

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANILARAK ÇEVRESEL
RADYOAKTİVİTE SEVİYESİ TAHMİNİ VE TÜRKİYE’NİN
YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ RADYASYON HARİTASININ
OLUŞTURULMASI: ÇEVİRİMİÇİ BİR HESAPLAMA
MODÜLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Arzu ALPAYDIN

Danışman

Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT

ŞUBAT, 2026

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Makine Öğrenmesi Kullanılarak Çevresel Radyoaktivite Seviyesi Tahmini ve Türkiye’nin Yüksek Çözünürlüklü Radyasyon Haritasının Oluşturulması: Çevrimiçi Bir Hesaplama Modülünün Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışmayı;

☐ Baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı taahhüt ederim.

☐ Turnitin benzerlik programından alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranının % 6 olduğunu beyan ederim.

Aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☐ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

☐ Tezim sadece Artvin Çoruh Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

☐ Tezimin ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

.../.../2026

Arzu ALPAYDIN

ORCID NO:0000-0003-3891-9664

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANILARAK ÇEVRESEL RADYOAKTİVİTE
SEVİYESİ TAHMİNİ VE TÜRKİYE’NİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
RADYASYON HARİTASININ OLUŞTURULMASI: ÇEVİRİMİÇİ BİR
HESAPLAMA MODÜLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİ

Arzu ALPAYDIN
ORCID NO: 0000-0003-3891-9664

Başkan : Prof. Dr. Yaşar KOBYA

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Serdar DİZMAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT

ONAY:

Bu Yüksek Lisans, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../..... tarihinde oybirliği/oyçokluğu ile uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

.../.../.....

Prof. Dr. Kerem ÇOŞKUN

Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ

“Makine Öğrenmesi Kullanılarak Çevresel Radyoaktivite Seviyesi Tahmini ve Türkiye’nin Yüksek Çözünürlüklü Radyasyon Haritasının Oluşturulması: Çevrimiçi Bir Hesaplama Modülünün Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı bünyesinde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma sürecim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, karşılaştığım güçlüklerin aşılmasında yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisansüstü eğitimim sırasında aldığım ‘Fen ve Teknolojide Bilimsel Araştırma Projesi Yazma Becerileri’ dersi kapsamında, proje ve tez yazımı konusundaki yetkinliğimin artmasına katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Sibel AÇIŞLI ÇELİK’e teşekkür ederim.

Ayrıca, bu projenin hayata geçirilmesi için sağladıkları maddi destek ve süreç boyunca “Bursiyer” olarak verdikleri katkıdan dolayı TÜBİTAK’a [Proje No:123F250] şükranlarımı sunarım. Çalışmanın literatüre katkı sağlamasını ve uygulayıcılar için faydalı bir kaynak oluşturmasını dilerim.

Arzu ALPAYDIN

Artvin – 2026

İÇİNDEKİLER

KISALTMA DİZİNİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
TABLO LİSTESİ.....	XI
ÖZET	XII
ABSTRACT	XIV
1 GİRİŞ.....	16
2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	20
3 MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1 Radyoaktivite ve Radyoaktif Bozunum Türleri.....	26
3.1.1 Doğal Radyoaktivite.....	26
3.1.2 Yapay Radyoaktivite	27
3.1.3 Radyoaktif Bozunum Türleri.....	27
3.1.3.1 Alfa Bozunumu	27
3.1.3.2 Beta Bozunumu.....	28
3.1.3.3 Gama Bozunumu	28
3.1.3.4 Pozitron Yakalama.....	28
3.1.3.5 Elektron Yakalama.....	28
3.1.4 Radyasyon Dozu Ölçüm Birimleri	28
3.1.4.1 Aktivite Birimleri.....	29
3.1.4.2 Emilen Doz	29
3.1.4.3 Eşdeğer Doz	29
3.1.4.4 Etkin Doz	30
3.2 Makine Öğrenmesi Algoritmaları	30
3.2.1 Rastgele Orman	30
3.2.2 Aşırı Gradyan Artırma.....	32
3.2.3 Destek Vektör Regresyonu.....	33
3.2.4 Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları	33
3.2.5 Çok Değişkenli Adaptif Regresyon Eğrileri.....	34
3.2.6 Cubist.....	35
3.3 Model Performans Metrikleri.....	36
3.4 Yazılım/Donanım Kaynakları ve Programlama	37

3.5 Çalışmanın Metodolojik Çerçevesi.....	39
3.5.1 Veri Setleri ve Çalışma Alanı.....	40
3.5.1.1 Türkiye Radyonüklid Atlası Veri Seti	40
3.5.1.2 AGDR Veri Seti	43
3.5.1.3 TGDR Belirsizlik Verisi	45
3.5.1.4 CGDR Veri Seti	46
3.5.2 Yöntemsel İşlem Adımları	47
3.5.2.1 Adım 1: Mekânsal Tahmin Altyapısının Oluşturulması	47
3.5.2.2 Adım 2: AGDR ve İlişkili Belirsizliğin Modellenmesi	47
3.5.2.3 Adım 3: CGDR Vekil Modelinin Oluşturulması	48
3.5.2.4 Adım 4: Radyonüklid Konsantrasyonlarının Makine Öğrenmesi ile Tahmini.....	49
3.5.2.5 Adım 5: Haritalama ve Çevrim İçi Modülün Geliştirilmesi	50
4 BULGULAR VE TARTIŞMA	52
4.1 Mekânsal Tahmin Altyapısı ve Yersel Doğrulama Veri Setinin Oluşturulması	52
4.1.1 Yüksek Çözünürlüklü Mekânsal Tahmin Altyapısı	52
4.1.2 Radyonüklid Veri Setinin Dijitalleştirilmesi ve Karakterizasyonu	54
4.2 AGDR Dağılımı ve Mekânsal Belirsizliği.....	55
4.2.1 RADİSA Verilerinin Mekânsal Analizi ve Variogram Modellemesi	56
4.2.2 SGS ile Elde Edilen AGDR Haritası (E-Tipi Tahmin)	58
4.2.3 Tahmin Belirsizliğinin Haritalanması ve Yorumlanması.....	60
4.3 CGDR Dağılımının Vekil Model ile Tahmini	63
4.3.1 Vekil Model Performanslarının Karşılaştırılması ve Model Seçimi	63
4.3.2 Türkiye'nin Yüksek Çözünürlüklü CGDR Haritası ve Fiziksel Yorumlaması	65
4.4 Toprak Radyonüklid Konsantrasyonlarının Ulusal Ölçekte Modellenmesi .	67
4.4.1 Nihai Modellerin Geliştirilmesi ve Performans Değerlendirmesi.....	67
4.4.2 Modelin Harici Veri Seti ile Doğrulanması ve Performans Analizi	75
4.4.2.1 İlçe Ortalamaları Üzerinden Model Doğrulaması.....	75
4.4.2.2 Noktasal Koordinatlar Üzerinden Model Doğrulaması	77
4.4.2.3 Entegre TGDR Tahmininin Doğrulanması	78
4.4.3 Türkiye'nin Yüksek Çözünürlüklü Radyonüklid ve TGDR Dağılım Haritaları..	79
4.4.4 Etkileşimli Çevrim İçi Radyonüklid Hesaplama ve Haritalandırma Aracı	84
4.5 Araştırmanın Sınırlılıkları	90
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	92
5.1 Temel Sonuçlar.....	92

5.2 Öneriler	93
KAYNAKLAR.....	95
EKLER	108
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	169
KURUM İZNİ YAZILARI.....	170



KISALTMA DİZİNİ

AGDR	Ambient Gamma Dose Rate (Ortam Gama Doz Hızı)
CGDR	Cosmic Gamma Dose Rate (Kozmik Gama Doz Hızı)
DBSCAN	Density-Based Spatial Clustering of Applications (Uygulamaların Yoğunluk Tabanlı Mekansal Kümelemesi)
EXPACS	EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum (Atmosferik Kozmik Işın Spektrumunu Hesaplamak için Excel Tabanlı Program)
FP-Growth	Frequent Pattern Growth (Sık Karşılaşılan Örüntü Büyümesi)
GBDT	Gradient Boosted Decision Trees (Gradyan Artırımlı Karar Ağaçları)
GMM	Gaussian Mixture Models (Gauss Karışım Modelleri)
MBD	Spatial Dependency Degree (Mekansal Bağımlılık Derecesi)
PCA	Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi)
RF	Random Forest Algorithm (Rastgele Orman Algoritması)
SGS	Sequential Gaussian Simulation (Sıralı Gauss Simülasyonu)
SVM	Support Vector Machines (Destek Vektör Makineleri)
TGDR	Terrestrial Gamma Dose Rate (Karasal Gama Doz Hızı)
t-SNE	t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-Dağılımlı Stokastik Komşu Gömme)
XGBoost	Extreme Gradient Boosting (Aşırı Gradyan Artırma)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1	Yüzey toprağında Ra-226 aktivite konsantrasyonu ilçe ortalamaları (Oğuz vd., 2013).....	41
Şekil 3.2	Yüzey toprağında Th-232 aktivite konsantrasyonu ilçe ortalamaları (Oğuz vd., 2013).....	42
Şekil 3.3	Yüzey toprağında K-40 aktivite konsantrasyonu ilçe ortalamaları (Oğuz vd., 2013).....	42
Şekil 3.4	İlçeleri temsil eden koordinatların mekânsal dağılımları.....	43
Şekil 3.5	a) EURDEP bağlantısı üzerinden elde edilen ekran görüntüsü, b) RADİSA istasyonlarının konumsal dağılımı (Radyasyon İzleme ve Uyarı Sistemi Ağı (RADİSA))	45
Şekil 3.6	Bu çalışmada gerçekleştirilen metodolojik işlem basamakları.	51
Şekil 4.1	Türkiye'nin doğu-batı (a) ve kuzey-güney (b) doğrultularındaki 300×300 m ² grid ölçeğindeki piksel hesabına ilişkin yaklaşık 14 milyonluk öngörünün QGIS ekran görüntüsü, (c) deniz ve sınır dışı kalan alanlarının (yeşil renk) hariç tutulması sonucunda kalan piksel alanları (Siyah renk).	53
Şekil 4.2	AGDR verileri için elde edilen deneysel ve teorik variogram.....	58
Şekil 4.3	R ortamında gerçekleştirilen simülasyondan rastgele seçilen 6 realizasyonun dağılım görünümü ve çıktı sonuçları.	59
Şekil 4.4	Türkiye geneli için AGDR ölçümlerinin SGS ile belirlenen E-tipi tahmin dağılımları.....	60
Şekil 4.5	Türkiye geneli için 100 adet SGS realizasyonundan elde edilen AGDR tahminlerinin her pikseldeki standart sapma (mutlak belirsizlik) haritası (Birim: nGy/h).....	62
Şekil 4.6	Her pikseldeki AGDR tahmini için hesaplanan değişim katsayısı (CV = SD/Ortalama) haritası. Renk skalası, standart sapmanın ortalamaya oranını (görelî belirsizlik) göstermektedir ve birimsizdir.....	63
Şekil 4.7	Türkiye geneli için EXPACS modeli ile oluşturulan CGDR dağılımı	66
Şekil 4.8	Seçilen bazı iller için CGDR dağılımları.	66
Şekil 4.9	²²⁶ Ra, ²³² Th ve ⁴⁰ K konsantrasyonlarının logaritmik değerlerinin Eğitim (turkuaz) ve Test (pembe) veri setleri için dağılımlarını gösteren kutu-bıyık grafikleri.	68
Şekil 4.10	En iyi performansı sergileyen XGBoost modelinin Test verisi üzerindeki tahmin edilen ve gözlenen (gerçek) değerlerinin saçılım diyagramları. a)	

^{226}Ra , b) ^{232}Th ve c) ^{40}K . Her grafikte tüm veriler ve aykırı değerler çıkarıldıktan sonraki çekirdek veriler için Lin'in Uyum Korelasyon Katsayısı (pc) ayrı ayrı verilmiştir.....	75
Şekil 4.11 . Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından 2015 (Karahan vd., 2015) ve 2017 (Karahen vd., 2017) yıllarında Türkiye'nin 10 farklı iline (Antalya, Artvin, Bartın, Hatay, Iğdır, Karabük, Karaman, Kars, Mersin, Nevşehir) ait radiometrik ölçüm alınan bölgelerin konumsal dağılımları.....	76
Şekil 4.12 En iyi performanslı XGBoost modelinin, eğitim sürecinde kullanılmamış harici TAEK verileri ile doğrulanması. a) Harici verilerin ilçe ortalamaları ile modelin aynı ilçeler için tahmin ettiği ortalama değerlerin karşılaştırılması. b) Harici verilerin alındığı spesifik koordinatlar (noktasal) ile modelin aynı koordinatlar için yaptığı tahminlerin karşılaştırılması.	77
Şekil 4.13 Harici TAEK verilerindeki noktasal radyonüklid ölçümlerinden hesaplanan "Gerçek TGDR" ile modelin aynı noktalar için tahmin ettiği radyonüklid değerlerinden hesaplanan "Tahmin edilen TGDR" arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım diyagramı ve performans metrikleri.....	79
Şekil 4.14 Nihai XGBoost modelleri kullanılarak üretilen yüksek çözünürlüklü ($300 \times 300 \text{ m}^2$) ulusal radyonüklid haritaları: a) Ra-226, b) Th-232, c) K-40 aktivite konsantrasyonu (Bq/kg).....	83
Şekil 4.15 Şekil 4.14'teki radyonüklid haritalarından Eşitlik 1 kullanılarak türetilen Türkiye geneli Karasal Gama Doz Hızı (TGDR) dağılım haritası (nGy/h).	84
Şekil 4.16 Türkiye jeolojik yapı haritası (Sayar ve Ongan, 2018).	84
Şekil 4.17 Türkiye Yüksek Çözünürlüklü Radyonüklid Aktivite Haritası ve Sorgu Aracı platformunun ana arayüzü. Platform, etkileşimli harita üzerinde koordinat bazlı radyonüklid ve TGDR sorgulamasına olanak tanımaktadır.	88
Şekil 4.18 Çevrim içi aracın bölgesel sorgulama sekmesi. Kullanıcılar, il ve ilçe bazında spesifik alanların radyasyon haritalarını ve ortalama değerlerini görüntüleyebilmektedir (Örnek: Afyonkarahisar ili).....	88
Şekil 4.19 Platformun harici veri ile model doğrulama arayüzü. Kullanıcıların kendi ölçüm verilerini yükleyerek model tahminleri ile anlık olarak karşılaştırmasına, performans metriklerini ve saçılım diyagramlarını oluşturmaya olanak tanımaktadır.....	89

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Yersel doğrulama veri setindeki (n=929) radyonüklid konsantrasyonlarının ve rakım değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	55
Tablo 4.2 CGDR tahmin modellerinin test veri seti üzerindeki performans metriklerinin karşılaştırılması.....	64
Tablo 4.3 Modellerin 3 kez tekrarlanan 10-katlı çapraz doğrulama (Eğitim Verisi) üzerindeki performans metrikleri.	70
Tablo 4.4 Modellerin daha önce görülmemiş Test verisi üzerindeki nihai performans metrikleri.	71

Makine Öğrenmesi Kullanılarak Çevresel Radyoaktivite Seviyesi Tahmini ve Türkiye'nin Yüksek Çözünürlüklü Radyasyon Haritasının Oluşturulması: Çevrimiçi Bir Hesaplama Modülünün Geliştirilmesi

Arzu ALPAYDIN

Doğal radyasyonun mekânsal dağılımının doğru bir şekilde haritalanması, halk sağlığı ve çevresel risk yönetimi için temel bir gerekliliktir. Ancak, Türkiye'nin mevcut çevresel radyasyon haritalarının mekânsal çözünürlüğü sınırlıdır ve yerel ölçekteki değişimleri yansıtmada yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin toprak kökenli doğal radyonüklid (Ra-226, Th-232, K-40) konsantrasyonlarını, modern veri bilimi tekniklerini kullanarak 300×300 m² gibi yüksek bir mekânsal çözünürlükte tahmin etmek, bu tahminlere dayalı ulusal bir radyasyon haritası oluşturmak ve sonuçları etkileşimli bir çevrim içi platformda sunmaktır.

Bu hedefe ulaşmak için çok adımlı hibrit bir metodoloji izlenmiştir. İlk olarak, Ortam Gama Doz Hızı (AGDR) ve ilişkili mekânsal belirsizliği, Radyasyon İzleme ve Uyarı Sistemi Ağı (RADİSA) verileri kullanılarak Sıralı Gauss Simülasyonu (SGS) ile modellenmiştir. İkinci olarak, Kozmik Gama Doz Hızı (CGDR) ise, hesaplama maliyeti yüksek olan EXPACS (EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) fiziksel modelini taklit eden bir makine öğrenmesi vekil modeli ile ülke sathı için tahmin edilmiştir. Son olarak bu mekânsal katmanlar, coğrafi değişkenlerle (enlem, boylam, rakım vb.) ve Türkiye Radyoaktivite Atlası'ndan sayısallaştırılan verilerle birleştirilerek nihai radyonüklid tahmin modelleri geliştirilmiştir. Model geliştirme sürecinde, Aşırı Gradyan Arttırma (XGBoost) algoritmasının en yüksek performansı sergilediği tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda, Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü Ra-226, Th-232, K-40 ve bu değerlerden türetilen Karasal Gama Doz Hızı (TGDR) haritaları üretilmiştir. Haritalardaki mekânsal desenlerin, ülkenin bilinen uranyum/toryum yatakları ve ana jeolojik formasyonları ile güçlü bir uyum sergilediği gözlemlenmiştir. Modelin geçerliliği, eğitim sürecinde kullanılmamış harici ve noktasal ölçüm verileriyle de ayrıca sınanmış ve hem ilçe hem de noktasal (tek koordinat değeri) ölçekte anlamlı bir doğruluk sergilediği kanıtlanmıştır. Çalışmanın somut bir çıktısı olarak, tüm bu sonuçların sorgulanabildiği interaktif bir çevrim içi haritalama ve analiz aracı geliştirilerek kamu erişimine sunulmuştur. Bu araca <https://01994506-2a67-920b-dbef-a71795421468.share.connect.posit.cloud/> adresinden ulaşılabilir.

Bu çalışma, ulusal ölçekte bir radyasyon haritalama problemine getirdiği yenilikçi hibrit metodoloji, ürettiği yüksek çözünürlüklü ve doğrulanmış mekânsal veri setleri ve bilimsel çıktıyı pratik bir araca dönüştürmesiyle literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Radyoaktivite, Radyasyon Haritalama, Makine Öğrenmesi, Geoistatistik, Mekânsal Tahmin, Türkiye.

Prediction of Environmental Radioactivity Levels Using Machine Learning and Creation of Turkey's High-Resolution Radiation Map: Development of an Online Calculation Module

Arzu ALPAYDIN

Accurate mapping of the spatial distribution of natural radiation is a fundamental prerequisite for public health and environmental risk management. However, the existing environmental radiation maps of Türkiye have limited spatial resolution and are inadequate for representing local-scale variations. The primary objective of this study is to predict the concentrations of terrestrial primordial radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) across Türkiye at a high spatial resolution of $300 \times 300 \text{ m}^2$ using modern data science techniques, to generate a national radiation map based on these predictions, and to present the results on an interactive online platform.

A multi-step hybrid methodology was implemented to achieve this goal. Firstly, the Ambient Gamma Dose Rate (AGDR) and its associated spatial uncertainty were modeled using data from the Radiation Monitoring and Warning System Network (RADISA) with Sequential Gaussian Simulation (SGS). Secondly, the Cosmic Gamma Dose Rate (CGDR) was predicted for the entire country via a machine learning surrogate model that emulates the computationally expensive EXPACS (EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) physical model. Finally, these spatial layers were combined with geographic variables (latitude, longitude, altitude) and data digitized from the Radioactivity Atlas of Türkiye to develop the final radionuclide prediction models. During the model development process, the Extreme Gradient Boosting (XGBoost) algorithm was identified as the top-performing model.

The study resulted in the production of Türkiye's first high-resolution maps for Ra-226, Th-232, K-40, and the derived Terrestrial Gamma Dose Rate (TGDR). It was observed that the spatial patterns in the maps show strong agreement with the country's known uranium/thorium deposits and major geological formations. The model's validity was also tested against an external, point-based measurement dataset not used during the training process, where it demonstrated significant accuracy at both district and point scales. As a tangible output of the study, an interactive online mapping and analysis tool, allowing for the querying of all results, was developed and made publicly available. This tool can be accessed at <https://01994506-2a67-920b-dbef-a71795421468.share.connect.posit.cloud/>.

This study fills a significant gap in the literature through its innovative hybrid methodology for a national-scale radiation mapping problem, its production of high-resolution and validated spatial datasets, and its translation of scientific output into a practical tool.

Keywords: Environmental Radioactivity, Radiation Mapping, Machine Learning, Geostatistics, Spatial Prediction, Türkiye.

1

GİRİŞ

İnsan toplulukları, var oldukları günden bu yana doğal arka plan radyasyonu (doğal radyoaktivite) altında yaşamaktadır. Bu doğal radyoaktivite alanına ait dış dozun başlıca iki bileşeni; yerkabuğunda bulunan ilksel (primordial) radyonüklidlerin (özellikle U-238 ve Th-232 bozunma serileri ile K-40) ürettiği karasal gama bileşeni ile kozmik ışınların atmosferde ikincil parçacıklar oluşturarak neden olduğu kozmik bileşendir (UNSCEAR, 2000). Küresel ölçekte bakıldığında, yıllık etkin dozun en büyük kısmı doğal kaynaklardan gelmekte olup, düşük doz aralıkları için geçerli tüm koruyucu düzenlemeler, ICRP 103'ün (International Commission on Radiological Protection, 2007) önerdiği doğrusal eşiksiz (*Linear No Threshold*, LNT) varsayımını temel almaktadır (Laurier vd., 2023). Bu varsayıma göre, düşük doz düzeylerindeki kronik maruziyetler dahi kanser gibi stokastik sağlık etkilerinin riskini yükseltmektedir (Mattsson ve Nilsson, 2015). Dolayısıyla iyonize doğal dozların nicel ve mekânsal açıdan doğru biçimde saptanması, sağlık fiziki ve halk sağlığı politikalarının kanıta dayalı olarak yönetilebilmesi için temel bir gereksinimdir (International Commission on Radiological Protection, 2007; UNSCEAR, 2008).

Doğal dış karasal gama doz hızı (*Terrestrial gamma dose rate*, TGDR), jeolojik yapı ve toprak bileşimi gibi etmenlere bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterir. Literatürde, farklı kıtalar ve jeolojik birimler için yaklaşık 18–350 nGy·h⁻¹ aralığında değişen değerler ve yaklaşık 59 nGy·h⁻¹ düzeyinde küresel ortalamayı ifade eden çalışmalar bulunmaktadır (Alomari vd., 2019; Rafique vd., 2021; Srinivas vd., 2017; Yeşilkanat, 2019). Kozmik ışınlardan kaynaklanan gama doz hızı (*Cosmic gamma dose rate*, CGDR) ise yer yüzeyinden itibaren yükseldikçe ve enleme bağlı olarak artmaktadır (Sato, 2016a, 2016b). Havacılık irtifalarında etkin doz hızlarının $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ mertebelerine ulaşabilmesi nedeniyle, kozmik ışın kaynaklı maruziyet, havacılık personeli için üst düzey radyasyondan korunma programları kapsamında ayrı bir başlık olarak ele alınmaktadır (Lochard vd., 2016). Bu çerçevede değerlendirildiğinde,

insanların maruz kaldığı toplam dış ortam gama doz hızı (*Ambient gamma dose rate*, AGDR) düzeylerinin; bölgenin jeolojik özellikleri, toprak yapısı, rakım ve meteorolojik koşullar gibi pek çok değişkene bağlı olarak belirgin mekânsal farklılıklar göstereceği açıkça anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bir ülkenin veya bölgenin doğal radyasyon seviyelerinin doğru, detaylı ve yüksek çözünürlüklü haritalarının oluşturulması; halk sağlığı risklerinin değerlendirilmesi, radyasyondan korunma politikalarının geliştirilmesi, çevresel yönetmeliklerin hazırlanması ve olası bir nükleer veya radyolojik acil duruma müdahale için temel referans seviyelerinin (baseline) belirlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (IAEA, 2003). Dünyada pek çok farklı ülkede bir çok bağımsız araştırmacı çevresel radyoaktivite düzeylerinin tespiti ve dağılımlarının haritalandırılması konusunda çalışmalar yürütmeye devam etmektedir (Bossey vd., 2017; Cinelli vd., 2022; Kobya vd., 2015; Szegvary vd., 2007; Warnery vd., 2015). Bu bağlamda Türkiye'de, Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) ve öncülü olan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından ulusal çevresel radyasyon izleme faaliyetleri yürütülmektedir. Bu çabaların en somut ürünlerinden biri, ülke genelinde 929 ilçe merkezinden toplanan toprak numunelerinin analiziyle oluşturulan "**Türkiye Radyoaktivite Atlası**"dır (Oğuz vd., 2013; TENMAK-NUKEN, 2022). Bu atlas, ulusal radyasyon envanterinin oluşturulmasında temel bir başvuru kaynağı olmakla birlikte, sunduğu veriler ilçe düzeyindeki ortalama değerlere dayandığından mekânsal çözünürlüğü sınırlı kalmakta ve yerel ölçekteki radyasyon seviyesi değişimlerini yeterince yansıtamamaktadır. Öte yandan, Radyasyon İzleme ve Uyarı Sistemi Ağı (RADİSA) kapsamında 219 istasyonda eşzamanlı olarak gerçekleştirilen AGDR ölçümleri, Avrupa Radyolojik Veri Değişim Platformu (EURDEP) aracılığıyla anlık biçimde yayımlanmaktadır (Vries vd., 2005). Ancak bu kıymetli veriler, seyrek ve noktasal ölçümlere dayanması nedeniyle, ölçüm yapılmayan geniş alanlardaki radyasyon düzeyleri hakkında doğrudan bilgi sağlayamamakta ve önemli boşluklar bırakmaktadır. Mevcut haritaların durağan yapısı ile izleme ağının mekânsal seyrekliği bir araya geldiğinde, Türkiye geneli için dinamik, öngörüye dayalı ve yüksek çözünürlüklü bir radyasyon modelinin eksikliği açıkça ortaya çıkmaktadır.

Bu atlas, ulusal radyasyon envanterinin hazırlanmasında temel bir başvuru kaynağı olmakla birlikte, verilerin ilçe düzeyindeki ortalama değerlere dayanması nedeniyle mekânsal çözünürlüğü sınırlıdır ve yerel ölçekteki radyasyon seviyesi dalgalanmalarını yeterince yansıtamamaktadır. Öte yandan, Radyasyon İzleme ve Uyarı Sistemi Ağı

(RADİSA) kapsamında 219 istasyonda eş zamanlı olarak gerçekleştirilen AGDR ölçümleri, Avrupa Radyolojik Veri Değişim Platformu (EURDEP) aracılığıyla anlık biçimde paylaşılmaktadır (Vries vd., 2005). Ancak bu kıymetli veriler, seyrek ve yalnızca belirli noktalarda yapılan ölçümlere dayandığı için, ölçüm bulunmayan geniş alanlardaki radyasyon düzeyleri hakkında doğrudan bilgi sunamamakta ve önemli boşluklar bırakmaktadır. Mevcut haritaların durağan yapısı ile izleme ağının mekânsal seyrekliği birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye geneli için dinamik, öngörüye dayalı ve yüksek mekânsal çözünürlüklü bir radyasyon modelinin eksikliği açıkça ortaya çıkmaktadır.

1. İleri düzey jeostatistiksel yöntemlerden biri olan Sıralı Gauss Simülasyonu, noktasal AGDR verilerinden ülke geneli için hem beklenen değeri hem de belirsizliği içeren anlamlı bir dağılım yüzeyi üretebilir.
2. İşlem yükü çok büyük olan EXPACS (*EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum*) fiziksel modelinin yapısını öğrenen bir makine öğrenmesi vekil modeli ile tüm Türkiye sathını temsil eden yüksek çözünürlüklü ($300 \times 300 \text{m}^2$) CGDR haritası üretilebilir
3. Oluşturulan AGDR ve CGDR haritaları ile radyoaktivite atlasından dijitalleştirilen mevcut radyoizotop verileri birleştirildiğinde elde edilen veri seti kullanılarak sınırlı sayıda temsili nokta için eğitilen makine öğrenmesi algoritmaları (bu çalışmada Kübist model (Cubist, CUBM), Aşırı Gradyan Arttırımı (*eXtreme Gradient Boosting*, XGBoost), Rastgele orman (*Random Forest*, RF), Destek vektör regresyonu (*Support Vector Regression*, SVR), Çok değişkenli adaptif regresyon eğrileri (*Multivariate Adaptive Regression Splines*, MARS), Bayes-düzenlemeli yapay sinir ağları (*Bayesian Regularized Neural Networks*, BRNN) kullanılmıştır), Türkiye sathındaki herhangi bir lokasyon için temel radyonüklitlerin (Ra-226, Th-232 ve K-40) aktivite konsantrasyonlarını belirli bir hata payı içerisinde başarıyla öngörebilir.

Bu araştırma, mevcut çalışmalardan ayrılarak literatüre üç temel özgün katkı sunmayı hedeflemektedir:

- (i) Türkiye için şimdiye kadar üretilmiş **en yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip** ($300 \times 300 \text{ m}^2$) tahmine dayalı radyoaktivite seviyelerinin dağılım haritalarını oluşturmak;

- (ii) Ulusal ölçekte bir radyasyon haritalama problemine, jeoistatistik ve **farklı makine öğrenmesi (ML)** algoritmalarını bir arada kullanan hibrit bir metodoloji önermek; ve
- (iii) Elde edilen karmaşık modelleri, son kullanıcılar için pratik bir araca dönüştüren, kullanıcı dostu, herkesin erişimine açık bir **çevrim içi doğal radyoaktivite hesaplama ve görselleştirme platformu** geliştirmek.

Bu tezin sonraki bölümlerinde, önce konuyla ilişkili ulusal ve uluslararası literatür özetlenecektir. Daha sonra, veri setlerinin oluşturulması, jeoistatistiksel modelleme, makine öğrenmesi algoritmalarının uygulanması ve model performansının değerlendirilmesi aşamalarını kapsayan gereç ve yöntemler ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Bulgular ve Tartışma bölümünde, elde edilen yüksek çözünürlüklü AGDR, CGDR ve radyonüklid dağılım haritalarına ilişkin bulgular ile çapraz doğrulama testlerinin analizleri sunulacak ve bu sonuçlar, literatürdeki çalışmalar ışığında yorumlanarak tartışılacaktır. Son bölümde ise projenin nihai bulguları aktarılacak ve gelecekte yürütülecek araştırmalara yönelik önerilere yer verilecektir.

2 LİTERATÜR ÖZETİ

Doğal radyasyonun haritalandırılması, gerek insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkiler gerekse çevresel radyasyon düzeylerinin izlenmesi açısından son derece önemlidir (Günay vd., 2024; Uzun Duran, 2025). Doğal radyasyonun ana kaynaklarını toprak ve kayalardaki uzun ömürlü radyoizotoplar (U-238, Th-232, K-40 gibi) ile kozmik ışınlar oluşturmaktadır. Bu nedenle dünyada farklı ülkelerde toprak ve ortam radyasyon düzeylerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Bossey vd., 2017; Cinelli vd., 2022; Cuculovic vd., 2014; Jibiri vd., 2016; Kadiri vd., 2022; Norbani vd., 2014; Saleh, Termizi, vd., 2013; Szegvary vd., 2007; Warnery vd., 2015). Türkiye’de de benzer şekilde hem ulusal ölçekli olarak, hem de bölgesel yapıda (il/ilçe bazında) ortalama radyasyon seviyelerini gösteren çevresel radyoaktivite araştırmaları yapılmaktadır (Baltas vd., 2019; Bozkurt vd., 2007; Cevik vd., 2011; Damla vd., 2023; Dizman vd., 2019; Ereeş vd., 2006; Kobya vd., 2015; Kucukomeroglu vd., 2009; Kurnaz vd., 2011; Taşkın vd., 2018). Ancak bu tür çalışmalar, radyoaktivite düzeylerinin yalnızca belirli koordinat noktalarında lokal olarak ölçülmesi ve her bir lokal değerin ortalaması alınarak tüm çalışma alanının tek bir sayısal değerle ifade edilmesi nedeniyle, ölçüm yapılmamış bölgelerdeki yerel değişimlerin ortaya konulması açısından yetersiz kalmaktadır. Zira radyasyon seviyelerinin bir infografikteki gibi idari sınırlarla keskin biçimde değişmeyeceği; jeolojik yapı, toprak özellikleri ve kozmik ışın yoğunluğu gibi etmenlere bağlı olarak çok kısa mesafelerde dahi anlamlı mekânsal farklılıklar görülebileceği bilinmektedir. Bu nedenle, doğal radyoaktivitenin en gerçekçi dağılımının belirlenebilmesi için hem daha sık örnekleme yapılmasına hem de ölçüm alınmamış konumlar için gelişmiş tahmin yöntemlerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çevresel radyoaktivite haritalarının üretilmesinde uzun yıllar boyunca en yaygın yöntem, arazi ölçümlerinden elde edilen verilerin coğrafi enterpolasyon teknikleri kullanılarak alansal dağılımlarının tahmin edilmesine dayanmaktadır. Özellikle Sıradan Kriging (Ordinary Kriging, OK) gibi klasik jeostatistiksel yaklaşımlar, ölçüm noktaları arasındaki korelasyonu esas alarak gama doz hızı ya da radyoizotop konsantrasyon dağılımını kestirmek için sıkça tercih edilmiştir. Nitekim Taşkın vd. (2018) Artvin ili

için (toprak), Baltaş vd. (2019) Sinop ili için, Kurnaz vd. (2011) Trabzon ili için, Günay vd. (2024) Kocaeli ili için, Damla vd. (2023) Siirt ili için ve Koby vd. (2015) Artvin ili için (su) yürüttükleri çalışmalarda, toprak ve su örneklerindeki radyometrik seviyeleri OK yöntemiyle haritalandırarak bölgelerin mekânsal radyasyon dağılımını ortaya koymuşlardır (Baltas vd., 2019; Damla vd., 2023; Günay vd., 2024; Koby vd., 2015; Kurnaz vd., 2011; Taşkın vd., 2018). Dünyada da benzer olarak radyoaktivite dağılımlarının tespit edilmesi için OK interpolasyon tekniğinin kullanıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır (Caro vd., 2013; El Samad vd., 2013; Hiemstra vd., 2009; Jeong vd., 2011; Mabit ve Bernard, 2007; Ogunsanwo vd., 2021; Saleh vd., 2013; Samad vd., 2013; Szegvary vd., 2007; Warnery vd., 2015). Kriging, ölçüm noktaları arasındaki mekânsal otokorelasyonu (variogram kullanarak) modelleyip tahmin varyansını en aza indirme olanağı sunsa da, en temel dezavantajı, yumuşatma (smoothing) etkisi nedeniyle yerel ekstrem değerleri bastırması ve haritalarda küçük ölçekli varyasyonları yeterince belirgin biçimde yansıtamamasıdır (Lark ve Webster, 2006). Bu yumuşatma etkisi sonucunda, Kriging tahminleri hem çok yüksek hem de çok düşük (ekstrem) değerleri ortalamaya doğru çekme eğilimindedir; bu durum ise yerel ölçekteki ani değişimlerin hassas bir şekilde ortaya konulmasını güçleştirir (Goovaerts, 1997). Nitekim Yang ve Zhu (2014), çalışmalarında Kriging tahminlerinin genellikle uç değerlere ilişkin belirsizliği olduğundan daha düşük gösterdiğini, bunun da Kriging varyanslarının lokal ölçekteki belirsizlikleri gerçeğe uygun biçimde temsil edemediğini bildirmişlerdir. Kriging varyansı, model varsayımlarına ve verinin yoğunluğuna duyarlı olup, küçük ölçekli değişkenliği sistematik biçimde olduğundan daha düşük gösterebilir (Müller vd., 2015). Bu bulgular, Kriging tahminlerinin çoğunlukla “ortalama” değerlere yakın sonuçlar ürettiğini ve bunun da küçük ölçekli varyasyonların ve yerel değişimlerin gözden kaçmasına yol açabileceğini ortaya koymaktadır.

Gelişmiş jeostatistiksel yaklaşımlar ve stokastik simülasyon teknikleri arasında yer alan sıralı Gauss simülasyonu (Sequential Gaussian Simulation, SGS), tahmin belirsizliğinin nicel olarak incelenmesi ve mekânsal değişkenliğin daha gerçekçi biçimde temsil edilmesi amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir (Bai ve Tahmasebi, 2022; Pierre Goovaerts, 1997; Qu vd., 2013; S. Zhang vd., 2017). SGS kullanılarak, gözlenen veri dağılımını ve konumsal korelasyon yapısını yansıtan çok sayıda olası alan gerçekleşmesi (realizasyonu) üretilebilir. Bu sayede, herhangi bir alan için yalnızca beklenen değer tahmini elde edilmekle kalmaz, aynı zamanda her bir konumdaki tahmin

belirsizliği de standart sapma üzerinden nicel olarak ortaya konulabilir. (Goovaerts, 2001; Metahni vd., 2019; Nussbaumer vd., 2018). Yeşilkanat (2019), jeoistatistik ile yapay zekâyı bir araya getiren hibrit bir model kullanarak, bu yöntemin karasal gama doz hızı dağılımındaki yerel değişkenlikleri klasik Kriging'e kıyasla daha başarılı biçimde yakaladığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, projemizde Ortam Gama Doz Hızı (AGDR) dağılımını ve buna ilişkin belirsizliği modellemede SGS yöntemini tercih etmemiz için bilimsel gerekçeyi güçlendirmektedir. Uygulamada SGS ile elde edilen beklenen değer (E-tipi tahminler) ve standart sapma (σ) yüzeyleri, sonraki makine öğrenmesi aşamasını iki açıdan destekler. Birincisi, E-tipi tahmin yüzeyleri ölçüm gürültüsü ve örnekleme dengesizliğinin etkisini azaltarak, model kalibrasyonunda hedef değerin daha kararlı bir temsiline olanak tanır. İkincisi, σ yüzeyleri belirsizlik-ağırlıklı kayıp fonksiyonları (örneğin ağırlıklı RMSE) ya da yüksek σ bölgelerine odaklanan aktif örnekleme stratejileri için nicel bir temel sağlar. Bu bütünleşik yaklaşım, hibrit mimarinin hem yerel varyasyonları daha hassas ortaya koymasını hem de farklı coğrafi bölgelerde genellenebilirliğinin artmasını mümkün kılar (Fouedjio ve Arya, 2024).

Jeoistatistiksel yöntemlerin etkinliği büyük ölçüde verinin mekânsal otokorelasyon özelliklerine bağlıdır. Bununla birlikte, radyoaktivitenin uzamsal dağılımı; jeoloji, yükselti, toprak türü, organik madde miktarı, jeomanyetik enlem, meteorolojik süreçler ve çeşitli jeofiziksel faktörler gibi çok sayıdaki yardımcı çevresel değerikenden etkilenen karmaşık ve doğrusal olmayan bir süreçtir. Bu çerçevede, söz konusu karmaşık ilişkileri modelleyebilme yeteneğine sahip makine öğrenmesi (ML) algoritmaları, radyolojik haritalama için güçlü bir alternatif yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks-ANN), bu amaçla en sık başvurulan ML modelleri arasında yer almaktadır. ANN'ler, çevresel radyoaktivite çalışmalarında en erken uygulanan ve en kapsamlı biçimde araştırılmış yöntemlerden biridir (Dragović, 2022). Biyolojik nöronların işleyiş mekanizmasından ilham alan bu modeller, girdi ve çıktı değerikleri arasındaki karmaşık, doğrusal olmayan ve çok boyutlu ilişkileri öğrenebilme kapasiteleriyle dikkat ekerler (Rumelhart vd., 1986; Yeřilkanat vd., 2015). YSA'ların bu esnek yapısı, geleneksel istatistiksel yöntemlerin gerektirdiği öncül varsayımlarının (örneğin verinin normal dağılım göstermesi) sağlanmadığı durumlarda dahi güçlü, sağlam ve güvenilir sonuçlar üretmelerine imkân tanır. Literatürde YSA'lar; radyoaktivite haritalama, tahmin ve sınıflandırma gibi pek çok farklı amaçla başarıyla

uygulanmıştır. Örneğin Yeşilkanat ve Kobya (2015), kaynak sularındaki radyoaktivite dağılımını çevresel parametrelerle ilişkilendirerek haritalamak üzere bir YSA modeli kullanmış ve bu yöntemin, ölçüm yapılmamış alanlar için Sıradan Kriging'e geçerli bir alternatif sunduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer biçimde, Yeşilkanat ve Akbulut-Özen (2019), topraktaki radyonüklid derişimleri, ortam gama doz hızı ve coğrafi koordinatlar gibi çoklu girdilerden yararlanarak, doğrudan ölçümü güç olan radon akısı parametresinin mekânsal dağılımının kestirilmesinde YSA'ların etkinliğini ortaya koymuştur. Dragović (2022) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı derleme, YSA'ların çevresel radyoaktivite alanındaki geniş kullanım alanını (spektrum çözümlemesi, derişim tahmini, mekânsal haritalama, sınıflandırma vb.) ayrıntılı şekilde ortaya sermektedir. Bu çalışmalar, YSA'ların farklı kaynaklardan elde edilen heterojen verileri bütünleştirme ve bu veriler arasındaki örtük ilişkileri modelleme konusundaki yetkinliğini göstermektedir. Bununla birlikte, YSA'ların en önemli üstünlüklerinden biri olan veriden yüksek düzeyde öğrenme kapasiteleri, aynı zamanda en büyük sakıncaları olan aşırı öğrenme (*overfitting*) sorununa da yol açabilmektedir (Chu vd., 2021; Xie vd., 2021). Bu nedenle uygun hiperparametreler ile optimize edilmeyen/edilemeyen ANN'ler, aşırı öğrenme olguları nedeni ile dış dünya uygulamalarında düşük tahmin performans düzeyleri gösterebilirler.

Son dönemdeki bilimsel çalışmalarda, aşırı öğrenme olgusunun üstesinden gelmek için, mekânsal verilerin modellenmesi amacıyla çeşitli makine öğrenmesi paradigmalarından faydalanılmaktadır. Topluluk öğrenmesi (*ensemble learning*) tabanlı Rastgele Orman (Random Forest, RF) ve Aşırı Gradyan Arttırma (*eXtreme Gradient Boosting*, XGBoost) algoritmaları bu alanda sıkça kullanılırken; kural tabanlı yaklaşımlardan Kübist Model (Cubist, CUBM) ve Çok Değişkenli Adaptif Regresyon Eğrileri (*Multivariate Adaptive Regression Splines*, MARS) ile çekirdek tabanlı yöntemlerden Destek Vektör Regresyonu (*Support Vector Regressions*, SVR) da sundukları yüksek tahmin doğruluğu ve aşırı öğrenmeye karşı sergiledikleri direnç sayesinde dikkat çekmektedir. Örneğin, Hengl vd. (2017) tarafından Avrupa ölçeğinde gerçekleştirilen kapsamlı bir toprak modelleme çalışmasında, radyonüklid dağılımlarının tahmininde ML algoritmalarının (özellikle Random Forest) ne kadar etkili olduğu ortaya konmuştur. Benzer biçimde, Rodriguez-Galiano vd. (2014), toprak özelliklerinin mekânsal tahmini sırasında RF'in Sıradan Kriging ve diğer ML yaklaşımlarına kıyasla daha iyi bir performans sunduğunu göstermiştir. Aynı doğrultuda, EO-1 Hyperion

hiperspektral verileri kullanılarak yürütülen bir çalışmada, RF, SVR ve MARS yöntemleri geniş ölçekli mekânsal orman tiplerinin (yapraklı ve iğne yapraklı) ayrımı ve haritalanması için başarıyla kullanılmış; özellikle SVR'nin doğruluk bakımından hafif bir üstünlük sağladığı rapor edilmiştir (Puletti vd., 2016). Bunun yanı sıra, topraktaki ağır metal (özellikle çinko) kirliliğinin tahminine yönelik hiperspektral UAV verileriyle yapılan bir çalışmada Cubist, RF, XGBoost, MARS ve SVR gibi yöntemler karşılaştırılmış; sınıflandırma aşamasında MARS modelinin öne çıktığı, Zn konsantrasyonlarının kestiriminde ise en yüksek doğruluğun XGBoost ile elde edildiği belirlenmiştir (Zhang vd., 2021). Dolayısıyla, mekânsal değişkenlerin (radyonüklidler, gama doz dağılımları, ağır metal içerikleri, toprak ve suyun jeokimyasal özellikleri vb.) modellenmesinde RF, XGBoost, CUBM, MARS ve SVR gibi yöntemlerin farklı bağlamlarda güçlü ve birbirini tamamlayıcı avantajlar sunduğu söylenebilir. Bu bulgular, çalışmamızda Ra-226, Th-232 ve K-40 konsantrasyonlarının nihai kestirimi ile CGDR dağılımlarının modellenmesinde, söz konusu güçlü ML algoritmalarının vekil model kurmak amacıyla kullanılmasının potansiyelini ve yerindeliğini ortaya koymaktadır. Mekânsal dağılımın tahmininde literatürde öne çıkan en güncel eğilim, jeostatistikin mekânsal bağımlılığı yakalama kapasitesiyle makine öğrenmesinin doğrusal olmayan ilişkileri modelleme yeteneğini bir araya getiren hibrit yöntemlerdir (Erdogan Erten vd., 2025; Mohammadpour vd., 2024; Shen vd., 2024). Bu yöntemlerin en temel ve sade örneği Regresyon Kriging (RK)'dir. RK yaklaşımında, önce çevresel yardımcı değişkenlerden yararlanılarak bir ML modeli aracılığıyla radyasyon seviyesinin genel mekânsal eğilimi (*trend*) tahmin edilir. Daha sonra, bu modelden elde edilen artıkların (*residuals*) mekânsal otokorelasyon içerdiği varsayılarak Kriging ile aradeğer tahmini yapılır ve son aşamada bu iki bileşen birleştirilerek nihai dağılım haritası elde edilir (Knotters vd., 1995).

Sonuç olarak, bilimsel literatür, çevresel radyoaktivitenin mekânsal dağılımının haritalanmasında, basit enterpolasyon yaklaşımlarından stokastik simülasyonlara ve çok değişkenli makine öğrenmesi tabanlı modellere uzanan belirgin bir metodolojik dönüşüm ortaya koymaktadır. Bu ileri düzey yaklaşımların her biri, mekânsal tahmine ilişkin farklı boyutları (mekânsal bağımlılık, yerel değişkenlik, yardımcı verilerle kurulan karmaşık ilişkiler, lokal düzeyde belirsizlik vb.) ele alarak önemli gelişmeler sağlamıştır. Bununla birlikte, tüm bu metodolojik çeşitliliğe karşın, söz konusu yeteneklerin bir araya getirilip kapsamlı, bütünlük ve kullanıcı dostu ulusal ölçekli

modeller halinde sunulması konusunda hâlâ önemli bir yol kat edilmesi gerekmektedir. Nitekim mevcut literatür ayrıntılı olarak incelendiğinde, bu genel eksikliğin arkasında yatan bazı özgül boşluklar dikkat çekmektedir: Bunlar kısaca şu şekilde özetlenebilir;

1. Birçok çalışma, ulusal ölçekten ziyade daha küçük, lokal veya bölgesel alanlara odaklanmıştır. Tüm ülkeyi kapsayan yüksek çözünürlüklü ve tahmine dayalı ulusal bir modelleme çalışması oldukça nadirdir.
2. Karasal ve kozmik radyasyon bileşenlerini (AGDR ve CGDR) ayrı ayrı ve en uygun yöntemlerle modelleyip, ardından bu bilgiyi kullanarak temel radyonüklid konsantrasyonlarını tahmin etmeye yönelik bütüncül bir yaklaşım literatürde eksiktir. Mevcut çalışmalar genellikle doğrudan ölçülen tek bir parametreye (örn., gama doz hızı veya ¹³⁷Cs konsantrasyonu) odaklanmaktadır.
3. Yapılan bilimsel çalışmaların sonuçları genellikle akademik makalelerle sınırlı kalmakta, elde edilen modellerin karar vericiler, diğer araştırmacılar veya halk tarafından kolayca kullanılabileceği pratik araçlara (örneğin, etkileşimli bir web uygulaması) dönüştürülmesi ihmal edilmektedir.

Bu çalışma, söz konusu boşlukları gidermeyi amaçlamaktadır. Jeolojik açıdan son derece zengin ve geniş bir coğrafyaya sahip Türkiye'nin tamamı için, en uygun istatistiksel ve makine öğrenmesi yaklaşımlarını hibrit bir yapı içinde bir araya getirerek hem karasal hem de kozmik radyasyon bileşenlerini modellemekte ve bu verilerden yararlanarak Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü (300×300 m²) öngörü temelli radyonüklid haritasını üretmektedir. Ayrıca, elde edilen bu bilimsel çıktıyı herkesin kullanabileceği etkileşimli bir çevrim içi hesaplama modülüne dönüştürerek, literatürdeki kuramsal modellerle bunların pratikteki uygulanabilirliği arasında bir köprü kurmayı hedeflemektedir. Bu özellikleriyle araştırmamız, mevcut literatürün ötesine geçerek hem yöntemsel açıdan yenilik ortaya koymakta hem de ulusal ölçekte somut, kullanılabilir bir çıktı sunmaktadır.

3.1 Radyoaktivite ve Radyoaktif Bozunum Türleri

Radyoaktivite, kararsız atom çekirdeklerinin enerji yayarak daha kararlı bir yapıya dönüşme sürecidir. Bu süreçte alfa, beta ve gama gibi iyonlaştırıcı radyasyon türleri yayılır. Radyoaktif bozunma, atom çekirdeğindeki proton ve nötron sayısının dengesiz olması durumunda gerçekleşir. Bu dengesizlik, çekirdeğin kararsız bir hale gelmesine ve zamanla enerji salınımı yaparak kararlılık kazanmasına neden olur (Gleen F. Knoll, 2000). Radyoaktivite hem doğal hem de yapay süreçlerle ortaya çıkabilir. Doğal radyoaktivite, çevremizde doğal olarak bulunan radyoaktif izotopların bozunması sonucu meydana gelirken, yapay radyoaktivite insan faaliyetleri sonucu oluşan radyasyonu ifade eder. Bu iki kategori, çevresel radyasyonun kaynaklarını ve etkilerini anlamada temel bir rol oynar (UNSCEAR, 2000).

3.1.1 Doğal Radyoaktivite

Doğal radyoaktivite, yeryüzünde doğal olarak bulunan radyoaktif elementlerin kararsız atom çekirdeklerinin bozunması olayıdır. Bu tür radyoaktivite, genellikle Yeryüzü radyoaktivitesi, radon gazı, kozmik radyasyon, vücut içi radyoaktivite gibi kaynaklardır (Ziqiang vd., 1988). Yeryüzü Radyoaktivitesi, toprak ve kayalarda bulunan Radyum-226 (Ra-226), Toryum-232 (Th-232) ve Potasyum-40 (K-40) gibi radyoaktif elementler doğal radyoaktivitenin ana kaynaklarıdır. Radon Gazı, toprak ve kayalardan atmosfere salınan radyoaktif bir gazdır. Solunum yoluyla alınabilen radon gazı, iç mekânlarda doğal radyasyon maruziyetine önemli katkı sağlar (IAEA, 2003). Kozmik Radyasyon, uzaydan gelen yüksek enerjili parçacıkların dünya atmosferiyle etkileşimi sonucu oluşan radyasyondur. Yüksek rakımlarda kozmik radyasyona maruziyet daha fazladır (Sato, 2016b). Vücut İçi Radyoaktivite, insan vücudu, doğal olarak radyoaktif izotoplar içerir. Potasyum-40 ve karbon-14 gibi izotoplar, doğal radyoaktivitenin bir parçasıdır (UNEP, 2001). Doğal radyoaktivite, çevresel radyasyonun büyük bir kısmını oluşturur ve dünyanın her yerinde, özellikle radyoaktif elementlerin yoğun olduğu bölgelerde değişiklik gösterebilir.

3.1.2 Yapay Radyoaktivite

Yapay radyoaktivite, insan faaliyetlerinden kaynaklanan radyasyon türlerini kapsar. Bu tür radyoaktivite, nükleer teknoloji ve radyasyon kaynaklarının insan kontrolünde kullanımıyla oluşur. Yapay radyoaktivite başlıca Nükleer Santraller, Tıbbi Uygulamalar, Nükleer Silah Denemeleri, Sanayi ve Araştırma Kullanımı gibi teknolojilerden kaynaklanmaktadır (Celik vd., 2009).

Nükleer Santraller, nükleer enerji üretimi sırasında reaktörlerde meydana gelen fisyon reaksiyonları yapay radyoaktivitenin en önemli kaynaklarından biridir. Radyoaktif atıkların doğru şekilde yönetilmesi, çevre üzerindeki etkilerini sınırlamak için kritik öneme sahiptir (UNSCEAR, 2000). Tıbbi Uygulamalar, radyoterapi ve görüntüleme yöntemlerinde kullanılan radyonüklitler ve X-ışınları, yapay radyasyonun en yaygın kullanım alanlarıdır. Bu radyasyon türü genellikle lokalize edilmiştir ve çevresel etkisi sınırlıdır (WHO, 2011). Nükleer Silah Denemeleri, tarihsel olarak atmosferde gerçekleştirilen nükleer silah denemeleri, çevresel radyasyon seviyelerinde belirgin artışlara neden olmuştur. Bu denemeler sonucunda radyoaktif partiküller atmosfere yayılmıştır. Sanayi ve Araştırma Kullanımı, radyasyon, sanayi uygulamalarında ve bilimsel araştırmalarda kullanılan önemli bir araçtır. Bu alanlarda kullanılan radyoaktif malzemeler yapay radyoaktiviteye katkıda bulunur (IAEA, 2003). Yapay radyoaktivitenin etkilerinin kontrolü, ulusal ve uluslararası standartlarla sağlanmaktadır. Özellikle nükleer atık yönetimi, çevresel ve sağlık risklerini minimize etmek için büyük önem taşır.

3.1.3 Radyoaktif Bozunum Türleri

Kararsız atom çekirdeklerinin, fazla enerjilerini parçacık veya elektromanyetik dalga formunda yayarak daha kararlı bir yapıya geçiş süreci radyoaktif bozunum olarak tanımlanmaktadır (L'Annunziata, 2007). Çekirdeğin nötron/proton oranı ve enerji seviyesine bağlı olarak farklı mekanizmalarla gerçekleşen bu süreçler, yayılan radyasyonun türüne ve maddeyle etkileşim özelliklerine göre sınıflandırılır (Yeşilkanat, 2016).

3.1.3.1 Alfa Bozunumu

Alfa bozunumu, büyük ve kararsız çekirdeklerin, iki proton ve iki nötrondan oluşan bir alfa parçacığı yayarak daha kararlı bir hale gelme sürecidir. Bu süreçte, çekirdeğin atom numarası iki azalır ve kütle numarası dört azalır. Alfa parçacıkları düşük penetrasyon

yeteneğine sahip olduğundan, kağıt gibi ince bir materyal tarafından engellenebilir (Knoll, 2010) .

3.1.3.2 Beta Bozunumu

Beta bozunumu (β^-), çekirdekteki bir nötronun, bir protona dönüşmesi sırasında bir elektron ve antinötrino yaymasıdır. Bu süreçte, beta parçacığı olarak bilinen elektron çekirdekten yayılır ve atom numarası bir artar, ancak kütle numarası değişmez. Beta parçacıkları, alüminyum gibi daha kalın bir malzeme tarafından engellenebilir (UNSCEAR, 2000).

3.1.3.3 Gama Bozunumu

Gama bozunumu, uyarılmış bir çekirdeğin enerji seviyesini düşürmek için gama ışınları yaydığı bir süreçtir. Gama ışınları, elektromanyetik dalga formunda olup, son derece yüksek penetrasyon kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, gama ışınlarının engellenmesi için kurşun gibi yoğun materyaller gereklidir (Knoll, 2010).

3.1.3.4 Pozitron Salımı

Proton sayısının nötronlara kıyasla fazla olduğu kararsız çekirdeklerde görülen bu süreçte, çekirdekteki bir proton nötrona dönüşürken dışarıya bir pozitron (β^+) fırlatılır. Bu dönüşüm atomun kütle numarasını değiştirmezken atom numarasını bir azaltır ve çekirdeği kararlı hale getirir. Pozitronlar, madde içinde kısa bir mesafe ilerledikten sonra elektronlarla etkileşime girerek yok olur (*annihilation*) ve gama ışınları yayar. Bu süreç, özellikle Pozitron Emisyon Tomografisi (PET) gibi tıbbi görüntüleme teknolojilerinin temelini oluşturmaktadır (Yeşilkanat, 2016).

3.1.3.5 Elektron Yakalama

Elektron yakalama, proton yoğunluğu nedeniyle kararsız olan çekirdeklerde, çekirdeğin iç yörüngeden bir elektronu yutarak protonu nötrona dönüştürmesi sürecidir. Bu dönüşümle atom numarası bir azalırken kütle numarası değişmez ve çekirdek daha kararlı hale gelir. Süreç sonucunda atomun elektron yörüngesinde oluşan boşluğun doldurulması sırasında karakteristik X-ışınları yayılır (Yeşilkanat, 2016).

3.1.4 Radyasyon Dozu Ölçüm Birimleri

Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak ve radyasyon güvenliği standartlarını oluşturmak için farklı ölçüm birimleri kullanılır. Bu birimler, radyasyonun tipine, enerjisine ve canlı doku üzerindeki etkisine göre değişiklik gösterir. Temel

olarak radyasyon ölçümü; radyoaktif kaynakların aktivitesi, emilen doz, eşdeğer doz ve etkin doz olmak üzere dört ana kategoride ele alınmaktadır.

3.1.4.1 Aktivite Birimleri

Bir radyoaktif maddenin bozunma oranını ifade eden aktivite, Becquerel (Bq) ve Curie (Ci) birimleri ile ölçülür.

Becquerel: 1 saniyede 1 atom çekirdeğinin bozunması (radyoaktif parçalanması) ile yayılan radyasyonu ifade eder. Uluslararası Birimler Sistemi'nde (SI) kullanılan birimdir.

Curie: Tarihsel olarak kullanılan bir birim olup, 1 gram Radium-226'nın aktivitesine eşittir ve yaklaşık 3.7×10^{10} Bq'ye karşılık gelir. Günümüzde yerini büyük ölçüde Bq almıştır (UNSCEAR, 2008).

3.1.4.2 Emilen Doz

Canlı doku veya herhangi bir malzeme tarafından soğurulan radyasyon enerjisini ölçmek için kullanılır. Emilen doz, radyasyonun fiziksel etkisini belirler ancak biyolojik etkilerini doğrudan ifade etmez. Çünkü farklı radyasyon türleri (örneğin alfa, beta, gama) dokulara farklı derecelerde zarar verebilir (Beiser, 1997)

Gray (Gy): SI birimi olup, 1 kg madde başına **1 joule enerji soğurulmasını** ifade eder ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$) (ICRP, 2007).

Rad (Radiation Absorbed Dose): Eski bir birim olup, **1 Gy = 100 rad** eşitliği geçerlidir.

$$D = \frac{E}{m} \quad (1)$$

Burada E , joule cinsinden emilen enerjiyi; m ise kg (kilogram) cinsinden radyasyona maruz kalan doku ağırlığını gösterir (Beiser, 1997)

3.1.4.3 Eşdeğer Doz

Farklı radyasyon türlerinin biyolojik etkilerini karşılaştırmak için kullanılır. Çünkü alfa parçacıkları gibi ağır iyonlaştırıcı radyasyon türleri, aynı emilen dozda gama ışınlarına kıyasla çok daha fazla biyolojik hasara neden olabilir. Eşdeğer doz, farklı radyasyon türlerinin insan vücudundaki biyolojik etkilerini standart bir ölçüde karşılaştırmak için kullanılır.

Sievert (Sv): SI sistemindeki birimdir ve emilen doza (Gy) radyasyon ağırlık faktörü (W_R) uygulanarak hesaplanır.

$$E = D_T \times W_R \quad (2)$$

Burada D , Gy cinsinden soğurulan dozu W_R ise radyasyonun cinsine göre değişen ağırlık katsayısını gösterir (Beiser, 1997).

Rem (Roentgen Equivalent Man): Eskiden kullanılan birim olup, $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ eşitliği geçerlidir.

3.1.4.4 Etkin Doz

İnsan vücudunun farklı organlarının radyasyona duyarlılığı değişkenlik gösterdiğinden, Etkin doz (E) vücudun tamamında oluşabilecek kanser riski ve genetik etkileri hesaba katar. Etkin doz, eşdeğer doz (H) ile doku ağırlık faktörü (W_T) çarpılarak hesaplanır:

$$E = \sum_T H_T \times W_T \quad (3)$$

Etkin doz, tıbbi radyoloji, nükleer kazalar ve çevresel radyasyon maruziyetini değerlendirirken en yaygın kullanılan ölçüm birimidir.

3.2 Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Bu çalışmada aşağıda özetlenen Topluluk öğrenmesi tabanlı Rastgele Orman (*Random Forest* RF) ve Aşırı Gradyan Arttırımı (*eXtreme Gradient Boosting*, XGBoost) algoritmaları, kural tabanlı yaklaşımlardan Cubist ve Çok değişkenli adaptif regresyon eğrileri (*Multivariate Adaptive Regression Splines*, MARS) algoritmaları, olasılıksal yapay sinir ağı temelli Bayes-düzenlemeli yapay sinir ağları (*Bayesian Regularized Neural Networks*, BRNN) ile çekirdek (kernel) fonksiyonu tabanlı yöntemlerden Destek vektör regresyonu (*Support Vector Regression*, SVR) algoritması kullanılmıştır.

3.2.1 Rastgele Orman

Breiman tarafından geliştirilen RF yöntemi, esasen bir dizi karar ağacını (Decision Tree) içeren bir makine öğrenimi algoritmasıdır (Breiman, 2001). Bu yaklaşım, *Bagging* (Breiman, 1996) ve Rastgele Alt Uzaylar (*Random Subspaces*) (Ho, 1998) tekniklerinin entegrasyonundan meydana gelmiştir (Yeşilkanat, 2020). Bu algoritma son dönemde hem regresyon hem de sınıflandırma sorunlarında etkinliğini ispatlamış ve çeşitli

disiplinlerde uygulanan iyi performanslı makine öğrenme algoritmalarından biri olarak kabul edilmektedir (Cutler vd., 2007; Hengl vd., 2017; Izquierdo-Verdiguier ve Zurita-Milla, 2020; Jeung vd., 2019; Oliveira vd., 2012; Yeşilkanat, 2020; Zahedi vd., 2018). RF esasen temelini karar ağaçlarından alan ve topluluk öğrenmesi (*ensemble learning*) metodolojisi altında sınıflandırılan denetimli bir öğrenme algoritmasıdır. Tek bir karar ağacının yüksek varyansa sahip olma ve veriye aşırı uyum sağlama (*overfitting*) eğilimini ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen bu yaklaşım, çok sayıda karar ağacından oluşan bir orman inşa ederek hem daha stabil hem de daha doğru tahminler üretmeyi hedefler. Algoritmanın temel gücü, ağaçlar arasındaki korelasyonu azaltmak için uyguladığı çifte rastgeleleştirme sürecinden kaynaklanmaktadır (Biau ve Scornet, 2016; Breiman, 2001; Breiman, 1996b, 1996a). RF modelinin inşasındaki ilk rastgelelik katmanı, torbalama ya da *bootstrap* örnekleme olarak bilinen yöntemdir. Bu yöntemde, orijinal eğitim setinden yerine koymalı örnekleme tekniği ile çok sayıda farklı alt veri seti (*bootstrap sample*) oluşturulur ve ormandaki her bir karar ağacı, bu özgün alt kümelerden biri üzerinde eğitilir. Bu sürecin doğal bir sonucu olarak, her bir bootstrap örneğinde orijinal verinin yaklaşık üçte ikisi yer alırken, geri kalan üçte birlik kısım ("*Out-of-Bag*" - OOB örnekleri) o ağacın eğitiminde hiç kullanılmaz. Bu OOB verisi, modelin genelleme performansını değerlendirmek için harici bir test setine ihtiyaç duymadan, dâhili bir çapraz doğrulama mekanizması olarak işlev görür. İkinci ve en kritik rastgelelik katmanı ise ağaçların dallanma (düğüm) noktalarında devreye girer. Geleneksel bir karar ağacı, bir düğümü bölmek için mevcut tüm tahminci değişkenler (*features*) arasından en iyi ayrımı yapanı ararken, RF her bir düğümde tüm değişkenler yerine, toplam değişken setinden rastgele seçilmiş bir alt kümeyi değerlendirir. Bu strateji, ormandaki ağaçların birbirine benzemesini engelleyerek onları ilişkisizlendirir (dekorele ederek) ve modelin genel çeşitliliğini artırır. Bu sayede, eğer veri setinde çok baskın bir tahminci değişken varsa, tüm ağaçların bu değişkene odaklanmasının önüne geçilmiş olur (Panov ve Džeroski, 2007). Nihai tahminin oluşturulması ise tüm ormanın kolektif kararına dayanır. Regresyon problemlerinde nihai tahmin, tüm ağaçların ürettiği sonuçların aritmetik ortalaması alınarak elde edilirken; sınıflandırma problemlerinde ise en çok oy alan sınıfın seçilmesiyle (çoğunluk oylaması) sonuca ulaşılır. Bu toplulaştırma süreci, tekil ağaçların bireysel hatalarını ve yanlılıklarını dengeleyerek modelin genel performansını ve sağlamlığını önemli ölçüde artırır. Algoritma, bu yapısı sayesinde aşırı öğrenmeye karşı doğal bir dirence sahiptir. Bununla birlikte, yüzlerce ağacın kolektif karar mekanizması, modelin

içsel işleyişinin yorumlanmasını zorlaştırır ve bu nedenle RF genellikle "kara kutu" (black box) olarak nitelendirilir (Prasad vd., 2006).

3.2.2 Aşırı Gradyan Artırma

XGBoost, Friedman (Friedman, 2001) tarafından ortaya konulan gradyan artırma makineleri (Gradient Boosting Machine - GBM) metodolojisinin ölçeklenebilir ve optimize edilmiş bir versiyonu olarak tanımlanmaktadır. Chen ve Guestrin (Chen ve Guestrin, 2016) tarafından geliştirilen XGBoost, güncel ve yaygın olarak kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Bu algoritma, temelini aldığı GBM'den farklı olarak düzenleme (*regularization*), optimizasyon ve ceza (*penalty*) gibi mekanizmalara sahip olmasıyla ayrılmaktadır (Zhu vd., 2021). XGBoost algoritmasının temel işleyiş mekanizması, sıralı ve bütünleşik bir sürece dayanır. İlk olarak, modelin kök düğümü için rastgele bir başlangıç tahmini yapılır ve bu tahmine dayalı olarak veri集中的 her bir gözlem için artık değerler, yani hata oranları hesaplanır. Ardından, bu hataları öğrenmek ve modelin genel tahmin doğruluğunu artırmak amacıyla, artık değerleri hedef değişken olarak kabul eden yeni bir karar ağacı oluşturulur. Oluşturulan bu ağacın dallanma yapısının etkinliğini değerlendirmek için, modelin karmaşıklığını kontrol ederek aşırı öğrenmeyi engelleyen bir düzenleme parametresi (λ) ile ağacın daha fazla dallanmasını önleyerek budamayı teşvik eden bir ceza parametresini (γ) içeren bir benzerlik skoru hesaplanır. Bu skorlar aracılığıyla ağaçların dallanma yapıları bütünsel olarak değerlendirilerek her bir ağaç için toplam kazanç (*gain*) değeri elde edilir ve yüksek kazanç değerine sahip ağaçların nihai model için daha uygun olduğu kabul edilir. Kazanç değerleri aynı zamanda budama sürecinin temelini oluşturur; eğer bir dal için hesaplanan kazanç, önceden tanımlanmış γ parametresinden düşükse o dal ağaçtan çıkarılır (budama). Tek bir ağaç için bu işlemler tamamlandıktan sonra, elde edilen çıktı, aşırı öğrenmeyi kontrol altında tutan öğrenme oranı ile ölçeklendirilerek bir önceki tahmin sonucuna eklenir ve böylece yeni bir bütünleşik tahmin değeri oluşturulur. Bu bütünsel süreç, önceden belirlenmiş maksimum ağaç sayısına ulaşılan veya modelin hata oranı kabul edilebilir derecede düşük bir seviyeye inene kadar yinelenmeli bir şekilde tekrarlanır. Algoritmanın matematiksel temelleri ve daha detaylı teorik altyapısı için ilgili temel çalışmaya başvurulabilir (Chen ve Guestrin, 2016).

3.2.3 Destek Vektör Regresyonu

Destek Vektör Regresyonu, temelini Cortes ve Vapnik (1995) tarafından sınıflandırma görevleri için geliştirilen Destek Vektör Makineleri (SVM) metodolojisinden alan ve Drucker vd. (1997) tarafından regresyon problemlerine uyarlanmış bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. SVR'ın temel ayırt edici özelliği, geleneksel regresyon yaklaşımlarının aksine, tüm hata karelerini minimize etmeye çalışmak yerine, önceden belirlenmiş bir hata tolerans aralığı (epsilon tüpü olarak da bilinir) tanımlamasıdır. Bu prensip uyarınca algoritma, bu tolerans aralığı içinde kalan veri noktalarından kaynaklanan hataları görmezden gelir ve yalnızca bu bandın dışına çıkan sapmaları cezalandırarak optimizasyon yapar. Bu yaklaşım, modelin aykırı değerlere karşı direncini artırarak özellikle gürültülü veri setleri üzerinde yüksek bir sağlamlık (*robustness*) sergilemesini sağlar (İbrahim Ahmed Osman vd., 2021; Wu vd., 2019). Algoritmanın teorik altyapısı, modelin hem eğitim verisi üzerindeki hatasını hem de yapısal karmaşıklığını eş zamanlı olarak minimize etmeyi hedefleyen Yapısal Risk Minimizasyonu (*Structural Risk Minimization* - SRM) ilkesine dayanır (Wu vd., 2008). Bu ilke, modelin ezber yapmasını (*overfitting*) engelleyerek genelleme kabiliyetini artırır. SVR, doğrusal olmayan karmaşık ilişkileri modelleyebilmek için ise çekirdek (*kernel*) fonksiyonlarından faydalanır. Bu fonksiyonlar, girdi verilerini orijinal boyutundan daha yüksek boyutlu bir özellik uzayına dönüştürerek, bu yeni uzayda doğrusal bir çözümün bulunabilmesini olanaklı kılar ve böylece karmaşık veri desenlerinin etkin bir şekilde modellenmesini sağlar (Hastie vd., 2009; Wu vd., 2019). Modelin nihai performansı; hata toleransı ile model karmaşıklığı arasındaki dengeyi düzenleyen ceza parametresi (C), kabul edilebilir hata payının genişliğini belirleyen epsilon (ϵ) ve seçilen kernel fonksiyonuna özgü diğer parametreler gibi kritik hiperparametrelerin dikkatli bir şekilde optimize edilmesine önemli ölçüde bağlıdır.

3.2.4 Bayes Düzenlemeli Yapay Sinir Ağları

BRNN, geleneksel Yapay Sinir Ağları (ANN) mimarisini Bayesçi çıkarım prensipleriyle bütünleştiren gelişmiş bir ML yaklaşımıdır. Geleneksel ANN'lerin eğitim verisine en uygun tek bir ağırlık (parametre) seti bulmayı amaçlamasının aksine, BRNN modeli, Bayes teoremini temel alarak bu ağırlıklar için bir olasılık dağılımı tahmin eder. Bu süreçte, model parametrelerine atanan öncül dağılımlar (*prior distributions*), eğitim sürecine doğal bir düzenleme mekanizması dahil eder. Bu mekanizma, modelin aşırı karmaşık hale gelerek veriyi ezberlemesini (*overfitting*) etkin bir şekilde engeller

ve böylece ağıın genelleme performansını önemli ölçüde artırır (Burden ve Winkler, 1999; Nguyen vd., 2020). BRNN'nin en belirgin avantajlarından bir diğeri, tahminlerindeki belirsizliği ölçebilme yeteneğidir. Model, tek bir noktasal tahmin üretmek yerine, bir tahmin dağılımı sunarak sonucun güvenilirliği hakkında değerli bilgiler sağlar (Dong vd., 2022). Bu özellik, özellikle risk analizi ve karar destek sistemleri gibi alanlarda kritik bir öneme sahiptir. Aynı zamanda, Bayeşçi çerçeve, gereksiz parametreleri budayarak model karmaşıklığını otomatik olarak optimize etme eğilimindedir. BRNN, aşırı öğrenmeye direnci, belirsizlik modelleme ve otomatik sadeleştirme yetenekleriyle, sınırlı veya gürültülü verilerde geleneksel ANN'lere göre daha sağlam ve güvenilir sonuçlar sağlayan güçlü bir alternatiftir.

3.2.5 Çok Değişkenli Adaptif Regresyon Eğrileri

MARS, Friedman (1991) tarafından geliştirilmiş, doğrusal olmayan karmaşık ilişkileri modellemek için tasarlanmış esnek ve parametrik olmayan bir regresyon tekniğidir. Metodolojinin temel ilkesi, girdi değişken uzayını sistematik olarak farklı alt bölgelere ayırmak ve her bir bölge için ayrı bir doğrusal regresyon modeli oluşturarak küresel düzeyde doğrusal olmayan davranışları yakalamaktır (Kooperberg, 2001). Bu parçalama işlemi, düğüm noktaları (knots) olarak adlandırılan kritik eşik değerleri etrafında tanımlanan ve menteşe fonksiyonu olarak da bilinen parçalı doğrusal temel fonksiyonlar aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu fonksiyonlar, önceden tanımlanmış bir fonksiyonel forma ihtiyaç duymadan karmaşık ilişkilerin modellenmesine olanak tanır (Weber vd., 2012).

MARS algoritması, iki temel aşamadan oluşan bir model inşaa süreci izler. İlk olarak, ileri yönlü seçim (*forward selection*) aşamasında, artık kareler toplamını en hızlı şekilde düşüren temel fonksiyonları ve bunların etkileşimlerini ardışık olarak ekleyerek kasıtlı olarak aşırı öğrenmiş ve karmaşık bir başlangıç modeli oluşturulur (Lewis ve Stevens, 1991). Ardından, geri yönlü eleme (*backward elimination*) aşamasında, modelin genelleme kabiliyetine katkı sağlamayan veya gereksiz karmaşıklık yaratan terimler, Genelleştirilmiş Çapraz Doğrulama (GCV) kriteri kullanılarak sistematik bir şekilde budanır (Sakamoto, 2007). Bu süreç sonunda elde edilen nihai model, bir yandan karmaşık doğrusal olmayan desenleri yakalarken, diğeri yandan her bir alt bölgedeki yerel doğrusal ilişkileri açıkça ortaya koyarak yüksek bir yorumlanabilirlik seviyesini korur. Bu ikili yetenek, MARS'ı özellikle hem doğrusal hem de doğrusal olmayan

bileşenleri bir arada barındıran veri yapılarının analizinde oldukça güçlü bir araç haline getirmektedir (Koopperberg, 2001; Martinez vd., 2015).

3.2.6 Cubist

Cubist, hem sayısal hem de kategorik değişkenleri işleyebilme yeteneğine sahip, kural tabanlı bir regresyon modelidir (Quinlan, 1992, 1993). Algoritmanın temel çalışma prensibi, "böl ve yönet" (separate and conquer) metodolojisine dayanır. Bu yaklaşım kapsamında Cubist, tahminci değişkenleri özyinelemeli olarak bölerek veri setini benzer özelliklere sahip alt gruplara ayıran bir dizi "EĞER-İSE" (IF-THEN) kuralı oluşturur (Kuhn ve Johnson, 2013; Ma vd., 2017). Bu sürecin sonunda, her bir kural, veri setinin belirli bir segmentini tanımlayan bir yol haline gelir. Geleneksel karar ağaçlarının terminal düğümlerinde genellikle sabit bir değer atamasının aksine, Cubist modelinin en ayırt edici özelliği, her bir kuralın tanımladığı bu nihai alt kümelere çok değişkenli bir doğrusal regresyon modeli uyarlamasıdır. Bu hibrit yapı, modelin hem veri uzayını doğrusal olmayan bir şekilde bölümlemesine hem de her bir yerel bölge içindeki ilişkileri doğrusal denklemlerle hassas bir şekilde yakalamasına olanak tanır (Chen vd., 2020).

Cubist modelini diğer ağaç tabanlı algoritmalarından ayıran bir diğer kritik mekanizma ise düzeltme (*smoothing*) ve komşuluk tabanlı ayarlama süreçleridir. Bir tahmin yapılırken, model yalnızca ilgili terminal düğümdeki (alt model) regresyon denkleminin sonucunu kullanmaz. Bunun yerine, bu tahmini, ağaç hiyerarşisinde bir üstte yer alan ana düğümün (ana model) ürettiği tahminle uyumlu olacak şekilde birleştirir. Bu birleştirme işlemi, alt ve ana modellerin hata kovaryanslarına dayalı olarak hesaplanan bir düzeltme katsayısı aracılığıyla yapılır (Max Kuhn ve Johnson, 2013; Zhou vd., 2019). Bu mekanizmanın arkasındaki mantık, daha düşük hata oranına sahip olan modelin tahminine daha fazla ağırlık vererek nihai sonucun sağlamlığını ve doğruluğunu artırmaktır. Eğer iki modelin hata değerleri benzerse, tahminler eşit ağırlıkla birleştirilir. Bu hiyerarşik düzeltme işlemine ek olarak, Cubist ayrıca tahminleri, eğitim setindeki en yakın komşu örneklerin bilgilerini kullanarak daha da hassaslaştırabilir (*instance-based correction*). Bu, özellikle test verisindeki bir noktanın, eğitim verisindeki benzer noktalara dayalı olarak yerel bir ayarlamadan geçirilmesini sağlayarak modelin performansını daha da iyileştirir (Chen vd., 2020; Kuhn ve Johnson, 2013).

Model oluşturma süreci, aşırı öğrenmeyi önlemek amacıyla etkin bir budama (pruning) mekanizması ile tamamlanır. Başlangıçta oluşturulan karmaşık kural setleri, yüksek hata oranına sahip ve genelleme yeteneğine katkı sağlamayan dalların elenmesiyle sadeleştirilir (Nguyen vd., 2019; Pouladi vd., 2019). Cubist'in bu çok katmanlı yapısı ona önemli avantajlar kazandırır. En başta, ürettiği kural setleri sayesinde doğası gereği yüksek bir yorumlanabilirliğe sahiptir. Modelin karar verme mantığı, SHAP veya LIME gibi harici yorumlama tekniklerine ihtiyaç duyulmaksızın doğrudan anlaşılabilir (Lundberg ve Lee, 2017; Ribeiro vd., 2016). Ayrıca, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri etkin bir şekilde modelleyebilmesi ve farklı veri tiplerini bir arada kullanabilmesi, onu yüksek tahmin performansı gerektiren karmaşık modelleme görevleri için olduğu güçlü bir alternatif haline getirmektedir (Lamichhane vd., 2022; Morellos vd., 2016; Yeşilkanat ve Akkoyun, 2023).

3.3 Model Performans Metrikleri

Bu araştırmada geliştirilen makine öğrenmesi modellerinin tahmin performansının ve genelleme kabiliyetinin nicel olarak değerlendirilmesi amacıyla, birbirini tamamlayıcı nitelikteki bir dizi standart metrikten yararlanılmıştır. Bu metrikler, modellerin tahmin başarısını farklı perspektiflerden analiz ederek kapsamlı bir değerlendirme sunmak üzere sečilmiřtir.

Bu metriklerden ilki, model hatalarının büyüklüğünü ölçen Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error – MAE, Eşitlik 4) ve Kök Ortalama Kare Hatadır (Root Mean Square Error – RMSE, Eşitlik 5). MAE, tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki mutlak farkların ortalamasını alarak, hataların büyüklüğu hakkında sezgisel ve kolay yorumlanabilir bir ölçüt sunar. Buna karşılık RMSE, hata terimlerinin karelerini alması nedeniyle, büyük sapmalara orantısal olarak daha fazla ceza uygular. Bu özelliği, RMSE'yi özellikle aykırı değerlerin varlığında model performansına daha duyarlı hale getirir ve modelin büyük hatalar yapma eğilimini vurgular.

Modelin açıklayıcı gücünü değerlendirmek için ise Belirleme Katsayısı (Coefficient of Determination - R^2 , Eşitlik 6) kullanılmıştır. Bu metrik, bağımlı değerlerdeki toplam varyansın model tarafından ne kadarlık bir oranının açıklanabildiğini ifade eder ve 0 ile 1 arasında bir değer alır; 1'e yaklaşan değerler modelin uyum başarısının yüksekliğine işaret eder. Ancak, R^2 yalnızca tahminler ile gerçek değerler arasındaki doğrusal korelasyonun gücünü yansıttığından, modelde sistematik bir yanlılık (bias) olsa dahi

yüksek çıkabilir ve bu nedenle tek başına yanıltıcı olabilir (Dai vd., 2014; Field vd., 2012). Bu sınırlılığı aşmak ve modelin hem doğruluğunu (accuracy) hem de hassasiyetini (precision) eş zamanlı olarak değerlendirmek amacıyla Lin'in Uyum Korelasyon Katsayısı (Lin's Concordance Correlation Coefficient - ρ_c , Eşitlik 7) da hesaplamalara dâhil edilmiştir (Lin, 1989). Pearson'un r korelasyonundan farklı olarak ρ_c , tahminlerin mükemmel uyum çizgisi olan 45 derecelik doğrudan ne kadar saptığını ölçer. Dolayısıyla bu katsayı, sadece iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü değil, aynı zamanda bu iki değişkenin birbirleriyle ne derecede uyumluğunu da nicel olarak ortaya koyar ve model değerlendirmesi için daha kapsamlı ve güvenilir bir çerçeve sunar. Bunlara ek olarak Regresyon/öngörü modellerinin hatasını ölçekten bağımsız olarak (yüzde cinsinden) ifade etmek için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error, MAPE, Eşitlik 8) kullanılmıştır.

Aşağıda bu çalışmada kullanılan değerlendirme metriklerinin matematiksel formülasyonu gösterilmektedir:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A_i - P_i| \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - P_i)^2} \quad (5)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (A_i - P_i)^2}{\sum (A_i - \mu_A)^2} \quad (6)$$

$$\rho_c = \frac{2\rho\sigma_A\sigma_P}{\sigma_A^2 + \sigma_P^2 + (\mu_A - \mu_P)^2} \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - P_i}{A_i} \right| \quad (8)$$

Burada, A_i gerçek değerleri, P_i tahmin edilen değerleri, n örnek sayısını, ρ Pearson korelasyon katsayısını, σ_A ve σ_P sırasıyla gerçek ve tahmin edilen değerlerin standart sapmalarını, μ_A ve μ_P ise sırasıyla gerçek ve tahmin edilen değerlerin ortalama değerlerini temsil etmektedir.

3.4 Yazılım/Donanım Kaynakları ve Programlama

Bu çalışma kapsamındaki tüm veri analizi, modelleme, mekânsal analiz ve görselleştirme süreçleri, açık kaynak kodlu ve genel kamu lisansına (GPL) sahip bir programlama dili olan R (R Core Team, 2024) ortamında gerçekleştirilmiştir. R'ın zengin ekosisteminden faydalanılarak, araştırmanın farklı aşamaları için aşağıda ayrıntıları verilen özelleşmiş kütüphaneler kullanılmıştır.

Makine öğrenmesi modellerinin geliştirilmesi, ayarlanması ve doğrulanması süreçlerinde, **caret** (Max Kuhn vd., 2020) paketi merkezi bir iş akışı yönetim aracı olarak kullanılmıştır. Spesifik olarak, RF modeli için yüksek performanslı **ranger** (Wright ve Ziegler, 2017) paketi tercih edilirken; XGBoost, SVR, BRNN, Cubist ve MARS modelleri için sırasıyla **xgboost** (Chen ve Guestrin, 2016b), **kernlab** (Karatzoglou vd., 2004) ve **brnn** (Rodriguez ve Gianola, 2022), **cubist** (M Kuhn ve Quinlan, 2021), **earth** (Milborrow, 2023) paketleri aracılığıyla uygulanmıştır. Veri ön işleme, veri düzenleme ve eksik veri analizi aşamalarında ise **tidyverse** ve **dplyr** (Wickham vd., 2023) koleksiyonu ile **mice** (van Buuren ve Groothuis-Oudshoorn, 2011) paketinden faydalanılmıştır.

Çalışmanın coğrafi bilgi sistemleri (CBS) bileşeni kapsamında, mekânsal verilerin haritalanması ve grid tabanlı alanların oluşturulması için **QGIS** (Quantum GIS Development Team, 2022), **SAGA-GIS** (SAGA, 2015) yazılımlarından yararlanılmıştır. R ortamında yürütülen jeostatistiksel analizler ise **gstat** (Pebesma ve Wesseling, 1998), **sp** (Pebesma ve Bivand, 2005) ve **raster** (Hijmans, 2025) gibi temel mekânsal veri kütüphaneleri ile desteklenmiştir. Model sonuçlarının görselleştirilmesinde **ggplot2** (Wickham, 2016) ve **openair** (Carslaw ve Ropkins, 2012) paketlerinden faydalanılmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçların interaktif bir platformda sunulması amacıyla **shiny** (Shiny, 2023) kütüphanesi kullanılarak çevrimiçi erişilebilir bir web modülü geliştirilmiştir. Web modülü github üzerinden R studio programının bulut ortamı olan <https://connect.posit.cloud/> bağlantısına yüklenmiş ve bu platform üzerinden online olarak web ortamında yayınlanmış durumda bulunmaktadır. Bu çalışma sonunda üretilen çevrim içi web ortamının ayrıntıları Kısım 4.4.4.'de detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Tüm hesaplama süreçleri, paralel işlem yeteneklerinden faydalanılarak aşağıda belirtilen teknik özelliklere sahip yüksek performanslı bir bilgisayar ortamında yürütülmüştür: Intel® Core™ i9-14900HX işlemci (5.80 GHz'e kadar, 24 çekirdek), 64 GB DDR5

RAM, NVIDIA GeForce RTX 4090 (16 GB GDDR6) grafik işlemci ve Windows 11 Pro işletim sistemi.

3.5 Çalışmanın Metodolojik Çerçevesi

Dış gama radyasyon dozu (AGDR), esas olarak karasal (TGDR) ve kozmik (CGDR) radyasyonun toplamından oluşur. Toprak ve kayalarındaki doğal radyonüklidlerden gelen karasal gama doz hızı toplam dozun büyük bölümünü oluşturur. (UNSCEAR, 2008). Toprak yüzeyinden 1 metre yükseklikteki TGDR değeri, topraktaki ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklidlerinin aktivite konsantrasyonları (C_{Ra} , C_{Th} , C_K , $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ biriminde) biliniyorsa, uluslararası kabul görmüş doz dönüşüm katsayıları aracılığıyla Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Degerlier vd., 2008; Taşkın vd., 2018; Yeşilkanat, 2019)

$$\text{TGDR} [n\text{Gy h}^{-1}] = 0.462 \times C_{Ra} + 0.604 \times C_{Th} + 0.0417 \times C_K \quad (9)$$

Bu araştırmanın nihai hedefi, Türkiye sathındaki her bir konum için C_{Ra} , C_{Th} , C_K değerlerini tahmin etmek olduğundan, metodolojik yaklaşım Eşitlik 9 'un tersine mühendislik prensibine dayanmaktadır. Bu prensip uyarınca, eğer bir lokasyondaki TGDR değeri dolaylı yollardan yaklaşık olarak belirlenebilirse, bu bilgi radyonüklid konsantrasyonlarının tahmininde temel girdi olarak kullanılabilir. Bir lokasyonda gama spektrometresi ile ölçülen toplam dış radyasyon seviyesi, yani AGDR, sadece TGDR'yi değil, aynı zamanda CGDR ve çeşitli çevresel faktörlerden kaynaklanan Belirsizlik bileşenini de içerir. Bu ilişki Eşitlik 10a'da formüle edilmiştir.

$$\text{AGDR}[n\text{Gy h}^{-1}] = \text{TGDR}[n\text{Gy h}^{-1}] + \text{CGDR}[n\text{Gy h}^{-1}] + \varepsilon \quad (10a)$$

Bu formülasyondan hareketle, hedeflenen TGDR değeri, AGDR ve CGDR değerleri bilindiğinde yaklaşık olarak Eşitlik 10b'deki gibi ifade edilebilir (Bossey vd., 2017; Cinelli vd., 2017):

$$\text{TGDR}[n\text{Gy h}^{-1}] = \text{AGDR}[n\text{Gy h}^{-1}] - \text{CGDR}[n\text{Gy h}^{-1}] - \varepsilon \quad (10b)$$

Buradaki ε , hem ölçümsel hem de fiziksel kökenli sapmaları kapsar: yüzeye yakın Radon/Toron bozunma ürünlerinin (ekshalasyon) ve kozmogenik radyoizotopların (ör. ^7Be , ^{22}Na) gama katkıları; meteorolojiye bağlı taşınım ve zayıflama (özellikle nem etkisi); zemin tipi, çatlaklılık, toprak nemi ve antropojenik etkiler bunların başlıcalarıdır

(Lebedyte vd., 2003). Bu çalışma, ϵ terimini gizli bırakmak yerine yöntemsal olarak ele alıp, AGDR'nin olasılıksal mekânsal temsili üzerinden belirsizlik haritaları türeterek (SGS yöntemi ile, bkz. **Kısım 3.5.2.2**) hem model eğitiminde hem de sonuçların yorumunda nicel olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmanın metodolojik omurgası, Eşitlik 2b'de yer alan her bir bileşeni (AGDR, CGDR ve Belirsizlik) ayrı ayrı en uygun yöntemlerle modellemek ve ardından bu bilgilerin birleştirilmesi ile oluşturulan tam konumsal veri seti yardımıyla makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak karasal radyonüklitler için nihai tahmin seviyelerini elde etmek üzerine kurulmuştur.

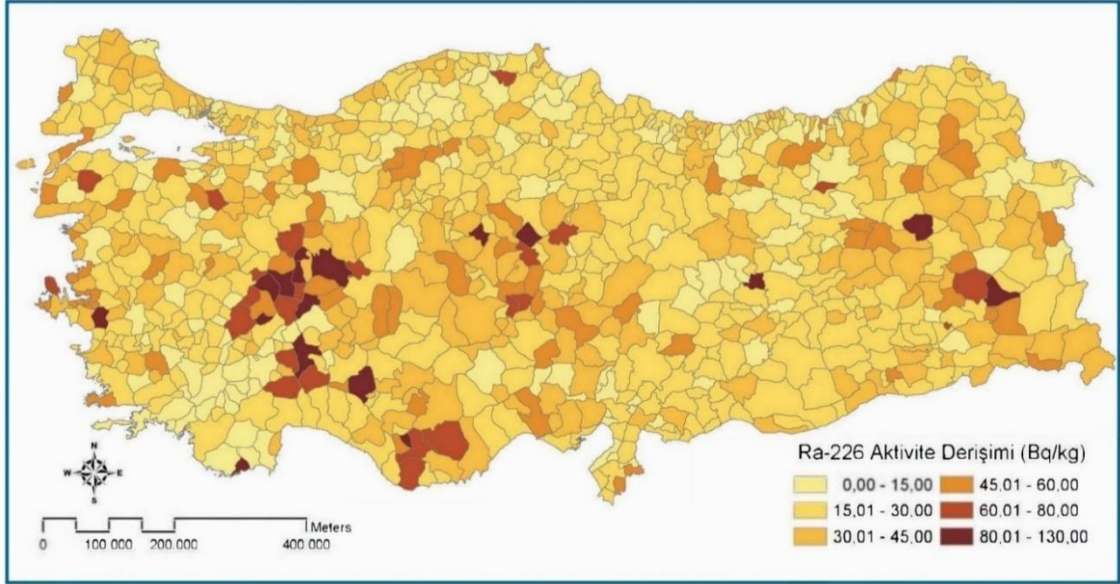
3.5.1 Veri Setleri ve Çalışma Alanı

Bu çalışmada, Türkiye'nin tamamını kapsayan ve farklı kaynaklardan elde edilen dört temel veri seti kullanılmıştır.

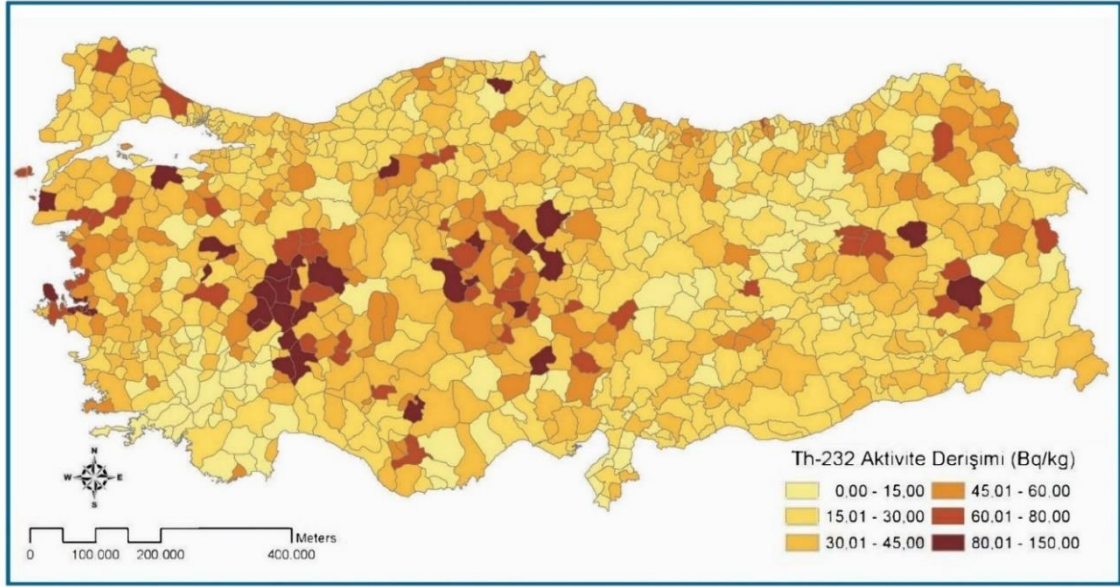
3.5.1.1 Türkiye Radyonüklid Atlası Veri Seti

Karasal radyonüklid konsantrasyonları için temel veri kaynağı, Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) tarafından kamuya açık olarak sunulan **Türkiye Radyoaktivite Atlası**'dır (Oğuz vd., 2013; TENMAK-NUKEN, 2022). Bu atlasta yer alan ve 929 ilçe merkezi için ortalama Ra-226, T-232 ve K-40 aktivite konsantrasyonlarını gösteren haritalar, bu çalışma kapsamında dijitalleştirilmiştir. Her ilçe merkezi için coğrafi koordinatlar (enlem, boylam, yükseklik) ve ilgili radyonüklid konsantrasyonları manuel olarak sayısallaştırılarak, makine öğrenmesi modellerinin eğitim ve doğrulama aşamalarında kullanılacak olan temel yersel doğrulama (*ground-truth*) veri seti oluşturulmuştur. Proje önerisi aşamasında, referans alınan Türkiye Radyoaktivite Atlası (Oğuz vd., 2013) metninde rapor edilen 923 ilçe merkezine ek olarak il merkezlerinin de ayrı birer lokasyon olduğu varsayımıyla toplam 1004 hedef nokta öngörülmüştür. Ancak veri hazırlama ve dijitalleştirme sürecinde, il merkezlerinin de örneklenen ilçe merkezleri (Merkez ilçe olarak) kapsamında değerlendirildiği anlaşılmıştır. Ayrıca, Atlas metninde örnekleme sayısı 923 olarak belirtilmesine rağmen, haritalar üzerinde gerçekleştirilen hassas sayısallaştırma işlemi sonucunda toplam 929 adet tekil veri noktası (lokasyon) tespit edilmiştir. Çalışmada veri kaybını önlemek ve bilimsel doğruluğu en üst düzeyde tutmak adına, metindeki ifade yerine haritalardan elde edilen 929 adet lokasyon noktası esas alınmıştır. Bu verilere ait detaylı bilgilere Ek-1 içindeki tablodan ulaşılabilir.

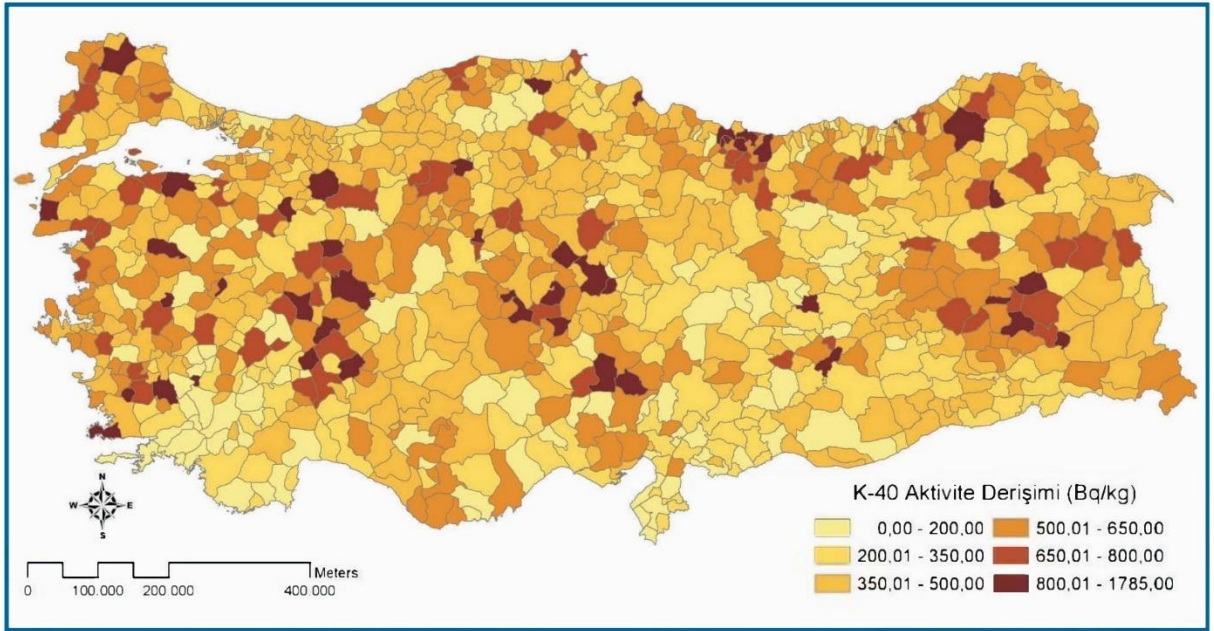
Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotopları için radyoaktivite atlasında sunulan haritaları göstermektedir. Ayrıca bu çalışma kapsamında ilçe merkezi temsillerini oluşturan koordinatların mekânsal dağılımları da Şekil 3.4’de ayrıntılı olarak haritalandırılmıştır. Şekillerden de açıkça görülebileceği gibi, mevcut radyoaktivite atlası verileri, ilçe idari sınırlarına dayalı renk tonlu (koroplet) harita olarak bir infografik gibi sunulmuştur. Bu yaklaşımda, bölgesel genel eğilimler hakkında bir fikir belirlenmekle birlikte, her bir ilçeyi tek bir homojen birim olarak kabul edildiğinden, ilçe içindeki radyoaktivitenin mekânsal değişkenliği belirlenemez. Radyoaktivite gibi doğal bir olgunun idari sınırlara bağlı kalmadan sürekli bir değişim gösterdiği düşünüldüğünde, bu tür bir sunumun lokal düzeydeki yüksek veya düşük aktiviteli alanları tespit etmekte yetersiz kaldığı ve bu nedenle daha gelişmiş, sürekli bir yüzey modellemesine ihtiyaç duyulduğu açıktır.



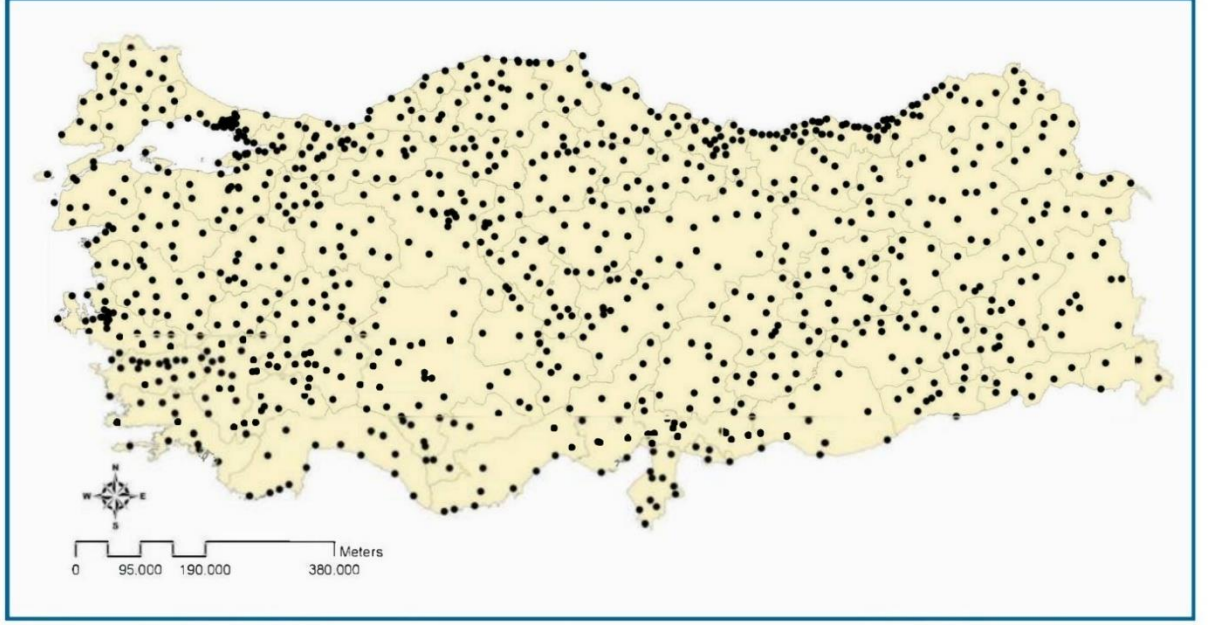
Şekil 3. 1 Yüzey toprağında Ra-226 aktivite konsantrasyonu ilçe ortalamaları (Oğuz vd., 2013)



Şekil 3. 2 Yüzey toprağında Th-232 aktivite konsantrasyonu ilçe ortalamaları (Oğuz vd., 2013)



Şekil 3. 3 Yüzey toprağında K-40 aktivite konsantrasyonu ilçe ortalamaları (Oğuz vd., 2013)



Şekil 3. 4 İlçeleri temsil eden koordinatların mekânsal dağılımları

3.5.1.2 AGDR Veri Seti

Türkiye’de AGDR seviyeleri, NDK tarafından işletilen Radyasyon İzleme ve Uyarı Sistemi Ağı (RADİSA)¹ kapsamındaki otomatik istasyonlarla sürekli olarak (7gün/24saat) izlenmektedir. Bu çalışmada kullanılan istasyon kümesi ($n \approx 219$) iller ve seçili ilçeler, bazı enerji tesisleri ve sınır noktalarına dağılmış sensörlerden oluşmaktadır. Bu araştırmada kullanılan yıllık ortalama AGDR verileri, halka açık bir şekilde sunulan Avrupa Radyolojik Veri Değişim Platformu (EURDEP²) üzerinden temin edilmiştir. İstasyonlardan elde edilen saatlik ölçümler, kısa süreli meteorolojik/sahasal oynaklığın etkisini azaltmak üzere istatistiksel özetleyiciler (ortalama ve standartsapma) ile yıllık ölçeğe indirgenmiş, açık aykırı değerler Hampel/IQR tabanlı filtrelerle bastırılmış ve EURDEP’e raporlanan akışlarla tutarlılık kontrolü yapılmıştır. Böylelikle, denklem (10b)’deki AGDR terimi, istasyon yakın çevresinin temsili yıllık düzeyi olarak istatistiksel gürültüsü azaltılmış biçimde kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bahsi geçen bu AGDR istasyonlarının mekânsal dağılımları Şekil 3.5’de gösterilmektedir.

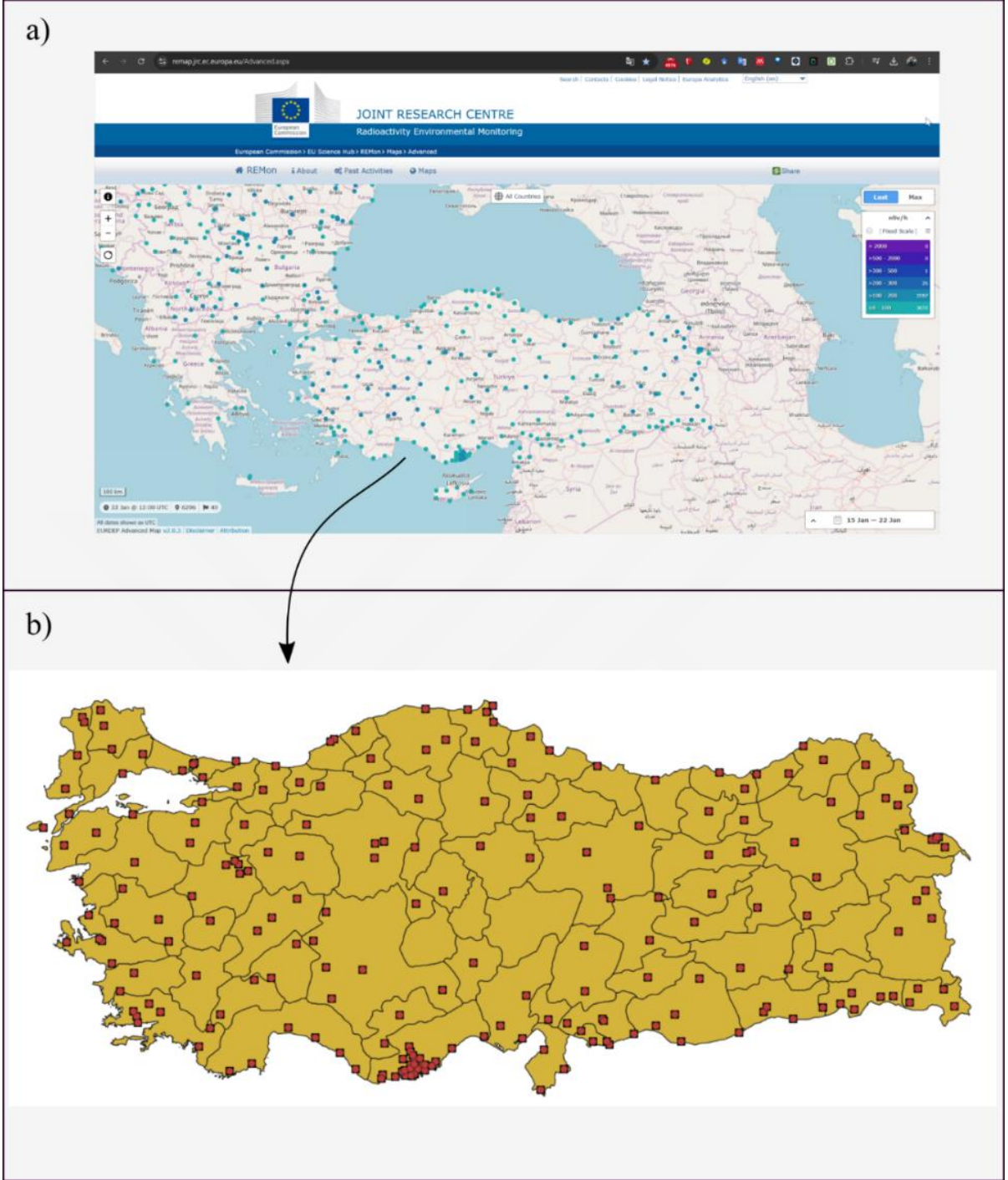
Çalışmanın bir sonraki evresinde RADİSA istasyonundan elde edilen yıllık ortalama AGDR değerleri kullanılarak, tüm Türkiye için sürekli bir AGDR yüzeyi

¹ <https://www.ndk.gov.tr/radyasyon-izleme-ve-uyari-sistemi-agi-radisa>

² <https://remap.jrc.ec.europa.eu/Advanced.aspx>

oluşturulmuştur. Bu modelleme için, klasik Kriging yöntemlerinin "yumuşatma" etkisinden kaçınarak yerel değişkenliği daha iyi koruyan ileri bir jeoistatistiksel yöntem olan Sıralı Gauss Simülasyonu tercih edilmiştir (Goovaerts, 1997). R programlama ortamındaki gstat paketi (Pebesma, 2004) kullanılarak, ölçüm verilerinin histogramını ve deneysel variogramını temsil eden, istatistiksel olarak eşit olasılıklı 100 adet AGDR gerçekleşmesi (realizasyon) retilmiştir. Bu 100 farklı haritanın her bir pikseldeki aritmetik ortalaması alınarak, ülkenin en olası AGDR dağılımını temsil eden E-tipi (Expected-value, Beklenen değer) tahmin yüzeyi oluşturulmuştur. Bu işlem adımlarının detayları Kısım **3.5.2.2'de** detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.





Şekil 3. 5 a) EURDEP bağlantısı üzerinden elde edilen ekran görüntüsü, b) RADİSA istasyonlarının konumsal dağılımı (Radyasyon İzleme ve Uyarı Sistemi Ağı (RADİSA))

3.5.1.3 TGDR Belirsizlik Verisi

Eşitlik 10'da yer alan ε (Belirsizlik terimi), atmosferdeki radon ($Rn-222$) ve toron ($Tn-220$) bozunma ürünlerinin yağışla yıkanması, atmosferik inversiyonlar ve rüzgâr gibi kısa süreli meteorolojik olaylardan kaynaklanan AGDR ölçümlerindeki geçici

dalgalanmaları ve anlık değişimi temsil eder (Bossey vd., 2017). Bu bileşen, ayrı bir veri setiyle değil, AGDR modellemesi sürecinin doğal bir sonucu olarak elde edilmiştir.

SGS yöntemi, tek bir en iyi dağılım tahmin etmek yerine, verinin istatistiksel özelliklerine uyan çok sayıda olası senaryo (100 realizasyon) üreterek tahminin doğasında var olan belirsizliği modelleme imkânı sunar. Bu çalışmada, üretilen 100 adet AGDR simülasyon haritasının her bir pikseldeki standart sapması hesaplanmıştır. Elde edilen bu yeni mekânsal katman, TGDR belirsizlik haritası olarak adlandırılmıştır. Bu haritadaki yüksek standart sapma değerleri, AGDR tahmininin daha az güvenilir olduğu (yani ölçüm istasyonu yetersizliği, meteorolojik etkilerin veya yerel değişkenliğin daha baskın olabileceği vb.) bölgeleri işaret ederken, düşük değerler tahminin daha dayanıklı (robust) olduğu bölgeleri göstermektedir (Goovaerts, 2001). Bu katman, radyonüklid tahmin modeline, AGDR verisinin mekânsal güvenilirliği hakkında değerli bir bilgi sunan özgün bir girdi olarak dahil edilmiştir.

3.5.1.4 CGDR Veri Seti

CGDR, doğrudan ölçülen bir parametre olmaktan ziyade, coğrafi konuma (enlem ve irtifa), güneş aktivitesine ve atmosferik derinliğe bağlı olarak değişen teorik bir bileşendir (O'Brien vd., 1996; Sato, 2016b, 2016a). Bu çalışmada CGDR değerleri, Japonya Atom Enerjisi Ajansı (JAEA) tarafından geliştirilen ve bu faktörleri hesaba katan bir fiziksel model olan EXPACS (EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) programı kullanılarak hesaplanmıştır (EXPACS, 2016; Sato, 2015, 2016a; Sato vd., 2015). Burada EXPACS model çerçevesi kullanılarak çalışma alanındaki her konum için koordinat, rakım ve atmosferik derinlik girdileriyle yıllık ortalama CGDR hesaplanmış; güneş aktivitesine duyarlılık varsayılan yıllık ortalama koşullar üzerinden ele alınmıştır. EXPACS, her bir konum için ayrı bir hesaplama gerektirdiğinden ve bu işlem milyonlarca piksel için oldukça zaman alıcı olduğundan, bu çalışmada makine öğrenmesi tabanlı bir vekil model (*surrogate model*) geliştirme yaklaşımı benimsenmiştir. Bu amaçla, Türkiye sathını temsil eden 100,000 adet nokta rastgele seçilmiş, bu noktalar için CGDR değerleri EXPACS ile hesaplanmış ve bu veri seti, tüm ülke için daha hızlı CGDR tahmini yapacak makine öğrenmesi modelinin eğitimi için kullanılmıştır. Böylece, AGDR – CGDR farkı TGDR için ölçümsel bir kısıt sağlarken, kozmik katkı ülke ölçeğinde tutarlı biçimde ayrıştırılmıştır.

3.5.2 Yöntemsel İşlem Adımları

Bu çalışmada izlenen metodolojik iş akışı, beş ana adımdan oluşmaktadır. Her bir adım, bir önceki adımın çıktılarını girdi olarak kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 6 da özetlenen bu işlem basamakları aşağıdaki gibi sıralanabilir: (1) Mekânsal tahmin altyapısının oluşturulması, (2) AGDR modellenmesi, (3) CGDR modellenmesi, (4) Nihai makine öğrenmesi modelinin geliştirilmesi ve (5) Sonuçların haritalanması ve sunulması.

3.5.2.1 Adım 1: Mekânsal Tahmin Altyapısının Oluşturulması

Tüm mekânsal tahmin ve modelleme süreçlerinin temelini oluşturacak olan yüksek çözünürlüklü ızgara (grid) sistemi bu adımda hazırlanmıştır. Açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan QGIS (Quantum GIS Development Team, 2022) kullanılarak, Türkiye'nin tüm kara alanını kapsayan, WGS 84 / World Mercator (EPSG: 3395) koordinat referans sisteminde 300x300 m² çözünürlüğünde bir dijital piksel ağı (grid) oluşturulmuştur. Bu süreç sonunda, Türkiye sathını temsil eden yaklaşık ~8 milyon adet grid hücresi (piksel) tanımlanmıştır. Her bir grid hücresinin merkez noktası için coğrafi (enlem, boylam) ve topoğrafik (yükseklik/rakım) bilgiler, sayısal yükseklik modelinden (Digital Elevation Model - DEM) elde edilerek bu altyapıya entegre edilmiştir. Oluşturulan bu grid sistemi, sonraki tüm modelleme adımlarında (AGDR, CGDR ve radyonüklid tahminleri) tahminlerin yapılacağı temel mekânsal katman olarak kullanılmıştır.

3.5.2.2 Adım 2: AGDR ve İlişkili Belirsizliğin Modellenmesi

Bu adımın amacı, 219 adet RADİSA istasyonundan elde edilen noktasal AGDR verilerini kullanarak Türkiye'nin tamamı için sürekli bir AGDR yüzeyi ve bu tahminin belirsizlik haritasını oluşturmaktır. Klasik interpolasyon yöntemlerinin yumuşatma etkisinden kaçınmak ve mekânsal değişkenliği daha gerçekçi bir şekilde modellemek amacıyla, ileri bir jeostatistiksel yöntem olan SGS kullanılmıştır.

SGS'nin temel amacı bir mekânsal değişkenin, ardışık simülasyon algoritması ile, histogram ve variogram özellikleri aynı olan muhtemel olasılıksal gerçekleştirmelerini (realizasyonlarını) yeniden üretmektir (Goovaerts, 1997). SGS rastgele bir fonksiyon modelinin çoklu gauss varsayımı temelinde, çalışma alanındaki tüm pikseller için simüle edilen veriler tayin eder (Nussbaumer vd., 2018). Bu simüle edilen değerler mekânsal değişkenin variogram (konumsal korelasyonun ölçütü) ve histogram

(konumsal verilerin dağılım sıklığı) özellikleriyle tanımlanan koşullu kümülatif dağılım fonksiyonu (kkdf) ile oluşturulur (Remy vd., 2009). SGS lokal tahmin varyansını minimize etmekten ziyade, variogram ve histogram istatistiklerine uygun bir şekilde, lokal kkdf'nin varyansını ve ortalamasını tahmin eder (Zhang vd., 2017). Bu sayede, geleneksel Kriging tekniklerinden farklı olarak, mekânsal değişkene ait lokal değişimler, her muhtemel alternatif realizasyon için simule edilir. Böylece SGS metodunda Kriging kaynaklı yumuşatma etkisi görülmez (Qu vd., 2013). Bu simülasyon sürecinin tekrar edilmesi ile istenildiği kadar eşit olasılıklı realizasyonlar elde edilebilir. Bu çalışmada 219 istasyon verisi temelinde, oluşturulan grid ağının ($300 \times 300 \text{m}^2$ mekansal piksel) her bir pikseli için 100 adet AGDR realizasyonu üretilmiştir. Bu 100 realizasyonun her bir pikseldeki ortalaması alınarak, AGDR'nin beklenen değerini temsil eden E-tipi tahmin haritası oluşturulmuştur (Oliver, 2010; Pyrcz ve Deutsch, 2014). Aynı zamanda, 100 realizasyonun her bir pikseldeki standart sapması hesaplanarak, tahminin belirsizliğini veya mekânsal değişkenliğini gösteren standart sapma haritası elde edilmiştir. Bu harita, Eşitlik 10b'de yer alan "*Belirsizlik*" teriminin kantitatif bir ölçütü olarak sonraki adımlarda kullanılmıştır.

3.5.2.3 Adım 3: CGDR Vekil Modelinin Oluşturulması

CGDR değerlerinin, hesaplama maliyeti yüksek olan EXPACS fiziksel modeli ile ~8 milyon pikselin tamamı için hesaplanması pratik olmadığından, bu adımda makine öğrenmesi tabanlı küçük bir vekil model (surrogate model) geliştirilmiştir. Bu adım üç alt adımda tamamlanmıştır.

- **Veri Setinin Oluşturulması:** Öncelikle, Adım 1'de oluşturulan grid ağından 100,000 adet nokta rastgele seçilmiştir. Bu noktaların coğrafi koordinatları (enlem, boylam; derece biriminde) ve rakım (metre biriminde) bilgileri kullanılarak, her bir nokta için CGDR değerleri EXPACS programı ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu sayede, 100,000 gözlemden oluşan bir eğitim veri seti (Girdiler: enlem, boylam, yükseklik; Çıktı: CGDR) oluşturulmuştur.
- **Makine Öğrenmesi Modelinin Eğitimi ve Seçimi:** Bu veri seti kullanılarak, çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları (Cubist, XGBoost, RF, SVR, MARS, BRNN) eğitilmiş ve performansları 10-katlı çapraz doğrulama (10-fold cross-validation) ile test edilmiştir. Değerlendirme metrikleri (RMSE, R^2) sonucunda en yüksek tahmin doğruluğunu sergileyen Cubist modeli, nihai CGDR vekil

modeli olarak seçilmiştir (Ayrıntıları Kısım-4: Bulgular ve Tartışma bölümünde verilmiştir).

- **Ulusal CGDR Haritasının Üretilmesi:** Seçilen bu eğitilmiş Cubist modeli, Adım 1'deki yaklaşık 8 milyon piksellik grid ağının tamamına uygulanarak, Türkiye'nin yüksek çözünürlüklü CGDR haritası üretilmiştir.

3.5.2.4 Adım 4: Radyonüklid Konsantrasyonlarının Makine Öğrenmesi ile Tahmini

Bu nihai modelleme adımında, önceki adımlarda üretilen tüm mekânsal veriler bir araya getirilerek temel radyonüklitlerin (Ra-226, Th-232, K-40) aktivite konsantrasyonları tahmin edilmiştir.

- **Nihai Eğitim Veri Setinin Oluşturulması:** Çalışmanın başında dijitalleştirilen Türkiye Radyoaktivite Atlası verilerindeki 929 adet ilçe lokasyonu, oluşturulan yüksek çözünürlüklü haritalarla koordinatsal bir şekilde çakıştırılmıştır. Bu 929 lokasyonun her biri için aşağıdaki 9 adet değişkeni içeren nihai bir eğitim veri seti derlenmiştir:

✓ Tahmin Edici Değişkenler (Predictors):

- **Enlem** (Adım 1'den): Derece biriminde Kuzey-Güney doğrultusu koordinatı,
- **Boylam** (Adım 1'den): Derece biriminde Doğu-Batı doğrultusu koordinatı,
- **Yükseklik** (Adım 1'den): Verilen koordinat için metre biriminde deniz seviyesinden belirlenen irtifa değeri,
- **Yükseklik_mean** (Adım 1'den): ilçe sınırının ortama irtifası (metre biriminde)
- **Yükseklik_sd** (Adım 1'den): Verilen koordinat için “Yükseklik_mean – Yükseklik” değeri (metre biriminde)
- **AGDR_mean** (Adım 2'den): ilçenin ortalama AGDR değeri ($nGy h^{-1}$ biriminde)
- **AGDR_sd** (Adım 2'den): İlçenin ortalama AGDR standart sapması değeri ($nGy h^{-1}$ biriminde)

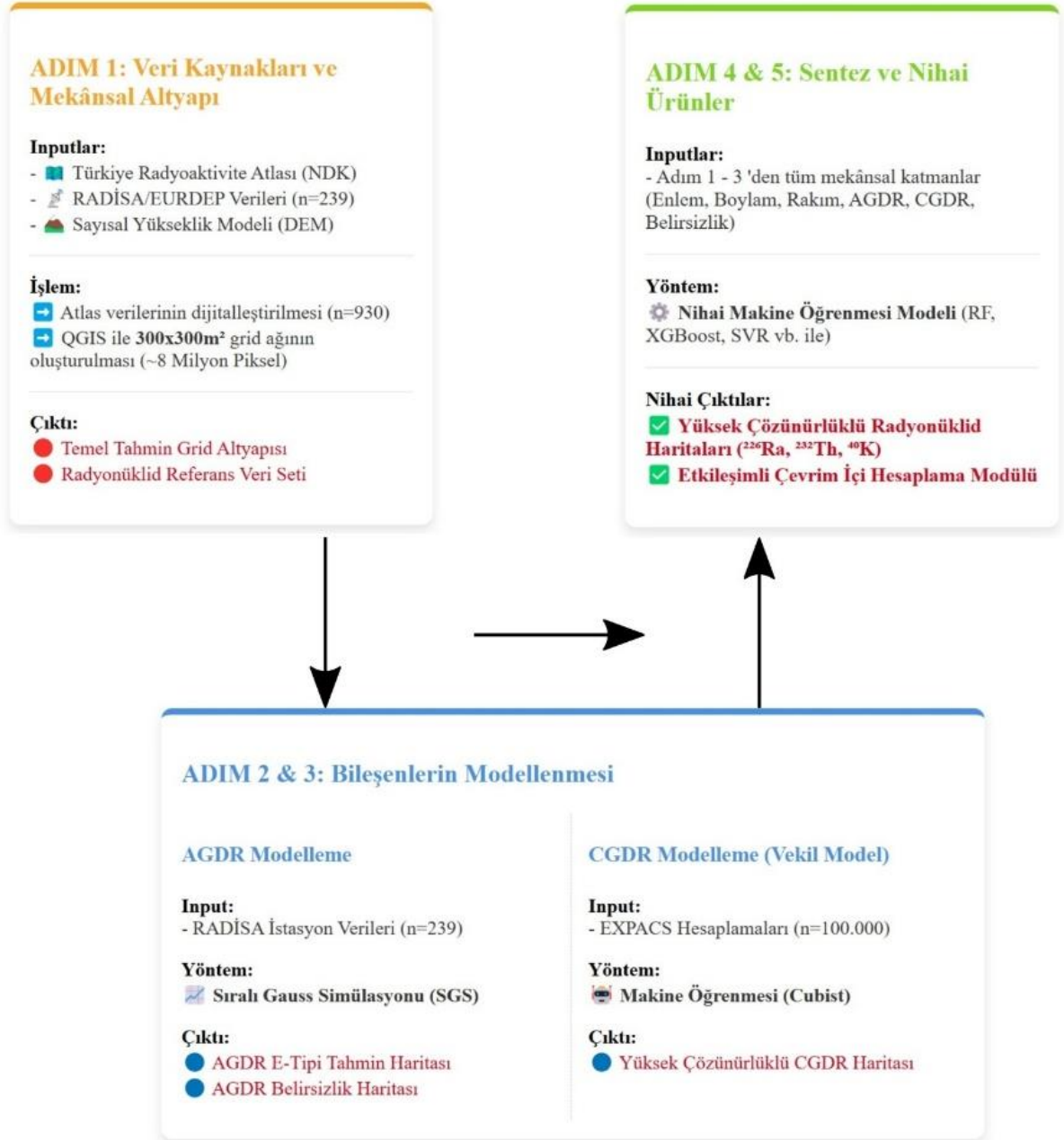
- **CGDR** (Adım 3'ten): Verilen koordinat için EXPACS modeli sonucu ($nGy\ h^{-1}$ biriminde)
 - **CGDR_mean** (Adım 3'ten): İlçenin ortalama CGDR değeri ($nGy\ h^{-1}$ biriminde)
 - **CGDR_sd** (Adım 3'ten): Verilen koordinat için “CGDR_mean – CGDR” değeri ($nGy\ h^{-1}$ biriminde)
 - **TGDR_proxy** (Adım 2 ve 3'ten): Verilen koordinat için “AGDR – CGDR” değeri ($nGy\ h^{-1}$ biriminde)
- ✓ **Hedef Değişkenler (Targets):** Ra-226, Th-232, K-40 konsantrasyonları (Türkiye Radyoaktivite Atlası'ndan). (*Not: Dağılımı normal dağılıma yaklaştırmak için her radyonüklidin logaritmik değerleri alınmıştır.*)
- **Model Geliştirme ve Doğrulama:** Bu nihai veri seti ($n=929$), üç farklı radyonüklid için ayrı ayrı modeller geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Veri seti, %80'i eğitim ve %20'si test olmak üzere bölünmüştür. Eğitim seti üzerinde, literatürde başarısı kanıtlanmış çeşitli ML algoritmaları (RF, XGBoost, Cubist, MARS, SVR, BRNN) uygulanmış ve modellerin hiper-parametreleri 3 kez tekrarlanan 10-katlı çapraz doğrulama ile optimize edilmiştir. Model performansları, test seti üzerinde RMSE ve R^2 gibi metriklerle değerlendirilerek her bir radyonüklid için en iyi performansı gösteren nihai model seçilmiştir.

3.5.2.5 Adım 5: Haritalama ve Çevrim İçi Modülün Geliştirilmesi

Bu adım iki alt kısımdan oluşmuştur:

- **Yüksek Çözünürlüklü Haritaların Üretimi:** Adım 4'te her bir radyonüklid için seçilen en iyi modeller, Adım 1'de oluşturulan ~8 milyon piksellik grid ağının tamamını tahmin etmek için uygulanmıştır. Bu süreç sonunda, Türkiye'nin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K için ayrı ayrı $300 \times 300\ m^2$ çözünürlüğünde tahmine dayalı aktivite konsantrasyon haritaları üretilmiştir.
- **Çevrim İçi Hesaplama Modülü:** Projenin pratik çıktısı olarak, R tabanlı Shiny web uygulama çatısı (Shiny, 2023), kullanılarak interaktif bir radyoaktivite tespiti modülü geliştirilmiştir. Bu modül, kullanıcıların harita üzerinden seçecekleri veya coğrafi koordinatlarını girecekleri herhangi bir lokasyon için, arka planda çalışan eğitilmiş ML modelleri aracılığıyla o noktaya ait tahmini

radyonüklid konsantrasyon değerlerini anlık olarak sunacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca Türkiye sathındaki tüm il ve ilçeler için ayrı ayrı dağılım haritaları da elde edilebilecektir. Bunların yanında kullanıcıların kendi ölçüm sonuçlarını oluşturulan haritalardaki değerlerle karşılaştırma imkanı bulabileceklerdir. Bu araç, elde edilen bilimsel modelin geniş kitleler tarafından kolayca erişilebilir ve kullanılabilir olmasını sağlamaktadır.



Şekil 3. 6 Bu çalışmada gerçekleştirilen metodolojik işlem basamakları.

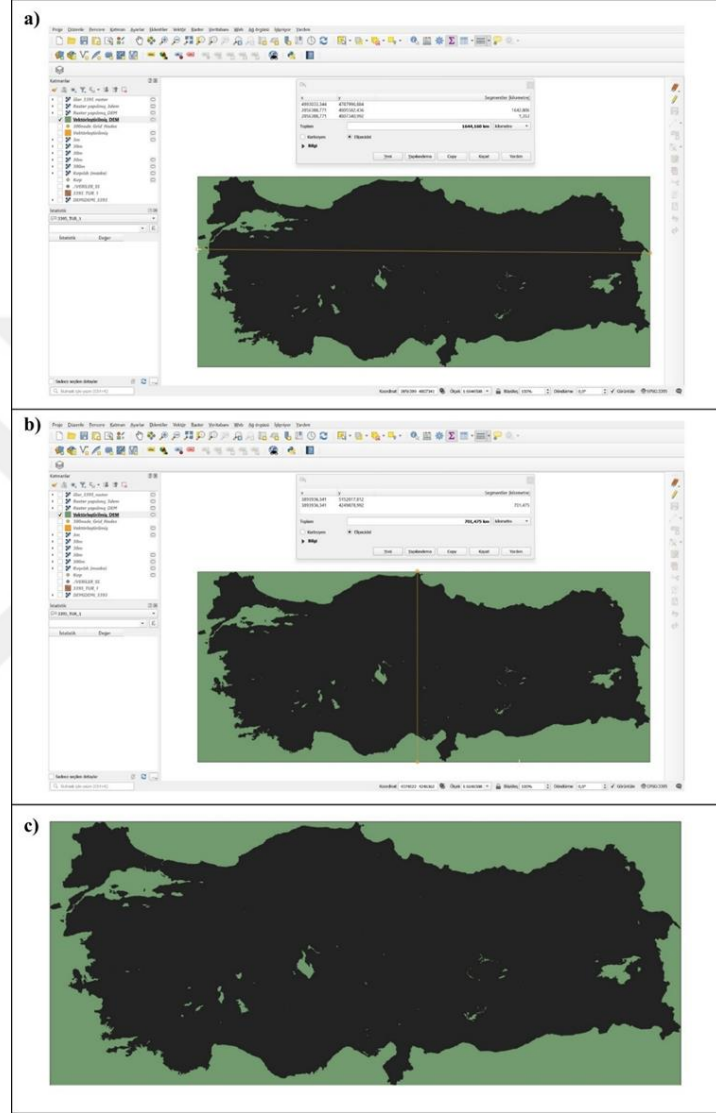
4.1 Mekânsal Tahmin Altyapısı ve Yersel Doğrulama Veri Setinin Oluşturulması

Bu çalışmada geliştirilen tüm mekânsal modellerin temelini, iki ana bileşen oluşturmaktadır: (1) Türkiye'nin tüm kara alanını kapsayan yüksek çözünürlüklü bir dijital grid (ızgara) sistemi ve (2) bu grid üzerinde makine öğrenmesi modellerini eğitmek ve doğrulamak için kullanılan yersel doğrulama (ground-truth) veri seti. Bu bölüm, bu iki temel bileşenin oluşturulma süreçlerini, özelliklerini, önemini ve bulgularını detaylandırmaktadır.

4.1.1 Yüksek Çözünürlüklü Mekânsal Tahmin Altyapısı

Ulusal ölçekte sürekli ve yüksek çözünürlüklü bir radyasyon yüzeyi oluşturma hedefi doğrultusunda, ilk olarak çalışmanın mekânsal altyapısı tanımlanmıştır. Açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan QGIS ve SAGA-GIS yazılımları kullanılarak, WGS 84 / World Mercator (EPSG: 3395) koordinat referans sisteminde Türkiye'nin tüm kara sahasını kapsayan 300×300 metre karelik dijital piksellerden (grid hücreleri) oluşan bir yapı oluşturulmuştur. Türkiye'nin en doğu-batı ve en kuzey-güney noktalarını içine alan teorik bir dikdörtgen çerçeve üzerinden yaklaşık 14.3 milyon piksellik bir alan öngörülmüşken (Şekil 4.1a ve 4.1b), ülkenin idari sınırları dışındaki (denizler ve komşu ülkeler) alanlar maskelenerek çıkarıldığında, analizlerin yapılacağı nihai kara alanı, toplam 8,079,525 adet pikselden (~8 milyon piksel) oluşan net bir grid sistemi olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1c). Bu yüksek çözünürlüklü grid ağı, takip eden tüm modelleme adımlarında (AGDR, CGDR ve nihai radyonüklid tahminleri) temel hesaplama ve haritalama katmanı olarak kullanılmıştır. Ayrıca, her bir pikselin merkez noktası için Sayısal Yükseklik Modeli'nden (Digital Elevation Model - DEM) enterpole edilen irtifa bilgileri (ELEVATION), coğrafi koordinatlarla (LAT, LON) birlikte bu altyapıya entegre edilerek, sonraki adımlarda kullanılacak olan temel topoğrafik ve mekânsal değişkenler derlenmiştir. Bu yaklaşım, sadece konuma bağlı değil, aynı zamanda radyasyon seviyelerini önemli ölçüde etkileyen topoğrafik

faktörleri de modelleme yeteneği kazandırmıştır. Bu veri kümesinin boyut olarak oldukça büyük olması nedeniyle, ilgili dosyalar Google Drive ile web bağlantısı³ şeklinde paylaşılmıştır. Ayrıca her bir düğüm ile bir piksel mesafesinin 300×300 metre karelik alanı temsil ettiğini gösteren uygulama ekran görüntüsüne ait içeriğe dipnot ile verilen bu⁴ bağlantıdan ulaşılabilir.



Şekil 4. 1 Türkiye'nin doğu-batı (a) ve kuzey-güney (b) doğrultularındaki $300 \times 300 \text{ m}^2$ grid ölçeğindeki piksel hesabına ilişkin yaklaşık 14 milyonluk öngörünün QGIS ekran görüntüsü (c) deniz ve sınır dışı kalan alanlarının (yeşil renk) hariç tutulması sonucunda kalan piksel alanları (Siyah renk).

³ https://drive.google.com/file/d/1-b5fs2l5EGGn3gOX5rf7_Gj04irZdJxE/view?usp=sharing

⁴ <https://drive.google.com/file/d/1PCuVUL1JLturMAsaWgUMb0iPplbfmU4F/view?usp=sharing>

4.1.2 Radyonüklid Veri Setinin Dijitalleştirilmesi ve Karakterizasyonu

Makine öğrenmesi modellerinin eğitim ve doğrulaması için kritik öneme sahip olan yersel doğrulama verileri, Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) tarafından yayınlanan Türkiye Radyoaktivite Atlası'ndan (Oğuz vd., 2013; TENMAK-NUKEN, 2022) elde edilmiştir. Bu atlas, Türkiye genelinde toplanan toprak numunelerindeki doğal radyonüklid konsantrasyonlarını ilçe bazında ortalama değerler olarak sunmaktadır. Bu çalışmada, bir tersine mühendislik yaklaşımı benimsenerek, atlas haritalarında renk skalaları ile temsil edilen Ra-226, Th-232 ve K-40 aktivite konsantrasyonları, Türkiye radyoaktivite atlasında raporlanan toplam **929** il ve ilçe merkezi için manuel olarak dijitalleştirilmiş ve sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Bu süreç sonunda her bir lokasyon için coğrafi koordinatlar (Enlem, Boylam), rakım ve üç temel radyonüklidin (Bq/kg cinsinden) aktivite konsantrasyonlarını içeren kapsamlı bir veri seti oluşturulmuştur (Detaylı liste için bkz. Ek-1). Ayrıca dijitalleştirilen ilçe bazlı radyonüklid konsantrasyon verilerinin doğruluğunu ve başarı ölçütünü (ilçe verilerinin il ortalamasını sağlaması) test etmek amacıyla kapsamlı bir tutarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, dijitalleştirilen 929 lokasyona ait Ra-226, Th-232 ve K-40 verileri kullanılarak her ilin aritmetik ortalaması yeniden hesaplanmış ve bu değerler referans kaynak olan Türkiye Radyoaktivite Atlası'nda raporlanan resmi il ortalamaları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, çalışma kapsamında oluşturulan veri setinin, kaynak verilerle istatistiksel olarak tam uyum sağladığı ve nümerik eşitlik ölçütünü karşıladığı belirlenmiştir. İl bazında hesaplanan ortalamalar ile referans atlas değerlerinin karşılaştırmalı listesi Ek-4'te detaylı olarak sunulmuştur. Bu doğrulama, mekânsal modellemede kullanılan temel girdi verilerinin güvenilirliğini kanıtlamaktadır. Oluşturulan bu 929 gözlemleri veri setinin temel tanımlayıcı istatistikleri ve dağılım özellikleri Tablo 4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 4.1'deki bulgular incelendiğinde, Türkiye genelindeki doğal radyonüklid konsantrasyonlarının oldukça geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği görülmektedir. ²²⁶Ra konsantrasyonu ortalama 27.92 Bq/kg iken, 136.60 Bq/kg'a varan yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Benzer şekilde, Th-232 ve K-40 konsantrasyonları da sırasıyla ortalama 33.41 Bq/kg ve 438.05 Bq/kg değerlerinde olup, önemli mekânsal değişkenlik sergilemektedir. Özellikle ⁴⁰K konsantrasyonunun medyan değerinden (415 Bq/kg) daha yüksek bir ortalama değere (438.05 Bq/kg) sahip olması ve 1554.3 Bq/kg gibi çok yüksek bir maksimum değere ulaşması, veri setinde sağa çarpık bir dağılım olduğunu ve

bazı bölgelerde potasyumca zengin jeolojik formasyonların varlığına işaret etmektedir. Bu istatistiksel değişkenlik, Türkiye'nin jeolojik çeşitliliğinin bir yansımasıdır ve mekânsal tahmin modelleri geliştirilirken bu tür geniş veri aralıklarının ve aykırı değerleri etkin bir şekilde yönetebilen dayanıklı yöntemlerin (örn. makine öğrenmesi) kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Veri setindeki noktaların mekânsal dağılımı Kısım 3.5.1.1 de anlatıldığı gibi Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Haritadan da görüleceği üzere, örnekleme noktaları ülke sathına homojen bir şekilde yayılmış olup, nüfus yoğunluğunun ve idari birimlerin olduğu yerleri temsil etmektedir. Bu dağılım, geliştirilecek modellerin ulusal ölçekte genellenebilirliğini sağlamak adına önemli bir avantaj sunmaktadır. Bu iki temel bileşenin (yüksek çözünürlüklü grid ve karakterize edilmiş yersel doğrulama verisi) hazırlanmasıyla, Türkiye'nin çevresel radyasyon özelliklerinin detaylı ve çok katmanlı bir modellemesi için sağlam bir temel oluşturulmuş ve çalışmanın sonraki analitik aşamalarına geçilmiştir.

Tablo 4. 1 Yersel doğrulama veri setindeki (n=929) radyonüklid konsantrasyonlarının ve rakım değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Değişken	Birim	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Rakım	metre	749.17	569.75	807.68	0.50	2861.35
Ra-226	Bq/kg	27.92	17.40	24.50	3.10	136.60
Th-232	Bq/kg	33.41	20.84	27.70	1.01	140.10
K-40	Bq/kg	438.05	219.06	415.00	26.40	1554.3

4.2 AGDR Dağılımı ve Mekânsal Belirsizliği

Çalışmanın bu aşamasında, Türkiye genelindeki AGDR dağılımının yüksek çözünürlüklü bir modelinin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla, 219 adet RADİSA istasyonundan elde edilen noktasal ölçüm verileri, ileri bir jeostatistiksel yöntem olan SGS ile mekânsal tahmin altyapısına aradeğerleme (*interpolate*) olarak dahil edilmiştir. Bu yaklaşım, sadece AGDR'nin en olası mekânsal dağılımını (beklenen değer) ortaya

koymakla kalmamış, aynı zamanda bu tahminin her bir pikseldeki belirsizliğini de nicel olarak modelleme imkânı sunmuştur.

4.2.1 RADİSA Verilerinin Mekânsal Analizi ve Variogram Modellemesi

SGS modelinin temelini oluşturmak üzere, ilk olarak Türkiye genelindeki 219 adet RADİSA istasyonundan elde edilen (EURDEP⁵'den alınmıştır) yıllık ortalama AGDR verileri analiz edilmiştir (bkz. Ek-2). Kısım 3.5.2.2'de ayrıntıları verilmiş olan Şekil 3.5a ve 3.5b'de gösterildiği gibi, bu istasyonlar Türkiye sathına homojen olmayan bir yapıda dağılmıştır; belirli bölgelerde (örneğin Batı Anadolu ve büyük şehirlerin çevreleri) daha yoğunlaşırken, özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun bazı geniş alanlarında daha seyrekler. Bu mekânsal kümelenme ve seyreklik, klasik interpolasyon yöntemlerinin güvenilirliğini azaltırken, mekânsal yapıyı ve veri yoğunluğunu dikkate alan SGS gibi gelişmiş yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

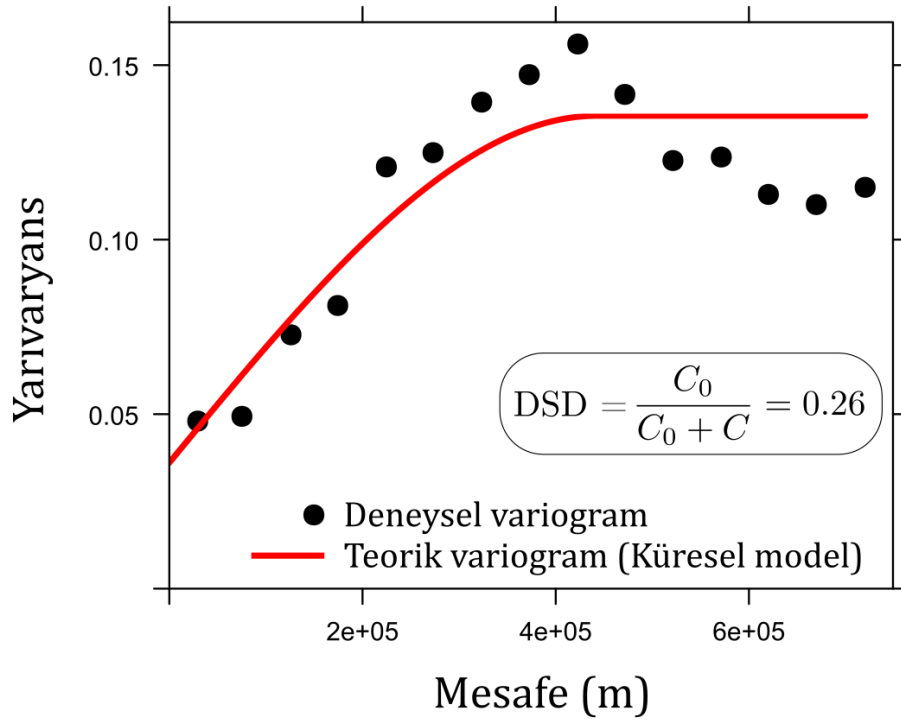
Jeoistatistiksel modellemenin ilk adımı, verinin mekânsal otokorelasyonunu, yani coğrafi olarak birbirine yakın noktaların değerlerinin ne kadar benzer olduğunu modellemektir. Bu amaçla, 219 istasyon verisi kullanılarak bir **deneysel variogram** hesaplanmıştır. Hesaplanan variogram, AGDR değerleri arasındaki varyansın artan mesafe ile nasıl değiştiğini göstermiş ve veride güçlü bir mekânsal süreklilik yapısının varlığını doğrulamıştır (Şekil 4.2). Bu deneysel yapıya en iyi uyumu sağlayan **teorik variogram modeli** (bu çalışma için küresel model) istatistiksel olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bu teorik model, SGS sürecinde ölçüm yapılmayan bir noktadaki değeri tahmin ederken, çevresindeki bilinen noktalara ne kadar ağırlık verileceğini belirleyen matematiksel temel olarak kullanılmıştır.

Bu modelleme süreci sonucunda, mekânsal otokorelasyonun temel karakteristiklerini tanımlayan kritik parametreler elde edilmiştir: Bunlar, verinin mekânsal olarak ilişkili olduğu maksimum mesafeyi ifade eden menzil (*range*, a), ölçüm hatalarını ve mikro ölçekli değişkenliği temsil eden nugget etkisi (*nugget effect*, C_0), mekânsal olarak yapılandırılmış varyansı gösteren kısmi eşik (*partial sill*, C) ve toplam varyansı belirten eşik değeri (*sill*, $C_0 + C$)'dir (Sarma, 2009). Bu parametreler, hem sonraki aşamada kullanılacak olan Sıralı Gauss Simülasyonu'nun (SGS) temelini oluşturmuş hem de çalışma alanındaki mekânsal bağımlılığın gücünü nicel olarak ifade etme imkânı tanımıştır. Mekânsal Bağımlılık Derecesi (MBD) olarak adlandırılan bu gösterge,

⁵ <https://remap.jrc.ec.europa.eu/Advanced.aspx>

nugget etkisinin toplam eşik değerine oranı $[C_0 / (C_0 + C)]$ ile hesaplanır. MBD verideki rastgeleliğin (gürültü) yapısal varyansa oranını gösteren kritik bir göstergedir. Genel kabul görmüş sınıflandırmaya göre, bu oranın %25'ten küçük olması veride güçlü, %25 ile %75 arasında olması orta ve %75'ten büyük olması ise zayıf bir mekânsal bağımlılığın varlığına işaret etmektedir (Cambardella vd., 1994).

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler sonucunda, MBD değeri 0.26 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, birden fazla önemli çıkarım sunmaktadır. İlk olarak, %25'lik güçlü bağımlılık sınırına çok yakın olan bu değer, Türkiye genelindeki AGDR dağılımının rastgele bir desenden ziyade, orta-güçlü bir mekânsal yapı tarafından kontrol edildiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu durum, AGDR seviyelerinin jeolojik formasyonlar, büyük ölçekli topografik yapılar ve bölgesel atmosferik birikim desenleri gibi altta yatan mekânsal süreçlerle yakından ilişkili olduğunu teyit eder. İkinci olarak, toplam varyansın %74 gibi büyük bir kısmının mekânsal olarak yapılandırılmış olması, ölçüm noktaları arasında anlamlı ve öngörülebilir bir ilişki olduğunu gösterir. Bu durum, bilinmeyen noktalardaki değerlerin, bilinen komşu noktalardaki değerlerden tahmin edilmesine olanak tanıyan jeostatistiksel yöntemlerin (Kriging ve SGS gibi) bu veri seti için kullanılmasının hem geçerli hem de bilimsel olarak zorunlu olduğunu güçlü bir şekilde doğrulamaktadır. Eğer bu oran yüksek (zayıf bağımlılık) olsaydı, mekânsal interpolasyonun anlamlılığı azalacak ve tahminlerin güvenilirliği düşecekti (Jin Li ve Heap, 2014). Son olarak, %26'lık MBD kaynaklı *nugget* etkisi, ölçüm hatalarının yanı sıra, istasyonlar arası mesafeden daha küçük ölçeklerdeki yerel değişkenliklerin (örneğin, mikro-topoğrafya, lokal toprak tipi farklılıkları) de toplam varyansa anlamlı bir katkı yaptığını göstermektedir. Bu nedenle, çalışmamızda deterministik bir yöntem olan Kriging yerine, bu küçük ölçekli belirsizliği de modelleyebilen stokastik bir yöntem olan SGS'nin tercih edilmesi, tam da bu %26'lık *nugget* etkisini hesaba katma ve daha gerçekçi bir belirsizlik analizi sunma amacını taşımaktadır. Dolayısıyla, elde edilen 0.26 MBD değeri, bu çalışmada seçilen metodolojik yol haritasının doğruluğunu ve sağlamlığını teyit eden temel bir kanıt niteliğindedir.



Şekil 4. 2 AGDR verileri için elde edilen deneysel ve teorik variogram

4.2.2 SGS ile Elde Edilen AGDR Haritası (E-Tipi Tahmin)

Klasik Kriging yöntemlerinin yumuşatma etkisinden kaçınarak yerel değişkenlikleri daha gerçekçi bir şekilde korumak amacıyla bu çalışmada SGS yöntemi tercih edilmiştir (Goovaerts, 1997). Ayrıntıları kısım 3.5.2.2’de anlatılmış olan SGS ile tek bir optimal tahminden ziyade, veri setinin histogramını ve variogramını koruyan çok sayıda eşit olasılıklı gerçekleşme (realizasyon) oluşturulmuştur. Bu çalışmada, R programlama ortamında 100 adet stokastik AGDR realizasyonu üretilmiştir. Şekil 4.3’de, bu 100 simülasyondan rastgele seçilmiş altı farklı realizasyon örneğine ait program ekran görüntüsü sunulmaktadır. Görüldüğü gibi, her bir realizasyon genel mekânsal deseni korurken, küçük ölçekli yerel ayrıntılarda farklılıklar göstermektedir. Bu yaklaşım, AGDR dağılımının doğal heterojenliğini ve olası tüm senaryoları temsil etme gücüne sahiptir (Qu vd., 2013).

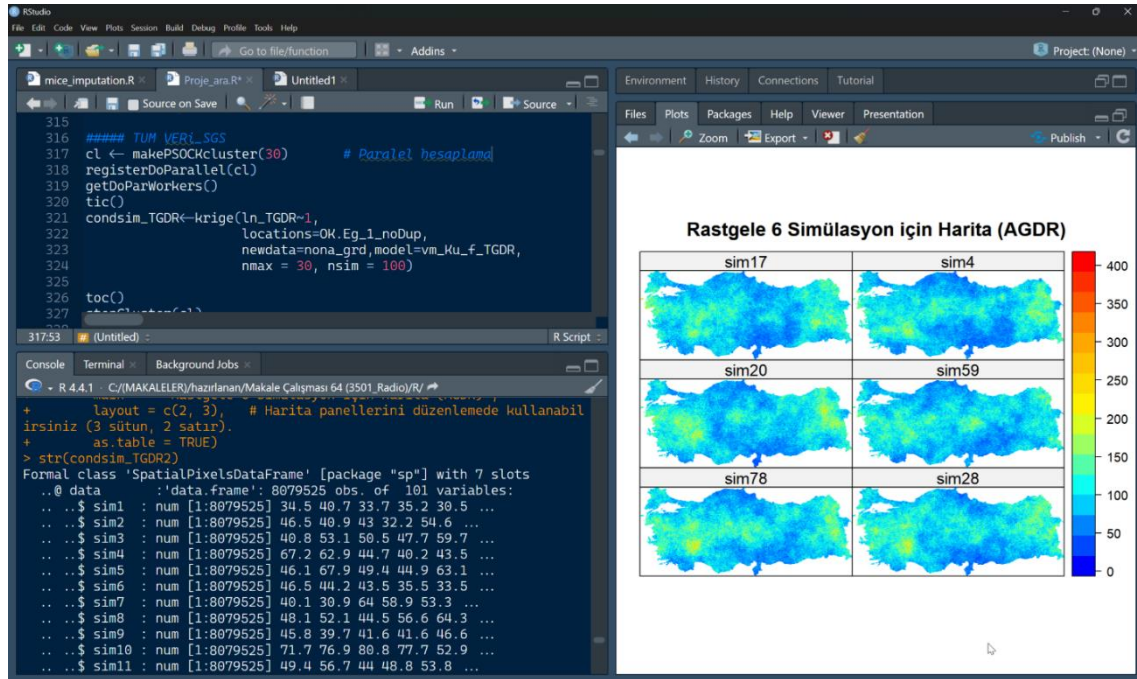
Bu 100 adet realizasyonun her bir pikseldeki ortalaması alınarak, AGDR’nin beklenen değerini temsil eden E-tipi tahmin haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.4). Bu haritanın yüksek çözünürlüklü vektör formatına (PDF olarak) dipnot⁶ ile verilen bağlantı

⁶ <https://drive.google.com/file/d/1r-rnZAEolQ7Hkc7cfl15MfPQcUjQsdXh/view?usp=sharing>

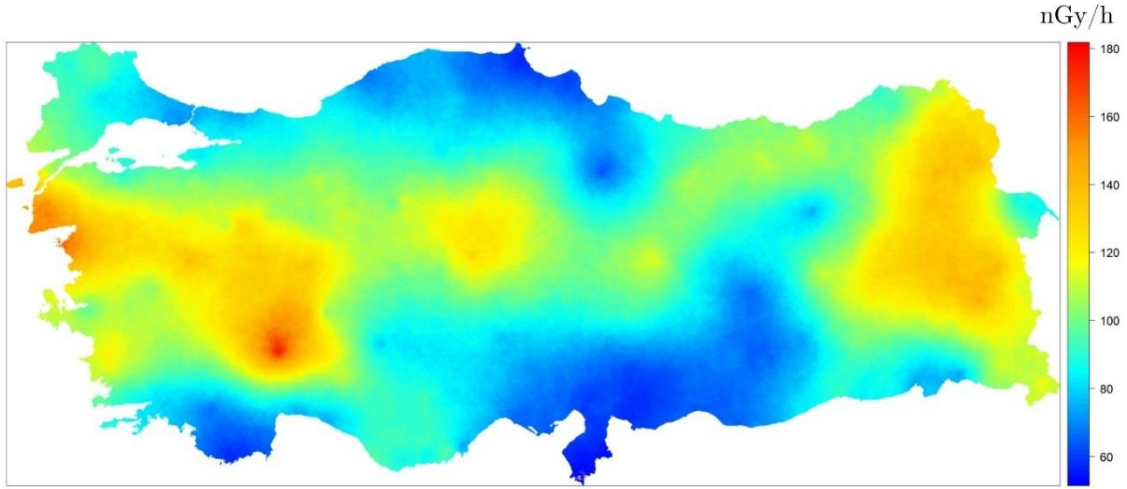
adresinden ulaşılabilir. Bu harita, çalışmanın bu aşamasındaki ana çıktılarından biridir ve Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü AGDR dağılımını göstermektedir. Harita incelendiğinde, Türkiye'deki AGDR seviyelerinin belirgin coğrafi desenler sergilediği açıkça görülmektedir:

- Yüksek AGDR Bölgeleri: Özellikle Trakya'nın batısı (Istranca Masifi), Ege bölgesi (özellikle iç batı Ege), Doğu Karadeniz Dağları'nın iç kesimleri ve bazı Doğu Anadolu bölgeleri, granitik ve volkanik kayalar açısından zengin jeolojik yapısına bağlı olarak 120-180 nGy/h aralığında yüksek AGDR seviyeleri sergilemektedir.
- Düşük AGDR Bölgeleri: Akdeniz ve Orta ve Batı Karadeniz şeridinin büyük bir kısmı ile İç Anadolu'nun güneyindeki karstik ve sedimanter kayaların hâkim olduğu havzalar, genellikle daha düşük radyonüklid konsantrasyonları içerdiklerinden 60-80 nGy/h gibi ülkenin en düşük AGDR değerlerine sahiptir.
- Orta Seviyeler: Ülkenin geri kalan büyük bir kısmı ise 80-120 nGy/h aralığında, dünya ortalamasına yakın AGDR seviyeleri göstermektedir.

Bu bulgular, AGDR dağılımının sadece rastgele bir desen olmadığını, altta yatan jeolojik ve coğrafi faktörlerle güçlü bir ilişkisi olduğunu teyit etmektedir.



Şekil 4. 3 R ortamında gerçekleştirilen simülasyondan rastgele seçilen 6 realizasyonun dağılım görünümü ve çıktı sonuçları.



Şekil 4. 4 Türkiye geneli için AGDR ölçümlerinin SGS ile belirlenen E-tipi tahmin dağılımları

4.2.3 Tahmin Belirsizliğinin Haritalanması ve Yorumlanması

Jeoistatistiksel modellemenin amacı sadece bilinmeyen lokasyonlar için en olası değeri tahmin etmek değil, aynı zamanda bu tahminin güvenilirliğini veya belirsizliğini de kantitatif olarak değerlendirmektir. Bu çalışmada, Sıralı Gauss Simülasyonu (SGS) yaklaşımının en güçlü yönlerinden biri olan belirsizlik analizi, üretilen 100 adet realizasyon kullanılarak iki farklı metrikle gerçekleştirilmiştir: mutlak belirsizliği gösteren standart sapma (SD) ve görel belirsizliği (*relative uncertainty*) ifade eden değişim katsayısı (*Coefficient of Variation, CV*). Bu iki haritanın birlikte yorumlanması, AGDR tahminlerinin mekânsal güvenilirliğinin çok yönlü bir analizini sunmaktadır.

Şekil 4.5, 100 simülasyonun her bir pikseldeki standart sapmasını gösteren mekânsal belirsizlik haritasını sunmaktadır. Bu haritanın yüksek çözünürlüklü vektör formatına (PDF olarak) dipnot⁷ ile verilen bağlantı adresinden ulaşılabilir. Bu harita, AGDR tahminlerindeki mutlak varyasyonun coğrafi dağılımını ifade eder. Harita incelendiğinde, standart sapmanın en yüksek olduğu bölgelerin (pembe/sarı renkler, ~30-50 nGy/h), Şekil 4.4'daki E-tipi tahmin haritasında AGDR değerlerinin de en yüksek olduğu Doğu Karadeniz Dağları, Doğu Anadolu, Ege bölgesi ve Batı Anadolu'nun bazı bölgeleri ile örtüştüğü görülmektedir. Bu bulgu, genelde ortalaması daha yüksek olan dağılımların varyansının da daha fazla olma eğiliminde olduğunu belirten (heteroscedasticity) istatistiksel beklenti ile uyumluluk göstermektedir. Bu

⁷ https://drive.google.com/file/d/1uFKOKvvDo2pb0OIP-FSlzTcl_wcedWui/view?usp=sharing

nedenle, standart sapma haritasının bağımsız bir şekilde değerlendirilmesi, yüksek AGDR bölgelerindeki tahminlerin doğasının gereği olarak daha belirsiz olduğu yönünde yanıltıcı bir izlenim yaratabilir. Bu metrik, mutlak hata miktarını saptamak için değerli olmakla birlikte, belirsizliğin asıl kaynağının, veri yetersizliği mi yoksa yüksek ortalama değerler mi olduğunu, tam olarak belirleyemez.

Bu potansiyel yorumlama hatasını ortadan kaldırmak ve belirsizliği tahminin kendi büyüklüğüne göre normalize ederek daha adil bir değerlendirme sunmak amacıyla, her piksel için değişim katsayısı ($CV = \text{Standart Sapma} / \text{ortalama AGDR}$) hesaplanarak bir göreceli belirsizlik haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.6). Bu haritanın yüksek çözünürlüklü vektör formatına (PDF olarak) dipnot⁸ ile verilen bağlantı adresinden ulaşılabilir. Değişim katsayısı, standart sapmayı ortalamasının bir yüzdesi olarak ifade ettiği için, farklı ortalama değerlere sahip bölgeler arasındaki belirsizliği daha anlamlı bir şekilde karşılaştırma imkânı tanır (Brown, 2012). Şekil 4.6'daki CV haritası, tahmin belirsizliğinin asıl mekânsal yapısını çok daha net bir şekilde ortaya koymaktadır:

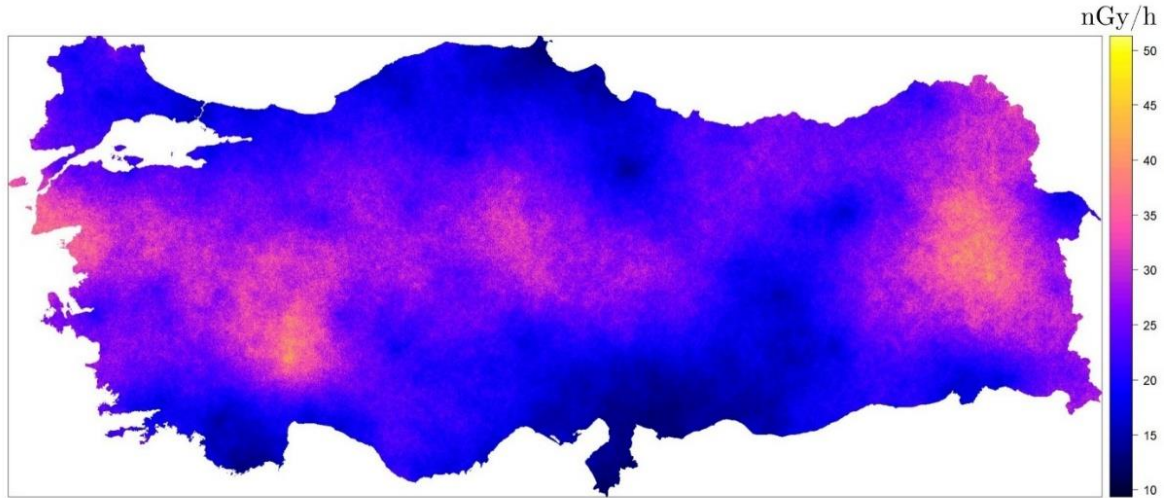
- Yüksek Göreceli Belirsizlik Bölgeleri (Sarı/Kırmızı Renkler, $CV > 0.35$): CV değerlerinin en yüksek olduğu alanlar, RADİSA ölçüm istasyonlarının (Şekil 6b) coğrafi olarak en seyrek olduğu İç Anadolu'nun güneyi, Güneydoğu Anadolu'nun bazı kısımları ve Doğu Anadolu'nun veri boşlukları içeren geniş arazileridir. Bu bölgelerde model, ölçüm verilerinden yeterince destek alamadığı için tahminlerinin ortalamaya göre göreceli belirsizliği artmaktadır.
- Düşük Göreceli Belirsizlik Bölgeleri (Mavi/Yeşil Renkler, $CV < 0.25$): Göreceli belirsizliğin en düşük olduğu bölgeler ise istasyon ağının yoğunlaştığı Marmara, Ege ve Batı Karadeniz bölgeleriyle mükemmel bir uyum sergilemektedir. Modelin, çok sayıda veri noktasıyla beslendiği bu alanlarda yaptığı tahminler, ortalama değerlerine kıyasla daha tutarlı ve güvenilirlerdir.

Bu sonuçlar farklı çalışma alanları için elde edilen literatürdeki benzer bulguları desteklemektedir. Örneğin, Qu vd. (2013) ve Zhang vd. (2017) tarafından yapılan çalışmalarda, SGS'nin ürettiği belirsizlik haritalarının örnekleme yoğunluğunun azaldığı bölgelerde tahmin varyansının doğal olarak arttığını etkin bir şekilde gösterdiği vurgulanmıştır (Qu vd., 2014; S. Zhang vd., 2017). Ayrıca Goovaerts (2001) ve Pyrz ve Deutsch (2014), SGS'nin ürettiği belirsizlik ölçütlerinin sadece veri

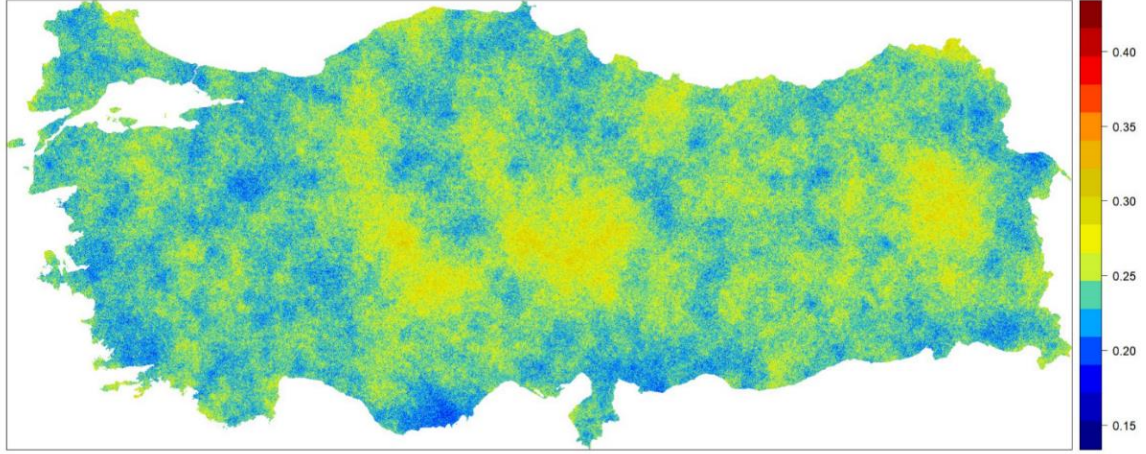
⁸ <https://drive.google.com/file/d/1N1HvIumFG3NgVC0DksVNbk1qB-VW0FC7/view?usp=sharing>

konfigürasyonuna (mesafe ve yoğunluk) değil, aynı zamanda veri değerlerinin kendisine de duyarlı olduğunu rapor etmişlerdir. Dolayısı ile çalışmada elde edilen Standart sapma haritamız (Şekil 4.5) bu veri değeri bağımlılığını yansıtırken, CV haritamız (Şekil 4.6) veri konfigürasyonundan kaynaklanan belirsizliği daha açık bir şekilde göstermektedir. Bu durum, modelimizin hem istatistiksel olarak tutarlı hem de mekânsal olarak doğru sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada hem mutlak hem de görel belirsizliğin haritalanması, modelin güvenilirliğinin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Bu belirsizlik bilgisi, gelecekteki izleme ağı optimizasyonu için stratejik bir girdi sağlamanın yanı sıra, Eşitlik 10b'de formüle edilen "**Belirsizlik**" teriminin nicel bir karşılığı olarak da kritik bir role sahiptir. Nihai radyonüklid tahmin modeline hem E-tipi AGDR tahmini hem de CV haritasından elde edilen görel belirsizlik bilgisi birer girdi olarak sunulurken, makine öğrenmesi algoritmasının sadece en olası değeri değil, aynı zamanda o değere duyulan güveni de öğrenmesi sağlanmıştır. Bu, çalışmamızın bilimsel sağlamlığını artıran ve deterministik yaklaşımların ötesine taşıyan bir adımdır.



Şekil 4. 5 Türkiye geneli için 100 adet SGS realizasyonundan elde edilen AGDR tahminlerinin her pikseldeki standart sapma (mutlak belirsizlik) haritası



Şekil 4. 6 Her pikseldeki AGDR tahmini için hesaplanan değişim katsayısı ($CV = SD/Ortalama$) haritası. Renk skalası, standart sapmanın ortalamaya oranını (görel belirsizlik) göstermektedir ve birimsizdir.

4.3 CGDR Dağılımının Vekil Model ile Tahmini

Doğal radyasyonun önemli bir bileşeni olan CGDR, karasal bileşenin aksine, doğrudan yer kabuğu jeolojisine değil, coğrafi konum (enlem, boylam) ve özellikle rakım gibi parametrelere bağlı olan karmaşık bir fiziksel sürece dayanır (Sato, 2016a). Bu bileşenin doğru bir şekilde modellenmesi, toplam radyasyon dozundan karasal bileşeni (TGDR) doğru bir şekilde ayrıştırabilmek için kritik öneme sahiptir. Bu aşamada, her bir piksel için CGDR değerlerini hesaplama maliyeti yüksek olan EXPACS fiziksel modelini çalıştırmak yerine, bu modelin davranışını çok daha verimli bir şekilde taklit eden bir makine öğrenmesi vekil modeli (*surrogate model*) geliştirilmiştir.

4.3.1 Vekil Model Performanslarının Karşılaştırılması ve Model Seçimi

Vekil modelin geliştirilmesi amacıyla, Türkiye sathını temsil eden 100,000 adet rastgele noktada, EXPACS programı kullanılarak CGDR değerleri doğrudan hesaplanmıştır. Bu veri seti (Girdiler: enlem (derece), boylam (derece), rakım (metre); Çıktı: CGDR (nGy/h)), literatürde mekânsal modelleme konusunda yüksek başarı sergileyen altı farklı makine öğrenmesi algoritmasının (Cubist, XGBoost, RF, SVR, MARS, BRNN) eğitimi ve karşılaştırılması için kullanılmıştır.

Modellerin genellenebilirlik yeteneğini ve performansını objektif bir şekilde değerlendirmek için veri seti literatürle uyumlu biçimde %80 eğitim (%20 test) olarak

ayrılmış ve eğitim sürecinde 10 katlı çapraz doğrulama uygulanmıştır (Fonseca vd., 2022; Gholamy vd., 2018). Test veri seti üzerindeki vekil model performansları, dört temel metrik (RMSE, R^2 , MAE ve ρ_c) kullanılarak değerlendirilmiştir: Sonuçlar Tablo 4.2'de özetlenmektedir.

Tablo 4. 2 CGDR tahmin modellerinin test veri seti üzerindeki performans metriklerinin karşılaştırılması.

Model	RMSE (nGy/h)	R^2	MAE (nGy/h)	ρ_c
Cubist*	1.6708	0.9932	0.1199	0.9929
XGBoost	1.7287	0.9891	0.1287	0.9891
RF	1.8112	0.9856	0.1256	0.9876
SVR	1.8564	0.9822	0.1292	0.9834
MARS	1.8956	0.9801	0.1303	0.9810
BRNN	1.9151	0.9798	0.1376	0.9801

*En iyi performans gösteren modeli temsil etmektedir

Tablo 4.2'de sunulan performans metrikleri, test edilen tüm makine öğrenmesi algoritmalarının, EXPACS tarafından üretilen CGDR değerlerini tahmin etmede olağanüstü bir başarı sergilediğini göstermektedir. Tüm modeller için R^2 değerlerinin 0.979'un üzerinde olması, modellerin, verideki toplam varyansın %97'sinden fazlasını açıklayabildiğini göstermektedir. Bu bulgu, enlem, boylam ve rakım gibi basit coğrafi girdilerin CGDR seviyesini son derece yüksek bir doğrulukla belirleyebildiğini teyit etmektedir. Modeller arasında yapılan detaylı karşılaştırmada, Cubist modelinin tüm metriklerde en üstün performansı sergilediği açıkça görülmektedir. 1.6708 nGy/h'lik en düşük RMSE değeri ile en küçük ortalama tahmin hatasına sahip olan Cubist, aynı zamanda 0.9932'lik en yüksek R^2 değeriyle verideki varyansı en iyi açıklayan model olmuştur. Ayrıca, 0.9929'luk Lin Uyum Korelasyon Katsayısı (ρ_c), Cubist modelinin tahminlerinin sadece korelasyonel olarak değil, aynı zamanda 1:1 doğrusuna (mükemmel uyum doğrusu) en yakın konumlandığını da kanıtlamaktadır. Bu sonuçlar, kural tabanlı bir regresyon modeli olan Cubist'in, bu spesifik problemdeki doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkileri diğer karmaşık algoritmalarından daha etkin bir şekilde yakalayabildiğini göstermektedir. Bu nedenle, Türkiye sathındaki yaklaşık 8 milyon

pikselin tamamı için CGDR değerlerini tahmin etmek üzere en uygun vekil model olarak Cubist algoritması seçilmiştir.

4.3.2 Türkiye'nin Yüksek Çözünürlüklü CGDR Haritası ve Fiziksel Yorumlaması

Seçilen eğitilmiş Cubist modeli, çalışmanın ilk adımında oluşturulan ~8 milyon piksellik grid ağının tamamına uygulanarak Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü CGDR haritası üretilmiştir (Şekil 4.7). Bu haritanın yüksek çözünürlüklü vektör formatına (PDF olarak) dipnot⁹ ile verilen bağlantı adresinden ulaşılabilir. Bu harita, kozmik radyasyonun Türkiye üzerindeki mekânsal dağılımını detaylı bir şekilde görselleştirmekte ve fiziksel beklentilerle çarpıcı bir uyum sergilemektedir.

Haritadaki en belirgin desen, CGDR seviyelerinin rakım ile olan güçlü pozitif korelasyonudur. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki yüksek rakımlı dağlık araziler (Ağrı, Erzurum, Kars platoları, Rize-Artvin sınırı Kaçkar dağları gibi) 150-200 nGy/h gibi ülkenin en yüksek CGDR değerlerini sergilerken (koyu mor ve turuncu renkler), Ege ve Akdeniz'in kıyı şeridindeki alçak rakımlı bölgeler ve sahil şeridi 50 nGy/h'nin altında (koyu mavi renkler) en düşük değerleri göstermektedir. Bu durum, kozmik ışın akısının atmosferik zırlamanın azalmasıyla birlikte irtifa arttıkça üstel olarak artması şeklindeki temel fiziksel prensiple tamamen tutarlıdır (Cinelli vd., 2017; Sato, 2015; UNSCEAR, 2008).

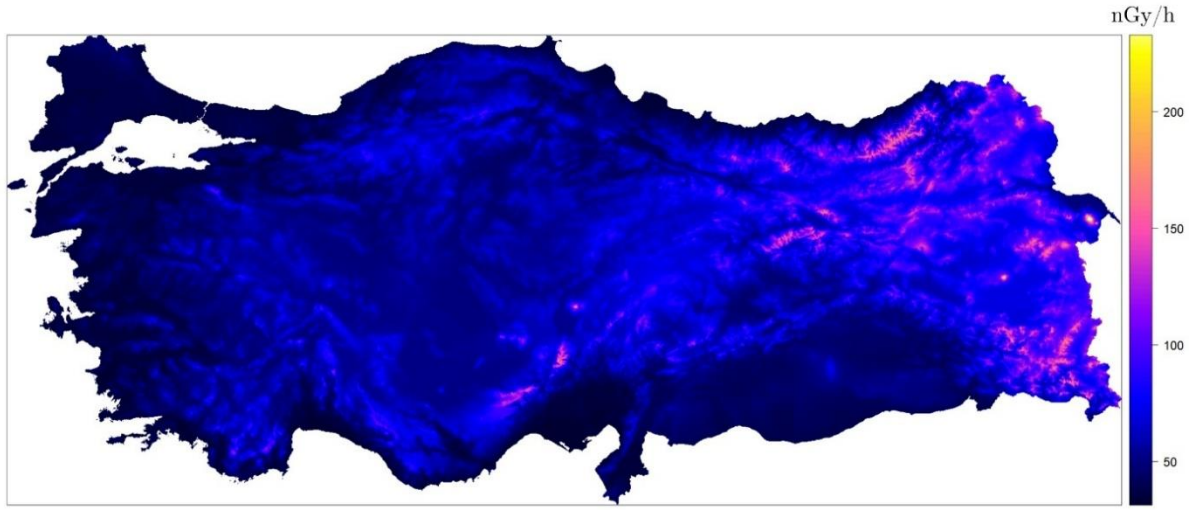
İkinci olarak, haritada enleme bağlı bir gradyan da gözlemlenmektedir. Aynı rakım seviyelerindeki noktalar karşılaştırıldığında, kuzeydeki (yüksek enlemli) bölgelerin güneydeki (düşük enlemli) bölgelere göre bir miktar daha yüksek CGDR seviyelerine sahip olduğu görülmektedir. Bu, Dünya'nın manyetik alanının kozmik ışınlarla karşı bir kalkan görevi görmesi ve bu korumanın manyetik ekvatorda en güçlü, kutuplara doğru ise en zayıf olmasından kaynaklanan enlem etkisi (*latitude effect*) ile açıklanmaktadır (Cinelli vd., 2017; Liu vd., 2018; Sheu ve Jiang, 2003).

Şekil 13'de bu ulusal dağılımın bazı iller özelinde detayları sunulmuştur. Örneğin Artvin, İstanbul ve Sinop gibi hem yüksek hem alçak rakımlı arazilere sahip illerde il içi CGDR varyasyonunun ne kadar belirgin olduğu açıkça görülebilmektedir. Tüm illere ait detaylı CGDR haritaları dipnot¹⁰ ile verilen bağlantıdan ulaşılabilir durumdadır

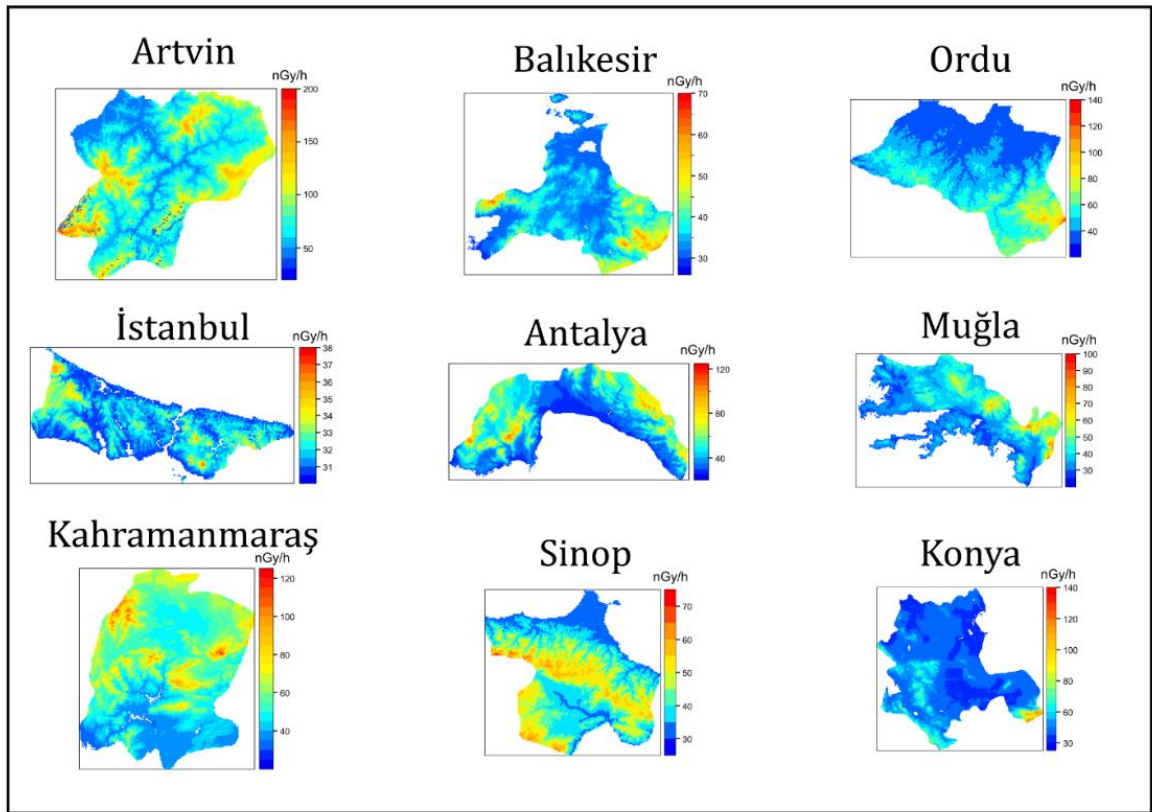
⁹ <https://drive.google.com/file/d/1jX15g6P60VDZ-proryLjCVsArk6ffIDB/view?usp=sharing>

¹⁰ <https://drive.google.com/drive/folders/1M2Viwh-trvFEJh4hACdImCHtLDLtgZua?usp=sharing>

(Çalışmada haritalar mSv/y biriminde hazırlanmış sonrasında doz dönüşümü ile nGy/h birimine çevrilmiştir).



Şekil 4. 7 Türkiye geneli için EXPACS modeli ile oluşturulan CGDR dağılımı



Şekil 4. 8 Seçilen bazı iller için CGDR dağılımları.

Sonuç olarak, coğrafi koordinatlar ve rakım gibi kolayca erişilebilir üç girdi kullanılarak eğitilen bir makine öğrenmesi modelinin, karmaşık bir fiziksel olguyu bu kadar yüksek bir doğrulukla yeniden üretebilmesi, bu yaklaşımın gücünü ve verimliliğini kanıtlamaktadır. Elde edilen CGDR haritası, sadece istatistiksel bir modelin çıktısı değil, aynı zamanda temel radyasyon fiziği prensipleriyle tamamen uyumlu, fiziksel olarak anlamlı bir üründür. Bu harita, AGDR'den karasal bileşenin ayrıştırılması sürecinde güvenilir bir temel oluşturarak projenin bir sonraki ve en kritik adımı için sağlam bir zemin hazırlamıştır.

4.4 Toprak Radyonüklid Konsantrasyonlarının Ulusal Ölçekte Modellenmesi

Bu çalışmanın nihai ve en merkezi aşaması, önceki adımlarda modellenen mekânsal katmanları (AGDR, CGDR, Belirsizlik) ve coğrafi bilgileri (Enlem, Boylam, Rakım) girdi olarak kullanarak (ayrıntıları Kısım 3.3.4'de verilmiştir), Türkiye'nin yüzey toprağındaki temel doğal radyonüklidlerin (Ra-226, Th-232, K-40) aktivite konsantrasyonlarını tahmin eden makine öğrenmesi modellerinin geliştirilmesidir. Bu bölüm, bu modellerin oluşturulma sürecini, performans değerlendirmelerini ve elde edilen bulguları detaylı bir şekilde sunmaktadır.

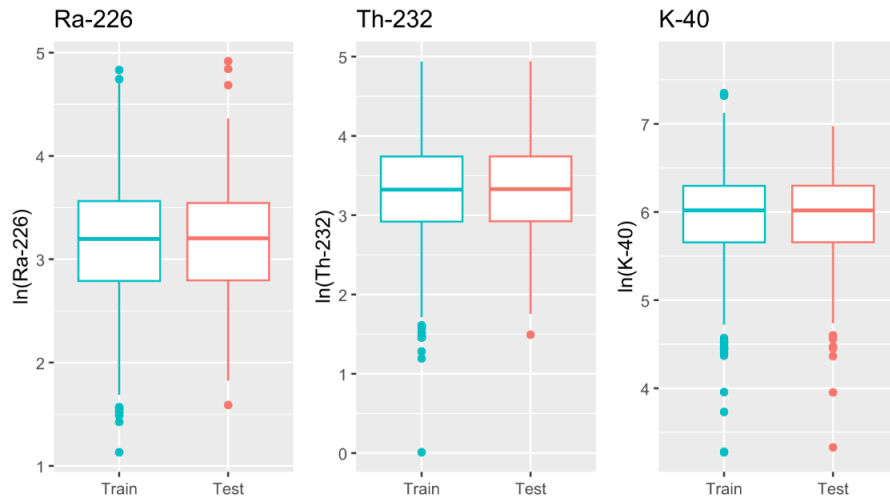
4.4.1 Nihai Modellerin Geliştirilmesi ve Performans Değerlendirmesi

Çalışmada her bir radyonüklid (Ra-226, Th-232, K-40) ayrı bir hedef değişken olarak ele alınmış ve her biri için bağımsız ML modelleri geliştirilmiştir. Bu süreç, metodolojinin 3.5.2.4 bölümünde detaylandırıldığı üzere, Radyoaktivite Atlası'ndan elde edilen 929 noktalık yersel doğrulama verisi ile önceki adımlarda üretilen yüksek çözünürlüklü mekânsal katmanların birleştirilmesiyle oluşturulan nihai eğitim veri setini kullanmıştır. Bu veri setine ait girdi değerlerinin ve tahmin edici **değişkenlerin tamamı Ek-3** ile verilmiştir.

Modellerin genellenebilirlik performansını uygun bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla, 929 gözlemleri veri seti her bir radyonüklid için ayrı ayrı ve literatüre uygun bir şekilde rastgele olarak %80 eğitim (745 veri) ve %20 test (184 veri) verisi şeklinde bölünmüştür (Gholamy vd., 2018). Şekil 4.9, bu bölünmenin her üç radyonüklidin logaritmik olarak dönüştürülmüş değerleri için eğitim ve test setlerinin istatistiksel dağılımlarını karşılaştıran kutu-bıyık (boxplot) grafiklerini sunmaktadır. Grafiklerden de görüldüğü gibi, her bir radyonüklid için eğitim (turkuaz) ve test (pembe) veri setlerinin medyanları, çeyreklik aralıkları (IQR) ve genel dağılım yapıları birbirine

oldukça yakındır. Bu durum, yapılan rastgele bölümlenmenin başarılı olduğunu, eğitim ve test setlerinin ana veri setini istatistiksel olarak iyi temsil ettiğini ve bu sayede model performans değerlendirmesinin yansız (*unbiased*) olacağını göstermektedir.

Eğitim sürecinde, R caret paketi kullanılarak 3 kez tekrarlanan 10-katlı adaptif çapraz doğrulama (*3-repeated 10-fold adaptive cross-validation*) yöntemiyle dayanıklı bir model eğitimi gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, modelin tüm veri setini etkin bir şekilde öğrenmesini sağlarken, aşırı öğrenme (*overfitting*) riskini minimize eder. Altı farklı ileri düzey ML algoritması (XGBoost, RF, Cubist, BRNN, MARS, SVR) ile verilerin eğitimi gerçekleştirilmiş ve süreç sonunda test verileri ile modellerin başarıları değerlendirilmiştir. Modellerin performansı, hem çapraz doğrulama sürecindeki eğitim verisi üzerinde hem de daha önce hiç görmedikleri test verisi üzerinde, RMSE, MAE, R^2 ve ρ_c , metrikleri ile değerlendirilmiştir. Eğitim verileri için 3 kez tekrarlanan 10 katlı çapraz doğrulama sonucunda elde edilen öğrenme performans sonuçları Tablo 4.3 ile özetlenmektedir.



Şekil 4.9 Ra-226, Th-232 ve K-40 konsantrasyonlarının logaritmik değerlerinin Eğitim (turkuaz) ve Test (pembe) veri setleri için dağılımlarını gösteren kutu-bıyık grafikleri.

Tablo 4.3'teki sonuçlar bütüncül olarak incelendiğinde, **XGBoost** modelinin her üç radyonüklid için de diğer algoritmalara kıyasla bir üstünlük kurduğu açık bir şekilde görülmektedir. Bu üstünlük, sadece geleneksel hata metriklerinde (RMSE, R^2) değil, aynı zamanda modelin tahminlerinin ne kadar doğru ve hassas olduğunu gösteren diğer ek metriklerde de kendini göstermektedir. Ra-226 ve Th-232 tahmininde XGBoost modeli, sırasıyla 0.81 ve 0.82 gibi oldukça yüksek R^2 değerlerine ulaşmıştır. Bu, modelin eğitim verisindeki toplam varyansın %80'inden fazlasını, tanımlanan 11 adet

girdi değişkeni (Kısım 3.5.2.4 de detayları anlatılan) ile açıklayabildiğini göstermektedir. Rakip modeller olan RF ve Cubist ise bu radyonüklidler için %40-60 aralığında kalan R^2 değerleri ile belirgin şekilde geride kalmıştır. Hata metriklerine bakıldığında, XGBoost'un Ra-226 için 7.57 Bq/kg ve Th-232 için 9.98 Bq/kg'lık RMSE değerleri, RF ve Cubist'in ~13-17 Bq/kg aralığındaki hatalarının neredeyse yarısı kadardır. Bu, XGBoost'un tahminlerinin gerçek değerlere çok daha yakın olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak en çarpıcı bulgu, ρ_c ile temsil edilen uyum eğrisindeki sapma değeri ile ortaya çıkmaktadır. XGBoost modeli, Ra-226 için 0.89 ve Th-232 için 0.85'lik ρ_c değerleri ile yüksek seviye bir uyum sergilemektedir. Bu da XGBoost'un genel bir sistematik tahmin hatası (*bias*) üretmediğini doğrulamaktadır. Bir diğer radyoizotop olan K-40 için model performansları genel olarak diğer iki radyonüklide göre daha düşük olmakla birlikte, XGBoost yine de en başarılı model olarak öne çıkmaktadır. Tablo 4.3'e göre 0.68'lik R^2 ve 0.71'lik ρ_c değeri, modelin K-40 dağılımındaki varyansın yaklaşık üçte ikisinden fazlasını başarıyla modellediğini göstermektedir. Diğer tüm modeller bu metriklerde %50'nin altında kalmıştır. K-40 konsantrasyon değerlerinin çok daha yüksek ve aralığının daha geniş olması (Bkz. Tablo 4.1), RMSE değerlerinin doğal olarak daha yüksek olmasına yol açmaktadır. Ancak bununla beraber XGBoost'un 145.66 Bq/kg'lık hatası, en yakın rakibinden (~188 Bq/kg) önemli ölçüde daha düşük olduğu görülmektedir.

Bir makine öğrenmesi modelinin gerçek başarısı, eğitim sürecinde hiç görmediği bağımsız bir veri seti üzerindeki genellenebilirlik performansı ile ölçülür. Bu kritik değerlendirme amacıyla, başlangıçta ayrılan %20'lik test verisi kullanılarak tüm modellerin nihai performansı sınanmıştır. Tablo 4.4, bu test sürecinden elde edilen ve modellerin gerçek dünya performansını yansıtan metrikleri özetlemektedir. Test verisi sonuçları, eğitim verisi üzerinde gözlemlenen eğilimleri güçlü bir şekilde teyit etmekte ve XGBoost modelinin genellenebilirlik yeteneğinin diğer algoritmalara kıyasla açık bir şekilde üstün olduğunu ortaya koymaktadır. Her üç radyonüklid için de en düşük RMSE ve en yüksek R^2 ve ρ_c değerlerine ulaşan XGBoost, bu mekânsal tahmin problemini çözmede en dayanıklı ve güvenilir yaklaşım olduğunu göstermiştir.

Test sonuçları, XGBoost modelinin her üç radyonüklid için de test verisindeki varyansın önemli bir bölümünü (%55 ile %73 arasında) başarıyla açıkladığını göstermektedir. Özellikle Th-232 ($R^2=0.67$) ve K-40 ($R^2=0.73$) için elde edilen yüksek R^2 değerleri, modelin bu radyonüklidlerin mekânsal dağılımını belirleyen temel çevresel

ilişkileri (AGDR, rakım, vb. ile olan ilişkiler) başarılı bir şekilde öğrendiğini ve yeni verilere genelleştirebildiğini ortaya koymaktadır. Ra-226 için elde edilen daha orta seviye R^2 değeri (0.55), bu radyonüklidin dağılımının modele dahil edilen girdi değişkenleri tarafından tam olarak açıklanamayan ek yerel jeolojik faktörlere daha duyarlı olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca veri seti içindeki aykırı birkaç değerlerin bu performans düşüşüne neden olduğu düşünülmekte ve bu durum sonraki kısımlarda Şekil 4.10 ile gösterilmiş olan çapraz doğrulama diyagramı ile tartışılmaktadır.

Tablo 4.3 Modellerin 3 kez tekrarlanan 10-katlı çapraz doğrulama (Eğitim Verisi) üzerindeki performans metrikleri.

Radionüklid	Model	RMSE	MAE	R^2	ρ_c
Ra-226	XGBoost	7.57	3.99	0.81	0.89
	RF	12.96	8.62	0.60	0.53
	Cubist	13.94	9.60	0.39	0.47
	MARS	15.91	10.73	0.19	0.27
	SVR	15.56	10.60	0.23	0.25
	BRNN	16.76	11.53	0.13	0.13
Th-232	XGBoost	9.98	5.96	0.82	0.85
	RF	16.43	11.06	0.57	0.50
	Cubist	16.97	11.73	0.44	0.48
	SVR	18.97	12.86	0.21	0.32
	MARS	19.45	13.48	0.23	0.28
	BRNN	20.28	13.91	0.15	0.19
K-40	XGBoost	145.66	91.02	0.68	0.71
	RF	188.44	120.15	0.46	0.43
	Cubist	203.16	135.63	0.29	0.35
	BRNN	225.25	153.89	0.09	0.15
	MARS	226.47	155.76	0.08	0.14
	SVR	222.27	153.16	0.10	0.11

XGBoost'un bu yüksek başarısı, algoritmanın temel çalışma prensiplerine atfedilebilir. Bir topluluk öğrenmesi yöntemi olan XGBoost, ayrıntıları Kısım 3.2.2 de anlatılmış olan boosting adı verilen iteratif bir süreçle çalışır. Bu süreçte her adımda bir önceki zayıf öğrenicinin (karar ağacı) hatalarını düzeltmeye odaklanan yeni bir öğrenici ekler (Chen ve Guestrin, 2016). Bu iteratif düzeltme mekanizması, modelin karmaşık ve gürültülü veri setlerindeki gizli kalmış desenleri dahi yakalamasına olanak tanır. Ayrıca, XGBoost'un aşırı öğrenmeyi (*overfitting*) önlemek için entegre düzenleme (L1 ve L2)

terimleri içermesi, modelin eğitim verisini ezberlemek yerine genellenebilir desenler öğrenmesini sağlar. Bu özellik, eğitim ve test performansları arasındaki farkın diğer modellere kıyasla daha az olmasını açıklamaktadır.

Tablo 4.4 Modellerin daha önce görülmemiş Test verisi üzerindeki nihai performans metrikleri.

Radionüklid	Model	RMSE	MAE	R ²	ρ_c
Ra-226	XGBoost	12.77	4.24	0.55	0.69
	RF	15.71	9.00	0.43	0.40
	Cubist	16.65	9.89	0.26	0.33
	MARS	17.80	11.58	0.13	0.22
	SVR	17.89	11.02	0.11	0.15
	BRNN	18.86	12.24	0.04	0.07
Th-232	XGBoost	11.94	6.45	0.67	0.75
	RF	15.60	10.65	0.53	0.49
	Cubist	16.48	11.44	0.36	0.45
	SVR	17.76	12.03	0.21	0.34
	MARS	18.58	13.07	0.16	0.28
	BRNN	18.92	13.09	0.16	0.20
K-40	XGBoost	124.72	86.26	0.73	0.74
	RF	157.68	117.99	0.57	0.51
	Cubist	172.66	131.81	0.36	0.44
	BRNN	199.48	150.70	0.11	0.16
	MARS	201.06	151.51	0.09	0.15
	SVR	196.58	150.11	0.12	0.13

Diğer taraftan, RF ve Cubist modelleri, XGBoost'a göre daha düşük bir performans sergilemiştir. RF, bagging prensibiyle çalışarak çok sayıda bağımsız karar ağacının tahminlerini ortalamasına rağmen (Breiman, 2001), bu problemde boosting'in iteratif hata düzeltme yaklaşımı kadar etkili olamamıştır. Kural tabanlı bir model olan Cubist, yorumlanabilir kurallar üretme avantajına sahip olsa da (Quinlan, 1993), bu veri setindeki karmaşık ilişkileri temsil etmede XGBoost'un esnekliği ve gücüne erişememiştir. En düşük performansı sergileyen SVR, MARS ve BRNN gibi modellerin ise bu spesifik problem için daha az uygun olduğu görülmektedir. Özellikle veri setindeki aykırı değerlerin varlığı ve değişkenler arası karmaşık etkileşimler, bu modellerin genelleme yeteneğini sınırlamış olabilir. Bu noktada, modellerin performansını daha derinlemesine anlamak ve özellikle aykırı değerlerin etkisini analiz etmek amacıyla, en iyi performansı sergileyen XGBoost modelinin test seti üzerindeki tahminleri için saçılım diyagramları oluşturulmuştur.

Şekil 4.10, her üç radyonüklid için tahmin edilen değerlere karşılık gözlenen (gerçek) değerlerin saçılımını göstermektedir. Bu grafiklerde, mükemmel uyumu temsil eden 1:1 doğrusu (siyah kesikli çizgi), verilere uydurulan regresyon doğrusu (mavi kesikli çizgi) ve verilerin %95'ini içeren ihtimaliyet elipsi (siyah sürekli elips) yer almaktadır. Bu görsel analiz, Tablo 4.4'te sunulan sayısal metriklerin ötesinde, modellerin sistematik yanlışlıklarını ve aykırı değerlere karşı hassasiyetlerini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.4a'da görüldüğü üzere, Ra-226 için tahmin edilen ve gözlenen değerler genel olarak 1:1 doğrusu etrafında yoğunlaşmakla birlikte, bazı belirgin aykırı değerler (kırmızı noktalar) modelin genel performansını olumsuz etkilemektedir. Tüm test verisi (n=184) dikkate alındığında, Lin'in Uyum Korelasyon Katsayısı ($\rho_c = 0.69$) orta düzey bir değerde kalmaktadır. Bu durum, Tablo 4.4'teki 0.55'lik R^2 değeri ile tutarlıdır. Ancak, verilerin ana kümesini oluşturan ve %95'lik ihtimaliyet elipsinin içinde kalan "çekirdek" veri (n=178) için bu analiz tekrarlandığında, ρ_c değeri 0.90 gibi oldukça yüksek bir seviyeye çıkmaktadır. Bu belirgin artış, modelin performansının birkaç aşırı aykırı değer tarafından ne kadar baskılandığını açıkça göstermektedir. Bu aykırı noktalar, muhtemelen yerel jeolojik anomaliler (örneğin, küçük uranyum damarları) veya yerel toprak yapısı değişkenlikleri gibi, modelin genel desenlerden öğrenemeyeceği lokasyonların spesifik durumlarından kaynaklanmaktadır. Bu bulgu, makine öğrenmesi modellerinin, özellikle de ağaç tabanlı olanların, eğitim verisinin dağılım aralığı dışındaki aykırı değerleri tahmin etmede zorlanabileceği yönündeki literatür bilgisiyle uyumludur (Manaog ve Parisi, 2022; Mandal, 2025; Setiadi vd., 2024). XGBoost'un ana veri kümesini başarıyla modellemesi, ancak bu ekstrem noktaları ıskalaması, modelin genel bir başarısızlığından ziyade, veri setinin heterojen doğasının bir yansımasıdır.

Th-232 için tahmin performansı (Şekil 4.10b), Ra-226'ya kıyasla daha güçlü bir yapı sergilemektedir. Tüm veri seti (n=184) için hesaplanan ρ_c değeri **0.75**'tir. Bu, modelin Th-232 konsantrasyonlarındaki varyansın büyük bir bölümünü başarıyla yakaladığını teyit etmektedir. Aykırı değerlerin etkisi bu modelde daha az belirgindir; %95'lik ihtimaliyet elipsi dışındaki birkaç nokta çıkarıldığında dahi (n=173), ρ_c değeri **0.87**'ye yükselerek mükemmel yakın bir uyum sergilemektedir. Regresyon doğrusunun (mavi çizgi) 1:1 doğrusuna oldukça yakın olması, modelin sistematik bir yanlışlığının (bias) çok düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, Th-232'nin mekânsal dağılımının, modele girdi olarak verilen çevresel değişkenler (AGDR, CGDR, rakım vb.) tarafından

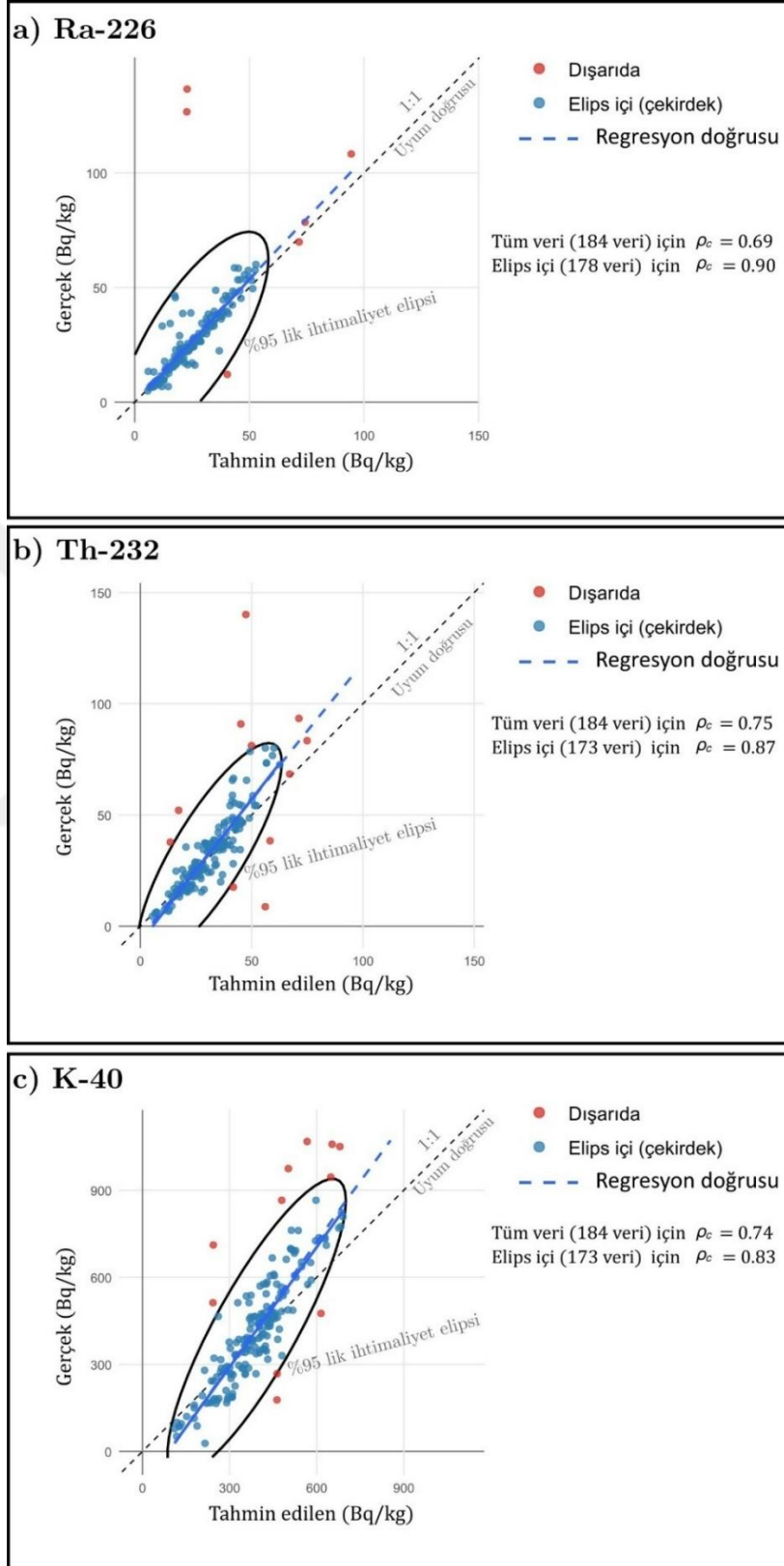
²²⁶Ra'ya göre daha iyi bir şekilde açıklandığına işaret etmektedir. Bu sonuç, farklı radyonüklidlerin çevresel faktörlere olan duyarlılıklarının değişebileceği ve bu nedenle ayrı ayrı modellenmelerinin metodolojik olarak doğru bir yaklaşım olduğu fikrini desteklemektedir (IAEA, 2003).

⁴⁰K modeli (Şekil 4.10c), diğer iki radyonüklide göre daha geniş bir konsantrasyon aralığında çalışmaktadır. Tüm veri seti için hesaplanan ρ_c değeri 0.74 olup, bu değer modelin genel olarak başarılı bir tahmin performansı sergilediğini göstermektedir. Ancak grafikte, özellikle yüksek konsantrasyon bölgelerinde (tahmin edilen > 500 Bq/kg) tahminlerin gerçek değerlerden bir miktar saptığı ve saçılımın arttığı gözlemlenmektedir. Aykırı değerler veri setinden çıkarıldığında, ρ_c değeri beklendiği gibi 0.83'e yükselmektedir. K-40'ın toprakta genellikle daha homojen dağılması ve konsantrasyonunun yüksek olması, AGDR sinyali üzerindeki etkisini artırır, bu da modelin K-40'ı daha iyi tahmin etmesine yardımcı olur. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda artan varyans (*heteroscedasticity*), bu bölgelerdeki tahminlerin göreceli hatasını da artırabilir (Araújo dos Santos Júnior vd., 2005; M. Fakeye, 2011). Bu nedenle oluşturulan model yüksek konsantrasyonları doğru tahmin etme düzeylerinde az miktarda düşük performans göstermiştir.

Genel olarak, bu görsel ve istatistiksel analizler, seçilen XGBoost modelinin, özellikle veri setinin çekirdek yapısını oluşturan büyük çoğunluk için oldukça dayanıklı ve doğru tahminler ürettiğini kanıtlamaktadır. Gözlemlenen düşük genel performans metriklerinin temel nedeni, modelin genel bir başarısızlığından ziyade, birkaç aşırı aykırı noktanın istatistiksel etkisidir. Bu, modelin genellenebilirliği hakkında önemli bir fikir vermektedir: Model, Türkiye'nin genel radyolojik desenlerini başarıyla öğrenmiştir, ancak öngörülemeyen lokal anomalileri tespit etme konusunda doğal sınırlılıklara sahiptir ve sonraki çalışmalarda eklenecek yeni değişken katmanları ile (Jeolojik formasyon ve toprak tipi değişkenleri vb) bu sınırlılıkların giderilebileceği öngörülmektedir.

Sonuç olarak, bu karşılaştırmalı analiz sonucunda, XGBoost'un hem yüksek tahmin doğruluğu hem de genellenebilirlik yeteneği sayesinde Türkiye'nin ulusal radyonüklid haritalarını oluşturmak için en uygun model olduğu ortaya koyulmuştur. Bu modelin başarısı, karmaşık çevresel verilerin modellenmesinde gradyan artırma (gradient boosting) algoritmalarının etkinliğine dair literatürdeki bulguları (Hengl vd., 2017;

Parsa, 2021; Wang vd., 2022; Y. Zhang vd., 2021) ulusal ölçekli bir radyolojik veri seti üzerinde de doğrulamaktadır.



Şekil 4.10 En iyi performansı sergileyen XGBoost modelinin Test verisi üzerindeki tahmin edilen ve gözlenen (gerçek) değerlerinin saçılım diyagramları. a) Ra-226, b) Th-232 ve c) K-40. Her grafikte tüm veriler ve aykırı değerler çıkarıldıktan sonraki çekirdek veriler için Lin'in Uyum Korelasyon Katsayısı (ρ_c) ayrı ayrı verilmiştir.

4.4.2 Modelin Harici Veri Seti ile Doğrulaması ve Performans Analizi

Bir makine öğrenmesi modelinin nihai güvenilirliği, sadece kendi içindeki test verileri üzerinde değil, aynı zamanda geliştirme sürecinde hiç kullanılmamış, modele hiç tanıtılmamış, tamamen bağımsız (harici) bir veri seti üzerindeki performansı ile da sınanmalıdır. Bu kritik doğrulama adımı, modelin sadece eğitim verisindeki istatistiksel desenleri öğrenmekle kalmayıp, gerçek dünyadaki fiziksel süreçleri ne kadar iyi temsil ettiğini ortaya koyar. Bu amaçla, bu çalışmada geliştirilen nihai XGBoost modeli, daha önce Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından 2015 (Karahan vd., 2015) ve 2017 (Karahan vd., 2017) yıllarında Türkiye'nin 10 farklı ili (Antalya, Artvin, Bartın, Hatay, Iğdır, Karabük, Karaman, Kars, Mersin, Nevşehir) için spesifik koordinatlardan alınmış ve modelin eğitim sürecine dahil edilmemiş gerçek toprak radyonüklid ölçüm verileriyle test edilmiştir. Şekil 4.11 bu illere ait ölçüm alınan bölgelerin konumsal dağılımlarını göstermekte olup, verilere ait ayrıntılı nümerik değerlere dipnot¹¹ ile verilen adresten ulaşılabilir. Bu doğrulama süreci, iki farklı mekânsal ölçekte gerçekleştirilmiştir: Bunlar (a) ilçe bazlı ortalama değerlerin karşılaştırılması ve (b) her bir ölçüm bölgesinin noktasal (koordinat bazlı) değerlerinin karşılaştırılmasıdır.

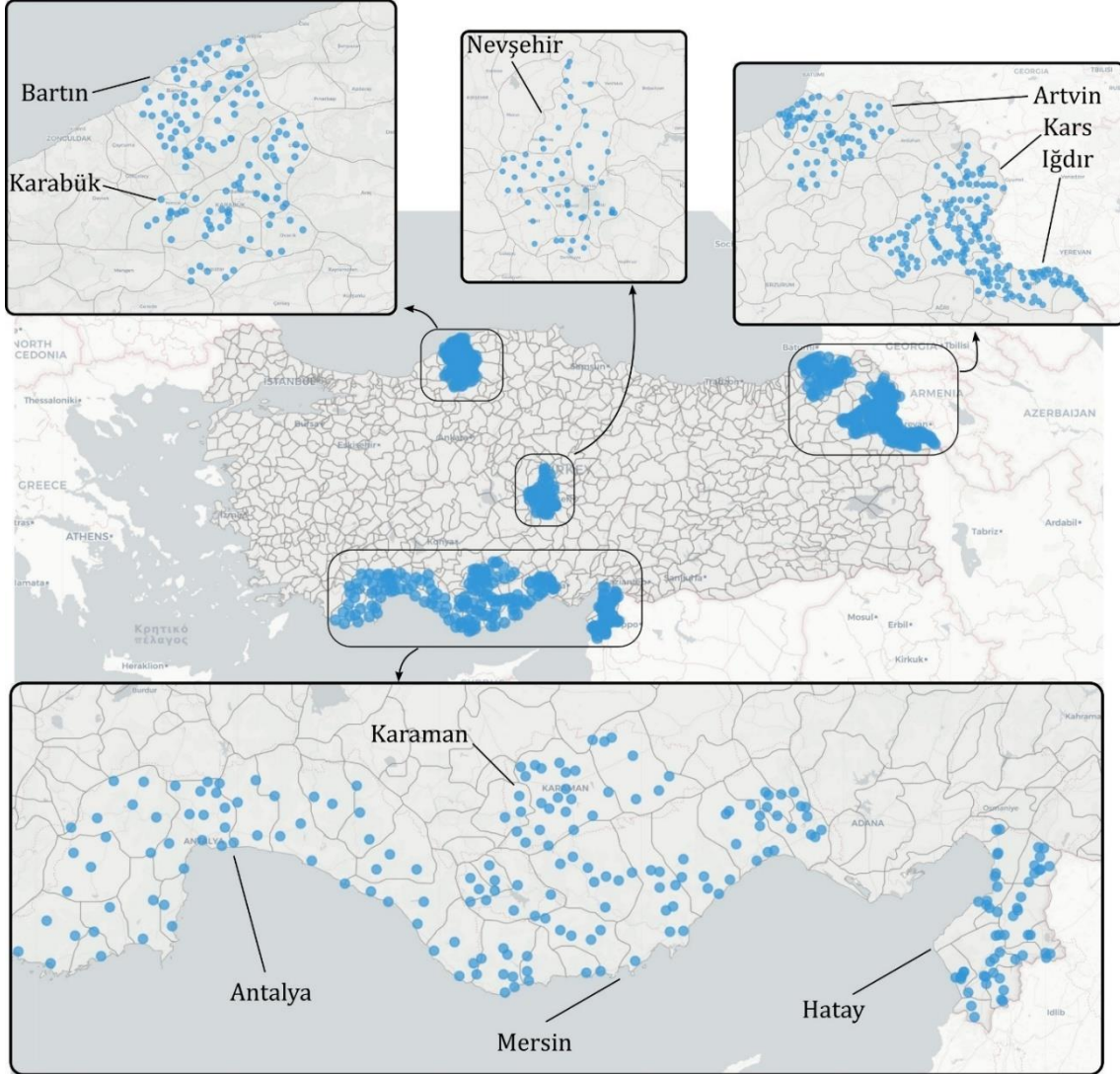
4.4.2.1 İlçe Ortalamaları Üzerinden Model Doğrulaması

Bu çalışmada oluşturulan modelin eğitim verisi, ilçe bazlı ortalama konsantrasyonlara dayandığından, ilk ve en doğrudan doğrulama adımı, harici veri setindeki ölçümlerin ilçe ortalamaları ile modelin aynı ilçeler için ürettiği ortalama tahminlerin karşılaştırılması olmuştur. Şekil 4.12a, bu karşılaştırmanın sonuçlarını gösteren saçılım diyagramlarını sunmaktadır.

Grafikler incelendiğinde, model tahminlerinin ilçe bazlı gerçek ortalama değerlerle güçlü bir uyum sergilediği görülmektedir. Özellikle Th-232 için Pearson korelasyon katsayısının $r = 0.719$ (MAPE %39.5) gibi yüksek bir değere ulaşması, modelin Toryum dağılımını bölgesel ölçekte son derece başarılı bir şekilde modellediğini kanıtlamaktadır. Benzer şekilde, K-40 için $r = 0.615$ 'lik korelasyon da (MAPE %29.8)

¹¹ https://drive.google.com/file/d/1nu_YYIUG0iWTfSNpIFBKwGEUdj4F2w0a/view?usp=sharing

güçlü bir ilişkiye işaret etmektedir. Ra-226 için daha düşük bir korelasyon ($r = 0.392$, MAPE %34.1) gözlemlense de tüm radyonüklidler için verilerin büyük çoğunluğunun (%95'lik ihtimaliyet elipsi içindeki kırmızı noktalar) 1:1 uyum doğrusu etrafında ve yakınlarında bir saçılım göstermesi, modelin sistematik bir yanlılık (bias) olmaksızın genel eğilimleri doğru yakaladığını göstermektedir. Bu bulgular, ilçe ölçeğinde radyasyon desenlerini belirleyen makro-jeolojik ve coğrafi faktörlerin model tarafından başarıyla öğrenildiğini ve genellenebildiğini ortaya koymaktadır.

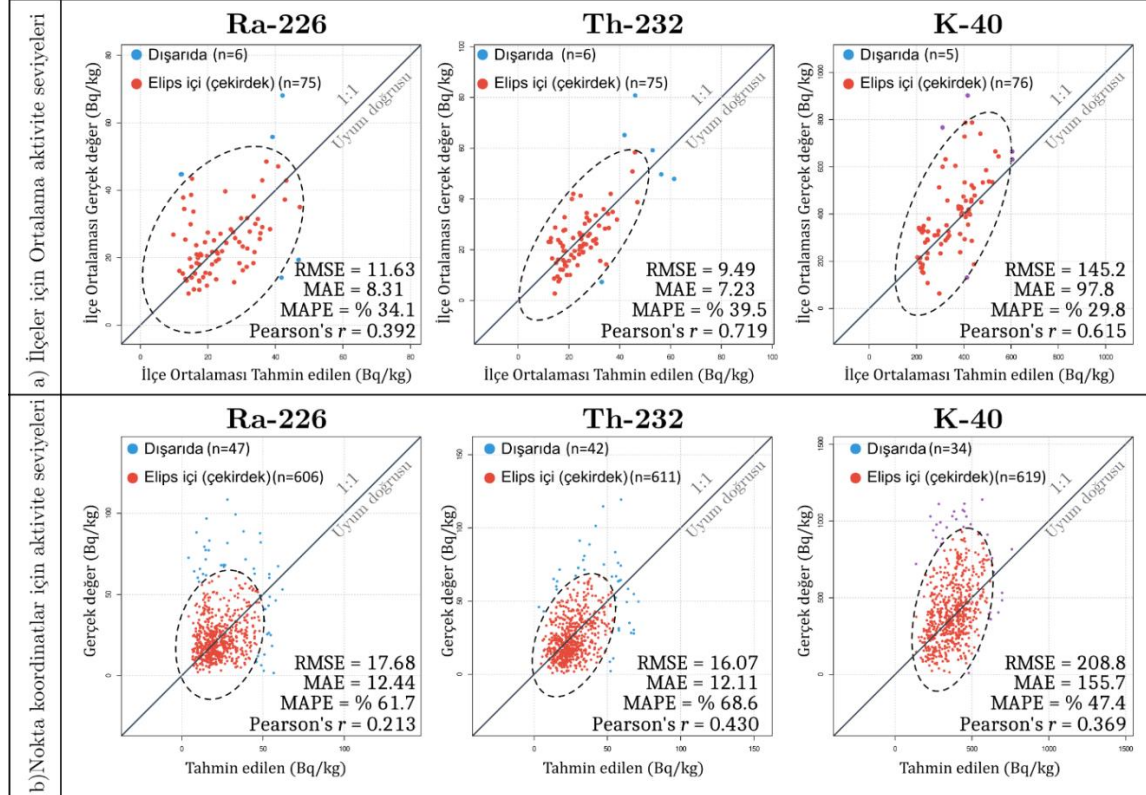


Şekil 4. 11 . Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından 2015 (Karahana vd., 2015) ve 2017 (Karahana vd., 2017) yıllarında Türkiye'nin 10 farklı iline (Antalya, Artvin, Bartın, Hatay, Iğdır, Karabük, Karaman, Kars, Mersin, Nevşehir) ait radiometrik ölçüm alınan bölgelerin konumsal dağılımları

4.4.2.2 Noktasal Koordinatlar Üzerinden Model Doğrulaması

Bu test, modelin sadece genel eğilimleri değil, aynı zamanda yerel ölçekteki değişkenliği ne kadar yakalayabildiğini de ölçer. Şekil 4.12b, bu noktasal karşılaştırmaların sonuçlarını sunmaktadır.

Elde edilen noktasal doğrulama bulguları, ilçe ortalamalarına kıyasla daha düşük bir performans sergilemektedir (Ra-226 için $r = 0.213$, Th-232 için $r = 0.430$, K-40 için $r = 0.369$). Bu performans düşüşü, modelin bir başarısızlığı değil, modelin doğası ve kullanılan eğitim verisinin yapısı hakkında önemli bir bulgudur. Model, ilçe bazlı ortalama değerler üzerinde eğitildiği için ilçe içindeki mikro-ölçekli jeolojik heterojenlikten veya toprak yapısı farklılıklarından kaynaklanan ani konsantrasyon değişimlerini (yerel anormal yüksek radyoaktivite bölgesi (hot-spot) veya çok düşük radyoaktivite bölgesi (cold spot)) doğru tahmin etmekte zorlanmaktadır. Bu durum, mekânsal modellemede "ölçek" kavramının veya bir diğer ifade ile **değiştirilebilir alansal birim probleminin** (*Modifiable Areal Unit Problem* - MAUP) önemini vurgulayan literatürle tamamen uyumludur (Andresen, 2021; Dark ve Bram, 2007; Openshaw, 1984).



Şekil 4. 12 En iyi performanslı XGBoost modelinin eğitim sürecinde kullanılmamış harici TAEK verileri ile doğrulanması. a) Harici verilerin ilçe ortalamaları ile modelin

aynı ilçeler için tahmin ettiği ortalama değerlerin karşılaştırılması. b) Harici verilerin alındığı spesifik koordinatlar (noktasal) ile modelin aynı koordinatlar için yaptığı tahminlerin karşılaştırılması.

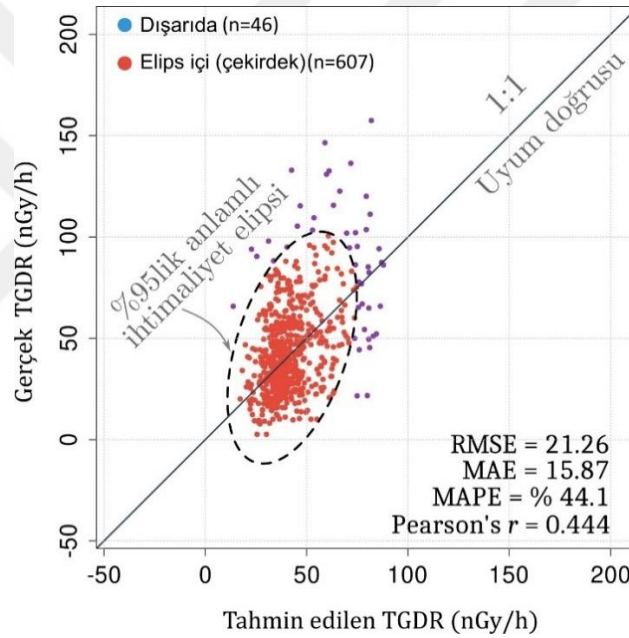
Model, eğitildiği mekânsal ölçekte (ilçe geneli ortalaması) güçlü bir performans sergilerken, daha ince bir ölçekte (nokta) beklenen bir belirsizlik artışı göstermektedir. Bununla birlikte Şekil 4.12b'deki verilerin büyük çoğunluğunun hâlen 1:1 uyum ($y = x$) doğrusu etrafında yoğunlaşması, modelin noktasal tahminlerinin rastlantısal bir davranış sergilemediğini ve istatistiksel olarak anlamlı bir temele dayandığını göstermektedir. Bu nedenle ilerde yürütülecek çalışmalarda, ilçe düzeyinde yeterli temsil gücüne sahip, sistematik ve tabakalı bir örnekleme stratejisinin benimsenmesi veri setini güçlendirecektir. Böylece bu çalışmada önerilen metodoloji ile yeniden eğitilen ve güncellenen modelin noktasal tahmin doğruluğunda anlamlı düzeyde iyileşmeler beklenebilir.

4.4.2.3 Entegre TGDR Tahmininin Doğrulanması

Radyonüklid konsantrasyonlarının yukarıda test edilen bireysel tahminlerindeki performans düşüklüğüne rağmen bu tahminlerin nihai bir ürün olan Karasal Gama Doz Hızı hesabında nasıl bir performans sergilediği, modelin pratik uygulanabilirliği açısından en önemli göstergelerden biridir. Eşitlik 1 kullanılarak hem gerçek ölçümlerden hem de bu ölçümlere karşılık gelen noktasal model tahminlerinden TGDR değerleri hesaplanmış ve bu iki set arasında bir çapraz doğrulama yapılmıştır. Şekil 4.13, bu nihai doğrulama adımının sonuçlarını sunmaktadır.

Şekil 4.13'teki bulgular oldukça çarpıcıdır. Tekil radyonüklidlerin noktasal tahminlerindeki görece düşük korelasyonlara ($r \approx 0.2-0.4$) rağmen, bu tahminlerden türetilen TGDR değerleri ile gerçek TGDR değerleri arasında Pearson's $r = 0.444$ gibi istatistiksel olarak anlamlı ve orta düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir. Bu, ilk bakışta beklenenden daha iyi bir performanstır ve modelin entegre gücünü ortaya koymaktadır. Bu durumun altında yatan temel mekanizma, tekil radyonüklid tahminlerindeki hataların (underestimation ve overestimation) TGDR formülünde bir araya geldiklerinde birbirlerini kısmen sönmülmesi ve dengelemesidir. Örneğin, modelin bir noktada Ra-226'yı olduğundan düşük tahmin ederken K-40'ı yüksek tahmin etmesi, nihai TGDR hesabında bu hataların etkisini azaltabilir. Ayrıca, %95'lik ihtimaliyet elipsi içindeki

çekirdek verilere (n=607) odaklanıldığında, modelin performansının daha da arttığı görülmektedir. Ulusal ölçekte ve sadece AGDR, CGDR ve konumsal koordinatlara ait değişkenlere dayanan bir model için, RMSE; 21.26 nGy/h ve MAPE; %44.1 değerleri, dikkate değer bir başarıdır. Bu bulgu, modelin üç farklı radyonüklidin sınırsız kombinasyonundan oluşan karmaşık bir çıktıyı dahi anlamlı bir doğruluk payıyla tahmin edebildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, bu çok aşamalı ve çok ölçekli doğrulama süreci, geliştirilen makine öğrenmesi modelinin, teorik tutarlılığının yanı sıra, bağımsız ve gerçek dünya verileri karşısında da geçerli ve dayanıklı bir araç olduğunu güçlü bir şekilde kanıtlamaktadır. Dolayısıyla, çalışmanın bir sonraki adımı olan ulusal haritaların üretimi, her üç radyonüklid için de seçilen bu nihai ve en iyi performanslı **XGBoost** modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. 13 Harici TAEK verilerindeki noktasal radyonüklid ölçümlerinden hesaplanan "Gerçek TGDR" ile modelin aynı noktalar için tahmin ettiği radyonüklid değerlerinden hesaplanan "Tahmin edilen TGDR" arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım diyagramı ve performans metrikleri.

4.4.3 Türkiye'nin Yüksek Çözünürlüklü Radyonüklid ve TGDR Dağılım

Haritaları

Önceki bölümlerde geliştirilen ve performansı hem içsel hem de harici verilerle kapsamlı bir şekilde doğrulanan nihai XGBoost modelleri, bu çalışmanın en önemli somut çıktılarını üretmek üzere kullanılmıştır. Seçilen en iyi performanslı modeller, Bölüm 4.1'de tanımlanan ve Türkiye'nin tüm kara sahasını kapsayan ~8 milyon piksellik

300×300 m² çözünürlüklü mekânsal tahmin altyapısına uygulanmıştır. Bu süreç sonunda, Ra-226, Th-232 ve K-40 için ayrı ayrı aktivite konsantrasyon haritaları (Bq/kg) (Şekil 4.14) ve bu tahminlerden Eşitlik 9 kullanılarak türetilen TGDR haritası (nGy/h) (Şekil 4.15) oluşturulmuştur. Bu çalışma içerisinde bu dört temel harita dosya boyutu sınırı sebebi ile düşük çözünürlük formatında sunulmuş olup bu haritaların yüksek çözünürlüklü GeoTIFF formatındaki versiyonlarına dipnot¹² içindeki bağlantılardan erişilebilir. Bu haritaların bir tanesi yaklaşık 1.7 GB büyüklüğünde olup daha küçük boyutlu PDF uzantılı versiyonları indirme linki içindeki dosyada sunulmuştur. Ayrıca aynı haritalara bir sonraki bölümde bahsedilecek olan online radyoaktivite tahmin web aracı üzerinden de ulaşmak mümkündür. Bu haritalar, Türkiye'nin ulusal anlamda doğal radyasyon ortamının şimdiye kadar üretilmiş en detaylı ve sürekli radyolojik mekânsal temsiliyi sunmakta ve ülkenin karmaşık jeolojik yapısıyla çarpıcı bir uyum sergilemektedir. Aşağıda her bir harita, gözlemlenen mekânsal desenler ve bu desenlerin altta yatan jeolojik süreçlerle olan ilişkisi bağlamında detaylı olarak tartışılmaktadır.

Ra-226, U-238 bozunma serisinin bir üyesi olduğundan, mekânsal dağılımı büyük ölçüde uranyumca zengin jeolojik formasyonları yansıtır. Ra-226 dağılım haritası (Şekil 4.14a) incelendiğinde, en belirgin yüksek konsantrasyon (~80-120 Bq/kg, sarı tonlar) bölgesinin İç Batı Anadolu'da, özellikle Uşak, Kütahya ve Manisa üçgeninde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bulgu, Türkiye'nin bilinen en önemli uranyum yataklarının Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter kayaçlar içerisinde bulunduğu bu bölgeyle (örn., Köprübaşı-Manisa, Fakılı-Uşak yatakları) mükemmel bir coğrafi uyum içindedir (Akıska vd., 2019; Kalender vd., 2016; Simsek, 2008; Yılmaz, 1980). Şekil 4.16 de verilmiş olan Türkiye Jeolojik yapı haritasına (Sayar ve Ongan, 2018) göre değerlendirildiğinde, model, sadece bu bilinen yatakların bulunduğu lokasyonları değil, aynı zamanda bu yatakları barındıran jeolojik formasyonun bölgesel yayılımını da başarılı bir şekilde haritalandırmış olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, Doğu Anadolu'daki bazı volkanik arazilerde ve Trakya'daki Istranca Masifi'nin granitik kayaçlarında da orta düzeyde ²²⁶Ra zenginleşmeleri gözlemlenmektedir ve bu sonuçlar Şekil 4.16 de verilmiş olan Türkiye jeoloji haritası (Sayar ve Ongan, 2018) ile uyumludur.

¹² https://drive.google.com/file/d/1uRpOEFEQ3l1Gc1f9FV06_RvXqWyFL9xO/view?usp=sharing

Th-232 dağılımı, genellikle alkali magmatik kayalar ve granitoidler ile ilişkilidir (Jie Li vd., 2025). Şekil 4.14b'deki harita, Th-232 konsantrasyonunun en yüksek olduğu (~80-100 Bq/kg, turuncu/kırmızı tonlar) bölgenin, Ra-226'dan farklı olarak, **Afyon-Isparta-Burdur** bölgesindeki potasyumca zengin alkalin volkanitler ve **Sivrihisar (Eskişehir)** civarındaki nadir toprak elementi yatakları ile ilişkili alkali magmatik kompleksler üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir (Akıska vd., 2019; Sarifakioğlu vd., 2009). Bu, Türkiye'nin ana toryum potansiyelinin bu bölgelerde yoğunlaştığına dair jeokimyasal bulgularla tam bir tutarlılık içindedir (Gültekin vd., 2003). Ayrıca, Menderes Masifi'ndeki ve Bitlis-Muş-Ağrı Masifi'ndeki metamorfik kayalarda da belirgin Th-232 zenginleşmeleri, model tarafından başarılı bir şekilde tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Bu harita, ²²⁶Ra haritasından farklı bir mekânsal desene sahip olmasıyla modelin farklı radyonüklidlerin kendilerine özgü jeokimyasal davranışlarını ayırt edebilme yeteneğini de öğrendiğini göstermektedir.

K-40 dağılımı, özellikle potasyumlu feldspatlarca zengin magmatik (granit, siyenit) ve yüksek dereceli metamorfik kayalarda (gnays) yüksek olma eğilimindedir (Cetin vd., 2012; Džaluk vd., 2018). K-40 dağılım haritası incelendiğinde (Şekil 4.14c), ülkedeki en yüksek K-40 konsantrasyonlarının (~800-1200 Bq/kg, sarı/turuncu tonlar) Batı Anadolu'daki granitoid kuşakları, Trakya'daki Istranca Masifi ve Doğu Karadeniz Pontidleri boyunca uzanan volkano-plütonik yay boyunca yoğunlaştığı görülmektedir. Buna karşılık, Toroslar kuşağındaki karbonatlı kayalar (kireçtaşı, dolomit) ve Güneydoğu Anadolu'daki alüvyal ovalar gibi potasyumca fakir bölgelerde konsantrasyonlar belirgin şekilde düşüktür. Bu desen, Türkiye'nin ana tektonik ve magmatik kuşaklarının genel dağılımıyla (bkz. Türkiye Jeoloji Haritası; Şekil 4.16) büyük ölçüde uyumludur ve modelin ülkenin temel jeolojik altyapısını girdi verileri aracılığıyla dolaylı olarak öğrendiğini göstermektedir.

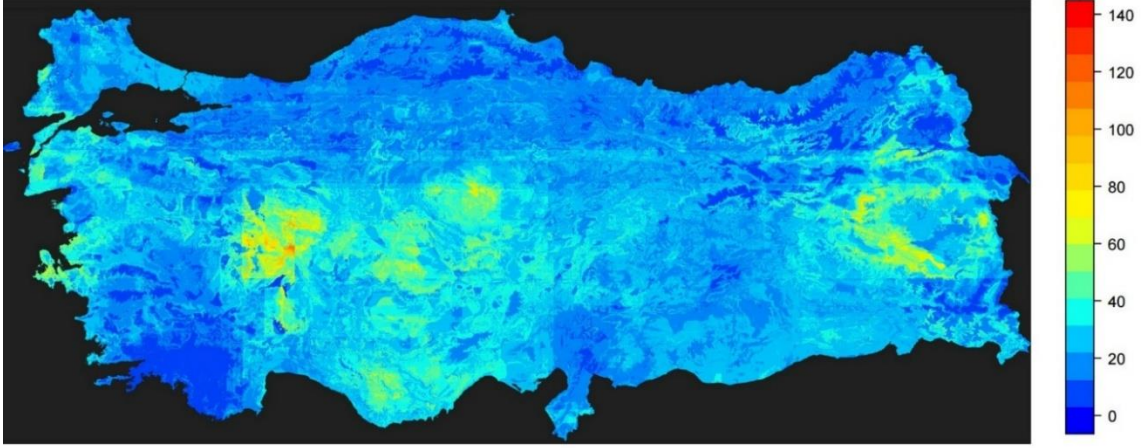
Bu üç radyonüklid haritasından türetilen entegre TGDR haritası (Şekil 4.15), halk sağlığı açısından önemli bir çıktıyı temsil etmektedir. Harita, üç radyonüklidin birleşik etkisini yansıtarak, Türkiye'nin doğal karasal radyasyon arka planının detaylı bir panoramasını sunar. En yüksek TGDR seviyelerinin (> 80-100 nGy/h, kırmızı tonlar), Ra-226 ve Th-232 zenginleşmelerinin üst üste bindiği İç Batı Anadolu, alkali volkanitlerin bulunduğu Afyon-Isparta bölgesi ve K-40'nın baskın olduğu Doğu Karadeniz Pontidleri gibi bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. En düşük TGDR

seviyeleri ise (< 40 nGy/h, mavi tonlar) beklendiği gibi Akdeniz kıyı şeridindeki karbonat platformları ve İç Anadolu'nun sedimanter havzalarında yer almaktadır.

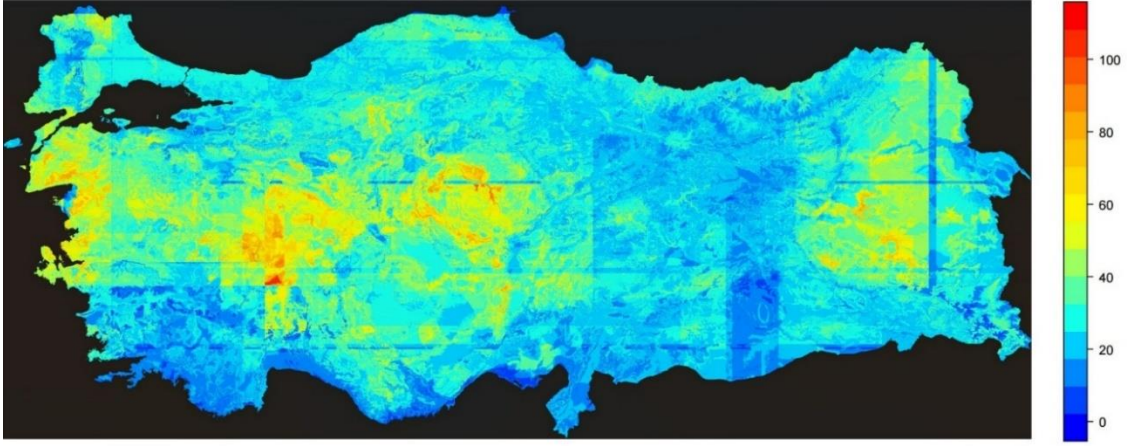
Sonuç olarak, bu çalışma ile üretilen yüksek çözünürlüklü haritalar, Türkiye'nin radyasyon ortamının sadece genel bir resmini sunmakla kalmamakta, aynı zamanda bu ortamı şekillendiren temel jeolojik ve jeokimyasal süreçlerle güçlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu da kanıtlamaktadır. Modelin, doğrudan bir jeoloji haritası veya jeokimyasal veri seti kullanılmamasına rağmen sadece coğrafi koordinatlar ve gama dozu verilerinden yola çıkarak bilinen jeolojik yapılarla bu denli uyumlu desenler üretebilmesi, kullanılan hibrit metodolojinin gücünü ve geçerliliğini ortaya koymaktadır. Bu haritalar, hem temel bilimsel araştırmalar için değerli bir veri kaynağı hem de çevresel risk değerlendirmeleri ve radyasyondan korunma politikaları için pratik bir araç olma potansiyeli taşımaktadır.

Bu yüksek çözünürlüklü haritaların ortaya koyduğu bilimsel başarı ve analitik derinlik, çalışmanın temel hedeflerinden birini tamamlamakla birlikte, projenin nihai vizyonunun yalnızca bir yarısını temsil etmektedir. Modern bilimsel araştırmaların en büyük zorluklarından biri, üretilen karmaşık modellerin ve zengin veri setlerinin, sadece alan uzmanlarının anlayabileceği statik formatlarda (makaleler, raporlar, harita imajları) hapsolmasıdır. Oysa bu çalışmanın en temel motivasyonlarından biri, elde edilen bilimsel bilgiyi kolay ulaşılabilir bir biçimde, teorik bir çerçeveden çıkarıp uygulamaya yönelik, dinamik ve erişilebilir bir forma dönüştürmektir. Geliştirilen bu mekânsal tahmin altyapısının gerçek potansiyeli, ancak karar vericilerin stratejik planlamalarında, mühendislerin saha çalışmalarında, diğer bilim insanlarının araştırmalarında ve hatta radyasyon konusunda merak duyan vatandaşların kendi çevrelerini anlamalarında pratik bir fayda sağladığında ortaya çıkacaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın bir sonraki ve son aşamasında, bu karmaşık modelin motorunu, kullanıcı dostu ve etkileşimli bir arayüzün arkasına yerleştirmeye odaklanmıştır.

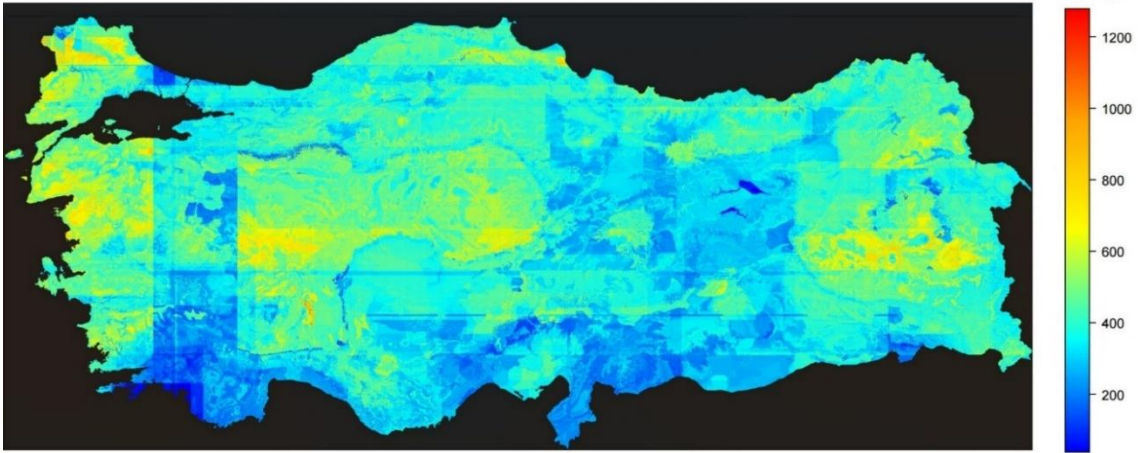
a) Ra-226



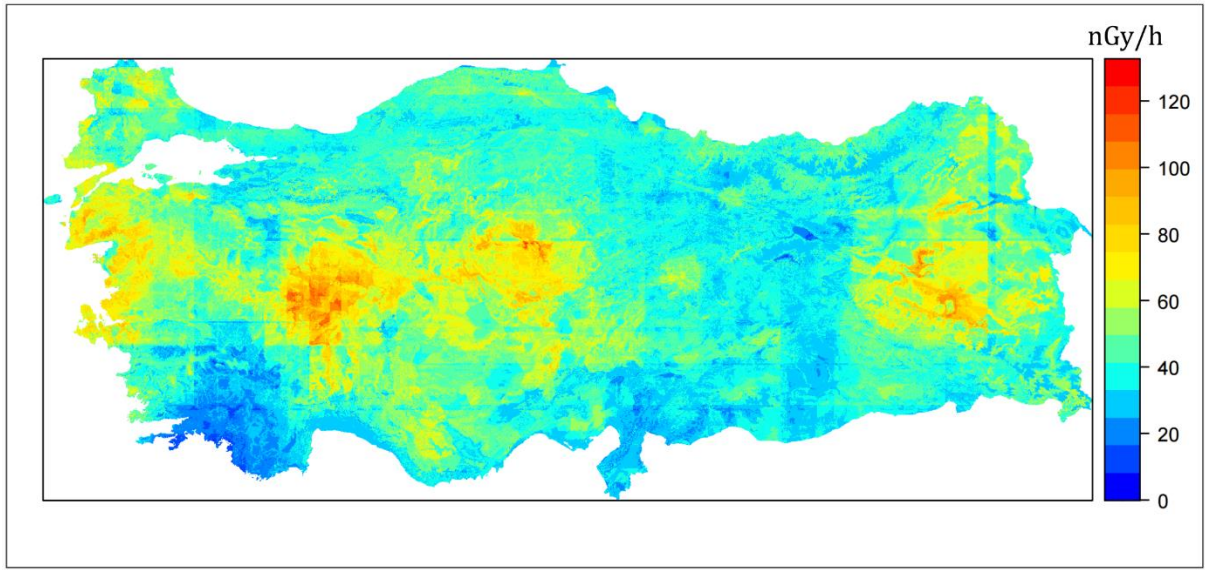
b) Th-232



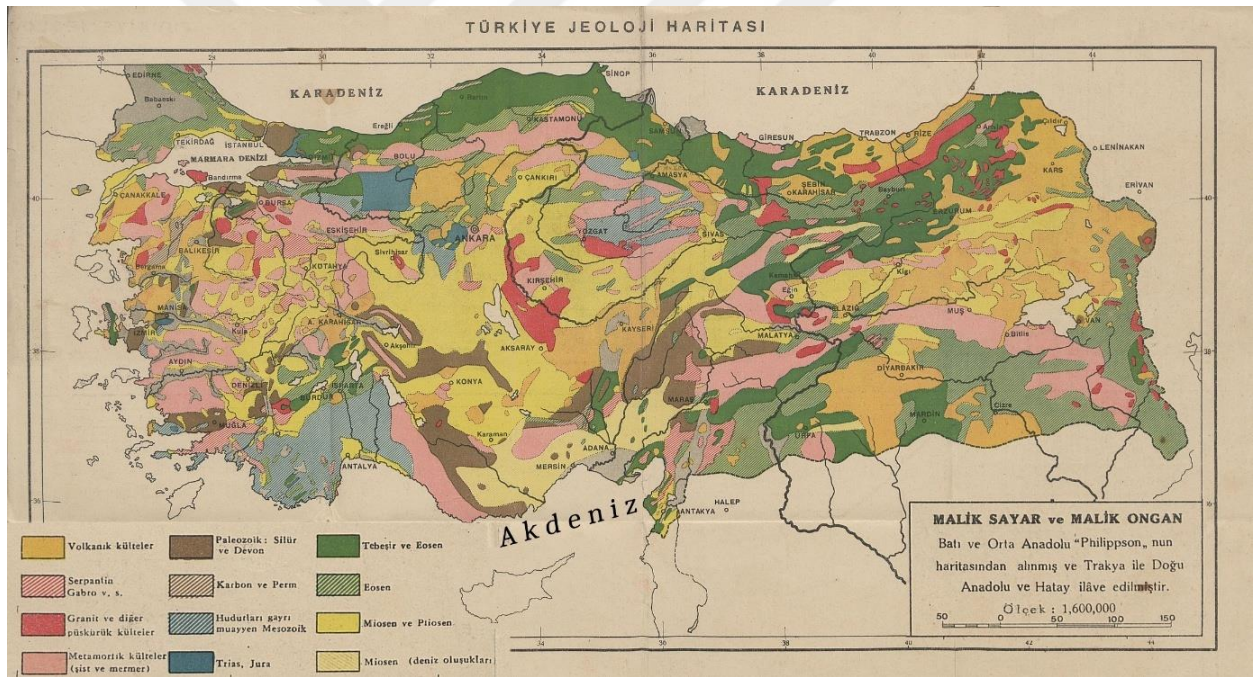
c) K-40



Şekil 4. 14 Nihai XGBoost modelleri kullanılarak üretilen yüksek çözünürlüklü (300×300 m²) ulusal radyonüklid haritaları: a) Ra-226, b) Th-232, c) K-40 aktivite konsantrasyonu



Şekil 4. 15 Şekil 4.14'teki radyonüklid haritalarından Eşitlik 1 kullanılarak türetilen Türkiye geneli Karasal Gama Doz Hızı (TGDR) dağılım haritası (nGy/h).



Şekil 4. 16 Türkiye jeolojik yapı haritası (Sayar ve Ongan, 2018).

4.4.4 Etkileşimli Çevrim İçi Radyonüklid Hesaplama ve Haritalandırma Aracı

Bu araştırmanın başlıca motivasyonlarından biri, üretilen bilimsel bilgiyi daha geniş bir kitleyle buluşturmak ve teorik temellerden çıkararak uygulamalı ve erişilebilir bir forma dönüştürmektir. Bu vizyon doğrultusunda, geliştirilen XGBoost modellerinin dayanaklılığı ile detaylandırılmış veri altyapısı, genel erişime açık interaktif bir çevrim içi platforma dönüştürülmüştür.

Bu amaçla, R programlama dilinin web uygulama geliştirme çatısı olan Shiny (Shiny, 2023) kullanılarak "*Türkiye Yüksek Çözünürlüklü Radyonüklid Aktivite Haritası ve Sorgu Aracı*" adı verilen bir platform tasarlanmıştır. Bu araç, R ekosisteminin güçlü veri analizi ve görselleştirme yeteneklerini, herhangi bir programlama bilgisi gerektirmeyen kullanıcı dostu bir web arayüzü ile birleştirmektedir. Uygulama, **Posit** (eski adıyla RStudio) tarafından sunulan bulut tabanlı bir platform olan **connect.posit.cloud** sunucuları üzerinde barındırılmakta ve kesintisiz erişime açık tutulmaktadır. Bu platform, arka planda çalışan karmaşık makine öğrenmesi modellerini ve ~8 milyon piksellik devasa coğrafi veri setini, kullanıcının sadece birkaç tıklama ile etkileşime geçebileceği bir araca dönüştürmektedir. Bu web sayfasına **dipnot**¹³ ile verilen adresten online olarak ulaşılabilmektedir. Platformun ana fonksiyonları ve arayüzü aşağıda detaylandırılmıştır.

Uygulamanın ana ekranı (Şekil 4.17), kullanıcılara Türkiye'nin radyasyon ortamını yakınlaştırma (*zoom-in*) ve uzaklaştırma (*zoom-out*) özellikleri ile keşfetme ve belirli noktalar için anlık tahminler alma imkânı sunmaktadır. Bu web sayfasına ait arayüz, Koordinat Giriş Paneli, Etkileşimli Harita ve Sonuç Tablosu olarak üç ana bölümden oluşur. Şekil 4.17'de hem bu temel bölümlerin yapısı hem de her bir kısma ait fonksiyonların açıklamaları aşağıda sıralanmıştır. Ana Menü Çubuğu, (1) "**Koordinat Sorgu**", (2) "**İlçe Sorgu**" ve (3) "**Dış Veri Değerlendirme**" sekmeleri arasında geçiş yapmayı sağlar. Koordinat Giriş Sekmeleri, Kullanıcıya üç farklı yöntemle koordinat girme esnekliği sunar: (4) **Manuel Giriş** ile enlem ve boylam değerlerinin elle yazılması, (5) **Kopyala-Yapıştır** ile birden fazla koordinatın toplu olarak yapıştırılması veya (6) **Dosya Yükle seçeneği** ile .csv veya .xlsx formatındaki bir koordinat dosyasının sisteme yüklenmesi. (7) **Ekle Butonu**: Kullanıcı, Enlem ve Boylam kutucuklarına girdiği değerleri **Ekle** butonu ile sorgu listesine ekleyebilir. (8) **Sorgula Butonu**: Listeye eklenen veya haritadan seçilen koordinatlar için arka planda çalışan XGBoost modellerini tetikler ve o noktalara ait tahmini radyonüklid konsantrasyonlarını hesaplar. (9) **Temizle Butonu**: Haritadaki ve tablodaki tüm sorgu sonuçlarını temizler. (10) **Katman Seçimi**: Etkileşimli harita üzerinde gösterilecek radyasyon katmanının (TGDR, Ra-226, Th-232, K-40) seçilmesine olanak tanır. (11) **KMZ Formatı İndirme**: Google Earth ortamında açılacak ve jeokonumsal gösterime ve koordinat sistemine uygun format olan KMZ uzantılı radyasyon haritalarını indirir. (12) **Etkileşimli Harita**:

¹³ <https://01994506-2a67-920b-dbef-a71795421468.share.connect.posit.cloud/>

Türkiye'nin yüksek çözünürlüklü radyasyon haritasını gösteren dinamik bir haritadır. Kullanıcı, fare ile harita üzerinde gezinebilir, yakınlaşıp uzaklaşabilir ve istediği bir noktaya tıklayarak koordinat seçimi yapabilir. Harita üzerindeki rastgele belirlenen koordinatlar da referans noktaları olarak gösterilmektedir. **(13) Dil Seçeneği:** Arayüzün Türkçe ve İngilizce dilleri arasında değiştirilmesine olanak tanır. **(14) Sonuçlar Tablosu:** Sorgulanan tüm koordinatlar için model tarafından tahmin edilen Ra-226, Th-232, K-40 ve TGDR değerlerini, noktanın bulunduğu il/ilçe bilgisiyle birlikte listeleyen indirilebilir bir tablodur. **(15) Sonuç Tablosunu İndirme:** Listede bulunan sonuç tablolarını csv formatında bilgisayar ortamına indirir.

Şekil 4.18 ilçe sorgu ekranını gösteren sekmenin genel yapısını göstermektedir. Bu sekme, kullanıcıların belirli idari sınırlar içindeki radyasyon dağılımını incelemesine olanak tanır. Burada: **(1-2) Bölge Seçimi:** Kullanıcı, açılır menüden istediği **(1) İli** seçip **(2) "İli Göster"** butonuna basarak o ilin radyasyon haritasını görüntüleyebilir. **(3) Bölgesel Harita:** Sadece seçilen ilin sınırları içindeki yüksek çözünürlüklü radyasyon dağılımını gösterir, böylece daha odaklı bir analiz imkânı sunar. Kullanıcı, fare ile harita üzerinde gezinebilir, yakınlaşıp uzaklaşabilir. **(4) İlçe Analizi:** İl seçildikten sonra, kullanıcı o ile ait ilçelerden bir veya birden fazlasını seçebilir ve **(5) Katman Seçimi** ile farklı radyonüklitler arasında geçiş yapabilir. Sonrasında **(6) "İlçeleri Göster"** butonu ile sadece seçili ilçelerin haritasını ve bu ilçelerin ortalama radyasyon değerlerini hesaplayabilir. **(7) Bölgesel Sonuçlar:** Seçilen ilçelerin ortalama radyonüklid ve TGDR değerlerini sayısal olarak özetler.

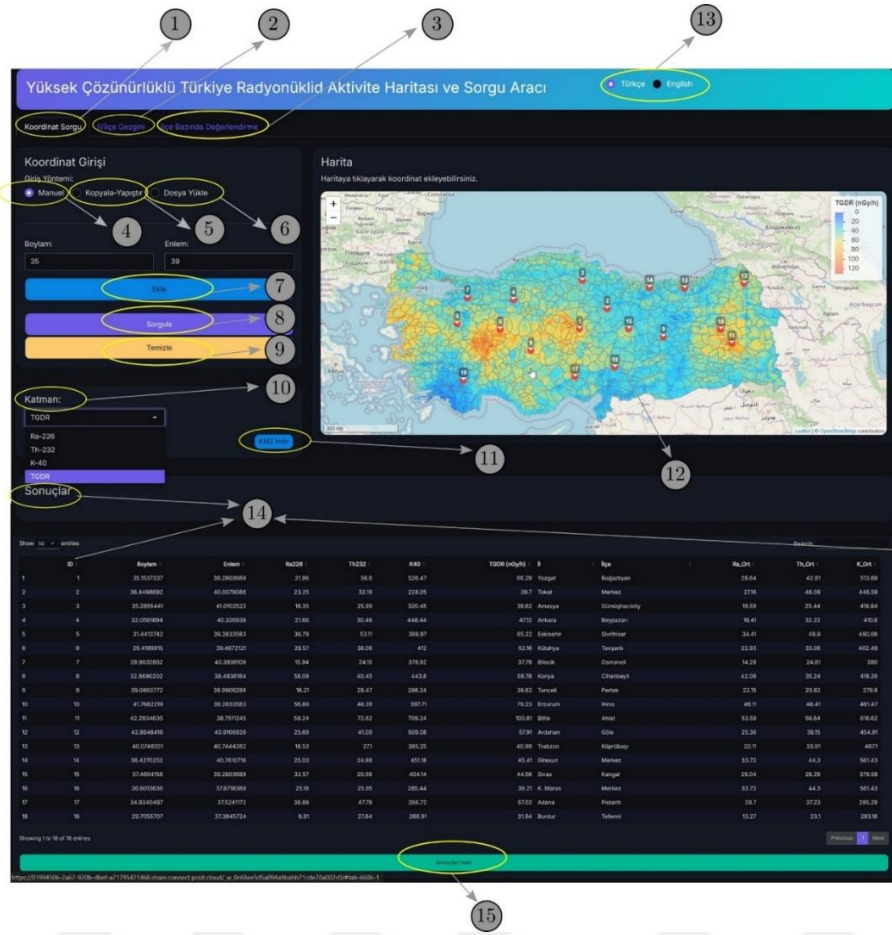
Şekil 4.19 model doğrulama penceresini ve harici veri ile analiz aracını göstermektedir. Oluşturulan web aracının en özel bölümü olan bu sekme (Şekil 4.19), bu çalışmada da sunulan harici veri doğrulama analizini (TAEK tarafından 10 il için belirlenen ve kısım 4.4.2 de ayrıntıları açıklanan veri setine dipnot¹⁴ içindeki bağlantıdan ulaşılabilir) ve ayrıca kullanıcıların kendi verileriyle interaktif olarak harita ile çapraz doğrulama ile karşılaştırma yapabilmesine olanak tanıyan güçlü bir araçtır. Şekil 4.19 da verilen fonksiyonlar şu şekilde sıralanabilir: **(1) değerlendirme sekmesi:** kullanıcı bu sekmeye geçtiğinde analiz ve değerlendirme kısmına ulaşabilir. **(2) Veri Yükleme:** Kullanıcı, belirli bir formattaki (.csv) kendi ölçüm verilerini sisteme yükler. Bu veri, koordinat

14

https://drive.google.com/file/d/1hPX7JVDBQPOQmwVN5GTLgohLo1RyxM6P/view?usp=drive_link

bilgilerinin yanı sıra ölçülmüş radyonüklid konsantrasyonlarını da içermelidir. (3-7) **Analiz Parametreleri:** Kullanıcı, veri setindeki ilgili sütunları tanımlar ve (4) **ilçe bazında değerlendir** butonu ile analizi başlatır. Analiz sonuçları (5) **.xlsx** formatı ile sonuçlar indirilebilir ayrıca grafikler (6) **pdf** olarak ve (7) **svg** vektör formatlarında indirilebilir. (8-11) **Performans Metrikleri ve Sonuçlar:** Sistem, yüklenen veriler için modelin tahminlerini üretir ve gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırarak performans metriklerini (8) **İlçe Bazlı Performans**, (9) **Tekil Performans**, (10) **TGDR Performansı**, (11) **İhtimaliyet Elipsi Analizini** anlık olarak hesaplar ve sunar. (12-14) **Görsel Analiz Araçları:** Yüklenen veriler ile model tahminleri arasındaki ilişkiyi gösteren (12) **İlçe Bazlı**, (13) **Nokta Bazlı** ve (14) **TGDR Bazlı** saçılım diyagramlarını dinamik olarak oluşturur. (15) **Sonuç Tablosu:** Her bir koordinat için hem gerçek ölçüm değerini hem de modelin tahmin ettiği değeri ilçe ortalamalarına göre yan yana gösteren detaylı bir karşılaştırma tablosu sunar. (16) **Koordinat Haritası:** Analiz edilen noktaların Türkiye haritası üzerindeki konumlarını gösterir.

Bu etkileşimli platform, çalışmanın bilimsel çıktılarını statik bir formattan çıkararak, farklı paydaşların kendi ihtiyaçları doğrultusunda kullanabileceği dinamik, sorgulanabilir ve analitik bir araca dönüştürmektedir. Bu yönüyle, üretilen bilginin etki alanını genişletmekte ve bilimsel araştırmanın pratik uygulamalara dönüşüm sürecine somut bir örnek teşkil etmektedir.



Şekil 4. 17 Türkiye Yüksek Çözünürlüklü Radyonüklid Aktivite Haritası ve Sorgu Aracı platformunun ana arayüzü. Platform, etkileşimli harita üzerinde koordinat bazlı radyonüklid ve TGDR sorgulamasına olanak tanımaktadır.



Şekil 4. 18 Çevrim içi aracın bölgesel sorgulama sekmesi. Kullanıcılar, il ve ilçe bazında spesifik alanların radyasyon haritalarını ve ortalama değerlerini görüntüleyebilmektedir (Örnek: Afyonkarahisar ili).

4.5 Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışma, Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü, tahmine dayalı radyasyon haritalarını ve bu haritaları temel alan etkileşimli bir çevrim içi aracı sunarak alanında önemli bir metodolojik ve pratik ilerleme kaydetmiş olsa da elde edilen sonuçların ve kullanılan yaklaşımın doğasında var olan bazı sınırlılıkların ele alınması, bulguların doğru bir bağlamda yorumlanması ve gelecek araştırmalara yön verilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu sınırlılıklar birer başarısızlık olarak değil, böylesine karmaşık ve ulusal ölçekli bir modelleme çabasının doğal sınırları ve daha ileri araştırmalar için potansiyel alanlar olarak görülmelidir.

Çalışmanın en temel sınırlılığı, makine öğrenmesi modellerinin eğitiminde kullanılan yersel doğrulama verisinin niteliğinden kaynaklanmaktadır. Modeller, Nükleer Düzenleme Kurumu'nun Radyoaktivite Atlası'ndan elde edilen ve her bir ilçe için tek bir ortalama konsantrasyon değerini temsil eden verilerle eğitilmiştir. Bu yaklaşım, Bölüm 4.4.2'de harici veri ile yapılan doğrulama sonuçlarında da görüldüğü gibi, modelin ilçe ölçeğindeki genel radyasyon desenlerini başarıyla yakalamasını ve bölgesel ortalamaları yüksek bir doğrulukla tahmin etmesini sağlamıştır. Ancak bu durum, aynı zamanda modelin ilçe içindeki lokal veya noktasal ölçekteki değişkenliği tam olarak öğrenmesini engellemiştir. Bir ilçe içerisindeki radyasyon seviyeleri, farklı jeolojik birimler, toprak tipleri veya mikro-topoğrafya nedeniyle homojen bir dağılım göstermez. Modelimiz, yerel anormal yüksek (hot-spot) veya çok düşük (cold spot) radyoaktivite noktaları ortalama değere dahil ederek öğrendiği için, spesifik bir koordinat için yaptığı tahminlerdeki hata payı doğal olarak artmaktadır. Bu durum Kısım 4.4.2.2.'de tartışıldığı gibi, mekânsal analizlerde "Değiştirilebilir Alansal Birim Problemi" (MAUP) olarak bilinen ve verinin toplulaştırıldığı ölçeğin analiz sonuçlarını etkilediği temel bir istatistiksel olgu ile de uyumludur (Andresen, 2021; Dark ve Bram, 2007; Openshaw, 1984). Dolayısıyla, geliştirilen modelin ulusal ve bölgesel eğilimleri göstermede son derece güçlü ancak noktasal kesinlik gerektiren uygulamalarda (örneğin, bir parselin spesifik radyasyon seviyesinin tespiti) daha dikkatli kullanılması gereken bir araç olduğu belirtilmelidir. Gelecekteki çalışmalar için en önemli öneri, ülke genelinde daha yüksek yoğunlukta ve noktasal koordinat bazlı yeni bir toprak örnekleme kampanyasının yürütülmesi ve bu verilerle modelin yeniden eğitilmesidir. Bu, yerel ölçekteki tahmin performansını önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca ilçelerin örnekleme temsil düzeylerinin arttırılarak, örneklem sayısında kayda değer

artışların sağlanması noktasal lokasyonlarda doğru tahmin performans düzeyini arttıracakı düşünölmektedir.

Çalışmanın bir diğör sınırlılığı makine öğrenme modelleri için kullanılan tahmin edici değişkenlerin kapsamıdır. Oluşturulan bir modelin başarısı, kullanılan girdi değişkenlerinin hedef değişkeni açıklama gücüne doğrudan bağılıdır. Bu çalışmada, ulusal ölçekte ve yüksek çözünürlükte erişilebilir olan en temel değişkenler (coğrafi koordinatlar, rakım, AGDR, CGDR, belirsizlik) kullanılmıştır. Ancak, topraktaki radyonüklid dağılımını doğrudan etkileyen bazı kritik çevresel katmanların eksikliği, modelin potansiyel performansını sınırlayan bir diğör önemli faktördür. Bu eksikliklerin başında, Türkiye'nin tamamını kapsayan, standartlaştırılmış ve yüksek çözünürlüklü bir toprak tipi veya toprak dokusu haritası ile detaylı bir jeolojik formasyon haritasının bulunmaması gelmektedir. Farklı toprak tiplerinin (örn. killi, kumlu, humuslu, kireçli) radyonüklidleri tutma kapasiteleri ve farklı jeolojik birimlerin (örn. granit, bazalt, kireçtaşı) kendilerine özgü radyokimyasal içerikleri, radyasyon dağılımında belirleyici rol oynar (IAEA, 2003). Modelimiz, bu bilgileri dolaylı olarak AGDR sinyali ve coğrafi konum üzerinden kısmen öğrenmiş olsa da bu katmanların doğrudan birer girdi olarak modele eklenmesi şüphesiz ki tahmin doğruluğunu, özellikle jeolojik sınırların keskin olduğu bölgelerde önemli ölçüde artıracaktır. Gelecekte, uzaktan algılama veya diğör jeofiziksel yöntemlerle bu tür ulusal veri setleri üretildiğinde, bu araştırmada elde edilen mevcut modelleme metodolojisi çerçevesine kolaylıkla entegre edilebilirler.

Son olarak, nihai radyonüklid modeline girdi olarak kullanılan AGDR ve CGDR haritalarının da kendi içlerinde belirli belirsizlikler barındırdığı unutulmamalıdır. AGDR haritasının doğruluğı, 219 adet RADİSA istasyonunun mekânsal dağılımına bağılıdır ve istasyonların seyrek olduğu bölgelerde tahmin belirsizliği doğal olarak daha yüksektir. Şekil 11 bu sonucu gösteren en önemli bulgudur. Benzer şekilde, CGDR vekil modeli, her ne kadar EXPACS modelini %99'un üzerinde bir doğrulukla taklit etse de EXPACS modelinin (EXPACS, 2016; Sato, 2015, 2016a; Sato vd., 2015) kendi varsayımları ve basitleştirmeleri nihai sonuca yansımaktadır. Bu hataların yayılımı olgusu, her çok katmanlı modelleme çalışmasının doğasında bulunmaktadır. Bu çalışmada, AGDR tahminindeki belirsizliğin bir girdi olarak modele dahil edilmesiyle bu sorun kısmen ele alınmış olsa da nihai haritaların deterministik birer gerçek olarak değil, mevcut en iyi verilerle üretilmiş en olası tahminler olarak yorumlanması bilimsel olarak en doğru yaklaşım olacaktır.

5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, Türkiye'nin doğal radyasyon ortamının anlaşılması ve haritalanması konusunda, geleneksel yaklaşımların ötesine geçerek modern veri bilimi, jeostatistik ve makine öğrenmesi disiplinlerini hibrit bir metodolojik çerçevede birleştiren kapsamlı bir çabanın ürünüdür. Çalışmanın temel hedefi olan, Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü (300×300 m²), tahmine dayalı ve sürekli radyonüklid dağılım haritalarının oluşturulması ve bu karmaşık bilimsel modelin pratik, erişilebilir bir çevrim içi araca dönüştürülmesi hedeflerine başarıyla ulaşılmıştır. Bu nihai bölümde, çalışmanın temel sonuçları özetlenmekte ve elde edilen bulgular ışığında gelecek araştırmalar için stratejik öneriler sunulmaktadır.

5.1 Temel Sonuçlar

Bu araştırmadan elde edilen temel sonuçlar aşağıdaki maddelerde özetlenmektedir:

1. Çalışma, seyrek noktasal verilerin (RADİSA), düşük çözünürlüklü alansal verilerin (Radyoaktivite Atlası) ve fiziksel modellerin (EXPACS), çok adımlı bir modelleme zinciri ile ulusal ölçekte yüksek çözünürlüklü tahminler üretmek için etkin bir şekilde entegre edilebileceğini kanıtlamıştır. Sıralı Gauss Simülasyonu ile AGDR dağılımının ve ilişkili belirsizliğinin modellenmesi, makine öğrenmesi tabanlı bir vekil model ile CGDR dağılımının verimli bir şekilde hesaplanması ve nihayetinde bu katmanların XGBoost algoritması ile birleştirilerek radyonüklid konsantrasyonlarının tahmin edilmesi, bu alandaki mekânsal modelleme problemleri için güçlü ve tekrarlanabilir bir iş akışı sunmaktadır.
2. Bu çalışmanın en somut çıktısı, Türkiye'nin Ra-226, Th-232, K-40ve entegre Karasal Gama Doz Hızı (TGDR) için üretilen yüksek çözünürlüklü (300×300 m²) ulusal haritalarıdır. Bu haritalar, sadece Türkiye'nin radyasyon arka planının genel bir resmini sunmakla kalmamış aynı zamanda gözlemlenen mekânsal desenlerin ülkenin bilinen temel jeolojik ve tektonik yapılarıyla (örneğin, İç Batı Anadolu'daki uranyum yatakları, Afyon-Isparta bölgesindeki alkali volkanitler, Pontid kuşağındaki granitoidler) çarpıcı bir uyum içinde olduğunu göstermiştir.

Bu durum, geliştirilen modelin, altta yatan fiziksel ve jeokimyasal süreçleri başarılı bir şekilde öğrendiğini ve yansıttığını ortaya koymaktadır.

3. Geliştirilen XGBoost modellerinin performansı hem kendi içindeki test verileriyle hem de tamamen bağımsız bir harici ölçüm veri setiyle kapsamlı bir şekilde doğrulanmıştır. Modelin, eğitildiği mekânsal ölçek olan ilçe bazlı ortalamaları tahmin etmede yüksek bir başarı sergilediği (örn., Th-232 için $r=0.719$) ancak noktasal ölçekte beklendiği gibi performansının düştüğü gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, tekil radyonüklid tahminlerindeki yerel hataların nihai TGDR hesabında birbirlerini kısmen dengeleyerek orta düzeyde anlamlı bir korelasyon ($r=0.444$) üretmesi, modelin entegre bir ürün olarak pratik bir değere sahip olduğunu kanıtlamıştır.
4. Projenin en yenilikçi katkılarından biri, elde edilen karmaşık bilimsel modeli, R Shiny tabanlı, kullanıcı dostu ve etkileşimli bir çevrim içi haritalama ve sorgu aracına dönüştürmesidir. Bu platform, üretilen bilginin sadece akademik çevrelerle sınırlı kalmasını engelleyerek karar vericilerin, farklı disiplinlerden araştırmacıların ve halkın erişimine açmaktadır. Bu, bilimsel bilginin pratik faydaya dönüşüm sürecini hızlandıran ve bilimden eyleme felsefesini somutlaştıran önemli bir adımdır.

5.2 Öneriler

Elde edilen sonuçlar ve çalışmanın sınırlılıkları göz önünde bulundurularak, Türkiye'nin çevresel radyasyon modellemesi alanında gelecekte atılabilecek adımlara yönelik aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

1. **Yüksek Çözünürlüklü Ulusal Toprak Örnekleme Ağı'nın Kurulması:** Bu çalışmanın ortaya koyduğu en temel ihtiyaç, ilçe bazlı ortalama değerlerin ötesine geçen, standart bir protokol ile toplanmış, noktasal koordinat bazlı ve yüksek yoğunluklu ulusal bir radyokimyasal toprak veri tabanının oluşturulmasıdır. Böyle bir veri seti, mevcut modelin yerel ölçekteki tahmin gücünü belirgin bir şekilde artıracak ve çok daha hassas risk analizlerine olanak tanıyacaktır.
2. **Yardımcı Çevresel Veri Katmanlarının Entegrasyonu:** Gelecekteki modelleme çalışmalarında, ulusal ölçekte ve yüksek çözünürlükte üretilecek

olan detaylı jeolojik formasyon haritaları, toprak tipi/dokusu haritaları ve uzaktan algılama tabanlı diğer jeofiziksel veri katmanları (örneğin, havadan gama spektrometresi verileri gibi) mevcut model çerçevesine entegre edilmelidir. Bu ek bilgiler, modelin açıklayıcı gücünü ve tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir.

- 3. Dinamik ve Zamansal Modellemeye Geçiş:** Bu çalışma, zamansal ortalamalara dayalı statik bir harita sunmaktadır. Ancak çevresel radyasyon seviyeleri, meteorolojik (yağış, atmosferik inversiyon vb.) ve jeofiziksel (yer kabuğunun ve katmanların çatlakları vb.) koşullara bağlı olarak kısa vadeli dalgalanmalar gösterebilir. Gelecekteki modeller, RADİSA ağından gelen anlık verileri ve meteorolojik model çıktılarını entegre ederek, dinamik ve zamana bağlı (spatio-temporal) yüksek çözünürlüklü radyasyon haritaları üretmeye odaklanmalıdır.
- 4. Farklı Radyasyon Bileşenlerinin Modellenmesi:** Bu çalışma karasal ve kozmik gama radyasyonuna odaklanmıştır. Benzer metodolojik yaklaşımlar kullanılarak, Türkiye'nin mekânsal radon riski haritası gibi halk sağlığı açısından büyük önem taşıyan diğer doğal radyasyon bileşenlerinin de yüksek çözünürlüklü modelleri geliştirilebilir.
- 5. Çevrim İçi Aracın Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması:** Geliştirilen çevrim içi platform, sürekli olarak güncellenmeli, yeni veri katmanları eklendiğinde modeller yenilenmeli ve bu platformun ulusal (Çevre Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, AFAD vb.) ve yerel karar vericiler tarafından aktif olarak kullanılması için tanıtım ve eğitim faaliyetleri düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Akıska, E., Karakaş, Z., Öztürk, C. 2019. "Uranium, Thorium and Rare Earth Element Deposits of Turkey". İçinde F. Pirajno ; , T. Ünlü, C. Dönmez, & M. Bahadır Şahin (Ed.), *Mineral Resources of Turkey* (ss. 655–679). Springer.
- Alomari, A. H., Saleh, M. A., Hashim, S., Alsayaheen, A. 2019. "Assessment of health risk associated with natural gamma dose rate levels and isodose mapping of Jordan". *Radiation Effects and Defects in Solids*, 174(3–4), 294–306.
- Andresen, M. A. 2021. "Modifiable Areal Unit Problem". İçinde *The Encyclopedia of Research Methods in Criminology and Criminal Justice Volume II: Parts 5-8* (ss. 854–855).
- Araújo dos Santos Júnior, J., João Ricardo Ferreira Cardoso, J., Miguel da Silva, C., Vita Silveira, S., dos Santos Amaral, R. 2005. "BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY Analysis of the 40 K Levels in Soil using Gamma Spectrometry". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(October), 221–228.
- Bai, T., Tahmasebi, P. 2022. "Sequential Gaussian simulation for geosystems modeling: A machine learning approach". *Geoscience Frontiers*, 13(1), 101258.
- Baltas, H., Yesilkanat, C. M., Kiris, E., Sirin, M. 2019. "A study of the radiological baseline conditions around the planned Sinop (Turkey) nuclear power plant using the mapping method". *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), Article Number: 660.
- Beiser, A. 1997. *"Concepts of Modern Physics"* (6. Edition). Newyork: McGraw-Hill.
- Biau, G., Scornet, E. 2016. "A random forest guided tour". *Test*, 25(2), 197–227.
- Bossew, P., Cinelli, G., Hernández-Ceballos, M., Cernohlawek, N., Gruber, V., Dehandschutter, B., ... de Cort, M. 2017. "Estimating the terrestrial gamma dose rate by decomposition of the ambient dose equivalent rate". *Journal of Environmental Radioactivity*, 166, 296–308.
- Bozkurt, A., Yorulmaz, N., Kam, E., Karahan, G., Osmanlioglu, A. E. 2007. "Assessment of environmental radioactivity for Sanliurfa region of southeastern Turkey". *Radiation Measurements*, 42(8), 1387–1391.
- Breiman, L. 2001. "Random forest". *Mach. Learn.*, 45, 5.
- Breiman, Leo. 1996a. "Bagging predictors". *Machine Learning*, 24(2), 123–140. Tarihinde adresinden erişildi <http://dx.doi.org/10.1007/BF00058655>
- Breiman, Leo. 1996b. "Stacked regressions". *Machine Learning*, 24(1), 49–64.
- Brown, C. E. 2012. *"Applied multivariate statistics in geohydrology and related sciences"* (Edition 2). Springer Science & Business Media.
- Burden, F. R., Winkler, D. A. 1999. "Robust QSAR Models Using Bayesian Regularized Neural Networks". *Journal of Medicinal Chemistry*.

- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F., Konopka, A. E. 1994. "Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils". *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1501.
- Caro, a, Legarda, F., Romero, L., Herranz, M., Barrera, M., Valiño, F., ... Olondo, C. 2013. "Map on predicted deposition of Cs-137 in Spanish soils from geostatistical analyses.". *Journal of environmental radioactivity*, 115, 53–59.
- Carlaw, D. C., Ropkins, K. 2012. "Openair - An r package for air quality data analysis". *Environmental Modelling and Software*, 27–28, 52–61.
- Celik, N., Cevik, U., Celik, A., Koz, B. 2009. "Natural and artificial radioactivity measurements in Eastern Black Sea region of Turkey", 162, 146–153.
- Cetin, E., Altinsoy, N., Orgün, Y. 2012. "Natural radioactivity levels of granites used in Turkey.". *Radiation Protection Dosimetry*, 151(2), 299–305.
- Cevik, U., Damla, N., Van Grieken, R., Akpınar, M. V. 2011. "Chemical composition of building materials used in Turkey". *Construction and Building Materials*, 25(4), 1546–1552.
- Chen, Q., Yang, X., Ouyang, Z., Zhao, N., Jiang, Q. 2020. "Estimation of anthropogenic heat emissions in China using Cubist with points-of-interest and multisource remote sensing data *". *Environmental Pollution*, 266, 115183.
- Chen, T., Guestrin, C. 2016a. "XGBoost: A Scalable Tree Boosting System". *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794.
- Chen, T., Guestrin, C. 2016b, Kasım 21. "Extreme Gradient Boosting [R package xgboost version 1.5.0.2]".
- Chu, J., Liu, X., Zhang, Z., Zhang, Y., He, M. 2021. "A novel method overcomeing overfitting of artificial neural network for accurate prediction: Application on thermophysical property of natural gas". *Case Studies in Thermal Engineering*, 28(September), 101406.
- Cinelli, G., Gruber, V., De Felice, L., Bossew, P., Hernandez-Ceballos, M. A., Tollefsen, T., ... De Cort, M. 2017. "European annual cosmic-ray dose: Estimation of population exposure". *Journal of Maps*, 13(2), 812–821.
- Cinelli, G., Tondeur, F., Dehandschutter, B., Menneson, F., Rincones, J. 2022. "Harmonization and mapping of terrestrial gamma dose rate data in Belgium". *Journal of Environmental Radioactivity*, 248(October 2021), 106885.
- Cortes, C., Vapnik, V. 1995. "Support-Vector Networks". *Machine Learning*, 20(2), 273–297.
- Cuculovic, A., Sabovljevic, M., Veselinovic, D. 2014. "The Activity Concentrations of K-40, Ra-226, Th-232, U-238 and Be-7 in Moss from Spas in Eastern Serbia in the Period 2000-2012". *Archives of Biological Sciences*, 66(2), 917–925.
- Cutler, D. R., Edwards, T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., Lawler, J. J. 2007. "Random forests for classification in ecology.". *Ecology*, 88(11), 2783–2792.
- Dai, F., Zhou, Q., Lv, Z., Wang, X., Liu, G. 2014. "Spatial prediction of soil organic matter content integrating artificial neural network and ordinary kriging in Tibetan Plateau". *Ecological Indicators*, 45, 184–194.

- Damla, N., Altun, A., Yesilkanat, C. M., Taskin, H., Isık, U. 2023. "Spatial distribution modeling of radiometric analysis and radiation dose estimations in drinking water and soil samples from Siirt city in Türkiye". *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 29(7–8), 1044–1063.
- Dark, S., Bram, D. 2007. "The Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) in Physical Geography". *Progress in Physical Geography - PROG PHYS GEOG*, 31, 471–479.
- Degerlier, M., Karahan, G., Ozger, G. 2008. "Radioactivity concentrations and dose assessment for soil samples around Adana, Turkey.". *Journal of environmental radioactivity*, 99(7), 1018–1025.
- Dizman, S., Görür, F. K., Keser, R., Görür, O. 2019. "The assessment of radioactivity and radiological hazards in soils of Bolu province, Turkey". *Environmental Forensics*, 20(3), 211–218.
- Dong, X. X., An, R., Lu, J. X., Geng, L. S. 2022. "Novel Bayesian neural network based approach for nuclear charge radii". *Physical Review C*, 105(1).
- Dragović, S. 2022. "Artificial neural network modeling in environmental radioactivity studies – A review". *Science of the Total Environment*, 847(June).
- Drucker, H., Surges, C. J. C., Kaufman, L., Smola, A., Vapnik, V. 1997. "Support vector regression machines". *Advances in Neural Information Processing Systems*, 1, 155–161.
- Działuk, A., Malczewski, D., Żaba, J., Dziurawicz, M. 2018. "Natural radioactivity in granites and gneisses of the Opava Mountains (Poland): a comparison between laboratory and in situ measurements". *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 316(1), 101–109.
- El Samad, O., Baydoun, R., Nsouli, B., Darwish, T. 2013. "Determination of natural and artificial radioactivity in soil at North Lebanon province.". *Journal of environmental radioactivity*, 125, 36–39.
- Erdogan Erten, G., Mokdad, K., da Silva, C. Z., Nisenson, J., Brandao, G., Boisvert, J. 2025. "Ensemble Machine Learning Geostatistical Hybrid Models for Grade Control". *Mathematical Geosciences*, 57(3), 499–522.
- Ereeş, F. S., Aközcan, S., Parlak, Y., Çam, S. 2006. "Assessment of dose rates around Manisa (Turkey)". *Radiation Measurements*, 41, 598–601.
- EXPACS. 2016. "EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum (EXPACS), URL: <https://phits.jaea.go.jp/expacs/>".
- Field, A., Miles, J., Field, Z. 2012. *"Discovering Statistics Using R"*. SAGE Publications Ltd. California, USA. ISBN: 9781446200469.
- Fonseca, G. A., Ferreira, D. D., Costa, F. B., Almeida, A. R. 2022. "Fault Classification in Transmission Lines Using Random Forest and Notch Filter". *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 33(2), 598–609.
- Fouedjio, F., Arya, E. 2024. "Locally varying geostatistical machine learning for spatial prediction". *Artificial Intelligence in Geosciences*, 5(June), 100081.
- Friedman, J. 1991. "Multivariate adaptive regression splines". *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67.
- Friedman, Jerome. 2001. "Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting

- Machine Author (s): Jerome H . Friedman Source : The Annals of Statistics , Vol . 29 , No . 5 (Oct . , 2001), pp . 1189-1232 Published by: Institute of Mathematical Statistics Stable URL :
- Gholamy, A., Kreinovich, V., Kosheleva, O. 2018. "Why 70 / 30 or 80 / 20 Relation Between Training and Testing Sets : A Pedagogical Explanation". Journal of Intelligent Technologies and Applied Statistics, 11(2), 105–111.
- Goovaerts, P. 2001. "Geostatistical modelling of uncertainty in soil science". Geoderma, 103(1–2), 3–26.
- Goovaerts, Pierre. 1997. "Geostatistics for natural resources evaluation". New York: Oxford University Press.
- Gültekin, A. H., Örgün, Y., Suner, F. 2003. "Geology, mineralogy and fluid inclusion data of the Kizilcaören fluorite–barite–REE deposit, Eskisehir, Turkey". Journal of Asian Earth Sciences, 21(4), 365–376.
- Günay, O., Yalçın, C., Güray, R. T., Avcı Karakurt, D., Tantoğlu, E., Başdemir, S. 2024. "37 years after the chernobyl: the current radiation status in Kocaeli, Turkey". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 333(8), 3781–3792.
- Hastie, T., Friedman, J., Tibshirani, R. 2009. "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction" (C. 2). New York: Springer.
- Hengl, T., De Jesus, J. M., Heuvelink, G. B. M., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagočić, A., ... Kempen, B. 2017. "SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning". PLoS ONE, 12(2), 1–40.
- Hiemstra, P. H., Pebesma, E. J., Twenhöfel, C. J. W., G.B.M., H. 2009. "Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch radioactivity monitoring network". Computers & Geosciences, 35, 1711–1721.
- Hijmans, R. J. 2025. "raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.6-32". Tarihiinde adresinden erişildi <https://rspatial.org/raster>.
- Ho, T. 1998. "The random subspace method for constructing decision forests". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(8), 832–844.
- IAEA. 2003. "Mapping Using Gamma Ray". Encyclopedia of Atmospheric Sciences, 4(July), 1549-1555. Tarihiinde adresinden erişildi http://cdiac.esd.ornl.gov/oceans/GLODAP/glodap_pdfs/Thermohaline.web.pdf
- Ibrahim Ahmed Osman, A., Najah Ahmed, A., Chow, M. F., Feng Huang, Y., El-Shafie, A. 2021. "Extreme gradient boosting (Xgboost) model to predict the groundwater levels in Selangor Malaysia". Ain Shams Engineering Journal, 12(2), 1545–1556.
- ICRP. 2007. "Recommendations of the ICRP: Annals of the ICRP (International Commission on Radiological Protection)". Publication 103 Volume 37/2-4.
- International Commission on Radiological Protection. 2007. "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection".
- Izquierdo-Verdiguier, E., Zurita-Milla, R. 2020. "An evaluation of Guided Regularized Random Forest for classification and regression tasks in remote sensing". International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 88(June 2019), 102051.

- Jeong, H., Hwang, W., Kim, E., Han, M. 2011. "Development of a radioactivity mapping tool to support the decision making for radiological emergency events". *Radiation Protection Dosimetry*, 146(1–3), 54–57.
- Jeung, M., Baek, S., Beom, J., Cho, K. H., Her, Y., Yoon, K. 2019. "Evaluation of random forest and regression tree methods for estimation of mass first flush ratio in urban catchments". *Journal of Hydrology*, 575, 1099–1110.
- Jibiri, N. N., Isinkaye, M. O., Bello, I. A., Olaniyi, P. G. 2016. "Dose assessments from the measured radioactivity in soil, rock, clay, sediment and food crop samples of an elevated radiation area in south-western Nigeria". *Environmental Earth Sciences*, 75(2), 1–13.
- Kadiri, S., Dizman, S., Yeşilkanat, C. M., Aliu, H., Hodolli, G. 2022. "Radioactivity in Soils of Kosovo and Radiological Implications". *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(19).
- Kalender, L., Alçiçek, Ö. N., Gürgeç, E. 2016. "Geological and Geochemical Features of Uranium Mineralization in Western Turkey". *International Journal of Geosciences*, 07(03), 409–424.
- Karahan, G., Bıyık, R., Bingöldağ, N., Koçak, M., Ataksor, B., Baş Mor, H., ... Varinoğlu, A. 2017. "*Antalya-Nevşehir-Karaman-Hatay-Artvin illerinin doğal fon radyasyonu haritasının çıkarılması ve eser element analizleri*". Ankara, Türkiye: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK TR-2017/3). Tarihinde adresinden erişildi https://drive.google.com/file/d/1v1X_k1GMIgOJTsVxuTebLUWGCR9h_AbB/view?usp=sharing
- Karahan, G., Bıyık, R., Güngör, E., Bingöldağ, N., Ataksor, B., Şimşek, V., ... Koçak, M. 2015. "*Mersin-Kars-Iğdır-Bartın-Karabük illerinin doğal fon radyasyonu haritasının çıkarılması ve eser element analizleri*". Ankara, Türkiye: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK TR 2015/2). Tarihinde adresinden erişildi <https://drive.google.com/file/d/1jjK9rdtXEW6CC2oNFVZZ88bzB7BmHlka/view?usp=sharing>
- Karatzoglou, A., Smola, A., Hornik, K., Zeileis, A. 2004. "kernlab - An S4 Package for Kernel Methods in R". *Journal of Statistical Software*, 11(9), 1–20. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.jstatsoft.org/v11/i09/>
- Knoll, G F. 2010. "*Radiation Detection and Measurement*" (4th baskı). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Knoll, Gleen F. 2000. "*Radiation Detection and Measurement*" (Third Edit). New York: Wiley.
- Knotters, M., Brus, D. J., Oude Voshaar, J. H. 1995. "A comparison of kriging, co-kriging and kriging combined with regression for spatial interpolation of horizon depth with censored observations". *Geoderma*, 67(3–4), 227–246.
- Koby, Y., Taşkın, H., Yeşilkanat, C. M., Çevik, U., Karahan, G., Çakır, B. 2015. "Radioactivity survey and risk assessment study for drinking water in the Artvin Province, Turkey". *Water, Air, and Soil Pollution*, 226(3), Article No:46.
- Koby, Yaşar, Taşkın, H., Yeşilkanat, C. M., Çevik, U. 2015. "Evaluation of Outdoor Gamma Dose Rate and Cancer Risk in Artvin Province, Turkey". *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21, 2077–2085.
- Kooperberg, C. 2001. "Multivariate Adaptive Regression Splines". İçinde *Encyclopedia*

- Kucukomeroglu, B., Kurnaz, A., Damla, N., Cevik, U., Celebi, N., Ataksor, B., Taskin, H. 2009. "Environmental radioactivity assessment for Bayburt, Turkey.". *Journal of radiological protection*, 29(3), 417–428.
- Kuhn, M, Quinlan, R. 2021. "Cubist: Rule- And Instance-Based Regression Modeling".
- Kuhn, Max, Johnson, K. 2013. "Regression Trees and Rule-Based Models". İçinde *Applied Predictive Modeling* (ss. 173–220). New York, NY: Springer New York.
- Kuhn, Max, Wing, J., Weston, S., Williams, A., Keefer, C., Engelhardt, A., ... Hunt, T. 2020. "caret: Classification and Regression Training". R Packag. version 6.0-86. <https://CRAN.R-project.org/package=caret>.
- Kurnaz, A., Kucukomeroglu, B., Damla, N., Cevik, U. 2011. "Radiological maps for Trabzon, Turkey.". *Journal of environmental radioactivity*, 102(4), 393–399.
- L'Annunziata, M. F. 2007. "*Radioactivity Introduction and History*" (1. Edition). Oxford: Elsevier.
- Lamichhane, S., Adhikari, K., Kumar, L. 2022. "National soil organic carbon map of agricultural lands in Nepal". *Geoderma Regional*, 30(August), e00568.
- Lark, R. M., Webster, R. 2006. "Geostatistical mapping of geomorphic variables in the presence of trend". *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(7), 862–874.
- Laurier, D., Billarand, Y., Klokoy, D., Leuraud, K. 2023. "The scientific basis for the use of the linear no-threshold (LNT) model at low doses and dose rates in radiological protection". *Journal of Radiological Protection*, 43(2).
- Lebedyte, M., Butkus, D., Morkunas, G. 2003. "Variations of the ambient dose equivalent rate in the ground level air". *Journal of Environmental Radioactivity*, 64(1), 45–57.
- Lewis, P. A. W., Stevens, J. G. 1991. "Nonlinear modeling of time series using multivariate adaptive regression splines (MARS)". *Journal of the American Statistical Association*, 86(416), 864–877.
- Li, Jie, Bai, T., Hu, W., Wang, M., Liao, L., Xun, Z., ... Song, H. 2025. "Geochemical properties and mineralization of thorium". *Ore and Energy Resource Geology*, 18(December 2024), 100081.
- Li, Jin, Heap, A. D. 2014. "Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review". *Environmental Modelling & Software*, 53, 173–189.
- Lin, L. I. 1989. "A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility". *Biometrics*, 45(1), 255–268. Tarihinde adresinden erişildi <https://www.jstor.org/stable/2532051>
- Liu, C., Zhang, W., Ungar, K., Korpach, E., White, B., Benotto, M., Pellerin, E. 2018. "Development of a national cosmic-ray dose monitoring system with Health Canada's Fixed Point Surveillance network". *Journal of Environmental Radioactivity*, 190–191(April), 31–38.
- Lochard, J., Bartlett, D. T., Rühm, W., Yasuda, H., Bottollier-Depois, J. F. 2016. "*ICRP Publication 132: Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation*". *Annals of the ICRP* (C. 45).
- Lundberg, S. M., Lee, S.-I. 2017. "A Unified Approach to Interpreting Model

- Predictions". İçinde I. Guyon, U. Von Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Ed.), *Advances in Neural Information Processing Systems* (C. 30). Curran Associates, Inc.
- M. Fakeye, A. 2011. "Determination of Spatial Distribution of Topsoil Texture and Available Potassium Contents Using Gamma Ray Spectrometry". European Association of Geoscientists & Engineers.
- Ma, Z., Shi, Z., Zhou, Y., Xu, J., Yu, W., Yang, Y. 2017. "A spatial data mining algorithm for downscaling TMPA 3B43 V7 data over the Qinghai – Tibet Plateau with the effects of systematic anomalies removed". *Remote Sensing of Environment*, 200(August), 378–395.
- Mabit, L., Bernard, C. 2007. "Assessment of spatial distribution of fallout radionuclides through geostatistics concept.". *Journal of environmental radioactivity*, 97(2–3), 206–219.
- Manaog, M. L., Parisi, L. 2022. "Funnel Random Forest: Inliers-Focused Ensemble Learning for Improved Prognostics of Heart Failure". *SSRN Electronic Journal*, (DOI: 10.2139/ssrn.4132314).
- Mandal, A. 2025. "Predicting compressive strength of concrete using advanced machine learning techniques: a combined dataset approach". *Asian Journal of Civil Engineering*, 26(3), 1225–1241.
- Martinez, D. L., Shih, D. T., Chen, V. C. P., Kim, S. B. 2015. "A convex version of multivariate adaptive regression splines". *Computational Statistics & Data Analysis*, 81, 89–106.
- Mattsson, S., Nilsson, M. 2015. "On the estimation of radiation-induced cancer risks from very low doses of radiation and how to communicate these risks". *Radiation Protection Dosimetry*, 165(1–4), 17–21.
- Metahni, S., Coudert, L., Gloaguen, E., Guemiza, K., Mercier, G., Blais, J. F. 2019. "Comparison of different interpolation methods and sequential Gaussian simulation to estimate volumes of soil contaminated by As, Cr, Cu, PCP and dioxins/furans". *Environmental Pollution*, 252, 409–419.
- Milborrow, S. 2023. "earth: Multivariate Adaptive Regression Splines (R package version 5.3.2)". <https://web.archive.org/web/20230510090239/https://cran.r-project.org/web/packages/earth/index.html>, (Accessed date: 10/05/2023).
- Mohammadpour, M., Roshan, H., Arashpour, M., Masoumi, H. 2024. "Machine learning assisted Kriging to capture spatial variability in petrophysical property modelling". *Marine and Petroleum Geology*, 167(March), 106967.
- Morellos, A., Pantazi, X., Moshou, D., Alexandridis, T., Whetton, R., Tziotzios, G., ... Mouazen, A. M. 2016. "Machine learning based prediction of soil total nitrogen, organic carbon and moisture content by using VIS-NIR spectroscopy". *Biosystems Engineering*, 152(Special Issue : Proximal Soil Sensin), 104–116.
- Müller, W. G., Pronzato, L., Rendas, J., Waldl, H. 2015. "Efficient prediction designs for random fields". *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 31(2), 178–194.
- Nguyen, H., Bui, X., Bui, H., Mai, N. 2020. "A comparative study of artificial neural networks in predicting blast- induced air-blast overpressure at Deo Nai open-pit coal mine , Vietnam". *Neural Computing and Applications*, 32(8), 3939–3955.

- Nguyen, H., Bui, X. N., Tran, Q. H., Mai, N. L. 2019. "A new soft computing model for estimating and controlling blast-produced ground vibration based on Hierarchical K-means clustering and Cubist algorithms". *Applied Soft Computing*, 77, 376–386.
- Norbani, N. E., Abdullah Salim, N. A., Saat, A., Hamzah, Z., Ramli, A. T., Wan Idris, W. M. R., ... Abdul Rahman, A. T. 2014. "Terrestrial gamma radiation dose rates (TGRD) from surface soil in Negeri Sembilan, Malaysia". *Radiation Physics and Chemistry*, 104, 112–117.
- Nussbaumer, R., Mariethoz, G., Gravey, M., Gloaguen, E., Holliger, K. 2018. "Accelerating Sequential Gaussian Simulation with a constant path". *Computers and Geosciences*, 112(December 2017), 121–132.
- O'Brien, K., Friedberg, W., Sauer, H. H., Smart, D. F. 1996. "Atmospheric cosmic rays and solar energetic particles at aircraft altitudes.". *Environment international*, 22(1), 9–44. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11542509>
- Ogunsanwo, F. O., Ozebo, V. C., Olurin, O. T., Ayanda, J. D., Coker, J. O., Sowole, O., ... Olowofela, J. A. 2021. "Geostatistical analysis of uranium concentrations in North-Western part of Ogun State, Nigeria". *Journal of Environmental Radioactivity*, 237, 106706.
- Oğuz, F., Yücel, B., Arıkan, İ. H. 2013. "*Türkiye çevresel radyoaktivite atlası*". Ankara, Türkiye: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. Tarihinde adresinden erişildi <https://kurumsalarsiv.tenmak.gov.tr/handle/20.500.12878/225>
- Oliveira, S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., Pereira, J. M. C. 2012. "Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest". *Forest Ecology and Management*, 275, 117–129.
- Oliver, M. A. 2010. "*Geostatistical applications for precision agriculture*". (M.A. Oliver, Ed.). London, U.K.: Springer.
- Openshaw, S. 1984. "Ecological Fallacies and the Analysis of Areal Census Data". *Environment and Planning A: Economy and Space*, 16(1), 17–31.
- Panov, P., Džeroski, S. 2007. "Combining Bagging and Random Subspaces to Create Better Ensembles". İçinde *Advances in Intelligent Data Analysis VII* (ss. 118–129). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Parsa, M. 2021. "A data augmentation approach to XGboost-based mineral potential mapping: An example of carbonate-hosted Zn–Pb mineral systems of Western Iran". *Journal of Geochemical Exploration*, 228(May), 106811.
- Pebesma, E. J. 2004. "Multivariable geostatistics in S: the gstat package". *Computers & Geosciences*, 30(7), 683–691.
- Pebesma, E. J., Bivand, R. 2005. "Classes and methods for spatial data in R". *R News*, 4(2), 9–13.
- Pebesma, E. J., Wesseling, C. G. 1998. "Gstat: a program for geostatistical modelling, prediction and simulation". *Computers & Geosciences*, 24(1), 17–31.
- Pouladi, N., Møller, A. B., Tabatabai, S., Greve, M. H. 2019. "Mapping soil organic matter contents at field level with Cubist, Random Forest and kriging". *Geoderma*,

342(October 2018), 85–92.

- Prasad, A. M., Iverson, L. R., Liaw, A. 2006. "Newer classification and regression tree techniques: Bagging and random forests for ecological prediction". *Ecosystems*, 9(2), 181–199.
- Puletti, N., Camarretta, N., Corona, P. 2016. "Evaluating EO1-Hyperion capability for mapping conifer and broadleaved forests". *European Journal of Remote Sensing*, 49, 157–169.
- Pyrcz, M., Deutsch, C. 2014. *"Geostatistical reservoir modeling"* (Second Edi). New York, USA: Oxford University Press.
- Qu, M., Li, W., Zhang, C. 2013. "Assessing the risk costs in delineating soil nickel contamination using sequential Gaussian simulation and transfer functions". *Ecological Informatics*, 13, 99–105.
- Qu, M., Li, W., Zhang, C. 2014. "Spatial Distribution and Uncertainty Assessment of Potential Ecological Risks of Heavy Metals in Soil Using Sequential Gaussian Simulation". *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 20(3), 764–778.
- Quantum GIS Development Team. 2022. "Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project". Tarihinde adresinden erişildi <https://qgis.org/en/site/> (date accessed: 10.10.2022)
- Quinlan, J. R. 1992. "Learning with continuous classes". *Australian Joint Conference on Artificial Intelligence*, 92, 343–348.
- Quinlan, J. R. 1993. "Combining Instance-Based and Model-Based Learning". İçinde *Machine Learning Proceedings 1993* (ss. 236–243). Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- R Core Team. 2024. "R: A language and environment for statistical computing". Tarihinde adresinden erişildi <http://www.r-project.org/> (date accessed: 18.08.2024)
- Rafique, M., Abbasi, S., Shahzadi, C., Basharat, M., Jabbar, A., Ur Rahman, S. 2021. "Excessive Lifetime Cancer Risk Assessment due to Short-Term Indoor/Outdoor Ambient Radon and Gamma Dose Rate Exposures". *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science*, 45(6), 2181–2190.
- Remy, N., Boucher, A., Wu, J. 2009. *"Applied Geostatistics with SGeMS: A user's guide"*. *Applied Geostatistics with SGeMS: A User's Guide* (First publ, C. 9780521514). New York: Cambridge University Press.
- Ribeiro, M. T., Singh, S., Guestrin, C. 2016. "“Why Should I Trust You?”". İçinde *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (ss. 1133–1145).
- Rodriguez-Galiano, V., Mendes, M. P., Garcia-Soldado, M. J., Chica-Olmo, M., Ribeiro, L. 2014. "Predictive modeling of groundwater nitrate pollution using Random Forest and multisource variables related to intrinsic and specific vulnerability: A case study in an agricultural setting (Southern Spain)". *Science of the Total Environment*, 476–477, 189–206.
- Rodriguez, P. P., Gianola, D. 2022. "brnn R package: <https://cran.r-project.org/web/packages/brnn/index.html>".
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J. 1986. "Learning internal

- representations by error propagation". *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*.
- SAGA. 2015. "<http://www.saga-gis.org/en/index.html> / 06 Dec. 2015".
- Sakamoto, W. 2007. "MARS: selecting basis functions and knots with an empirical Bayes method". *Computational Statistics*, 22(4), 583–597.
- Saleh, M. A., Ramli, A. T., Alajerami, Y., Aliyu, A. S. 2013. "Assessment of environmental (226)Ra, (232)Th and (40)K concentrations in the region of elevated radiation background in Segamat District, Johor, Malaysia.". *Journal of environmental radioactivity*, 124C, 130–140.
- Saleh, M. A., Termizi, A., Alajerami, Y. 2013. "Assessment of environmental 226 Ra , 232 Th and 40 K concentrations in the region of elevated radiation background in Segamat District , Johor , Malaysia". *Journal of Environmental Radioactivity*, 124, 130–140.
- Samad, O. El, Baydoun, R., Nsouli, B., Darwish, T. 2013. "Determination of natural and artificial radioactivity in soil at North Lebanon province". *Journal of Environmental Radioactivity*, 125, 36–39.
- Sarifakioğlu, E., Özen, H., Hall, C. 2009. "Petrogenesis of extension-related alkaline volcanism in Karaburhan (Sivrihisar-Eskisehir), NW Anatolia, Turkey". *Journal of Asian Earth Sciences*, 35(6), 502–515.
- Sarma, D. D. 2009. "*Geostatistics with Applications in Earth Sciences*" (2. baskı). Netherlands: Springer.
- Sato, T. 2015. "Analytical model for estimating terrestrial cosmic ray fluxes nearly anytime and anywhere in the world: Extension of PARMA/EXPACS". *PLoS ONE*, 10(12), 1–33.
- Sato, T. 2016a. "Analytical model for estimating the zenith angle dependence of terrestrial cosmic ray fluxes". *PLoS ONE*, 11(8), 1–22.
- Sato, T. 2016b. "Evaluation of world population-weighted effective dose due to cosmic ray exposure". *Scientific Reports*, 6(September), 6–12.
- Sato, T., Niita, K., Matsuda, N., Hashimoto, S., Iwamoto, Y., Furuta, T., ... Sihver, L. 2015. "Overview of particle and heavy ion transport code system PHITS". *Annals of Nuclear Energy*, 82, 110–115.
- Sayar, M., Ongan, M. 2018. "Türkiye jeoloji haritası - Geology map of Turkey, SALT Research". Tarihinde 14 Eylül 2025, adresinden erişildi <https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/109044>
- Setiadi, D. R. I. M., Muslikh, A. R., Iriananda, S. W., Warto, W., Gondohanindijo, J., Ojugo, A. A. 2024. "Outlier Detection Using Gaussian Mixture Model Clustering to Optimize XGBoost for Credit Approval Prediction". *Journal of Computing Theories and Applications*, 2(2), 244–255.
- Shen, L., LaRue, E., Fei, S., Zhang, H. 2024. "Spatial prediction of plant invasion using a hybrid of machine learning and geostatistical method". *Ecology and Evolution*, 14(6), 1–12.
- Sheu, R. J., Jiang, S. H. 2003. "Cosmic-ray-induced neutron spectra and effective dose rates near air/ground and air/water interfaces in Taiwan". *Health Physics*, 84(1), 92–99.

- Shiny. 2023. "Shiny". <https://shiny.posit.co/>
- Simsek, C. 2008. "Assessment of natural radioactivity in aquifer medium bearing uranium ores in Koprubasi, Turkey". *Environmental Geology*, 55(8), 1637–1646.
- Srinivas, D., Ramesh Babu, V., Patra, I., Tripathi, S., Ramayya, M. S., Chaturvedi, A. K. 2017. "Assessment of background gamma radiation levels using airborne gamma ray spectrometer data over uranium deposits, Cuddapah Basin, India – A comparative study of dose rates estimated by AGRS and PGRS". *Journal of Environmental Radioactivity*, 167, 1–12.
- Szegvary, T., Conen, F., Stöhlker, U., Dubois, G., Bossew, P., de Vries, G. 2007. "Mapping terrestrial γ -dose rate in Europe based on routine monitoring data". *Radiation Measurements*, 42(9), 1561–1572.
- Taşkın, H., Yeşilkanat, C. M., Kobya, Y., Çevik, U. 2018. "Evaluation And Mapping Of Radionuclides in The Terrestrial Environment And Health Hazard Due To Soil Radioactivity in Artvin, Turkey". *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 729.
- TENMAK-NUKEN. 2022. "<https://kurumsalarsiv.tenmak.gov.tr/handle/20.500.12878/225>".
- UNEP. 2001. "*Depleted Uranium in Kosovo, Post-Conflict Environmental Assessment (No. Scientific Team Mission to Kosovo 5-19 November 2000)*". Geneva.
- UNSCEAR. 2000. "*ANNEX B: Exposures from natural radiation sources, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes*" (C. I).
- UNSCEAR. 2008. "*Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation, United Nations Publication, New York*".
- Uzun Duran, S. 2025. "Current state of natural and artificial radiation in the Eastern Black Sea Coast of Türkiye (Trabzon–Rize–Artvin) 38 years after Chernobyl". *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 334(3), 2417–2434.
- van Buuren, S., Groothuis-Oudshoorn, K. 2011. "mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R". *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1–67.
- Vries, G. De, Cort, M. De, Tanner, V. "EURDEP : A standard data-format and network for exchanging radiological monitoring data between 28 European countries" (2005). Luxembourg. WEB: <http://eurdepweb.jrc.ec.europa.eu/EurdepMap/Default.aspx>: Office for official Publications of The European Communities.
- Wang, J., He, L., Lu, X., Zhou, L., Tang, H., Yan, Y., Ma, W. 2022. "A full-coverage estimation of PM_{2.5} concentrations using a hybrid XGBoost-WD model and WRF-simulated meteorological fields in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration, China". *Environmental Research*, 203(May 2021).
- Warnery, E., Ielsch, G., Lajaunie, C., Cale, E., Wackernagel, H., Debayle, C., Guillevic, J. 2015. "Indoor terrestrial gamma dose rate mapping in France: a case study using two different geostatistical models". *Journal of Environmental Radioactivity*, 139, 140–148.
- Weber, G. W., Batmaz, I., Köksal, G., Taylan, P., Yerlikaya-Özkurt, F. 2012. "CMARS: A new contribution to nonparametric regression with multivariate adaptive regression splines supported by continuous optimization". *Inverse Problems in*

- Science and Engineering, 20(3), 371–400.
- WHO. 2011. "Information on nuclear accidents and radioactive contamination of foods International Food Safety Authorities Network". World Health Organization (WHO). Geneva, Switzerland.
- Wickham, H. 2016. "ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis". New York: Springer-Verlag. Tarihinde adresinden erişildi <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., Vaughan, D. 2023. "dplyr: A Grammar of Data Manipulation".
- Wright, M. N., Ziegler, A. 2017. "ranger: A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R". Journal of Statistical Software, 77(1 SE-Articles), 1–17.
- Wu, C. L., Chau, K. W., Li, Y. S. 2008. "River stage prediction based on a distributed support vector regression". Journal of Hydrology, 358(1–2), 96–111.
- Wu, J., Liu, H., Wei, G., Song, T., Zhang, C., Zhou, H. 2019. "Flash flood forecasting using support vector regression model in a small mountainous catchment". Water (Switzerland), 11(7).
- Xie, Z., He, F., Fu, S., Sato, I., Tao, D., Sugiyama, M. 2021. "Artificial Neural Variability for Deep Learning: On Overfitting, Noise Memorization, and Catastrophic Forgetting". Neural Computation, 33(8), 2163–2192.
- Yang, S., Zhu, Z. 2014. "Variance estimation and kriging prediction for a class of non-stationary spatial models". Statistica Sinica, 25, 135–149.
- Yeşilkanat, C.M. 2016. "Jeoistatistik analiz, yapay sinir ağları ve bulanık mantık yaklaşımları kullanarak çevresel radyoaktivitenin aradeğerleme modellemesi ve haritalandırılması". Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yeşilkanat, C.M. 2019. "A novel hybrid approach to the mapping and prediction of the terrestrial gamma dose rate distribution in the Central Anatolia Region of Turkey". Journal of Environmental Radioactivity, 208–209, 106009.
- Yeşilkanat, C.M., Kobya, Y. 2015. "Determination and mapping the spatial distribution of radioactivity of natural spring water in the Eastern Black Sea Region by using artificial neural network method". Environmental Monitoring and Assessment, 187(9), Article number: 589.
- Yeşilkanat, C.M., Kobya, Y., Taşkin, H., Çevik, U. 2015. "Dose rate estimates and spatial interpolation maps of outdoor gamma dose rate with geostatistical methods; A case study from Artvin, Turkey". Journal of Environmental Radioactivity, 150, 132–144.
- Yeşilkanat, Cafer Mert. 2020. "Spatio-temporal estimation of the daily cases of COVID-19 in worldwide using random forest machine learning algorithm". Chaos, Solitons & Fractals, 140, 110210.
- Yeşilkanat, Cafer Mert, Akbulut Özen, S. 2019. "Estimation of radon flux spatial distribution in Rize, Turkey by the artificial neural networks method". Applied Radiation and Isotopes, 151(June), 207–216.
- Yeşilkanat, Cafer Mert, Akkoyun, S. 2023. "Estimation of fission barrier heights for even-even superheavy nuclei using machine learning approaches". Journal of

Physics G: Nuclear and Particle Physics. Tarihinde adresinden erişildi
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6471/acbaaf>

- Yilmaz, H. 1980. "Genesis of uranium deposits in Neogene sedimentary rocks overlying the Menderes metamorphic massif, Turkey". *Chemical Geology*, 31, 185–210.
- Zahedi, P., Parvande, S., Asgharpour, A., McLaury, B. S., Shirazi, S. A., McKinney, B. A. 2018. "Random forest regression prediction of solid particle Erosion in elbows". *Powder Technology*, 338, 983–992.
- Zhang, S., Shao, M., Li, D. 2017. "Prediction of soil moisture scarcity using sequential Gaussian simulation in an arid region of China". *Geoderma*, 295, 119–128.
- Zhang, Y., Xu, Y., Xiong, W., Qu, R., Ten, J., Lou, Q., Lv, N. 2021. "Inversion Study of Heavy Metals in Soils of Potentially Polluted Sites Based on UAV Hyperspectral Data and Machine Learning Algorithms". *Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing, Evolution in Remote Sensing, 2021-March*, 1–5.
- Zhou, J., Li, E., Wei, H., Li, C., Qiao, Q. 2019. "Random Forests and Cubist Algorithms for Predicting Shear Strengths of Rockfill Materials". *Applied Sciences*, 9(8), 1621.
- Zhu, X., Chu, J., Wang, K., Wu, S., Yan, W., Chiam, K. 2021. "Prediction of rockhead using a hybrid N-XGBoost machine learning framework". *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(6), 1231–1245.
- Ziqiang, P., Yin, Y., Mingqiang, G. 1988. "Natural Radiation and Radioactivity in China". *Radiation Protection Dosimetry*, 24(1–4), 29–38.

EKLER

EK-1: Türkiye'nin il merkezi ve ilçelerinin temsil edildiği 929 lokasyon için radyolojik mekânsal veriler

ID	ŞEHİR	İLÇE	ENLEM (Derece)	BOYLAM (Derece)	YÜKSELTİ (metre)	Ra226 (Bq/kg)	Th232 (Bq/kg)	K40 (Bq/kg)	Cs137 (Bq/kg)
1	Çanakkale	Çan	40,02737850	27,0478060	82,7	64,7	46,6	466,7	7,01
2	Çanakkale	Ayvacık	39,60471280	26,4071429	266,4	36,4	38,6	590,3	6,9
3	Çanakkale	Bayramiç	39,80768750	26,6092070	112,3	18,4	39,2	466,5	12,4
4	Çanakkale	Biga	40,22652700	27,2436250	36,8	26,5	37,8	364,3	7,13
5	Çanakkale	Bozcaada	39,81713900	26,0231290	65,5	37,4	73,5	673,6	32,1
6	Çanakkale	Eceabat	40,21255720	26,3301579	63,2	38,6	19,8	352,7	11,4
7	Çanakkale	Ezine	39,86737030	26,4151920	346,9	64,3	95,4	846,6	7,2
8	Çanakkale	Gökçeada	40,13902010	26,0002148	21,3	9,3	9,2	282,6	7,02
9	Çanakkale	Gelibolu	40,35054780	26,5162278	82,8	64,5	38,2	558,6	8,1
10	Çanakkale	Lapseki	40,34171510	26,6789736	9,8	25,6	39,4	542,6	7,2
11	Çanakkale	Merkez	40,08585520	26,5108209	158,3	37,4	47,8	584,02	7,1
12	Çanakkale	Yenice	39,92739540	27,2601580	281,9	17,8	27,8	423,1	6,9
13	Çankiri	Çerkeş	40,81403470	32,8940424	1134,1	16,6	37,1	430,2	12,4
14	Çankiri	Atkaracalar	40,81427500	33,0753620	1232,7	24,3	17,2	230,2	4,08
15	Çankiri	Şabanözü	40,48036470	33,2757070	1081,0	19,5	27,1	418,3	3,3
16	Çankiri	Bayramören	40,94281330	33,2040692	859,3	25,6	27,3	341,1	4,95
17	Çankiri	Eldivan	40,52768220	33,4954061	952,5	15,3	18,7	251,1	13,2
18	Çankiri	Ilgaz	40,92654150	33,6255422	941,0	14,2	27,1	465,3	4,3
19	Çankiri	Kızılırmak	40,39375140	33,9741435	600,6	27,1	34,1	449,3	3,12
20	Çankiri	Korgun	40,73099120	33,5131173	924,8	56,4	68,7	284,4	3,42
21	Çankiri	Kurşunlu	40,83953180	33,2576959	1140,5	15,2	37,2	342,2	22,2
22	Çankiri	Merkez	40,58603820	33,6126114	749,2	24,5	18,2	354,3	3,09
23	Çankiri	Orta	40,60436210	33,0792101	1265,1	53,4	67,3	912,3	11,3
24	Çankiri	Yapraklı	40,74673770	33,9021968	1179,8	42,5	18,7	405,6	11,5
25	Çorum	İskilip	40,72970080	34,4645667	805,6	7,4	16,6	253,4	4,6
26	Çorum	Alaca	40,16560300	34,9229680	961,7	15,3	28,6	375,2	12,2
27	Çorum	Bayat	40,64064870	34,2608179	696,0	27,4	28,5	549,5	5,4
28	Çorum	Boğazkale	40,02720490	34,6097582	996,3	14,9	21,6	343,2	13,4
29	Çorum	Dodurga	40,83343180	34,7275197	1080,2	22,1	23,1	474,4	5,4
30	Çorum	Kargı	41,13852930	34,4863569	440,8	33,2	52,3	762,1	15,3
31	Çorum	Laçın	40,78842040	34,8683525	581,5	23,4	21,4	432,2	3,7
32	Çorum	Mecitözü	40,51903730	35,3073824	819,0	24,5	21,6	435,5	3,92
33	Çorum	Merkez	40,51781120	34,9585762	864,1	22,1	31,2	430,1	6,2
34	Çorum	Oğuzlar	40,75045140	34,7105741	637,2	23,1	31,3	523,3	5,2
35	Çorum	Ortaköy	40,32242010	35,2002967	1359,9	14,2	22,1	345,2	4,8
36	Çorum	Osmancık	41,03905060	34,7832093	988,0	22,3	22,06	524,6	4,01
37	Çorum	Sungurlu	40,17687990	34,3932706	813,9	17,2	21,1	447,4	4,05

38	Çorum	Uğurludağ	40,44542770	34,4504033	804,9	23,8	31,8	446,3	4,9
39	Adana	İmamoğlu	37,31234410	35,6035802	149,5	19,98	9,8	386,5	4,10
40	Adana	Aladağ	37,54922660	35,3942295	866,7	19,92	9,85	81,1	3,8
41	Adana	Ceyhan	37,03107170	35,8204839	31,3	29,98	46,5	605,5	5,4
42	Adana	Feke	37,80235130	35,9089652	708,1	29,99	86,9	1078,8	6,6
43	Adana	Karaisali	37,25464080	35,0640717	240,7	29,99	33,6	620,8	7,5
44	Adana	Karataş	36,66860800	35,2504636	14,6	19,97	7,9	289,6	5,1
45	Adana	Kozan	37,45295180	35,8063533	127,2	39,96	58,2	555,2	32,6
46	Adana	Pozantı	37,42764320	34,8712985	834,6	19,99	4,3	52,3	2,9
47	Adana	Saimbeyli	37,98617380	36,0897894	971,8	19,9	37,8	539,6	11,4
48	Adana	Seyhan	36,91764560	35,2175774	12,7	29,9	45,8	464,4	5,7
49	Adana	Tufanbeyli	38,26100520	36,2204001	1418,8	29,99	56,7	270,1	13,8
50	Adana	Yüreğir	36,88950880	35,4337825	30,6	29,9	34,9	534,8	4,25
51	Adana	Yumurtalık	36,77023020	35,7247177	15,3	19,9	18,8	342,7	3,3
52	Adıyaman	Çelikhan	38,05838590	38,2958245	1554,1	39,87	48,21	785,3	3,2
53	Adıyaman	Besni	37,62895370	37,8979654	678,6	29,6	9,1	79,1	12,4
54	Adıyaman	Gölbaşı	37,67171470	37,8146688	1040,5	28,5	39,8	479,1	5,8
55	Adıyaman	Gerger	38,02714140	39,0314967	754,6	9,8	39,5	1023,5	6,1
56	Adıyaman	Kahta	37,78317850	38,6246573	719,4	9,76	28,9	392,1	4,35
57	Adıyaman	Merkez	37,82761910	38,2210798	1011,2	9,98	9,4	96,5	4,45
58	Adıyaman	Samsat	37,59531780	37,5953178	569,0	29,95	28,24	180,8	6,36
59	Adıyaman	Sincik	38,03232800	38,6302314	1373,6	28,81	48,92	391,8	6,2
60	Adıyaman	Tut	37,82257150	37,9398053	1803,0	29,56	9,8	192,2	10,4
61	Afyon	İhsaniye	39,02906900	30,4163715	1101,3	66,6	112,20	691,4	17,8
62	Afyon	İscehisar	38,86269830	30,7522517	1092,1	109,7	118,3	794,6	9,3
63	Afyon	Çay	38,59289680	31,0244300	1035,8	89,1	82,4	896,3	26,8
64	Afyon	Çobanlar	38,69890790	30,7831045	993,0	73,6	46,6	275,8	8,9
65	Afyon	Şuhut	38,54620820	30,5692348	1134,2	69,9	132,3	679,8	2
66	Afyon	Başmakçı	37,88813060	30,0065037	850,8	38,4	37,5	193,3	24,4
67	Afyon	Bayat	38,98063160	30,9221810	1063,2	38,3	28,1	333,3	27,2
68	Afyon	Bolvadin	38,71525430	31,0545110	994,7	70,6	71,2	682,9	8,7
69	Afyon	Dazkırı	37,92987380	29,8065494	1000,7	24,3	54,6	274,9	16,7
70	Afyon	Dinar	38,07430260	30,1145326	881,0	26,4	26,9	284,6	8,3
71	Afyon	Emirdağ	39,01185910	31,3443316	981,2	108,3	109,4	1241,6	8,5
72	Afyon	Evciler	38,04048230	29,8937887	916,3	34,5	37,1	173,9	7,51
73	Afyon	Hocalar	38,57774290	29,9668235	1072,8	55,4	44,3	176,8	8,3
74	Afyon	Kızılören	38,25778800	30,1496962	1119,2	110,2	140,1	779,8	16,6
75	Afyon	Merkez	38,75523280	30,5539732	1015,5	114,8	91,3	985,4	7,1
76	Afyon	Sandıklı	38,45837550	30,2705722	1085,5	67,2	87,3	182,01	7,2
77	Afyon	Sincanlı	38,74368010	30,2416273	1124,0	84,5	86,9	774,8	15,3
78	Afyon	Sultandağı	38,53111470	31,2208522	1051,8	47,8	34,8	447,9	9,3
79	Agri	Diyadin	39,54395990	43,6718433	1924,5	39,7	38,6	550,8	14,2
80	Agri	Doğubeyazıt	39,55485610	44,0619393	1569,6	19,8	9,9	495,6	14,6
81	Agri	Eleşkirt	39,80184180	42,6782775	1814,4	19,5	18,95	392,8	14,1
82	Agri	Hamur	39,60880240	42,9890969	1682,8	9,6	23,9	371,6	8,9
83	Agri	Merkez	39,69446440	43,0223224	1629,3	9,7	19,7	255,3	14,5

84	Agri	Patnos	39,23802680	42,8597041	1639,7	29,6	53,8	798,2	32,8
85	Agri	Taşlıçay	39,63526230	43,3761713	1763,0	39,8	38,4	498,6	4,4
86	Agri	Tutak	39,54396520	42,7689529	1584,3	39,9	69,2	591,9	32,3
87	Aksaray	Ağaçören	38,79336350	33,8386969	1239,7	38,4	67,4	512,3	21,3
88	Aksaray	Eskil	38,39882580	33,4131730	935,2	49,54	47,6	410,3	12,3
89	Aksaray	Gülağaç	38,39481910	34,3390354	1179,4	19,8	37,6	421,2	5,2
90	Aksaray	Güzelyurt	38,27415960	34,3705421	1462,9	48,8	56,6	611,2	42,3
91	Aksaray	Merkez	38,36079840	34,0006165	972,3	39,46	48,9	512,3	5,15
92	Aksaray	Ortaköy	38,73511330	34,0476758	1231,5	18,7	37,6	810,2	15,1
93	Aksaray	Sarıyahşi	38,97453480	33,8486342	987,9	19,1	86,5	1509,8	6,1
94	Amasya	Göynücek	40,39304010	35,5248174	492,0	24,3	36,8	389,2	13,2
95	Amasya	Gümüşhacıköy	40,87625900	35,2151098	822,3	32,3	37,5	650,5	4,4
96	Amasya	Hamamözü	40,82946640	35,0201778	1075,3	14,6	27,9	389,2	13,4
97	Amasya	Merkez	40,72987430	35,8509441	1008,1	14,2	8,5	199,1	4,7
98	Amasya	Merzifon	40,83451600	35,4354563	635,7	21,4	25,4	486,5	4,5
99	Amasya	Suluova	40,84160240	35,6510837	35,7	4,16	9,2	373,5	5,2
100	Amasya	Taşova	40,75999560	36,3280441	36,3	23,2	27,15	487,6	4,6
101	Ankara	Çamlıdere	40,49076860	32,4732160	1227,6	74,98	124,57	698,01	12,4
102	Ankara	Çankaya	39,79749460	32,8827215	1148,0	29,95	39,3	498,9	3,5
103	Ankara	Çubuk	39,96257170	32,7066247	843,5	9,75	18,4	198,09	3,6
104	Ankara	Akyurt	40,12460250	33,1339006	1172,5	9,76	11,2	196,8	5,2
105	Ankara	Altındağ	39,99273810	32,9740525	1099,4	29,9	49,83	696,4	4,03
106	Ankara	Ayaş	40,02561520	32,2581741	728,5	9,6	15,4	198,5	2,6
107	Ankara	Şultan Koçhisar	38,95834440	33,5231968	954,6	74,8	99,3	699,8	3,4
108	Ankara	Bala	39,55252280	33,1196885	1282,0	39,3	38,9	399,8	3,2
109	Ankara	Beypazarı	40,16236540	31,9260625	657,6	29,6	37,9	499,7	2,9
110	Ankara	Elmadağ	39,92103980	33,2379349	1178,3	9,8	13,4	395,6	3,1
111	Ankara	Etimesgut	39,84844070	32,6841140	1051,3	39,76	39,36	498,7	3,8
112	Ankara	Evren	39,02318360	33,8066537	901,1	39,6	59,9	599,9	4,01
113	Ankara	Gölbaşı	39,78536410	32,8048745	990,9	9,6	10,3	294,9	4,3
114	Ankara	Güdül	40,21220170	32,2486890	726,1	9,9	13,4	197,8	5,2
115	Ankara	Haymana	39,43521160	32,5038285	1268,9	19,98	19,6	299,79	4,1
116	Ankara	Kızılcahamam	40,47242490	32,6492748	974,7	49,6	74,8	697,3	11,3
117	Ankara	Kalecik	40,10076870	33,4181113	692,2	29,9	39,92	498,8	4,3
118	Ankara	Kazan	40,20388200	32,6843270	885,8	49,96	39,02	499,7	3,6
119	Ankara	Keçiören	40,08652190	32,8203120	1406,4	29,89	39,25	597,6	3,8
120	Ankara	Mamak	39,90507610	33,0217309	1049,1	29,4	39,8	597,88	4,8
121	Ankara	Nallıhan	40,18289480	31,3454023	608,9	9,8	14,9	999,9	3,3
122	Ankara	Polatlı	39,42239730	32,1000883	1022,1	29,5	39,9	597,97	4,2
123	Ankara	Sincan	39,88824580	32,4197524	792,0	29,99	38,75	495,99	4,4
124	Ankara	Yenimahalle	40,00798570	32,7051359	912,9	29,7	39,1	599,9	3,6
125	Antalya	İbradi	37,17870760	31,5280993	1513,5	26,6	44,9	545,3	5,5
126	Antalya	Akseki	37,04460820	31,7930854	1046,4	14,4	26,4	331,2	5,4
127	Antalya	Alanya	36,54380250	32,0126520	10,7	26,4	26,5	445,6	5,01
128	Antalya	Elmalı	36,68698270	29,9550091	1355,4	14,1	9,7	338	3,8

129	Antalya	Finike	36,30371680	30,1567473	5,2	14,7	9,6	178,3	3,9
130	Antalya	Gündoğmuş	36,81069480	31,9992699	907,9	44,3	29,54	339,6	11,1
131	Antalya	Gazipaşa	36,27765190	32,3110499	31,7	26,4	38,4	546,01	4,8
132	Antalya	Kaş	36,20086970	29,6497490	169,8	13,2	9,2	153,2	3,7
133	Antalya	Kale	36,29134890	30,1473853	70,2	78,5	73,8	340,1	4,31
134	Antalya	Kemer	36,60238330	30,5447292	30,5	34,2	38,75	333,23	30,1
135	Antalya	Korkuteli	37,06792700	30,1172141	1164,4	14,5	28,7	457,3	6,4
136	Antalya	Kumluca	36,34803070	30,2763036	16,7	6,2	4,6	150,3	6,8
137	Antalya	Manavgat	36,78610370	31,4486462	6,9	25,4	9,6	286,87	4,33
138	Antalya	Merkez	36,89788480	30,7184386	54,0	24,4	8,9	159,89	3,5
139	Antalya	Serik	36,92179330	31,1031520	37,9	22,6	9,5	287,5	4,12
140	Ardahan	Çıldır	41,16861920	43,1971188	2155,5	27,5	43,22	454,6	23,3
141	Ardahan	Damal	41,34092840	42,8445611	2066,2	37,45	54,3	565,4	16,5
142	Ardahan	Göle	40,79291850	40,7929185	2017,3	36,95	54,2	466,5	16,6
143	Ardahan	Hanak	41,27900780	42,8069991	2064,9	26,46	44,1	466,6	16,14
144	Ardahan	Merkez	41,11289430	42,7041196	1809,8	25,6	34,4	346,2	16,13
145	Ardahan	Posof	41,08672780	42,1482788	1298,8	16,5	24,3	345,2	16,15
146	Artvin	Ardanuç	41,08673130	42,1482786	1298,7	27,4	38,4	544,8	6,5
147	Artvin	Arhavi	41,35244020	41,3080799	5,7	26,9	6,3	142,7	24,1
148	Artvin	Şavşat	41,24783220	42,3568645	1159,9	14,5	27,4	540,9	14,7
149	Artvin	Borçka	41,36091250	41,6809225	121,4	25,3	5,01	462,3	8,4
150	Artvin	Hopa	41,40238070	41,4327441	88,8	58,4	29,5	377,7	126,7
151	Artvin	Merkez	41,17965900	41,8180802	547,0	6,4	42,3	745,45	28,3
152	Artvin	Murgul	41,24629980	41,5754460	1139,2	6,5	5,8	435,3	6,7
153	Artvin	Yusufeli	40,81102880	41,5343423	775,6	34,2	26,5	1533,4	7,6
154	Aydin	İncirliova	37,85180010	27,7249413	45,7	18,3	28,7	545,4	4,6
155	Aydin	Çine	37,61253590	28,0621336	81,5	35,5	38,3	823,4	4,5
156	Aydin	Bozdoğan	37,67095900	28,3111326	297,1	46,1	29,6	954,5	4,7
157	Aydin	Buharkent	37,97196710	28,7397143	204,3	37,9	37,1	466,7	4,2
158	Aydin	Didim(yenihisar)	37,37231260	27,2689265	36,7	19,4	47,5	503,3	3,8
159	Aydin	Germencik	37,87037000	27,5979387	66,3	27,3	28,3	605,2	3,02
160	Aydin	Köşk	37,85274510	28,0533501	66,5	18,6	8,7	606,06	3,7
161	Aydin	Karacasu	37,72846020	28,6042306	552,4	15,3	8,4	115,3	3,2
162	Aydin	Karpuzlu	37,55976390	27,8342525	102,3	15,6	28,5	932,5	4,1
163	Aydin	Koçarlı	37,76062240	27,7047075	39,4	15,2	36,7	521,2	4,2
164	Aydin	Kuşadası	37,85570120	27,2608131	21,0	26,4	26,6	333,2	3,2
165	Aydin	Kuyucak	37,91413350	28,4628020	123,4	16,6	26,9	330,1	11,4
166	Aydin	Merkez	37,72455130	27,9338121	392,1	24,7	32,4	821,03	4,03
167	Aydin	Nazilli	37,91027550	28,3265018	84,7	24,1	36,4	409,2	12,3
168	Aydin	Söke	37,67662110	27,3588184	30,2	33,2	9,2	360,4	4,01
169	Aydin	Sultanhisar	37,94343750	28,1889495	695,5	4,70	4,3	365,2	3,3
170	Aydin	Yenipazar	37,82634510	28,1948447	58,1	12,4	16,3	404,1	4,1
171	Balikesir	İvrindi	39,58121760	27,4884792	270,5	24,4	35,4	832,5	2,04
172	Balikesir	Ayvalık	39,33360770	26,7087204	28,2	59,8	55,4	547,7	2,09
173	Balikesir	Balya	39,74966760	27,5793287	237,0	60,1	71,2	690,4	3,02

174	Balikesir	Bandırma	40,33890130	27,9662319	61,5	7,4	15,4	787,8	3,8
175	Balikesir	Bigadiç	39,42540170	28,3072773	576,7	23,9	46,3	995,5	3,6
176	Balikesir	Burhaniye	39,50248200	26,9727049	20,8	33,2	55,5	642,7	3,09
177	Balikesir	Dursunbey	39,58460920	28,6254088	647,8	7,7	14,6	286,4	3,82
178	Balikesir	Edremit	39,65847220	26,8773663	1089,2	43,6	91,4	855,8	4,04
179	Balikesir	Erdek	40,40272070	27,7855086	1,0	15,4	15,8	573,7	2,1
180	Balikesir	Gömeç	39,38551090	26,8391555	16,6	7,6	3,6	85,6	3,2
181	Balikesir	Gönen	40,11356530	27,6157246	48,9	24,3	56,9	655,4	2,04
182	Balikesir	Havran	39,55992020	27,0957930	40,0	48,4	72,8	659,2	4,08
183	Balikesir	Kepsut	39,68828180	28,1588531	85,7	23,4	45,6	467,3	2,8
184	Balikesir	Manyas	40,04613570	27,9718759	54,0	15,3	37,6	174,4	2,2
185	Balikesir	Marmara	40,56805410	27,6046818	1,0	32,3	45,8	534,2	2,9
186	Balikesir	Merkez	39,64782350	27,8897522	132,2	23,1	35,4	439,6	2,2
187	Balikesir	Sındırgı	39,24289880	28,1751703	224,8	33,4	46,1	457,7	2,6
188	Balikesir	Savaştepe	39,43368750	27,6763815	381,0	25,2	54,4	362,6	10,85
189	Balikesir	Susurluk	39,91463470	28,1583811	50,0	25,5	37,2	249,9	3,05
190	Bartın	Amasra	41,74388500	32,3873521	24,0	27,71	24,5	469,8	3,34
191	Bartın	Kurucaşile	41,84315720	32,7240016	40,0	26,93	34,58	386,4	3,48
192	Bartın	Merkez	41,62977870	32,3381170	26,9	26,3	38,7	386,4	4,1
193	Bartın	Ulus	41,54676090	32,6486759	558,7	27,3	35,3	466,32	3,9
194	Batman	Beşiri	37,91920310	41,2933579	746,5	26,5	33,6	432,1	14,54
195	Batman	Gercüş	37,63846440	41,3863235	1238,7	44,5	23,28	354,3	14,45
196	Batman	Hasankeyf	37,71265860	41,4181709	488,8	24,3	24,81	351,1	15,45
197	Batman	Kozluk	38,18376860	41,4207376	814,4	25,1	24,2	538,1	3,66
198	Batman	Merkez	37,89585130	41,1320697	574,8	26,3	34,4	431,32	14,1
199	Batman	Sason	38,33114370	41,4174457	927,9	34,32	43,2	720,1	22,1
200	Bayburt	Aydıntepe	40,39225530	40,1525806	1639,6	24,3	15,9	540,3	22,3
201	Bayburt	Demirözü	40,16392350	39,8900496	1708,4	16,1	15,96	373,77	14,59
202	Bayburt	Merkez	40,25911320	40,2262758	1559,9	15,7	15,93	280,2	15,1
203	Bilecik	İnhisar	40,05168480	30,3855275	207,9	27,5	30,04	485,6	34,2
204	Bilecik	Bozüyük	39,90257350	30,0571419	750,6	32,4	52,1	774,65	25,3
205	Bilecik	Gölpazarı	40,28216230	30,3118078	537,1	34,2	53,2	476,8	6,8
206	Bilecik	Merkez	40,16385980	29,9746750	576,2	17,8	22,6	379,6	6,3
207	Bilecik	Osmaneli	40,35721530	30,0162701	118,8	15,7	23,4	474,5	6,05
208	Bilecik	Pazaryeri	40,02077650	29,8909760	749,6	32,2	32,75	185,4	6,7
209	Bilecik	Söğüt	40,01758230	30,1845993	695,8	59,2	52,4	854,8	42,3
210	Bilecik	Yenipazar	40,20240620	30,5171510	701,3	17,6	32,1	477,8	14,6
211	Bingöl	Adaklı	39,23494220	40,5511671	1784,0	60,3	72,6	639,8	2,9
212	Bingöl	Genç	38,75231860	40,5571395	1003,0	45,54	44,2	521,3	2,09
213	Bingöl	Karlıova	39,29694590	41,0095635	1827,6	63,8	62,3	617,3	3,1
214	Bingöl	Kiğı	39,31018440	40,3488434	1510,2	9,3	14,6	302,4	3,19
215	Bingöl	Merkez	38,88318690	40,5008291	1143,9	35,7	42,3	529,3	4,2
216	Bingöl	Solhan	38,96314050	41,0443320	1351,5	36,3	54,8	542,1	4,4
217	Bingöl	Yayladere	39,22064100	40,0785855	1571,0	8,9	24,55	232,2	3,2
218	Bingöl	Yedisu	39,43431990	40,5451175	1516,5	44,5	69,01	610,3	3,1
219	Bitlis	Adilcevaz	38,80879280	42,7530246	1710,7	18,3	26,1	321,02	6,62

220	Bitlis	Ahlat	38,77848890	42,4809807	1879,3	56,4	68,4	912,3	6,4
221	Bitlis	Güroymak	38,57383520	42,0226881	1311,7	36,4	44,2	738,4	12,3
222	Bitlis	Hizan	38,22611980	42,4197826	1538,9	26,2	52,35	736,1	22,2
223	Bitlis	Merkez	38,40972840	42,1066037	1579,4	53,4	81,6	1058,4	6,2
224	Bitlis	Mutki	38,41025040	41,9231555	1465,5	32,1	35,4	520,9	6,23
225	Bitlis	Tatvan	38,50000790	42,2877652	1654,0	78,5	80,2	715,4	6,13
226	Bolu	Dörtdivan	40,71948250	32,0628405	1165,8	21,6	24,1	463,8	5,4
227	Bolu	Göynük	40,32677790	30,8173345	968,6	53,1	53,6	1071,8	11,3
228	Bolu	Gerede	40,79424690	32,2006364	1292,2	9,8	25,4	429,5	20,8
229	Bolu	Kıbrıscık	40,41425860	31,8600609	1187,3	9,7	25,6	225,5	4,9
230	Bolu	Mengen	40,93635480	32,0739511	614,7	22,5	24,3	345,1	21,1
231	Bolu	Merkez	40,73574290	31,6149705	744,8	14,3	14,5	345,3	4,2
232	Bolu	Mudurnu	40,46559530	31,2122017	873,4	14,4	23,3	438,9	12,4
233	Bolu	Seben	40,41101140	31,5718936	759,5	23,8	32,7	543,3	4,8
234	Bolu	Yeniçağa	40,77238220	32,0342010	1002,3	15,7	24,2	352,7	4,3
235	Burdur	Çavdır	37,11585080	29,7286730	1149,1	4,6	13,8	186,4	7,7
236	Burdur	Çeltikçi	37,53421780	30,4612770	1232,1	25,4	33,4	412,4	7,6
237	Burdur	Ağlasun	37,61158230	30,6122498	1223,6	34,4	54,3	534,1	18,8
238	Burdur	Altınyayla	36,99831850	29,5393000	1198,8	13,4	7,1	174,6	8,6
239	Burdur	Bucak	37,45803170	30,5746252	796,8	53,5	44,3	432,6	25,8
240	Burdur	Göhlisar	37,14461370	29,5041999	1023,0	14,5	23,4	316,7	25,4
241	Burdur	Karamanlı	37,37783160	29,8382003	1148,5	6,2	7,4	194,4	18,3
242	Burdur	Kemer	37,35150580	30,0594872	1171,6	14,3	14,9	242,7	7,7
243	Burdur	Merkez	37,71376410	30,2936719	1022,9	14,3	14,8	353,2	14,7
244	Burdur	Tefenni	37,31251170	29,7739827	1163,5	14,8	15,3	254,2	14,8
245	Burdur	Yeşilova	37,60220380	29,6876469	1489,3	6,7	7,4	156,25	14,9
246	Bursa	İnegöl	40,07773420	29,5209796	284,5	33,5	34,6	613,3	2,6
247	Bursa	İznik	40,43047790	29,7147422	92,4	25,3	26,7	534,5	2,3
248	Bursa	Büyükorhan	39,74122250	28,8738122	1080,5	18,7	35,2	538,6	4,2
249	Bursa	Gürsu	40,26887830	29,2271270	620,6	8,5	8,5	203,5	3,2
250	Bursa	Gemlik	40,43105090	29,1466874	1,0	34,2	37,8	534,4	2,3
251	Bursa	Harmancık	39,70316830	29,1213505	783,6	6,3	26,2	210,1	2,7
252	Bursa	Karacabey	40,22705040	28,3591070	6,5	55,1	73,4	1094,3	1,6
253	Bursa	Keles	39,91323010	29,2323143	1026,3	55,4	64,5	308,5	31,5
254	Bursa	Kestel	40,19077480	29,3279111	288,5	8,6	22,6	400,3	2,83
255	Bursa	Mudanya	40,36855780	28,8747868	160,0	8,3	18,1	220,5	2,45
256	Bursa	Mustafa Kemalpaşa	40,04120780	28,4020345	24,3	16,5	36,4	533,5	1,7
257	Bursa	Nilüfer	40,17535200	28,8294505	133,6	6,75	6,4	223,6	1,9
258	Bursa	Orhaneli	39,90421450	28,9439594	450,8	58,3	54,2	543,2	1,5
259	Bursa	Orhangazi	40,45362720	29,3725530	109,8	24,3	35,3	435,6	1,85
260	Bursa	Osmangazi	40,13894830	29,2059688	1341,3	31,7	44,5	839,4	2,1
261	Bursa	Yıldırım	40,18640710	29,1357444	175,9	6,8	5,7	228,6	2,08
262	Bursa	Yenişehir	40,24781790	29,5991905	229,7	6,9	22,6	333,8	2,23
263	Düzce	Çilimli	40,89193960	31,0444300	188,3	3,1	13,2	187,8	4,44
264	Düzce	Akçakoca	41,08134090	31,1447100	26,1	33,2	32,4	386,7	4,56
265	Düzce	Cumayeri	40,87285400	30,9467721	137,3	23,1	23,46	378,7	4,67

266	Düzce	Gölyaka	40,77012260	30,9904609	134,9	43,2	22,1	462,4	4,66
267	Düzce	Gümüşova	40,84768040	30,9164065	325,4	14,1	22,1	182,5	15,36
268	Düzce	Kaynaşlı	40,77376790	31,3196204	317,1	23,84	22,3	560,23	4,3
269	Düzce	Merkez	40,84191960	31,1606413	151,7	14,3	23,1	184,1	12,58
270	Düzce	Yığılca	40,95873840	31,4592431	442,4	32,3	15,6	378,05	12,34
271	Denizli	Çal	38,08290180	29,3941096	851,9	22,7	25,4	667,4	5,74
272	Denizli	Çameli	37,00629280	29,2295627	1134,8	7,2	14,5	224,5	5,3
273	Denizli	Çardak	37,82630980	29,6751822	871,9	16,4	15,6	245,4	11,3
274	Denizli	Çivril	38,30084870	29,7335400	826,5	53,6	54,2	818,6	5,2
275	Denizli	Acıpayam	37,42645980	29,3460581	942,7	7,3	9,2	85,4	5,1
276	Denizli	Akköy	37,95091950	29,0757219	194,5	15,5	14,8	86,3	5,05
277	Denizli	Babadağ	37,80971220	28,8594595	706,5	22,1	32,4	1050,4	4,98
278	Denizli	Baklan	37,97961320	29,6046186	937,1	15,88	16,4	303,4	6,5
279	Denizli	Bekilli	38,25297420	29,4077475	947,7	15,6	24,5	132,4	11,3
280	Denizli	Beyağaç	37,22113290	28,8904199	679,7	6,98	4,8	85,6	52,4
281	Denizli	Bozkurt	37,80568050	29,5771272	835,3	16,6	14,3	85,75	5,4
282	Denizli	Buldan	38,04421960	28,8345793	610,8	16,9	15,4	202,4	6,3
283	Denizli	Güney	38,14357780	29,0479364	642,8	16,2	14,4	203,3	5,6
284	Denizli	Honaz	37,76164600	29,2664620	524,6	22,4	33,5	510,4	5,1
285	Denizli	Kale	37,43502770	28,7824934	755,0	16,4	14,3	206,5	22,3
286	Denizli	Merkez	37,78889260	29,0576949	414,5	16,78	13,83	301,1	4,02
287	Denizli	Sarayköy	37,91907260	28,8810321	162,4	22,4	15,6	83,8	5,7
288	Denizli	Serinhisar	37,60694530	29,3051174	997,3	16,1	14,03	212,9	5,02
289	Denizli	Tavas	37,57358900	29,0732843	956,1	7,09	7,8	112,3	4,8
290	Diyarbakır	Çınar	37,66984910	40,2613555	811,6	25,6	28,6	254,4	13,4
291	Diyarbakır	Çüngüş	38,23731710	39,3332314	1321,5	17,08	28,4	467,9	23,4
292	Diyarbakır	Çermik	38,12610540	39,4632326	758,7	17,06	6,7	535,6	13,7
293	Diyarbakır	Bismil	37,85534890	40,6751242	563,4	16,08	28,09	385,3	8,6
294	Diyarbakır	Dicle	38,37260080	40,0743190	931,4	17,83	15,7	375,3	35,6
295	Diyarbakır	Eğil	38,25931220	40,0833787	875,2	36,5	4,99	165,34	8,3
296	Diyarbakır	Ergani	38,06317650	39,7668346	784,4	28,5	7,3	353,66	8,4
297	Diyarbakır	Hani	38,37480830	40,4137452	817,3	24,09	16,7	345,56	14,2
298	Diyarbakır	Hazro	38,25363830	40,7812396	1011,4	42,01	26,3	275,3	24,3
299	Diyarbakır	Kocaköy	38,28990700	40,5012946	914,7	22,4	18,97	267,5	8,3
300	Diyarbakır	Kulp	38,48097120	41,0650006	945,9	22,9	38,4	761,3	36,7
301	Diyarbakır	Lice	38,46394660	40,6915165	1205,8	23,4	16,4	354,45	6,4
302	Diyarbakır	Merkez	37,92279140	40,1626780	731,2	17,8	24,5	253,6	6,5
303	Diyarbakır	Silvan	38,05002920	40,6323388	745,0	17,09	15,6	367,3	16,6
304	Edirne	İpsala	40,91584260	26,3788090	10,0	19,1	29,7	754,54	7,9
305	Edirne	Enez	40,72551170	26,0837585	17,7	38,7	37,93	665,8	7,8
306	Edirne	Havsa	41,55389950	26,8183550	101,7	19,3	27,5	775	8,4
307	Edirne	Keşan	40,81825720	26,5575620	26,6	29,8	27,97	386,4	8,2
308	Edirne	Lalapaşa	41,84100800	26,7371492	164,7	9,6	8,87	94,3	7,6
309	Edirne	Meriç	41,18409470	26,4480296	70,1	58,6	37,01	663,45	8,8
310	Edirne	Merkez	41,66456840	26,5746920	21,5	29,05	37,8	770,3	7,3
311	Edirne	Süleoğlu	41,76687910	26,9041007	161,9	18,9	37,1	769,24	7,2

312	Edirne	Uzunköprü	41,25933260	26,6836127	46,5	9,7	17,8	865,49	7,2
313	Elazığ	Ağın	38,94538740	38,6672567	1102,9	27,95	17,6	256,5	11,4
314	Elazığ	Alacakaya	38,46183790	39,8627665	1148,4	26,06	27,4	321,5	4,9
315	Elazığ	Aricak	38,54578950	40,1368231	1046,6	28,1	36,4	333,2	5,05
316	Elazığ	Baskil	38,57001510	38,8252426	1229,7	18,7	17,3	342,7	13,4
317	Elazığ	Karakoçan	38,95305750	40,0400947	1095,5	36,6	44,04	526,5	5,49
318	Elazığ	Keban	38,76827690	38,7213506	925,3	136,6	62,8	821,4	5,8
319	Elazığ	Kovancılar	38,71817570	39,8644808	964,9	26,3	17,74	335,6	5,01
320	Elazığ	Maden	38,41663830	39,5826445	1340,4	18,9	17,2	444,1	22,3
321	Elazığ	Merkez	38,66452000	39,1983683	1054,0	27,4	17,02	362,3	5,02
322	Elazığ	Palu	38,66372070	39,8475583	887,0	16,08	16,5	421,2	4,7
323	Elazığ	Sivrice	38,46733580	39,3098695	1213,5	8,24	4,87	286,5	5,4
324	Erzincan	İliç	39,45791000	38,5633522	1091,4	38,9	14,6	287,6	24,1
325	Erzincan	Çayırlı	39,80724750	40,0399370	1521,8	29	25,6	286,2	24,7
326	Erzincan	Uzümlü	39,67231370	39,8923985	2615,1	8,5	16,5	292,1	24,6
327	Erzincan	Kemah	39,63045710	39,3586868	1280,4	27,6	16,9	267,5	35,4
328	Erzincan	Kemaliye	39,26100120	38,4980395	914,5	37,5	44,6	452,4	33,4
329	Erzincan	Merkez	39,74609150	39,5018842	1193,5	8,6	16,9	90,1	23,4
330	Erzincan	Otlukbeli	39,97403050	40,0241779	1767,5	56,7	3,3	584,1	52,3
331	Erzincan	Refahiye	39,90019570	38,7733556	1602,9	8,5	6,2	92,2	43,2
332	Erzincan	Tercan	39,77867280	40,3802854	1440,7	11,5	14,5	276,7	5,4
333	Erzurum	İspir	40,48666570	41,0017330	1223,2	46,5	46,5	655,4	8,2
334	Erzurum	Çat	39,08400580	38,6474367	1022,5	22,6	26,6	363,4	8,6
335	Erzurum	Aşkale	39,92316630	40,6908773	1671,8	22,4	28,5	454,3	32,4
336	Erzurum	Şenkaya	40,56785540	42,3462263	1897,0	51,5	66,5	385,6	17,6
337	Erzurum	Hınıs	39,36250700	41,7026928	1712,0	102,3	82,4	636,5	8,8
338	Erzurum	Horasan	40,03578780	42,1585296	1558,6	41,6	25,6	474,3	16,7
339	Erzurum	İlica	39,94122730	41,0832235	1770,6	31,01	36,3	476,7	8,6
340	Erzurum	Köprüköy	39,97073790	41,8669369	1622,1	42,6	56,5	923,2	8,2
341	Erzurum	Karaçoban	39,35050700	42,0977743	1560,5	12,1	27,2	176,5	7,8
342	Erzurum	Karayazı	39,70316260	42,1440461	2290,8	126,7	37,2	472,3	16,01
343	Erzurum	Merkez	39,91189980	41,2635165	1862,3	22,1	47,6	463,2	27,6
344	Erzurum	Narman	40,34568180	41,8716384	1640,6	22,4	37,4	534,3	7,9
345	Erzurum	Oltu	40,54291880	41,9900955	1272,2	22,5	25,8	274,3	7,6
346	Erzurum	Olur	40,84322740	42,1329175	1408,4	12,6	15,4	274,3	8,1
347	Erzurum	Pasinler	39,97663170	41,6752930	1658,4	41,3	55,4	657,4	8,5
348	Erzurum	Pazaryolu	40,42431580	40,7326894	1288,3	8,2	6,4	146,5	8,6
349	Erzurum	Tekman	39,64471330	41,5068153	1916,7	15,3	26,5	245,6	8,5
350	Erzurum	Tortum	40,29713950	41,5431470	1640,2	8,5	13,4	446,7	27,6
351	Erzurum	Uzundere	40,57569770	41,6095345	1046,5	14,5	26,5	472,3	8,9
352	Eskişehir	İnönü	39,75718230	30,1369369	1089,0	20,03	44,3	458,7	14,6
353	Eskişehir	Çifteler	39,37590880	31,0395809	876,0	47,86	62,6	738,8	6,58
354	Eskişehir	Alpu	39,85205690	30,9908845	813,2	46,5	38,6	444,7	6,7
355	Eskişehir	Beylikova	39,69465840	31,1978662	748,9	16,5	48,6	454,6	7,8
356	Eskişehir	Günyüzü	39,38562160	31,8114306	883,2	34,5	33,4	438,2	7,3
357	Eskişehir	Han	39,19228750	30,8816676	1190,5	78,86	83,6	688,8	15,6

358	Eskişehir	Mahmudiye	39,49736440	30,9850019	886,5	43,2	83,6	636,3	7,1
359	Eskişehir	Merkez	39,75467700	30,5679509	796,7	23,5	26,7	366,1	21,5
360	Eskişehir	Mihalıçcık	39,86514480	31,4954837	1314,5	7,1	7,2	167,5	6,2
361	Eskişehir	Mihalgazi	40,02738730	30,5767345	219,7	25,6	34,2	615,4	11,4
362	Eskişehir	Sarıcakaya	40,03783810	30,6205687	216,6	27,6	26,2	336,5	7,5
363	Eskişehir	Seyitgazi	39,44708980	30,6938622	975,8	63,63	79,2	732,7	13,1
364	Eskişehir	Sivrihisar	39,44445220	31,5354090	1069,4	37,5	46,5	553,2	11,34
365	Gümüşhane	Şiran	40,18965060	39,1266879	1401,5	22,7	24,78	649,2	5,3
366	Gümüşhane	Köse	40,22372690	39,6832314	1635,5	16,6	13,3	243,5	4,56
367	Gümüşhane	Kürtün	40,69999810	39,0930897	741,8	16,16	13,2	535,1	4,76
368	Gümüşhane	Kelkit	40,13207800	39,4368046	1405,3	22,6	24,3	535,3	5,45
369	Gümüşhane	Merkez	40,45611080	39,4835729	1195,3	61,5	34,3	652,11	5,15
370	Gümüşhane	Torul	40,56066910	39,2944622	975,3	35,4	42,1	564,5	5,1
371	Gaziantep	İslahiye	37,02237790	36,6354776	518,5	34,3	36,5	212,16	4,4
372	Gaziantep	Araban	37,42683480	37,6861716	535,7	18,9	18,4	212,35	4,6
373	Gaziantep	Şahinbey	37,09276500	37,3526418	916,5	44,3	32,4	316,3	4,97
374	Gaziantep	Şehitkamil	37,05877030	37,3801369	847,6	26,7	26,5	243,5	5,02
375	Gaziantep	Karkamış	36,84472390	37,9936962	372,8	25,7	17,6	249,6	4,98
376	Gaziantep	Nizip	37,00669340	37,7932622	504,8	18,3	28,3	223,1	11,5
377	Gaziantep	Nurdağı	37,18119600	36,7368657	521,6	25,6	25,8	179,5	4,9
378	Gaziantep	Oğuzeli	36,96291760	37,5130581	685,2	25,6	15,3	167,4	11,48
379	Gaziantep	Yavuzeli	37,31379370	37,5653617	569,1	17,28	22,3	223,15	4,8
380	Giresun	Çamoluk	40,14564890	38,7393315	1282,6	47,3	37,8	698,9	7,8
381	Giresun	Çanakçı	40,91579440	38,9994101	306,8	7,9	4,5	285,4	7,7
382	Giresun	Alucra	40,36700630	38,7859870	1546,0	26,4	28,6	597,5	6,4
383	Giresun	Şultan Karahisar	40,29167090	38,4188079	1419,7	6,7	4,3	396,5	6,2
384	Giresun	Bulancak	40,93251580	38,2166312	16,9	26,2	47,6	893,4	26,5
385	Giresun	Dereli	40,74070320	38,4535193	419,8	18,6	18,6	398,2	6,5
386	Giresun	Doğankent	40,80918800	38,9167279	196,8	36,7	38,5	496,3	15,6
387	Giresun	Espiye	40,94528330	38,7096219	37,1	16,8	26,8	496,1	54,5
388	Giresun	Eynesil	41,05308140	39,1329508	36,5	45,6	74,3	295,6	33,4
389	Giresun	Görece	41,03370630	38,9986080	13,0	7,7	4,3	176,5	7,6
390	Giresun	Güce	40,89762220	38,8026485	326,9	16,2	18,5	175,4	7,7
391	Giresun	Keşap	40,91165300	38,5157223	13,8	15,8	18,6	399,8	8,1
392	Giresun	Merkez	40,83518250	38,3932069	452,4	15,4	18,7	596,5	8,2
393	Giresun	Piraziz	40,95207070	38,1217280	30,4	45,8	47,6	590,3	55,6
394	Giresun	Tirebolu	41,00809140	38,8460252	6,3	15,4	19,3	499,7	8,3
395	Giresun	Yağlıdere	40,86374010	38,6251769	106,3	8,2	45,6	296,7	8,2
396	Hakkari	Çukurca	37,35409190	43,5929320	2105,7	42,4	26,5	442,3	38,1
397	Hakkari	Şemdinli	37,23562030	44,3715944	2081,2	32,6	35,4	533,2	38,05
398	Hakkari	Merkez	37,57427800	43,7347921	1714,0	33,1	28,4	486,3	57,3
399	Hakkari	Yüksekova	37,56809110	44,2798613	1875,1	32,8	35,4	612,3	27,4
400	Hatay	İskenderun	36,58614190	36,1586560	5,5	15,4	8,7	186,8	7,8
401	Hatay	Altınözü	36,11744410	36,2550599	246,9	45,3	32,4	287,6	12,1

402	Hatay	Belen	36,42864630	36,1593156	938,5	7,2	6,76	286,7	7,8
403	Hatay	Dört Yol	36,83375560	36,2230860	69,0	26,4	15,65	286,5	7,5
404	Hatay	Erzin	36,95454550	36,1989669	165,2	15,2	8,12	188,66	9
405	Hatay	Hassa	36,80046130	36,5175658	436,0	23,1	16,99	191,1	7,2
406	Hatay	Kırıkhan	36,54105610	36,4258430	109,5	16,5	6,73	192,4	22,2
407	Hatay	Kumlu	36,37946450	36,4479190	84,8	15,8	16,5	192,53	8,4
408	Hatay	Merkez	36,31490060	35,8939160	1055,3	23,5	16,6	191,5	42,1
409	Hatay	Reyhanlı	36,26099380	36,5681012	163,8	42,3	33,32	286,24	7,6
410	Hatay	Samandağ	36,08299600	35,9693979	17,7	15,3	7,88	188,47	7,1
411	Hatay	Yayladağı	35,90376220	36,0638798	419,8	14,8	6,87	187,9	8,8
412	İğdır	Aralık	39,87368300	44,5166390	818,0	11,4	14,5	418,9	28,8
413	İğdır	Karakoyunlu	39,97073100	44,1739410	841,9	15,5	28,28	417,9	8,9
414	İğdır	Merkez	39,91713600	44,0367769	861,6	16,5	17,6	381,2	8,58
415	İğdır	Tuzluca	39,95226830	43,5506009	1889,1	18,4	13,1	381,12	8,76
416	İsparta	Aksu	37,80367830	31,0683836	1257,9	13,4	34,5	342,4	11,4
417	İsparta	Atabey	37,94709690	30,6516913	1022,9	22,4	48,7	187,8	3,5
418	İsparta	Şarkıkaraağaç	38,08090850	31,3703651	1180,8	42,4	55,4	888,9	3,2
419	İsparta	Eğirdir	37,87720850	30,8358685	929,0	125,4	77,6	718,7	3,1
420	İsparta	Gönen	37,95874710	30,5136503	1068,7	14,3	18,4	345,2	2,9
421	İsparta	Gelendost	38,09756790	31,0166455	962,2	14,3	72,4	302,4	3,01
422	İsparta	Keçiborlu	37,93730200	30,3020765	996,3	15,3	18,8	231,3	3,08
423	İsparta	Merkez	37,79014190	30,5498359	1024,3	58,6	78,5	411,3	3,2
424	İsparta	Sütçüler	37,54362080	31,0777713	1785,5	58,4	17,6	254,2	3,25
425	İsparta	Senirkent	38,10818760	30,5496446	962,8	14,3	129,7	1550,2	11,2
426	İsparta	Uluborlu	38,08002350	30,4491466	1043,8	14,5	17,6	354,4	3,4
427	İsparta	Yalvaç	38,29691500	31,1747195	919,1	6,3	37,6	728,4	3,03
428	İsparta	Yenişarbademli	37,70936140	31,3896612	1188,0	13,2	27,6	110,4	3,3
429	İstanbul	Çatalca	41,14573220	28,4615683	89,7	38,5	66,5	86,4	6,2
430	İstanbul	Çekmekoy	41,07309140	29,2667931	143,4	27,6	25,4	376,7	6,22
431	İstanbul	Adalar	40,86641750	29,0587533	5,9	27,5	25,43	369,8	6,21
432	İstanbul	Ümraniye	41,03332920	29,1013533	135,6	26,2	16,71	285,6	6,31
433	İstanbul	Üsküdar	41,03524850	29,0477295	20,9	24,5	24,54	385,6	6,45
434	İstanbul	Arnavutkoy	41,24894570	28,6551041	73,2	23,8	25,61	87,5	6,65
435	İstanbul	Atasehir	40,98696260	29,1319137	120,0	26,2	25,63	280,7	6,34
436	İstanbul	Avcılar	41,02463640	28,7215984	1,0	24,3	26,12	386,5	6,5
437	İstanbul	Şişli	41,06242560	28,9889576	122,1	23,4	23,2	387,8	12,3
438	İstanbul	Şile	41,16646650	29,5977009	6,0	15,2	24,3	78,6	7,42
439	İstanbul	Büyüçekmece	41,02504100	28,5137375	149,8	14,3	22,82	379,8	7,54
440	İstanbul	Bağcılar	41,04472090	28,8379644	74,1	24,4	26,5	381,3	13,4
441	İstanbul	Bahçelievler	40,99832900	28,8496332	16,1	25,4	24,3	388,7	5,4
442	İstanbul	Bakırköy	40,98082490	28,8348850	12,8	25,3	24,43	378,7	5,64
443	İstanbul	Basaksehir	41,10361550	28,7316430	67,9	22,54	25,2	367,6	5,6
444	İstanbul	Bayrampaşa	41,05087070	28,9007292	69,9	24,3	25,87	384,1	7,86
445	İstanbul	Beşiktaş	41,07171500	29,0223172	109,8	23,14	26,01	376,5	11,3
446	İstanbul	Beykoz	41,13828370	29,2144436	137,9	15,2	24,94	488,6	11,2
447	İstanbul	Beylikduzu	40,98791150	28,6466331	77,3	24,52	23,45	378,6	7,5

448	İstanbul	Beyoğlu	41,04304520	28,9673466	14,0	25,43	24,12	384,3	6,65
449	İstanbul	Esenler	41,07545030	28,8599468	131,0	24,3	24,11	388,8	33,4
450	İstanbul	Esenyurt	41,05294670	28,6855271	54,2	23,9	24,09	383,4	6,28
451	İstanbul	Eyüp	41,16651800	28,8733951	83,7	42,8	34,51	485,3	6,1
452	İstanbul	Fatih	41,03397280	28,9432344	35,5	24,54	25,4	481,5	6,7
453	İstanbul	Güngören	41,02420210	28,8988593	31,1	25,44	23,5	391,3	6,12
454	İstanbul	Gaziosmanpaşa	41,07360350	28,9067384	68,7	24,53	24,56	386,5	13,4
455	İstanbul	Küçükçekmece	41,02072110	28,7754457	53,2	23,76	24,54	270,65	5,76
456	İstanbul	Kağıthane	41,08289770	28,9787840	6,9	23,41	25,1	386,5	6,13
457	İstanbul	Kadıköy	40,98487880	29,0599512	38,0	53,11	47,5	583,4	7,01
458	İstanbul	Kartal	40,92061230	29,1967315	86,9	24,3	25,4	384,8	6,87
459	İstanbul	Maltepe	40,94333050	29,1565802	147,4	23,42	24,54	384,8	6,97
460	İstanbul	Pendik	40,94492850	29,3605148	111,6	25,24	25,6	376,5	5,7
461	İstanbul	Sancaktepe	40,99912310	29,2740453	105,0	25,45	24,53	266,5	6,78
462	İstanbul	Sarıyer	41,17094970	29,0255439	202,2	23,21	24,15	378,7	12,3
463	İstanbul	Sultanbeyli	40,96833280	29,2783111	140,8	23,11	23,9	388,7	6,6
464	İstanbul	Sultangazi	41,12020550	28,8746964	43,0	24,32	24,1	391,4	7,1
465	İstanbul	Tuzla	40,89173650	29,3566403	105,4	23,42	25,63	92,3	7,67
466	İstanbul	Zeytinburnu	40,96210360	29,0644928	10,3	23,33	25,1	273,4	8,23
467	İzmir	İzmir	38,23904210	27,9804299	178,7	6,4	46,5	445,6	3,2
468	İzmir	Çeşme	38,32069570	26,2968794	13,2	54,5	36,5	514,5	3,23
469	İzmir	Çiğli	38,49210710	26,9750585	5,9	46,5	81,2	513	3,5
470	İzmir	Aliağa	38,80440200	26,9613261	5,9	64,5	68,5	613,2	3,34
471	İzmir	Balçova	38,38839160	27,0561245	41,1	45,3	82,4	443,4	3,45
472	İzmir	Bayındır	38,23973980	27,6305443	554,6	45,5	35,4	441,3	3,42
473	İzmir	Bergama	39,11337120	27,1747707	55,2	6,5	54,3	534,3	3,1
474	İzmir	Beydağ	38,09121470	28,2400614	295,0	24,4	37,6	471	2,9
475	İzmir	Bornova	38,47098140	27,2176597	87,7	43,4	56,5	537,6	2,98
476	İzmir	Buca	38,33970390	27,2518386	247,2	44,3	65,6	443,34	2,78
477	İzmir	Dikili	39,08174900	26,8887703	5,7	43,3	66	617,8	3,15
478	İzmir	Foça	38,68070710	26,7492883	51,8	56,5	66,7	618,23	3,1
479	İzmir	Güzelbahçe	38,33563980	26,8805695	226,6	44,23	89,8	441,3	2,34
480	İzmir	Gaziemir	38,31485710	27,1446457	124,5	44,3	87,8	449,7	2,45
481	İzmir	Kınık	39,08905410	27,3696966	67,5	34,5	32,4	441,7	2,5
482	İzmir	Karaburun	38,64309820	26,5110773	67,1	58,6	76,7	619,6	3,01
483	İzmir	Karşıyaka	38,50124640	27,1269870	193,1	45,1	78,6	543,5	3,07
484	İzmir	Kemalpaşa	38,42884490	27,4169743	197,2	24,4	25,4	446,2	3,32
485	İzmir	Kiraz	38,22341420	28,3022760	431,9	24,1	45,5	530,02	11,2
486	İzmir	Konak	38,42171860	27,1302270	5,5	42,3	82,4	549,78	3,4
487	İzmir	Menderes	38,31151560	27,1430235	142,5	32,3	36,8	546,557	3,34
488	İzmir	Menemen	38,59509210	27,0505048	31,1	33,4	57,4	621,23	3,21
489	İzmir	Narlıdere	38,39586120	26,9852161	18,2	43,2	84,3	440,45	3,5
490	İzmir	Seferihisar	38,20299270	26,8327996	31,0	24,3	34,45	544,23	3,36
491	İzmir	Selçuk	37,94921480	27,3720007	12,2	14,5	35,43	544,3	3,37
492	İzmir	Tire	38,08904220	27,7332022	120,0	25,1	34,5	127,21	3,38

493	İzmir	Torbalı	38,16697660	27,3645440	45,0	77,6	34,2	710,233	3,34
494	İzmir	Urla	38,32565460	26,7677095	74,1	45,3	85,4	267,8	3,33
495	K. Maras	Çağlayancerit	37,77735560	37,3316310	1337,0	16,6	24,32	468,3	5,14
496	K. Maras	Afşin	38,24722480	36,9152705	1223,2	6,3	15,32	186,6	5,23
497	K. Maras	Andırın	37,57646550	36,3506544	1066,4	16,1	15,34	82,1	5,21
498	K. Maras	Ekinözü	37,99771990	37,1202765	1337,5	26,1	15,1	467,5	13,2
499	K. Maras	Elbistan	38,20304810	37,1918235	1137,7	26,5	24,1	465,6	13,36
500	K. Maras	Göksun	38,07212800	36,6080147	1344,7	37,6	43,82	566,2	5,2
501	K. Maras	Merkez	37,58633300	36,9257569	612,8	27,6	24,3	256,1	5,13
502	K. Maras	Nurhak	37,96071750	37,4403004	1358,0	44,6	33,4	566,23	5,12
503	K. Maras	Pazarcık	37,48573540	37,2977995	772,2	27,2	33,45	257,1	13,3
504	K. Maras	Türkoğlu	37,38318610	36,8541850	486,2	26,5	24,87	255,31	6,11
505	Kütahya	Çavdarhisar	39,19702800	29,6176140	1006,7	26,5	54,6	477,1	3,31
506	Kütahya	Altıntaş	39,05996980	30,1080884	1027,4	17,34	36,2	575,3	3,3
507	Kütahya	Aslanapa	39,20975900	29,8659760	1036,8	16,5	36,5	122,3	3,32
508	Kütahya	Şaphane	39,02437590	29,2210889	996,6	44,3	80,1	974,5	3,01
509	Kütahya	Domaniç	39,79909640	29,6108147	869,1	45,54	15,4	123,21	3,61
510	Kütahya	Dumlupınar	38,85241250	38,8524125	1225,9	54,1	44,3	475,7	3,34
511	Kütahya	Emet	39,34140750	29,2546713	865,5	5,6	129,5	120,54	3,43
512	Kütahya	Gediz	38,98664990	29,3885640	726,5	34,5	26,5	476,5	3,2
513	Kütahya	Hisarcık	39,24996510	29,2287192	757,5	34,2	45,2	685,59	3,3
514	Kütahya	Merkez	39,41559600	29,9848340	993,3	25,6	24,3	121,1	3,1
515	Kütahya	Pazarlar	38,99646890	29,1223390	921,5	25,66	23,1	681,6	3,38
516	Kütahya	Simav	39,09154030	28,9845421	815,3	24,3	34,3	683,4	3,21
517	Kütahya	Tavşanlı	39,55195730	29,4981887	878,4	36,7	44,3	573,4	3,55
518	Karabük	Eflani	41,42690880	32,9572380	908,0	14,46	14,09	345,6	12,3
519	Karabük	Eskipazar	40,94676690	32,5249406	808,0	14,88	23,4	432,3	4,1
520	Karabük	Merkez	41,18053300	32,6260155	295,3	15,1	23,45	353,2	4,03
521	Karabük	Ovacık	41,07536530	32,9156590	1144,6	14,6	15,1	436,8	3,8
522	Karabük	Safranbolu	41,25910120	32,6800616	557,0	4,5	15,4	256,84	3,6
523	Karabük	Yenice	41,16496750	32,2503725	889,4	5,4	24,3	445,3	3,67
524	Karaman	Ayrancı	37,28515860	33,9032303	1542,5	26,4	37,6	264,5	46,5
525	Karaman	Başyayla	36,75379720	32,6780401	1343,3	87,6	45,6	533,4	27,6
526	Karaman	Ermenek	36,63558980	32,8969660	1207,4	55,5	66,5	635,4	9,2
527	Karaman	Kazımkarabekir	37,22771920	32,9601889	1050,1	55,8	80,2	636,4	70,02
528	Karaman	Merkez	36,91517350	33,1677360	1434,5	37,8	36,7	392,6	70,01
529	Karaman	Sarıveliler	36,68994260	32,6167824	1427,1	55,6	47,5	257,1	26,5
530	Kars	Akyaka	40,81783860	43,6265544	1680,1	27,5	36,6	482,4	35,4
531	Kars	Arpaçay	40,84898510	43,3304124	1699,9	26,7	46,5	564,3	6,7
532	Kars	Digor	40,37550030	43,4177547	1634,8	37,5	56,3	650,8	15,4
533	Kars	Kağızman	40,14943660	43,1325985	1315,0	7,3	14,1	251,3	15,6
534	Kars	Merkez	40,61262220	43,1017668	1753,6	25,5	44,5	634,5	15,61
535	Kars	Sarıkamış	40,33163720	42,5846104	2088,4	56,6	45,4	736,5	7,6
536	Kars	Selim	40,46257280	42,7885599	1854,9	6,5	36,5	540,1	24,6
537	Kars	Susuz	40,77878830	43,1348861	1752,7	38,4	37,1	253,4	24,5
538	Kastamon	İhsangazi	41,20385340	33,5569359	869,1	14,98	24,2	188,6	3,84

	u								
539	Kastamon u	İnebolu	41,96746900	33,7551980	68,9	23,3	44,3	686,7	8,23
540	Kastamon u	Çatalzeytin	41,95274830	34,2186975	21,1	6,1	16,5	388,5	4,4
541	Kastamon u	Ağlı	41,68728590	33,5525129	1168,9	16,23	44,4	475,6	23,1
542	Kastamon u	Abana	41,95028720	34,0490060	238,2	16,1	25,2	474,7	14,5
543	Kastamon u	Araç	41,24477660	33,3299941	687,5	16,2	35,4	175,54	5,1
544	Kastamon u	Azdavay	41,63762390	33,3032736	947,9	34,54	34,5	536,7	13,2
545	Kastamon u	Şenpazar	41,81093040	33,2323714	386,6	14,1	24,3	456,43	14,5
546	Kastamon u	Bozkurt	41,87333630	34,0332348	505,7	24,53	36,4	465,3	14,4
547	Kastamon u	Cide	41,87730790	33,0671630	399,1	32,2	45,3	746,4	14,57
548	Kastamon u	Daday	41,47683420	33,4647896	871,1	15,32	36,8	568,6	14,3
549	Kastamon u	Devrekani	41,60418890	33,8391495	1091,3	15,8	18,3	287,5	24,3
550	Kastamon u	Doğanyurt	42,00395850	33,4612395	37,3	6,8	6,2	189,4	14,2
551	Kastamon u	Hanönü	41,62611710	34,4633015	432,4	58,4	74,3	1554,3	4,3
552	Kastamon u	Küre	41,80294090	33,6702606	902,3	16,64	26,5	576,5	24,5
553	Kastamon u	Merkez	41,41802620	33,7877978	792,3	16,9	26,52	187,8	5,6
554	Kastamon u	Pınarbası	41,62877660	33,0498417	1021,4	23,75	45,5	656,7	5,65
555	Kastamon u	Seydiler	41,61861540	33,7210739	1040,4	16,5	17,8	485,7	3,68
556	Kastamon u	Taşköprü	41,50512970	34,2128828	565,4	7,64	18,2	186,8	5,45
557	Kastamon u	Tosya	41,01557200	34,0376384	841,2	15,4	25,6	485,6	5,44
558	Kayseri	Özvatan	39,11429570	35,7128945	1341,8	18,45	26,5	267,6	3,54
559	Kayseri	İncesu	38,61852590	35,2221104	1120,1	9,65	7,8	176,7	3,56
560	Kayseri	Akkışla	38,99980980	36,1682375	1366,9	19,2	16,7	288,7	14,5
561	Kayseri	Bünyan	38,84905130	35,8580208	1326,5	27,7	26,7	276,7	3,55
562	Kayseri	Develi	38,38878030	35,4872228	1252,3	48,7	57,6	666,7	4,34
563	Kayseri	Felahiye	39,09158520	35,5684099	35,6	28,6	47,6	1237,5	3,35
564	Kayseri	Hacılar	38,64582060	35,4516763	1369,6	9,5	8,6	177,65	3,28
565	Kayseri	Kocasinan	38,73070820	35,4904696	1054,8	28,7	47,7	465,6	3,55
566	Kayseri	Melikgazi	38,72701240	35,5183151	1058,9	38,7	37,8	465,6	4,35
567	Kayseri	Pınarbaşı	38,72310750	36,3929640	1511,5	38,56	28,2	287,57	13,4
568	Kayseri	Sarıoğlu	39,07627970	35,9673479	1165,0	19,8	28,5	385,7	4,37
569	Kayseri	Sarız	38,50209700	36,5386874	1659,1	48,6	73,3	385,8	13,4
570	Kayseri	Talas	38,69426890	35,5586440	1131,7	48,4	72,34	578,7	4,32
571	Kayseri	Tomarza	38,45006560	35,8016945	1398,7	37,6	47,45	466,8	4,35
572	Kayseri	Yahyalı	38,11014220	35,3619809	1167,1	39,6	47,55	856,7	4,36
573	Kayseri	Yeşilhisar	38,34867250	35,0935776	1118,7	38,4	8,7	266,7	4,26
574	Kilis	Elbeyli	36,67473350	37,4665832	518,7	17,6	23,33	242,9	16,2
575	Kilis	Merkez	36,71939630	37,1261530	673,3	18,33	15,4	187,8	6,15
576	Kilis	Musabeyli	36,88548320	36,9189313	739,0	17,87	8,57	95,56	16
577	Kilis	Polateli	36,84109120	37,1435996	849,3	21,4	23,1	362,1	6,1
578	Kinkkale	Çelebi	39,46236770	33,5246851	1233,4	27,6	27,1	275,4	3,13

579	Kinkkale	Bahşılı	39,80644300	33,4642723	709,4	46,7	96,5	923,4	3,13
580	Kinkkale	Balıseyh	39,91455140	33,7202844	873,7	27,4	48,65	865,4	3,13
581	Kinkkale	Delice	39,96816290	34,0023603	957,9	37,7	56,56	865,4	3,23
582	Kinkkale	Karakeçili	39,56055490	33,3870924	824,4	17,83	8,76	276,1	3
583	Kinkkale	Keskin	39,64580150	33,6988200	1088,9	38,5	48,6	434,5	3,02
584	Kinkkale	Merkez	39,83127540	33,5181958	719,3	27,8	36,4	434,34	12,14
585	Kinkkale	Sulakyurt	40,16156150	33,7178743	846,2	19	17,2	384,3	3
586	Kinkkale	Yahşihan	39,87913240	33,4144316	676,7	19,1	27,7	384,6	3,12
587	Kirklareli	Babaeski	41,42738930	27,0920934	56,4	9,3	6,2	178,9	6,8
588	Kirklareli	Demirköy	41,82542160	27,7709905	291,7	17,4	26,5	488,5	6,75
589	Kirklareli	Koçaz	41,94548740	27,1575728	447,6	44,2	37,7	487,6	6,85
590	Kirklareli	Lüleburgaz	41,40781490	27,3632954	67,5	44,5	37,6	692,1	6,9
591	Kirklareli	Merkez	41,81238460	27,2283774	389,1	45,2	93,2	1240,6	6,72
592	Kirklareli	Pınarhisar	41,68348970	27,4565112	223,6	38,3	37,8	387,5	6,91
593	Kirklareli	Pehlivan köy	41,34924200	26,9212760	40,4	9,2	7,04	185,85	7
594	Kirklareli	Vize	41,60004140	27,8666160	308,3	38,3	37,8	689,7	6,85
595	Kirsehir	Çiçekdağı	39,57674110	34,3500285	1337,3	46,5	58,8	463,4	6,4
596	Kirsehir	Akçakent	39,64278070	34,0845106	1323,4	26,2	36,4	245,5	6,1
597	Kirsehir	Akpınar	39,48862590	33,9469845	1104,3	85,4	90,9	645,54	5,9
598	Kirsehir	Boztepe	39,26924090	34,2649386	1156,4	46,6	45,3	563,4	13,34
599	Kirsehir	Kaman	39,35901890	33,7235672	1119,6	45,2	65,6	565,3	5,6
600	Kirsehir	Merkez	39,13920030	34,1222726	1081,2	35,4	45,4	366,4	7,6
601	Kirsehir	Mucur	39,05823800	34,3797892	1095,9	34,5	47,8	387,2	6,25
602	Kocaeli	Derince	40,76284800	29,8285894	61,9	18,6	36,2	514,3	4,7
603	Kocaeli	Gölcük	40,65313620	29,7934390	556,1	9,1	12,2	254,3	5,2
604	Kocaeli	Gebze	40,80412120	29,4233923	137,6	34,4	36,21	554,3	6,2
605	Kocaeli	Körfez	40,76058180	29,7598479	8,8	27,44	36,23	254,3	6,1
606	Kocaeli	Kandıra	41,07352350	30,1508035	53,8	17,1	36,31	432,9	4,9
607	Kocaeli	Karamürsel	40,69127700	29,6124681	18,0	16,3	22,6	433,2	5,2
608	Kocaeli	izmit	40,77019130	29,9309863	81,1	22,3	22,34	429,2	5,01
609	Konya	Çeltik	39,01967310	31,7893281	852,2	59,3	55,6	432,4	3,1
610	Konya	Çumra	37,57074870	32,7732917	1014,4	36,5	36,5	333,2	2,09
611	Konya	Ahırlı	37,23851300	32,1189109	1217,2	28,4	36,5	623,3	41,3
612	Konya	Akören	37,45349770	32,3687406	1117,8	39,4	71,2	472,3	23,2
613	Konya	Akşehir	38,35886500	31,4244659	1015,6	38,9	47,5	445,6	3,2
614	Konya	Altınekin	38,30807770	32,8664426	979,2	26,5	28,7	336,3	2,9
615	Konya	Beyşehir	37,67583070	31,8720023	1370,6	27,1	37,7	323,2	42,3
616	Konya	Bozkır	37,19184580	32,2436758	1180,1	27,2	27,5	167,5	23,2
617	Konya	Cihanbeyli	38,65265930	32,9175567	962,9	48,5	46,5	432,3	22,3
618	Konya	Derbent	38,01551390	32,0133869	1470,5	48,1	57,6	303,2	2,8
619	Konya	Derebucak	37,39341180	37,3934118	1254,2	47,8	36,7	310,1	3,1
620	Konya	Doğanhisar	38,14933360	31,6732507	1210,5	47,1	70,1	641,1	3,1
621	Konya	Emirgazi	37,90539810	33,8373010	1092,4	36,7	26,5	332,3	3,1
622	Konya	Ereğli	37,50807120	34,0488005	1057,7	18,6	18,7	167,6	3,89
623	Konya	Güneysınır	37,26930500	32,7309271	1122,6	38,6	47,2	654,3	23,3
624	Konya	Hüyük	37,95374490	31,5967895	1247,3	37,6	68,3	654,3	2,6

625	Konya	Hadım	36,98677590	32,4547897	1536,1	38,1	26,3	645,6	2,2
626	Konya	Halkapınar	37,43843440	34,1912238	1193,6	38,3	26,3	254,5	3,2
627	Konya	Ilgın	38,28068330	31,9071412	1034,2	7,8	4,3	52,1	2,93
628	Konya	Kadınhanı	38,24049480	32,2133452	1129,5	71,3	56,4	454,4	31,2
629	Konya	Karapınar	37,71344900	33,5454382	995,1	28,4	24,3	156,5	3,1
630	Konya	Karatay	37,92207060	33,0462811	1413,8	26,7	35,4	343,2	2,3
631	Konya	Kulu	39,09484190	33,0713656	994,7	37,6	26,5	330,2	21,4
632	Konya	Meram	37,70262700	32,3277530	1460,3	28,4	36,5	356,5	3,11
633	Konya	Sarayönü	38,25969720	32,4062743	1064,7	70,2	51,2	267,4	3,1
634	Konya	Selçuklu	38,10388420	32,5408380	1085,5	26,5	27,5	364,5	33,4
635	Konya	Seydişehir	37,42163470	31,8540243	1121,5	18,7	35,6	354,5	2,6
636	Konya	Taşkent	36,92608260	32,4931853	1583,7	17,8	16,5	245,6	3,2
637	Konya	Tuzlukçu	38,47234270	31,6269753	992,9	47,6	34,5	349,2	2,1
638	Konya	Yalıhüyük	37,29215080	32,0924640	1104,3	46,5	42,3	353,1	2,4
639	Konya	Yunak	38,81077430	31,7356296	31,7	27,1	18,1	182,8	2,2
640	Malatya	Akçadağ	38,37846370	37,8642058	1440,2	21,9	12,2	276,7	22,32
641	Malatya	Arapkir	39,03950410	38,4889769	1193,1	15,43	24,5	165,4	2,56
642	Malatya	Arguvan	38,78351390	38,2629848	1178,3	15,88	13,83	288,78	2,12
643	Malatya	Battalgazi	38,41372740	38,3677655	807,7	22,323	8,56	86,34	2,17
644	Malatya	Darende	38,55552540	37,4997265	1069,0	15,1	13,42	283,4	23,21
645	Malatya	Doğanşehir	38,09317080	37,8829149	1217,3	22,32	46,7	366,56	2,34
646	Malatya	Doğanyol	38,31283920	39,0356431	902,3	22,33	46,2	710,2	2,25
647	Malatya	Hekimhan	38,81836180	37,9324092	1131,2	4,43	13,8	87,65	31,34
648	Malatya	Kale	38,36629740	38,7737458	1542,8	14,98	13,65	286,87	2,1
649	Malatya	Kuluncak	38,88052200	37,6656845	1278,9	15,24	13,76	165,6	2,12
650	Malatya	Merkez	38,32950410	38,3169989	1081,3	14,98	24,43	279,5	21,32
651	Malatya	Pötürge	38,18258330	38,8313453	1287,0	32,43	55,6	545,35	2,13
652	Malatya	Yazıhan	38,59234290	38,1776857	784,5	32,44	33,9	365,01	2,11
653	Malatya	Yeşilyurt	38,30750990	38,2604184	1037,5	21,957	12,23	442,3	2,45
654	Manisa	Ahmetli	38,51676250	27,9316015	83,1	14,5	26,7	342,1	4,8
655	Manisa	Akhisar	38,92230470	27,8212378	99,7	28,4	25,05	512,3	4,86
656	Manisa	Alaşehir	38,34004410	28,5334497	233,3	22,1	24,2	512,3	4,92
657	Manisa	Demirci	39,04332970	28,6568440	851,7	32,3	14,3	176,7	4,5
658	Manisa	Gölmarmara	38,71098600	27,9119710	158,6	15,4	26,8	417,3	5,5
659	Manisa	Gördes	38,93126500	28,2889836	659,4	55,6	34,01	418,3	6,4
660	Manisa	Kırkağaç	39,10770490	27,6770840	174,5	33,2	16,7	274,5	14,4
661	Manisa	Köprübaşı	38,77448640	28,4295693	369,6	16,3	45,4	1510,2	6,5
662	Manisa	Kula	38,54660250	28,6369031	667,6	7,7	25,4	341,2	5,1
663	Manisa	Merkez	38,68596920	27,4090786	39,0	15,3	34,1	339,2	23,2
664	Manisa	Salihli	38,48671570	28,1389208	104,7	34,3	34,5	707,01	5,3
665	Manisa	Sarıgöl	38,24033190	28,6890952	204,7	27,6	33,4	452,1	5,6
666	Manisa	Saruhanlı	38,72914940	27,5627026	36,6	27,4	17,6	165,6	4,35
667	Manisa	Selendi	38,74505990	28,8659815	450,4	15,3	46,1	521,3	5,54
668	Manisa	Soma	39,18452600	27,6021129	158,8	44,3	55,2	265,34	5,12
669	Manisa	Turgutlu	38,49262240	27,6947420	98,0	45,4	45,21	605,2	5,1
670	Mardin	Ömerli	37,38727760	41,0780794	937,3	54,3	34,2	421,3	15,7

671	Mardin	Dargeçit	37,54471240	41,7174942	897,8	27,1	25,2	343,4	35,4
672	Mardin	Derik	37,35946690	40,2684091	782,6	35,3	25,4	376,4	4,5
673	Mardin	Kızıltepe	37,20100200	40,6230513	482,7	34,5	33,2	443,5	5,4
674	Mardin	Mazıdağı	37,45605690	40,4350591	1002,5	25,4	42,1	445,3	26,4
675	Mardin	Merkez	37,28164890	40,6940072	622,1	44,3	25,35	444,3	15,6
676	Mardin	Midyat	37,42320650	41,3417590	944,7	45,4	34,2	445,34	15,6
677	Mardin	Nusaybin	37,08416230	41,2226096	477,8	25,6	24,3	244,86	5,6
678	Mardin	Savur	37,59128290	40,8880966	879,4	25,4	24,35	342,3	26,5
679	Mardin	Yeşilli	37,33869370	40,8219456	809,8	19,3	25,4	349,6	54,5
680	Mersin	Çamlıyayla	37,24965970	34,5831038	1753,9	34,4	15,5	114,2	6,3
681	Mersin	Anamur	36,11408860	32,8626685	9,3	57,1	33,2	514,5	6,33
682	Mersin	Aydıncık	36,21027790	33,3099184	590,9	26,7	7,5	114,12	6,4
683	Mersin	Bozyazı	36,28028190	32,9804985	1378,8	27,8	26,4	513,2	6,5
684	Mersin	Erdemli	36,60857470	34,2960295	21,4	27,6	4,3	114,2	6,2
685	Mersin	Gülnar	36,34248700	33,4497712	992,4	48,8	4,4	114,12	17,4
686	Mersin	Merkez(İçel)	36,80694240	34,9536874	28,5	27,7	15,5	334,26	6,5
687	Mersin	Mut	36,63404130	33,4322097	336,4	57,6	15,3	335,4	6,86
688	Mersin	Silifke	36,39521170	33,9619233	52,7	34,3	32,4	512,3	7,1
689	Mersin	Tarsus	36,92290580	34,8969731	26,7	57,5	15,3	333,2	6,61
690	Mugla	Bodrum	37,03577310	27,4129811	24,1	44,3	53,12	811,3	7,08
691	Mugla	Dalaman	36,77913420	28,8073098	10,1	7,38	5,55	26,4	8,12
692	Mugla	Datça	36,73365100	27,6880334	19,2	7,08	5,78	26,54	8,02
693	Mugla	Fethiye	36,65181970	29,1218700	7,5	7,08	5,649	26,45	7,7
694	Mugla	Köyceğiz	36,97232680	28,6905453	33,3	6,66	16,25	126,5	22,3
695	Mugla	Kavaklıdere	37,44521450	28,3639209	888,8	34,54	42,1	527,6	52,3
696	Mugla	Marmaris	36,93475060	29,3798936	1370,6	7,2	13,4	245,39	23,2
697	Mugla	Merkez	37,20103490	28,3779069	697,1	26,4	13,45	312	7,65
698	Mugla	Milas	37,21169240	27,8228329	194,5	26,4	32,121	426,7	7,62
699	Mugla	Ortaca	36,83317160	28,7511997	22,3	7,4	13,45	247,6	7,226
700	Mugla	Ula	37,10703440	28,4014315	28,4	25,6	13,65	27,92	6,544
701	Mugla	Yatağan	37,33294050	28,1428926	367,3	15,6	22,12	314,4	7,12
702	Mus	Bulanık	39,09352560	42,2710754	1482,4	21,08	23,12	355,13	8,2
703	Mus	Hasköy	38,68350730	41,6861361	1287,7	33,1	45,1	943,6	16,3
704	Mus	Korkut	38,73507230	41,7854331	1296,7	22,05	23,13	544,6	7,15
705	Mus	Malazgirt	39,14086160	42,5360936	1527,2	32,2	44,6	642,3	16,47
706	Mus	Merkez	38,75123970	41,5035775	1313,2	33,2	43,1	551,04	7,78
707	Mus	Varto	39,17326930	41,4540411	1522,9	33,21	43,55	355,13	7,76
708	Nevşehir	Acıgöl	38,53314930	34,4849111	1298,6	60,3	56,5	567,6	6,7
709	Nevşehir	Ürgüp	38,63720390	34,9230611	1068,1	48,1	67,6	458,7	14,5
710	Nevşehir	Avanos	38,71367480	34,8446985	928,2	48,6	56,7	627,6	14,54
711	Nevşehir	Derinkuyu	38,37636920	34,7346742	1354,8	48,31	56,23	535,6	6,67
712	Nevşehir	Gülşehir	38,74355320	34,6262198	913,9	60,33	68,5	725,56	14,4
713	Nevşehir	Hacıbektaş	38,94028060	34,5647251	1311,4	37,6	68,45	1047,6	6,33
714	Nevşehir	Kozaklı	39,20640200	34,8512185	1124,4	60,7	46,7	537,6	14,6
715	Nevşehir	Merkez	38,64032140	34,7241783	1142,2	60,3	88,2	845,5	13,3
716	Nigde	Çamardı	37,83505320	34,9862267	1501,7	46,35	125,2	631,6	3,8

717	Nigde	Çiftlik	38,17574060	34,4477695	1557,7	35,2	71,7	347,2	3,86
718	Nigde	Altunhisar	37,99517750	34,3679231	1192,8	45,17	51,4	516,08	3,84
719	Nigde	Bor	37,88685590	34,5581185	1124,3	25,3	31,7	463,4	23,4
720	Nigde	Merkez	37,99603770	34,7363746	1287,3	26,66	41,4	346,1	3,42
721	Nigde	Ulukışla	37,56659370	34,5909109	1599,2	26,7	41,6	516,7	13,4
722	Ordu	İkizce	41,04914920	37,0688892	146,8	17,6	26,5	485,4	13,44
723	Ordu	Çamaş	40,90045130	37,5168108	400,7	17,5	36,7	898,7	13,43
724	Ordu	Çaybaşı	41,02305440	37,1176559	335,3	8,7	18,4	296,53	31,5
725	Ordu	Akkuş	40,79419860	37,0178441	1293,3	8,7	18,7	377,6	13,65
726	Ordu	Ünye	41,09453030	37,2453509	135,6	25,4	37,8	488,85	24,7
727	Ordu	Aybastı	40,68418150	37,3869562	880,1	17,1	26,7	485,34	14,53
728	Ordu	Fatsa	41,04775960	37,4712719	142,3	25,2	47,6	897,6	13,54
729	Ordu	Gölköy	40,68958680	37,6175202	825,2	26,1	37,34	782,3	14,55
730	Ordu	Gülyalı	40,95323490	38,0645861	242,7	26,1	37,19	696,5	41,05
731	Ordu	Gürgentepe	40,78853590	37,6069748	1185,2	17,8	37,23	696,7	24,8
732	Ordu	Kabadüz	40,70459970	37,9321483	1612,6	8,9	6,6	296,56	13,6
733	Ordu	Kabataş	40,75205820	37,4470151	461,5	36,5	54,7	785,9	24,2
734	Ordu	Korgan	40,82426750	37,3437108	737,3	8,87	27,6	585,7	13,37
735	Ordu	Kumru	40,87390490	37,2664621	473,8	9,7	18,6	298,7	13,48
736	Ordu	Çatalpınar	41,10596750	37,2567330	90,8	17,8	26,89	1254,7	24,1
737	Ordu	Merkez	40,89050740	37,7847987	435,6	35,7	46,65	299,8	41,43
738	Ordu	Mesudiye	40,46489150	37,7725468	1131,5	7,6	9,4	299,59	13,1
739	Ordu	Perşembe	41,08453370	37,7731092	37,2	26,7	37,4	486,7	41,5
740	Ordu	Ulubey	40,79269880	37,7592160	588,9	36,7	56,76	898,67	13,4
741	Osmaniye	Bahçe	37,20169760	36,5762105	634,6	4,8	6,7	188,1	4,12
742	Osmaniye	Düziçi	37,21784490	36,5299788	1211,7	26,5	36,5	512,3	16,2
743	Osmaniye	Hasanbeyli	37,15749610	36,5486578	741,4	4,9	1,01	90,6	4,6
744	Osmaniye	Kadirli	37,36279950	36,1114633	122,1	12,1	15,16	276,5	13,75
745	Osmaniye	Merkez	37,07550060	36,2491370	130,3	13,11	16,1	274,4	4,34
746	Osmaniye	Sumbas	37,45379700	36,0216902	124,1	13,1	14,1	154,3	41,3
747	Osmaniye	Toprakkale	37,05795160	36,1616327	77,4	12,23	14,5	315,6	4,54
748	Rize	İkizdere	40,74860050	40,5319854	1648,3	32,1	43,2	545,6	6,7
749	Rize	İyidere	41,00513070	40,3727105	104,0	24,3	42,45	945,4	7,1
750	Rize	Çamlıhemşin	40,89299180	41,0372041	2861,4	17,5	16,7	362,3	6,7
751	Rize	Çayeli	41,07571630	40,7379107	107,8	16,8	37,6	745,6	135,6
752	Rize	Ardeşen	41,18436040	40,9800664	27,8	22,3	35,42	556,7	132,2
753	Rize	Derepazarı	41,02156690	40,4280534	57,9	23,4	41,21	254,3	133,4
754	Rize	Fındıklı	41,27083800	41,1489975	114,8	23,4	26,7	255,6	47,6
755	Rize	Güneysu	41,00278410	40,6145051	237,3	15,4	17,7	256,5	7,68
756	Rize	Hemşin	41,04705910	40,8991098	317,1	44,3	23,34	365,4	26,7
757	Rize	Kalkandere	40,92538660	40,4446285	129,1	6,6	34,54	755,6	27,2
758	Rize	Merkez	40,95251250	40,5560020	390,8	14,3	16,5	354,5	86,34
759	Rize	Pazar	41,17575200	40,8898804	71,7	13,4	23,46	544,5	144,3
760	Sakarya	Akyazı	40,68347820	30,6249463	46,5	22,1	58,6	512,7	1,5
761	Sakarya	Ferizli	40,93901650	30,4869207	45,4	20,12	47,6	415,4	2,22
762	Sakarya	Geyve	40,50863460	30,2902644	86,1	10,1	37,5	415	1,9

763	Sakarya	Hendek	40,79598220	40,7959822	175,4	31,22	58,65	534,4	1,8
764	Sakarya	Karapürçek	40,61902900	30,5049774	446,1	10,44	18,8	316,73	1,84
765	Sakarya	Karasu	41,09599120	30,6928877	12,1	10,9	18,87	317,76	1,8
766	Sakarya	Kaynarca	41,03329840	30,3077030	60,8	10,06	28,8	416,4	1,78
767	Sakarya	Kocaali	41,05544130	30,8514446	49,1	10,01	18,72	315,4	1,67
768	Sakarya	Merkez	40,78910800	30,4000760	25,6	21,01	37,8	417,5	1,65
769	Sakarya	Pamukova	40,50568090	30,1692404	96,1	11,03	18,66	317,45	1,76
770	Sakarya	Söğütlü	40,90322200	30,4717606	21,4	10,33	18,77	317,9	1,34
771	Sakarya	Sapanca	40,68967090	30,2614397	58,7	20,12	58,87	632,3	1,23
772	Sakarya	Taraklı	40,39656820	30,4921285	448,4	8,5	18,67	317,6	1,22
773	Samsun	Çarşamba	41,19852070	36,7218299	25,3	25,4	28,85	475,4	4,4
774	Samsun	Alaçam	41,60595290	35,5974457	49,0	8,6	18,6	288,7	4,51
775	Samsun	Asarcık	41,03712320	36,2349706	798,2	18,83	27,6	569,8	5,44
776	Samsun	Ayvacık	40,97956110	36,5973335	609,3	25,6	27,66	571,5	5,45
777	Samsun	Bafra	41,56173440	35,9056117	30,0	18,74	27,52	476,5	5,34
778	Samsun	Havza	41,06844410	35,7374958	624,4	18,67	34,5	476,5	5,44
779	Samsun	Kavak	41,12981910	35,9748286	700,7	16,538	34,3	576,7	5,42
780	Samsun	Ladik	40,91192890	35,8946371	926,6	17,56	44,5	354,7	4,9
781	Samsun	Merkez	41,30957150	36,3258533	107,0	17,76	27,6	354,23	5,32
782	Samsun	Ondokuz Mayıs	41,49452020	36,0783933	16,5	17,75	18,67	1180,8	21,5
783	Samsun	Salıpazarı	41,08226220	36,8256242	83,3	8,7	26,7	367,5	4,91
784	Samsun	Tekkeköy	41,17990610	36,4745236	196,7	8,8	7,4	188,7	4,34
785	Samsun	Terme	41,14458320	36,9944156	60,9	26,5	55,5	666,4	4,65
786	Samsun	Vezirköprü	41,14310900	35,4605995	348,1	8,87	26,5	356,6	4,86
787	Samsun	Yakakent	41,63123170	35,5304881	17,1	16,7	36,6	565,6	4,15
788	Sanliurfa	Akçakale	36,71321050	38,9482556	365,1	37,96	24,56	366,5	11,2
789	Sanliurfa	Birecik	37,02498200	37,9774747	353,3	24,3	8,7	190,6	22,34
790	Sanliurfa	Bozova	37,33887170	38,3600253	556,8	44,3	48,4	456,7	22,3
791	Sanliurfa	Ceylanpınar	36,91164760	39,7387560	493,6	24,67	28,94	271,2	6,1
792	Sanliurfa	Halfeti	37,24823340	37,8684672	411,0	25,95	37,12	355,4	6,5
793	Sanliurfa	Harran	36,86312880	39,0242746	362,9	24,31	24,43	454,5	6,56
794	Sanliurfa	Hilvan	37,58904350	38,9584639	607,5	24,23	39,6	365,4	6,75
795	Sanliurfa	Merkez	37,17197180	39,0711562	492,9	24,3	26,8	188,9	6,49
796	Sanliurfa	Siverek	37,17380400	39,0843721	496,2	24,34	38,12	270,33	11,45
797	Sanliurfa	Suruç	36,98411040	38,4269212	501,6	24,67	28,9	356,5	11,43
798	Sanliurfa	Viranşehir	37,23596080	39,7658826	563,5	24,35	22,45	355,4	11,2
799	Siirt	Aydınlar	37,95991950	42,0603537	962,5	76,1	46,5	559,03	12,3
800	Siirt	Şirvan	38,08395960	42,1936490	1371,1	13,2	25,6	645,34	4,4
801	Siirt	Baykan	38,16313560	41,7855554	715,4	13,2	25,66	645,1	12,3
802	Siirt	Eruh	37,74745640	42,1777497	1182,7	13,1	16,76	159,4	13,2
803	Siirt	Kurtalan	37,92969110	41,6957311	697,3	25,4	26,2	542,3	13,21
804	Siirt	Merkez	37,99209110	42,1260647	921,7	25,34	25,9	465,5	4,03
805	Siirt	Pervari	37,84970920	42,5203329	1818,1	33,2	44,5	465,2	12,1
806	Sinop	Ayancık	41,94418690	34,5865266	43,1	21,58	20,87	441,2	4,735
807	Sinop	Boyabat	41,46611920	34,7778499	346,0	21,3	20,21	443,2	14,3

808	Sinop	Dikmen	41,65138190	35,2655486	188,3	22,85	17,05	253,2	22,3
809	Sinop	Durağan	41,41429430	35,1854125	476,1	13,23	23,2	254,3	5,5
810	Sinop	Erfelek	41,88118190	34,9013545	194,7	12,1	21,9	444,1	31,3
811	Sinop	Gerze	41,80203780	35,1870901	72,1	21,2	15,7	332,3	11,2
812	Sinop	Merkez	41,80335230	35,2008187	31,4	41,6	35,6	605,35	21,2
813	Sinop	Saraydüzü	41,32592440	34,8519565	456,7	13,4	26,5	343,38	4,6
814	Sinop	Türkeli	41,94596200	34,3393681	15,4	13,28	16,7	343,2	6,455
815	Sirnak	İdil	37,27734420	41,8223291	874,6	26,4	34,86	286,5	18,46
816	Sirnak	Beytüşşebap	37,57011820	43,1701117	1547,7	45,6	34,34	661,71	18,84
817	Sirnak	Cizre	37,33282080	42,1854285	382,9	26,25	18,7	262,1	9,9
818	Sirnak	Güçlükonak	37,47050070	41,9138557	792,6	31,6	34,3	367,5	18,4
819	Sirnak	Merkez	37,51652390	42,4520679	1302,8	26,5	18,3	266,5	9,2
820	Sirnak	Silopi	37,24600700	37,2460070	495,4	34,3	26,2	265,6	17,6
821	Sirnak	Uludere	37,41432440	42,9654720	2174,3	36,5	18,53	265,4	37,6
822	Sivas	İmranlı	39,87508470	38,1147915	1601,7	18,7	28,6	364,5	5,4
823	Sivas	Akıncılar	40,08352330	38,3466927	1019,9	26,5	28,67	265,6	12,3
824	Sivas	Altınyayla	39,23164020	36,7792040	1525,6	18,5	17,8	167,6	5,54
825	Sivas	Şarkışla	39,34817760	36,4152442	1252,8	18,4	17,78	265,6	52,3
826	Sivas	Divriği	39,37350610	38,1118678	1078,0	42,3	35,6	634,5	12,3
827	Sivas	Doğanşar	40,21397410	37,5364282	1303,4	18,4	17,6	365,5	5,6
828	Sivas	Gölova	40,06122790	38,6107342	1335,7	17,7	17,87	256,5	5,86
829	Sivas	Gürün	38,72363890	37,2816520	1386,2	17,87	17,67	176,7	6,44
830	Sivas	Gemerek	39,18381030	36,0712710	1217,6	27,6	31,7	362,4	6,5
831	Sivas	Hafik	39,87415460	37,3718050	1281,4	26,5	26,7	364,5	6,55
832	Sivas	Kangal	39,20219920	37,3970256	1531,7	18,6	17,8	265,6	63,45
833	Sivas	Koyulhisar	40,29792300	37,8290486	881,2	36,4	31,2	517,5	5,8
834	Sivas	Merkez	39,68093130	37,0880903	1292,6	27,6	26,65	364,3	6,8
835	Sivas	Suşehri	40,16622120	38,0871409	1043,5	18,8	52,3	736,9	14,3
836	Sivas	Ulaş	39,44416860	37,0400766	1377,2	18,8	15,1	364,3	5,66
837	Sivas	Yıldızeli	39,87097390	36,6003764	1360,6	18,65	16,7	423,2	5,65
838	Sivas	Zara	39,89395240	37,7471497	1387,0	17,13	16,6	265,6	14,5
839	Tekirdag	Çerkezköy	41,29170380	28,0003341	169,8	23,32	34,21	722,3	3,98
840	Tekirdag	Çorlu	41,16595600	27,8055105	149,5	23,13	33,45	536,5	3,88
841	Tekirdag	Şarköy	40,61495850	27,1149785	14,1	4,75	15,95	267,6	22,3
842	Tekirdag	Hayrabolu	41,21248410	27,1057335	66,3	23,43	44,3	464,4	4,5
843	Tekirdag	Malkara	40,89730100	26,9008265	266,1	23,12	24,63	464,2	4,43
844	Tekirdag	Marmaraeğli si	40,99946700	27,9004024	19,1	21,6	25,12	464,34	4,23
845	Tekirdag	Merkez	40,97512620	27,6085081	13,9	22,2	24,2	435,6	4,12
846	Tekirdag	Muratlı	41,17157610	27,5006244	82,8	14,3	25,32	353,3	4,11
847	Tekirdag	Saray	41,44374820	27,9205131	158,1	22,8	33,1	627,33	3,8
848	Tokat	Almus	40,37300040	36,9075482	822,6	28,82	26,5	175,4	7,1
849	Tokat	Artova	40,11503150	36,2985529	1196,0	28,16	26,6	362,6	7,74
850	Tokat	Başçiftlik	40,54602830	37,1697225	37,2	28,1	27,11	365,6	7,745
851	Tokat	Erbaa	40,68230530	36,5637704	234,0	9,1	27,13	576,7	7,44
852	Tokat	Merkez	40,31325960	36,5256384	723,4	27,56	16,54	478,7	13,4

853	Tokat	Niksar	40,58872260	36,9414169	325,0	8,22	27,6	576,7	15,96
854	Tokat	Pazar	40,27924010	36,2927683	591,5	8,12	16,36	567,72	7,77
855	Tokat	Reşadiye	40,39228050	37,3369661	527,8	27,1	33,2	443,5	7,76
856	Tokat	Sulusaray	39,99338710	36,0862266	1034,6	27,14	18,1	166,45	7,11
857	Tokat	Turhal	40,39367300	36,0761440	554,0	27,76	32,6	378,6	7,12
858	Tokat	Yeşilyurt	40,00469780	36,2202179	1090,9	47,6	27,8	166,23	7,41
859	Tokat	Zile	40,29901480	35,8919506	721,6	8,8	16,5	387,6	7,13
860	Trabzon	Çarşıbaşı	41,08788150	39,3876530	19,6	25,4	18,34	439,1	36,5
861	Trabzon	Çaykara	40,74670230	40,2450435	347,6	8,7	8,7	243,4	7,7
862	Trabzon	Akçaabat	41,01591850	39,5913389	15,1	8,76	18,7	481,3	71,3
863	Trabzon	Araklı	40,75185710	39,9510836	710,2	18,2	28,1	488,7	73,2
864	Trabzon	Arsin	40,95370740	39,9340457	6,6	46,21	34,2	643,4	156,5
865	Trabzon	Şalpazarı	40,94281770	39,1949410	319,1	25,2	54,5	632,1	134,2
866	Trabzon	Beşikdüzü	41,05333050	39,2333210	6,3	37,8	42,1	435,1	58,6
867	Trabzon	Düzköy	40,83838150	39,3808350	1041,4	18,21	18,6	334,1	58,64
868	Trabzon	Dernekpazarı	40,80042900	40,2483773	192,9	18,23	42,3	617,7	27,5
869	Trabzon	Hayrat	40,88942060	40,3681313	186,3	18,15	18,78	254,3	18,97
870	Trabzon	Köprübaşı	40,70927730	40,1080123	1423,0	18,54	18,9	253,1	68,5
871	Trabzon	Maçka	40,81013580	39,6096947	370,2	8,77	18,78	342,1	8,6
872	Trabzon	Merkez	40,89660370	39,7291345	403,3	18,89	42,1	342,5	48,4
873	Trabzon	Of	40,88191270	40,3203529	458,9	18,61	24,8	343,2	56,6
874	Trabzon	Sürmene	40,90463510	40,1278528	95,2	64,5	25,4	167,4	56,3
875	Trabzon	Tonya	40,88795720	39,2909891	728,5	25,65	54,34	548,5	113,5
876	Trabzon	Vakfikebir	41,04682380	39,2859727	43,5	8,1	18,9	176,2	36,68
877	Trabzon	Yomra	40,96364360	39,8510406	3,1	17,8	35	356,3	137,6
878	Tunceli	Çemişgezek	39,06122930	38,9142916	990,2	23,13	24,45	344,3	2,32
879	Tunceli	Hozat	39,10411060	39,2242723	1511,0	23,45	12,1	167,6	2,31
880	Tunceli	Mazgirt	39,01971190	39,6075045	1417,0	23,76	42,1	349,4	2,24
881	Tunceli	Merkez	39,10021760	39,5761723	978,2	14,23	13,12	254,5	2,22
882	Tunceli	Nazımiye	39,17982870	39,8287091	1517,2	23,56	33,1	412,3	2,11
883	Tunceli	Ovacık	39,35852890	39,2156064	1257,1	7,62	4,45	41,74	2,36
884	Tunceli	Pülümür	39,48581130	39,8961208	1489,5	16,16	12,11	254,5	2,42
885	Tunceli	Pertek	38,86302270	39,3234663	1053,1	16,01	12,01	254,3	2,34
886	Usak	Banaz	38,73939180	29,7594314	910,3	18,1	46,5	431,3	7,19
887	Usak	Eşme	38,40069090	28,9691638	832,3	28,87	29,87	740,1	7,12
888	Usak	Karahallı	38,36300980	29,5268845	948,6	28,86	38,9	345,3	7,12
889	Usak	Merkez	38,66877430	29,3874370	975,2	28,88	93,4	565,1	7,13
890	Usak	Sivaslı	38,49918070	29,6783266	936,6	17,57	18,1	345,3	11,2
891	Usak	Ulubey	38,42625900	29,2888060	751,0	6,54	9,21	171,2	7,22
892	Van	Özalp	38,70583620	44,0435669	2204,8	6,2	16,6	264,5	8,65
893	Van	Çaldıran	39,13857250	43,9039517	2043,1	71,3	65,4	719,85	23,3
894	Van	Çatak	38,00168920	43,1017570	1849,3	72,12	44,34	448,56	32,3
895	Van	Başkale	38,04293190	44,0210017	2267,5	14,2	24,8	446,5	12,1
896	Van	Bahçesaray	38,10699010	42,8070020	1684,7	42,33	83,4	808,5	7,2
897	Van	Edremit	38,40682750	43,3159289	1742,3	24,32	34,4	472,1	12,1
898	Van	Erciş	39,02911010	43,3641568	1685,6	43,4	54,43	754,3	7,54

899	Van	Gürpınar	38,12731200	43,5941663	2524,2	14,33	25,53	471,2	7,53
900	Van	Gevaş	38,30046040	43,1028351	1708,4	102,3	15,6	363,56	8,21
901	Van	Merkez	38,50290870	43,3585591	1674,8	14,39	24,56	363,45	8,12
902	Van	Muradiye	38,98722440	43,7654887	1703,9	34,5	34,41	565,4	8,21
903	Van	Saray	38,52574180	44,1597775	2213,2	24,77	15,37	267,6	8,02
904	Yalova	Çınarcık	40,64332940	29,1096169	14,2	23,8	32,4	279,12	3,66
905	Yalova	Çiftlikköy	40,66645560	29,3454163	44,9	23,2	33,2	584,3	3,72
906	Yalova	Altınova	40,64185640	29,4884252	131,3	23,45	25,8	489,7	3,71
907	Yalova	Armutlu	40,52045820	28,8525559	248,9	23,67	32,1	582,1	3,67
908	Yalova	Merkez	40,64360290	29,2661880	20,7	23,74	34,22	487,6	3,69
909	Yalova	Termal	40,59605860	29,1750903	180,5	14,5	17,6	276,1	3,69
910	Yozgat	Çandır	39,24416410	35,5176979	1224,0	18,84	26,5	266,22	3,98
911	Yozgat	Çayıralan	39,30616550	35,6423516	1350,6	25,6	36,65	434,3	3,76
912	Yozgat	Çekerek	40,06324890	35,5015171	898,6	25,65	26,5	515,65	3,67
913	Yozgat	Akdağmadeni	39,66311980	35,8807009	1321,4	44,23	47,6	676,65	18,4
914	Yozgat	Aydıncık	40,12935070	35,2894093	905,7	9,3	17,5	176,9	3,65
915	Yozgat	Şefaati	39,50134160	34,7575834	911,1	78,23	139,4	1067,8	3,86
916	Yozgat	Boğazlıyan	39,18918660	35,2473780	1073,8	36,1	80,1	839,02	3,84
917	Yozgat	Kadışehir	39,99531420	35,7931671	1031,4	25,6	16,5	420,01	3,91
918	Yozgat	Merkez	39,81522710	34,8121667	1342,7	25,25	37,5	421,98	3,411
919	Yozgat	Sarıkaya	39,52189000	35,4151082	1143,4	54,55	37,66	421,22	3,85
920	Yozgat	Saraykent	39,68656460	35,5081582	1125,8	16,43	16,66	333,2	3,94
921	Yozgat	Sorgun	39,78984650	35,3013796	1132,2	36,12	80,16	711,64	3,88
922	Yozgat	Yenifakılı	39,21305940	35,0005261	1014,7	24,32	26,45	341,4	3,66
923	Yozgat	Yerköy	39,64558970	34,4718901	763,9	56,76	71,2	512,2	3,67
924	Zonguldak	Çaycuma	41,43320620	32,0762500	35,7	34,3	16,52	442,2	3,35
925	Zonguldak	Alaplı	41,17893810	31,3931379	68,4	7,4	17,8	332,1	3,33
926	Zonguldak	Devrek	41,22048290	31,9612490	104,9	26,3	25,1	432,4	3,32
927	Zonguldak	Ereğli	41,27694690	31,4596721	109,6	16,5	16,4	612,4	3,34
928	Zonguldak	Gökçeşey	41,30760860	32,1358355	61,8	7,02	26,2	322,16	3,33
929	Zonguldak	Merkez	41,45902340	31,8001606	158,4	36,5	26,7	336,7	3,32

EK-2: EURDEP alınmış olan ortalama AGDR değerleri

ID	Lokasyon	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Yükseklik (m)	AGDR (nGy/h)
1	Artvin	41,1897447	41,8382843	529	80
2	Artvin -Hopa	41,4009488	41,4257078	5	86
3	Rize-Merkez	40,9707098	40,4881714	616	90
4	Rize-Pazar	40,9736966	41,130375	2170	103
5	Kars-Akyaka	40,746865	43,5622005	1555	125
6	Kars	40,6001477	43,1004461	1756	133
7	Kars-Digor	40,4892201	43,3444299	2251	170
8	Kars-Sarıkamış	40,3339629	42,5864012	2070	149
9	Iğdır-Tuzluca-Gaziler	40,1014947	43,4876653	1071	108
10	Iğdır	39,9489975	44,0448411	868	63
11	Iğdır-Karakoyunlu	39,9541795	44,1168093	857	90
12	Iğdır-Karakoyunlu- Alican	39,9896664	44,1731496	843	101
13	Iğdır-Tuzluca-Karakale	39,9870891	44,144949	846	94
14	Iğdır-Aralık	39,8304371	44,3067096	1317	70
15	Van-Çaldıran	39,1506096	43,9064931	2065	122
16	Van-Muradiye	38,9880238	43,7370656	1789	163
17	Van-Ozalp	38,7090661	44,0400618	2240	94
18	Van	38,5045308	43,3639353	1696	180
19	Hakkari-Yüksekova	37,5690733	44,278898	1871	90
20	Hakkari-Çukurca	37,3540919	43,592932	2106	110
21	Hakkari	37,5771923	43,7514545	1836	132
22	Şırnak-Beytüşşebap	37,4623918	43,2630376	1943	85
23	Şırnak-Cizre	37,3322755	42,1886241	381	56
24	Şırnak-İdil	37,2771118	41,8228166	904	94
25	Şırnak	37,5066957	42,4203675	974	70
26	Siirt	37,9228612	41,9418726	922	92
27	Batman	37,8958858	41,1425125	594	107
28	Mardin-Nusaybin	37,0868351	41,227436	481	71
29	Mardin-Kızıltepe	37,201002	40,6230513	483	91
30	Mardin	37,2816489	40,6940072	622	97
31	Şanlıurfa-Ceylanpınar	36,8614176	40,1303895	359	85
32	Şanlıurfa-Akçakale	36,7208707	38,9555192	353	60
33	Şanlıurfa-Suruç	36,9791651	38,4367913	498	61
34	Şanlıurfa	37,1649349	38,8250879	507	63
35	Şanlıurfa-Siverek	37,7429192	39,3174584	750	59
36	Diyarbakır	37,9193302	40,1464351	735	60
37	Elazığ	38,6494592	39,2174923	1066	50
38	Bingöl	38,8828143	40,4988582	1145	131
39	Muş	38,7512397	41,5035775	1313	137
40	Tunceli	39,1002176	39,5761723	978	87
41	Erzincan	39,7186053	39,5070929	1181	80
42	Erzincan-Tercan	39,7786728	40,3802854	1441	63
43	Erzurum	39,9108784	41,2567465	1851	89

44	Bayburt	40,2587362	40,2274818	1552	103
45	Trabzon-Çaykara	40,7467023	40,2450435	348	130
46	Gümüşhane	40,3979306	39,5183902	1776	127
47	Giresun	40,8854231	38,4216711	104	90
48	Sivas-Suşehri	40,1665159	38,0877211	1039	122
49	Sivas	39,7598228	37,0257577	1313	91
50	Tokat	40,3132596	36,5256384	723	40
51	Tokat-Zile	40,2990148	35,8919506	722	79
52	Amasya	40,6521183	35,8306728	416	97
53	Ordu-Ünye	41,0945303	37,2453509	136	94
54	Samsun	41,3387506	36,2734029	3	58
55	Samsun-Vezirköprü	41,146166	35,5075682	329	82
56	Samsun-Bafra	41,5493113	35,8913651	32	52
57	Çorum	40,5510084	34,965592	827	97
58	Yozgat	39,8491732	34,8677669	1417	130
59	Yozgat-Akdağmadeni	39,6634844	35,8790601	1322	101
60	Malatya	38,3625993	38,3164945	1082	91
61	Sivas-Kangal	39,0261928	37,5179494	1616	123
62	Kahramanmaraş-Afşinelbistan	38,2646988	36,9774214	1155	98
63	Kahramanmaraş	37,5376803	36,9943164	573	51
64	Gaziantep	37,092765	37,3526418	916	50
65	Gaziantep-Karkamış	36,8447239	37,9936962	373	65
66	Kilis-Elbeyli	36,6696266	37,4901025	539	61
67	Kilis	36,7157878	37,1535046	643	60
68	Kilis-Musabeyli	36,8931273	36,9155259	801	54
69	Hatay-Reyhanlı	36,2631345	36,5779072	162	46
70	Hatay-Yayladağı	35,92818	36,0954038	623	44
71	Hatay-İskenderun	36,5874757	36,1591217	22	68
72	Osmaniye	37,0754613	36,2490709	135	51
73	Adana	36,9814084	35,2739549	30	69
74	Adana-Kozan	37,4676226	35,8079545	174	67
75	Niğde	37,9960377	34,7363746	1287	68
76	Konya-Ereğli	37,5613362	34,1077092	1062	80
77	Konya-Seydişehir	37,4210714	31,8575673	1146	138
78	Konya	37,886974	32,4788303	1036	56
79	Konya-Huyuk	37,9217968	31,7334868	1330	120
80	Konya-Akşehir	38,3472847	31,4864404	1014	70
81	Konya-Yunak	38,8090749	31,7347072	1061	110
82	Kırşehir	39,1385645	34,1223369	1091	158
83	Ankara-Şereflikoçhisar	38,943635	33,5683178	1165	90
84	Ankara-Çankaya	39,926156	32,9091152	959	151
85	Ankara-Çankaya TAEK	39,8932459	32,7318084	954	72
86	Ankara-Polatlı	39,6673192	32,7271065	863	111
87	Kırıkkale	39,838366	33,5432892	720	120
88	Çankırı	40,5860382	33,6126114	749	69
89	Çankırı-Çerkes	40,807646	32,9907332	1218	90

90	Karabük	41,2129534	32,645803	296	68
91	Kastamonu	41,3458009	33,7774093	1013	91
92	Kastamonu-Taşköprü	41,4946907	34,1640376	586	60
93	Kastamonu-İnebolu	41,9683178	33,759585	134	70
94	Sinop-Boyabat	41,4684683	34,7729388	314	71
95	Sinop-Gerze	41,7642548	35,1403431	548	50
96	Sinop-Erfelek	41,9164248	35,0007964	111	47
97	Sinop-Ayancık	41,9594255	34,6124465	6	60
98	Sinop	42,0139007	35,1277336	6	67
99	Bartın	41,6302154	32,3413081	37	59
100	Zonguldak-Çatalağzı	41,5078142	31,9039587	134	62
101	Zonguldak	41,4699492	31,8234091	149	88
102	Bolu	40,7827491	31,628338	931	87
103	Düzce	40,845324	31,2055353	190	93
104	Sakarya-Karasu	41,0931237	30,7189801	10	80
105	Sakarya	40,7231457	30,4602409	7	80
106	Bilecik	40,1834762	30,0758351	586	98
107	Eskişehir	39,754677	30,5679509	797	90
108	Eskişehir-Beylikova	39,6946584	31,1978662	749	88
109	Kütahya	39,4540117	30,1524402	1117	129
110	Kütahya seytomer	39,5695163	29,9650975	1221	151
111	Kütahya-Tavşanlı	39,5593802	29,699066	1112	76
112	Tunçbilek				
112	AfyonKarahisar	38,724645	30,6340973	1021	119
113	Afyonkarahisar Sandıklı	38,5080701	30,3424456	1788	118
114	Isparta-Yalvaç	38,3033012	31,1403512	1130	189
115	Isparta	37,7567	30,6322379	998	293
116	Mersin	36,8069424	34,9536874	28	55
117	Mersin-Erdemli	36,6085747	34,2960295	21	80
118	Mersin-Silifke	36,3952117	33,9619233	53	48
119	Mersin-Gülnar	36,342487	33,4497712	992	74
120	Mersin-Aydıncık	36,1657506	33,3451875	59	81
121	Mersin-Mut	36,6340413	33,4322097	336	86
122	Karaman	37,1475327	33,2371272	1130	99
123	Karaman-Ermenek	36,6900899	32,9335885	1711	87
124	Mersin-Bozyazı	36,1761472	32,8940144	108	77
125	Mersin-Anamur	36,1140886	32,8626685	9	90
126	Antalya-Gazipaşa	36,2694486	32,3385319	32	104
127	Antalya-Alanya	36,5357441	32,0222341	5	80
128	Antalya-Manavgat	36,7872462	31,5149701	71	58
129	Antalya	36,943594	30,9748049	10	60
130	Antalya-Finike	36,3603688	30,2286009	13	61
131	Antalya-Kaş	36,2334122	29,7761503	511	46
132	Muğla-Fethiye	36,6335743	29,1505341	31	80
133	Muğla-Marmaris	36,9347506	29,3798936	1371	50
134	Muğla	37,2010349	28,3779069	697	70
135	Muğla-MilasYeniköy	37,135774	27,887674	1188	87

136	Muğla-Milas	37,2116924	27,8228329	194	80
137	Burdur-Gölhisar	37,1613733	29,5871337	960	80
138	Burdur-	37,7274098	30,2761638	950	151
139	Denizli	37,7923007	29,105888	371	113
140	Manisa-Alaşehir	38,3435168	28,5414377	182	108
141	Manisa-Köprübaşı	38,689737	28,3387261	317	81
142	Manisa	38,6273277	27,4437982	32	109
143	Uşak	38,6687743	29,387437	975	109
144	Kütahya-Simav	39,0623359	29,0121059	968	168
145	Manisa-Soma	39,1834736	27,6136114	197	126
146	Aydın-SökeKısır	37,543814	27,5563391	503	141
147	Aydın-KuşAdası	37,986211	27,3901342	12	120
148	Aydın	37,8368775	27,8440702	46	120
149	İzmir-GaziEmir	38,351904	27,188021	268	75
150	İzmir	38,3799677	27,1335428	73	89
151	İzmir-Çeşme	38,3326124	26,466445	86	110
152	İzmir-Aliağa	38,7633759	26,9182699	5	127
153	Balıkesir-Ayvalık	39,2902324	26,7246565	33	191
154	Balıkesir	39,6017949	27,8522574	224	151
155	Çanakkale-Çan	40,0620997	27,0718283	165	101
156	Çanakkale-Ezine	39,8673703	26,415192	347	178
157	Çanakkale-Gökçeada	40,1390201	26,0002148	21	161
158	Çanakkale-Gelibolu	40,3505478	26,5162278	83	81
159	Balıkesir-Bandırma	40,3415637	27,8151873	7	71
160	Bursa-Orhaneli	39,9010947	28,9784617	453	102
161	Bursa	40,2148401	29,0739043	88	109
162	Yalova	40,5412262	29,22112	552	70
163	İstanbul-Şile	41,1720478	29,9085053	46	57
164	İstanbul-Kartal	40,92	29,2325922	79	101
165	İstanbul-Sarıyer	41,1459918	29,0609832	9	86
166	İstanbul-BeşiktaşITU	41,1270893	29,03817	39	57
167	İstanbul-KüçükçekmeceCNAEM	41,0270874	28,8199824	45	60
168	Tekirdağ-Çerkezköy	41,2812069	28,0233514	148	82
169	Tekirdağ	40,9751262	27,6085081	14	89
170	Kırklareli-Lüleburgaz	41,3508495	27,3898989	43	66
171	Kırklareli	41,7099571	27,2296279	203	112
172	Kırklareli-Kofcaz	41,9453468	27,1576742	446	101
173	Edirne-Lalapaşa	41,8466738	26,7950996	243	84
174	Edirne	41,7719855	26,8275363	202	80
175	Edirne-Uzunköprü	41,2617395	26,6842341	31	100
176	EdirneKeşan	40,7477553	26,4443637	32	105
177	Ardahan	41,114266	42,7014956	1810	140
178	Mersin Yeni Kaş	36,2200569	33,2822409	554	80
179	Mersin Durahan	36,2200569	33,2822409	554	90
180	Mersin Eskiyürük	36,2405666	33,3303713	748	70
181	Mersin Yanışlı	36,1544163	33,4921818	53	90

182	Büyükeceli,	36,1794534	33,5419199	150	70
183	Gülnar/Mersin				
183	Çavuşlar, Gülnar/Mersin	36,2706423	33,5112912	300	60
184	Mersin Dedeler	36,2690757	33,6095768	739	120
185	Mersin Emirhacı	36,2765467	33,4478375	564	90
186	Mersin Kocası	36,1832934	33,5329509	245	120
187	Mersin Sipahili	36,1642588	33,4621016	3	90
188	Mersin Tekeli	36,1386016	33,1455566	5	100
189	Muğla Kemerköy	37,02768	27,9135487	7	80
190	Muğla Yatağan	37,3329379	28,1428924	365	110
191	Trabzon Merkez	40,9929027	39,7311373	231	90
192	Kocaeli	40,7711416	29,93572	96	90
193	Kütahya Seyitömer	39,61635	29,8895107	1199	150
194	Kütahya Merkez	39,4160688	29,987041	995	120
195	Mersin Köşelerli	36,5528626	33,4501214	123	100
196	Mersin Zeyne	36,4455	33,5265989	345	80
197	Mersin Aşağı Köşelerli	36,4976248	33,506181	164	80
198	Mersin Çamlıca	36,3385998	33,7025335	982	120
199	Mersin Kargıcak	36,441092	33,6490936	196	100
200	Mersin Dayıcık	36,4268483	33,2945032	1065	110
201	Mersin Kayrak	36,3493882	33,5248369	1207	110
202	Mersin Akdere	36,2404101	33,750642	118	80
203	Mersin Balandız	36,341926	33,7488246	814	100
204	Mersin Taşucu	36,3201044	33,8871963	7	80
205	Adana Yumurtalık	36,7673915	35,7313609	11	70
206	Kilis Elbeyli	36,724151	37,4460061	564	60
207	Gaziantep İslahiye	37,0216572	36,6375094	513	70
208	Gaziantep Merkez	37,0587707	37,380137	851	60
209	Adıyaman Merkez	37,7671769	38,2756301	679	70
210	Şırnak Silopi	37,2467847	42,46402	498	90
211	Şırnak Uludere	37,4433467	42,9993239	2706	50
212	Hakkari Şemdinli	37,2987176	44,4936758	2228	140
213	Erzurum Hınıs	39,362389	41,7027776	1712	130
214	Erzurum Tercan	39,7451741	40,2747865	1391	60
215	Erzurum Oltu	40,5427701	41,9901788	1284	120
216	Malatya Arapgır	39,0394948	38,4890773	1193	70
217	Sivas Kangal	39,1950214	37,4516935	1696	120
218	Ankara Nallıhan	40,185142	31,3454115	614	130
219	Afyonkarahisar Emirdağ	39,0231199	31,1488487	991	170

EK-3: ML modelleri için kullanılan veri seti ve tahmin edici değişkenler

lon (Der.)	lat (Der.)	elevn (m)	AGDR_mean (nGy/h)	AGDR_sd (nGy/h)	elev_mean (m)	elev_sd (m)	CGDR_mean (nGy/h)	CGDR (nGy/h)	CGDR_sd (nGy/h)	TGDR_proxy (nGy/h)
27,0478	40,0274	82,25	118,05	28,04	266,11	183,86	38,37	35,43	2,94	79,68
26,6092	39,8077	112,31	139,37	32,57	374,56	262,25	40,30	35,60	4,71	99,06
27,2429	40,2306	36,84	102,79	24,87	126,23	89,39	36,20	34,69	1,51	66,59
26,4152	39,8674	346,95	150,23	35,49	145,26	-201,69	36,23	39,67	-3,44	114,00
26,0002	40,139	21,29	136,48	32,24	172,72	151,43	36,88	34,42	2,46	99,60
26,5162	40,3505	82,78	102,35	24,55	131,42	48,64	36,39	35,11	1,28	65,96
26,679	40,3417	9,81	109,70	26,21	272,19	262,38	38,63	35,08	3,55	71,06
26,5108	40,0859	158,29	130,58	30,40	239,76	81,47	37,98	36,22	1,76	92,60
27,2602	39,9274	281,92	117,05	28,22	424,07	142,15	41,15	39,03	2,12	75,90
32,894	40,814	1134,14	86,41	20,32	1366,73	232,59	64,79	57,72	7,07	21,62
33,0776	40,8107	1232,72	85,15	19,68	1318,73	86,01	63,26	59,90	3,36	21,89
33,2757	40,4804	1080,97	93,03	22,06	1195,68	114,71	59,29	54,85	4,44	33,74
33,2041	40,9428	859,35	82,16	19,30	1189,28	329,93	60,18	52,15	8,03	21,97
33,4954	40,5277	952,50	90,60	21,42	1079,92	127,42	56,21	52,92	3,29	34,39
33,6255	40,9265	940,99	81,78	19,28	1359,07	418,08	65,27	52,04	13,23	16,51
33,9741	40,3938	600,58	95,40	24,12	605,21	4,63	44,70	44,22	0,48	50,70
33,5131	40,731	924,76	85,30	19,90	1239,81	315,05	60,88	51,12	9,77	24,42
33,2577	40,8395	1140,54	84,42	19,52	1289,51	148,97	62,32	58,28	4,03	22,10
33,6126	40,586	749,20	90,20	21,67	838,78	89,58	50,16	47,64	2,52	40,04
33,9022	40,7467	1179,83	84,50	20,48	1199,14	19,31	59,80	58,29	1,51	24,71
34,4646	40,7297	805,62	84,89	20,76	1054,34	248,72	56,33	48,36	7,97	28,56
34,923	40,1656	961,73	106,88	26,29	1092,76	131,03	55,90	51,97	3,93	50,98
34,2608	40,6406	696,01	86,48	21,39	1021,82	325,81	55,56	46,40	9,16	30,92
34,6098	40,0272	996,31	112,85	28,54	1165,76	169,45	57,73	54,22	3,51	55,13
34,7275	40,8334	1080,15	84,04	20,22	794,92	-285,23	49,69	54,22	-4,54	34,35
34,4864	41,1385	440,78	76,88	18,57	1034,60	593,82	56,75	42,07	14,68	20,13
34,8684	40,7884	581,52	86,25	20,60	952,37	370,85	53,40	44,98	8,42	32,86
35,3074	40,519	818,97	93,45	21,93	968,96	149,99	53,29	49,30	3,99	40,16
34,9586	40,5178	864,06	95,40	23,30	1036,44	172,38	54,96	49,34	5,63	40,44
34,7106	40,7505	637,21	85,58	20,67	1030,80	393,59	55,36	43,97	11,39	30,22
35,2003	40,3224	1359,94	98,23	23,62	836,27	-523,67	49,77	64,02	-14,26	48,47
34,3933	40,1769	813,91	105,40	27,35	904,90	90,99	51,44	48,17	3,27	53,95
34,4504	40,4454	804,94	95,35	23,93	869,54	64,60	50,93	49,31	1,62	44,42
35,6036	37,3123	149,46	67,90	16,00	125,07	-24,39	34,70	34,80	-0,09	33,20
35,3942	37,5492	866,70	74,46	17,95	1277,58	410,88	61,09	48,30	12,79	13,36
35,8205	37,0311	31,31	64,98	15,22	78,19	46,88	34,04	33,41	0,63	30,94
35,0641	37,2546	240,73	70,77	16,71	427,33	186,60	40,11	36,32	3,80	30,66
35,2505	36,6686	14,61	65,41	15,64	14,04	-0,57	33,16	33,03	0,13	32,26
35,8064	37,453	127,22	70,02	16,45	638,60	511,38	44,68	34,83	9,85	25,34
34,8713	37,4276	834,59	75,24	18,43	1642,43	807,84	70,83	46,43	24,39	4,41
36,0898	37,9862	971,80	78,72	20,17	1609,78	637,98	68,36	53,14	15,22	10,36
35,2176	36,9176	12,68	66,74	14,94	18,36	5,68	33,25	33,16	0,09	33,49
36,2204	38,261	1418,80	87,86	23,53	1700,50	281,70	71,76	61,57	10,18	16,10
35,4338	36,8895	30,64	66,62	15,37	81,79	51,15	34,11	33,18	0,93	32,51
35,7247	36,7702	15,35	64,28	15,20	36,67	21,32	33,43	33,13	0,30	30,84

38,2958	38,0584	1554,07	75,64	17,93	1603,26	49,19	68,30	72,62	-4,33	7,35
37,898	37,629	678,57	66,45	15,62	701,13	22,56	44,59	44,15	0,44	21,86
37,8147	37,6717	1040,49	68,90	16,68	1030,11	-10,38	51,65	50,36	1,30	17,25
38,2211	37,8276	1011,22	69,59	16,46	719,71	-291,51	45,20	49,24	-4,04	24,39
37,5953	37,5953	568,99	67,78	16,34	559,08	-9,91	41,81	47,68	-5,87	25,97
37,9398	37,8226	1802,97	71,20	16,61	1023,85	-779,12	52,18	68,68	-16,50	19,02
30,4164	39,0291	1101,27	130,41	31,32	1186,44	85,17	56,92	55,78	1,14	73,49
30,7523	38,8627	1092,14	130,95	31,50	1308,46	216,32	60,16	54,02	6,13	70,80
31,0244	38,5929	1035,81	137,41	31,94	1263,85	228,04	59,11	53,37	5,74	78,30
30,7831	38,6989	993,04	135,42	32,27	1089,44	96,40	54,09	51,60	2,49	81,33
30,0065	37,8881	850,80	133,98	32,39	1114,25	263,45	54,24	47,48	6,76	79,74
30,9222	38,9806	1063,20	129,55	31,23	1270,33	207,13	59,14	53,88	5,26	70,41
31,0545	38,7153	994,71	128,00	30,62	1243,20	248,49	58,49	51,60	6,89	69,51
29,8065	37,9299	1000,69	125,77	31,10	1068,44	67,75	52,93	50,45	2,48	72,84
30,1145	38,0743	881,00	142,09	33,68	1208,10	327,10	56,74	48,03	8,71	85,35
29,8938	38,0405	916,28	131,95	31,52	936,08	19,80	49,72	48,91	0,81	82,23
29,9668	38,5777	1072,85	129,31	31,47	1309,82	236,97	59,70	54,50	5,21	69,60
30,1497	38,2578	1119,21	137,79	32,81	1293,25	174,04	59,11	54,24	4,87	78,68
30,554	38,7552	1015,52	132,84	32,05	1160,35	144,83	56,01	52,09	3,93	76,82
30,2706	38,4584	1085,47	133,89	31,40	1263,61	178,14	58,60	54,10	4,50	75,30
30,2416	38,7437	1124,04	132,47	31,73	1288,36	164,32	59,34	54,73	4,61	73,13
31,2209	38,5311	1051,85	120,63	28,48	1118,38	66,53	54,92	52,46	2,46	65,71
43,6718	39,544	1924,52	120,13	28,89	2312,23	387,71	100,87	81,72	19,15	19,27
44,0619	39,5549	1569,62	103,41	24,35	1999,03	429,41	86,92	69,24	17,68	16,49
42,9891	39,6088	1682,81	131,49	34,21	2125,70	442,89	91,81	73,25	18,56	39,68
43,0223	39,6945	1629,29	128,35	31,76	1994,73	365,44	86,49	70,63	15,86	41,85
42,8597	39,238	1639,70	135,82	37,17	1912,17	272,47	81,56	70,34	11,23	54,26
43,3762	39,6353	1762,97	122,73	30,70	2249,70	486,73	98,21	75,52	22,69	24,52
34,339	38,3948	1179,43	92,78	23,61	1217,57	38,14	56,80	55,56	1,23	35,99
34,3705	38,2742	1462,89	88,98	21,71	1431,02	-31,87	62,58	65,09	-2,51	26,39
34,0006	38,3608	972,34	90,49	23,82	1084,46	112,12	53,83	50,63	3,19	36,66
34,0477	38,7351	1231,51	102,74	25,92	1237,42	5,91	57,73	57,84	-0,11	45,02
33,8486	38,9745	987,93	111,77	26,69	1083,02	95,09	54,06	51,95	2,11	57,71
35,5248	40,393	491,96	92,64	22,00	856,57	364,61	50,48	42,71	7,76	42,16
35,2151	40,8763	822,26	81,80	19,40	1139,70	317,44	58,48	49,43	9,05	23,32
35,0202	40,8295	1075,33	85,61	20,21	1182,46	107,13	59,16	53,75	5,41	26,46
35,8509	40,7299	1008,13	82,14	19,14	861,91	-146,22	51,18	55,56	-4,38	30,96
35,4355	40,8345	635,71	83,92	19,70	870,89	235,18	51,58	44,97	6,61	32,33
35,6511	40,8416	35,65	82,41	19,20	852,69	817,04	51,43	44,70	6,73	30,98
36,328	40,76	36,33	74,07	18,10	784,71	748,38	49,87	38,83	11,03	24,20
32,4732	40,4908	1227,57	94,74	24,03	1330,50	102,93	63,10	61,43	1,67	31,63
32,7066	39,9626	843,45	99,39	23,89	1223,04	379,59	59,79	49,17	10,62	39,60
33,1339	40,1246	1172,46	105,68	24,89	1381,73	209,27	64,04	58,50	5,54	41,64
32,9741	39,9927	1099,35	106,42	24,11	1108,83	9,48	56,11	55,12	0,99	50,31
32,2582	40,0256	728,53	101,90	26,03	955,15	226,62	52,38	47,03	5,35	49,53
33,5232	38,9583	954,57	105,30	26,10	1022,34	67,77	52,69	51,11	1,58	52,61
33,1197	39,5525	1282,00	111,05	26,63	1079,23	-202,77	54,77	60,86	-6,09	56,28
31,9261	40,1624	657,59	103,14	26,49	994,18	336,59	53,96	46,82	7,14	49,18

33,2379	39,921	1178,27	111,17	25,28	1021,10	-157,17	53,90	56,90	-3,00	57,27
32,6841	39,8484	1051,34	102,96	24,14	930,10	-121,24	51,45	53,94	-2,48	51,51
32,2487	40,2122	726,09	98,22	25,94	1007,35	281,26	53,98	49,02	4,96	44,24
32,5038	39,4352	1268,88	107,13	27,14	1122,82	-146,06	55,60	58,83	-3,23	51,53
32,6493	40,4724	974,65	94,72	23,33	1330,52	355,87	63,33	53,40	9,93	31,39
33,4181	40,1008	692,18	103,08	24,55	966,93	274,75	52,92	46,08	6,84	50,16
32,6843	40,2039	885,80	99,94	24,18	982,50	96,70	53,07	50,47	2,59	46,88
32,8203	40,0865	1406,36	103,19	24,51	1128,24	-278,12	56,74	63,60	-6,85	46,45
33,0217	39,9051	1049,12	109,30	25,12	1293,60	244,48	61,16	54,37	6,80	48,13
31,3454	40,1829	608,94	103,30	25,41	845,20	236,26	50,18	45,70	4,48	53,12
32,1001	39,4224	1022,06	106,76	26,68	881,83	-140,23	49,95	52,39	-2,44	56,81
32,4198	39,8882	792,04	102,17	24,94	885,87	93,83	50,51	47,96	2,55	51,65
32,7051	40,008	912,94	104,30	24,54	993,75	80,81	53,11	50,93	2,18	51,19
31,7931	37,0446	1046,42	91,46	21,86	1490,66	444,24	64,87	51,23	13,64	26,59
32,0127	36,5438	10,72	88,89	20,95	897,63	886,91	50,51	49,92	0,59	38,38
29,955	36,687	1355,43	69,18	16,54	1543,44	188,01	65,33	58,77	6,56	3,85
30,1567	36,3037	5,16	62,70	15,19	1107,48	1102,32	55,38	35,33	20,06	7,32
31,9993	36,8107	907,91	88,18	21,11	1447,31	539,40	64,68	48,85	15,83	23,50
30,1474	36,2913	70,23	59,33	14,48	551,45	481,22	41,94	51,82	-9,88	17,39
30,1172	37,0679	1164,38	85,75	20,04	1290,64	126,26	58,38	55,31	3,07	27,38
30,2763	36,348	16,75	66,42	16,21	994,78	978,03	54,21	33,00	21,21	12,21
31,4486	36,7861	6,94	87,83	21,01	551,81	544,87	42,97	33,13	9,84	44,86
30,7184	36,8979	54,04	83,01	20,09	437,06	383,02	40,51	33,56	6,95	42,50
31,1032	36,9218	37,92	89,02	20,98	376,39	338,47	39,56	33,43	6,13	49,46
40,7929	40,7929	2017,26	128,47	30,58	2191,70	174,44	97,68	125,31	-27,64	30,79
42,807	41,279	2064,87	117,79	29,73	2181,45	116,58	98,84	90,66	8,18	18,95
42,7041	41,1129	1809,77	123,13	29,86	2056,95	247,18	91,67	80,83	10,84	31,46
42,1483	41,0867	1298,78	110,90	29,10	2120,92	822,14	97,32	64,19	33,12	13,59
42,1483	41,0867	1298,72	109,27	27,03	1804,13	505,41	84,55	64,19	20,35	24,73
42,3569	41,2478	1159,92	108,02	27,44	1869,44	709,52	86,60	60,70	25,90	21,42
41,6809	41,3609	121,43	95,83	23,15	1138,80	1017,37	61,61	37,39	24,22	34,22
41,4327	41,4024	88,82	93,36	22,31	563,61	474,79	45,55	37,38	8,17	47,81
41,8181	41,1797	547,02	100,84	24,39	1451,64	904,62	71,53	44,31	27,22	29,32
41,5343	40,811	775,65	105,31	25,42	1768,43	992,78	82,63	45,21	37,42	22,68
27,7249	37,8518	45,73	113,96	25,43	234,73	189,00	36,95	33,74	3,21	77,01
28,0621	37,6125	81,46	106,87	23,96	514,46	433,00	41,90	34,03	7,87	64,97
28,3111	37,671	297,06	101,91	23,71	626,98	329,92	43,96	37,12	6,84	57,95
28,7397	37,972	204,31	109,04	26,59	701,33	497,02	45,51	35,90	9,62	63,53
27,2689	37,3723	36,68	110,37	25,26	103,27	66,59	34,52	33,48	1,04	75,86
28,0534	37,8527	66,45	109,37	25,82	680,19	613,74	45,34	34,02	11,31	64,03
28,6042	37,7285	552,35	102,60	24,73	772,58	220,23	46,64	41,78	4,86	55,97
27,7047	37,7606	39,42	113,17	25,25	383,81	344,39	39,12	34,21	4,91	74,05
27,2608	37,8557	20,98	113,24	26,15	200,02	179,04	36,10	33,91	2,19	77,14
28,4628	37,9141	123,43	107,61	25,62	566,45	443,02	42,96	34,25	8,72	64,65
27,9338	37,7246	392,09	111,19	25,47	392,08	-0,01	39,81	37,48	2,33	71,38
27,3588	37,6766	30,16	114,43	26,11	188,00	157,84	36,06	33,30	2,76	78,37
28,1889	37,9434	695,54	108,26	25,63	316,99	-378,55	38,37	43,49	-5,12	69,88
28,1948	37,8263	58,10	106,48	25,03	433,39	375,29	40,12	34,39	5,73	66,36

27,4885	39,5812	270,48	132,58	31,59	438,25	167,77	41,08	38,02	3,06	91,50
26,7087	39,3336	28,17	154,04	36,53	156,81	128,64	36,25	34,63	1,62	117,79
27,9662	40,3389	61,47	95,57	23,56	92,87	31,40	35,65	35,09	0,56	59,92
28,3073	39,4254	576,69	126,30	31,22	548,73	-27,96	43,54	40,72	2,83	82,76
28,6254	39,5846	647,80	120,92	29,94	846,89	199,09	49,55	44,35	5,19	71,37
26,8774	39,6585	1089,20	139,12	33,70	609,35	-479,85	45,15	52,75	-7,60	93,97
27,7855	40,4027	-0,36	90,91	21,98	232,37	232,73	38,09	34,70	3,38	52,82
27,6157	40,1136	48,86	103,29	24,74	207,97	159,11	37,49	35,16	2,33	65,80
27,9719	40,0461	54,01	104,48	25,53	151,91	97,90	36,55	34,81	1,75	67,93
27,6047	40,5681	-9,14	90,65	21,70	185,83	194,97	37,35	36,18	1,16	53,30
27,8898	39,6478	132,21	123,73	29,33	305,37	173,16	38,80	35,83	2,98	84,92
27,6764	39,4337	380,99	130,53	30,49	443,08	62,09	41,08	39,36	1,72	89,45
28,1584	39,9146	50,00	111,53	28,32	253,36	203,36	38,14	35,14	3,00	73,39
32,3874	41,7439	23,99	70,47	17,90	255,20	231,21	39,10	46,41	-7,31	31,37
32,724	41,8432	40,00	71,70	18,22	421,55	381,55	42,50	35,76	6,74	29,20
32,3381	41,6298	26,87	72,15	17,56	325,50	298,63	40,60	35,41	5,18	31,55
32,6487	41,5468	558,65	72,85	17,89	702,61	143,96	48,56	46,22	2,34	24,29
41,2934	37,9192	746,53	98,54	23,77	693,32	-53,21	44,49	45,34	-0,84	54,05
41,3863	37,6385	1238,71	92,29	21,38	959,77	-278,94	50,00	52,44	-2,45	42,29
41,4182	37,7127	488,81	93,76	22,10	674,32	185,51	44,12	41,86	2,26	49,64
41,1321	37,8959	574,77	97,16	22,78	762,76	187,99	45,86	42,35	3,50	51,30
41,4174	38,3311	927,85	113,66	28,21	1485,09	557,24	65,85	50,85	15,00	47,81
40,1526	40,3923	1639,59	104,16	24,73	1837,13	197,54	81,63	71,75	9,88	22,53
39,89	40,1639	1708,37	97,88	24,33	1875,80	167,43	81,27	73,82	7,44	16,61
40,2263	40,2591	1559,89	98,84	23,87	1974,37	414,48	86,61	70,78	15,83	12,23
30,3855	40,0517	207,94	103,76	24,56	709,11	501,17	47,24	37,40	9,84	56,51
30,0571	39,9026	750,64	112,47	25,42	1137,81	387,17	56,99	47,51	9,48	55,48
29,9747	40,1639	576,16	102,01	24,02	557,82	-18,34	43,92	43,87	0,05	58,08
30,0163	40,3572	118,80	95,13	22,43	400,16	281,36	41,13	36,22	4,91	53,99
29,891	40,0208	749,61	105,82	24,65	897,27	147,66	50,92	48,03	2,89	54,90
30,1846	40,0176	695,82	105,79	24,60	711,82	16,00	47,19	46,36	0,84	58,60
30,5172	40,2024	701,30	99,88	23,82	843,51	142,21	49,79	45,59	4,20	50,09
40,5512	39,2349	1783,96	98,09	24,30	1997,10	213,14	85,24	75,36	9,88	12,85
40,5571	38,7523	1002,99	106,26	25,94	1585,24	582,25	69,60	52,34	17,26	36,66
41,0096	39,2969	1827,64	104,53	26,38	2073,87	246,23	88,29	76,01	12,28	16,24
40,5008	38,8832	1143,88	105,37	25,93	1540,09	396,21	67,70	55,38	12,31	37,67
40,0786	39,2206	1570,98	92,26	21,57	1452,76	-118,22	64,93	64,89	0,04	27,33
40,5451	39,4343	1516,54	94,19	23,40	2021,40	504,86	86,58	65,84	20,74	7,61
42,481	38,7785	1879,27	130,83	33,89	1951,47	72,20	81,27	77,65	3,62	49,56
42,0227	38,5738	1311,67	124,13	31,60	1738,96	427,29	74,19	59,66	14,53	49,94
42,4198	38,2261	1538,91	110,25	28,37	1984,43	445,52	82,97	63,67	19,31	27,28
41,9232	38,4103	1465,45	116,90	29,43	1621,50	156,05	69,19	66,45	2,74	47,71
32,0628	40,7195	1165,81	92,29	23,07	1462,78	296,97	67,56	58,37	9,19	24,73
32,2006	40,7942	1292,23	90,48	22,48	1400,58	108,35	65,53	61,28	4,25	24,95
31,8601	40,4143	1187,28	97,94	24,87	1549,91	362,63	70,56	57,87	12,69	27,38
32,074	40,9364	614,67	86,31	20,98	907,54	292,87	52,28	46,26	6,02	34,03
31,615	40,7357	744,75	92,63	22,45	1198,40	453,65	60,12	47,33	12,78	32,51
31,2122	40,4656	873,43	96,51	23,53	1138,03	264,60	57,85	51,02	6,83	38,66

31,5719	40,411	759,53	98,98	25,11	1152,54	393,01	58,15	47,58	10,56	40,83
32,0342	40,7724	1002,27	88,44	22,00	1146,43	144,16	58,10	55,27	2,83	30,34
29,7287	37,1159	1149,05	81,27	19,19	1356,43	207,38	59,77	53,58	6,19	21,51
30,4613	37,5342	1232,14	134,27	31,97	1104,15	-127,99	53,44	56,04	-2,60	80,83
29,5042	37,1446	1023,05	81,01	19,15	1138,29	115,24	54,24	50,71	3,53	26,77
30,0595	37,3515	1171,65	107,97	25,63	1298,39	126,74	58,60	55,99	2,61	49,37
30,2937	37,7138	1022,91	133,36	30,95	1186,34	163,43	55,70	51,46	4,24	77,66
29,6876	37,6022	1489,30	111,65	27,69	1273,70	-215,60	57,78	62,15	-4,37	53,87
29,521	40,0777	284,47	104,98	25,01	750,02	465,55	48,68	38,87	9,81	56,30
29,7147	40,4305	92,42	91,71	21,76	408,26	315,84	41,50	35,60	5,89	50,21
28,8738	39,7412	1080,50	113,28	27,24	759,82	-320,68	47,58	54,24	-6,65	65,70
29,2271	40,2689	620,57	96,71	21,87	313,25	-307,32	39,53	42,30	-2,77	57,19
29,1467	40,4311	-0,75	91,47	21,04	381,52	382,27	40,81	34,46	6,35	50,66
29,1214	39,7032	783,56	115,09	27,17	762,20	-21,36	47,49	46,27	1,22	67,60
28,3591	40,2271	6,54	98,83	24,02	115,64	109,10	36,10	34,45	1,65	62,74
29,2323	39,9132	1026,31	108,23	25,37	993,87	-32,44	53,38	54,57	-1,19	54,85
29,3279	40,1908	288,46	100,24	23,66	796,63	508,17	51,23	39,55	11,67	49,01
28,8748	40,3686	159,96	95,51	22,59	153,04	-6,92	36,61	36,78	-0,18	58,90
28,8295	40,1754	133,60	99,02	22,82	209,55	75,95	37,55	37,40	0,16	61,47
28,944	39,9042	450,84	107,97	25,59	691,61	240,77	46,33	41,49	4,83	61,64
29,206	40,1389	1341,32	103,90	24,03	1026,51	-314,81	56,12	66,04	-9,92	47,77
29,5992	40,2478	229,67	98,01	23,33	400,30	170,63	40,92	37,83	3,09	57,09
31,0444	40,8919	188,29	88,30	20,39	332,55	144,26	40,18	37,09	3,09	48,12
31,1447	41,0813	26,15	85,91	19,82	304,28	278,13	39,76	34,96	4,80	46,16
30,9468	40,8729	137,32	85,70	20,13	376,02	238,70	40,85	36,61	4,24	44,84
30,9905	40,7701	134,89	89,74	21,19	597,58	462,69	46,44	36,41	10,03	43,30
31,3196	40,7738	317,12	92,68	21,89	832,60	515,48	50,71	39,82	10,88	41,98
31,1606	40,8419	151,74	89,46	20,86	465,75	314,01	42,76	36,77	5,99	46,70
29,3941	38,0829	851,91	116,34	28,33	907,88	55,97	49,30	47,87	1,43	67,03
29,2296	37,0063	1134,82	74,27	17,89	1262,61	127,79	57,24	51,60	5,64	17,03
29,7335	38,3008	826,51	127,88	31,29	1004,12	177,61	51,80	47,53	4,28	76,07
29,3461	37,4265	942,72	88,94	21,48	1117,79	175,07	53,88	50,53	3,35	35,06
28,8595	37,8097	706,51	104,69	26,42	1220,79	514,28	57,54	44,38	13,16	47,15
29,4077	38,253	947,67	120,61	29,50	890,19	-57,48	48,91	49,51	-0,60	71,70
28,8904	37,2211	679,66	84,25	20,33	969,27	289,61	50,29	43,92	6,37	33,96
29,5771	37,8057	835,30	112,05	27,66	1136,11	300,81	54,60	46,98	7,62	57,45
28,8346	38,0442	610,80	111,03	27,33	572,35	-38,45	42,69	42,53	0,16	68,34
29,0479	38,1436	642,83	114,19	27,95	777,92	135,09	46,58	42,29	4,30	67,61
28,7825	37,435	754,97	93,25	21,85	860,96	105,99	48,07	45,31	2,76	45,18
29,0577	37,7889	414,53	106,30	26,04	786,47	371,94	47,34	39,64	7,70	58,96
28,881	37,9191	162,36	108,02	25,94	322,27	159,91	38,16	35,59	2,57	69,86
29,3051	37,6069	997,28	98,60	23,70	1194,68	197,40	56,16	51,24	4,92	42,44
29,0733	37,5736	956,06	93,98	22,41	1170,80	214,74	55,40	49,99	5,41	38,59
40,6751	37,8553	563,44	92,53	22,93	628,63	65,19	43,20	41,87	1,34	49,32
40,0743	38,3726	931,40	85,32	21,25	911,08	-20,32	49,49	49,23	0,26	35,83
40,0834	38,2593	875,17	82,48	20,83	834,81	-40,36	47,55	48,52	-0,96	34,92
40,4137	38,3748	817,35	94,65	24,28	951,61	134,26	50,42	47,56	2,86	44,23
40,7812	38,2536	1011,45	100,42	25,53	1016,10	4,65	51,80	50,66	1,14	48,62

41,065	38,481	945,87	113,74	27,83	1350,42	404,55	61,88	50,00	11,88	51,86
40,6915	38,4639	1205,77	103,05	25,72	1069,39	-136,38	53,54	52,46	1,08	49,51
40,1627	37,9228	731,22	80,23	20,00	751,81	20,59	45,71	45,08	0,63	34,52
26,3788	40,9158	9,96	101,42	24,14	40,05	30,09	35,14	35,04	0,10	66,28
26,8184	41,5539	101,68	91,75	21,43	101,46	-0,22	36,28	35,90	0,38	55,47
26,448	41,1841	70,14	99,36	23,73	49,30	-20,84	35,37	35,44	-0,07	63,99
26,5747	41,6646	21,53	92,35	21,73	96,62	75,09	36,30	35,49	0,81	56,05
26,9041	41,7669	161,92	91,27	20,75	207,36	45,44	38,25	37,29	0,95	53,03
38,6673	38,9454	1102,92	78,25	18,83	947,58	-155,34	50,83	55,83	-4,99	27,41
39,8628	38,4618	1148,43	79,56	19,40	1261,64	113,21	58,42	54,82	3,60	21,13
40,1368	38,5458	1046,59	89,03	20,98	1289,74	243,15	60,01	52,42	7,59	29,02
38,8252	38,57	1229,66	76,18	18,07	1118,98	-110,68	55,15	57,09	-1,94	21,03
40,0401	38,9531	1095,47	93,58	21,91	1482,31	386,84	65,95	54,51	11,44	27,63
39,8645	38,7182	964,86	83,11	19,80	1172,92	208,06	56,50	50,88	5,63	26,61
39,5826	38,4166	1340,36	72,66	18,06	1432,91	92,55	63,06	61,50	1,56	9,60
39,1984	38,6645	1054,02	71,37	17,44	1111,95	57,93	54,70	52,96	1,74	16,68
39,8476	38,6637	886,98	89,80	21,13	1475,55	588,57	65,60	48,84	16,76	24,20
39,3099	38,4673	1213,46	68,59	17,22	1442,97	229,51	63,80	57,45	6,35	4,79
38,5634	39,4579	1091,40	92,69	23,57	1503,76	412,36	68,11	58,48	9,63	24,58
39,8924	39,6723	2615,06	83,80	20,30	1921,68	-693,38	85,50	119,01	-33,51	0,00
39,3587	39,6305	1280,42	90,51	22,40	1883,78	603,36	84,08	61,07	23,02	6,42
38,498	39,261	914,54	85,61	21,29	1550,65	636,11	69,50	50,60	18,90	16,11
39,5019	39,7461	1193,53	89,08	21,76	1924,05	730,52	86,12	57,71	28,41	2,97
40,0242	39,974	1767,46	89,71	21,54	1939,49	172,03	84,02	75,33	8,69	5,69
38,7734	39,9002	1602,90	98,05	24,51	1920,50	317,60	83,04	72,09	10,95	15,01
38,6474	39,084	1022,54	95,99	23,92	2226,01	1203,47	96,60	53,54	43,06	0,00
40,6909	39,9232	1671,82	89,08	22,33	2006,89	335,07	86,92	72,26	14,66	2,16
42,3462	40,5679	1897,01	127,48	30,35	2048,62	151,61	91,79	85,06	6,73	35,70
41,7027	39,3625	1712,03	122,50	31,59	1993,25	281,22	85,44	73,07	12,38	37,05
42,1585	40,0358	1558,60	126,86	32,60	1915,06	356,46	83,42	68,94	14,48	43,44
41,8669	39,9707	1622,07	119,94	31,55	1888,31	266,24	81,87	70,80	11,07	38,07
41,2635	39,9119	1862,25	103,81	25,64	2174,45	312,20	95,96	80,89	15,07	7,85
41,8716	40,3457	1640,62	117,95	28,92	2146,61	505,99	94,77	72,36	22,40	23,18
41,9901	40,5429	1272,21	117,54	28,28	1881,50	609,29	83,84	62,44	21,40	33,71
41,6753	39,9766	1658,37	112,85	27,89	2102,91	444,54	92,31	72,49	19,82	20,53
40,7327	40,4243	1288,28	102,81	25,39	2004,48	716,20	90,10	64,04	26,06	12,71
41,5068	39,6447	1916,69	109,40	26,84	2252,69	336,00	97,53	82,66	14,87	11,87
41,5431	40,2971	1640,17	108,06	26,80	2259,78	619,61	102,22	71,13	31,09	5,84
30,1369	39,7572	1089,04	115,44	25,38	998,75	-90,29	53,02	53,82	-0,80	62,42
31,0396	39,3759	875,99	118,31	27,87	918,17	42,18	50,53	49,42	1,11	67,79
30,9909	39,8521	813,23	105,11	24,54	978,31	165,08	52,82	48,58	4,24	52,30
31,1979	39,6947	748,86	105,77	24,84	859,26	110,40	49,59	47,28	2,30	56,18
31,8114	39,3856	883,16	110,29	27,50	837,71	-45,45	48,82	49,45	-0,63	61,47
30,8817	39,1923	1190,48	125,52	29,38	1286,22	95,74	59,88	57,96	1,92	65,64
30,985	39,4974	886,50	109,89	25,38	928,20	41,70	51,00	49,88	1,12	58,89
30,568	39,7547	796,71	109,34	25,17	974,48	177,77	52,53	48,28	4,24	56,81
30,5767	40,0274	219,66	104,45	24,75	636,12	416,46	45,67	37,64	8,04	58,78
30,6206	40,0378	216,55	103,02	24,53	698,94	482,39	47,17	37,46	9,71	55,85

30,6939	39,4471	975,75	120,28	28,20	1149,12	173,37	56,44	52,98	3,46	63,83
31,5354	39,4445	1069,44	112,20	27,48	979,82	-89,62	52,20	53,88	-1,68	60,00
39,1267	40,1897	1401,49	103,12	24,91	1643,79	242,30	73,32	65,94	7,38	29,80
39,6832	40,2237	1635,52	101,85	25,19	1769,14	133,62	77,20	72,58	4,62	24,65
39,0931	40,7	741,83	104,07	26,15	1776,26	1034,43	81,27	47,76	33,51	22,80
39,4368	40,1321	1405,31	98,82	24,36	1850,11	444,80	80,71	64,68	16,03	18,11
39,4836	40,4561	1195,26	105,72	25,16	1962,34	767,08	86,85	63,11	23,73	18,87
39,2945	40,5607	975,32	105,81	25,81	1895,08	919,76	85,34	58,49	26,85	20,47
37,6862	37,4268	535,70	63,54	14,64	641,00	105,30	43,29	41,27	2,02	20,25
37,3526	37,0928	916,49	59,38	13,28	850,04	-66,45	47,11	47,84	-0,72	12,27
37,3801	37,0588	847,59	60,18	13,75	908,28	60,69	48,51	47,72	0,79	11,68
37,9937	36,8447	372,76	63,09	13,97	448,38	75,62	39,63	38,29	1,34	23,46
37,7933	37,0067	504,79	62,45	13,89	571,41	66,62	41,84	40,89	0,95	20,61
36,7369	37,1812	521,58	60,58	14,10	726,64	205,06	45,00	40,69	4,31	15,58
37,5131	36,9629	685,21	61,25	13,44	620,17	-65,04	42,56	44,50	-1,94	18,69
37,5654	37,3138	569,06	62,26	14,23	669,75	100,69	43,77	41,99	1,78	18,49
38,7393	40,1456	1282,59	102,72	25,35	1526,11	243,52	69,09	55,66	13,44	33,63
38,9994	40,9158	306,80	101,67	25,83	1023,20	716,40	56,04	39,80	16,23	45,63
38,786	40,367	1546,04	104,21	25,85	1889,66	343,62	83,41	67,88	15,53	20,79
38,2166	40,9325	16,85	95,81	24,43	1147,22	1130,37	60,75	35,48	25,27	35,06
38,4535	40,7407	419,77	99,51	25,11	1549,99	1130,22	72,47	42,51	29,96	27,04
38,9167	40,8092	196,78	102,16	25,67	1089,77	892,99	57,82	39,40	18,42	44,34
38,7096	40,9453	37,14	99,96	25,42	411,44	374,30	41,65	35,38	6,27	58,31
38,9986	41,0337	13,01	100,22	25,67	314,60	301,59	39,80	35,45	4,35	60,42
38,8026	40,8976	326,89	102,44	26,03	1663,51	1336,62	76,94	40,46	36,48	25,50
38,5157	40,9117	13,85	98,59	25,00	531,48	517,63	44,27	34,88	9,39	54,32
38,3932	40,8352	452,41	97,15	24,60	624,04	171,63	46,33	43,03	3,30	50,82
38,1217	40,9521	30,35	94,23	24,07	571,55	541,20	45,37	36,03	9,34	48,86
38,846	41,0081	6,25	100,74	25,90	480,15	473,90	43,72	35,19	8,53	57,03
38,6252	40,8637	106,34	100,61	25,29	1007,40	901,06	55,65	36,99	18,66	44,96
44,3716	37,2356	2081,21	111,62	26,93	1952,85	-128,36	81,63	84,12	-2,49	29,99
43,7348	37,5743	1713,99	105,28	23,30	2219,50	505,51	92,69	69,91	22,78	12,59
36,1587	36,5861	5,55	59,17	14,01	449,90	444,35	40,20	33,06	7,14	18,97
36,2551	36,1174	246,91	53,86	12,85	359,31	112,40	38,00	35,94	2,06	15,86
36,1593	36,4286	938,49	58,20	14,14	814,65	-123,84	46,45	48,57	-2,12	11,75
36,2231	36,8338	68,97	60,49	14,35	808,83	739,86	47,66	33,66	14,00	12,83
36,199	36,9545	165,22	61,75	14,48	182,64	17,42	35,68	35,23	0,45	26,07
36,5176	36,8005	436,02	59,83	13,87	655,14	219,12	44,29	38,85	5,44	15,54
36,4479	36,3795	84,85	55,56	12,85	123,48	38,63	34,40	33,83	0,57	21,16
35,8939	36,3149	1055,29	55,87	13,35	491,23	-564,06	40,93	52,12	-11,19	14,94
36,5681	36,261	163,82	55,10	12,82	139,93	-23,89	34,63	35,09	-0,46	20,48
35,9694	36,083	17,69	57,17	13,34	478,25	460,56	40,51	32,92	7,59	16,66
36,0639	35,9038	419,81	52,76	12,60	664,18	244,37	43,21	39,02	4,19	9,55
44,0368	39,9171	861,59	94,46	21,08	1448,03	586,44	69,43	49,70	19,73	25,03
43,5506	39,9523	1889,08	114,65	27,35	1760,93	-128,15	79,43	83,08	-3,65	35,22
31,0684	37,8037	1257,92	132,28	29,80	1750,86	492,94	73,30	56,62	16,68	58,98
30,6517	37,9471	1022,90	164,03	37,30	1160,50	137,60	55,24	51,40	3,84	108,80
31,3704	38,0809	1180,76	124,66	27,89	1422,17	241,41	62,53	55,17	7,37	62,12

30,8359	37,8772	928,97	147,11	34,31	1250,05	321,08	58,24	49,32	8,92	88,86
30,3021	37,9373	996,25	146,81	33,47	1112,17	115,92	53,97	50,60	3,37	92,84
30,5498	37,7901	1024,30	161,15	36,32	1196,02	171,72	56,21	51,48	4,73	104,94
31,0778	37,5436	1785,51	122,78	29,51	1268,53	-516,98	58,16	72,84	-14,68	64,62
30,5496	38,1082	962,84	151,57	36,57	1326,05	363,21	60,90	50,41	10,50	90,67
31,1747	38,2969	919,12	137,73	31,31	1312,12	393,00	59,94	53,60	6,34	77,79
31,3897	37,7094	1187,96	128,47	29,89	1404,04	216,08	61,99	55,06	6,92	66,49
28,4616	41,1457	89,68	76,65	18,29	116,37	26,69	36,51	35,83	0,68	40,14
29,2668	41,0731	143,43	76,15	18,20	129,08	-14,35	36,58	36,58	0,01	39,56
29,0588	40,8664	5,89	79,34	17,81	66,11	60,22	35,48	35,15	0,34	43,86
29,1014	41,0333	135,64	76,62	17,31	130,42	-5,22	36,52	36,58	-0,06	40,09
28,6551	41,2489	73,17	73,94	17,29	88,09	14,92	35,97	35,73	0,24	37,98
28,989	41,0624	122,14	74,45	16,72	88,78	-33,36	35,88	36,04	-0,17	38,58
29,5977	41,1665	6,02	76,33	18,39	118,22	112,20	36,39	34,89	1,51	39,94
28,5137	41,025	149,79	75,72	17,52	80,07	-69,72	35,80	36,17	-0,36	39,92
28,838	41,0447	74,08	74,70	17,06	76,82	2,74	35,67	35,58	0,09	39,02
28,8496	40,9983	16,15	75,05	17,11	49,44	33,29	35,30	35,12	0,18	39,75
28,9007	41,0509	69,93	74,69	17,00	98,42	28,49	35,98	35,90	0,08	38,71
29,0223	41,0717	109,79	75,11	16,92	91,16	-18,63	35,93	36,10	-0,17	39,18
29,2144	41,1383	137,89	75,19	17,32	106,89	-31,00	36,23	36,91	-0,68	38,96
28,6466	40,9879	77,32	76,11	17,33	90,02	12,70	35,89	35,69	0,20	40,22
28,9673	41,043	14,04	75,26	17,10	62,99	48,95	35,52	35,01	0,51	39,74
28,8599	41,0755	130,96	74,45	16,89	106,60	-24,36	36,15	36,60	-0,46	38,30
28,8734	41,1665	83,69	73,88	16,85	85,02	1,33	35,89	35,64	0,25	38,00
28,9432	41,034	35,51	75,43	17,12	49,85	14,34	35,34	35,32	0,01	40,09
28,8989	41,0242	31,10	74,96	17,03	51,14	20,04	35,33	35,17	0,16	39,63
28,9067	41,0736	68,68	74,29	16,89	90,43	21,75	35,88	35,62	0,26	38,41
28,7754	41,0207	53,22	74,83	16,95	53,91	0,69	35,38	35,29	0,09	39,45
29,06	40,9849	37,97	76,57	17,23	46,84	8,87	35,28	35,29	-0,01	41,29
29,1967	40,9206	86,85	79,16	18,04	116,86	30,01	36,33	36,00	0,33	42,83
29,1566	40,9433	147,39	78,06	17,66	126,34	-21,05	36,50	37,41	-0,92	41,56
29,3605	40,9449	111,56	78,52	18,89	133,85	22,29	36,58	35,93	0,65	41,93
29,274	40,9991	104,98	77,46	18,39	148,76	43,78	36,83	36,41	0,42	40,63
29,0255	41,1709	202,20	74,42	16,89	104,37	-97,83	36,21	36,97	-0,77	38,22
29,2783	40,9683	140,80	78,29	18,68	148,41	7,61	36,80	36,34	0,47	41,49
28,8747	41,1202	42,99	73,97	16,72	97,49	54,50	36,04	35,69	0,35	37,93
29,3566	40,8917	105,40	79,59	19,22	111,22	5,82	36,18	36,01	0,17	43,42
29,0645	40,9621	10,35	75,39	17,18	52,01	41,66	35,36	35,73	-0,37	40,03
27,9804	38,239	178,65	108,61	25,23	562,31	383,66	43,29	35,39	7,90	65,32
26,9751	38,4921	5,88	108,72	25,66	50,33	44,45	34,23	33,55	0,68	74,48
26,9613	38,8044	5,89	124,66	28,63	112,70	106,81	35,25	34,02	1,23	89,42
27,6305	38,2397	554,63	109,54	24,93	433,31	-121,32	40,52	39,61	0,91	69,02
28,2401	38,0912	294,96	107,71	25,99	709,57	414,61	45,86	37,65	8,21	61,85
27,2177	38,471	87,73	106,52	24,90	366,80	279,07	39,29	34,44	4,85	67,22
27,2518	38,3397	247,24	103,98	23,86	398,61	151,37	39,79	36,99	2,80	64,19
26,8888	39,0817	5,66	140,29	32,82	193,04	187,38	36,73	33,87	2,86	103,56
26,7493	38,6807	51,76	118,59	27,67	95,30	43,54	34,92	33,70	1,22	83,67
26,8806	38,3356	226,57	106,44	24,64	295,74	69,17	37,98	38,58	-0,60	68,46

27,1446	38,3149	124,54	104,05	23,69	204,62	80,08	36,39	35,17	1,22	67,66
27,3697	39,0891	67,46	130,19	30,92	283,53	216,07	38,22	34,97	3,25	91,97
27,127	38,5012	193,10	107,24	25,18	205,31	12,21	36,65	35,35	1,30	70,59
28,3023	38,2234	431,87	108,21	25,16	846,66	414,79	48,78	38,62	10,16	59,43
27,1302	38,4217	5,53	105,06	24,13	133,48	127,95	35,33	33,89	1,44	69,72
27,143	38,3115	142,48	106,57	25,34	252,93	110,45	37,17	35,19	1,98	69,39
27,0505	38,5951	31,10	114,52	26,83	209,11	178,01	36,88	33,73	3,15	77,65
26,9852	38,3959	18,22	105,73	24,61	403,35	385,13	39,84	34,71	5,13	65,89
26,8328	38,203	30,98	107,33	25,28	135,32	104,34	35,28	33,83	1,45	72,05
27,372	37,9492	12,20	112,93	26,31	181,03	168,83	35,97	33,87	2,09	76,96
27,7332	38,089	119,98	111,76	26,17	392,06	272,08	39,81	36,00	3,82	71,95
27,3645	38,167	44,99	107,40	24,77	151,58	106,59	35,57	33,86	1,71	71,83
26,7677	38,3257	74,13	108,13	25,21	184,26	110,13	36,11	34,47	1,64	72,02
37,3316	37,7774	1337,04	69,61	16,69	1398,65	61,61	61,55	57,71	3,84	8,07
36,9153	38,2472	1223,22	93,10	23,63	1528,26	305,04	66,27	56,64	9,64	26,83
36,3507	37,5765	1066,36	67,71	16,16	1063,04	-3,32	53,87	50,33	3,54	13,84
37,1203	37,9977	1337,51	79,70	19,98	1520,85	183,34	65,70	64,52	1,18	14,00
36,608	38,0721	1344,73	82,54	21,31	1750,98	406,25	73,85	62,01	11,85	8,68
36,9258	37,5863	612,80	67,50	16,24	1031,69	418,89	52,81	41,81	11,00	14,69
37,2978	37,4857	772,19	62,41	14,59	838,00	65,81	47,46	46,62	0,84	14,95
36,8542	37,3832	486,24	62,13	14,75	772,11	285,87	46,18	40,47	5,71	15,95
29,617	39,1973	1006,67	125,56	28,80	1096,04	89,37	54,68	52,57	2,12	70,88
30,1081	39,06	1027,36	129,22	30,72	1203,62	176,26	57,52	54,38	3,14	71,70
29,2211	39,0244	996,62	127,88	30,16	1012,62	16,00	52,42	52,50	-0,07	75,46
29,6108	39,7991	869,07	110,20	25,78	1127,42	258,35	56,75	49,34	7,41	53,44
38,8524	38,8524	1225,87	130,61	31,51	1272,93	47,06	58,91	47,76	11,15	71,70
29,2547	39,3414	865,53	122,63	28,68	1143,28	277,75	56,38	51,03	5,35	66,25
29,3886	38,9866	726,54	126,88	30,20	1070,74	344,20	54,42	45,59	8,83	72,46
29,2287	39,25	757,50	128,74	29,58	1106,82	349,32	55,19	46,98	8,21	73,55
29,9848	39,4156	993,34	124,79	27,69	1167,53	174,19	56,96	51,83	5,13	67,83
29,1223	38,9965	921,50	127,24	30,08	1002,88	81,38	52,16	51,06	1,10	75,08
28,9845	39,0915	815,26	127,72	30,22	1024,07	208,81	53,29	49,45	3,84	74,44
29,4982	39,552	878,36	115,48	26,85	981,68	103,32	52,53	49,48	3,06	62,95
32,9572	41,4269	908,01	75,08	18,80	955,82	47,81	53,61	52,80	0,81	21,47
32,5249	40,9468	808,00	83,92	20,23	1123,32	315,32	57,95	48,15	9,80	25,97
32,626	41,1805	295,30	80,33	19,34	905,23	609,93	52,94	39,03	13,91	27,39
32,9157	41,0754	1144,64	81,12	19,34	892,54	-252,10	52,10	58,25	-6,15	29,02
32,6801	41,2591	557,00	76,40	18,37	795,52	238,52	50,18	42,77	7,41	26,22
32,2504	41,165	889,39	80,95	19,74	741,40	-147,99	48,66	49,51	-0,85	32,29
33,9032	37,2852	1542,48	84,19	20,88	1408,60	-133,88	62,08	65,31	-3,23	22,10
32,678	36,7538	1343,31	91,45	21,77	1356,38	13,07	59,92	57,39	2,53	31,53
32,897	36,6356	1207,37	90,93	21,07	1434,86	227,49	62,11	52,99	9,12	28,82
32,9602	37,2277	1050,06	90,76	21,65	1350,61	300,55	59,57	51,79	7,78	31,19
33,1677	36,9152	1434,53	89,26	21,40	1219,61	-214,92	56,19	61,98	-5,79	33,07
32,6168	36,6899	1427,08	92,00	22,00	1615,98	188,90	66,74	61,76	4,98	25,26
43,6266	40,8178	1680,11	125,84	29,61	1792,45	112,34	79,77	71,47	8,31	46,07
43,3304	40,849	1699,86	127,87	30,55	2159,46	459,60	97,87	75,03	22,84	30,00
43,4178	40,3755	1634,83	130,38	30,12	1805,87	171,04	80,25	73,52	6,73	50,13

43,1326	40,1494	1314,97	132,42	31,12	1972,63	657,66	87,37	63,90	23,47	45,05
43,1018	40,6126	1753,63	132,46	30,53	1827,44	73,81	80,72	77,19	3,53	51,74
42,5846	40,3316	2088,40	133,24	32,17	2059,97	-28,43	90,28	91,76	-1,48	42,96
42,7886	40,4626	1854,88	134,95	31,01	2090,27	235,39	92,34	80,51	11,82	42,61
43,1349	40,7788	1752,67	131,62	31,06	2179,01	426,34	97,99	78,50	19,49	33,63
33,5569	41,2039	869,10	78,96	18,50	1344,37	475,27	64,89	51,48	13,40	14,07
33,7541	41,9772	20,91	72,17	17,23	667,68	646,77	47,78	36,86	10,92	24,39
34,2187	41,9527	21,15	67,21	15,97	921,25	900,10	54,75	36,09	18,66	12,46
33,5525	41,6873	1168,90	75,22	18,39	1131,89	-37,01	58,59	59,27	-0,68	16,63
34,049	41,9503	238,17	68,35	16,26	339,71	101,54	40,83	40,80	0,03	27,52
33,33	41,2448	687,52	78,72	18,68	1129,84	442,32	58,83	46,44	12,39	19,90
33,3033	41,6376	947,90	75,26	18,94	996,79	48,89	55,05	55,36	-0,31	20,21
33,2324	41,8109	386,58	74,98	18,78	744,26	357,68	49,25	43,49	5,76	25,73
34,0332	41,8733	505,68	68,94	16,45	885,15	379,47	53,18	44,17	9,02	15,75
33,0672	41,8773	399,08	73,88	18,56	539,67	140,59	44,98	39,64	5,35	28,89
33,4648	41,4768	871,13	75,40	18,56	1140,04	268,91	58,69	51,39	7,31	16,70
33,8391	41,6042	1091,30	70,90	16,86	1199,61	108,31	60,53	57,52	3,01	10,37
33,6703	41,8029	902,25	73,39	17,70	1148,33	246,08	59,43	55,88	3,55	13,96
33,7878	41,418	792,27	76,04	17,88	1169,14	376,87	60,03	49,70	10,33	16,01
33,0498	41,6288	1021,37	74,35	18,60	881,58	-139,79	52,13	53,20	-1,07	22,22
33,7211	41,6186	1040,36	74,31	17,52	1137,00	96,64	58,68	55,90	2,78	15,63
34,2129	41,5051	565,38	70,38	16,60	1066,15	500,77	57,13	44,83	12,30	13,26
35,7129	39,1143	1341,84	104,09	28,29	1607,61	265,77	69,66	60,93	8,72	34,43
36,1682	38,9998	1366,87	99,65	27,76	1577,21	210,34	68,44	62,89	5,56	31,20
35,4872	38,3888	1252,26	88,66	23,96	1680,53	428,27	72,19	57,78	14,41	16,46
35,5684	39,0916	35,57	104,50	28,62	1365,81	1330,24	61,89	60,50	1,39	42,61
35,4517	38,6458	1369,60	98,37	27,66	1251,72	-117,88	58,45	61,71	-3,26	39,92
35,4905	38,7307	1054,83	103,46	28,80	1231,83	177,00	57,96	53,21	4,75	45,50
36,393	38,7231	1511,49	99,76	27,43	1732,45	220,96	73,40	66,35	7,05	26,35
35,9673	39,0763	1164,96	100,85	28,29	1280,46	115,50	59,56	56,28	3,28	41,28
36,5387	38,5021	1659,06	95,15	25,17	1945,37	286,31	80,81	69,85	10,96	14,34
35,5586	38,6943	1131,66	96,77	27,00	1512,93	381,27	65,68	55,32	10,36	31,09
35,8017	38,4501	1398,72	92,60	25,84	1595,91	197,19	68,23	61,65	6,59	24,37
35,0936	38,3487	1118,71	93,03	24,65	1247,43	128,72	57,94	54,11	3,82	35,10
37,4666	36,6747	518,72	60,59	12,87	557,47	38,75	41,42	40,98	0,44	19,18
37,1262	36,7194	673,33	59,27	13,11	608,38	-64,95	42,34	43,09	-0,75	16,93
36,9189	36,8855	738,95	58,76	13,33	713,41	-25,54	44,40	44,13	0,27	14,36
37,1436	36,8411	849,28	58,62	13,03	752,78	-96,50	45,06	46,78	-1,72	13,56
33,5247	39,4624	1233,38	112,99	27,41	935,25	-298,13	50,93	58,06	-7,13	62,06
33,4643	39,8064	709,36	114,91	27,19	808,30	98,94	48,18	45,78	2,40	66,73
33,7203	39,9146	873,66	112,74	26,13	1036,89	163,23	54,22	49,87	4,35	58,52
34,0024	39,9682	957,90	110,05	28,04	799,89	-158,01	48,63	53,32	-4,70	61,42
33,3871	39,5606	824,43	113,62	26,93	836,04	11,61	48,67	47,50	1,17	64,95
33,7179	40,1616	846,16	104,17	25,36	1019,64	173,48	54,01	49,09	4,91	50,17
33,4144	39,8791	676,74	113,94	26,15	877,38	200,64	50,05	46,19	3,86	63,88
27,771	41,8254	291,75	87,80	22,14	294,55	2,80	39,97	39,12	0,86	47,83
27,1576	41,9455	447,56	94,01	21,73	489,96	42,40	43,61	42,52	1,10	50,39
27,3633	41,4078	67,54	86,32	20,42	101,92	34,38	36,23	35,76	0,47	50,09

27,4565	41,6835	223,58	89,20	21,75	290,51	66,93	39,71	38,34	1,38	49,49
26,9213	41,3492	40,37	91,69	21,51	45,67	5,30	35,41	35,20	0,22	56,28
27,8666	41,6	308,30	84,50	20,92	235,27	-73,03	38,70	39,73	-1,04	45,80
34,35	39,5767	1337,26	123,18	31,70	1028,54	-308,72	53,66	59,96	-6,30	69,52
34,0845	39,6428	1323,43	121,25	30,41	1051,70	-271,73	54,42	61,39	-6,97	66,83
33,947	39,4886	1104,28	122,42	29,68	1151,72	47,44	56,58	55,52	1,07	65,83
34,2649	39,2692	1156,35	124,09	31,73	1157,33	0,98	56,45	56,38	0,07	67,64
33,7236	39,359	1119,55	118,28	28,28	1151,28	31,73	56,40	55,95	0,45	61,87
34,1223	39,1392	1081,17	120,83	29,06	1093,59	12,42	54,75	54,07	0,67	66,08
34,3798	39,0582	1095,89	119,58	30,39	1126,79	30,90	55,42	54,43	0,99	64,16
29,8286	40,7628	61,90	81,05	19,32	265,77	203,87	38,84	35,26	3,58	42,22
29,7934	40,6531	556,07	87,64	20,58	448,11	-107,96	42,22	42,97	-0,74	45,41
30,1508	41,0735	53,77	79,51	18,32	114,82	61,05	36,32	35,51	0,80	43,19
29,6125	40,6913	18,00	87,48	20,61	299,82	281,82	39,39	34,72	4,67	48,09
29,931	40,7702	81,08	85,43	19,84	307,80	226,72	39,91	34,90	5,01	45,51
31,7893	39,0197	852,21	112,01	27,73	915,28	63,07	50,14	48,76	1,38	61,86
32,7733	37,5707	1014,44	87,84	21,53	1081,20	66,76	52,72	51,22	1,50	35,12
32,1189	37,2385	1217,15	96,34	22,91	1445,93	228,78	62,27	56,37	5,90	34,07
32,3687	37,4535	1117,83	93,70	23,01	1354,39	236,56	59,88	53,49	6,39	33,82
32,8664	38,3081	979,24	88,99	23,64	1041,36	62,12	52,48	51,61	0,87	36,51
31,872	37,6758	1370,59	112,08	25,91	1267,13	-103,46	57,62	60,05	-2,43	54,46
32,2437	37,1918	1180,06	92,78	22,50	1484,63	304,57	63,12	53,80	9,32	29,66
32,9176	38,6527	962,93	97,25	25,97	1003,12	40,19	51,92	50,92	1,00	45,33
32,0134	38,0155	1470,50	98,53	23,57	1615,63	145,13	68,09	64,78	3,30	30,44
31,6733	38,1493	1210,49	109,24	24,45	1395,86	185,37	61,56	56,25	5,31	47,67
33,8373	37,9054	1092,38	84,16	21,38	1162,40	70,02	55,07	53,24	1,83	29,09
32,7309	37,2693	1122,62	89,77	21,98	1198,96	76,34	55,40	54,77	0,63	34,37
31,5968	37,9537	1247,30	117,94	26,26	1240,43	-6,87	57,05	56,74	0,32	60,88
32,4548	36,9868	1536,15	91,86	21,94	1691,09	154,94	69,45	63,48	5,97	22,41
34,1912	37,4384	1193,62	79,57	19,80	2371,94	1178,32	99,86	54,87	44,99	0,00
32,2133	38,2405	1129,46	96,12	23,71	1124,19	-5,27	54,77	54,78	-0,01	41,35
33,5454	37,7134	995,08	83,55	21,11	1049,07	53,99	52,11	50,91	1,20	31,44
33,0463	37,9221	1413,85	83,86	21,78	1051,18	-362,67	52,33	61,75	-9,42	31,53
32,3278	37,7026	1460,31	93,46	23,49	1402,57	-57,74	61,59	62,09	-0,50	31,86
32,4063	38,2597	1064,72	93,80	23,74	1111,13	46,41	54,34	52,92	1,42	39,46
31,854	37,4216	1121,47	103,85	24,00	1423,23	301,76	62,04	53,31	8,74	41,80
31,627	38,4723	992,89	108,27	25,33	1092,27	99,38	53,94	51,68	2,26	54,33
31,7356	38,8108	31,74	105,85	26,66	1057,77	1026,03	53,37	53,10	0,26	52,48
37,8642	38,3785	1440,23	84,80	20,78	1315,73	-124,50	60,31	60,18	0,14	24,49
38,489	39,0395	1193,06	82,31	19,36	1297,62	104,56	60,26	55,88	4,37	22,05
38,263	38,7835	1178,26	86,04	20,45	1243,84	65,58	59,07	55,99	3,07	26,98
38,3678	38,4137	807,68	79,35	18,32	820,98	13,30	47,47	47,22	0,26	31,88
37,4997	38,5555	1069,02	95,85	23,92	1483,70	414,68	65,04	53,14	11,90	30,81
37,8829	38,0932	1217,30	76,99	18,73	1545,51	328,21	66,48	56,57	9,91	10,51
39,0356	38,3128	902,30	68,12	17,39	1325,18	422,88	60,42	50,09	10,33	7,70
37,9324	38,8184	1131,18	92,17	22,38	1481,06	349,88	65,43	55,62	9,80	26,74
38,7737	38,3663	1542,84	72,76	17,76	1534,71	-8,13	67,70	71,22	-3,52	5,06
37,6657	38,8805	1278,87	100,36	24,96	1549,42	270,55	67,09	58,96	8,13	33,27

38,317	38,3295	1081,26	78,14	18,56	1286,85	205,59	59,83	55,47	4,36	18,31
38,8313	38,1826	1287,01	70,09	17,55	1324,39	37,38	60,19	56,01	4,18	9,91
38,1777	38,5923	784,52	84,97	20,15	825,36	40,84	47,77	47,41	0,36	37,20
38,2604	38,3075	1037,50	80,26	19,13	1540,61	503,11	66,53	53,96	12,56	13,73
27,9316	38,5168	83,09	108,30	25,59	317,59	234,50	38,63	34,66	3,97	69,66
27,8212	38,9223	99,72	120,30	28,29	383,23	283,51	39,86	34,86	5,01	80,44
28,6568	39,0433	851,73	121,31	28,77	804,02	-47,71	48,08	49,59	-1,51	73,23
27,912	38,711	158,59	110,46	26,33	232,82	74,23	37,07	36,28	0,79	73,39
27,6771	39,1077	174,45	127,60	29,52	433,73	259,28	40,86	36,37	4,49	86,74
28,6369	38,5466	667,60	112,47	27,29	691,33	23,73	45,12	44,29	0,83	67,35
27,4091	38,686	39,01	117,14	27,28	234,81	195,80	37,28	33,91	3,36	79,86
28,1389	38,4867	104,71	108,25	25,47	416,19	311,48	40,56	34,74	5,82	67,69
28,6891	38,2403	204,68	111,01	27,05	602,98	398,30	43,39	36,84	6,55	67,62
27,6021	39,1845	158,75	130,87	30,56	406,14	247,39	40,39	36,45	3,95	90,47
27,6947	38,4926	98,01	108,91	25,45	347,92	249,91	39,18	34,85	4,33	69,74
41,0781	37,3873	937,33	87,98	21,13	994,60	57,27	50,44	48,44	2,00	37,54
41,7175	37,5447	897,84	89,47	20,86	842,42	-55,42	47,45	48,03	-0,58	42,02
40,6231	37,201	482,65	86,43	20,12	534,82	52,17	41,30	40,42	0,88	45,12
40,4351	37,4561	1002,48	82,51	20,03	977,99	-24,49	50,15	50,81	-0,66	32,35
40,694	37,2816	622,07	88,49	21,01	847,61	225,54	47,41	42,34	5,07	41,08
41,3418	37,4232	944,66	87,67	20,95	938,82	-5,84	49,22	49,30	-0,08	38,45
41,2226	37,0842	477,85	85,76	21,17	773,31	295,46	45,72	40,10	5,62	40,04
40,8881	37,5913	879,37	88,98	21,34	901,58	22,21	48,64	46,67	1,97	40,33
34,5831	37,2497	1753,91	76,28	18,66	1381,97	-371,94	64,05	83,59	-19,53	12,23
32,8627	36,1141	9,31	90,66	20,25	1069,76	1060,45	53,95	33,05	20,90	36,71
33,3099	36,2103	590,90	89,96	18,94	571,09	-19,81	41,91	40,29	1,62	48,05
32,9805	36,2803	1378,79	89,91	19,38	664,89	-713,90	44,09	57,18	-13,09	45,83
34,296	36,6086	21,39	80,24	18,94	1353,73	1332,34	62,13	33,02	29,11	18,11
34,9537	36,8069	28,49	76,83	18,48	1121,78	1093,29	57,20	33,03	24,16	19,63
33,9619	36,3952	52,74	84,44	19,18	1043,53	990,79	53,39	33,14	20,25	31,05
27,413	37,0358	24,11	95,51	22,21	210,95	186,84	36,09	56,98	-20,89	59,42
28,8073	36,7791	10,08	74,80	18,11	525,81	515,73	41,79	33,17	8,62	33,00
27,688	36,7337	19,19	87,18	21,43	252,99	233,80	36,67	41,14	-4,47	50,51
29,1219	36,6518	7,50	69,48	16,80	863,07	855,57	49,40	33,10	16,30	20,08
28,6905	36,9723	33,31	78,52	18,69	668,83	635,52	45,04	33,28	11,76	33,48
28,3639	37,4452	888,83	97,37	21,78	912,09	23,26	48,99	51,49	-2,50	48,37
28,3779	37,201	697,12	86,97	19,74	833,83	136,71	47,37	43,06	4,32	39,60
28,7512	36,8332	22,34	76,17	18,41	123,42	101,08	34,74	33,28	1,46	41,43
28,4014	37,107	28,40	82,28	18,92	456,79	428,39	40,19	42,44	-2,24	42,09
42,2711	39,0935	1482,45	133,25	35,62	1657,32	174,87	71,32	66,69	4,63	61,93
41,6861	38,6835	1287,70	124,66	30,69	1400,81	113,11	62,36	58,87	3,49	62,29
42,5361	39,1409	1527,25	135,60	37,69	1736,98	209,73	74,18	67,87	6,31	61,42
41,5036	38,7512	1313,24	124,08	30,54	1592,79	279,55	69,16	59,75	9,42	54,92
34,4849	38,5331	1298,62	98,98	26,02	1294,22	-4,40	59,14	58,10	1,05	39,84
34,9231	38,6372	1068,07	100,09	27,30	1260,88	192,81	58,49	54,36	4,13	41,60
34,7347	38,3764	1354,81	94,00	24,88	1484,82	130,01	64,36	60,53	3,83	29,64
34,6262	38,7436	913,94	107,41	27,94	1054,07	140,13	53,23	49,86	3,37	54,17
34,5647	38,9403	1311,42	113,58	29,93	1209,53	-101,89	57,39	60,38	-2,99	56,19

34,8512	39,2064	1124,44	118,35	31,28	1066,49	-57,95	54,09	54,54	-0,45	64,26
34,7242	38,6403	1142,15	100,33	27,23	1252,51	110,36	58,18	55,87	2,32	42,14
34,9862	37,8351	1501,69	80,18	19,72	1868,55	366,86	79,64	65,85	13,79	0,55
34,4478	38,1757	1557,66	90,11	22,47	1563,51	5,85	66,82	65,91	0,91	23,29
34,3679	37,9952	1192,78	85,12	20,76	1725,60	532,82	73,37	56,22	17,14	11,76
34,7364	37,996	1287,31	85,07	21,04	1497,41	210,10	64,97	58,93	6,04	20,10
34,5909	37,5666	1599,24	77,72	19,35	1723,98	124,74	73,14	63,64	9,50	4,58
37,0689	41,0491	146,82	79,89	18,88	372,41	225,59	40,86	37,52	3,34	39,03
37,5168	40,9005	400,69	86,80	21,78	609,03	208,34	45,40	42,32	3,08	41,40
37,1177	41,0231	335,31	79,04	18,92	624,61	289,30	45,80	38,61	7,18	33,24
37,0178	40,7942	1293,31	77,87	19,14	1077,18	-216,13	56,52	62,22	-5,70	21,36
37,387	40,6842	880,12	85,30	21,95	1125,33	245,21	57,63	49,30	8,34	27,67
37,4713	41,0478	142,33	86,66	21,82	279,99	137,66	39,21	36,18	3,04	47,44
37,6175	40,6896	825,19	88,47	23,01	1220,41	395,22	60,42	50,92	9,51	28,04
38,0646	40,9532	242,71	93,03	23,83	375,82	133,11	40,91	38,44	2,47	52,12
37,9321	40,7046	1612,65	93,14	23,99	1321,96	-290,69	64,16	70,33	-6,17	28,98
37,3437	40,8243	737,34	84,02	21,44	821,73	84,39	50,30	49,08	1,23	33,71
37,2665	40,8739	473,79	82,45	20,87	870,17	396,38	51,67	44,64	7,03	30,79
37,7848	40,8905	435,58	91,09	23,56	340,19	-95,39	40,38	41,75	-1,37	50,72
37,7725	40,4649	1131,48	93,96	24,18	1598,16	466,68	72,83	59,22	13,61	21,13
37,7592	40,7927	588,91	89,90	23,21	603,76	14,85	45,46	43,96	1,49	44,44
36,5762	37,2017	634,61	62,18	14,94	1073,99	439,38	52,66	42,33	10,33	9,52
36,53	37,2178	1211,72	63,02	14,98	669,44	-542,28	44,96	53,37	-8,40	18,06
36,1115	37,3628	122,07	64,95	15,40	301,06	178,99	37,88	34,94	2,94	27,07
36,2491	37,0755	130,26	61,67	14,51	868,12	737,86	49,07	34,63	14,44	12,60
36,0217	37,4538	124,05	66,22	15,73	211,96	87,91	36,39	34,46	1,93	29,83
36,1616	37,058	77,37	62,25	14,58	105,59	28,22	34,41	34,54	-0,13	27,84
40,532	40,7486	1648,27	103,78	24,74	2110,92	462,65	98,82	63,92	34,90	4,96
41,0372	40,893	2861,35	100,47	24,31	2036,56	-824,79	99,83	133,06	-33,22	0,64
40,7379	41,0757	107,83	99,96	23,98	1182,96	1075,13	65,52	36,15	29,38	34,44
40,9801	41,1844	27,78	98,23	23,81	1557,56	1529,78	79,91	35,04	44,86	18,33
41,149	41,2708	114,81	96,14	23,39	1368,01	1253,20	73,67	36,29	37,38	22,47
40,6145	41,0028	237,34	101,14	23,77	721,34	484,00	48,30	38,91	9,38	52,84
40,8991	41,0471	317,11	98,76	23,65	1020,01	702,90	56,09	42,55	13,54	42,67
40,556	40,9525	390,84	101,43	23,98	771,69	380,85	51,67	43,29	8,38	49,76
30,6249	40,6835	46,52	89,79	21,32	626,30	579,78	46,77	35,17	11,60	43,02
30,2903	40,5086	86,12	91,91	21,61	539,41	453,29	44,11	35,53	8,58	47,80
40,796	40,796	175,38	86,56	20,41	435,27	259,89	42,20	119,47	-77,27	44,36
30,505	40,619	446,08	89,37	20,91	283,17	-162,91	39,25	41,54	-2,29	50,12
30,6929	41,096	12,12	82,47	19,08	159,69	147,57	37,20	35,11	2,09	45,27
30,8514	41,0554	49,07	84,03	19,55	294,01	244,94	39,51	35,41	4,10	44,52
30,4001	40,7891	25,56	85,51	19,92	42,92	17,36	35,16	34,99	0,17	50,35
30,1692	40,5057	96,08	90,98	21,17	665,37	569,29	46,84	35,44	11,39	44,15
30,4718	40,9032	21,42	84,03	19,65	37,81	16,39	35,12	34,84	0,28	48,92
30,4921	40,3966	448,38	93,80	22,22	841,82	393,44	50,34	43,74	6,60	43,46
35,5974	41,606	49,05	64,68	15,04	577,10	528,05	45,92	36,40	9,52	18,76
36,235	41,0371	798,16	72,31	17,32	786,11	-12,05	49,21	47,82	1,39	23,10
36,5973	40,9796	609,25	71,99	17,78	583,13	-26,12	45,06	44,41	0,65	26,93

35,9056	41,5617	30,03	64,95	15,02	365,98	335,95	41,45	35,43	6,02	23,49
35,9748	41,1298	700,66	71,59	16,50	739,76	39,10	48,19	47,01	1,18	23,40
35,8946	40,9119	926,56	75,99	17,60	1013,02	86,46	54,73	52,85	1,88	21,27
36,3259	41,3096	106,98	68,58	15,93	497,53	390,55	43,58	35,49	8,09	25,00
36,8256	41,0823	83,28	75,23	18,15	596,21	512,93	45,45	36,13	9,32	29,78
36,9944	41,1446	60,91	76,62	18,74	101,05	40,14	36,38	35,61	0,77	40,24
35,4606	41,1431	348,10	73,99	17,35	685,07	336,97	47,72	40,56	7,16	26,27
37,9775	37,025	353,29	63,97	14,39	546,36	193,07	41,36	38,11	3,25	22,61
38,36	37,3389	556,80	65,79	15,33	612,00	55,20	42,64	41,67	0,97	23,15
39,7388	36,9116	493,59	75,52	18,29	452,70	-40,89	39,69	40,08	-0,39	35,83
37,8685	37,2482	410,99	64,25	14,90	598,94	187,95	42,36	39,78	2,57	21,90
38,9585	37,589	607,50	67,06	16,19	665,06	57,56	43,66	42,41	1,25	23,39
39,0712	37,172	492,90	66,60	15,64	580,81	87,91	42,00	40,34	1,67	24,59
39,0844	37,1738	496,25	67,45	16,56	889,48	393,23	48,62	40,38	8,24	18,83
39,7659	37,236	563,47	74,26	18,53	618,49	55,02	42,80	41,68	1,11	31,47
42,0604	37,9599	962,54	99,42	23,74	981,13	18,59	51,01	48,20	2,82	48,40
42,1936	38,084	1371,06	104,06	25,74	1563,42	192,36	67,48	57,40	10,08	36,58
41,7856	38,1631	715,44	104,78	26,07	906,43	190,99	49,16	47,23	1,93	55,62
42,1777	37,7475	1182,75	91,23	21,27	1216,79	34,04	56,97	55,42	1,54	34,27
41,6957	37,9297	697,34	98,94	24,07	758,19	60,85	45,84	44,33	1,51	53,11
42,1261	37,9921	921,71	99,40	23,87	846,31	-75,40	47,75	47,95	-0,20	51,65
42,5203	37,8497	1818,13	99,56	25,15	1853,78	35,65	78,19	80,06	-1,87	21,37
34,5865	41,9442	43,10	62,74	14,90	758,02	714,92	50,14	35,43	14,72	12,60
34,7778	41,4661	346,02	67,27	15,91	823,04	477,02	51,12	40,88	10,24	16,15
35,1854	41,4143	476,07	68,17	15,99	765,53	289,46	49,63	43,43	6,20	18,54
34,9014	41,8812	194,67	59,94	14,15	483,36	288,69	44,02	38,05	5,96	15,93
35,1871	41,802	72,13	60,49	14,17	736,66	664,53	49,24	55,23	-5,99	11,25
35,2008	41,8034	31,39	58,80	13,88	255,23	223,84	39,61	35,19	4,41	19,19
34,852	41,3259	456,74	72,67	17,37	743,23	286,49	49,07	42,09	6,98	23,60
34,3394	41,946	15,40	65,01	15,43	638,43	623,03	47,45	35,67	11,77	17,56
43,1701	37,5701	1547,75	91,42	21,23	2304,49	756,74	95,60	64,90	30,71	0,00
42,1854	37,3328	382,94	76,63	17,85	641,78	258,84	43,81	38,59	5,23	32,82
41,9139	37,4705	792,61	83,89	18,48	1167,63	375,02	54,97	45,61	9,36	28,93
42,9655	37,4143	2174,31	82,01	19,60	1831,00	-343,31	75,97	82,74	-6,76	6,04
38,1148	39,8751	1601,75	101,76	24,86	1793,67	191,92	77,92	70,77	7,15	23,84
38,3467	40,0835	1019,94	104,23	25,14	1586,02	566,08	72,16	57,38	14,78	32,07
36,7792	39,2316	1525,62	101,88	26,21	1632,47	106,85	70,47	67,30	3,17	31,41
36,4152	39,3482	1252,80	96,85	25,83	1500,82	248,02	66,59	58,74	7,85	30,26
38,1119	39,3735	1077,99	97,09	23,66	1576,43	498,44	69,66	53,44	16,22	27,43
37,5364	40,214	1303,37	91,31	22,30	1553,53	250,16	70,09	61,57	8,52	21,22
37,2817	38,7236	1386,20	103,02	25,71	1788,71	402,51	75,20	61,42	13,78	27,82
37,3718	39,8742	1281,44	91,84	21,77	1591,58	310,14	70,62	60,95	9,68	21,22
37,397	39,2022	1531,69	105,48	25,19	1681,25	149,56	72,13	68,12	4,01	33,35
37,829	40,2979	881,23	98,20	24,02	1544,34	663,11	71,26	52,02	19,24	26,94
37,0881	39,6809	1292,58	92,42	22,41	1493,97	201,39	66,77	64,10	2,68	25,65
38,0871	40,1662	1043,48	104,46	24,63	1463,80	420,32	68,37	54,64	13,74	36,09
37,0401	39,4442	1377,24	100,29	24,11	1539,39	162,15	67,86	62,98	4,88	32,43
37,7471	39,894	1386,96	100,40	24,01	1697,63	310,67	74,41	62,19	12,22	25,99

28,0003	41,2917	169,77	79,69	18,65	200,90	31,13	37,89	37,07	0,83	41,80
27,8055	41,166	149,47	82,07	19,34	133,74	-15,73	36,67	37,24	-0,56	45,40
27,115	40,615	14,14	93,16	21,94	306,18	292,04	39,53	34,66	4,87	53,63
26,9008	40,8973	266,14	94,20	21,89	173,11	-93,03	37,20	38,33	-1,13	57,00
27,6085	40,9751	13,87	87,40	20,38	158,41	144,54	37,02	36,42	0,60	50,38
27,5006	41,1716	82,81	84,85	19,92	116,92	34,11	36,36	35,77	0,59	48,48
27,9205	41,4437	158,11	81,63	20,08	197,04	38,93	37,90	36,91	1,00	43,72
36,9075	40,373	822,60	78,79	19,24	1358,46	535,86	64,34	48,72	15,61	14,45
36,5638	40,6823	234,01	72,20	18,54	791,40	557,39	49,89	38,08	11,81	22,30
36,5256	40,3133	723,37	71,82	17,90	1210,61	487,24	59,66	48,78	10,88	12,15
36,9414	40,5887	325,01	77,07	19,41	947,71	622,70	53,70	39,37	14,34	23,37
37,337	40,3923	527,83	84,27	21,11	1310,92	783,09	62,98	43,59	19,39	21,29
36,0862	39,9934	1034,64	84,99	20,83	1155,61	120,97	57,34	54,84	2,50	27,65
36,0761	40,3937	553,98	76,10	17,91	935,28	381,30	52,62	43,51	9,10	23,48
36,2202	40,0047	1090,90	80,55	20,23	1236,82	145,92	59,55	56,66	2,90	20,99
39,3877	41,0879	19,59	102,31	26,21	404,53	384,94	41,69	36,91	4,78	60,63
40,245	40,7467	347,64	105,97	24,86	1918,29	1570,65	88,72	42,37	46,34	17,25
39,5913	41,0159	15,13	102,84	25,97	702,97	687,84	48,75	34,89	13,86	54,09
39,1949	40,9428	319,13	102,16	26,07	1217,82	898,69	61,38	44,54	16,84	40,78
39,2333	41,0533	6,35	101,51	26,08	375,11	368,76	41,00	34,90	6,10	60,51
40,2484	40,8004	192,91	105,28	24,05	747,29	554,38	48,78	41,14	7,64	56,51
40,3681	40,8894	186,28	104,79	24,44	1435,65	1249,37	73,77	38,42	35,35	31,01
39,6097	40,8101	370,18	104,81	25,56	1696,58	1326,40	79,16	43,89	35,27	25,65
39,7291	40,8966	403,30	102,66	25,36	395,65	-7,65	41,35	38,94	2,41	61,31
40,3204	40,8819	458,89	104,10	24,35	301,65	-157,24	39,55	41,26	-1,71	64,55
40,1279	40,9046	95,23	105,03	24,32	888,43	793,20	54,98	36,65	18,32	50,06
39,291	40,888	728,53	102,91	26,05	1268,29	539,76	62,18	51,46	10,72	40,73
39,286	41,0468	43,49	102,32	26,21	770,06	726,57	50,18	35,11	15,07	52,14
38,9143	39,0612	990,24	78,66	19,45	1246,89	256,65	59,87	52,13	7,74	18,79
39,2243	39,1041	1510,96	80,53	19,69	1576,71	65,75	68,77	65,27	3,50	11,76
39,6075	39,0197	1416,96	83,79	20,12	1201,45	-215,51	57,41	61,04	-3,63	26,38
39,5762	39,1002	978,25	83,95	20,40	1449,71	471,46	65,49	51,24	14,25	18,45
39,8287	39,1798	1517,17	88,14	21,13	1673,05	155,88	72,92	64,66	8,26	15,22
39,2156	39,3585	1257,12	84,66	20,91	1988,85	731,73	87,11	58,46	28,66	0,00
39,3235	38,863	1053,12	77,42	18,71	1156,00	102,88	56,23	53,34	2,89	21,19
29,7594	38,7394	910,34	128,01	31,30	1146,14	235,80	55,61	49,77	5,83	72,40
28,9692	38,4007	832,28	116,48	29,24	753,65	-78,63	46,17	47,25	-1,09	70,31
29,5269	38,363	948,64	123,06	30,02	958,10	9,46	50,49	50,16	0,33	72,56
29,3874	38,6688	975,18	122,31	29,95	885,40	-89,78	49,27	50,45	-1,18	73,04
29,6783	38,4992	936,56	124,80	30,10	944,78	8,22	50,45	50,23	0,22	74,35
29,2888	38,4263	750,97	119,33	29,42	743,70	-7,27	45,92	46,03	-0,11	73,41
44,0436	38,7058	2204,76	117,82	28,31	2204,40	-0,36	91,82	88,26	3,56	26,00
43,904	39,1386	2043,09	120,55	28,37	2333,04	289,95	100,02	85,05	14,97	20,53
43,1018	38,0017	1849,28	109,73	26,50	2507,94	658,66	106,00	83,47	22,53	3,72
44,021	38,0429	2267,51	113,04	27,86	2396,53	129,02	100,12	90,92	9,20	12,92
42,807	38,107	1684,74	110,50	28,33	2534,80	850,06	109,29	69,81	39,48	1,22
43,3159	38,4068	1742,30	133,47	32,44	1774,77	32,47	73,94	72,34	1,60	59,53
43,3642	39,0291	1685,56	133,78	33,66	2184,04	498,48	94,86	71,22	23,63	38,92

43,5942	38,1273	2524,17	117,70	28,15	2553,71	29,54	109,19	112,08	-2,89	8,51
43,1028	38,3005	1708,37	123,62	31,05	2064,42	356,05	86,98	70,93	16,06	36,64
43,3586	38,5029	1674,79	135,07	32,45	1922,73	247,94	80,34	70,25	10,10	54,72
43,7655	38,9872	1703,87	131,70	31,03	2206,56	502,69	93,82	71,54	22,28	37,88
44,1598	38,5257	2213,25	114,92	28,84	2436,17	222,92	102,54	89,01	13,53	12,38
29,1096	40,6433	14,23	86,42	19,69	421,06	406,83	41,64	36,14	5,50	44,78
29,3454	40,6665	44,92	84,57	20,27	161,25	116,33	36,99	34,98	2,02	47,58
29,4884	40,6419	131,29	86,15	20,57	250,22	118,93	38,45	37,37	1,07	47,70
29,1751	40,5961	180,53	86,19	19,65	275,31	94,78	38,93	37,37	1,56	47,26
35,5177	39,2442	1223,98	107,66	29,13	1330,78	106,80	61,09	58,13	2,96	46,57
35,6424	39,3062	1350,59	103,92	27,47	1601,92	251,33	69,92	61,45	8,48	34,00
35,5015	40,0632	898,57	99,61	24,66	1098,81	200,24	55,95	50,97	4,98	43,66
35,8807	39,6631	1321,35	98,78	25,18	1392,83	71,48	63,95	61,62	2,33	34,83
35,2894	40,1294	905,69	101,57	24,57	1052,52	146,83	55,20	51,76	3,44	46,37
34,7576	39,5013	911,14	119,14	30,83	1055,34	144,20	54,15	51,01	3,15	64,99
35,2474	39,1892	1073,77	110,62	29,44	1174,18	100,41	56,78	54,08	2,70	53,85
35,7932	39,9953	1031,35	93,12	23,02	1128,25	96,90	56,73	53,59	3,14	36,39
35,4151	39,5219	1143,35	107,97	27,47	1226,30	82,95	58,60	55,80	2,80	49,38
35,5082	39,6866	1125,80	102,27	26,05	1123,19	-2,61	56,19	56,25	-0,06	46,08
35,3014	39,7898	1132,16	108,76	26,88	1192,18	60,02	58,05	55,36	2,69	50,71
35,0005	39,2131	1014,72	115,09	30,45	1080,07	65,35	54,42	53,01	1,40	60,67
34,4719	39,6456	763,88	118,74	30,46	936,02	172,14	51,58	47,30	4,28	67,16
32,0763	41,4332	35,72	75,07	17,94	172,90	137,18	37,51	35,25	2,27	37,55
31,3931	41,1789	68,38	84,43	19,75	171,72	103,34	37,33	35,29	2,05	47,10
31,4597	41,2769	109,56	82,62	19,63	405,93	296,37	41,84	36,17	5,68	40,78
32,1358	41,3076	61,77	77,62	18,83	452,71	390,94	42,65	35,53	7,13	34,96
31,8002	41,459	158,36	77,41	18,48	382,08	223,72	41,27	35,60	5,67	36,14
26,4071	39,6047	266,38	152,18	36,49	293,66	27,28	38,62	38,16	0,46	113,56
26,0231	39,8171	65,52	152,75	36,65	70,23	4,71	35,11	34,76	0,35	117,64
26,3302	40,2126	63,23	120,99	29,13	99,52	36,29	35,69	34,45	1,25	85,29
33,0792	40,6044	1265,07	89,06	20,79	1434,37	169,30	66,40	61,23	5,17	22,66
34,7832	41,0391	987,97	79,72	19,20	854,67	-133,30	51,31	56,30	-4,98	28,41
35,909	37,8024	708,07	76,35	18,79	1334,76	626,69	60,40	43,91	16,49	15,95
39,0315	38,0271	754,62	67,51	16,71	1041,58	286,96	52,95	44,63	8,32	14,55
38,6247	37,7832	719,35	69,47	16,82	742,72	23,37	45,82	44,78	1,04	23,66
38,6302	38,0323	1373,62	72,81	17,44	1306,54	-67,08	59,48	60,32	-0,84	13,33
30,5692	38,5462	1134,22	140,42	33,00	1316,87	182,65	59,83	54,77	5,06	80,59
31,3443	39,0119	981,24	124,04	29,94	1039,91	58,67	53,27	52,89	0,38	70,77
42,6783	39,8018	1814,45	134,38	35,70	2042,29	227,84	88,44	77,07	11,37	45,94
42,769	39,544	1584,29	134,09	37,13	1814,44	230,15	77,61	68,72	8,90	56,48
33,8387	38,7934	1239,68	101,52	25,42	1163,70	-75,98	55,98	56,53	-0,55	45,54
33,4132	38,3988	935,24	87,92	24,02	987,54	52,30	51,07	50,06	1,02	36,85
32,8827	39,7975	1147,98	106,01	24,24	1043,89	-104,09	54,26	56,16	-1,90	51,75
33,8067	39,0232	901,14	112,65	26,50	1057,35	156,21	53,63	50,09	3,54	59,01
32,8049	39,7854	990,91	108,32	25,74	1119,84	128,93	55,93	53,41	2,52	52,40
31,5281	37,1787	1513,51	93,45	22,53	1273,04	-240,47	58,07	65,25	-7,18	35,38
32,311	36,2777	31,68	91,51	20,95	1006,79	975,11	52,99	33,13	19,86	38,52
29,6497	36,2009	169,82	61,54	14,82	990,20	820,38	52,50	34,85	17,65	9,03

30,5447	36,6024	30,54	67,37	16,75	580,13	549,59	43,05	33,29	9,77	24,32
43,1971	41,1686	2155,49	123,34	30,48	2094,20	-61,29	94,52	96,20	-1,68	28,82
42,8446	41,3409	2066,20	115,42	30,05	2340,52	274,32	107,41	93,07	14,34	8,02
41,3081	41,3524	5,73	94,71	23,04	1234,98	1229,25	65,68	35,29	30,39	29,04
41,5754	41,2463	1139,20	96,28	23,12	1748,35	609,15	83,92	58,06	25,87	12,35
27,5979	37,8704	66,30	115,64	25,99	208,70	142,40	36,34	33,89	2,46	79,29
27,8343	37,5598	102,28	109,98	24,31	413,58	311,30	39,55	34,24	5,30	70,43
28,3265	37,9103	84,70	107,50	25,60	605,65	520,95	43,71	34,14	9,57	63,80
27,5793	39,7497	237,03	121,29	28,76	355,20	118,17	39,75	36,96	2,79	81,54
26,9727	39,5025	20,76	145,24	35,41	286,86	266,10	38,65	34,13	4,52	106,59
26,8392	39,3855	16,56	150,87	36,04	255,34	238,78	37,99	34,11	3,87	112,88
27,0958	39,5599	39,99	134,08	32,49	460,51	420,52	41,58	34,49	7,09	92,50
28,1589	39,6883	85,68	118,50	30,16	435,19	349,51	41,34	35,24	6,09	77,16
28,1752	39,2429	224,81	126,47	30,80	678,34	453,53	45,71	37,33	8,39	80,75
41,4207	38,1838	814,43	106,33	26,54	974,78	160,35	51,53	46,55	4,98	54,79
30,3118	40,2822	537,06	98,11	23,31	668,16	131,10	46,20	43,24	2,96	51,91
40,3488	39,3102	1510,24	93,40	22,69	1539,00	28,76	67,99	66,19	1,80	25,42
41,0443	38,9631	1351,53	114,45	28,45	1806,11	454,58	77,31	61,56	15,74	37,15
42,753	38,8088	1710,68	136,39	36,41	1891,39	180,71	80,61	71,01	9,60	55,78
42,1066	38,4097	1579,36	113,44	28,32	1707,08	127,72	72,28	67,12	5,16	41,16
42,2878	38,5	1654,05	125,66	32,56	1855,27	201,22	77,53	69,33	8,20	48,13
30,8173	40,3268	968,59	96,89	23,23	984,83	16,24	53,61	52,32	1,30	43,28
30,6122	37,6116	1223,64	148,97	34,24	1221,83	-1,81	56,69	57,83	-1,14	92,28
29,5393	36,9983	1198,76	74,62	17,99	1346,19	147,43	59,28	55,56	3,71	15,34
30,5746	37,458	796,76	115,71	28,31	868,88	72,12	48,37	46,36	2,01	67,34
29,8382	37,3778	1148,52	100,60	24,83	1307,39	158,87	58,64	54,02	4,62	41,96
29,774	37,3125	1163,51	91,55	21,99	1420,77	257,26	61,56	54,41	7,14	30,00
28,402	40,0412	24,32	107,55	26,51	362,58	338,26	40,31	34,64	5,66	67,25
29,3726	40,4536	109,79	90,35	21,66	295,43	185,64	39,29	35,46	3,84	51,06
29,1357	40,1864	175,87	100,39	22,61	439,21	263,34	42,16	37,44	4,72	58,24
30,9164	40,8477	325,43	86,63	20,42	260,29	-65,14	38,75	38,91	-0,16	47,88
31,4592	40,9587	442,41	87,61	20,89	832,89	390,48	50,70	42,71	7,99	36,92
29,6752	37,8263	871,86	116,62	29,36	1005,81	133,95	51,33	47,49	3,84	65,29
29,0757	37,9509	194,50	109,97	26,29	307,89	113,39	37,93	36,14	1,79	72,04
29,6046	37,9796	937,13	118,67	28,56	935,99	-1,14	49,86	50,74	-0,88	68,82
29,2665	37,7616	524,63	106,93	26,55	1035,65	511,02	53,10	41,38	11,73	53,83
40,2614	37,6698	811,63	76,82	18,94	892,64	81,01	48,73	46,78	1,95	28,09
39,3332	38,2373	1321,54	67,82	17,05	1289,61	-31,93	59,24	56,73	2,51	8,58
39,4632	38,1261	758,66	67,79	16,87	849,37	90,71	47,87	46,77	1,10	19,92
39,7668	38,0632	784,42	73,03	18,07	928,11	143,69	49,65	46,33	3,32	23,38
40,5013	38,2899	914,70	93,79	24,87	835,91	-78,79	47,62	49,59	-1,97	46,17
40,6323	38,05	744,95	101,06	25,38	809,54	64,59	47,11	45,96	1,15	53,95
26,0838	40,7255	17,71	107,42	26,31	68,18	50,47	35,47	37,56	-2,10	71,96
26,5576	40,8183	26,56	100,85	23,62	96,21	69,65	35,91	34,76	1,15	64,94
26,7371	41,841	164,70	91,97	21,44	292,47	127,77	39,86	37,51	2,35	52,11
26,6836	41,2593	46,48	95,24	22,25	78,86	32,38	35,84	35,29	0,55	59,40
38,7214	38,7683	925,33	75,49	18,31	1141,47	216,14	55,63	48,94	6,69	19,86
40,0399	39,8072	1521,79	84,42	20,62	2032,66	510,87	89,86	67,61	22,25	0,00

40,3803	39,7787	1440,75	83,04	19,91	1786,03	345,28	77,64	64,96	12,68	5,40
41,0017	40,4867	1223,21	102,39	25,26	2093,65	870,44	95,13	59,57	35,57	7,26
41,0832	39,9412	1770,65	97,10	24,09	2217,32	446,67	97,29	77,73	19,56	0,00
42,0978	39,3505	1560,50	130,40	35,88	1748,22	187,72	74,85	67,10	7,75	55,55
42,144	39,7032	2290,77	127,52	34,59	2152,28	-138,49	92,74	97,55	-4,82	34,78
42,1329	40,8432	1408,44	116,16	28,30	1813,86	405,42	82,46	65,30	17,16	33,70
41,6095	40,5757	1046,54	110,59	26,63	1681,13	634,59	76,20	58,00	18,20	34,40
31,4955	39,8651	1314,48	106,20	26,51	1020,54	-293,94	54,07	60,65	-6,58	52,13
36,6355	37,0224	518,48	60,46	13,79	737,80	219,32	45,37	40,67	4,70	15,10
38,4188	40,2917	1419,72	103,34	25,31	1606,24	186,52	73,53	63,11	10,42	29,81
39,133	41,0531	36,49	101,24	26,00	439,29	402,80	42,61	35,99	6,62	58,63
43,5929	37,3541	2105,72	102,44	23,08	1634,32	-471,40	68,28	81,17	-12,89	34,16
44,2799	37,5681	1875,10	109,78	25,66	2220,79	345,69	91,82	75,17	16,65	17,97
36,4258	36,5411	109,52	57,52	13,52	235,58	126,06	36,40	33,93	2,47	21,12
44,5166	39,8737	818,00	85,85	19,56	1348,18	530,18	70,90	48,60	22,31	14,94
44,1739	39,9707	841,90	88,22	19,10	837,65	-4,25	49,28	49,77	-0,49	38,94
30,5137	37,9587	1068,68	157,45	35,86	1155,05	86,37	55,07	51,89	3,18	102,38
31,0166	38,0976	962,22	143,56	33,17	1393,90	431,68	62,37	50,57	11,80	81,19
30,4491	38,08	1043,78	151,57	36,22	1428,19	384,41	62,94	52,78	10,16	88,63
29,0477	41,0352	20,94	78,76	18,25	119,18	98,24	36,44	35,70	0,74	42,32
29,1319	40,987	119,96	76,74	17,26	97,63	-22,33	35,98	36,35	-0,36	40,76
28,7216	41,0246	2,00	75,13	17,07	65,56	63,56	35,55	36,39	-0,83	39,57
28,8349	40,9808	12,81	75,60	17,30	36,33	23,52	35,15	34,65	0,49	40,45
28,7316	41,1036	67,94	74,15	16,84	99,94	32,00	36,08	35,16	0,92	38,07
28,6855	41,0529	54,20	74,75	16,88	95,92	41,72	35,98	35,65	0,33	38,77
28,9788	41,0829	6,93	74,60	16,88	63,00	56,07	35,53	35,25	0,29	39,07
26,2969	38,3207	13,24	108,57	25,37	84,09	70,85	34,57	34,32	0,25	74,00
27,0561	38,3884	41,09	105,52	24,30	124,39	83,30	35,25	34,50	0,75	70,26
27,1748	39,1134	55,23	137,10	32,88	370,97	315,74	39,90	34,41	5,49	97,20
26,5111	38,6431	67,05	112,38	27,18	315,66	248,61	38,52	34,42	4,10	73,87
27,417	38,4288	197,15	108,46	24,78	523,02	325,87	42,25	37,89	4,35	66,21
37,1918	38,203	1137,73	89,21	22,31	1553,14	415,41	66,90	54,54	12,36	22,31
37,4403	37,9607	1357,96	75,78	18,74	1655,33	297,37	70,35	59,42	10,93	5,43
29,866	39,2098	1036,79	125,98	29,46	1182,22	145,43	56,99	53,09	3,90	68,99
33,4612	42,004	37,27	74,30	18,60	553,71	516,44	45,19	37,28	7,91	29,11
34,4633	41,6261	432,36	65,63	15,53	929,05	496,69	53,86	41,90	11,96	11,77
34,0376	41,0156	841,21	79,54	19,29	1171,44	330,23	59,84	49,32	10,52	19,69
35,2221	38,6185	1120,10	99,78	27,75	1277,04	156,94	59,45	54,94	4,51	40,33
35,858	38,8491	1326,46	98,85	27,46	1492,52	166,06	65,34	60,59	4,75	33,51
35,5183	38,727	1058,88	99,16	28,27	1092,29	33,41	54,08	53,24	0,84	45,09
35,362	38,1101	1167,11	83,25	21,30	1468,30	301,19	64,04	55,75	8,30	19,20
33,6988	39,6458	1088,89	118,48	27,68	995,03	-93,86	52,72	54,67	-1,96	65,76
33,5182	39,8313	719,28	116,31	26,64	984,68	265,40	52,66	47,49	5,17	63,65
27,0921	41,4274	56,41	90,36	20,68	95,38	38,97	36,17	35,47	0,71	54,19
27,2284	41,8124	389,12	92,86	21,70	326,65	-62,47	40,47	41,23	-0,77	52,39
29,4234	40,8041	137,63	81,20	19,60	209,91	72,28	37,88	37,15	0,73	43,33
29,7598	40,7606	8,78	81,27	19,34	288,86	280,08	39,26	34,92	4,33	42,01
31,4245	38,3589	1015,64	114,78	25,67	1223,71	208,07	57,69	51,88	5,81	57,09

37,3934	37,3934	1254,19	107,06	24,78	1526,37	272,18	64,59	45,89	18,70	42,47
34,0488	37,5081	1057,69	82,05	20,27	1186,46	128,77	55,70	52,00	3,70	26,35
31,9071	38,2807	1034,24	102,11	24,18	1250,11	215,87	57,77	52,28	5,49	44,34
33,0714	39,0948	994,66	104,08	26,59	991,66	-3,00	51,99	52,06	-0,06	52,09
32,5408	38,1039	1085,52	86,08	22,09	1182,28	96,76	55,90	52,95	2,96	30,18
32,4932	36,9261	1583,74	91,98	22,15	1770,55	186,81	71,55	59,92	11,63	20,42
32,0925	37,2922	1104,29	97,92	23,35	1141,61	37,32	53,95	52,98	0,97	43,97
28,5334	38,34	233,30	109,37	24,77	474,61	241,31	41,30	36,85	4,44	68,08
28,289	38,9313	659,43	116,31	27,95	696,91	37,48	45,61	43,30	2,31	70,70
28,4296	38,7745	369,60	109,44	25,76	424,76	55,16	40,33	39,84	0,49	69,11
27,5627	38,7291	36,56	117,46	27,42	225,32	188,76	37,11	34,10	3,01	80,35
28,866	38,7451	450,42	119,64	29,42	700,74	250,32	45,51	40,50	5,01	74,12
40,2684	37,3595	782,57	79,51	19,03	719,69	-62,88	44,90	45,63	-0,74	34,61
40,8219	37,3387	809,81	90,32	20,83	1114,44	304,63	53,21	47,43	5,79	37,11
33,4498	36,3425	992,35	90,13	19,35	937,19	-55,16	49,29	49,32	-0,03	40,84
33,4322	36,634	336,40	90,09	20,48	957,50	621,10	51,13	36,97	14,15	38,96
34,897	36,9229	26,69	71,45	16,90	593,87	567,18	44,86	33,27	11,59	26,58
29,3799	36,9348	1370,61	81,88	18,89	253,99	-1116,62	36,68	54,96	-18,28	45,20
27,8228	37,2117	194,49	99,74	22,59	365,80	171,31	38,80	35,32	3,48	60,94
28,1429	37,3329	367,30	96,46	21,52	672,62	305,32	44,27	38,39	5,88	52,19
41,7854	38,7351	1296,74	128,35	32,87	1703,46	406,72	72,06	59,41	12,65	56,29
41,454	39,1733	1522,88	120,28	30,24	1971,64	448,76	85,24	66,97	18,27	35,05
34,8447	38,7137	928,19	108,82	29,70	1214,64	286,45	57,50	50,39	7,11	51,32
34,5581	37,8869	1124,33	80,81	19,92	1379,67	255,34	61,78	54,24	7,54	19,04
37,2454	41,0945	135,55	82,90	20,48	351,06	215,51	40,60	36,75	3,84	42,30
37,607	40,7885	1185,16	86,97	22,12	952,50	-232,66	53,07	58,64	-5,57	33,90
37,447	40,7521	461,46	85,86	21,70	679,59	218,13	46,79	42,37	4,41	39,08
37,7731	41,0845	37,20	88,85	22,72	300,16	262,96	39,57	38,43	1,14	49,28
36,5487	37,1575	741,38	61,58	14,20	760,03	18,65	45,53	45,61	-0,08	16,04
40,3727	41,0051	103,97	101,17	24,33	200,17	96,20	37,73	37,18	0,55	63,44
40,4281	41,0216	57,85	100,62	24,06	228,06	170,21	38,22	35,44	2,78	62,40
40,4446	40,9254	129,07	103,08	23,88	520,98	391,91	43,74	36,82	6,92	59,34
40,8899	41,1758	71,74	97,45	23,72	265,77	194,03	39,00	35,58	3,42	58,45
30,4869	40,939	45,40	83,01	19,23	68,52	23,12	35,61	35,55	0,05	47,40
30,3077	41,0333	60,78	81,23	18,65	63,14	2,36	35,53	35,34	0,19	45,70
30,2614	40,6897	58,74	87,67	20,45	156,60	97,86	37,00	35,24	1,77	50,67
36,7218	41,1985	25,31	72,15	18,09	63,46	38,15	35,74	35,10	0,65	36,41
35,7375	41,0684	624,39	75,21	17,63	812,72	188,33	49,83	44,80	5,03	25,38
36,0784	41,4945	16,48	63,96	14,86	194,50	178,02	38,07	35,10	2,98	25,89
36,4745	41,1799	196,66	70,63	17,06	360,03	163,37	40,84	36,48	4,37	29,79
35,5305	41,6312	17,14	61,74	14,31	280,21	263,07	39,57	35,65	3,92	22,17
38,9483	36,7132	365,07	64,75	15,30	410,13	45,06	38,98	38,14	0,84	25,77
39,0243	36,8631	362,87	67,14	15,81	409,83	46,96	38,97	38,33	0,63	28,18
38,4269	36,9841	501,60	64,21	14,56	551,21	49,61	41,39	40,47	0,92	22,82
35,2655	41,6514	188,26	63,04	14,70	708,53	520,27	48,37	40,44	7,93	14,67
41,8223	37,2773	874,64	83,20	18,83	675,17	-199,47	43,79	47,87	-4,08	39,41
42,4521	37,5165	1302,80	83,56	19,84	1507,92	205,12	65,73	55,93	9,80	17,84
37,246	37,246	495,40	77,09	18,40	854,07	358,67	48,18	47,48	0,70	28,90

38,6107	40,0612	1335,72	102,12	25,52	1527,23	191,51	68,62	61,63	7,00	33,50
36,0713	39,1838	1217,60	100,26	27,48	1431,27	213,67	64,44	57,27	7,17	35,82
36,6004	39,871	1360,64	85,17	21,39	1463,63	102,99	66,17	63,43	2,73	19,00
27,1057	41,2125	66,26	89,20	20,50	99,15	32,89	36,10	35,54	0,56	53,09
27,9004	40,9995	19,14	80,85	18,94	68,42	49,28	35,60	34,98	0,63	45,25
36,2986	40,115	1196,04	78,07	19,30	1289,97	93,93	61,21	58,25	2,96	16,86
37,1697	40,546	37,17	78,81	19,80	1118,43	1081,26	57,81	64,56	-6,75	21,00
36,2928	40,2792	591,54	75,32	18,35	1198,99	607,45	59,27	45,61	13,66	16,05
35,892	40,299	721,65	88,15	21,24	1022,63	300,98	54,37	47,01	7,37	33,78
39,9511	40,7519	710,21	105,18	24,63	1121,59	411,38	61,21	46,16	15,05	43,97
39,934	40,9537	6,55	104,11	24,80	727,42	720,87	48,88	36,21	12,67	55,22
39,3808	40,8384	1041,38	103,51	26,11	1332,56	291,18	64,49	62,42	2,07	39,02
40,108	40,7093	1422,97	105,87	24,31	1541,50	118,53	72,97	61,42	11,55	32,90
39,851	40,9636	3,08	103,97	25,23	958,64	955,56	55,39	39,95	15,44	48,58
39,8961	39,4858	1489,53	86,19	20,72	1991,63	502,10	85,67	68,15	17,52	0,52
28,8526	40,5205	248,95	88,99	20,45	437,15	188,20	41,82	37,74	4,09	47,17
29,2662	40,6436	20,74	85,91	20,13	206,57	185,83	37,74	35,35	2,40	48,17
34,8122	39,8152	1342,66	115,33	28,61	1215,79	-126,87	58,76	66,01	-7,25	56,57
31,9612	41,2205	104,87	82,11	19,72	599,11	494,24	45,47	37,41	8,06	36,65

EK-4: İl ortalama radyoaktivite değerleri için çalışmada kullanılan verilerin tutarlılık tablosu. (TAEK- ATLAS ortalama verileri Türkiye radyoaktivite atlasında (Oğuz vd., 2013; TENMAK-NUKEN, 2022), rapor edilen değerlerdir.)

ID	ŞEHİR	İLÇE	Ra226 (Bq/kg)	Bu çalışma Ra226 il Ortalaması	Ra226 TAEK-ATLAS il Ortalaması	Th232 (Bq/kg)	Bu çalışma Th232 il Ortalaması	Th232 TAEK-ATLAS il Ortalaması	K40 (Bq/kg)	Bu çalışma K40 il Ortalaması	K40 TAEK-ATLAS il Ortalaması
1	Çanakkale	Çan	64,7	36,74	36,74	46,6	42,77	42,70	466,7	512,63	512,63
2	Çanakkale	Ayvacık	36,4			38,6			590,3		
3	Çanakkale	Bayramiç	18,4			39,2			466,5		
4	Çanakkale	Biga	26,5			37,8			364,3		
5	Çanakkale	Bozcaada	37,4			73,5			673,6		
6	Çanakkale	Eceabat	38,6			19,8			352,7		
7	Çanakkale	Ezine	64,3			95,4			846,6		
8	Çanakkale	Gökçeada	9,3			9,2			282,6		
9	Çanakkale	Gelibolu	64,5			38,2			558,6		
10	Çanakkale	Lapseki	25,6			39,4			542,6		
11	Çanakkale	Merkez	37,4			47,8			584		
12	Çanakkale	Yenice	17,8			27,8			423,1		
13	Çankırı	Çerkeş	16,6	27,8	27,88	37,1	33,22	33,22	430,2	407,02	407,02
14	Çankırı	Atkaracalar	24,3			17,2			230,2		
15	Çankırı	Şabanözü	19,5			27,1			418,3		
16	Çankırı	Bayramören	25,6			27,3			341,1		
17	Çankırı	Eldivan	15,3			18,7			251,1		
18	Çankırı	İlgaz	14,2			27,1			465,3		
19	Çankırı	Kızılırmak	27,1			34,1			449,3		
20	Çankırı	Korgun	56,4			68,7			284,4		
21	Çankırı	Kurşunlu	15,2			37,2			342,2		
22	Çankırı	Merkez	24,5			18,2			354,3		
23	Çankırı	Orta	53,4			67,3			912,3		
24	Çankırı	Yapraklı	42,5			18,7			405,6		

25	Çorum	İskilip	7,4	20,77	20,71	16,6	26,66	26,66	253,4	453,02	453,02
26	Çorum	Alaca	15,3			28,6			375,2		
27	Çorum	Bayat	27,4			28,5			549,5		
28	Çorum	Boğazkale	14,9			21,6			343,2		
29	Çorum	Dodurga	22,1			23,1			474,4		
30	Çorum	Kargı	33,2			52,3			762,1		
31	Çorum	Laçın	23,4			21,4			432,2		
32	Çorum	Mecitözü	24,5			21,6			435,5		
33	Çorum	Merkez	22,1			31,2			430,1		
34	Çorum	Oğuzlar	23,1			31,3			523,3		
35	Çorum	Ortaköy	14,2			22,1			345,2		
36	Çorum	Osmancık	22,3			22,06			524,6		
37	Çorum	Sungurlu	17,2			21,1			447,4		
38	Çorum	Uğurludağ	23,8			31,8			446,3		
39	Adana	İmamoğlu	19,98	26,11	26,41	9,8	34,69	34,69	386,5	447,8	447,88
40	Adana	Aladağ	19,92			9,85			81,1		
41	Adana	Ceyhan	29,98			46,5			605,5		
42	Adana	Feke	29,99			86,9			1079		
43	Adana	Karaisali	29,99			33,6			620,8		
44	Adana	Karataş	19,97			7,9			289,6		
45	Adana	Kozan	39,96			58,2			555,2		
46	Adana	Pozantı	19,99			4,3			52,3		
47	Adana	Saimbeyli	19,9			37,8			539,6		
48	Adana	Seyhan	29,9			45,8			464,4		
49	Adana	Tufanbeyli	29,99			56,7			270,1		
50	Adana	Yüreğir	29,9			34,9			534,8		
51	Adana	Yumurtalık	19,9			18,8			342,7		
52	Adıyaman	Çelikhan	39,87	23,98	23,98	48,21	29,09	29,09	785,3	402,26	402,2
53	Adıyaman	Besni	29,6			9,1			79,1		
54	Adıyaman	Gölbasi	28,5			39,8			479,1		
55	Adıyaman	Gerger	9,8			39,5			1024		
56	Adıyaman	Kahta	9,76			28,9			392,1		
57	Adıyaman	Merkez	9,98			9,4			96,5		
58	Adıyaman	Samsat	29,95			28,24			180,8		
59	Adıyaman	Sincik	28,81			48,92			391,8		
60	Adıyaman	Tut	29,56			9,8			192,2		
61	Afyon	İhsaniye	66,6	66,31	66,3	112,2	74,52	74,52	691,4	548,28	548,28
62	Afyon	İscehisar	109,7			118,3			794,6		
63	Afyon	Çay	89,1			82,4			896,3		
64	Afyon	Çobanlar	73,6			46,6			275,8		
65	Afyon	Şuhut	69,9			132,3			679,8		
66	Afyon	Başmakçı	38,4			37,5			193,3		
67	Afyon	Bayat	38,3			28,1			333,3		
68	Afyon	Bolvadin	70,6			71,2			682,9		
69	Afyon	Dazkırı	24,3			54,6			274,9		
70	Afyon	Dinar	26,4			26,9			284,6		
71	Afyon	Emirdağ	108,3			109,4			1242		
72	Afyon	Evciler	34,5			37,1			173,9		
73	Afyon	Hocalar	55,4			44,3			176,8		
74	Afyon	Kızılören	110,2			140,1			779,8		
75	Afyon	Merkez	114,8			91,3			985,4		
76	Afyon	Sandıklı	67,2			87,3			182		
77	Afyon	Sincanlı	84,5			86,9			774,8		
78	Afyon	Sultandağı	47,8			34,8			447,9		
79	Agri	Diyadin	39,7	25,95	25,95	38,6	34,06	34,06	550,8	494,35	494,35
80	Agri	Doğubeyazıt	19,8			9,9			495,6		
81	Agri	Eleşkirt	19,5			18,95			392,8		
82	Agri	Hamur	9,6			23,9			371,6		
83	Agri	Merkez	9,7			19,7			255,3		
84	Agri	Patnos	29,6			53,8			798,2		
85	Agri	Taşlıçay	39,8			38,4			498,6		
86	Agri	Tutak	39,9			69,2			591,9		
87	Aksaray	Ağaçören	38,4	33,4	33,4	67,4	54,6	54,6	512,3	683,9	683,99
88	Aksaray	Eskil	49,54			47,6			410,3		
89	Aksaray	Gülağaç	19,8			37,6			421,2		

90	Aksaray	Güzelyurt	48,8			56,6			611,2		
91	Aksaray	Merkez	39,46			48,9			512,3		
92	Aksaray	Ortaköy	18,7			37,6			810,2		
93	Aksaray	Sarıyahşi	19,1			86,5			1510		
94	Amasya	Göynücek	24,3			36,8			389,2		
95	Amasya	Gümüşhacıköy	32,3			37,5			650,5		
96	Amasya	Hamamözü	14,6			27,9			389,2		
97	Amasya	Merkez	14,2	19,16	19,16	8,5	24,63	24,63	199,1	425,08	425,08
98	Amasya	Merzifon	21,4			25,4			486,5		
99	Amasya	Suluova	4,16			9,2			373,5		
100	Amasya	Taşova	23,2			27,15			487,6		
101	Ankara	Çamlıdere	74,98			124,6			698		
102	Ankara	Çankaya	29,95			39,3			498,9		
103	Ankara	Çubuk	9,75			18,4			198,1		
104	Ankara	Akyurt	9,76			11,2			196,8		
105	Ankara	Altındağ	29,9			49,83			696,4		
106	Ankara	Ayaş	9,6			15,4			198,5		
107	Ankara	Şultan Koçhisar	74,8			99,3			699,8		
108	Ankara	Bala	39,3			38,9			399,8		
109	Ankara	Beypazarı	29,6			37,9			499,7		
110	Ankara	Elmadağ	9,8			13,4			395,6		
111	Ankara	Etimesgut	39,76			39,36			498,7		
112	Ankara	Evren	39,6	31,17	31,16	59,9	39,84	39,84	599,9	498,24	498,24
113	Ankara	Gölbaşı	9,6			10,3			294,9		
114	Ankara	Güdül	9,9			13,4			197,8		
115	Ankara	Haymana	19,98			19,6			299,8		
116	Ankara	Kızılcahamam	49,6			74,8			697,3		
117	Ankara	Kalecik	29,9			39,92			498,8		
118	Ankara	Kazan	49,96			39,02			499,7		
119	Ankara	Keçiören	29,89			39,25			597,6		
120	Ankara	Mamak	29,4			39,8			597,9		
121	Ankara	Nallıhan	9,8			14,9			999,9		
122	Ankara	Polatlı	29,5			39,9			598		
123	Ankara	Sincan	29,99			38,75			496		
124	Ankara	Yenimahalle	29,7			39,1			599,9		
125	Antalya	İbradi	26,6			44,9			545,3		
126	Antalya	Akseki	14,4			26,4			331,2		
127	Antalya	Alanya	26,4			26,5			445,6		
128	Antalya	Elmalı	14,1			9,7			338		
129	Antalya	Finike	14,7			9,6			178,3		
130	Antalya	Gündoğmuş	44,3			29,54			339,6		
131	Antalya	Gazipaşa	26,4			38,4			546		
132	Antalya	Kaş	13,2	25,72	25,72	9,2	24,53	24,53	153,2	326,16	326,16
133	Antalya	Kale	78,5			73,8			340,1		
134	Antalya	Kemer	34,2			38,75			333,2		
135	Antalya	Korkuteli	14,5			28,7			457,3		
136	Antalya	Kumluca	6,2			4,6			150,3		
137	Antalya	Manavgat	25,4			9,6			286,9		
138	Antalya	Merkez	24,4			8,9			159,9		
139	Antalya	Serik	22,6			9,5			287,5		
140	Ardahan	Çıldır	27,5			43,22			454,6		
141	Ardahan	Damal	37,45			54,3			565,4		
142	Ardahan	Göle	36,95	28,41	28,41	54,2	42,42	42,42	466,5	440,75	440,75
143	Ardahan	Hanak	26,46			44,1			466,6		
144	Ardahan	Merkez	25,6			34,4			346,2		
145	Ardahan	Posof	16,5			24,3			345,2		
146	Artvin	Ardanuç	27,4			38,4			544,8		
147	Artvin	Arhavi	26,9			6,3			142,7		
148	Artvin	Şavşat	14,5			27,4			540,9		
149	Artvin	Borçka	25,3	24,95	24,95	5,01	22,65	22,65	462,3	597,81	597,81
150	Artvin	Hopa	58,4			29,5			377,7		
151	Artvin	Merkez	6,4			42,3			745,5		
152	Artvin	Murgul	6,5			5,8			435,3		
153	Artvin	Yusufeli	34,2			26,5			1533		

154	Aydın	İncirliova	18,3	23,01	23,01	28,7	26,11	26,11	545,4	535,1	535,1
155	Aydın	Çine	35,5			38,3			823,4		
156	Aydın	Bozdoğan	46,1			29,6			954,5		
157	Aydın	Buharkent	37,9			37,1			466,7		
158	Aydın	Didim(yenihisar)	19,4			47,5			503,3		
159	Aydın	Germencik	27,3			28,3			605,2		
160	Aydın	Köşk	18,6			8,7			606,1		
161	Aydın	Karacasu	15,3			8,4			115,3		
162	Aydın	Karpuzlu	15,6			28,5			932,5		
163	Aydın	Koçarlı	15,2			36,7			521,2		
164	Aydın	Kuşadası	26,4			26,6			333,2		
165	Aydın	Kuyucak	16,6			26,9			330,1		
166	Aydın	Merkez	24,7			32,4			821		
167	Aydın	Nazilli	24,1			36,4			409,2		
168	Aydın	Söke	33,2			9,2			360,4		
169	Aydın	Sultanhisar	4,7			4,3			365,2		
170	Aydın	Yenipazar	12,4			16,3			404,1		
171	Balıkesir	İvrindi	24,4	28,1	28,1	35,4	44,02	44,01	832,5	542,02	542,05
172	Balıkesir	Ayvalık	59,8			55,4			547,7		
173	Balıkesir	Balya	60,1			71,2			690,4		
174	Balıkesir	Bandırma	7,4			15,4			787,8		
175	Balıkesir	Bigadiç	23,9			46,3			995,5		
176	Balıkesir	Burhaniye	33,2			55,5			642,7		
177	Balıkesir	Dursunbey	7,7			14,6			286,4		
178	Balıkesir	Edremit	43,6			91,4			855,8		
179	Balıkesir	Erdek	15,4			15,8			573,7		
180	Balıkesir	Gömeç	7,6			3,6			85,6		
181	Balıkesir	Gönen	24,3			56,9			655,4		
182	Balıkesir	Havran	48,4			72,8			659,2		
183	Balıkesir	Kepsut	23,4			45,6			467,3		
184	Balıkesir	Manyas	15,3			37,6			174,4		
185	Balıkesir	Marmara	32,3			45,8			534,2		
186	Balıkesir	Merkez	23,1			35,4			439,6		
187	Balıkesir	Sındırgı	33,4			46,1			457,7		
188	Balıkesir	Savaştepe	25,2			54,4			362,6		
189	Balıkesir	Susurluk	25,5			37,2			249,9		
190	Bartın	Amasra	27,71	27,06	27,06	24,5	33,27	32,27	469,8	427,23	427,23
191	Bartın	Kurucaşile	26,93			34,58			386,4		
192	Bartın	Merkez	26,3			38,7			386,4		
193	Bartın	Ulus	27,3			35,3			466,3		
194	Batman	Beşiri	26,5	30,17	30,17	33,6	30,58	30,58	432,1	471,17	471,17
195	Batman	Gercüş	44,5			23,28			534,3		
196	Batman	Hasankeyf	24,3			24,81			351,1		
197	Batman	Kozluk	25,1			24,2			538,1		
198	Batman	Merkez	26,3			34,4			431,3		
199	Batman	Sason	34,32			43,2			720,1		
200	Bayburt	Aydıntepe	24,3	18,7	18,71	15,9	15,93	15,93	540,3	398,09	398,09
201	Bayburt	Demirözü	16,1			15,96			373,8		
202	Bayburt	Merkez	15,7			15,93			280,2		
203	Bilecik	İnhisar	27,5	29,57	29,57	30,04	37,32	37,32	485,6	513,64	513,64
204	Bilecik	Bozüyük	32,4			52,1			774,7		
205	Bilecik	Gölpazarı	34,2			53,2			476,8		
206	Bilecik	Merkez	17,8			22,6			379,6		
207	Bilecik	Osmaneli	15,7			23,4			474,5		
208	Bilecik	Pazaryeri	32,2			32,75			185,4		
209	Bilecik	Söğüt	59,2			52,4			854,8		
210	Bilecik	Yenipazar	17,6			32,1			477,8		
211	Bingöl	Adaklı	60,3	38,04	38,04	72,6	43,04	48,04	639,8	499,33	499,33
212	Bingöl	Genç	45,54			44,2			521,3		
213	Bingöl	Karlıova	63,8			62,3			617,3		
214	Bingöl	Kığı	9,3			14,6			302,4		
215	Bingöl	Merkez	35,7			42,3			529,3		
216	Bingöl	Solhan	36,3			54,8			542,1		
217	Bingöl	Yayladere	8,9			24,55			232,2		

218	Bingöl	Yedisu	44,5			69,01			610,3		
219	Bitlis	Adilcevaz	18,3			26,1			321		
220	Bitlis	Ahlat	56,4			68,4			912,3		
221	Bitlis	Güroymak	36,4			44,2			738,4		
222	Bitlis	Hizan	26,2	42,04	42,04	52,35	55,46	55,46	736,1	714,64	714,64
223	Bitlis	Merkez	53,4			81,6			1058		
224	Bitlis	Mutki	32,1			35,4			520,9		
225	Bitlis	Tatvan	78,5			80,2			715,4		
226	Bolu	Dörtdivan	21,6			24,1			463,8		
227	Bolu	Göynük	53,1			53,6			1072		
228	Bolu	Gerede	9,8			25,4			429,5		
229	Bolu	Kıbrısçık	9,7			25,6			225,5		
230	Bolu	Mengen	22,5	20,54	20,58	24,3	27,52	27,52	345,1	468,43	468,43
231	Bolu	Merkez	14,3			14,5			345,3		
232	Bolu	Mudurnu	14,4			23,3			438,9		
233	Bolu	Seben	23,8			32,7			543,3		
234	Bolu	Yeniçağa	15,7			24,2			352,7		
235	Burdur	Çavdır	4,6			13,8			186,4		
236	Burdur	Çeltikçi	25,4			33,4			412,4		
237	Burdur	Ağlasun	34,4			54,3			534,1		
238	Burdur	Altınyayla	13,4			7,1			174,6		
239	Burdur	Bucak	53,5			44,3			432,6		
240	Burdur	Göhlisar	14,5	18,37	18,37	23,4	21,46	21,46	316,7	296,14	296,14
241	Burdur	Karamanlı	6,2			7,4			194,4		
242	Burdur	Kemer	14,3			14,9			242,7		
243	Burdur	Merkez	14,3			14,8			353,2		
244	Burdur	Tefenni	14,8			15,3			254,2		
245	Burdur	Yeşilova	6,7			7,4			156,3		
246	Bursa	İnegöl	33,5			34,6			613,3		
247	Bursa	İznik	25,3			26,7			534,5		
248	Bursa	Büyükorhan	18,7			35,2			538,6		
249	Bursa	Gürsu	8,5			8,5			203,5		
250	Bursa	Gemlik	34,2			37,8			534,4		
251	Bursa	Harmancık	6,3			26,2			210,1		
252	Bursa	Karacabey	55,1			73,4			1094		
253	Bursa	Keles	55,4			64,5			308,5		
254	Bursa	Kestel	8,6	23,83	23,83	22,6	32,51	32,5	400,3	458,57	458,57
255	Bursa	Mudanya	8,3			18,1			220,5		
256	Bursa	Mustafa Kemalpaşa	16,5			36,4			533,5		
257	Bursa	Nilüfer	6,75			6,4			223,6		
258	Bursa	Orhaneli	58,3			54,2			543,2		
259	Bursa	Orhangazi	24,3			35,3			435,6		
260	Bursa	Osmangazi	31,7			44,5			839,4		
261	Bursa	Yıldırım	6,8			5,7			228,6		
262	Bursa	Yenişehir	6,9			22,6			333,8		
263	Düzce	Çilimli	3,1			13,2			187,8		
264	Düzce	Akçakoca	33,2			32,4			386,7		
265	Düzce	Cumayeri	23,1			23,46			378,7		
266	Düzce	Gölyaka	43,2	23,39	23,39	22,1	21,78	21,78	462,4	340,06	340,06
267	Düzce	Gümüşova	14,1			22,1			182,5		
268	Düzce	Kaynaşlı	23,84			22,3			560,2		
269	Düzce	Merkez	14,3			23,1			184,1		
270	Düzce	Yığılca	32,3			15,6			378,1		
271	Denizli	Çal	22,7			25,4			667,4		
272	Denizli	Çameli	7,2			14,5			224,5		
273	Denizli	Çardak	16,4			15,6			245,4		
274	Denizli	Çivril	53,6			54,2			818,6		
275	Denizli	Acıpayam	7,3			9,2			85,4		
276	Denizli	Akköy	15,5	17,58	17,58	14,8	18,68	18,68	86,3	295,67	295,67
277	Denizli	Babadağ	22,1			32,4			1050		
278	Denizli	Baklan	15,88			16,4			303,4		
279	Denizli	Bekilli	15,6			24,5			132,4		
280	Denizli	Beyağaç	6,98			4,8			85,6		
281	Denizli	Bozkurt	16,6			14,3			85,75		

282	Denizli	Buldan	16,9			15,4			202,4		
283	Denizli	Güney	16,2			14,4			203,3		
284	Denizli	Honaz	22,4			33,5			510,4		
285	Denizli	Kale	16,4			14,3			206,5		
286	Denizli	Merkez	16,78			13,83			301,1		
287	Denizli	Sarayköy	22,4			15,6			83,8		
288	Denizli	Serinhisar	16,1			14,03			212,9		
289	Denizli	Tavas	7,09			7,8			112,3		
290	Diyarbakır	Çınar	25,6			28,6			254,4		
291	Diyarbakır	Çüngüş	17,08			28,4			467,9		
292	Diyarbakır	Çermik	17,06			6,7			535,6		
293	Diyarbakır	Bismil	16,08			28,09			385,3		
294	Diyarbakır	Dicle	17,83			15,7			375,3		
295	Diyarbakır	Eğil	36,5			4,99			165,3		
296	Diyarbakır	Ergani	28,5			7,3			353,7		
297	Diyarbakır	Hani	24,09	23,45	23,45	16,7	19,76	19,76	345,6	368,7	368,7
298	Diyarbakır	Hazro	42,01			26,3			275,3		
299	Diyarbakır	Kocaköy	22,4			18,97			267,5		
300	Diyarbakır	Kulp	22,9			38,4			761,3		
301	Diyarbakır	Lice	23,4			16,4			354,5		
302	Diyarbakır	Merkez	17,8			24,5			253,6		
303	Diyarbakır	Silvan	17,09			15,6			367,3		
304	Edirne	İpsala	19,1			29,7			754,5		
305	Edirne	Enez	38,7			37,93			665,8		
306	Edirne	Havsa	19,3			27,5			775		
307	Edirne	Keşan	29,8			27,97			386,4		
308	Edirne	Lalapaşa	9,6	25,86	25,86	8,87	29,07	29,07	94,3	638,28	638,28
309	Edirne	Meriç	58,6			37,01			663,5		
310	Edirne	Merkez	29,05			37,8			770,3		
311	Edirne	Süleoğlu	18,9			37,1			769,2		
312	Edirne	Uzunköprü	9,7			17,8			865,5		
313	Elazığ	Ağın	27,95			17,6			256,5		
314	Elazığ	Alacakaya	26,06			27,4			321,5		
315	Elazığ	Aricak	28,1			36,4			333,2		
316	Elazığ	Baskil	18,7			17,3			342,7		
317	Elazığ	Karakoçan	36,6			44,04			526,5		
318	Elazığ	Keban	136,6	33,72	33,72	62,8	25,35	25,35	821,4	404,68	404,68
319	Elazığ	Kovancılar	26,3			17,74			335,6		
320	Elazığ	Maden	18,9			17,2			444,1		
321	Elazığ	Merkez	27,4			17,02			362,3		
322	Elazığ	Palu	16,08			16,5			421,2		
323	Elazığ	Sivrice	8,24			4,87			286,5		
324	Erzincan	İliç	38,9			14,6			287,6		
325	Erzincan	Çayırlı	29			25,6			286,2		
326	Erzincan	Üzümlü	8,5			16,5			292,1		
327	Erzincan	Kemah	27,6			16,9			267,5		
328	Erzincan	Kemaliye	37,5	25,2	25,2	44,6	17,67	17,67	452,4	292,11	292,11
329	Erzincan	Merkez	8,6			16,9			90,1		
330	Erzincan	Otlukbeli	56,7			3,3			584,1		
331	Erzincan	Refahiye	8,5			6,2			92,2		
332	Erzincan	Tercan	11,5			14,5			276,7		
333	Erzurum	İspir	46,5			46,5			655,4		
334	Erzurum	Çat	22,6			26,6			363,4		
335	Erzurum	Aşkale	22,4			28,5			454,3		
336	Erzurum	Şenkaya	51,5			66,5			385,6		
337	Erzurum	Hınıs	102,3			82,4			636,5		
338	Erzurum	Horasan	41,6			25,6			474,3		
339	Erzurum	Ilıca	31,01	35,09	35,09	36,3	36,19	36,13	476,7	449,09	449,09
340	Erzurum	Köprüköy	42,6			56,5			923,2		
341	Erzurum	Karaçoban	12,1			27,2			176,5		
342	Erzurum	Karayazı	126,7			37,2			472,3		
343	Erzurum	Merkez	22,1			47,6			463,2		
344	Erzurum	Narman	22,4			37,4			534,3		
345	Erzurum	Oltu	22,5			25,8			274,3		
346	Erzurum	Olur	12,6			15,4			274,3		

347	Erzurum	Pasinler	41,3			55,4			657,4		
348	Erzurum	Pazaryolu	8,2			6,4			146,5		
349	Erzurum	Tekman	15,3			26,5			245,6		
350	Erzurum	Tortum	8,5			13,4			446,7		
351	Erzurum	Uzundere	14,5			26,5			472,3		
352	Eskişehir	İnönü	20,03			44,3			458,7		
353	Eskişehir	Çifteler	47,86			62,6			738,8		
354	Eskişehir	Alpu	46,5			38,6			444,7		
355	Eskişehir	Beylikova	16,5			48,6			454,6		
356	Eskişehir	Günyüzü	34,5			33,4			438,2		
357	Eskişehir	Han	78,86			83,6			688,8		
358	Eskişehir	Mahmudiye	43,2	36,33	36,33	83,6	47,28	47,28	636,3	510,11	510,1
359	Eskişehir	Merkez	23,5			26,7			366,1		
360	Eskişehir	Mihalıçcık	7,1			7,2			167,5		
361	Eskişehir	Mihalgazi	25,6			34,2			615,4		
362	Eskişehir	Sarıcakaya	27,6			26,2			336,5		
363	Eskişehir	Seyitgazi	63,63			79,2			732,7		
364	Eskişehir	Sivrihisar	37,5			46,5			553,2		
365	Gümüşhane	Şiran	22,7			24,78			649,2		
366	Gümüşhane	Köse	16,6			13,3			243,5		
367	Gümüşhane	Kürtün	16,16	29,16	29,16	13,2	25,33	25,33	535,1	529,95	529,94
368	Gümüşhane	Kelkit	22,6			24,3			535,3		
369	Gümüşhane	Merkez	61,5			34,3			652,1		
370	Gümüşhane	Torul	35,4			42,1			564,5		
371	Gaziantep	İslahiye	34,3			36,5			212,2		
372	Gaziantep	Araban	18,9			18,4			212,4		
373	Gaziantep	Şahinbey	44,3			32,4			316,3		
374	Gaziantep	Şehitkamil	26,7			26,5			243,5		
375	Gaziantep	Karkamış	25,7	26,29	26,29	17,6	24,78	24,78	249,6	225,22	225,22
376	Gaziantep	Nizip	18,3			28,3			223,1		
377	Gaziantep	Nurdağı	25,6			25,8			179,5		
378	Gaziantep	Oğuzeli	25,6			15,3			167,4		
379	Gaziantep	Yavuzeli	17,28			22,3			223,2		
380	Giresun	Çamoluk	47,3			37,8			698,9		
381	Giresun	Çanakçı	7,9			4,5			285,4		
382	Giresun	Alucra	26,4			28,6			597,5		
383	Giresun	Şultan Karahisar	6,7			4,3			396,5		
384	Giresun	Bulancak	26,2			47,6			893,4		
385	Giresun	Dereli	18,6			18,6			398,2		
386	Giresun	Doğankent	36,7			38,5			496,3		
387	Giresun	Espiye	16,8	22,29	22,29	26,8	28,35	28,35	496,1	455,8	455,85
388	Giresun	Eynesil	45,6			74,3			295,6		
389	Giresun	Görele	7,7			4,3			176,5		
390	Giresun	Güce	16,2			18,5			175,4		
391	Giresun	Keşap	15,8			18,6			399,8		
392	Giresun	Merkez	15,4			18,7			596,5		
393	Giresun	Piraziz	45,8			47,6			590,3		
394	Giresun	Tirebolu	15,4			19,3			499,7		
395	Giresun	Yağlıdere	8,2			45,6			296,7		
396	Hakkari	Çukurca	42,4			26,5			442,3		
397	Hakkari	Şemdinli	32,6	35,22	35,2	35,4	31,42	31,4	533,2	518,52	518,55
398	Hakkari	Merkez	33,1			28,4			486,3		
399	Hakkari	Yüksekova	32,8			35,4			612,3		
400	Hatay	İskenderun	15,4			8,7			186,8		
401	Hatay	Altınözü	45,3			32,4			287,6		
402	Hatay	Belen	7,2			6,76			286,7		
403	Hatay	Dört Yol	26,4			15,65			286,5		
404	Hatay	Erzin	15,2			8,12			188,7		
405	Hatay	Hassa	23,1	21,73	21,73	16,99	14,71	14,71	191,1	222,2	222,2
406	Hatay	Kırıkhan	16,5			6,73			192,4		
407	Hatay	Kumlu	15,8			16,5			192,5		
408	Hatay	Merkez	23,5			16,6			191,5		
409	Hatay	Reyhanlı	42,3			33,32			286,2		
410	Hatay	Samandağ	15,3			7,88			188,5		

411	Hatay	Yayladağı	14,8			6,87			187,9		
412	Iğdır	Aralık	11,4	15,45	15,45	14,5	18,37	18,37	418,9	398,78	398,78
413	Iğdır	Karakoyunlu	15,5			28,28			417,9		
414	Iğdır	Merkez	16,5			17,6			381,2		
415	Iğdır	Tuzluca	18,4			13,1			381,1		
416	Isparta	Aksu	13,4	31,75	31,71	34,5	48,8	48,88	342,4	494,27	494,27
417	Isparta	Atabey	22,4			48,7			187,8		
418	Isparta	Şarkikaraağaç	42,4			55,4			888,9		
419	Isparta	Eğirdir	125,4			77,6			718,7		
420	Isparta	Gönen	14,3			18,4			345,2		
421	Isparta	Gelendost	14,3			72,4			302,4		
422	Isparta	Keçiborlu	15,3			18,8			231,3		
423	Isparta	Merkez	58,6			78,5			411,3		
424	Isparta	Sütçüler	58,4			17,6			254,2		
425	Isparta	Senirkent	14,3			129,7			1550		
426	Isparta	Uluborlu	14,5			17,6			354,4		
427	Isparta	Yalvaç	6,3			37,6			728,4		
428	Isparta	Yenişarbademli	13,2			27,6			110,4		
429	İstanbul	Çatalca	38,5	25,35	25,35	66,5	26,5	26,5	86,4	350,73	350,73
430	İstanbul	Çekmekoy	27,6			25,4			376,7		
431	İstanbul	Adalar	27,5			25,43			369,8		
432	İstanbul	Ümraniye	26,2			16,71			285,6		
433	İstanbul	Üsküdar	24,5			24,54			385,6		
434	İstanbul	Arnavutkoy	23,8			25,61			87,5		
435	İstanbul	Atasehir	26,2			25,63			280,7		
436	İstanbul	Avcılar	24,3			26,12			386,5		
437	İstanbul	Şişli	23,4			23,2			387,8		
438	İstanbul	Şile	15,2			24,3			78,6		
439	İstanbul	Büyükkçekmece	14,3			22,82			379,8		
440	İstanbul	Bağcılar	24,4			26,5			381,3		
441	İstanbul	Bahçelievler	25,4			24,3			388,7		
442	İstanbul	Bakırköy	25,3			24,43			378,7		
443	İstanbul	Basaksehir	22,54			25,2			367,6		
444	İstanbul	Bayrampaşa	24,3			25,87			384,1		
445	İstanbul	Beşiktaş	23,14			26,01			376,5		
446	İstanbul	Beykoz	15,2			24,94			488,6		
447	İstanbul	Beylikduzu	24,52			23,45			378,6		
448	İstanbul	Beyoğlu	25,43			24,12			384,3		
449	İstanbul	Esenler	24,3			24,11			388,8		
450	İstanbul	Esenyurt	23,9			24,09			383,4		
451	İstanbul	Eyüp	42,8			34,51			485,3		
452	İstanbul	Fatih	24,54			25,4			481,5		
453	İstanbul	Güngören	25,44			23,5			391,3		
454	İstanbul	Gaziosmanpaşa	24,53			24,56			386,5		
455	İstanbul	Küçükçekmece	23,76			24,54			270,7		
456	İstanbul	Kağıthane	23,41			25,1			386,5		
457	İstanbul	Kadıköy	53,11			47,5			583,4		
458	İstanbul	Kartal	24,3			25,4			384,8		
459	İstanbul	Maltepe	23,42			24,54			384,8		
460	İstanbul	Pendik	25,24			25,6			376,5		
461	İstanbul	Sancaktepe	25,45			24,53			266,5		
462	İstanbul	Sarıyer	23,21			24,15			378,7		
463	İstanbul	Sultanbeyli	23,11			23,9			388,7		
464	İstanbul	Sultangazi	24,32			24,1			391,4		
465	İstanbul	Tuzla	23,42			25,63			92,3		
466	İstanbul	Zeytinburnu	23,33			25,1			273,4		
467	İzmir	—Üdemiş	6,4	39,08	39,08	46,5	57,79	57,79	445,6	500,61	500,61
468	İzmir	Çeşme	54,5			36,5			514,5		
469	İzmir	Çiğli	46,5			81,2			513		
470	İzmir	Aliağa	64,5			68,5			613,2		
471	İzmir	Balçova	45,3			82,4			443,4		
472	İzmir	Bayındır	45,5			35,4			441,3		
473	İzmir	Bergama	6,5			54,3			534,3		

474	İzmir	Beydağ	24,4	25,51	25,51	37,6	25,4	25,4	471	357,1	357,1
475	İzmir	Bornova	43,4			56,5			537,6		
476	İzmir	Buca	44,3			65,6			443,3		
477	İzmir	Dikili	43,3			66			617,8		
478	İzmir	Foça	56,5			66,7			618,2		
479	İzmir	Güzelbahçe	44,23			89,8			441,3		
480	İzmir	Gaziemir	44,3			87,8			449,7		
481	İzmir	Kınık	34,5			32,4			441,7		
482	İzmir	Karaburun	58,6			76,7			619,6		
483	İzmir	Karşıyaka	45,1			78,6			543,5		
484	İzmir	Kemalpaşa	24,4			25,4			446,2		
485	İzmir	Kiraz	24,1			45,5			530		
486	İzmir	Konak	42,3			82,4			549,8		
487	İzmir	Menderes	32,3			36,8			546,6		
488	İzmir	Menemen	33,4			57,4			621,2		
489	İzmir	Narlıdere	43,2			84,3			440,5		
490	İzmir	Seferihisar	24,3			34,45			544,2		
491	İzmir	Selçuk	14,5			35,43			544,3		
492	İzmir	Tire	25,1			34,5			127,2		
493	İzmir	Torbalı	77,6			34,2			710,2		
494	İzmir	Urla	45,3			85,4			267,8		
495	K. Maras	Çağlayancerit	16,6	25,51	25,51	24,32	25,4	25,4	468,3	357,1	357,1
496	K. Maras	Afşin	6,3			15,32			186,6		
497	K. Maras	Andırın	16,1			15,34			82,1		
498	K. Maras	Ekinözü	26,1			15,1			467,5		
499	K. Maras	Elbistan	26,5			24,1			465,6		
500	K. Maras	Göksun	37,6			43,82			566,2		
501	K. Maras	Merkez	27,6			24,3			256,1		
502	K. Maras	Nurhak	44,6			33,4			566,2		
503	K. Maras	Pazarcık	27,2			33,45			257,1		
504	K. Maras	Türkoğlu	26,5			24,87			255,3		
505	Kütahya	Çavdarhisar	26,5	30,06	30,06	54,6	45,71	45,71	477,1	468,48	468,48
506	Kütahya	Altıntaş	17,34			36,2			575,3		
507	Kütahya	Aslanapa	16,5			36,5			122,3		
508	Kütahya	Şaphane	44,3			80,1			974,5		
509	Kütahya	Domaniç	45,54			15,4			123,2		
510	Kütahya	Dumlupınar	54,1			44,3			475,7		
511	Kütahya	Emet	5,6			129,5			120,5		
512	Kütahya	Gediz	34,5			26,5			476,5		
513	Kütahya	Hisarcık	34,2			45,2			685,6		
514	Kütahya	Merkez	25,6			24,3			121,1		
515	Kütahya	Pazarlar	25,66			23,1			681,6		
516	Kütahya	Simav	24,3			34,3			683,4		
517	Kütahya	Tavşanlı	36,7			44,3			573,4		
518	Karabük	Eflani	14,46	11,49	11,49	14,09	19,29	19,29	345,6	378,34	378,34
519	Karabük	Eskipazar	14,88			23,4			432,3		
520	Karabük	Merkez	15,1			23,45			353,2		
521	Karabük	Ovacık	14,6			15,1			436,8		
522	Karabük	Safranbolu	4,5			15,4			256,8		
523	Karabük	Yenice	5,4			24,3			445,3		
524	Karaman	Ayrancı	26,4	53,11	53,01	37,6	52,35	52,35	264,5	453,23	453,23
525	Karaman	Başyayla	87,6			45,6			533,4		
526	Karaman	Ermenek	55,5			66,5			635,4		
527	Karaman	Kazımkarabekir	55,8			80,2			636,4		
528	Karaman	Merkez	37,8			36,7			392,6		
529	Karaman	Sarıveliler	55,6			47,5			257,1		
530	Kars	Akyaka	27,5	28,25	28,25	36,6	39,62	39,62	482,4	514,16	514,16
531	Kars	Arpaçay	26,7			46,5			564,3		
532	Kars	Digor	37,5			56,3			650,8		
533	Kars	Kağızman	7,3			14,1			251,3		
534	Kars	Merkez	25,5			44,5			634,5		
535	Kars	Sarıkamış	56,6			45,4			736,5		
536	Kars	Selim	6,5			36,5			540,1		
537	Kars	Susuz	38,4			37,1			253,4		

538	Kastamonu	İhsangazi	14,98	19,57	19,57	24,2	31,31	31,31	188,6	488,66	488,66
539	Kastamonu	İnebolu	23,3			44,3			686,7		
540	Kastamonu	Çatalzeytin	6,1			16,5			388,5		
541	Kastamonu	Ağlı	16,23			44,4			475,6		
542	Kastamonu	Abana	16,1			25,2			474,7		
543	Kastamonu	Araç	16,2			35,4			175,5		
544	Kastamonu	Azdavay	34,54			34,5			536,7		
545	Kastamonu	Şenpazar	14,1			24,3			456,4		
546	Kastamonu	Bozkurt	24,53			36,4			465,3		
547	Kastamonu	Cide	32,2			45,3			746,4		
548	Kastamonu	Daday	15,32			36,8			568,6		
549	Kastamonu	Devrekani	15,8			18,3			287,5		
550	Kastamonu	Doğanyurt	6,8			6,2			189,4		
551	Kastamonu	Hanönü	58,4			74,3			1554		
552	Kastamonu	Küre	16,64			26,5			576,5		
553	Kastamonu	Merkez	16,9			26,52			187,8		
554	Kastamonu	Pınarbası	23,75			45,5			656,7		
555	Kastamonu	Seydiler	16,5			17,8			485,7		
556	Kastamonu	Taşköprü	7,64			18,2			186,8		
557	Kastamonu	Tosya	15,4			25,6			485,6		
558	Kayseri	Özvatan	18,45	31,26	31,26	26,5	36,44	36,44	267,6	453,17	453,17
559	Kayseri	İncesu	9,65			7,8			176,7		
560	Kayseri	Akkışla	19,2			16,7			288,7		
561	Kayseri	Bünyan	27,7			26,7			276,7		
562	Kayseri	Develi	48,7			57,6			666,7		
563	Kayseri	Felahiye	28,6			47,6			1238		
564	Kayseri	Hacılar	9,5			8,6			177,7		
565	Kayseri	Kocasinan	28,7			47,7			465,6		
566	Kayseri	Melikgazi	38,7			37,8			465,6		
567	Kayseri	Pınarbaşı	38,56			28,2			287,6		
568	Kayseri	Sarıoğlu	19,8			28,5			385,7		
569	Kayseri	Sarız	48,6			73,3			385,8		
570	Kayseri	Talas	48,4			72,34			578,7		
571	Kayseri	Tomarza	37,6			47,45			466,8		
572	Kayseri	Yahyalı	39,6			47,55			856,7		
573	Kayseri	Yeşilhisar	38,4			8,7			266,7		
574	Kilis	Elbeyli	17,6	18,8	18,8	23,33	17,6	17,6	242,9	222,09	222,09
575	Kilis	Merkez	18,33			15,4			187,8		
576	Kilis	Musabeyli	17,87			8,57			95,56		
577	Kilis	Polateli	21,4			23,1			362,1		
578	Kırıkkale	Çelebi	27,6	29,07	29,07	27,1	40,83	40,83	275,4	538,16	538,16
579	Kırıkkale	Bahşılı	46,7			96,5			923,4		
580	Kırıkkale	Balışeyh	27,4			48,65			865,4		
581	Kırıkkale	Delice	37,7			56,56			865,4		
582	Kırıkkale	Karakeçili	17,83			8,76			276,1		
583	Kırıkkale	Keskin	38,5			48,6			434,5		
584	Kırıkkale	Merkez	27,8			36,4			434,3		
585	Kırıkkale	Sulakyurt	19			17,2			384,3		
586	Kırıkkale	Yahşihan	19,1			27,7			384,6		
587	Kırklareli	Babaeski	9,3	30,8	30,82	6,2	35,48	35,46	178,9	543,84	543,84
588	Kırklareli	Demirköy	17,4			26,5			488,5		
589	Kırklareli	Koçgaz	44,2			37,7			487,6		
590	Kırklareli	Lüleburgaz	44,5			37,6			692,1		
591	Kırklareli	Merkez	45,2			93,2			1241		
592	Kırklareli	Pınarhisar	38,3			37,8			387,5		
593	Kırklareli	Pehlivan köyü	9,2			7,04			185,9		
594	Kırklareli	Vize	38,3			37,8			689,7		
595	Kirsehir	Çiçekdağı	46,5	45,68	45,68	58,8	55,74	55,74	463,4	462,39	462,39
596	Kirsehir	Akçakent	26,2			36,4			245,5		
597	Kirsehir	Akpınar	85,4			90,9			645,5		
598	Kirsehir	Boztepe	46,6			45,3			563,4		
599	Kirsehir	Kaman	45,2			65,6			565,3		
600	Kirsehir	Merkez	35,4			45,4			366,4		
601	Kirsehir	Mucur	34,5			47,8			387,2		
602	Kocaeli	Derince	18,6	20,74	20,74	36,2	28,87	28,87	514,3	410,35	410,35

603	Kocaeli	Gölcük	9,1			12,2			254,3		
604	Kocaeli	Gebze	34,4			36,21			554,3		
605	Kocaeli	Körfez	27,44			36,23			254,3		
606	Kocaeli	Kandıra	17,1			36,31			432,9		
607	Kocaeli	Karamürsel	16,3			22,6			433,2		
608	Kocaeli	İzmit	22,3			22,34			429,2		
609	Konya	Çeltik	59,3			55,6			432,4		
610	Konya	Çumra	36,5			36,5			333,2		
611	Konya	Ahırlı	28,4			36,5			623,3		
612	Konya	Akören	39,4			71,2			472,3		
613	Konya	Akşehir	38,9			47,5			445,6		
614	Konya	Altınekin	26,5			28,7			336,3		
615	Konya	Beyşehir	27,1			37,7			323,2		
616	Konya	Bozkır	27,2			27,5			167,5		
617	Konya	Cihanbeyli	48,5			46,5			432,3		
618	Konya	Derbent	48,1			57,6			303,2		
619	Konya	Derebucak	47,8			36,7			310,1		
620	Konya	Doğanhisar	47,1			70,1			641,1		
621	Konya	Emirgazi	36,7			26,5			332,3		
622	Konya	Ereğli	18,6			18,7			167,6		
623	Konya	Güneysınır	38,6			47,2			654,3		
624	Konya	Hüyük	37,6	36,86	36,87	68,3	37,88	37,88	654,3	365,77	365,77
625	Konya	Hadım	38,1			26,3			645,6		
626	Konya	Halkapınar	38,3			26,3			254,5		
627	Konya	İlgın	7,8			4,3			52,1		
628	Konya	Kadınhanı	71,3			56,4			454,4		
629	Konya	Karapınar	28,4			24,3			156,5		
630	Konya	Karatay	26,7			35,4			343,2		
631	Konya	Kulu	37,6			26,5			330,2		
632	Konya	Meram	28,4			36,5			356,5		
633	Konya	Sarayönü	70,2			51,2			267,4		
634	Konya	Selçuklu	26,5			27,5			364,5		
635	Konya	Seydişehir	18,7			35,6			354,5		
636	Konya	Taşkent	17,8			16,5			245,6		
637	Konya	Tuzlukçu	47,6			34,5			349,2		
638	Konya	Yalıhüyük	46,5			42,3			353,1		
639	Konya	Yunak	27,1			18,1			182,8		
640	Malatya	Akçadağ	21,9			12,2			276,7		
641	Malatya	Arapkir	15,43			24,5			165,4		
642	Malatya	Arguvan	15,88			13,83			288,8		
643	Malatya	Battalgazi	22,323			8,56			86,34		
644	Malatya	Darende	15,1			13,42			283,4		
645	Malatya	Doğanşehir	22,32			46,7			366,6		
646	Malatya	Doğanyol	22,33			46,2			710,2		
647	Malatya	Hekimhan	4,43	19,41	19,41	13,8	23,77	23,77	87,65	310,69	310,69
648	Malatya	Kale	14,98			13,65			286,9		
649	Malatya	Kuluncak	15,24			13,76			165,6		
650	Malatya	Merkez	14,98			24,43			279,5		
651	Malatya	Pötürge	32,43			55,6			545,4		
652	Malatya	Yazıhan	32,44			33,9			365		
653	Malatya	Yeşilyurt	21,957			12,23			442,3		
654	Manisa	Ahmetli	14,5			26,7			342,1		
655	Manisa	Akhisar	28,4			25,05			512,3		
656	Manisa	Alaşehir	22,1			24,2			512,3		
657	Manisa	Demirci	32,3			14,3			176,7		
658	Manisa	Gölmarmara	15,4			26,8			417,3		
659	Manisa	Gördes	55,6			34,01			418,3		
660	Manisa	Kırkağaç	33,2			16,7			274,5		
661	Manisa	Köprübaşı	16,3	27,19	27,19	45,4	31,54	31,54	1510	472,54	472,5
662	Manisa	Kula	7,7			25,4			341,2		
663	Manisa	Merkez	15,3			34,1			339,2		
664	Manisa	Salihli	34,3			34,5			707		
665	Manisa	Sarıgöl	27,6			33,4			452,1		
666	Manisa	Saruhanlı	27,4			17,6			165,6		
667	Manisa	Selendi	15,3			46,1			521,3		

668	Manisa	Soma	44,3			55,2			265,3		
669	Manisa	Turgutlu	45,4			45,21			605,2		
670	Mardin	Ömerli	54,3			34,2			421,3		
671	Mardin	Dargeçit	27,1			25,2			343,4		
672	Mardin	Derik	35,3			25,4			376,4		
673	Mardin	Kızıltepe	34,5			33,2			443,5		
674	Mardin	Mazıdağı	25,4			42,1			445,3		
675	Mardin	Merkez	44,3			25,35			444,3		
676	Mardin	Midyat	45,4			34,2			445,3		
677	Mardin	Nusaybin	25,6			24,3			244,9		
678	Mardin	Savur	25,4			24,35			342,3		
679	Mardin	Yeşilli	19,3			25,4			349,6		
680	Mersin	Çamlıyayla	34,4			15,5			114,2		
681	Mersin	Anamur	57,1			33,2			514,5		
682	Mersin	Aydıncık	26,7			7,5			114,1		
683	Mersin	Bozyazı	27,8			26,4			513,2		
684	Mersin	Erdemli	27,6			4,3			114,2		
685	Mersin	Gülнар	48,8			4,4			114,1		
686	Mersin	Merkez(ıçel)	27,7			15,5			334,3		
687	Mersin	Mut	57,6			15,3			335,4		
688	Mersin	Silifke	34,3			32,4			512,3		
689	Mersin	Tarsus	57,5			15,3			333,2		
690	Muğla	Bodrum	44,3			53,12			811,3		
691	Muğla	Dalaman	7,38			5,55			26,4		
692	Muğla	Datça	7,08			5,78			26,54		
693	Muğla	Fethiye	7,08			5,649			26,45		
694	Muğla	Köyceğiz	6,66			16,25			126,5		
695	Muğla	Kavaklıdere	34,54			42,1			527,6		
696	Muğla	Marmaris	7,2			13,4			245,4		
697	Muğla	Merkez	26,4			13,45			312		
698	Muğla	Milas	26,4			32,12			426,7		
699	Muğla	Ortaca	7,4			13,45			247,6		
700	Muğla	Ula	25,6			13,65			27,92		
701	Muğla	Yatağan	15,6			22,12			314,4		
702	Muş	Bulanık	21,08			23,12			355,1		
703	Muş	Hasköy	33,1			45,1			943,6		
704	Muş	Korkut	22,05			23,13			544,6		
705	Muş	Malazgirt	32,2			44,6			642,3		
706	Muş	Merkez	33,2			43,1			551		
707	Muş	Varto	33,21			43,55			355,1		
708	Nevşehir	Acıgöl	60,3			56,5			567,6		
709	Nevşehir	Ürgüp	48,1			67,6			458,7		
710	Nevşehir	Avanos	48,6			56,7			627,6		
711	Nevşehir	Derinkuyu	48,31			56,23			535,6		
712	Nevşehir	Gülşehir	60,33			68,5			725,6		
713	Nevşehir	Hacıbektaş	37,6			68,45			1048		
714	Nevşehir	Kozaklı	60,7			46,7			537,6		
715	Nevşehir	Merkez	60,3			88,2			845,5		
716	Niğde	Çamardı	46,35			125,2			631,6		
717	Niğde	Çiftlik	35,2			71,7			347,2		
718	Niğde	Altunhisar	45,17			51,4			516,1		
719	Niğde	Bor	25,3			31,7			463,4		
720	Niğde	Merkez	26,66			41,4			346,1		
721	Niğde	Ulukışla	26,7			41,6			516,7		
722	Ordu	İkizce	17,6			26,5			485,4		
723	Ordu	Çamaş	17,5			36,7			898,7		
724	Ordu	Çaybaşı	8,7			18,4			296,5		
725	Ordu	Akkuş	8,7			18,7			377,6		
726	Ordu	Ünye	25,4			37,8			488,9		
727	Ordu	Aybastı	17,1			26,7			485,3		
728	Ordu	Fatsa	25,2			47,6			897,6		
729	Ordu	Gölköy	26,1			37,34			782,3		
730	Ordu	Gülyalı	26,1			37,19			696,5		
731	Ordu	Gürgentepe	17,8			37,23			696,7		
732	Ordu	Kabadüz	8,9			6,6			296,6		

733	Ordu	Kabataş	36,5			54,7			785,9		
734	Ordu	Korgan	8,87			27,6			585,7		
735	Ordu	Kumru	9,7			18,6			298,7		
736	Ordu	Çatalpınar	17,8			26,89			1255		
737	Ordu	Merkez	35,7			46,65			299,8		
738	Ordu	Mesudiye	7,6			9,4			299,6		
739	Ordu	Perşembe	26,7			37,4			486,7		
740	Ordu	Ulubey	36,7			56,76			898,7		
741	Osmaniye	Bahçe	4,8			6,7			188,1		
742	Osmaniye	Düziçi	26,5			36,5			512,3		
743	Osmaniye	Hasanbeyli	4,9			1,01			90,6		
744	Osmaniye	Kadirli	12,1	12,39	12,89	15,16	14,86	14,86	276,5	258,82	258,8
745	Osmaniye	Merkez	13,11			16,1			274,4		
746	Osmaniye	Sumbas	13,1			14,1			154,3		
747	Osmaniye	Toprakkale	12,23			14,5			315,6		
748	Rize	İkizdere	32,1			43,2			545,6		
749	Rize	İyidere	24,3			42,45			945,4		
750	Rize	Çamlıhemşin	17,5			16,7			362,3		
751	Rize	Çayeli	16,8			37,6			745,6		
752	Rize	Ardeşen	22,3			35,42			556,7		
753	Rize	Derepazarı	23,4	21,15	21,15	41,21	29,9	29,9	254,3	495,16	495,16
754	Rize	Fındıklı	23,4			26,7			255,6		
755	Rize	Güneysu	15,4			17,7			256,5		
756	Rize	Hemşin	44,3			23,34			365,4		
757	Rize	Kalkandere	6,6			34,54			755,6		
758	Rize	Merkez	14,3			16,5			354,5		
759	Rize	Pazar	13,4			23,46			544,5		
760	Sakarya	Akyazı	22,1			58,6			512,7		
761	Sakarya	Ferizli	20,12			47,6			415,4		
762	Sakarya	Geyve	10,1			37,5			415		
763	Sakarya	Hendek	31,22			58,65			534,4		
764	Sakarya	Karapürçek	10,44			18,8			316,7		
765	Sakarya	Karasu	10,9			18,87			317,8		
766	Sakarya	Kaynarca	10,06	15,07	15,03	28,8	33,87	33,87	416,4	403,58	403,58
767	Sakarya	Kocaali	10,01			18,72			315,4		
768	Sakarya	Merkez	21,01			37,8			417,5		
769	Sakarya	Pamukova	11,03			18,66			317,5		
770	Sakarya	Söğütlü	10,33			18,77			317,9		
771	Sakarya	Sapanca	20,12			58,87			632,3		
772	Sakarya	Taraklı	8,5			18,67			317,6		
773	Samsun	Çarşamba	25,4			28,85			475,4		
774	Samsun	Alaçam	8,6			18,6			288,7		
775	Samsun	Asarcık	18,83			27,6			569,8		
776	Samsun	Ayvacık	25,6			27,66			571,5		
777	Samsun	Bafra	18,74			27,52			476,5		
778	Samsun	Havza	18,67			34,5			476,5		
779	Samsun	Kavak	16,538			34,3			576,7		
780	Samsun	Ladik	17,56	17	17	44,5	29,5	29,5	354,7	497,97	497,97
781	Samsun	Merkez	17,76			27,6			354,2		
782	Samsun	Ondokuz Mayıs	17,75			18,67			1181		
783	Samsun	Salıpazarı	8,7			26,7			367,5		
784	Samsun	Tekkeköy	8,8			7,4			188,7		
785	Samsun	Terme	26,5			55,5			666,4		
786	Samsun	Vezirköprü	8,87			26,5			356,6		
787	Samsun	Yakakent	16,7			36,6			565,6		
788	Şanlıurfa	Akçakale	37,96			24,56			366,5		
789	Şanlıurfa	Birecik	24,3			8,7			190,6		
790	Şanlıurfa	Bozova	44,3			48,4			456,7		
791	Şanlıurfa	Ceylanpınar	24,67			28,94			271,2		
792	Şanlıurfa	Halfeti	25,95	27,58	27,58	37,12	29,82	29,82	355,4	330,13	330,13
793	Şanlıurfa	Harran	24,31			24,43			454,5		
794	Şanlıurfa	Hilvan	24,23			39,6			365,4		
795	Şanlıurfa	Merkez	24,3			26,8			188,9		
796	Şanlıurfa	Siverek	24,34			38,12			270,3		

797	Şanlıurfa	Suruç	24,67			28,9			356,5		
798	Şanlıurfa	Viranşehir	24,35			22,45			355,4		
799	Siirt	Aydınlar	76,1			46,5			559		
800	Siirt	Şirvan	13,2			25,6			645,3		
801	Siirt	Baykan	13,2			25,66			645,1		
802	Siirt	Eruh	13,1	28,5	28,5	16,76	30,16	30,16	159,4	497,41	497,41
803	Siirt	Kurtalan	25,4			26,2			542,3		
804	Siirt	Merkez	25,34			25,9			465,5		
805	Siirt	Pervari	33,2			44,5			465,2		
806	Sinop	Ayancık	21,58			20,87			441,2		
807	Sinop	Boyabat	21,3			20,21			443,2		
808	Sinop	Dikmen	22,85			17,05			253,2		
809	Sinop	Durağan	13,23			23,2			254,3		
810	Sinop	Erfelek	12,1	20,06	20,06	21,9	21,97	21,97	444,1	384,47	384,47
811	Sinop	Gerze	21,2			15,7			332,3		
812	Sinop	Merkez	41,6			35,6			605,4		
813	Sinop	Saraydüzü	13,4			26,5			343,4		
814	Sinop	Türkeli	13,28			16,7			343,2		
815	Şırnak	İdil	26,4			34,86			286,5		
816	Şırnak	Beytüşşebap	45,6			34,34			661,7		
817	Şırnak	Cizre	26,25			18,7			262,1		
818	Şırnak	Güçlükönak	31,6	32,45	32,45	34,3	26,46	26,46	367,5	339,33	339,33
819	Şırnak	Merkez	26,5			18,3			266,5		
820	Şırnak	Silopi	34,3			26,2			265,6		
821	Şırnak	Uludere	36,5			18,53			265,4		
822	Sivas	İmranlı	18,7			28,6			364,5		
823	Sivas	Akıncılar	26,5			28,67			265,6		
824	Sivas	Altınyayla	18,5			17,8			167,6		
825	Sivas	Şarkışla	18,4			17,78			265,6		
826	Sivas	Divriği	42,3			35,6			634,5		
827	Sivas	Doğanşar	18,4			17,6			365,5		
828	Sivas	Gölova	17,7			17,87			256,5		
829	Sivas	Gürün	17,87			17,67			176,7		
830	Sivas	Gemerek	27,6	22,85	22,85	31,7	24,49	24,49	362,4	362,4	362,41
831	Sivas	Hafik	26,5			26,7			364,5		
832	Sivas	Kangal	18,6			17,8			265,6		
833	Sivas	Koyulhisar	36,4			31,2			517,5		
834	Sivas	Merkez	27,6			26,65			364,3		
835	Sivas	Suşehri	18,8			52,3			736,9		
836	Sivas	Ulaş	18,8			15,1			364,3		
837	Sivas	Yıldızeli	18,65			16,7			423,2		
838	Sivas	Zara	17,13			16,6			265,6		
839	Tekirdağ	Çerkezköy	23,32			34,21			722,3		
840	Tekirdağ	Çorlu	23,13			33,45			536,5		
841	Tekirdağ	Şarköy	4,75			15,95			267,6		
842	Tekirdağ	Hayrabolu	23,43			44,3			464,4		
843	Tekirdağ	Malkara	23,12			24,63			464,2		
844	Tekirdağ	Marmaraereğli	21,6	19,85	19,85	25,12	28,92	28,92	464,3	481,73	481,73
845	Tekirdağ	Merkez	22,2			24,2			435,6		
846	Tekirdağ	Muratlı	14,3			25,32			353,3		
847	Tekirdağ	Saray	22,8			33,1			627,3		
848	Tokat	Almus	28,82			26,5			175,4		
849	Tokat	Artova	28,16			26,6			362,6		
850	Tokat	Başçıftlık	28,1			27,11			365,6		
851	Tokat	Erbaa	9,1			27,13			576,7		
852	Tokat	Merkez	27,56			16,54			478,7		
853	Tokat	Niksar	8,22	23,04	23,04	27,6	24,67	24,67	576,7	387,15	387,15
854	Tokat	Pazar	8,12			16,36			567,7		
855	Tokat	Reşadiye	27,1			33,2			443,5		
856	Tokat	Sulusaray	27,14			18,1			166,5		
857	Tokat	Turhal	27,76			32,6			378,6		
858	Tokat	Yeşilyurt	47,6			27,8			166,2		
859	Tokat	Zile	8,8			16,5			387,6		
860	Trabzon	Çarşıbaşı	25,4	22,54	22,54	18,34	29,03	29,03	439,1	394,36	394,36

861	Trabzon	Çaykara	8,7			8,7			243,4		
862	Trabzon	Akçaabat	8,76			18,7			481,3		
863	Trabzon	Araklı	18,2			28,1			488,7		
864	Trabzon	Arsin	46,21			34,2			643,4		
865	Trabzon	Şalpazarı	25,2			54,5			632,1		
866	Trabzon	Beşikdüzü	37,8			42,1			435,1		
867	Trabzon	Düzköy	18,21			18,6			334,1		
868	Trabzon	Dernekpazarı	18,23			42,3			617,7		
869	Trabzon	Hayrat	18,15			18,78			254,3		
870	Trabzon	Köprübaşı	18,54			18,9			253,1		
871	Trabzon	Maçka	8,77			18,78			342,1		
872	Trabzon	Merkez	18,89			42,1			342,5		
873	Trabzon	Of	18,61			24,8			343,2		
874	Trabzon	Sürmene	64,5			25,4			167,4		
875	Trabzon	Tonya	25,65			54,34			548,5		
876	Trabzon	Vakfikebir	8,1			18,9			176,2		
877	Trabzon	Yomra	17,8			35			356,3		
878	Tunceli	Çemişgezek	23,13			24,45			344,3		
879	Tunceli	Hozat	23,45			12,1			167,6		
880	Tunceli	Mazgirt	23,76			42,1			349,4		
881	Tunceli	Merkez	14,23	18,49	18,49	13,12	19,18	19,18	254,5	259,83	259,83
882	Tunceli	Nazımiye	23,56			33,1			412,3		
883	Tunceli	Ovacık	7,62			4,45			41,74		
884	Tunceli	Pülümür	16,16			12,11			254,5		
885	Tunceli	Pertek	16,01			12,01			254,3		
886	Uşak	Banaz	18,1			46,5			431,3		
887	Uşak	Eşme	28,87			29,87			740,1		
888	Uşak	Karahallı	28,86	21,47	21,47	38,9	39,33	39,33	345,3	433,05	434,05
889	Uşak	Merkez	28,88			93,4			565,1		
890	Uşak	Sivaslı	17,57			18,1			345,3		
891	Uşak	Ulubey	6,54			9,21			171,2		
892	Van	Özalp	6,2			16,6			264,5		
893	Van	Çaldıran	71,3			65,4			719,9		
894	Van	Çatak	72,12			44,34			448,6		
895	Van	Başkale	14,2			24,8			446,5		
896	Van	Bahçesaray	42,33			83,4			808,5		
897	Van	Edremit	24,32	38,68	38,68	34,4	36,57	36,57	472,1	495,46	495,46
898	Van	Erciş	43,4			54,43			754,3		
899	Van	Gürpınar	14,33			25,53			471,2		
900	Van	Gevaş	102,3			15,6			363,6		
901	Van	Merkez	14,39			24,56			363,5		
902	Van	Muradiye	34,5			34,41			565,4		
903	Van	Saray	24,77			15,37			267,6		
904	Yalova	Çınarcık	23,8			32,4			279,1		
905	Yalova	Çiftlikköy	23,2			33,2			584,3		
906	Yalova	Altınova	23,45	22,06	22,06	25,8	29,22	29,22	489,7	449,82	449,82
907	Yalova	Armutlu	23,67			32,1			582,1		
908	Yalova	Merkez	23,74			34,22			487,6		
909	Yalova	Termal	14,5			17,6			276,1		
910	Yozgat	Çandır	18,84			26,5			266,2		
911	Yozgat	Çayıralan	25,6			36,65			434,3		
912	Yozgat	Çekerek	25,65			26,5			515,7		
913	Yozgat	Akdağmadeni	44,23			47,6			676,7		
914	Yozgat	Aydıncık	9,3			17,5			176,9		
915	Yozgat	Şefaatli	78,23			139,4			1068		
916	Yozgat	Boğazlıyan	36,1	34,07	34,07	80,1	47,17	47,17	839	509,87	509,87
917	Yozgat	Kadıışehri	25,6			16,5			420		
918	Yozgat	Merkez	25,25			37,5			422		
919	Yozgat	Sarıkaya	54,55			37,66			421,2		
920	Yozgat	Saraykent	16,43			16,66			333,2		
921	Yozgat	Sorgun	36,12			80,16			711,6		
922	Yozgat	Yenifakılı	24,32			26,45			341,4		
923	Yozgat	Yerköy	56,76			71,2			512,2		
924	Zonguldak	Çaycuma	34,3	21,33	21,51	16,52	21,45	21,45	442,2	412,99	412,99
925	Zonguldak	Alaplı	7,4			17,8			332,1		

926	Zonguldak	Devrek	26,3		25,1		432,4	
927	Zonguldak	Ereğli	16,5		16,4		612,4	
928	Zonguldak	Gökçebey	7,02		26,2		322,2	
929	Zonguldak	Merkez	36,5		26,7		336,7	



İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

UYARI: Bu bölümde intihal programında çıkan benzerlik yüzdesinin bulunduğu detaylı raporun ilk sayfasının yer alması tüm öğrenciler için zorunludur!

Arzu ALPAYDIN Tez Son Teslim Benzerlik

ORJİNALLIK RAPORU

% 6	% 5	% 3	% 4
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	pdffox.com İnternet Kaynağı	%1
2	doczz.biz.tr İnternet Kaynağı	%1
3	Submitted to Artvin Ėoruh Ėniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
4	www.kolaykaravan.com İnternet Kaynağı	<%1
5	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<%1
6	paperzz.com İnternet Kaynağı	<%1
7	silo.tips İnternet Kaynağı	<%1
8	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
9	Submitted to UC, San Diego Öğrenci Ödevi	<%1

KURUM İZNİ YAZILARI

AÇÜ Gelen Evrak Tarih ve Sayısı: 22.03.2023-86303



T.C.
NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU
Radyasyondan Korunma Dairesi Başkanlığı

Sayı : E-64279964-605.99-9519
Konu : Bilimsel Araştırma ve Yayınlama İzni
Talebi (Doç. Dr. Cafer Mert
YEŞİLKANAT)

ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Genel Sekreterlik - Yazı İşleri Şube Müdürlüğü)

İlgi : a) 15.03.2023 tarihli yazınız.
b) 10.02.2023 tarihli ve 12475423-044.06.01-E.81525 sayılı yazınız.

İlgi yazılar ile Üniversitenizin öğretim üyesi Doç. Dr. Cafer Mert YEŞİLKANAT tarafından, "Türkiye Çevresel Radyoaktivite Atlası"nın analizi sonucundan elde edilecek olan bulguların yardımı ile yapılması planlanan bilimsel araştırma kapsamında TÜBİTAK projesine başvurulabilmesi ve ayrıca elde edilecek radyolojik dağılım sonuçlarının bilimsel dergilerde yayınlanabilmesi için Kurumumuzdan izin talep edilmiştir.

Çevresel radyoaktivitenin belirlenmesi amacıyla 20/11/2002 tarihinde mülga Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ile mülga Çevre Bakanlığı arasında yapılan işbirliği protokolü kapsamında toprak ve su numunelerindeki radyoaktivite seviyelerinin tespitine yönelik 2002 ilâ 2011 yıllarında gerçekleştirilen analiz sonuçlarının değerlendirmesini içeren ve Kurumumuz internet sitesinden erişime açık olan "Türkiye Çevresel Radyoaktivite Atlası"nın referans verilerek ilgi yazıda belirtilen bilimsel araştırma kapsamında kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır.

Bilgilerinize rica ederim.

Sabri HIZARCI
Başkan a.
Radyasyondan Korunma Dairesi Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 2EDF3E52-36D8-4A06-AC30-9E2E270C708D Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/enerji-ebys>
Devlet Mahallesi 85. Cadde No: 5 Çankaya/ANKARA
0(312) 289 93 00 Bilgi için: Çiğdem POLAT DAĞLI
KEP Adresi : nukleerduzenlemekurumu@hs01.kep.tr Nükleer Düzenleme Uzmanı
Telefon No: (312) 289 93 53

