T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BATMAN OVASI'NIN YERALTI SUYU POTANSİYELİ VE KALİTESİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE MODELLENMESİ

Veysel Süleyman YAVUZ

DOKTORA TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Haziran 2017

T.C

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Veysel Süleyman YAVUZ tarafından yapılan "Batman Ovası'nın Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Modellenmesi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı	Adı Soyadı
Başkan:	Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ
Üye :	Doç. Dr. Fevzi ÖNEN
Üye :	Doç. Dr. Sezai ASUBAY
Üye :	Doç. Dr. Kasım YENİGÜN
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Abdullah MURATOĞLU

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 14/06/2017

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../201..

Doç.Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

"Batman Ovası'nın Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Modellenmesi" konulu doktora tezi çalışmaları süresince, tez çalışmasının planlanıp yürütülmesinde değerli bilgi ve birikimlerinden yararlandığım, büyük teşvik ve yakın ilgisini gördüğüm doktora tez danışmanlarımdan 1. tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ'ye ve 2. tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Recep ÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmaları süresince ve altı aylık raporların sunumlarında yardım, destek ve katkılarından dolayı tez izleme komitesi üyeleri Sayın Doç. Dr. Fevzi ÖNEN'e ve Sayın Doç. Dr. Sezai ASUBAY'a teşekkür ederim. Ayrıca gerekli verileri temin etmede yardımcı olan Batman İl Özel İdaresi'ne, Batman Devlet Meteoroloji İl Müdürlüğü'ne, Diyarbakır DSİ 10. Bölge Müdürlüğü'ne ve sondaj kuyuları ile ilgili gerekli bilgileri edinmem hususunda yardımlarını esirgemeyen Batman'da faaliyet gösteren sondaj firmalarına teşekkür ederim.

Hayatımda desteğini her an hissettiğim, sabır ve teşviğini esirgemeyen sevgili eşim Havva YAVUZ ve biricik oğlum Yağız Münir YAVUZ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR……..…..……..……..….I

İÇİNDEKİLER…….....II

ÖZET…….....V

ABSTRACT…….....VII

ÇİZELGE LİSTESİ…….IX

ŞEKİL LİSTESİ…….…..XI

KISALTMA VE SİMGELER……...……..XIII

1. GİRİŞ…….....1

2. KAYNAK ÖZETLERİ…….…….…7

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)……..……....7

2.2. DRASTIC Yöntem…….....11

2.3. Yeraltı Suyu Kalitesi……..……..……...14

2.3.1. Nitrat ve Nitrit Parametreleri……..……..……...……15

2.3.2. Diğer Su Kalitesi Parametreleri…..……..…..……...……..16

3. MATERYAL VE METOT……...…..……...21

3.1. Materyal……..……....21

3.1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri……...…….....21

3.1.2. Topoğrafik Özellikleri…….....21

3.1.3. Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri……..……....23

3.1.4. İklim ve Meteorolojik Özellikleri……....….....24

3.1.5. Hidrolojik Özellikleri……...…….25

3.1.6. Toprak Özellikleri ve Tarımsal Durumu…….....26

3.1.7. Yeraltı Suyu Kuyu Verileri…….…….....29

3.2. Metot……..……..….....29

3.2.1. IDW Enterpolasyon Yöntemi…….....32

3.2.2. DRASTIC Yöntem……..33

4. BULGULAR VE TARTIŞMA……..…..37

4.1. Yeraltı Suyu Potansiyelinin Belirlenmesi……...37

4.2. Yeraltı Suyu Kirlenme Potansiyelinin DRASTIC Yöntem ile Belirlenmesi…….....45

4.2.1. Yeraltı Suyu Derinliği Haritası……..45

4.2.2. Net Beslenim Haritası…….46

4.2.3. Akifer Ortamı Haritası……..…..49

4.2.4. Toprak Örtüsü Haritası……..50

4.2.5. Topoğrafya Haritası……...52

4.2.6. Doymamış Bölge Etkisi Haritası……...53

4.2.7. Hidrolik İletkenlik Haritası……..54

4.2.8. Akifer Hassasiyet Haritası…….56

4.3. Yeraltı Suyu Kalitesinin Belirlenmesi……..57

4.3.1. Nitrat ve Nitrit Haritası……..58

4.3.2. pH……..68

4.3.3. EC……..68

4.3.4. Bromat……..…75

4.3.5. Florür……...75

4.3.6. Arsenik……..…….75

4.3.7. Bakır……...……..81

4.3.8. Bor……...……..81

4.3.9. Civa……...……...81

4.3.10. Kadmiyum……...……..81

4.3.11. Krom……...……...81

4.3.12. Demir……...……...89

4.3.13. Alüminyum……...89

4.3.14. Selenyum……...……...89

4.3.15. Nikel……..……..……..……...89

4.3.16. Kurşun…….……..……..…..……...94

4.3.17. Siyanür……..……...…..…….94

5. SONUÇ VE ÖNERİLER……...…..….....99

6. KAYNAKLAR……..……...…...…107

ÖZGEÇMİŞ……...…121

ÖZET

BATMAN OVASI'NIN YERALTI SUYU POTANSİYELİ VE KALİTESİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

VEYSEL SÜLEYMAN YAVUZ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

Nüfus, endüstriyel ve ticari faaliyetlerin artışı ile son yıllarda yüzeysel ve yeraltı sularının kullanımına olan ihtiyaç önemli boyutlara ulaşmıştır. Çağımızda içme ve kullanma amacı ile yararlanması gereken tatlı su kaynaklarının miktarının az olması, suyun yerküre üzerinde orijinal durumunu kaybederek su kalitesinin arzu edilmeyen yönde bozulması gibi nedenler, su kaynaklarının yararlı kullanılması, korunması ve kalitesinin de arzu edilen bir seviyede olmasını gerektirmektedir. Bütün yerleşim alanlarında içme ve kullanma suyu ihtiyaçları yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Yüzeysel suların olmadığı ve yetersiz olduğu bölgelerde su ihtiyaçları yeraltı sularından son yıllarda teknolojinin sağladığı kolaylıklar ile açılan kuyulardan temin edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Yeraltı suları daha pahalı elde edilmelerine rağmen temiz ve kirlenmesinin güç olması gibi nedenlerle yüzeysel sulardan daha niteliklidir.

Batman ili içme suyu ihtiyacının tamamını, sulama suyu ihtiyacının ise büyük bir kısmını çeşitli tarihlerde açılmış olan kuyular ile yeraltı suyu kaynaklarından temin etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, Batman il sınırları içerisinde yer alan yerleşim alanları ve ovalarda yeraltı suyu potansiyeli ve su kalitesinin belirlenmesi amacı ile Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Mesafe ile Ters Ağırlıklı/ Inverse Distance Weighted (IDW) ve DRASTIC yöntemler kullanılarak tematik haritalar ile model haritaları oluşturulmuştur. Batman il genelinde çalışma ile ilgili veriler resmi kurumlar ve faaliyet gösteren özel sondaj firmalarından temin edilmiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında statik su seviyesi, dinamik su seviyesi, kuyu verimi haritaları ile yeraltı suyu potansiyeli modellenmiştir. Buna göre Batman ilinin büyük bir bölümünde statik su seviyeleri 20–160 m, dinamik su seviyeleri 80–160 m aralığında değişim göstermektedir. Statik ve dinamik su seviyesi aralıkları farklı alanlarda değişkenlik göstermektedir. Kuyu verimliliği yönünden Batman ili Merkez başta olmak üzere Hasankeyf, Gercüş, Kozluk, Beşiri ve Sason ilçeleri olarak sıralanmaktadır. Gercüş, Kozluk, Beşiri ve Sason ilçeleri olmak üzere Batman ilinin yaklaşık olarak %85 gibi büyük bir alanı (0–5 l/s arasında) verimli olmadığı görülmüştür. Geri kalan %13'lik alan (5 –25 l/s) düşük verimli, %2'lik alan (25–55 l/s) verimli olarak Batman Merkez, Gercüş ve Hasankeyf ilçelerinde tespit edilmiştir. Batman ilinin iki büyük ovası olan Batman Ovası (Merkez ilçe) ve Beşiri Ovası (Beşiri) tarımın sıklıkla yapıldığı bölgelerdir. Kuyu verimi haritasından da bu bölgelerin verimli olmadığı görülmektedir. Bu iki ovada sulama amaçlı kuyu açılması uygun değildir.

Çalışmanın ikinci aşamasında kirlenebilirlik ve kirlenme riski olan alanları belirlemek için CBS ortamında DRASTIC yöntemde kullanılan hidrojeolojik yedi katmanın raster haritaları verileri kullanılarak ve çakıştırılarak Batman ili yeraltı suyu akiferinin kirlenebilirliği ile ilgili hassasiyet haritaları çıkarılmıştır. DRASTIC İndeksi en düşük 54 ve en yüksek 180 arasındaki değerler elde

edilmiştir. Batman ili Merkez, Gercüş, Beşiri, Hasankeyf ve Sason ilçelerinin %81.69 alanı ile kirlenme riski taşımayan düşük hassasiyete sahiptir. Batman Merkez, Kozluk ve Beşiri ilçesinin bir kısmı %11.71 alan ile orta hassasiyet, Kozluk ilçesinde yerel bazda %0.37 ile alan ile kirlenme tehdidi olan yüksek hassasiyet taşımaktadır. Sason ilçesinin geneli düşük hassasiyeti ile kirlenme etkisi altında değildir. Bu nedenle akifer hassasiyet haritasına göre il geneli düşük hassasiyet gösterdiği ve kirlenme riski etkisi altında olmayacağı söylenebilir.

Tez kapsamındaki çalışmanın üçüncü aşamasında Batman Merkez ve İlçelerindeki kuyulara ait su kalitesi parametre verileri kullanılarak yeraltı su kalitesi parametreleri model haritaları oluşturulmuş ve ilgili standartlarda tanımlanan kalite kriterlerine göre ön görülen değerlerle karşılaştırmaları yapılmıştır. Buna göre su kalitesi ile ilgili incelenen parametreler arasında nitrat ve nitrit kirlilik değerleri yüksek bulunmuştur. Batman ili merkez ve ilçelerinde yeraltı sularındaki nitrat 0–167.19 mg/l ve nitrit değerleri 0–1.65 mg/l aralığında bulunmuştur. Model sınıflandırma haritasına göre ilin güney ve kuzey kesimlerinde nitrat değerleri (0–25 mg/l) düşük, orta kesiminde (25–50 mg/l ve 50–165 mg/l) yüksek bulunmuştur. Batman Merkez ilçesinin bir kısmı, Beşiri ve Kozluk ilçesinin büyük bir kısmı standartlarda öngörülen sınır değerlerin üstünde kirlenme riski taşımaktadır. Bu nedenle Batman Merkez ve Beşiri ovasında tarımsal kaynaklı gübre kullanımının artması sonucu nitrat kirlililiği yüksek bulunmuştur. Azot bileşikleri ile ilgili su kalite parametre değerlerinin kriterleri aşması bunu doğrulamaktadır.

Batman ilinin kuzey kesiminde Sason ilçesinin noktasal denecek kadar az bir alanında nitrit değerleri (1–1.65 mg/l) ve yine aynı ilçenin bir kısmı ile güney kesiminde Gercüş ilçesinin bir kısmı nitrit değerleri (0.1–1 mg/l) sınır değerlerin üstünde bulunmuştur. Bu alanlar dışında Batman ilinin genelinde nitrit değerleri 0–0.1 mg/l olmak üzere standartlarda öngörülen sınır değerlerin altında olup kirlenme riski taşımamaktadır. Sason ilçesinde çok az kesimi pH <7 ile asidik, bunun dışında il genelinin tümünün yeraltı suları pH >7 ile bazik karakterde olduğu tespit edilmiştir.

Batman ili genelindeki kuyulara ait ölçümü yapılan diğer EC, BrO3, F, As, Cu, B, Hg, Cd, Cr, Fe, Al, Se, Ni, Pb, CN su kalitesi parametreleri değerleri CBS ortamına aktarılmış ve ilin yeraltı suyu kalitesi ile ilgili bir fikir elde edilmiştir. Bu su kalitesi parametre değerleri ulusal ve uluslararası kalite kriterleri standartlarında öngörülen sınır değerlerin çok altında kalmıştır. Bu parametreler ile ilgili yeraltı sularında kirlilik olmadığı sonucuna varılmıştır.

Batman ili genelinde tatlı su kaynakları içerisinde önemli bir yeri olan yeraltı sularına gereken hassasiyetin gösterilmesi ve kirletilmemesi önem arz etmektedir. Genel olarak tarımsal kaynaklı gübre kullanımının kontrol altına alınmalı ve yeraltı suyu kullanımı yerine yüzeysel su kaynakları kullanılmalıdır. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamındaki imkanlar kullanılarak sulama amaçlı baraj göllerindeki suların inşa edilecek yüzeysel ve yeraltı sulama tesisleri ile tarımsal sulamada kullanılmasının yaygın hale getirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Batman İli, Yeraltı Suyu Potansiyeli, Yeraltı Suyu Kalitesi, Drastic Yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemi, Modelleme, Tematik Harita, Model Harita

ABSTRACT

GROUNDWATER POTENTIAL AND QUALITY MODELLING OF BATMAN PLAIN USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

PhD THESIS

VEYSEL SÜLEYMAN YAVUZ

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2017

The need of surface and groundwater use has reached significant level in recent years due to population and industrial and commercial activities. Reasons such as the lowness of the amount of fresh water resources for the purpose of drinking and utilization, deterioration of water quality in undesired direction with the losing of its original state over the earth has been required the beneficial use and the protection of water resources and also its quality to be a desirable level at our age. The drinking and utilization water needs supply from surface and groundwater resources in all residential areas. Water needs in areas where surface waters are absent and inadequate make it compulsory that supplying from drilled wells with the convenience provided by technology from groundwaters in recent years. Although groundwaters are obtained more expensive they are more qualified than surface waters because they are clean and it is difficult to pollute them.

Batman Province supplies all drinking water needs and most of the irrigation water needs from the groundwater resources by means of wells drilled at various dates. Therefore in this study model maps were created with thematic maps using Geographic Information System (GIS), Inverse Distance Weighted (IDW) and DRASTIC methods for the assessment of the groundwater potential and water quality at residential areas and plains located within Batman Province borders. The data related the study throughout Batman Province were collected from the government agencies and private drilling companies operating at the study area.

In the first phase of the study groundwater potential was modelled by means of static water level, dynamic water level and well yield maps. According to this, static water levels vary between 20–160 m and dynamic water level 80–160 m at the large part of Batman Province. Static and dynamic water levels range vary in different areas. Respectively the City Centre, Hasankeyf, Gercüş, Kozluk, Beşiri and Sason Districts align in terms of well yield. It is seen inefficient at a large area approximately 85 % of Batman Province (between 0–5 l/s) where Gercüş, Kozluk, Beşiri and Sason Districts place. The remaining 13 % area (5 –25 l/s) low efficient and 2 % area (25–55 l/s) efficient which were determined at the City Centre, Gercüş and Hasankeyf Districts. Batman Plain (the City Centre) and Beşiri Plain (Beşiri) the two big plains of the Batman Province are area where agricultural activities are frequently made. It is also seen from the well yield map that these areas are not efficient. It is not appropriate to drill wells for irrigation in these two plains.

In the second phase of the study vulnerability maps related to Batman Province groundwater aquifer's vulnerability to contamination were created using the raster map data of the seven hydrogeological layers and overlaying in the environment of GIS based DRASTIC

method for the assessment of the areas which are vulnerable to contamination and have risk to contamination. DRASTIC Index values were obtained between the lowest 54 and the highest 180. The City Centre, Gercüş, Beşiri, Hasankeyf and Sason Districts which 81.69 % area of the Batman Province have low vulnerability that bear no risk of pollution. A part of the City Centre, Kozluk and Beşiri Districts have medium vulnerability with 11.71 % area, Kozluk District has high vulnerability to pollution hazard with area 0.37 % at local level. Overall of Sason District has low vulnerability so it is not under the influence of pollution. Therefore it can be said that overall of Batman Province demonstrates low vulnerability and is not under the influence of pollution hazard according to the aquifer vulnerability map.

In the third phase of the study groundwater water quality parameters' model maps were created using the data of the water quality parameters belonging to the wells in the Batman Province and its districts and were compared wiht the predicted values according to the quality criteria of the relevant standards. Accordingly among the parameters studied for water quality that nitrate and nitrite pollution values were found high. It was found that the nitrate values were 0-167.19 mg / l and the nitrite values were 0-1.65 mg / l range in groundwater at Batman Province and its districts. The nitrate values (0-25 mg / l) were low in the southern and northern parts of the province and were high in the central part of it (25-50 mg / l and 50-165 mg / l) according to the model classification map. A part of the City Centre, the majority of Beşiri and Kozluk Districts carry the risk of pollution above the limit values recommended in the standards. Therefore nitrate pollution was found to be high as a result of the increase in the utilization of fertilizers originating from agriculture at Batman and Beşiri Plains. Exceeding the criteria of water quality values related to nitrogen compounds verify this.

Nitrite values (1-1.65 mg / l) were found above the limit values in the northern of the Batman Province where in a small area of Sason District and also the values were found (0.1-1 mg / l) at a part of the same district and a part of the Gercüş District in the southern of the study area. Except of these areas, the nitrite values overall of Batman Province are between 0-0.1 mg / l and below the limits recommended in the standards so there is no risk of pollution. It was determined that a very few area in the Sason District has acidic character with pH <7, and except this all province have basic character with pH> 7 in groundwater.

The values of the other water quality parameters EC, BrO3, F, As, Cu, B, Hg, Cd, Cr, Fe, Al, Se, Ni, Pb and CN which were analized of overall Batman Province belonging to wells were imported to GIS environment and so it was estimated about groundwater quality of the province. These water quality parameter values were far below the limit values recommended in national and international quality criteria standards. As a result of that there is no pollution in the groundwater related to these parameters.

Attaching importance to necessary vulnerability to groundwater and also not polluting which have a significant place in fresh water resources throughout Batman Province is very important. In general, the utilization of fertilizers originating from agriculture should be controlled and surface water sources should be used instead of groundwater resources. It is suggested to make the using of irrigation water widespread in waters at dam reservouirs for irrigation to be constructed surface and groundwater irrigation facilities by using within the bounds of possibility of Southeastern Anatolia Project (SAP).

Key Words: Batman Province, Groundwater Potential, Groundwater Quality, Drastic Method, Geographic Informaton System, Modeling, Thematic Maps, Model Map

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1.	Batman iline ait uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1950-2015)	25
Çizelge 3.2.	Batman iline ait uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük değerler (1950-2015)	25
Çizelge 3.3.	Batman ili akarsu bilgileri	26
Çizelge 3.4.	Batman ilinde bazı yıllara ait gübre kullanımı	28
Çizelge 3.5.	DRASTIC yöntem parametrelerinin ağırlık değerleri	34
Çizelge 3.6a.	Orijinal DRASTIC parametrelerinin sınıf değerleri	35
Çizelge 3.6b.	Orijinal DRASTIC parametrelerinin sınıf değerleri	36
Çizelge 3.7.	DRASTIC hassasiyet sınıflandırılması	36
Çizelge 4.1.	Batman ili Beşiri ilçesine ait sondaj kuyu verileri	38
Çizelge 4.2.	Batman ili Gercüş ilçesine ait sondaj kuyu verileri	39
Çizelge 4.3.	Batman ili Hasankeyf ilçesine ait sondaj kuyu verileri	39
Çizelge 4.4.	Batman ili Kozluk ilçesine ait sondaj kuyu verileri	40
Çizelge 4.5.	Batman ili Merkez ilçesine ait sondaj kuyu verileri	40
Çizelge 4.6.	Batman ili Sason ilçesine ait sondaj kuyu verileri	41
Çizelge 4.7.	Yeraltı suyu derinliği için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	45
Çizelge 4.8.	Batman ili yağış istasyonu bilgileri	47
Çizelge 4.9.	Hidrolojik toprak gruplarına göre süzülme miktarları	48
Çizelge 4.10.	Net beslenim için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	49
Çizelge 4.11.	Akifer ortamı için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	49
Çizelge 4.12.	Toprak örtüsü için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	51
Çizelge 4.13.	Topoğrafya için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	53
Çizelge 4.14.	Doymamış bölge etkisi için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	53
Çizelge 4.15.	Hidrolik iletkenlik için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri	55
Çizelge 4.16.	Batman ili için DRASTIC indeks ve alan değerleri	56

Çizelge 4.17. Çalışmada kullanılan bazı yeraltı suyu parametrelerinin ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri 58

Çizelge 4.18. Batman ili Beşiri ilçesi nitrat ve nitrit verileri 59

Çizelge 4.19. Batman ili Gercüş ilçesi nitrat ve nitrit verileri 60

Çizelge 4.20. Batman ili Hasankeyf ilçesi nitrat ve nitrit verileri 60

Çizelge 4.21. Batman ili Kozluk ilçesi nitrat ve nitrit verileri 60

Çizelge 4.22. Batman ili Merkez ilçesi nitrat ve nitrit verileri 61

Çizelge 4.23. Batman ili Sason ilçesi nitrat ve nitrit verileri 61

Çizelge 4.24. Batman ili Beşiri ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri 68

Çizelge 4.25. Batman ili Gercüş ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri 69

Çizelge 4.26. Batman ili Hasanheyf ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri 69

Çizelge 4.27. Batman ili Kozluk ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri 69

Çizelge 4.28. Batman ili Merkez ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri 70

Çizelge 4.29. Batman ili Sason ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri 70

Çizelge 4.30. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması 70

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3.1.	Çalışma alanının lokasyon haritası	22
Şekil 3.2.	Batman ili jeoloji haritası	24
Şekil 3.3.	Batman ili toprak haritası	27
Şekil 3.4.	Yeraltı suyu potansiyeline ait kuyu yerleri haritası 1	30
Şekil 3.5.	Yeraltı su kalitesine ait kuyu yerleri haritası 2	31
Şekil 3.6.	RMSPE-p diyagramı	33
Şekil 4.1.	Statik su seviyesi haritası	42
Şekil 4.2.	Dinamik su seviyesi haritası	43
Şekil 4.3.	Kuyu verimi haritası	44
Şekil 4.4.	Yeraltı suyu derinliği haritası	46
Şekil 4.5.	Net beslenim haritası	48
Şekil 4.6.	Akifer ortamı haritası	50
Şekil 4.7.	Toprak örtüsü haritası	51
Şekil 4.8.	Topoğrafya haritası	52
Şekil 4.9.	Doymamış bölge etkisi haritası	54
Şekil 4.10.	Hidrolik iletkenlik haritası	55
Şekil 4.11.	Akifer hassasiyet haritası	57
Şekil 4.12.	Nitrat genel haritası	64
Şekil 4.13.	Nitrat sınıflandırma haritası	65
Şekil 4.14.	Nitrit genel haritası	66
Şekil 4.15.	Nitrit sınıflandırma haritası	67
Şekil 4.16.	pH genel haritası	71
Şekil 4.17.	pH sınıflandırma haritası	72
Şekil 4.18.	Elektriksel iletkenlik genel haritası	73
Şekil 4.19.	Elektriksel iletkenlik sınıflandırma haritası	74
Şekil 4.20.	Bromat genel haritası	76
Şekil 4.21.	Bromat sınıflandırma haritası	77

Şekil 4.22. Florür genel haritası 78
Şekil 4.23. Arsenik genel haritası 79
Şekil 4.24. Arsenik sınıflandırma haritası 80
Şekil 4.25. Bakır genel haritası 82
Şekil 4.26. Bakır sınıflandırma haritası 83
Şekil 4.27. Bor genel haritası 84
Şekil 4.28. Bor sınıflandırma haritası 85
Şekil 4.29. Civa genel haritası 86
Şekil 4.30. Kadmiyum genel haritası 87
Şekil 4.31. Krom genel haritası 88
Şekil 4.32. Demir genel haritası 90
Şekil 4.33. Alüminyum genel haritası 91
Şekil 4.34. Selenyum genel haritası 92
Şekil 4.35. Nikel genel haritası 93
Şekil 4.36. Kurşun genel haritası 95
Şekil 4.37. Siyanür genel haritası 96
Şekil 4.38. Siyanür sınıflandırma haritası 97

KISALTMA VE SİMGELER

A : Aquifer media (akifer ortamı)
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AHS : Analitik Hiyerarşi Süreci
Al : Alüminyum
AN : Amonyum nitrat
AS : Amonyum sülfat
As : Arsenik
B : Bor
BİÖİ : Batman İl Özel İdaresi
Br^- : Brom
BrO_3 : Bromat
C : Hydraulic conductivity (hidrolik iletkenlik)
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
Cd : Kadmiyum
CN : Siyanür
Cr : Krom
Cu : Bakır
d_{i0} : s_0 ile her bir s_i arasındaki mesafe
D : Depth to water (yeraltı suyu derinliği)
DAP : Diamonyum fosfat
DEM : Sayısal Yükseklik Modeli
Dİ : DRASTIC İndeksi
DM : DRASTIC Modeli
DSİ : Devlet Su İşleri
EC : Elektriksel iletkenlik
ED–50 : European Datum–1950
ESRI : Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü
F : Florür
FAO : Gıda ve Tarım Örgütü
Fe : Demir
GAP : Güneydoğu Anadolu Projesi
GIS : Geographical Information Systems
H^+ : Hidrojen

Hg : Civa

HTG : Hidrolojik Toprak Grubu

I : Impact of the vadose zone (doymamış bölge etkisi)

IDW : Mesafe ile Ters Ağırlıklı

K : Potasyum

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MTA : Maden Tetkik ve Arama

N : Azot

n : Tahminde kullanmak üzere ölçümü alınan kuyuların toplam sayısı

NASA : Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi

NH_3 : Amonyak

NH_4 : Amonyum

Ni : Nikel

NO_2 : Nitrit

NO_3 : Nitrat

NPK : Azot, fosfat, potasyum

O_3 : Ozon

OH^- : Hidroksit

p : Güç faktörü

P : Yağış

P^* : Fosfor

Pb : Kurşun

PI : Süzülme

pH : Hidrojen potansyeli

R : Net recharge (net beslenim)

r : Sınıf

RMSPE : Karekök Ortalama Öngörülen Hata Değeri

S : Soil media (toprak örtüsü)

s_0 : Ölçümü tahmin edilen kuyunun konumu

s_i : Ölçümü alınan kuyunun konumu

SAP : Southeastern Anatolia Project

Se : Selenyum

SRTM : Mekik Radar Topoğrafya Görevi

SYMAP : Synagraphic Mapping System

T : Topography (topoğrafya)

TDS	: Toplam çözünmüş katı madde
TS266	: Türk Standartları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular)
TSP	: Triple süperfosfat
UA	: Uzaktan Algılama
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
UTM	: Uluslararası Merkatör Projeksiyonu
w	: Ağırlık
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
$Z(s_0)$	: s_0 konumundaki tahmin edilen değer
$Z(s_i)$	: si konumundaki ölçülen değer
zn	: Çinko
µg	: Mikrogram
µS	: Mikroohm
λ_i	: Ölçümü alınan kuyu noktalarına atanan ağırlık değerleri

1. GİRİŞ

Su kaynakları, yeryüzünde insanlığın varlığı için hayati önem taşıyan bir unsur olduğu kadar, kalkınma çabası içindeki ülkelerde sosyal ve ekonomik önemi olan medeniyetin ilerlemesinde başlıca rol oynayan faktörler arasında bulunmaktadır. Yeryüzünde kullanılabilir su miktarının sınırlı olması ve su kaynaklarının kullanımları ve kullanıcıları arasındaki paylaşılma sorununun artması, su kaynaklarının korunması ve yararlı bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Su kaynaklarının yararlı kullanımları halinde kalitesinin de arzu edilen bir seviyede tutulması gerekmektedir.

Nüfus artışı, endüstriyel gelişme, sosyoekonomik ve kültürel değişimlere bağlı olarak doğal kaynaklar ve özellikle yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Çağımızda su kirlenmesi sorunu, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı, sanayileşme ve kentleşmenin düzensiz ve denetimsiz oluşu gibi nedenlerle son yıllarda önemli boyutlara ulaşmıştır. Su kalitesinin kontrol altına alınması mutlaka uluslararası, ulusal ve yerel boyutlardaki çalışmalarla mümkündür. Doğal su kaynaklarının ekonomik ve kirletilmeden kullanılması çevre sağlığı ve su ürünleri potansiyeli yönünden oldukça önemlidir (DSİ 1984; Hamidi 1994). Bu süreç ile ilgili çalışmalar, gelişmiş ülkelerde neredeyse tamamlanmış olup gelişmekte olan ülkelerde ise hızla sürdürülmektedir. Bu nedenle sınırlı ekonomik ve teknik olanaklara sahip Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması önemlidir.

Su, sıvı halde olduğu gibi katı ve gaz hallerinde de bulunmakta ve geçmişte olduğu gibi, bugün ve gelecekte de mutlak olan çevrimini sürdürmektedir. Bu döngü için gerekli enerji güneşten ve yerçekiminden sağlanır. Atmosferde gaz halinde bulunan su buharı okyanus, deniz, göl ve bilumum sulak alanlardan güneşten alınan ısınım yolu ile yağmur ve kar olarak yeryüzüne düşer. Yağış halinde yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı arazi yüzeyinden sızma yoluyla toprağa, oradan da daha derinlere inerek sızma yoluyla yeraltında su depolayan veya taşıyan katmanlar olarak denizlere ulaşır. Akifer diye adlandırılan bu tabakada su kapiler yükselme ile toprağa yükselir. Topraktan arazi yüzeyine kapiler yükselme ve buhar yayılımı yoluyla su geçişi vardır. Bu yağışların diğer bir kısmı topoğrafyaya da bağlı olarak akışa geçip derelere, çaylara, akarsulara ve oradan da tekrardan deniz ve okyanuslara geri döner. Geriye kalan yağışların bir kısmı

bitkiler tarafından tutulur. Daha sonra bitkiler bu tuttukları suyun bir kısmını terleme yoluyla atmosfere geri bırakırlar. Geri kalan diğer kısmı da yeraltına süzülür ve asıl yeraltı suyunu oluşturur (Bayazıt 2003).

Yeraltı suyunun oluşumu ile ilgili çeşitli teoriler 19. asrın birinci yarısından sonra ortaya çıkmıştır. Bu tarihten sonra yeraltı suyunun esas kaynağının yeryüzüne düşen yağmur ve kar suları olduğu ve yerin içine süzülerek jeolojik kaya tabakalarına nüfuz ettiği yapılan bilimsel çalışmalarla belirtilmektedir (Todd 1980).

Dünyanın dörtte üçünü oluşturan suların % 97'den fazlası tuzlu su olup içme ve sulama suyu amaçlı kullanımı az olan deniz ve okyanuslarda bulunmaktadır. Tatlı su kaynakları içerisinde sınırlı miktarda olan yeraltı suları toplam su hacminin % 0.31'ini oluşturmaktadır. Günümüzde 1.5 milyardan fazla insanın içme suyu ihtiyacı ve tarımsal amaçlı sulama suyunun da büyük bir kısmı yeraltı sularından temin edilmektedir (Keller 2007). İnsan nüfusunun gittikçe artması, yükselen yaşam standardı ve endüstrileşme yeraltı sularının kullanımının önemini arttırmaktadır.

Tüm dünyada geniş bir kullanım alanı olan yeraltı suyunun Türkiye'de de kullanımı söz konusu olup geçmişte gereken önem pek verilmemiştir. 2000'li yıllardan önce yapılan çalışmalara bakıldığında yerüstü sularına gösterilen önemin çok gerisinde kalmıştır. 2000'li yıllardan sonra yeraltı suyu ile ilgili çalışmalar artmıştır (Şen 2003). Yeraltı suyunun değeri küresel olarak dünyada ve bölgesel olarak Türkiye'de her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Yeraltı sularından kaynaklar ve kuyular aracılığı ile yararlanılmaktadır. İçme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında yeraltı sularından yararlanma kazı teknik ve yöntemlerinin gelişmesine paralel olarak artmıştır. Yeraltı suları, yüzeysel sulara oranla içerlerinde daha fazla erimiş madde bulundurmalarına ve daha pahalı elde edilmelerine rağmen sıcaklıklarının mevsimlere göre çok az değişmesi, renksiz ve berrak olması, temiz ve kirlenmesinin güç olması, kimyasal bileşimlerinin değişmemesi gibi nedenlerle yüzeysel sulardan daha niteliklidir. Ancak yapılan müdahaleler, kirletici birikimler bu avantajlarını riske atabilmektedir.

Ülke, bölge, il, havza ve alt havza bazındaki modeller, hidrolojik çevrimin tüm bileşenleri için ayrı değerlendirildiği gibi bir bütün olarak da inceleme konusu olmuştur. Böylece çevrimdeki tüm olayları ve bunların ilişkilerini yöneten kapsamlı modeller

geliştirilmiştir (El-Kadi 1989). Son yıllarda su kirliliği sorununun önem kazanmasıyla önemli bir bileşen olarak su kalitesi ile ilgili modeller de geliştirilmiş ve uygulama alanı bulmuştur. Bu çerçevede noktasal ve yayılı kirlilik yüklerinin ve taşınım mekanizmalarının modellenmesi gündeme gelmiştir (Donigian ve ark. 1995). Bu gelişmelerle artık günümüzde modeller, suyun miktarı ile kalitesini de içeren, tüm bileşenlerin etkileşimlerini de dikkate alan entegre modellere dönüşmüş bulunmaktadır (Özkul ve ark. 2001).

Bu modeller, genellikle veriye dayalı bilgisayar yazılım program paketleri ile çalıştırılmaktadır. Bu açıdan, sözü edilen modellerin gelişimine ve kullanılabilirliğine etki eden en önemli faktör veri toplama ve değerlendirme teknolojilerindeki ilerlemelerdir. Aksi halde, sadece sınırlı kapsamdaki arazi ölçümleriyle, incelenen süreçlerin özellikle alanda değişimlerini gerçekçi olarak elde etmek ve değerlendirmek zordur.

Veri toplanması ve yönetimi konusunda günümüzde Uzaktan Algılama (UA), uydu teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) önemli bir gelişme gösteren tekniklerdir. Bu tekniklerin noktasal gözlem yerine alansal verilerin toplanması, tüm bilgilerin aynı yerde toplanıp depolanması, zaman veya alana göre yüksek çözünürlüğün sağlanması, verilerin dijital halde elde edilmesi ve ulaşılması mümkün olmayan yerlerden dahi veri toplanması gibi modelleme çalışmaları için çok yönlü yararları olmaktadır.

CBS ile alansal veri depolanabilir, analiz edilebilir ve her türlü veri yönetim işlemi yapılabilir. Bu teknikler günümüzde tahmin, planlama ve modelleme aracı olarak kullanılmaktadır. Modellerde kullanılacak verilerin farklı formatlarda düzenlenip, farklı ortamlarda depolanmış olması ve bu tür verilerin modele uygun hale getirilmeleri zor bir işlemdir. CBS teknikleri modellerin kapasitesini arttıran önemli bir araç olup sözü edilen bu güçlükleri kolaylaştırmaktadır. Ayrıca bu teknik ile çeşitli havza yönetim senaryolarının oluşturulması ve sonuçlarının izlenmesi de mümkün olmaktadır (Özkul ve ark. 2001).

Yeraltı su kaynaklarının kirlilik potansiyellerinin araştırılmasında, kirletici kaynaklarının bulunduğu alanlarda kirliliği belirleyen parametrelerle su kalitesinin ve zamanla değişimlerinin modellerle belirlenmesi gereklidir. Yeraltı sularında, insanların

neden olduğu etkiler sonucunda oluşan ve doğal denge bozulmadan suların alabileceği kabul edilebilir kirlilik yükünün hesaplanması amacıyla modellerin kullanımı önemlidir. Bu modellerin hepsi, çeşitli koşullar altındaki özelliklerinin ortaya çıkmasında etkili olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları temsil eden ve ilgili parametrelerin ilişkileri sonucu oluşturulan ifadelerdir. Öte yandan, karmaşık sistemlerin sistematik bir biçimde tanımlanması ve sebep sonuç ilişkilerinin belirlenmesi için pahalı ve zaman alıcı arazi çalışmaları yapılmaksızın, alternatif yönetim ve kontrol etkilerinin saptanması ve sistem davranışlarının değerlendirilmesi gibi amaçlarla modeller belirlenmekte veya kullanılmaktadır.

CBS 1960'lı yıllarda ortaya çıkmış haritalama esaslı bir sistem olup disiplinler arası çalışmalara olanak tanıyan bir araçtır. 1980'li yıllarda su kaynaklarında ve hidrolojideki uygulamalarından sonra 1990'lı yılların başlangıcında yeraltı suyu modellenmesinde de uygulama alanı bulmuştur. Ülkemizde ve dünyada CBS ve ilgili teknikler birçok alanda olduğu gibi yüzeysel, yeraltı su kaynakları ve kirliliği ile ilgili modelleme çalışmalarında da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Yeraltı suyu kalitesinin modellenmesinde 1990'lı yıllarda başlayan süreçten sonra CBS'ye entegreli yöntemler geliştirilmiş ve günümüze kadar sayısız modelleme çalışmaları yapılmıştır. Bu yöntemler gerek jeoistatistik, gerek hidrojeoloji, gerekse de diğer bilimlerden faydalanarak oluşturulan yöntemlerdir. Bir jeoistatistik yöntem olan Inverse Distance Weighted (IDW) / Mesafe ile Ters Ağırlıklı ve bir hidrojeolojik yöntem olan DRASTIC yöntem bunlardan bazılarıdır.

Modelleme çalışmalarında modelin başarısı kullanılan verilere bağlıdır. Yetersiz ve eksik veri olması durumunda bu verilerin tamamlanması ile ilgili yöntemler geliştirilmiştir. Yeraltı suyu mühendisliğinde eksik verilerin tamamlanması jeoistatistikten yararlanılarak yapılan ve en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden olan IDW'dir.

Yeraltı suyu kirlenebilirliği modellemelerinde kullanılan yöntemler arasında hidrojeolojik parametreler göz önünde bulundurularak oluşturulan hassasiyet haritasına örnek olarak DRASTIC yöntem verilmektedir. Bu çalışmada jeoistatistik yöntem olan IDW ve bir hidrojeolojik yöntem olan DRASTIC yöntem tematik haritaların elde edilmesinde kullanılmıştır.

Batman gibi endüstriyel ve içme suyu ihtiyacının tamamını, sulama suyunun ise büyük bir kısmını yeraltı suyu kaynaklarından temin eden şehir merkezinde nüfusu yarım milyona yaklaşmış, il genelinde nüfusu yarım milyonu aşmış durumda olan bir yerleşim alanı için yeraltı suyunun önemi çok büyüktür. Batman İl Çevre Durum Raporu'nda (2013) belirtildiği üzere 20. asrın başlarında Beşiri ilçesine bağlı İluh adında bir köy iken 1950'li yıllarda petrolün bulunmasıyla gelişimini sürdürmüş ve buna bağlı olarak nüfusu aşırı artmıştır. 16 Mayıs 1990 tarihinde resmi olarak il statüsüne kavuşmuş olan Batman bu tarihten sonra da 2010'lu yıllara kadar çevre yerleşim yerlerinden göç almaya devam etmiştir.

Batman ili etüt sahaları içinde 1962 yılından itibaren Devlet Su İşleri (DSİ), 1985 yılından itibaren Batman ilinde faaliyet gösteren sondaj firmaları ve 2006 yılından itibaren Batman İl Özel İdaresi (BİÖİ) tarafından yeraltı suyu araştırmaları sonucunda içme ve kullanma suyu temini gayesiyle çok sayıda sondaj kuyusu açılmıştır. İl genelinde içme ve sulama suyu ihtiyacı çeşitli tarihlerde açılmış olan bu kuyulardan karşılanmaktadır. Gelecekte de alternatif su kaynaklarından su ihtiyaçlarının temin edilmemesi durumunda yeraltı sularından yeni kuyular açılarak yararlanma durumu kaçınılmazdır. Bu sondaj kuyularından temin edilen veriler ile Batman Ovası'nda hidrojeolojik bir araştırma yapıp Coğrafi Bilgi Sistemi ile yeraltı sularının potansiyeli ve kalitesini belirlemek için tematik haritalarla hidrojeolojik modellenmesi önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada, Batman il sınırları içerisinde yer alan havza dâhilinde yeraltı suyunun oluşumu, nerelerde ne miktarda ve ne kalitede yeraltı suyu bulunduğunu ve yararlanma olanaklarını saptanması amacı ile yeraltı sularının CBS, IDW ve DRASTIC yöntemler kullanılarak tematik haritalar ve risk haritaları ile modellenmesi yapılmıştır.

Batman ilinde yeraltı suyu potansiyeli ve kalitesinin belirlenmesi hususunda yeterli çalışmaların yapılmadığı çevre durum raporlarından anlaşılmaktadır. Bu çalışmada ilk aşamada yeni açılacak kuyuların uygun olup olmadığı, açılacaksa yerlerinin tespiti ve yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesi için daha önce açılan kuyulardan temin edilen veriler ile statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve kuyu verim verileri CBS ortamına aktarılarak tematik haritalar ile modellenmesi yapılmıştır. Diğer aşamalarda yeraltı su kalitesinin belirlenmesi için DRASTIC yöntem kullanılarak yeraltı suyu akiferinin kirlenebilirliği ile ilgili hassasiyet haritaları çıkarılmıştır. Su kalitesi ile ilgili incelenen parametreler arasında nitrat ve nitrit kirlilik değerleri yüksek

bulunmuştur. Bu nedenle akiferin nitrat ve nitrit kirlenebilirliğini belirleyen hassasiyet haritaları ile modeller ayrıntılı olarak gösterilmiştir. İl genelindeki kuyularda analizi yapılan pH, elektriksel iletkenlik (EC), bromat (BrO_3), florür (F), arsenik (As), bakır (Cu), bor (B), civa (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), alüminyum (Al), selenyum (Se), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve siyanür (CN) gibi diğer su kalitesi parametreleri de incelenmiştir. Bu su kalitesi parametre değerleri standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altında gözlenmiş olmasına rağmen CBS ortamına aktarılmış ve ilin yeraltı sularının kalitesi ile ilgili genel bir fikir elde etmek için tematik haritaları oluşturulmuştur.

Dünyada ve Türkiye'de akarsu ve yeraltı sularında kirlenme durumunu tespit eden suların içme, sulama ve kullanma amaçlarına ve ekolojik yapıya göre standartlar geliştirilmiştir. Bunların arasında kaynaktan alınan suda gerekli arıtımlar yapıldıktan sonra kalite parametrelerinin tavsiye edilen ve maksimum değerleri açısından Türk İçme Suyu Standardı (TS266), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) gibi suların kalitesini kontrol eden ulusal ve uluslararası standartlar kullanılmaktadır. Ayrıca bu çalışmada su kalitesi değerlerinin yukarıda belirtilen standartlara göre öngörülen sınır değerlerle karşılaştırmaları yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışmanın amacı ve kullanılan yöntemler ile ilgili literatür çalışmaları üç başlık altında toplanmıştır.

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bilgi sistemi içerisinde konuma dayalı gözlem ve ölçmeler ile elde edilen grafik ve grafik olmayan coğrafik verileri digital formatta işlemeye yarayan bilgisayar destekli teknolojik bir araçtır. Uygulama alanları haritalama, verilerin ön değerlendirilmesi, modelleme ve düzenleme politikası olarak başlıca dört grupta toplanmıştır (Singh ve Fiorentino 1996).

Bilgisayarların 1960'larda Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde yaygınlaşmaya başlamasıyla programlama dillerine de ihtiyaç duyulmuş ve FORTRAN gibi programlama dilleri bilgisayarlarda hesaplama işlevlerini yerine getirebilmesi için kullanılmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak harita çizimi için inşaat mühendisleri, jeologlar, kartograf ve coğrafyacı ve benzeri birçok meslek grubunun araştırmalar yaptığı belirtilmiştir (Dixon ve Uddameri 2016).

Dünyada bilinen ilk haritalama programı 1965 yılında ABD'deki Harvard Üniversitesi laboratuvarında geliştirilen Synagraphic Mapping System (SYMAP) adlı programdır ve 1990'lara kadar dünya genelinde çok yaygın kullanım alanı bulmuştur. (Coppock ve Rhind 1991).

CBS'nin su kaynakları mühendisliğindeki uygulaması 1970'li yıllardan itibaren başlamış olup bilgisayarların ve CBS yazılımlarının teknolojik gelişimi ile beraber geçen on yıllardan günümüze kadar uygulamaları devam etmiştir. Bu uygulamalar göl, nehir, akarsu, deniz, okyanus ve akiferlerdeki suyun akışı, kirlenebilirliği, taşınması ve korunmasının modellenmesidir (Dixon ve Uddameri 2016).

CBS'nin yeraltı suyu modellemesinde kullanımı ise 1990'larda başlar. 1990'ların başında CBS havza, kıyı ve taşkın yönetimlerinden hidrojeoloji biliminde kullanılmıştır. Jeolojik özellikler, toprak yapısı, arazi örtüsü ve topoğrafya gibi hidrojeolojik parametreler kullanılarak CBS ortamında yeraltı suyu modellemeleri üç boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir (Turner 1991).

Günümüze kadar birçok CBS bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan ArcGIS bilgisayar yazılımının başlama tarihi de neredeyse SYMAP programı ile aynı tarihlerdedir. 1969 yılında Environmental Systems Research Institute (ESRI) / Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü, ABD'nin Kaliforniya eyaletinin Redlands şehrinde hiçbir kar amacı gütmeyen bir kuruluş olarak ortaya çıkmıştır. 1983 yılında ARC/INFO'yu piyasaya süren ESRI 1985 yılından bu yana senede iki bin lisans satmaktadır (Coppock ve Rhind 1991). Günümüz 2010'larda dünya çapında milyar dolarları bulan sektördeki varlığı da devam etmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de CBS ile ilgili teknikler birçok alanda olduğu gibi yüzeysel ve yeraltı su kaynakları ve kirliliği ile ilgili modelleme çalışmalarında da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Çelik (2007) Diyarbakır Ovası'nın yeraltı sularını incelemiş ve bunların modellemesini CBS ile yapmıştır. Elde ettiği haritalarla yeraltı suyu veritabanını oluşturmuştur. Çalışmasında ayrıca Baykan Petrol Üretim Sahası'ndan kaynaklanan Mardin formasyonundaki su kirliliğinin 2030 yılında Diyarbakır şehir merkezi yeraltı suyu kalitesini tehdit edeceği tehlikesine de değinmiştir.

ABD'deki Beaufort Deniz Kuvvetleri Hava Üssü'nde yapılan çalışmalarda Florida akiferlerinde yeraltı suyu akım modeli CBS kullanılarak oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda tematik haritalar oluşturularak yeraltı suyu hareketinin acil yardım programı kapsamında risk boyutları irdelenmiştir (Rine ve ark. 2003).

Akifer formasyonundan kaynaklanan yeraltı suyu kirliliği CBS kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda risk haritaları oluşturularak gerekli önlemlerin alınması hususunda yapılması gerekenler belirtilmiştir (Sağnak ve Tamgaç 2004).

Göçmez ve İşçioğlu (2004) Konya kapalı havza yeraltı suyu seviye değişimlerini CBS ile incelemiş ve son 30 yıldaki yeraltı suyundaki su seviyesinin 14 cm düştüğünü tespit etmiştir. Adana ilinde, yerleşim alanlarında yapılan çalışmada CBS yardımıyla birçok tematik harita elde edilmiştir. Bu tematik haritalar; eş yeraltı suyu derinlik, eş pH, eş EC, eş sertlik ve eş sülfat haritaları olup bu haritaların yorumlanması gerçekleştirilmiştir (Çobanoğlu ve ark. 2006).

Meksika'da yapılan araştırmalarda yeraltı suyu kalitesinin tarımsal su olarak kullanılabilmesi irdelenmiştir ve çalışma alanı kendine özgü birtakım zonlara

ayrılmıştır. Bunun için CBS vasıtasıyla bazı haritalar ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bilgilerin Meksika'daki ziraat ve çevresel planlama mevzularında yardımcı olacağı vurgusu yapılmıştır (Delgado ve ark. 2010).

Pirnia (2012) İsveç'in Gotland Adası'nda yaptığı çalışmada CBS kullanarak yeraltı suyu ile ilgili haritalar oluşturmuştur. Bu çalışmasında yeraltı suyu kirliliğine neden olan birçok parametreyi irdelemiş ve oluşturduğu haritalarla yapılması gereken önlemleri vermiştir.

Bir diğer çalışmada Hindistan'ın Salem bölgesindeki yeraltı suyu kirliliği irdelenmiştir. Söz konusu çalışmada CBS kullanılarak jeoistatistik bir model oluşturulmuştur. 1999 yılından 2009'a kadar açılan sondaj kuyularından alınan örneklerle birçok kimyasal parametrenin analizi gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analiz sonuçları WHO'nun içme suları standartlarıyla karşılaştırılmıştır (Subramani ve Krishnamurthi 2014).

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki Dicle Havzası sınırları içinde kalan Diyarbakır Merkez'de bulunan Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir ilçelerindeki yeraltı sularının kimyasal analizleri laboratuvar ortamında yapılmıştır. Analizi yapılan parametreler arasında pH, EC ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri el cihazı yardımıyla ölçülmüş ve sonuçların ArcInfo CBS programıyla modellemesi yapılmıştır. Sonuç olarak Diyarbakır Merkez bölgesinin pH, EC ve TDS haritaları ortaya çıkarılmıştır (Çelik 2014).

Bir başka çalışmada İran'ın kuzeybatısının en büyük sanayi kenti olan Tebriz şehrinin yeraltı suları kalitesi CBS kullanılarak modellenmiştir. Modellemede jeoistatiksel yöntemler kullanılarak çalışma alanının merkez ve kırsal alanlarından 70 kuyu örneği incelenmiştir. Klorür, EC, pH, sertlik ve sülfat parametrelerinin tematik haritaları çıkarılmıştır. Modellemeden elde edilen haritalardan yeraltı suyu kalitesinin kuzeyden güneye doğru ve batıdan doğuya doğru artış gösterdiğinin sonucuna varılmıştır (Jeihouni ve ark. 2014).

Çelik (2015) Türkiye'de Yukarı Dicle Havzası'nda yaptığı çalışmasında CBS tekniklerini kullanarak yeraltı suyu potansiyelini araştırmıştır. Yukarı Dicle Havzası, Diyarbakır Ovası ve kuzey Batman'ın arasında kalmaktadır. Çalışmasında nüfus artışının, tarımsal amaçlı yeraltı suyunun kötü kullanımının ve iklim değişikliğine bağlı

olarak yağışlardaki düzensizliğin havzanın yeraltı suyu potansiyeli üzerindeki negatif etkisini göz önünde bulundurarak statik su seviyesindeki değişiklikleri gözlemlemiştir.

Afrika kıtasında yapılan bir çalışmada Nijerya'nın güneybatısında yer alan Akure ilinin yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesinde CBS kullanılmıştır. Jeomorfolojik, jeolojik ve jeoelektrik değerlendirmesi yapılarak elde edilen tematik haritalarla çok düşük, düşük, orta ve yüksek yeraltı su potansiyel bölgelerine ayrılmıştır (Ojo ve ark. 2015).

Avrupa kıtasındaki Yunanistan'nın Tirnavas bölgesinde yeraltı suyu potansiyelinin CBS ve UA metoduyla modellemesi yapılmıştır. Yoğun tarımsal faaliyetten dolayı yeraltı sularının aşırı kötüye kullanımının görüldüğü belirtilmiştir. Yeraltı suyunun olası varlığının mevcudiyeti için yağış, litoloji, tabaka yoğunluğu, eğim, drenaj yoğunluğu ve yeraltı suyu derinliği parametreleri kullanılarak çok yüksekten çok düşüğe olmak üzere beş sınıfa ayrılan bir harita elde edilmiştir. Elde edilen harita, yeraltı suyunun kötüye kullanımının engellenmesi ve yönetimi için yerel yönetimlerin kullanımına sunulmuştur (Oikonomidis ve ark. 2015).

Ürdün'nün El-Mafrak şehrindeki Yarmouk Havzası yeraltı suyu hassasiyet haritaları CBS kullanılarak çıkarılmıştır. Ürdün'ün ana su kaynağı olan yeraltı sularının acil kirlilik önlemleriyle beraber havzadaki yeraltı suyu kalitesinin artırılmasının mümkün olabileceği belirtilmiştir (Ibrahim ve Koch 2015).

Uzakdoğu'da Tayvan sınırları içerisinde kalan Hualien Nehri'nde yapılan bir çalışmada CBS kullanılarak yeraltı suyu potansiyeli araştırılmıştır. Sediment taşıma kapasitesi yüksek olan Hualian Nehri'nden tarımsal amaçlı su alındığı vurgulanarak çalışmada beş değişik faktör göz önünde bulundurulmuş ve yeraltı suyu potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Bu beş faktör litoloji, arazi kullanımı, toprak örtüsü, drenaj ve şev özellikleri olup çalışma alanının % 1.2'sinin mükemmel yeraltı suyu geri beslenim potansiyeli olduğunun sonucuna varılmıştır (Hsin-Fu ve ark. 2016).

CBS tabanlı bir başka modellemede İran'ın Mehran Bölgesin'nin yeraltı suyu potansiyel haritası çıkarılmıştır. İran Su Kaynakları Yönetimi Bölümü'nden alınan 163 yeraltı suyu verisi materyal olarak kullanılmıştır. Yapılan modellemede değişik faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar yükseklik, eğim yüzdesi, eğim yönü,

drenaj yoğunluğu, nehirlere olan uzaklık, topoğrafik ıslaklık indeksi, arazi kullanımı, litoloji ve toprak yapısıdır (Rahmati ve ark. 2016).

2.2. DRASTIC Yöntem

Akifer hassasiyetinin belirlenmesi konusunda geliştirilen yöntemlerden en önemlisi olan DRASTIC yöntem ile ilgili ortaya çıktığı 1987 yılından beri dünyada birçok çalışma yapılmıştır (Massam 1988; Nyerges ve ark. 1995; Armstrong ve ark. 1996; Jankowski ve ark. 1997; Jankowski ve Nyerges 2001). 30 yıldır süregelen bu çalışmalar ile beraber halen de yapılıyor olması, bu yöntemin öneminin ve geçerliliğinin kanıtıdır. Literatür taramasında 2000'li yılların başlangıcından günümüze kadar olan DRASTIC yöntem ile alakalı çalışmalara aşağıda ayrıca ayrıntılı olarak verilmektedir.

Dünyadaki 1.5 milyar insana içme suyu ihtiyacı sağlayan yeraltı suyu kaynakları aynı zamanda gölleri, denizleri, okyanusları beslediği gibi tarım ve ekonomik kalkınmaya da yardımcı olmaktadır (Alley ve ark. 2002). Bununla beraber yeraltı suyu kaynakları da kirlenmeye karşı aşırı hassastırlar (Witkowski ve ark. 2007).

Yeraltı suyu 'hassasiyeti' kavramı 1960'larda ortaya atılmış olup metodolojik değerlendirilmesi ve haritalanması da bu tarihlerde başlamıştır (Albinet ve Margat 1970; Zektser ve ark. 1995). 1990'larda ise gösterilen yaklaşımlar daha çok karar verme metotları olarak var olmuştur (Gurdak 2008). Günümüz 2010'larda ise bu metotlar acil eylem planlarına dahil edilerek çalışma yapılacak yerlerin maksimum düzeyde korunması için gerekenler yapılmıştır.

CBS tabanlı metotlar yerltı suyu hassasiyetinin belirlenmesinde CBS tekniklerinin genelde doğal kaynakların, özelde ise su kaynaklarının yönetiminde başarılı uygulamaları (Jha ve ark. 2007), farklı hidrojeolojik parametrelerin veri tabanlarının çakıştırma işlemine olanak sağlamasıyla beraber (Bonham-Carter 1996) yeraltı suyu modellenmesinde de hassasiyet belirlenmesi konusunda kullanımı söz konusu olmuştur. Yeraltı suyu kirleticilerini belirlemeye karşı kullanımı yaygın olarak kullanılmaktadır (Foster ve ark. 2002).

Ürdün'ün Azrak Havzası'nda yapılan çalışmada CBS, UA ve DRASTIC metodu kullanılarak havzanın bazaltik akiferinin yeraltı suyu hassasiyet ve risk haritası

belirlenmiştir. Orta ve düşük hasasiyet derecesi olmak üzere 2 sınıfa ayırmış olup çalışma alanının % 84'ünün orta riskli olduğu görülmüştür (Al-Adamat ve ark. 2003).

İzmir ilinin güneybatısında yer alan Tahtalı baraj havzası'nın hidrojeolojik incelemesi ve yeraltı suyu kirlenebilirliğinin AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) - DRASTIC yöntemi ile değerlendirilmesi yapılarak baraj havzasına ait potansiyel kirlenebilirliği değerlendirilmiştir. Modeldeki ağırlık ve oranları AHS kullanarak bulunmuştur. DRASTIC model ile de bütünleşik su kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır (Barış 2008).

Rahman (2008) Hindistan'ın kuzeyinde kalan ve en hızlı gelişen büyük şehirlerden biri olan Aligarh'da gerçekleştirdiği çalışmada şehrin sığ akiferlerindeki yeraltı suyu hassasiyet bölgelerini belirlemiştir. Çalışmasında yöntem olarak CBS tabanlı DRASTIC modeli kullanmıştır. Sonuç olarak yaklaşık 0.8 milyon insanın yaşadığı şehir olan Aligarh'daki yeraltı suyu hassasiyetinin yüksek olduğuna ulaşmıştır.

Mısır'ın Sohag kentindeki Quaternary akiferinin hassasiyet haritasının belirlenmesinde CBS tabanlı DRASTIC yöntem kullanılmıştır. Çalışma alanındaki kirleticilerin endüstriyel faaliyetler ve tarımsal kaynaklı gübre olduğu belirtilerek kirlenme yönünden akifer hassasiyetinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ahmed 2009).

DRASTIC yöntem kullanılarak Türkiye'nin Isparta ilindeki havzanın akifer hassasiyet haritası çıkarılmıştır. Senirkent-Uluborlu Havzası'ndaki çalışma alanının büyük bölümünde tarımsal faaliyetler yapıldığı ve nitratın yeraltı sularını kirlettiğinin söz konusu olduğu vurgulanmıştır. Hidrojeolojik veriler ışığında nihai yeraltı suyu hassasiyet haritası çıkarılarak nitrat değerlerinin bu harita ile yorumlanması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak havza alanının % 20.8'inin yüksek riskli olduğu ve acil önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir (Sener ve ark. 2009).

Wen ve ark. (2009) Çin'in kuzeybatısındaki Zhangye Havzası'nın yeraltı sularını CBS tabanlı DRASTIC yöntemle modellemiştir. Modellemenin sonunda havzayı üç bölgeye ayırmış ve havza alanının yarısından fazlasının yüksek hassasiyet derecesine sahip olduğunu belirlemiştir.

Türkiye'nin Hatay ilinde yapılan çalışmada yeraltı suyu kirlenme potansiyeli belirlenmiştir. Erzin Ovası'nda CBS tabanlı DRASTIC Model uygulanmıştır.

Mevsimlik ve yıllık yeraltı suyu hassasiyet haritalarının geliştirilmesi amaçlanarak yağış verilerine bağlı olasılıklı yeraltı suyu hassasiyet haritalarının ortalama yağış verileri kullanarak geliştirilen hassasiyet haritalarına göre daha gerçekçi olduğu sonucuna varılmıştır (Atlı 2010).

DRASTIC yöntem kullanılarak Moğolistan'ın Tamtsag Havzası'nda yapılan bir çalışmada havzanın yeraltı suyu hassasiyet haritası belirlenmiş ve havzanın sadece % 2'sinin düşük risk bölgesinde olduğu görülmüştür (Hasiniaina ve ark. 2010).

Türkiye'nin Isparta ilinde yer alan Eğirdir Gölü Havzası'ndaki çalışmada gölün doğusunda bulunan Yalvaç-Gelendost ovalarının göle yakın olan alüvyon birimlerin bulunduğu yerlerin tamamının yüksek kirlenebilirlik potansiyeli olduğu belirlenmiştir. DRASTIC, Modifiye DRASTIC ve Modifiye DRASTIC-AHS yöntemleri yardımıyla oluşturulan haritaları teyit etmek amacıyla yeraltı suyundaki nitrat konsantrasyonları ile karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Özellikle büyük ölçekli havzalarda basit metotların uygun sonuçlar verebileceği, küçük ölçekli havzalarda ise karmaşık metotların daha hassas sonuçlar sağlayabileceği gösterilmiştir (Şener 2011).

Büyükdemirci (2012) Türkiye'nin Kırıkkale ilinde yer alan Kırıkkale Ovası'nın yeraltı suyu hassasiyet haritasını çıkarmıştır. Kırıkkale Ovası'nı seçmesinde neden olan etmenler arasında atık su arıtma tesislerinin olmaması, evsel ve sanayi katı atık tesislerinin yetersizliği ve tarımın denetimsiz yapılmasıdır. Bu etmenlerin ovadaki yeraltı suyunu kirlenmeye karşı hassas kıldığını belirtmektedir. CBS tabanlı DRASTIC yöntem ile beraber Kırıkkale Ovası'nın yeraltı suyu hassasiyet haritasını çıkarmıştır. DRASTIC hassasiyet haritası'nı en yüksekten en düşüğe ayırmak üzere 5 ayrı sınıfa ayırmış ve ovanın en fazla kirlenme alanının hassasiyet sınıflarının 'yüksek' ve 'orta' olduğunu belirlemiştir.

Yunanistan'ın kuzeyindeki Gallikos Nehri Havzası'nın yeraltı suyu kirliliği CBS tabanlı DRASTIC Model kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada DRASTIC Model'in hidrojeolojik kriterlere göre akiferlerin kirliliğine karşı en hassas alanların belirlenmesine olanak sağladığı belirtilmiştir. Havzanın çoğunluğunun özellikle batı kısmında kalan tarafı aşırı hassas bölge olarak sınıflandırılmıştır. Bunun da geçirgen sedimanların ve güçlü tektonikleşmiş kristal kayaların varlığından dolayı olduğu belirtilmiştir. Yüksek riskli değerlerin havzanın orta-batı bölgesinde çoğunlukla insan

faaliyetlerinden dolayı çıktığının sonucuna varılmıştır. Yetkililere yeraltı suyu kalitesinin bozulmasının geri döndürülemez mertebeye gelmeden önce su kaynaklarının entegre yönetimi ve restorasyonu için gerek uygun önlemlerin alınması önerilmiştir (Mattas ve ark. 2014).

Tunus'un güneydoğusundaki Kuzey Gabes sığ akiferinin yeraltı suyu hassasiyetinin değerlendirilmesi CBS tabanlı DRASTIC Model kullanılarak modellenmiştir. Model'de Güney Tunus'daki Jeffarra Havzası'nın akifer hassasiyeti değerlendirilmiştir. Çalışmada iki hassasiyet haritası elde edilmiştir. Bunların pestisit ve jenerik hassasiyet haritaları olduğu ve jenerik kirlenmeden dolayı çalışma alanının % 9'u yüksek risk altında olmasına karşılık pestisit kirlenmeden dolayı bu oranın % 23'e kadar çıktığının sonucuna varılmıştır (Chandoul ve ark. 2015).

Türkiye'nin Muğla ilindeki başka bir çalışmada CBS tabanlı DRASTIC yöntem ile yeraltı suyu hassaiyet haritası çıkarılmıştır. Modelleme sonucunda Köyceğiz-dalyan havzasının alansal olarak dörtte birinden fazlası yüksek ve çok yüksek hassasiyete sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca havza alanında çok düşük hassasiyet sınıfına sahip bir bölgenin olmadığının da sonucuna varılmıştır (Türkay 2015).

2.3. Yeraltı Suyu Kalitesi

Yeraltı sularının doğrudan doğruya kirlenmesi akiferlere, kirleticiler veya kimyasal değişmelere yol açan maddeler taşıyan atık suların karışması ile olur. Dolaylı kirlenme genellikle fazla çekim veya yeraltı suyunun çok fazla kullanılması ile daha derin formasyonlardan akiferlere istenmeyen mineral bileşiklerin geçmesidir. Burada en çok görülen problem tuzluluğun artmasıdır. Yeraltı sularını kirleten birçok etmen vardır. Evsel atıklar ve tarımsal kaynaklı gübre atıkları nitrat ve nitrit oranını artırmaktadır. Organik bileşiklerin oksitlenmesi, gübreler, sıvı atıklar, nitrojen bakterileri ile atmosferde azotun bağlanmasıyla yeraltı su kaynakları kirlenmektedir. Ayrıca pestisit ve ağır metaller yeraltı sularının kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Su kaynaklarının etüt edilerek böyle kirlenmenin mevcut olup olmadığının araştırılması doğal su kaynaklarının geleceği yönünden zorunludur. Şehirsel ve endüstriyel gelişmelerin oluşturduğu olumsuz etkiler, yeraltı sularını ve insan yaşamını tehdit etmektedir.

2.3.1. Nitrat ve Nitrit Parametreleri

2. Dünya Savaşı'nın sona ermesiyle beraber artan nüfus ihtiyacını karşılamak üzere 1950'lerde buğday ve protein üretiminin hızla artması ile beraber tarımsal alanların artması ve bu alanlarda kullanılacak su ihtiyacını da beraberinde getirmiştir (NRC 2000).

Tarımda kullanılan suların yeraltı suyundan karşılanması ve kullanılan suların tekrardan yeraltına nüfuz etmesi su kalitesinde ciddi problemlere yol açmıştır. Özellikle tarımsal gübre kaynaklı nitrat ve pestisitler yeraltı suyunun kalitesini olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Carpenter ve ark. 1998; Sharpley 2002).

Azotun atmosferde büyük bir yüzde ile mevcut olduğu ve bu azotun çözünmüş şekli olan nitratın dünyadaki yeraltı suyu akiferlerini tehdit ettiği bilinmektedir. Özellikle azotun son formu olan nitrat, İsrail (Saliternik 1972), İngiltere (Foster ve Crease 1972), Almanya (Groba ve Hahn 1972), ABD (Nightingale 1970; Ayers ve Branson 1973) gibi dünyanın birçok yöresinde tarımsal alanlarda yeraltı suyu akiferine ulaşmakta ve akiferlerin kirlenmesine sebebiyet verdiği belirtilmektedir (Freeze ve Cherry 1979).

Sığ akiferlere kirleticilerin ulaşması çok kolay olmakla beraber tarımsal kaynaklı gübre kullanımı ve atıkların arıtımdan geçmeden doğrudan çevreye bırakılması nitrat konsantrasyonunda artışa neden olmaktadır. Özellikle herhangi bir zamanda gerçekleştirilen yalnızca bir ölçüm bile nitrat parametresi açısından sınır değerin altında verilse bile gübre kullanımının devam ettirilmesi veya kontrol altında tutulmaması halinde ileriki zamanda alınan ölçümlerde bu artışların devam edebileceği belirtilmektedir (Uslu ve Türkman 1987).

Nitratın çok yüksek taşınabilme özelliği ve çok kolay topraktan suya geçebileceği bilinmektedir (Heathwaite ve ark. 1997; Sims ve ark. 1998). Nitrit sularda sınır değerleri aşması halinde kansızlığın bir benzeri olan methemoglobinemi rahatsızlığına sebebiyet vermektedir (Munsuz ve Ünver 1995).

İçme suyu standartlarında çok sayıda kirletici parametre bulunmakta ve bunlar için sınır değerler verilmektedir. Bunların içerisinde nitrat sınır değerleri aştığında küçük çocuklarda kansızlığa yol açan hastalığa neden olmaktadır. Diğer parametrelerde

böyle bir hastalık bilinmemektedir. Bu nitrata ayrı bir önem kazandırmakta ve kirliliğine karşı dikkat etmeyi gerektirmektedir (Keller 2007).

Chettri ve Smith (1995) Nepal'in bazı köylerinde yeraltı su kuyularındaki nitrat kirliliğini incelemiştir. Nepal'in Narayani ve Bagmati bölgelerinde kalan köylerin yeraltı sularında nitratın WHO standartlarına göre öngörülen sınır değerleri aştığı görülmüş ve bunun nedeninin de çoğunlukla insan etmenli olduğu belirtilmiştir.

İyi bir kirletici olan nitratın yeraltı suyundaki varlığı Türkiye'nin Konya ilinde yapılan çalışma ile irdelenmiştir. Nitrat değerlerinde artışın olabileceği ve nitrat dağılımının derinlikle bir ilişkisinin olmadığı bilgisine ulaşılmıştır (Nas ve Berktay 2006).

Çin'in Sarı Nehir Deltası'ndaki yeraltı sularının nitrat kirliliği araştırılmış ve sonuç olarak nitratın sığ yerlerde oluştuğu ve jeomorfoloji ve arazi-su kullanımının da nitrat konsantrasyonunu etkilediği görülmüştür (Chen ve ark. 2007).

Fallahzadeh ve ark. (2016) İran'ın Yezid şehri yeraltı sularının nitrat ve nitrit konsantrasyonunu CBS yardımıyla belirlemiştir. Çalışmada USEPA'nın müsaade ettiği sınır değerlerine göre yapılan değerlendirmede bazı yerlerde bu sınır değerlerin aşıldığı gözlenmiştir.

Tunus'un kuzeydoğusundaki yeraltı suyu akiferinde nitrat kirliliği Su Kalite İndeksi kullanılarak modellenmiştir. Zaghouan ilinde bulunan akiferdeki kuyu örneklerinde nitrat içeriklerinin sınır değerleri aştığı görülmüştür. Bu değerlerden en yükseğinin özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Sminja akiferinin kuzey ve doğu kesimlerinde olduğu ölçülmüştür (Ameur ve ark. 2016).

2.3.2. Diğer Su Kalitesi Parametreleri

Hidrojen Potansiyeli (pH) değerinin tanımı suyun muhteva ettiği hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritmasıdır ve pH değerine göre suların asidik veya bazik olduğu sonucuna varılır. 0 ile 14 değeri arasında değişmekte olan pH değerlerinde H^+ ve OH^- iyonlarının denge halinde olduğu sular nötr sular olarak adlandırılıp pH değeri 7 olmaktadır. 7'den küçük olan pH değerlerinde H^+ iyonu konsantrasyonu artmasıyla beraber su asidik, 7'den büyük olan pH değerlerinde OH^-

iyonu konsantrasyonu artmasıyla su bazik karaktere sahip olur (USEPA 2006; Güler 1997). WHO (2011)'e göre ise pH en önemli su kalite parametrelerinden biridir.

Elektriksel İletkenlik (EC), suyun elektriği iletebilme özelliğidir (USEPA 2006) ve tüm suların elektrik içerdiği ve iyon konsantrasyonu ile beraber bu iletkenliğinin arttığı bilinmektedir. Mikroohm/cm elektriksel iletkenliğin ölçüsü olup +25^{o}C'deki 1 cm^{3} suyun iletkenliğini tanımlar (Erguvanlı ve Yüzer 1987).

Bromat (BrO_3), esas kaynağı brom (Br^-) elementinin suda bulunmasıyla beraber ozon (O_3) ile oksitlenerek oluştuğu gibi Br^- içeren tuzların elektrolizi sonucunda suda çözünmesiyle de oluşabilmektedir. Bu oluşum bazen endüstriyel kaynaklı kirlilik bazen de kirlenen toprak kaynaklıdır (WHO 2011). Bu da BrO_3'ün sularda çevre etmenli kirlilikten ötürü oluştuğunu göstermektedir.

Florür (F) ün faydası bulunmakla beraber üst sınırları aştığında zararları da olduğu belirtilmektedir. Bu üst sınır tam olarak belirlenememekle birlikte sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca sulardaki florür ihtivası 2.5 mg/l'yi aşması durumunda dişlerde tahribatı olabilmektedir (Munsuz ve Ünver 1995). Diş gelişimi için gerekli olan florürün aynı zamanda diş çürüklerinin de oluşmaması için sularda 1–1.3 mg/l arasındaki bir değerde ihtiva etmesi istenir (Muslu 2004).

Arsenik (As) suların yapısında çok az da olsa bulunması durumunda suların kalitesini ciddi biçimde tehdit eden ağır bir metaldir. Çeşitli nedenlerden ötürü sularda bulunabilen bu ağır metalin sanayi bölgeleri ve tarımsal alanlarda varlığı görülebilmektedir (Güler 1997).

Bakır (Cu), içme suyunda bulunması kirletici olarak yorumlanmaktadır. İçme suyuna da yapılardaki bakır ihtiva eden materyal ve bakır fabrikalarının atıklarından karışmaktadır.

Bor (B) yer kabuğunda bol bulunabileceği gibi yeraltı suyunda doğal olarak, yüzeysel sularda endüstriyel atıklardan dolayı bulunabilmektedir. Evlerden çıkan atık sulardaki çeşitli temizlik ürünleri ve tarımsal amaçlı kullanılan kimyasallar ile endüstriyel atıkların bir kısmında bulunmaktadır. (Garci'a-Soto ve Camacho 2006; Yüksel ve Yürüm 2010; Başkan ve Atalay 2014). Bitkilerin gelişmesi için elzem olan borun sularda ölçülü bulunması gerekli olup 1 mg/l'nin üzerinde bulunduğu zaman bitki

için tehlikeli olabilmektedir. Bundan ötürü 1 mg/l'lik sınır aşılmadığı müddetçe bitkiler için bir zararı bulunmamaktadır (Munsuz ve Ünver 1995).

Civa (Hg) toksik bir element (USEPA 2006) olmasının yanında yer kabuğunu meydana getiren ana elementlerden birisidir (Hammond 1971). Sanayi ürünleri ve tarımsal ilaçlar başlıca kullanım alanları olup özellikle bir kısmı tarımsal ilaçların kullanıldığı topraktan tarım ürünlerine ve oradan da canlılara besin yoluyla geçmektedir. Kalan diğer kısmı da çevrede artık olarak birikmektedir (Holden 1973; Sungur 1973; Barkley 1991). Biriken bu artık civa sulara karışarak kirliliğe neden olmaktadır. Civa endüstriyel ve tarımsal kaynaklı atıklardan sularda bulunmaktadır (Krenkel 1971; Wood 1971; Şanlı 1976).

Kadmiyum (Cd) ağır bir metal olup sularda bulunma nedeni endüstriyel deşarjlardan kaynaklanmakta ve bunlar petrol türevi plastik maddelerden geçmektedir. (USEPA 2006). Dolayısıyla sanayileşmenin olduğu yerler ve bu yerlerdeki katı atık yerlerinin seçimi önem kazanmakta olup sulara kadmiyum karışmasının önüne geçebilmek hedeflenmelidir.

Krom (Cr) sularda doğal olarak bulunabildiği gibi dere, çay, akarsu veya deniz deşarj alanlarından kaynaklı yüzey sularında da bulunabilen toksik bir maddedir (USEPA 2006).

Demir (Fe) dünyanın yapısında nikel ile beraber en çok bulunan elementlerden birisidir. Demirin sularda bulunma nedeni özellikle demirin suda çözünebilmesine imkan tanıyan jeolojik formasyon kaynaklı olabilmektedir (USEPA 2006). Yeraltı suları gibi jeolojik formasyon tarafından muhafaza edilen sularda demirin bulunması normal bir durum olmaktadır. İki değerlikli demir yeraltı sularında üç değerlikli demir ise yüzeysel sularda bulunur. Su içinde çözünmüş halde bulunan oksijenle demir oksitlenir ve üç değerlikli hale gelip çökelir. Kırmızı leke bırakır. Demir bakterileri ile korozyona sebep olur (Muslu 2004).

Alüminyum (Al) dünyanın yapısında bolca bulunan bir diğer element olmakta ve sularda 0.1-0.2 mg/l'yi aşmaması istenmektedir. Alüminyumun erkeklerde Alzheimer, kadınlarda ise meme kanseri hastalığına neden olabileceğine dair çalışmalar bulunmaktadır (WHO 2011).

Selenyum (Se) doğada kendiliğinden bulunabilen ve kaynağının insan kaynaklı çevresel etmenler sonucunda olduğu bilinmektedir ve zehirli bir toksik maddedir (USEPA 2006).

Nikel (Ni) bitki ve hayvan yaşamı için zehirleyici olabilen toksik bir element olup daha çok endüstriyel atıklar ve minerallerin çözünmesinden kaynaklanmaktadır (USEPA 2006).

Kurşun (Pb) toprağın yapısında doğal olarak, yüzey sularında olduğu gibi yeraltı sularında da bulunabilmektedir. Yeraltı suyunda bulunması endüstriyel kaynaklı kirleticilerden bulaştığının bir göstergesi olabilmektedir (Güler 1997).

Siyanür (CN) daha çok endüstriyel atıklardan kaynaklı çok zehirli bir element olup sudaki varlığı tüm canlılarda tehlike arz etmektedir. Özellikle insan ve balıklarda ölümcül olabilmektedir (USEPA 2006).

Kaçaroğlu (1991) yaptığı bir çalışmada içme, kullanma ve endüstriyel su gereksinimlerinin karşılandığı Eskişehir Ovası'nda açılmış olan su kuyularındaki yeraltı suyu kirliliğini araştırmıştır.

Manisa Alaşehir Ovası'ndaki yeraltı suyu kalitesi ve sulamadaki kullanılabilirliği üzerine araştırma yapılmış olup bu araştırmanın sonunda kuyu suları ile sulanan bazı bölge topraklarının tuzlanma riskinin başka bölgelere nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çetin 2005).

Subramani ve ark. (2005) Hindistan'daki çalışmada Chittar havzasındaki yeraltı sularının içme ve sulama amaçlı değerlendirmesinde yeraltı sularının acıdan sert ve tatlıya doğru, çok tuzludan tuzluya ve düşük alkalineteye sahip olduğunun sonucuna varmıştır. Böylece bazı bölgelerde suların içme ve sulamaya uygun olmadığı belirlenmiştir. Bir başka çalışmada Türkiye'nin Şanlıurfa ili sınırları içerisinde kalan Harran Ovası'nın yeraltı suyu kalitesi araştırılmıştır. Araziden alınan numunelerin kimyasal incelemesi yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Ayrıca sulama suyu olarak da sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir (Güllüoğlu 2006).

Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde bulunan İzmir ilinde gerçekleştirilen çalışmada yeraltı suyu kalitesi üzerine bir başka açıdan yaklaşılarak atık su ile sulamanın yeraltı suyuna etkisi incelenmiştir. İzmir'deki Menemen Ovası'nın İzmir Büyükşehir

Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi çıkış suları ile sulanmasının yeraltı suyu kalitesi üzerine etkilerinin incelemesi sonucunda yeraltı suyundaki klorür konsantrasyonunun artmasına sebep olabileceği dikkat çekilmiştir (Doğanlar 2006).

Özbilge (2008) ise Niğde'deki Misli Ovası'nın yeraltı sularının hidrokimyasal incelemesini yapmış olup savurgan su kullanım politikalarının uygulanması durumunda mevcut rezervdeki nitelik ve nicelik bozulmasının devam edeceği belirtmektedir.

Hindistan'da bulunan Coimbatore'de yapılan çalışmada yoğun tarımsal, endüstriyel ve şehirleşmenin yeraltı suyu akiferinde kirliliğe neden olduğu alandan alınan numune ve bu numunelerin analizinde suların anyon ve katyonlarına bakılmıştır. Tuzluluk ve nitrat sonuçlarının birçok bölgede fazla olduğu sonucuna varılmıştır. İçme suyu standartlarına göre de değerlendirme yapılmış ve yeraltı suyunun evsel kullanım için uygun olmadığı, sulama amaçlı kullanımının uygun olduğunun sonucuna ulaşılmıştır (Arumugam ve Elangovan 2009).

Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nin güneybatısında yapılan çalışmada yine CBS kullanılarak Balıkesir ili sınırları içinde bulunan Edremit Ovası'nın modellemesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının jeolojik, hidrojeolojik özellikleri bilgisayar ortamında değerlendirilerek birçok tematik harita oluşturarak yeraltı suyu kalitesi incelenmiştir (Gürsoy 2009).

Yetiş (2013) Türkiye'nin en geniş tarımsal ve hayvansal kullanım alanına sahip ovası konumunda olan Ceylanpınar Ovası'ndaki çalışmasında yeraltı suyu kalitesinin modellemesiyle anyon ve katyonları incelemiştir. Elde ettiği sonuçları ulusal ve uluslararası bir takım sınıflamalara tabi tutmuştur. Ceylanpınar Ovası'nı birçok yönden değerlendirildiğinde boşalma havzasının özellikle Gümüşsu ve Gökçayır İşletmelerine ait bölgelerde anyon, katyon, EC ve nitrat değerlerinin yüksek olduğunu görmüştür .

Türkiye'nin önemli akarsu havzalarından olan Sakarya Havzası'nın alt havzalarından biri olan Seydisuyu Havzası'nın yeraltı suyu kalitesine ve kirlilik düzeyine bakılarak CBS ortamında kirlilik modellemesi yapılmıştır. Kirlilik haritaları çıkarılarak kirleticilerin kaynakları araştırılmıştır (Uğurluoğlu 2013).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

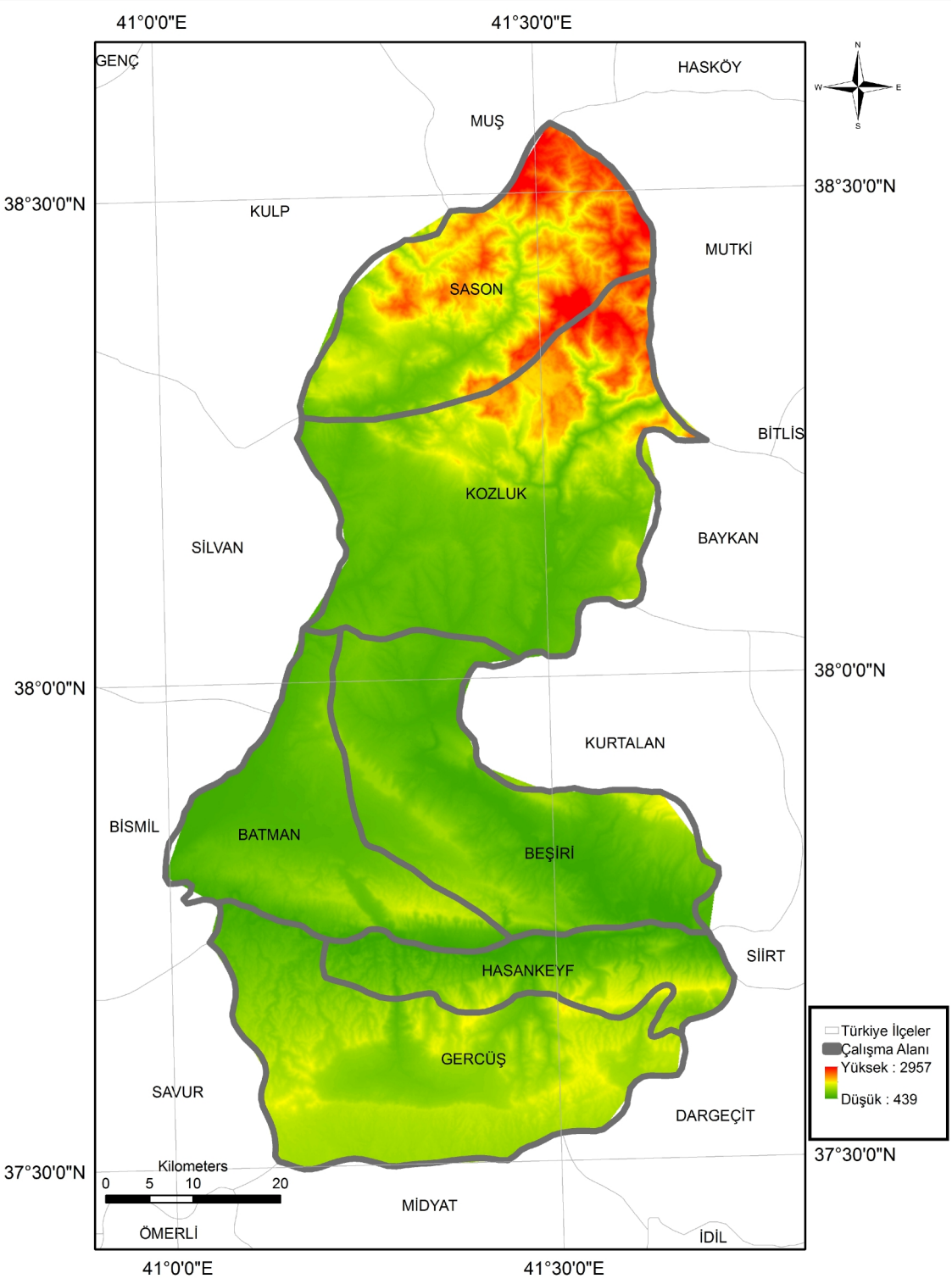
Batman Ovası'nın yeraltı suyu potansiyeli ve kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile modellenmesi amacı ile çalışma alanının genel özellikleri, meteorolojik ve hidrolojik özellikler, jeolojik ve hidrojeolojik parametreler, toprak ve eğim özellikleri ve yeraltı suyu kuyu gözlem verileri bu çalışmanın materyali olarak kullanılmıştır. Batman il genelinde çalışma ile ilgili veriler çeşitli kurum ve kuruluşlar olan DSİ, BİÖİ ve ilde faaliyet gösteren özel sondaj firmalarından temin edilmiştir. Batman il ve ilçelerinde 181 adet kuyuya ait veriler değerlendirilmiştir. Yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesinde 2007 yılından sonraki açılan kuyulardaki mevcut veriler veya temin edilebilen veriler ve su kalitesinin belirlenmesinde ise 2014 ve 2015 yıllarına ait ölçümü yapılabilen kuyuların verilerinden faydalanılmıştır. Bu verilere ilaveten DRASTIC yöntem ile modellemede kirlenebilirlik hassasiyet haritalarının oluşturulması için yeraltı suyu derinliği, net beslenim, akifer ve toprak ortamı, topoğrafya, doymamış bölge etkisi ve akiferin hidrolik geçirgenliği bilgileri materyal olarak kullanılmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Batman ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ve Dicle Havzası'nda yer almakta olup altı tane ilçesi bulunmaktadır. Batman ili coğrafik konum olarak 38°40' ve 37°30' kuzey enlemleri ile 41°00' ve 41°40' doğu boylamlarında bulunmaktadır (Şekil 3.1). Batısında Diyarbakır, doğusunda Bitlis ve Siirt, kuzeyinde Muş ve güneyinde Mardin illeri ile çevrilmiştir**.** Nüfusun çok büyük bir bölümü şehir merkezinde yaşamakta ve şehir merkezinin doğusunda Beşiri, kuzeyinde Kozluk ve Sason, güneyinde Gercüş ve güneydoğusunda Hasankeyf ilçeleri yer almaktadır.

3.1.2. Topoğrafik Özellikleri

İlin düzlük yerleri olan şehir merkezi ve Beşiri ilçesi ova görünümündedir. Şehir merkezi en alçak kot seviyesinde olup denizden 439 m yüksekliktedir. İlin kuzey ve güneyine doğru gidildikçe yüksekliklerin arttığı görülmektedir. En kuzeyde bulunan Sason ilçesi çoğunlukla ormanlar ile kaplı olup ilçede 3000 m yüksekliği bulan dağlar mevcuttur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanının lokasyon haritası

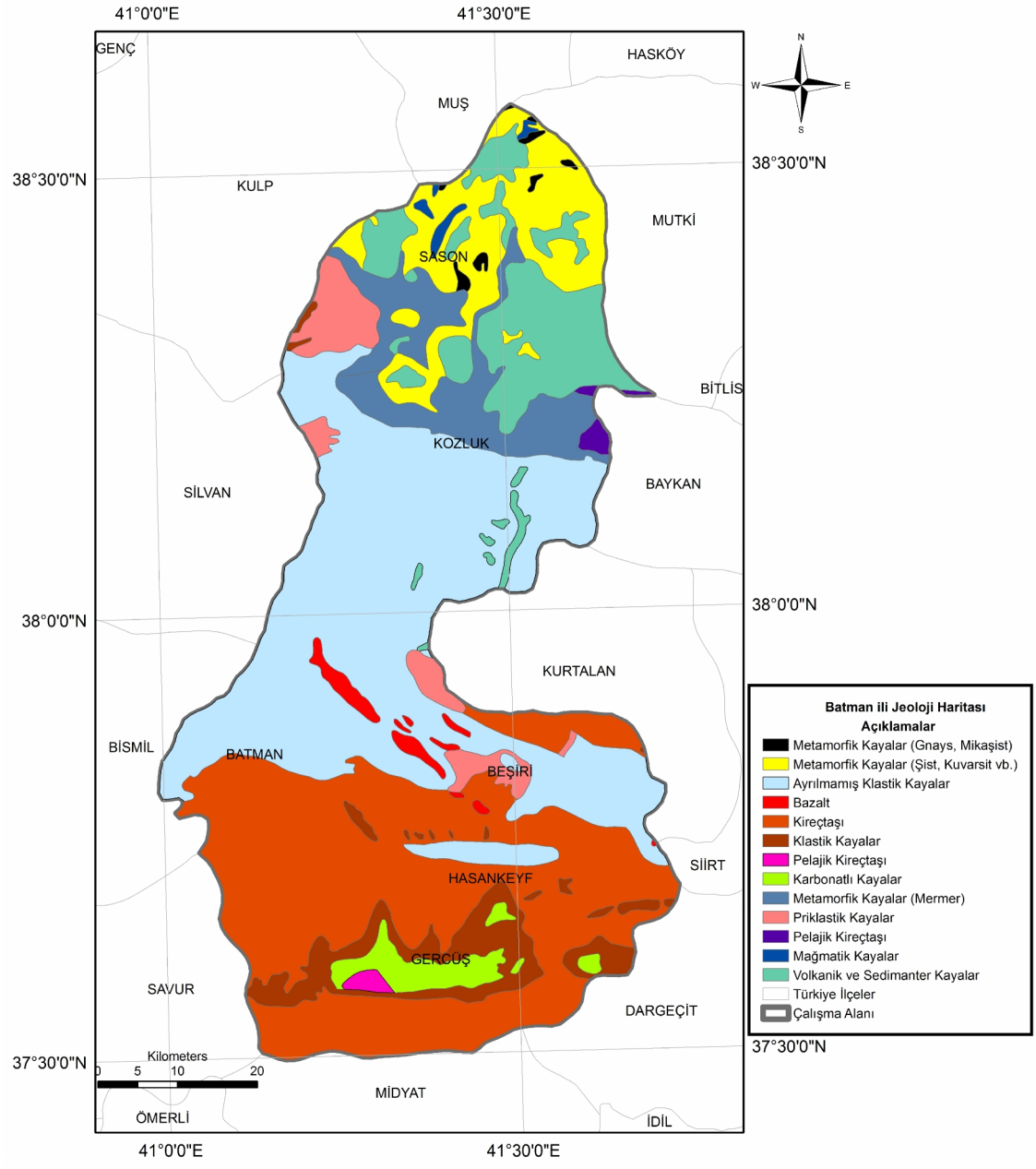
Günümüzde Batman Ovası olarak adlandırılan ova geçmişte Ardel (1961) tarafından Tilmis Ovası olarak adlandırılmıştır. Ardel (1961) Güneydoğu Anadolu'da Coğrafi Müşahadeler adlı çalışmasında Tilmis Ovası'nın çakıl ve kumlardan müteşekkil olduğunu ve Tilmis köyünün kuzeydoğusunda bazalt lav platoları ile tahdit edildiğini belirtmiştir.

Şehir merkezinin içinden geçen İluh Deresi suları drene eder ve Batman Çayı'na dökülür. İluh Deresi havzası olarak da adlandırılabilen Batman Ovası batıda Batman Çayı, kuzey ve doğuda Kıra Dağı, güneyde ise Batı Raman Dağı ile tahdit edilmiştir. Kıra Dağı sönmüş bir volkanik dağ olup bazaltik karakterdedir. Maymune Boğazı'nın Doğu ve Batı Raman olarak iki parçaya ayırdığı Raman dağlarından 1950'li yıllardan bu yana petrol çıkarılmaktadır (Sunkar ve Tonbul 2012). Kıra Dağı, Beşiri Ovası'nın da sınırını çizmekte olup dağın doğu kısmı Beşiri Ovası batı kısmı ise Batman Ovası olarak tanımlandırılabilir. İlin güneyindeki Gercüş sınırından yatay bir çizgi çizen ve Dicle Nehri'ne dökülen Garzan Çayı da Beşiri ilçesindeki Beşiri Ovası'nın sularını drene etmektedir.

3.1.3. Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri

Türkiye'de jeoloji haritaları Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) tarafından hazırlanmaktadır. MTA (1961)'nın jeoloji haritalarından değiştirilerek Arc/GIS ortamında Batman ili için jeoloji haritası oluşturulmuştur. İlin güney kesimindeki ilçeleri olan Gercüş ve Hasankeyf'de kireçtaşının varlığı görülmektedir. Merkez'de sedimanter kayaların yoğunlaşmasıyla beraber bazalt kayaya da rastlanmakta olup kuzey kesimlerinde de metamorfik ve yer yer mağmatik kayaların olduğu görülmektedir (Şekil 3.2).

Çalışma alanının hidrojeolojik özellikleri incelendiğinde ilin yeraltı suyu akiferinin konglemera olduğu bilinmektedir (Batman İl Çevre Durum Raporu 2013). Konglomera ya da diğer adıyla çakıltaşı bir sedimanter kaya olup farklı kökenli çakılların suların etkisiyle taşınarak daha çok çamur ile perçinlenmesiyle oluşmaktadır (Yıldırım ve Gökaşan 2013). Jeolojik birimler ışığında yorum gerçekleştirilecek olursa güney kesimlerde karstik akifer özelliği gösteren birimler göze çarpmaktadır. Kuzey kesimleri olan Sason ve Kozluk ilçelerinde ise geçirimlilikleri düşük olan değişik birimlerde metamorfik akiferler bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Batman ili jeoloji haritası

3.1.4. İklim ve Meteorolojik Özellikleri

Batman ilinin iklimi karasal özellik göstermekte olup kışlar serin ve yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. En yüksek sıcaklıklar haziran-eylül arasındaki dönemde olup bu dönemdeki güneşlenme zamanları 10 saatin üzerinde olmaktadır. Kuzey kesimleri çok fazla yağış almakta, diğer kesimler nispeten daha az yağış almaktadır. En fazla yağış kasım-nisan arasındaki dönemde olup ortalama 55 mm yağış yüksekliğine

ulaşmaktadır. Kar yağışı genelde az görülmekte olup ilin yüksek kesimlerinde bilhassa Sason ilçesinde bulunan Meleto Dağı'nda sıkça görülmektedir (Batman İl Çevre Durum Raporu 2013).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2016) tarafından hazırlanan son 65 yılın verileri Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. En yüksek sıcaklık temmuz aylarında, en düşük sıcaklık ocak aylarında olmakta, en fazla yağışlı gün sayısı 11.6 gün ile mart ve nisan aylarında, en fazla yağış miktarı ise mart ayında 74.7 mm yağış yüksekliğinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.1. Batman iline ait uzun yıllar içinde gerçeklerşen ortalama değerler (1950-2015)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.7	5.0	9.6	14.6	19.8	26.7	31.2	30.2	24.9	17.7	9.9	4.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	7.6	10.5	15.8	21.6	27.7	34.9	39.4	39.4	34.4	26.6	16.9	9.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.5	0.1	3.6	7.9	11.4	15.9	20.3	19.7	15.1	10.1	4.1	0.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.1	4.3	5.4	7.2	9.3	11.5	12.2	11.3	10.0	7.0	5.2	3.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.0	10.4	11.6	11.6	8.1	2.3	0.4	0.4	1.1	5.8	7.4	9.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(kg/m^2)	60.2	68.6	74.7	73.8	46.6	7.0	0.7	0.7	3.9	32.6	55.1	65.6

Çizelge 3.2. Batman iline ait uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük değerler (1950 - 2015)

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.2	23.5	30.6	35.8	42.0	45.1	48.8	46.2	43.8	37.0	28.6	22.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.0	-22.2	-17.0	-9.0	0.9	5.0	11.8	11.1	4.4	-3.0	-7.8	-23.0

3.1.5. Hidrolojik Özellikleri

Dicle Havzası'nda yer almakta olan Batman ilinin en büyük akarsuyu Dicle Nehri'dir. İlin kuzeyinden doğmakta olan iki büyük akarsu Batman ve Garzan çayları şehir merkezinin güneyinde Dicle Nehri'ne dökülmektedir. Batman Çayı'na dökülen Sason Çayı da ilin bir diğer büyük akarsuyudur. Batman Çayı'nı oluşturan ana kolların Kulp, Sarım, Zori ve Talorin çayı olduğu ve bu kollardan Kulp ve Sarım çayı, Diyarbakır il sınırları, Sason, Zori ve Talorin çayları ise Batman il sınırları dâhilindedir. Küçük çaplı dereler de bulunmakta olup ilin geneline yayılmış durumdadır (Batman İl

Çevre Durum Raporu 2013). Batman Çayı'nın il sınırları içindeki uzunluğu 124 km'dir. Dicle Nehri'nin debisi en yüksek olup 300 l/s'dir. Sason Çayı sadece enerji amaçlı kullanılmakta olup diğer üç akarsu sulama amaçlı da kullanılmaktadır. Batman ili sınırları dahilindeki akarsu bilgileri ayrıntılı olarak Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Batman ili akarsu bilgileri (DSİ 2013)

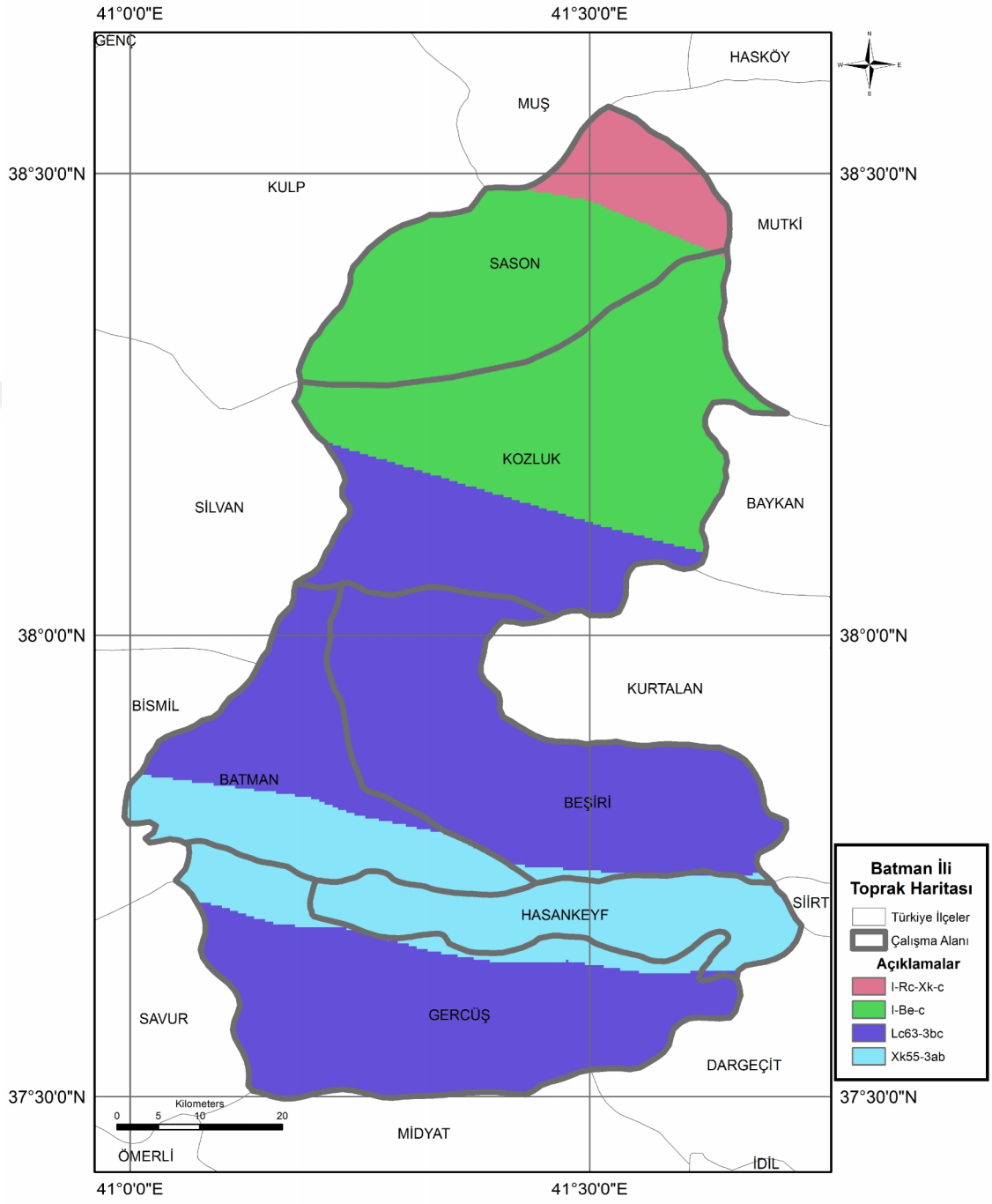
Akarsu	Toplam Uzunluğu (km)	Batman Sınırları İçindeki Uzunluğu (km)	Debisi	Kullanım Amacı	Kolu Olduğu Akarsu
Dicle Nehri	530	86	300	Sulama, Enerji	Dicle
Garzan Çayı	168	110	49.3	Sulama, Enerji	Dicle
Batman Çayı	144	124	126.9	Sulama, Enerji	Dicle
Sason Çayı	65	65	14.2	Enerji	Batman

3.1.6. Toprak Özellikleri ve Tarımsal Durumu

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) - Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) toprak haritalarının kendine has özelliği bulunmakta ve bunlar bazı kodlamalar ile yapılmaktadır. Batman için hazırlanan toprak haritasındaki bu kodlamalar yukarıdan başlamak üzere I-Rc-Xk-c, I-Be-c, Lc63-3bc ve Xk55-3ab'dir. Bunlar Şekil 3.3'te belirtildiği gibi değişik toprak gruplarını tanımlamaktadır. FAO-UNESCO (1981) tarafından hazırlanan dünya toprak haritası CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Buradan alınan bilgiler ile Batman ili toprak haritası Arc/GIS'de oluşturulmuştur (Şekil 3.3).

Çalışma alanının toprak yapısının çoğunda kireç varlığını göstermektedir. Sason ilçesinin kuzey kesimlerinin toprakları I-Rc-Xk-c kodlu olup litolojisinde 1000 m rakımdan sonraki dağlık alanlarda görülen ve erozyona karşı duyarlı olan kireç ağırlıklı olmak üzere kum, kil ve kireç karışımlı marl ve şist içermektedir. I-Be-c kodlu toprak Kozluk ve Sason ilçelerine hakim olmakla beraber 117 m rakımdan sonra başlamaktadır. Toprağın yapısı daha çok siltli kil ağırlıklıdır. Yerden 3.5 cm kadar aşağıya kadar koyu kahverengi renklidir. Şehir merkezi, Beşiri ve Gercüş ilçeleri ise killi yapı göstermektedir. 100–200 m rakımları arasında bulunan bu toprak yerden 15 m kadar aşağıya kadar da nüfuz edebilmekte olup koyu kırmızımsı kahverengi renklidir.

Xk55-3ab kodlu toprak Hasankeyf ilçesi ve yer yer de şehir merkezinin güneyindeki Raman dağlarında görülmektedir (FAO–UNESCO 1981; FAO 1995).



Şekil 3.3. Batman ili toprak haritası

İl yüzölçümünün % 35'e yakını tarımsal alanlardan oluşmaktadır. Şehir merkezi, Beşiri ve Kozluk ilçelerindeki düzlüklerde ve bu bölgelerin yüksek kesimlerinde dahi senede iki defa topraktan verim alınmaktadır. Buğday ve mercimek ağırlıklı olmak

üzere arpa ve nohut tarımı yapılmakta olup eylül aylarında ekimi başlamaktadır. Haziran-temmuz aylarında hasat alınmakta ve mısır tarımı başlamaktadır. Sason ilçesinde çilek başta olmak üzere ceviz de yetiştirilmektedir. Gercüş ilçesinde ise üzüm en çok yapılan tarım ürünüdür (Batman İl Çevre Durum Raporu 2013).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gübreli tarım yapılmaktadır. Batman ilinde de özellikle buğday, arpa ve mısır tarımında gübre kullanılmaktadır. 2013, 2014 ve 2015 yıllarına ait il çevre durum raporlarında gübre kullanımı ile alakalı bilgiler Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'nden alınarak Çizelge 3.4 oluşturulmuştur.

Çizelge 3.4. Batman ilinde bazı yıllara ait gübre kullanımı

Cinsi	Tüketim (ton)		
	2013 yılı	**2014 yılı**	**2015 yılı**
AN %26	10284.5	7455.3	12176
AN %33	6674.35	5296.3	7333
Üre	727.77	4021.95	14733
Krom.20.20.0	7842.8	876.05	8990
Krom.20.20.0+%1 zn	6293.65	3157.7	13533
DAP	5613.87	1725.5	7345
NPK 15+15+15	30	-	8
AS %21	17.5	55	99
TSP	30.5	-	-
Potasyum nitrat	-	1.2	45
Mısır Gübresi 18-24-12	36	-	-

1950'li yıllardan sonra hızla artan insan nüfusunun besin ihtiyaçları artmış ve bu da tarımda toprak verimliliğini artırmak amacıyla suni gübrelerin artmasına neden olmuştur. Suni gübreler genel itibariyle azot (N), fosfor (P^*) ve potasyum (K) içerikli olup bunların içeriklerinin farklı oranları ile farklı gübre çeşitleri oluşturulmaktadır. Kimyasal gübre olarak da bilinen suni gübreler azotlu, fosforlu, potasyumlu olabileceği gibi kompoze olarak da tarif edilen azot, fosfor ve potasyumun belli oranları karıştırılarak elde edilen birden fazla besin içeren gübreler olabilmektedir. Batman ilinde kullanılan azotlu gübreler, amonyum nitrat (AN) %26 ve AN %33 olup yanındaki yüzdeler azot içeriğini gösteren kodlarıdır. Üre, içerisinde en fazla azot barındırmaktadır. Amonyum sülfat (AS) %21 ise % 21 oranında azot içermektedir. Fosforlu gübre çeşidi olan triple süperfosfat (TSP) % 50'ye yakın fosfat içermektedir. Potasyum nitrat ise potasyum ağırlıklı bir gübre çeşididir. Diğer kompoze gübreler ise Krom.20.20.0, % 20 azot, % 20 fosfor içermekte ve potasyum içermemektedir. Aynı şekilde Krom.20.20.0+%1zn de ek olarak % 1 çinko içermektedir. DAP, diamonyum fosfat olup % 18 azot ve % 46 fosfor içeriklidir. NPK 15+15+15, içeriğinde % 15'er

azot, fosfor ve potasyum vardır. Mısır gübresi 18-24-12 ise % 18 azot, % 24 fosfor ve % 12 potasyum içermektedir (FAO 2000; Galka ve ark. 2005; Hejcman ve Schellberg 2009).

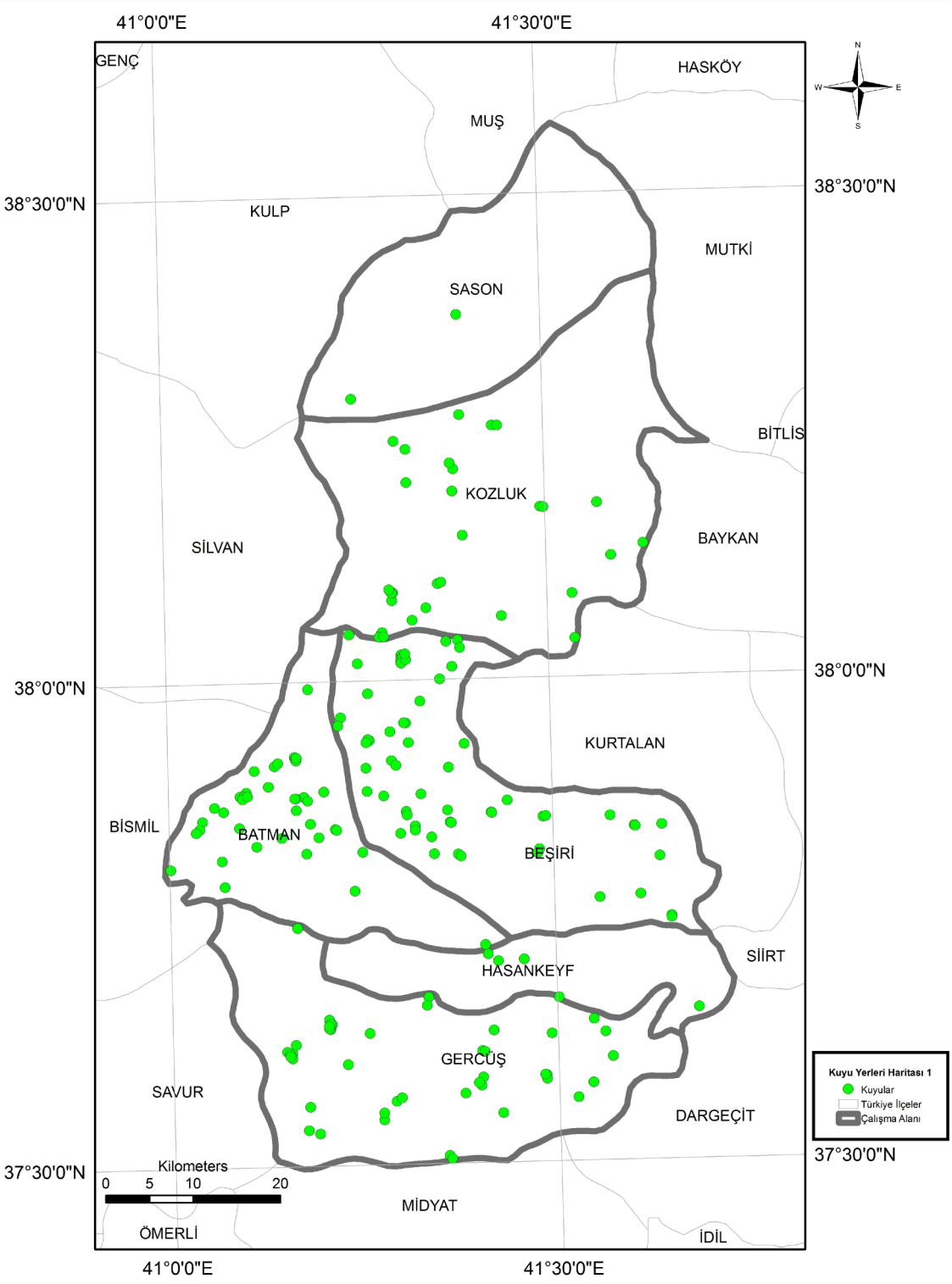
Bu çalışmadaki kuyu verilerinin analizleri 2014 ve 2015 yıllarını kapsadığından Batman ilinde kullanılan gübrelerin kullanıldığı dönemler olan 2013-2014-2015 yıllarındaki bilgiler alınmıştır. Özellikle üre ve krom.20.20.0+%1zn gübre çeşitlerinin 2014 yılındaki düşüşü ve 2015 yılındaki miktarının 2013 yılına göre % 50'ye varan artışı görülmektedir (Çizelge 3.4).

3.1.7. Yeraltı Suyu Kuyu Verileri

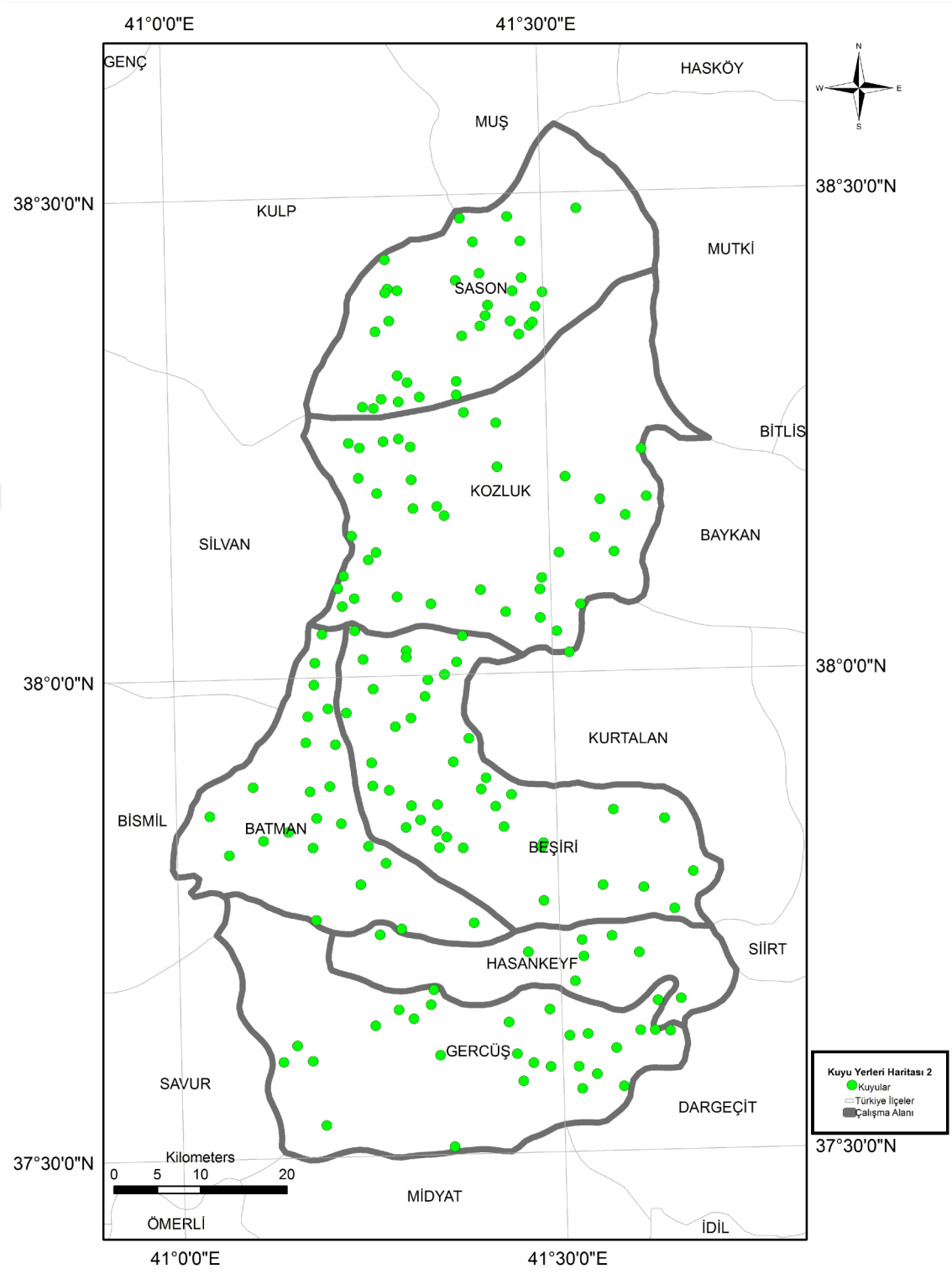
Şehir merkezi ve ilçelerinde çeşitli kurum ve kişilerin açmış oldukları 60 yıllık sondaj kuyu verileri derlenmiştir. Özellikle bu çalışmada güncel olan son on yıla ait 181 tane kuyu verisi kullanılmıştır. Yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesi için oluşturulan tematik haritalar ile statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve kuyuların verimi hakkındaki bilgiler harita üzerine lokasyonları işlenmiştir (Şekil 3.4). Yeraltı suyu kalitesini belirlemek amacıyla kullanılan kuyu yerlerini gösteren tematik harita ise Şekil 3.5'te verilmiştir.

3.2. Metot

Bu çalışmada metot olarak CBS ve matematiksel tekniklerinden yararlanılmıştır. Bunlar arasında özellikle eksik verilerin tamamlanması için mesafe ile ters ağırlıklı Inverse Distance Weighted (IDW) enterpolasyon jeoistatistik yöntemi kullanılmıştır. Bunlar arasında statik su seviye, dinamik su seviye, kuyu verimi, yeraltı suyu derinliği, nitrat, nitrit, pH, elektriksel iletkenlik, bromat, florür, arsenik, bakır, bor, civa, kadmiyum, krom, demir, alüminyum, selenyum, nikel, kurşun ve siyanür haritaları mesafe ile ters ağırlıklı IDW enterpolasyon metodu ile hazırlanmıştır. Bütün harita katmanları ED_1950_UTM_Zone_37N projeksiyonunda ESRI ArcGIS 10.3 bilgisayar yazılımı kullanılarak ve tüm tematik haritalar 1/500 000 ölçeğinde oluşturulmuştur. Yeraltı suyu kirlenebilme potansiyelini belirlemek amacıyla akifer hassasiyetini tespit etmek için DRASTIC yöntem çalışma alanına uygulanmıştır. Bu yöntemler ve kullanımı ile ilgili bilgiler aşağıda ayrı başlıklar halinde ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 3.4. Yeraltı suyu potansiyeline ait kuyu yerleri haritası 1



Şekil 3.5. Yeraltı su kalitesine ait kuyu yerleri haritası 2

3.2.1. IDW Enterpolasyon Yöntemi

İstatistik biliminin teknikleri birçok bilime yardımcı olmasına rağmen yerbilimleri için aynı istatistik bir fayda vermemektedir. Klasik istatistik yöntemlerin yerbilimlerine uygulanmaması jeoistatistiğin varlığına sebebiyet vermiştir. Jeoistatistik yerbilimlerindeki veri tabanlarının mekansal bilgilerine katkısı olup bunların devamlılığını sağlamaktadır (Isaaks ve Srivastava 1989).

Jeoistatistik, zamana ve mekana yayılmış doğal değişkenlerin niceliksel tanımlamalarını da amaçlamaktadır. Bunlar bir maden yatağındaki cevher dereceleri, bir jeolojik tabakanın derinliği ve kalınlığı, gözenekli akiferdeki porozite ve iletkenlik olabileceği gibi bir bölgedeki toprak özellikleri, bir havzadaki yağış, basınç, sıcaklık ve rüzgar hızı olabilmektedir (Chiles ve Delfiner 1999).

Jeoistatistiğin uygulama alanı olan IDW enterpolasyon, mesafe ile ters ağırlıklı matematiksel bir yöntemdir. Bir alanda birbirine yakın mesafede bulunan konumlardan verisi eksik olanların tahmin edilmesi amaçlanır. Bunun için verisi bilinen konumlar kullanılır. Verisi bilinen ve tahmin edilecek konumlar ağırlıklandırılır. Bu ağırlıklar mesafe ile beraber azalır. Dolayısıyla yöntem adını buradan almaktadır (Johnston ve ark. 2001). Yer bilimlerinde özellikle yeraltı suyu modellemesinde eksik verilerin tamamlanmasında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

Yöntemin genel formülü (1) aşağıda verilmiştir.

$$\boldsymbol{Z(s_o) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(s_i)} \qquad (1)$$

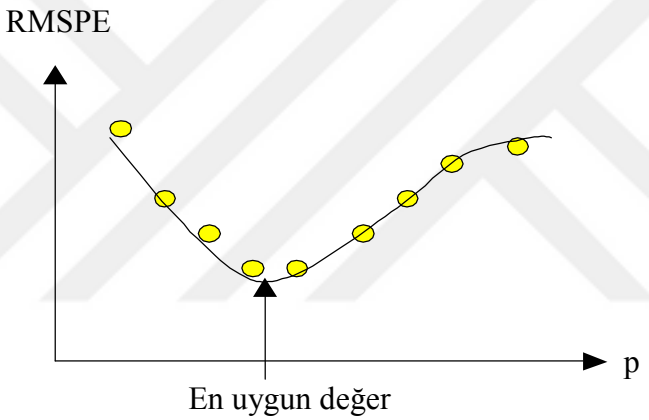
Burada $Z(s_0)$ s_0 konumu için tahmin edilen değeri, n tahminde kullanılmak üzere ölçümü alınan örneklerin toplam sayısını, λ_i ölçülen noktalara atanan ağırlıkları (bu ağırlıklar mesafe ile azalacaktır), $Z(s_i)$ s_i konumunda ölçülen değeri ifade eder.

Ağırlıkları belirleyen λ_i bağıntısı (2) ise nolu eşitlikte verilmiştir.

$$\boldsymbol{\lambda_i = \frac{d_{io}^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} d_{io}^{-p}}} \qquad (2)$$

Burada $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$ şartı sağlanmak üzere p güç faktörü, d_{io} s_0 ile her bir s_i arasındaki mesafedir.

Ölçülen yerlerin ağırlıkları toplamı 1'e eşit olacak şekilde ölçeklendirilir. p değerini bulabilmek için istatistikte çapraz doğrulama metodundan yararlanılır. Çapraz doğrulamada önce ölçüm bilgileri bilinen her bir nokta kaldırılır ve sonra konum için öngörülen değer ile karşılaştırması yapılır. Çapraz doğrulamadan hesaplanan RMSPE (root-mean-square prediction error) karekök ortalama öngörülen hata değeri ile en uygun p değeri belirlenir. Bu p değeri, aşağıdaki Johnston ve ark. (2001)'den alınan diyagramda görüldüğü üzere sarı noktalara uyan bir eğri çizilerek eğri üzerinde kalan en küçük RMSPE değerinden bulunur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. RMSPE-p diyagramı

Bu çalışmada s_i ölçümleri bilinen sondaj kuyularının konumunu, s_o verisi eksik olup ölçümü tahmin etmeye çalışılan kuyunun konumunu, $Z(s_i)$ ve $Z(s_0)$, sırasıyla ölçümü bilinen ve tahmin edilecek kuyunun değerleri, n verileri bulunan toplam kuyu sayısı, λ_i ise verisi bilinen kuyulara atanan ağırlık değerleri olarak kullanılmıştır.

3.2.2. DRASTIC Yöntem

Dünya genelinde insanlar su ihtiyaçlarını yeraltı suyu kaynaklarından sağlamaktadır. Dünyada çok sınırlı olan tatlı su kaynakları içinde yer alan yeraltı suyunun % 30'a yakını akiferlerden karşılanmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yeraltı suyu kaynaklarının önemi çok büyüktür. Bununla birlikte yeraltı suyu kaynakları insan kaynaklı kirliliğe de aşırı duyarlıdır (Dixon ve Uddameri 2016). İnsan

kaynaklı kirliliğe karşı bu yeraltı suyu kaynaklarının duyarlılığı akifer hassasiyeti olarak da tanımlanmaktadır (NRC 1993).

1980'lerde DRASTIC (Aller ve ark. 1987) ve GOD (Foster 1987) yöntemleri başarılı bir şekilde kullanıldı. Bu yöntemlerin akabinde sırayla AVI (Stempvoort ve ark. 1993), EPIK (Doerfliger ve ark. 1999) ve SINTACS (Gogu ve Dassargues 2000) yöntemleri de geliştirilerek günümüzde de uygulama alanları olan yeraltı suyu modellemeleri yapıldı.

DRASTIC yöntemi, ingilizce **D**epth to water, net **R**echarge, **A**quifer media, **S**oil media, **T**opography, **I**mpact of the vadose zone ve hydraulic **C**onductivity kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu yedi adet hidrojeolojik parametrenin her biri için sınıf ve ağırlık değerleri bulunmaktadır. Ağırlık (**w**eight) değerleri her bir parametre için sabit olup 1 ile 5 arasında değişmektedir (Çizelge 3.5). Sınıf (**r**ating) değerleri ise yöntemde kullanılacak her bir parametreye özgü 1 ile 10 arasında değişen değerlerden seçilmektedir (Çizelge 3.6). Yöntemin genel formülü aşağıda olup 3 nolu eşitlikten DRASTIC İndeks (Dİ) elde edilir (Aller ve ark. 1987).

$$Dİ = D_rD_w + R_rR_w + A_rA_w + S_rS_w + T_rT_w + I_rI_w + C_rC_w \quad (3)$$

Burada D_r yeraltı suyu derinliği sınıfı, D_w yeraltı suyu derinliği ağırlığı, R_r net beslenim sınıfı, R_w net beslenim ağırlığı, A_r yeraltı suyu akifer ortamı sınıfı, A_w yeraltı suyu akifer ortamı ağırlığı, S_r toprak örtüsü sınıfı, S_w toprak örtüsü ağırlığı, T_r topoğrafya sınıfı, T_w topoğrafya ağırlığı, I_r doymamış bölge etkisi sınıfı, I_w doymamış bölge etkisi ağırlığı, C_r hidrolik iletkenlik sınıfı, C_w hidrolik iletkenlik ağırlığını ifade etmektedir.

Çizelge 3.5. DRASTIC yöntem parametrelerinin ağırlık değerleri (Aller ve ark. 1987)

Sembol	Parametre	Ağırlık
D	Yeraltı Suyu Derinliği	5
R	Net Beslenim	4
A	Akifer Ortamı	3
S	Toprak Örtüsü	2
T	Topoğrafya	1
I	Doymamış Bölge Etkisi	5
C	Hidrolik İletkenlik	3

Çizelge 3.6a. Orijinal DRASTIC parametrelerinin sınıf değerleri (Aller ve ark. 1987)

Parametre	Aralık	Sınıfı
Yeraltı Suyu Derinliği (D) (m)	0-1.5	10
	1.5-4.5	9
	4.5-9	7
	9-15	5
	15-22.5	3
	22.5-30	2
	30<	1
Net Beslenim (R) (mm/y)	254<	9
	178-254	8
	102-178	6
	51-102	3
	0-51	1
Akifer Ortamı (A)	Karstik Kireçtaşı	10
	Bazalt	9
	Kum ve Çakıl	8
	Masif Kireçtaşı	6
	Masif Kumtaşı	6
	Katmanlı Kumtaşı, Kireçtaşı, Şist Sıraları	6
	Buzul Birikintisi	5
	Ayrışmış Mağmatik ve Metamorfik	4
	Mağmatik ve Metamorfik	3
	Masif Şist	2
Toprak Örtüsü (S)	İnce veya Bulunmuyor	10
	Çakıl	10
	Kum	9
	Torf	8
	Küçülmüş ve/veya Kümelenmiş Kil	7
	Kumlu Tın	6
	Tın	5
	Siltli Tın	4
	Killi Tın	3
	Bataklık	2
	Küçülmemiş ve Kümelenmemiş Kil	1

Çizelge 3.6b. Orijinal DRASTIC parametrelerinin sınıf değerleri (Aller ve ark. 1987)

Parametre	Aralık	Sınıfı
Topoğrafya (T) (%)	0-2	10
	2-6	9
	6-12	5
	12-18	3
	18<	1
Doymamış Bölge Etkisi (I)	Karstik Kireçtaşı	10
	Bazalt	9
	Kum ve Çakıl	8
	Belirgin Miktarda Silt ve Kil İçeren Kum ve Çakıl	6
	Katmanlı Kumtaşı, Kireçtaşı ve Şis	6
	Kumtaşı	6
	Kireçtaşı	6
	Mağmatik veya Metamorfik	4
	Şist	3
	Silt veya Kil	3
	Geçirimsiz Tabaka	1
Hidrolik İletkenlik (C) (m/g)	82<	10
	41-82	8
	29-41	6
	12-29	4
	4-12	2
	0-4	1

Aller ve ark. (1987) DRASTIC İndeksi hesaplandıktan sonra bir sınıflandırma için değer aralığı belirtmemektedirler. Bu çalışmada Gogu ve ark. (2003) tarafından oluşturulan beş farklı sınıflandırma kullanılmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. DRASTIC hassasiyet sınıflandırılması (Gogu ve ark. 2003)

Hassasiyet Sınıfı	İndeks Değerleri
Çok Yüksek	Dİ>200
Yüksek	199>Dİ>160
Orta	159>Dİ>120
Düşük	119>Dİ>79
Çok Düşük	79>Dİ

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Batman Ovası'nın yeraltı suyu potansiyeli ve su kalitesinin CBS ile modellenmesi ile ilgili olarak yapılan bu çalışmada başlangıçta temin edilen kuyu verileri ile statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve kuyu verim haritaları üzerinde yeraltı suyu potansiyeli modellenmiştir. Sonraki aşamada DRASTIC yöntemde kullanılan yedi hidrojeolojik harita verilerine göre yeraltı suyu kirlenme hassasiyet haritası model haritası olarak çıkarılmıştır. Mevcut kalite parametre verileri kullanılarak yeraltı suyu kalitesi oluşturulan model haritalarla belirlenmiştir. Bu bölümde yeraltı suyu potansiyeli, kirlenme potansiyeli ve kalitesinin belirlenmesi adı altında elde edilen bulgular derlenmiş ve tartışılmıştır.

4.1. Yeraltı Suyu Potansiyelinin Belirlenmesi

Batman ilinde sondaj kuyu verileri çalışmanın amacına uygun olarak derlenmiştir. Bu veriler son 60 yılı kapsamakta olup bunlar arasından güncel olan son 10 yıla ait 181 adet kuyuya ait statik su seviyesi, dinamik su seviyesi, kuyu verimi verileri bu çalışmada kullanılmış ve ilçe ilçe tasnifi yapılmıştır (Çizelge 4.1–4.6). Mevcut veriler kullanılarak statik su seviye haritası, dinamik su seviye haritası, pompa verimlilik haritası olmak üzere tematik haritalar elde edilmiş ve bu haritalar kullanılarak modeller elde edilmiştir. Elde edilen tematik haritalar ile Batman ili ve ilçelerinin yeraltı suyu potansiyeli belirlenmiştir (Şekil 4.1-4.3).

Batman ili Beşiri ilçesinde Çizelge 4.1'de verilen 61 adet sondaj kuyu verilerine göre statik su seviyesi 2-360 m, dinamik su seviyesi 5-375 m arasında değişim göstermektedir. Ölçülmüş kuyu verimleri 0.60–8.00 l/s aralığında olup en düşük verim 0.60 l/s ile Deveboynu1 kuyusunda en yüksek verim 8.00 l/s ile Kütüklü2 kuyusunda gözlenmiştir.

Batman ili Gercüş ilçesinde Çizelge 4.2'de verilen 46 adet sondaj kuyu verilerine göre statik su seviyesi en düşük 1 m Güzelöz1 ve en yüksek 225 m Ardıçlı5 kuyusunda olmak üzere 1-225 m, dinamik su seviyesi en düşük 5 m Akça ve en yüksek 260 m Ardıçlı7 kuyusunda olmak üzere 5-260 m aralığında gözlenmiştir. Ölçülmüş kuyu verimleri 0.30–20 l/s aralığında olup en düşük ve en yüksek kuyu verimleri sırasıyla 0.30 l/s ile Kayalar1 ve 20 l/s ile Çukuryurt3 kuyusunda görülmektedir.

Çizelge 4.1. Batman ili Beşiri ilçesine ait sondaj kuyu verileri

No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)	No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)
1	Asmadere	5	90	3.50	**32**	İnpınar1	10	230	
2	Atbağı	25	170	1.20	**33**	İnpınar2	15	170	
3	Ayrancı	45	180	1.00	**34**	İnpınar3	30	260	
4	Bahçeli1	2	40	2.00	**35**	Kayatepe	105	135	1.50
5	Bahçeli2	150	180		**36**	Kaşüstü1	40	190	2.00
6	Bahçeli3	25	50		**37**	Kaşüstü2	35	100	
7	Beşiri1	14	85		**38**	Kumçay	8	30	1.50
8	Beşiri2	20	50		**39**	Kumgeçit	60	90	2.00
9	Beşpınar1	4	195		**40**	Kurukavak	13	145	1.50
10	Beşpınar2	10	270		**41**	Kuşçukuru	24	188	4.00
11	Bilek	15	200	1.00	**42**	Kütüklü1	3	30	2.00
12	Çavuşbayırı	10	120	1.00	**43**	Kütüklü2	30	264	8.00
13	Çayönü	150	180		**44**	Oğuz1	360	375	5.00
14	Çevrimova	204	250	2.00	**45**	Oğuz2	10	45	
15	Dağyolu	30	70	2.00	**46**	Otluca	17	170	3.00
16	Danalı	18	89	1.00	**47**	Örmegöze	120	170	5.00
17	Deveboynu1	35	200	0.60	**48**	Samanlı	20	245	
18	Deveboynu2	20	50		**49**	Uğurca	45	180	3.00
19	Doğankavak	5	196	3.00	**50**	Yakacık1	5	35	2.00
20	Durucak	8	217	2.50	**51**	Yakacık2	180	200	
21	Esence	2	35	3.00	**52**	Yalınca	160	330	
22	Eskihamur1	35	185	1.50	**53**	Yalınkavak1	17	240	
23	Eskihamur2	45	230	1.00	**54**	Yalınkavak2	10	100	
24	Eskihamur3	15	120		**55**	Yarımtaş1	10	70	2.00
25	Eskihamur4	30	280		**56**	Yarımtaş2	15	150	
26	Eskihamur5	27	265		**57**	Yenipınar	220	316	3.00
27	Eskihamur6	10	100		**58**	Yeniyol1	17	170	0.50
28	Eskihamur7	5	170		**59**	Yeniyol2	5	170	
29	Ilıca	3	60	1.00	**60**	Yolkanak	3	80	
30	Işıkveren	25	75	1.50	**61**	Yontukyazı	20	195	
31	İkiyaka	4.5	5.25						

Batman ili Hasankeyf ilçesinde Çizelge 4.3'te verilen 3 adet sondaj kuyu verilerine göre statik su seviyesi 27–88 m. dinamik su seviyesi 85–125 m. ve ölçülmüş kuyu verimleri 5–30 l/s arasında değişim göstermektedir. En düşük kuyu verimi 5 l/s ile Hasankeyf kuyusunda en yüksek verim 30 l/s ile Üçyol kuyusunda gözlenmiştir.

Batman ili Kozluk ilçesinde Çizelge 4.4'te verilen 29 adet sondaj kuyu verilerine göre statik su seviyesi 2.5-160 m, dinamik su seviyesi 4-245 m arasında değişim göstermektedir. Ölçülmüş kuyu verimleri 0.60–15 l/s arasında değişim

göstermektedir. En düşük kuyu verimi 0.60 l/s ile Koçaklı kuyusunda en yüksek verim 15 l/s ile Uzunçayır3 kuyusunda gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. Batman ili Gercüş ilçesine ait sondaj kuyu verileri

No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)	No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)
62	Akburç	65	120		**85**	Kayalar2	52	72	5.00
63	Akça	1.85	5.07		**86**	Kayapınar1	35	90	0.36
64	Ardıçlı1	65	130	3.00	**87**	Kayapınar2	117	154	3.50
65	Ardıçlı2	65	130		**88**	Kesiksu	40	65	5.00
66	Ardıçlı3	31	90		**89**	Kırkat1	90	127	0.10
67	Ardıçlı4	185	240		**90**	Kırkat2	92	127	7.50
68	Ardıçlı5	225	240		**91**	Kırkat3	18	48	1.00
69	Ardıçlı6	170	225	2.00	**92**	Kırkat4	35	65	0.20
70	Ardıçlı7	210	260	3.00	**93**	Koçak	35	65	1.00
71	Bağlarbaşı1	25	45	3.00	**94**	Kömürcü1	15	25	
72	Bağlarbaşı2	15	57		**95**	Kömürcü2	25	40	
73	Bağlarbaşı3	15	57	Kuru	**96**	Kömürcü3	20	65	
74	Bağlıca	20	110		**97**	Kömürcü4	20	150	
75	Çiçekli	15	130		**98**	Kömürcü5	15	65	Kuru
76	Çukurçeşme	8	48	2.00	**99**	Kömürcü6	15	65	Kuru
77	Çukuryurt1	115	170	1.00	**100**	Vergili	25	45	2.00
78	Çukuryurt2	35	65	Kuru	**101**	Yamanlar	62	98	5.50
79	Çukuryurt3	35	65	20.00	**102**	Yassıca1	12	47	1.00
80	Geçit	58	80	4.00	**103**	Yassıca2	13	47	3.00
81	Güzelöz1	1	25	8.50	**104**	Yemişli	150	180	1.00
82	Güzelöz2	60	90	Kuru	**105**	Yenice	80	120	3.00
83	Hisar	98	122	12.00	**106**	Yolağzı1	105	125	1.00
84	Kayalar1	30	150	0.30	**107**	Yolağzı2	105	125	8.00

Çizelge 4.3. Batman ili Hasankeyf ilçesine ait sondaj kuyu verileri

No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)	No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)
108	Üçyol	50	85	30.00	**110**	Kesmeköprü	27	98	
109	Hasankeyf	88	125	5.00					

Batman ili Merkez ilçesinde Çizelge 4.5'te verilen 40 adet sondaj kuyu verilerine göre statik su seviyesi 4-280 m, dinamik su seviyesi 18-260 m arasında değişim göstermektedir. Ölçülmüş kuyu verimleri 1.00–55.00 l/s arasında değişim göstermektedir. En düşük kuyu verimi 1 l/s ile Güneşli ve İkiztepe2 kuyularında en yüksek verim ise 55 l/s ile Oymataş1 kuyusunda gözlenmiştir.

Çizelge 4.4. Batman ili Kozluk ilçesine ait sondaj kuyu verileri

No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)	No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)
111	Aşağıkıratlı	12	45		**126**	Ortaca4	30	160	
112	Bekirhan	110	150		**127**	Taşlık	60	115	1.00
113	Danagözü	30	120	1.50	**128**	Tuzlagözü	100	240	1.00
114	Derince	160	245		**129**	Uzunçayır1	2.5	4	3.00
115	Duygulu	8	200		**130**	Uzunçayır2	4	4.5	
116	Gümüşörgü	4	44	1.00	**131**	Uzunçayır3	8	200	15.00
117	Kahveci	10	210		**132**	Ünsaldı	3	7	6.00
118	Kamışlı1	40	180		**133**	Yanarsu	150	180	
119	Kamışlı2	35	45		**134**	Yanıkkaya	60	85	1.80
120	Kayadibi1	8	70	1.00	**135**	Yayalar	3	10	2.50
121	Kayadibi2	60	90		**136**	Yeşiltepe1	8	42	
122	Koçaklı	20	180	0.60	**137**	Yeşiltepe2	10	85	
123	Ortaca1	40	85		**138**	Yukarıkıratlı1	30	40	
124	Ortaca2	12	25		**139**	Yukarıkıratlı2	30	60	
125	Ortaca3	20	180						

Çizelge 4.5. Batman ili Merkez ilçesine ait sondaj kuyu verileri

No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)	No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)
140	Akça	90	120	2.50	**160**	İkiztepe4	20	55	4.00
141	Aydınkonak	29	52	8.00	**161**	İkiztepe5	20	45	0.10
142	Bayraklı	11	32	2.00	**162**	İluh1	15	20	4.00
143	Binatlı1	180	240	2.50	**163**	İluh2	20	35	1.00
144	Binatlı2	60	120	15.00	**164**	Karayün	24.5	39.6	11.00
145	Cigerlo1	65	97	12.00	**165**	Kösetarla	37.9	62.4	10.00
146	Cigerlo2	160	225		**166**	Kurusepir	100	125	2.00
147	Demirbilek	180	260	2.00	**167**	Kuyubaşı	21.7	29.4	7.00
148	Demiryolu1	45	75	3.00	**168**	Merkez1	130	140	12.00
149	Demiryolu2	48	77	3.00	**169**	Merkez2	30	78	2.00
150	Demiryolu3	46	77	2.00	**170**	Oymataş1	5	18	55.00
151	Demiryolu4	45	78	2.50	**171**	Oymataş2	15	35	23.00
152	Demiryolu5	25	120	5.00	**172**	Oymataş3	15	35	20.00
153	Demiryolu6	40	120	7.00	**173**	Oymataş4	15	35	38.00
154	Doğankavak	150	180	5.10	**174**	Oymataş5	23	48	
155	Erköklü	28.4	44.4	11.00	**175**	Recepler	280	310	1.00
156	Güneşli	4	165	1.00	**176**	Tilmis1	30	70	2.00
157	İkiztepe1	50	70	4.00	**177**	Tilmis2	89	130	10.00
158	İkiztepe2	20	55	1.00	**178**	Tilmis3	30	78	50.00
159	İkiztepe3	20	55		**179**	Tilmis4	220	260	52.00

Çizelge 4.6. Batman ili Sason ilçesine ait sondaj kuyu verileri

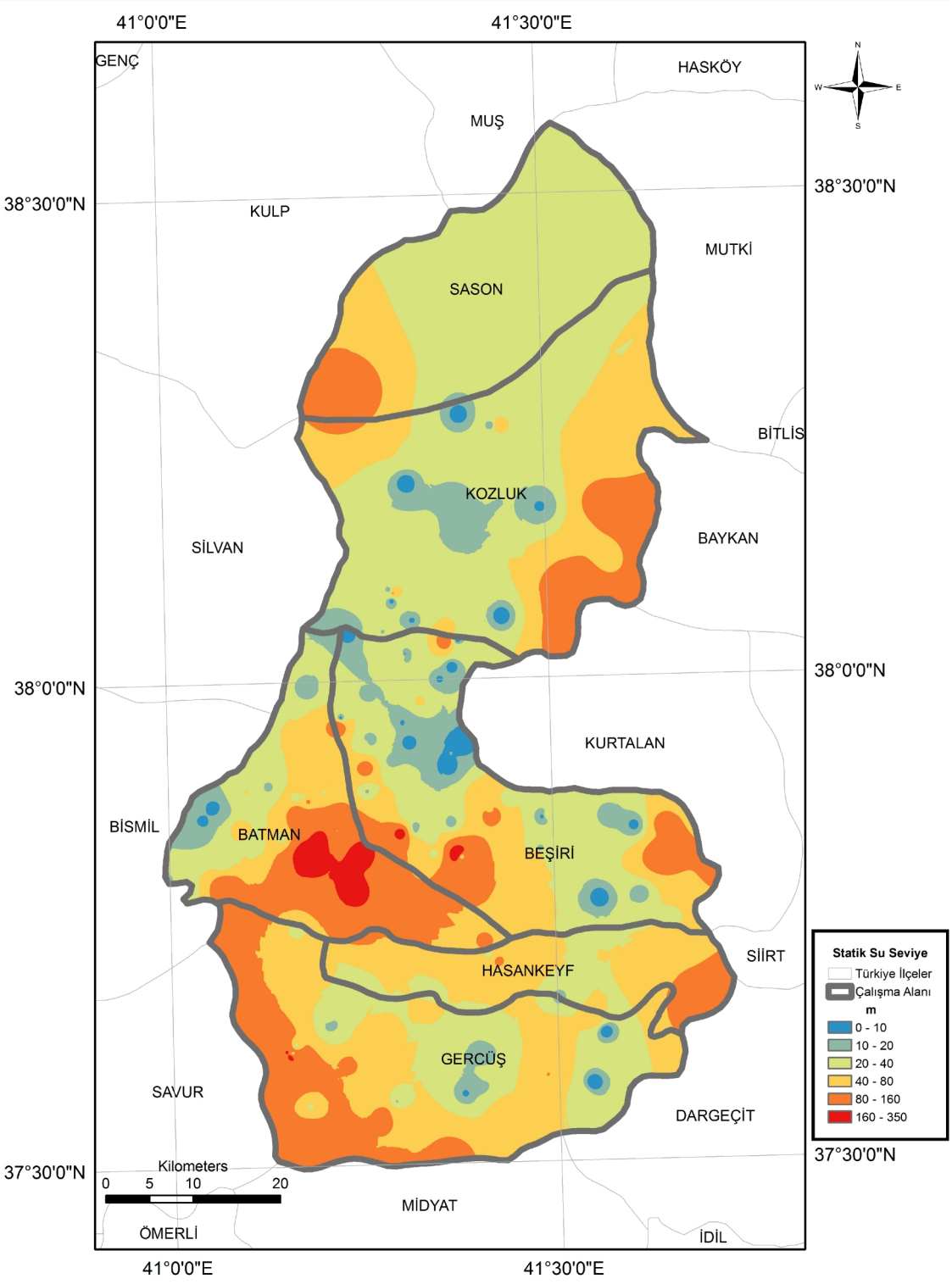
No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)	No	Kuyu Adı	Statik Su Seviyesi (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (l/s)
180	Acar	160	200	0.50	**181**	Gürgenli	20	50	1.50

Batman ili Sason ilçesinde Çizelge 4.6'da verilen 2 adet sondaj kuyu verilerine göre statik su seviyesi 20–160 m, dinamik su seviyesi 50–200 m ve ölçülmüş kuyu verimleri 0.50–1.5 l/s arasında değişim göstermektedir. En düşük verimi 0.50 l/s ile Acar kuyusunda en yüksek verimi 1.5 l/s ile Gürgenli kuyusunda gözlenmiştir.

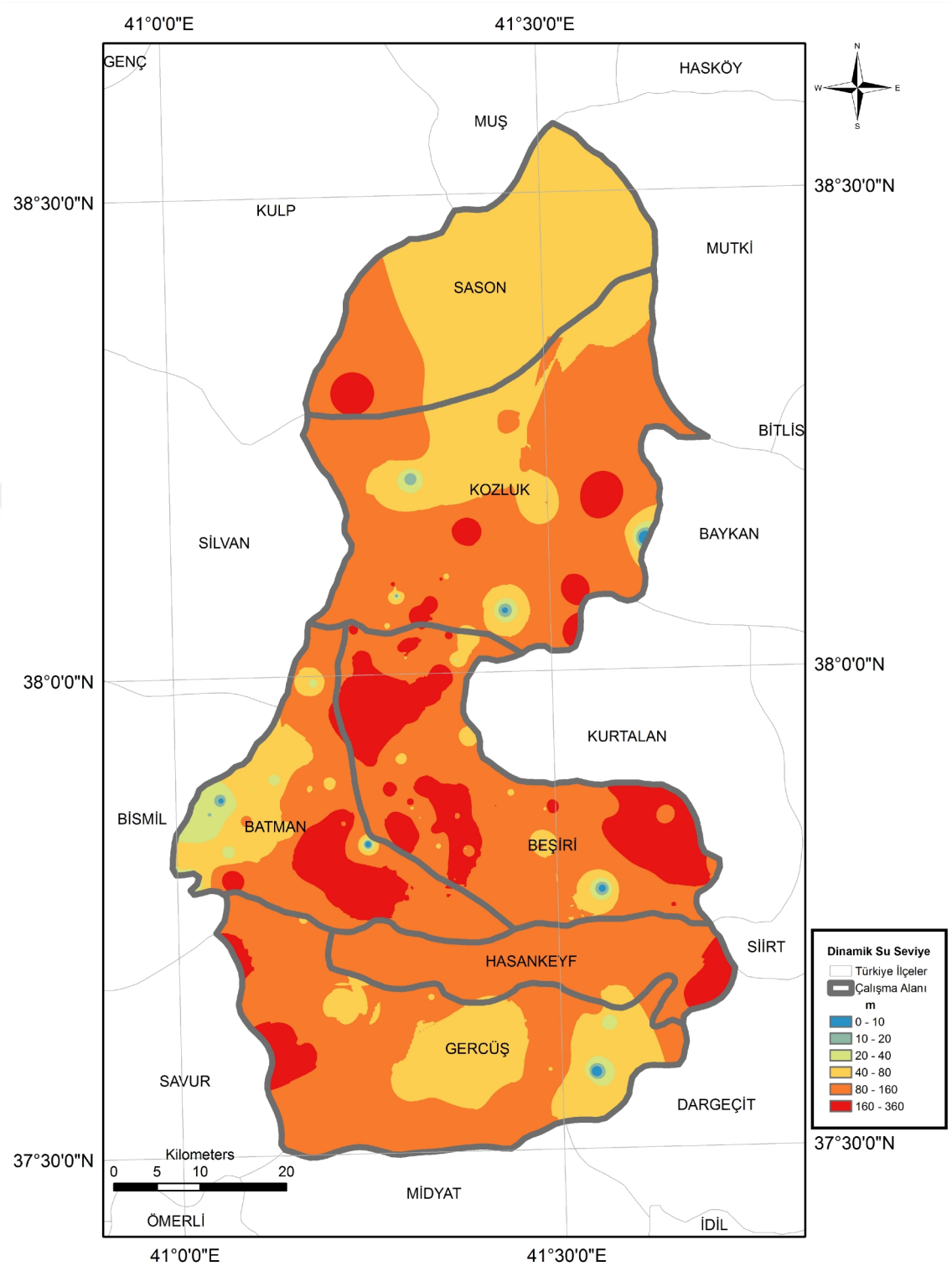
Batman ili merkez ve ilçelerin statik su seviye aralıkları Şekil 4.1'de verilen model haritası üzerinde görülmektedir. Buna göre Batman ilinin büyük bir bölümünde alansal olarak statik su seviyeleri 20–160 m arasında, Batman Merkez ilçesinin batı tarafı, Kozluk, Beşiri, Gercüş ilçelerinin çok az bir kısmında 10–20 m arasında değişim göstermektedir. 160–350 m arasındaki statik su seviyeleri sadece Batman Merkez ilçesinin orta kısmında çok az bir alanda görülmektedir.

Batman ili merkez ve ilçelerin Şekil 4.2'de elde edilen dinamik su seviyesinin model haritası incelendiğinde Batman ilinin büyük bir bölümünde dinamik su seviyeleri 80–160 m. aralığında değişim göstermektedir. Çok az yerde 0–20 m arasında, Batman Merkez, Sason ve Gercüş ilçesinin bir kısmı 40–80 m aralığındadır. 160–360 m arasındaki dinamik su seviyeleri ilçeler arasında daha çok Beşiri ilçesinde gözlenmiştir.

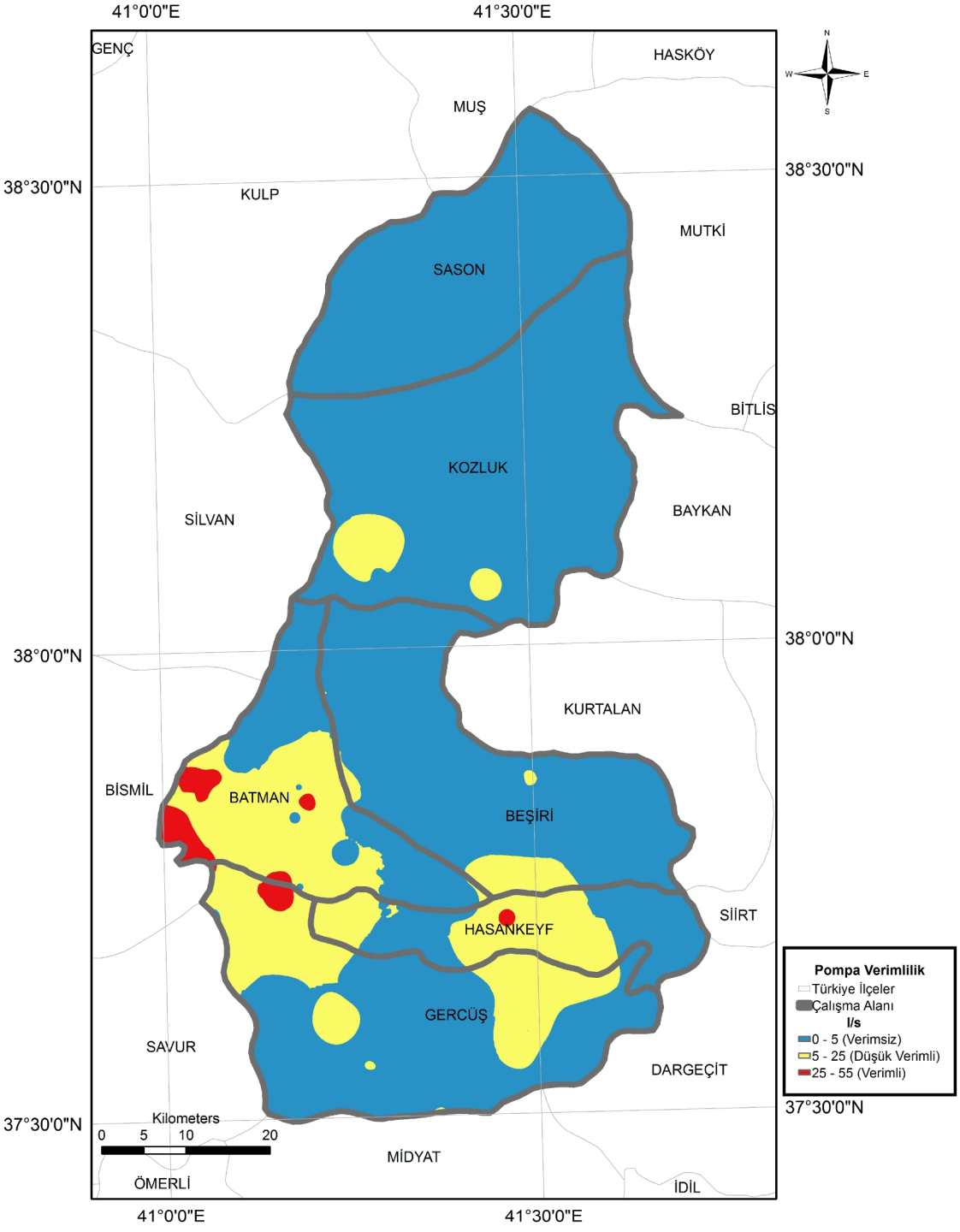
Kuyular verimlilik açısından Batman ili Merkez başta olmak üzere Hasankeyf, Gercüş, Kozluk, Beşiri ve Sason ilçeleri olarak sıralanmaktadır. Ancak Hasankeyf ve Sason ilçelerine ait kuyu verileri az olduğundan bu ilçelere ait bilgi yorumlamaları gerçeği yansıtmamaktadır. Kuyuların verimliğini gösteren Şekil 4.3'teki modellemesi yapılan kuyu verimlilik haritasına göre Batman Merkez ve Hasankeyf ilçesinin çok az kısmı 25–55 l/s aralığında verimli, diğer büyük kısmı 5–25 l/s arasında düşük verimli olduğu görülmektedir. Batman ilinin diğer ilçeleri ise 0–5 l/s aralığında olmak üzere verimli değildir. Genel olarak Gercüş, Kozluk, Beşiri ve Sason ilçeleri olmak üzere Batman ilinin büyük bir kısmının yeraltı suyu yönünden verimli olmadığı söylenebilir. Bu haritada oluşturulan model değerleri yukarıda tespit edilen bilgilere göre ölçüm değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Statik su seviyesi haritası



Şekil 4.2. Dinamik su seviyesi haritası



Şekil 4.3. Kuyu verimi haritası

4.2. Yeraltı Suyu Kirlenme Potansiyelinin DRASTIC Yöntem ile Belirlenmesi

DRASTIC yönteme ait yedi hidrojeolojik parametrenin haritaları hazırlanmış ve bu haritalar CBS ortamında çakıştırılarak akifer hassasiyet haritası çıkarılmıştır. Sonra hassasiyet sınıflandırılması gerçekleştirilerek harita üzerinde gösterilmiştir.

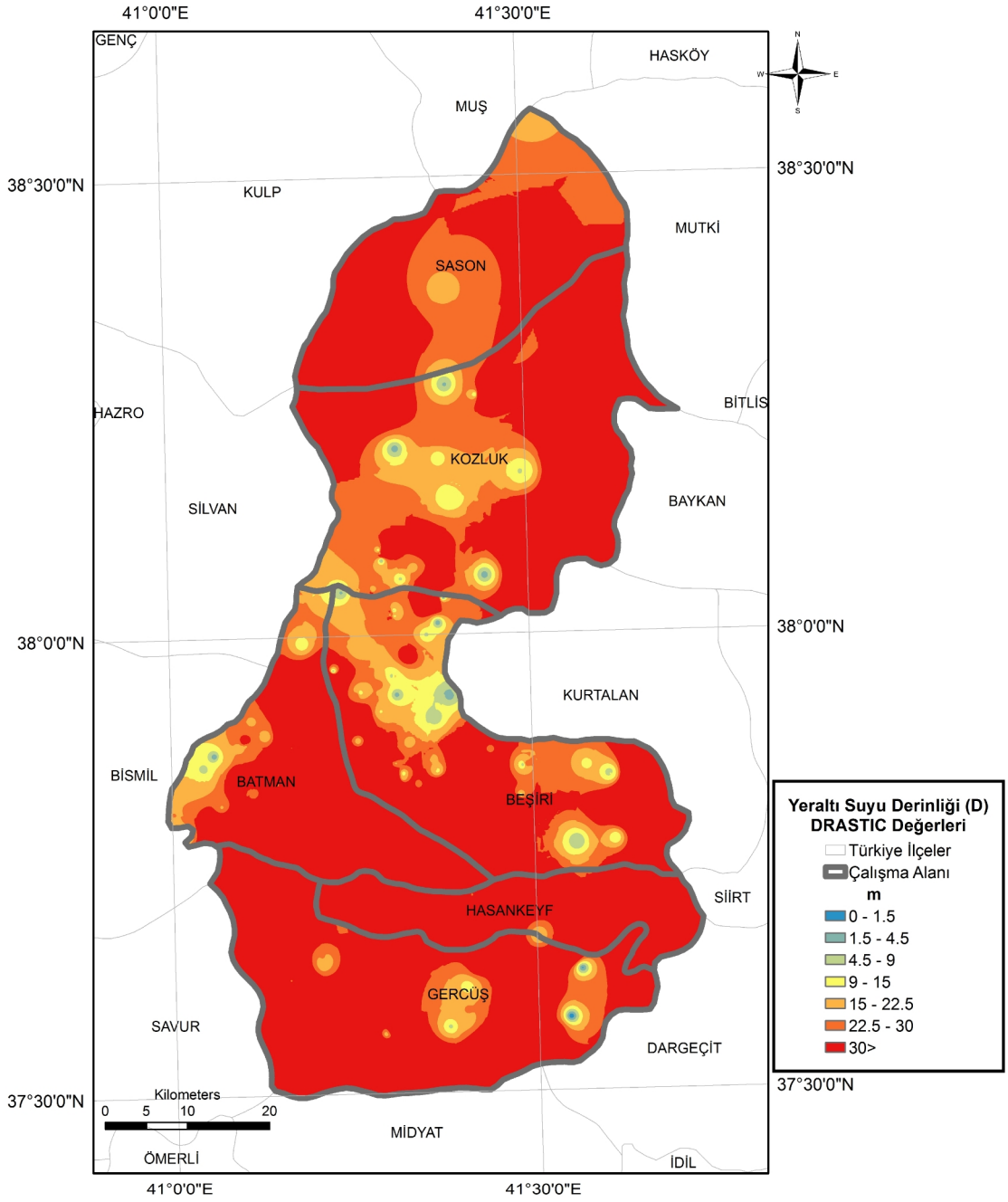
4.2.1. Yeraltı Suyu Derinliği Haritası

Yer yüzeyinden doymuş bölgedeki yeraltı su seviyesine olan uzaklık (Aller ve ark. 1987) olup kirleticilerin akifere ulaşma sürecindeki özelliğiyle çok önemli bir parametredir. Kirleticilerin akifere ulaşmasındaki mesafenin uzak olması akiferin kirlenme potansiyeli açısından önemlidir. Yeraltı su seviyesinin yer yüzeyine yakın yerler her zaman kirlenme tehlikesi riski göstermektedir.

Batman ilindeki güncel olan son 10 yıla ait statik su seviye verileri kullanılarak yeraltı suyu derinlik haritası akifer hassasiyet haritasının elde edilmesi için yöntemin ilk harita parametresi olmak üzere oluşturulmuştur. IDW yöntemiyle 181 tane kuyu verileri CBS ortamına aktarılarak ilin yeraltı suyu derinlik haritası, raster haritaya çevrilerek DRASTIC sınıf değerleri atanmış ve modellemede kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.4). Batman ili merkez, Gercüş, Beşiri, Hasankeyf ilçelerinin büyük bir alanı ile Sason ve Kozluk ilçelerinin bir kısmını kaplayan alanın % 70'i yeraltı su derinliği 30 m'den yüksek olup ağırlık derecesi 5 ile çarpımında indeksi 5 olmaktadır. % 18'lik bir alan 22.5-30 m arasında kalmaktadır ve bunun da sınıf değeri düşük olup hesaplanan indeksi 10 olmaktadır. % 8.56'lık bir alan 15 ile 22.5 m arasında ve geriye kalan aralıklar ise çalışma alanının düşük bir yüzdesini oluşturmaktadır. Yeraltı suyu derinliği için aralıklara göre oluşturulan sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yeraltı suyu derinliği için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
0-1.5	10	5	50	0.01
1.5-4.5	9	5	45	0.11
4.5-9	7	5	35	0.63
9-15	5	5	25	2.50
15-22.5	3	5	15	8.56
22.5-30	2	5	10	18.09
30<	1	5	5	70.10



Şekil 4.4. Yeraltı suyu derinliği haritası

4.2.2. Net Beslenim Haritası

Yeraltı suyu besleniminin ana kaynağı bölgeye düşen yağışların yer yüzeyinden süzülerek doymuş bölgedeki yeraltı su seviyesine ulaşmasıdır (Aller ve ark. 1987). Çalışma alanındaki yıllık yağış verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2016)'nden temin edilmiş olup bu verilere ve toprağın yapısına göre süzülme miktarı hesaplanmıştır. Batman ilindeki Hidrolojik Toprak Grupları (HTG) ve 8 tane yağış

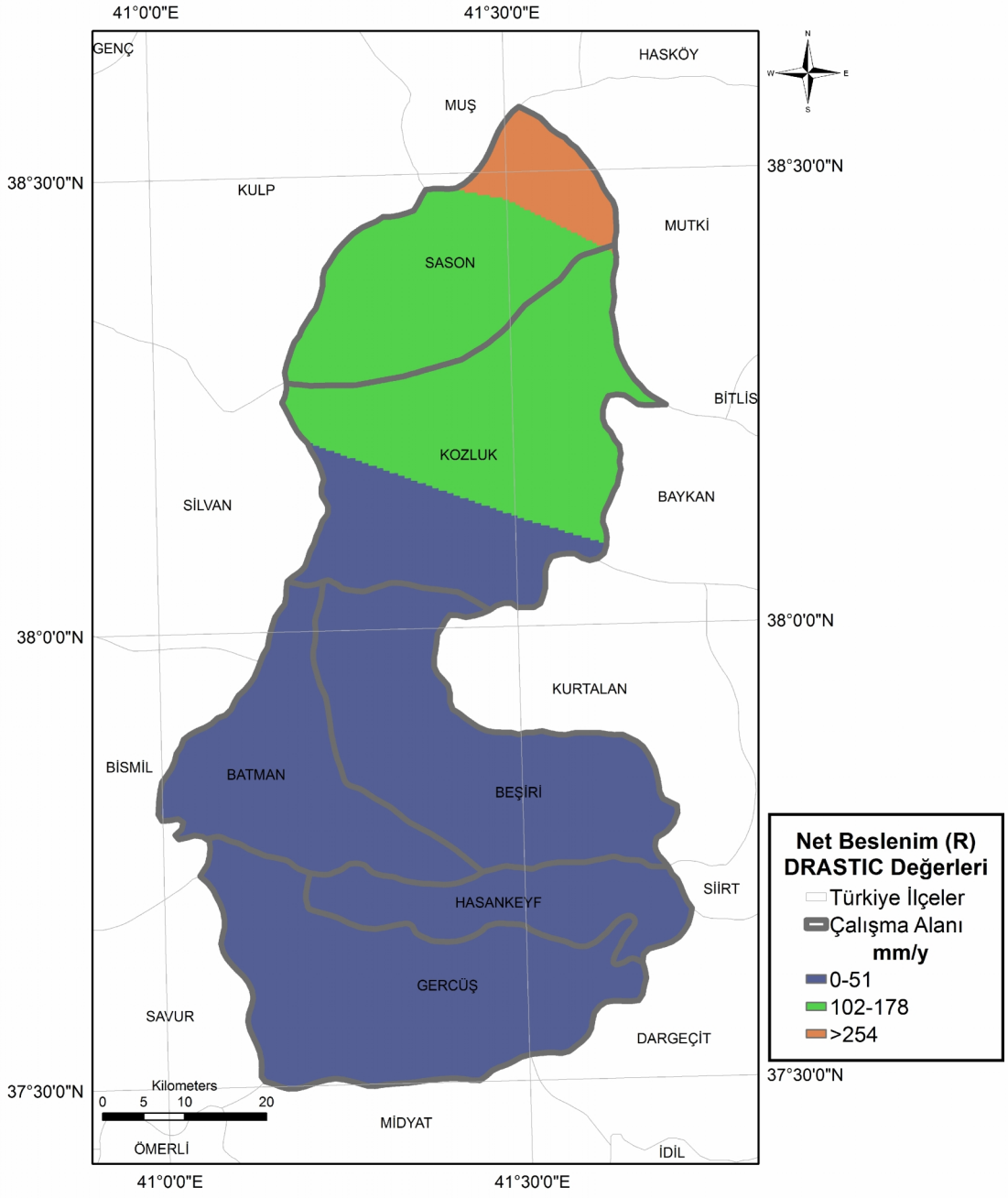
istasyonunun verileri göz önünde bulundurulmuştur. Önce yağış istasyonları verilerinin yıllık yağış yükseklikleri hesaplanarak tasnifi yapılmıştır (Çizelge 4.8). Sonra ilin toprak yapısı bilgilerinden uygun HTG seçilmiş ve aşağıdaki formüllerden süzülme miktarları hesaplanmıştır (Jha ve Sebastian 2005; Shekhar ve ark. 2015). 5 bölgeye ayrılan Şekil 3.3'te toprak haritası HTG'ye entegre edilerek ilin toprak grupları belirlenmiştir. Kuzeyden başlanacak olursa A toprak grubu Sason ilçesinin bir kısmını temsil etmiştir. Aşağıya doğru ise sırasıyla C Kozluk, D Beşiri ve Batman merkez, C Hasankeyf ve D Gercüş ilçelerine ait toprak grupları sınıflandırılmıştır. Bu toprak gruplarının içinde bulunduğu yağış istasyonları da göz önünde bulundurularak ortalama yağış yükseklikleri alınmıştır ve bunların ortalamaları alınarak süzülme miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 4.9). Süzülme miktarları hesaplanırken formüldeki P (yağış) ve PI (süzülme) değerleri inç olarak alınmış ve aşağıda verilen eşitliklerde kullanıldıktan sonra tekrardan Çizelge 4.9'da mm'ye çevrilerek DRASTIC sınıf değerlerinden seçimler yapılması sağlanmıştır. Raster haritaya çevrildikten sonra sınıflandırma yapılarak Batman ili için net beslenim haritası elde edilmiştir (Şekil 4.5).

HTG – A için: $\boldsymbol{PI} = \dfrac{(\boldsymbol{P} - 10.28)^2}{(\boldsymbol{P} + 15.43)}$; HTG – B için: $\boldsymbol{PI} = \dfrac{(\boldsymbol{P} - 15.05)^2}{(\boldsymbol{P} + 22.57)}$

HTG – C için: $\boldsymbol{PI} = \dfrac{(\boldsymbol{P} - 19.53)^2}{(\boldsymbol{P} + 29.29)}$; HTG – D için: $\boldsymbol{PI} = \dfrac{(\boldsymbol{P} - 22.67)^2}{(\boldsymbol{P} + 34.00)}$

Çizelge 4.8. Batman ili yağış istasyonu bilgileri

No	Adı	Dönemi	Yıllık Yağış (mm/y)
6103	Sason Erd. Köyü	1976-2012	1086.5
6257	Kozluk	1984-1993	892.3
6439	Kozluk Tuzlagözü	1986-2005	757.5
6613	Beşiri Beyçayırı	1986-1994	599.8
6985	Beşiri	1985-2002	534.3
7128	Hasankeyf	1995-1998	335.2
7471	Gercüş	1997-2005	495.3
17282	Batman	1970-2012	460.6



Şekil 4.5. Net beslenim haritası

Çizelge 4.9. Hidrolojik toprak gruplarına göre süzülme miktarları

HTG	Ortalama Yıllık Yağış (P) (mm/y)	Süzülme (PI) (mm/y)
A	1086.5	459.2
C	912.1	104.4
D	531.6	1.5
C	335.2	24
D	495.3	4.8

Şekil 4.5'teki haritadan görüldüğü gibi Gercüş, Hasankeyf, Merkez ve Beşiri ilçeleri ve Kozluk ilçesinin ise bir kısmı % 67.32 alanı kapsamakta olup, hesaplanan indeksi 4'dür. % 29'luk bir alan 102-178 m süzülme aralığındadır ve Sason ile Kozluk ilçelerinin büyük bir kısmını kapsamaktadır. Geriye kalan % 3.68'lik küçük bir yüzde ise ilin kuzey kesiminde bulunmaktadır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Net beslenim için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
254<	9	4	36	3.68
102-178	6	4	24	29.00
0-51	1	4	4	67.32

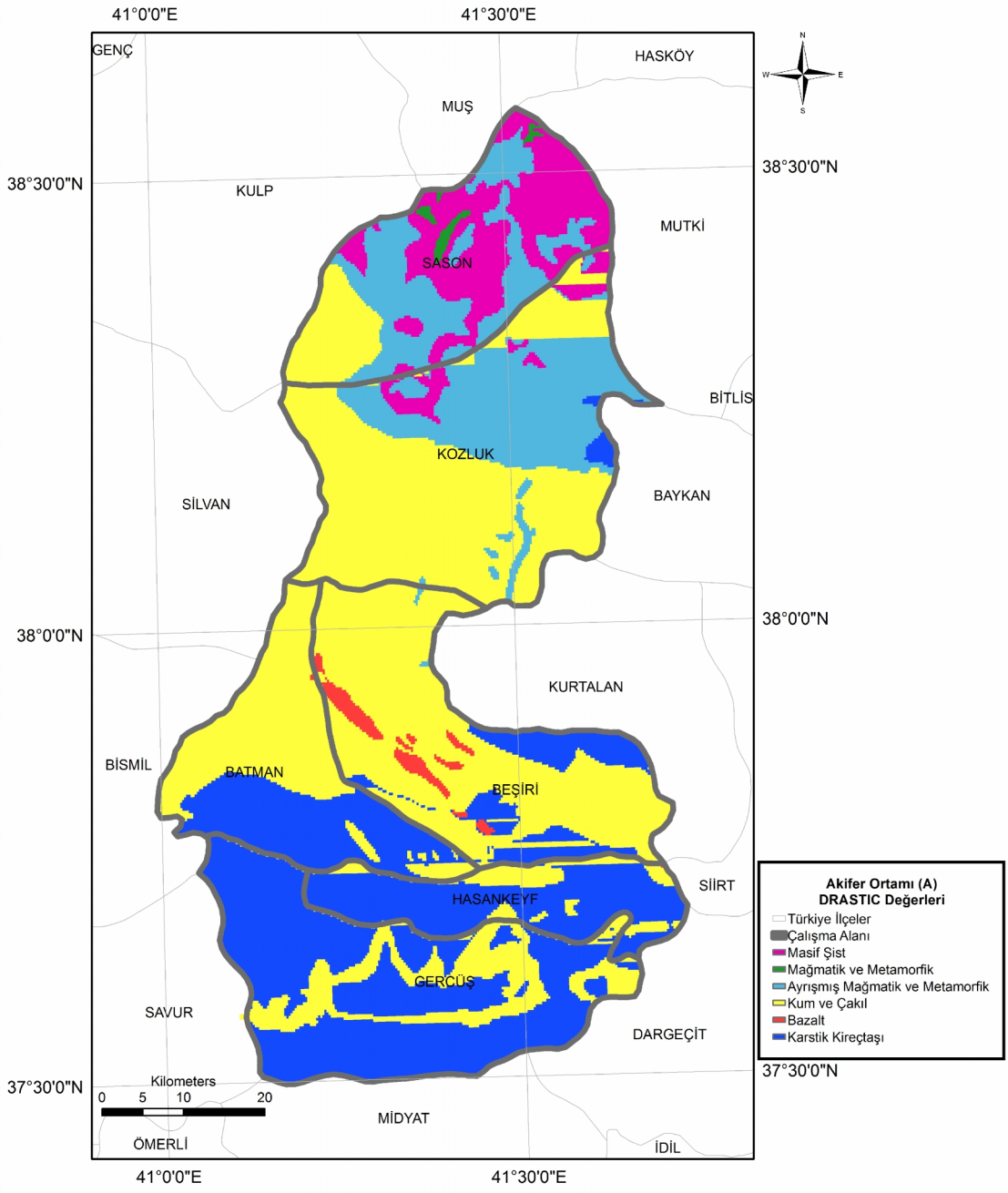
4.2.3. Akifer Ortamı Haritası

Boşlukları tamamı su ile dolu olan, bir noktadan diğer noktaya su iletebilen ve suların dışarıya çıkmasına imkan veren yer altı suyu taşıyan tabakalara akifer adı verilir. Yerin altındaki bu biriktirmeyi jeolojik formasyonlar yapmaktadır. Belli başlı akiferler kumtaşı, kiltaşı, çakıl, konglomera, kireçtaşı gibi sedimanter kayaçlar olabileceği gibi bazalt, metamorfik, volkanik kayaçlar da olabilmektedir. Akifer çok önemli bir parametre olup kirlenebilme açısından özelliklerinin çok iyi bilinmesi gereklidir. Şekil 3.2'deki Batman ilinin jeoloji haritasından DRASTIC yöntemdeki uygun sınıflar seçilerek akifer ortamı haritası hazırlanmış ve raster haritaya çevrilmiştir (Şekil 4.6).

Kum ve çakıl birimlerinin hakim olduğu % 45.9'luk bir alan en fazla hacme sahiptir. İlin güney kesimlerinde varlığını gösteren karstik kireçtaşı % 30.23'lük bir yüzdeye sahip olup en büyük sınıf değeri olan 10 ile ağırlık değerinin çarpılmasıyla indeksi 30 olarak hesaplanmıştır. Kuzey kesimlerde bulunan ayrışmış mağmatik ve metamorfik akifer ise % 14.38'lik bir alana sahiptir. Geriye kalan % 8.17, % 0.99 ve % 0.33'lük alanlar sırasıyla masif şist, bazalt ve mağmatik ve metamorfik akiferleri temsil etmektedir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Akifer ortamı için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
Masif Şist	2	3	6	8.17
Mağmatik ve Metamorfik	3	3	9	0.33
Ayrışmış Mağmatik ve Metamorfik	4	3	12	14.38
Kum ve Çakıl	8	3	24	45.90
Bazalt	9	3	27	0.99
Karstik Kireçtaşı	10	3	30	30.23

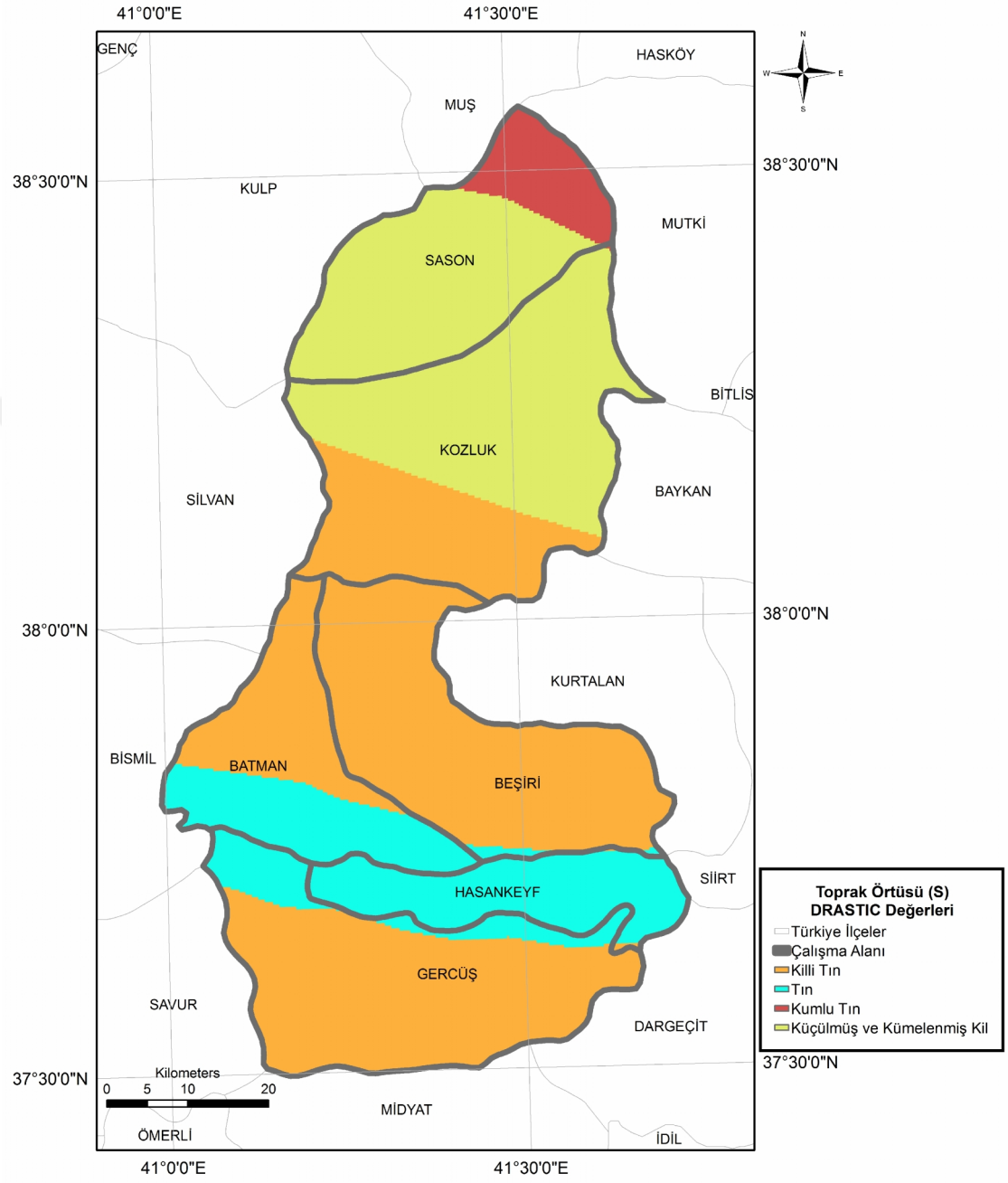


Şekil 4.6. Akifer ortamı haritası

4.2.4. Toprak Örtüsü Haritası

Batman ilinin Şekil 3.3'teki toprak haritasından yöntemdeki uygun sınıflar seçilerek çalışma alanının toprak örtüsü haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.7). Çalışma alanının yarıya yakını killi tın sınıfında kalmakta olup hesaplanan indeksi 6 olmaktadır. Geri kalan diğer yarısı ise kuzeyde % 3.69 gibi küçük bir yüzde ile kumlu tın sınıfı, merkez ile kuzey arasında kalan % 28.99'luk alanda küçülmüş ve kümelenmiş kil ve

merkez ile güney kesimleri arasında % 17'lik bir alana karşılık gelen tın sınıfı bulunmaktadır (Çizelge 4.12).



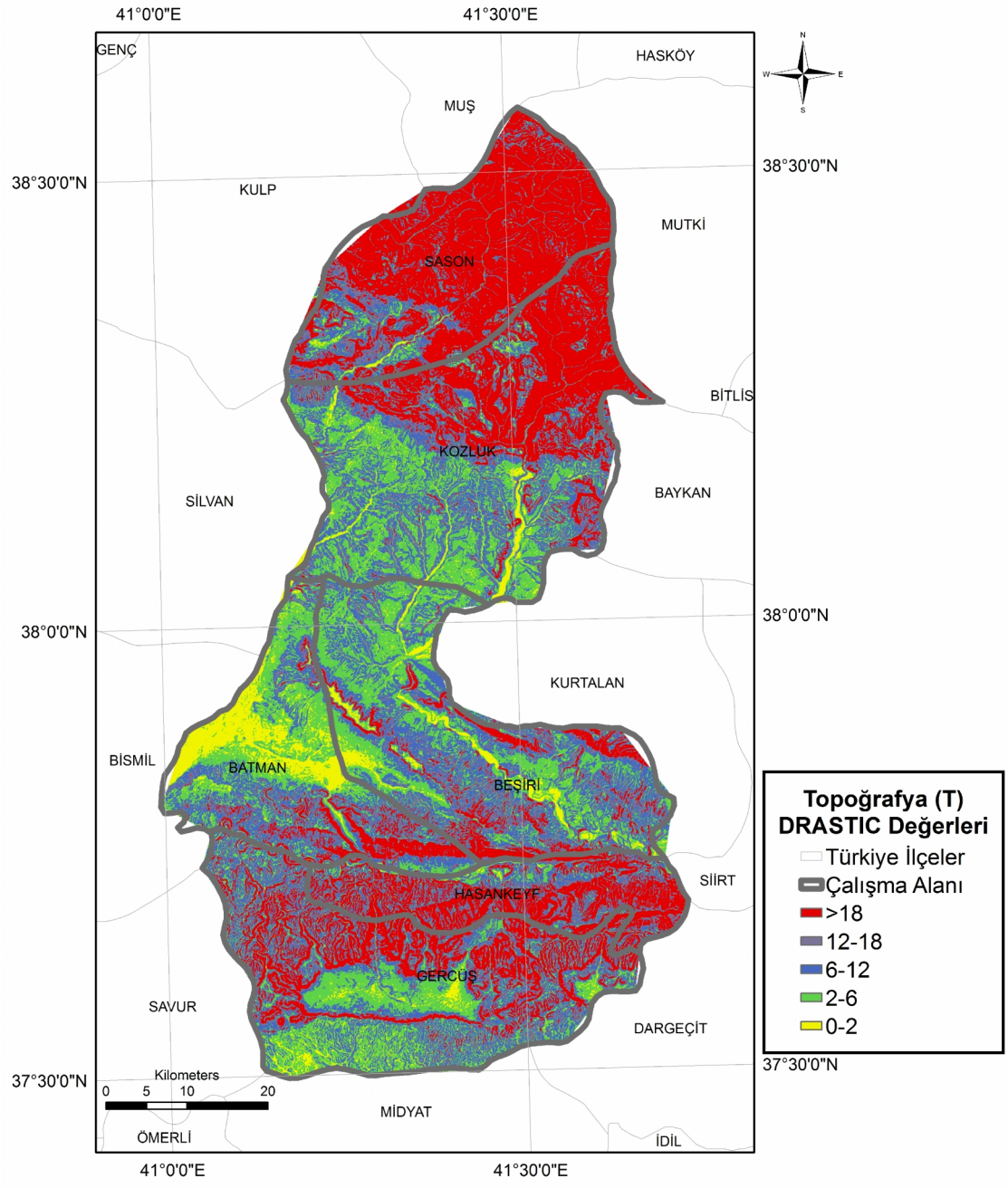
Şekil 4.7. Toprak örtüsü haritası

Çizelge 4.12. Toprak örtüsü için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
Killi Tın	3	2	6	49.78
Tın	5	2	10	17.54
Kumlu Tın	6	2	12	3.69
Küçülmüş ve Kümelenmiş Kil	7	2	14	28.99

4.2.5. Topoğrafya Haritası

Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından yürütülen Mekik Radar Topoğrafya Görevi (SRTM) projesi kapsamında paylaşılan 90 m x 90 m çözünürlüğündeki Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)'nden faydalanılmış ve Batman ili topoğrafya haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Topoğrafya haritası

DRASTIC yöntemin uygulanabilmesi için çalışma alanı, % 0-2 (sınıfı 10), % 2-6 (9), % 6-12 (5), % 12-18 (3), >18 (1) olmak üzere 5 ayrı sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanının % 32'sinin aralık değeri 18'den büyüktür ve en fazla alanı kaplamıştır. Diğer bölgelerde de yöntemin topoğrafya parametresinin bütün sınıf değerleri görülmektedir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Topoğrafya için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
0-2	10	1	10	5.64
2-6	9	1	9	22.42
6-12	5	1	5	24.58
12-18	3	1	3	15.36
18<	1	1	1	32.00

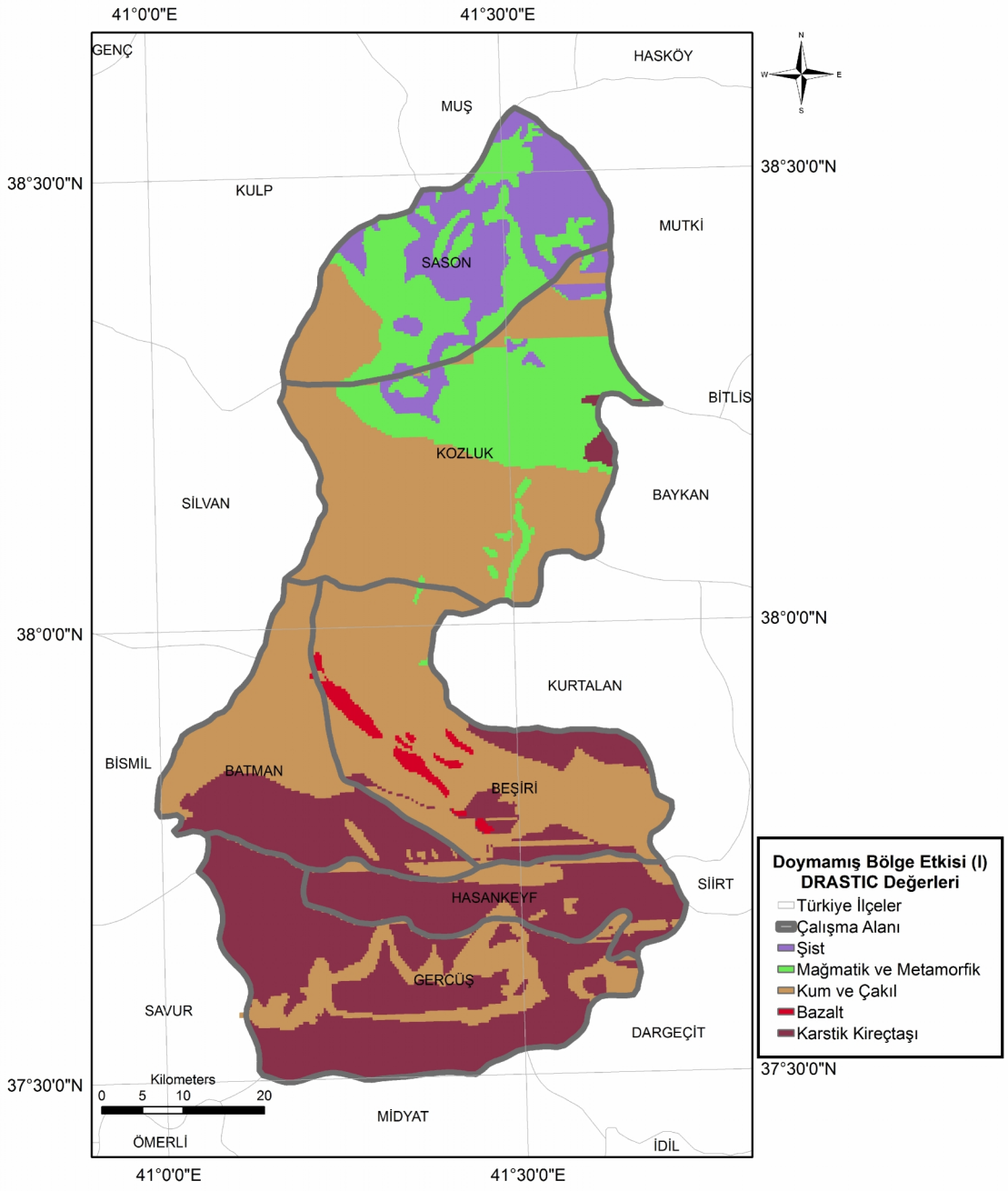
4.2.6. Doymamış Bölge Etkisi Haritası

Yeryüzüne düşen yağışlar yeraltına süzülüp yeraltı suyunu oluştururlar ve doygun ve doygun olmayan bölge olmak üzere ikiye ayrılırlar. Doygun olmayan bölgeye aynı zamanda vadoz veya doymamış bölge de denilmekte olup zemin ile yeraltı su seviyesi arasındaki tüm bölgeyi kapsamaktadır. Yeraltı su seviyesine ulaşmadan önce doymamış bölgede hareket eden potansiyel kirleticiler bu bölgeyi özel kılmakta ve kirlilik bakımından erken uyarı bölgesi olma özelliğini vermektedir (Keller 2007).

Çalışma alanının doymamış bölgesi jeolojik formasyonların içinde kaldığından ilin jeoloji haritası kullanılarak bu hidrojeolojik parametrenin haritası elde edilmiştir (Şekil 4.9). Doymamış bölgede kum ve çakıl % 45.9'luk alanla en fazla, karstik kireçtaşı % 30.22 ile en fazla ikinci alanı oluşturmaktadır. Geri kalan yerlerde ise büyüklük sırasıyla mağmatik ve metamorfik, şist ve son olarak da bazalt kayalar bulunmaktadır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Doymamış bölge etkisi için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

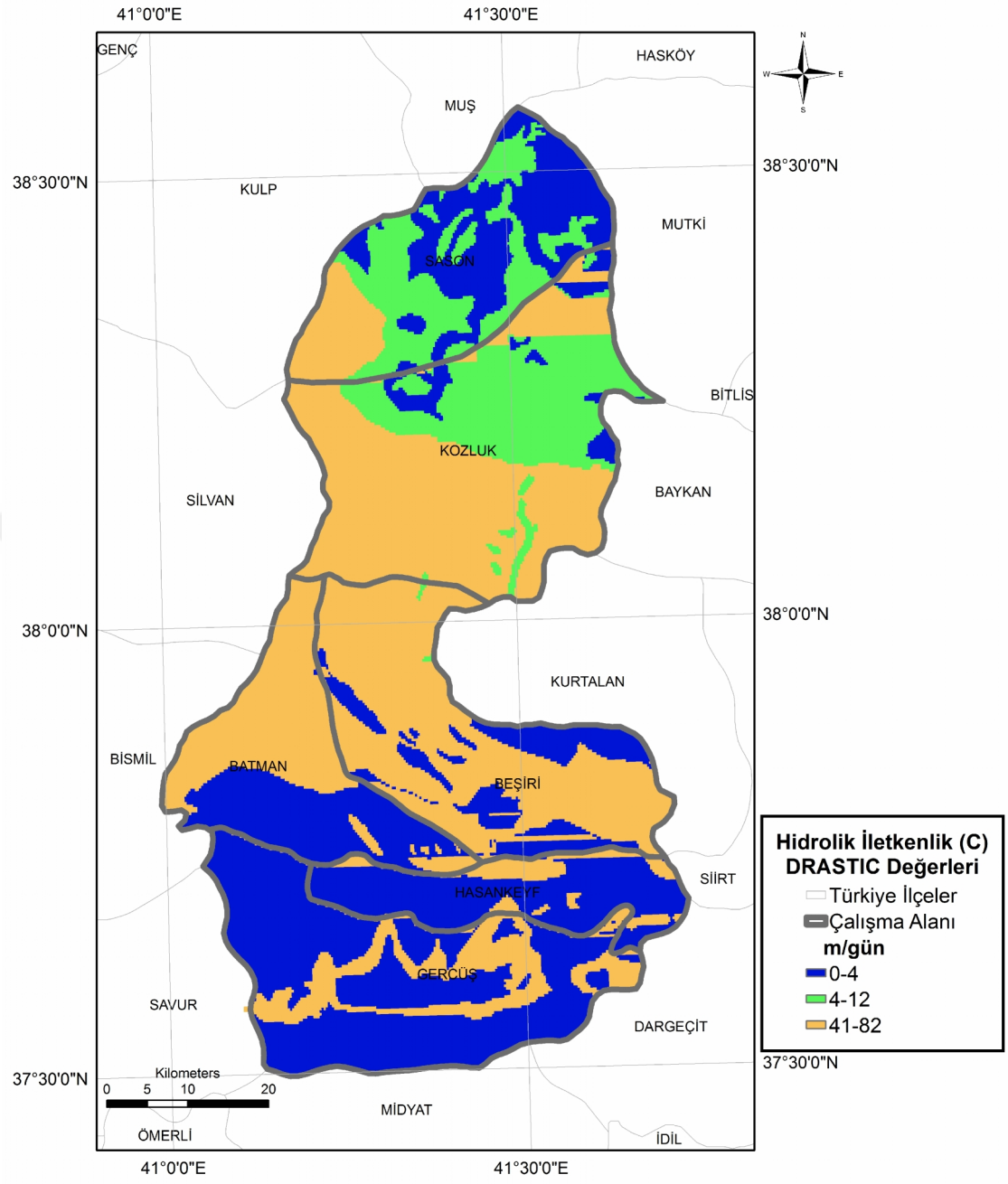
Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
Şist	3	5	15	8.17
Mağmatik ve Metamorfik	4	5	20	14.71
Kum ve Çakıl	8	5	40	45.90
Bazalt	9	5	45	1.00
Karstik Kireçtaşı	10	5	50	30.22



Şekil 4.9. Doymamış bölge etkisi haritası

4.2.7. Hidrolik İletkenlik Haritası

Çalışma alanının hidrolik iletkenlik haritası, Freeze ve Cherry (1979) ve Todd (1980) tarafından hazırlanan hidrolik iletkenlik ve permeabilite değerleri yardımıyla oluşturulmuştur (Şekil 4.10). Yüzde 45.9'luk alanın sınıf değeri 8 olup bu bölge 41-82 m/gün aralığında kalmaktadır. Diğer bölgeler 0-4 ve 4-12 m/gün olup sırayla % 39.38 ve % 14.72'lik alanları kapsamaktadır (Çizelge 4.15).



Şekil 4.10. Hidrolik iletkenlik haritası

Çizelge 4.15. Hidrolik iletkenlik için aralıklara göre sınıf, ağırlık, indeks ve alan değerleri

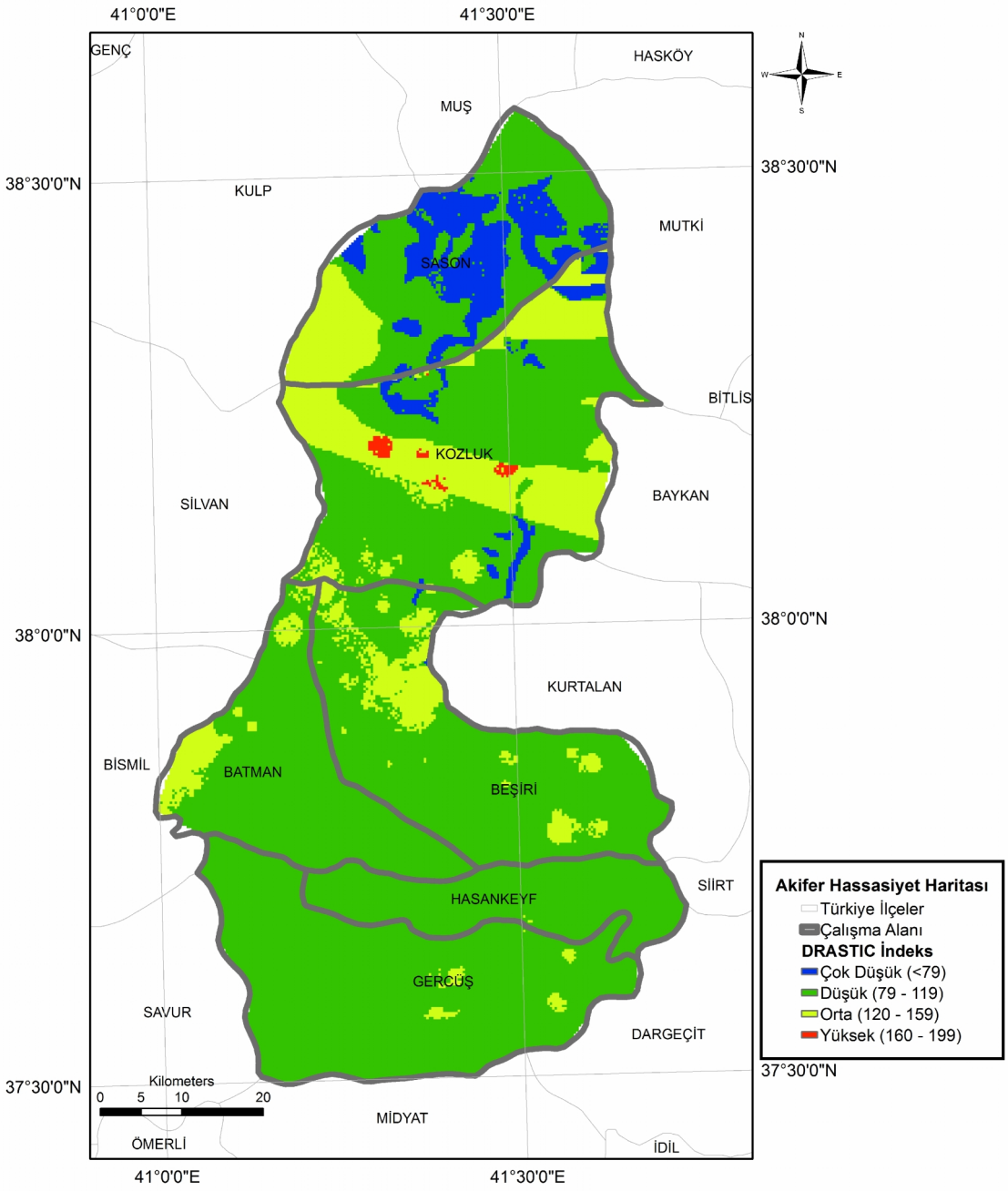
Aralık	Sınıf	Ağırlık	İndeks	Alan (%)
0-4	1	3	3	39.38
4-12	2	3	6	14.72
41-82	8	3	24	45.90

4.2.8. Akifer Hassasiyet Haritası

CBS ortamında yedi hidrojeolojik katmanın raster haritalarının çakıştırılarak Batman ili akifer hassasiyet haritası elde edilmiştir (Şekil 4.11). DRASTIC İndeksi yedi katmanın verileri kullanılarak 54 ile 180 arasında hesaplanmıştır. Gogu ve ark. (2003) tarafından hassasiyet sınıflandırılması esas alınarak çalışma alanı 4 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanının akiferi genel itibariyle düşük hassasiyete sahiptir. Yalnızca % 0.37 lik bir alana tekabül eden bir bölüm yüksek hassasiyet karakterli olup Kozluk ilçesinde kalmaktadır. Orta hassasiyetli bölgeler % 11.7'lik bir alanı kapsamakta ve gelecek için tehlike riski taşıma eğilimindedir. Yeraltı suyu derinliğinin az olduğu bölgeler genel olarak orta hassasiyetli karakterde olup kirlenme riski taşımaktadır. Sason ilçesinin kuzey kesimleri çok düşük hassasiyetli olup ilin genelinin düşük hassasiyetli olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Batman ili için DRASTIC indeks ve alan değerleri

DRASTIC indeks değeri	Hassasiyet derecesi	Alan (%)
< 79	Çok Düşük	6.23
79 - 119	Düşük	81.69
120 - 159	Orta	11.71
160 - 199	Yüksek	0.37



Şekil 4.11. Akifer hassasiyet haritası

4.3. Yeraltı Suyu Kalitesinin Belirlenmesi

Batman gibi içme suyu ve tarımsal su ihtiyacının yeraltı sularından karşılandığı, tarımsal alanın yoğun olduğu bir bölgede yeraltı sularına gösterilmesi gereken önem daha da artmıştır. Batman Merkez ve ilçelerine ait 176 adet kuyuya ait su kalitesi parametre verilerine göre yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi için tematik haritalar ile modeller oluşturulmuş ve yeraltı sularının kirliliği tematik haritalarda verilmiştir.

2014 ve 2015 yıllarında 176 adet kuyuya ait nitrat, nitrit, hidrojen potansiyeli (pH), elektriksel iletkenlik (EC), bromat (BrO_3), florür (F), arsenik (As), bakır (Cu), bor (B), civa (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), alüminyum (Al), selenyum (Se), nikel (Ni), kurşun (Pb), siyanür (CN) parametrelerinin fiziksel ve kimyasal analizi yapılmıştır. Bu parametrelerin su kalitesi değerleri CBS ortamında modellenerek tematik haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.12–4.38). Bütün haritalarda IDW metodu kullanılarak çalışma alanındaki eksik veriler tamamlanmıştır.

Çalışmada kullanılan yeraltı suyu parametrelerinin ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri Çizelge 4.17'de verilmiş olup bu değerlere göre analiz sonuçları yorumlanarak Batman ili yeraltı suyu kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.17. Çalışmada kullanılan bazı yeraltı suyu parametrelerinin ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri

Parametreler	**Standartlar**					
	TS266 (2005)		**WHO (2011)**		**USEPA (2006)**	
	Tavsiye edilen değer	Maksimum değer	Tavsiye edilen değer	Maksimum değer	Tavsiye edilen değer	Maksimum değer
Nitrat (mg/l)	25	50	50	-	10	-
Nitrit (mg/l)	-	0.1	3.0	-	1.0	-
pH	6.5-9.5	6.5-9.2	6.5-8.5	-	6.5-8.5	-
EC (µS/cm)	650	-	-	-	-	-
Bromat (µg/l)	-	10	10	-	10	-
Florür (µg/l)	-	1500	1500	-	1500	-
Arsenik (µg/l)	10	50	5	-	20	-
Bakır (µg/l)	100	3000	-	-	1300	-
Bor (µg/l)	1.0	2.0	1.0	-	1.0	-
Civa (µg/l)	-	1.0	1.0	-	2.0	-
Kadmiyum (µg/l)	-	5.0	10	-	4.0	-
Krom (µg/l)	-	50	50	-	50	-
Demir (µg/l)	50	200	-	-	300	-
Alüminyum (µg/l)	50	200	200	-	200	-
Selenyum (µg/l)	-	10	10	-	10	-
Nikel (µg/l)	20	50	20	-	20	-
Kurşun (µg/l)	10	50	50	-	50	-
Siyanür (µg/l)	-	50	-	-	-	-

4.3.1. Nitrat ve Nitrit Haritası

Yeraltı suyu örneklerindeki kimyasal analiz sonucu elde edilen nitrat ve nitrit değerlerinin ilçe ilçe tasnifi yapılmıştır (Çizelge 4.18–4.23). Bu değerler kullanılarak Batman ilinin nitrat ve nitrit haritası çıkarılmıştır (Şekil 4.12–4.13–4.14–4.15).

Batman ili Beşiri ilçesinde Çizelge 4.18'de verilen 40 adet sondaj kuyu verilerine göre sıfır ölçülen değerler dışında olmak üzere nitrat değerleri 0.07-167.19 mg/l ve nitrit değerleri 0.04-0.29 mg/l arasında olup maksimum değerler Çizelge 4.17'de verilen ulusal ve uluslararası standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin oldukça üzerindedir. Tavsiye edilen değer 10 mg/l olarak verilen nitrat değerinin USEPA kriterine göre 40 adet kuyudan 26 adet kuyuda bu sınırı aştığı görülmektedir. USEPA standardına göre Beşiri ilçesi nitrat yönünden önemli bir kirlilik tehdidi altındadır. Nitrit yönünden 0.29 mg/l Yeşiloba kuyusu ve 0.19 mg/l ile Deveboynu kuyusu sınır değerleri aştığı, diğer kuyulardaki değerler ise standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altındadır.

Çizelge 4.18. Batman ili Beşiri ilçesi nitrat ve nitrit değerleri

No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)
1	17.09.2014	Durucak	45.50	0.00	**21**	27.11.2014	Kaşüstü	24.97	0.08
2	17.09.2014	Esence	13.30	0.00	**22**	27.11.2014	Kumçay	19.47	0.06
3	17.09.2014	Eskihamur1	92.10	0.00	**23**	27.11.2014	Kurukavak	14.86	0.07
4	17.09.2014	Yeniyol	41.80	0.00	**24**	27.11.2014	Yarımtaş	34.33	0.08
5	31.10.2014	Doğankavak	40.00	0.00	**25**	01.12.2014	Ayrancı	49.99	0.07
6	31.10.2014	Kuşçukuru	55.60	0.00	**26**	01.12.2014	Danalı	11.69	0.07
7	31.10.2014	Otluca	7.87	0.00	**27**	01.12.2014	Ilıca	6.60	0.00
8	31.10.2014	Yeşiloba	1.59	0.29	**28**	01.12.2014	Kayatepe	21.05	0.00
9	20.11.2014	Asmadere	30.90	0.21	**29**	08.12.2014	Çavuşbayırı	37.28	0.04
10	20.11.2014	Işıkveren	47.50	0.20	**30**	08.12.2014	Doğanpazarı	36.84	0.00
11	21.11.2014	Alaca	96.43	0.07	**31**	08.12.2014	Kumgeçit	1.63	0.08
12	21.11.2014	Atbağı	45.83	0.00	**32**	09.04.2015	Uğurca	0.00	0.04
13	21.11.2014	Çevrimova	24.36	0.07	**33**	15.06.2015	Bahçeli	0.00	0.00
14	21.11.2014	Çığırlı	35.88	0.07	**34**	15.06.2015	Beyçayırı	0.00	0.00
15	21.11.2014	Dağyolu	83.87	0.09	**35**	17.06.2015	Bilek	0.13	0.00
16	21.11.2014	Oğuz	30.87	0.06	**36**	17.06.2015	Eskihamur2	2.16	0.00
17	21.11.2014	Yenipınar	167.19	0.09	**37**	17.06.2015	Ömergöze	0.00	0.00
18	27.11.2014	Başarı	8.33	0.07	**38**	15.09.2015	Tepecik	0.00	0.00
19	27.11.2014	Değirmenüstü	18.20	0.00	**39**	15.09.2015	Yakacık	0.00	0.00
20	27.11.2014	Deveboynu	24.80	0.19	**40**	15.09.2015	Yazıhan	0.00	0.00

Batman ili Gercüş ilçesinde Çizelge 4.19'da verilen 29 adet sondaj kuyu verilerine göre sıfır ölçülen değerler dışında olmak üzere nitrat değerleri 0.66-46.48 mg/l ve nitrit değerleri 0.10-0.49 mg/l arasında olup maksimum değerler Çizelge 4.17'de verilen ulusal ve uluslararası standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin oldukça üzerindedir. Tavsiye edilen değer 25 mg/l olarak verilen nitrat değerinin USEPA kriterine göre 29 adet kuyudan 6 adet kuyuda bu sınırı aştığı görülmektedir. Gercüş ilçesi nitrat yönünden az bir kısmında bir kirlilik gözlenmiştir.

Nitrit yönünden 0.49 mg/l ile Rüzgarlı, 0.47 mg/l ile Geçit, 0.41 mg/l ile Serinköy kuyuları sınır değerleri aştığı, diğer kuyulardaki değerler ise standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altındadır.

Çizelge 4.19. Batman ili Gercüş ilçesi nitrat ve nitrit verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)
41	30.10.2014	Ardıçlı	5.09	0.46	**56**	01.12.2014	Çalışkan	4.78	0.00
42	30.10.2014	Aydınlı	19.60	0.32	**57**	01.12.2014	Çukuryurt	3.60	0.00
43	30.10.2014	Geçit	19.30	0.47	**58**	01.12.2014	Dereli	8.15	0.00
44	30.10.2014	Gürbüz	15.50	0.18	**59**	01.12.2014	Düzmeşe	2.71	0.07
45	31.10.2014	Bağözü	8.12	0.00	**60**	01.12.2014	Yakıtlı	3.06	0.07
46	31.10.2014	Rüzgarlı	9.25	0.49	**61**	01.12.2014	Yüceköy	3.26	0.00
47	31.10.2014	Serinköy	26.80	0.41	**62**	05.12.2014	Kayalar	1.00	0.26
48	31.10.2014	Yolağzı	17.40	0.19	**63**	10.06.2015	Koçak	0.00	0.23
49	21.11.2014	Dereiçi	46.48	0.08	**64**	10.06.2015	Vergili	1.27	0.00
50	21.11.2014	Ulaş	1.73	0.10	**65**	15.06.2015	Gökçepınar	0.00	0.00
51	24.11.2014	Aydınca	0.00	0.00	**66**	15.06.2015	Gönüllü	0.00	0.00
52	24.11.2014	Kutlu	0.66	0.00	**67**	15.06.2015	Seki	0.00	0.00
53	27.11.2014	Gökçe	0.66	0.07	**68**	16.06.2015	Özler	5.32	0.00
54	27.11.2014	Yenice	12.18	0.10	**69**	16.06.2015	Sargın	1.53	0.00
55	01.12.2014	Boğazköy	10.43	0.00					

Çizelge 4.20. Batman ili Hasankeyf ilçesi nitrat ve nitrit verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)
70	10.06.2015	Saklı	0.00	0.00	**73**	03.07.2015	Irmakköy	0.00	0.00
71	10.06.2015	Üçyol	0.00	0.00	**74**	03.07.2015	İncirli	0.00	0.00
72	17.06.2015	Öğütlü	0.00	0.14	**75**	16.09.2015	Bayırlı	0.00	0.00

Çizelge 4.21. Batman ili Kozluk ilçesi nitrat ve nitrit verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)
76	17.09.2014	Çevrecik	1.83	0.00	**96**	27.11.2014	Yeniçağlar	1.60	0.07
77	17.09.2014	Kavakdibi	2.20	0.00	**97**	08.12.2014	Danagözü	4.76	0.02
78	17.09.2014	Konaklı	40.40	0.00	**98**	08.12.2014	Taşlıdere	11.30	0.02
79	17.09.2014	Parmakkapı	24.60	0.00	**99**	08.12.2014	Ulaşlı	43.37	0.03
80	19.09.2014	Kaletepe	1.75	0.00	**100**	08.12.2014	Yanıkkaya	6.24	0.01
81	31.10.2014	Çaygeçit	96.90	0.00	**101**	08.12.2014	Yayalar	14.12	0.01
82	31.10.2014	Samanyolu	30.20	0.24	**102**	22.12.2014	Beşkonak	3.53	0.00
83	31.10.2014	Ünsaldı	40.90	0.00	**103**	22.12.2014	Kayadibi	3.18	0.10
84	31.10.2014	Yıldızlı	28.50	0.00	**104**	22.12.2014	Koçaklı	3.19	0.10
85	20.11.2014	Yapaklı	21.90	0.15	**105**	22.12.2014	Yazpınar	3.18	0.10
86	21.11.2014	Arıkaya	15.32	0.12	**106**	22.12.2014	Yenidoğan	3.24	0.00
87	21.11.2014	Çayhan	21.18	0.04	**107**	05.01.2015	Eskice	19.34	0.00
88	21.11.2014	Düvecik	31.73	0.07	**108**	05.01.2015	Gümüşörgü	19.11	0.09
89	21.11.2014	Günyayla	51.13	0.10	**109**	05.01.2015	Seyitler	3.48	0.10
90	21.11.2014	Karşıyaka	8.16	0.01	**110**	05.01.2015	Seyrantepe	26.05	0.09
91	21.11.2014	Oyuktaş	55.73	0.01	**111**	05.01.2015	Uzunçayır	1.68	0.00
92	21.11.2014	Taşlık	5.89	0.01	**112**	05.01.2015	Şabe	21.30	0.00
93	24.11.2014	Çayönü	2.18	0.06	**113**	15.09.2015	Ziyaret	3.58	0.00
94	27.11.2014	Geyikli	2.90	0.07	**114**	16.09.2015	Alıçlı	0.00	0.00
95	27.11.2014	Tuzlagözü	6.32	0.07					

Batman ili Kozluk ilçesinde Çizelge 4.21'de verilen 39 adet sondaj kuyu verilerine göre sıfır ölçülen değerler dışında olmak üzere nitrat değerleri 1.75–96.90 mg/l ve nitrit değerleri 0.01–0.24 mg/l arasında değişmektedir. Maksimum değerler Çizelge 4.17'de verilen ulusal ve uluslararası standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin üzerindedir. Tavsiye edilen değer 25 mg/l olarak verilen nitrat değerinin TS266 kriterine göre 39 adet kuyudan 12 adet kuyuda bu sınırı aştığı görülmektedir. Kozluk ilçesi nitrat yönünden bir kirlilik gözlenmiştir. Nitrit yönünden 0.24 mg/l ile Samanyolu kuyusu sınırı aştığı, diğer kuyulardaki değerler ise standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altındadır.

Çizelge 4.22. Batman ili Merkez ilçesi nitrat ve nitrit verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)
115	17.09.2014	Demirbilek	12.40	0.00	**129**	21.11.2014	Kösetarla	24.45	0.02
116	17.09.2014	Kesmeköprü	11.20	0.00	**130**	27.11.2014	Erköklü	6.78	0.00
117	17.09.2014	Suçeken	60.30	0.00	**131**	27.11.2014	Recepler	5.05	0.07
118	30.10.2014	Demirlipınar	28.30	0.00	**132**	27.11.2014	Yolveren	10.61	0.07
119	30.10.2014	Güvercin	10.60	0.00	**133**	01.12.2014	Oymataş	33.82	0.07
120	30.10.2014	Yeşilöz	97.80	0.00	**134**	02.12.2014	Çayüstü	6.98	0.00
121	20.11.2014	Çarıklı	28.40	0.33	**135**	03.12.2014	Bayraklı	28.42	0.00
122	20.11.2014	Diktepe	23.10	0.00	**136**	05.12.2014	Yağmurlu	77.70	0.00
123	20.11.2014	Doluca	64.90	0.00	**137**	31.03.2015	Aydınkonak	0.00	0.00
124	20.11.2014	Güneşli	50.00	0.15	**138**	02.04.2015	Akça	1.08	0.00
125	20.11.2014	Kocalar	20.80	0.49	**139**	27.05.2015	Binatlı	0.00	0.01
126	21.11.2014	İkiztepe	7.25	0.00	**140**	05.06.2015	Kuyubaşı	0.00	0.00
127	21.11.2014	Karayün	4.54	0.00	**141**	03.07.2015	Akoba	1.67	0.00
128	21.11.2014	Kayabağı	31.75	0.05	**142**	16.09.2015	Kumluca	0.00	0.00

Çizelge 4.23. Batman ili Sason ilçesi nitrat ve nitrit verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	No	Tarih	Kuyu Adı	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)
143	17.09.2014	Aydınlık	5.71	0.00	**160**	19.09.2014	Kaleyolu	3.00	0.25
144	17.09.2014	Cevizli	6.11	0.00	**161**	31.10.2014	Kayadüzü	22.60	0.43
145	17.09.2014	Çağlı	4.86	0.00	**162**	31.10.2014	Kınalı	0.00	0.00
146	17.09.2014	Çakırpınar	11.20	0.00	**163**	31.10.2014	Taşyuva	19.30	0.00
147	17.09.2014	Dağçatı	4.69	0.00	**164**	31.10.2014	Çalışırlar	11.48	0.04
148	17.09.2014	Dereiçi	9.11	0.00	**165**	31.10.2014	Çınarlı	5.08	0.03
149	17.09.2014	Dereköy	4.52	0.00	**166**	31.10.2014	Dörtbölük	4.78	0.02
150	17.09.2014	Güvercinlik	0.83	0.00	**167**	21.11.2014	Yakabağ	10.20	0.01
151	17.09.2014	Karameşe	3.37	0.00	**168**	21.11.2014	Yürekli	2.75	0.01
152	17.09.2014	Kavaklı	5.01	0.00	**169**	21.11.2014	İncesu	5.12	1.65
153	17.09.2014	Kelhasan	3.63	0.00	**170**	21.11.2014	Binekli	3.89	0.03
154	17.09.2014	Kilimli	6.73	0.00	**171**	21.11.2014	Günlüce	2.35	0.04
155	17.09.2014	Umurlu	12.70	0.00	**172**	24.11.2014	Kaşyayla	0.29	0.01
156	17.09.2014	Yiğitler	8.00	0.00	**173**	08.12.2014	Koçkaya	4.65	0.04
157	17.09.2014	Geçitli	5.57	0.00	**174**	08.12.2014	Köprübaşı	0.00	0.00
158	17.09.2014	Derince	1.86	0.18	**175**	08.12.2014	Yeniköy	0.00	0.00
159	17.09.2014	Erikli	1.61	0.15	**176**	08.12.2014	Ergünü	2.00	0.00

Batman ili Merkez ilçede Çizelge 4.22'de verilen 39 adet sondaj kuyu verilerine göre sıfır ölçülen değerler dışında olmak üzere nitrat değerleri 1.08–97.80 mg/l ve nitrit değerleri 0.01–0.49 mg/l arasında değişmektedir. Maksimum değerler Çizelge 4.17'de verilen ulusal ve uluslararası standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin üzerindedir. Tavsiye edilen değer 25 mg/l olarak verilen nitrat değerinin TS266 kriterine göre 39 adet kuyudan 10 adet kuyuda bu sınırı aştığı görülmektedir. Merkez ilçesinin bir kısmında nitrat yönünden bir kirlilik gözlenmiştir. Nitrit yönünden 0.49 mg/l ile Kocalar kuyusunda en yüksek değerdedir. Diğer kuyulardaki değerler ise standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altındadır.

Batman ili Hasankeyf ve Sason ilçelerindeki sondaj kuyu verilerine göre sıfır ölçülen değerler dışında olmak üzere nitrat ve nitrit değerleri Çizelge 4.17'de verilen ulusal ve uluslararası standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altında gözlenmiştir.

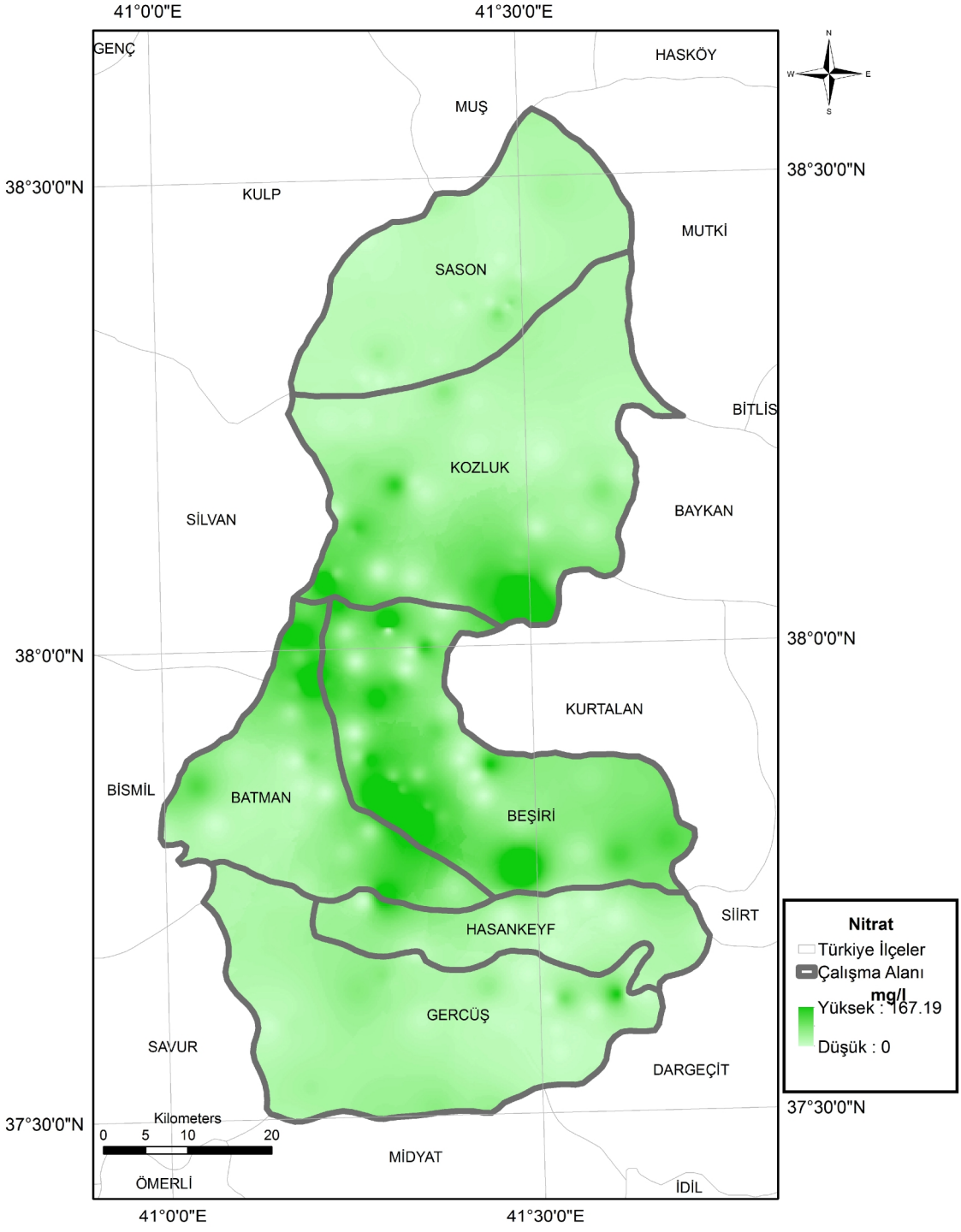
Bilinen en kirletici form olan nitrat, azot döngüsünün en son aşamasında var olup sırasıyla amonyum (NH_4), amonyak (NH_3), nitrit (NO_2) şeklinde oluşur. Nitratın kaynağının da tarımsal kaynaklı gübre kullanımı veya atıklardan olduğu bilinmektedir. Ekinlerin büyümesi için elzem olan üç temel besin azot (N), fosfor (P^*) ve potasyum (K) tarımsal amaçlı gübrelerin içeriğini oluşturmakta ve bunlar kullanım alanlarında süzülüp yeraltı suyuna karışarak yeraltı suyunu kirletmektedir. Nitratın iyi bir kirletici olduğu bilindiğinden akifer hassasiyet haritası ile beraber yorumlandığı haritalardan görülmektedir.

Sonuçlara göre en yüksek nitrat miktarı 167.19 mg/l ile Beşiri ilçesinin Yenipınar kuyusunda olmuştur. Genel itibariyle Batman ve Beşiri Ovası'nda nitratın yüksek olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde tarımsal faaliyetlerin yoğun bir şekilde yapıldığı bilinmektedir ve tarımsal kaynaklı gübre kullanımının nitrat konsantrasyonunu yükselttiği görülmektedir (Şekil 4.13).

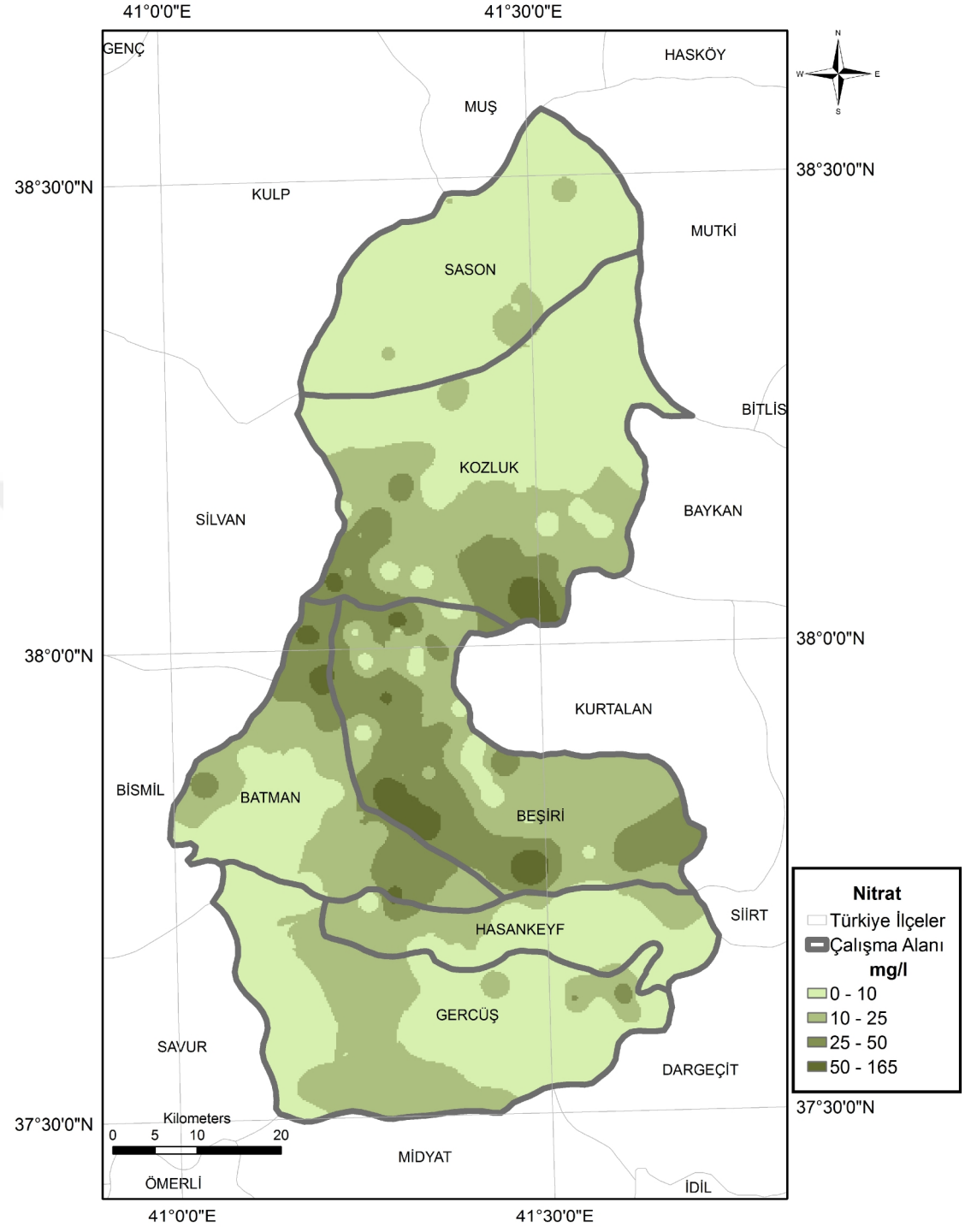
Çalışma alanında en yüksek nitrit miktarı 1.65 mg/l ile Sason ilçesinin İncesu kuyusunda olmuştur ve genel itibariyle Batman ili yeraltı suları nitrit açısından kirli değildir. Nitritin sulardaki varlığı dışkı maddeleri ile kirlendiğini göz önünde bulundurmaktadır. Bundan ötürü nitrit miktarının sıfır olması önemlidir. Özellikle yeraltı su seviyesi zeminden çok aşağılarda olan suların çok az oksijen içerdiklerinden

ötürü inorganik nitratların indirgendikleri ve sularda nitrit olarak ortaya çıktığına rastlanılmaktadır (Muslu 2004). Dolayısıyla Sason ve Gercüş ilçelerindeki bazı yerlerde nitrit değerlerinin sınır değerleri aşmasının nedeni bu bölgelerde nitratların nitritlere indirgendiği söylenebilir (Şekil 4.15).

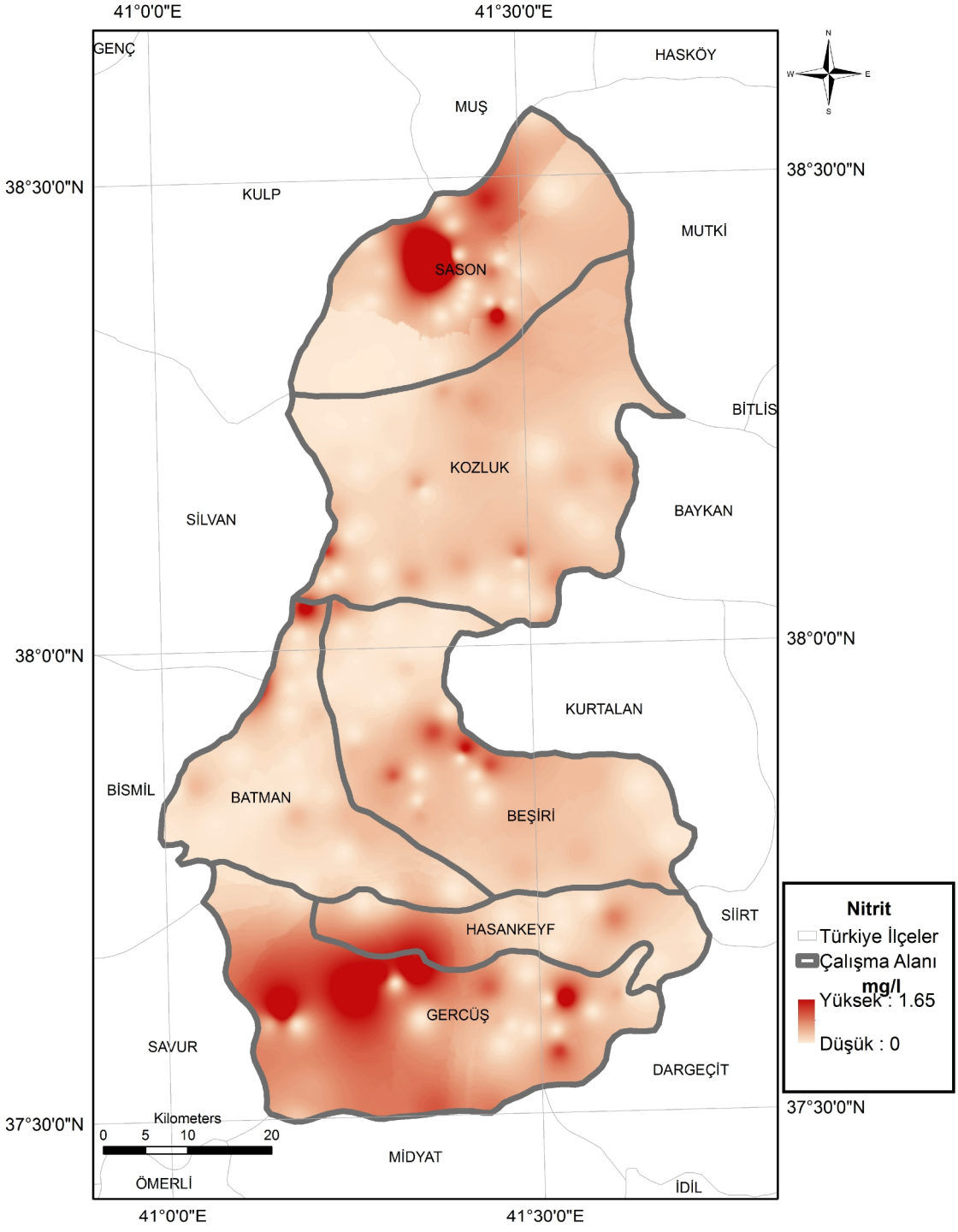
Yirminci yüzyılın ikinci yarısındaki çalışmalarda yeraltı suyundaki nitrat kirliliğinin nedeninin tarımsal faaliyetlerde kullanılan aşırı gübreden kaynaklandığı yirmibirinci yüzyılın ilk çeyreğinde ulusal ve uluslararası birçok çalışmada da belirtilmektedir (Birkinshaw ve Ewen 2000; Muhammetoğlu ve ark. 2002; Katz ve ark. 2004; Nas ve Berktay 2006; Li ve ark. 2007; Almasri 2008; Bakır 2010; Wick ve ark. 2012; Su ve ark. 2013; Rosenstock ve ark. 2014; Chen ve ark. 2016; Buvaneshwari ve ark. 2017).



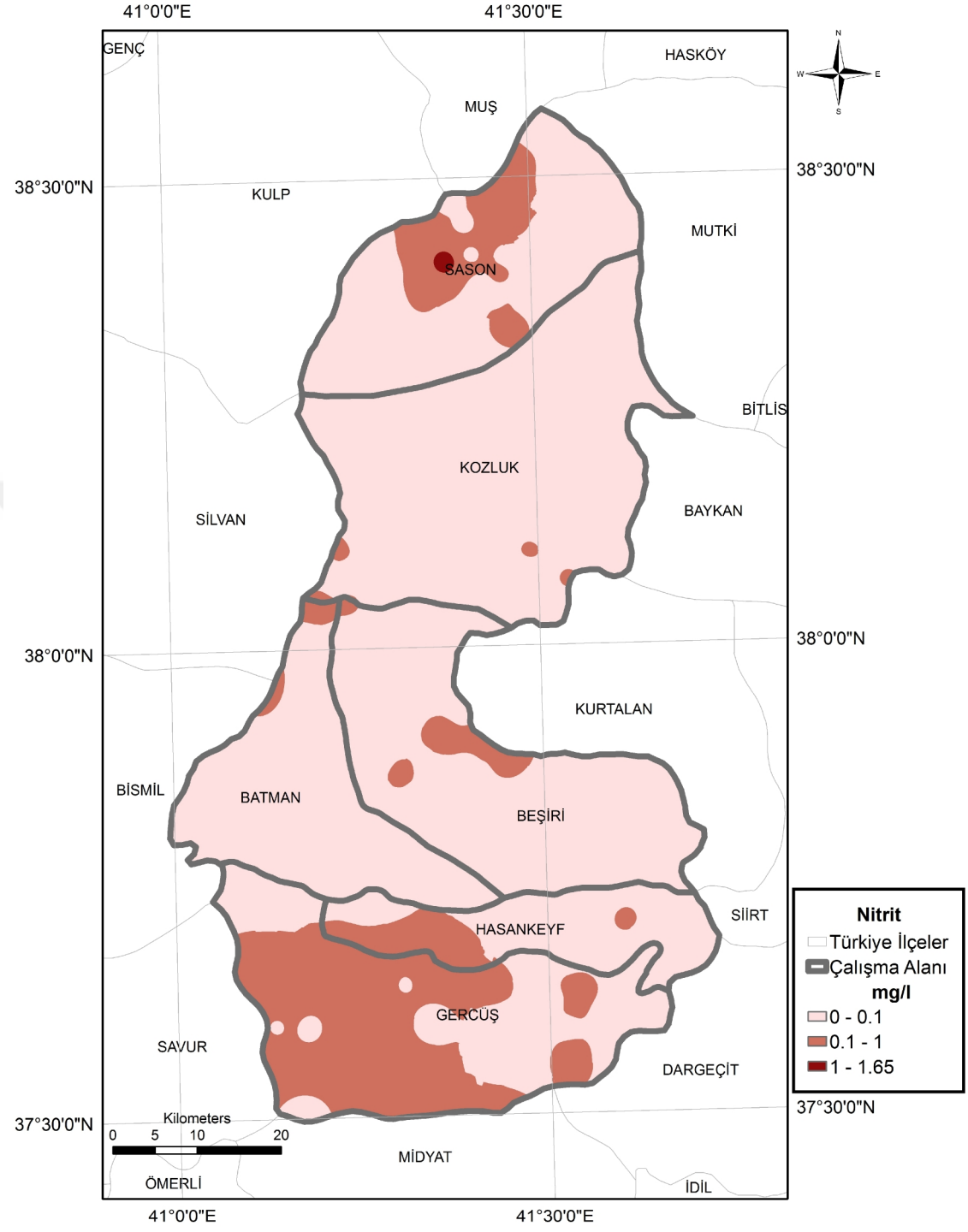
Şekil 4.12. Nitrat genel haritası



Şekil 4.13. Nitrat sınıflandırma haritası



Şekil 4.14. Nitrit genel haritası



Şekil 4.15. Nitrit sınıflandırma haritası

4.3.2. pH

Şehir merkezi ve güney taraflarındaki sular nötr sulara yakın olup merkezden kuzeye doğru çıkıldıkça azalan bir pH değeri gözlenmektedir. Kuzeyde bulunan Sason ilçesindeki pH değerleri çok düşüktür. Analiz sonucunda en düşük değer olan 4.2 pH değeri Sason ilçesinin Yakabağ kuyusunda ve 6.9 olan pH değeri ise yine aynı ilçenin İncesu kuyusunda çıkmıştır. En yüksek pH değerleri 8.2 ile üç kuyuda gerçekleşmiştir. Bunlar Gercüş ilçesinin Seki ve Yakıtlı kuyuları ile Sason ilçesinin Çalışırlar kuyusudur. Genel itibariyle Batman ilinin pH değerleri 7.1 ile 8.1 arasında olup yeraltı suyunun bazik karakterde olduğu görülmüştür. (Çizelge 4.24–4.29). TS266 (2005), pH için 6.5-9.5 arasına müsaade etmektedir. WHO (2011) 6.5 ile 8.5 pH değerlerine müsaade etmekte ve USEPA (2006) ise yine yakın değerler olan 6.5 ile 8.4 arasına sınırlamaktadır. Batman ili yeraltı suyunun TS266 (2005), WHO (2011) ve USEPA (2006) standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.16-4.17).

Çizelge 4.24. Batman ili Beşiri ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)	No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)
1	17.09.2014	Durucak	7.4	638	**20**	27.11.2014	Kumçay	7.9	384
2	17.09.2014	Esence	7.3	533	**21**	27.11.2014	Kurukavak	7.7	490
3	31.10.2014	Doğankavak	7.5	466	**22**	27.11.2014	Yarımtaş	8.0	561
4	31.10.2014	Kuşçukuru	7.3	490	**23**	01.12.2014	Ayrancı	8.1	325
5	31.10.2014	Otluca	7.4	459	**24**	01.12.2014	Danalı	8.1	301
6	31.10.2014	Yeşiloba	7.6	544	**25**	01.12.2014	Ilıca	7.6	365
7	20.11.2014	Asmadere	7.7	440	**26**	01.12.2014	Kayatepe	7.5	431
8	20.11.2014	Işıkveren	7.7	784	**27**	08.12.2014	Çavuşbayırı	7.4	818
9	21.11.2014	Alaca	7.2	450	**28**	08.12.2014	Doğanpazarı	7.7	452
10	21.11.2014	Atbağı	8.0	421	**29**	08.12.2014	Kumgeçit	7.6	322
11	21.11.2014	Çevrimova	7.8	435	**30**	09.04.2015	Uğurca	7.5	543
12	21.11.2014	Çığırlı	7.8	273	**31**	15.06.2015	Bahçeli	7.5	481
13	21.11.2014	Dağyolu	7.5	628	**32**	15.06.2015	Beyçayırı	7.4	660
14	21.11.2014	Oğuz	7.5	330	**33**	17.06.2015	Bilek	7.7	444
15	21.11.2014	Yenipınar	7.6	909	**34**	17.06.2015	Ömergöze	7.9	430
16	27.11.2014	Başarı	7.9	364	**35**	15.09.2015	Tepecik	7.6	430
17	27.11.2014	Değirmenüstü	8.0	228	**36**	15.09.2015	Yakacık	7.5	450
18	27.11.2014	Deveboynu	7.9	264	**37**	15.09.2015	Yazıhan	7.8	360
19	27.11.2014	Kaşüstü	7.7	426					

4.3.3. EC

Çalışma alanındaki EC analiz sonuçları genel itibariyle 100-750 µS/cm olup en yüksek değer 1745 ile Gercüş ilçesinin Aydınca kuyusu ve en düşük değer olan 88 ise Sason ilçesinin Dörtbölük kuyusunda elde edilmiştir (Çizelge 4.24-4.29).

Çizelge 4.25. Batman ili Gercüş ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)	No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)
38	30.10.2014	Ardıçlı	7.6	482	**52**	01.12.2014	Çukuryurt	7.8	415
39	30.10.2014	Aydınlı	7.3	672	**53**	01.12.2014	Dereli	8.0	299
40	30.10.2014	Geçit	7.5	742	**54**	01.12.2014	Düzmeşe	7.8	409
41	30.10.2014	Gürbüz	7.8	269	**55**	01.12.2014	Yakıtlı	8.2	271
42	31.10.2014	Bağözü	7.5	325	**56**	01.12.2014	Yüceköy	7.4	864
43	31.10.2014	Serinköy	7.3	360	**57**	05.12.2014	Kayalar	7.8	785
44	21.11.2014	Dereiçi	8.0	485	**58**	10.06.2015	Koçak	7.4	544
45	21.11.2014	Ulaş	7.9	424	**59**	10.06.2015	Vergili	7.6	1232
46	24.11.2014	Aydınca	7.6	1745	**60**	15.06.2015	Gökçepınar	8.0	281
47	24.11.2014	Kutlu	7.7	163	**61**	15.06.2015	Gönüllü	8.0	364
48	27.11.2014	Gökçe	7.4	969	**62**	15.06.2015	Seki	8.2	332
49	27.11.2014	Yenice	8.0	293	**63**	16.06.2015	Özler	7.9	226
50	01.12.2014	Boğazköy	7.9	274	**64**	16.06.2015	Sargın	7.7	447
51	01.12.2014	Çalışkan	7.7	314					

Çizelge 4.26. Batman ili Hasankeyf ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)	No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)
65	10.06.2015	Saklı	7.9	516	**68**	03.07.2015	Irmakköy	7.5	416
66	10.06.2015	Üçyol	7.3	753	**69**	03.07.2015	İncirli	7.4	390
67	17.06.2015	Öğütlü	7.5	370	**70**	16.09.2015	Bayırlı	7.5	416

Çizelge 4.27. Batman ili Kozluk ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri

No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)	No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)
71	17.09.2014	Çevrecik	7.7	1010	**91**	08.12.2014	Danagözü	7.6	397
72	17.09.2014	Kavakdibi	7.7	271	**92**	08.12.2014	Taşlıdere	7.5	876
73	17.09.2014	Konaklı	7.4	523	**93**	08.12.2014	Ulaşlı	7.4	449
74	17.09.2014	Parmakkapı	7.4	525	**94**	08.12.2014	Yanıkkaya	7.4	511
75	19.09.2014	Kaletepe	7.6	516	**95**	08.12.2014	Yayalar	7.7	651
76	31.10.2014	Çaygeçit	7.7	356	**96**	22.12.2014	Beşkonak	7.7	416
77	31.10.2014	Samanyolu	7.5	496	**97**	22.12.2014	Kayadibi	7.4	514
78	31.10.2014	Ünsaldı	7.9	495	**98**	22.12.2014	Koçaklı	7.6	512
79	20.11.2014	Yapaklı	7.5	514	**99**	22.12.2014	Yazpınar	7.9	238
80	21.11.2014	Arıkaya	7.7	470	**100**	22.12.2014	Yenidoğan	7.4	342
81	21.11.2014	Çayhan	7.4	576	**101**	05.01.2015	Eskice	7.5	463
82	21.11.2014	Düvecik	7.2	663	**102**	05.01.2015	Gümüşörgü	8.0	200
83	21.11.2014	Günyayla	7.4	475	**103**	05.01.2015	Seyitler	7.9	260
84	21.11.2014	Karşıyaka	7.2	574	**104**	05.01.2015	Seyrantepe	7.9	286
85	21.11.2014	Oyuktaş	7.3	806	**105**	05.01.2015	Uzunçayır	7.9	277
86	21.11.2014	Taşlık	7.4	504	**106**	05.01.2015	Şabe	7.5	475
87	24.11.2014	Çayönü	7.2	971	**107**	15.09.2015	Ziyaret	7.5	670
88	27.11.2014	Tuzlagözü	7.9	390	**108**	16.09.2015	Alıçlı	7.7	220
89	27.11.2014	Yeniçağlar	7.9	259					

Sason ilçesinin en düşük EC değerlerine sahip olduğu ve Merkez'in yeraltı suyu 250-500 µS/cm civarında olduğu görülmüştür. Kuzeylere doğru çıkıldıkça azalan bir EC grafiği gözlenmiştir (Şekil 4.18-4.19). Erguvanlı ve Yüzer (1987)'in yapmış olduğu sınıflandırma göz önünde bulundurulursa ilin genelinin yeraltı suyunun kullanılabilir olduğu söylenebilir. Sason ilçesinin yeraltı suyu en kaliteli sular olup 'çok iyi'

sınıfındadır. Merkez, Kozluk ve Beşiri ilçelerinin suları ise 'iyi' sınıfındandır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.28. Batman ili Merkez ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri

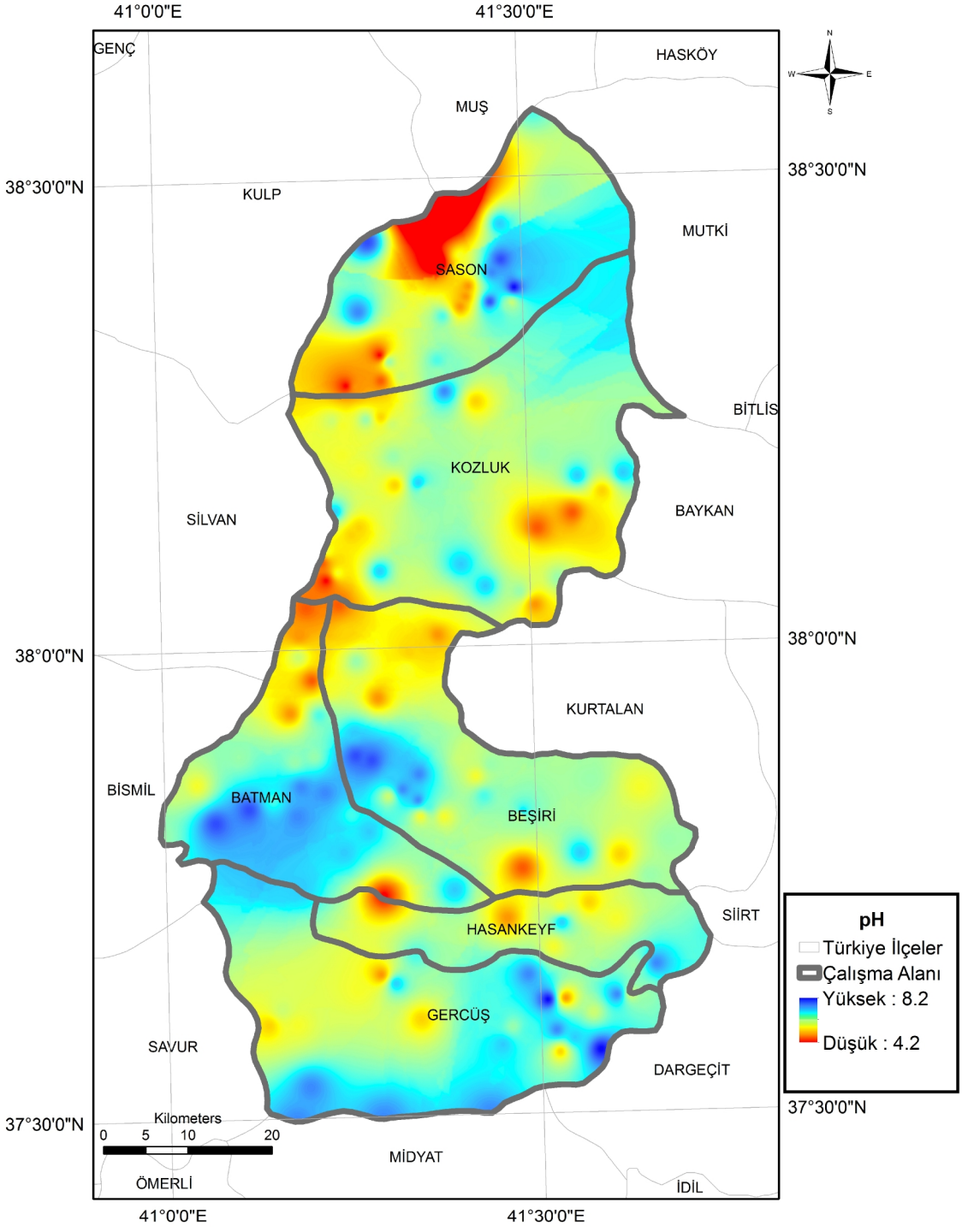
No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)	No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)
109	17.09.2014	Demirbilek	7.9	350	**122**	21.11.2014	Kösetarla	7.7	650
110	17.09.2014	Kesmeköprü	7.9	354	**123**	27.11.2014	Erköklü	7.8	278
111	17.09.2014	Suçeken	7.1	660	**124**	27.11.2014	Recepler	8.0	311
112	30.10.2014	Güvercin	7.3	480	**125**	27.11.2014	Yolveren	7.9	365
113	30.10.2014	Yeşilöz	7.2	450	**126**	01.12.2014	Oymataş	7.5	500
114	20.11.2014	Çarıklı	7.2	643	**127**	02.12.2014	Çayüstü	7.9	987
115	20.11.2014	Diktepe	7.3	432	**128**	03.12.2014	Bayraklı	7.6	449
116	20.11.2014	Doluca	7.3	472	**129**	05.12.2014	Yağmurlu	7.1	646
117	20.11.2014	Güneşli	7.2	679	**130**	31.03.2015	Aydınkonak	7.7	263
118	20.11.2014	Kocalar	7.1	763	**131**	02.04.2015	Akça	8.0	337
119	21.11.2014	İkiztepe	7.7	300	**132**	27.05.2015	Binatlı	8.0	304
120	21.11.2014	Karayün	8.1	312	**133**	05.06.2015	Kuyubaşı	8.1	300
121	21.11.2014	Kayabağı	7.8	460	**134**	03.07.2015	Akoba	7.4	584

Çizelge 4.29. Batman ili Sason ilçesi pH ve elektriksel iletkenlik verileri

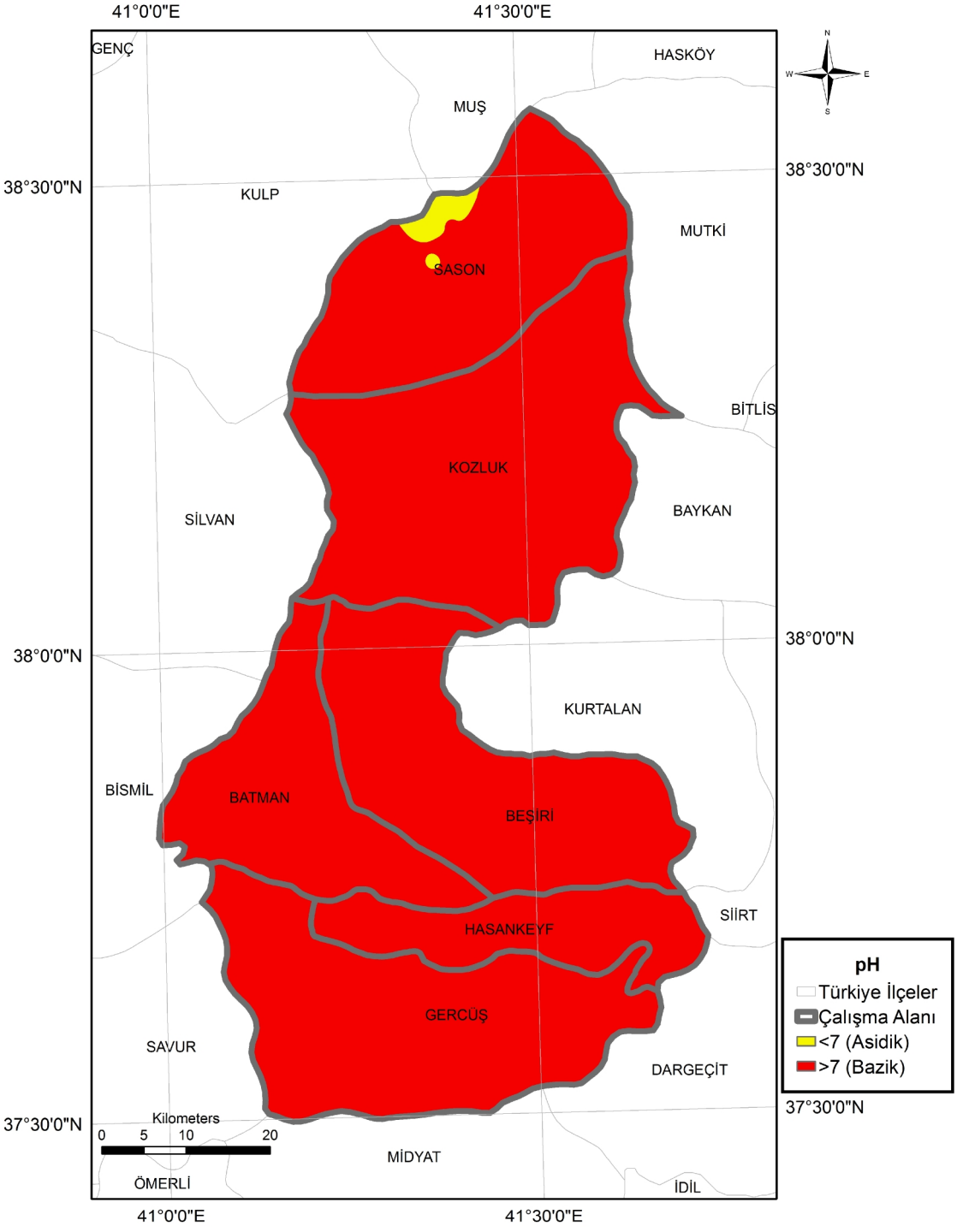
No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)	No	Tarih	Kuyu Adı	pH	EC (µS/cm)
135	17.09.2014	Cevizli	7.3	424	**150**	17.09.2014	Erikli	8.0	327
136	17.09.2014	Çağlı	8.0	180	**151**	31.10.2014	Kayadüzü	7.8	392
137	17.09.2014	Çakırpınar	7.7	172	**152**	31.10.2014	Kınalı	8.1	185
138	17.09.2014	Dağçatı	7.5	190	**153**	31.10.2014	Taşyuva	7.6	381
139	17.09.2014	Dereiçi	7.7	452	**154**	31.10.2014	Çalışırlar	8.2	280
140	17.09.2014	Dereköy	7.8	453	**155**	31.10.2014	Çınarlı	7.7	243
141	17.09.2014	Güvercinlik	7.3	492	**156**	31.10.2014	Dörtbölük	7.1	88
142	17.09.2014	Karameşe	7.6	369	**157**	21.11.2014	Yakabağ	4.2	102
143	17.09.2014	Kavaklı	7.1	410	**158**	21.11.2014	Yürekli	7.9	194
144	17.09.2014	Kelhasan	7.8	452	**159**	21.11.2014	İncesu	6.9	189
145	17.09.2014	Kilimli	7.7	374	**160**	24.11.2014	Kaşyayla	8.1	150
146	17.09.2014	Umurlu	7.1	400	**161**	08.12.2014	Köprübaşı	7.2	503
147	17.09.2014	Yiğitler	7.3	310	**162**	08.12.2014	Yeniköy	7.3	413
148	17.09.2014	Geçitli	7.3	290	**163**	08.12.2014	Ergünü	8.1	190
149	17.09.2014	Derince	7.9	212					

Çizelge 4.30. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer 1987)

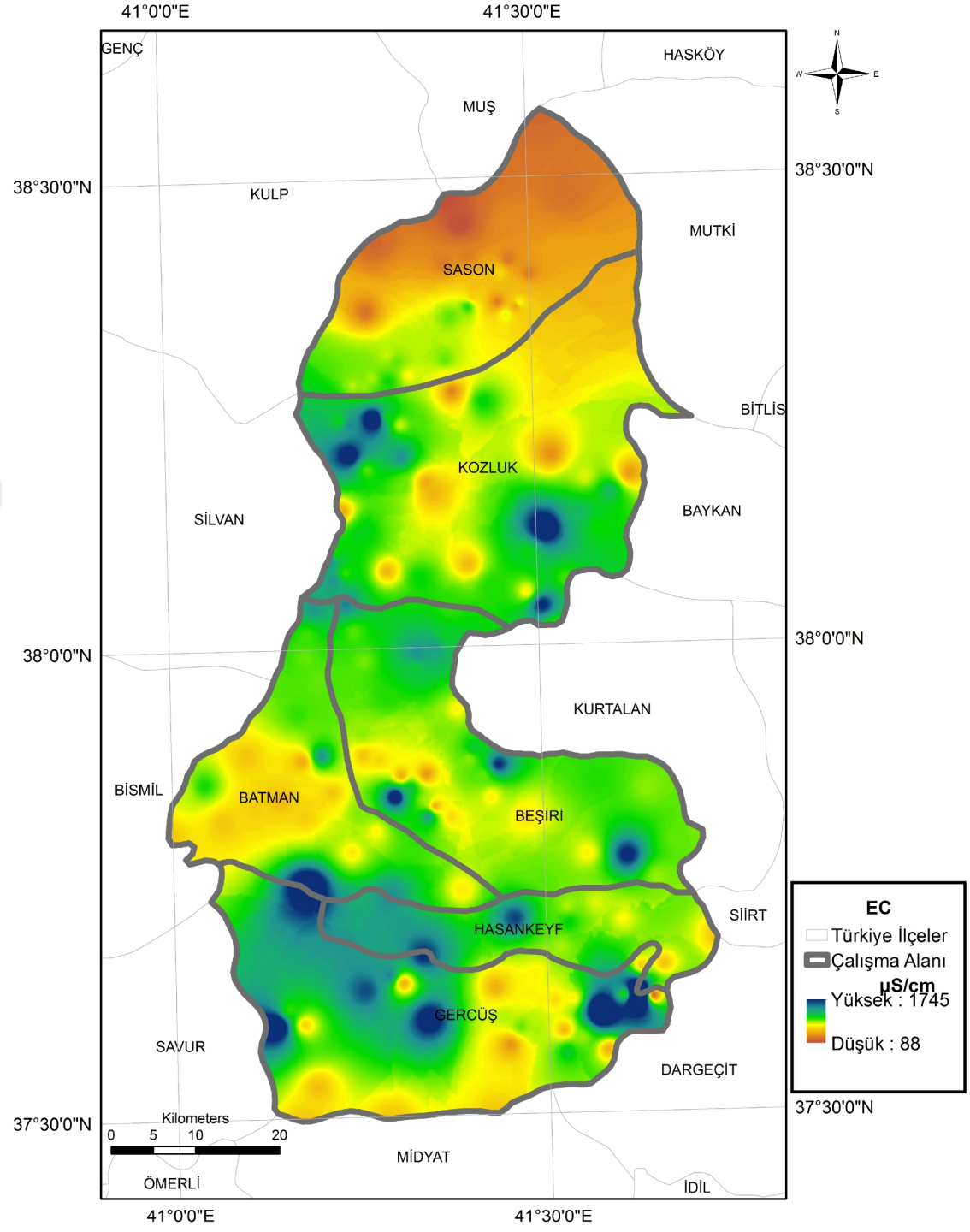
EC (25°C'de µS/cm)	Sınıf
250>	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
>3000	Kullanılamaz



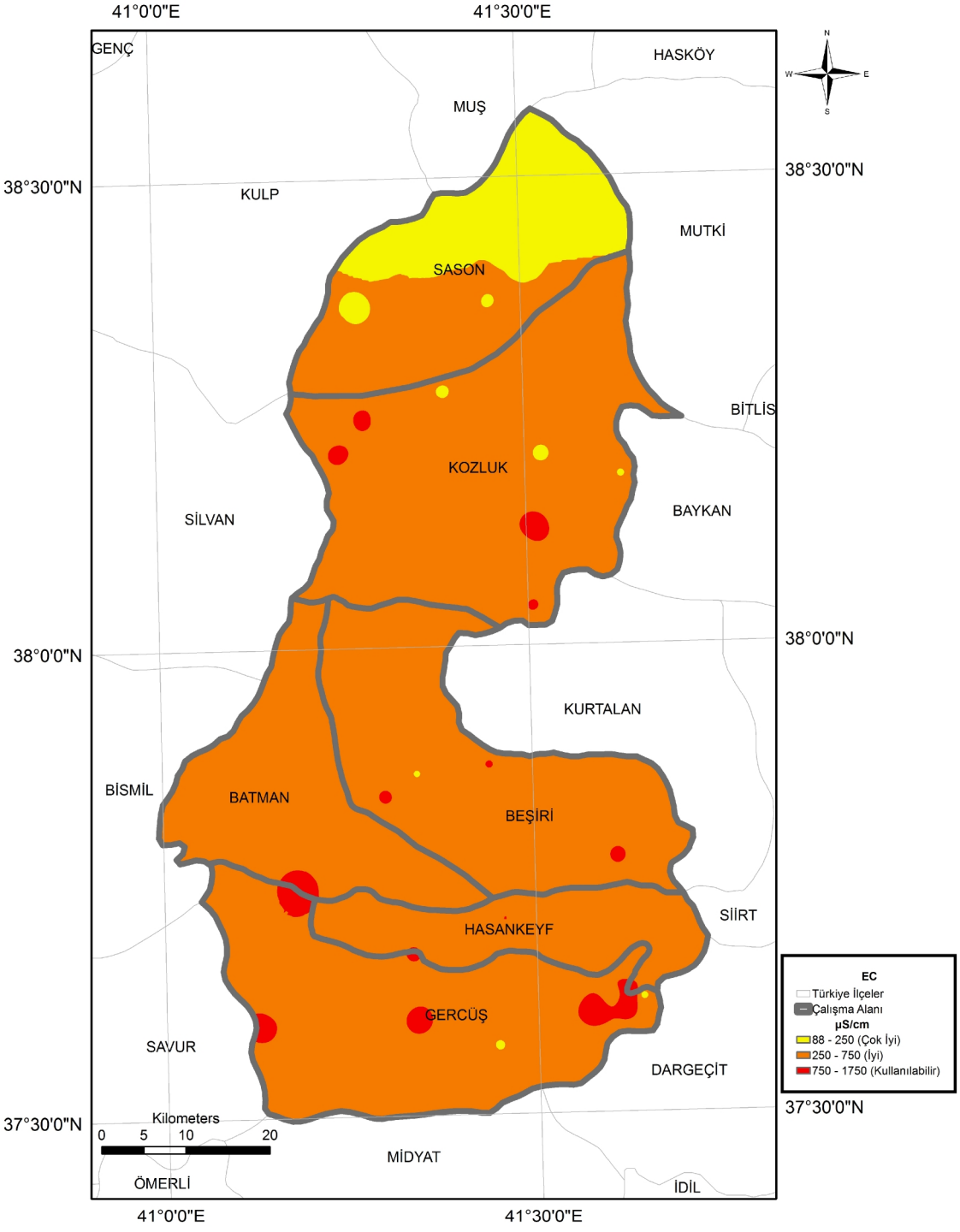
Şekil 4.16. pH genel haritası



Şekil 4.17. pH sınıflandırma haritası



Şekil 4.18. Elektriksel iletkenlik genel haritası



Şekil 4.19. Elektriksel iletkenlik sınıflandırma haritası

4.3.4. Bromat

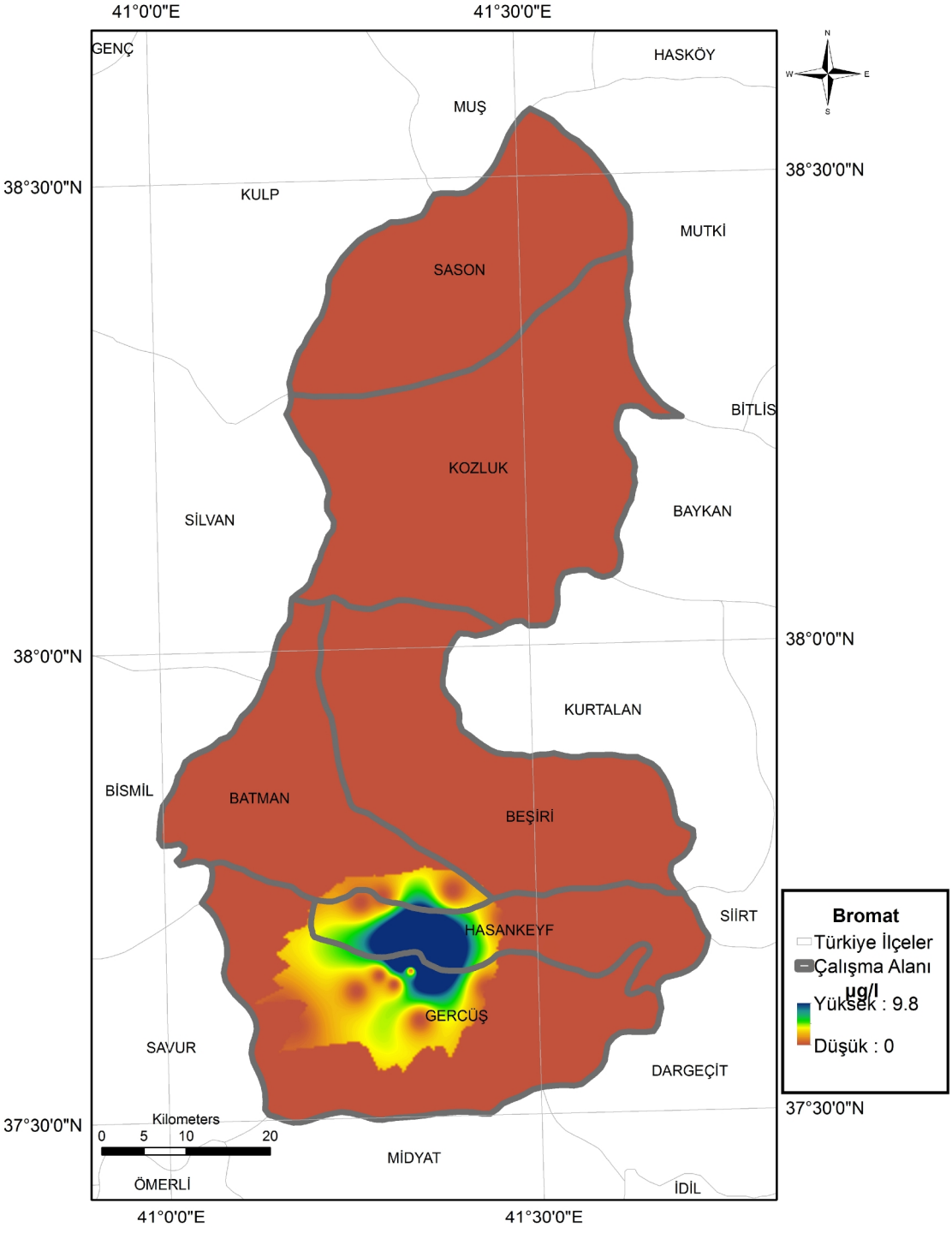
TS266 (2005), WHO (2011) ve USEPA (2006) standartlarında bromat için 10 µg/l'ye müsaade edilmektedir (Çizelge 4.17). Analiz sonuçlarında bromat değerleri 0-9.8 µg/l arasında çıkmış olup en yüksek değer Gercüş ilçesinin Kayalar kuyusundadır. Hasankeyf ve Gercüş ilçeleri dışındaki yerlerdeki yeraltı suyunda bromata rastlanmamıştır. Özellikle Gercüş ilçesinde 10 µg/l sınır değere yaklaştığından bu bölge risk taşımaktadır. İl 3 sınıfa ayrılmış; bromat içermeyen bölge risksiz, 0-5 µg/l arasında içeren bölge az riskli ve 10 µg/l'ye yaklaşan bölge ise riskli olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.20-4.21). Normal şartlarda sularda bromat bulunmadığından riskli bölgelerdeki varlığı endüstriyel kaynaklı atıklardan karışmış olabileceği ile açıklanabilir.

4.3.5. Florür

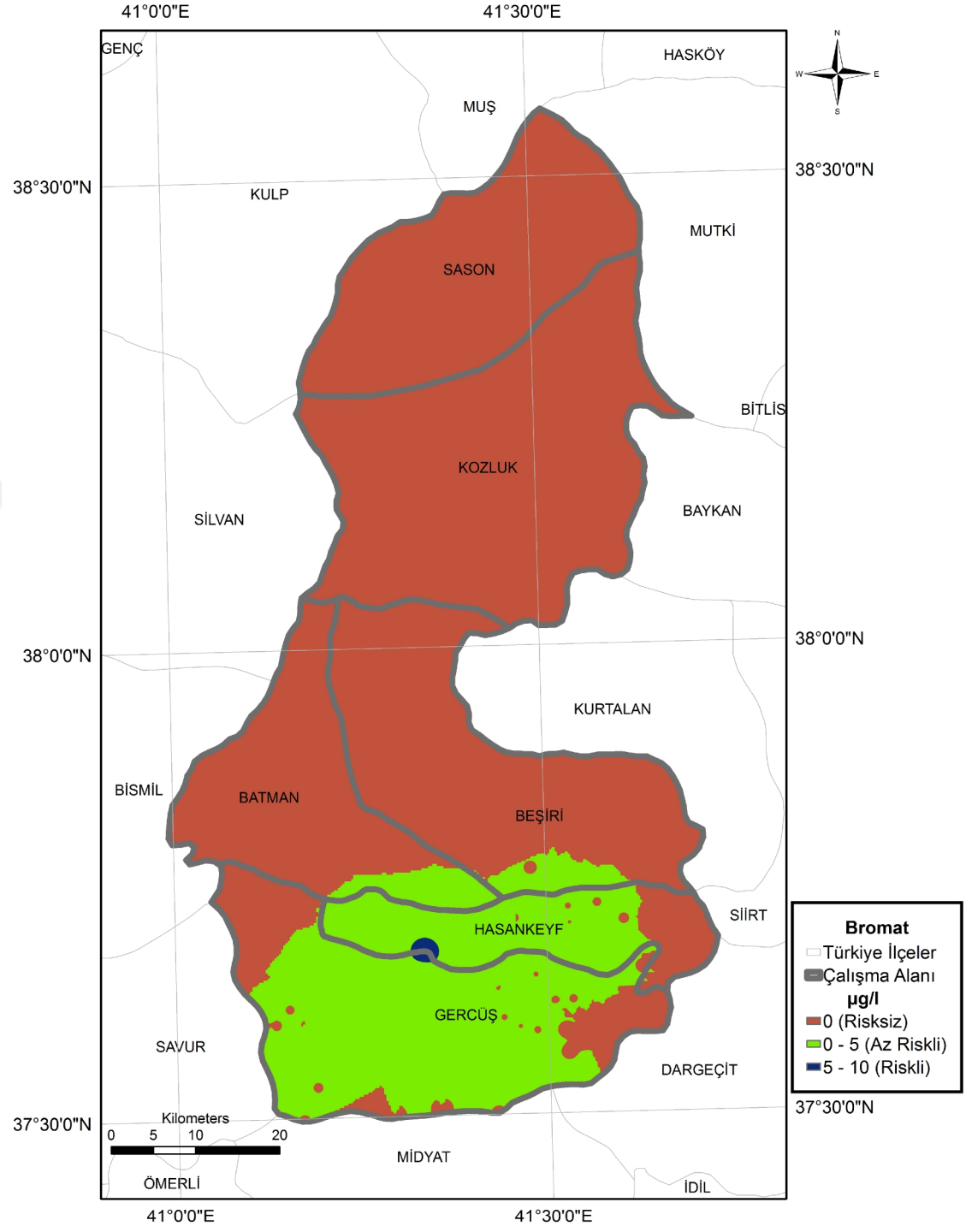
Şehir merkezi ve Sason'un kuzeyi, Beşiri'nin doğusu, Gercüş'ün batısındaki sular yüksek florür ihtiva etmekte olup en yüksek değer olan 960 µg/l Gercüş'ün Gökçe kuyusunda çıkmıştır. Kozluk'daki sular ise neredeyse hiç florür içermemekte ve en düşük değerler burada bulunmaktadır (Şekil 4.22). Standartlarda florür için müsaade edilen değer 1500 µg/l olduğundan Batman ili yeraltı suyunun bir risk taşımadığı söylenebilir.

4.3.6. Arsenik

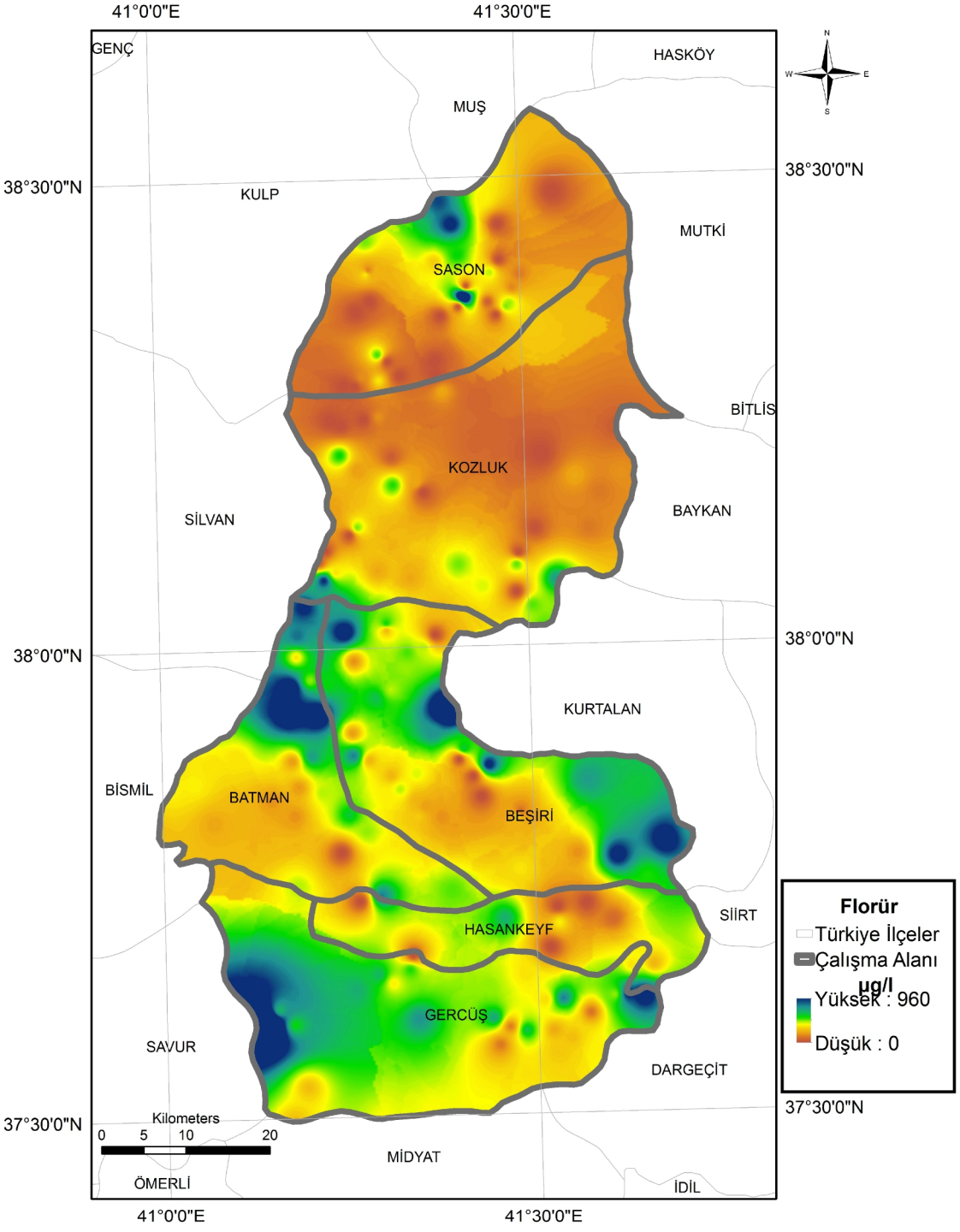
Şehir merkezi ve Beşiri'nin kuzeyi ile Hasankeyf'in doğusundaki sularda arseniğin varlığı görülmektedir. Hasankeyf'deki Öğütlü kuyusunda 2.325 µg/l ile en yüksek arsenik gözlenmiştir (Şekil 4.23). Standartlarda 10 µg/l'ye müsaade edilmesine rağmen sularda çok az da olsa bulunması halinde su kalitesini ciddi tehdit eden arsenik burada 2 sınıfa ayrılmıştır. Risksiz olan bölgede hiç arsenik bulunmazken riskli tabir edilen bölgede ise 0 ile 2.325 µg/l arasında ihtiva etmektedir (Şekil 4.24). Ağır bir metal olan arseniğin riskli bölgelerdeki sularda varlığının ortadan kaldırılması arıtma tesisleri ile mümkün olabilmektedir. Arıtma tesislerinde arseniğin sulardan arıtılması ucuz ve kolay olduğu göz önüne alındığında riskli bölgelerdeki suların bir arıtımdan geçmesi gerekmektedir.



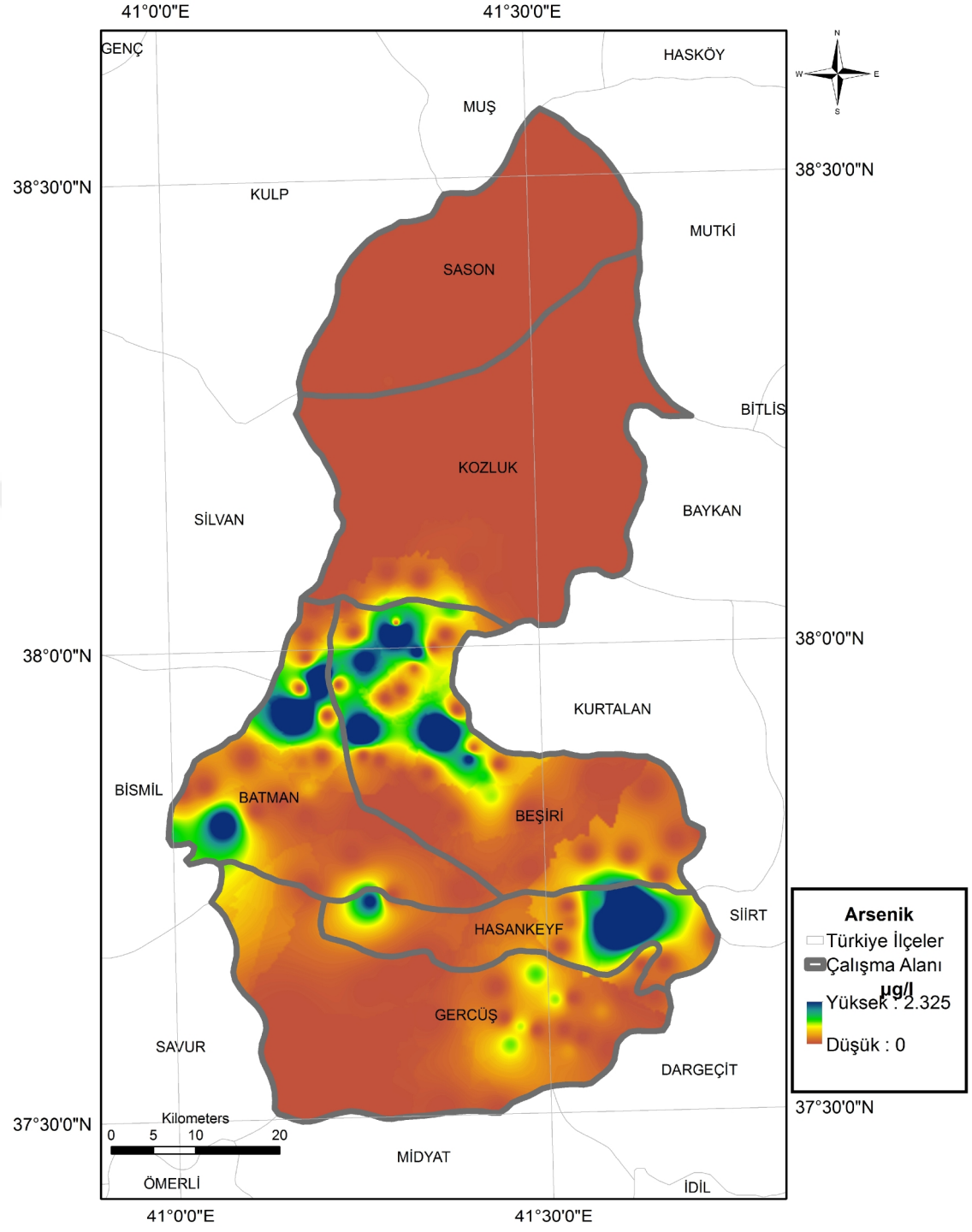
Şekil 4.20. Bromat genel haritası



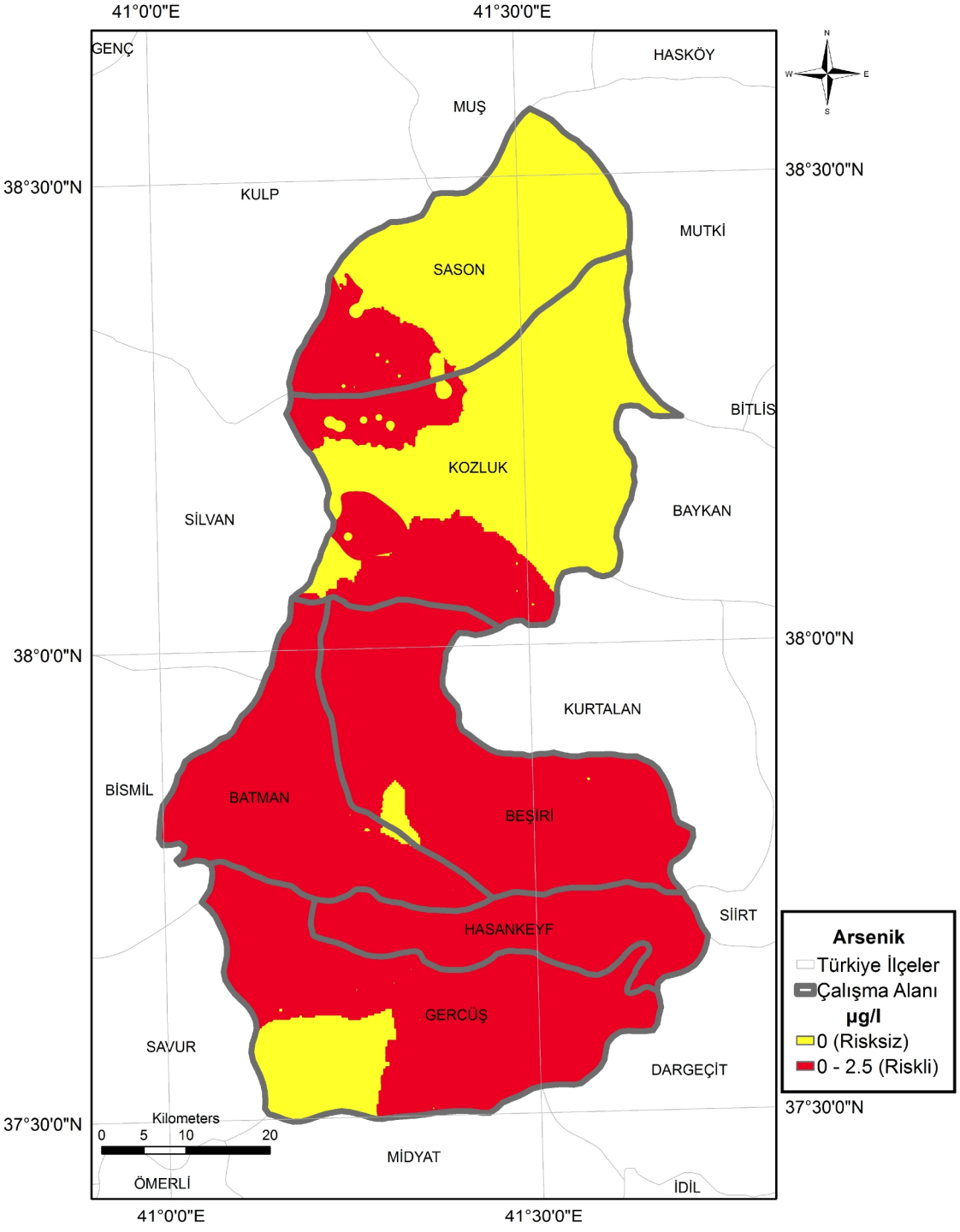
Şekil 4.21. Bromat sınıflandırma haritası



Şekil 4.22. Florür genel haritası



Şekil 4.23. Arsenik genel haritası



Şekil 4.24. Arsenik sınıflandırma haritası

4.3.7. Bakır

Bakırın standartlarda 1000 µg/l'nin üzerine müsaade edilmesine rağmen TS266 (2005)'da 100 µg/l içermesi tavsiye edilmektedir. Buna göre çalışma alanının çok küçük bir yerinde 100 µg/l'lik tavsiye edilen sınırı aşmış durumdadır (Şekil 4.25). 176 µg/l ile Gercüş'ün Sargın kuyusunda sınır değeri geçmiş bulunmakta olup bunun nedeninin geçici bir durum olduğu ve lokal kaldığı söylenebilir (Şekil 4.26). Bundan ötürü Batman ili yeraltı suyunda bakır elementi açısından bir risk taşımadığı düşünülmektedir.

4.3.8. Bor

Bor elementinin yeraltı suyunda bulunma nedeni genellikle doğal olduğundan buradaki yüksek konsantrasyonu da jeolojik formasyonda bu elementin yeraltı suyunda çözünmesi olarak yorumlanabilir. 2 µg/l'lik sınır değeri aşan bölgler kireçtaşı formasyonu olması da bu yorumu destekler niteliğindedir (Şekil 4.27). 149 µg/l ile en yüksek bor konsantrasyonu Gercüş'ün Kayalar kuyusunda çıkmıştır (Şekil 4.28).

4.3.9. Civa

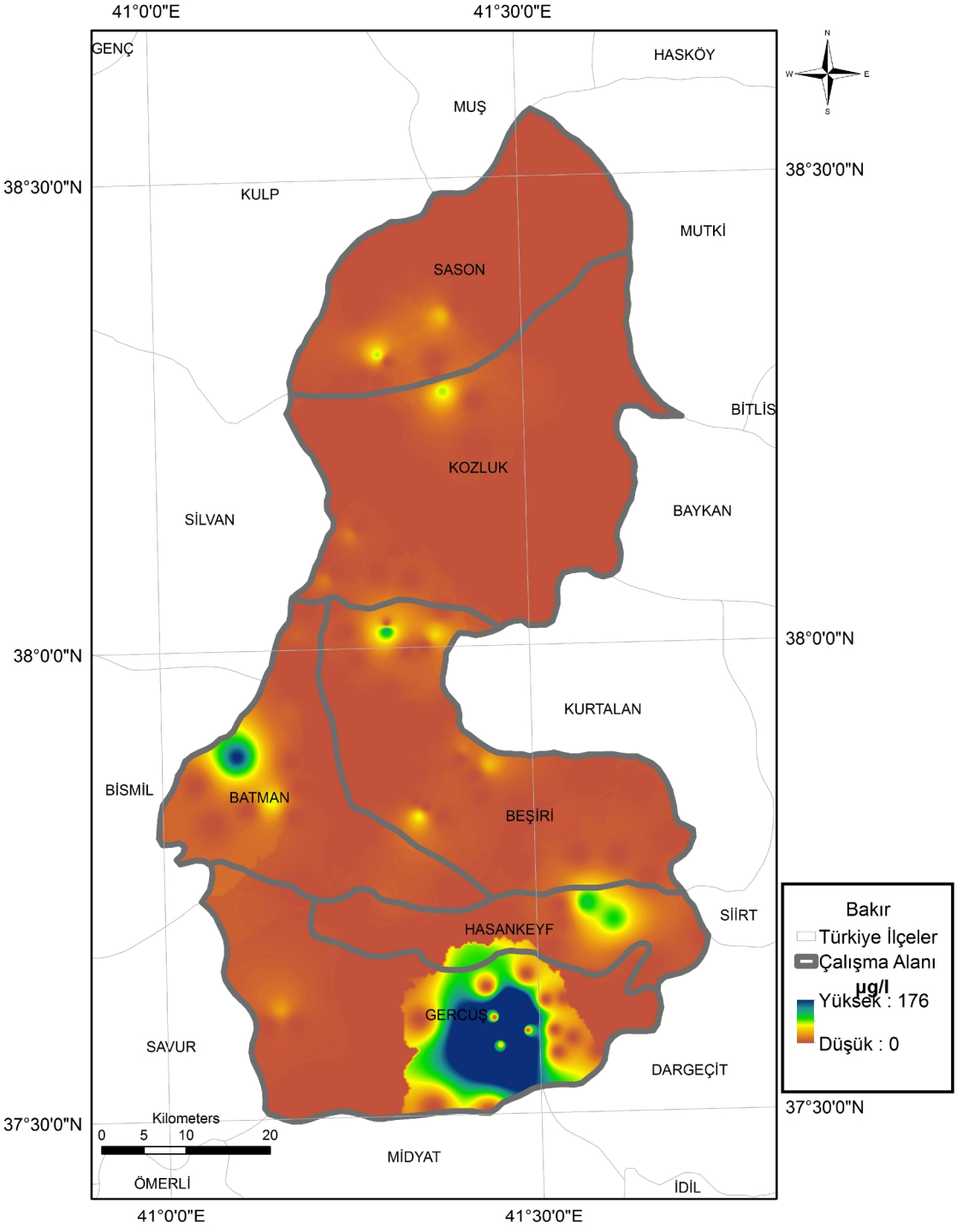
Çalışma alanındaki yeraltı suyunda civa yok denecek kadar az olup şimdilik civa kirliliğinden söz edilmesi doğru değildir. Standartlarda 1 µg/l'ye kadar müsaade edilmekte olup ildeki suların bu sınır değerin % 30'undan daha az civa ihtiva ettiği gözlenmiştir (Şekil 4.29).

4.3.10. Kadmiyum

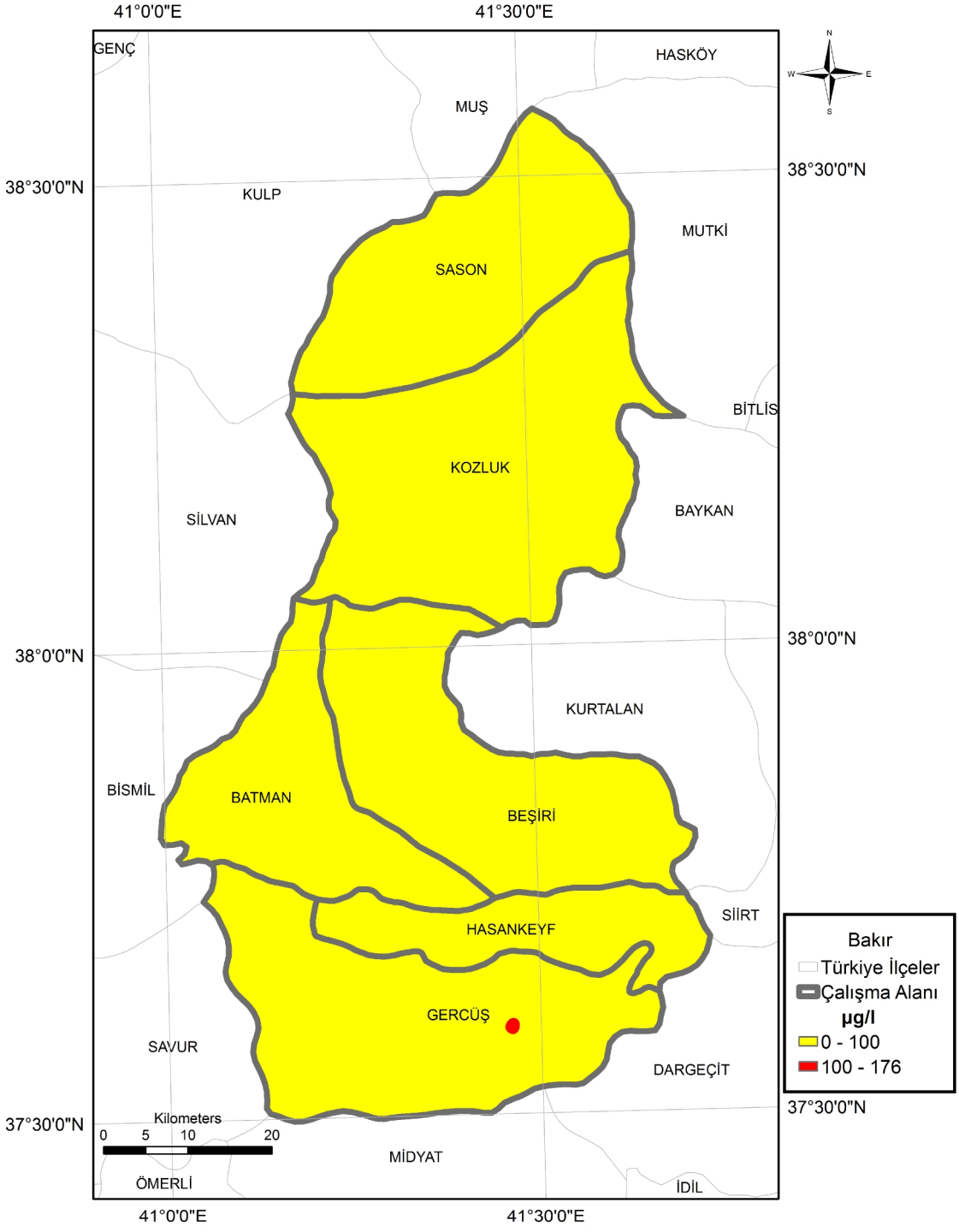
En yüksek kadmiyum değerinin Beşiri'nin Eskihamur kuyusunda 0.69 µg/l olarak çıktığı tespit edilmiş olup en yüksek olan bu değerin bile standartlardaki müsaade edilen en düşük değer olan 4 µg/l'nin çok altında olduğundan Batman ili yeraltı suyunda ağır bir metal olan kadmiyum kirliliği bulunmamaktadır (Şekil 4.30).

4.3.11. Krom

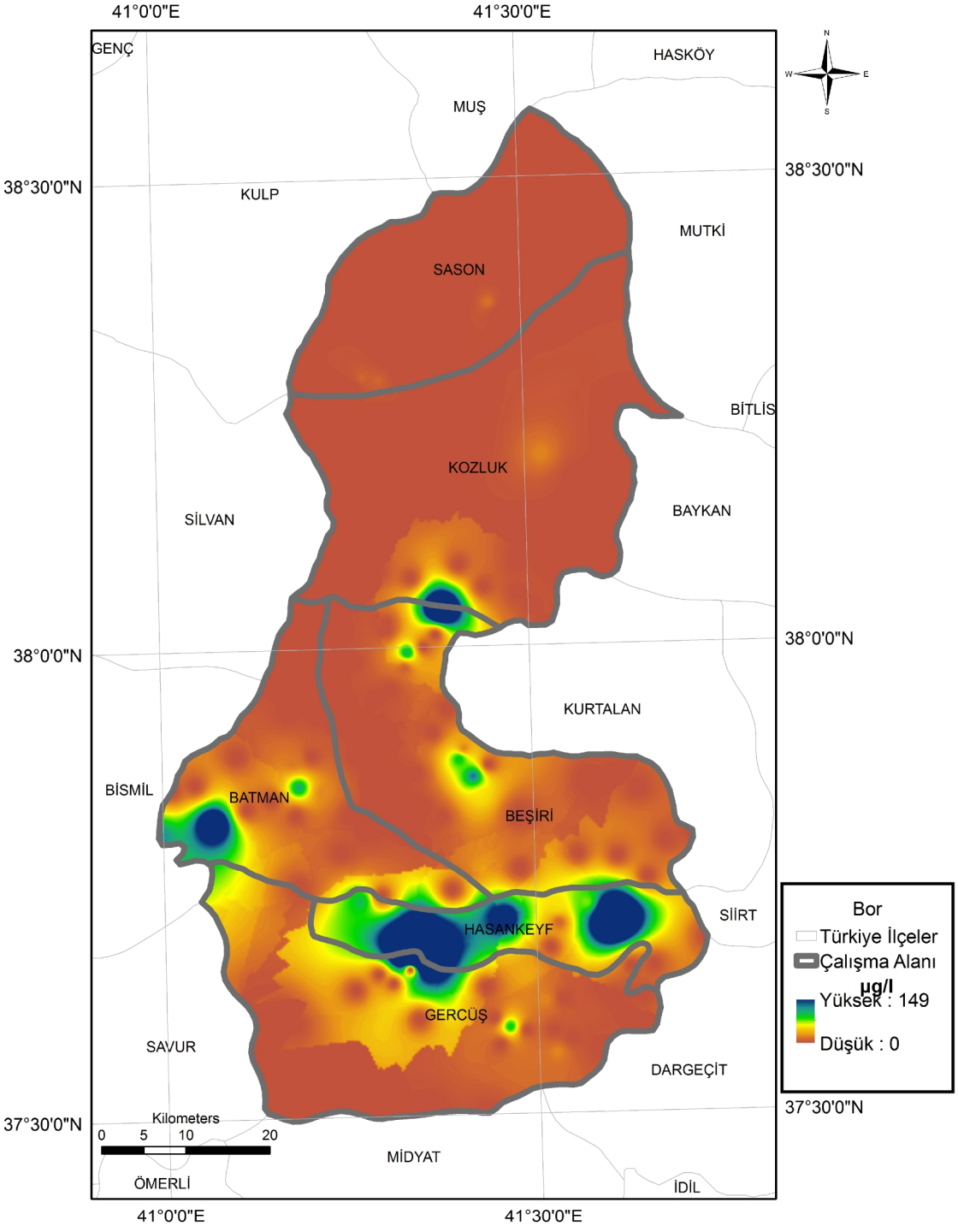
Beşiri'nin Asmadere kuyusunda 10.2 µg/l ile en yüksek krom ihtiva ettiği ve standartlarda 50 µg/l'ye kadar müsaade edildiğinden çalışma alanı yeraltı suyunda krom elementi açısından şimdilik bir kirlenme mevcut değildir (Şekil 4.31).



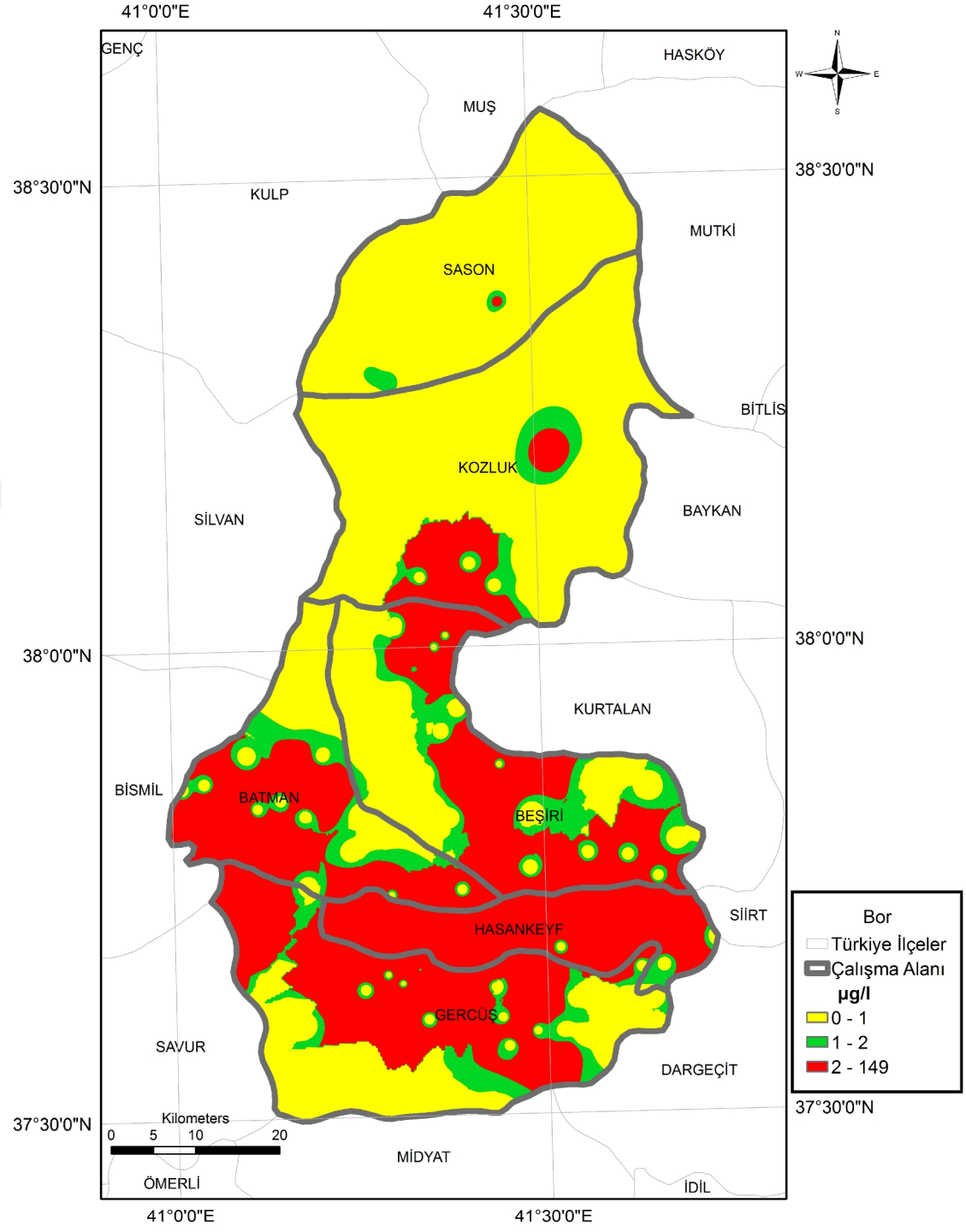
Şekil 4.25. Bakır genel haritası



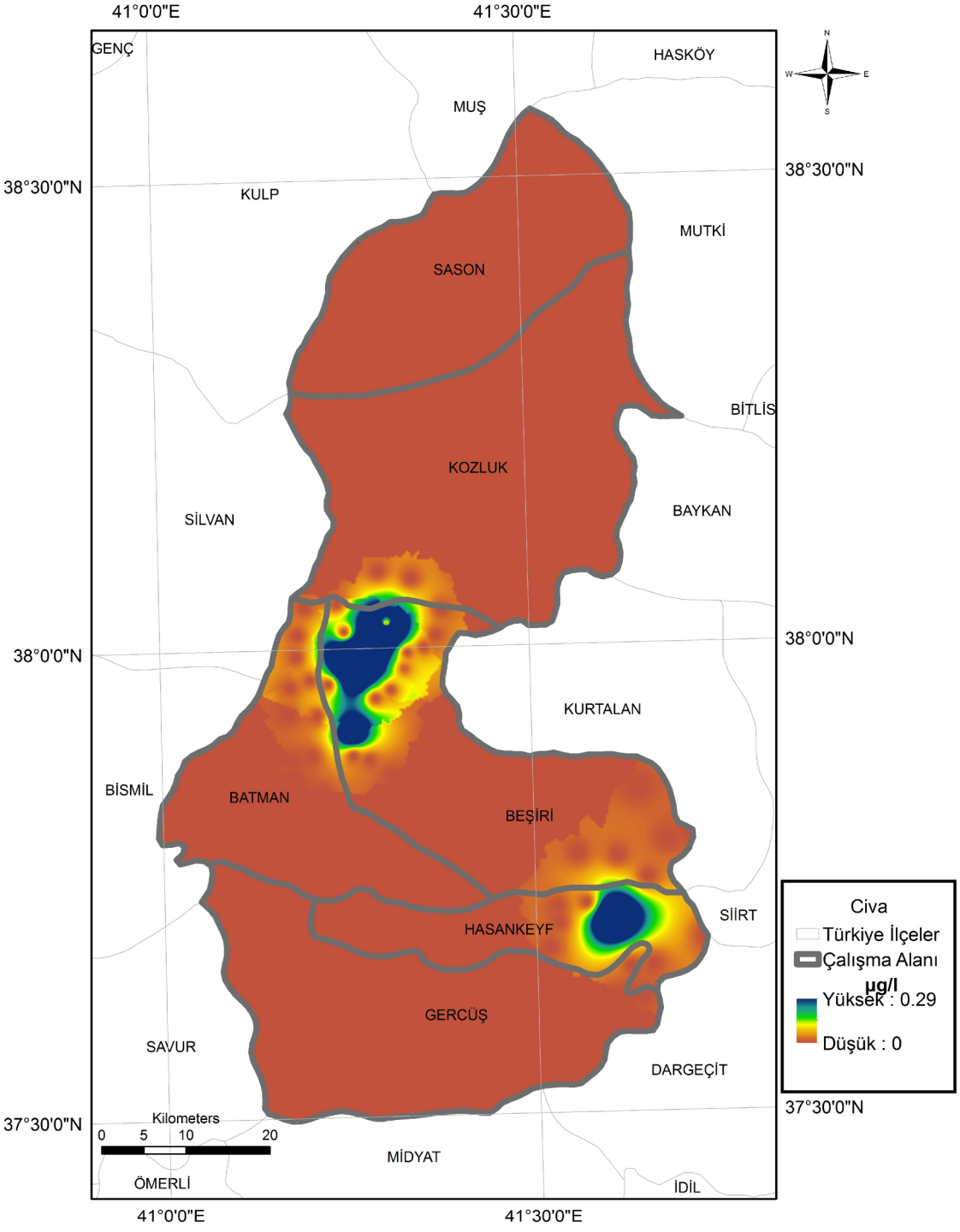
Şekil 4.26. Bakır sınıflandırma haritası



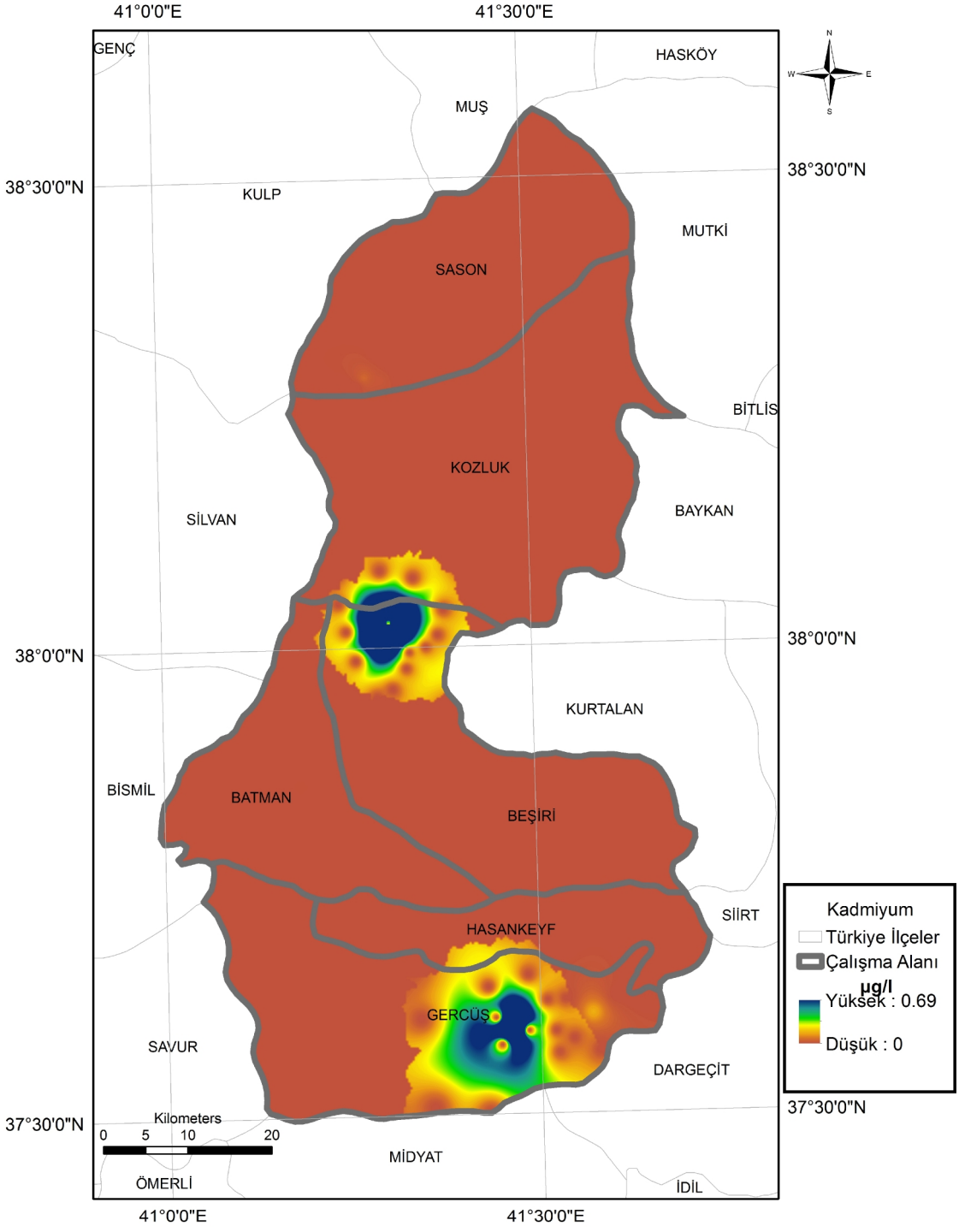
Şekil 4.27. Bor genel haritası



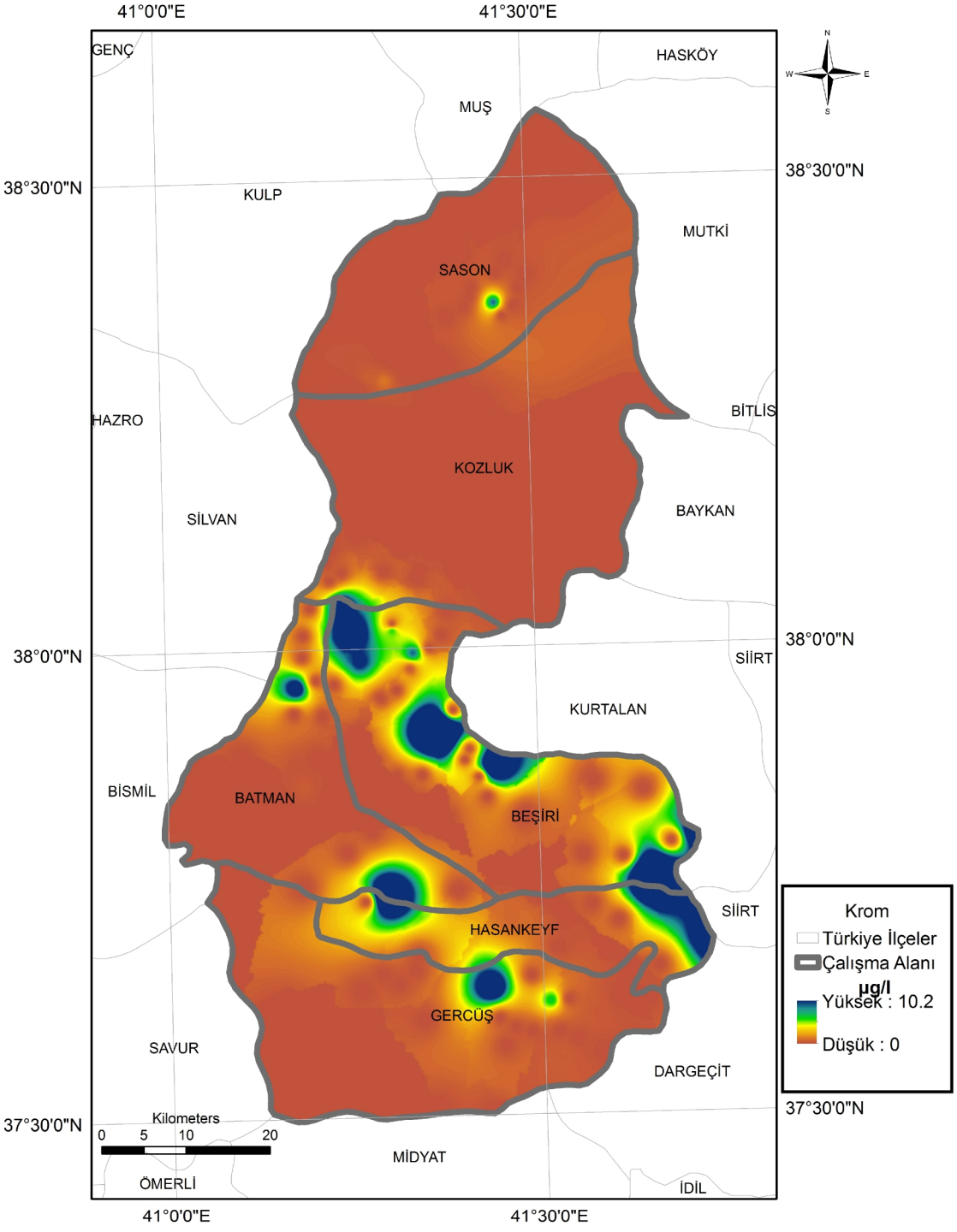
Şekil 4.28. Bor sınıflandırma haritası



Şekil 4.29. Civa genel haritası



Şekil 4.30. Kadmiyum genel haritası



Şekil 4.31. Krom genel haritası

4.3.12. Demir

Dünyada en fazla bulunan elementlerden olması ve jeolojik formasyonlarda eriyerek yeraltı suyuna karışması doğal olarak karşılanan demir il genelinde standartlarca müsaade edilen değerin çok altındadır. Yalnızca Gercüş'ün Aydınca kuyusunda 335.19 µg/l olarak tespit edilmiş olup sınır değeri aşmış durumdadır (Şekil 4.32). Bunun bir kirlilik olarak görülmediği ve normal süreçte o bölgedeki akiferden erimiş olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla Batman ili yeraltı suyunda şimdilik demir kirliliği bulunmamaktadır.

4.3.13. Alüminyum

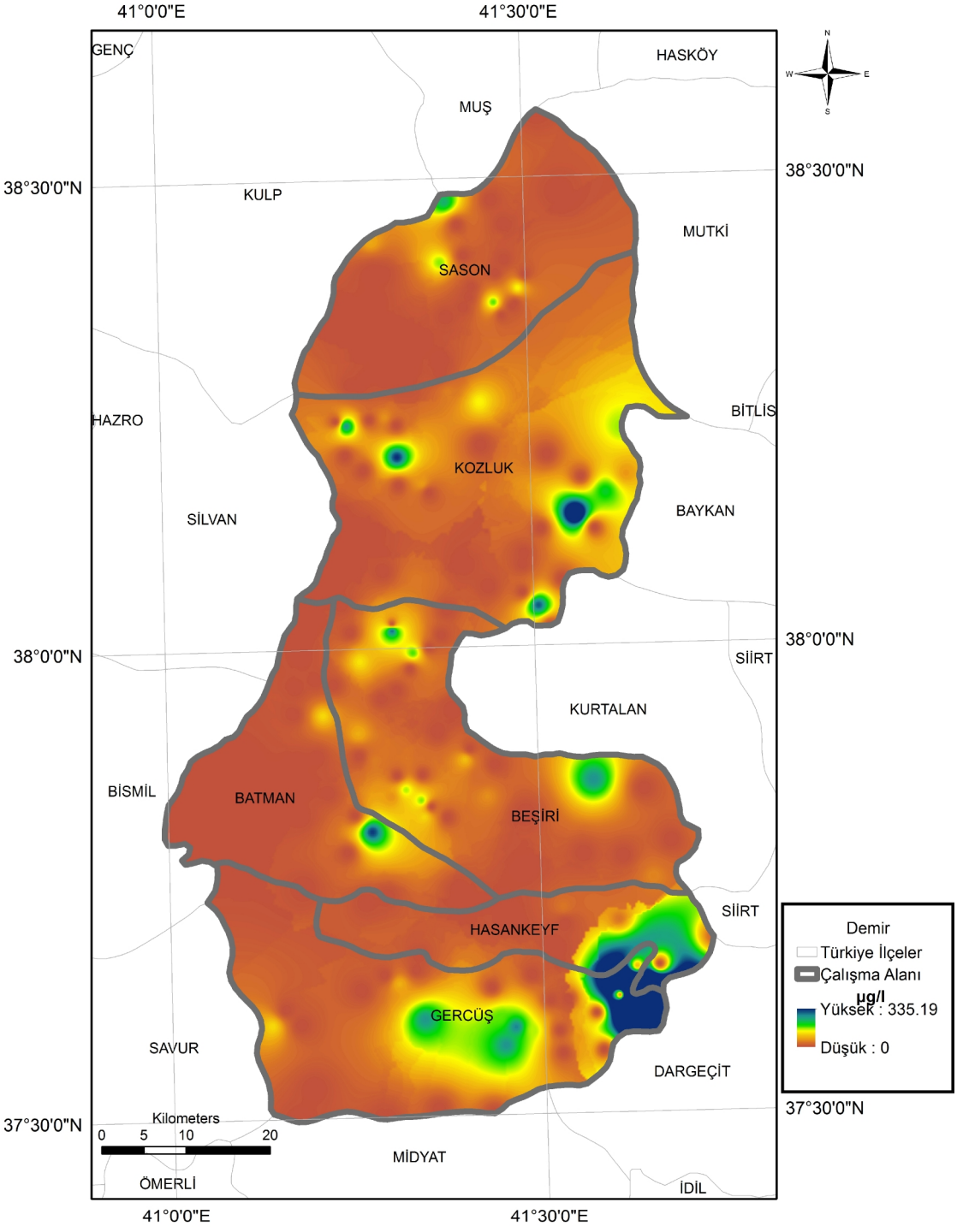
Dünyanın yapısında bolca bulunan bir diğer element olan alüminyum çalışma alanında yeraltı suyunda çok az bulunduğu ve en yüksek değerinin de Kozluk'un Çayhan kuyusunda 45.07 µg/l olarak çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 4.33). Alüminyum elementi açısından Batman ili yeraltı suyunda bir risk taşımadığının sonucuna varılmıştır.

4.3.14. Selenyum

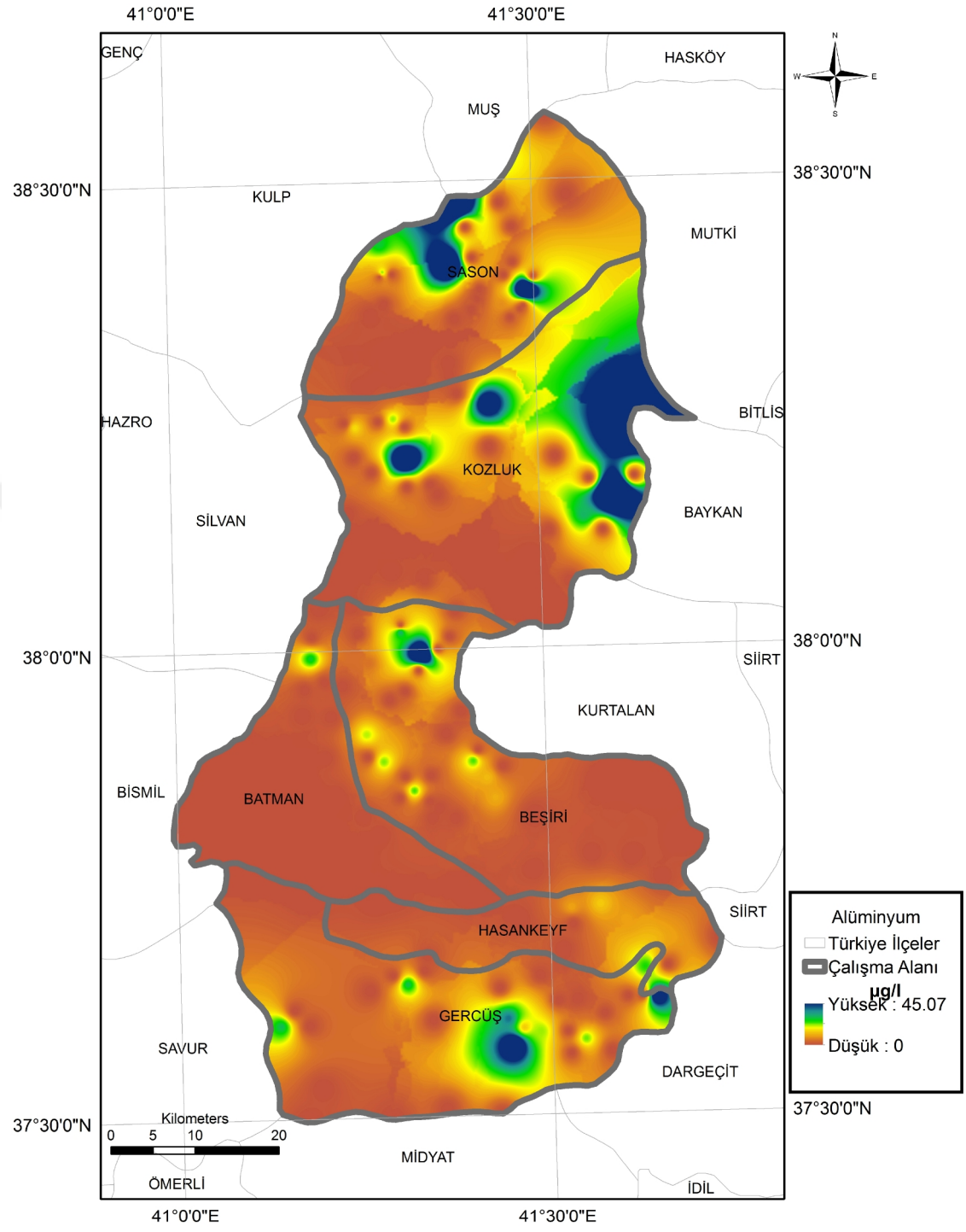
10 µg/l'ye kadar müsaade edilen selenyum maddesi bu çalışmada en yüksek Gercüş'ün Yüceköy kuyusunda 5.77 µg/l olarak tayin edilmiştir (Şekil 4.34). Genel itibariyle müsaade edilen değer altında kaldığından bu madde için çalışma alanında bir kirlilikten söz edilmesi doğru değildir. Gercüş'de varlığını biraz göstermiş olması o bölgede jeolojik formasyondan ötürü kendiliğinden bulunabileceği gibi insan etmenli lokal kirlilikten dolayı da düşünülmektedir.

4.3.15. Nikel

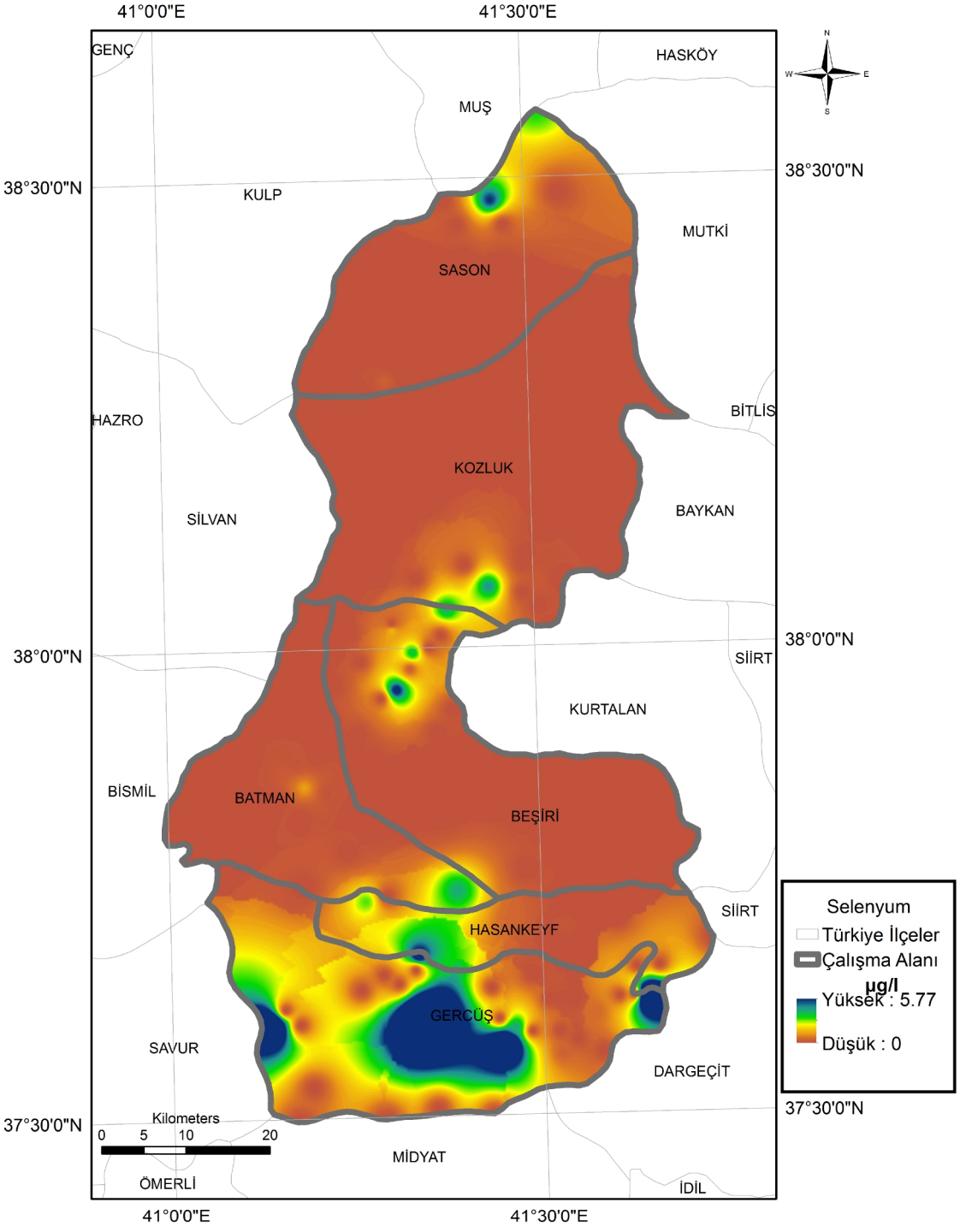
Analiz sonuçlarında en yüksek değerin Kozluk'un Gümüşörgü kuyusunda 12.95 µg/l olarak ölçüldüğü ve diğer bölgelerde çok az miktarda bulunması ve bu değerlerin nikel için müsaade edilen değerlerin altında olması bu madde açısından Batman ilinde bir tehlikenin olmadığını göstermektedir (Şekil 4.35).



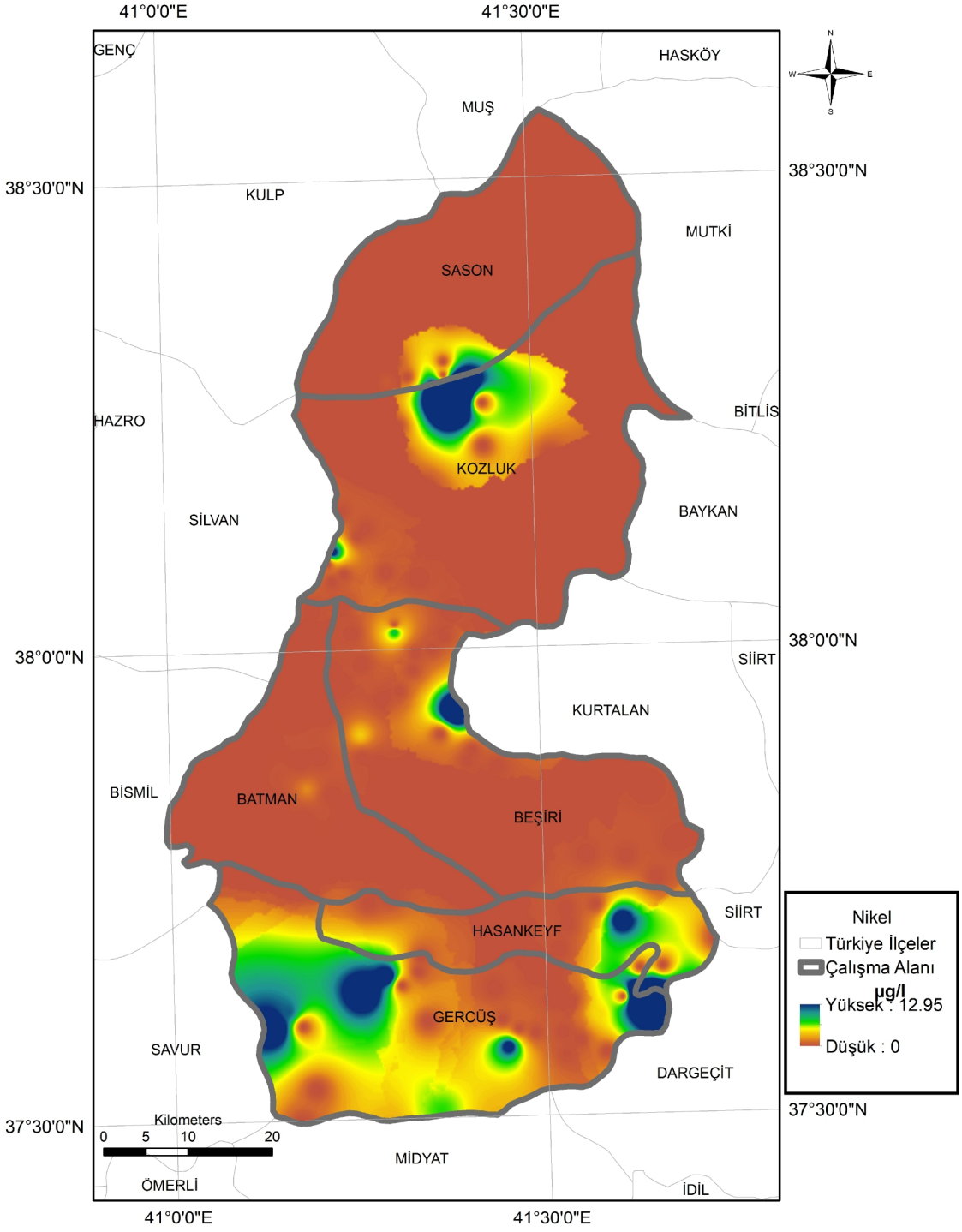
Şekil 4.32. Demir genel haritası



Şekil 4.33. Alüminyum genel haritası



Şekil 4.34. Selenyum genel haritası



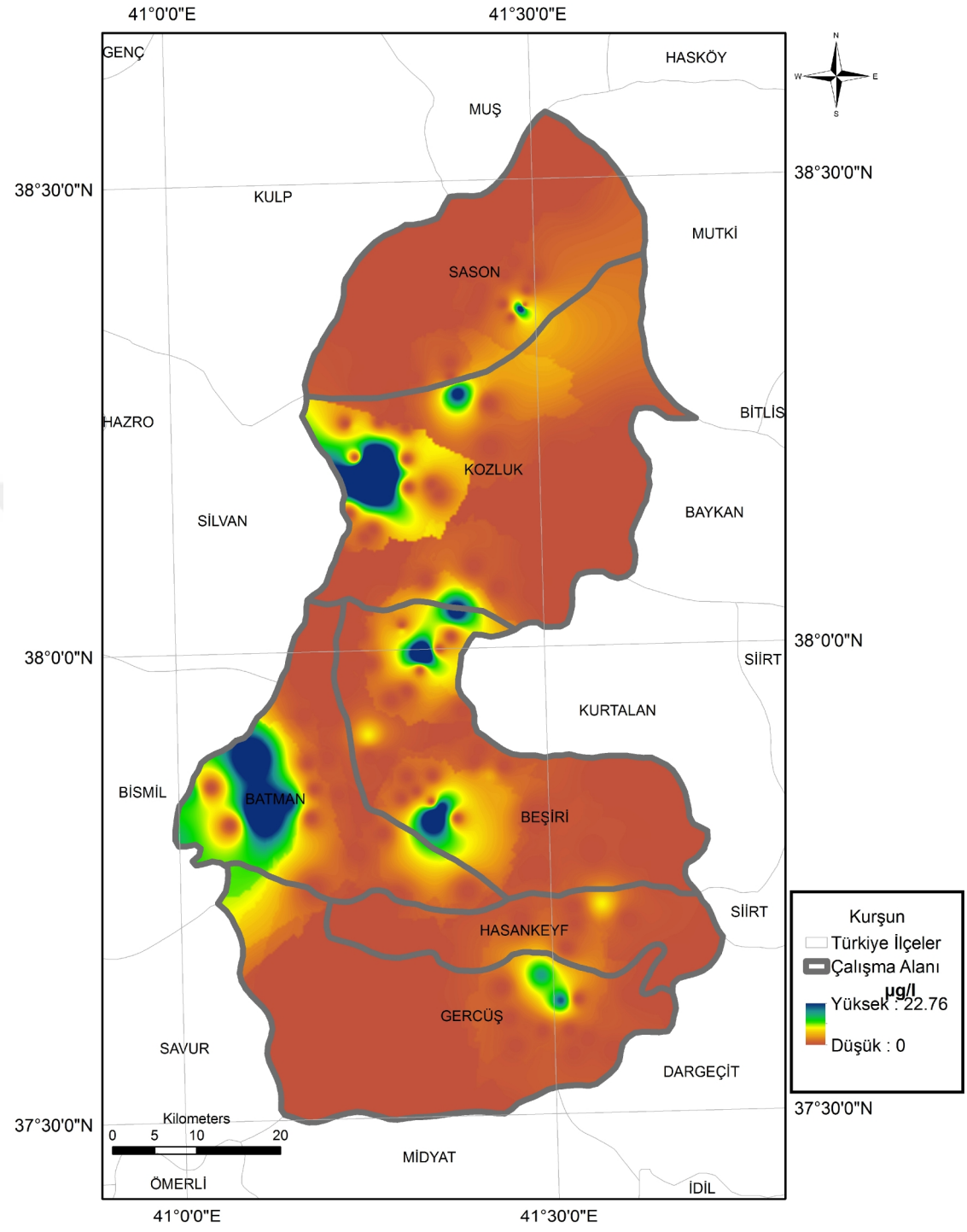
Şekil 4.35. Nikel genel haritası

4.3.16. Kurşun

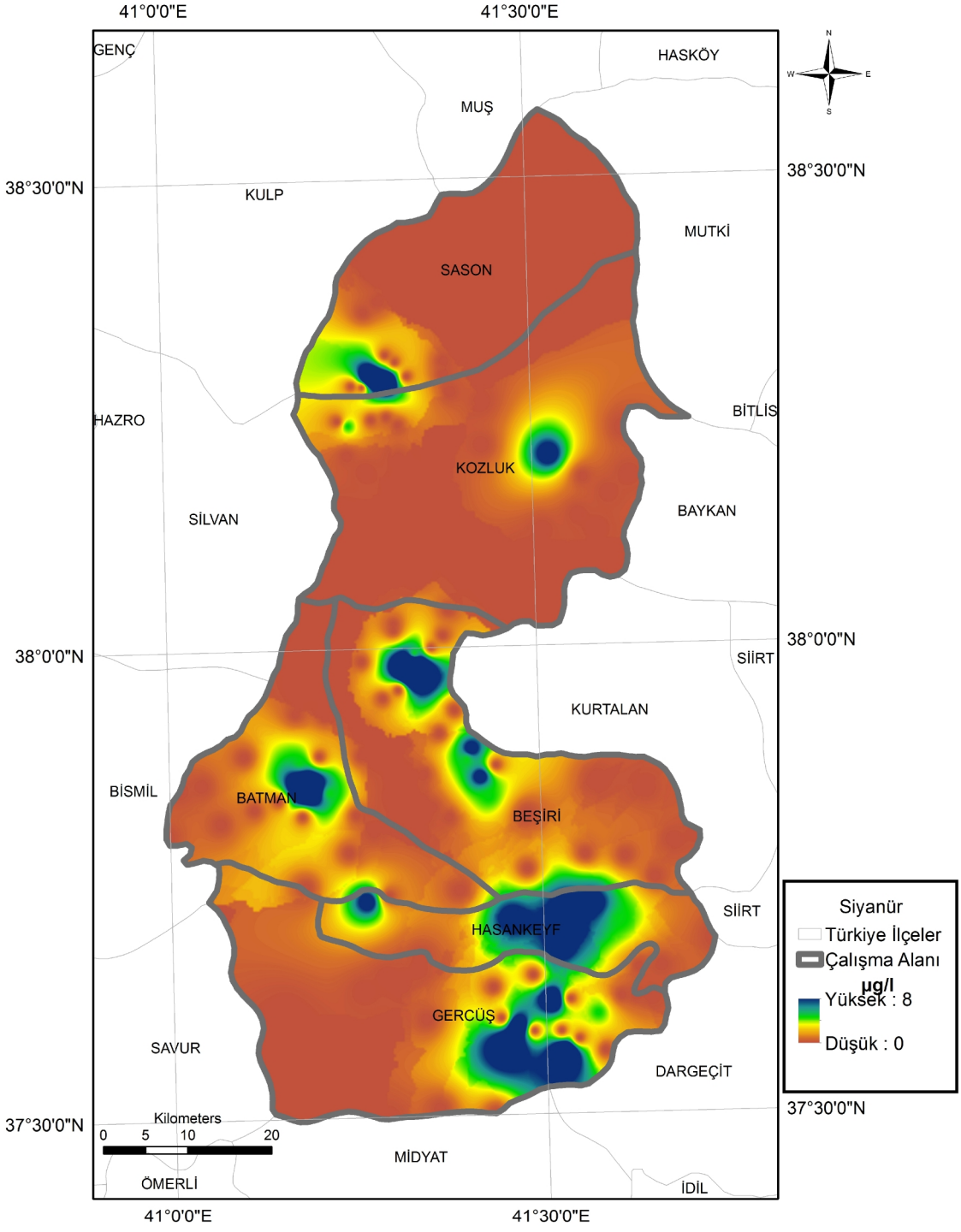
Kozluk'un Eskice kuyusunda 22.76 µg/l ile en yüksek kurşun içeriği tespit edilmiş olup genel itibariyle çalışma alanındaki seviyesinin az olması göze çarpmaktadır (Şekil 4.36). Standartlarda müsaade edilen değerlerin aşağısında kaldığından ve toprağın yapısında da doğal olarak bulunabildiğinden Batman ili yeraltı suyunda kurşun elementi açısından bir kirlilik olduğu düşünülmemektedir.

4.3.17. Siyanür

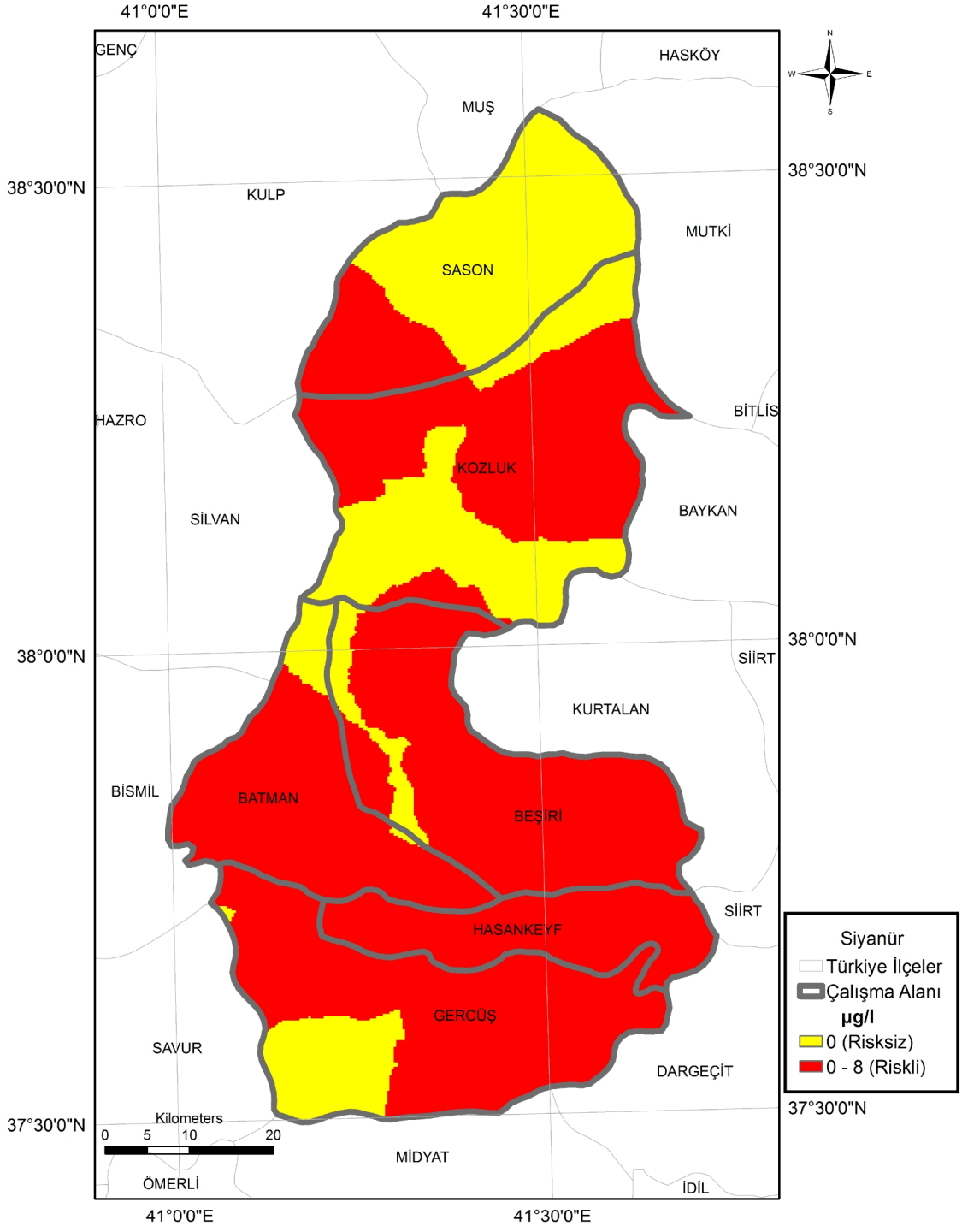
Bütün ilçelerdeki yeraltı suyunda az da olsa siyanür ihtiva ettiği gözlenmiştir. 8 µg/l ile en yüksek siyanür içeriği Beşiri'nin Uğurca kuyusunda çıkmıştır (Şekil 4.37). Siyanür zehirli bir element olduğundan canlılarda ölüme sebebiyet verebilmekte ve bu özelliğinden ötürü sularda bulunması istenmemektedir. TS266 (2005) 50 µg/l'ye kadar müsaade etmesine rağmen bu çalışmada en ufak bir siyanür içeriği bile riskli görülmüştür. Dolayısıyla siyanür haritası 2 sınıfa ayrılarak içeriğinde siyanür bulunmayan yerler risksiz diğer yerler ise riskli olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.38). Riskli yerlerdeki sularda siyanür varlığı endüstriyel atıklardan kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.36. Kurşun genel haritası



Şekil 4.37. Siyanür genel haritası



Şekil 4.38. Siyanür sınıflandırma haritası

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Batman hızlı gelişen bir il olmasıyla beraber, içme suyu ihtiyacının tamamını, sulama suyu ihtiyacının ise büyük bir kısmını yeraltı suyu kaynaklarından sağlamaktadır. Şehir merkezi ve ilçelerinde, resmi kurumların ve özel firmaların açmış oldukları sondaj kuyularından su ihtiyacı karşılanmaktadır. Bu nedenle yeraltı su kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesi, kalitesi ve kirleticilere karşı korunması önem arz etmektedir.

Batman Ovası'nın yeraltı suyu potansiyeli ve su kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile modellenmesi amacı ile il merkez ve ilçelerinde çeşitli amaçlarla açılan resmi kurum ve özel sondaj firmalarından temin edilen kuyulara ait veriler kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında statik su seviyesi, dinamik su seviyesi, kuyu verimi haritaları ile yeraltı suyu potansiyeli modellenmiştir. Buna göre Batman ilinin büyük bir bölümünde statik su seviyeleri 20–160 m dinamik su seviyeleri 80–160 m. aralığında değişim göstermektedir. Statik ve dinamik su seviyesi aralıkları farklı alanlarda değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle yeraltı su seviyesi değişimleri hakkında gerekli ve yeterli fikir edinebilmek modellenmiş harita üzerinde iyi bir gözlem yapmak ile mümkün olabilmektedir.

Şehir merkezinin içme suyu ihtiyacını sağlayan Batman Çayı alüvyonları civarında açılan yeraltı suyu kuyularının bulunduğu bölgelerde statik su seviyesi 20–40 m, dinamik su seviyesi ise 40–160 m arasında seyretmektedir. Gercüş ilçesinin merkezine yakın bölgelerde statik su seviyesinin 20–40 m ve dinamik su seviyesinin 40–80 m. arasında olması ilçede sulama amaçlı inşa edilen Kırkat Göleti beslenme havzası kaynaklı olduğu söylenebilir.

Kozluk ilçesinin orta kesiminde statik su seviyesi 0–20 m aralığında ve dinamik su seviyesi ise 20–40 m aralığındadır. Bu kısımda su ihtiyacı bu aralıkta açılan kuyulardan temin edilmektedir. Kozluk ilçesinin orta kesiminde statik su seviyesi 20 m'ye kadar dinamik su seviyesi ise 1–40 m aralığında olması ve bu alanın çok az kısmında yeraltı suyundan kolay bir şekilde yararlanılmasına rağmen kuyu verimi 5–25 l /s olmak üzere yeterli ve orta düzeydedir.

Sason ilçesinde statik su seviyesi 20-40 m., dinamik su seviyesi 40-80 m. arasında olduğu görülmektedir. İlçenin ormanlık ve dağlık alanlarında statik su seviyesi 40-80 m. ve 80-160 m., dinamik su seviyesi 80-160 m. ve 160-360 m. arasında değişim göstermektedir. Buradan yeraltı suyu temin etmek oldukça güçtür.

Kuyular verimlilik açısından Batman ili Merkez başta olmak üzere Hasankeyf, Gercüş, Kozluk, Beşiri ve Sason ilçeleri olarak sıralanmaktadır. Ancak Hasankeyf ve Sason ilçelerine ait kuyu verileri az olduğundan bu ilçelere ait bilgi yorumlamaları gerçeği yansıtmamaktadır. Gercüş, Kozluk, Beşiri ve Sason ilçeleri olmak üzere Batman ilinin yaklaşık olarak %85 gibi büyük bir alanı kuyu verimleri 0–5 l/s arasında değişen yeraltı suyu yönünden verimli olmadığı Şekil 4.3'te verilen kuyu verim model haritasından anlaşılmaktadır. Geri kalan %13'lik alan 5 l/s ve 25 l/s arasında düşük verimli, %2'lik alan 25–55 l/s arasında verimli olarak Batman Merkez, Gercüş ve Hasankeyf ilçelerinde tespit edilmiştir. Batman Merkez ve Hasankeyf ilçesinin çok az kısmı 25–55 l/s aralığında verimli, diğer büyük kısmı 5–25 l/s arasında düşük verimli olduğu görülmektedir.

Batman ilinin iki büyük ovası olan Batman Ovası (Merkez ilçe) ve Beşiri Ovası (Beşiri) tarımın sıklıkla yapıldığı bölgelerdir. Kuyu verimi haritasından da bu bölgelerin verimli olmadığı görülmektedir. Bu iki ovada sulama amaçlı kuyu açılması uygun değildir.

Çalışmanın ikinci aşamasında kirlenebilirlik ve kirlenme riski olan alanları belirlemek için CBS ortamında DRASTIC yöntemde kullanılan hidrojeolojik yedi katmanın raster haritaları verileri kullanılarak ve çakıştırılarak Batman ili yeraltı suyu akiferinin kirlenebilirliği ile ilgili hassasiyet haritaları çıkarılmıştır (Şekil 4.11). DRASTIC İndeksi en düşük 54 ve en yüksek 180 arasındaki değerler elde edilmiştir. Çizelge 4.15'te verilen hassasiyet sınıflandırılmasında Batman Merkez, Gercüş, Beşiri, Hasankeyf ve Sason ilçelerinin hemen hemen tamamının Batman ilinin %81.69 alanı ile kirlenme riski taşımayan düşük hassasiyete sahiptir. Batman Merkez, Kozluk ve Beşiri ilçesinin bir kısmı %11.71 alan ile orta hassasiyet, Kozluk ilçesinde yerel bazda %0.37 ile alan ile kirlenme tehdidi olan yüksek hassasiyet taşımaktadır. Sason ilçesinin geneli düşük hassasiyeti ile kirlenme etkisi altında değildir.

Yeraltı jeolojik formasyonlarının yapısı, çok derinlerde zeminin geçirgenlik katsayısı düşük olması ve yeraltı suyu derinliği Batman il alanının neredeyse tamamında çok yüksek olması nedeni ile kirleticilerin yeraltı suyuna ulaşmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle akifer hassasiyet haritasına göre il geneli düşük hassasiyet gösterdiği ve kirlenme riski etkisi altında olmayacağı söylenebilir.

Tez kapsamındaki çalışmanın üçüncü aşamasında Batman Merkez ve İlçelerindeki 176 adet kuyulara ait su kalitesi parametre verilerine göre yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi için tematik haritalar ile modeller oluşturulmuş ve yeraltı su kalitesi parametreleri model haritalar üzerinde sınıflandırılmış ve ilgili standartlarda tanımlanan kalite kriterlerine göre ön görülen değerlerle karşılaştırmaları yapılmıştır. Buna göre su kalitesi ile ilgili incelenen parametreler arasında nitrat ve nitrit kirlilik değerleri yüksek bulunmuştur. Batman ili merkez ve ilçelerinde yeraltı sularındaki Şekil 4.12'de genel model haritasına göre nitrat değerleri 0–167.19 mg/l aralığında bulunmuştur. Şekil 4.13'te verilen model sınıflandırma haritasına göre ilin güney ve kuzey kesimlerinde nitrat değerleri 0–25 mg/l aralığında olmak üzere düşük, orta kesiminde 25–50 mg/l ve 50–165 mg/l arasında olmak üzere yüksek bulunmuştur. Batman Merkez ilçesinin bir kısmı, Beşiri ve Kozluk ilçesinin büyük bir kısmı USEPA ve TS266 standartlarında öngörülen sınır değerlerin üstünde kirlenme riski taşımaktadır.

Tarım alanlarındaki aşırı miktardaki gübre ve ilaç kullanımının yaz döneminde sulama ve kış döneminde yağış ile yeraltı sularının kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Tarımsal alanlardan kaynaklanan atık sular içerdikleri fazla miktarlardaki organik maddeler, azot, fosfor, potasyum ve kalsiyum içeren gübre elementleri ile sulama alanlarından geri dönen akımlardaki tarımsal mücadele ilaçları ve yapay gübre kalıntıları yeraltı sularının kirlenmesine etki eden unsurlar olarak görülmüştür. Bu nedenle Batman Merkez ve Beşiri Ovası'nda tarımsal kaynaklı gübre kullanımının artması sonucu nitrat kirlililiği yüksek bulunmuştur. Azot bileşikleri ile ilgili su kalite parametre değerlerinin kriterleri aşması bunu doğrulamaktadır.

Batman ili merkez ve ilçelerinde yeraltı sularındaki Şekil 4.14'te genel nitrit haritasına göre nitrat değerleri 0–1.65 mg/l aralığında bulunmuştur. Doğadaki azot döngüsünün bir parçası olan nitrit değerinin yüksek olduğu alanlar Sason ve Gercüş ilçelerinde görülmüştür. Şekil 4.15'te verilen model sınıflandırma haritasına göre ilin kuzey kesiminde Sason ilçesinin noktasal denecek kadar az bir alanında nitrit değerleri

1–1.65 mg/l arasında ve yine aynı ilçenin bir kısmı ile güney kesiminde Gercüş ilçesinin bir kısmı nitrit değerleri 0.1–1 mg/l arasında olmak üzere ilgili standartlarda tavsiye edilen sınır değerlerin üstünde yüksek bulunmuştur. Sason ve Gercüş ilçeleri ilin en yüksek kesimleri ve dağlık alanların fazla olduğu yerlerdir ve fazla yağış aldığından ötürü bu yağışlarla beraber nitritin taşındığı ve yeraltı suyuna karıştığını söylemek mümkün olabilir. Bu alanlar dışında Batman ilinin genelinde nitrit değerleri 0–0.1 mg/l olmak üzere standartlarda öngörülen sınır değerlerin altında olup kirlenme riski taşımamaktadır.

Su kalitesi ile ilgili il genelinde temin edilebilen ve analizi yapılabilen pH, elektriksel iletkenlik (EC), bromat (BrO_3), florür (F), arsenik (As), bakır (Cu), bor (B), civa (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), alüminyum (Al), selenyum (Se), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve siyanür (CN) gibi diğer parametreler ile ilgili su kalite bilgileri model genel ve sınıflandırma haritaları üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.16–4.38). Batman ilinde pH değerleri 4.2 ile 8.2 arasındadır. Sason ilçesinde çok az kesimi pH <7 ile asit karakter taşıdığı, bunun dışında il genelinin tümünün yeraltı suları pH >7 ile bazik karakterde olduğu tespit edilmiştir.

EC değerleri 88-1750 µS/cm arasında değişim göstermektedir. Sason ilçesinin kuzey kesimleri EC değerleri 88–250 µS/cm arasında ‘çok iyi’ sınıfında yeraltı suları en kaliteli olarak görülmüştür. Diğer ilçelerin yaklaşık olarak tamamına yakın alanları EC değerleri 250–750 µS/cm arasılığında olmak üzere yeraltı suları ‘iyi’ sınıfındadır. Bu su kalitesi parametreleri ile ilgili değerler standartlarca tavsiye edilen ve izin verilen maksimum değerlerin altında görülmektedir.

Ayrıca Batman ili Merkez ve ilçelerinde yeraltı sularındaki BrO_3, F, As, Cu, B, Hg, Cd, Cr, Fe, Al, Se, Ni, Pb, CN diğer su kalitesi parametre değerleri Çizelge 4.17’de verilen ulusal ve uluslararası kalite kriterleri USEPA, WHO ve TS266 standartlarında öngörülen sınır değerlerin çok altında kalmıştır. Bu parametreler ile ilgili yeraltı sularında şimdilik bir kirlilik riski olmadığı sonucuna varılmıştır.

Batman ili içme ve sulama suyu ihtiyacının çoğunu yeraltı sularındaki açılmış olan kuyulardan temin etmektedir. Gelecekte de alternatif su kaynaklarından su ihtiyaçlarının temin edilmemesi durumunda yeraltı sularından yeni kuyular açılarak yararlanma durumu kaçınılmazdır. Batman il sınırları içerisinde yeraltı suyu potansiyeli,

miktar ve kalitesinin bilinmesi amacı ile oluşturulan modeller yeraltı sularından etkin bir şekilde yararlanma olanakları için ve açılacak kuyuların yeri seçiminde fikir vermektedir. Su ihtiyaçlarının karşılanmasında, kuyular ile su temini dışında başka seçenek yoksa oluşturulan tematik haritalar ile uygun yerler tespit edilerek kuyu açılması sağlanmalıdır.

Batman ili merkezinin içme suyu ihtiyacını sağlayan Batman Çayı alüvyonlarının geçirimsiz olması, burada açılan kuyulardan temin edilen suların içme suyu amaçlı kullanımı uygun değildir. Bu nedenle kütle hareketleri görülen bölgelerin ve bataklıkların uzağında, akarsu ve kuru derelerin taşkın alanlarının dışında, ahır, mezarlık, fosseptik çukuru gibi yüzeysel kirlenme noktalarından en az 40–50 metre mesafede, daha önce açılmış kuyuların etki alanlarının dışındaki yerlerde kuyuların açılması uygun görülmektedir. Ayrıca teknik yöntemler kullanılarak kuyular çevresel etkilere karşı filtrasyonu yapılarak korunmalıdır. Aksi halde kirlenme etkisinde olmayan su kaynaklarının kullanılması önerilmelidir.

Yüzeysel ve yeraltı su kaynakları yaşamsal ve ekonomik değer taşımaktadır. Sınırlı olan tatlı su kaynakları hızla artan kentsel içme suyu, endüstriyel ve tarımsal su talebini karşılayabilmeleri için ciddi ve etkili bir biçimde uzun vadeli programlar çerçevesinde korunmaları gerekmektedir. Batman ilindeki ovalarda yeraltı su kalitesinin değişik kullanım amaçlarına uygun olarak korunması ve geliştirilmesi amacıyla, kirlilik durumu ile ilgili bilgiler güvenilir ve zamanında elde edilerek, bunların olumsuz etkileri önceden tahmin edilmeli ve aşağıda belirtilen önlemler ve önerilere dikkat edilmesi gerekir.

Dünyadaki su kaynakları gün geçtikçe azalmakta ve kirlenmektedir. Artan nüfusa bağlı olarak tarımsal üretim ihtiyacının artması ve kullanılan bu suyun da yeraltından çekilmesi yeraltı sularının geleceğini tehdit edeceği açıktır. Bunların göz önünde bulundurularak gerekli planlar yapılmalı ve bu planları uygulanmalıdır.

Tarımsal faaliyetlerde aşırı gübre kullanımı, uygun olmayan gübre seçimi ve gübreleme yöntemine bağlı olarak yüzey sularının ve yeraltı suyunun gübre elementleri ile kirletilmesi ve buna bağlı sağlık sorunları çevre üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Yüksek düzeyde azotlu gübre kullanılması sonucu topraktan yıkanmalarla, yeraltı sularında nitrat miktarı artabilmektedir. Tarım alanlarından akarsu ortamına karışan

drenaj sularındaki kalite standartlarının korunması amacıyla, öncelikle azotlu gübrelerin seçiminde daha az yıkanan amonyumlu gübrelerin seçilmesine dikkat edilmesi, pestisid kullanımında yıkanmayan ve kalıcı olmayan kimyasalların seçimine özen gösterilmesi, çiftçilerin bu konuda eğitilmesi gerekerek yağmurlama veya damlama sulama sistemine geçilmelidir. Bu nedenle gelecekte oluşacak olumsuz etkileri tespit etmek ve gerekli önlemleri almak amacıyla bilimsel ve teknik düzeylerdeki toplantılar daha fazla yapılmalı ve uluslararası işbirliği oluşturulmalıdır.

Her türlü endüstriyel atıkların çevre mevzuatına göre kontrolü yapılmalı ve kirlenmenin en aza indirilmesi amacıyla alıcı ortam standartlarına uygun atık deşarjını temin edebilecek arıtma tesisleri kurulmalıdır. Yerleşim yeri evsel ve diğer kaynaklı kirleticiler denetim altında tutulmalı, özellikle kentsel sıvı atıklar uygun arıtım tesislerinde yeterince temizlendikten sonra çevreye verilmelidir.

Batman ili kent merkezi zemininin genel olarak killi formasyona sahip ve killerdeki oturmaların uzun yıllar içinde ortaya çıkması nedeni ile yeraltı suyundan aşırı miktarda su çekilmesi devam ettiği sürece zemindeki oturmaları arttıracağı öngörülmektedir. Bu nedenle Batman'da yeraltı suyu kullanımına son verilmeli ve yüzeysel suların kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamındaki imkanlar kullanılarak sulama amaçlı baraj göllerindeki suların inşa edilecek yüzeysel ve yeraltı sulama tesisleri ile tarımsal sulamada kullanılması yaygın hale getirilmelidir. Eğer yeraltı suyu kullanımı zorunlu ise kontrollü bir şekilde kullanılmalıdır.

Halihazırda Batman ilinin enerji ihtiyacını gideren Batman Barajı sadece elektrik enerjisi ve yılın belli dönemleri sağladığı sulama işlevlerine bağlı kalmayıp ilin bütün içme ve sulama amaçlı su ihtiyaçlarını da karşılayacak şekilde değerlendirilmelidir. Ayrıca şehir merkezinin güneybatısındaki bölgede bulunan kaliteli ve içme suyuna elverişli Zilek kaynak suları kullanılmaya müsait olup yapılan çalışmalarda Batman kent merkezinin uzun yıllar içme suyu ihtiyacını karşılayacak kapasiteye sahiptir. Bu kaynaklardan içme suyu amaçlı faydalanmak için gerekli yatırımlar yapılmalıdır.

Dünyada sınırlı miktarda olan tatlı su kaynaklarının bilinçli kullanımına özen gösterilmelidir. Tatlı su kaynakları içerisinde önemli bir yer tutan yeraltı sularına

gereken hassasiyet gösterilmeli ve Türkiye'nin hızlı gelişen Batman ilinin en öncelikli ihtiyaçları arasında yer alan su kaynakları kirletilmemeli ve gereken değer verilmelidir.

6. KAYNAKLAR

Ahmed, A.A. 2009. Using generic and pesticide DRASTIC GISbased models for vulnerability assessment of the Quaternary aquifer at Sohag, Egypt. ***Hydrogeology Journal***, 17(5): 1203-1217.

Al-Adamat, R.A.N., Foster, I.D.L., Baban, S.M.J. 2003. Groundwater vulnerability and risk mapping for the basaltic aquifer of the Azraq Basin of Jordan using GIS, remote sensing and DRASTIC. ***Applied Geography***, 23(4): 303-324.

Albinet, M., Margat, J. 1970. Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des nappes d'eau souterraine Orleans, France. ***Bull BRGM 2^{me} Series***, 4: 13-22.

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., Hackett, G. 1987. DRASTIC: A Standardised System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency Report 600/2-87/035, Sayfa: 641, Ada, Oklahoma.

Alley, W.M., Healey, R.W., LaBaugh, J.W., Reilly, T.E. 2002. Flow and storage in groundwater systems. ***Science***, 296: 1985-1990.

Almasri, M.N. 2008. Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza Coastal aquifer, Palestine. ***Journal of Environmental Management***, 88(4): 577-593.

Ameur, M., Hamzaouni-Azaza, F., Gueddari, M. 2016. Nitrate contamination of Sminja aquifer groundwater in Zaghouan, northeast Tunisia: WQI and GIS assessments. ***Desalination and Water Treatment***, 57(50): 23698-23708.

Ardel, A. 1961. Güneydoğu Anadolu'da coğrafi müşahadeler. ***Türk Coğrafya Dergisi***, 21: 140-148.

Armstrong, M.P., Densham, P.J., Kemp, K. 1996. Report from the Specialist Meeting on Collaborative Spatial Decesion Making, Iniative 17. Santa Barbara, California. National Center for Geographic Information Analysis, University of California: Santa Barbara, CA.

Arumugam, K., Elangovan, K. 2009. Hydrochemical characteristics and groundwater quality assessment in Tirupur Region, Coimbatore District, Tamil Nadu, India. ***Environmental Geology***, 58(7): 1509-1520.

Atlı, A. 2010. Yer altı suyu (YAS) kirlenme potansiyelinin CBS tabanlı DRASTIC modeli kullanılarak belirlenmesi ve Erzin Ovası YAS hassasiyet haritalarının geliştirilmesi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 189.

Ayers, R.S., Branson, R.L. 1973. Nitrates In The Upper Santa Ana River Basin In Relation to Groundwater Pollution. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, Bulletin 861, Sayfa: 68, USA.

Bakır, S. 2010. Baskil (Elazığ) ve yakın çevresindeki tarım arazilerinde gübre kullanımının yeraltı ve yerüstü sularında oluşturduğu kirlilik. Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ. 72.

Barış, N. 2008. Tahtalı baraj havzasının hidrojeolojik incelenmesi ve yeraltı suyu kirlenebilirliğinin AHS - DRASTIC yöntemi ile değerlendirilmesi. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. 200.

Barkley, N.P. 1991. Extraction of mercury from groundwater using immobilized algae. ***Journal of the Air & Waste Management Association***, 41(10): 1387-1393.

Başkan, M.B., Atalay, N. 2014. İçme ve sulama sulama sularında bor kirliliği ve bor giderme yöntemleri. ***Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi***, 20(3): 78-84.

Batman İl Çevre Durum Raporu. 2013. 90 sa. Batman Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Batman. Erişim: [http://www.csb.gov.tr/ced/batman_icdr2013]. Erişim Tarihi: 01.06.2015.

Batman İl Çevre Durum Raporu. 2014. 100 sa. Batman Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Batman. Erişim: [http://www.csb.gov.tr/ced/batman_icdr2014]. Erişim Tarihi: 01.06.2015.

Batman İl Çevre Durum Raporu. 2015. 98 sa. Batman Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Batman. Erişim: [http://www.csb.gov.tr/ced/batman_icdr2015]. Erişim Tarihi: 01.06.2016.

Bayazıt, M. 2003. Hidroloji. Birsen Yayınevi, Sayfa: 210, İstanbul.

BİÖİ. 2015. Su Kalitesi Analiz Değerleri (2014-2015 Yıllarına ait Veriler), Batman İl Özel İdaresi, Batman.

Birkinshaw, S.J., Ewen, J. 2000. Nitrogen transformation component for SHETRAN catchment nitrate transport modelling. ***Journal of Hydrology***, 230(1-2): 1-17.

Bonham-Carter, G.F. 1996. Geographic Information Systems for Geoscientists, Volume 13: Modelling with GIS. Pergamon Press, Computer Methods in the Geosciences Series, Sayfa: 416, Oxford, U.K.

Buvaneshwari, S., Riotte, J., Sekhar, M., Kumar, M.S.M., Sharma, A.K., Duprey, J.L., Audry, S., Giriraja, P.R., Praveenkumarredy, Y., Moger, H., Durand, P., Braun, J.J., Ruiz, L.Groundwater resource vulnerability and spatial variability of nitrate contamination: insights from high density tubewell monitoring in a hard rock aquifer. ***Science of The Total Environment***, 579(1): 838-847.

Büyükdemirci, A.H. 2012. Groundwater vulnerability assessment with DRASTIC method: a case-study on Kırıkkale Plain, Turkey. M.Sc. thesis, Middle East Technical University Graduate School Of Natural and Applied Sciences, Ankara. 70.

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. ***Ecological Applications***, 8: 559–568.

Chandoul, I.R., Bouaziz, S., Dhia, H.B. 2015. Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC models in shallow aquifer of Gabes North (South East Tunisia). ***Arabian Journal of Geosciences***, 8(9): 7619-7629.

Chen, J., Taniguchi, M., Liu, G., Miyaoka, K., Onodera, S., Tokunaga, T., Fukushima, Y. 2007. Nitrate pollution of groundwater in the Yellow River delta, China. ***Hydrogeology Journal***, 15(8): 1605-1614.

Chen, J., Wu, H., Qian, H. 2016. Groundwater nitrate contamination and associated health risk for the rural communities in an agricultural area of Ningxia, Northwest China. ***Exposure and Health***, 8(3): 349-359.

Chettri, M., Smith, G.D. 1995. Nitrate pollution in groundwater in selected districts of Nepal. ***Hydrogeology Journal***, 3(1): 71-76.

Chiles, J., Delfiner, P. 1999. Geostatistics, Modeling Spatial Uncertainty (Wiley Series in Probability and Statistics), John Wiley & Sons, Sayfa: 695, USA.

Coppock, J.T., Rhind, D.W. 1991. The history of GIS. Editörler; Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W. Geographical Information Systems: Principles and Applications (Vol. 1). John Wiley & Sons, Sayfa: 1056, USA.

Çelik, R. 2007. Diyarbakır Ovası'nın yeraltı sularının incelenmesi ve coğrafik bilgi sistemi (CBS) ile modellenmesi. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ. 105.

Çelik, R. 2014. Assessment of Diyarbakır city centre groundwater quality and obtaining thematic maps with GIS technic. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology ICOEST, 14-17 May 2014, Antalya. S, 490-491.

Çelik, R. 2015. Temporal changes in the groundwater level in the Upper Tigris Basin, Turkey, determined by a GIS technique. ***Journal of African Earth Sciences***, 107: 134-143.

Çetin, N. 2005. Manisa Alaşehir Ovası yeraltı suyu kalitesi ve sulamada kullanılabilirliliği üzerinde bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa. 43.

Çobanoğlu, İ., Bozdağ. Ş., Kumsar, H., Çobanoğlu, D. 2006. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak Adana ili yerleşim alanının hidrojeolojik özellikleri ve su kalitesinin değerlendirilmesi. Bilgi Teknolojileri Kongresi IV. Akademik Bilişim Bildiriler Kitabı, 9-11 Şubat 2006, Denizli. S, 544-549.

Delgado, C., Pacheco, J., Cabrera, A., Batllori, E., Orellana, R., Bautista, F. 2010. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan, Mexico. ***Agricultural Water Management***, 97(10): 1423-1433.

Dixon, B., Uddameri, V. 2016. GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering. American Geophysical Union (1624) - Wiley, Sayfa: 568, USA.

Doerfliger, N., Jeannin, P.Y., Zwahlen, F. 1999. Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). ***Environmental Geology***, 39(2): 165-176.

Doğanlar, D.U. 2006. Effects of wastewater irrigation on groundwater quality. M.Sc. thesis, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir. 92.

Donigian, A.S., Imhoff, J.C., Ambrose Jr., R.B. 1995. Modeling watershed water quality. Editör; Singh, V.P. Environmental Hydrology. Kluwer Academic Publishers, Sayfa: 377-426, Dordrecht.

DSİ. 1984. Bursa Bölgesi Su Kaynakları Kirlilik Araştırması. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Proje Raporu, Sayfa: 166, Ankara.

DSİ. 2013. DSİ Faaliyet Raporu/2013 392 sa, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim: [http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2013-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2#page=74]. Erisim Tarihi: 13.02.2015.

El-Kadi, A. 1989. Watershed models and their applicability to conjunctive use management. ***Water Resources Bulletin***, 25(1): 125-137.

Erguvanlı, K., Yüzer, E. 1987. Yeraltısuları Jeolojisi (Hidrojeoloji). İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Yayın No:23, Sayfa:339, İstanbul.

Fallahzadeh, R.A., Almodaresi, S.A., Dashti, M.M., Sadeghnia, M., Taghavi, M., Eslami, H., Khosravi, R., Minaee, R.P., Fattahi, A. 2016. Zoning of nitrite and nitrate concentration in groundwater using Geografic Information System (GIS), case study: drinking water wells in Yazd city. ***Journal of Geoscience and Environment Protection***, 4(3): 91-96.

FAO-UNESCO. 1981. Soil Map of the World 1:5.000000 Volume V Europe. UNESCO, Sayfa: 199, Paris.

FAO. 1995. Digital Soil Map of the World and derived soil properties (Version 3.5). FAO, Sayfa: 1, Rome, Italy.

FAO. 2000. Fertilizers and Their Use – A Pocket Guide for Extension Officers. FAO and IFA, Sayfa: 70, Rome, Italy.

Foster, S.S.D., Crease, R.I. 1972. Nitrate pollution of chalk groundwater in East Yorkshire: a hydrogeological appraisal. Editör; Cole, J.A. Groundwater Pollution in Europe. Water Information Center, Sayfa: 269-271, Washington, USA.

Foster, S.S.D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Editörler; van Duijvenbooden, W., van Waegeningh, G. Vulnerability of Soils and Groundwater to Pollution. TNO Committee on Hydrological Research, Sayfa: 69-86, The Hague.

Foster, S.S.D., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., Paris, M. 2002. Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Utilities, Municipal Authorithies, and Environment Agencies. The World Bank, Sayfa: 103, Washington, D.C.

Freeze, R.A., Cherry. J.A. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Sayfa: 604, Englewood Cliffs, New Jersey.

Galka, A., Zarzynski, J., Kopec, M. 2005. Effect of different fertilization regimes on species composition and habitat in a long–term grassland experiment. ***Grassland Science in Europe***, 10: 132-135.

Garci'a-Soto, M.M.F., Camacho, E.M. 2006. Boron removal by means of adsorption with magnesium oxide. ***Separation and Purification Technology***, 48: 36-44.

Gogu, R., Dassargues, A. 2000. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods. ***Environmental Geology***, 39 (6): 549-559.

Gogu, R., Dassargues, A., Hallet, V. 2003. Comparison of aquifer vulnerability assessment techniques. Application to the Neblon river basin (Belgium). ***Environmental Geology***, 44(8): 881–892.

Groba, F., Hahn, J. 1972. Variations of groundwater chemistry by anthropogenic factors in northwest Germany. 24th International Geological Congress, 21-30 August 1972, Montreal. S, 270-281.

Gurdak, J.J. 2008. Ground-Water Vulnerability: Nonpoint-Source Contamination, Climate Variability, and the High Plains Aquifer. VDM Verlag Publishing, Sayfa: 223, Saarbrucken, Germany.

Göçmez, G., İşçioğlu, A. 2004. Konya kapalı havzasında yeraltısuyu seviye değişimleri. I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu, 23-24 Aralık 2004, Konya. S, 9-19.

Güler, Ç. 1997. Su Kalitesi. Çevra Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Sayfa:95, Ankara.

Güllüoğlu, M.S. 2006. Harran Ovası yeraltı suyu kalitesinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa. 221.

Gürsoy, B. 2009. Hidrojeolojik verilerin CBS ile irdelenmesi: Edremit Ovası örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 90.

Hamidi, N. 1994. Dicle Nehri Kirliliğinin Kaynaklar ve Değişimi Yönünden Matematiksel Modellerle Belirlenmesi. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ. 199.

Hammond, A.L. 1971. Mercury in the environment: natural and human factory. ***Science***, 171: 788-789.

Hasiniaina, F., Zhou, J., Guoyi, L. 2010. Regional assessment of groundwater vulnerability in Tamtsag basin, Mongolia using DRASTIC model. ***Journal of American Science***, 6(11): 65-78.

Heathwaite, A.L., Griffiths, P., Haygarth, P.M., Jarvis, S.C., Parkinson, R.J. 1997. Phosphorus loss from grassland soils: implications of land management for the quality of receiving waters. International Symposium on Freshwater Contamination, 23 April - 3 May 1997, Rabat, Morocco. S, 177-186.

Hejcman, M., Schbellberg, J. 2009. Fertilizer application on grassland - history, effects and scientific value of long-term experimentation. Editörler; Elsworth, L.R., Paley, W.O. Fertilizers: Properties, Applications and Effects. Nova Science Publishers, Sayfa: 83-106, New York.

Holden, A.V. 1973. Mercury in fish and shellfish: a rewiev. ***International Journal of Food Science & Technology***, 8(1): 1-25.

Hsin-Fu Y., Youg-Sin, C., Hung-I, L., Cheng-Haw, L. 2016. Mapping groundwater recharge potential zone using a GIS approach in Hualian River, Taiwan. ***Sustainable Environment Research***, 26(1): 33-43.

Ibrahim, M., Koch, B. 2015. Assessment and mapping of groundwater vulnerability using SAR concentrations and GIS: A case study in Al-Mafraq, Jordon. ***Journal of Water Resource and Protection***, 7(7): 498-506.

Isaaks, E.H., Srivastava, R.M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, Sayfa: 541, New York.

Jankowski, P., Nyerges, T.L., Smith, A., Moore, T., Horvath, E. 1997. Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decision making. ***International Joırnal of Geographical Information Science***, 11(6): 577-602.

Jankowski, P., Nyerges, T. 2001. GIS-supported collaborative decision making: results of an experiment. ***Annals of the Association of American Geographers***, 91(1): 48-70.

Jeihouni, M., Toomanian, A., Shahabi, M., Alavipanah, S.K. 2014. Groundwater quality assessment for drinking purposes using GIS modelling (case study: city of Tabriz). The 1st ISPRS International Conference on Geospatial Information Research, 15–17 November 2014, Tehran. S, 163-168.

Jha, M.K., Sebastian, J. 2005. Vulnerability study of pollution upon shallow groundwater using Drastic/GIS. 8th Annual International Conference and Exhibition in India, Map India, 7-9 February 2005, Geomatics, New Delhi.

Jha, M.K., Chowdhury, A., Chowdary, V.M., Peiffer, S. 2007. Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems: prospects and constraints. ***Water Resources Management***, 21(2): 427-467.

Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N. 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst, GIS by ESRI. ESRI, Sayfa: 300, USA.

Kaçaroğlu, F. 1991. Eskişehir Ovası yeraltısuyu kirliliği incelemesi. Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 340.

Katz, B.G., Chelette, A.R., Pratt, T.R. 2004. Use of chemical and isotropic to assess nitrate contamination and ground-water age, Woodville Karst Plain, USA. ***Journal of Hydrology***, 289(1-4): 36-61.

Keller, E.A. 2007. Introduction to Environmental Geology. Prentice Hall, Pearson Education Inc., Sayfa: 752, USA.

Krenkel, P.A. 1971. Report - international conference on environmental mercury contamination: 30 september-2 october, 1970 University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA. ***Water Research***, 5(11): 1121-1122.

Li, X., Masuda, H., Koba, K., Zeng, H. 2007. Nitrogen isotope study on nitrate-contaminated groundwater in the Sichuan Basin, China. ***Water, Air, and Soil Pollution***, 178(1-4): 145-156.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) 1961. Ankara. Türkiye. Erişim: [http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/index.php?id=jeoloji] Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2015.

Massam, B.H. 1988. Multi-criteria decision making (MCDM) techniques in planning. ***Progress in Planning***, 30: 1-84.

Mattas, C., Kazakis, N., Soulios, G. 2014. Groundwater vulnerability and risk assessment using DRASTIC Model in a GIS environment. A case study from the Gallikos River Basin, Northern Greece. 10th International Hydrogeological Congress of Greece, 8-10 October 2014, Thessaloniki. S, 457-466.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2016. Resmi İstatistikler (İllerimize Ait İstatistiki Veriler) Batman. Türkiye. Erişim: [http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BATMAN#sfB]. Erişim Tarihi: 13.04.2016.

Muhammetoğlu, H., Muhammetoğlu, A., Soyupak, S. 2002. Vulnerability of groundwater to pollution from agricultural diffuse sources: acase study. ***Water Science and Technology***, 45(9): 1-7.

Munsuz, N., Ünver, İ. 1995. Su Kalitesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1389, Ders Kitabı: 403, Sayfa: 335, Ankara.

Muslu, Y. 2004. Su ve Atıksu Mühendisliği Cilt 2: Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Su Vakfı Yayınları, Sayfa: 342, İstanbul.

Nas, B., Berktay, A. 2006. Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya, (Turkey): A GIS perspective. ***Journal of Environmental Management***, 79(1): 30–37.

National Research Council (NRC). 1993. Ground Water Vulnerability Assessment: Predicting Relative Contamination Potential Under Conditions of Uncertainty. The National Academy Press, Sayfa: 224, Washington, DC.

National Research Council (NRC). 2000. Clean Coastal Waters: Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution. The National Academy Press, Sayfa: 300, Washington, DC.

Nightingale, H.I. 1970. Statistical evaluation of salinity and nitrate content and trends beneath urban and agricultural areas. ***Ground Water***, 8(1): 22-28.

Nyerges, T.L., Mark, D.M., Laurini, R., Egenhofer, M.J. 1995. Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems. Kluwer Academic Publishers, Sayfa: 435, Dordrecht.

Oikonomidis, D., Dimogianni, S., Kazakis, N., Voudouris, K. 2015. A GIS/Remote Sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece. ***Journal of Hydrology***, 525: 197-208.

Ojo, J.S., Olorunfemi, M.O., Akintorinwa, O.J., Bayode, S., Omosuyi, G.O., Akinluyi, F.O. 2015. GIS ıntegrated geomorphological, geological and geoelectrical assessment of the groundwater potential of akure metropolis, southwest Nigeria. ***Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering***, 5(14): 85-101.

Özbilge, T. 2008. Misli Ovası (Niğde) Yeraltı sularının hidrojeokimyasal ve çevresel izotopik bileşiminin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 97.

Özkul, S., Onuşluel, G., Harmancıoğlu, N. 2001. Su kaynaklarinin yönetimi ve karar vermede bilgisayar modellerinin kullanımı. III. Ulusal Hidroloji Kongresi, 27-29 Haziran 2001, İzmir. S, 311-322.

Sağnak, C., Tamgaç, S. 2004. Yeraltısularında formasyondan kaynaklanan kirlilik ve Konya-Çumra-Karapınar Ovası Arc GIS 9.0 uygulaması. I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu, 23-24 Aralık 2004, Konya. S, 63-73.

Pirnia, S.A. 2012. A Groundwater Vulnerability Assessment Method Using GIS and Multivariate Statistics - Gotland, Sweden. TRITA LWR Degree Project 12:12, Sayfa: 31, Sweden.

Rahman, A. 2008. A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India. ***Applied Geography***, 28(1): 32-53.

Rahmati, O., Pourghasemi, H.R., Melesse, A.M. 2016. Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: A case study at Mehran Region, Iran. ***Catena***, 137: 360–372.

Rine, J.M., Shafer, J.M., Covington, E., Berg, R. 2003. GIS mappıng of geologic sensitivity and groundwater flow to model aquifer vulnerability at the marine corps air station beaufort, sc earth sciences and resources institute, univ of south carolina, columbia, sc 29208, jrine@esri.sc.edu. Seattle Annual Meeting (November 2-5, 2003), Paper No: 32-7.

Rosenstock, T.S., Liptzin, D., Dzurella, K., Fryjoff-Hung, A., Hollander, A., Jensen, V., King, A., Kourakos, G., McNally, A., Pettygrove, G.S., Quinn, J., Viers, J. Q., Tomich, T. P., Harter, T. 2014. Agriculture's contribution to nitrate contamination of Californian groundwater (1945-2005). ***Journal of Environmental Quality***, 43(3): 895-906.

Sağnak, C., Tamgaç, S. 2004. Yeraltısularında formasyondan kaynaklanan kirlilik ve Konya-Çumra-Karapınar Ovası Arc GIS 9.0 uygulaması. I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu, 23-24 Aralık 2004, Konya. S, 63-73.

Saliternik, C. 1972. Groundwater pollution by nitrogen compounds. 6th International Conference Water Pollution Research, Jerusalem.

Sener, E., Sener, S., Davraz, A. 2009. Assessment of aquifer vulnerability based on GIS and DRASTIC methods: a case study of the Senirkent-Uluborlu Basin (Isparta, Turkey) ***Hydrogeology Journal***, 17(8): 2023–2035.

Sharpley, A.N. 2002. Introduction: agriculture as a potential source of water pollution. Editörler; Haygarth, P.M., Jarvis, S.C. Agriculture, Hydrology and Water Quality. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI), Sayfa: 416, USA.

Shekhar, S., Pandey, A.C., Tirkey, A.S. 2015. A GIS-based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in hard rock granitic aquifer. ***Arabian Journal of Geosciences***, 8: 1385-1401.

Sims, J.T., Simard, R.R., Joern, B.C. 1998. Phosphorus losses on agricultural drainage: Historical perspectives and current research. ***Journal of Environmental Quality***, 27: 277-293.

Singh, V.P., Fiorentino, M. 1996. Geographical Information Systems in Hydrology (Water Science and Technology). Springer, Sayfa: 446, Berlin, Germany.

Stempvoort, D.V., Ewert, L., Wassenaar, L. 1993. Aquifer vulnerability index: AGIS-compatible method for groundwater vulnerability mapping. ***Canadian Water Resources Journal***, 18(1): 25-37.

Su, X., Wang, H., Zhang, Y. 2013. Health risk assessment of nitrate contamination in groundwater: A case study of an agricultural area in Northeast China, ***Water Resource Management***, 27(8): 3025-3034.

Subramani, T., Elango, L., Damodarasamy, S.R. 2005. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India. ***Environmental Geology***, 47(8): 1099–1110.

Subramani, T., Krishnamurthi, P. 2014. Geostatical modelling for ground water pollution in Salem by using Gis. ***International Journal of Engineering Research and Applications***, 4(6): 165-172.

Sungur, T. 1973. Bitkisel besinlerimizde civa rezidüleri konusunda bir araştırma. ***Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası***, 26(1): 117-128.

Sunkar, M., Tonbul, S. 2012. İluh deresi (Batman) havzası'nın jeomorfolojisi. ***İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi***, 24: 38-60.

Şanlı, Y. 1976. Su ürünlerinin civa ile kirlenmesi ve ortaya çıkan sağlık sorunları. ***Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi***, 23(1-2): 186-200.

Şen, Z. 2003. Yeraltı Suyu (Hidrojeoloji). Su Vakfı Yayınları, Sayfa: 197, İstanbul.

Şener, E. 2011. Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı akifer kirlenebilirlik haritalarının çok kriterli karar verme analizleri kullanılarak hazırlanması: Eğirdir Gölü havzası örneği. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. 131.

Todd, D.K. 1980. Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons, Sayfa: 535, New York.

TSE. 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS266, Sayfa: 3, Ankara.

Turner, A.K. 1991. Three-dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems. Kluwer Academic Publishers, Sayfa: 443, Dordrecht, The Netherlands.

Türkay, Z. 2015. Köyceğiz-dalyan havzasının yeraltı suyu kirlenme potansiyelinin DRASTIC yöntemi kullanılarak belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 95.

Uğurluoğlu, A. 2013. Seydisuyu Havzası yeraltı su kalitesinin ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir. 160.

USEPA. 2006. National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water, EPA, 822-Z-99-001, USA.

Uslu, O., Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, No:1, Sayfa: 384, İzmir.

Wen, X., Wu, J., Si, J. 2009. A GIS-based DRASTIC model for assessing shallow groundwater vulnerability in the Zhangye Basin, northwestern China. ***Environmental Geology***, 57(6): 1435–1442.

WHO. 2011. The Guidelines for Drinking-water Quality, WHO Press, Sayfa: 541, Switzerland.

Wick, K., Heumesser, C., Schmid, E. 2012. Groundwater nitrate contamiantion: factors and indicators, ***Journal of Environmental Management***, 111: 178-186.

Witkowski, A.J., Kowalczyk, A., Vrba, J. 2007. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping. Taylor & Francis Group, Sayfa: 260, London, U.K.

Wood, J.M. 1971. Environmental pollution by mercury. ***Advances in Environmental Science and Technology***, 2: 39-56.

Yetiş, A.D. 2013. Ceylanpınar Ovası yeraltı suyu kalitesinin ve kirlenme potansiyelinin belirlenmesi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 137.

Yıldırım, M., Gökaşan, E. 2013. Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Ders Kitabı, Sayfa: 595, İstanbul.

Yüksel, S., Yürüm, Y. 2010. Removal of boron from aqueous solutions by adsorption using fly ash, zeolite, and demineralized lignite. ***Separation Science and Terchnology***, 45: 105-115.

Zektser, I.S., Belousova, A.P., Dudov, V.Y. 1995. Regional assessment and mapping of groundwater vulnerability to contamination. ***Environmental Geology***, 25: 225-231.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2008 yılında tamamladı ve aynı yıl Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2012 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak aynı enstitüde doktora eğitimine başladı. 2011 yılından itibaren Batman Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

Veysel S. YAVUZ

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Veysel Süleyman YAVUZ
ÖĞRENCİ NO	12806505
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2016-2017
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği
PROGRAM	DOKTORA
TEZ KONUSU	Batman Ovası'nın Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Modellenmesi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	107
BENZERLİK ORANI	% 10
RAPORLAMA TARİHİ	28/07/ 2017

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 107 sayfalık kısmına ilişkin, 28/07/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

☒ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☒ Kaynakça hariç
☒ Alıntılar dâhil
☒ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Veysel Süleyman YAVUZ

31../07/2017

Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ
Tez Danışmanı

31../07/2017

Doç. Dr. Halil GÖRGÜN
Anabilim Dalı Başkanı