T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN ÇATI ÜZERİNDE SICAKLIK DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN GENETİK PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ

Hazırlayan
Ömer Tayfun ÖZKAN

Danışman
Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN

Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2017
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN ÇATI ÜZERİNDE SICAKLIK DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN GENETİK PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ

Hazırlayan
Ömer Tayfun ÖZKAN

Danışman
Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN

Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2017
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Ömer Tayfun ÖZKAN

YÖNERGEYE UYGUNLUK

Yeşil çatı sistemlerinin çatı üzerinde sıcaklık düşümüne etkisinin genetik programlama ile incelenmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Ömer Tayfun ÖZKAN

Danışman
Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN

Makine Mühendisliği ABD Başkanı
Prof.Dr. Necdet ALTUNTOP

Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN danışmanlığında Ömer Tayfun ÖZKANtarafından hazırlanan "Yeşil Çatı Sistemlerinin Çatı Üzerinde Sıcaklık Düşümüne Etkisinin Genetik Programlama İle İncelenmesi" **adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.**

15/08/2017

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN

Üye : Prof. Dr. Ertan BUYRUK

Üye : Prof. Dr. Selehaddin Orhan AKANSU

ONAY:
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 22/08/2017 tarih ve 2017/36-06 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

21/08/2017

Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN ÇATI ÜZERİNDE SICAKLIK DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN GENETİK PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ

Ömer Tayfun ÖZKAN
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2017
Danışman: Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN

ÖZET

Yeşil çatı sistemleriyle, bina üzerindeki büyük sıcaklık alanlarının ortaya çıktığı bina çatısında oluşan ısı kazançlarının önüne geçilmesi mümkün olduğu gibi binanın konfor şartlarına getirilmesi veya konfor şartlarının korunması mümkündür. Bu çalışmada, Türkiye'deki farklı şehirlerdeki yapıların çatılarında oluşturulacak bitki örtüsünün yapılar için ısıl etkisi ve dünya üzerindeki farklı şehirler ile karşılaştırılması üzerinde durulmuştur.

Bu çalışmada, Dünyanın farklı coğrafyalarındaki şehirlerin yaz aylarındaki iklimsel verisi ve bunun çatı üzerindeki sıcaklıktaki azalmaya etkisi öğrenme verisi olarak kullanılarak, Genetik Program (GP) modellemesi gerçekleştirilmiştir. GP yönteminde, % 2.2894 RMSE ve % 94.01 R^2 değerleri ile tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. GP'de elde edilen sonuçlar ışığında Türkiye'nin farklı coğrafyalarındaki 9 şehir için genetik algoritma oluşturularak GEP tahmin verisi elde edilmiştir. Bütün şehirler için GEP'de elde edilen yeşil çatı üzerindeki hava sıcaklığındaki azalma verileri dünya şehirleri için hesaplanan verilerle uyumludur. Minumum sıcaklık düşümü sabah saat 06:00 ile 10:00 aralığında gözlemlenirken, maksimum sıcaklık düşümü akşam saat 18:00'de gerçekleşmektedir. Temmuz ayında, yeşil çatıda ulaşılan sıcaklıktaki maksimum azalma 29.61^oC ile İzmir'de görülmektedir. Böylece yeşil çatının Türkiye'nin her coğrafi bölgesinde uygulanabileceği ve yaz aylarında ısıl konfor ve enerji tasarrrufu sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil çatı, Genetik Programlama, Konfor şartları, Sıcaklıktaki azalma

EFFECT OF GREEN ROOF SYSTEMS ON THE TEMPERATURE DECREASE OF ROOFS WITH GENETIC ALGORITHM PROGRAMME

Ömer Tayfun ÖZKAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August 2017

Supervisor: Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN

ABSTRACT

With the green roof systems, the heat gain from the building roof exposed by the large temperature areas on the building can be prevented and the building can be brought to comfort conditions or the comfort conditions can be protected. In this study, the thermal effect for the structures of the vegetation cover which will be formed in the roofs of the structures in different cities in Turkey and the comparison with the different cities on the world are emphasized.

In the present study, the effect of green roof usage on the temperature decrease in Turkey cities,has been investigated with Gene Expression Programming (GP). Training data for GP model has been taken from summer temperature data of different cities around the world, which have different climate region. GP model has been usedforprediction the temperature decreaseover a green roof in Turkey cities. The effect of green roof usage in Turkey citieshave been compared with World cities, which have same climatic region and similar geographic condition in theWorld. The temperature decrease in the GEP model for Turkey cities hassimilar trend with theother cities in the World. Maximum temperature increasing 2.91°C is seen in Kars at 08:00 amandthe maximum temperaturedecrease 29.61°Cis seen in İzmir at06:00 pm. In GEP model, RMSE is 2.2894 % and R2 is 94.01 %. The GEP modelpredicted values have given satisfactory results compared to calculate values.

Keywords: Green Roof, Gene Expression Programming, Confort Condition, Temperature Decrease

İÇİNDEKİLER

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN ÇATI ÜZERİNDE SICAKLIK DÜŞÜMÜNE ETKİSİNİN GENETİK PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii

YÖNERGEYE UYGUNLUK iii

KABUL VE ONAY SAY FASI..... iv

TEŞEKKÜR v

ÖZET vi

ABSTRACT vii

İÇİNDEKİLER viii

TABLOLAR LİSTESİ xii

ŞEKİLLER LİSTESİ xiii

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER

1.1 Yeşil Çatı Sistemleri 3

1.2.Yeşil Çatı Enerji Denklikleri 5

2. BÖLÜM
YÖNTEM

2.1Genetik Programlama GeneXproTools'ın Kullanımı ve Özelikleri 8

2.2 Yeşil çatının Çatı Üzerindeki Sıcaklık Düşümü Verilerine GeneXproTools 5.0 Programının Uygulaması 13

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Yeşil Çatının Çatı Üzerindeki Sıcaklık Düşümü Gep Modelinin Türkiye'deki Örneklerine Uygulaması..... 21

3.1.1 Antalya İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması 22

3.1.2 Artvin İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması 21

3.1.3 İstanbul İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması 24

3.1.4 İzmir İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması.....26

3.1.5 Kars İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması.....28

3.1.6 Kayseri İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması 29

3.1.7 Samsun İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması 31

3.1.8 Şanlıurfa İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması 33

3.1.9 Van İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması.....35

4. BÖLÜM

SONUÇ

4.1 SONUÇ..... 38

4.1.1 Antalya İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları 39

4.1.2Artvin İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları.....40

4.1.3 İstanbul İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları.....40

4.1.4 İzmir İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları 41

4.1.5 Kars İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları 42

4.1.6 Kayseri İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları..... 43

4.1.7 Samsun İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları 44

4.1.8 Şanlıurfa İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları..... 45

4.1.9 Van İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları..... 46

4.2 Yeşil Çatı Uygulamasında GEP Modeli Sonuçları İle Dünya Verilerinin Değerlendirilmesi 47

KAYNAKÇA..... 51

ÖZGEÇMİŞ 55

KISALTMALAR VE SİMGELER

Sembol	Anlamı	Birimi
R_n	Bitkideki net ışınım	(W/m^2)
G	Topraktaki ısı iletimi	(W/m^2)
H	Topraktaki ısı akısı	(W/m^2)
L	(λET) Gizli ısı akısı	(W/m^2)
λ	Gizli buharlaşma ısısı	(J/kg)
T_d	Hava sıcaklığındaki Azalma	(^oC)
T_a	Hava sıcaklığı	(^oC)
RH	Bağıl nem	(%)
R_t	Toplam Güneş ışınımı	($kW/m^2/h$)
V_w	Rüzgar hızı	(m/s)
t	Zaman	(Saat)
RMSE	Hata Değeri	(%)
R	Korelasyon Değeri	(%)
GP	Genetik Programlama	
GEP	Genetik Programlama Modeli	

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Dünya şehirleri ve iklim özellikleri 13
Tablo 2.2 Türkiye şehirleri ve iklim özellikleri 13
Tablo 2.3 GeneXproTools 5.0 programında kullanılan girdi ve çıktı verilerinin bir örneği (Atina-Temmuz) 15
Tablo 2.4 GEP algoritması için optimal parametre seti 16
Tablo 2.5 GEP modelinin istatistik parametreleri 18
Tablo 3.1 GEP modeli ile hesaplama yapılan Türkiye şehirlerinin coğrafi konumları
Tablo 3.2 GeneXproTools 5.0 programında kullanılan girdi ve çıktı verilerinin bir örneği (Antalya - Mayıs) 22

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Norveç'de geleneksel yeşil çatılı evler. 3
Şekil 1.2 Yeşil Çatı Türkiye uygulaması (Yalova) 3
1.3 Tipik bir yeşil çatı sisteminin şematik gösterimi ve bitki tabakası üzerindeki enerji dengesi 6
Şekil 2.1 Genetik programlamada giren ve çıkan verileri arasında oluşturulan bağ. 9
Şekil 2.2 A tipi örnek soy ağacı. 9
Şekil 2.3 GeneXproTools 5.0 açılış sayfası 10
Şekil 2.4 GeneXproTools 5.0 veri giriş ekranı. 10
Şekil 2.5 GeneXproTools 5.0 fonksiyon paneli. 11
Şekil 2.6 GeneXproTools 5.0 GEP modeli hesaplama ekranı. 11
Şekil 2.7 GeneXproTools 5.0 GEP sonuç ekranı. 12
Şekil 2.8 GeneXproTools 5.0 GEP yazılım format seçim ekranı. 12
Şekil 2.9 Dünya şehirleri iklim verileri. 14
Şekil 2.10 GEP Öğrenmede kullanılan dünya şehirlerinin iklim verileri ve çatı üzerindeki sıcaklıkta azalma 14
Şekil 2.11 GEP modeli için soy ağacı (ETs = Sub-ET1 + Sub-ET2 + Sub-ET3) 16
Şekil 2.12 GEP modelinde kullanılan, hesaplanan ve tahmin edilen çatı üzeri sıcaklık düşümü değerlerin karşılaştırması 18
Şekil 2.13 Dünya şehirlerinin yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklıktaki azalmalarının öğrenme verileri ile GEP modeli sonuçlarının karşılaştırılması. 19
Şekil 3.1 GEP modeli oluşturmada verileri kullanılan ve model ile hesaplama yapılan şehirler. 21
Şekil 3.2 Antalya için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak ilkim verileri. 20
Şekil 3.3 Antalya için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma 20
Şekil 3.4 Artvin için GEP modeli hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. 22
Şekil 3.5 Artvin için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma 22
Şekil 3.6 İstanbul için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. 24
Şekil 3.7 İstanbul için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 24
Şekil 3.8 İzmir için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri 26
Şekil 3.9 İzmir için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 27

Şekil 3.10 Kars için GEP modeli hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.....28
Şekil 3.11 Kars için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 29
Şekil 3.12 Kayseri için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.....30
Şekil 3.13 Kayseri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 30
Şekil 3.14 Samsun için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. 32
Şekil 3.15 Samsun için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 32
Şekil 3.16 Şanlıurfa için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. ...34
Şekil 3.17 Şanlıurfa için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. ..34
Şekil 3.18 Van için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. 36
Şekil 3.19 Van için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 36
Şekil 4.1 Antalya için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı ygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 39
Şekil 4.2 Artvin için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma 40
Şekil 4.3 İstanbul için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 41
Şekil 4.4 İzmir için aylara göre ve temmuz ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 42
Şekil 4.5 Kars için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 43
Şekil 4.6 Kayseri için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 44
Şekil 4.7 Samsun için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 45
Şekil 4.8 Şanlıurfa için aylara göre veAğustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 46
Şekil 4.9 Van için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 47
Şekil 4.10 GEP modeliyle hesaplanan Türkiye şehirleri ile Dünya şehirlerindeki yeşil çatı uygulamasında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma. 48

GİRİŞ

Yeşil çatı sistemleri en basit açıklama ile bina çatı yüzeyine bitki yerleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Yeşil çatının oluşturulmasının amacı, su geçirmez membran tabakasıyla kaplanmış saf çatı üzerine toprak ve bitkilendirme yerleştirilerek çevreye en yüksek düzeyde fayda sağlamaktır.

Endüstrileşme, kentteki yapılaşma ve kentleşme hareketlerinin atık üretimi, kentteki arazi kullanımındaki değişimler, yüksek katlı yapılar, bina formları, yüzey örtüsünün değişmesi gibi etkenler çevresel sorunların hızlanmasına neden olmuştur. Kentsel yüzey malzemeleri olarak değerlendirilecek olan; asfalt yol, kaldırım, çatı yüzeyleri ve bina cepheleri ile kent geometrisi ve sokak genişliği gibi etkenlerin yoğun olduğu alanlarda hissedilebilir oranda sıcaklık artışları olmaktadır.

Kentlerde yapılaşmanın artması ile yeşil alanlar azalarak yerlerini beton yüzeylere bırakmaya başlamıştır. Bu durumda kaybolan bitki örtüsünü çatı yüzeylerine çıkarmak, kent düzeyinde ekolojik dengeyi sağlamaya yardımcı olmaktadır. Tamamen çevresel yarar sağlamak amacıyla oluşturulan yeşil çatılar günümüz sürdürülebilir yaşam için kaçınılmaz bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yeşil çatı sistemleri, son dönemde ülkemizde de bazı projelerde kullanılmaya başlamıştır. Bu çalışmada yeşil çatı uygulamalarının farklı iklim verilerine sahip Kayseri (İç Anadolu), İstanbul (Marmara), İzmir (Ege) Antalya (Akdeniz), Van, Kars (Doğu Anadolu), Urfa (Güney Doğu Anadolu) Artvin ve Samsun (Karadeniz) şehirlerinde ısıl etkisi incelenmiştir. İnceleme yapılırken genetik programlama ile dünya şehirleri için geçerli bir eşitlik üretilmesi bu eşitlik kullanılarak Türkiye'nin bazı şehirlerine ait verilerin değerlendirilmesi ve bu sayede şehirlerin iklim verilerine göre yeşil çatı sistemlerinin uygunluğunun incelenmesi amaçlanmaktadır. Elde edilecek

eşitlik özeliği gereği tüm dünya şehirleri için kullanılabilir olacaktır. Kullanılacak olan bilgisayar yazılımı GeneXproTools sayesinde elde edilecek eşitlik kullanılarak yeşil çatıların Türkiye iklim şartlarına uygunluğu, yapıların çatıları üzerindeki ısıl etkisi ve yapılarda sağlayacağı enerji tasarrufu hakkında geniş çerçevede bilgi sahibi olmak hedeflenmiştir.

1. BÖLÜM

1.1 Yeşil Çatı Sistemleri

Yeşil çatı sistemlerinin yavaş yavaş kullanıma girdiği ve ticari olarak uygulanmaya başlandığı da düşünülerek yeşil çatının şehirlerin iklim şartlarına göre performansının değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bina çatısına kurulacak yeşil çatı sistemiyle izolasyon etkisinin artırılması ve hatta binadan da bu sistem sayesinde ısı çekilerek binanın konfor şartlarına getirilmesi veya konfor şartlarının korunması mümkündür [1].

Yeşil çatı sistemi geçmişten günümüze klasik kırsal alan yapılarında doğal bir şekilde olagelmiştir (Şekil 1.1) [2]. Evlerin konfor şartlarının iyileştirilmesinde yeşil çatı sistemlerinin ısıl etkilerinden faydalanılmasına ve iklimlendirme özeliği olarak kullanılmaya da başlanmıştır (Şekil 1.2) [3].



Şekil 1.1 Norveç'de geleneksel yeşil çatılı evler.



Şekil 1.2 Yeşil Çatı Türkiye uygulaması (Yalova)

Yapılan birçok çalışmada standart beton çatılar ile yeşil çatı sistemleri sıcaklık ve ısı kayıp ve kazançları açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar coğrafi bölgelere ve

iklim şartlarına göre farklı sonuçlar vermektedir. Yaz aylarında, standart bir yeşil çatı sisteminin ısıl modellemesi yapılarak hem deneysel hem de teorik model üzerinden sıcaklık analizleri yapılmıştır [4]. Bir başka çalışmada; Temmuz ayında deneysel sistemden yapılan ölçümlerde standart bir çatı ile yeşil çatı arasındaki ortalama sıcaklık değişimi üç haftalık aralıkta gözlemlenmiştir [5]. Bir diğer önemli faktör de değişik iklim şartlarında yeşil çatı sistemlerinin nasıl sonuç verdiğidir. Farklı coğrafi ve iklim bölgelerindeki şehirlerde yapılan çalışmalarda elde edilen, çatı yüzeyi üzerindeki hava sıcaklığına yeşil çatının etkisi; bütün iklim şartlarında sıcaklıkta azalma olarak belirgin bir şekilde görülmektedir [6].

Bilindiği gibi yaz aylarında çatılardan ısı kazancının olmaması, kış aylarında ise ısı kaybının olmaması istenen bir durumdur. Bu amaçla, yeşil çatı sistemlerinin binaların ısı kayıp ve kazançlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir [7,8,9]. Yapılan bu çalışmada, yaz aylarında ısı kazancında %40'lık azalmalar görülürken, kış aylarında ısı kaybı yerine ısı kazancının olduğu bir durum ortaya çıkmaktadır. Yeşil bitki örtüsü, iklim şartlarına göre her mevsimde pozitif özelikleriyle öne çıkmaktadır[10]. Bu alandaki çalışmaların artmasıyla çok sayıda deneysel veriye ulaşma imkânı ortaya çıkmıştır. Böylece farklı teorik ve sayısal metotlar kullanılarak hesaplama yapabilmenin yolu da açılmıştır [11-14].

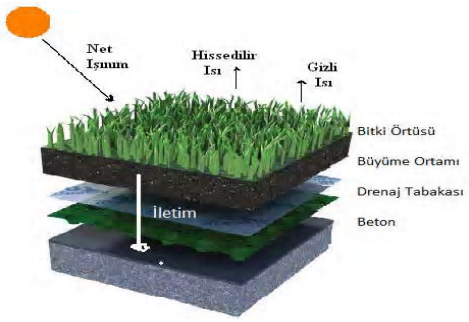
Yeşil çatının soğutma potansiyeli elde edilen deneysel veriler Yapay Sinir Ağları kullanılarak öğretilmiş ve test edilmiştir [15,16]. Bazı Avrupa şehirleri için yeşil çatı kullanımının enerji verimliliği açısından bir çözüm olup olmadığı sayısal hesaplamalar yapılarak incelenmiş, geleneksel çatı ve yeşil çatı karşılaştırması yapılmıştır [17]. Yine Yapay Sinir Ağları ile diğer yakınsama metotlarını karşılaştıran çalışmalar da söz konusudur[18]. Bunun yanında Genetik Algoritma programı kullanılarak yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmadan birisi, günlük güneş radyasyonunun tahmini için yeni bir Genetik Programlama Modeli (GEP) oluşturulmuştur. Model, kabul edilebilir bir doğrulukla günlük güneş radyasyonunu öngörür ve gelişmiş regresyon tabanlı modelden daha iyi performans gösterir [19]. Bir başka çalışmada GEP modeli kullanılarak fiziksel yaşam alanı simülasyonu sunulmuş ve GEP modeli sonuçları ANFIS modeli sonuçları ile karşılaştırılmıştır [20]. GEP ve Yapay Sinir Ağları (ANN), GEP ve ANFIS'in karşılaştırılmasına ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır [21-24]. Ayrıca, dışa dönük çalışmalarda, EGR ile birleştirilmiş CRDI destekli tek silindirli dizel motorun

performans ve egzoz emisyon parametrelerini tahmin etmek için bir GEP modelinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. [25-27].

Belirli bir bölge için yeşil çatı sistemlerinin uygunluğunun incelenmesi hem bir kaç yıllık çalışma süresini hemde yüksek harcamalar gerektiren açık alan deneysel çalışmalarını gerektirmektedir [4,28,29]. Bunun yanında yapılan deneysel çalışmalara bağlı olarak geliştirilen eşitlikler yardımıyla hesaplamalar yapılabilmektedir [7,30]. Bu çalışmada Türkiye şehirlerindeki binalarda yeşil çatı kullanılması durumu için çatıdaki sıcaklık düşümü GEP kullanılarak incelenmiştir [31]. GEP modellemesinde, farklı iklim bölgelerindeki dünya şehirlerinin yaz ayları iklim verisi ve çatı üzerindeki sıcaklık düşümüne etkisi öğrenme verisi olarak kullanılmıştır [6].GEP sonucu elde edilen eşitlik kullanılarak, Türkiye şehirlerinin iklim verilerine bağlı çatı üzeri sıcaklık düşümü değerleri hesaplanmıştır.

1.2 Yeşil Çatı Enerji Denklikleri

Mezopotamya'daki Babil bahçelerinin en ünlü örneği olan antik çağlardan beri çatılar ve duvarlar inşa etmek için bitki örtüsü kullanılmıştır. Yeşil çatı uygulamalarının özel amaçları değişir, ancak genelde yağmur suyunun azaltılması veya bina enerji verimliliğinde artışa ve genellikle her ikisine de bağlıdır. Gelişen dünya ile yeşil çatı türleri değişir, ancak çoğu yeşil çatı drenaj tabakası, büyüme ortamı ve su geçirmez membrandan oluşur (Şekil. 1.3). Çatılar gibi yatay yapı yüzeyleri, yaz mevsiminde Akdeniz iklim bölgeleri gibi iklimlerde yüksek termal yüklere maruz kalır. Soğutmayı teşvik etmek için farklı tavan gruplarının teorik ve deneysel analizleri, çoğunlukla evaporatif ve radyasyonlu ısı transfer mekanizmalarına odaklanır. Yeşil çatı bitki örtüsü, bu tip çatıların doğrudan güneş radyasyonundan gölgelemekte ve ayrıca bitki örtüsünün katmanından buharlaşma ısısı ile çatıyı soğutmaktadır.



1.3 Tipik bir yeşil çatı sisteminin şematik gösterimi ve bitki tabakası üzerindeki enerji dengesi.

Hava sıcaklığındaki azalma bulunduğu ortama göre faklılık gösterebilir çünkü bu dönüşüm iklim özelliklerine, bitki örtüsünün miktarı ve kentsel geometriye bağlıdır. Yeşil çatının bir yer için uygunluğunun araştırılması, hem uzun zaman (birkaç yıl) hem de yüksek masraflı açık hava deneysel araştırmaları gerektirir. Ayrıca deneysel çalışmalardan elde edilen bazı denklemler tarafından hesaplama yapılabilir. Bununla birlikte, bu denklemler çözülmesi zor birçok parametreye ve hesaplamaya bağlıdır. Birçok araştırmacı Şekil 1.3'de verilen yeşil çatı modelini kullanmıştır ve aşağıdaki denklem elde etmişlerdir. Bu denklem, yeşil çatıda ısı akısının modellenmesi için önerilmektedir [7,28,30].

$$R_n - G - L - H = 0 \qquad [1]$$

Burada R_n bitki örtüsü üzerindeki net ışınımı (W/m^2), H hissedilir ısı akısını (W/m^2), G toprak içerisindeki ısı iletimini (W/m^2), ve L (λET) gizli ısı akısını (W/m^2) ifade etmektedir. Eşitlik 1'deki bütün terimler pozitif veya negatif olabilir. Pozitif H yüzeye gelen ısı akısını ve negatif H yüzeyden olan ısı akısını ifade eder. Bu eşitlikte diğer enerji terimleri (metabolik aktiviteler için kullanılan enerji veya bitki bünyesinde depolanan ısı gibi) dikkate alınmamıştır. Gizli ısı akısı (L) terimi bitki örtüsü üzerindeki evapotranspirasyon (buharlaşma ve kütle transferi) oranını ifade eder. Eğer bütün terimler biliniyorsa enerji dengesi eşitliğinden L kolaylıkla hesaplanabilir.

Net ışınım R_n ve toprak içerisindeki ısı akısı G, deneysel düzenekten ölçülebilir veya ilgili eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir. Bununla birlikte, hissedilir ısı akısının H, hesaplanması oldukça karışıktır ve kolaylıkla elde edilemez. Hissedilir ısı akısının

hesaplanması için bitki örtüsünün ve havanın sıcaklığının hassas bir şekilde deney düzeneğinde ölçülmesi gerekir.

Alexsandri ve Jones çeşitli iklim koşullarında bitki örtüsünün ısıl etkisini araştırarak iki boyutlu matematiksel modeline oluşturmuşlarıdır [6]. Yeşil çatının, çatı üzerinde ki hava sıcaklığına, konfor şartlarının oluşturulmasına ve enerji tasarrufuna etkisini bu matematiksel model ile incelemişlerdir. [6].

2. BÖLÜM

2.1 Genetik Programlama GeneXproTools'ın Kullanımı ve Özelikleri

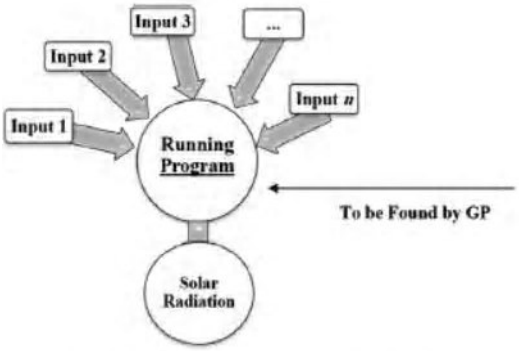
Genetik Programlama (GP), bilgisayar programları üretmek için bir optimizasyon tekniğidir. Yöntem canlı organizmaların biyolojik evriminden esinlenmiştir. Genellikle GP'de ana hedef girdileri çıktılara birleştiren bir program bulmaktır (Şekil 2.1'e bakın). Geleneksel GP tarafından türetilen çözümler ağaç yapıları olarak sunulmaktadır [33]. Tersine, farklı formlarda modeller oluşturan diğer GP bölünmeleri de vardır (Şekil 2.2). Farklı varyasyonlar arasında doğrusal değişkenlerin daha kısa sürede birçok simülasyona izin veren daha yüksek bir hızları vardır.

GEP, sabit uzunlukta karakter dizgisine sahip GP üreten programların doğrusal bir alt bölümüdür. Bu sonuçlar, ağaçlar ve adlandırılmış ifade ağaçları (ET) olarak sunulmaktadır. Karakteristik bir GEP geni aşağıdaki gibi olabilir:

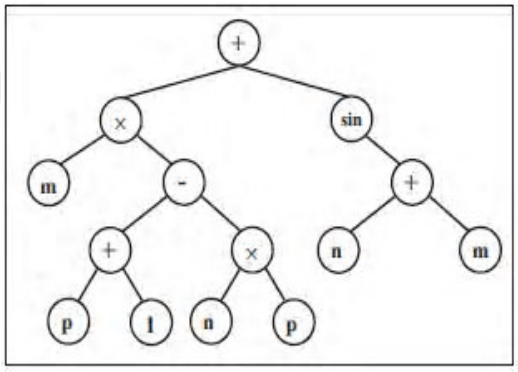
+, ×, Sin, Cos, m, -, +, ×, n, m, p, 1, n, p (2)

Bu denklem K-ifadesi olarak adlandırılır. m, n ve p değişkenler ve 1 sabittir. Bir K-ifadesi, Şekil.2.2'te gösterildiği gibi bir ET olabilir. Dahası, bu gen pratik bir denklem olarak sunulabilir:

$$m\,((p+1)-(n\times p))+\mathrm{Sin}(n+m) \qquad (3)$$



Şekil 2.1 Genetik programlamada giren ve çıkan verileri arasında oluşturulan bağ.

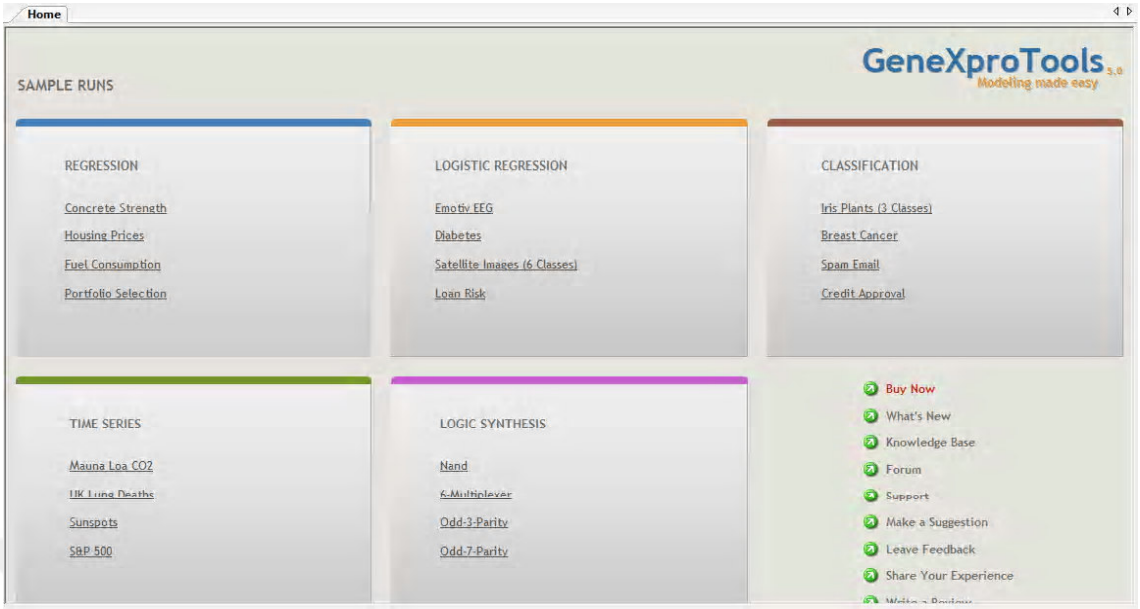


Şekil 2.2 A tipi örnek soy ağacı.

Yumuşak bilgi işlem araçları yaygın olarak bir tahmin modeli geliştirmek için benzer adımları izler. Dört etkin parametre, GP sıcaklık düşüş modelinin girdileri olarak düşünülmüştür. Hava sıcaklığı düşüşünün (T_d) (^oC) GEP temelli formülasyonu, aşağıda verilen şekilde tanımlandı:

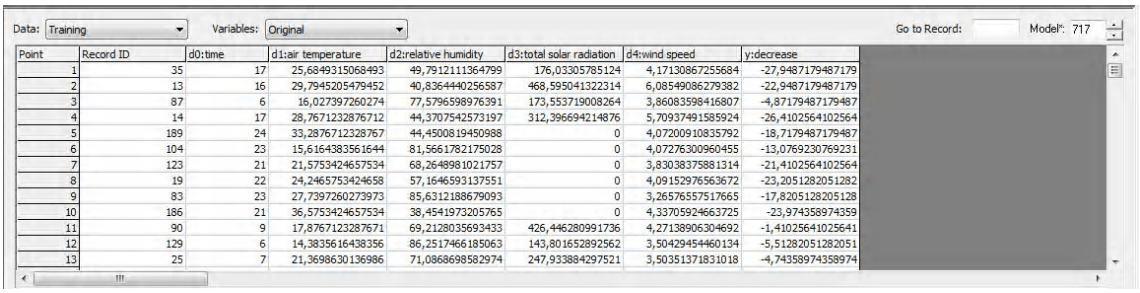
$$T_d = f(T_R, T_a, RH, V_w, t) \quad (4)$$

GP tabanlı matematiksel modelin oluşturulması için ticari bir yazılım olan GeneXproTools 5.0 kullanılmıştır. Kullanılan bu yazılımiçin program açıldığında Şekil 2.3 görülen sayfa açılır. Buradan yapmayı düşündüğümüz işlem seçilir. Bizim için gerekli olan eşitlik bulmadır.



Şekil 2.3 GeneXproTools 5.0 açılış sayfası

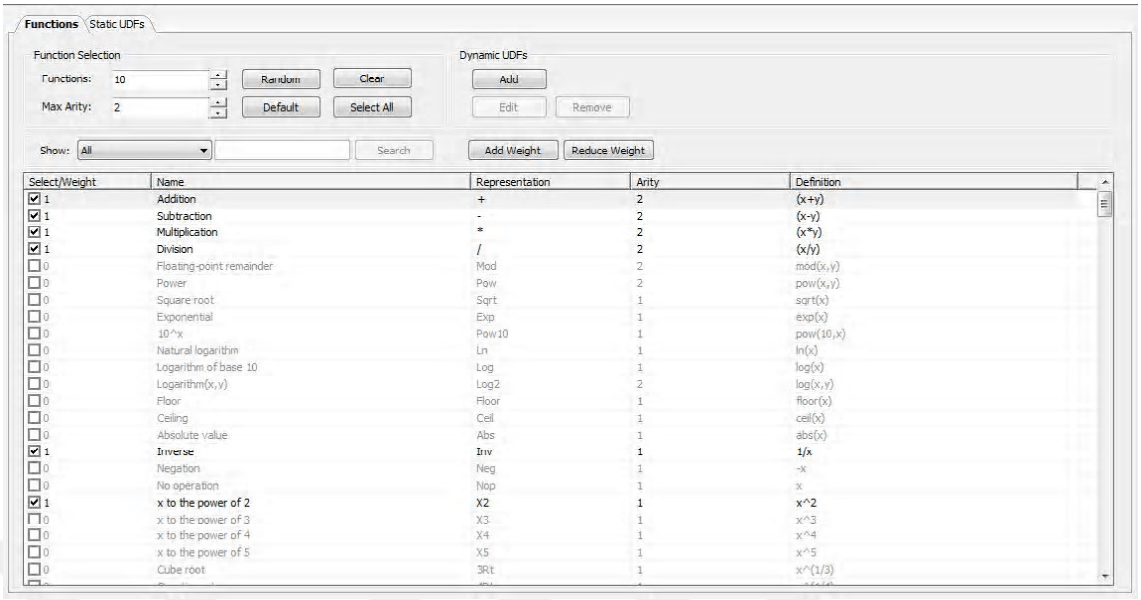
Daha sonra YSA gibi diğer programlarda olduğu şekilde modellemeyi oluşturacak olan öğrenme ve sonuç verileri girilir. Bunun için istenilen veriler Excel ortamında programa kayıt edilir. Bunun için Şekil 2.4'teki ekran kullanılır.



Point	Record ID	d0:time	d1:air temperature	d2:relative humidity	d3:total solar radiation	d4:wind speed	y:decrease
1	35	17	25,6849315068493	49,7912111364799	176,03305785124	4,17130867255684	-27,9487179487179
2	13	16	29,7945205479452	40,8364440256587	468,595041322314	6,08549086279382	-22,9487179487179
3	87	6	16,027397260274	77,5796598976391	173,553719008264	3,86083598416807	-4,87179487179487
4	14	17	28,7671232876712	44,3707542573197	312,396694214876	5,70937491585924	-26,4102564102564
5	189	24	33,2876712328767	44,4500819450988	0	4,07200910835792	-18,7179487179487
6	104	23	15,6164383561644	81,5661782175028	0	4,07276300960455	-13,0769230769231
7	123	21	21,5753424657534	68,2648981021757	0	3,83038375881314	-21,4102564102564
8	19	22	24,2465753424658	57,1646593137551	0	4,09152976563672	-23,2051282051282
9	83	23	27,7397260273973	85,6312188679093	0	3,26576557517665	-17,8205128205128
10	186	21	36,5753424657534	38,4541973205765	0	4,33705924663725	-23,974358974359
11	90	9	17,8767123287671	69,2128035693433	426,446280991736	4,27138906304692	-1,41025641025641
12	129	6	14,3835616438356	86,2517466185063	143,801652892562	3,50429454460134	-5,51282051282051
13	25	7	21,3698630136986	71,0868698582974	247,933884297521	3,50351371831018	-4,74358974358974

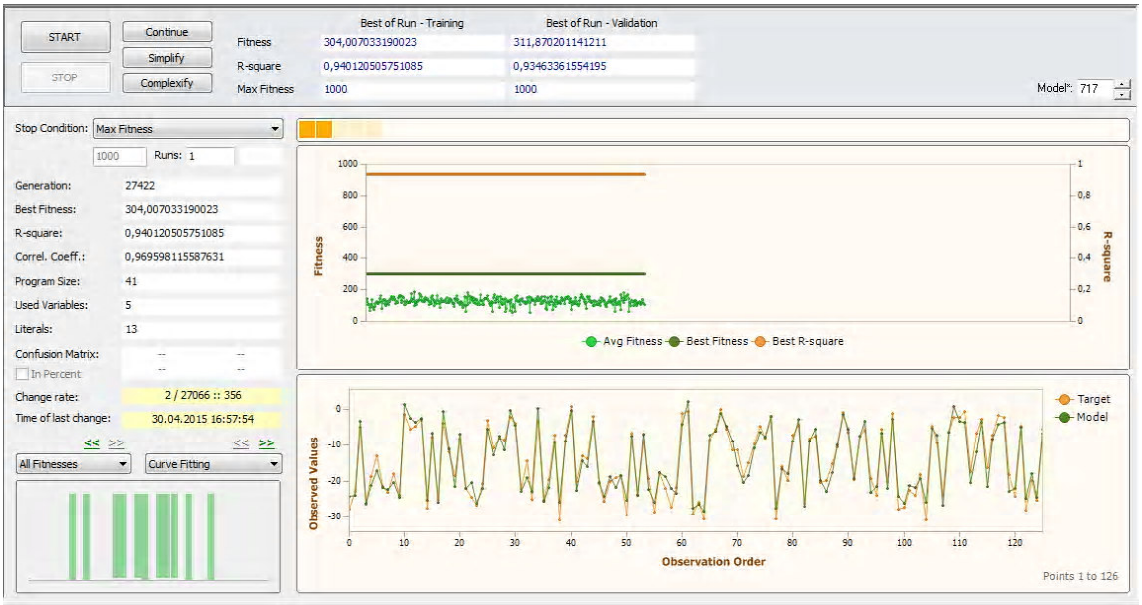
Şekil 2.4 GeneXproTools 5.0 veri giriş ekranı.

Kullanılacak öğrenme ve sonuç veriler programa eklendikten sonra elde edilecek eşitliğin bulunmasında kullanılması istenilen fonksiyonlar Şekil 2.5'de görüldüğü gibi fonksiyon panelinden seçilir.



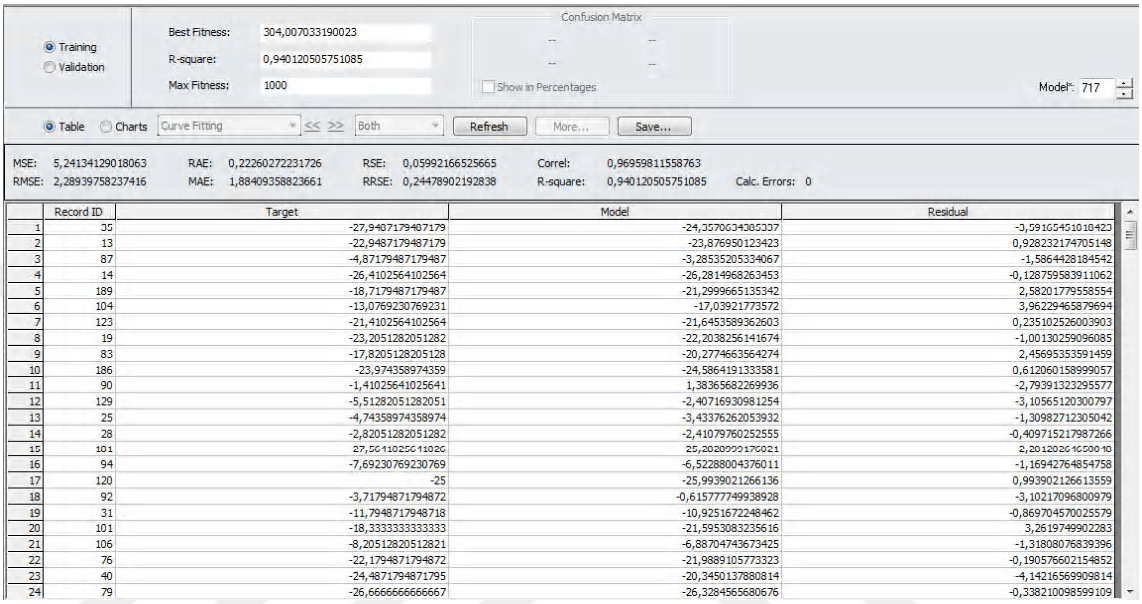
Şekil 2.5 GeneXproTools 5.0 fonksiyon paneli.

Oluşacak olan modelde bulunması istenilen fonksiyonlar seçildikten sonra program ilgili menü çubuğundan çalıştırılarak, girilen verilerle istenilen yakınsama sağlanana kadar devam edilir. İstenilen yakınsamada sonuç elde edilmediği takdirde başka fonksiyonlar eklenebilir veya önceki fonksiyonlar çıkarılarak tekrardan program çalıştırılabilir. Model oluşturulduğunda oluşan hata oranı, yakınsama Şekil 2.6 de ki ekran üzerinden takip edilebilmektedir.



Şekil 2.6 GeneXproTools 5.0 GEP modeli hesaplama ekranı.

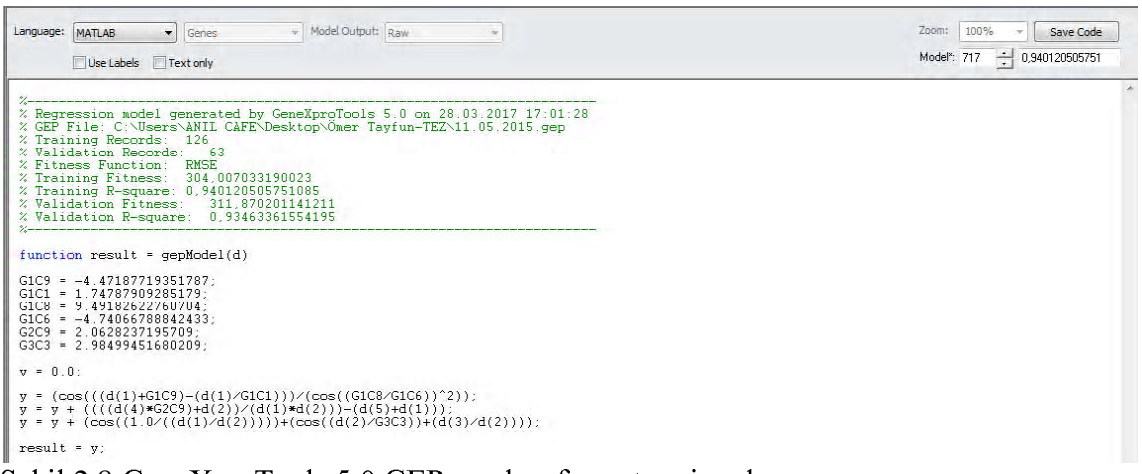
İstenilen yakınsaklıkta model oluştuğu sonuç panelinden verilerle hedeflenen sonuçların uyumu kontrol edilir. Sonuçlar tatmin edici bulunduğu takdirde model panelinden öğrenme sonucunda ulaşılan model görülebilir. Sonuç ekranı Şekil 2.7'da görüldüğü gibidir.



	Record ID	Target	Model	Residual
1	35	-27,9487179487179	-24,3570634385337	-3,59165451018423
2	13	-22,9487179487179	-23,876950123423	0,928232174705148
3	87	-4,87179487179487	-3,28535205334067	-1,5864428184542
4	14	-26,4102564102564	-26,2814968263453	-0,128759583911062
5	189	-18,7179487179487	-21,2999665135342	2,58201779558554
6	104	-13,0769230769231	-17,03921773572	3,96229465879694
7	123	-21,4102564102564	-21,6453589362603	0,235102526003903
8	19	-23,2051282051282	-22,2038256141674	-1,00130259096085
9	83	-17,8205128205128	-20,2774663564274	2,45695353591459
10	186	-23,974358974359	-24,5864191333581	0,612060158999057
11	90	-1,41025641025641	1,38365682269936	-2,79391323295577
12	129	-5,51282051282051	-2,40716930981254	-3,10565120300797
13	25	-4,74358974358974	-3,43376262053932	-1,30982712305042
14	28	-2,82051282051282	-2,41079760252555	-0,409715217987266
15	101	27,5641025641026	25,2020999176021	2,20120264650040
16	94	-7,69230769230769	-6,52288004376011	-1,16942764854758
17	120	-25	-25,9939021266136	0,993902126613559
18	92	-3,71794871794872	-0,615777749938928	-3,10217096800979
19	31	-11,7948717948718	-10,9251672248462	-0,869704570025579
20	101	-18,3333333333333	-21,5953083235616	3,2619749902283
21	106	-8,20512820512821	-6,88704743673425	-1,31808076839396
22	76	-22,1794871794872	-21,9889105773323	-0,190576602154852
23	40	-24,4871794871795	-20,3450137880814	-4,14216569909814
24	79	-26,6666666666667	-26,3284565680676	-0,338210098599109

Şekil 2.7 GeneXproTools 5.0 GEP sonuç ekranı.

Bu modeller herhangi bir yazılım (C++, Pascal, Fortran,..) formatında elde edilebildiği gibi Matlab formatında da görülebilir. Bunun için program üzerinden istenilen bilgisayar dilinde oluşturduğu model alınabilir. Modelin hangi program dilinde istenildiği Şekil 2.8'de ki ekran üzerinden seçilebilmektedir.




```
%-----------------------------------------------------------------------
% Regression model generated by GeneXproTools 5.0 on 28.03.2017 17:01:28
% GEP File: C:\Users\ANIL CAFE\Desktop\Ömer Tayfun-TEZ\11.05.2015.gep
% Training Records:  126
% Validation Records:   63
% Fitness Function:  RMSE
% Training Fitness:  304,007033190023
% Training R-square: 0,940120505751085
% Validation Fitness:   311,870201141211
% Validation R-square:  0,93463361554195
%-----------------------------------------------------------------------

function result = gepModel(d)

G1C9 = -4.47187719351787;
G1C1 = 1.74787909285179;
G1C8 = 9.49182622760704;
G1C6 = -4.74066788842433;
G2C9 = 2.0628237195709;
G3C3 = 2.98499451680209;

v = 0.0;

y = (cos(((d(1)+G1C9)-(d(1)/G1C1)))/(cos((G1C8/G1C6))^2));
y = y + ((((d(4)*G2C9)+d(2))/(d(1)*d(2)))-(d(5)+d(1)));
y = y + (cos((1.0/((d(1)/d(2)))))+(cos((d(2)/G3C3))+(d(3)/d(2))));

result = y;
```

Şekil 2.8 GeneXproTools 5.0 GEP yazılım format seçim ekranı.

2.2 Yeşil çatının Çatı Üzerindeki Sıcaklık Düşümü Verilerine GeneXproTools 5.0 Programının Uygulaması

Bu çalışmada Tablo 2.1'de verilen şehirlere ait iklimsel veriler (güneş ışınımı, sıcaklık, bağıl nem and rüzgar hızı) ve bu şehirlere ait yeşil çatı üzerindeki sıcaklık azalması değerleri GEP öğrenme datası olarak kullanılmıştır. Bu değerler; her şehir için yılın en sıcak ayı ve 24 saatlik ortalama değerleridir [6]. Bu çalışmada kullanılan GEP algoritması için parametre ayarları Tablo 2.4'te verilmiştir. GEP tabanlı matematiksel modelin geliştirilmesi için ticari bir yazılım programı olan GeneXproTools kullanılmıştır.

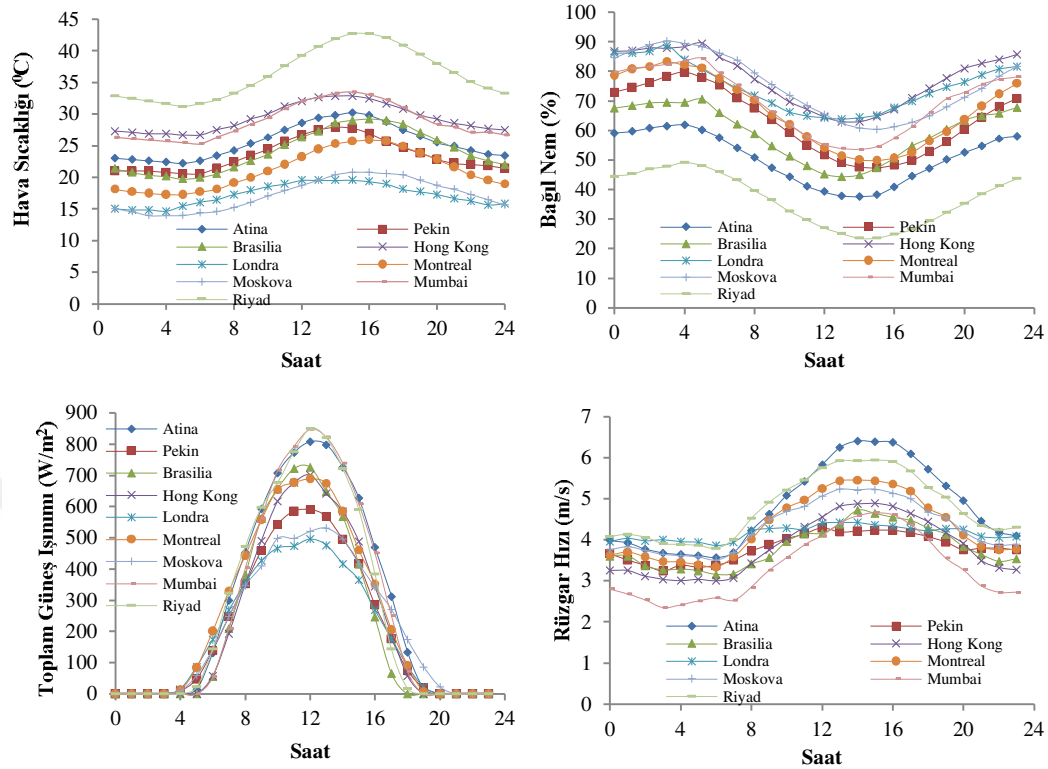
Tablo 2.1 Dünya şehirleri ve iklim özellikleri[6]

Şehir	İklim
Londra, İngiltere	Ilıman
Montréal, Kanada	Yari arktik
Moskova, Rusya	Kontinental serin yaz
Atina, Yunanistan	Akdeniz
Pekin, Çin	Bozkır
Riyad, Sudi Arabistan	Çöl
Hong Kong, Çin	Nemli subtropical
Mumbai, Hindistan	Yağmur ormanı
Brasília, Brezilya	Savan

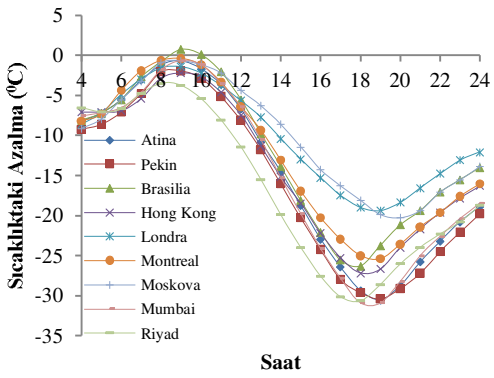
Tablo 2.2 Türkiye şehirleri ve iklim özellikleri [32]

Şehir	İklim
Antalya	Akdeniz
İstanbul	Akdeniz / Karadeniz
İzmir	Akdeniz
Kars	Kıta serin yaz
Kayseri	Kıtasal
Samsun	Karadeniz iklimi
Şanlıurfa	Kıta sıcak yaz
Artvin	Nemli ılık
Van	Kıta serin yaz

Alexsandri ve Jones tarafından yapılan çalışmada, çeşitli iklimler için bina üzeri bitki örtüsünün ısıl etkisini incelenmiştir [6]. Bunun için iki-boyutlu bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model aracılığıyla dünya üzerinde Tablo 2.1'de verilen dokuz şehir iklimsel özelliklerine göre incelenmiştir. Yeşil çatılar ve yeşil duvarların ısıl konfor ve enerji tasarrufu ve çatı üzerinde sıcaklık düşüşüne etkileri incelenmiştir. GEP e aktarılan veriler ise aşağıda grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 2.9 Dünya şehirleri iklim verileri.[6]



Şekil 2.10 GEP Öğrenmede kullanılan dünya şehirlerinin iklim verileri ve çatı üzerindeki sıcaklıkta azalma [6]

Alexsandri ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmasında farklı coğrafyalardaki farklı ülkelerden seçilen şehirler sayesinde dünya geneli kapsayacak bir model oluşturulabilmesi için yeteri kadar girdi verileri oluşmuştur[6]. Londra-İngiltere (Ilıman), Montreal-Kanada (Yarı artik), Moskova-Rusya (Kontinental serin yaz), Atina-Yunanistan (Akdeniz), Pekin-Çin (Bozkır), Riyad-Suudi Arabistan (Çöl), Hong Kong-Çin (Subtropikal nemli), Mumbai-Hindistan (Yağmur ormanı), Brasilia-Brezilya (Savan) için yapılan çalışma sayesinde farklı iklim bölgelerini kapsayan bir çalışma

oluşu, Türkiye üzerinde aynı iklim tipine sahip şehirlerin incelenmesi için kolaylık sağlamıştır.

Geniş bir yelpazeye sahip hava sıcaklığı (^{0}C), bağıl nem (%), toplam güneş ışınımı (W/m^2), rüzgâr hızı (m/s) ve bu verilere sahip bölgelerde oluşan çatı üzeri hava sıcaklığındaki azalma (^{0}C) girdi ve çıktı verileri olarak kullanılarak GEP modeli oluşturmak için GeneXproTools 5.0 programına aktarılmıştır [31]. Aktarılan verilerin bir kısmı Tablo 2.3 te verilmiştir.

Tablo 2.3 GeneXproTools 5.0 programında kullanılan girdi ve çıktı verilerinin bir örneği (Atina-Temmuz)

Atina (Temmuz)	Hesaplama Verileri				
Zaman (h)	Hava Sıcaklığı (^{0}C)	Bağıl Nem (%)	Toplam Güneş Işınımı (W/m^2)	Rüzgar Hızı (m/s)	Çatı Yüzey Sıcaklığındaki Azalma (^{0}C)
4	22,39726	61,838953	0	3,6176759	-8,205128205
5	22,191781	60,224211	14,876033	3,5605948	-7,179487179
6	22,60274	57,525459	131,40496	3,6911813	-5,512820513
7	23,424658	54,014102	300	4,2158696	-3,076923077
8	24,246575	50,773344	453,71901	4,6279844	-1,153846154
9	25,273973	47,261584	592,56198	5,0775518	-0,641025641
10	26,30137	44,291829	706,61157	5,4145995	-1,666666667
11	27,534247	41,051072	773,55372	5,8266604	-3,58974359
12	28,561644	39,164925	808,26446	6,2387482	-6,666666667
13	29,383562	37,821992	798,34711	6,4068951	-10,76923077
14	29,794521	37,561862	726,44628	6,3873206	-14,48717949
15	30,205479	38,115142	627,27273	6,3677461	-18,71794872
16	29,794521	40,836444	468,59504	6,0854909	-22,94871795
17	28,767123	44,370754	312,39669	5,7093749	-26,41025641
18	27,534247	47,092862	133,8843	5,3144653	-29,35897436
19	26,506849	50,084361	17,355372	4,9571161	-30,51282051
20	25,479452	52,535063	0	4,4496329	-28,71794872
21	24,863014	54,71436	0	4,1861444	-25,76923077
22	24,246575	57,164659	0	4,0915298	-23,20512821
23	23,630137	57,989345	0	3,9781753	-20,76923077
24	23,424658	59,084228	0	3,9210942	-18,84615385

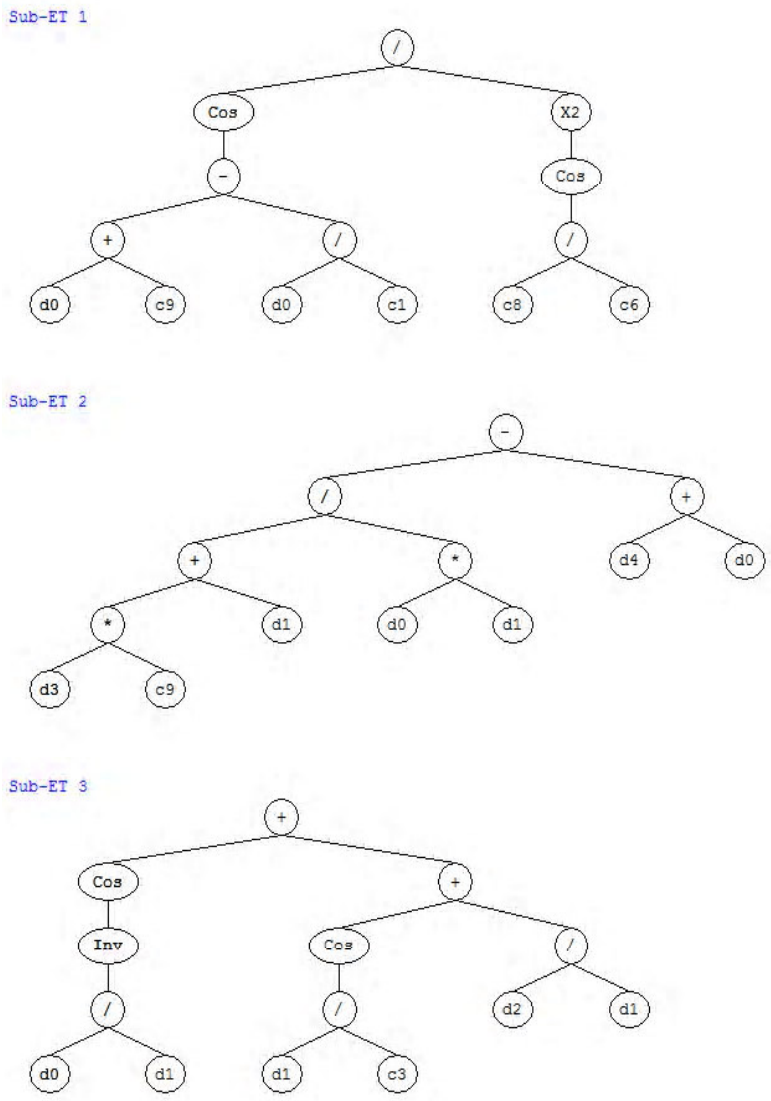
Veriler programa aktarıldıktan sonraki adım hesaplamada kullanılacak fonksiyonların seçimidir. Hesaplamada yüzde üzerinden en yüksek yakınsaklığı ve aynı zamanda en basit formülün oluşturulması hedeflenmiştir. Buradaki amaç dünya genelinde geçerliliği olan bir formül oluşturularak deneysel veya uzun süreli hesaplamalardan uzak, yeşil çatının uygunluğunun basitçe hesaplanabilmesinin sağlanmasıdır. Farklı fonksiyonlar seçilerek birçok deneme gerçekleştirilmiştir. Her fonksiyon seçimi sonrasında program model oluşturması için çalıştırılmış ve en büyük yakınsaklık oluşturması sağlanmıştır.

Programda girdi verileri neticesinden oluşturduğu modelle en büyük yakınsaklıkla çıktı verilerini elde etmiş ve oluşturmuştur.

Tablo 2.4 GEP algoritması için optimal parametre seti

Parametreler		*Değerler*
Genel	Kromozomlar	30
	Genler	3
	Gen büyüklüğü	8
	Bağlantı fonksiyonu	+
	Fonksiyon seti	+,-,/,*,Cos,1/x,x^2,
Sayısal sabitler	Herbir gen için sabit	10
	Data tipi	Integer
	Alt band	-10
	Üst band	10

En iyi GEP modelini karşılayan soy ağacı Şekil 2.11'de gösterilmiştir.T_d sıcaklık düşümünü veren GEP temelli eşitlik aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.11 GEP modeli için soy ağacı (ETs = Sub-ET1 + Sub-ET2 + Sub-ET3).

GeneXproTools 5.0 programı ile elde edilen formül;

G1C9 = -4.47187719351787

G1C1 = 1.74787909285179

G1C8 = 9.49182622760704

G1C6 = -4.74066788842433

G2C9 = 2.0628237195709

G3C3 = 2.98499451680209

Y1 = (cos(((d(0)+G1C9)-(d(0)/G1C1)))/(cos((G1C8/G1C6))^2))

Y2 = Y1 + ((((d(3)*G2C9)+d(1))/(d(0)*d(1)))-(d(4)+d(0)))

Y3 = Y2 + (cos((1.0/((d(0)/d(1)))))+(cos((d(1)/G3C3))+(d(2)/d(1))))

gepModel = Y

d(0): Zaman

d(1): Hava sıcaklığı

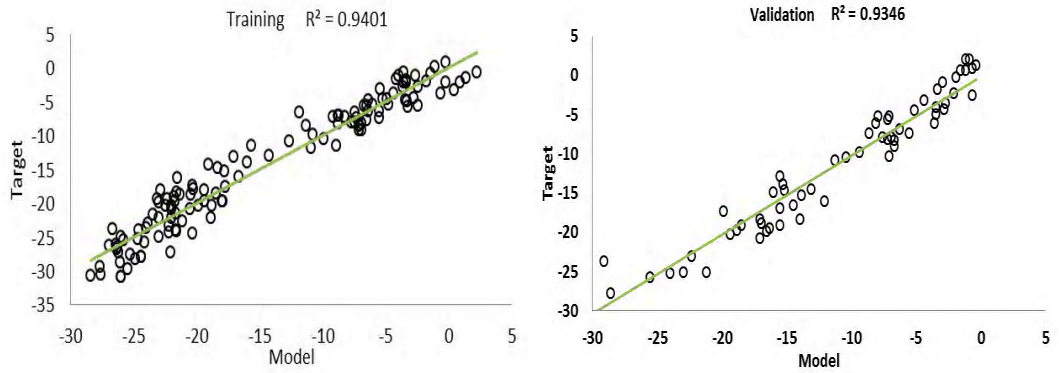
d(2): Bağıl nem

d(3): Toplam güneş ışınımı

d(4): Rüzgar hızı

$$T_d = Cos[(t - 4.471877) - \left(\frac{t}{1.747879}\right)] + \frac{R_t * 2.0628237 + T_a}{t * T_a} - (V_w + t) + Cos\left(\frac{1}{t/T_a}\right) + Cos\left(\frac{T_a}{2.984994}\right) + \frac{RH}{Ta}$$

Hesaplanan ve tahmin dilen çatı üzeri sıcaklık düşümü değerlerinin öğrenme ve doğrulama grafikleri Şekil 2.12'de verilmiştir. Bu grafikte de görüldüğü gibi tahmin edilen değerler gerçek değerlere oldukça yakındır.



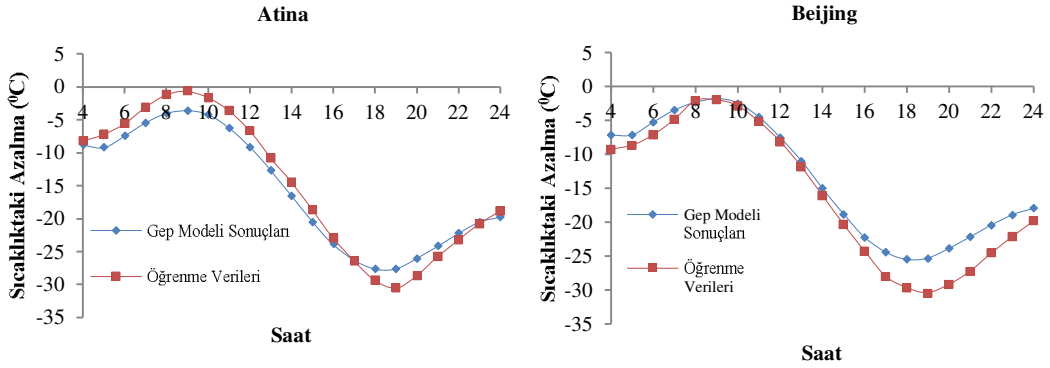
Şekil 2.12 GEP modelinde kullanılan, hesaplanan ve tahmin edilen çatı üzeri sıcaklık düşümü değerlerin karşılaştırması

Tablo 2.5 GEP modelinin istatistik parametreleri

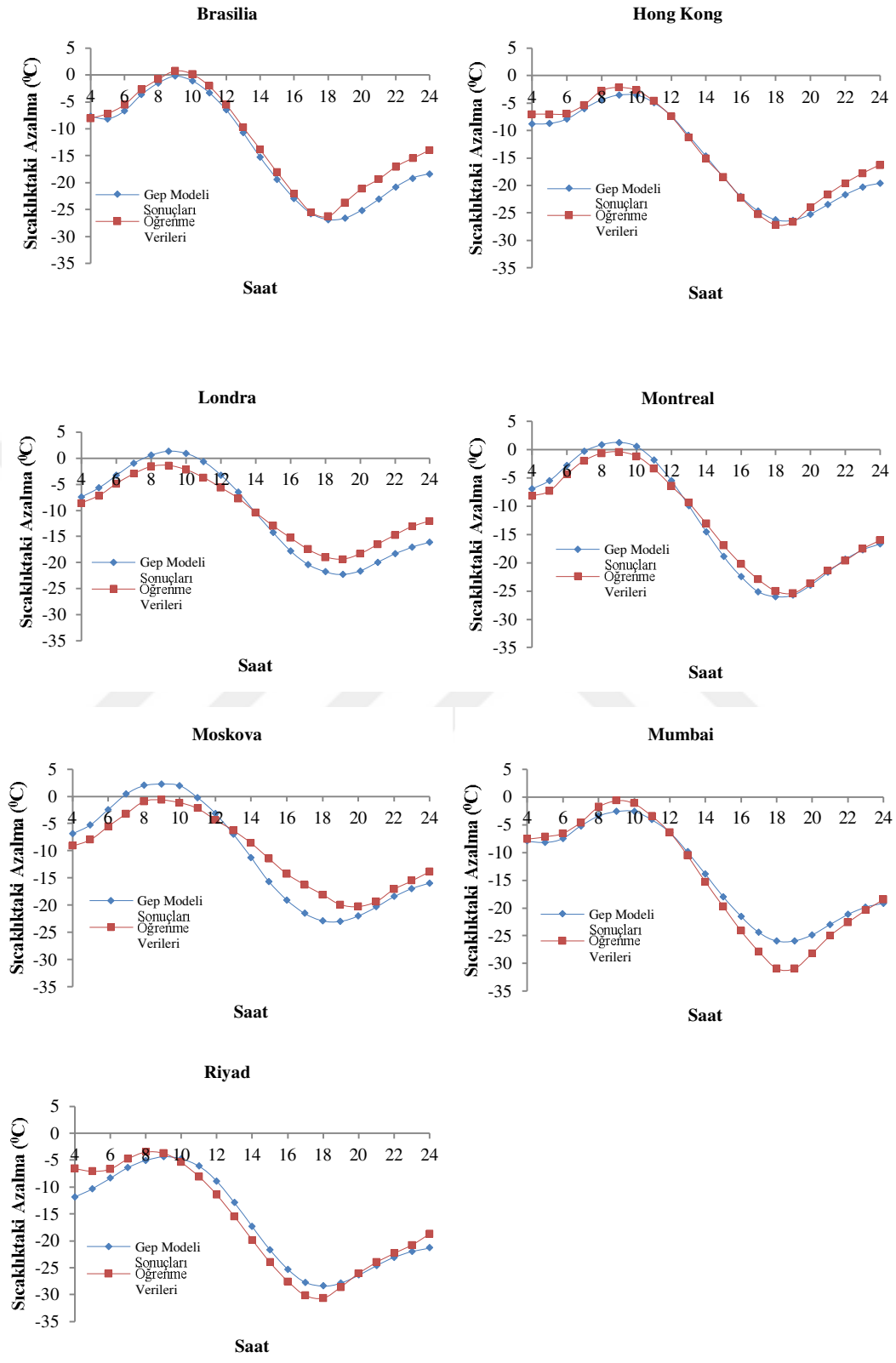
Öğrenme		*Doğrulama*	
RMSE (%)	R	RMSE (%)	R
2.2894	0.9401	2.2064	0.9346

Modelin geçerliliği ve hassasiyeti yüksek korelasyon değeri (R) ve düşük hata değeri (RMSE) ile belirlenebilir [33]. Bu kritere göre, sunulan GEP modeli yüksek R değeri ve düşük RMSE değerine sahip olması ile yüksek hassasiyette çatı üzerinde sıcaklık düşümü tahmin edilebilir (Tablo 2.5).Öğreneme ve doğrulamaaltkümeleri üzerinde modelin performansı iyi bir tahmin kabiliyeti ortaya koymaktadır.

Girdi ve çıktı verileri ile oluşan GEP modelinin yakınsaklığını görmek için çıktı verilerini elde edilen formül ile hesaplayarak sonuçların karşılaştırılması görsel olarak incelenecek olursa;



Şekil 2.13 Dünya şehirlerinin yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklıktaki azalmalarının öğrenme verileri ile GEP modeli sonuçlarının karşılaştırılması.



Şekil 2.14 (Devamı) Dünya şehirlerinin yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklıktaki azalmalarının öğrenme verileri ile GEP modeli sonuçlarının karşılaştırılması.

Şekil 2.13 de ki grafiklerden de görüleceği üzere GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklık düşüşleri ile Alexander ve Jones tarafından yapılan çalışma neticesinde ortaya koydukları sıcaklık düşümleri çok büyük yakınsaklık göstermektedir. Bu durum neticesinde benzer iklim bölgelerine sahip Türkiye şehirleri için girdi verilerinin hazırlanarak hesaplama yapılması yeşil çatının uygunluğu hakkında bilgi verecektir.

Şekil 2.13 de görülen sıcaklıktaki azalma değerleri çatı üzerindeki hava sıcaklığına, yeşil çatı sistemlerinin etki ettiği sıcaklık değerlerini göstermektedir. Örnek verecek olunursa Temmuz ayı için Atina şehrinde saat 4:00'da ki hava sıcaklığı 22 ^{0}C civarında iken yeşil çatı uygulaması sayesinde hava sıcaklığında 9 ^{0}C'ye varan pasif soğutma etkisi oluşmaktadır.

3. BÖLÜM

3.1 Yeşil Çatının Çatı Üzerindeki Sıcaklık Düşümü GEP Modelinin Türkiye'deki Örneklerine Uygulaması

Alexsandri ve Jones tarafından yapılan, çeşitli iklimler için bina üzeri bitki örtüsünün ısıl etkisi üzerine yapmış olduğu çalışmanın verilerinin GEP öğretilmesi neticesinde Türkiye'deki Kayseri, İstanbul, İzmir, Antalya, Van, Kars, Şanlıurfa, Artvin ve Samsun şehirleri için yeşil çatının uygulanması halinde konfor şartlarına ulaşılmasındaki faydası incelenecektir. Şekil 3.1 de renklendirilmiş olan şehirlerin güneş ışınımı, bağıl nem, rüzgâr ve hava sıcaklıkları on yılın mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarının saatlik verileri kullanılacaktır.



Şekil 3.1 GEP modeli oluşturmada verileri kullanılan ve model ile hesaplama yapılan şehirler.

Tablo 3.1 GEP modeli ile hesaplama yapılan Türkiye şehirlerinin coğrafi konumları

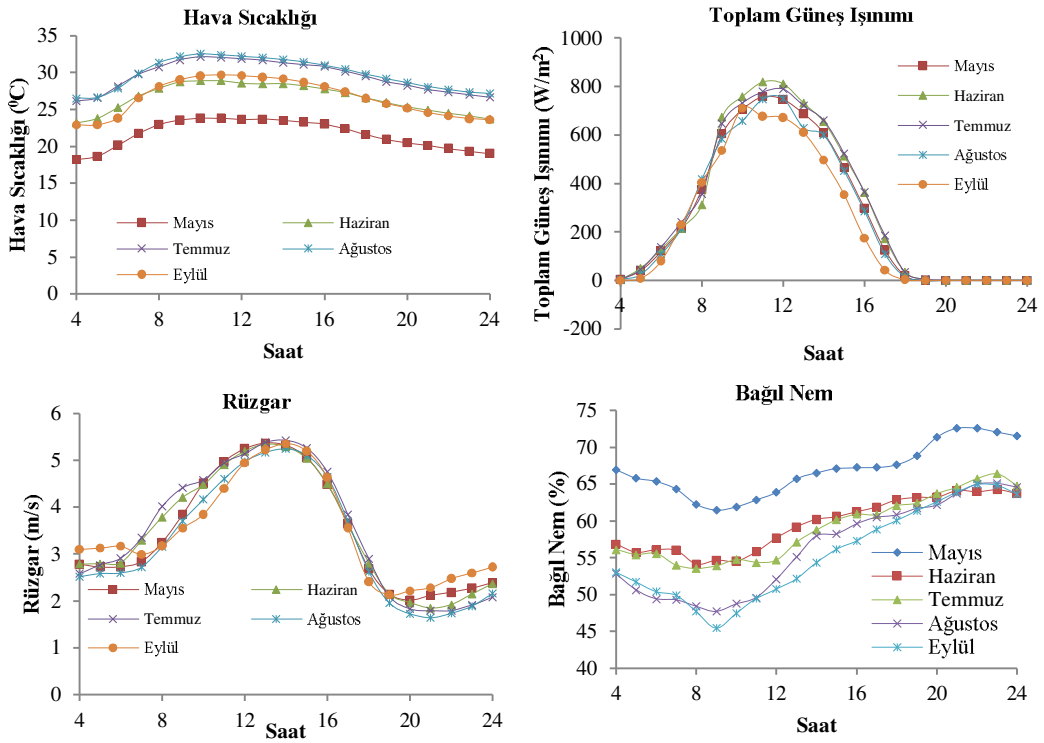
İl	İlçe	Enlem	Boylam	Yükseklik
ANTALYA	MERKEZ	36,9	30,7	47
İSTANBUL	GÖZTEPE	40,9	29,2	18
İZMİR	MERKEZ	38,4	27,1	29
KARS	MERKEZ	40,6	43,1	1777
KAYSERİ	MERKEZ	38,7	35,5	1094
SAMSUN	ATAKUM	41,3	36,3	4
ŞANLIURFA	MERKEZ	37,2	38,8	550
ARTVİN	MERKEZ	41,2	41,8	625
VAN	MERKEZ	38,5	43,3	1675

Tablo 3.2 GeneXproTools 5.0 programında kullanılan girdi ve çıktı verilerinin bir örneği (Antalya - Mayıs) [32]

Antalya (Mayıs)	Hesaplama Verileri				
Zaman (h)	Hava Sıcaklığı (^{0}C)	Bağıl Nem (%)	Toplam Güneş Işınımı (W/m^2)	Rüzgar Hızı (m/s)	Çatı Yüzey Sıcaklığındaki Azalma (^{0}C)
4	22,39726	61,838953	0	3,6176759	-8,205128205
5	22,191781	60,224211	14,876033	3,5605948	-7,179487179
6	22,60274	57,525459	131,40496	3,6911813	-5,512820513
7	23,424658	54,014102	300	4,2158696	-3,076923077
8	24,246575	50,773344	453,71901	4,6279844	-1,153846154
9	25,273973	47,261584	592,56198	5,0775518	-0,641025641
10	26,30137	44,291829	706,61157	5,4145995	-1,666666667
11	27,534247	41,051072	773,55372	5,8266604	-3,58974359
12	28,561644	39,164925	808,26446	6,2387482	-6,666666667
13	29,383562	37,821992	798,34711	6,4068951	-10,76923077
14	29,794521	37,561862	726,44628	6,3873206	-14,48717949
15	30,205479	38,115142	627,27273	6,3677461	-18,71794872
16	29,794521	40,836444	468,59504	6,0854909	-22,94871795
17	28,767123	44,370754	312,39669	5,7093749	-26,41025641
18	27,534247	47,092862	133,8843	5,3144653	-29,35897436
19	26,506849	50,084361	17,355372	4,9571161	-30,51282051
20	25,479452	52,535063	0	4,4496329	-28,71794872
21	24,863014	54,71436	0	4,1861444	-25,76923077
22	24,246575	57,164659	0	4,0915298	-23,20512821
23	23,630137	57,989345	0	3,9781753	-20,76923077
24	23,424658	59,084228	0	3,9210942	-18,84615385

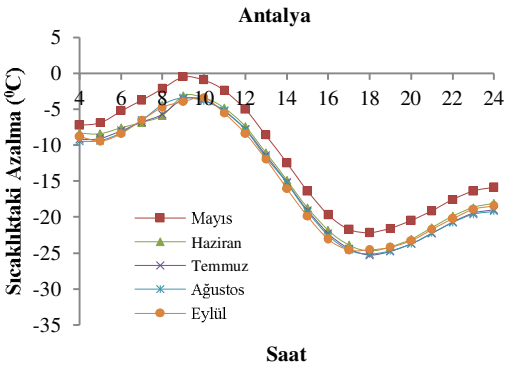
3.1.1 Antalya İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Antalya şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.4)



Şekil 3.2 Antalya için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak ilkim verileri.[32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Antalya için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Antalya için mayıs ayında ilkbahar mevsimi, haziran, temmuz ve ağustos aylarında yaz mevsimi belirgin olarak yaşanmaktadır ancak eylül ayında ise sonbahar mevsimi yaz mevsime doğru sıcaklıktan dolayı kaymıştır. Kış

mevsimi sonbahar mevsimindeki sıcaklıktaki kayma nedeniyle Akdeniz Bölgesinin genelinde olduğu gibi net olarak yaşanmamaktadır.
İnceleme yapılan aylarda rüzgâr hızı ortalaması büyük oranda değişiklik göstermese de mevsime bağlı olarak bağıl nem ortalaması mayıs aylarında en yüksek seviyesinde olup eylül ayına doğru gidildikçe en düşük seviyesine ulaşmaktadır. Hava sıcaklığı ortalama değeri yüksekten düşük olana doğru sıralanır ise ağustos, temmuz, eylül, haziran ve mayıs olarak sıralanmaktadır. Hava sıcaklığı ortalaması yine mevsime göre net olarak farklılık göstermekte en yüksek sıcaklık yaz mevsiminde en düşük sıcaklık ise ilkbahar mevsiminde görülmektedir. Toplam güneş ışınımı ortalaması sıcaklıkta olduğu gibi yüksekten düşüğe doğru sıralar isek haziran, temmuz, mayıs, ağustos ve eylül olarak sıralanmaktadır. Mevsime göre düşünüldüğünde en yüksek değeri yaz mevsiminde, en düşük değeri ise sonbahar mevsimindedir.

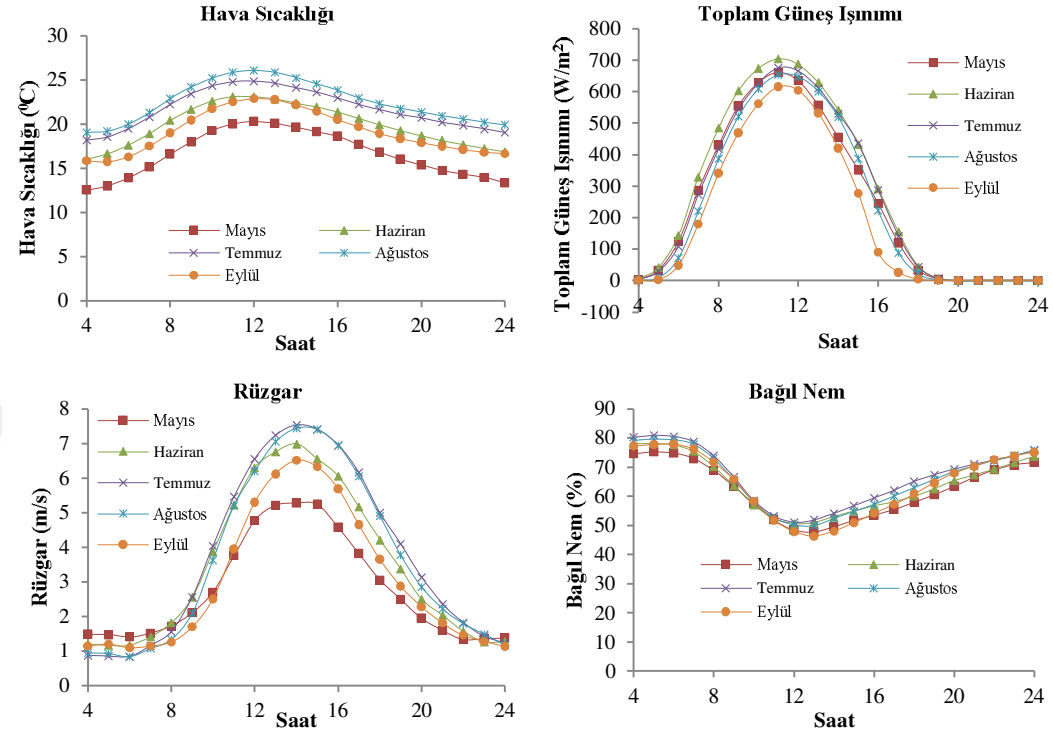
Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Antalya şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzerinde hiçbir saatte çatı üzeri sıcaklığında bir artış olmamıştır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranını aylara göre en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; ağustos, temmuz, eylül, haziran ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri hava sıcaklığındanki en büyük azalma değerinin görüldüğü ağustos ayı incelenecek olup diğer ayların iklim verilerine göre sıralanırsa sıcaklık ortalaması 29.81 ^{0}C birinci sırada, %56,33 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 266,42 W/m^{2} toplam ışınımın oranı ile dördüncü sırada 3,26 m/s rüzgâr hızı ile sonuncu sıradadır.

Antalya ile için diğer aylarda göz ününe alındığında yeşil çatı uygulaması verimli bir uygulama olduğu açıkça görülmektedir.

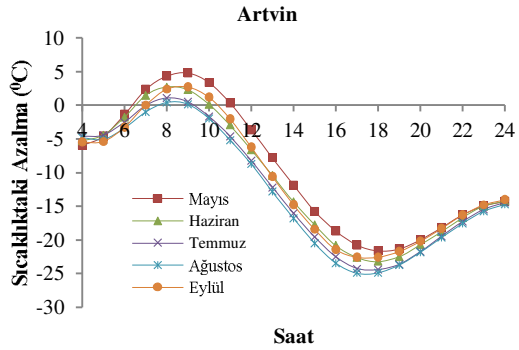
3.1.2 Artvin İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Artvin şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Artvin için GEP modeli hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. [32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklık azalmaları ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.5)



Şekil 3.5 Artvin için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma

Nemli ılık (Karadeniz) ikliminin hâkim olduğu şehirde mevsimlerin tamamı Karadeniz Bölgesinin genelinde olduğu gibi net olarak yaşanmaktadır.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar

mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralanacak olursa ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru her ay yükseliş göstermekte rüzgâr hızı ortalaması belirgin bir farklılık göstermektedir. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında temmuz, haziran, mayıs, ağustos ve eylül ayları olarak sıralanmaktadır.

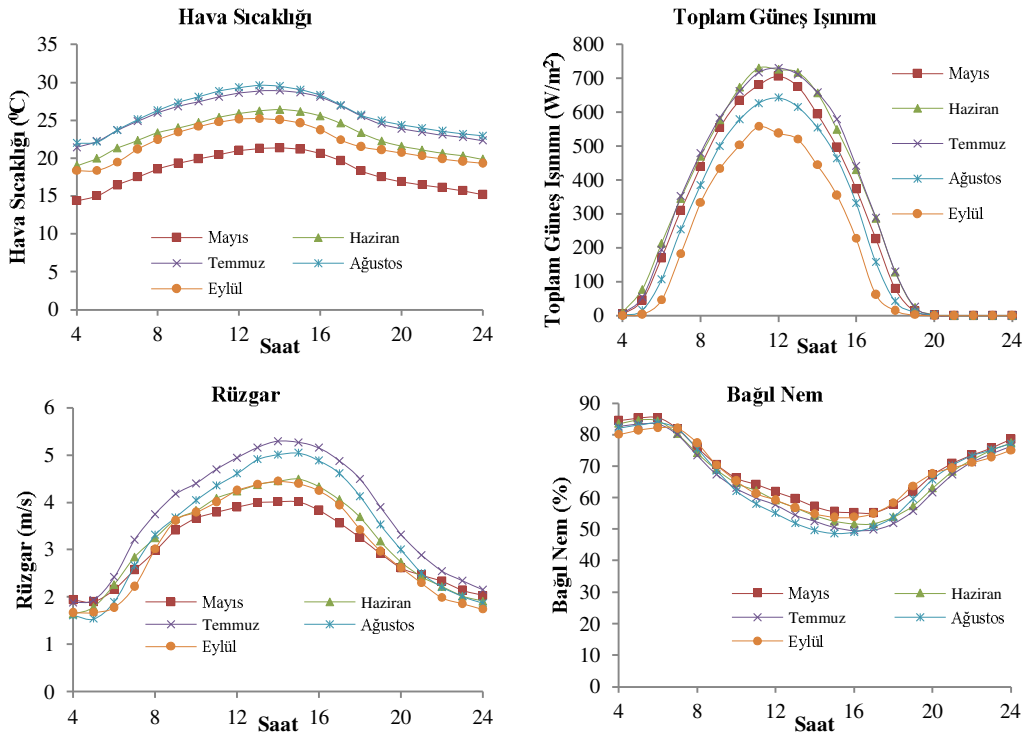
Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Artvin şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri hava sıcaklığında sabah saatlerinde artma olduğu görülmektedir. Çatı üzeri sıcaklıklarındaki artma incelenecek olursa hava sıcaklığının düşük, toplam güneş ışınım oranının fazla olduğu saatlerde olduğu görülmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artış oranın toplam ışınım artışı oranı daha yüksek olduğundan çatı üzeri sıcaklığındaki artış 1 ^{0}C lere kadar düşmektedir. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı, en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; ağustos, temmuz, eylül, haziran ve mayıs ayı olarak sıcaklıkta olduğu gibi sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü ağustos ayı incelenerek diğer ayların iklim verilerine göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 22,52 ^{0}C birinci sırada, % 65,63 nem oranı ortalaması ile ikinci sırada, 236,31 W/m^2 toplam ışınımın oranı ile dördüncü sırada 3,58 m/s rüzgâr hızı ile ikinci sıradadır.

Artvin şehri için diğer aylarda göz ününe alındığında yeşil çatı uygulaması yaz mevsiminde çatı üzeri sıcaklığında azalmaya sebep olduğu diğer mevsimlerde hava sıcaklığının düşük olduğu saat aralıklarında ise çatı üzeri sıcaklığında ise artışa neden olduğu görülmektedir.

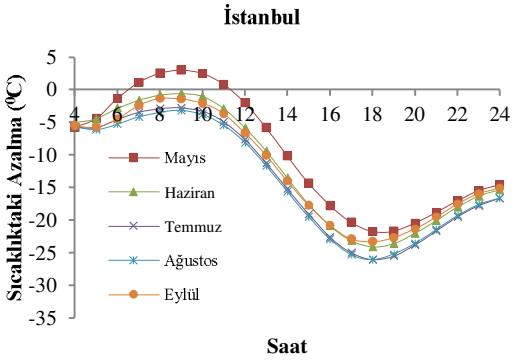
3.1.3 İstanbul İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

İstanbul şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.6)



Şekil 3.6 İstanbul için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri. [32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.7)



Şekil 3.7 İstanbul için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçişin göründüğü şehirde mevsimlerin tamamı Karadeniz Bölgesinin genelinde olduğu gibi yaşanmaktadır.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık en yüksek ortalamaya sahip olduğu yaz mevsiminde en düşük sıcaklık ortalaması ise ilkbahar mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralanacak olursa ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. Rüzgâr hızı ortalaması belirgin bir farklılık göstermekle birlikte incelenen aylarda birbirine yakın hıza sahiptir. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında temmuz, haziran, mayıs, ağustos ve eylül ayları olarak sıralanmaktadır.

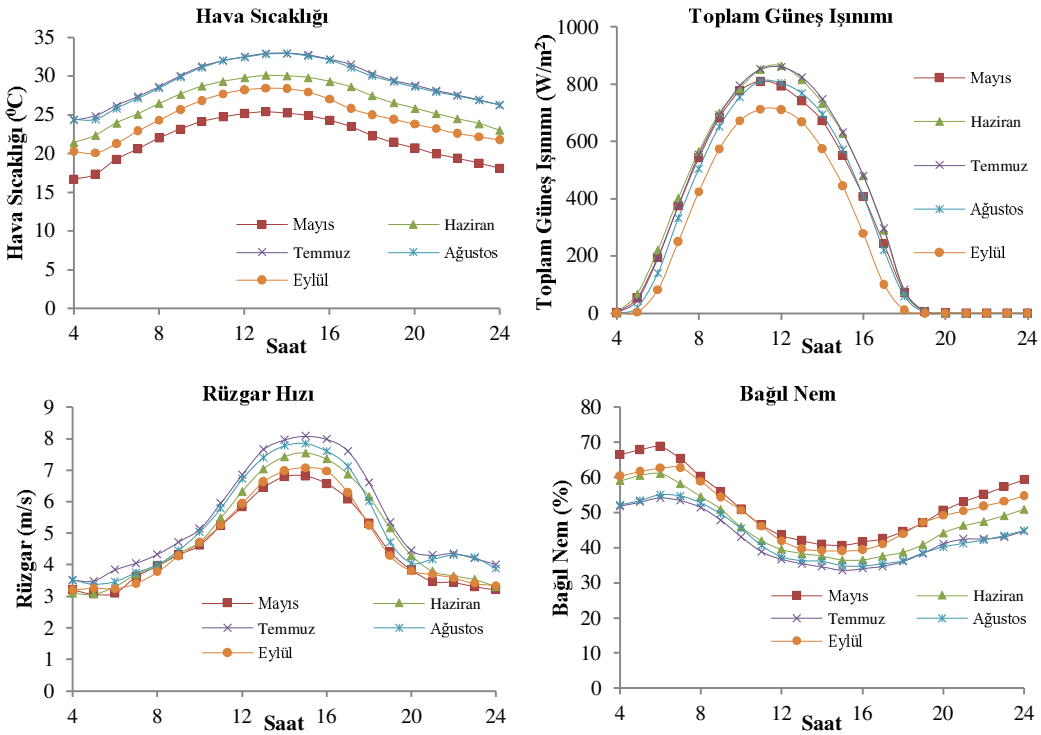
Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalması incelenecek olursa İstanbul şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzerinde mayıs ayında sabah saatlerinde sıcaklıkta artış olduğu görülmektedir. Çatı üzeri sıcaklığındaki artış hava sıcaklığının düşük, bağıl nem oranının yüksek olduğu sabah saatlerinde gözlenmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artışla birlikte nem oranındaki azalma sayesinde çatı üzeri sıcaklığındaki artış yerini azalmaya bırakmaktadır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; ağustos, temmuz, eylül, haziran ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü ağustos ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 25,92 ^{0}C birinci sırada, % 65,40 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 251,97 W/m^{2} toplam ışınımın oranı ile dördüncü sırada 3,40 m/s rüzgâr hızı ile ikinci sıradadır.

İstanbul şehri için diğer aylarda gözönüne alındığında yeşil çatı uygulaması yaz mevsiminde çatı üzeri sıcaklığında azalmaya ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde hava sıcaklıklarının düşük bağıl nem oranının yüksek olduğu aylarda ise çatı üzeri sıcaklığında bir miktarda olsa artışa neden olduğu görülmektedir.

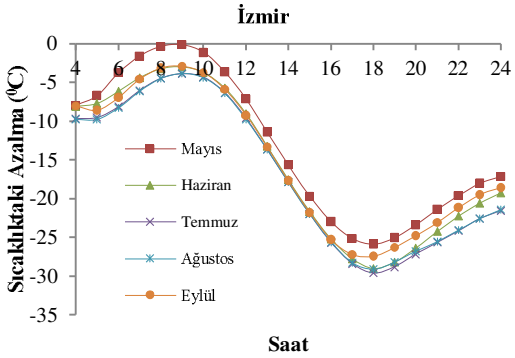
3.1.4 İzmir İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

İzmir şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.8)



Şekil 3.8 İzmir için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.9)



Şekil 3.9 İzmir için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

İzmir şehrinde Akdeniz iklimi görülür ve kış mevsiminde kar yağışının görülmez yıl genelinde sıcak ortalamasının yüksektir.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralanacak olursa temmuz, ağustos, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. Rüzgâr hızı ortalamasında belirgin bir farklılık göstermekte olup incelenen aylarda en yüksek hıza sahip olduğu dönem yaz mevsimidir. Rüzgâr hızına ortalaması en yüksek oldu aydan başlanarak sıralanacak olursa; temmuz, ağustos, haziran, eylül ve mayıs olarak sıralanmaktadır. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında haziran, temmuz, mayıs, ağustos ve eylül ayları olarak sıralanmaktadır.

Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa İzmir şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri sıcaklığında Mayıs ayında sabah saatlerinde çok düşük oranda artış olduğu görülmektedir. Çatı üzeri sıcaklığındaki artış hava sıcaklığının düşük, bağıl nem oranının yüksek olduğu sabah saatlerinde gözlenmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artışla birlikte nem oranındaki azalma sayesinde çatı üzeri sıcaklığındaki çok az miktarda olsa var olan artış yerini azalmaya bırakmaktadır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek

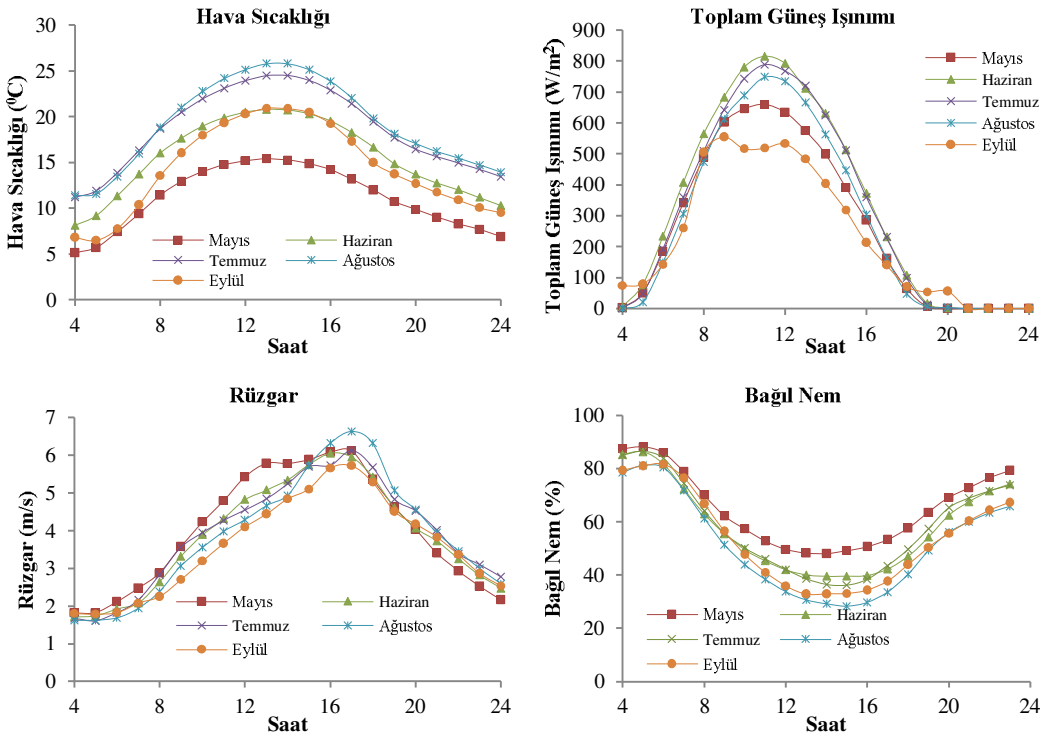
azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; temmuz, ağustos, eylül, haziran ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü temmuz ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 29,36 ^{0}C birinci sırada, % 42,42 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 354,37 W/m^2 toplam ışınımın oranı ile ikinci sırada 5,54 m/s rüzgâr hızı ile birinci sıradadır.

İzmir şehri için diğer aylarda göz ününe alındığında yeşil çatı uygulaması yaz mevsiminde çatı üzeri sıcaklığında azalmaya sebep olduğu ve yıl boyunca sıcaklık ortalaması yüksek olduğu için verimli bir uygulama olduğu görülmektedir.

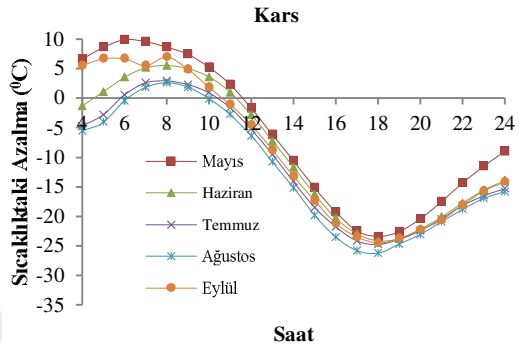
3.1.5 Kars İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Kars şehri için, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.10)



Şekil 3.10 Kars için GEP modeli hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri [32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.11)



Şekil 3.11 Kars için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Kars şehrinde kıta serin yaz (karasal) iklim görülür ve kış mevsimi soğuk ve daha uzun süreli yaşanır.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralanacak olursa ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. Rüzgâr hızı ortalaması incelenen aylarda en yüksek değeri ayında en düşük değeri ise Eylül ayında görülmektedir. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında haziran, temmuz, ağustos, mayıs ve eylül ayı olarak sıralanmaktadır.

Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Kars şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri sıcaklığı artışı olduğu görülmektedir. Nedeni incelenecek olursa karasal iklim bölgelerinde kış mevsimi ilkbahar mevsimini de içine alacak şekilde uzamasından kaynaklanmaktadır. Çatı üzeri sıcaklıklarındaki artış hava sıcaklığının düşük, bağıl nem oranının yüksek olduğu sabah saatlerinde gözlenmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artışla birlikte nem oranındaki azalma sayesinde çatı üzeri sıcaklığındaki artış yerini azalmaya

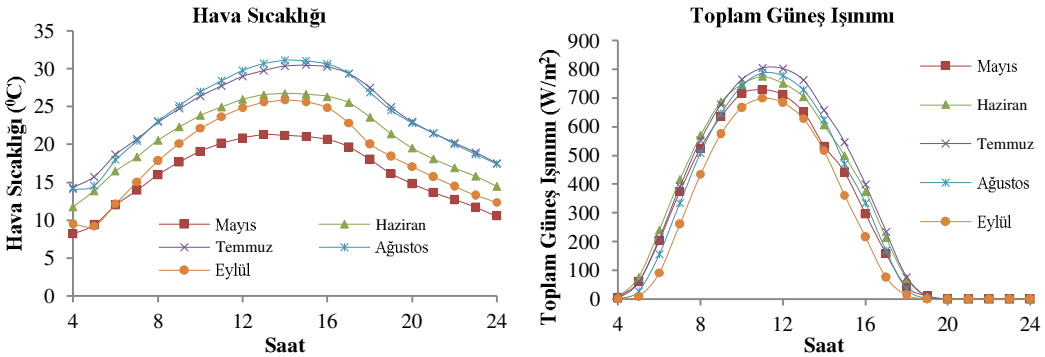
bırakmaktadır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü ağustos ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 19,16^{0}C birinci sırada, %52.11 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 282,59 W/m^2 toplam ışınımın oranı ile üçüncü sırada 3.87m/s rüzgâr hızı ile dördüncü sıradadır.

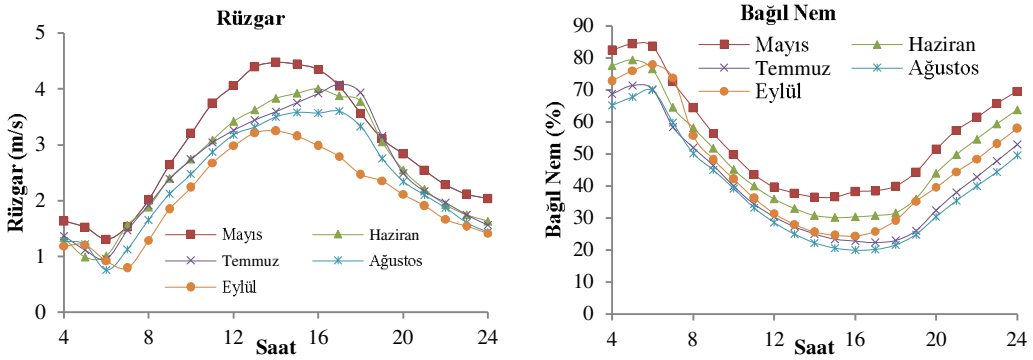
Kars şehri için diğer aylarda göz ününe alındığında yeşil çatı uygulaması yaz mevsiminde çatı üzeri sıcaklığında azalmaya sebep olduğu ve ancak hava sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde ve kış mevsiminin uzunluğu düşünülürse yıl içerisinde yaz ve sonbahar mevsimin başlarında uygulanması halinde verimli olmayacağı görülmektedir.

3.1.6 Kayseri İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Kayseri şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.

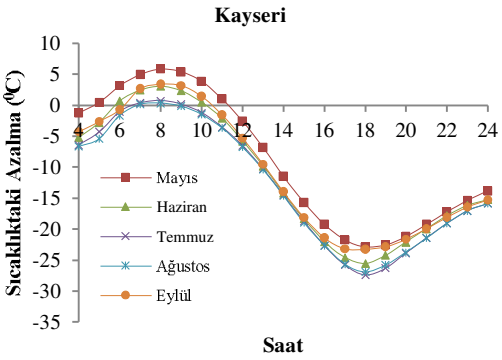


Şekil 3.12 Kayseri için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.[32]



Şekil 3.13 Devamı Kayseri için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.[32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.13)



Şekil 3.14 Kayseri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma

Kayseri şehrinde kıtasal (karasal) iklim görülür ve dört mevsim tam olarak yaşanır.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralayacak olursa ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayları olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. Rüzgâr hızı ortalamasında belirgin bir farklılık göstermekte olup incelenen aylarda en yüksek hıza sahip olduğu dönem yaz mevsimidir. Rüzgâr hızına ortalaması ilkbahar ayından en yüksek oranında olup sonbaharda en düşük değeri oluşmaktadır. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında

görülmekte olup aylara göre sıralandığında temmuz, haziran, ağustos, mayıs, eylül ayı olarak sıralanmaktadır.

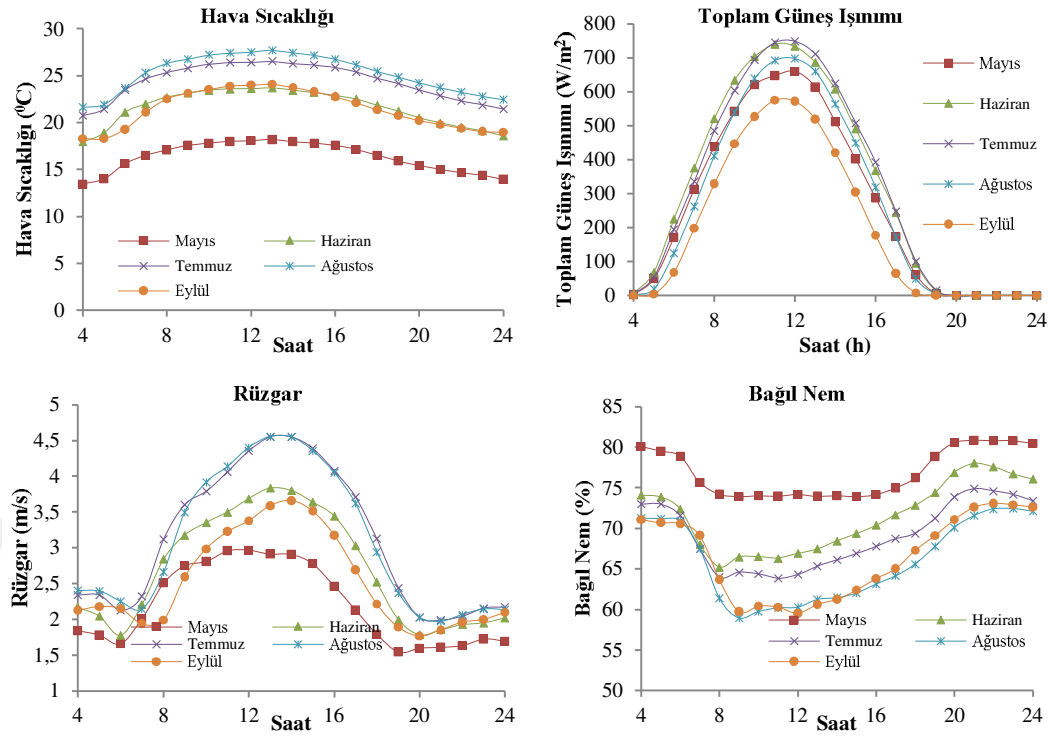
Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Kayseri şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri sıcaklığında mayıs, haziran ve eylül aylarında artışa neden olduğu görülmektedir. Nedeni incelenecek olursa karasal iklim bölgelerinde kış mevsimi ilkbahar mevsimini de içine alacak şekilde ayına kadar uzamasından kaynaklanmaktadır. Çatı üzeri sıcaklık artışının görüldüğü aylarda hava sıcaklığı saatlik olarak incelenirse sabah saatlerinde düşük olduğu görülmektedir. Çatı üzeri sıcaklığında ki artış hava sıcaklığının düşük, bağıl nem oranının yüksek olduğu sabah saatlerinde gözlenmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artışla birlikte nem oranındaki azalma sayesinde çatı üzeri sıcaklığındaki artış yerini azalmaya bırakmaktadır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayı sıcaklıkta olduğu gibi olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü ağustos ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 24,05 ^{0}C birinci sırada, % 38,72 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 301,93 W/m^{2} toplam ışınımın oranı ile üçüncü sırada 2,36 m/s rüzgâr hızı ile beşincisıradadır.

Kayseri şehri için diğer aylarda göz ününe alındığında yeşil çatı uygulaması için Kars ilinde olduğu gibi yaz mevsiminde çatı üzeri sıcaklığında azalmaya sebep olduğu görülmektedir.

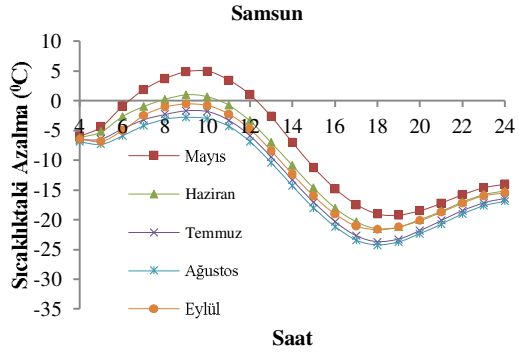
3.1.7 Samsun İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Samsun şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir. (Şekil 3.14)



Şekil 3.15 Samsun için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.[32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.15)



Şekil 3.16 Samsun için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Samsun şehrinde Karadeniz iklimine sahip Artvin ili gibi dört mevsim görülür.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralayacak

olursa ağustos, temmuz, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden en yüksek seviyesinde olmakla birlikte sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. Rüzgâr hızı ortalaması temmuz ayında en yüksek değerinde olup diğer aylarda birbirine yakın seyretmektedir. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında haziran, temmuz, ağustos, mayıs ve eylül ayı olarak sıralanmaktadır.

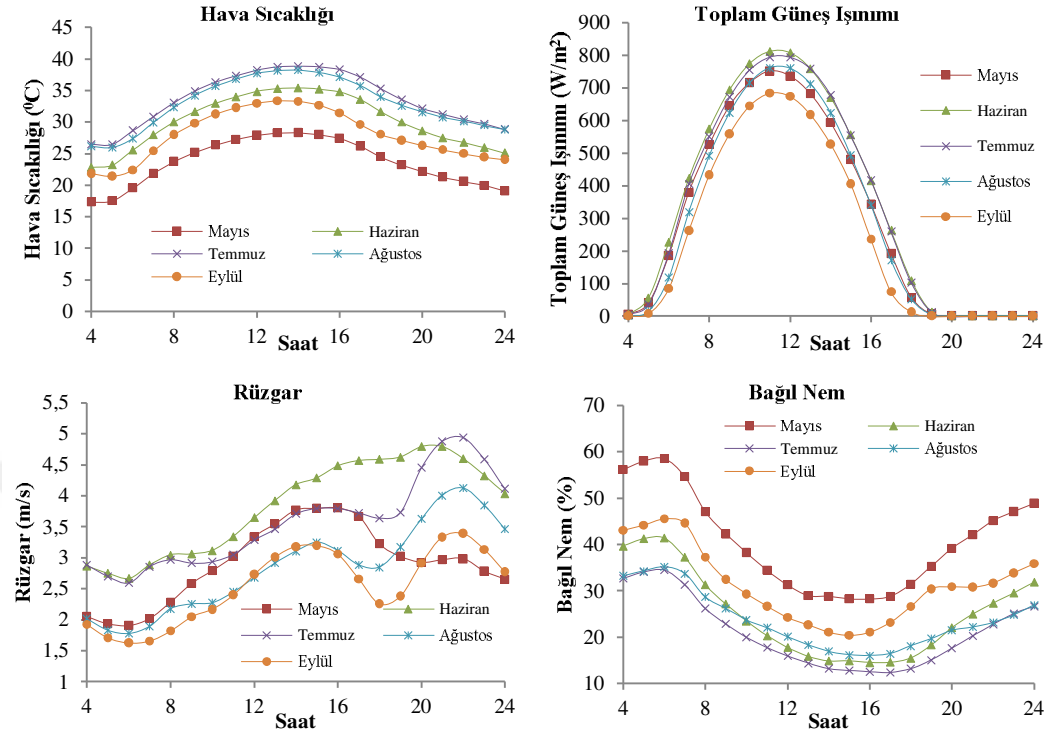
Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Samsun şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri sıcaklığında sabah saatlerinde artış olduğu görülmektedir. Çatı üzeri sıcaklıklarındaki artış hava sıcaklığının düşük, toplam güneş ışınım oranının ve nem oranının fazla olduğu saatlere denk gelmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artış oranın toplam ışınım oranı artışından daha yüksek olduğundan çatı üzeri sıcaklığındaki artış 1 ^{0}C lere kadar düşmektedir. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; ağustos, temmuz, eylül, haziran ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü ağustos ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 25,21 ^{0}C birinci sırada, % 65,95 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 267,21 W/m^2 toplam ışınımın oranı ile üçüncü sırada 3,07 m/s rüzgâr hızı ile ikinci sıradadır.

Samsun şehrinde Karadeniz iklimine sahip olan Artvin şehrinde olduğu gibi diğer aylarda gözönüne alındığında yeşil çatı uygulaması yaz mevsiminde çatı üzeri sıcaklığında azalmaya sebep olduğu diğer mevsimlerde hava sıcaklığının düşük olduğu saat aralıklarında ise çatı üzeri sıcaklığında ise artışa sebep olduğu görülmektedir.

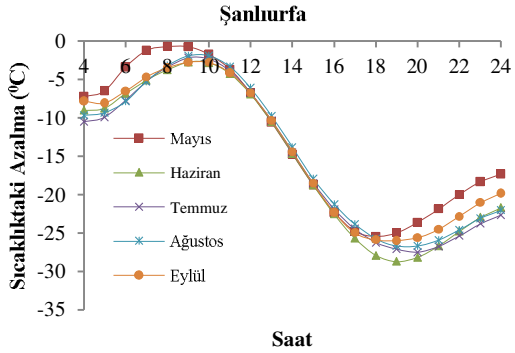
3.1.8 Şanlıurfa İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Şanlıurfa şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.16)



Şekil 3.17 Şanlıurfa için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.[32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.17)



Şekil 3.18 Şanlıurfa için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Şanlıurfa şehrinde kıta sıcak yaz (karasal) iklim görülür.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralanacak

olursa temmuz, ağustos, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. En yüksek nem oranı ilkbahar mevsiminde görülmektedir ve yazları sıcaklığın yükselmesiyle birlikte nem oranı çok düşmektedir. Rüzgâr hızı ortalaması incelenen aylarda en yüksek değeri Haziran ayında en düşük değeri ise eylül ayında görülmektedir. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında haziran, temmuz, mayıs, ağustos ve eylül ayları olarak sıralanmaktadır.

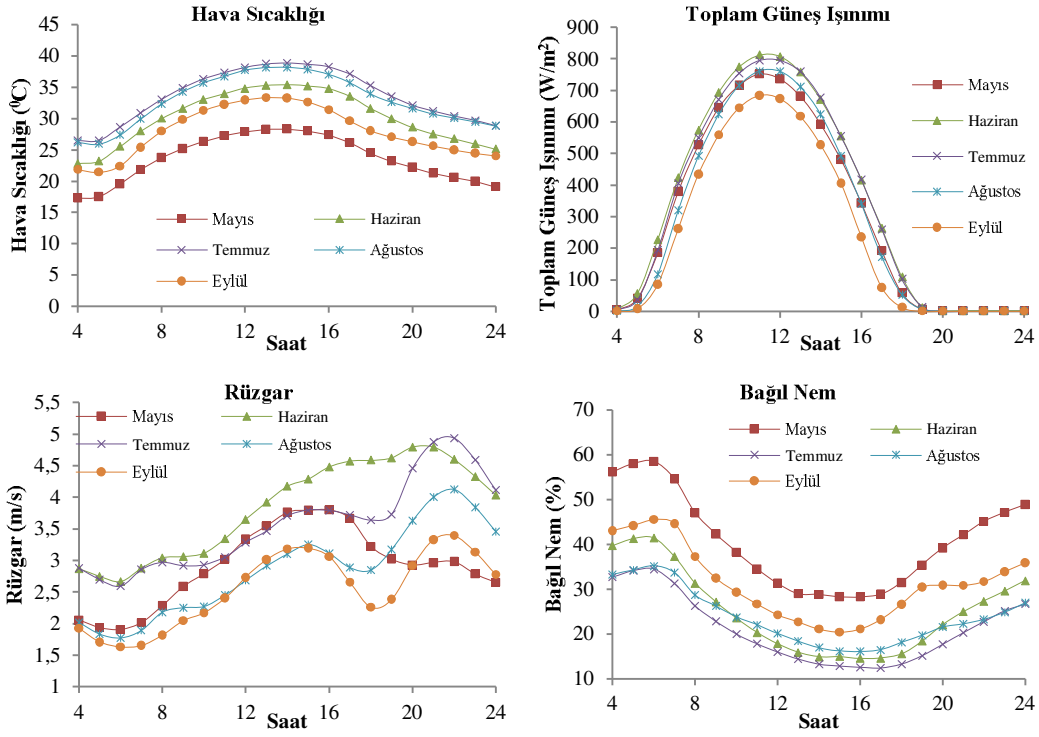
Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Şanlıurfa şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri sıcaklığında azalma olduğu görülmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artışla birlikte nem oranındaki azalma sayesinde çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı artamaktadır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; haziran, temmuz, ağustos, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü Haziran ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 30,11 ^{0}C üçüncü sırada, %24,92 nem oranı ortalaması ile dördüncü sırada, 340,43 W/m^2 toplam ışınımın oranı ile birinci sırada 3.83m/s rüzgâr hızı ile birincisıradadır.

Şanlıurfa şehri için diğer aylarda göz ününe alındığında yeşil çatı uygulaması çatı üzeri sıcaklığında azalmaya sebep olduğu yüksek hava sıcaklıklarının yaşandığı yaz aylarında büyük oranda sıcaklık azalmasına neden olacağı görülmektedir.

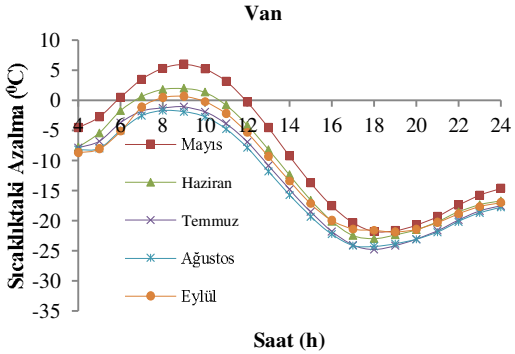
3.1.9 Van İçin Yeşil Çatı Uygulamasında Çatı Üzeri Sıcaklık Azalmasının GEP Modeli İle Hesaplanması

Van şehri için mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam güneş ışınımı ve rüzgâr hızlarının on yıllık ortalamaları alınarak derlenmiştir.(Şekil 3.18)



Şekil 3.19 Van için GEP Modeli Hesaplamalarında kullanılacak iklim verileri.[32]

GEP modeli ile elde edilen formüle derlenen veriler aktarılmış saatlik olarak ay içerisindeki çatı üzeri sıcaklığındaki azalmalar ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır. (Şekil 3.19)



Şekil 3.20 Van için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Van şehrinde kıta serin yaz (karasal) iklim görülür.

Yeşil çatı uygulamasında etken olan verileri aylara ve mevsimlere göre inceleyecek olursak sıcaklık ortalaması en yüksek ortalamaya yaz mevsiminde en düşük ise ilkbahar

mevsiminde görülmekte olup aylara göre en yüksekten en düşüğe göre sıralanacak olursa temmuz, ağustos, haziran, eylül ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır. Nem oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru önce azalmakta sonra artmaktadır. En yüksek nem oranı ilkbahar mevsiminde görülmektedir ve yazları sıcaklığın yükselmesiyle birlikte nem oranı çok düşmektedir. Rüzgâr hızı ortalaması incelenen aylarda en yüksek değeri haziran ayında en düşük değeri ise eylül ayında görülmektedir. Toplam güneş ışınımı ortalamaları inceleyecek olursak en yüksek ortalama sıcaklıkta olduğu gibi yaz mevsiminde en düşük ortalama ise ilkbahar mevsimi ortalarında görülmekte olup aylara göre sıralandığında haziran, temmuz, mayıs, ağustos ve eylül ayları olarak sıralanmaktadır.

Yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklık azalmasını incelenecek olursa Van şehri için incelenmiş olan aylar içerisinde çatı üzeri sıcaklığında mayıs ayında artış oluştuğu görülmektedir. Nedeni incelenecek olursa karasal iklim bölgelerinde ilkbahar mevsimi de hava sıcaklıklarının düşük oluşu ve kış mevsiminin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Çatı üzeri sıcaklıklarındaki artış hava sıcaklığının düşük, bağıl nem oranının yüksek olduğu sabah saatlerinde gözlenmektedir. Yaz mevsimine doğru gidildikçe hava sıcaklığındaki artışla birlikte nem oranındaki azalma sayesinde çatı üzeri sıcaklığındaki artış yerini azalmaya bırakmaktadır. Çatı üzeri sıcaklığındaki azalma oranı en yüksek azalma değerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; temmuz, ağustos, eylül, haziran ve mayıs ayı olarak sıralanmaktadır.

Çatı üzeri sıcaklığından ki en büyük azalma değerinin görüldüğü temmuz ayı incelenecek olursa diğer aylara göre sıralanırsa; sıcaklık ortalaması 30,58 ^{0}C birinci sırada, % 21,01 nem oranı ortalaması ile beşinci sırada, 33223 W/m^{2} toplam ışınımın oranı ile ikinci sırada 5,57 m/s rüzgâr hızı ile birinci sıradadır.

4. BÖLÜM

4.1 SONUÇ

Dünya şehirlerine uygulanan GEP modeli ile elde edilen başarılı öğrenme sonuçları bu modeli Türkiye üzerindeki farklı iklim bölgelerine sahip şehirlere uygulama için dikkate değer bir ümit vermektedir.

Böylece bozkır iklim tipinden akdeniz iklim tipine, çöl ikliminden yağmur ormanı iklim tipine kadar geniş bir yelpazedeki iklim verileri arasında yerini alan farklı iklim tiplerinin göründüğü Türkiye'de elde edilen GEP modeli ile çalışıldı. Tablo 3.1'de Türkiye'de ki şehirlerin coğrafi konumu verilmiştir. Bu coğrafi konumdaki şehirlerin GEP modelinde kullanılacak iklim verileri örneği Tablo 2.3'de ve diğer şehirlerin veriler ise üçüncü bölümde ayrı ayrı verilmiştir. Üçüncü bölümdeki her şehir için ayrı ayrı olarak mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları için 04-24 saatleri arasındaki ortalama toplam güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, bağıl nemi ve rüzgâr hızı değerleri görülmektedir. Verilerin GEP modeli ile yapılan hesaplama sonuçları her şehir için aynı bölümde saatlik çatı üzerindeki tahmin edilen sıcaklık düşümü değerleri görülmektedir. Yeşil çatı uygulamasının çatı üzerindeki sıcaklık düşümü karşısındaki ısıl durumunun belirlenmesi için geliştirilen GEP modeli gelecekte ülkemizde ve dünyada yapılacak yeşil çatı uygulamalarına başlama noktasında bir önfikir verecektir.

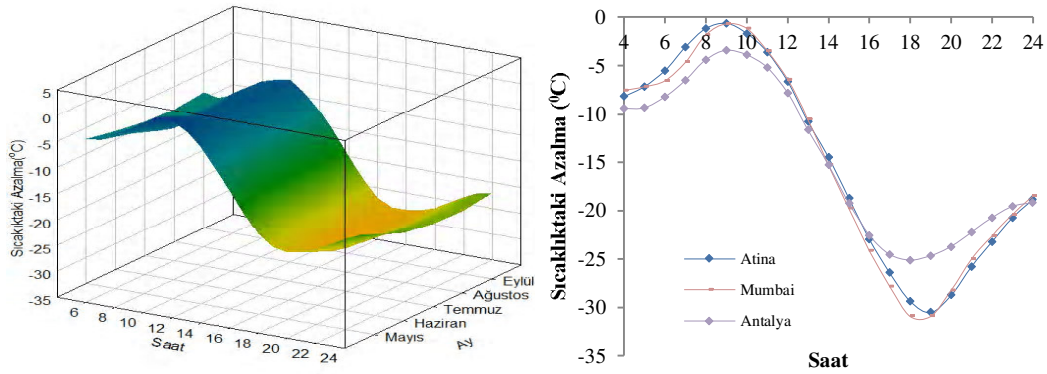
Bilindiği gibi Türkiye'de bir kaç farklı iklim tipi birden görülmektedir. Bu durumda, değişik iklim şartları için verilen değerler ışığında, yeşil çatının Türkiye'de de yavaş yavaş kullanıma girdiği de düşünülerek, yeşil çatının yurdumuzun diğer iklim şartlarındaki şehirleri için ısıl performansının ve çatı üzerindeki sıcaklık düşümü etkisi

ileriki çalışmalarda hesaplanması önem arz etmektedir. Böylece tüm Türkiye için yeşil çatı kullanımına ait bir perspektife sahip olunabilecektir.

Sıcaklıkta azalma grafiklerinde görülen pozitif veya negatif değerler yeşil çatı uygulamasında ki çatı üzeri sıcaklığını değil, yeşil çatı uygulamasının çatı üzerindeki hava sıcaklığını pozitif veya negatif yönde etki edeceği sıcaklık değerini göstermektedir.

4.1.1 Antalya İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 30°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %60'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 24°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Antalya'da yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 20°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.



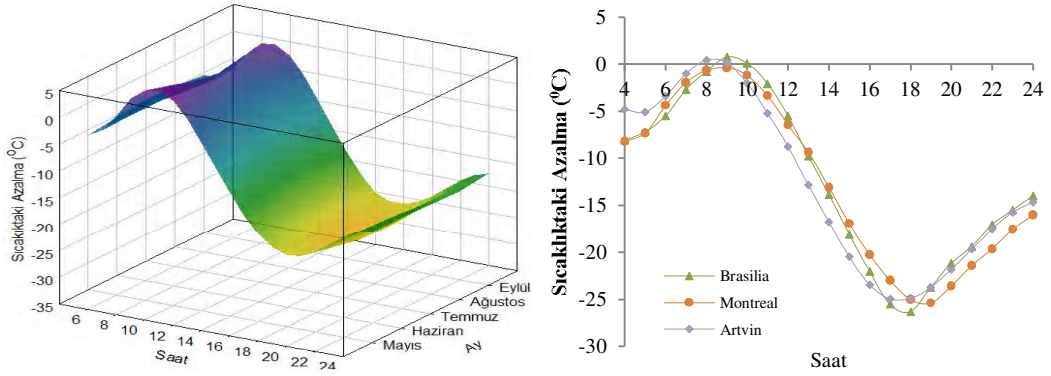
Şekil 4.1 Antalya için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı ygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Antalya için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler

kıyaslandığında Şekil 4.1 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.2Artvin İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 25°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %57'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 25°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Artvin'de yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 20°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.



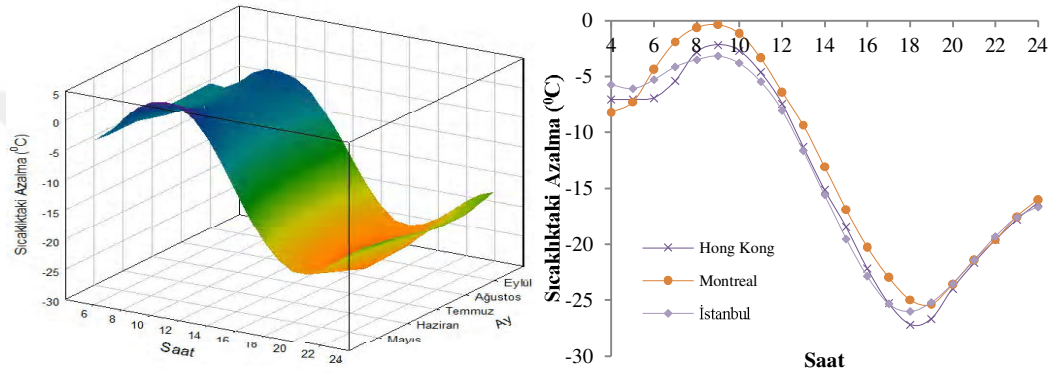
Şekil 4.2 Artvin için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma

Artvin için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.2 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.3 İstanbul İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en

yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 29°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %53'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 26°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri İstanbul'da yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 21°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.



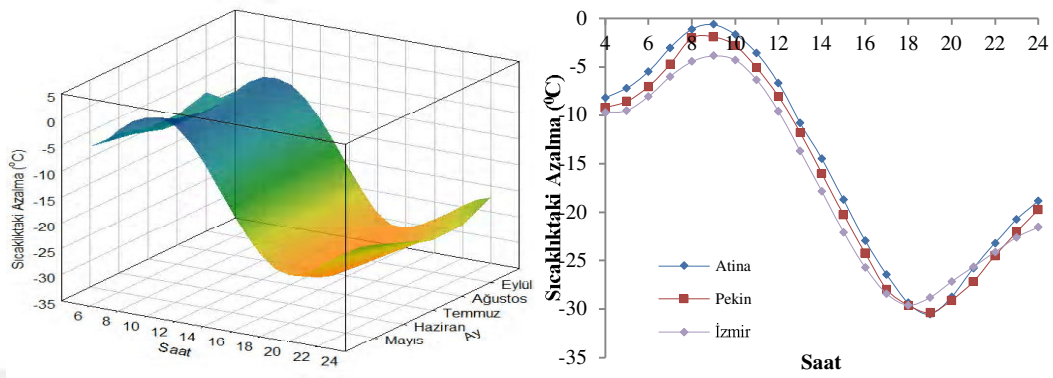
Şekil 4.3 İstanbul için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

İstanbul için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.3 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.4 İzmir İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu temmuz ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 33°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %36'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 29°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri İzmir'de yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan

ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 24°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.

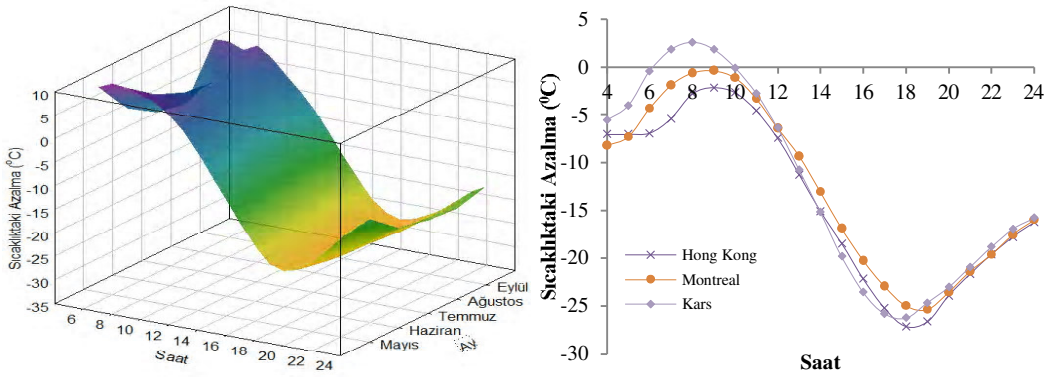


Şekil 4.4 İzmir için aylara göre ve temmuz ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

İzmir için yeşil çatı uygulamasının temmuz ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.4 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.5 Kars İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 25°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %40'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 26°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Kars'da yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 22°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.

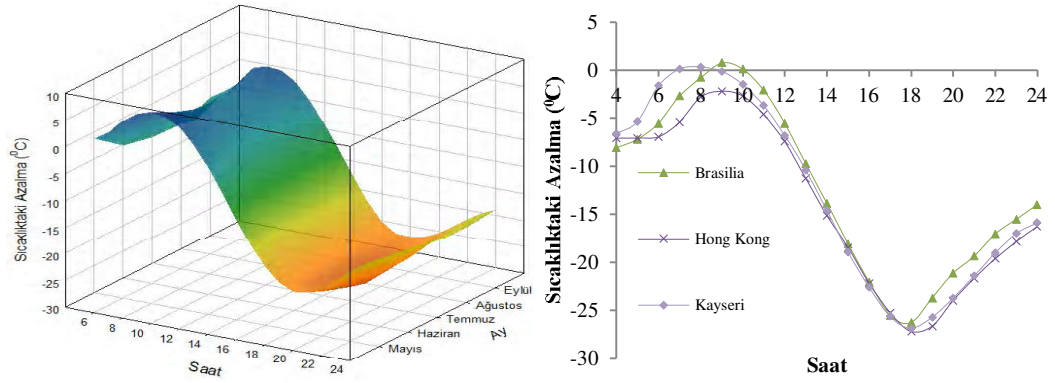


Şekil 4.5 Kars için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Kars için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.5'da görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.6 Kayseri İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 22°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %22'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 26°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Kayseri'de yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 21°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.

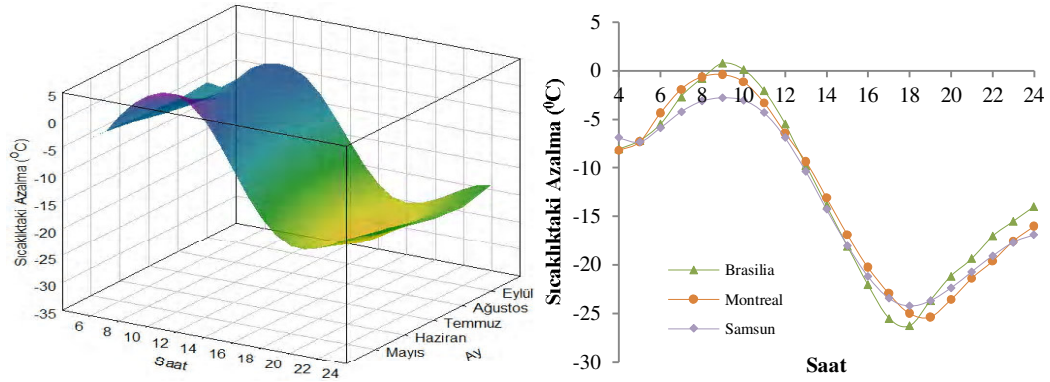


Şekil 4.6 Kayseri için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Kayseri için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.6 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.7 Samsun İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzeriindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 27°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %65'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 24°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Samsun'da yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 20°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.

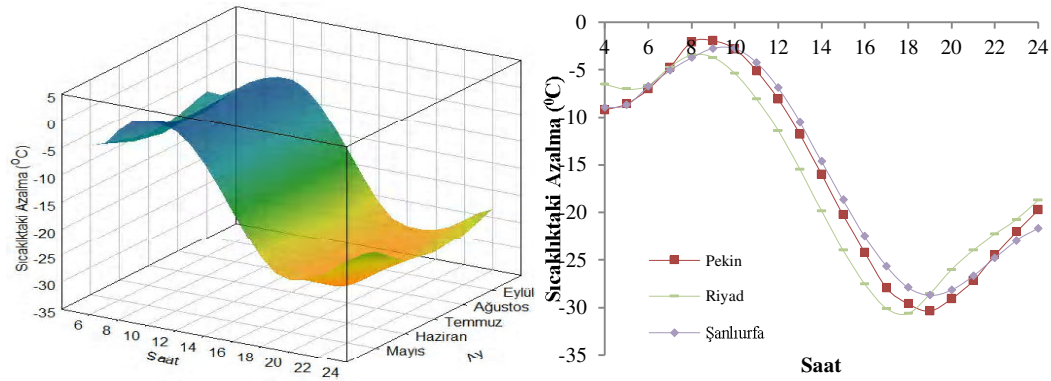


Şekil 4.7 Samsun için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Samsun için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.7 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.8 Şanlıurfa İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu haziran ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 35°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %15'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 27°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Şanlıurfa'da yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 21°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.

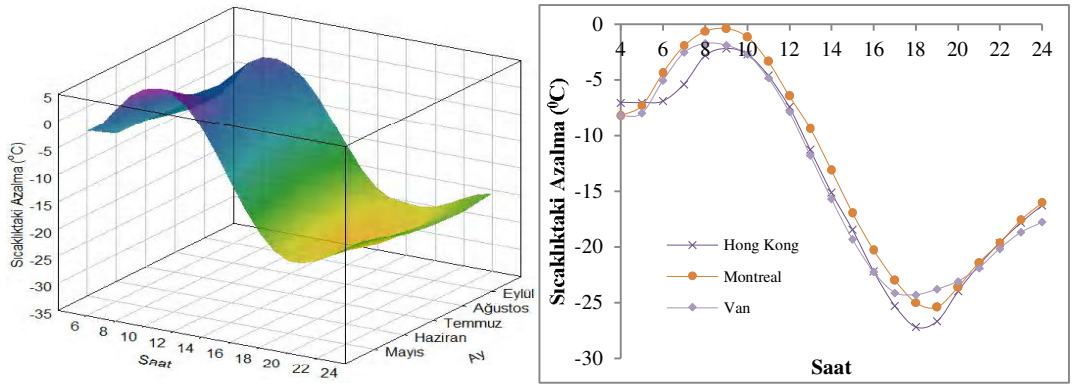


Şekil 4.8 Şanlıurfa için aylara göre veAğustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

Şanlıurfa için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.8 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.1.9 Van İçin Yeşil Çatı Uygulaması Sonuçları

Yapılan ölçüm ve incelemelerden elde edilen iklim verileri ve yeşil çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri kullanılarak beş aylık dönemde sıcaklık düşümünün en yüksek olduğu ağustos ayında, gün içerisinde yüksek güneş ışınımı aldığı, öğlen saatlerinde ortalama 27°C sıcaklığa ulaştığı ve bağıl nem değerinin bu saatlerde %32'oranında olduğu şartlar için elde edilen çatı üzerindeki 24°C'yi bulan sıcaklık düşümü değerleri Van'da yeşil çatının kullanımının faydası hakkında olumlu fikir vermektedir. Genel olarak bakıldığında günün en sıcak saatlerinde çatı üzerinde oluşan ısı adacığının sıcaklığındaki ortalama 21°C'lik düşüşün pasif soğutma etkisi ve enerji tüketiminde azaltıcı etkisi olacaktır.



Şekil 4.9 Van için aylara göre ve Ağustos ayı ile dünya şehirleri için yeşil çatı uygulamalarında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

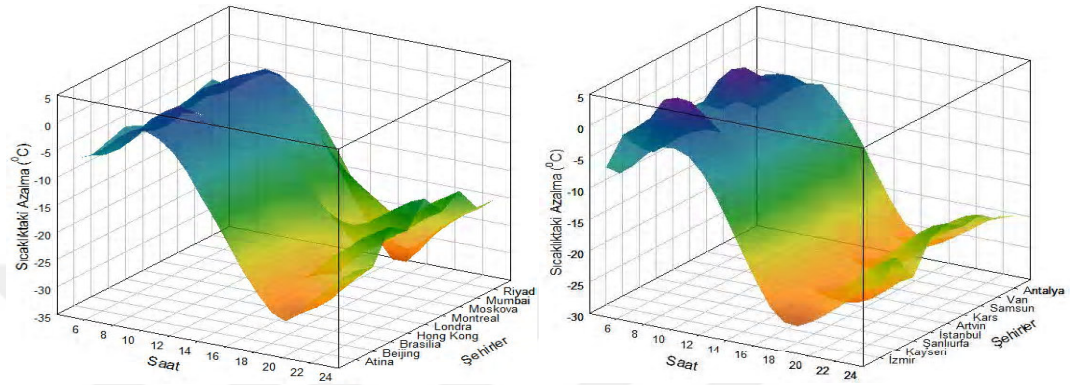
Van için yeşil çatı uygulamasının ağustos ayı için GEP modeli ile hesaplanan çatı üzerisıcaklığındaki düşüşler ile dünya şehirlerinin çatı üzeri sıcaklığındaki düşüşler kıyaslandığında Şekil 4.9 de görüleceği üzere uygulanın verimli olacağı ön fikir oluşturmaktadır.

4.2 Yeşil Çatı Uygulamasında GEP Modeli Sonuçları İle Dünya Verilerinin Değerlendirilmesi

Alexsandri ve Jones tarafından yapılan çalışmada, çeşitli iklimler için bina üzeri bitki örtüsünün ısıl etkisini incelemiştir. Bunun için iki-boyutlu bir matematiksel model geliştirilmiştir. Yeşil çatılar ve yeşil duvarların ısıl konfor ve enerji tasarrufu ve çatı üzerinde sıcaklık düşüşüne etkilerinin incelenmesinde kullanılan veriler GeneXproTools 5.0 programı aktarılarak oluşturulan GEP modeli ile Türkiye üzerinde ki şehirlerin incelenmesi sonucunda farklı iklim tipinin görüldüğü şehirler için yeşil çatı uygulaması neticesinde çatı üzeri sıcaklıklarında hangi oranda, hangi ay ve hangi saatler arasında ne kadar düşüş olacağı incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada genetik algoritma temelli program ile elde edilen GEP modeli ile girdi verileri hesaplanarak çıktı verilerinin büyük oranda yakınsaklık göstermesi dünya genelinde yeşil çatı uygulaması yapılmadan çatı üzeri sıcaklıklarında düşüşlerin önceden hesaplanabilmesini sağlamıştır.

Türkiye şehirleri için GEP modeliyle hesaplanan ve Dünya şehirlerindeki yeşil çatı uygulamasında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma Şekil 4.10 da en yüksek sıcaklık düşümlerinin oluştuğu aylar incelendiğinde elde edilen GEP modelinin dünya geneline uygulanabilirliği görülmektedir.



Şekil 4.10 GEP modeliyle hesaplanan Türkiye şehirleri ile Dünya şehirlerindeki yeşil çatı uygulamasında çatı üzeri sıcaklığındaki azalma.

GEP modeli ile dünya genelinde ticarileşen ve Türkiye üzerinde ticari uygulamaların başladığı yeşil çatılarda uygulama yapılmaksızın uygulama yapılacak yerin konumu ve iklim tipine bakılmaksızın uygulama sonuçlarında sağlayacağı verim veya konfor şartlarına ulaşılabilirliği konusunda çok basit bir şekilde bilgi vermektedir. Bu kapsamda çalışma ile oluşturulan formül dünya üzerindeki farklı yerler için yeşil çatı uygulamalarının sağlayacağı faydanın değerlendirilmesi, deneysel olarak yapılan yeşil çatı uygulaması ile kıyaslanması gibi çalışmalarında önünü açmaktadır.

Bozkır iklim tipinden akdeniz iklim tipine, çöl ikliminden yağmur ormanı iklim tipine kadar geniş bir yelpazedeki iklim verileri arasında yerini alan ve coğrafi konum olarak dünya coğrafyasının ortasında bulunan, Türkiye şehirleri için GEP modeli ile çalışıldı. Farklı iklim bölgelerindeki, dikkate alınan Türkiye şehirlerinin coğrafi özelikleri verilmiştir.Genel olarak bulunulan iklim bölgesinin bahar ve yaz aylarına ait 24 saatlik ortalama toplam güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgar hızı değerlerini ortalamaları kullanılmıştır.Bu değerler öğrenmede kullanılan dünya şehirlerine ait değerlerle karşılaştırıldığında, Türkiye şehirlerine ait değerlerin dünya şehirlerine ait verilerin alt ve üst limitlerin arasında kaldığı gözlenmektedir.

Türkiye şehirlerine ait 10 yılın iklim verileri kullanılarak çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerleri elde edilmiştir. Bunun için 9 farklı iklime sahip şehirin yaz ayları olan haziran, temmuz, ağustos ve yaz başı ve yaz sonu diyebileceğimiz sıcak ayları mayıs ve eylül ait sonuçlara ulaşılmıştır. Bütün şehirler ele alınan aylarda çatı üzerindeki sıcaklık düşümü açısından pozitif sonuçlar vermiştir. Bu değerler şehirlerin iklimsel yapısı ile uyumludur. Sabahın erken saatlerinde yeşil çatı üzerindeki sıcaklıktaki azalma daha az görülmekte, akşam saatlerinde ise sıcaklıktaki azalma beklendiği gibi yüksek çıkmaktadır. Minumum sıcaklık düşümü sabah saat 06:00 ile 10:00 aralığında gözlemlenirken, maksimum sıcaklık düşümü akşam saat 18:00'de gerçekleşmektedir. Bu durum bütün aylar ve şehirler için yaklaşık olarak geçerlidir.

Dünya şehrinin Temmuz ayı için hesaplanan çatı üzeri sıcaklığındaki azalma değerleri ve Türkiye şehirinin Temmuz ayı için GEP kullanılarak elde edilen yeşil çatı üzeri sıcaklığındaki azalma değerleri görülmektedir.Bütün şehirler için bulunan yeşil çatı üzerindeki hava sıcaklığındaki azalma dünya şehirleri ile uyumludur.Yeşil çatıda ulaşılan sıcaklıktaki maksimum azalma 29.61^{o}C ile saat 18:00'deİzmir'de, sıcaklıktaki maksimum artma 2,91^{o}C ile saat 08:00'da Kars'da görülmektedir. GEP sonuçları ile verilen hesaplama değerleri karşılaştırılacak olursa;

- Kars, Kayseri ve Artvin şehirlerinde Brasilia, Mumbai ve Moskova şehirlerine benzer şekilde sabahın ilk saatlerinde sıcaklık azalma yerine artma gözlenmektedir. Bu durum bu şehirlerin karasal ikliminden kaynaklanan gece ve gündüz arasındaki yüksek sıcaklık farkından, düşük nem değerlerinden kaynaklanmaktadır. Artvin'de ise gün boyu çok değişmeyen yüksek nem ve düşük sıcaklık değerleri yeşil çatı üzerindeki hava sıcaklığındaki artmayı izah etmektedir.

- Şanlıurfa diğer şehirlere göre bir miktar farklı davranmaktadır. Şanlıurfa'da öğleden önce ve öğleden sonra sıcaklıktaki azalma düşük çıkmaktadır. Şanlıurfa'da gün içerisinde düşük rüzgar değerlerinin akşam saatlerinden sonra artmaya başlaması, yüksek sıcaklık farkı ve düşük nem değerleri çatı üzerindeki yüsek sıcaklık düşümü değerlerini gecenin geç saatlerine taşımaktadır.

- Yine Kars, Artvin ve Samsun şehirlerinde çatı üzerindeki sıcaklıktaki azalma diğer şehirlere göre bir miktar düşüktür. Bu durum Londra ve Moskova ile benzerlik göstermektedir. Her iki şehirin ılıman ve serin yaz iklimi özeliklerindeki benzerlikle

uyum içerisindedir. Kars, Artvin ve Samsun ele alınan şehirler içerisinde en soğuk temmuz sıcaklığına sahip şehirlerdir.

- Artvin'in gündüz ve gece sıcaklıklarında çok az bir fark olması ve nem değerlerinin yüsek olması ve gün içerisinde bu değerlede çok az bir düşüş gözlenmesi, ayrıca İzmir'den sonra en yüksek rüzgar hızı değerlerine sahip olması, çatı üzerindeki sıcaklık düşümü değerlerinde belirgin bir farklılık oluşturmaktadır.

- İzmir, Şanlıurfa'dan sonra en yüksek ortalama sıcaklık değerleri ve ele alınan şehirler arasında en yüksek rüzgar hızı değerlerine sahip olmasıyla ve gün boyu çok değişmeyen nem değerleriyle yeşil çatı kullanımında en çok ısıl verimi sağlayan sağlayan şehirdir. Bu duruma bağlı olarak da günün her saatinde en yüksek sıcaklık düşümünü göstermektedir.

Türkiye; bozkır iklim tipinden akdeniz iklim tipine, çöl ikliminden yağmur ormanı iklim tipine kadar geniş bir yelpazedeki iklim verilerine sahip ve dünya coğrafyasının ortasında bir konumdadır. Dünya coğrafyasında farklı şehirlere ait çatı üzerindeki sıcaklık düşümüne ait hesaplama verileri dikkate alınarak oluşturulanGEPmodellemesi % 2,2894 RMSE ve % 94,01 R^2 değerleri ile tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu GEP modeli kullanılarak elde edilen, Türkiye şehirlerindeki binalarda yeşil çatı kullanılması durumu için tahmin verileri elde edilmiştir. Bu tahmin verileri, öğrenmede kullanılan dünya şehirlerine ait değerlerle karşılaştırıldığında, verilerin birbirleriyle uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Temmuz ayında, çatı için günün en sıcak saati olan 18:00'de, çatı üzerinde 30°C'yi bulan sıcaklık düşüşü, yeşil çatının kullanımının pasif soğutmaya ve enerji tüketimine olumlu yönde etki edecektir.

Yeşil çatı sistemlerinin pasif soğutmaya etkisi ve enerji tüketimine olumlu yönde etkileri, yeşil çatı sistemlerinin uygulanabilirliği açısından incelenmesi yönünde gelecekteki çalışamların önünü açmaktadır. Yeşil çatı sistemlerinin hali hazırda var olan binalara uygulanabilirliği, soğuk mevsimlerde uygulanacak bitki örtüsünün dayanıklılığı ve sistemim bakım masrafları ise ayrıca inceleme gerektirin bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

1. E. Alexandri, and P. Jones, 2007. Developing a one-dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roofs on the built environment: comparison with experimental results, **Building and Environment 42**: 2835–2849.
2. **http://www.roofportland.com/guide-to-living-roofs-embracing-green-roof-systems-in-portland-2/** Erişim Mayıs 2015
3. ROOFSOL: Roof Solutions for natural cooling. Contract No. JOR3CT960074, Commission of the European Communities, DG XII Science, Research and Development.
4. T.Ayata, P. C. Tabarez-Velasco, J Srebric, 2001. An investigation of sensible heat fluxes at a green roof in a laboratory setup,.**Building and Environment, 46**:1851–1861.
5. S. Gaffin, C. Rosenzweig, L. Parshall, D. Beattie, R. Berghage, G. O'keeffe, D. Braman, Energy Balance Modeling Applied To A Comparison Of White And Green Roof Cooling Efficiency, Center For Climate Systems Research, Columbia University, 2880 Broadway, New York, Ny, 10025 / 2, Penn State Center For Green Roof Research, Department Of Horticulture, Penn State University, 301 Tyson Building, University Park, Pa, 16802
6. E. Alexandri, P. Jones, 2008.Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, **Building and Environment, 43 (4)**: 480-493.
7. D.J. Sailor, 2008. A green roof model for building energy simulation programs, **Energy and Buildings 40**: 1466–1478.
8. P.C. Tabares-Velasco, 2009. Predictive heat and mass transfer model of plant-based roofing materials for assessment of energy savings, **The Pennsylvania State University, 180**: 3399713.
9. D. Kolokotsa, M. Santamouris, S.C. Zerefos, 2013. Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in European climates for office buildings under free floating conditions, **Solar Energy, 95**: 118–130.

10. A.F. Speak, J.J. Rothwell, S.J. Lindley, C.L. Smith, 2013. Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage, **Urban Climate, 3**: 40–55.

11. S.N. Ondimu, H. Murase, 2007. Combining Galerkin Methods and Neural Network Analysis to Inversely determine Thermal Conductivity of Living Green Roof Materials, **Biosystems Engineering 96**: 541–550.

12. R. N. Hilten, T. M. Lawrence, E. W. Tollner, 2008 Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D, **Journal of Hydrology, 358**: 288– 293.

13. S.W. Tsang, C.Y. Jim, 2011. Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical green roofs, **Energy, 36**: 3590-3598.

14. I. Jaffal, S. Ouldboukhitine, R. Belarbi, 2012. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance, **Renewable Energy, 43**: 157-164.

15. S. Pandey, D.A. Hindoliya, R. Mod, 2012. Artificial neural networks for predicting indoor temperature using roof passive cooling techniques in buildings in different climatic conditions, **Applied Soft Computing, 12**:1214-1226.

16. S. Pandey, D.A. Hindoliya, R. Mod, 2012. Artificial neural network for predation of cooling load reduction using green roof over building in Sustainable City, **Sustainable Cities and Society, 3**: 37– 45.

17. F. Ascione, N. Bianco, F. de' Rossi, G. Turni, G. P. Vanoli, 2013. Green roofs in European climates are effective solutions for the energy savings in air-conditioning, **Applied Energy, 104**: 845–859.

18. A. Ashtiani, P. A. Mirzaei, F. Haghighat, 2014. Indoor thermal condition in urban heat island: Comparison of theartificial neural network and regression methods prediction, **Energy and Buildings, 76**: 597–604.

19. S. M. Mousavi, E. S. Mostafavi, A. Jaafari, A. Jaafari, F. Hosseinpour, 2015. Using measured daily meteorological parameters to predict daily solar radiation, **Measurement, 76**: 148–155.

20. B. Choi, S. Choi, 2015. Physical habitat simulations of the Dal River in Korea using the GEP Model, **Ecological Engineering, 83**: 456–465.

21. M. A. Yassin, A.A. Alazba, M. A. Mattar, 2016. Artificial neural networks versus gene expression programming for estimating reference evapotranspiration in arid climates, **Agricultural Water Management, 163**: 110–124.

22. A. H.Zaji, H.Bonakdari, 2015. Application of artificial neural network and genetic programming models for estimating the longitudinal velocity field in open channel junctions, **Flow Measurement and Instrumentation 41**: 81–89.

23. A. H. Gandomi, D. A. Roke, 2015. Assessment of artificialneural network andgeneticprogramming as predictivetools, **Advances in Engineering Software, 88**: 63–72.

24. J.Shiri, Ö. Kişi, 2011. Comparison of geneticprogramming with neuro-fuzz ysystems for predicting short-term water table depth fluctuations, **Computers & Geosciences, 37**: 1692–1701.

25. H. Güllü, 2014. Functionfinding via genetic expression programming for strength and elastic properties of clay treated with bottom ash, **Engineering Applications of Artificial Intelligence,35**: 143–157.

26. C. R. Zorn, A. Y. Shamseldin, 2015. Peakfloodestimationusing gene expressionprogramming, **Journal of Hydrology, 531**: 1122–1128.

27. S.Roy, A.Ghosh, A. K.Das, R.Banerjee, 2015. Development and validation of a GEP model to predict the performance and exhaust emission parameters of a CRDI assisted single cylinder diesel engine coupled with EGR, **Applied Energy, 140**: 52–64.

28. P.C. Tabares-Velasco, and J. Srebric, 2009. The Role of Plants in the Reduction of Heat Flux through Green Roofs: Laboratory Experiments, ASHRAE Transactions, 115(2).

29. T. G. Theodosiou, 2003. Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique, **Energy and Buildings 35**: 909–917.

30. J. W. Deardorff, Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with inclusion of a layer of vegetation, **Journal of Geophysical Research 83**, 1889–1903,1978.

31. GeneXproTools. Version 5.0; **<http://www.gepsoft.com>**.

32. Metoroloji Genel Müdürlüğü

33. Smith G. N. Probability and statistics in civil engineering. London: Collins; 1986.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Ömer Tayfun ÖZKAN
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 16 Ocak 1990, Kayseri
Medeni Durumu: Evli
Tel: +90 537 551 9005
email: omertayfunozkan@gmail.com
Yazışma Adresi: Bahçelievler Mah. Şehit Komandolar Cad. Gözde Apt. No:113/6 Talas/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	2017
Lisans	Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü, Eskişehir	2015
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Sivas	2012
Lise	Talas Lisesi, Kayseri	2007

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2016- Halen	A-Kare Mühendislik Ltd.Şti	Müşavir
2013–2015	Kızılcahamam Doğalgaz Dağıtım A.Ş	Şube Müdürü

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Ayata T., Erdemir D. ve Özkan Ö. T. 2017 .An investigation for predicting the effect of green roof utilization on temperature decreasing over the roof surface with Gene Expression Programming ,**Energy and Buildings 139,** 254-262
2. Ayata T., Özkan Ö. T. 2016 Yeşil Çatı Sistemlerinin Çatı Üzerindeki Sıcaklık Düşümüne Etkisinin Genetik Programlama İle İncelenmesi-Şanlıurfa Örneği. **International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16)**
3. Ayata T., Erdemir D. ve Özkan Ö. T. 2016. Yeşil Çatılar Üzerinde Sıcaklık Düşümünün Tahmininde Yapay Sinir Ağları İle Genetik Programlama Metotlarının Karşılaştırılması. **International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16)**