

**KENTSEL YÜZEYLERDE ISI ADASI ETKİSİNİN
SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI**

Ayça GÜLTEN

Doktora Tezi

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. U. Teoman AKSOY

EKİM-2014

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL YÜZEYLERDE ISI ADASI ETKİSİNİN SİMÜLASYON
YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ
Ayça GÜLTEN
(07125201)

Anabilim Dalı: Yapı Eğitimi
Programı: Yapı Tasarımı
Danışman: Doç. Dr. U. Teoman AKSOY

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih:

Tez Danışmanı: Doç. Dr. U. Teoman AKSOY

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Hakan F. ÖZTOP

Doç. Dr. Ayhan BEKLEYEN

Doç. Dr. Yüksel ESEN

Yrd. Doç. Dr. Cevdet Emin EKİNCİ

EKİM-2014

ÖNSÖZ

Büyük ve kalabalık şehirler, yüksek binalar, dar sokak veya caddelerden oluşması sebebiyle içine aldığı enerjiyi dışarı bırakamamakta ve bunun sonucunda da kentsel ısı adası olayını ortaya çıkarmaktadır. Küresel ısınma sonucu iklim koşulları değişirken, dış ortam konfor şartlarının sağlanabilmesi, kentlerde yaşayan insanların hayat kalitesi için oldukça önem kazanmıştır. Isı adası etkisini, ısı adası potansiyeli parametresi üzerinden değerlendiren, hesaplamalı akışkanlar dinamiğini kullanan ve farklı disiplinlerden farklı etkilerin dâhil edildiği bu tez çalışmasında, şüphesiz birçok çalışmada olduğu gibi, birçok problemle karşılaşmıştır.

Doktora tez çalışmam süresince, beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen, tezin oluşturulma döneminde büyük katkıları olan danışman hocam sayın Doç. Dr. U. Teoman AKSOY'a çok teşekkür ederim. Çalışmanın ilk dönemlerinde, oldukça yabancı olduğum hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve akışkanlar mekaniği konularında yardımcı olan, tezin ilerlemesi açısından yol gösterici olan, insana her zaman çalışma şevki aşılayan, bilgilerini ve desteğini hiç eksik etmeyen hocam Sayın Prof. Dr. Hakan F. ÖZTOP'a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Bilgilerinden yararlandığım arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Müjdat FIRAT ve Arş. Gör. Erman Çelik'e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca motive edici yorumlarından ve desteklerinden dolayı mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Betül BEKTAŞ EKİCİ ve Arş. Gör. Müge Elif ORAKOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Tezin düzenlenmesi kısmında yardımlarını esirgemeyen kardeşim M. Sefa AYTAÇ ve kuzenim Eren Berk AYTAÇ'a, çocuklarımla olamadığım zamanlarda yokluğumu aratmayan anneannem Sevim ERDEM, annem Aynur AYTAÇ ve kız kardeşim Tuğça ATALAR'a, anlayışından, maddi ve manevi desteğinden dolayı eşim M. Fatih GÜLTEN'e ve bu çalışma döneminde çoğu zaman yanlarında olamadığım canım oğullarım Ahmet Efe ve Ömür Ege'ye çok teşekkür ederim.

Ayça GÜLTEN
ELAZIĞ 2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
TABLolar LİSTESİ	XVII
SEMBOLLER LİSTESİ	XVIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	4
1.2. Çalışmanın Önemi ve Literatürdeki Yeri	13
2. KENTSEL ISI ADASI	15
2.1. Kentsel Isı Adası Oluşumu.....	16
2.2. Kentsel Isı Adasının İklim Elemanları Üzerindeki Etkisi	17
2.2.1. Sıcaklık.....	18
2.2.2. Güneş Radyasyonu	19
2.2.3. Rüzgar Etkisi	21
2.3. Kentsel Isı Adası Potansiyeli.....	22
3. HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ.....	24
3.1. Kentsel Isı Adası ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği	25
3.1.1. Mezo-Ölçek.....	26
3.1.2. Mikro-Ölçek	27
3.2. Akış Mekanizmaları	27
3.2.1. k-ε türbülans modelleri.....	27
3.3. Sayısal Metot.....	30
3.3.1. Katı Model Oluşturma Aracı (Ansys Design Modeler)	31
3.3.2. Sayısal Ağ Oluşturma Aracı (Ansys Meshing)	32
3.3.3. Fluent Yazılım Çözücüsü (Ansys Fluent)	33
3.3.4. Son İşleme (Ansys CFD-Post)	34

4.	HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ VE ISI TRANSFERİ KULLANILARAK KENTSEL ISI ADASI POTANSİYELİNİN HESAPLANMASI.....	35
4.1.	Çözümün Geçerliliği	35
4.2.	Hesaplama Akışkanlar Dinamiği Simülasyonu	36
4.2.1.	Model Tanımı	36
4.2.2.	Hesaplama Modelleri	38
4.2.3.	Sınır Şartları	39
4.3.	Kentsel Yüzeyler İçin Isı Dengesi Denklemlerinin Oluşturulması	40
4.3.1.	Şekil Faktörü Bağlılıkları	42
4.4.	Güneş Işınımı Bağlılıkları	43
4.4.1.	Güneş Işınımı Hesaplaması	45
4.4.1.1.	Atmosfer Dışında Yatay Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı	45
4.4.1.2.	Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı	46
4.4.1.3.	Yatay Düzleme Gelen Günlük Direkt ve Yayıllı Güneş Işınımı	47
4.4.1.4.	Yatay Düzleme Gelen Anlık Direkt ve Yayıllı Güneş Işınımı	47
4.4.1.5.	Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Direkt Güneş Işınımı	48
4.4.1.6.	Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı	49
4.5.	Trafik ve Bitki Etkisinin Simülasyonlara Dâhil Edilmesi	50
4.5.1.	Trafik Etkisi	50
4.5.2.	Ağaç Etkisi	51
5.	UYGULAMA ÇALIŞMASI	55
5.1.	Çalışma Alanı Genel Özellikleri	57
5.2.	Bulgular ve Değerlendirme	61
5.2.1.	Ağaç ve Trafik Etkisi Göz Ardı Edilerek Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi	61
5.2.2.	Trafik Etkisi Eklenerek Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi	81
5.2.3.	Ağaç Etkisi Eklenerek Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi	89
5.2.4.	Trafik ve Ağaç etkisinin Birlikte Kullanılmasıyla Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi	96

5.2.5.	Bina Yüksekliği/Cadde Genişliği Oranının Isı Adası Potansiyeli Üzerindeki Etkisi.....	99
5.2.6.	Rüzgar Hızının Yüzey Sıcaklıkları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi .	115
5.2.7.	Kentsel Yüzeylerde Kullanılan Malzeme Türünün Isı Adası Potansiyeli Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi.....	123
5.3.	Bina Yönelimi ve Binaların Bitişik/Ayrık Nizam Olması Durumunun Isı Adası Potansiyeli Üzerindeki Etkisi	127
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	134
	KAYNAKLAR.....	139
	EKLER.....	147
	ÖZGEÇMİŞ.....	156

ÖZET

Kentsel ısı adası etkisi, son yıllarda kent ortamının iklimsel konforunu etkileyen en önemli faktörlerden biri olmuştur. Kentsel bir alanda hava sıcaklığının aynı bölgedeki kırsal bir alana göre daha fazla olması şeklinde etkisini gösteren ısı adası etkisi, kentsel alanlarda kentsel elamanların yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak dış ortam konfor şartlarını olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada, Elazığ ilinde kentsel yüzeylerde ısı adası etkisi hesaplamalı akışkanlar dinamiği tabanlı bir program kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla, en yoğun yapılaşmanın olduğu Gazi, Şehit İlhanlar Caddelerinde ve yeni yerleşim bölgesinde belirlenen alanlar için simülasyonlar yapılmıştır ve sonuçlar ısı adası potansiyeli parametresi üzerinden değerlendirilmiştir. Çözümün geçerliliği, simülasyon sonuçları ile daha önce yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırılarak ve aradaki farkın %0.44 ile 2.56 olması ile sağlanmıştır. Simülasyonlarda kullanılan rüzgâr yönü ve hızı değerleri Devlet Meteoroloji İşleri TUMAS veri sisteminden temin edilmiş ve beş yıllık ortalama değerler hesaplanmıştır. Daha sonra belirlenen alanlarda Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 1., 11. ve 21. günleri için saat 9.00-17.00 arası simülasyon yapılmıştır. İlk olarak trafik ve ağaç etkisinin olmadığı simülasyonlara, daha sonra 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos için, sırasıyla trafik, ağaç ve ağaç+trafik etkisi eklenmiştir. Trafik ve Ağaç etkisinin ayrı ayrı eklendiği simülasyonlar, bina yüksekliği (Y)/cadde genişliği (G) oranlarının 1, 0.5 ve 2 olması durumları için de yapılmıştır. Trafik+ağaç etkisi ise 11 Temmuz ve bütün Y/G oranları için simülasyonlara dâhil edilmiştir. Son olarak da rüzgâr hızının ısı adası potansiyeli üzerindeki etkisinin incelenmesi için, bütün günler için saat 12.00'deki sınır şartları kullanılarak ve rüzgâr hızı 2m/sn arttırılarak simülasyonlar yapılmıştır.

Yüzey kaplama malzemesi etkisinin ısı adası potansiyeli üzerindeki etkisi için ise, her kentsel eleman için farklı malzeme alternatifleri oluşturulmuş ve her seferinde sadece bir eleman için malzeme değiştirilerek 11 Temmuz için simülasyonlar yapılmıştır.

Kentsel alanlarda bitişik ve ayırık nizam bina yerleşimi ile binaların doğu-batı veya kuzey-güney yönelimli olmaları durumunun ısı adası potansiyeli üzerindeki etkisini incelemek için ise Elazığ'ın yeni yerleşim bölgesinde yer alan üçüncü bir çalışma alanı belirlenmiş ve 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos için simülasyonlar yapılmıştır.

Yapılan simülasyonların sonuçları şekiller halinde sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Buna göre kentsel alanlarda rüzgâr hızı ve yönü, ağaç ve trafik etkisi, farklı bina yüksekliği

cadde genişliği oranları, yüzey kaplama malzemeleri, bina yönelimi ve binaların bitişik ayırık nizam olması parametrelerinin ısı adası potansiyeli üzerinde önemli etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Farklı etkenlerin söz konusu olduğu durumlar için, ısı adası etkisini azaltmak amacıyla uygulanabilecek öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Isı Adası, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Yüzey Sıcaklığı, Kentsel Alanlar.

SUMMARY

INVESTIGATION OF HEAT ISLAND EFFECT ON URBAN SURFACES BY USING SIMULATION METHOD

Urban heat island became an important factor that affects climatic comfort in urban areas in recent years. Heat island effect that could be defined as higher air temperatures in an urban area than in a rural area in the same region adversely affects outside comfort conditions depending on surface temperatures of urban elements.

In this study, the effect of heat island in urban areas in Elazig was evaluated by a computational fluid dynamics program. For this purpose, simulations were made for urban areas on Gazi, Şehit İlhanlar Streets and developing urban areas which have the highest urban density and results are evaluated by a parameter called heat island potential. Validation of the study was provided by comparing the simulation and observational results and convergence between %0.44-%2.56 was handled for different urban elements. Wind velocity and direction used in the simulations were taken from Government Meteorological Office and five-years average values were calculated. First of all, simulations were made for 1st, 11th and 21st days of June, July and August between 9.00-17.00 with no tree and traffic effect. After that, simulations were made for 11th days of June, July and August by adding traffic and tree effects remarkably. Simulations for building height (H)/ street width (W) ratios for 1, 2 and 0.5 for those cases mentioned above were also done. Traffic+tree effects were also added to simulations for 11th July for all H/W ratios. After all that in order to evaluate the effect of wind velocity on heat island potential, wind velocity for 12.00 am on every day of 1st, 11th and 21st days of June, July and August were increased about 2 m/s and for all H/W ratios. In order to define the effect of material properties on heat island potential, different material alternatives were determined for every urban element. Simulations were made for 11 th of July and by changing only one urban element's material properties.

An extra section was also added to define the effect of adjacent and detached housing and building orientation on heat island potential. For this purpose, another location was determined and simulations were made for 11th of June, July and August.

Simulation results were presented graphically and evaluated. Accordingly, significant impact of the parameters including wind speed and direction, tree and traffic

effect, different building height street width ratio, surface coating materials, building orientation and adjacent or detached buildings has been observed in urban areas. It was aimed to find and suggest important points that could be usefull to reduce the undesirable effects of heat island.

Keywords: Urban Heat Island, Computational Fluid Dynamics, Surface Temperature, Urban Areas.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yıllara göre büyüme hızları.....	1
Şekil 2.1. Kentleşmenin iklim üzerindeki etkileri.....	15
Şekil 2.2. Şehir ısı adası mekanizması	16
Şekil 2.3. Farklı yerleşim alanlarına göre değişen kentsel ısı adası profili [56].	19
Şekil 2.4. Bina etrafındaki rüzgar hareketleri.....	21
Şekil 2.5. Yapı yüksekliği ve arka tarafta oluşan rüzgar etki alanı.....	21
Şekil 3.1. Workbench ara yüzü	31
Şekil 3.2. Design Modeler ara yüzü	31
Şekil 3.3. Ansys Meshing ara yüzü	32
Şekil 3.4. Fluent çözücüsü ara yüzü	33
Şekil 3.5. CFD post içinde işlenmiş bir analiz sonucu ve cfd post ara yüzü.....	33
Şekil 4.1. Simülasyon için kullanılan alan geometrisi	35
Şekil 4.2. Üç boyutlu model için modellenen kübik hava hacmi.....	37
Şekil 4.3. Ağ hücrelerine ayrılan çalışma modeli (Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 14.00)	37
Şekil 4.4. Koordinat sisteminde Kuzey ve Doğu yönlerinin yerleştirilmesi.....	40
Şekil 4.5. Yatay koordinat sisteminde türetilen güneş açıları	43
Şekil 4.6. Yatay ve eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışınlamı.....	48
Şekil 4.7. Ağaç modelinin içinden ve yanından geçen rüzgarın hız değişimi	53
Şekil 4.8. Ağaç modelinin içinden ve yanından geçen rüzgarın hız değişimi (tepe görünüşü)	53
Şekil 4.9. Ağacın direnç oluşturarak rüzgar hızını azaltması.....	54
Şekil 4.10. Rüzgârın gözenekli ağaç yapısının içinden geçişi	54
Şekil 5.1. Gazi Caddesi için a) plan görünüşü b) çalışma alanı fiziksel model tanımı.....	58
Şekil 5.2. Gazi Caddesi için modellenen üç boyutlu fiziksel model.....	58
Şekil 5.3. Şehit İlhanlar için a) plan görünüşü b) çalışma alanı fiziksel model tanımı ve boyutları.....	60
Şekil 5.4. Şehit İlhanlar için modellenen üç boyutlu fiziksel model.....	61
Şekil 5.5. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 16.00 için; a) Rüzgar akım izleri b) Rüzgar hız vektörleri.....	63
Şekil 5.6. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 11.00 için rüzgâr akım izleri	63
Şekil 5.7. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 15.00 için rüzgar akım izleri	64

Şekil 5.8. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 17.00 için rüzgar akım izleri	64
Şekil 5.9. Gazi Caddesi, 1 Haziran yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri	65
Şekil 5.10. Gazi Caddesi için 1 Haziran’da elde edilen yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri..	65
Şekil 5.11. Gazi Caddesi için 21 Haziran’da elde edilen yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri	65
Şekil 5.12. Gazi Caddesi, 21 Haziran saat 12.00 için rüzgâr akış hız vektörleri	66
Şekil 5.13. Gazi Caddesi, 21 Haziran saat 13.00 için rüzgâr akış hız vektörleri	66
Şekil 5.14 Gazi Caddesi 1 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	68
Şekil 5.15. Gazi Caddesi 11 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	69
Şekil 5.16. Gazi Caddesi 21 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	69
Şekil 5.17. Gazi Caddesi 1 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	70
Şekil 5.18. Gazi Caddesi 11 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	70
Şekil 5.19. Gazi Caddesi 21 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	71
Şekil 5.20. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Haziran saat 15.00 için rüzgar akış hız vektörleri	72
Şekil 5.21. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Haziran saat 16.00 için rüzgâr akış hız vektörleri	73
Şekil 5.22. Şehit İlhanlar Caddesi 1 Haziran için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri	73
Şekil 5.23. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri	74
Şekil 5.24. Şehit İlhanlar Caddesi 21 Haziran için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri	74
Şekil 5.25. Şehit İlhanlar Caddesi 1 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri.....	75
Şekil 5.26. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Temmuz saat 14.00 için rüzgâr akış hız vektörleri...	76
Şekil 5.27. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Temmuz saat 15.00 için rüzgâr akış hız vektörleri...	76
Şekil 5.28. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	77
Şekil 5.29. Şehit İlhanlar Caddesi 21 Temmuz için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	77
Şekil 5.30. Şehit İlhanlar Caddesi 1 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	78
Şekil 5.31. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Ağustos için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	78
Şekil 5.32. Şehit İlhanlar Caddesi 21 Ağustos için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	79
Şekil 5.33. Şehit İlhanlar 21 Ağustos saat 13.00 için rüzgâr akış hız vektörleri.....	80
Şekil 5.34. Şehit İlhanlar 21 Ağustos saat 14.00 için rüzgâr akış hız vektörleri.....	80
Şekil 5.35. Gazi Caddesi, 11 Haziran trafik etkisi için yüzey sıcaklıkları ve IAP değerleri	82
Şekil 5.36. Gazi Caddesi, 11 Haziran için trafik etkisi eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	82
Şekil 5.37. Gazi Caddesi 11 Temmuz trafik etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri ..	83

Şekil 5.38. Gazi Caddesi 11 Temmuz için trafik etkisi eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	83
Şekil 5.39. Gazi Caddesi 11 Ağustos trafik etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri	84
Şekil 5.40. Gazi Caddesi 11 Ağustos için trafik etkisi eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	84
Şekil 5.41. Gazi caddesi, trafik etkisinin olduğu ve olmadığı durumlar için IAP değerlerinin karşılaştırılması	85
Şekil 5.42. Şehit İlhanlar Caddesi, 11 Haziran trafik etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri	86
Şekil 5.43. Şehit İlhanlar Caddesi, 11 Temmuz trafik etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri	87
Şekil 5.44. Şehit İlhanlar 11 Ağustos trafik etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri ...	88
Şekil 5.45. Şehit İlhanlar Caddesi, trafik etkisinin olduğu ve olmadığı durumlar için IAP değerlerinin karşılaştırılması	88
Şekil 5.46. Gazi Caddesi 11 Haziran saat 13.000 ağaçların yüzeyler üzerinde oluşturduğu soğutma etkisi	89
Şekil 5.47. Gazi Caddesi'nde ağaçların kaldırımlar üzerinde oluşturduğu gölge etkisi	90
Şekil 5.48. Gazi Caddesi, 11 Haziran ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri	90
Şekil 5.49. Gazi Caddesi, 11 Haziran için ağaç etkisinden önce ve sonra elde edilen yüzey sıcaklıkları.....	91
Şekil 5.50. Gazi Caddesi 1Temmuz ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	91
Şekil 5.51. Gazi Caddesi 11 Temmuz için ağaç etkisi eklenmeden önce ve eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	92
Şekil 5.52. Gazi Caddesi 11 Ağustos ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	93
Şekil 5.53. Şehit İlhanlar Caddesi'nde yerleştirilen ağaç modelleri	94
Şekil 5.54. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran ağaç etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri	95
Şekil 5.55. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz ağaç etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri	95
Şekil 5.56. Şehit İlhanlar 11 Ağustos ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri.....	96
Şekil 5.57. Gazi Caddesi 11 Temmuz Y/G=1 için trafik ve ağaç etkisinin eklenmesiyle elde edilen IAP değerleri	97

Şekil 5.58. Gazi Caddesi 11 Temmuz Y/G=2 için trafik ve ağaç etkisinin eklenmesiyle elde edilen IAP değerleri	97
Şekil 5.59. Gazi Caddesi 11 Temmuz Y/G=0.5 için trafik ve ağaç etkisinin eklenmesiyle elde edilen IAP değerleri	98
Şekil 5.60. Gazi Caddesi 11 Temmuz farklı parametreler için saatlere göre değişen IAP değerleri	98
Şekil 5.61. Gazi caddesi, 11 Haziran değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri	99
Şekil 5.62. Gazi Caddesi 11 Temmuz değişen Y/G oranlarına göre elde edilen IAP değerleri	100
Şekil 5.63. Gazi Caddesi 11 Ağustos değişen Y/G oranlarına göre elde edilen IAP değerleri	100
Şekil 5.64. Gazi Caddesi 11 Haziran için yatay kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları.....	101
Şekil 5.65. Gazi Caddesi 11 Haziran için düşey kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları.....	101
Şekil 5.66. Gazi Caddesi, 11 Haziran saat 12.00 Y/G=1 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları.....	102
Şekil 5.67. Gazi Caddesi, 11 Haziran saat 12.00 Y/G= 2 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları.....	103
Şekil 5.68. Gazi Caddesi, 11 Haziran saat 12.00 Y/G=0.5 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları.....	103
Şekil 5.69. Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=2 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri	104
Şekil 5.70. Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=0.5 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri	104
Şekil 5.71. Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=1 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri	105
Şekil 5.72. Gazi Caddesi 11 Ağustos saat 12.00 Y/G=2 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri	105
Şekil 5.73. Gazi Caddesi 11 Ağustos saat 12.00 Y/G=2 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları.....	106
Şekil 5.74. Gazi Caddesi 11 Haziran değişen Y/G oranları için IAP Trafik değerleri	106

Şekil 5.75. Gazi Caddesi 11 Temmuz değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklığı ve IAP Trafik değerleri	107
Şekil 5.76. Gazi Caddesi 11 Ağustos değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklığı ve IAP Trafik değerleri	107
Şekil 5.77. Gazi Caddesi 11 Temmuz trafik etkisi ile Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklıkları (Yatay elemanlar).....	108
Şekil 5.78. Gazi Caddesi 11 Temmuz trafik etkisi ile Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları (düşey elemanlar).....	108
Şekil 5.79. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	109
Şekil 5.80. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz, değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri	109
Şekil 5.81. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Ağustos, değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri.....	110
Şekil 5.82. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz Saat 13.00 Y/G=1 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları.....	111
Şekil 5.83. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=0.5 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları	111
Şekil 5.84. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=2 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları.....	112
Şekil 5.85. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, yatay kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları.....	112
Şekil 5.86. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, düşey kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları.....	113
Şekil 5.87. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklık ve IAP Trafik değerleri.....	114
Şekil 5.88. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz, değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklık ve IAP Trafik değerleri.....	114
Şekil 5.89. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Ağustos, değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklık ve IAP Trafik değerleri.....	115
Şekil 5.90. Gazi Caddesi mevcut durumda cadde için yüzey sıcaklık değerleri.....	116
Şekil 5.91. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla cadde için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	116

Şekil 5.92. Gazi Caddesi mevcut durumda güney kaldırım için yüzey sıcaklık değerleri	117
Şekil 5.93. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla güney kaldırım için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri.....	117
Şekil 5.94. Gazi Caddesi mevcut durumda kuzey kaldırım için yüzey sıcaklık değerleri	118
Şekil 5.95. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla kuzey kaldırım için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri.....	118
Şekil 5.96. Gazi Caddesi mevcut durumda çatı 1 için yüzey sıcaklık değerleri	119
Şekil 5.97. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla çatı 1 için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	119
Şekil 5.98. Gazi Caddesi mevcut durumda çatı 2 için yüzey sıcaklık değerleri	120
Şekil 5.99. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla çatı 2 için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	120
Şekil 5.100. Gazi Caddesi mevcut durumda güney yönelimli cephe için yüzey sıcaklık değerleri	121
Şekil 5.101. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla güney yönelimli cephe için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	121
Şekil 5.102. Gazi Caddesi mevcut durumda kuzey yönelimli cephe için yüzey sıcaklık değerleri	122
Şekil 5.103. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla güney yönelimli cephe için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	122
Şekil 5.104. Gazi Caddesi farklı malzemeler için cephe yüzey sıcaklıkları	124
Şekil 5.105. Gazi Caddesi farklı duvar malzemelerine göre değişen IAP değerleri	125
Şekil 5.106. Gazi Caddesi cadde için beton ve asfalt ile elde edilen yüzey sıcaklık değerleri	125
Şekil 5.107. Gazi Caddesi kaldırım için doğal taş ve beton parke ile elde edilen yüzey sıcaklık değerleri.....	126
Şekil 5.108. Gazi Caddesi farklı yüzey kaplama malzemeleri için değişen IAP değerleri	126
Şekil 5.109. Yeni yerleşim alanı ayrık nizam için a) plan görünüşü b) fiziksel model tanımı ve boyutları	128
Şekil 5.110. Yeni yerleşim alanı ayrık nizam için üç boyutlu model tanımı	129
Şekil 5.111. Yeni yerleşim alanı bitişik nizam için fiziksel model tanımı ve boyutları ...	129
Şekil 5.112. Yeni yerleşim alanı bitişik nizam için üç boyutlu model tanımı	130

Şekil 5.113. Yeni yerleşim alanı, binaların Kuzey-Güney ve Doğu- Batı Yönelimli olması durumları için ayırık nizam IAP değerleri	130
Şekil 5.114. Yeni yerleşim alanında binaların Kuzey-Güney ve Doğu- Batı Yönelimli olması durumları için bitişik nizam IAP değerleri	131
Şekil 5.115. Yeni yerleşim alanında kuzey-güney yönelimli binalar için bitişik /ayırık nizam olması durumunun IAP üzerindeki etkisi	132
Şekil 5.116. Yeni Yerleşim alanında doğu-batı yönelimli binalar için bitişik /ayırık nizam olması durumunun IAP üzerindeki etkisi	132

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. İklim elemanlarının ortalama değişimleri [54].	18
Tablo 3.1. Standart k-ε türbülans modelinde kullanılan katsayıların değerleri [70]	29
Tablo 4.1. Geçerlilik çalışması sonucunda elde edilen yüzey sıcaklık değerleri.	36
Tablo 5.1. Kentsel elemanların termofiziksel özellikleri.	56
Tablo 5.2. 1, 11 ve 21 Haziran için rüzgar hızı (m/sn) ve yönü	62
Tablo 5.3. 1, 11 ve 21 Temmuz için rüzgar hızı (m/sn) ve yönü.	67
Tablo 5.4. 1, 11 ve 21 Ağustos için rüzgar hızı (m/sn) ve yönü.	70
Tablo 5.5. Mevcut durum için rüzgar hızı /yönü ve hava sıcaklığı değerleri	115
Tablo 5.6. Kentsel elemanların termofiziksel özellikleri [95].	123

SEMBOLLER LİSTESİ

Q	:Isı akısı (W/m^2)
α_c	:Isı taşınım katsayısı ($\text{W/m}^2\text{K}$)
T_y	:Yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_h	:Ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_a	:Yerel (kentsel kanopi seviyesinde) ve ortalama hava sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
A	:Taban alanı (m^2)
d_y	:Yüzey alanı (m^2)
ρ_a	:Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
c_d	:Ağacın direnç kuvveti
LAD	:Yaprak alanı yoğunluğu (m^2/m^3)
u_i	:Hız vektörünün kartezyen birleşeni (m/s)
u	:Ortalama hız (m/s)
$R_{n,\text{vol}}$	:Hacimsel net radyasyon (W/m^3)
Q_{conv}	:Konveksiyonel ısı akısı (W/m^2)
LE_v	:Yapraklardan bırakılan gizli ısı (J/kg)
R_B	:Gözenekli ortam için tanımlanan boşlukların çapı (m)
C_2	:Atalet direnci
α	:Viskoz direnci
Σ	:Gözeneklilik oranı
R_{SD}	Net solar radyasyon (W/m^2)
R_{UD}	:Çevreden gelen net uzun dalga radyasyon (W/m^2)
Q_H	:Hissedilir ısı akısı (W/m^2)
α_y	:Yüzeyin ışıınım yutma oranı
F_{gk}	:Yüzeyin gökyüzüne göre şekil faktörü
R_{cev}	:Çevredeki cisimlerden yüzeye gelen ışıınım miktarı (W/m^2)
R_a	:Atmosferik radyasyon (W/m^2)
ϵ_y	:Yüzeyin ışıınım yayma oranını
F_l	:İşıınım gelen yüzeye göre diğer yüzeylerin şekil faktörü değerini
ϵ_{cevi}	:Çevredeki yüzeylerin ışıınım yayma oranını

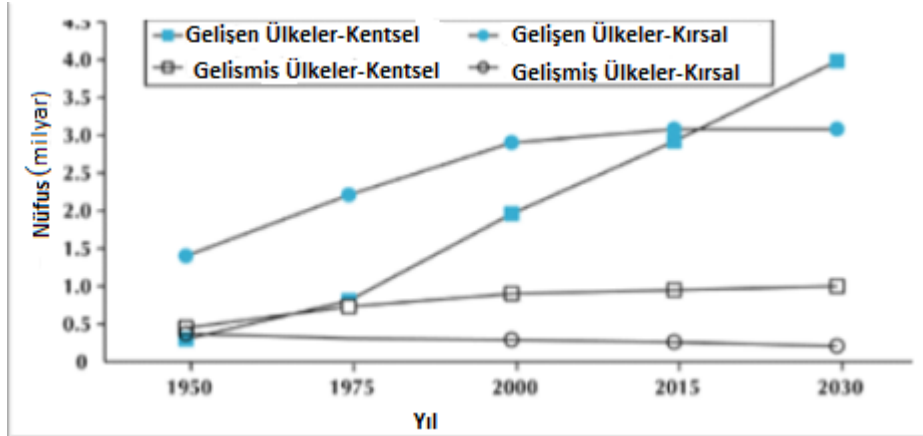
T_{cevi}	:Çevredeki yüzeylerin sıcaklık değerleri (°C)
a ve b	:Brunt formülü katsayıları
e	:Havanın bağıl nem oranı (pa)
V_w	:Ölçülen rüzgâr hızı değeri (m/s)
V_s	:Yakın yüzey rüzgâr hızı (m/s)
k	:Türbülans kinetik enerjisi
ε	:Türbülans kinetik enerjisi kayıp oranı
G_k	:Ortalama hız farklarından dolayı türbülans kinetik enerji üretimini
G_b	:Yoğunluk değişimlerine bağlı olarak türbülans kinetik enerjisi üretimi
μ	:Dinamik viskozite
ϕ	:Enlem açısı (°)
δ	:Deklinasyon açısı (°)
n	:1 Ocaktan itibaren gün sayısı
ω	:Saat açısı (°)
GS	:Güneş saati
ω_s	:Güneş doğuş ve batış saat açısı (°)
t_0	:Gün uzunluğu (saat)
β	:Yüzey eğim açısı (°)
γ	:Yüzey azimut açısı (°)
θ	:Güneş ışıınımı geliş açısı (°)
θ_z	:Zenit açısı (°)
t	:Güneşlenme süresi (saat)
Q_0	:Yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen güneş ışıınımı (MJ/m ² -gün)
Q	:Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışıınımı (MJ/m ² -gün)
I_a	:Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışıınımı (W/m ²)
r_t	:Anlık tüm güneş ışıınımının, günlük tüm güneş ışıınımına oranı
Q_y	:Anlık tüm güneş ışıınımının, günlük tüm güneş ışıınımına oranı
K_y	:Yatay düzleme gelen yayılı ışıınımın tüm güneş ışıınımına oranı
K_t	:Berraklık indeksi
I_y	:Birim yatay düzleme gelen anlık ortalama yayılı ışıınım (W/m ²)
r_y	:Birim yatay düzleme gelen anlık ortalama yayılı ışıınımın, günlük toplam yayılı ışıınımına oranı

f	:Güneş sabitini düzeltme faktörü
I_n	:Güneş ışınlımına dik birim düzleme gelen güneş ışınlımı (W/m ²)
I_d	:Yatay düzleme gelen doğrudan güneş ışınlımı (W/m ²)
I_{ed}	:Eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışınlımı (W/m ²)
R_d	:Eğik düzleme gelen güneş ışınlımının yatay düzleme gelen güneş ışınlımına oranı
I_{ey}	:Yeryüzünde eğik düzlemlere gelen yayılı ışınlım (W/m ²)
ρ_y	:Yerin yansıtma oranı
I_{ya}	:Yeryüzünde eğik düzleme yansıyarak gelen güneş ışınlımı (W/m ²)
I	:Yeryüzünde eğik düzlem üzerine gelen toplam güneş ışınlımı (W/m ²)

1. GİRİŞ

Binalar, insanların barınması, rahat yaşaması için bir çatı oluştururken aynı zamanda onların hayat kalitesini de etkilemektedir. İlk önce insanlar tarafından şekillendirilen yaşam alanları daha sonra onların hayatını şekillendirir ve bu durum, içinde yaşanan sokak, cadde, kasaba veya şehir için de geçerlidir. Binaların sosyal etkisinin yanı sıra küçümsenmeyecek miktarda önemli ekonomik etkileri de söz konusudur. Bugün inşaat sektörü ülkelerin ekonomilerinde oldukça önemli bir paya sahiptir [1].

Günümüzde dünya üzerindeki nüfusun büyük bir kısmı şehirlerde yaşamaktadır. Şehirler sürekli olarak sınırlarını genişletmekte ve nüfuslarını arttırmaktadır (Şekil 1.1). Hızla gelişen endüstrileşme ve şehirleşmenin artması, bina sayılarının da artmasına ve enerji tüketiminde önemli artışların oluşmasına neden olmaktadır [1]. Oysaki enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayan fosil yakıt kaynakları hızla tükenmekte ve bu yakıt kaynakların kullanılması nedeniyle açığa çıkan sera gazı emisyonunun zararlı etkileri şehir yaşamını olumsuz etkilemektedir. Bu durum enerjinin daha etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Türkiye’de konutlar tarafından tüketilen enerji miktarı toplam enerji tüketimi içerisinde %40 gibi bir orana sahiptir [2].



Şekil 1.1. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yıllara göre büyüme hızları

Günümüz insanının gelişen yaşam standardı ve şehirlerin gittikçe kalabalıklaşması nedeniyle azalan arsa alanları, insanların geleneksel yapılaşma anlayışından uzaklaşmasına neden olmuştur. Bu durum, bugün birçok şehirde karşılaştığımız plansız ve çarpık şehirleşme sonucunu da beraberinde getirmiştir. Modern şehirlerin çağdaş yapılaşma anlayışı, farklı iklim bölgeleri için genellikle aynı tasarım ve yapım yöntemlerini

kullandığı için, yapılardan beklenen konfor şartlarının sağlanması göz ardı edilmektedir [3].

İnsanların kendi yaşam şekillerine göre inşa ettikleri şehirler, var olan iklim elemanları üzerinde büyük değişikliklerin oluşmasına neden olmuştur. Rüzgârı engelleyen yüksek bina kütleleri, bina yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve binaların düzensiz yerleşiminin ısı dağılımını etkilemesi, kentleşmenin neden olduğu ve şehir iklimini olumsuz etkileyen en önemli sorunlardır [4]. Kent iklimi çoğu zaman, aynı bölgedeki kırsal iklime göre farklılıklar gösterir. Kentsel alanda hakim olan iklim karakterinin değişikliğe uğramış bu hali mikroklima olarak adlandırılır [5]. Bu nedenle kent iklimi aynı bölgede geçerli olan iklime göre daha sıcak, daha az ışık alan, daha az rüzgârlı, sisli, daha kirli ve genellikle yağmurludur [6]. Özellikle büyük ve kalabalık şehirlerde yüksek binalar dar sokak veya caddelerle birlikte oluşması sebebiyle, içine aldığı enerjiyi dışarı bırakamamakta ve bu durum kentsel ısı adası denen durumu ortaya çıkarmaktadır. Kışın artan hava kirliliği ve yoğun araç trafiğinin olduğu yerlerde kent iklimi bu durumdan oldukça olumsuz etkilenmektedir [4].

Kentsel ısı adasının şehir içindeki büyüklüğü veya etkisi genellikle şehir içinde ölçülen hava sıcaklığının aynı bölgedeki kırsal bir alana göre olan farkı ile değerlendirilir. Literatürde “Isı Adası Şiddeti” olarak tanımlanan bu fark, şehirlerin ne kadar ısındığını göstermesi bakımından önemlidir [7]. Ancak, şehir içinde kentsel alanlar içine giren güneş radyasyonu, bina, cadde, kaldırım, çatılar ve diğer kentsel elemanlar tarafından soğurulmaktadır ve ısı adası oluşumuna neden olan temel problem kentsel yüzeyler tarafından soğurulan ısının daha sonra tekrar salınmasıdır.

Bu çalışmada, ısı adası etkisini kentsel yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak değerlendiren bir parametre olan Isı Adası Potansiyeli (IAP)’den yararlanılmıştır. Çalışmanın yapıldığı günler ve saatler için ısı adası potansiyelleri hesaplanırken, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğini (HAD) kullanan hazır bir ticari paket programdan yararlanılmıştır. Son yıllarda akademik ve endüstriyel çalışmalarda sıkça kullanılan HAD, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere ve sayısal analiz alanındaki ilerlemelere bağlı olarak daha çok tercih edilen bir yöntem olmuştur. Hem geometrilerin kolayca oluşturulup analiz edilmesine imkan vermesi, hem de deneysel çalışmalara göre daha ucuz olması HAD’ni daha avantajlı hale getirmiştir [8].

Kentsel ısı adası oluşumuyla ortaya çıkacak iklimsel problemleri tespit etmek ve çözüm önerileri sunmak amacıyla hazırlanan bu tez çalışmasında, Elazığ’ın en yoğun ve

kalabalık yerleşim alanlarından olan Gazi Caddesi ve Şehit İlhanlar Caddelerinde belirlenen alanlar için yapılan simülasyon çalışmalarıyla saat 9.00 ve 17.00 için IAP değerleri hesaplanmıştır. Simülasyonlara radyasyon, rüzgâr hızı ve yönü, cadde genişliği/bina yüksekliği oranı, trafik, ağaç etkisi ve belirlenen yeni yerleşim alanında binaların doğu-batı veya kuzey- güney yönelimli olması ve bitişik nizam/ayrık nizam olması durumları gibi çevresel etkenler de eklenmiştir. Elazığ ilinde kentsel ısı adası etkisini HAD programı yardımıyla ısı adası potansiyeli (IAP) parametresine bağlı olarak değerlendiren bu tez çalışması toplam 6 bölümden oluşmaktadır.

1. **Bölümde**, bina ve kent etkileşimi, kentsel ısı adası ve kentsel ısı adası potansiyeli hakkında bilgiler verilmiştir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin mikro iklim çalışmalarında kullanımı ve ayrıca kentsel ısı adası ve kent iklimi konusunda dünyada ve Türkiye’de yapılmış çalışmaları içeren bir literatür çalışması mevcuttur.
2. **Bölümde**, kentsel ısı adası tanımı detaylı olarak verilmiş ve kentsel ısı adası oluşum nedenleri açıklanmıştır. Ayrıca rüzgâr, radyasyon, sıcaklık gibi iklim elemanları ile kentsel ısı adası etkileşimi konusunda bilgiler verilmiştir.
3. **Bölümde**, hesaplamalı akışkanlar dinamiği tanımı, hangi alanlarda kullanılabildiği, kentel ısı adası ile HAD’ın birlikte kullanımı ve tez kapsamında kullanılan paket program hakkında genel bilgiler verilmiştir.
4. **Bölümde**, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı transferi kullanılarak kentsel ısı adası potansiyelinin hesaplanması için uygulanan metot ve hesaplama yöntemi anlatılmıştır. HAD ile yapılan simülasyonların doğruluğunu kanıtlamak amacıyla, 21 Mart 2007’de termal kamera ile yapılmış yüzey sıcaklığı ölçümleri ile, aynı gün için yapılan simülasyon sonuçları karşılaştırılarak bir geçerlilik çalışması sunulmuştur.
5. **Bölümde**, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 1, 11 ve 21. günleri için saat 9.00-17.00 arasında yapılan simülasyon sonuçlarına göre her bir gün için hesaplanan yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri şekillerle sunulmuştur. Daha sonra Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 11. günü için, ilk simülasyonların yapıldığı yalın hallerine sırasıyla trafik etkisi, ağaç etkisi ve trafik + ağaç etkisi eklenerek simülasyonlar yapılmış ve sonuçlar şekiller halinde sunulurken gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır. Bütün simülasyonlar bina yüksekliği/cadde genişliği oranlarının 1, 2 ve 0.5 olması durumları için yapılmıştır. Ayrıca rüzgar hızının arttırılması ve farklı malzeme kullanımının IAP üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan

simülasyon sonuçları da şekillerle sunulmuş ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bitişik ve ayrıık nizam etkisi ile binaların kuzey-güney veya doğu-batı olması durumları ise, Şehit İlhanlar ve Gazi Caddelerinden farklı olarak yeni yerleşim alanlarından seçilen bir bölge için yapılan simülasyonlar ile değerlendirilmiştir.

6. Bölümde elde edilen sonuç ve öneriler sunulmuştur.

1.1. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Kentsel ısı adası konusu, son yıllarda şehir iklimi ve şehir planlaması konularında çalışan araştırmacılar için oldukça önemli bir hal almıştır. Literatürde, bu konuyla ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı, kentsel ısı adası büyüklüğünü hesaplamak amacıyla yapılırken bir kısmı da, kentsel ısı adası etkisini azaltacak önlemleri araştırmak veya bu olayı etkileyen parametreler hakkında inceleme yapmak içindir. Birçok çalışmada, belirlenen çalışma alanlarında hava sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ölçümleri yapıp, malzeme özelliklerinin kentsel ısı adası üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Eljadid [9], İstanbul'da ısı adası oluşumu üzerine bir araştırma yapmıştır. Bunun için, şehir içi ve dışındaki bölgelere ait sıcaklık, rüzgâr hızı ve bağıl nem parametrelerini kullanmıştır.

Duman Yüksel [10], Ankara metropolü için 1985-2005 yılları arasında yapılaşmanın artması sonucu ortaya çıkan yüzey sıcaklığı açısından farklılıklar ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimini belirlemiştir. Daha sonra elde edilen tespitlere bağılı olarak seçilen ve farklı arazi örtüsüne ve yüzey sıcaklığına sahip Migros, Bahçelievler ve Anıtkabir alanlarında sabit meteorolojik ölçüm aletleri ile nem ve sıcaklık ölçümleri yapılmış ve yapı yoğunluğu, yeşil alanlar ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur.

Uysal [11], Ankara için şehir ısı adası üzerine yaptığı çalışmada, belirlenen bir alan üzerinde mobil ölçümler yaparak, gece ve gündüz oluşan ısı adası şiddetlerini hesaplamıştır. Ayrıca belirlenen hat üzerinde serinletme etkisi olan alanlar belirlenmiş ve alanların gökyüzü görüş faktörleri ile ısı adası şiddetleri arasındaki ilişki de araştırılmıştır.

Karaca vd. [12], kentleşmenin Türkiye'nin en büyük illeri olan İstanbul ve Ankara'nın iklimsel özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, bu şehirlere ait hava sıcaklığı verileri analiz edilerek, sonuçların analizi için doğrusal regresyon ve Mann Kendall testi kullanılmıştır.

Bilgili [13], şehirlerde yoğun yapılaşma sonucu oluşan kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında yeşil alanların ve bitkilerin önemli bir rolü olduğunu vurgulamıştır. Sunduğu çalışmada kentsel yeşil alanların ekolojik etkilerini tanımlamak amacıyla kullanılacak göstergelerin yanı sıra, yeşil alanların kentsel ısı adası üzerindeki azaltıcı etkisini de araştıran bir uygulama çalışması yapmıştır.

Giridharan [14], Hong-Kong'un Belchers, Wah-Fu 1ve Wah-Fu 2 adı verilen ve sıcak ve nemli bir iklimin hâkim olduğu yerleşim alanlarında, gece ortaya çıkan kentsel ısı adasını belirlemek için yaptığı çalışmada, bir bölgede en yüksek ısı adası değerini 1.3°C olarak hesaplamıştır. Üç bölge arasındaki ısı adası farkı ise 0.4°C olarak belirlenmiştir. Gece oluşan kentsel ısı adası için yapılan uygulama çalışmasında, belirleyici parametre olarak, yüzey albedosu, yükseklik-derinlik oranı, gökyüzü görüş faktörü ve rakım kullanılmıştır. Çalışmada gece ortaya çıkan kentsel ısı adasına etki eden parametrelerin gündüz ortaya çıkan kentsel ısı adası üzerindeki etkisi ve ilişkisi araştırılmıştır.

Giridharan vd. [15] bir başka çalışmada ise, Hong-Kong'un kentsel yerleşim alanında tasarımla alakalı değişkenlerin gündüz oluşan kentsel ısı adası üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Üç büyük konut alanında yapılan uygulama çalışmasına göre, bir alanda kentsel ısı adası 1.5°C olarak hesaplanırken, çalışma alanları arasında 0.4°C 'lik kentsel ısı adası farkı olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki enerji etkin tasarımlar, yüzey albedosu, gökyüzü görüş faktörü ve bina yüksekliği-bina derinliği oranı parametrelerinin etkili kullanılması ve düz olmayan bir hava akımının sağlanmasıyla yapılabilir.

Kantzioura [16], kent yaşamının mikroklimatik koşullar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yunanistan'ın Thessaloniki şehrinde yapılan uygulama çalışmasında, gün içinde bina yüzey sıcaklıklarının nasıl değiştiği ve bu değişimin mikroklimatik parametrelerle ilişkisinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Ölçümler sıcak yaz koşullarının hakim olduğu bir günde, dört ana cadde üzerinde yer alan bina blokları için 12 saat boyunca yapılmıştır. Ölçümler sonucunda yüzey sıcaklıkları ve mikroklimatik koşullar için analizler yapılmıştır.

Çiçek ve Doğan [17], Ankara ilinde kentsel ısı adası gelişimini, bunun alana bağlı olarak dağılımını ve büyüklüğünü saptamak için, farklı şehir dokusunu yansıtan bölgelere yedi adet istasyon kurmuş ve sıcaklık ölçümleri yapmıştır. Elde edilen verilere göre, en büyük kentsel ısı adası soğuk dönemde görüldüğü için, bu çalışmada Şubat ayı

incelenmiştir. Oke [18] eşitliğine göre, Ankara’da maksimum ısı adası 9°C olarak hesaplanmıştır.

Kolokotroni ve Giridharan [19], yaptıkları çalışmada bazı fiziksel özelliklerin yaz döneminde oluşan kentsel ısı adasının etkilerini aza indirmeye yönelik etkileri araştırmıştır. Çalışmada, bina yüksekliği-cadde genişliği oranı, yüzey albedosu, yerleşim yoğunluk oranı, yeşil alan yoğunluk oranı, bina yoğunluk oranı ve termal kütle olmak üzere altı değişken kullanılmıştır. Yaz dönemi için iklimsel veriler, açık, parçalı bulutlu ve bulutlu olmak üzere üç başlık altında toplanırken, coğrafi çeşitlilik merkezi, kentsel ve yarı kentsel alanlar olmak üzere üç bölgede incelenmiştir. Gündüz için maksimum kentsel ısı adası yarı kentsel alanda parçalı-bulutlu dönem için 8.9°C bulunurken, gece için kentsel bir alanda, açık hava koşulları hakim ve rüzgar hızı 5 m/sn ’in altındayken 8.6°C bulunmuştur. Londra’da dış ortam hava koşullarının değişimini göstermek için en kritik dönem parçalı bulutlu hava koşullarının hakim olduğu zaman dilimi ve en kritik bölge de kentsel alanlar olarak belirlenmiştir.

Yang vd. [20] yaptıkları çalışmada, kentsel tasarımı etkileyen faktörlerin yaz dönemi oluşan kentsel ısı adası üzerindeki etkisi araştırmıştır. Şangay’ın iç taraflarında yer alan ve konut alanı olarak kullanılan yüksek binaların yer aldığı on farklı alan üzerinde, Temmuz ayının ortasından Ağustos ayının ortasına kadar ölçümler yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, alan planlaması, bina tasarımı ve yeşillik oranı kentsel ısı adası değişimini etkileyen önemli parametrelerdir. Gölgeleme etkisinin, gündüz oluşan kentsel ısı adasını etkileyen en önemli parametre olduğu belirlenirken, gece oluşan ısı adası büyüklüğü için yeşil alan miktarının etkisi vurgulanmıştır.

Santamaurios vd. [21] yüksek ısıtım ve yansıtma oranına sahip soğuk materyallerin binaların ve kentsel alanların termal performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bunun için soğuk malzemeler, ilk fazda yüksek yansıtma oranına sahip beyaz materyaller, ikinci fazda soğuk renkli materyaller, üçüncü fazda beyaz ya da renkli soğuk nano-materyaller ve dördüncü fazda dinamik materyaller olmak üzere dört fazda incelenmiştir.

Shashua-Bar ve Hoffman [22], kentsel kanyon içinde yer alan sokakların, ağaçlar sayesinde pasif olarak soğutulmasını etkileyen faktör ve parametreleri incelemiştir. Bunun için CTTC (Cluster Thermal Time Constant) olarak adlandırılan bir modeli kullanmışlardır. Sonuç olarak, yönelim ve geometrinin etkisi minimum iken, ağaçların soğutma etkisi, ağaç gölgesinin uzantısına bağlı olarak değişmektedir. Buna bağlı olarak

da, pasif soğutmanın önemsendiği durumlarda, ağaç gölgelerinin de dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Son yıllarda kentsel ısı adası etkisini araştırmak ve büyüklüğünü hesaplamak için hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanılarak yapılan çalışmaların sayısında oldukça önemli bir artış olmuştur. Bu yöntemin uygulanabilmesi için simülasyon çalışmasının geçerliliğinin kanıtlanması önemli bir gerekliliktir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi, simülasyon çalışmasının geçerliliğinin sağlanabilmesi halinde, hem zaman tasarrufu hem işgücü hem de maliyet gibi konular açısından oldukça büyük kolaylık sağlamaktadır.

Hisarlıgil [23], araştırma alanı olarak Ankara'nın seçilmiş olduğu çalışmasında, enerji etkin hipotetik konut tiplerinden oluşan hipotetik konut adası örneklerinin mikroklima özelliklerini analiz etmiş ve ısıtma ve soğutma ihtiyacı için enerji talebinin yoğun olduğu konut alanlarının planlanması için enerji etkin planlama ve tasarım ilkeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kuramsal bilgilerin yanı sıra simülasyon programlarından da yararlanılmış olup, mikroklima analizleri için ENVI- met 3.0 programı kullanılmıştır.

Ihara vd. [24] ise, kentsel ısı adası için alınan çeşitli tedbirlerin uygulanmasının etkilerini araştırmıştır. Bir kentsel ısı adası ve enerji tüketimi simülasyon modeli kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları göstermiştir ki, bina yüzeylerinde nem ve albedo oranının artışı, yıl içinde altmış gün için geçerli olmak üzere, hava sıcaklığının 30°C'den fazla olduğu saat sayısını azaltmaktadır. Kentsel ısı adası için alınan önlemler, yıllık enerji tüketimini, kış döneminde ufak bir artışa neden olmakla birlikte azaltmaktadır. Sonuç olarak çalışmada, kentsel ısı adası için alınan önlemlerin etkisi kanıtlanmıştır.

Sato vd. [25], Japonya'nın Tsuchura şehrinde 30 ha'lık bir alanı kapsayan çalışmada, 3d-cad tabanlı bir simülasyon programı kullanarak çeşitli kentsel alanlar için yüzey sıcaklık karşılaştırmaları yapmıştır. Çalışma alanı, malzeme ve fiziksel özellikleri de eklenerek 3d-cad ortamında modellenmiştir. Açık gökyüzünün hakim olduğu, sıcak bir yaz günü için simülasyon yapılarak, çalışma alanında yüzey sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Çalışma sonucunda, yüzey sıcaklık dağılımlarını gösteren termal fotoğraflar, kentsel ısı adası ve ortalama radyasyon sıcaklıklarının 1.5 m yükseklikteki dağılımları sunulmuştur. Sonuçlar göstermiştir ki, bina formları ve malzeme özelliği, yüzey sıcaklık dağılımını etkilemektedir ve park alanlarının artırılmasının yüzey sıcaklık dağılımını değiştireceği belirtilmiştir.

Nakaohkuba ve Hoyano [26], termal çevre simülasyonu ile aydınlık çevre simülasyonunu entegre ederek, açık ve yarı açık dış mekan tasarımına katkı sağlayacak yeni bir araç geliştirmeyi planlamıştır. Bunun için yüksek çözünürlüklü bir hücre ayırma modeli ile, bir ışınlım transferi için algoritma geliştirilmiştir. Uygulamanın sonuçları göstermiştir ki geliştirilen algoritma, birbirine bir membran ile bağlı iki bina arasında termal ve aydınlık alan arasındaki transferin analiz edilebilmesi açısından kullanışlı bir araçtır.

Nakaohkuba ve Hoyano [27] yaptıkları bir başka çalışmada, kentsel mekana ait geometrinin ve malzemelerin etkin albedo ve hissedilir ısı akısı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bunun için iki adımdan oluşan bir çalışma yapılmıştır. Öncelikle, farklı gökyüzü radyasyon modellerinin (isotropic v.s. bakılacak) etkin albedo üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İkinci adımda ise, pencere yönelimlerinin ve pozisyonlarının etkin albedo üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, etkin albedo ve hissedilir ısı akısı arasında güçlü bir ilişki bulunamamıştır.

Stavarakakis vd. [28], kentsel çevredeki iklimi belirlemek ve geliştirmek için bir bilgisayar modeli geliştirmiştir. Su yüzeylerinden olan buharlaşmayı, bitki yüzeylerinden ve ağaç yapraklarından olan terlemeyi de dikkate alan bir HAD modeli kullanılmıştır. Güneş radyasyonu ve rüzgar etkisi de hesaplamalara dahil edilmiştir. Uygulanan metodun geçerliliği, Yunanistan'ın Gazi bölgesinde yapılan bir uygulama çalışması ile kanıtlanmıştır. Çalışma sonuçları termal konforun sağlanamadığı yerleri somut olarak ortaya koymuştur.

Mirzaei vd. [29], bir binanın etrafındaki çevresel durumları incelemek ve kentsel ısı adası etkisini azaltmak üzere kullanılacak değişik yöntemlerin yayaların termal konforu ve çevre kirliliği üzerindeki etkisini ölçmek üzere üç boyutlu bir model sunmuştur. Ayrıca, sokak kanyonu içinde toprak ve duvar sıcaklıklarının düzenli olmayan dağılımını yakalamak için bazı ön simülasyonlar da yapılmıştır.

Ashie vd. [30], yaptıkları çalışmada bir bina kanopi modelini HAD programı yardımıyla simüle ederek, HAD'nin kentlerin iklim planlamasında kullanılmasını amaçlamışlardır. Ayrıca kentsel ısı adasının etkisinin ve soğutma için enerji tüketiminin azaltılmasında binaların barındırdığı yeşil alan oranlarının etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, binaların yeşillendirilmesinin hava sıcaklığı miktarında 0.4-1.3 °C ve soğutma için harcanan enerji miktarında %3-35 oranında azalma sağlama ihtimali vardır.

Luo ve Li [31] ise, bir dağın eteğine yerleştirilmiş olan kentsel bir alanın dağdan gelen eğimli hava akımının etkisinde kalınca, ventilasyon performansının nasıl olacağı parametrik bir HAD çalışmasıyla araştırılmıştır. Dağın eğimi ve yüksekliği sabit tutulurken, bina yüksekliği ve ısıtma-soğutma şiddeti değişken kabul edilmiştir. Yamaç akışının kentsel alan içindeki havalandırma için oldukça uygun olduğu belirtilirken, kentsel ısı adası etkisini azaltma konusunda rüzgar akışından daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Takahashi vd. [32], Japonya Kyoto'da seçilen üç farklı bölgede kentsel alanlar için ısı dağılımının özelliklerinin araştırılması için bazı ölçümler yapmıştır. Üç yerleşimin üstünde yer alan sınır tabaka ve binaların ve sokakların yüzey sıcaklıkları, kentsel termal çevrenin araştırılması için ölçülmüştür. Analizler için, bina duvarları ve yer düzlemi için zamana bağlı kondüksiyon, konveksiyon ve ışıınım hesaplamalarının yapıldığı ve hava akımının HAD kullanılarak simüle edildiği bir kod geliştirilmiştir. Bu kod kullanılarak, kentsel alanların hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı ve yüzey sıcaklığı parametrelerinden oluşan termal çevrelerinde oluşan ısı dağılımlarının ölçüm sonuçlarıyla kıyaslanarak tahmin edilmesi mümkün olmuştur.

Huang vd. [33], yaptıkları çalışmada yazın oluşan kentsel termal çevrenin incelenmesi için, Tokyo'da yoğun bir ısıtma ve soğutma sistemine sahip bölgeyi kapsayan kompleks bir kentsel alanda ölçümler yapmıştır. Daha sonra bu ölçüm sonuçları kullanılarak, daha kompleks kentsel alanlarda da termal çevredeki ısı dağılımını tahmin edebilmek için bir simülasyon programı geliştirmişlerdir. Simülasyon sonuçlarından, rüzgar hızı, nem ve sıcaklık değerleri alınmış ve bu sonuçlar ölçülen değerlerle uyuma göstermiştir. Çalışmada ayrıca yaya seviyesindeki termal konforun tahmini için Standart Etkin Sıcaklık (SET) değeri de hesaplanmıştır.

Chen vd. [34], dış termal çevrenin değerlendirilebilmesi için, kentsel elemanlar üzerindeki konveksiyon, radyasyon ve kondüksiyon etkisini de hesaba katarak simülasyon yapmışlardır. Bunun için Japonya Tokyo'da Otemachi (ağırlıklı olarak yüksek binaların yer aldığı alan) ve Kyobashi (alçak ve orta yükseklikte binaların yer aldığı alan) olarak iki farklı yerleşim bölgesi seçilmiştir. Öncelikle yer, hava, kentsel konfigirasyon, malzeme ve yüzey özellikleri dikkate alınarak yer ve duvar sıcaklıkları hesaplanmıştır. Elde edilen yüzey sıcaklığı HAD çalışması için sınır şartı olarak kullanılmıştır. Otemachi için on, Kyobashi için ise dokuz farklı örnek simülasyon yapılmıştır. Bazı örneklerde, binaların

çatıları yüksek albedolu veya yeşil alan olarak kabul edilirken, bazı örneklerde ise cadde veya yer düzlemi için yüksek albedo, yeşillik veya su etkisi olduğu varsayılmıştır.

Zoras vd. [35], Yunanistan'ın Florina şehrinde hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanarak, kentsel bir alanda geleneksel malzemeleri soğuk malzemeler ile değiştirerek bir çalışma yapmışlardır. Simülasyon ortamında uygulanan değişim sonucunda ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinde 3.52 °C azalma sağlanırken, en sıcak günün gecesinde ortalama hava sıcaklığı ise 1.39 °C kadar azalma göstermiştir.

Yuan ve Ng [36], son yıllarda mimari tasarımda da yaygın olarak kullanılmaya başlanan HAD uygulamalarının daha pratik kullanımı için rüzgâr mühendisliği ve mimari tasarım arasındaki boşluğu doldurmak üzere Hong Kong'da bir uygulama çalışması yapmışlardır. Çalışmada amaçlanan, yayaların kullandığı çevrede rüzgâr profilini tahmin etmek ve rüzgârla ilgili tasarım parametrelerini tanımlamaktır.

Bouyer vd. [37], sayısal simülasyonların enerji etkin bina tasarımına mikroklima etkisinin dâhil edilebilmesi için en uygun yöntem olduğunu fakat tek başına yeterli olmadığını vurgulamışlardır. Bunun için HAD ile bağlantılı bir termoradyatif simülasyon aracının birlikte kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceğini belirtmişlerdir. Bu amaçla yaptıkları uygulamada, farklı kentsel tasarım senaryoları dahilinde bir binanın enerji ihtiyacını belirlememek amacıyla bir HAD programı ve bir termoradyatif programını birlikte kullanmışlardır.

Hu vd. [38], şehir ortamı içinde ısı kaynakları barındıran gözenekli bir ortama benzeterek, şehir içindeki ısı transferi ve türbülanslı akış için gözenekli bir ortam modeli geliştirmiştir. Sundukları metot ile amaçlanan bina taban alanına düşen enerji kaynağı miktarını, binanın hacim alanına göre biçimlendirmek ve böylece bina tarafından oluşturulan ısı kaynağını bina yoğunluğu ile bağlantılı olarak ifade etmektir. Bununla birlikte bu model, şehir içindeki antropojenik ısıнын ve rüzgar hızının kentsel ısı adası üzerindeki etkilerini görmeye olanak sağlamıştır. Buna göre antropojenik ısıнын kentsel ısı adası şiddeti üzerinde ciddi bir artışa sebep olduğu ve rüzgar hızının artmasıyla kentsel ısı adası şiddetinin düştüğü belirtilmiştir.

Shahidan vd. [39], tropik iklimde yer malzemelerinin değişimiyle ağaçların optimum soğutma etkisini araştırmışlardır. Bunun için ağaçların yoğunluğu ve yer kaplama malzemelerinin özellikleri değiştirilmiştir. Çalışma uygulama alanında yapılan ölçümler ve bilgisayar simülasyonları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Simülasyonlar

sonucunda, en fazla ağaç yoğunluğu ve soğuk yer kaplama malzemesi kullanıldığında hava sıcaklığında ciddi bir azalma olduğu vurgulanmıştır.

Yao vd. [40] ise UMsim adında, kentsel simülasyonlar için bir matematiksel model geliştirmiştir. Hesaplamalarda direk, yayılı ve yansıyan solar radyasyon, uzun dalga radyasyon, havadaki ısı taşınımı ve dış duvarlar ve yer arasındaki ısı transferi dahil edilmiştir. İlgili hesaplamalar Matlab programında sonlu farklar metodu ile yapılmıştır. Programın geçerliliği, Çin Chongqing Üniversitesinde yapılan bir uygulama çalışmasının ölçüm sonuçları ile kıyaslanmış ve UMsim'in kentsel alanda mikroklimayı simüle edebilecek bir program olduğu vurgulanmıştır.

He vd. [41], yaptıkları çalışmada, dış ortamdaki termal çevrenin binanın enerji performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bunun için yapılan simülasyonlarla, dış ortamdaki termal çevre, binaların yüzey sıcaklıkları ve ortalama radyasyon sıcaklığı ile değerlendirilmiştir. Müstakil bir ağaç ev, değişik senaryolar (ağaç olması veya olmaması, komşu bina yüksekliği) dâhilinde simüle edilerek analizler yapılmıştır. Sonuçlar, bu çalışmada kullanılan simülasyon aracı dış ortam koşulları ve yüzey malzeme özellikleri ile iç ve dış termal çevrenin incelenmesine olanak sağladığını göstermiştir.

He ve Hoyano [42] altında yarı kapalı bir ortamı olan bir membran altında yazın oluşan termal çevre özelliklerini ölçümler ve simülasyonlar kullanılarak netleştirmek için bir çalışma sunmuştur. Çalışmanın ilk kısmında, yaz döneminde gerçekleştirilen alan ölçümleri anlatılırken, ikinci kısımda geliştirilen üç boyutlu simülasyon aracı ile membran çevresindeki termal alan simüle edilmiştir. Ölçülen ve simüle edilen sonuçlar kıyaslanmış ve sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Buna ek olarak membranın yansıtma ve yutma katsayıları da değiştirilerek, bunun membran altındaki termal çevreyi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Simülasyon sonuçları, simülasyon aracının yüzey sıcaklığı ve MRT dağılımı bakımından membran yapısının altındaki yaşayan alana ait termal çevrenin niceliksel öngörüsünü ve değerlendirmesini sağlayabildiğini göstermektedir.

Qin, Yan ve Jiang [43] yapay sinir ağları ile yeni bir simülasyon modeli oluşturmak için bir çalışma sunmuştur. Burada amaçlanan binaların iç termal ortamlarını simüle etmek için kullanılan hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile tüm binanın enerji analizini sağlamaya yarayan enerji simülasyon modelini entegre etmektir. Sonuç olarak yapay sinir ağları kullanarak oluşturulan enerji simülasyon modelinin enerji tüketimini ve termal çevre parametrelerini makul bir şekilde tahmin edebileceği belirtilmiştir.

Liping, Hien ve Shuo [44], Singapur'da doğal yollarla havalandırılan konut binalarının cephelerinde enerji tasarrufu ve daha iyi iç ortam koşullarının sağlanabilmesi için parametrik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada doğal yollarla havalandırılan konutların termal konforu ile ilgili iki ölçüt kullanılmıştır. Termal asimetri algısından kaçınmak için ortalama radyasyon sıcaklığı ile ev içini çevreleyen hava sıcaklığı arasındaki fark 28 °C'den az olması gerektiği belirtilmiştir. Singapur'da bulunan doğal yollarla havalandırılan konutlarda termal konfor dönüşüm modeli çeşitli cephe tasarımlarını değerlendirmek için de kullanılmıştır. Cephe tasarımı değerlendirilirken U-değerleri, cephe yönelimleri, cam/ duvar oranı ve gölgeleme aracı uzunlukları araştırmaya katılmıştır. Singapurda bulunan tipik konutların bina simülasyon sonuçlarına göre Kuzey ve güney oryantasyonları için cephe materyallerinin U-değerleri 2.5 W/m² K'den az, kuzey ve güney oryantasyonları için cephe materyallerinin U-değerleri 2 W/m²K'den az olmalıdır. Birleştirilmiş simülasyon sonuçlarına göre optimum cam/ duvar oranının 0.24'e eşit olduğu bulunmuştur. Doğal yollarla havalandırılan Singapur konutları için optimum cephe tasarımları ve cephe konfor indeksleri özetlenmiştir.

Cheong vd. [45], klimalı bir amfinin termal konfor şartlarını, alan ölçümleri, hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanılarak yapılan simülasyonlar ve öznel değerlendirmeler ile incelemiştir. Ölçüm sonuçları, simülasyondan elde edilen tahmin sonuçlarını doğrulamıştır. Öngörülen sonuçlar hava akımı özelliklerini ve sıcaklık değişimindeki dağılımının iyi olduğunu ve bu sonuçların deneysel ölçümlerle bağdaştığını göstermiştir. Toplam konfor önermesi, öngörülen ortalama önerme ve öngörülen memnuniyetsizlik yüzdesi oturanların kısmen memnuniyetsiz ve rahatsız olduklarını ortaya koymuştur. Buna ek olarak, amfideki termal konfor şartlarını artırmak ve biriken karbondioksit miktarını azaltmak için tavsiyeler verilmiştir.

Kastendeuch ve Najjar [46], yaptıkları çalışmada bir kentsel kanyonun içindeki ısı transferlerinin 3D nümerik simülasyonunu ve buna uygun olan algoritmaların onaylanmasını ve sonuçları konu almıştır. Simülasyonun prosedürü ve yüzey elementlerinin parametreleştirilmesi kısaca tarif edilmiştir. Tüm ısı transfer algoritmaları var olan literatürden alınmıştır. Sonuç olarak, simülasyon modeli enerji denge denkleminin tüm bileşenlerini her hücre için verebilmiştir. Bu makalenin amacı bu yaklaşımın geçerliliğini, simülasyon sonuçlarını deneysel yöntemlerle karşılaştırarak göstermektedir. Simüle edilmiş radyasyonel akımların güvenilirliğine Strasbourg'da 2002 yazında yapılan özel deneysel bir kamptan elde edilmiş bilgiler kullanılarak karar verilmiştir.

Asawa vd. [47], kentsel yüzeyler için ısı dengesi hesaplamalarıyla hesaplamalı akışkanlar dinamiğini birleştirerek kentsel çevrede sıcaklık dağılımını gösteren bir simülasyon programı geliştirmiştir. Yeni geliştirilen program, girilen bilgi için GIS kullanan eski programı geliştirerek oluşturulmuştur [48]. Çalışmada, simülasyon modeli bir 3d-cad programına entegre edilmiştir ve müstakil evlerden oluşan bir alana uygulanan simülasyonlar bina şekillerinin, materyallerinin ve ağaç gölgelerinin yüzey sıcaklığı dağılımı üzerindeki etkilerini ortaya çıkardığı gibi açık hava termal çevre indeksleri olan ortalama radyasyon sıcaklığı ve kentsel ısı adası potansiyellerinin hesaplanmasına da olanak sağlamıştır.

Lin vd. [49], yaptıkları çalışmada üç farklı bitki türünün yer aldığı alanlarda bitki dokusundaki farklılıkların yaya termal konforu üzerindeki etkisini, standart etkin sıcaklık olarak bilinen bir parametre üzerinden değerlendirmiştir. Ağaçların, çim ve çalı türü bitkilerle kıyaslandığında, yaz aylarında çok daha iyi bir termal konfor sağlamadığı vurgulanmıştır. Bu durumun ağaçların rüzgâr hızını azaltma etkisine ve güneşin değişen konumuna göre ağacın davranışının değişmesine bağlı olduğu belirtilmiştir. Buna rağmen standart etkin sıcaklık parametresine bağlı olarak değerlendirildiğinde ağaç, diğer bitki türlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Flor ve Dominguez [50] yaptıkları çalışmada bir kentsel ortamdaki iklimsel parametrelerin değişimlerini değerlendiren ve bu parametrelerin kentsel binaların performansını nasıl etkilediğini gösteren sayısal bir model sunmuştur. İki sistem arasında net bir etkileşim olduğu ve karşılıklı enerji dengelerini değiştirebildikleri belirtilmiştir. Bu yüzden, eğer ısıtma ve soğutma şartlarının sonuçları netleştirilmek isteniyorsa kentsel model ve bina termal performansı arasında bir ilişki olmasının kentsel konforun sağlanması için gerekliliği vurgulanmıştır. Sonuç olarak ve bina açısından, bina enerji ihtiyaçlarındaki mikroklima değişimlerinin etkisini değerlendirmek için bir metod geliştirilmiştir.

1.2. Çalışmanın Önemi ve Literatürdeki Yeri

Son yıllarda hesaplamalı akışkanlar dinamiği tabanlı programlar kullanılarak kentsel ısı adası ile ilgili yapılan araştırmaların sayısı oldukça artmıştır. Ancak birçok çalışmada ısı adası etkisi kentsel olan ve olmayan alanların hava sıcaklığı arasındaki fark üzerinden değerlendirilmiştir. Kentsel ısı adası etkisini yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklığı

arasındaki ilişkiye bağlı olarak değerlendiren ısı adası potansiyeli (IAP) ise çok az sayıda çalışma içinde kullanılmıştır. Ayrıca yapılan pek çok çalışmada, kentsel ısı adası üzerinde iyileştirici etkisi olan rüzgar etkisi simülasyonlara dahil edilmemiştir veya ikinci bir programın kullanılmasıyla dahil edilebilmiştir. Kentsel ısı adası üzerinde etkili olabilecek pek çok farklı durum varyasyonları için simülasyonların yapıldığı bu çalışmada;

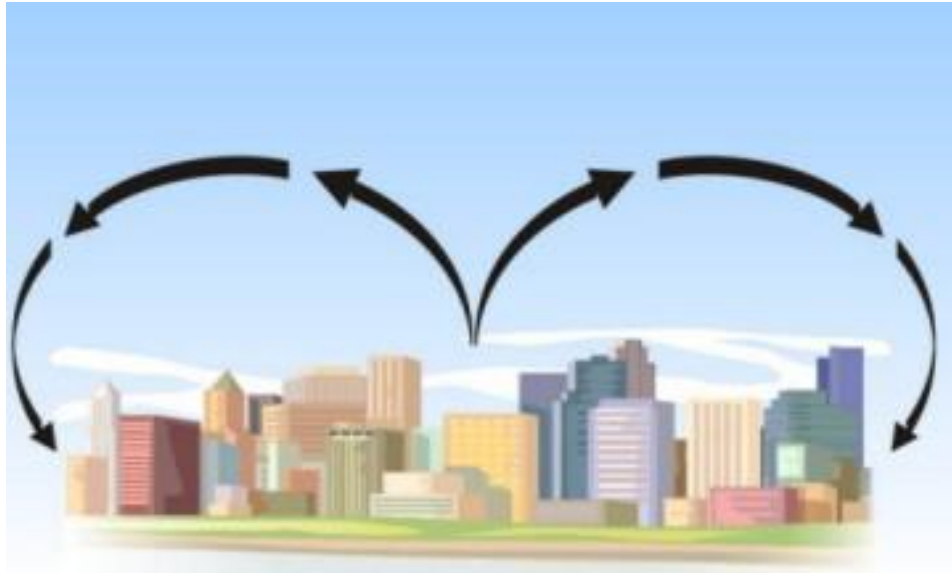
- Simülasyonların doğruluğunu göstermek amacıyla bir geçerlilik çalışması sunulmuş ve HAD programının kentsel ısı adası ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanımının doğru sonuçlar verdiği gösterilmiştir.
- Simülasyonlar sonucu elde edilen yüzey ve hava sıcaklığı değerlerine bağlı olarak her saat için IAP değerleri hesaplanmıştır.
- Rüzgar etkisini simülasyonlara dahil edebilmek amacıyla, radyasyon ve “ray tracing (ışın izleme)” yanında k-ε RNG türbülans modeli etkin bir şekilde kullanılmıştır.
- Ağaç ve trafik etkilerinin kentsel ısı adası üzerindeki etkisinin yanı sıra ikisinin birlikte olması durumu da değerlendirilmiştir.
- Farklı bina yüksekliği/cadde genişliği oranlarının uygulanmasının IAP üzerindeki etkileri belirtilmiştir.
- Farklı malzemelerin ısı adası potansiyeli üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yatay veya dikey kentsel elemanlar için hangi malzemelerin tercih edilmesinin IAP düşürmek için daha avantajlı olduğu, hangi kentsel eleman için doğru malzemenin kullanılmasının IAP’yi etkilediği belirtilmiştir.
- Kentsel tasarımda karşılaşılan bitişik/ayrık nizam yapılaşmalar ve bina yönelimi gibi tasarım faktörlerinin IAP üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Kentlerde yeşil alanların yerini yüksek binalar ve bunların arasında kalan cadde, sokak, kaldırım gibi kentsel elemanlar almıştır (Şekil 2.1). Motorlu taşıtlar, endüstrileşmenin neden olduğu ısınma ve doğrudan ısı yayan etkinliklerle birlikte, beton kaldırımlar, asfalt caddeler ve beton, tuğla, briket gibi yapı malzemeleriyle inşa edilen binalar, günümüz gündüz absorbe ettikleri güneş enerjisini gece boyunca uzun dalga termal

ışınım olarak havaya salarlar. Bu durum gece hava sıcaklığının artmasına neden olur. Bu olaya kentsel ısı adası adı verilir [4]. Kentsel ısı adası etkisi genellikle gece ortaya çıkar, ancak bu durum kent içinde gündüz absorbe edilen enerjinin gece açığa çıkması sonucudur. Bu nedenle, gündüz meydana gelen absorpsiyon miktarı, kent ortamının fiziksel ve termofiziksel özellikleri kentsel ısı adası oluşumunda oldukça önemlidir.

2.1. Kentsel Isı Adası Oluşumu

Kentsel alanlarda insanların yaşamsal gereklilikleri nedeniyle oluşan sıcaklık artışına bağlı olarak, partiküller, konveksiyonel hareketlerle yükselmeye başlar. Daha sonra yükselti arttıkça havanın soğumasıyla birlikte soğuk havayla karşılaşan partiküller yatay hareketlerle şehir kıyılarına doğru yönelir ve bu alanlarda çökme eğilimi gösterirler (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Şehir ısı adası mekanizması [53].

Sonuçta, merkezde yoğun, şehir çevresinde ise daha az yoğun bir karakter sergileyen sergileyen ısı adası ve toz kubbesi (dust dome) oluşur [54]. Isı kubbesini oluşturan malzemeler kaynak bölgesinden yukarıya doğru ısınan havayla birlikte taşınırlar ki en yoğun oldukları yer de burasıdır. Isı adasının kalınlığı ve etkileri şehrin antropojenik ısı kaynaklarına, fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklı boyutlarda olabilmektedir (Şekil 2.3). Özellikle gökyüzünün açık olduğu gecelerde bu etki maksimum değerlere ulaşmaktadır. Isı adalarının etkileri, çevrelerindeki kırsal kesim hava sıcaklığıyla

karşılaştırılması ile açıkça görülebilmektedir. Bu durumun nedenleri öncelikle şehrsel ve kırsal alan yüzey malzemelerinin ısıyı depolama farklılıklarıdır. Bunun dışında şehir alanlarında konutların ısıtılmaları ve fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan enerjinin bir kısmının atık ısı olarak havaya verilmesinden kaynaklanır.

Kent iklimini etkileyen faktörlerden yola çıkarak, ısı adalarının oluşum nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [4 ve 55];

- Absorbe özelliği yüksek şehir yüzey ve bina malzemeleri,
- Yüzey malzemelerinin geçirimsizliği nedeniyle yağışın toprağa ulaşmadan yüzeysel akışa geçerek kanalizasyonlarla uzaklaştırılması,
- Binaların geometrisi ve yüksekliğinin rüzgârın hızını azaltması,
- Yeşil alanların yetersizliği nedeniyle buharlaşmanın gerçekleşmemesi ve sonucunda enerjinin şehirlerde azaltılamaması,
- İnversiyonla (sıcaklık terselmesi), adveksiyon ve konveksiyonun azalması,
- Taşıtlardan, ısıtma sistemlerinden ve endüstriden kaynaklanan ısı enerjisi,
- Fosil yakıtların etkisi, özellikle de kalitesiz yakıt kullanımı sonucu tam yanmanın gerçekleşmemesi.

2.2. Kentsel Isı Adasının İklim Elemanları Üzerindeki Etkisi

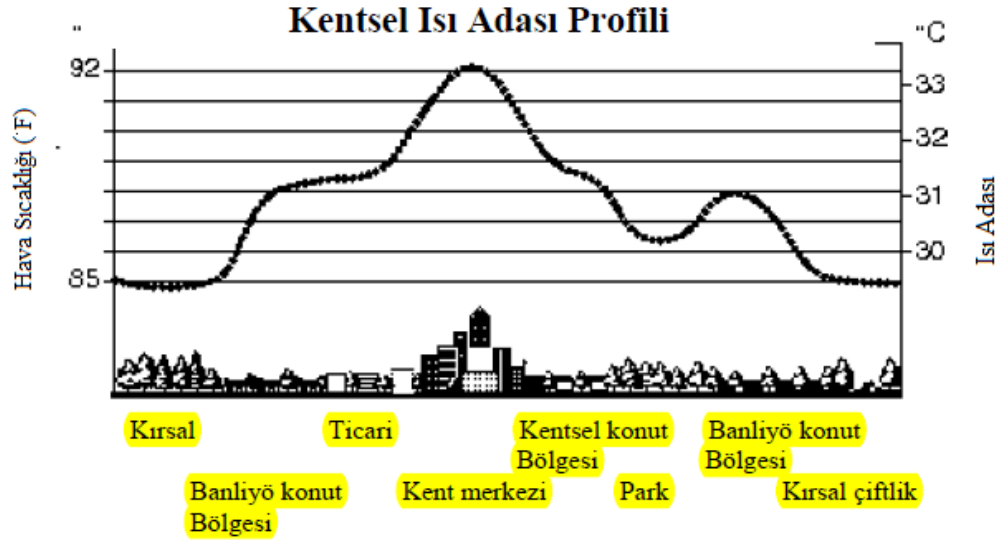
Kentlerde iklim elemanları, kentsel ısı adası etkisiyle kırsal alanlara göre farklılıklar gösterirler. Tablo 2.1’de başlıca iklim elemanlarının gösterdiği farklılıklar verilmiştir. Kentsel ısı adasının iklim elemanları üzerindeki etkileri ise ayrıca açıklanmıştır.

Tablo 2.1. İklim elemanlarının ortalama değişimleri [54].

ELEMANLAR	PARAMETRELER	KIRSAL ALANLA KARŞILAŞTIRILAN KENTSEL ALANDA
Sıcaklık	Yıllık ortalama Maksimum kış Soğuk sezon boyunca	%+0,7 %+1,5 %+2, -3
Rüzgâr Hızı	Yıllık ortalama Aşırı rüzgâr Durgun farklılaşması	%-20, -30 %-10,-20 %+5–20
Nem	Bağıl Yıllık Ortalama Sezonluk	%-6 %-2 (kış) % 8 (yaz)
Bulutluluk	Bulut toplamı Sisler	%+5–10 %+100(kış), +30(yaz)
Yağış	Toplam Yağışlı günler Karlı günler	%+ 5–10 % +10 % -4

2.2.1. Sıcaklık

Sıcaklığın tipik olarak arttığı yerler şehir merkezine doğru yapılaşmanın arttığı muhtemelen buna bağlı olarak nüfusun da yoğunlaştığı yerlerdir (Şekil 2.3). Şehir binalarının yoğunluğuna bağlı olan termal değişimlerin düzensizliğine rağmen şehir sıcaklığının alçalma ve yükselme seyri belirgindir. Büyük şehirler kendi termal çevrelerini meydana getirebilme özelliğine sahiptir [55]. Şehirlerde en yüksek sıcaklık artışları ortalama minimum değerlerde görülmektedir. Örneğin Londra şehir merkezi kendisini çevreleyen kırsal alanlardan 2 °C kadar yüksek minimum ortalama değere sahiptir. Bununla birlikte ısı adasının biçimi ve yoğunluğu çok değişken olduğundan ortalama değerler dengeyi yanlış ifade edebilmektedir [4].



Şekil 2.3. Farklı yerleşim alanlarına göre değişen kentsel ısı adası profili [56].

Orta enlemlerde yer alan ülkemizde kentsel ısı adası nedeniyle şehirlerimizin, kışın daha ılık bir havaya sahip olması bu etkinin olumlu bir yanıdır. Ancak yaz mevsiminde güneş enerjisi miktarındaki artış ve Türkiye’yi etkileyen sıcak hava kütlelerinin neden olduğu yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan bildik rahatsızlıkların yaşanmasına neden olur [51].

2.2.2. Güneş Radyasyonu

Dünya üzerindeki herhangi bir yüzey solar radyasyon (kısa-dalga ışıınım) ile ısı kazanır ve ısıyı uzun-dalga ışıınım olarak göndererek ısı kaybeder. Kuru yüzeylere gelen radyasyon gün içinde absorbe edilerek ısıya dönüşür ve yüzeyin sıcaklığının artmasına sebep olur. Bitki yüzeyleri ve nemli yüzeyler tarafından absorbe edilen güneş enerjisi ise buharlaşma sonucu gizli ısıya (latent heat) dönüşür ve bu nedenle daha küçük bir yüzey sıcaklığı artışına sebep olur. Yüzeyden uzun-dalga ışıınım göndererek oluşan soğuma, gece ve gündüz sürekli devam eden bir olaydır [56].

Gelen solar radyasyonun bir kısmı yüzeyde absorbe edilerek hissedilir veya gizli ısıya dönüşür. Bir kısmı da gökyüzüne geri gönderilir ve yüzey sıcaklığı üzerinde herhangi bir etkisi olmaz. Aynı coğrafi koşullara sahip kentsel ve kentsel olmayan alanların her ikisi de, aynı miktarda güneş ışıınımına maruz kalırlar. Kentsel alanlarda bazen hava kirliliğinin çok fazla olduğu durumlarda, gelen ışıınımın bir kısmı kentsel alan üzerinde oluşan hava

kubbesi tarafından yansıtılır veya absorbe edilir. Bu nedenle kentsel alana daha az miktarda güneş ışıını ulaşabilir. Hava kirliliğinin oluşturmuş olduğu bu durum havanın absorpsiyon katsayısı (α , $(1/m)$) (extinction coefficient) olarak adlandırılan bir parametre ile tanımlanır [57].

Yoğun bir yapılaşmanın söz konusu olduğu kentsel alanlarda, güneş ışıınının binalara ulaşırken izlediği yol ise oldukça karışiktır. Gelen ışıının önemli bir miktarı yer seviyesinden oldukça yukarıda olan çatılar üzerine düşer. Bir kısmı ise düşey elemanlar olan duvarlar üzerine düşer. Çok az bir kısmı yer düzlemine ulaşır. Özellikle yüksek bina ve dar bina aralıklarının olduğu yerleşimlerde, yer düzlemine ve diğerk açık alanlara gelen güneş ışıınının çok azı düşer. Duvar yüzeyine gelen güneş ışıınının bir kısmı yansıtılır ve bir kısmı da absorbe edilir. Yansıtılan ışıının çevredeki komşu binalara doğru olur ve onlardan da tekrar yansır. Böylece yoğun yapılaşmanın olduğu kentsel alanda yüzeyler arasında sürekli devam eden bir ışıının başlar ve çok az bir kısmı gökyüzüne gönderilir. Büyük bir kısmı ise, duvar yüzeyleri tarafından akşam ve gece saatlerinde hava kubbesine salınmak üzere absorbe edilir.

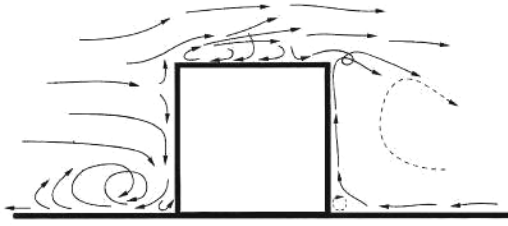
Kentsel alan içinde yer alan duvarlar, cadde ve kaldırımlar gökyüzüne uzun-dalga ışıının ile ısı gönderirler. Ancak bu ısı kaybının miktarı, ısı gönderecek yüzeyin gökyüzünü görebilme yetkisi ile alakalıdır. Tek başına açık bir alanda olan bir binanın duvar yüzeyi, gökyüzü kubbesinin sadece yarısı kadarını görebilir ve ısı gönderebilir. Bu nedenle, bir duvarın gökyüzüne gönderebileceği uzun-dalga ışıının miktarı bir çatının gönderebileceği miktarın ancak yarısı kadar olabilir.

Kentsel alanlarda aynı bölge içinde yer alan binalar genellikle aynı yüksekliktedir. Bu binaların çatılarında meydana gelen ısı kaybı, açık bir kırsal alandaki gibi kabul edilebilir. Fakat bina yükseklikleri farklı olduğunda, yüksek binaların duvarları alçak binaların çatılarından gönderilen uzun dalga radyasyonu emerek, kentsel kanopinin (kentsel alanda yerden çatı üst sınırına kadar olan hacim) genel ısı kaybını azaltan bir etki oluşturur.

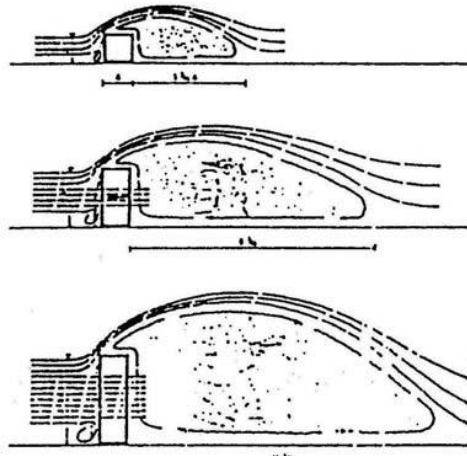
Sonuç olarak, kentsel alanların kentsel olmayan alanlara göre daha fazla sıcaklık artışına maruz kalması, kent içinde absorbe edilen enerjinin doğurduğu termal sonuçlardan kaynaklanmaktadır [56].

2.2.3. Rüzgar Etkisi

Kentsel alanda rüzgar etkisinin özellikle yere yakın seviyelerde, ısıtma ve soğutma için harcanan enerji miktarında, insan sağlığı ve konforu üzerinde ve hava kirleticilerinin oluşumu üzerinde direk bir etkisi vardır. Ortalama sıcaklığın arttığı dönemlerde, rüzgar hızının artması sıcak havanın insanlar üzerinde oluşturduğu stresi azaltır ve rüzgar hızı arttıkça kentsel ısı adası etkisi azalır [56].



Şekil 2.4. Bina etrafındaki rüzgar hareketleri



Şekil 2.5. Yapı yüksekliği ve arka tarafta oluşan rüzgar etki alanı

Kent ortamında yüksek binalar, yükseklikleri ve aralarındaki mesafe ve yönlenmeleri ile rüzgar hızının ve yönünün değişmesinde önemli bir paya sahiptir. Yüksek bir yapıya çarpan rüzgarın bir kısmı, akımın geldiği yöndeki ön bölümde aşağıya doğru yönlenir ve yüzey yakınında istenmeyen bir rüzgar sirkülasyonuna ve hız artışına neden olur. Bir kısmı ise yapının kenarlarına doğru kayar ve bu alanlarda rüzgar hızının artmasına neden olur (Şekil 2.4). Şekil 2.5'te görüldüğü gibi yüksek yapının arka bölümünde ise rüzgar hızında azalma meydana gelir. Yapı yüksekliği arttıkça arka tarafta sakin alan miktarı genişler [58].

2.3. Kentsel Isı Adası Potansiyeli

Isı adası potansiyeli, ilk olarak Akinoru Lino ve Akira Hoyano tarafından 1996 yılında yapılan bir çalışmada kullanılmıştır. “Develeopment of a Method to Predict the Heat Island Potential Using Remote Sensing and GIS Data (Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Verileri Kullanılarak Isı Adası Potansiyeli Tahmini İçin Bir Metot Geliştirilmesi)” isimli çalışmada tanımlanan ısı adası potansiyeli, hissedilir ısı akısına bağlı olarak kentsel alanlarda yüzey sıcaklık dağılımlarını ve kentsel termal çevreyi inceleyen bir parametredir.

Hissedilir ısı akısı, atmosferin kentsel kanopi üzerindeki etkilerinin tahmin edilmesine olanak sağlayan ve hava sıcaklığının kentsel bir alanı nasıl etkilediğini gösterebilen uygun bir indekstir. Belirli bir alan için duyulur ısı akısı aşağıdaki formülle tanımlanabilir [47].

$$Q = \frac{\sum \alpha_c T_y - (T_y + T_a) d_y}{A} \quad (2.1)$$

Burada Q duyulur ısı akısı (W/m^2), α_c ısı taşınım katsayısı, T_y yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$) , T_h ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}C$) ve T_a yerel (kentsel kanopi seviyesinde) ve ortalama hava sıcaklık farkı ($^{\circ}C$) ve A mikroskobik yüzeyin alanı (m^2) değerlerini vermektedir.

Çalışmada Lino ve Hoyano ısı taşınım katsayısı ve kentsel kanopi ve üzerindeki hava sıcaklık farkı için bazı kabüller yapmıştır [48]. Buna göre;

- Kentsel kanopinin üzerindeki rüzgar hızı 1-2 m/sn ise, hem doğal hem de zorlanmış konveksiyon koşullarında türbülanslı akış oluşur. Bu durum, herhangi bir yüzey için ısı taşınım katsayısının hesaplanmasına olanak tanımaz. Ancak kanopi içindeki rüzgar hızının kanopi seviyesinin üzerindeki rüzgar hızına eşit olduğu kabul edilirse, Jürges Formülü ile ısı taşınım katsayısını hesaplamak mümkün olmaktadır.
- Kanopi seviyesindeki ve üzerindeki hava sıcaklığı arasındaki fark genellikle $1^{\circ}C$ 'dir. Çalışmada bu fark yok sayılarak sıcaklıklar eşit kabul edilmiştir.

Sonuç olarak, ısı adası potansiyeli, ısı taşınım katsayısı ve hava sıcaklığı farkının ihmal edilmesiyle, duyulur ısı akısına bağlı olarak

$$IAP = \frac{\Sigma(T_y - T_h)d_y}{A} \quad (2.2)$$

şeklinde türetilmiştir [48]. Burada IAP ısı adası potansiyelini ($^{\circ}\text{C}$), T_y yüzey sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), T_h meteorolojiden alınan hava sıcaklığı değerini ($^{\circ}\text{C}$), d_y yüzey alanını (m^2) ve A ise IAP'si hesaplanacak kentsel alanın taban alan miktarını (m^2) gösterir.

3. HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ

Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojileri, karmaşık akış problemlerinin çözümü için bir avantaj olabilmektedir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD), temel akış problemleriyle bilgisayar teknolojisini entegre ederek, endüstriyel olan ve olmayan bir çok alanda kullanılabilmektedir.

HAD'nin kullanılabildiği bazı uygulama alanları şu şekildedir [59].

- Uçakların ve araçların aerodinamiğinde: Kaldırma ve sürüklenme
- Gemi Mühendisliği: Gemilerin hidrodinamiğinde
- Enerji santralleri: IC motorlarında ve gaz tribünlerinde yanma
- Turbo mekaniği: Geçitler, yayıcılar vs. içindeki dönen akışlar
- Elektrik-Elektronik mühendisliği: Mikro devreler içeren teçhizatın soğutulması
- Kimyasal işlemler mühendisliği: Karıştırma ve parçalama işlemleri, polimer kalıp yapma
- Bina aerodinamiği: Rüzgâr yüklemesi ve ısıtma-havalandırma
- Deniz mühendisliği: kıyıdan uzak yapılar üzerindeki yükler
- Çevre mühendisliği: Dışarıdan akan ve hava ve suyu kirleten kirleticilerin dağılımı
- Hidroloji ve okyanus coğrafyası: Akarsular, haliçler ve okyanuslardaki akışlar
- Meteoroloji: Hava tahmini
- Biyomedikal mühendislik: Atardamar ve toplardamarlardaki kan akışları.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği günümüzde, kent ortamında dış ortam konfor şartlarının veya kentsel ısı adası etkisinin araştırıldığı uygulama çalışmaları için de büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Akışkan davranışının neden olduğu problemlerin sayısal metot ve algoritmalarla bilgisayar ortamında çözülerek analizlerinin yapılmasına olanak sağlayan bir yöntemdir ve akışkanlar mekaniğinin bir koludur. Bu yöntemde süreklilik, momentum ve enerji olmak üzere üç ana denklem esas alınır. Bu denklemlerin çözülmesiyle akış içindeki basınç, hız ve sıcaklık dağılımları elde edilebilir [60].

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği; aşağıdaki kavramlarla ilgili detaylı bilgi sağlayabilir

- Kararlı rejim veya zamana bağlı akışkan davranışları
- Basınç, hız ve sıcaklık dağılımları

- Isı transferi
- Tek ve çok fazlı akışlar
- Sabit yoğunluklu ve sıkıştırılabilir akışlar
- Turbomakinalar
- Tanecik ve duman dağılımları gibi konularla ilgili bilgi sağlayabilir [61ve62].

Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin sağladığı pek çok avantaj vardır. HAD ile yapılan simülasyonlardan sonra sonuçlar ve sanal deney ortamı her zaman ulaşılabilir bir noktada olur. Çeşitli parametreler için farklı deneyleri, aynı deney modeli üzerinde sayısız kere tekrarlama imkanı sunar. HAD bir anlamda bilgisayar üzerindeki bir deney laboratuvarıdır. Doğrudan CAD datası ile çalışabilir ve araştırmacılara sanal prototipler üzerinde deney yapma olanağı verir ve zamandan tasarruf sağlar.

Klasik deneylerde kullanılan ölçüm cihazları ve sensörler sınırlı miktarda veri sunarlar. Bir HAD analizinde ise, kullandığınız sayısal ağ elemanı kadar ölçüm elemanınız vardır ve veri dağılımını daha geniş bir alanda görebilirsiniz. Yani akış bölgesi içinde deneysele göre daha ayrıntılı veriler sunar. Ayrıca deneysel akışkan dinamiğine göre daha az maliyetlidir ve sonuca daha hızlı ulaşılır [63].

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonları 3 adımdan oluşur [64]; Ön işleme (pre-processing), hesaplama (computation) ve ard işleme (post-processing).

Ön işleme, probleme uygun geometrinin tanımlanması, katı modelleme yazılımları ile modelin oluşturulması, geometriye uygun hesaplama alanının belirlenmesi, yapısal veya yapısal olmayan çözüm ağının çözüm ağı üretme yazılımlarıyla oluşturulması ve oluşturulan çözüm ağının akış çözücüyeye uygun formatta hazırlanması işlemlerini içerir.

Hesaplama, uygun sayısal yöntemler, algoritmalar ve sınır koşullarının seçilmesi, çözüm ağı üzerinde akış çözücüler kullanılarak hesaplamaların yapılması adımlarından oluşur.

Ard işleme adımı ise, hesaplama adımıyla elde edilen sayısal çözümün analiz edilmesi ard işlem yazılımları ile çizgi şekiller, eşdeğer eğrileri, üç boyutlu görüntü ve animasyonlar ile verilerin sunulması şeklinde gerçekleşir.

3.1. Kentsel Isı Adası ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

Literatürde kentsel ısı adası etkisini araştırmak için kullanılan iki simülasyon yöntemi mevcuttur. Bunlardan ilki Oke [65] tarafından geliştirilmiş olan kentsel kanopi

modelidir. Kentsel kanopi modeli, karşılıklı iki binayı içeren bir kentsel hacimden oluşur ve kentsel kanopi içindeki yüzeyler ve hava arasındaki sıcaklık değişimlerini inceler. Bu modelde bütün yüzeyler birbirlerine elektrik düğümleri gibi bağlanmıştır ve her bir düğüme, yüzeyler için oluşturulan enerji dengesi eşitliği uygulanarak, yüzeylerin sıcaklık ve nem değerleri için matrisler oluşturulur. Bu matrislerin çözülmesiyle sıcaklık ve nem değerleri belirlenir. Bu modelin en büyük eksikliği, rüzgar hızını hesaplamalar içine dahil etmemesidir. Rüzgar hız ve yön etkisinin ve kentsel ortamda oluşacak olan akış şemasının oluşturulabilmesi için rüzgar etkisinin sıcaklık alanından ayrılıp, kontrol hacmine ayrı bir veri olarak eklenmesi gerekmektedir.

Kentsel ısı adası etkisini simülasyon yöntemiyle araştıran diğer bir yöntem ise hesaplamalı akışkanlar dinamiğidir. Bu yöntemde, kentsel kanopi modelinde olduğu gibi rüzgar ve sıcaklık etkisi ayrı ayrı ele alınmaz. Aksine kentsel alan içindeki tüm akışkanlar için uygulanabilecek denklemler (kütle, momentum ve enerji) kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilir. Bu nedenle, HAD'nin kentsel kanopi modeline göre, kentsel ısı adası dağılımını daha etkin bir şekilde gösterdiğini söylemek mümkündür. Ancak HAD yönteminde, bir kentteki atmosfer olaylarının karmaşıklığına kentin kompleks yapısının da eklenmesi sonucu, teorik ve pratik olarak bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Pratikte ortaya çıkan problem, hesaplamalar yapılırken dikkate alınacak olan kontrol hacimlerinin veya bir şehri simüle etmek için gerekli olan düğüm sayısının belirlenmesi şeklindedir. Teorikte ortaya çıkan problem ise, şehir içinde meydana gelen olayların zamansal ve mekânsal çözünürlüğünün birbirini tutmamasıdır. Örneğin; atmosferik ve kanopi ölçeğindeki türbülans olayı aynı zaman ve mesafe ölçeğinde modellenemez. Bu nedenle HAD çalışmaları genellikle farklı ölçekte gruplandırılır. Kentsel ısı adası literatüründe iki ölçek kullanılır. Bunlar; Mezo-ölçek ve mikro-ölçektir [66].

3.1.1. Mezo-Ölçek

Mezo ölçek, mikro ölçek ile makro ölçek arasında yer alır. Makro ölçek alanlardan küçük, mikro ölçek alanlardan büyük alanları kapsar. Bölgelerin iklim özellikleri incelenirken bu ölçek kullanılır. Örneğin İç Anadolu Bölgesi için yapılacak iklim çalışmasında bu ölçek kullanılır [67]. Öte yandan iklimin kent üzerindeki etkisi ele alınacak olursa, makro ölçek kent bütününe kapsarken, mezo ölçek köy ya da mahalle düzeyini kapsamaktadır [68].

3.1.2. Mikro-Ölçek

Mikro ölçek çalışmaları, çoğu kez küçük ölçekli alanlardaki karşılaştırmalardır. Örneğin tepe ile vadi arasında veya şehir ve çevresi arasındaki değerlendirmeler bu ölçek kapsamında yapılan çalışmalardır. Mikro ölçek çalışmaları sırasında, alan aşırı derecede dar seçilebilir. Örneğin ağaçlık veya ormanlık bir alanın bir kenarı ile diğer kenarı arasındaki klimatolojik şartlar karşılaştırılabilir [67]. Mikro ölçek kent için ise, küçük bina gruplarını kapsayan bir alanın klimatolojik özelliklerini tanımlayan bir ölçek olarak değerlendirilebilir [68].

3.2. Akış Mekanizmaları

Türbülanslı akışlar zamanla değişen üç boyutlu ve düzensiz akışlardır. Literatürde, türbülanslı akışların hesaplamaları için çeşitli modelleme ve simülasyon metotları mevcuttur. Bunlardan bazıları, doğrudan sayısal benzeşim (DNS), büyük girdap benzeşimi (LES), Reynolds ortalama Navier-Stokes denklemleri (RANS), $k-\epsilon$ ve $k-\omega$ modelleri bunlardan bazılarıdır [69].

LES ve DNS'i kullanarak daha iyi bir yakınsama sağlanabilmesine rağmen, bu modellerin kullanılması hesaplama adımlarını arttırarak daha uzun bir çözüm sürecine neden olmaktadır. Bunun yerine kentsel ısı adası çalışmaları için RANS modeli kullanılarak daha hızlı sonuçlar elde edebilmek mümkündür. Bununla birlikte RANS modeli bina kanopilerinin içinde, özellikle canlı yaşamının olduğu yerlerde fiziksel olarak çok iyi bir performans gösteremez. Buna bağlı olarak, türbülans modelleme konusunun HAD simülasyonlarının en zayıf noktası olduğunu söylemek mümkündür [66].

Bu çalışmada, $k-\epsilon$ RNG modeli kullanılarak 4. Bölümde detayları verilen geçerlilik çalışması yapıldığı için, diğer bütün simülasyonlarda $k-\epsilon$ RNG türbülans modeli kullanılmıştır.

3.2.1. $k-\epsilon$ türbülans modelleri

Genel bir ifadeyle $k-\epsilon$ türbülans modelleri; Standart, RNG (Renormalized group) ve Realizable $k-\epsilon$ türbülans modelleri olarak üçe ayrılır. Bu üç türbülans modeli arasındaki

temel fark türbülans viskozitesinin hesabı, k ve ε denklemlerindeki prandtl sayısı ve ε denkleminde üretim ve kayıp terimlerine göre farklılık göstermesidir.

En basit ve temel iki denklemlilik türbülans modeli olan standart k - ε , iki ayrı taşınım denkleminin çözümüne imkan vermek suretiyle türbülans hız ve uzunluk ölçeğini saptamaya olanak sağlar. Launder ve Spalding [70] tarafından geliştirilen denklem mühendislik ve endüstri uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Standart k - ε türbülans modelinde akış tümüyle türbülanslı kabul edilir ve moleküler viskozitenin etkisi ihmal edilir. Bu nedenle standart k - ε türbülans modeli yalnızca tam türbülanslı akışlar için geçerlidir. Türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülans kinetik enerjisi kayıp oranı (ε) için ilgili taşınım ifadeleri denklem 3.1 ve 3.2’de verilmiştir [69].

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + G_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (3.2)$$

Bu denklemlerde, G_k (denklem 3.3) ortalama hız gradyanlarından dolayı türbülans kinetik enerji üretimini, G_b (denklem 3.4) sıcaklık farklarından dolayı oluşan yoğunluk değişimlerine bağlı olarak türbülans kinetik enerjisi üretimini göstermektedir.

$$G_k = -\overline{\rho u_i' u_j'} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (3.3)$$

$$G_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_i} \quad (3.4)$$

Standart k - ε türbülans modelinde türbülans veya girdap vizkozitesi μ_t , k ve ε ’un beraber göz önüne alınmasıyla şu şekilde hesaplanır.

$$\mu_t = \rho C_\mu \mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (3.5)$$

Burada C_μ bir katsayıdır. Bu sabitin ve diğer katsayıların değerleri deneysel çalışmalardan elde edilmiş olup, Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Standart k-ε türbülans modelinde kullanılan katsayıların değerleri [70]

$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	C_μ	σ_k	σ_ε
1.44	1.92	0.09	1.0	1.3

Denklem 3.4'te görülen Pr_t , enerji için türbülans Prandtl sayısı, g_i , i- yönündeki yerçekimi vektör bileşenidir. Standart k-ε ve Realizable k-ε türbülans modellerinde Pr_t sayısının değeri sabit olup 0.85'tir. RNG k-ε türbülans modelinde Pr_t sabit alınmayıp Denklem 3.5'teki gibi hesaplanır.

$$Pr_t = \frac{1}{\alpha} \quad (3.6)$$

Denklem 3.4'te verilen termal genleşme katsayısı β Denklem 3.7'de verilmiştir.

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right) \quad (3.7)$$

RNG k-ε türbülans modeli ise temelde standart k-ε modeline benzer. Oldukça geniş istatistiksel teknikler kullanılarak çıkarılmış olan RNG k-ε aşağıdaki iyileştirmeleri içermektedir.

- Türbülans kinetik enerjisi denkleminde hızlı değişen akışlarda daha fazla doğruluk sağlayan ilave terimler içerir.
- Dönmenin türbülans üzerindeki etkisi RNG modelinde göz önüne alınmıştır. Bu özellikle dönen akışlarda RNG modelini daha uygun kılar.
- Türbülans Prandtl sayısı için analitik ifade sağlar. Oysaki Prandtl sayısı, standart k-ε modelinde sabit alınmaktadır.
- Standart k-ε modeli yüksek Reynolds sayılı türbülans modeli iken, RNG k-ε türbülans modeli düşük Reynolds sayılı akışlarda sözkonusu olan efektif viskozite için analitik olarak çıkarılmış diferansiyel formüller sağlar.

Bütün bu özellikler RNG k-ε türbülans modelini standart k-ε türbülans modeline göre daha güvenilir kılar. RNG k-ε türbülans modelinde türbülans kinetik enerjisi ve kayıp oranı sırasıyla Denklem 3.8 ve 3.9'da verilmiştir.

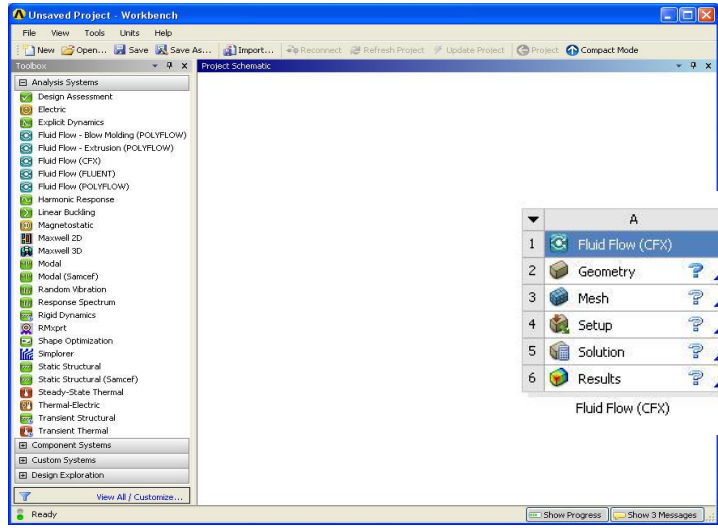
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}(\alpha_k \mu_{ef} \frac{\partial k}{\partial x_j}) + G_k + G_b - \rho \varepsilon \quad (3.8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\alpha_\varepsilon \mu_{ef} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + G_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (3.9)$$

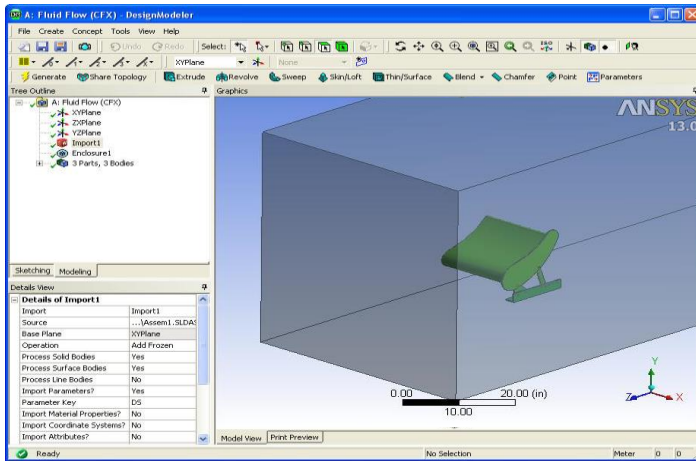
3.3. Sayısal Metot

Bu çalışmada, sonlu hacimler yöntemini kullanan bir HAD yazılımı olan Fluent kullanılmıştır. Fluent yazılımı 1983'ten beri dünyada birçok endüstri dalında kullanılmakta olup, en çok tercih edilen HAD yazılımı konumundadır. Sahip olduğu ileri çözücü teknolojisi ve bünyesinde barındırdığı değişik fiziksel modeller sayesinde, laminar, geçişsel ve türbülanslı akışların iletim taşınım ve radyasyon ile ısı geçişini içeren problemlerine, kimyasal tepkimeleri içeren problemlere, yakıt pilleri, akustik akış kaynaklı gürültü, çok fazlı akışları içeren problemlere hızlı ve güvenilir çözümler üretebilme yeteneğine sahiptir [71].

Bu çalışmada, Fluent programı Ansys Workbench'e entegre biçimde kullanılmıştır. Ansys Workbench platformu, ileri simülasyon teknolojisinin üstün bilgi birikiminin üzerine kurulmuş bir sistemdir. Kullanıcının tüm simülasyon işlerini sürükle-bırak basitliğiyle tek ekranda yapmasını sağlar. Workbench ekranı ile simülasyonla çalışma şekli oldukça kolaylaşmaktadır. Projeler akış şeması şeklindeki bir diyagramda, bağlı sistemler halinde şekilsel olarak gösterilir. Soldaki araç kutusundan istenen analiz sistemi, sürüklenir ve proje şemasına kolayca bırakılır (Şekil 3.1). Bu çalışmada, Fluent programı Workbench'te, katı model oluşturmak için kullanılan ve güçlü bir geometri düzeltme ve oluşturma aracı olan Ansys Design-Modeler ve gelişmiş sayısal ağ oluşturma aracı olan Ansys Meshing ile entegre kullanılmıştır. Sonuç analizleri için ise, CFD-Post aracı kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Workbench ara yüzü



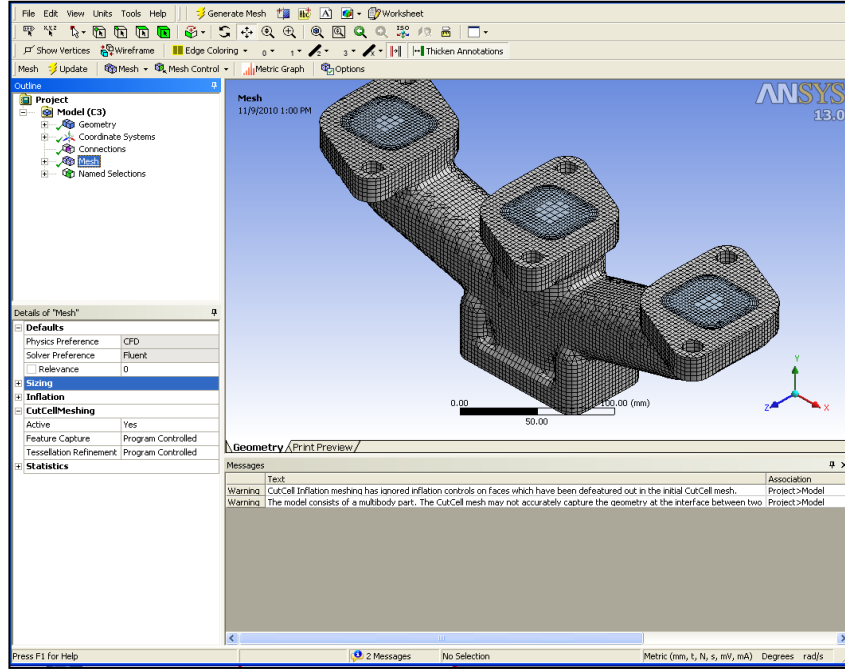
Şekil 3.2. Design Modeler ara yüzü

3.3.1. Katı Model Oluşturma Aracı (Ansys Design Modeler)

Bütün simülasyonlar, başlangıçta bir tasarımı temsil eden bir geometri ile başlar. Simülasyonda kullanılacak geometri design modeler ile sıfırdan modellenebileceği gibi, bir CAD yazılımından da alınabilir. Design modeler, sıfırdan kompleks geometriler oluşturabilmek için güçlü araçlara sahiptir. İki boyutlu şekiller üç boyutlu hale getirilebilir ve katı objelerin üzerinde değişiklikler yapılabilir (Şekil 3.2).

Hazır bir CAD modeli ise, simülasyonda gerekmeyen ufak ayrıntılar içeren kompleks geometrilerden oluşur. Bu kadar detaylı modelleri simüle etmek analiz süresini

arttırır. Design modeller analiz süresini azaltmak için, geometri üzerinde, yuvarlatma temizleme, simetri ayırımı, akış ortamının oluşturulması, ufak alan bulma ve temizleme, boşluk doldurma ve geometri tamiri gibi olanaklar sağlar [72].

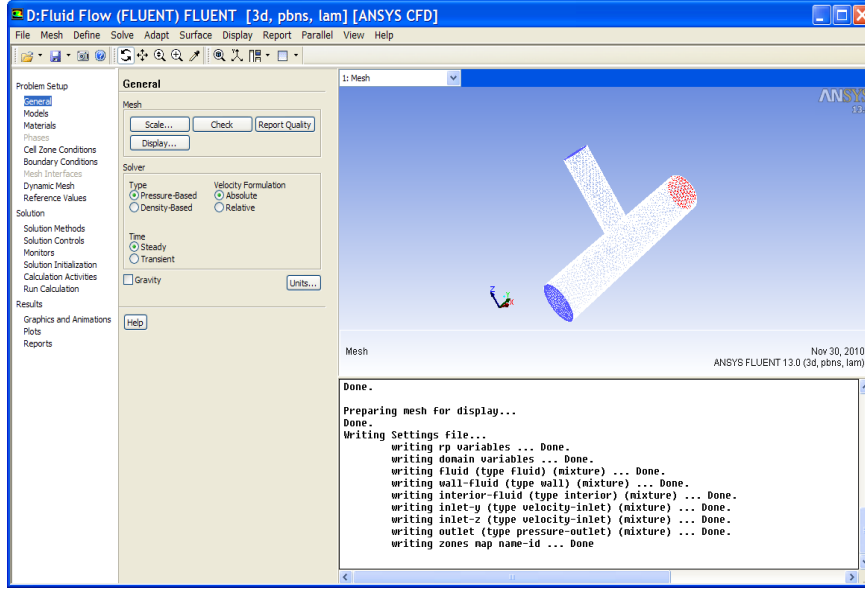


Şekil 3.3. Ansys Meshing ara yüzü

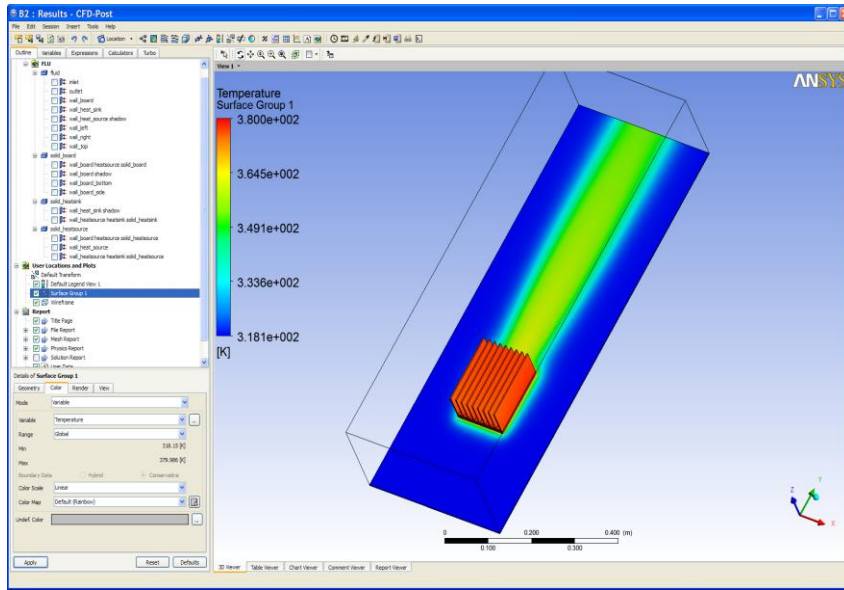
3.3.2. Sayısal Ağ Oluşturma Aracı (Ansys Meshing)

Ağ oluşturma simülasyonun performansı açısından en önemli aşamalarından biridir. Oluşturulan ağ hücrelerinin sayısı ve boyutu simülasyon süresini etkiler. Fazla eleman sayısı simülasyon süresinin artmasına neden olurken, az eleman sayısı ise sağlıklı sonuçlar verebilir. Ayrıca farklı fizik dalları, farklı ağ oluşturma yaklaşımları gerektirir. Örneğin CFD simülasyonlarında, hem eleman şekli hem de boyutu açısından yüksek kalitede bir ağ yapısı istenir.

Şekil 3.3'te Ansys Meshing arayüzü görülmektedir. Ansys meshing ile, otomatik olarak simülasyon için en doğru ağ yapısının oluşturulması mümkündür. Tetrahedral, Hexahedral, Prizmatik şişkin tabaka, Hexahedral çekirdek ve cartesian uyumlu katı şeklinde ağ oluşturma çeşitleri oluşturulabilir.



Şekil 3.4. Fluent çözücüsü ara yüzü



Şekil 3.5. CFD post içinde işlenmiş bir analiz sonucu ve cfd post ara yüzü

3.3.3. Fluent Yazılım Çözücüsü (Ansys Fluent)

Katı modelleme ve ağ oluşturma işlemleri tamamlandıktan sonra, data fluent çözücüsüne aktararak hesaplama kısmına geçilmiş olunur. Burada problem için uygun sınır şartları belirlenip, gerekli algoritma ve sayısal yöntemler seçilerek sonuçlar alınmaya başlanır. Devam eden bir işlem durdurulup müdahale edilebilir veya biten bir işlem sınır

şartlarında veya hesaplama yönteminde değişiklik yapılarak tekrar başlatılabilir. Kullanıcı tanımlı fonksiyonların kullanılabilmesi, hazır durumdaki modellerin kapsamlı bir şekilde değiştirilmesine olanak sağlar. Şekil 3.4'te fluent çözücüsüne ait bir ara yüz görülmektedir.

3.3.4. Son İşleme (Ansys CFD-Post)

HAD simülasyonlarında, akış alanının çözümünden yararlanabilmek için, dataların işlenmesi başka bir deyişle son işleme tabi tutulması gerekir. CFD Post, simülasyon sonuçlarını görselleştirmek ve analiz etmek için gereken her özelliği içerir [72].

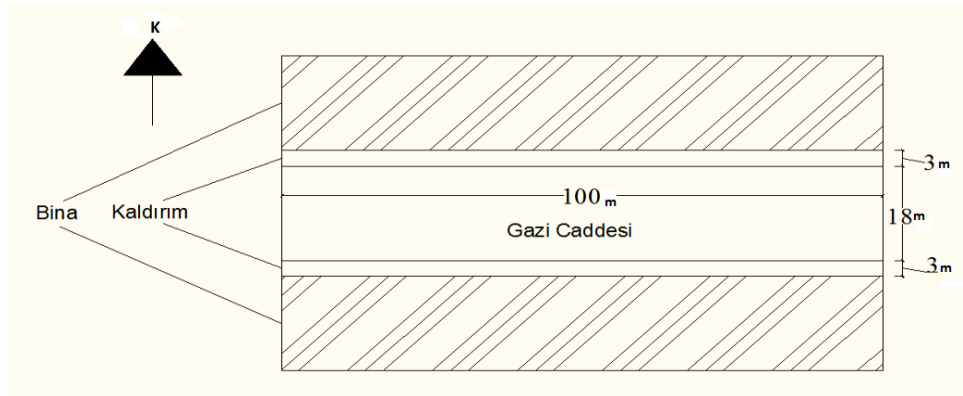
CFD Post kullanıcılara çözüm görselleri oluşturmaları için gerekli tüm araçları sağlar. Modern ve basit bir kullanıcı ara yüzüne sahiptir. Vektör çizimlerinden akış çizgilerine, vorteks görüntülemelerden akış animasyonlarına kadar kullanıcılarına geniş analiz olanakları sağlar (Şekil 3.5).

4. HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ VE ISI TRANSFERİ KULLANILARAK KENTSEL ISI ADASI POTANSİYELİNİN HESAPLANMASI

Tez çalışmasının uygulama kısmıyla ilgili hesaplamaları içeren bu bölümde, HAD analizinin geçerliliği için yapılan çalışma ve bu geçerlilik çalışması ile belirlenen sınır şartları birlikte sunulmuştur.

4.1. Çözümün Geçerliliği

Bu çalışmada Elazığ'da yer alan bazı kentsel alanlar için kentsel ısı adası potansiyeli, ticari bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı olan Ansys Fluent kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanılarak yapılan bir simülasyonun geçerliliğinin olabilmesi için, simülasyon sonuçlarının en az bir dizi ölçüm sonucuyla örtüşmesi gerekmektedir [73]. Bu çalışmada kullanılan simülasyon modelinin geçerliliğinin kanıtlanması için, ölçülen ve simülasyonla tahmin edilen yüzey sıcaklıkları karşılaştırılmış ve programın geçerliliği ispatlanmaya çalışılmıştır. Bunun için, Elazığ'ın en işlek ve yoğun yerleşim alanlarından biri olan Gazi Caddesi'nin bir kısmı kullanılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Simülasyon için kullanılan alan geometrisi

Geçerlilik çalışması için, 21 Mart 2007'de Gazi Caddesi'nde yapılan yüzey sıcaklığı ölçümleri kullanılmıştır [74]. Ölçümler, "Flir" marka bir termal kamera ile 08.00-16.00 arasında yapılmış olup, çekilen görüntülerin analizi için ise, "Thermacam Reporter"

programını kullanılmıştır [75]. Fotoğraf analizleri yapılırken, bina yüzeyi, cadde ve yüzeyi kaplanmış kaldırım olmak üzere bazı kentsel elemanların yüzey sıcaklıkları belirlenmiştir. Hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönü gibi meteorolojik veriler 21 Mart 2007 tarihi için Devlet Meteoroloji İşleri'nin TÜMAS veri sisteminden elde edilmiştir.

21 Mart 2007 için Gazi Caddesi üzerinde seçilen bir çalışma alanı için sürekli rejimde yapılan simülasyon sonucunda, saat 12.00 için bina cepheleri, kaldırımlar ve cadde için tahmin edilen yüzey sıcaklık değerlerinin ölçülen değerlere %0.44- 2.56 arasında değişen değerlerle fark göstermiştir. Yakınsama değerlerinin bu aralıkta olması çalışmanın geçerliliğini kabul edilebilir kılmaktadır. Geçerlilik çalışmasında kaldırımlar beton karo, cadde asfalt ve duvarlar sıva üzeri açık renk boyalı olarak kabul edilmiştir. Kaldırım için ışıyım yutma (α) ve yayma (ϵ) katsayısı sırasıyla 0.6 ve 0.7 olarak alınırken cadde için her ikisi de 0.93 olarak alınmıştır [76]. Tablo 4.1'de ölçülen ve simülasyon sonucunda elde edilen yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

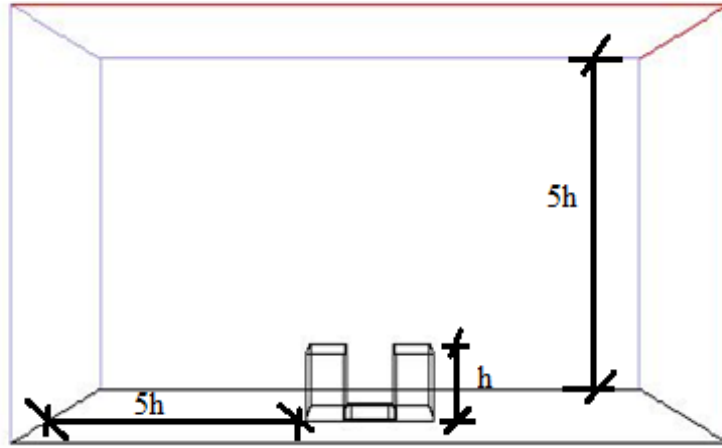
Tablo 4.1. Geçerlilik çalışması sonucunda elde edilen yüzey sıcaklık değerleri.

	Kuzey Yönelimli Duvar (K)	Kaldırım 1 (K)	Cadde (K)	Kaldırım 2 (K)	Güney Yönelimli Duvar (K)
Simülasyon	295.49	291.62	292.27	292.78	298.76
Ölçülen	289.3	289	290.2	291.5	291.1
Fark %	2.09	0.90	0.71	0.44	2.56

4.2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Simülasyonu

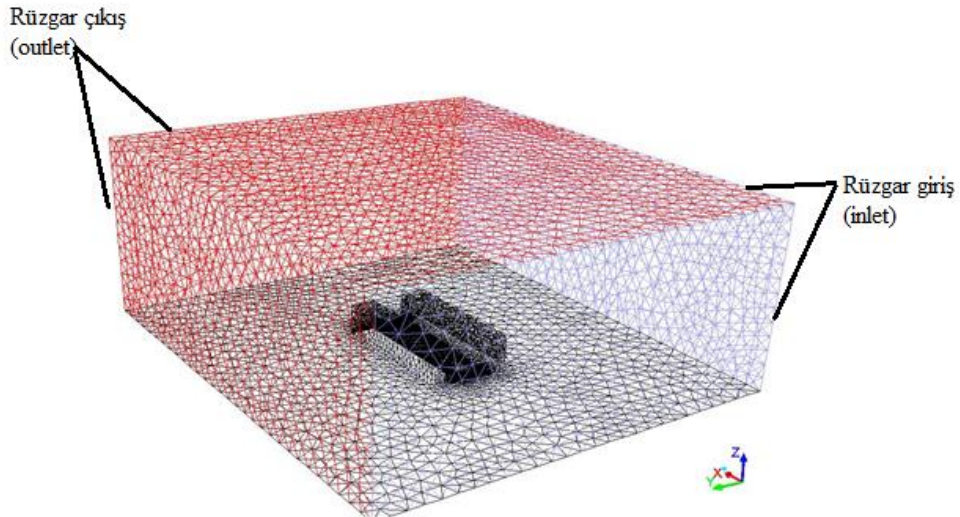
4.2.1. Model Tanımı

Uygun çalışma alanı boyutlarının belirlenmesi, katı modelin uygun sayıda ve boyutta ağ hüccresine bölünmesi bir simülasyonun geçerliliğini etkileyen önemli parametrelerdir. Bu çalışmada, kentsel alan, Ansys Fluent ticari programı içinde yer alan katı modelleme programı ile üç boyutlu olarak modellenmiş, daha sonra ağ hüccreslerine ayrılmıştır. Çalışma alanı olarak kübik bir hava hacmi kullanılmış olup, boyutları yatayda



Şekil 4.2. Üç boyutlu model için modellenen kübik hava hacmi

ve düşeyde bina yüksekliğinin 5 katı olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.2) [56]. Uygun ağ hücresi sayısının ve boyutunun belirlenmesi ise geçerlilik çalışmasında yapılan denemeler ile belirlenmiştir. Geçerlilik çalışmasında modellenen kentsel alan için 130x130x130 m boyutlarında bir hava hacmi ve yaklaşık 280000 tetrahedral ağ hücresi kullanılmıştır. Ağ hücresi kalitesi için, hücre yamukluğu baz alınır, bütün simülasyonlarda 0.83 olarak sağlanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Ağ hücrelerine ayrılan çalışma modeli (Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 14.00)

4.2.2. Hesaplama Modelleri

Bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı olan Ansys Fluent, simülasyonlar için bazı genel denklemler kullanır. Sonlu hacim metoduna dayanan Fluent çözücüsünün kullandığı kütle, momentum, enerji vs. taşınım denklemleri sonlu farklılaştırılır. Akışı ve ısı transferini yöneten genel denklemler aşağıda sunulmuştur [77].

Süreklilik;

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (4.1)$$

Momentum ;

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + v_t) \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] + \delta_{i3} g \beta (\bar{T} - T_a) - \frac{2}{3} \frac{\partial k}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho_a} S_{ui} \quad (4.2)$$

Enerji;

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(D_T + D_{Tt}) \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right] + \frac{1}{\rho_a c_p} S_T \quad (4.3)$$

Türbülanslı Enerji;

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + P_k + G_k - \varepsilon + \frac{1}{\rho_a} S_k \quad (4.4)$$

Enerji Dağılımı;

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (P_k + G_k) - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} + \frac{1}{\rho_a} S_\varepsilon \quad (4.5)$$

P_k , G_k ve v_t ise aşağıdaki biçimde tanımlanır;

$$P_k = \frac{v_t}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)^2 \quad (4.6)$$

$$G_k = -\frac{v_t}{c_p} g \beta \frac{\partial T}{\partial x_j} \delta_{j3} \quad (4.7)$$

$$v_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (4.8)$$

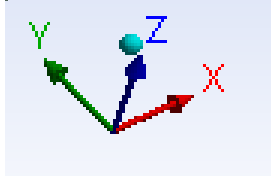
Güneşin yeryüzüne göre konumu ve güneş ışıını etkisi için, program içinde yer alan solar yük hesaplayıcı modülü kullanılmış olup, ışıınımla ısı transferi sonucu oluşan yansıma ve yutma olaylarının simülasyon içinde gerçekleştirilmesi ise “solar ray tracing” metodunu kullanan DTRM (Ayrık transfer radyasyon modeli) ile sağlanmıştır. Solar yük hesaplayıcı için Elazığ’a ait 39.14 kuzey enlemi ve 38.41 doğu boylamı ile +2 zaman dilimi verileri kullanılmıştır. Rüzgâr etkisi için “k-ε-RNG-standard wall function” türbülans modeli kullanılmıştır. Bütün simülasyonlar enerji denklemi için 10^{-5} olarak yakınsatılmıştır.

4.2.3. Sınır Şartları

Çalışma alanı olarak kabul edilen kübik hava hacmi için sınır şartları belirlenirken, meteorolojiden alınan rüzgâr hızı, yönü ve hava sıcaklığı değerleri kullanılmıştır. Bunun için son 5 yıla ait rüzgâr hızı, yönü ve hava sıcaklığı değerleri saatlik olarak alınıp, ortalama değerler hesaplanmıştır. Kentsel yüzeyler için ışıını yayma ve yutma katsayıları literatürden alınırken, yatay ve düşey yüzeyler için ısı taşınım katsayılarının hesaplanabilmesi için ortalama saatlik veriler kullanılmıştır.

Çevreden gelen uzun dalga radyasyon için, her bir simülasyon örneğinde, ilk olarak yüzeylerin sıcaklıkları hava sıcaklığına eşitlenerek bir simülasyon yapılmıştır. Bu simülasyondan elde edilen yüzey sıcaklığı değerleri kullanılarak ikinci bir simülasyon daha yapılmış, elde edilen yüzey sıcaklıkları IAP hesaplamasında kullanılmıştır [47]. Hesaplamalarda kentsel elemanların ortalama alan ağırlıklı yüzey sıcaklıkları kullanılmıştır.

Program içinde kullanılan koordinat sisteminde X vektörü doğu yönünü, Y vektörü ise kuzey yönünü gösterecek şekilde kabul edilmiştir (Şekil 4.4). Buna göre ana yönlerden gelen rüzgâr girişi için kübik hacmin ilgili yönü gösteren yan yüzeyi sınır olarak belirlenirken, ara yönler için rüzgâr girişinin iki bileşke yöne bakan yan yüzeylerden olduğu kabul edilmiştir.



X: Doğu
Y: Kuzey

Şekil 4.4. Koordinat sisteminde Kuzey ve Doğu yönlerinin yerleştirilmesi

4.3. Kentsel Yüzeyler İçin Isı Dengesi Denklemlerinin Oluşturulması

Bu çalışmada, kentsel yüzeylerin (bina cepheleri, kaldırımlar, cadde ve çatılar) radyasyon ve taşınım ile ısı transferinin etkisinde kaldığı kabul edilmiştir. Yüzeylerin pürüzlülük özellikleri ihmal edilmiştir. Her bir yüzey için oluşturulan ısı dengesi hesaplamaları Denklem 4.9 ile mümkün olmaktadır [47].

$$R_{SD} + R_{UD} + Q_H = 0 \quad (4.9)$$

Burada, R_{SD} net solar radyasyon, R_{UD} çevreden gelen net uzun dalga radyasyon ve Q_H hissedilir ısı akısı değerlerini vermektedir.

$$R_{SD} = \alpha_y (\cos\theta I_{ed} + F_{gk} I_{ey} + I_{ya}) \quad (4.10)$$

I_{ed} , I_{ey} ve I_{ya} , (W/m^2) sırasıyla yüzeye gelen direk, yayılı ve yansıyan güneş ışınımı şiddeti değerlerini vermektedir ve hesaplanma yöntemleri Bölüm 4.3.1’de detaylı olarak yer almaktadır. α_y , yüzeyin ısıtım yutma katsayısı, $\cos\theta$ yüzeye güneş geliş açısı ve F_{gk} ise yüzeyin gökyüzü görüş faktörü değerini verir. Net uzun dalga radyasyon (R_{UD}) ise, çevredeki cisimlerden yüzeye gelen ısıtım miktarı (R_{cev}) ve atmosferik radyasyonun (R_a) toplamından oluşur [47].

$$R_{UD} = F_{gk} R_a + R_{cev} - \varepsilon_y \sigma T_y^4 \quad (4.11)$$

$$R_{cev} = \varepsilon_y \sum_{i=1}^n F_i \varepsilon_{cevi} \sigma T_{cevi}^4 \quad (4.12)$$

ϵ_y , yüzeyin ışınlım yayma oranını, F_i ışınlım gelen yüzeye göre diğer yüzeylerin şekil faktörü değerini, ϵ_{cevi} , ve T_{cevi} ise sırasıyla çevredeki yüzeylerin ışınlım yayma oranını ve yüzey sıcaklığı değerlerini ifade etmektedir.

Atmosferik radyasyon (R_a) ,

$$R_a = \epsilon_y \sigma T_h^4 (a + b\sqrt{e}) \quad (4.13)$$

şeklinde hesaplanır [47]. Bu denklemde a ve b katsayılarıdır [78]. e (pa) ise, havanın bağıl nem oranını ifade etmektedir.

Yüzeye taşınım ile etki eden hissedilir ısı akısı Q_H ise denklem (4.15) nolu eşitlik ile hesaplanır [47].

$$Q_H = h_c(T_h - T_y) \quad (4.14)$$

Bu çalışmada Loveday ve Taki [79] tarafından h_c değerlerini hesaplayabilmek için öne sürülen matematiksel ifadeler kullanılmıştır. Buna göre,

$$h_c = 16.21 V_s^{0.452} \quad (4.15)$$

olarak hesaplanır. Yatay yüzeyler için;

$$V_s = V_w$$

olarak alınır. Düşey yüzeyler için ise bina yüzeyine önden gelen rüzgâr geliş açısının 20-160° olması durumunda;

$$V_s = 0.68 V_w - 0.5 \quad (4.16)$$

eşitliği kullanılır. Rüzgâr geliş açısının diğer yönlerde olması durumunda ise;

$$V_s = 0.157 V_w - 0.027 \quad (4.17)$$

eşitliği kullanılır. Burada V_w (m/s) ölçülen rüzgâr hızı değeridir ve V_s (m/s) yakın yüzey rüzgar hızıdır.

Kentsel ısı adası potansiyeli, kentsel ısı adası büyüklüğünü, kentsel elemanların yüzey sıcaklıklarına ve yüzey alanlarına bağlı olarak tanımlayan bir parametredir ve (4.18) numaralı formül kullanılarak hesaplanır [47,48]

$$IAP = \frac{\sum(T_y - T_h)d_y}{A} \quad (4.18)$$

Burada IAP ısı adası potansiyelini ($^{\circ}\text{C}$), T_y yüzey sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), T_h meteorolojiden alınan hava sıcaklığı değerini ($^{\circ}\text{C}$), d_y yüzey alanını (m^2) ve A ise IAP'si hesaplanacak kentsel alanın taban alan miktarını (m^2) gösterir.

4.3.1. Şekil Faktörü Bağlılıları

İki veya daha fazla yüzey arasında ışınlımla ısı geçişi söz konusu olduğu zaman, bu geçiş yüzeylerin geometrilerine ve konumlarına bağlı olarak da değişir. Bu çalışmada her bir yüzey için ısı dengesi hesaplamaları yapılırken, yüzeylerin birbirine göre ve gökyüzüne göre şekil faktörleri hesaplanmıştır. Birbirine paralel (karşılıklı duvar cepheleri) iki yüzey için şekil faktörü hesaplanırken aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır [80].

$$\begin{aligned} \bar{X} &= X/L, \quad \bar{Y} = Y/L \\ F_{ij} &= \\ \frac{2}{\pi \bar{X} \bar{Y}} &\left\{ \ln \left[\frac{(1 + \bar{X}^2)(1 + \bar{Y}^2)}{1 + \bar{X}^2 + \bar{Y}^2} \right]^{\frac{1}{2}} + \bar{X}(1 + \bar{Y}^2)^{\frac{1}{2}} \tan^{-1} \frac{\bar{X}}{(1 + \bar{Y}^2)^{\frac{1}{2}}} + \bar{Y}(1 + \bar{X}^2)^{\frac{1}{2}} \tan^{-1} \frac{\bar{Y}}{(1 + \bar{X}^2)^{\frac{1}{2}}} - \right. \\ &\left. \bar{X} \tan^{-1} \bar{X} - \bar{Y} \tan^{-1} \bar{Y} \right\} \end{aligned} \quad (4.19)$$

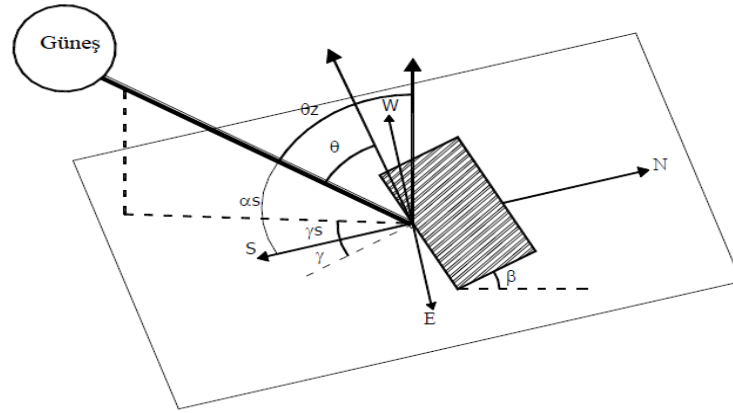
Ortak kenarları olan ve birbirine dik dikdörtgen iki yüzey için ise (bina cephesi-cadde veya bina cephesi-kaldırım) 4.20 eşitliği kullanılmıştır [80].

$$H = Z/X, \quad W = Y/X$$

$$F_{ij} = \frac{1}{\pi W} \left(W \tan^{-1} \frac{1}{W} + H \tan^{-1} \frac{1}{H} - (H^2 + W^2)^{\frac{1}{2}} \tan^{-1} \frac{1}{(H^2 + W^2)^{\frac{1}{2}}} + \right. \\ \left. \frac{1}{4} \ln \left\{ \frac{(1+W^2)(1+H^2)}{1+W^2+H^2} \left[\frac{W^2(1+W^2+H^2)}{(1+W^2)(W^2+H^2)} \right]^{W^2} X \left[\frac{H^2(1+H^2+W^2)}{(1+H^2)(H^2+W^2)} \right]^{H^2} \right\} \right) \quad (4.20)$$

4.4. Güneş Işınımı Bağlıları

Yerküre üzerindeki bir düzlem yüzeyle, güneş ışınimleri arasındaki geometrik ilişkiyi belirleyen açılar, “yer-yüzey-güneş açıları” olarak adlandırılırlar (Şekil 4.5) [81]. Bilindiği gibi, güneş ısımları yerkürenin yüzeyine, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki değişik yoldan gelir. Eğer güneş ışınları, atmosfer içinde hiçbir sapmaya uğramadan yeryüzüne gelirlerse buna doğrudan güneş radyasyonu, eğer atmosfer içinden geçerken yönlerini ya yansıma ya da saçılma nedeniyle değiştirip yeryüzüne ulaşırlarsa buna da yaygın radyasyon denir [82].



Şekil 4.5. Yatay koordinat sisteminde türetilen güneş açıları

Verilen herhangi bir zamanda, yeryüzünde herhangi bir yerde, verilen yatay ile eğimi herhangi bir değer alan ve herhangi bir yöne bakan eğik bir düzleme gelen güneşin geliş açısı Benford ve Bock' e göre aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanabilir [83].

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \quad (4.21)$$

Burada θ eğik düzlemin normali ile direk güneş ışınımı arasındaki açı olup, güneş gelis açısı olarak adlandırılır. δ , deklinasyon açısı diye adlandırılır ($-23.45^\circ < \delta < +23.45^\circ$ arasında değerler alır). Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Deklinasyon açıları astronomlar tarafından ölçülür ve bu ölçülen değerlere en yakın değerleri veren bağıntı 1969' da Cooper tarafından verilen ampirik denklemdir. n , 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere deklinasyon açısı δ aşağıdaki gibidir.

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (4.22)$$

ϕ , coğrafi enlem dairesidir. Yerküre üzerinde herhangi bir yerde bulunan gözlemcinin olduğu yerde, yerküreye teğet olan bir düzlem alınırsa ve bu düzleme gözlemcinin olduğu noktada dik olan bir doğru düşünülüğünde bu doğrunun yerkürenin ekvator düzlemi ile yaptığı açı, gözlemcinin bulunduğu yerin enlem dairesidir. β , yatayla yüzeyin yaptığı eğim açısıdır ve değişim aralığı $0^\circ < \beta < 180^\circ$ arasındadır. Yatay bir yüzey için $\beta = 0$ ve dik bir yüzey için $\beta = 90^\circ$ dir. $\sum$, güneş yükseklik açısı, direk güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır.

Yükseklik açısı zenit açısını 90° ye tamamlar. Böylece $\sin \beta = \cos \theta_z$ olur. γ , yüzey azimut açısı, yüzeyin düşeyinin yerel boylama göre sapmasını gösteren açıdır. Dolayısıyla eğik düzlemin yatay düzlem içinde konumunu verir. Güneye bakan bir eğik düzlem için $\gamma = 0^\circ$ dir. Güneyden doğuya doğru, kuzeye kadar negatif (-) ve güneyden batıya doğru, kuzeye kadar pozitif (+) alınır, yani $-180^\circ < \gamma < +180^\circ$ değerlerini alır. γ_s , güneş azimutu, yatay bir düzlem üzerinde direk ışınımın izdüşümünün güneyden itibaren açısal yer değiştirmesidir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \beta} \quad (4.23)$$

α_s , yüzey güneş azimutudur ve $\alpha_s = \gamma_s \pm \gamma$ ile hesaplanır. Güneyden itibaren doğuya bakan duvarlar için;

$$\alpha_s = |(\gamma_s - \gamma)| \quad (\text{sabah saatleri için})$$

$$\alpha_s = |(\gamma_s - \gamma)| \quad (\text{öğlen saatleri için})$$

Güneyden itibaren batıya bakan duvarlar için;

$$\alpha_s = |(\gamma_s + \gamma)| \quad (\text{sabah saatleri için})$$

$$\alpha_s = |(\gamma_s + \gamma)| \quad (\text{öğlen saatleri için})$$

ω , saat açısı olarak tanımlanır, her 15 derece bir saate eşdeğerdir. Yerkürenin kendi eksenini etrafında dönmesinden kaynaklanır. Güneş öğlesinde $\omega = 0^\circ$ dir. Saat açısı, öğleden evvel negatif (-), öğleden sonra pozitif (+) olarak alınır ve ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\omega = 15(GS - 12) \quad (4.24)$$

Burada GS güneş saatidir. Güneş doğuş ve batış saat açısı da aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\cos \omega_s = -\frac{\sin \delta \sin \phi}{\cos \delta \cos \phi} = -\tan \delta \tan \phi \quad (4.25)$$

θ_z , zenit açısı olup direk güneş ışınımının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Diğer bir deyişle güneş ışınımının yatay düzleme geliş açısıdır ve denklem (4.26) ile tanımlanır. Yatay düzleme güneş ışınları dik geldiği zaman $\theta_z = 0^\circ$ dir ve güneşin doğuşunda ve batışında $\theta_z = 90^\circ$ olur.

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos \phi \cos \omega + \sin \delta \sin \phi \quad (4.26)$$

4.4.1. Güneş Işınımı Hesaplaması

4.4.1.1. Atmosfer Dışında Yatay Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı

Yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının bulutsuz bir günde aylık ortalama tüm güneş ışınımına oranının izafi güneşlenme süresinin bir fonksiyonu olarak lineer değiştiği

ilk defa 1924 yılında Angstrom tarafından araştırılmıştır. Page [84] tarafından bulutsuz bir günde gelen güneş ışınlamı yerine atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınlamı esas alınmıştır. Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışınlamı Q, atmosfer dışında yatay birim düzleme gelen güneş ışınlamı Q₀, günlük güneşlenme süresi t ve gün uzunluğu t₀ olmak üzere yeniden düzenlenmiş olan Angstrom denklemi;

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (4.27)$$

şeklindedir. T, güneşlenme süresi Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmektedir. Çeşitli kaynaklarda, çok sayıda farklı ampirik bağıntı bulunmaktadır. Ancak (4.19) eşitliği, pratik olarak Türkiye için daha kullanışlıdır. Eşitlik (4.29 ve 4.30) 'daki a ve b katsayıları tüm güneş ışınlamı ve güneşlenme süresi verilerine bağlı olarak istatistik metotlarla tayin edilmektedir. a ve b katsayıları için;

$$a = 0.103 + 0.000017z + 0.198 \cos(\phi - \delta) \quad (4.28)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\phi - \delta) \quad (4.29)$$

eşitlikleri kullanılabilir.

4.4.1.2. Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı

Anlık tüm güneş ışınlamı, günlük toplam güneş ışınlamına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Anlık tüm güneş ışınlamının (I_a), günlük tüm güneş ışınlamına (Q) oranı (r_t=I_a/Q), gün boyunca anlık tüm güneş ışınlamının değişimi eksponansiyel ve sinüzoidal değişimler birlikte göz önüne alınarak aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\psi = \exp \left\{ -4. \left(1 - \frac{|\omega|}{\omega_s} \right) \right\} \quad (4.30)$$

$$r_t = \frac{I_a}{Q} = \frac{\pi}{4t_0} = \left\{ \cos \left(\frac{180\omega}{2\omega_s} \right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot (1 - \psi) \right\} \quad (4.31)$$

4.4.1.3. Yatay Düzleme Gelen Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Günlük direkt veya yayılı güneş ışınımının hesaplanabileceği tüm güneş ışınımının fonksiyonu olan çok sayıdaki amprik bağıntılarda, genellikle yayılı ışınım oranı (yatay düzleme gelen yayılı ışınımın tüm güneş ışınımına oranı),

$$K_y = Q_y/Q \quad (4.32)$$

Berraklık indeksinin (yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının atmosfer dışına gelen ışınımına oranı),

$$K_t = Q/Q_0 \quad (4.33)$$

veya izafi güneşlenme süresinin (t/t_0) bir fonksiyonu olarak verilmektedir.

Yayılı ışınım oranının $K_y = Q_y/Q$, berraklık indeksi $K_t = Q/Q_0$ ile değişimi konusunda ilk çalışma Liu ve Jordan tarafından 1960 yılında yapılmış ve yayılı ışınım oranının berraklık indeksi ile değişimi bir diyagram ile verilmiş, daha sonra 1977'de Klein tarafından bu değişim üçüncü dereceden bir polinom ile [85],

$$K_y = 1.390 - 4.027K_t + 5.531K_t^2 - 3.108K_t^3 \quad (4.34)$$

şeklinde ifade edilmiştir.

4.4.1.4. Yatay Düzleme Gelen Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Uzun yıllar ortalamasında, bir anda birim düzleme gelen anlık ortalama yayılı ışınımın (I_y) günlük yayılı toplam ışınımına (Q_y) oranı (r_y) genellikle atmosfer dışında yatay düzleme bir anda gelen ışınımın (I_0) atmosfer dışında bir gün boyunca gelen ışınımına (Q_0) oranına eşit alınmaktadır. Buna göre,

$$r_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{I_0}{Q_0} \quad (4.35)$$

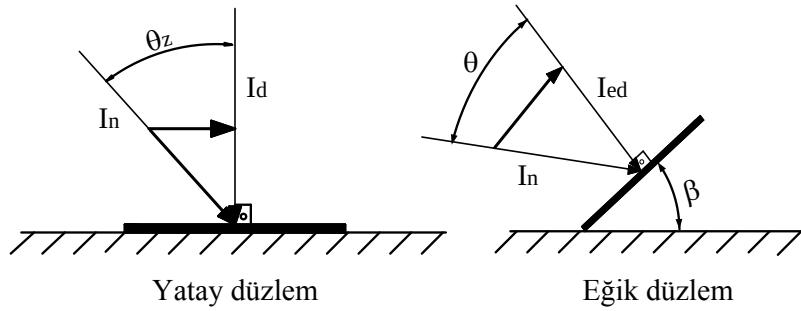
$$r_y = \frac{\pi}{24} \left\{ \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi}{180} \omega_s \cos \omega_s} \right\} \quad (4.36)$$

eşitliği elde edilir. Anlık direkt güneş ışıınıımı ise eşitlik (4.37) ile hesaplanır.

$$I_d = I_a - I_y = r_t Q - r_y Q_y \quad (4.37)$$

4.4.1.5. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Direkt Güneş Işınıımı

Yerküre üzerinde herhangi bir yerde, herhangi bir zamanda ve herhangi bir konumda bulunan eğik bir düzlem ile aynı yer aynı zamanda yatay bir düzlem üzerine gelen anlık direkt güneş ışıınıımı bileşenleri Şekil 4.6'da gösterildiği gibidir. Güneş ışıınıımına dik birim düzleme gelen güneş ışıınıımı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.



Şekil 4.6. Yatay ve eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışıınıımı

$$I_n = I_{gs} f \quad (4.38)$$

Burada I_{gs} ($=1353 \text{ W/m}^2$) güneş sabitidir. f güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$f = 1 + 0.033 \cos \left(360 \frac{n}{365} \right) \quad (4.39)$$

Güneş ışıınıımının eğik düzleme geliş açısı θ , zenit açısı θ_z olmak üzere sırasıyla yatay ve eğik düzlemlere gelen direkt güneş ışıınıımı miktarları aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilmektedir.

$$I_d = I_n \cos \theta_z \quad (4.40)$$

$$I_{ed} = I_n \cos \theta \quad (4.41)$$

Bu iki eşitlik birbiri ile oranlandığında ise,

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4.42)$$

şeklinde yazılabilir. Güneş ışıınının, herhangi bir yüzeye geliş açısı için (4.12) ve zenit açısı için (4.17) denklemleri ile güney kuzey doğrultusuna dönük yüzey ($\gamma = 0$) için;

$$R_d = \frac{\cos(\phi-\beta).\cos \delta.\cos \omega + \sin(\phi-\beta).\sin \delta}{\cos \phi.\cos \delta.\cos \omega + \sin \phi.\sin \delta} \quad (4.43)$$

denklemleri elde edilir. Dik yüzeyler için ($\beta=90^\circ$) ise aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_d = \frac{\cos \delta.\sin \phi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta.\sin \gamma.\sin \omega - \sin \delta.\cos \phi.\cos \gamma}{\cos \phi.\cos \delta.\cos \omega + \sin \phi.\sin \delta} \quad (4.44)$$

4.4.1.6. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı

Eğik bir düzlem üzerine gelen toplam ışıının; direkt ve yayılı güneş ışıınımları ile yansıyarak gelen ışıınımların toplanması ile elde edilir. Eğik düzleme gelen yayılı güneş ışıınımları,

$$I_{ey} = I_y \frac{1+\cos \beta}{2} \quad (4.46)$$

ile hesaplanır. Burada I_y eğik bir düzleme bir anda gelen yayılı ışıının ve β düzlemin eğimidir. Eğik düzlem üzerine yansıyarak gelen güneş ışıınımları miktarı ise yerin yansıtma oranı ρ_y ve yatay düzleme gelen tüm güneş ışıınımları olmak üzere,

$$I_{ya} = \rho_y I_a \frac{1-\cos \beta}{2} \quad (4.47)$$

ile hesaplanır. Çevrenin yansıtma oranı bitki örtüsü topoğrafik yapı ve kar durumu gibi çevresel ve iklimsel verilerden etkilenmektedir. Yerde kar olmayan bütün aylarda

yerin yansıtma oranının ortalama değeri olarak 0.2 sabiti kabul edilmektedir [86,87]. Bu çalışma için yapılan hesaplamalarda da yerin yansıtma oranı $\rho_y=0.2$ olarak seçilmiştir. Yeryüzünde ele alınan eğik bir düzlem üzerine gelen güneş ışınımı miktarı eğik düzlem üzerine gelen direkt, yayılı ve yansıyan ışınım miktarlarının toplamına eşittir:

$$I = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (4.48)$$

4.5. Trafik ve Bitki Etkisinin Simülasyonlara Dâhil Edilmesi

4.5.1. Trafik Etkisi

Trafik etkisi, şehir ortamını, ortaya çıkardığı emisyon ve araçlardan yayılan ısı miktarı nedeniyle olumsuz olarak etkilemektedir. Yol taşımacılığı sonucu ortaya çıkan emisyon, hava kirliliğinin oluşmasına neden olur. Atmosfere yayılan emisyon miktarı taşıt sayısının artmasına bağlı olarak değişmektedir. Taşıt emisyonlarının seçimi arabalarda (benzinli ya da dizel) ve kamyonlarda (dizel) yakıt tipine ve çalışma karakterlerine göre çeşitlilik gösterir ve bileşenleri su buharı, karbondioksit, nitrojen ve oksijendir [88].

Bu çalışmada, taşıt emisyonları fluent içinde yer alan “multispecies” modeli kullanılarak simülasyonlara dahil edilmeye çalışılmış [89] ancak aynı anda araçların yaydığı ısı miktarı için caddeden ısı üretimi yapılması türbülans etkisini değiştirmiştir. Bu durum simülasyon sonuçları için yanıltıcı olmuş ve doğru sonuçlar alınamamıştır. Bu nedenle taşıt emisyonlarının kentsel ısı adası potansiyelinden daha çok hava kalitesini etkilediği düşünülerek trafik etkisi içinde kullanılmamasına, ileride ayrı bir çalışma konusu olarak incelenmesine karar verilmiştir.

Araçların yaydığı ısı miktarı ise caddenin bir hava hacmi (cell zone) gibi modellenip, içinden ısı üretimi olduğunun kabul edilmesiyle sağlanmıştır. Böylece cadde üzerindeki alan bir trafik aksı gibi düşünülüp, araba için ayrıca bir katı model oluşturulmamıştır. Çünkü model içinde oluşturulan her obje, katı model ağ hücrelerine bölünürken hücre sayısını arttırmakta ve bu da işlem yapılırken hız ve zaman kaybına yol açmaktadır. Literatürde trafik etkisi için caddeyi bir ısı kaynağı olarak kabul eden birçok çalışma mevcuttur [90-92].

Trafik etkisinin simülasyonlara dâhil edilmesi cell zone olarak modellenen cadde için enerji kaynak terimi eklenmesiyle sağlanmıştır. Bunun için benzinli bir araçtan havaya

73kj/s lik bir ısı transferi ve dizel bir araçtan 48kj/s lik bir ısı transferi olduğu varsayılmıştır [93]. Trafik etkisi Gazi ve Şehit İlhanlar Caddeleri için 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos günlerinde ve saat 10.00, 12.00, 14.00 ve 16.00 için dikkate alınmıştır. Araç yoğunluğunun saat 10.00’da 50 araçtan saat 16.00’da 125 araç olacak şekilde arttığı kabul edilmiştir.

4.5.2. Ağaç Etkisi

Ağaçların şehrin iklimi üzerinde iki önemli etkisi vardır. İlk olarak, hava akımı için belli bir direnç oluşturup rüzgâr hızını azaltırlar. Bu da rüzgârın yüzeylerden taşınım yoluyla sağlayacağı soğutma etkisini azaltan bir unsurdur. İkinci olarak ise, yüzeye gelen radyasyonun belli bir kısmını soğururlar ve bu da ağaçların etraflarında daha düşük hava sıcaklıklarının görülmesini sağlar.

Ağaçlar simülasyonlara eklenirken bir ağaç protipi oluşturulmuş ve gövde kısmı sadece duvar olarak tanımlanırken, yeşil kısmının içinde bir hava hacmi tanımlanmıştır. Bu hava hacminin hacimsel olarak ısı soğurduğu kabul edilmiş olup, soğurulan hacimsel ısı miktarı her saat için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinde ağaçların hava akımı üzerindeki etkisi, genel denklemlere bazı kaynak terimleri eklenerek yansıtılır [93] .

Momentum denkleminde, ağaçlardan kaynaklanan direnç kuvveti nedeniyle rüzgar hızının azalmasını ifade eden S_{ui} kaynak terimi eklenmiştir.

$$S_{ui} = -\frac{1}{2}\rho_a c_d LAD u_i u \quad (4.49)$$

Burada, ρ_a (kg/m³) havanın yoğunluğunu, c_d direnç kuvvetini, LAD (m²/m³) yaprak alanı yoğunluğu, u_i (m/s) hız vektörünün kartezyen birleşimini ve u (m/s) ise ortalama hızı ifade etmektedir. Bu çalışmada $c_d=0.2$ ve $LAD=0.39$ olarak kabul edilmiştir.

Enerji denkleminde eklenen S_T ise, ağaç tarafından absorbe edilen enerji miktarının ortama geri bırakılan miktarını ifade eder.

$$S_T = R_{n,vol} - LAD(Q_{conv} + LE_v) \quad (4.50)$$

Burada $R_{n,vol}$ (W/m^3) hacimsel net radyasyon, Q_{conv} konveksiyonel ısı akısı (W/m^2) ve LE_v (J/kg) ise yapraklardan bırakılan gizli ısı miktarını ifade eder.

$k-\varepsilon$ türbülans modeli için ise türbülans enerji ve enerji yayma eşitliklerine sırasıyla S_k ve S_ε kaynak terimleri eklenmiştir.

$$S_k = \rho_a c_d L A D u_i^3 \quad (4.51)$$

$$S_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{k} \rho_a c_d L A D u_i^3 \quad (4.52)$$

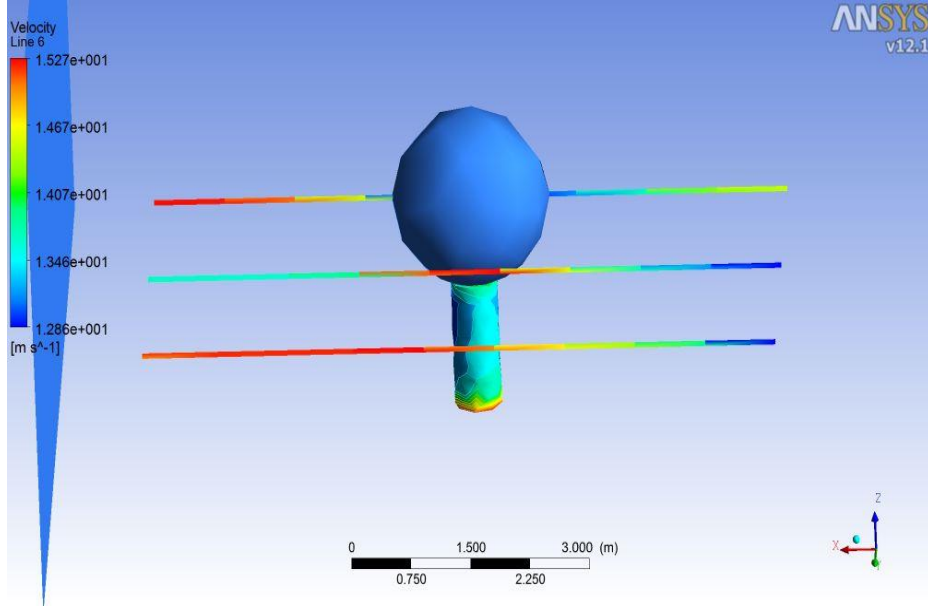
Ağaçların rüzgâra karşı duvar veya herhangi başka opak bir yüzey gibi geçirimsiz bir engel oluşturmaması, aksine içinden geçmesine izin vermesi gerekmektedir. Bu durum ağaç hacminin gözenekli bir ortam olarak kabul edilmesiyle sağlanmıştır. Gözenekli yapısından geçen rüzgâr için oluşturduğu direnç ise, atalet direnci “ C_2 ” (inertial resistance) ve viskoz direnci ” α ” (viscous resistance) değerlerinin hesaplanmasıyla sağlanmıştır. Bu değerlerin hesaplanması için Darcy kanunu (Denklemler 4.53 ve 4.54) kullanılmıştır [94].

$$C_2 = (3,5/R_B)(1 - \Sigma)/\Sigma^3 \quad (4.53)$$

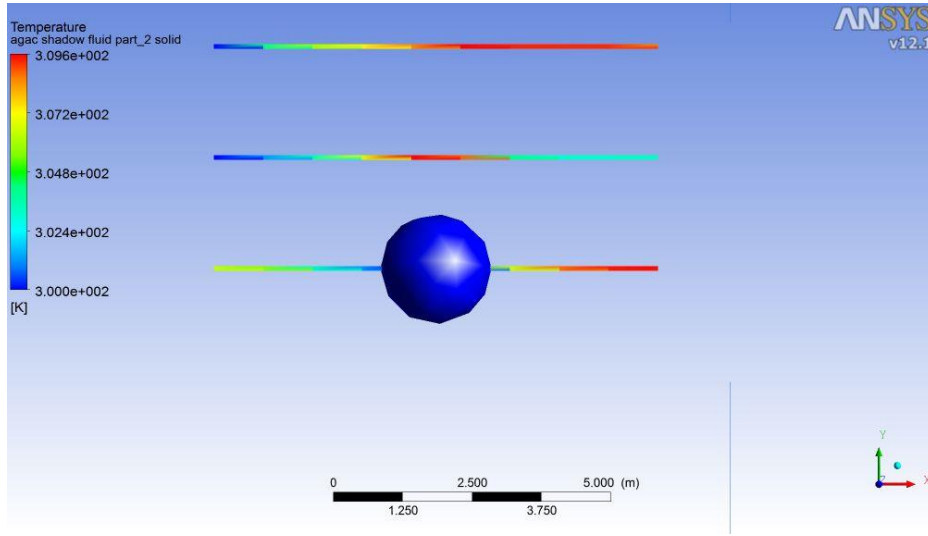
$$\alpha = (R_B^2/150)(\Sigma^3/(1 - \Sigma)^2) \quad (4.54)$$

Burada, R_B gözenekli ortam için tanımlanan boşlukların çapını ifade etmektedir ve bu çalışmada 0.005 m olarak kabul edilmiştir. Gözeneklilik oranını ifade eden Σ ise, 0.5 olarak alınmıştır.

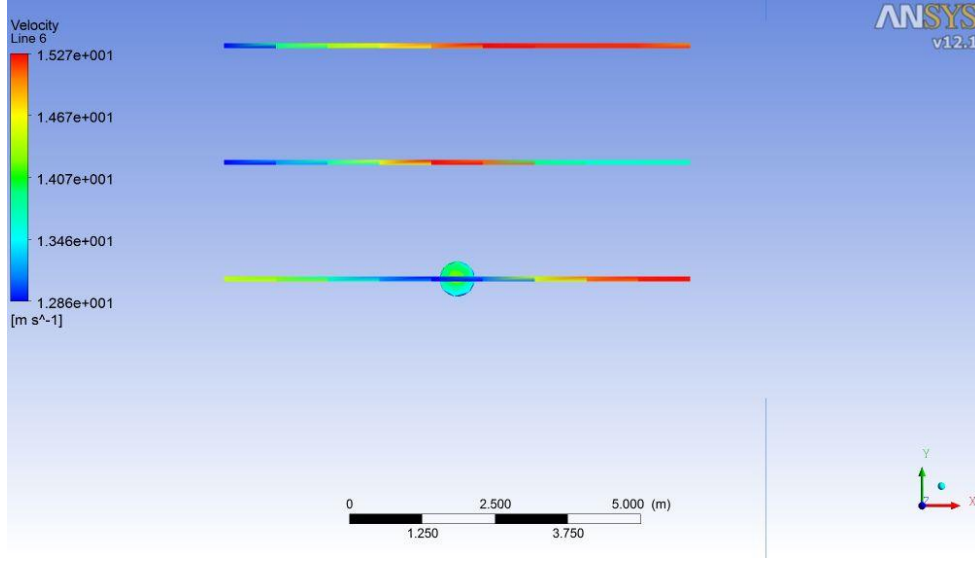
Ağaç etkisi simülasyonlara dâhil edilmeden önce bu katsayılar kullanılarak, ağaçların rüzgâra karşı bir direnç oluşturup oluşturmadığı kontrol edilmiştir. Bu amaçla yapılan simülasyon sonucuna ait görseller Şekil 4.7- 4.10’da sunulmuştur.



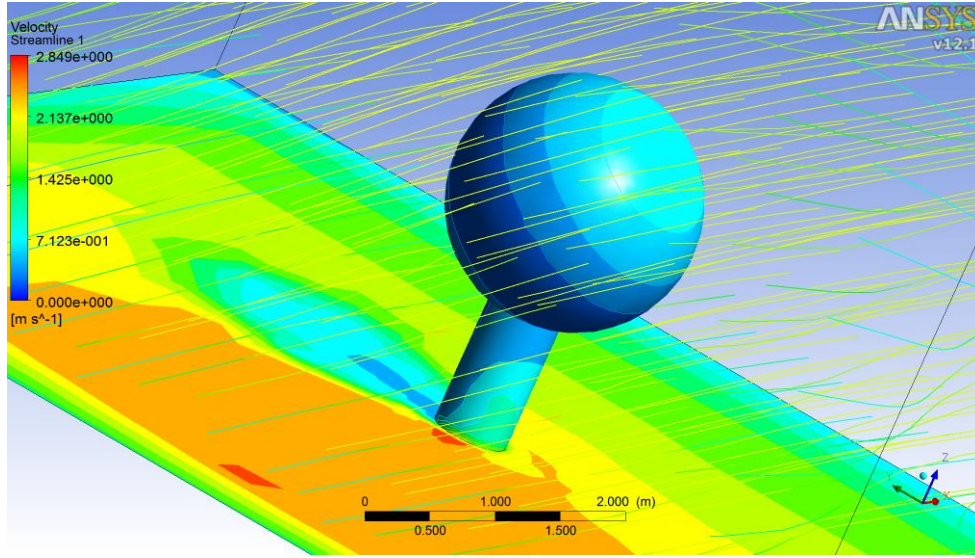
Şekil 4.7. Ağaç modelinin içinden ve yanından geçen rüzgarın hız değişimi



Şekil 4.8. Ağaç modelinin içinden ve yanından geçen rüzgarın hız değişimi (tepe görünüşü)



Şekil 4.9. Ağacın direnç oluşturarak rüzgar hızını azaltması



Şekil 4.10. Rüzgârın gözenekli ağaç yapısının içinden geçişi

Buna göre ağacın gözenekli yapısı için belirlenen parametrelerin doğruluğu somut olarak sunulmuştur. Çünkü Şekil 4.7- 4.9 ‘da görüldüğü gibi rüzgar hızı ağacın içinden geçerken azalmaktadır. Şekil 4.10’ da ise rüzgârın gözenekli bir ortam olarak modellenen ağacın içinden geçişi görsel olarak verilmiştir.

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu çalışmada, Elazığ ilinde yer alan ve yoğun yapılaşmaya sahip üç farklı kentsel yerleşim alanının (Gazi Caddesi, Şehit İlhanlar Caddesi ve yeni yerleşim alanı) bilgisayar ortamında modellenerek, kentsel ısı adasının varlığının araştırılması, kentsel ısı adasına etki eden parametrelerin tartışılması ve kentsel ısı adası potansiyellerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Ayrıca, bina yüzeylerinde, kaldırım ve cadde yüzeylerinde kullanılan malzemelerin fiziksel özelliklerinin, yerleşim alanlarına ait bina yüksekliği/cadde genişliği oranlarının, bu alanlarda ağaç olması, trafik etkisi, rüzgâr hızı ve yönünün etkisi, bitişik/ayrık nizam yapılaşma ve bina yönünün etkisi ısı adası oluşumu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir;

- Gazi Caddesi üzerinde seçilen bir alan için yapılan yüzey sıcaklığı ölçümleri kullanılarak, simülasyon yönteminin geçerliliğini kanıtlamak amacıyla geçerlilik çalışması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan hesap yöntemi ve geçerlilik çalışmasına ait ayrıntılı bilgi 4. Bölümde detaylı olarak verilmiştir.
- Gazi ve Şehit İlhanlar Caddeleri ve yeni yerleşim alanına ait bina yüksekliği, cadde genişliği ve malzeme özelliği gibi özellikler belirlenip üç boyutlu model tanımları oluşturulmuştur.
- Öncelikle mevcut durumda 1 olarak alınan bina yüksekliği/cadde genişliği (Y/G) oranı, Gazi ve Şehit İlhanlar caddeleri için de 0.5 ve 2 olarak değiştirilerek ısı adası potansiyeli üzerindeki etkisi incelenmiştir. İlk aşamada ağaç ve trafik etkisi göz ardı edilmiştir.
- Mevcut durumda kentsel yüzeyler için kabul edilen kaplama malzemeleri ve bu malzemelere ait termofiziksel özellikler Tablo 5.1’de sunulmuştur.
- Y/G=1 oranı için simülasyonlar Haziran, Temmuz, Ağustos aylarının 1. 11. ve 21. günleri için 9.00 ve 17.00 saatleri arasında sürekli rejim şartlarına göre yapılmıştır. Rüzgâr ve hava sıcaklığına ait veriler Devlet Meteoroloji Müdürlüğü TÜMAS veri sisteminden elde edilmiş olup 5 yıllık ortalama değerler kullanılmıştır. Y/G=0.5 ve Y/G=2 oranları için ise, karşılaştırma yapabilmek amacıyla Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 11. günü için simülasyonlar yapılmıştır.
- Daha sonra bu alanlara trafik etkisi eklenerek kentsel elemanların yüzey sıcaklıkları değerlendirilmiştir. Trafik etkisi için Haziran, Temmuz ve Ağustos

aylarının 11. günleri ve gün içinde trafiğin belirgin olarak yoğunlaştığı 10.00, 12.00, 14.00 ve 16.00 saatlerinde, Y/G=1, 0.5 ve 2 için simülasyonlar yapılmıştır.

- Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 11. günü için çalışma alanlarına ağaç eklenerek, Y/G = 1, 0.5 ve 2 için 9.00-17.00 arası saatlerde simülasyonlar yapılmıştır.
- 11 Temmuz için ağaç ve trafik etkisi birlikte eklenerek Y/G= 1, 0.5 ve 2 için simülasyonlar yapılmıştır.
- Rüzgar hızının artmasıyla ısı adası potansiyelinin değişimini değerlendirebilmek amacıyla, belirli günler için saat 12.00 de geçerli olan rüzgar hızları iki katına çıkarılarak simülasyonlar yapılmıştır.
- Farklı malzeme kullanımının ısı adası üzerindeki etkisinin değerlendirilebilmesi için, çalışma alanları üzerinde her bir simülasyonda sadece bir kentsel eleman üzerinde kullanılan malzeme türü değiştirilerek ısı adası potansiyelleri karşılaştırılmıştır. Tüm kentsel elemanlar için en düşük ısı adası potansiyeli değerlerini sunan malzemelerin kombinasyonu ile yeni bir model önerisi sunulmaya çalışılmıştır. Kentsel yüzeylerin kaplama malzemeleri için mevcut duruma alternatif malzemeler ve termofiziksel özellikleri Tablo 5.1’de sunulmuştur.

Tablo 5.1. Kentsel elemanların termofiziksel özellikleri

Kentsel Eleman	Malzeme	Yoğunluk (p) kg/m³	Özgül Isı (C) J/kg°C	Termal İletkenlik (k) W/mK	İşınım Yansıtma Katsayısı (ε_s)	İşınım Yutma Katsayısı (α_s)
Cadde	Asfalt	2120	920	0.74	0.93	0.93
Bina Cepheleri	Sıva	1860	780	0.72	0.93	0.23
Kaldırımlar	Beton parke	2000	880	1.2	0.7	0.6
Çatı	Kiremit	1458	880	0.52	0.91	0.4

- Farklı yönelime sahip Gazi ve Şehit İlhanlar Caddeleri, aynı geometriye sahip olmadıkları için, yön faktörünün IAP üzerindeki etkisini incelemek amacıyla farklı bir çalışma alanı belirlenmiştir. Yeni yerleşim alanlarına özgü ayırık nizam özelliğinin kullanıldığı bu çalışma alanı için hem binaların kuzey-güney, doğu-batı yönelimli olması durumları hem de bitişik/ayırık nizam olması durumları için 11 Haziran, 11 Temmuz ve 11 Ağustos için 9.00-17.00 arası saatlerde simülasyonlar yapılmıştır. Çalışmanın bu kısmıyla ilgili ayrıntılı bilgi ve sonuçlar bölüm 5.3'te sunulmuştur.

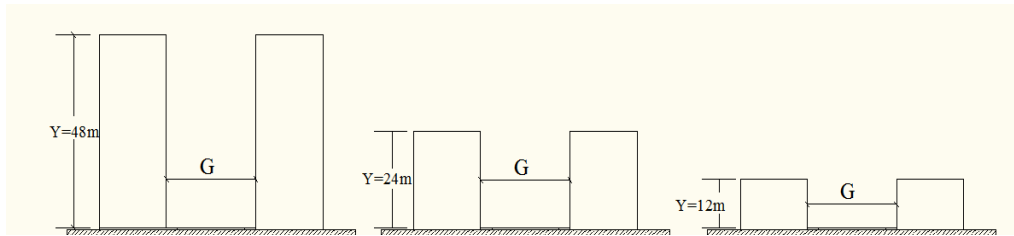
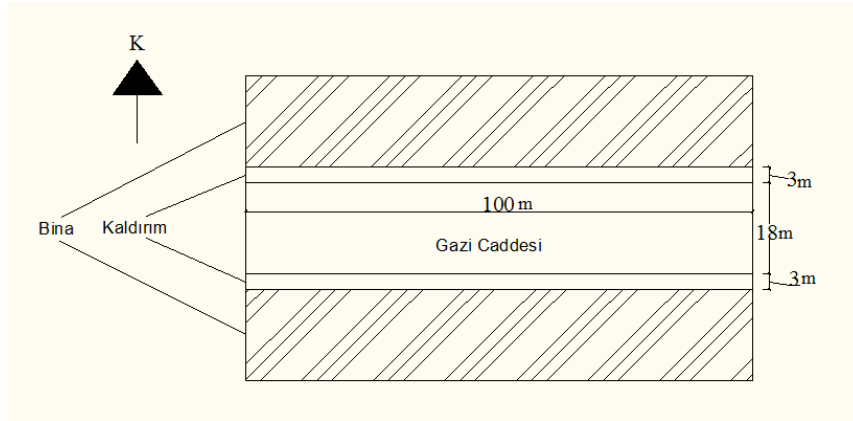
5.1. Çalışma Alanı Genel Özellikleri

- **Gazi Caddesi**

Cadde doğrultusu, doğu-batı yönündedir. Bu caddede yer alan binalar bitişik nizamda kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiştir ve genellikle 7-8 kat yüksekliğine sahiptir. Gazi Caddesi Elazığ'ın en işlek ve kalabalık caddelerinden biridir. Öğle saatlerinde ve akşam saatlerinde trafik etkisi artarken, sabah saatlerinde oldukça zayıftır. Cadde üzerinde mevcut durumda belirli aralıklarla yerleştirilmiş ağaçlar mevcuttur. Ancak ağaç yaşlarının küçük olması nedeniyle mevcut durumdaki etkisi göz ardı edilmiştir. Simülasyonlarda Gazi Caddesi için bitki etkisi incelenirken farklı bir ağaç modeli belirlenmiştir. Şekil 5.1'de Gazi Caddesi için belirlenen bölge model tanımı ve Şekil 5.2'de bu alana ait üç boyutlu model verilmiştir.

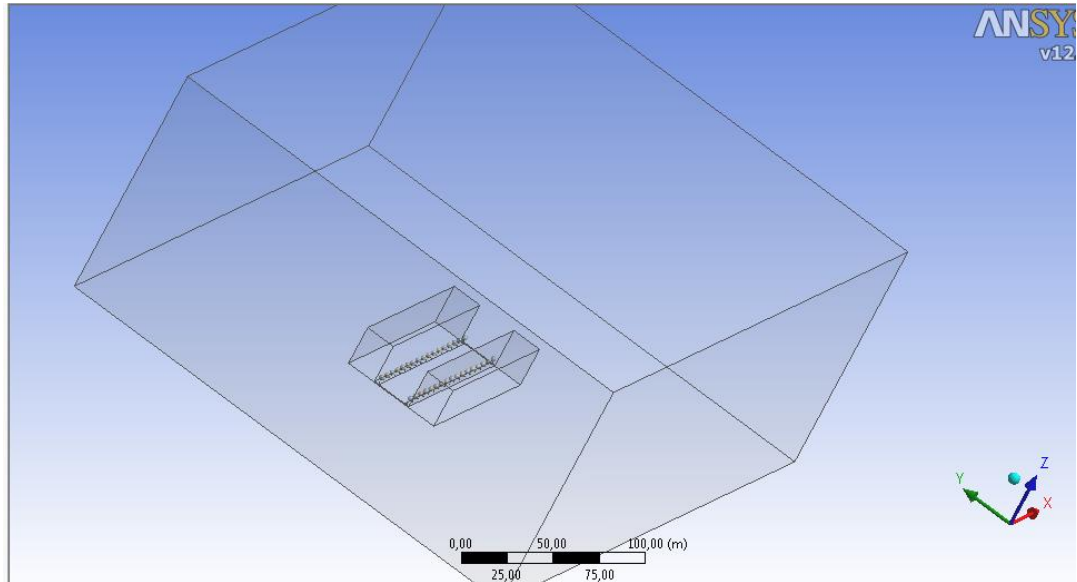


(a)



(b)

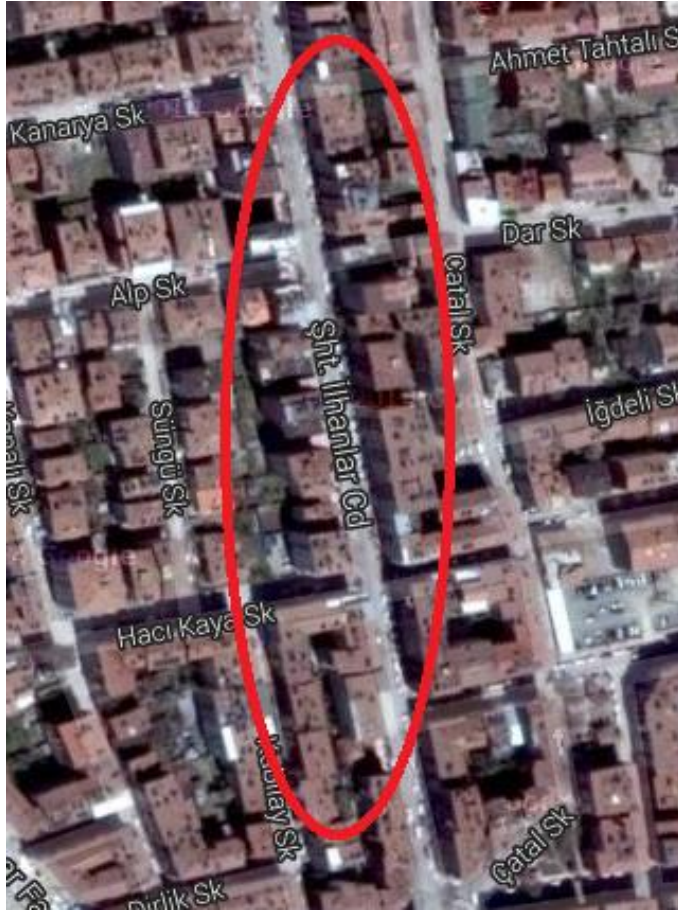
Şekil 5.1. Gazi Caddesi için a) plan görünüşü b) çalışma alanı fiziksel model tanımı



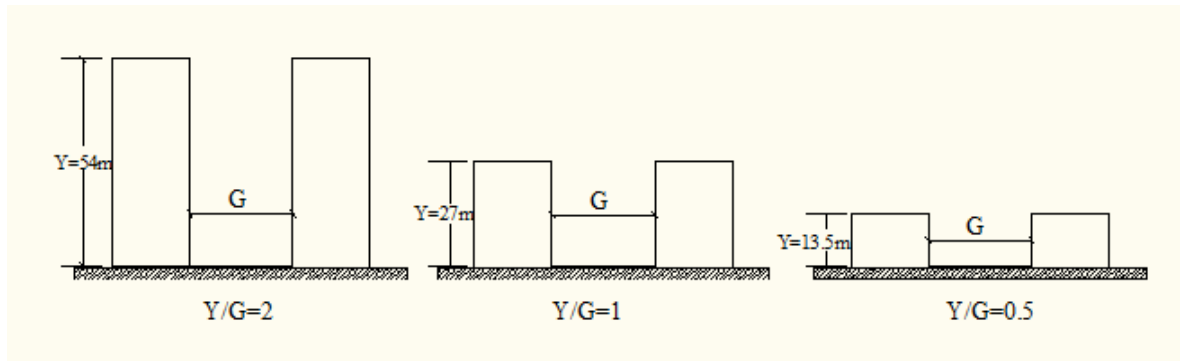
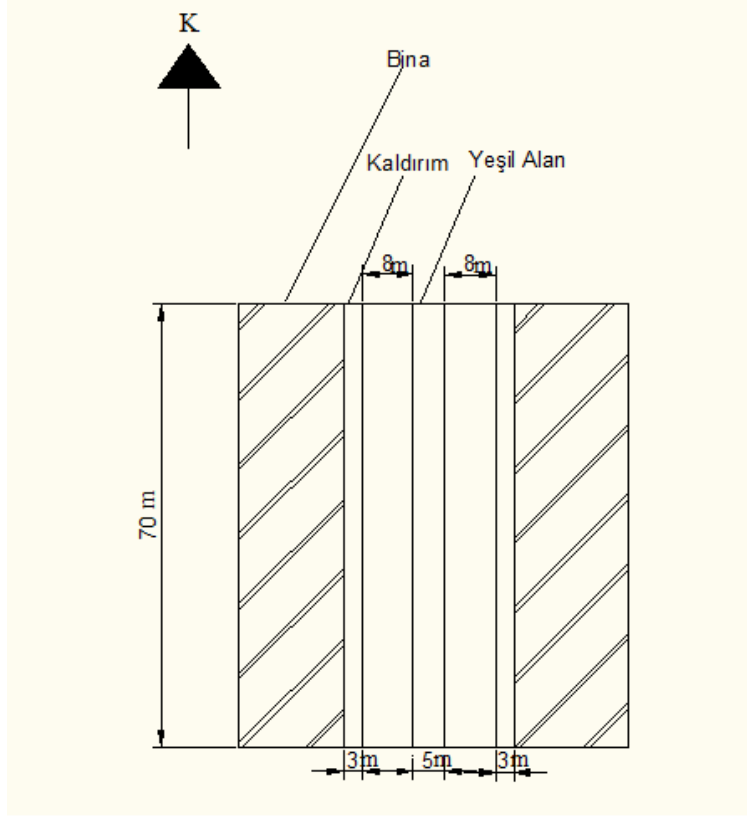
Şekil 5.2. Gazi Caddesi için modellenen üç boyutlu fiziksel model

- **Şehit İlhanlar Caddesi**

Şehit İlhanlar Caddesi, kuzey-güney yönelimlidir ve binalar bitişik nizamda doğu-batı doğrultusunda yerleştirilmiştir. Gazi Caddesi'nden farklı olarak cadde ortasında ağaçların bulunduğu yeşil bir alan mevcuttur. Trafik etkisi sabah saatlerinde zayıf, öğlen ve akşam saatlerinde daha yoğundur. Şekil 5.3'de Şehit İlhanlar Caddesi için belirlenen bölge ile model tanımı ve Şekil 5.4'de bu alana ait üç boyutlu model verilmiştir.

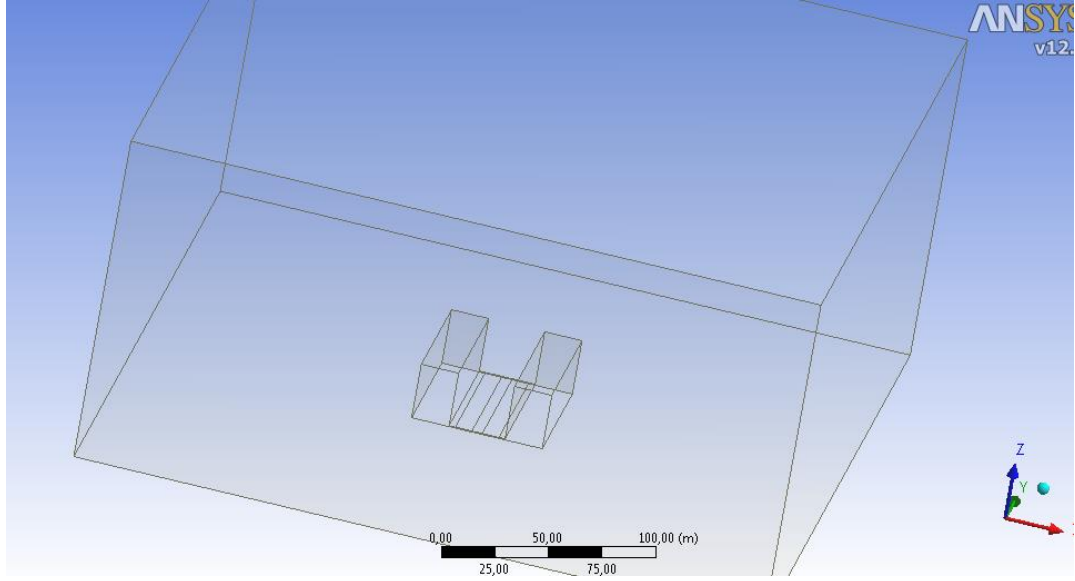


(a)



(b)

Şekil 5.3. Şehit İlhanlar için a) plan görünüşü b) çalışma alanı fiziksel model tanımı ve boyutları



Şekil 5.4. Şehit İlhanlar için modellenen üç boyutlu fiziksel model

5.2. Bulgular ve Değerlendirme

5.2.1. Ağaç ve Trafik Etkisi Göz Ardı Edilerek Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

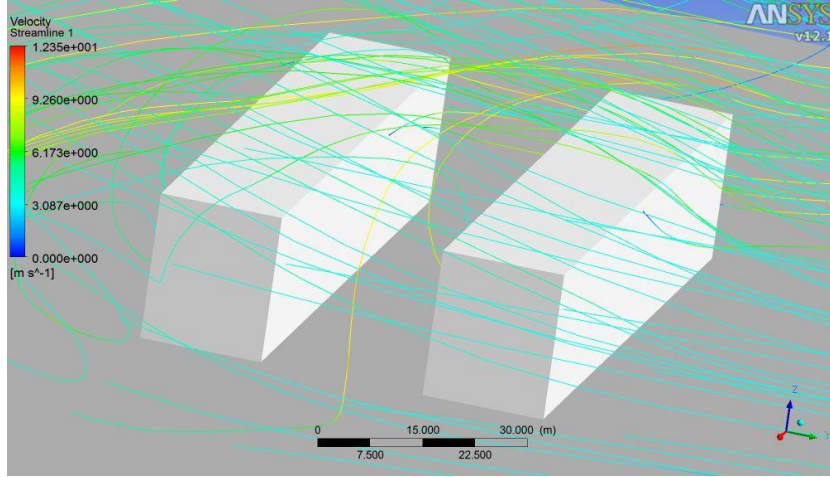
➤ Gazi Caddesi

Gazi Caddesi'nde $Y/G=1$ oranı için simülasyon yapılan günlerde (1, 11, 21 Haziran/ Temmuz/Ağustos), yüzey sıcaklıklarının Haziran ayından Ağustos ayına doğru sürekli bir artış gösterdiğini görülmektedir. Bu durum Ek-1 'de sunulan günlere ve saatlere göre verilmiş olan hava sıcaklıklarına paralel bir yol izlemektedir. Haziran ayının 1, 11 ve 21. günleri için gün boyu genel olarak en yüksek yüzey sıcaklıkları cadde üzerinde ölçülmüştür. Saat 15.00'e kadar güney kaldırımında ölçülen değerler de caddenin sıcaklığına yakın sonuçlar vermiştir. Güney yönelimli cephe çoğunlukla kuzey yönelimli cepheden daha sıcak olsa da, saat 16.00 ve 17.00'de cephelerin yüzey sıcaklıkları neredeyse eşitlenmiştir. Çatılar için ölçülen değerler, saat 9.00'dan 12.00'ye kadar artmakta ve 12.00'den 17.00'ye doğru güneş ışınımı şiddetine bağlı olarak azalmaktadır.

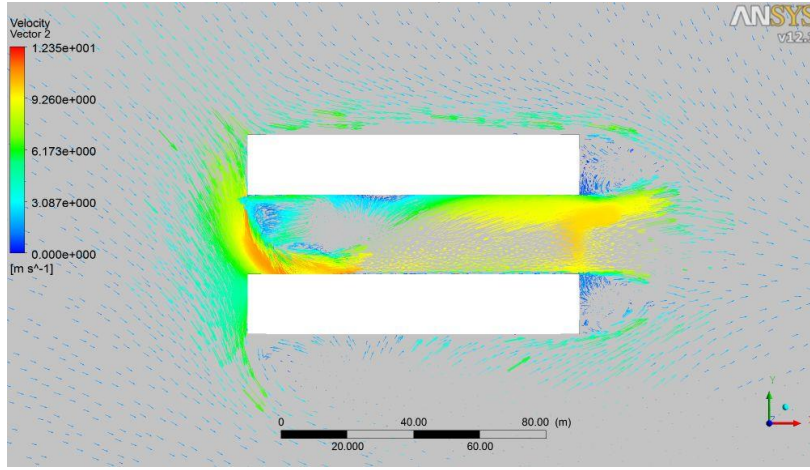
Tablo 5.2. 1, 11 ve 21 Haziran için rüzgar hızı (m/sn) ve yönü

Saat	1 Haziran		11 Haziran		21 Haziran	
9.00	3.1	GD	2.73	GD	3.90	B
10.00	3.3	GD	3.60	GD	3.87	KB
11.00	2	D	3.63	GD	4.63	KB
12.00	3.8	KB	4.97	GD	5.27	KB
13.00	4	KB	3.83	GD	2.97	KB
14.00	4.45	KB	1.90	GD	3.53	KB
15.00	5.85	B	1.33	GD	3.47	KB
16.00	3.4	KB	1.83	D	5.13	KB
17.00	0.6	B	0.87	GD	3.43	KB

Haziran ayı için belirlenen ortalama rüzgar hızı ve yönü değerleri Tablo 5.2’de sunulmuştur. 1 Haziran’da ısı adası potansiyelleri saat 11.00 ve 16.00 dışında yüzey sıcaklıklarının artma ve azalma seviyelerine paralel bir yol çizmektedir (Şekil 5.9). 1 Haziran saat 11.00’de ısı adası potansiyelindeki artışı rüzgâr hızının 2 m/sn’ye düşüp yüzeylerde etkin bir soğumaya neden olmamasına bağlanabilir. Öte yandan saat 11.00, 15.00 ve 17.00’de rüzgâr yönü sırasıyla doğu, batı ve batı olarak belirlenmiştir. Bu saatlerde doğu-batı yönelimli Gazi Caddesi’nden geçen rüzgâra ait akım izleri Şekil 5.5, 5.6, 5.7 ve 5.8’de görülebilir. Buna göre iki bina arasından bir engele çarpmadan geçen rüzgârın bina cephelerinde herhangi bir soğumaya neden olmadığı görülmektedir. Saat 16.00 da 3.4 m/s’lik rüzgâr hızıyla, saat 15.00’e göre yüzeylerde daha fazla soğuma sağlayan kuzey batı yönelimli rüzgâr hız vektörleri akım izleri Şekil 5.5’te görülmektedir. Kuzeybatı yönünden gelen ve önce kuzey yönelimli cepheye sonra güney yönelimli cepheye çarpan rüzgâr, saat 15.00’te 5.85 m/sn’lik hızla batıdan gelen ve herhangi bir soğumaya neden olmayan rüzgâra nispeten daha fazla soğumaya sebep olmuştur. Bu durum ısı adası potansiyelinde saat 15.00 ve 17.00’ye göre daha belirgin bir düşüşe neden olmuştur (Şekil 5.9).

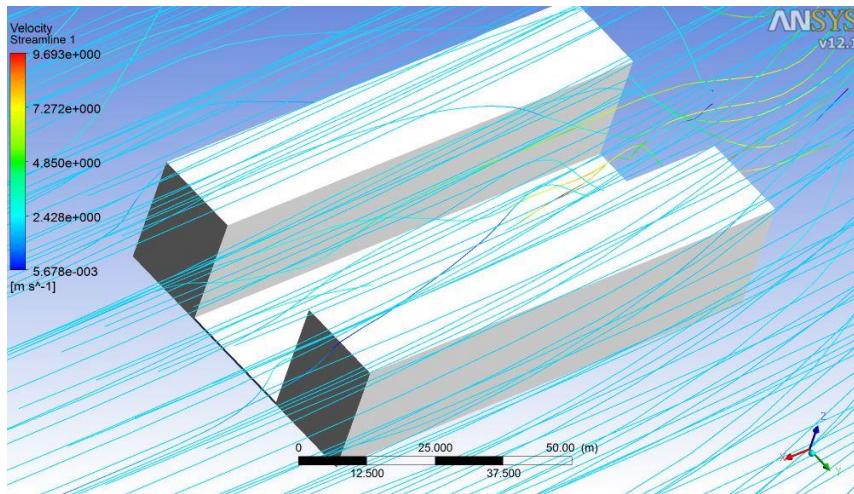


(a)

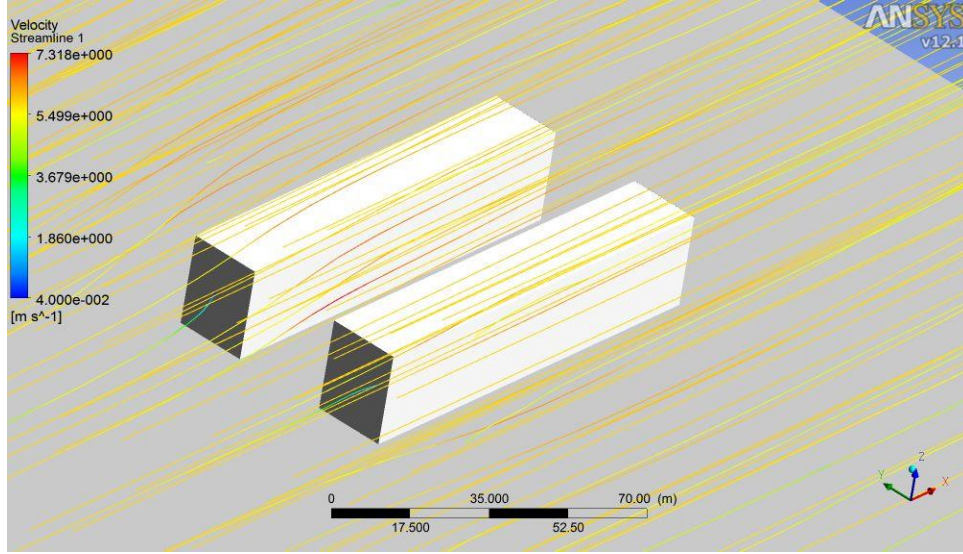


(b)

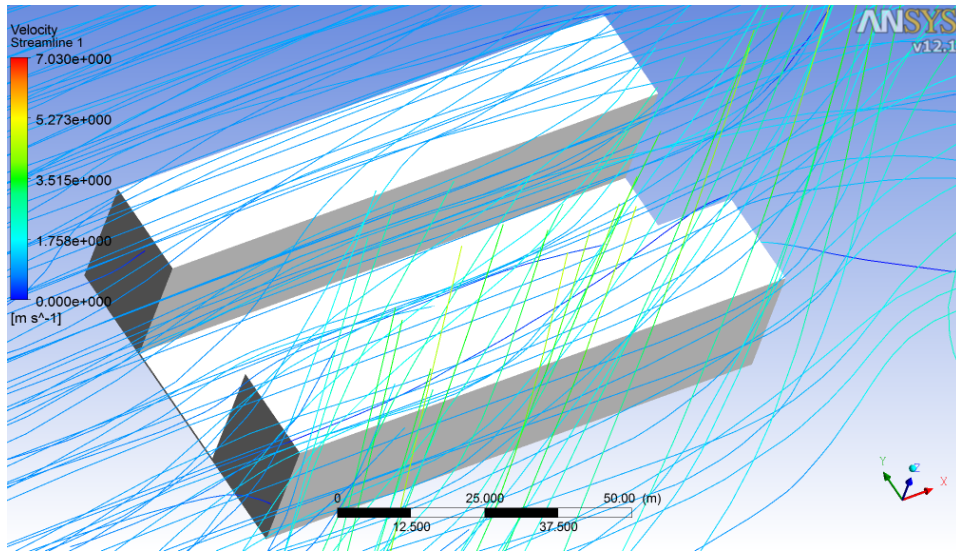
Şekil 5.5. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 16.00 için; **a)** Rüzgar akım izleri **b)** Rüzgar hız vektörleri



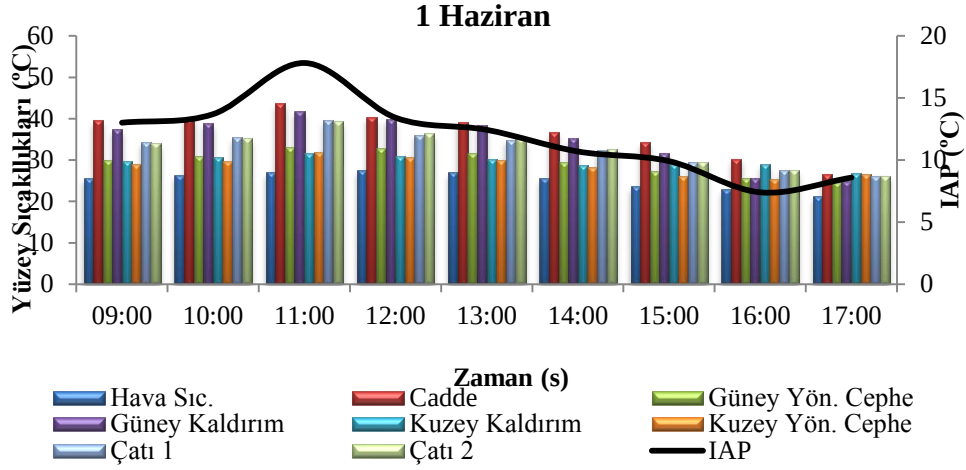
Şekil 5.6. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 11.00 için rüzgâr akım izleri



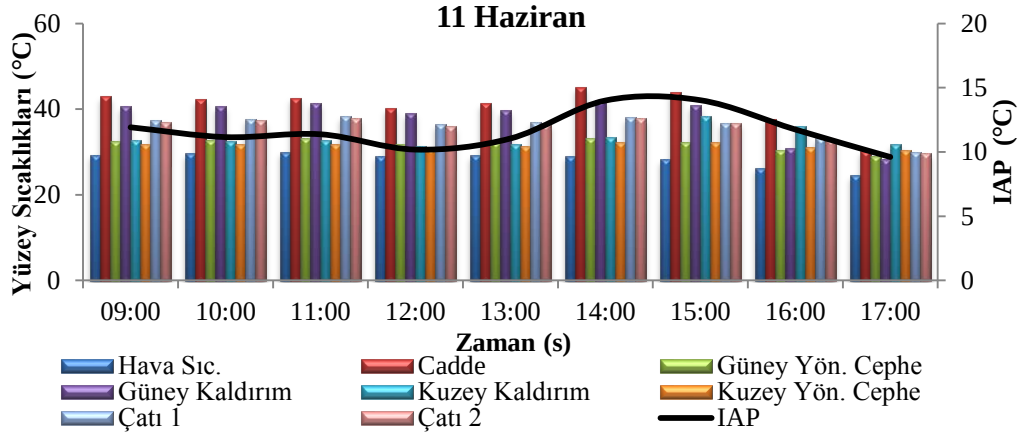
Şekil 5.7. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 15.00 için rüzgar akım izleri



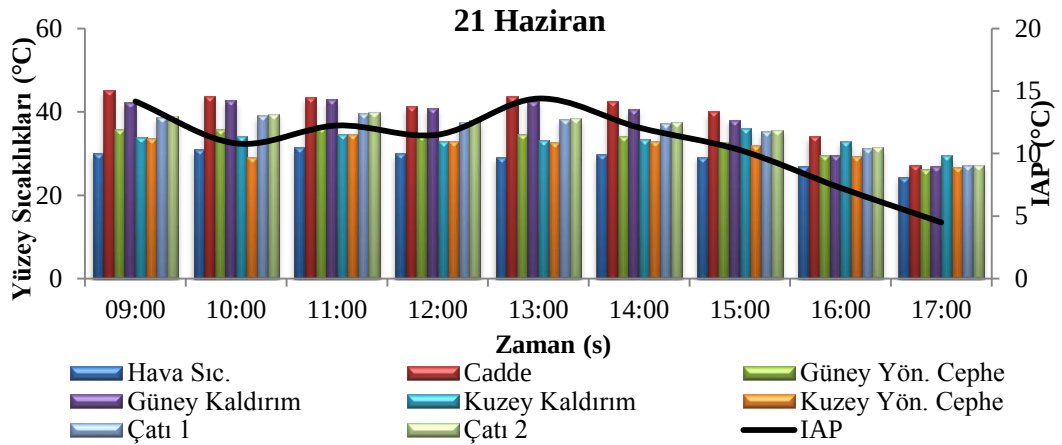
Şekil 5.8. Gazi Caddesi, 1 Haziran saat 17.00 için rüzgar akım izleri



Şekil 5.9. Gazi Caddesi, 1 Haziran yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

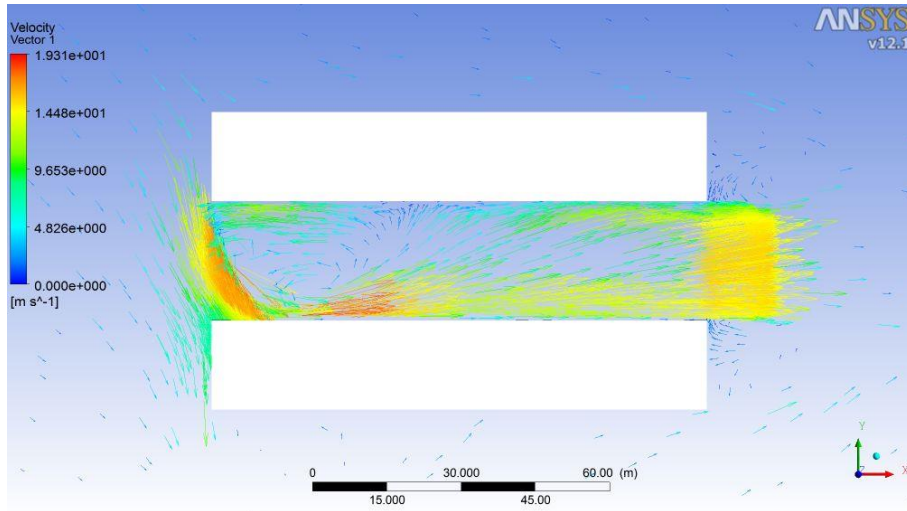


Şekil 5.10. Gazi Caddesi için 1 Haziran'da elde edilen yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

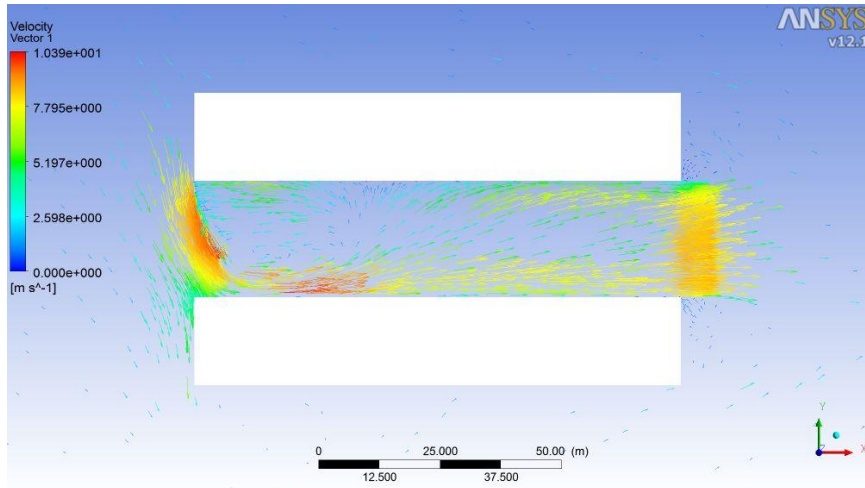


Şekil 5.11. Gazi Caddesi için 21 Haziran'da elde edilen yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

11 Haziran için sunulan grafiğe bakıldığında (Şekil 5.10), saat 12.00'de ısı adası potansiyelinde belirgin bir düşüş ve saat 14.00 ile 15.00'de belirgin bir artış görülmektedir. 11 Haziran'da 9.00-15.00 saatleri arasında rüzgâr güneydoğu yönünden esmiştir. Saat 12.00'de rüzgâr hızı yaklaşık 5 m/sn'ye ulaşmış ve buna bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında ve ısı adası potansiyeli değerinde azalma meydana gelmiştir. 15.00'de rüzgâr hızındaki azalma, saat 16.00'da ise hem rüzgâr hızındaki düşüş hem de rüzgârın doğu yönünden esmesi sebebiyle yüzey sıcaklıkları ve ısı adası potansiyeli değeri artmıştır.



Şekil 5.12. Gazi Caddesi, 21 Haziran saat 12.00 için rüzgâr akış hız vektörleri



Şekil 5.13. Gazi Caddesi, 21 Haziran saat 13.00 için rüzgâr akış hız vektörleri

21 Haziran'da saat 9.00'da batı yönünden esen rüzgâr yüzeylerde soğutma etkisi oluşturmamıştır (Şekil 5.11). Saat 12.00'de yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak IAP değerinin

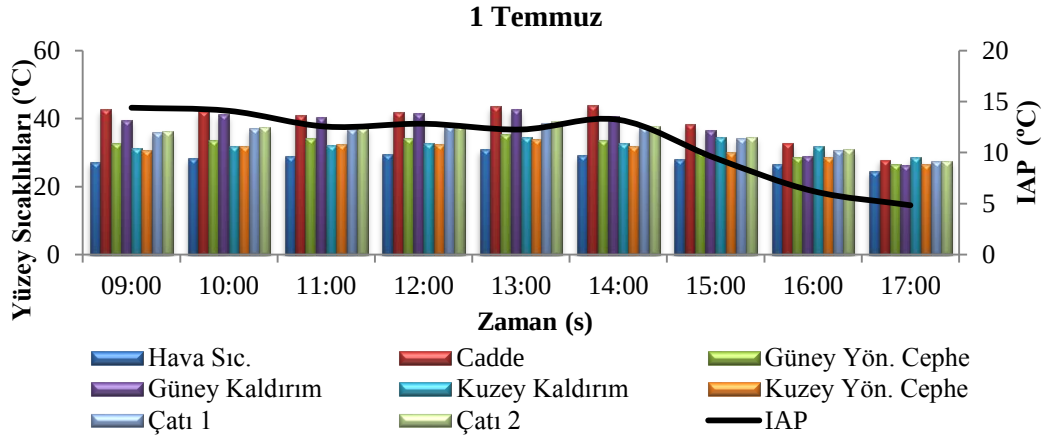
azalma sebebi, 5.27m/sn hızla ve kuzey batı yönünden esen rüzgâra bağlanabilir. Şekilden de görüldüğü üzere, Saat 13.00'ten sonra hep aynı yönde esen ve artan rüzgâr hızına bağlı olarak IAP değeri azalmıştır. Saat 16.00'da rüzgâr hızındaki ani artış nedeniyle IAP değerinde belirgin bir düşüş olmuştur. Şekil 5.12 ve 5.13, saat 12.00 ve 13.00 için rüzgâr akış hız vektörlerini göstermektedir.

Şekil 5.14, 5.15 ve 5.16'da görüldüğü üzere Temmuz ayı için yapılan simülasyonlar sonucunda elde edilen yüzey sıcaklık ve IAP değerleri Haziran ayına göre daha yüksektir.

Temmuz ayı için belirlenen ortalama rüzgar hızı ve yönü değerleri Tablo 5.3'te sunulmuştur. 1 Temmuz'da saat 12.00'den itibaren rüzgâr hızı oldukça yüksek değerlere (saat 14.00 için 6.25 m/sn ve saat 16.00 için 5.85 m/sn) ulaşmaktadır. IAP grafiği ise saat 14.00'e kadar genellikle aynı seviyede ilerlerken saat 14.00'ten sonra hissedilir şekilde artan rüzgâr hızı nedeniyle hızlı bir düşüş göstermektedir. Öte yandan saat 14.00'te batı yönünden esen rüzgâr, gün içinde esen en hızlı rüzgâr olmasına rağmen IAP değerinde herhangi bir düşüşe neden olmamıştır.

Tablo 5.3. 1, 11 ve 21 Temmuz için rüzgar hızı (m/sn) ve yönü

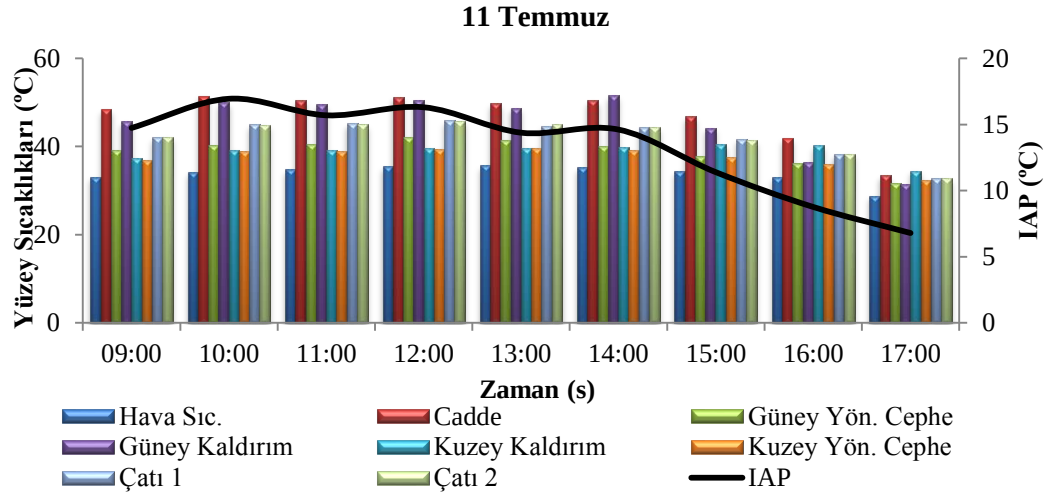
Saat	1 Temmuz		11 Temmuz		21 Temmuz	
9.00	4.35	B	3.35	B	2.9	B
10.00	3	KB	1.85	GD	3.1	KB
11.00	3.85	KB	2.45	GD	3.4	KB
12.00	4.3	KB	2.35	GB	3.4	KB
13.00	4.6	KB	3.05	KB	5.5	B
14.00	6.25	B	2.15	KD	3.95	KB
15.00	6.25	KB	2.6	GD	3.05	B
16.00	5.85	KB	2.45	KB	3.35	B
17.00	5.65	B	1.25	KB	1.8	KB



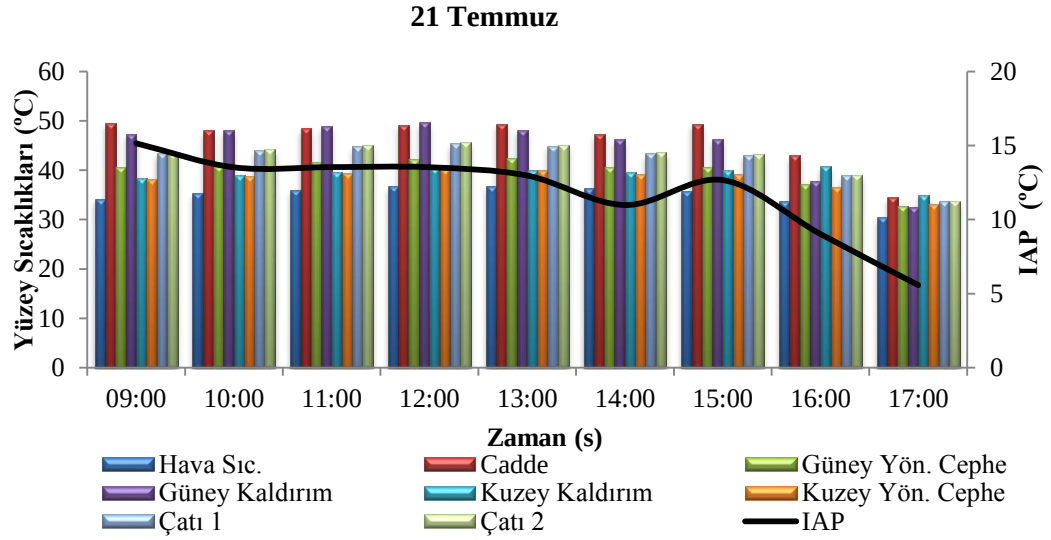
Şekil 5.14 Gazi Caddesi 1 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

11 Temmuz'da IAP değerinde saat 14.00'e kadar sürekli bir dalgalanma, 14.00'ten sonra ise düzenli bir azalma olduğu gözlenmektedir. Saat 10.00, 12.00 ve 14.00 te yükselen IAP değeri, saat 9.00, 11.00 ve 13.00'te daha düşük bir değerdedir. 11 Temmuz'da saatlere göre esen rüzgâr yönleri oldukça değişkendir. Saat 10.00'dan 11.00'e geçerken güneydoğu yönündeki rüzgâr hızı 1.85 m/sn'den 2.45 m/sn'ye çıkmaktadır ve IAP değeri düşmektedir. Saat 11.00'den 12.00'ye geçerken rüzgâr yönü güneybatı olarak değişmekte, ancak rüzgâr hızında dikkate değer bir değişiklik olmamaktadır. Güneybatıdan esen rüzgâr, güney cephe üzerinde soğutma yapmadığı için cadde, güney kaldırım ve güney yönelimli cephe üzerindeki sıcaklık artışına bağlı olarak IAP değeri artış göstermektedir. Saat 13.00'te kuzeybatı yönünden esen 3.05 m/sn'lik rüzgâr ise güney cephe üzerinde soğumaya neden olmuştur. Saat 14.00'te kuzeydoğudan 2.15 m/sn hızla esen rüzgâr ise az da olsa hızındaki düşüş sebebiyle IAP değerinde ufak bir artışa neden olmuştur. Saat 15.00'ten sonra IAP grafiğinde meydana gelen düşüş, yatay kentsel elemanların (cadde ve kaldırımlar) yüzey sıcaklıklarının azalması nedeniyledir.

21 Temmuz'da aynı yönden (kuzeybatı) ve ortalama 3 m/sn hızla esen rüzgâr nedeniyle saat 10.00-13.00 arasında IAP değerinde belirgin bir farklılık gözlenmemektedir. Saat 13.00 ve 15.00'te batı yönünden esen rüzgar, saat 13.00'te 5.5 m/sn hızla esmesine rağmen IAP değerinde düşüşe sebep olmamıştır. Saat 14.00'te kuzeybatı yönünde yaklaşık 4m/sn hızla esen rüzgâr ise IAP değerinde düşüşe sebep olmuştur.



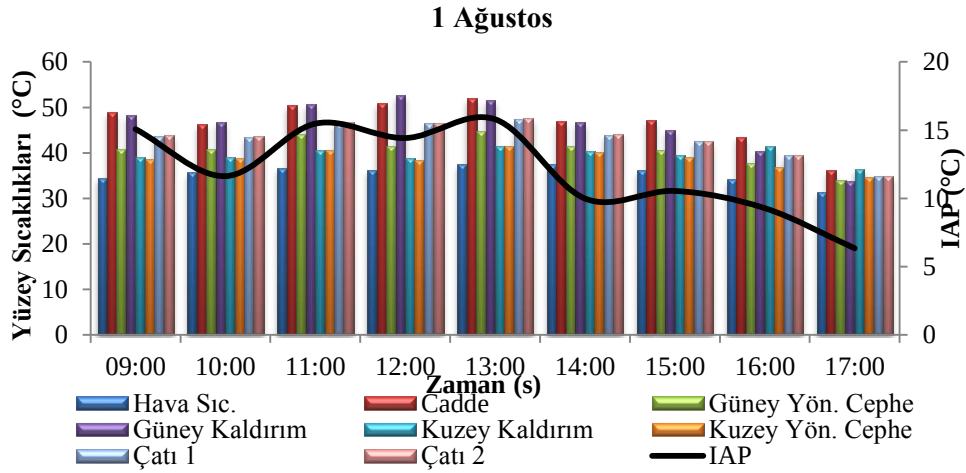
Şekil 5.15. Gazi Caddesi 11 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



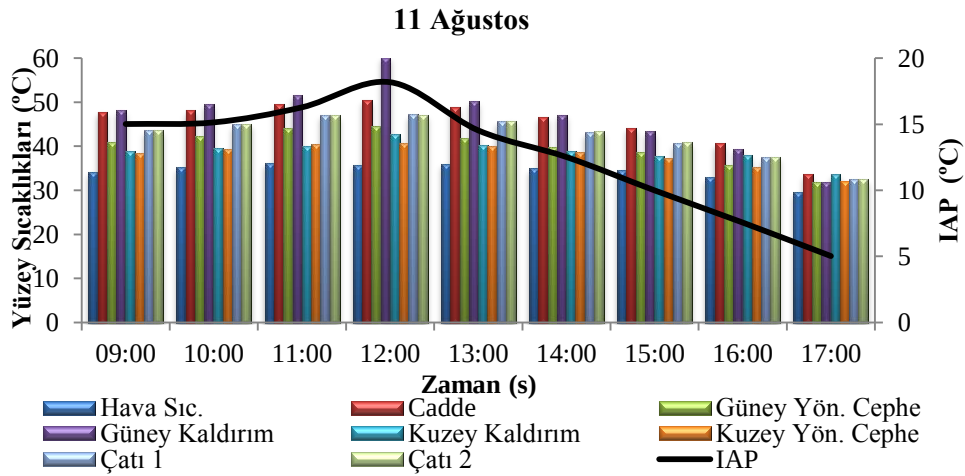
Şekil 5.16. Gazi Caddesi 21 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

Tablo 5.4. 1, 11 ve 21 Ağustos için rüzgar hızı (m/sn) ve yönü

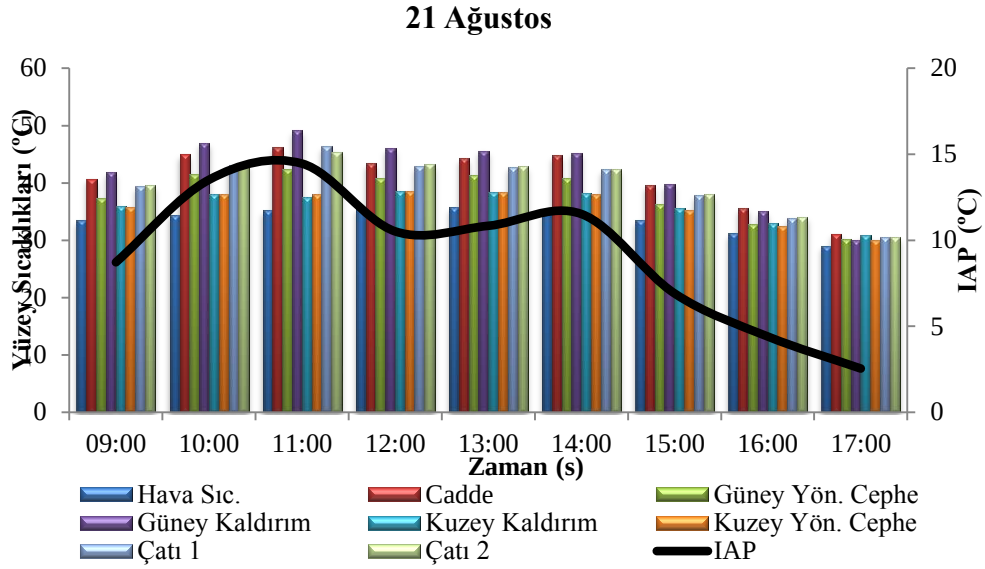
Saat	1 Ağustos		11 Ağustos		21 Ağustos	
9.00	1.8	KB	1.7	GB	5.2	KB
10.00	4.1	KB	2.1	KB	4	B
11.00	3.7	B	2.7	B	1.7	K
12.00	1.2	B	1.65	GB	5	KB
13.00	3.1	B	2.15	KB	6.7	B
14.00	4.5	KB	2.4	KB	4.4	B
15.00	4.4	B	2.8	KB	5.3	KB
16.00	2.8	B	2.55	KB	6.4	KB
17.00	1.1	KB	1.35	KB	6.2	B



Şekil 5.17. Gazi Caddesi 1 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



Şekil 5.18. Gazi Caddesi 11 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



Şekil 5.19. Gazi Caddesi 21 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

Ağustos ayı için belirlenen ortalama rüzgar hızı ve yönü değerleri Tablo 5.4'te sunulmuştur. 1, 11 ve 21 Ağustos (Şekil 5.17, 5.18 ve 5.19) için yapılan simülasyon sonuçlarına göre elde edilen yüzey sıcaklık değerleri Temmuz ve Haziran aylarına göre daha yüksek olmuştur. 11 Ağustos'ta saat 12.00'ye kadar düzenli olarak artan IAP değeri, saat 13.00'te hızlı bir düşüş göstermiş ve daha sonra saat 17.00'ye kadar düzenli olarak azalmıştır. 1 Ağustos ve 21 Ağustos'ta ise IAP grafiğinde belirgin bir dalgalanma görülmektedir. 1 Ağustos'ta saat 10.00'da kuzeybatıdan esen rüzgar hızının 4.1 m/sn'ye çıkması ile düşen IAP değeri, 11.00 ve 13.00 saatlerinde batıdan esen rüzgarın yüzeylerde ciddi bir soğutma etkisi oluşturmaması nedeniyle artmıştır. Yine 1 Ağustos saat 14.00'te kuzeybatıdan esen 4.5 m/sn hızındaki rüzgarın etkisiyle yüzey sıcaklıkları ve dolayısı ile IAP değerinde belirgin bir düşüş olmuştur. 21 Ağustos'ta saat 12.00'de kuzeybatıdan esen 5m/sn'lik güçlü rüzgâr etkisiyle düşen IAP değeri, saat 13.00 ve 14.00'de caddeye paralel olarak batıdan esen rüzgârların yüzeyleri soğutma etkisinin olmaması nedeniyle tekrar yükselmiştir. 15.00 ve 17.00 saatleri arasında ise daha çok azalan radyasyon etkisi ile IAP değerleri düşmüştür.

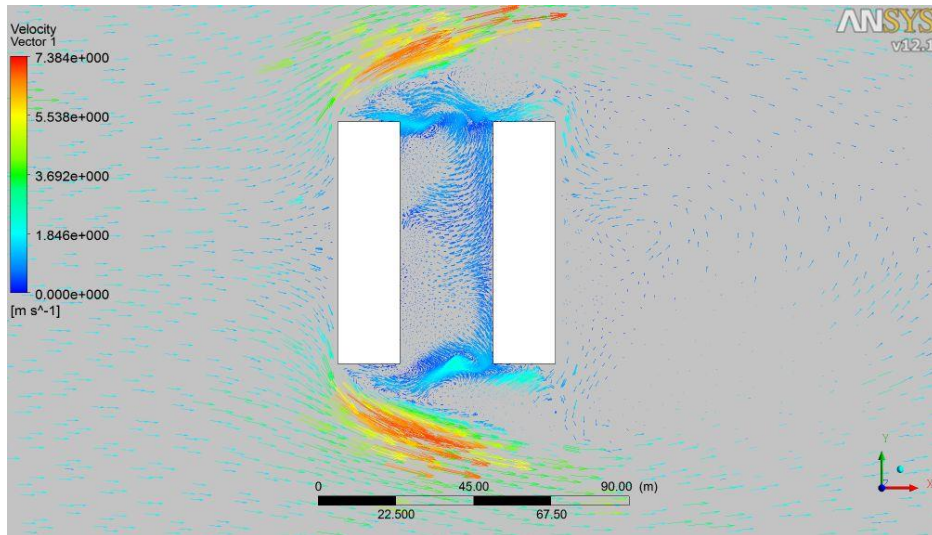
➤ Şehit İlhanlar Caddesi

Binaların doğu-batı yönelimli olduğu Şehit İlhanlar Caddesi'nde Cadde genişliği Gazi Caddesi'ne göre daha fazladır. Caddenin ortasından yeşil bir aks geçmektedir ve caddeyi iki parçaya bölmektedir. Yeşil aksın batı tarafında kalan cadde ve kaldırım cadde

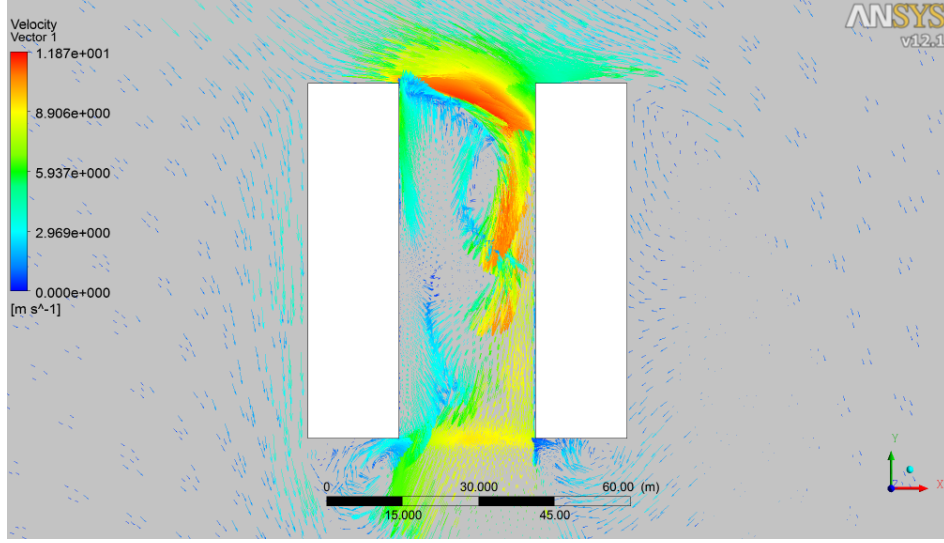
doğu ve kaldırım doğu, doğu tarafında kalan cadde ve kaldırım ise cadde batı ve kaldırım batı olarak isimlendirilmiştir. Dolayısı ile batı yönelimli cephenin önünde kaldırım batı ve cadde batı, doğu yönelimli cephenin önünde ise kaldırım doğu ve cadde doğu olduğu varsayılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Simülasyon yapılan 1, 11 ve 21 Haziran günlerine ait sonuçlar incelendiğinde yine en yüksek sıcaklıkların cadde ve kaldırım yüzeylerine ait olduğu görülmektedir (Şekil 5.22, 5.23 ve 5.24). 1 Haziran'da, en yüksek sıcaklık değerini saat 11.00'de cadde batı göstermiştir ve bu saatte IAP değeri 21.24 °C'ye kadar yükselmiştir (Şekil 5.22). Çünkü doğu yönünden gelen rüzgâr, cadde içine girince hızı azalmış ve yüzeylerde etkin bir soğuma sağlayamamıştır. Daha sonra kuzeybatı yönünden esen güçlü rüzgârların etkisiyle azalarak devam eden IAP grafiği, saat 15.00'te batı yönünden binalara dik olarak esen rüzgârın, azalan soğutma etkisi nedeniyle yükselmiştir. IAP değeri, saat 16.00'da tekrar kuzeybatı yönünden esen rüzgârın etkisiyle az da olsa düşüş göstermiştir (Şekil 5.20 ve 5.21).

11 Haziran'da IAP değerleri doğrusal bir şekil çizmiştir (Şekil 5.23). Saat 9.00-15.00 arası sürekli olarak güneydoğu yönünden esen rüzgârın yüzeylerde oluşturduğu soğutma etkisi nedeniyle ve özellikle saat 11.00-15.00 arası IAP değeri aynı seviyede ilerlemiştir. Saat 16.00'da IAP değerinin, rüzgârın doğu yönünden gelip kanyon içine etki edememesi sonucu daha yüksek olması beklenirken, azalan radyasyon etkisi nedeniyle bir düşüş gerçekleşmiştir.

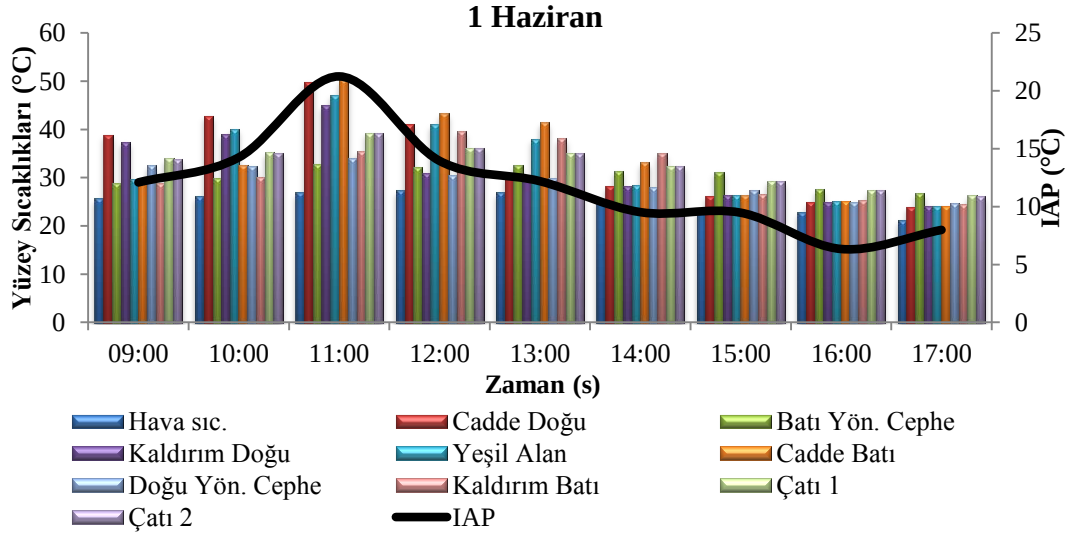


Şekil 5.20. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Haziran saat 15.00 için rüzgar akış hız vektörleri

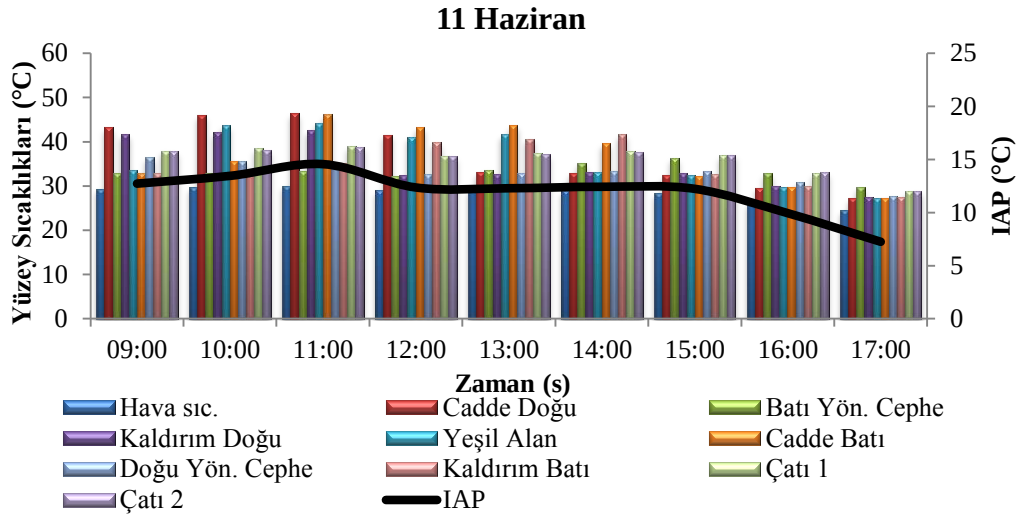


Şekil 5.21. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Haziran saat 16.00 için rüzgâr akış hız vektörleri

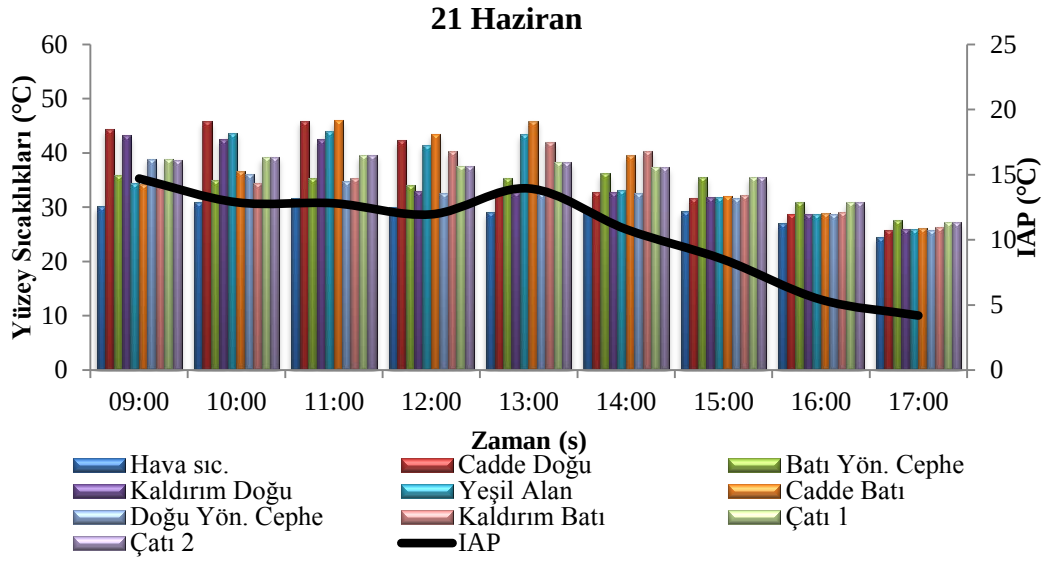
21 Haziran'da saat 9.00'da batıdan binalara dik esen rüzgâr IAP 'nin saat 10.00'a göre daha yüksek olmasına neden olmuştur (Şekil 5.24). Saat 10.00 ile 17.00 arası sürekli olarak kuzeybatı yönünden esen rüzgâr sebebiyle IAP grafiği aşağı doğru bir ivme kazanmıştır. Ancak saat 13.00'te yüzeylere gelen ışıınım miktarının artması ve rüzgâr hızının azalması sebebiyle IAP değerinde artış görülmektedir.



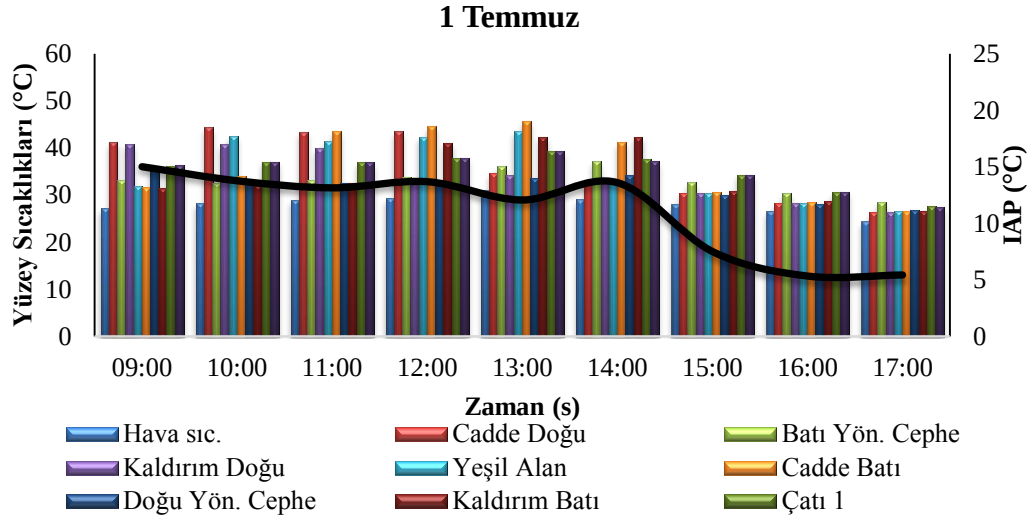
Şekil 5.22. Şehit İlhanlar Caddesi 1 Haziran için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri



Şekil 5.23. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri



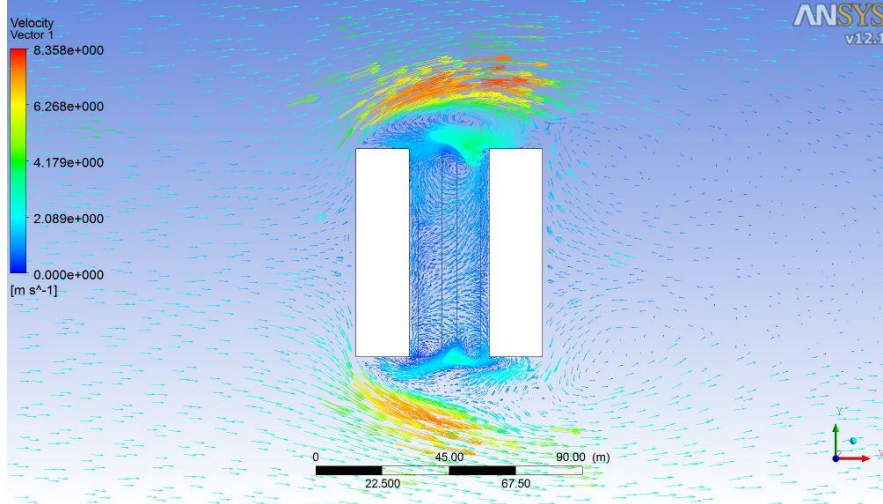
Şekil 5.24. Şehit İlhanlar Caddesi 21 Haziran için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri



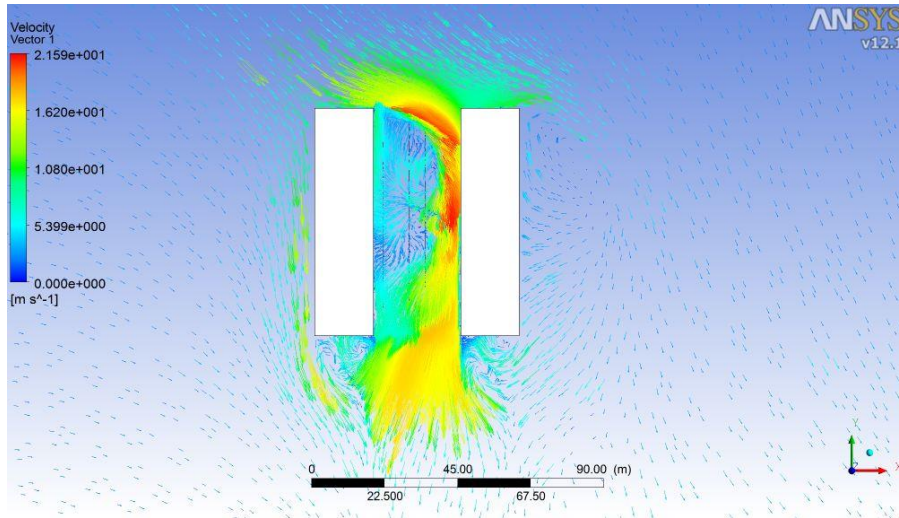
Şekil 5.25. Şehit İlhanlar Caddesi 1 Temmuz için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri

Şehit İlhanlar Caddesi'nde 1, 11 ve 21 Temmuz için yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yüzey sıcaklık ve IAP değerleri Şekil 5.25, 5.28 ve 5.29'da sunulmuştur. 1 Temmuz'da saat 14.00'e kadar kuzeybatıdan ve ortalama 4m/sn hızla esen rüzgâr nedeniyle, IAP değeri aynı seviyede ilerlemiştir. Şekil 5.26'da da görüldüğü üzere saat 14.00'te batıdan gelen rüzgârın cadde içine girip, yüzeyler üzerine direk temas edememesi sebebiyle soğutma etkisi azalmış ve IAP artmıştır. Saat 15.00'te rüzgâr hızının 6.25 m/sn'ye ulaşması sebebiyle IAP değerinde hızlı bir düşüş olmuştur (Şekil 5.27). Saat 17.00'de ise rüzgâr batı yönünden 5.65 m/sn hızla gelmesine rağmen IAP değerinde düşüş olmamıştır.

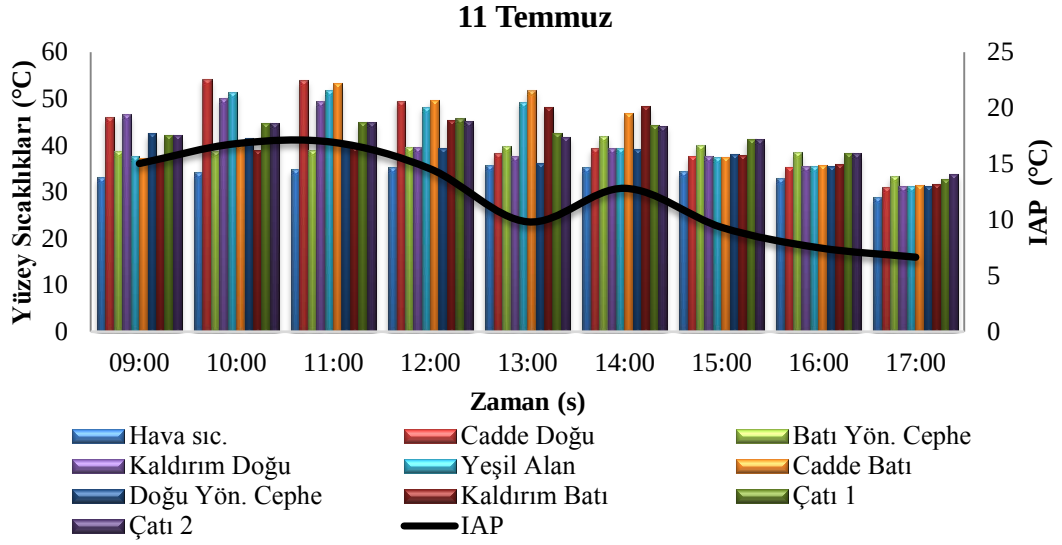
11 Temmuz'da saat 10.00 ve 11.00'de sırasıyla 1.85 m/sn ve 2.45 m/sn hızla güneydoğudan esen rüzgârlar yüzeylerde belirgin bir soğumaya neden olmazken IAP değerleri artmıştır. Saat 12.00'de ise IAP değeri güneybatıdan gelen rüzgârın etkisiyle düşmüş ve saat 13.00'te kuzeybatıdan gelen rüzgâr etkisiyle daha da düşmüştür. Saat 14.00'te artan IAP değeri saat 15.00 ve 16.00'da tekrar azalmıştır.



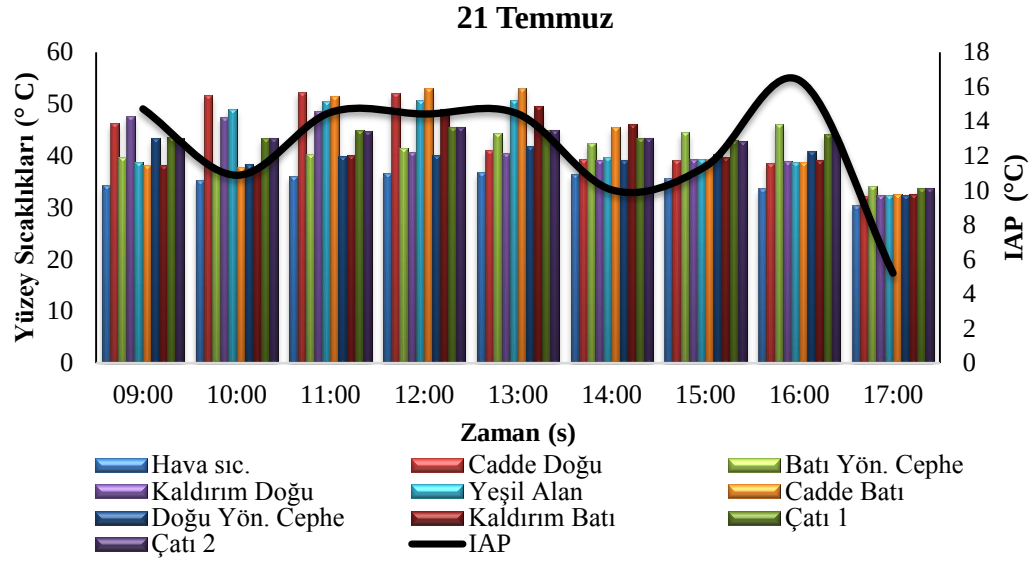
Şekil 5.26. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Temmuz saat 14.00 için rüzgâr akış hız vektörleri



Şekil 5.27. Şehit İlhanlar Caddesi, 1 Temmuz saat 15.00 için rüzgâr akış hız vektörleri



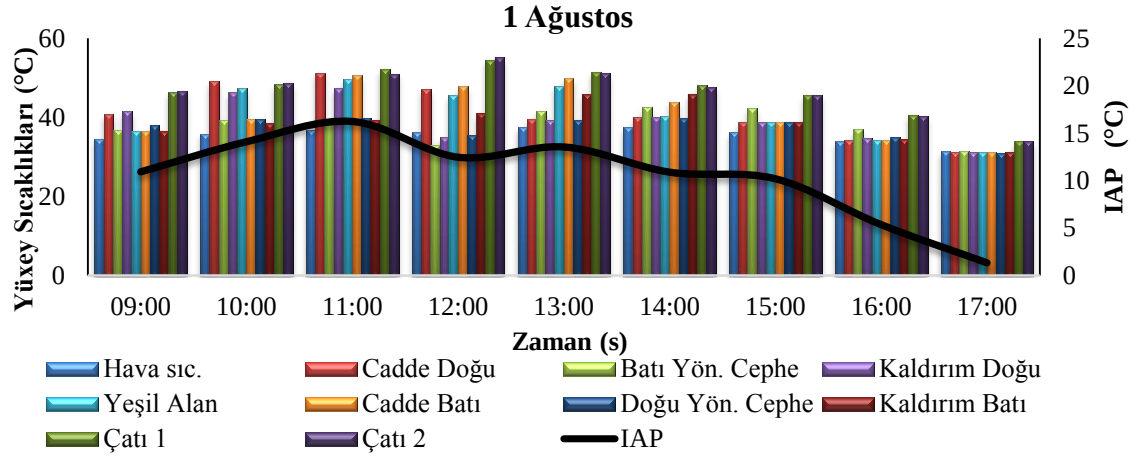
Şekil 5.28. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri



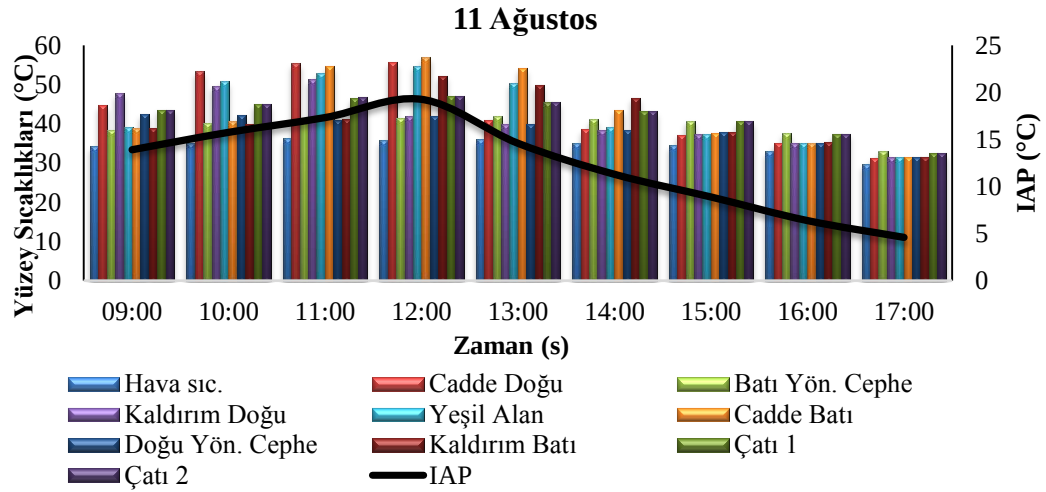
Şekil 5.29. Şehit İlhanlar Caddesi 21 Temmuz için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri

Şekil 5.29’da görüldüğü üzere 21 Temmuz’da, yüzey sıcaklıkları oldukça artmıştır. IAP değerleri değişkendir. Saat 9.00’da IAP değerinin saat 10.00’a göre daha yüksek olması bu saatte batı yönünden gelen rüzgâr etkisi nedeniyledir. 11.00 ve 12.00’de aynı yön ve hızda rüzgâra maruz kalan yüzeylerden elde edilen sıcaklık değerleri sonucu, bu iki saat için IAP değerleri birbirine çok yakın olmuştur. Saat 14.00’te kuzeybatıdan esen rüzgâr nedeniyle IAP değeri düşerken, 15.00 ve 16.00’da batıdan esen ve kanyon içine

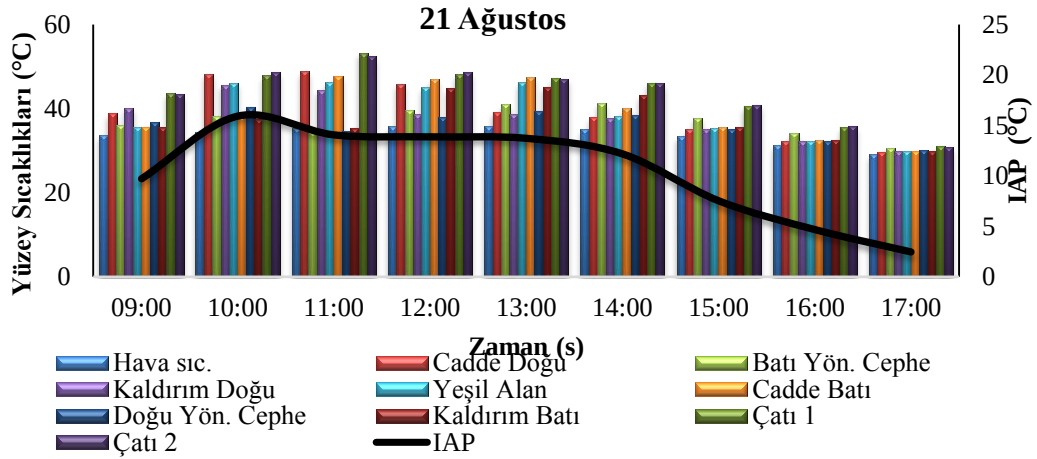
girerken etkisini kaybeden rüzgâr nedeniyle tekrar artmıştır. Saat 17.00’de IAP değerinde meydana gelen düşüş ise daha çok güneş radyasyonunun azalması sonucu olmuştur.



Şekil 5.30. Şehit İlhanlar Caddesi 1 Ağustos için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



Şekil 5.31. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Ağustos için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri



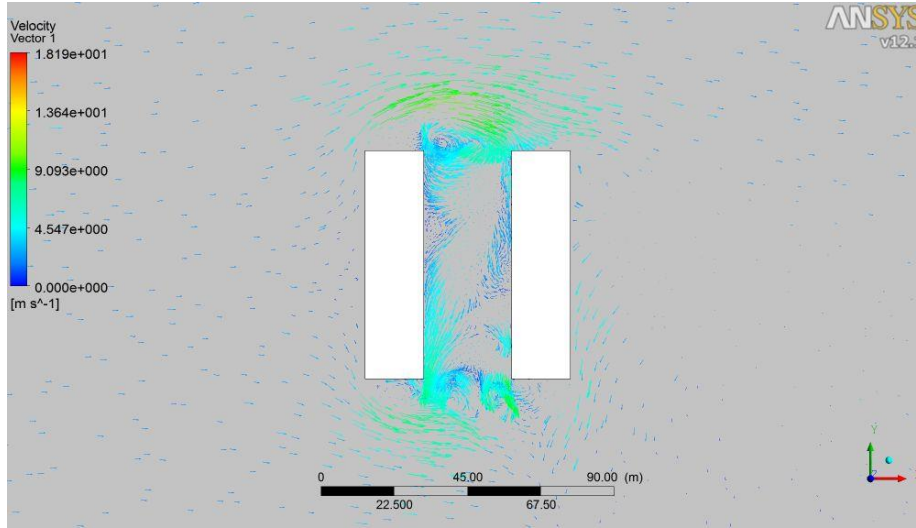
Şekil 5.32. Şehit İlhanlar Caddesi 21 Ağustos için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri

Ağustos ayının 1, 11 ve 21. günleri için elde edilen şekiller Şekil 5.30, 5.31 ve 5.32’de sunulmuştur. 1 Ağustos’ta saat 12.00’ye kadar artış gösteren IAP, 12.00’de düşme eğilimi göstermiştir. Saat 9.00 ve 10.00’da kuzeybatıdan gelen rüzgar, o saatlerde yüzey sıcaklığı daha fazla olan doğu yönelimli cepheyi etkilemediği için IAP’de düşüş olmamıştır. Saat 11.00’de batı yönünden gelen rüzgâr ise kanyon içinde etkili olmadığı için IAP yükselmeye devam etmiştir. Fakat saat 12.00’de batı yönünden gelen rüzgâra rağmen, IAP değeri düşmüştür. Yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, bu durum gölgelenme etkisi nedeniyle, yeşil alanın sıcaklık değerinin düşmesine bağlanabilir. Saatlerde 14.00’te ise, rüzgârın kuzeybatı yönünden esmesiyle düşen IAP değeri, saat 15.00’te batı yönünden esen rüzgâr etkisiyle artış göstermiştir.

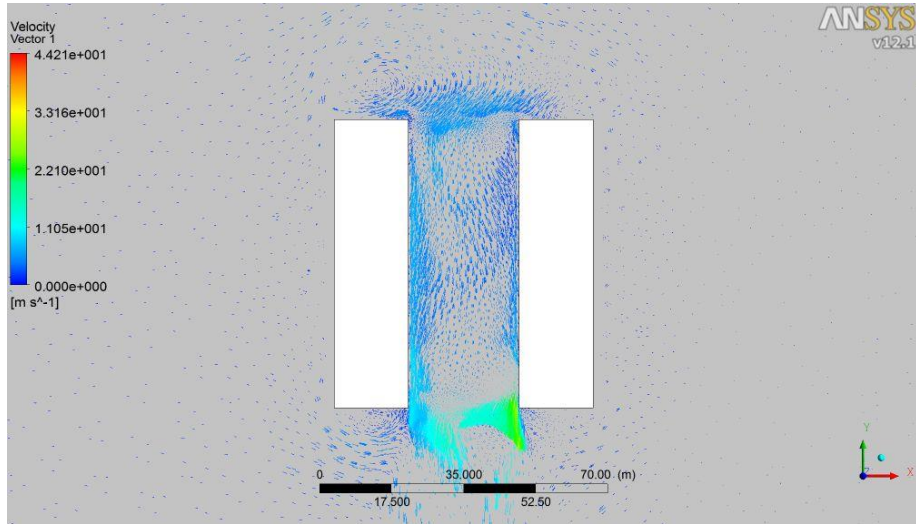
11 Ağustos’ta, kentsel yüzeyler üzerinde etkili olan rüzgârların hızları genellikle 1.5 ile 2.5 m/sn arasında olduğu için, IAP değerleri üzerinde çok etkili olmamıştır. IAP grafiği saat 12.00’de güneş radyasyonunun en yüksek olduğu ve rüzgâr hızının da en düşük olduğu saat olması nedeniyle 19.27 °C ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Saat 15.00, 16.00 ve 17.00’de kentsel elemanların yüzey sıcaklıkları neredeyse (çatılar ve batı yönelimli cephe hariç) aynıdır. Bu durum binaların birbirleri üzerine gölge düşürme durumları nedeniyle.

21 Ağustos’ta saat 10.00’da batı yönünden esen rüzgârın kanyon içine girerken hızını kaybetmesi sonucu IAP değeri yükselmiştir. Bunun yanı sıra saat 11.00’de kuzeyden gelen rüzgar 1.7m/sn hızla esmesine rağmen IAP değerinde düşüş olmuştur. Saat 12’de kuzeybatıdan 5 m/sn hızla gelen rüzgâr, güneş radyasyonunun en yüksek olduğu saat olması sebebiyle yüzey sıcaklıklarında ve dolayısı ile IAP değerinde büyük bir düşüşe

sebeap olmamıştır. Saat 13.00 ve 14.00’de batıdan gelen rüzgârın kanyon içindeki etkisi Şekil 5.33 ve Şekil 5.34’de görülebilir. 6.7 ve 4.4 m/sn hızla yüzeylere etki etmeye çalışan rüzgarların bu saatlerde IAP üzerinde direk bir etkisi olmadığı görölmektedir. Saat 15.00 ve 16.00’da ise hem azalan radyasyon etkisi hem de kuzeybatı yönelimli rüzgârlar nedeniyle IAP değeriinde düşüş olmuştur.



Şekil 5.33. Şehit İlhanlar 21 Ağustos saat 13.00 için rüzgâr akış hız vektörleri



Şekil 5.34. Şehit İlhanlar 21 Ağustos saat 14.00 için rüzgâr akış hız vektörleri

5.2.2. Trafik Etkisi Eklenerek Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

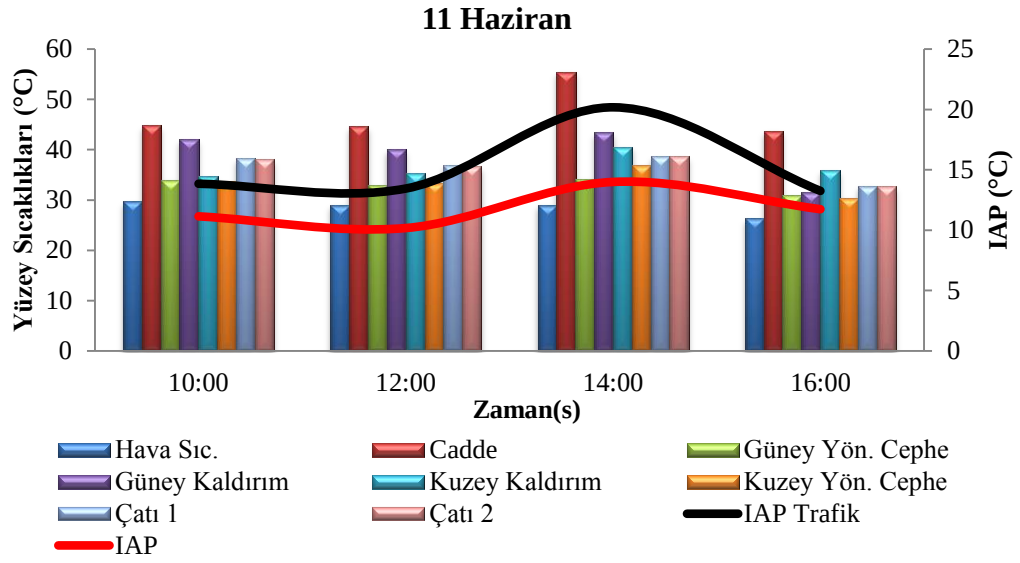
Gazi Caddesi'nde ve Şehit İlhanlar Caddesi'nde mevcut duruma trafik etkisi, 11 Haziran, 11 Temmuz ve 11 Ağustos saat 10.00, 12.00, 14.00 ve 16.00 için simülasyonlar yapılarak eklenmiştir. Buna göre araçların birim zamanda yaydıkları ısı miktarı, her saat için caddeden geçtiği kabul edilen araç sayısı ile çarpılıp, cadde üzerinden hacimsel ısı üretimi tanımlanmıştır. Trafik etkisinin saat 10.00'dan 16.00'ya doğru arttığı kabul edilmiştir. Şekillerde verilen yüzey sıcaklığı değerleri, trafik etkisinin eklenmesiyle elde edilen "IAP Trafik" eğrisine aittir.

➤ Gazi Caddesi

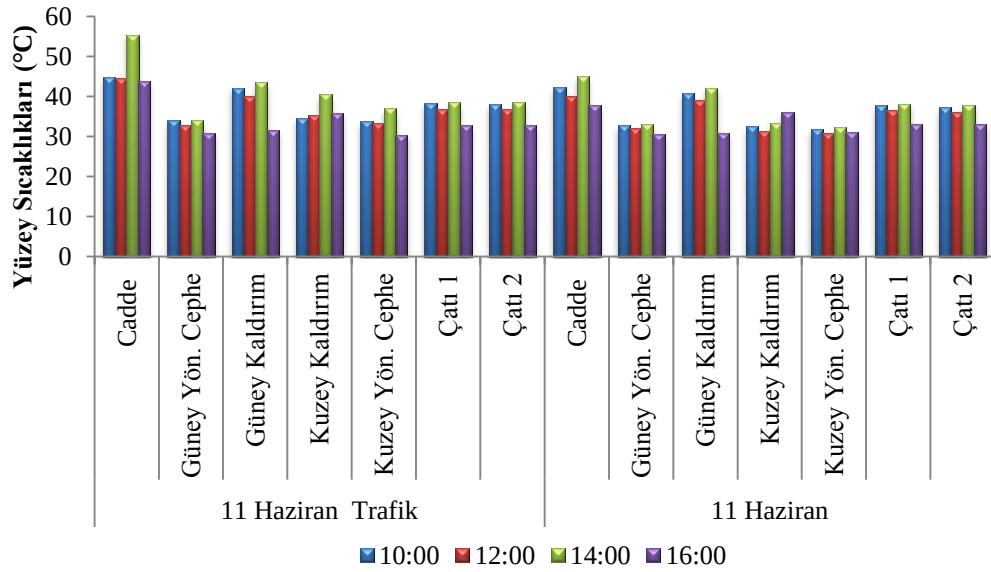
Gazi Caddesinde, trafik etkisi sınır şartının eklenmesiyle IAP değerlerinde ve yüzey sıcaklıklarında belirgin bir yükselme gözlenmiştir. Araçların yaydığı ısı miktarının cadde yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık artışı, IAP değerlerinin artmasındaki en önemli etkindir. Bunun yanı sıra rüzgâr etkisi ile meydana gelen zorlanmış taşınım nedeniyle, kentsel kanyon içinde kalan diğer elemanların da yüzey sıcaklıklarında artışlar olmuştur. Cadde üzerinde oluşan ısı, daha çok kaldırımları ve rüzgârın geliş yönüne ve şiddetine bağlı olarak da cepheleri de etkileyebilmektedir. Şekil 5.36'da sunulan şekilde trafik etkisi eklenmeden ve eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklık değerleri görülmektedir. Caddedeki belirgin sıcaklık artışının yanı sıra kaldırımlar ile kuzey ve güney yönelimli cephelerde 1-2 °C'lik yüzey sıcaklığı artışları oluşmuştur.

11 Haziran'da IAP Trafik değerleri, trafik etkisinin olmadığı IAP değerleri ile paralel olarak değişmektedir (Şekil 5.35). Ancak, saat 14.00'te rüzgâr hızının düşmesi ve cadde yüzeyindeki sıcaklığın yaklaşık 10 °C artmasıyla belirgin bir fark oluşturmaktadır. Saat 10.00 ve 12.00'de 2.5 °C civarında olan IAP farkı, saat 14.00'te 6 °C'ye çıkmıştır.

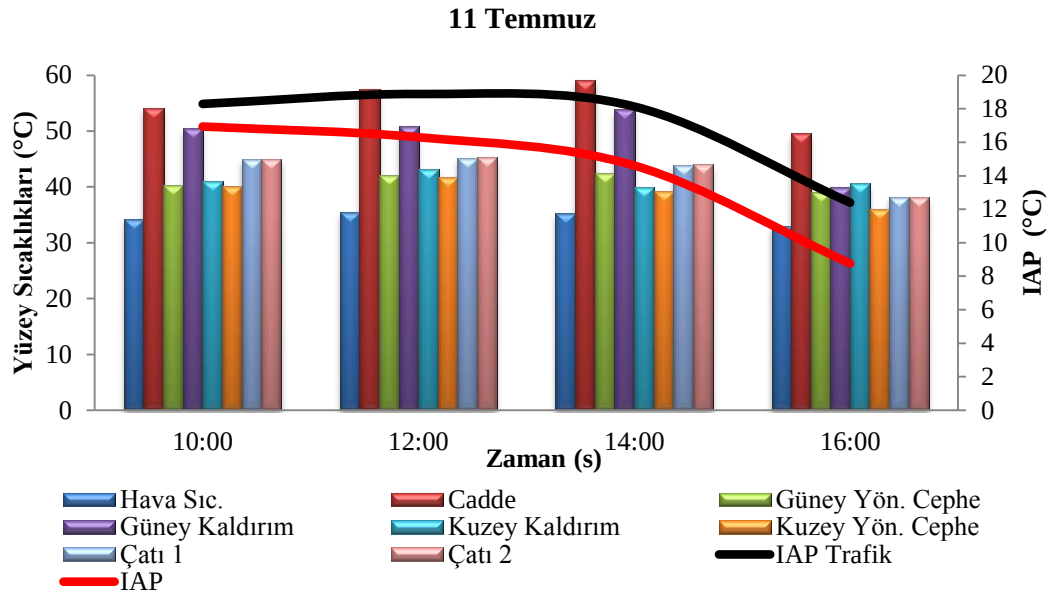
11 Temmuz'da trafik etkisi eklenmeden önce ve sonraki durumlar için karşılaştırma yapıldığında (Şekil 5.37), IAP'ler arasında ortalama 2.5 °C'lik bir fark olduğu görülmektedir. Güney yönelimli cephe ve güney kaldırım üzerinde saat 10.00 ve 12.00'de güney doğu ve batıdan esen rüzgârların etkisiyle sıcaklık artışı olmazken, saat 14.00 ve 16.00'da kuzeydoğu ve kuzeybatıdan esen rüzgârların, cadde üzerinden taşıdığı ısı nedeniyle artış olmuştur.



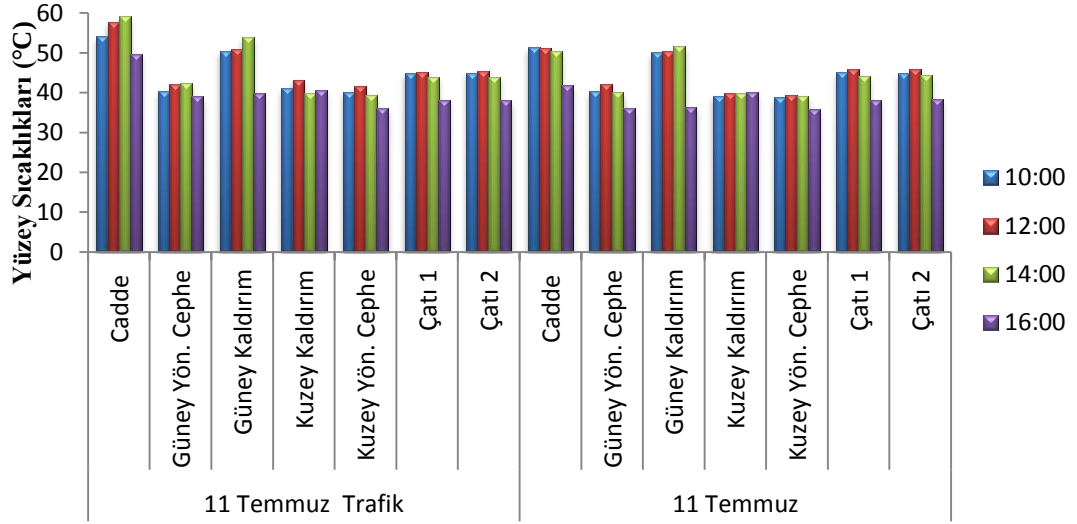
Şekil 5.35. Gazi Caddesi, 11 Haziran trafik etkisi için yüzey sıcaklıkları ve IAP değerleri



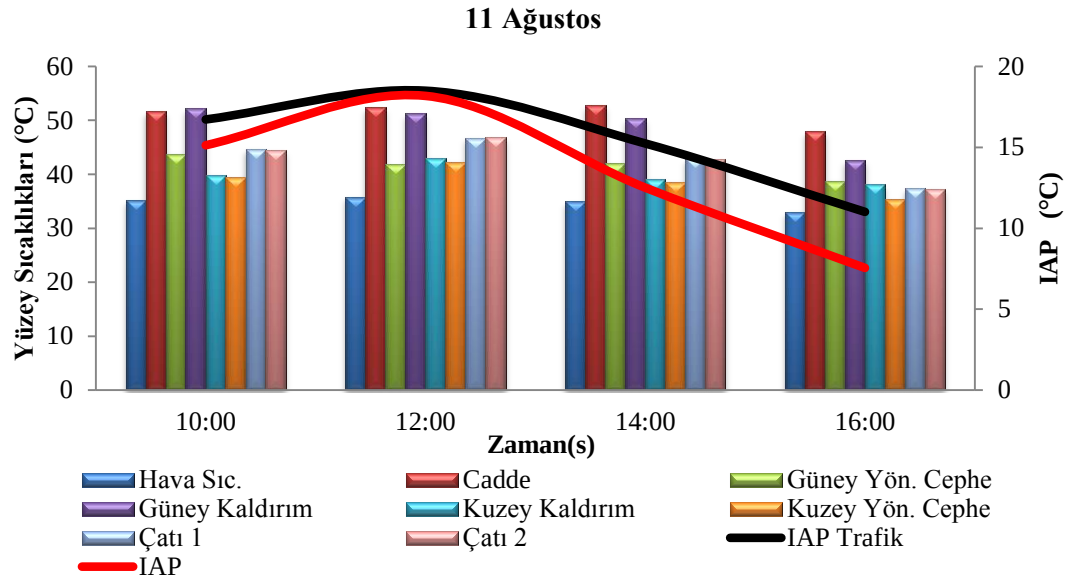
Şekil 5.36. Gazi Caddesi, 11 Haziran için trafik etkisi eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması



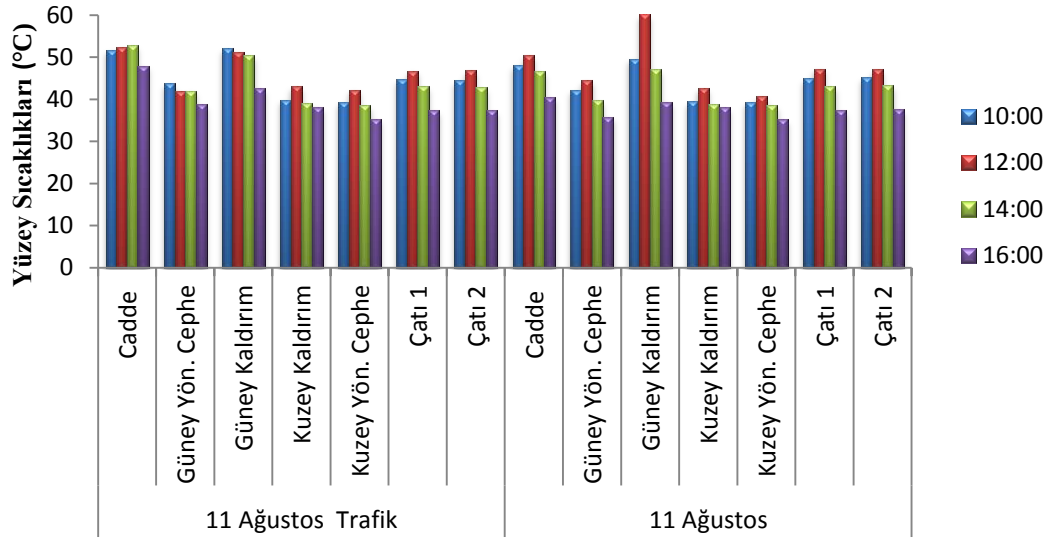
Şekil 5.37. Gazi Caddesi 11 Temmuz trafik etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



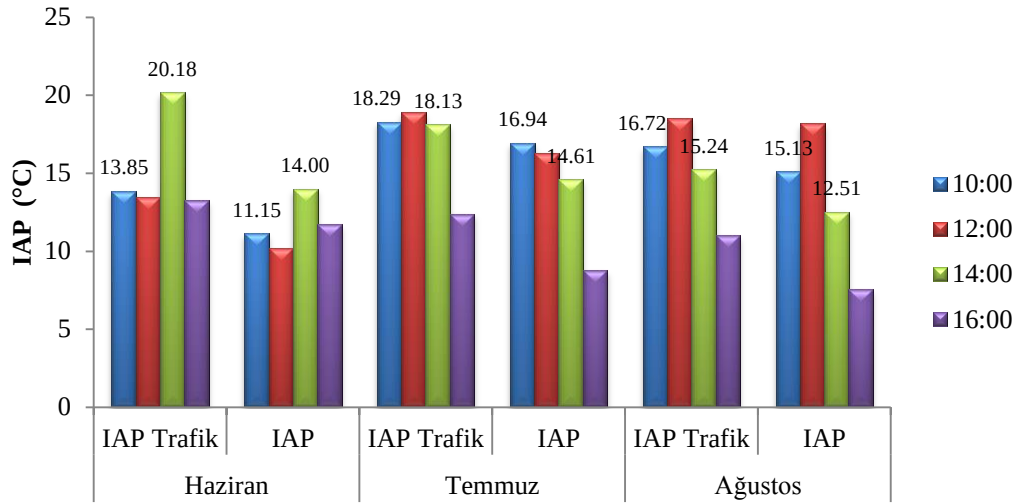
Şekil 5.38. Gazi Caddesi 11 Temmuz için trafik etkisi eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması



Şekil 5.39. Gazi Caddesi 11 Ağustos trafik etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri



Şekil 5.40. Gazi Caddesi 11 Ağustos için trafik etkisi eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması



Şekil 5.41. Gazi caddesi, trafik etkisinin olduğu ve olmadığı durumlar için IAP değerlerinin karşılaştırılması

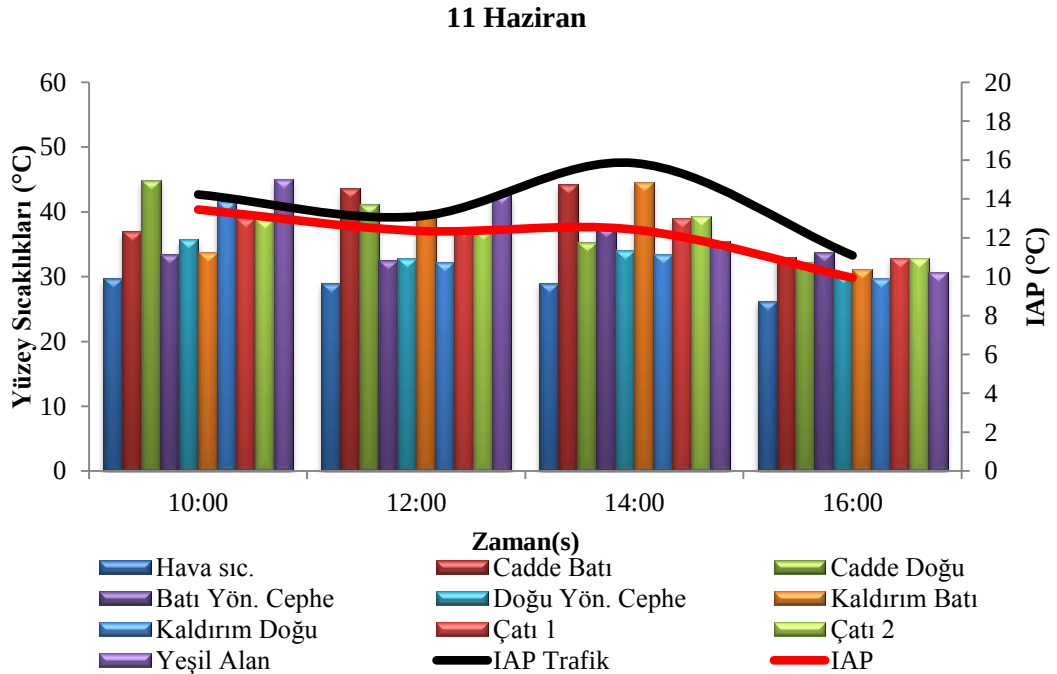
11 Ağustos'ta trafik etkisinin eklenmesiyle (Şekil 5.39) kentsel yüzeylerde en yüksek sıcaklık değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Genellikle kuzeybatıdan esen rüzgârlar, kuzey kaldırım ve kuzey yönelimli cephe üzerinde trafik etkisinin sıcaklığı arttırmasına engel olurken, güney kaldırım ve güney yönelimli cephe üzerinde belirgin sıcaklık artışları oluşmuştur (Şekil 5.40). Saat 12.00'de rüzgâr hızının 1.65 m/sn'ye kadar düşmesi nedeniyle de kuzey kaldırım ve kuzey yönelimli cephenin yüzey sıcaklığı da artmış ve IAP değeri yükselmiştir.

Şekil 5.41'de, 11 Haziran, 11 Temmuz ve 11 Ağustos için trafik etkisinin olduğu ve olmadığı IAP değerleri sunulmuştur. Buna göre trafik etkisinin eklenmesiyle IAP değerleri, diğer IAP değerlerine göre paralel ve orantılı bir artış göstermiştir. Örneğin, 11 Haziran için yapılan simülasyonlarda en yüksek IAP değeri her iki durum için de saat 14.00'te oluşurken, Ağustos ayında saat 12.00'de oluşmuştur. 11 Temmuz'da saat 12.00'de trafik etkisinin eklenmesiyle daha fazla artış olurken, diğer saatlerde IAP değerleri kademeli olarak azalmıştır. Simülasyon yapılan günlerde, trafik etkisiyle birlikte hesaplanan IAP değerleri, o saat için belirlenen taşıt sayısına bağlı olarak artış göstermiştir. Dolayısıyla saat 10.00'da minimum, saat 16.00'da maksimum bir artış oranı tespit edilmiştir.

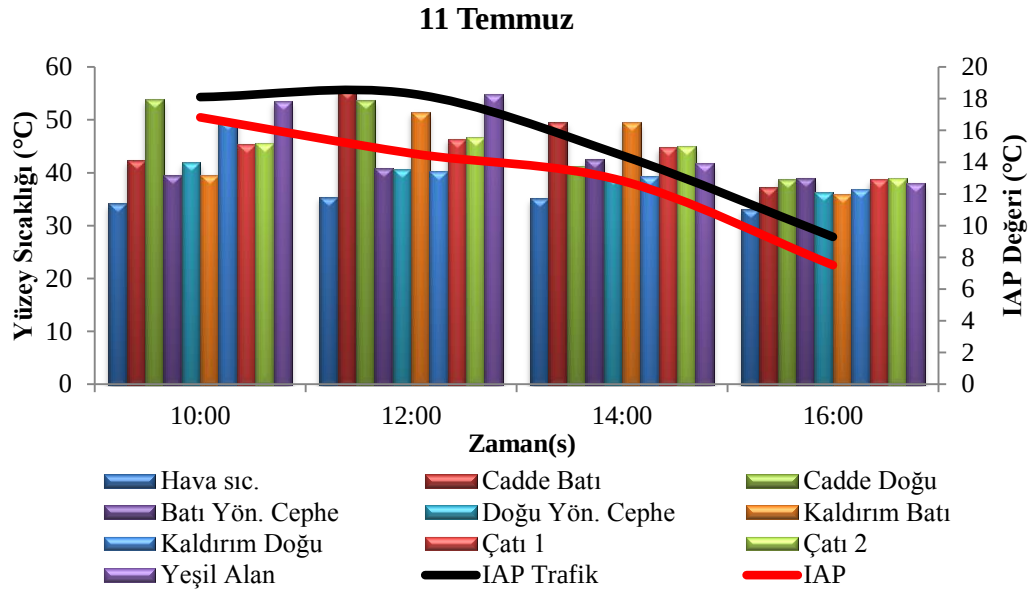
➤ Şehit İlhanlar Caddesi

Binaların doğu-batı cepheli olarak yerleştirildiği Şehit İlhanlar Caddesi'nde simülasyonlar sonucu elde edilen yüzey sıcaklıkları ve IAP değerleri Gazi Caddesi'ne göre daha yüksektir. Şehit İlhanlar Caddesi'nde öğleden önceki saatlerde (10.00 ve 12.00) cadde doğu ve kaldırım doğu için daha yüksek yüzey sıcaklık değerleri beklenirken, cadde batı ve kaldırım batı için ise öğleden sonraki saatlerde daha yüksek yüzey sıcaklıklarının elde edilmesi beklenmektedir. İki cadde arasında kalan yeşil alan ise, öğleden önceki saatlerde genellikle en fazla ısınan yüzey olmuştur.

11 Haziran'da trafik etkisi eklenmeden önce simülasyonların yapıldığı saatlerde neredeyse doğrusal bir şekil çizen IAP değeri, trafik etkisinin eklenmesiyle, özellikle saat 14.00'te büyük bir artış göstermiştir. Çünkü güneydoğudan esen rüzgar hızı 1.90 m/sn'ye düşmekte bu durum da artan trafik etkisiyle birlikte IAP değerinde belirgin bir artışa neden olmaktadır (Şekil 5.42). Saat 10.00 ve 12.00 de ise IAP değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu saatlerde güneydoğudan 3.60 ve 4.97 m/sn hızla esen rüzgâr, doğu cadde ve kaldırım üzerinde önemli bir soğutma etkisi oluşturmuş ve iki saat için IAP değerinin neredeyse sabit kalmasına sebep olmuştur.



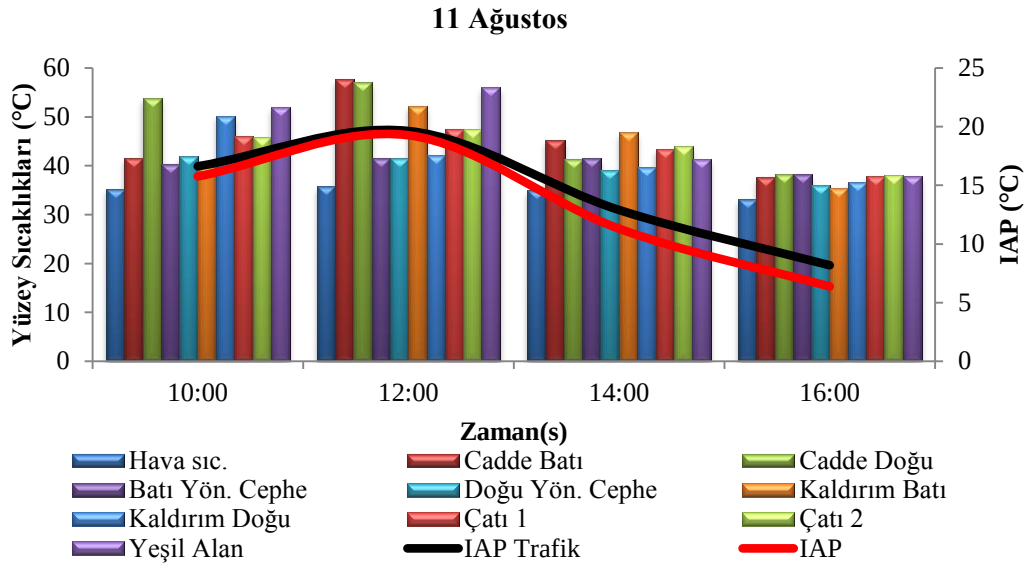
Şekil 5.42. Şehit İlhanlar Caddesi, 11 Haziran trafik etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri



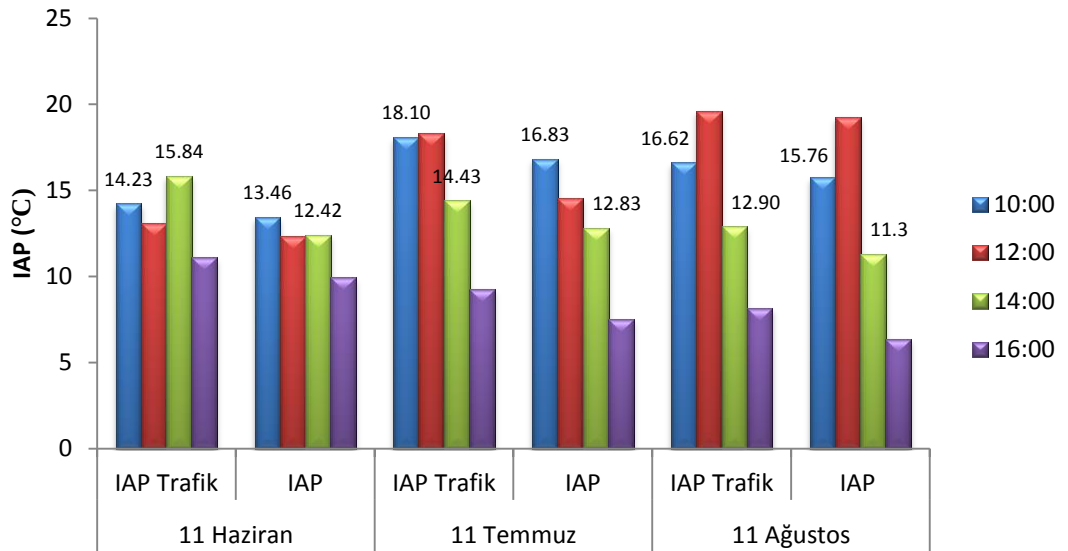
Şekil 5.43. Şehit İlhanlar Caddesi, 11 Temmuz trafik etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri

11 Temmuzda trafik etkisi sınır şartının uygulandığı diğer simülasyonlarda olduğu gibi IAP değerini arttırdığı görülmektedir (Şekil 5.43). Saat 12.00’de iki IAP değeri arasındaki farkın daha da açıldığını söylemek mümkündür. Öte yandan saat 14.00 ve 16.00’ da daha da artan trafik etkisine rağmen IAP değerlerinin artması beklenirken, belirgin bir düşme meydana gelmiştir. Diğer günler için trafik etkisinin olduğu bütün simülasyonlarda trafik yoğunluğu artmasına rağmen, azalan radyasyon nedeniyle IAP’lerin daha düşük olduğu görülmektedir. Trafik etkisinin en fazla hissedildiği saatler tüm günler için radyasyon etkisinin kuvvetli olduğu ve rüzgâr etkisinin de nispeten azaldığı saatler olmuştur.

11 Ağustos’ta ise saat 12.00’de güneybatıdan ve 1.65m/sn ile gelen rüzgâr, gün içinde geldiği en düşük hız olması nedeni ile cadde batı ve kaldırım batı için yüzey sıcaklık değerlerinin artmasına ve IAP değerinin de yükselmesine neden olmuştur (Şekil 5.44). Saat 14.00 ve 16.00’da kuzeybatıdan gelen rüzgâr, cadde batı ve kaldırım batı üzerinde öğleden sonra olması beklenen yüzey sıcaklık artışını engellediği için IAP değerleri düşmüştür.



Şekil 5.44. Şehit İlhanlar 11 Ağustos trafik etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



Şekil 5.45. Şehit İlhanlar Caddesi, trafik etkisinin olduğu ve olmadığı durumlar için IAP değerlerinin karşılaştırılması

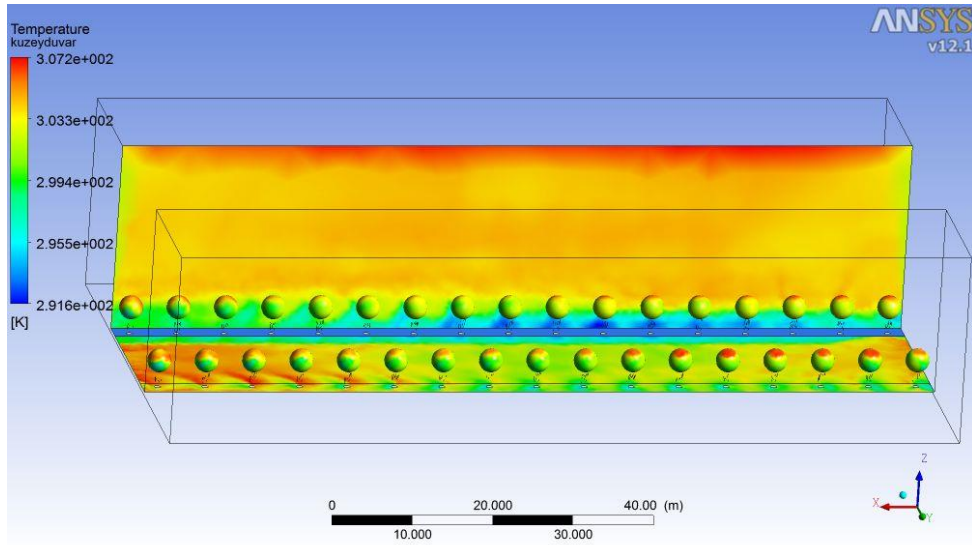
Şekil 5.45’de Şehit İlhanlar Caddesi için yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen 11 Haziran, 11 Temmuz ve 11 Ağustos için trafik etkisinin olduğu ve olmadığı IAP değerleri sunulmuştur. Buna göre, en yüksek IAP değerleri, en düşük rüzgâr hızlarının mevcut olduğu 11 Ağustos saat 12.00 için elde edilmiştir. Trafik etkisinin eklenmesiyle bazı istisnai durumlar hariç (11 Haziran saat 14.00 ve 11 Temmuz saat 12.00), Gazi Caddesi’nde olduğu gibi iki IAP değeri arasında trafik etkisiyle elde edilen IAP’lerin daha yüksek olduğu, orantılı bir artış söz konusudur.

5.2.3. Ağaç Etkisi Eklenerek Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

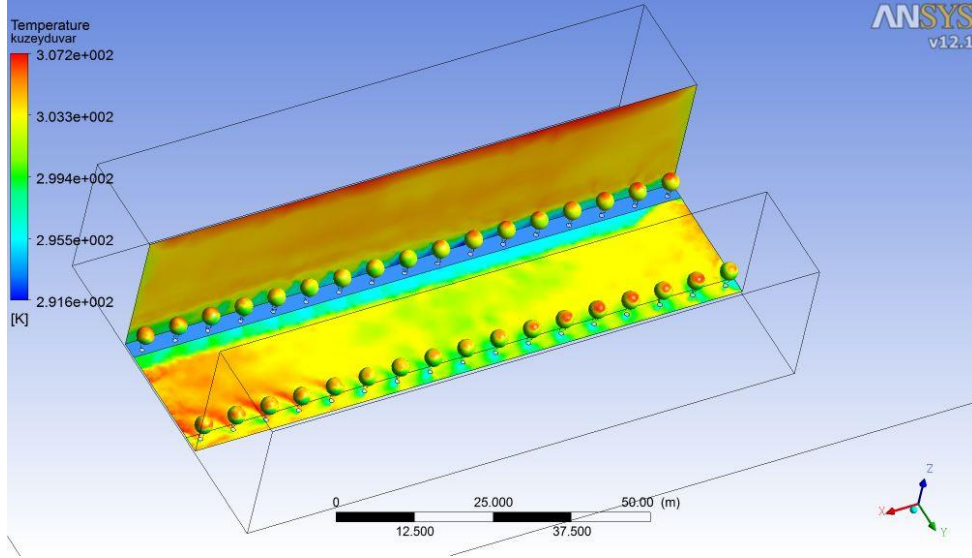
➤ Gazi Caddesi

Gazi Caddesi'ne ağaç etkisi, kuzey ve güney yönelimli cephelerin önünde yer alan kaldırımlara 17'şer tane olmak üzere toplam 34 ağaç modellenerek eklenmiştir (Şekil 5.46). Ağaçların IAP üzerinde etkisi olan iki önemli özelliği dikkate alınmıştır. Bunlardan ilki ağaçların hacimsel olarak ısıyı absorbe etmeleridir. Absorbe edilen ısı miktarı kaynak terim olarak simülasyonlara dahil edilmiştir. Bitki yüzeyleri tarafından absorbe edilen güneş enerjisinin bir kısmı buharlaşma ile gizli ısıya dönüşür. Yüzeyler üzerinde küçük bir yüzey sıcaklığı artışı meydana getiren bu durum çalışmada ihmal edilmiştir. Ağaçların bir diğer etkisi ise, rüzgâra karşı oluşturduğu direnç ile rüzgârın kentsel kanyon içine girip kentsel elemanlar üzerindeki soğutma etkisini azaltmasıdır.

Şekil 5.46'da ağaçların bina cephelerinde meydana getirdiği soğutma etkisi görülmektedir. Aynı zamanda ağaç gövdelerinin kaldırım üzerinde meydana getirdiği gölgelenmeler de sıcaklıkların azalmasına neden olmaktadır (Şekil 5.47).

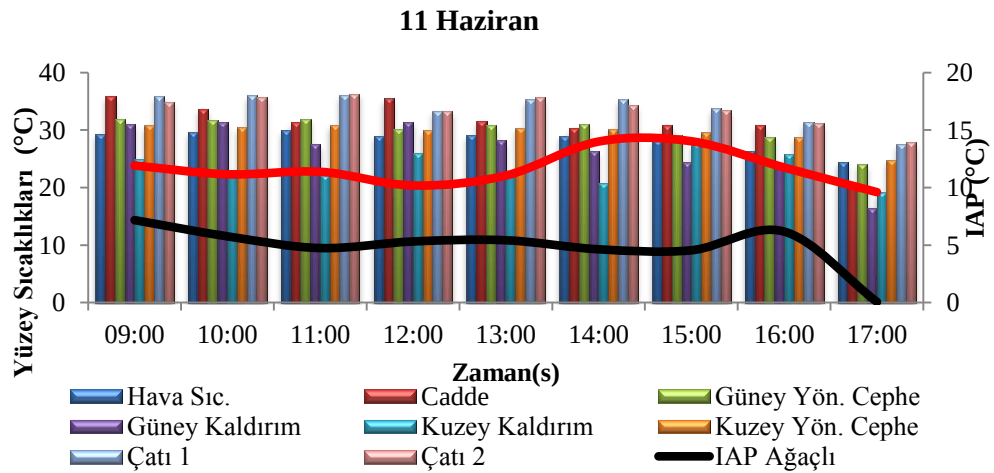


Şekil 5.46. Gazi Caddesi 11 Haziran saat 13.000 ağaçların yüzeyler üzerinde oluşturduğu soğutma etkisi

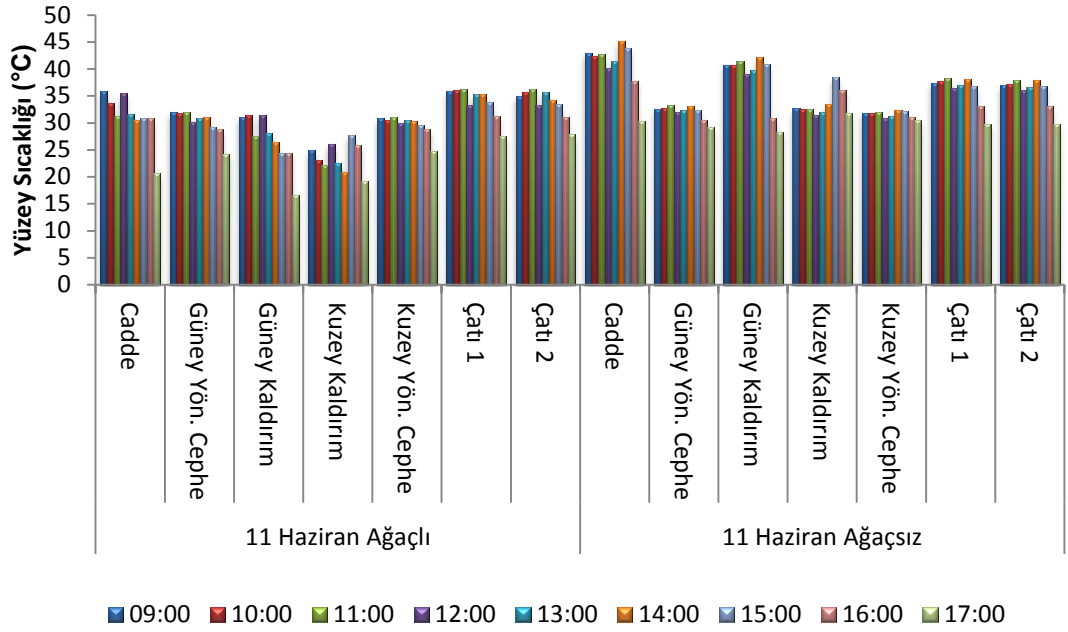


Şekil 5.47. Gazi Caddesi'nde ağaçların kaldırımlar üzerinde oluşturduğu gölge etkisi

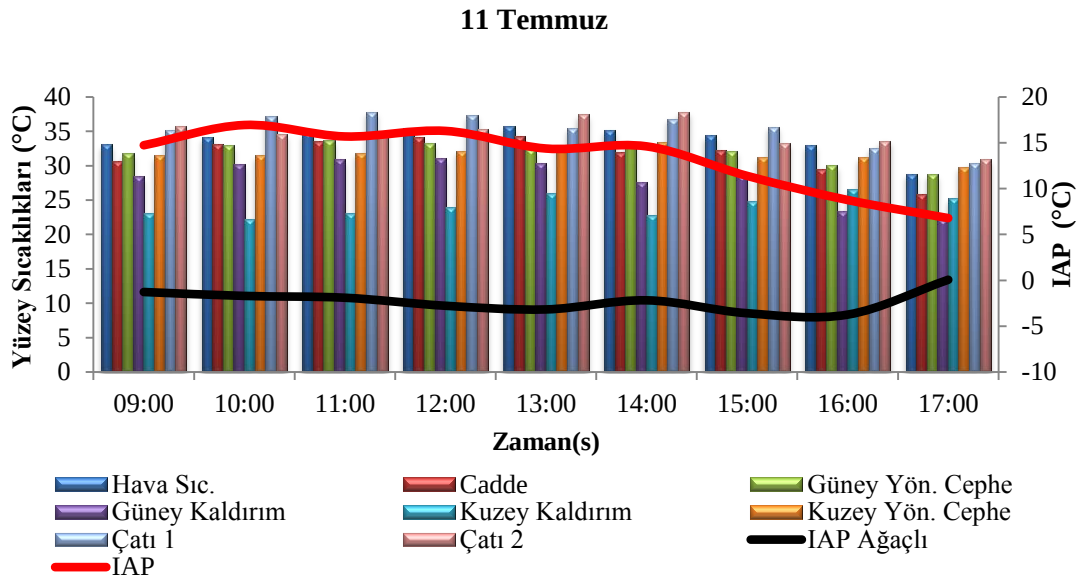
Şekil 5.48 'de görüldüğü üzere, 11 Haziran'da ağaç etkisinin eklenmesiyle IAP değerlerinde ortalama 10 °C'lık bir azalma meydana gelmiştir. Saat 9.00-15.00 arası 10 °C seviyesinde devam eden IAP değerinin, saat 17.00' de (-) değere ulaştığı görülmektedir. Şekil 5.49'da ağaç etkisinin olduğu ve olmadığı iki farklı durum için yüzey sıcaklık değerleri yer almaktadır. Gazi Caddesi'nde kaldırımlar üzerine yerleştirilen ağaçların, cephe ve kaldırım yüzeylerinin sıcaklıklarını önemli ölçüde düşürdüğü görülmektedir. Özellikle kuzey kaldırıma ait yüzey sıcaklıklarında hem gölgelenme etkisi hem de ağacın enerji absorbe etme özelliği nedeniyle büyük oranda azalmalar gözlenmektedir.



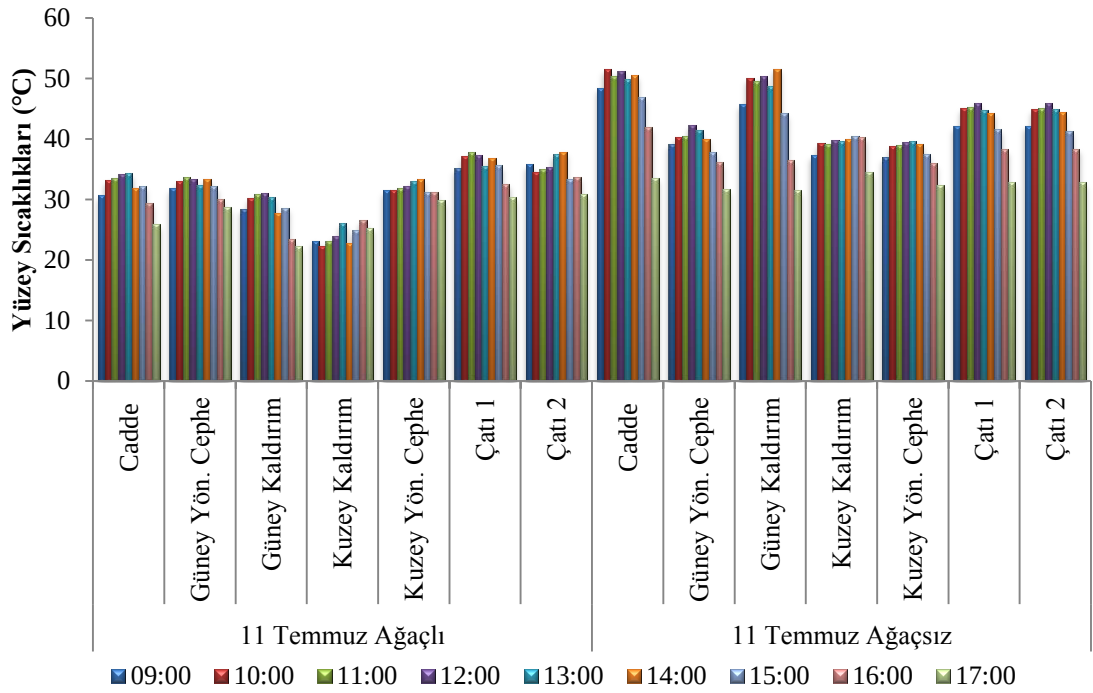
Şekil 5.48. Gazi Caddesi, 11 Haziran ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri



Şekil 5.49. Gazi Caddesi, 11 Haziran için ağaç etkisinden önce ve sonra elde edilen yüzey sıcaklıkları

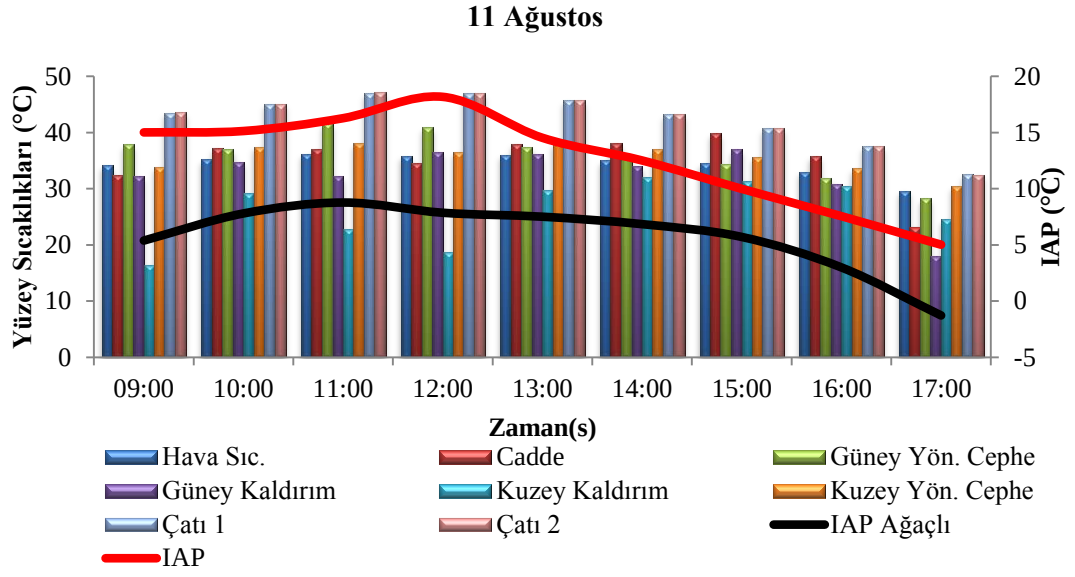


Şekil 5.50. Gazi Caddesi 1 Temmuz ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri



Şekil 5.51. Gazi Caddesi 11 Temmuz için ağaç etkisi eklenmeden önce ve eklendikten sonra elde edilen yüzey sıcaklık değerleri

11 Temmuz'da ağaç etkisinin eklenmesiyle yüzey sıcaklıkları üzerinde önemli bir düşüş meydana gelmiş ve IAP değerleri negatif (-) değer almıştır (Şekil 5.50). Ağaç etkisi eklenmeden önce Haziran ayı yüzey sıcaklıklarına göre daha yüksek değerler sunan Temmuz ayı yüzey sıcaklıkları, hem ağaçlar tarafından soğurulan enerji, hem de rüzgârın devam eden soğutma etkisi nedeniyle belirgin bir azalma göstermiştir. Temmuz ayına ait ağaçlı ve ağaçsız simülasyon sonuçlarının sunulduğu Şekil 5.51 incelendiğinde, cadde ve güney kaldırım üzerinde meydana gelen sıcaklık azalması dikkat çekmektedir.

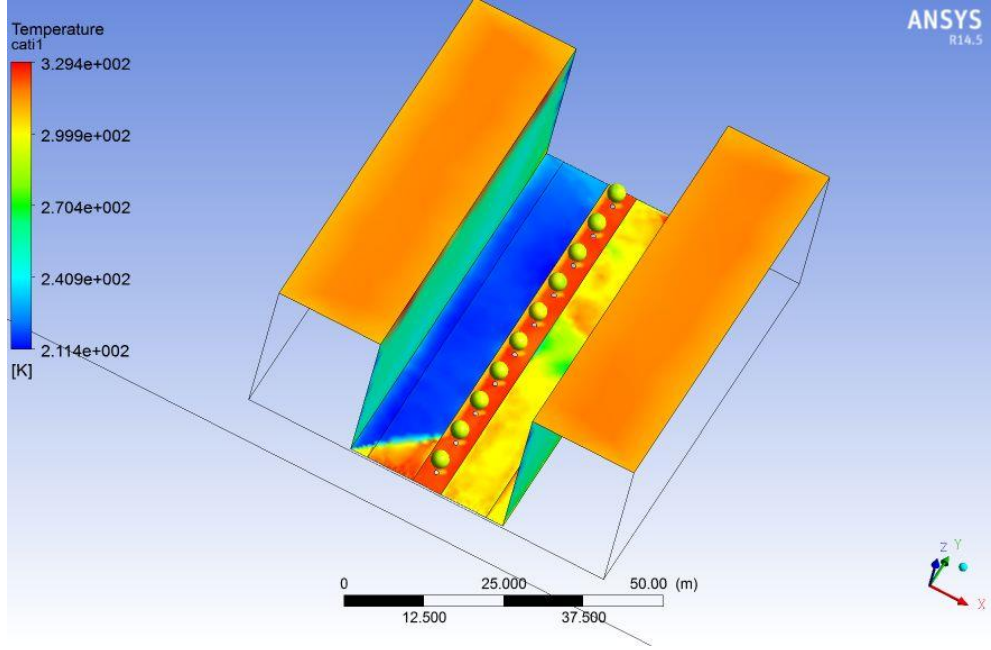


Şekil 5.52. Gazi Caddesi 11 Ağustos ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri

11 Ağustos için sunulan Şekil 5.52'ye bakıldığında, yine IAP değerlerinde ortalama 10-15 °C'lık bir düşüş görülmektedir. 11 Ağustos için elde edilen IAP değerleri ağaç etkisinin eklenmesiyle bile Haziran ve Temmuz aylarına göre daha yüksek IAP değerleri sunmuştur. Çünkü 11 Haziran ve 11 Temmuz'a göre daha düşük hızla gelen rüzgâr etkisi, ağaçların direnci ile tamamen etkisini kaybetmektedir.

➤ Şehit İlhanlar Caddesi

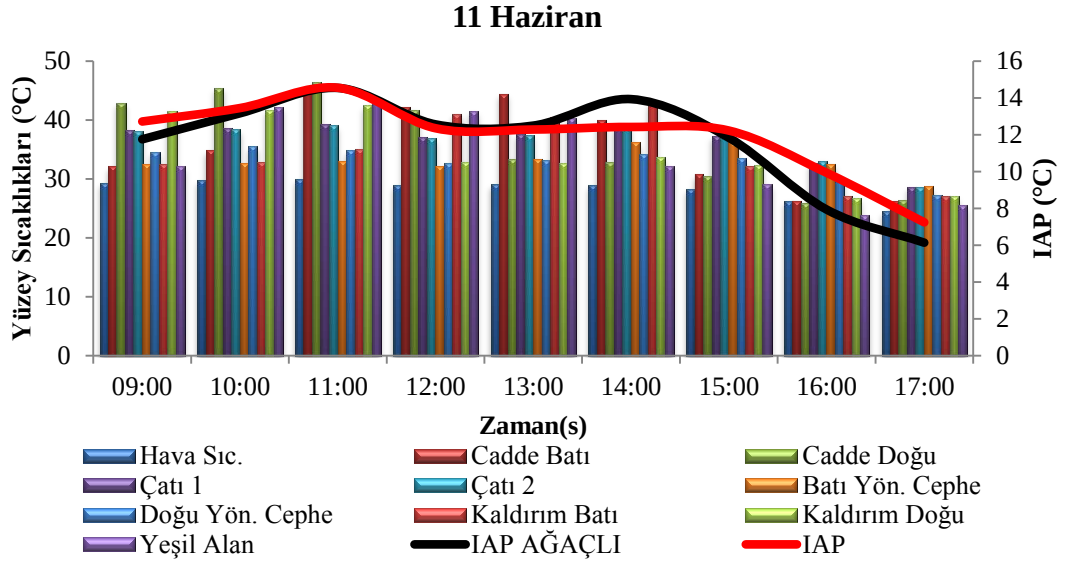
Şehit İlhanlar Caddesinde, ağaçlar iki cadde arasında kalan yeşil alan üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 5.53). Gazi Caddesine göre daha kısa bir alan üzerinde çalışıldığı için, cadde boyunca yeşil alan üzerine 10 ağaç yerleştirilmiştir.



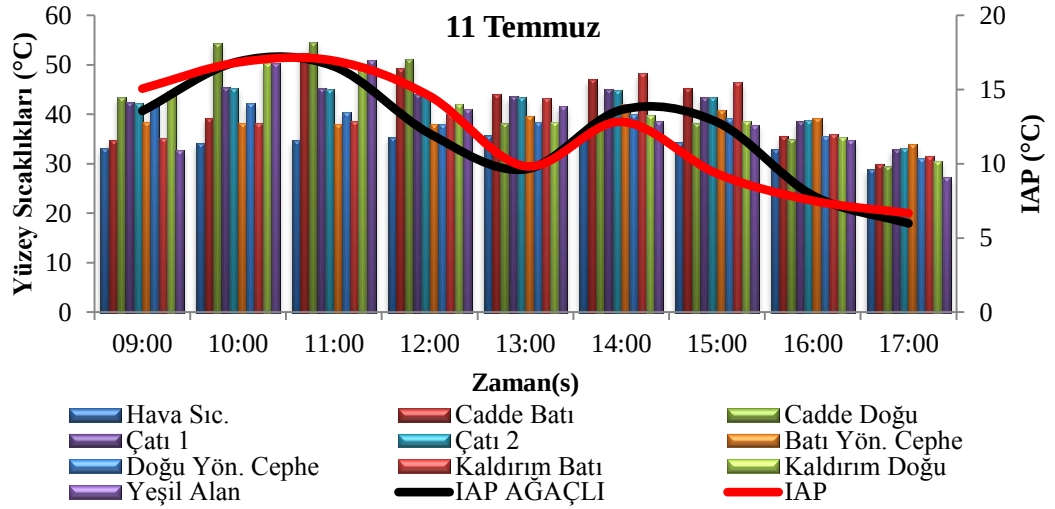
Şekil 5.53. Şehit İlhanlar Caddesi'nde yerleştirilen ağaç modelleri

Şehit İlhanlar Caddesi'nde ağaçların yerleştirildikleri konum itibariyle, kentsel elemanların yüzey sıcaklıkları üzerinde belirgin bir soğutma etkisi oluşturmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle Şekil 5.54 ve 5.55'te, 11 Haziran ve 11 Temmuz için sunulan şekillere bakıldığında IAP değerlerinin, ağaç etkisi eklenmeden önceki değerlere benzer devam ettiği, hatta saat 14.00 te ağaç etkisinin IAP'yi arttırdığı görülmektedir.

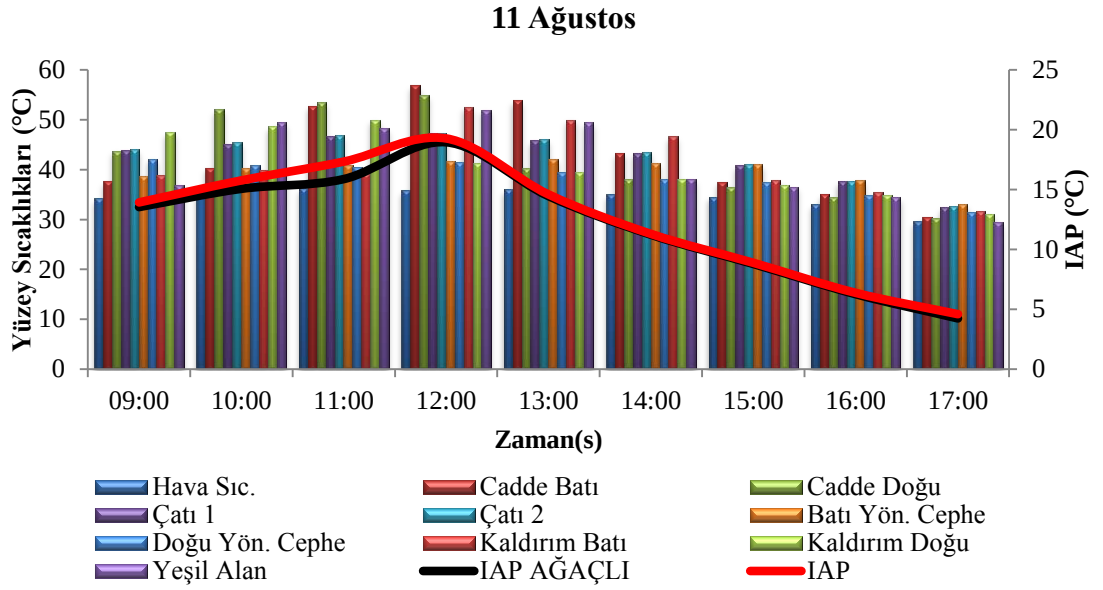
Şehit İlhanlar Caddesi için ağaçlı ve ağaçsız IAP'ler karşılaştırıldığında, 11 Haziran saat 16.00'da, 11 Temmuz saat 12.00'de ve 11 Ağustos saat 11.00'de (Şekil 5.56) ağaçlı IAP değerinin biraz da olsa düştüğü görülmektedir. Bu durum, bu saatlerde batı ve doğu yönlerinden gelen rüzgârın doğu-batı yönelimli binaların bulunduğu kanyon içine girememesi, etkisini tamamen kaybetmesi ve ağacın bir miktar enerji absorbe etmesiyle açıklanabilir.



Şekil 5.54. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran ağaç etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri



Şekil 5.55. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz ağaç etkisi için yüzey sıcaklığı ve IAP değeri



Şekil 5.56. Şehit İlhanlar 11 Ağustos ağaç etkisi için yüzey sıcaklık ve IAP değerleri

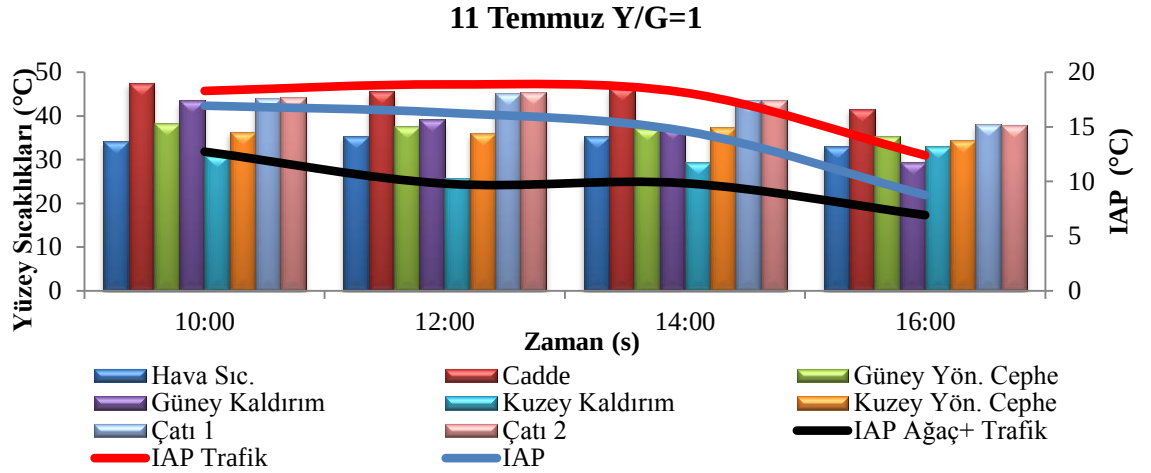
5.2.4. Trafik ve Ağaç etkisinin Birlikte Kullanılmasıyla Elde Edilen Isı Adası Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

Şehit İlhanlar Caddesinde, ağaç etkisinin eklenmesiyle IAP değerlerinde neredeyse hiçbir değişim olmamıştır. Trafik ve ağaç etkisinin birlikte eklenmesi halinde, yalnız trafik etkisinin eklenmesi durumuyla aynı sonuçlar elde edileceğinden Şehit İlhanlar için trafik ve ağaç etkisinin birlikte uygulandığı simülasyonlar yapılmamıştır. Gazi Caddesi'nde 11 Temmuz Y/G=1, 2 ve 0.5 oranları için ağaç ve trafik etkisinin birlikte olması durumu düşünülerek, saat 10.00, 12.00 14.00 ve 16.00 için simülasyonlar yapılmıştır.

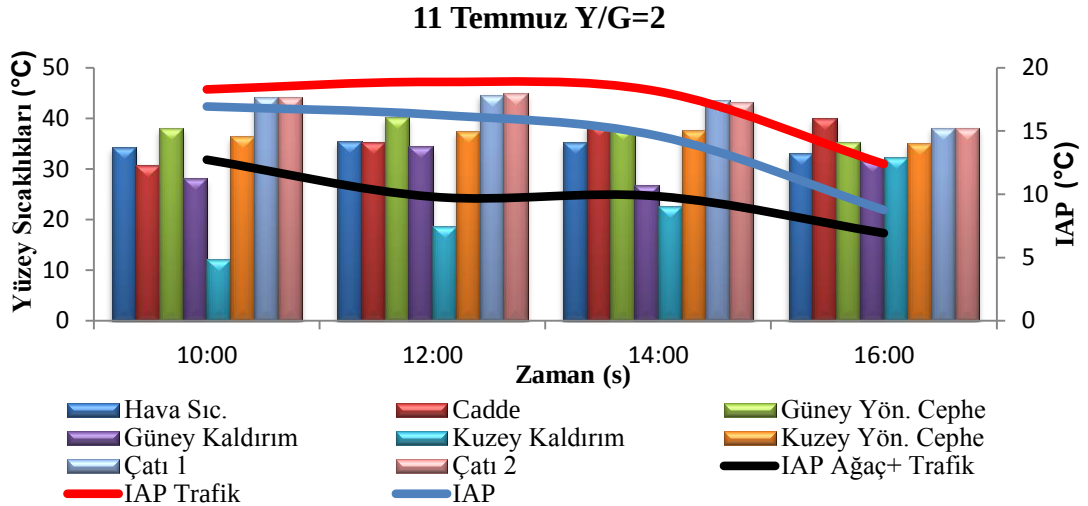
Gazi Caddesi'nde trafik etkisinin eklenmesiyle artan IAP değerleri, ağaç etkisinin eklenmesiyle negatif değerlere doğru eğilim göstermiştir. Ağacın enerjiyi absorbe etme özelliği ve trafik etkisinin ortama bıraktığı ısı miktarı IAP değerlerinin yalnız trafik ve yalnız ağaç etkisinin yansıtıldığı durumlara kıyasla ortalama bir değer almasını sağlamıştır. Bir anlamda trafiğin ısı salarak neden olduğu olumsuz etki, ağaçların enerjiyi absorbe ederek ve kentsel yüzeyler üzerinde soğuma sağlayarak oluşturduğu olumlu etkiyle dengelenmiştir.

Şekil 5.57'de sunulan yüzey sıcaklıklarına bakıldığında saat 16.00'da radyasyon etkisi azalmış olmasına rağmen cadde için oldukça az bir sıcaklık düşüşü olduğu görülmektedir. Saat 10.00'dan 16.00'ya doğru sürekli artan ve caddeden ortama bırakılan trafik kaynaklı enerji miktarı bu durumun en önemli sebebidir. Güney yönelimli cephe için

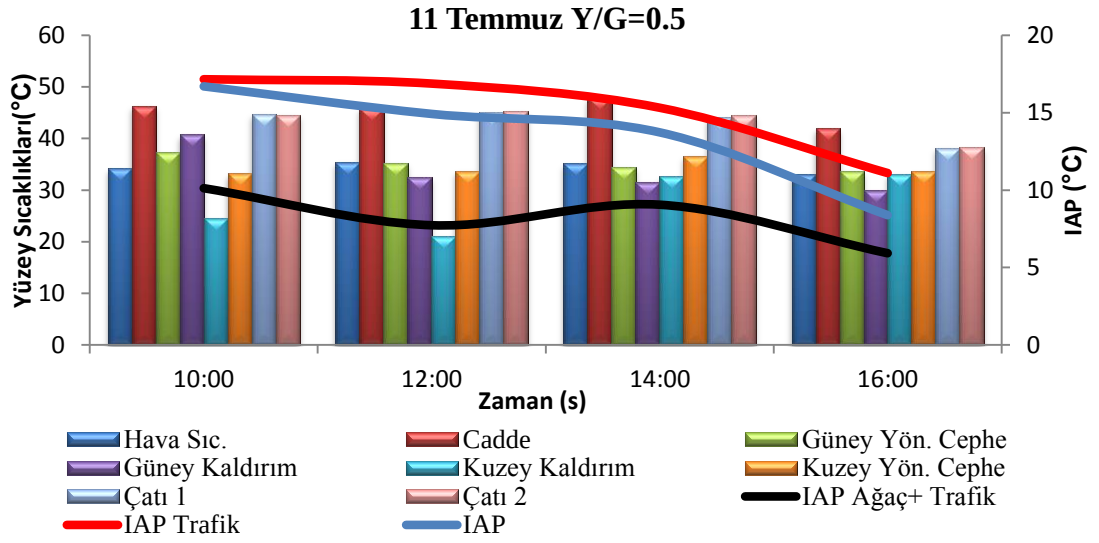
sıcaklık değeri saat 16.00'ya doğru düşerken, kuzey yönelimli cephe için sıcaklık değerinin saat 12.00 hariç neredeyse aynı değerde kaldığı görülmektedir. Saat 16.00'da kuzeybatı yönelimli rüzgârın ağaçlar tarafından engellenen soğutma etkisi kuzey cephenin yüzey sıcaklığını arttırmıştır. Saat 12.00'de güney batıdan esen rüzgâr kuzey cephe üzerinde etkili olmasa da, binanın gölge etkisi ve ağaçların soğutma etkisi birleşerek cephe sıcaklığını düşürmüştür.



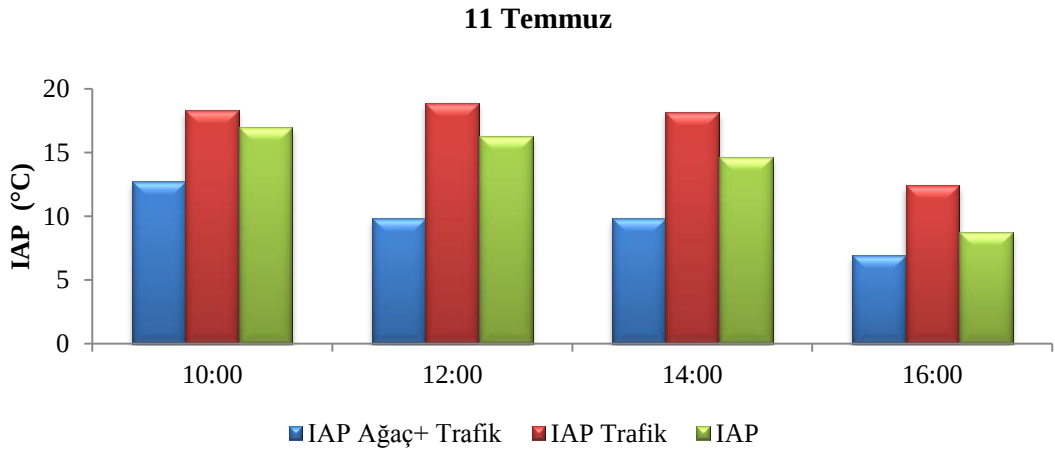
Şekil 5.57. Gazi Caddesi 11 Temmuz Y/G=1 için trafik ve ağaç etkisinin eklenmesiyle elde edilen IAP değerleri



Şekil 5.58. Gazi Caddesi 11 Temmuz Y/G=2 için trafik ve ağaç etkisinin eklenmesiyle elde edilen IAP değerleri



Şekil 5.59. Gazi Caddesi 11 Temmuz Y/G=0.5 için trafik ve ağaç etkisinin eklenmesiyle elde edilen IAP değerleri



Şekil 5.60. Gazi Caddesi 11 Temmuz farklı parametreler için saatlere göre değişen IAP değerleri

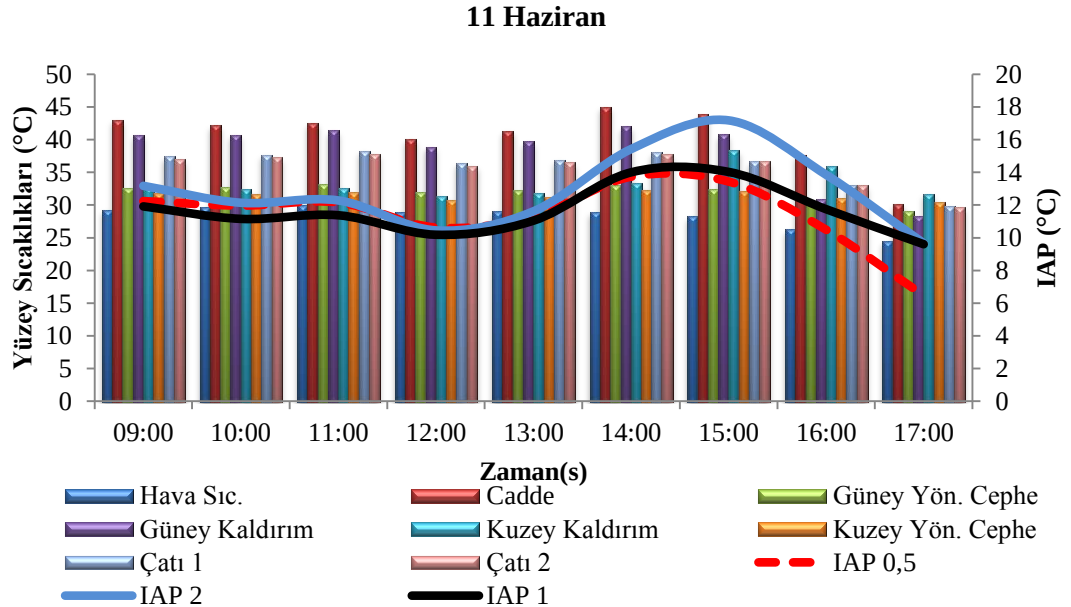
Şekil 5.60, 11 Temmuz'da 3 farklı durumu kapsayan IAP değerlerini sunmaktadır. Buna göre, IAP sütunları gelen rüzgâr hızına ve radyasyon miktarına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Saat 10.00'da 1.85 m/sn ile gelen rüzgâr nedeniyle IAP saat 12.00'deki değerinden biraz daha yüksek bir değer verirken, saat 16.00'da azalan radyasyon miktarı ve 2.45 m/sn'lik rüzgâr hızı nedeniyle azalmıştır. IAP Trafik, artan trafik yoğunluğunun radyasyon etkisi ile birleşmesi sonucunda saat 12.00'de en yüksek değerini almıştır. Ağaç ve trafik etkisinin birlikte olması durumunda ise, en yüksek IAP değeri, en düşük trafik yoğunluğunun ve en düşük rüzgâr hızının söz konusu olduğu saat 10.00 için elde edilmiştir.

5.2.5. Bina Yüksekliği/Cadde Genişliği Oranının Isı Adası Potansiyeli Üzerindeki Etkisi

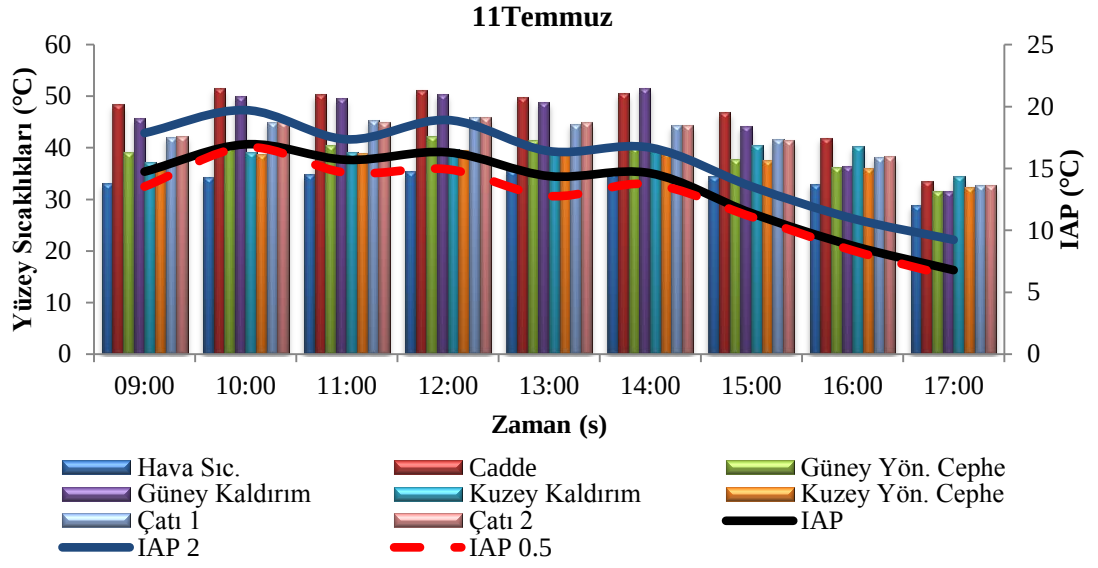
➤ Gazi Caddesi

Çalışmada bina yüksekliği ve cadde genişliği arasındaki oranın kentsel yüzeyler arasındaki sıcaklık dağılımını nasıl etkilediğini gösterebilmek amacıyla 11 Haziran, 11 Temmuz ve 11 Ağustos günleri için $Y/G = 2$ ve $Y/G = 0.5$ oranları için simülasyonlar yapılmış ve sonuçlar $Y/G = 1$ için yapılan simülasyon sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

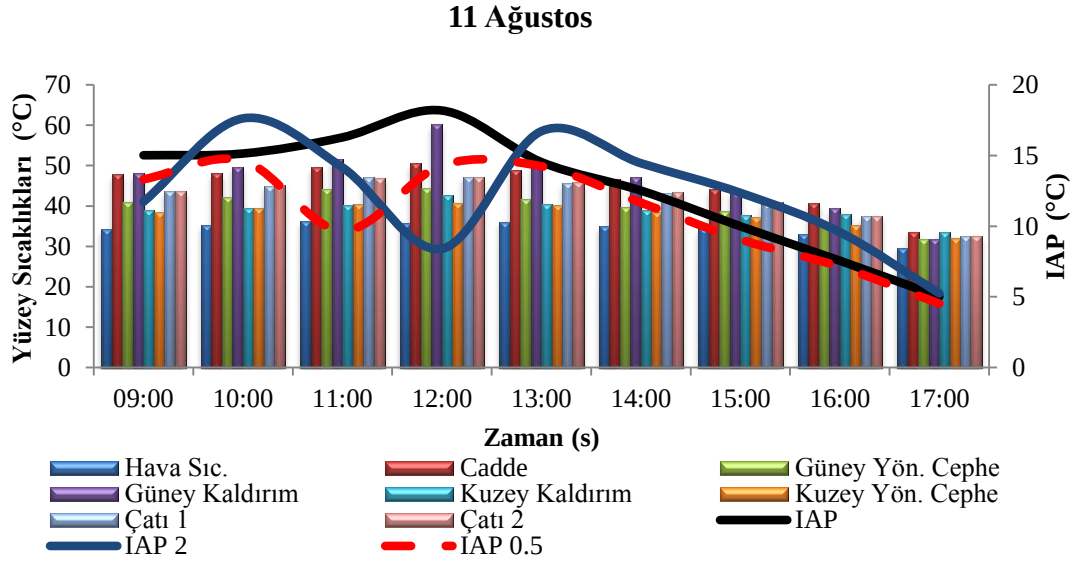
şekil 5.61’de sunulan şekilde $Y/G=1$ için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri ve hesaplanan IAP değerleri, diğer Y/G oranları ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu şekilde yer alan yüzey sıcaklık değerleri trafik veya ağaç etkisinin olmadığı, ilk simülasyonların sonuçlarıdır. 11 Haziran için sunulan şekilde $Y/G= 2$ olan durum için IAP değerlerinin en yüksek değeri aldığı ve bu durumun öğleden sonraki saatlerde daha da belirginleştiği görölmektedir. Saat 12.00’de 4.97 m/s hızla esen kuvvetli rüzgârın etkisiyle, IAP’lerin nerdeyse eşitlendiği ve kanyon etkisinin kaybolduğu görölmektedir. 11 Temmuz’da hem $Y/G= 2$ hem de $Y/G=0.5$ için elde edilen IAP değerleri $Y/G=1$ için hesaplanan değerlerle paraleldir (şekil 5.62). En düşük IAP $Y/G=0.5$ için elde edilirken en yüksek IAP $Y/G=2$ için elde edilmiştir.



şekil 5.61. Gazi caddesi, 11 Haziran değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

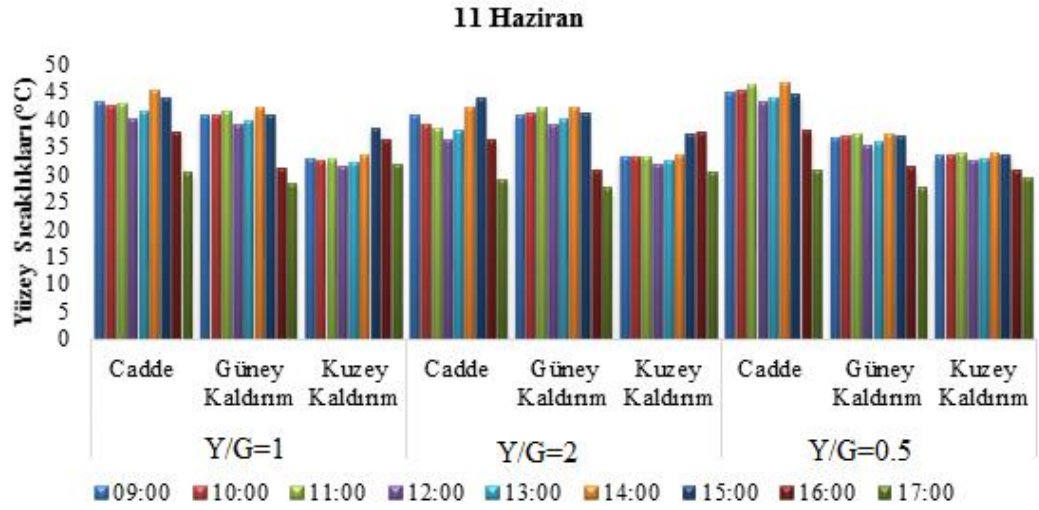


Şekil 5.62. Gazi Caddesi 11 Temmuz değişen Y/G oranlarına göre elde edilen IAP değerleri

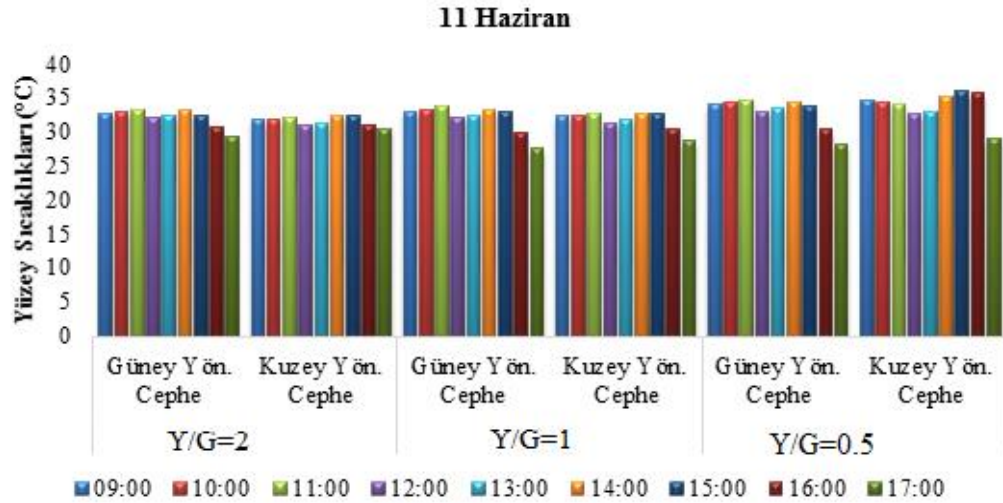


Şekil 5.63. Gazi Caddesi 11 Ağustos değişen Y/G oranlarına göre elde edilen IAP değerleri

Şekil 5.63'te görüldüğü üzere, 11 Ağustos'ta değişik Y/G oranları için elde edilen IAP değerleri saat 13.00'e kadar birbirinden bağımsız bir şekil çizmiştir. Saat 13.00'ten sonra yine $Y/G=2$ için en yüksek değeri ve $Y/G=0.5$ için en düşük değeri gösterecek şekilde üç farklı oran için elde edilen değerler birbirine paralel bir şekil çizmiştir.



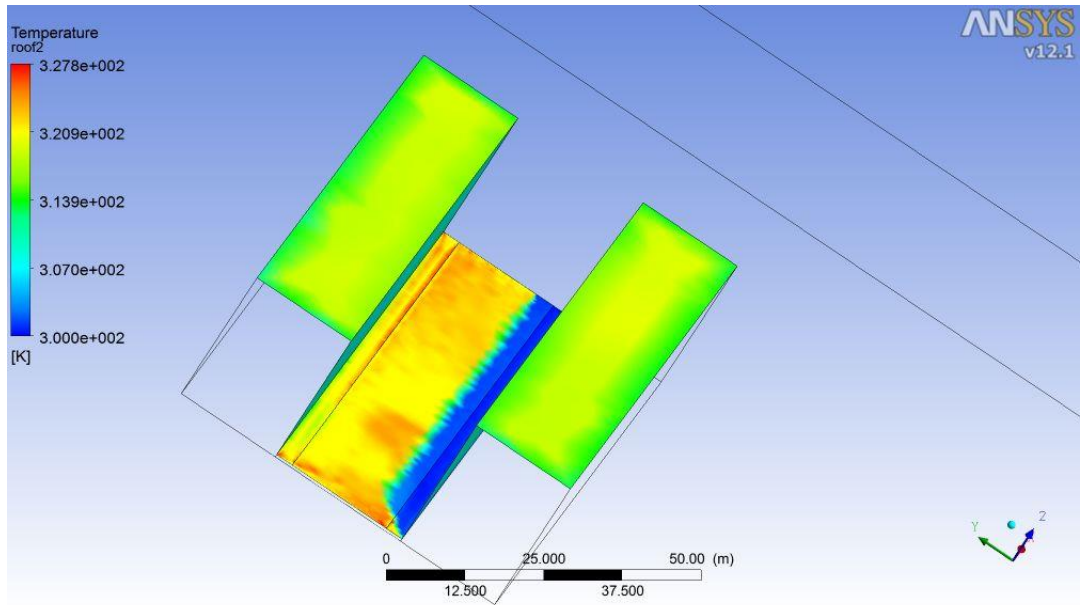
Şekil 5.64. Gazi Caddesi 11 Haziran için yatay kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları



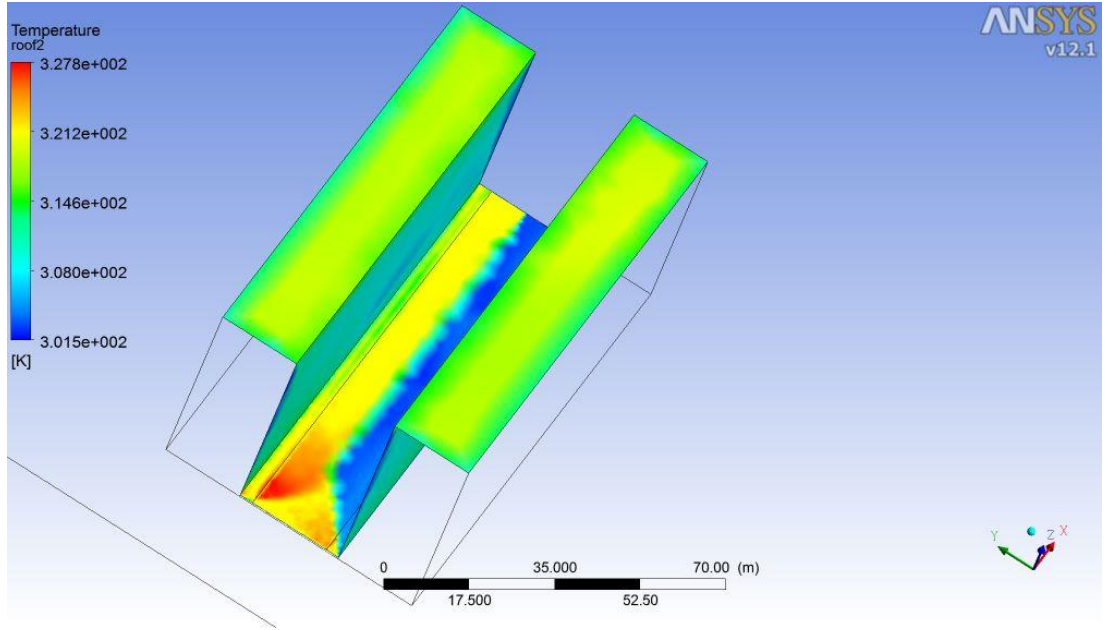
Şekil 5.65. Gazi Caddesi 11 Haziran için dikey kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları

Şekil 5.64 ve 5.65'te görüldüğü gibi, Y/G oranının yatay kentsel elemanlar olan cadde ve kaldırımların yüzey sıcaklıkları üzerindeki etkisi daha fazladır. Yatay elemanların yüzey sıcaklıkları, Y/G oranının artmasıyla belirgin şekilde düşmekte ancak, dikey kentsel elemanlar olan cepheler üzerinde bu değişim oldukça küçük olmaktadır. Hâlbuki Y/G oranının artmasıyla IAP değerindeki artış oldukça belirgindir. Y/G oranının artmasıyla cephelerin artan yüzey alanı, yüzey sıcaklıkları daha düşük olmasına rağmen IAP değerindeki artışı oluşturmaktadır. Şekil 5.66-5.68'de görüldüğü gibi bina yüksekliğinin artmasıyla cadde üzerine düşen gölge boyu artmakta ve bu durum cadde için yüzey

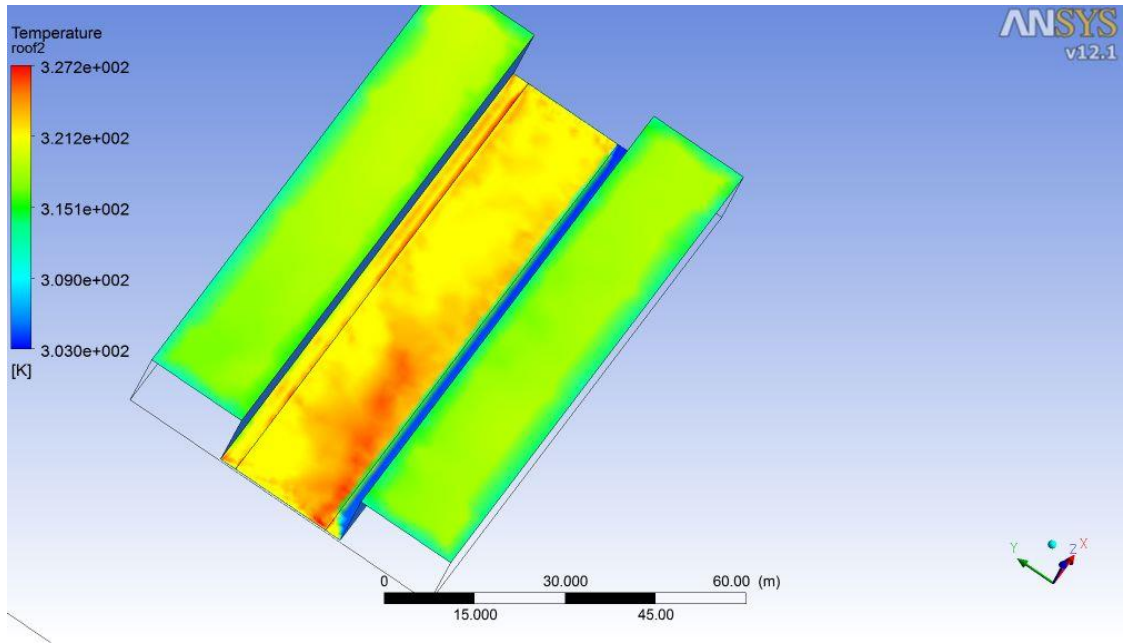
sıcaklık değeri düşmesine neden olmaktadır. Buna rağmen $Y/G=2$ için elde edilen IAP değerleri bazı istisnai durumlar hariç daha yüksek olmuştur. Y/G oranı arttıkça IAP değerlerinin artmasının bir diğer önemli nedeni de, yükselen binalar nedeniyle cephelerin aldıkları güneş ışınlamı miktarının azalması ve rüzgârın yüzeyler üzerindeki soğutma etkisini kaybetmesidir. Bu durum özellikle cepheler için yüzey sıcaklıklarının daha küçük ve büyük Y/G oranlarına göre dengede kalmasına neden olmaktadır. Çünkü kanyon içine giren rüzgâr daha fazla hız kaybetmekte ve cephe yüzey sıcaklıklarına çok az etki etmektedir. Şekil 5.69, 5.70 ve 5.71’de 11 Temmuz için $Y/G=2$, 0.5 ve 1 için oluşturulan hız kontürleri görülmektedir. Kuzeybatı yönünden gelen rüzgâr, kuzey yönelimli cepheye çarpıp hız kaybederek kanyon içinde dağılmıştır. $Y/G=0.5$ iken en az hız kaybına ve $Y/G=2$ iken en fazla hız kaybına uğramaktadır. $Y/G=2$ iken özellikle güney yönelimli cephe üzerindeki hızı azalmaktadır. Bu da yüzey sıcaklıklarının değişmemesine ancak aynı taban alanı üzerinde artan cephe yüzey alanı nedeniyle IAP değerinin yükselmesine sebep olmaktadır.



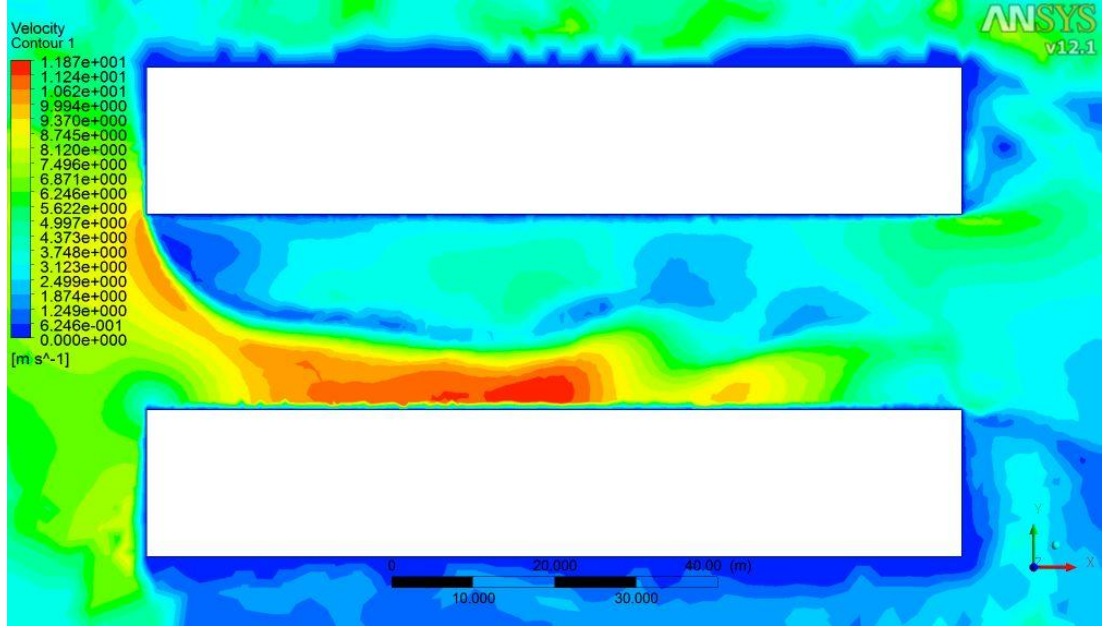
Şekil 5.66. Gazi Caddesi, 11 Haziran saat 12.00 $Y/G=1$ için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



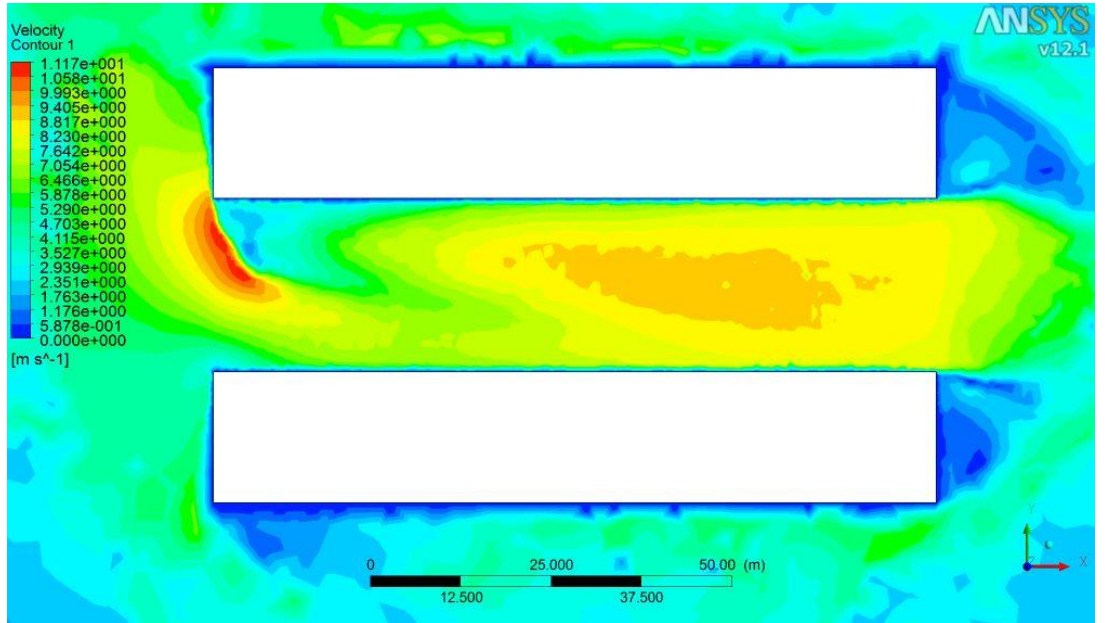
Şekil 5.67. Gazi Caddesi, 11 Haziran saat 12.00 Y/G= 2 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



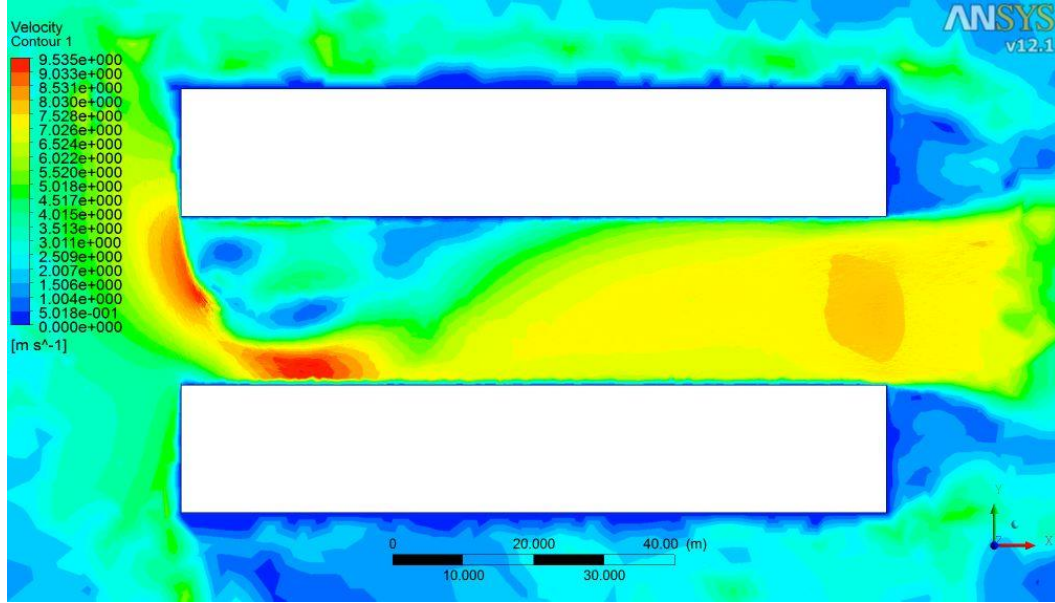
Şekil 5.68. Gazi Caddesi, 11 Haziran saat 12.00 Y/G=0.5 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



Şekil 5.69. Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=2 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri

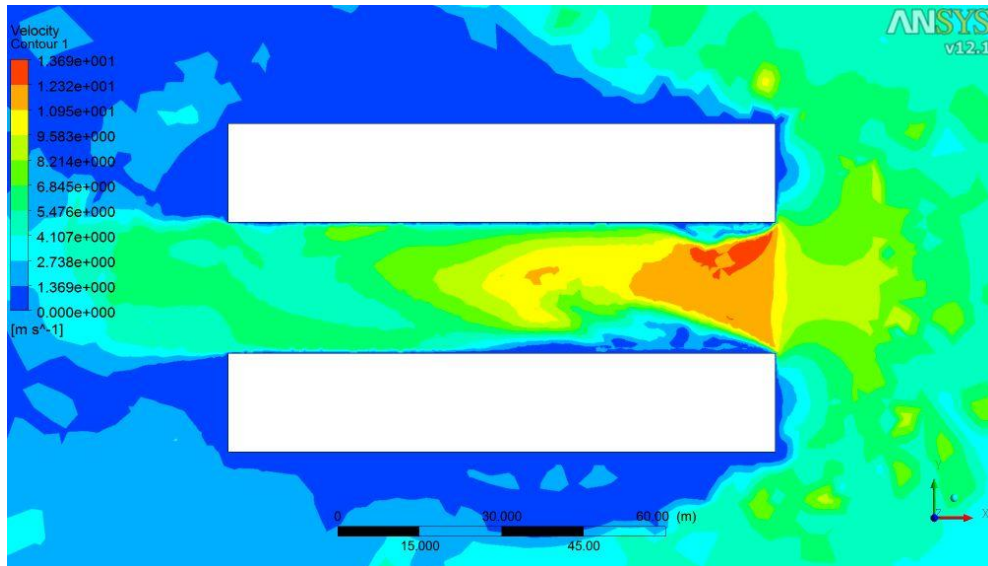


Şekil 5.70. Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=0.5 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri

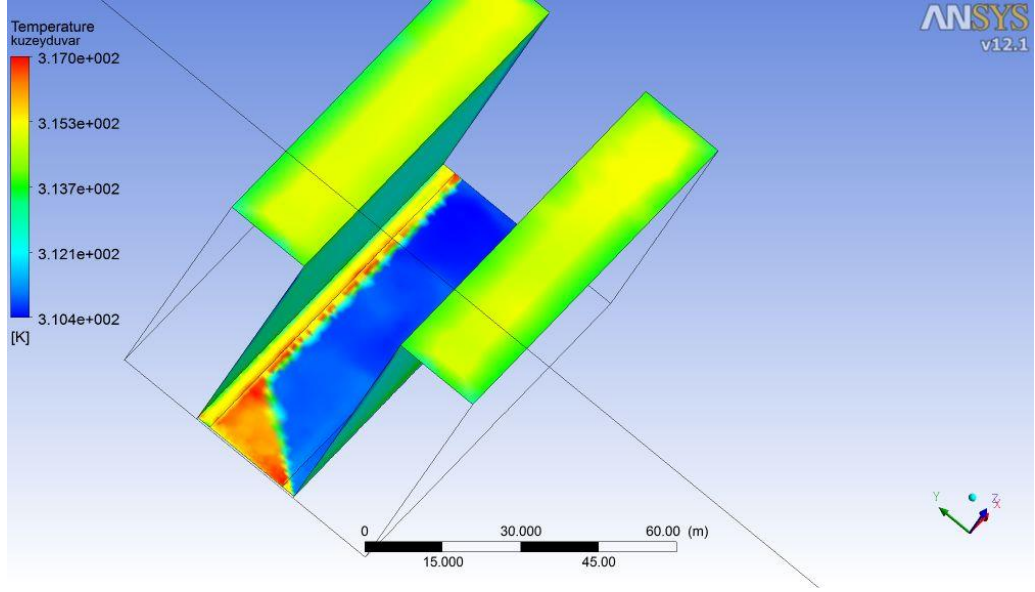


Şekil 5.71. Gazi Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=1 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri

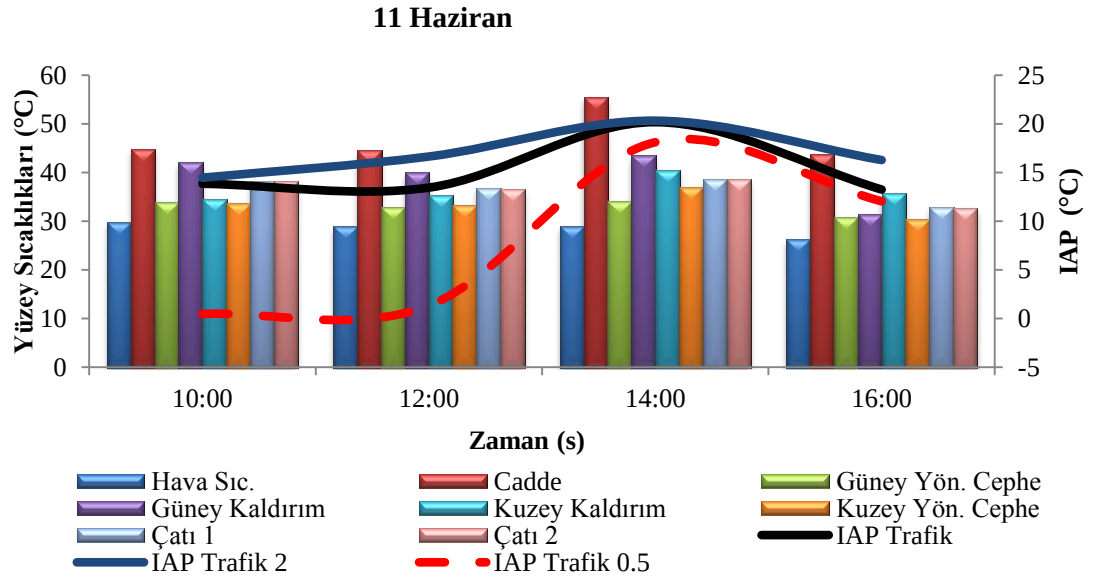
Ancak 11 Ağustos saat 12.00’de olduğu gibi, IAP 2 değerinin diğer IAP’lerden daha düşük olduğu durumlar da görülmektedir. 11 Ağustos 12.00’de hem cadde üzerine düşen gölge boyu nedeniyle (Şekil 5.73) hem de, rüzgârın kanyon içine girdikten sonra çok az kaybolan soğutma etkisi nedeniyle (Şekil 5.72) yüzey sıcaklıkları beklenenden daha fazla düşmüş ve IAP değerinin de düşmesine neden olmuştur.



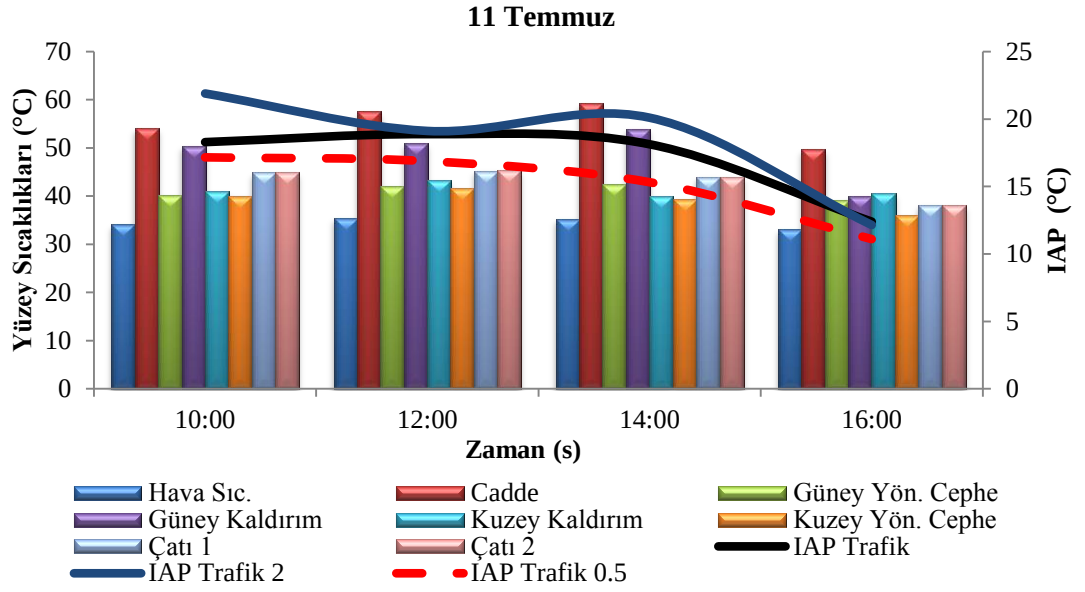
Şekil 5.72. Gazi Caddesi 11 Ağustos saat 12.00 Y/G=2 için oluşan rüzgâr hız eş eğrileri



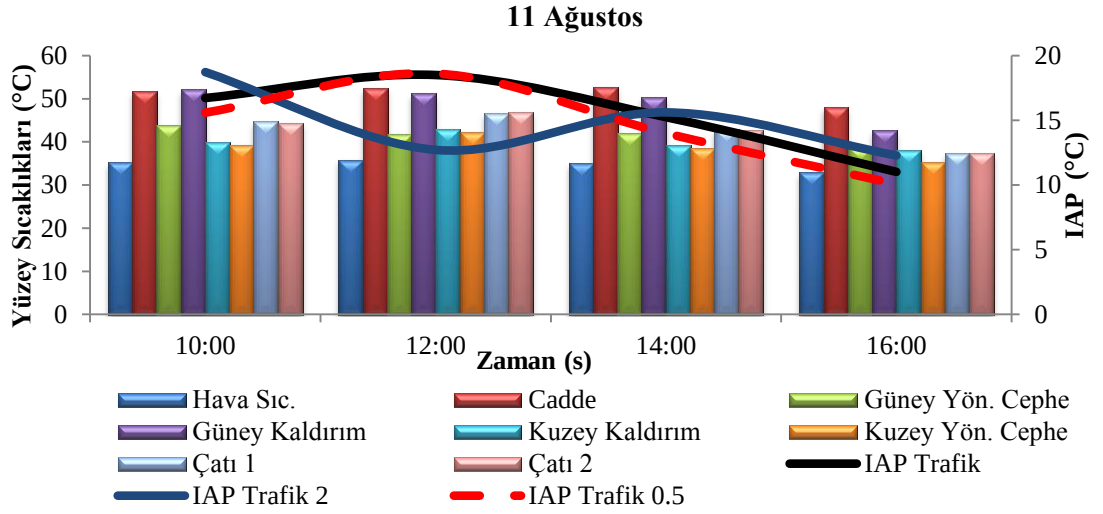
Şekil 5.73. Gazi Caddesi 11 Ağustos saat 12.00 Y/G=2 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



Şekil 5.74. Gazi Caddesi 11 Haziran değişen Y/G oranları için IAP Trafik değerleri



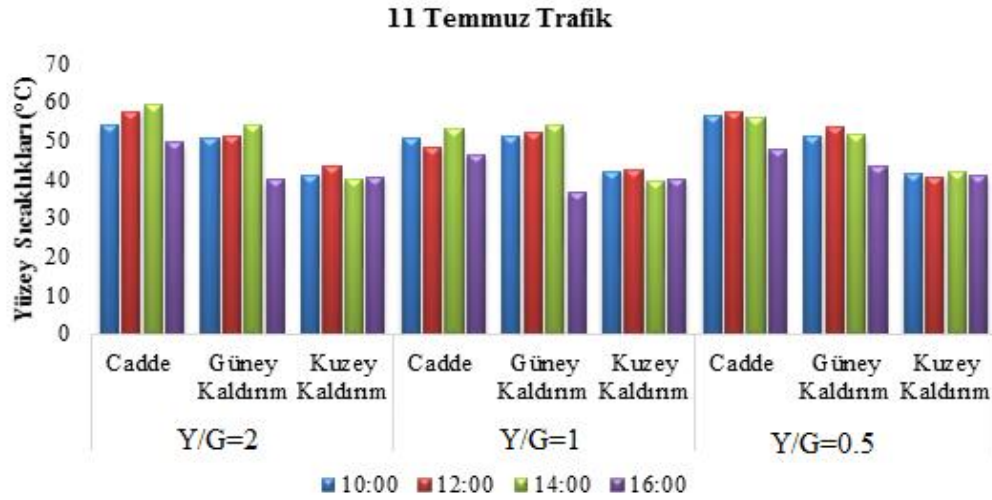
Şekil 5.75. Gazi Caddesi 11 Temmuz değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklığı ve IAP Trafik değerleri



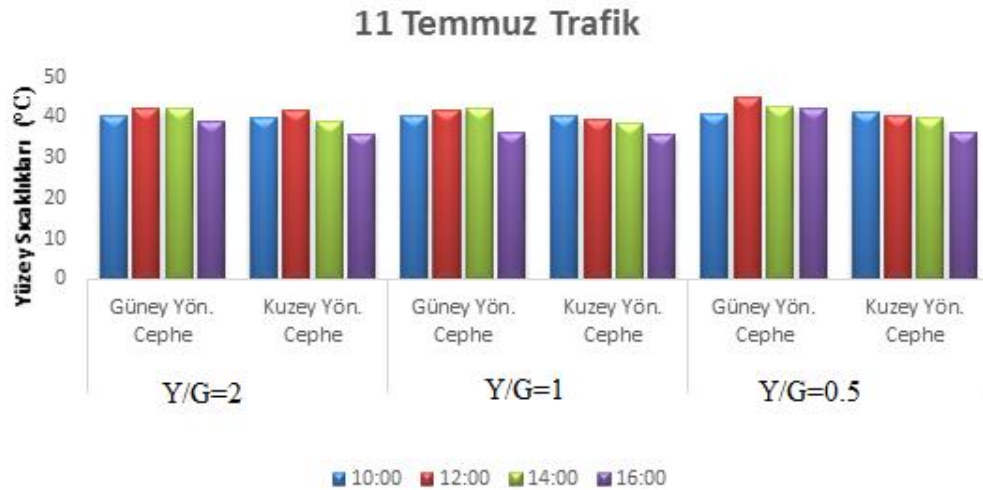
Şekil 5.76. Gazi Caddesi 11 Ağustos değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklığı ve IAP Trafik değerleri

Şekil 5.74, 5.75 ve 5.76 trafik etkisinin eklenmesiyle değişen IAP değerlerini göstermektedir. Trafik etkisi eklendikten sonra Y/G oranlarına göre IAP'ler incelendiğinde genellikle $Y/G=2$ oranı için en yüksek değerlerin elde edildiği görülmüştür. Özellikle cadde üzerinden salınan trafik kaynaklı ısı nedeniyle, cadde elemanının yüzey sıcaklığının arttığı ve rüzgâr etkisine bağlı olarak, diğer kentsel elemanların (çatılar hariç) yüzey sıcaklıklarının da etkilendiği daha önce belirtilmişti. Y/G oranının değişmesi ve trafik

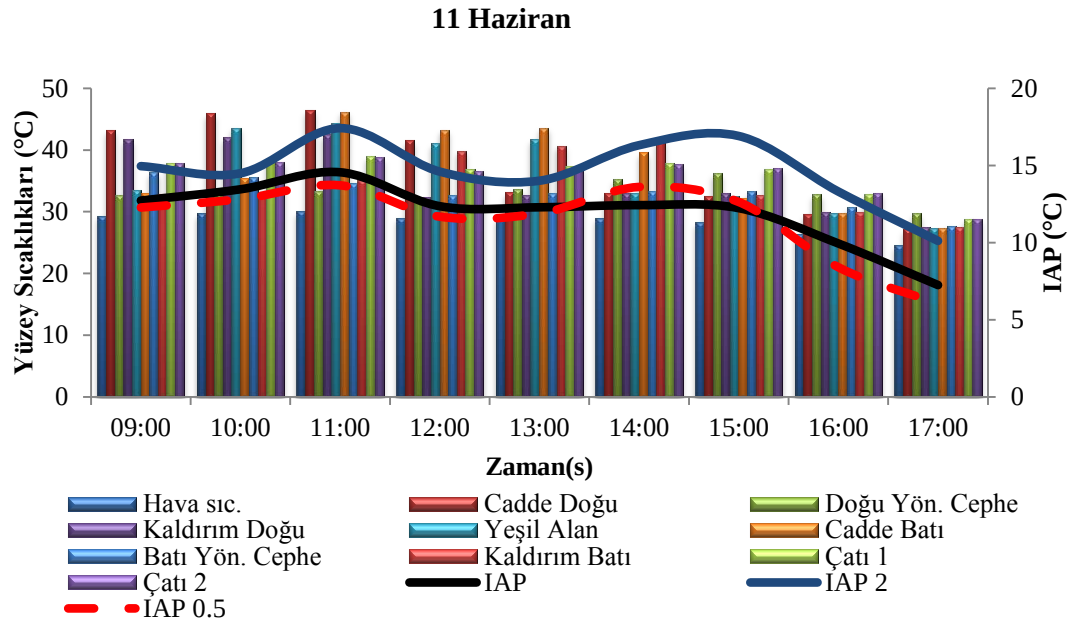
etkisinin de eklenmesiyle elde edilen yatay ve düşey kentsel elemanların yüzey sıcaklıkları sırasıyla Şekil 5.77 ve Şekil 5.78’de sunulmuştur. Buna göre Y/G oranının artmasıyla bütün yatay elemanların ve özellikle kuzey kaldırımın yüzey sıcaklığı oldukça azalmıştır. Trafik etkisinin eklenmesiyle de Y/G=2 için yatay elemanlar en düşük yüzey sıcaklıklarını verirken, Y/G=0.5 için düşey kentsel elemanlar en yüksek yüzey sıcaklığı değerlerini vermiştir. Trafik etkisinin oluşturduğu ısı kaynağı nedeniyle, IAP’ler arası fark azalmış fakat IAP 2>IAP 1>IAP 0.5 sıralaması değişmemiştir.



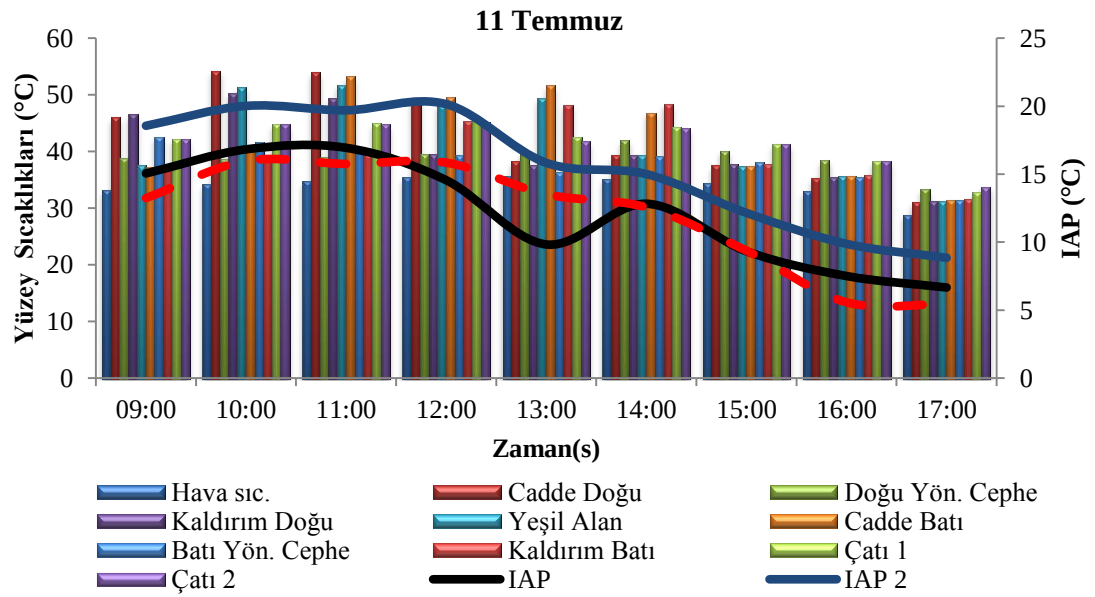
Şekil 5.77. Gazi Caddesi 11 Temmuz trafik etkisi ile Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklıkları (Yatay elemanlar)



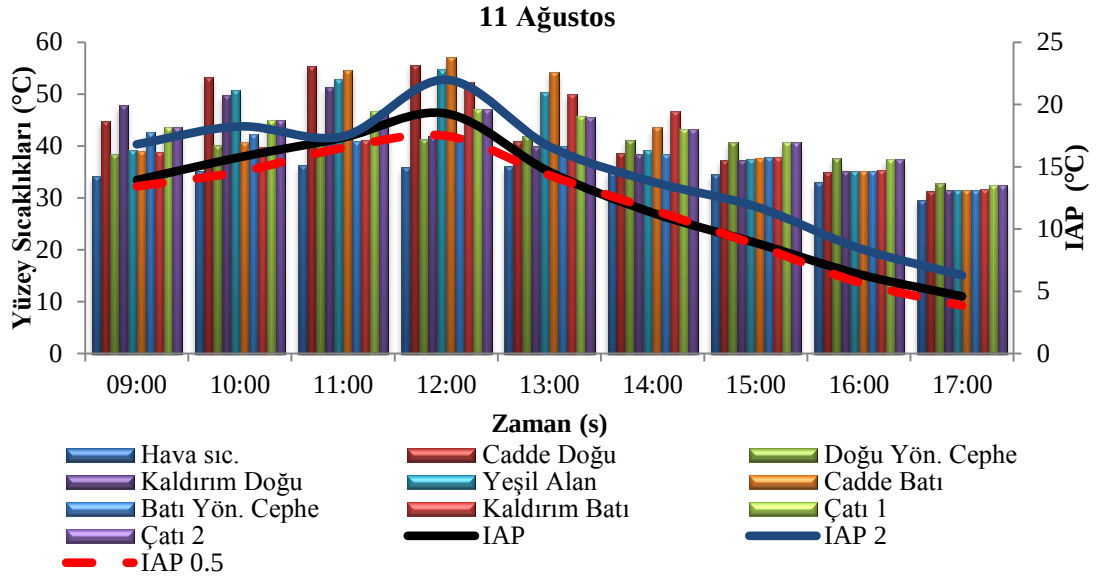
Şekil 5.78. Gazi Caddesi 11 Temmuz trafik etkisi ile Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları (düşey elemanlar)



Şekil 5.79. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri



Şekil 5.80. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz, değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

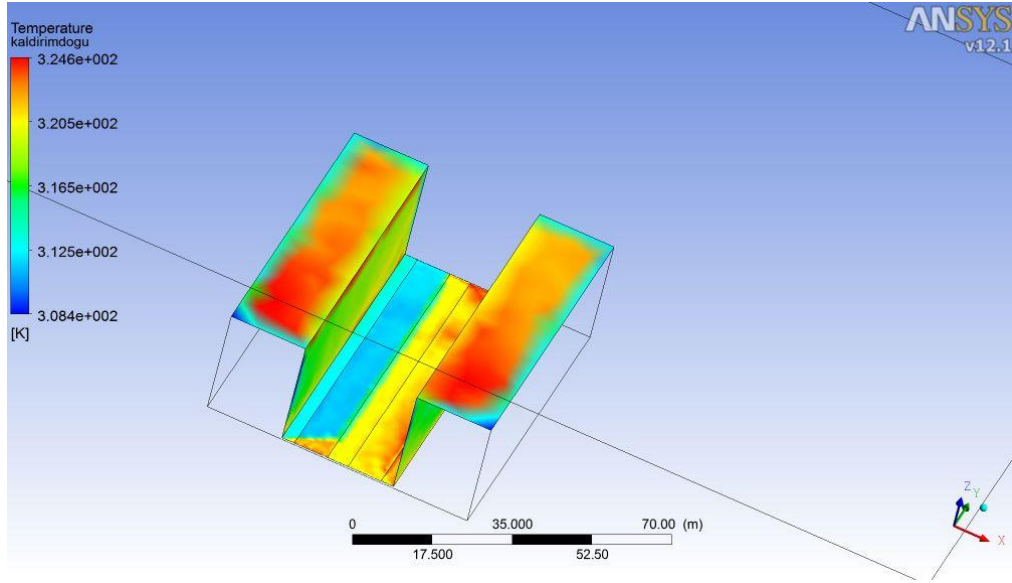


Şekil 5.81. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Ağustos, değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklığı ve IAP değerleri

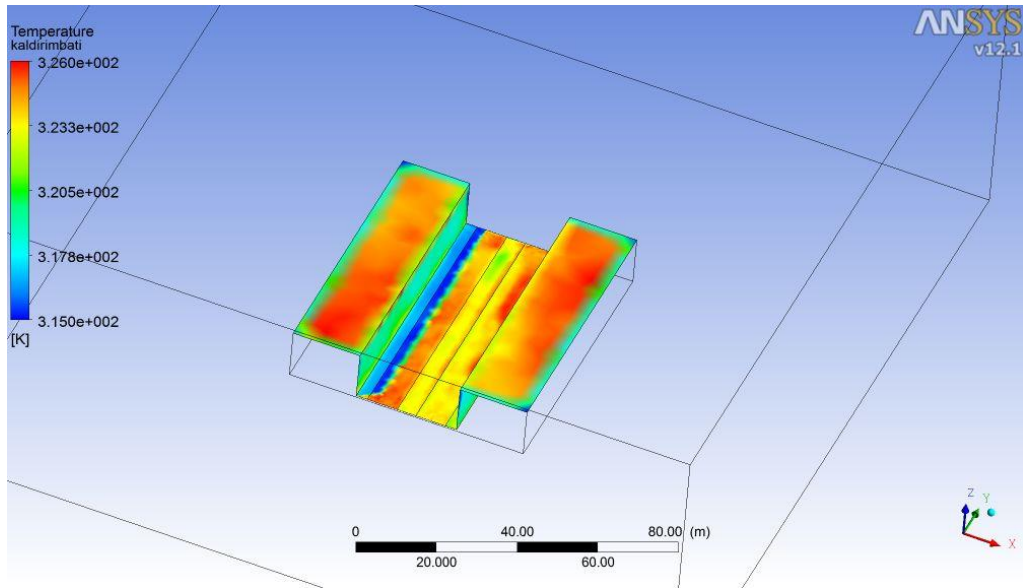
➤ Şehit İlhanlar Caddesi

Binaların doğu batı yönelimli olduğu Şehit İlhanlar Caddesi'nde, Y/G oranlarına göre değişen IAP değerleri Şekil 5.79, 5.80 ve 5.81'de sunulmuştur. Buna göre Y/G=1 ve Y/G=0.5 oranları için IAP değerlerinin birbirine çok yakın ve bazen eşit olduğu görülmektedir. Ancak en yüksek IAP değeri yine Y/G=2 için elde edilmiştir.

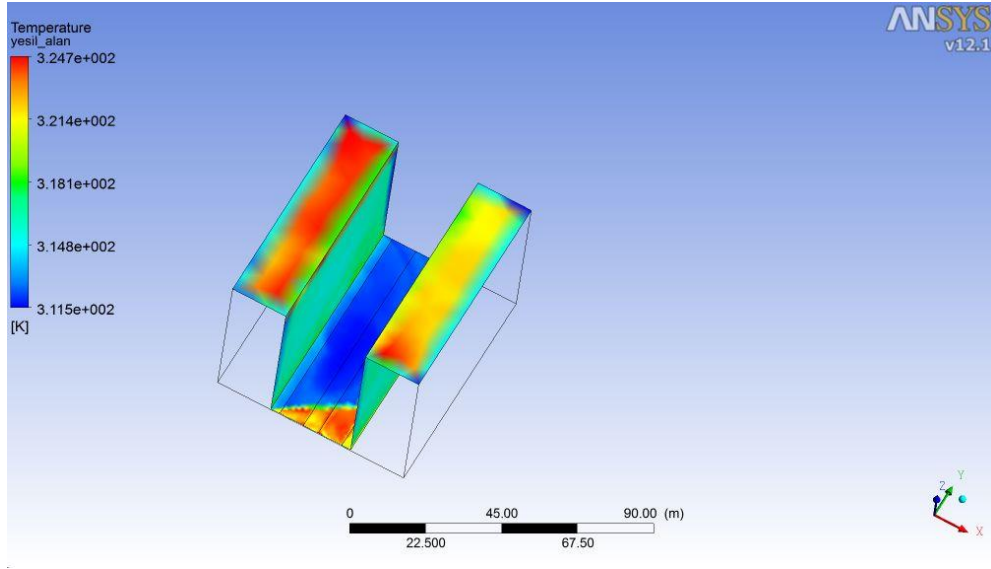
Şehit İlhanlar Caddesindeki için çalışma alanı, Gazi Caddesine göre daha geniştir. Ayrıca cadde ortasında kalan yeşil aks (bu alan ağaç etkisi eklenen simülasyonlar dışında toprak olarak kabul edilmiştir) Şekil 5.82 ve 5.83'te görüldüğü üzere, Y/G=1 ve Y/G=0.5 oranları için gölge altında kalmamakta, ancak Şekil 5.84'te görüldüğü üzere Y/G=2 için gölge altında kalmaktadır. Cadde genişliğinin daha fazla olması ve binaların doğu batı yönelimli olmaları sebebiyle, Y/G oranının artmasıyla bina cephelerinin maruz kaldığı güneş ışınımı miktarı da artmaktadır.



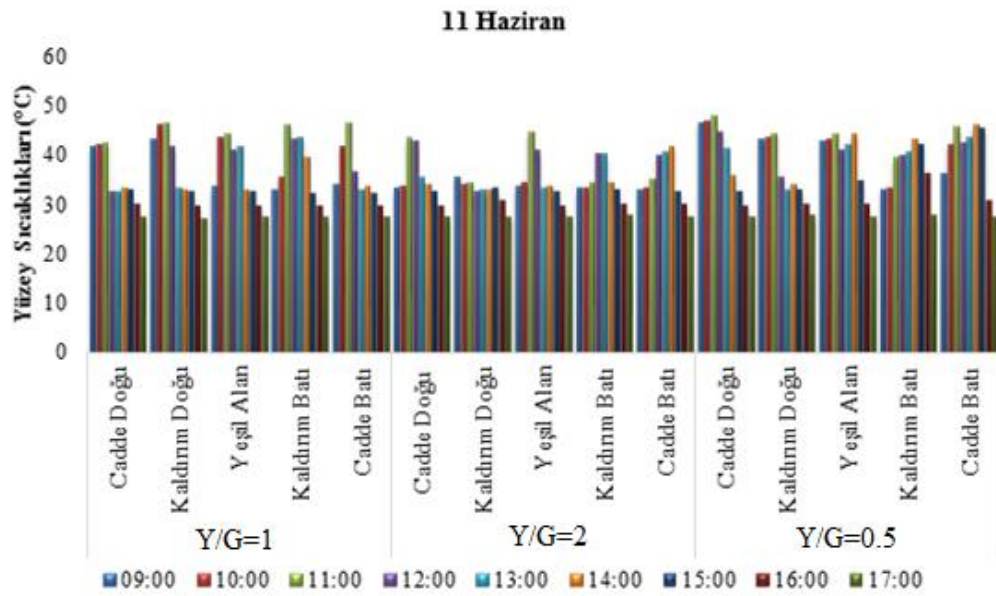
Şekil 5.82. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz Saat 13.00 Y/G=1 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



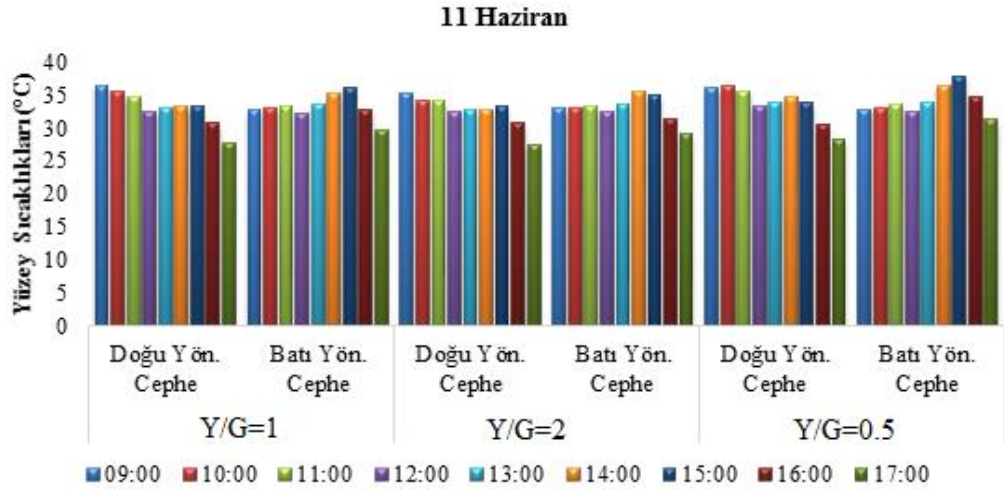
Şekil 5.83. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=0.5 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



Şekil 5.84. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz saat 13.00 Y/G=2 için gölge boyu ve yüzey sıcaklıkları



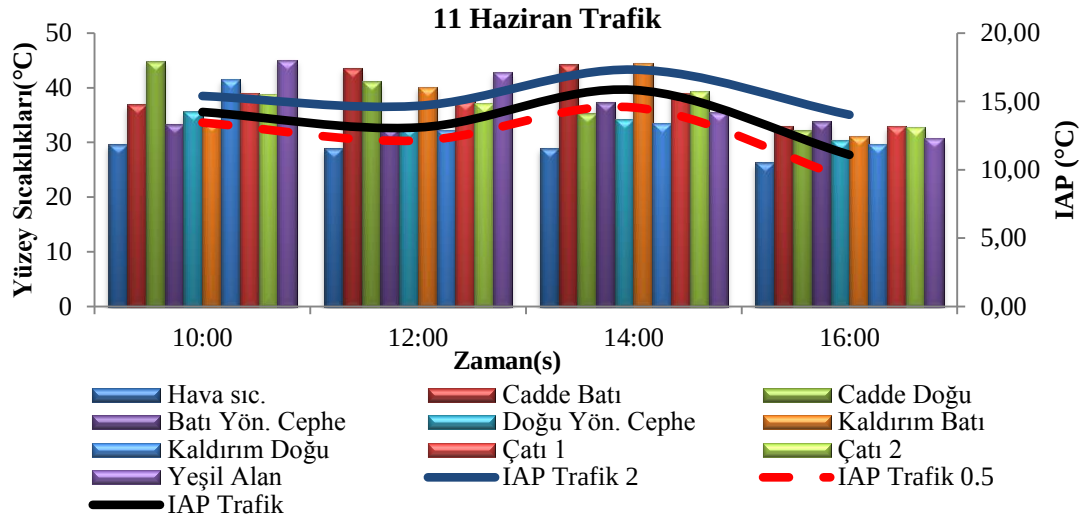
Şekil 5.85. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, yatay kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları



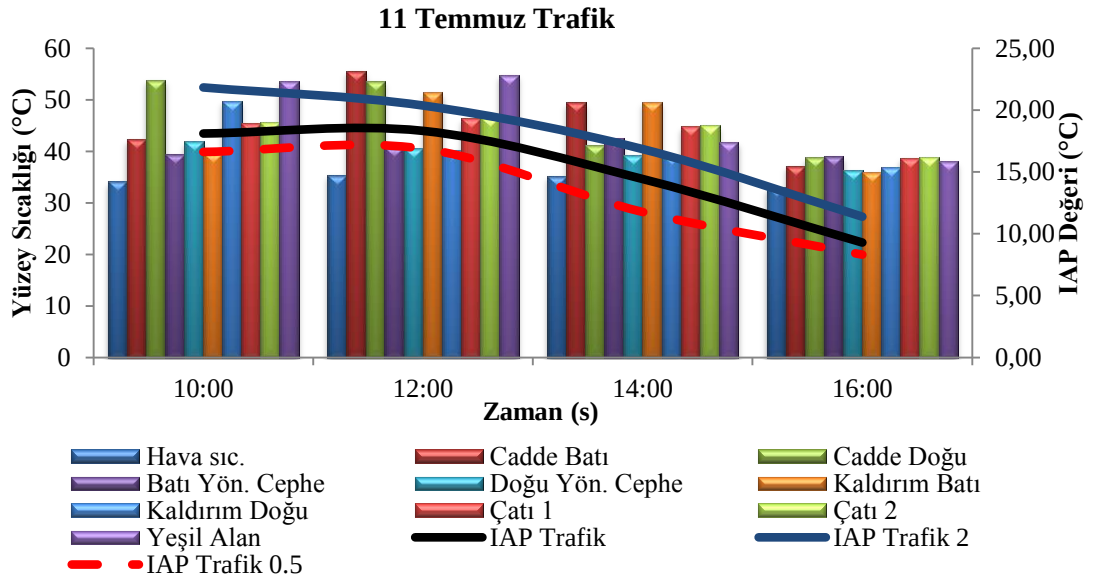
Şekil 5.86. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, düşey kentsel elemanların Y/G oranlarına göre değişen yüzey sıcaklıkları

Şekil 5.85 ve 5.86’da düşey ve yatay kentsel elemanların değişen Y/G oranlarına göre yüzey sıcaklık değişimleri görülmektedir. Y/G=1 ve Y/G=0.5 için düşey kentsel elemanlar birbirine çok yakın değerler sunarken, yatay elemanlar için en yüksek sıcaklıkların Y/G=0.5 için elde edildiği görülmektedir. Y/G= 0.5 için yatay elemanların yüzey sıcaklıklarının daha fazla olması ve Y/G=1 için elde edilen cephe yüzey sıcaklıklarının da daha fazla yüzey alanı için geçerli olması sebebi ile bu iki oran için elde edilen IAP değerleri birbirine çok yakın veya eşit sonuçlar vermiştir. Öte yandan Y/G=2 için elde edilen yatay yüzey sıcaklıkları diğerlerinden belirgin bir şekilde farklılık gösterse de, düşey elemanların yüzey sıcaklıkları diğer oranlar için elde edilen sıcaklıklara yakın değerler sunmuştur. Bu nedenle Y/G=2 için elde edilen IAP değerleri, diğer IAP’lerden daha büyük olmakla birlikte, Gazi Caddesi’nde de olduğu gibi çok az bir farkla ayrılmaktadır.

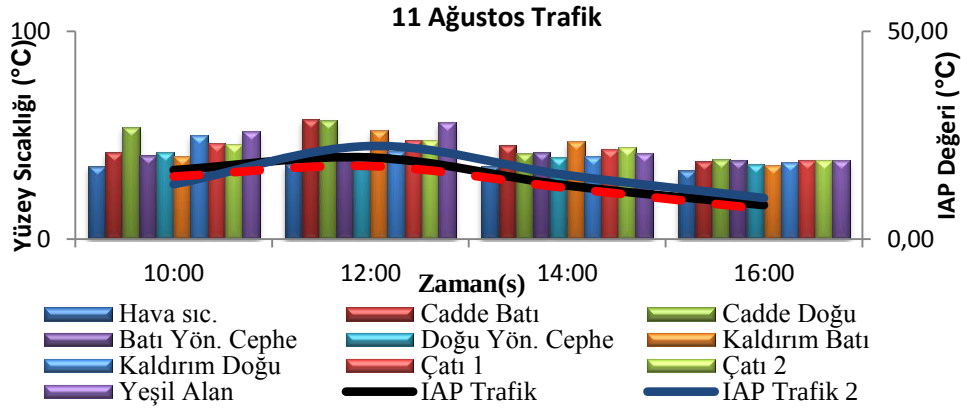
Şekil 5.87, 5.88 ve 5.89’da Şehit İlhanlar Caddesi’nde trafik etkisinin eklenmesiyle Y/G oranlarına göre değişen IAP değerleri görülmektedir. Gazi caddesinde olduğu gibi, trafik etkisinin eklenmesiyle Y/G=2 için en yüksek IAP değerleri ve Y/G=0.5 için en düşük IAP değerleri elde edilmiştir. Yine Y/G=1 ve Y/G=0.5 için elde edilen değerler birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir.



Şekil 5.87. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Haziran, değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklık ve IAP Trafik değerleri



Şekil 5.88. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Temmuz, değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklık ve IAP Trafik değerleri



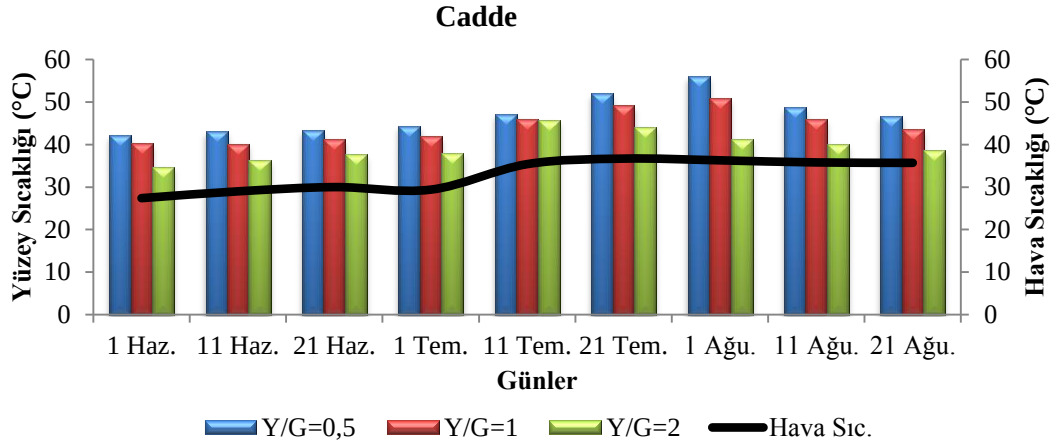
Şekil 5.89. Şehit İlhanlar Caddesi 11 Ağustos, değişen Y/G oranları için yüzey sıcaklık ve IAP Trafik değerleri

5.2.6. Rüzgar Hızının Yüzey Sıcaklıkları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

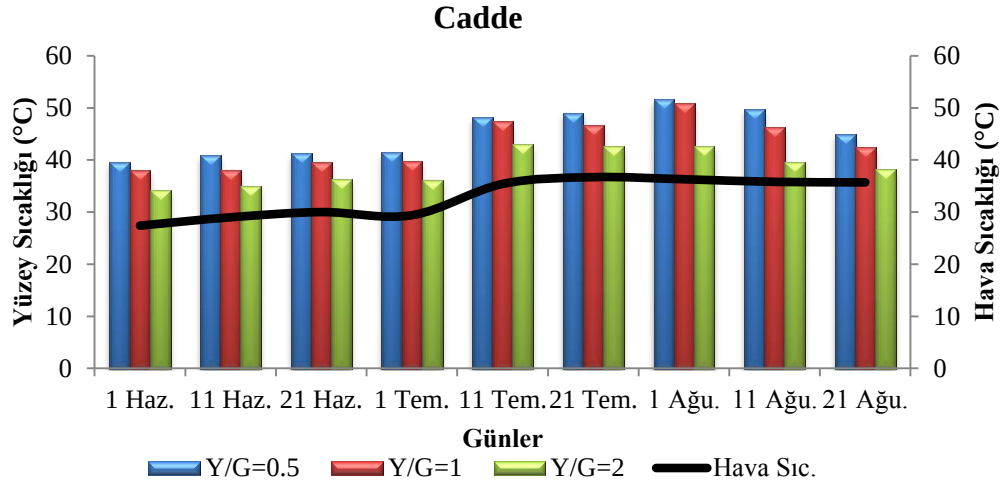
Bu çalışmada rüzgâr hızının ve yönünün kentsel yüzeyler üzerindeki soğutma etkisini incelemek amacıyla Gazi Caddesi'nde, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 1. 11. ve 21. günleri saat 12.00 için, mevcut rüzgâr hızını 2 m/sn arttırarak simülasyonlar yapılmıştır. İlk olarak Y/G=1 oranı için yapılan simülasyonlar daha sonra aynı şartlarda Y/G=2 ve Y/G= 0.5 için de yapılmıştır. Simülasyonlar sonucunda elde edilen yüzey sıcaklık değerleri yatay kentsel elemanlar için Şekil 5.90 ile Şekil 5.99 arasında sunulurken, dikey kentsel elemanlar için Şekil 5.100 – 5.103 arasında sunulmuştur.

Tablo 5.5. Mevcut durum için rüzgar hızı /yönü ve hava sıcaklığı değerleri

Günler	Rüzgar Hızı (m/s)/ Yönü		Hava Sıcaklığı (°C)
1 Haziran	3.8	KB	27.4
11 Haziran	4.97	GD	29
21 Haziran	5.27	KB	30
1 Temmuz	4.3	KB	29.4
11 Temmuz	2.35	GD	35.4
21 Temmuz	3.4	KB	36.7
1 Ağustos	1.2	B	36.3
11 Ağustos	1.65	GD	35.8
21 Ağustos	5	KB	35.7



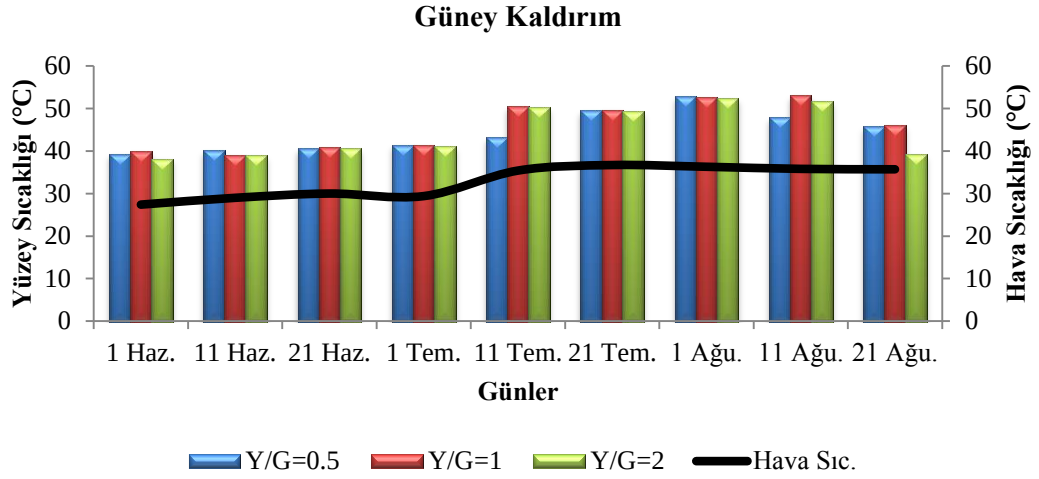
Şekil 5.90. Gazi Caddesi mevcut durumda cadde için yüzey sıcaklık değerleri



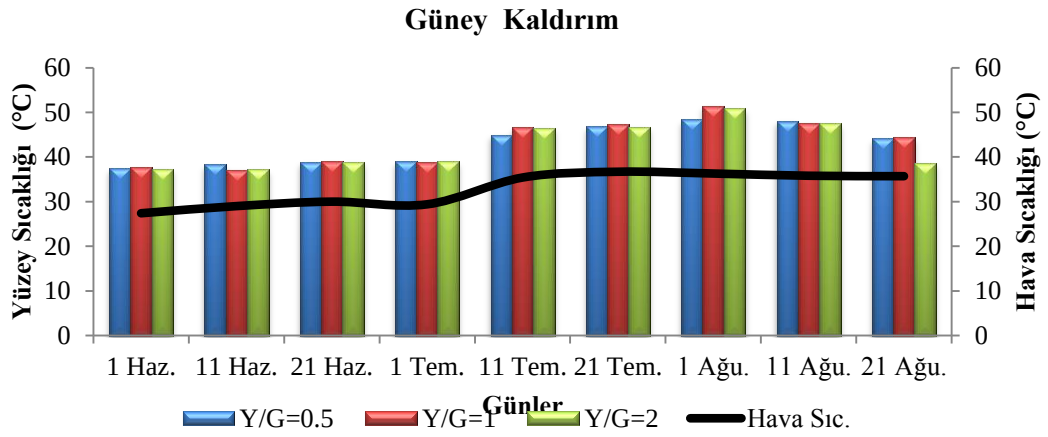
Şekil 5.91. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla cadde için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri

Yaz aylarında saat 12.00'de güneş ışınlarının en dik geldiği zaman aralığında, binaların cadde ve kaldırım üzerine düşürdüğü gölge miktarı diğer zamanlara göre daha azalır. Bu nedenle Şekil 5.90'de görüldüğü gibi Y/G oranı arttıkça artan gölge boyu nedeniyle caddenin yüzey sıcaklığı azalmaktadır. Rüzgâr hızının artırılması ile bütün kentsel elemanlar arasında en büyük yüzey sıcaklık azalması cadde üzerinde meydana gelmiştir. Genel olarak ise yatay kentsel elemanların yüzey sıcaklıkları, dikey kentsel elemanlara göre artan rüzgâr hızından daha çok etkilenmiştir. Artan rüzgâr hızıyla yüzey sıcaklığı belirgin bir şekilde azalan diğer bir eleman ise güney kaldırım olmuştur (Şekil 5.92). Kuzey kaldırım rüzgâr hızı arttırılmadan önce ve sonrasında da en düşük yüzey

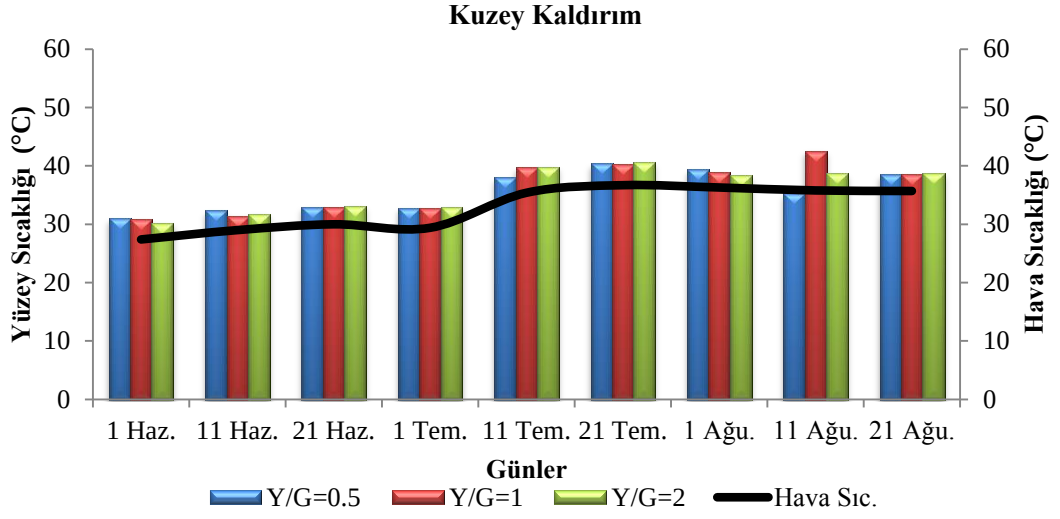
sıcaklıklarına sahip olmuştur (Şekil 5.94-95). Bu durum hem üzerine düşen gölge miktarı hem de daha az güneş ışınımına maruz kalması nedeniyledir.



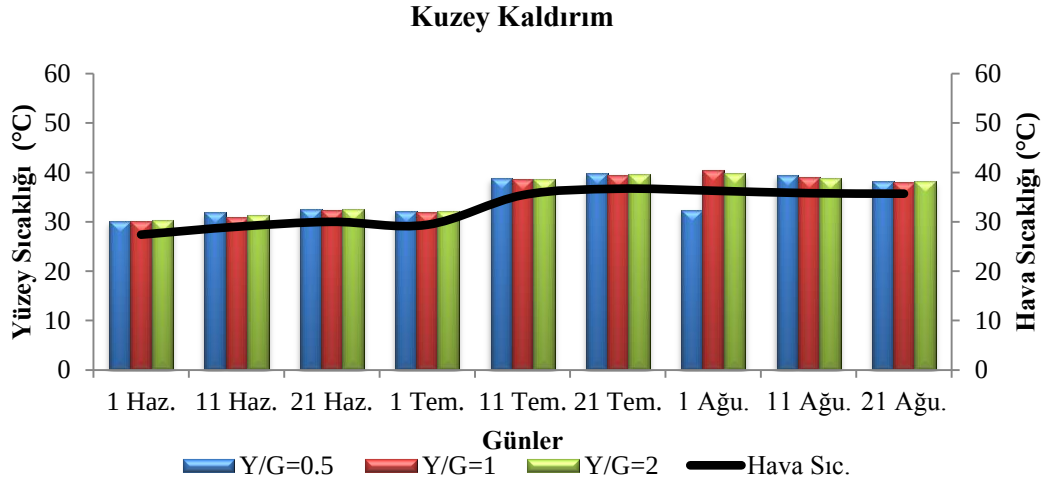
Şekil 5.92. Gazi Caddesi mevcut durumda güney kaldırım için yüzey sıcaklık değerleri



Şekil 5.93. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla güney kaldırım için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri



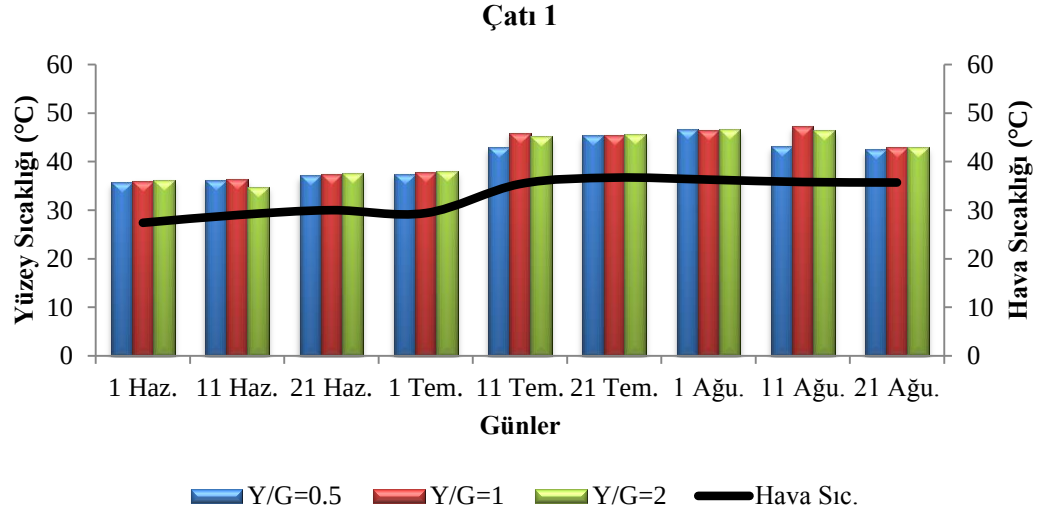
Şekil 5.94. Gazi Caddesi mevcut durumda kuzey kaldırım için yüzey sıcaklık değerleri



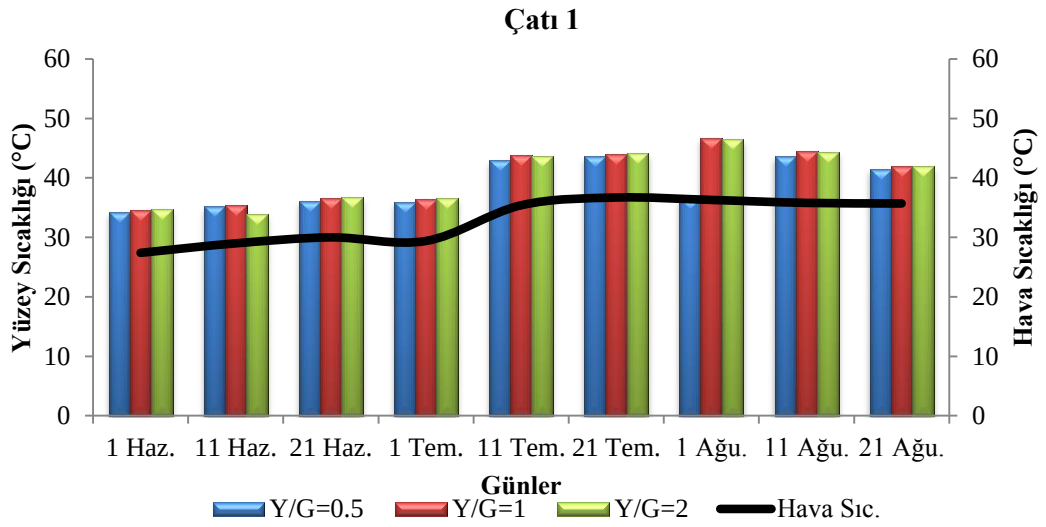
Şekil 5.95. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla kuzey kaldırım için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri

Çatılar kentsel kanopinin (kentsel alanda yerden çatı üst sınırına kadar olan hacim) en üst katmanı olması sebebiyle hem direk güneş ışınlamına maruz kalırlar hem de rüzgârın neden olduğu ısı taşınımı olayından en çok etkilenen kentsel elemandır. Bu nedenle, çatılar caddeden sonra en büyük yüzey sıcaklığına sahipken arttırılmış rüzgâr hızının etkisiyle kuzey kaldırımdan sonra en düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olmuştur. Ayrıca beklendiği gibi, kentsel kanopinin en üst katmanı olması sebebiyle, Y/G oranının çatıların yüzey sıcaklıklarını bazı günler için Y/G=0.5 oranı hariç, etkilemediği görülmüştür. Sadece Çatı 1, 1 Ağustos ve Çatı 2, 11 Ağustos'ta gelen rüzgarların çok düşük hızda gelmeleri ve Y/G

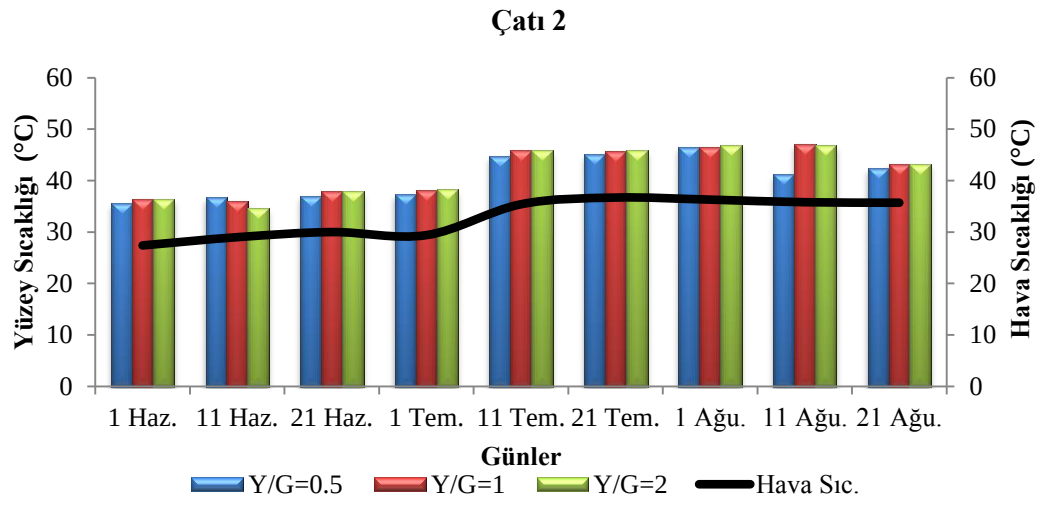
oranının 0.5 olması sebebiyle diğer Y/G oranlarından farklı sıcaklık değerleri vermişlerdir (Şekil 5.96 ve Şekil 5.99).



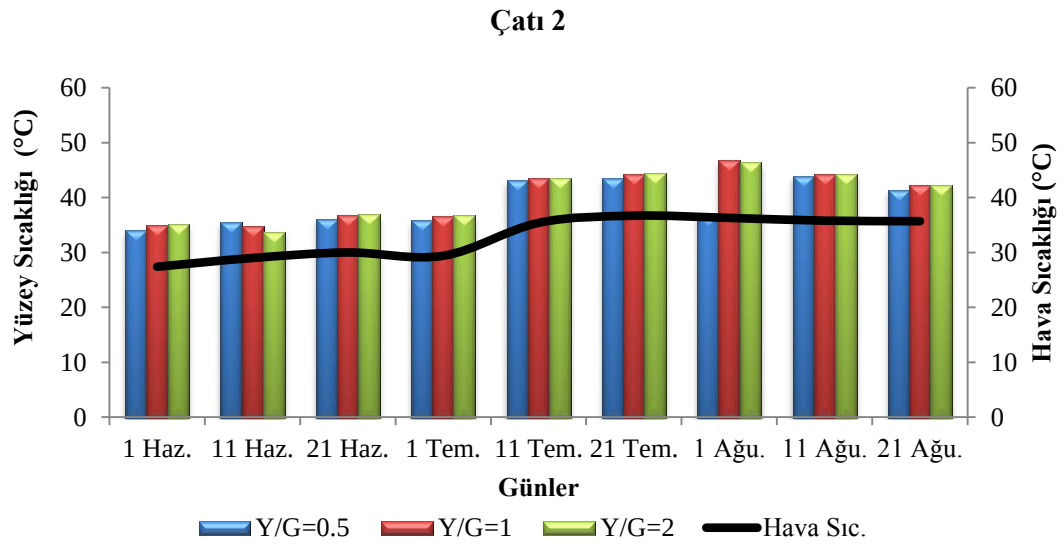
Şekil 5.96. Gazi Caddesi mevcut durumda çatı 1 için yüzey sıcaklık değerleri



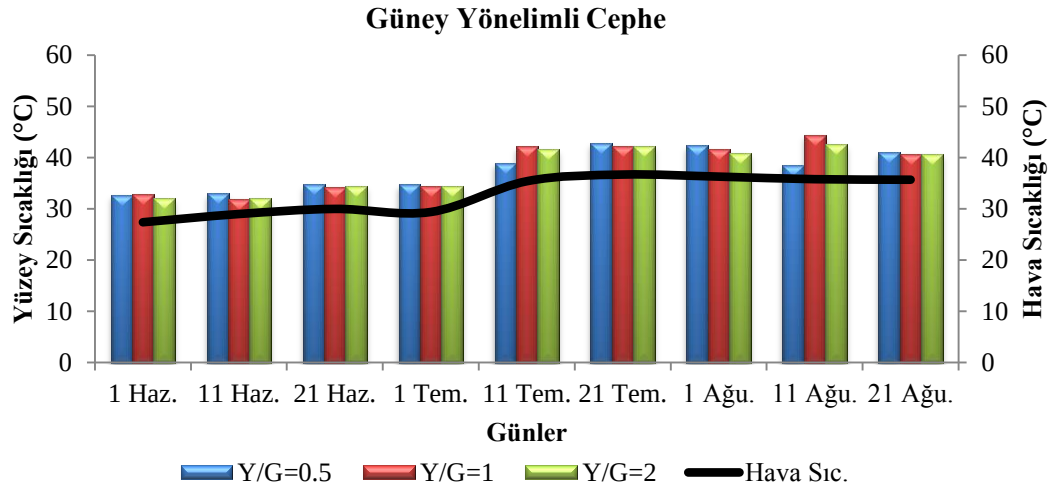
Şekil 5.97. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla çatı 1 için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri



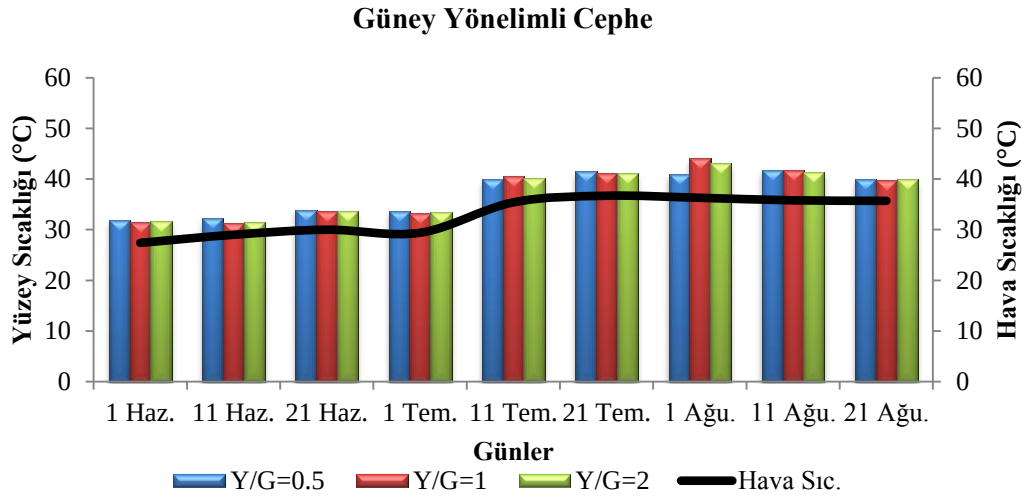
Şekil 5.98. Gazi Caddesi mevcut durumda çatı 2 için yüzey sıcaklık değerleri



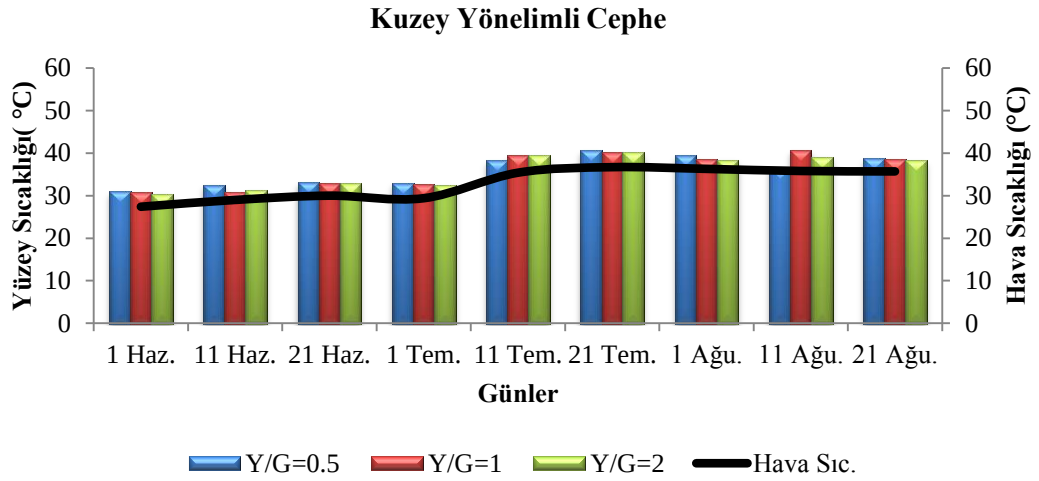
Şekil 5.99. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla çatı 2 için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri



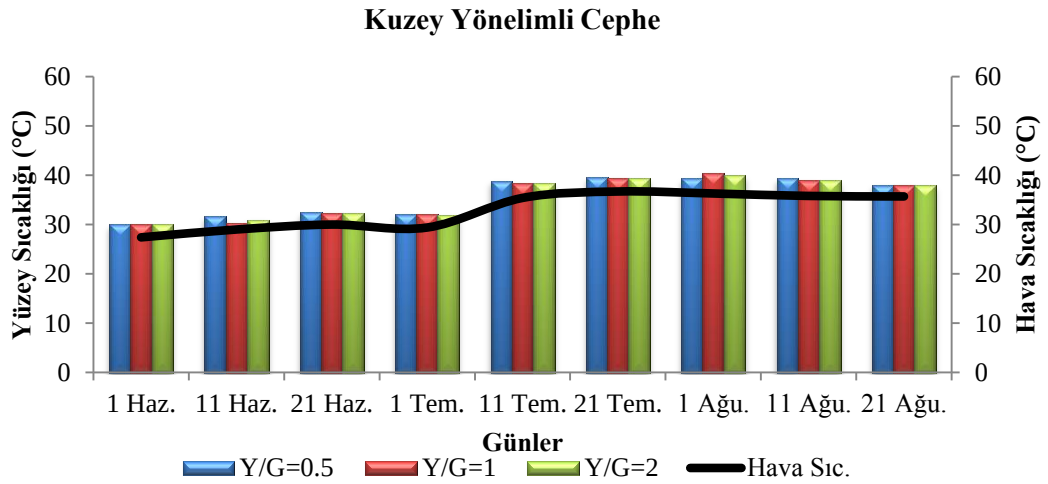
Şekil 5.100. Gazi Caddesi mevcut durumda güney yönelimli cephe için yüzey sıcaklık değerleri



Şekil 5.101. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla güney yönelimli cephe için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri



Şekil 5.102. Gazi Caddesi mevcut durumda kuzey yönelimli cephe için yüzey sıcaklık değerleri



Şekil 5.103. Gazi Caddesi artan rüzgâr hızıyla güney yönelimli cephe için elde edilen yüzey sıcaklık değerleri

Düşey kentsel elemanlar olan güney ve kuzey yönelimli cephelerin Y/G oranının farklılaşması durumundan çok az etkilendiği görülmektedir. Çalışmanın bu kısmında yapılan simülasyonların saat 12.00 için yapılmış olması ve düşey kentsel elemanların güneş ışınlamına aynı açıyla maruz kalmaları sebebiyle, Y/G oranı gelen rüzgâr hızı ve yönü ile oldukça bağlantılıdır. Nitekim IAP değerlerinin farklı Y/G oranları için değerlendirildiği bölümde farklı etkenler olmasına rağmen, saat 12.00'de IAP değerlerinin eşit veya birbirine çok yakın değerlerde olduğu durumlar da görülmüştür. Düşey kentsel elemanlar için rüzgarın soğutma etkisinin Y/G=0.5 oranı için daha belirgin olduğu söylenebilir.

Cepheler için rüzgârın en belirgin soğutma etkisi, rüzgârın cephe yüzeyine ulaşabilmesi ile ilgilidir. 1 Ağustos'ta batı yönünden esen rüzgâr hem çok düşük hızda hem de cephe yüzeyine paralel estiği için, hızının arttırılması durumunda bile soğutucu bir etkisi olmamıştır. 21 Ağustos'ta kuzeybatı yönünden 5m/sn hızla gelen rüzgâr güney yönelimli cephe üzerinde (Şekil 5.101), 21 Haziran'da 5.27m/sn hızla esen güneydoğu yönelimli rüzgâr ise kuzey yönelimli cephe üzerinde etkili olmuştur (Şekil 5.103).

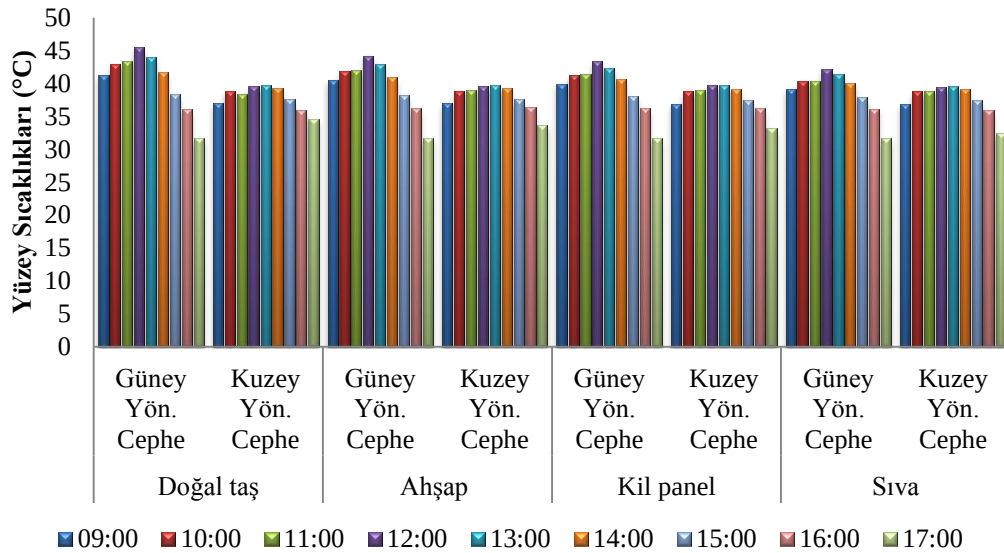
5.2.7. Kentsel Yüzeylerde Kullanılan Malzeme Türünün Isı Adası Potansiyeli Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, çalışma genelinde kentsel elemanlar için kabul edilen kaplama malzemeleri, her kentsel eleman için alternatif malzemelerle değiştirilerek yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen IAP değerleri sunulmuştur. Tablo 5.6'da mevcut durumda kabul edilen malzemeler ve onlara alternatif olarak belirlenen malzemelerin termofiziksel özellikleri görülmektedir.

Tablo 5.6. Kentsel elemanların termofiziksel özellikleri [95].

Kentsel Eleman	Malzeme	Yoğunluk (p)kg/m ³	Özgül Isı (C) J/kg°C	Termal İletkenlik (k) W/mK	Işınım Yansıtma Katsayısı (ε _s)	Işınım Yutma Katsayısı (α _s)
Cadde	Asfalt	2120	920	0.74	0.93	0.93
	Beton	2000	880	1.2	0.7	0.6
Bina Cepheleri	Sıva	1860	780	0.72	0.93	0.23
	Doğal Taş	2680	830	2.80	0.85	0.7
	Kil Panel	1458	880	1.3	0.91	0.4
	Ağaç Kaplama	700	2310	0.17	0.82	0.5
Kaldırımlar	Beton parke	2000	880	1.2	0.7	0.6
	Doğal Taş Kapl.	2680	830	2.80	0.85	0.7

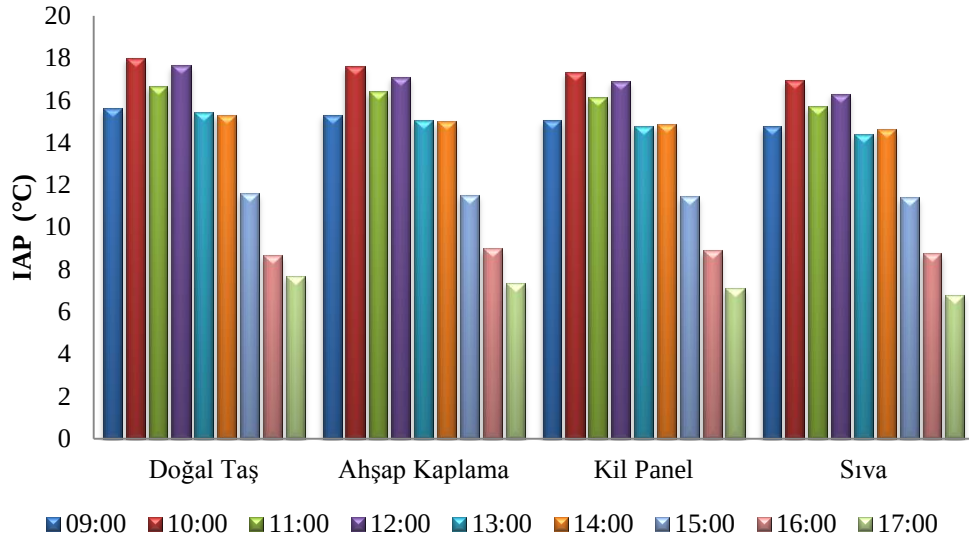
Daha önce yapılan simülasyonlarda duvar için sıva üzeri boya, kaldırım için beton parke, cadde için asfalt ve çatı için kiremit malzemeleri seçilmiştir. Bunlar yoğun yapılaşmanın olduğu şehir merkezlerinde sıkça karşılaşılan malzemelerdir. Bu malzemelere alternatif olarak seçilen yüzey kaplama malzemelerinin de aynı şekilde sıkça karşılaşılabilecek türden olmasına dikkat edilmiştir. Duvar için seçilen malzemeler doğaltaş (mermer vs.), ahşap panel ve kil panel iken, kaldırımlar için doğal taş kaplama beton parkeye ve cadde için beton malzeme asfalt yerine alternatif olarak seçilmiştir. Farklı malzemeler ile yapılan simülasyonlar Gazi Caddesi için modellenen geometri kullanılarak ve 11 Temmuz verileri ile yapılmıştır.



Şekil 5.104. Gazi Caddesi farklı malzemeler için cephe yüzey sıcaklıkları

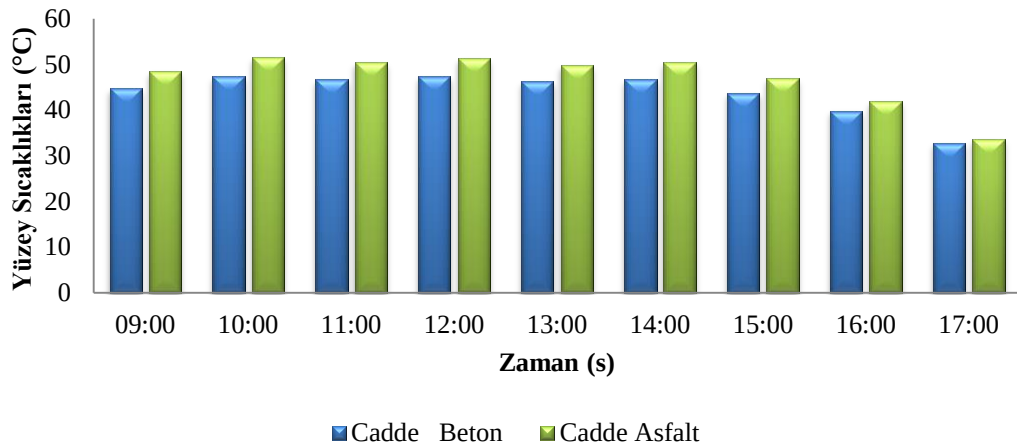
Şekil 5.104'te görüldüğü üzere dikey kentsel elemanlar olan cepheler üzerinde farklı malzeme kullanımı, sıva kullanımı ile elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında, yüzey sıcaklıkları üzerinde çok büyük farklılıklar oluşturmamıştır. Beklendiği gibi güney cephe için bütün malzeme türlerinde az da olsa daha yüksek sıcaklıklar elde edilirken, en yüksek sıcaklıklar doğal taş kaplama malzemesi için elde edilmiştir. Malzemelerin ısınma ve soğuma özellikleri özgül ısıları ile ilgilidir. Düşük özgül ısıya sahip olan malzemeler daha hızlı ısınır ve daha hızlı ısı kaybederler. Ayrıca malzemelerin termal iletkenlikleri de kondüksiyon yolu ile ısınma kapasitelerini belirler. Tablo 5.6 incelendiğinde cepheler için belirlenen malzemeler arasında en düşük özgül ısı sıva ve daha sonra doğal taş için

belirlenmiştir. Ancak doğal taşın termal iletkenlik katsayısı çok daha yüksek olduğu için daha fazla ısınmıştır.



Şekil 5.105. Gazi Caddesi farklı duvar malzemelerine göre değişen IAP değerleri

Şekil 5.105'te görüldüğü üzere, bütün duvar malzeme türleri için hesaplanan IAP değerleri birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir. En yüksek IAP değerleri doğal taş için, en düşük IAP değerleri ise sıva için elde edilmiştir. Burada malzemelerin yutma katsayıları dikkate alındığında, bu sıralama ile birebir örtüştüğü görülmektedir.

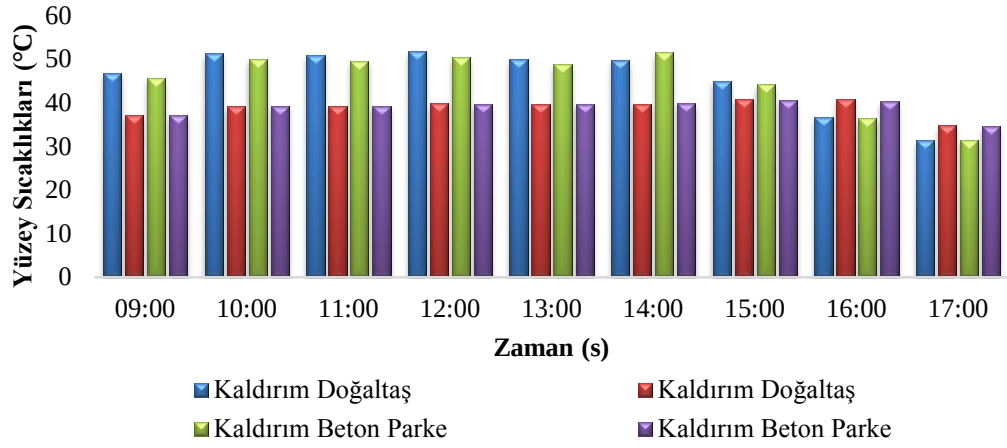


Şekil 5.106. Gazi Caddesi cadde için beton ve asfalt ile elde edilen yüzey sıcaklık değerleri

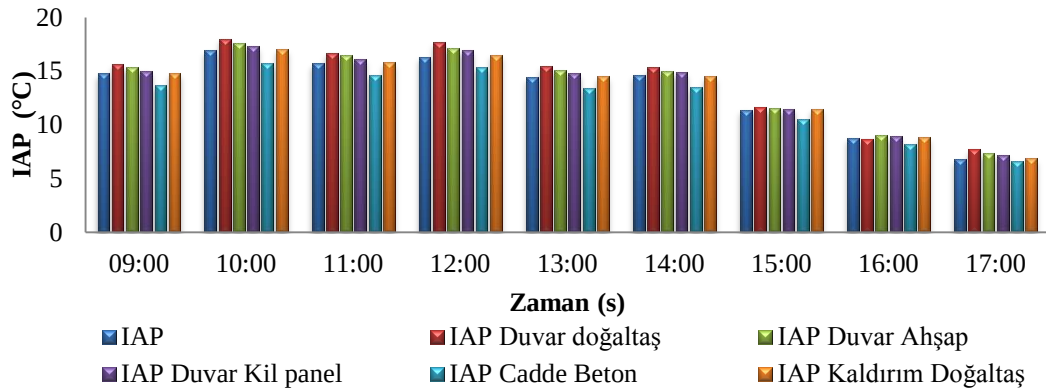
Şekil 5.106'de ise caddeye alternatif malzeme olarak belirlenen beton cadde için elde edilen simülasyon sonuçları görülmektedir. Buna göre cadde için asfalt yerine beton

malzemenin tercih edilmesi ile her saat için yüzey sıcaklığı değerlerinde ortalama 4-5 °C ‘lık bir azalma sağlanmıştır.

Şekil 5.107’ de kaldırımlar için seçilen alternatif malzeme olan doğal taş ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yüzey sıcaklığı değerleri görülmektedir. Beton parke ile kıyaslandığında daha düşük bir özgül ısıya ve daha yüksek bir iletkenlik katsayısına sahip olan doğal taş malzemenin özellikle güney kaldırımlar üzerinde büyük sıcaklık artışlarına neden olduğu görülmektedir. Kuzey kaldırım için iki malzeme türünde de aynı yüzey sıcaklıkları elde edilirken, güney kaldırım için beton parke kullanımı ısı adası potansiyeli açısından daha doğru görünmektedir.



Şekil 5.107. Gazi Caddesi kaldırım için doğal taş ve beton parke ile elde edilen yüzey sıcaklık değerleri



Şekil 5.108. Gazi Caddesi farklı yüzey kaplama malzemeleri için değişen IAP değerleri

Şekil 5.108’de her bir kentsel elemanın malzeme türü değiştirilerek yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen IAP değerleri görülmektedir. Duvarda doğaltaş kullanılması IAP’yi en çok yükselten durum olurken, kaldırım için kullanılan doğal taş malzeme de en yüksek ikinci IAP değerinin elde edilmesine neden olmuştur. Cadde için asfalt yerine beton kullanıldığı ve diğer bütün kentsel elemanların mevcut hali hazır malzemeler ile yapıldığı simülasyonlar sonucu elde edilen IAP en düşük değer olmuştur. Bu nedenle ısı iletkenlik katsayısı ve yutma katsayısı yüksek olan doğaltaş gibi malzemelerin, düşey veya yatay hangi kentsel eleman için kullanılırsa kullanılsın, ısı adası potansiyelini olumsuz etkileyeceğini söylemek mümkündür. Öte yandan kentsel bir kanyon içinde güneş ışınlamı etkisine en çok maruz kalan yatay eleman olan cadde için seçilecek malzemenin ısı adası potansiyeli açısından büyük önem taşıdığı da görülmektedir. Nitekim sadece cadde için kullanılan ve oldukça yüksek ışınlam yutma katsayısına sahip olan asfalt malzemesinin değiştirilmesiyle bile IAP değerinde düşüş sağlanabilmiştir. O nedenle kentsel alanlarda ısı adası potansiyeli üzerinde büyük etkisi olan yatay kentsel elemanların malzeme seçimleri yapılırken, ısı iletkenlik katsayıları ve ışınlam yutma, yayma katsayıları özellikle dikkate alınmalıdır.

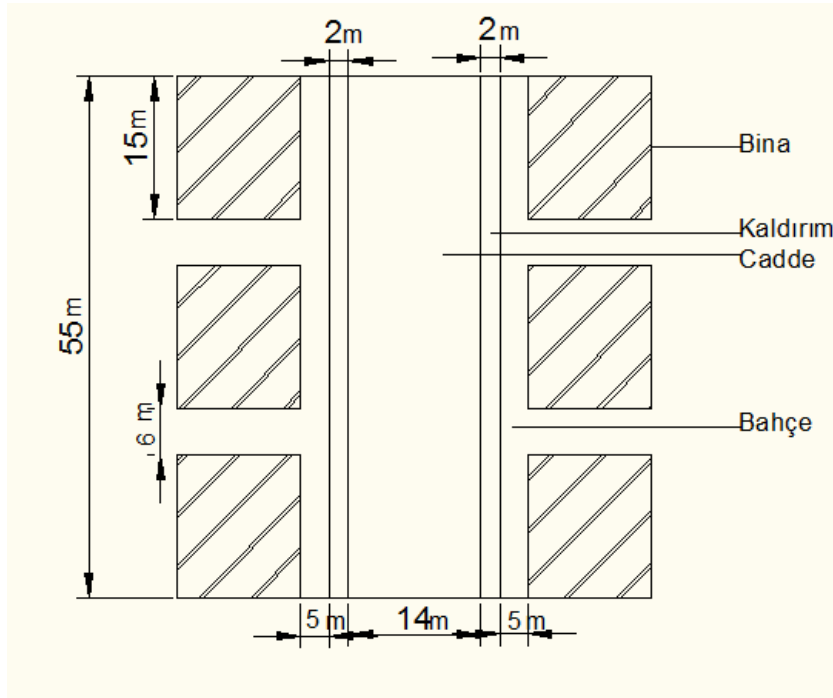
5.3. Bina Yönelimi ve Binaların Bitişik/Ayrık Nizam Olması Durumunun Isı Adası Potansiyeli Üzerindeki Etkisi

Gazi Caddesi ve Şehit İlhanlar Caddesinde yer alan binalar farklı yönetime (Gazi Cad: Kuzey-Güney, Ş. İlhanlar Cad: Doğu-Batı) sahip olmalarına rağmen, bu alanlar için tanımlanan çalışma modelleri farklı geometriye ve ölçülere sahiptir. Bu nedenle bina yöneliminin ve bitişik/ayrık nizam olması durumunun IAP üzerindeki etkisini değerlendirmek için üçüncü bir çalışma alanı belirlenmiştir. Mevcut durumda ayrık nizam olan bu alan, kıyaslama yapabilmek için bitişik nizam olarak da modellenmiştir. Şekil 5.109 ve 5.110’da Elazığ’ın yeni yerleşim bölgesinde yer alan çalışma alanı için fiziksel model tanımı ve boyutları sunulmuştur. Şekil 5.111 ve Şekil 5.112 ise aynı alana ait bitişik nizam varyasyonunu göstermektedir. Simülasyonlar binaların ayrık ve bitişik nizam olduğu durumlar için, her iki yönetime (kuzey-güney/doğu-batı) de sahip olduğu varsayılarak 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos için, saat 9.00-17.00 arası yapılmıştır. Simülasyonlarda Gazi ve Şehit İlhanlar Caddeleri için kullanılan sınır şartları kabul edilmiş ve kentsel

elemanlar için aynı malzeme türlerinin kullanıldığı varsayılmıştır. Bina sınırı ile kaldırım sınırı arasında bahçe alanı olduğu kabul edilmiş ve bu alan için malzeme olarak toprak tanımlanmıştır.

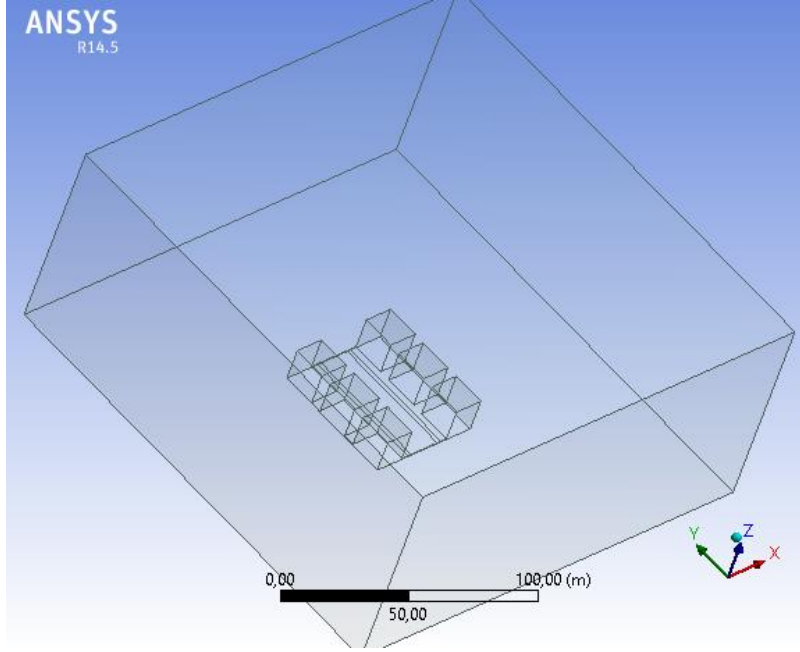


(a)

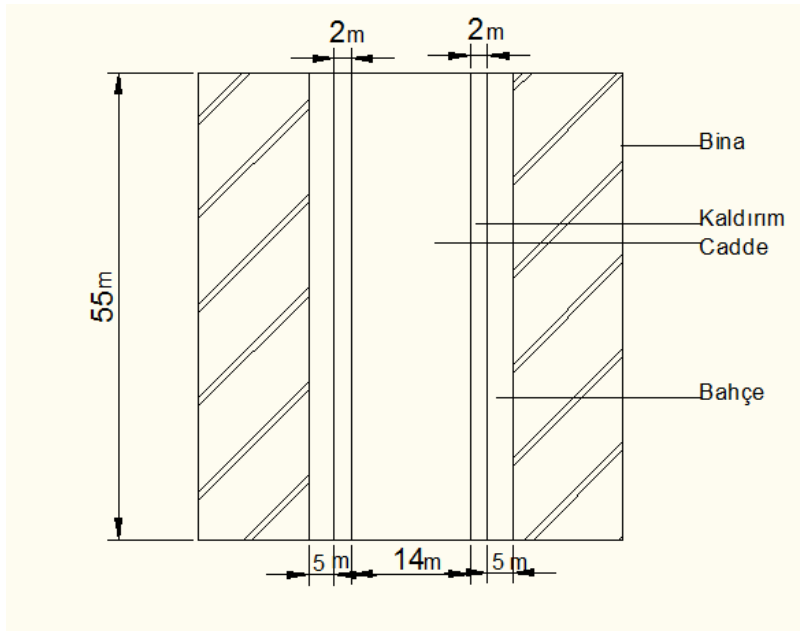


(b)

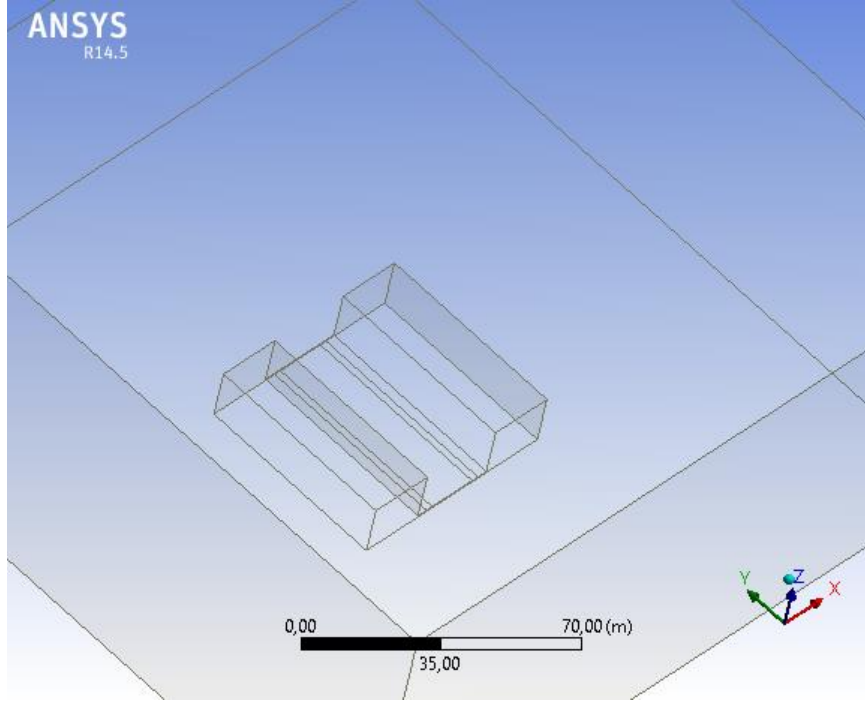
Şekil 5.109. Yeni yerleşim alanı ayırık nizam için a) plan görünüşü b) fiziksel model tanımı ve boyutları



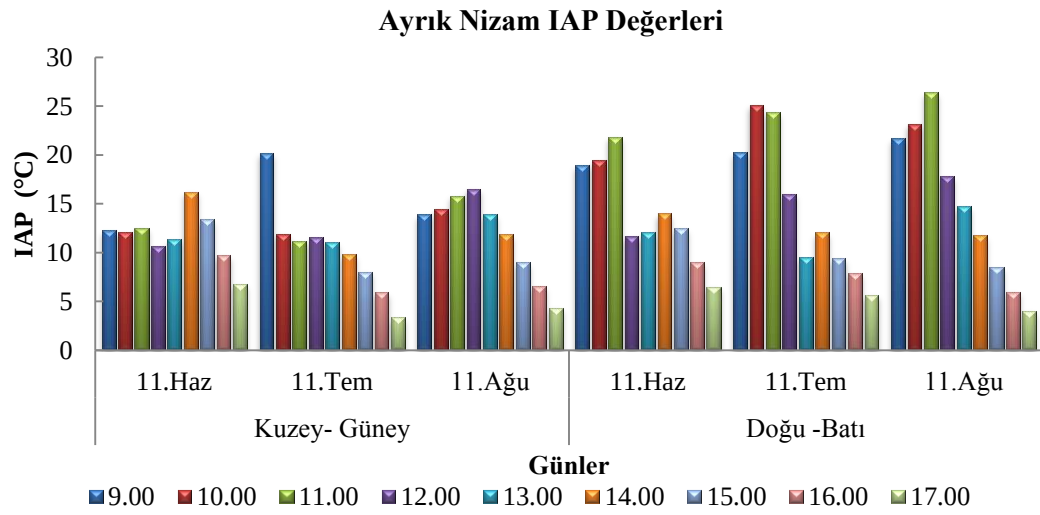
Şekil 5.110. Yeni yerleşim alanı ayırık nizam için üç boyutlu model tanımı



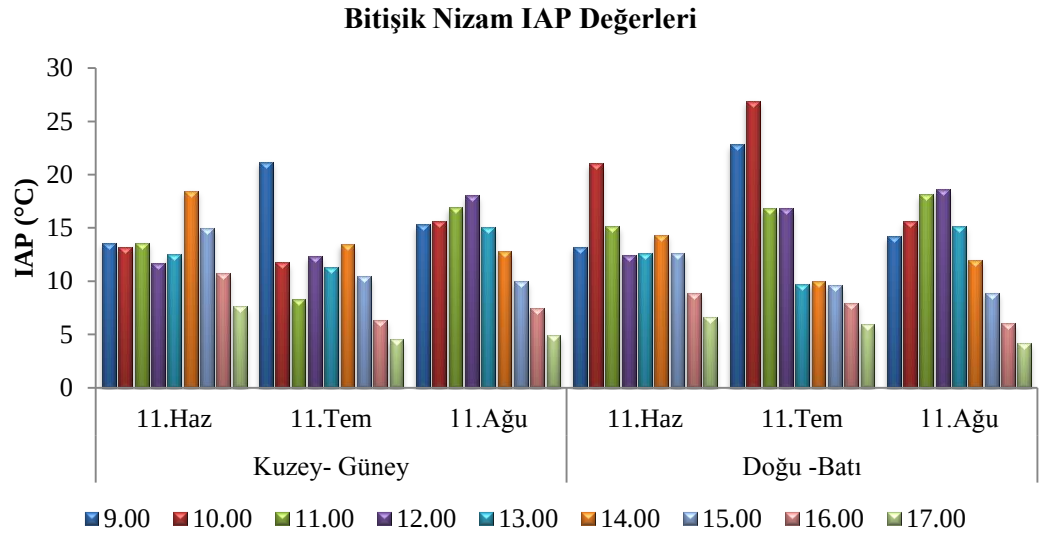
Şekil 5.111. Yeni yerleşim alanı bitişik nizam için fiziksel model tanımı ve boyutları



Şekil 5.112. Yeni yerleşim alanı bitişik nizam için üç boyutlu model tanımı

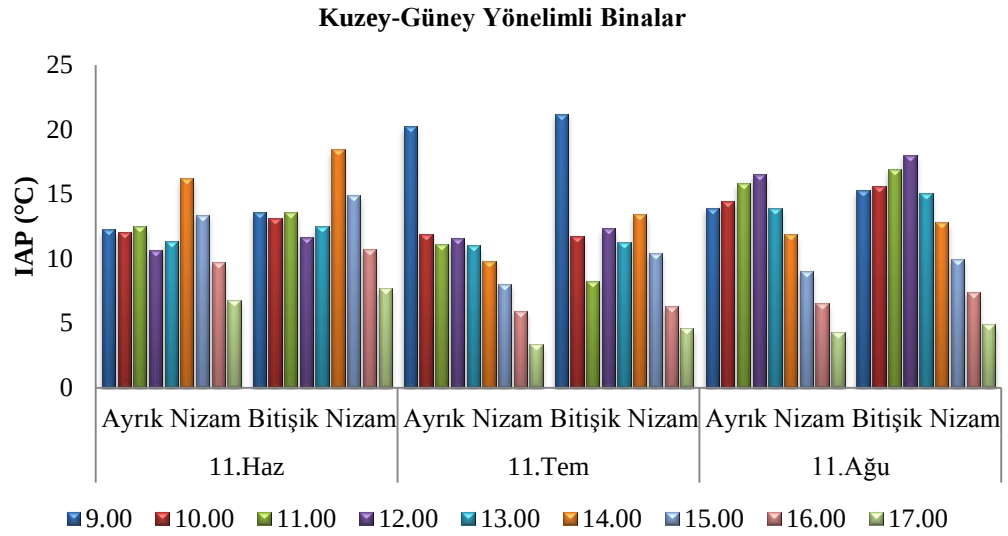


Şekil 5.113. Yeni yerleşim alanı, binaların Kuzey-Güney ve Doğu- Batı Yönelimli olması durumları için ayrık nizam IAP değerleri

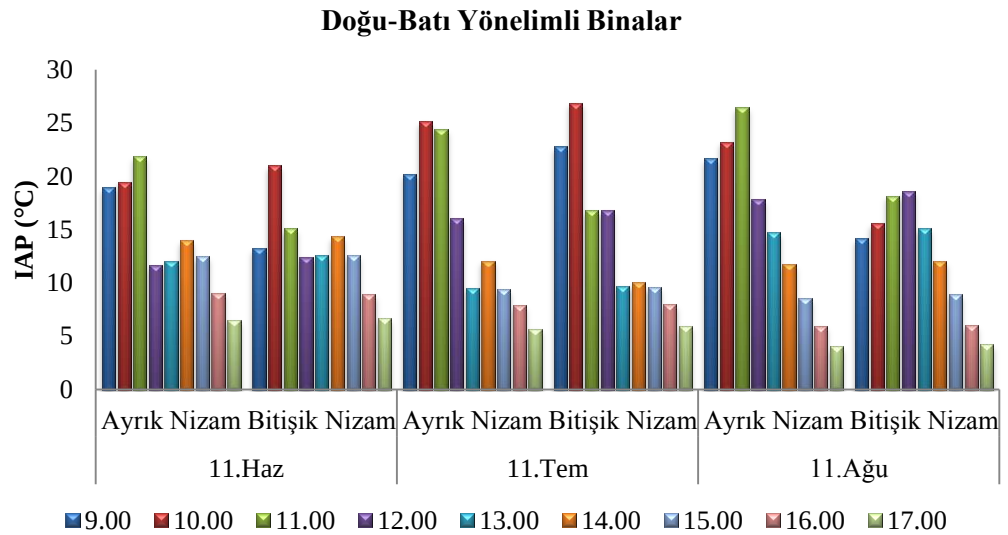


Şekil 5.114.Yeni yerleşim alanında binaların Kuzey-Güney ve Doğu- Batı Yönelimli olması durumları için bitişik nizam IAP değerleri

Şekil 5.113'te ayrıık nizam için ve Şekil 5.114'te bitişik nizam için binaların kuzey-güney ve doğu-batı olması durumları için elde edilen IAP değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Doğu-Batı yönelim için özellikle sabah saatlerinde IAP değerlerinin 20-25 °C gibi çok yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Hâlbuki Kuzey –Güney yönelim için IAP değerleri 15-20°C aralığındadır. İki farklı yönelim arasında ortalama 10 °C fark olması, Doğu-Batı yönelimli bina cephelerinin hem öğleden önce hem de öğleden sonra güneş ışınlamına maruz kalmasıdır. Kuzey-Güney yönelimli binalar ise daha çok güney yönelimli cephenin sıcaklığına bağlı olarak IAP değerini etkilemektedir. Öte yandan rüzgâr geliş yönünün IAP değeri üzerindeki etkisi de 11 Temmuz saat 9.00 için elde edilen ve belirgin bir şekilde yüksek olan IAP değerleriyle bir kez daha görülmektedir. Batı yönünden esen rüzgâr cadde yönü ile paralel bir doğrultuda olduğu için, cephe yüzeylerini soğutmamış ve IAP'nin yükselmesine neden olmuştur.



Şekil 5.115. Yeni yerleşim alanında kuzey-güney yönelimli binalar için bitişik /ayrık nizam olması durumunun IAP üzerindeki etkisi



Şekil 5.116. Yeni Yerleşim alanında doğu-batı yönelimli binalar için bitişik /ayrık nizam olması durumunun IAP üzerindeki etkisi

Şekil 5.115 ve 5.116’da ise binaların bitişik veya ayrık nizam olması durumlarının farklı yönelimler için IAP üzerindeki etkisi sunulmuştur. Kuzey-güney yönelimli binalar için bitişik nizam seçildiğinde, IAP değerlerinin genellikle yükseldiği ve bazı durumlar için bu farkın oldukça belirgin olduğu görülmektedir. Kuzey-güney yönelimde 11 Haziran için bitişik ve ayrık nizam değerleri paralel olarak değişirken, 11 Temmuz’da bitişik nizam IAP değerlerinin çok farklı bir iniş çıkış grafiği çizdiğini söylemek mümkündür. 11 Temmuz’da değişik yönlerden gelen rüzgâr etkisi, bitişik nizam yerleşimi söz konusu olduğunda daha

iyi bir soğutma sağlamış ve daha düşük IAP değerleri elde edilmiştir. 11 Ağustos'ta genellikle düşük bir hıza sahip rüzgâr, bitişik nizam için çok az bir farkla daha yüksek IAP değerleri vermiştir.

Doğu –batı yönelimli binalar için ise çoğu kez bitişik nizam düzeninde daha düşük değerler elde edilmiştir. Doğu-batı yönelime sahip binaların olduğu bir ortamda elde edilen yüzey sıcaklıkları, kuzey-Güney yönelimli binaların olduğu bir ortama göre daha yüksektir. Ayırık nizam düzeninde, kanyon içine giren rüzgâr etkisi, hıza ve yöne bağlı olarak dağılabilmekte ve yüzeylerde daha az soğutma etkisi oluşturmaktadır. Ancak bitişik nizamda, rüzgâr geldiği yöne bağlı olarak daha fazla soğutma etkisi oluşturabilir. Bu nedenle, doğu-batı yönelimli binaların çok fazla ısınan (öğleden önce doğu yönelimli cepheler ve öğleden sonra batı yönelimli cepheler daha sıcaktır) cepheleri, rüzgârın soğutma etkisinden yeteri kadar faydalanamadığı durumlar için, ayırık nizam düzeninde daha yüksek IAP değerleri elde edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Elazığ ili içinde yer alan farklı yerleşim alanları içinde yer alan bölgeler için ısı adası potansiyeli parametresi kullanılarak kentsel ısı adası etkisi incelenmiştir. Hesaplamalar ticari bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılarak yapılan simülasyonlar sonucu yapılmıştır. Kentsel alanlarda sıcaklık dağılımını etkileyen farklı parametrelerin kullanıldığı çalışmada Isı Adası Potansiyeli (IAP) değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışma aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır;

- Hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanılarak yapılan bir çalışmanın geçerliliğinin sağlanabilmesi için simülasyon sonuçları, yapılan ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmış ve elde edilen fark, simülasyon sonuçlarını geçerli kılmıştır. Geçerliliği sağlanan simülasyon için belirlenen sınır şartları (hava hacmi boyutları, ağ hücresi sayısı ve modeli vs.) çalışma kapsamında yapılan simülasyonlar için de kullanılmıştır. Simülasyonların yapıldığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 1., 11. ve 21. günleri için 5 yıllık ortalama rüzgâr hızı, yönü ve saatlik ortalama hava sıcaklığı değerleri DMI'den temin edilmiştir. Kentsel yüzeyler için ısı taşınım katsayıları Loveday ve Taki tarafından geliştirilen yöntem ile hesaplanmıştır.
- Simülasyonlar için gerekli verilerin temin edilmesinin ardından, Gazi ve Şehit İlhanlar Caddelerinin belirli bir bölümü için ilk önce trafik ve ağaç etkisinin olmadığı durumlar düşünülerek Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 1., 11. ve 21. günleri saat 9.00-17.00 için simülasyonlar yapılmıştır. Daha sonra, bu ayların 11. günü saat 10.00, 12.00, 14.00 ve 16.00 için trafik etkisi eklenerek simülasyonlar yapılmıştır. Yine 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos için ağaç etkisi eklenerek simülasyonlar yapılmış ve bir sonraki adımda trafik ve ağaç etkisinin birlikte görüldüğü simülasyonlar yapılarak IAP değerleri hesaplanmıştır.
- Bina yüksekliği (Y)/Cadde genişliği (G) oranının IAP üzerindeki etkisini incelemek amacıyla $Y/G = 1, 2$ ve 0.5 için, 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos için yalın hal, trafik etkisi ve trafik+ağaç etkisi olması durumları için de simülasyonlar yapılmış ve IAP değerleri hesaplanmıştır.
- Rüzgâr hızının IAP değerleri üzerindeki etkisini incelemek için ise çalışma için seçilen bütün günler içinde, saat 12.00 için mevcut olan IAP değerleri, rüzgâr

hızının 2m/sn arttırılması durumu sonucu elde edilen IAP değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu durum $Y/G=1$, 2 ve 0.5 olması durumları için de uygulanmıştır.

- Farklı malzeme türlerinin IAP üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere, her kentsel eleman için alternatif malzemeler belirlenip, yapılan simülasyonlarda her seferinde sadece bir kentsel elemanın malzeme özelliği değiştirilerek IAP değerleri hesaplanmıştır.
- Farklı geometriye ve boyutlara sahip olan Gazi ve Şehit İlhanlar Caddeleri için bina yönelimi ve binaların ayırık veya bitişik nizam olması durumları göz önüne alınarak kıyaslama yapmak mümkün değildir. Bu nedenle Elazığ içinde yer alan yeni yerleşim bölgelerinin özelliklerini gösteren üçüncü bir çalışma alanı belirlenip, aynı sınır şartları ve malzeme özellikleri ile simülasyonlar yapılmıştır. 11 Haziran, Temmuz ve Ağustos için yapılan simülasyonlarda, binaların kuzey-güney ve doğu-batı yönelimli olması ve bitişik/ayırık nizam olması durumları göz önüne alınmıştır.
- Kentsel yüzeylerde ısı adası etkisini hesaplamalı akışkanlar dinamiği yardımıyla ve çeşitli parametrelerle ilişkilendirerek inceleyen bu tez çalışmasından çıkarılabilecek sonuçlar şu şekildedir;
- Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi, kentsel alanlar ve ısı adası ile ilgili çalışmalarda kullanılması oldukça yararlı bir uygulamadır. Bu çalışmada, ilk önce yalın halleriyle modellenen ve simüle edilen durumlar, başka parametrelerin de eklenmesiyle değiştirilebilmiş ve farklı sonuçların kıyaslanmasına olanak sağlamıştır. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar birbiriyle çelişmemekte, zaman ve işgücünden tasarruf sağlamaktadır.
- Kentlerin nefes almalarını sağlayan ve yüzeyler üzerinde önemli bir soğutma etkisi olan rüzgâr, kuvvetinden daha çok estiği yön ile önem kazanmaktadır. Bina yüzeylerine çarpan rüzgârlar, düşük bir hıza sahip olsa da IAP'yi düşürebilmiştir. Öte yandan çok kuvvetli esen rüzgârların, kanyon içine girememesi veya cadde doğrultusu ile aynı yönde esmeleri halinde yüzeyler üzerinde herhangi bir soğutma etkisi oluşturamadığı ve dolayısı ile IAP'yi düşüremediği gözlenmiştir. Bina cephelerine dik olarak etki eden rüzgârlar yerine arayönlerden gelen ve kanyon içine girip karşılıklı cepheler üzerinde etki edebilen rüzgârlar IAP değerinin düşürülmesi bakımından daha avantajlıdır.

- Radyasyon etkisinin diğer saatlere göre azaldığı 15.00, 16.00 ve 17.00 saatlerinde IAP değerleri genellikle düşüş göstermiştir. Ancak rüzgârın hız veya yönü nedeniyle yüzeyler üzerinde soğutma etkisini kaybetmesi durumlarında, bu saatlerde de az da olsa IAP değerlerinde yükselme görülebilmektedir.
- Trafik etkisinin eklenmesiyle, özellikle cadde yüzey sıcaklığı artış göstermiş ve buna bağlı olarak da IAP değerleri yükselmiştir. Ancak yüzey sıcaklığı artan tek kentsel elemanın cadde olmadığı, çatılar hariç kanyon içerisinde kalan bütün kentsel elemanların zorlanmış taşınım nedeniyle yüzey sıcaklıklarında değişim olduğu gözlenmiştir. Bu sıcaklık artışları da yine rüzgârların hızı ve geliş yönü ile bağlantılı olmuştur.
- Ağaç etkisinin eklenmesiyle, Gazi Caddesi'nde yüzey sıcaklıklarının düşmesiyle IAP değeri düşmüştür. Şehit İlhanlar Caddesinde ise, IAP değerleri neredeyse ağaç etkisinin olmadığı durumla aynı değerlerde seyretmiştir. Gazi Caddesi'nde bina cephelerinin önüne yerleştirilen ağaçlar hem yerleşim konumları hem de Şehit İlhanlar Caddesi'ne göre daha fazla sayıda olmaları sebebi ile yüzey sıcaklıklarında azalma meydana getirmiştir. Şehit İlhanlar Caddesi'nde ise, caddenin ortasına yerleştirilen ağaçlar bina yüzeylerinde ve kaldırımlarda soğutma etkisi oluşturmamış ve IAP değerlerini düşürmemiştir. Ağaçların bina cephelerine yakın yerleştirilmesi, IAP'yi düşürmesi bakımından daha yararlı bir uygulamadır.
- Ağaç ve trafik etkisinin birlikte kullanılması ile Gazi Caddesi'nde ağaç ve trafik etkisinin ayrı ayrı eklendiği durumlarda elde edilen IAP değerlerinin arasında değerler elde edilmiştir. Trafik etkisinin neden olduğu sıcaklık artışı ve kötü etki, ağaçların soğutma etkisi ile iyileştirilmiştir. Ancak Şehit İlhanlar Caddesi'nde cadde ortasına yerleştirilen yeşil aks, trafik etkisinin neden olduğu sıcaklık artışını önleyememiştir. Ağaç elemanının ısı adası etkisinin neden olduğu sıcaklık artışını etkileyebilmesi için, kentsel alan içindeki konumu oldukça önemlidir.
- Bina yüksekliği ve cadde genişliği arasındaki oranın değişmesi ise, IAP değerleri üzerinde oldukça etkili olmuştur. En yüksek IAP değerleri $Y/G=2$ için elde edilirken, en düşük değerler $Y/G=0.5$ için elde edilmiştir. Genel olarak ise, $Y/G=1$ ve $Y/G=0.5$ için elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Günümüz şartlarında, minimum alan üzerinden maksimum getirim sağlanması amacına yönelik bir yapılaşma anlayışı benimsenmiştir. Ancak, dar cadde veya sokak aralıkları çevresine yerleştirilen yüksek yapılar ısı adası etkisinin en önemli

nedenidir. Bu bakımdan, yeni yerleşim alanlarında Y/G oranlarının en azından 1 veya 1'e yakın bir değerde tutulabilmesi, ısı adası etkisini azaltmaya yönelik uygulanabilecek en etkin yöntemlerden biridir.

- Farklı malzemelerin kullanımı IAP değerleri üzerinde genel olarak ufak değişikliklere sebep olmuştur. En büyük farklılık, en fazla güneş ışınlamına maruz kalan yatay kentsel eleman olan cadde için kullanılan malzemenin değiştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu nedenle, kentsel alanlar için malzeme seçimi yapılırken, görsel etkisinden daha çok termofiziksel özelliklerinin dikkate alınması ve ısı iletim katsayısı, ısı yutma ve yayma katsayısı daha küçük olan malzemelerin seçilmesine dikkat edilmelidir.
- Binaların ayrıık nizam olması durumunda, kuzey-güney yönelimli binalar için daha düşük IAP değerleri elde edilirken, doğu-batı yönelimli binalar için, daha fazla ısınan bina cepheleri nedeni ile daha yüksek IAP değerleri elde edilmiştir. Ayrıık nizam yerleşim biçimi, günümüz insanının şekillendirdiği sosyal yaşam içinde tercih edilen site türü yerleşim alanlarında çok fazla uygulanmaktadır. Ancak bu düzen uygulanırken, özellikle doğu-batı yönelimli binalar söz konusu olduğunda, ağaç elemanı eklenerek IAP değerlerinin düşürülmesi ve kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına önem verilmelidir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin kullanıldığı bu tez çalışmasında, farklı parametreler eklenerek, üzerinde çalışılan veya herhangi başka bir kentsel alan için farklı durum senaryoları oluşturmak ve değerlendirmeler yapmak mümkündür. Çalışmada etkin bir şekilde kullanılan bu yöntem sayesinde, kentsel alanlarda etkili olabilecek önemli parametreler, simülasyon ortamına taşınmış ve istenilen karşılaştırmalar yapılabilmektedir. Hem kullandığı yöntem, hem de sonuçları değerlendirmek amacıyla kullanılan IAP parametresi nedeniyle farklı bir uygulamanın yer aldığı bu tez çalışması, kentsel alan tasarımında, tasarımcılara ısı adası etkisi açısından ılık tutabilecek pek çok konuya değinmiştir.

İleriye yönelik çalışmalar ve öneriler:

Bu çalışmada Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının 1., 11. ve 21. günleri için kentsel alanları etkileyebilecek parametrelerin eklenmesi ve çıkarılması ile simülasyonlar yapılmıştır. Daha fazla değerlendirme yapabilmek için, hem çalışılan gün sayısı hem de çalışma dâhilinde kullanılan parametrelerin değiştirilmesi mümkündür. Bu aşamada hesaplamalı akışkanlar dinamiği yönteminin sunduğu esneklik büyük bir avantaj olarak görülmektedir. Bir sonraki adım olarak farklı ağaç modellerinin ve sayısının kullanılması, farklı Y/G oranlarının kullanılması, kentsel elemanlar için farklı malzeme alternatifleri gibi pek çok alternatif çalışmanın türetilmesi ve IAP hesaplanarak istenilen karşılaştırmaların yapılması amaçlanmaktadır. Ayrıca trafik etkisi sonucu oluşan emisyon gazlarının hava kalitesini nasıl etkilediği, ağaçlar tarafından oluşturulan nem etkisinin ısı adası üzerindeki etkisi gibi çalışılması planlanan daha komplike konular da mevcuttur. Bu çalışmada özellikle çözümün geçerliliğinin sağlanması ile önemli bir adım atılmış olup, diğer çalışmalar için temel bir basamak oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

- [1]. **Asimakopoulos, D.N., Asimakopoulos, V.D., Chrisomallidou, N., Nklitsikas, Mangold, D., Michel, P., Santamouris, A., Tsangrassouulisi A.,** Energy and Climate in the Urban Built Environment, 2001, *James&James Science Publishers*, UK.
- [2]. **Bektaş Ekici, B., Gülten Aytaç, A., Aksoy, U.T.,** 2012. A study on the optimum insulation thicknesses of various types of external walls with respect to different materials, fuels and climate zones in Turkey, *Applied Energy*, **92**, 211-217.
- [3]. **Bektaş Ekici, B.,** 2012. Binalarda güneş ısısı kazanç faktörü ve yüzey sıcaklıklarının saydam ve opak yüzey tasarımında etkisinin deneysel olarak araştırılması, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [4]. **Kum, G.,** 2006. Göztepe, Kandilli ve Şile sıcaklık verileri kullanılarak İstanbul'da şehir ısı adası etüdü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [5]. **Peker, Z.,** 1998. Energy efficient urban design, Izmir Institue of Technology, a thesis in City and Regional Planning, Izmir.
- [6]. **Tuğaç, Ç.,** 2003. Enerji etkin planlama yaklaşımının, kentlerin ekolojik planlaması ve tasarımı süreçlerine etkisi: Güney Ankara Ahıboz Koridoru örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7]. **Memon, A.R., Leung, D.Y.C., Liu, C.H.,** 2009. An investigation of urban heat island intensity (UHII) as an indicator of urban heating, *Atmospheric Research*, **94**, 491-500.
- [8]. **Alnak, E.D.,** 2013. Isıtılmış silindirik yüzey üzerine çarpan su jetinin taşınım ısı transferine etkisinin sayısal ve deneysel olarak araştırılması, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [9]. **Eljadid, A. G.,** 1994. Urban heat island effect in Istanbul city, Istanbul Technical University, Institue of Science and Technology, *Master Thesis*, Istanbul.
- [10]. **Yüksel Duman, Ü.,** 2005. Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması

ve değerlendirilmesi üzerine bir araştırma, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- [11]. **Uysal, E.**, 2013. Ankara şehirde ısı adası oluşumu, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [12]. **Karaca, M., Tayanç, M., Toros, H.**, 1995. Effects of urbanization on climate of Istanbul and Ankara, *Atmospheric Environment*, , 3411-3421
- [13]. **Bilgili, B.C.**, 2009. Ankara kenti yeşil alanlarının kent ekosistemine olan etkilerinin bazı ekolojik göstergeler çerçevesinde değerlendirilmesi üzerine bir araştırma, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14]. **Giridharan, R., Lau , S.S.Y., Ganesan, S.**, 2005. Nocturnal heat island effect in urban residential developments of Hong Kong, *Energy and Buildings*, **37-9**, 964–971.
- [15]. **Giridharan, R., Ganesan, S., Lau , S.S.Y.**, 2004. Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong, *Energy and Buildings*, **36**, 525–534.
- [16]. **Kantzioura, A., Kosmopoulos, P., Zoras S.**, 2012. Urban surface temperature and microclimate measurements in Thessaloniki, *Energy and Buildings*, **44**, 63-72.
- [17]. **Çiçek, İ., Doğan, U.**, 2005. Ankara’da şehir ısı adasının incelenmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **3-1**, 59-73.
- [18]. **Oke, T.R.**, 1979. Review of Urban Climatology, *WMO*, **539**.
- [19]. **Kolokotroni, M., Giridharan, R.**, 2008. Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer, *Solar Energy*, **82**, 986-998.
- [20]. **Yang, F., Lau, S.S.Y., Qiana, F.**, 2011. Urban design to lower summertime outdoor temperatures: An empirical study on high-rise housing in Shanghai, *Building and Environment*, **46**, 769-785.
- [21]. **Santamouris, M., Synnefa, A., Karlessi, T.**, 2011. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions, *Solar Energy*, **85-12**, 3085-3102.
- [22]. **Shashua-Bara, L., Hoffman, M.E.**, 2003. Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees, *Energy and Buildings*, **35**, 61-68.

- [23]. **Hisarlıgil, H.**, 2009. Enerji etkin planlamada konut adası tasarımı: Hipotetik konut adalarının Ankara örneğinde mikroklima analizi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [24]. **Ihara, T., Kikegawac, Y., Asahid, K., Genchia, Y., Kondob, H.**, 2008. Changes in year-round air temperature and annual energy consumption in office building areas by urban heat-island countermeasures and energy-saving measures, *Applied Energy*, **85**, 12-25.
- [25]. **Sato, R., Hoyano, A., Asawa, T.**, 2009. Modeling method of substantial urban area using 3d-cad and its application to thermal environment simulation in rural cities, *The Seventh International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan.
- [26]. **Nakaohkubo, K., Hoyano, A.**, 2009. Development of support tool for thermal and luminous environmental design in outdoor and semi-outdoor living space using numerical analysis, *Eleventh International IBPSA Conference*, Glasgow, Scotland.
- [27]. **Nakaohkubo, K., Hoyano, A.**, 2009. Radiant heat transfer model on 3d-cad based thermal environment simulator and its applications to the substantial urban area influence of spatial geometry of urban block on effective - albedo and sensible heat flux, *The Seventh International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan.
- [28]. **Stavrakakis, G.M., Tzanakic, E., Genetzaki, V.I., Anagnostakisc, G., Galetakisc, G., Grigorakis, E.**, 2012. A computational methodology for effective bioclimatic-design applications in the urban environment, *Sustainable Cities and Society*, **4**, 41-57.
- [29]. **Mirzaei, P. A., Haghighat, F., Nakhaie, A. A., Yagouti, A., Giguère, M., Keusseyan, R., Coman A.**, 2012. Indoor thermal condition in urban heat Island e Development of a predictive tool, *Building and Environment*, **57**, 7-17.
- [30]. **Ashie, Y., Ca, V. T., Asaeda, T.**, 1999. Building canopy model for the analysis of urban climate, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **81**, 237-248.
- [31]. **Luo, Z., Li, Y.**, 2011. Passive urban ventilation by combined buoyancy-driven slope flow and wall flow: Parametric CFD studies on idealized city models, *Atmospheric Environment*, **45**, 5946-5956.

- [32]. **Takahashi, K., Yoshida , H., Tanaka, Y., Aotake, N., Wang, F.,** 2004. Measurement of thermal environment in Kyoto city and its prediction by CFD simulation, *Energy and Buildings*, **36**, 771–779.
- [33]. **Huang, H., Ooka, R., Kato, S.,** 2005. Urban thermal environment measurements and numerical simulation for an actual complex urban area covering a large district heating and cooling system in summer, *Atmospheric Environment*, **39**, 6362–6375.
- [34]. **Chen, H., Ooka, R., Huang, H., Tsuchiya, T.,** 2009. Study on mitigation measures for outdoor thermal environment on present urban blocks in Tokyo using coupled simulation, *Building and Environment*, **44**, 2290–2299.
- [35]. **Zoras, S., Tsermentselis, A., Kosmopoulos, P., Dimoudi, A.,** 2014. Evaluation of the application of cool materials in urban spaces: A case study in the center of Florina, *Sustainable Cities and Society*,
- [36]. **Yuan, C., Ng, E.,** 2013. Practical application of CFD on environmentally sensitive architectural design at high density cities: A case study in Hong- Kong, *Urban Climate*,
- [37]. **Bouyer, J., Inard, C., Musy, M.,** 2011. Microclimatic coupling as a solution to improve building energy simulation in an urban context, *Energy and Buildings*, **43**, 1549-1559.
- [38]. **Hu, Z., Yu, B., Chen, Z., Li, T., Liu, M.,** 2012. Numerical investigation on the urban heat island in an entire city with an urban porous media model, *Atmospheric Environment*, **47**, 509-518.
- [39]. **Shahidan, M. F., Jones, P.J., Gwilliam J., Salleh E.,** 2012. An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials, *Building and Environment*, **58**, 245-257.
- [40]. **Yao, R., Luo, Q., Li, B.,** 2011. A simplified mathematical model for urban microclimate simulation, *Building and Environment*, **46**, 253-265.
- [41]. **He, J., Hoyano, A., Asawa, T.,** 2009. A numerical simulation tool for predicting the impact of outdoor thermal environment on building energy performance, *Applied Energy*, **86**, 1596-1605.

- [42]. **He, J., Hoyano, A.**, 2009. Measurement and simulation of the thermal environment in the built space under a membrane structure, *Building and Environment*, **44**, 1119-1127.
- [43]. **Qin, R., Yan, D., Zhou, X., Jiang, Y.**, 2012. Research on a dynamic simulation method of atrium thermal environment based on neural network, *Building and Environment*, **50**, 214-220.
- [44]. **Liping, W., Hien, W.N., Shou, L.**, 2007. Facade design optimization for naturally ventilated residential buildings in Singapore, *Energy and Buildings*, **39**, 954-961.
- [45]. **Cheong, K.W.D., Djunaedy, E., Chua, Y.L., Tham, K.W., Sekhar, S.C., Wong, N.H., Ullah, M. B.**, 2003. Thermal comfort study of an air-conditioned lecture theatre in the tropics, *Building and Environment*, **38**, 63-73.
- [46]. **Kastendeuch, P.P., Najjar, G.**, 2009. Simulation and validation of radiative transfers in urbanised areas, *Solar Energy*, **83**, 333-341.
- [47]. **Asawa, T., Hoyano, A., Nakaohkubo, K.**, 2008. Thermal design tool for outdoor spaces based on heat balance simulation using a 3D-CAD system, *Building and Environment*, **43**, 2112-2123.
- [48]. **Lino, A., Hoyano, A.**, 1996. Development of a method to predict the heat island potential using remote sensing and GIS data, *Energy and Buildings*, **23**, 199-205.
- [49]. **Lin, B., Li, X., Zhu, Y., Qin, Y.**, 2008. Numerical simulation studies of the different vegetation patterns' effects on outdoor pedestrian thermal comfort, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **96**, 1707-1718.
- [50]. **Flor, F.S., Dominguez, S.A.**, 2004. Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings, *Energy and Buildings*, **36**, 403-413.
- [51]. **Memon, R.A., Leung, D.Y.C., Chunho, L.**, 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *Journal of Environmental Sciences*, **20**, 120-128.
- [52]. <http://web.itu.edu.tr/~kkocak/iklimpdf.pdf> (Son erişim: 08.09.2014)
- [53]. www.kimyaturk.net (Son erişim: 07.09.2014)
- [54]. **Göksu, Ç.**, 1993, Güneş ve Kent. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayını*, Ankara.

- [55]. **Moonen, P., Defraeye, T., Dorer, V., Blocken, B., Carmeliet, J.,** 2012. Urban Physics: Effect of the micro-climate on comfort, health and energy demand, *Frontiers of Architectural Research*, **1**, 197-228.
- [56]. **Givoni, B.,** 1998. Climate Consideration in Building and Urban Design, *Van Nostrand Reinhold*, NY, USA.
- [57]. **Reiss, E., Mears, D.R., Manning, T.O., Wulster, G.J., Both, A.J.,** 2007. Numerical modelling of greenhouse floor heating, *Transactions of the ASABE*, **50** (1), 275-284.
- [58]. **Kural, M.,** 2007. Mikroiklim oluşumunda rüzgar ve sıcaklık açısından yüksek/yoğun yapılaşmanın etkisi: Rize Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [59]. **Baştürk, G.,** 2004. Bir akışkan karıştırma kabında karıştırma ve ısıtma proseslerinin cfd simülasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [60]. **Güney, H.E.,** 2010. Adyabatik mikro kanallarda akışın fluent ile modellenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya.
- [61]. www.desica.com.tr (Son erişim: 08.09.2014)
- [62]. **Aydın, M.C.,** 2005, Alttan alırlı dolusavak havalandırıcıların cfd analizi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [63]. Hsk ar-ge Teknik Bülten, Mart 2011, No:5.
- [64]. <http://nsezeruzol.etu.edu.tr/courses/MAK488/docs/MAK488-CFD-Intro1.pdf>
- [65]. (Son erişim: (05.05.2013))
- [66]. **Oke, T.R.,** 1982. The energetic bases of the urban heat island, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **108**, 1-24.
- [67]. **Mirzaei, P.A., Haghighat, F.,** 2010. Approaches to study Urban Heat Island - Abilities and limitations, *Building and Environment*, **45**, 2192-2201.
- [68]. <http://www.dmi.gov.tr/FILES/iklim/klimatoloji1.pdf> (Son erişim: 08.09.2014)
- [69]. **Şahin, E., Dostoğlu, N.,** 2007. Kentsel mekan tasarımında doğal verilerin kullanımı, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12-1.
- [70]. **Yakhot, V., ORZSAY, S.A.,** 1986. Renormalization group of analysis of turbulence:I. Basic theory. *Journal of Scientific Computing*, 1(1):1-51.

- [71]. **Lauder, B., and Spalding, D.B.**, 1974. The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, **3**, 269-289.
- [72]. www.anova.com.tr (Son erişim: 08.09.2014)
- [73]. www.figes.com.tr (Son erişim: 08.09.2014)
- [74]. **Hussain, S., Ooshuizen, P.H.**, 2012. Validation of numerical modelling of conditions in an atrium space with a hybrid ventilation system, *Building and Environment*, **52**, 152-161.
- [75]. **Gülten, A.**, 2007. Kent dokusunda güneş ışınımından yararlanmak için cadde-bina ilişkisinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [76]. **Durmuş, G., Çalışkan, G.**, 2009. Doğal taş plakaların ısı iletkenlik bakımından termografik görüntülerinin incelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Teknik Online Dergi, **8**(1).
- [77]. **Incropera, F.P., Dewitt, D.P.**, 2001, Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, *Literatür Kitabevi*, İstanbul.
- [78]. Ansys Fluent User's Guide, 2009.
- [79]. <books.google.com/ATestOfBrund'sFormulaForPredictingMinimumTempratures> (Son erişim:03.04.14)
- [80]. **Loveday, D.L., Taki, A.H.**, 1996. Convective heat transfer quaficiants at a plane surface on a full-scale building façarde, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **39-8**, 1729-1742.
- [81]. **Genceli, O.F.**, Çözümlü Isı Taşınımı Problemleri, Birsen Yayıncılık Mühendislik Dizisi.
- [82]. **Bektaş, B.**, 2006, Isıtma açısından dış duvarlarda saydam yüzey kullanımının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [83]. **Atagündüz, G.**, 1989, Güneş Enerjisi ve Temelleri, Ege Üniversitesi Basımevi.
- [84]. **Benford, F., Bock, J.E.**, 1939. A Time Analysis of Sunshine. *Transaction of the American Illumination Engineering Society*, **34**, 200-.
- [85]. **Page, J.K.**, 1964. The estimation of monthly mean values of total shortwave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40N-40S. *Proceedings of the UN Conference on New Sources of Energy*, **4**, 35-98.

- [86]. **Klein, S.A.**, 1977. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces, *Solar Energy*, **21**, 393-402.
- [87]. **Aksoy, U.T.**, 2002. İklimsel konfor açısından bina yönlendirilmesi ve bina biçimlendirilmesinin ısıtma maliyetine etkisi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [88]. **Liu, B.Y.H., Jordan R.C.**, 1963. The long-term average performance of flat-plane solar energy collectors, *Solar Energy*, **7**, 53-74.
- [89]. [88] **Otken, B., Gümüştay, M.Ü.**, 2009. Karayolunda Hareket Halindeki Taşıtların Çevreye Yayıdıkları Emisyonların Analizi için CBS'de Arayüzlerin Hazırlanması, *hkm Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi* ,3, Özel Sayı, 91
- [90]. **Li, J., Zhan, J., Li, Y.S., Wai, O.W.H.**, 2013. CO₂ absorption/emission and aerodynamic effects of trees on the concentrations in a Street canyon in Guangzhou, China, *Environmental Pollution*, **177**, 4-12.
- [91]. **Salim, S. M., Buccolieri R., Chan A., Sabatino, S.**, 2011. Numerical simulation of atmospheric pollutant dispersion in an urban street canyon: Comparison between RANS and LES, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **99**, 103-113.
- [92]. **Hu, L. H., Huo, R., Yang, D.**, 2009. Large eddy simulation of fire-induced buoyancy driven plume dispersion in an urban Street canyon under perpendicular wind flow, *Journal of Hazardous Materials*, **166**, 394-406.
- [93]. **Salim, S.M., Buccolieri R., Chan A., Sabatino, S. and Cheah, S. C.**, 2011. Large eddy simulation of the aerodynamic effects of trees on pollutant concentrations in Street canyons, *Urban Environmental Pollution*, **4**, 17-24.
- [94]. **Robitu, M., Musy, M., Inard, C., Groleau, D.**, 2006, Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate, *Solar Energy*, **80**, 435-447.
- [95]. **Rosenfeld, M., Gil, M., Bitan, A.**, 2010. Numerical Simulation of the airflow across trees in a windbreak, *Boundary Layer Meteorology*, **135**, 89-107.
- [96]. **Çengel, Y.**, 2011, Isı ve Kütle Transferi , *Güven Bilimsel Yayınevi*, İzmir.

EKLER

EK-1 DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ TÜMAS VERİ SİSTEMİNDEN ALINAN VERİLERLE HESAPLANAN ORTALAMA RÜZGAR HIZI (m/sn) VE YÖNÜ İLE ISI TAŞINIM KATSAYILARI (W/m²K)

Ek Tablo 1.1. 11 Haziran için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

1 Haziran	Ort. Hava Sıc.		Rüzgâr hızı(m/sn)	Rüzgâr yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	25.7	298.7	3.1	GD	27.03	20.09	20.09	11.40	20.09
10.00	26.2	299.2	3.3	GD	27.80	20.84	20.84	11.75	20.84
11.00	27.0	300	2	D	22.17	15.14	15.14	9.220	15.14
12.00	27.4	300.4	3.8	KB	29.63	22.59	12.56	22.59	12.56
13.00	26.9	299.9	4	KB	30.33	23.24	12.87	23.24	12.87
14.00	25.6	298.6	4.45	KB	31.83	24.64	13.54	24.64	13.54
15.00	23.5	296.5	5.85	B	36.01	28.47	15.38	15.38	15.38
16.00	22.9	295.9	3.4	KB	28.18	21.20	11.92	21.20	11.92
17.00	21.2	294.2	0.6	B	12.86	0	4.78	4.78	4.78

Ek Tablo 1.2. 11 Haziran için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

11 Haziran	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	29.3	302.3	2.73	GD	25.54	18.62	18.62	10.74	18.62
10.00	29.7	302.7	3.60	GD	28.92	21.91	21.91	12.25	21.91
11.00	30.0	303	3.63	GD	29.04	22.03	22.03	12.30	22.03
12.00	29.0	302	4.97	GD	33.45	26.14	26.14	14.26	26.14
13.00	29.1	302.1	3.83	GD	29.75	22.70	22.70	12.62	22.70
14.00	29.0	302	1.90	GD	21.67	14.59	14.59	8.99	14.59
15.00	28.3	301.3	1.33	GD	18.46	10.79	10.79	7.51	10.79
16.00	26.3	299.3	1.83	D	21.32	14.20	14.20	8.83	14.20
17.00	24.5	297.5	0.87	GD	15.19	5.44	5.44	5.95	5.44

Ek Tablo 1.3. 21 Haziran için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

21 Haziran	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	30.1	303.10	3.90	B	29.99	22.92	12.72	12.72	12.72
10.00	31.0	304.00	3.87	KB	29.87	22.81	12.67	22.81	12.67
11.00	31.6	304.60	4.63	KB	32.42	25.18	13.80	25.18	13.80
12.00	30.0	303.00	5.27	KB	34.35	26.96	14.65	26.96	14.65
13.00	29.1	302.10	2.97	KB	26.50	19.57	11.17	19.57	11.17
14.00	29.8	302.80	3.53	KB	28.68	21.68	12.14	21.68	12.14
15.00	29.2	302.20	3.47	KB	28.43	21.44	12.03	21.44	12.03
16.00	27.0	300.00	5.13	KB	33.95	26.60	14.48	26.60	14.48
17.00	24.4	297.40	3.43	KB	28.31	21.33	11.98	21.33	11.98

Ek Tablo 1.4. 1 Temmuz için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

1 Temmuz	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	27.2	300.20	4.35	B	28.18	24.34	13.40	13.40	13.40
10.00	28.2	301.20	3	KB	28.18	19.70	11.23	19.70	11.23
11.00	29.0	302.00	3.85	KB	35.03	22.76	12.65	22.76	12.65
12.00	29.4	302.40	4.3	KB	30.16	24.19	13.32	24.19	13.32
13.00	31.0	304.00	4.6	KB	26.83	25.09	13.75	25.09	13.75
14.00	29.1	302.10	6.25	B	28.00	29.46	15.87	11.65	15.87
15.00	28.0	301.00	6.25	KB	21.14	29.46	15.87	29.46	15.87
16.00	26.6	299.60	5.85	KB	30.50	28.48	15.39	28.48	15.39
17.00	24.4	297.40	5.65	W	28.00	27.97	15.14	15.14	15.14

Ek Tablo 1.5. 11 Temmuz için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

11 Temmuz	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	33.1	306.10	3.35	B	28.00	21.03	11.84	11.84	11.84
10.00	34.2	307.20	1.85	GD	21.41	14.30	14.30	8.87	14.30
11.00	34.8	307.80	2.45	GD	24.30	17.38	17.38	10.18	17.38
12.00	35.4	308.40	2.35	GB	23.85	16.91	9.98	9.98	16.91
13.00	35.7	308.70	3.05	KB	26.83	19.90	11.32	19.90	11.32
14.00	35.2	308.20	2.15	KD	22.91	15.93	15.93	15.93	15.93
15.00	34.4	307.40	2.6	GD	24.97	18.05	18.05	10.48	18.05
16.00	33.0	306.00	2.45	KB	24.30	17.38	10.18	17.38	10.18
17.00	28.8	301.80	1.25	KB	17.93	10.09	7.26	10.09	7.26

Ek Tablo 1.6. 21 Temmuz için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

21 Temmuz	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	34.2	307.20	2.9	B	26.23	19.31	11.05	11.05	11.05
10.00	35.3	308.30	3.1	KB	27.03	20.09	11.41	20.09	11.41
11.00	36.0	309.00	3.4	KB	28.18	21.21	11.92	21.21	11.92
12.00	36.7	309.70	3.4	KB	28.18	21.21	11.92	21.21	11.92
13.00	36.8	309.80	5.5	B	35.03	27.58	14.95	14.95	14.95
14.00	36.4	309.40	3.95	KB	30.16	23.08	12.80	23.08	12.80
15.00	35.7	308.70	3.05	B	26.83	19.90	11.32	11.32	11.32
16.00	33.7	306.70	3.35	B	28.00	21.03	11.84	11.84	11.84
17.00	30.4	303.40	1.8	KB	21.14	14.01	8.75	14.01	8.75

Ek Tablo 1.7. 1 Ağustos için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

1 Ağustos	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	34.5	307.50	1.8	KB	21.14	14.01	8.75	14.01	8.75
10.00	35.8	308.80	4.1	KB	30.67	23.56	13.03	23.56	13.03
11.00	36.7	309.70	3.7	B	29.28	22.25	12.41	22.25	12.41
12.00	36.3	309.30	1.2	B	17.60	9.63	7.11	9.63	7.11
13.00	37.5	310.50	3.1	B	27.03	20.09	11.41	20.09	11.41
14.00	37.5	310.50	4.5	KB	31.99	24.79	13.61	24.79	13.61
15.00	36.2	309.20	4.4	B	31.67	24.49	13.47	24.49	13.47
16.00	34.1	307.10	2.8	B	25.82	18.90	10.86	18.90	10.86
17.00	31.3	304.30	1.1	KB	16.92	8.63	6.79	8.63	6.79

Ek Tablo 1.8. 11 Ağustos için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

11 Ağustos	Ort. Hava Sıc.		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	34.2	307.20	1.7	GB	20.60	13.40	8.50	8.50	13.40
10.00	35.2	308.20	2.1	KB	22.67	15.67	9.44	15.67	9.44
11.00	36.2	309.20	2.7	B	25.40	18.48	10.68	18.48	10.68
12.00	35.8	308.80	1.65	GB	20.33	13.08	8.38	8.38	13.08
13.00	36.0	309.00	2.15	KB	22.91	15.93	15.93	15.93	15.93
14.00	35.0	308.00	2.4	KB	24.08	17.14	17.14	17.14	17.14
15.00	34.5	307.50	2.8	KB	25.82	18.90	10.86	10.86	10.86
16.00	33.0	306.00	2.55	KB	24.75	17.83	10.38	17.83	10.38
17.00	29.6	302.60	1.35	KB	18.56	10.93	7.56	10.93	7.56

Ek Tablo1.9. 21 Ağustos için hesaplanan ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve ısı taşınım katsayısı değerleri

21 Ağustos	Ort. sıcaklık		Rüzgar hızı (m/sn)	Rüzgar yönü	Hc yatay (W/m ² K)	Hc kuzey (W/m ² K)	Hc güney (W/m ² K)	Hc doğu (W/m ² K)	Hc batı (W/m ² K)
	°C	K							
9.00	33.5	306.50	5.2	KB	34.15	26.78	14.57	26.78	14.57
10.00	34.4	307.40	4	B	30.33	23.25	12.88	12.88	12.88
11.00	35.2	308.20	1.7	K	20.60	13.40	8.50	13.40	8.50
12.00	35.7	308.70	5	KB	33.55	26.23	14.30	26.23	14.30
13.00	35.7	308.70	6.7	B	38.30	30.52	16.39	16.39	16.39
14.00	35.0	308.00	4.4	B	31.67	24.49	13.47	13.47	13.47
15.00	33.4	306.40	5.3	KB	34.45	27.05	14.70	27.05	14.70
16.00	31.2	304.20	6.4	KB	37.51	29.82	16.05	29.82	16.05
17.00	29.0	302.00	6.2	B	36.98	29.34	15.81	15.81	15.81

ÖZGEÇMİŞ

Ayça AYTAÇ GÜLTEN, 1981 Elazığ doğumludur. 2000 yılında burslu olarak kazandığı Beykent Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü, 2004 yılında bitirmiştir. Aynı sene Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Tasarımı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başlamış ve bu bölüme araştırma görevlisi olarak atanmıştır. 2007 yılında Fırat Üniversitesi TEF Yapı Tasarımı Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamlamış ve aynı sene doktora eğitimine başlamıştır. Gökyüzü görüş faktörü, kentsel ısı adası, optimum yalıtım kalınlığı konularında çalışmaktadır. Yabancı dili İngilizcedir. Evli ve iki çocuk annesidir.