



**Araştırma Makalesi / Research Article**

**BURSA / NİLÜFER ÇAYI'NIN BAŞKÖY – KENTSEL BÖLÜMÜ VE ALT HAVZALARININ KİRLİLİK VE RİSK ANALİZİ**

**Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ\*<sup>1</sup>, Semra ATABAY<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Yıldız-İSTANBUL

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Yıldız-İSTANBUL

**Geliş/Received: 30.07.2012 Kabul/Accepted: 01.08.2012**

**ÖZET**

1950'li yıllardan bu yana Türkiye'de hükümetler tarafından kalkınma ve gelişme amacıyla alınan sosyo-ekonomik kararlar fizik mekâna yansımakta ve imar planları bu çerçevede yapılmaktadır. Bölge planları ise gereği gibi yapılmadığı için Bursa Ovası, Konya Havzası, Güneydoğu Anadolu Havzası gibi önemli doğal kaynak özelliklerine sahip su toplama havzaları yapılaşmaya açılmıştır [1], [2]. Araştırma alanı olarak ele alınan Bursa Nilüfer Çayı Başköy – Kestel Bölümü ve alt havzalarının güncel arazi kullanımı incelendiğinde hükümetlerin aldıkları kararlar neticesinde birinci sınıf tarım toprakları üzerinde ve jeolojik açıdan yüksek geçirgenliğe sahip kayaların oluşturduğu alanlarda yer alan yerleşim ve sanayi alanları gibi olumsuz kentleşme olgularının havzayı oluşturan doğal kaynaklar üzerinde güncel kirlilikler ve kirlilik riskleri ortaya koyduğu görülmüştür. Araştırmada; doğal kaynak verileri ve mevcut kirliliklere özgü haritalar elde edilmiş, fiziki coğrafya özelliklerine bağlı olarak, kirlilik bulguları sebep – sonuç ilişkileri bağlamında irdelenerek özelden genele değerlendirmeler yapılmıştır. Böylelikle Türkiye'de havza planı ve yerel alan planları yapılırken; öncelikle doğal kaynakların mevcut durumunun saptanması, fiziksel – biyolojik ve ekolojik özelliklerinin olması gerektiği gibi irdelenerek arazi kullanımı kararlarına yansıtılması gerekliliği vurgulanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Havza, ekolojik risk, arazi kullanımı, coğrafi bilgi sistemleri.

**A POLLUTION AND RISK ANALYSIS FOR BAŞKÖY - KESTEL BASIN IN BURSA NİLÜFER CREEK**

**ABSTRACT**

Taken by the Turkish government in order to progress the development and socio - economic decisions reflected in the physical space and development plans are made in this context since 1950. Regional plans are not made as required, water gathering basins are opening to construction such as Bursa Plain, Konya Basin, The Southeastern Anatolia Basin. Başköy - Kestel Basins in Bursa Nilüfer Streams taken as a research area, current land uses, their policies are examined and the autonomous decisions of governments formed as a result of such cases the negative urban watershed pollution on natural resources and pollution risks, which were put forward. In this purpose; in relation to the physical geography properties, that are obtained data overlapping each other and in result risk maps formed and current – past land usage changes causing the pollution and risks that they caused have been evaluated. Thus, while in Turkey, watershed plans and local area plans, determine the current state of natural resources, physical - biological - ecological characteristics underlined the need to reflect the decisions of land use as it should be examined.

**Keywords:** Basin, ecological risk, land use, GIS.

\* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ufukfatih@yahoo.com, tel: (212) 411 16 25  
İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

Araştırma alanı, genelde farklı dönemlerde alınan planlama kararları ile yoğun bir kentleşme olgusundan kaynaklanan önemli bir çevre kirliliğinin etkisi altındadır. Bu çalışmada Nilüfer Çayı Başköy–Kestel Bölümü ve alt havzalarında arazinin doğal kaynak yapısına uygun olmayan arazi kullanımlarına bağlı olarak meydana gelen kirlilikler 20 yıllık bir süre içinde değerlendirilmiş, bu kirliliklerin arazi kullanımındaki değişim ve bunu yönlendiren planlama kararları ile ilişkisi değerlendirilmiş olup aynı zamanda planlı ve plansız kentleşmenin havzayı oluşturan doğal kaynaklar üzerinde oluşturacağı ekolojik risklerin hangi tür ve boyutta olabileceği üzerinde kestirimler yapılmıştır.

Yapılan çözümleme çalışmalarından elde edilen bulgulara göre fiziksel mekândaki arazi kullanımından kaynaklanan su, hava ve toprak kirliliğinin insan ve diğer canlıların yaşamını ve sağlığını tehdit ettiği anlaşılmıştır. Fonksiyon alanlarının neden olduğu baskılar; tarım alanlarında kullanılan gübre ve pestisitler, sanayi alanlarından kaynaklanan proses atıklarının Nilüfer Çayı'na, toprağa ve kuyular aracılığı ile yer altı suyuna boşaltılması, konut alanlarından kaynaklanan evsel atık suların Nilüfer Çayı'na veya kuyulara boşaltılması, bazı bölgelerde var olan kanalizasyon şebekelerindeki kaçaklar nedeni ile yer altı sularının kirlenmesi ve özellikle ısınmadan ve ulaşım araçlarından kaynaklanan hava kirliliği nedeniyle yaşanan inversiyon<sup>†</sup> olgularına bağlı kirliliklerdir.

Araştırma alanının sınırları; Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Bursa ili (28°10' ve 30°00' kuzey enlemleri ile 40°40' ve 39°35' doğu boylamları arasında) içinden geçen 1.288,96 km<sup>2</sup> yüz ölçüme sahip Nilüfer Çayı Başköy – Kestel bölümü ve alt havzalarından oluşmaktadır (Şekil 1).

## 2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma alanının sahip olduğu fiziki coğrafya özellikleri sebebi ile kirlilikler hidrolojik özelliklerin yönlendirdiği yüzeysel sular ile taşınan yerüstü su kirliliği, toprak kirliliği ve yer altı suyu kirliliği olarak ortaya çıkmaktadır. Konu ile ilgili olarak Bursa Nilüfer Çayı özelinde yerel yönetimler, ilgili kamu kuruluşları ve üniversiteler tarafından kirlilik araştırma çalışmaları yapılmaktadır.

Tez çalışmasında ise Nilüfer Çayı'ndan alınan su örnekleri üzerinde yapılan çözümlere bağlı olarak; kimyasal kirliliklerin su kalitesine etkisinin değerlendirilmesi, kirliliklerin yayılması ile fiziki coğrafya özelliklerinin ilişkilendirilmesi, kirliliklerin uluslararası standartlarla karşılaştırılarak irdelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) bir araç olarak kullanılması ve tüm bu analitik çalışmaların bir bütün halinde değerlendirilmesi ana ilke olarak kabul edilmiştir.

Bu bağlamda fiziki coğrafya özellikleri açısından jeoloji, jeomorfoloji, eğim, bakı, iklim ve büyük toprak gruplarının dağılımı temel kirlilik ve risk nedenleri olarak kabul edilmiştir (Bakınız Çizelge 2). Hükümetlerin kalkınma amaçlı politik ve sosyo-ekonomik açıdan aldıkları otonom kararlar çerçevesinde sanayi teşvikleri ile sanayinin Bursa Ovası'nda yer seçmeye başlaması ve imar planlarında yapılan değişiklikler birer kırıma noktası olarak değerlendirilmiştir. Bu kırıma noktaları olan 1989–1999 ve 2009 yılları arasındaki konut, sanayi, ticaret, katı atık ve depolama alanları ve tarım işlevleri gibi arazi kullanımlarındaki değişimlere bağlı olarak çevre kirliliği ve kirlilik riskleri karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

<sup>†</sup> Inversiyon (terseleme): Genellikle kış aylarında sıcak havanın soğuk havanın üzerinde bulunarak, havanın dikey olarak birbiriyle karışmasının engellenmesi durumudur. Böylece kirlilikler dağılmadan yer seviyesine yakın soğuk hava tabakasının içerisinde toplanarak inversiyon (terseleme) tabakası oluşturur ve çökelerek toprak ve su kaynaklarına ulaşır. [3]



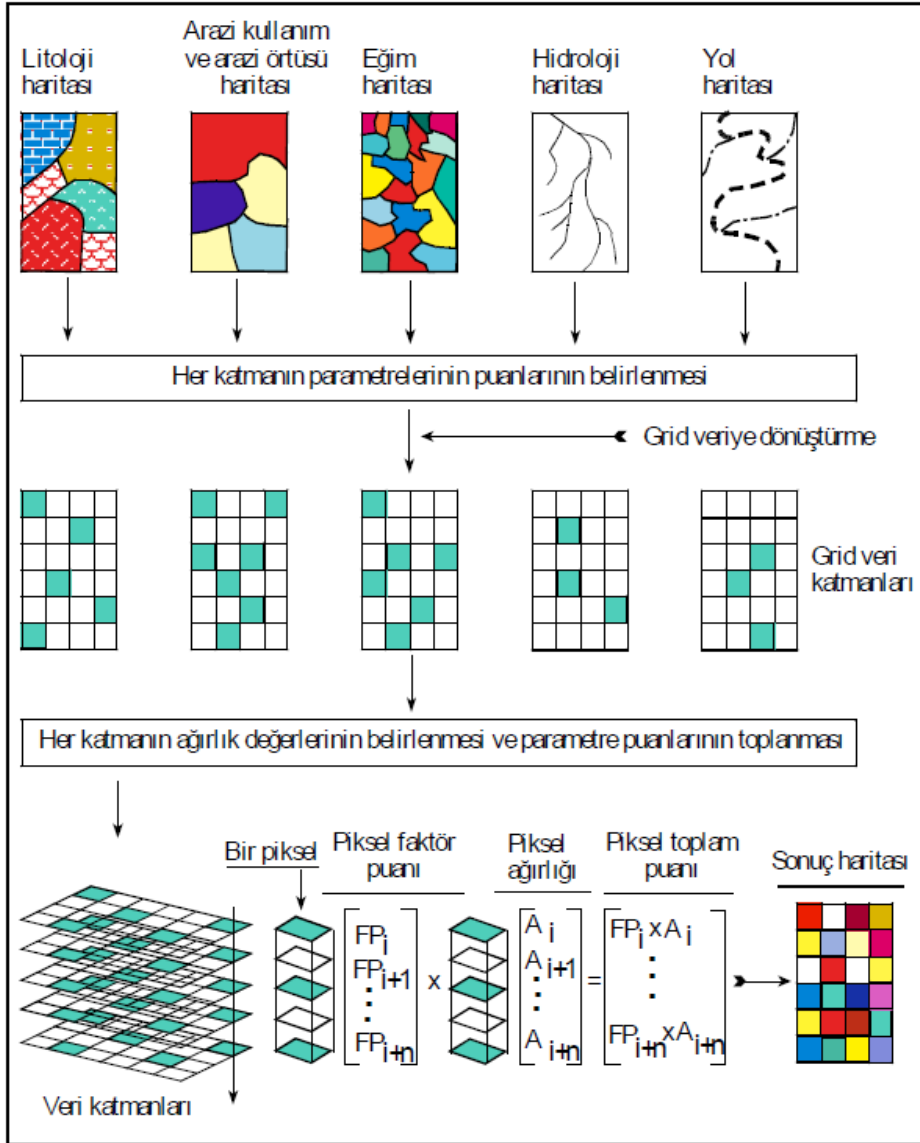
Şekil 1. Araştırma alanı

Yerli ve yabancı literatür taraması ile elde edilen faktör ağırlıkları araştırma alanının kendine özgü fiziksel – biyolojik ve ekolojik doğal kaynak özelliklerine göre tespit edilmiştir. Havzadaki yüzeysel sularla toprak kirliliği ve yer altı su kirliliği risk bölgelemesi amacı ile temel alınan parametrelerin alt birimlerine (kirlenmenin azalma - çoğalma ilişkisine bağlı olarak) 1 ile 10 arasında faktör ağırlığı ataması yapılarak beş farklı risk derecesi ayrımı yapılmıştır (Bakınız Çizelge 1).

Çizelge 1. Risk Dereceleri

Risk Derecesi	Açıklama
1	Risksiz Alanlar
2	
3	Az Riskli Alanlar
4	
5	Orta Derecede Riskli Alanlar
6	
7	Yüksek Riske Sahip Alanlar
8	
9	Çok Yüksek Riske Sahip Alanlar
10	

Bu aşamadaki uygulamalar için Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin "Mekân Analizi" alt biriminin "Sınıflandırma" modülü kullanılmış olup elde edilen sonuçlar "Raster Calculator" modülü ile çakıştırılmış (overlay) ve risk bölgelemesi yapılmıştır (Bakınız Şekil 2). Risklerin derecelendirilmesine bağlı olarak risk haritaları oluşturulurken aşağıdaki veriler çakıştırma ve değerlendirmede derecelendirme yöntemi ile değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Risk alanların belirlenmesinde işlem adımları

Nilüfer Çayı Başköy–Kestel Bölümü ve alt havzaları toprak kirliliği ve yer altı suyu kirliliği risk analizi için; jeolojik yapı (litoloji), jeomorfoloji, eğim, bakı, iklim, büyük toprak grupları ve arazi kullanımı özellikleri değerlendirilmiş ve beş farklı risk derecesi ayrımı yapılarak bu özellikler haritalanmıştır (Çizelge 2). Risklerin alt parametrelere göre derecelendirilmesinin ardından jeolojik yapı, jeomorfoloji, eğim, bakı, iklim, büyük toprak grupları ve arazi kullanım parametrelerine göre önem derecelerine bağlı ağırlıklarını ortaya koyabilmek için risk çarpanları yapılan literatür taramasında kabul edilen değerlere göre [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13] atanmıştır (Çizelge 2). Buna göre toprak kirlenmesi ve yer altı suyu kirliliği riski için en yüksek risk çarpanları jeolojik yapı, eğim ve arazi kullanım biçimi, büyük toprak grupları, jeomorfoloji ve iklim şeklinde sıralanmaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikle yüzey suları, toprak ve yer altı suyu kirliliği riskleri değerlendirilmekte, ardından kırılma noktaları olarak seçilen 1989 ve 1999 yıllarındaki kirlilik riskleri ortaya konulmaktadır (Bakınız Şekil 3 ve Şekil 4). Güncel toprak ve yer altı suyu kirliliği riskleri ile Nazım İmar Planlarına (1984 yılı 1/5000 Bursa Nazım Planı, 1990 yılı 1/5000 Nazım Plan Revizyonu, 1995 yılı 1/5000 Nazım Plan Revizyonu, 1997 yılı 1/25.000 Batı Planlama Bölgesi Nazım Planı, 1998 yılı 1/25.000 Merkez Planlama Bölgesi Nazım Planı) bağlı olarak alınan kararlar ve uygulamalar arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Kirlilik ve risk parametrelerine ait alt birimlerin etki değerleri

PARAMETRELER	ALT PARAMETRELER (SINIFLAMA VE DERECELENDİRME)	Toprak Kirlenmesi Risk Analizi		Yer altı Suyunun Kirlilik Risk Analizi	
		Risk Derecesi	Risk Çarpanı	Risk Derecesi	Risk Çarpanı
JEOLOJİK YAPI (Litoloji)	Alüvyon	10	0,1	10	0,25
	Kireçtaşı	9		8	
	Metakırıntılı Kayaç	3		3	
	Meta Volkanit	3		3	
	Metamorfik	3		3	
	Gnays	9		8	
	Traverten	9		8	
	Volkanit Çökelti K. Yamaç Molozu	9		8	
JEOMORFOLOJİ	Dağlık Alan	2	0,1	1	0,1
	Plato	4		3	
	Ova	10		10	
EĞİM	%0-2	10	0,25	10	0,2
	%2-5	8		7	
	%5-15	4		3	
	%15-100	2		1	
BAKİ	Düz alanlar	10	0,05	10	0,03
	Kuzey	2		1	
	Kuzeydoğu	3		2	
	Doğu	1		1	
	Güneydoğu	7		5	
	Güney	8		6	
	Güneybatı	7		5	
	Batı	1		1	
Kuzeybatı	3	2			
İKLİM	Kuzey	2	0,05	1	0,02
	Sıcaklık	3		2	
	Yağış	6		7	
	Nem	3		2	
BÜYÜK TOPRAK GRUPLARI	Rüzgarlar	2	0,25	1	0,2
	Alüvyal T.	10		10	
	Kırmızı Kahverengi Akdeniz T.	4		4	
	Kireçsiz Kahverengi Orman T.	4		4	
	Kolüvyal T.	8		8	
	Kahverengi Orman T.	4		4	
	Redzina T.	4		4	
Vertizoller	4	4			
ARAZİ KULLANIŞ (2009)	Konut	3	0,2	3	0,2
	Tarım	9		8	
	Orman	2		2	
	Sanayi	3		3	
	Ticaret	3		3	
	Katı Atık Depolama Alanı	3		3	

### 3. NİLÜFER ÇAYI HAVZASI'NIN KİRLİLİK VE RİSK ANALİZİ

Nilüfer Çayı özelinde yerel yönetimler [14], [15], [16], ilgili kamu kuruluşları [17], [18], [19] ve üniversiteler [20], [21] tarafından elde edilmiş olan kirlilik örnekleri değerlendirildiğinde; Bursa

Ovası'nda tarımsal sulama amaçları olarak kullanılan Nilüfer Çayı'nın Uludağ'daki kaynağından Bursa kent merkezine kadar olan bölümünün yüksek çözünmüş oksijen (ÇO), düşük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI<sub>5</sub>) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri gösterdiğinden kirlenmemiş olduğu kabul edilmiştir. Buna karşılık kent merkezinden geçerek Bursa Ovası'na doğru ilerleyen kesiminde Nilüfer Çayı'nın ÇO değeri düşmekte, BOI<sub>5</sub> ve KOİ değerleri ile kurşun, nikel, çinko, krom, ve bakır konsantrasyonlarının yüksekliği dikkat çekmektedir. Su kalitesi açısından değerlendirildiğinde Nilüfer Çayı'nın kaynağında su kalitesi ilgili parametrelere göre 1. sınıf su olduğu halde, 4.'cü kilometrede 500 kat, 14.'cü kilometrede 10.000 kat ve 38.'inci kilometrede 65.000 kat kirlenmekte ve 3. ve 4. sınıf su kalitesine dönüşmektedir. Bu olgunun başlıca nedeni; araştırma alanının doğal kaynaklarının fiziksel – biyolojik ve ekolojik özelliklerin göz ardı edildiği arazi kullanım kararlarının getirdiği olumsuz etkiler neticesinde özellikle araştırma alanında yer alan sanayi ve kentsel ya da kırsal yerleşimlerin neden olduğu su, toprak ve hava kirlilikleridir. Bu kirliliğin yaklaşık olarak sadece yüzde 10'u evsel nitelikli olup, diğer büyük bir kısmını endüstriyel atıklara bağlı kirliliklerin oluşturduğu görülmektedir.

Doğal yapıya bağlı risk kaynaklarını ise jeolojik yapı, jeomorfoloji, eğim, baki, iklim ve büyük toprak gruplarına bağlı çok yüksek riskli alanları oluşturmaktadır. Bu etmenler aşağıdaki gibi sıralanmıştır: Sahip olduğu jeolojik yapı özelliklerine göre alüvyonlarla kaplı Bursa Ovası ve Nilüfer Çayı güzergahı boyunca uzanan vadi tabanları; kireç taşı ile kaplı Dereköy, Hasköy, Bademli ve Çağlayan beldeleri; gnays, traverten ve volkanit çökeller ile kaplı Çekirge, Kükürtlü ve Kaynarca beldeleri ve Uludağ'ın kuzey yamaçları. Jeomorfolojik açıdan eğim özellikleri incelendiğinde çok yüksek riskli alanlar ise Bursa Ovası ve Nilüfer Çayı güzergahı boyunca uzanan vadi tabanlarıdır. Arazi kullanımına bağlı risk kaynakları tarımsal etkinlikler, endüstriyel etkinlikler, yerleşim ve ulaşım işlevleridir. Buna bağlı olarak çok yüksek riskli alanlar ise şunlardır: Bursa Ovası ve araştırma alanı içinde kalan ve gübre ve pestisit kullanılan ayrıca sulama suyu olarak Nilüfer Çayı'ndan yararlanan tarım alanları; tekstil, otomotiv, gıda, deri, çimento, metal, kauçuk ve plastik sanayilerinin yer aldığı Karacabey, Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım, Mustafakemalpaşa, İnegöl ve Kestel ilçeleri ile Çalı, Demirtaş ve Görükle beldeleri ve Bademli'de bulunan çeşitli sanayileşmiş alanlar.

Ayrıca Hamitler katı atık depolama alanından ve yasalara aykırı olarak gelişigüzel alanlar üzerinde vahşi olarak depolanan katı atıklardan kaynaklanan çöp sızıntı suları, şehir merkezinde dağınık olarak yer alan deri sanayi ve Bursa Tekstil Boyahaneleri ile Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren tabakhanelerin ve boyahanelerin atıksuları, kentsel ve kırsal yerleşimlerden kaynaklanan kanalizasyon ve foseptik kaçaklarının yüzey ve yer altı sularına karışması çok yüksek düzeyde risk teşkil etmektedir.

1989, 1999 ve 2009 yılları için yapılan değerlendirmede jeoloji, jeomorfoloji, eğim, baki, büyük toprak grupları, iklim gibi fiziksel özelliklere bağlı olarak arazi kullanımlarındaki yıllara bağlı değişimler risk faktörünü artırıcı rol oynamıştır. (Çizelge 3)

**Çizelge 3.** Toprak kirliliği riskinin 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki yüzdesel değişimi [22]

AÇIKLAMA	RISK DERECESESİ	1989 Yılı		Yüzdesel Değişim	1999 Yılı		Yüzdesel Değişim	2009 Yılı		Toplam Değişim	
		T. ALANI (km2)	YÜZDESİ		T. ALANI (km2)	YÜZDESİ		T. ALANI (km2)	YÜZDESİ	Alansal (km2)	Yüzdesel
Risksiz Alanlar	2-3 arası	154,79	12,25%	-0,04%	154,28	12,21%	-0,11%	153,31	12,10%	-1,48	-0,15%
Az Riskli Alanlar	3-5 arası	384,05	30,40%	0,03%	384,51	30,43%	-0,34%	381,16	30,09%	-2,89	-0,31%
Orta Derecede Riskli Alanlar	5-7 arası	403,99	31,98%	-0,98%	391,77	31,00%	-0,72%	383,51	30,28%	-20,48	-1,70%
Yüksek Riske Sahip Alanlar	7-9 arası	183,56	14,53%	0,86%	194,55	15,39%	0,82%	205,28	16,21%	21,72	1,68%
Çok Yüksek Riske Sahip Alanlar	9-10 arası	136,97	10,84%	0,13%	138,66	10,97%	0,34%	143,27	11,31%	6,3	0,47%
<b>TOPLAM</b>		<b>1263,36</b>	<b>100,00%</b>		<b>1263,77</b>	<b>100,00%</b>		<b>1266,53</b>	<b>100,00%</b>		

1989-2009 yılları arasında toprak kirliliği açısından:

- Risksiz alanlarda yüzölçümü açısından toplam 1,48 km<sup>2</sup> azalma görülmüş olup, risk gurupları bakımından kapladığı alan yüzde 0,15 oranında azalmış,
- Az riskli alanların yüzölçümünde toplam 2,89 km<sup>2</sup> azalma görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 0,31 oranında azalmış,
- Orta derecede riskli alanların yüzölçümünde toplam 20,48 km<sup>2</sup> azalma görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 1,70 oranında azalmış,
- Yüksek riske sahip alanların yüzölçümünde toplam 21,72 km<sup>2</sup> artma görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 1,68 oranında artmış,
- Çok yüksek riske sahip alanların yüzölçümü olarak toplam 6,3 km<sup>2</sup> artma görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 0,47 oranında artmıştır.

**Çizelge 4.** Yer altı suyu kirliliği riskinin 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki yüzdesel değişimi [22]

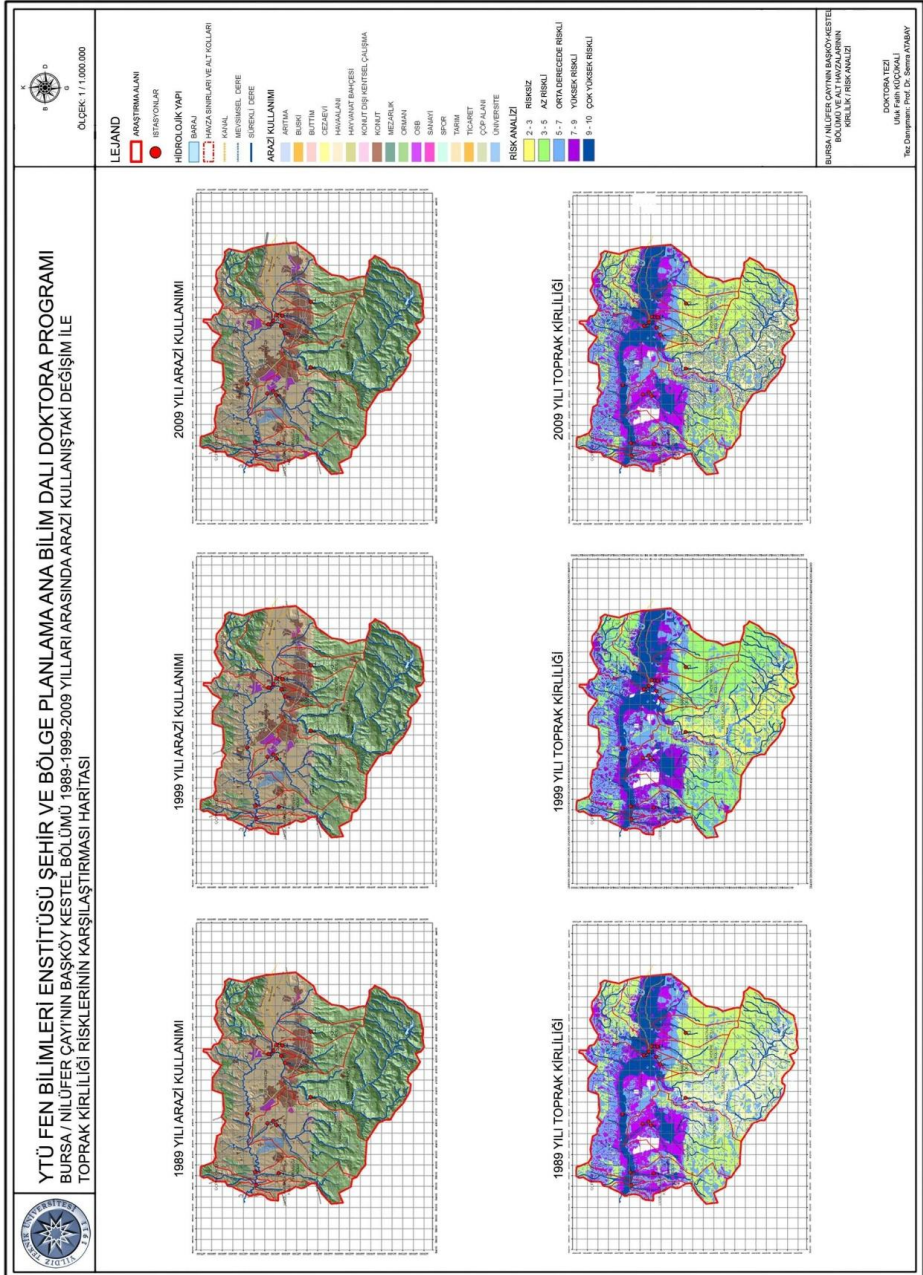
AÇIKLAMA	RISK DERECESESİ	1989 Yılı			1999 Yılı			2009 Yılı		Toplam Değişim	
		T. ALANI (km <sup>2</sup> )	YÜZDESİ	Yüzdesel Değişim	T. ALANI (km <sup>2</sup> )	YÜZDESİ	Yüzdesel Değişim	T. ALANI (km <sup>2</sup> )	YÜZDESİ	Alansal (km <sup>2</sup> )	Yüzdesel
Risksiz Alanlar	2-3 arası	208,64	16,51%	-0,29%	204,97	16,22%	-0,42%	200,05	15,80%	-8,59	-0,71%
Az Riskli Alanlar	3-5 arası	661,81	52,38%	-0,63%	654,02	51,75%	-0,93%	643,71	50,82%	-18,1	-1,56%
Orta Derecede Riskli Alanlar	5-7 arası	381,97	30,23%	1,00%	394,71	31,23%	1,35%	412,58	32,58%	30,61	2,35%
Yüksek Riske Sahip Alanlar	7-9 arası	10,94	0,87%	-0,07%	10,07	0,80%	0,00%	10,19	0,80%	-0,75	-0,07%
Çok Yüksek Riske Sahip Alanlar	9-10 arası	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
<b>TOPLAM</b>		<b>1263,36</b>	<b>100,00%</b>		<b>1263,77</b>	<b>100,00%</b>		<b>1266,53</b>	<b>100,00%</b>		

1989-2009 yılları arasında toprak kirliliği açısından (Çizelge 4):

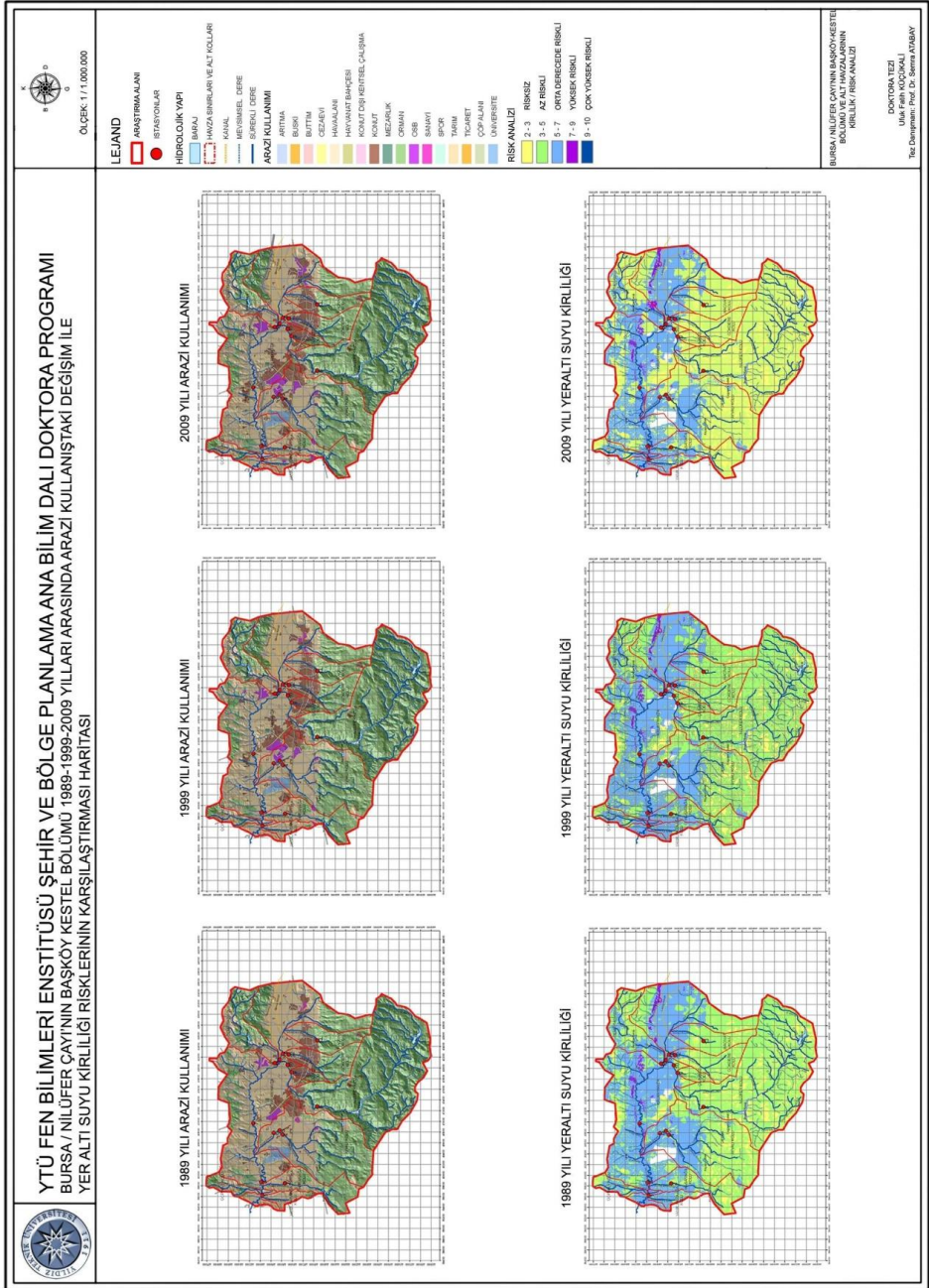
- Risksiz alanların yüzölçümünde toplam 8,59 km<sup>2</sup> azalma izlenmekte olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 0,71 oranında azalmış,
- Az riskli alanların yüzölçümünde toplam 18,1 km<sup>2</sup> azalma görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 1,56 oranında azalmış,
- Orta derecede riskli alanların yüzölçümünde toplam 30,61 km<sup>2</sup> artış görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 2,35 oranında artmış,
- Yüksek riske sahip alanların yüzölçümünde toplam 0,75 km<sup>2</sup> azalma görülmüş olup, risk gurupları bakımından araştırma alanında kapladığı alan yüzde 0,07 oranında azalmış,
- Çok yüksek riske sahip alanlarda bir değişim görülmemiştir.

Toprak ve yer altı su kirliliği riski açısından 1989 – 1999 ve 2009 yıllarına bağlı değişimler saptanmış ve risk alanları ile planlama kararlarının karşılıklı ilişkileri çözümlenerek bu kararların fiziksel mekâna yansıma biçimi ve yarattığı sonuçlar değerlendirilmiştir (Bakınız Şekil 3 ve Şekil 4).





**Şekil 3.** Araştırma alanında 1989 – 1999 – 2009 yılları arasında arazi kullanımındaki değişim ile toprak kirliliği riskinin karşılaştırılması [22]



Şekil 4. Araştırma alanının 1989 – 1999 – 2009 yılları arasında arazi kullanımındaki değişim ile yer altı suyu kirliliği riskinin karşılaştırılması [22]

Toprak ve yer altı su kirliliği riski ile tarım alanlarının yüz ölçümleri arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Tarım alanlarında yüksek toprak geçirgenliğine bağlı olarak toprak ve yer altı su kirliliği riski söz konusudur. Araştırma alanında 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki arazi kullanımları karşılaştırıldığında tarım arazilerinin 20 yıllık bu süre içinde yüzde 6,53 oranında azaldığı görülmektedir. Yüzölçümü açısından bu oran 32,22 km<sup>2</sup>'lik bir tarım alanı kaybına işaret etmektedir. Buna rağmen aynı kırılma yıllarında yapılan toprak kirliliği risk analizleri incelendiğinde tarım alanları üzerindeki çok yüksek ve yüksek riske sahip alanların toplamda yüzde 2,15 oranında arttığı ve bu oranın yüz ölçümü olarak karşılığının 28,02 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı kırılma yıllarında yapılan yer altı suyu kirliliği risk çözümlenmeleri irdelendiğinde tarım alanları üzerindeki orta derecede riske sahip alanların toplamında yüzde 2,35 oranında arttığı ve bu oranın yüzölçümü olarak karşılığının 30,61 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. 1989-1999-2009 yıllarındaki arazi kullanımı değişimleri incelendiğinde tarım alanlarındaki azalmaya karşılık aynı yıllar için yapılan toprak ve yer altı suyu kirliliği riski analizleri tarım alanları üzerinde risk değerlerinde azalma olması beklenirken çok yüksek, yüksek ve orta derecede yüksek risk değerlerinde artışlar görülmektedir. Bunun nedeni geçen 20 yıllık süre içinde gerek tarımsal faaliyetlerin yoğun bir şekilde uygulanmasına bağlı olarak toprağın aşırı işlenmesi, gerekse tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisit, fungusit ve kimyasal gübre kullanımlarındaki artışlardır. TÜİK'e göre Bursa'da 2009 yılı toplam pestisit kullanımı 3441 ton olup, 20 yıllık sürede kayıt dışı kullanımlar hariç pestisit kullanımındaki ortalama yüzde 32'lik artış görülmektedir.

Toprak ve yer altı su kirliliği riski ile orman alanlarının yüz ölçümleri arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Orman alanlarında orman ölü örtüsünden dolayı düşük geçirgenlik oluşmaktadır. Buna bağlı olarak orman alanlarında toprak ve yer altı su kirliliği riskinin az olması veya hiç oluşmaması söz konusudur. Araştırma alanındaki orman alanlarının konumları incelendiğinde araştırma alanının kuzeydoğu kesimlerinde eğimin yüzde 15'ten büyük olduğu anlaşılmaktadır. Alanın kireçsiz orman toprağı gibi killi topraklar ile kaplı olan orman alanları, araştırma alanının güney kesiminde Nilüfer Çayı Altkolu'nda Nilüfer Çayı güzergâhı boyunca uzanan metamorfik kayalar ve kahverengi orman toprağı gibi killi topraklar ile kaplı orman alanları ve Uludağ'ın kuzey ve güney yamaçlarında yer alan volkanit çökelti kayalar ve kahverengi orman toprağı ile kaplı orman alanlarından oluştuğu görülmektedir. Araştırma alanındaki orman alanlarının dağılım gösterdiği alt havzaların eğim, litoloji, toprak grupları özelliklerine bağlı olarak risk değer atamalarına ve risk ağırlıklarına bağlı olarak toprak ve yer altı suyu kirliliği riski açısından risksiz veya az riskli alanlar olduğu görülmektedir.

Araştırma alanında 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki arazi kullanımları karşılaştırıldığında orman alanlarının 20 yıllık bu süre içinde yüzde 2,06 oranında azaldığı görülmektedir. Yüzölçümü açısından bu oran 14,07 km<sup>2</sup> bir orman alanının amaç dışı kullanılarak konut ve tarım arazisine dönüştürüldüğüne işaret etmektedir. Ayrıca aynı kırılma yıllarında yapılan toprak kirliliği risk analizleri incelendiğinde orman alanları üzerindeki risksiz ve az riske sahip alanların toplamda yüzde 0,46 oranında azaldığı ve bu oranın yüzölçümü olarak karşılığının 4,37 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı kırılma yıllarında yapılan yer altı suyu kirliliği risk analizleri incelendiğinde orman alanları üzerindeki risksiz ve az riske sahip alanların toplamında yüzde 2,27 oranında azaldığı ve bu oranın yüzölçümü olarak karşılığının 26,69 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki arazi kullanımlarındaki değişimler incelendiğinde orman alanlarındaki azalmaya karşılık aynı yıllar için yapılan toprak ve yer altı suyu kirliliği riski çözümlenmeleri de orman alanları üzerinde risk değerlerinde azalma olduğu izlenmektedir. Söz konusu kırılma yıllarındaki arazi kullanımına bağlı orman alanlarındaki değişim ile toprak ve yer altı suyu kirliliği riski değişimleri arasındaki sebep-sonuç ilişkisinin olduğunu göstermektedir.

Toprak ve yer altı suyu kirliliği riski ile konut alanları arasındaki ilişki değerlendirilirken konut alanları geçirimsiz sert zemin olarak değerlendirilir. Buna rağmen yerleşim alanlarında ısı, rüzgâr ve yağış gibi iklimsel olaylar sonucunda yapılarda kullanılan yapay kimyasal malzemelerin

çözülmesi parçacıklar halinde taşınmasına bağlı olarak toprak ve yer altı sularını kirletir. Bu nedenden dolayı araştırma alanındaki konut alanlarının konumları ve dağılımı incelendiğinde yüksek ve çok yüksek değerlerde toprak ve yer altı suyu kirliliği riski taşıdıkları görülmektedir. 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki arazi kullanımları karşılaştırıldığında konut alanlarının toplam yüz ölçümündeki artış ile aynı yıllar için yapılan toprak ve yer altı suyu kirliliği riskleri karşılaştırmasındaki artış arasında sebep-sonuç ilişkisi söz konusudur. Araştırma alanında 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki arazi kullanımları karşılaştırıldığında konut alanlarının 20 yıllık süre içinde yüzde 36,42 oranında arttığı görülmektedir. Yüzölçümü açısından bu oran 29,92 km<sup>2</sup> tarım alanı ve orman alanının amaç dışı kullanılarak konut alanına dönüştürüldüğüne işaret etmektedir. Aynı kırım yıllarında yapılan toprak kirliliği risk çözümlenmeleri incelendiğinde konut alanları üzerindeki çok yüksek ve yüksek riske sahip alanların toplamda yüzde 2,15 oranında arttığı ve bu oranın yüzölçümü olarak karşılığının 28,02 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı kırım yıllarında yapılan yer altı suyu kirliliği risk analizleri incelendiğinde konut alanları üzerindeki orta derecede riske sahip alanların toplamda yüzde 2,35 oranında arttığı ve bu oranın yüzölçümü olarak karşılığının 30,61 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. 1989 – 1999 - 2009 yıllarındaki arazi kullanımların değişimleri incelendiğinde konut alanlarındaki artış ile aynı yıllar için yapılan toprak ve yer altı suyu kirliliği riski analizlerinde çok yüksek, yüksek ve orta derecede risk değerlerinde artış görülmektedir. Kırım noktalarındaki arazi kullanımına bağlı konut alanlarındaki değişim ile toprak ve yer altı suyu kirliliği riski değişimleri arasındaki konut alanlarının sert zemin özelliklerine bağlı yüzey sularının toprağa sızmasını engellemesinden dolayı bir ilişki olmaması gerekirken, aralarında sebep-sonuç ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni konut alanlarından kaynaklanan boşaltımların kaçak kuyular ile yer altı sularına, doğrudan boşaltımlar ile yer üstü sularına ve toprağa karışması ve hava kirliliklerinin de inversiyon olguları, iklime bağlı hava koşulları, yağışlar ile toprak ve suya karışmasıdır.

Güncel arazi kullanımına göre araştırma alanında 118,08 km<sup>2</sup> konut alanı mevcutken, 1989 yılında yapılan imar planlarına göre 125,73 km<sup>2</sup> konut alanı öngörülmektedir. Bunun sonucunda 13,65 km<sup>2</sup> konut alanı yapılması ve güncel konut alanlarının yüzde 12,18 oranında artırılması imar planlarıncı desteklenmektedir. Alt havzalar açısından bakıldığında bazı alt havzalarda (Cilimboz, Gökdere, Hacivat, Üçpınar, Yukarıkaraağaç Kolları) konut alanlarının imar planlarında öngörülen değerlerin oldukça üzerine çıktığı görülmektedir. Diğer alt havzalarda da konut üretimi imar planlarıncı özendirilmektedir. Bu durum toprak ve yer altı suyu kirliliği risklerinin artarak devam edeceğine işaret etmektedir.

#### 4. SONUÇ

Arazi kullanımının 20 yıllık süreç içindeki değişimine bağlı olarak meydana gelen kirlilikler ile planlama kararları arasındaki ilişki değerlendirildiğinde; araştırma alanındaki arazi kullanımını biçimlendiren ve “Bursa Metropolitan Alanı” için yapılmış olan imar planları ile güncel arazi kullanımının örtüşmediği görülmektedir.

Bu olgu yasal planlama kararlarının yönlendirdiği arazi kullanımındaki değişime bağlı kirliliklerin yanında yasal olmayan plansız arazi kullanımların neden olduğu kirliliklerin ve risklerin de önemini ortaya koymaktadır.

Yapılan çözümlenme çalışmasından elde edilen bulgulara dayandırılarak planlı veya plansız gelişmeye bağlı ortaya çıkan arazi kullanımının neden olduğu mevcut kirlilik durumu göz önüne alınarak mutlak koruma, koruma – kullanma, sıhhileştirme, yenileme, teknik ve biyolojik onarım yapılacak alanlarının saptanması, gerekir.

Yeni gelişme alanlarının kirlilik riskinden korunmasını sağlamak ve mevcut yerleşim alanlarında görülen su, hava ve toprak kirliliklerinin ortadan kaldırılması için yüksek düzeyde kirlilik yaratan arazi kullanımlarının gözden geçirilerek bu bölgelerin alansal işlevlerinin desantralizasyonu sağlanmalı veya sıhhileştirme tekniklerinin kullanılmasıyla kirlilik

kaynaklarının ortadan kaldırılması sağlanmalıdır. Sorunun köktenci çözümü ise su havzalarının doğal kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından eşiklere dayalı planlama kararlarının oluşturulduğu Ekolojik Master Planı'nın yapılması ve uygulamaya konulmasında yatmaktadır.

## KAYNAKLAR / REFERENCES

- [1] Atabay, S., (1994). “Şehirleşme Süreci ve İstanbul Su Havzalarına Etkileri”, İstanbul'daki Su Havzalarının Çevre Sorunları ve Korunmaları Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Türkiye Tabiatı Koruma Derneği İstanbul Şubesinin Düzenlediği Sempozyum Bildiri Kitabı, Editör: Doç. Dr. Semra Atabay, Yayın No: 21, İstanbul.
- [2] Atabay, S., (1998). “Ekolojik Temele Dayalı Bölge Planlamasına Küreselleşme Açısından Yaklaşım”, Ekolojik Temele Dayalı Bölge Planlama Uluslararası Sempozyum Kitabı, İstanbul Goethe Enstitüsü, Editör: Prof. Dr. Semra Atabay, İstanbul.
- [3] Çepel, N., “Genel Ekoloji”, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3155, Orman Fakültesi Yayın No: 352, İstanbul, 1983.
- [4] Turoğlu, H., “Bartın'da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlara ait Zarar Azaltma ve Önleme Önerileri”, İTÜ Türkiye Kuvaterner Sempozyumu., Bildiriler Kitabı, 104-110, İstanbul, 2005.
- [5] Turoğlu, H., “8-10 Eylül 2009 Tarihlerindeki Yağışların Silivri-Selimpaşa Sahil Kuşağında Neden Olduğu Sel ve Taşkınlar”, DSİ Genel Müdürlüğü, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 31-43, Afyon Karahisar, 2010.
- [6] Reis, S., “Çevresel Planlamalara Altlık Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon İl Bilgi Sistemi (T<B<S) Modeli”, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
- [7] Reis, S. ve Yomralıoğlu, T., “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İl Ölçeğinde Afet Yönetim Amaçlı Planlama”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2005.
- [8] Ekinci, D., “Karadeniz Ereğlisi'nin Zemin Hareketleri Duyarlılık Sahalarının Sınıflandırılması ve Yüksek Riskli Yerleşmelerin Zemin Stabilitate Analizi”, İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, Sayı: 13, Sy: 121-137, İstanbul., 2005.
- [9] Arslan, O., “Su Kalitesi Verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi (Porsuk Çayı Örneği)”, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 99., 2008.
- [10] Özcan, O. ve Musaoğlu, N. ve Şeker, D., Z., “Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi: Sakarya Havzası Örneği”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2009.
- [11] Elçi, A., “Yeraltı Suyu Kalite Verisi ile Optimize Edilmiş Yeraltı Suyu Kirlenebilirlik Haritalarının Oluşturulması: Tahtalı Havzası Örneği”, TUİK 2010 Mekânsal Planlama Jeodezi Sempozyumu, Ankara, 2010.
- [12] Kooistra, L., R., S., E., W. ve LEUVEN, P., H. ve Nienhuis, R. ve Wehrens, ve L., M., C., Buydens, “A Procedure For Incorporating Spatial Variability In Ecological Risk Assessment Of Dutch River Floodplains”, Environmental Management, 2001, 28:359–373.
- [13] Turoğlu, H., “Flood and Flash Floods Analysis for Bartın River Basin”, International River Basin Management Congress, Proceeding, 2007, p:0-14.
- [14] Bursa Büyükşehir Belediyesi, (2002b). Bursa Su Kaynakları ve Güncel Kalitesi Raporu, Bursa.
- [15] BUSKİ, (2010). BUSKİ 2010 Faaliyet Raporu, Bursa.

- [16] Bursa İl Özel İdaresi, (2010). Nilüfer Çayı'na Deşarj Eden Sanayi Faaliyetleri Stratejik Planı, Bursa.
- [17] DSİ, (1984). Bursa Bölgesi Su Kaynakları Kirlilik Araştırması, 1979-1982, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [18] DSİ, (2000). Susurluk Nehri Havzasında Su Kalitesi Yönetimi, 1998-1999, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [19] KHGM, (2008). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Ankara
- [20] Kestioglu K. ve Karaer, F., (1994). "Bursa Nilüfer Çayı Kirlilik Araştırması", Uludağ Üniversitesi., Gökova Körfezi Çevre Sorunları ve Çevre Yönetimi Sempozyumu, Bursa.
- [21] Üstün, G., E., (2006). Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSB) Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Geri Kazanılabirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- [22] Küçükali, U., F., "Bursa / Nilüfer Çayı'nın Başköy – Kestel Bölümü ve Alt Havzalarının Risk Analizi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul., 2012.