

Suyun İklimsel Etkisinin ENVI-Met Simülasyonu ile Analizi

Murat YÜCEKAYA^{1*}, Meliha AKLIBAŞINDA¹, Ahmet Salih GÜNAYDIN²

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Landscape Architecture, Nevşehir, Turkey muratyucekaya@nevsehir.edu.tr melihaklibasinda@nevsehir.edu.tr

² Inonu University, Faculty of Art and Design, Department of Landscape Architecture, Malatya, Turkey, ahmet.gunaydin@inonu.edu.tr

*Corresponding Author

ÖZET

Günümüzde kırsal bölgelerin de yavaş yavaş yok olarak kentsel yaşam merkezlerine dönüşmesi ve kentlerde yapılaşmanın ve sert zemin miktarlarının artması sonucu kentsel ısı adaları oluşmuştur. Bu nedenle kentsel tasarımda iklim faktörü önemli bir rol oynamaktadır. Kentsel ısı adalarının kente ve kentliye olan olumsuz etkilerini minimize etmek önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu çalışmada iklimle dengeli tasarımda su faktörü odak noktasına alınmıştır. Bu bağlamda suyun termal konfora etkisi araştırılmıştır. Çalışmada alanın su ögesinin de bulunduğu mevcut planı, su ögesinin kaldırıldığı, suyun iki katına çıkarıldığı, havuz sayısının ve konumlarının değiştirildiği toplam dört farklı planın yaz mevsimine ait iklimsel simülasyonları ENVI-met yazılımıyla yapılmıştır. Böylelikle su ögesinin termal konforu ne derecede etkilendiği belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda su kullanımının serinletici bir etkisinin bulunduğu saptanmıştır. Su yüzeyi büyüdükçe ve özellikle tek parça su yüzeyi kullanımında serinletici etki artmaktadır. Su yüzeyinin hava sıcaklığı değerlerine doğrudan çok fazla bir etkisi yoktur. Bağlı nem değerleri su yüzeyi ile doğru orantılı artmaktadır. Su yüzeyi arttıkça ortalama ısıma sıcaklığı haritalarında serinletici etkinin arttığı görülmektedir. Küçük su yüzeylerinin rüzgar hızında çok büyük değişiklikler oluşturmadığı, büyük su yüzeylerinde ise rüzgar hızında önemli artışlar olduğu görülmektedir. PMV (Predicted Mean Vote) haritalarında suyun termal konfor düzeyini önemli miktarda artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ENVI-met, Termal Konfor, Nevşehir, Predicted Mean Vote

ABSTRACT

Nowadays, urban heat islands have been formed as a result of the gradual disappearance of rural areas into urban living centers and the increase in urbanization and hardscapes. For this reason, climate factor plays an important role in urban design. Minimizing the negative effects of urban heat islands on individuals has become an important research topic. For this reason, climate factor plays an important role in urban design. In this study, water factor has been taken into focus in climate balanced design. In this context, the effect of water on thermal comfort was investigated. The simulations of the current plan of the area including water element and The climatic simulations of 3 alternative plans, in which the water element is removed, the numbers and locations of the pools are modified, are made with the ENVI-met software. Thus, to what extent the water element affects thermal comfort was determined. As a result of the study, the cooling effect of water use was determined but this effect was not in high amounts. as the width of the water surface increases, especially in the use of a single piece water surface, the cooling effect increases. The width of water surface doesn't have much effect on air temperature values directly. Relative humidity values increase in direct proportion to the water surface. It was seen that as the width of water surface increases, the cooling effect increases in the mean radiant temperature maps.

Keywords: ENVI-met, Thermal Comfort, Nevşehir, Predicted Mean Vote

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya'da artan şehirleşme hareketleri, sanayileşme, arazi kullanım değişiklikleri gibi çeşitli insan hareketleri küresel ölçekte iklim değişikliğine neden olmuştur. Atmosferde artan sera gazları doğal sera etkisini kuvvetlendirerek küresel ısınma problemini ortaya çıkarmıştır

(Kadioğlu, 2001; Türkeş, 2010). Küresel ısınmanın yanı sıra kent iklimi motorlu araç trafiği, endüstriyel ve evsel ısınmadan kaynaklanan hava kalitesinin bozulması (partikül madde ve sera gazları artışı) ve yapılaşmaya bağlı olarak fazladan güneş radyasyonu tutulması sonucu çevrelerinden farklı bir karakter kazanarak kentsel ısı adaları oluşmaya başlamıştır. Isı adası olgusu ve iklim değişikliği gerçekliği ile birlikte kentlerin sıcaklığı artmaya devam etmektedir (Santamouris, 2014). Bir kent ya da kasabanın kentsel ısı adası oluşturma etkisi kabul edilmiş bir gerçektir. Aslında bu durum atmosferik çevrenin insan tarafından düzenlenmesinin yaygın olarak kanıtlanmış iklimsel etkilerinden biridir (Oke, 1973). Kentsel ısı adası küresel iklim değişiminin yerel ölçekte ortaya çıkan hali olup tıpkı küresel iklim değişimi gibi insan ve diğer canlıların sağlığı, yaşam kalitesi, enerji tüketimi vb. üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Yüksel ve Yılmaz, 2008). Kentleşmeyle birlikte, kentsel ısı adaları daha fazla sayıda kent sakinini etkileyecektir. Bu nedenle kentleşmenin yoğun olduğu alanlarda, kentsel ısı adası etkisini azaltacak ekolojik yaklaşımlar geliştirilmelidir (Ca vd., 1998). Yerleşim alanlarının merkezine doğru yapı yoğunluğu artmakta bu durum kentsel ısı adası etkisini de artırmaktadır. Kırsal alanlar veya parklar ve nehirler gibi doğal özelliklerin bulunduğu yerler, serinletici etkinin yoğun olduğu bölgeler olarak görülürler (Givoni, 1998; Gupta vd., 2019; Howard, 2012; Oke, 1987; Yu ve Hien, 2006).

Kentlerde yaşayan insanların yaşam kalitesini artırmak amacıyla bahsi geçen olumsuz etkileri azaltmaya yönelik çalışmalar termal konfor üzerinde yoğunlaşmıştır. Termal konfor insanların kendini sağlıklı ve dinamik hissettiği en uygun iklim koşullarını tanımlamaktadır (Altunkasa, 1987; Cetin, 2015; Olgay, 1963). Son zamanlarda yapılan araştırmalar termal konforu artıran mikroklimatik koşulların açık alan kullanımında büyük bir etkisi olduğunu göstermiştir. Dış mekan termal konfor algısı ve tercihi kişisel ve psikolojik faktörlere göre değişiklik gösterebilmekle birlikte özellikle hava sıcaklığı, hava nemi, rüzgar hızı ve solar radyasyondan etkilenmektedir (Oliveira ve Andrade, 2007). Olgay (1963)'e göre sıcaklığın 21-27.5°C, bağıl nemin %30-65, rüzgar hızının 5m/sn'ye kadar olduğu atmosfer koşulları insanların kendini termal açıdan en rahat hissettiği koşullardır (Toy vd., 2007).

Dış mekan termal konforunu artırmaya yönelik yapılan çalışmalarda su kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Havuzlar veya kanallar gibi küçük kentsel su kütlelerinin sıcak dönemlerde etkili soğutma sağladıkları ve komşu alanlarda ve su üzerinde termal hissi arttırdığı varsayılır. Bu nedenle kentsel tasarımcılar genellikle bu öğeleri kentsel çevrenin tasarımına dahil ederler (Jacobs vd., 2020). Kentsel alanlarda çeşme, fiskiye, kanallar gibi geleneksel su unsurları kullanılmaktadır. Ancak bu kullanımlar esas olarak görsel amaçlıdır ve bu nedenle soğutma etkilerini ölçmek ve bunlardan yararlanmak için herhangi bir girişimde bulunulmamıştır (Nishimura vd., 1998). Özellikle sıcak bölgelerde su kullanımı serinletici etkisi nedeniyle önemli bir unsur olarak görülmektedir (Yılmaz vd., 2013). Püskürtme ve buharlaşma ile oluşan su kullanımı kullanıldığı ortamın yakın çevresinde serinletici bir etki yaratmaktadır (Harris vd., 1998). Su, güneşe bakan düz yüzeylerde güneş ışığını yansıtabilir. Rüzgar üzerinde önemli bir etkisi yoktur. İyi çevrelenmiş, hava değişiminin az olduğu alanlarda hava sıcaklığını ve nemini etkiler, bir yüzey üzerine püskürtüldüğünde serinletici etki sağlar ve karasal ışımaları yüzeyden absorbe ederek uzaklaştırır (Brown, 2010).

Kentsel alanlarda su kaynaklarının, su ve buharlaşmanın termal özellikleri nedeniyle kentsel ısı adası etkisi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Genellikle su kaynaklarının bulunduğu alanların sıcaklığı yapılaşmış alanlara göre daha düşüktür, aradaki fark 2-6 °C civarı olabilmektedir. Bu durum kentsel su kaynaklarının kent iklimi üzerine büyük bir etkisi olduğunun kanıtıdır (Manteghi vd., 2016). Bitkilendirme gibi suyun iklimsel etkileri tüm ölçeklerde kentsel tasarıma dahil edilebilir. Kıyı boyunca bulunan yerleşim alanlarında su kütleleri genellikle temiz ve nemli havayı iç kısımlara kadar hızlı bir şekilde getirir (Oke, 2017).

Yapılan bu çalışmada yazları sıcak ve kurak bir iklime sahip Nevşehir kentinde, örnek olarak seçilen Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Merkez Kampüsünde suyun termal konfora

etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı; karasal iklim özellikleri gösteren bölgelerde yapılacak olan peyzaj tasarımlarında su kullanımının mikroklimatik açıdan etkisini belirlemektir. Bu çerçevede alanda oluşturulan farklı planlamaların iklimsel açıdan mikroklimatik simülasyonları yapılarak suyun iklimsel etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

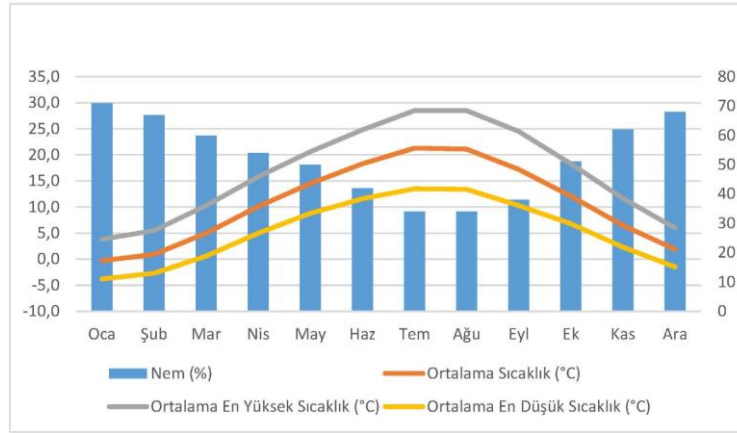
2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

Bu bölüm üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada çalışma alanının konumu ve iklim özellikleri konularında bilgi verilmiştir. İkinci aşamada çalışmada kullanılan simülasyon programıyla ilgili genel bilgiler verilerek tanıtılmıştır. Üçüncü aşamada çalışma süresince izlenen yol detaylı olarak açıklanmıştır.

2.1. Çalışma Alanı (Research Case)

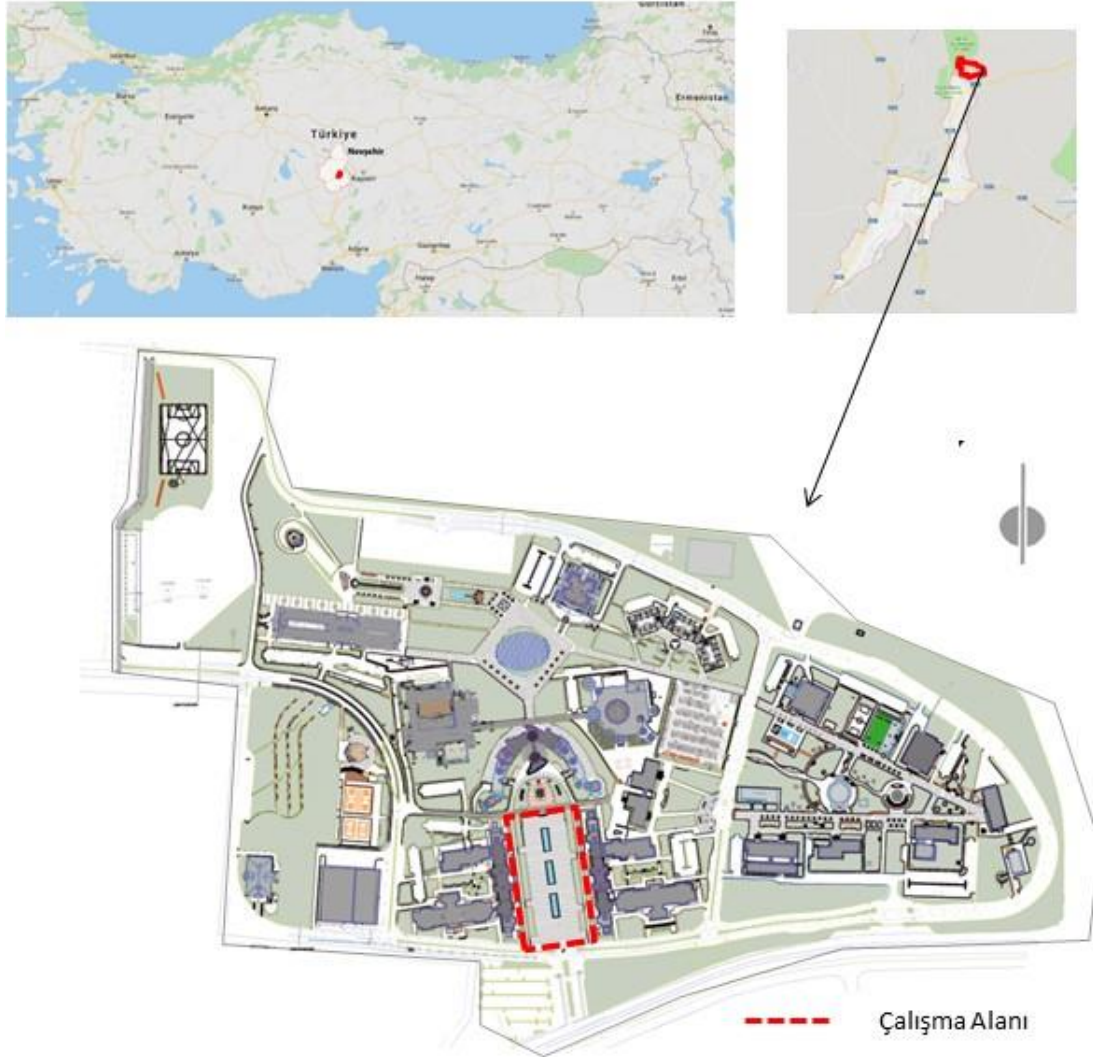
Yüzölçümü 5.386 km² olan Nevşehir ili, 38° 12' ve 39° 20' kuzey enlemleri ile 34° 1' ve 35° 06' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğuda Kayseri, batıda Aksaray, güneyde Niğde, kuzeyde Kırşehir ve Yozgat illeri ile komşudur.

İklimi yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Nevşehir ilinde soğuk dönemde (kasım, aralık, ocak, şubat, mart) sabah ve akşam saatlerinde güçlü; öğleden sonra ise görece daha az soğuk stresinin olduğu dikkat çekmektedir. İlkbahar ve sonbahar dönemleri termal konfor açısından daha elverişli koşullara sahiptir. Bu dönemde de sabah ve akşam saatlerindeki termal koşulların soğuk stresine yol açabileceği görülmektedir. Mayıs ve haziran ayları ile eylül ve ekim aylarında günün büyük bir bölümünde termal konfor koşulları görülmektedir. Temmuz ağustos aylarında ise sabah saatleri akşam saatlerine göre daha uzun konforlu zaman dilimlerine sahiptir. Bu aylarda öğlen saatlerinde sıcak stresi oluşmaktadır (Çalışkan, 2011). Nevşehir iline ait sıcaklık ve nem grafiği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Nevşehir ili iklim grafiği (Nevşehir Climate Chart) (Grafikteki veriler www.mgm.gov.tr ile www.climate-data.org adreslerinden alınmıştır.)

Çalışmanın ana materyalini Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Merkez Kampüsü oluşturmaktadır. Kampüs planı ve çalışmanın yapıldığı alanın Nevşehir ili ve Türkiye içerisindeki konumu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu (Study location)

2.2. ENVI-met

Dış mekanda mikroklimatik simülasyon yapan programlar çok fazla değildir. Bunlar içerisinde de detaylı simülasyon sonuçları veren ve genellikle tercih edilen yazılım ENVI-met yazılımıdır (Song ve Park, 2015). Bu nedenle çalışmada simülasyonların yapılmasında ENVI-met 4.0 yazılımından faydalanılmıştır.

ENVI-met yazılımı, kentsel tasarımda küçük değişikliklerin (bitkiler, yeni yapılaşma alanları vb.) farklı orta ölçekli koşullar altında mikro iklim üzerindeki etkilerinin analizine olanak tanır (Bruse ve Fleer, 1998). ENVI-met, yüzey-bitki-hava etkileşimlerinin simülasyonu için bütünsel, üç boyutlu, hidrostatik olmayan bir modeldir. 0,5 ila 10 m ve 1 - 5 saniyelik zaman aşamalarıyla 24 ila 48 saatlik bir zaman çerçevesine sahip mikro ölçek için tasarlanmıştır. Bu çözünürlük, tek tek binalar, yüzeyler ve bitkiler arasındaki küçük ölçekli etkileşimleri analiz etmeyi sağlar (www.envi-met.com). Program hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı ve yönü, türbülans, ışıınım akışı, gaz ve partikül dağılımı simülasyonları yapabilmekte ve bu çerçevede haritalar üretebilmektedir. Bu yapısal konfigürasyonların yanında; bir simülasyon programı olarak ENVI-met bazı temel tasarım karakteristikleri içerir (Ozkeresteci vd., 2003). Bunlar;

- Akışkanlar mekaniği termodinamikler ve kirlenici dağılımını içeren iklim sisteminin tamamını birleştirerek simüle eder.
- Tek binaları çözümlemede yüksek çözünürlüklü bir model oluşturma imkanı sağlar.
- Fotosentez hızı gibi yüzey-bitki-atmosfer süreçlerinin simülasyonunu yapar.

ENVI-mette su, kısa dalga radyasyonunu kısmen geçiren bir yapıya sahip olan özel bir toprak türü olarak işlem görür. ENVI-metteki diğer malzemeler gibi, su katmanının en üst yüzeyindeki enerji dengesi hava-su arayüzünde bulunan su yüzeyi ısısını hesaplamak amacıyla çözümlenir (Jacobs vd., 2020).

Durağan haldeki su yüzeylerinin enerji dengesinin bileşenlerinin denklemi şu şekildedir.

$$0 = Q_{sw,abs} + Q_{lw,in} - Q_{lw,out}(T_s) - H(T_s, T_a) - LE(q_s, q_a) - G(T_s, T_{z-1})$$

$Q_{sw,abs}$: Suyun en üst katmanından soğurularak gelen kısa dalga güneş radyasyonu

$Q_{lw,in}$: Gelen uzun dalga karasal radyasyon

$Q_{lw,out}$: Stefan Boltzmann yasası doğrultusunda ve su yüzey sıcaklığına (T_s) bağlı olarak uzun dalga radyasyonu

H : Hissedilir dalgalı akışlar

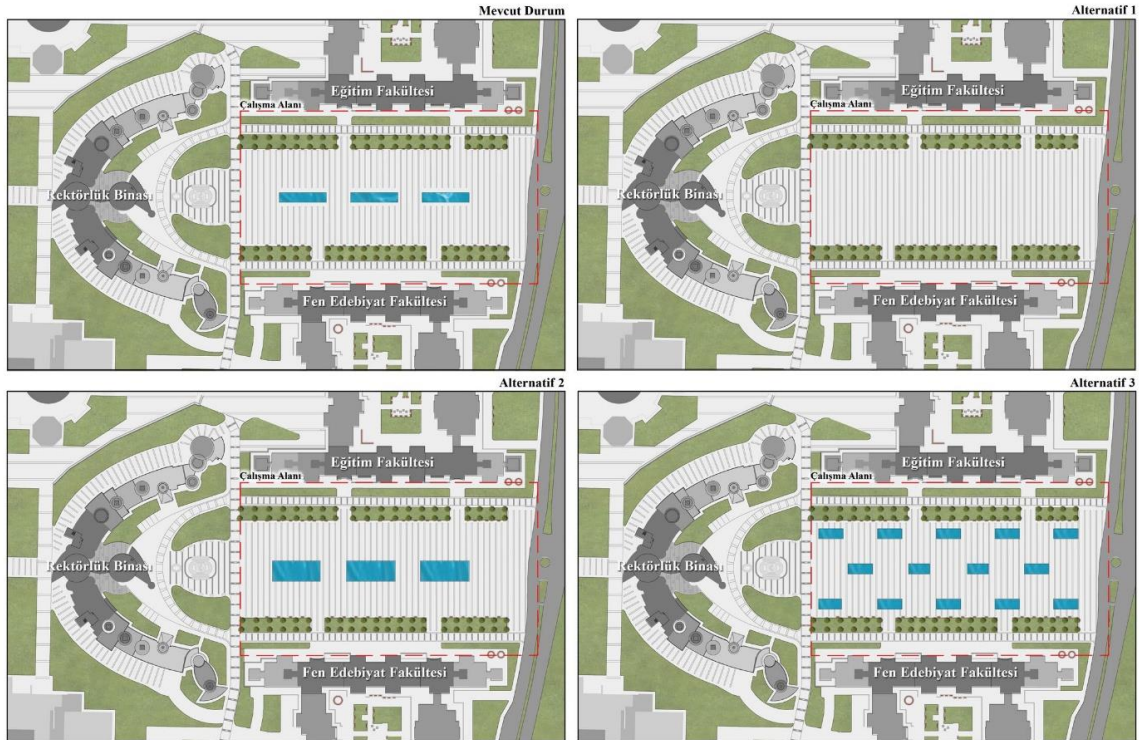
LE : Atmosferik benzer hava sıcaklığı (T_a) ve havanın özgül nemi (q_a) ile Monin-Obukhov benzerlik teorisi kullanılarak, ENVI-mette diğer yüzey akışlarına benzer olarak hesaplanan gizli ısı, su yüzeyinin özgül nemi (q_s) su yüzey sıcaklığının (T_s) doygunluk değerine ayarlanır.

G : Isının at su katmanına moleküler geçişidir. Üst su katmanının son derece ince olduğu kabul edilir. Bu katmandaki taşıma işlemlerine moleküler difüzyon hakimdir. Isının sudaki moleküler difüzyonu ısı transferini hesaplamak için kullanılır (Jacobs vd., 2020).

2.3. Analitik Çerçeve (Analytical Framework)

Çalışma merkez kampüs ana girişini rektörlük binasına bağlayan geniş aks üzerinde gerçekleştirilmiştir ve suyun iklimsel konfora etkisi odak noktasına alınmıştır. Bu kapsamda 4 farklı plan hazırlanmıştır (Şekil 2, Tablo 1). Bu planlar;

- 1- Mevcut Durum : Alanın hâlihazırda bulunduğu durum
- 2- 1. Alternatif : Havuzların kaldırıldığı durum
- 3- 2. Alternatif : Mevcut durumdaki havuzların bulunduğu yerde büyüklükleri iki katına çıkarılmış durum
- 4- 3. Alternatif : 2. Alternatif ile toplam havuz büyüklüğünün aynı, havuzların sayılarının ve konumlarının farklı olduğu durum



Şekil 2. Mevcut durum ve 3 farklı alternatif plan (Current situation and 3 different alternative plans)

Tablo 1. Planlarda kullanılan alan büyüklükleri (The sizes of the uses in alternative plans)

	Mevcut Durum	Alternatif	Alternatif	Alternatif
Havuz alanı	514 m ²	-	1028 m ²	1028 m ²
Asfalt	480 m ²	480 m ²	480 m ²	480 m ²
Bazalt	13.841 m ²	14.355m ²	13.327	13.327
Yeşil alan	3.965 m ²	3.965 m ²	3.965 m ²	3.965
Toplam		18.800 m ²		

Hazırlanan planlar ENVI-met 4.0 iklimsel simülasyon yazılımıyla simüle edilmiştir. Simülasyonlarda Nevşehir Meteoroloji Müdürlüğü'nden Excel formatında alınan 2008-2018 yılları arası 10 yıllık iklim verileri (sıcaklık, bağıl nem, 10 m yükseklikte rüzgâr hızı ve yönü, toprak sıcaklığı, bulutluluk) kullanılmıştır. Aylık rüzgâr hızı ve yönü değerlerinin 10 yıllık ortalaması alınmıştır. 24 saat için her saat 10 yıllık sıcaklık ve bağıl nem değerleri ortalaması alınmıştır. Günlük toprak sıcaklığının ve aylık bulut kapallılığı değerlerinin 10 yıllık ortalamaları alınarak ENVI-met yazılımına işlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Simülasyona Ait Veri Setleri (Data Sets of Simulation)

Simülasyon Alanı	Nevşehir / Türkiye
Modellenen Alan Ölçüleri	98x44x30
Grid Ölçüleri	2x2x2
Koordinatlar	38° 69 ' Kuzey Enlemi / 34 ° 69 ' Doğu Boylamı
Simülasyon Tarihi	21 Haziran
Simülasyon Başlangıç	06:00
Simülasyon Süresi	24 Saat
Sıcaklık	Uzun Yıllar (10 Yıllık) Ortalama Saatlik Sıcaklık
Sıcaklık Verileri	En düşük: 19°C / 06:00 En yüksek: 25°C / 16:00
Bağıl Nem	Uzun Yıllar (10 Yıllık) Ortalama Saatlik Bağıl Nem
Bağıl Nem Verileri	En düşük: %50 / 16:00 En yüksek: %70 / 6:00
Rüzgar Hızı	Uzun Yıllar (10 Yıllık) Ortalama Günlük Rüzgar Hızı
Rüzgar Hızı Verileri	Hakim Rüzgar Yönü: GGB (202,5) Rüzgar Hızı: 1,9m/s
Bulutluluk	Uzun Yıllar (10 Yıllık) Bulut Kapallılığı
Bulutluluk Verileri	Yüksek bulut kapallılığı: 3.00
Toprak Sıcaklığı	Uzun Yıllar (10 Yıllık) Toprak Sıcaklığı
Toprak Sıcaklığı Verileri	Üst Katman: 22.8°C Orta Katman: 22.18°C Alt Katman: 17°C Ana Kaya Katmanı: 20°C
Araç Yolları	Asfalt
Yaya ve Yürüyüş Yolları	Bazalt Döşeme
Yeşil Alanlar	Ortalama Yoğunlukta Çim
Bitkiler	15m Boyunda Çok Yoğun Yapraklı Ağaç

Suyun serinletici etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; yıl içerisinde en uzun ve dolayısıyla en fazla güneşe maruz kalınan gün olan 21 Haziran tarihi esas alınmıştır. Simülasyon başlangıç saati sabah saat 06.00 olarak belirlenmiştir Simülasyonlar 24 saatlik yapılmış, 21 Haziran tarihinde en sıcak saat olan 16.00'daki durum incelenmiştir. Sonuçta; hava sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ısıma sıcaklığı, rüzgar hızı ve Predicted Mean Vote (PMV) değerlerinin değişimleri incelenerek yorumlanmıştır. Üretilen haritalar 2m yükseklikteki mikroklimatik durumu göstermektedir. Tüm haritaların standart bir şekilde birbiriyle karşılaştırılıp yorumlanabilmesi için veri aralıkları sabitlenmiştir.

"Peyzaj tasarımlarında su kullanımı mikroklimatik açıdan olumlu bir etki oluşturmaktadır mıdır?" sorusu çalışmanın ana hipotezini meydana getirmektedir. Cevabı aranan alt hipotezler ise şu şekilde sıralanabilir.

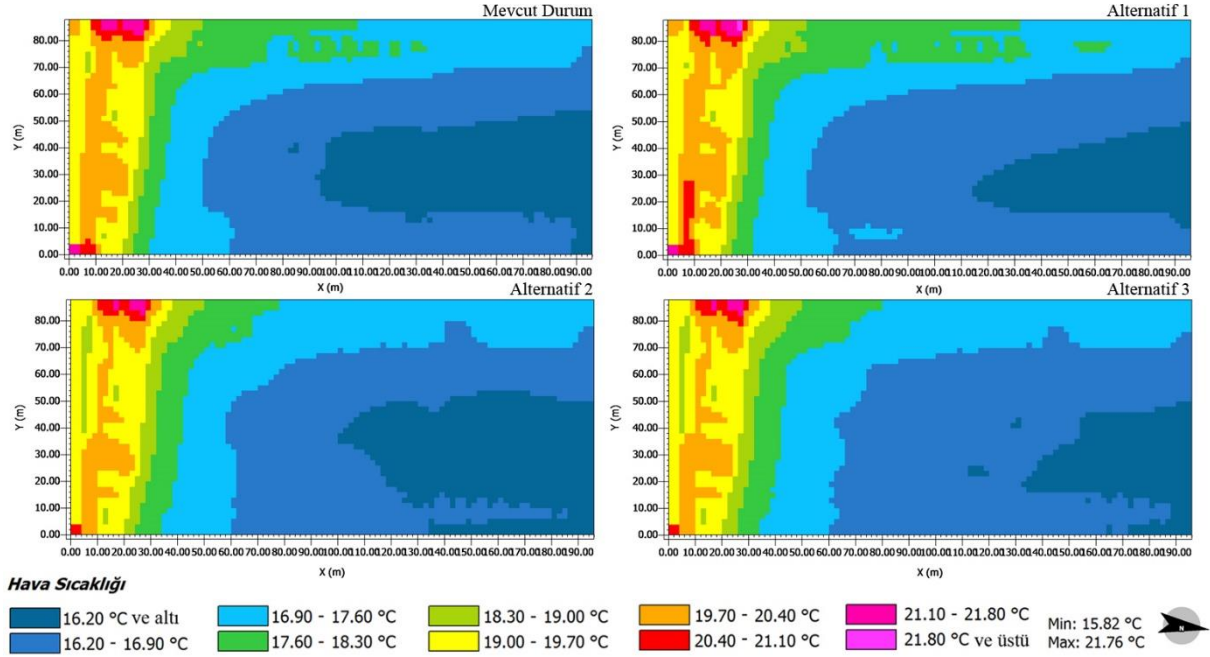
1. Belirli büyüklükteki su kullanımı ne kadarlık bir alanda mikroklimatik etki oluşturmaktadır?
2. Suyun oluşturduğu mikroklimatik etkilerden hangi iklimsel parametreler ne şekilde etkilenmektedir?

3. Havuzun büyüklüğü, sayısı, konumu gibi değişkenlerin oluşturduğu mikroklimatik etki değişmekte midir?

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

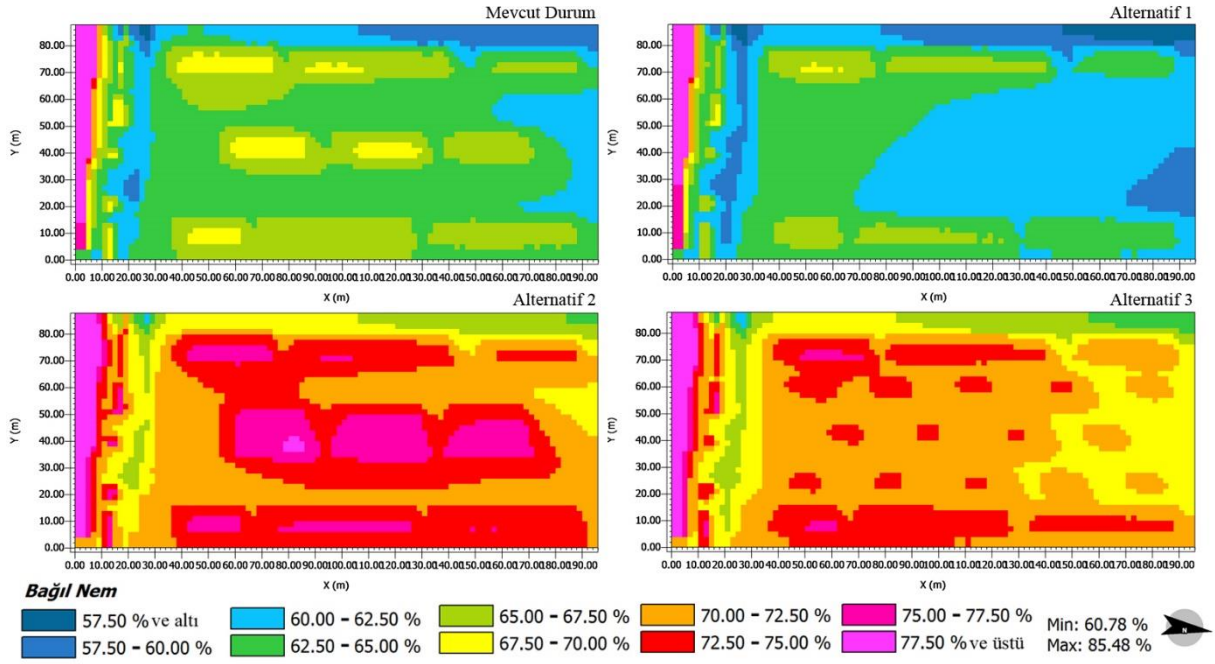
3.1. Simülasyon Çıktıları (Simulation Outputs)

Bu bölümde ENVI-met yazılımıyla simülasyonu yapılan alanların Leonardo uzantısı ile görsel haritaları üretilmiştir. Üretilen haritalar hava sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışıma sıcaklığı, rüzgar hızı ve PMV haritalarıdır (Şekil 3-4-5-6-).



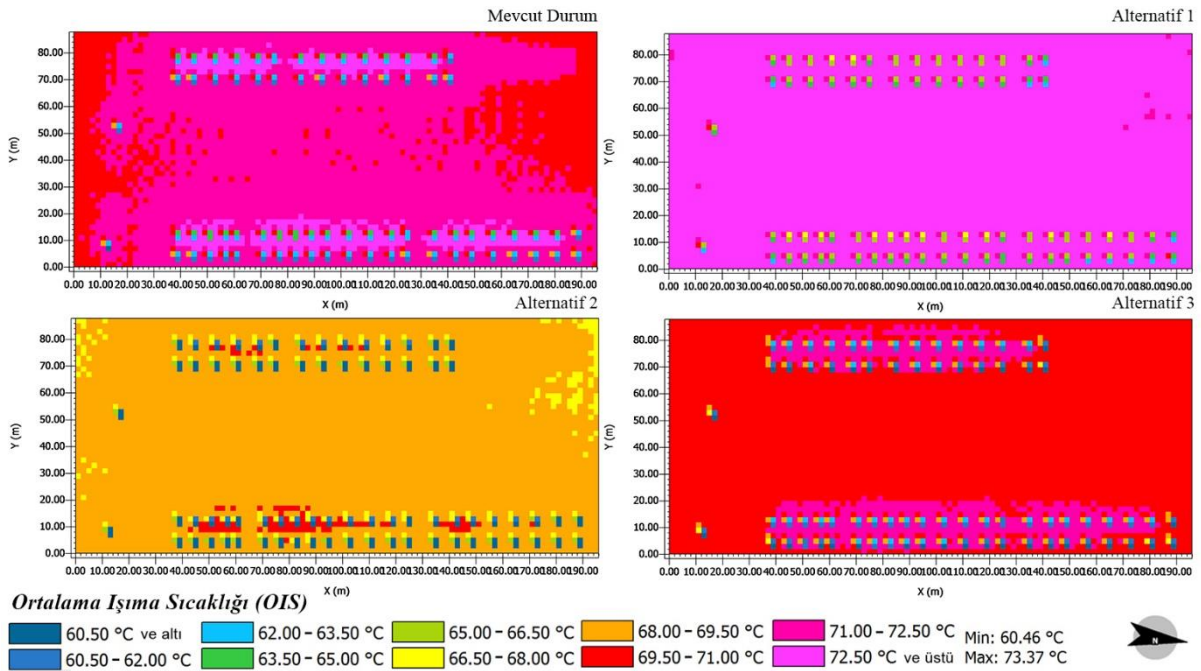
Şekil 3. Hava sıcaklığı haritaları (Air temperature maps)

Hava sıcaklığı analizlerinden elde edilen bulgulara göre havuzların kısmi bir soğutma etkisi sağladığı belirlenmiştir. Çalışma alanı güney bölgelerine doğru sıcaklık etkisinin arttığı görülmektedir. Asfalt zeminlerin bu etkiyi artırıcı en büyük etken olduğu düşünülmekte aynı zamanda kuzey kısımlarda yeşil alanların serinletici etki oluşturduğu düşünülmektedir. Alternatif 3te su yüzeyi mevcut durumun iki katı büyüklüğündedir ancak serinletici etkisi daha az olmuştur. Buradan hareketle parçalı bir şekilde su unsuru kullanımı yerine tek parça büyük yüzeylerin serinletici etkisinin daha fazla olduğu söylenebilir.



Şekil 4. Bağıl nem haritaları (Relative humidity maps)

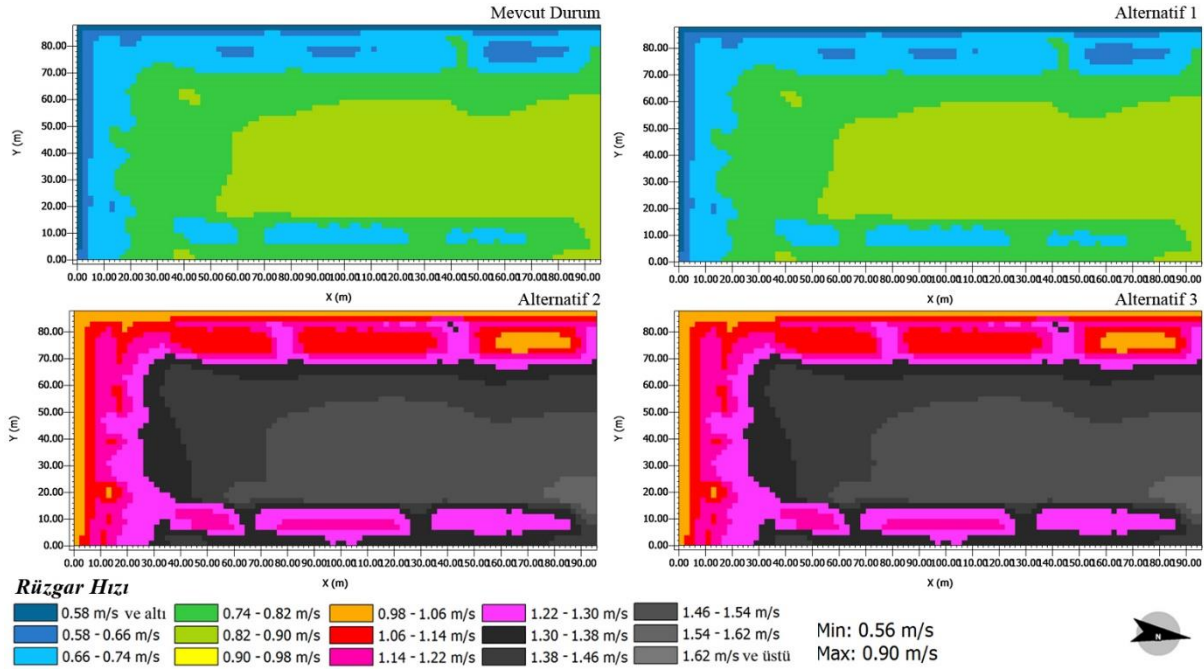
Alternatif 2’de bağıl nem değerlerinin diğer haritalardan daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun sonucu olarak büyük kütleli su yüzeylerinin bağıl nem değerlerinde daha fazla artışa neden olduğu söylenebilir. Sıcaklık haritaları arasında büyük farklılıklar olmaması nedeniyle bu çalışmada sıcaklığın bağıl nem üzerinde etkisi hissedilmemektedir. Bağıl nem haritalarındaki farklı değerlerin tamamen suyun etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüm haritaların güney bölgelerinde nem düzeyinin yaklaşık aynı miktarlarda olduğu, kuzeye doğru arttığı, havuzların büyümesiyle de artış miktarının fazlaştığı görülmektedir. Bu durum da nem düzeyini suyun artırdığının bir kanıtı olarak görülebilir.



Şekil 5. Ortalama ısıma sıcaklığı haritaları (Mean radiant temperature maps)

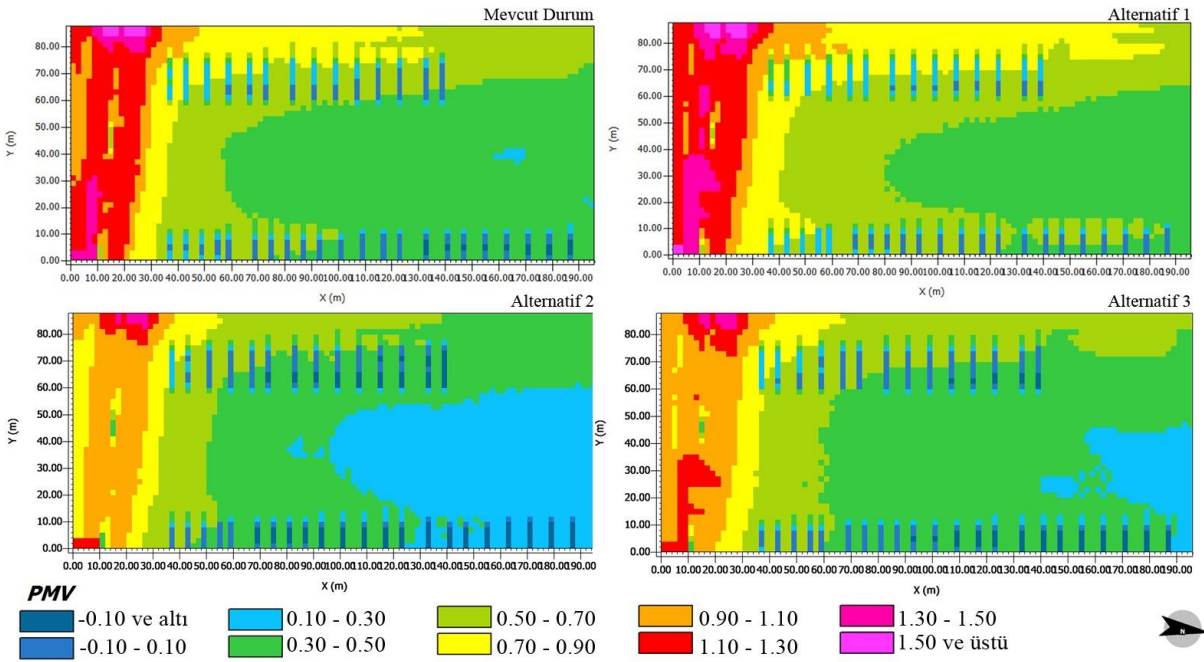
2. alternatifte ortalama ısıma sıcaklığının serinletici etkisinin en fazla olduğu görülmektedir. Bu kapsamda kullanılan su miktarının boyutu büyüdükçe ve bir bütün halinde kullanılmasıyla termal konfor koşullarını daha iyi sağlayabileceği söylenebilir. Özellikle

alternatif 1 ile 2 karşılaştırıldığında suyun serinletici etkisi daha net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 6. Rüzgâr hızı haritaları (Wind speed maps)

Rüzgâr hızı haritalarında mevcut durum ile alternatif 1 arasında aynı şekilde alternatif 2 ile alternatif 3 arasında rüzgâr hızında bir değişiklik olmamıştır. Alternatif 2 ve alternatif 3 haritalarında mevcut durum ve alternatif 1 haritalarına göre rüzgâr hızında ortalama 0.50 m/s bir artışın olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda havuzların konumlarının rüzgâr hızı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca havuz alanlarının belirli bir büyüklüğe kadar rüzgâr hızını çok fazla etkilemediği saptanmıştır. Belirli bir büyüklüğün üzerinde ise rüzgâr hızının önemli sayılabilecek derecede arttığı belirlenmiştir.



PMV haritalarında su yüzeylerinin artmasıyla termal konfor düzeyinin önemli sayılabilecek miktarda arttığı görülmektedir. Haritalarda termal konforun en iyi düzeyde olduğu plan mevcut durumun iki katı büyüklüğünde su yüzeylerinin bulunduğu 2. Alternatif plandır. Özetle termal konfor düzeyinin su yüzeyi büyüklüğü ile arttığını söylemek mümkündür.

3.2. Tartışma (Discussion)

Çalışmada havuzların tam bulunduğu noktalarda serinletme etkisinin en yüksek olduğu, uzaklaştıkça azaldığı saptanmıştır. Xu vd., 2019 tarafından elde edilen göl merkezinden göl kıyısına doğru gidildikçe serinletici etki azalmaktadır bulgusuyla da örtüşmektedir (Xu et al., 2019). Buna ek olarak suyun bulunduğu yakın çevresinde sıcaklığı düşürücü bir etkisi olduğu saptanmıştır. Su yüzeyinden uzaklaştıkça bu etki tamamen kaybolmaktadır. Bu bulgu Jacobs et al. 2020'nin küçük kentsel su yüzeyleri bulundukları alanın etrafında bir termal etki oluşturmaktadır (Jacobs vd., 2020) bulgusuyla da örtüşmektedir.

Olgay 1963 tarafından hazırlanan biyoklimatik konfor çizelgesine göre sıcaklığın sabit kalarak bağıl nem değerlerinin yükselmesiyle termal konfor koşulları olumsuz etkilenmektedir (Olgay, 1963). Ancak 2 ve 3. alternatif planlarda diğer planlardan farklı olarak rüzgâr hızındaki artış da alanın termal konfor koşullarına ulaşmasında olumlu bir etkiye sahiptir.

Hava sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ısıma sıcaklığı ve rüzgar hızı değerlerinin birlikte değerlendirilmesiyle elde edilen PMV haritaları termal konforu belirlemede kullanılan indekslerden biridir. -0,5 ile +0,5 değerleri arası termal konforun optimum olduğu değerler olarak görülürken -0,5 altında soğuk stresi, +0,5 üzerinde sıcak stresi kademeli bir şekilde oluşmaya başlamaktadır (Cocci Grifoni et al., n.d.; Olesen, 1995). Buna ek olarak ortalama ısıma sıcaklığı değerleri de termal konforu en iyi tanımlayan iklimsel parametrelerden biridir. (Tsitoura vd., 2014; Mazhar vd., 2015; Acero ve Herranz - Pascual., 2015; Taleghani vd., 2015; Attia ve Duchhart., 2011; Yucekaya ve Uslu, 2020) Bu nedenle iklimle dengeli tasarım çalışmalarında PMV ve ortalama ısıma sıcaklığının incelenmesi önemli görülmektedir. Çalışmada ortalama ısıma sıcaklığı ve PMV haritalarında su unsurunun serinletici bir etki oluşturduğu görülmektedir. Bu durum suyun termal konfor koşullarını iyileştirici etkisini doğrulamaktadır.

Brown, 2010; suyun rüzgar hızı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bulgusuna ulaşmıştır. Bu çalışmada mevcut durum ve suyun alanda bulunmadığı alternatif arasında da rüzgar hızında bir değişim olmadığı görülmektedir. Ancak mevcut durumdaki su miktarının iki katına çıkarılmasıyla rüzgar hızının da önemli oranlarda arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu durumda çalışmada elde edilen bulguların Brown,2010 ile benzerlik gösterdiği ve ayrıştığı yönleri olduğu ifade edilmelidir.

PMV, Ortalama ısıma sıcaklığı ve rüzgar hızı haritaları birlikte değerlendirildiğinde oluşturulan 4 plan içerisinde en iyi sonuçların 2 numaralı alternatif haritada elde edildiği görülmektedir. Termal konfor durumunu belirlemede en önemli değişkenler olarak görülebilecek olan PMV, ortalama ısıma sıcaklığı ve rüzgar haritalarının yorumlanmasıyla havuzların küçük parçalar halinde değil tek parça ve bütüncül bir şekilde planlanmasının ve büyüklüğünün artmasının termal konfor koşullarını iyileştirdiği sonucuna ulaşılabilir.

Suyun serinletici etkisi farklı çalışmalarla kanıtlanmıştır (Gupta vd., 2019; Jacobs vd., 2020; Manteghi vd., 2016; Nishimura vd., 1998; Xu vd., 2019). Bu çalışmada da bahsi geçen çalışmalar ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Suyun mikroklimatik açıdan olumlu etkisi nedeniyle iklim değişikliği ve kentsel ısı adasının olumsuz etkilerini minimize edebilmek için kentsel alanlarda kullanımı önemli görülmektedir.

3.3. Çalışmadaki Sınırlamalar ve İleride Yapılacak Çalışmalar (Limitations of Work and Further Study)

Çalışma üniversite kampüsü içerisinde sınırlı bir çevrede gerçekleştirilmiştir. Mikro ölçekte sürdürülen bu çalışmada çok büyük olmayan alanlarda suyun mikroklimatik etkisi konusunda genel bilgiler elde edilmesi amaçlanmıştır. Farklı çalışmalarda alan büyüklükleri

aynı olan kent parkı, yapılardan oluşan kent parçası, ticari alanların bulunduğu bir bölge vb. alanlarda su kullanımının serinletici etkisi araştırılabilir. Böylelikle farklı kullanımlar ile su kullanımının etkileşimi konusunda veriler elde edilebilir.

Farklı çalışmalarla suyun oluşturduğu mikroklimatik etkinin farklı yüzeyleri (sert zemin döşemesi, asfalt, yeşil alan vb.) ne şekilde etkilediği veya farklı yüzeylerin su unsurunu nasıl etkilediği sorularına da yanıt aranabilir.

Ağaçların, çalılarının, yer örtücü bitkilerin, çim alanların, su yüzeylerinin serinletici etki oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle aynı büyüklükteki havuz, çim alan ve bitkilendirilmiş alan alternatiflerinin iklimi ne derecede etkiledikleri de farklı çalışmaların konusu olabilir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Çalışmanın sonucu olarak;

- Su yüzeyi büyüdükçe serinletici etki artmaktadır.
- Tek parça su yüzeyinin serinletici etkisi aynı büyüklükteki parçalı su yüzeylerinden daha fazladır.
- Su yüzeylerinin sıcaklık üzerine doğrudan çok büyük bir etkisi bulunmamaktadır.
- Bağıl nem değerleri su yüzeyi ile doğru orantılı olarak artmaktadır.
- Tek parça su yüzeylerinde bağıl nem etkisi daha fazladır.
- Su yüzeyleri belirli bir büyüklüğe kadar rüzgâr hızında önemli bir farklılık oluşturmamaktadır. Belirli bir büyüklükten sonra rüzgâr hızında önemli sayılabilecek değişimler görülmektedir.
- Ortalama ısıma sıcaklığı değeri su yüzeyi arttıkça azalmaktadır.
- Tüm alternatifler arasında tek parça ve büyük su yüzeylerinde ortalama ısıma sıcaklığının en fazla serinletici etkiyi gösterdiği saptanmıştır.
- Su kullanımı PMV değerlerinde olumlu bir etki oluşturmıştır. Bu nedenle su termal konfor koşullarını iyileştirici bir etkiye sahiptir.

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda çalışmanın hipotezlerinin cevabı şu şekilde verilebilir.

- Peyzaj tasarımlarında su kullanımı mikroklimatik açıdan olumlu bir etki oluşturmaktadır.
- Tasarımlarda kullanılan su unsuru alansal olarak büyüdükçe serinletici etkisinin de artabileceği düşünülmektedir.
- Havuzun büyüklüğünün termal konforu önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Havuzların sayısı, konumu gibi değişkenlerin oluşturduğu mikroklimatik etki çok da fazla değildir.

Sonuç olarak; su yüzeylerinin yakın çevresinde mikroklimatik açıdan olumlu özellikler gösterdiği saptanmıştır. Önceki bölümde tartışıldığı üzere bu etkinin yüksek ya da düşük olduğu farklı çalışmalar bulunmaktadır. Her ne kadar suyun termal konfora olumlu etkisi bu çalışmada veya diğer çalışmalarda gerçekleştirilen simülasyonlarla az veya çok olduğu hesaplanmış olsa da şu gerçeği de göz ardı etmemek gerekir ki parklarda, rekreasyon alanlarında vb. alanlarda havuzlar estetik ve işlevsel açıdan çok büyük katkı oluşturlar. Bunun yanında insanların da ilk aşamada oturmak veya dinlenmek için tercih ettikleri alanlar öncelikle su unsuruna yakın bölgelerdir. Çünkü suyun serinletici etkisi gerçekte ve bilinçaltında da kendini kanıtlamış bir gerçektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Acero J.A., Herranz - Pascual K., A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques, Building and Environment, 93 (2), 245–257, 2015.
- Altunkasa, F., 1987. Çukurova bölgesinde biyoklimatik veriler kullanılarak açık ve yeşil alan sistemlerinin belirlenmesi ilkeleri üzerinde bir araştırma (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Brown, R.D., 2010. Design with microclimate: the secret to comfortable outdoor spaces. Island Press, Washington.

- Ca, V.T., Asaeda, T., Abu, E.M., 1998. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Energy and Buildings* 29, 83–92. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00032-2](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00032-2)
- Çalışkan, O., 2011. Nevşehir'in İklim ve Canlı İkliminin Turizm Açısından Değerlendirilmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi* 370–381.
- Cetin, M., 2015. Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. *Environ Monit Assess* 187, 640. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4861-3>
- Cocci Grifoni, R., D'Onofrio, R., Sargolini, M., n.d. In search of new paradigms to interpret and design the contemporary city. *The Sustainable City VII* 47–58.
- Givoni, B., 1998. *Climate considerations in building and urban design*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Gupta, N., Mathew, A., Khandelwal, S., 2019. Analysis of cooling effect of water bodies on land surface temperature in nearby region: A case study of Ahmedabad and Chandigarh cities in India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 22, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.007>
- Harris, C.W., Dines, N.T., Brown, K.D. (Eds.), 1998. *Time-saver standards for landscape architecture: design and construction data*, 2nd ed. ed. McGraw-Hill, New York.
- Howard, L., 2012. *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139226899>
- Jacobs, C., Klok, L., Bruse, M., Cortesão, J., Lenzholzer, S., Kluck, J., 2020. Are urban water bodies really cooling? *Urban Climate* 32, 100607. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100607>
- Kadioğlu, M., 2001. *Bildiğiniz havaların sonu: küresel iklim değişimi ve Türkiye*, 1. basım. ed, Açık bilim. Güncel Yayıncılık, Cağaloğlu, İstanbul.
- Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D., Aflaki, A., 2016. *Envi-met Simulation on Cooling Effect of Melaka River* 7–15.
- Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H., Kimoto, S., 1998. NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY. *Solar Energy* 64, 197–207. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(98\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00116-9)
- Oke, T.R. (Ed.), 2017. *Urban climates*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Oke, T.R., 1987. *Boundary layer climates*, 2nd ed. ed. Methuen, London ; New York.
- Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967) 7, 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Olesen, B.W., 1995. International standards and the ergonomics of the thermal environment. *Applied Ergonomics* 26, 293–302. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(95\)00033-9](https://doi.org/10.1016/0003-6870(95)00033-9)
- Olgyay, V., 1963. *Design With Climate Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Oliveira, S., Andrade, H., 2007. An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. *Int J Biometeorol* 52, 69–84. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0100-0>
- Ozkeresteci, I., Crewe, K., Brazel, A.J., Bruse, M., 2003. Use and Evaluation of the Envi-MET Model for Environmental Design and Planning: An Experiment on Linear Parks. Presented at the Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Document Transformation Technologies, Durban, South Africa, pp. 402–409.
- Santamouris, M., 2014. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy* 103, 682–703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>
- Song, B., Park, K., 2015. Contribution of Greening and High-Albedo Coatings to Improvements in the Thermal Environment in Complex Urban Areas. *Advances in Meteorology* 2015, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2015/792172>
- Toy, S., Yilmaz, S., Yilmaz, H., 2007. Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment* 42, 1315–1318. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.031>

- Türkeş, M., 2010. *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Kriter Yayınevi, İstanbul.
- Xu, X., Liu, S., Sun, S., Zhang, W., Liu, Y., Lao, Z., Guo, G., Smith, K., Cui, Y., Liu, W., Higuera García, E., Zhu, J., 2019. Evaluation of energy saving potential of an urban green space and its water bodies. *Energy and Buildings* 188–189, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.003>
- Yılmaz, T., Şavklı, F., Yıldırım, E., 2013. İklimle Bağlı Tasarım Olanaklarının Sıcak İklim Koşullarında İrdelenmesi, Antalya Cumhuriyet Meydanı Örneği. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6, 42–45.
- Yu, C., Hien, W.N., 2006. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings* 38, 105–120. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.04.003>
- www.mgm.gov.tr URL: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=NEVSEHIR>. Erişim Tarihi: 30/09/2021
- www.climate-data.org. URL: <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/nevsehir/nevsehir-253/>. Erişim Tarihi: 30/09/2021