

**T. C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**YERALTISUYU KİMYASAL DURUMUNUN VE
KİRLİLİK EĞİLİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

HAZIRLAYAN: Özge YILDIRIM

ANKARA, 2015

**T. C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**YERALTISUYU KİMYASAL DURUMUNUN VE
KİRLİLİK EĞİLİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

HAZIRLAYAN: Özge YILDIRIM

TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ

ANKARA, 2015

T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ÖZGE YILDIRIM

**YERALTISUYU KİMYASAL DURUMUNUN VE
KİRLİLİK EĞİLİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MEHMET EKMEKÇİ

BU TEZ ORMAN VE SU İŞLERİ UZMAN YÖNETMELİĞİ GEREĞİ
HAZIRLANMIŞ OLUP JÜRİMİZ TARAFINDAN UZMANLIK TEZİ
OLARAK KABUL EDİLMİŞTİR.

TEZ JÜRİSİ BAŞKANI: PROF.DR. CUMALİ KINACI

ÜYE: HÜSEYİN AKBAŞ

ÜYE: BİLAL DİKMEN

ÜYE: MARUF ARAS

ÜYE: TANER KİMENÇE

ANKARA, 2015

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sürecinde değerli görüş ve yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ'ye,

Çalışmalarımı gerçekleştirdiğim süre boyunca katkılarıyla, fikirleriyle ve destekleriyle yanımda olan çalışma arkadaşlarıma; özellikle Bahar Ayşe AYDIN'a, görüşleri ve yardımlarıyla bana destek olan Amirlerime,

Desteklerini her daim hissettiğim Sevgili Ailem ve Sevgili Eşim Yunus Emre YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

Özge YILDIRIM

Temmuz 2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Gerekçe	1
1.2. Amaç ve Kapsam	2
2. AB DİREKTİFLERİNDE YERALTISULARI	4
2.1. Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC).....	4
2.2. Yeraltısuları Direktifi (2006/118/EC)	8
2.3. Yeraltısuyu Durum ve Eğilim Değerlendirme Kılavuzu (OUS 18, 2009)	10
2.4. İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor (OUS TR 1, 2001)	12
3. YERALTISULARININ DURUMU, EŞİK DEĞERLER VE EĞİLİM DEĞERLENDİRMELERİNE GENEL BAKIŞ.....	14
3.1. Yeraltısuyu Durumu: Tanım ve Değerlendirme	14
3.1.1. Nitel Durum	17
3.1.2. Nicel Durum	18
3.2. Eşik Değerlerin Belirlenmesinde Yaşanan Sorunlar ve Genel Yaklaşımlar	21
3.3. Eğilim Belirleme: Gerekçe ve Genel Yaklaşımlar	28
4. YERALTISULARININ DURUMUNUN BELİRLENMESİ VE EĞİLİM DEĞERLENDİRMELERİNDE KAVRAMSAL MODELLER.....	32
4.1. Kavramsal Modelin Tanımı	32
4.2. Kavramsal Hidrojeolojik Modelin Gerekliliği	33
4.3. Kavramsal Hidrojeolojik Model Oluşturma Aşamaları.....	37
4.4. Örnek Kavramsal Hidrojeolojik Modeller	39
5. YERALTISUYU KÜTLELERİNDE EŞİK DEĞER BELİRLEME VE DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI	46
5.1. Eşik Değerlerin Kavramsal Model Temelinde Belirlenmesi: Etkileşen Sistemler Açısından Değerlendirme	46

5.2. Yeraltısuyu Kütlesinin Mevcut ve Gelecekteki Muhtemel Kullanımı Açısından Değerlendirme	49
5.3. Kirlletici Türü Açısından Değerlendirme	50
5.4. Hidrojeolojik-Hidrojeokimyasal Açidan Değerlendirme: Doğal Kirlilik Durumunun Analizi	52
6. YERALTISUYU KÜTLELERİNDE DURUM BELİRLEME VE DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI	56
6.1. Genel Yaklaşım	56
6.1.1. Yeraltısuyu Durumunun Kavramsal Model Temelinde Belirlenmesi	56
6.1.2. Yeraltısuyu Durumunun Belirlenmesinde Kullanılan Hiyerarşik Sınıflama	57
6.1.3. Yeraltısuyu Durumu ve Risk Değerlendirmeleri	59
6.2. Nitel (Kimyasal) Durum	60
6.2.1. Yeraltısuları Kimyasal Durumunu Değerlendirme Yöntemi ve Sınıflandırma Testleri.....	61
6.2.2. Genel Kimyasal Durumunun Değerlendirilmesi Testi	64
6.2.3. Tuzluluk ve Giriş Etkilerinin Değerlendirilmesi Testi	66
6.2.4. Yerüstü Suyu Kimyası ve Ekolojisinin Değerlendirilmesi Testi.....	68
6.2.5. Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerle Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi.....	69
6.2.6. İçme Suyu Koruma Alanları ile Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi70	
6.3. Nicel (Miktar) Durum.....	71
6.3.1. Nicel Durum Değerlendirme Ögeleri ve Durum Sınıflaması	72
6.3.2. Yeraltısuyu Bütçesinin Belirlenmesi (Su Dengesi) Testi	73
6.3.3. Yerüstü Suları ile Etkileşimin Değerlendirilmesi Testi	75
6.3.4. Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerle Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi.....	76
6.3.5. Tuzluluk ve Giriş Etkilerinin Değerlendirilmesi Testi	77
7. RİSK ALTINDAKİ YERALTISUYU KÜTLELERİNDE EĞİLİM BELİRLEME VE DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI.....	79
7.1. Risk Altındaki Yeraltısuyu Kütlelerinin Tanımlanması	79
7.2. Eğilim Kavramı, Tanımı ve SÇD Açısından Önemi	80
7.3. Eğilim Analiz Yöntemleri: Gözlem, Veri ve Analiz	82
7.3.1. Gözlem ve Veri	82
7.3.2. Analiz.....	85
7.4. Eğilim Belirlemede Parametre Yaklaşımları.....	89
7.5. Önemli ve Devamlı Artan Eğilim Göstergeleri ve Değerlendirme	92
7.6. Artan Eğilimin Durdurulması ve/veya Tersine Çevrilmesi.....	95
8. AVRUPA ÜLKELERİNDEN UYGULAMALAR (OUS 18, 2009)	96

8.1. Almanya	96
8.2. Hollanda.....	97
8.2.1. Eşik Değerlerin Üst Sınırlarının Düzenlenmesi.....	99
8.2.2. Arka Plan Seviyesi.....	101
8.3. Romanya	103
8.4. Karstik Ortamlar İçin Uygulama Örneği	105
8.4.1. Jeolojik Etki Nedeniyle Sülfat Açısından Zengin Olan Ve Akış Halindeki Yeraltısularının Özellikleri	106
8.4.2. Yerüstü Suları Üzerindeki Etki	107
8.4.3. Durgun Yeraltısuyu Akiferleri Üzerindeki Etki.....	108
8.4.4. Kazanılan Deneyimler – Sonuçlar – Öneriler.....	109
9. PİLOT HAVZA UYGULAMALARI.....	110
9.1. İspanya Su Kütlesi Örneği.....	110
9.1.1. Havzanın Tanıtılması.....	110
9.1.2. İklim	111
9.1.3. Arazi Kullanımı ve Baskılar.....	113
9.1.4. Jeolojik Yapı.....	113
9.1.5. Eğilim Analizi	114
9.2. Büyük Menderes Havzası Örneği.....	116
9.2.1. Havzanın Tanıtılması.....	116
9.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	117
9.2.3. Havzadaki Baskılar.....	120
9.2.4. Jeolojik Yapı.....	121
9.2.5. Eğilim Analizi	123
9.2.5.1. Dinar Karakuyu Çapalı Kaynağı.....	124
9.2.5.2. Kaklık Kuyu	133
10.ÖNERİLER VE DEĞERLENDİRME	139
11.SONUÇLAR.....	143
KAYNAKLAR	144
EKLER	148
EK 1. EK AÇIKLAMALAR: Yeraltısularına Bağımlı Karasal Ekosistemler (OUS TR 6)	148
EK 2. Yeraltısuyu Sistemlerinin Kavramsal Modelinin Oluşturulmasında İzlenecek Yöntem (ASTM D5979-96).....	152
ÖZGEÇMİŞ.....	159

KISALTMALAR

SÇD	:	Su Çerçeve Direktifi
YSD	:	Yeraltısuları Direktifi
AB	:	Avrupa Birliği
YSKS	:	Yeraltısuyu Kalite Standardı
ÇKS	:	Çevresel Kalite Standartları
OUS	:	Ortak Uygulama Stratejisi
YSBKE	:	Yeraltısularına Bağımlı Karasal Ekosistem
ED	:	Eşik Değer
DAS	:	Doğal Arka Plan Seviyesi
YSK	:	Yeraltısuyu Kütlesi
NHYP	:	Nehir Havzası Yönetim Planı
EC	:	Elektriksel İletkenlik
TDS	:	Toplam Çözünmüş Katı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No:

Çizelge 1. Yeraltısuyu Çekimi En Fazla Olan 13 Ülke (NGA, 2015)	15
Çizelge 2. YSD’de Kalite Standardı Belirlenmiş Kirleticiler	22
Çizelge 3. Eşik Değerler Belirlenirken Dikkate Alınması Gereken Asgari Parametre Listesi 23	
Çizelge 4. Temel Kirleticiler Listesi.....	23
Çizelge 5. Farklı Ölçeklere Göre Üye Devletler Tarafından Belirlenen ED Sayıları.....	46
Çizelge 6. Üye Devletlerin ED Belirleme Ölçekleri.....	47
Çizelge 7. Kabul Edilebilir Örnek Alma Periyotları (En Az Sayıda Örnekleme)	86
Çizelge 8. Farklı Ülkede YSK Bazında Analiz Edilen Parametreler.....	91
Çizelge 9. Üye Devletlerin Uyguladığı Kümeleme Yöntemleri	93
Çizelge 10. Verilerin Eğilimlerine Bağlı Olarak Seçilebilecek Yöntemler	94
Çizelge 11. İstatistiksel Yöntemlerin Eğilim Çeşitlerine Göre Değerlendirilmesi	94
Çizelge 12. Romanya Örnek Kütlede Belirlenen DAS ve ED’ler	105
Çizelge 13. Karstik Bölgeden Örnekleme Sonuçları	106
Çizelge 14. Karstik Bölge Dışında Örnekleme Sonuçları	107
Çizelge 15. Karstik Akiferler İçin Litertür Sonuçları (Almanya).....	107
Çizelge 16. Alçı Taşının Seyrelmesi İle İletkenlikte Gözlenen Değişim	108
Çizelge 17. Havza İle İlgili Temel Veriler (Grontmij, 2004).	117
Çizelge 18. Büyük Menderes Havzası’nda İmalat Sanayi Kolları (TÜBİTAK MAM, 2010). .	120
Çizelge 19. Seçilen Kuyu Mevkii ve Koordinatları	123
Çizelge 20. 1994-2012 Yılları Arasındaki Bor Derişimleri.....	124
Çizelge 21. 1994-2012 Yılları Arasındaki Nitrat Azotu Derişimleri.....	127
Çizelge 22. 2002-2007 Yılları Arası Elektriksel İletkenlik Verileri.....	129
Çizelge 23. 2002-2007 Yılları Arası TDS Verileri.....	130
Çizelge 24. 1993-1994 Yılları Arası Kalsiyum İyonu Derişimleri.....	131
Çizelge 25. 2002-2007 Yılları Arası pH Değerleri.....	132
Çizelge 26. 1998-2004 Yılları Arasındaki Bor Derişimleri.....	133
Çizelge 27. 1998-2004 Yılları Arasında Nitrat Azotu İyonu Derişimleri.....	134
Çizelge 28. 1996-2004 Yılları Arasında Elektriksel İletkenlik Verileri	135
Çizelge 29. 1996-2004 Yılları Arası TDS Verileri.....	136

Çizelge 30. 1995-2004 Yılları Arası Kalsiyum İyonu Derişimleri.....	137
Çizelge 31. 1995-2004 Yılları Arası pH Değerleri.....	138

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1. SÇD'nin Yeraltısularına Yönelik Temel Hedefleri	6
Şekil 2. Havza Ölçeğinde Hidrolojik Çevrim (Ekmekçi, 2013)	19
Şekil 3. Hidrolojik döngünün kavramsal gösterimi (Ekmekçi, 2013)	19
Şekil 4. Eşik Değer Belirleme Akış Şeması (OUS 18, 2009).....	26
Şekil 5. SÇD'ye Göre İzleme Türleri ve Yeraltısuyunun İzlenmesindeki Yerleri	29
Şekil 6. İstatiksel Yöntemlerin Seçiminde Temel Şartlar.....	30
Şekil 7. Kavramsal Model Oluşturma Süreci (OUS 7, 2003).....	32
Şekil 8. Sığ Yeraltısuyu Sistemine Sahip Serbest Akiferlerde Yerüstü Suyu İle Etkileşim (İgrac, 2008).....	35
Şekil 9. Derin Su Tablasına Sahip Sistemde Yerüstü Suyunun Yeraltısuyunu Beslemesi (İgrac, 2008).....	36
Şekil 10. Yerüstü Suyunun Doygun Olmayan Akiferi Beslemesi (İgrac, 2008).	36
Şekil 11. Çok Değişkenli Bir Kavramsal Modelin Şematik Kesiti (İgrac, 2008).	38
Şekil 12. Kavramsal Model Oluşturma Aşamaları	39
Şekil 13. Hollanda'dan Bir Kavramsal Model Örneği (Lieste vd., 2008)	40
Şekil 14. Albegna Nehri Kıyı Ovasının Çoklu Akifer Sisteminin Şematik Kesiti	41
Şekil 15. Sri Lanka'da Bir Sulak Alan İçin Oluşturulmuş Kavramsal Model	42
Şekil 16. Hamamayağı Kaplıca Alanı İçin Kavramsal Hidrotermal Model	43
Şekil 17. Develi Kapalı Havzasındaki Su Akışını Modelleyen Kavramsal Model	44
Şekil 18. A-A' Jeolojik Kesiti ve Öngörülen Kavramsal Yerüstü-Yeraltısuyu Akım Modeli	44
Şekil 19. Yukarı Fırat-Kırgöze Alt Havzası Jeoloji Haritası	45
Şekil 20. AB Üye Devletleri Tarafından ED Belirlenen Kimyasalların Dağılımı	50
Şekil 21. Üye Devletleri Belirlemiş Oldukları ED'lerin Parametre Gruplarına Göre Dağılımı	51

Şekil 22. Eşik Değerler Oluşturulurken Karşılaşılan Durumlar	53
Şekil 23. Yeraltısuyu Durumunu Değerlendirme Amaçlı Testlerin Genel Yöntemi	58
Şekil 24. YSK'nın Genel Kimyasal Durumunun Değerlendirilmesi	59
Şekil 25. Risk Değerlendirme ve Durum Değerlendirme Performansının Kıyaslanması	60
Şekil 26. YSK'nın Genel Kimyasal Durumunun Bütün Olarak Değerlendirilmesi	65
Şekil 27. Farklı Giriş Tipleri	66
Şekil 28. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Tuzluluk Testi	67
Şekil 29. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yerüstü Suyu Kimyası ve Ekolojisinin Değerlendirilmesi Testi	68
Şekil 30. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerle Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi	69
Şekil 31. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek İçme Suyu Koruma Alanları ile Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi	71
Şekil 32. Aşamalı Risk Değerlendirmesi Yaklaşımı	79
Şekil 33. Risk Analizinin Anahtar Bileşenleri (OUS TR 2, 2004)	83
Şekil 34. Farklı Eğilim Çeşitlerinin Grafik Gösterimi (Chapman vd, 1996)	87
Şekil 35. Romanya'da İlgili Çalışmada Veri Tabanına Aktarılan Parametreler	104
Şekil 36. Jucar Nehir Havzası Su Yönetim Sistemi	111
Şekil 37. Farklı YSK'larda Gözlemlenen Yıllık Ortalama Yağışlar	111
Şekil 38. Farklı YSK'ların Yıllık Hava Sıcaklığı Ortalamaları	112
Şekil 39. Yıllık Ortalama Sıcaklık Verileriyle Yıllık Ortalama Yağış Verilerinin Karşılaştırması	112
Şekil 40. YSK'ların arazi kullanımı seviyeleri	113
Şekil 41. ES0812'nin Jeolojik Kesiti	113
Şekil 42. ES0812'deki Nitrat Ölçüm İstasyonları	114

Şekil 43. Nitrat Ortalamalarının Yıllara Göre Dağılımı	114
Şekil 44. Nitrat Sonuçlarının Doğrusal Regresyon ile Eğilim Analizi (kırılma eşliğinde)	115
Şekil 45. Nitrat Sonuçlarının Güven Aralığında Doğrusallaştırılması	115
Şekil 46. Büyük Menderes Havzasının Türkiye Haritasındaki Yeri Ve Yerüstü Kaynakları Haritası (Grontmij, 2004).....	116
Şekil 47. Büyük Menderes Havzası'ndaki Aylık Ortalama Sıcaklıklar (1975-2009)	118
Şekil 48. Büyük Menderes Havzası Yıllık Ortalama Sıcaklık Dağılımı (1971-2000).....	118
Şekil 49. Büyük Menderes Havzası Aylık Toplam Yağış Ortalaması (1975-2009)	119
Şekil 50. Havzadaki Arazi Kullanımı	119
Şekil 51. Büyük Menderes Havzası Jeoloji Haritası (Grontmij, 2004).	121
Şekil 52. Büyük Menderes Havzasındaki Akiferlerin Konumları (Yiğitler, 2015).....	122
Şekil 53. Havzadaki 2010 yılı Toplam Su Rezervi Dağılımı (TÜBİTAK MAM, 2010).	122
Şekil 55. 2001-2012 Yılları Arasında Bor Eğilimi	125
Şekil 56. 2001-2004 Yılları Arasında Bor Eğilimi	125
Şekil 57. 2009-2012 Yılları Arasında Bor Eğilimi	126
Şekil 58. 2001-2007 Yılları Arasında Nitrat Azotu Eğilimi	128
Şekil 59. 1994-2007 Yılları Arasında Nitrat Azotu Eğilimi	128
Şekil 60. 2002-2007 Yılları Arası Elektriksel İletkenlik Eğilimi	129
Şekil 61. 2002-2007 Yılları Arası Toplam Çözünmüş Katı Eğilimi	130
Şekil 62. 1993-1994 Yılları Arası Kalsiyum İyonu Eğilimi	132
Şekil 63. 2002-2007 Yılları Arası pH Eğilimi	133
Şekil 64. 1998-2004 Yılları Arasında Bor Eğilimi	134
Şekil 65. 1998-2004 Yılları Arasında Nitrat Azotu Eğilimi	135
Şekil 66. 1996-2004 Yılları Arasında EC Eğilimi	136
Şekil 67. 1996-2004 Yılları Arası Toplam Çözünmüş Katı Eğilimi	136
Şekil 68. 1995-2004 Yılları Arasında Kalsiyum Eğilimi.....	137
Şekil 69. 1995-2004 Yılları Arasında pH Eğilimi	138
Şekil 70. Doygunluk Bölgesinden Tek Bir Noktadan (Kaynak) ya da Kırıklı Bölgeden (Sızıntı) Tahliye	148
Şekil 71. Doygun katmandan yeraltısuyu boşalımı ile geçirimsiz katmanda birikim	149

Şekil 72. Doygun Katmandan Yeraltısuyu Boşalımı	149
Şekil 73. Doygun Katmandan (Kaya-toprak) Yeraltısuyu Boşalımı ve Mevsimsel Göl Oluşumu	150

SEMBOL LİSTESİ

m³	: Metreküp
km²	: Kilometrekare
%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
mg/L	: Miligram/Litre
µg/L	: Mikrogram/Litre
µS/cm	: Elektriksel İletkenlik
Cl	: Klor
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
Na	: Sodyum
NH₄⁺	: Amonyum
NO₃-N	: Nitrat Azotu
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
FeS₂	: Pirit
pH	: Hidrojen Gücü
B	: Bor

YERALTISUYU KİMYASAL DURUMUNUN VE KİRLİLİK EĞİLİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, yeraltısularının kimyasal durumunun değerlendirilmesi sürecinin örneklendirilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda söz konusu aşamalar ayrıntılı bir şekilde ele alınarak, AB Direktiflerinde yeraltısularına yönelik oluşturulan yöntemler incelenmiştir. Kavramsal model, yeraltısuyu kalite standartları, yeraltısuyu eşik değerleri kavramları ve AB üye ülkelerinin yaklaşımlarına yer verilmiştir. Ülkemiz için öneriler sunulmuştur. Yeraltısuyu durumunun belirlenmesinde kullanmak amacıyla test yöntemleri oluşturulmuş, yeraltısuyu kirlilik eğilimlerin belirlenmesi konularında AB üye ülkelerinin yaklaşımları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmalara ilaveten İspanya’da gerçekleştirilen yeraltısuyu eğilim analizi çalışması incelenmiş, elde edilen bilgiler ışığında Büyük Menderes Havzası’nda iki istasyonda eğilim analizi çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında ayrıca kavramsal model oluşturulmasında önemli bir aşama olan yeraltısularına bağımlı karasal ekosistemlerle ilgili olarak ayrıntı bilgileri sunulmuştur. İncelenen ASTM D5979-96 standardı kapsamında “Yeraltısuyu Sistemlerinin Kavramsal Modelinin Oluşturulmasında İzlenecek Yöntem” oluşturulmuştur. Yeraltısuyu kimyasal durum ve eğiliminin belirlenmesi süreçlerinin bir arada verildiği, ülkemiz için önemli bir rehber kaynak hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yeraltısuları, Kavramsal Model, Durum, Eğilim, Yöntem, Su Çerçeve Direktifi

THE EVALUATION OF GROUNDWATERS CHEMICAL STATUS AND POLLUTION TRENDS

ABSTRACT

In this study, the process of assessment of the chemical status of groundwater is aimed to be illustrated. In this context, by considering these steps in detail, the methods established in EU Directive for groundwater has been investigated. Conceptual models, groundwater quality standards, groundwater threshold values and approaches of the EU member states have been mentioned and suggestions for our country have been presented. Test methods that use for determining the groundwater status have been created, EU member states approaches about identifying the trends of groundwater pollution have been examined and evaluated. In addition to these studies, groundwater trend analysis that carried out in Spain has been investigated, in the light of information obtained through these studies, case studies of trend analysis have been carried out in two stations in the Büyük Menderes River Basin.

Also, in the concept of the study, detailed information regarding the terrestrial ecosystems that is dependent on groundwaters and an important step for the creation of conceptual model has been presented to the reader. In the scope of examined ASTM D5979-96 standard, “The method to be followed for the establishment of Conceptual Model of Groundwater Systems” has been established. An important guidance document including both status assessment and trend analysis processes for groundwater has been prepared for our country.

Key Words: Groundwaters, Conceptual Model, Status, Trend, Methodology, Water Framework Directive

YÖNETİCİ ÖZETİ

İnsanoğlunun suya duyduğu gereksinim ilk çağlardan günümüze artan bir eğilim göstermektedir. Bu nedenle insanoğlunun en çok ihtiyaç duyduğu su kaynağı olan yeraltısuları, insan etkinliklerinden etkilenen ve en çok korunması gereken gizli kaynaklardır. Yeraltısularının karşı karşıya olduğu tehlikelerin önlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar belirli disiplinlerin bir arada kullanılması gereğini doğurmuştur. Jeoloji ve hidrojeoloji bilimi onu anlamamıza, ekoloji bilimi ekosistemlerle ilişkilerinin ortaya konmasına, kimya bilimi içindeki bileşenleri görmemize olanak sağlarken istatistik bilimi de onu yorumlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu disiplinlerin eşliğinde sistemli bir şekilde yürütülen çalışmalarla yeraltısularını anlamak ve anlamlandırmak kolaylaşmaktadır. Bu sistemli yaklaşım birçok stratejik belgede, standartta ve direktifte hayat bulmuştur. Su ortamlarının ve su kalitesinin korunması hedeflerine yönelik bütüncül bir direktif olan Su Çerçeve Direktifi'nin bu belgeler arasında önemli bir yeri vardır.

Tezin ilk bölümünde gerekçe ve kapsama değinilerek yeraltısularının önemine ve tezin gerekliliklerine yönelik bilgi verilmiştir. Tezin amacı, AB Su Çerçeve Direktifi ve ilgili dokümanlar ışığında, yeraltı sularının kimyasal durumunun değerlendirilmesi aşamalarının, Türkiye'nin Avrupa mevzuatına uyum sürecine katkı sağlayacak nitelikte bir çalışma ile örneklendirilmesidir. Bu bağlamda, Su Çerçeve Direktifi kapsamında geliştirilen “Yeraltısuyu Durum ve Eğiliminin Değerlendirilmesi” konulu kılavuz doküman (OUS 18, 2009) çerçevesinde yeraltısuyu kimyasal durumunun ortaya konması ve yeraltısuyu kimyasal durumunun değerlendirilmesi aşamaları pilot bir çalışma ile örneklendirilmiştir.

Devam eden bölümde AB direktiflerinde yeraltısuları ve tez kapsamında faydalanan kılavuz dokümanlar ele alınmıştır. 2000/60/EC sayı ve Ekim 2000 tarihi itibarıyla yayımlanan direktife göre su, ticari bir ürün değildir; bir mirastır. Avrupa Parlamentosu ve Konsey Heyeti'nin su politikaları alanında çalışma topluluğu tarafından 2006/118/EC sayılı “Yeraltısularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı

Korunması Hakkında Konsey Direktif” adı ile yayımlanan direktif ise yaygın olarak Yeraltıları Direktifi olarak anılmaktadır. Yeraltılarını değerli doğal kaynaklar olarak tanımlayarak yeraltılarının bozulmaya ve kimyasal kirliliğe karşı korunması gereğinin altını çizmektedir. Bu direktife göre yeraltısının durumu incelenirken niteliksel ve kimyasal öğelerin her ikisini de içeren bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. SÇD ve YSD tarafından talep edilmekte olan gereklilikler, Yeraltısı Durum ve Eğilim Değerlendirme Kılavuzu (OUS No:18) çerçevesinde ele alınmaktadır. Kirletici derişimlerdeki eğilimlerle bu eğilimlerin çevresel açıdan önem taşıyıp taşımadıklarının belirlenmesi için değerlendirilmesi; önemli artan eğilimlerin yaşandığı zamanlarda bu eğilimlerin tersine çevrilmesi için önlemler programı uygulanması; çevresel hedeflerin ileride başarısız olmamalarının sağlanması ele alınan konulardır. İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor (OUS TR 1, 2001)’da ise SÇD yükümlülükleri doğrultusunda, 11 üye devletin katılımcıları eşliğinde yürütülen çalışmalarla kirletici eğilimlerinin belirlenmesine yönelik örnek çalışmalara yer verilmektedir. Tez kapsamında bu kılavuz dokümanlardan faydalanılmış olup, yaklaşımlarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde yeraltılarındaki kirleticilerin aşmamaları gereken miktarlarla ilgili olarak geliştirilmiş olan kavramlara yer verilmiştir. Yeraltılarının jeolojik yapılardaki doğal bileşenlerle ilişkilerinin sorgulanması yoluyla doğal arka plan seviyeleri kavramı, insan etkinliklerinin etkilerinin sorgulanması yoluyla da eşik değerler kavramı doğmuştur. Bu kavramların oluşturulma aşamalarında dikkat edilmesi gerekenler ve AB ülkelerinin yaklaşımları incelenmiştir.

Dördüncü bölümde yeraltılarının gerçeğe uygun bir şekilde ele alınmasını sağlamak üzere geliştirilen kavramsal modele ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir. Yeraltıları, içinde bulunduğu doğal yapıların, etkileşim halinde olduğu doğal-yapay sistemlerin ve insan etkinliklerinin etkilerinin incelenerek kavramsallaştırıldığı bir kavramsal model ve kütle sınıflamaları eşliğinde ele alınmalıdır. Bu yaklaşımla gerçekleştirilen çalışmalar, üstü örtülü bir yapının gizli bileşenlerinin teker teker ortaya konmasının ve bu kaynaklara yönelik etkili bir önlemler programı hazırlamanın anahtarıdır. Bu kavramlar eşliğinde, belirli periyotlarla elde edilen

izleme sonuçlarının değerlendirilerek yeraltısularının nitel ve nicel durumu hakkında gerçekleştirilmesi gereken “Durum Değerlendirmesi” alışmaları beşinci bölüm kapsamında ele alınmış olup durum değerlendirme süreç ve testlerine yer verilmiştir.

Devam eden bölümde ise yeraltısularının sahip olduğu eğilimlerin belirlenmesi aşamaları risk altındaki kütleler kapsamında ele alınmıştır. Eğilim belirleme çalışmaları gözlem, veri toplama ve analiz aşamalarından oluşmaktadır. Bu bölümde ayrıca AB lkelerindeki parametre yaklaşımları, sürekli ve artan eğilim göstergeleri ve eğilimlerin tersine çevrilmesi aşamaları ele alınmıştır.

Sekizinci bölümde Almanya, Hollanda ve Romanya’nın uygulamaları ele alınmış olup dokuzuncu bölümde ise İşpanya ve Büyük Menderes Havzasında kirletici eğilimlerinin belirlenmesi çalışmasına yer verilmiştir.

Son iki bölümde ise tez kapsamında incelenen konular ışığında önemi tespit edilen konu başlıkları verilerek önerilerde ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

1. GİRİŞ

1.1. Gerekçe

Yeraltısularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında 2006/118/EC Sayılı Konsey Direktifi (Yeraltısuları Direktifi-YSD), “yeraltısuları değerli doğal kaynaklardır” sözü ile açılışını yapmakta ve “yeraltısularının bozulmaya ve kimyasal kirliliğe karşı korunması” gereğinin altını çizmektedir. İlgili yerel mevzuata bakıldığında 23/12/1960 tarihli 10688 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yeraltısularına yönelik hazırlanmış ilk yasal düzenleme olan Yeraltısuları Kanunu’nda yeraltısularının “yeraltındaki durgun veya hareket halinde olan bütün sular” şeklinde tanımlandığı görülmektedir. YSD’de kendisine atfedilen bu değer, yeraltısularının varoluşu gereği yerin altında kendine saklanma alanı bulmuş olmasının yanında, günümüz koşullarında suya duyulan gereksinimin artmasında da yatmaktadır. Suyun canlılar için ve canlıların bulunduğu her ortamda taşıdığı bu önem, onu insanlığın üzerine savaşlar verdiği bir ürün haline getirmiş ve değerini arttırmıştır.

İnsanoğlunun suya duyduğu gereksinime bakıldığında ilk çağlardan günümüze bir değişiklik olmadığı, aksine giderek artan bir eğilim gösterdiği söylenebilir. İnsanoğlunun yerleşik hayata geçişi, su kaynakları etrafında toplaşp kendilerine yaşam alanı kurmaları ve ardından avcı-toplayıcı yaşam tarzını terk ederek kendi yiyeceklerini üretme etkinliği anlamını içeren tarımı benimsemeleri, belki de su kaynaklarının düzenli tüketiminin ilk örnekleri sayılabilir.

Toplumlar, doğaya hakim olmaları ve bilime dayalı üretimi geleceklerini kurmakta görevli dışli bir çark olarak benimsemeleri ile doğanın baş düşmanı olan sanayiye de yaratmış oldular. “Sanayi Devrimi'nden önce, insanın doğayla barışık olduğu dönemde, çevre kirliliğine yol açan etmenler genelde ya savaşlar ya da nüfusun bir noktada aşırı yığılması olmuştu. Sanayi Devrimi'nin çevreye karşı olumsuz etkileri, öncelikle sanayinin ve nüfusun yoğun olarak bulunduğu bölgelerde kendini göstermeye başladı. Artık insanoğlu o güne değin görmediği kimi olayları yaşamak, karşılaşmadığı kimi sorunlarla uğraşmak zorunda kalacaktı” (Duru, 2007).

Bilimin tetiklediği sanayi devriminin hediyesi olan endüstrileşme, tarımsal üretime yönelik teknolojilerin gelişimi, kentleşmenin ve artan nüfusun olumsuz etkileri etkisini çevre üzerinde, özellikle de su kaynakları üzerinde göstermiştir. Sistemin devamı için temel gereksinim maddesi olan temiz su kaynaklarına ulaşım ise gün geçtikçe hayati bir konuma gelmiştir. Bu noktada önemli ve değer biçilemeyen bir kaynak olarak yeraltıları ön plana çıkmaktadır. Ancak bu kaynaklar, önemini arttıran etkenler nedeniyle, bir taraftan da tehlike altındadır. Yerüstü sularını tehdit eden unsurlar, yapılan araştırmalara göre yeraltıları için de birer tehdit unsuru oluşturmaktadır. Tarımsal, kentsel ve endüstriyel kirliliğin etkileri her geçen gün kendisini bu gizli kaynaklar üzerinde göstermektedir.

Bu bağlamda, yeraltılarını tehdit eden kirlilik unsurlarının ve bu unsurların yıllar içinde gösterdikleri eğilimlerin ortaya konması, kalite durum değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesi bakımından önem kazanmaktadır. Durum değerlendirmesi yapılmış, üzerindeki etkiler belirlenmiş bir yeraltısuyu kütlesi için, alınması gereken önlemlerin tanımlanması ve düzenli bir takip sisteminin kurulması mümkün olacaktır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Yeraltı hidrojeolojisine bağlı olarak, yeraltılarını tehdit eden baskı ve etkiler nedeniyle kirlletici derişimleri su kütlelerinde değişim göstermekte, kirlletici derişimlerinin eğilimlerinin belirlenmesi ve çevresel açıdan taşıdıkları potansiyel tehlikenin ortaya konması önem kazanmaktadır. Bu tezin amacı, yeraltısuyu kimyasal durum ve eğiliminin belirlenmesi maksadıyla Su Çerçeve Direktifi (SÇD) kapsamında geliştirilen “Yeraltısuyu Durum ve Eğiliminin Değerlendirilmesi” konulu rehber doküman (OUS 18, 2009) çerçevesinde yeraltısuyu kimyasal durumunun ortaya konması ve yeraltısuyu kimyasal durumunun değerlendirilmesi aşamalarının, pilot bir çalışma ile örneklendirilmesidir.

Bu bağlamda yeraltısuyu durumunun değerlendirmesinde, kavramsal hidrojeolojik model kapsamında kirlletici unsurlarının belirlenmesi aşamaları, kirlletici unsurlarına yönelik eşik değer belirleme yaklaşımları ile durum belirleme ve

değerlendirme yaklaşımları ele alınmıştır. Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilen örnek uygulamalar ele alınarak, belirlenen pilot alanlarda eğilim belirleme çalışmalarına yer verilmiştir.

2. AB DİREKTİFLERİNDE YERALTISULARI

2.1. Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC)

2000/60/EC sayılı SÇD, Avrupa Parlamentosu ve Konsey Heyeti'nin su politikaları alanında çalışma topluluğu tarafından Ekim 2000 tarihi itibarıyla yayımlanan bütüncül bir direktiftir. Direktife göre su, ticari bir ürün değildir; daha ziyade korunması, savunulması ve iyileştirilmesi gereken bir mirastır. Suyu, korumak için sıkı kurallar önererek güvencesini sağlama amacı güden bir yaklaşım altında incelemesinin nedeni, elbette ki onun insanoğlu için en önemli yaşam kaynağı oluşunda yatmaktadır.

SÇD, Avrupa'daki tüm suların çevresel hedeflerinin yerine getirilmesi için kapsamlı bir düzenlemedir. Bağlayıcı hedefler, tanımlanan ya da tanımlanması istenen net tarihlerle birlikte halkı bilgilendirme ve danışma da dahil olmak üzere SÇD, bilimsel, teknik ve ekonomik analize dayalı önlemlerin kapsamlı bir programını içermektedir.

Direktif, su ortamlarının sürekliliğini ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Direktifin birincil amacı su kalitesidir ve ulaşmak istediği su kalitesini “iyi su durumu” kavramı ile tanımlamaktadır. Miktar kontrolü ise iyi su kalitesinin sağlanmasında yardımcı bir unsur olarak belirlemektedir. Bu yüzden Direktif, su kalitesinin sağlanması hedefine hizmeti nedeniyle miktarlar konusunda önlemler alınması gereğine de ayrı bir önem vermektedir.

SÇD, suların korunmasını nitelik ve nicelik bakımından geliştirmeyi, sürdürülebilir su kullanımını teşvik etmeyi, sınır aşan su sorunlarının kontrolüne katkıda bulunmayı, su ekosistemlerini, karasal ekosistemleri ve bunlara doğrudan bağlı bulunan sulak alanları koruma konularında devletlerin çabalarını koordine etmeye yönelik ortak ilkeler geliştirilmesini gerekli görmektedir.

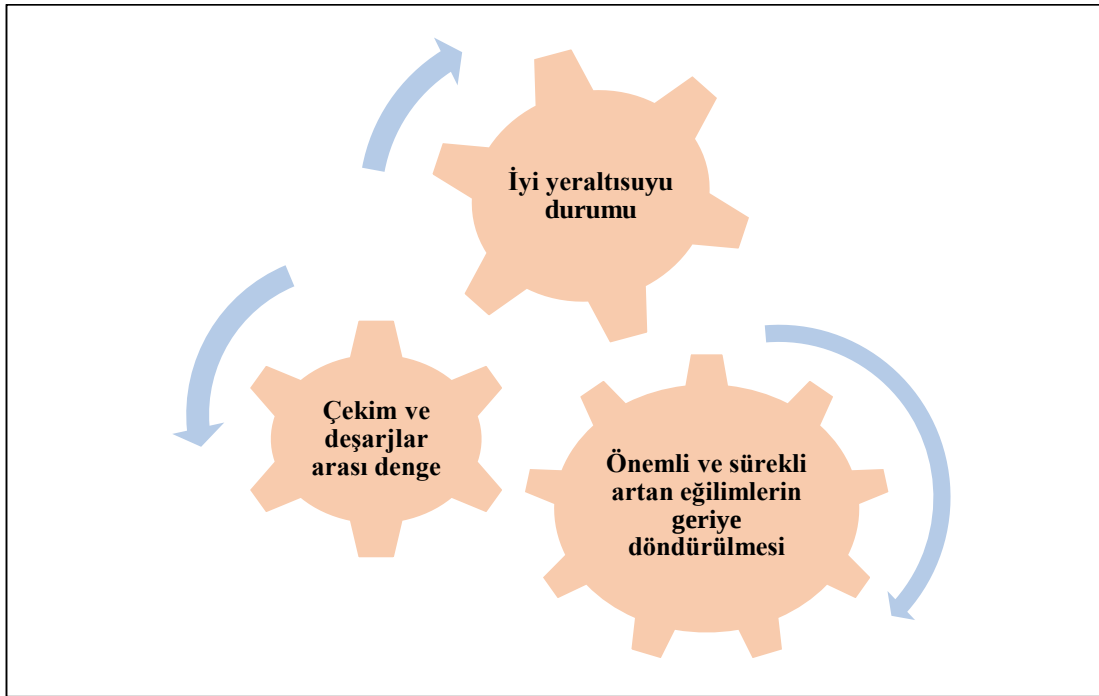
Direktifin birinci maddesi, oluşturulma amacını ortaya koymaktadır. Buna göre direktifin amacı, kıta içi yerüstü sularının, kıyı ve geçiş suları ile yeraltısularının korunması için bir çerçeve sunmaktır. Bu korumanın kapsamına bakıldığında, çeşitli

kavramlar ve bu kavramlara karşılık gelen hedef eylemler üzerine kurulduğu görülmektedir. Su ortamlarının korunması amacı, ekosistemlerdeki olası bozulmaları önlemek, söz konusu ekosistemleri korumak ve durumunu geliştirmek anlamına gelmektedir. Bu amaçları yerine getirirken su ekosistemleri ile doğrudan bağlantılı olan karasal ekosistemlerin ve sulak alanların su gereksinimlerinin göz önünde tutulması da önemli bir konudur (SÇD, 2000). Direktif, ekosistemleri birbirinden ayırmaksızın, tam tersine birbirine bağlı, birbiriyle etkileşim halinde çalışan süreçler olarak görmekte ve bu süreçleri koruyan bir yaklaşım içerisinde ilkeler sunmaktadır. Çerçeve bir direktif olmanın getirdiği kapsayıcılıkla hem su kaynaklarına hem de bu kaynakların kullanımlarına geniş bir bakış açısıyla yaklaşmakta, bütüncül bir yaklaşım sergilemektedir. Ulaşılabilir durumdaki su kaynaklarının uzun dönemli korunmasına dayanan sürdürülebilir su kullanımının desteklenmesi ilkesi de bu yaklaşımın bir yansımasıdır. Özel önlemler aracılığıyla, su kirliliğinin kapsamlı bir biçimde önlenmesi ve mevcut durumunun iyileştirmesi ise direktifin bir diğer amacıdır. Suyun sürdürülebilir kullanımı söylemi, bu iki hedefi de bünyesinde bulunduran, kirletici unsurlardan etkilenmemiş ya da etkilenmesi önlenmiş bir suyu nitелеmektedir. Bu bağlamda Direktif, hedeflerini belirtirken, ulaştırmayı istediği ve hedeflediği suyun niteliklerini belirtmeye, direktifin ilk sayfasında başlamıştır.

SÇD, su ekosistemini ele alırken, yerüstü suları ve korunan alanlara gösterdiği hassasiyeti yeraltısularına da yöneltmektedir. Yeraltısuyunun SÇD'deki tanımına baktığımızda, bu tanımın toprak yüzeyinin altında, boşluklarının tamamının su ile dolu olduğu doygun bölgede (doygun zon) bulunan ve toprakla ya da toprak altıyla doğrudan bağlantı halinde bulunan suların tamamını kapsadığını görürüz. Kıta içi suları tanımlarken, kara yüzeyinde akış halinde ya da durgun halde bulunan tüm sularla birlikte karasal suların genişliği ile ölçülen taban çizgisinin kara tarafında bulunan tüm yeraltısularını tarif ederek bu kapsayıcılığa uygun bir yaklaşım sunmaktadır. Bu bağlamda, yeraltısularının kirliliğinin azaltılmasının sağlanmasını ve olası kirliliğin önlenmesini, yeraltısuları için temel hedef olarak belirlemektedir.

Yeraltısuları ile ilgili temel kavramlara yerel mevzuat kapsamında da teknik açıdan tanımlar getirilmiştir. “Yeraltısularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik”, yeraltısuları için Yeraltısuları Kanunu ile aynı

tanımlamayı yapmaktadır: “Yeraltındaki durgun veya hareket halinde olan bütün sular”. Yönetmelik, SÇD’nin de ele aldığı temel kavramlar arasında yer alan yeraltısuyu kütleleri ifadesini, “akifer veya akiferler içindeki belirgin miktardaki yeraltısuyu” şeklinde ifade etmektedir. Akiferler, doğası gereği yüksek geçirgenlik özelliğine sahip hidrojeolojik yapılardır. SÇD, bu yapılar özelinde önlemler alınmasını talep etmekte, sistemi yeterli parçalara bölerek ayrıntılı bir değerlendirme yürütülmesini istemektedir. Buna göre Üye Devletlerin, kirleticilerin yeraltısuyuna girişlerinin önlenmesi ya da sınırlandırılması için ve durumlarının bozulmasını önlemek için yeraltısuyu kütlelerinin tamamına yönelik önlemler geliştirmesi gerekmektedir. Ayrıca, iyi yeraltısuyu durumunun gerçekleştirilmesi amacıyla yeraltısuyu su kütleleri korunmalı, geliştirilmeli, iyileştirilmeli; yeraltısularının çekim ve deşarjları (besleme) arasında bir denge kurulmalıdır. Bunlara ek olarak, yeraltısuyunun kirlenmesini aşamalı olarak azaltmak amacıyla insan aktivitesinin etkisinden kaynaklanan herhangi bir kirlenici derişimindeki önemli ve sürekli artan eğilimin tersine döndürülmesi için gerekli önlemler uygulanmalıdır (SÇD, 2000).



Şekil 1. SÇD’nin Yeraltısularına Yönelik Temel Hedefleri

Üye Devletler, her bir nehir havzası bölgesi içinde su kalitesinin tutarlı ve kapsamlı bir genel görünüşünü elde etmek için su durumunun izlenmesi amacıyla programlar hazırlanmasını sağlayacaklar, söz konusu programlar yeraltısuları için kimyasal ve nicel durumun izlenmesini kapsayacaktır. Bu izleme SÇD Madde 8, Ek 5'teki şartlara uygun olacaktır (SÇD, 2000).

Ayrıca Direktif, içme suyu elde etmek için kullanılan suların tanımlanmasını da istemektedir. İçme suyu amacıyla yeraltısularının kullanımı düşünüldüğünde, bu sular da dikkate alınması gereken önemli bir grup olarak ön plana çıkmaktadır. Buna göre Üye Devletler;

- İnsani tüketim amaçlı su temini için günde ortalama 10 m³'ten fazla su çekimi gerçekleştirilen ya da 50'den fazla kişiye su sağlamak amacıyla kullanılan su kütlelerini ve gelecekte bu iş için kullanılması amaçlanan su kütlelerini belirlemeli,
- SÇD Madde 8, Ek 5'e uygun olarak, günde ortalama 100 m³'ten fazla su sağlayan su kütlelerini izlemelidir (SÇD, 2000).

Bu durum şu anlama gelmektedir: içme suyu temini amacıyla kullanılan ya da sanayide insani tüketim için üretilen bir üründe kullanılacak olan ve günde 10 m³'ten fazla su çekilen su kütleleri tanımlanmalı ve korunmalıdır. Bu durum, içme suyu çekilen her bir kuyunun yeraltısuyu kütlesi olarak belirleneceği anlamına gelmez, bu kuyular bireysel olarak korunmalıdır (Doğan, 2010).

AB mevzuatının temel direktifleri arasında yer alan SÇD'nin, yerüstü ve yeraltı ekosistemlerinin iyi durumunu koruma, mevcut durumunu geliştirme ve kötü durumda olanı iyiye dönüştürme amacıyla önerdiği ilkelerin hepsi, aslında iyi su durumuna ulaşma hedefinin bir yansıması niteliğindedir. Bu bağlamda söz konusu hedeflere ulaşmak için çeşitli rehber dokümanlar ve kardeş direktifler oluşturulmuş, kapsamlı uygulama yöntemleri önerilmiştir.

2.2. Yeraltıları Direktifi (2006/118/EC)

Avrupa Parlamentosu ve Konsey Heyeti'nin su politikaları alanında çalışma topluluğu tarafından 2006/118/EC sayılı "Yeraltılarının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Konsey Direktif" adı ile yayımlanan direktif, yaygın olarak Yeraltıları Direktifi (YSD) olarak anılmaktadır. Temel olarak yeraltılarını değerli doğal kaynaklar olarak tanımlamakta ve yeraltılarının bozulmaya ve kimyasal kirliliğe karşı korunması gereğinin altını çizmektedir.

Oluşturulma amacına bakıldığı takdirde, SÇD'nin Madde 17-1 ve 2 başlıkları altında yer alan, yeraltısını kirliliğinin önlenmesi ve kontrolü amacını içeren özel önlemlerin sağlanması ilkesine dayandığı görülmektedir. Bu önlemler, yeraltısını su kütlelerinin kimyasal durumunun değerlendirilmesi için önemli ve sürekli artan eğilimlerinin tanımlanması ve tersine çevrilmesi ile birlikte tersine çevrilmenin yani iyileştirmeye dönüşün başlangıç noktasının tespiti için ölçütleri içermelidir. YSD aynı zamanda, hali hazırda SÇD'de yer alan yeraltılarına kirleticiler girişlerini tamamen engelleme ya da sınırlama hükümlerini de tamamlar ve yeraltısını su kütlelerinin durumlarındaki bozulmaların önlenmesini hedefler.

Bu hedeflere ulaşmada kullanılacağı araçları da ikinci maddesinde tanımlamıştır. Direktif, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayımlanan 2008/105/EC sayılı direktif kapsamında, kirleticilerin sucul ekosistemlerde aşmaması gerektiği derişim limitlerini tanımlayan "çevresel kalite standartları (ÇKS)" kavramına benzer biçimde, yeraltıları için de "yeraltısını kalite standardı (YSKS)" önermektedir. YSKS, insan sağlığını ve çevreyi korumak amacıyla yeraltılarında aşılması gereken kirleticiler ve kirleticiler gruplarının derişimlerini ya da kirlilik göstergelerini ifade eder. Kimyasal durum değerlendirmesi kavramına denk gelen bir takım ölçütler ise "eşik değerler (ED)" kavramı ile sunulmaktadır. Direktifin üçüncü maddesi uyarınca ele alınan bu ölçütlere, tez kapsamında 3. Bölüm'de "Yeraltılarının Durumu, Eşik Değerler ve Eğilim Değerlendirmelerine Genel Bakış" başlığı altında değinilecektir.

Direktif kapsamında, "önemli ve sürekli artan eğilimler" kavramı da yeraltılarındaki kirleticilerin ve gruplarının derişimlerindeki ya da kirlilik

göstergelerindeki istatistiksel ve önemli artışları ifade etmenin yanı sıra bu artışların tersine dönüşünün tespitinde kullanılan bir araç olarak kavramsallaşmıştır. İnsan aktivitelerinin yeraltı suları üzerindeki etkilerinin yansımalarını ifade eden bir ölçüt olarak “Kirleticilerin yeraltı sularına doğrudan ya da dolaylı girişleri” terimi kullanılmaktadır. Kirlilik girişlerini değerlendirirken kullanılabilecek bir diğer kavram ise “arka plan seviyeleri”dir; çünkü yeraltı suyu kütlelerinde insan etkisi görülmeksizin, bir takım bileşenlerin varlığına rastlanabilmektedir. İşte bu maddelerin en doğal, el değmemiş şartlar altında dahi varoluşunu ifade etmesi amacıyla “doğal arka plan seviyeleri (DAS)” kavramı getirilmiştir. Bu kavram, bir maddenin derişiminin ya da yeraltı suyu kütlesindeki gösterge değerinin insan kaynaklı değışikliklere karşılık gelmediğı ya da sadece çok küçük bir oranda karşılık geldiğı bozulmamış koşulları ifade etmektedir. SÇD Madde 8 uyarınca uygulanması istenen izleme programları temelinde 2007 ve 2008 referans yıllarında ölçülen ortalama ise “temel seviye (baseline level)” olarak verilmektedir. Bu referans yıllardan sonra belirlenen maddeler için de durumu temsil eden izleme verilerinin elde edildiğı ilk dönemde ölçülen ortalama değerler anlamına gelmektedir.

Direktif kapsamında üye ülkeler, en uygun düzeyde standartları oluşturmak ve yerel ve bölgesel durumları dikkate almak zorundadırlar. SÇD’ye tamamlayıcı olarak Yeraltı suyu Direktifi şunları gerektirir (Doğan, 2010):

- Üye ülkeler tarafından yeraltı suyu eşik değerleri (kalite standartları) 2008 yılının sonuna kadar belirlenmeli,
- Mevcut veriler ve SÇD altında zorunlu olan izleme verileri (2007-2008 yıllarında elde edilen “temel seviye”) kullanılarak kirlilik eğilimi çalışmaları yürütülmeli,
- 2015 yılında çevresel hedeflere ulaşılabilmesi için SÇD’de düzenlenen önlemler kullanılarak kirlilik eğilimleri tersine çevrilmeli,
- SÇD’nin gösterdiği çevresel hedeflerine 2015 yılında ulaşabilmek amacıyla kirleticilerin yeraltı suyuna girişini önlemek ya da kısıtlamak için alınan tedbirlere işlevsellik kazandırılmalı,

- Direktifin teknik hükümleri ilk olarak 2013 yılında ve daha sonra her altı yılda bir gözden geçirilmeli,
- İyi kimyasal durum ölçütüne (AB nitrat ve pestisit standartlarına ve üye ülkeler tarafından belirlenen eşik değerlerine dayanan) uygunluğa 2015 yılının sonunda ulaşılmalıdır.

Direktif, getirdiği tanımlamalar ışığında denilebilir ki, insan sağlığının korunması özelinde çevrenin bir bütün olarak korunması amacıyla, yeraltısularındaki kirleticilerin zarar verici derişimlerinin önlenmesi ya da azaltılması gereği üzerinde durmaktadır. Yine Direktif, söz konusu önlemlerin alınmasını ve korumanın tutarlı seviyeye ulaşmasını sağlamak amacıyla kalite standartları ve eşik değerler oluşturulmasını önermekte, yeraltısuyu su kütlelerinin (YSK) kimyasal durumunun değerlendirilmesi için ölçütler oluşturulması yoluyla yaklaşımlar geliştirilmesini istemektedir. Bu nedenle de istikrarlı uzun dönem planlamalara önem vermektedir. İyileştirme için gerekli bu süre iyi yeraltısuyu durumunun sağlanması ve yeraltısuyundaki herhangi bir kirletici derişimindeki önemli ve sürekli artan eğilimin geri çevrilmesini dikkate almalıdır.

2.3. Yeraltısuyu Durum ve Eğilim Değerlendirme Kılavuzu (OUS 18, 2009)

SÇD'nin su ortamlarına yönelik öneri ve yaptırım temelli kapsamlı programları üye devletler, kurumlar ve paydaşlar için zorlayıcı bir süreç teşkil etmektedir. Bu bağlamda bu zorlu süreçlerin aşılmasında rol almak üzere AB üye ülkeleriyle Norveç ve Avrupa Komisyonu, Ortak Uygulama Stratejileri (OUS) oluşturmuştur. Bu uygulama stratejilerinin temel amacı, Direktifin tutarlı ve uyumlu bir şekilde uygulanmasıdır. Bu bağlamda söz konusu dokümanlarda, SÇD'nin teknik ve bilimsel yönlerinin anlaşılması için sorulabilecek yöntemsel sorulara yoğunlaşmıştır. Bu doğrultuda OUS belgeleri, Direktifin çeşitli teknik konuları hakkında yasal olmadan bağlayıcı olan ve uygulamaya yönelik “kılavuz belgeler” olarak ön plana çıkmaktadır.

Bu belgelerle ilgili olarak değinilmesi gereken bir başka konu ise ilgili direktiflerde yer alan teknik konuların ya da gerekliliklerin genel bir çerçeve şeklinde sunulmuş olmasıdır. Bu teknik konuların ya da gerekliliklerin hangi yöntemlerle uygulamaya geçirileceği ilgili direktiflerde yer almamakta olup, uygulamaya geçirilmesi noktasında çeşitli kararsızlıklara yol açabilmektedir. Dolayısıyla rehber dokümanlar, bu kararsızlıkların önüne geçilmesini de hedeflemiştir. Yine de rehber dokümanlar hazırlanırken, SÇD’de yer alan gerekliliklerin, her bir ülkenin kendine özgü koşullarına göre değişebileceği gerçeği göz önünde bulundurulmuş olup yöntemin esnek ve tartışılabilir olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Hem rehber dokümanların hazırlanması aşamasındaki tartışmalardan, hem de hazırlanmasından sonraki uygulama süreçlerinin nasıl yürütüldüğünün yer aldığı raporlardan, her bir üye ülkenin kendi koşullarına göre düzenlemeler yaptığı görülmektedir (Günhan, 2014).

Yukarıda bahsedilen strateji bağlamında, doğrudan yeraltı suları ile ilgili çok sayıda kılavuz belge hazırlanmıştır. Bu kılavuzlar Üye Devletlere SÇD’nin gerektirdiği Entegre Nehir Havzası Geliştirme Planları bağlamında Su Kütlelerinin Tanımlanması Kılavuzu (OUS No:2), Baskı Ve Etkilerin Analizi Kılavuzu (OUS No:3), İzleme Kılavuzu (OUS No:7) vb. konularda bilgi sağlamaktadır. Buna ek olarak hem SÇD hem de YSD kapsamındaki konulara odaklanan kılavuz belgeler de hazırlanmıştır: Yeraltı suyu İzleme Kılavuzu (OUS No:15), İçme Suyu Koruma Alalarında Yeraltı suyu Kılavuzu (OUS No:16) ve Doğrudan ve Dolaylı Kirletici Girişinin Önlenmesi Kılavuzu (OUS No:17). Süreç ile birlikte söz konusu belgeleri tamamlamak için yeraltı suyu durum ve eğilimlerinin değerlendirilmesiyle ilgili öneriler hazırlanmasına karar verilerek Yeraltı suyu Durum ve Eğilim Değerlendirme Kılavuzu (OUS No:18) oluşturulmuştur.

Bu bağlamda nitel ve nicel durum değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesi ile yeraltı suyu eğilimlerinin belirlenmesi ve kötüye giden eğilimlerin tersine çevrilmesi işlemlerinin gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla, YSD kapsamında yeraltı suyu kütlelerini tehlikeye attığı belirlenen baskılarla ilgili kirleticiler veya kirletici gruplarına yönelik eşik değerler belirlenmelidir. Belirlenen bu eşik değerler ve standartlar ile yeraltı suyu kimyasal durumu değerlendirilirken, yeraltı suyu kütleleri

üzerindeki su çekimi etkileri ve bağımlı yerüstü suyu kütleleri ile ekosistemler üzerindeki etkilerin hesaba katılması yoluyla nicel durum değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi de gerekmektedir.

SÇD ve YSD tarafından talep edilmekte olan bu gereklilikler, Yeraltısuyu Durum ve Eğilim Değerlendirme Kılavuzu (OUS 18, 2009) çerçevesinde ele alınmaktadır. Kirletici derişimlerdeki eğilimlerle bu eğilimlerin çevresel açıdan önem taşıyıp taşımadıklarının belirlenmesi için değerlendirilmesi; önemli artan eğilimlerin yaşandığı zamanlarda bu eğilimlerin tersine çevrilmesi için önlemler programı uygulanması; çevresel hedeflerin ileride başarısız olmamalarının sağlanması ele alınan konulardır.

Bu belge, yukarıda açıklanan tüm gereksinimleri karşılamak için pratik kılavuz bilgiler sunmaktadır. Kapsamı ise kısaca aşağıdaki gibidir:

- Eşik değerlerin belirlenmesi için kullanılacak yöntemler sunar;
- Nitel ve nicel durumu değerlendirmek için çerçeve oluşturur;
- Çevresel açıdan önem taşıyan eğilimlerin belirlenmesi için bir yöntem tanımlar;
- Raporlama gereksinimlerini belirtir;
- Kılavuz bilgilerin farklı Üye Devletlerde uygulanmasını göstermek için durum çalışma örnekleri sunar.

2.4. İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor (OUS TR 1, 2001)

SÇD yükümlölükleri doğrultusunda, 11 üye devletin katılımcıları eşliğinde yürütölen çalışmalarla kirletici eğilimlerinin belirlenmesine yönelik çözüm yoluyla birlikte yeraltısuyu kimyasal durumunun sunulması ve yorumlanması için en önemli aşama olan veri toplama yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Adı geöen

devletler, Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, Hollanda, Portekiz, İspanya ve Birleşik Krallık'tır. Farklı özelliklerdeki 21 YSK'da eğilim belirleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışma grubunun ana amacı AB çapında SÇD'nin hükümlerine dayanan uygulamaların uygun yöntemlerini araştırmaktır. Çalışma ile YSK grupları için kütle bazında eğilim değerlendirmelerine yönelik temsil edici ortalama derişim hesaplamaları için yöntemler incelenmektedir. Eğilim analizi ve eğilimlerin tersine çevrilmesine yönelik gereklilikleri içeren uygun istatistiksel yöntemlerin geliştirilmesi de üzerinde çalıştıkları temel konular arasındadır. Ayrıca bu çalışma ile tayin sınırının (LOQ) altında kalan derişimler için de görüşler oluşturulmuştur.

3. YERALTISULARININ DURUMU, EŞİK DEĞERLER VE EĞİLİM DEĞERLENDİRMELERİNE GENEL BAKIŞ

3.1. Yeraltısuyu Durumu: Tanım ve Değerlendirme

“Yeraltısuyu durumu” bir YSK’nın nicel ve kimyasal durumunun zayıflığıyla (kötü durumu ile) belirlenen durumunun genel ifadesidir. SÇD’de yer alan bu ifade, en açık ve kesin bir söylemle, yeraltısularının varoluşunu sürdürmede karşı karşıya olduğu tehlikeleri ortaya koymaktadır. Nicel durum, yeraltısularının durumuna miktar yeterliliği açısından bir sorgulama getirirken kimyasal durum, yeraltısularını ve dolayısıyla insan sağlığını tehdit edebilecek potansiyel kirleticilerin varlığını sorgulamak üzere kullanılmaktadır.

Yerin altındaki sular eski zamanlardan bugüne dek, evsel kullanımlar, hayvancılık ve sulama amacıyla kullanılagelmiştir. Varoluşunun doğası, gerektiği gibi anlaşılabilmesine karşın, suyun yerin altından yeryüzüne çıkarımı için başarılı teknikler geliştirilmiş ve yeraltısuyu tüketimi artarak büyümüştür. Fakat genel olarak yeraltısuyunun tatlı su hidrolojik çevrimdeki baskın rolü göz ardı edilmiştir. Yeraltısuları, yeryüzündeki tatlı su kaynaklarının yaklaşık üçte ikisini oluşturur ve en önemli bileşenidir. Değerlendirme sınırlandırılarak en aktif ve ulaşılabilir yeraltısuyu kütleleri dikkate alındığı takdirde dahi, toplam tatlı suların yüzde doksan beşini oluşturur. Göller, bataklıklar, rezervuarlar ve nehirler yalnızca yüzde üç buçuğa, topraktaki nem ise yalnızca yüzde bir buçuğa denk gelmektedir. Bu bakımdan, yeraltısularının tatlı su kaynağı olarak sahip olduğu konumun rolü açıktır; kullanımı ve korunması, ekonomik aktivitelerin ve insan yaşamının devamı için temel önemdedir.

Yeraltısularının su teminindeki önemini kestirmek de zor olmayacaktır. Yaygın olarak yeraltısularının kurak ya da yarı kurak alanlar için, yerüstü sularının ise nemli alanlar için daha önemli olduğu düşünülür; ancak yerüstü ve yeraltısuları kullanımı üzerine yapılan araştırmalar yeraltısuyunun önemini ortaya koymuştur. Bu önemin nedenleri, suya ihtiyaç duyulan yerin yakınlarında uygun ulaşılabilirliğinin oluşu, neredeyse hiçbir uygulama içermeden içilebilir kalitede doğal mükemmelliği

ve nispeten düşük geliştirme maliyetlerine sahip olmasıdır. Artan taleplere ayak uydurmaya yönelik geliştirmeler, genellikle yeraltı suları için yerüstü sularından daha kolay elde edilir.

Söz konusu üstünlükleri nedeniyle yeraltı suları birçok toplum için çeşitli amaçlarla tüketim nesnesi haline gelmiştir. Örneğin Amerika gibi iklimatik bölgeler için yeraltı suları önemlidir. Yeraltı suyu kullanımı, hayvancılık ve sulama amaçlı su kullanımının yüzde ellisine ve halkın su tüketiminin yaklaşık yüzde kırkına karşılık gelmektedir. 1987 yılının verilerine göre kırsal kesimde evsel kullanımın yüzde doksan altısı, büyük şehirlerde neredeyse tamamı yeraltı sularından karşılanmaktadır. Avrupa’da ise içme suyu tüketimi UNEP’in 1989 yılı verilerine göre; Danimarka için yüzde doksan sekiz, Almanya için yüzde seksen dokuz, Hollanda için yüzde altmış yedi oranında yeraltı suyundan sağlanmaktadır (Chapman vd, 1996).

Çizelge 1. Yeraltı suyu Çekimi En Fazla Olan 13 Ülke (NGA, 2015)

Ülke	2010 Yılı Nüfus (bin)	2010 Yılı tahmini yeraltı suyu çekimi (km ³ /yıl)	Yeraltı suyu çekimi (2010 yılı verileri)		
			Sektör dağılımı		
			Sulama için çekimler (%)	Evsel kullanım için çekimler (%)	Sanayi tüketimi için çekimler (%)
Hindistan	1224614	251.00	89	9	2
Çin	1341335	111.95	54	20	26
ABD	310384	111.70	71	23	6
Pakistan	173593	64.82	94	6	0
İran	73974	63.40	87	11	2
Bangladeş	148692	30.21	86	13	1
Meksika	113423	29.45	72	22	6
S. Arabistan	27448	24.24	92	5	3
Endonezya	239871	14.93	2	93	5
Türkiye	72752	13.22	60	32	8
Rusya	142985	11.62	3	79	18
Suriye	20411	11.29	90	5	5
Japonya	126536	10.94	23	29	48

Son elli yıl içinde küresel nüfus ve gıda talebi ikiye katlandıktan sonra, nehirler ve dereler çevre kirliliğine maruz kalmıştır. Bu süreçte insanoğlu yeni bir keşif yaparak, içme ve tarım sulamaları için gerekli su temininde yeraltısularından daha fazla yararlanmaya başlamıştır. Yeraltısularının çevre kirliliğine yol açan maddelerden korunduğuna ilişkin yaygın izlenime karşın bilim adamları, her kıtada çiftlik, kent ve fabrika yakınlarındaki yeraltısuyu kütlelerinde çevre kirliliğine ilişkin kanıtlar bulmaya başlamıştır. Bu sayede ayağımızın altındaki suların da çevre kirliliğine açık olabileceği ve hatta yeraltısularının hasar görmeye yerüstü sularından daha açık olabileceği keşfedilmiştir.

Yerin altında olması ve yavaşça hareket etmesi nedeniyle akiferler, nehirlerden ve havadan çok daha fazla kirlletici depolar hale gelmiştir. Bu yüzden, kendilerini tatlı sular için ideal rezervuarlar haline getiren uzun süre biriktirme ve alıkoyma karakteristikleri nedeniyle denilebilir ki, akiferler uzun zamanlı kirlletici lavaboları haline gelmiştir. Bazı akiferlerin çevreye su döngüsü ile geri dönüşü makul çabuklukta olmaktadır. Ancak yeraltısularının akiferde ortalama kalış süresi yaklaşık 1400 yıl iken suyun bir nehirde ortalama kalış süresi ise 16 gündür. Bazı akiferler 30 bin yıl önce yağmur olarak düşen suyu saklamaktadır. Dolayısıyla denize döküldüğü ya da sürekli tatlı su eklendiği için, içindeki çevre kirlletici maddelerinin oranları seyrelen nehir sularının aksine, akiferde kirlletici maddeler birikmeye devam etmekte ve böylelikle insanların kullanımı için temiz su kaynakları yıllar geçtikçe azalmaktadır (Sampat, 2000).

Bu bağlamda söz konusu gerçekler ışığında, yeraltısularının hem nicel hem de kimyasal durumunun ortaya konması ve korunması amacıyla bir takım uygulamalar ve yasal düzenlemelere gereksinim duyulduğu açıktır. SÇD, bu gereksinimi giderir nitelikte düzenlemeler önermekte, Madde 2 altında verilen ve direktif hedefleri doğrultusunda gerçekleştirilmesi istenen uygulamalarla birlikte “iyi yeraltısuyu durumu” ifadesine yer vermektedir. Bu tanım, yeraltısuyu kütlelerinde nicel ve kimyasal durumun ikisinin de en azından “iyi” olduğu durumu ifade etmektedir. İyi yeraltısuyu durumunu sağlamak üzere bu iki bileşenin ayrı ayrı ele alınarak durumlarının ortaya konması gerekmektedir.

3.1.1. Nitel Durum

Su kirliliği, ekosistemin dengesini kötü bir biçimde bozacak şekilde, herhangi bir su kütlesinin fiziksel, biyolojik ve kimyasal durumundaki değişmeyi belirtir. Diğer kirlilik türleri gibi, su kirliliği de çeşitli kirletici kaynaklarından gelen aşırı düzeydeki atığın doğal ekosistemler tarafından daha fazla barındırılmadığı durumlarda ortaya çıkar. Bu nedenle, eğer atıklar üretildiği oranda bertaraf edilmez ise, bu durum insanlar ve diğer pek çok organizma için dayanılmaz bir hal alır.

Aslında su kirliliğine neden olan etmenler temelde ikiye ayrılır: noktasal kirlilik kaynakları ve yayılı kirlilik kaynakları. Kanalizasyon sistemi ile toplanan sanayi ya da evsel atıkların bir noktadan su kaynağına verilmesi noktasal kaynaklı kirliliğe örnek olarak verilebilir. Yağmur sonucu oluşan yüzeysel akışın otoyollardan getirdiği kirlilik, tarım alanlarında uygulanan gübre ya da ilaçların yağmur sonucu yeraltısuyuna karışması ise yayılı kirliliğe örnek gösterilebilir (Doğan, 2010).

Yeraltısuyu kalitesi çeşitli potansiyel kirlilik kaynaklarından olumsuz şekilde etkilenebilir. Hangi kaynağın yeraltısuyu kalitesi üzerinde en çok etkisinin olduğunu belirlemek zor olabilmektedir; çünkü her bir kaynak karıştığı yeraltısuyu kütlesinde miktar olarak değişir. Bu bağlamda her kaynak, su kalitesini farklı etkilemektedir (Epa, 2000).

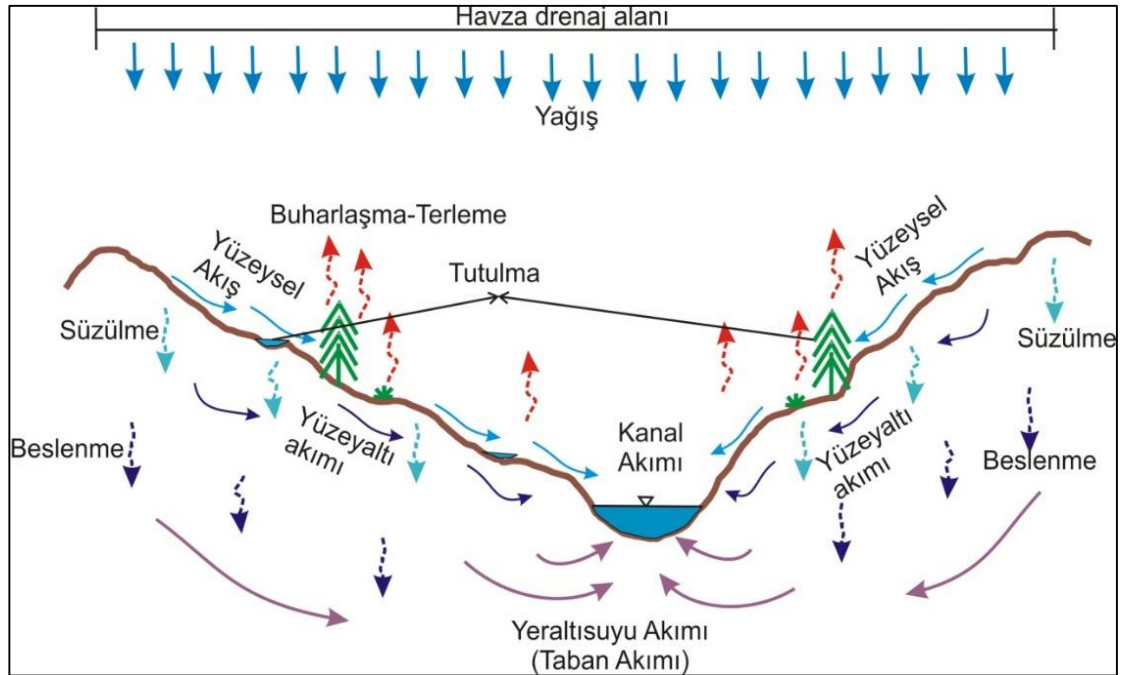
Yeraltısuyunun nitel durumu ifadesi tam da bir yeraltısuyu su kütlesindeki kirlilik çeşitliliğinin ne durumda olduğunun ortaya konmasını amaçlar. SÇD, yeraltısuyunun kirliliğinin ölçütü olarak “iyi yeraltısuyu kimyasal durumu” kavramını getirmiş, iyi durumu ifade eden şartların sağlanmasını şart koşmuştur. Bu kavram, SÇD Madde 8, Ek 5 kapsamında ele alınmıştır.

Yeraltısuyu kimyasal durumunun belirlenmesi için parametreler Direktif ekinde İletkenlik ve Kirletici Derişimleri olarak verilmektedir.

İyi Yeraltısuyu Kimyasal Durumu	
Kirletici Derişimleri	İletkenlik
• Tuz ya da diğer girişimlerin etkilerini yansıtmamalı, • SÇD Madde 17 uyarınca diğer ilgili Topluluk mevzuatı kapsamında geçerli kalite standartlarını aşmamalı, • Yeraltısuyuna bağımlı yerüstü sularının SÇD 4. maddede yer alan çevresel hedeflere ulaşmasını engellememeli, bu yerüstü su kütlelerinin ekolojik ya da kimyasal kalitesinde kötüleşmeye neden	- olmamalı ve yeraltısuyuna bağımlı karasal ekosistemlere zarar vermemelidir, • İletkenlikteki değişiklikler tuzluluğun ya da yeraltısuyuna başka girişimlerin bir göstergesidir, • Burada başka girişimlerle ifade edilmek istenen su kütlesindeki çözünmüş maddelerden ileri gelen iletkenlik değişimleridir.

3.1.2. Nicel Durum

Doğadaki sular miktar olarak değişmemekle birlikte, bulundukları ortam ve fiziksel yapısı (katı, sıvı, buhar) değişebilmektedir. Okyanus, deniz ve akarsulardan atmosfer şartlarına bağlı olarak buharlaşma, bitkilerden de terleme ile atmosfere yükselen su buharı yoğunlaşarak yağış şeklinde (yağmur, kar) tekrar yeryüzüne düşmektedir. Yüksek kotlarda kar ve buz şeklinde depolanma olurken, daha düşük kotlardaki yağmurlar doğrudan akışa geçebilmektedir. Kar ve buzların erimesi ile oluşan sular ile yağmur sularının bir kısmı yüzeysel akışa geçmekte, bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı da süzölmeye maruz kalmaktadır. Geçirimli katmanlardan süzölen suların bir kısmı ise yeraltısuyuna ulaşabilmektedir. Yeraltında depolanan ve akım halindeki bu canlı sular bir tatlı su kaynağı olarak kendini gösterebileceği gibi doğrudan bir acı/tatlı su gölüne ya da denize ulaşabilecektir. Bu şekilde hidrolojik döngü tamamlanmış olacaktır (Sanal Dergi, 2008).



Kendisinden hem içme hem kullanma suyu olarak yararlanılan bu sonlu kaynakların miktarının takibi, su tedariki açısından büyük önem taşımaktadır. Bu konuya SÇD'nin verdiği önem kendisini, tanımlar başlığı altında göstermektedir. “Yeraltısularının nicel durumu”, doğrudan ve dolaylı su çekimleri nedeniyle etkilenen yeraltısuyu kütlesinin etkilenme derecesinin bir ifadesidir. Kullanılabilir potansiyel su miktarının, beslenim, boşalım ve depolama ilişkilerine bağlı olarak değişmesi nedeniyle kontrol edilebilir bir değişken olarak su çekim miktarları, yeraltısuyunun nicel durumunda belirleyici olmaktadır. Bu durum, yeraltısuyu seviye takibinin önemini ortaya koymaktadır. Direktif de bu kapsamda, nicel durumu belirlemek için kullanılacak parametre olarak yeraltısuyu seviye değişimini önermektedir.

SÇD, yeraltısuyunun nicel durumunun ölçütü olarak “iyi nicel durum” kavramını getirmiş, iyi durumu ifade eden şartların sağlanmasını şart koştur. Bu kavram, SÇD Madde 8, Ek 5 kapsamında ele alınmıştır:

İyi Miktar Durumu Gereksinimleri

Yeraltısuyu kütlesindeki yeraltısuyu seviyesi, su çekim miktarının uzun yıllar ortalamasını aşmadığı kullanılabilir yeraltısuyu kaynağıdır. Buna göre, yeraltısuyu seviyesi aşağıdaki sonuçlara sebep olabilecek insan etkinliklerinden etkilenmemelidir:

- Direktifin 4. Maddesinde yerüstü suları için verilen çevresel hedeflere ulaşamama durumu,
- Bu suların durumundaki herhangi bir önemli azalma,
- Yeraltısuyuna doğrudan bağlı karasal ekosistemlere gelebilecek önemli bir hasar.
- Seviye değişikliklerinden kaynaklanan akış yönü değişiklikleri uzamsal olarak sınırlanmış bölgelerde geçici veya sürekli olarak görülebilirler. Ancak bu yön değiştirme durumu tuzlu su veya başka girişlere neden olmaz ve bu tür girişlerde olabilecek sürekli ve net bir şekilde tanımlanmış insan kaynakları eğilimler olduğunu göstermez.

3.2. Eşik Değerlerin Belirlenmesinde Yaşanan Sorunlar ve Genel Yaklaşımlar

2006/118/EC sayılı YSD, SÇD hedeflerine ulaşılmasını sağlamak üzere 17. Madde kapsamında özel önlemler önermektedir. Özellikle YSKS'leri belirleyen ve yeraltısuyuna kirletici girişlerinin kısıtlanmasına ya da önlenmesine yönelik tedbirler geliştiren bir yönetim kurmaktadır.

YSD Madde 3 ve 4, özellikle kalite standartları ve eşik değerlerin uygulanması için detaylı ölçütler sunmakta ve yeraltısuyu kütlelerinin kimyasal durumunun değerlendirilmesi için bir yöntem oluşturmaktadır. İlke olarak hiçbir yeraltısuyu kütlesinin bu standart değerleri aşmasına izin verilmeyecektir. Ancak aşılan standart değerlerin, yerel bir etki nedeniyle yeraltısuyu kütlesinin tamamının durumunu tehlikeye atmayacağı düşünülebilir. Bu yüzden YSD, değerlerdeki bu aşmanın nedeninin araştırılmasına ve yeraltısuyu kütlesinin tamamının kimyasal durumunun mevcut risk temelinde sınıflandırılmasına olanak tanımaktadır. Bunun anlamı, yerel baskılara karşılık olarak standart değerlerde artış yaşanabilen durumlarda kontroller yapılması gereği ve mümkünse “zayıf durum/kötü durum” sınıflandırması yapılmaksızın su durumunun iyileştirilebileceğidir. Durum değerlendirmesi sonucunda, yeraltısuyu kütlelerinin durumunun ne olduğu ve 2015 yılına kadar iyi duruma ulaşılmasına yönelik hangi önlemlerin alınacağı belirlenecektir.

YSD'ye göre eşik değerler, ulusal ölçekte, nehir havzası ölçeğinde ya da bir üye devletin sınırları içine düşen uluslararası nehir havzası bölgesi parçası ölçeğinde ya da yeraltısuyu kütlesi ve/veya yeraltısuyu kütle grupları ölçeğinde belirlenebilir. Bu bağlamda hangi ölçeğin kullanılacağı önem kazanmaktadır. Seçilen ölçeğe göre farklı eşik değerler belirleneceği düşünülürse ülkeler arası karşılaştırmaları yaparken bu farklılıkların göz önüne alınması gereği açıktır.

YSD Ek 1'de kalite standardı sadece iki madde için belirlenmiştir: nitrat ve pestisitler (Çizelge 2). Bu iki madde için kalite standardı belirlenmesinde temel alınan direktifler, AB Nitrat Direktifi (91/676/EEC), Bitki Koruma Ürünleri Direktifi (91/414/EEC), Biyosidal Ürünler Direktifi (98/8/EC) gibi AB'nin temel direktifleridir. YSD'de, üye ülkelere seçim bırakmaksızın, her iki madde için de sayısal olarak bir limit değer belirtilmiştir. Dolayısıyla, verili durumda, her iki madde derişiminin de aşmaması gereken bir standart söz konusudur (Günhan, 2014).

Çizelge 2. YSD’de Kalite Standardı Belirlenmiş Kirleticiler

Kirletici	Kalite Standartları
Nitratlar	50 mg/L
İlgili metabolitler, bozulma ve reaksiyon ürünlerini içeren pestisitlerdeki aktif maddeler	0,1 µg/L 0,5 µg/L (toplam)

Diğer taraftan YSD’de, yeraltısuyu kütlelerinin risk durumunda olmasına neden olabilecek diğer kirleticiler için ise bir limit değer belirtilmesi gerektiği ifade edilmiş olup, bu limitlerin sayısal karşılığının belirlenmesi üye ülkelere bırakılmıştır. Her bir üye ülkenin hidrojeolojik koşullarının, doğal arka plan seviyelerinin, baskı-etki miktarının vb. koşullarının diğer ülkelere göre büyük değişkenlik gösterebileceği hususu dikkate alınarak söz konusu parametreler için genel-geçer bir sayısal değer belirlenmemiştir. Üye ülkelerin, kalite standardı hali hazırda belirlenmiş olan kirleticiler (nitrat ve pestisit) dışında kalan parametreler için belirleyeceği limit değerlere “eşik değer” denilmektedir. Eşik değer, bir diğer deyişle, üye ülkelere belirlenen kalite standartlarıdır (Günhan, 2014).

Eşik değerlerin üye ülkelerin seçimine bırakılması, bir taraftan esneklik sağlarken, diğer taraftan kirleticilerin belirlenmesine yönelik bir şablon ortaya koymayı zorlaştırmaktadır; çünkü bir ülke içinde farklı topoğrafik ve hidrojeolojik özelliklere sahip bölgeler bulunduğu gibi, seçilmiş lokal bir bölge de kendi içerisinde çeşitlilik içerebilmektedir.

YSD Ek 2’ye göre, yeraltısuyu su kütlelerini yaygın olarak risk sınıfına sokabilecek 10 parametre için eşik değer belirlemek gerekmektedir (bkz. Çizelge 3). Her bir ülkenin, kendine özgü hidrojeolojik-jeolojik yapısına, baskı-etki durumuna ve akifer çeşidine göre, bu 10 kirleticiye ilave olarak, SÇD’nin Ek 8’inde yer alan “Temel Kirletici Listesi”nden (Çizelge 4) seçilecek ilave parametrelerin de dikkate alınabileceği belirtilmektedir. YSD, parametre sayısı ve çeşidi ile bu parametre derişimlerinin yeraltısuyu kütlelerinde bulunabileceği minimum değer her ülkede aynı olmasının mümkün olmadığı gerçeğinden hareketle, eşik değer belirlemesine ilişkin olarak oldukça esnek bir içerik sunmaktadır (Günhan, 2014).

Çizelge 3. Eşik Değerler Belirlenirken Dikkate Alınması Gereken Asgari Parametre Listesi

Parametreler	
Arsenik	Klorür
Kadmiyum	Sülfat
Kurşun	Trikloretilen
Civa	Tetrakloretilen
Amonyum	İletkenlik

Çizelge 4’te verilen maddelerden:

- Arsenik, kadmiyum, kurşun, civa, amonyum, klorür ve sülfat, hem doğal olarak oluşabilen hem de insan etkinlikleri sonucunda oluşabilen kirletici ya da kirletici göstergeleri,
- Triklöretilen ve tetrakloretilen sentetik kirleticileri,
- İletkenlik, klorür ve sülfat ise tuzlu su ya da başka girişleri gösteren kirleticileri temsil etmektedir.

Çizelge 4. Temel Kirleticiler Listesi

Temel Kirleticiler
Organohalojen bileşikler ve su çevresinde bu gibi bileşikler oluşturabilecek maddeler
Organofosforlu bileşikler
Organotin bileşikler
Kanserojen ya da biçim bozucu (mutajenik) özellikler ya da stroidojenik, tiroit, üreme ya da diğer endokrin bağlantılı etkinlikleri su çevresinde ya da su çevresi yoluyla etkileyebilecek özelliklere sahip olduğu kanıtlanmış maddeler ve preparatlar ya da türevleri
Kalıcı hidrokarbonlar ve kalıcı ve biyolojik olarak birikebilir organik zehirli maddeler
Siyanürler
Metaller ve metal bileşikleri
Arsenik ve arsenik bileşikleri
Biosidler ve bitki koruma ürünleri
Askıda katı maddeler
Ötrofikasyona katkıda bulunan maddeler (özellikle nitratlar ve fosfatlar)

YSD, eşik değerlerin belirlenmesi için kılavuz bilgiler önerirken aslında bu süreçte faydalanılacak temel bilgiler de tanımlamaktadır. Bu kılavuz bilgiler Ek 2 A'da yer alır ve özetle aşağıdaki gibidir:

- Eşik değerler, yeraltısuyu ile sucul ve suya bağımlı karasal ekosistemler arasındaki etkileşimler ölçeğine dayanmalıdır.
- Eşik değerler, gerçek ya da potansiyel yasal kullanıma (örneğin içme suyu kaynağı, sulama vb.) ya da yeraltısuyunun işlevlerine dayanmalıdır.
- Eşik değerler belirlenirken yeraltısuyu kütlelerini SÇD Madde 4 hedeflerini karşılayamayan risk altında olarak tanımlanmasına neden olan yeraltısuyu kütlelerindeki tüm kirleticiler (minimum liste YSD Ek 2 B'de verilmiştir) hesaba katılmalıdır.
- Arka plan seviyeleri ve su dengesi bilgilerini içeren hidrojeolojik özelliklere dayanmalıdır.
- Eşik değerleri derlerken kirleticilerin kökenleri, olası doğal oluşumları, zehirlilik özellikleri ve yayılma eğilimleri, kalıcılıkları ve biyolojik birikme potansiyelleri dikkate alınmalıdır.
- Eşik değerler belirlenirken, ilgili yeraltısuyu kütlesinin doğal hidrojeolojik nedenlere bağlı olarak oluşan madde, iyon ya da göstergelerin arka planları dikkate alınmalıdır.
- Eşik değerler belirlenmesi aşamaları, veri toplama kontrol mekanizmaları ile desteklenmeli, veri kalitesi ve analitik tavır ile hesaplanmalı ve doğal olarak ya da insan etkinliklerinden kaynaklanan arka plan seviyelerine dayanmalıdır.

Bu öğelere bağlı olarak, eşik değerleri belirlerken iki ölçüt dikkate alınabilir (Şekil 4) (OUS 18, 2009):

1. Çevresel ölçütler

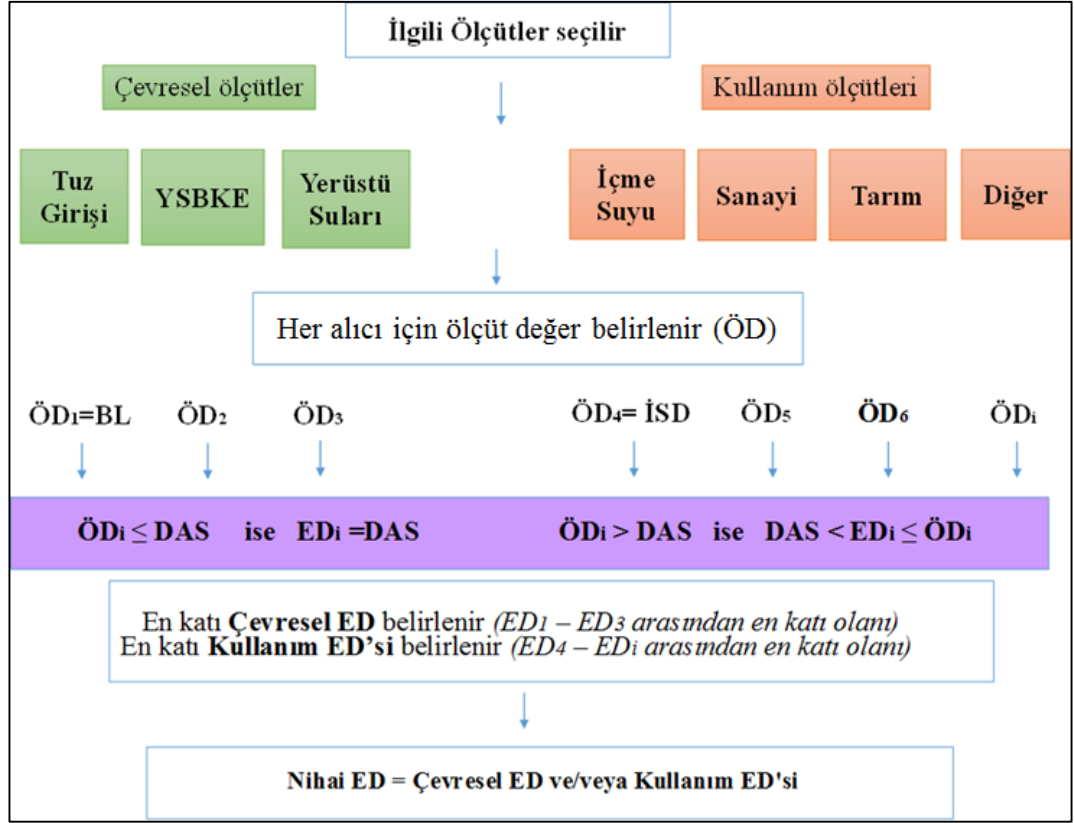
- İlgili sucul ekosistemleri ve yeraltısuyuna bağımlı karasal ekosistemleri koruma amaçlı eşik değerler

2. Kullanım ölçütleri

- İçme Suyu Koruma Alanlarındaki içme sularını korumayı amaçlayan eşik değerler
- Yeraltısularının diğer yasal kullanım alanları: sulama, sanayi vb. (Yeraltısuyu kütlesi ile karşılaştırıldığı zaman önemli bir oranı teşkil eden kullanım amaçları dikkate alınır.)

Eşik değerlerin belirlenmesi için OUS 18 numaralı rehber doküman, ölçüt değerlerin doğal arka plan seviyeleri ile kıyaslanmasına dayanan bir yöntem önerir. Ölçüt değer, doğal arka plan seviyeleri dikkate alınmaksızın, aşıldığı takdirde iyi durum ölçütlerinde başarısızlığa neden olan kirletici derişimidir. Bu kıyaslama sonucunda iki durum ortaya çıkar:

- Arka plan seviyesi ölçüt değerinin altında olabilir: Bu durumda eşik değerler ulusal stratejilere ve risk değerlendirmelerine göre belirlenir.
- Arka plan seviyesi ölçüt değerden yüksek çıkabilir: Bu durumda eşik değer arka plan seviyesine eşit olmalıdır.



Şekil 4. Eşik Değer Belirleme Akış Şeması (OUS 18, 2009)

3.2.1. “Tuz ya da Diğer Girişler” İçin Eşik Değerlerin Belirlenmesi

Tuz ve diğer girişler için ilgili eşik değeri, giriş olduğunu gösteren parametreler için “DAS” olacaktır, çünkü insan kaynaklı etkinlikler nedeniyle herhangi bir giriş olup olmadığını incelerken kullanılacak en uygun çevresel değer DAS’dır.

Şekil 4’te gösterildiği gibi çevresel ve kullanım ölçütleri ile DAS’nin kıyaslanması sonucu eşik değerler oluşturulur ve bunlar arasından en sıkı olanları nihai ED olarak tercih edilir.

Ancak bu noktada önemli bir sorun ön plana çıkmaktadır. Yeraltısuyu kütlelerindeki muhtemel kirlenici parametrelerinin DAS’nin ortaya konulabilmesi ve yeraltısuyu kütlesini “iyi yeraltısuyu durumu” sınıflandırmasından alıkoyabilecek kirlenicilerin varlığını belirleyebilmek için geçmişe dayalı izleme verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

3.2.2. “İlgili Sucul Ekosistemler ve YSBKE” İçin Eşik Değerlerin Belirlenmesi

Yeraltısuyu ve yerüstü suları bağlı olduğu zaman ve özellikle yerüstü suları ya da bağımlı karasal ekosistemler yeraltısuyundan beslendikleri zaman, ilgili yerüstü suyunun korunmasıyla ilgili ölçüt değeri ya da değerleri, yerüstü suyuna ait ÇKS ya da varsa ilgili ekotoksikolojik değer kullanarak belirlenecektir. Bir parametrenin derişimi akifer ve nehir arasında değışiklik gösterdiğinden, uygun bir ölçüt değeri elde etmek için bir seyrelme faktörü (SF) ya da bir azalma faktörü (AF) kullanılabilir. Azalma ve seyrelme faktörlerinin hesaplanması, yeraltısuyu-yerüstü suyu arasındaki etkileşim, kavramsal model ve yeraltısuyu sistemi içindeki izleme noktalarının alıcıya göre konumu hakkındaki bilgi seviyesine bağlıdır. Burada “alıcı” ifadesi, yeraltısuyu ile etkileşim halinde olan ekosistemi ya da yeraltısuyu kullanıcılarını; yani yeraltısuyundaki değışimden etkilenecekleri tanımlamaktadır. Üye Devletlerinin tamamı, kendi yaklaşım ve bilgilerine uygun olarak her bir yeraltısuyu kütlesi için seyrelme faktörü (SF) ve azalma faktörü (AF) değerlerini belirlemekte serbest olacaktır. Böylece ilgili ölçüt değeri şu şekilde olmaktadır:

$$\text{ÖD} = \text{ÇKS} * \text{AF} / \text{SF}$$

AF ve SF kullanmak için yeraltısuyu sistemi ve yerüstü suyu ile ilişkisi hakkında iyi bir anlayış olmalıdır. Bu anlayışın olmadığı yerlerde AF ve/veya SF kullanımı mümkün olmayabilir. Bu durumda ilk olay için tedbirli bir yaklaşım benimsenebilir; yani

$$\text{ÖD} = \text{ÇKS alınabilir.}$$

3.2.3. “Yasal Kullanımlar” İçin Eşik Değerlerin Belirlenmesi

Kullanım ölçütleri, içme suları standartları, sulama standartları gibi kullanımla ilgili standartları temel alır. Bunu desteklemek için ölçüt değerler uygun şekilde belirlenmelidir. Örneğin değerler yalnızca bu “yasal kullanım amaçlarını”

riske atan kirlenmiş alanın toplam yüzey alanı ya da hacmi ya da yeraltısuyu kütlesinin tüm yüzey alanı ya da hacmi ile karşılaştırıldığı zaman ‘önemli’ ise belirlenmeli ve değerlendirilmelidir. İçme suyu kaynağı konusunda, ölçüt değerlerini belirlerken içme suyu standartları dikkate alınmalıdır. Tarımsal sulama ve sanayi gibi diğer kullanımlarda ise duruma özgü yaklaşımların benimsenmesi önerilmektedir.

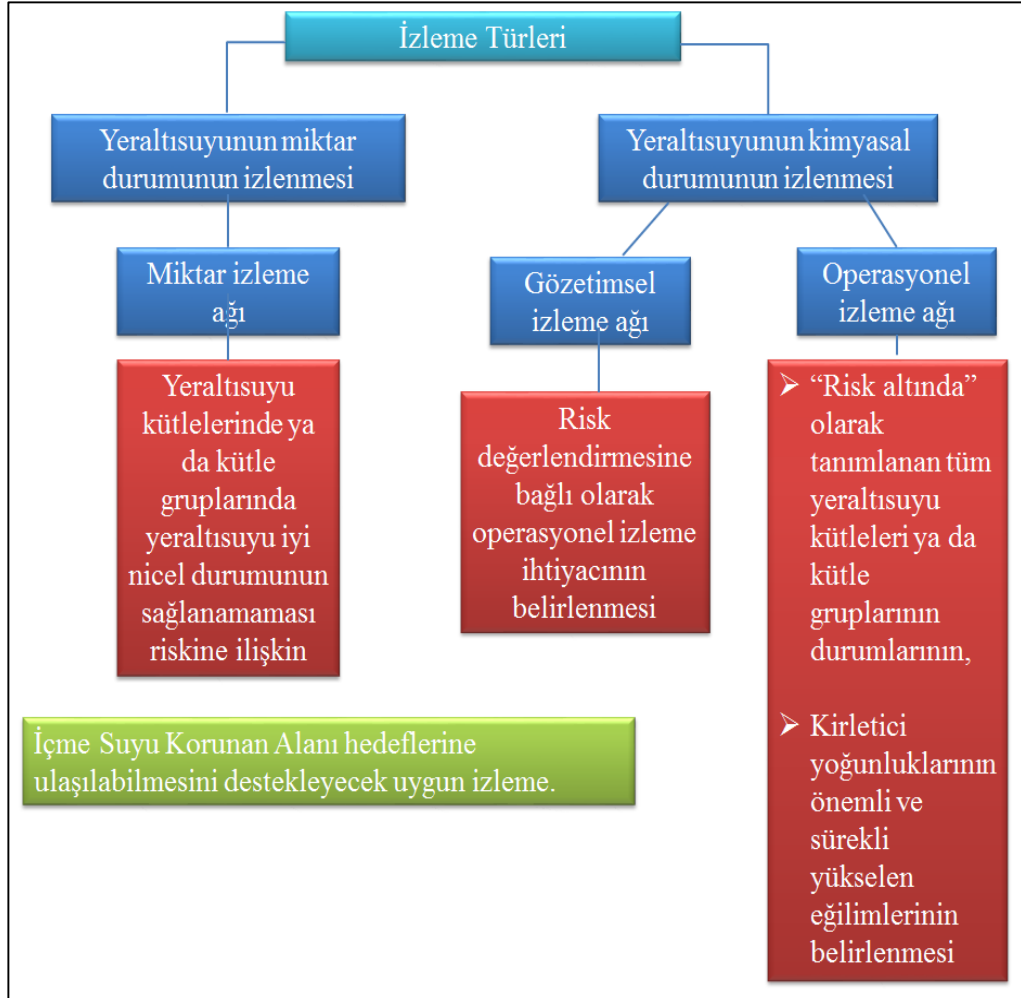
3.3. Eğilim Belirleme: Gerekçe ve Genel Yaklaşımlar

SÇD’ye göre Üye Devletler, mevcut Topluluk gereksinimlerini dikkate alan bütünsel programlarla birlikte gerekli tedbirlerin tanımlanması ve uygulanması yoluyla en azından iyi su durumunu sağlamaya yönelik önlemlerin gerçekleştirilmesini hedeflemelidirler. İyi su durumunun zaten mevcut olduğu yerlerde bu durum sürdürülmeli; yeraltısuyu için, iyi durum şartlarına ilave olarak, herhangi bir kirleticinin derişimindeki herhangi önemli ve sürekli artan eğilimler belirlenmeli ve tersine çevrilmelidir.

SÇD’ye göre yerüstü suları ve yeraltısuları ilke olarak yenilenebilir doğal kaynaklardır; özellikle yeraltısuyunun iyi durumunun sağlanması görevi suyun oluşumu ve yenilenmesindeki doğal gecikme nedeniyle erken harekete geçmeyi ve koruyucu önlemlerin, istikrarlı uzun dönem planlamasını gerektirmektedir. Bu gibi gecikmeler sebebiyle yeraltısuyunun iyi durumunun sağlanmasına ve yeraltısuyundaki herhangi bir kirleticinin derişimindeki önemli ve sürekli artan eğilimlerin geri çevrilmesine yönelik önlemler oluşturulurken iyileştirme sağlanması için program takvimleri oluşturulmalıdır. SÇD Madde 4 uyarınca yeraltısuları için tanımlanan hedefler arasında önemli ve sürekli artan eğilimlerin tersine çevrilmesi için önlemler uygulanmasının bu bağlamda yer aldığı görülmektedir.

Sudaki kirleticilerin eğilimlerinin belirlenmesi elbette ki izleme sonuçlarının varlığını gerektirir. Üye ülkeler, uzun dönemli insan aktivitelerinin sonucunda oluşan kirleticinin derişimlerinin artan eğilimlerinin ve bu eğilimlerin geri çevrilisinin belirlenmesi amacıyla hem Gözetimsel İzleme (Genel Amaçlı İzleme) hem de

Operasyonel İzleme verilerini kullanmalı; eğilim belirlenirken temel alınacak yıl ya da periyot tanımlanmalıdır. Eğilimler, bir yeraltısuyu su kütlesi ve uygun kütle grubu için hesaplanabilmektedir. Eğilimin tersine çevrilmesi istatistiksel olarak gösterilmeli ve eğilimlerin tanımlanmasıyla ilgili güvenilirlik seviyesi belirtilmelidir (OUS TR 1, 2001).



Şekil 5. SÇD’ye Göre İzleme Türleri ve Yeraltısuyunun İzlenmesindeki Yerleri

Sudaki kirleticileri, zamana bağlı olarak rastgele değişen değişkenler olarak tanımlarsak, bu değişkenler zamanla belirgin ve önemli değişimler gösteren eğilimler yaratmaktadırlar. Zaman serilerinde sonuçlarda görülen artış ve azalışların sabit ve düzenli hareketleri eğilim olarak adlandırılır. Hidrolojik zaman serilerinde uzun dönemler için tarihsel verilere ulaşılmalıdır; çünkü uzun dönemli eğilimler bu çalışmalar için daha uygun olacaktır.

İklim ve toprak kullanımı değışikliklerinin yarattığı çeşitli etkiler nedeniyle hidrolojik serilerin eğilim analizinin gerçekçi bir önemi vardır. Zaman içindeki kademeli eğilimlerin saptanması için istatistiksel işlemler kullanılmaktadır. Eğilim testinin amacı, istatistiksel anlamda belli bir zaman dilimi içindeki rastgele artış ya da azalışların değerin belirlenmesidir. İstatistiksel olarak önemli bir eğilimin varlığına karar vermek üzere parametreye dayanan ya da dayanmayan istatistik testleri kullanılmaktadır (Thakur, vd., 2011).

Yöntemlerin seçimi için aşağıdaki şartlar tanımlanmıştır:



Şekil 6. İstatistiksel Yöntemlerin Seçiminde Temel Şartlar

Zaman serileri istatistiksel ve sıraya bağlı olan bir dizi gözlemlerden oluşur ve analizin genel amacı bu bağımlılığın karakterini belirlemektir. İlk uygulamaları 1970 yılında Carlson tarafından oluşturulan su kaynaklarına yönelik yöntemlerden olan ve bir iki parametre ile varyansında önemli azaltım elde edebildikleri yıllık akım verilerinin parametrik modelini 1976 yılında Box ve Jenkins geliştirmiştir. Buna ek olarak bir tahmin modeli de geliştirmişlerdir. 1983 yılında Adamowski ve Hamory yeraltısuyu seviyelerindeki dalgalanmaları rastgele, olasılıksal bir sistemle

analizleyen bir model geliştirmişlerdir. Yine aynı yıl Houston tarafından yeraltısuyu sistemleri için zaman serileri tekniği uygulanmıştır. Benzer şekilde Batı Amerika’da da Law tarafından 1974 yılında yeraltısuyu seviyesi zaman serilerinin olasılıksal analizi yürütölmüştür. Fakat sonuç olarak denilebilir ki yeraltısularının zaman serilerinin analizinin yorumlanması için sınırlı sayıda çalışma yürütölmüştür (Thakur vd. , 2011).

Yeraltısularının etkin yönetimi, farklı bölgeler için özellikle su sıkıntısı yaşıyan kurak ya da yarı kurak iklimler için temel bir görevdir. Bu yüzden su tablasının (su seviyelerinin) gözlenmesi amacıyla yeraltısuyu seviyelerindeki değışim eğilimlerinin ya da yeraltısuyundaki hidrojeokimyasal bileşenlerin derişimlerinin belirlenmesi çok önemlidir. Farklı ölkelerden birçok araştırmacı yeraltısularının eğilim analizinde parametrik olmayan metodu kullanmışlardır.

Eğilim değeriendirmelerinde kullanılacak istatistiksel yöntemler için ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından 2009 Mart ayında yayımlanan EPA 530/R-09-007 numaralı “RCRA (Kaynak Koruma ve Kurtarma Yasası) Tesislerinde Yeraltısuyu İzleme Verilerinin İstatistiksel Analizi” konulu birleştirilmiş kılavuza başvurulabilir. Bu kılavuzda yeraltısuyu izleme verilerinin istatistiksel analizi için tavsiyeler ve genel bir çerçeve sunulmaktadır.

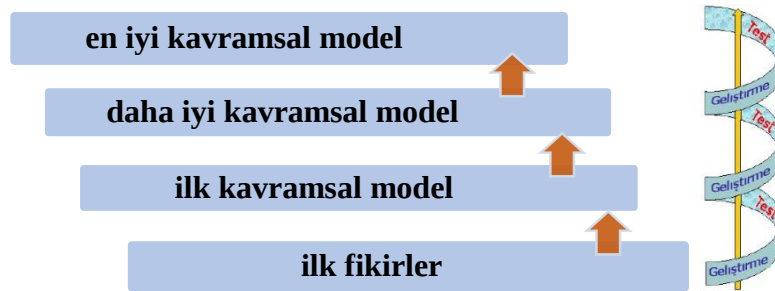
4. YERALTISULARININ DURUMUNUN BELİRLENMESİ VE EĞİLİM DEĞERLENDİRMELERİNDE KAVRAMSAL MODELLER

4.1. Kavramsal Modelin Tanımı

SÇD ve YSD'nin uygulanması ve yeraltısularının etkin bir şekilde yönetilebilmesi amacıyla, çevresel hedeflerin gerçekleştirilmesi için sağlanması gereken çevresel koşullar ve bu koşulların insan etkinliklerinden nasıl etkilenebileceği net bir şekilde anlaşılmalıdır. Bu anlayış, genel akış ve aktarım koşullarının genel düzeninin ve hidrojeokimyasal özelliklerin tanımlandığı yeraltısuyu sisteminin bir modelinin geliştirilmesi yaklaşımı ile desteklenmektedir (OUS 18, 2009).

Hidrojeolojik sistem ile hidrolojik ve hidrokimyasal süreçlerin açıklanması “kavramsal model” olarak adlandırılmaktadır. Bu model, jeolojik yapıların kendisi kadar bu sistemlerin içindeki ve arasındaki yeraltısuyu akış sistemlerinin hidrojeolojisini de içermelidir. Buna ek olarak bu model, yeraltısuyu sistemlerinin beslenme ve boşalım bölgelerini tanımlamalı ve yeraltısuları ile yerüstü suları arasındaki etkileşimin derecesini belirleme amacıyla olmalıdır.

Kavramsal modelin karmaşıklık seviyesi, program hedefleri ile birlikte mevcut verilere de uygun olmalıdır. Yeraltısuyu değerlendirmelerinin ilk evrelerinde temel veriler genellikle kıt, bu yüzden gerçek sistemin kaba bir modelini üretmek mümkün olmaktadır. Zamanla daha fazla veriye ulaşıldıkça, karmaşıklık seviyesindeki artış göze görülür hale gelecektir (İgrac, 2008).



Şekil 7. Kavramsal Model Oluşturma Süreci (OUS 7, 2003)

Kavramsal bir model yukarıda da bahsedildiği gibi gerçek hidrojeolojik sistemin nasıl olması gerektiğine dair basitleştirilmiş bir sunum ya da iş tanımıdır; hidrojeologların yeraltısu sistemi nasıl algıladıklarını gösterir:

- Bir işleyen hipotezler ve varsayımlar dizisidir,
- Gereken tahminler ya da değerlendirmelerle ilgili sistem özellikleriyle ilgilenir,
- Kanıta dayalı olmakla birlikte bir gerçeklik tahminidir,
- Var olan ve/veya yeni elde edilen veriler kullanılarak test edilebilmesi için yazıya dökülür.

Kavramsal modellerde ayrıntı düzeyi, yeraltısu hedefleri üzerindeki baskıların etkilerini değerlendirmedeki zorlukla orantılı olmalıdır. İlk model yeraltısu sisteminin basit ve genel bir krokisi olacaktır. Gerekli görüldüğü yerlerde, bu ilk kavramsal modelin mekansal özgüllüğü kademeli olarak geliştirilebilir.

Yeraltısu sisteminin kavramsal modelinin oluşturulması; topografya, hidroloji, hidrojeoloji ve hidrokimyaya ilişkin mevcut verilerin yorumunu ve çeşitli durumlarda ek veri toplamasına odaklanmış bir programı içermektedir. Model, bu verilerin yorumlanmasının yanı sıra arazideki görsel izlenimlere de dayanmaktadır. Kavramsal model, genel anlamda, üzerinde çalışılan yeraltısu sisteminin nasıl işlediğine ilişkin profesyonel hidrojeologlar tarafından sunulan bir ifadedir (İğrac, 2008).

4.2. Kavramsal Hidrojeolojik Modelin Gerekliliği

Yeraltısu sistemlerinin ortaya konması, bu sistemler üzerine gerçekleştirilecek çalışmaların daha nitelikli, gerçekçi ve bu nedenle de ekonomik çalışmalar haline gelmesine yardımcı olur. Örneğin bir hidrojeolojik sistemin hangi özelliklerde olduğuna dair bilginin varlığı, jeolojik formasyonlardaki bölgelerin geçirgenliklerine bağlı olarak, açılacak kuyuların lokasyonlarının hatta kuyu

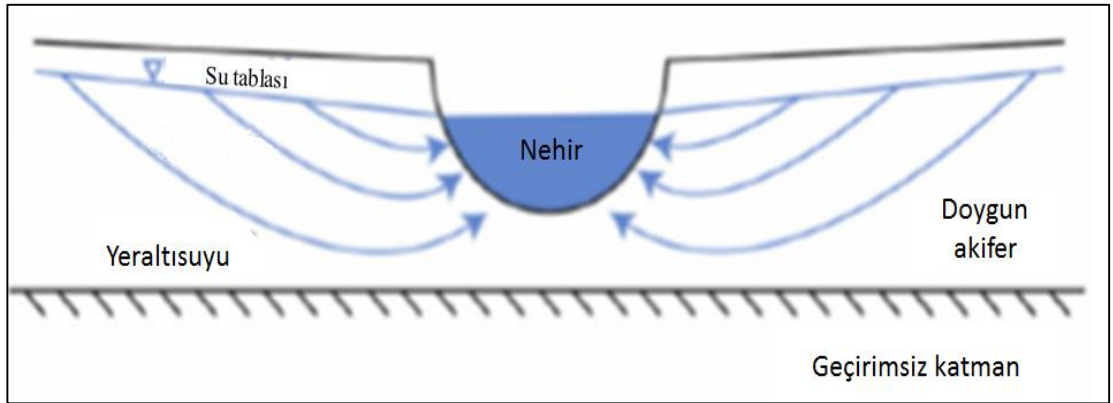
tiplerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Sistemin gereklerine yönelik doğru uygulamalar gerçekleştirilmesinde, bu sistemin tanımlanmış olmasının payı yadsınamaz.

Hem risk değerlendirme, hem de izleme işlemleri zaten yeraltısuyu sisteminin kavramsal modeline dayanıyor olmalıdır. SÇD izleme programlarından elde edilen izleme bilgileri kavramsal modelleri test etmek, doğrulamak ve geliştirmek için kullanılmalıdır. Ulaşım süreleri, debi ve aktarım hızları ve/veya yeraltısuyunun yaş açısından dağılımı hakkında bilgiler de kavramsal modele girdi olarak kullanılabilir ve modellerin doğrulanmasında yararlı olabilir (OUS 18, 2009).

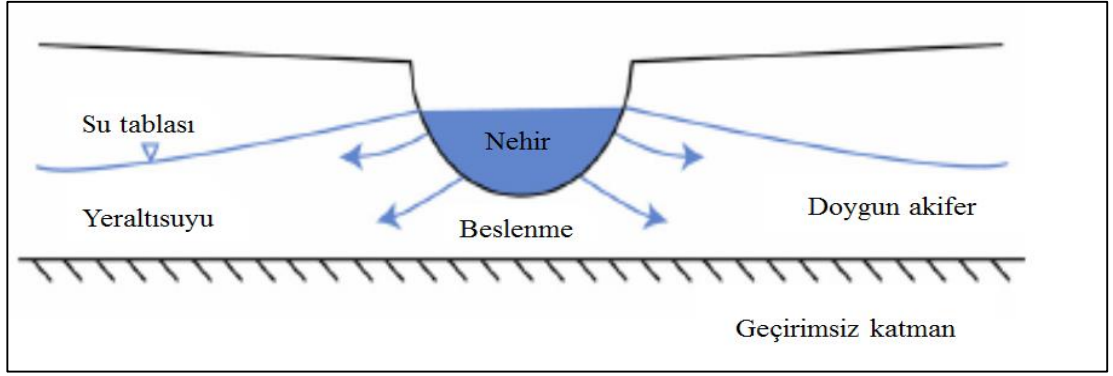
Hidrojeolojik sistemin temel yapısını jeolojik formasyonlar şekillendirir. Yeraltıları beslenim bölgelerinden boşalım bölgelerine doğru bu yapı boyunca akmaktadır. Hidrojeolojik sistem yüksek geçirgenliğe sahip “akifer” bölgeleri, düşük geçirgenlikteki “akitard”lar ve neredeyse hiç geçirgenliği olmayan “akiklud”lerden oluşur. Yeraltısuyu, akıma karşı en düşük direnç gösteren yolu takip edeceği için, yeraltısuyu akışı toplu bir şekilde akiferler boyunca gerçekleşecektir. Yeraltısuyu seviyesi ve kalite izleme gözlem kuyularının büyük bir kısmı çoğunlukla, en yüksek geçirgenlikte olan akifer bölgelerine yerleştirilecektir (İgrac, 2008). Bu yüzden denilebilir ki hidrojeolojik sistem tanımlamaları yapılmış, bileşenleri ayrıntılandırılmış bir sistemin, etkili bir izleme sistemi oluşturulmasındaki yeri yadsınamaz.

Yeraltısuyu akış sistemleri; yeraltısuyunun beslenim bölgesinden boşalım ya da çekilme bölgesine aktığı mekansal birimler ya da hücreler olarak tanımlanır ve birçok alt akış sisteminden oluşabilir. Bu akış sistemleri, yumuşak yeraltısuyu bölünmeleri ile ya da su geçirmez katmanlarla birbirlerinden ayrılır (İgrac, 2008). Yeraltısuyu akış sistemlerini tanımak tasarlanacak izleme kuyularının lokasyonlarının belirlenmesinde önemli bir unsurdur. Yeraltı jeolojisi ortaya konduğu takdirde, yeraltısuyu akışının izlediği farklı yollarla farklı yerüstü sularına bağlandığı görülecektir. Bu akış sistemlerinin tanımlanmasıyla bağlantılı oldukları yerüstü suları da ortaya koyulabilecek ve bu ilişkiler sonuç değerlendirmelerinde kullanılabilecektir.

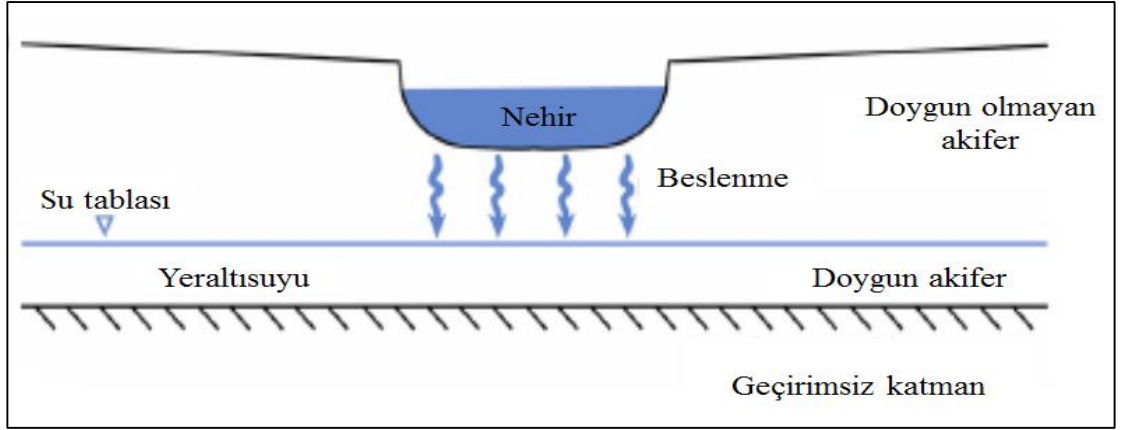
Yeraltısuyu akışı, yerçekimi nedeniyle akışın yüksek seviyelerdeki beslenme bölgelerinden düşük boşalım bölgelerine doğru akar. Yeraltısuyu sistemlerindeki akım hatları, beslenme bölgeleri ile boşalım bölgelerini birbirine bağlar. Bu akım hatlarının rotası, yeraltının hidrolik özelliklerinden etkilenir; doğal olarak akiferler, öncelikli akım yolu olurlar. Yeraltısuyu akış sistemleri ve akım hatları hakkındaki çalışmalar, yeraltısuyu kalitesinin değişiminin analizi, muhtemel kirletici etkileri ve çevresel önlemlerin yarattığı etkiler için temel bilgiler sağlar. Büyük yeraltısuyu sistemlerinde kalış süreleri on binlerce yıl kadar olabilir. Bu yüzden yeraltısuyunun kalitesini genellikle, yeraltısuyunun akifer ortamı (akifer matrisi) ile uzun süreli kimyasal etkileşimi belirler. Suyun bu kimyasal ortam ile uzun süreli etkileşimi, yeraltısuyunu farklı kalite tiplerine ayırmak için kullanılabilir. Küçük ve sık yeraltısuyu akış sistemlerinin nispeten kısa akım hatları ve seyahat süreleri vardır. Yakın zamanlı etkilerin hepsini kalitelerinde gösterebilirler (İgrac, 2008). Bu bakımdan yeraltısuyu akış sistemleri ve akım hatları hakkında edinilen bilgiler, o yeraltısuyu sisteminin kalitesinin ortaya konmasında bir karşılaştırma mekanizması olarak kullanılabilir.



Şekil 8. Sık Yeraltısuyu Sistemine Sahip Serbest Akiferlerde Yerüstü Suyu İle Etkileşim (İgrac, 2008).



Şekil 9. Derin Su Tablasına Sahip Sistemde Yerüstü Suyunun Yeraltısuyunu Beslemesi (İgrac, 2008).



Şekil 10. Yerüstü Suyunun Doygun Olmayan Akiferi Beslemesi (İgrac, 2008).

Yerüstü suyu ve yeraltısuyu seviyeleri arasındaki ilişki, yeraltısuyu topoğrafik haritalarının çizilmesinde kullanılabilir. Ayrıca, yerüstü suyu seviye izleme noktaları, yeraltısuyu gözlem kuyuları ağını desteklemek için kullanılabilir.

Yeraltısuyunun kavramsal modelinin oluşturulması, yeraltısuyu sistemine ve hidrojeolojisine yönelik bilgilerin farkındalığını sağlamaktadır. Bu verilerin temini ile ekonomik ve sürdürülebilir bir izleme sistemi oluşturulacaktır. Ancak unutulmamalıdır ki bu ilgilerin varlığı yine izleme çalışmaları gerçekleştirilmesiyle mümkün olabilmektedir.

Kavramsal model oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bir başka husus ise Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerin (YSBKE) varlığının kontrol edilmesidir. Bu ekosistemler eşik değerlerin belirlenmesinde bir ölçüt olarak

karşımıza çıkarken, aynı zamanda yeraltısularının yerüstü sularıyla ve farklı ekosistemlerle olan ilişkisini ortaya koyarak sistemin tanımlanması nedeniyle kavramsal model oluşturmada önemli bir yeri vardır. YSBKE'lere Yeraltısuyu Durum ve Eğilim Değerlendirme Kılavuzu'nda (OUS 18) geniş bir yer ayırmıştır.

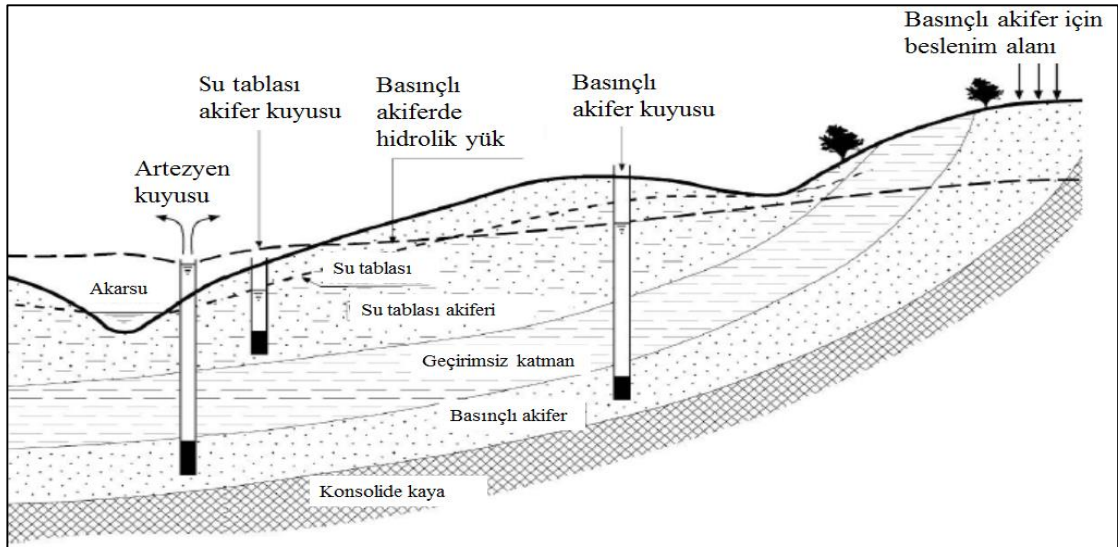
Bu bağlamda kılavuzda, ilgili sucul ve suya bağımlı karasal ekosistemler tanımlanırken SÇD Sulak Alanlar Kılavuzuna atıf yapılmıştır. Bu belgeye göre, yeraltısuyu durumunun değerlendirmesinde ve eşik değer belirlenmesinde kullanılacak ilgili karasal ekosistemler olarak doğrudan yeraltısularına bağımlı Natura 2000 sahaları ve yeraltısularına bağlı diğer karasal ekosistemler tanımlanmaktadır. Natura 2000 sahaları, Avrupa koruma alanları ağı olup AB doğa koruma politikasının hayata geçirilmesinde en önemli araçlardan biridir. Söz konusu diğer karasal ekosistemler ise yeraltısuyunda önemli değişiklikler nedeniyle hasar görmüş olan ancak yeterli ekolojik ve sosyo-ekonomik değer taşıyan, yeraltı sularına bağımlı ekosistemlerdir (OUS 18, 2009).

SÇD'de iyi yeraltısuyu miktar durumunun ve iyi yeraltısuyu kimyasal durumunun tanımları yapılırken, yeraltısularına doğrudan bağımlı karasal ekosistemlerin önemli derecede hasar görmemiş olması gereğinin altı çizilmektedir. Bu bağlamda bir yeraltısuyunun karasal ekosistemlerle bağlantıları konusunda araştırmalar gerçekleştirilmesi ve karasal ekosistemin yeraltısuyu ile bağlantısına ilişkin bilgilerle bu bağlılığı destekleyen verilerin toplanması gerekmektedir.

4.3. Kavramsal Hidrojeolojik Model Oluşturma Aşamaları

Hayal edilebilir tüm şartlar ve durumlar için kavramsal model oluşturmaya yönelik tek bir yöntem bulunmamaktadır. Bunun yerine araştırmacı, uygun kavramsal model yaratmak için önerileri ve ortak aklı, saha gözlemlerine dayanan ilgili bilgilerle birleştirmelidir. En basit sayısal yeraltısuyu modelleri bile yeraltısuyu akış yolunu anlamaya ve belirlemeye oldukça yardımcı olmaktadır. Kavramsal modelin hazırlanması, ulaşılabilir verilerin varlığına ve hizmet edecek modelin

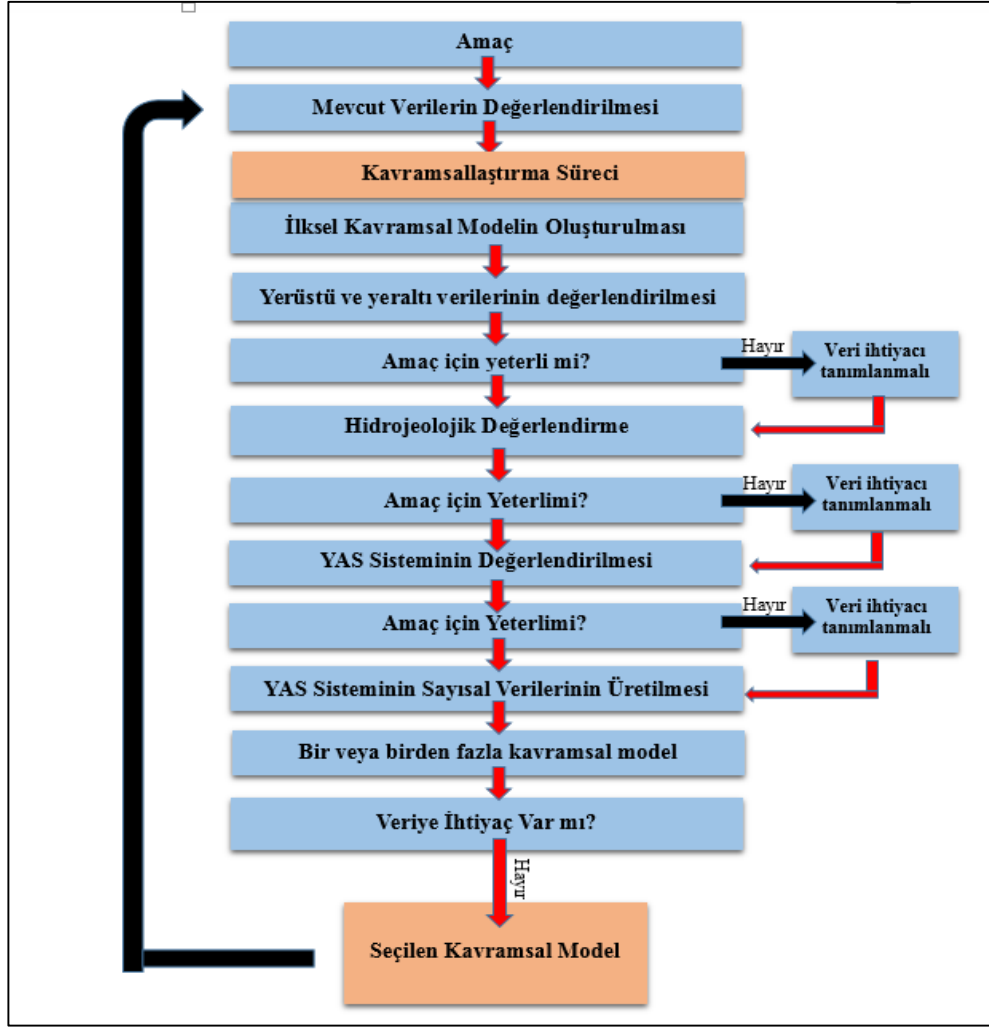
amacına bağlı olarak basit modellerden karmaşık modellere kadar değişebilir. İyi bir tasarım, genellikle birçok değişken içermektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Çok Değişkenli Bir Kavramsal Modelin Şematik Kesiti (İğrac, 2008).

Bilinmelidir ki, bir kavramsal model, yeraltısını sisteminin nasıl çalıştığının bir ifadesidir ve zamanla daha fazla ayrıntılı elde edileceği için bu ifadenin seviyesinde artış olması beklenir. Sonuç olarak kavramsal model genellikle zamanla birlikte gelişmektedir (İgrac, 2008).

Zamanla birlikte gelişmesi beklenen kavramsal model, çeşitli aşamalardan geçerek son şeklini alır. “Yeraltısu Y Sistemlerinin Karakterizasyonu ve Kavramsallaştırılması İçin Standart Kılavuz” (ASTM D5979-96) kapsamında kavramsal model, yeraltısu akış sistemlerini karakterize etmek üzere birden fazla çalışma hipotezi geliştirilen iteratif bir süreç olarak tanımlamaktadır. Bu süreç gözlemlerin, yorumların ve tasarlanan model hipotezlerinin analizlenerek sistemle ilgili belirsizliklerin azaltılmasını ve yeraltısu sisteminin en olası kavramsal modelinin geliştirilmesini hedefler. Kavramsal model oluşturma aşamaları ek1’de ayrıntılandırılmıştır.



Şekil 12. Kavramsal Model Oluşturma Aşamaları

4.4. Örnek Kavramsal Hidrojeolojik Modeller

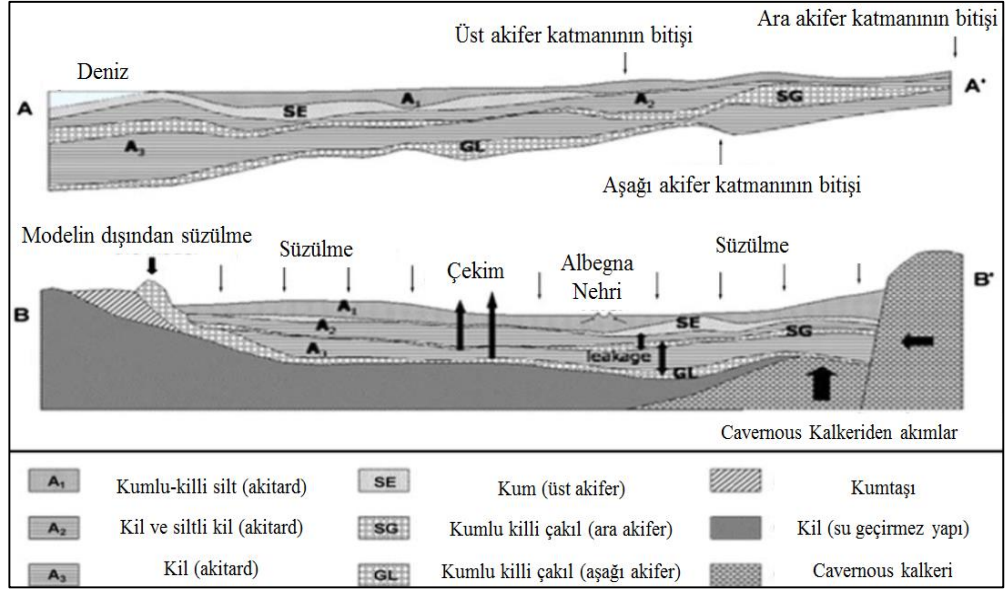
İzleme ağının oluşturulmasında, eşik değerlerin belirlenmesinde ve yeraltısuyu kütlelerinin durumlarının değerlendirilmesinde kullanılan kavramsal modeller, AB Kılavuz dokümanlarında verilen tanımıyla gerçek hidrojeolojik sistemin nasıl olması gerektiğine ilişkin basitleştirilmiş bir sunum ya da iş tanımı olarak nitelendirilmektedir. Literatürde farklı amaçlar için ayrıntılandırılabilen farklı model tipleri vardır. Genel anlamda kavramsal modeller fiziksel gerçekliğin parçaları hakkında konuşmak ve bu konular hakkında tartışmak için kullanılırlar ve tipik örnekleri henüz işlevselleştirilmemiştir; sayısallaştırılma ya da değer atama gibi işlemler görmemiştir. Bu bağlamda literatürdeki tanımı, gerçekliğin (ya da bir kısmının) niteliksel, şematize bir sunumu şeklindedir (Lieste vd., 2008).

Bazı dokümanlarda, kavramsal modellere niceliksel özellikler yüklenerek kavramsal model daha gelişmiş bir aşamaya taşınmaktadır ve bu durumlarda tanımlar daha özel yapılır. Örneğin Şekil 13’de verilen örnek bu tanımlamaya uygundur.



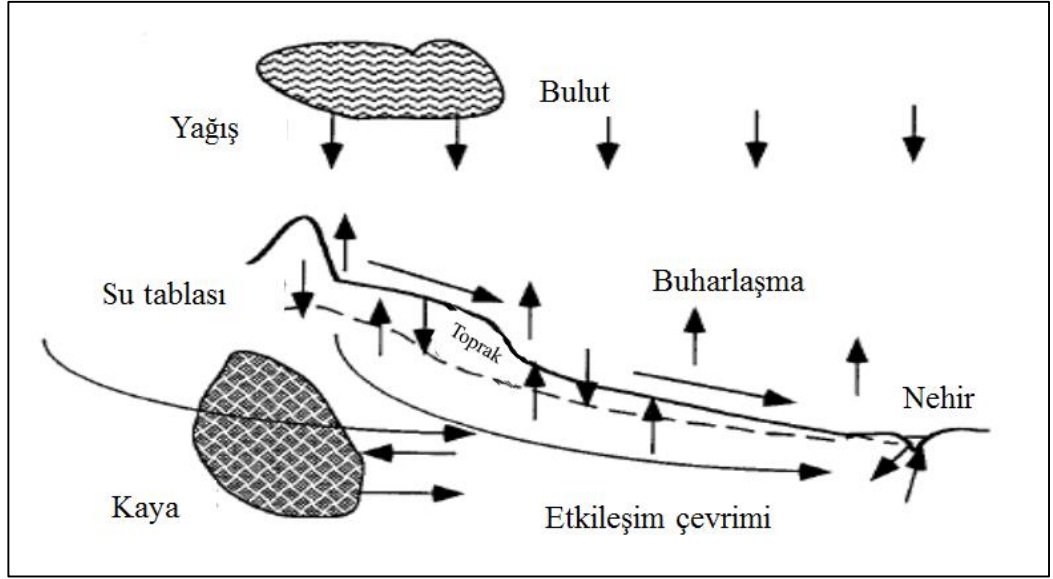
Şekil 13. Hollanda’da Bir Kavramsal Model Örneği (Lieste vd., 2008)

Farklı örnekler için literatür araştırmalarına başvurmak gerekmektedir. Örneğin, İtalya güney Toskana’da Albegna Nehri kıyı ovasının çoklu akifer sisteminde, sulama ve turizm kullanımları nedeniyle akiferde aşırı tüketimi sonucunda akifere deniz suyu girişlerinin incelendiği bir makalede örnek bir kavramsal model yer almaktadır. Doğru yönetim modeli geliştirme hedefi ile 1995-2003 yılları arasında veri toplanarak kavramsal model, saha ve laboratuvar çalışmalarına dayandırılmıştır. Beslenimlere ilişkin bilgiler toplanmış ve beslenimlerin süzülme ve katmanlardan gelen akımlar yoluyla gerçekleştiği görülmüştür. Su dengelerini ele almak üzere yapılan araştırmalar sonucunda, yeraltısuyunun denize ve nehre yayılma yoluyla doğal çıkış yaptığı, kuyulardan su çekimi yoluyla ise yapay çıkışının gerçekleştiği belirlenmiştir. Model, sulama dönemlerinde kıyı yakınındaki alanlarda su çekimlerine bağlı olarak ortaya çıkan deniz suyu girişinin yansıtılmasına olanak sağlamıştır. Bu çalışma yoluyla su bütçesi ve hidrolik yük açısından akifer tüketimine yönelik varsayımsal etkiler yorumlanmıştır (Barazzuoli, vd, 2008) (Şekil 14).



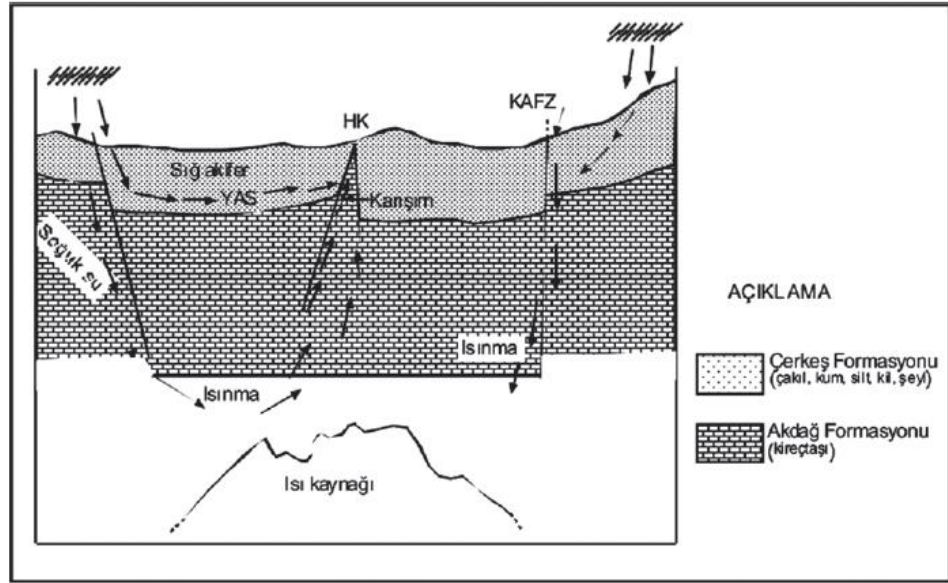
Şekil 14. Albegna Nehri Kıyısı Ovasının Çoklu Akifer Sisteminin Şematik Kesiti

Bir başka örnek ise Sri Lanka'nın güney doğusundaki sulak bir bölgede yeraltısuyu kalitesinin belirlenmesine yönelik olarak oluşturulan kavramsal modeldir. Bu bölgede, yılın çoğu ayında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu ve yeraltısuyunun yıl genelinde beslendiği görülmüştür. Yeraltısuyunun değişken topoğrafik şartlar nedeniyle hızla yer değiştirdiği ve yeraltısuyu ile akifer ortamı arasındaki etkileşim süresinin kısa olması nedeniyle yeraltısuyundaki temel iyonların derişimleri ve elektriksel iletkenlik değerlerinin küçük mevsimsel farklılıklarla düşük seviyede seyrettiği görülmüştür. Ancak akiferdeki suyun kalsiyum bikarbonat bileşimine sahip olması nedeniyle elektriksel iletkenlik ve bazı temel iyon derişimlerinde akım yönü boyunca artışlar olmaktadır. Bu değişikliklerin ve yeraltısuyunun kalitesinin ortaya konması amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda, izotop teknikleri kullanılarak kavramsal model oluşturulmuştur (Şekil 15). Akım yönleri ve yeraltısuyu ile kimyasal etkileşimde bulunan hidrojeolojik katman verileri aracılığıyla sistem somutlaştırılmıştır (Song, vd, 1999).



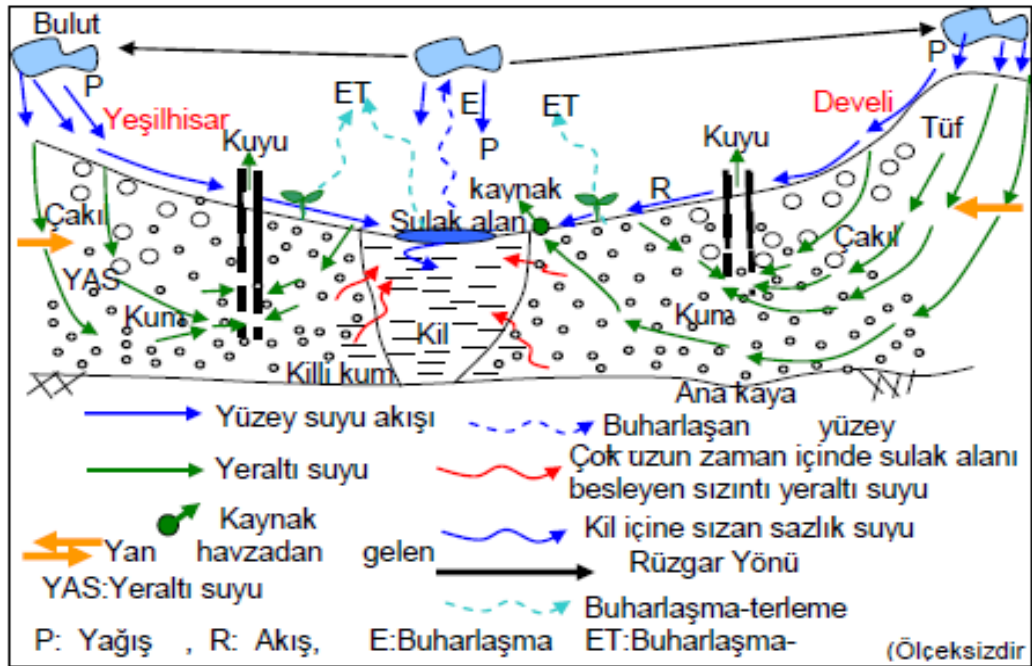
Şekil 15. Sri Lanka’da Bir Sulak Alan İçin Oluşturulmuş Kavramsal Model

İncelenen farklı bir çalışma ise, Samsun’un güneyinde yer alan Hamamayağı sıcak su kaynağının farklı uygulamalarda kullanılabilmesi için sıcaklığının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen araştırmadır. Bu araştırmada sıcak su kaynağının kökeninin ve bağlı olduğu jeotermal sistemin tanımlanmasına yönelik olarak hidrojeoloji, hidrokimya ve çevresel izotop çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bölgesel jeolojik yapıya yönelik veriler sonuçlarla birlikte değerlendirilerek, alandaki jeotermal sistemin kavramsal modeli ortaya konmuştur (Şekil 16). Çalışma kapsamında yeraltısularının izotop içerikleri yardımıyla jeotermal rezervuarın yerel yağışlardan beslendiği, dolayısıyla yeraltısuyunun beslenme alanının yakın çevrede yer aldığı tespit edilmiştir (Gültekin, vd, 2010).



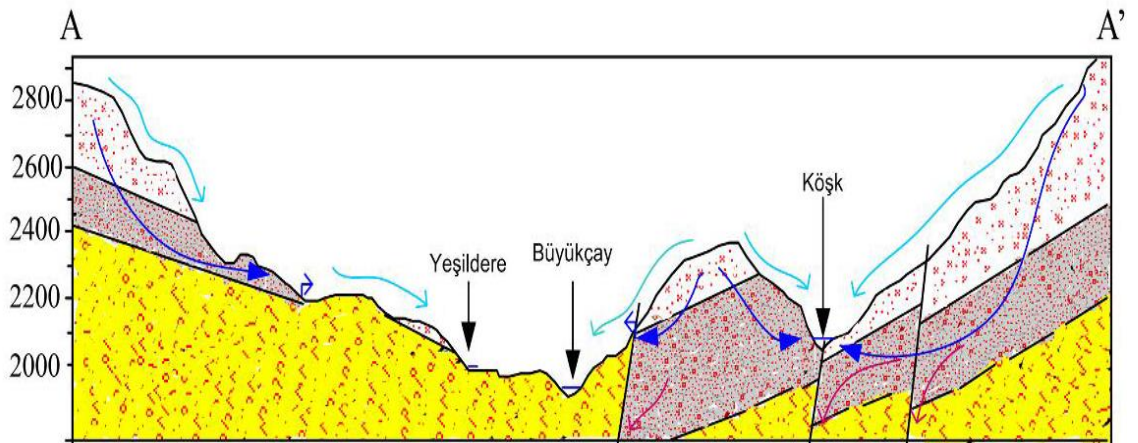
Şekil 16. Hamamayağı Kaplıca Alanı İçin Kavramsal Hidrotermal Model

İncelenen bir başka çalışmada ise, Develi Kapalı Havzası'nda bulunan Sultansazlığı Sulak Alanı'nda yaşanan su sıkıntısının sebepleri araştırılmış ve doğal izotoplar kullanılarak Sultansazlığı'ndaki yerüstü suyunun, Develi Kapalı Havzası'nda mevcut olan akifer ile bir ilişkisinin olup olmadığı araştırılmıştır (Yıldız vd, 2008). Bu ilişkilerin ortaya konduğu kavramsal model şekilde görülmektedir (Şekil 17).

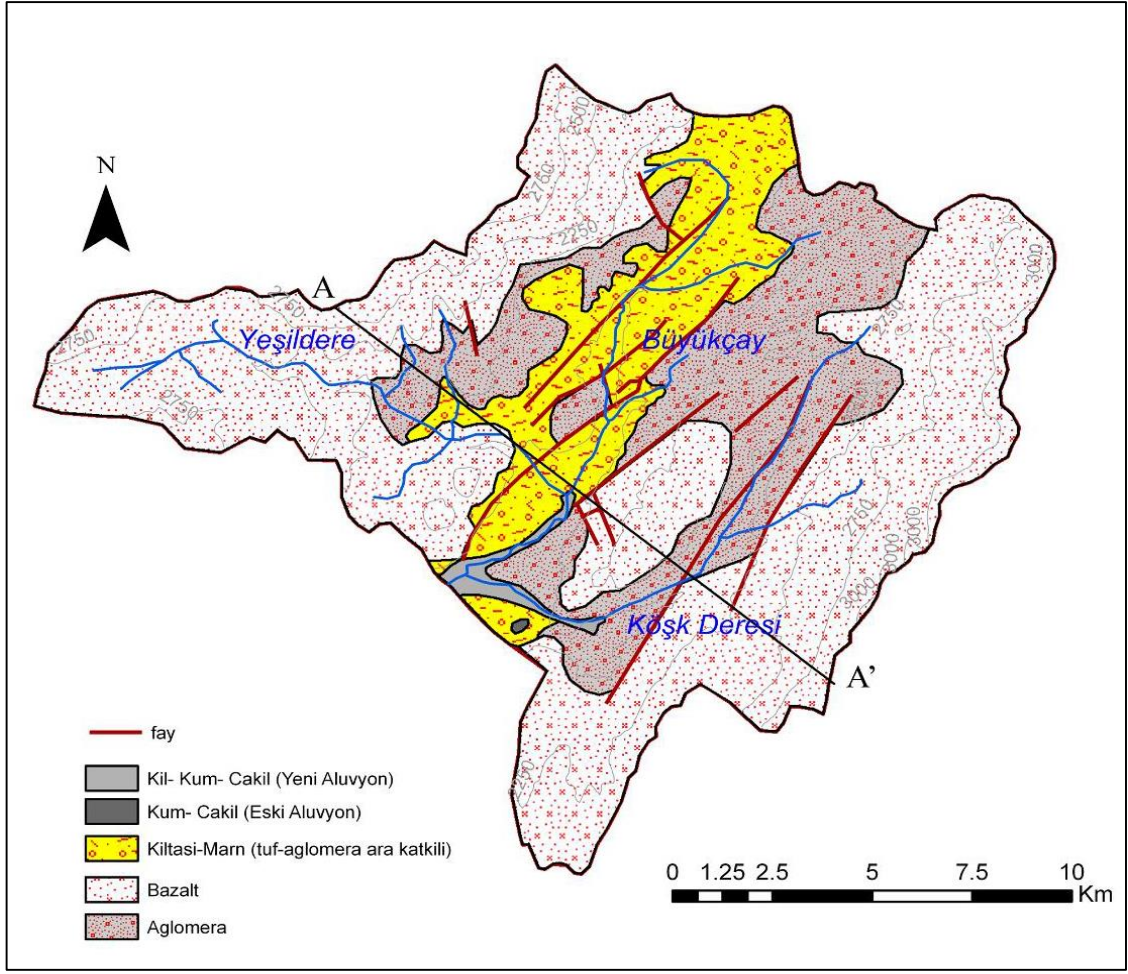


Şekil 17. Develi Kapalı Havzasındaki Su Akışını Modelleyen Kavramsal Model

Yeraltısularının farklı ekosistemlerle ilişkilerini örnekleyen bir başka çalışma ise Yukarı Fırat Havzasında gerçekleştirilen araştırmadır. Su çevriminde, kar erimeleriyle oluşan suyun, yüzeysel akış ile yerüstü ve yeraltısularına katılışı basamağının tanımlanması, hidroloji ve hidrojeoloji bilgilerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda söz konusu ekosistem ilişkilerini ortaya koyan çalışma ile bir kavramsal model oluşturulmuştur. Anadolu'nun yüksek kesimlerine uzanan ve yaklaşık 5 ay kar altında kalan Yukarı Fırat Havzası, akış aşağısındaki barajların beslenimi açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle çalışma kapsamında Yukarı Fırat Havzası'nda kar erime dinamiğinin anlaşılmasına yönelik olarak kar örtüsü yayılımı ile erime dinamiğinin birlikte değerlendirildiği hidrolojik modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kar erimesinin akarsu akımına yüzeysel akış, yüzey altı akış ve yeraltı akışı olarak katılan bileşenlerinin ayırtlanması çalışması, kararlı izotop ve su kimyası verileri aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ön kimyasal veriler, akarsuya yeraltısuyu katkısının belirlenmesinde önemli ipuçları sunmaktadır. Ayrıca, gözlenen kararlı izotop verilerinin kütle dengesi eşitliğine uygulanması ile havzanın beslenme, depolama ve boşalım karakteristikleri hakkında dikkate değer bilgiler edinileceği anlaşılmaktadır. Çalışmada hazırlanmış jeolojik kesit Şekil 18'de gösterilmektedir (Bayarı vd., 2008).



Şekil 18. A-A' Jeolojik Kesiti ve Öngörülen Kavramsal Yerüstü-Yeraltısuyu Akım Modeli



Şekil 19. Yukarı Fırat-Kırkgöze Alt Havzası Jeoloji Haritası

5. YERALTISUYU KÜTLELERİNDE EŞİK DEĞER BELİRLEME VE DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI

5.1. Eşik Değerlerin Kavramsal Model Temelinde Belirlenmesi: Etkileşen Sistemler Açısından Değerlendirme

Yeraltısuları için eşik değerlerin belirlenmesinde karar vericilerin dikkate alacakları ilk konu ED'leri hangi ölçekte belirleyecekleri olmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi YSD'ye göre eşik değerler, ulusal ölçekte, nehir havzası ölçeğinde ya da bir üye devletin sınırları içine düşen uluslararası nehir havzası bölgesi parçası ölçeğinde ya da yeraltısuyu kütlesi ve/veya yeraltısuyu kütle grupları ölçeğinde belirlenebilir. Üye Devletler tarafından uygulanan yaklaşımlara, seçilen ölçekler bağlamında bakıldığında aşağıdaki durum ortaya çıkmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2010).

Çizelge 5. Farklı Ölçeklere Göre Üye Devletler Tarafından Belirlenen ED Sayıları

Belirlenen Ölçek	Ülke	Yeraltısuyu Kütlesi	Nehir Havzası
Belirlenen ED Sayısı	126	79	24

Bazı üye devletler ise iki farklı seviyede ED belirlediklerini bildirmişlerdir. Ele aldıkları 3 ölçeği yeraltısuyu kütlesi ölçeği ile ayrıntılandırmışlardır. Bu ölçekler, nehir havzası ölçeği ile yeraltısuyu kütlesi ölçeği ya da bölgesel ölçek ile yeraltısuyu kütlesi ölçeği ya da ülke ölçeği ile yeraltısuyu kütlesi ölçeği biçimindedir.

Çizelge 6. Üye Devletlerin ED Belirleme Ölçekleri

Üye Devlet	Yönetimsel bölge	Bölgesel YSK	YSK	Nehir havzası YSK	Ülke	Nehir havzası	Ülke, YSK	Toplam ED
Avusturya*					21			21
Belçika		20						20
Bulgaristan			3	9		7		19
Kıbrıs*			9					9
Çek Cumh.*					25			25
Almanya	9		1		1		7	18
Danimarka								-
Estonya*			6					6
İspanya*			20					20
Finlandiya*					42			42
Fransa					29	3	1	33
Yunanistan								-
Macaristan			4		2			6
İrlanda *					40			40
İtalya *					52			52
Litvanya					6		2	8
Lüksemburg						6	2	8
Letonya				10				10
Malta			6		5			11
Hollanda *			6					6
Polonya *					52			52
Portekiz								-
Romanya*			9					9
İsveç *					14			14
Slovenya*					7			7
Slovak Cumh.*			20					20
İngiltere*			62					62

*İşareti ile gösterilen ülkeler, aynı ölçekleri (Yeraltısuyu Kütlesi ya da Ülke ölçeği olmak üzere) dikkate almışlardır. YSK: Yeraltısuyu Kütlesi

24 Üye devletten 15 tanesi ED'lerini aynı ölçekte, 9 tanesi ise farklı ölçeklerde belirlemişlerdir.

Oluşturulan ED'lerin aralığı birçok kirletici ya da gösterge için oldukça geniştir. Üye Devletler, YSD gereğince riskler-işlevler, kirleticilerin karakteristikleri-davranışları ve hidrojeolojik etmenler de dahil olmak üzere farklı alıcıları dikkate almışlardır.

Doğal olarak oluşabilen kimyasallar için ED'lerde farklılıklar olmasının temel nedenleri, bireysel arka plan seviyeleri, ekosistemler ve kullanımlara yönelik farklı alıcılar ve bireysel olarak dikkate alınması gereken risklerdir.

Sentetik kimyasallar insan etkinlikleri sonucu oluşması nedeniyle arka plan seviyeleriyle ilişkili değildir. Bu bağlamda, Üye Devletlerin oluşturmuş olduğu ED'lerde farklılık yaratan unsurlar, ekosistemler ve kullanımlara yönelik farklı alıcılar ve de risklerdir (Avrupa Komisyonu, 2010).

Bu mecburi farklılıklar dikkate alınarak her bir YSK için üye devletler tarafından farklı yaklaşımlar uygulanmıştır. Belirlenen ED'ler değerlendirilmek istendiğinde, ülkeler arasındaki bu yöntem farklılıkları göz önünde bulundurularak yorum yapılmasını gerektirmektedir.

Üye devletlerin ED belirleme çalışmaları, çoğunlukla aşağıdaki temellere dayandırılmıştır (Avrupa Komisyonu, 2010):

- Sucul ve suya bağımlı karasal ekosistemlerin korunması,
- İçme suyu kullanımı başta olmak üzere yeraltısuyunun kullanım işlevleri
- İlgili bir problem görüldüğü takdirde tuzlu su girişleri

15 Üye Devlet, sucul ve suya bağımlı karasal ekosistemlerin korunmasını dikkate alarak ED belirlemişlerdir. ED'ler, ulusal ya da uluslararası çevresel kalite hedefleri temelinde raporlanmıştır. 4 Üye Devlet, ÇKS Direktifi'ne (2008/105/EC) açıkça atıf yapmıştır.

İki Üye Devlet herhangi bir risk olmaması ya da önemsiz etkiler nedeniyle, ekosistemlere ilişkin ilgili ED tespit edilmediğini bildirmiştir. Bir başka iki üye devlet ise süreçler hakkında yeterli bilgi bulunmadığı için yeraltısuları ile ekosistemler arası ilişkiler temelinde eşik değer belirlenemediğini raporlamışlardır.

Sekiz Üye Devlet (%30), ED belirleme yönteminde ekolojik yönlerin dikkate alınıp alınmayacağı değerlendirilmesi için eldeki bilgilerin yeterli bulunmadığını bildirmişlerdir.

Bazı Üye Devletler, hangi çevresel kalite hedeflerini ve diğer standartları dikkate alarak ED belirlediklerini böyle bilgi istenmediği halde açıkça belirtmişlerdir. Avusturya, İrlanda, İtalya ve Malta çevresel ölçütlere dayalı ED belirlemişlerdir.

Dört üye devlet ise ED oluştururken tuzluluk girişlerine değinmiş olup temelde sülfat, klorür ve elektriksel iletkenlik parametrelerini dikkate aldıklarını bildirmişlerdir. Bu konuda ayrıntılı bir raporlama gerçekleştirilmemiştir.

5.2. Yeraltısu Kütlesinin Mevcut ve Gelecekteki Muhtemel Kullanımı Açısından Değerlendirme

24 Üye Devlet, yeraltısularının işlevlerinin ve kullanımlarının korunmasını dikkate almış, çoğu devlet ise yasal kullanımlara içme suları bağlamında atıfta bulunmuştur.

23 Üye Devlet, içme suyu standartlarına (İSS) ya da doğrudan AB İçme Suları Direktifi (98/83/EC)'ne ya da ilgili uluslararası (örneğin WHO) ya da ulusal standartlara atıfta bulunmuştur. 6 Üye Devlet ED'leri, İSS'leri temel olarak oluşturmuştur. İrlanda ve İngiltere ED'ler ile İSS'ler arasındaki ilişkiyi İSS'lerinin %75'i olarak; Finlandiya ise %50'si olarak tanımlamıştır. Diğer Üye Devletler, ilgili standartlarla ED'ler arasındaki ilişkiye raporlarında yer vermemiştir.

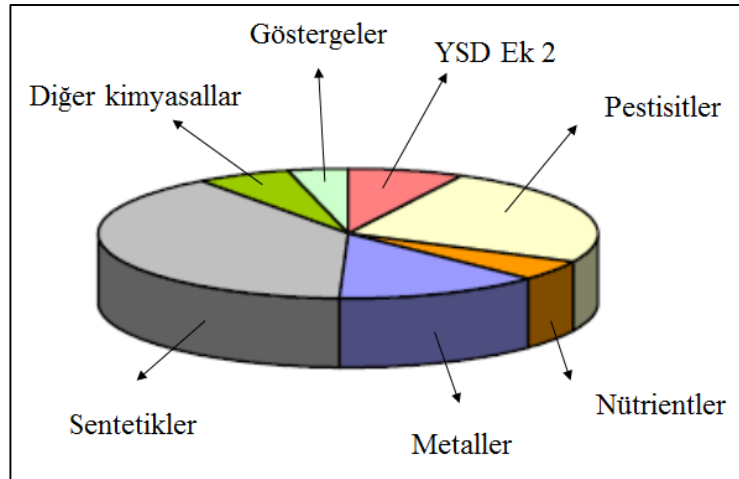
ED belirleme sürecinde, Belçika mineralli sularla endüstriyel suların kullanımı ve ilgili standartlarla uzman görüşünü; Kıbrıs ve Malta ise sulama kullanımlarını dikkate aldığını belirtmiştir (Avrupa Komisyonu, 2010).

5.3. Kirletici Türü Açısından Değerlendirme

Toplamda 158 farklı kirletici/gösterge için ED raporlanmıştır. Bu kirleticiler aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır (Avrupa Komisyonu, 2010):

- 12 adet temel madde: Yeraltısuyu Direktifi EK-2, Bölüm B’de yer alan 10 maddenin yanı sıra amonyum ve trikloroetilen ile tetrakloroetilen’in toplamı
- 39 adet pestisit
- 8 adet nütrient: nitrat, nitrit, fosfor vb.
- 21 adet metal
- 62 adet sentetik madde
- 10 adet diğer maddeler: bor, kalsiyum, bromat, siyanür vb.
- 6 adet indikatör: sertlik, pH, asidite vb.

Raporlanan maddelerin üçte ikisi pestisit ya da sentetik madde, üç biri ise doğal olarak oluşan maddelerdir.

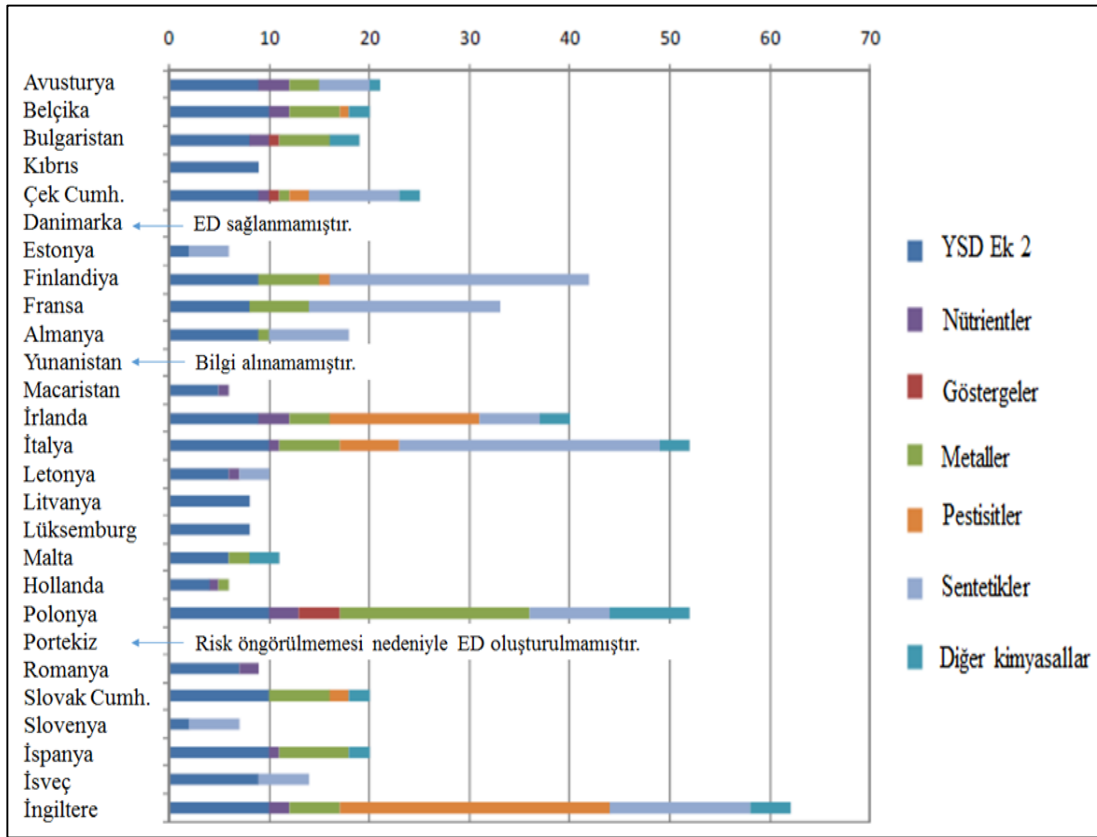


Şekil 20. AB Üye Devletleri Tarafından ED Belirlenen Kimyasalların Dağılımı

Üye Devletlerin oluşturmuş olduğu ED'lere bakıldığında, en çok YSD Ek 2'de listelenen 10 kirletici/gösterge karşımıza çıkmaktadır. YSD, ED'leri oluştururken Ek 2'deki kirletici/göstergeleri dikkate almasını açıkça istemektedir;

ancak bu, ED'lerin belirlenmesinin zorunlu olduğu anlamına gelmemekte, belirlenememe nedenlerinin belirtilmesi istenmektedir.

Raporlanan verilerden 25 ülkenin YSD Ek 2'deki maddeleri dikkate aldığı görülmüştür. Danimarka henüz bilgi sağlamamıştır, Yunanistan ise henüz cevap vermemiştir. İnsan yapımı sentetik maddelerden Trikloroetilen ve tetrakloroetilen için 15 ülke bireysel ED oluştururken 9 ülke toplam değer hesaplamalarını dikkate alarak ED oluşturmuştur.



Şekil 21. Üye Devletleri Belirlemiş Oldukları ED'lerin Parametre Gruplarına Göre Dağılımı

Yeraltısuyu Direktifi'nde nitrat ve pestisit için standartlar belirlenmiş olup bu standartların aşılmamasına rağmen yeraltısuyundaki nitrat ya da pestisit, bağlantılı sucul ya da karasal ekosistemlerde olumsuz sonuçlara (örn. ötrofikasyon) yol açması durumunda, bu standartlardan daha sıkı değerlerin üye ülkelerce belirlenebileceği ayrıca belirtilmektedir. AB ülkelerinde Nitrat parametresine bakıldığında, 5 Üye

Ülke nitrat için direktifte verilen standart değerden daha sıkı eşik değerler belirlemiş olup bu değerler 18-50 mg/l arasında değişmektedir.

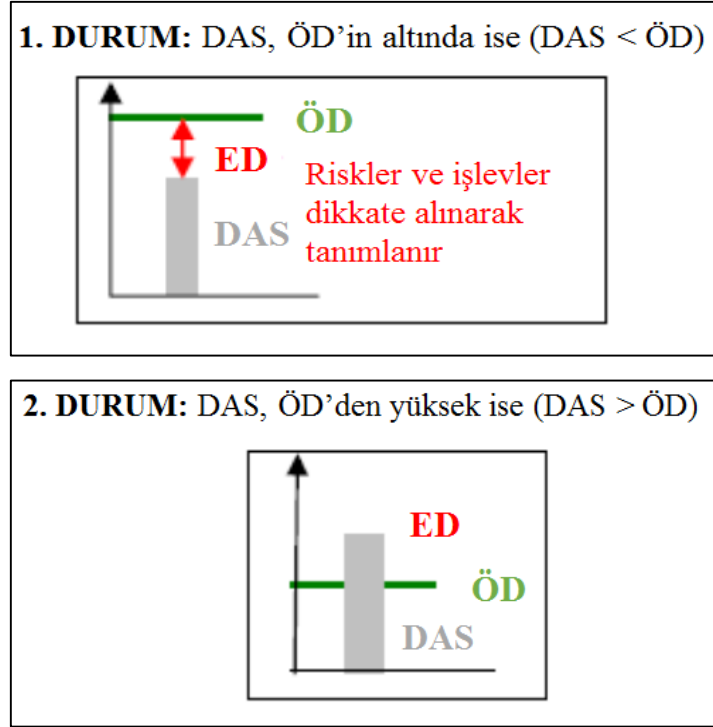
Paralel bir şekilde, 6 üye ülke, pestisitler içinde yer alan 36 farklı aktif madde için direktifte verilen 0,1 µg/l değerinden daha düşük, bir üye ülke ise toplam pestisit için direktifin önerdiğinden daha düşük bir eşik değer (0,375 µg/l) belirlemiştir. 20 Üye Ülke tarafından direktifin EK-1 ve EK-2'sinde yer almayan 106 farklı madde için eşik değer belirlenmiştir. Söz konusu 106 maddenin 62'si sentetik maddeler grubuna dahildir (Günhan, 2014).

5.4. Hidrojeolojik-Hidrojeokimyasal Açıdan Değerlendirme: Doğal Kirlilik Durumunun Analizi

Üye ülkelerin yaklaşımlarına doğal kirlilik durumu analizi kapsamında bakıldığında da farklılıklar görülmektedir. Kimi ülke DAS'ı dikkate alırken kimisi ise dikkate almamıştır.

Üye ülkelerin 20 tanesi, ED'ler ile DAS arasındaki ilişki hakkında bilgi sunmuşlardır. Fransa, Slovenya, Avusturya, İspanya ve Polonya ED'lerin oluşturulmasında DAS'ın dikkate alınmasına ihtiyaç duyulmadığını, doğal kaynaklı maddeler için ED oluşturulmadığını raporlamışlardır. Portekiz risk olmadığı gerekçesiyle ED oluşturmamış, Yunanistan ise herhangi bir bilgi vermemiştir (Avrupa Komisyonu, 2010).

Daha önceki bölümlerde değinildiği gibi ED'lerin oluşturulmasında dikkate alınan iki temel ölçüt vardır. Bu ölçütler (Kullanım Ölçütleri ve Çevresel Ölçütler) esasen kirleticilerin derişimleridir ve aşılımaları halinde iyi durum ölçütleri başarısız olmuş olur. ÖD'ler, risk değerlendirmelerini ve yeraltısuyunun işlevlerini dikkate alır. Yeraltısuyu alıcılarının her biri için ayrı bir değer bulunabilir. DAS'lar ve ÖD'ler karşılaştırıldığında ortaya çıkan iki durum ve bu değerlerin ED'ler ile arasındaki ilişki aşağıdaki şekil ile gösterilebilir (Avrupa Komisyonu, 2010):



Şekil 22. Eşik Değerler Oluşturulurken Karşılaşılan Durumlar

Birinci durum için rehber doküman ED'lerin belirlenmesi için ulusal stratejiler ve risk değerlendirmelerinin tanımlanmasını önermektedir. İkinci durumda ise ED'nin DAS'a eşit ya da büyük alınması halinde insan etkilerini yansıtmak üzere doğal arka plan derişimini arttıran bir ekleme yapılması önerilmektedir. Bu eklemenin ilgili alıcının yanlış etkilenmesine neden olmayacak düzeyde olması şartını aranır (Avrupa Komisyonu, 2010).

Birçok Üye Devlet, 18 numaralı rehber dokümanın (OUS 18, 2009) önermiş olduğu bu ÖD'lerin dikkate alınmasına dayanan temel yaklaşımı dikkate almıştır. Üye devletlerin ED belirlemek için kullandığı yaklaşımlar aşağıda özetlemiştir (Avrupa Komisyonu, 2010):

1.DURUM: DAS, ÖD'in altında ise ($DAS < ÖD$)

- i. ED = DAS olarak belirleyenler; Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Litvanya ve Romanya

- ii. $ED = 0,5 * (\ddot{O}D + DAS)$ olarak belirleyenler; Belçika ve Slovak Cumhuriyeti
- iii. $DAS < ED < \ddot{O}D$ olarak belirleyenler; İspanya ve Malta (ED, $\ddot{O}D$ 'nin yüzdesi olarak seçilmiştir)
- iv. $ED = \ddot{O}D$ olarak belirleyenler; Almanya, Danimarka ve Hollanda

Benimsenen yaklaşımlar incelendiği takdirde (iv). yaklaşımın diğer yaklaşımlara nazaran daha temkinli bir yaklaşım olduğu ifade edilebilir. İlk yaklaşım her ne kadar hedeflenen ve gerçekleşmesi istenen bir yaklaşım olsa bile bu koşulun sağlanması ve kirleticinin su kütlesinde aşmaması gereken derişim miktarını ifade eden ED'nin, bir yeraltısuyu kütlesinde sahip olduğu DAS derişimine eşit kabul edilmesi, etkin izleme çalışmaları ve etkin bir önlemler programı eşliğinde takip edilmesini gerektirir. Bu noktada üzerinde durulması gereken bir diğer konu ise DAS'ın gerçekçi ve doğru bir şekilde belirlenmiş olması gereğidir; çünkü ülke genelinde kalite sınıflamaları ve bu doğrultuda oluşturulan programlar bu yaklaşımla en düşük seviye üzerinden yürütölmek zorunda olacaktır.

DAS ile $\ddot{O}D$ arasındaki derişimde bir ED belirlemek amacıyla oluşturulan yaklaşımlara bakıldığında ise, (ii) yaklaşımının (iii) yaklaşımına kıyasla daha avantajlı bir yaklaşım olduğu söylenebilir. (ii) yaklaşımı hem kesin bir çözüm önermekte hem de DAS'ı eşit oranda hesaplamaya dahil etmektedir. (iii) yaklaşımında ED, $\ddot{O}D$ 'nin yüzdesi olarak belirlenecektir. Bu yaklaşımla $\ddot{O}D$ 'nin %80'inden itibaren DAS derişimi üzerine çıkılabilir; ancak bu şekilde $\ddot{O}D$ ağırlıklı bir yaklaşım sunulmuş olur.

(ii) ve (iv) numaraları yaklaşımlar yukarıda sıralanan nedenlerle daha akla yatkın bulunmaktadır. Bu yaklaşımı benimseyen ölkelere bakıldığında gelişmişlik sıralamalarında üstlerde bulunan ölkeler olduğu görölmektedir.

2. DURUM: DAS, $\ddot{O}D$ 'den yüksek ise ($DAS > \ddot{O}D$)

Bu durumda da ED belirlerken ölkeler farklı yaklaşımlar benimsemişlerdir (Avrupa Komisyonu, 2010). Çoğu devlet, ED'yi DAS'a eşit kabul etmiştir. Bazıları

doğal arka plan derişimini arttıran az miktarda bir ekleme yaparken, sadece Finlandiya ED'yi DAS'ın iki katı olarak belirlemiştir.

- i. $ED = DAS$ olarak belirleyenler; Belçika, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Almanya Danimarka, İspanya, İrlanda, İtalya, Malta, Slovak Cumhuriyeti
- ii. $ED = DAS + C_{EK}$ (AZ MİKTARDA) olarak belirleyenler; Hollanda
- iii. $ED = DAS + C_{EK}$ (%10 ORANINDA) olarak belirleyenler; Bulgaristan
- iv. $ED = DAS + C_{EK}$ (%20 ORANINDA) olarak belirleyenler; Romanya
- v. $ED = 2 * DAS$ olarak belirleyenler; Finlandiya

Yukarıdaki yaklaşımlar değerlendirilirken belirtilmesi gereken bir nokta, kirleticiler için çok sıkı ÖD belirlenmiş olabileceği gerçeğidir. Daha açık bir ifadeyle kıyaslamalarda kullanılan ve çevresel kullanımlar vs ile dikkate alınarak belirlenmiş olan ÖD'lerin düzeyi konusunda bir değerlendirme yapılması gereğidir.

Güvenli alanda kalmak isteyen Finlandiya aşılmaması gereken derişim miktarını DAS'ın iki katı bir değer olarak benimsemiş, bazı devletler belirli oranlarla DAS'ın üzerinde bir derişim seçmişlerdir. Benimsenmiş olan en yaygın yaklaşım, ED'nin DAS'a eşit olduğu yaklaşımdır. Bu yaklaşım da yukarıda belirtildiği gibi zaten sıkı olan ÖD'lerin yeniden ele alınması olarak yorumlanabilir.

ED belirlemelerinde uygulanan bu farklı yaklaşımlar, YSD'nin tanımış olduğu esneklikten kaynaklanmaktadır. Her bir yeraltısuyu kütlesi için DAS ile temsil edilen özellikler ve farklı alıcıların dikkate alınması gerekmektedir. Bu farklılıklar sonucunda farklı yeraltısuyu kütleleri için farklı yaklaşımlar uygulanmaktadır.

6. YERALTISUYU KÜTLELERİNDE DURUM BELİRLEME VE DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI

6.1. Genel Yaklaşım

YSD'ye göre, ilgili alıcılara bağlı olarak yalnızca risk altında olduğu belirlenen YSK'lar için kendilerini karakterize eden her bir kirletici bazında durum değerlendirmesi gerçekleştirilir. YSD, Ek 3'te verilen bu hükümlere göre risk altında olmayan yeraltısuyu kütleleri, otomatik olarak iyi durumda olarak sınıflandırılırlar.

Durum değerlendirme işlemi, Nehir Havzası Yönetim Planı (NHYP) sürecinde toplanan Gözetimsel ve Operasyonel İzleme verilerini kullanarak yapılır. Önceden uygulanan önlemler programının etkinliğini yansıtmaması açısından, NHYP sonunda yapılmalıdır. Yeraltısuyu durum değerlendirmesini gösteren harita hazırlanması NHYP'nin bütüncül bir parçasıdır (OUS 18, 2009).

6.1.1. Yeraltısuyu Durumunun Kavramsal Model Temelinde Belirlenmesi

Durum değerlendirme sürecinin her bir aşamasında, risk değerlendirme sonuçlarının, arazi kullanımı gibi baskı analizlerinin, yeraltısuyunun risk durumunun ve izleme sonuçlarının dikkate alınması önem taşır.

YSD, yeraltısuyu kimyasal durumunun değerlendirilmesi için su kütlesi kavramsal modelini bütünler bir öge olarak kabul eder ve belirli noktalarda buna referanslarda bulunur:

- Ek 3, gereken yerlerde kavramsal bir modele dayanarak derişim tahminlerinin durum değerlendirmesine destek verilmesini önerir.
- Ek 4'e göre izleme verileri ile birlikte uygun bir kavramsal modelin kullanılması, Üye Devletlerin iyi kimyasal durumu değerlendirebilmelerini sağlayacaktır.

Kavramsal model, nicel durum değerlendirmesi konusunda da önemli bir rol oynar. Kavramsal model, YSK'daki yeraltısuyu seviyelerinde, yerüstü suyu

seviyeleriyle akışlarında ve yeraltısularına bağlı ekosistemlerde ortaya çıkan değişikliklerin etkilerini yansıtır ve değerlendirilmesini destekler (OUS 18, 2009).

Eğilimler ve eğilimleri tersine çevirme işlemlerinin değerlendirilmesinde ise kavramsal modelin aşağıdaki gibi önemli bir rolü vardır:

- Yeraltısuyu akış koşulları, beslenme hızları ile toprak ya da alt toprak içinden sızma süresi dahil olmak üzere fiziksel ve geçici kimyasal özellikleri değerlendirirken,
- Büyük artış eğilimlerinin yeterli bir doğruluk ve güven seviyesi ile doğal değişikliklerden ayırt edilebilmesini sağlamak için gereken bilgileri sağlamak amacıyla izleme konumu ve sıklıklarını seçerken,
- YSKS'lerin %75'i kadar farklı olan eğilimi tersine çevirme başlangıç noktalarını ya da ED'leri belirlerken (OUS 18, 2009).

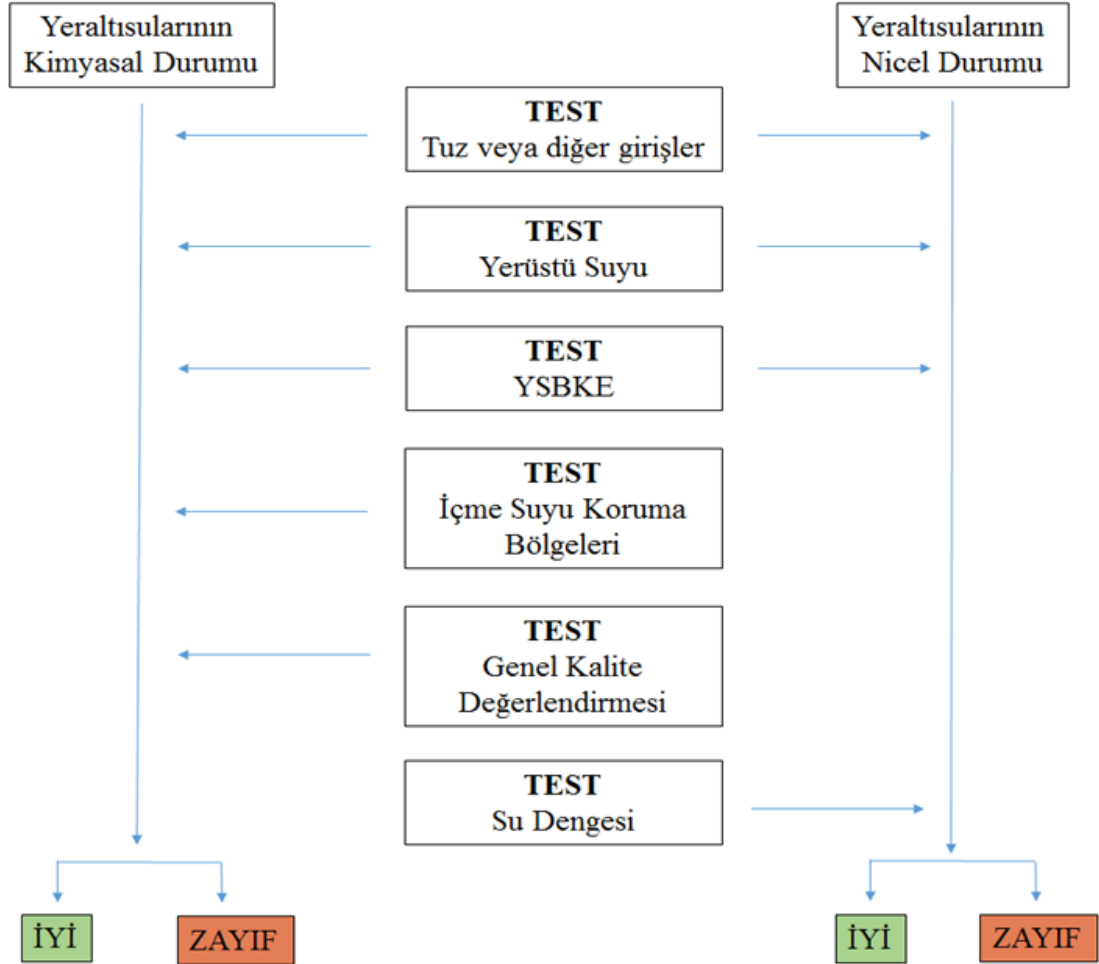
6.1.2. Yeraltısuyu Durumunun Belirlenmesinde Kullanılan Hiyerarşik Sınıflama

Yeraltısularında iyi durumun elde edilmesi için SÇD/YSD'de tanımlanan bir dizi koşulun yerine getirilmesi gerekir. Bu koşulların gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini değerlendirmek için hem nicel hem de kimyasal durum değerlendirmelerinde kullanılan bir dizi sınıflandırma testi geliştirilmiştir (OUS 18, 2009) (Şekil 23).

Bu kapsamda beş kimyasal ve dört nicel test vardır; testlerin bazı öğeleri hem kimyasal hem de nicel durumun değerlendirilmesinde uygulanmaktadır. Risk altındaki sınıflandırma unsurlarını dikkate alarak ilgili tüm testler bağımsız olarak yapılmalı ve sonuçlar bir araya getirilerek yeraltısuyu kütlelerinin kimyasal ve nicel durumu genel olarak değerlendirilmelidir.

Yeraltısuyu kütlelerinin genel kimyasal durumunun belirlenmesi için ilgili kimyasal testlerdeki en kötü durum sınıflandırması rapor edilir. Genel nicel durumun belirlenmesi amacıyla da ilgili nicel testlerdeki en kötü durum sınıflandırması rapor

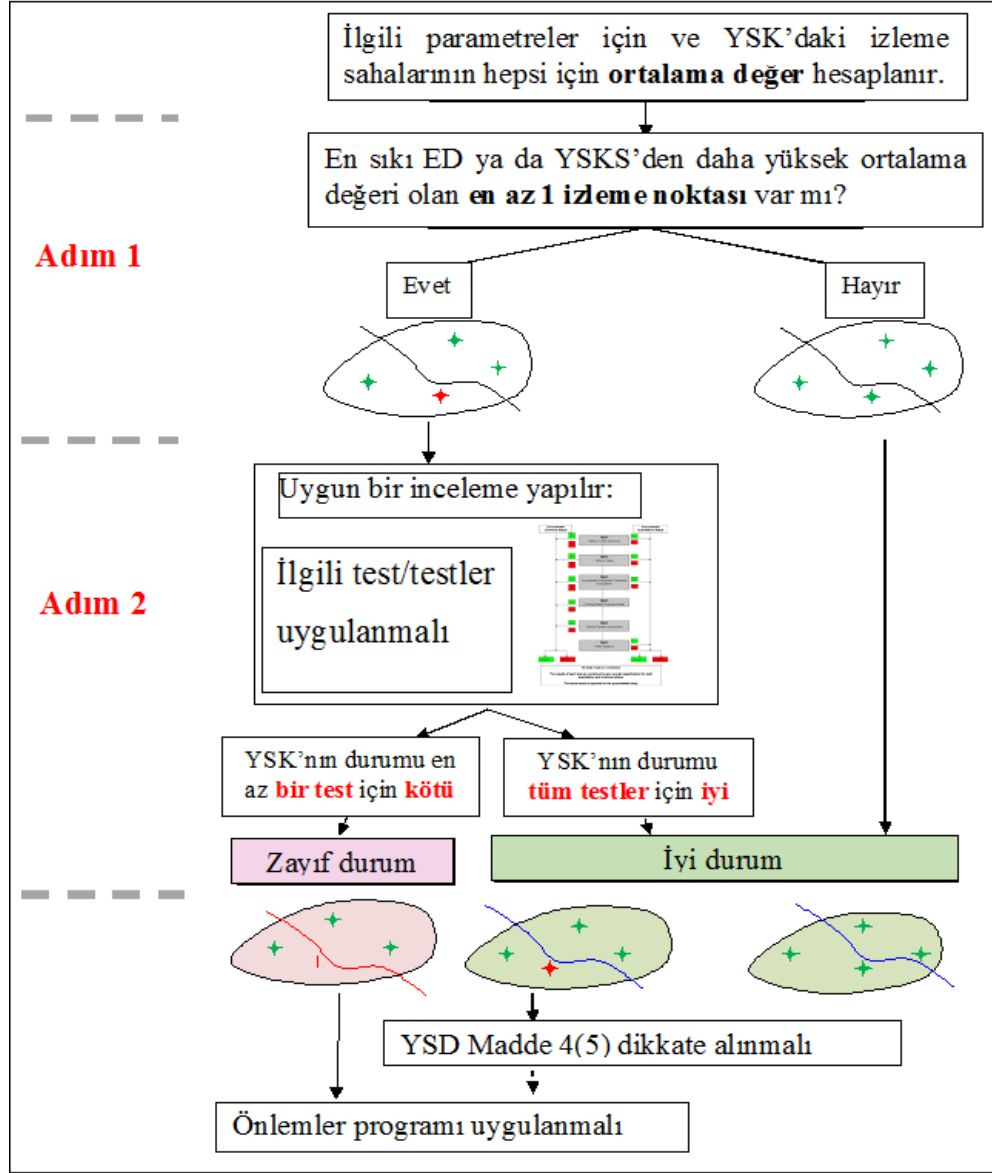
edilir. Kimyasal ya da nicel durumla ilgili testlerden herhangi biri kötü durum sonucu verirse kütlenin genel sınıflandırması “zayıf/kötü” olacaktır. İlk sonuç zayıf/kötü olarak elde edilse bile süreç durdurulmayarak her bir YSK için ilgili testler tamamlanmalıdır.



Şekil 23. Yeraltısuyu Durumunu Değerlendirme Amaçlı Testlerin Genel Yöntemi

Pratik yöntem: Yeraltısuyu kütlelerinin kimyasal durum değerlendirme işlemi, iki aşamalı bir yöntem olarak kabul edilebilir:

Adım 1: Bir ED ya da YSKS'nin aşılp aşılmadığını kontrol edin. Herhangi bir izleme noktasında aşma durumu yoksa YSK'nın iyi durumda olduğu kabul edilir. Adım 1'de kullanılacak olan ED, Bölüm 3.2'de açıklanan yöntem kullanarak elde edilen en katı değer olacaktır. Bu yaklaşım, önlem ilkesi ile tutarlı olduğu için benimsenmesi gereken bir yöntemdir.



Şekil 24. YSK'nın Genel Kimyasal Durumunun Değerlendirilmesi

Adım 2: Bir YSKS ya da ED, bir ya da daha fazla sefer aşıldığı zaman, “uygun bir inceleme” yapılmalıdır. Bu incelemede aşma durumunun iyi kimyasal durumu bozup bozmadığını belirlemek için ilgili sınıflandırma testindeki farklı adımlar izlenmelidir (OUS 18, 2009).

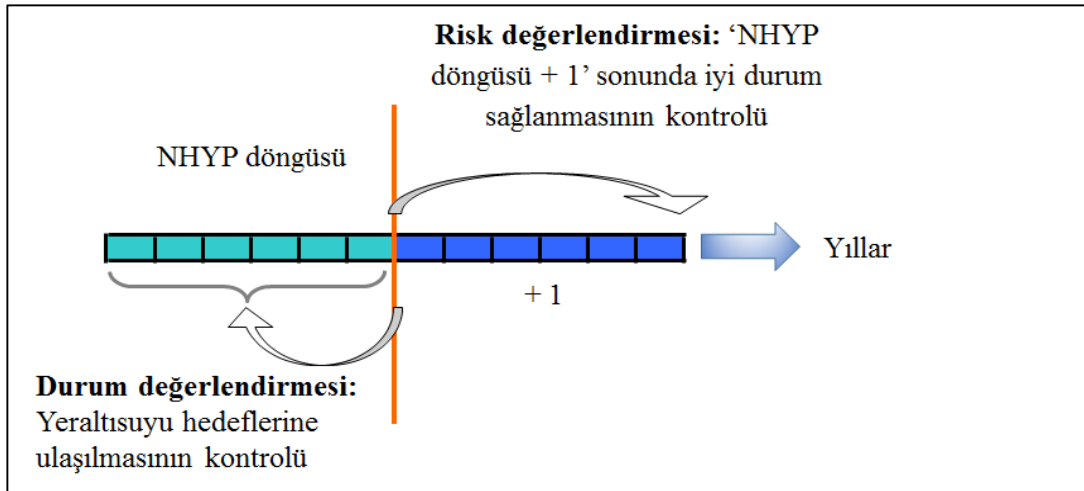
6.1.3. Yeraltısuyu Durumu ve Risk Değerlendirmeleri

Risk değerlendirme yöntemi, NHYP döngüsünün başında uygulanmakta ve Baskı ve Etki Analizini içermektedir. Döngünün sonunda YSK'nın durumunun nasıl

olacağına ait bir tahmin sağlamakla birlikte döngünün sonunda elde edilen yeraltısuyu durum değerlendirilmesinden net bir biçimde ayırt edilebilmelidir. YSK'ya ait bu tahmin, gözetimsel izlemeden gelen güncel veriler ve eğilim değerlendirme işlemleri ile doğrulanır. Bir yeraltısuyu kütlesinin NHYP döngüsü sonucunda iyi durumda olup olmayacağı açık olarak belli değilse, operasyonel izlemeyle daha fazla karakterizasyon çalışması yapılır ve ED'nin belirlenmesiyle önlemler programının uygulanması önerilir. ED ve önlemler programı NHYP'nda rapor edilmeli; her bir döngü sonunda durum sınıflandırması yapılarak YSK'nın iyi durumda olup olmadığı ve önlemler programının etkili olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Büyük ihtimalle iki değerlendirme (risk değerlendirmesi ve durum değerlendirmesi) aynı anda yapılacaktır, ancak bunlar ayrı ve paralel süreçlerdir. Risk değerlendirme, bir sonraki NHYP döngüsünün sonu ile ilgilenirken, durum değerlendirme ise son NHYP döngüsündeki geçmiş performans ile ilgilenmektedir (OUS 18, 2009).

Risk değerlendirmeleri konusu 7. Bölüm altında daha ayrıntılı ele alınmıştır.



Şekil 25. Risk Değerlendirme ve Durum Değerlendirme Performansının Kıyaslanması

6.2. Nitel (Kimyasal) Durum

Kimyasal durum tanımının SÇD Ek 5 (2.3.2)'de belirtildiğine ve yeraltısuyu kimyasal durumunun “iyi” olarak nitelenebilmesi için bazı koşullar gerektiğine

“Bölüm 3.1.1.Nitel Durum” başlığı altında değinilmişti. Direktif ekinde yeraltısuyu kimyasal durumunun belirlenmesi için temel olarak “İletkenlik ve Kirletici Derişimi” parametrelerinin verildiğı hatırlatıcı olması bakımından bu noktada bir kez daha yinelenebilir.

SÇD Ek 5’te yeraltısuyunun kimyasal durumunu değerdendirme yöntemi ile ilgili olarak aşağıdaki teknik bilgileri verilmektedir.

“Durum değerdendirmesi yaparken, bir YSK içindeki tüm izleme noktalarından gelen sonuçlar kütle için bir bütün olarak toplanacaktır. Bir yeraltısuyu kütlesinin iyi durumda olabilmesi için, ilgili mevzuatlarla belirtilen çevresel kalite standartları ile ilgili kimyasal parametreler açısından:

- Yeraltısuyu kütlesi ya da kütleler grubundaki tüm izleme sonuçlarının ortalama değeri (mean value) hesaplanacaktır ve
- Bu ortalama değerdler iyi yeraltısuyu kimyasal durumu ile uyum olup olmadığını göstermek için kullanılacaktır.”

YSD Ek 2 (c)'ye göre “Üye Devletler, ilgili kirleticilerin bir izleme noktasındaki yıllık aritmetik ortalama derişimi ile YSKS ve ED’leri karşılaştırma işlemi dahil olmak üzere, tüm diğerd ilgili bilgileri dikkate alacaktır.”.

6.2.1. Yeraltısuları Kimyasal Durumunu Değerdendirme Yöntemi ve Sınıflandırma Testleri

Yeraltı sularının kimyasal durumunu değerdendirirken aşağıdaki unsurlar dikkate alınmalıdır (OUS 18, 2009):

- Yeraltısularının kimyasal durumunu değerdendirme ölçütleri: YSKS ve ED’ler
- Veri toplama ihtiyacı,
- Aşma durumunun miktarı,
- Aşma durumunun konumu,
- Değerdendirmeye duyulan güven.

➤ **Veri toplama (kümeleme)**

Veri toplama işlemi, YSK'ların karşı karşıya oldukları tehditleri ortaya koyması bakımından önemli bir basamaktır. Toplanan veriler aracılığıyla bir YSK'daki kirleticilerin oluşturduğu önemli düzeydeki çevresel risklerin, kullanım açısından önemli bir azalma olmadığının, ilgili yerüstü suyu kütlelerindeki ekolojik ve kimyasal kalitenin azalmasının, YSBKE'leri etkileyen hasarların, insanlar tarafından tüketilen sularda bozulma olup olmadığının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Kural olarak, en son 2 yıl içinde toplanan izleme verilerinin dikkate alınması önerilir. Böylece yılda tek bir ölçüm bile alınıyor olsa bile ortalama değer hesaplanabilir. Kavramsal model ve izleme verileri, gerçek baskı ve etkileri göstermeyen kısa vadeli değişimlerin etkisinden korunmak gerektiğine işaret ediyorsa, daha uzun bir ortalama alma süresi (6 yıla kadar) seçilebilir.

➤ **Aşma durumunun miktarı**

YSD Madde 4'e göre, hiçbir izleme noktasında YSKS ya da ED'ler aşılmadığı zaman bir YSK'nın durumunun iyi olduğu kabul edilir. İzleme sonuçlarının uygun bir şekilde toplandığı, bir ya da daha fazla sayıda izleme noktasında YSKS ya da ED aşıldığı zaman, bir YSKS ya da ED değerinin üzerinde yıllık aritmetik ortalama derişimine sahip bir kirletici içeren YSK'nın büyüklüğü (hacim ya da uzamsal alan) tahmin edilmelidir. Bu durumda aşağıdaki değerlendirmeler gerçekleştirilir:

- Bir YSK'daki kirleticilerin oluşturduğu önemli düzeydeki çevresel risk,
- İnsan kullanımı açısından önemli bir engel bulunup bulunmadığı,
- Tuz ya da diğer girişler.

İncelemeleri istenen uygun düzeyde gerçekleştirebilmek için, aşma durumunun miktarını doğrulamak ve/veya kavramsal modeli geliştirmek amacıyla ilave veriler kullanılabilir.

➤ **Aşma durumunun konumu**

Durum değerlendirme ölçütlerinden bazıları aynı zamanda yerel ölçekte etkilerin değerlendirilmesine dayanabilir. Bu durumda YSK'nın tamamındaki koşullar temsil edilmemiş olacaktır. Bu tür durumlarda, iyi durum koşullarının gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek için aşma durumunun konumu bilinmelidir. Bu bağlamda aşağıdaki konular değerlendirilir:

- İlgili yerüstü suyu kütlelerindeki ekolojik ve kimyasal kalitenin azalması,
- YSBKE'lerin hasar görmesi,
- Tuz ya da diğer girişler,
- İnsani tüketim amaçlı sularda bozulma olup olmadığı.

Üye Devletler YSD Ek 3'e göre, suya bağımlı karasal ve sucul ekosistemlerin korunması ile ilgili olarak, ilgili ve gerekli olan yerlerde yeraltısuyu kütlesinden ilgili yerüstü suları ya da YSBKE'lere aktarılan ya da aktarılma olasılığı olan kirleticilerin miktar ve derişimlerini ve aktarılan kirleticilerin olası etkilerini değerlendireceklerdir.

YSK'daki tuz ya da diğer girişlerin değerlendirilmesi, su çekme işlemleri nedeniyle baskı olan ve su çekme noktalarındaki önemli etkiler sonucu görülen değışiklikler olan bölgelerin belirlenmesi ile ilişkilidir.

Yukarıdaki basamaklar durum değerlendirmesi gerçekleştirilirken ele alınması gereken konuların özetidir. Kimyasal durumu değerlendirilen YSK hakkında veri toplaması, izleme sonuçları üzerinden ortalama değerlerin ED ya da YSKS ile kıyaslanarak aşma miktarlarının elde edilmesi ve bu aşma miktarlarının ilgili olduğu alıcılarla ilişkileri bağlamında ele alınarak aşma konumunun belirlenmesi aşamaları durum değerlendirmesi olarak ifade edilmektedir.

SÇD bu değerlendirmelerin sınıflandırma testleri aracılığıyla gerçekleştirilmesini önermektedir.

➤ **Sınıflandırma Testleri**

Risk değerlendirme sonuçlarına bağlı olarak, yeraltısuyunun kimyasal durumunu değerlendirmek için birden fazla test yapılmalıdır. SÇD ve YSD hedeflerine göre, bu testlerde dikkate alınacak esas ölçütler aşağıdaki gibidir (OUS 18, 2009):

➤ Çevresel ölçütler

- İlgili (bağlantılı) yerüstü suyu kütlelerinin korunması
- YSBKE'lerin korunması
- YSK'ların tuz ya da diğer girişlerden korunması

➤ Kullanım ölçütleri

- İçme suyu koruma alanlarındaki içme sularının korunması
- Diğer yasal kullanım amaçlarının korunması: sulama, sanayi, vb.

Bu bölümde verilen değerlendirme yöntemleri (OUS 18 rehber dökümanında önerilen yöntemlerden özetlenmiştir).

6.2.2. Genel Kimyasal Durumunun Değerlendirilmesi Testi

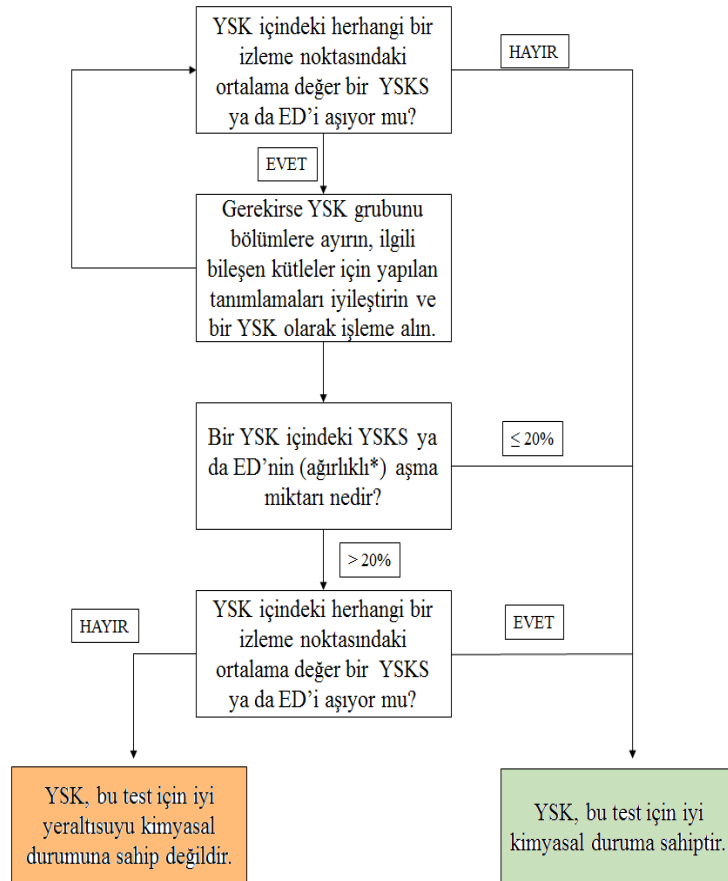
Bu test, bir YSK'daki kirleticilerin oluşturduğu önemli düzeydeki çevresel riskin ve insani tüketimlerin önemli düzeyde engellenmesine neden olan durumların değerlendirilmesini sağlar.

Yasal gerekliliklere bağlı olarak, yeraltısuyunun kimyasal durum değerlendirmesi yapılırken YSK'nın tamamına odaklanılır. Bunu yaparken ilgili ölçütlerin (YSKS ve ED'ler), veri toplama yöntemlerinin, aşma miktarlarının ve değerlendirmeye duyulan güven ile ilgili konuların dikkate alınarak bir değerlendirme gerçekleştirilmesi istenir.

Değerlendirme ile YSK gruplarına özen gösterilerek işlem yapılmalıdır. Grubu oluşturan kütleler için izleme ve çevresel hedefler güvenli bir şekilde

gerçekleştirilebildiği sürece YSK'lar izleme amacıyla gruplandırılabilir. Yeraltısuyu İzleme Kılavuz Belgesi'ne göre yeraltısuyu kütlelerini risk altındaki kütleler ve risk altında olmayan kütleler olarak ayırtmıştır. YSK'ların çevresel hedeflerini gerçekleştirememesi riski olduğu zaman, kütle başına en az bir izleme noktası olması önerilir. YSK grubu içinde risk altında olmayan kütlelerde, her bir kütle için izleme noktası yerleştirilmesine gerek yoktur.

İzleme sonuçları, bir ya da daha fazla izleme sahasında aşma durumu olduğunu gösteriyorsa grubun kavramsal modeli incelenmeli ve hala gruptaki tüm kütlelere uygulanıp uygulanamayacağı belirlenmelidir. YSK'ları gruplandırma mantığı doğrulanırsa, kütlelerin durumlarının aynı olduğu kabul edilir ve grubun ayrılmasına gerek yoktur. Durum farklıysa, gruplandırma işlemi gözden geçirilmeli ve testler uygun şekilde yapılmalıdır.



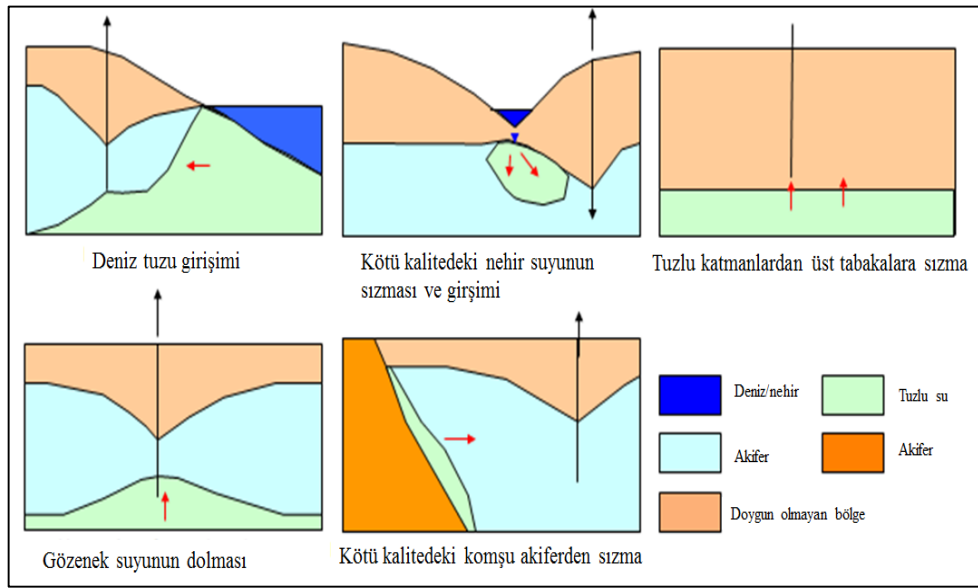
Şekil 26. YSK'nın Genel Kimyasal Durumunun Bütün Olarak Değerlendirilmesi

*Ağırlıklı yaklaşım, yeraltısuyu kütlesi içindeki kavramsal modelin (örneğin baskı, hassasiyet, etki durumu) dikkate alınmasına ve izleme ağı tasarımına yardımcı olabilir.

6.2.3. Tuzluluk ve Giriş Etkilerinin Değerlendirilmesi Testi

Bu testte SÇD Ek 5 2.3.2'ye göre tuz ya da diğer girişlerin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu değerlendirmede dikkate alınan farklı giriş tipleri, Şekil 36'da gösterilmiştir.

Ayrıca özellikle Akdeniz havzasındaki kıyı akiferlerinde sık sık görülen deniz tuzu girişi ve YSK'ya jeolojik kaynaklardan giren gözenek suyu ya da tuzlu katmanlardan giren sızıntı tuzlar da bu kapsam dahilinde değerlendirilebilir.



Şekil 27. Farklı Giriş Tipleri

Test ayrıca yeraltısuyunun nicel durumuyla sürekli ve önemli artış eğilimlerinin değerlendirilmesine de bağlıdır. Kimyasal durum testinden önce yeraltısuyunun nicel durumu değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme ile çekimlere bağlı olarak tuzlu su ya da diğer girişlere neden olan risklerin baskı yarattığı bölgeler belirlenmiş olacaktır.

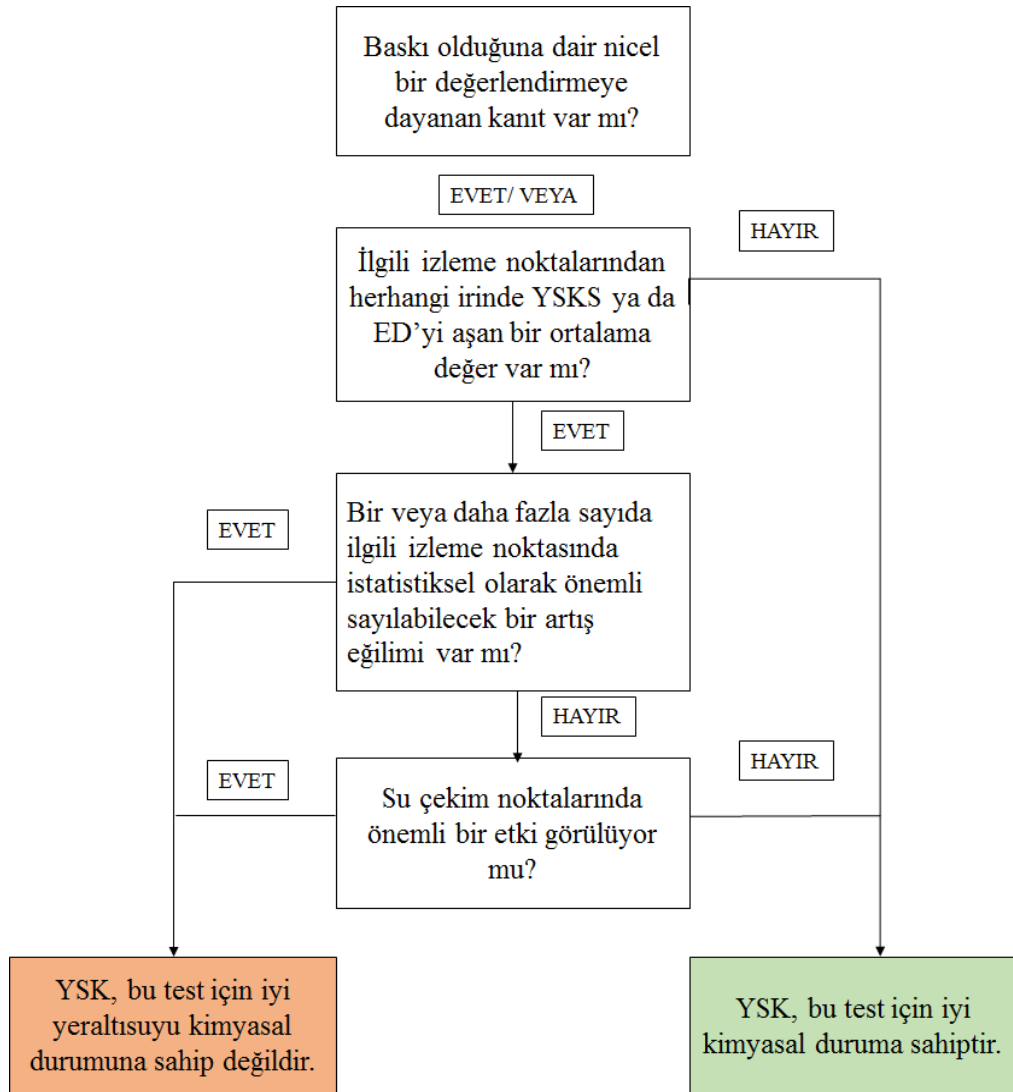
Aşağıdaki durumlarda iyi yeraltı suyu durumu sağlanmamış kabul edilir:

- Bir izleme noktasındaki bir ED, bir ortalama değer kadar aşıldıysa,
- Bir ya da daha fazla sayıda ilgili izleme noktasındaki bir ya da daha fazla sayıda önemli parametrede önemli ve sürekli bir artış eğilimi varsa

- Su çekme noktalarında oluşan girişler nedeniyle önemli düzeyde etkilenme varsa.

İlgili ED'ler, (Cl-) ya da elektriksel iletkenlik gibi önemli parametreler için tespit edilen DAS'lar olacaktır.

Bazı YSK'larda akiferin jeokimyasal özellikleri ya da kaynak görevi yapan komşu hidrostatigrafik birimler nedeniyle doğal olarak yüksek miktarda tuz bulunur. Bu test için, tatlı su-tuz etkileşim noktasına komşu olan yeraltısuyu kalitesindeki karmaşık dalgalanmadan dolayı, sayısal ED'ler gerçekte sahip oldukları kesinlikte olmayacaktır. Bu tür bir girişin varlığını doğrulamak için "kanıt çizgileri" yaklaşımı önerilir.



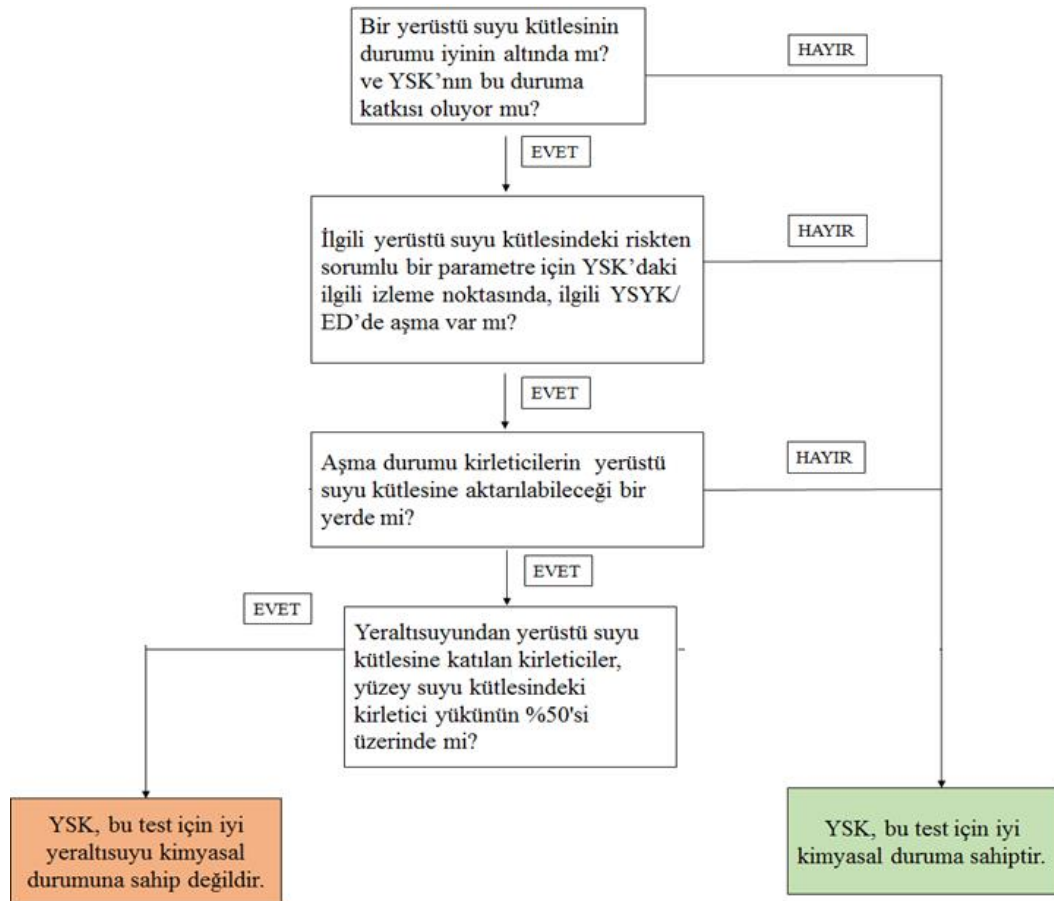
Şekil 28. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Tuzluluk Testi

6.2.4. Yerüstü Suyu Kimyası ve Ekolojisinin Değerlendirilmesi Testi

Bu test ile YSK'dan gelen kirleticilerin yerüstü sularına aktarılması sonucu yerüstü suyu kimyasında oluşan önemli zayıflamalar ve yerüstü suyu ekolojisindeki önemli miktardaki kötüleşmeler değerlendirilir.

Yeraltısuyunun durumu, yerüstü suyu sınıflandırma sonuçları ve kirleticilerin YSK'lardan yerüstü su kütlelerine doğru taşınımının birlikte değerlendirilmesi ile belirlenir. Test, yeraltısularından yerüstü suyuna aktarılan kirleticilerin ya da yerüstü suyu ekolojisi üzerinde sonuç olarak görülen bir etkinin bu ilgili yerüstü suyu kütleleri için SÇD hedeflerini gerçekleştirme olasılığını tehlikeye atıp atmadığını belirlemek için tasarlanmıştır.

Test, yeraltısuyu kütlelerinin kavramsal modeli dikkate alınarak risk taşıyan yerüstü suyu kütlelerine bağlantısı olan YSK'ların hepsi için yapılmalıdır.

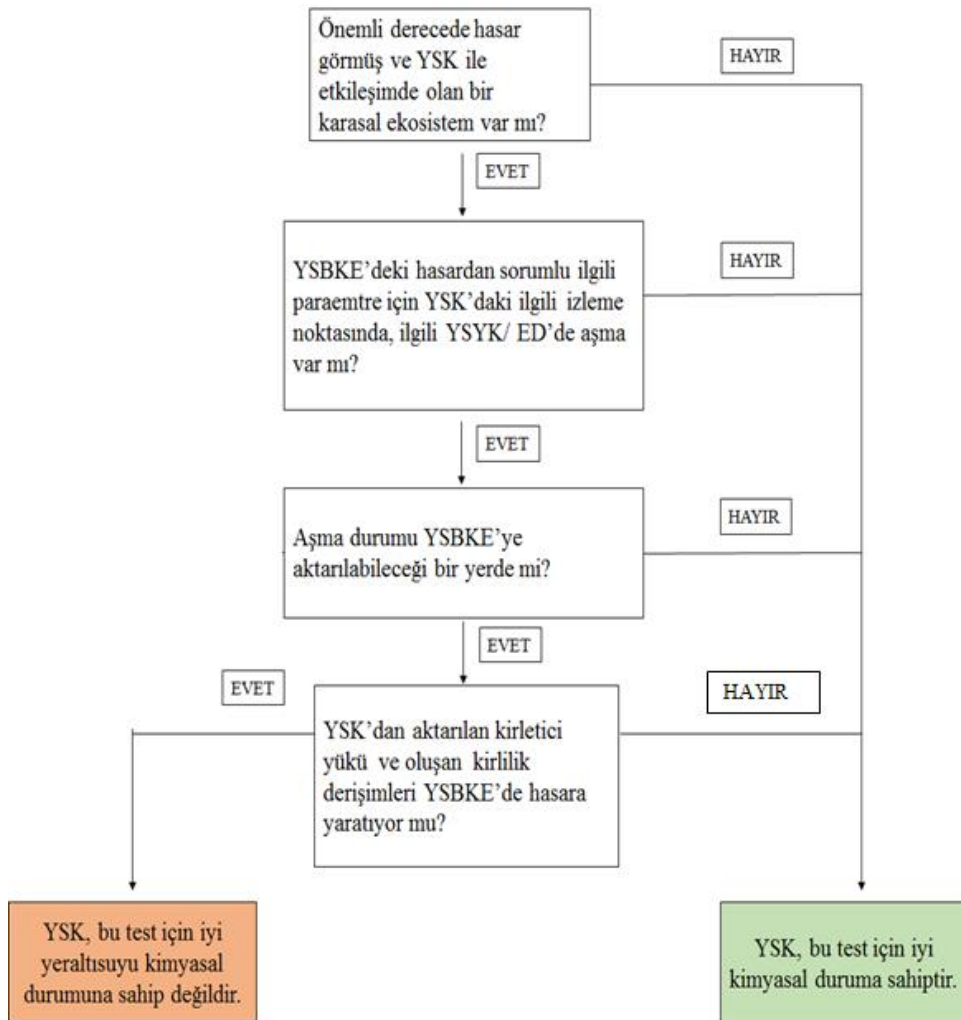


Şekil 29. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yerüstü Suyu Kimyası ve Ekolojisinin Değerlendirilmesi Testi

6.2.5. Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerle Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi

Bu test, YSBKE’lerde oluşabilecek önemli düzeydeki hasarların değerlendirilmesinde kullanılır. Testte, YSK içindeki kirlenici derişimlerinin YSBKE’ler üzerinde SÇD ya da diğer ilgili korunan alan hedeflerini tehdit eden bir etkiye neden olup olmayacağı belirlenmelidir.

Test, değerlendirmenin her aşamasında her bir YSK’nın kavramsal modelini dikkate alarak YSBKE’ye bağılı ve önemli düzeyde hasar görmüş ya da hasar görme tehlikesi altında olan kütlelerinin hepsi için yapılmalıdır.



Şekil 30. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerle Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi

6.2.6. İçme Suyu Koruma Alanları ile Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi

Bu test, insani tüketimi amaçlı kullanılan suların kalitesindeki bozulmayı değerlendirme amaçlıdır. Bu bölüm, mevcut kılavuzlarla özellikle de Yeraltısularını İzleme Kılavuz Belgesi ve İçme Suyu Koruma Alanlarında (İSKA'lar) Yeraltısuyu Hakkında Kılavuz Belge ile birlikte okunmalıdır. Son kılavuz belgeye göre İSKA'lar bütün halinde YSK olarak ele alınırlar ve özel koruma önlemleri koruma bölgelerine odaklanabilmektedir.

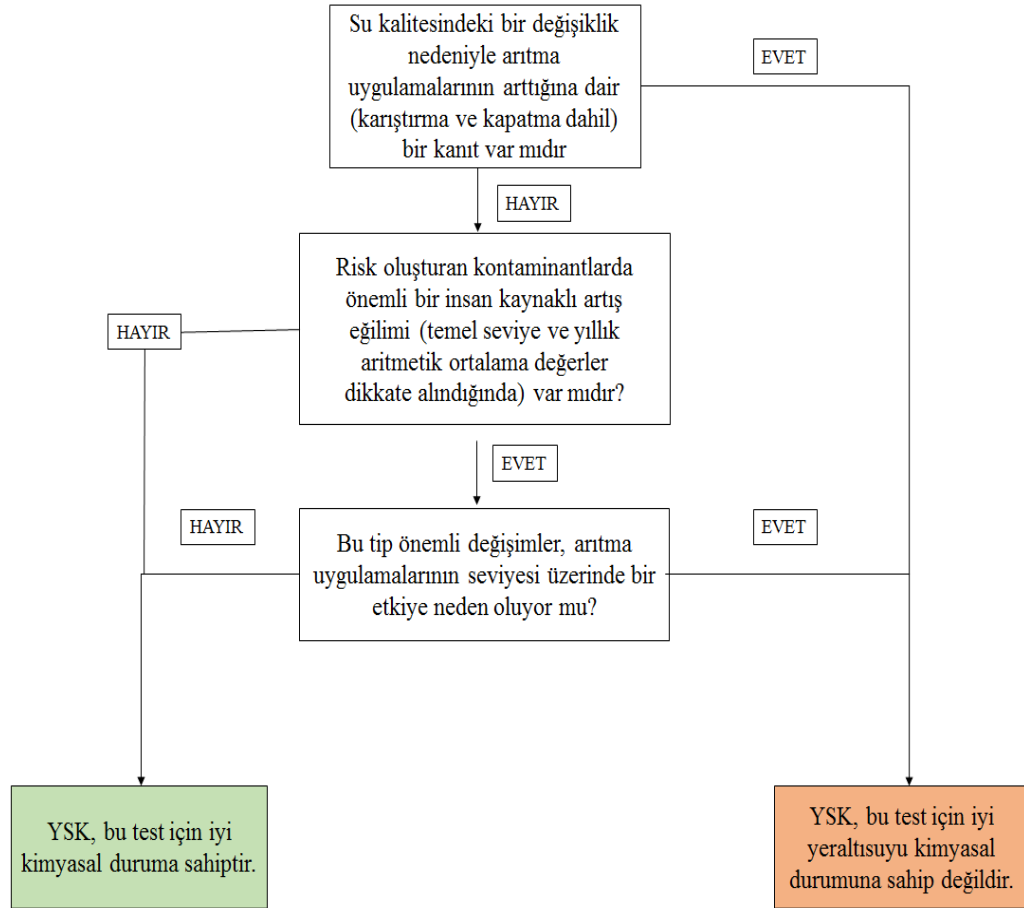
SÇD Madde 7.3'e göre Üye Devletler, içme suyu üretiminde gereken arıtma işlemi seviyesinin azaltılmasını sağlamak için su kalitesindeki bozulmayı önlemek amacıyla İSKA olarak tanımlanmış YSK'ların korunmasını gerçekleştireceklerdir.

Durum değerlendirme süreci, su çekim noktasındaki arıtılmamış yeraltısuyu kalitesinde önemli ve sürekli artan değişiklikler (eğilimler) olup olmadığına odaklanmalıdır. Bu tür değişiklikler yoksa arıtma seviyesinde herhangi bir değişikliğe gerek olmadığı kabul edilebilir. Önemli ve kalıcı eğilimler varsa ve arıtma sistemi önceden kurulmuşsa, çoğu durumda bozulma arttıkça zaman içinde arıtma seviyesi üzerindeki olumsuz etki artacaktır. İçme suyu standartları henüz aşılmadığı ve arıtma sistemi kurulmadığı zaman, gelecekte görülebilecek bozulma durumu ve bunun arıtma üzerindeki etkileri değerlendirilmelidir.

Ancak işlenmemiş su kalitesinde insan kaynaklı bir etkene bağlanabilecek önemli değişiklikler olduğuna dair bir kanıt varsa, su çekme noktasındaki arıtma seviyesi üzerindeki etki değerlendirilmelidir. Bu şekilde ilave veri toplama ve değerlendirme işlemleri azaltılabilir.

Kimyasal durumun değerlendirilmesi kapsamında koruma bölgelerinin belirli bir işlevi yoktur. Üye Devletler tarafından SÇD Madde 7 (3)'e göre belirlenebilecek olan koruma bölgelerinin amacı, kalite bozulmasını engellemeyi hedeflerken gereken korumayı sağlamak için önlemleri belirli alanlara yoğunlaştırmaktır. Koruma bölgeleri ayrıca izleme ve değerlendirme amacıyla su çekme işlemlerini gruplandırırken de yararlı olabilirler. Çekimlerin yaratacağı etkileri temsil edici nitelikte seçimler yapmak önem kazanacaktır.

Bu bağlamda İSKA'nın SÇD gerekliliklerini hangi ölçüde karşıladığının belirlenmesi için ve bu bağlamda yeraltısuyunun kimyasal durumunun değerlendirilmesi için önerilen yöntem, ilgili Kılavuz Belgelerde belirtilen yasal gereksinimler ve önerileri dikkate alır. Test, Yeraltı Sularını İzleme Kılavuz Belgesinde önerilen ilgili İSKA izleme noktaları ile ilgilidir.



Şekil 31. Yeraltısuyu Kimyasal Durumunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek İçme Suyu Koruma Alanları ile Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi

6.3. Nicel (Miktar) Durum

SÇD, yeraltısuyunun nicel durumunun ölçütü olarak “iyi nicel durum” kavramını getirdiğinden ve iyi durumu ifade eden şartların sağlanmasını şart koştuğundan “Bölüm 3.1.2. Nicel Durum” başlığı altında değinilmiştir. Bu kavram, SÇD Madde 8, Ek 5 (2.1.2) kapsamında ele alınmıştır.

6.3.1. Nicel Durum Değerlendirme Öğeleri ve Durum Sınıflaması

Bir YSK'nin iyi nicel duruma sahip olması için iyi durum tanımı kapsamındaki tüm hedefler yerine getirilmelidir. Bu hedefler aşağıdaki gibidir:

- Mevcut yeraltısuyu kaynağı uzun vadeli yıllık ortalama su çekme hızı tarafından aşılmaz.
- İnsan kaynaklı su seviyesi değişikliği ya da akış koşullarındaki değişimden kaynaklanan, ilgili yerüstü suyu kütlelerinin hepsi için ilgili Madde 4 ile verilen çevresel hedeflerinin başarısız olmasına neden olacak ve yerüstü suyu kimyası ve/veya ekolojisinde zayıflamaya neden olacak etkiler yoktur.
- İnsan kaynaklı bir su seviyesi değişiminden kaynaklanan, YSBKE'lerde önemli bir hasar yoktur.
- Akış yönündeki sürekli ve insan kaynaklı değişiklikler nedeniyle tuz ya da diğer girişler olmamaktadır.

Bu hedefler ile uyumluluğu test etmek için, iyi nicel durum tanımını ayarıştıran ve farklı öğeler ile test eden bir durum sınıflandırma sistemi benimsenebilir.

YSK'ların hepsi için ya da kütle grupları için nicel durum değerlendirilmesi yapılmalıdır. Ancak, bir YSK'nin nicel durum hedeflerini gerçekleştirememesi riski olmadığına dair yüksek düzeyde güven olduğu zaman, kütlenin iyi durumda olduğu kabul edilebilir. Bu da risk tabanlı bir yaklaşım benimsemek ile tutarlıdır. İlk ve ileri karakterizasyon çalışmaları kapsamında çevresel hedeflerini gerçekleştirememesi riski olan kütller zaten belirlenmiş olacak, baskı ve etkilerin değerlendirmesi yapılmış olacaktır.

SÇD, iyi nicel durumun değerlendirilmesinde yeraltısuyu seviyesinin birinci parametre olacağını belirtmektedir. Ancak etkileri ve uzun vadeli eğilimleri belirlemek için su seviyelerini izlemek büyük önem taşısa da, bu işlem kendi başına yeterli değildir ve genellikle diğer parametreler ve bilgilerin edinilmesi gereklidir.

Bir YSK'nin genel nicel durumunu değerlendirmek için, yeraltısuyu seviyesi ve/veya debisinde uzun vadeli ve insan kaynaklı değişikliklerin etkilerini değerlendiren testler yapılmalıdır.

Tuz girişi ile ilgili değerlendirme başta olmak üzere, belirli nicel durum değerlendirme ögelerinde kimyasal durum değerlendirmesi ile çakışma vardır. Bu durumda bu öge için kimyasal ve nicel durum değerlendirmeleri bir araya getirilip tek bir test yapılabilir. Diğerleri için de kimyasal ve nicel değerlendirmeler arasında bilgi paylaşılması gerekecektir.

6.3.2. Yeraltısuyu Bütçesinin Belirlenmesi (Su Dengesi) Testi

Bu test, kütle çapındaki toplam etkiyi değerlendirir ve kütlenin tamamını kapsayan bir testtir. Bir YSK'nın bu testte iyi durumda çıkması için, YSK'dan uzun vadeli yıllık ortalama su çekme miktarı, uzun vadeli ortalama yeniden dolumu ile uzun vadeli ekolojik debi ihtiyacı arasındaki farkı aşmamalıdır. Su çekimi, yeniden dolma, su seviyesi için uzun vadeli ölçümlerin değerlendirilmesinin nedeni, kısa vadeli doğal iklim faktörlerinin ve su çekme işleminin etkilerini en aza indirmektir. Uzun vadeli ölçümler, kısa vadeli etkilerin uzun vadeli model ve eğilimlerden ayrılabilmesini sağlar. SÇD açısından gereken kayıt uzunluğu, YSK ile ilgili hidrojeolojik ve çevresel koşullara bağlı olacaktır. Bunun bir nehir havzası yönetim çevrimi süresi kadar yani en az 6 yıl olması önerilir.

YSK çapında yeraltısuyu seviyeleri hakkında güvenilir bilgi bulunduğu zaman, bu veriler uzun vadeli yeraltısuyu çekiminden kaynaklanan kalıcı ve uzun süreli su seviyesi düşüşü yaratıp yaratmadığını belirlemek için kullanılabilir. Böyle bir düşüş olduğu zaman, iyi durum koşullarının olmadığı anlaşılabilecek ve su kütlesi kötü durumda kabul edilecektir; ancak su seviyesi tek başına güvenilir bir sınıflandırma aracı olmayabilir ve alternatif olarak su dengesi de değerlendirilebilir.

Su dengesi testi için, yıllık ortalama su çekme miktarı, yeraltı suyu kütlesi içindeki 'mevcut yeraltı suyu kaynağı' ile karşılaştırılmalıdır. Mevcut yeraltısuyu kaynağı, yerüstü suyu kütleleri ve YSBKE'i desteklemek için gereken yeniden dolma

ve düşük akış gereksinimlerine bağı olarak değışen yaklaşık bir değıerdedir. Bu test YSK çapında gerçekleştirilen bir test olduğu için, nehirler ve sulak alanların yerel akış ihtiyaçları her zaman net bir şekilde belirlenemez.

‘Mevcut kaynakların’ YSK içinde dağılımı da hassas alıcılar ile ilgili olarak değışiklik gösterebilir. Bu nedenle, durum değıerlendirmede bu da dikkate alınmalıdır ve çoğu durumda kötü durum sınırını belirlemek su çekme miktarı, mevcut kaynağın %100’nden fazla olduğu yerlerde kolay olmayacaktır. Bazı hidrojeolojik durumlarda bu değıer %20 kadar düşük olabilir.

Yıllık yeniden dolma miktarı, YSK’nın tamamı ve YSK’ya dışarıdan girdiği kabul edilen yeniden dolma suyu (bitişik sızdırmaz katmanlardan kaçan sular gibi) için tahmin edilmelidir.

Yıllık ortalama su çekme miktarına YSK’dan çekilen tüm sular ve akiferin tüm bağılantılı ve kapalı kısımları dahil edilmelidir. Bu su çekme işlemlerine büyük açık su kütlelerinden gelen buharlaşmalar da dahil olabilir. Akifere ya da bir nehre yerel olarak geri gönderilen çekilmiş yeraltısuyu miktarının dikkate alınıp alınmayacağı, su kütlesi çapında etkileri dikkate alan bir hidrojeolojik değıerlendirmeye dayanıyor olmalıdır.

Hem yerüstü suyu hem de YSBKE’lerin ekolojik akış gereksinimleri ve yeraltısuyu çekme işleminin düşük debilerdeki etkisi belirlenmelidir. Kullanılan yöntemler, su çekme basınçlarının yeraltısuyu kütlesini ne kadar etkilediğine bağı olarak değışir. Bu da yerel teknik bilgi, basit araçlar ya da daha karmaşık modeller kullanarak yapılabilir.

Su dengesi testi yapılırken komşu YSK’lar ve diğer hidrojeolojik sistemler arasındaki akışlar (yatay ya da düşey) dikkate alınmalıdır. Bazı durumlarda bu akışlar ie akış (yeniden dolma) ve dışa akış şeklinde olabilir. Bunun yerine su dengesi değıerlendirme işlemini basitleştirmek için YSK’lar gruplandırılabilir.

Bu testin çeşitli öğelerini hesaplamak için kullanılan tahminler, eldeki en iyi tahminlere dayanarak yapılmalıdır. Bazı hidrojeolojik ortamlarda (rneğın karstik akiferler) kesin değıerler elde etmek zor olabilir, bu nedenle değıerlendirmelerde bir

miktar belirsizlik olacaktır. Durum değerlendirmeye güvenin değerlendirilmesinde bu belirsizliğin kaydedilmesi ve dikkate alınması önem taşır. Çoğu durumda bu belirsizlik ve değerlendirmeye güvenin miktar olarak belirtilmesi mümkün olmayacaktır, çünkü fiziksel sistem, kavramsal model ve kullanılan diğer kanıtların anlayışındaki belirsizlik ile ilgili olabilirler.

YSK'lar büyük coğrafi alanları kapladıkları ya da farklı akiferlerden oluştukları zaman, bu testi yapabilmek için YSK'yı küçük ve durumu temsil eden parçalara bölmek uygun olabilir. Her bir parça bu testin hedefleri ile ilgili olmalıdır. YSK'ler alt parçalara bölündüğü zaman, test her bir parça için ayrı ayrı uygulanmalıdır. Böylece bu test için genel YSK durumu, tüm bileşen sonuçları içinden en olumsuz olanı tarafından temsil edilecektir.

6.3.3. Yerüstü Suları ile Etkileşimin Değerlendirilmesi Testi

Bir YSK'nın bu testte iyi durumda çıkması için, yerüstü suyu çevresel hedeflerinin gerçekleştirilmesine engel olacak önemli bir yerüstü suyu kimyası ya da ekolojisi kaybı olmaması gerekmektedir. Bu teste hem nehirler hem de SD yerüstü suyu hedeflerinin geçerli olduğu nehirler gibi açık su kütelleri dahildir.

nceki testten farklı olarak, bu testte yerüstü suyu kütlesi ya da kütelleri üzerindeki tüm farklı baskılar hesaba katıldıktan sonra yerel lkte yeraltısuyu çekme işlemlerinden kaynaklanan baskıların her bir su kütlesi üzerinde önemli bir etkisi olup olmadığı değerlendirilir. Su ktellerinin tanımlanma şekline bağlı olarak bir YSK kendi hedefleri olan çok sayıda farklı yerüstü suyu kütlesi ile ilişkide olabilir.

Bu test için, iyi kimyasal ve ekolojik durum sağlamaya destek olan ve bu durumu koruyan YSK'lar ile ilgili yerüstü suyu ktellerinin debi ya da su seviyesi gereksinimleri belirlenmelidir. Nehirler için yeraltısuyunun çekilmesinin etkileri, debide azalma ve açık su ktellerinde seviyede azalma olarak görülebilir.

Yeraltısuyu çekimi nedeniyle oluşan önemli bir etki sonucunda yerüstü suyu kütlesi debi/seviye gereksinimi karşılanamadığı durumlarda iyi/yüksek ekolojik durumda kalmadığı sürece YSK kötü durumda olacaktır. Ters durumlarda ise YSK iyi durumda olacaktır.

Herhangi bir yerüstü suyu kütlesi için çevresel debi/seviye gereksinimleri karşılanamazsa, bunun nedeni yeraltı ya da yerüstü suyunun çekilmesi olabilir. Yeraltısuyu nedeniyle gereksinimleri karşılayamayacak olan yerüstü suyu bileşenleri tahmin edilmelidir. Yeraltısularında önemli bir eşik olarak memba havzası toplamında izin verilen su çekme miktarının %50'sinin kullanılması önerilir. Ancak kullanılan eşik Üye Devletlere bağlıdır ve bu değeri belirlerken değerlendirme sürecindeki belirsizlik ve yerüstü sularının çekilmesi ile ilgili olarak yeraltısularının çekilmesinin sosyoekonomik önemi de dikkate alınmalıdır.

6.3.4. Yeraltısuyuna Bağımlı Karasal Ekosistemlerle Etkileşimlerin Değerlendirilmesi Testi

Bir YSK'nın iyi durumda olması için, YSKBE'de önemli miktarda hasar olmamalıdır. Bu hasarı incelemek üzere ele alan kimyasal ve nicel değerlendirme testleri YSBKE'ler için birbirine yakından bağlıdır.

Bu test bir YSBKE'deki koşulları örneğin suya bağımlı bitki topluluklarını desteklemek ve korumak için gereken çevresel koşulların belirlenmesini gerektirir.

Koşullar karşılanmıyorsa ve su çekme işlemi nedeniyle oluşan yeraltısuyu seviye ve debisindeki değişikliklerin önemli bir neden olduğu belirlenirse “YSK kötü durumda”dır. Diğer durumlarda YSK iyi durumda olacaktır; ancak potansiyel olarak risk altındadır.

Başlangıç ve ileri karakterizasyon işlemleri kapsamında, baskılar nedeniyle hasar gören ya da hasar görme riski yüksek olan YSBKE'leri belirlemek için bir gözlem çalışması yapılmalıdır. Bu değerlendirme, ekolojik gösterge topluluklarının YSK ile olası bağlantısı ve insan kaynaklı baskılara yakınlık gibi ölçütleri temel

alınarak ve yerel bilgilerle saha durum raporlarından yararlanarak yapılmış olmalıdır. Yalnızca “risk altında” olarak belirlenen sahalarda değerlendirilmede dikkate alınmalıdır. Risk altında olmadığı tahmininde bulunan yani kesinleşmemiş sınıflandırmalarda YSK kötü durumdadır denilemez.

Çoğu saha için YSBKE’lerle ilgili olarak istenilen destekleyici koşulları yüksek bir güven seviyesi ile belirlemek mümkün olmayacaktır. Bunun nedeni, tüm sahalarda için yeterince ayrıntılı sahaya özgü bilgi bulunmama olasılığıdır. Bu koşullar altında YSK bu test için “iyi durumda” kabul edilir ve sahalarda ‘risk altında’ olup olmadıklarına karar vermek için başlangıç değerlendirmesinin ve diğer tüm kanıtların sonuçları kullanılmalıdır. Bu ‘risk altındaki’ sahalarda ayrıntılı inceleme için öncelik verilmesi gereklidir.

6.3.5. Tuzluluk ve Giriş Etkilerinin Değerlendirilmesi Testi

Bir YSK’nin bu testte iyi durumda çıkması için, su seviyesi ya da su girişindeki insan kaynaklı sürekli azalmalar ve su çekme işlemleri nedeniyle debi düşüşü ya da akış yönünün değişmesinden kaynaklanan bir uzun vadeli tuz girişi (ya da diğer düşük kaliteli suların girişi) olmamalıdır. Uzun vadeli tuz girişi, akış yönünde değişiklik olmasa bile görülebilir. Tuzlu su ve tatlı su arasındaki yoğunluk farkından dolayı, su seviyesindeki (ya da su girişindeki) azalma tek başına tuz girişine neden olacaktır. Tuzlu su kaynağına doğru hidrolik eğimin azalması ve buna karşılık olarak yeraltısu debisindeki azalma, su akış yönünü değiştirmeye yetecek seviye azalması oluşmasından önce tuz girişinin gerçekleşmesini sağlar.

Bu testte girişin anlamı, başka bir su kütlesinden gelen düşük kaliteli suyun bir YSK’ya girmesi anlamına gelir; kütle içinde düşük kaliteli su bulutu olduğu anlamına gelmez. Giriş kaynağı, durumu değerlendirilen su kütlesinin üstünde, altında ya da yanındaki bir su kütlesi içinde olabilir.

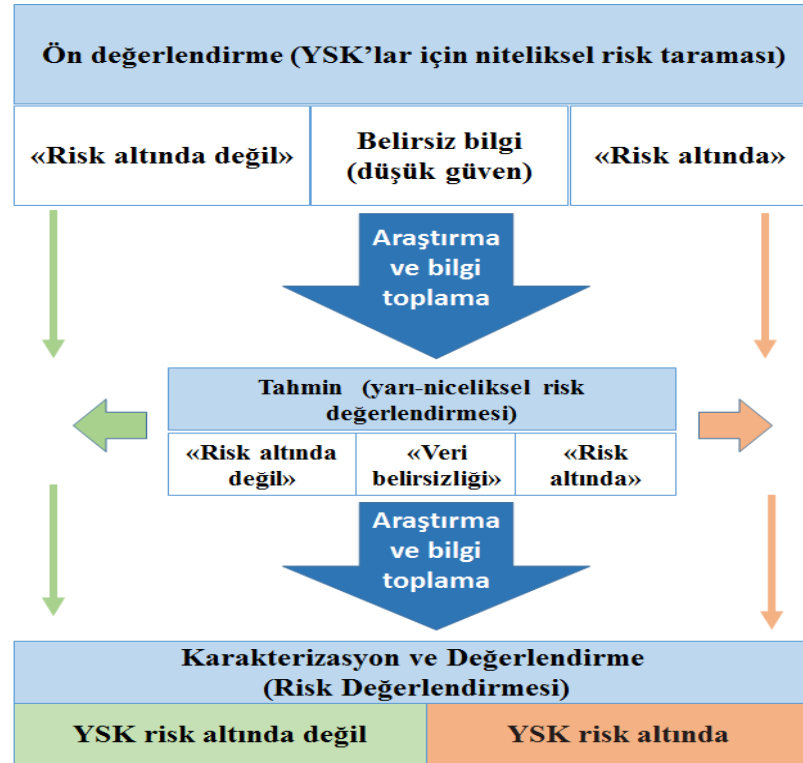
Tuz girişini değerlendirmek için bu test kimyasal durum testi ile birleştirilmiş hali Şekil 28’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

İnsan kaynaklı etmenler nedeniyle değişen su seviyelerinin YSK içinde jeokimyasal değişikliklere neden olduğu ve bu değişikliklerin su kütlesinin kalitesini kötüleştirdiği durumlarda, ayrıca bir ED'nin ya da YSKS'nin ya da diğer ilgili SÇD hedefinin aşılmasına neden olabileceği hallerde, değerlendirmelerin kimyasal durum testleri kapsamında gerçekleştirilmesi gereklidir. Buna örneğ olarak büyük miktarda su çekilmesi sonucunda kirleticilerin harekete geçirilmesi/serbest kalması ve böylece yeraltısuyunun oksitlenmesi ya da diğer jeokimyasal değişikliklerin oluşması gösterilebilir. İnsan kaynaklı jeokimyasal değişiklikler nedeniyle oluşan hedefleri gerçekleştirmeme riskini en aza indiren koşulları korumak için yeraltısuyu çekme işlemlerinin yönetilmesi, bu YSK'daki önlemler programının bir kısmını oluşturacaktır. Önlemler arasında ileride durumun bozulmasını önlemek için gereken en az su seviyesi ölçütlerinin belirlenerek basınçlı akiferlerin koşullarının devam ettirilmesini sağlamak gibi yöntemler olması beklenebilir (OUS 18, 2009).

7. RİSK ALTINDAKİ YERALTISUYU KÜTLELERİNDE EĞİLİM BELİRLEME VE DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI

7.1. Risk Altındaki Yeraltısuyu Kütlelerinin Tanımlanması

Risk analizi, YSK'ların gruplandırılmasında etkili bir yol olarak kullanılmaktadır. İzleme sonuçlarına, tehlike içeren verilere ve temiz çevre standartlarına bağlı olarak durum hedeflerini karşılayamayan YSK'ların "risk altında", yüksek güven veren kütlelerin ise "risksiz" olarak tanımlandığı bir süreçtir. Niteliksel olduğu kadar yarı niceliksel bir değerlendirme süreci ile durumu konusunda düşük güven içeren kütlelerin değerlendirilmesi yapılır ve tanımlama tamamlanır (OUS 26, 2010).



Şekil 32. Aşamalı Risk Değerlendirmesi Yaklaşımı

SÇD Madde 4'te tanımlanan çevresel hedefleri yerine getirememesi riski taşıyan YSK'ların durumlarının ortaya konması ve YSK'ların kullanımlarının

değerlendirilmesi amacıyla başlangıç karakterizasyonu önerilmektedir. Bu bağlamda Üye Devletlerin, YSK'ları gruplandırmaları beklenmektedir. Bu analiz, mevcut hidrolojik, jeolojik veriler, toprak kullanımları, beslenimler, çekimler ve diğer veriler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu karakterizasyon sonucunda aşağıdaki konular belirlenmiş olur:

- YAS kütlesi ya da kütlelerinin yeri ve sınırları,
- Aşağıdaki hususlar dahil olmak üzere YSK ya da YSK'larının maruz kaldığı baskılar:
 - Yayılı kirleticiler,
 - Noktasal kirleticiler,
 - YAS çekimi,
 - Suni besleme.
- Yeraltısuyunun beslendiği drenaj alanında yer alan formasyonların genel karakteri,
- Sucul ya da karasal ekosistemlere doğrudan bağımlı YSK'lar (OUS 26, 2010).

YSK'nın başlangıç karakterizasyonu, söz konusu kütlenin maruz kaldığı baskı-etkileri, dolayısı ile risk durumunu ve o kütlede izlenmesi/değerlendirilmesi gereken parametreleri ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda, YSK'nın kalite durumunun değerlendirilmesi açısından oldukça önemli bir aşamayı oluşturmaktadır (Günhan, 2014).

Bu noktada üzerinde durulması gereken konu, başlangıç karakterizasyonunun yeraltısuyu kütlelerinin tamamı için gerçekleştirilirken ileri karakterizasyonun risk altında olduğu belirlenen kütleler için kullanılmasıdır (OUS 26, 2010).

7.2. Eğilim Kavramı, Tanımı ve SÇD Açısından Önemi

Eğilim teriminin sözlük anlamına bakıldığında “zaman dizileri gibi sıralı bir dizinin, salınımlı ve rasgele bileşenlerle uzun dönemde gösterdiği artma-azalma

devinimi” biçiminde tanımlandığını görülür. Bu noktada zaman serisinin tanımını yapmak da uygun olacaktır. Zaman serileri, ardışık ve eşit aralıklı zamanlarda bir bağımsız değişkenin aldığı değerleri gösteren bir küme şeklinde tanımlanır (Fethi, 2015). Eğilim kavramı, söz konusu istatistiki verilerin çalışma konusu olduğu alanlarda yaygınca kullanılmaktadır.

Eğilim terimini araştırıldığında farklı çalışmalarda yine benzer bir tanımlama ile karşılaşılır. Örneğin yeraltısuyu seviyelerinin eğilimlerinin belirlenmesini konu edinen bir çalışmada “Rasgele değişkenlerin zaman serilerinin, belli bir süre dahilinde göstermiş olduğu önemli değişiklikler eğilim olarak tanımlanabilir” denmektedir (Thakur vd., 2011). Yine aynı makalede zaman serilerinde sonuçlarda görülen artış ve azalışların, sabit ve düzenli hareketleri eğilim olarak adlandırılır. Ayrıca hidrolojik serilerin eğilim analizinin iklim değişikliği, arazi kullanımı gibi çeşitli etkileri yansıtması nedeniyle pratik bir önemi olduğundan söz edilmektedir.

SÇD Ek 5 (2.4.4)’e ve YSD Madde 5’e göre Üye Devletler, risk altında olduğu belirlenen YSK’lar ya da YSK gruplarında bulunan kirletici, kirletici grupları ya da kirlenme göstergelerindeki önemli ve sürekli artan eğilimleri belirlemek durumundadır. YSD’de önemli ve sürekli aratan eğilim; “Çevresel hedefler uyarınca durumunun tersine çevrilmesinin gerekli olduğu belirlenen bir kirletici, kirletici grubu ya da kirlenme göstergesinin derişimdeki istatistiksel ve çevresel açıdan önemli düzeyde artışlar” şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanımda geçen istatistiksel olarak önemli bir eğilim, tanınmış bir istatistik eğilim değerlendirme tekniği kullanarak tanımlanmış bir eğilimi; çevresel açıdan önemli bir eğilim ise, istatistiksel olarak önemli olan ve tersine çevrilmediği takdirde SÇD çevresel hedeflerinden bir ya da daha fazlasının gerçekleştirilememesine neden olacak bir eğilimdir (OUS 18, 2009).

SÇD ve YSD’nin yeraltısuları ile ilgili birçok maddesinde eğilim kelimesi geçmekte, özellikle önemli ve sürekli artış gösteren eğilimler üzerinde durulmaktadır. Temel amacı su ortamlarının korunması ve iyileştirilmesi olan SÇD, yeraltısuları özelinde insan etkinliklerinin etkilerinin takip edilmesini ve kötüye giden bir durum halinde bu durumun iyileştirilmesini hedeflemektedir. Eğilim konusu, kirletici etkilerinin artışını ifade etmesi bakımından önemlidir. Kirletici derişimlerinin zaman içerisinde artış göstermesinin hem kullanıcılar hem de ekosistemler için tehdit

oluşturabileceği gerçeği ışığında bu derişimlerin zaman içerisindeki değişiminin takibi anlamına gelen eğilimlerin belirlenmesinin önemi ortadadır.

7.3. Eğilim Analiz Yöntemleri: Gözlem, Veri ve Analiz

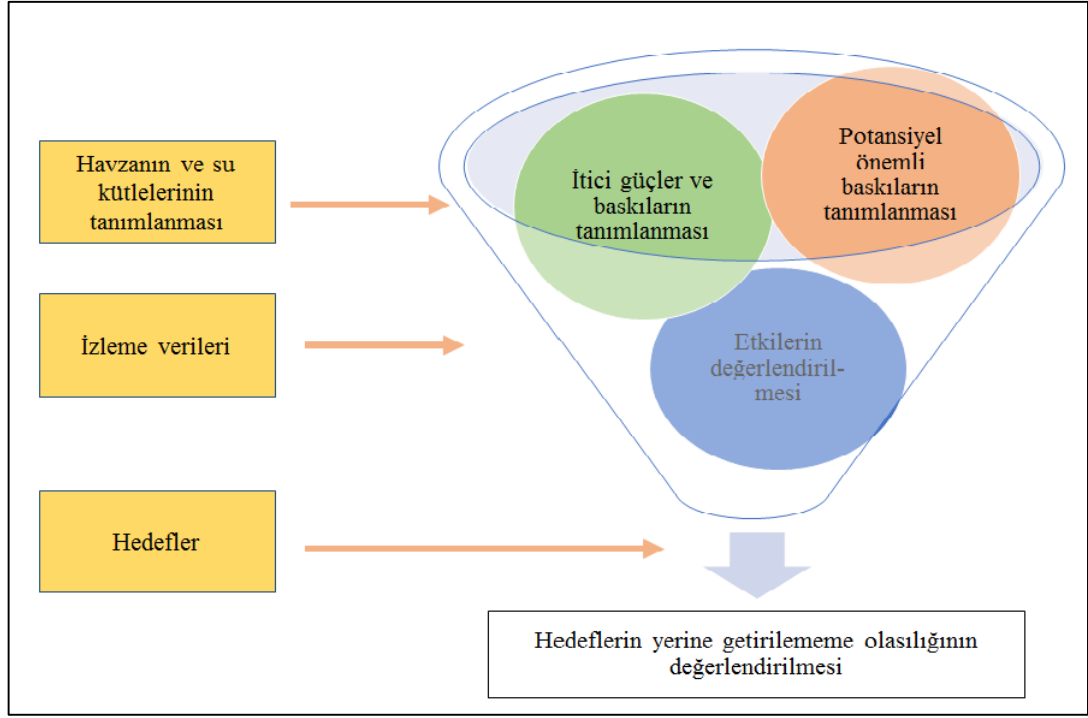
Eğilim değerlendirme analizinin yalnızca SÇD Madde 4 hedeflerini gerçekleştirememe riski altında olduğu belirlenen YSK'lar için yapıldığından bahsedilmiştir. Bir su kütlesinin risk altında olduğunun belirlenmesi için, su kütlesinin iyi su durumuna ulaşma hedefini engelleyen unsurların ortaya konması ve bu unsurların etkilerinin ele alınmasını sağlamak amacıyla veri toplanması gerekmektedir. Bu basamaklar eğilim analizinin temel basamaklarını oluşturmaktadır.

7.3.1. Gözlem ve Veri

Gözlem ve veri birbiri ile ilişki halinde olan süreçlerdir. YSK'lar üzerindeki baskılara ait verilerin toplanmasından izleme sonuçlarının elde edilmesi de dahil olmak üzere her türlü veri, gözlem süreciyle elde edilir.

Analiz sürecinde su kütlesinin ve sınırlarının tanımlanmasında faydalanılacak iklim, jeoloji, toprak ve arazi kullanımı gibi birçok bilgi çeşidi vardır. İzleme sonuçlarının baskı unsuru yaratan itici güçlerle karşılaştırılması, YSK üzerindeki iyi su durumu taşımasına engel olacak baskıların ortaya konmasına yardımcı olur (OUS TR 2, 2004) (Şekil 33).

İtici güçler su kütleleri üzerinde bir dizi baskı yaratan sektörler olarak tanımlanmaktadır. İnsan etkinlikleri sonucunda oluşan baskılar YSK'nın durumunda bozulmaya neden olmaktadır. Çoğu durumda kimyasallar açığa çıkarak çevrede kirlilik oluşur ya da atık ürünlerinin deşarjı ya da tarımsal alanlarından besi maddelerinin süzülmesi su kütleleri üzerinde olumsuz etki oluşturur. Kirlilik baskıları çoğunlukla noktasal ve yayılı kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Fakat bu iki kaynak arasındaki ayrım her zaman net olmaz ve yeniden mekansal bağlamda ilişki kurulmalıdır.



Şekil 33. Risk Analizinin Anahtar Bileşenleri (OUS TR 2, 2004)

Gözlem yaklaşımı, su kütlelerinin risk altında ya da risksiz olarak değerlendirilmesi için basit bir yaklaşım önerir. İtici güçleri ve baskıları yansıtmak üzere, gözlem yaklaşımı var olan verilere dayandırılır. Bu bağlamda gözlem tekniklerini uygulayan kişi üç durumla karşı karşıya kalabilir:

1. Yalnızca baskı verileri mevcut olabilir; bu durumda ilgili sonuçlar hedeflere ulaşamama riskine yönelik bir ipucu olarak kullanılabilir.
2. İtici güçler-baskılar doğru değerlendirilmiş ve küçük alanlar üzerinden hesaplanmış olabilir; İtici güçler-baskılar gözlem verilerini biriktirmek için kullanılabilir
3. Yalnızca gözlem verileri ulaşılabilir olabilir; bu durumda baskı analizinin istenmeyen durumun gözlemlendiği yerlerde uygulanması önerilir (OUS TR 2, 2004).

Su kütlesinin kendisi ile ilgili veriler mevcut ise etkilerin doğrudan değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Baskılardaki çeşitlilik kadar veri çeşitliliği olacaktır.

Verilerin kendisi olası etkilerin değerlendirilmesi için yeterli olmayacaktır. Beklenen etki için doğru gösterge oluşturulmalıdır. Hatta çoğu baskı düzgün bir etki oluşturmaz; fakat ekosistem için tehdit içeren kötü şartların temsil edilme olasılığını değiştirir.

Su kalitesi istatistikleri özel zorluklar içerir. Su kütlesi üzerindeki baskıların varlığının ve mevcut durumun kıyaslanması veri serileri arasında da bir karşılaştırma gerektirir. Anlamlı bir karşılaştırma için verilerin içsel yapısı dikkate alınmalıdır. Birçok durumda verilerin normal dağılımı tercih edilir. Yıllık verilerin mevsimlik ve hidrolojik bileşenlerini dikkate almamak hesaplanan varyansı önemli ölçüde düşürmekte ve kısa zaman aralıklarında gözlemlenen veri setleri arasında kıyaslama yapılmasına izin vermektedir. Ancak bu tip gelişmiş istatistiksel teknikler yaygın değildir.

İzleme verileri bir etkiye yönelik olarak halihazırda göstergeler taşımayabilir. Bu tip bir bilginin varlığı ilk gözlem sürecinde belirlenmiş olan baskıların önemli olmadığını ya da baskının yarattığı etkinin cevabı için gerekli gecikme süresinin henüz geçmediğini göstermektedir. İkinci durum YSK'da yavaş seyahat eden kirleticileri değerlendirirken önemli olmaktadır. Benzer bilgiler yardımıyla yeraltısuyu sisteminin kavramsal modelinin doğrulaması yapılabilmektedir (OUS TR 2, 2004).

Direktif Madde 8, Ek 5 (2.4.4)'te gözetimsel ve operasyonel izleme verilerinin, insan etkinliklerinden kaynaklanan kirletici derişimlerdeki uzun dönemli artan eğilimlerin belirlenmesinde ve bu eğilimlerin tersine çevrilmesinde kullanacağı belirtilmektedir. Eğilimin belirleneceği “zaman dilimi” ya da “temel yıl” tanımlanması yine direktifin koyduğu şartlardan birisidir.

Genel değerlendirmede yanıltıcı eğilimlerden kaçınmak için YSK ölçeği ya da bölgesel ölçek yerine izleme noktası seviyesinde tutarlı bir zaman serisi uzunluğunun dikkate alınması önerilmektedir. Kullanılacak minimum zaman serisi uzunluğu; düzene sokulmuş ölçümler ve hesaba katılan minimum yıl sayısı cinsinden ifade edilir ve izleme sıklığı, istatistik yöntemi, eğilimleri tersine çevirme için başlangıç noktasıyla istatistiksel yöntemin gücüne bağlıdır. Kullanılacak zaman serisinin maksimum uzunluğu ise, YSK'nın kavramsal modeline, geçici derişim oluşumuna ve izlenen verilerin derişim kalitesine bağlıdır. Çok uzun bir zaman

serisi, zaman serisinin ilk yıllarındaki değişikliklerden etkilenen şüpheli eğilim sonuçları oluşturabilir. Bu nedenle eğilimde önemli kesintiler olup olmadığını görmek için uzun bir zaman serisini test etmek yararlı olabilir. Bu gibi durumlarda eğilim testi için yeterli uzunlukta olması kaydıyla yalnızca güncel verileri kullanılır. Ancak, kullanılan zaman serisi uzunluğunun hala yeraltı suyu kütlesi kavramsal modeli ile hızlar, kalma süreleri vb. açılardan tutarlı olması için her zaman dikkatli olunmalıdır. Genel bir kural olarak, örnekleme hatası ya da analitik bir hata nedeniyle geçersiz olduğu ispatlanmadıkça hiç bir veri asla göz ardı edilmemelidir (OUS 18, 2009).

7.3.2. Analiz

Bu bölümde, İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor (OUS TR 1)'da yer verilen ve ülkelerde yaygın olarak kullanılan testler ve analizler ile bilgi verilecektir.

SÇD Madde 8, Ek 5 A (2) (c)'de verildiğı şekliyle eğilim değerlendirmesi “Regresyon Analizi” gibi tanınmış bir istatistiksel yöntemle dayanarak yapılmalıdır. “Önemli” terimi istatistiksel önem ile ilgilidir ve seçilen yöntem ölçülen eğilimin istatistiksel önemini test edebilmelidir (OUS 18, 2009).

Su kalitesi verilerini yorumlarken en yaygın kullanılan yaklaşım eğilim analizleridir. Eğilim, yıllık periyotta aylık ölçümler ya da on yıllık periyod dahilinde yıllık ölçümler gibi uzun bir ölçüm aralığında düzenli ölçümler alınmasını gerektirir. (Chapman vd, 1996).

8 yılın altındaki yıllık ölçümlerde istatistiksel eğilim değerlendirmeleri kritik olmaktadır; bu nedenle eğilim analizinin en az 8 ölçüm ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 6 ayda bir ölçüm yapılan durumlarda örnek sayısı 10'dan düşük olmamalı, 3 ayda bir ölçüm yapılan durumlarda ise örnek sayısı 15'ten az olmamalıdır. Bu durum aşağıdaki tabloda örneklendirilmiştir (OUS TR 1, 2001).

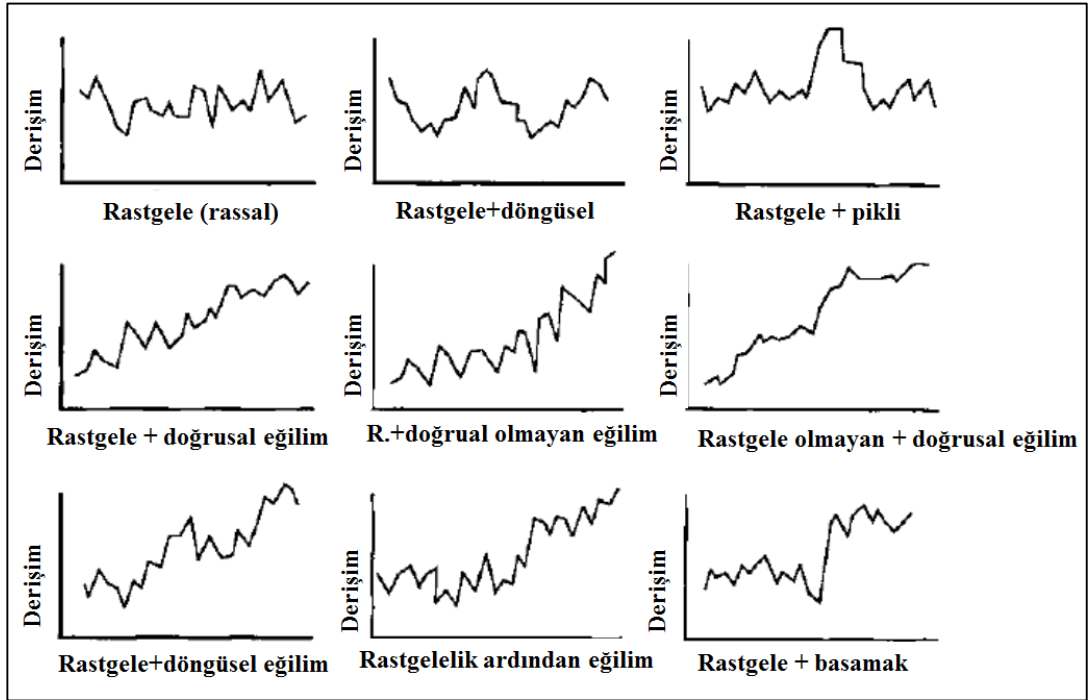
Çizelge 7. Kabul Edilebilir Örnek Alma Periyotları (En Az Sayıda Örnekleme)

Yıl	3 Aylık periyot	Yıllık ölçüm	6 aylık ölçüm	3 aylık ölçüm
1	1	x	x	x
	2			x
	3		x	x
	4			x
2	1	x	x	x
	2			x
	3		x	x
	4			x
3	1	x	x	x
	2			x
	3		x	x
	4			x
4	1	x	x	x
	2			x
	3		x	x
	4			
5	1	x	x	
	2			
	3		x	
	4			
6	1	x		
	2			
	3			
	4			
7	1	x		
	2			
	3			
	4			
8	1	x		
	2			
	3			
	4			

Su kalitesi verilerini yorumlarken en yaygın kullanılan yaklaşım eğilim analizleridir. Eğilim, yıllık periyotta aylık ölçümler ya da on yıllık periyod dahilinde yıllık ölçümler gibi uzun bir ölçüm aralığında düzenli ölçümler alınmasını gerektirir. Eğilim analizinde bağımlı değişken olan x, ihmal edilebilir hatalara sahip ölçüm yapılması için araştırmacı tarafından kontrol edilir. Burada bağımlı değişken zaman ya da örnekleme konumu olabilir. Bu değişken rassal (raslantısal) olmayan değişken olarak da ifade edilir (Chapman vd, 1996). Örnekte verildiği gibi x eğer

örneklemenin konumu olarak alınırsa numune alımının gerçekleşeceği kuyu derinliğinin seçiminin sonucu etkileyeceği açıktır. Değişken olarak zaman alınırken periyotların uzunluğunun ne olacağı ya da verilerin anlamlı bir biçimde karşılaştırılmasını sağlamak için yıllık verilerin mevsimlik bileşenlerinin dikkate alınmaması bu değişkenle ilgili araştırmacının seçimleri arasında sayılabilir.

Eğilim değerlendirmeleri yapılmadan önce genellikle verilerin dağılım grafiklerinin hazırlanması önerilir (Şekil 34).



Şekil 34. Farklı Eğilim Çeşitlerinin Grafik Gösterimi (Chapman vd, 1996)

Verilere istatistiksel analiz uygulanmadan önce gerçekleştirilen eğilim tanımı genellikle monotonik (tekdüze) ve basamaklı olmak üzere iki çeşittir. İlki sadece tek bir yönde değişim gösterir. İkincisinde gözlenen basamaklı yapı iki farklı veri toplama zamanı olduğuna ve farklı örnek kümelelerinden veri alındığına dair bir göstergedir.

Yıllık örneklemelelerde Mann-Kendall Testi önerilir; normal dağılmış, bağımsız veri setleri için eğilim eğrisi en küçük kareler yöntemi ile hesaplanabilir. Mevsimlik etkilerin Mevsimsel Kendall testi kullanılarak analiz edilmesi önerilir. Bu

test normallik içermeyen ve kayıp, eksik ya da tespit edilemeyen sonuçların dahil edilmesine izin verir; fakat genellikle birkaç yılın üzerinde veri toplanması istenir (Chapman vd, 1996).

Regrasyon Analizi ise bağımlı değişkenle bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi belirler. En basit bağlamdaki regresyonda bir bağımsız değişken mevcuttur. Veriler zaman serilerinden oluşursa, bağımsız değişken zaman değişkeni olur. Bağımlı değişken tahmin edilen herhangi bir değer olabilir (Fethi, 2015).

Temel regresyon analizi genellikle bağımsız değişkenin hata ile birlikte ölçüldüğü varsayımına dayanır. Bu analizde ölçüm hatalarının tamamı bağımlı değişken ile ilişkilendirilir; fakat iki değişken arasında bir ilişki olduğu ve ölçüme dayalı hatanın iki değişkeni de ilgilendirdiği açıktır. Bu ilişkinin irdelendiği analiz için Doğrusal Regresyon kullanılır. Bu regresyonda x ve y 'nin doğrusal hale getirilmesi söz konusudur.

Su kalitesi çalışmalarında korelasyon (ilişkilendirme) analizi, iki ya da daha fazla rassal kalite değişkeninin istatistiksel önemi ve gücünü ölçmek için kullanılır. Rassallık, araştırmacının kontrolü dışında olan değişkenler anlamına gelir ve bu yüzden ilgili hata ile ölçülür.

Ortalama değer için güven aralığı hesaplamaları normal dağılım varsayımı altında gerçekleştirilir. Normal dağılımla; doğal oluşumlu veri setleri uygun hale gelir, birçok normal olmayan verinin kolaylıkla dönüştürülmesi sağlanır. Normal veri seti üretme eğilimindeki çevre bileşenlerinin anlaşılması sağlanır.

Örnekleme istasyonu basit bir sucul sistem ise istatistiksel kümeden elde edilen veriler çoğunlukla ya normal ya da log-normal dağılım gösterir. Eğer nehir sürekli kirli ise veri dağılımı normal ya da log-normal olmakla birlikte çoğu bileşen derişimi için en yüksek seviye doğru, çözünmüş oksijen gibi parametreler içinse en düşük seviyeye doğru kayma gösterir. Geçici kirlilikler yaşandığı takdirde ölçüm verilerinin istatistiksel dağılım eğilimi değişerek iki farklı kümeleme oluşturacaktır (Chapman vd, 1996).

Analiz yöntemlerinin seçiminde farklı yönetim sistemlerinde uygulanabilen faydalı yollar tercih edilmelidir; aksi takdirde önerilen yol Üye Devletlerde az kabul gören olabilir.

Eğilim analizi YSK'ların tamamı için toplanan verilere dayandırılmalıdır. Bu bağlamda her bir numune alma sahası için ölçülen verilerin zamansal düzenlemesinin yapılması üç aylık, altı aylık ya da yıllık derişim verileri elde etmek için gereklidir.

Aritmetik ortalama, örneklem noktalarına ait zamana bağlı bireysel ölçümlerin biraraya getirilerek ortalama bir değer elde edilmesidir (Chapman vd, 1996). Her bir saha için derişim verilerinin aritmetik ortalaması hesaplanmalıdır. Her periyod için tek bir ölçüm değeri olması halinde zamansal toplam basitçe ham verilerin ilgili zaman periyoduna atanması anlamına gelmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmalarda tayin sınırının (LOQ) altındaki ölçümler sabit bir yüzde ile genellikle LOQ'nun %50'si ile değiştirilebilmektedir. LOQ değerleri zaman içerisinde değişebileceği için sabit bir uygulama uygulanması ihtiyacından söz edilmektedir (TR1, 2001).

7.4. Eğilim Belirlemede Parametre Yaklaşımları

SÇD Madde 8 Ek 5 2.42. ve 2.4.3'te Gözetimsel ve Operasyonel izleme ile izlenmesi gereken asgari parametrelere yer verilmiştir. Gözetimsel izleme kapsamında takibi yapılan parametreler hem doğal şartlardaki değişikliklerin sonucunda hem de insan etkinlikleri sonucunda oluşan kirletici derişimlerdeki uzun dönem artan eğilimlerin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu bağlamda Gözetimsel izleme için YSK'larda aşağıdaki ana parametreler izlenir:

- Oksijen içeriği,
- pH değeri,
- İletkenlik,
- Nitrat,
- Amonyum.

Ayrıca, iyi yeraltısuyu durumuna ulaşamama riski tespit edilen YSK’larda ana parametrelere ilave parametreler eklenebilir.

Operasyonel izleme ise gözetimsel izleme programları arasında kalan dönemlerde risk altında olduğu belirlenen YSK’ların hepsi ya da kütle grubu için kimyasal durum değerlendirmesi yapmak ve herhangi bir kirletici derişiminde uzun dönem insan etkinlikleri sonucu ortaya çıkan artış eğiliminin varlığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilir.

“İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi” konulu teknik raporun oluşturulması çalışmalarında 11 Üye Devlet, SÇD gereklilikleri ve Ulusal İzleme Programları bağlamında eğilim değerlendirme çalışmalarını gerçekleştirmek üzere bazı parametreler seçmişlerdir. Bu parametreler;

- pH değeri
- Elektriksel iletkenlik
- Çözünmüş oksijen
- Nitrat
- Amonyum
- Klorür
- Pestisitler
- Klorlu hidrokarbonlar’dır.

İlk beş parametre SÇD’de açıkça yer alırken klorür deniz suyu girişleri için gösterge değeri olması bakımından üstü örtülü bir şekilde verilmektedir. Pestisitler ve nitrat; yayılı kaynaklar için, klorürlü hidrokarbonlar ise noktasal kaynaklar için gösterge niteliğinde kullanılmıştır.

Çalışma grubu tarafından 69 parametre için kalite verisi sağlanmıştır. Altı temel parametreye (pH değeri, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, nitrat, amonyum, klorür) ilave olarak 9 parametre istatistiksel uygulamalar için seçilmiştir. Tespit sınırlarının altında geniş bir derişim aralığında ve farklı baskı çeşitlerini temsil eden pestisitler, ağır metaller, klorlu hidrokarbonlar seçilmiştir.

Çizelge 8’de 9 farklı ülkede her ülkede farklı YSK’larda veri seti olan parametreler görülmektedir.

Ülkelerdeki kütle gruplarına izlenen parametreler anlamında bakıldığında farklı parametreler seçildiği görülmektedir. Bu bağlamda, parametre belirlenirken kütlelerin sahip olduğu özelliklerin göz önüne alındığı anlaşılmaktadır. Örneğin Avusturya farklı kütle için farklı parametre seçmiştir.

Ülkelerin 6’sı temel parametrelerin izlemelerini gerçekleştirirken 3 ülkenin klorokarbonlu iki parametreyi, 1 ülkenin ise ağır metalleri izleme programına dahil ettiği görülmektedir.

Çizelge 8. Farklı Ülkede YSK Bazında Analiz Edilen Parametreler

Parametre	Av1	Av2	Av3	Al1	Dan1	Dan2	Dan3	İsp1	İsp2	İsp3	Fr1	Fr2	Yun1	Hol1	Hol2	Hol3	Por1	Por2	Por3	UK1	UK2
pH değeri	x	x						x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		
Elektriksel iletkenlik	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Amonyum	x	x	x	x				x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Nitrat	x	x	x	x				x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Çözülmüş oksijen	x	x	x	x							x	x									
Klorür	x	x	x	x				x	x	x			x				x	x	x		
Nitrit																				x	x
Atrazin	x	x	x	x	x	x	x														
Tetrakloroeten	x	x	x																		
Kadmiyum					x	x	x														
2-6-diklorobenzamit					x	x	x														
Nikel					x	x	x														
Kurşun					x	x	x														
Selenyum					x	x	x														
Vanadyum					x	x	x														

7.5. Önemli ve Devamlı Artan Eğilim Göstergeleri ve Değerlendirme

Eğilim değerlendirmede kullanılan istatistiksel yöntemler ve yaklaşımlar ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Kimyasal durumun değerlendirilmesi amacıyla “İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor” çalışma grubundaki Üye Devletler tarafından uygulanan yöntemlere bakıldığında çeşitlilik içerdiği görülmektedir.

- Birleşik Krallık, Avusturya, Portekiz ve Danimarka yıllık ortalama derişimlerin medyanını kullanmıştır.
- Hollanda, İspanya, Avusturya aritmetik ortalamayı (kısmı güven aralığı ile) kullanmıştır.
- Belçika, log-normal dağılıma dayanan ortalamayı kullanmıştır.
- Hollanda ve Almanya iyi kalitedeki sahaların yüzdesini (kısmi tolerans aralığı ile) kullanmıştır.
- Üye devletlerin hemen hepsi en yüksek ve en düşük değerleri raporlamıştır.

En yüksek ve en düşük değerler eşlik edici parametreler olarak görülmekte, YSK’nın durumunu yansıtan bir parametre olarak görülmemektedir. Tayin sınırı (LOQ) ve tespit sınırı (LOD)’nın altındaki ölçümler ayrıntılı olarak belirtilmemiştir.

Üye devletler tarafından uygulanan mekânsal kümeleme yöntemleri ve değerlendirmeleri Çizelge 9’de görülmektedir.

Üye devletler, eğilim analizi gerçekleştirmek üzere ham ölçüm sonuçlarını kümeleme yöntemlerini aşağıdaki gibi raporlamışlardır:

- Birleşik Krallık, Almanya, Yunanistan, Fransa, Avusturya ham derişim verilerini kullanmıştır.
- Avusturya ve Hollanda aritmetik ortalamayı kullanmıştır.
- Danimarka ülke genelindeki tüm sahaların ortalama yıllık derişimlerinin medyanını kullanmıştır.

Bu bilgilere bakılarak Hollanda, Danimarka ve Avusturya ülkeleri dışında mekânsal kümeleme verilerine dayanmayan eğilim analizi gerçekleştirildiği sonucu

çıkarılır. Danimarka medyan değerini kullanırken Hollanda ve Avusturya aritmetik ortalamayı kullanmıştır.

Çizelge 9. Üye Devletlerin Uyguladığı Kümeleme Yöntemleri

	Aritmetik orta	Log-normal dağılıma dayalı ortalama	Medyan	İyi kalitedeki sahaların yüzdesi	En yüksek/en düşük değer
YSK'nın durumunu tamamen yansıtır (sahalar eşit dağıtılmış)	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ-Varyasyon katsayısı %80'in altında olduğu durumlarda	İYİ-VASAT Varyasyon katsayısı %80'in altında olduğu durumlarda	İYİ-VASAT iyi kalitedeki sahalarla birlikte kötü kalitelilerin de olması halinde	ZAYIF
Alanın %50'sinden fazlasını aşmayan durumları yansıtır (sahalar eşit dağıtılmış)	İYİ-VASAT	İYİ-VASAT	ÇOK İYİ	ZAYIF	ZAYIF
Sıcak noktaların etkisini yansıtır	İYİ-VASAT	ZAYIF	ZAYIF	İYİ-VASAT	ÇOK İYİ
Aykırı hassasiyet	ZAYIF	ZAYIF	ÇOK İYİ	İYİ	ZAYIF
LOQ ve LOD'nin altındaki ölçümlere uygulanabilirlik	LOQ/LOD altındaki değerlerinin yedek değerlerle yer değiştirmesi şüphe yaratmıştır.	LOQ/LOD altındaki değerlerin paylaşımı: <%80 uygulanabilir.	LOQ/LOD altındaki değerlerin paylaşımı: <%50 uygulanabilir.	LOQ/LOD iyi kalite için limit değerlerin altındaysa uygulanabilir.	ÇOK İYİ

Bu bilgilere ek olarak belirtmek gerekir ki LOQ/LOD değerleri altında kalan uygulamalar ve eşit dağılmayan sahaların uygulamaları ayrıntılı olarak raporlanmamıştır.

Geçici eğilim belirlemeye yönelik istatistiksel yöntemler şu şekilde raporlanmıştır.

- Almanya, Yunanistan, Hollanda, Fransa ve Avusturya Regresyon Analizini (basit lineer analiz) uygulamıştır.
- Danimarka Mann Kendall parametrik olmayan eğilim testini uygulamıştır.

- Birleşik Krallık nitrat derişimlerinin doğrusal olmayan eğilimini hesaplamak için parçalı regresyon yöntemini geliştirmiştir.
- Yunanistan ise iki seviyenin karşılaştırılması için F-testini uygulamıştır.
- Bazı Üye Devletler, geçici eğilim analizini klasik temelle gerçekleştirmemiştir; fakat mekânsal anlamda istatistiksel analizlere ve mevcut düzeyin değerlendirilmesine odaklanmıştır.

Eğilim değerlendirmede eğilimlerdeki değişikliklere hassasiyet önemli bir konudur. Yaklaşımlar farklı değişim modellerini tespit etmeyi eşit etkinlikte gerçekleştiremez. Farklı değişim modelleri için yaklaşımlar aşağıdaki gibidir.

Çizelge 10. Verilerin Eğilimlerine Bağlı Olarak Seçilebilecek Yöntemler

İstatistiksel Metod	Doğrusal eğilim	Doğrusal olmayan tekdüze eğilim	Önce yukarı yönlü sonra aşağı yönlü eğilim	Önce aşağı yönlü sonra yukarı yönlü eğilim
Doğrusal eğilim (aşağı ya da yukarı yönlü)	x			
Tekdüze eğilim (aşağı ya da yukarı yönlü)	x	x		
Sistematik değişimler	x	x	x	x
Eğilimin geri dönüşü			x	x

Yukarıda verilen istatistiksel yöntemler geliştirilmiş çeşitli eğilim testleri aracılığıyla verilerdeki farklı eğilimleri dikkate alarak eğilim analizini gerçekleştirir.

Çizelge 11. İstatistiksel Yöntemlerin Eğilim Çeşitlerine Göre Değerlendirilmesi

	Doğrusal eğilim	Tekdüze eğilim	Sistematik Eğilim	Eğilimin tersine çevrilmesi	Sağlamlık*
Mann-Kendall	Çok iyi	İyi-Vasat	Zayıf	Uygulanamaz	Evet
Doğrusal Regresyon	Çok iyi (mann-kendall'dan nispeten daha iyi)	Zayıf	Zayıf	Uygulanamaz	Hayır
2-örnek karşılaştırması (F-test)	İyi-Vasat	Vasat	Zayıf	Uygulanamaz	Hayır

*Sağlamlık karşılaşılabilecek aykırılıklarla ilgili hassasiyet derecesini ifade eder.

7.6. Artan Eğilimin Durdurulması ve/veya Tersine Çevrilmesi

SÇD'nin yeraltısuları ile ilgili 17. Maddesinin kapsadığı bir başka konu ise sürekli artan kirlilik eğilimlerinin tanımlanması ve bunların tersine çevrilmesidir. Direktifin Ek 5'te yer alan hükümler doğrultusunda yapılan izlemenin sonuçlarına göre, Üye Ülkeler kirletici derişimlerdeki önemli ve sürekli yukarı doğru artan eğilimlerini tespit etmeli ve geriye dönüş için başlangıç noktalarını belirlemelidir. Bu olay, belirlenen yukarı doğru eğilimlerle temsil edilen gerçek risklere ait olup istatistiksel ve çevresel önem ile bağlantılıdır (Doğan, 2010).

İzleme sonuçları doğrultusunda kirliliklerde artan bir eğilim olması yani su kütlesinin risk altında oluşu, bu kütleye ilgili önlemlerin belirlenmesi gereğini doğurmaktadır. İşte bu noktada SÇD, bu duruma eğilimlerin tersine çevrilmesi adını vermiş ve kötüye giden durumun iyileştirilmesi için bir başlangıç noktası seçilmesine yönelik bu yaklaşımı şart koşmuştur.

YSD Ek 4 (B)'de YSK'lardaki kirletici derişimleri YSKS'lerin ve/veya ED'lerin %75'ine ulaştığında önemli ve sürekli yukarı eğilimin tersine çevrilmesi için önlemler alınması gereği yer almaktadır. Yani eğilimin başlangıç noktası YSKS'lerin ya da ED'lerin yüzdesi olacaktır. Farklı başlangıç noktası ayarlamaları ise DAS ve ED'lerin birbirine yakın olduğu ya da aynı olduğu durumlarda yapılabilir.

Eğilimlerin tersine çevrilmesi için önlemlerinin uygulanmasına başlama noktası YSK'nın kavramsal modeli ile tanımlanan özelliklerine ve önlemlere cevap verebilme durumuna bağlıdır. Bu noktanın seçimi, kirletici derişimlerinin yeraltısını kalitesinde çevresel, önemli ve hasar verici etkilere neden olmadan önce eğiliminin tersine çevrilmesine maliyet etkin bir biçimde olanak vermelidir. Başlangıç noktası değişikliklere daha yavaş cevap veren YSK'lar için erken, hızlı cevap verenler içinse daha geç belirlenebilir. Bir eğilim için belirlenmiş olan başlangıç noktası 6 yıllık NHYP döngüsü süresince değiştirilmemesi gereği uygulamaların sürekliliğinin sağlanması bakımından önem arz etmektedir (OUS 18, 2009).

8. AVRUPA ÜLKELERİNDEN UYGULAMALAR (OUS 18, 2009)

8.1. Almanya

İncelenen çalışma örneğinde Almanya'da uygulanan yeraltısuyu ED belirleme yaklaşımı incelenmiştir. Söz konusu çalışma, SÇD ve YSD gereksinimlerinin pratik uygulamaları için yöntemler önermektedir. Amaç, karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek ve bunu yaparken esneklik sağlamaktır.

Almanya, yeraltısularını doğal dengenin önemli bir ögesi, hidrolojik çevrimin bir parçası olarak görmektedir. Yeraltısularının ekosistem için değeri ve yerüstü sularıyla ilişkilerinin önemi üzerinde durmaktadırlar; çünkü Almanya'da içme suyunun %70'ten fazlası yeraltısuyundan gelmekte ve böylece yeraltısuyu Almanya'nın en önemli içme suyu kaynağı olmaktadır. Ayrıca sürdürülebilir kalkınma ve su kaynaklarını güvenceye almak amacıyla yeraltısularının tamamını kapsayan kullanım odaklı önlemler ile korunması konusu vurgulanmaktadır. Yeraltısularının çevre ve insanlar için önemi bağlamında Almanya'da benimsenen yaklaşımda yeraltısuyu bir bütün halinde korunması gereken bir varlık olarak kabul edilmektedir. Kullanım amaçlarını korumanın, yeraltısularını kapsamlı ve öncelikli bir biçimde korumak için tek başına yeterli olmadığı savından hareket etmektedirler.

Yeraltı Suları Direktifi Madde 3.2'nin tanımladığı esneklikle Almanya'da ED'lerin ulusal seviyede belirlenmesi kararı alınmıştır. Böylece eyaletlerde aynı şekilde ve karşılaştırılabilir bir yöntem uygulanarak idari yüklerin azaltılması ve ekonomik açıdan verim arttırımı planlanmaktadır. Oluşturulması planlanan ulusal ED'ler aracılığıyla atık yönetimi ya da toprak koruma gibi diğer yasal düzenlemelerle ilgili temel oluşturulması hedeflenmektedir.

Yeraltısuyu ED'lerini belirlemek için Almanya'da kullanılan yöntemler, marjinal eşik değeri adı verilen kavrama dayanmaktadır. Bu yaklaşımda sağlık koruma gereksinimleri ve ayrıca sucul ve karasal ekosistemi koruma gereksinimleri dikkate alınmaktadır. Belirlenen ED'ler tüm YSK'lar için geçerli olmaktadır; her bir YSK için ayrı belirleme işlemi yapılmaz.

ED belirleme yöntemleri bilimsel yöntemlere dayanmakta ve süreçte bir bütün olarak Almanya'nın jeolojik ve hidrojeolojik koşulları dikkate alınmaktadır. ED belirleme işleminin insan açısından ve çevre açısından toksikolojik konular ile ilgili olduğu hususuna değinilerek burada önceden AB direktiflerinde belirlenmiş standartlar ve AB kurumları tarafından kabul edilmiş değerlerin kullanıldığı belirtilmiştir. İnsan açısından toksikoloji konusunda, dağılım ile ilgili olmadıkları sürece AB İçme Suyu Direktifi sınır değerleri dikkate alınmaktadır. Bu tür değerler yoksa değerler bu direktife göre belirlenir. Bu durumda karar vermek için kullanılan ölçütler arasında başta koku, tat ve renk gelir. Ekolojik açıdan toksikoloji konusunda ise, eşik değerlerin belirlenmesi için çeşitli karşılaştırılabilir veri kaynağı aşağıdaki sırayla kullanılır

Yerüstü sularının sucul biyolojik topluluklarına ait yasal olarak bağlayıcılığı olan ekotoksikolojik çevresel kalite standartları alınır. Bunlara özellikle yerüstü sularının kimyasal durumunu sınıflandırma amaçlı çevresel kalite standartları, Direktif 76/464 (Belirli tehlikeli maddelerin boşalmasından kaynaklanan su kirliliği) ve öncelikli maddelere ait standartlar dahildir. Yasalarda belirtilen çevresel kalite standardı yoksa PNEC (Predicted No Effect Concentration) değerleri kullanılır. Bunlar en güncel bilgilere ve AB çapında en katı, tek tip ve şeffaf ilkelere göre (Teknik Kılavuz Belgeleri) belirlenmişlerdir.

Eşik değerlerin toksikolojik ve ekotoksikolojik etkileri açısından en küçük değerlere göre belirlenmesi söylemiyle birlikte DAS'a göre değerlendirileceği belirtilmiştir. Ayrıca, daha düşük bir değeri mantıklı kılan somut test sonuçları yoksa organik ve doğal olmayan maddeler için alt sınır 0,01µg/l olarak alınacağı belirtilmiştir. Tüm durumlarda eşik değeri olarak daha katı olan değer kullanılacağı ifade edilmiştir.

8.2. Hollanda

Üye ülkelerden Hollanda'nın çalışmalarında Hollanda'daki durum için ED belirleme yöntemi, ED'lerin hedefleri ve sınır koşulları ile birlikte tanımlanmıştır.

Doğal hidrojeolojik sınırların olmadığı karakteristik hidrojeolojik durumundan dolayı, Hollanda’da oldukça büyük YSK’lar bulunmaktadır. ED belirleme çalışmalarında öncelikle alıcıların etkilenmeleri konusuna eğilimlidir. Yeraltısularının belirli bir alıcı ile gerçekte nasıl etkileşime geçtiği konusunda yeraltısuyu kalitesinin diğer etmenlerden daha düşük önemde olduğu ifade edilmektedir. Bu bağlamda yeraltısuyu kütlesi alanı ile etkileşimde olduğu bölgenin alansal kıyaslamasını dikkate almışlardır. Buna ek olarak alıcıların durumlarını iyileştirecek önlemler açısından yeraltısularının alıcılar üzerindeki etkilerini değiştirmenin hem maliyetli hem de uzun bir süreç olabileceği öngörüsünde bulunmuşlardır. Bu durumun nedeni kirleticilerin yeraltısularındaki uzun seyahat süreleri olarak gösterilmiştir.

Alıcılar genellikle yeraltısuyu kütlesinin toplam alanı ile karşılaştırıldığı zaman az bir bölgeyi kaplarlar. Ayrıca yeraltısuyu kütlelerinin sızma noktasından alıcıya doğru giden geçici oranları onlarca, yüzlerce yıl ya da daha uzun süreler ile ifade edilir ve bu aktarım sırasında azalma ve seyrelme süreçleri gerçekleşebilir. Bu nedenle, Hollanda’daki ED’ler, bir yeraltısuyu kütlesi içindeki hakim, temel yeraltısuyu kalitesi ile ilişkilendirilmelidir. Bu temel kalite, sucul ve YSBKE’ler ile insani kullanımlar gibi ilgili alıcıların korunmasını garantiler. Bu nedenle, bu yerel mekanizmalara ait potansiyel sorunlar YSK’nın tamamına ait ED’ler ile çözülmemelidir. Bunun yerine ilave özel önlemler yoluyla yeraltısuyunun işlevlerine göre korunması gerçekleştirilmiş ya da yeraltısuyunun değeri sağlanmış olur.

Sucul ve karasal ekosistemleri iyileştirmek ya da içme suyu kalitesini korumak için alınacak ilave önlemler duruma özgü (özel) ve yerel ölçekte olacaktır. Hollanda’nın yaklaşımı, “Natura 2000 alanları”nı göstermek ve yeraltısuyu kalitesi açısından “yerel” hedeflere göre sınıflandırılmış ve genel önlemlere ek olarak bu hedefleri gerçekleştirmek için yeterli yerel önlemlerin de uygulanacağı özel bölgelere ayrılmış yeraltısuyu koruma bölgelerinin belirlenmesidir. Bu yaklaşımın benimsenmesindeki sebepler;

- İlgili alıcıların ÖD’lerini belirlemek için gereken idari çalışmaların ve maliyetlerin yüksek olması,

- ED’lerin kılavuzun önerdiği kapsamlı şekilde belirlenmesi için sınırlı zaman kalması
- Kılavuzun YSK için belirlenmiş alıcılar arasındaki farkları dikkate almadığı görüşü

Son madde ile ilgili olarak ED’ler belirlenirken en kritik yerel alıcının ÇKS değeri yerine bölgesel temel yeraltısuyu kalitesinin gösterilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerin sonucu olarak, Hollanda’nın yaklaşımı “Şekil 4: Eşik Değer Belirleme Akış Şeması” ve “Şekil 24: YSK’nin genel kimyasal durumunun değerlendirilmesi”nden çok az derecede farklı olacaktır.

Bu yaklaşım bir ya da daha fazla sayıda ilgili alıcı seçerek başlar. Bu ilgili alıcıların her biri için ilgili ölçüt değerleri (ÖD) belirlenir. ÖD’ler arka plan seviyesi ile karşılaştırdıktan sonra, Şekil 4’in ilk bölümündeki çıktılar her bir YSK ile ilgili bir ED belirlenmesini sağlar. Bu ED, Şekil 4’te görülen en katı ED belirlemesi basamağında kullanılacaktır. Bu aşamada da, seçilen ilgili alıcılar için “uygun incelemeler” yapılacaktır.

Yeraltısuyunun durumundan etkilenecek alıcıların seçiminin masraflı ve zaman alıcı bulunması nedeniyle çalışmanın odak noktasına önemli kimyasallar konmuştur. Karakterizasyona göre çevresel hedeflerin gerçekleştirilemeyeceği maddeler ile insan ve ekoloji üzerindeki riskler ile ilgili belirli maddelerin seviyelerine ait ilgili en güncel bilgiler dikkate alınmıştır.

8.2.1. Eşik Değerlerin Üst Sınırlarının Düzenlenmesi

Farklı çevre yapıları için oluşturulmuş standartların birbiriyle tutarlı olabilmesi için Hollanda’da çevresel standartlar bütüncül olarak belirlendiği ifade edilmiştir. Bu nedenle, eşik değerlerin üst sınırlarını belirlerken ‘Hollanda’daki Maddeler için Uluslararası ve Ulusal Çevresel Kalite Standartları’ (INS: van Vlaardingen ve Verbruggen, 2006) çerçevesindeki çevresel risk sınırlarının

belirlenmesi için Kılavuzun güncel sürümünün izlenmesine karar verilmiştir. Bu Kılavuz belge SÇD ile uyumlu olarak hazırlanmıştır ve SÇD'nin geçerli olmadığı yerlerde “Öncelikli Maddeler için Çevresel Kalite Standartlarını Belirleme Amaçlı Yöntemsel Çerçeve Kılavuzu” ile uyumlu olacak şekilde düzenlenmiştir. İki çevresel risk sınırından düşük olanı, eşik değer olarak seçilmelidir. Metaller ve tuzlar gibi doğada kendiliğinden oluşan maddeler için eşik değeri olarak izin verilen maksimum derişim (İMD) kullanılmalıdır.

Hollanda'nın doğal maddeler için standart belirleme yaklaşımı kapsamında, izin verilen maksimum katkıyı DAS'a ekleyerek maksimum izin verilen derişimin hesaplanması sık görülen bir durumdur. Maksimum izin verilen derişim, bu kılavuzda bahsedilen küçük katkının daha ayrıntılı bir yorumu olabilir. Maksimum izin verilen derişim, metaller için; DAS ve izin verilen maksimum katkının toplamı olarak hesaplanır. Metaller için geçerli olan izin verilen maksimum katkı değeri sabit ve riske bağlı bir değerdir. Maksimum izin verilen derişim, fosfat için ekolojik hedeflere bağlı olarak değişir ve bu nedenle YSK'daki en ilgili alıcı tarafından belirlenir. Şu ana kadar DAS için değişiklik uygulanmamıştır, ancak tanımlanan YSK için geçerli DAS'lar çevredeki YSK'lardan belirgin olarak ayrılırlar. Bu nedenle her bir YSK için ayrı DAS belirlenmesi gerektiğini belirtmektedirler. Sonuç olarak doğal maddeler için geçerli eşik değerler her bir yeraltı suyu kütlesi için farklı olacaktır.

Adım 1: Çevresel risk seviyelerinin (ÇRS) belirlenmesi: İzin verilen maksimum derişimleri (İMD) elde etmek için $(\text{ÇRS})_{\text{eko-doğal}}$ değerini izin verilen maksimum katkı (İMK) ve arka plan seviyesinden (DAS) elde edilerek

Örnek 1: Doğal olarak oluşan maddeler

✚ Klorür için $(\text{ÇRS})_{\text{eko-doğal}} = \text{İMD} - \text{Cl}$

✚ Metaller için

$$(\text{ÇRS})_{\text{eko-doğal}} = \text{İMD} - \text{metaller} = \text{DAS}_{\text{YSK}} + \text{İMK} - \text{metaller}$$

Çeşitli YSK'lar için sabit değere sahip izin verilen maksimum katkı olduğu kabul edilir

 Fosfat: $(\text{ÇRS})_{\text{eko-doğal}} = \text{İMD-P} = \text{DAS}_{\text{YSK}} + \text{İMK-P}$

Hem İMD, hem de DAS YSK'nın fonksiyonu olarak kabul edilir.

Örnek 2: İçme suyu

- $(\text{ÇRS})_{\text{İNSAN}} = \text{İçme Suyu Standardı}$
- $(\text{ÇRS})_{\text{İNSAN}} < \text{DAS}_{\text{YSK}}$ ise $(\text{ÇRS})_{\text{İNSAN}} = \text{DAS}_{\text{YSK}}$

Olarak belirlenmesi uygun bulunmuştur.

Adım 2: En küçük ÇRS değerinin (insan ya da ekolojik-doğal) belirlenmesi:

- İlgili alıcıların seçilmesi
- Seçilen ilgili alıcılar içinde en küçük ÇRS'nin seçilmesi (içme suyu ya da ekolojik)

Adım 3: Eşik değerlerin aşağıdakiler ile belirlenmesi:

- ÇRS arka plan seviyesi ile karşılaştırın
- $\text{ÇRS} < \text{DAS}$ ise $\text{ED} = \text{DAS}$
- $\text{ÇRS} > \text{DAS}$ ise $\text{ED} = \text{ÖD}$

8.2.2. Arka Plan Seviyesi

Çalışmada Hollanda'da 1979 yılından beri yeraltısuyu kalitesi için bir ölçüm ağı bulunduğu belirtilmektedir. Kalite ve eğilimler hakkında bölgesel ölçekte bilgi elde etmek amacıyla yeraltısuyu gözlem kuyuları baskın toprak kullanımı / toprak

tipi kombinasyonunda oldukça homojen bir şekilde dağılmıştır. Her bir gözlem kuyusunda yüzey seviyesinden sırayla 10, 15 ve 25 m derinlikte üç filtre vardır. Arka plan seviyesinin belirlenmesi için, 1 ve 5 m arasında uzunluğu olan, yüzey seviyesinin en az 1 m altında, doygunluk katmanında 10 m su katmanı içinde bulunan ve filtresinin tepesi yeraltısuyu tablasının en az 2 metre altında olan filtreler seçilir. Kuyuların yerleşim şekli bilinen kirlenme noktalarından uzak durulacak şekildedir, ancak Hollanda'da artık bu seviyelerde bozulmamış yeraltısuları bulmak mümkün değildir. Her bir gözlem kuyusu ve filtre için BL değerini belirlemek amacıyla gözlemlerin zaman serileri dikkate alınır. Merkez Central Graben (Centrale Slenk) YSK'sı için, ölçüm ağında gözlem kuyusu bulunmamaktadır. Bunun yerine bu kütlenin DAS'ı, yeraltısuyu çekme işlemlerinden elde edilen veriler ile belirlenir. Her bir zaman serisi medyanının dağıtımı temsil ettiği kabul edilir. Medyan değerleri dışında %50 ve %90 oranları hesaplanır. DAS'ı belirlemek için iki yaklaşım kullanılır:

- Ön seçim işlemi olmadan %50'yi kullanmak;
- İnsan kaynaklı etkilere dayanarak yapılan ön seçim ile %90'ı kullanmak.

Derişimlerin düşük olduğu yerlerde (ağır metaller, pestisitler) kılavuzda önerildiği gibi “Tespit Sınırı (LOD)”nın altındaki değerlerin işleme alınması arka plan seviyelerini büyük miktarda etkileyebilir ve yapay arka plan seviyelerine neden olabilir. Bu nedenle, kılavuzda belirtildiği gibi LOD değerlerinin uygulanmasından farklı bir yol izlemek konusunda karar vermek gerekir ve bir zaman serisi içinde ortaya çıkan tüm LOD değerlerini en düşük LOD ile değiştirmek (sıfırdan küçük ya da negatif değerlerden küçük LOD hariç) düşünülmelidir.

İlk yaklaşımda örneklerde ön seçim yapılmaz. İnsan kaynaklı etkileri iki kez hesaba katmamak için, DAS %50'de alınır. Bu yaklaşımın avantajı, veri kümesinden hiçbir örneğin çıkarılmamasıdır.

İkinci yaklaşımda, insan kaynaklı etkileri taşıyan örnekleri ortadan kaldırmak için örnekler Sülfat, Klorür ve Nitrat derişimleri temelinde seçilirler.

Ekosistemdeki insan kaynaklı baskılardan etkilenen yeraltısuyu kütlesindeki acı ve tatlı yeraltısularının ayrımı, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal koşullar

arasındaki fark dikkate alınarak yapılır. Hidrojeolojik ve jeokimyasal koşullar dikkate alınarak hangi acı ve tatlı yeraltı suyu gözlemlerinin göz ardı edileceğinin, hangilerinin edilmeyeceğinin belirlenmesi için farklı yöntemler uygulanır. İnsan etkinliklerinden etkilenen örnekler göz ardı edildikten sonra, DAS %90 güven aralığının alt kısmından alınır.

Son olarak DAS, iki yaklaşımdan edilen değerlerden yüksek olanı olarak belirlenir.

8.3. Romanya

Romanya’da yapılan çalışma ile atık gömme işlemleri nedeniyle değişime uğramış kirli bir YSK için ED belirleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, SÇD ve YSD tarafından şart koşulan çevresel hedeflere ulaşılması amaçlanmıştır.

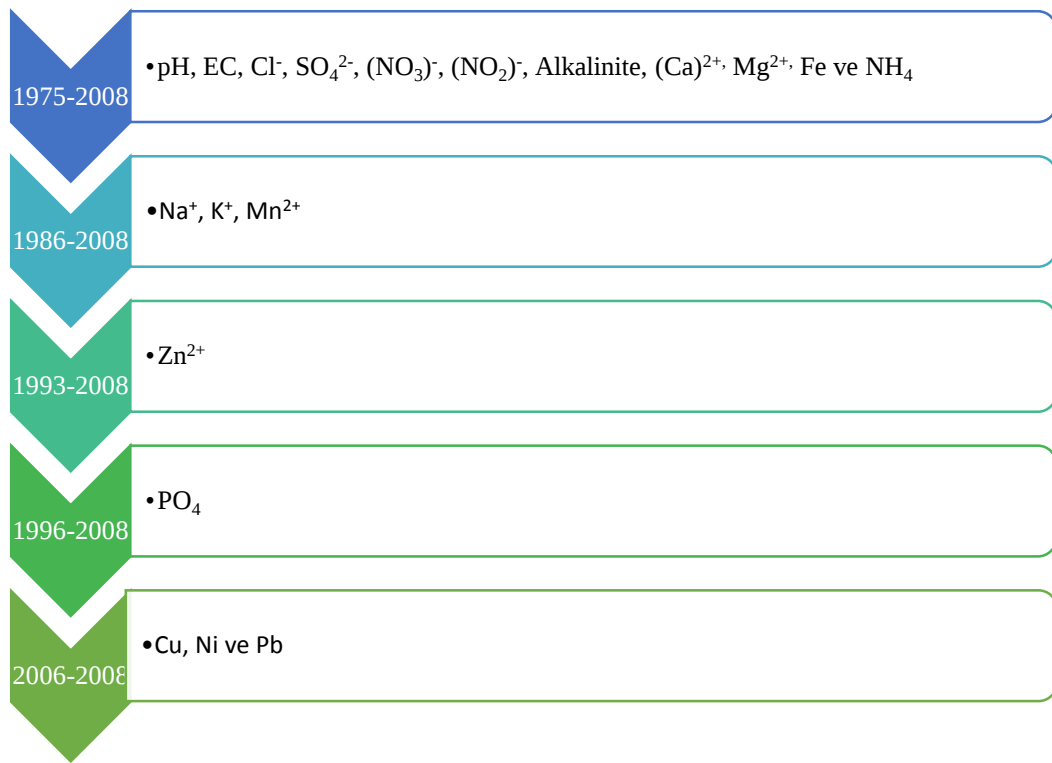
Projenin esas hedefi, iki önemli atık gömme alanı olan Parta ve Jimbolia’nın bulunduğu Banat bölgesindeki (Romanya’nın güneybatısı) bir pilot bölgede atık gömme işlemlerinden etkilenen kirlenmiş yeraltısuyu iyileştirmek için önlemler geliştirmektir.

Romanya, bu atık gömme işlemlerinin yeraltısuyu üzerindeki etkisini özel bir izleme programı ile ve bir aktarım modeli geliştirerek incelemiştir. İzleme sonuçlarını doğru olarak değerlendirebilmek ve en uygun önlem programını geliştirmek için atılan ilk adım, her iki atık gömme alanı altındaki yeraltısuyu kütlesi için DAS’ların ve ED’lerin belirlenmesi olmuştur. DAS’ların ve ED’lerin belirlenmesi için kılavuz bilgiler ülkede ilk kez geliştirildiği ve uygulandığı belirtilmektedir.

Çaşılan YSK’nın besleniminin genel olarak yağışla (net beslenme yılda 15-30 mm) ve suyun yükselip taşıdığı zamanlarda çayırdaki nehirlerin suyuyla gerçekleştiği belirtilmiştir. Düşük seviyelerde, nehirlerin Bega Nehrinin yakınları dışındaki

yerlerde yeraltısuyu seviyelerini boşalttığı ve Bega Nehrinin sürekli yüksek setlenmiş akışın bir sonucu olarak yeraltısuyu düzeyini beslediği ifade edilmiştir.

Kütle için DAS ve ED değerlerinin belirlenmesi amacıyla 1976-2006 yılları arasındaki tüm kimyasal raporların her yıl için bir çalışma sayfası ve her örnek için bir satır olacak şekilde bir veri tabanına aktarıldığı belirtilmiştir. Veri tabanına 207 gözlem kuyusu, 3300 örnek ve 45.000 analize dair veri yüklendiği ve parametre bazında yıllara bağlı olarak değişiklikler olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 35. Romanya’da İlgili Çalışmada Veri Tabanına Aktarılan Parametreler

İnsan kaynaklı etkileri taşıyan kuyular iki aşamada değerlendirme dışı bırakılmıştır (Cl < 200 mg/l; NO₃ < 10 mg/l). DAS, içme suyu ve yerüstü suyu kalitesi standartları ile karşılaştırılarak ED’ler elde edilmiştir.

DAS ve ED’nin belirlenmesi çalışması sonucu elde edilen son sonuçlar aşağıdaki gibidir. Çalışma kapsamında iyi durumu karşılayamama tehlikesi oluşturan bazı maddeler için ED belirlendiği belirtilmekte olup, nitrat örneğine yer verilmiştir.

Çizelge 12. Romanya Örnek Küttelede Belirlenen DAS ve ED’ler

	DAS	Romanya İçme Suyu Standardı	Romanya Yerüstü Suyu Standardı	ED
Cl mg/l	103			
SO ₄ mg/l	197			
NH ₄ mg/l	2,11	0,5	1,0	2,11
K mg/l	11,9			
NO ₃ mg/l	7,7			
NO ₂ mg/l	0,21			
EC µS/cm	1409			
Ni µg/l	0,005			
Fe mg/l	3,43			
Mn mg/l	0,6			
Zn mg/l	0,067			

Kuyularda %90 oranda NO₃ < 10 mg/l, Cl < 200 mg/l seviyelerinde bulunmuştur. Çalışma 92 kuyudaki sonuçlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen deneyimlere bakıldığında su kütleleri için mevcut verileri elektronik ortama aktarmada yaşanan sorunlara değinilerek zaman alıcı bu işlem için uyarılarda bulunulmuştur. Veri işleme ve hazırlama gibi yöntemler de dahil olmak üzere verilerin elektronik ortamlara aktarılmasının hem SÇD/YSD hem de kalite gereklerinin dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gereken bir başlık olduğu ayrıca belirtilmiştir. DAS ve ED’ler belirlenirken Direktifler ve ilgili rehber dokümanlarda verilen yöntemler bağlamında temel hidrojeokimya bilgisi gereklidir. Bu bilgi olmadan DAS ve ED’ler belirlenebileceği; ancak daha fazla zaman ve ilgili konular üzerinde araştırma gerektireceği belirtilmiştir.

8.4. Karstik Ortamlar İçin Uygulama Örneği

Çalışmada, karstik akiferlerdeki sülfat arka plan seviyelerinin ortaya konması amaçlanmıştır. “Jeolojinin alçı taşı (jips) yataklarındaki sülfat içeren yeraltı ve yerüstü sularının arka plan değerleri üzerindeki etkisi konusunda bazı açıklamalar”

başlığı ile verilen çalışmayla karstik ortamdaki sülfat parametresinin güvenilirliğini değerlendirilmiştir. Analizi gerçekleştirilen alçı taşı bölgeleri Almanya'da bulunmaktadır.

8.4.1. Jeolojik Etki Nedeniyle Sülfat Açısından Zengin Olan Ve Akış Halindeki Yeraltısularının Özellikleri

Suyun alçı taşı yatakları ile temasının, sülfat derişimlerinin yükselmesine neden olduğu ve 500 mg/l üzerindeki değerlerin varlığının, suyun yeraltındaki alçı taşı kayacıyla doğrudan temas halinde olduğuna bir kanıt sayıldığı belirtilmektedir. Sülfat içeriğinin nedeni kalsiyum sülfat (alçı taşı-jips) olduğu için, suyun sertliğinin de yüksek seviyelerde tespit edilebileceği ifade edilmiştir.

İletkenlik ise dış ölçümlerde alçı taşına temas eden ya da etmeyen akiferleri ayırt etmek için kullanılabilecek bir başka yararlı gösterge olarak verilmiştir. Bu durumda su içindeki iletkenliği etkileyen diğer bileşenler de (özellikle klorür) dikkate alınmalıdır. Ancak bölgedeki klorür ve diğer etkilerin ilgisiz olduğunun belirlendiği durumlarda iletkenlik iyi bir gösterge olacaktır. Bilinen alçı taşı yatağı bölgelerinde yağmur suyunun sızdığı karstik havuzlar ile diğer sülfat taş yatağına temas eden sular arasında ayırım yapmak gerekir.

Aşağı Saksonya bölgesindeki 0,6 km²'lik alçı taşı karstik alanındaki suyun tipik iletkenlik, sülfat ve sertlik değerleri aşağıdaki gibidir:

Çizelge 13. Karstik Bölgeden Örnekleme Sonuçları

	İletkenlik (µS/cm)	Sülfat (mg/l)	Toplam sertlik (mg/l)
Kaynakta (gözden)	1728	1324	67
Kaynaktan beslenen derede	1625	1180	63
Alanın yakınındaki yüzeyden drenaj akımında	1910	1472	78

Ancak aynı alçı taşı yatağı bölgesinde alçı taşı yatağına temas etmeyen sular da vardır. Bu durum aşağıdaki sülfat ve iletkenlik ölçümleri sayesinde kolayca görülebilir:

Çizelge 14. Karstik Bölge Dışında Örnekleme Sonuçları

	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Sülfat (mg/l)	Toplam sertlik (mg/l)
Bir çayır vadisindeki drenaj akışında	180	23	5
Kaynağı alçı taşı yatağıyla temas noktası dışında olan bir dere	177	18	4

Pratik olarak doymuş karstik akiferlerde bu parametreler için literatürde verilen değerler ise çeşitli araştırmalarla ortaya konmaktadır. Aşağıda Almanya'daki bazı örnekler görülmektedir.

Çizelge 15. Karstik Akiferler İçin Litertür Sonuçları (Almanya)

Yeraltısuyu kaynağı	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Sülfat (mg/l)	Toplam sertlik (mg/l)
Kaynak 1	2580	1200	85
Kaynak 2	2310	1140	84
Karstik kaynak	2480	1215	89
Yeraltısuyu yeraltı havuzu	2028	1490	89

8.4.2. Yerüstü Suları Üzerindeki Etki

Karstik bir bölgenin dereye boşalımı aşağıdaki akiferleri büyük mesafeler boyunca etkilediği ve suyun kendisinin yüksek çevresel ve ekolojik kalite durumuna sahip olduğu belirtilmektedir. Sülfat içeriği bu çalışmaya kadar hiç ölçülmemiştir.

Bu araştırmada incelenen derenin geldiği vadi içindeki yalnızca birkaç kilometrelik bir mesafede çok düşük miktarda sülfat değerleri olduğu görülmüştür. Sülfat analizleri, Ekim 2002 ve Mart 2004 tarihleri arasında ölçüm dönemi başına 19–62 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Karstik alçı taşı bölgesinden geçtikten sonra derenin durum ciddi düzeyde değişir. “Sülfatsız” dere aniden “sülfatça zengin” hale gelir. İlgili koldaki sülfat ölçümleri 91 mg/l ile 472 mg/l arasında değişir.

Karstik bölgenin önemi özellikle esas kaynak etkinliğinin düştüğü ve sıcaklık yüksek olduğu yaz mevsiminde artar.

Çözünen sülfat alçı taşı olmayan bir bölge içine, birkaç kilometreden fazla taşınır ve jeolojik kaynaktan 10 km uzaklıkta bile açık bir şekilde tespit edilebilir.

Ölçülen tüm sülfat derişimleri yalnızca arka plan durumundan kaynaklanır ve kirlenme etkisi yoktur. İnsan etkinliklerinin etkisi yukarıdaki tüm durumlarda değerlendirme dışında tutulabilir. Sülfat derişimlerindeki değişiklikler yeraltı suyundaki ya da mevsimsel yağmurlar nedeniyle yerüstü sularındaki seyrelme ile açıklanabilir.

8.4.3. Durgun Yeraltısuyu Akiferleri Üzerindeki Etki

Alçı taşı ve diğer topraklarla (bu örnekte taneli toprak) temas eden yeraltı suyu akiferleri, aslında tamamen sülfata doygunluğu gösterirler. Ancak, sızan yağmur suyunun yeraltısuyu oluşturduğu zamanlarda, kısa süreliğine derişimlerde seyremler ölçülebilir. Alçı taşı hızlı bir şekilde çözünür. Genel bir bakış sunmak için taze alçı taşının dere suyunda seyrelmesi ile ilgili aşağıdaki tablo verilmiştir:

Çizelge 16. Alçı Taşının Seyrelmesi İle İletkenlikte Gözlenen Değişim

Zaman (sn)	İletkenlik (μS/cm)
0:00	240
0:10	360
0:20	530
0:30	624
0:40	920
0:50	1 300
0:60	1 630
0:120	1 920

8.4.4. Kazanılan Deneyimler – Sonuçlar – Öneriler

Çalışmada kirlenmemiş suda normalde 50 mg/l altında sülfat derişimi gözleendiği; ancak bu derişimin genellikle alçı taşı karstik bölgelerinde aşıldığı belirtilmektedir. Bu bölgelerdeki sülfat derişiminin normalde 500 mg/l ve 1400 mg/l arasında ölçülmekte olduğu ve sonuçların doğal alçı taşının çözünmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Raporda ayrıca karstik bölgelerde asidik suyun oluşmadığı ve sülfatlı asidik suyun yarattığı bir ekolojik hasar görülmediği de belirtilmektedir. Alçı taşı karstik bölgelerinde suyun pH değeri hafif düzeyde alkalidir (pH 7,2). Sülfatın DAS'ının çevreye hasar veren bir etkide bulunmadığı ve alçı taşı yataklarında çözünmesinin herhangi bir önlem ile durdurulamayan hidrojeolojik bir sonuç olduğu belirtilmektedir.

Çalışmada, yukarıda verilen gerekçeler nedeniyle sülfatın yalnızca doğal kaynaklı olduğunun gösterilmesi ve insan etkinliklerinden kaynaklanmadığının kanıtlanması halinde sülfat için ED'lerin belirlenmesine gerek olmadığı yönünde bir öneri bulunmaktadır. Yeraltısularında ölçülen sülfatların doğal oluşumlar ve insan kaynakları etmenlerinin her ikisinin de sonucu olarak varolması halinde, iyi durumu gerçekleştiremememe riski taşınması şartıyla bir ED belirlenmesinin ise zorunlu olduğu belirtilmektedir. Bu durumda Cu^{2+} gibi katyonların araştırılması, daha iyi bir anlayış sağlaması açısından önerilmektedir.

Deniz suyu girişini tespit etmek için minimum gereksinim olarak sülfatın yanı sıra klorür ve pirit (FeS_2)'ten sülfid oksidasyonunu tespit etmek için de pH ölçülmesi önerilmektedir.

Ayrıca alçı taşı yatağı ya da diğer alçı taşı içeren kayaların olduğu ülkelerde sülfat için yeraltısuyu ED'lerinin yalnızca yerel seviyede ve tüm insan etkinliklerinden haberdar olarak belirlenmesi de önerilmektedir.

9. PİLOT HAVZA UYGULAMALARI

Tez kapsamında söz konusu kavramların örneklendirilmesi amacıyla pilot bir çalışma alanı seçilirken öncelikle dikkate alınan konu, söz konusu değerlendirmeleri yapmak üzere her türlü verinin olduğu bir kütle belirlenmesi olmuştur. Bu kapsamda, iki örnek çalışma gerçekleştirilmiştir.

- İspanya Örneği; SÇD çalışmaları kapsamında geçirdiği süreçler ve çalışmalar ele alınmıştır.
- Büyük Menderes Havzası Örneği; havzadaki verilerden yola çıkılarak kirletici eğilimleri hesaplanmıştır.

9.1. İspanya Su Kütlesi Örneği

Bu kapsamda İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor (OUS TR 1, 2001)'da yer alan 9 ülkede belirlenmiş 21 YSK'da gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir. Adı geçen ülkeler Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, Hollanda, Portekiz, İspanya ve Birleşik Krallık'tır. Bu raporda farklı özellik gösteren kütleler ele alınarak kimyasal durum ve eğiliminin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar ayrıntılarıyla ele alınmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar ve su kütleleriyle ilgili ayrıntılı bilgiler raporun eklerinde verilmektedir (OUS TR1 EK-2,3,5,6, 2001).

9.1.1. Havzanın Tanıtılması

Bu bölümde söz konusu rapordan faydalanılarak İspanya'daki "Plana de Castellon" kütlelerinde gerçekleştirilen çalışmalar ele alınacaktır.

"Plana de Castellon" hidrojeolojik birimi, İspanya'nın Valensiya bölgesinde Jucar Nehir Havzasında yer almaktadır. YSK'nın Akdeniz ile sınırı olup zengin tarımsal topraklara sahiptir. Nüfus yoğunluğu km² başına 500 kişidir. Castellon, 138000 kişilik nüfus ile en büyük şehridir.

Aşağıdaki bölümlerde Plana de Castellon çalışmadaki kodlaması kullanılarak (ES0812) ele alınmıştır.

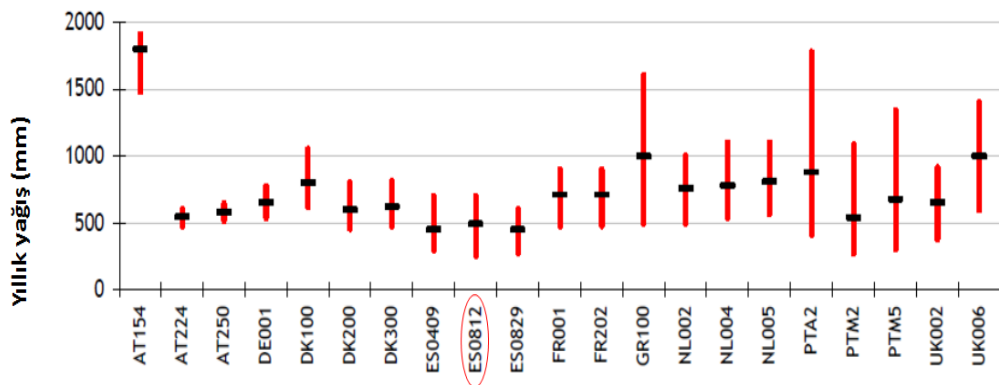


Şekil 36. Jucar Nehir Havzası Su Yönetim Sistemi

9.1.2. İklim

ES0812'nin iklim koşulları hakkında bilgi vermek gerekirse; yıllık ortalama yağış değeri 490 mm olup yıl içerisinde 260-700 mm aralığında seyretmektedir.

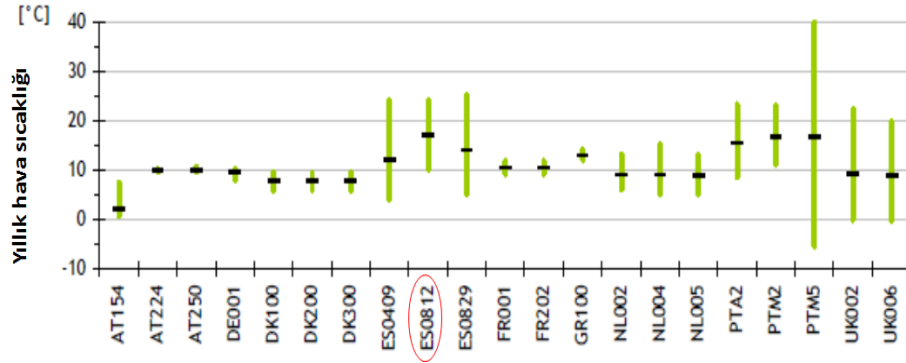
TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre 1970-2014 yılları arasında Türkiye yıllık toplam yağış ortalaması 624,6 mm'dir.



Şekil 37. Farklı YSK'lerde Gözlemlenen Yıllık Ortalama Yağışlar

ES0812'nin yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 17°C olup 10-24°C aralığındadır.

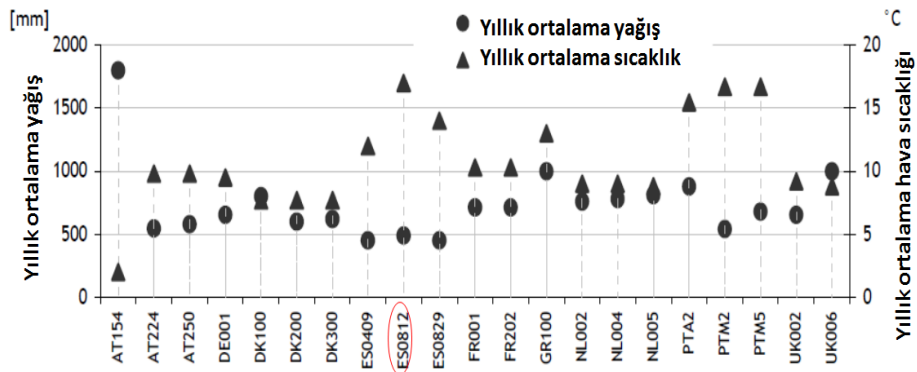
TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre 1970-2014 yılları arasında Türkiye ortalama sıcaklığı 13,1°C'dir.



Şekil 38. Farklı YSK'ların Yıllık Hava Sıcaklığı Ortalamaları

İklim koşullarının sadece yeraltısuyu beslenimini etkilemediği, birçok kirleticinin bozulma ve kalma sürelerinde de etkili olduğu gerçeğinden hareketle sıcaklık verilerinin yorumlanması önemli bir konudur. İspanya bölgesi sıcak Akdeniz ikliminin görüldüğü, çalışmadaki en kurak bölgelerden biridir. Yıllık yağış ve hava sıcaklığı verileri temel iklim karakteristikleri olarak ön plana çıkar.

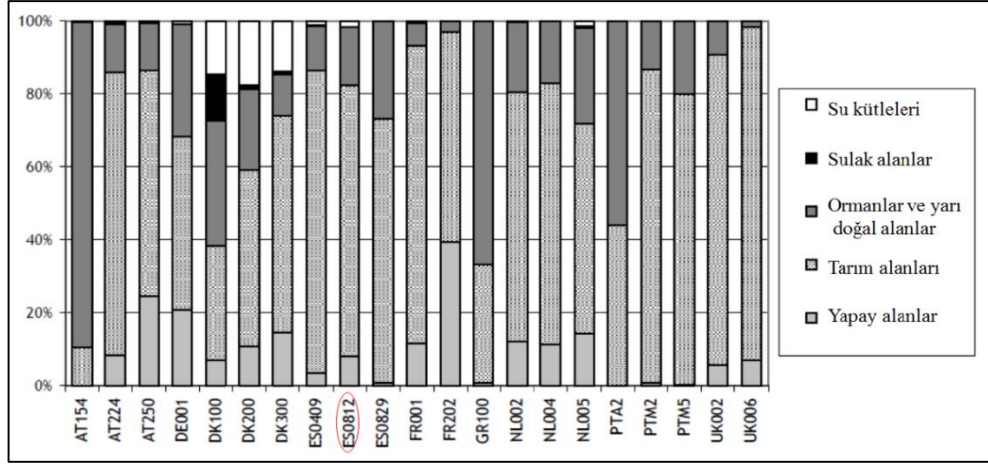
Yarı kurak iklimlerden kurak iklimlere kadar yüksek sıcaklık ve düşük yağış, yeraltısuyunun düşük doğal beslenimiyle ilişkilen bir gösterge olarak ön plana çıkmaktadır (Şekil 39).



Şekil 39. Yıllık Ortalama Sıcaklık Verileriyle Yıllık Ortalama Yağış Verilerinin Karşılaştırması

9.1.3. Arazi Kullanımı ve Baskılar

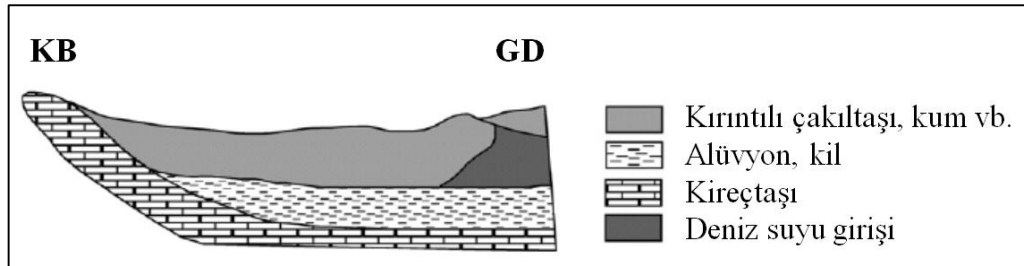
Çalışmada arazi kullanım verileri incelenerek YSK üzerindeki baskılar ortaya konmuştur. ES0812 için temel baskılar su çekimi, altyapı etkileri, sanayi tesisleri ve tarım olarak sıralanmaktadır. Arazi kullanımının %90'ı tarım sulamalarıdır. Kalan alanda kırsal ve sanayi amaçlı topraklar bulunmaktadır.



Şekil 40. YSK'ların arazi kullanımı seviyeleri

9.1.4. Jeolojik Yapı

Jeolojik yapı ile ilgili olarak toplanan verilere bakıldığında etrafı dağlarla çevrili üçgen bir kıyı ovasında farklı su taşıyan formasyonlar görülmektedir. YSK, gözenekli-serbest akifere sahiptir. Jeolojik kesite bakıldığında çakıl kayaç, kireçtaşı, kil ve kumlardan oluşan katmanlar olduğu görülmüştür. Karbonat bileşimli kırıklı bir yapıya sahiptir. Kuvaterner dönemin özelliklerini taşımaktadır. Ayrıca deniz kenarında olmasından da tahmin edilebileceği gibi alüvyal katmanlar da görülmektedir.

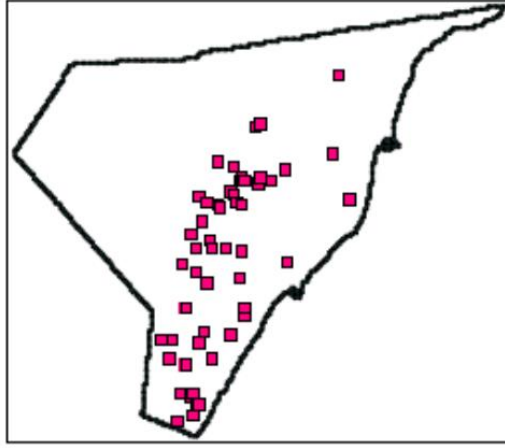


Şekil 41. ES0812'nin Jeolojik Kesiti

9.1.5. Eğilim Analizi

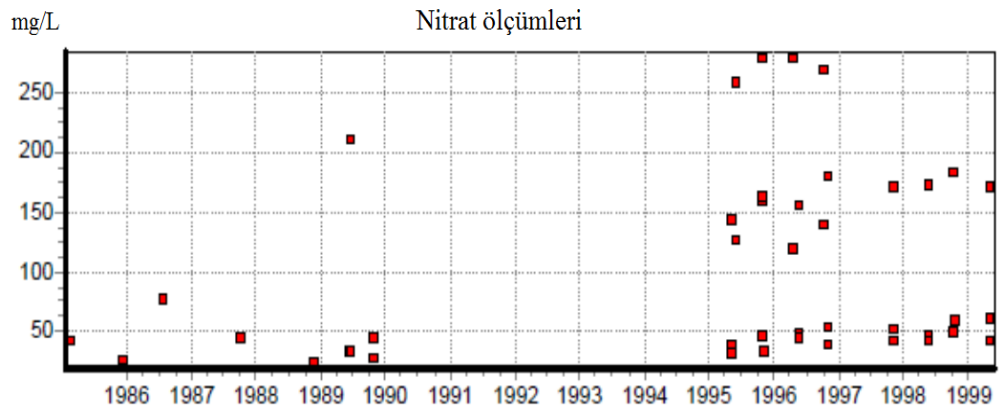
Çalışmada eğilim analizinde kullanmak üzere ES0812'nin 1985-1999 yılları arasındaki çeşitli parametrelerin yıllık ortalama verilerini kullanarak eğilimler hesaplanmıştır.

ES0812'de nitrat ölçümü alınan istasyonlar 715 km²'lik bir alana dağılmıştır. 37 izleme istasyonundan 553 ölçüm sonucu alınmıştır.



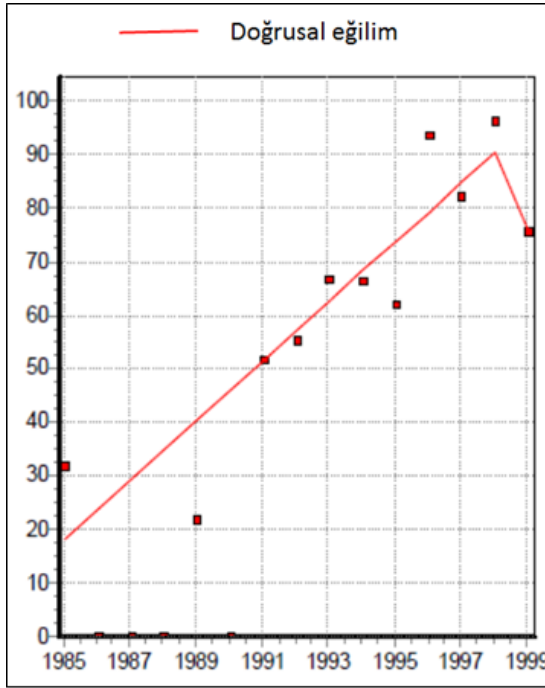
Şekil 42. ES0812'deki Nitrat Ölçüm İstasyonları

Ölçüm sonuçlarının yıllara göre dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir. LOQ değeri altında bir sonuç raporlanmamıştır.

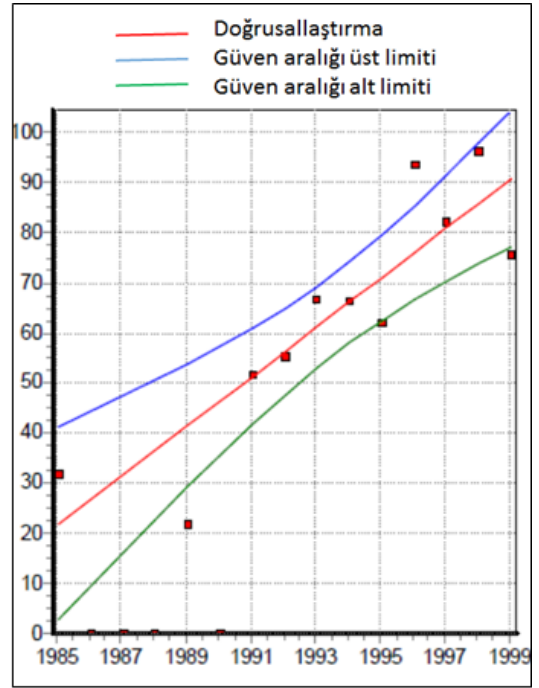


Şekil 43. Nitrat Ortalamalarının Yıllara Göre Dağılımı

Sonuçlar eğilimi kontrol etmek üzere Doğrusal Regresyon ile grafiğe geçirildiğinde, derişimlerde 1998-1999 yıllarında oluşan gerileme nedeniyle kırıklı bir grafik elde edilmiştir (Şekil 44). Bu tarz analizler yeraltısuyunun durumu hakkında yanlış izlenimler oluşmasına neden olabilir. Çünkü nitrat derişimlerinde yaşanan dalgalanmaların devam etmeyeceği ve artış eğilimine geri dönmeyeceği konuları bilinemez.



Şekil 44. Nitrat Sonuçlarının Doğrusal Regresyon ile Eğilim Analizi (kırılma eşliğinde)



Şekil 45. Nitrat Sonuçlarının Güven Aralığında Doğrusallaştırılması

Sonuçlar belli bir güven aralığı dahilinde doğrusallaştırıldığı zaman, sonuçlardaki geçici düşüşler ya da yanıltıcı eğilimler yerine daha gerçekçi ve potansiyel artış eğilimlerini dikkate alan bir değerlendirme gerçekleştirilmiş olur (Şekil 45).

Doğrusallaştırmanın eğimi bize kirleticinin durumu hakkında bilgi verecektir. Eğim ne kadar fazla ise “artan eğilimlerin” o kadar fazla olduğu söylenebilir. Bu tip bir grafik elde edildiği zaman artış eğilimi olmuştur yorumu yapılabilir. İspanya çalışmasında ele alınan nitrat parametresi için “eğilim tespit edildi” ifadesi yer almaktadır.

oluşturmaktadır. Nehir Aydın ilinde Ege Denizine ulaşır. Çizelge 17 havza ile ilgili bazı temel veriler sunmaktadır.

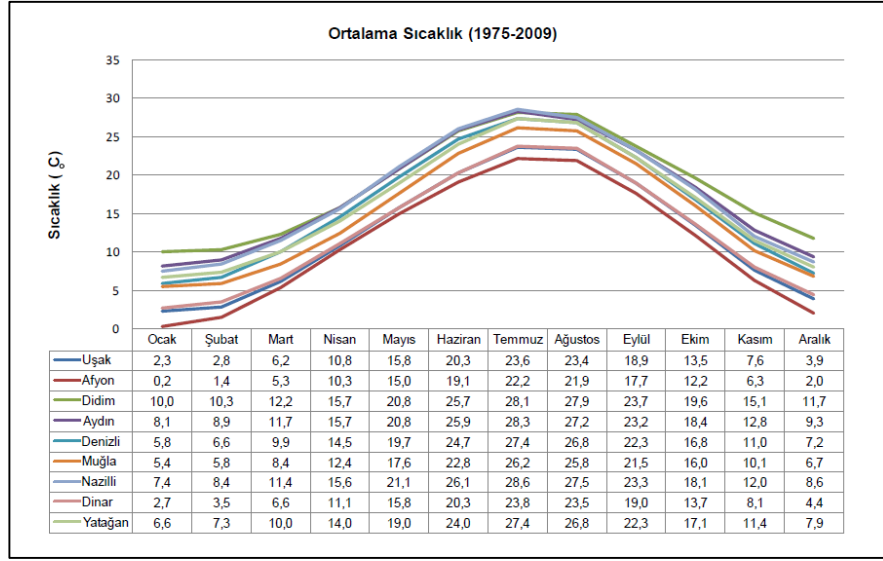
Çizelge 17. Havza İle İlgili Temel Veriler (Grontmij, 2004).

Koordinatlar	37° 10' - 38° 49' Kuzey ve 27° 11' - 30° 53' Doğu
Alan	24873 km ²
Ana nehir uzunluğu	584 km
Ülke yüzdesi (alan olarak)	3.2%
Yıllık ortalama yağış	635 mm (350 ve 999 mm arasında)
Delta alanı	98 km ² (16.7 km ² si Milli Park)
Havzadaki toplam baraj sayısı	13
Havzadaki arazi kullanımı	40%tarım
	45%orman
	10%çayır ve mera
	3%bos
	1%yerleşim
	1%yerüstü suyu
Havzadaki ana tarımsal ürünler	Pamuk, incir, zeytin
Kapladığı iller	Aydın, Denizli, Muğla, Uşak ve Afyon

9.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

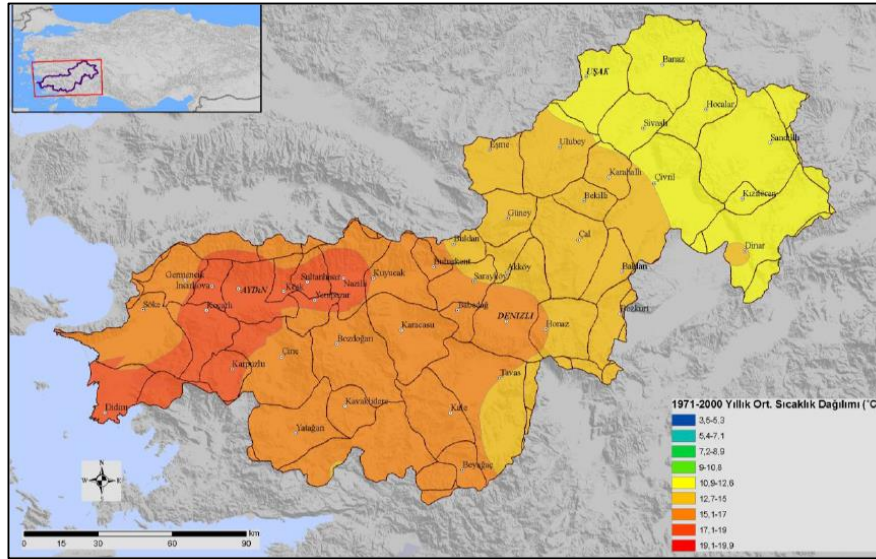
Büyük Menderes Havzası Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit özelliği taşıdığından, havzanın iklimi yer yer farklılıklar göstermektedir. Havzanın, doğu ve kuzeydoğusunda Uşak, Afyon illeri ile Denizli'nin bir kısmını içerisine alan yukarı kesiminde karasal iklim hüküm sürerken, havzanın batı ve güney kesimleri Akdeniz iklimi özelliği göstermektedir. Karasal iklimde kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçerken Akdeniz ikliminde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Havzada, yıllık toplam yağışın büyük bir kısmı kış aylarında düşmektedir.

Kıyı kuşağında, kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülürken, iç ve yüksek kesimlerde kışlar, karlı ve soğuk geçer. Aylara göre ortalama sıcaklık verilerine bakıldığında en havzada kıyı kesimlerden iç kesimlere gidildikçe sıcaklık düşmektedir. En sıcak aylar temmuz, ağustos iken, en soğuk aylar ocak ve şubattır (TÜBİTAK MAM, 2010).



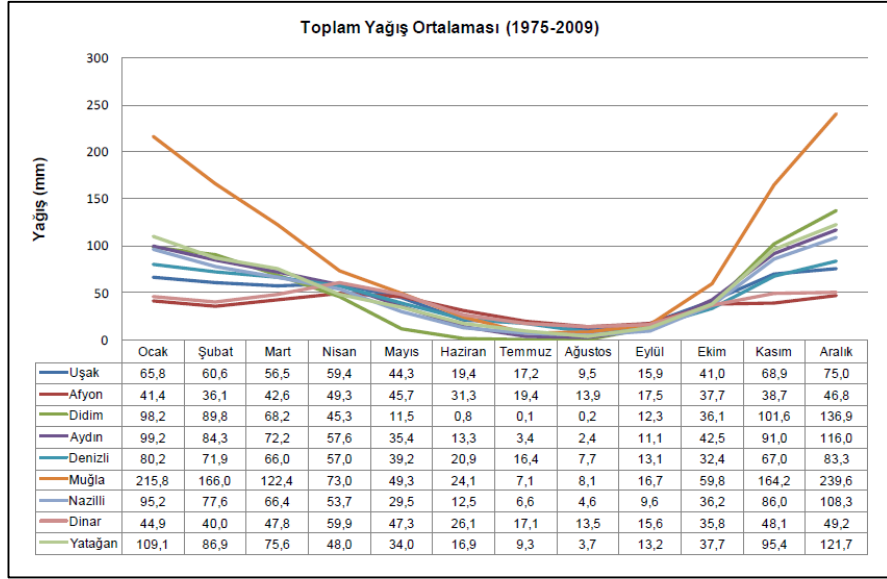
Şekil 47. Büyük Menderes Havzası'ndaki Aylık Ortalama Sıcaklıklar (1975-2009)

Havzada Akdeniz iklim özelliklerine bağlı olarak gelişen hakim bitki örtüsü makilerdir. İç kesimlerde bozkırlar, yüksek kesimlerde iğne yapraklı ormanlar bulunmaktadır. Zeytin, incir ve kestane yaygın olarak görülmektedir.



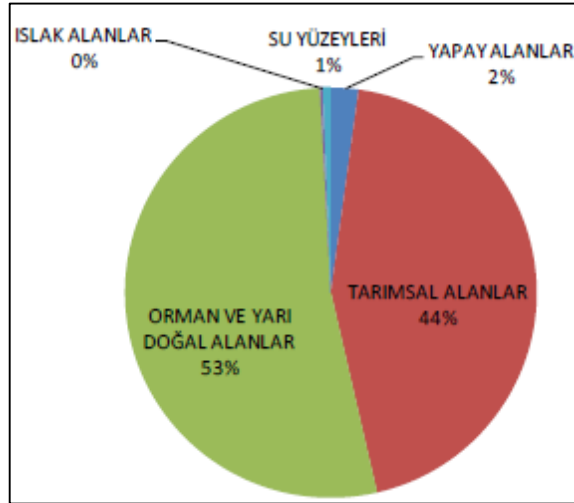
Şekil 48. Büyük Menderes Havzası Yıllık Ortalama Sıcaklık Dağılımı (1971-2000)

Havza genelinde en az yağışın düştüğü aylar temmuz ve ağustos aylarıdır. Özellikle, deniz kıyısında bulunan Didim'de yaz aylarında yağışlar çok düşüktür. Ocak, şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık aylarında havzaya düşen yağış miktarı artmaktadır (TÜBİTAK MAM, 2010).



Şekil 49. Büyük Menderes Havzası Aylık Toplam Yağış Ortalaması (1975-2009)

Arazi kullanımına ilişkin verilere bakıldığında %53'lük bir oranla orman ve yarı doğal alanların başı çektiği görülmektedir. Tarımsal alanlar ise %44'lük payla ikinci sıradadır. Sanayi, ticaret ve ulaşım ayrılmış alanlar ise %2'lik payla arka sırada kalmaktadır (TÜBİTAK MAM, 2010).



Şekil 50. Havzadaki Arazi Kullanımı

Büyük Menderes Havzası'nda yukarıda da bahsedildiği gibi tarımsal faaliyetler önemli bir yer kaplamakta olup, buna bağlı olarak havza genelinde gübre ve zirai mücadele ilaçları kullanılmaktadır.

9.2.3. Havzadaki Baskılar

Havzada deri, tekstil, gıda (incir işleme, zeytinyağı üretimi) sanayileri ve madencilik başlıca sanayi faaliyetleridir. Ayrıca, havzanın özellikle denize kıyısı olan Aydın'ın Didim ilçesinde ve termal kaynaklarıyla ünlü Denizli Pamukkale'de turizm oldukça gelişmiştir (TÜBİTAK MAM, 2010).

Çizelge 18. Büyük Menderes Havzası'nda İmalat Sanayi Kolları (TÜBİTAK MAM, 2010).

Gıda ve İçecek Ürünleri	Kağıt ve Kağıt Ürünleri	Çimento
Gıda	Basım ve Yayım	Seramik, Kil, Taş ve Çimentodan Gereçler
İçki	Kok ve Petrol Ürünleri	Ana Metal
Tütün Ürünleri	Kimyasal Ürünler	Demir Çelik
Tekstil	Kimya	Demir Dışı Metaller
Giyim ve Kürk Ürünleri	Gübre	Makine İmalatı
Ambalaj Sanayi	Lastik ve Plastik Ürünler	Tarım Makineleri
Deri ve Deri Ürünleri	Metalik Olmayan Mineral Ürünler	Elektrikli Makineler
Ağaç ve Mantar Ürünleri	Cam	Elektronik

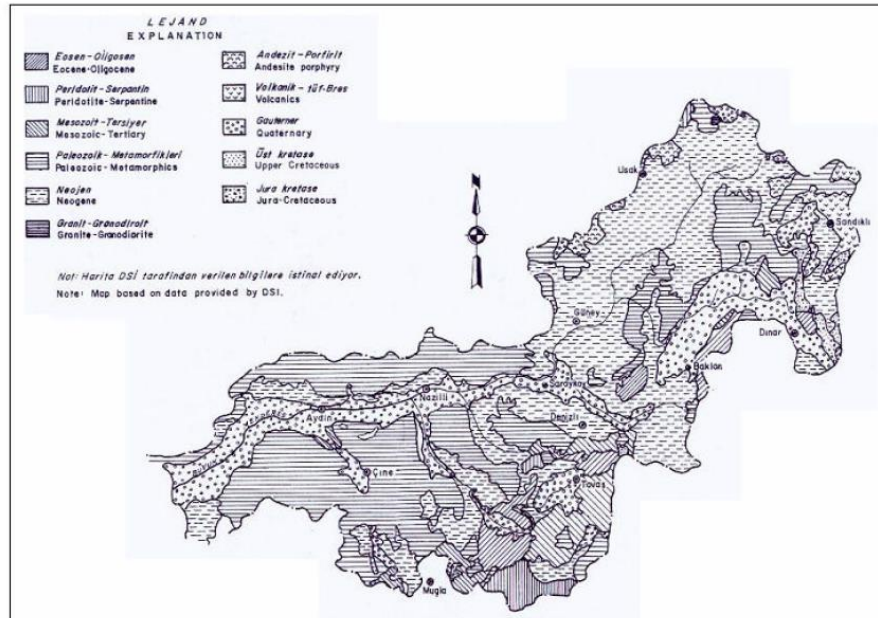
Büyük Menderes Havzası'nda önemli ölçüde çevresel baskı oluşturan faktörler artırılmadan deşarj edilen evsel atıksular, düzensiz depolama sahaları, tekstil ve deri üretiminden kaynaklanan endüstriyel atıksular, zeytinyağı üretiminden kaynaklanan karasu, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, jeotermal sulardan kaynaklanan kirlilik, iklim değişikliği olarak sıralanabilir.

Havza sınırları içerisinde yer alan jeotermal sular hem turizm hem de enerji üretimi açısından önemli bir doğal kaynaktır. Termal suların Büyük Menderes'e ulaşması termal suların sıcak olması ve bor içermesi açısından önem arz etmektedir. Denizli Pamukkale çevresinde birçok termal otel bulunmaktadır. Bu oteller Akköy Belediyesi AAT'ye bağlıdır. Ayrıca havza içerisinde biri Denizli'nin Sarayköy ilçesi, diğerleri Aydın'ın Köşk ve Germencik ilçelerinde olmak üzere üç adet jeotermal elektrik üretim santrali bulunmaktadır. Bu santrallerde yer altından çıkartılan termal sular elektrik üretimi amacıyla kullanıldıktan sonra tekrar yer altına basılmaktadır.

Sözü edilen bu baskıların neticesinde Dokuzsele Deresi, Banaz Çayı, Çürüksu Çayı, Büyük Menderes Ovası, Bafa Gölü, Kirliliğin yoğun olduğu akarsular, baraj gölleri ve HES'ler sıcak noktalar olarak tespit edilmiştir (TÜBİTAK MAM, 2010).

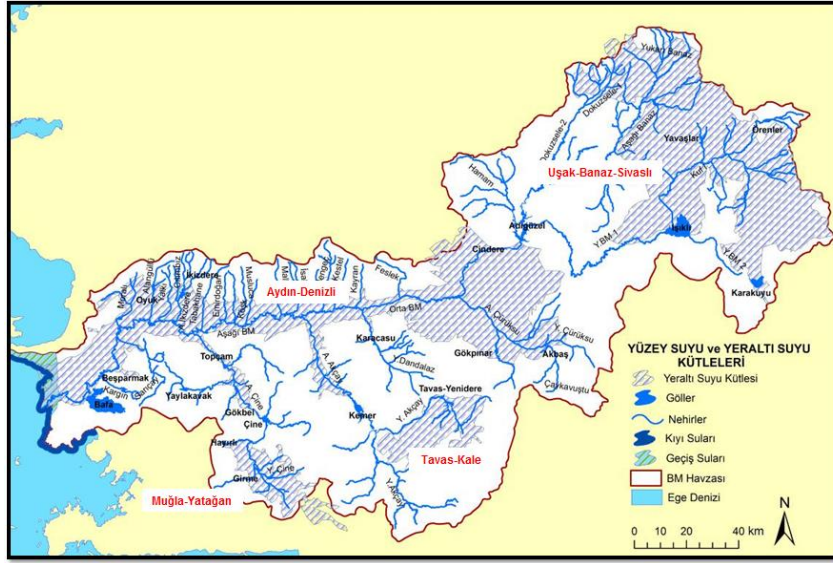
9.2.4. Jeolojik Yapı

DSİ tarafından çeşitli tarihlerde yapılan arazi etüdlerine göre; tüm havza boyunca mevcut durumda sulanan veya sulanabilir özellikte ve taban arazi niteliğinde olan arazilerin toprakları, genelde alüvyal karakterde, hafiften ağıra kadar değişkenlik gösteren bünyelerde olup geçirgenlikleri iyi, derin profilli ve yüksek verim potansiyeline sahiptir. Havza genelinde sulu tarımın yapıldığı ve özellikle drenajın yetersiz olduğu yerlerde yüksek pH, tuzluluk sodyumluluk ve yüksek taban suyu gibi drenaj sorunları bulunmakta ve bu sorunlar mabadan mansaba doğru gidildikçe artış göstermektedir. Şekil 51 havzanın jeoloji haritasını göstermektedir (Grontmij, 2004).



Şekil 51. Büyük Menderes Havzası Jeoloji Haritası (Grontmij, 2004).

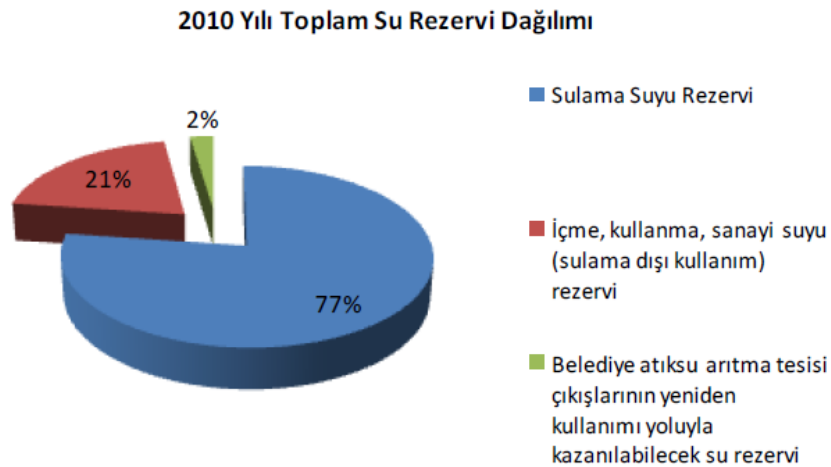
Sarayköy Jeotermal Santrali'nin atıksuları ile aynı yöredeki Tekke Ilıcaları'ndan kaynaklanan yüksek bor içerikli suların Büyük Menderes Nehri'ne karışması ve bu suların sulamada kullanılması sonucunda, Akçay ve Nazilli ovalarının topraklarında yüksek oranlarda bor elementi tespit edilmiştir (TÜBİTAK MAM, 2010).



Şekil 52. Büyük Menderes Havzasındaki Akiferlerin Konumları (Yiğitler, 2015).

Büyük Menderes Havzası'nda, hem içme suyu temini hem de sulama için yeraltı sularının kullanımı oldukça yaygındır. Havza içerisinde kalan yeraltı suyu kaynakları 4 ana su kütlesi olarak tanımlanabilir. En büyük iki su kütlesi olan Aydın-Denizli (4344 km²) ve Uşak-Banaz-Sivaslı (4082 km²) yeraltısuyu kaynakları doğrudan Büyük Menderes Nehri'ne bağlıdır. Diğer iki su kütlesi, Tavas-Kale (577 km²) ve Muğla-Yatağan (483 km²) kaynakları dolaylı olarak Büyük Menderes Nehri mansabına bağlıdır (TÜBİTAK MAM, 2010).

Havzadaki toplam su rezervi dağılımı ise aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 53. Havzadaki 2010 yılı Toplam Su Rezervi Dağılımı (TÜBİTAK MAM, 2010).

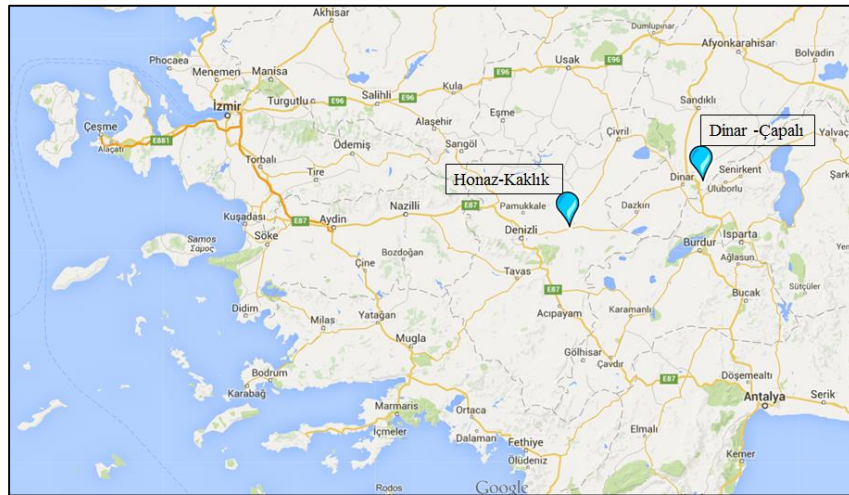
9.2.5. Eğilim Analizi

DSİ Genel Müdürlüğü Su Veri Tabanındaki (SVT) yeraltısuyu verileri incelendiğinde kuyuların açık ve kapalı kuyular olarak ayrıldığı görülmektedir. Ayrıca her istasyonda farklı sayıda örnekleme kayıtlı olduğu görülmektedir. Örneğin 07-21-10-047 istasyon kodlu Kaklık mevkiindeki kuyuda çeşitli parametreler için (B, Ca++, EC vb.) 1990-2004 yılları arasında veri bulunurken, aynı istasyonda farklı parametreler için (Fe, Cu, Cr, Mn, vb.) iki yıllık veriler bulunmaktadır. Farklı istasyonlara bakıldığında 2-3 yıllık ve 2-3 dönemlik örnekleme kayıtlı olduğu görülmektedir.

Unutulmamalıdır ki eğilim belirleme işlemleri verilerin doğruluğu ve bolluğu ile geçerlilik kazanmaktadır. Bu nedenle en çok örnekleme olduğu dönemler dikkate alınarak Büyük Menderes Havzasında iki kuyu seçilmiştir. Bu iki kuyunun mevkileri Şekil 54’te, koordinat bilgileri ise Çizelge 19’da gösterildiği gibidir.

Çizelge 19. Seçilen Kuyu Mevkii ve Koordinatları

İstasyon No	İstasyon Adı	Bölge	Açılış Tarihi	Kapanış Tarihi	X	Y
07-18-11-099	Dinar Karakuyu Çapalı Kaynağı	18.Böl. Md. Isparta	1993	-	261025	4217813
07-21-10-047	Kaklık Kuyu No:33279	21.Böl. Md. Aydın	1990	2006	709373	4192661



Şekil 54. Kuyuların Haritadaki Yeri

9.2.5.1. Dinar Karakuyu Çapalı Kaynağı

Seçilen Dinar Karakuyu Çapalı Kaynağı istasyonundaki yeraltısuyu verileri arasından çeşitli parametrelerin örnekleme yılları arasındaki ortalama derişimleri üzerinden eğilimler belirlenmiştir.

9.2.5.1.1. Bor

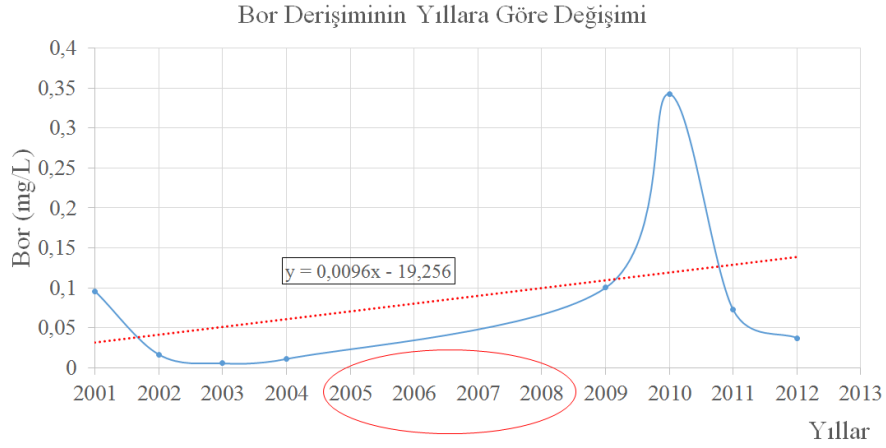
Havzadaki bor yataklarının yaygınlığı düşünülerek bu parametre ile başlanmıştır. Bor eğilimini belirlemek için eldeki SVT'den alınan veriler incelendiğinde verilerdeki düzensizlik göze çarpmaktadır.

Çizelge 20. 1994-2012 Yılları Arasındaki Bor Derişimleri

Parametre	Birim	Yıl	Örnekleme Dönemi			
			1.	2.	3.	4.
B	mg/L	1994	-	-	0	-
B	mg/L	1995	0	0	0	0
B	mg/L	1996	0	0,4	0	0
B	mg/L	1997	0	0	0	-
B	mg/L	1998	0	0	-	0
B	mg/L	1999	0,2	0,07	0,054	0,2
B	mg/L	2000	0,025	0,02	0,028	-
B	mg/L	2001	0,041	0,09	0,12	0,133
B	mg/L	2002	0	0	0,008	0,059
B	mg/L	2003	0	0,023	0	0
B	mg/L	2004	0,003	0,022	0	0,02
B	mg/L	2005	0,01	-	-	0,08
B	mg/L	2006	0,1	0,14	0,1	0,15
B	mg/L	2007	0,14	0,16	0,16	0,19
B	mg/L	2008	-	-	-	0,16
B	mg/L	2009	0,106	0,165	0,062	0,068
B	mg/L	2010	0,62	0,02	0,66	0,07
B	mg/L	2011	0,05	0,03	0,05	0,16
B	mg/L	2012	0,01	0,04	0,07	0,03

Bu veriler arasından 2001-2004 ve 2009-2012 yılları arasındaki veriler grafiğe geçirildiğinde Şekil 55'deki grafik elde edilir. Veri eksiklikleri nedeniyle

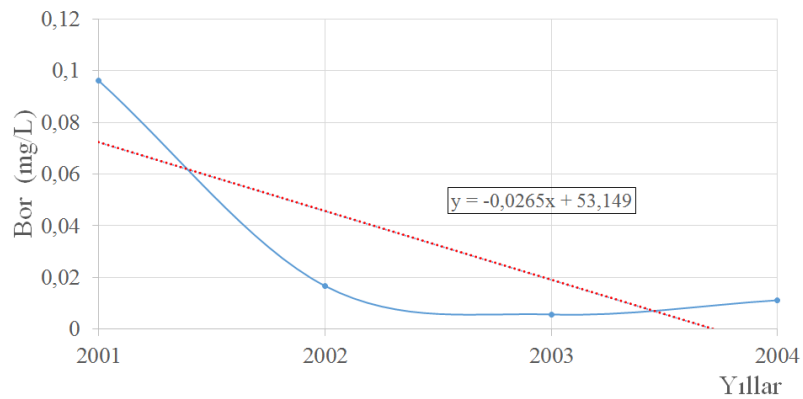
verilerin ortalama değerlerinin hesaplanamadığı durumlarda verilerin dağılımı ve doğrusallaştırma varsayımı bu durumdan etkilenmektedir.



Şekil 55. 2001-2012 Yılları Arasında Bor Eğilimi

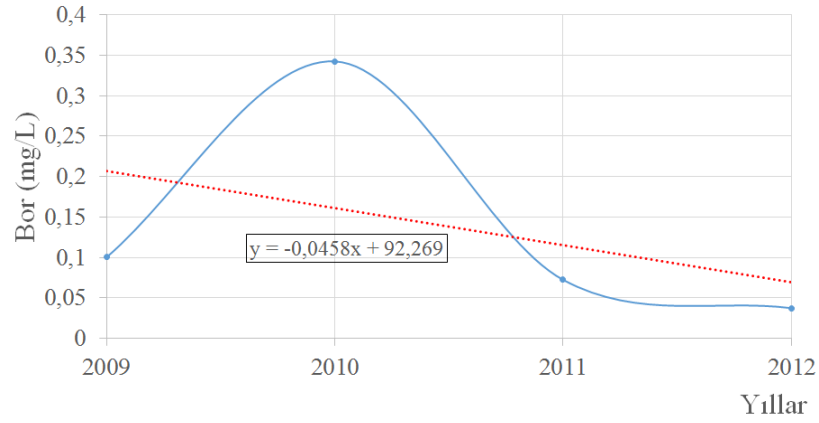
Şekil 55'te de görüldüğü gibi doğrusallaştırma sonucu artan bir eğilim elde edilmiştir. Bu eğim 2005-2009 yılları arasındaki veri dağılımına göre değişecektir. Yüksek derişim ortalamalarına sahip örneklerin varlığında bu eğim artış gösterecektir.

Söz konusu verilerle sadece 2001-2004 yılları arasında doğrusallaştırma yapıldığında eğilimin azalan yönde olduğu görölür (Şekil 56).



Şekil 56. 2001-2004 Yılları Arasında Bor Eğilimi

Benzer şekilde 2009-2012 yılları arasında doğrusallaştırma yapıldığında da azalan bir eğilim görölmektedir (Şekil 57).



Şekil 57. 2009-2012 Yılları Arasında Bor Eğilimi

Bu grafiklerden de anlaşılabileceği gibi seçilen zaman aralığına göre eğilimlerde değişim olmakta; Şekil 55’de artan bir eğilim görülürken Şekil 56 ve 57’de azalan bir eğilim edilmektedir. Bu farklılıkların yaşanması karar vericilerin dikkat etmesi gereken bir konuyu daha açık bir şekilde ifade etmektedir: İlave edilen veriler doğrultusunda artan ya da azalan eğilimler elde edilebilir ve azalan bir eğilim gösterdiği düşünülen bir kirletici zaman içerisindeki ilave verilerle yani kirletici derişimlerindeki artışlar nedeniyle artış eğilimi gösterebilir.

9.2.5.1.2. Nitrat Azotu

Tarımsal amaçlı olarak kullanılan kimyasal gübre ve zirai ilaçlar, tarımda verimliliği artırırken toprak yapısı ve su kalitesiyle ekolojik dengede birtakım olumsuzluklar meydana getirmektedir. Özellikle nitrat ve fosfat fazlalığı; su ve topraklarda olumsuz etkilere sebep olmakta, dolayısıyla doğal dengeyi bozmaktadır.

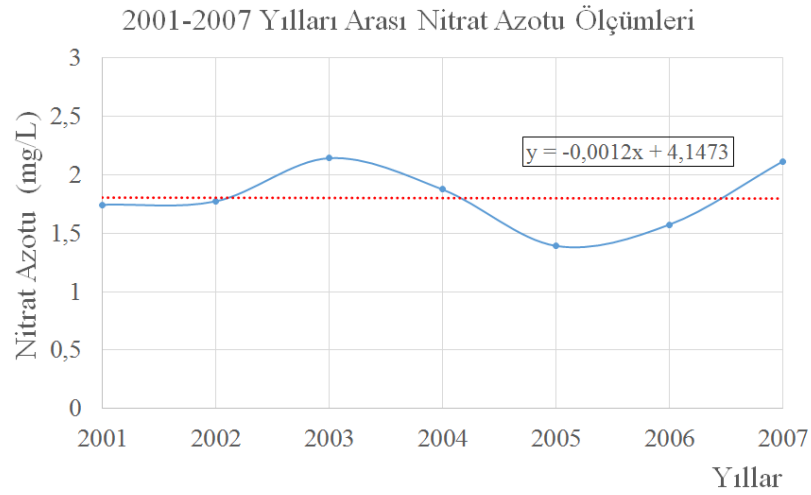
Bu nedenle nitrat parametresi seçilerek örnekleme dönemindeki eğilimi hesaplanmıştır. SVT’den elde edilen veriler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 21. 1994-2012 Yılları Arasındaki Nitrat Azotu Değişimleri

Parametre	Birim	Yıl	Örnekleme Dönemi			
			1.	2.	3.	4.
NO ₃ -N	mg/L	1994	2,2	1,7	2,2	-
NO ₃ -N	mg/L	1995	2,6	1,85	2,1	2,2
NO ₃ -N	mg/L	1996	0,2	2,5	1,7	2,8
NO ₃ -N	mg/L	1997	1,7	1,45	1,9	-
NO ₃ -N	mg/L	1998	2,3	1,7	-	1,6
NO ₃ -N	mg/L	1999	1,63	1,5	1,825	1,6
NO ₃ -N	mg/L	2000	1,03	1,74	2,115	-
NO ₃ -N	mg/L	2001	1,48	1,3	2,3	1,9
NO ₃ -N	mg/L	2002	1,073	2,66	2,235	1,13
NO ₃ -N	mg/L	2003	1,54	2,62	3,07	1,345
NO ₃ -N	mg/L	2004	2,33	1,48	2,29	1,4
NO ₃ -N	mg/L	2005	1,17	1,56	2,1	0,74
NO ₃ -N	mg/L	2006	1,4	2,16	1,26	1,48
NO ₃ -N	mg/L	2007	2,1	2,54	1,98	1,85
NO ₃ -N	mg/L	2008	-	-	-	0,44
NO ₃ -N	mg/L	2009	2,24	3,08	2,35	1,69
NO ₃ -N	mg/L	2010	2,1	1,7	2	2,5
NO ₃ -N	mg/L	2011	1,2	1,8	1,5	3,8
NO ₃ -N	mg/L	2012	2,6	0,5	0	0,4

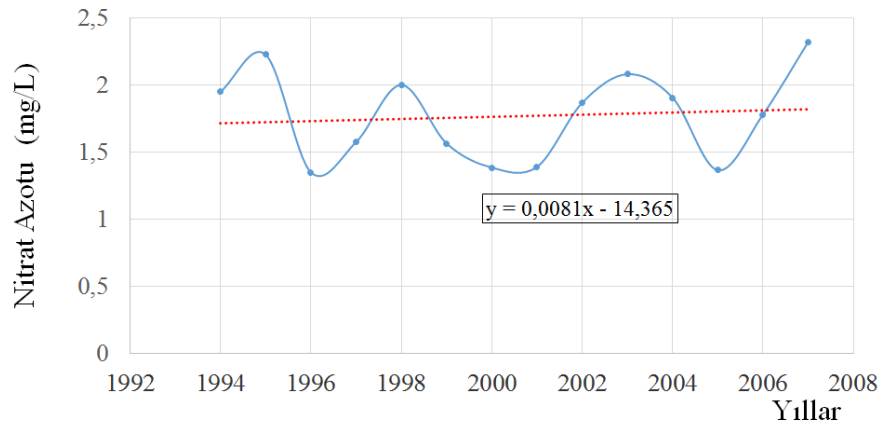
Bu veriler arasından 2001- 2007 yılları arasındaki veriler grafiğe geçirildiğinde Şekil 58'deki grafik elde edilir. Yıl ortalamaları dikkate alınarak hesaplanan eğimle elde edilen doğru Nitrat için denge konumunu vermektedir.

Nitrat parametresi sulardaki farklı azot bileşiklerinin miktarı suyun kirliliği hakkında bilgi verir. Amonyak azotu zaman içinde azalırken nitrit ve sonra nitrat artmaya başlamaktadır. Buna göre genel olarak, suda organik azot ve amonyak yeni bir kirlenmeye ve nitrit ve nitrat ise eski bir kirlenmeye işaret eder (Arslan, 2015).



Şekil 58. 2001-2007 Yılları Arasında Nitrat Azotu Eğilimi

SÇD, en az 8 yıl yılda tek ölçüm üzerinden eğilim hesaplamaları yapılabileceğini belirtmektedir (OUS TR1, 2001). Bu bağlamda 1. Dönem nitrat sonuçları grafiğe geçirilerek değişime bir de bu açıdan bakılmıştır (Şekil 59). İkinci durumda eğimdeki artış çok azdır ve benzer doğrular elde edilmiştir.



Şekil 59. 1994-2007 Yılları Arasında Nitrat Azotu Eğilimi

9.2.5.1.3. EC ve TDS

İletkenlik, suyun elektrik akımını iletme yeteneğidir. İletkenlik ölçümü dolaylı yoldan klorür, nitrat, sülfat, fosfat, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyum gibi çözülmüş inorganik maddelerin varlığının ölçümüdür. Elektriksel

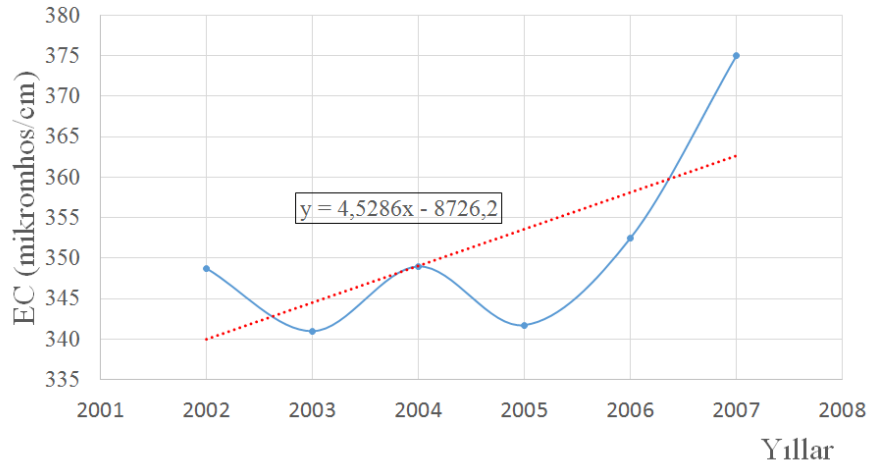
iletkenlik ve çözünmüş katı maddeler arasında; genellikle aşağıdaki yaklaşım kullanılmaktadır (Doğanay, 2014).

Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) $\times 2/3 =$ Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) (mg/l).

DSİ'den elde edilen veriler aşağıdaki gibidir:

Çizelge 22. 2002-2007 Yılları Arası Elektriksel İletkenlik Verileri

Parametre	Birim	Yıl	Örnekleme Dönemi			
			1.	2.	3.	4.
EC	mikromhos/cm	2002	353	339	345	358
EC	mikromhos/cm	2003	330	350	354	330
EC	mikromhos/cm	2004	352	347	347	350
EC	mikromhos/cm	2005	348	342	340	337
EC	mikromhos/cm	2006	354	360	346	350
EC	mikromhos/cm	2007	375	359	377	389

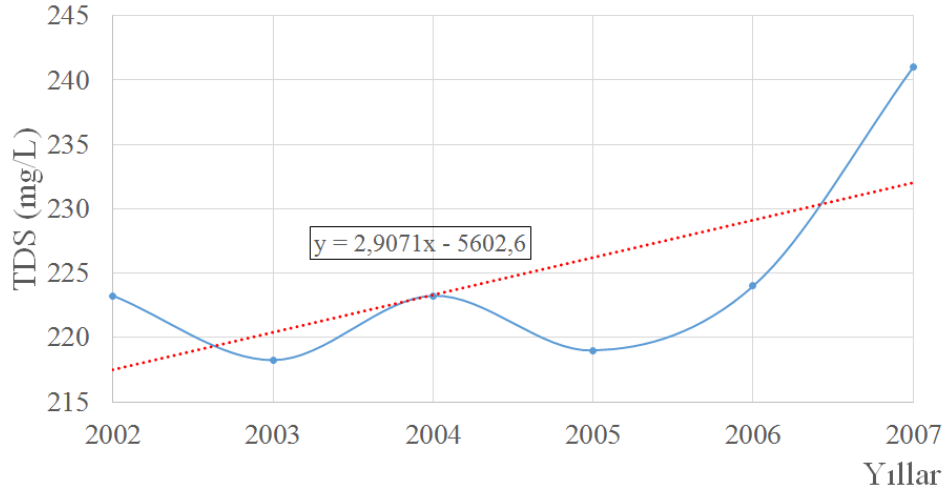


Şekil 60. 2002-2007 Yılları Arası Elektriksel İletkenlik Eğilimi

Çizelge 23'deki toplam çözünmüş katı derişimi verileri kullanılarak Şekil 61'deki eğilim grafiği elde edilmiştir.

Çizelge 23. 2002-2007 Yılları Arası TDS Verileri

Parametre	Birim	Yıl	Örnekleme Dönemi			
			1.	2.	3.	4.
TDS	mg/L	2002	226	217	221	229
TDS	mg/L	2003	211	224	227	211
TDS	mg/L	2004	225	222	222	224
TDS	mg/L	2005	223	219	218	216
TDS	mg/L	2006	227	224	221	224
TDS	mg/L	2007	240	230	245	249



Şekil 61. 2002-2007 Yılları Arası Toplam Çözünmüş Katı Eğilimi

Her iki parametre için de artan eğilim vardır.

9.2.5.1.4. Kalsiyum

Kalsiyum birçok magmatik kayaç mineralinin, özellikle piroksen, amfibol ve feldizpatların esas bileşiğidir. Sedimanter kayaçlarda kalsiyum, genellikle karbonatlar (kalsit, dolomit ve benzeri) şeklinde bulunur. Ayrıca toprakta önemli miktarda yer alır.

Kalsiyum, yerüstü ve yeraltısularında en bol bulunan katyonlardan biridir. Kalsiyum doğal sulara, kayaçlardan ve topraktan çözünerek katılır. Evsel atıksular,

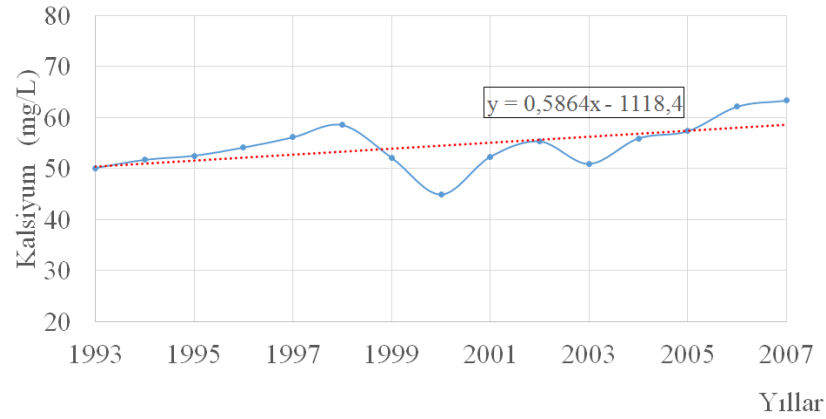
kimya, selüloz, kağıt, petrol rafinajı, tutkal, bira endüstrilerinin atıksuları ve madencilik atıkları sulardaki kalsiyum miktarının artmasına yol açarlar (Doğanay, 2014).

DSİ’den elde edilen veriler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 24. 1993-1994 Yılları Arası Kalsiyum İyonu Derişimleri

Parametre	Birim	Yıl	Örnekleme Dönemi 1.
Ca ²⁺	mg/L	1993	50,1
Ca ²⁺	mg/L	1994	51,7
Ca ²⁺	mg/L	1995	52,5
Ca ²⁺	mg/L	1996	54,1
Ca ²⁺	mg/L	1997	56,1
Ca ²⁺	mg/L	1998	58,5
Ca ²⁺	mg/L	1999	52,1
Ca ²⁺	mg/L	2000	44,9
Ca ²⁺	mg/L	2001	52,3
Ca ²⁺	mg/L	2002	55,3
Ca ²⁺	mg/L	2003	50,9
Ca ²⁺	mg/L	2004	55,9
Ca ²⁺	mg/L	2005	57,3
Ca ²⁺	mg/L	2006	62,1
Ca ²⁺	mg/L	2007	63,3

Eğilim tek örnekleme dönemi kullanılarak belirlenmiştir. Doğrusallaştırılmış eğilim grafiği Şekil 62’deki gibidir. Eğim pozitif yönlüdür.



Şekil 62. 1993-1994 Yılları Arası Kalsiyum İyonu Eğilimi

9.2.5.1.5. pH

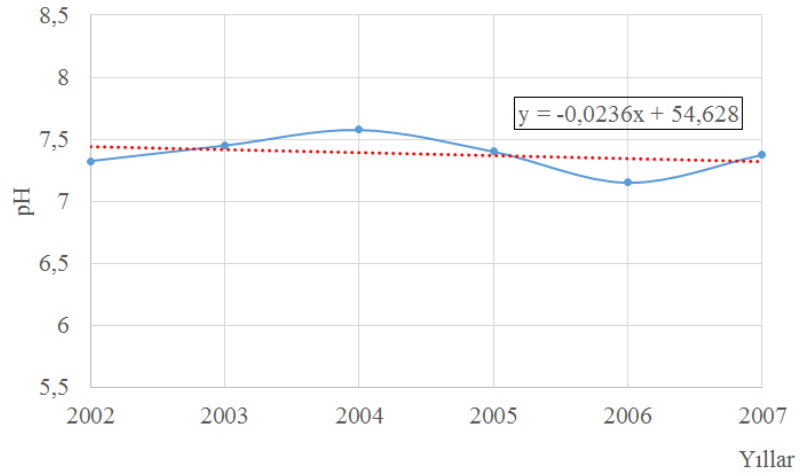
Su içindeki hidrojen iyonu derişiminin 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır. pH= 7 olan sular Nötr sular olarak bilinir. Bunlarda H⁺ ve OH⁻ iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. pH değerleri 0-14 arasında değişir.

pH'daki değişiklikler endüstriyel kirliliğin, bir kirlenici üzerinden beslenen alglerin fotosentez ve solunumlarının bir göstergesi olabilir. Çoğu ekosistem pH değişimlerine karşı hassastır ve sudaki pH' ın izlenmesi özellikle sanayi kentlerinde önemlidir. Sudaki pH, genellikle, sucul ekosistemin durumunu değerlendirmek için izlenir (Doğanay, 2014).

SVT'den elde edilen veriler aşağıdaki gibidir:

Çizelge 25. 2002-2007 Yılları Arası pH Değerleri

Parametre	Yıl	Örnekleme Dönemi			
		1.	2.	3.	4.
pH	2002	7	7,2	7,5	7,6
pH	2003	7,2	7,5	7,5	7,6
pH	2004	7,5	7,4	7,6	7,8
pH	2005	7,2	7,3	7,5	7,6
pH	2006	7,1	7,4	6,8	7,3
pH	2007	8,2	7,4	6,6	7,3



Şekil 63. 2002-2007 Yılları Arası pH Eğilimi

pH parametresinin çok değişken olmayan bir eğilim gözlenmiş ve gerçeğe uygun bulunmuştur.

9.2.5.2. Kaklık Kuyu

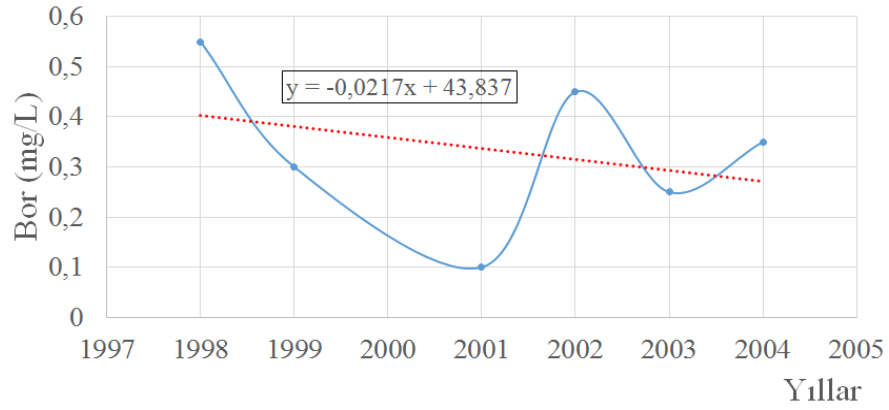
Seçilen “Kaklık Kuyu No:33279” istasyonundaki yeraltısuyu verileri arasından çeşitli parametrelerin örnekleme yılları arasında hesaplanan ortalama derişimleri kullanılarak eğilimler belirlenmiştir.

9.2.5.2.1. Bor

1990-2004 yılları arasında düzensiz örneklemler göze çarpmaktadır. İzlemeler farklı yıllarda farklı dönemlerde gerçekleştirilmiş, bazı dönemlerde örnekleme alınmamıştır. Bu nedenle en uygun dönemler seçilerek grafiğe geçirilmiştir.

Çizelge 26. 1998-2004 Yılları Arasındaki Bor Derişimleri

Parametre	Birim	Yıl	1. Dönem	2. Dönem
B	mg/L	1998	0,3	0,8
B	mg/L	1999	0,2	0,4
B	mg/L	2001	0,2	0
B	mg/L	2002	0,5	0,4
B	mg/L	2003	0	0,5
B	mg/L	2004	0,4	0,3



Şekil 64. 1998-2004 Yılları Arasında Bor Eğilimi

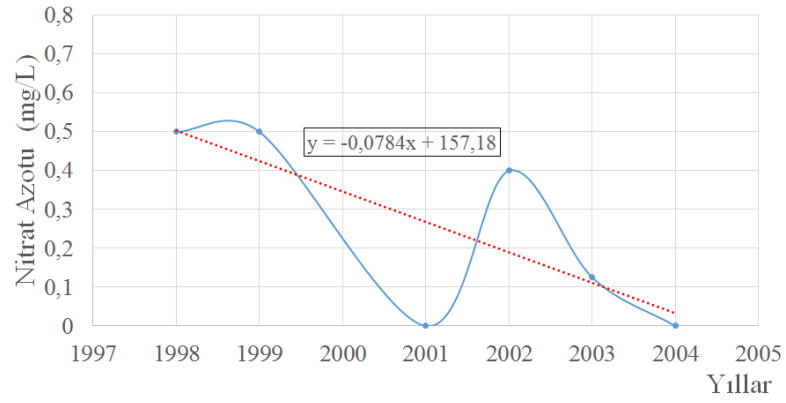
Eğilime bakıldığında azalan bir eğilim olduğu söylenebilir. Ancak 2000 yılındaki eksik verinin grafiğin eğimini etkileyeceği de açıktır.

9.2.5.2.2. Nitrat Azotu

Nitrat azotu için de benzer bir durum söz konusudur. Ölçüm sonuçlarındaki tutarsızlık, sonuçların sıfır olarak verilmesi eğilimde de dengesizlik yaratmıştır.

Çizelge 27. 1998-2004 Yılları Arasında Nitrat Azotu İyonu Derişimleri

Parametre	Birim	Yıl	1. Dönem	2. Dönem
NO ₃ -N	mg/L	1998	1	0
NO ₃ -N	mg/L	1999	0,5	0,5
NO ₃ -N	mg/L	2001	0	0
NO ₃ -N	mg/L	2002	0	0,8
NO ₃ -N	mg/L	2003	0,25	0
NO ₃ -N	mg/L	2004	0	0



Şekil 65. 1998-2004 Yılları Arasında Nitrat Azotu Eğilimi

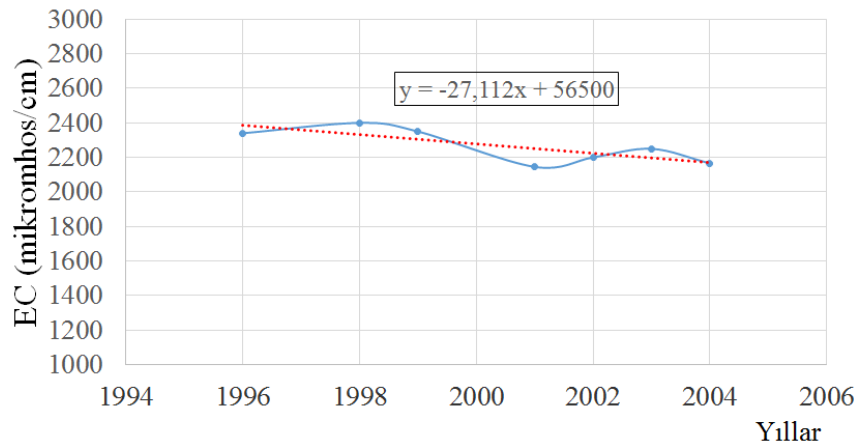
Eğilime bakıldığında azalan bir eğilim olduğu söylenebilir. Eğimin derecesi veri doğruluğuna göre değişecektir.

9.2.5.2.3. EC ve TDS

SVT'den alınan verilere bakıldığında elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek olduğu göze çarpmaktadır.

Çizelge 28. 1996-2004 Yılları Arasında Elektriksel İletkenlik Verileri

Parametre	Birim	Yıl	1. Dönem	2. Dönem
EC	mikromhos/cm	1996	2300	2380
EC	mikromhos/cm	1998	2350	2450
EC	mikromhos/cm	1999	2350	2350
EC	mikromhos/cm	2001	2130	2160
EC	mikromhos/cm	2002	2200	2200
EC	mikromhos/cm	2003	2400	2100
EC	mikromhos/cm	2004	2070	2260

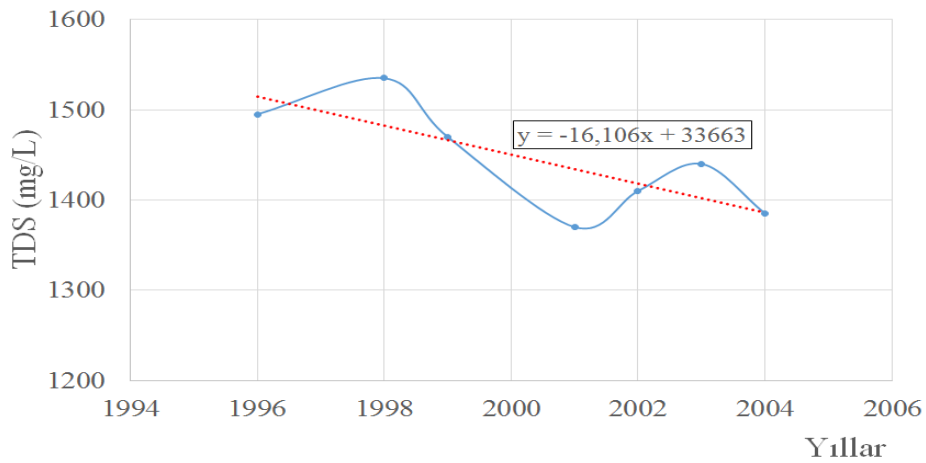


Şekil 66. 1996-2004 Yılları Arasında EC Eğilimi

Çizelge 29'daki toplam çözünmüş katı derişimi verileri kullanılarak Şekil 67'deki eğilim grafiği elde edilmiştir.

Çizelge 29. 1996-2004 Yılları Arası TDS Verileri

Parametre	Birim	Yıl	1. Dönem	2. Dönem
TDS	mg/L	1996	1470	1520
TDS	mg/L	1998	1500	1570
TDS	mg/L	1999	1500	1440
TDS	mg/L	2001	1360	1380
TDS	mg/L	2002	1410	1410
TDS	mg/L	2003	1540	1340
TDS	mg/L	2004	1330	1440



Şekil 67. 1996-2004 Yılları Arası Toplam Çözünmüş Katı Eğilimi

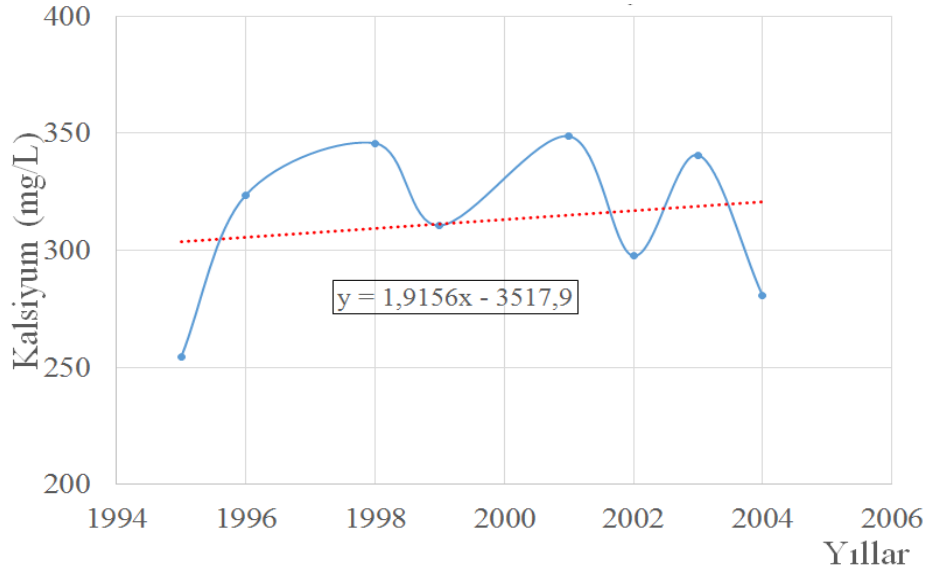
Eğilime bakıldığında her iki parametre için de azalan bir eğilim olduğu söylenebilir.

9.2.5.2.4. Kalsiyum

SVT'den alınan Kalsiyum iyonu verileri aşağıdaki gibidir. Grafikteki eğilime bakıldığında artan bir eğilim olduğu açıktır.

Çizelge 30. 1995-2004 Yılları Arası Kalsiyum İyonu Derişimleri

Parametre	Birim	Yıl	1. Dönem	2. Dönem
Ca^{2+}	mg/L	1995	254,5	254,5
Ca^{2+}	mg/L	1996	372,7	274,5
Ca^{2+}	mg/L	1998	330,7	360,7
Ca^{2+}	mg/L	1999	270,5	350,7
Ca^{2+}	mg/L	2001	336,7	360,7
Ca^{2+}	mg/L	2002	290,6	304,6
Ca^{2+}	mg/L	2003	370,7	310,6
Ca^{2+}	mg/L	2004	240,5	320,6



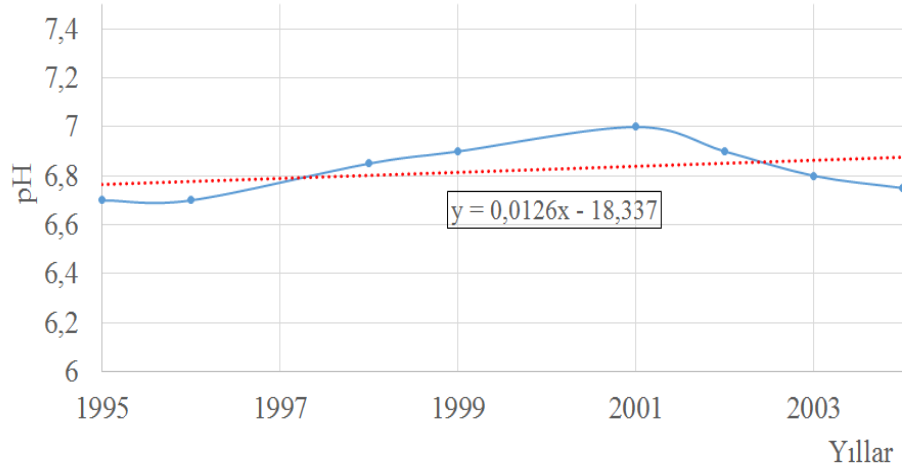
Şekil 68. 1995-2004 Yılları Arasında Kalsiyum Eğilimi

9.2.5.2.5. pH

Kaklık kuyunun SVT'den elde edilen verileri aşağıdaki gibidir. Grafikteki eğilime bakıldığında artan bir eğilim olduğu açıktır.

Çizelge 31. 1995-2004 Yılları Arası pH Değerleri

Parametre	Birim	Yıl	1. Dönem	2. Dönem
pH	-	1995	6,8	6,6
pH	-	1996	6,7	6,7
pH	-	1998	6,9	6,8
pH	-	1999	6,9	6,9
pH	-	2001	7,1	6,9
pH	-	2002	6,9	6,9
pH	-	2003	6,9	6,7
pH	-	2004	6,7	6,8



Şekil 69. 1995-2004 Yılları Arasında pH Eğilimi

10. ÖNERİLER VE DEĞERLENDİRME

Tez kapsamında gerçekleştirilen incelemeler sonucunda aşağıdaki konuların önemi tespit edilmiş olup bu bölümde, bu kapsamda yapılan değerlendirmeler sunulmaktadır.

- Yeraltısuyu durumu belirlenirken kimyasal ve nicel unsurlar birlikte değerlendirilmelidir.
- Ülkemizde kavramsal model oluşturma çalışmalarının daha çok literatür çalışmaları kapsamında ya da proje bazlı olarak yapıldığı görülmüştür. Yeraltısuyu sisteminin davranışının anlaşılması ve hem ekonomik hem de etkili yönetiminin sağlanması bakımından önemli bir konudur. Çalışmalar yapılırken kavramsal model yaklaşımın benimsenmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.
- SÇD, yeraltısuyu kütlelerinin değerlendirilirken risk içeren kütlelerin durumunun belirlenmesini önermekte, risk içermeyen kütlelerin durumunu otomatik olarak “iyi durum”da kabul etmektedir. Bu durum pratik bir uygulama olarak görülse de gerçekleştirilen çalışmalarda bütünsellik sağlamak açısından tüm kütlelerin incelenmesi ve yaklaşımların tüm havzalara yayılarak genel bir tavır oluşturulması gerekmektedir.
- Yeraltısuyu durumunun belirlenmesinde kullanılan yöntemlere göre, kimyasal ve nicel unsurlar yeraltısuyundan etkilenen her bir alıcı dikkate alınarak tek tek değerlendirilmelidir. En kötü duruma göre karar verilen bu yaklaşım havzanın genel durumunu etkilemekte ve uygulanacak önlemlerin her kütle için geçerli olmasına yol açmaktadır.
- Yeraltısuyu kütlelerinin durumunun belirlenmesi aşamalarında kullanılan eşik değerlerin ya da kalite standartlarının yukarıdaki madde göz önüne alındığında daha titizlikle belirlenmesi gereken kavramlar olduğu açıktır.

Bu bağlamda eşik değerlerin belirleme yaklaşımlarında kullanılan ölçüt değerler kavramına bakıldığında;

- Doğal arka plan seviyelerinin ölçüt değerden düşük olduğu durumlarda; güvenli bölgede kalmak amacıyla ilgili kirleticiye ilişkin eşik değerler en az ölçüt değer kadar olmalı ya da ölçüt değer ile doğal arka plan derişimlerinin ortalaması olarak alınmalıdır.
- Doğal arka plan seviyelerinin ölçüt değerlerden yüksek olduğu durumlarda; eşik değer en az doğal arka plan seviyesine eşit olarak belirlenmelidir.
- Ölçüt değerlerin belirlenmesinde dikkate alınan alıcılara has ölçütler, YSK ile ilişkili her alıcı ve alıcılara ilgili mevzuatlar göz önünde bulundurularak oluşturulmalı ve kirleticiye yönelik en sıkı değer tercih edilmelidir. Bu mevzuatlar arasında yerüstü sularıyla ilgili alıcılarda ÇKS kıyaslamalarında “Yerüstü Suları Yönetimi Yönetmeliğı” ve içme suları ile ilgili alıcılarda “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” sayılabilir.
- Eşik değerlerin belirlenmesinde AB ülkelerinde uygulanan yaklaşımlara bakıldığında farklı ölçütler benimsendiğı tespit edilmiştir. Belirlenen ED’ler değerlendirilirken ülkeler arasındaki bu yöntem farklılıklar göz önünde bulundurularak değerlendirme ve uyarlama yapılması önerilmektedir.
- Ülkemiz için ED belirleme çalışmaları YSK ölçeğinde ele alınmalı ve aşağıdaki temellere dayandırılmalıdır.
 - İçme suyu,
 - ÇKS,
 - Sulama,
 - Ekosistem (YSKBE ve yerüstü suları)

- Durum değerlendirme işlemi, Nehir Havzası Yönetim Planı (NHYP) sürecinde toplanan Gözetimsel ve Operasyonel İzleme verileri kullanılarak NHYP sonunda yapılmalıdır.
- Yeraltısularındaki kirleticilerin durumlarının değerlenmesinde yanıtıcı eğilimlerden kaçınmak için YSK ölçeği ya da bölgesel ölçek yerine, izleme noktası seviyesinde tutarlı bir zaman serisi uzunluğunun dikkate alınması önerilmektedir
- Eğilim değerlendirmesi “Regresyon Analizi” gibi tanınmış bir istatistiksel yönleme dayanarak yapılmalıdır. Eğilim analizinin, yıllık periyotta aylık ölçümler ya da on yıllık periyod dahilinde yıllık ölçümler gibi uzun bir ölçüm aralığında düzenli ölçümler alınmasını gerektirdiği tespit edilmiştir.
- 8 yılın altındaki yıllık ölçümlerde istatistiksel eğilim değerlendirmeleri önem kazanmaktadır; bu nedenle eğilim analizinin en az 8 ölçüm ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 6 ayda bir ölçüm yapılan durumlarda örnek sayısı 10’dan düşük olmamalı, 3 ayda bir ölçüm yapılan durumlarda ise örnek sayısı 15’ten az olmamalıdır.
- Yıllık örneklemelerde Mann-Kendall Testi önerilir; normal dağılmış, bağımsız veri setleri için eğilim eğrisi en küçük kareler yöntemi ile hesaplanabilir. Mevsimlik etkilerin Mevsimsel Kendall testi kullanılarak analiz edilmesi önerilir. Bu test normallik içermez ve kayıp, eksik ya da tespit edilemeyen sonuçların dahil edilmesine izin verir; fakat genellikle birkaç yılın üzerinde veri toplanması istenir.
- Analizi yapılan değişkenler (zaman ve derişim) arasındaki ilişkiyi dikkate almak amacıyla Doğrusal Regresyon ile doğrusallaştırma işlemi yapılmalıdır.
- Her bir saha için derişim verilerinin aritmetik ortalaması hesaplanmalıdır. Aritmetik ortalama, örnekleme noktalarına ait zamana bağlı bireysel ölçümlerin biraraya getirilerek ortalama bir değer elde edilmesidir. Her

periyod için tek bir ölçüm değeri olması halinde zamansal toplam basitçe ham verilerin ilgili zaman periyoduna atanması anlamına gelmektedir.

- Eğim yorumlanırken unutulmamalıdır ki eğilim belirleme işlemleri verilerin doğruluğu ve bolluğu ile geçerlilik kazanmaktadır.
- Eğimlerde düşüşlerden çok, kirletici parametrelerinde yaşanabilecek potansiyel artışlar göz önüne alınarak önlemler programları hazırlanmalıdır.

11. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında yeraltısularının durumunu ifade etmek, durumunu korumak ya da geliştirmek amacıyla yapılan değerlendirmelerde kullanılan temel kavramlar ele alınmıştır. Yeraltısuyunun durum değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan kavramsal model, yeraltısuyu kalite standartları, eşik değerler kavramları ayrıntılarıyla ele alınarak üye devletlerden örnekler verilmiştir. Uygulamalar, hem yaklaşımların ortaya konması hem de ölkelerin sahip oldukları alt yapıları ortaya koyması bakımından önemlidir. Yeraltısuyu durumunun belirlenmesi aşamalarına yönelik olarak ayrıntılı durum testleri hazırlanmıştır.

“İzleme Sonuçlarının Toplanması ve Kirlilik Eğilimlerinin Belirlenmesi Konulu Teknik Rapor (OUS TR 1, 2001)’dan faydalanılarak İspanya’daki yeraltısuyu kütlesinde gerçekleştirilmiş eğilim çalışmasına yer verilmiştir. Ayrıca Büyük Menderes Havzasında iki istasyondaki çeşitli parametrelerin eğilimleri belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında ayrıca kavramsal model oluşturulmasında önemli bir aşama olan yeraltısularına bağımlı karasal ekosistemlerle ilgili olarak ayrıntı bilgiler verilmiştir. İncelenen ASTM D5979-96 standardı kapsamında “Yeraltısuyu Sistemlerinin Kavramsal Modelinin Oluşturulmasında İzlenecek Yöntem” oluşturulmuştur.

Yeraltısularının durumunun ve eğiliminin belirlenmesi süreci kapsamlı bir bilgi toplama ve yorumlama süreci demektir. Ülkemizin var olan kaynaklarının yorumlanmasına dair bu süreç hem akademik hem de siyasi bir konudur. Bu bağlamda, gerçekleştirilen tez çalışması ile bu özel çalışma alanına yönelik AB Üye Devletlerinin geçirdiği aşamalar ve edindiği tecrübeler kendi ölkemiz için karar verme süreçlerinde bir basamak olarak görölmelidir. Bu süreçler farklı ölkeler tecrübelerinden yola çıkılarak değerlendirilmeli, farklı disiplinler eşliğinde kendi ölkemize uyarlanmalı ve güncelliği takip edilerek yönetilmelidir.

KAYNAKLAR

- Duru, B. (2007).** “Çevre Bilincinin Gelişim Sürecinde Türkiye’de Gönüllü Çevre Kuruluşları”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Ve Siyaset Bilimi Kent Ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara
- Su Çerçeve Direktifi (SÇD), 2000.** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing A Framework For Community Action İn The Field Of Water Policy
- Doğan, A. (2010).** Avrupa Birliği ve Türkiye’de Yeraltısuyu Kalitesi Yönetimi, Mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara
- Yeraltısuları Direktifi (YSD), 2006.** Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 On The Protection Of Groundwater Against Pollution And Deterioration, 2006
- Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Dokümanı No. 18 (OUS 18), 2009.** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, Guidance On Groundwater Status and Trend Assessment
- Günhan, Ö. (2014).** “Yeraltı Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi Açısından Uygun Bir Metodoloji Araştırması”, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu No:1 (OUS TR 1), 2001.** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, The EU Water Framework Directive: statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu No:1 EK2 (OUS TR 1, EK2), 2001.** Annex 2: Groundwater-Body Characterisation
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu No:1 EK3 (OUS TR 1, EK3), 2001.** Annex 3: Verbal Descriptions of Groundwater-Bodies
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu No:1 EK6 (OUS TR 1, EK6), 2001.** Annex 6: Data Sheets
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu No:1 EK5 (OUS TR 1, EK5), 2001.** Annex 5: Proposed and Investigated Algorithms
- Chapman & Hall, (1996).** “Water Quality Assessments, A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring” - Second Edition, UNESCO/WHO/UNEP

- National Groundwater Association (NGA), “Global Groundwater Usage” Broşürü (2015).**
<http://www.ngwa.org/Fundamentals/use/Documents/global-groundwater-use-fact-sheet.pdf> (Erişim Tarihi: 17.04.2015).
- Sampat, P. (2000). “Deep Trouble: The Hidden Threat of Groundwater Pollution”,** Worldwatch Paper 154, Worldwatch Intstitute
- EPA, 2000. Ground Water Quality,** National Water Quality Inventory, 1998 Report to Congress, Ground Water and Drinking Water Chapters
- Sanal Dergi, 2008.** Değişimin Gündemi Sayı 3, “Yeraltı Suları: Susuz Gezegenin Hayat Kaynağı!”
<http://www3.tema.org.tr/Sayfalar/CevreKutuphanesi/Pdf/SuKaynaklari/SanaIDergiYeraltiSulari.pdf> (Erişim Tarihi: 21.04.2015)
- Ekmekçi, M. (2013). “Yeraltı Su Kaynaklarına Yönelik Ulusal Gözlem ve İzleme Ağı Semineri”,** 24 Ocak 2013, Ankara
- Thakur, G. S., Thomas T. (2011). “Analysis of Groundwater Levels for Detection of Trend in Sagar District, Madhya Pradesh”,** Journal Geological Society of India vol.77, april 2011, pp.303-308
- USEPA 530/R-09-007, (2009). “Statistical Analysis of Groundwater Monitoring Data at RCRA Facilities Unified Guidance”,** Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery.
- IGRAC, (2008). “Guideline on: Groundwater Monitoring For General Reference Purposes”,** International Working Group I
- Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Dokümanı No. 7 (OUS 7), 2003.** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Monitoring under the Water Framework Directive
- ASTM D5979-96, (Rev. 2008). “Yeraltısuyu Sistemlerinin Karakterizasyonu ve Kavramsallaştırılması İçin Standart Kılavuz”,** Standard Guide for Conceptualization and Characterization of Groundwater Systems
- Lieste R., Zijp M.C. & Verweij W. (2008). “Conceptual Models of Groundwater systems Definition, example and availability in the Netherlands”** konulu poster sunum <http://www.cfh-aiih.fr/groundwater2008paris/Documents/posters/session1/Lieste.pdf> (Erişim Tarihi: 24.04.2015)
- Barazzuoli P. & Nocchi M. & Rigati R. & Salleolini M. (2008). “A Conceptual And Numerical Model For Groundwater Management: A Case Study On A Coastal Aquifer In Southern Tuscany, Italy”,** Hydrogeology Journal Volume 16 issue 8 2008

- Song, X., Kayane I., Tanaka, T, Shimada, J. (1999).** “Conceptual Model Of The Evolution Of Groundwater Quality At The Wet Zone In Sri Lanka”, Environmental Geology Volume 39 issue 2
- Gültekin, F., Hatipoğlu, E., Fırat Ersoy, A. (2010).** “Ladik-Hamamayağı (Samsun) Sıcak Ve Soğuk Su Kaynaklarının Hidrojeokimyası Ve Kökensel Yorumu”, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi
- Yıldız, E.F., Temel Dilaver, A., Gürer, İ., Ünsal N., Bayarı, S., Türkileri, S., Çelenk, S. (2008).** “Develi Kapalı Havzası’nda Yeraltı Suyu Ve Yüzey Suyu İlişkisinin Doğal İzotoplarla Belirlenmesi”, III. Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, İstanbul
- Pekkan, E., Bayarı, S., Şensoy, A., Şorman A., Arıkan A. (2008).** “Kırkgöze Havzası (Yukarı Fırat, Erzurum) Yağış - Akış Dinamiğinin Kararlı İzotoplar Kullanılarak İncelenmesi”, III. Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, İstanbul
- Avrupa Komisyonu, (2010).** Report From The Commission in accordance with Article 3.7 of the Groundwater Directive 2006/118/EC on the Establishment of Groundwater Threshold Values, (Sec (2010) 166 final), Brussels.
- Ortak Uygulama Stratejisi Rehber Dokümanı No. 26 (OUS 26), 2010.** “Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive. Guidance On Risk Assessment And The Use Of Conceptual Models For Groundwater”
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu (OUS TR 2), 2004.** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, Groundwater risk assessment: Technical report on groundwater risk assessment issues as discussed at the workshop of 28th January 2004
- Fethi, S. (2015).** “Talep Tahminleri” (2014-2015 Ders Notları) Doğu Akdeniz Üniversitesi İşleme Bölümü
fbemoodle.emu.edu.tr/mod/resource/view.php?id=10608 (Erişilme Tarihi: 06.04.2015)
- Yeraltı Suları Hakkında Kanun, (1960). TC Resmi Gazete, 10688, 23 Aralık 1960.
- TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi Sitesi
<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=C>
- Ortak Uygulama Stratejisi Teknik Raporu (OUS TR 6), (2011).** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, Technical Report on groundwater dependent terrestrial ecosystems
- Grontmij Advies & Techniek, (2004).** “Taslak Büyük Menderes Havzası Yönetim Planı Su Çerçeve Direktifi’nin Türkiye’de Uygulanması Final Raporu”, Principal: Senter International Reference: MAT01/TR/9/3 Vestiging, Utrecht /Houten, April 2004.

TÜBİTAK MAM, (2010). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi-Çevre Enstitüsü, “**Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi: Büyük Menderes Havzası Proje Sonuç Raporu**”, Kocaeli.

Yiğitler, Ö. (2015). “Yeraltısuyu Kütlesi” Sunumu, DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler Ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Mart 2015

Doğanay, E. (2014). “AB Su Çerçeve Direktifine Göre Ülkemiz Sularının Fizikokimyasal ve Kimyasal Parametreler Açısından İzlenebilmesi İçin Kullanılabilecek Analiz Metotlarının Değerlendirilmesi”, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara

Arslan, N. (2015). “Kimya Deneyleri Kursu Eğitim Notu”, DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi Başkanlığı, Haziran 2015

EKLER

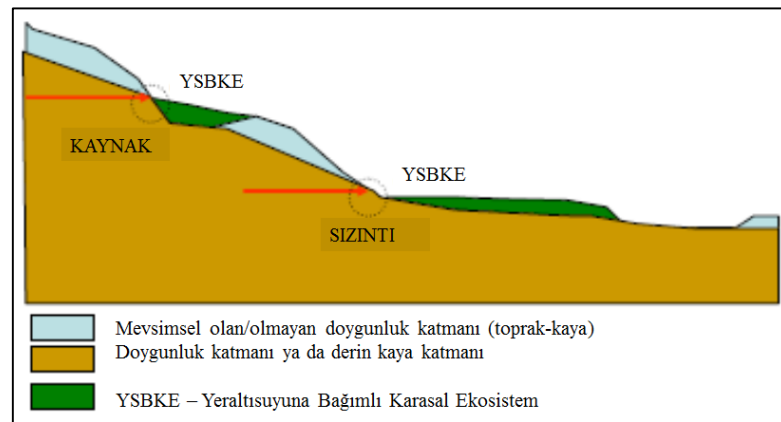
EK 1. EK AÇIKLAMALAR: Yeraltısularına Bağımlı Karasal Ekosistemler (OUS TR 6)

Karasal ekosistemlerin, yeraltısuyu kütlesi tanımlamalarının bir parçası olarak kabul edilebilmesi için, yeraltısuyu kütlesine doğrudan bağlantılı olması gerekmektedir. Bunun anlamı, bir karasal ekosistemin yeraltısuyuna bağımlı olarak tanımlanabilmesi için, yeraltısuyu kütlesinin ekosistemin devamlılığı için ihtiyaç duyduğu miktar ya da kalitede su sağlaması gerektiğidir.

Yeraltısuyu kütlelerine önemli derecede bağlılık çoğunlukla yeraltısuyu, YSBKE'leri önemli oranda ya da yıl içinde önemli bir zaman dilimi için desteklediğinde görülmektedir. Yeraltısuyunun karasal ekosistemler için temel oluşturarak YSBKE'yi oluşturduğu durumlar dört başlık altında toplanabilir.

Yeraltısuyu kaynağının ekosistemi doğrudan suladığı ve kaynak ya da sızıntılarla görünür hale geldiği durumlar

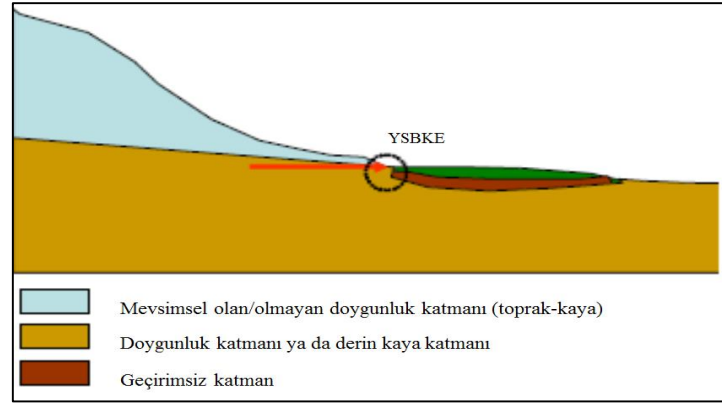
Bu türü tanımlayabilecek bir örnek, karasal ekosistemi besleyen bir kaynak olabilir. Bu durumda yüksek kalsiyum içeriğine sahip yeraltısuyu, karasal ekosistemde tuf halinde çöker. Karşıt bir örnek ise, kaynağın yerleşik bir nehir ya da gölü beslemesidir ki, bu durumda karasal değil sucul sistem etkilenmiş olur.



Şekil 70. Doygunluk Bölgesinden Tek Bir Noktadan (Kaynak) ya da Kırıklı Bölgeden (Sızıntı) Tahliye

Kil gibi geçirimsiz bir katmanda yeraltısuyu toplanması

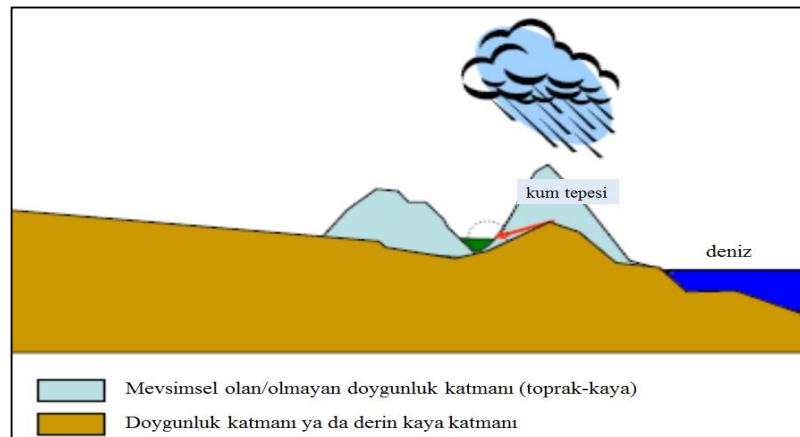
Bu tür karasal ekosistemler, fen (bataklık) ya da turba olarak tanımlanmaktadır. Karakteristik bitki örtüsü, yeraltısuyunun taşıdığı kimyasal içerikten doğrudan etkilenmektedir. Bu karasal sistemler, çoğu bataklık gibi yerüstü sularına ya da yağışla artan bataklıklara bağlı karasal ekosistemlerden farklıdır.



Şekil 71. Doygun katmandan yeraltısuyu boşalımı ile geçirimsiz katmanda birikim

Yüksek yeraltısuyu tablasını sürdüren mevsimsel dolum şartları

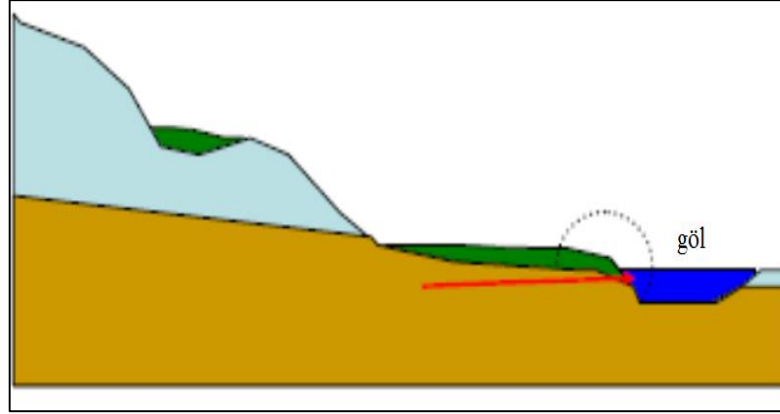
Kum tepeliklerindeki yeraltısuyunun boşalımı bataklıklara (wet slack) gerçekleşir. Kum tepeleriyle etkileşimi nedeniyle suyun kimyasal bileşimi ve su tablasının değişkenliği, bu tip karasal ekosistemlerin ekolojik işlevinin sürdürülmesinde hayati önem taşır.



Şekil 72. Doygun Katmandan Yeraltısuyu Boşalımı

Yeraltısuyu tablasının mevsimsel dalgalanmaları sonucu aralıklı taşkınlar

Bu tür, ekolojik ve sosyoekonomik önemi olan karakteristik bitki örtüsüne sahip mevsimsel göller oluşturur. Bizzat yeraltısuyu kaynağına bağımlı oluşu yeraltısularına bağı ekosistem olarak nitelendirilmesini gerektirmektedir.



Şekil 73. Doygun Katmandan (Kaya-toprak) Yeraltısuyu Boşalımını ve Mevsimsel Göl Oluşumu

Karasal Bir Ekosistemin Bir Yeraltısuyu Kütlesine Doğrudan Bağlı Olduğunun Tespiti

Karasal ekosistemlerin yeraltısuyu kütlelerine doğrudan bağımlılığını tespit etmek pratikte çok da kolay olmamaktadır. YSBKE ile diğer su kaynaklarına bağımlı olanlar arasında bir süreklilik olacaktır. Şekil 14’teki gibi gözle görülür şekilde bir kaynak ya da sızıntı varlığında, bu sistemin doğrudan yeraltısuyuna bağımlı olduğu açıktır. Bağımlılığın açık olmadığı sistemlerde, kademeli bir yaklaşımla sahaların bir uzman eşliğinde gözlenmesi yoluyla hidrojeolojik ve ekolojik bilgilerin değerlendirilmesiyle yeraltısuyu kütlelerine bağımlılık derecelendirilebilir.

Gözlem yaklaşımında ilk adım bağımlılığın belirlenmesidir. Bu adım, ekolojik özellikler gibi özelliklerin tanımlanması yoluyla gerçekleştirilebilir. Bunun için bağımlılık göstergesi olarak nitelendirilebilecek, Habitat Direktifi’nde de listeleri verilmiş olan bitki toplulukları, habitat türleri bir ekolog tarafından belirlenir. Bu ilk yaklaşım, yeraltısuyuna bağımlı olmayan türleri belirlemeye yarayan bir başlangıç aracı sayılabilir. İleri aşamada, yeraltısuyu kütlesinin kavramsal modeli ve

yeraltısuyu seviyelerine dair bilgiler kullanılarak yeraltısuyu kütlesinin karasal ekosistemi ne şekilde desteklediği konusunda bilgiler edinilir.

Kavramsal model, ekosistemin izlenmesine dayanır ve izlenen yeraltısuyu kütlesi de yeraltısuyuna bağımlılık hakkında bilgi verebilmektedir. Bu model; habitat türleri, ekosistem, yeraltısuyu kütlesi ve bunların bağlantılarını ya da bu bağlantıların tahmini kavrayışını içerir. Söz konusu kavramsal model, yağmur ve yerüstü suları gibi diğer su kaynaklarının yeraltısularına katkılarının dikkate alınmasına izin verir. YSBKE'in hepsi için bireysel kavramsal model geliştirilmesi pratik görülmez. Böyle durumlarda, önemli seviyede hasar gördüğü bilenen YSBKE'e ve önemli baskı altındaki yeraltısuyu kütlelerine öncelik verilir. Bu bilgilerden yola çıkılarak hazırlanan modeller karakterizasyon için kullanılabilir. Daha fazla veri elde edildikçe kavramsal model birçok kez yeniden oluşturulur. Ulaşılabirirse, kavramsal model hem hidrojeolojik mekanizmalar açısından hem de ekoloji ve hidroloji açısından sahanın işlevselliği hakkındaki bilgileri içerir hale gelir.

İzleme verilerinin olmadığı, ancak modelleme sonuçlarının mevcut olduğu durumlarda uzman görüşüne başvurulabilir. Ekologlar, yerüstü sularına kıyasla farklı kimyasallar içermeleri ve doğal ayırt edici kimyasal özellikleri sayesinde, genellikle bitkilere bakarak karasal ekosistemin yeraltısuyuna bağımlılığı hakkında bilgi verebilirler.

YSBKE'in belirlenmesi, YDS Ek 3 ile de uyum halindedir. Ek 3'e göre; iyi yeraltısuyu kimyasal durumuna ulaşılmasına yönelik hedeflerin araştırılmasında, üye devletler, ilgili ve gerekli hallerde, izleme sonuçlarına ve uygun kavramsal modele dayalı olarak YSBKE'deki mevcut ya da olası kirletici derişimlerinin etkilerini yorumlamalıdır.

EK 2. Yeraltısuyu Sistemlerinin Kavramsal Modelinin Oluşturulmasında İzlenecek Yöntem (ASTM D5979-96)

Amaç belirlenmesi

Mevcut durumunun ortaya konması amaçlanan ya da çalışılmak istenen yeraltısuyu sistemi yani çalışılacak proje, uygun yönleri ve ölçeği ile tanımlanır.

Mevcut Verilerin Değerlendirilmesi

➤ Sahanın Tanımlanması

Çalışılacak yeraltısuyunun bulunduğu sahanın tanımlanması basamağıdır. Bu tanımlama için; topoğrafya, toprak, jeoloji, hidroloji ve biyota gibi doğal saha özellikleri, toprak kullanımının geçmişine ve bugününe ilişkin bilgiler, kirlletici taşınmasına neden olabilecek ilgili bilinen, kuşkulanan ya da beklenen baskılardan bir ya da birkaçı kullanılabilir.

Çalışılacak alanda mülkiyet nedeniyle takip edilen sınırlar haricinde, sahanın doğal özellikleri nedeniyle bu alan dışında kalan bölümleri de dikkate alınmalıdır. Örneğin yeraltısuyu kirliliği araştırmalarında sahanın yukarı ve aşağısındaki potansiyel kaynakların bulunabileceği alanlar da dikkate alınır.

➤ Mevcut verilerin toplanması

Bu adım gerekli verilerin bulunması, toplanması ve organize edilmesini içerir. Haritalar, raporlar, ulaşılabilen her türlü yazılı-yazısız kaynaklar ile sahadan ve laboratuvarından elde edilen verilerin toplanması gerekir. Veri toplamaya ve analizlere yönelik izlenen yollar kalite güvence açısından not edilmelidir. Toplanması gereken verilere ilişkin ayrıntılı bilgi Çizelge A'da verilmektedir.

Bölgede yaşayan insanlardan çalışılan bölgeyle ilgili görüşmeler yapılarak bilgi alınabilir. Bölgeyi etkileyebilecek ya da tarihsel veri sağlayabilecek çalışan geçmişleri, eski uygulamalar ve mühendislik faaliyetleri toplanabilir. Tarihsel veriler ise eski kuyuların yerleri ya da bölgedeki kirlletici geçmişleri gibi değişkenlerdir.

➤ Verilerin Organize Edilmesi ve Veri Tabanları oluşturulması

Veriler kalite kontrol / kalite güvence gereklerine uygun bir şekilde düzenlenmelidir. Çizelge A'da verilen jeomorfoloji, jeoloji, jeofizik, iklim, bitki örtüsü, toprak çeşitleri, hidroloji, hidrokimya/jeokimya, ve insan etkileri temel başlıklarına ait toplanan verilerin düzenli bir şekilde yer aldığı veri tabanları oluşturulmalıdır.

Kavramsallaştırma Süreci

➤ İlksel Kavramsallaştırma

Toplanan veriler kullanılarak arazinin kavramsallaştırılması çalışması yürütülür. Saha bilgilerinin eksik kaldığı yerlerde, fotoğraf yorumlamaları ile arazi analiz teknikleri bilgilerini netleştirmek üzere uzaktan algılama verilerine, hava fotoğraflarına ve topoğrafik haritalara başvurulabilir.

➤ Verilerin Analizi

Veri analizi sahadaki hem doğal etkileri hem de insan etkinliklerinin etkilerini içerir. İlksel analiz, bitki örtüsü, topraklar, yerüstü suyu tipleri ve dağılımı, topoğrafya ve jeoloji gibi arazi kaplama özelliklerini, yüzey coğrafyası ve jeolojisine ilişkin arazi kullanımlarını ve drenaj analizlerini içerir.

➤ Saha Keşfi

Saha koşullarının çalışılmasına yönelik toplanan bilgilerin ilksel analizi için gerçekleştirilir. Bu adımın önemi, saha koşullarına ve araştırmacının deneyimine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle, saha koşullarının karmaşık olduğu ya da araştırmacının saha koşullarına yönelik yeterli deneyiminin olmadığı durumlarda önem kazanır.

Çizelge A. Kavramsal Model Oluştururken Toplanması Gereken Veriler

Topoğrafya ve Uzaktan Algılama
a. Topoğrafya b. Hava fotoğrafları c. Uydu ile görüntüleme d. Termal görüntüleme e. Radar görüntüleme
Jeomorfoloji
a. Yüzey jeolojisi ya da jeomorfoloji haritaları b. Jeoloji haritaları c. Yerüstü suyu envanter haritaları d. Hidrografi verileri
Jeoloji
a. Jeoloji haritaları ve kesitler b. Litolojik veriler c. Sondaj kuyuları
Jeofizik
a. Yerçekimi, elektromanyetik çekim verileri, sismik araştırma verileri b. Doğal sismik etkinlik verileri c. Kuyulara ait jeofiziksel veriler
İklim
a. Yağış verileri b. Sıcaklık, nemlilik ve rüzgar verileri c. Buharlaşma verileri d. İklim değişikliğinin hidrolik sistemde yarattığı etkilere ait veriler
Bitki Örtüsü
a. Topluluk- Tür haritaları b. Yoğunluk haritaları c. Tarımsal türlere, hasat zamanlarına ve tüketimlere ait veriler d. Arazi kullanımı, arazi dağılımı haritaları
Hidroloji
a. Yüzey altı verileri b. Yeraltısuyu sistemi ve hidrojeoloji haritaları c. Kaynak ve sızıntı verileri d. Yerüstü suyu verileri e. Kuyu tasarımı, inşaatı vb. veriler
Hidrokimya-Jeokimya (Yeraltısuyu Akış sistemiyle ilişkili olarak)
a. Kuyulardan türetilen kimya verileri b. Yerüstü sularının kimyası c. Kaya ve toprak kimyası d. Su kalitesi araştırmaları
İnsan Kökenli Etmenler
a. Alan ölçümsel haritalar b. Arazi kullanımı, dağılım haritaları c. Yollar, ulaşım hatları, idari sınırlar d. Mülkiyet haritaları (ulaşılması halinde geçmişe dönük veriler) e. Kaynak yönetimi haritaları

➤ Niteliksel Değerlendirme

Yeraltısuu sisteminin niteliksel olarak anlaşılması önemlidir. Bunun sonucunda, karakterizasyon ve sayısallaştırma için kullanılacak bir ya da birçok ilksel kavramsal model geliştirilir.

Yerüstü Verilerinin Değerlendirilmesi

Seçilen çalışma alanındaki ya da yakınındaki doğal ya da insan kaynaklı etkilerin değerlendirme aşamasıdır.

➤ İnsan Kaynaklı Etkiler Analizi

Hidrolojik arazi kullanımını göstermek için insan kaynaklı etkiler analizi gerçekleştirilir. Sulama ya da tarımsal amaçlı su kullanımı; sanayi amaçlı, kentsel ve evsel tüketim amaçlı kullanımlar bu etki analizinde dikkate alınır.

➤ Bitki Örtüsü Analizi

Bitki örtüsü analizinde bitki türleri ve dağılımları, su tüketim verileri ve hidrolojik toprak kullanımları dikkate alınır.

➤ Topoğrafya Analizi

Topoğrafya analizi, toprak ve eğim özellikleri, hidrolojik sistem devamlılığı ve sınır koşullarını içerir.

➤ Dağılım Analizi

Yerüstü suyu sınıflandırma ve dağılımı analizi, yerüstü suyu akımlarının kazanım ve kayıplarının, sürekli ya da mevsimlik akıntılarının temel akış analizini; kaynaklar, göller ve okyanusların analizini içerir.

➤ İklim Analizi

İklim analizi, yağış ve sıcaklık tip ve dağılımlarını, rüzgar etkilerini ve buharlaşma potansiyellerini; toprak oluşumu ve katman analizi, toprak sisteminin yapısını ve kalınlıklarını ve toprak geçirgenliği analizini içerir.

➤ Jeomorfoloji Analizi

Jeomorfolojik süreçler ve katmanların analizi, jeomorfolojik materyallerin dağılım özelliklerini ve çeşitlerini gösteren haritaların kullanımını; yer şekilleri ve eğimleri gibi jeomorfolojik özelliklerin anlaşılmasını gerektirir.

Yeraltı Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanına ilişkin varolan jeolojik haritaların derlenmesi, jeolojik kesitlerin çıkarılması işidir. Yerüstü ve yüzey altı araştırma teknikleri kullanılarak stratigrafik ve litolojik birimler karakterize edilir. Bu değerlendirmede mevcut kuyu loglarından, yüzeyin ve kuyuların jeofizik ölçüm ve haritalarından, uydu görüntülerinden ve hava fotoğrafları verilerinden yararlanılır. Jeolojik birimlerin stratigrafik devamlılıkları; jeolojik haritalar ve kesitler, kuyu logları ve jeofizik verilerinden yararlanılarak elde edilebilir.

Bölgenin yapısal ve jeomorfolojik (fay, çizgisellik, kırık-çatlak, vb.) unsurları ortaya çıkarılır. Jeolojik birimlerin yeraltındaki geometrisi ve yayılımı (kalınlık, tabakalanma, vb.) mevcut jeolojik, jeomorfolojik ve jeofizik verilerin değerlendirilmesi ile belirlenmelidir.

Hidrojeolojik Değerlendirme

Hidrostratigrafik birimlere ait kalınlık, gözeneklilik, su içeriği, hidrolik iletkenlik, iletimlilik, depolama gibi hidrojeolojik parametrelerin toplanması ve değerlendirilmesidir.

Hidrostratigrafik birimlerin devamlılığının, geometrisinin, mekânsal dağılımının ve kalınlığının belirlenmesi gerekir. Hidrostratigrafik birimlerin hidrolik iletkenlikleri, doymun kalınlıkları ve devamlılıkları göz önüne alınır ve birimler (akifer, akitard, serbest, basınçlı ve yarı basınçlı akiferler vb.) tanımlanır.

Hidrojeolojik parametrelerin alansal ve konumsal dağılımları belirlenir ve bu parametrelerin hidrolojik sisteme etkileri ortaya konur.

Yeraltısuyu Sistemlerinin Değerlendirilmesi

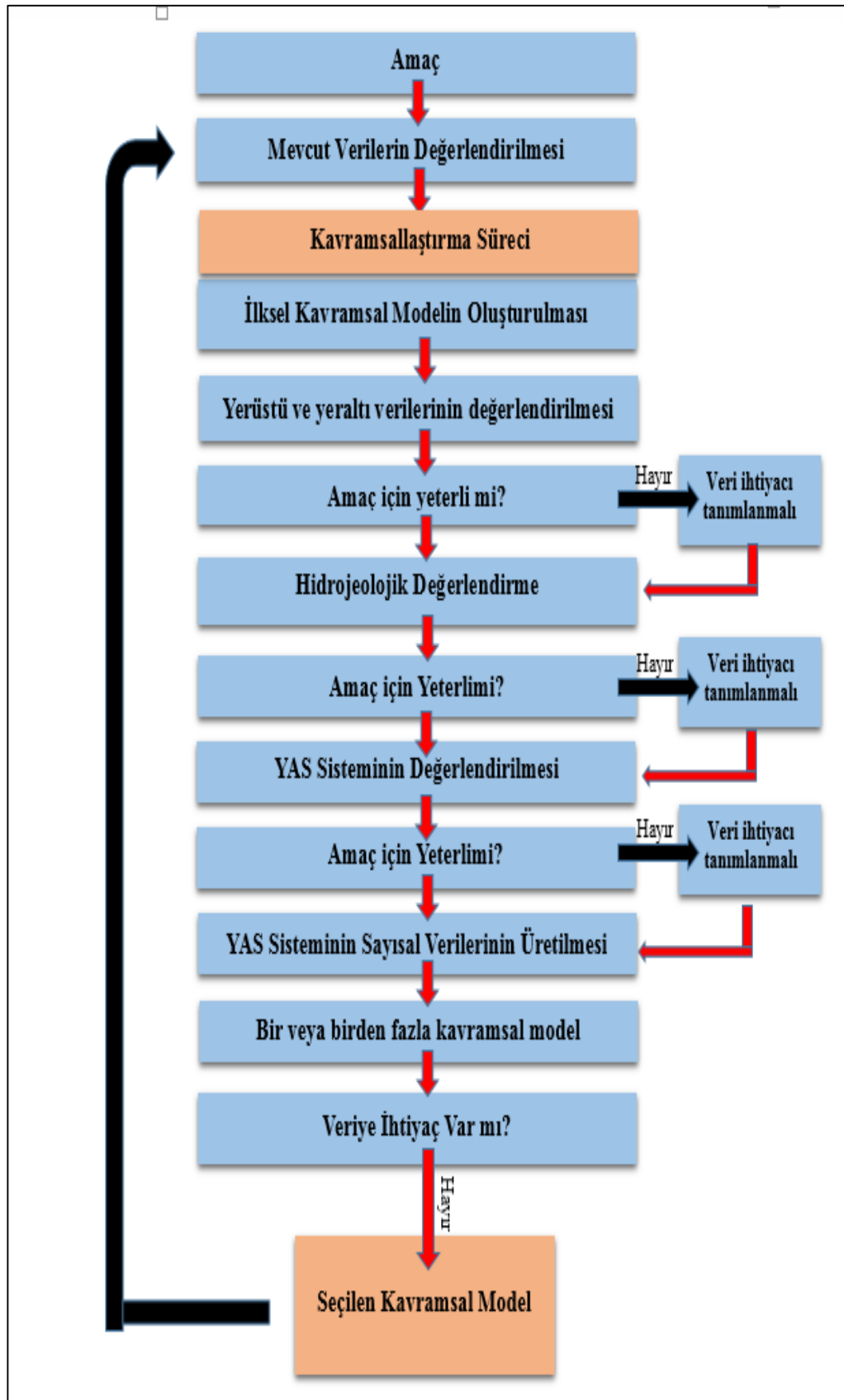
Daha önceki adımlarda elde edilen yerüstü, yüzey altı ve hidrojeolojik analiz verileri kullanılarak yeraltısuyu sistemine ait beslenme ve boşalım bölgelerinin tipleri, miktarları ve dağılımları belirlenir. Beslenimler, yağmurun süzülümünden, yerüstü sularının süzülümünden, sulanan alanlardan sisteme dahil olan sulardan, akiferler arası sızıntılardan, havza dışı yapay beslenimlerden, insan kaynaklı katkılardan türetilir. Boşalımlar ise, kaynaklar ve sızıntılardan, yerüstü suyu kütlelerinden, bitkiler yoluyla su kaybından, kuyu deşarjlarından, akiferler arası sızıntılardan, havza dışı yapay beslenimlerden ve insan kaynaklı katkılardan türetilir.

Hem doğal yapıdan hem de insan etkilerinden kaynaklanan kimyasal girişleri ve kalite değişimine neden olabilecek etkiler belirlenir. Kimyasal verilerden faydalanılarak yeraltısuyu akış yolu ve hızı verilerinin türetilerek yeraltısuyu akım sistemi tanımlanır. Bu amaçla çevresel izotop ve doğal/yapay izleyicilerden yararlanılır.

Mevcut verilerden dengeli akım koşullarına ait bütçe hesaplamaları yapılır.

Yeraltısuyu Sistemimin Sayısallaştırılması

Bir ya da daha çok kavramsal model oluşturma çalışmaları keşifsel bir süreçtir, özellikle sayısal modelin gözlemlerle uyumu ve eksikliklerin kontrol edilmesinde kullanılır. Sayısallaştırmalara sistemi tanımlama sürecinde başvurulur. Benzer şekilde yeni veriler elde edildikçe kavramsallaşma ve değerlendirme basamakları yenilenir (Şekil A).



Şekil A: Kavramsal Model Oluşturma Aşamaları

ÖZGEÇMİŞ

Özge YILDIRIM

KİŞİSEL BİLGİLERİ

Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara – 13/10/1984
Uyruğu : TC Vatandaşı
Medeni Hali : Evli
Sürücü Ehliyeti : B (2005)
Elektronik Posta : oerdem@ormansu.gov.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Üniversite : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya
Mühendisliği, Ankara, 2002-2007
Lise : Kocatepe Mimar Kemal Lisesi, Ankara, 2001

YABANCI DİL

İngilizce: İyi

- 2012 Mart ÜDS (Fen Bilimleri) sonucu: 70 /100
- 2015 Mayıs KPDS sonucu: 71,25/100 (C Seviye)

ÇALIŞMA DENEYİMLERİ

- **İş Hayatı**

Uzman Yardımcısı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara (09/07/2012-halen)

Üretim Mühendisi, Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu, Mühimmat Fabrikası, İmla Üretim Müdürlüğü*, Kırıkkale (18/04/2011-06/07/2012)

Kalite Kontrol Laboratuvarı Sorumlusu (15 ay) / Üretim Planlama Departmanı, Rotasyon Eğitimi (3 ay), ASAŞ Ambalaj Baskı San. ve Tic. Aş., Yenikent / Ankara (06/03/2008-31/08/2009)

- **Stajyer Öğrenci**

Olca Gıda ve Plastik Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Şti., Niksar / Tokat, (2006 yaz stajı)

KATILDIĞI SEMİNERLER / FUARLAR

- **TÜBİTAK MAM**, Safetechnopack Proje Pazarı: “Ambalajlama Teknolojilerinde Araştırma ve Geliştirme Fırsatları” (04/06/2009)
- **ASAŞ**, Ambalaj ve Ambalaj Malzemesi Eğitimi (14/03/2009)
- **TÜYAP**, İstanbul Ambalaj Fuarı 2008 (25/10/2008)
- **KALDER**, 11. Kalite Çemberleri Paylaşım Konferansı (23/10/2008)

BELGELER

- **3e Danışmanlık**, Kara ve Liman Tesisleri Personeli İçin IMDG Kod Eğitimi (19-22/03/2012)
- **TMMOB**, Kimya Mühendisleri Odası, LPG Sorumlu Müdürlük Eğitimi (08/10/2009)
- **TSE**, TS EN ISO 9000 İç Kalite Tetkik Eğitimi (11/03/2009)
- **TSE**, TS EN ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (04/03/2009)