

COVID-19, SARS-CoV2, Enfeksiyonu: Güncel Epidemiyolojik Analiz ve Hastalık Seyrinin Modellemesi

COVID-19, SARS-CoV2, Infection:
Current Epidemiological Analysis and Modeling of
Disease

Öz

Dünya çapında 19 Mart 2020 itibarıyla 170'in üzerinde ülkeyi saran COVID-19 enfeksiyonu neticesinde pozitif vakaların ve ölüm haberlerinin hızla yayıldığı herkes tarafından endişe ile takip edilmektedir. Sosyal medya ve internet ortamında çok ciddi düzeyde bilgi birikimi ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmanın amacı an itibarıyla elde edilen veriler ışığında tüm dünya ülkelerinde enfeksiyon etkileri ve süreci hakkında genel yapıyı özetleyen istatistiki bilgiler sunmak ve enfeksiyon ölçütlerinin günlük değişimini modellemektir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, birikimli (kümülatif) pozitif vaka sayısı, birikimli ölüm sayısı ve diğer bazı ölçütlerin ülkelere göre seyrinin aynı olmadığı, süreci en iyi kontrol eden ülkelerin başında Almanya ve Güney Kore'nin geldiği, Türkiye' nin sürecinin ilk 10 günlük süreç itibarıyla hızlı yayılım gösteren ülkelere benzediği görüldü. Ayrıca Türkiye için 20 - 29 Mart 2020 arasında ortaya çıkabilecek pozitif vaka sayısı ve birikimli ölüm sayıları tahmin edildiğinde 20 Mart itibarıyla pozitif vaka sayısının sayının 550 civarında, an itibarıyla 4 olan ölüm sayısının 11 olacağı öngörülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Covid-19; SARS Cov2; epidemiyolojik analiz, hastalığın modellenmesi; kübik eğri

Abstract

As of March 19, 2020, the worldwide spread of positive cases and news of death as a result of COVID-19 infection, which covers more than 170 countries, is followed with concern. There has been a lot of information accumulation in social media and internet.

The aim of this study is to present statistical information summarizing the general structure about the effects and process of infection in all countries of the world in the light of the data obtained and to model the daily change of infection criteria.

When the obtained results are evaluated, the cumulative (cumulative) number of positive cases, cumulative number of deaths and some other criteria are not the same of course depending on the country, the process is one of the most well-control countries, Germany and South Korea came from, Turkey 'of the process, the first 10-day period as It was observed that it was similar to the countries with fast spread. In addition to Turkey, 20 to 29 March 2020 the number of positive cases that may arise between and when the cumulative number of deaths is estimated the maximum number of positive cases as of March 20 around 550, while the cumulative death toll of 11 would be ,current measurement 4, is provided.

Keywords: Covid-19; SARS-Cov2; epidemiological analysis, modeling of disease; cubic curve

**Handan Ankaralı¹, Seyit Ankaralı²,
Nadire Erarslan¹**

¹ İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi AD

² İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji AD

Geliş/Received : 20.03.2020

Kabul/Accepted: 20.03.2020

DOI: 10.21673/anadoluklin.707038

Yazışma yazarı/Corresponding author

Handan Ankaralı

İstanbul Medeniyet Üniversitesi,

Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve

Tıp Bilişimi AD

E-posta: handanankarali@gmail.com

ORCID

Handan Ankaralı: 0000-0002-3613-0523,

Seyit Ankaralı: 0000-0003-3752-0846

Nadire Erarslan: 0000-0002-5814-8898

GİRİŞ

Kasım 2019 ortalarında Çin’ de (Hubei-Wuhan) ilk şüpheli vakalarla başlayan enfeksiyon, aralık ayının ilk yarısında Covid-19 (SARS-CoV2 Enfeksiyonu) olarak tanımlandı. Toplamda 4.5 aydan uzun süredir dünyada 170 üzerinde ülkeyi aktif olarak etkileyen enfeksiyon, ekonomik boyuttan psikolojik boyuta kadar her alanı olumsuz yönde etkilemeye devam etmektedir.

Enfeksiyonun bulaşma ve yayılma hızı günümüze kadar rastlanan diğer viral enfeksiyonlara nazaran oldukça hızlıdır. Ölüm oranının ise yaş gruplarına göre farklılık gösterdiği bildirilmektedir. Ayrıca çok hızlı ilerlemesi ve kısa sayılabilecek bir dönemde tüm dünyayı sarması nedenleriyle üzerinde yoğun çalışmaların yapılmasına gereksinim duyulmaktadır. Bilgi temini amaçlı web tabanlı veya mobil takip sistemlerinin kurulması, mevcut verileri içeren veri tabanlarının oluşturulması hastalık seyri ve alınacak önlemler hakkında yardımcı olmaktadır. Ancak birçok veri tabanında grafiksel ve tanımlayıcı tipte bilgiler mevcuttur. Literatürdeki bu eksikliği tamamlamak amacıyla bu çalışmada, an itibariyle elde edilen veriler ışığında tüm dünya ülkelerinde, enfeksiyon etkileri ve süreci hakkında genel yapıyı özetleyen istatistiksel bilgiler sunmak ve enfeksiyon ölçütlerinin günlük değişimini modellemek amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Veriler ve Ölçütler

En fazla Corona virüs enfekte olan ve diğer ülkelere nazaran daha erken tanı konulan ülkeler içinde, toplam vaka sayısı 2000-5000 arasındaki 3 ülkeden birisi ve 5000 üzerinde olan 8 ülke dikkate alınarak aşağıda tanımlanan göstergelerin zamansal seyri incelendi ve uygun istatistiksel model ile bu göstergelerin tahmini yapıldı.

Enfeksiyon yayılımını çeşitli ölçütlerle değerlendirmek amacıyla incelenen matematiksel eğrilerin tahmininde 18 Mart’ a ait veriler kullanıldı. Seçilen ülkeler ve bu tarih itibariyle tespit edilen pozitif toplam vaka sayıları sırasıyla; Çin (n=80894), İtalya (n=31506), İran (n=16169), İspanya (n=11826), Güney Kore (n=8320), Almanya (n=9367), Fransa

(n=7730), Amerika Birleşik Devletleri (n=6411) ve İngiltere’dir (n=1950). Çin devleti için ilk tanı tarihi olarak 1 Aralık 2019 alındı ve 20 Ocak 2020 tarihine kadar bildirimler düzenli aralıklarla kaydedilmediği için bu aralıkta kayıt altına alınan ölçümler ile birlikte 20 Ocak 2020 tarihinden 18 Mart 2020 ‘ye kadar her günün verisi dikkate alınarak veri analizinde toplam 63 ölçüm kullanıldı. İran için düzenli verilerin olduğu 19 Şubat - 18 Mart tarihleri arasındaki toplam 28 günlük veriler analiz edildi. Ayrıca diğer 7 ülkenin tamamı için 15 Şubat – 18 Mart 2020 arasındaki toplam 32 günlük kayıtlar kullanıldı. Çin dışında seçilen ülkelerin bir diğer ortak özelliği ise hepsinin 20 Ocak 2020’den sonraki tarihlerde ilk pozitif tanı bulgusu vermesidir. Bu yapıyla enfeksiyon yayılımının karşılaştırması da mümkün olabilmektedir. Ayrıca seçilen ülkelerden 5’ i Avrupa’ nın kalabalık nüfuslu ülkeleri olup, ikisi Akdeniz ülkesidir. Bu yönleri ile elde edilen sonuçlar Türkiye için yaklaşık bir tahmin özelliği oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra ABD kalabalık ve dünyanın en gelişmiş ülkesi olması nedeniyle enfeksiyon seyrinin izlenmesinde farklı bir sonuç üretebilir. İran, Müslüman ve komşu bir ülkedir. Güney Kore ise uzak doğu tıbbının yaygın kullanıldığı ve teknolojinin öncülerinden olan bir ülkedir. Çin enfeksiyona hazırlıksız bir safhada yakalanan ve dünyanın en kalabalık ülkesi olması özellikleriyle doğal seyri izlemek açısından önemli bir bulgu verecektir. Bu ülkeler için elde edilecek sonuçlara göre yapılacak tahminler, Türkiye için de bir öngörü olarak kullanılabilir.

Veri analizi sonuçları ülkelere ve ölçütlere göre ayrı ayrı verildi. Vaka dağılımı ve diğer ölçütlerin hesaplanmasında web sitelerinde yer alan veri tabanları kullanıldı.

Değerlendirilen ölçütler:

- Günlere göre birikimli pozitif vaka sayısı (*Total Diagnosed Cases*)
- Başlangıçtan itibaren ölen hasta sayısının birikimli dağılımı (*Total Died Cases*)
- Başlangıçtan itibaren her gün iyileşen hasta sayısı (*Recovered in Daily*)
- Başlangıçtan itibaren gün-gün enfekte olan hasta sayısı (*Currently Infected*)

Bu göstergelerin ayrıca ülke popülasyonu içindeki ve ilgili günde hasta olan toplam vaka içindeki payları hesaplanarak aşağıdaki ölçütler elde edildi.

- İlgili günde pozitif tanı alan toplam yeni hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranı (*Total Diagnosed Cases Prevalence in Population (in Million)*).
- Bu değer ilgili günde 1 milyon kişide kaç kişinin pozitif tanı aldığını gösterecek şekilde ifade edildi.
- Günlere göre birikimli (kümülatif) toplam ölen hasta sayısının yine aynı günde toplam pozitif vaka sayısına oranı (%) (*Died Prevalence in Total Diagnosed Cases*)
- Bu değer ilgili bir günde 100 kişiden kaç kişinin öldüğünü gösterecek şekilde ifade edildi.
- Günlere göre birikimli (kümülatif) toplam ölen hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranı (in Million) (*Died Prevalence in Population (in Million)*)
- Bu değer ilgili günde 1 milyon kişide kaç kişinin öldüğünü tanımlayacak şekilde ifade edildi.
- Günlük iyileşen hasta sayısının yine aynı günde pozitif tanı alan toplam hasta sayısına oranı (%) (*Recovered Prevalence in Total Cases in the day*)
- Bu değer ilgili günde 100 kişide kaç kişinin iyileştiğini gösterecek şekilde ifade edildi.
- Günlük yeni enfekte olan hasta sayısının yine aynı günde pozitif tanı alan toplam hasta sayısına oranı (%) (*Currently Infected proportion in Total Case*)

İstatistik Analiz

Web ortamından elde edilen günlük veriler kullanılarak enfeksiyon seyrini tanımlamak için çeşitli ölçütler hesaplandı ve grafiksel dağılımları verildi. Ülkelerin ilk bulaş tarihleri ve virüsün göç yolları (orijin ve kaynak) harita üzerinde tanımlandı. Ülkelerin enfeksiyon ile mücadele sürelerinin dağılımı çıkarıldı. Tanımlanan ölçütlere ait hesaplanan değerlerin zamansal seyrini tahmin etmek amacıyla doğal logaritmaları alınarak kübik eğri kullanıldı. Ayrıca ülkelerin ortalama yaşı, şehirleşme oranı ve yoğunluğu ile toplam pozitif vaka sayısı, toplam ölüm sayısı arasındaki ilişkiler Poisson regresyon ve negatif binomiyal regresyon modelleri ile incelendi. Bu ölçütlerin tanımlamasında ilgili ölçü-

tün başına “LN” tanımlaması yapıldı. Hesaplamalarda Graph Pad Prism (Trial version 4.0a), Stata (ver. 14) ve SPSS (ver.23) programları kullanıldı.

BULGULAR

Ülkelerin Covid-19 Enfeksiyonuna Maruziyet Durumları

19 Mart 2020 tarihi itibarıyla COVID-19 enfeksiyonuna maruz kalan ülkelerin ilk bulaş kaynakları ve ilk

Tablo 1. 18 Mart 2020 tarihine kadar COVID-19 enfeksiyonuna maruz kalan ülkelerin enfeksiyon odakları (bulaş kaynakları) incelendiğinde,

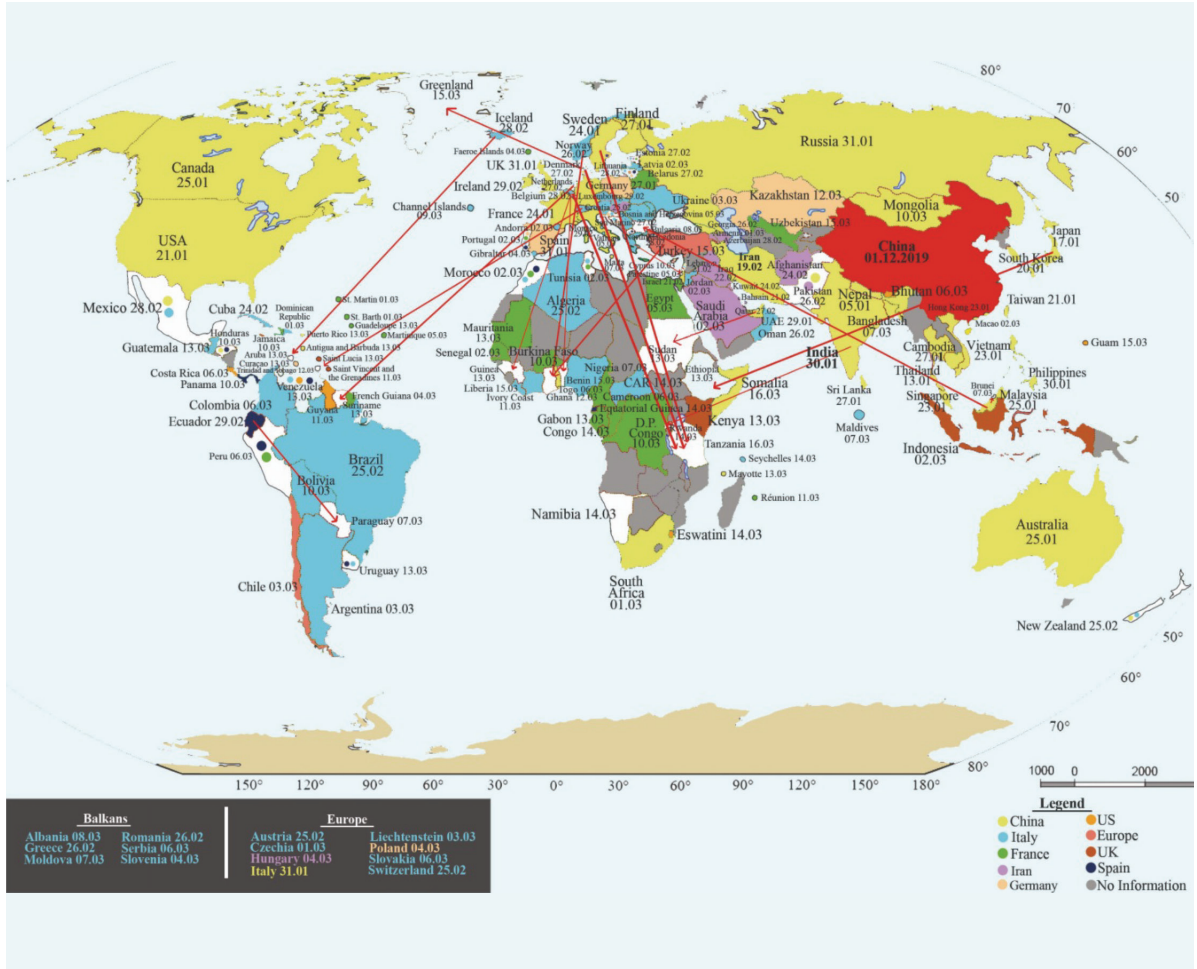
Orijin (Bulaş Kaynağı)	Kaç Ülkeye Bulaş Kaynağı Olduğu
İtalya	53
Çin	47
Fransa	21
İran	12
İspanya	11
İngiltere	8
Almanya	7
Birleşik Arap Emirlikleri	5
Avusturya	4
İsviçre	4
Belçika	4
Hollanda	3
Malezya	2
Norveç	2
Danimarka	2
İsveç	1
Mısır	1
Cruise Gemisi	1
Çek Cumhuriyeti	1
Andora	1
Danimarka	1
Ekvator	1
Yunanistan	1
Macaristan	1
Hindistan	1
Romanya	1
İzlanda	1
Japonya	1
Turkey	1
Amerika Birleşik Devletleri	1

Kaynak: Wiki Pedia

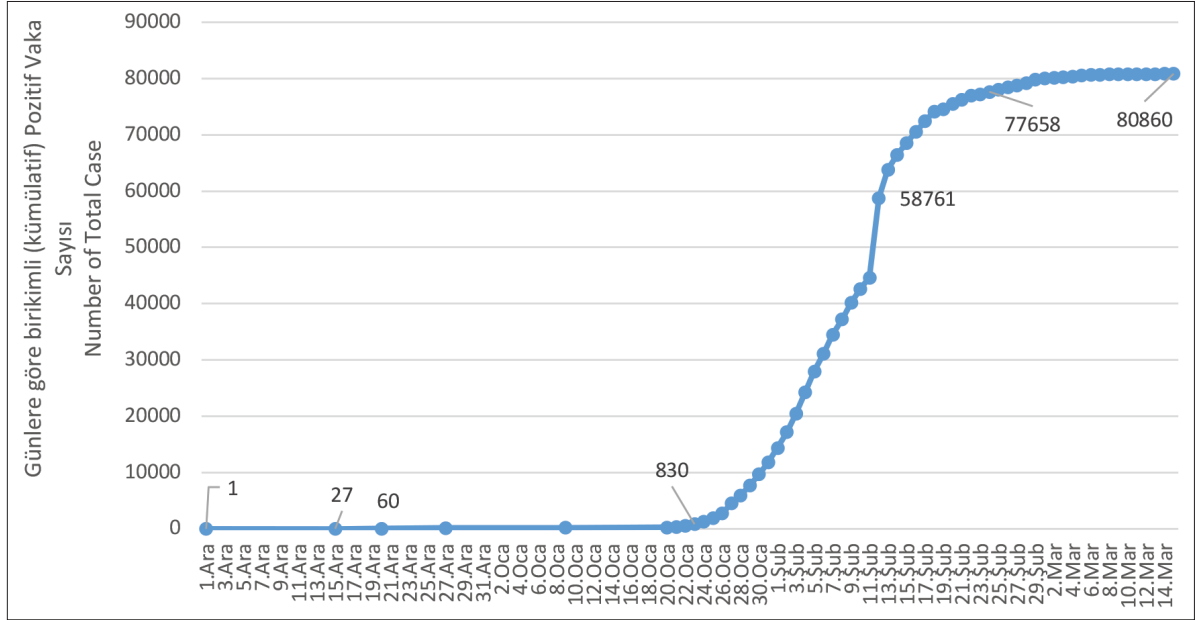
pozitif tanı tarihleri Şekil 1 ve Tablo 1’ de tanımlandı. Bazı ülkelerde ilk pozitif tanı sayısı birden fazla olduğu için ve bu pozitiflik kaynaklarının farklı orijinlerden köken alabilmesi nedeniyle Tablo 1’ in ikinci sütununda yer alan toplam ülke sayısı, ilgili tarihte enfeksiyona maruz kalan ülke sayısından fazladır. Ayrıca dünyaya yayılımında en fazla etkisi olan ilk 5 ülke sırasıyla İtalya, Çin, Fransa, İran ve İspanya’dır. Diğer ülkelerin bulaşa neden olduğu ülke sayısı 10’un altındadır. Şekil 1’ de ise dünya haritası üzerinde virüsün göç yolları (Orijin ve Kaynak ülke) enfeksiyona maruz kalan ülkelerin ilk tanı tarihleri yer almaktadır.³

Ayrıca 19 Mart 2020 tarihinde enfeksiyona maruz kaldığı ilan edilen ülkelerin enfeksiyon başlama tarihleri itibarıyla dağılımı incelendiğinde; bir tanesi 1 Aralık 2019 tarihinde, 25 tanesi Ocak ayında, 36 tanesi Şubat ayında ve 111’ inin Mart ayında yakalandığı görüldü.

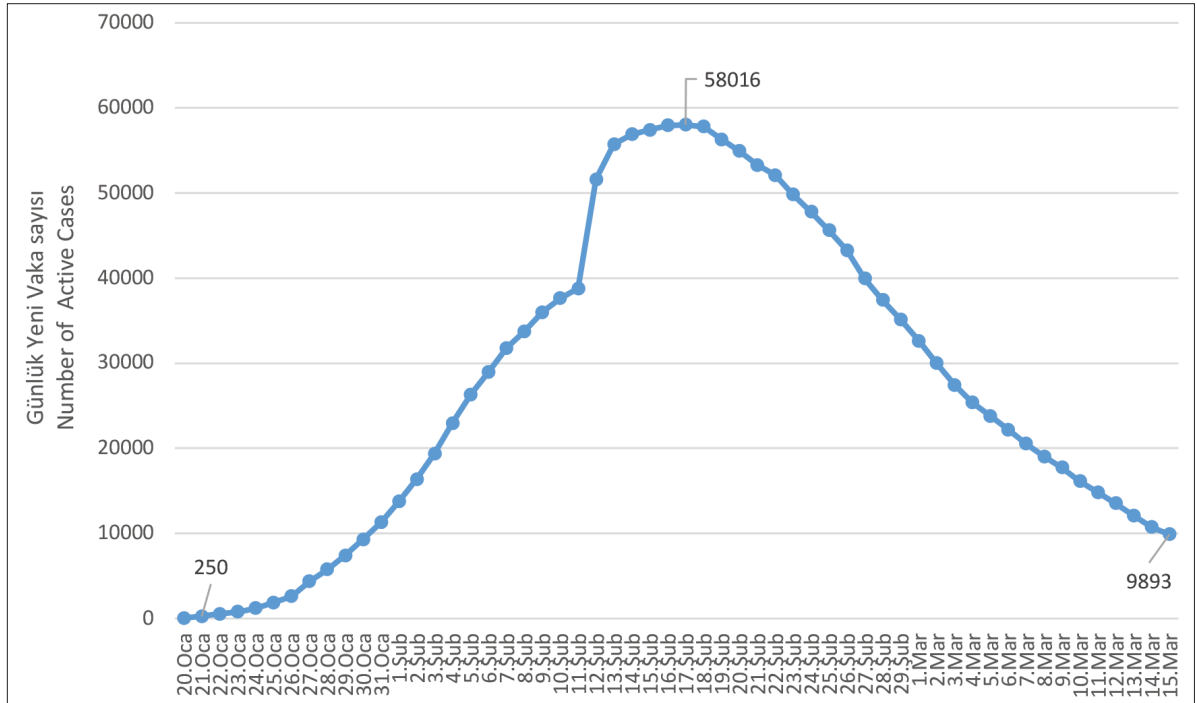
Corona virus pozitif çıkan, vaka sayısı 2000’in üzerinde olan ve dünyaya yayılımında odak (orijin) oluşturan toplam 9 ülke seçilerek bazı hastalık ölçütlerine ait verilerin zamansal değişimi Şekil 2 - Şekil 13’ de verilmiştir.⁴



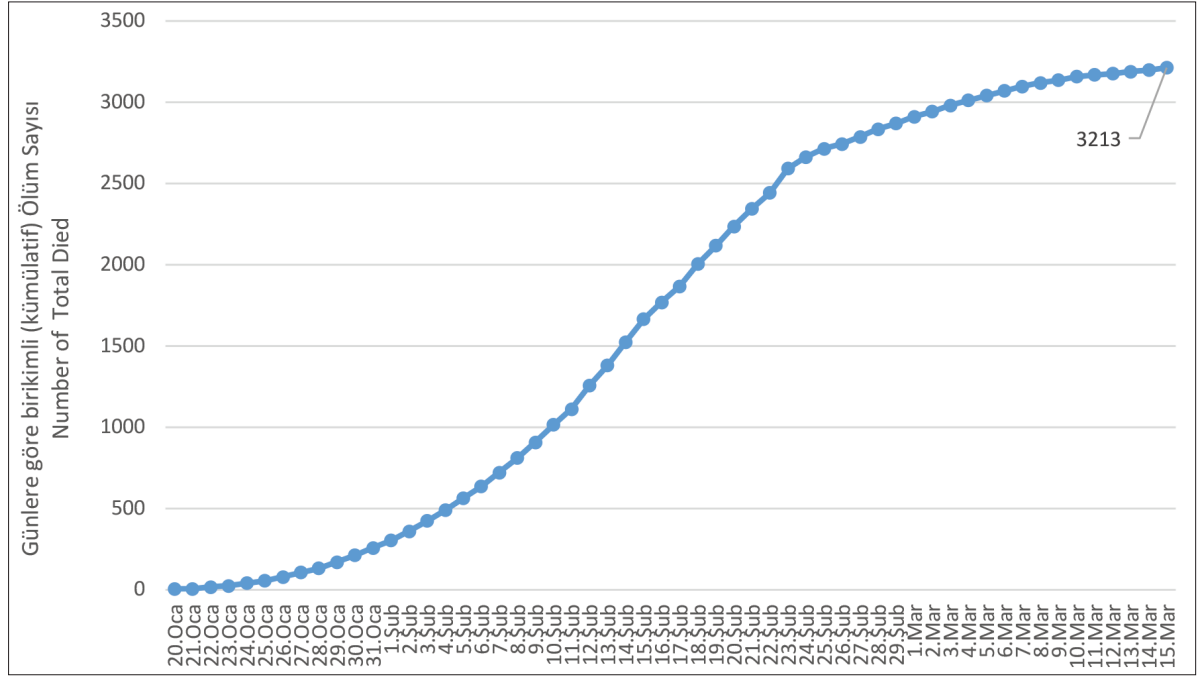
Şekil 1. Ülkelere göre Covid-19 enfeksiyonunun orijinleri ve ilk tanı tarihleri (Harita makalenin yazarları tarafından oluşturulmuştur)



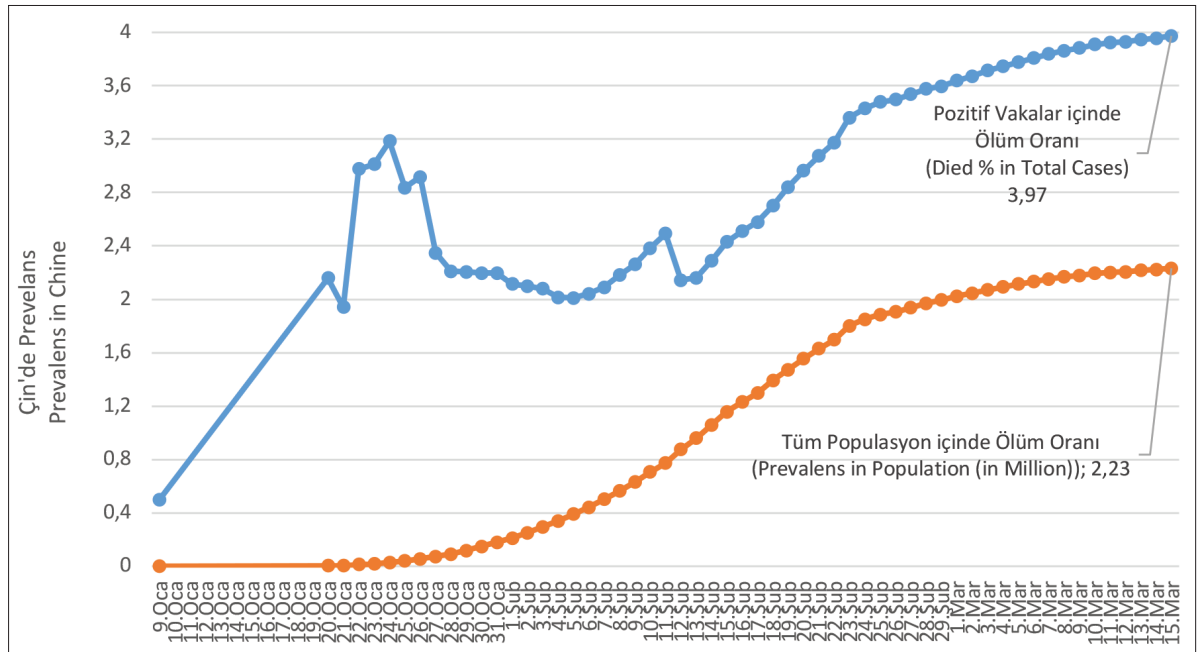
Şekil 2. Çin'de günlere göre birikimli Pozitif Vaka sayısı



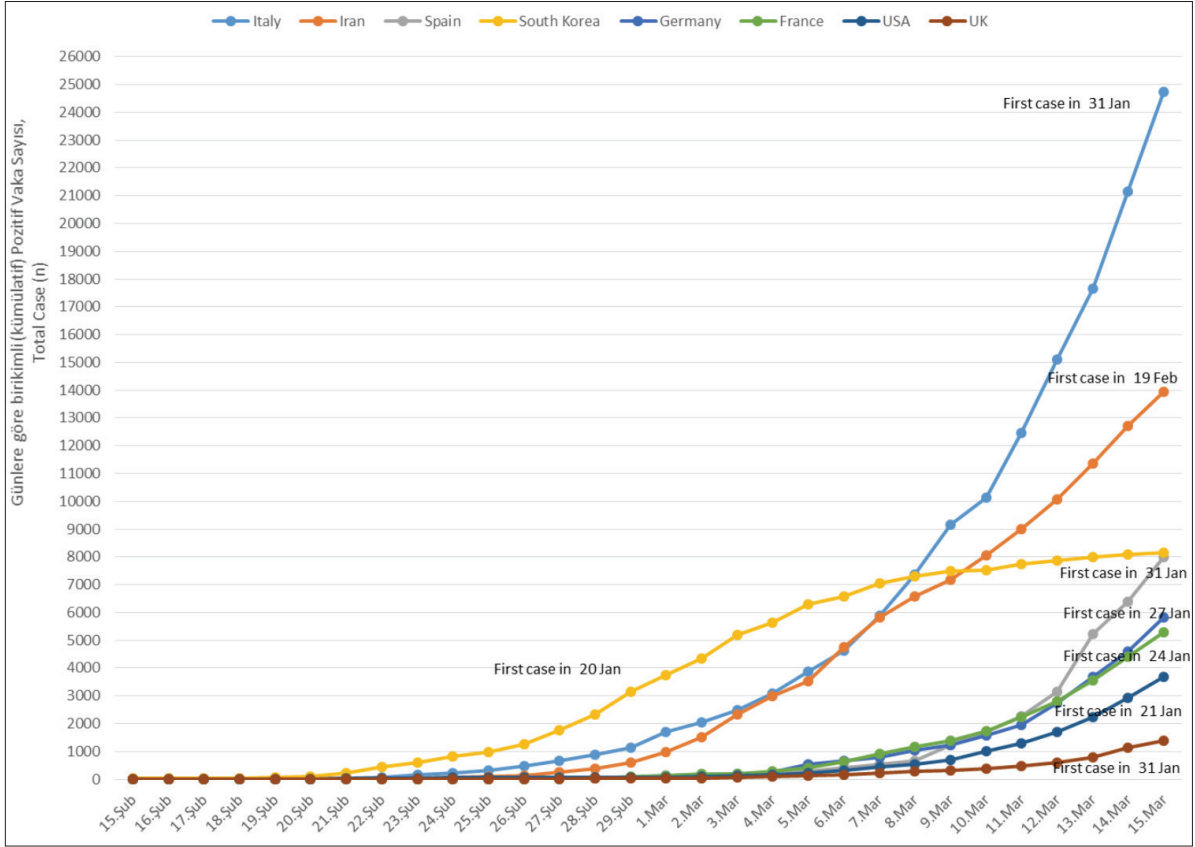
Şekil 3. Çin'de günlük Yeni Vaka sayısı



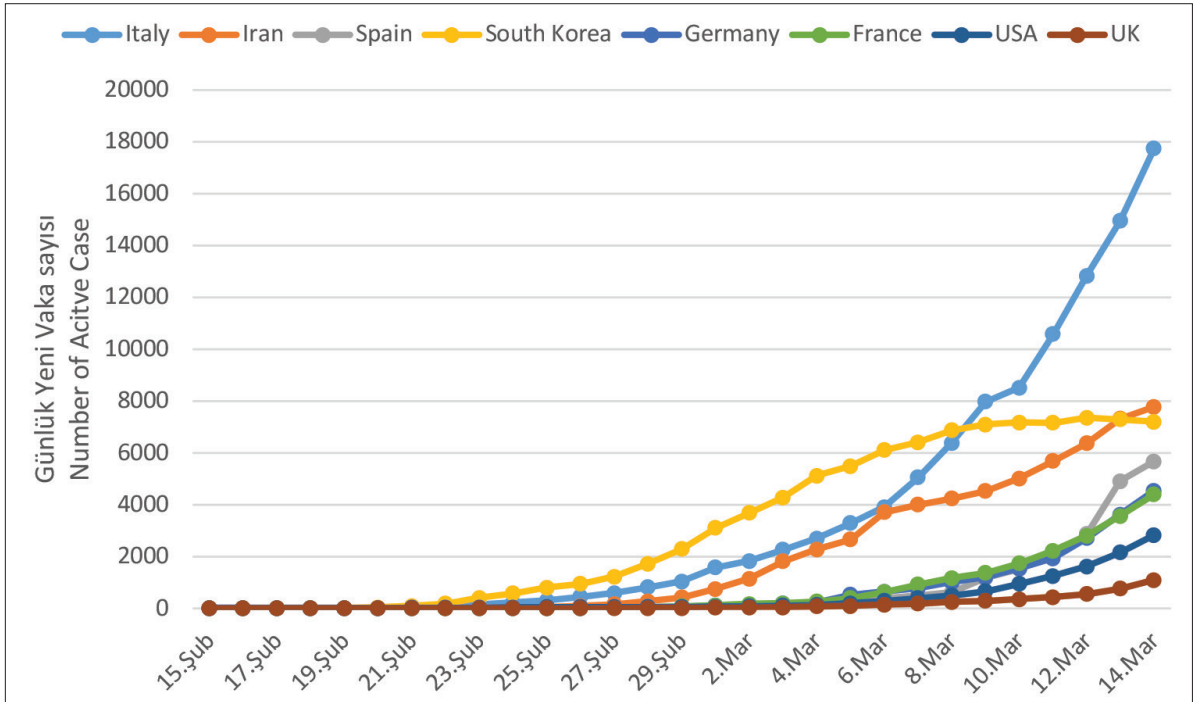
Şekil 4. Çin'de günlere göre birikimli Ölüm Sayısı



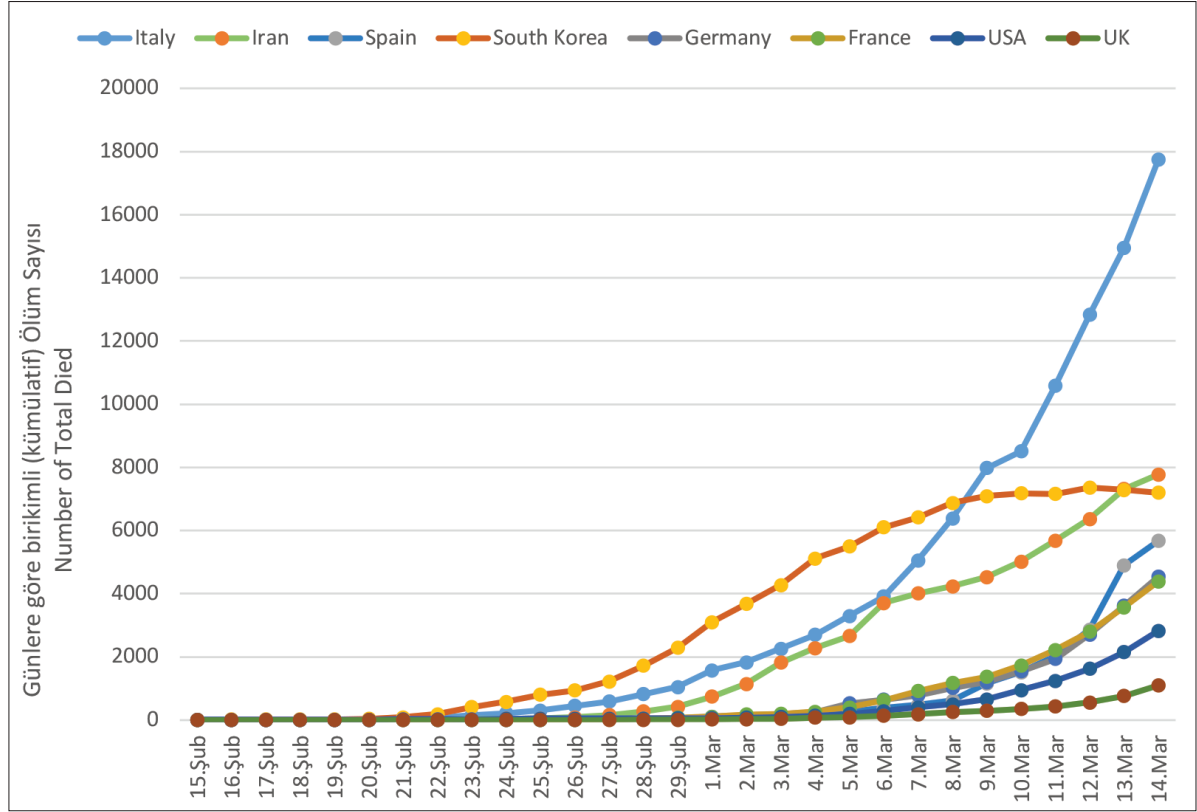
Şekil 5. Çin'de Pozitif Vaka Oranı ve Ölüm Oranı



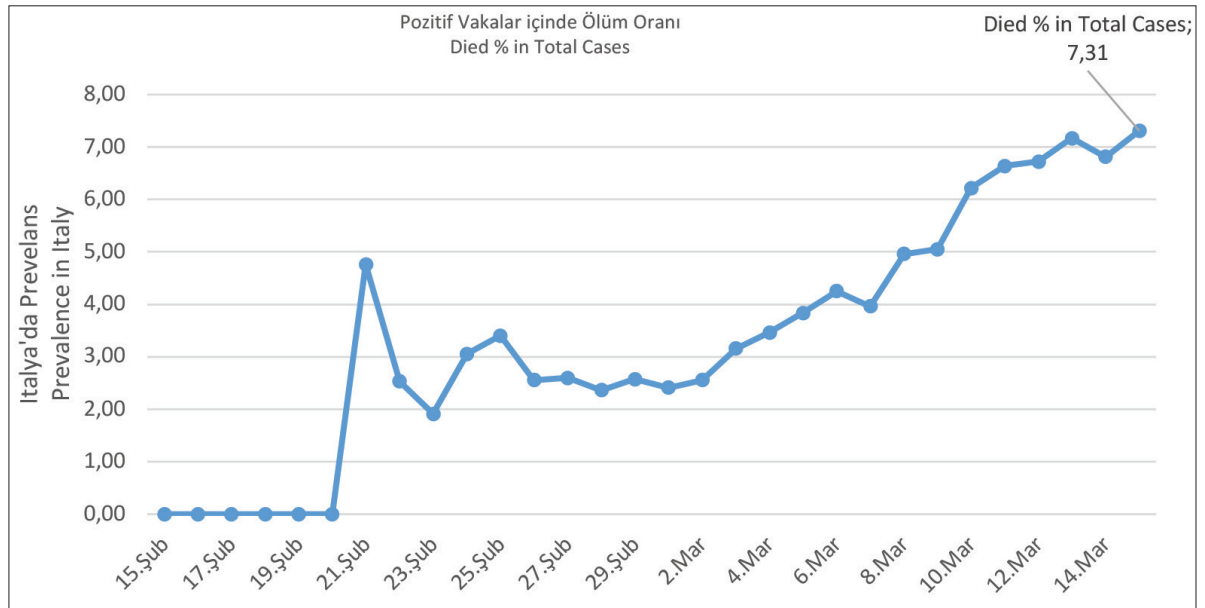
Şekil 6. Pozitif Vaka Sayısı 2000' in üzerinde olan ülkelerde birikimli Vaka seyri



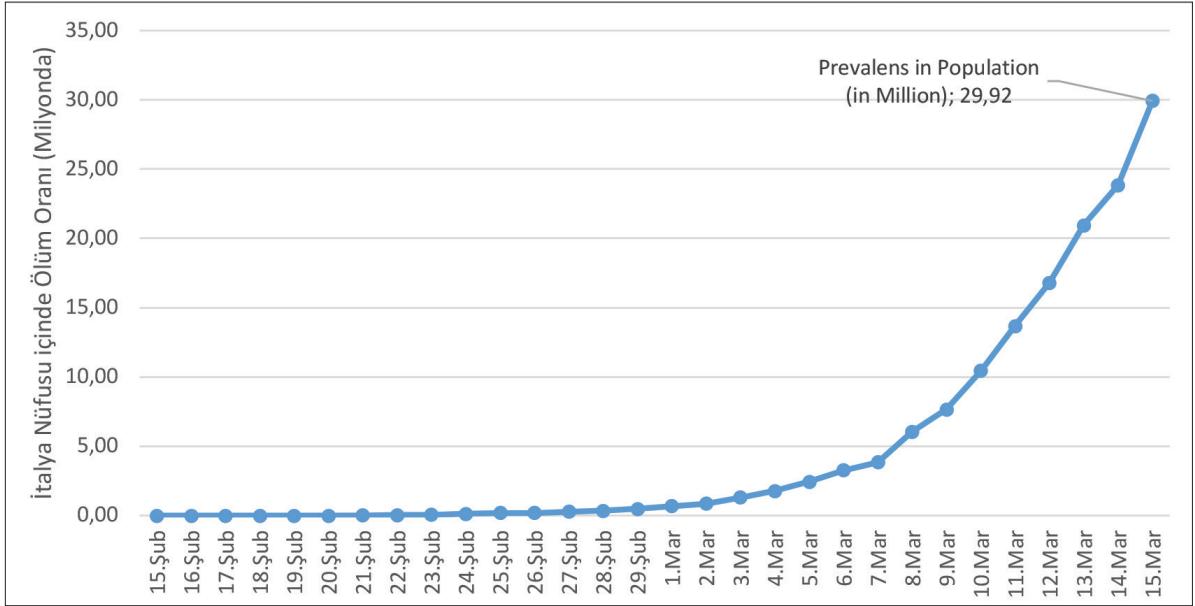
Şekil 7. Pozitif Vaka Sayısı 2000' in üzerinde olan ülkelerde günlük yeni Vaka sayısının dağılımı



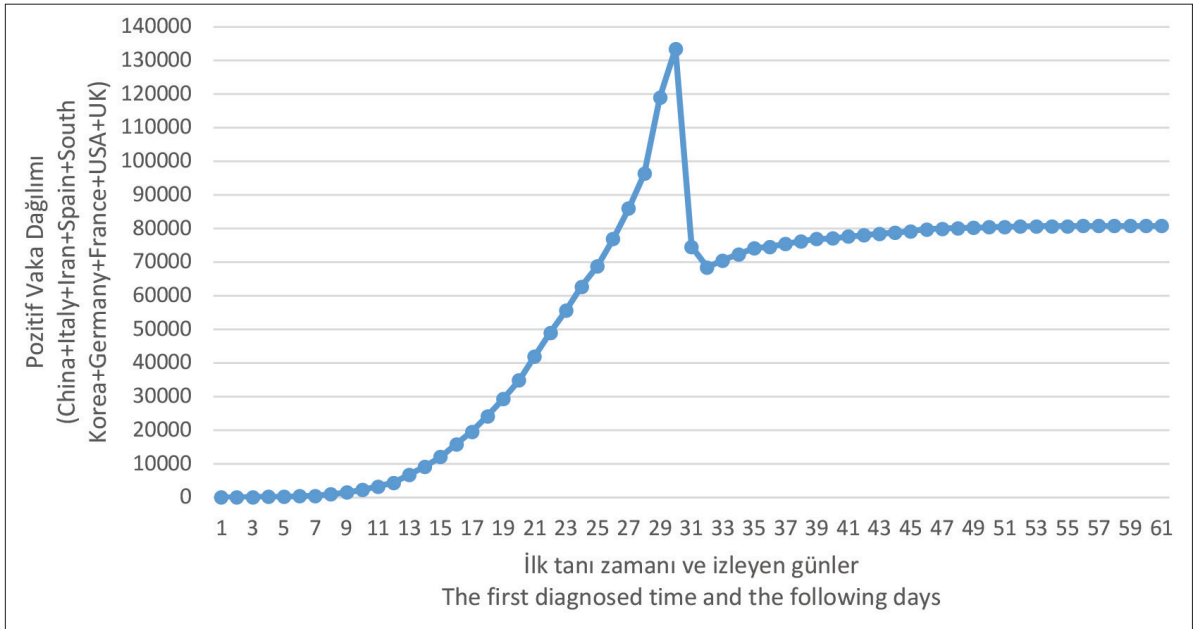
Şekil 8. Pozitif Vaka Sayısı 2000' in üzerinde olan ülkelerde Ölüm Sayılarının dağılımı



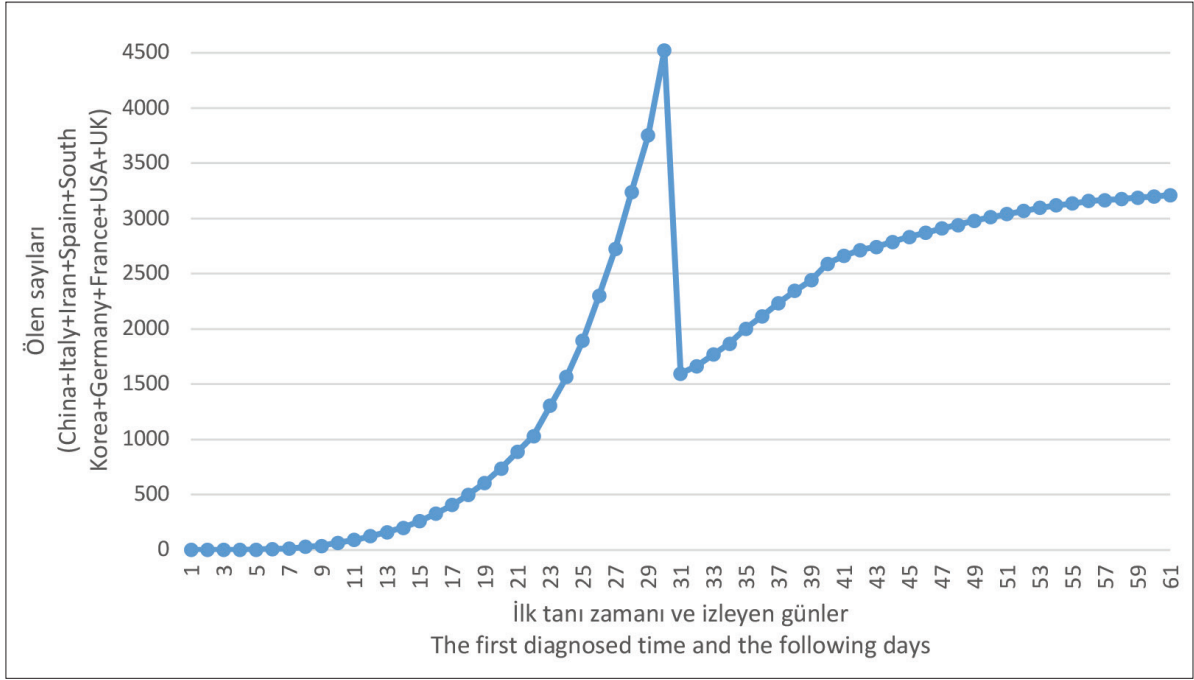
Şekil 9. İtalya' da Pozitif Vakalar içinde Ölüm Oranı



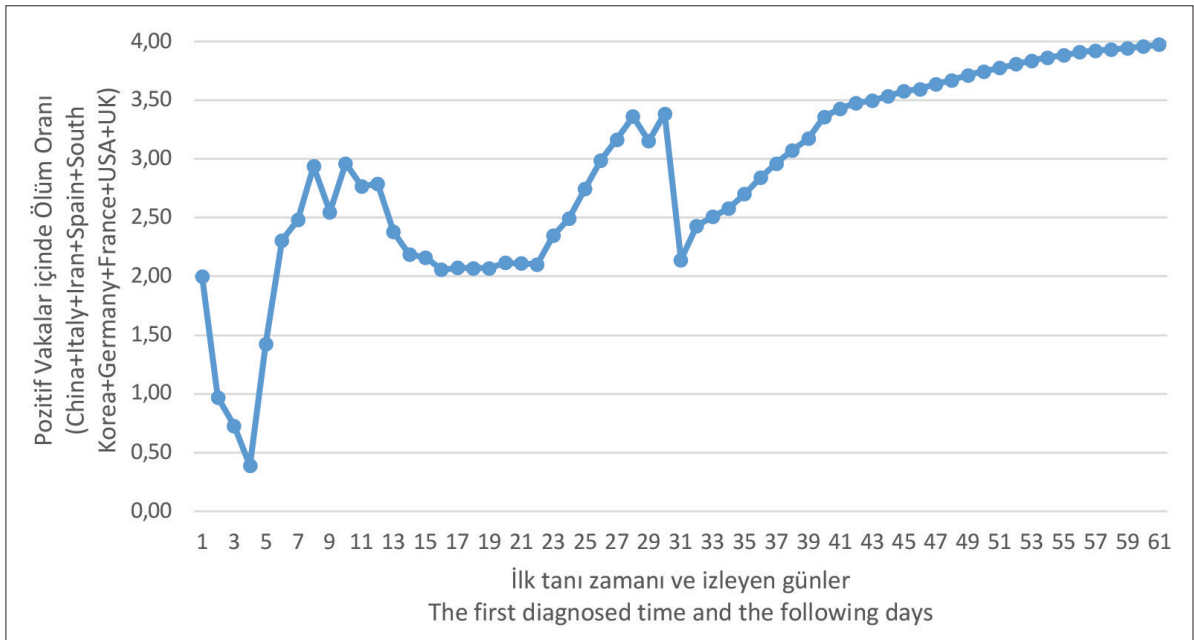
Şekil 10. İtalya nüfusu içinde Covid-19 enfeksiyonundan Ölüm Oranının dağılımı



Şekil 11. Pozitif Vaka Sayısı 2000'in üzerinde olan Çin, İtalya, İran, İspanya, Güney Kore, Almanya, Fransa, ABD ve İngiltere için ilk tanı günü ve izleyen günler karşılıklı getirildikten sonra toplanarak elde edilen Toplam Pozitif Vaka Sayılarının değişimi



Şekil 12. Pozitif Vaka Sayısı 2000' in üzerinde olan Çin, İtalya, İran, İspanya, Güney Kore, Almanya, Fransa, ABD ve İngiltere için ilk tanı günü ve izleyen günler karşılıklı getirildikten sonra toplanarak elde edilen Toplam Ölen Sayılarının değişimi



Şekil 13. Pozitif Vaka Sayısı 2000' in üzerinde olan Çin, İtalya, İran, İspanya, Güney Kore, Almanya, Fransa, ABD ve İngiltere için ilk tanı günü ve izleyen günler karşılıklı getirildikten sonra toplanarak elde edilen Pozitif Vakalar içinde Ölüm Oranlarının değişimi

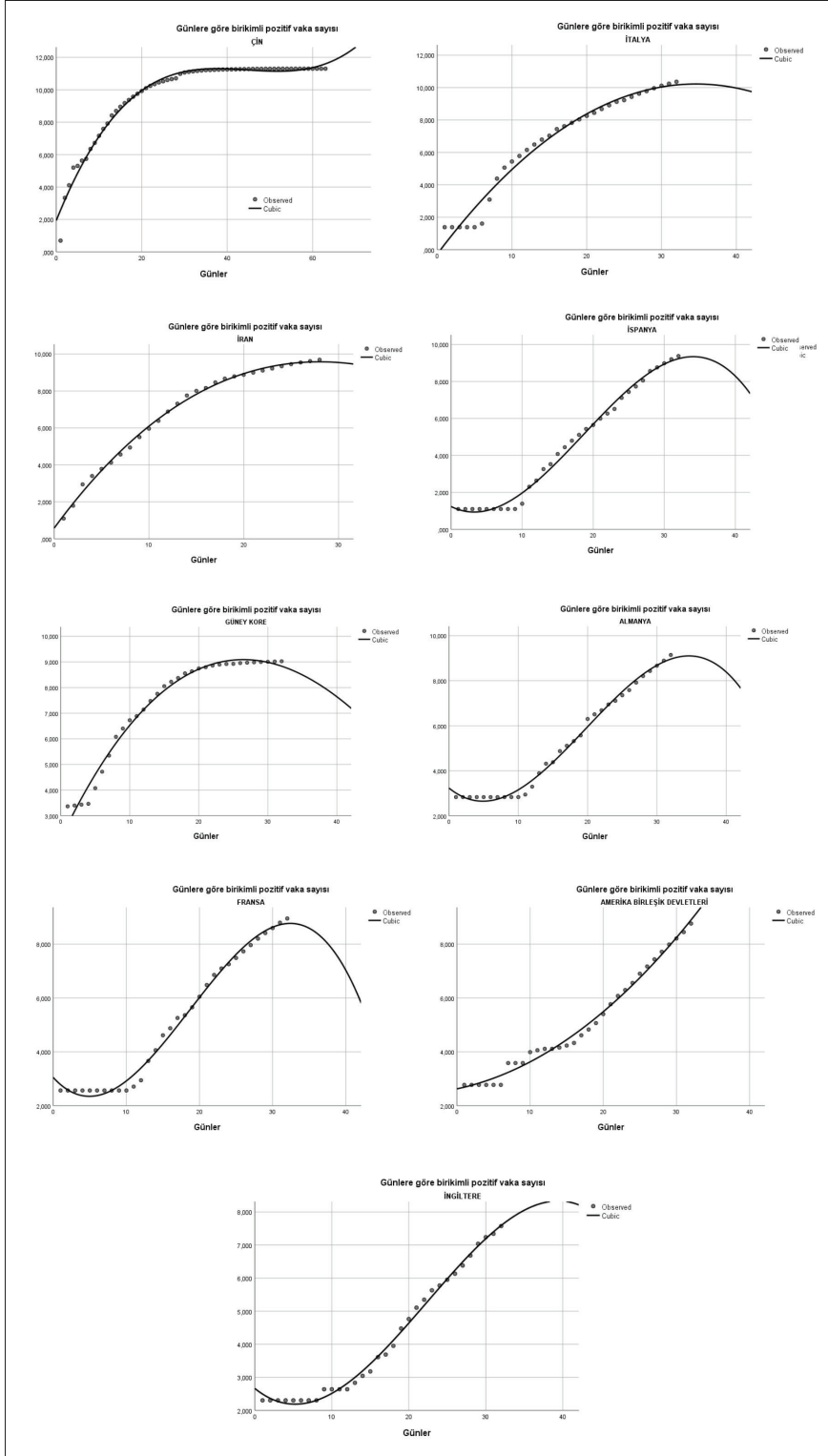
Ülkelerde ilk tanıdan itibaren 19 Mart 2020 tarihi- lem süreci) ülkelere göre dağılımı ve bu mücadelenin ne kadar geçen enfeksiyonla mücadele sürecinin (iz- başlangıç tarihleri Tablo 2' de verildi.

Tablo 2. COVID-19 enfeksiyonuna maruz kalan ülkelerin 18 Mart 2020 tarihi itibarıyla enfeksiyon izlem süresi ve ilk tanı tarihleri

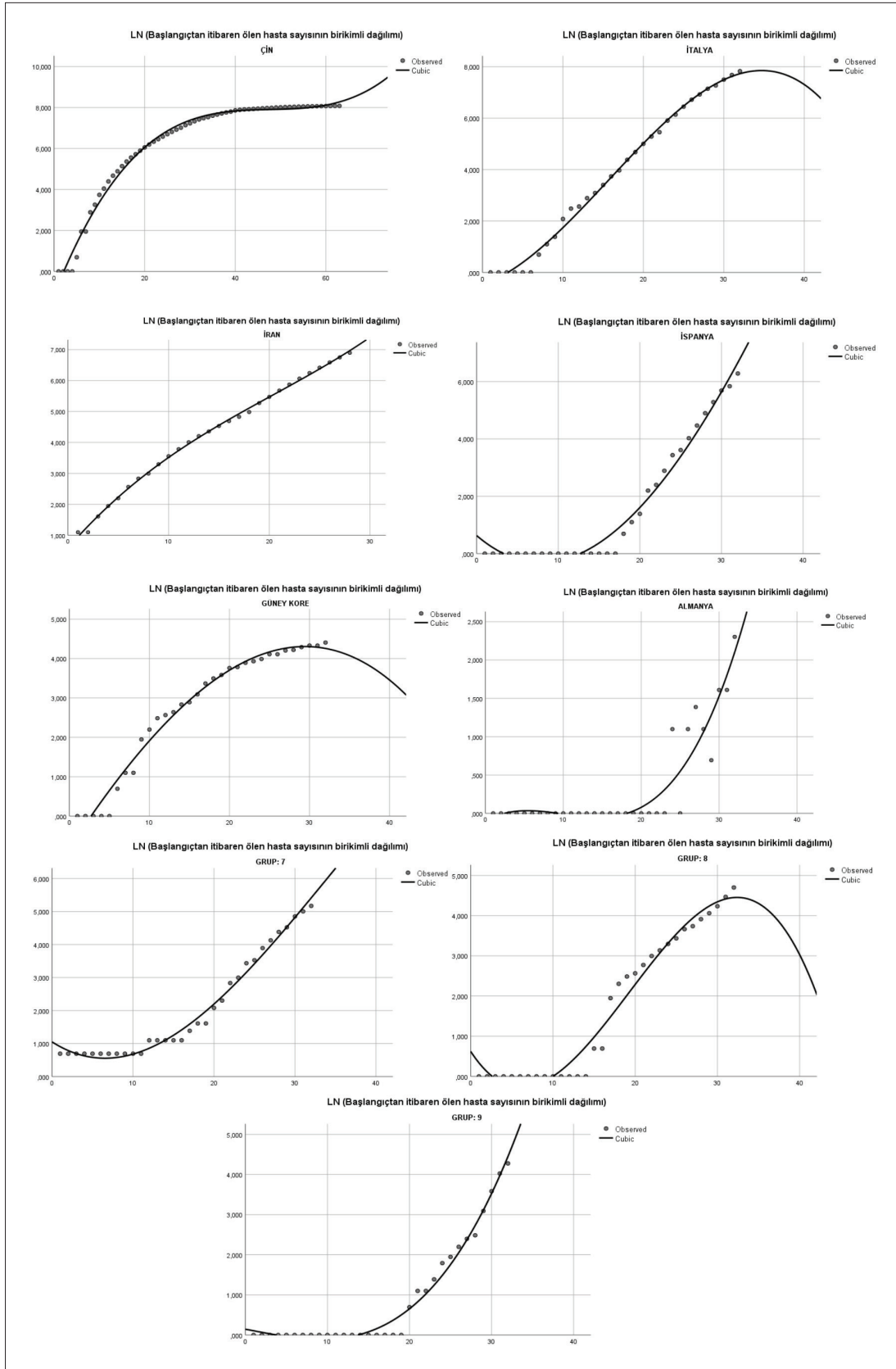
İzlem Süresi (Gün) <i>Follow-up period (Day)</i>	n	%	İlk Tanı Tarihi <i>First Diagnosed Time</i>	Ülkeler <i>Countries</i>
2	2	1,2	16.03.2020	Somalia, Tanzania
3	6	3,7	15.03.2020	Bahamas, Benin, Greenland, Guam, Liberia, Uzbekistan
4	7	4,3	14.03.2020	Central African Republic, Congo, Equatorial Guinea, Eswatini, Namibia, Rwanda, Seychelles
5	18	11,1	13.03.2020	Antigua and Barbuda, Aruba, Curaçao, Ethiopia, Gabon, Guadeloupe, Guatemala Guinea, Kenya, Mauritania, Mayotte, Puerto Rico, Saint Lucia, Sudan, Suriname, U.S. Virgin, Islands, Uruguay, Venezuela
6	4	2,5	12.03.2020	Cayman Islands, Ghana, Kazakhstan, Trinidad and Tobago
7	5	3,1	11.03.2020	French Polynesia, Guyana, Ivory Coast, Réunion, Saint Vincent and the Grenadin
8	10	6,2	9-10.3.2020	Channel Islands, Bolivia, Burkina Faso, Cyprus, DRC, Honduras, Jamaica, Mongolia, Panama, Turkey
10	2	1,2	8.03.2020	Albania, Bulgaria
11	7	4,3	7.3.2020	Bangladesh, Brunei, Maldives, Malta, Moldova, Nigeria, Paraguay
12	8	4,9	6.3.2020	Bhutan, Cameroon, Colombia, Costa Rica, Peru, Serbia, Slovakia, Togo
13	5	3,1	5.3.2020	Bosnia and Herzegovina, Egypt, Martinique, Palestine, Vatican City
14	6	3,7	4.3.2020	Faeroe Islands, French Guiana, Gibraltar, Hungary, Poland, Slovenia
15	4	2,5	3.3.2020	Argentina, Chile, Liechtenstein, Ukraine
16	10	6,2	2.3.2020	Andorra, Indonesia, Jordan, Latvia, Macao, Morocco, Portugal, Saudi Arabia, Senegal, Tunisia
17	6	3,7	1.3.2020	Armenia, Czechia, Dominican Republic, Saint Martin, South Africa, St. Barth
19	4	2,5	29.2.2020	Ecuador, Ireland, Luxembourg, Monaco
20	7	4,3	28.2.2020	Azerbaijan, Belarus, Belgium, Iceland, Lithuania, Mexico, North Macedonia
21	5	3,1	27.2.2020	Denmark, Estonia, Netherlands, Qatar, San Marino
22	7	4,3	26.2.2020	Georgia, Greece, New Zealand, Norway, Oman, Pakistan, Romania
23	5	3,1	25.2.2020	Algeria, Austria, Brazil, Croatia, Switzerland
24	3	1,9	24.2.2020	Afghanistan, Cuba, Kuwait
26	1	0,6	22.2.2020	Iraq
27	3	1,9	21.2.2020	Bahrain, Israel, Lebanon
29	1	0,6	19.2.2020	Iran
47	4	2,5	31.01.2020	Italy, Russia, Spain, United Kingdom
48	2	1,2	30.1.2020	India, Philippines
49	1	0,6	29.1.2020	United Arab Emirates
51	4	2,5	27.1.2020	Cambodia, Finland, Germany, Sri Lanka
53	3	1,9	25.1.2020	Australia, Canada, Malaysia
54	2	1,2	24.1.2020	France, Sweden
55	3	1,9	23.1.2020	Hong Kong, Singapore, Vietnam
w57	2	1,2	21.1.2020	Taiwan United States America
58	1	0,6	20.1.2020	South Korea
61	1	0,6	17.1.2020	Japan
64	1	0,6	13.1.2020	Thailand
73	1	0,6	5.1.2020	Nepal
108	1	,6	1.12.2019	China
Total	162	100,0		

COVID-19 Pandemi Ölçütlerinin Modellenmesi
Covid-19 enfeksiyonu ile 1 ayın üzerinde mücadele eden ve toplam pozitif vaka sayısı 2000'in üzerin-

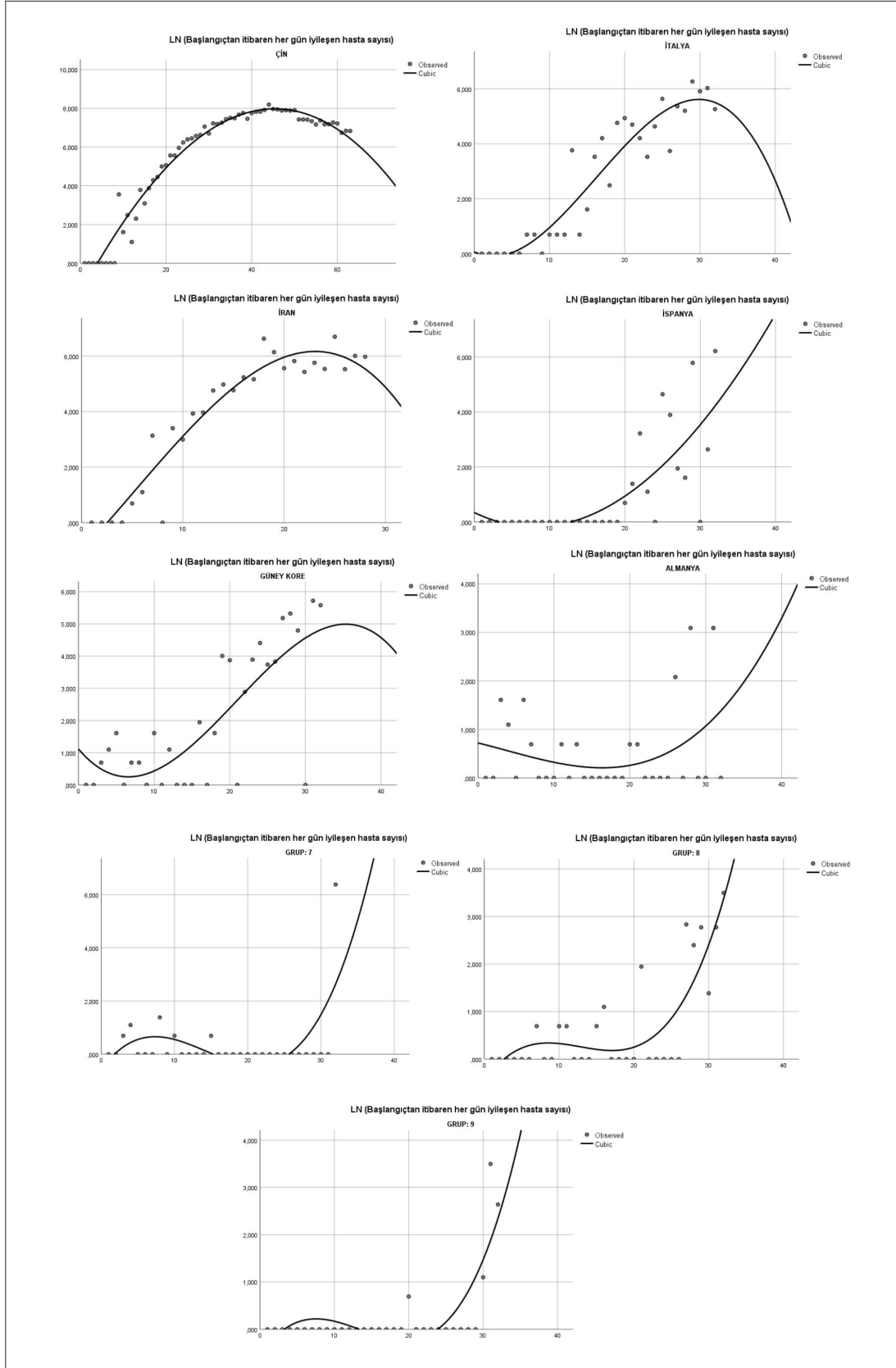
de olan ülkelere ait verilerden hesaplanan ölçütlerin, günlere göre logaritmik değerlerinin dağılımı ve kübik eğri ile tahminleri Şekil 14 - Şekil 18'de verildi.



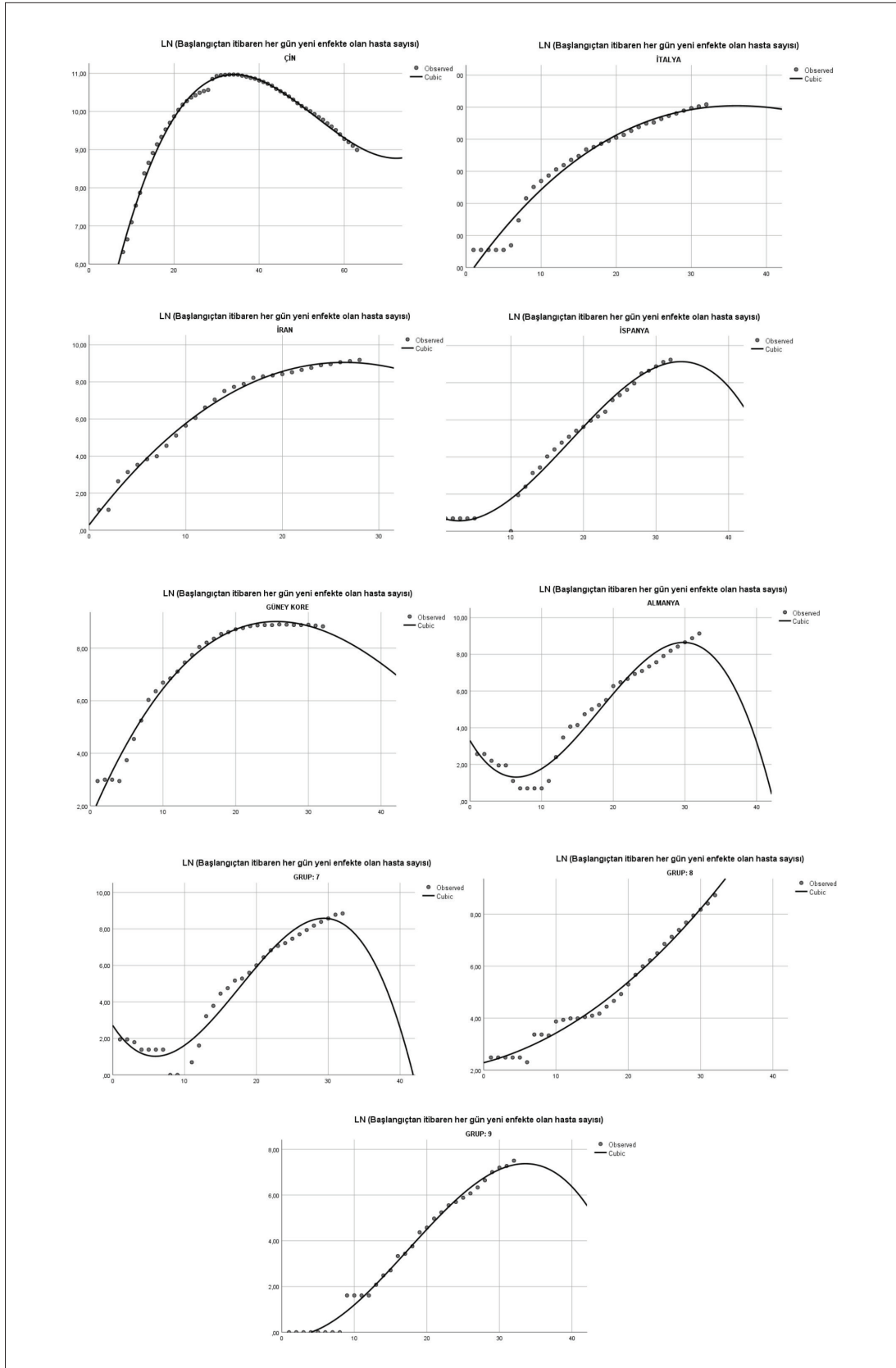
Şekil 14. Günlere göre birikimli pozitif vaka sayısının 9 farklı ülkedeki logaritmik değerleri



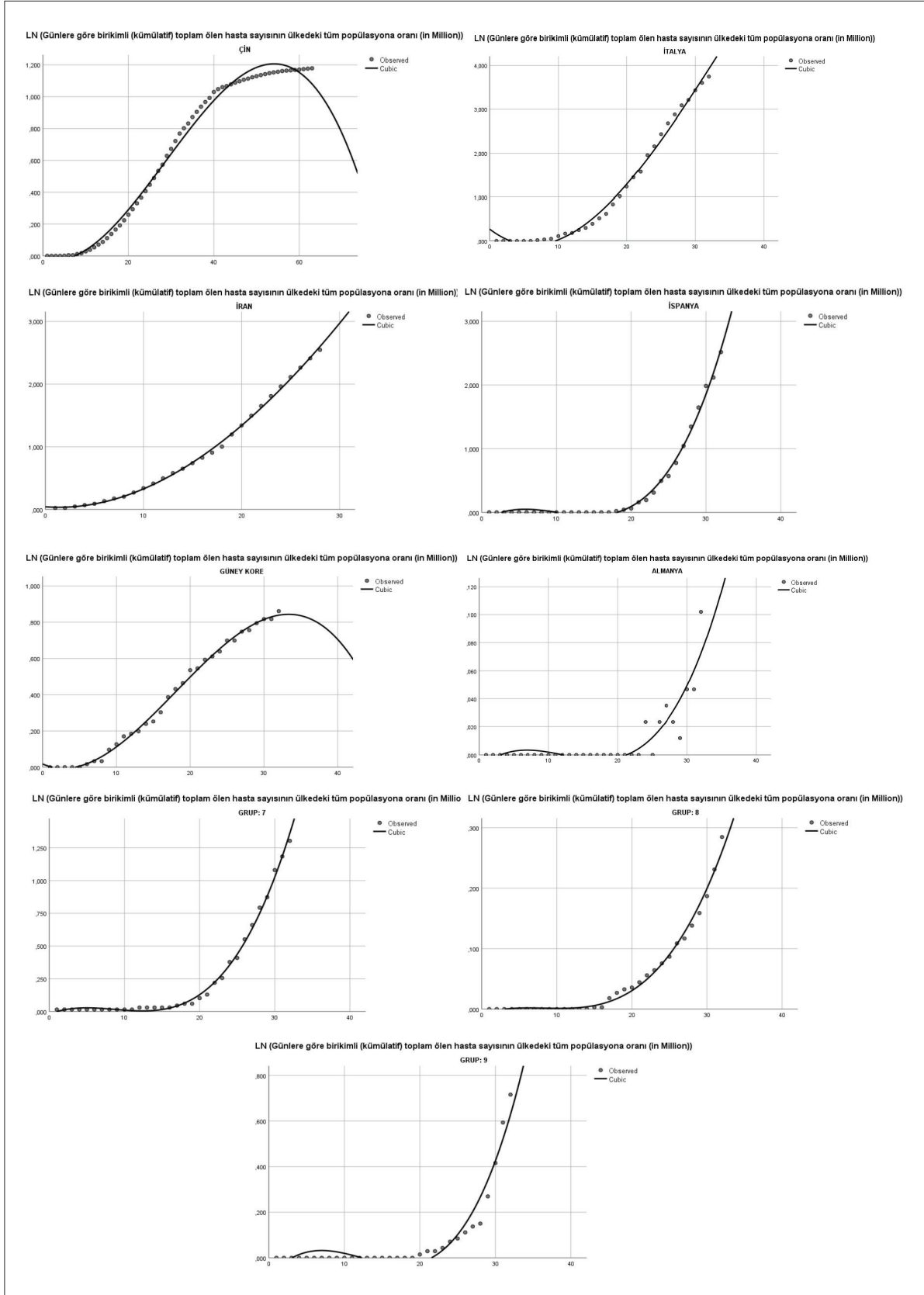
Şekil 15. Başlangıçtan itibaren birikimli ölen hasta sayısının 9 farklı ülkedeki logaritmik değerleri



Şekil 16. Başlangıçtan itibaren gün-gün iyileşen hasta sayısının 9 farklı ülkedeki logaritmik değerleri



Şekil 17. Başlangıçtan itibaren gün-gün yeni enfekte olan hasta sayısının 9 farklı ülkedeki logaritmik değerleri



Şekil 18. Günlere göre birikimli toplam ölen hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranının logaritmik değerleri

Ölçütlere ait verilerin doğal logaritması alındıktan sonra zamansal seyri tahmin etmek için kübik model kullanıldığında her bir ölçüt için modellerin başarısı, tahminlerdeki isabet derecesi (%R²) ve kurulan modelin hataları ile ölçülmüştür. İsbet derecesi yüksek olan (en büyük değer %100) ve hatası minimum olan

(en düşük model hatası sıfırdır) modeller seçilmiştir (Tablo 3). Modelin tahminlerdeki isabet derecesi %70' in altında ise Tablo 3' te o modele ilişkin bilgi verilmemiştir. Ancak genel olarak modelin tahminlerdeki isabeti %95' in üzerindedir.

Tablo 3. Model Performans Kriterleri

Bağımlı değişken (Ölçütler)	Model Performans Kriterleri **	ÜLKELER								
		Çin	İtalya	İran	İspanya	Güney Kore	Almanya	Fransa	USA	İngiltere
Günlere göre birikimli pozitif vaka sayısı	%R ²	99,5	97,6	99,6	,993	98,5	99,4	99,3	,991	,995
	MSE	,091	,500	,165	,263	,259	,184	,205	,195	,136
Başlangıçtan itibaren ölen hasta sayısının birikimli dağılımı	%R ²	99,1	99,5	99,9	98,1	98,0	85,9	98,9	97,0	98,4
	MSE	,064	,209	,072	,320	,228	,254	,174	,319	,180
Başlangıçtan itibaren her gün iyileşen hasta sayısı	%R ²	95,4	88,6	91,6						
	MSE	,436	,818	,719						
Başlangıçtan itibaren gün-gün enfekte olan hasta sayısı	%R ²	99,5	97,4	99,2	98,2	98,2	96,4	96,2	98,8	99,1
	MSE	,082	,533	,240	,432	,299	,571	,607	,233	,259
İlgili günde pozitif tanı alan toplam yeni hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranı (Kişi-Milyon)	%R ²	99,8	99,3	,991	99,7	98,5	99,6	99,5	99,6	99,4
	MSE	,052	,197	,188	,119	,217	,110	,121	,062	,091
Günlere göre birikimli (kümülatif) toplam ölen hasta sayısının yine aynı günde toplam pozitif vaka sayısına oranı (%)	%R ²	95,7	84,9	95,2	94,1			84,6		92,6
	MSE	,039	,296	,195	,163			,242		,152
Günlere göre birikimli (kümülatif) toplam ölen hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranı (Kişi-Million)	%R ²	99,3	99,4	99,9	99,5	99,7	82,2	99,6	99,1	94,5
	MSE	,038	,107	,030	,055	,018	,010	,025	,001	,043
Günlük iyileşen hasta sayısının yine aynı günde pozitif tanı alan toplam hasta sayısına oranı (%)	%R ²	72,9								
	MSE	,223								
Günlük yeni enfekte olan hasta sayısının yine aynı günde pozitif tanı alan toplam hasta sayısına oranı (%)	%R ²	99,9	91,3			86,2				92,9
	MSE	,033	,021			,052				,248

** : %R²: Tahminlerdeki başarı derecesi; MSE: Modelin hatası

Çin için hesaplanan 9 farklı ölçüte ait değerlerin tahminindeki başarısı bir ölçüt hariç %99 civarındadır.

Bu modellerin katsayıları Tablo 4' te verildi.

Tablo 4. Çin' de COVID-19 ölçütlerini tahmin etmek için kullanılacak model katsayıları

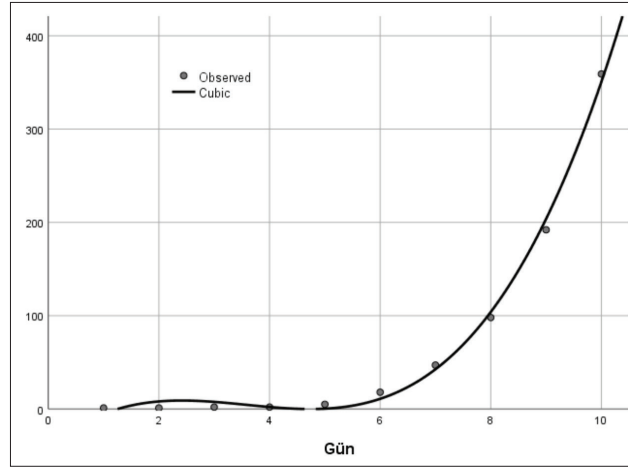
Bağımlı değişken Ölçütler	MODEL KATSAYILARI			Sabit terim
	Regresyon Katsayıları			
	B1	B2	B3	
Günlere göre birikimli pozitif vaka sayısı	0,570	-0,012	8,847E-05	2,731
Başlangıçtan itibaren ölen hasta sayısının birikimli dağılımı	0,442	-0,008	5,337E-05	0,092
Başlangıçtan itibaren her gün iyileşen hasta sayısı	0,586	-0,009	4,229E-05	-3,191
Başlangıçtan itibaren gün-gün enfekte olan hasta sayısı	0,588	-0,013	7,941E-05	2,518
İlgili günde pozitif tanı alan toplam yeni hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranı (Kişi-Milyon)	0,413	-0,008	5,607E-05	-2,648
Günlere göre birikimli (kümülatif) toplam ölen hasta sayısının yine aynı günde toplam pozitif vaka sayısına oranı (%)	-0,088	0,003	-2,447E-05	1,965
Günlere göre birikimli (kümülatif) toplam ölen hasta sayısının ülkedeki tüm popülasyona oranı (Kişi-Million)	0,005	0,001	-1,503E-05	-0,154
Günlük iyileşen hasta sayısının yine aynı günde pozitif tanı alan toplam hasta sayısına oranı (%)	-0,047	0,003	-3,999E-05	0,594
Günlük yeni enfekte olan hasta sayısının yine aynı günde pozitif tanı alan toplam hasta sayısına oranı (%)	0,018	0,000	-9,092E-06	4,394

Türkiye için 19 Mart 2020 verileri incelendiğinde (10 günlük), birikimli ölüm ve birikimli pozitif vaka sayıları mevcuttur. Henüz enfeksiyonun ilk döneminde olan ülkemiz için 20 Mart 2020 dahil 10 günlük Bi-

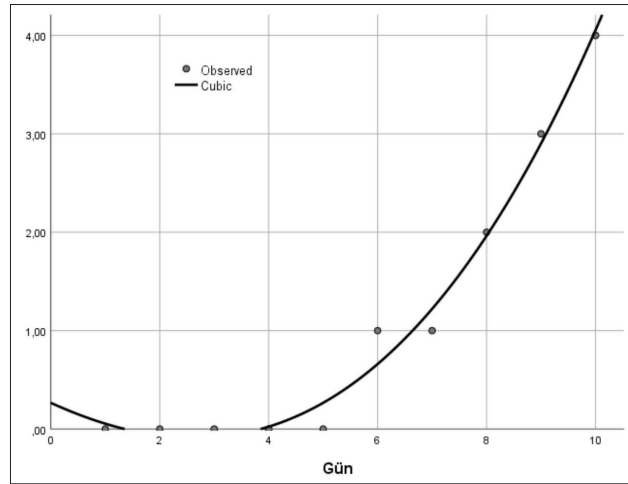
rikimli Pozitif Vaka sayıları ve Birikimli Ölüm Sayıları Kübik model ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuş ve tahmin eğrileri Şekil 19 ve Şekil 20' de verilmiştir.

Tablo 5. Türkiye' de COVID-19 ölçütlerinin 10 günlük tahmini

Tahmin Günleri	Birikimli Ölüm Sayıları	Birikimli Pozitif Vaka Sayıları
20 Mart 2020	11	553
21 Mart 2020	13	821
22 Mart 2020	15	1161
23 Mart 2020	18	1583
24 Mart 2020	21	2096
25 Mart 2020	24	2708
26 Mart 2020	28	3428
27 Mart 2020	32	4265
28 Mart 2020	36	5226
29 Mart 2020	41	6322



Şekil 19. Günlere göre Birikimli Vaka Sayısı



Şekil 20. Günlere göre Birikimli Ölüm Sayısı

Ülkenin Yaş, Şehirleşme Oranı ve Yoğunluğu ile Hastalık Ölçütleri Arasındaki İlişki

Genelleştirilmiş doğrusal modeller (Generalized Linear Models) ailesinden Poisson regresyon ve Negatif binomiyal regresyon modelleri yardımıyla ülkenin ortalama yaşı, şehirleşme oranı, kilometre kare başına nüfusu dikkate alınarak Günlere göre birikimli (kümülatif) Pozitif Vaka Sayısı, Günlük Yeni Vaka sayısı, Günlere göre birikimli (kümülatif) Ölüm Sayısı, Günlere göre birikimli (kümülatif) iyileşen Sayısı, Günlük Aktif Vaka Sayısı ve Günlük Kritik Hasta Sayısının nasıl değişim gösterdiği incelendi ve elde edilen sonuçlar aşağıda verildi.

Her ülkenin tahmini 2020 yılı popülasyon büyüklüğü verileri kurulan modele offset değişken olarak dahil edildi ve tanımlanan ölçütlerin popülasyon büyüklüğüne göre düzeltilmesi yapılmış oldu.

Öncelikle tüm ölçütler için kurulan modelin sabit terimleri istatistik olarak anlamlı bulundu. Bu sonuç modelde dikkate alınan ülkenin ortalama yaşı, ülkede kilometre kare başına düşen kişi sayısı (Yoğunluk) ve şehirleşme oranının dışında kalan etkenlerinde ilgili ölçüt sonuçlarını anlamlı düzeyde etkilediği anlamına gelmektedir.⁴

Günlere göre birikimli (kümülatif) Pozitif Vaka Sayısı

Ortalama yaş 1 yıl arttığında Günlere göre birikimli (kümülatif) Pozitif Vaka Sayısının 0,216 kat arttığı ve şehirleşme oranı %1 arttığında ise 0,015 kat arttığı belirlendi. Ancak ülkenin yoğunluğu ile Günlere göre birikimli (kümülatif) Pozitif Vaka Sayısı ilişkili bulunmadı.

Tablo 6. Günlere göre birikimli (kümülatif) Pozitif Vaka Sayısı ile ülkenin demografik yapısı arasındaki ilişkiler

	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	P
Model Sabit Terimi	-18,785	0,4343	<0,0001
Medyan Yaş	0,216	0,0117	<0,0001
Yoğunluk	-0,000076	0,000036	0,086
Şehirleşme Oranı	0,015	0,0035	<0,0001

Günlük Yeni Vaka Sayısı

Ortalama yaş 1 yıl arttığında Günlük Yeni Vaka sayısının 0,201 kat arttığı ve şehirleşme oranı %1 arttığında ise 0,011 kat arttığı belirlendi. Ancak ülkenin yoğunluğu ile Günlük Yeni Vaka sayısı ilişkili bulunmadı.

Tablo 7. Günlük Yeni Vaka sayısı ile ülkenin demografik yapısı arasındaki ilişkiler

	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	P
Model Sabit Terimi	-20,342	0,4605	<0,0001
Medyan Yaş	0,201	0,0131	<0,0001
Yoğunluk	-0,00005	0,000039	0,205
Şehirleşme Oranı	0,011	0,005	0,033

Günlere Göre Birikimli (Kümülatif) Ölüm Sayısı

Ortalama yaş 1 yıl arttığında Günlük Yeni Vaka sayısının 0,139 kat arttığı ve şehirleşme oranı %1 arttığında ise 0,048 kat arttığı belirlendi. Ancak ülkenin yoğunluğu Günlere göre birikimli (kümülatif) Ölüm Sayısı ilişkili bulunmadı.

Tablo 8. Günlere göre birikimli (kümülatif) Ölüm Sayısı ile ülkenin demografik yapısı arasındaki ilişkiler

	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	P
Model Sabit Terimi	-23,571	0,6012	<0,0001
Medyan Yaş	0,139	0,0172	<0,0001
Yoğunluk	0,00001	0,0001	0,080
Şehirleşme Oranı	0,048	0,0090	<0,0001

Günlere Göre Birikimli (Kümülatif) İyileşen Sayısı

Ortalama yaş 1 yıl arttığında Günlük Yeni Vaka sayısının 0,03 kat arttığı ve şehirleşme oranı %1 arttığında ise 0,077 kat arttığı belirlendi. Ancak ülkenin yoğunluğu Günlere göre birikimli (kümülatif) iyileşen Sayısı ilişkili bulunmadı.

Tablo 9. Günlere göre birikimli (kümülatif) iyileşen Sayısı ile ülkenin demografik yapısı arasındaki ilişkiler

	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	P
Model Sabit Terimi	-20,657	0,5545	<0,0001
Medyan Yaş	0,030	0,0138	0,0290
Yoğunluk	0,000076	0,000051	0,134
Şehirleşme Oranı	0,077	0,0055	<0,0001

Günlük Aktif Vaka Sayısı

Ortanca yaş 1 yıl arttığında Günlük Aktif Vaka Sayısı 0,22 kat arttığı ve şehirleşme oranı %1 arttığında ise 0,013 kat arttığı belirlendi. Ancak ülkenin yoğunluğu Günlere göre birikimli (kümülatif) iyileşen Sayısı ilişkili bulunmadı.

Tablo 10. Günlük Aktif Vaka Sayısı ile ülkenin demografik yapısı arasındaki ilişkiler

	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	P
Model Sabit Terimi	-18,879	0,4302	<0,0001
Medyan Yaş	0,220	0,0117	<0,0001
Yoğunluk	-0,000094	0,000070	0,100
Şehirleşme Oranı	0,013	0,0035	<0,0001

Günlük Kritik Hasta Sayısı

Ortanca yaş 1 yıl arttığında Günlük Aktif Vaka Sayısı 0,199 kat arttığı ve şehirleşme oranı %1 arttığında ise 0,069 kat arttığı belirlendi. Ancak ülkenin yoğunluğu Günlük Kritik Hasta Sayısı ilişkili bulunmadı.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkelerin enfeksiyona maruz kalma tarihleri farklılık arz ettiği için ve ülkenin sağlık politikası, ön hazırlık tedbirleri, yaş ortalaması, ekonomik düzeyi, şehirleşme oranı gibi etkenler başta olmak üzere sosyo-kültürel yapısı ve teknolojik gelişmişliği sonuçlarda fark-

lılıklar oluşturmaktadır. Bu anlamda Çin hazırlıksız yakalanan bir ülke olduğu için enfeksiyonun yayılımı doğal seyrini izlemek açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak alınan tedbirler çerçevesinde gelindiği noktada enfeksiyonla mücadelede başarılı sonuçlara ulaşmaya başlamıştır. Güney Kore ve Almanya ölüm sayısı açısından diğer ülkelere göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Türkiye ise maruziyetten itibaren toplam 10 günlük süreç içinde ölçütlerdeki değişimin hızlı yayılan devletlere benzerlik arz ettiği görülmektedir. 20 Mart 2020 itibariyle tahmin edilen toplam pozitif vaka sayısı 553 ölüm sayısı ise 10-11 dir.

Türkiye' nin mevcut 10 günlük verileri için elde edilen model, toplam pozitif vaka sayısı 2000' in oldukça üzerinde olan ve verileri bu çalışmada modellenen 9 ülkedeki sonuçlarla benzerlik gösterdiği için dış validasyonu sağlamıştır. İç validasyonun kontrolü için önümüzdeki 1 haftalık veriler de ilave edilerek yeniden hesaplamalar yapılacaktır.

Tablo 11. Günlük Kritik Hasta Sayısı ile ülkenin demografik yapısı arasındaki ilişkiler

	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	P
Model Sabit Terimi	-27,141	0,9052	<0,0001
Medyan Yaş	0,199	0,0191	<0,0001
Yoğunluk	0,0001	0,00009	0,168
Şehirleşme Oranı	0,069	0,0091	<0,0001

KAYNAKLAR

1. <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashbo-ard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>
2. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/2019%E2%80%932020_coronavirus_pandemic
4. <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>
5. <https://www.worldometers.info/population/>