

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ERGAN DAĞI KIŞ SPORLARI MERKEZİ'NDE YAPAY KARLAMA KAPASİTESİNE ETKİSİ

Yrd. Doç. Dr. O. Cenk DEMİROĞLU

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Turizm ve Otelcilik Yüksekokulu
e-posta: cenk.demiroglu@bilgi.edu.tr

M. Tufan TURP

Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü
e-posta: tufan.turp@boun.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Tuğba ÖZTÜRK

Işık Üniversitesi, Fizik Bölümü
e-posta: tugba.ozturk@isikun.edu.tr

Prof. Dr. M. Levent KURNAZ

Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü
e-posta: levent.kurnaz@boun.edu.tr

ÖZET

İklim değişikliği, dünyada 80 ülkeye yayılan 6.000'e yakın kayak alanı için öncelikli bir tehdit haline gelmiştir. Enlem ve yükselti avantajı bulunmayan kayak merkezlerinde iklim değişikliğinin etkileri şimdiden gözlemlenmeye başlamış, nispeten avantajlı merkezler için ise geleceğe yönelik senaryo çalışmaları hız kazanmıştır. Bu tür çalışmalar, bir yandan merkezlerin iklim değişikliği karşısındaki kırılganlık derecelerini belirlerken diğer yandan da uyum kapasitelerini incelemektedir. Kar sporları turizminin iklim değişikliğine uyumu konusunda ise öncelikli olarak yapay karlama ve taşınma gibi teknik alternatifler mercek altına alınmaktadır. Bu çalışma, son senelerde kış turizmi yatırımları hızla artan Türkiye'nin yeni kayak merkezlerinden Ergan Dağı'nın (Erzincan) yapay karlama kapasitesine yönelik bir senaryo analizi içermektedir. Bunun için, HadGEM2-ES genel dolaşım modeli RegCM4.4 bölgesel iklim modeli ile koşularak 10 km çözünürlüğe indirgenmiş, 1971-2000 ve iyimser RCP4.5 sera gazı konsantrasyonu senaryosuna göre 2021-2050 dönemleri için kayak merkezinin 1924 m rakımındaki yakın yüzey hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri elde edilmiştir. Bu iki değişkene dair değerlerden yapay karlama sınırlarını belirleyen yaş termometre sıcaklıkları hesaplanmış ve kayak merkezinin geçmiş ve gelecek yapay karlama kapasitesi 0,5 °C/hm düşüş oranı kullanılarak kayak pistlerinin farklı rakımlarına göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, yapay karlama kapasitesinde genel bir azalma eğilimi olacağı tespit edilmiş ve bu azalışın merkezin alçak kesimlerinde taban katmanı yapımını riske sokabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Kış Sporları Turizmi, Uyum, Yapay Karlama, Ergan Dağı

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SNOWMAKING CAPACITY AT ERGAN MOUNTAIN WINTER SPORTS CENTER

ABSTRACT

Climate change has become a primary threat for some 6,000 ski areas in 80 countries. Impacts of the change are already observed at resorts that lack a high altitude and/or latitude, while studies that project the future scenarios of the rest are also becoming popular. Such studies can assess both the climate change vulnerabilities and the adaptive capacities of the resorts. Regarding climate change adaptation of winter sports

tourism, technical options such as snowmaking and moving higher are given the priority. This study includes scenario analyses over the snowmaking capacity of one of the newest ski resorts in Turkey – the Ergan Mountain in the Province of Erzincan. For this purpose, hourly near surface temperature and relative humidity values at the 1924 masl altitude of the ski resort for the 1971-2000 and the 2021-2050, according to the optimistic RCP4.5 greenhouse gas concentration scenario, periods were projected by downscaling the HadGEM2-ES general circulation model by the RegCM4.4 regional climate model with a resolution of 10 km. The value sets of these two variables were then converted into wet bulb temperatures which indicate the snowmaking limits. The reference and future snowmaking capacities were distinguished for different altitudes of the ski resort by using a lapse rate of 0.5°C/hm. The results indicate a general decline trend in the snowmaking capacity. Such decline could jeopardize the critical snow production needed for base layer formation at the lower elevations of the ski resort.

Keywords: Climate Change, Winter Sports Tourism, Adaptation, Snowmaking, Ergan Mountain

1. GİRİŞ

İklim değişikliği ve turizmin karşılıklı etkileşimi, karşımıza son zamanlarda iyice somutlaşan sonuçlar çıkarmaktadır. Bir yandan artık bir endüstri halini alan turizm sektörü, iklim değişikliğinin ana nedeni sera gazı salımlarına ciddi bir katkıda bulunurken (UNWTO & UNEP, 2008), diğer yandan değişen iklimler, destinasyon özellikleri ve turist akışlarının farklılaşmasına neden olmaktadır. Turizmin doğal kaynaklara dayalı türleri, iklim değişikliğine en fazla hassasiyeti göstermekte; özellikle kış turizmi, kar örtüsünde son senelerde iyice gözlemlenen zayıflama (IPCC, 2013) nedeniyle iklim değişikliğine en maruz kalan tür olmaktadır (Scott et al., 2012). İklim değişikliğinin kar örtüsü üzerindeki olumsuz etkisi karşısında son senelerde kayak merkezlerine yönelik sayıları giderek artan etki ve uyum kapasitesi değerlendirme çalışmalarına rastlanmaktadır (Demiroğlu et al., 2013). Bu çalışma da, kış sporları turizminde son senelerde ciddi bir atılım yapmakta olan Türkiye'nin en yeni kayak merkezlerinden Ergan Dağı'nı (Erzincan) mercek altına alarak, merkezin iklim değişikliğine yönelik teknik uyum kapasitesindeki muhtemel değişimleri incelemektedir.

1.1. İklim Değişikliğinin Kayak Merkezlerinin Doğal Kar Güvenirliğine Etkisi

İklim değişikliğinin kayak merkezlerine etkilerini inceleyen çalışmalar, öncelikle “doğal kar güvenirliliği”ne yönelik analizler gerçekleştirmiştir. Bu analizlerin temel varsayımı, Witmer (1986: 193) tarafından ortaya atılan “100 gün kuralı” olmuştur. Bu kurala göre; bir kayak merkezinin finansal başa baş koşulunu sağlaması için kış sezonunda en az 30 cm kalınlığa sahip ve en az 100 gün süren bir kar örtüsüne sahip olması gerektiği kabul edilmektedir. İleri çalışmalarda, bu kurala Noel ve Yılbaşı gibi sezon başında gelirlerin kümelenmediği dönemlerde açık olabilme gereği de eklenmiştir (Scott et al., 2006). Bu bağlamda, dünyanın en popüler kayak destinasyonu Alplerin beş ülkesi Avusturya, İsviçre, Fransa, İtalya ve Almanya'ya yönelik yapılan bir çalışma (Abegg et al., 2007), doğal kar güvenirliliğine sahip toplam kayak merkezi sayısının 1° C'lık ısınma ile 609'dan 500'e, 2° C'lık ısınmayla 404'e ve 4° C ile 202'ye inebileceğini göstermiştir. Kuzey Amerika'da yapılan çalışmalarda (Scott et al., 2003; 2006; 2007; Hayhoe et al., 2004; Dawson & Scott, 2007; 2013) da arzda ısınmaya bağlı benzer daralma eğilimleri tespit edilmiş; rakiplerine nazaran daha ılıman bir iklimde yer alan Avustralya'nın kayak merkezlerinin ise, 100 gün kuralının 60 güne esnetilmesine rağmen, kötümser bir sera gazı senaryosunda yüzyıl sonuna kadar haritadan silinecekleri anlaşılmıştır (König, 1998).

1.2. Bir İklim Değişikliği Uyum Stratejisi Olarak Yapay Karlama

Kayak merkezlerinin doğal kar güvenirliliğindeki olumsuz gidişat ve öngörüler, birtakım uyum stratejilerini gündeme getirmiştir (Elsasser & Bürki, 2002; Scott, 2006; Scott & McBoyle, 2007; Abegg et al., 2007). Bu bağlamda kayak merkezlerinin işletme açısından ürün çeşitlendirme ve sezonu 12 aya yaymayı daha ciddiye almalarının gereği vurgulanmış; teknik açıdan ise bulut tohumlama, kayak pistlerinin daha yükseğe taşınması ve yapay karlama seçenekleri ortaya atılmıştır. Teknik seçenekler arasında bulut tohumlama yönteminin Ar-Ge çalışmalarının halen sürmesi, pistleri taşımanın ise finansal ve pratik zorlukları bu uyum yöntemlerinin yaygınlığını sınırlamıştır. Öte yandan, yapay karlama sistemleri, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine dair gözlemler arttıkça hızla yayılmış, başlıca kayak destinasyonlarından Avusturya'da kayak

alanlarının üçte ikisi (Wirtschaftskammer Österreich, 2015), İsviçre’de yarısı (Seilbahnen Schweiz, 2015), İtalya’da ise tamamı (Rixen et al., 2011) bu sistemlerle desteklenir hale gelmiştir.

Yaygın kullanımında soğuk ve belli bir basınç altındaki hava ve suyun karıştırılarak püskürtülmesi sonucu nispeten yüksek yoğunluklu kar oluşturma tekniğini esas alan yapay karlama sistemleri, günümüzde yüksek sıcaklıkta kar yapabilen yeni teknolojiler (NeveXN Srl., 2016; IDE Technologies, 2016) ile geliştirilmeye çalışılmaktadır, ancak bu ileri teknolojilerin verimlilik ve üretkenlik koşulları şimdilik sınırlıdır. Dolayısıyla, kayak merkezlerinin iklim değişikliğine uyumunda başvurulan bu klasik yöntemin kapasitesi, doğal kar örtüsünün kendisi gibi iklim değişikliğine karşı oldukça hassastır.

1.3. İklim Değişikliğinin Türkiye’deki Kayak Merkezlerine Etkisi Üzerine Çalışmalar

Türkiye’de kış sporları turizmi, 1930’lu yıllarda Uludağ’da filizlenmiş; uzun yıllar sayılı kayak merkezinde süregelen faaliyetler 2000’li yıllarda birçok ilde yeni kayak alanlarının açılması ve projelendirilmesiyle ülke çapına yayılmaya başlamıştır. Kış sporları turizminin geliştirilmesiyle Türkiye’nin turizm ürününün çeşitlendirilmesi ve başta Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz olmak üzere bölgesel sosyoekonomik gelişmişlik düzeyinin dengelenmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır (Demiroğlu, 2011; 2014: 136-187; İstanbul-Dinçer ve Demiroğlu, 2015; Göymen et al., 2016). Çeşitli uzmanlar, bu kalkınma hamlesinin sağlıklı bir şekilde gerçekleşebilmesi için etraflı pazar araştırmaları, destinasyon yönetimi bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi, asayişin sağlanması ve iklim değişikliğinin etkilerinin incelenmesine yönelik çabaların önemine değinmektedir (Demiroğlu, 2015; Göymen et al., 2016). Özellikle iklim değişikliği çalışmalarının sonuçları, Türkiye’de yeni açılması planlanan kayak merkezlerinin kuruluş yeri seçimleri açısından oldukça kritiktir.

İklim değişikliğinin Türkiye’deki kayak merkezlerine etkisini inceleyen çalışmalar, hem doğal kar güvenilirliği (Ceber et al., 2013; Demiroğlu ve Lundmark, 2013) hem de yapay karlama kapasitesindeki değişimleri (Öztürk et al., 2014) değerlendirmiştir. Bu konuda yapılan son bir çalışma da (Demiroğlu et al., 2016), dinamik ölçek küçültmeye dayalı bir iklim modellemesi yöntemi ile 2023 Turizm Stratejisi kapsamında tanımlanan Erzincan-Erzurum-Kars Koridoru’nun üç ana kayak merkezi Ergen, Palandöken ve Sarıkamış için analizler gerçekleştirmiş, 2014-2015 sezonunda hizmete giren Erzincan Ergen Dağı Kış Sporları Turizm Merkezi’nin kayak alanlarının alçak kesimlerinde doğal kar güvenilirliği açısından gelecekte sıkıntılar yaşanabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı sıkıntının özellikle Yeni Yıl tatili öncesinde kayak pisti taban katmanının hazır edilmesi açısından yapay karlama kapasitesinde de yaşanabileceği hesaplanmış, ancak kayak alanının dünyada eşine az rastlanır kot farkı sayesinde orta ve yüksek kesimlerde karlama kapasitesinin iyice artabileceği belirtilmiştir.

2. YÖNTEM

Erzincan Ergen Dağı Kış Sporları Turizm Merkezi’nin mevcut ve potansiyel kayak alanlarında ısınma eğilimine karşı teknik uyum kapasitesinin anlaşılabilmesi için Demiroğlu et al. (2016) tarafından dinamik ölçek küçültme yaklaşımıyla yapılan iklim analizlerinin sonuçları üç boyutlu olarak dağ ölçeğine indirgenmiştir. Bu bağlamda; araştırmanın yöntemi, iklim modellemesi ve iyileştirilmiş model çıktılarının yapay karlama kapasitesi hesaplamalarında kullanılmasını kapsayan iki temel aşamadan oluşmaktadır. Analizler sonucunda dağın kayak alanları ve potansiyel üst irtifalarındaki yapay karlama kapasitesinin geçmiş ve gelecek durumunun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

2.1. İklim Modellemesi

İklim modelleri, temel fizik yasaları üzerine şekillendirilmiş, tüm atmosfer-okyanus-arazi etkileşimleri ile küresel ve yerel ölçekteki tüm geri besleme ve döngüleri dikkate alan dinamik ve oldukça karmaşık matematiksel yazılımlardır. İklim çalışmalarında kullanılan modeller basitçe ilgilendikleri alan itibarıyla küresel ve bölgesel olarak ikiye ayrılabilir. Genel Dolaşım Modelleri yerkürenin tamamını kapsayan küresel iklim modelleriyken, Bölgesel İklim Modelleri ise bu küresel ölçekteki modellerden elde edilen sonuçları daha küçük alanlara ölçeklendirerek bölgesel ve yerel bazda bilgi edinmemizi sağlayan modellerdir. Günümüzde 60’a yakın küresel iklim modeli, küresel iklim verilerini ortalama 200 km çözünürlükte saklamakta, gelecek iklimleri, ısınmanın ana nedeni sera gazı konsantrasyonu senaryolarına (Representative Concentration

Pathway – RCP) göre iyimser-kötümser bir yelpazede öngörmektedir. Küresel modellerden elde edilen çıktılar, bölgesel iklim modelleri kullanılarak daha yüksek çözünürlüklere dinamik olarak indirgenebilmektedir. Diğer bir deyişle; küresel model çıktılarının bölgesel modellerde girdi olarak işlenmesiyle ilgili bölgeler için kullanışlı veri tabanları elde edilmektedir.

Bu çalışmada bölgesel iklim modeli RegCM4.4'ün (The Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, 2014) Met Office Hadley Centre'ın HadGEM2-ES küresel iklim modeli (Collins et al., 2008) girdisi kullanılarak çift koşumu ile, Ergan Dağı Kış Sporları Turizm Merkezi sınırlarında kalan 1924 m rakımlı bir koordinat için 1971-2000 ve 2021-2050 dönemlerine dair üçer saatlik sıcaklık (T) ve bağıl nem (RH) çıktıları 10 km çözünürlükte elde edilmiştir. Gelecek öngörülerinde; ısınım sal zorlamanın sanayileşme öncesi değerlere kıyasla 21. yüzyıl sonunda 4,5 W/m²'lik bir artışta sabitleneceğini varsayan, iyimser RCP4.5 sera gazı konsantrasyonu senaryosu (van Vuuren et al., 2011) temel alınmıştır. Model, geçerliliği açısından 1971-2000 projeksiyonundaki sıcaklık çıktılarının University of East Anglia Climatic Research Unit (CRU) veri tabanındaki (Mitchell & Jones, 2005) ilgili sıcaklık gözlemleri ile kıyaslanması ile test edilmiş; tespit edilen 2,26 °C'lık ortalama sapma değeri, geçmiş ve gelecek dönem model çıktılarına eklenmiştir. Aynı veri tabanında ilgili gözlemler bulunmadığı için bağıl neme dair bir sapma tespit edilememiştir.

2.2. Yapay Karlama Kapasitesi Hesaplamaları

Ergan Dağı'ndaki yapay karlama kapasitesinin kademeli olarak belirlenmesi için öncelikle iyileştirilmiş geçmiş (1971-2000) ve gelecek (2021-2050) sıcaklık (T) çıktıları, 0,5 °C/hm düşüş değeri referans alınarak kayak alanının alt (1750 m), orta (2350 m) ve üst istasyonları (2950 m) ile ilk erişim istasyonu (1350 m) ve dağ zirvesi (3250 m) yükseltilerine göre hesaplanmıştır. Her ne kadar dağlık yüzeylerde düşüş değeri 0,5 °C/hm'nin üzerinde gerçekleşebilse de, gerek Türkiye'deki bir başka kayak merkezinin uzun yıllar meteorolojik gözlemleri üzerinden yaptığımız analiz sonuçları (Ozturk et al., 2014), gerekse dünyanın farklı yerlerinde yapılan çalışmalar (Minder et al., 2010) bu değerde karar kılmamıza etki etmiştir. Bu yaklaşımla yükselti farkının yapay karlama kapasitesi üzerindeki etkisi de en aza indirgenmiş ve daha muhafazakâr sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak; referans noktada tespit edilen bağıl nem (RH) değerlerinin yükseltiye göre değişmeyeceği varsayılmış ve sıcaklık düşüş değerinin Stull (2011) tarafından geliştirilen formüle (1) uyarlanması ile kayak merkezinin farklı yükselti ve zaman dilimlerindeki “yaş termometre sıcaklıkları” (WBT) hesaplanmıştır.

$$WBT = T_{atan}[0.151977(RH + 8.313659)^{1/2}] + atan(T + RH) - atan(RH - 1.676331) \quad (1)$$

Sıcaklığı bağıl neme göre standartlaştıran yaş termometre sıcaklıkları, kar üretimi için uygun koşulların göstergesidir (SNOWatHOME LLC, 2016). Buna göre; -4 °C ve altı değerlerde günümüzün yaygın karlama teknolojileri üretim yapabilmektedir. -7 °C ve daha düşük değerlerde ise üretilen karın niteliği “zayıf”tan “iyi”ye dönmektedir. Türkiye ve dünyada genellikle yoğun geçen Yılbaşı tatili öncesinde sezonu açmış olabilmek için, doğal kar örtüsü oluşmadığı takdirde, iyi kalitede en az 120 saatlik kar üretimi gerçekleştirilmesi hedeflenir (Steiger & Mayer, 2008).

3. BULGULAR

İklim modellemesi sonucu Ergan Dağı'nın 1924 m yükselti referans konumunda, 1971-2000 döneminden 2021-2050 dönemine 2,17 °C yıllık ortalama bir ısınma yaşanacağı tespit edilmiştir (Tablo 1). Kayak sezonunu kapsayan Kasım-Nisan aylarındaki ortalama ısınma, yıllık değer altında kalacak, ancak Şubat ve Nisan aylarında etkisini iyice hissettirecektir. En az ısınmanın taban katmanı karlaması için oldukça kritik bir ay olan Aralık'ta yaşanacak olması ise nispeten olumlu bir bulgudur.

Tablo 1. Ergan Dağı Kış Sporları Turizm Merkezi için Isınma (C) Öngörülleri

<i>Kasım</i>	<i>Aralık</i>	<i>Ocak</i>	<i>Şubat</i>	<i>Mart</i>	<i>Nisan</i>	<i>Sezon</i>	<i>Yıl</i>
1,85	1,21	1,78	2,38	1,68	3,21	2,02	2,17

Ergan Dağı'nın yapay karlama kapasitesindeki (saat/yıl) değişim eğilimlerine bakıldığında (Tablo 2); genel bir azalış yaşanacağı anlaşılmaktadır. Bu azalışın şiddeti, alçalara inildikçe ve kaliteli üretim hedeflendikçe artmaktadır. Yeni Yıl tatili öncesi gerekli kritik 120 saatlik kapasite ise kayak alanının alt istasyonunda (1750 m) geçmişte yıllık ortalama 109 saat ile sınırlı kalmış; gelecekte 73 saat/yıla düşeceği öngörülmüştür. Bir diğer hesapla; 120 saatlik kapasitenin alt sınırı geçmişte 1806 m yükseklikte iken, 2021-2050 döneminde 2086 m'ye çıkmaktadır. Bu takdirde, merkezin gelecekte Yeni Yıl tatilinde açılış garantisi verebilmesi için düşük kaliteli üretimden daha fazla destek alması ve/veya doğal kar ile de beslenmesi ve/veya üst rakımlarda üretilecek karın biriktirilerek pist ezme araçları yardımıyla aşağıya doğru sürülmesi gerekmektedir. Kayak alanının orta istasyonu (2350 m) ve geliştirilebilir potansiyel zirve alanlarında (2950-3250 m) ise yapay karlama kapasitesi yine düşüş eğilimi göstermesine rağmen teknik kar güvenirliliği sağlama adına oldukça yeterlidir.

Tablo 2. Ergan Dağı Kış Sporları Turizm Merkezi'nin Karlama Kapasitesinde Değişimler

Rakım	Toplam Üretim			Kaliteli Üretim			Yeni Yıl Öncesi Üretim		
	<i>1971-2000</i>	<i>2021-2050</i>	<i>%</i>	<i>1971-2000</i>	<i>2021-2050</i>	<i>%</i>	<i>1971-2000</i>	<i>2021-2050</i>	<i>%</i>
<i>m</i>									
1350	710	439	-38	330	186	-44	58	36	-37
1750	1124	724	-36	556	334	-40	109	73	-33
2350	2067	1508	-27	1104	711	-36	260	179	-31
2950	3206	2632	-18	2028	1476	-27	571	410	-28
3250	3696	3160	-15	2607	2026	-22	779	598	-23

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Ergan Dağı'nda yapay karlama sistemlerinin tesis edilmesi konusunun halen güncel olduğu bilinmektedir (Erzincan Valiliği, 2015). Günümüzde kayak alanının alt istasyonuna (1750 m) erişim 1350 m rakıma kurulu bir telesiyey veya karayolu ile sağlanmakta, yeterli kar örtüsü oluştuğu durumlarda karayolunun bir kısmı planlı bir şekilde kardan temizlenmeyerek kayak alanının 2950 m'deki üst istasyondan 1350 m'ye kadar uzanması sağlanmaktadır. Gelecekte bu uygulamanın yapay karlama ile desteklenmesi düşünülmüyorsa, alçak rakımlarda yaşanacak şiddetli kapasite kaybı dikkate alınmalıdır.

HadGEM2-ES küresel iklim modelinin RCP4.5 senaryosuna göre RegCM4.4 bölgesel iklim modeli kullanılarak indirgenmiş halinin sonuçlarına göre; Ergan Dağı kayak alanının alçak kesimlerinde 2021-2050 döneminde gerek doğal kar (Demiroğlu et al., 2016) gerekse yapay kar açısından stres yaşanacağı açıktır. Bununla birlikte; kayakçı taşıma sisteminin yerden ulaşım gerektiren teleski türü araçlar yerine havadan kablolu ulaşım sağlayan telesiyeyler ile çözülmüş olması, alt kesimlerde (1750-2350 m) yeterli kar olmasa bile üst kesimlerde (2350-2950 m) sezonun sürdürülebilmesini mümkün kılacaktır. Ayrıca bu üst bölge ve üzerindeki potansiyel alanın üstün karlama kapasitesi, 100 günden çok daha uzun sezonlarla iyi bir arz yaratılmasına yardımcı olabilir. Ancak gerek alt kesimlerde yaşanacak ısınma ile artacak fazladan karlama ihtiyacı, gerekse sistemi besleyecek 1750 m'deki gölden yukarı alanlara su pompalama koşullarının teknik ve finansal yükü, ekonomik ve çevresel bazı sonuçlar da doğuracaktır. Zira klasik yapay karlama sistemleri, çok yüksek su ve enerji tüketimine neden olmakta, ciddi yatırım ve işletme maliyetleri yaratmaktadır. Artan sıcaklıklarla bir yandan su kaynakları kıtlaşırken bir yandan da karlama ihtiyacı artacak, dolayısıyla su ve enerji tüketimi ve ilgili maliyetler de yükselecektir (Rixen et al., 2011). Almanya'da yapılan bir çalışmada

(Soboll & Schmude, 2011), serbest rekabet senaryosu yaklaşımıyla 2050 senesine kadar Bavyera Alp'leri'ndeki kayak merkezleri ve çevre bölgelerinin ekonomik sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için yapay karlama sistemlerinin kurulmasının elzem olduğu, ancak bu durumun da bölgedeki su tüketimini ikiye katlayacağı ortaya konmuştur. Maliyetler açısından bakıldığında ise; günümüzde Alp'lerde kayak turizmi gelirlerinin %10 ile 20'sinin doğrudan yapay karlamaya harcadığı tahmin edilmektedir. Ne var ki, bu maliyet doğrudan kayak bileti fiyatlarına yansıtılmamakta, bunun yerine ziyaret sayılarının %30 ile 50 oranında artırılması hedeflenmektedir. Bu hedef, başta KOBİ özellikli kayak merkezleri tarafından tutturulamamakta, iflasların önlenmesi için şimdilik merkezi ya da yerel yönetimler tarafından sağlanan finansman ve/veya sübvansiyonlar devreye girmektedir (Demiroğlu, 2015).

Son olarak; bölgesel iklim modellerinde bilgisayar donanımına göre hesaplama süreçleri uzun sürelerle yayılmak durumunda kaldığı için bu çalışmadaki analizlerin bir küresel model (HadGEM2-ES) ve bir sera gazı konsantrasyonu senaryosu (RCP4.5) ile sınırlı olduğu unutulmamalıdır. Durum hakkında daha etraflı bir fikir edinebilmek için analizlere zaman ve kaynaklar elverdiği kadar daha fazla model ve senaryodan girdi sağlanması ve böylece kıyaslamalı sonuçların oluşturulabilmesi önemlidir.

KAYNAKÇA

- Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F., & de Montfalcon, A. (2007). Climate change impacts and adaptation in winter tourism. In S. Agrawala (Ed.), *Climate change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management* (pp. 25-60). Paris: OECD.
- Ceber, Z. P., Ozturk, T., & Kurnaz, M. L. (2013, Ekim). *Impacts of climate change on winter tourism in Turkey*. Paper presented at the International Conference: Sustainability Issues and Challenges in Tourism, Istanbul, Turkey.
- Collins, W. J., Bellouin, N., Doutriaux-Boucher, M., Gedney, N., Hinton, T., Jones, C. D., Liddicoat, S., Martin, G., O'Connor, F., Rae, J., Senior, C., Totterdell, I., Woodward, S., Reichler, T., & Kim, J. (2008). *Evaluation of the HadGEM2 model*. Exeter: Met Office Hadley Centre.
- Dawson, J., & Scott, D. (2007). Climate change vulnerability in the Vermont ski tourism sector. *Annals of Leisure Research, 10*, 550-571.
- Dawson, J., & Scott, D. (2013). Managing for climate change in the alpine ski sector. *Tourism Management, 35*, 244-254.
- Demiroğlu, O. C. (2011). *Türkiye Kayak Merkezleri Haritası / Map of Turkish Ski Resorts*. [Çevrim-içi: <http://www.kayakharitasi.com>], Erişim tarihi: 01.03.2016.
- Demiroğlu, O. C. (2014). *Kış Turizmi*. Ankara: Detay.
- Demiroğlu, O. C. (2015). *Kayak Turizmi Forumu'ndan kayak turizmi politikasına notlar*. İstanbul: İstanbul Politikalar Merkezi.
- Demiroğlu, O. C. ve Lundmark, L. (2013). Küresel ısınmanın Türkiye'deki başlıca kayak merkezlerine etkisi: Geleceğe yönelik bir analog olarak 2010 sezonu anomalisi ve uyum süreci. K. Karamustafa (Ed.) *14. Ulusal Turizm Kongresi: Turizmde yenilik* (s. 178-195). Ankara: Detay.
- Demiroğlu, O. C., Dannevig, H. & Aall, C. (2013). The multidisciplinary literature of ski tourism and climate change. In M. Kozak, & N. Kozak (Eds.), *Tourism research: An interdisciplinary perspective* (pp. 223-237). Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.
- Demiroglu, O. C., Turp, M. T., Ozturk, T. & Kurnaz, M. L. (2016). Impact of climate change on natural snow reliability, snowmaking capacities, and wind conditions of ski resorts in Northeast Turkey: A dynamical downscaling approach. *Atmosphere, 7*, in review.
- Elsasser, H. & Bürki, R. (2002). Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research, 20*, 253-257.
- Erzincan Valiliği (2015). *Ergan Dağı Kayak Merkezi Suni Karlama Sistemi*. [Çevrim-içi: <http://www.erkincan.gov.tr/basin-ve-medya/ihale-ilanlari/ergan-dagi-kayak-merkezi-suni-karlama-sistemi/13>], Erişim tarihi: 01.03.2016.
- Göymen, K., Demiroğlu, O. C. & Tülüş, C. (2016). Snow sports tourism development policies in Turkey. In D. Turner & S. Carnicelli-Filho (Eds.), *Lifestyle sports and public policy* (in review). London: Routledge.
- Hayhoe, K., Cayan, D., Field, C. B., Frumhoff, P. C., Maurer, E. P., Miller, N. L., Moser, S. C., Schneider, S. H., Cahill, K. N., Cleland, E. E., Dale, L., Drapek, R., Hanemann, R. M., Kalkstein, L. S., Lenihan, J., Lunch, C. K., Neilson, R. P., Sheridan, S. C., Verville, J. H. (2004). Emissions pathways, climate change, and impacts on California – supporting text. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 101*, 12422-12427.
- IDE Technologies (2016). *All Weather Snow Making*. [Available online at: <http://www.ide-snowmaker.com/all-weather-snow-making>] Retrieved on February 12, 2016.
- IPCC (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press.

- İstanbul-Dinçer, F. ve Demiroğlu, O. C. (2015). Kış turizminin gelişimi ve Türkiye'nin kış turizmi politikası. D. Küçükaltan, H. Çeken ve Ş. O. Mercan (Ed.), *Değişik perspektifleriyle turizm politikası ve planlaması* (s. 55-84). Ankara: Detay.
- König, U. (1998). *Tourism in a warmer world: Implications of climate change due to enhanced greenhouse effect for the ski industry in the Australian Alps*. Zürich: University of Zürich.
- McIsaac, S., Aşkar, P., & Akkoyunlu, B. (2000). Computer links to the west: Experiences from Turkey. In A. de Vaney, S. Gance, & Y. Ma (Eds.), *Technology and resistance* (pp. 153–165). New York: Peter Lang Publishing.
- Minder, J. R., Philip, W. M., & Lundquist, J. D. (2010). Surface temperature lapse rates over complex terrain: Lessons from the Cascade Mountains. *Journal of Geophysical Research*, *115*, 1-13.
- Mitchell, T. D., & Jones, P. D. (2005). An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology*, *25*, 693-712.
- NeveXN Srl. (2016). *Project*. [Available online at: <http://www.nevxn.com/en/progetto>] Retrieved on February 12, 2016.
- Ozturk, T., Demiroğlu, O. C., Turp, M. T., Türkeş, M., & Kurnaz, M. L. (2014, Nisan-Mayıs). *Projections for changes in natural and technical snow reliability of a major Turkish ski resort by using RegCM4.3.5*. Poster presented at the European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria.
- Rixen, C., Teich, M., Lardelli, C., Gallati, D., Pohl, M., Pütz, M., & Bebi, P. (2011). Winter tourism and climate change in the Alps: an assessment of resource consumption, snow reliability, and future snowmaking potential. *Mountain Research and Development*, *31*, 229-236.
- Scott, D. & McBoyle, D. (2007). Climate change adaptation in the ski industry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *12*, 1411-1431.
- Scott, D. (2006). US ski industry adaptation to climate change: Hard, soft and policy strategies. In S. Gössling, S. & C. M. Hall (Eds.), *Tourism and global environmental change* (pp. 262-285). London: Routledge.
- Scott, D., Hall, C. M., & Gössling, S. (2012). *Tourism and climate change: Impacts, adaptation and mitigation*. London: Routledge.
- Scott, D., McBoyle, G., & Mills, B. (2003). Climate change and the skiing industry in Southern Ontario (Canada): Exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation. *Climate Research*, *23*, 171-181.
- Scott, D., McBoyle, G., & Minogue, A. (2007). Climate change and Quebec's ski industry. *Global Environmental Change*, *17*, 181-190.
- Scott, D., McBoyle, G., Minogue, A., & Mills, B. (2006). Climate change and the sustainability of ski-based tourism in eastern North America: a reassessment. *Journal of Sustainable Tourism*, *14*, 376-398.
- Seilbahnen Schweiz (2015). *Fakten & Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche: Ausgabe 2015*. [Available online at: <http://www.seilbahnen.org/de/Branche/Fakten-Zahlen/Fakten-Zahlen>] Retrieved on February 12, 2016.
- SNOWatHOME LLC (2016). *Wet-Bulb Chart Celsius*. [Available online at: https://www.snowathome.com/pdf/wet_bulb_chart_celsius.pdf], Retrieved on January 31, 2016.
- Soboll, A., & Schmude, J. (2011). Simulating tourism water consumption under climate change conditions using agent-based modelling: the example of ski areas. *Annals of the Association of American Geographers*, *101*, 1049-1066.
- Steiger, R., & Mayer, M. (2008). Snowmaking and climate change. *Mountain Research and Development*, *28*, 292-298.
- Stull, R. (2011). Wet-bulb temperature from relative humidity and air temperature. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, *50*, 2267-2269.
- The Abdus Salam International Center for Theoretical Physics (2014). *Regional Model: REGCM4*. [Available online at: <http://www.ictp.it/research/esp/models/regcm4.aspx>] Retrieved on February 12, 2016.
- UNWTO & UNEP (2008). *Climate change and tourism: responding to global challenges*. Madrid: World Tourism Organization.
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J. F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, *109*, 5-31.
- Wirtschaftskammer Österreich (2015). *FACTSHEET – Beschneigung in Österreich*. [Available online at: https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/TransportVerkehr/Seilbahnen/Factsheet-Beschneigung_2.pdf] Retrieved on February 12, 2016.
- Witmer, U. (1986). *Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz*. Bern: Geographisches Institut der Universität Bern.