T.C.

İstanbul Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İklim Değişikliği Anabilim dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antropojenik Jeomorfolojinin İklim Değişikliğine Etkileri

Emre GİZDEŞ

2501150244

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. T. Ahmet ERTEK

İstanbul–2018

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı	:	EMRE GİZDEŞ	**Numarası**	:	2501150244
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı	:	**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ**	**Danışmanı**	:	YRD. DOÇ. DR. T. AHMET ERTEK
Tez Savunma Tarihi	:	05.02.2018	**Saati**	:	11:00
Tez Başlığı	:	**ANTROPOJENİK JEOMORFOLOJİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİLERİ**			

Versiyon: 1.0.0.2-61559050-302.14.06

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
PROF. DR. BARBAROS GÖNENÇGİL		Kabul
YRD. DOÇ. DR. T. AHMET ERTEK		kabul
YRD. DOÇ. DR. ZAHİDE DENİZ ACAR		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
YRD. DOÇ. DR. CİHAN BAYRAKDAR		
YRD. DOÇ. DR. BEYHAN ÖZTÜRK		

Versiyon: 1.0.0.2-61559050-302.14.06

ÖZ

Antropojenik Jeomorfolojinin İklim Değişikliğine Etkileri

Emre GİZDEŞ

İnsanlar yaşadıkları yeryüzünde çeşitli değişikliklere sebep olmaktadır. Nüfus arttıkça ve teknoloji ilerledikçe yeryüzünde yapılan bu değişiklikler de artmaktadır. İnsanın yeryüzünde yaptığı bu değişikliklerin yani antropojenik jeomorfolojinin etkilediği unsurlardan biri de iklimdir. Ormansızlaşma, tarım, otlatma, çölleşme, ağaçlandırma, şehirleşme, baraj yapımı vb. faaliyetlerle antropojenik jeomorfoloji iklimi etkiler.

Tez hazırlanırken çok sayıda yerli ve yabancı kaynak taranmıştır ve bu çok sayıda kaynaktan toplanan bilgiler düzenlenip birleştirilerek çalışma oluşturulmuştur. Sonuç olarak antropojenik jeomorfolojinin özellikle yerel iklimler üzerinde göz ardı edilemeyecek etkileri olduğu, bu etkilerin bazen sera gazlarından kaynaklanan etkilere denk olduğu hatta onları geçebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: antropojenik jeomorfoloji, arazi kullanımı, arazi örtüsü değişimi, iklim değişikliği, şehir ısı adaları

ABSTRACT

Effects of Anthropogenic Geomorphology to Climate Change

Emre GİZDEŞ

Humans cause various changes to the earth they live on. As population increases and technology advances, these changes on the earth are also increases. Climate is one of the elements affected by these changes humans made on earth namely anthropogenic geomorphology. Via actions as deforestation, agriculture, grazing, desertification, afforestation/reforestation, urbanization, dam building etc. anthropogenic geomorphology affects climate.

While the thesis was being prepared, a large number of sources were scanned and the information gathered from this large number of sources is edited and combined. As a result, anthropogenic geomorphology has been found to have some effects that cannot be ignored, especially on local climates, and these effects are sometimes seen to equal to, or even exceed, the effects of greenhouse gases.

Keywords: anthropogenic geomorphology, land use, land cover change, climate change, urban heat islands

ÖNSÖZ

Tez konum için önceden aklıma gelen bazı konular çeşitli sebeplerden üzerinde çalışmaya uygun olmayınca aklımdaki son fikri, jeomorfolojinin iklim değişikliğine etkileri konusu hakkındaki fikrini öğrenmek için Sayın Hocam Prof. Dr. Barbaros GÖNENÇGİL'e danışmaya gittim. O da bana daha özel ve ilginç bir konu olan antropojenik jeomorfolojinin iklim değişikliğine etkilerini önerdi ve beni Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERTEK'e yöneltti.

Antropojenik jeomorfoloji ifadesi nispeten yeni kullanılmaya başlanmış bir ifadedir ve henüz kullanımı yaygınlaşmamıştır. O yüzden konuyla ilgili araştırma yaparken bulduğum kaynaklarda bu ifade yerine sıkça arazi kullanımı (land use) veya arazi örtüsü değişimi (land cover change) ifadeleri kullanılmaktadır. Bu ifadeler ya da bunların iklim değişikliğine etkileri antropojenik jeomorfolojiyle hemen hemen aynı anlama gelmektedir. Bu çalışmada, bu ifadeler alıntı yapılan kaynakta ne şekilde kullanıldıysa o şekilde kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı antropojenik jeomorfolojinin iklim değişikliği üzerine etkilerini açıklamak ve insanların iklim değişikliğine katkısının sera gazı salınımından ibaret olmadığını vurgulamaktır.

Bu tez antropojenik jeomorfolojinin iklim değişikliğine etkileri hakkında Türkçe bilgi veren bir çalışma olması açısında önem taşımaktadır.

Tez çalışmam sırasında bana yol gösteren Hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERTEK'e teşekkür ederim.

Emre GİZDEŞ

İSTANBUL, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **v**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ ..... **x**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xi**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM .....

ANTROPOJENİK JEOMORFOLOJİ .....

İKİNCİ BÖLÜM .....

İKLİM, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE NEDENLERİ .....

2.1 Güneş lekelerinde görülen değişimlerin etkileri 9

2.2. Dünyanın hareketlerinin etkileri 10

2.3. Atmosferin bileşimindeki değişimlerin etkileri 13

2.4. Litosferdeki değişimlerin etkileri 14

2.5. İnsanın etkileri 15

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....

ÇEŞİTLİ ANTROPOJENİK JEOMORFOLOJİK ŞEKİLLERİN İKLİME ETKİLERİ .....

3.1. Bitki Örtüsünde Yapılan Değişikliklerin Etkileri 21

3.2. Şehirleşmenin Etkileri 41

3.3. Barajların Etkileri 49

SONUÇ..... 51

KAYNAKÇA..... 53

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. İnsan Toplumunun Örneklerle Jeomorfolojik Etkileri. 5

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Tropik ormanların ortadan kaldırılması ve mevsimsel yüzey sıcaklıklarına etkileri. 23

Şekil 3.2. Arazi örtüsü değişimi tipleri için kanopi sıcaklıklarının (^{0}C) ortalama farkları. 27

Şekil 3.3. A.B.D. Nebraska'da 1945'ten sonraki dönemde sulanan alanlarda soğuma. 34

Şekil 3.4. Tarcal'daki Szarvas Çiftliği Yolu'nun taraçalarındaki bağların don hasarı planı. 40

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf 3.1. Güneybatı Avustralya üzerindeki 1500 LST'de Geostationary Meteorolojik Uydusu'ndan (GMS) 3 Ocak 1999'daki görüntü. 31

Fotoğraf 3.2. New York'un termal görüntülerinden elde edilen şehir ısı adası (solda) ve şehir içi arazi kullanımı (sağda) 44

KISALTMALAR LİSTESİ

A.B.D. : Amerika Birleşik Devletleri

GAP : Güneydoğu Anadolu Projesi

GMS : Geostationary Meteorological Satellite

GR : Green Revolution

ICOLD: International Commission on Large Dams

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

LAI : Leaf Area Index

LST : Local Standard Time

NCMC: Non-Classical Meso-scale Circulations

PBL : Planetary Boundary Layer

TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission

UHI : Urban Heat Islands

GİRİŞ

İnsanlar yeryüzünü çeşitli yollarla etkilemektedir. Bu etkiler zaman içerisinde nüfus artışıyla, doğal kaynakların tüketilmesiyle ve teknolojinin ilerlemesiyle giderek büyümektedir. İnsanların yeryüzüne yaptıkları bu değişiklikleri ve etkilerini inceleyen bilim dalı antropojenik jeomorfolojidir. İnsanın kendi yaşadığı ortamda yani yeryüzünde yaptığı bu değişiklerin dolayısıyla hem fiziki hem de beşeri coğrafya üzerinde çeşitli etkileri vardır.

Bu çalışmada insanın yeryüzünde yaptığı değişikliklerin yani antropojenik jeomorfolojinin fiziki coğrafya faktörlerden biri olan iklim değişikliğine etkileri çeşitli örnekler de verilerek açıklanmaya çalışılmıştır. Metot olarak kaynak taraması kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı insanların iklim değişikliğine olan etkisine sıkça yapılan şekilde sera gazı salımları açısından değil de antropojenik jeomorfolojinin yarattığı etkiler açısından bakmak ve insanlar tarafından yeryüzünde yapılan bu değişikliklerin iklim değişikliğine olan etkilerine dikkati çekmektir.

Çalışmanın birinci bölümünde önce antropojenik jeomorfolojinin ne olduğu ve insanların yeryüzüne direkt ve dolaylı etkilerine dair örnekler de verilerek genel bir şekilde açıklanmıştır. Sonra da iklim değişikliğiyle ilgili, iklimin ve iklim değişikliğinin ne olduğuna, iklimin değişikliğinin nedenlerine (hem doğa hem de insanlar tarafından kaynaklanan nedenlerine) dair genel bir bilgi verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümündeyse şehirleşme, baraj yapımı, ormansızlaşma, ağaçlandırma gibi insanların yeryüzünde yaptıkları değişikliklerin iklim değişikliğine etkisi örneklerle açıklanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ANTROPOJENİK JEOMORFOLOJİ

Antropojenik jeomorfoloji insanların son derece farklı sebeplerle oluşturduğu ya da değiştirdiği ve birbirinden son derece farklı olan, giderek gelişen ve genişleyen yerşekillerini inceleyen ve insan faaliyetlerinin aşınma, birikme ve taşınma gibi jeomorfolojik süreçlerin işleyişini etkilemesini inceleyen bilim dalıdır.

Bugün insan faktörü, yerşekillerini şekillendirmede diğer faktörlere eşit önemdedir. Gerçi insan faktörünün etkisinin şiddeti toplum tarafından salınan enerjiye bağlıdır (ki bu iç kuvvetlere kıyasla önemsizdir) ama sadece çoğu dış kuvvet sürecini harekete geçiren enerjiye eşit olmakla kalmaz etkililikte bazılarını geçer. 1982'de Holdgate Dünya'nın yıllık yeniden işlenmiş toplam toprak ve kaya miktarını $3x10^{12}$ ton olarak hesapladı. Bu tüm nehirlerin yıllık toplam boşaltımından ($2,4x10^{10}$ ton - Judson'a göre 1968) iki kat daha büyüktür (Szabó, 2010). Bu da bize insanların yeryüzünde yaptıkları değişikliklerin artık göz ardı edilemeyecek boyutta olduğunu gösterir.

İnsan nüfusu arttıkça, yeni araziler ve doğal kaynaklar kullanıldıkça ve yeni teknolojiler benimsendikçe insanların etkisi gittikçe büyümektedir (Goudie, 2010). Katlanan nüfus artışı daha fazla ihtiyaca yol açmış ve enerjiye olan ihtiyaçları karşılayabilmek için yeterli olması daha da hızlı artan seviyelerde yüzey malzemelerinin işlenmesine sebep olmuştur (Szabó, 2010). İnsan faaliyetleri hem şekil olarak hem de sediment akışlarıyla karaların yarısından fazlasını değiştirmiştir (Hooke v.d., 2012); Dünya'nın buzulsuz yüzeyinin %25'inden azı yabanıl ortam sayılabilir (Ellis and Ramankutty, 2008). Eğer insanlık bu şekilde devam ederse antropojenik jeomorfolojik süreçlerin diğer jeomorfolojik süreçleri oldukça geride bırakması normaldir. Bundan dolayı antropojenik jeomorfolojinin gün geçtikçe önem kazandığını söylemek yanlış olmaz.

Yeryüzündeki insan etkisi sadece diğer doğal sistemleri etkilemekle kalmaz, kendi üzerinde de giderek artan derecede bir tepkiye sahiptir. İnsanların kendilerinin oluşturduğu veya değiştirdiği çevrede yaşamlarını sürdürdüklerine dair kanı insanların jeomorfik faaliyetleri için de doğrudur (Szabó, 2010).

Antropojenik jeomorfolojinin konusunun karmaşıklığı ve birden çok görevi açık bir iç sistemleşme ihtiyacını doğurmaktadır. İnsan faaliyetlerinin yüzeyde direkt mi yoksa dolaylı mı etki yaptığına dayanan bir sistemleştirme genel bir yaklaşımdır (Szabó, 2010). Direkt etki şeklen bariz olma eğilimi gösterir ve çoğunlukla bilerek ve isteyerek yapılır. Bunlar inşaat, kazma (ör. madencilik ve taşçılık), hidrolojik girişim (ör. baraj inşa etme), tarım (yetiştiricilik, otlama ve bahçıvanlığı içerir) ve askeri faaliyetler (ör. suni kraterler) tarafından oluşan yeryüzü şekillerini içerir. Diğer yandan dolaylı antropojenik faaliyetler tarafından oluşan yerşekillerinin fark edilmesi çoğu kez daha zordur çünkü yeni yerşekilleri oluşturma yerine doğal süreçlerin hızlanmasına yol açma eğilimindedirler. Bunlar istemeden, insan faaliyetleri tarafından yapılan çevresel değişiklerden kaynaklanır. İnsanlar keserek, buldozerle, yakarak ve otlatmayla arazi örtüsünü ortadan kaldırarak veya değiştirerek erozyon ve sedimantasyon hızını artırmıştır (Goudie, 2010). Örneğin, ormansızlaşmanın erozyonu hızlandırdığı yerde hızlı sedimantasyon akıntısı kısmen veya tamamen antropojenik yerşekli olan birikinti yelpazeleriyle ve deltalarla sonuçlanabilir (James v.d., 2013). İnsanların jeomorfolojik etkileri aşağıda sınıflandırılmıştır (Tablo 1.1):

Erozyon yani çoğunlukla malzeme eksilmesine yol açan süreçler “negatif yerşekilleri” (yüzeydeki depresyonlar) antropojenik jeomorfolojide karşılığını kazılar olarak bulur. Çoğunlukla “pozitif yerşekilleri” (yükseltiler) oluşturan yüzeydeki birikimler yapıcı, agradasyonal hatta burada birikim şekilleri olarak adlandırılabilir. Üçüncü tip yerşekilleri çoğunlukla insan faaliyetleri tarafından oluşturulmuştur, doğal jeomorfolojik süreçlerin kategorisinde tam olarak ifade edilemezler: Buna düzleştirme (planation) denir, doğal şartlarda hem erozyon hem de birikim süreçlerinden kaynaklanabilir. Antropojenik jeomorfolojide de genellikle durum böyledir. Düzleştirmeyle, insanlar kendileri veya doğa tarafından oluşturulan yerşekillerini bile yok edebilirler (ör. bir vadiyi enkazla doldurmak, bir kumulu hatta yerleşim yerini düzleştirmek). Genel bir formülasyonda çoğunlukla yüzeyin eğimi azalır. Bu uzun süreli faaliyet doğal çevre için belli bir tehlikedir. Direkt etkileri sınıflandırmadaki diğer bir yön yerşekillerinin oluşumunun insan faaliyetlerinin amacı mı olduğu yoksa sadece az çok kaçınılmaz bir yan ürün mü olduğudur. Tepelerin ve dağların yamaçlarına tarımsal amaçlı taraçalar yapıldığında yamaçların karakterindeki değişimler üretimin yararına uygulanmaktadır, bu yüzden taraçalar burada ilksel yerşekilleridir. Bir başka durumdaysa, madencilik sırasında atık alanları

birikim sahalarına dönüştürülür. Bu durumda işe yarar malzemeyi çıkarmak için “işe yaramaz” malzeme depo edilmelidir.

Müdahale Yeri	Arazi Şekillendirme Tipi	Direkt		Dolaylı	
		Birincil	İkincil	Nitel	Nicel
Dağlık	K	--	Açık dökme çukurları	Çökme	Madene giren sularının neden olduğu akarsu şekilleri
	D	--	Atık dolu vadiler	Çukurlardaki birikim	
	B	--	Atık molozları	Atık çukuru	
Endüstriyel	K	Serinleme göl çanakları	Maden ocakları düzlemesi	Endüstriyel hammadde depolama alanları üzerine kütle hareketleri	Kanalizasyon akıntıları ile hızlanan erozyon
	D	Sanayi siteleri	Çamurlu rezervuarlar		
	B	Rüzgarsız yel değirmenleri	Curuf biriktirme alanları		
Kentsel	K	Mağara evler	Balçık çukurları	Bodrum katı çökmeleri	Korunmuş yüzeylerden akışla oluşan erozyon
	D	İnşaat için düzleme	Çöp bertaraf sahaları		
	B	Höyükler, mezar tepecikler	Enkaz tepeleri		
Trafik	K	Yol engelleri	Oyuk yollar	Dolgularda oturmalar	Artan boru hatları
	D	Havaalanları	Hareket eden tümsekler		
	B	Dolgular	Yol kenarında birikmeler		
Su yönetimi	K	Yapay kanallar	Siper çukurları	Baraj nedeniyle aşınma	Yol menfezleri içinde birikimler
	D	Polderler	Kestirme kısa yollar		Hızlı yarılmalar
	B	Leveler	Göl tarama kanalını düzleme		Barajlarda birikim
Tarımsal	K	Su delikleri	Kazı çukurları	Hızlı hendekleşme	Rüzgar taşıma şekilleri
	D	Taraçalar	Psödo-taraçalar	Yüzeysel sellenme	Silt yayılımı
	B	Sabanla sürülen yamaçlardaki gevşek topraklar	Taş sırtlar	Birikinti yelpazeleri	Delta genişlemesi
Savaş	K	Hendekler (kale)	Bomba çukurları	Patlamalar sonucu oluşan çığlar	Savunma amaçlı su kanallarının erozyonu arttırması
	D	Havaalanları	Zarar gören yerleşmeler		
	B	Toprak manialar	Moloz yığınları		
Turizm, spor	K	Rekreatif göl havzaları	Alan sporları (motokros)	Rekreatif göl kıyıları boyunca aşınma	Yürüyüş yolları boyunca hızlanan erozyon
	D	Spor pistleri	manzaraları		
	B	Kayakla atlama rampaları			

K = Kazma süreçleri / yerşekilleri; **D** = Düzenleme süreçleri / Düzenlenen yerşekilleri; **B** = Biriktirme süreçleri / yerşekilleri

Tablo 1.1. İnsan Toplumunun Örneklerle Jeomorfolojik Etkileri. (**Kaynak:** Szabó, J.: "Anthropogenic Geomorphology: Subject and System," Anthropogenic Geomorphology (A Guide to Man-made Landforms),Ed. by. Szabó, J., Dávid, L., Lóczy, D., Springer, Dordrecht, 2010.)

Faaliyetin amacının perspektifinden bakıldığında atık sahaları burada ikincil yerşekilleridir (Szabó, 2010). Kısaca, değişiklik yapılan yüzeydeki değişikliklerin, söz konusu yüzeyin kendisini kullanmak için yapılmışsa ilksel yer şekillerine yoksa ikincil yer şekillerine örnek olduğu söylenebilir.

Dolaylı etkiler de daha fazla bölünebilir. Dolaylı etkilerin büyük bir kısmı insan faaliyetleri olmadan tetiklenmeyecek veya meydana gelmeyecek süreçleri ve yerşekillerini içerir. Daha önce üzerinde durulan alandan örnek vermek gerekirse: Bazen vadi boyutunda olan atık alanlarının yamaçlarındaki boğazlar veya "barrankoslar", atık alanlarının eteğindeki birikinti yelpazeleri veya ciddi tehlike arz eden heyelanların hepsi bu kategoriye girer. Süreçlerin kendileri tamamen fizik kurallarına göre oluşur ve sonucunda meydana gelen yerşekilleri doğal sistemlerin bir parçası olarak oluşan yerşekillerinden hiç de farklı değildir. Ancak kökenleri hakkında bilgi sahibi olmadan çevresel ve jeomorfolojik önemleri belirlenemez. Yeni etkenin süreçleri ve yerşekilleri bölgeye eklendikçe nitel olarak sınıflandırılırlar (Szabó, 2010). Yani dolaylı etkiler, insan faaliyetlerinin meydana getirdiği değişikliklerden kaynaklanarak kendiliğinden ortaya çıkan etkilerdir. Başka bir ifadeyle, dolaylı etkiler insanın kendi meydana getirdiği etkiler olmayan ama insanın meydana getirdiği yer şekillerinden dolayı kendiliğinden ortaya çıkan etkilerdir.

Dolaylı insan etkilerinin işleyişinin başka bir yolu daha vardır. Faaliyet veya faaliyetin sonucunda oluşan yerşekilleri yeni süreçlere neden olmazlar, sadece zaten işleyen süreçlerin ve sonuçlarının kapsamını ve oranını değiştirirler. Burada yeni bir süreç meydana gelmediğinden bir sahanın doğal gelişimindeki etki nitel değil niceldir. Buna iyi bir kanıt yüzeysel akışla oluşan erozyondur. Ormanları ortadan kaldırmanın genellikle akışı artırdığı ve taşkınlara neden olduğu iyi bilinmektedir. Su toplama havzasının yukarı kesimindekine ek olarak ovaya ulaşan akarsuların artan sediment yükü oradaki birikimin yoğunluğunu artırırken yarılma hızlanabilir. Değişim bazen oldukça muazzam ve hızlı olsa da daha az miktarda da olabilir, örneğin madencilik çalışması sırasında maden suyu derinden çıkarılır ve yüzeydeki kanallara iletilir. Fazladan deşarj yarılmayı hızlandırır, taraçalar bir gecede şekil alabilirken diğer yerlerde artan birikim kanalların çevresinin morfolojisini değiştirir, böylece toplumu da etkileyen bir dönüşüme neden olur (Szabó, 2010). Bu durumda da dolaylı etkiler, devam eden süreçleri ve etkileri artırarak veya azaltarak değişikliğe neden olurlar.

Açık bir durum antropojenik etkileri insan faaliyetlerinin karakterine göre sınıflandırmaktır. Burada dinamik jeomorfolojinin bir başka genel prensibi uygulanmıştır. Yerşekilleri genellikle farklı süreçlerin etkileşimiyle oluştuğundan ortaya çıkan manzarada (landscape) her bir sürecin katkısını ayırt etmek her zaman kolay değildir. Ancak bütün morfoloji, her bir sürecin karakteristik işleyişine ve jeomorfik etkisine dair kesin bir bilgi olmadan yorumlanamaz. Bu amaçla akarsuların ve rüzgarın jeomorfik etkisi akarsu veya rüzgar jeomorfolojisi olarak ayrı ayrı ele alınır. Benzer şekilde toplumun üretken faaliyetinin her bir bölümünün etkisi de ayrı ayrı araştırılmalıdır. Çok sayıda bölüm yüzünden sınıflandırma çok karmaşık olabilir. Hiyerarşik bir çözümde temel sosyal faaliyet türleri önce belirlenir sonra alt bölümlere ayrılır. Son yıllarda yazılan makalelerde antropojenik jeomorfolojinin aşağıdaki çalışma alanları belirlenmiştir (Szabó, 2010; Ertek, 2017):

- Madencilik. İlgili süreçler ve sonucunda oluşan yerşekilleri genellikle "dağlık" veya "dağ kökenli" (montanogenic) olarak adlandırılır.
- Endüstriyel etki "endüstri kökenli" (industrogenic) yerşekillerini yansıtır.
- Yerleşim yerlerinin genişlemesi manzara (landscape) üzerinde gittikçe artan alanlarda büyük bir etki yaratır. Bu etkiler "kentsel kökenlidir" (urbanogenic).
- Trafik de yeryüzü üzerinde oldukça karakteristik etkilere sahiptir.
- İlk uygarlıklar geliştikçe son derece gelişen tarım da akarsulara dayanmıştır. Su yönetimi antropojenik jeomorfolojide özel bir konuma sahiptir.
- Tarım yeryüzünde değişikliklere sebep olan bir başka sosyal faaliyettir. "Tarımsal kökenli" (agrogenic) etkiler ormancılıktan kaynaklanan dönüşümü de içerir.
- Savaş verimli bir faaliyet olmasa da yeryüzüne etkisi uzun sürelidir.
- Buna karşın turizm ve spor faaliyetlerinin etkileri antropojenik jeomorfolojide oldukça yeni çalışma alanlarıdır.
- Enerji ihtiyaçlarının artışı.
- Dijitalleşme ve küreselleşen dünya.

İKİNCİ BÖLÜM

İKLİM, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE NEDENLERİ

İklim, bir bölgede uzun yıllar boyunca değişmeyen hava koşullarının uzun yıllara ait ortalama halidir. İklim yeryüzünü biçimlendiren ve yeryüzündeki canlı hayatının devamını sağlayan en önemli süreçlerden biridir.

Günümüzde de tüm teknolojik gelişmelere rağmen iklim, doğal çevre koşullarını ve bununla bağlantılı olarak insanın yeryüzüne dağılışı, sağlığı, başta tarım olmak üzere her alandaki etkinliklerini belirleyen en önemli etmendir (Erlat, 2009).

İklimle ilgili çalışma yapan bilim dalıysa klimatolojidir. Klimatoloji hava olaylarını doğrudan veya o olayların bir ürünü olan sıcaklık, nem, yağış, basınç, rüzgar gibi iklim elemanlarını ve etmenlerini ayrı ayrı ele alır, sonra onların karşılıklı etkilerini ve hava olaylarına katılma oranlarını belirler. Bu şekilde önce günlük hava olaylarını, sonra da uzun yıllar boyunca birleşerek oluşturduğu iklim tip ve bölgelerini tanımaya ve açıklamaya çalışır. Yani klimatoloji "çevrenin şekillenmesi yönünden hava olaylarının genel karakterlerini, coğrafi dağılışlarını inceleyen ve açıklayan bilim koludur" (Erol, 1988). Buna göre, klimatolojinin esas uğraşısı iklim ve onun çevre üzerine (canlı ve cansızlar açısından) etkilerini araştırmak, anlamak ve açıklamaktır (Gönençgil, 2008).

Temel olarak iklim değişikliği, meteorolojik hadiselerin uzun süreli ortalamalarından olan sapmanın ya da değişimin yine uzun süreli olabilmesi ile ilgilidir. Bugünkü jeomorfolojik görünüm, manzara bütünlüğü içerisinde ortaya konan yüzey şekilleri, aynı coğrafi birimde farklı topografyaların görülebilmesi ve biyolojik çeşitlilik, sürekli değişim halinde olan iklimlerin eseridir (Gönençgil, 2008). Bir bölgedeki iklimin değişmesinin yanısıra bölgenin farklı iklim kuşaklarına doğru olan hareketinin (kıtaların kaymasının) dolayısıyla farklı enlemlerde bulunmasının da etkisi olmuştur.

İklim değişikliğinin nedenleri şu alt başlıklar altında açıklanabilir:

1. Güneş lekelerinde görülen değişimlerin etkileri
2. Dünyanın hareketlerinin etkileri

3. Atmosferin bileşimindeki değişimlerin etkileri

4. Litosferdeki değişimlerin etkileri

5. İnsanın etkileri

2.1 Güneş lekelerinde görülen değişimlerin etkileri

Güneş lekesi, güneş yüzeyinde çevresine göre nispeten daha soğuk ancak manyetik etkinliklerin gözlemlendiği alanlardır. Güneş lekelerinin sayıları 11 yıllık periyodlar içerisinde değişim göstermektedir. Yapılan gözlemlerde bu sayıların arttığı ya da azaldığı dönemlerde sıcaklıkların da değişim gösterdiği vurgulanmaktadır (Gönençgil, 2008). Güneş lekelerinin arttığı dönemde gelen solar radyasyon artmakta lekelerin azaldığı dönemdeyse gelen solar radyasyon azalmaktadır.

Güneş lekeleri sayılarının 11 yıllık periyodlar (1-1,5 yıllık sapmalar olabilmektedir) halinde gösterdiği kabul edilen değişim "güneş lekesi döngüsü" (sunspot cycle) olarak adlandırılmaktadır (Gönençgil, 2008). Bir güneş lekesi döngüsünde, "solar maksimum" olarak adlandırılan ve güneş lekeleri ile güneş patlamalarının sayısının en yüksek seviyeye ulaştığı bir dönem vardır. Birkaç yıllık yüksek etkinlikten sonra güneşteki aktivite tekrar azalmaktadır. Hesaplamalara göre, güneşin uzaya yaydığı enerji miktarı bir güneş lekesi döngüsünün iki ekstremi arasında % 0,1 civarında değişmektedir (Frölich and Lean, 1998). Küçük Buzul Çağı güneş lekelerinin en düşük ölçülmüş seviyelerde olduğu zamana denk gelmektedir.

Güneş lekelerinin sayısında görülen bu döngüler yeryüzünde iklim koşullarını on yıldan yüzyıla uzayan bir zaman diliminde etkilemektedir. Bu etkilerin başında, güneş lekelerine bağlı olarak dünyanın aldığı radyasyon miktarındaki değişmeler gelmektedir. Bu durumun yeryüzünde yıllar arası sıcaklık değişmelerini ve atmosfer salınımlarını büyük ölçüde etkilediği düşünülmektedir (Erlat, 2009).

Güneş lekelerindeki döngüler aynı zamanda dünya atmosferine giren yüklü parçacıkların ve bununla ilişkili olarak bulutluluk oranını da belirlemektedir. Küresel olarak alçak bulutların oranı ile güneş patlamaları sırasında atmosfere giren yüklü parçacıklar arasındaki korelasyon bu durumu doğrulamaktadır (Erlat, 2009).

Yapılan çalışmalar 11 yıllık güneş döngüsü ile büyük basınç sistemlerinin coğrafi konumları arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu basınç sistemlerinin yerindeki kaymaların yağış getiren sistemlerin güzergahlarını etkilediği dikkate alındığında, güneş lekeleri sayısındaki artışlara bağlı olarak dünyanın bazı bölgelerinde yağışın artıp sıcaklıkların azalmasını veya tam tersi kuraklaşmasını ve ısınmasını açıklamak mümkün olmaktadır (Christoforou and Hameed, 1997).

Güneşte meydana gelen parlamalar da solar radyasyon miktarında değişikliklere neden olan bir diğer olaydır. Güneş parlamaları ile ilgili bilinmezliklere rağmen, bu parlamaların manyetik alan yaratarak büyük oranda enerji yayımına neden olduğu bilinmektedir. Güneş parlamaları ile manyetik alan oluşturan solar radyasyon yeryüzünde sıcaklıkların artmasına neden olur. Güneş parlamaları bir başka ifade ile güneşin ışıma gücündeki değişiklikleri meydana getirerek, iklim değişiklerinin oluşması ya da seyri üzerinde etkili olur. Zira güneş parlaması sırasında oluşan ışımanın yoğunluğu normal ışımanın birkaç yüz katına çıkabilmektedir (Ökten, 2001).

2.2. Dünyanın hareketlerinin etkileri

Dünyanın başlıca 3 çeşit hareketi bulunmaktadır. Bunlar, dünyanın kendi ekseni etrafında dönmesi (rotasyon), güneşin etrafında dönmesi (revolusyon) ve kendi etrafı sırasında oluşan topaç hareketidir (presesyon). Rotasyon sırasında gece-gündüz değişimlerinin yaşanmasına bağlı olarak güneşten gelen enerjide değişimler olacağından günlük sıcaklık farkları ortaya çıkmaktadır. Revolusyonda ise dünyanın güneş etrafında elipsoid bir yörüngede döndüğü varsayılarak yıllık sıcaklık değişimleri ve mevsimlik farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Üçüncü ve önemli bir hareket olan presesyon dünyanın ekvator kısmının nispeten şişkin eksenin eğimli olmasının neden olduğu bir harekettir (Erinç, 1984). Presesyon da dünyanın yörüngedeki konumuna göre yaşanan mevsimlerin başlangıç zamanını değiştirir.

Revolusyon hareketinde Dünya yörüngesinin şekli daireye yakın bir şekilden elipse benzer bir şekle doğru değişmektedir. Dünya yörüngesinin dış merkezliliğinin 0,005'ten 0,058'e (maksimum dairesel ve maksimum elipstik yörünge) değişmesi, küresel ölçekte yıllık olarak güneşten alınan radyasyon miktarında %0,2'lik bir değişim yaratmaktadır. Günümüzde yörünge elipsinin dış merkezliliği 0,017 ile daireye yakın bir şekildedir (Erlat, 2009). Dünya yörüngesi itibariyle güneşe en yakın

geldiği noktaya günberi, en uzak noktaya ise günöte denmektedir. Halen günberi noktası 3 Ocak'a, günöte noktası ise 4 Temmuz'a denk gelmektedir (Gönençgil, 2008).

Revolusyon hareketinde görülen bu değişim, ay ve diğer gezegenlerin çekim gücü ile ilgilidir (Gönençgil, 2008). Yörüngedeki bu değişimler 96000-125000 yıllık süreleri içermektedir (Maslin and Chirstensen 2007).

Eliptik yörünge; yeryüzünün farklı bölümlerine yılın farklı dönemlerinde değişik miktarlarda solar radyasyonun ulaşmasına neden olmaktadır. Ancak genel trend; yörünge dairesellikten eliptik olmaya doğru giderken sıcaklıkların artması yönünde iklimsel değişikliklere neden olmaktadır. Dairesel yörünge ise soğuk iklim koşullarını etkin kılarak, buzullaşmayı teşvik eder (Turoğlu, 2011). Yani eliptik yörünge sırasında, her ne kadar dünya uzak konumdayken güneşten daha az enerji alsa da yakın konumdayken daha fazla aldığı için bu, buzullaşma etkisini azalmaktadır. Ama dairesel yörünge sırasında güneşten daha fazla enerji alma söz konusu olmadığı için bu, buzullaşmayı desteklemektedir.

Ayrıca dünyanın yörünge elipsinin dış merkezliliği en yüksek değerine eriştiğinde, yörüngede en uzak noktayken yaşanan mevsim süre olarak uzamaktadır. Çünkü dünya yörüngesi üzerinde hareket ederken güneşten uzaklaştığında yavaşlamakta, güneşe yaklaştıkça hızlanmaktadır. Bugün olduğu gibi, kuzey yarımküre için sonbahar ve kış mevsimi yörüngede güneşe en yakın noktayken yaşanıyorsa, dünya maksimum yörünge hızında hareket ettiği için kuzey yarımkürede sonbahar ve kış, ilkbahar ve yazdan biraz daha kısa olmaktadır. Bunun sonucu günümüzde kuzey yarımkürede kış mevsimi yazdan ortalama 4,66 gün, sonbahar ise ilkbahardan 2,9 gün daha kısadır. Güney yarımkürede ise bu durumun tam tersi yaşanmaktadır (Erlat, 2009).

Eksen eğikliği, Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketinde takip ettiği yörüngeye dik olan doğru ile dünya ekseni arasındaki açıdır. Bu açı sayesinde yeryüzünde mevsimler oluşmaktadır (Erlat, 2009).

İklim değişmeleri açısından ele alındığında, yörünge dış merkezliliğine göre dünyanın dönme eksenine olan eğikliğinde görülen değişmelerin çok daha fazla etkili bir faktör olduğu görülür. Çünkü yeryüzünde herhangi bir yerin aldığı güneş radyasyonu miktarı doğrudan dünyanın dönme eksenine eğikliği ile ilişkilidir.

Dünyanın dönme ekseni eğikliği yaklaşık 41000 yılda $22,1^0$ ile $24,5^0$ arasında değişmekte ve bu durum dünya üzerindeki herhangi bir noktanın aldığı güneş radyasyonun mevsimlere dağılımını etkilemektedir (Erlat, 2009). Günümüzdeki eksen eğikliği 23^0 27'dır ve azalma eğilimindedir.

Eksen eğikliğinin artması; daha geniş sahaların solar radyasyonu dik açı ile almasına dolayısıyla daha geniş alanların daha fazla ısınmasına, sıcak bölgelerin yüksek enlemlere kaymasına, kutup bölgelerinde sıcaklıkların artmasına ve yüksek enlemlerdeki buzulların erimesine neden olur. Gece-gündüz ve mevsimler arasındaki sıcaklık farkları daha fazla olur. Eksen eğikliğinin azalması ise; solar radyasyonun dik açı ile geldiği sahaların daralmasına, yüksek sıcaklıkların ekvator bölgesine kaymasına, kutup bölgelerinde sıcaklıkların düşmesine, yıl içindeki sıcaklık farkları ve gece ile gündüz arasındaki farkların azalmasına, genişleyen orta kuşakta daha serin yazların ve daha sıcak kışların yaşanmasına neden olur. Böylece yüksek enlemlerden başlayarak geniş alanlarda yıl içindeki sıcaklıkların düşmesi ile birlikte buzullaşma için uygun iklim koşulları büyük oranda sağlanmış olur (Turoğlu, 2011).

Presesyon hareketi mevsim başlangıçlarının yörünge üzerinde yer değiştirmesi ile sonuçlanan bir süreci içermektedir. Bu açıdan ele alındığında yaklaşık 26000 yıl sürdüğü ifade edilen bu süreçte mevsim başlangıçlarının yer değiştirmesi neticesinde yarım kürelerde 13000 yılda bir mevsimlerin yer değiştirmesinden bahsedilebilir (Gönençgil, 2008). Günümüzde, yaz solstisi Dünya'nın Güneş'ten en uzak konumunda gerçekleşir. Kış solstisinde ise Dünya Güneşe daha yakındır (Turoğlu, 2011). Ayrıca yukarıda da bahseldiği üzere eliptik yörünge sırasında dünyanın güneşe göre konumu değiştiğinde hızı da değiştiğinden ve bu, mevsimlerin uzunluklarını etkilediğinden presesyon hareketi mevsim başlangıçlarını değiştirdiğinde uzunlukları farklı olan mevsimler de yer değiştirecektir.

Bu hareketin yarım kürelerin aldığı güneş enerjisi miktarında değişikliklere neden olması beklenmelidir. Bunun sonucunda basınç merkezlerinde ulaşan enerjide değişimler, basınç merkezlerinin kayması veya yer değiştirmesi, genel atmosfer sirkülasyonunda değişmeler gibi iklim açısından küresel öneme sahip süreçlerin etkilenmesi kaçınılmaz olmaktadır (Gönençgil, 2008).

Presesyonun etkisi, özellikle eksantrite daha büyük (yörünge daha eliptik) olduğunda belirgindir. Eğer eksantrite sıfıra çok yakın (yörünge daha yuvarlak) olursa, Güneş ve yerküre arasındaki uzaklık hemen hemen sabit olduğundan mevsimlerin günberi noktasına göre konumlarındaki (mevsimlerin zamanlarındaki) değişiklikler herhangi bir etkiye yol açmaz (Türkeş, 2013).

2.3. Atmosferin bileşimindeki değişimlerin etkileri

Ortalama koşullarda, bir yılda dünyaya ulaşan kısa dalgalı güneş enerjisi ile yeryüzü ve atmosferin uzaya verdiği uzun dalgalı radyasyon dengededir. Atmosfer, uzay, karalar ve okyanuslar arasındaki enerji taşımındaki bu dengede meydana gelen değişiklikler radyatif etken (radiative forcing) olarak adlandırılır. İklim sisteminin bileşenlerinde hiçbir değişiklik olmasa bile atmosferde sera gazlarının birikimlerinde oluşacak bir artış, pozitif radyatif etken yaratacaktır. Diğer bir anlatımla, sera gazlarındaki artış, atmosferin yeryüzünün yaydığı uzun dalgalı radyasyonu daha fazla tutmasına, dolayısıyla sıcaklıkların yükselmesine yol açacaktır (Erlat, 2009). Atmosferi oluşturan ve oranları değişik olan CO_2, metan, subuharı vb. elemanların atmosferdeki miktarlarının artmasıyla ortaya çıkan sera etkisi neticesinde küresel sıcaklılarda artışlar görülebilmektedir (Gönençgil, 2008). Öte yandan atmosferdeki toz ve aerosoller de güneş ışınlarını yansıtarak sera gazlarının tersi bir etki yapabilmektedir.

İklim değişikliklerinde sadece atmosferdeki CO_2 gazı miktarındaki değişiklikler değil, aynı zamanda okyanuslarda eriyik halde bulunan CO_2 miktarı ve bu miktardaki değişiklikler de etkili olur (Royer, 2006). Levha sınırları olan yitim bölgeleri, yeni kabuk oluşum bölgeleri ve deniz içi volkanizması sırasında deniz tabanına CO_2 gazı salınımı olur (Barron, 1996).

Atmosferin bileşimini dolayısıyla dünyanın enerji bilançosunu değiştiren bir başka neden magmanın yeryüzüne doğru yükselmesi şeklinde gerçekleşen volkanizmadır. Volkanizma yeryüzünün şekillenmesi üzerinde derin etkiler yapmasının yanısıra bölgesel veya küresel ölçekte iklim koşulları üzerinde de önemli değişimlere yol açmaktadır (Erlat, 2009). Volkanlar patlama öncesinde veya patlama sırasında havaya saldıkları gaz ve küllerle atmosferde ciddi etkiler yaratabilmektedirler (Gönençgil, 2008). Volkanik patlamalar sırasında atmosfere karışan gazların miktarı, katı maddelerin (piroklastik) ve lavların miktarından çok

daha büyük boyutlara erişebilmektedir (Erlat, 2009). Geçmiş devirlerde bazı çok büyük patlamalar neticesinde bütün atmosfer kül bulutuyla kaplanmış bu da buzul çağının başlamasını tetiklemiştir.

Volkanizma hem subuharı ve CO_2 gibi gazlarla sera etkini artırabilir hem de volkanik toz ve kül gibi aerosollerle solar radyasyonu yeryüzüne ulaşmasını engelleyerek sıcaklıkların düşmesine neden olabilir.

2.4. Litosferdeki değişimlerin etkileri

Jeolojik devirler içinde meydana gelen orojenik ve epirojenik hareketler, yüzey karakterlerini, eğimi, bakıyı ve yükseltiyi değiştirdiği için iklimlerde de bir değişim görülmüştür (Gönençgil, 2008).

Levha tektoniği ile değişikliğe uğrayarak, şekillenen kıtaların alansal boyutları, engebelilik, yükseklik ve dağılış özellikleri küresel iklim özelliklerine etki eden, yönlendiren doğal faktörlerdir (Turoğlu, 2011).

Atmosferin ısınması yer tarafından emilen solar radyasyon miktarına bağlıdır. Yeryüzü ne kadar çok solar radyasyon emiyorsa atmosfer o kadar çok ısınır, ne kadar çok radyasyon yansıtıyorsa o kadar az ısınır. Yeryüzünün bu solar radyasyonu yansıtma oranına albedo denir. Farklı yüzeyler farklı albedo değerlerine sahiptir. Örneğin, taze karın albedo değeri %95'e ulaşabilirken bu değer asfalt ve betonlarla kaplı şehirlerde çok düşüktür. Levha tektoniği kara ve denizlerin alanlarını, konumlarını ve dolayısıyla yüzeysel özelliklerini (yüzeyin buzul mu, orman mı, göl mü, vs. olduğunu) etkiler. Gelen solar radyasyonun miktarı enlemlere göre değiştiğinden farklı enlemlerdeki kara ve denizlerin kapladıkları alanlar ve bu alanların yüzeysel özellikleri emilen güneş enerjisi değerlerinde etkili olarak iklimlerde değişikliğe neden olabilirler.

Levha tektoniğinin önemli sonuçlarından biri, onlarca hatta yüzlerce milyon yıl alan bir oluşum sonunda yeryüzünde karaların coğrafi dağılışlarının ve boyutlarının değişmesidir. Yeryüzünde karaların yüksek enlemlerde toplanmasının, Kar-buzla kaplı alanların genişlemesine olanak tanıdığı ve böylece dünyanın albedosunun artarak buzul çağlarının oluşumunu kolaylaştırdığı düşünülmektedir (DeConto and Pollard, 2003). Ayrıca bu alanların yüksek enlemlerde bulunduğu için zaten daha az solar radyasyon alması bu durumu daha da destekler niteliktedir. Son

olarak, karın yüksek albedo seviyesiyle solar radyasyonu daha fazla yansıtarak geri beslemede bulunduğunu da eklemek gerekir.

Dünya tarihinde orojenik olaylar sonucu oluşan yüksek dağ sıraları küresel iklim sistemini büyük ölçüde etkilemiştir (Erlat, 2009). Yükseltiye bağlı olarak değişen sıcaklık, nem içerikleri bölgesel olarak iklim koşullarını da değiştirmiştir (Turoğlu, 2011). Yüksek dağların iklim sisteminde yarattığı bir başka etki, gezegenin albedo değerleri üzerinde görülmektedir. Dağlarda yükseklikle birlikte azalan sıcaklıklar, yağışların kar şeklinde düşmesine ve erimeden uzun süre kalmasına olanak tanır. Bu durum dünyanın yansıma nedeniyle daha çok enerji kaybetmesine yol açmaktadır. Ayrıca yüksek dağlar özellikle kuzey-güney doğrultusunda uzananlar atmosfer dolaşımında hava kütlelerinin iç bölgelere girmesini engelleyerek önemli değişikliklere yol açmaktadır (Erlat, 2009). Mesela, Kuzey Anadolu Dağları ve Toroslar kıyıya paralel uzandığından Akdeniz ve Karadeniz ikliminin ılıman etkisi iç kesimlere pek girememektedir, Ege Bölgesindeki Dağlar kıyıya dik uzandığı için Akdenizin ılıman etkisi bir yere kadar iç kesimlere sokulabilmektedir.

Levha tektoniği ile kıta ve okyanusların konumsal ve alansal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler akıntı sistemlerinin de değişmesine neden olmuştur. Karaların şekil ve boyut özellikleri, okyanus akıntılarını durdurarak veya yönlerini değiştirmek sureti ile ısı transferini etkilerler (Barron, 1996). Akıntı sistemlerinin çalışması bakımından okyanus çanaklarının şekil ve boyutları da küresel iklim özelliklerini kontrol eden önemli faktörlerden biridir (Turoğlu, 2011). Son buzul devrinin sona ermeye başlamasıyla bugünkü Kanada'nın olduğu bölgelerdeki büyük kıta buzulları erimeye başlamıştır. Eriyen buzullardan açığa çıkan çok büyük miktarlarda tatlı su bir gidegenle Atlas okyanusuna karışmış ve okyanus akıntılarının bozulmasına sebep olarak "Younger Dryas" devrinin başlamasına sebep olmuştur. Okyanus akıntılarının kendini toparlaması yaklaşık 1000 yıl sürmüştür ve bu süre Younger Dryas devrinin süresine aşağı yukarı denktir.

2.5. İnsanın etkileri

Sera etkisi atmosfer içerisinde ısının daha fazla tutularak, sıcaklık artışlarına neden olunmasıdır. Gerçi atmosfer başlı başına bir sera ortamı olsa da atmosfere

insan faaliyetleri sonucu katılan her bir molekül gaz veya toz antropojenik sera etkisini oluşturmaktadır (Gönençgil, 2008).

Sanayi Devrimi'nden bu yana fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, ulaştırma, katı atık yönetimi, tarımsal etkinlikler ve çeşitli sanayi süreçleri atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerini hızla artırmaktadır. Bu durum atmosferin bileşimini değiştirmekte ve doğal bir süreç olan atmosferin sera etkisini kuvvetlendirmektedir (Erlat, 2009). Böylece günümüzde "Küresel Isınma" olarak adlandırdığımız etki ortaya çıkmaktadır. Fakat iklim değişikliği yukarda da çeşitli nedenlerle ortaya konulduğu üzere antropojenik sera gazı salınımından ibaret değildir. Hatta insanın iklime olan etkisi dahi sadece antropojenik sera gazı salınımından ibaret değildir.

İnsanların iklim değişikliğini diğer bir etkileme şekliyse yeryüzünde yaptıkları değişimlerledir ki bu tezin ana konusun oluşturmaktadır ve sonraki bölümde ayrıntısıyla üzerinde durulmuştur.

İklim değişiklikleri söz konusu olduğunda şunların göz önünde bulundurulması çok önemlidir: İklim değişikliklerinin, temel olanlarının yukarıda da bahsedildiği çok çeşitli nedenleri vardır. Bu nedenler sürekli olarak aynı anda etkili olmaktadırlar. Ayrıca bu nedenler birbirlerini ve/veya birbirlerinin sonuçlarını da etkileyebilmektedirler. Hatta bazen de nedenlerin etkileri geri besleme mekanizmalarıyla güçlenebilir veya azalabilir.

Şunu da eklemek gerekirse, doğrusal olmayan tüm sistemlerdeki gibi, iklim sisteminde de girdiler ile çıktılar belli orana dayanmamakta, birtakım zorlayıcılara karşı gösterdiği tepki, zorlayıcı gücün yarattığı etkiyle orantılı olmamaktadır. Diğer bir anlatımla, doğrusal olmayan sistemlerde bir birimlik kuvvete verilen tepki, bir birim olabildiği gibi bazen bu değer 8 birime yükselmekte ya da yarım birime de düşebilmektedir. İklimin doğrusal olmayan bir sistem oluşundaki ana neden sistemi oluşturan bileşenler arasındaki karşılıklı bağımlılık ve ilişkilerdir. Bu durum tek yönlü bir neden-sonuç ilişkisinin oluşmasını engellemekte ve herhangi bir etken karşısında orantısız etkilerin açığa çıkmasına yol açmaktadır (Erlat, 2009).

Bütün bunların hepsi özellikle küresel ölçekteki iklim değişikliği söz konusu olduğunda, hem bu nedenlerden herhangi birinin etkisinin tüm değişimin içindeki

payını kesin doğrulukta belirlemeyi hem de geleceğe dair kesin doğrulukta iklim senaryoları yapabilmeyi çok fazla zorlaştırmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇEŞİTLİ ANTROPOJENİK JEOMORFOLOJİK ŞEKİLLERİN İKLİME ETKİLERİ

Artan nüfusun temel ihtiyacı olan beslenme ve barınmanın kaynağı doğadır. Doğal kaynaklar üzerine gelen aşırı baskılar neticesinde, büyük orman alanları ortadan kalkmış, sulak alanlar kurutulup tarıma açılmış, yoğun yerleşme dokuları özellikle kıyı bölgelerinde birikmiş ve artan nüfus adına şehir denen dar bir alana sıkışıp kalmıştır. Bununla birlikte dünyanın çeşitli bölgelerinde yürütülen büyük projelerle (örn., Güneydoğu Anadolu Projesi [GAP]) yüzeysel değişiklikler yapılmıştır (Gönençgil, 2008). Yeryüzüne yapılan bütün bu değişiklikler çeşitli şekillerdeki etkileriyle özellikle yerel ya da bölgesel iklim karakterlerinde değişimlere neden olmuşlardır.

Dünya yüzeyinin değişimi, temel olarak, solar ve termal kızılötesi radyasyon akılarını, hissedilir ve gizli ısıyı, yüzeyin altı ve atmosfer arasındaki suyun hareketini ve kara yüzeyiyle atmosfer arasındaki moment değiş tokuşunu değiştirir. Bu gibi değişimler mikrodan (10^{-2}m - 10^{3}m) bölgesel altı (10^{4}m - $2x10^{5}$m) ölçeğe kadar uzanan alanlarda meydana gelir. Bu değişimler, yüzey albedosunda değişime neden olabilir ki bu da yüzeye yakın enerji dengesini (Zeng and Neelin, 1999; Hoffman and Jackson, 2000; Berbet and Costa, 2003; Zhang v.d., 2009b) ve termal iklimi değiştirir. Fiziksel iklim değişiklikleri, sıcaklık, nem ve rüzgar hızındaki mekansal heterojenlikler olarak kendini gösterir. Yüksek veya düşük albedo, kısa dalgalı radyasyonun daha fazla yansıması veya tersine, kısa dalgalı radyasyonun daha fazla emilmesinden dolayı sıcaklığın azalmasıyla veya artmasıyla sonuçlanabilir. Bitki örtüsüyle kaplı bir alandaki terlemenin artması ayrıca, gizli enerji akısının artması, hissedilir enerji akısının azalması ve sonuçta maksimum yüzey sıcaklıklarının düşmesi anlamına gelir. İklim değişkenlerinin yatay gradyanlarının şiddetlenmesiyle ve dikey hava hareketlerini artıran zemin yüzeyine yakın sınır tabakasındaki (PBL) mezo ölçekli dikey hava akımlarının değişimiyle, arazi örtüsü tiplerinin sınırları yakınında ve bu sınırlar boyunca değişmiş iklim olayları gözlemlenmiştir. Elverişli atmosferik koşullar göz önüne alındığında PBL'deki yukarıya olan hareketler, konvektif bulut oluşumu hatta yağış yoluyla gerçekleşebilir.

Sonuncusu zayıf stabiliteyi ve sinoptik rüzgarları ya da saha sınırlarına paralel esen rüzgarları içerir (Carleton v.d., 2001; Pielke, 2001; Weaver and Avissar, 2001).

Arazi örtüsü değişimi sera gazlarının emilimi veya emisyonu yoluyla iklimi etkilemenin yanısıra (biyojeokimyasal etkiler), arazi yüzeyinin fiziksel özelliklerini değiştirerek de iklimi etkileyebilir (biyojeofiziksel etkiler) (Pielke v.d., 1998). Biyojeokimyasal etkilerle yapılan emisyonlar bir dereceye kadar IPCC'nin iklim değişikliği değerlendirmelerine dahil edilmiştir (IPCC, 2001). Öte yandan bu süreçler bu tezin temel konusunu oluşturmadığı için bunlara daha az ağırlık verilmiştir.

Biyojeokimyasal süreçlere örnek olarak arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin (land use/land cover change) karbon dengesini değiştirmesi verilebilir. Geçmişte, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin bir sonucu olarak atmosfere büyük miktarlarda CO_2 salınmıştır. Bu, atmosferik CO_2 üzerinde ve bundan dolayı dünyanın enerji dengesi üzerinde küresel ölçekte bir etkiye sahiptir. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi diğer birçok kimyasalın biyojeokimyasal akılarını da etkilemekle (Findell v.d., 2009) beraber bu etkiler henüz ölçülmemiştir (Pielke v.d., 2011).

Temel olarak yeryüzünü ısıtan (örn., sera gazları) veya soğutan (örn., sülfat aerosolleri) bazı zorlamaların aksine, sıcaklığın arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimine tepkisi çok yönlüdür ve değişimin türüne bağlıdır; toprak koşullarıyla etkileşime maruz kalabilir ve ortalama ile ekstrem değerler için farklı olabilir (Pielke v.d., 2011).

Kara yüzeyi üzerindeki küresel ortalama alındığında, arazi örtüsü değişimi yazın önemli küresel etki göstermemekle birlikte kışın yüzey hava sıcaklığının $0,2\,^{0}C$ kadar ısınmasına neden olmuştur. Bu sonuç, gözlemlenen büyüklükteki arazi örtüsü değişiminin bölgesel iklime önemli etkileri olduğunu fakat bu etkilerin küresel olarak daha az önemli etkiler olduğunu öne sürmektedir (Bounoua v.d., 2002). Zaten arazi örtüsü değişiminin etkileri de asıl olarak yerel ve bölgesel boyutlarda gözükür.

Arazi örtüsü değişimi yağışın geri dönüşümünü de değiştirir. Toplam buharlaşmadaki bir artış suyun atmosferde kalma süresini artırma eğilimindedir. Buharlaşmadaki bir azalmaysa zeminde daha fazla su bırakır. Bu, yağışın zamansal dağılımını değiştirir ve iklim üzerine bir etkisi olabilir (Bounoua v.d., 2002). Ayrıca

buharlaşma hem subuharının yaptığı sera etkisiyle hem de bulutlaşmanın albedoyu artırıcı etisiyle de sıcaklığa iki yönlü geri beslemede bulunur.

Yüzey albedosundaki değişimden dolayı meydana gelen küresel radyatif etken antropojenik aerosollerle, güneş enerjisindeki değişimle ve birkaç sera gazının etkisiyle karşılaştırılabilir. Dahası, Kuzey Amerika, Avrupa ve güneydoğu Asya gibi yoğun insan kaynaklı arazi kullanımı değişiminin olduğu bölgelerde, yüzey albedosundan kaynaklanan yerel radyatif etkenin değişimi aslında çeşitli antropojenik sera gazlarının karışımının birlikte yaptığı etkiden daha büyük olabilir (IPCC, 2001).

Sanayi devriminden önceki dönemde (1750 öncesi) genel olarak iklimin antropojenik etkiden uzak olduğu kabul edilir. Ancak, Avrupa ve güneydoğu Asya'da geniş alanlar sanayi devriminden önce zaten ormansızlaştığından, fosil yakıtlar yakılmaya başlandığı zamanlarda yüzey albedosunda ortaya çıkmış değişim zaten iklime radyatif bir zorlama yapıyordu. Bu nedenle, sanayi devrimi öncesi dönemi "antropojenik öncesi" olarak tanımlamak gerçekçi olmayabilir (Betts v.d., 2007). Öte yandan yukarıda bahsedilen "geniş alanlar" kavramı önemlidir. Bir tarihi antropojenik devrin başlangıcı ilan etmeden önce günümüzde kara yüzeyinin ne kadarının antropojenik etkiye maruz kaldığını, bunun geçmiş devirle arasındaki oransal farkı, geçmişte yapılan bu antropojenik değişikliğin etkilerinin boyutlarını ve kayda değer miktarda olup olmadığını iyice göz önünde bulundurmak gerekir.

Forster v.d. (2007), ortalama küresel radyatif dengesizliğe etkisi açısından, sanayi öncesi devirden beri arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin yaptığı doğrudan biyojeofiziksel radyatif etkinin ortalama küresel radyatif etkende 0,2 ± 0,2 W m^{-2}'lik bir azalma olduğunu ki bunun diğer küresel iklim zorlamalarına göre daha az olduğunu öne sürer. Bu tür düşünce, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin rolünün önceki Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelleri'nde (IPCC) kullanılan iklim modellerindeki projeksiyon ve tarihsel rekonstrüksiyon değerlendirmelerinde çoğunlukla atlanılmasına yol açmıştır (gerçi ormansızlaşma CO_2 emisyon senaryolarıyla dahil edilmiştir) (Pielke v.d., 2011).

Ancak, iklim biliminin rolü gelecekteki emisyonla mücadele politikaları oluşturmanın ötesine geçmektedir. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin rolü

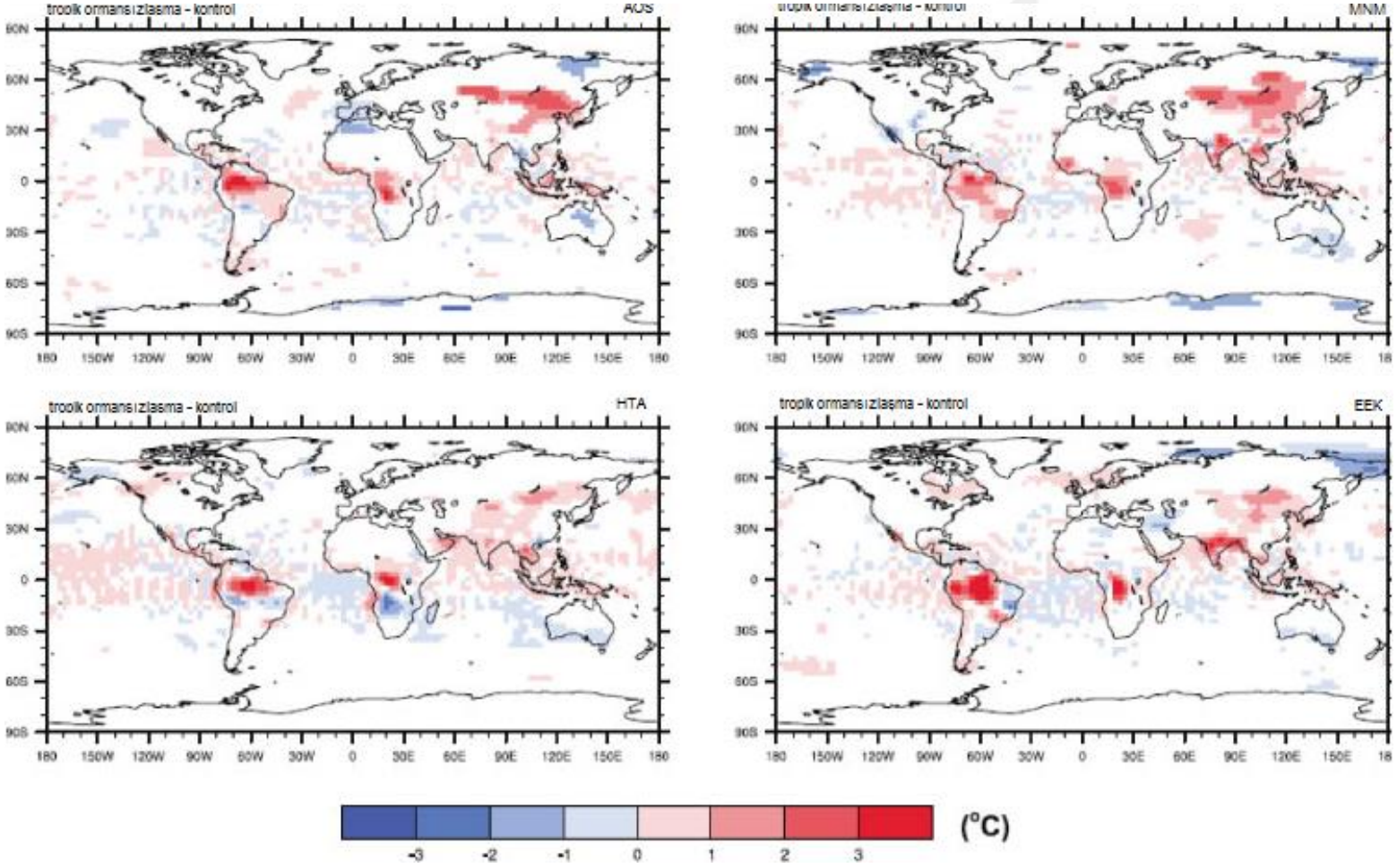
iklimin radyatif zorlamasıyla sınırlı değildir ve ortalama küresel zorlama olarak yeterince değerlendirilemez. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi, değişim belirtisinde çeşitlenebilen bölgesel ölçekli iklimin etkileriyle birlikte büyük ölçüde bölgeselleşmiş bir olgudur (Forster v.d., 2007; Pielke and Niyogi, 2009). Ortalama bir akı açısından, ciddi arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi olan bölgelerdeki net radyasyonda, bu net radyasyonun iki türbülanslı enerji akısı (hissedilir ve gizli ısı) arasındaki bölünmede ve bunların yanısıra kara yüzeyinin aerodinamik pürüzlülüğündeki değişimlerde büyük bir sapma meydana gelmektedir (Betts v.d., 1996; Pitman v.d., 2009).

3.1. Bitki Örtüsünde Yapılan Değişikliklerin Etkileri

Bitki örtüsü doğası gereği radyasyon, sıcaklık, nem ve moment yüzey akılarını etkiler, yani bitki örtüsünü değiştirmek atmosferin alt sınırının koşullarını değiştirebilir dolayısıyla iklimi etkileyebilir (Pielke v.d., 1998). Enerji akıları atmosferik dolaşımla transfer edildiğinden bitki örtüsünün değiştiği yerlerden uzak bölgelerde de değişimler ortaya çıkarabilir (Bounoua v.d., 2002) (Şekil 3.1). Şekil 2.1'de de görüldüğü üzere en yoğun etki bitki örtüsünün değiştiği bölgelerde olmakla birlikte geniş alanların da etkilendiği görülmektedir.

Ormansızlaşma şeklindeki arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi özellikle kışın ve baharda orta ve yüksek enlemlerin (Lawrence and Chase, 2010) soğumasını ve tropik ile subtropik bölgelerin ısınmasını etkiler. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin biyofiziksel etkileri üç mekanizma vasıtasıyla gerçekleşir: (1) artan albedo ve dolayısıyla net radyasyondaki azalma (Forster v.d., 2007) (ekinler genellikle ormanlardan daha yansıtıcıdır); (2) kar albedosunun pozitif geri beslemesinin kuvvetlenmesi (ormanlar yerdeki karı ekinlerden ve otlaklardan daha etkili bir şekilde maskeler) (Betts, 2000); ve (3) net radyasyonun gizli ve hissedilir ısı akıları arasında nasıl bölündüğüne dair bir değişim (buharlaşma ihtiyacı yüksek olduğunda, ormanlara kıyasla ekinler ve otlakların yüksek gizli ısı akılarını tutma kapasiteleri daha azdır). Kar yüzünden mekanizma (1) ve (2) kışın ve baharda hakim durumda olduğu için orta ve yüksek enlemlerde arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi soğutma eğilimi gösterir. Yazın, karın yokluğunda, nem buharlaşmayı sınırlarsa mekanizma (3) önemli olabilir. Tropik bölgelerde, mekanizma (3) hakim durumda olduğundan ve hissedilir ısı akılarındaki artış atmosferi ısıttığından arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi ısınma ve kuraklıkla (Lawrence and Chase, 2010)

bağlantılı olma eğilimindedir. Bu mekanizmaların göreli hakimiyeti kar miktarı ile yağışın miktarına ve mevsimselliğine bağlıdır. Daha sıcak bir dünyada daha az kar, kar albedosunun pozitif geri beslemesini zayıflatır, mekanizma (2)'nin etkisini azaltır ve yüksek enlemlerde arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminden kaynaklanan soğumayı kısmen etkisiz hale getirir.



Şekil 3.1. Tropik ormanların ortadan kaldırılması ve mevsimsel yüzey sıcaklıklarına etkileri. Değişimler ormasızlaşma olan bölgelerden uzak bölgelerde de görülebilir (**Kaynak:** Snyder, P.K.: "The influence of tropical deforestation on the Northern Hemisphere climate by atmospheric teleconnections," Earth Interactions. 14, 1-32, 2010.)

Bütün bölgelerde, mekanizma (3) daha yüksek miktarda yağışla maskelenebilir, çünkü bu, gizli ısı akılarını sınırlayan nem stresi ihtimalini azaltarak hissedilir ısı akılarındaki artışı en aza indirgeme eğilimi gösterir (Pitman v.d., 2011).

İklimin bu iki yönlendiricisinde çelişkili bir belirti vardır. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi, orta ve yüksek enlemleri soğutma eğilimi gösterir ve potansiyel olarak CO_2'nin neden olduğu ısınmayı dengelerken tropik bölgelerde CO_2'nin neden olduğu ısınmayı artırır (Pitman v.d., 2011).

Yoğun konvektif bulutlar ormanlık alanlarda meydana gelirken seyrek bulutlar daha çok ormansızlaşmış alanlarda meydana gelir. Bu özellik en çok, termal yükseltme mekanizmasının konvektif oluşumda baskın faktör olduğu kuru mevsimde, sığ bulutlaşmada ormansızlaşmayla ilgili gözlemlenmiş önemli iklimsel değişikliğin olduğu Amazon havzasında belirgindir (Chagnon v.d., 2004; Wang v.d., 2009). Spracklen v.d., (2012), yağış artışında, tropikal ormanlar üzerindeki hava geçişinin önemli rolü olduğunu bildirmiştir. Birkaç gün içinde yoğun bitki örtüsü üzerinden geçen havanın, seyrek bitki örtüsü üzerinden geçen havadan en az iki kat kadar fazla yağmur bıraktığını buldular (Mahmood v.d., 2014). Bu bulguyla da bitki örtüsünün yağış üzerinde etkisi olduğunu öne sürülmektedir.

Tropik ormansızlaşma çalışmalarının fikir birliğine vardığı parametreleştirme, yüzey albedo artışları ve pürüzlülükteki azalmalardır (Kitoh v.d., 1988; Mylne and Rowntree, 1992; Sud v.d., 1993). Bu değişimler yüzey yakınındaki hava sıcaklığında ters etkiler yapmasına rağmen çoğu çalışma bir ısınma olduğunu öne sürmüştür (Şekil 3.1). Daha kesin bir sonuçsa yüzey evapotranspirasyonundaki azalma ve yıllık ortalama sıcaklıktaki önemli artıştır (Sampaio v.d., 2007). Bu çalışmayı yapanlar sıcaklıkta $4,2^0$C'a kadar, hissedilir ısı akısındaysa $25Wm^{-2}$'ye kadar artış olduğunu belirttiler (Mahmood v.d., 2014).

Yüzey albedosunun değişimi, bitki örtüsünün net ısınma meydana getirmesiyle birlikte, baskın etkiyi orta ve yüksek enlemlerde yapar (Betts, 2000; Govindasamy v.d., 2001); karla kaplı bitki örtüsü karla kaplı çıplak araziden çok daha düşük albedoya sahiptir. Tropik bölgelerdeki ana etki bitki örtüsünün evapotranspirasyon yoluyla net soğumaya neden olmasıdır (Costa and Foley, 2000). Evapotranspirasyon, kısmen sıcaklık ve doymuş subuharı basıncı arasındaki artan ilişki yüzünden, alçak enlemlerde yüzeydeki ısıyı daha etkili bir şekilde ortadan

kaldırır. Bu nedenle, alçak enlemlerdeki evapotranspirasyon değişimlerinin iklime etkileri albedo değişiminin etkisinden üstündür (Gibbard v.d., 2005). Yani alçak enlemlerde ormansızlaşma meydana geldiğinde artan albedo azalan evapotranspirasyon kadar etkili olamadığından ormansızlaşmanın alçak enlemlerde ısınmaya neden olduğu söylenebilir.

Tarihsel ormansızlaşma genel bir soğuma etkisine neden olmuştur, çünkü ormansızlaşma çoğu baskın etkinin özellikle kış ve baharda yüzey albedosundaki bir artışla ortaya çıktığı ılıman bölgelerde yer almıştır (Betts v.d., 2007).

1860'da aletsel kayıtların başlamasından beri, mevcut arazi kullanımından dolayı daha serin olarak simüle edilen bölgelerde gözlemlenmiş sıcaklık değişimi 0,7-0,8 K'lik bir ısınmadır (IPCC, 2001). Ormansızlaşma şeklindeki arazi kullanımı değişimi bir soğuma etkisi simüle ettiğinden, bu sonuç arazi kullanımı değişiminin son yıllarda ılıman karalar üzerindeki gözlemlenmiş büyük ölçekli ısınmanın ana yönlendiricisi olduğuna ilişkin savla çelişmektedir. Dahası, bu sonuç, bu bölgelerdeki iklim değişikliğinin ormansızlaşmanın soğutucu etkisinin yokluğunda daha büyük olabileceğini öne sürmektedir. Bu nedenle, ılıman ormanların kesilmesi ısınma oranında azalmaya katkıda bulunmuş olabilir (Betts v.d., 2007).

Özellikle kuzey yarımkürede, orta ve yüksek enlemlerdeki ormanları ortadan kaldırmadan dolayı meydana gelen tarihsel arazi örtüsü değişimi yüzey albedosundaki bir artışla kuzey yarımkürede yüzey iklimini soğutmuş olabilir. Arazi örtüsü değişiminin gelecekteki iklimler üzerine etkisi net değildir, ormansızlaşmanın gelecek yıllarda tropik bölgelerde şiddetlenmesi beklenmektedir ve buna bağlı olarak evapotranspirasyondaki azalma daha sıcak ve kurak bir yüzey iklimine neden olabilir (Davin v.d., 2007).

Tropikal ormanlar küresel iklim sistemine bir takım biyojeofiziksel geri beslemelerde bulunur ve tropik ormansızlaşma küresel iklim değişikliğiyle mücadeleyi olumsuz etkiler (Bonan, 2008). Ancak, CO_2 fertilizasyonu etkisi tropik ormanların büyümesini destekleyebilir (Lapola v.d., 2009; Salazar and Nobre, 2010).

Çölleşme ise, savan bitki örtüsü aşırı otlatıldığında yüzey albedosunun ve yüzey su bütçesinin değişmesiyle ve böylece bölgesel dolaşımın ve yağış düzenin değişmesiyle meydana gelebilir. Aşırı otlatma asılı toz miktarını da artırabilir, bu da dolayısıyla radyatif soğumaya ve yağışta azalmaya neden olur (Dale, 1997).

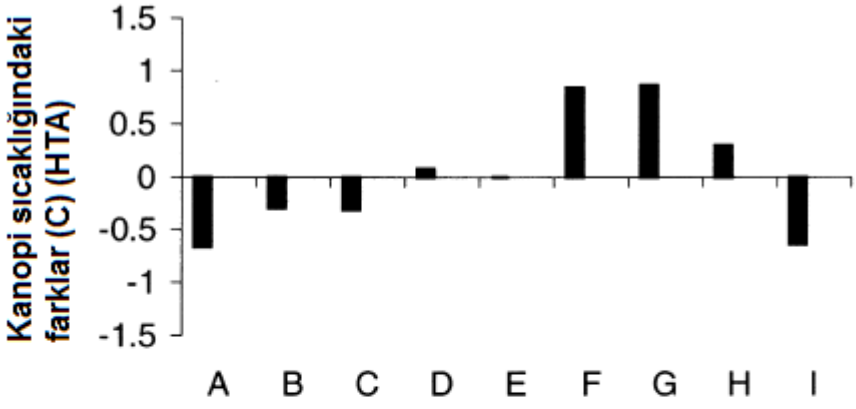
Arazi örtüsü değişimi kanopi (bir ormandaki ağaçların yapraklı üst dallarının oluşturduğu örtü) sıcaklıkları üzerinde önemli bölgesel ve mevsimsel etkiler gösterir (Şekil 3.2). Kısa boylu bitki örtüsünün ormanların yerini alması, kışın ılıman kuşakta, iğne yapraklı ormanın ekili alana dönüşümünde $0,5^0$C'tan karışık ormanın ekili alana dönüşümünde $1,1^0$C'a kadar varan bir soğumaya neden olur. Kışın bitki örtüsünün uykuda olması ve fizyolojik aktivitesinin nerdeyse tamamen durmuş olması kanopi sıcaklığındaki değişimin büyük ölçüde albedodaki artışlardan dolayı olduğu fikrini verir. Arazi örtüsü değişimi, büyüme mevsiminde (Haziran, Temmuz, Ağustos= HTA), ılıman kuşakta meydana gelen bütün dönüşüm türlerinde kanopi sıcaklığının $0,7^0$C'a kadar soğumasına neden olur (Şekil 3.2a). Tropik bölgelerde, arazi örtüsü değişiminden dolayı kanopi sıcaklığındaki farklar zayıf mevsimsellikten dolayı yazın ve kışın benzerdir. Geniş yapraklı ormanların ağaçlı çayırlara veya ekin alanlarına ve ağaçlı çayırların ekin alanlarına dönüştüğü simülasyonlarda önemli derecede ısınma (yaklaşık $0,8^0$C) ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar dönüşümün hem morfolojik hem de fizyolojik etkilerinin ılıman kuşakta yüzey sıcaklıklarını soğutma eğiliminde olduğunu, fakat tropik bölgelerde birbirlerini dengeleyerek genel bir ısınmaya yol açtıklarını gösterir (Bounoua v.d., 2002).

Ormanın ekilebilir araziye veya otlağa dönüştürülmesi bölgenin aerodinamik pürüzlülüğünü azaltır ve hem yağışın kanopide yakalanmasını hem de köklerin toprak nemini emişini düşürür; bu değişimler buharlaşmayı ve dolayısıyla yüzeyden atmosfere olan nem akısını ve gizli ısıyı azaltma eğilimindedir, bu da yüzeye yakın sıcaklığın artmasına etki eder. Ayrıca, genelde ormanlık bir alan, özellikle kısa dalgalı radyasyonun kanopide birçok yansımayla sıkıştığı zamanki karlı koşullarda, açık araziden daha düşük yüzey albedosuna sahiptir. Ormansızlaşma bu nedenle kısa dalgalı yansımanın artmasına yol açabilir ki, bu da soğuma etkisi sağlar. Bu süreçlerin göreceli önemi, yüzey albedosu ve mevcut toprak nemi gibi yerel koşullara bağlıdır ve mevsim ile konuma göre değişebilir (Betts, 1999). Bu durum orta ve yüksek enlemlerdeki ormansızlaşmanın soğumaya alçak enlemlerdeki ormansızlaşmanın ısınmaya neden olmasından gözükebilir.

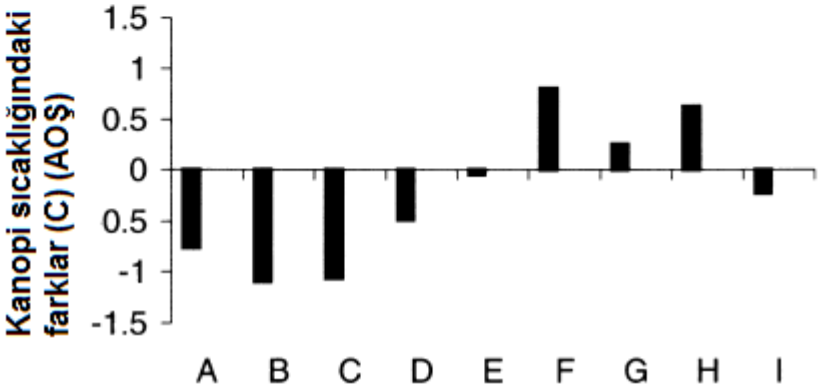
Arazi örtüsü değişiminin tropik olmayan iklimlere etkileri, yerel arazi örtüsü değişiminin etkileri ve büyük ölçekli dolaşım sistemindeki değişimlerin bir karışımına karşılık gelir. Orta enlemlerdeki ormanların ve çayırların tarım arazilerine dönüştürülmesinin genel olarak günlük ortalama maksimum sıcaklıkları düşürdüğü

a)

Şekil arı. (a)
yaz (H ı ekim
alanlar geniş
yaprak i iğne
yaprak na; F=
tropikle ardaki)
geniş ağaçlı
çayırla mıştır.
Değerl ektedir
(**Kayna** of land
cover



b)



düşünülür (Bonan, 1999; Bonan 2001). Tarım arazisine dönüştürmenin nispeten soğumayla sonuçlandığı (veya bütün-zorlamalar senaryosunda azalan ısınmayla) ve kış albedosundaki artışlar ile yaz evapotranspirasyonu etkisinden dolayı azalan gündüz sıcaklıklarının arazi örtüsüne bu doğrudan etkisi, kuzeydoğu Çin'de belirgindir (Feddema v.d., 2005).

Genel olarak, orman örtüsünün yaprak yansıtma oranı nispeten düşük olduğundan, ekin alanlarına ve diğer arazi örtüsü tiplerine dönüştürmenin karsız albedodaki bir artışla sonuçlanacağını düşünmek mantıklı olur. En büyük albedo değişimi, uzun boylu ağaçlara sahip ormanların ekili alanlara veya çayırlara dönüştürüldüğü bölgelerde olmak üzere mutlak maksimum değişim Kuzey Amerika'da iğne yapraklı ormanların ekili alanlara dönüştürülmesiyle ortaya çıkar.

Çayırların ekili alanlara dönüştürülmesi durumundaysa albedo nispeten değişmeden kalır (Bounoua v.d., 2002).

Mezo ölçekte, bitki örtüsü bulunan yüzeyler hariç, tarım alanlarının (kuru ve sulamalı) arazi örtüsü tiplerinden birinin (örn., çayır, orman) yerini alması sadece radyatif ve termal iklimleri değil nem miktarını da değiştir (Adegoke v.d., 2003, 2007). Civardaki doğal bitki örtüsünün aksine, özellikle Orta-Batı A.B.D.'deki mısır ve soya fasulyesi gibi kolayca nem kaybeden ekinlerin yer alması hissedilir ısının aşağıya akısını destekleyerek yazın gündüz saatlerinde yüzeyi yeterince soğutabilir. Bu "vaha etkisi", Orta-Batı A.B.D.'nin bazı bölümlerinde, yaz mevsimi ekstrem çiy oluşma sıcaklıklarındaki son zamanlarda gözlemlenmiş artışlarla ve 20. yüzyıldaki azalan maksimum sıcaklıklarla ilgilidir (Bonan, 2001; Sandstrom v.d., 2004). Bu durum, buharlaşmanın neden olduğu soğumanın stabilize edici etkilerine nazaran, subuharının PBL üzerindeki artan destabilize edici etkilerinden dolayı sert hava koşullarının (Pielke and Zeng, 1989) daha fazla görülmesini de destekleyebilir (Mahmood v.d., 2014).

Kuru tarımla ilgili arazi örtüsü değişiminin bölgesel sıcaklıkları düşürdüğü bulunmuştur. McPherson v.d. (2004) ve Ge (2010) Oklahoma ve Kansas'ın kuru tarımla kış buğdayı yetiştirme bölgesindeki gözlemlenmiş maksimum sıcaklıkların düşük anomalilerini bulmuşlardır (Mahmood v.d., 2014). McPherson v.d. (2004), Oklahoma'daki buğday yetiştirme bölgelerinde çevresindeki yerel çayırlara nazaran daha yüksek çiy noktası sıcaklıkları olmasının yanısıra batı Oklahoma'nın kuru tarımla buğday yetiştirilen bölgelerindeki maksimum sıcaklıklarda bir serinlik anomalisi olduğunu bildirmiştir. Bu anomaliler, buğdayın varlığından dolayı terlemenin daha fazla olmasıyla (ve böylece daha az hissedilir ısınmayla) bağlantılıdır (Pielke v.d., 2011). Bu bulgular, orta A.B.D.'de ekstrem çiy noktası sıcaklığı ($\geq 22^0$C) yaşanan günlerin sıklığında bir artış bildiren ve bu artışın ana nedeni olarak ekin alanlarındaki (yani arazi örtüsü değişimi) evapotranspirasyon artışını öne süren Sandstrom v.d. (2004) tarafından da desteklenmiştir (Mahmood v.d., 2014).

Raymond v.d. (1994), tarım alanlarının, aşağı Mississippi nehrinin taşkın ovalarındaki bataklık arazisi ormanlarının yerini almasından dolayı mezo ölçekli sıcaklıklarda şehir ısı adalarınınki gibi etkiler bulmuştur. Bu bölgedeki minimum sıcaklıkların artışı ve günlük sıcaklık farklarının azalışı özellikle önemlidir (Pielke v.d.,

2011). Teuling v.d. (2010), sınır tabakası verilerine dayanan bir Avrupa sentezinde, sulak koşullarda altındaki ormanların özellikle sıcak hava dalgası koşullarında çok daha büyük hissedilir ısı akıları gösterirken çayır vejetasyonun gizli enerjisinin komşu ormanlardan daha büyük olduğunu göstermiştir. Bu koşullar altındaki ormanlardan kaynaklanan yüksek hissedilir ısı akılarının nedeni çayırlara nazaran daha düşük albedo, daha düşük atmosferik direnç (daha yüksek pürüzlülük) ve terlemenin daha güçlü stomal kontrol (yani gizli ısı akısı) içermesidir. Ancak, kuraklığın devam etmesiyle çayırlar kurur ve sonuç olarak daha yüksek hissedilir ısı akıları gösterirken, ormanlar ortalama terleme oranlarını koruyabilirler (Loarie v.d., 2011). Yani bu durum, kurak mevsimde, çayırların hissedilir ısı akılarının ormanlardan daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

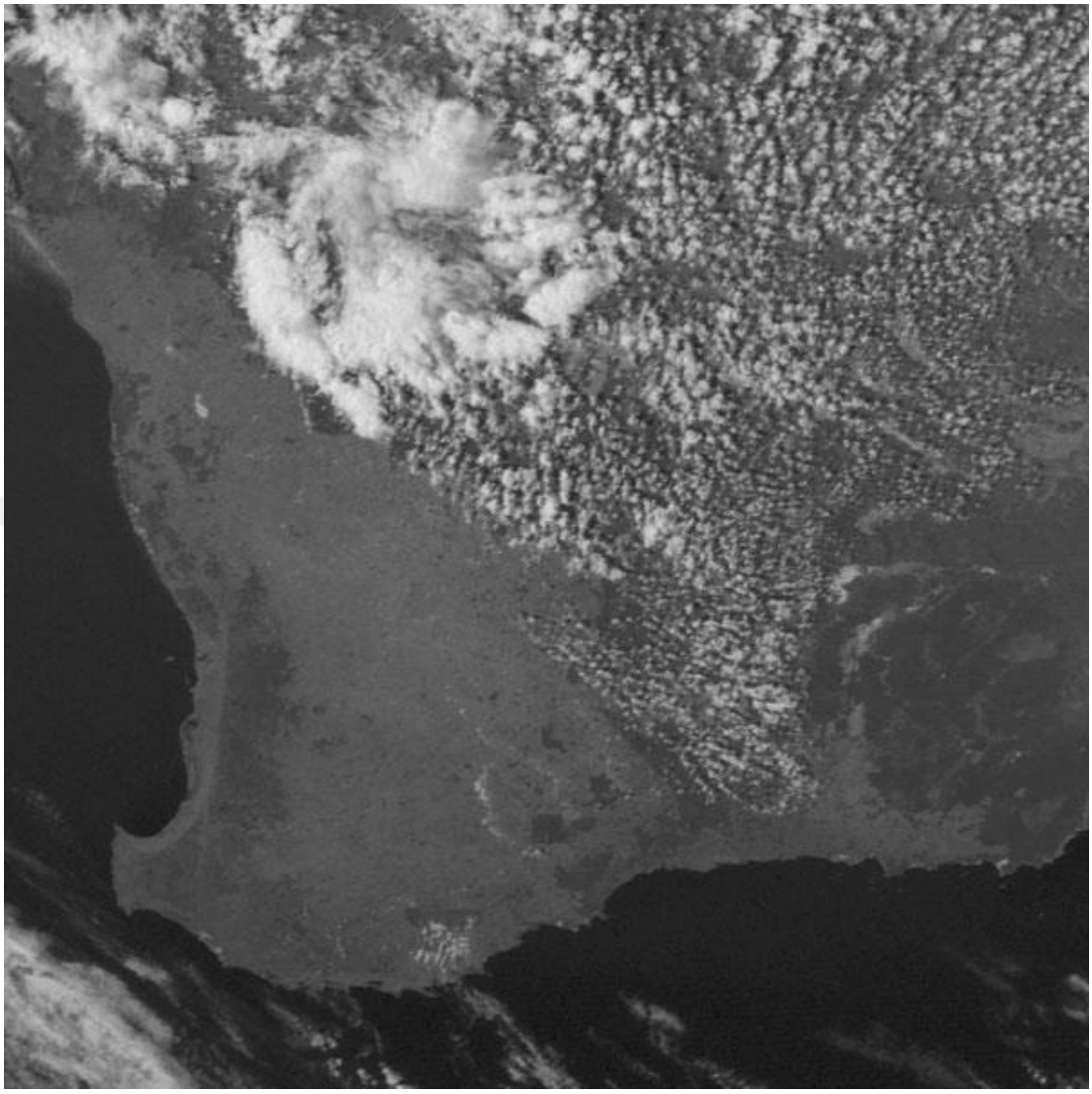
Tarım alanlarındaki konvektif bulutların artışına ve yağış oluşumuna olan eğilim yalnızca doğal bir yüzey daha kolay evapotranspirasyona uğrayan başka bir yüzeyin yerini aldığı için değildir. Ekin fenolojisi, ortamdaki atmosferik nem miktarı ve geri plandaki sinoptik ölçekli atmosferik dolaşım (yüzey rüzgarları ve serbest rüzgarlar) da kritik öneme sahiptir. Örneğin, Rabin v.d. (1990) güney Great Plains'de, atmosfer kuruyken konvektif bulutların önce buğday anızının üzerinde oluşma eğiliminde olduğunu sonra daha yüksek net radyasyon değerlerine sahip olan, daha nemli ve aktif olarak fotosentez yapan yüzeylerin üzerinde oluştuğunu göstermiştir. Diğer taraftan, atmosfer daha nemliyken konvektif bulutlar önce daha nemli bitki örtüsü olan yüzeyler üzerinde, sonra da daha kuru yüzeyler üzerinde oluşma eğilimindedir (Mahmood v.d., 2014).

Yüzey ve atmosferik nem koşullarında arazi örtüsü-konveksiyon ilişkisi arasındakine benzer bir bağ Orta-Batı A.B.D.'nin kuru tarımla mısır ve soya fasulyesi yetiştirilen bölgelerinde gözlemlenmiştir (Carleton v.d., 2001; Allard and Carleton, 2010). Dahası, düşük seviyedeki rüzgarların nemi taşımasıyla beraber, atmosferdeki serbest dikey hava hareketlerinin belirtisi ile büyüklüğünün ve nemin PBL'de tutulma derecesinin meydana getirdiği bu yerel kara yüzeyi-atmosfer etkilerine sinoptik (yani bölgesel ölçek) bir dolaşımın tesiri vardır. Gözlemsel bir çalışma Orta-Batı Mısır Kuşağı'ndaki önemli tarım alanı-orman sınırlarına denk gelen konvektif yağışların artığını ortaya çıkarmıştır (Carleton v.d., 2008a, 2008b). Bu çalışmaların bulguları, farklılaşan fenoloji ve vejetasyon sınırı-yağış ilişkisinde

tarım alanları ve ağaçlı alanlar arasındaki PBL dolaşımlarının muhtemel rolünü vurgular (Mahmood v.d., 2014).

Güneybatı Avustralya'daki arazi örtüsü değişimleri, yüzey enerji akıları, sınır tabakasının gelişimi ve bunlara bağlı bulut formasyonundaki gözlemlenen değişimlerle bağlantılıdır (Lyons v.d., 1993, 2008; Ray v.d., 2003; Nair v.d., 2011). Tarım alanlarındaki daha yüksek albedo değerleri yüzünden, tarım için açılan alanlar uydu görüntülerinde (Fotoğraf 3.1) kolayca görülebilir. 750 km'lik bir çit tarımsal alanlar ve doğudaki yerel bitki örtüsünün kalıntıları arasındaki sınırı belirler. Tarımsal alanlar, albedoda, Ağustos'taki büyüme mevsiminde 0,18'den Aralık'taki (Lyons, 2002) buğday hasadından sonra 0,27'ye kadar artan önemli mevsimsel değişimler gösterirken yerel bitki örtüsünün olduğu alanlar Ağustos'ta 0,08'den Aralık'ta 0,12'ye kadar değişen değerler gösterir. Yerel bitki örtüsünün aerodinamik pürüzlülüğü de daha fazladır (Pielke v.d., 2011). Bu değerler tarımsal alanların yerel bitki örtüsünden daha büyük albedo değerlerine sahip olduğunu gösterir.

2005, 2006 ve 2007'deki Tavşan Çiti Deneyinde (Bunny Fence Experiment), hava aracı gözlemleri (Nair v.d., 2011), gizli ısı akılarının düşük olduğunu ve Ağustos ve Aralık boyunca yerel bitki örtüsünün nispeten ufak değişimler ortaya koyduğunu (1200 LST'de 20-40Wm^{-2}) gösterir. Aralık'taki hasattan sonra tarım alanlarındaki gizli ısı akıları çok azken (1200 LST'de yaklaşık 15Wm^{-2}) Ağustos'taki büyüme mevsiminde değerler oldukça yüksektir (1200 LST'de yaklaşık 50Wm^{-2}). Ağustos'tan Aralık'a, yerel bitki örtüsünün olduğu alanlarda tarım alanlarına nazaran hissedilir ısı akılarının sürekli daha yüksek olması, şiddetli sınır tabakası oluşumuyla ve daha fazla PBL yüksekliğiyle sonuçlanır (Pielke v.d., 2011).



Fotoğraf 3.1. Güneybatı Avustralya üzerindeki 1500 LST'de Geostationary Meteorolojik Uydusu'ndan (GMS) 3 Ocak 1999'daki görüntü. Tarımsal bölgelerde hava açıkken sınır bulut formasyonu yerel bitki örtüsünün üzerinde oluşmuştur. Bulutların batı uzantısının, açık alanları yerel bitki örtüsü kalıntılarının bulunduğu bölgelerden ayıran tavşan geçirmez çite (rabbit proof fence) aşağı yukarı denk gelişine dikkat ediniz (**Kaynak:** Pielke, R.A., Pitman, A., Niyogi, D., Mahmood, R., McAlpine, C., Hossain, F., Goldewijk, K.K., Nair, U., Betts, R., Fall, S., Reichstein, M., Kabat, P., de Noblet- Ducoudré, N.: "Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence," WIREs Climate Change, 2, 828-850, 2011.)

Güneybatı Avustralya'daki arazi örtüsü değişimi sınır tabakası bulut formasyonunu (Lyons v.d., 1993; Lyons, 2002; Ray v.d., 2003) ve mikro, mezo ve sinoptik ölçekli dolaşımları etkiler (Nair v.d., 2011). Lyons v.d. (2008), yüzey enerji akıları gözlemlerini kullanarak ortadan kalkan tarımsal alanlar üzerinde, yoğunlaşma

çekirdeği boyutunda ve yağış olasılığında azalmaya yol açan toz şeytanlarının (dust devil) oluşma ihtimalinde bir artış göstermiştir (Junkermann v.d., 2009).

Günlük yağış olaylarının analizi, güneydoğu Avustralya'da, kuru ve sıcak günlerin sayısıyla kuraklık sürelerinde bir artış ve günlük yağış şiddetiyle nemli günlerin yağış miktarlarında azalmalar olduğunu gösterir (Mahmood v.d., 2014).

Narisma ve Pitman (2003), doğal alanlardaki arazi örtüsü değişiminin güneydoğu, güneybatı ve kuzeybatı Avustralya'da yüzey sıcaklıklarına güçlü bir etkisi olduğunu ve güneybatı Avustralya'daki yağışlarda yaklaşık 1 mm $gün^{-1}$'lik bir azalma olduğunu göstermiştir (Pielke v.d., 2011).

Amazon'da otlakların ormanların yerini alması albedonun yaklaşık 0,13'ten yaklaşık 0,18'e kadar artışına ve yüzeydeki net radyasyonun yaklaşık %11'lik azalışına yol açmıştır. Kurak mevsimde, daha derin katmanlardaki toprak nemine erişebilen derin köklü orman vejetasyonuna nazaran kısa köklü otlak vejetasyonu toprak nemi eksikliği yaşar (Gash and Nobre, 1997). Bu nedenle otlak alanlar terleme ve gizli ısı akısında bir azalma ve sonuç olarak hissedilir ısı akısında bir artış yaşar. Daha yüksek hissedilir ısı akısı, PBL yüksekliği otlak alanlara göre 600 m'ye kadar daha yüksek olan orman alanlarına nazaran otlakların üzerinde, yükselmiş sınır tabakası oluşumuna neden olur (Silva Dias v.d., 2002; Wang v.d., 2009).

Souza v.d. (2000), Amazon'daki kurak mevsimde 10 günlük süre boyunca, birbirine komşu olan otlak ve orman alanlarının sonda gözlemlerini analiz etmiştir. Hissedilir ısı akılarının zirveye ulaştığı anda 3 km'nin altındaki ortalama rüzgar sapması unsurları orman alanlarından otlak alanlara yönelirken 3 km'nin üstündeyken otlak alanlarından orman alanlarına yönelmiştir. Brezilya Cerrado'sundaki uydu gözlemleri, otlakların doğal bitki örtüsünün yerini almasının, yerel iklimi, yüzey albedosundaki artıştan daha ağır basan terlemedeki azalışla yaklaşık $1,5^0C$ ısıttığını öne sürer (Loarie v.d., 2011). Yani bu bölgelerdeki ormansızlaşma ısınmaya neden olmaktadır.

Loarie v.d. (2011), doğal sel rejimleri dışında, barajlar ve diğer tarımsal manipülasyonlarla insanın da bölgesel albedoyu muhtemelen değiştirdiğini bulmuştur. Güney Amerika boyunca büyük albedo artışlarının (>%+2,8) benzer azalışlardan 2,2 kat daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Bitki örtüsü değişiminden

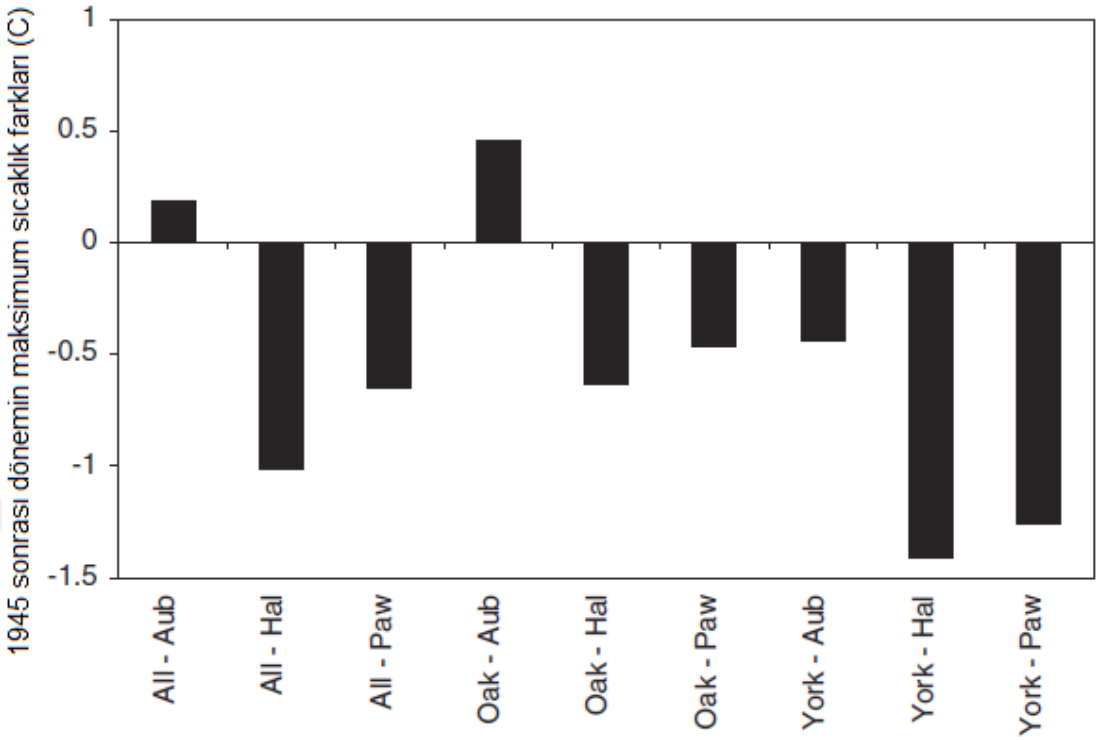
kaynaklanmayan çoğu büyük albedo değişimine yüzey sularındaki değişimler neden olmuştur (Pielke v.d., 2011).

Onlarca ya da yüzlerce hektar genişliğinde arsalar oluşturulurken, ortam koşullarına iyi uyum sağlayan, daha önce küçük ve orta boyutta olan heterojen arsa sistemleri homojenleşmiştir. Yapay orman ve ağaççık setleri (shelter belts) ortadan kaldırılmıştır; kesekler, arklar ve akmaz göller toprağın sürülmesiyle düzleştirilmiştir. Sonuç olarak, sahanın doğal mozaik yapısı ortadan kalkmıştır ve heterojen toprak koşulları homojen hale gelmiştir. Geçitler, sürülmüş topraklar ve bataklık araziler, ekilebilir arazilerdeki mikro iklimin kontrolünde son derece önemli rol oynamıştır. Bunlar ortadan kaybolduğunda mikro ve mezo iklim daha kurak ve ekstrem hale gelmiştir, toprağın su tutma kapasitesi azalmıştır ve kuraklıklar daha sık hasara neden olmaya başlamıştır (Lóki, 2010).

Sulamalı tarım da yüzey enerjisinin bölünmesinde dikkate değer değişimler meydana getirir. Şehirleşmenin etkilerinin aksine, enerji akısı, artan gizli ısınmanın hakimiyetindedir. Sulama üzerine yapılan araştırmalar sulamanın yağışa yerel, bölgesel ve kıtasal ölçekte etkileri olduğunu öne sürmektedir. Sulamanın geniş ölçekte benimsenmesinin yıllar arasındaki yağış düzenlerini etkilemesi de mümkündür. Ancak, sulama-yağış ilişkisi karmaşıktır ve ilgili bilim dalı yeni ortaya çıkmaktadır (Mahmood v.d., 2014).

Arazi örtüsü değişimiyle ilgili sıcaklık düşüşleri sulamayla daha fazla azalabilir. Mahmood v.d. (2006), veri tabanlı gözlemsel bir çalışmada, Nebraska'da 1945 sonrası dönemdeki sulanan alanlarda maksimum sıcaklıkların $1,41^0$C'a kadar azaldığını bulmuştur (Mahmood v.d., 2006) (Şekil 3.3). Dahası, sulanan alanlardaki uzun-dönemli ekstrem maksimum sıcaklıklarda bir soğuma eğilimi gözlemlenmiştir (Mahmood v.d., 2004). Bu, sulanan alanlardaki $2,17^0$C'a kadar artan büyüme mevsimi çiy noktası sıcaklıklarıyla daha fazla desteklenmektedir (Mahmood v.d., 2008). Sandstorm v.d. (2004) de orta A.B.D.'deki ekstrem çiy noktası sıcaklıkları ($\geq 22^0$C) olan günlerin sıklığında bir artış olduğunu bildirmiştir ve arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin bu artışın ana nedeni olduğunu öne sürmüştür (Pielke v.d., 2011).

DeAngelis v.d. (2010), Great Plains'de, yeraltı suyuna dayanan sulamada kullanılan Ogallala akiferinin rüzgar yönündeki yağışlarında %10-30'luk bir artış



olduğunu bildirmiştir. Fall v.d. (2010a), yeniden analizi ve yerindeki verileri kullanarak

tarıma geçişin her zaman soğumayla sonuçlandığını ve her arazi değişimi çeşidinden daha büyük soğuma ortaya koyduğunu bulmuştur. En fazla soğuma çorak arazilerin ve çayırlar/fundalıkların dönüşümüyle ilişkilidir (-0,1^{0}C civarında). Önceden orman bulunan alanlarda ve çorak arazilerde orta veya nispeten az miktarda soğuma meydana gelir (-0,05^{0}C civarında). Fall v.d. (2010b), A.B.D.'deki terleyen vejetasyon miktarı, sıcaklık ve nem değişimleri arasında önemli bir ilişki olduğu sonucuna varmıştır. Christy v.d. (2006), sulanan San Joaquin Vadisi'nde, yüksek albedolu topraklar daha koyu, daha nemli vejetasyonlu yüzeylere doğru değiştiği için minimum sıcaklıkların özellikle yaz ve sonbaharda (+0,25^{0}C onyıl^{-1}'i

Şekil 3.3. A.B.D. Nebraska'da 1945'ten sonraki dönemde sulanan alanlarda soğuma. Negatif değerler soğumayı gösterir. Alliance (All), Oakland (Oak) ve York sulanan alanlardır, Halsey (Hal), Auburn (Aub) ve Pawnee Şehri (Paw) sulanmayan alanlardır (**Kaynak:** Mahmood, R., Foster, S.A., Keeling, T., Hubbard, K.G., Carlson, C., Leeper, R.: "Impacts of irrigation on 20th-century temperatures in the Northern Great Plains," Global and Planetary Change, 54, 1-18, 2006.)

sulanan alanlardaki büyüme mevsimi ortalama sıcaklıklarında ve ortalama maksimum sıcaklıklarda azalma olduğunu bildirmiştir (Pielke v.d., 2011).

Hindistan'da, 1960'larda, "Yeşil Devrim"in (GR) bir parçası olarak ekin üretimini önemli ölçüde artırmak için yaygın şekilde sulamaya geçilmiştir (Gordon v.d., 2005; Rodell v.d., 2009). Roy v.d. (2007) sulama planlarının kuzey Hindistan'daki kurak mevsim sıcaklıklarına etkilerini incelemiştir. Uzun dönem sıcaklık verileri, Yeşil Devrim öncesi (1947-1964) ve Yeşil Devrim sonrası (1980-2003) periyotlar arasında ikiye bölünmüştür. Bu çalışma, Yeşil Devrim sonrası periyot boyunca büyüme mevsimi maksimum sıcaklıklarının $0,34^0$C soğuduğunu ortaya çıkarmıştır. Yeşil Devrim sonrası periyotta, bir büyüme mevsimi ayının maksimum sıcaklığının $0,53^0$C'a kadar azalabildiği de bildirilmiştir. Uzun dönemdeki sıcaklık eğilimleri çoğunlukla negatiftir ve istatistiksel olarak önemlidir (Pielke v.d., 2011). Bu bulgular sulamalı tarımın soğumayı artırdığını göstermektedir.

Roy v.d. (2010) daha sonraki bir çalışmada, Yeşil Devrim'den önceki ve sonraki periyot boyunca, kuzey Hindistan'da, sulamanın kurak sezondaki muson yağışı olmayan yağışlara etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, Yeşil Devrim'den sonrakiperiyotta yağışta bir artış eğilimi olduğunu öne sürer. Örneğin, doğu Madhya Pradeş'te, Yeşil Devrim'den sonraki kurak mevsim yağışlarının artışı 2,40mm $yıl^{-1}$'dir. Bazı bölgelerde, Yeşil Devrim'den sonraki periyottaki büyüme mevsimleri için toplam yağış miktarında 69 mm'ye (%121) kadar bir artış olduğu bildirilmiştir. Genel olarak, Yeşil Devrim'den önceki ve sonraki periyodun, büyüme mevsimlerinin ortalama yağışları arasındaki farkların, bölgelerin çoğunda istatiksel olarak önemli olmakla birlikte, Yeşil Devrim'den sonraki büyüme mevsimlerinde sulanan alanlardaki yağış dikkate değer artış göstermiştir. Ancak sulamanın iklime etkisi mevsime özgü olabilir. Örneğin, Hindistan'ın kuzeybatısında (kuzey Hindistan'daki bir altbölge), muson (yağışlı) mevsimindeki sulamanın ters etkili bir geri besleme yaptığı belirtilmiştir ve muson yağışının azalmasına katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Niyogi v.d., 2010). Ancak, genel olarak, bu sonuçlarla Yeşil Devrim'den sonraki büyeme mevsimi yağışlarında genel bir artış olduğu öne sürülmektedir.

Hindistan'da, uyduların gözlemlediği (Rodell v.d., 2009), yeraltı sularıyla yapılan büyük ölçekli sulamalar, bölgesel olarak, birbirinden ayrılmayan bir seri geri beslemeye sebep olur. Bu, kuzeybatı Hindistan'da sulanan alanlardaki, daha düşük kurak sezon yüzey sıcaklığı gözlemlerini (Roy v.d. 2007), daha yüksek mevcut

konvektif potansiyel enerji gözlemlerini (Lee v.d., 2009; Niyogi v.d., 2010), kurak sezondaki muson yağışı olmayan yağışların artışını (Rodell v.d., 2009) ve muson yağışlarının azalışını (Roy v.d., 2010) içermektedir. Son etki potansiyel olarak, sulamanın ve tarımsal alanların erken yeşillenmesinin yaptığı bir geri beslemenin sonucudur ki musonun düşük sıcaklıklarında bir azalmaya neden olmuştur ve aktif musonlarda 200 mb'lık rüzgar dolaşımını etkilemektedir (Niyogi v.d., 2010).

Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimiyle meydana gelen geri beslemeler de yapılan değişimlerin etkisini azaltarak (negatif geri besleme) ya da artırarak (pozitif geri besleme) iklimi etkiler. Örneğin, bitki örtüsü ile kaplı bir alanın çölleşmesi veya çöllerin bitki örtüsüyle kaplanması, iklim koşullarında özellikle bölgesel ölçekte değişimler yapan vejetasyon geri besleme mekanizmasının devreye girmesinde etkili olur. Bu etki en çok kendini dünyanın kurak ve yarı-kurak bölgelerinde göstermektedir. Yapılan çalışmalar, yarı-kurak iklim bölgelerinde kuraklığın şiddetlenmesinde bitki örtüsündeki değişmelerin önemli bir katkısının olabileceğini göstermiştir. Daha düşük albedo oranına sahip, ot veya çalı ile kaplı yüzeylerde, bitki örtüsünün ortadan kalkmasıyla açığı çıkan ve daha yüksek albedo oranına sahip çıplak yüzeyler, gelen güneş radyasyonundan daha az yararlanmaktadır. Bu koşullarda zemin soğumakta ve yeryüzünden atmosfere taşınan enerji miktarı azalmaktadır. Bu durum yağış oluşumunu başlatan konveksiyonel hava akımlarının zayıflamasına yağışın azalmasına yol açmaktadır. Böylece yağış miktarının azalmasını başlatan bitki örtüsündeki zayıflama ve çölleşme eğilimi devreye giren pozitif vejetasyon geri beleme mekanizması ile daha da kuvvetlenmektedir. Mesela, oluşturulan iklim modelleri, 1961 yılından bu yana Sahel'de yağış miktarında azalmanın yaklaşık %5-9'undan bu alanda bitki örtüsünün tahribinin sorumlu olduğunu göstermektedir (Taylor v.d., 2002). Bu veriler de geri besleme mekanizmalarının çeşitli iklimsel süreçlere pozitif ya da negatif etkilerde bulunabileceğine dair örnek oluşturmaktadır.

Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin yaptığı bir başka etkiyse fırtınalar üzerinedir. Tropik alanların değişimi, özellikle de ormanların tarım arazilerine veya otlaklara dönüştürülmesi, solar radyasyonun hissedilir ve gizli türbülanslı ısı formlarına bölünüşünü değiştirir. Tarım ve otlak alanlarındaki terlemenin daha az olması, bu alanlar üzerinde daha az fırtına oluşmasına neden olur (Pielke v.d., 2002).

Raddatz (1998, 1999) da arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin Kanada Prerileri'ndeki fırtına aktivitelerine ve maksimum sıcaklıklara önemli etkileri olduğunu bulmuştur. Taylor v.d. (2011), toprak nemindeki mezo ölçekli değişimlerin (ki hem öncesindeki yağıştan hem de arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminden kaynaklanabilir) Sahel fırtınalarını önemli ölçüde etkilediğini ve bu etkinin, büyük ihtimalle, yoğun kümülüs konveksiyonu oluştuğu zaman her yerde meydana gelebileceğini bulmuştur (Pielke v.d., 2011).

Küresel olarak geniş alanların ormansızlaşmasına rağmen son zamanlarda ağaçlandırmaya dair pozitif bir eğilim de vardır (Nagendra and Southworth, 2010). Bu süreçlerin iklim üzerindeki etkilerine dair az sayıda yayınlanmış literatür vardır, gerçi genel olarak, gözlemler ve modelleme çalışmaları ağaçlandırmanın gizli ısı, yaprak alanı endeksi (LAI), pürüzlülük alanı ve kök derinliğindeki artışlardan dolayı yüzey yakınındaki sıcaklıkları azalttığını kabul etmektedir (Nosetto v.d., 2005; Pielke v.d., 2007; Strack v.d., 2008; Beltr´an-Przekurat v.d., 2012).

Kasıtlı arazi kullanımı değişimi (ağaçlandırma), CO_2'yi atmosferden temizleme ve karbonu ağaçlarda ve toprakta tutma yöntemi olarak kabul edilmiştir. Ancak, Betts (2000) ve Pielke (2001) tarafından tartışıldığı üzere, bu faaliyet atmosferde radyatif etken açısından başka etkilere sahip olabilir. Örneğin, önemli ölçüde kar örtüsüne maruz kalan bölgelerde, ağaçlandırma daha düşük bir yüzey albedosuna dolayısıyla pozitif bir radyatif etkene neden olur, bu da atmosferdeki CO_2'nin temizlenmesine rağmen net bir ısınmaya neden olur (Pielke v.d., 2002).

Doğu Sibirya ve Kanada'nın büyük bölümü gibi daha fazla karla kaplı olan alanlarda, albedo azalmasıyla ortaya çıkan pozitif radyatif etkenin karbonun tutulmasıyla ortaya çıkan negatif zorlamadan daha büyük olduğu bulunmuştur. Bu da bu bölgelerdeki ağaçlandırmanın ısınmayı azaltmaktansa artmasına etki edeceği anlamına gelir. Eğer maksat ısınmayı yavaşlatmaksa, bu bölgelerdeki ağaçlandırma bu nedenle ters etki yapacaktır (Betts v.d., 2007). Bundan dolayı ağaçlandırma küresel ısınmayla mücadelenin tartışılmaz bir unsuru olarak görülmemelidir.

Albedo zorlamasının karbon tutulmasından daha küçük olduğu diğer bölgelerde bile, net zorlama sadece karbon tutulmasından dolayı olandan dikkat değer derecede daha azdır. Örneğin, İskandinavya'da, 1 hektar plantasyonda net küresel zorlama -0,2 nW m^{-2}'dir, bu da karbon tutulmasından kaynaklananın %50'si

civarındadır. Demek ki, ağaçlandırma genel bir soğuma etkisi yapsa bile, bu sırf karbonu hesaba katmayla gösterilenin sadece yarısı olacaktır (Betts v.d., 2007).

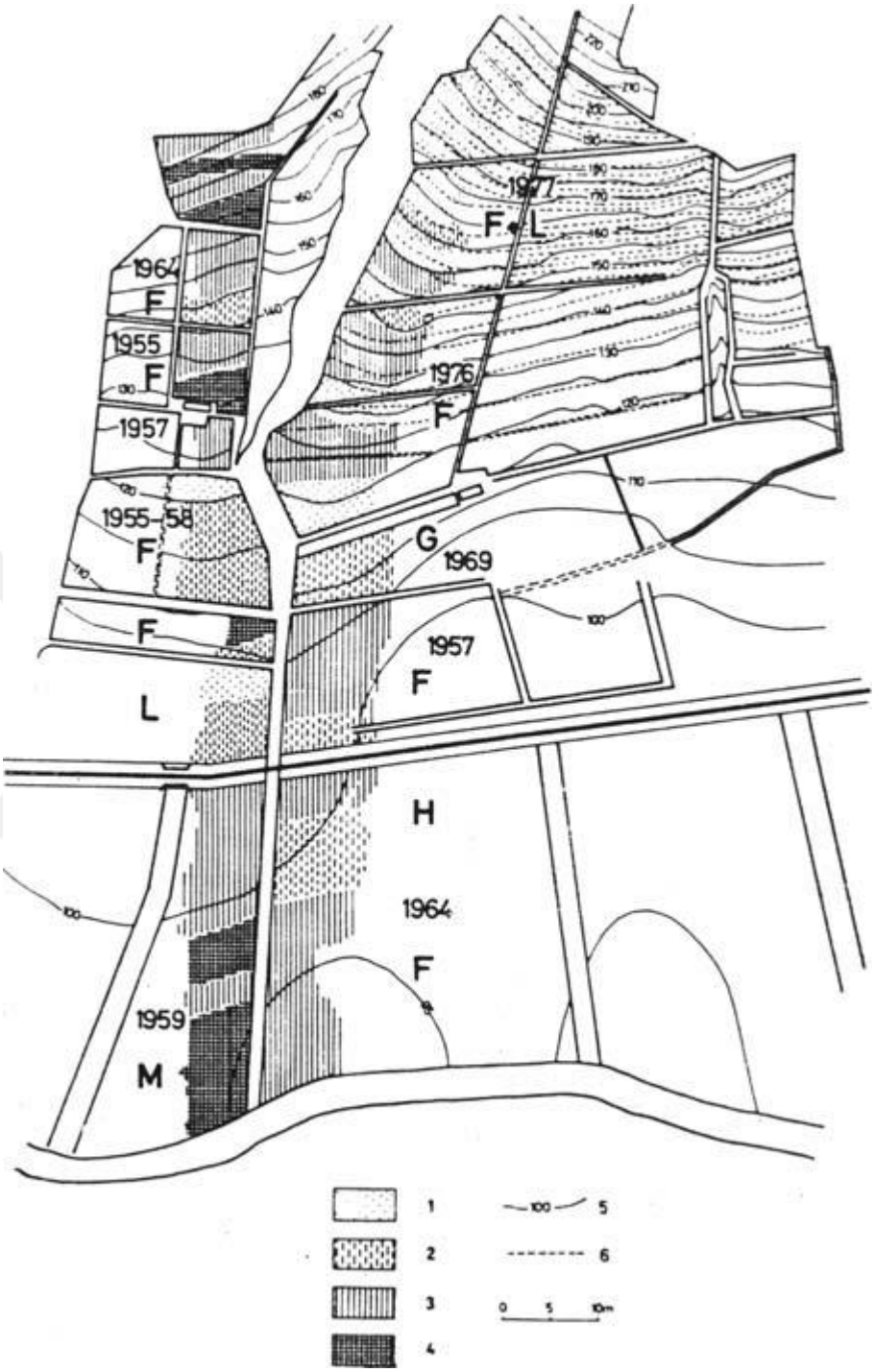
Arazi temizleme, direkt negatif radyatif etken sağlamanın yanında kara maruz kalan alanlarda bir artışa yol açacaktır, dolayısıyla diğer etkilerden kaynaklanan iklim değişiklerinin neden olduğu kar örtüsündeki herhangi bir değişimin önemi artacaktır. Kar örtüsündeki belli bir değişim eğer orman arazisinden ziyade açık arazide yer alıyorsa sıcaklık değişimine daha büyük bir pozitif geri beslemede bulunur, bu yüzden de iklim hassasiyetinin daha fazla olmasına katkıda bulunur. Bu nedenle, arazi temizleme güneş zorlamasına ve kuzey yarımküre ikliminin diğer yönlendiricilerine hassasiyeti artırmıştır. Arazi kullanımı değişimi 17. Yüzyıl Kuzey Yarımküre soğuk dönemine ("Küçük Buz Çağı") katkıda bulunmuş olabilir (Sagan v.d., 1979; Brovkin v.d., 1999; Govindasamy v.d., 2001).

Arazi örtüsü değişiminin zorlamasına iklimin hassasiyetinin daha az olması (1) arazi örtüsü değişiminin mekansal dağılımı ve (2) radyatif olmayan süreçlerin rolünün sonucu olarak yorumlanabilir. İlk nokta, iklim hassasiyetinin, zorlama mekanizmasının coğrafi dağılımına bağımlılığını sorgular. Çeşitli sera gazlarının karışımının aksine arazi örtüsü değişimi yerelden bölgesel ölçeğe kadar ve 60 dereceden alçak enlemlerde meydana gelir. Bu konuda Hansen v.d. (1997), eğer zorlamalar alçak enlemlerle sınırlanmışsa, yüksek enlemlerdeki kriyosferik geri beslemelerin başlamasına olanak verilmemesinin iklim hassasiyetini oldukça azaltacağını gösteren bilgilendirici sonuçlar sunmuştur. Azalan iklim hassasiyetinin ikinci nedeni, albedo ve subuharındaki değişimlerden kaynaklanan radyatif soğumayla rekabet eden radyatif olmayan süreçleri (yani gizli ve hissedilir ısı arasındaki bölüşümde değişim) içerir. Ormanları çayırlara dönüştürmek evapotranspirasyonu azaltma ve hissedilir ısınmayı artırma eğilimi gösterir, bu nedenle yüzey yakınındaki atmosfer ısınır. Bu etki özellikle tropik bölgelerle ve kuzey yarımkürenin tropik bölge dışındaki bölgelerinin yaz aylarıyla alakalıdır (Kleidon, 2006).

İnsanın bitki örtüsüne yaptığı bir etki olarak tam sayılmayacak ama yine de yeryüzünde insanın kendi yaptığı değişikliklerden biri de taraçalardır. Taraçaların dezavantajlı özelliklerinden en çok mikro iklime yaptığı olumsuz değişimler vurgulanır (Csorba 2006; Nyizsalovszki and Lóczy 2008). Merdiven taraçalar hava hareketlerine bir engel oluşturur. Sonuç olarak, taraçaya ulaşan soğuk hava

yamaçtan yukarı çıkamaz, kalıcı bir hava havuzu oluşturur ve yaz ile sonbaharda don ihtimalini önemli ölçüde artırır (Justyák and Pinczés 1976). Tokaj'da yürütülmüş olan bir don hasarını haritalandırma projesiyle kanıtlandığı üzere (Pinczés and Marton-Erd˝os 1983), toprağı şeritler halinde işleme önceden böyle doğal felaketlerin sadece nadiren meydana geldiği bağlarda ciddi hasara neden olur. Dondan 10-20 m daha alçaktaki bölgeler etkilenir ve bu tehlike diğer bakımlardan oldukça elverişli olan ekolojik koşullarla birlikte yamaçların ortasında daha yaygın hale gelir. Don hasarı haritalandırması don hasarı derecesinin taraçaların kenarlarına doğru azaldığını da kanıtlamıştır (Şekil 3.4). En şiddetli don hasarı, genişliği 10 metreyi geçen, yatay veya ters eğimli taraçaların iç kısımdaki tabanında saptanabilir (Pinczés and Marton-Erd˝os 1983). Toprağın şeritler halinde işlendiği yamaçların eteğinde yollara ve demiryolu hatlarına sıkça rastlanır, buralardaki taraçalar sık sık soğuk hava akımını tutar ve bu da daha alçaktaki taraçalarda don hasarına neden olur (Csorba, 2010).

Toprağın şeritler halinde işlenmesiyle hava akımının tutulması don tehlikesini artırmakla kalmaz aynı zamanda yazın sıcak hava ceplerinin sıcaklığını da artırır. Bu, buharlaşma ihtiyacını ve ekinlerin su kullanımını artırır. Almanya, Avusturya ve Fransa'nın şarap üretim bölgelerinde, daha nemli bir iklim altında, taraçalı yamaçlar arasındaki vadilerde sis eğilimi ve sonuç olarak fungoid hastalık (mantarların sebep olduğu hastalıklar) tehlikesi daha yüksektir (Csorba, 2010).



Şekil 3.4. Tarcal'daki Szarvas Çiftliği Yolu'nun taraçalarındaki bağların don hasarı planı. 1: hafif; 2: orta; 3: şiddetli; 4; çok şiddetli don hasarı, 5: eşyükselti eğrisi; 6 taraça kenarı. Yıllar plantasyonun zamanını gösterir (**Kaynak:** Pinczés, Z. and Marton-Erd˝os, K.: "Untersuchung eines Winterfrostschadens in der Tokajer Weingegend," Acta Geogr Debrecina, 21, 25-38, 1983.)

3.2. Şehirleşmenin Etkileri

Şehirleşmenin artışı sonucunda, sıcaklık yapısında değişiklik, rüzgar hızında azalma, gelişen sıcaklık gradyanına bağlı olarak şehir içi parklar ile çeviresinde meltem rüzgarları gelişimi, göreli mutlak nemde değişiklikler görülmektedir. Şehirlerdeki iklim elemanlarındaki değişiklikler, şehir kanyonlarının neden olduğu uzun dalga radyasyon kayıplarında azalma, asfalt ve beton gibi malzemelerin ve kanyon geometrisinin neden olduğu albedo miktarlarında azalma, şehirlerin termik özellikleri, antropojenik ısı, şehir sera etkisi, azalan evapotranspirasyona bağlı olarak artan hissedilir ısı, azalan gizli ısı gibi karmaşık yapıların sonucudur (Landsberg, 1981; Oke v.d., 1991). Şehirler, iklim elemanlarında böyle değişiklikler yaparak çevrelerine göre kendine özgü bir iklim oluştururlar.

Şehir alanlarının gelişmesi sonucunda hem bitki örtüsüyle kaplı alanlar hem de açık alanlar yapay yüzeylerle yer değiştirir. Şehir atmosfer parametreleri arasında yer alan yüzeye yakın hava sıcaklığı, kırsal alana göre çok belirgin değişiklik gösterir (Oke, 1987). Şehir ısınması, genellikle şehir ısı adası (UHI) olarak, onun büyüklüğü şehir ısı adası yoğunluğu olarak isimlendirilir (Oke, 1997). Şehir ısı adası kavramı en geniş anlamıyla, birer kara cisim olarak gündüz güneşten aldığı enerjiyi gece tekrar atmosfere ısı enerjisi olarak veren şehir elemanlarının, özellikle gece sıcaklıklarının yükselmesine neden olarak, şehirlerin komşu kırsal alanlardan daha yavaş soğumasını sağlayan, dolayısıyla daha sıcak kalmasıyla ortaya çıkan durum olarak açıklamak mümkündür (Gönençgil, 2008). Bir milyon veya daha fazla kişilik bir şehir çevresine göre yıllık ortalama 1-3^{0}C'a kadar daha sıcak olabilir (Oke, 1997). Açık ve sakin gecelerde bu sıcaklık farkı 12^{0}C'ı geçebilir (Oke, 1987).

Şehir ısı adaları şehir klimatolojisi kapsamında en çok çalışılan konulardan biridir. Bunda özellikle sıcaklığın şehirleşmeden en çok etkilenen iklim elemanı olması ve şehir ısı adasının diğer iklim elemanlarına göre daha kolay tespit edilmesi önemli rol oynamıştır (Çiçek ve Doğan, 2005). Şehir ısı adaları, şehir alanları kendine özgü iklim özellikleri gösterdiğinden ve şehirler nispeten geniş alanlardaki değişiklikleri içerebildiğinden antropojenik jeomorfolojinin iklime etkisi açısından da iyi bir örnektir.

Şehir ısı adası gündüz ve gece görülmekle birlikte, genellikle geceleri daha yoğun olarak oluşur. Şehir ve kırsal alanlar arasında sıcaklık farklılığı sinoptik

koşullara bağlı olarak gelişir. Sıcaklık farklılığı açık ve sakin hava koşullarında büyürken, bulutlu ve rüzgarlı havalarda kaybolmaktadır. Sıcaklık farklılığının gelişiminde farklı topoğrafik özellikler, radyasyonla geçen ısı ve türbülanstan kaynaklanan değişim gibi farklılıklar önem kazanmaktadır (Çiçek, 2005). Çalışmalar şehir nüfusu ve yoğunluğu ile şehir ısı adası etkisinin yoğunluğu arasında doğrudan bir korelasyon olduğunu göstermektedir (Landsberg, 1981; EC, 2000).

Şehirlerdeki insan kaynaklı değişiklikler, şehir ısı adasının kaynağını oluşturmaktadır. Uzun dalga radyasyonunun yüzey tarafından emilmesi ve geri yayılması nedeniyle şehir alanlarında ışınım dengesi bozulur. İnsan kaynaklı ısı salınımındaki artış, yüzey buharlaşmasında azalma, şehir yüzeylerinin değişen termal özellikleri, trafik ve hava kirliliğinin artması, binaların kalkan etkisi nedeniyle nem ve hava akımlarındaki azalma bu değişikliklerin arkasındaki en önemli faktörlerdir (EC, 2000).

Şehirlerde, enerji akısı, şehir ısı adasının oluşumuna yol açan hissedilir enerji akısısın hakimiyeti altındadır. Şehir alanlarında maksimum hissedilir enerji akısı gizli enerji akısından birkaç kat daha yüksek olabilir. Ancak, hissedilir enerji akısına bölünmenin göreceli büyüklüğü mevsime, şehir alanının coğrafi konumuna ve şehir alanındaki arazi kullanımı çeşitliliğine göre değişir. Sonuncusu, yerleşim alanına (önemli ölçüde bitki örtüsü bulunabilir) karşılık merkezi ticaret bölgesi (nerdeyse bitki örtüsünden yoksun) olabilir. Nemli ılıman bölgelerde, doğal ormanların ve bataklık arazilerin ortadan kaldırılması terleme ve buharlaşmada bir azalmayla ve hissedilir enerji akıları ile Bowen oranında (bir su kütlesindeki ısı transferi türünü ifade etmek için kullanılır) bir artışla sonuçlanmıştır. Aksine, kurak ve yarı-kurak bölgelerdeki şehir alanları genellikle sulanmış alana sahiptir, öyleki gizli enerji akısı doğal çöl veya steplerdekinden çok daha büyüktür (Mahmood v.d., 2014).

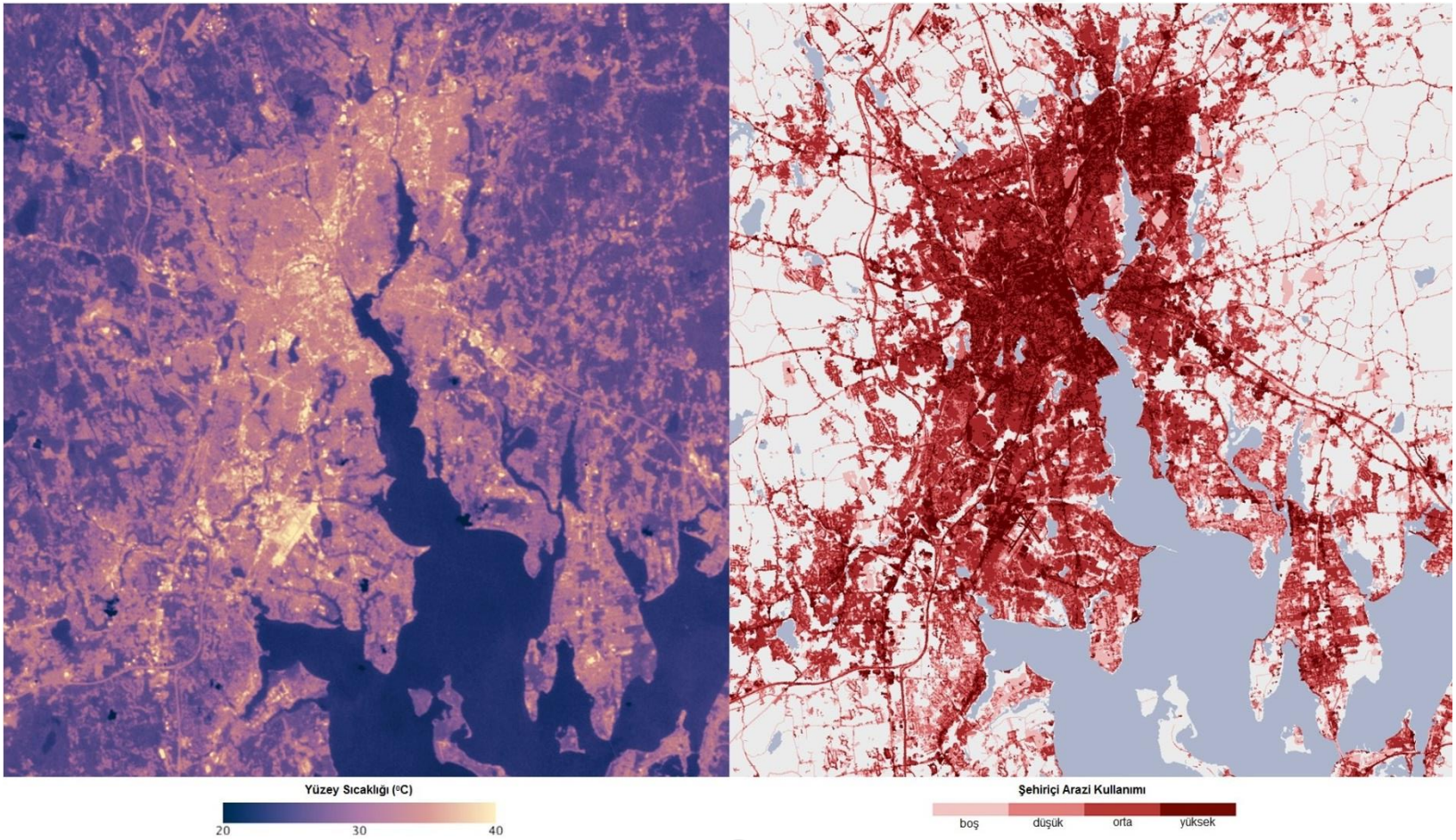
Kentsel arazi kullanımıyla ilgili konvektif akılardaki değişimler yağışın etkileneceği bir şekilde mezo ölçekli atmosferik dinamikleri ve stabilite profillerini etkiler. Birçok tarihsel ve çağdaş eser, şehir ısı adası destabizasyonunun, kanopiyle ilgili pürüzlülüğün ve/veya kirliliğin yağış oluşturan bulut sistemlerini bağımsız olarak veya sinerjik olarak değiştirebileceğini, artırabileceğini, azaltabileceğini veya oluşmalarına sebep olabileceğini gösterir (Mahmood v.d., 2014).

Lei v.d. (2008), Kishtawal v.d. (2010) ve Niyogi v.d. (2010), Hindistan'ın kentsel bölgelerinde kent dışındaki bölgelere nazaran sağanak yağış trendinin daha fazla olduğunu ve bunun hem yerinde hem de uydu verileriyle doğrulanabileceğini öne sürmektedir. Mitra v.d. (2011) ve Niyogi v.d. (2011), artan hissedilir ısı akısının, konverjansın, atmosferik destabilizasyonun ve değişmiş atmosferik akım düzeninin sonucunun yağışı arttırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Ancak, işleyişlerinin ayrıntıları ve izledikleri yollar tam olarak anlaşılamamıştır (Shepherd v.d., 2010).

Bitki örtüsünün olduğu geçirgen yüzeylerin tuğla, beton ve asfalt gibi geçirgen malzemeli olmayan yüzeylere doğru bu tür değişimi daha düşük gizli ısı akısıyla ve daha yüksek hissedilir ısı akısıyla dolayısıyla artan hava sıcaklığıyla sonuçlanır. Örneğin, Fall v.d. (2010a) Kıtasal A.B.D.'deki nerdeyse bütün bölgelerin $0{,}103^0$C'tan (tarım alanlarından şehirlere dönüşüm) $0{,}066^0$C'a (ormanlardan şehirlere) kadar değişen değerlerde şehirleşmeyle ilgili ısınma yaşadığını bulmuşlardır (Mahmood v.d., 2014). Özellikle güneşten gelen enerji miktarının arttığı yaz ve yaz mevsimine geçiş aylarında, şehirlerin yüzeyini oluşturan asfalt, beton ve tuğla gibi malzemelerin gündüzleri güneşten gelen kısa dalgalı radyasyonu depolayıp, güneş battıktan sonraki saatlerde geri vermeleri, şehirlerde ölçülen minimum sıcaklık değerlerinin çevrelerindeki kırsal alanlara göre önemli artışlar göstermesine neden olur (Temuçin, 1996). Binaların boyu yükseldikçe soğurulan ısının geri verilmesi tekrar soğrulmayı artırır böylece bu etki daha da artar.

Georgescu v.d. (2009a, 2009b) şehirleşmeyle ilişkin olarak, 1^0C'ı aşan maksimum sıcaklık farklarının, en fazla şehirleşmenin olduğu bölgelerde meydana gelmekle birlikte, Arizona Phoenix merkezli ortalama bölgesel sıcaklıkların 2001 dolaylarında 1973 dolaylarındakinden $0{,}12^0$C daha sıcak olduğunu bulmuştur (Pielke v.d., 2011).

Şehirde farklı özellikteki yüzey alanlarının sıcaklık özellikleriyle ilgili veriler uzaktan algılamayla sağlanan termal görüntülerle edinilebilir (Fotoğraf 3.2). Şehir ısı adasının yüzey sıcaklıkları belirli noktalara konulan termal kameralar aracığıyla incelenebildiği gibi uydulardan veya hava araçlarından elde edilen görüntülerin analizi ile de incelenebilmektedir. Fotoğraf 2'de New York'un uydu görüntülerinin termal bantlardan elde edilen yüzey sıcaklıkları görülmektedir (soldaki görüntü). Şehir merkezi kısmında açık renkli alanlarda yüzey sıcaklığı 40^0C'ı bulurken koyu



Fotoğraf 3.2. New York'un termal görüntülerinden elde edilen şehir ısı adası (solda) ve şehir içi arazi kullanımı (sağda) (**Kaynak:** Voiland, A.: "Satellites Pinpoint Drivers of Urban Heat Islands in the Northeast," NASA's Earth Science News Team, Aralık 13, 2010 (Çevrimiçi) https://www.nasa.gov/topics/earth/features/heat-island-sprawl.html, 14 Aralık 2017.)

renkli kırsal alanlarda bu sıcaklık 20^0C'a düşmektedir. Yüzey sıcaklık

arazi kullanımı arasındaki ilişki iki görüntüden belirgin olarak anlaşılmaktadır (Çiçek, 2016). Bu farklılığın temel sebebi asfalt, beton gibi malzemelerin ısıyı bitki örtüsüyle kaplı alanlara göre daha fazla tutmasından kaynaklanır.

Şehir ısı adalarıyla ilgili sıcaklık değişimleri karmaşıktır ve günün saati ile yılın zamanına (mevsime), enleme, iklim sistemine, dolaşımların geri beslemesine, çevredeki arazi örtüsüne bağlıdır. Orta enlemlerde şehir ısı adası sıcaklıklarının etkisi en çok yazın belirgindir. Ancak en etkili şehir ısı adaları, yüksek enlemli bölgelerde, şehir sıcaklıklarının çevredeki kırsal alanlardan 6^0C'a kadar daha yüksek olabileceği kış aylarında oluşur (Hinkel and Nelson, 2007). Kışın solar radyasyon olmadığı ya da göz ardı edilebilir seviyede olduğu için bu yüksek enlemdeki şehir ısı adaları çoğunlukla yapı içi sıcaklıkların korunmasıyla salınan antropojenik ısıdan kaynaklanır. Imhoff v.d. (2010) tarafından yapılan bir çalışma orta enlemlerdeki bölgelerde ekolojik durumun yazın gündüz vaktindeki şehir ısı adalarının büyüklüğünü etkileyebileceğini belirtir. Örneğin, karışık ve ılıman geniş yapraklı ormanların hakim olduğu biyomlara kurulan şehirlerde 8^0C'a kadar şehir-kırsal alan sıcaklık farkı gözlemlenmiştir. Bu çalışmayı yapanlar (Imhoff v.d., 2010) şehir-kırsal alan sıcaklık farklarının en fazla yazın gün ortasında olduğunu buldular. Dahası, ormanların, ılıman çayırların, tropik çayırların ve savanların yerini alan şehir alanları sırasıyla, 6,5, 9,0, 6,3 ve $5,0^0$C şehir-kırsal alan sıcaklık farkı yaşamışlardır (Mahmood v.d., 2014). Yani bu farklılıkların oluşmasında nüfusun ve şehirleşmenin büyüklüğü ve yoğunluğu kadar şehrin kurulduğu ortamın da etkisi vardır.

Şehir ısı adalarıyla ilgili sıcaklık gradyanları hem arazi kullanımı hem de şehirsel parametrelere (örn., yapılaşma oranı, yeşil alan oranı, gökyüzü görünebilirliği faktörü, v.b.) bağlı olabilir (Oke, 1987). Kentsel bölgelerdeki yüzey enerjisinin net fazlalığı, azalan evapotranspirasyonsal soğumanın yanısıra yerin ısı depolamasının artması ve antropojenik ısınmayla açıklanmaktadır. Çatı seviyesi altındaki daha küçük gökyüzü görünebilirliği faktörü değerleri, uzun dalgalı radyatif kaybın azalmasıyla türbülanslı ısı transferine sebep olur ve şehir ısı adası anomalisine katkıda bulunur (Unger, 2004).

Arazi örtüsü değişimi, örneğin konvektif bulut oluşumu ve yağışta belirgin hale gelen PBL'deki sıcaklığı, nemi ve stabiliteyi de etkiler. Genel olarak, düşük aerodinamik pürüzlülüğe sahip yüzeylerde (örneğin çayırlar, ekinler) PBL'ın üstü

geceleri yere daha yakındır ama gündüzleri solar ısınmadan dolayı daha pürüzlü yüzeylerde (ormanlar ve şehir alanları) yükselmektedir. Arazi örtüsü tiplerindeki dik yatay gradyanlar yakınında ve bunlar boyunca ortaya çıkan, albedo ve konvektif akılardaki ortak, güçlü kontrastlar, arazi örtüsü sınırları civarında konvektif bulutlar hatta yağış meydana getirebilen "klasik olmayan mezo-ölçekli dolaşımları" (NCMC) (deniz ve kara meltemlerinin klasik dolaşımlarına benzerler fakat nedenleri farklıdır) artırabilir (Segal v.d., 1988; Segal and Arritt, 1992). Gündüz saatlerinde, bir NCMC ya sınır boyunca olan ya da daha yüksek Bowen oranı değerlerine (yani güçlü hissedilir ısı akısı) sahip yüzeye doğru yeri değişen fakat daha düşük Bowen oranına (yani buharlaşmanın daha fazla olduğu yer) sahip komşu yüzey üzerindeki çökelen havanın dikey hareketiyle karakterize olur. Bundan dolayı NCMC'ler en çok güçlü kontrast oluşturan arazi örtüsü tipleri arasında belirgindir (Mahmood v.d., 2014).

Şehir ortamı, sözü geçen kara yüzeyi özelliklerinden bazılarını içerdiğinden PBL'yi özellikle önemli şekillerde değiştirir. Sınır tabakası değişimleri, gündüz boyunca havanın artmış düşük seviyeli konverjansını ("kara meltemi") içerir. Şehir ısı adaları genellikle günlük döngünün gece bölümünde en güçlü durumdadır fakat şehir ısı adası dolaşımı gündüz saatlerindeki şehir alanı-kırsal alan basınç gradyanı ve dikey karışma yüzünden gündüzleri daha belirgindir (Shreffler, 1978; Fujibe and Asai, 1984). Bu süreç, şehirlerin zorladığı konveksiyonun ve buna bağlı olan yağış anomalilerinin neden sadece gece-sabaha karşı olan bir olay olmadığını açıklar (Mahmood v.d., 2014).

Chen v.d. (2007), Tayvan Taype'de kırsal yerleşim alanlarına nazaran öğleden sonra/akşam oluşan fırtınalarda %67'lik artış ve bu fırtınalara bağlı yağışlarda %77'lik artışla fırtına aktivitelerinin arttığını bulmuşlardır. Zhou v.d. (2004), şehirleşme etkilerinin, şehirleşmeye bağlı 0,05^{0}C onyıl^{-1}'lik ortalama yüzey sıcaklığı artışıyla Çin'deki sıcaklık verilerinde tespit edilebileceğini göstermiştir. Yağış ve şehirleşme verilerinin gözlemsel analizleri Hint muson bölgesindeki sağanak yağış klimatolojisinde şehirleşmeye dair güçlü bir iz olduğunu gösterir (Pielke v.d., 2011).

Chang v.d. (2009) ve Kishtawal v.d. (2011), tropik sistemlerdeki su üzerinde oluşan fırtına (landfall) sonrası yağışların klimatolojisinin -özellikle muson depresyonlarının ki Hint muson bölgesindeki sağanak yağışların nerdeyse %70'ine sebep olur- karalar üzerindeki öncül mezo ölçekli gizli ısı akılarına duyarlı olduğunu

göstermiştir. Kishtawal v.d. (2010), Hint muson bölgesindeki sağanak yağış klimatolojisinde arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimine ait izler olduğunu bildirmiştir (Goswami v.d., 2006). Aynı çalışma, kırsal bölgelerdeki yağışların nispeten değişmeden kaldığını sadece şehirleşmeden etkilenen istasyonların yağış şiddetinde bir artış gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Şehir dışındaki bölgelere nazaran şehir bölgelerinin çevresindeki bu daha şiddetli yağışlara ait gözlemler, hem kalite kontrolü yapılan hem de Hindistan Meteoroloji Departmanı ve daha yeni Tropik Yağış Ölçme Görevi (TRMM) aracılığıyla mevcut olan, 50 yıllık dönemin yüzeye dayanan gözlemleriyle desteklenmiştir. Zhao ve Shepherd (2012), TRMM verilerini kullanarak Çin'deki Üç Boğaz Barajı'nın baraj öncesi ve sonrası döneminin 1998'den 2009'a kadar olan bölgesel yağışlarını analiz etmiştir ve ortalama yağışın baraj gölünün her iki tarafında artarken baraj gölünün çevresinde çok azaldığını bulmuştur (Pielke v.d., 2011).

Zamanla birçok yağış ölçüm yeri daha fazla şehirleşmeye ve çevrelerinde ağaçlar yetişmeye başlamıştır. Bu tür değişimler yavaş ve kademeli şekilde gerçekleşir. Bu, azalan rüzgar hızıyla birlikte ölçümdeki sapma da azaldığından gerçek yağış değişmeden kalsa bile ölçülen yağışta yapay bir artışa yol açabilir. Benzer şekilde şehirleşme, şehir ısı adası etkisinden dolayı yerel hava sıcaklıklarının hafifçe artmasına sebep olur. Aylık ortalama hava sıcaklıklarının donma sıcaklığında veya biraz altıda olduğu bölgelerde ve mevsimlerde (Legates and Bogart 2009), hava sıcaklığındaki hafif bir değişim, katı biçimde (örn., kar ve dolu) düşen yağışın miktarını değiştirebilir; kar yağışı nedeniyle olan sapma yağmur (sıvı biçim) nedeniyle olan sapmadan çok daha büyük olduğundan ölçülen yağış da yapay bir artış gösterecektir (Mahmood v.d., 2010). Bu nedenlerden dolayı şehir içinde kalan istasyonların, kırsal kesimlerdeki antropojenik etkiye uğramamış veya daha az uğramış iklimsel özellikleri gösterdiği düşünülmemelidir.

Global sıcaklık ortalamalarına esas teşkil eden birçok meteoroloji istasyonu bugün büyük şehirlerin etkisi altında kalarak ölçüm yapabilmektedir. Her ne kadar çeşitli kat sayılar kullanılarak şehirleşmenin etkisi bertaraf edilmeye çalışılsa da doğal süreçlerin çok bilinmeyenli değişkenliği nedeniyle insan müdahalesiyle doğal süreçlerde yaşanan değişiklikleri hesaplayabilmenin kolay olmadığı göz önüne alınmalıdır (Gönençgil, 2008). Bundan dolayı, küresel değerler hesaplanırken şehirlerin etkisi altına girmemiş kırsal bölgelerdeki istasyonların değerlerini

kullanmak daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar. Öte yandan şehir içinde kalan istasyonlar da şehirlerdeki iklimlerle ilgili veriler elde etmemizi sağlayarak buradaki iklimleri ve şehir ısı adalarını daha iyi anlamamızı sağlar.

Otoyolların çevrelerine dramatik etkisi de ihmal edilmemelidir. Her şeyden önce otoyolların geniş alana ihtiyacı vardır. Otoyolların yerel mikro iklimlerinden ve araçların egzozundan çıkan gazlardan kilometre başına yaklaşık 67 ha etkilenir, bu nedenle otoyolların yanında yetişen tarımsal ürünler katı standartları karşılayamazlar. Çok miktarda malzeme şantiyeye taşınırken otoyolların 1-2 km'lik şeridi inşa sırasında da zaten belirgin olan ekolojik hasara uğrar. Bu, zaten var olan yol ağına büyük bir baskı yaptığı anlamına gelir (Dávid v.d., 2010)

Pisti olan motorlu sporlarla ilgili yapımların neden olduğu yüzey şekillendirici etki yol yapımının sonuçlarına benzemektedir. Topografik dengesizlik nispeten küçük bir bölgede meydana gelir, alışılmadık şekilde dik ve uzun yamaçlar oluşturup erozyonu artırarak çoğunlukla sahada stabilite azaldığında kendini gösterir. Yol hafriyatlarının, toplu halde yüzey ve topoğrafya oluşturan faktör olmasının yanı sıra, topoğrafya ve mikro iklime de dolaylı bir etkisi vardır (Erd˝osi, 1987).

Mezo ve bölgesel ölçekteki farklı arazi örtüsü tipleri (örneğin ağaçlar ve ekinler, kuru tarım ve sulamalı tarım) ve arazi örtülerinin zaman içindeki değişimleri (örneğin ormansızlaşma ve şehirleşme) albedo, net radyasyon, hissedilir ısından gizli ısıya olan konvektif akıların Bowen oranı, aerodinamik pürüzlülük ve moment akısı gibi yüzey ve yüzey yakınındaki iklim değişkenlerini değiştirir. Bu değişiklikler, yüzeye yakın hava sıcaklığı, atmosferik nem ve derinlik ile stabilitenin PBL özelliklerinin artan mekansal değişkenliği olarak ifade edilir. Bundan dolayı, PBL'deki deniz meltemi gibi mezo ölçekli dolaşımlar (yani NCMC'ler) arazi örtüsü tiplerinin sınırları veya geçiş bölgeleri yakınında ve bunlar boyunca oluşabilir (şehir alanı-kırsal alan, kuru tarım-sulamalı tarım) ve potansiyel olarak konvektif bulut oluşumu ve yağış alanlarını artırabilir. Bu süreçleri anlamada kaydettiğimiz ilerlemeye rağmen, şehirleşmenin mezo ve potansiyel olarak, bölgesel ölçekli atmosferik dolaşımdaki rolü gelecek yıllarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu diğer arazi örtüsü değişimi kaynaklı arazi sınırları için de geçerlidir (Mahmood v.d., 2014).

3.3. Barajların Etkileri

Büyük barajlar (Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonuna (ICOLD) göre büyük bir baraj, 15 metreden daha fazla set yüksekliği veya 3 milyon m^3'ü aşan depolama hacminden birisiyle tanımlanır) ve tuttukları sular, hizmet ettikleri birçok amaçtan dolayı arazi kullanımı/arazi örtüsünde büyük ölçekli bir değişimi sıklıkla tetikleyen altyapı türleridir. Bir barajın inşasıyla birlikte, daha fazla ekilebilir arazi tutulan yüzey suyuyla sulanabilir ve azalan taşkın riski ile artan ürün ve elektrik mevcudiyetinden dolayı aşağı çığır bölgeleri daha fazla şehirleşebilir. Arazi örtüsünde yapılan böyle sistematik değişiklikler, mevcut yerel nemin artmasına yol açabilir ve mezo ölçekli dolaşımı önemli derecede etkileyebilir (Niyogi v.d., 2010; Takata and Yasunari, 2009). Eğer barajlar, arazi kullanımı/arazi örtüsündeki sistematik değişim için bir katalizör olarak kabul edilirse, baraj göllerinin neden olduğu birçok arazi kullanım sitesine doğrudan bağlı akarsu havzasındaki suyun tutulduğu bölgede, yerel iklimde ve yağış düzeninde kademeli bir değişim beklemek akla yakındır (Degu v.d., 2011).

Degu v.d. (2011), Kuzey Amerika Bölgesel Reanalizi'nden (North American Regional Reanalysis) 30 yıllık gözlemsel bir kayıt kullanarak (Mesinger v.d., 2006) Kuzey Amerika'da 92 baraj gölünün kıyı şeridi civarındaki atmosferik değişkenlerin mekansal gradyanlarını analiz etmiştir. Çalışmalarıyla, büyüme mevsimindeki yoğun kümülüs konveksiyonu için mevcut enerjiyi 2-3 kat artırmasıyla birlikte, büyük barajların yerel iklimleri en çok Akdeniz, kurak ve yarı-kurak iklimlerde etkilediği (baraj gölü kıyısına daha yakın bölgelerdeki iklim daha fazla etkilenir) sonucuna varmıştır. Pielke (2001), sadece 1^0C'lık arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminden bile kaynaklanan çiy noktası sıcaklığı artışı sonucundaki sıcaklık taramasında bu enerjinin artışının ne kadar büyük olduğunu gösterir. Bu barajların civarındaki bölgelerde spesifik nem ve yüzeyden gerçekleşen buharlaşmanın mekansal gradyanları da gözlemlenmiştir. Yerel yağış kayıtlarıyla ilişkilendirildiğinde, baraj gölüne daha yakın bölgelerde, yoğun konveksiyon potansiyeli ve daha yüksek yağış yüzdesi (90 ve üstü) arasında artan bir korelasyon da bulunmuştur (Pielke v.d., 2011).

Barajların sadece yağış trendlerinde sistematik bir değişiklik başlatmayacağını aynı zamanda hava koşullarındaki değişikliklerin fazladan nem

sağlamasıyla baraj öncesi dönemde meydana gelmiş ve devam eden bir trendi hızlandırabileceklerini de belirtmek önem taşımaktadır (Degu v.d., 2011).

1975 yılının baraj öncesi ve sonrasındaki 27 yıllık sürede, Keban Barajı'nın Harput yöresi iklimi üzerine olan etkilerine bakıldığında yıllık yağış miktarında 1,6 mm'lik bir azalma olduğu görülmektedir. Buna karşılık, 1975 yılı öncesi ve sonrası aylık yağış miktarlarında bazı değişikliklerin söz konusu olduğu görülebilir. Örneğin, Ekim ayında baraj yapımından sonra yağış miktarında 17,5 mm'lik artış olduğu halde, Ocak ayında 8 mm'lik bir azalma olduğu görülmektedir. 1975 yılı sonrası yağışlı günlerin sayısına bakıldığında yıllık ortalama yağışlı gün sayısında 1,8 günlük bir azalmanın görüldüğü, fakat Temmuz ayı ile Ekim ayı arasında 0,1 ile 1,6 arasında artış olduğu görülmektedir. Bu durum araştırma sahası ve çevresinde yazın konveksiyonel yağışların arttığını ortaya koymaktadır. Yörede 1975 yılı sonrası nıspi nem miktarlarına bakıldığındaysa yıllık ortalama %2,9'luk bir artış olduğu görülmektedir. Nıspi nem miktarında mevsimsel olarak değişimler söz konusudur. Özellikle sıcaklığın arttığı yaz mevsiminde nıspi nem miktarı %5 ile %6,3 arasında artış, kış mevsiminde ise %0,9 ile %1,8 arasında azalma olarak kendini göstermektedir. 1975 yılı sonrası dönemdeki minimum sıcaklıklarda kış aylarında 1,3^{0}C ile 0,4^{0}C arasında artış diğer aylardaysa 0,2^{0}C ile 0,9^{0}C arasında azalışların olduğu görülebilir. Maksimum sıcaklığın 0^{0}C ve daha az olduğu günlerin sayısına bakıldığında 1975 sonrasında 4 günlük bir azalmanın söz konusu olduğu görülmektedir. Karın yerde kalma müddeti ve karla örtülü gün sayısında, Keban Baraj Gölü kıyısına yaklaştıkça diğer bir ifade ile gölün ılımanlaştırıcı etkisine yaklaştıkça, bir azalış gözlenmektedir. Keban Baraj Gölünün çevresi ile kıyısı arasındaki bu farklılık özellikle Altınova çevresinde daha belirgin olarak gözlemlenmektedir. Bu durumlar kış aylarında baraj gölünün, araştırma sahası ve çevresinin ikliminin az da olsa yumuşamasına sebep olduğunu göstermektedir (Şengün, 2012). Öte yandan yaz aylarında nem oranındaki artışla hava daha bunaltıcı olur.

Barajların yaptığı etkinin tam tersi turunçgil üretimi için Florida'daki bataklık araziler kurutulduğunda gözlemlenmiştir (Marshall v.d., 2004). Yağışta yaklaşık %10'luk bir azalmanın yanısıra artan gündüz sıcaklığı, terlemedeki kayba ve suyun karadan fiziksel buharlaşmaya uğramasına dayanır (Pielke v.d., 2011).

SONUÇ

Bu çalışmada antropojenik jeomorfolojinin iklim değişikliğine olan etkileri dünyadan çeşitli örnekler de verilerek açıklamak amaçlanmıştır. Önce 1. bölümde antropojenik jeomorfoloji ve iklim değişiklinin nedenleri hakkında genel bilgi verilmiştir. Sonra 2. bölümdeyse antropojenik jeomorfolojinin iklim değişikliğine olan etkileri meydana gelen değişim şekline göre sınıflandırılarak ve dünyadan örnekler verilerek ayrıntılı bir şekilde açıklanmaya çalışılmıştır. Bol miktarda kaynak taraması yapılıp bunlardan elde edilen bilgiler birleştirilip düzenlenmiştir. Bu bilgilerden çıkarılan sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıdaki paragraflardadır.

Çeşitli antropojenik jeomorfolojik değişimlerin iklime etkilerini kısaca özetlemek gerekirse: Yüksek ve orta enlemlerdeki ormansızlaşma soğumaya yol açarken tropik bölgelerdeki ormansızlaşma ısınmaya yol açar (ağaçlandırma genelde bunun tam tersi bir etki gösterir). Diğer taraftan, şehirleşme önemli derecede ısınmaya yol açarken tarım genelde soğumaya yol açar. Eğer sulama uygulanırsa tarıma bağlı soğuma daha da büyür.

İnsanların çoğu, arazi kullanımının etkilediği iklimden ya yoğun arazi kullanımına uğramış şehir gibi alanlarda yaşadığından doğrudan ya da tükettiği besinler ve su kaynakları tarım alanları ve barajlardan geldiği için dolaylı olarak etkilenir. Bu etkilerin şiddeti küresel ortalamalardan kaynaklanan etkilerin şiddetini aşabildiğinden yerel ve bölgesel ölçeklerde ciddi boyutlarda değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Bu da, söz konusu etkilerin hesaplanmasını, mücadele ve uyum sağlama politikalarında göz önüne alınmasını önemli kılmaktadır. Bundan dolayı antropojenik jeomorfolojinin iklim değerlendirmelerine katılması son derece önemlidir.

Antropojenik jeomorfolojinin küresel iklim sıcaklıklarına etkisi aslında sıfıra yakın olmasına rağmen sıcaklık, yağış ve diğer iklim elemanlarındaki bölgesel değişimler sera gazlarından kaynaklanan artışlar kadar büyük veya daha büyük olabilir. Antropojenik jeomorfolojinin küresel iklime etkileri sera gazlarının etkilerinden az olduğu için değerlendirmemek yiyecek kaynakları, su, enerji, insan sağlığı ve ekosistem küresel ortalamalardan değil bölgesel ve yerel iklimlerden etkilendiğinden yanlış sonuçlar elde edilmesine sebep olur. Antropojenik jeomorfolojinin bölgesel ölçekli iklimin önemli bir yönlendiricisi olması geçmiş,

günümüz ve gelecek iklim modellerinin simülasyonlarına katılması için yeterlidir. Bundan dolayı, antropojenik jeomorfolojinin iklime etkilerinin, hem daha doğru sonuçlar elde etmek hem de insanların yaşadığı ortamdaki asıl etkileri incelemek açısından IPCC'ye dahil edilmesi çok büyük önem taşımaktadır.

Antropojenik jeomorfolojik değişime uğramış veya gelecekte uğrayacak olan bölgelerin iklime olan etkilerinin ihmal etmesi iklim değişikliğinin etkilerinin yanlış hesaplanmasıyla birlikte, bazı faaliyetlerin amaçlanmayan ve amaçlananın tersi etki yapan sonuçlar vermesine yol açabilir. Bu nedenle, antropojenik jeomorfolojinin etkilerinin muhtemel sonuçlarının araştırılması önemlidir. İklim değişikliğine uyum sağlamaya yönelik yatırımlar eksik ve yanıltıcı bilgiler baz alınarak yapılmaya devam edilirse antropojenik jeomorfolojinin dünyanın küresel ve bölgesel iklimlerine etkilerini bertaraf etmenin maliyetinden çok daha pahalı bir sonuç ortaya çıkacaktır. Antropojenik jeomorfolojinin iklime etkilerini değerlendirmeye başlamazsak insanın iklime olan etkilerine dair anlayışımız eksik ve yanlış kalacaktır.

KAYNAKÇA

Adegoke, J.O., Pielke, R.A. Sr, Eastman, J., Mahmood, R., Hubbard, K.G.: "Impact of irrigation on midsummer surface fluxes and temperature under dry synoptic conditions: a regional atmospheric model study of the U.S. High Plains," **Monthly Weather Review**, 131, 556-564, 2003.

Adegoke, J.O., Pielke, R.A. Sr, Carleton, A.M.: "Observational and modeling studies of the impact of agriculture-related land use change on climate in the central U.S.," **Agricultural and Forest Meteorology**, 142, 203-215, 2007.

Allard, J. and Carleton, A.M.: "Mesoscale associations between midwest land surface properties and convective cloud development in the warm season," **Physical Geography**, 31, 107-136, 2010.

Barron, E.J.: **Climatic Variation in Earth History**, California, Sausalito, 1996.

Beltrán-Przekurat, A., Pielke Sr, R.A., Eastman, J.L., Coughenour, M.B.: "Modelling the effects of land-use/land-cover changes on the near-surface atmosphere in southern South America," **The International Journal of Climatology**, 32, 1206-1225, 2012.

Berbet, M.L., Costa, M.H.: "Climate change after tropical deforestation: seasonal variability of surface albedo and its effects on precipitation change," **Journal of Climate**, 16/12, 2099-2104, 2003.

Betts, A.K., Ball, J.H., Beljaars, A.C.M., Miller, M.J., Viterbo, P.A.: "The land-surface-atmosphere interaction: a review based on observational and global modeling perspectives," **Journal of Geophysical Research**, 101/D3, 7209-7225, 1996.

Betts, R.A.: "Self-benefcial effects of vegetation on climate in an Ocean-Atmosphere General Circulation Model," **Geophysical Research Letters**, 26, 1457-1460, 1999.

Betts, R.A.: "Offset of the potential carbon sink from boreal forestation by decreases in surface albedo," **Nature**, 408, 187-190, 2000.

Betts, R.A., Falloon, P.D., Goldewijk, K.K., Ramankutty, N.: "Biogeophysical effects of land use on climate: model simulations of radiative forcing and large-scale

temperature change," **Agricultural and Forest Meteorology**, 142/2-4, 216-233, 2007.

Bonan, G.B.: "Frost Followed The Plow: Impacts of Deforestation on The Climate of The Unites States," **Ecological Applications**, 9, 1305-1315, 1999.

Bonan, G.B.: "Observational Evidence for Reduction of Daily Maximum Temperature by Croplands in the Midwest United States," **Journal of Climate**, 14, 2430-2442, 2001.

Bonan, G.B.: "Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests," **Science**, 320, 1444-1449, 2008.

Bonfils, C. and Lobell, D.: "Empirical evidence for a recent slowdown in irrigation induced cooling," **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 104, 13582-13587, 2007.

Bounoua, L., DeFries, R.S., Collatz, G.J., Sellers, P.J., Khan, H.: "Effects of land cover conversion on surface climate," **Climatic Change**, 52, 29-64, 2002.

Brovkin, V., Ganopolski, A., Claussen, M., Kubatzki, C., Petoukhov, V.: "Modelling climate response to historical land cover change," **Global Ecology and Biogeography**, 8, 509-517, 1999.

Carleton, A.M., Adegoke, J.O., Allard, J., Arnold, D.L., Travis, D.J.: "Summer season land cover-convective cloud associations for the Midwest U.S. "Corn Belt"," **Geophysical Research Letters**, 28/9, 1679-1682, 2001.

Carleton, A.M., Arnold, D.L., Travis, D.J., Curran, S., Adegoke, J.O.: "Synoptic circulation and land surface influences on convection in the Midwest U.S. "Corn Belt" during the summers of 1999 and 2000a. Part I: composite synoptic environments," **Journal of Climate**, 21, 3389-3414, 2008a.

Carleton, A.M., Travis, D.J., Adegoke J.O., Arnold, D.L., Curran, S.: "Synoptic circulation and land surface influences on convection in the Midwest U.S. "Corn Belt" during the summers of 1999 and 2000b. Part II: role of vegetation boundaries," **Journal of Climate**, 21, 3617-3641, 2008b.

Chagnon, F.J.F., Bras, R.L., Wang, J.: “Climatic shift in patterns of shallow clouds over the Amazon,” **Geophysical Research Letters**, 31, L24212, 2004.

Chang, H., Niyogi, D., Kumar, A., Kishtawal, C.M., Dudhia, J., Chen, F., Mohanty, U.C., Shepherd, M.: “Possible relation between land surface feedback and the post-landfall structure of monsoon depressions,” **Geophysical Research Letters**, 36, L15826, 2009.

Chen, T., Wang, S., Yen, M.: “Enhancement of afternoon thunderstorm activity by urbanization in a valley: Taipei,” **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, 46, 1324-1340, 2007.

Christoforou, P., Hameed, S.: “Solar cycle and the Pacific ‘centers of action’,” **Geophysical Research Letters**, 24/3, 293-296, 1997.

Christy, J.R., Norris, W.B., Redmond, K., Gallo, K.P.: “Methodology and results of calculating central California surface temperature trends: evidence of humaninduced climate change?,” **Journal of Climate**, 19, 548-563, 2006.

Costa, M.H., and Foley J.: “Combined effects of deforestation and doubled atmosphere CO2 concentration on the climate of Amazonia,” **Journal of Climate**, 13, 18-24, 2000.

Csorba, P.: “Egy bodrogkeresztúri hóolvadás meneténekt tájföldrajzi elemzése (A landscape geographical analysis of the course of thaw at Bodrogkeresztúr),” **Egy szakmai életút eredményei és helyszínei, Tiszteletkötet Martonné Dr. Erd˝os Katalin 60. születésnapjára Debreceni**, Ed. By. Csorba, P., Egyetem, Debrecen, 2006.

Csorba, P.: “Agriculture: Cultivation on Slopes,” **Anthropogenic Geomorphology (A Guide to Man-made Landforms)**, Ed. By. Szabó, J., Dávid, L., Lóczy, D., Springer, Dordrecht, 2010.

Çiçek, İ.: “Ankara’da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002) Fırat Üniversitesi,” **Sosyal Bilimler Dergisi**, 15/2, 1-16, 2005.

Çiçek, İ. ve Doğan, U.: “Ankara’da şehir ısı adasının incelenmesi,” **Coğrafi Bilimler Dergisi**, 3/1, 57-72, 2005.

Çiçek, İ.: “İklim Değişikliği, Küresel Isınma ve Şehir Isı Adası” Ed. Somuncu, M., **Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri**, Ankara, Önder Matbaa, 2016.

Dale, V.H.: “The Relationship Between Land-Use Change and Climate Change,” **Ecological Applications**, 7, 753-769, 1997.

Davin, E.L., de Noblet-Ducoudré N., Friedlingstein P.: “Impact of land cover change on surface climate: Relevance of the radiative forcing concept,” **Geophysical Research Letters**, 34, L13702, 2007.

Dávid, L., Ilyés, Z., Baros, Z.: “Transportation and Industry,” **Anthropogenic Geomorphology (A Guide to Man-made Landforms)**, Ed. By. Szabó. J., Dávid. L., Lóczy. D., Springer, Dordrecht, 2010.

DeAngelis, A., Dominguez, F., Fan, Y., Robock, A., Kustu, M.D., Robinson, D.: “Evidence of enhanced precipitation due to irrigation over the Great Plains of the United States”, **Journal of Geophysical Research**, 115, D15115, 2010.

DeConto, R.M., Pollard, D.: “Rapid Cenozoic glaciation of Antartica induced by declining atmospheric CO_2,” **Nature**, 421, 245-249, 2003.

Degu, A., Hossain, F., Niyogi, D., Pielke, R.A., Sr., Shepherd, J.M., Voisin, N., Chronis, T.: “The influence of large dams on surrounding climate and precipitation patterns,” **Geophysical Research Letters**, 38, L04405, 2011.

EC: **Sustainable urban design**, European Comission, Brussels, 2000.

Erd˝osi, F.: **A társadalom hatása a felszínre, a vizekre és az éghajlatra Mecsek tágabb környezetében (The Impact of Society on the Surface, Waters and Climate in the Broader Environment of the Mecsek Mountains)**, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1987.

Erinç, S.: **Klimatoloji ve Metodları**, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayını, İstanbul, 1984.

Erol, O.: **Genel Klimatoloji**, İstanbul, Çantay Kitabevi, 1988.

Erlat, E.: **İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri**, İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi, 2009.

Ertek, T.A.: “Antropojenik Jeomorfoloji: Konusu, kokeni ve amacı,” **Türk Coğrafya Dergisi**, 69, 69-79, 2017.

Ellis, E.C., Ramankutty, N.: “Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world,” **Frontiers in Ecology and the Environment**, 6, 439-447, 2008.

Fall, S., Niyogi, D., Gluhovsky, A., Pielke, R.A., Kalnay, E., Rochon, G.: “Impacts of land use land cover on temperature trends over the continental United States: assessment using the North American Regional Reanalysis,” **International Journal of Climatology**, 30, 1980-1993, 2010a.

Fall, S., Diffenbaugh, N.S., Niyogi, D., Pielke, R.A., Rochon, G.: “Temperature and equivalent temperature over the United States (1979–2005).” **International Journal of Climatology**, 30, 2045-2054, 2010b.

Feddema, J.J., Oleson, K.W., Bonan, G.B., Mearns, L.O., Buja, L.E., Meehl, G.A., Washington, W.M.: “The Importance of land-cover change in simulating future climates,” **Science**, 310, 1674-1678, 2005.

Findell, K.L., Pitman, A.J., England, M.H., Pegion, P.: “Regional and global impacts of land cover change and sea surface temperature anomalies,” **Journal of Climate**, 22/12, 3248-3269, 2009.

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., et. al.: “Radiative forcing of climate change,” **Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Ed. by. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., Cambridge and New York, NY: Cambridge University Press, 129-234, 2007.

Frölich, C. and Lean, J.: “The Sun’s total irradiance: Cyles, trends, and related climate change uncertainties since 1976,” **Geophysical Research Letters**, 25/23, 4377-4380, 1998.

Fujibe, F. and Asai T.: “A detailed analysis of the land and sea breeze in the Sagami Bay area in summer,” **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 62, 534-551, 1984.

Gash, J.H.C. and Nobre, C.A.: “Climatic effect of Amazonian deforestation: some results from ABRACOS,” **Bulletin of the American Meteorological Society**, 78, 823-830, 1997.

Ge, J.: “MODIS observed impacts of intensive agriculture on surface temperature in the southern Great Plains,” **International Journal of Climatology**, 30, 1994-2003, 2010.

Georgescu, M., Miguez-Macho, G., Steyaert, L.T., Weaver C.P.: “Climatic effects of 30 years of landscape change over the Greater Phoenix, Arizona, region: 1. Surface energy budget changes,” **Journal of Geophysical Research**, 114, D05110, 2009a.

Georgescu, M., Miguez-Macho G., Steyaert, L.T., Weaver, C.P.: “Climatic effects of 30 years of landscape change over the Greater Phoenix, Arizona, region: 2. Dynamical and thermodynamical response,” **Journal of Geophysical Research**, 114, D05111, 2009b.

Gibbard, S., Caldeira K., Bala G., Phillips T.J., Wickett M.: “Climate effects of global land cover change,” **Geophysical Research Letters**, 32, L23705, 2005.

Gordon, L.J., Steffen, W., Jonsson, B..F, Folke, C., Falkenmark, M., Johannessen, A.: “Human modifications of global water vapour flows from the land surface,” **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 102, 7612-7617, 2005.

Goswami, B.N., Venugopal, V., Sengupta, D., Madhusoodanan, M.S., Xavier, P.K.: “Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment,” **Science**, 314, 1442-1445, 2006.

Goudie, A.: “Foreword,” **Anthropogenic Geomorphology (A Guide to Man-made Landforms)**, Ed. by. J. Szabó, L. Dávid, D. Lóczy, Springer, Dordrecht, 2010.

Govindasamy, B., Duffy, P.B., Caldeira, K.: “Land use changes and Northern Hemisphere cooling,” **Geophysical Research Letters**, 28/2, 291-294, 2001.

Gönençgil, B.: **Doğal Süreçler Açısından İklim Değişikliği ve İnsan**, İstanbul, Çantay Kitabevi, 2008.

Hansen, J., Sato M., Ruedy R.: “Radiative forcing and climate response,” **Journal of Geophysical Research**,” 102/D6, 6831-6864, 1997.

Hinkel, K.M. and Nelson F.E.: “Anthropogenic heat island at Barrow, Alaska, during winter: 2001–2005,” **Journal of Geophysical Research**, 112, D06118, 2007.

Hoffman, W.A., Jackson, R.B.: “Vegetation-climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland,” **Journal of Climate**, 13/9, 1593-1602, 2000.

Holdgate, M.W.: **The World Environment**, Dublin, Tycooly, 1982.

Hooke, R.LeB., Martin-Duque, J.F., Pedraza, J.: “Land transformation by humans: a review,” **GSA Today**, 22, 4-10, 2012.

Imhoff, M., Zhang, P., Wolfe, R.E., Bounoua, L.: “Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA,” **Remote Sensing of Environment**, 114, 504-513, 2010.

IPCC: **Climate change 2001: the scientific basis**, Cambridge University Press, 2001.

James, L.A., Harden, C.P., Clague, J.J.: “Geomorphology of Human Disturbances, Climate Change, and Hazards,” **Treatise on Geomorphology**, Ed. by. J. Shroder, L.A. James, C.P. Harden, J.J. Clague, San Diego, Academic Press, 1-13, 2013.

Judson, S.: “Erosion rates near Rome, Italy,” **Science**, 160, 1444-1445, 1968.

Junkermann, W., Hacker, J., Lyons, T., and Nair, U.: “Land use change suppresses precipitation, **Atmospheric Chemistry and Physics**,” 9, 6531-6539, 2009.

Justyák, J. and Pinczés, Z.: “A domborzat fagykármódosító hatása Tokajhegyalján (The relief’s frost damage modifying impact in the Tokaj-Hegyalja Region),” **Földr Ért**, 1, 31-60, 1976.

Kishtawal, C.M., Niyogi, D., Tewari, M., Pielke, R.A., Shepherd, J.M.: “Urbanization signature in the observed heavy rainfall climatology over India,” **International Journal of Climatology**, 30, 1908-1916, 2010.

Kishtawal, C., Niyogi, D., Balaji, R., Rajeevan, M., Jaiswal, N., Mohanty, U.C.: “Inland penetration of monsoon depression depends on pre-storm ground

wetness—an observational analysis using Self Organizing Maps," **International Journal of Climatology**, 2011.

Kitoh, A., Yamazaki, K., Tokioka, T,: "Influence of soil moisture and surface albedo changes over the African tropical rain forest on summer climate investigated with the MRI-GCM-I," **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 66, 65-85. 1988.

Kleidon, A.: "The climate sensitivity to human appropriation of vegetation productivity and its thermodynamic characterization," **Global and Planetary Change**, 54/1- 2, 109-127, 2006.

Landsberg, H.: "The Urban Climates," **Progress in Physical Geography**, 8/1, 1-21, 1981.

Lapola, D.M., Oyama M.D., Nobre C.A.: "Exploring the range of climate biome projections for tropical South America: The role of CO2 fertilization and seasonality," **Global Biogeochemical Cycles**, 23, GB3003, 2009.

Lawrence, P.J. and Chase, T.N.: "Investigating the climate impacts of global land cover change in the community climate system model," **International Journal of Climatology**, 30, 2066-2087, 2010.

Lee, E., Chase, T.N., Rajagopalan, B., Barry, R.G., Biggs, T.W., Lawrence, P.J.: "Effects of irrigation and vegetation activity on early Indian summer monsoon variability," **International Journal of Climatology**, 29, 573-581, 2009.

Legates, D.R. and Bogart, T.A.: "Estimating the Proportion of Monthly Precipitation that Falls in Solid Form," **Journal of Hydrometeorology**, 10, 1299-1306, 2009.

Lei, M., Niyogi, D., Kishtawal, C., Pielke, R. Sr, Beltr´an-Przekurat, A., Nobis, T., Vaidya, S.: "Effect of explicit urban land surface representation on the simulation of the 26 July 2005 heavy rain event over Mumbai, India," **Atmospheric Chemistry and Physics**, 8, 8773-8816, 2008.

Loarie, S.R., Lobell, D.B., Asner, G.P., Field, C.B.: "Land-cover and surface water change drive large albedo increases in South America," **Earth Interactions**, 15, 1-16, 2011.

Lobell, D.B. and Bonfils, C.: “The effect of irrigation on regional temperatures: a spatial and temporal analysis of trends in California, 1934–2002,” **Journal of Climate**, 21, 2064-2071, 2008.

Lóki, J.: “Agriculture: Crop Cultivation and Horticulture,” **Anthropogenic Geomorphology (A Guide to Man-made Landforms)**, Ed. by. Szabó, J., Dávid, L., Lóczy, D., Springer, Dordrecht, 2010.

Lyons T.J., Schwerdtfeger P., Hacker J.M., Foster I.J., Smith R.C.G., Huang X.M.: “Land atmosphere interaction in a semiarid region—the bunny fence experiment,” **Bulletin of the American Meteorological Society**, 74, 1327-1334, 1993.

Lyons, T.J.: “Clouds prefer native vegetation,” **Meteorology and Atmospheric Physics**, 80, 131-140, 2002.

Lyons, T.J., Nair, U.S., Foster, I.J.: “Clearing enhances dust devil formation,” **Journal of Arid Environments**, 72, 1918-1928, 2008.

Mahmood, R., Hubbard, K.G., Carlson, C.: “Modification of growing-season surface temperature records in the northern great plains due to land-use transformation: verification of modelling results and implication for global climate change,” **International Journal of Climatology**, 24, 311-327, 2004.

Mahmood, R., Foster, S.A., Keeling, T., Hubbard, K.G., Carlson, C., Leeper, R.: “Impacts of irrigation on 20th-century temperatures in the Northern Great Plains,” **Global and Planetary Change**, 54, 1-18, 2006.

Mahmood, R., Hubbard, K.G., Leeper, R., Foster, S.A.: “Increase in near surface atmospheric moisture content due to land use changes: evidence from the observed dew point temperature data,” **Monthly Weather Review**, 136, 1554-1561, 2008.

Mahmood R., et. al.: "Impacts of land use/land cover change on climate and future research priorities." **Bulletin of the American Meteorological Society**, 91/1, 37-46, 2010.

Mahmood, R., Pielke, R.A., Hubbard, K.G., Niyogi, D., Dirmeyer, P.A., McAlpine, C., Carleton, A.M., Hale, R., Gameda, S., Beltrán-Przekurat, A., Baker, B., McNider, R., Legates, D.R., Shepherd, M., Du, J., Blanken, P.D., Frauenfeld, O.W., Nair, U.S.,

Fall, S.: “Land cover changes and their biogeophysical effects on climate,” **International Journal of Climatology**, 34, 929-953, 2014.

Marshall, C.H., Pielke, R.A., Steyaert, L.T. Willard, D.A.: “The Impact of Anthropogenic Land-Cover Change on the Florida Peninsula Sea Breezes and Warm Season Sensible Weather,” **Monthly Weather Review**, 132, 28-52, 2004.

Maslin, M.A. and Chirstensen, B.: “Tectonics, Orbital Forcing, Global Climate Change And Human Evolution in Africa: Introduction to The African Paleoclimate Special Volume,” **Journal of Human Evolution**, 53/5, Elsevier, 2007.

McPherson, R.A., Stensrud, D.J., Crawford, K.C.: “The impact of Oklahoma’s wheat belt on the mesoscale environment,” **Monthly Weather Review**, 132, 405-421, 2004.

Mesinger, F., DiMego, G., Kalnay, E., Mitchell, K., Shafran, P.C., Woollen, W., Jović, D., Woollen, J., Rogers, E., Berbery, E.H., Ek, M.B., Fan, Y., Grumbine, R., Higgins, W., Li, H., Lin, Y., Manikin, G., Parrish, D., Shi, W.: “North American Regional Reanalysis: a long-term, consistent, high-resolution climate dataset for the North American domain, as a major improvement upon the earlier global reanalysis datasets in both resolution and accuracy,” **Bulletin of the American Meteorological Society**, 87, 343-360, 2006.

Mitra, C., Shepherd, J.M., Jordan, T.: “On the relationship between the premonsoonal rainfall climatology and urban land cover dynamics in Kolkata city, India,” **International Journal of Climatology**, 32, 1443-1454, 2011.

Mylne, M.F. and Rowntree, P.R.: “Modeling the effects of albedo change associated with tropical deforestation,” **Climatic Change**, 21, 317, 1992.

Nagendra, H. and Southworth, J.: **Reforesting Landscapes: Linking Pattern and Process**, Landscape Series, No. 10, Springer, Dordrecht, 2010.

Nair, U.S., Wu, Y., Kala, J., Lyons, T.J., Pielke, R.A. Sr., Hacker J.M.: “The role of land use change on the development and evolution of the west coast trough, convective clouds, and precipitation in southwest Australia,” **Journal of Geophysical Research**, 116, D07103, 2011.

Narisma, G.T. and Pitman, A.J.: “The impact of 200 years of land cover change on the Australian nearsurface climate,” **Journal of Hydrometeorology**, 4, 424-436, 2003.

Niyogi, D., Kishtawal, C., Tripathi, S., Govindaraju, R.S.: “Observational evidence that agricultural intensification and land use change may be reducing the Indian summer monsoon rainfall,” **Water Resources Research**, 46, W03533, 2010.

Niyogi, D., Pyle, P., Lei, M., Arya, S.P., Kishtawal, C.M., Shepherd, M., Chen, F., Wolfe, B.: “Urban modification of thunderstorms: an observational storm climatology and model case study for the Indianapolis urban region,” **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, 50, 1129-1144, 2011.

Nosetto, M.D., Jobbágy, E.G.i Paruelo, J.M.: “Land-use change and water losses: the case of grassland afforestation across a soil textural gradient in central Argentina,” **Global Change Biology**, 11, 1101-1117, 2005.

Nyizsalovszki, R. and Lóczy, D.: “Tradicionális tájhasználat és terroir Tokaj-Hegyalján (Traditional land-use and terroir in the Tokaj-Hegyalja Region),” **Tájkutatás, tájökológia (Landscape research, landscape ecology)**, Ed. By. Csorba, P., Fazekas, I., Medián Foundation, Debrecen, 111-116, 2008.

Oke, T.R.: **Boundary Layer Climates**, London/New York, Routledge/John Wiley & Sons, 1987.

Oke, T.R., Johnson, G.T., Steyn, D.G., Watson, I.D.: “Simulation of surface urban heat islands under ‘ideal’ conditions at night part 2: Diagnosis of causation,” **Boundary-Layer Meteorology**, 56, 339-358, 1991.

Oke, T. R.: “Urban environments,” **The Surface Climates of Canada**, Ed. By. Bailey, W.G., Oke, T.R., Rouse, W.R., Mc Gill-Queen’s University Press, Montréal, 303-327, 1997.

Ökten, A.: “Güneş ve yakın çevresine etkileri,” **Antronomi ve Uzay Bilimlerinde Yeni Gelişmeler Toplantısı**, İstanbul, 2001.

Pielke, R.A. and Zeng, X.: “Influence on severe storm development of irrigated land,” **National Weather Digest**, 14, 16-17, 1989.

Pielke, R.A., Sr, Avissar, R., Raupach, M., Dolman, A.J., Zeng, X., Denning, A.S.: “Interaction between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate,” **Global Change Biology**, 4, 461-475, 1998.

Pielke Sr., R.A.: “Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus Convective rainfall,” **Reviews of Geophysics**., 39/2, 151-177, 2001.

Pielke, R.A., Sr., Marland, G., Betts, R.A., Chase, T.N., Eastman, J.L., Niles, J.O., Niyogi, D., Running, S.: “The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system—relevance to climate change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases,” **Capturing Carbon and Conserving Biodiversity: The Market Approach**, 360, 1705-1719, 2002.

Pielke, R.A. Sr, Adegoke, J., Beltran-Przekurat, A., Hiemstra, C.A., Lin, J., Nair, U.S., Niyogi, D., Nobis, T.E.: “An overview of regional land use and land cover impacts on rainfall.,” **Tellus Series B: Chemical and Physical Meteorology**, 59, 587-601, 2007.

Pielke, R.A., Niyogi, D.: “The Role of Landscape Processes within the Climate System,” **Landform - Structure, Evolution, Process Control. Lecture Notes in Earth Sciences**, Ed. by. Otto, J.C., Dikau, R., 115, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.

Pielke, R.A., Pitman, A., Niyogi, D., Mahmood, R., McAlpine, C., Hossain, F., Goldewijk, K.K., Nair, U., Betts, R., Fall, S., Reichstein, M., Kabat, P., de Noblet-Ducoudré, N.: “Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence,” **WIREs Climate Change**, 2, 828-850, 2011.

Pinczés, Z. and Marton-Erd˝os, K.: “Untersuchung eines Winterfrostschadens in der Tokajer Weingegend,” **Acta Geogr Debrecina**, 21, 25-38, 1983.

Pitman, A.J., et. al.: “Uncertainties in climate responses to past land cover change: First results from the LUCID intercomparison study,” **Geophysical Research Letters**, 36, L14814, 2009.

Pitman, A.J., Avila, F.B., Abramowitz, G., Wang, Y.P., Phipps, S.J., de Noblet-Ducoudré N.: “Importance of background climate in determining impact of land-cover change on regional climate,” **Nature Climate Change**, 1, 472-475, 2011.

Rabin, R.M., Stadler, S., Wetzel, P.J., Stensrud, D.J., Gregory, M.: “Observed effects of landscape variability on convective clouds,” **Bulletin of the American Meteorological Society**, 71, 272-280, 1990.

Raddatz, R.L.: “Anthropogenic vegetation transformation and the potential for deep convection on the Canadian prairies,” **Canadian Journal of Soil Science**, 78, 657-666, 1998.

Raddatz, R.L.: “Anthropogenic vegetation transformation and maximum temperatures on the Canadian prairies,” **Canad Meteorol Oceanograph Soc Bull**, 27, 167-173, 1999.

Ray, D.K., Nair, U.S., Welch, R.M., Han, Q., Zeng, J., Su, W., Kikuchi, T., Lyons, T.J.: “Effects of land use in Southwest Australia: 1. Observations of cumulus cloudiness and energy fluxes,” **Journal of Geophysical Research**, 108, 4414, 2003.

Raymond, W.H., Rabin, R.M., Wade, G.S.: “Evidence of an agricultural heat island in the lower Mississippi River floodplain,” **Bulletin of the American Meteorological Society**, 75, 1019-1025. 1994.

Rodell, M., Velicogna, I., Famiglietti, J.S.: “Satellite-based estimates of groundwater depletion in India,” **Nature**, 460, 999-1002, 2009.

Roy, S.S., Mahmood, R., Niyogi, D., Lei, M., Foster, S.A., Hubbard, K.G., Douglas, E., Pielke, R.A. Sr.: “Impacts of the agricultural Green Revolution–induced land use changes on air temperatures in India,” **Journal of Geophysical Research**, 112, D21108, 2007.

Roy, S.S., Mahmood, R., Quintanar, A.I., Gonzalez, A.: “Impacts of irrigation on dry season precipitation in India,” **Theoretical and Applied Climatology**, 104, 193-207, 2010.

Royer, D.L.: “CO2-forced climate thresholds during the Phanerozoic,” **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 70/23, 5665-5675, 2006.

Sagan, C., Toon, O.B., Pollack, J.B.: “Anthropogenic albedo changes and the Earth’s climate,” **Science**, 206, 1363-1368, 1979.

Sampaio, G., Nobre C., Costa M.H., Satyamurty, P., Soares-Filho, B.S., Cardoso, M.: “Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion,” **Geophysical Research Letters**, 34, L17709, 2007.

Sandstrom, M.A., Lauritsen, R.G., Changnon, D.: “A central U. S. summer extreme dew point climatology (1949–2000),” **Physical Geography** 25, 191-207, 2004.

Salazar, L.F., and Nobre, C.A.: “Climate change and thresholds of biome shifts in Amazonia,” **Geophysical Research Letters**, 37, L17706, 2010.

Segal, M., Avissar, R., McCumber, M.C., Pielke R.A.: “Evaluation of vegetation effects on the generation and modification of mesoscale circulations,” **Journal of the Atmospheric Sciences**, 45, 2268-2292, 1988.

Segal, M. and Arritt, R.W.: “Non-classical mesoscale circulations caused by surface sensible heat flux gradients,” **Bulletin of the American Meteorological Society**, 73, 1593-1604, 1992.

Shreffler, J.H.: “Factors affecting dry deposition of SO2 on forests and grasslands,” **Atmospheric Environment**, 12, 1497-1503, 1978.

Shepherd, J.M., Stallins, J.A., Jin, M., Mote, T.: “Urbanization: impacts on clouds, precipitation, and lightning,” **Monograph on Urban Ecological Ecosystems**, Ed. By. Peterson, J., Volder, A., American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America: Madison, 2010.

Silva Dias, M.A.F., et. al.: “Cloud and rain processes in a biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon Region,” **Journal of Geophysical Research**, 107/D20, 8072, 2002.

Snyder, P.K.: “The influence of tropical deforestation on the Northern Hemisphere climate by atmospheric teleconnections,” **Earth Interactions**. 14, 1-32, 2010.

Souza, E.P., Renn´o, N.O., Silva Dias, M.A.F.: “Convective circulations induced by surface heterogeneities,” **Journal of the Atmospheric Sciences**, 57, 2915-2922, 2000.

Spracklen, D.V., Arnold, S.R., Taylor, C.M.: “Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests,” **Nature**, 489, 282-285, 2012.

Strack, J.E., Pielke, R.A. Sr., Steyaert, L.T., R.G., Knox.: “Sensitivity of June near-surface temperatures and precipitation in the eastern United States to historical land cover changes since European settlement,” **Water Resources Research**, 44, W11401, 2008.

Sud, Y.C., Chao, W.C., Walker, G.K.: “Dependence of rainfall on vegetation: theoretical considerations, simulation experiments, observations, and inferences from simulated atmospheric soundings,” **Journal of Arid Environments**, 25, 5-18, 1993.

Szabó, J.: “Anthropogenic Geomorphology: Subject and System,” **Anthropogenic Geomorphology (A Guide to Man-made Landforms)**,Ed. by. Szabó, J., Dávid, L., Lóczy, D., Springer, Dordrecht, 2010.

Şengün, M.T.: **Harput Platosunda Doğal Ortam - İnsan İlişkileri ve Doğal Çevre Planlaması**, Elazığ, Elazığ Valiliği Yayını, 2012.

Takata, K.S., and Yasunari T.: “Changes in the Asian monsoon climate during 1700–1850 induced by preindustrial cultivation,” **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 106, 9586–9589, 2009.

Taylor, C.M., Lambin, E.F., Stephenne, N., Harding, R.J., Essery, R.L.: “The Influence of Land Use Change on Climate in the Sahel,” **Journal of Climate**, 15, 3615-3629, 2002.

Taylor, C.M., Gounou, A., Guichard, F., Harris, P.P., Ellis, R.J., Fleur Couvreux, F., De Kauwe, M.: “Frequency of Sahelian storm initiation enhanced over mesoscale soilmoisture patterns,” **Nature Geoscience**, 4, 430-433, 2011.

Temuçin, E.: “Türkiye’de Kentleşmenin Sıcaklık Koşulları Üzerine Etkisi,” **Ege Coğrafya Dergisi**, 8,75-92, 1996.

Teuling, A.J., Seneviratne, S.I., Stöckli, R., Reichstein, M., Moors, E., Ciais, P., Luyssaert, S., van den Hurk, B., Ammann, C., Bernhofer, C., et. al.: “Contrasting

response of European forest and grassland energy exchange to heatwaves," **Nature Geoscience**, 3, 722-727, 2010.

Turoğlu, T.: **Buzullar ve Buzul Jeomorfolojisi**, İstanbul, Çantay Kitabevi, 2011.

Türkeş, M.: İklim Değişiklikleri: "Kambriyen'den Pleyistosene, Geç Holosen'den 21. Yüzyıla," **Ege Coğrafya Dergisi**, 22/1, 1-25, 2013.

Unger J.: "Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach," **Climate Research**, 27, 253-264, 2004.

Voiland, A.: "Satellites Pinpoint Drivers of Urban Heat Islands in the Northeast,"

NASA's Earth Science News Team, Aralık 13, 2010 (Çevrimiçi) https://www.nasa.gov/topics/earth/features/heat-island-sprawl.html, 14 Aralık 2017.

Wang, J., Chagnon F.J.F., Williams, E.R., Betts, A.K., Renno, N.O., Machadod, L.A.T., Bishta, G., Knox, R., Bras, R.L.: "Impact of deforestation in the Amazon basin on cloud climatology," **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 106, 3670-3674, 2009.

Weaver, C.P., Avissar, R.: "Atmospheric disturbances caused by human modification of the landscape," **Bulletin of the American Meteorological Society**, 82/2, 269-281. 2001.

Zeng, N., Neelin, J.D.: "A land-atmosphere interaction theory for the tropical deforestation problem," **Journal of Climate**, 12/3, 857-872, 1999.

Zhang, H., Gao, X., Li, Y.: "Climate impacts of land-use change in China and its uncertainty in a global model simulation," **Climate Dynamics**, 32, 473-494, 2009.

Zhao, F. and Shepherd M.: "Precipitation Changes near Three Gorges Dam, China. Part I: A Spatiotemporal Validation Analysis," **Journal of Hydrometeorology**, 13, 735-745, 2012.

Zhou, L., Dickinson, R.E., Tian, Y., Fang, J., Li, Q., Kaufman, R.K., Tucker, C.J., Myneni, R.B.: "Evidence for a significant urbanization effect on climate in China," **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 101, 9540-9544, 2004.