5.59464029228e-09
Er: 31.4 Q: 45.47263192 t: 5.60357029045e-09
Er: 31.5 Q: 45.54627625 t: 5.61248608016e-09
Er: 31.6 Q: 45.61963328 t: 5.62138772902e-09
Er: 31.7 Q: 45.69270559 t: 5.6302753041e-09
Er: 31.8 Q: 45.76549576 t: 5.63914887195e-09
Er: 31.9 Q: 45.83800637 t: 5.64800849858e-09
Er: 32.0 Q: 45.91024 t: 5.65685424949e-09
Er: 32.1 Q: 45.98219923 t: 5.66568618969e-09
Er: 32.2 Q: 46.05388664 t: 5.67450438364e-09
Er: 32.3 Q: 46.12530481 t: 5.68330889535e-09

Er: 32.4 Q: 46.19645632 t: 5.6920997883e-09
Er: 32.5 Q: 46.26734375 t: 5.7008771255e-09
Er: 32.6 Q: 46.33796968 t: 5.70964096945e-09
Er: 32.7 Q: 46.40833669 t: 5.7183913822e-09
Er: 32.8 Q: 46.47844736 t: 5.72712842531e-09
Er: 32.9 Q: 46.54830427 t: 5.73585215988e-09
Er: 33.0 Q: 46.61791 t: 5.74456264654e-09
Er: 33.1 Q: 46.68726713 t: 5.75325994546e-09
Er: 33.2 Q: 46.75637824 t: 5.76194411636e-09
Er: 33.3 Q: 46.82524591 t: 5.7706152185e-09
Er: 33.4 Q: 46.89387272 t: 5.77927331072e-09
Er: 33.5 Q: 46.96226125 t: 5.7879184514e-09
Er: 33.6 Q: 47.03041408 t: 5.79655069848e-09
Er: 33.7 Q: 47.09833379 t: 5.80517010948e-09
Er: 33.8 Q: 47.16602296 t: 5.8137767415e-09
Er: 33.9 Q: 47.23348417 t: 5.8223706512e-09
Er: 34.0 Q: 47.30072 t: 5.83095189485e-09
Er: 34.1 Q: 47.36773303 t: 5.83952052826e-09
Er: 34.2 Q: 47.43452584 t: 5.84807660689e-09
Er: 34.3 Q: 47.50110101 t: 5.85662018574e-09
Er: 34.4 Q: 47.56746112 t: 5.86515131945e-09
Er: 34.5 Q: 47.63360875 t: 5.87367006224e-09
Er: 34.6 Q: 47.69954648 t: 5.88217646794e-09
Er: 34.7 Q: 47.76527689 t: 5.89067059001e-09
Er: 34.8 Q: 47.83080256 t: 5.8991524815e-09
Er: 34.9 Q: 47.89612607 t: 5.9076221951e-09
Er: 35.0 Q: 47.96125 t: 5.9160797831e-09
Er: 35.1 Q: 48.02617693 t: 5.92452529744e-09
Er: 35.2 Q: 48.09090944 t: 5.93295878968e-09
Er: 35.3 Q: 48.15545011 t: 5.94138031101e-09
Er: 35.4 Q: 48.21980152 t: 5.94978991226e-09

Er: 35.5 Q: 48.28396625 t: 5.95818764391e-09
Er: 35.6 Q: 48.34794688 t: 5.96657355607e-09
Er: 35.7 Q: 48.41174599 t: 5.97494769852e-09
Er: 35.8 Q: 48.47536616 t: 5.98331012066e-09
Er: 35.9 Q: 48.53880997 t: 5.99166087158e-09
Er: 36.0 Q: 48.60208 t: 6e-09
Er: 36.1 Q: 48.66517883 t: 6.00832755432e-09
Er: 36.2 Q: 48.72810904 t: 6.0166435826e-09
Er: 36.3 Q: 48.79087321 t: 6.02494813256e-09
Er: 36.4 Q: 48.85347392 t: 6.0332412516e-09
Er: 36.5 Q: 48.91591375 t: 6.0415229868e-09
Er: 36.6 Q: 48.97819528 t: 6.0497933849e-09
Er: 36.7 Q: 49.04032109 t: 6.05805249234e-09
Er: 36.8 Q: 49.10229376 t: 6.06630035524e-09
Er: 36.9 Q: 49.16411587 t: 6.07453701939e-09
Er: 37.0 Q: 49.22579 t: 6.0827625303e-09
Er: 37.1 Q: 49.28731873 t: 6.09097693314e-09
Er: 37.2 Q: 49.34870464 t: 6.09918027279e-09
Er: 37.3 Q: 49.40995031 t: 6.10737259384e-09
Er: 37.4 Q: 49.47105832 t: 6.11555394057e-09
Er: 37.5 Q: 49.53203125 t: 6.12372435696e-09
Er: 37.6 Q: 49.59287168 t: 6.1318838867e-09
Er: 37.7 Q: 49.65358219 t: 6.1400325732e-09
Er: 37.8 Q: 49.71416536 t: 6.14817045958e-09
Er: 37.9 Q: 49.77462377 t: 6.15629758865e-09
Er: 38.0 Q: 49.83496 t: 6.16441400297e-09
Er: 38.1 Q: 49.89517663 t: 6.1725197448e-09
Er: 38.2 Q: 49.95527624 t: 6.18061485614e-09
Er: 38.3 Q: 50.01526141 t: 6.18869937871e-09
Er: 38.4 Q: 50.07513472 t: 6.19677335393e-09
Er: 38.5 Q: 50.13489875 t: 6.204836823e-09

Er: 38.6 Q: 50.19455608 t: 6.2128898268e-09
Er: 38.7 Q: 50.25410929 t: 6.220932406e-09
Er: 38.8 Q: 50.31356096 t: 6.22896460096e-09
Er: 38.9 Q: 50.37291367 t: 6.23698645181e-09
Er: 39.0 Q: 50.43217 t: 6.2449979984e-09
Er: 39.1 Q: 50.49133253 t: 6.25299928035e-09
Er: 39.2 Q: 50.55040384 t: 6.260990337e-09
Er: 39.3 Q: 50.60938651 t: 6.26897120746e-09
Er: 39.4 Q: 50.66828312 t: 6.27694193059e-09
Er: 39.5 Q: 50.72709625 t: 6.28490254499e-09
Er: 39.6 Q: 50.78582848 t: 6.29285308902e-09
Er: 39.7 Q: 50.84448239 t: 6.30079360081e-09
Er: 39.8 Q: 50.90306056 t: 6.30872411824e-09
Er: 39.9 Q: 50.96156557 t: 6.31664467894e-09
Er: 40.0 Q: 51.02 t: 6.32455532034e-09
Er: 40.1 Q: 51.07836643 t: 6.3324560796e-09
Er: 40.2 Q: 51.13666744 t: 6.34034699366e-09
Er: 40.3 Q: 51.19490561 t: 6.34822809924e-09
Er: 40.4 Q: 51.25308352 t: 6.35609943283e-09
Er: 40.5 Q: 51.31120375 t: 6.36396103068e-09
Er: 40.6 Q: 51.36926888 t: 6.37181292883e-09
Er: 40.7 Q: 51.42728149 t: 6.37965516309e-09
Er: 40.8 Q: 51.48524416 t: 6.38748776907e-09
Er: 40.9 Q: 51.54315947 t: 6.39531078213e-09
Er: 41.0 Q: 51.60103 t: 6.40312423743e-09
Er: 41.1 Q: 51.65885833 t: 6.41092816993e-09
Er: 41.2 Q: 51.71664704 t: 6.41872261435e-09
Er: 41.3 Q: 51.77439871 t: 6.42650760522e-09
Er: 41.4 Q: 51.83211592 t: 6.43428317686e-09
Er: 41.5 Q: 51.88980125 t: 6.44204936336e-09
Er: 41.6 Q: 51.94745728 t: 6.44980619864e-09

Er: 41.7 Q: 52.00508659 t: 6.45755371639e-09
Er: 41.8 Q: 52.06269176 t: 6.4652919501e-09
Er: 41.9 Q: 52.12027537 t: 6.47302093307e-09
Er: 42.0 Q: 52.17784 t: 6.48074069841e-09
Er: 42.1 Q: 52.23538823 t: 6.488451279e-09
Er: 42.2 Q: 52.29292264 t: 6.49615270756e-09
Er: 42.3 Q: 52.35044581 t: 6.5038450166e-09
Er: 42.4 Q: 52.40796032 t: 6.51152823844e-09
Er: 42.5 Q: 52.46546875 t: 6.5192024052e-09
Er: 42.6 Q: 52.52297368 t: 6.52686754883e-09
Er: 42.7 Q: 52.58047769 t: 6.53452370108e-09
Er: 42.8 Q: 52.63798336 t: 6.54217089352e-09
Er: 42.9 Q: 52.69549327 t: 6.54980915753e-09
Er: 43.0 Q: 52.75301 t: 6.5574385243e-09
Er: 43.1 Q: 52.81053613 t: 6.56505902487e-09
Er: 43.2 Q: 52.86807424 t: 6.57267069006e-09
Er: 43.3 Q: 52.92562691 t: 6.58027355054e-09
Er: 43.4 Q: 52.98319672 t: 6.5878676368e-09
Er: 43.5 Q: 53.04078625 t: 6.59545297914e-09
Er: 43.6 Q: 53.09839808 t: 6.60302960769e-09
Er: 43.7 Q: 53.15603479 t: 6.61059755242e-09
Er: 43.8 Q: 53.21369896 t: 6.61815684311e-09
Er: 43.9 Q: 53.27139317 t: 6.62570750939e-09
Er: 44.0 Q: 53.32912 t: 6.63324958071e-09
Er: 44.1 Q: 53.38688203 t: 6.64078308635e-09
Er: 44.2 Q: 53.44468184 t: 6.64830805544e-09
Er: 44.3 Q: 53.50252201 t: 6.65582451692e-09
Er: 44.4 Q: 53.56040512 t: 6.66333249958e-09
Er: 44.5 Q: 53.61833375 t: 6.67083203206e-09
Er: 44.6 Q: 53.67631048 t: 6.67832314283e-09
Er: 44.7 Q: 53.73433789 t: 6.68580586018e-09

Er: 44.8 Q: 53.79241856 t: 6.69328021227e-09
Er: 44.9 Q: 53.85055507 t: 6.7007462271e-09
Er: 45.0 Q: 53.90875 t: 6.7082039325e-09
Er: 45.1 Q: 53.96700593 t: 6.71565335615e-09
Er: 45.2 Q: 54.02532544 t: 6.72309452559e-09
Er: 45.3 Q: 54.08371111 t: 6.73052746819e-09
Er: 45.4 Q: 54.14216552 t: 6.73795221117e-09
Er: 45.5 Q: 54.20069125 t: 6.74536878162e-09
Er: 45.6 Q: 54.25929088 t: 6.75277720645e-09
Er: 45.7 Q: 54.31796699 t: 6.76017751246e-09
Er: 45.8 Q: 54.37672216 t: 6.76756972628e-09
Er: 45.9 Q: 54.43555897 t: 6.77495387438e-09
Er: 46.0 Q: 54.49448 t: 6.78232998313e-09
Er: 46.1 Q: 54.55348783 t: 6.78969807871e-09
Er: 46.2 Q: 54.61258504 t: 6.79705818719e-09
Er: 46.3 Q: 54.67177421 t: 6.80441033448e-09
Er: 46.4 Q: 54.73105792 t: 6.81175454637e-09
Er: 46.5 Q: 54.79043875 t: 6.81909084849e-09
Er: 46.6 Q: 54.84991928 t: 6.82641926635e-09
Er: 46.7 Q: 54.90950209 t: 6.83373982531e-09
Er: 46.8 Q: 54.96918976 t: 6.84105255059e-09
Er: 46.9 Q: 55.02898487 t: 6.84835746731e-09
Er: 47.0 Q: 55.08889 t: 6.8556546004e-09
Er: 47.1 Q: 55.14890773 t: 6.86294397471e-09
Er: 47.2 Q: 55.20904064 t: 6.87022561493e-09
Er: 47.3 Q: 55.26929131 t: 6.87749954562e-09
Er: 47.4 Q: 55.32966232 t: 6.88476579122e-09
Er: 47.5 Q: 55.39015625 t: 6.89202437605e-09
Er: 47.6 Q: 55.45077568 t: 6.89927532426e-09
Er: 47.7 Q: 55.51152319 t: 6.90651865993e-09
Er: 47.8 Q: 55.57240136 t: 6.91375440698e-09

Er:	47.9	Q:	55.63341277	t:	6.9209825892e-09
Er:	48.0	Q:	55.69456	t:	6.92820323028e-09
Er:	48.1	Q:	55.75584563	t:	6.93541635376e-09
Er:	48.2	Q:	55.81727224	t:	6.94262198308e-09
Er:	48.3	Q:	55.87884241	t:	6.94982014156e-09
Er:	48.4	Q:	55.94055872	t:	6.95701085237e-09
Er:	48.5	Q:	56.00242375	t:	6.96419413859e-09
Er:	48.6	Q:	56.06444008	t:	6.97137002317e-09
Er:	48.7	Q:	56.12661029	t:	6.97853852895e-09
Er:	48.8	Q:	56.18893696	t:	6.98569967863e-09
Er:	48.9	Q:	56.25142267	t:	6.99285349482e-09
Er:	49.0	Q:	56.31407	t:	7e-09
Er:	49.1	Q:	56.37688153	t:	7.00713921654e-09
Er:	49.2	Q:	56.43985984	t:	7.0142711667e-09
Er:	49.3	Q:	56.50300751	t:	7.02139587262e-09
Er:	49.4	Q:	56.56632712	t:	7.02851335632e-09
Er:	49.5	Q:	56.62982125	t:	7.03562363974e-09
Er:	49.6	Q:	56.69349248	t:	7.04272674466e-09
Er:	49.7	Q:	56.75734339	t:	7.04982269281e-09
Er:	49.8	Q:	56.82137656	t:	7.05691150575e-09
Er:	49.9	Q:	56.88559457	t:	7.06399320498e-09

2.3. (1.3) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

MALICKI DENKLEMİ : KALIBRASYON FAKTORU0.5

Er:	3,0	Q:	10,1714021594
Er:	4,0	Q:	13,6243556701
Er:	5,0	Q:	16,6664687822
Er:	6,0	Q:	19,4167492627
Er:	7,0	Q:	21,9458931838
Er:	8,0	Q:	24,2999629478

Er: 9,0 Q: 26,5109536082
Er: 10,0 Q: 28,6021605692
Er: 11,0 Q: 30,5911699788
Er: 12,0 Q: 32,491644525
Er: 13,0 Q: 34,3144494261
Er: 14,0 Q: 36,0683941595
Er: 15,0 Q: 37,7607389975
Er: 16,0 Q: 39,3975515464
Er: 17,0 Q: 40,9839642477
Er: 18,0 Q: 42,5243645247
Er: 19,0 Q: 44,0225379322
Er: 20,0 Q: 45,4817777706
Er: 21,0 Q: 46,9049702958
Er: 22,0 Q: 48,2946618534
Er: 23,0 Q: 49,6531124138
Er: 24,0 Q: 50,9823387315
Er: 25,0 Q: 52,2841494845
Er: 26,0 Q: 53,5601741442
Er: 27,0 Q: 54,8118868905
Er: 28,0 Q: 56,0406265738
Er: 29,0 Q: 57,247613494
Er: 30,0 Q: 58,433963596
Er: 31,0 Q: 59,6007005519
Er: 32,0 Q: 60,7487661017
Er: 33,0 Q: 61,8790289502
Er: 34,0 Q: 62,9922924593
Er: 35,0 Q: 64,0893013286
Er: 36,0 Q: 65,1707474227
Er: 37,0 Q: 66,237274875
Er: 38,0 Q: 67,2894845743
Er: 39,0 Q: 68,3279381237

Er: 40,0 Q: 69,3531613445
Er: 41,0 Q: 70,3656473896
Er: 42,0 Q: 71,3658595156
Er: 43,0 Q: 72,3542335606
Er: 44,0 Q: 73,3311801638
Er: 45,0 Q: 74,297086759
Er: 46,0 Q: 75,2523193702
Er: 47,0 Q: 76,197224232
Er: 48,0 Q: 77,1321292561
Er: 49,0 Q: 78,0573453608

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU1.1

Er: 3,0 Q: 6,32806811017
Er: 4,0 Q: 9,49232404346
Er: 5,0 Q: 12,2800894839
Er: 6,0 Q: 14,8004220924
Er: 7,0 Q: 17,1181071217
Er: 8,0 Q: 19,2753557481
Er: 9,0 Q: 21,3014879547
Er: 10,0 Q: 23,2178514427
Er: 11,0 Q: 25,0405620023
Er: 12,0 Q: 26,7821399993
Er: 13,0 Q: 28,4525422232
Er: 14,0 Q: 30,059841601
Er: 15,0 Q: 31,6106913818
Er: 16,0 Q: 33,1106518658
Er: 17,0 Q: 34,5644263772
Er: 18,0 Q: 35,9760355116
Er: 19,0 Q: 37,3489483177
Er: 20,0 Q: 38,6861827468
Er: 21,0 Q: 39,9903837383
Er: 22,0 Q: 41,2638847405

Er: 23,0 Q: 42,5087567703
Er: 24,0 Q: 43,7268479637
Er: 25,0 Q: 44,919815777
Er: 26,0 Q: 46,0891534435
Er: 27,0 Q: 47,2362118884
Er: 28,0 Q: 48,3622180223
Er: 29,0 Q: 49,4682901173
Er: 30,0 Q: 50,5554508154
Er: 31,0 Q: 51,6246382006
Er: 32,0 Q: 52,6767152751
Er: 33,0 Q: 53,7124781122
Er: 34,0 Q: 54,7326629056
Er: 35,0 Q: 55,7379520914
Er: 36,0 Q: 56,7289796882
Er: 37,0 Q: 57,7063359742
Er: 38,0 Q: 58,6705715986
Er: 39,0 Q: 59,6222012092
Er: 40,0 Q: 60,5617066643
Er: 41,0 Q: 61,4895398847
Er: 42,0 Q: 62,4061253945
Er: 43,0 Q: 63,3118625921
Er: 44,0 Q: 64,2071277835
Er: 45,0 Q: 65,0922760097
Er: 46,0 Q: 65,9676426916
Er: 47,0 Q: 66,8335451157
Er: 48,0 Q: 67,6902837775
Er: 49,0 Q: 68,5381435994

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU1.2

Er: 3,0 Q: 5,61950626099
Er: 4,0 Q: 8,74027486606
Er: 5,0 Q: 11,4897272013

Er: 6,0 Q: 13,9754221149
Er: 7,0 Q: 16,2612544964
Er: 8,0 Q: 18,3888554012
Er: 9,0 Q: 20,3871418588
Er: 10,0 Q: 22,2771681827
Er: 11,0 Q: 24,0748286787
Er: 12,0 Q: 25,7924716415
Er: 13,0 Q: 27,4399170215
Er: 14,0 Q: 29,0251267968
Er: 15,0 Q: 30,554662779
Er: 16,0 Q: 32,0340088516
Er: 17,0 Q: 33,4678036993
Er: 18,0 Q: 34,8600126615
Er: 19,0 Q: 36,2140571109
Er: 20,0 Q: 37,532913522
Er: 21,0 Q: 38,819190484
Er: 22,0 Q: 40,075189376
Er: 23,0 Q: 41,3029527523
Er: 24,0 Q: 42,5043033492
Er: 25,0 Q: 43,6808758444
Er: 26,0 Q: 44,8341429489
Er: 27,0 Q: 45,965437022
Er: 28,0 Q: 47,0759681124
Er: 29,0 Q: 48,1668391234
Er: 30,0 Q: 49,2390586426
Er: 31,0 Q: 50,2935518615
Er: 32,0 Q: 51,3311699219
Er: 33,0 Q: 52,3526979564
Er: 34,0 Q: 53,3588620411
Er: 35,0 Q: 54,3503352329
Er: 36,0 Q: 55,3277428372

Er: 37,0 Q: 56,2916670195
Er: 38,0 Q: 57,2426508615
Er: 39,0 Q: 58,181201938
Er: 40,0 Q: 59,1077954849
Er: 41,0 Q: 60,0228772121
Er: 42,0 Q: 60,9268658095
Er: 43,0 Q: 61,8201551864
Er: 44,0 Q: 62,7031164769
Er: 45,0 Q: 63,5760998428
Er: 46,0 Q: 64,4394360951
Er: 47,0 Q: 65,2934381598
Er: 48,0 Q: 66,1384024025
Er: 49,0 Q: 66,97460983

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU1.3

Er: 3,0 Q: 4,89362141049
Er: 4,0 Q: 7,97208180147
Er: 5,0 Q: 10,6842598518
Er: 6,0 Q: 13,136256236
Er: 7,0 Q: 15,3910996216
Er: 8,0 Q: 17,4898566722
Er: 9,0 Q: 19,4610523897
Er: 10,0 Q: 21,3254556545
Er: 11,0 Q: 23,0987452936
Er: 12,0 Q: 24,793102196
Er: 13,0 Q: 26,4182131832
Er: 14,0 Q: 27,9819322929
Er: 15,0 Q: 29,4907323783
Er: 16,0 Q: 30,9500229779
Er: 17,0 Q: 32,3643798899
Er: 18,0 Q: 33,7377146958
Er: 19,0 Q: 35,0734023844

Er: 20,0 Q: 36,3743790786
Er: 21,0 Q: 37,6432180027
Er: 22,0 Q: 38,8821893362
Er: 23,0 Q: 40,0933079425
Er: 24,0 Q: 41,278371847
Er: 25,0 Q: 42,4389935662
Er: 26,0 Q: 43,5766258455
Er: 27,0 Q: 44,6925829815
Er: 28,0 Q: 45,7880586182
Er: 29,0 Q: 46,864140707
Er: 30,0 Q: 47,9218241619
Er: 31,0 Q: 48,9620216318
Er: 32,0 Q: 49,9855727194
Er: 33,0 Q: 50,9932519134
Er: 34,0 Q: 51,9857754463
Er: 35,0 Q: 52,9638072507
Er: 36,0 Q: 53,9279641544
Er: 37,0 Q: 54,8788204308
Er: 38,0 Q: 55,8169117988
Er: 39,0 Q: 56,7427389522
Er: 40,0 Q: 57,656770684
Er: 41,0 Q: 58,5594466617
Er: 42,0 Q: 59,451179899
Er: 43,0 Q: 60,3323589649
Er: 44,0 Q: 61,2033499622
Er: 45,0 Q: 62,0644983054
Er: 46,0 Q: 62,9161303208
Er: 47,0 Q: 63,7585546921
Er: 48,0 Q: 64,592063767
Er: 49,0 Q: 65,4169347426

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU1.4

Er: 3,0 Q: 4,15110867795
Er: 4,0 Q: 7,18839265473
Er: 5,0 Q: 9,86429355588
Er: 6,0 Q: 12,2834928903
Er: 7,0 Q: 14,508176276
Er: 8,0 Q: 16,578861083
Er: 9,0 Q: 18,5236907731
Er: 10,0 Q: 20,363156429
Er: 11,0 Q: 22,1127271634
Er: 12,0 Q: 23,7844209379
Er: 13,0 Q: 25,3877950064
Er: 14,0 Q: 26,9305983538
Er: 15,0 Q: 28,4192172547
Er: 16,0 Q: 29,8589888914
Er: 17,0 Q: 31,2544278578
Er: 18,0 Q: 32,6093934155
Er: 19,0 Q: 33,9272154108
Er: 20,0 Q: 35,2107906937
Er: 21,0 Q: 36,4626580702
Er: 22,0 Q: 37,6850573546
Er: 23,0 Q: 38,8799764601
Er: 24,0 Q: 40,0491893626
Er: 25,0 Q: 41,1942870097
Er: 26,0 Q: 42,3167027159
Er: 27,0 Q: 43,4177331978
Er: 28,0 Q: 44,4985561339
Er: 29,0 Q: 45,5602449233
Er: 30,0 Q: 46,6037811727
Er: 31,0 Q: 47,6300653234
Er: 32,0 Q: 48,639925748
Er: 33,0 Q: 49,634126576

Er: 34,0 Q: 50,6133744598
Er: 35,0 Q: 51,5783244514
Er: 36,0 Q: 52,5295851281
Er: 37,0 Q: 53,467723082
Er: 38,0 Q: 54,3932668666
Er: 39,0 Q: 55,3067104783
Er: 40,0 Q: 56,20851644
Er: 41,0 Q: 57,0991185381
Er: 42,0 Q: 57,9789242622
Er: 43,0 Q: 58,8483169837
Er: 44,0 Q: 59,7076579088
Er: 45,0 Q: 60,5572878316
Er: 46,0 Q: 61,3975287137
Er: 47,0 Q: 62,22868511
Er: 48,0 Q: 63,0510454577
Er: 49,0 Q: 63,8648832464

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU1.5

Er: 3,0 Q: 3,39262648287
Er: 4,0 Q: 6,38982102908
Er: 5,0 Q: 9,03040243288
Er: 6,0 Q: 11,4176705009
Er: 7,0 Q: 13,6129900567
Er: 8,0 Q: 15,6563436773
Er: 9,0 Q: 17,5755033557
Er: 10,0 Q: 19,3906897111
Er: 11,0 Q: 21,1171676774
Er: 12,0 Q: 22,7667965899
Er: 13,0 Q: 24,3490075555
Er: 14,0 Q: 25,8714472794
Er: 15,0 Q: 27,3404177428
Er: 16,0 Q: 28,7611856823

Er: 17,0 Q: 30,1382061031
Er: 18,0 Q: 31,475287328
Er: 19,0 Q: 32,7757152521
Er: 20,0 Q: 34,0423484899
Er: 21,0 Q: 35,2776923373
Er: 22,0 Q: 36,483957045
Er: 23,0 Q: 37,6631042876
Er: 24,0 Q: 38,816884626
Er: 25,0 Q: 39,9468680089
Er: 26,0 Q: 41,0544688321
Er: 27,0 Q: 42,1409666969
Er: 28,0 Q: 43,2075237375
Er: 29,0 Q: 44,2551991849
Er: 30,0 Q: 45,2849616896
Er: 31,0 Q: 46,2976998079
Er: 32,0 Q: 47,2942309787
Er: 33,0 Q: 48,2753092454
Er: 34,0 Q: 49,2416319334
Er: 35,0 Q: 50,1938454485
Er: 36,0 Q: 51,1325503356
Er: 37,0 Q: 52,058305708
Er: 38,0 Q: 52,9716331428
Er: 39,0 Q: 53,8730201163
Er: 40,0 Q: 54,7629230463
Er: 41,0 Q: 55,6417699937
Er: 42,0 Q: 56,5099630694
Er: 43,0 Q: 57,367880585
Er: 44,0 Q: 58,2158789789
Er: 45,0 Q: 59,054294547
Er: 46,0 Q: 59,8834450014
Er: 47,0 Q: 60,703630877

Er: 48,0 Q: 61,515136804

Er: 49,0 Q: 62,3182326622

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU1.6

Er: 3,0 Q: 2,6187989354

Er: 4,0 Q: 5,57694855376

Er: 5,0 Q: 8,18313068558

Er: 6,0 Q: 10,5392994346

Er: 7,0 Q: 12,7060202149

Er: 8,0 Q: 14,7227547444

Er: 9,0 Q: 16,6169132259

Er: 10,0 Q: 18,4084528612

Er: 11,0 Q: 20,1124397257

Er: 12,0 Q: 21,7405786613

Er: 13,0 Q: 23,3021779142

Er: 14,0 Q: 24,8047845747

Er: 15,0 Q: 26,2546185274

Er: 16,0 Q: 27,656877898

Er: 17,0 Q: 29,0159596557

Er: 18,0 Q: 30,3356225118

Er: 19,0 Q: 31,6191095555

Er: 20,0 Q: 32,8692421616

Er: 21,0 Q: 34,0884929891

Er: 22,0 Q: 35,2790434955

Er: 23,0 Q: 36,4428298003

Er: 24,0 Q: 37,5815796596

Er: 25,0 Q: 38,6968425701

Er: 26,0 Q: 39,790014502

Er: 27,0 Q: 40,8623583871

Er: 28,0 Q: 41,9150212202

Er: 29,0 Q: 42,9490484338

Er: 30,0 Q: 43,9653960593

Er: 31,0 Q: 44,9649410778
Er: 32,0 Q: 45,9484902792
Er: 33,0 Q: 46,9167878841
Er: 34,0 Q: 47,8705221334
Er: 35,0 Q: 48,8103310124
Er: 36,0 Q: 49,7368072422
Er: 37,0 Q: 50,6505026529
Er: 38,0 Q: 51,5519320266
Er: 39,0 Q: 52,4415764893
Er: 40,0 Q: 53,3198865129
Er: 41,0 Q: 54,1872845819
Er: 42,0 Q: 55,0441675691
Er: 43,0 Q: 55,8909088574
Er: 44,0 Q: 56,7278602419
Er: 45,0 Q: 57,5553536377
Er: 46,0 Q: 58,3737026179
Er: 47,0 Q: 59,1832038022
Er: 48,0 Q: 59,984138113
Er: 49,0 Q: 60,7767719143

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU2

Er: 3,0 Q: -0,618564453632
Er: 4,0 Q: 2,19307450157
Er: 5,0 Q: 4,67017814795
Er: 6,0 Q: 6,90965102606
Er: 7,0 Q: 8,96905887791
Er: 8,0 Q: 10,885908969
Er: 9,0 Q: 12,6862539349
Er: 10,0 Q: 14,3890625411
Er: 11,0 Q: 16,0086546732
Er: 12,0 Q: 17,5561554579
Er: 13,0 Q: 19,0404121245

Er: 14,0 Q: 20,4685979724
Er: 15,0 Q: 21,846624829
Er: 16,0 Q: 23,1794333683
Er: 17,0 Q: 24,4712027872
Er: 18,0 Q: 25,7255056361
Er: 19,0 Q: 26,9454243813
Er: 20,0 Q: 28,1336406611
Er: 21,0 Q: 29,292504669
Er: 22,0 Q: 30,4240898198
Er: 23,0 Q: 31,5302363412
Er: 24,0 Q: 32,6125864173
Er: 25,0 Q: 33,6726128017
Er: 26,0 Q: 34,7116423252
Er: 27,0 Q: 35,7308753694
Er: 28,0 Q: 36,731402121
Er: 29,0 Q: 37,7142162344
Er: 30,0 Q: 38,6802263909
Er: 31,0 Q: 39,6302661367
Er: 32,0 Q: 40,5651023032
Er: 33,0 Q: 41,4854422512
Er: 34,0 Q: 42,3919401348
Er: 35,0 Q: 43,285202341
Er: 36,0 Q: 44,165792235
Er: 37,0 Q: 45,0342343158
Er: 38,0 Q: 45,8910178696
Er: 39,0 Q: 46,7366001931
Er: 40,0 Q: 47,5714094474
Er: 41,0 Q: 48,3958471924
Er: 42,0 Q: 49,2102906444
Er: 43,0 Q: 50,0150946936
Er: 44,0 Q: 50,8105937116

Er: 45,0 Q: 51,5971031742
Er: 46,0 Q: 52,3749211241
Er: 47,0 Q: 53,14432949
Er: 48,0 Q: 53,905595281
Er: 49,0 Q: 54,6589716684

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU2.5

Er: 3,0 Q: -4,94762047857
Er: 4,0 Q: -2,29990118577
Er: 5,0 Q: 0,0327863389307
Er: 6,0 Q: 2,14169706307
Er: 7,0 Q: 4,08104062317
Er: 8,0 Q: 5,88613759631
Er: 9,0 Q: 7,58152173913
Er: 10,0 Q: 9,18505593052
Er: 11,0 Q: 10,7102252011
Er: 12,0 Q: 12,1675060784
Er: 13,0 Q: 13,5652299947
Er: 14,0 Q: 14,9101520432
Er: 15,0 Q: 16,2078393894
Er: 16,0 Q: 17,462944664
Er: 17,0 Q: 18,6794034152
Er: 18,0 Q: 19,8605799122
Er: 19,0 Q: 21,0093769125
Er: 20,0 Q: 22,1283197134
Er: 21,0 Q: 23,2196214917
Er: 22,0 Q: 24,2852347809
Er: 23,0 Q: 25,3268925229
Er: 24,0 Q: 26,3461411617
Er: 25,0 Q: 27,3443675889
Er: 26,0 Q: 28,3228212806
Er: 27,0 Q: 29,2826326354

Er: 28,0 Q: 30,2248282819
Er: 29,0 Q: 31,150343944
Er: 30,0 Q: 32,0600353266
Er: 31,0 Q: 32,9546873797
Er: 32,0 Q: 33,8350222282
Er: 33,0 Q: 34,7017059935
Er: 34,0 Q: 35,5553546921
Er: 35,0 Q: 36,3965393587
Er: 36,0 Q: 37,2257905138
Er: 37,0 Q: 38,043602078
Er: 38,0 Q: 38,8504348119
Er: 39,0 Q: 39,6467193518
Er: 40,0 Q: 40,4328588966
Er: 41,0 Q: 41,2092315952
Er: 42,0 Q: 41,976192672
Er: 43,0 Q: 42,7340763271
Er: 44,0 Q: 43,4831974379
Er: 45,0 Q: 44,2238530879
Er: 46,0 Q: 44,9563239439
Er: 47,0 Q: 45,680875498
Er: 48,0 Q: 46,3977591924
Er: 49,0 Q: 47,1072134387

TOPP DENKLEMI :

Er: 3,0 Q: 2,97661
Er: 4,0 Q: 5,52752
Er: 5,0 Q: 7,97875
Er: 6,0 Q: 10,33288
Er: 7,0 Q: 12,59249
Er: 8,0 Q: 14,76016
Er: 9,0 Q: 16,83847
Er: 10,0 Q: 18,83

Er:	11,0	Q:	20,73733
Er:	12,0	Q:	22,56304
Er:	13,0	Q:	24,30971
Er:	14,0	Q:	25,97992
Er:	15,0	Q:	27,57625
Er:	16,0	Q:	29,10128
Er:	17,0	Q:	30,55759
Er:	18,0	Q:	31,94776
Er:	19,0	Q:	33,27437
Er:	20,0	Q:	34,54
Er:	21,0	Q:	35,74723
Er:	22,0	Q:	36,89864
Er:	23,0	Q:	37,99681
Er:	24,0	Q:	39,04432
Er:	25,0	Q:	40,04375
Er:	26,0	Q:	40,99768
Er:	27,0	Q:	41,90869
Er:	28,0	Q:	42,77936
Er:	29,0	Q:	43,61227
Er:	30,0	Q:	44,41
Er:	31,0	Q:	45,17513
Er:	32,0	Q:	45,91024
Er:	33,0	Q:	46,61791
Er:	34,0	Q:	47,30072
Er:	35,0	Q:	47,96125
Er:	36,0	Q:	48,60208
Er:	37,0	Q:	49,22579
Er:	38,0	Q:	49,83496
Er:	39,0	Q:	50,43217
Er:	40,0	Q:	51,02
Er:	41,0	Q:	51,60103

Er: 42,0 Q: 52,17784
Er: 43,0 Q: 52,75301
Er: 44,0 Q: 53,32912
Er: 45,0 Q: 53,90875
Er: 46,0 Q: 54,49448
Er: 47,0 Q: 55,08889
Er: 48,0 Q: 55,69456
Er: 49,0 Q: 56,31407

>>>

2.4. (1.4) Numaralı Simülasyonun çıktısı

MALICKI DENKLEMİ : KALIBRASYON FAKTORU0.5

Er: 3,0 Q: 10,1714021594
Er: 4,0 Q: 13,6243556701
Er: 5,0 Q: 16,6664687822
Er: 6,0 Q: 19,4167492627
Er: 7,0 Q: 21,9458931838
Er: 8,0 Q: 24,2999629478
Er: 9,0 Q: 26,5109536082
Er: 10,0 Q: 28,6021605692
Er: 11,0 Q: 30,5911699788
Er: 12,0 Q: 32,491644525
Er: 13,0 Q: 34,3144494261
Er: 14,0 Q: 36,0683941595
Er: 15,0 Q: 37,7607389975
Er: 16,0 Q: 39,3975515464
Er: 17,0 Q: 40,9839642477
Er: 18,0 Q: 42,5243645247
Er: 19,0 Q: 44,0225379322
Er: 20,0 Q: 45,4817777706

Er: 21,0 Q: 46,9049702958
Er: 22,0 Q: 48,2946618534
Er: 23,0 Q: 49,6531124138
Er: 24,0 Q: 50,9823387315
Er: 25,0 Q: 52,2841494845
Er: 26,0 Q: 53,5601741442
Er: 27,0 Q: 54,8118868905
Er: 28,0 Q: 56,0406265738
Er: 29,0 Q: 57,247613494
Er: 30,0 Q: 58,433963596
Er: 31,0 Q: 59,6007005519
Er: 32,0 Q: 60,7487661017
Er: 33,0 Q: 61,8790289502
Er: 34,0 Q: 62,9922924593
Er: 35,0 Q: 64,0893013286
Er: 36,0 Q: 65,1707474227
Er: 37,0 Q: 66,237274875
Er: 38,0 Q: 67,2894845743
Er: 39,0 Q: 68,3279381237
Er: 40,0 Q: 69,3531613445
Er: 41,0 Q: 70,3656473896
Er: 42,0 Q: 71,3658595156
Er: 43,0 Q: 72,3542335606
Er: 44,0 Q: 73,3311801638
Er: 45,0 Q: 74,297086759
Er: 46,0 Q: 75,2523193702
Er: 47,0 Q: 76,197224232
Er: 48,0 Q: 77,1321292561
Er: 49,0 Q: 78,0573453608

MALICKI DENKLEMI : KALIBRASYON FAKTORU2

Er: 3,0 Q: -0,618564453632

Er: 4,0 Q: 2,19307450157
Er: 5,0 Q: 4,67017814795
Er: 6,0 Q: 6,90965102606
Er: 7,0 Q: 8,96905887791
Er: 8,0 Q: 10,885908969
Er: 9,0 Q: 12,6862539349
Er: 10,0 Q: 14,3890625411
Er: 11,0 Q: 16,0086546732
Er: 12,0 Q: 17,5561554579
Er: 13,0 Q: 19,0404121245
Er: 14,0 Q: 20,4685979724
Er: 15,0 Q: 21,846624829
Er: 16,0 Q: 23,1794333683
Er: 17,0 Q: 24,4712027872
Er: 18,0 Q: 25,7255056361
Er: 19,0 Q: 26,9454243813
Er: 20,0 Q: 28,1336406611
Er: 21,0 Q: 29,292504669
Er: 22,0 Q: 30,4240898198
Er: 23,0 Q: 31,5302363412
Er: 24,0 Q: 32,6125864173
Er: 25,0 Q: 33,6726128017
Er: 26,0 Q: 34,7116423252
Er: 27,0 Q: 35,7308753694
Er: 28,0 Q: 36,731402121
Er: 29,0 Q: 37,7142162344
Er: 30,0 Q: 38,6802263909
Er: 31,0 Q: 39,6302661367
Er: 32,0 Q: 40,5651023032
Er: 33,0 Q: 41,4854422512
Er: 34,0 Q: 42,3919401348

Er: 35,0 Q: 43,285202341
Er: 36,0 Q: 44,165792235
Er: 37,0 Q: 45,0342343158
Er: 38,0 Q: 45,8910178696
Er: 39,0 Q: 46,7366001931
Er: 40,0 Q: 47,5714094474
Er: 41,0 Q: 48,3958471924
Er: 42,0 Q: 49,2102906444
Er: 43,0 Q: 50,0150946936
Er: 44,0 Q: 50,8105937116
Er: 45,0 Q: 51,5971031742
Er: 46,0 Q: 52,3749211241
Er: 47,0 Q: 53,14432949
Er: 48,0 Q: 53,905595281
Er: 49,0 Q: 54,6589716684

TOPP DENKLEMI :

Er: 3,0 Q: 2,97661
Er: 4,0 Q: 5,52752
Er: 5,0 Q: 7,97875
Er: 6,0 Q: 10,33288
Er: 7,0 Q: 12,59249
Er: 8,0 Q: 14,76016
Er: 9,0 Q: 16,83847
Er: 10,0 Q: 18,83
Er: 11,0 Q: 20,73733
Er: 12,0 Q: 22,56304
Er: 13,0 Q: 24,30971
Er: 14,0 Q: 25,97992
Er: 15,0 Q: 27,57625
Er: 16,0 Q: 29,10128
Er: 17,0 Q: 30,55759

Er:	18,0	Q:	31,94776
Er:	19,0	Q:	33,27437
Er:	20,0	Q:	34,54
Er:	21,0	Q:	35,74723
Er:	22,0	Q:	36,89864
Er:	23,0	Q:	37,99681
Er:	24,0	Q:	39,04432
Er:	25,0	Q:	40,04375
Er:	26,0	Q:	40,99768
Er:	27,0	Q:	41,90869
Er:	28,0	Q:	42,77936
Er:	29,0	Q:	43,61227
Er:	30,0	Q:	44,41
Er:	31,0	Q:	45,17513
Er:	32,0	Q:	45,91024
Er:	33,0	Q:	46,61791
Er:	34,0	Q:	47,30072
Er:	35,0	Q:	47,96125
Er:	36,0	Q:	48,60208
Er:	37,0	Q:	49,22579
Er:	38,0	Q:	49,83496
Er:	39,0	Q:	50,43217
Er:	40,0	Q:	51,02
Er:	41,0	Q:	51,60103
Er:	42,0	Q:	52,17784
Er:	43,0	Q:	52,75301
Er:	44,0	Q:	53,32912
Er:	45,0	Q:	53,90875
Er:	46,0	Q:	54,49448
Er:	47,0	Q:	55,08889
Er:	48,0	Q:	55,69456

Er: 49,0 Q: 56,31407

>>>

2.5. (1.5) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

DIELEKTRİK SABİTİ: 2674,64330898	FREKANS: 10
DIELEKTRİK SABİTİ: 526,149911663	FREKANS: 100
DIELEKTRİK SABİTİ: 135,816686558	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 46,0041234547	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 20,4475081253	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 11,9257038034	FREKANS: 1000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 9840,11105761	FREKANS: 10
DIELEKTRİK SABİTİ: 1581,24803927	FREKANS: 100
DIELEKTRİK SABİTİ: 333,426412763	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 92,2571427155	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 33,4965439158	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 15,9587914724	FREKANS: 1000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 36491,0862267	FREKANS: 10
DIELEKTRİK SABİTİ: 4875,62640468	FREKANS: 100
DIELEKTRİK SABİTİ: 854,818769597	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 196,660744428	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 59,3692151933	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 23,5182464568	FREKANS: 1000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 175388,050184	FREKANS: 10
DIELEKTRİK SABİTİ: 19142,5592502	FREKANS: 100
DIELEKTRİK SABİTİ: 2741,57417193	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 515,228644582	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 127,057410521	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 41,1149721105	FREKANS: 1000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 830056,604963	FREKANS: 10
DIELEKTRİK SABİTİ: 75327,1157767	FREKANS: 100

DIELEKTRİK SABİTİ: 8970,05215358	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 1401,64682413	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 287,396997424	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 77,3260553062	FREKANS: 1000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 5211947,11105	FREKANS: 10
DIELEKTRİK SABİTİ: 386366,977054	FREKANS: 100
DIELEKTRİK SABİTİ: 37583,7404288	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 4797,33448637	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 803,526122186	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 176,603782069	FREKANS: 1000000

2.6. (1.6) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

DIELEKTRİK SABİTİ: 2001176,76059	FREKANS: 1
DIELEKTRİK SABİTİ: 20011,534216	FREKANS: 100
DIELEKTRİK SABİTİ: 2683,23655464	FREKANS: 1000
DIELEKTRİK SABİTİ: 484,248524327	FREKANS: 10000
DIELEKTRİK SABİTİ: 125,019205342	FREKANS: 100000
DIELEKTRİK SABİTİ: 40,8638507122	FREKANS: 1000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 20,0004255736	FREKANS: 10000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 11,2200371986	FREKANS: 100000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 7,66906087435	FREKANS: 1000000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 6,07307939998	FREKANS: 10000000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 5,37721200517	FREKANS: 100000000000
DIELEKTRİK SABİTİ: 5,0904813976	FREKANS: 1000000000000

>>>

2.7. (1.7) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS : 100

DIELEKTRİK SABİT: 30000

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 2001176,76059
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 973343,424047
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 621245,132201
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 466057,843331
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 379797,021987
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 323162,02643 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 281658,863017
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 249108,791443
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 222529,270056
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 200299,797299
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 181434,110561
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 165268,839363
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 151321,605321
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13

ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 139222,043233
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14

ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 128675,667419
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,15

ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 119443,218951
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16

ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 111327,716025
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,17

ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 104165,612329
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,18

ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 97820,338552 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,19

ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 92177,3567315
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,2

ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 87140,2573297
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21

ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 82627,6227068
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,22

ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 78570,4792859
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23

ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 74910,2145207
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24

ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 71596,8668173
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,25

ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 68587,7174623
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26

ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 65846,1283869
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27

ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 63340,5806701
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28

ITERASYON#: 2900 Hesaplanan Er: 61043,8773117
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,29

ITERASYON#: 3000 Hesaplanan Er: 58932,4806657
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,3

ITERASYON#: 3100 Hesaplanan Er: 56985,9604482
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,31

ITERASYON#: 3200 Hesaplanan Er: 55186,5326999
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,32

ITERASYON#: 3300 Hesaplanan Er: 53518,6737067
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,33

ITERASYON#: 3400 Hesaplanan Er: 51968,7958218
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,34

ITERASYON#: 3500 Hesaplanan Er: 50524,9745183
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,35

ITERASYON#: 3600 Hesaplanan Er: 49176,7179404
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,36

ITERASYON#: 3700 Hesaplanan Er: 47914,7717953
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,37

ITERASYON#: 3800 Hesaplanan Er: 46730,9537066
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,38

ITERASYON#: 3900 Hesaplanan Er: 45618,0121918
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,39

ITERASYON#: 4000 Hesaplanan Er: 44569,5062755
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,4

ITERASYON#: 4100 Hesaplanan Er: 43579,7024397
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,41

ITERASYON#: 4200 Hesaplanan Er: 42643,4861805
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,42

ITERASYON#: 4300 Hesaplanan Er: 41756,2859022
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,43

ITERASYON#: 4400 Hesaplanan Er: 40914,007259 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,44

ITERASYON#: 4500 Hesaplanan Er: 40112,9763692
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,45

ITERASYON#: 4600 Hesaplanan Er: 39349,8905816
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,46

ITERASYON#: 4700 Hesaplanan Er: 38621,7756873
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,47

ITERASYON#: 4800 Hesaplanan Er: 37925,9486479
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,48

ITERASYON#: 4900 Hesaplanan Er: 37259,985053 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,49

ITERASYON#: 5000 Hesaplanan Er: 36621,6906453
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5

ITERASYON#: 5100 Hesaplanan Er: 36009,0763522
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,51

ITERASYON#: 5200 Hesaplanan Er: 35420,336344 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,52

ITERASYON#: 5300 Hesaplanan Er: 34853,8287154
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,53

ITERASYON#: 5400 Hesaplanan Er: 34308,058441 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,54

ITERASYON#: 5500 Hesaplanan Er: 33781,6623105
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,55

ITERASYON#: 5600 Hesaplanan Er: 33273,3955874
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,56

ITERASYON#: 5700 Hesaplanan Er: 32782,120174 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,57

ITERASYON#: 5800 Hesaplanan Er: 32306,7940939
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,58
ITERASYON#: 5900 Hesaplanan Er: 31846,4621298
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,59
ITERASYON#: 6000 Hesaplanan Er: 31400,2474767
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,6
ITERASYON#: 6100 Hesaplanan Er: 30967,3442878
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,61
ITERASYON#: 6200 Hesaplanan Er: 30547,0110085
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,62
ITERASYON#: 6300 Hesaplanan Er: 30138,5644059
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,63
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 6335 Hesaplanan Er: 29998,2981905
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,6335

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS : 1000
DIELEKTRIK SABIT: 40000

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0
ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 200299,797299
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01
ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 92177,3567315
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02
ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 58932,4806657
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03
ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 44569,5062755
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 452 Hesaplanan Er: 39957,4232565
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,0452

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS : 10000
DIELEKTRIK SABIT: 700

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 20011,534216 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 9890,29379666
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 6734,54216373
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 5335,20567713
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 4530,36376299
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 3978,449203 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 3556,94573256
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 3214,87846898
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 2928,03581106
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 2683,23655464
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 2472,25021321
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 2289,29343653
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 2129,94498845
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13

ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 1990,64739783
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14

ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 1868,45808716
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,15

ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 1760,90954429
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16

ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 1665,91930563
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,17

ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 1581,72461643
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,18

ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 1506,83099407
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,19

ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 1439,9699234 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,2

ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 1380,06338793
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21

ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 1326,19394766
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,22

ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 1277,57948842
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23

ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 1233,55195259
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24

ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 1193,5394635 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,25

ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 1157,05132992
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26

ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 1123,66548189
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27

ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 1093,01794938
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28

ITERASYON#: 2900 Hesaplanan Er: 1064,79405061
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,29

ITERASYON#: 3000 Hesaplanan Er: 1038,72100757
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,3

ITERASYON#: 3100 Hesaplanan Er: 1014,56175061
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,31

ITERASYON#: 3200 Hesaplanan Er: 992,109713069
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,32

ITERASYON#: 3300 Hesaplanan Er: 971,184449798
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,33

ITERASYON#: 3400 Hesaplanan Er: 951,627942057
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,34

ITERASYON#: 3500 Hesaplanan Er: 933,301474298
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,35

ITERASYON#: 3600 Hesaplanan Er: 916,082988353
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,36

ITERASYON#: 3700 Hesaplanan Er: 899,864836666
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,37

ITERASYON#: 3800 Hesaplanan Er: 884,551869734
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,38

ITERASYON#: 3900 Hesaplanan Er: 870,059803979
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,39

ITERASYON#: 4000 Hesaplanan Er: 856,313825463
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,4

ITERASYON#: 4100 Hesaplanan Er: 843,247392383
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,41

ITERASYON#: 4200 Hesaplanan Er: 830,801205495
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,42

ITERASYON#: 4300 Hesaplanan Er: 818,922320738

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,43

ITERASYON#: 4400 Hesaplanan Er: 807,563382565

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,44

ITERASYON#: 4500 Hesaplanan Er: 796,681959989

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,45

ITERASYON#: 4600 Hesaplanan Er: 786,239970222

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,46

ITERASYON#: 4700 Hesaplanan Er: 776,203177223

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,47

ITERASYON#: 4800 Hesaplanan Er: 766,540754427

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,48

ITERASYON#: 4900 Hesaplanan Er: 757,224902625

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,49

ITERASYON#: 5000 Hesaplanan Er: 748,230515318

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5

ITERASYON#: 5100 Hesaplanan Er: 739,534885044

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,51

ITERASYON#: 5200 Hesaplanan Er: 731,117445152

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,52

ITERASYON#: 5300 Hesaplanan Er: 722,959542304

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,53

ITERASYON#: 5400 Hesaplanan Er: 715,044235653

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,54

ITERASYON#: 5500 Hesaplanan Er: 707,356119277

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,55

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 5598 Hesaplanan Er: 700,028659618

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5598

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS : 100000

DIELEKTRİK SABİT: 170

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME

KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 2683,23655464

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 1439,9699234 OLCEKLEME

KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 1038,72100757

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 856,313825463

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 748,230515318

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 671,873220966

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 612,078075179

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 562,61104118 OLCEKLEME

KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 520,536428329

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 484,248524327

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 452,72220202 OLCEKLEME

KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 425,212599406

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 401,130209318

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13

ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 379,986421622
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14
ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 361,367613376
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,15
ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 344,92083922 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,16
ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 330,344326459
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,17
ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 317,380123014
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,18
ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 305,807906721
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,19
ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 295,439601081
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,2
ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 286,114666957
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21
ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 277,696006449
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,22
ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 270,066427653
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23
ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 263,125616801
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24
ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 256,787561329
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,25
ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 250,978367127
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26
ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 245,634415793
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27
ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 240,700812135
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28

ITERASYON#: 2900 Hesaplanan Er: 236,130077579
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,29

ITERASYON#: 3000 Hesaplanan Er: 231,881050751
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,3

ITERASYON#: 3100 Hesaplanan Er: 227,917961996
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,31

ITERASYON#: 3200 Hesaplanan Er: 224,209653557
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,32

ITERASYON#: 3300 Hesaplanan Er: 220,728921606
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,33

ITERASYON#: 3400 Hesaplanan Er: 217,451960148
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,34

ITERASYON#: 3500 Hesaplanan Er: 214,357890143
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,35

ITERASYON#: 3600 Hesaplanan Er: 211,428359946
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,36

ITERASYON#: 3700 Hesaplanan Er: 208,647205521
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,37

ITERASYON#: 3800 Hesaplanan Er: 206,000160818
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,38

ITERASYON#: 3900 Hesaplanan Er: 203,474610323
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,39

ITERASYON#: 4000 Hesaplanan Er: 201,05937714 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,4

ITERASYON#: 4100 Hesaplanan Er: 198,744541066
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,41

ITERASYON#: 4200 Hesaplanan Er: 196,521282025
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,42

ITERASYON#: 4300 Hesaplanan Er: 194,381745028
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,43

ITERASYON#: 4400 Hesaplanan Er: 192,318923401
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,44
ITERASYON#: 4500 Hesaplanan Er: 190,326557594
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,45
ITERASYON#: 4600 Hesaplanan Er: 188,399047272
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,46
ITERASYON#: 4700 Hesaplanan Er: 186,5313748 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,47
ITERASYON#: 4800 Hesaplanan Er: 184,719038474
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,48
ITERASYON#: 4900 Hesaplanan Er: 182,957994153
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,49
ITERASYON#: 5000 Hesaplanan Er: 181,244604112
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5
ITERASYON#: 5100 Hesaplanan Er: 179,575592155
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,51
ITERASYON#: 5200 Hesaplanan Er: 177,948004121
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,52
ITERASYON#: 5300 Hesaplanan Er: 176,359173095
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,53
ITERASYON#: 5400 Hesaplanan Er: 174,806688685
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,54
ITERASYON#: 5500 Hesaplanan Er: 173,288369863
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,55
ITERASYON#: 5600 Hesaplanan Er: 171,802240899
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,56
ITERASYON#: 5700 Hesaplanan Er: 170,346510021
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,57
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 5718 Hesaplanan Er: 170,087578763
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5718

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS :
1000000 DIELEKTRIK SABIT: 50

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 484,248524327
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 295,439601081
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 231,881050751
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 201,05937714 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 181,244604112
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 166,146163573
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 153,612093862
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 142,80426009 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 133,343617781
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 125,019205342
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 117,683950985
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 111,217617836
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 105,514412937
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13

ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 100,479327378
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14

ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 96,0272059241
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,15

ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 92,0823998252
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16

ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 88,578342733 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,17

ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 85,4569304748
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,18

ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 82,6677542386
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,19

ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 80,1672674501
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,2

ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 77,9179529577
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21

ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 75,8875345538
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,22

ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 74,0482571733
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23

ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 72,3762459639
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24

ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 70,850945355 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,25

ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 69,4546339904
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26

ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 68,1720087109
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27

ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 66,9898297345
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28

ITERASYON#: 2900 Hesaplanan Er: 65,8966191081
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,29

ITERASYON#: 3000 Hesaplanan Er: 64,8824049698
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,3

ITERASYON#: 3100 Hesaplanan Er: 63,9385048732
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,31

ITERASYON#: 3200 Hesaplanan Er: 63,0573422345
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,32

ITERASYON#: 3300 Hesaplanan Er: 62,2322907606
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,33

ITERASYON#: 3400 Hesaplanan Er: 61,4575424639
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,34

ITERASYON#: 3500 Hesaplanan Er: 60,7279955355
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,35

ITERASYON#: 3600 Hesaplanan Er: 60,0391589348
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,36

ITERASYON#: 3700 Hesaplanan Er: 59,3870710526
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,37

ITERASYON#: 3800 Hesaplanan Er: 58,768230236 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,38

ITERASYON#: 3900 Hesaplanan Er: 58,1795353179
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,39

ITERASYON#: 4000 Hesaplanan Er: 57,6182346026
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,4

ITERASYON#: 4100 Hesaplanan Er: 57,081882006 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,41

ITERASYON#: 4200 Hesaplanan Er: 56,5682992634
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,42

ITERASYON#: 4300 Hesaplanan Er: 56,0755432918
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,43

ITERASYON#: 4400 Hesaplanan Er: 55,6018779411
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,44

ITERASYON#: 4500 Hesaplanan Er: 55,1457494887
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,45

ITERASYON#: 4600 Hesaplanan Er: 54,7057653354
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,46

ITERASYON#: 4700 Hesaplanan Er: 54,2806754448
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,47

ITERASYON#: 4800 Hesaplanan Er: 53,8693561376
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,48

ITERASYON#: 4900 Hesaplanan Er: 53,4707959137
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,49

ITERASYON#: 5000 Hesaplanan Er: 53,0840830231
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5

ITERASYON#: 5100 Hesaplanan Er: 52,7083945484
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,51

ITERASYON#: 5200 Hesaplanan Er: 52,3429867962
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,52

ITERASYON#: 5300 Hesaplanan Er: 51,9871868268
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,53

ITERASYON#: 5400 Hesaplanan Er: 51,640384971 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,54

ITERASYON#: 5500 Hesaplanan Er: 51,3020282109
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,55

ITERASYON#: 5600 Hesaplanan Er: 50,9716143119
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,56

ITERASYON#: 5700 Hesaplanan Er: 50,6486866155
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,57

ITERASYON#: 5800 Hesaplanan Er: 50,332829409 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,58
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 5876 Hesaplanan Er: 50,0972722915
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5876

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS :
10000000 DIELEKTRIK SABIT: 24

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 125,019205342
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 80,1672674501
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 64,8824049698
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 57,6182346026
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 53,0840830231
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 49,7208440559
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 46,9836583306
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 44,6546270204
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 42,6332081632
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 40,8638507122
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 39,3093306658
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 37,940716346 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 36,7336164557
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13

ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 35,6667880961
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14

ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 34,721587874 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,15

ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 33,8816918164
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16

ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 33,1328819315
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,17

ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 32,462839952 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,18

ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 31,8609392534
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,19

ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 31,3180405116
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,2

ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 30,8262983545
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21

ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 30,378984164 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,22

ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 29,9703276149
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23

ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 29,5953775179
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24

ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 29,2498812074
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,25

ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 28,9301809737
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26

ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 28,6331257062
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27

ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 28,3559958348
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28

ITERASYON#: 2900 Hesaplanan Er: 28,0964397409
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,29

ITERASYON#: 3000 Hesaplanan Er: 27,8524199608
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,3

ITERASYON#: 3100 Hesaplanan Er: 27,6221676949
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,31

ITERASYON#: 3200 Hesaplanan Er: 27,4041443318
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,32

ITERASYON#: 3300 Hesaplanan Er: 27,1970088773
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,33

ITERASYON#: 3400 Hesaplanan Er: 26,9995903502
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,34

ITERASYON#: 3500 Hesaplanan Er: 26,8108643487
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,35

ITERASYON#: 3600 Hesaplanan Er: 26,6299331229
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,36

ITERASYON#: 3700 Hesaplanan Er: 26,456008595 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,37

ITERASYON#: 3800 Hesaplanan Er: 26,2883978592
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,38

ITERASYON#: 3900 Hesaplanan Er: 26,126490774 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,39

ITERASYON#: 4000 Hesaplanan Er: 25,9697493192
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,4

ITERASYON#: 4100 Hesaplanan Er: 25,8176984467
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,41
ITERASYON#: 4200 Hesaplanan Er: 25,6699181962
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,42
ITERASYON#: 4300 Hesaplanan Er: 25,5260368871
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,43
ITERASYON#: 4400 Hesaplanan Er: 25,3857252242
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,44
ITERASYON#: 4500 Hesaplanan Er: 25,248691185 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,45
ITERASYON#: 4600 Hesaplanan Er: 25,114675574 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,46
ITERASYON#: 4700 Hesaplanan Er: 24,983448149 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,47
ITERASYON#: 4800 Hesaplanan Er: 24,8548042392
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,48
ITERASYON#: 4900 Hesaplanan Er: 24,728561786 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,49
ITERASYON#: 5000 Hesaplanan Er: 24,6045587488
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5
ITERASYON#: 5100 Hesaplanan Er: 24,4826508275
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,51
ITERASYON#: 5200 Hesaplanan Er: 24,3627094573
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,52
ITERASYON#: 5300 Hesaplanan Er: 24,2446200429
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,53
ITERASYON#: 5400 Hesaplanan Er: 24,128280398 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,54
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 5425 Hesaplanan Er: 24,0994579817
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5425

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS :

100000000 DIELEKTRİK SABİT: 12

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 40,8638507122
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 31,3180405116
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 27,8524199608
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 25,9697493192
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 24,6045587488
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 23,4625123223
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 22,4530352837
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 21,546405817 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 20,7311529119
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 20,0004255736
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 19,3478659126
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 18,7667105985
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 18,2499022703
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13

ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 17,7904178485
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14

ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 17,3815549344
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,15

ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 17,0171167512
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16

ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 16,6915039409
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,17

ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 16,3997386686
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,18

ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 16,137445662 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,19

ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 15,9008090395
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,2

ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 15,6865178156
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21

ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 15,4917082228
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,22

ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 15,3139076205
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23

ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 15,1509825282
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24

ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 15,0010919127
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,25

ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 14,8626460211
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26

ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 14,7342705783
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27

ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 14,6147759236
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28
ITERASYON#: 2900 Hesaplanan Er: 14,5031305626
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,29
ITERASYON#: 3000 Hesaplanan Er: 14,398438587 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,3
ITERASYON#: 3100 Hesaplanan Er: 14,299920439 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,31
ITERASYON#: 3200 Hesaplanan Er: 14,2068965422
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,32
ITERASYON#: 3300 Hesaplanan Er: 14,1187733752
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,33
ITERASYON#: 3400 Hesaplanan Er: 14,0350316176
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,34
ITERASYON#: 3500 Hesaplanan Er: 13,9552160505
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,35
ITERASYON#: 3600 Hesaplanan Er: 13,8789269424
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,36
ITERASYON#: 3700 Hesaplanan Er: 13,8058126882
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,37
ITERASYON#: 3800 Hesaplanan Er: 13,7355635098
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,38
ITERASYON#: 3900 Hesaplanan Er: 13,6679060537
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,39
ITERASYON#: 4000 Hesaplanan Er: 13,6025987501
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,4
ITERASYON#: 4100 Hesaplanan Er: 13,5394278155
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,41
ITERASYON#: 4200 Hesaplanan Er: 13,4782038045
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,42

ITERASYON#: 4300 Hesaplanan Er: 13,4187586276
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,43

ITERASYON#: 4400 Hesaplanan Er: 13,3609429675
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,44

ITERASYON#: 4500 Hesaplanan Er: 13,3046240347
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,45

ITERASYON#: 4600 Hesaplanan Er: 13,2496836146
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,46

ITERASYON#: 4700 Hesaplanan Er: 13,1960163649
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,47

ITERASYON#: 4800 Hesaplanan Er: 13,1435283271
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,48

ITERASYON#: 4900 Hesaplanan Er: 13,092135624 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,49

ITERASYON#: 5000 Hesaplanan Er: 13,0417633168
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,5

ITERASYON#: 5100 Hesaplanan Er: 12,9923444006
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,51

ITERASYON#: 5200 Hesaplanan Er: 12,9438189205
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,52

ITERASYON#: 5300 Hesaplanan Er: 12,8961331917
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,53

ITERASYON#: 5400 Hesaplanan Er: 12,8492391109
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,54

ITERASYON#: 5500 Hesaplanan Er: 12,8030935464
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,55

ITERASYON#: 5600 Hesaplanan Er: 12,757657799 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,56

ITERASYON#: 5700 Hesaplanan Er: 12,7128971223
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,57

ITERASYON#: 5800 Hesaplanan Er: 12,6687802974
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,58
ITERASYON#: 5900 Hesaplanan Er: 12,6252792545
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,59
ITERASYON#: 6000 Hesaplanan Er: 12,5823687354
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,6
ITERASYON#: 6100 Hesaplanan Er: 12,540025993 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,61
ITERASYON#: 6200 Hesaplanan Er: 12,4982305234
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,62
ITERASYON#: 6300 Hesaplanan Er: 12,456963826 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,63
ITERASYON#: 6400 Hesaplanan Er: 12,4162091894
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,64
ITERASYON#: 6500 Hesaplanan Er: 12,3759515 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,65
ITERASYON#: 6600 Hesaplanan Er: 12,3361770702
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,66
ITERASYON#: 6700 Hesaplanan Er: 12,2968734852
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,67
ITERASYON#: 6800 Hesaplanan Er: 12,258029465 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,68
ITERASYON#: 6900 Hesaplanan Er: 12,2196347412
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,69
ITERASYON#: 7000 Hesaplanan Er: 12,1816799464
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,7
ITERASYON#: 7100 Hesaplanan Er: 12,1441565149
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,71
ITERASYON#: 7200 Hesaplanan Er: 12,1070565939
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,72
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 7220 Hesaplanan Er: 12,0996867853
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,722

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS :

1000000000 DIELEKTRİK SABİT: 9

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 20,0004255736
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 15,9008090395
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 14,398438587 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 13,6025987501
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 13,0417633168
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 12,5823687354
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 12,1816799464
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 11,8247402508
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 11,5053860176
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 11,2200371986
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 10,9657049028
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,11

ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 10,7394589546
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12

ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 10,538377645 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,13
ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 10,3596245987
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14
ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 10,200531311 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,15
ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 10,0586521583
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16
ITERASYON#: 1700 Hesaplanan Er: 9,93178994424
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,17
ITERASYON#: 1800 Hesaplanan Er: 9,8179990726 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,18
ITERASYON#: 1900 Hesaplanan Er: 9,71557433927
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,19
ITERASYON#: 2000 Hesaplanan Er: 9,6230317529 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,2
ITERASYON#: 2100 Hesaplanan Er: 9,53908584502
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,21
ITERASYON#: 2200 Hesaplanan Er: 9,46262630081
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,22
ITERASYON#: 2300 Hesaplanan Er: 9,39269555912
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,23
ITERASYON#: 2400 Hesaplanan Er: 9,32846823919
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,24
ITERASYON#: 2500 Hesaplanan Er: 9,26923275292
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,25
ITERASYON#: 2600 Hesaplanan Er: 9,21437516382
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,26
ITERASYON#: 2700 Hesaplanan Er: 9,16336518924
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,27

ITERASYON#: 2800 Hesaplanan Er: 9,11574415972

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,28

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!

TOPLAM ITERASYON#: 2835 Hesaplanan Er: 9,0998022425

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,2835

OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANMAK ISTENILEN FREKANS :

10000000000 DIELEKTRIK SABIT: 7

ITERASYON#: 0 Hesaplanan Er: 3703892,215 OLCEKLEME

KATSAYISI: 0,0

ITERASYON#: 100 Hesaplanan Er: 11,2200371986

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,01

ITERASYON#: 200 Hesaplanan Er: 9,6230317529 OLCEKLEME

KATSAYISI: 0,02

ITERASYON#: 300 Hesaplanan Er: 9,02913203339

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,03

ITERASYON#: 400 Hesaplanan Er: 8,70445708492

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,04

ITERASYON#: 500 Hesaplanan Er: 8,46827399678

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,05

ITERASYON#: 600 Hesaplanan Er: 8,27033911057

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,06

ITERASYON#: 700 Hesaplanan Er: 8,09518680127

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,07

ITERASYON#: 800 Hesaplanan Er: 7,93775705982

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,08

ITERASYON#: 900 Hesaplanan Er: 7,79610381563

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,09

ITERASYON#: 1000 Hesaplanan Er: 7,66906087435

OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1

ITERASYON#: 1100 Hesaplanan Er: 7,5555374431 OLCEKLEME
KATSAYISI: 0,11
ITERASYON#: 1200 Hesaplanan Er: 7,45436719649
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,12
ITERASYON#: 1300 Hesaplanan Er: 7,36432997705
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,13
ITERASYON#: 1400 Hesaplanan Er: 7,28420998141
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,14
ITERASYON#: 1500 Hesaplanan Er: 7,21284612003
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,15
ITERASYON#: 1600 Hesaplanan Er: 7,14916448562
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,16
OLCEKLEME KATSAYISI HESAPLANDI !!!!!
TOPLAM ITERASYON#: 1686 Hesaplanan Er: 7,09979960496
OLCEKLEME KATSAYISI: 0,1686

2.8. (1.8) Numaralı Simülasyonun çıktısı:

OK: 0.6335 E: 30000 F: 100
OK: 0.0452 E: 40000 F: 1000
OK: 0.5598 E: 700 F: 10000
OK: 0.5718 E: 170 F: 100000
OK: 0.5876 E: 50 F: 1000000
OK: 0.5425 E: 24 F: 10000000
OK: 0.722 E: 12 F: 100000000
OK: 0.2835 E: 9 F: 1000000000
OK: 0.1686 E: 7 F: 10000000000

2.9. Data

TOPP DENKLEMI :

Er: 24,5 Q: 39,54988375

Er: 8,7 Q: 16,22420629
Er: 8,5 Q: 15,81032375



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI VE SOYADI: Yusuf YILMAZ

DOĞUM YERİ VE TARİHİ: Adapazarı, 1988

MEDENİ HALİ: Evli

E- MAİL: yyilmaz@gmail.com

ADRES (İŞ): THY Teknoloji Binası Basın Ekspres Yolu Halkalı Küçükçekmece

EĞİTİM DURUMU

2014 – 2018 : İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

2007 - 2013 : Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği

2002 – 2006: Figen Sakallıoğlu Anadolu Lisesi

YABANCI DİL : İngilizce

İŞ TECRÜBESİ

2013- 2018: THY A.O. Yazılım Uzmanı