

AFGANİSTAN ŞEHİRLERİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ DEĞERLENDİRMESİ

Mubarez HAFIZULLAH

2022
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Emrah DENİZ

AFGANİSTAN ŞEHİRLERİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞI DEĞERLENDİRMESİ

Mubarez HAFIZULLAH

T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Emrah DENİZ

KARABÜK
Temmuz 2022

Mubarez HFIZULLAH tarafından hazırlanan "AFGANİSTAN ŞEHİRLERİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞI DEĞERLENDİRMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Emrah DENİZ .....
Tez Danışmanı, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 01/07/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)	İmzası
Başkan : Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ (GÜ)	.....
Üye : Prof. Dr. Emrah DENİZ (KBÜ)	.....
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emrah ÖZKAYNAK (KBÜ)	.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

"Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim."

Mubarez HAFIZULLAH

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AFGANİSTAN ŞEHİRLERİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞI DEĞERLENDİRMESİ

Mubarez HAFIZULLAH

Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Emrah DENİZ
Temmuz 2022, 160 sayfa

Afganistan'da, mevcut bulunan veya yeni yapılan binalarda hiç veya çok az yalıtım kullanıldığı için binalardan oldukça yüksek miktarda enerji kaybı olmaktadır. Bu nedenle, binalarda uygun kalınlıkta yalıtım malzemesi kullanılarak önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilir. Yapılan çalışmada, Afganistan'ın farklı şehirlerinin iklimsel özellikleri analiz için seçilmiş ve bu şehirlerdeki binalar için optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Farklı iklim bölgelerindeki binaların ısıtma ihtiyaçları ısıtma derece-gün yöntemi ile elde edilmiştir. Çalışmadaki optimizasyon yaşam-döngüsü maliyet analizine dayalıdır. Dört farklı yakıt; kömür, benzin, dizel ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak dört farklı malzemesi; EPS, cam yünü, XPS ve taş yünü dikkate alınmıştır.

Çalışma neticesinde, binaların dış duvarlarına uygulanacak olan optimum yalıtım kalınlığının ısıtma derece-gün sayısı, duvar tipi, kullanılan yalıtım malzemesi ve yakıt türüne göre değişim gösterdiği görülmüştür. Binaların bulunduğu ısıtma derece-gün bölgesi, yakıt tipi ve yalıtım malzemesine en uygun optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve binalarda uygulanmasının, konforlu yaşam alanlarının oluşturulması, enerjinin korunması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve geri ödeme sürelerinin düşürülmesi gibi önemli katkılara sebep olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmada, Afganistan'da yer alan 27 şehir için analizler yapılmış ve bu analizler grafikler üzerinde gösterilerek değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Afganistan, yalıtım, optimum kalınlık, enerji tasarrufu, geri ödeme periyodu, ısıtma derece gün sayısı.

Bilim Kodu : 91408

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

OPTIMUM INSULATION THICKNESS ASSESSMENT OF AFGHANISTAN PROVINCESS

Mubarez HAFIZULLAH

Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:
Prof. Dr. Emrah DENİZ
July 2022, 160 pages

In Afghanistan, heat loss from building is one of the primary sources of energy waste, as existing and new buildings use little or no thermal insulation. Therefore, significant energy saving can be achieved by using insulation of appropriate thickness in buildings. In this study, the optimum insulation thicknesses, energy savings and payback periods were calculated by selecting important climatic changes in different

provinces of Afghanistan for analysis. Heating needs of building in different climatic regions were obtained by heating degree-day heating method. The optimization in the study is based on life-cycle cost analysis.

Four different fuels; coal, gasoline, diesel and electricity, EPS, XPS, glass wool and rock wool as insulation material are selected. As a result of the study, it has been calculated that optimum insulation thickness applied to the outer and inner walls of the buildings varies according to the number of degrees-days, wall type and insulation material are used. Determination of the optimum insulation thickness most suitable for the degree-day heating region, fuel type and insulation material where the buildings are located and applications in buildings, creating comfortable living spaces, protecting energy, reducing energy costs and it has been concluded that it will cause significant contributions such as reducing payback periods. In the study, analyzes were made for 27 cities in Afghanistan and these analysez were evaluated by showing on graphs.

Key Word : Afghanistan, Insulation, optimum thickness, energy saving, payback period, heating degree day.

Science Code : 91408

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Emrah DENİZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sayısal analiz, veri kodlama ve düzenlemesinde yardımlarını esirgemeyen, Karabük Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Emrah ÖZKANAK'a, teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL……ii
ÖZET……iv
ABSTRACT……vi
TEŞEKKÜR……viii
İÇİNDEKİLER……ix
ŞEKİLLER DİZİNİ……xi
ÇİZELGELER DİZİNİ……xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ……xiv

BÖLÜM 1……1
GİRİŞ……1

BÖLÜM 2……3
LİTERATÜR TARAMASI……3

BÖLÜM 3……11
AFGANİSTAN'IN ENERJİ KULLANIMI VE İKLİMSEL ÖZELLİKLERİ……11
3.1. AFGANİSTAN'IN ENERJİ KULLANIMI……11
3.2. AFGANİSTAN'IN ÖZELLİKLERİ……13

BÖLÜM 4……17
ISI YALITIMI VE TEORİK YAKLAŞIMLAR……17
4.1. YAPILARDA ISI YALITIMI……17
4.2. ISI YALITIM MALZEMELERİNİN SAHİP OLMASI BEKLENEN ÖZELLİKLER……18

Sayfa

4.3. ISI YALITIMININ OPTİMUM EKONOMİK KALINLIĞI 19
4.4. TEORİK ANALİZ 20

BÖLÜM 5 26
SONUÇLAR 26
5.1. BADAKHSHAN 26
5.2. BADGHİS (QalehNow) 32
5.3. BAGHLAN 37
5.4. BALKH 42
5.5. DAYKUNDİ 47
5.6. FARAH 52
5.7. FARYAB 57
5.8. GHAZNİ 62
5.9. GHOR 67
5.10. HELMAND 72
5.11. HERAT 76
5.12 KABUL 81
5.13. KANDAHAR 85
5.14. KHOST 90
5.15. KUNDUZ 94
5.16. LAGHMAN 99
5.17. LOGAR 103
5.18. MEYDAN WARDAK 107
5.19. NANGARHAR 112
5.20. NİMRUZ 116
5.21. NURİSTAN 121
5.22. PAKTİKA 125
5.23. PAKTİYA 130
5.24 PANJSHİR 134
5.25. SAMANGAN 139
ÖZGEÇMİŞ 160

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Optimum yalıtım kalınlığı ile maliyetlerin ilişkisi [12]. 20

Şekil 4.2 . Sandviç duvarın yapısı [36]. 22

Şekil 5.1. Badakhshan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi…….. ...30

Şekil 5.2. Badakhshan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 31

Şekil 5.3. Badakhshan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 31

Şekil 5.4. Badghis şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi. 35

Şekil 5.5. Badghis şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 35

Şekil 5.6. Badghis şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 36

Şekil 5.7. Baghlan şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 40

Şekil 5.8. Baghlan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 40

Şekil 5.9. Baghlan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 41

Şekil 5.10. Balkh şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 45

Şekil 5.11. Balkh şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 45

Şekil 5.12 Balkh şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları ……46

Şekil 5.13. Daykundi şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 50

Şekil 5.14. Daykundi şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 50

Şekil 5.15. Daykundi şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 51

Şekil 5.16. Farah şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 55

Şekil 5.17. Farah şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 55

Sayfa

Şekil 5.18 Farah şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarlar ……56

Şekil 5.19. Faryab şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 60

Şekil 5.20. Faryab şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 60

Şekil 5.21. Faryab şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 61

Şekil 5.22. Ghazni şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 65

Şekil 5.23. Ghazni şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 65

Şekil 5.24. Ghazni şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……66

Şekil 5.25. Ghor şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 70

Şekil 5.26. Ghor şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 70

Şekil 5.27. Ghor şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……71

Şekil 5.28. Helmand şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 75

Şekil 5.29. Helmand şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 75

Şekil 5.30. Helmand şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 76

Şekil 5.31. Herat şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 79

Şekil 5.32. Herat şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 80

Şekil 5.33. Herat şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları ……80

Şekil 5.34. Kabul şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 84

Şekil 5.35. Kabul şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 84

Şekil 5.36. Kabul şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……85

Şekil 5.37. Kandahar şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 88

Şekil 5.38. Kandahar ilinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 89

Şekil 5.39. Kandahar şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 89

Sayfa

Şekil 5.40. Khost şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 93

Şekil 5.41. Khost şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 93

Şekil 5.42. Khost şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……94

Şekil 5.43. Kunduz şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 97

Şekil 5.44. Kunduz şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 98

Şekil 5.45. Kunduz şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 98

Şekil 5.46. Laghman şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 102

Şekil 5.47. Laghman şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 102

Şekil 5.48. Laghman şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 103

Şekil 5.49. Logar şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 106

Şekil 5.50. Logar şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 106

Şekil 5.51. Logar şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……..107

Şekil 5.52. Meydan Wardak şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 110

Şekil 5.53 Meydan Wardak şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……..111

Şekil 5.54. Meydan Wardak şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 111

Şekil 5.55. Nangarhar şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 115

Şekil 5.56. Nangarhar şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 115

Şekil 5.57. Nangarhar şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları..... 116

Şekil 5.58. Nimruz şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi..... 119

Şekil 5.59. Nimruz şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 120

Şekil 5.60. Nimruz şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……..120

Şekil 5.61. Nuristan şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 124

Sayfa

Şekil 5.62. Nuristan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 124

Şekil 5.63. Nuristan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 125

Şekil 5.64. Paktika şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 128

Şekil 5.65. Paktika şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 129

Şekil 5.66. Paktika şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……..129

Şekil 5.67. Paktiya şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 132

Şekil 5.68. Paktiya şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 133

Şekil 5.69. Paktiya şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……..134

Şekil 5.70. Panjshir şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 137

Şekil 5.71. Panjshir şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 138

Şekil 5.72. Panjshir şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 138

Şekil 5.73. Samangan şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 141

Şekil 5.74. Samangan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 142

Şekil 5.75. Samangan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 142

Şekil 5.76. Uruzgan şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 146

Şekil 5.77. Uruzgan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 146

Şekil 5.78. Uruzgan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. 147

Şekil 5.79. Zabul şehrinde Yakıt ve Yalıtım Malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi. 150

Şekil 5. 80. Zabul şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları. 150

Şekil 5. 81. Zabul şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……151

Şekil 6.1. Derece-Gün sayısına bağlı olarak yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları. ……...153

Şekil 6.2. Derece-Gün sayısına bağlı olarak yalıtım malzemesi türüne göre geri ödeme süreleri. 154

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Yerli yakıtların yemek pişi pişirme, mekân ve su ısıtma amaçlı kullanımı……12

Çizelge 4.1. Afganistan için hesaplamalarda kullanılan parametreler [43]…….21

Çizelge 5.1. Badakhshan Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 27

Çizelge 5.2. Badghis Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 32

Çizelge 5.3. Baghlan Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 37

Çizelge 5.4. Badghis Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 42

Çizelge 5.5. Daykundi Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 47

Çizelge 5.6. Farah Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 52

Çizelge 5.7. Faryab Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 57

Çizelge 5.8. Ghazni Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 62

Çizelge 5.9. Ghor Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 67

Çizelge 5.10. Helmand Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 72

Çizelge 5.11. Herat Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 77

Çizelge 5.12. Kabul Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 81

Çizelge 5.13. Kandahar Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 86

Çizelge 5.14. Khost Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 90

Çizelge 5.15. Kunduz Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 95

Çizelge 5.16. Laghman Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 99

Çizelge 5.17. Logar Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 103

Çizelge 5.18. Meydan Wardak Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 108

Çizelge 5.19. Nangarhar Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 112

Çizelge 5.20. Nimruz Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 117

Çizelge 5.21. Nuristan Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 121

Çizelge 5.25. Samangan Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [46]. 139

Çizelge 5.26. Uruzgan Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 143

Çizelge 5.27. Zabul Şehrinin Meteorolojik Özellikleri [45]. 147

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A : yüzey alan (m^2)

C_A : birim yüzey alan için ısıtmanın yıllık maliyeti ($/$m^2$ yıl)

C_f : yakıtın birim fiyatı ($/$m^3$ veya $/kg)

C_i : yalıtım malzemesinin birim maliyeti ($/$m^2$)

C_{ins} : yalıtım malzemesinin maliyeti ($/$m^2$)

C_t : yalıtımsız binanın toplam ısıtma maliyeti ($/$m^2$)

$C_{t,ins}$: yalıtımlı binanın toplam ısıtma maliyeti ($/$m^2$ yıl)

E_A : ısıtma için gereken yıllık enerji miktarı (J/m^2-yıl)

g : enflasyon oranı

h : ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)

h_i : iç ortamın ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)

h_d : dış ortamın ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)

H_u : yakıtın alt ısıl değeri (J/kg)

i : faiz oranı

k : ısı iletim katsayısı (W/mK)

k_{ins} : yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (W/mK)

L : duvar genişliği (m)

$m_{yakıt}$: yıllık tüketilen yakıt miktarı (kg)

N : ısıtma yapılan toplam yıl sayısı

q_A : yıllık ısı kaybı (W/m^2)

r : gerçek faiz oranı

R : ısıl direnç (K/W)

R_o : dış yüzeyin ısıl direnci (m^2K/W)

R_w : yalıtımsız duvarın ısıl direnci (m^2K/W)

R_i : iç yüzeyin ısıl direnci (m^2K/W)

R_{ins} : yalıtım malzemesinin ısıl direnci (m^2K/W)

R_{wt} : yalıtımsız bir duvar tabakasının toplam ısıl direnci (m^2K/W)

S : ömür süresi (yıl)

S_A : yıllık enerji tasarrufu ($/$m^2$-yıl)

S_T : yıllık toplam net enerji tasarrufu ($/$m^2$-yıl)

T_i : iç ortam sıcaklığı (°C)

T_d : dış ortam sıcaklığı (°C)

T_b : denge sıcaklık değeri (°C)

T_o : ortalama sıcaklık değeri (°C)

T_{min} : minimum sıcaklık (°C)

T_{mak} : maksimum sıcaklık (°C)

U : toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

x_{ins} : yalıtım malzemesinin kalınlığı (m)

η : yakma sistemi verimi (%)

∞ : sonsuz

b : temel

d : dış

İ : iç

o : ortalama

y : yalıtı

KISALTMALAR

DG : Derece-gün sayısı (°C gün)

PP : Geri ödeme süresi (yıl)

LCCA : Ömür maliyeti analizi

TS : Türk Standardı

ADB : Asya Kalkınma Bankası

USAID: Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı

STK : Sivil toplum kuruluşları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. GİRİŞ

Dünya genelinde enerji talebinin artışı ve çevre sorunları, enerji kaynaklarının daha çok verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Binaların yalıtımlı olması enerji tüketimini azalttığı için ekonomik açıdan da önem arz etmektedir. Yalnız tek bir yatırım olarak yalıtım, bir binanın yaşam döngüsü boyunca birçok kez kendini amorti eder. Enerji tüketiminin azalması aynı zamanda çevreye de fayda sağlamaktadır. Ulusal yönetmelikler, binaların ısıtma enerji ihtiyacını sınırlandırmak üzere minimum gereksinimleri şart koşmaktadır. Bu amaçla, Afganistan'ın bu konudaki ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, Afganistan'ın farklı bölgesel özellikleri için optimum yalıtım kalınlığının değerlendirilmesi yapılmıştır. Yalıtım malzemesinin kalınlığı, bölgenin ortalama çevre sıcaklığı, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve fiyatı dikkate alınarak seçilir. Yalıtım malzemesinin kalınlığının arıttırılması sadece hava kirliliğini azaltmakla kalmayarak, aynı zamanda enerji tasarrufunu da artıracaktır. Yalıtım malzemesi maliyeti ile elde edilen tasarruf arasında bir denge noktası belirlenmelidir. Bu denge noktası, optimum yalıtım kalınlığını göstermektedir [1].

Bu çalışmada, belirli bir bina kabuğu için optimum yalıtım kalınlığı, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve birim fiyatı, bölgedeki ortalama sıcaklık, ısıtma için kullanılan yakıtın birim fiyatı, yönetmeliklerle ilgili faktörler ve mevcut değer faktörü dikkate alınarak belirlenmiştir (PWF). Farklı ısıtma derece-gün bölgelerine ait olan Kabul, Belh, Herat, Tahar, Nangarhar, Kunduz, Kandahar, Faryab gibi 27 şehir

için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde yukarıda belirtilen yaklaşım kullanılmıştır. Mevcut değer faktörü, enflasyon ve faiz oranı gibi ekonomik göstergelere dayandığından, optimum yalıtım kalınlığının bir bölgeden diğerine farklılık göstermesi mümkündür. Soğuk iklime sahip olan bölgeler daha yüksek değerlere sahiptir ve bu bölgeler için gerekli yalıtım kalınlığı diğer bölgelere göre daha yüksektir. Yalıtım malzemesinin kalınlığı arttıkça ısıtma için yakıt maliyeti azalır, ancak yalıtım maliyeti olan yatırım maliyeti artar. Bundan dolayı, binaların bulunduğu bölge, yakıt tipi ve yalıtım malzemesinin uygun optimum yalıtım kalınlığını belirlemek önemlidir ve izah edilen literatürde enerjinin verimli kullanılması ile ilgili hesaplamalar genellikle optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesine yöneliktir.

1.2. AMAÇ

Afganistan'da, mevcut ve yeni yapılarda hiç veya çok az yalıtım kullanıldığı için binalardan önemli miktarda ısı kaybı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, binalarda uygun kalınlıkta yalıtım kullanılarak önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu çalışmada, Afganistan'ın farklı şehirlerinin önemli iklim değişiklikleri analiz için seçilerek optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Farklı iklim bölgelerindeki binaların ısıtma ihtiyaçları derece-gün ısıtma yöntemi ile elde edilmiştir. Çalışmadaki optimizasyon yaşam-döngüsü maliyet analizine dayalıdır. Dört farklı yakıt; kömür, benzin, dizel ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak dört farklı malzeme EPS, cam yünü, XPS ve taş yünü dikkate alınmıştır.

Çalışma neticesinde, binaların dış ve iç duvarlarına yapılan optimum yalıtım kalınlığı uygulamalarının ısıtma derece-gün sayısı, duvar tipi, kullanılan yalıtım malzemesine göre değiştiği hesaplanmıştır. Binaların bulunduğu derece-gün bölgesi, yakıt tipi ve yalıtım malzemesine en uygun optimum yalıtım kalınlığının hesaplanmasının, enerjinin korunması ve geri ödeme sürelerinin azaltılması yönünden önemli olduğu bilinmektedir. Çalışma neticesinde elde edilen veriler grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Bu çalışma amaca yönelik olarak;

1. Literatür çalışmasını,
2. Afganistan'ın 27 şehrinin ısıtma derece-gün değerlerinin hesaplanmasını,
3. Afganistan'ın iklim şartlarını göze alarak dört farklı yalıtım ve yakıt seçimini,
4. Afganistan'ın 27 ayrı şehri için optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme sürelerinin belirlenmesini,
5. Çalışmanın genel olarak değerlendirilip yorumlanmasını ve önerileri kapsamaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Ekici ve diğerleri (2011) çalışmalarında, Türkiye'deki farklı malzeme, yakıt ve iklim bölgelerine göre çeşitli dış duvar türlerinin optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Çalışmada yalıtım malzemesi olarak Fiberglas, Ekstrüde Polistiren, Ekspande Polistiren ve Poliüretan Köpük malzemelerini incelemişlerdir Çalışma sonucunda, optimum yalıtım kalınlığının 0,2 cm ile 18,6 cm ve enerji tasarrufunun 0,038 $ / m^2 ile 250,415 $/$m^2$ arasında değiştiğini ve geri ödeme sürelerinin şehre, duvar tipine yalıtım malzemesi ve yakıt maliyetine bağlı olarak 0,714 ile 9,104 yıl arasında değiştiğini belirlemişlerdir [2].

Kayınki (2018) çalışmasında, konutlarda ısıtma enerji ihtiyacı ve optimum yalıtım kalınlığını incelemiştir. Çalışmada, Yaşam ömür maliyeti (LCC) analiz yöntemi ile, farklı yakıt türleri için optimum yalıtım kalınlıklarını belirlemiştir. Sonuç olarak, ısıtma süresi uzunluğunu yakıt türlerine bağlı olarak ortalama 221 gün olup ve ortalama ısıtma toplam derece saat değeri ise 38.000 ile 55.000 arasında değişmekle birlikte 45113,2 olarak bulmuştur [3].

Özel (2012) çalışmasında, farklı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlıkları ve çevresel etkileri için maliyet analizi yapmıştır. Çalışma sonucunda, Farklı yatlım malzemelerine bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıklarının 5,4 ile 19,2 cm arasında, enerji tasarrufunun 86,26 ile 146,05 $/$m^2$ arasında değiştiğini ve geri ödeme sürelerinin 3,56 ile 8, 85 yıl arasında değiştiğini hesaplamıştır. Optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri, binanın 20 yıllık ömrü boyunca yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemini kullanarak hesaplamıştır [4].

Mahlia ve diğerleri (2010) çalışmalarında, Maldivler'deki bina duvarlarına seçilen yalıtım malzemeleri için optimum kalınlık ve hava boşluklarının maliyet faydaları ve emisyon azaltımını hesaplamıştır. Çalışma sonucunda, farklı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlıklarını tanımlayarak ve 2 cm, 4 cm ve 6 cm hava boşlukları sağlayarak, yalıtımı veya hava boşlukları olmayan bir duvarla karşılaştırdığında enerji tüketiminin ve emisyonların %65-77 civarında azaltılabileceğini ve bu nedenle önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağladığı sonucuna varılmıştır [5].

Kayfeci (2014) çalışmasında, ısıtma boru sistemleri için farklı malzemeler kullanarak enerji tasarrufu ve optimum yalıtım kalınlıklarının belirlemiştir. Çalışmada yakıt olarak doğalgaz kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda optimum yalıtım kalınlığının 0,048 ile 0,134 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Enerji tasarrufunun 10,84 ile 49,78 $\$/m^2$ arasında değiştiği tespit edilmiştir; geri ödeme süresinin ise 0,74 ile 1,29 yıl arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, 250 mm nominal çap (DN) ile Ekspande Polistiren yalıtım malzemesi en yüksek enerji tasarrufu sağlarken, en düşük değerin DN 50 mm ile Fiberglas yalıtım malzemesinde olduğu tespit edilmiştir. Isıtma sistemleri, uygun boru çaplarının seçimi ve optimum kalınlıklara sahip yalıtım malzemeleri önemli ekonomik avantajlar ve tasarruf sağladığı sonucuna varılmıştır [6].

Bolattürk (2006) çalışmasında, Türkiye'deki çeşitli yakıtlar ve iklim bölgelerine göre bina duvarları için optimum yalıtım kalınlığını belirlemiştir. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki önemli iklim değişiklikleri göz önüne alınarak, analiz için Türkiye'nin dört iklim bölgesinde 16 şehir seçilerek optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Farklı iklim bölgelerindeki binaların yıllık ısıtma ihtiyaçları, ısıtma derece-gün yöntemi ile elde edilmiştir. Optimizasyon, yaşam döngüsü maliyet analizine dayamaktadır. Beş farklı yakıt; kömür, doğalgaz, akaryakıt, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak polistiren kabul edilmiştir. Çalışma sonucunda, il ve yakıt türüne bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıklarının 2 ile 17 cm arasında, enerji tasarruflarının %22 ile %79 arasında ve geri ödeme sürelerinin 1.3 ile 4,5 yıl arasında değiştiğini göstermektedir [7].

Kayfeci ve diğerleri (2013) çalışmalarında, soğutma uygulamalarında iki farkı yöntemle dış duvarların optimum yalıtım kalınlığını belirlemişler. Yöntemlerden biri, bir binanın yıllık enerji tüketimini tahmin etmenin en basit ve en sezgisel yolu olan derece-saat yöntemidir (yöntem 1). Diğeri ise, sistemin yıllık eşdeğer tam yük soğutma saatleri işletimini kullanan yöntemdir (yöntem 2). Çalışmalarında bu yöntemlerin doğruluğunu değerlendirmek için bir yaşam Döngüsü Maliyeti analizi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışama sonucunda, yöntem 2'de kullanım ömrü tasarruflarının %44'e kadar fazla hesaplandığını, optimum yalıtım kalınlığının ve geri ödeme süresinin Yöntem 1'de sırasıyla %74 ve %69'a kadar yüksek hesaplandığı göstermektedir [8].

Uçar ve Balo (2010) çalışmalarında, dört farkı yalıtımlı dış duvarda enerji tasarrufu ve optimum yalıtım kalınlığını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, enerji maliyeti tasarruflarının şehre ve yalıtım malzemelerine bağlı olarak 4,2 $/m^2 ile 9,5 $/m^2 arasında değiştiğini göstermektedir. En yüksek geri ödeme süresi değeri 2,25 yıl ile Mersin'de ısınmada enerji kaynağı olarak doğalgazın kullanılmasıyla bulunurken, en düşük değere Bitlis'te enerji kaynağı olarak LPG kullanılmasıyla ulaşılmıştır [9].

Özel (2019) çalışmasında, cam alanının farklı duvar yönleri için optimum yalıtım kalınlığına etkisini incelemiştir. Güneye bakan bir duvarın optimum yalıtım kalınlıklarının, tek cam durumunda cam alanı yüzdesinin %0, %2, %40 ve %60 değerleri için sırasıyla 8.5, 4, 3.5 ve 2,5 olarak elde edilmiştir. Çalışma sonunda, duvardaki cam alanının, cam türü ve duvar yönelimlerinin iletim yükleri ve optimum yalıtım kalınlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır [10].

Özkan ve diğerleri (2011) çalışmalarında, Türkiye'deki çeşitli iklim bölgeleri için binalardaki farklı cam alanları için yalıtım kalınlığının optimizasyonunda yalıtım kalınlığının artmasının binalardaki enerji tüketimini azaltacağını ve bunun sonucunda, CO_2 ve SO_2 gibi yanma ürünlerinin emisyon oranlarının azalacağını belirtmişlerdir. Yakıt olarak doğal gaz ve optimum yalıtım malzemesi ekstrüde polistiren uygulanarak, CO_2 emisyonlarının %50,91 oranında azaltılacağı, akaryakıt ve optimum yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren kullanıldığında, CO_2 ve SO_2 emisyonları %54,67 oranında azalmakta olduğu sonucuna varılmıştır [11].

Dombaycı ve diğerleri (2006), farklı enerji kaynakları kullanımı neticesinde, dış duvarlar için yalıtım kalınlığının optimizasyonunu yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, optimum enerji kaynağı olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak Ekspande polistiren belirlenmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı kullanıldığında, yaşam döngüsü tasarrufu ve geri ödeme süresi sırasıyla 14.09 $/m^2 ve 1,34 yıl olduğu sonucuna varılmıştır [12].

Kalelioğlu ve diğerleri (2021) çalışmalarında, Hindistan'ın orta enlem bozkır ve çöl iklimi bölgesi için farklı yalıtım malzemelerinin optimum yalıtım kalınlığı değerlendirmişlerdir. Çalışma Hindistan iklim coğrafyasındaki Jaipur vilayeti için yapılmıştır. Bölgenin iklim özellikleri Orta Enlem Bozkırı ve çöl iklimidir. Soğutma derece gün değeri T > 24 °C kabul edilerek dış duvardaki enerji ihtiyacı ve ısı kayıpları belirlenmiştir. İki farklı yalıtım malzemesinin XPS ve EPS için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi, yıllık getiri ve yıllık dönüş oranı sırasıyla 0.0383-0.0731, 2.35-1.79, 10.95-12.95, 46.84-37,25 olarak hesaplanmıştır [13].

Axaopoulos ve diğerleri (2014) çalışmalarında, rüzgârın hızı ve yönü dikkate alınarak farklı yönlerde dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığını incelemişlerdir. Yaşam döngüsü tasarruf yöntemine dayalı bir ekonomik analiz her konfigürasyon, çeşitli yalıtım malzemesi kalınlıkları ve farklı yönler için yapılmıştır. Her tür duvar ve yönlendirme için optimum yalıtım kalınlığının 7,1 cm ile 10,1 cm arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, bir duyarlılık analizi ile, ekonomik parametrelerdeki değişikliklerin optimum yalıtım kalınlığını etkilediğini sonucuna varılmıştır [14].

Şişman ve diğerleri (2007) çalışmalarında, Türkiye'nin farklı derece-gün bölgelerinde dış duvar ve çatı (tavan) için optimum ısı yalıtım kalınlıklarını belirlemişlerdir. 825 sayılı Türk Standardına (TS 825) göre dört farklı derece-gün bölgesi bulunmaktadır ve bu bölgelerdeki binalar için gerekli ısı yükleri büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, farklı derece-gün bölgelerinin optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi için maliyet esaslı bir yönteme ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı derece-gün bölgeleri olan İzmir (DD: 1450), Bursa (DD: 2203), Eskişehir (DD: 3215)

ve Erzurum (DD: 4856) için optimum yalıtım kalınlıkları sırasıyla 0.033 m, 0.047 m, 0.061 m ve 0.080 m olarak belirlenmiştir [15].

Çomaklı ve Yüksel (2003) çalışmalarında, enerji tasarrufu için dış duvarların optimum yalıtım kalınlığını incelemişlerdir. Erzurum, Kars ve Erzincan gibi Türkiye'nin en soğuk illeri için optimum yalıtım kalınlığı araştırılmıştır. Optimizasyon, yaşam döngüsü maliyet analizine dayanmaktadır. Sonuç olarak, optimum yalıtım kalınlığı uygulandığında önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanacağını ve Erzurum için 12.113 $/m^2 tasarrufun sağlanabilir olduğu sonucuna varmışlardır [16].

Özel (2011) çalışmasında, farklı yapı malzemelerine sahip bina duvarlarının ısıl performansı ve optimum yalıtım kalınlığını derece-gün yöntemiyle karşılaştırılmıştır. İnceleme, güneye bakan duvar ve Türkiye'nin Elâzığ ilinin iklim koşulları için yürütülmüştür. Sonuçlar, beş farklı yapı malzemesi ve iki farklı yalıtım malzemesine bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıklarının 2 ile 8,2 cm arasında, enerji tasarruflarının 2.78 ile 102.16 $/m^2 arasında, geri ödeme sürelerinin ise 1.32 ile 10.33 yıl arasında değiştiğini göstermiştir [17].

Dongmei ve diğerleri (2012) çalışmalarında, farklı iklimlerde dış duvar yalıtım kalınlığının yıllık soğutma ve ısıtma enerjisi kullanım miktarlarına etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar, Pekin iklimi altında tüm yönlere bakan dış bölgelerde dış duvar yalıtım kalınlığını artırarak enerji tasarrufunun önemli olduğu, ısıtma enerjisi kullanımının baskın olduğunu ve yalıtım kalınlığındaki artışla önemli ölçüde azaltılabileceğini gösterdi. Şanghay'ın iklimi altında, dış duvar yalıtım kalınlığının 26 mm'nin üzerine çıkarılması, güneye bakan dış bölgede yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımlarının toplamını azaltmayacak, ancak diğer üç yöne bakan dış bölgelerde enerji tasarrufuna yardımcı olacaktır. Ancak, Guangzhou iklimi altındaki tüm dış bölgeler için, dış duvar yalıtım kalınlığını artırarak yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımlarının toplamını azaltmak pek mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır [18].

Yıldız ve diğerleri (2008) çalışmalarında, binalarda ısı yalıtım kalınlığının ekonomik ve çevresel analizlerini iki farklı yer için incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, kıyıların

daha ılıman iklimini temsil eden bir kent olarak İzmir, iç kesimlerin daha soğuk iklimlerini temsil eden bir kent olarak Ankara seçilmiştir. Kömür kullanan sistemler gibi ucuz ısıtma sistemleri için geri ödeme sürelerinin çok uzun olduğu ve bazen yalıtım malzemesinin ömründen daha uzun olduğu bulunmuştur. Ancak, çevre sorunları düşünüldüğünde, yalıtım her halükârda hükümetler tarafından uygulanmalı ve teşvik edilmelidir [19].

Evin ve Uçar (2019) çalışmalarında, Türkiye'de konut binalarında zarf yalıtımının enerji etkisi ve eko-verimliliğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, yalıtım kalınlığının artması ilk yıllık yakıt tüketimi azalacak ve böylece yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlar azalacaktır. Bu çalışma dört katlı konut binasına uygulanmış, ancak aynı metodoloji diğer bina türlerine ve farklı iklim koşullarına da uygulanabilir. Ayrıca, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, farklı iklimlerde bina zarfları için yalıtım tipi seçiminde yol gösterici olacağı sonucuna varılmıştır [20].

Gonzalo ve diğerleri (2017) çalışmalarında, enerji talebini azaltmak için bina kabuğunda yalıtım malzemelerinin çevresel ve maliyet performansı, kalınlık optimizasyonu incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, metodolojiyi İspanya'daki tek ailelik bir eve uyguladıktan ve bir duyarlık analizi gerçekleştirdikten sonra sonuçlar, koyun yünü ve geri dönüştürülmüş pamuğun, geleneksel olarak kullanılan mineral ve cam yünü ile birlikte analiz edilen yalıtım malzemeleri arasında en yüksek eko-verimlilik performans sundukları için inşaat sektöründe teşvik edilmesi gerektiği ortaya koyulmuştur. Eko-verimlilik bağlamında, yönetmelik standartlarına kıyasla enerji talebinde %40'a varan azalmalar sağlanabileceği sonucuna varılmıştır [21].

Mohsen, farklı yalıtım malzemelerini kullanarak, ısıtma enerji ihtiyacını hesaplamıştır. Çatı ve duvar yalıtımında EPS kullanıldığında %76,8'e kadar enerji kazancı sağlamıştır [22].

Kürekçi ve ark., ömür maliyet analizi yöntemini kullanarak 81 il için optimum yalıtım kalınlığı değerlerini analiz etmişlerdir. Dıştan yalıtımlı duvar modelinde iki farklı yakıt türü (doğal gaz, kömür) ve beş farklı yalıtım malzemesi (taş yünü, cam yünü, EPS,

XPS, poliüretan) için optimum yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri ve enerji tasarruflarını hesaplamışlardır [23].

Gürel ve Cingiz, yalıtım uygulamalarında en fazla kazancın elde edildiği optimum noktayı bulmak için yatay delikli duvarlardan gerçekleşen ısı kayıplarını belirlemişlerdir. Çalışmada, ömür maliyeti analizine (LCCA) göre ısı yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri ve enerji tasarrufları belirlenmiştir [24].

Çamur, EPS ve taş yünü ısı yalıtım malzemelerini çevresel etkilerini GaBi 4 yazılımını kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada, olumsuz çevresel etkilerin en çok üretim evresinde olduğu ve EPS'nin taş yününe göre daha çevre dostu bir ürün olduğu ortaya koyulmuştur [25].

Dylewski ve Adamczyk, ısıtma maliyetinin ekonomik ve ekolojik özelliklerini incelemişlerdir. Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken ekonomik özelliklerin yanında ekolojik özelliklerin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır [26].

Yu ve ark., Çin'de sıcak ve soğuk iklim bölgelerinde bulunan 4 şehirde beş farklı yalıtım malzemesi (XPS, PUR, EPS, Polivinil klorür, perlit) için optimum yalıtım kalınlığı değerlerini hesaplamıştır. Optimum yalıtım kalınlığı değerlerinin 5,3-23,6 cm arasında değiştiği sonucuna varılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda en ekonomik yalıtım malzemesinin EPS olduğu tespit edilmiştir [27].

Mishra ve ark., Hindistan'da üç farklı duvar malzemesi (taş, tuğla, beton), iki farklı yalıtım malzemesi (cam yünü, XPS) ve beş farklı yakıt türü (kömür, doğal gaz, LPG, akaryakıt, elektrik) için optimum yalıtım kalınlığı değerlerini hesaplamışlardır. Optimum yalıtım kalınlığı değerleri 3.14–8,47 cm arasında değişmiştir. Isıtma yükleri, derece-gün yöntemi kullanılarak enerji tasarrufu miktarları hesaplanmıştır [28].

Bu çalışmada, Afganistan'daki tüm iklim bölgelerinin göz önünde bulundurulabilmesi amacıyla 27 şehir için, dıştan yalıtımlı duvar yapısı üzerinde dört farklı yalıtım malzemesi kullanılarak toplam maliyet, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf miktarları ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Farklı şehirler için elde edilen

sonuçlar ayrı ayrı incelendikten sonra, optimum yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süresi için şehirlerin karşılaştırılması da grafikler üzerinde uygulanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı, enerjinin korunması ve geri ödeme sürelerinin düşürülmesi için binanın bulunduğu ısıtma derece-gün bölgesi yani iklimsel özelliklerin, yalıtım malzemesi seçiminde önemli olduğu tespit edilmiştir.

BÖLÜM 3

AFGANİSTAN'IN ENERJİ KULLANIMI VE İKLİMSEL ÖZELLİKLERİ

3.1. AFGANİSTAN'IN ENERJİ KULLANIMI

Afganistan mevcut enerji ihtiyacını ağırlıklı olarak hidroelektrik enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Bunun birlikte, bir miktar enerji ihtiyacını da termik santrallerden üretmektedir ve bu santrallerde dizel yakıt kullanılmaktadır. Son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yürütülmektedir [29].

Afganistan'da enerji üretimi ve tedariki, ülkenin hasarlı ve parçalanmış elektrik üretim ve dağıtım altyapısının yanı sıra ithal petrol ürünlerine olan yüksek bağımlılığı nedeniyle çok istikrasız. Enerji ve su Bakanlığı gibi birkaç yerel kurum; Maden Bakanlığı, kırsal Rehabilitasyon ve kalkınma Bakanlığı; Ticaret ve Sanayi Bakanlığı ve Kentsel Kalkınma, Maliye ve Ekonomi Bakanlıkları ülkenin enerji sektörünün yeniden inşasında yer almaktadır. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı (USAID) ve Asya Kalkınma Bankası (ADB) gibi bağış kuruluşlarının yanı sıra çeşitli sivil toplum kuruluşları (STK'lar) rehabilitasyon ve kalkınma çabalarını desteklemektedir [30].

Afganistan yerli petrol ve doğal gaz kullanıyor olsa da ülkenin uzun süredir devam eden siyasi istikrarsızlığı nedeniyle kuzeydeki potansiyel rezervler henüz kullanılmamış durumdadır. Afganistan ayrıca çoğu kuzeyde Herat ve Badahşhan şehirleri arasında bulunan yerli kömür kullanmaktadır. Bunun birlikte, bu enerji kaynakları, en büyük iki tedarikçi olan katı biokütle ve petrol ile karşılaştırıldığında ülkenin enerji portföyünün küçük bir bölümünü oluşturmaktadır [31].

Biokütle kaynakları yerli olup, motorin, benzin ve jet yakıtı gibi petrol ürünleri komşu ülkelerden (başta Pakistan ve Özbekistan, sınırlı miktarda ve İran'dan) ithal edilmektedir. Komşu ülkelerden de ithal edilen elektrik, ülkenin enerji karışımının en küçük kısmını sağlamaktadır. Eylül 2009 itibariyle, kentsel merkezlerdeki hanelerin yaklaşık %15'inin elektriğe erişimi vardır, ancak kırsal hanelerin yalnızca %6'sının elektriğe erişimi vardır [31].

Ev düzeyinde, katı biokütle kaynaklarının kullanımı-yakacak odun, odun kömürü, hayvan gübresi ve mahsul artıkları-çok yüksektir, toplamın yaklaşık %90'ı (Çizelge 3.1) yakacak odun, yerli yakıtın %65'ini sağlar. Anekdot niteliğindeki kanıtlar ve tarihi kaynaklar, kırsal nüfusun yemek pişirme ve ısınma için neredeyse tamamen biokütle yakıtlarına bağımlı olduğunu, aydınlatmanın ise gazyağı ile sağlandığını göstermektedir. Kentsel alanlarda, yakacak odun tüketimini ve bunun sonucunda ortaya çıkan hava kirliliğini dengelemek için sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) kullanma yönünde bir baskı vardır.

Çizelge 3.1. Yerli yakıtların yemek pişirme, mekân ve su ısıtma amaçlı kullanımı [32].

Ev Yakıtı	**Keton/yıl**	**Genel evsel kullanım payı (%)**
Yakacak Odun	6,145	65
Kömür/diğer	1,013	25
Kömür	122	3
Gazyağı	55	2
LPG	135	5

Nüfusun çoğu için yüksek rakım ve şiddetli kış koşulları, kişi başına çok yüksek yakacak odun ve odun kömürü tüketimine neden olur ve bu, bazı durumlarda haneler için 10 ton/Yılı'n üzerine çıkar. Yardım çalışanları, Kabil ve çevresinde akut yakacak odun kıtlığına tanık olmuşlar ve kırsal alanlardaki sıradan hanelerin genellikle yemek pişirmek için yeterli yakıttan yoksun olduğuna dair genel bir endişe vardır. Şehirlerin dışında, biokütle katı yakıtları, diğer seçenekler sunulana kadar büyük olasılıkla tercih

edilen yakıt olarak kalacaktır. Bununla birlikte, daha zengin ailelerin enerji portföylerinin bir parçası olarak genellikle fosil yakıt seçenekleri vardır. Katı biokütle, kuru yakacak odun eşdeğeri (yani 18 GJ/t) temelinde hesaplanırsa, 5,95 milyon tona karşılık gelir. Gerçek 5 tonaj bundan daha büyüktür, çünkü buğday samanı, gübre ve çalılar gibi tarla artıkları daha düşük bir ısıl değere sahiptir. Karşılaştırma için, Afganistan'ı beslemek için kullanılan biokütle miktarı, 2007'de hasat edilen buğday tonajının neredeyse 1150%'sidir [33].

Katı durumu birçok nedenden dolayı dikkat gerektirir. Katı yakıt kullanımı büyük sağlık sorunlarıyla ilişkilidir ve Afganistan'daki doğal kaynakların tükenmesinin bu aşamasında, sürekli olarak yakacak odun ve çalı toplamının yanı sıra kuru gübre kullanımı çölleşme riskini artırmaktadır. Yakın tarihli bir örnek, Badghis şehrindeki fıstık ormanlarının yakacak odun için yok edilmesidir [33].

Bu analiz, katı yakıt olarak gübre kullanımının, verimde ve besin değerlerinin korunmasında eşlik eden bir iyileştirme ile anaerobik çürütme ile değiştirilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, yakacak odun temini büyük bir endişe kaynağıdır.

Yakacak odun kıtlığı sorunlarını çözmek için üçlü bir yaklaşım uygulanabilir. Her şeyden önce, Afganistan'ın bir yandan yemek pişirmek için ve diğer yandan alan ısıtmak için aynı hizmeti sunarken enerji talebini azaltması gerekiyor. STK'ların çabaları, kuzey veya yüksek bölgelerdeki binaların yalıtımının yakacak odun tüketimini doğrudan olumlu yönde etkileyeceğini, fırınlar da dahil olmak üzere iyileştirilmiş ocakların da tüketimin azaltılmasına yardımcı olacağını belirledi (Nienhuys 2009). Ayrıca, ağaç ve çalı dikilmesiyle sağlanabilecek artan yakacak odun kaynaklarına da ihtiyaç vardır [33].

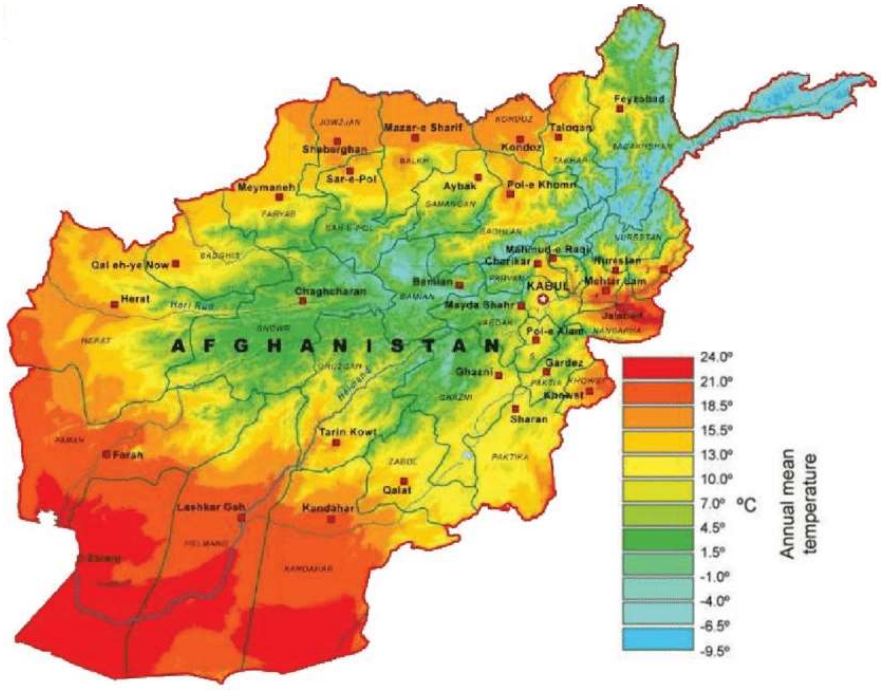
3.2. AFGANİSTAN'IN ÖZELLİKLERİ

Afganistan coğrafi konum olarak denize yolu yoktur. Orta Asya ve Güney Asya'nın ortasında bulunmaktadır ve bu iki çok önemli Asya coğrafyanın köprüsü konumunu taşımaktadır. Öte yandan İran gibi Orta Doğu ülkesiyle de sınırı bulunmaktadır.

Afganistan iklim olarak yılda dört mevsimi yaşamaktadır. Yüksek dağlı bölgeler, ormanlık alanlar ve su kaynağının fazla olması onu diğer komşularından ayırmaktadır. 652864 km^2 alanı vardır ve arazi büyüklüğü açısından dünyanın 41. ülkesidir [29]. Afganistan'ın denize uzaklığı, rakım, enlem, dağlar, rüzgarlar ve yüksek basınç nedeniyle kuru bir iklime sahiptir. Şekil 3.1'de Afganistan'ın yıllık ortalama hava sıcaklığının dağılımı, Çizelge 3.2'de ise Afganistan şehirlerinin rakım, enlem, boylam ve HDD değerleri verilmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 26,4 cm ve bağıl nem 33% illa 61% arasındadır, yağışlı gün sayısı yılda 22 ile 23 günü geçmez ve bu yağışların çoğu kış başında görülür [33].

Mevcut modeller, küresel emisyon senaryolarına bağlı olarak 2090'larda 2 °C ile 6,2 °C arasında ortalama sıcaklık artışları ile Afganistan'ın tüm bölgelerinde önemli bir ısınma olduğuna gösteriyor. Isınma en hızlı ilkbahar/yaz aylarında gerçekleşir ve bu eğilim Afganistan'ın kuzey ve orta ovalarında kendini gösterir. Bu artışlar, Orta Asya'da gözlemlenen geniş bölgesel sıcaklık eğilimleriyle de tutarlıdır. Tüm tahminler, özellikle yaz aylarında, mevcut iklimde "sıcak" olarak kabul edilen gün ve gecelerin sıklığında önemli artışlar olduğunu gösteriyor [33].

2030'lara kadar ısınma miktarı küresel emisyon senaryolarına duyarlı değildir. Ortalama yıllık sıcaklığın, 1970-1999'a kıyasla 2060'larda 1,4 ila 4,0°C ortalama artması bekleniyor. 2090'a kadar, herhangi bir emisyon senaryosu altında 2090'lara kadar olan tahmin aralığı 1,5 ila 2,5°C civarındadır. Potansiyel yıllık sıcaklık artışlarının. Potansiyel yıllık sıcaklık artışlarının aralığı, küresel emisyon senaryolarından belirgin şekilde etkilenir [33].



Şekil 3.1. Afganistan'ın yıllık ortalama hava sıcaklığının dağılımı [34].

Çizelge 3.2. Afganistan şehirlerinin rakım, enlem, boylam ve HDD değerleri [34].

Şehirler	**Rakım (m)**	**Enlem**	**Boylam**	**HDD**
Herat	1384.51	34.3557	62.2015	2027,6
Kandahar	1052.32	31.6251	65.7315	1129,5
Kabul	2088.45	34.5382	69.154	2771,0
Badakhshan	2276.96	37.1198	70.6838	3476,5
Balkh	819.19	36.7195	67.1014	3896,0
Samangan	946.0	36.2884	68.0053	1820,4
Baghlan	1070.23	36.1238	68.7256	1715,2
Daykundi	2877.85	33.9511	66.6023	4338,8
Meydan wardak	3282.63	34.6307	67.6034	5662,1
Paktiya	2479.51	33.6052	69.2568	3444,7
Nimruz	573.72	31.0492	62.3986	819,2
Nuristan	4193.56	36.0661	70.7269	8083,9
Logar	2490.94	34.0979	69.0612	3442,4
Laghman	2632.04	34.8893	70.2693	3803,1
Paktika	2479.51	33.6055	69.251	3443,6
Zabul	1750.96	32.0652	66.9768	1869,3
Konduz	700.28	36.628	68.9179	1434,1

Takhar	1409.68	36.7415	69.5661	248,3
Meymaneh	1066.97	35.9145	64.9106	1985,0
Ghor (Chaghcharan)	2689.8	34.3512	65.3116	4217,4
Badghis (QalehNow)	1259.92	34.9623	63.2476	2274,9
Helmand (LashkarGah)	850.82	31.5924	64.3956	1014,4
Farah	880.84	32.2984	62.5637	1074,7
Oruzgan	2791.03	32.9738	66.689	3759,2
Ghazni	2398.3	33.5583	68.4448	3347,9
Khost	1741.12	33.2562	69.9712	1968,5
Panjsher	3733.19	35.6743	70.0138	6892,6
Jalalabad	1260.05	34.4174	70.4903	1360,2

Kısa vadede, ortalama yağışın, yaklaşık 10-20 mm'den biraz fazla olsa da küçük bir artış göstereceği tahmin edilmektedir. Şekil 3'teki yıllık ortalama yağış değişimleri: 3 emisyon senaryosu altında sıcaklıkta 2100'e değişim (1970-99 ortalamasına kıyasla) 2090'lar, Afganistan'ın çoğunda koşulların genellikle daha kuru (10-40 mm arasında) olduğunu göstermektedir. Kurumun çoğu, ilkbahar yağışlarındaki azalmalardan kaynaklanmaktadır. Kışların Güney'de önemli ölçüde daha kurak olması bekleniyor. Farklı modellerden elde edilen ortalama yıllık yağış tahminleri, düşüşleri göstermede büyük ölçüde tutarlıdır.

BÖLÜM 4

ISI YALITIMI VE TEORİK YAKLAŞIMLAR

4.1. YAPILARDA ISI YALITIMI

Isı yalıtımı yapıların çatı, döşeme ve dışa bakan tüm duvarlarına ısı geçirmeyen malzeme uygulanmasıyla yapılır. Pencerelerde de özel kaplamalı yalıtım camı üniteleri ve yalıtımlı doğramalar kullanılır. Isı yalıtımı binaların içinden veya dışından uygulanabilir. Yapıda kullanılacak malzemelerin karakteristiklerinin araştırılması, incelenmesi ve analiz bulgularının irdelenmesi, deneysel ve gözlemsel bulgularla sağlanabilmektedir [35].

Günümüzde optimum bir malzemeyi seçebilmek amacıyla, aşağıda verilen bazı fiziksel faktör ve parametreler bir yapı ve/veya kaplama elemanı olarak belirlenmelidir.

Bunlar;

- Isı iletim katsayısı değeri,
- Isı depolama kapasitesi,
- Havanın (hidroskopi) veya malzemelerden nem alma yeteneği ve eğilimi,
- Malzeme içerisinde nem iletme özelliği (su iletme özelliği, kapiler iletim özelliği),
- Nemli malzemenin kuruma konusunda davranışı (nem desorpsiyonu),
- Ses emme-yutma ve bunu uzun süre koruma yeteneği,
- Nem etkisi altında malzemenin dayanıklılığı,
- Değişken sıcaklık ve nem etkileri altında şekil ve hacim değişikliğine olan eğilim,
- Malzemenin yüksek ve düşük sıcaklıklara dayanım özelliği

- Sertlik, ısı ve nem etkisi altında değişimiyle ilgili özellikler,
- Korozyona karşı dayanıklılık,
- Yapısını koruma özelliği,
- Kimyasal maddelere karşı dirençlilik (asitlerden, alkalilerden ve organik çözücülere karşı etkilenmezlik),
- Eskimezlik (bozunuma),
- Yüksek dekoratif özellik,

Hava şartlarına dayanıklılık ve Malzemenin yapısal doku durumudur [35].

4.2. ISI YALITIM MALZEMELERİNİN SAHİP OLMASI BEKLENEN ÖZELLİKLER

Yalıtımı yapılmış bir binanın yıllık toplam enerji tüketim maliyetini etkileyen; yalıtım ve yakıt maliyetleri olmak üzere iki parametre vardır. Binalarda yalıtım kalınlığının artmasına bağlı olarak ısı kaybı veya kazancı azalır. Bu yüzden birim alanı ısıtmak ya da soğutmak için gerekli enerji ihtiyacı azalır ve toplam maliyet düşer. Ancak, yalıtım kalınlığının gereğinden fazla arttırılması yalıtım maliyetini arttırır. Bu durumda yüksek yalıtım maliyeti nedeniyle belli bir noktadan sonra toplam maliyet artmaya başlar. Toplam maliyetin minimum olduğu bu nokta optimum yalıtım kalınlığı değeri olarak ifade edilmektedir [35].

Yalıtım malzemesinin seçimi ve kalınlığı, aşağıdaki gibi bir dizi faktöre dayanmaktadır:

- İklim
- Yalıtım Kolaylığı
- Dayanaklık
- Maliyet
- Isı Transferi Mekanizması
- Binanın Yönü

Optimum ısı yalıtım kalınlığı değerinin belirlenmesi amacıyla kullanılabilecek yöntemlerden biri yaşam döngüsü-maliyet (Life Cycle Cost-LCC) analiz yöntemidir.

Yaşam döngüsü-maliyet analizi genellikle bina projelerine uygulanır. LCC kavramı hem yalıtım malzemelerinin maliyetini hem de yakıtları doğrudan etkileyen faiz ve enflasyondaki değişimin etkilerini alabilmek için optimum yalıtım kalınlığını belirlemek için kullanılmaktadır. Binalarda ısı kayıpları genellikle dış duvar yüzeyinden, pencerelerden, tavandan ve hava infiltrasyonu ile meydana gelmektedir. Yapılan çalışmada ısı kayıplarının sadece dış duvar yüzeyinden meydana geldiği ve dış duvarın sandviç duvar olarak adlandırılan kompozit yapıya sahip bir duvar modeli olduğu kabul edilmiştir [35].

4.3. ISI YALITIMININ OPTİMUM EKONOMİK KALINLIĞI

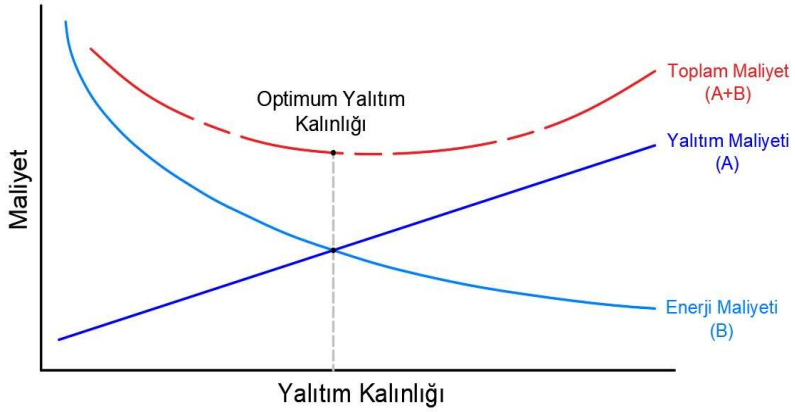
Daha fazla kullanılan ısı yalıtım kalınlığı mutlaka daha iyi anlamına gelmez. Optimum ekonomik yalıtım kalınlığı, eklenen yalıtım artışının maliyetinin, proje ömrü boyunca artan enerji tasarrufuyla dengelendiği yalıtım kalınlığı olarak tanımlanabilir (azalan getiri ilkesi) [36].

Isı yalıtımı her bina türü için her zaman aynı etkinliğe sahip değildir. Etkinliği ve ekonomik değeri, Şekil 4.1'de gösterildiği gibi, aşağıdakilerin bir fonksiyonu olan yaşam döngüsü maliyeti (LCC) analizi yoluyla en iyi şekilde belirlenebilir:

- Bina tipi, işlevi, boyutu, şekil ve yapısı.
- Yalıtılacak yapı bileşeni (duvar, çatı, vs.)
- Sitedeki yerel iklim koşulları.
- Kullanılan yalıtım türü.
- Yalıtım maliyeti (malzeme ve kurulum maliyetler).
- Klima sisteminin tipi ve verimliliği kullanılmış.
- Kullanılan enerjinin türü ve maliyeti (enerjinin değeri kaydedildi).
- Bakım maliyeti.

Bazı yalıtım malzemeleri, zaman içinde beklenen oturmayı (Örn. örtü tipi yalıtım) telafi etmek ve/veya değişen çalışma sıcaklıklarında nominal ısıl direnci elde etmek için daha yüksek kalınlıkta monte edilmesini gerektirebilir.

Yalıtım kalınlığı arttıkça yakıt maliyetinin düştüğü görülmektedir. Toplam maliyet, yakıt ve yalıtım malzemesi maliyetinin toplamıdır. Diğer taraftan yalıtım maliyeti, yalıtım kalınlığı ile doğrusal olarak artmaktadır. Minimum toplam maliyetteki yalıtım kalınlığı, optimum yalıtım kalınlığı olarak alınır .



Şekil 4.1. Optimum yalıtım kalınlığı ile maliyetlerin ilişkisi [36].

Yalıtım maliyeti yalıtım kalınlığı ve yalıtım malzemesinin birim fiyatının çarpımı ile hesaplanmaktadır. Yalıtım kalınlığının artması ile yalıtım maliyeti artar sonuçlar optimum yalıtım kalınlığına ulaşıldığında enerji maliyetinin azaldığını ve toplam maliyetin minimumda olduğunu göstermiştir [36].

4.4. TEORİK ANALİZ

Bina özellikleri, iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları, ısıtma sisteminin karakteristik özellikleri, iklim koşulları, dış hava sıcaklığı, güneş ışınımının yoğunluğu ve iç ısı kazanımları binaların ısıtma yükünü etkileyen faktörler arasındadır. Optimum ısı yalıtım kalınlığı sadece dış duvarlardaki kayıplar dikkate alınarak hesaplanır ve ısı köprüleri ihmal edilir.

Binalarda artan yalıtım kalınlığı ile ısı kaybı dolayısıyla, ısıtma yükü ve yakıt maliyeti azalır. Ancak, kalınlığın artması yalıtım maliyetinin artması demektir. Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet, belirli bir değerine kadar azalır; bu

seviyeden sonra artar. Toplam maliyetin minimum olduğu değer optimum yalıtım kalınlığını verecektir.

Afganistan şartlarında yapılacak teorik analizler için Çizelge 4.1'de verilen özellikler göz önünde bulundurulmuştur. Bu özellikler Ocak/2022 verilerinde oluşmaktadır [37].

Yalıtım malzemesi olarak dört farklı malzeme (Taş Yünü, EPS, XPS ve Cam yünü) ve dört farklı yakıt türü (Kömür, Benzin, Dizel ve Elektrik) seçilerek grafik üzerinde analiz edilmiştir. Analiz edilen Afganistan şehirleri için hesaplamalarda Şekil 4.2'de gösterilen sandviç duvar yapısı seçilmiştir. Sandviç duvar, iki tuğla tabakası arasına bir yalıtım tabakası ve her iki tarafta da bir sıva tabakasının sıkıştırıldığı bir yapıdır. Yapılan çalışmada elde verilerin grafiksel ifadesi için MATLAB 2017'a programı kullanılmıştır.

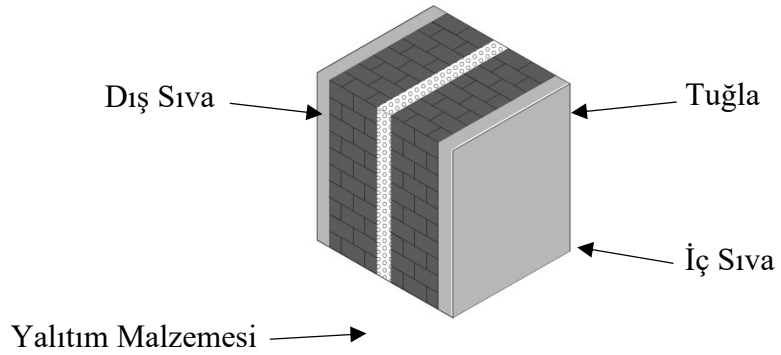
Çizelge 4.1. Afganistan için hesaplamalarda kullanılan parametreler [37].

Yakıt tipi	Fiyat [(1)]	H_u	η
Kömür	0.2 $/kg	29295000 J/kg	0.65
Benzin	0.875 $/litre	44000000 J/kg	0.93
Dizel	0.714 $/litre	42000000 J/kg	0.8
Elektrik	0.036$/kW h	3599000 J/kW h	0.99

Yalıtım Malzemeleri	Yoğunluk (kg/m^3)	İletkenlik (W/mK)	Fiat ($/$m^3$)
Taş Yünü	93	0.035	65
EPS	25	0.04	40
XPS	30	0.028	95
Cam yünü	30	0.035	50

Diğer parametreler	
R_{wt}	0.65
Faiz oranı, I	12.141%
Enflasyon oranı, d	5.61%
Ömür N	10

(1) Ocak /2022



Şekil 4.2. Sandviç duvarın yapısı [38].

Birim alandan dış duvarlarda oluşan ısı kayıpları,

$$q = U.(T_b - T_o) \tag{4.1}$$

"U" (W/m^2K) toplam ısı transfer katsayısı, "T_b" temel sıcaklık ve "T_o" günlük ortalama sıcaklıktır. Yıllık ısı kaybı "U" Eşitlik 2'de verilen birim alandaki ısıtma derece gün sayısı (DDN) ile hesaplanır. [17, 18].

$$q_A = 86400.DDN.U \tag{4.2}$$

Dış duvar yüzeyinin oluşturduğu ısı kaybı nedeniyle, ısıtma için ihtiyaç duyulan yıllık enerji miktarı "E_A" (J/m^2-yıl) yıllık ısı kaybının yakıt sisteminin verimine oranı ile elde edilir [19]. Isıtma için gereken yıllık enerji miktarında, boru vb. dağıtım sistemleri yakıt sisteminin verimliliği kadar etkili olacaktır.

$$E_A = \frac{(86400.DDN.U)}{\eta} \tag{4.3}$$

Tipik bir duvar için genel ısı transfer katsayısı Eşitlik 4'teki gibi hesaplanır:

$$U = \frac{1}{(R_i + R_w + R_{ins} + R_o)} \tag{4.5}$$

Burada "R_i" ve "R_o" sırasıyla içi dış yüzeylerin ısıl dirençlerini "R_w" yalıtımsız duvar parçalarının ısıl direncini ve "R_{ins}" yalıtım malzemesinin ısıl direncini ifade eder ve Eşitlik 5 ile hesaplanır.

$$R_{ins} = \frac{x_{ins}}{k_{ins}} \tag{4.5}$$

Eşitlik 5'teki gibi "x_{ins}" yalıtım malzemelerinin kalınlığını ve "k_{ins}" ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını ifade eder. Yalıtımsız bir duvar tabakasının toplam ısıl direnci R_o, R_w ve R_i toplamında kabul edilirse Eşitlik 4, Eşitlik 6'ya dönüşür.

$$U = \frac{1}{(R_{wt} + R_{ins})} \tag{4.6}$$

Sonuç olarak, ısınma için kullanılan yıllık enerji miktarı (kJ) Eşitlik 7 ile elde edilir [14, 19].

$$E_A = \frac{86400.DDN}{(R_{wt} + R_{ins}).\eta} \tag{4.7}$$

Birim alanın ısıtılması için kullanılan enerji maliyeti Eşitlik 8'i kullanarak elde edilir [14, 17, 19].

$$C_A = \frac{86400.DDN.C_f}{(R_{wt} + R_{ins}).H_u.\eta} \tag{4.8}$$

Burada "C_f" ($/kg) yakıt maliyetini, "$H_u$" (J/kg) ise alt ısıl değeri ifade eder. Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken çalışma ömrü maliyet analizi (LCCA) kullanılmıştır ve toplam ısınma maliyeti, yaşam süresi (N) ve şimdiki değer faktörü (PWF) ile değerlendirilmiştir. "PWF" enflasyon oranına (g) ve faiz oranına (i) bağlıdır. Faiz oranı ve enflasyon oranı dikkate alındığında, reel faiz oranı (r) ve "PWF" değerleri sırasıyla Eşitlik 9 ve 10 ile hesaplanır. [2, 17, 20, 21].

$$\text{Eğer } i>g \quad r = \frac{i-g}{1+g} \text{ ; eğer } i<g, \quad r = \frac{g-i}{1+i} \tag{4.9}$$

$$PWF = \frac{(1+r)^N - 1}{r.(1+r)^N} \tag{4.10}$$

"N" buradaki zamanı ifade etmektedir ve çalışmada 10 yıl olarak kabul edilmiştir. Eğer "i" değeri "g", değerine eşitse Eşitlik 10, Eşitlik 11'e dönüşür.

$$PWF = \frac{1}{1+i} \tag{4.11}$$

Yalıtım maliyeti Eşitlik 12 ile hesaplanır [2, 14]. Yalıtım maliyeti, yalıtım kalınlığı ve yalıtım malzemesinin birim fiyatının çarpımı ile hesaplanmaktadır.

$$C_{ins} = C_i . x_{ins} \tag{4.12}$$

Yalıtımsız binanın toplam ısıtma maliyeti (C_t),

$$C_t = \frac{86400.DDN.C_f.PWF}{R_{wt}.H_u.\eta} \tag{4.13}$$

"C_i" yalıtım malzemesinin birim fiyatını ($/m^3), "x" ise yalıtım malzemesinin kalınlığını (m) verir. Sonuç olarak, yalıtım yapılan bina için toplam ısıtma maliyeti Eşitlik 14 kullanılarak elde edilir [2, 17, 19].

$$C_{t,ins} = C_A . PWF + C_{ins} \tag{4.14}$$

$$C_{t,ins} = \frac{86400.DDN.C_f.PWF}{(R_{wt}+R_{ins}).H_u.\eta} + C_{ins} \tag{4.15}$$

Toplam maliyeti minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Eşitlik 16 ile hesaplanır ve "C_{ins}", yalıtım malzemesinin birim maliyetini ifade eder.

$$x_{opt} = 293.94 \left(\frac{DDN.C_f.PWF.k_{ins}}{H_u.C_m.\eta}\right)^{1/2} - k_{ins} . R_{wt} \tag{4.16}$$

Yalıtımlı bina için yıllık enerji tasarrufu (S_A) ($/m^2-yıl) Eşitlik 17 ile elde edilir.

$$S_A = C_t - C_{t,ins} \tag{4.17}$$

Burada, C_t ve $C_{t,ins}$ sırasıyla birim alan başına yalıtımsız ve yalıtımlı binalar için yıllık ısıtma maliyetidir. Buna göre toplam net enerji tasarrufu ($/m^2) aşağıdaki Eşitlikten elde edilir.

$$S_T = \frac{86400.DDN.C_f.PWF}{R_{wt}.H_u.\eta} - \frac{86400.DDN.C_f.PWF}{\left(R_{wt}+\frac{x_{ins}}{k_{ins}}\right).H_u.\eta} - x_{ins} \tag{4.18}$$

Geri ödeme süresi, daha fazla yalıtım malzemesi eklemek için yatırılan parayı iade etmek için gereken yıl sayısıdır. Geri ödeme süresi (PP) ise, Eşitlik 19 ,le bulunur.

$$PP = \frac{C_t}{A_s} \tag{4.19}$$

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Afganistan'daki 27 farklı şehir seçilerek yalıtım problemlerinin analiz edildiği bu çalışmada, dış duvarın optimum yalıtım kalınlığı, 10 yıllık kullanım ömrü boyunca enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri, dört farklı enerji türü (Benzin, Dizel, Kömür ve Elektrik), dört farklı yalıtım malzemesi (Taş yünü, EPS, XPS ve Cam yünü) için hesaplanmıştır.

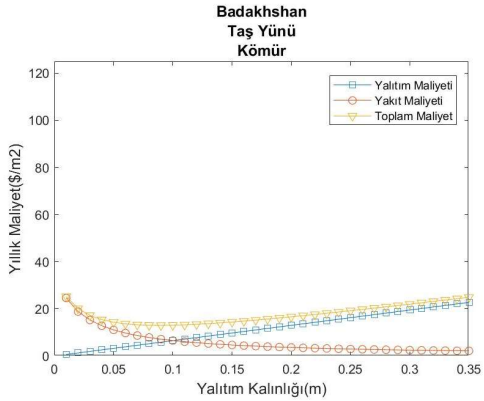
Afganistan için minimum ve maksimum HDD değeri sırası ile Takhar şehrinde 248,3 ve Nuristan şehrinde 8083,9 olarak tespit edilmiştir. Toplam 27 şehrin yalıtımlı ve yalıtımsız duvar yapıları ele alınarak, yalıtım uygulamaları ile sağlanabilecek enerji tasarrufu ve yalıtımın geri ödeme süreleri belirlenmiştir. Belirlenen veriler arasında en yüksek enerji tasarruf değerini sağlayan yakıt ve yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlığı değerleri ortaya koyulmuş ve sağlanabilecek faydalar her bir şehir için çizilen grafikler üzerinde gösterilerek değerlendirilmiştir.

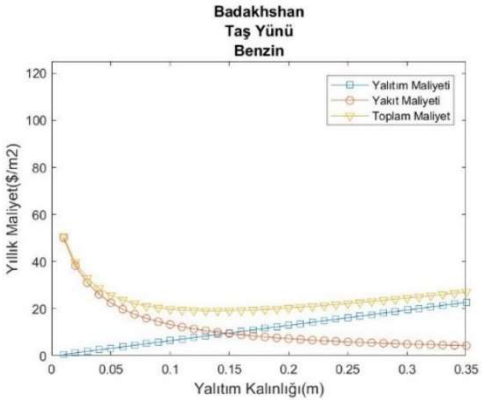
5.1. BADAKHSHAN

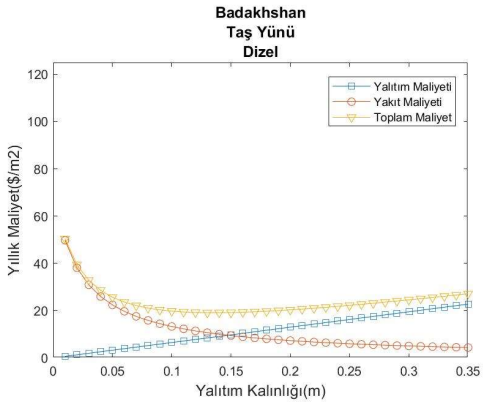
Afganistan'ın kuzeydoğu ucunda bulunan Badakhshan şehri kış aylarının sert geçtiği bilinen bir konuma sahiptir. Badakhshan şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.1'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.1'de verilmiştir. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te sırası ile Badakhshan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir

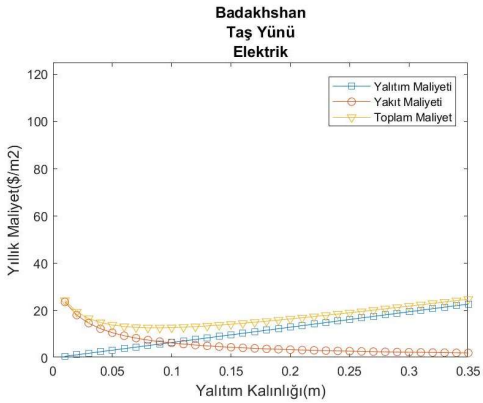
Çizelge 5.1. Badakhshan şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

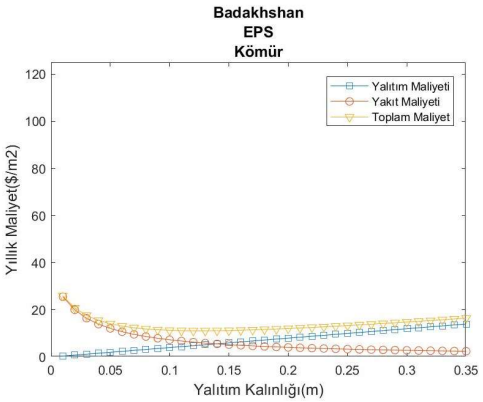
Badakhshan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-2.9**	**-1.3**	**3.5**	**8.4**	**13.4**	**18.2**	**21.2**	**19.1**	**15.1**	**8.8**	**2.8**	**-1.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.6**	**4.8**	**6.2**	**7.6**	**8.4**	**8.8**	**8.5**	**7.9**	**6.7**	**5.9**	**3.7**	**3.2**
Nem Oranı (g/kg)	**2.2**	**2.7**	**3.9**	**5.1**	**6.0**	**5.5**	**5.3**	**4.5**	**3.4**	**3.3**	**3.1**	**2.5**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.0**	**2.1**	**2.2**	**2.4**	**2.5**	**2.8**	**2.9**	**2.7**	**2.5**	**2.2**	**1.8**	**1.9**

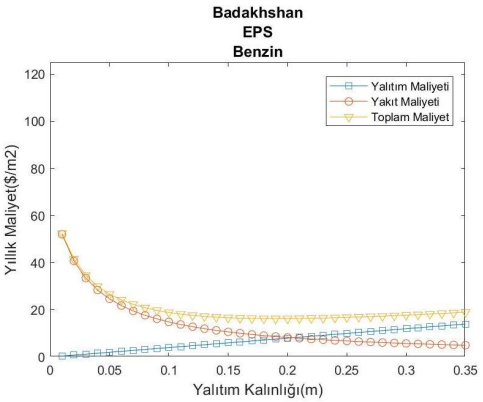

Badakhshan
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

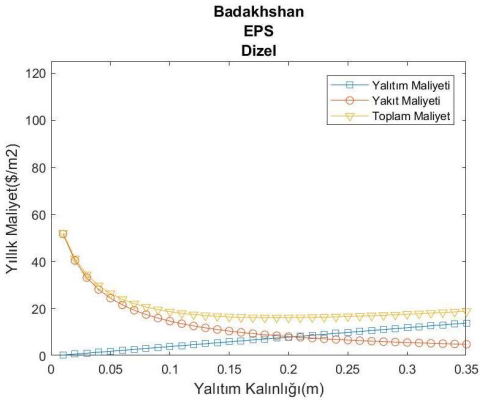

Badakhshan
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

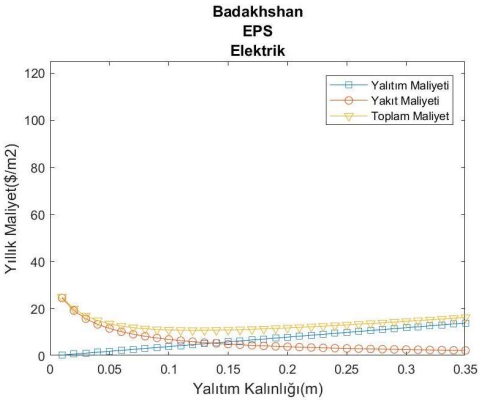

Badakhshan
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

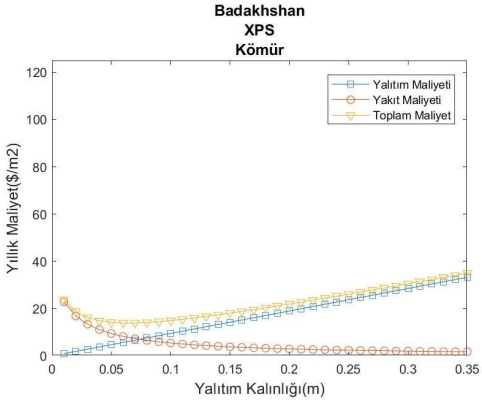

Badakhshan
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

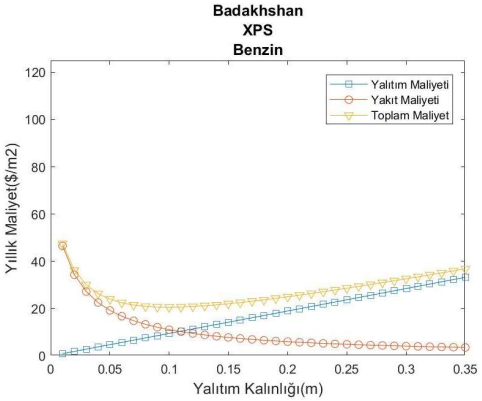

Badakhshan
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

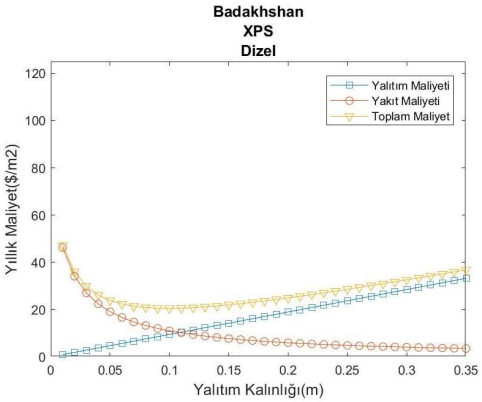

Badakhshan
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

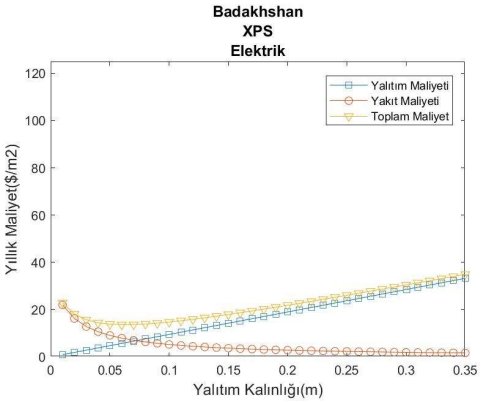

Badakhshan
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

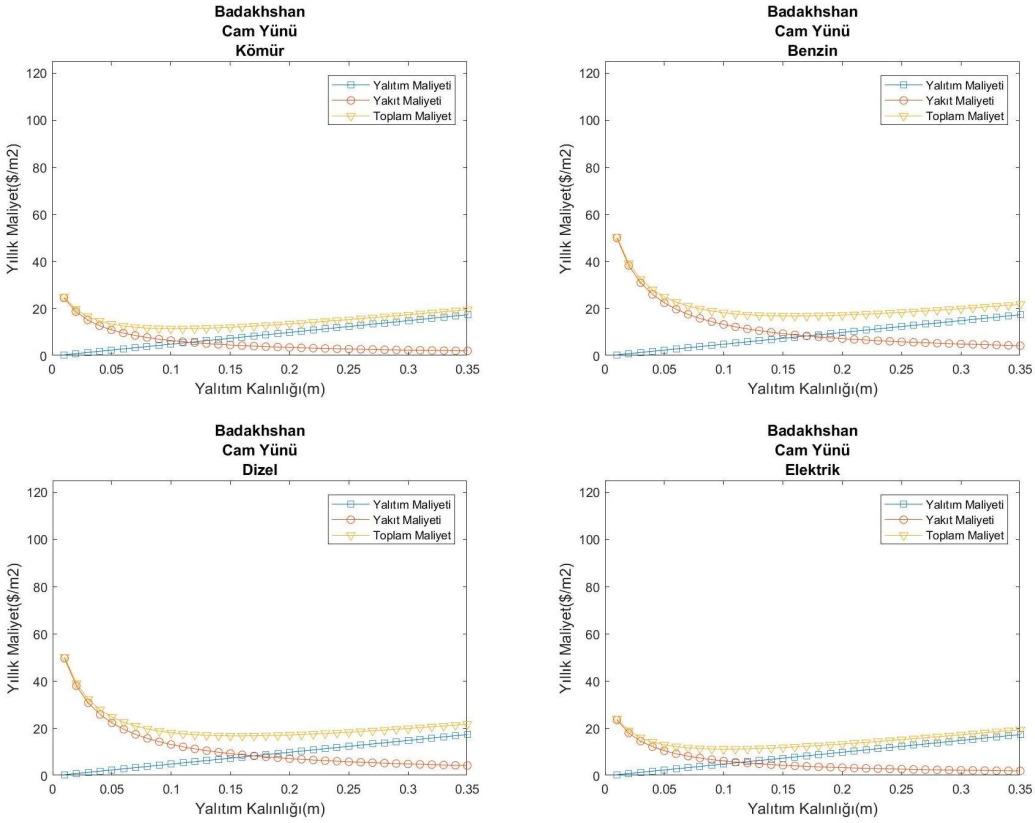

Badakhshan
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Badakhshan
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

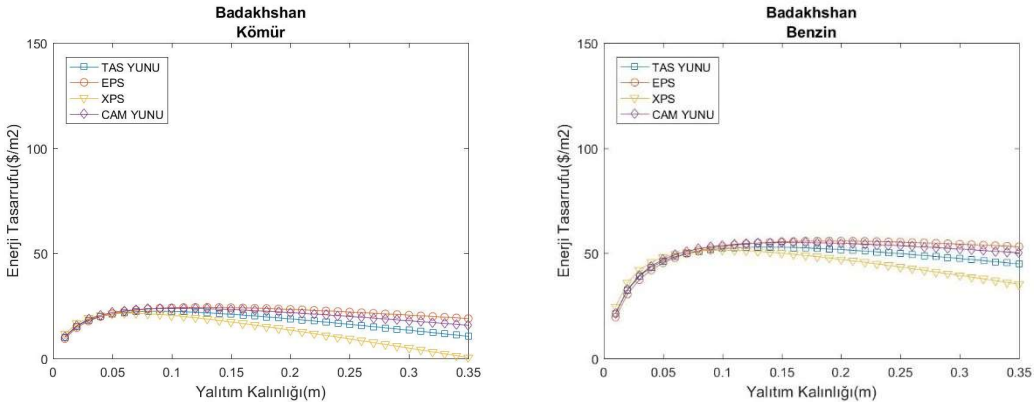

Badakhshan
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

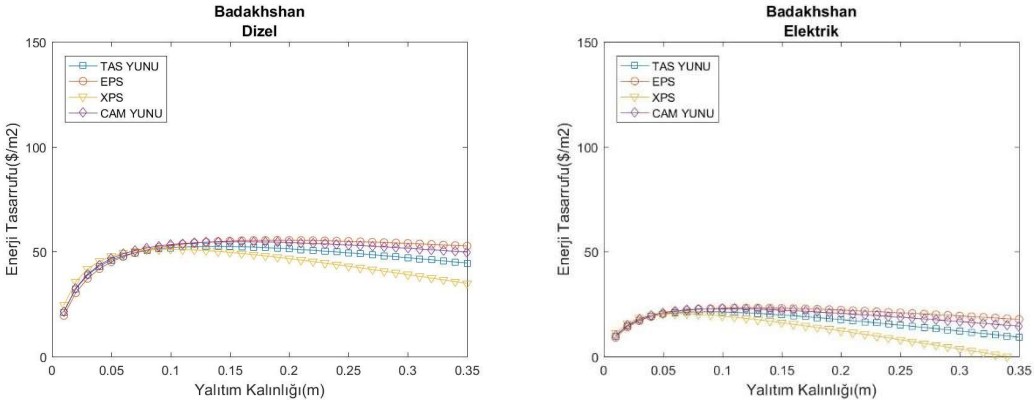

Badakhshan
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Badakhshan
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)



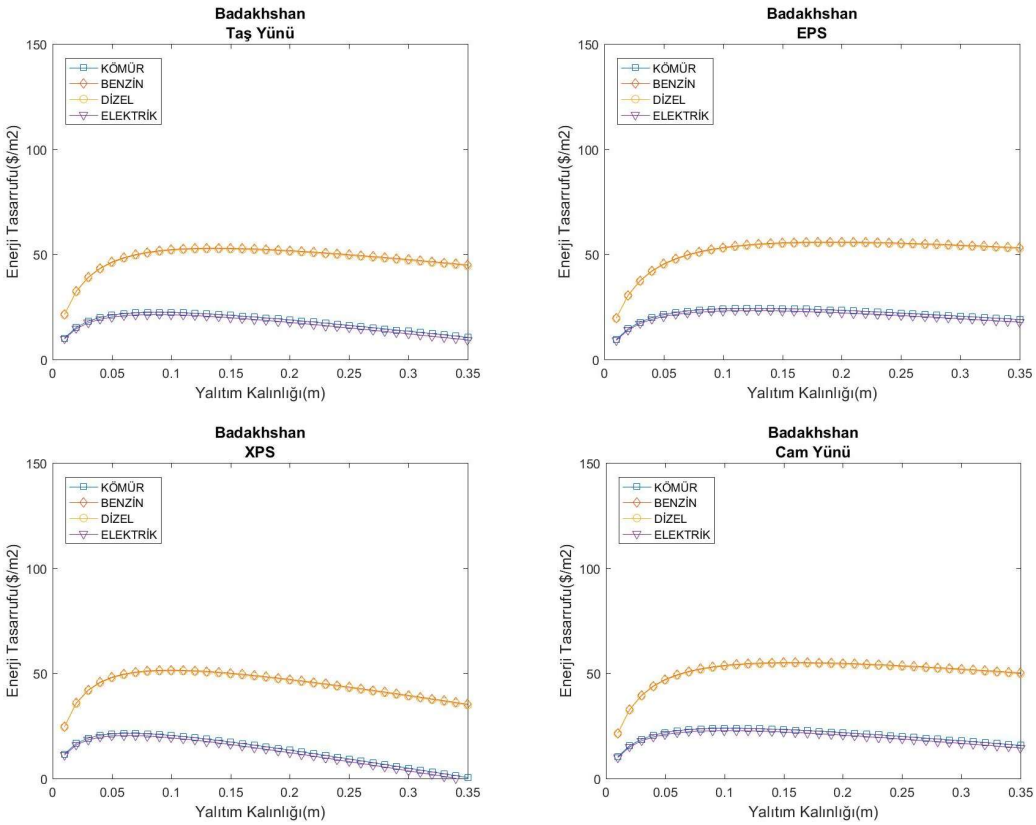
Şekil 5.1. Badakhshan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.2. Badakhshan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları

.



Şekil 5.3. Badakhshan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3476,5 olduğu Badakhshan şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.06258 ile 0.1904 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %60,01 ile %77,42 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.2916 ile 1.6661 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

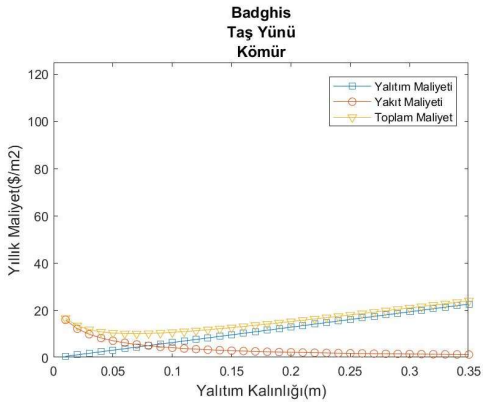
Badakhshan şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1904 m, %77,42 ve 1.2916 yıl olarak belirlenmiştir.

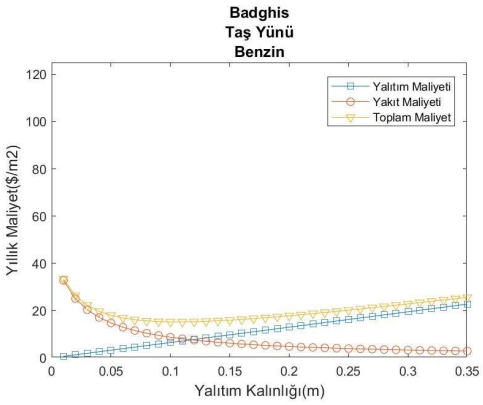
5.2. BADGHİS (QalehNow)

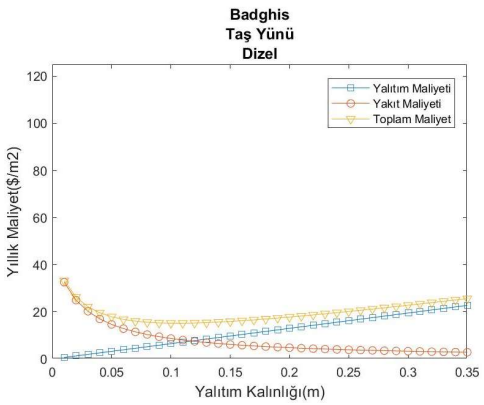
Afganistan'ın kuzeybatısında Murgab ve Hari nehirleri arasındaki bölgede yer alır. Badghis şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.2'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.4'te verilmiştir. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da sırası ile Badghis şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

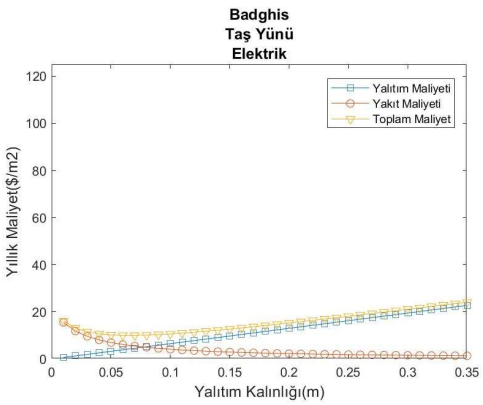
Çizelge 5.2. Badghis şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

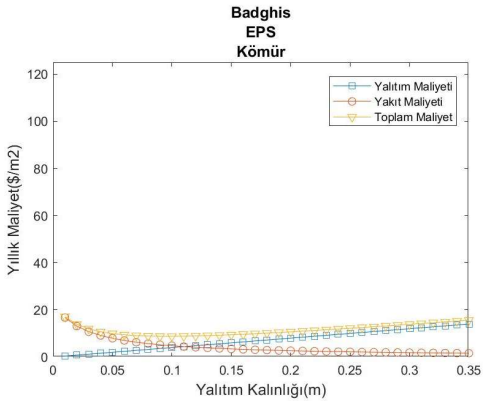
Badghis	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**2.4**	**3.5**	**8.6**	**14.1**	**20.0**	**24.3**	**26.0**	**23.4**	**19.4**	**13.0**	**6.5**	**3.3**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.7**	**4.8**	**6.2**	**7.4**	**8.3**	**8.3**	**8.5**	**7.9**	**6.7**	**5.2**	**4.0**	**3.4**
Nem Oranı (g/kg)	**2.9**	**3.4**	**4.7**	**5.8**	**6.0**	**4.8**	**4.7**	**4.0**	**3.3**	**3.4**	**3.6**	**2.1**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.5**	**3.6**	**3.7**	**3.3**	**3.6**	**4.9**	**5.7**	**5.2**	**4.1**	**3.2**	**3.0**	**3.1**

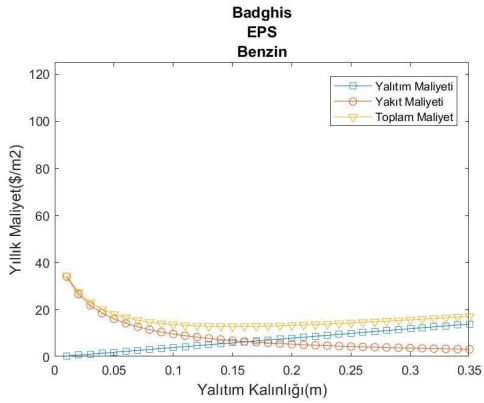

Badghis
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

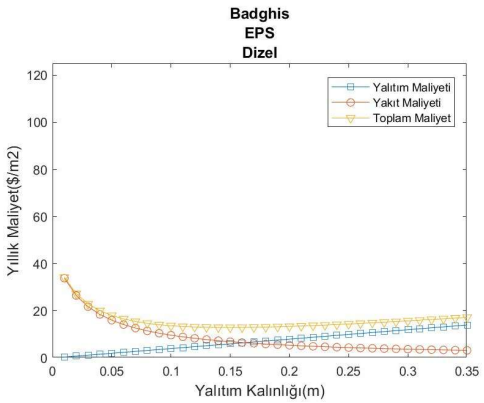

Badghis
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

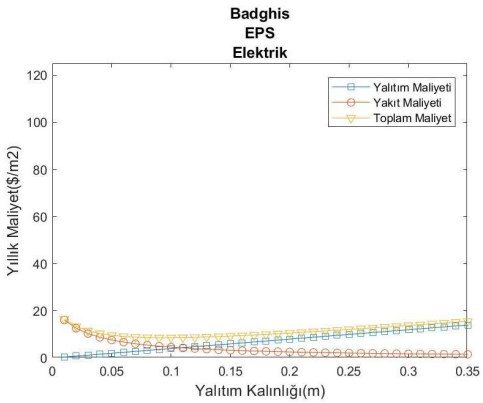

Badghis
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

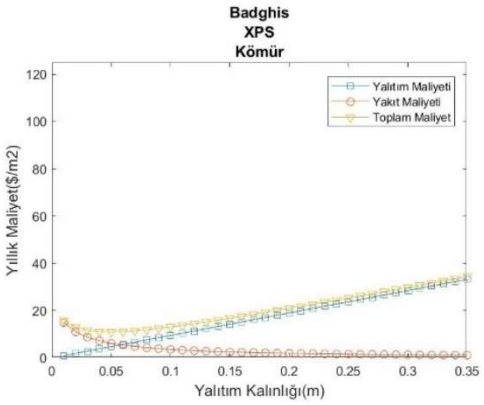

Badghis
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

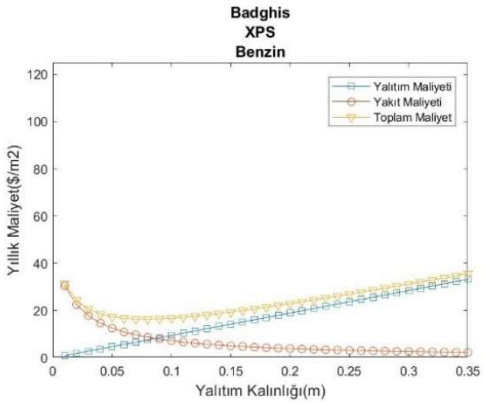

Badghis
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

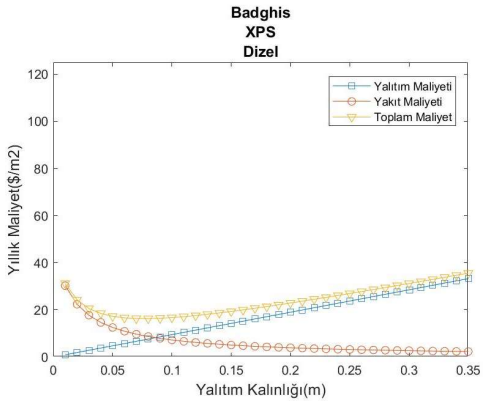

Badghis
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

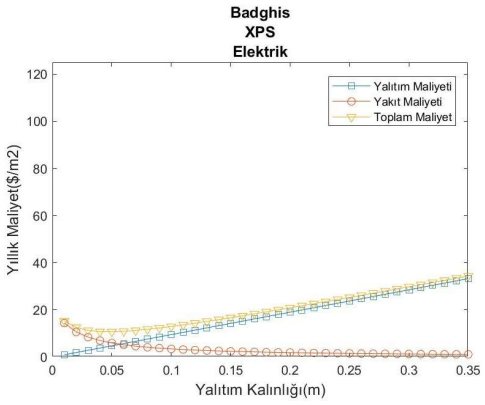

Badghis
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

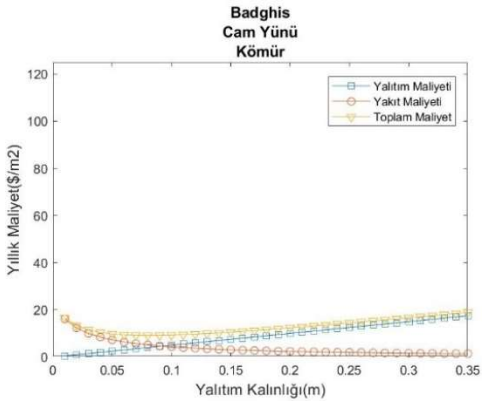

Badghis
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

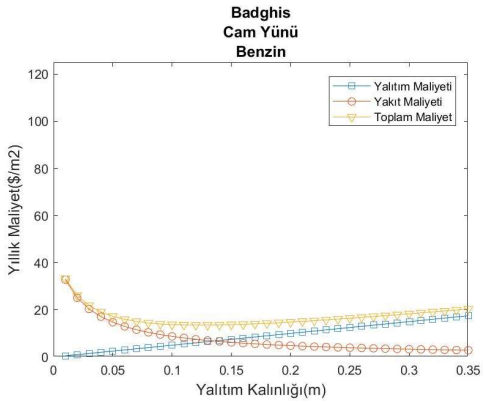

Badghis
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

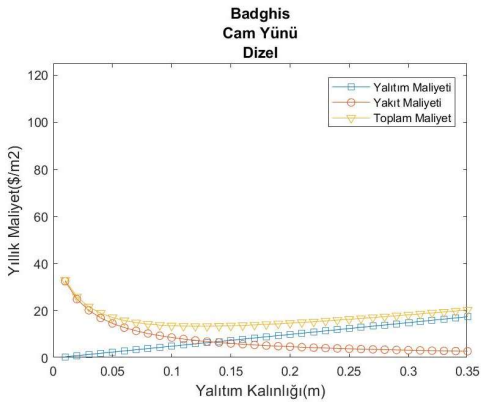

Badghis
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

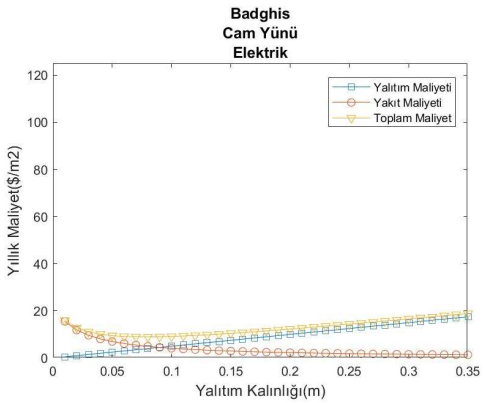

Badghis
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Badghis
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

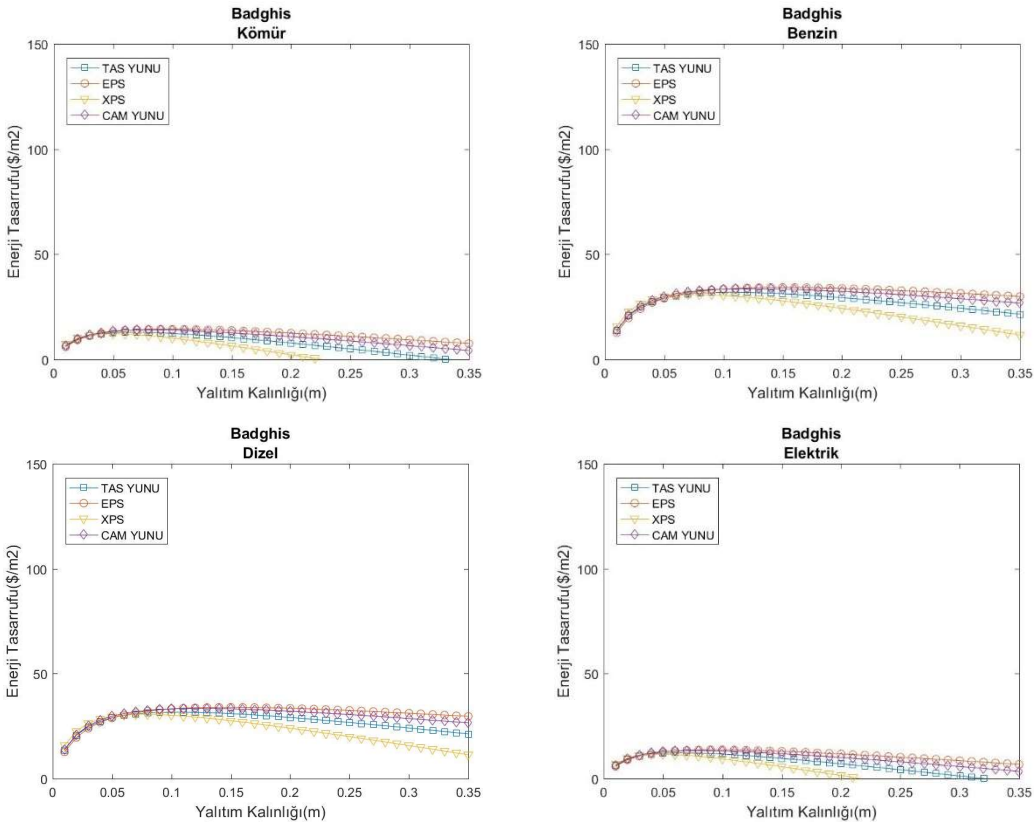

Badghis
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Badghis
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

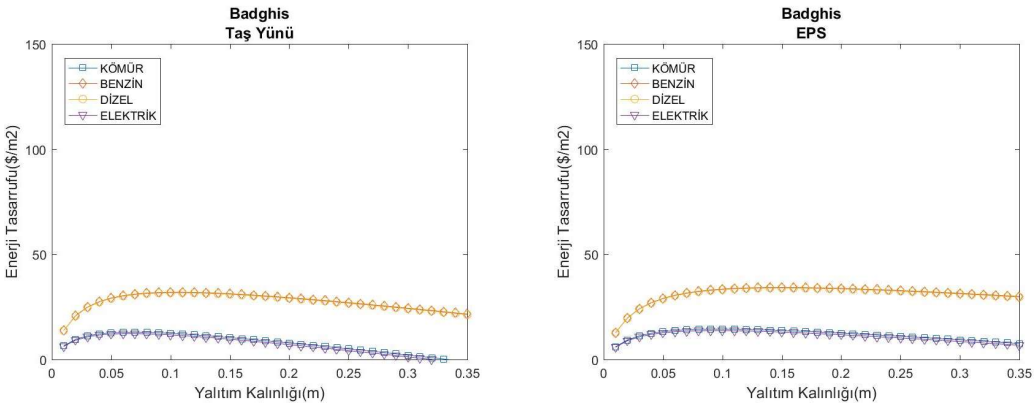

Badghis
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

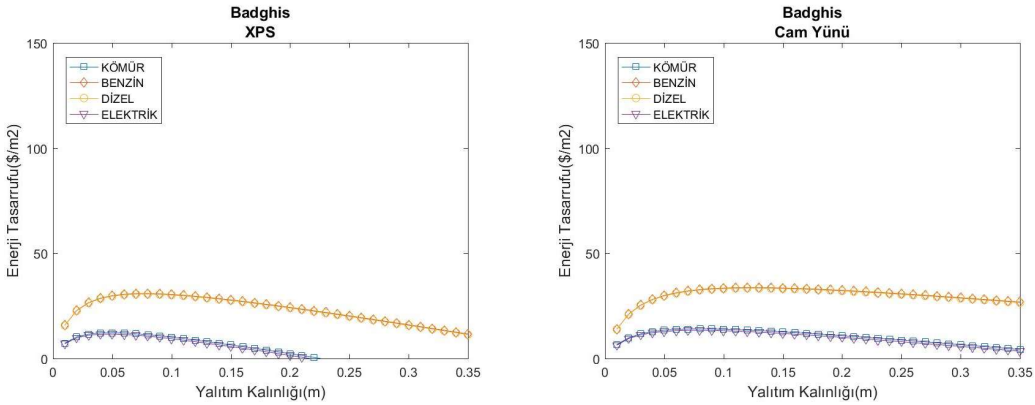

Badghis
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.4. Badghis şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.5. Badghis şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.6. Badghis şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin **2**274,942 olduğu Badghis şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0484 ile 0.1491 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %52,8 ile %72,5 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.8928 ile 1.3791 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

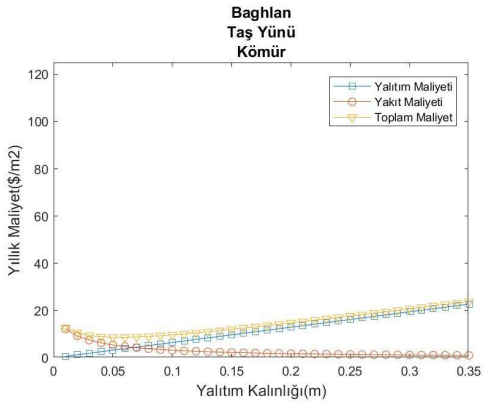
Badghis şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1491 m, %72,5 ve 1.379 yıl olarak belirlenmiştir.

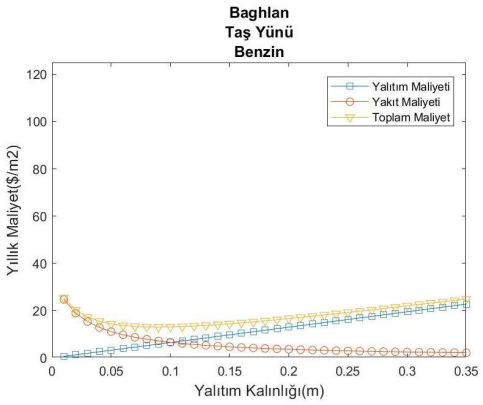
5.3. BAGHLAN

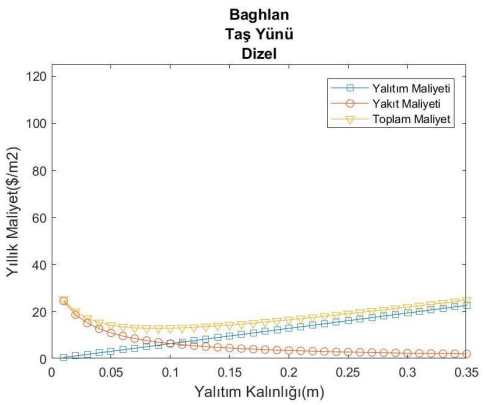
Afganistan'ın kuzeyinde yüzey şekiller bakımından dağlık bir bölgede yer alır. Baghlan şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.3'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.7'de verilmiştir. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da sırası ile Baghlan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

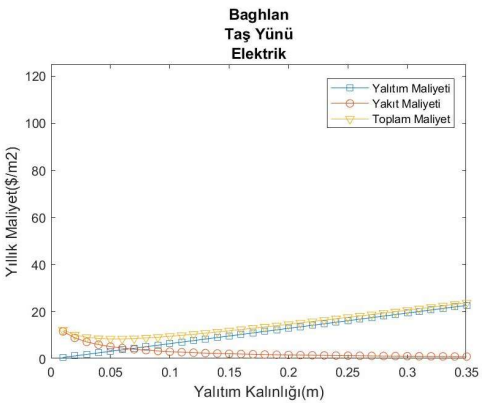
Çizelge 5.3. Baghlan şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

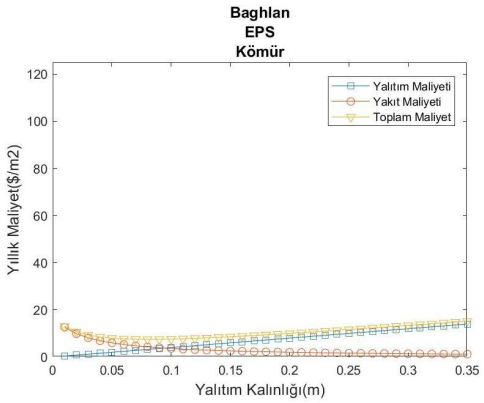
Baghlan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**4.3**	**5.7**	**11.1**	**16.6**	**22.7**	**27.7**	**30.0**	**27.7**	**23.1**	**15.8**	**8.7**	**5.5**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.4**	**4.4**	**5.8**	**7.1**	**8.2**	**8.5**	**8.2**	**7.6**	**6.4**	**4.9**	**3.6**	**3.0**
Nem Oranı (g/kg)	**2.8**	**3.3**	**4.8**	**6.1**	**6.6**	**5.1**	**5.0**	**4.5**	**3.6**	**3.8**	**3.7**	**3.0**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.4**	**2.6**	**2.7**	**2.6**	**2.7**	**3.1**	**3.1**	**2.8**	**2.6**	**2.4**	**2.3**	**2.1**

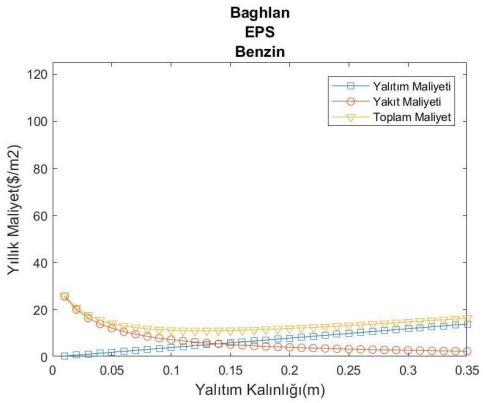

Baghlan
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

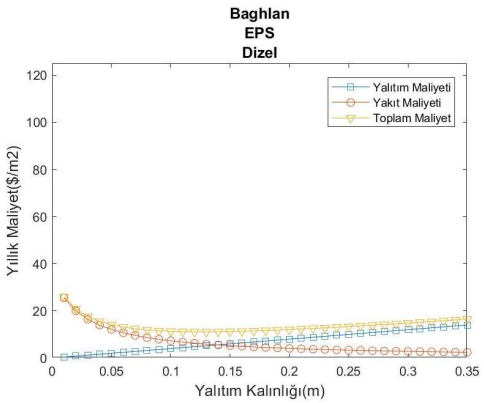

Baghlan
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

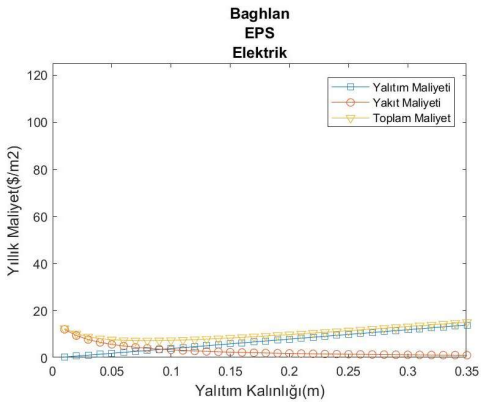

Baghlan
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

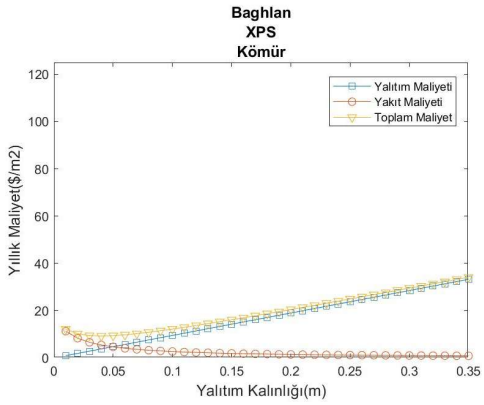

Baghlan
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

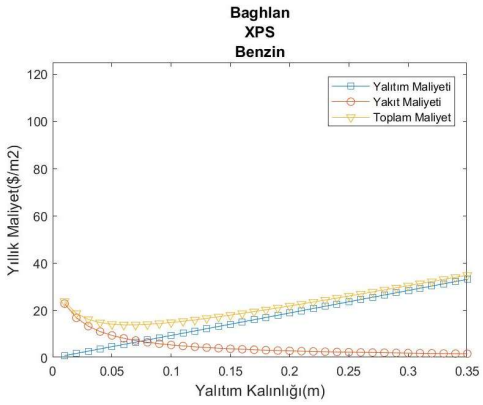

Baghlan
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

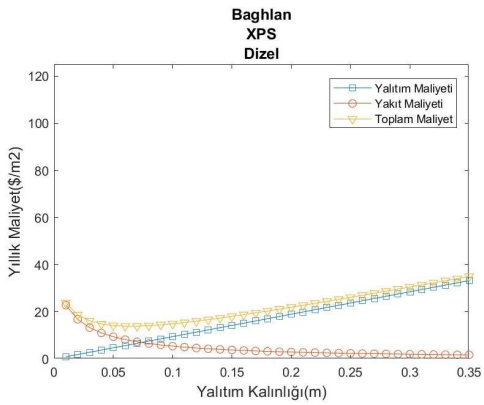

Baghlan
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

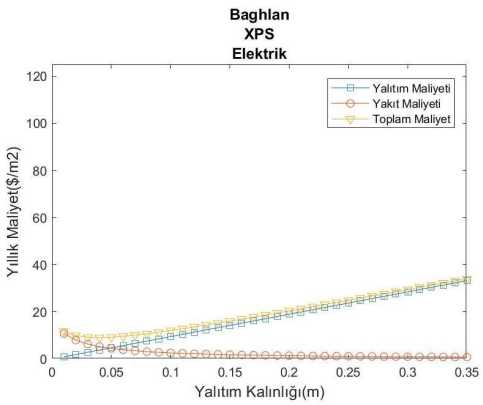

Baghlan
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

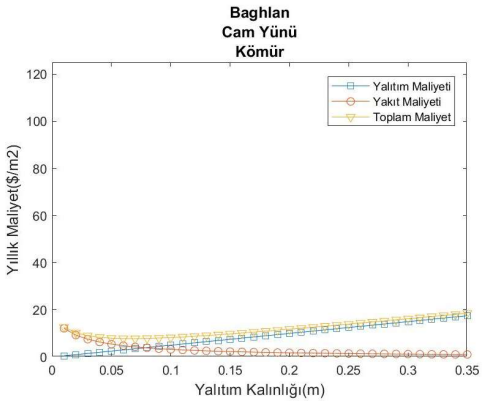

Baghlan
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

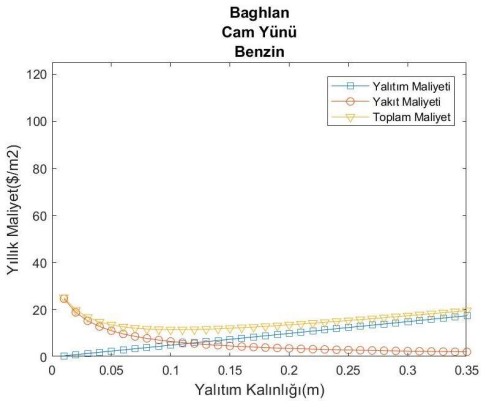

Baghlan
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

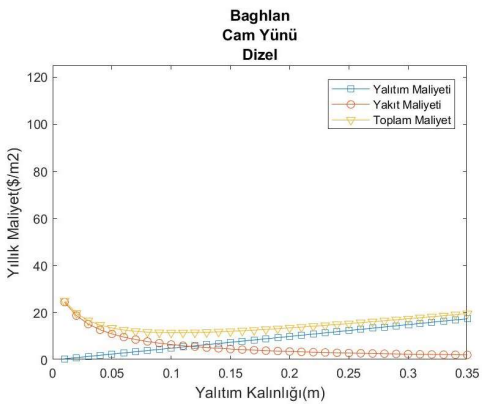

Baghlan
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

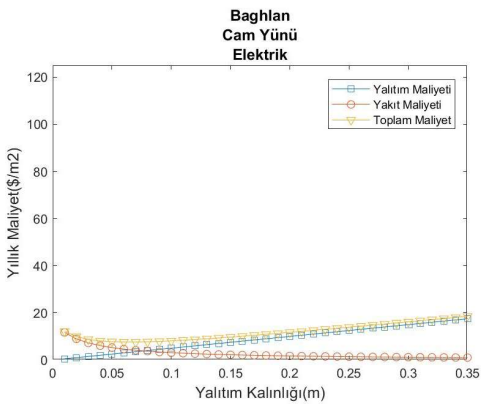

Baghlan
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Baghlan
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

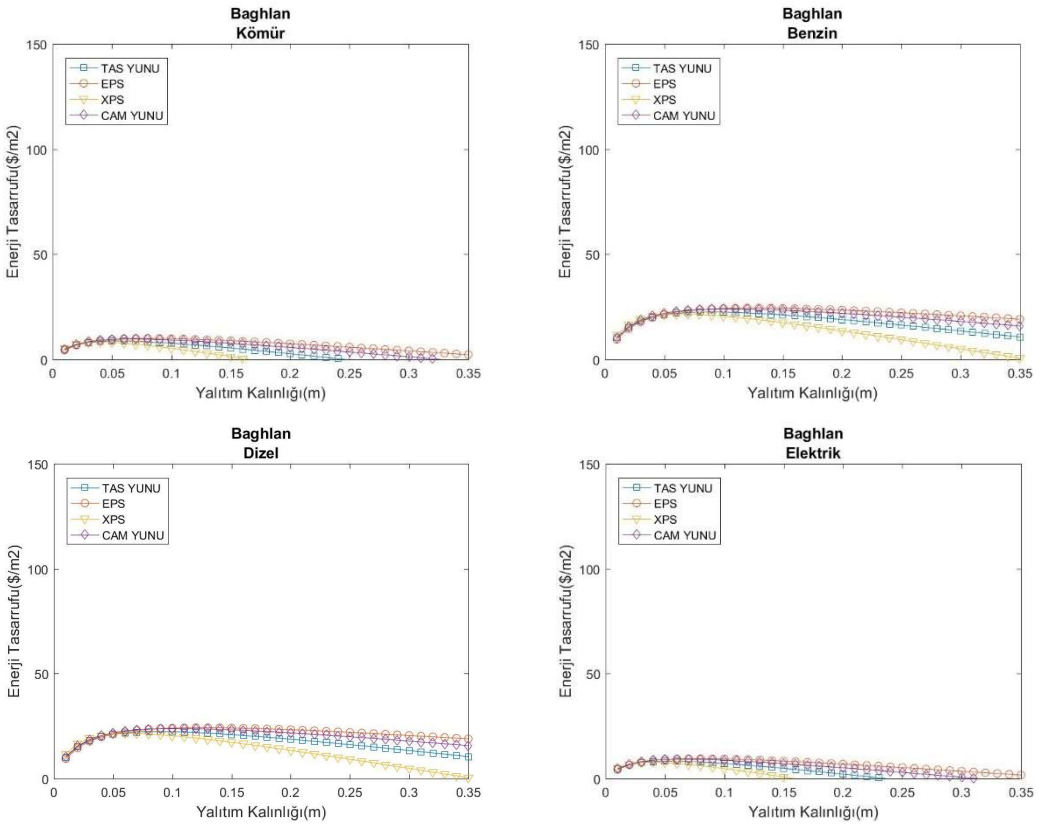

Baghlan
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Baghlan
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

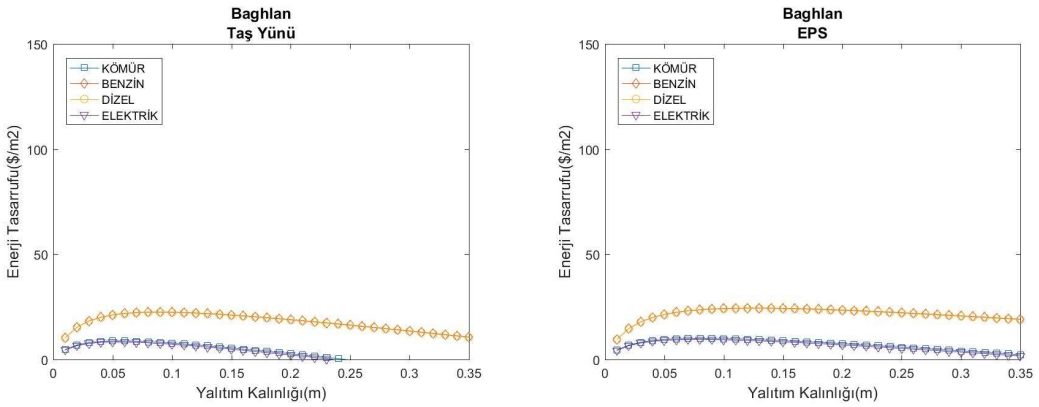

Baghlan
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

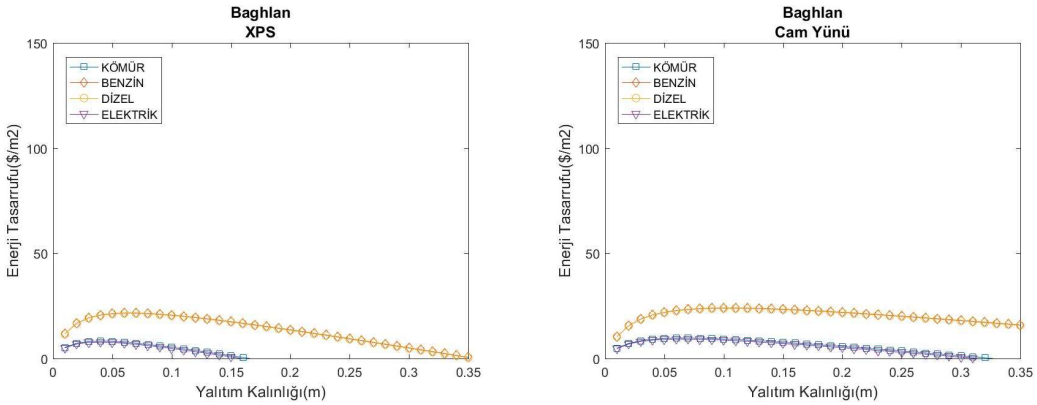

Baghlan
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.7. Baghlan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.8. Baghlan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.9. Baghlan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1715,288 olduğu Baghlan şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.03854 ile 0.12606 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %46,2 ile %68,7 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.455 ile 2.167 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

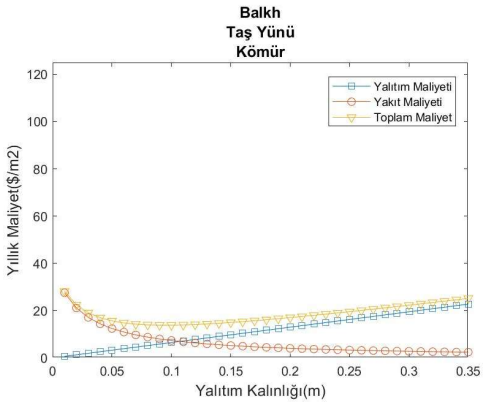
Baghlan şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.12606 m, %68,7 ve 1.455 yıl olarak belirlenmiştir.

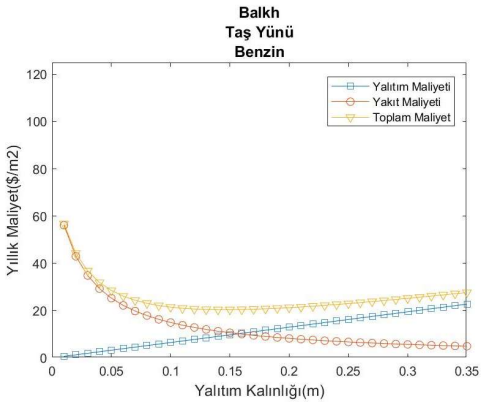
5.4. BALKH

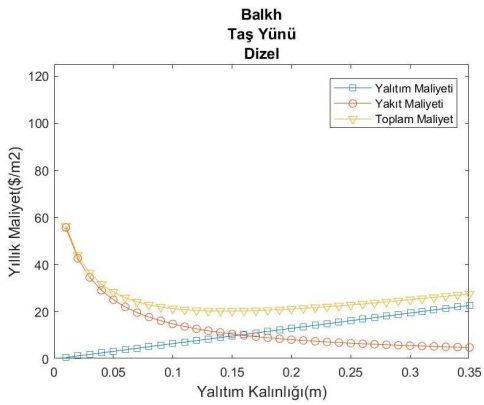
Afganistan'ın kuzeyinde yer alan eski bir yerleşim yeridir. Yazları oldukça sıcak 43 ℃ kadar ulaşır, kışları ise çok soğuktur -2 ℃ kadar düşer. İlkbahar mevsimi genellikle nemli ve yağışlıdır [55]. Balkh şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.4'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.10'de verilmiştir. Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de sırası ile Balkh şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

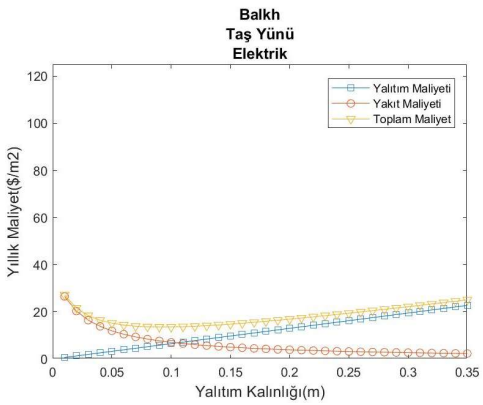
Çizelge 5.4. Badghis şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

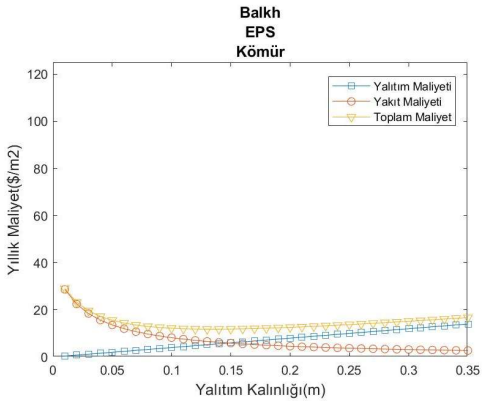
Balkh	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (℃)	**3.2**	**4.4**	**9.9**	**15.5**	**21.7**	**26.0**	**28.2**	**25.7**	**21.3**	**14.3**	**7.2**	**4.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.3**	**4.4**	**5.7**	**7.1**	**8.0**	**8.5**	**8.2**	**7.5**	**6.6**	**4.8**	**3.6**	**3.0**
Nem Oranı (g/kg)	**2.7**	**3.2**	**4.9**	**5.5**	**6.0**	**5.0**	**5.0**	**4.4**	**3.5**	**3.6**	**3.6**	**2.9**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.6**	**2.9**	**3.0**	**3.1**	**3.4**	**4.3**	**4.7**	**4.4**	**3.6**	**2.9**	**2.5**	**2.6**

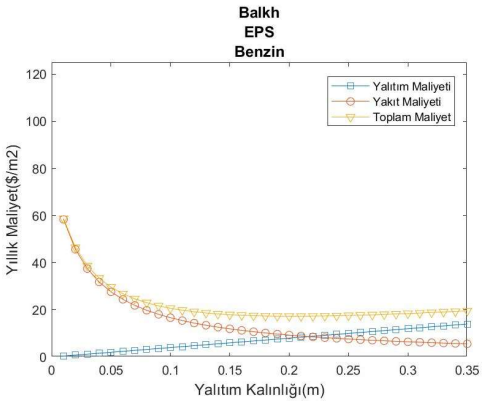

Balkh
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

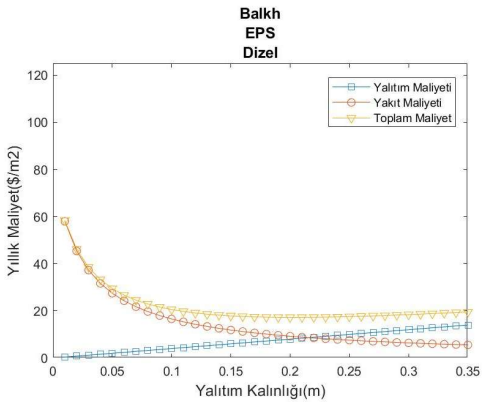

Balkh
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

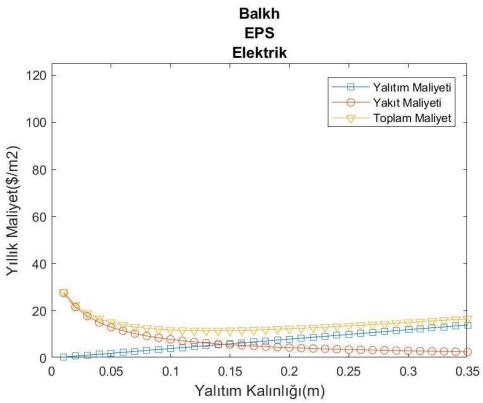

Balkh
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

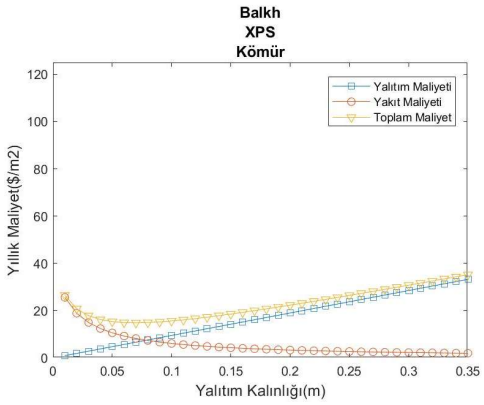

Balkh
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

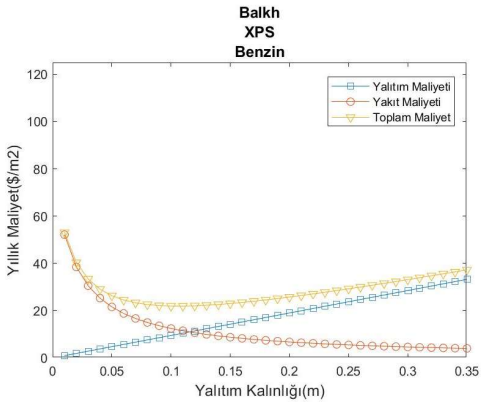

Balkh
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

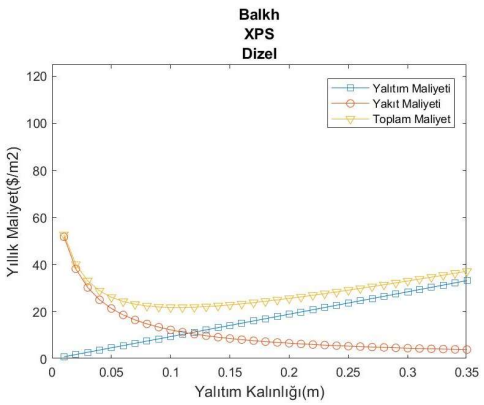

Balkh
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

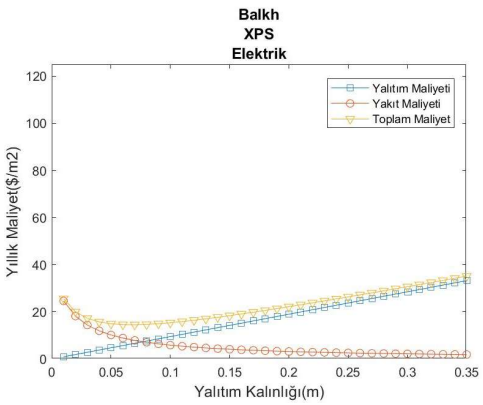

Balkh
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

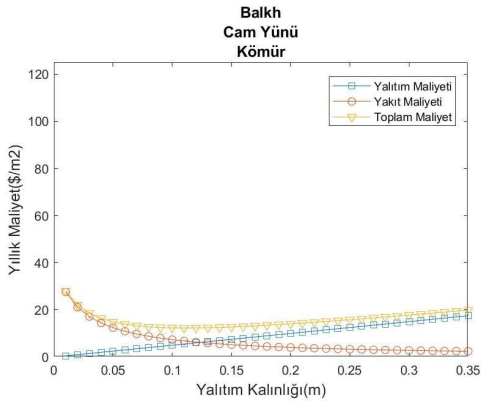

Balkh
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

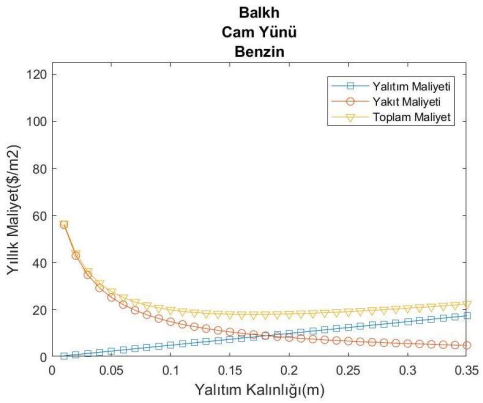

Balkh
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

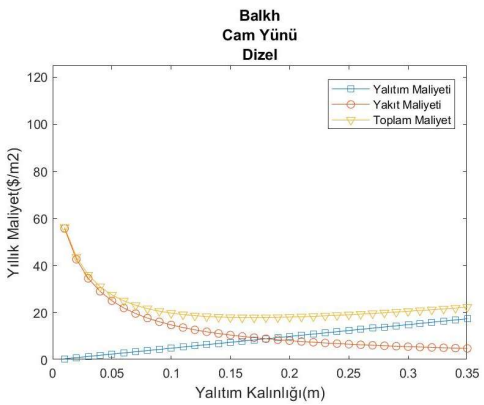

Balkh
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

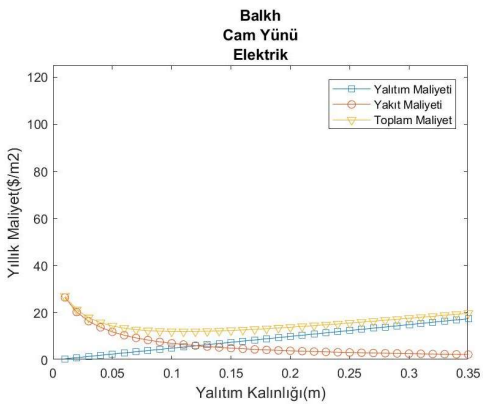

Balkh
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Balkh
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

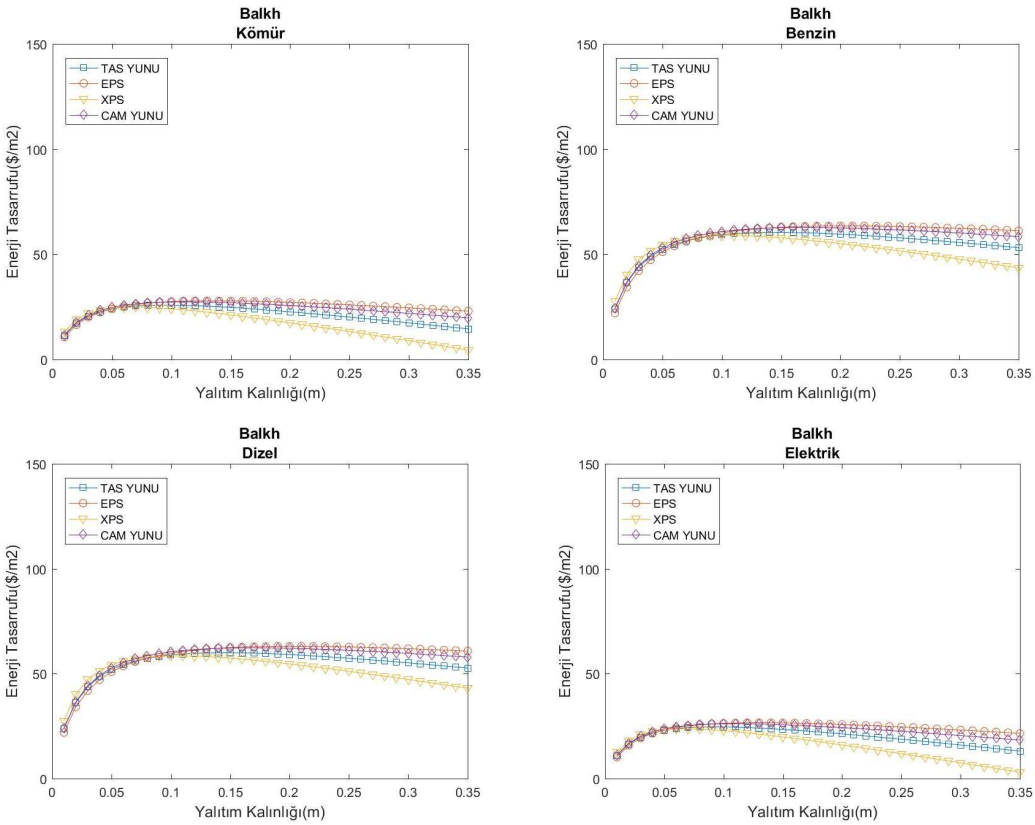

Balkh
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Balkh
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

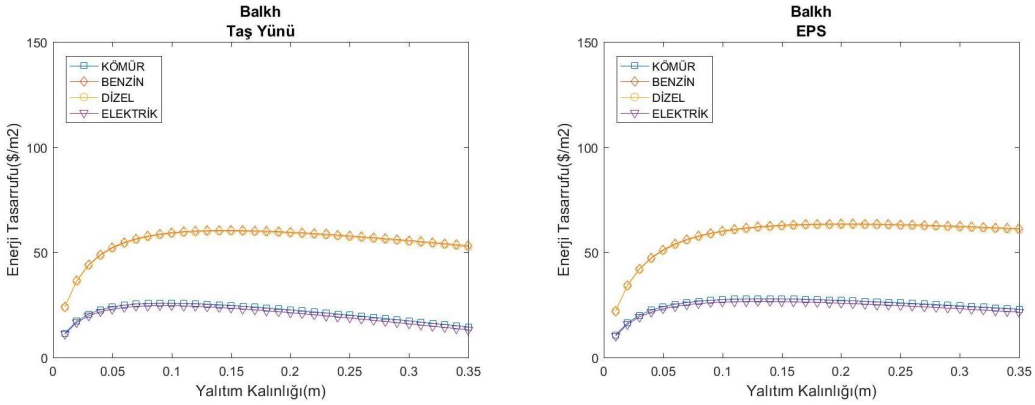

Balkh
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

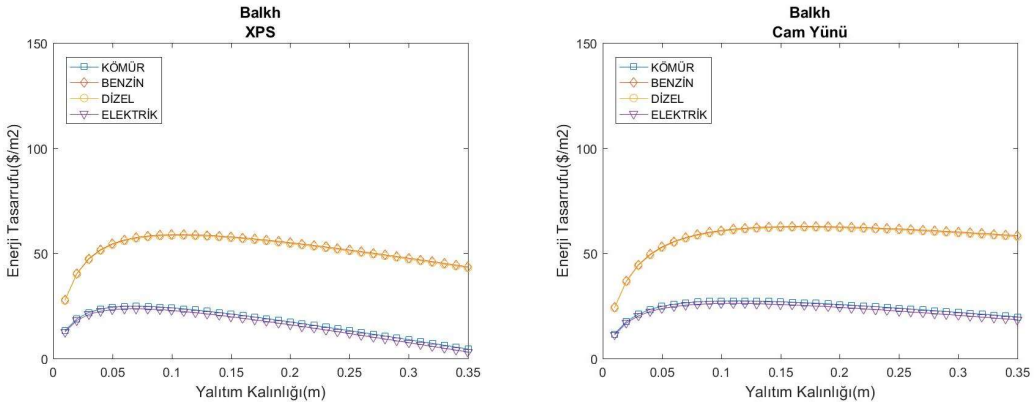

Balkh
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.10. Balkh şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.11. Balkh şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.12 Balkh şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3896,052 olduğu Baghlan şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.06732 ile 0.20317 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %61,9 ile %78,5 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.273 ile 1.613 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

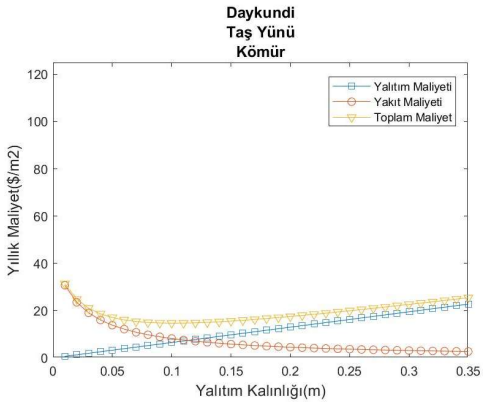
Baghlan şehri için optimum sonuçları, enerji tasarruf miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.20317 m, %78,5 ve 1.273 yıl olarak belirlenmiştir.

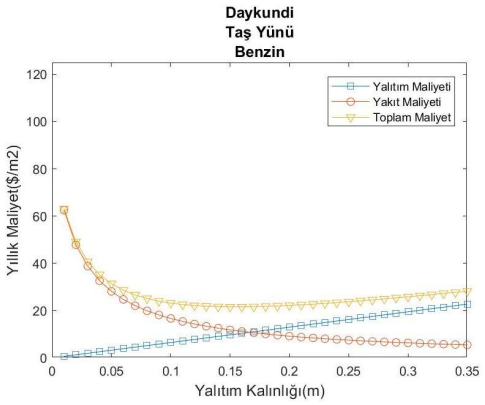
5.5. DAYKUNDİ

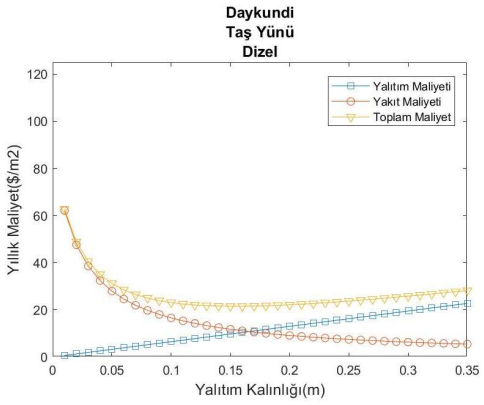
Afganistan'ın Başkenti Kabil'in 300 km batısında yer alır. Daykundi şehri 17501,36 km² bir alana sahiptir ve Afganistan'ın merkez şehirlerinden biridir. Bu şehir deniz seviyesinden 2400 m yüksekliktedir [55]. Daykundi şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.5'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.13'te verilmiştir. Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'te sırası ile Daykundi şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

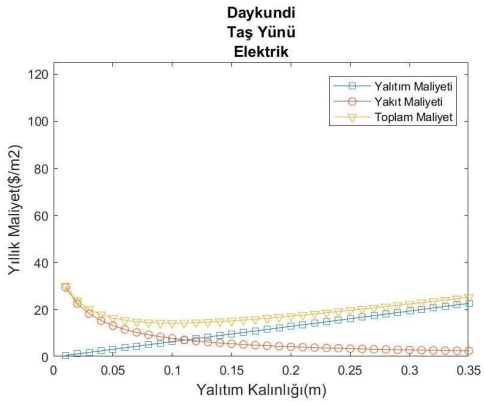
Çizelge 5.5. Daykundi şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

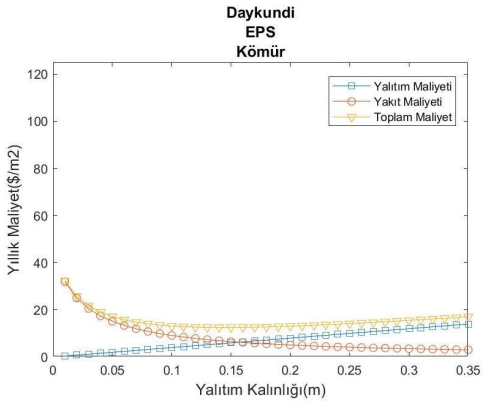
Daykundi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-9.4**	**-8.2**	**-2.6**	**3.5**	**8.3**	**12.7**	**15.6**	**15.0**	**11.2**	**4.8**	**-1.5**	**-6.1**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.0**	**5.1**	**6.5**	**7.7**	**8.5**	**8.9**	**8.6**	**7.9**	**6.9**	**5.5**	**4.2**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**1.8**	**2.2**	**3.2**	**4.2**	**5.1**	**5.1**	**5.7**	**4.8**	**3.2**	**2.7**	**2.6**	**1.9**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.0**	**3.2**	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.9**	**2.6**	**2.4**	**2.4**	**2.7**	**2.7**	**2.7**

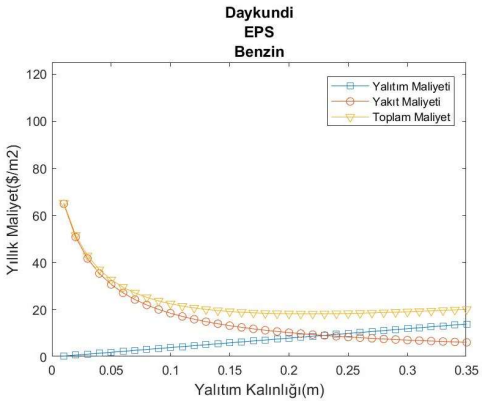

Daykundi
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

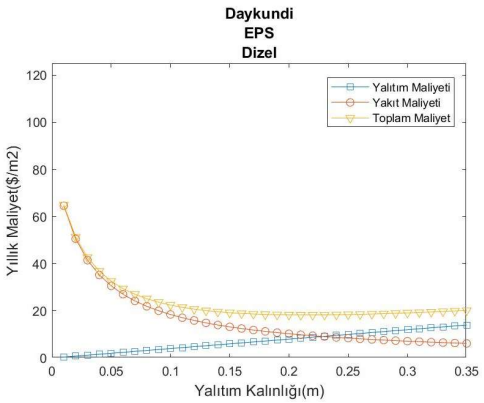

Daykundi
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

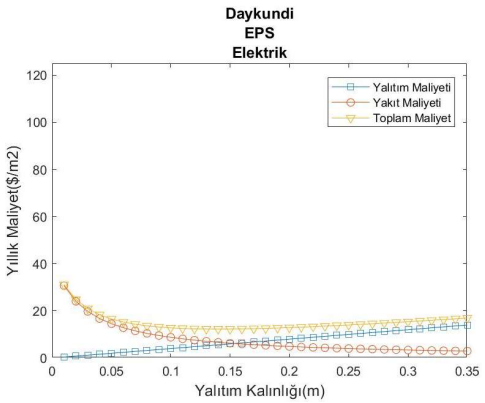

Daykundi
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

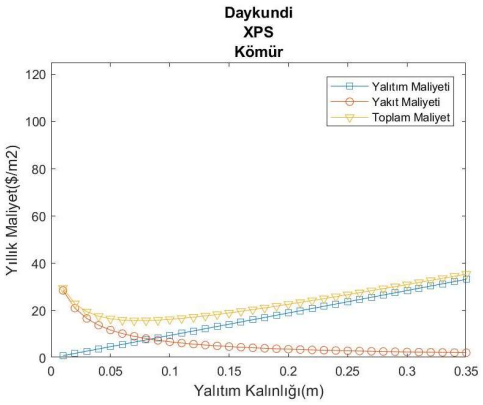

Daykundi
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

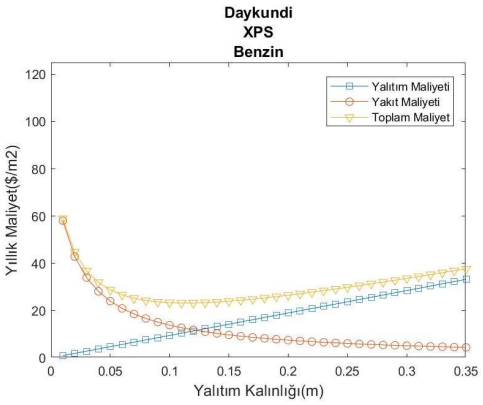

Daykundi
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

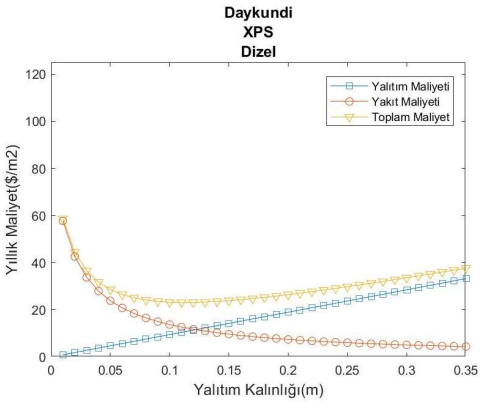

Daykundi
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

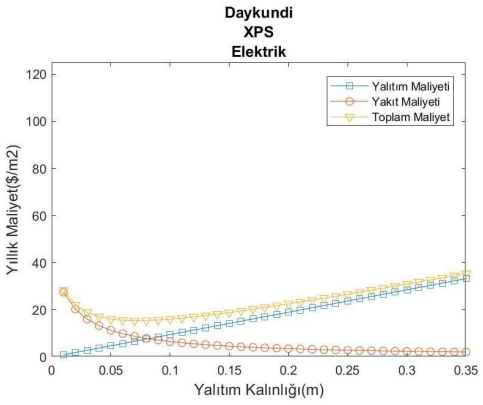

Daykundi
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

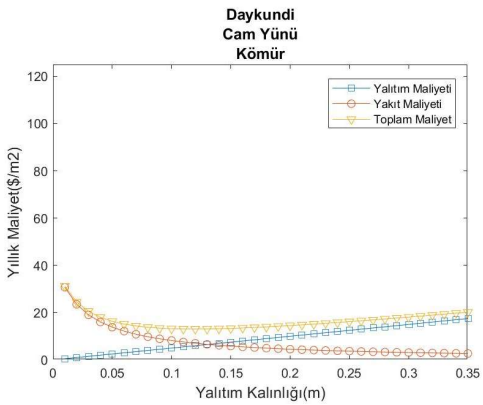

Daykundi
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

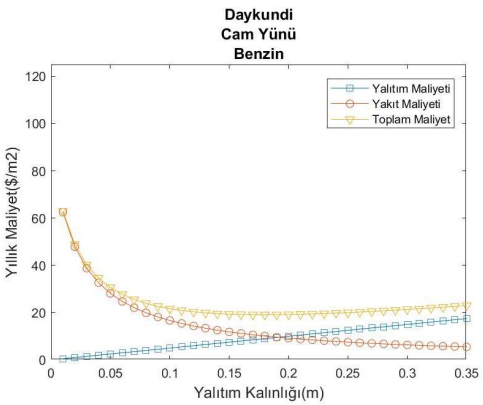

Daykundi
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

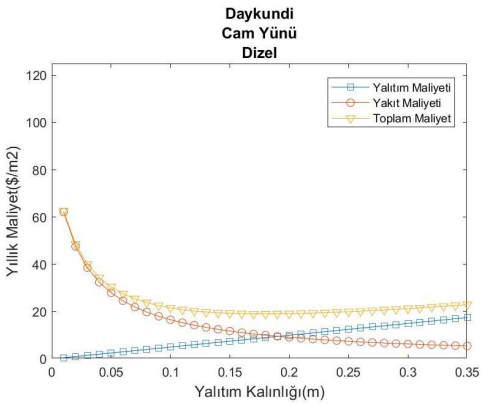

Daykundi
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

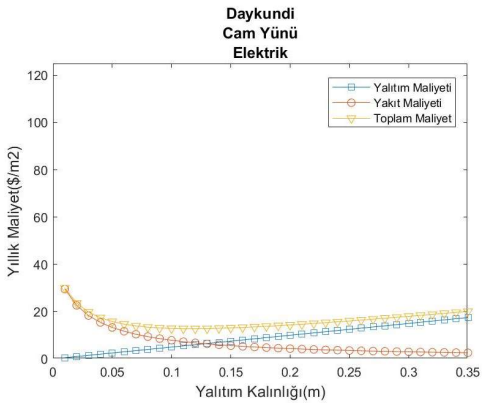

Daykundi
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Daykundi
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

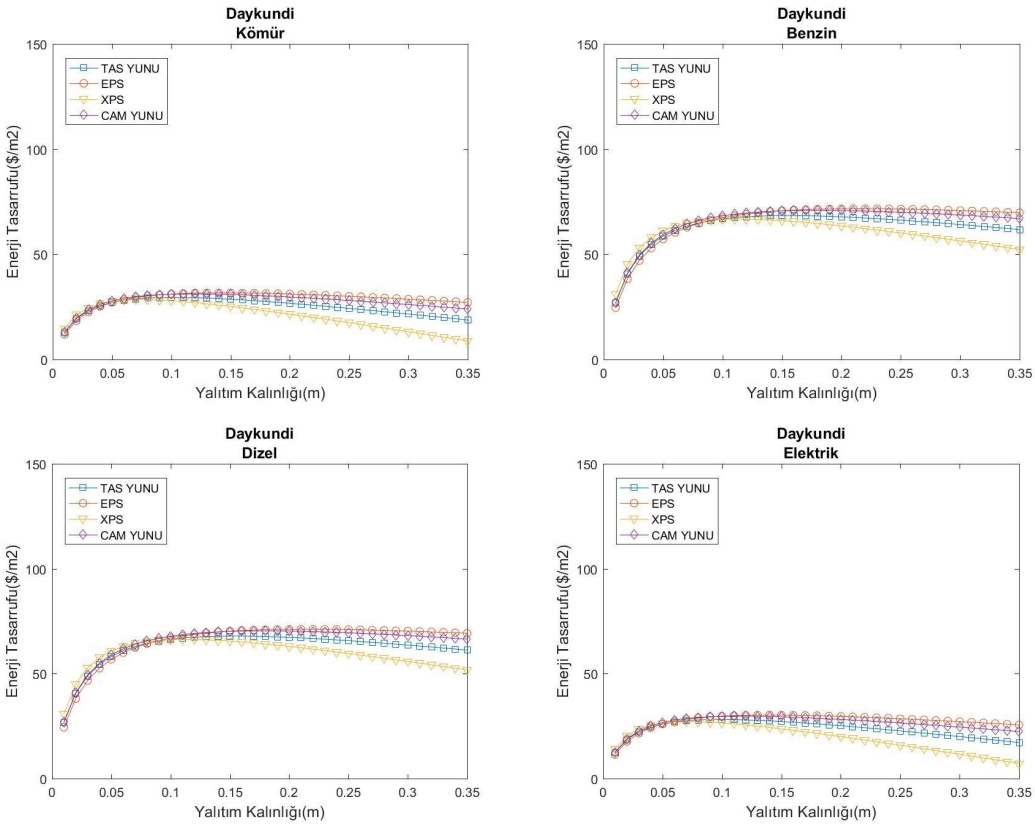

Daykundi
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Daykundi
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

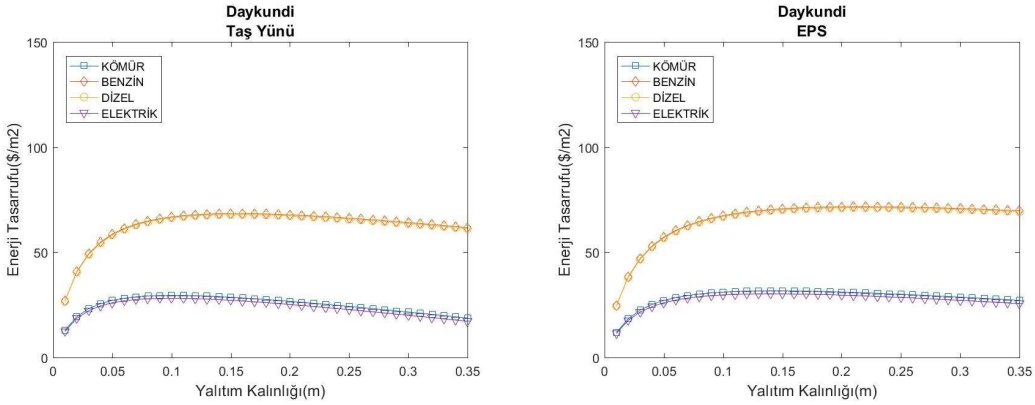

Daykundi
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

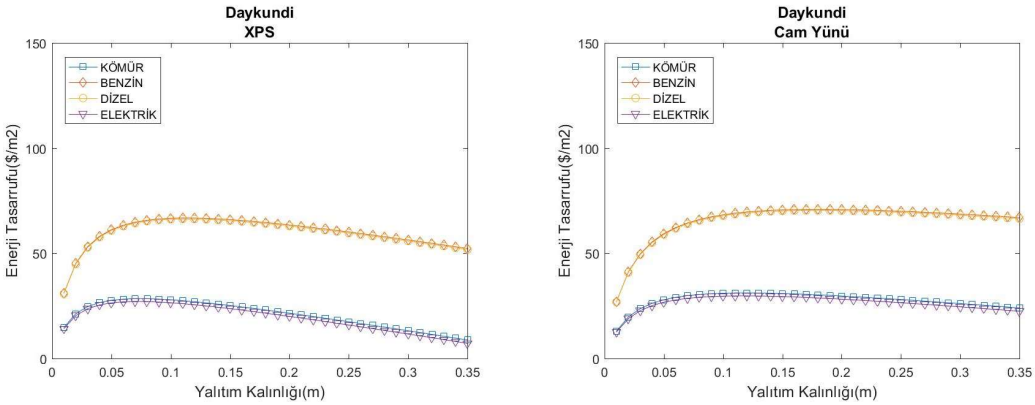

Daykundi
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.13. Daykundi şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.14. Daykundi şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.15. Daykundi şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 4338,874 olduğu Daykundi şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.07205 ile 0.20158 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %63,7 ile %79,6 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.255 ile 1.568 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

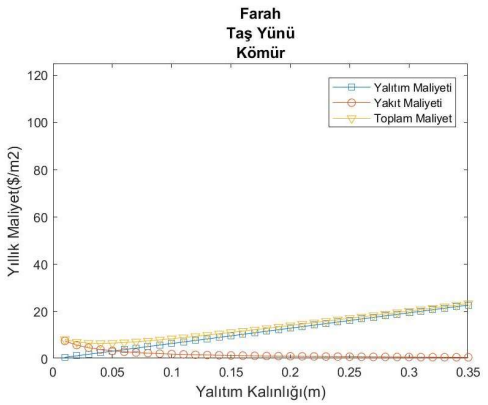
Daykundi şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.20158 m, %79,6 ve 1.255 yıl olarak belirlenmiştir.

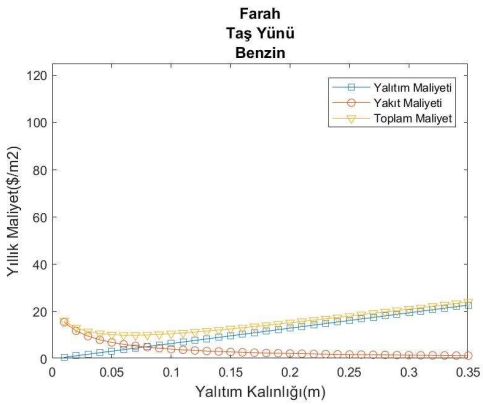
5.6. FARAH

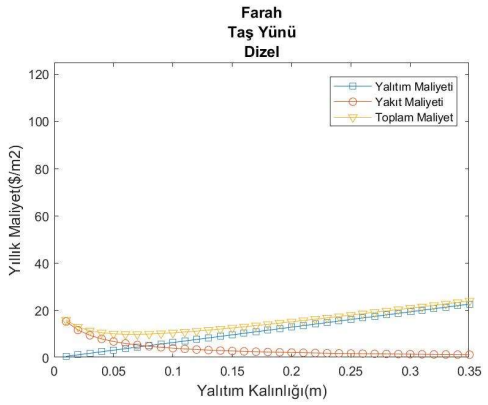
Afganistan'ın güneybatısında yer alan Farah şehri İran sınırında yer alır. 49339,1 km² bir alana sahip olan Farah şehri kuzeyde Herat, doğuda Ghor ve Helmand şehirleri, güneyde Nimruz şehri ve batıda İran ile sınırlıdır. Deniz seviyesinden 700 m yüksekliktedir [55]. Farah şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.6'da yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.16'da verilmiştir. Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de sırası ile Farah şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

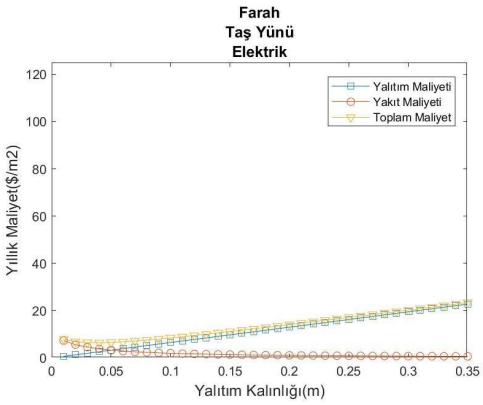
Çizelge 5.6. Farah şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

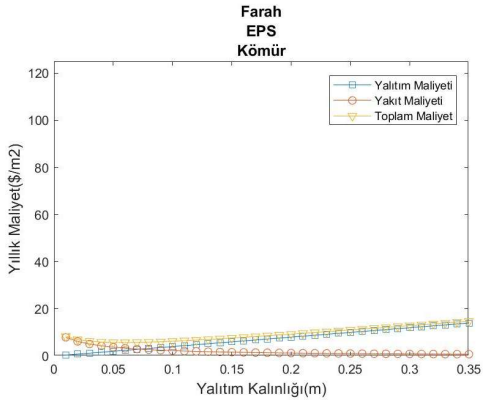
Farah	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**8.0**	**10.6**	**16.9**	**23.7**	**29.7**	**34.3**	**36.2**	**33.5**	**28.5**	**21.6**	**14.1**	**9.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.9**	**4.9**	**6.1**	**7.2**	**8.0**	**8.5**	**8.2**	**7.6**	**6.7**	**5.3**	**4.1**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**2.8**	**3.4**	**4.2**	**4.9**	**4.8**	**3.6**	**4.0**	**3.6**	**2.7**	**2.9**	**3.5**	**2.7**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.6**	**4.1**	**4.0**	**4.1**	**4.8**	**5.5**	**4.6**	**4.2**	**3.7**	**3.7**	**3.1**	**3.2**

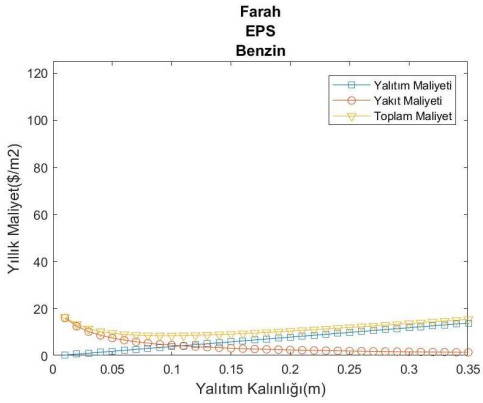

Farah
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

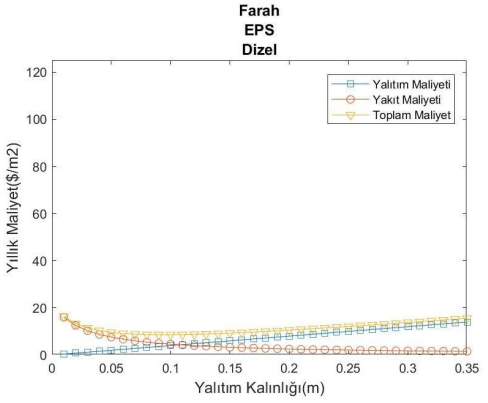

Farah
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

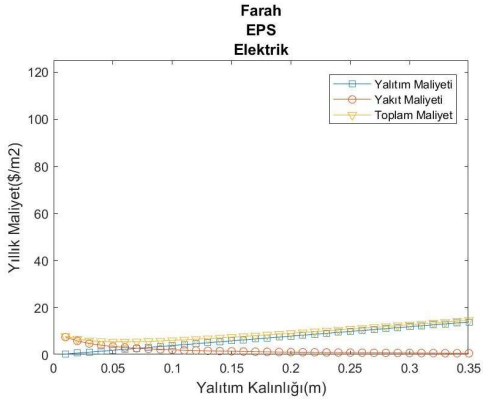

Farah
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

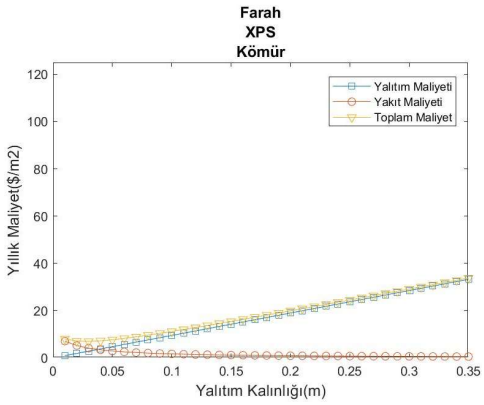

Farah
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

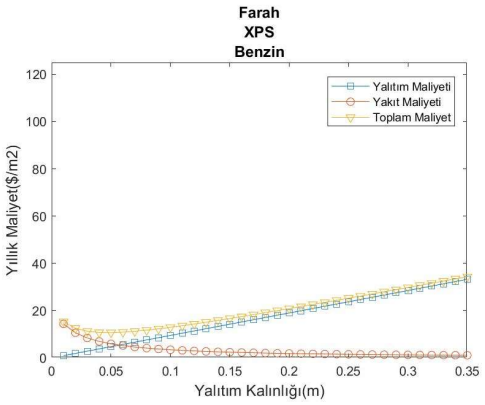

Farah
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

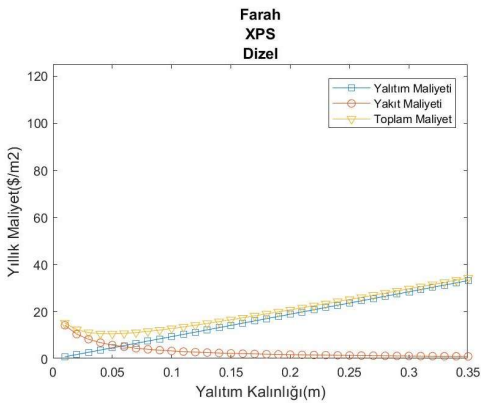

Farah
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

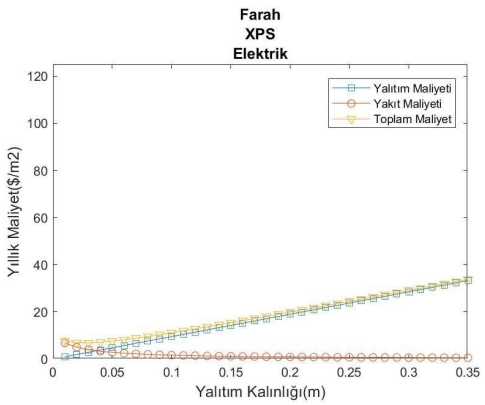

Farah
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

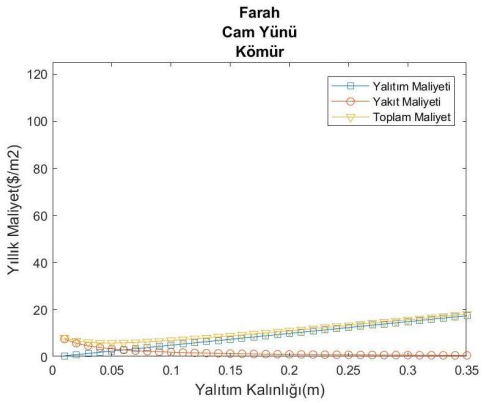

Farah
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

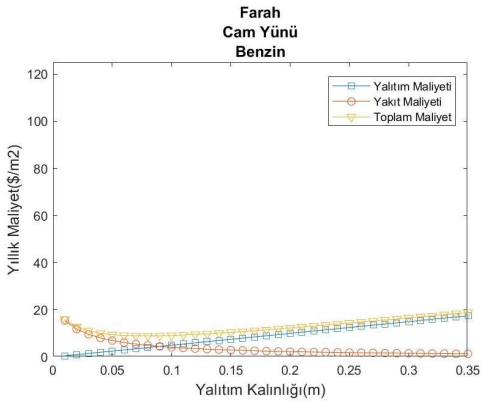

Farah
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

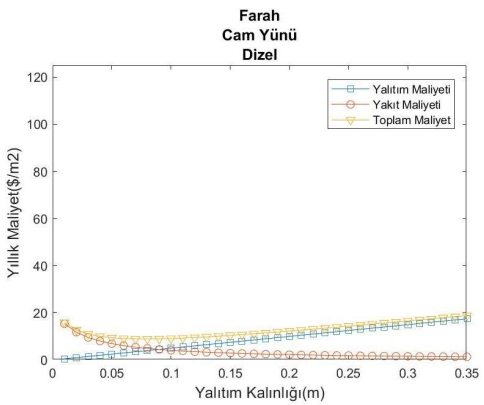

Farah
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

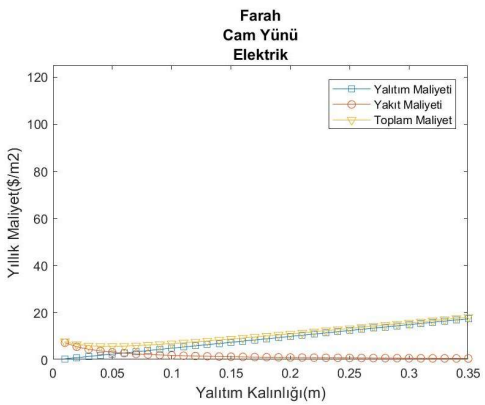

Farah
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Farah
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

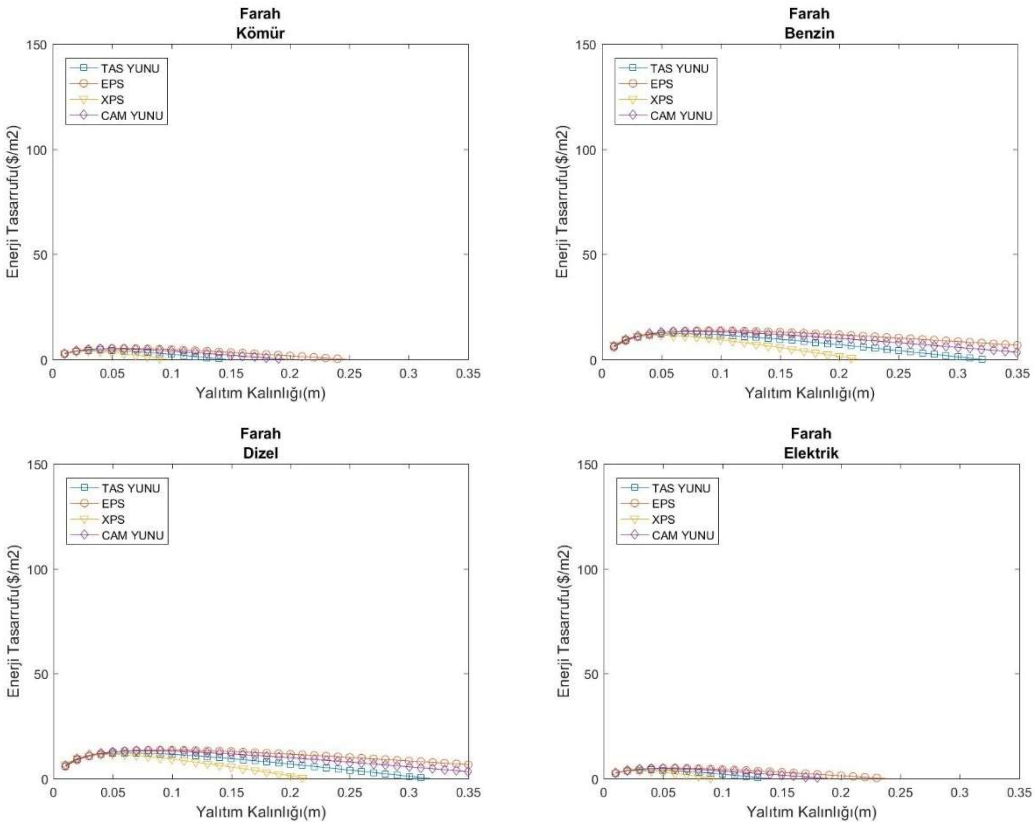

Farah
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Farah
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

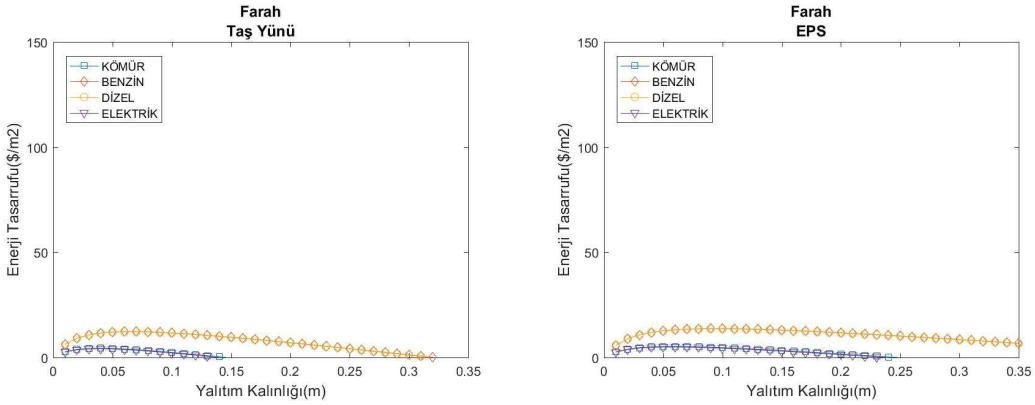

Farah
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

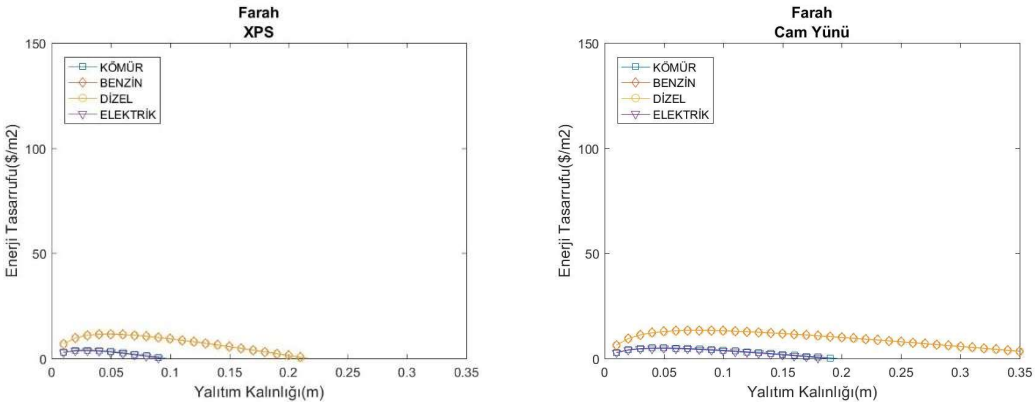

Farah
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.16. Farah şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.17. Farah şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.18. Farah şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1074,711 olduğu Farah şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0267 ile 0.0943 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %35,3 ile %61,4 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.6269 ile 2.826 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

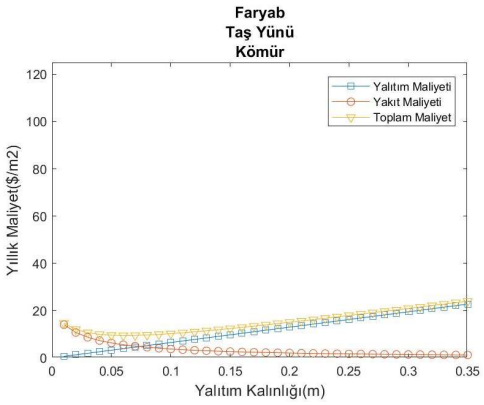
Farah şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 1.626 m, %61,4 ve 1.6269 yıl olarak belirlenmiştir.

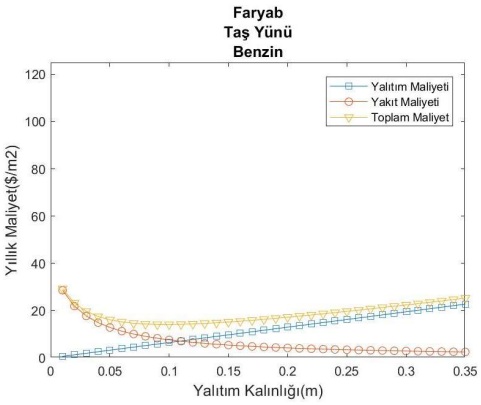
5.7. FARYAB

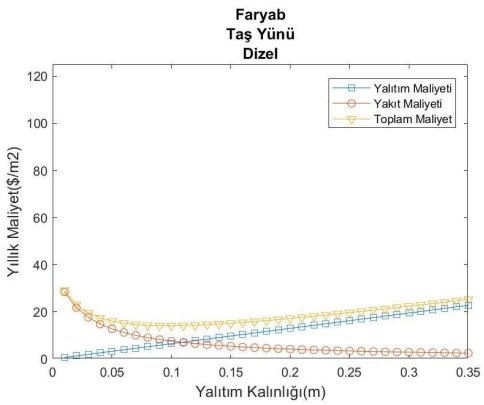
Afganistan'ın kuzeyinde yer alır. Deniz seviyesinden 815 m yükseklikte 20797,6 km² bir alanı kaplamaktadır [55]. Faryab şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.7'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.19'da verilmiştir. Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de sırası ile Faryab şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

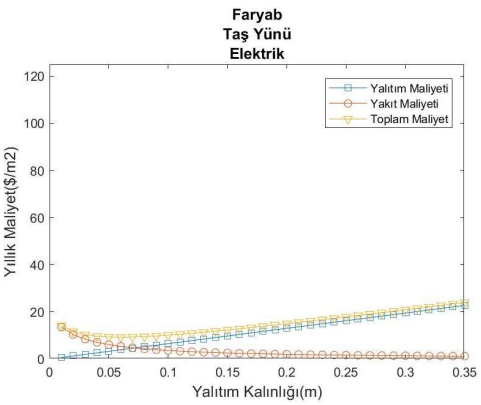
Çizelge 5.7. Faryab şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

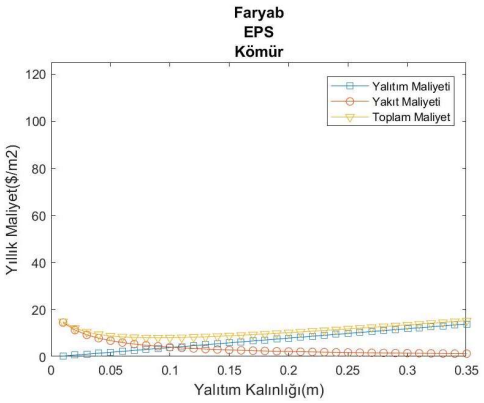
Faryab	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**3.6**	**4.6**	**9.7**	**15.0**	**21.5**	**25.9**	**27.6**	**25.1**	**20.7**	**13.8**	**7.3**	**4.5**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.5**	**4.6**	**5.9**	**7.3**	**8.2**	**8.7**	**8.4**	**7.8**	**6.6**	**5.1**	**3.8**	**3.2**
Nem Oranı (g/kg)	**2.9**	**3.3**	**4.6**	**5.6**	**5.8**	**4.7**	**4.7**	**4.0**	**3.3**	**3.3**	**3.4**	**3.0**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.6**	**3.6**	**3.6**	**3.4**	**3.4**	**3.5**	**3.6**	**3.3**	**3.3**	**3.2**	**3.1**	**3.2**

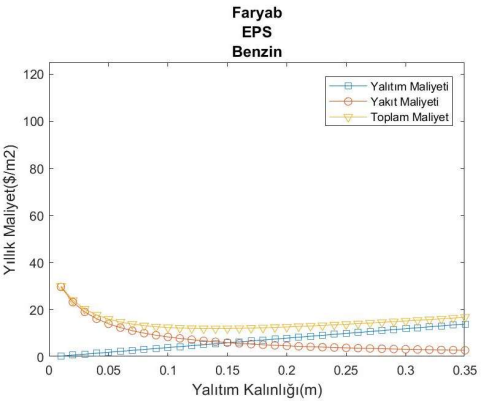

Faryab
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

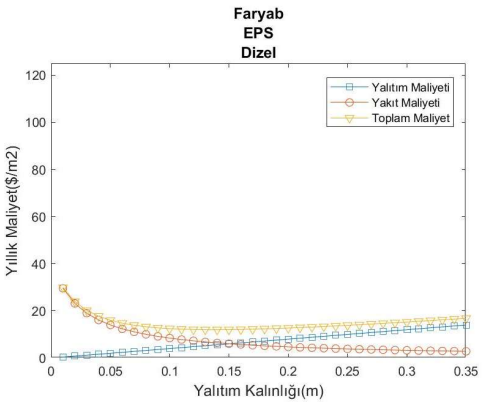

Faryab
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

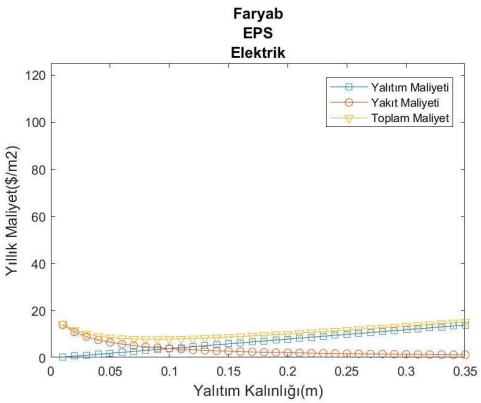

Faryab
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

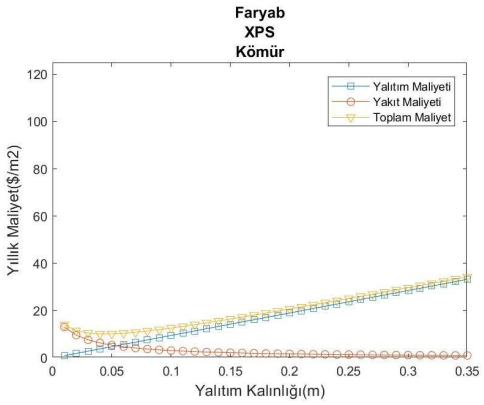

Faryab
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

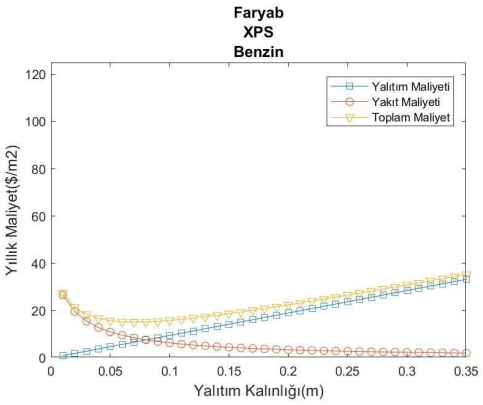

Faryab
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

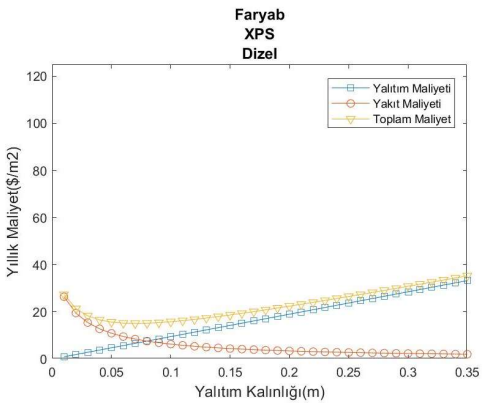

Faryab
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

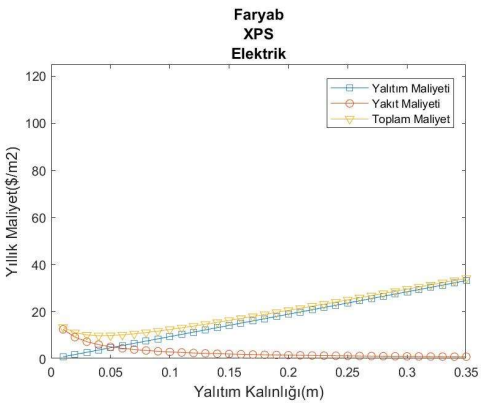

Faryab
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

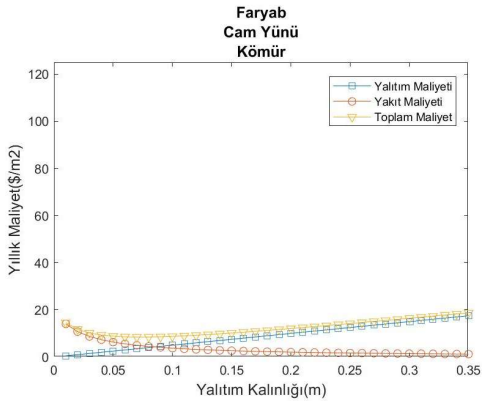

Faryab
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

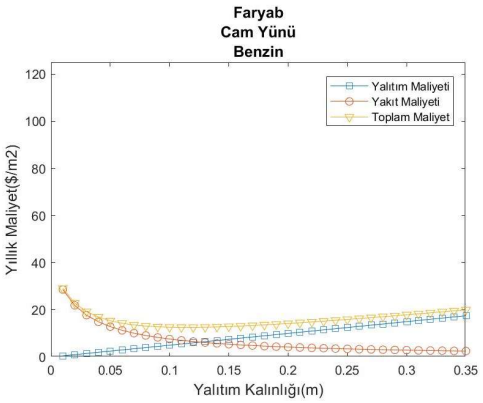

Faryab
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

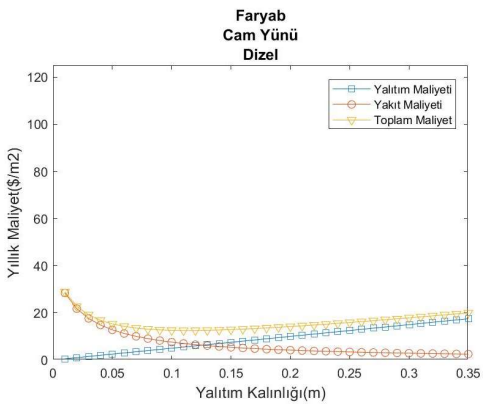

Faryab
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

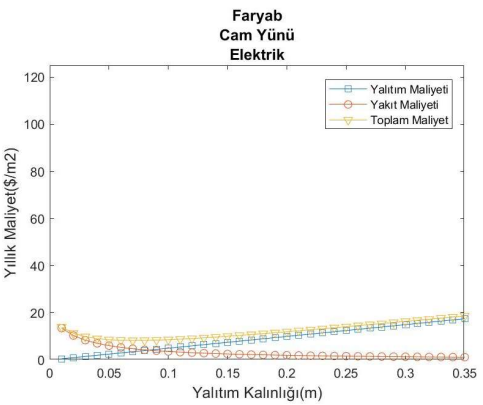

Faryab
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Faryab
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

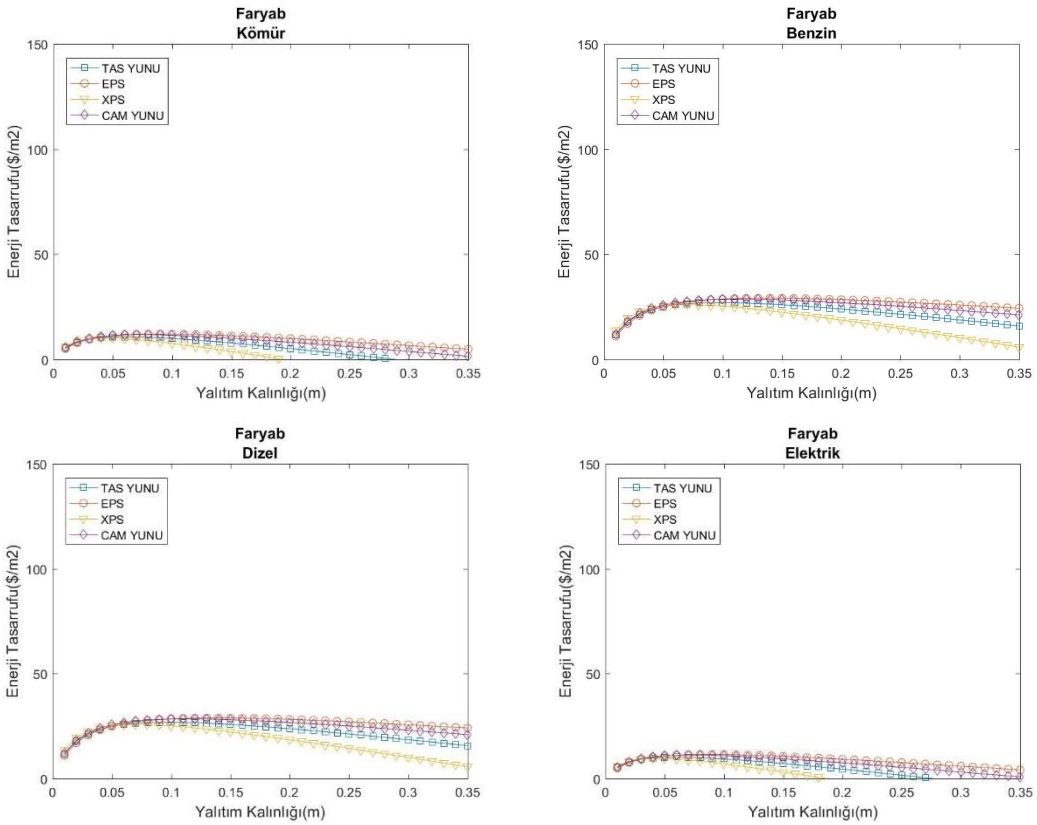

Faryab
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Faryab
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

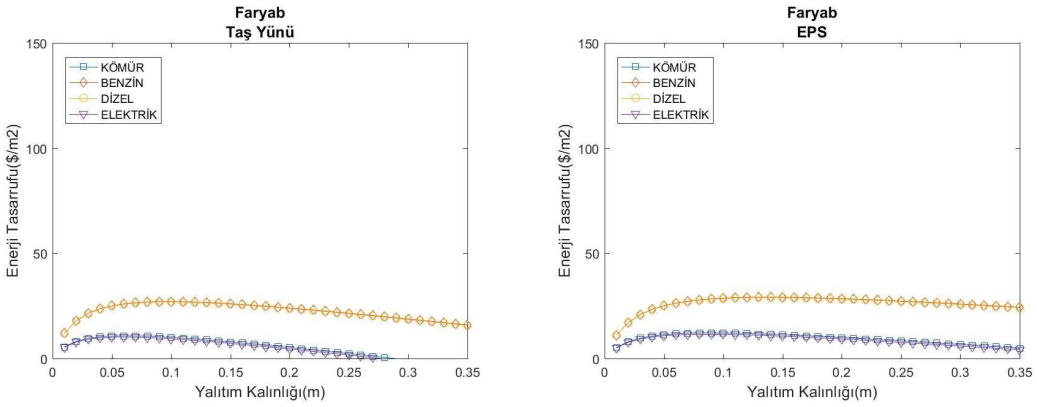

Faryab
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

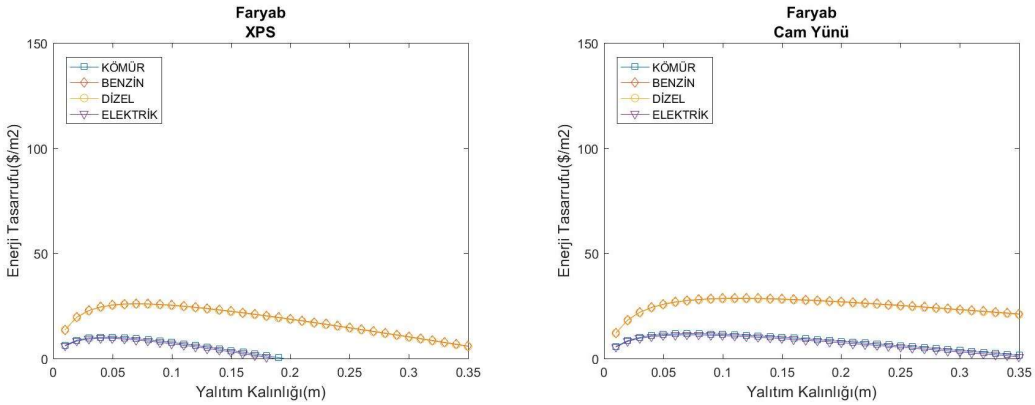

Faryab
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.19. Faryab şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.20. Faryab şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.21. Faryab şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1985,095 olduğu Faryab şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0428 ile 0.137 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %49,2 ile %70,7 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.413 ile 2.0299 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

Faryab şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.137 m, %70,7 ve 1.413 yıl olarak belirlenmiştir.

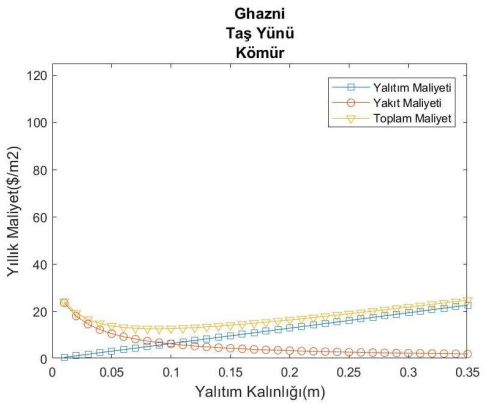
5.8. GHAZNİ

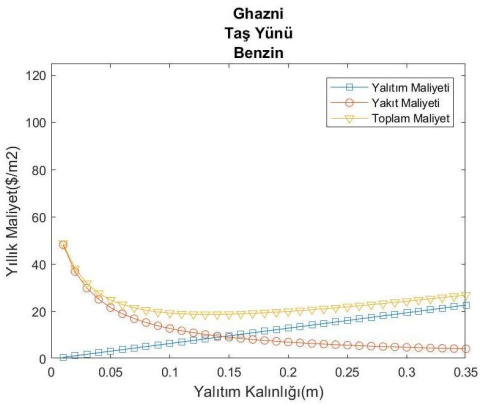
Afganistan'ın güneydoğusunda yer alır. Ghazni şehrinin kuzeyinde Meydan Wardak ve Bamyan şehirleri, doğusunda Paktiya ve Paktika şehirleri, güneyinde Zabul, batısında Uruzgan ve Daykundi şehirleri yer almaktadır. İklim sıcaklığı kışların -2.9 °C kadar düşmekte ve yazların 20.9 °C kadar yükselmektedir [55]. Ghazni şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.8'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.21'de verilmiştir. Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'te sırası ile Ghazni şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

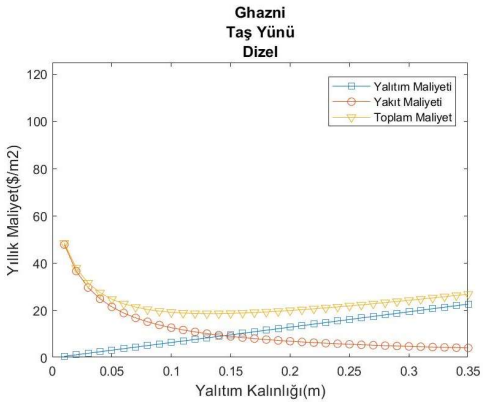
Çizelge 5.8. Ghazni şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

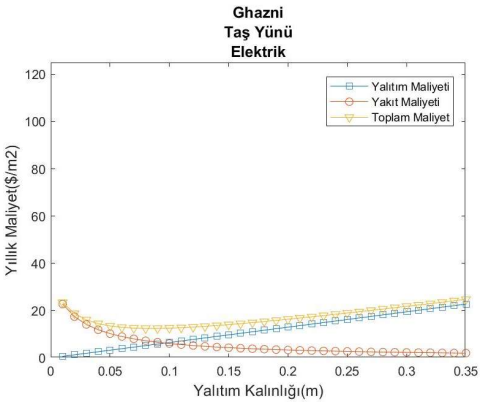
Ghazni	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-2.9**	**-1.9**	**3.8**	**9.4**	**14.2**	**18.2**	**20.9**	**20.0**	**16.2**	**10.1**	**3.9**	**0.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.9**	**5.0**	**6.3**	**7.5**	**8.3**	**8.5**	**8.0**	**7.4**	**6.5**	**5.3**	**4.2**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**2.3**	**2.9**	**4.1**	**5.5**	**6.7**	**6.7**	**7.5**	**6.7**	**4.7**	**3.5**	**3.2**	**2.4**

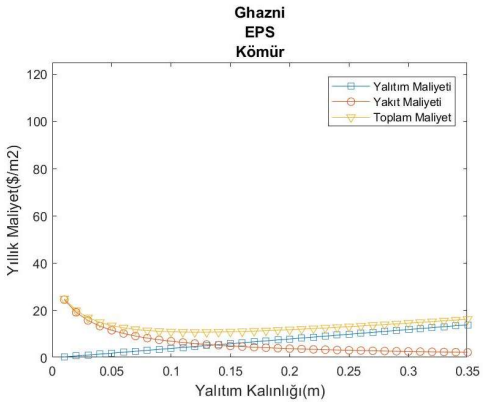
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.6**	**2.9**	**3.2**	**2.9**	**2.7**	**3.2**	**2.7**	**2.5**	**2.4**	**2.5**	**2.4**	**2.3**

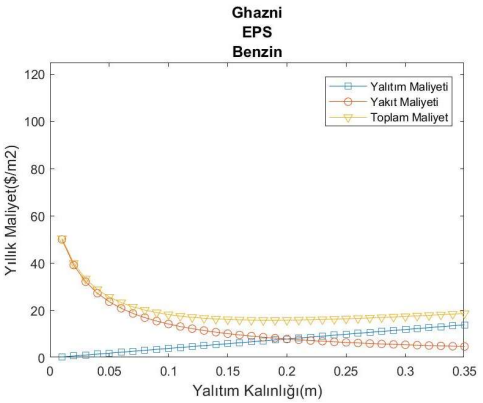


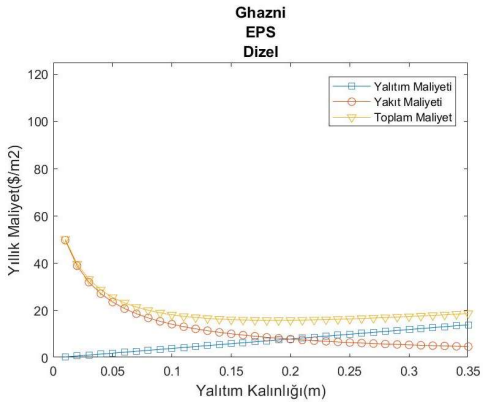


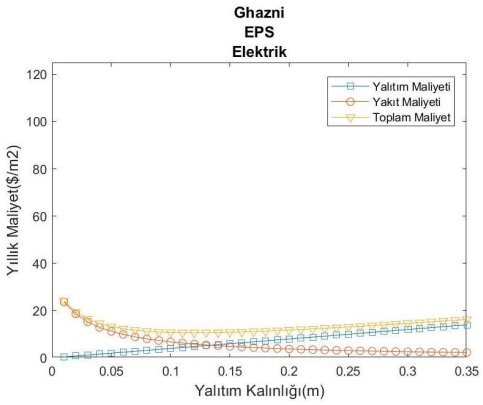


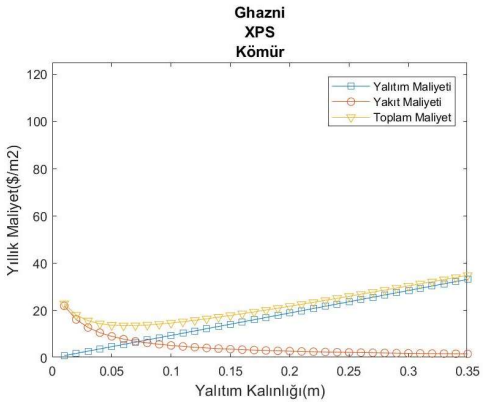


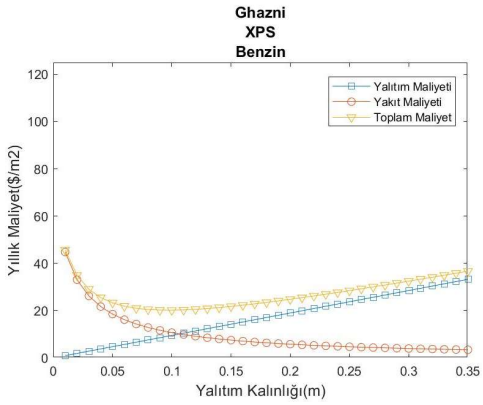


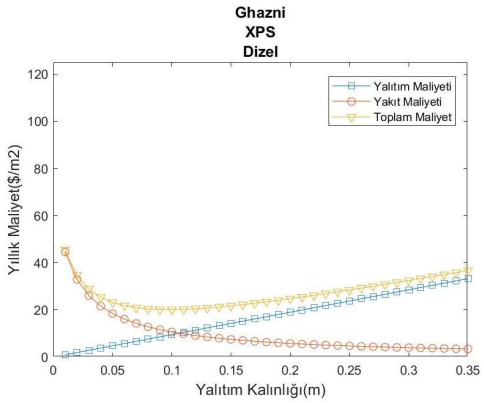


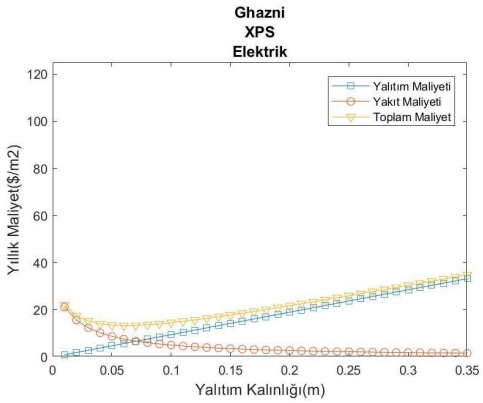

Ghazni
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

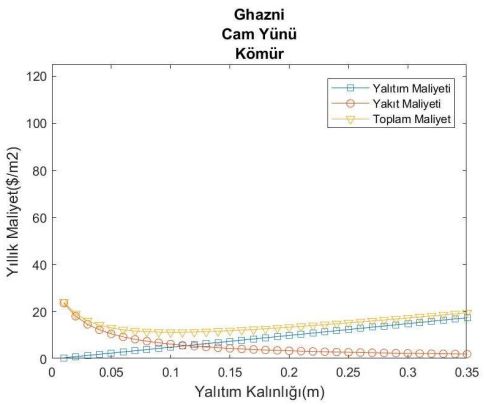

Ghazni
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

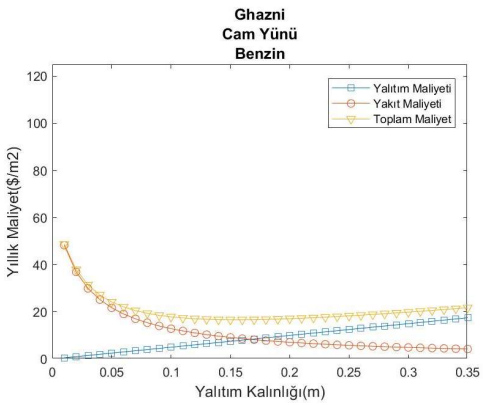

Ghazni
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

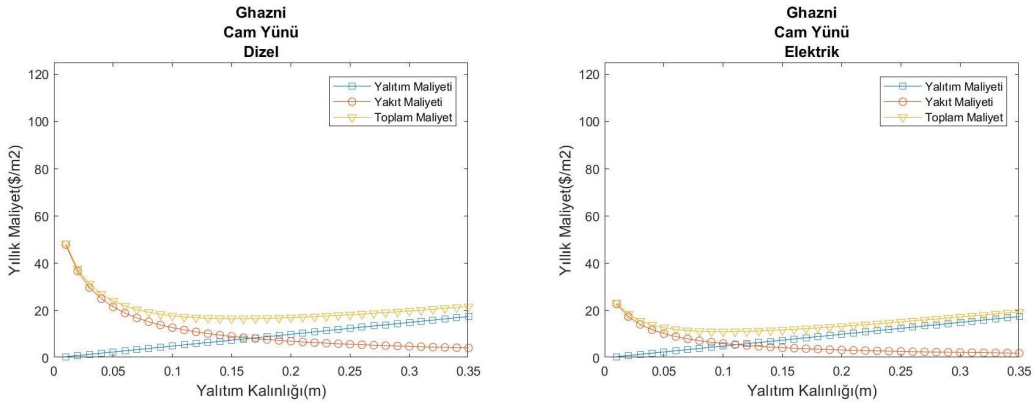

Ghazni
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Ghazni
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

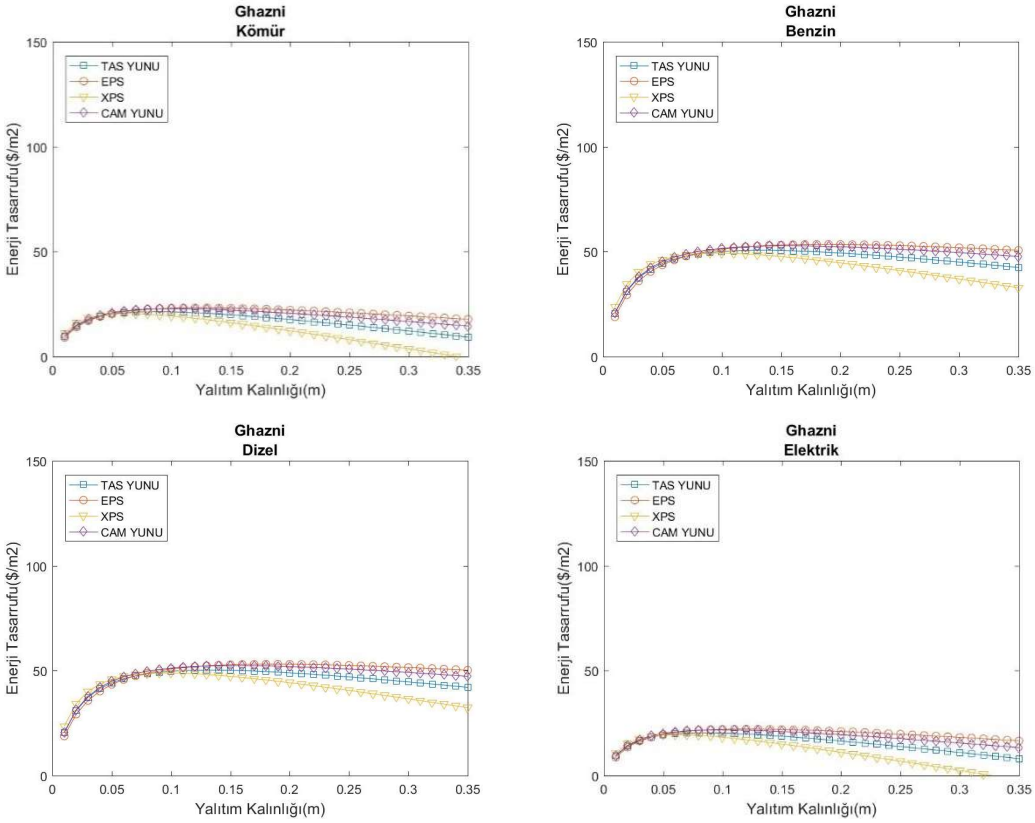

Ghazni
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Ghazni
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

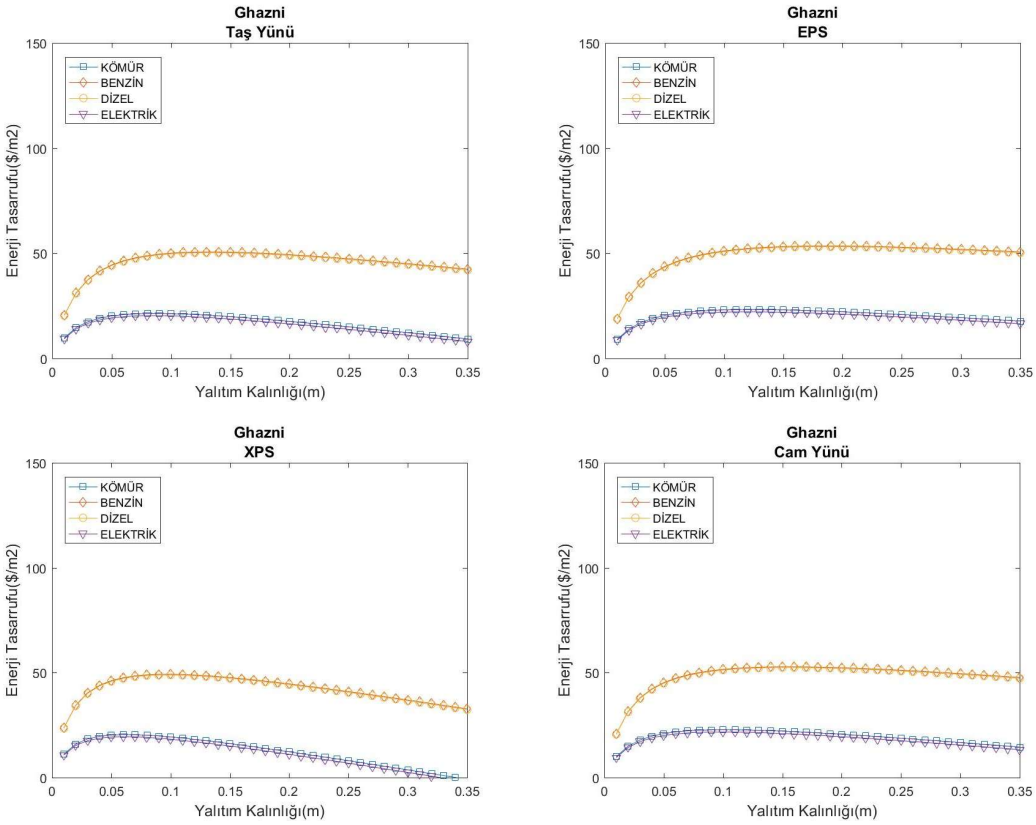

Ghazni
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)



Şekil 5.22. Ghazni şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.23. Ghazni şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.24. Ghazni şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3347,948 olduğu Ghazni şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0610 ile 0.186 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %59,3 ile %77,0 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.298 ile 1.684 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

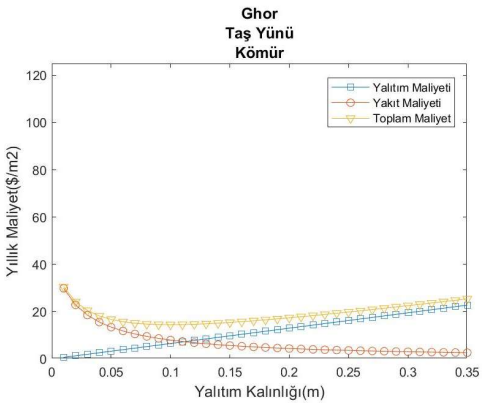
Ghazni şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.186 m, %77,0 ve 1.298 yıl olarak belirlenmiştir.

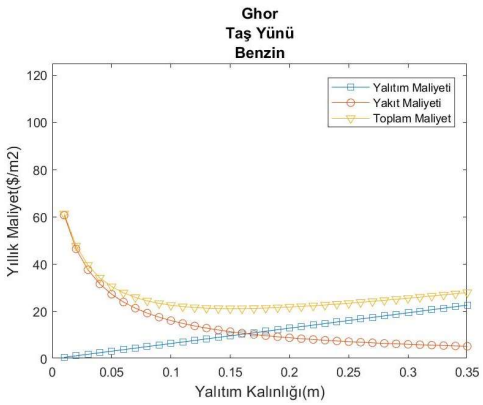
5.9. GHOR

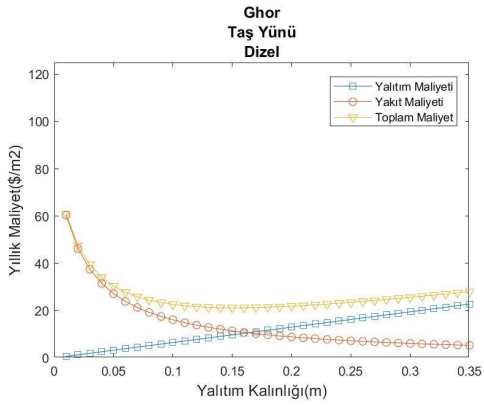
Afganistan'ın merkezinde, kuzeybatıya doğru yer almaktadır. 36657,4 km² bir alana sahip ve deniz seviyesinden 2230 m yüksekliktedir yazların 17.7 ℃, kışların ise -5.8 ℃ sıcaklığı görmektedir [55]. Ghor şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.9'da yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.24'te verilmiştir. Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da sırası ile Ghor şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

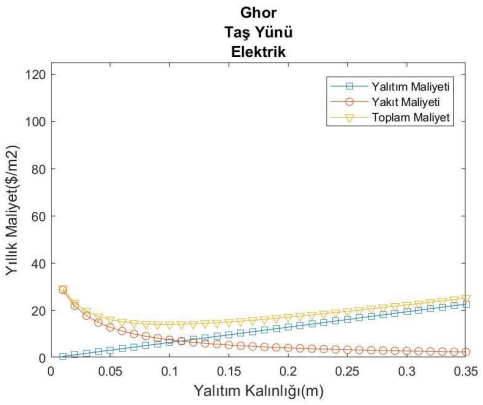
Çizelge 5.9. Ghor şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

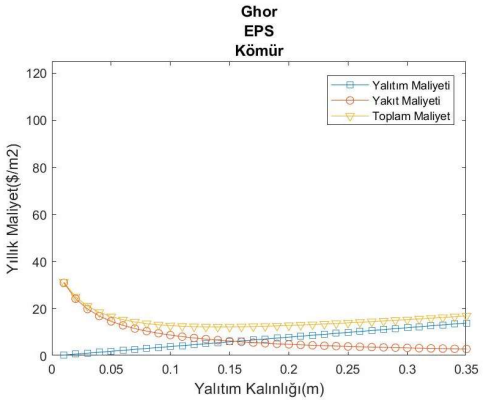
Ghor	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (℃)	**-5.8**	**-4.3**	**0.9**	**6.3**	**11.0**	**15.3**	**17.7**	**16.0**	**12.7**	**7.0**	**0.7**	**-3.6**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.9**	**5.1**	**6.4**	**7.6**	**8.4**	**8.9**	**8.6**	**8.0**	**8.9**	**5.4**	**4.1**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**2.1**	**2.6**	**3.6**	**4.5**	**5.0**	**4.2**	**4.2**	**3.6**	**2.6**	**2.5**	**2.8**	**2.3**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.8**	**4.1**	**4.2**	**3.6**	**3.5**	**4.4**	**4.7**	**4.2**	**3.2**	**3.0**	**3.1**	**3.2**

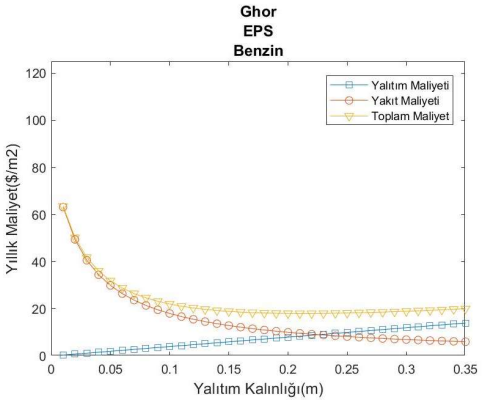

Ghor
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

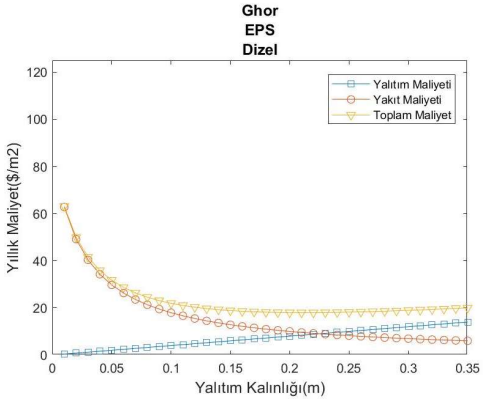

Ghor
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

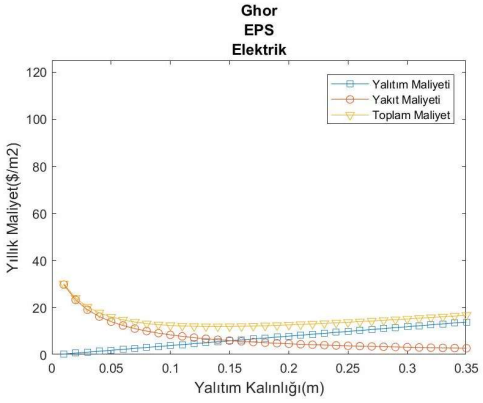

Ghor
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

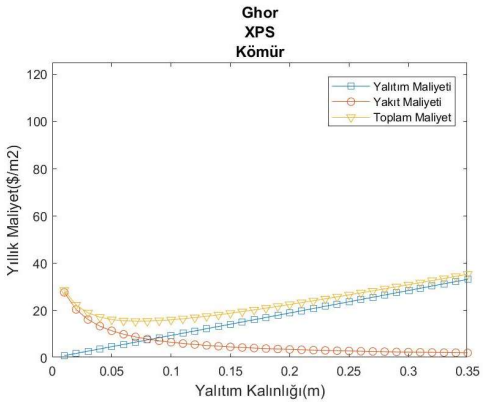

Ghor
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

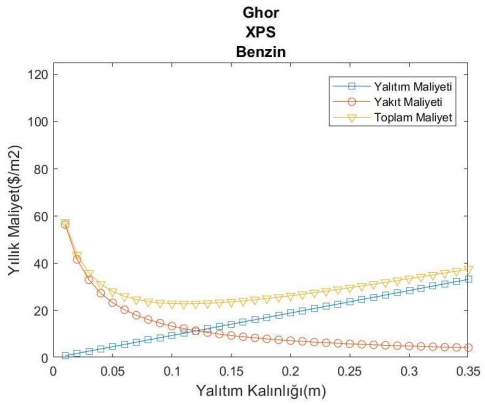

Ghor
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

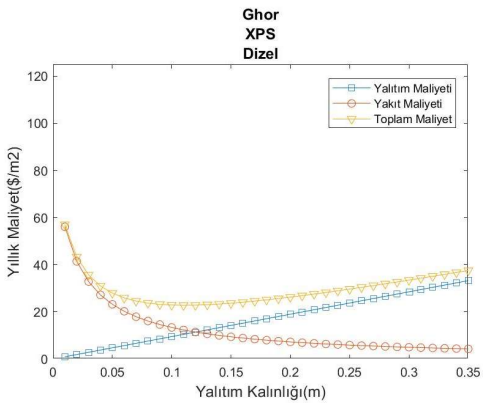

Ghor
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

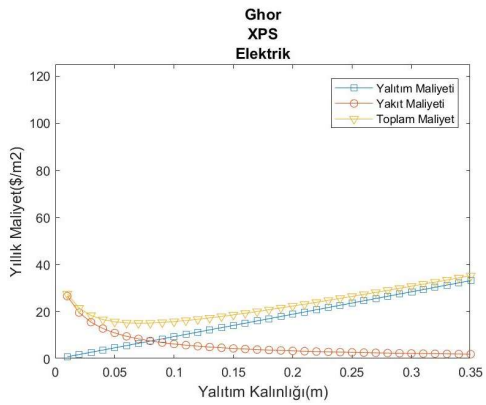

Ghor
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

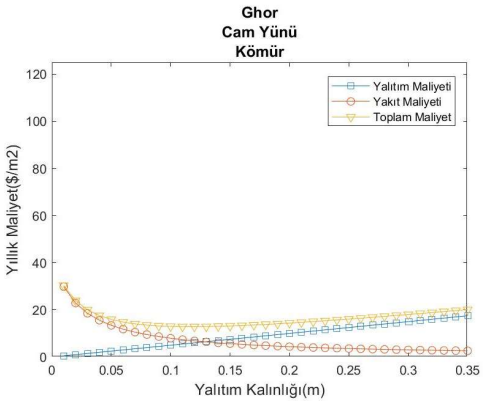

Ghor
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

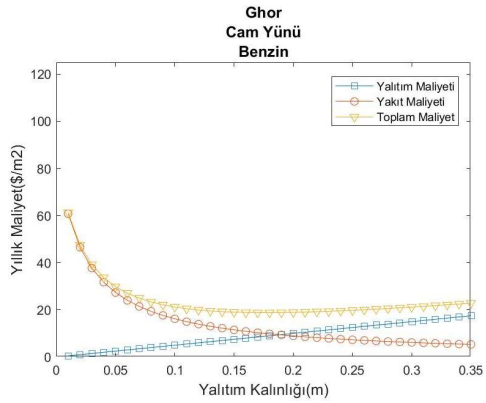

Ghor
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

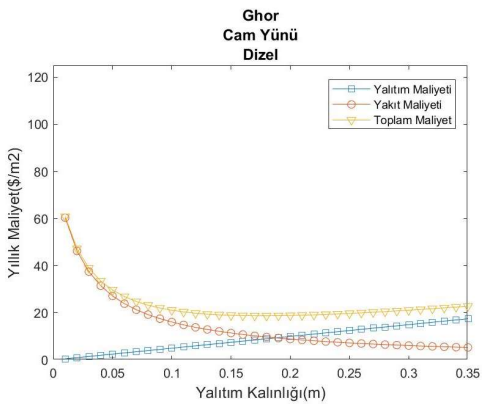

Ghor
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

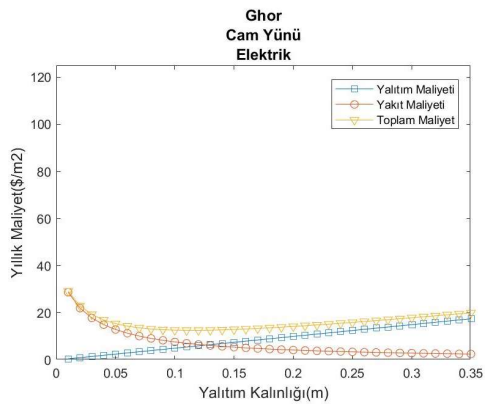

Ghor
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Ghor
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

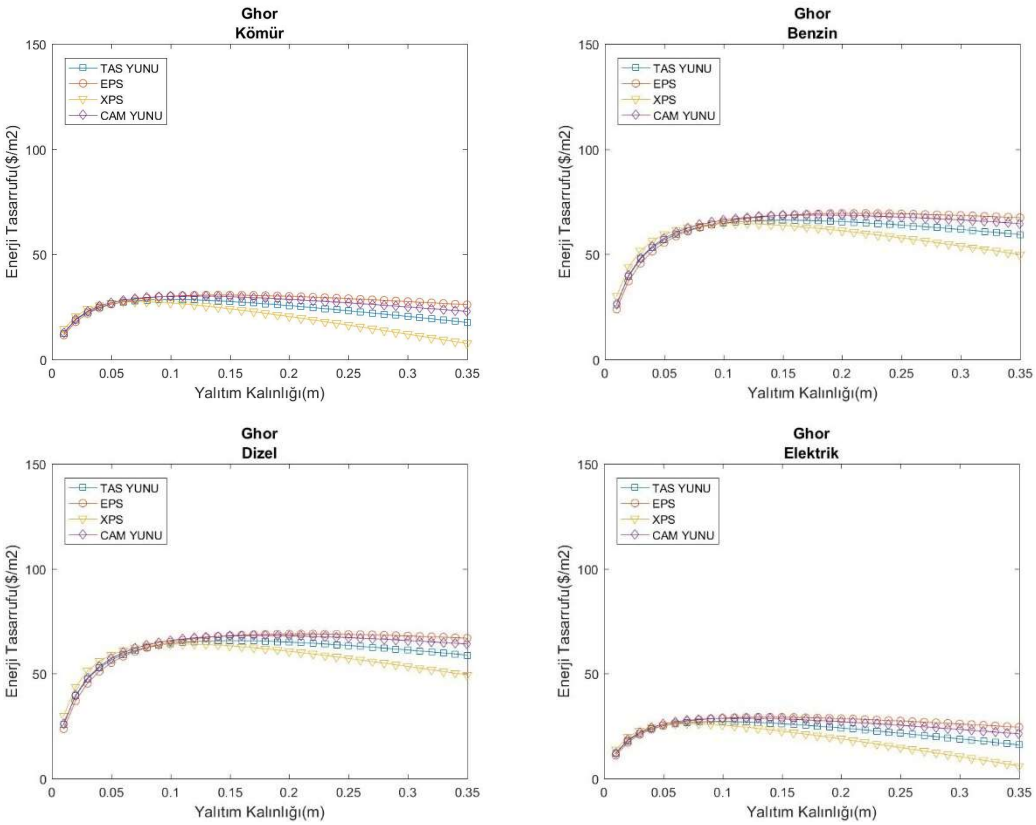

Ghor
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Ghor
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

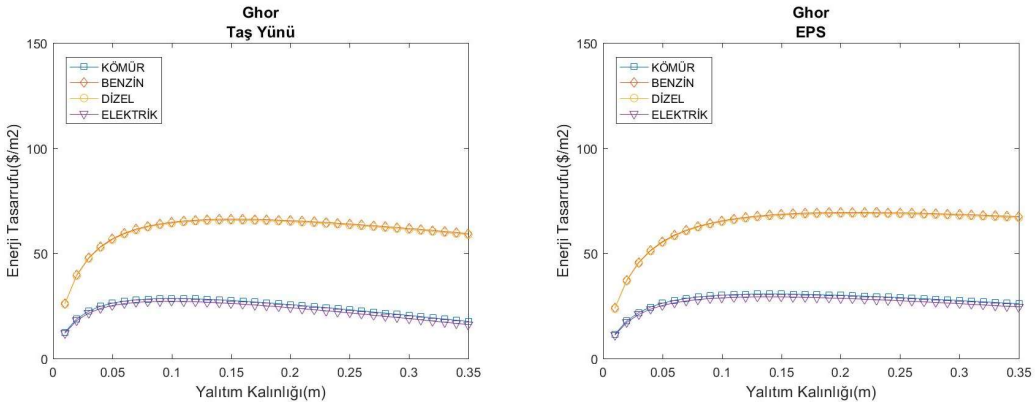

Ghor
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

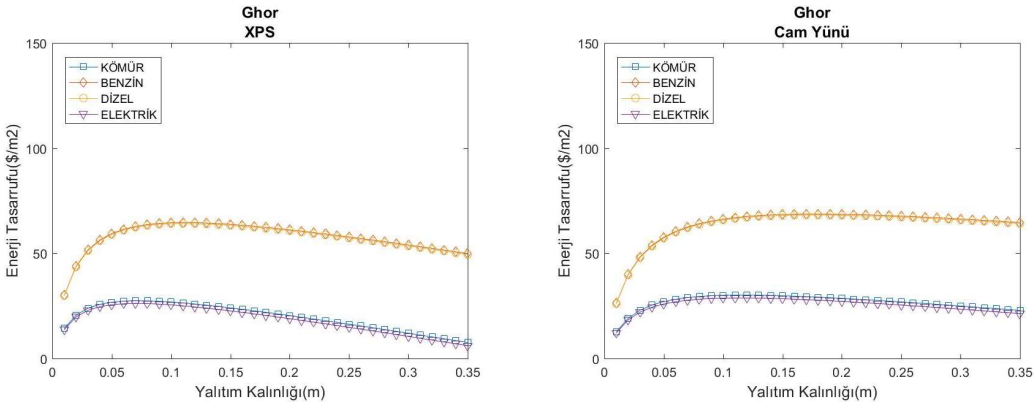

Ghor
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.25. Ghor şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.26. Ghor şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.27. Ghor şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 4217,423 olduğu Ghor şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0707 ile 0.212 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %63,2 ile %79,3 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.259 ile 1.580 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

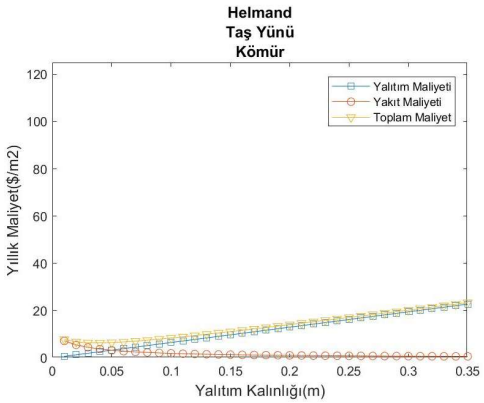
Ghor şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.212 m, %79,3 ve 1.259 yıl olarak belirlenmiştir.

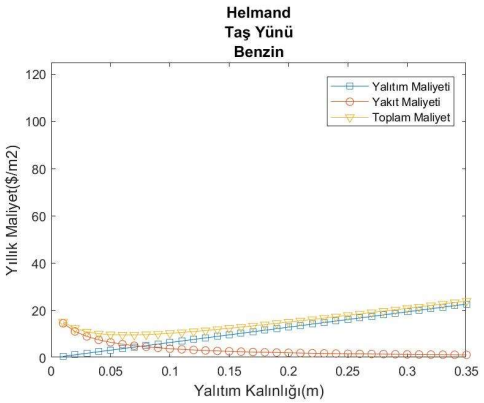
5.10. HELMAND

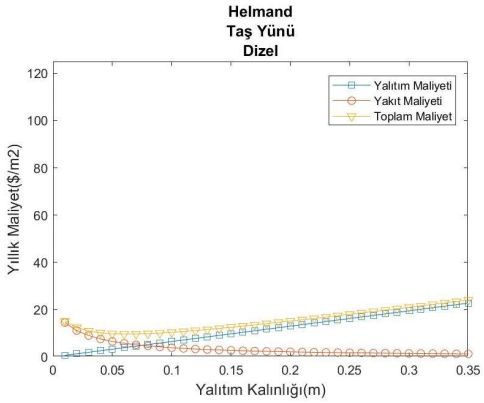
Afganistan'ın güneyinde yer alır. 780 m deniz seviyesinden yükseklikte olup güneyden Pakistan ile sınırlıdır. Helmand şehri 58305,1 km² yüzölçümüne sahiptir ve bu şehir Divrend hattına 162 km uzaklıkta olup yazların 34.6 ℃ kışların ise 7.7 ℃ sıcaklığa sahiptir [55]. Helmand şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.10'da yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.27'de verilmiştir. Şekil 5.28 ve Şekil 5.29'da sırası ile Helmand şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

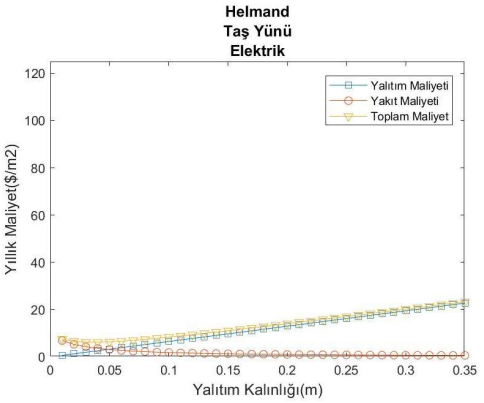
Çizelge 5.10. Helmand şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

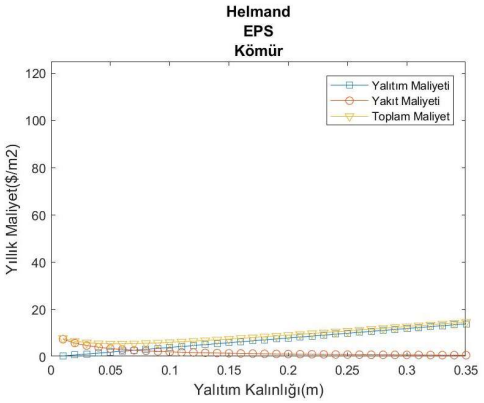
Helmand	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (℃)	**7.7**	**10.2**	**16.2**	**22.7**	**28.4**	**32.9**	**34.6**	**32.1**	**27.2**	**20.7**	**13.8**	**8.6**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.0**	**5.0**	**6.2**	**7.3**	**8.2**	**8.5**	**8.2**	**7.6**	**6.7**	**5.4**	**4.3**	**3.7**
Nem Oranı (g/kg)	**2.8**	**3.4**	**4.2**	**4.9**	**4.6**	**3.6**	**4.1**	**3.7**	**2.8**	**2.9**	**3.4**	**2.6**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.1**	**3.4**	**3.5**	**3.4**	**3.8**	**3.7**	**3.3**	**2.9**	**2.7**	**2.9**	**2.7**	**2.7**

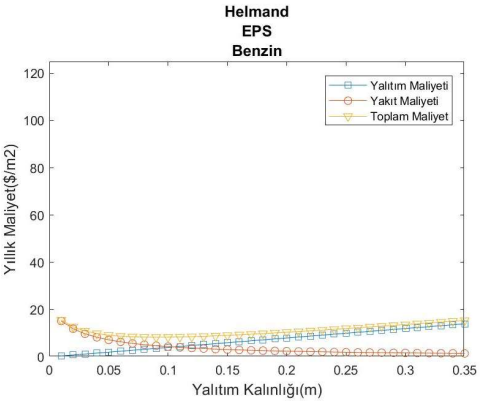

Helmand
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

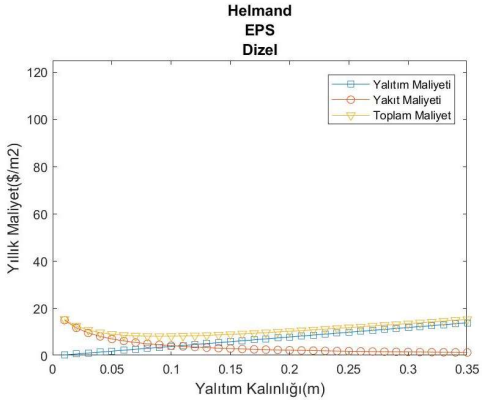

Helmand
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

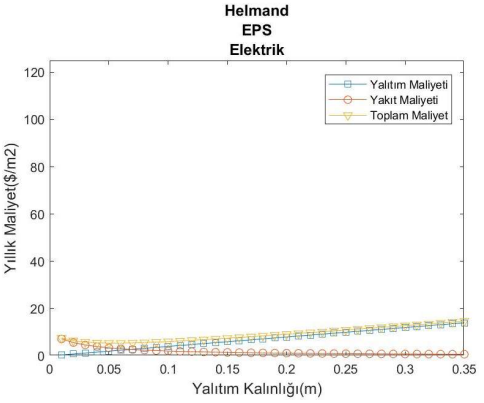

Helmand
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

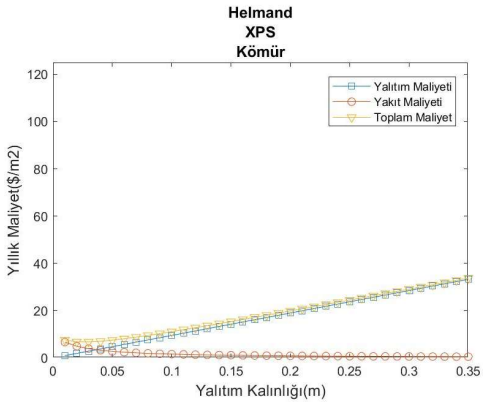

Helmand
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

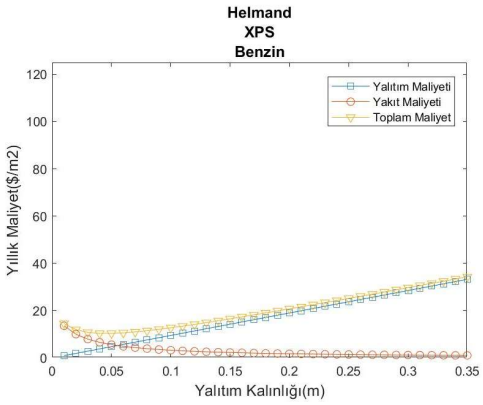

Helmand
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

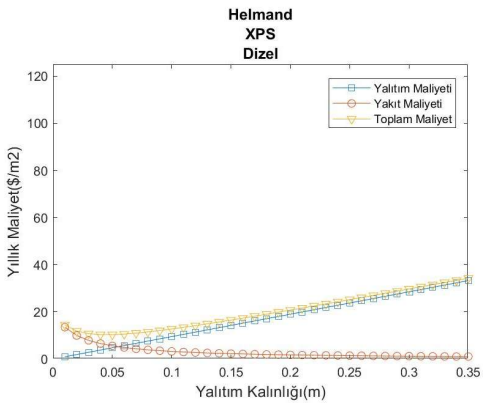

Helmand
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

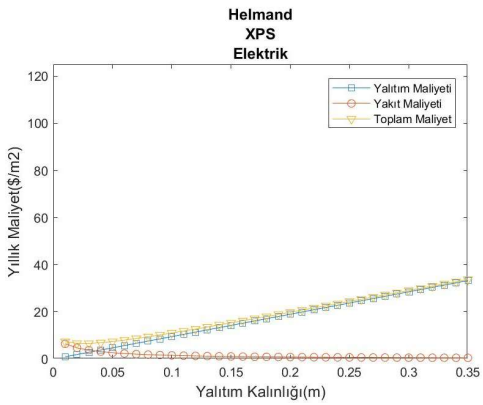

Helmand
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

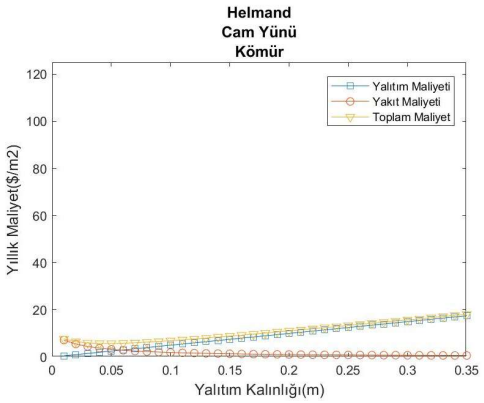

Helmand
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

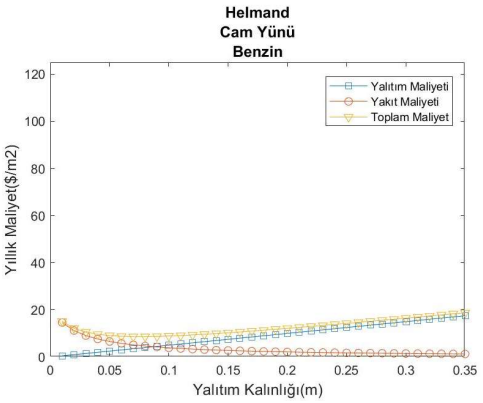

Helmand
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

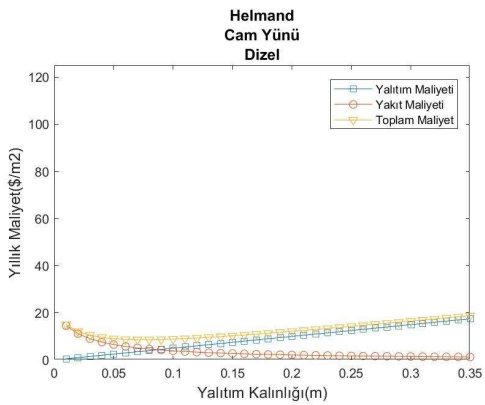

Helmand
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

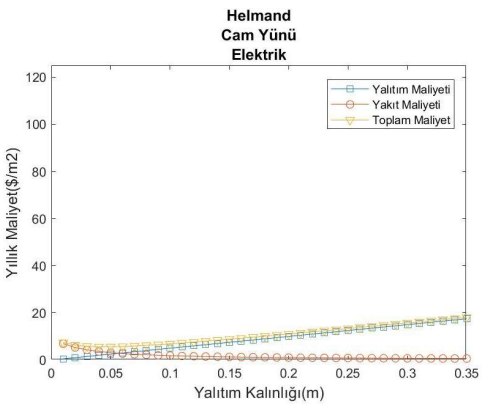

Helmand
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Helmand
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

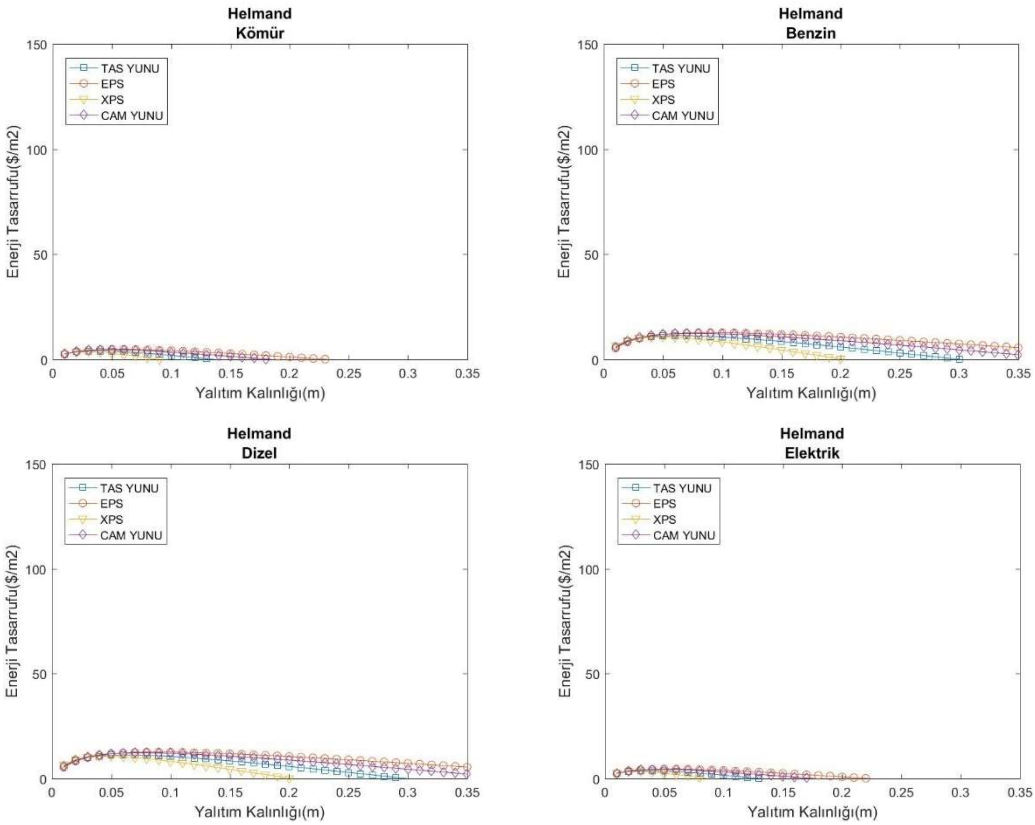

Helmand
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Helmand
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

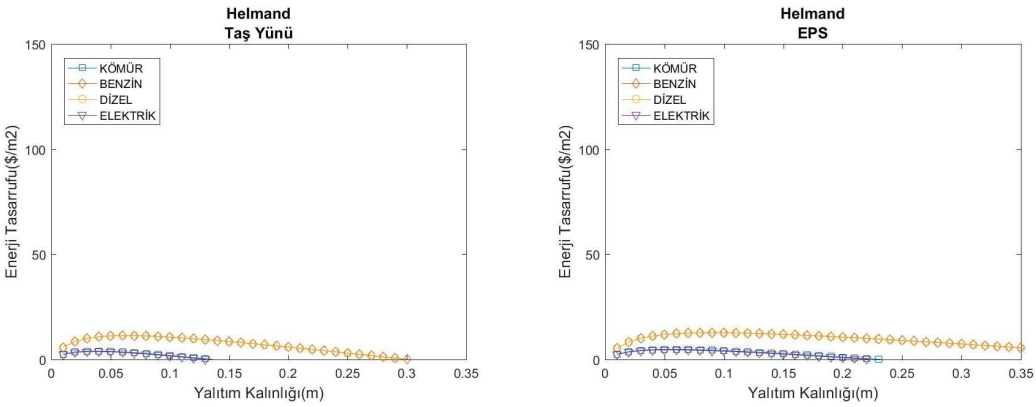

Helmand
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

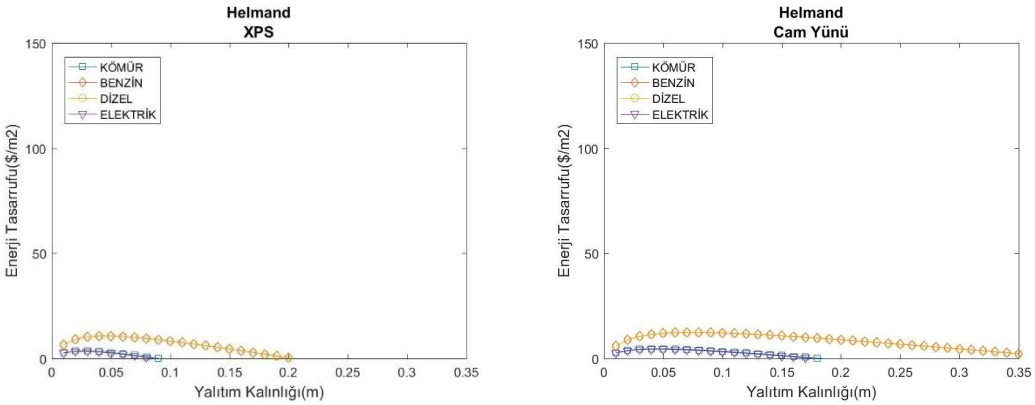

Helmand
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.28. Helmand şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.29. Helmand şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.30. Helmand şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1014,446 olduğu Helmand şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.02544 ile 0.06306 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %33,9 ile %54,0 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.8516 ile 2.942 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

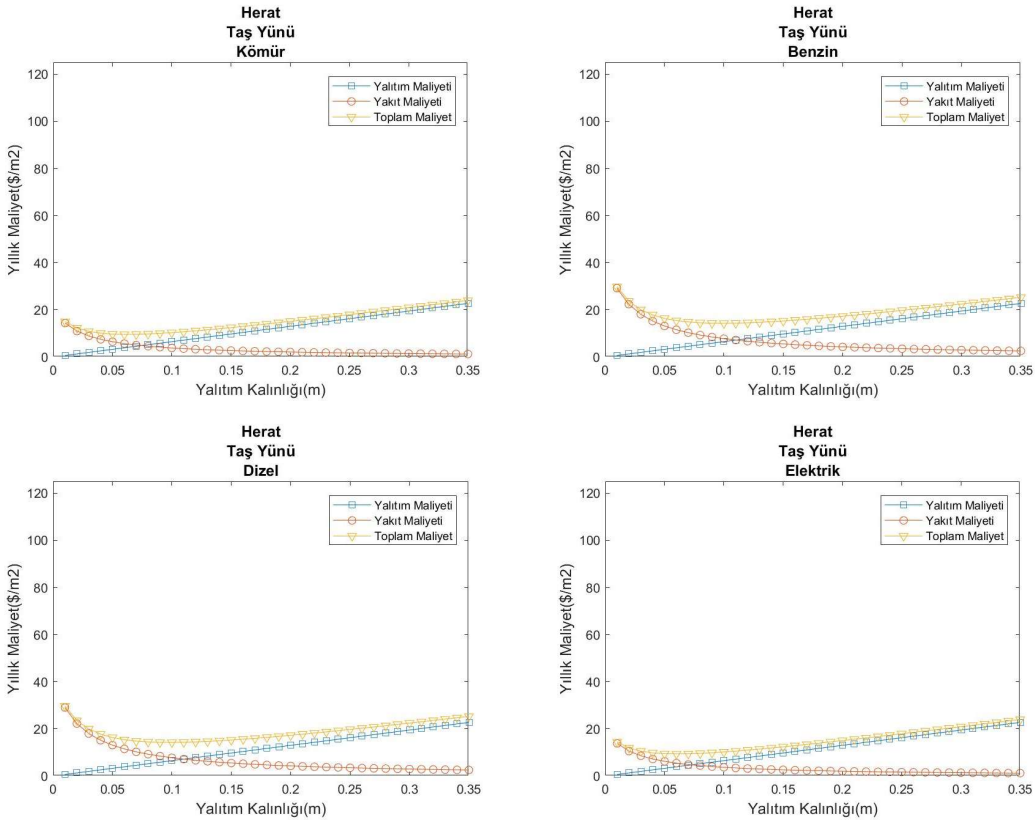
Helmand şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.06306 m, %54,0 ve 1.8516 yıl olarak belirlenmiştir.

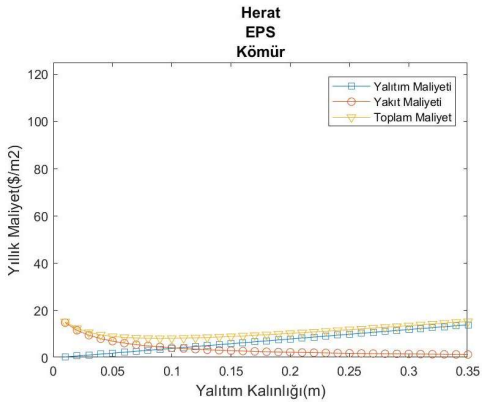
5.11. HERAT

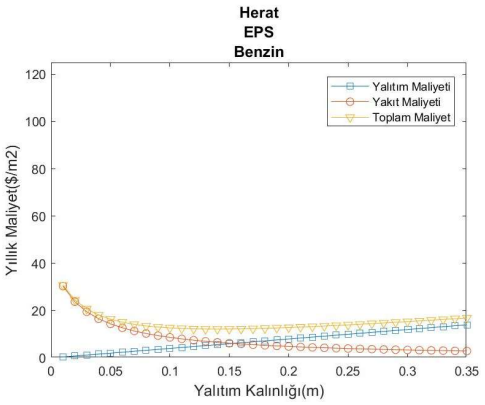
Afganistan'ın batısında yer alır. 55868,5 km² bir alana sahiptir. Herat deniz seviyesinden 924 m yükseklikte olup, kuzeyde Türkmenistan ve batıda İran ile sınırlıdır, yazların ortalama sıcaklığı 25,4 ℃, kışların ise 2,3 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Herat şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.11'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.30'da verilmiştir. Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de sırası ile Herat şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

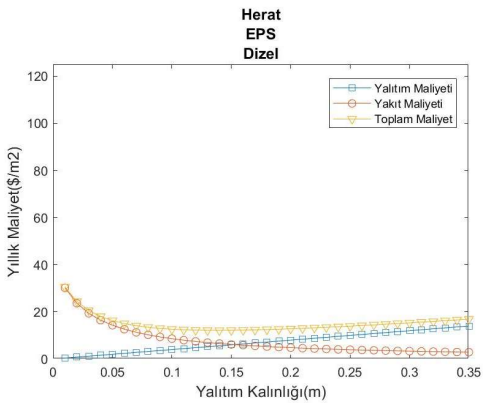
Çizelge 5.11. Herat şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

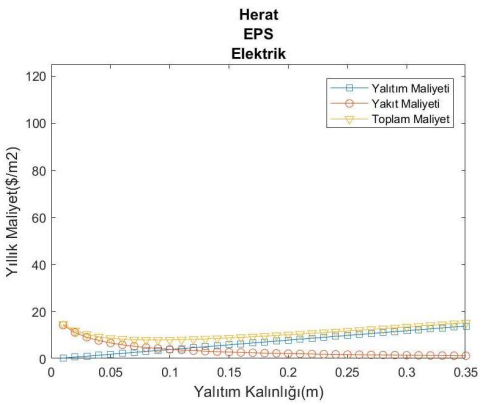
Herat	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**2.3**	**3.8**	**8.9**	**14.4**	**19.9**	**23.9**	**25.4**	**22.9**	**19.2**	**13.3**	**6.9**	**3.4**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.6**	**4.7**	**6.0**	**7.7**	**8.1**	**8.6**	**8.3**	**7.7**	**6.6**	**5.2**	**3.9**	**3.3**
Nem Oranı (g/kg)	**2.8**	**3.2**	**4.5**	**5.6**	**5.8**	**4.8**	**4.7**	**4.0**	**3.2**	**3.2**	**3.6**	**2.9**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**4.5**	**4.7**	**4.4**	**4.1**	**4.6**	**6.6**	**8.1**	**7.7**	**6.2**	**4.6**	**4.0**	**4.0**

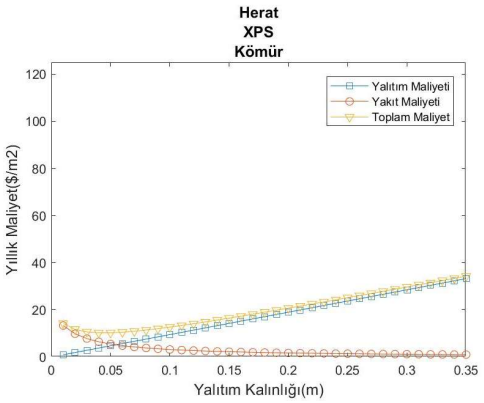


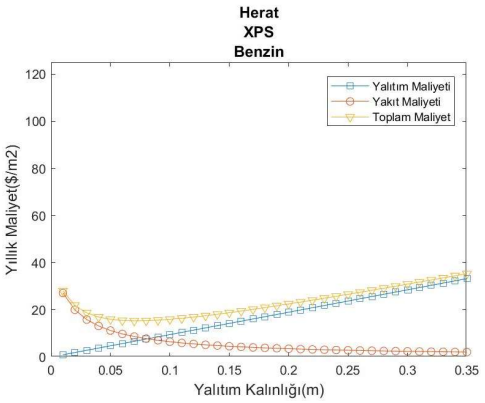

Herat
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

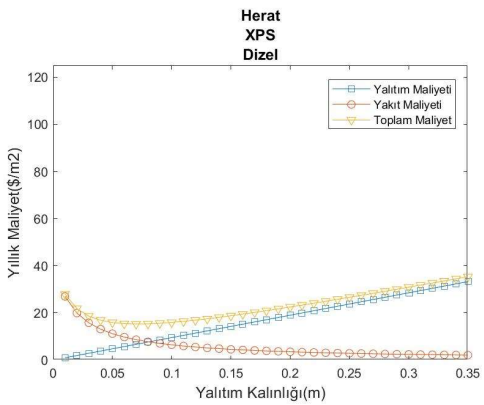

Herat
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

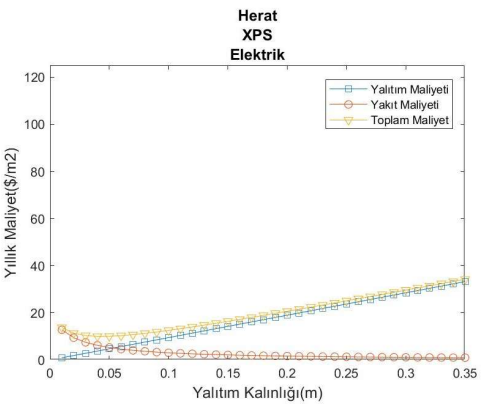

Herat
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

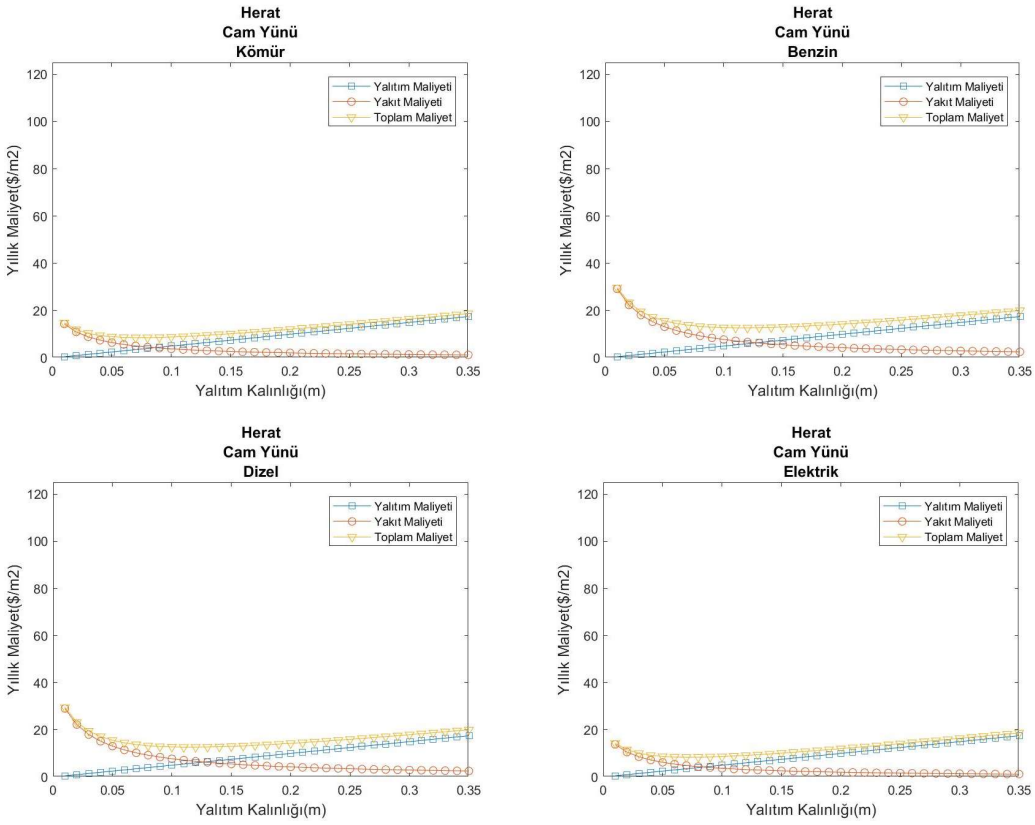

Herat
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Herat
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

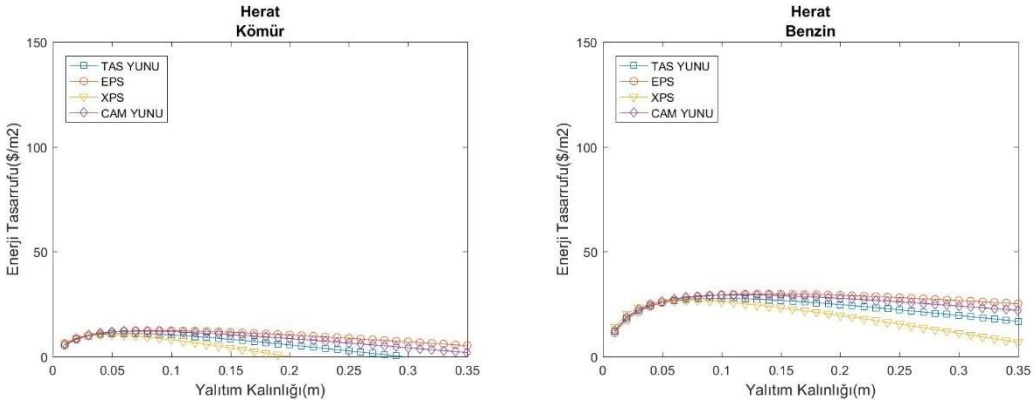

Herat
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

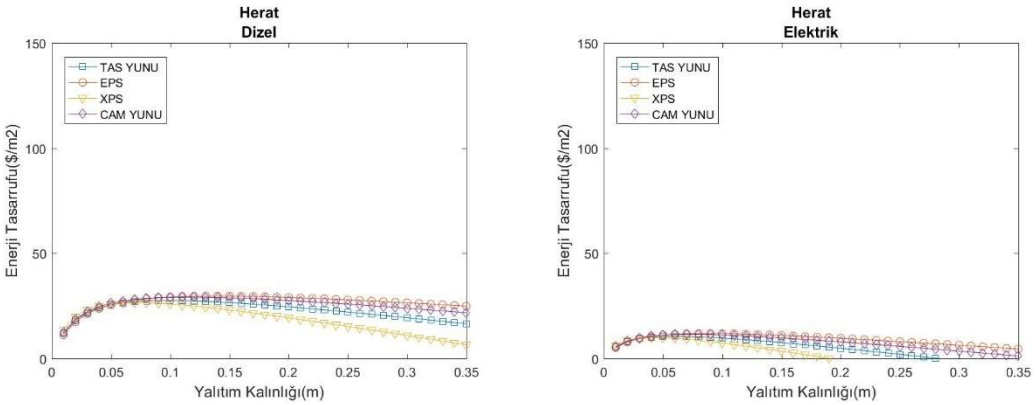

Herat
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Herat
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

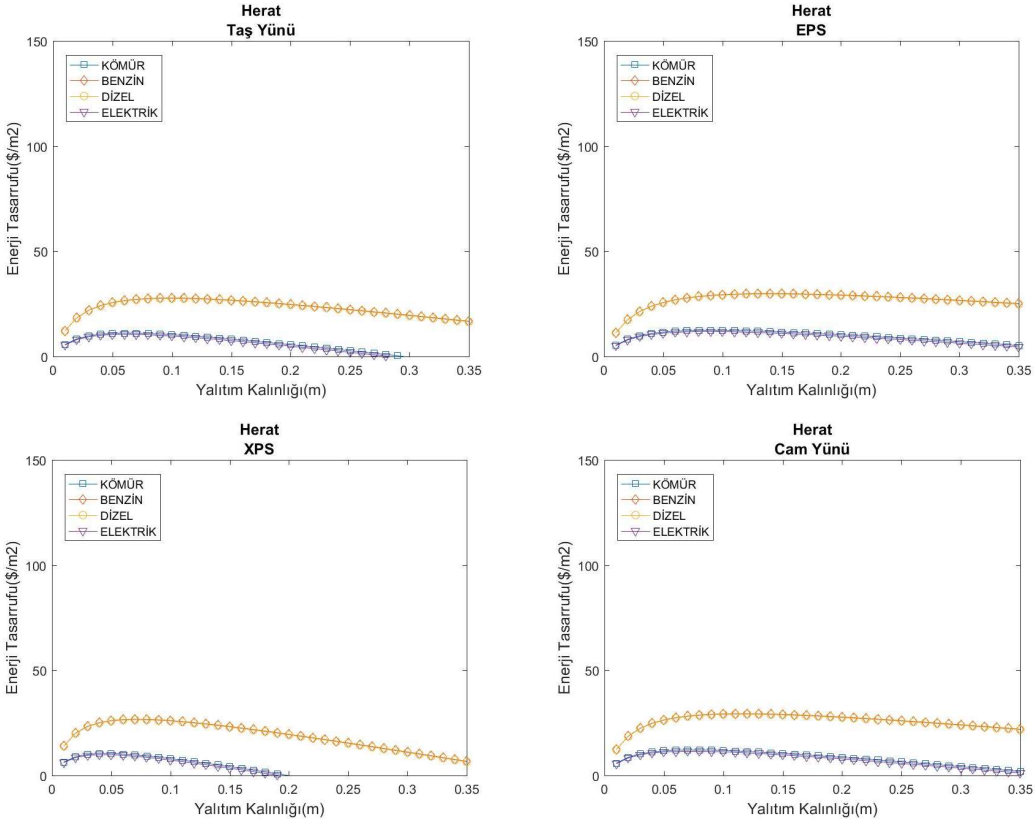


Şekil 5.31. Herat şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.32. Herat şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.33. Herat şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları

Isıtma derece gün sayısı değerinin 2027,606 olduğu Herat şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0434 ile 0.1393 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %49,7 ile %71,0 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.4080 ile 2.0119 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

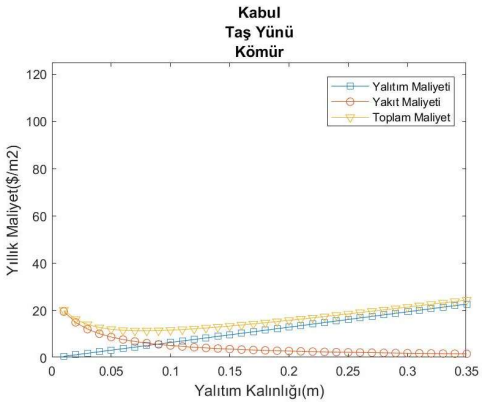
Herat şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1393 m, %71,0 ve 1.4080 yıl olarak belirlenmiştir.

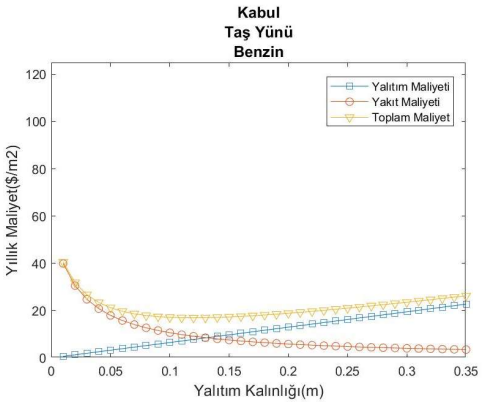
5.12 KABUL

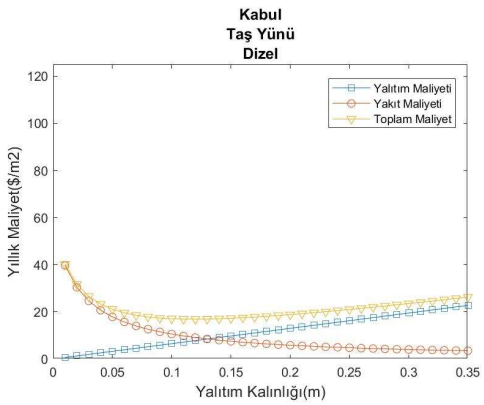
Afganistan'ın başkenti ve en büyük şehri olan Kabil yazları sıcak, kurak ve kışlar çok soğuk iklim özellikleri ile ülkenin doğusunda yer alır [55]. Kabul şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.12'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.33'te verilmiştir. Şekil 5.34'te ve Şekil 5.35'te sırası ile Kabul şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

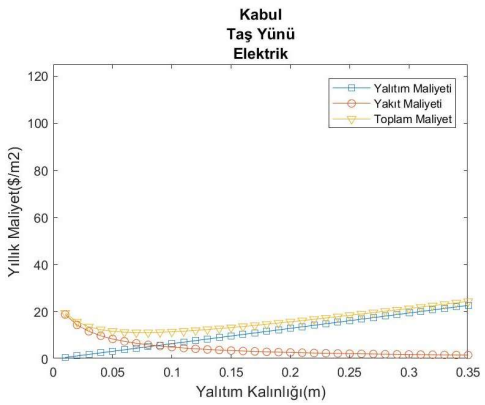
Çizelge 5.12. Kabul şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

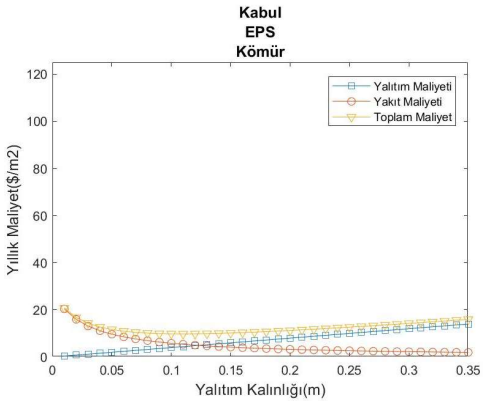
Kabul	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-0.6**	**0.1**	**6.0**	**11.5**	**15.9**	**20.1**	**22.8**	**21.6**	**17.9**	**12.9**	**6.1**	**2.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.2**	**5.4**	**7.3**	**7.8**	**7.7**	**7.2**	**7.3**	**7.1**	**5.5**	**4.4**	**3.6**	**3.2**
Nem Oranı (g/kg)	**2.3**	**3.0**	**4.3**	**5.7**	**6.6**	**6.2**	**6.4**	**6.0**	**4.6**	**3.9**	**3.2**	**2.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**1.5**	**1.8**	**1.7**	**1.8**	**2.0**	**2.6**	**2.6**	**2.5**	**2.0**	**1.6**	**1.4**	**1.5**

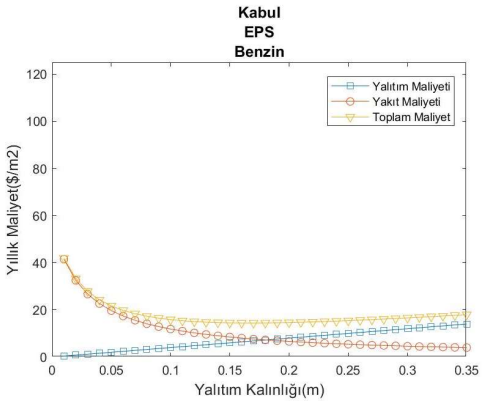

Kabul
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

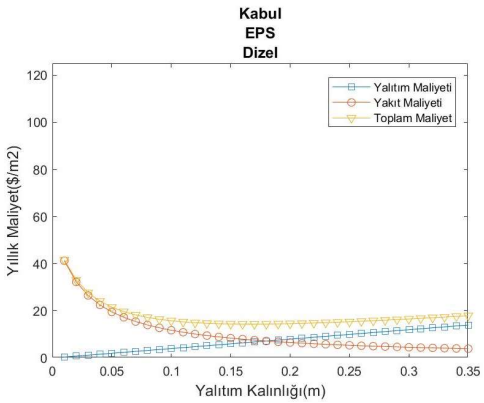

Kabul
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

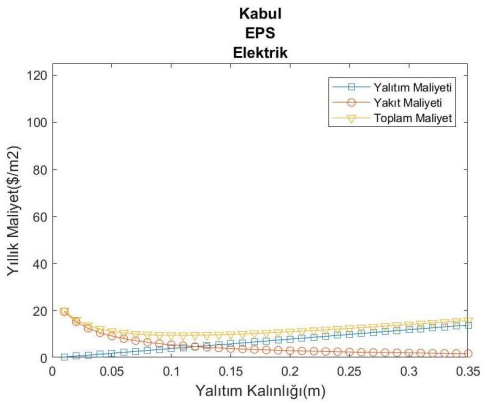

Kabul
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

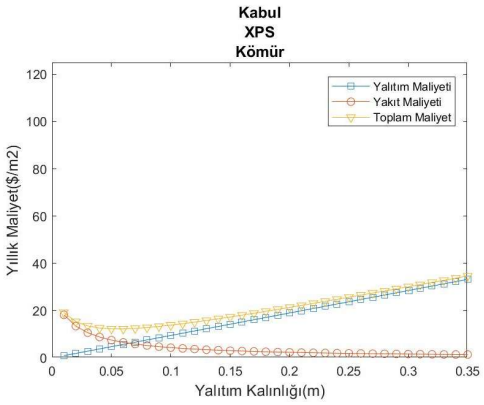

Kabul
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

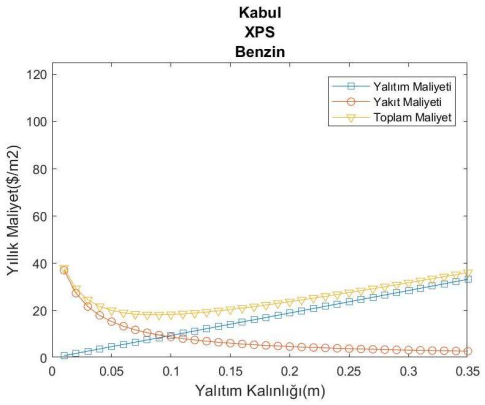

Kabul
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

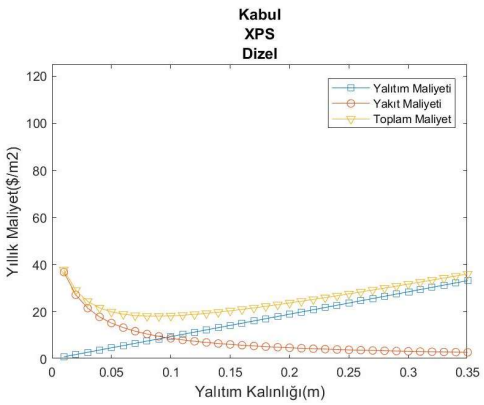

Kabul
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

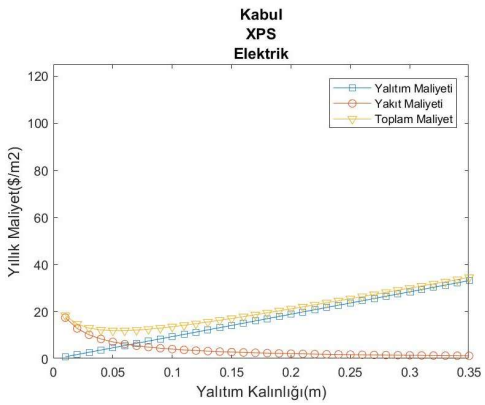

Kabul
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

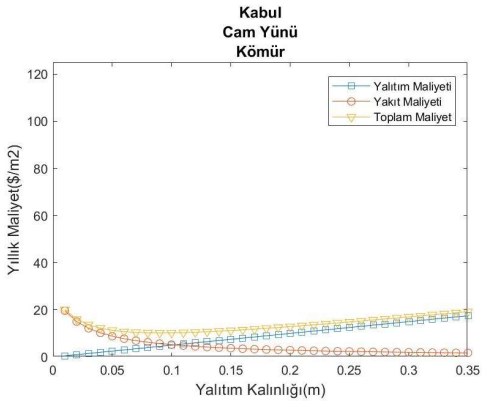

Kabul
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

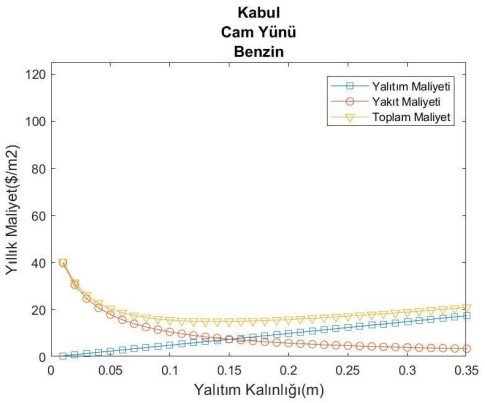

Kabul
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

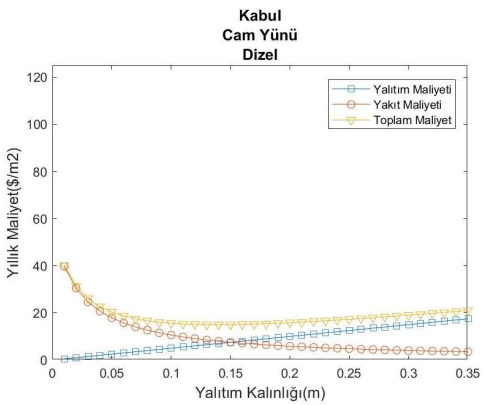

Kabul
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

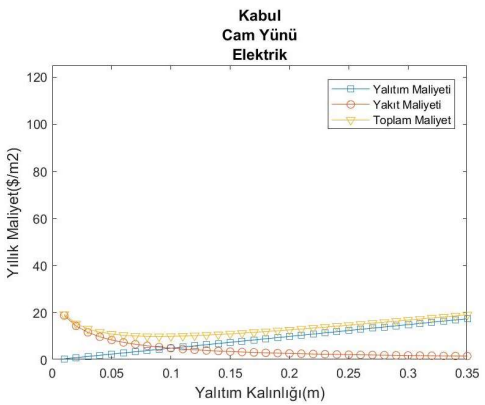

Kabul
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Kabul
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

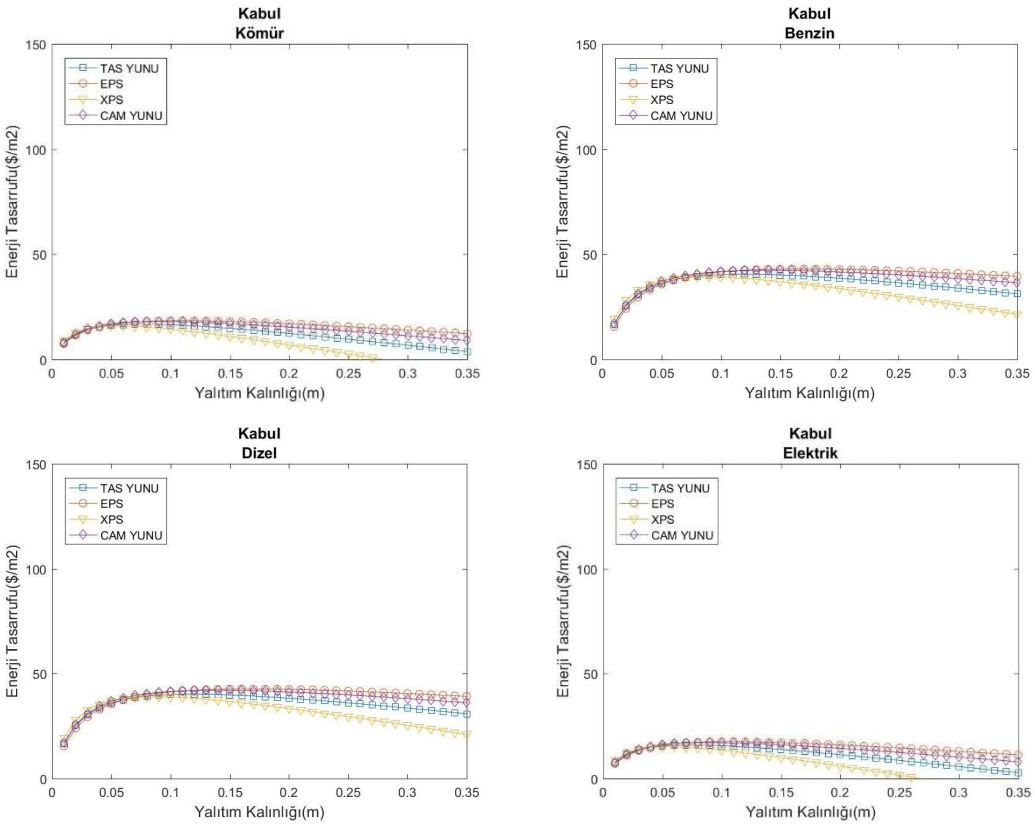

Kabul
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Kabul
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

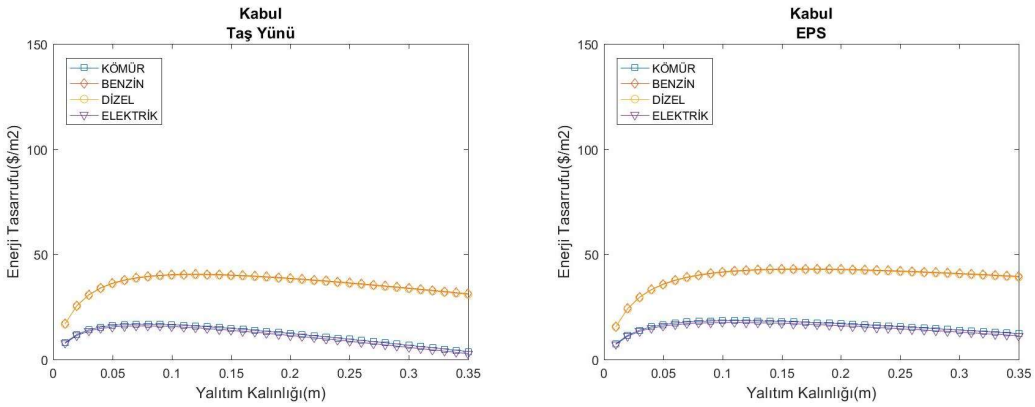

Kabul
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

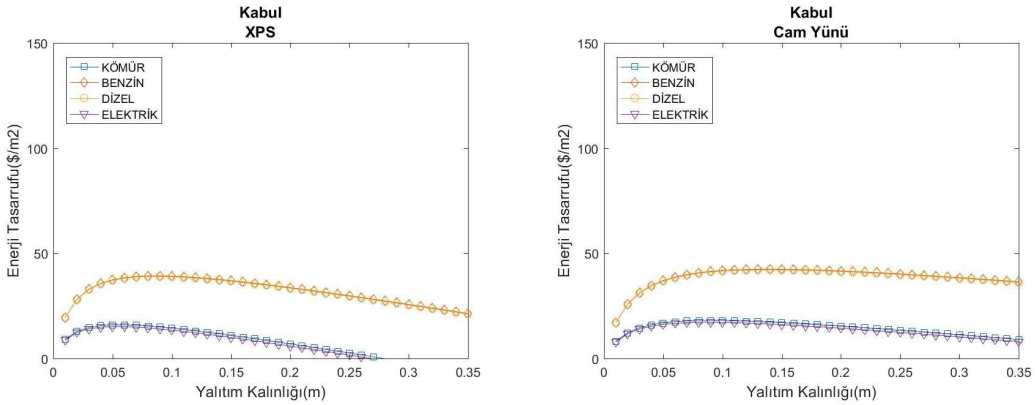

Kabul
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.34. Kabul şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.35. Kabul şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.36. Kabul şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 2771,003 olduğu Kabul şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.05392 ile 0.11907 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %55,8 ile %70,4 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.41862 ile 1.7889 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

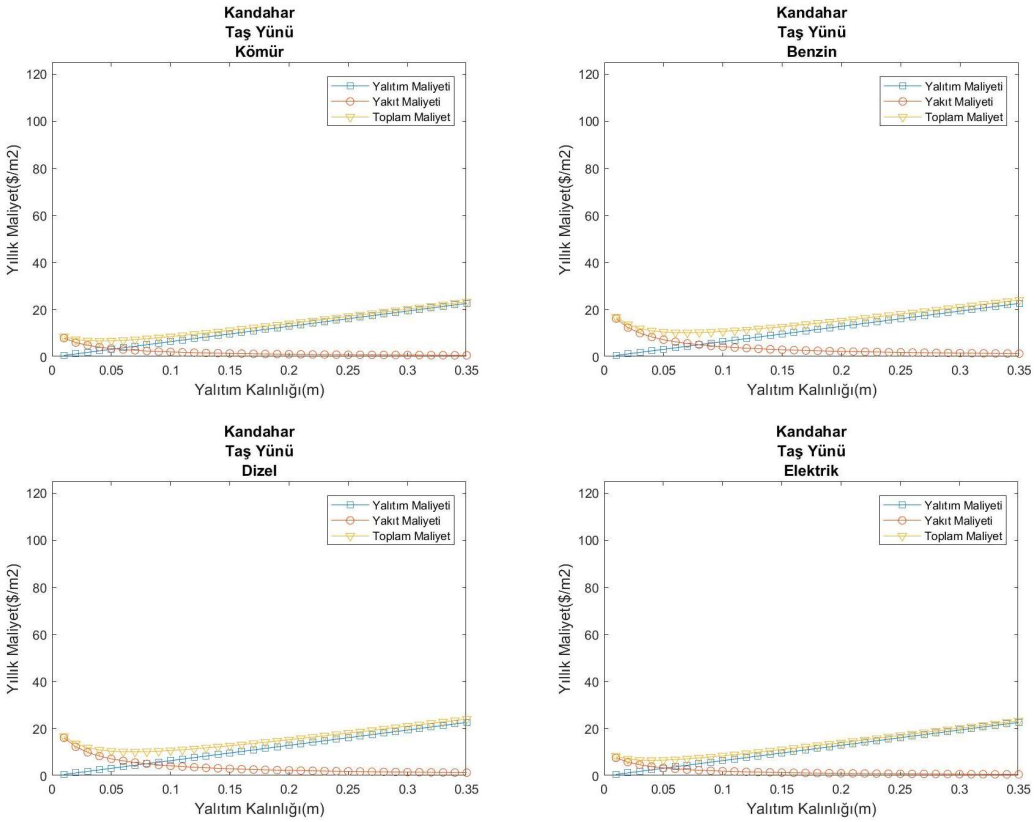
Kabul şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.11907 m, %70,4 ve 1.41862 yıl olarak belirlenmiştir.

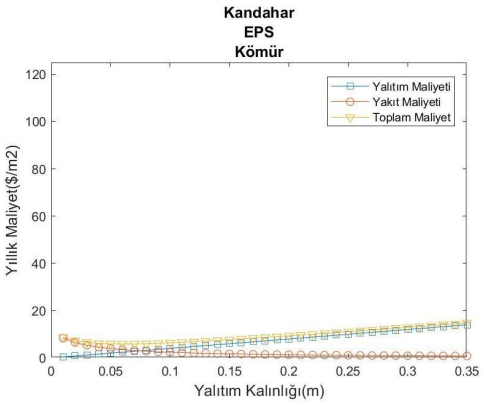
5.13. KANDAHAR

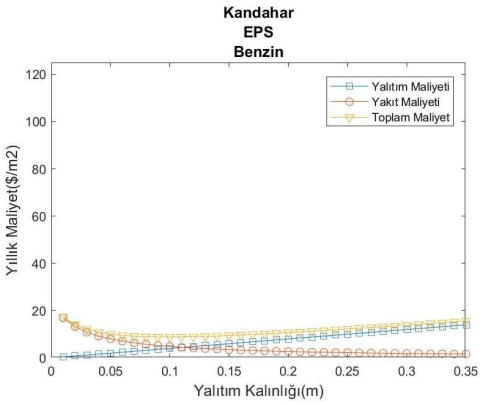
Afganistan'ın güney kısmında yer alır. 54844 km² yüzölçümüne sahip olup doğudan ve batıdan Pakistan ile sınırlıdır, yazların ortalama sıcaklığı 30,1 °C ve kışların ise 4,6 °C kadar ulaşmaktadır [55]. Kandahar şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.13'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.36'da verilmiştir. Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de sırası ile Kandahar şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

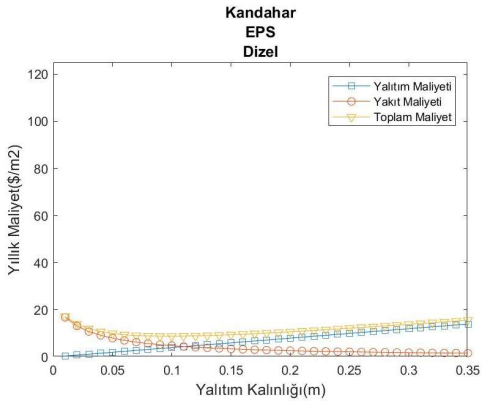
Çizelge 5.13. Kandahar şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

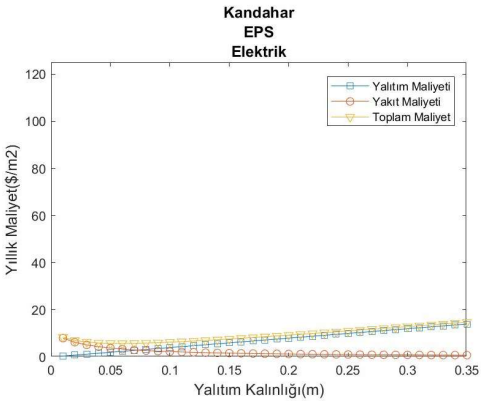
Kandahar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**4.6**	**6.4**	**11.6**	**17.8**	**23.6**	**28.3**	**30.1**	**28.1**	**23.7**	**17.4**	**10.5**	**6.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.1**	**5.1**	**6.3**	**7.5**	**8.3**	**8.7**	**8.1**	**7.6**	**6.8**	**5.6**	**4.4**	**3.9**
Nem Oranı (g/kg)	**2.7**	**3.4**	**4.5**	**5.3**	**4.9**	**4.1**	**5.1**	**4.3**	**3.2**	**2.9**	**3.4**	**2.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.8**	**3.1**	**3.3**	**3.3**	**3.6**	**3.6**	**3.3**	**3.0**	**2.9**	**2.9**	**2.8**	**2.6**

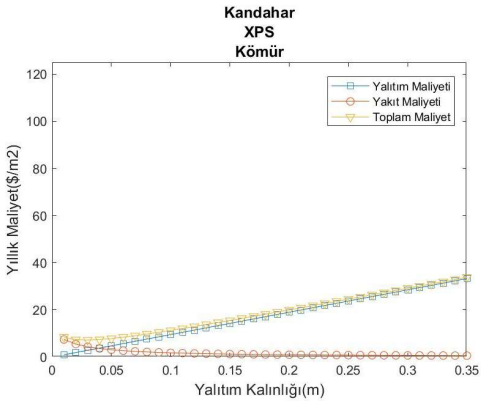


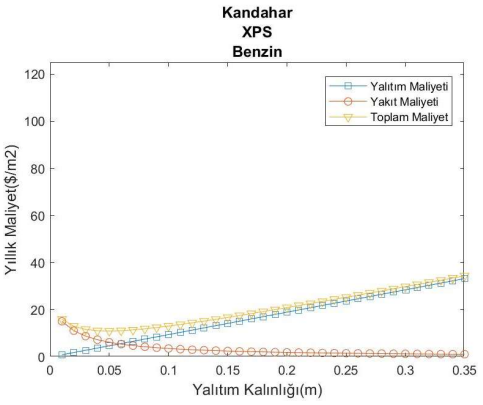

Kandahar
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

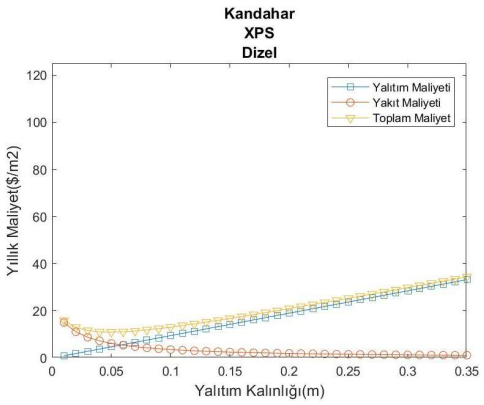

Kandahar
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

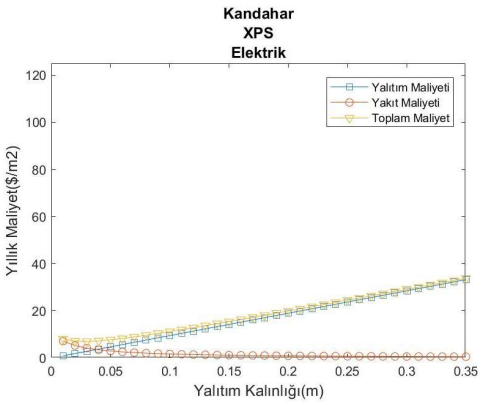

Kandahar
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

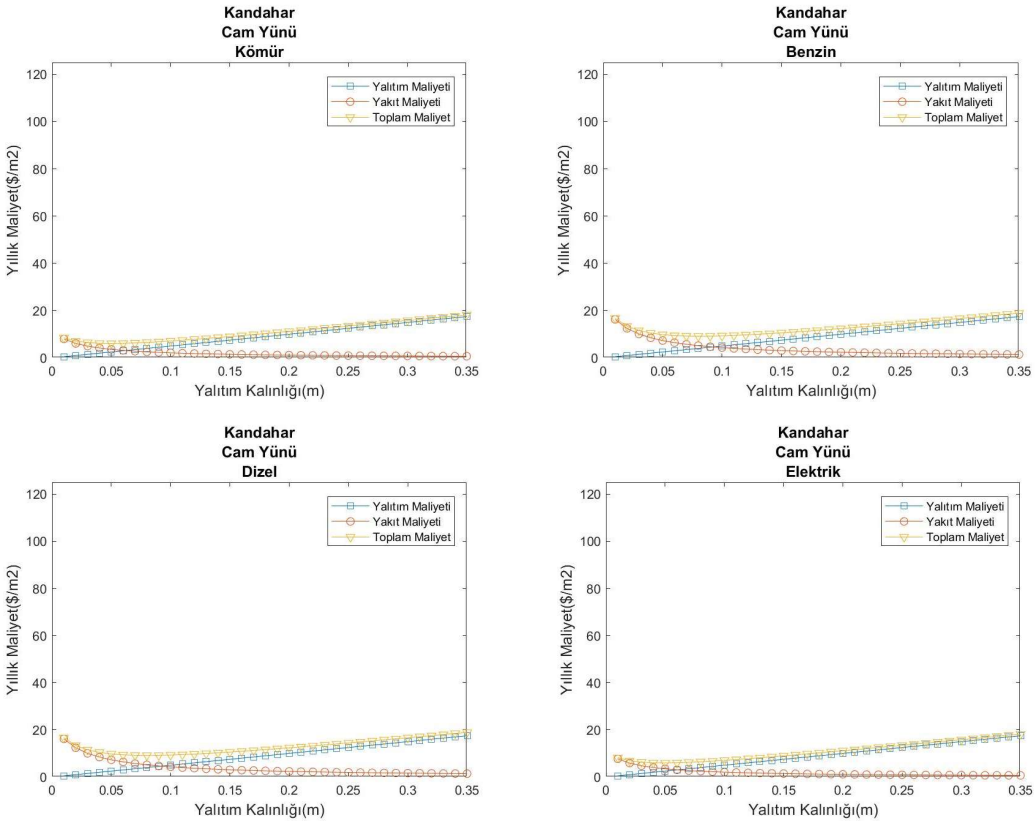

Kandahar
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Kandahar
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

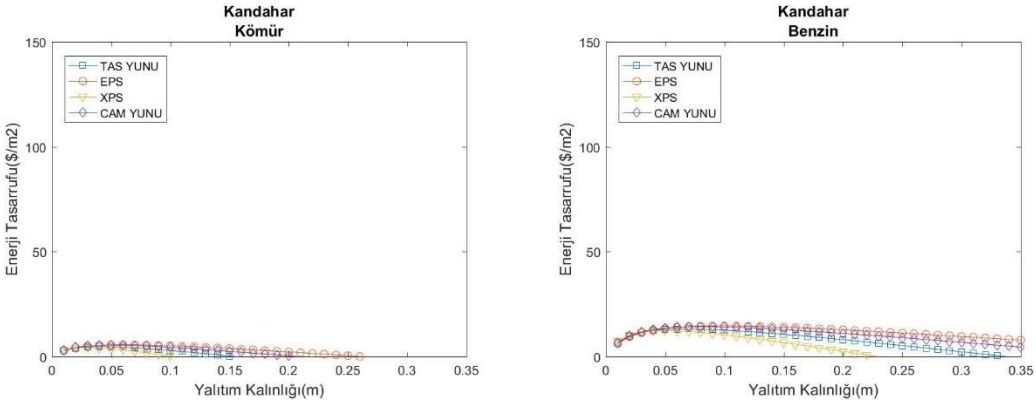

Kandahar
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

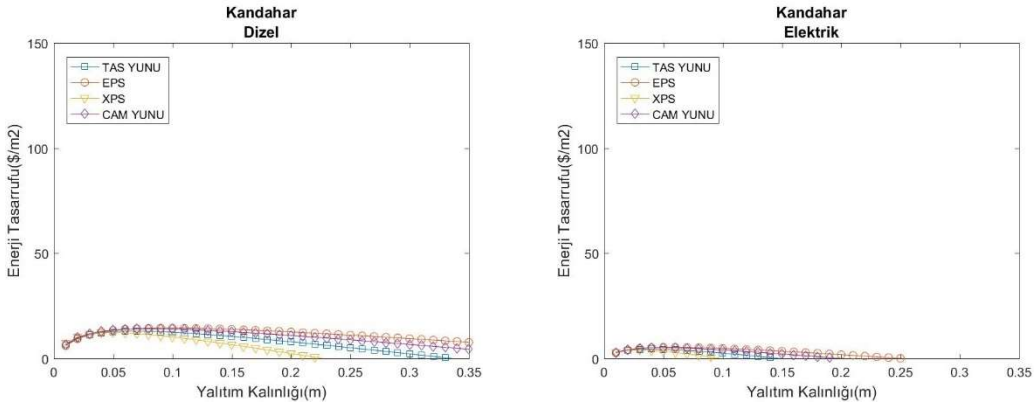

Kandahar
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Kandahar
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

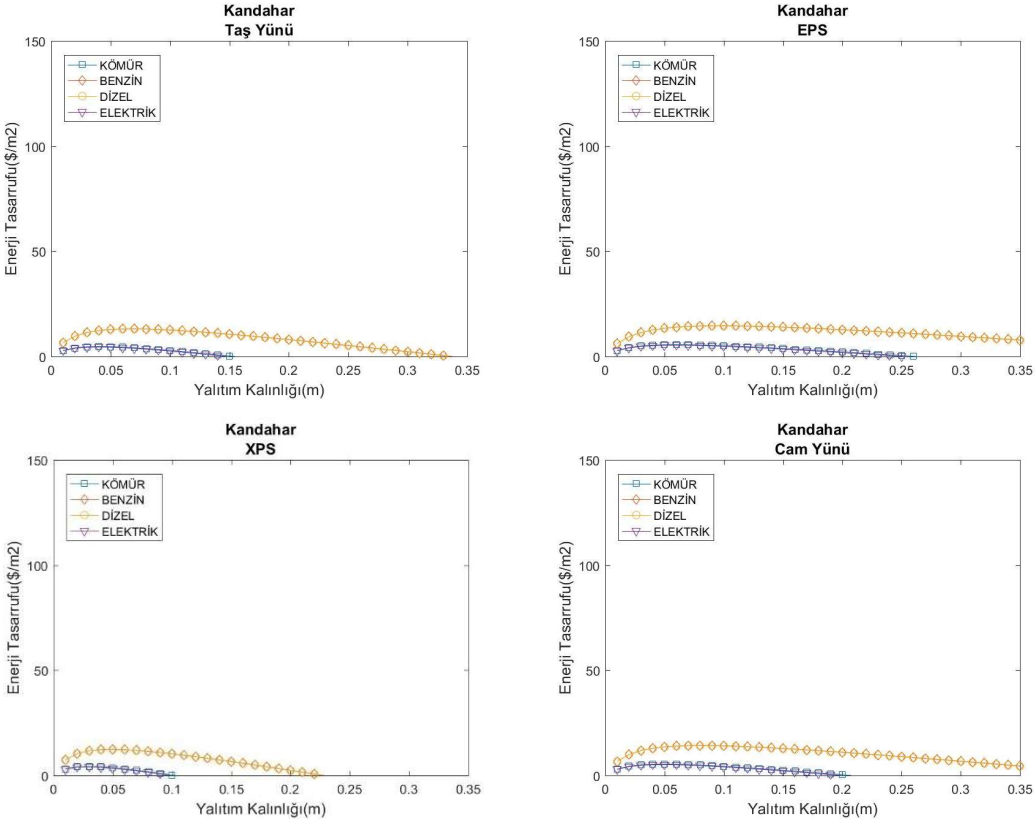


Şekil 5.37. Kandahar şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.38. Kandahar ilinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.39. Kandahar şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1129,583 olduğu Kandahar şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0278 ile 0.0973 m aralığında, yıllık tasarruf oranının

%36,5 ile %62,2 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.605 ile 2.734 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

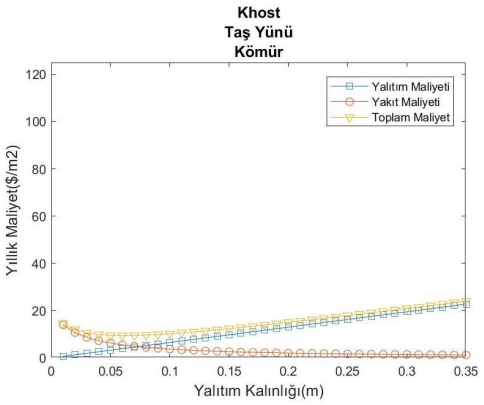
Kandahar şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.0973 m, %62,02ve 1.605 yıl olarak belirlenmiştir.

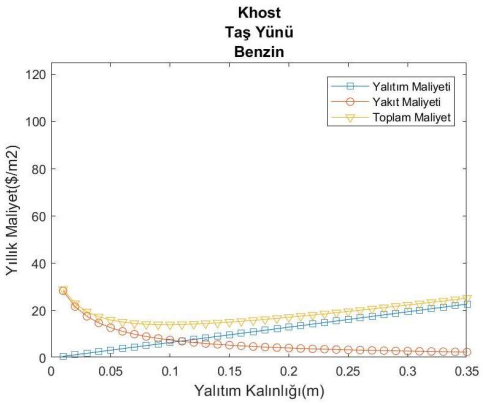
5.14. KHOST

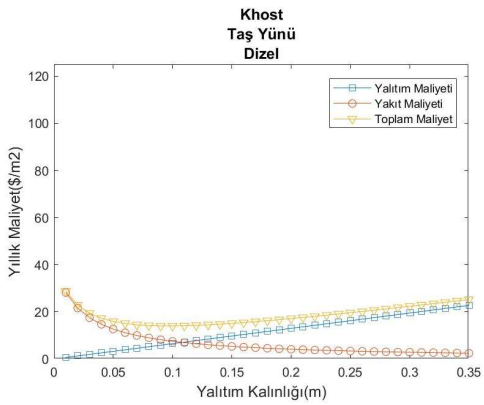
Afganistan'ın doğusunda yer alır. Khost şehri 423,3 km² yüzölçümüne sahiptir ve deniz seviyesinden 1146 metre yükseklikte olup, ortalama sıcaklığı yazların 25.7 °C kışların ise 2,7 °C kadar ulaşmaktadır [55]. Khost şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.14'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.39'da verilmiştir. Şekil 5.41 ve Şekil 5.42'de sırası ile Khost şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

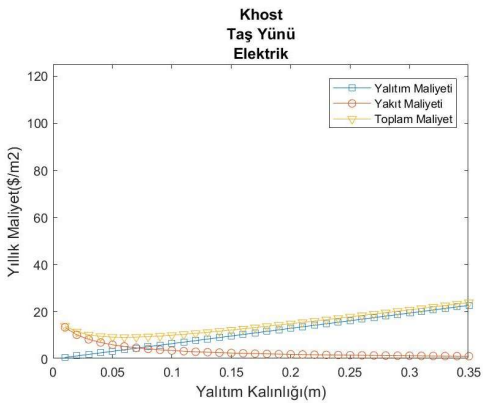
Çizelge 5.14. Khost şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

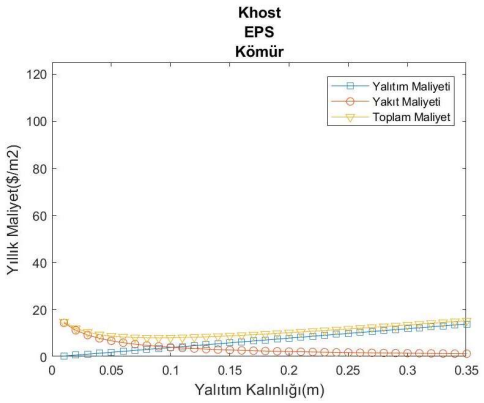
Khost	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**2.7**	**4.1**	**9.0**	**14.4**	**19.9**	**23.4**	**25.7**	**24.1**	**20.9**	**15.1**	**9.1**	**5.1**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.9**	**5.0**	**6.2**	**7.4**	**8.2**	**8.4**	**7.9**	**7.3**	**6.4**	**5.3**	**4.2**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**2.7**	**3.5**	**5.2**	**6.9**	**8.0**	**8.2**	**10.3**	**10.3**	**7.9**	**5.2**	**3.8**	**2.8**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.3**	**2.6**	**2.5**	**2.6**	**2.8**	**3.1**	**2.5**	**2.6**	**2.6**	**2.4**	**2.3**	**2.3**

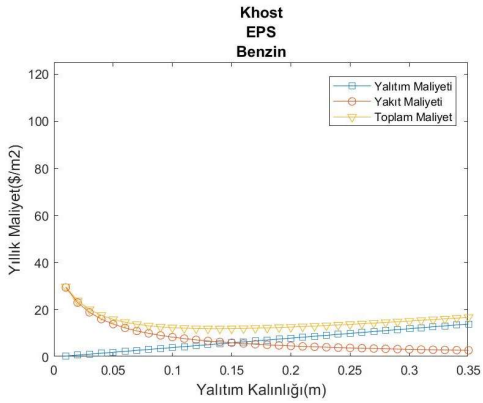

Khost
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

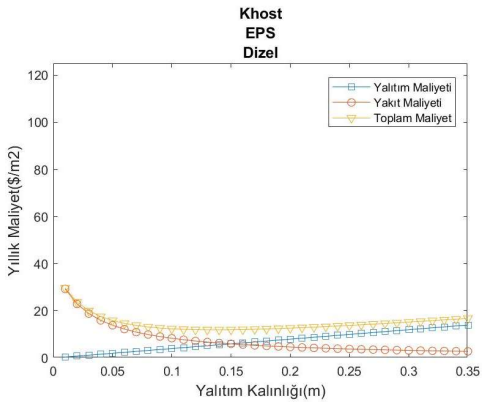

Khost
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

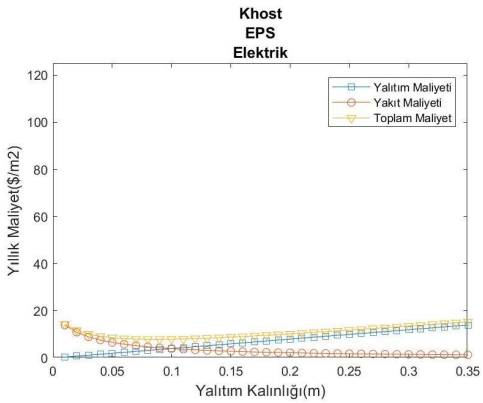

Khost
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

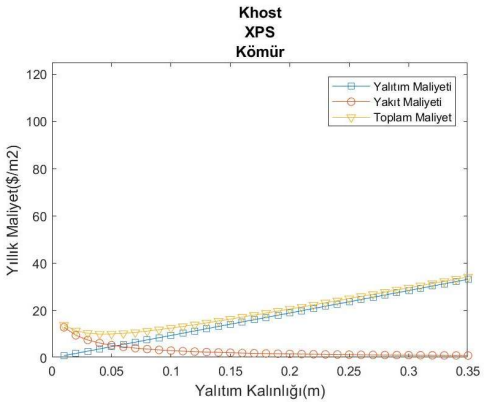

Khost
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

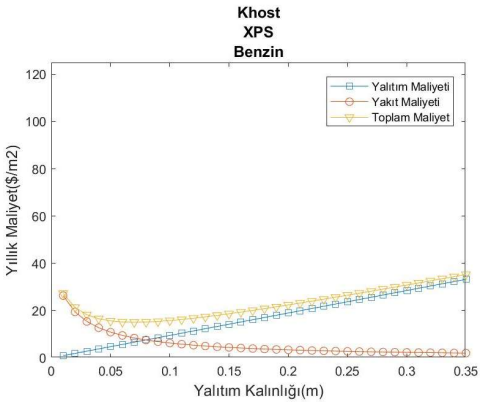

Khost
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

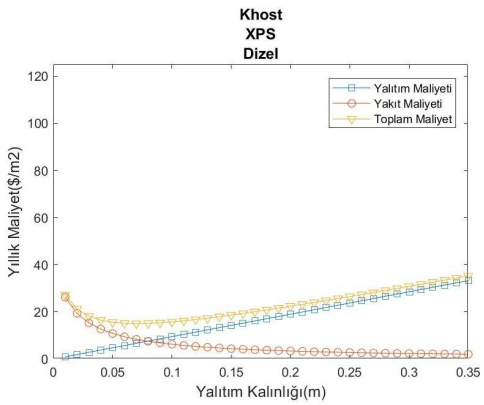

Khost
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

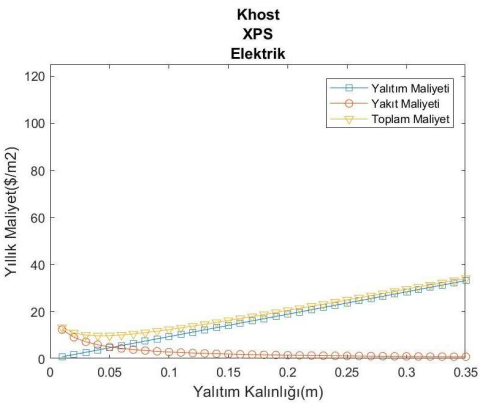

Khost
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

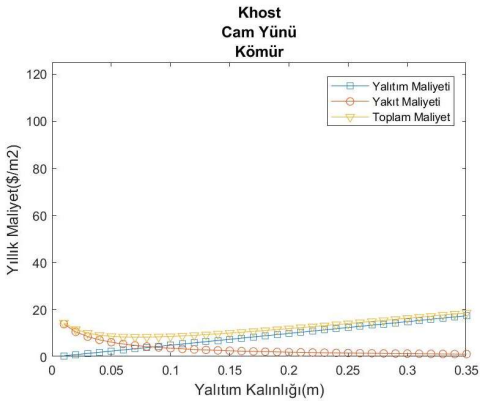

Khost
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

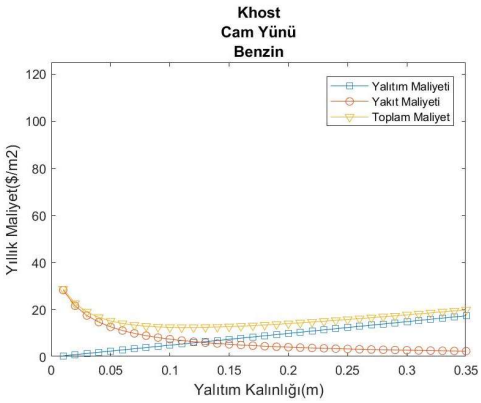

Khost
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

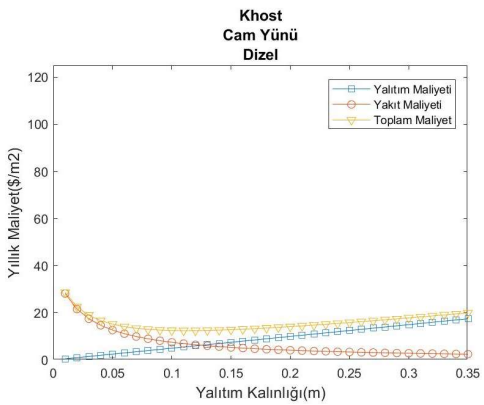

Khost
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

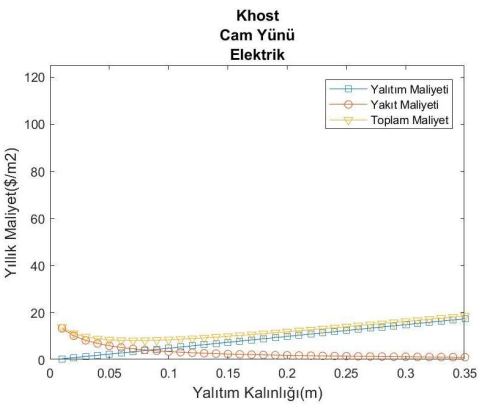

Khost
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Khost
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

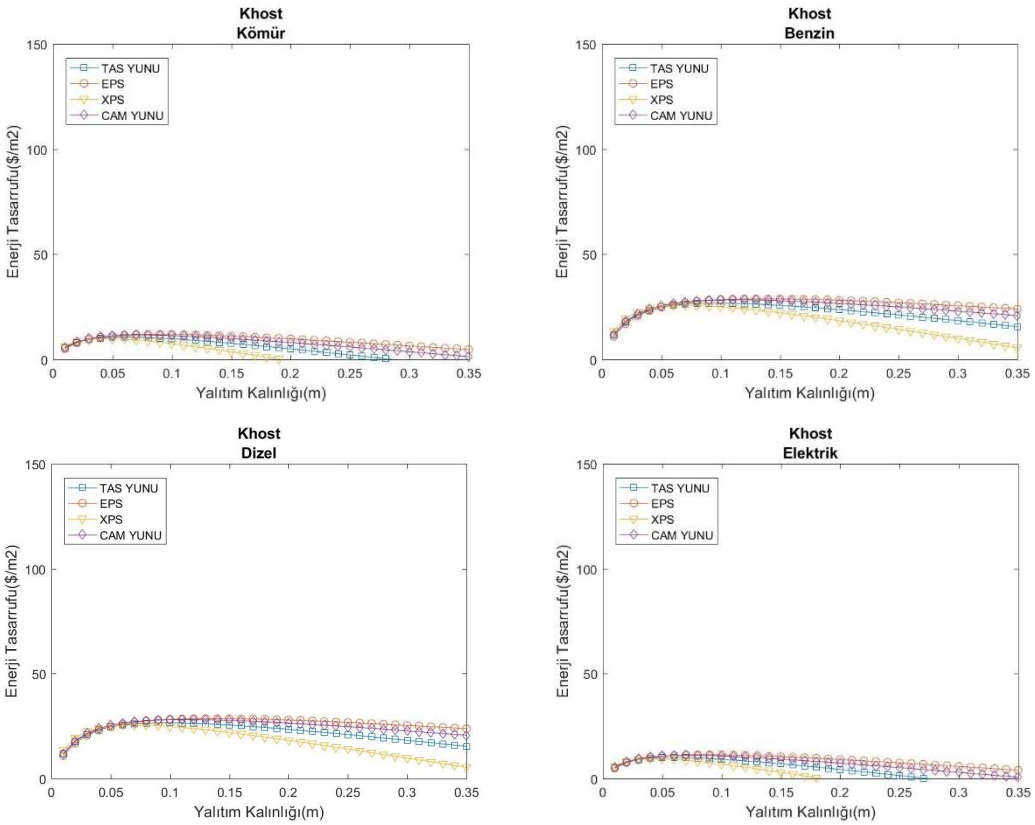

Khost
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Khost
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

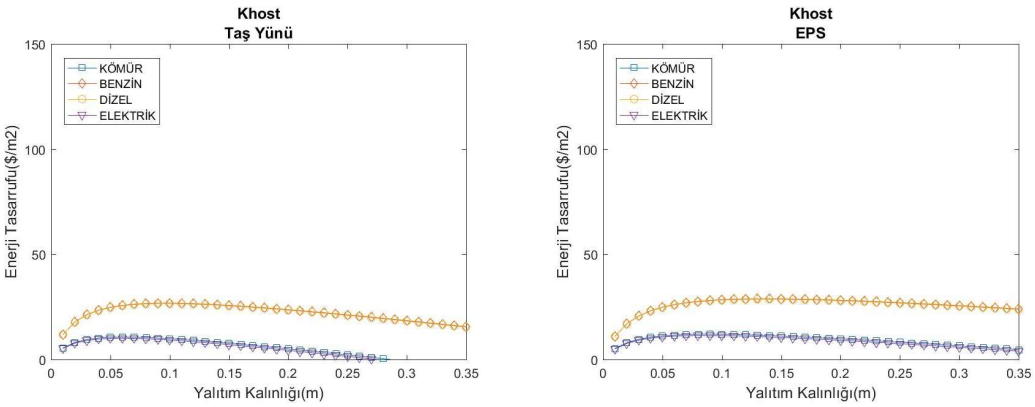

Khost
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

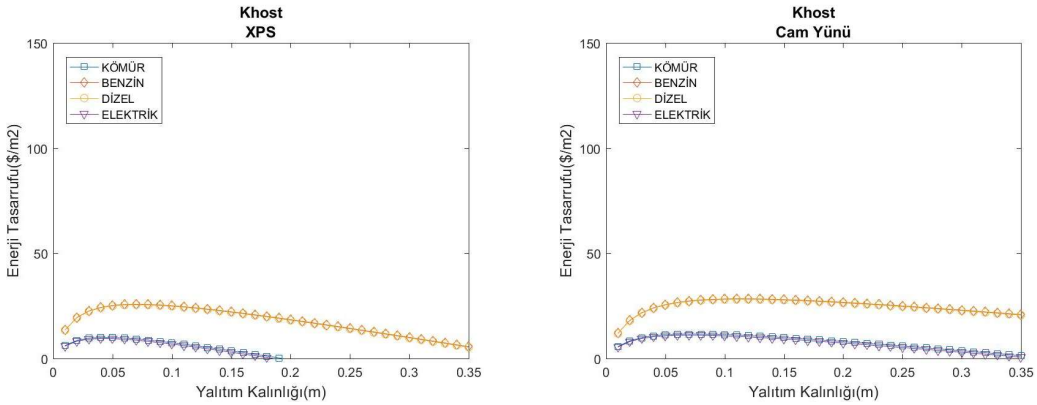

Khost
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.40. Khost şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.41. Khost şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.42. Khost şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1968,585 olduğu Khost şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0425 ile 0.1369 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %49,0 ile %70,6 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.415 ile 2.037 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

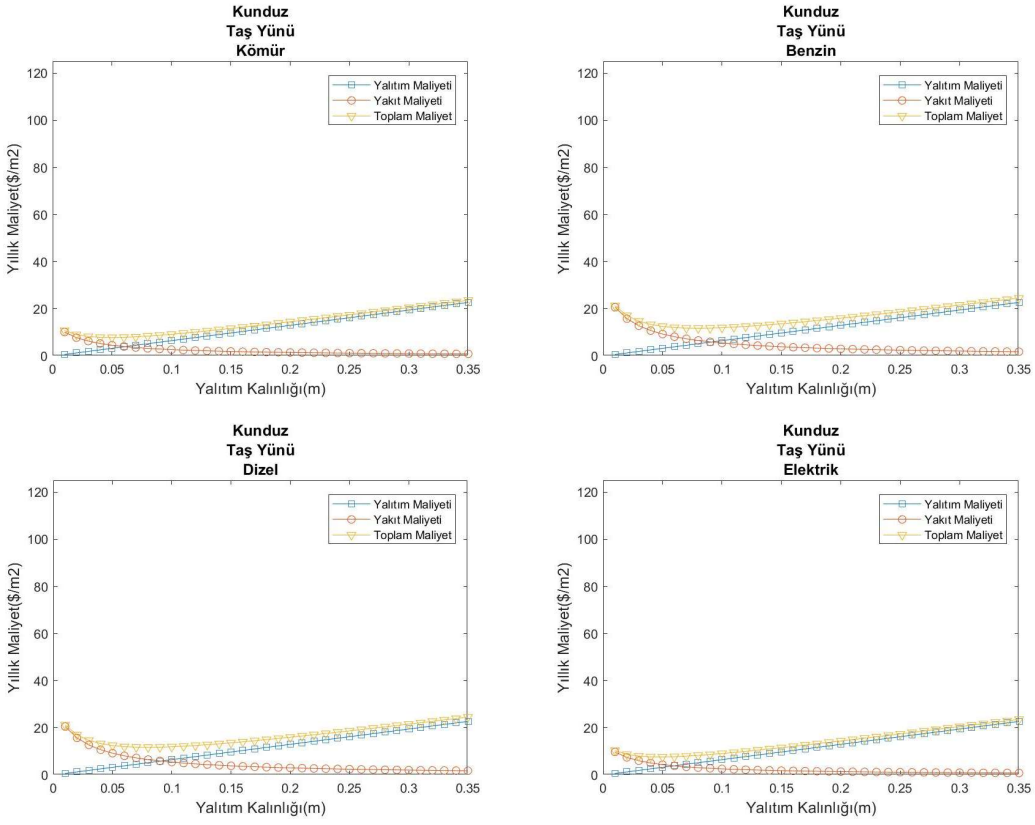
Khost şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1369 m, %70,6 ve 1.415 yıl olarak belirlenmiştir.

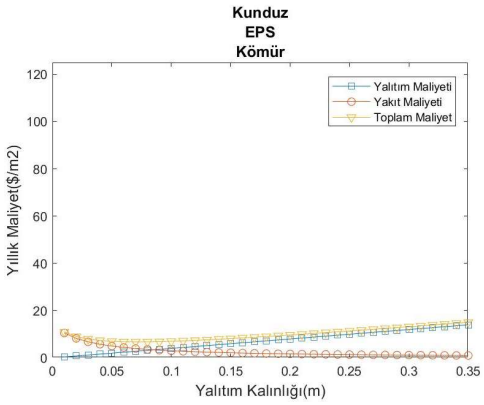
5.15. KUNDUZ

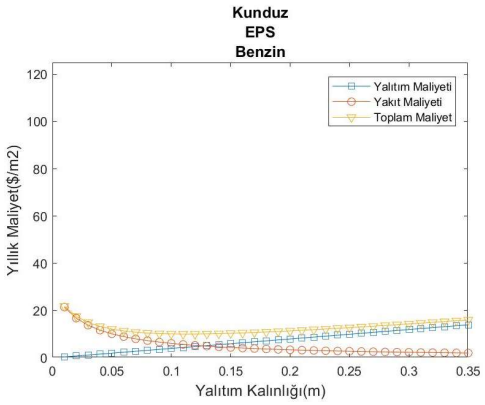
Afganistan'ın kuzey Kısımında yer alır. Kuzeyde Amu denizi ile sınırlı olup 8080,9 km² yüzölçümüne sahiptir. Ortalama sıcaklığı yazların 32,4 ℃ kışların ise 4,9 ℃ kadar ulaşmakta, yazların çok sıcak geçen bir iklime sahiptir [55]. Kunduz şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.15'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.42'de verilmiştir. Şekil 5.43 ve Şekil 5.44'te sırası ile Kunduz şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

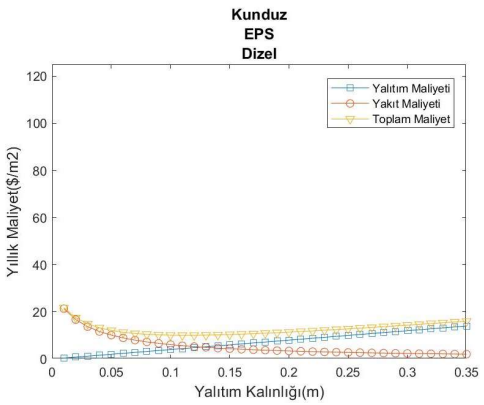
Çizelge 5.15. Kunduz şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

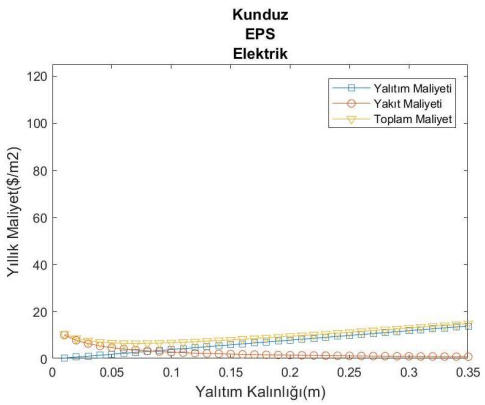
Kunduz	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**4.9**	**6.4**	**12.1**	**18.3**	**24.9**	**30.1**	**32.4**	**29.9**	**25.2**	**17.6**	**9.5**	**5.8**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.4**	**4.4**	**5.8**	**7.1**	**8.0**	**8.5**	**8.2**	**7.6**	**6.4**	**4.9**	**3.6**	**3.0**
Nem Oranı (g/kg)	**3.1**	**3.7**	**5.3**	**6.4**	**6.9**	**5.1**	**5.0**	**4.4**	**3.5**	**3.9**	**4.0**	**3.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**1.9**	**2.1**	**2.3**	**2.4**	**2.6**	**3.1**	**3.1**	**2.9**	**2.4**	**2.2**	**1.9**	**1.8**

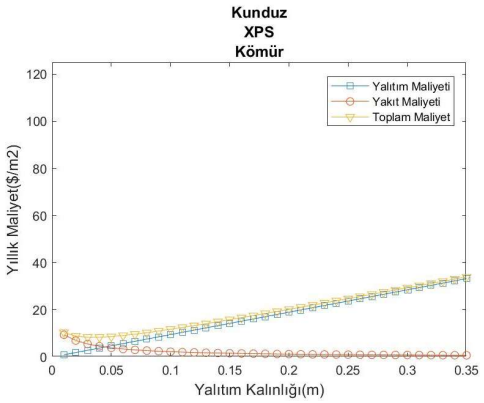


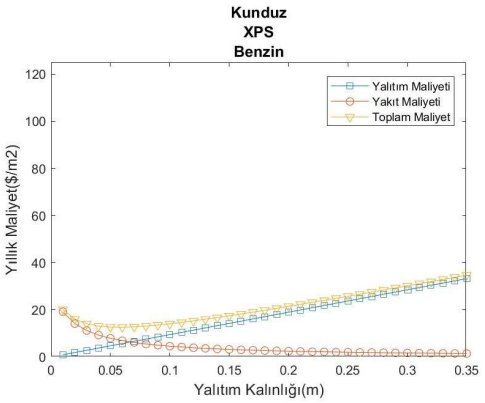

Kunduz
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

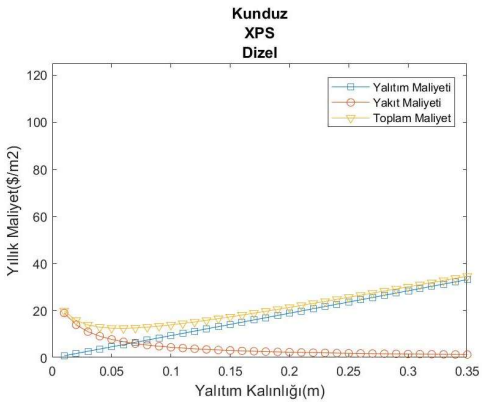

Kunduz
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

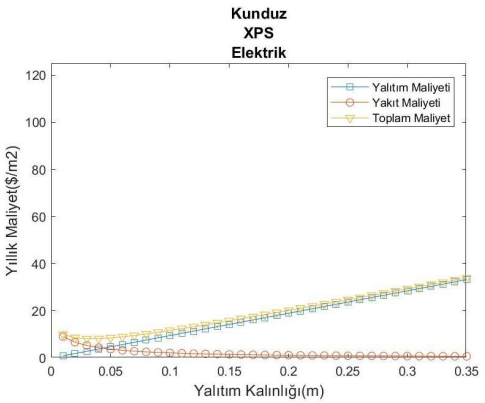

Kunduz
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

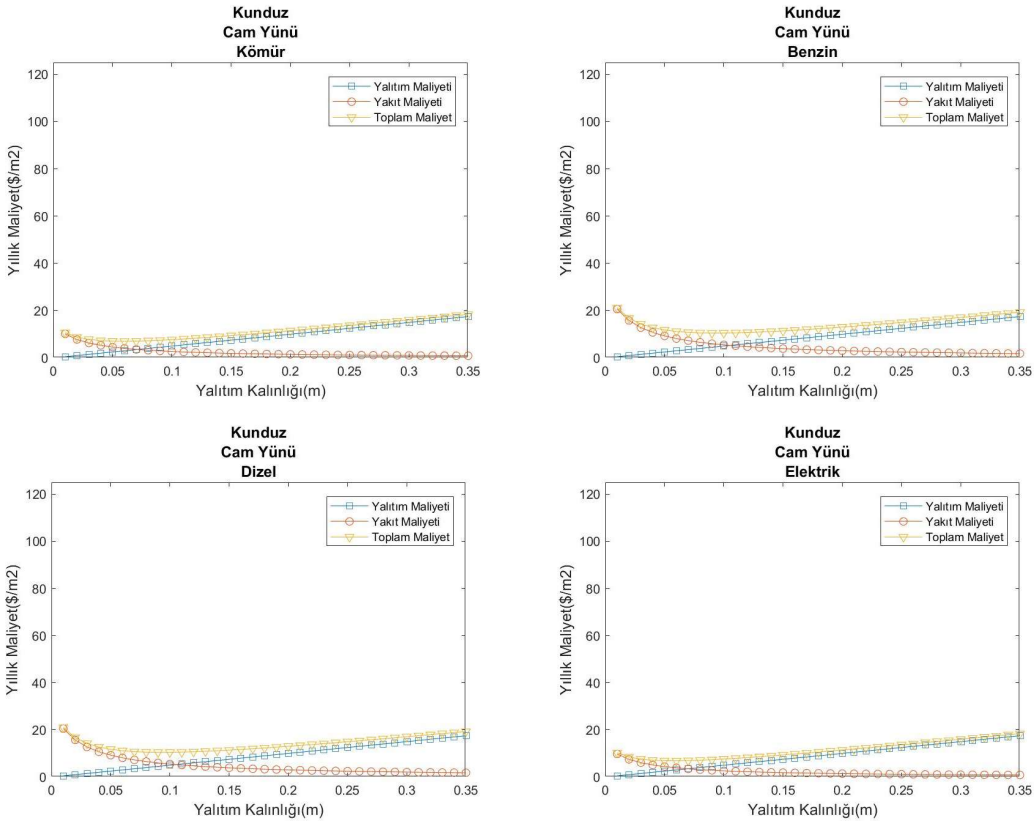

Kunduz
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Kunduz
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

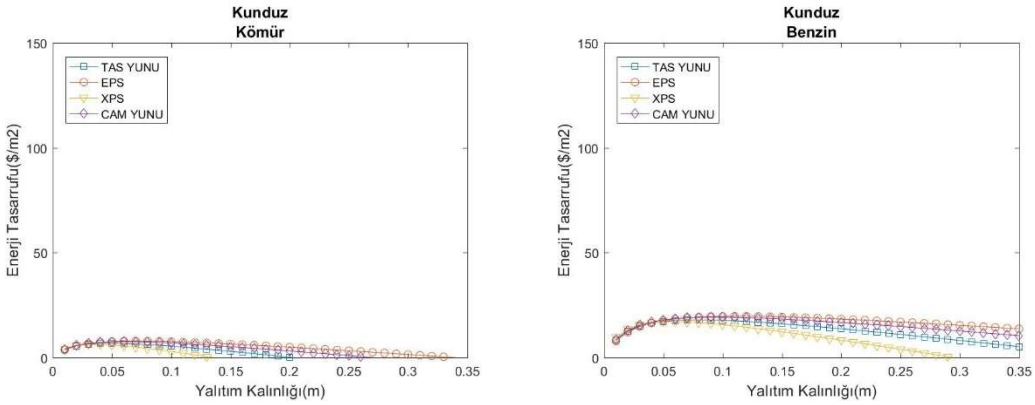

Kunduz
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

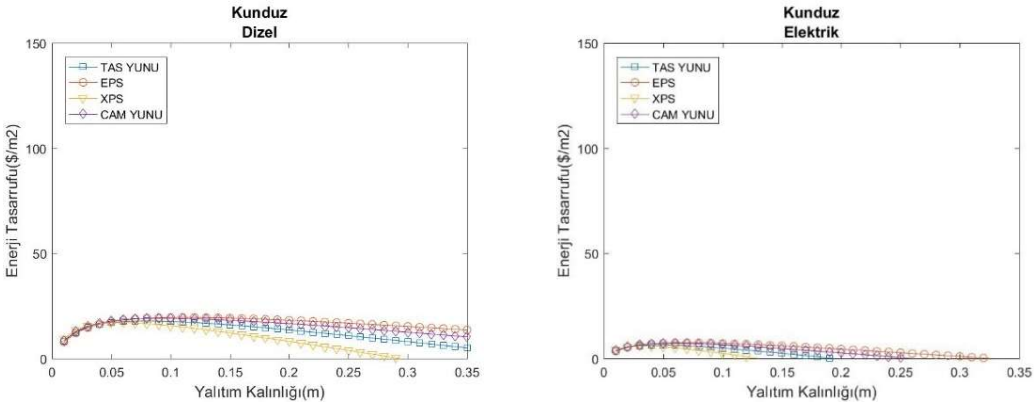

Kunduz
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Kunduz
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

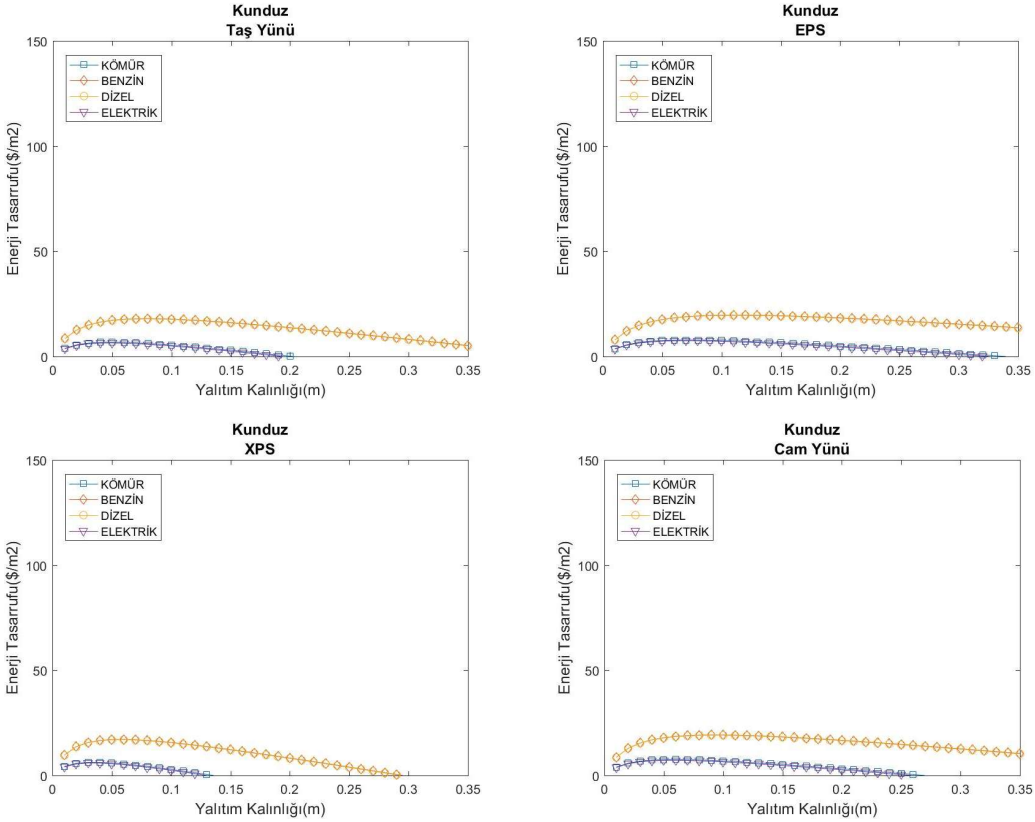


Şekil 5.43. Kunduz şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.44. Kunduz şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.45. Kunduz şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1434,157 olduğu Kunduz şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0336 ile 0.113 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %42,0 ile %66,0 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.512 ile 2.372 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

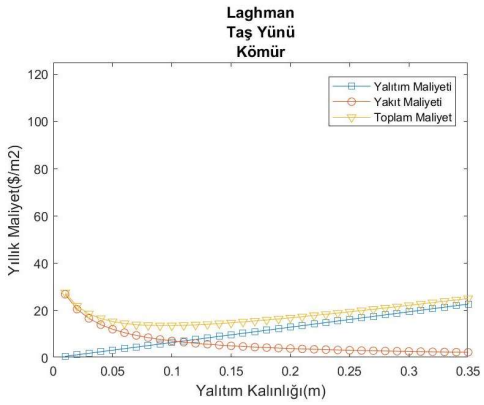
Kunduz şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.113 m, %66,0 ve 1.512 yıl olarak belirlenmiştir.

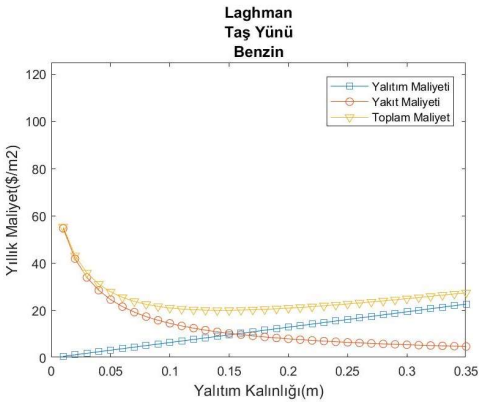
5.16. LAGHMAN

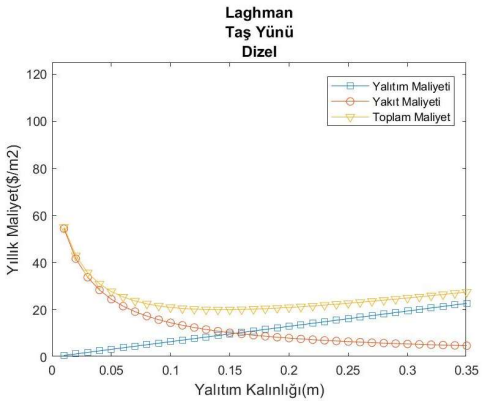
Afganistan'ın doğusunda yer almaktadır. 3977,9 km² yüzölçümüne sahiptir ve deniz seviyesinden yüksekliği 770 metredir. Ortalama sıcaklığı yazların 21,4 °C ve kışların ise -2,7 °C kadar ulaşmaktadır [55]. Laghman şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.16'da yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.43'te verilmiştir. Şekil 5.44 ve Şekil 5.45'te sırası ile Laghman şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

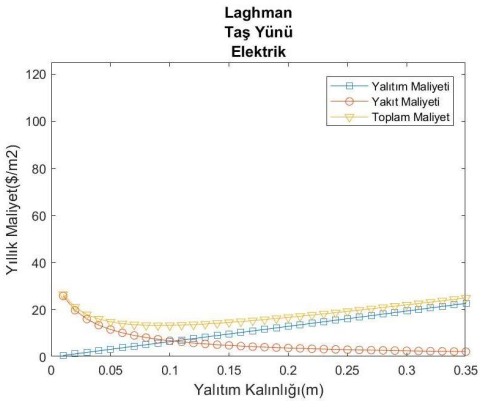
Çizelge 5.16. Laghman şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

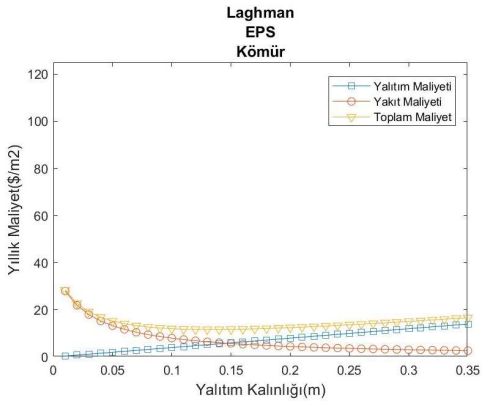
Laghman	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-2.7**	**-1.4**	**3.1**	**9.1**	**14.0**	**19.1**	**21.4**	**20.0**	**16.7**	**10.6**	**4.5**	**0.3**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.7**	**4.7**	**6.1**	**7.14**	**8.2**	**8.5**	**8.0**	**7.4**	**6.4**	**5.1**	**3.9**	**3.4**
Nem Oranı (g/kg)	**2.2**	**2.9**	**4.2**	**5.71**	**6.5**	**6.6**	**9.0**	**9.3**	**6.9**	**4.3**	**3.2**	**2.3**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.7**	**4.7**	**6.1**	**7.14**	**8.2**	**8.5**	**8.0**	**7.4**	**6.4**	**5.1**	**3.9**	**3.4**

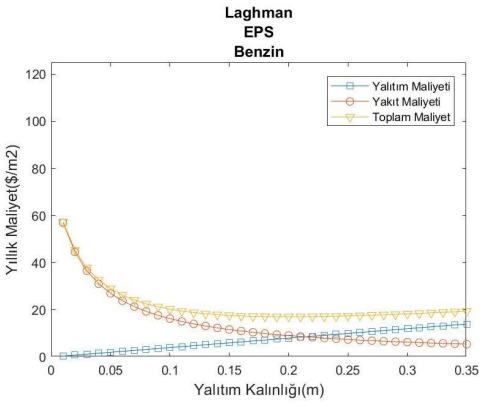

Laghman
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

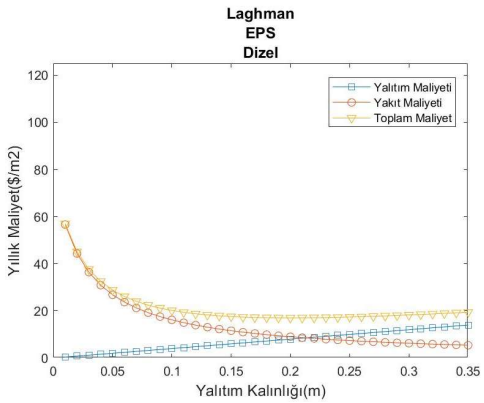

Laghman
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

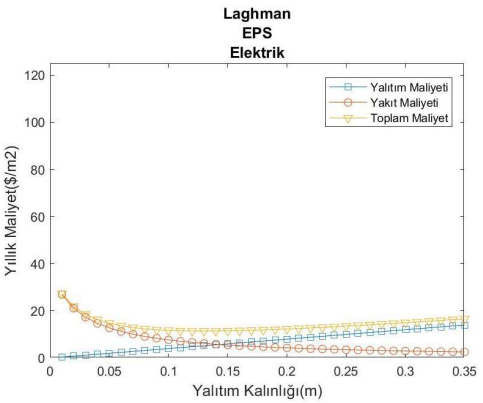

Laghman
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

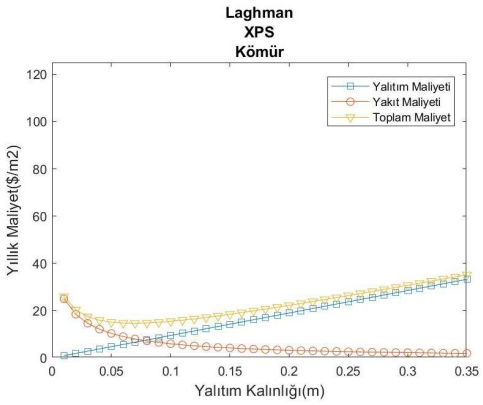

Laghman
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

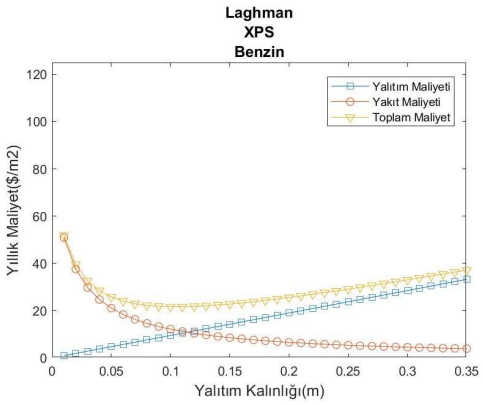

Laghman
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

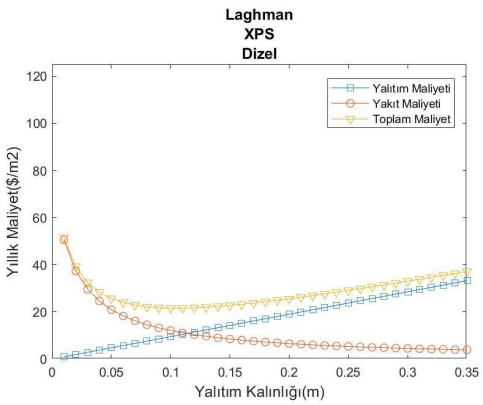

Laghman
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

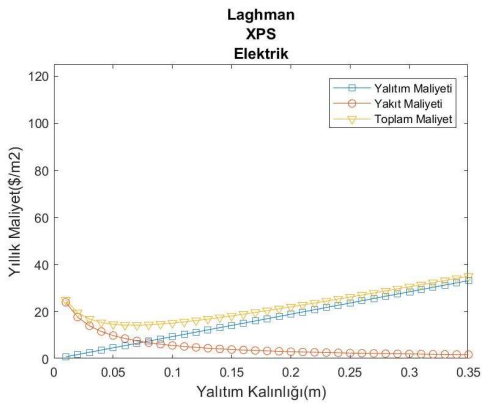

Laghman
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

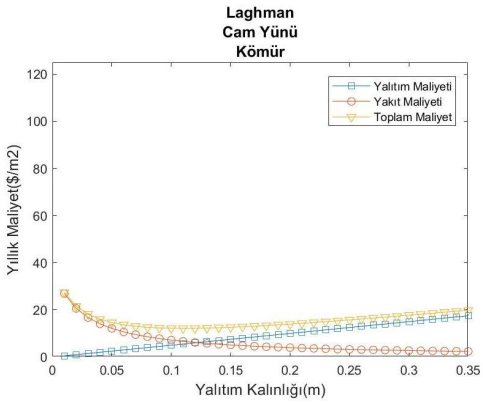

Laghman
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

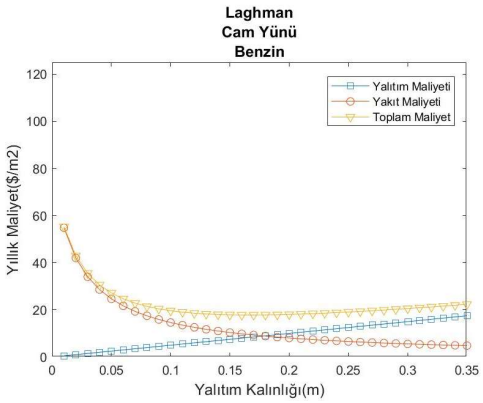

Laghman
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

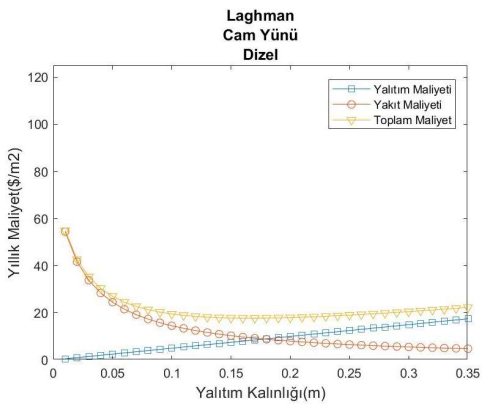

Laghman
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

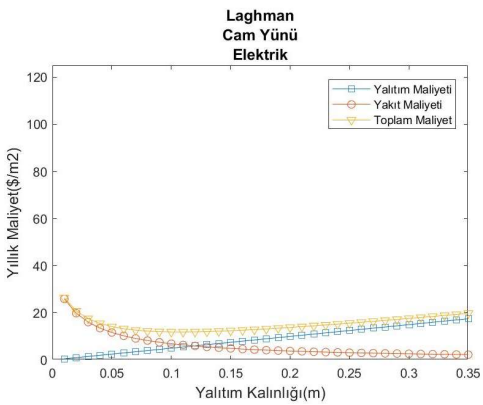

Laghman
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Laghman
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

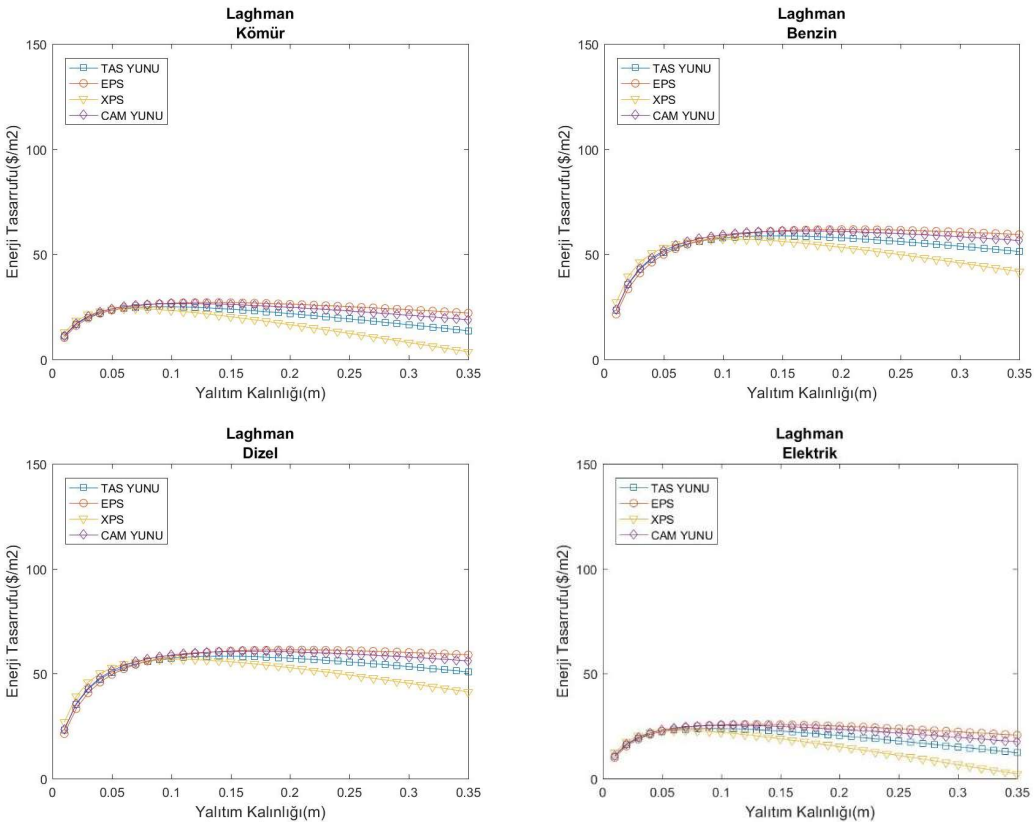

Laghman
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Laghman
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

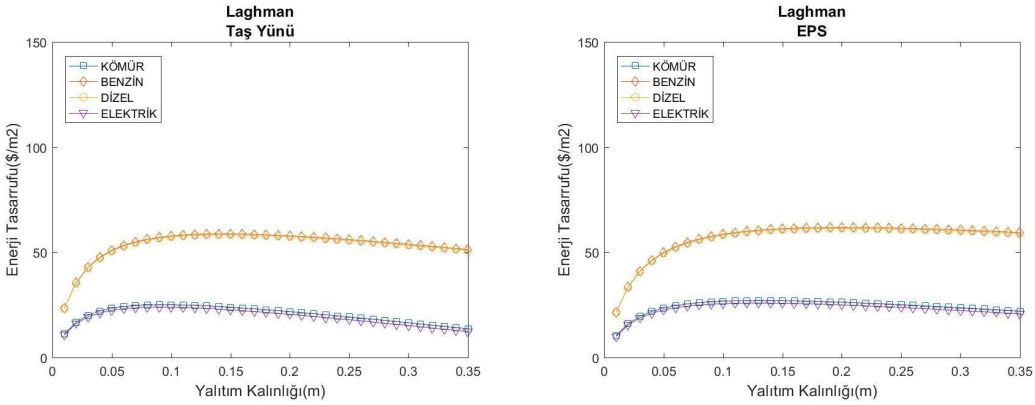

Laghman
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

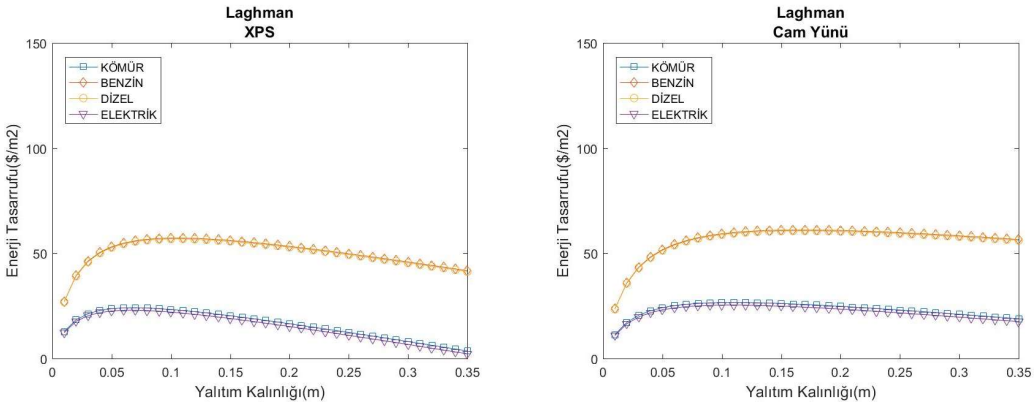

Laghman
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.46. Laghman şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.47. Laghman şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.48. Laghman şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3803,191 olduğu Laghman şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0662 ile 0.2004 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %61,5 ile %78,3 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.276 ile 1.6244 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

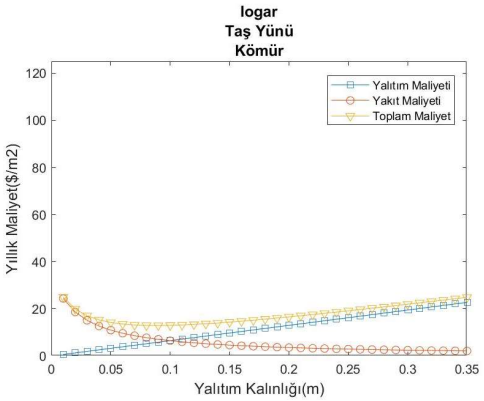
Laghman şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.2004 m, %78,3 ve 1.276 yıl olarak belirlenmiştir.

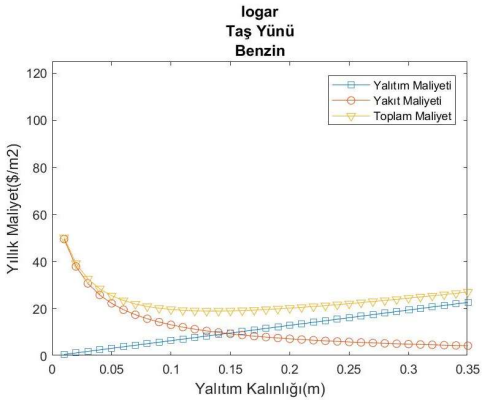
5.17. LOGAR

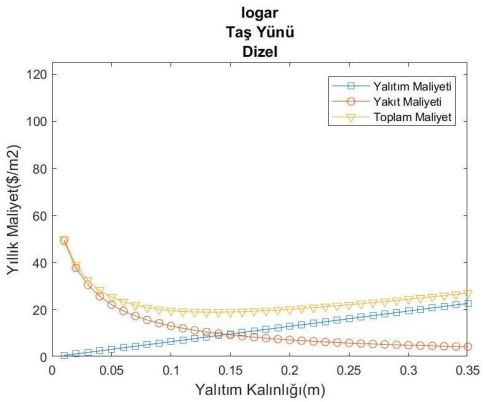
Afganistan'ın doğu kısmında yer alır. Yüzölçümü 4568,00 km² olan Logar şehri ortalama sıcaklığı yazların 18.4 ℃ kışların ise -3.3 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Logar şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.17'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.48'de verilmiştir. Şekil 5.49 ve Şekil 5.50'de sırası ile Logar şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

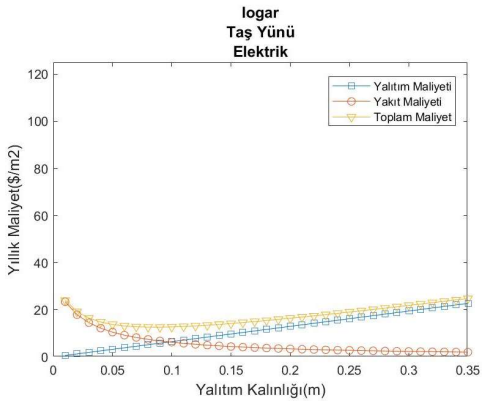
Çizelge 5.17. Logar şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

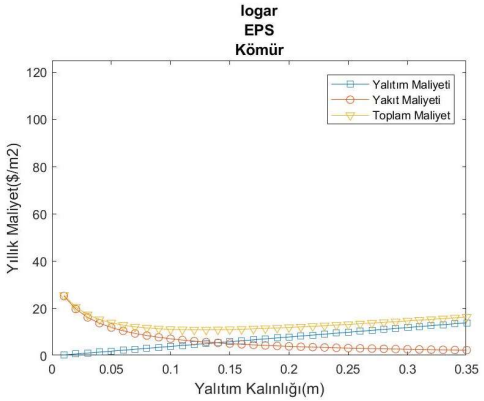
Logar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-3.3**	**-3.0**	**2.6**	**8.4**	**13.0**	**16.8**	**19.4**	**18.4**	**15.1**	**9.2**	**3.2**	**-0.7**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.8**	**4.9**	**6.2**	**7.5**	**8.3**	**8.3**	**8.4**	**7.7**	**6.7**	**5.3**	**4.1**	**3.5**
Nem Oranı (g/kg)	**2.29**	**2.8**	**4.0**	**5.4**	**6.5**	**6.5**	**6.9**	**6.4**	**4.8**	**3.7**	**3.1**	**2.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.5**	**2.8**	**3.0**	**2.8**	**2.8**	**3.4**	**3.1**	**2.8**	**2.4**	**2.3**	**2.4**	**2.4**

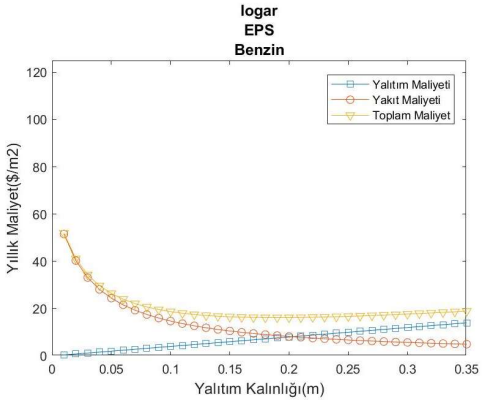


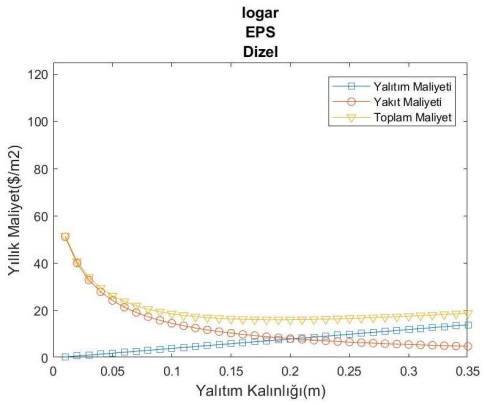


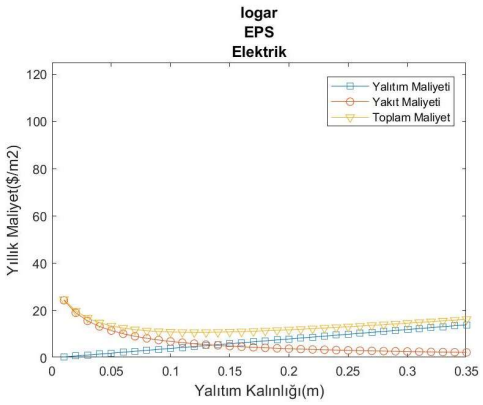


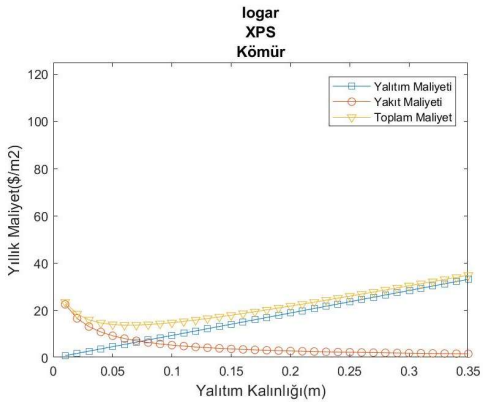


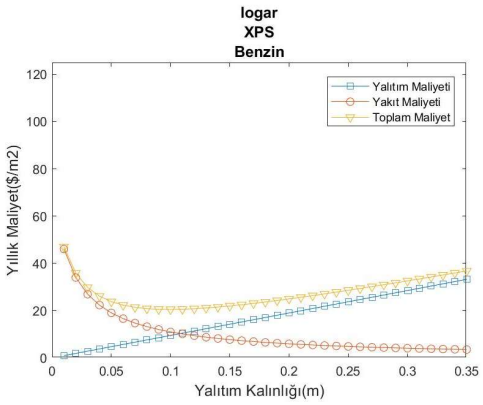


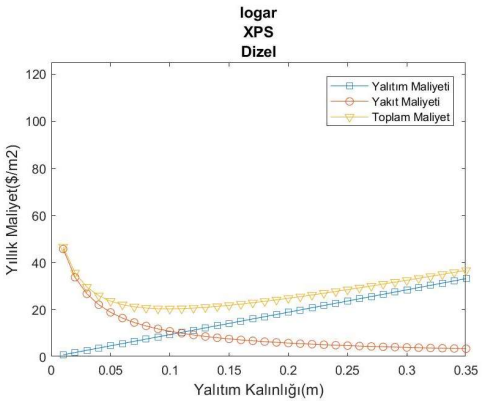


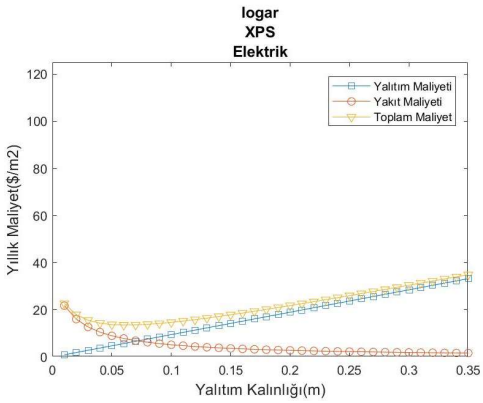

logar
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

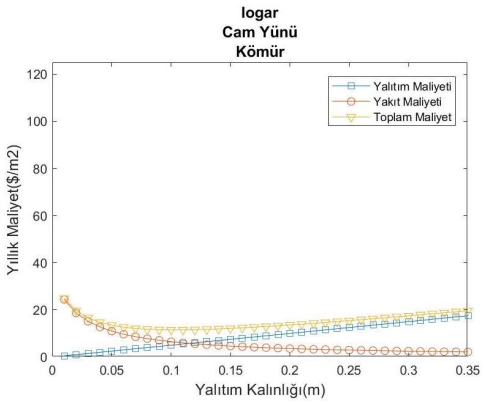

logar
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

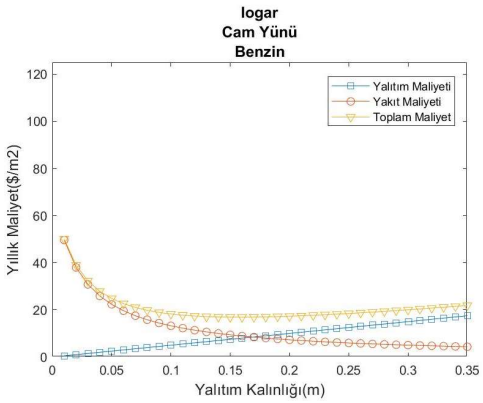

logar
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

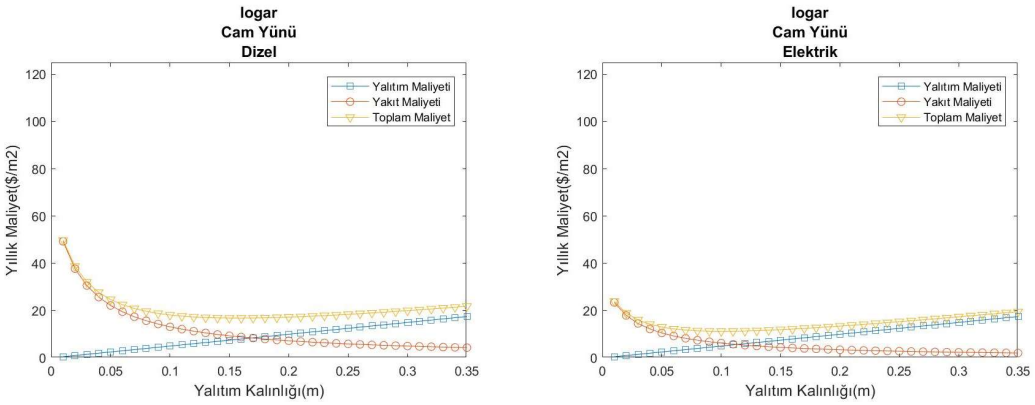

logar
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


logar
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

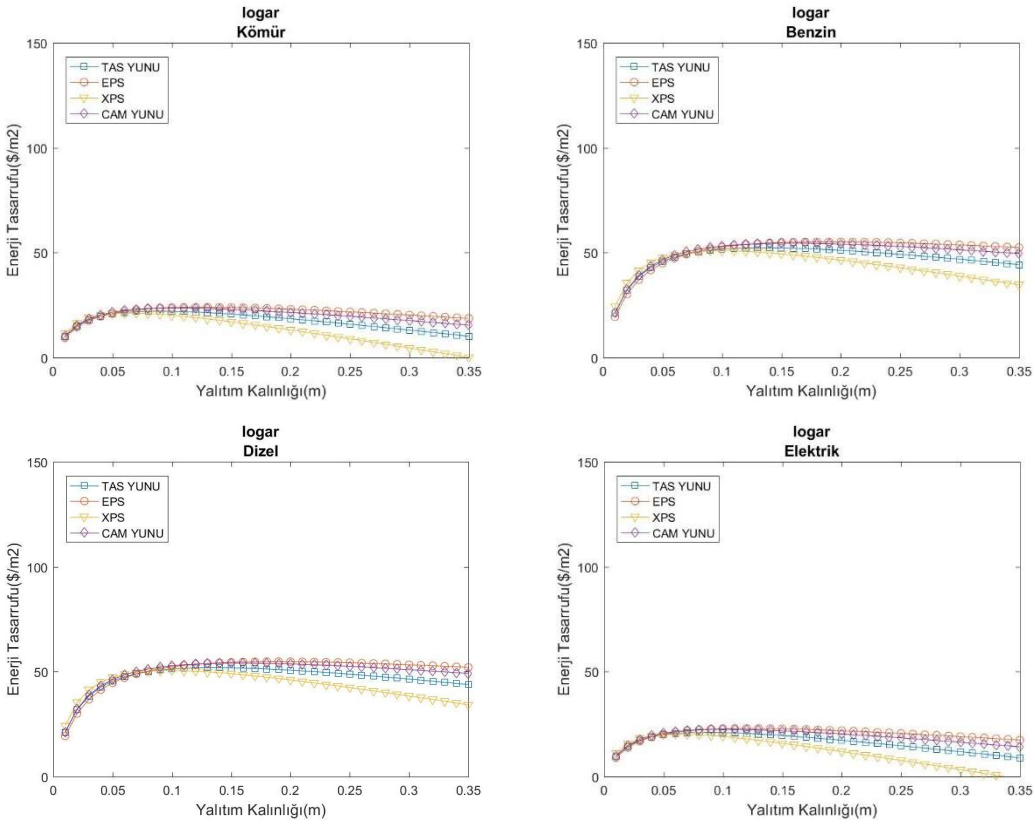

logar
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


logar
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

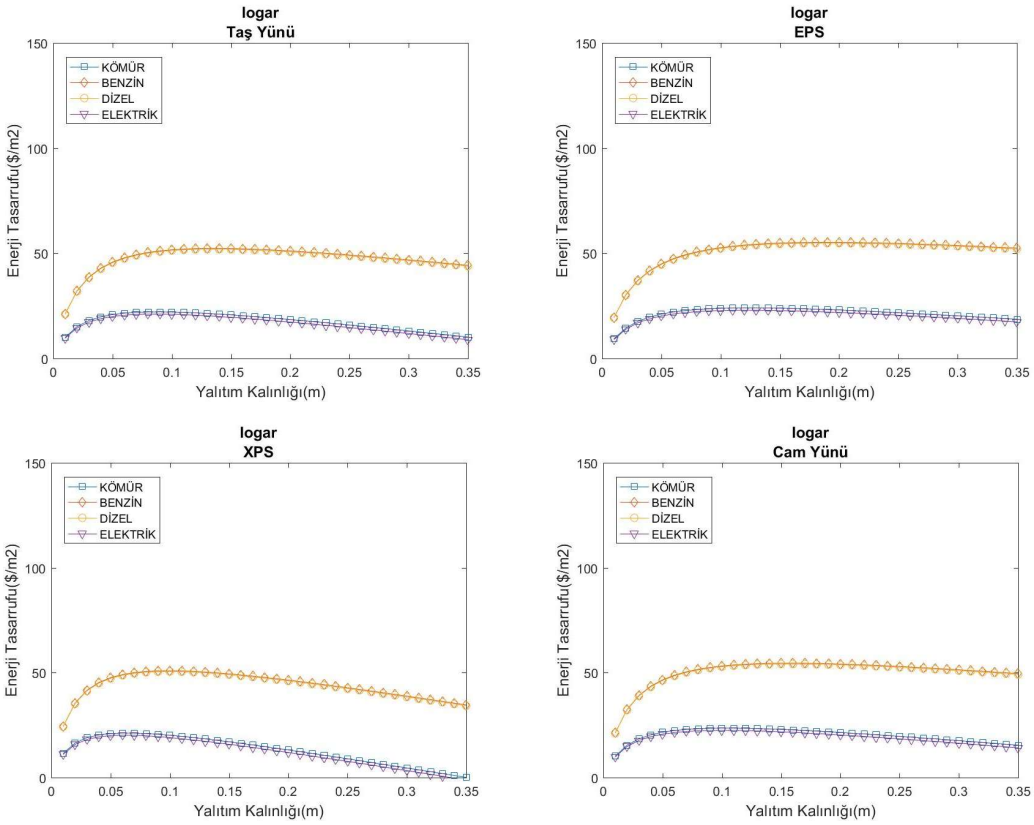

logar
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)



Şekil 5.49. Logar şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.50. Logar şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.51. Logar şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3442,484 olduğu Logar şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.06219 ile 0.1894 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %59,8 ile %77,3 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.2933 ile 1.671 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

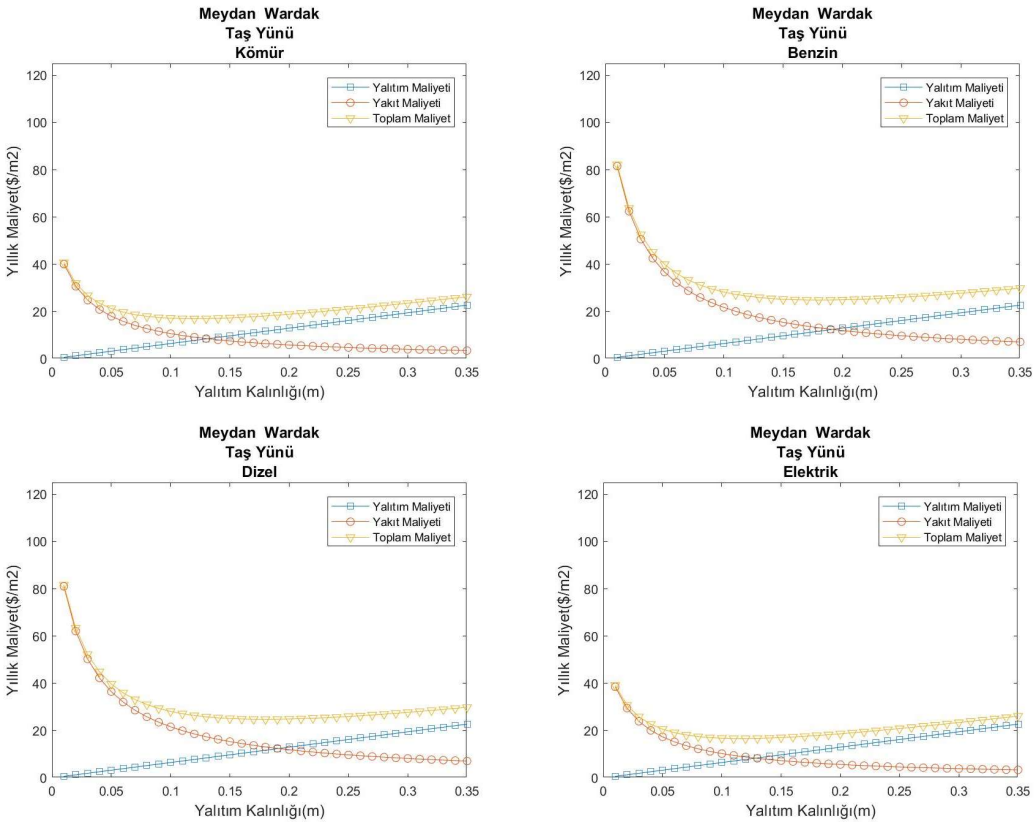
Logar şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1894 m, %77,3 ve 1.2933 yıl olarak belirlenmiştir.

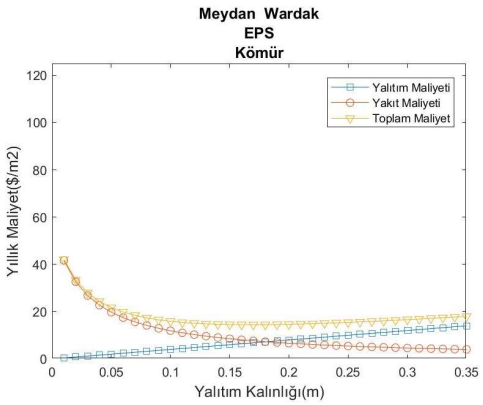
5.18. MEYDAN WARDAK

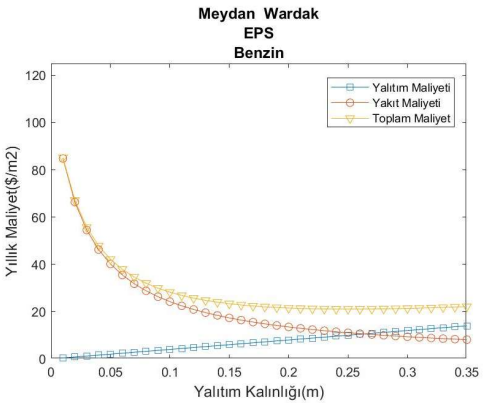
Afganistan'ın orta doğu bölgesinde yer alır. 8938 km² yüzölçümüne sahip olan Meydan Wardak ortalama sıcaklığı yazların 14.1 °C kışların ise -10.6 °C kadar ulaşmaktadır [55]. Meydan Wardak şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.18'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.51'de verilmiştir. Şekil 5.52 ve Şekil 5.53'te sırası ile Meydan Wardak şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

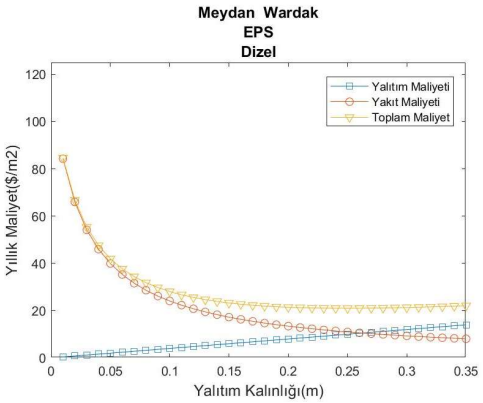
Çizelge 5.18. Meydan Wardak şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

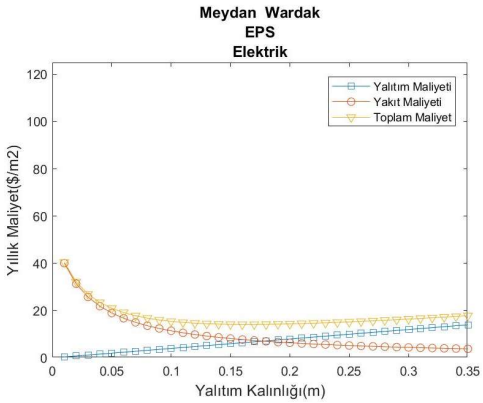
Meydan Wardak	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-10.6**	**-9.4**	**-4.3**	**2.4**	**7.0**	**11.1**	**14.1**	**13.7**	**10.3**	**4.1**	**-2.2**	**-6.9**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.9**	**5.1**	**6.4**	**7.7**	**8.5**	**8.9**	**8.5**	**7.9**	**6.8**	**5.4**	**4.1**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**1.7**	**2.1**	**3.1**	**4.2**	**5.1**	**5.2**	**5.5**	**4.8**	**3.3**	**2.7**	**2.5**	**1.9**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.9**	**3.1**	**3.2**	**3.0**	**2.9**	**3.1**	**2.8**	**2.5**	**2.4**	**2.5**	**2.5**	**2.6**

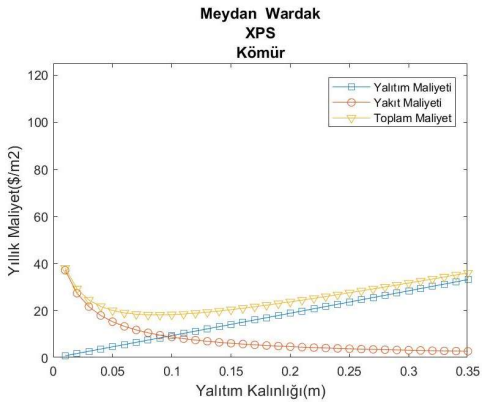


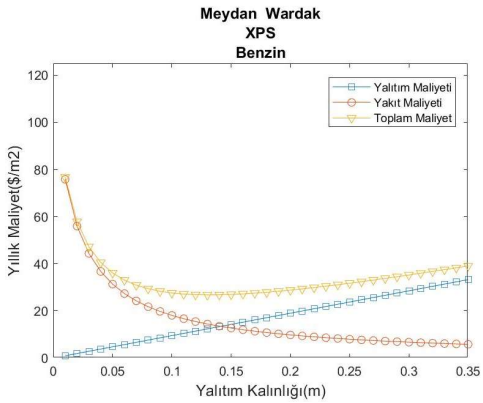

Meydan Wardak
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

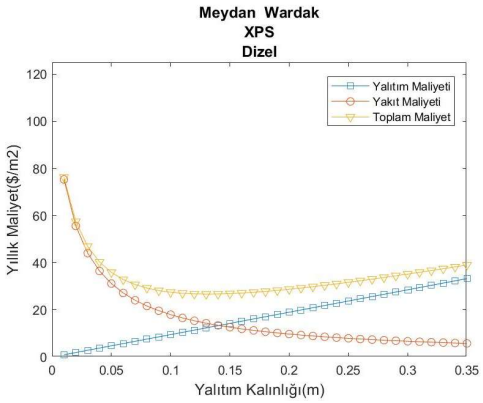

Meydan Wardak
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

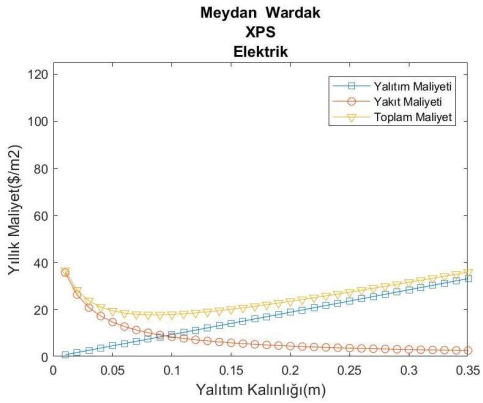

Meydan Wardak
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

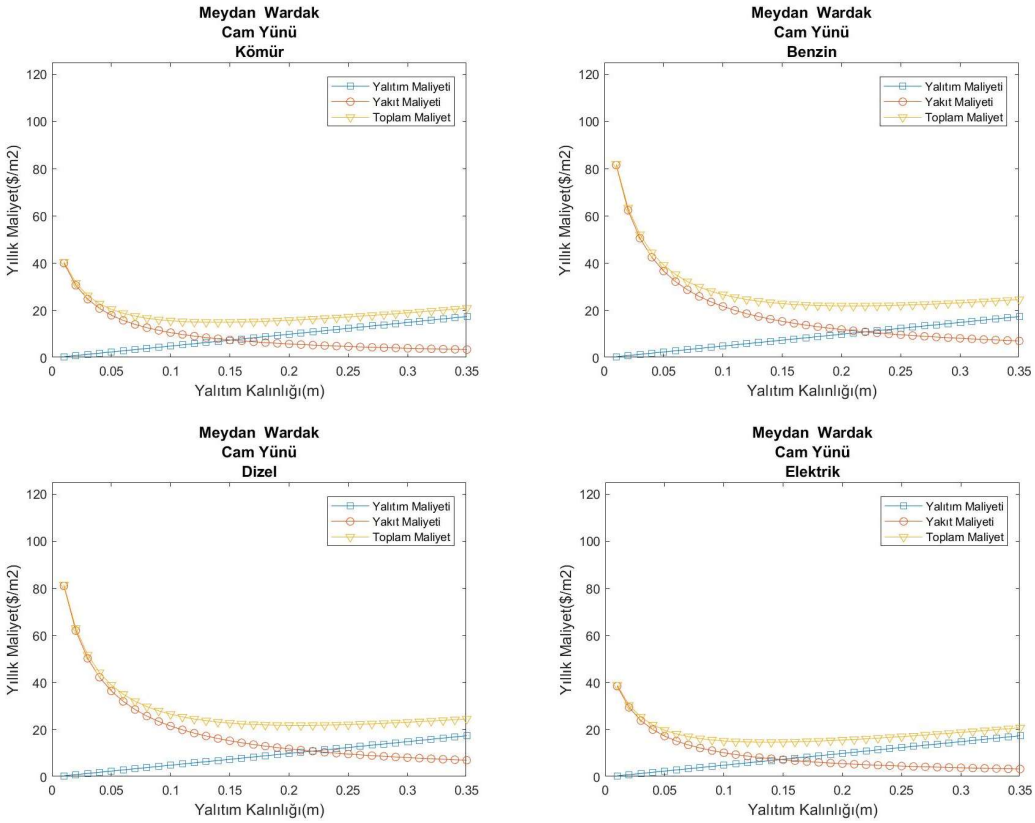

Meydan Wardak
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Meydan Wardak
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

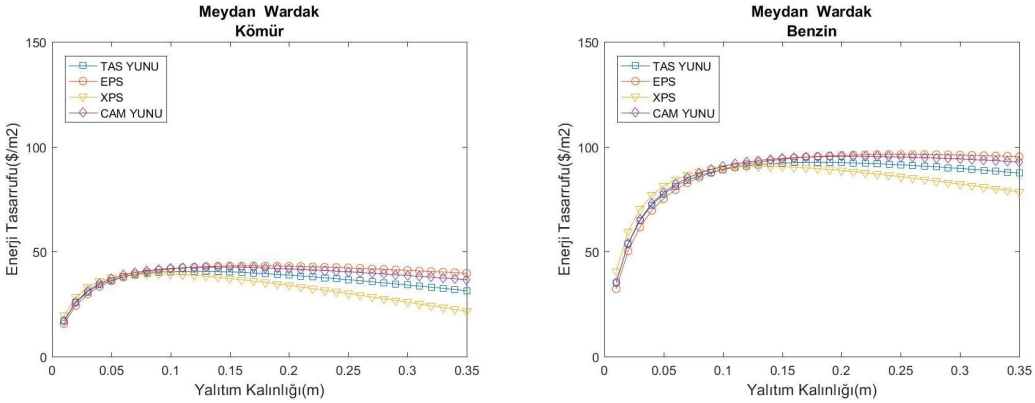

Meydan Wardak
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

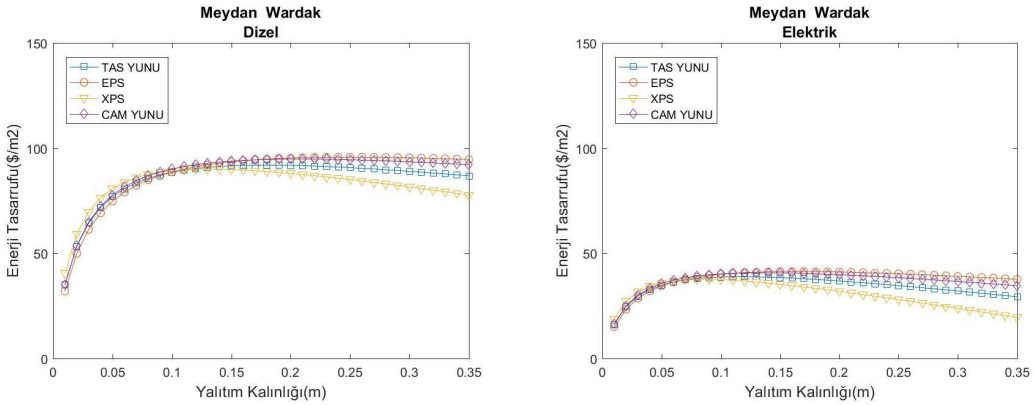

Meydan Wardak
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Meydan Wardak
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

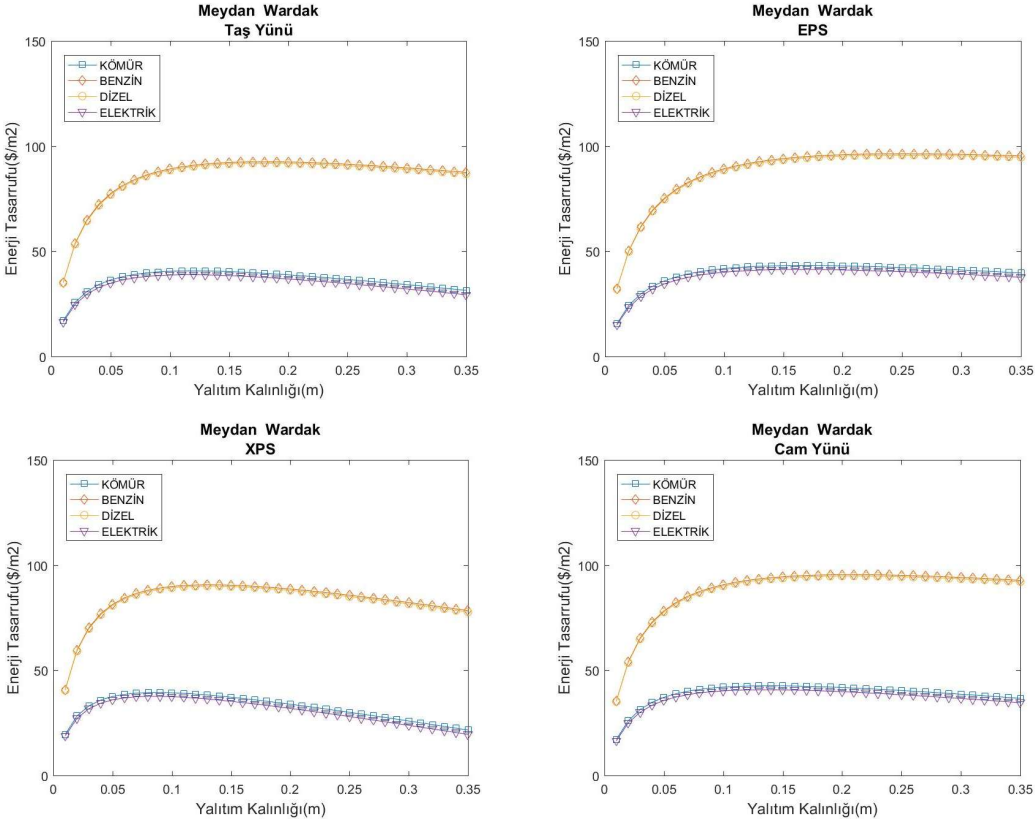


Şekil 5.52. Meydan Wardak şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.53. Meydan Wardak şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.54. Meydan Wardak şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 5662,199 olduğu Meydan Wardak şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.08490 ile 0.2502 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %67,8 ile %82,06 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.2185 ile 1.4746 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

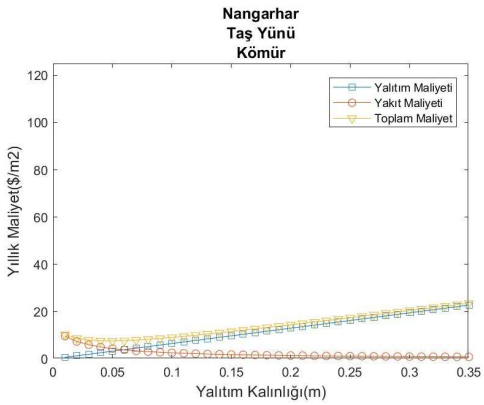
Meydan Wardak şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.2502 m, %82,06 ve 1.2185 yıl olarak belirlenmiştir.

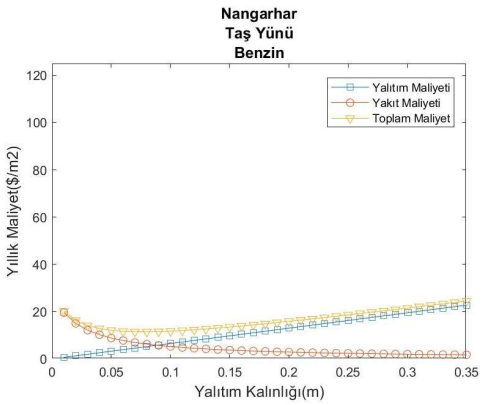
5.19. NANGARHAR

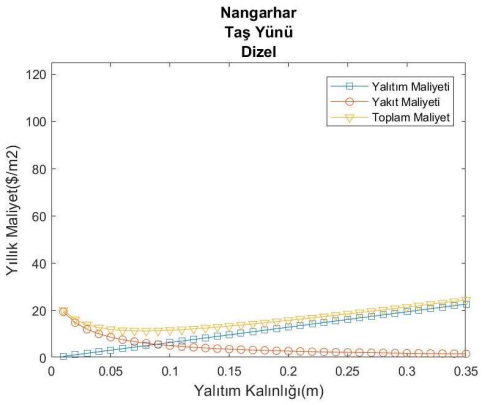
Afganistan'ın doğusunda yer almaktadır. Nangarhar deniz seviyesinden 580 m yükseklikte olup 7641.1 km² bir alana sahiptir. Ortalama sıcaklığı yazların 29.5 ℃ kışların ise 5.5 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Nangarhar şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.19'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.54'te verilmiştir. Şekil 5.55 ve Şekil 5.56'da sırası ile Nangarhar şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

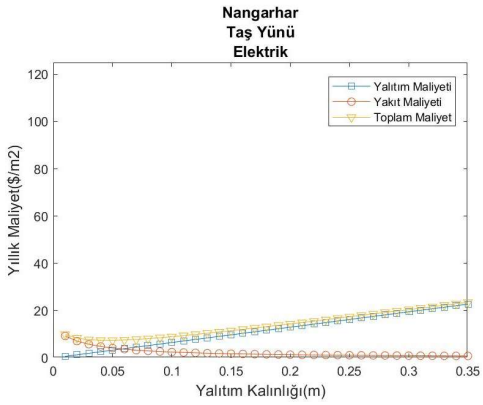
Çizelge 5.19. Nangarhar şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

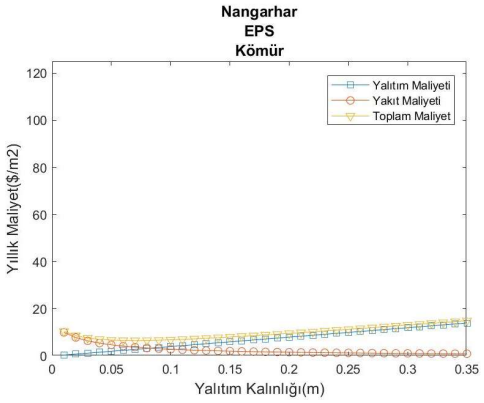
Nangarhar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**5.5**	**7.7**	**11.9**	**17.7**	**22.8**	**27.7**	**29.5**	**27.9**	**24.7**	**18.7**	**12.2**	**8.2**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.7**	**4.7**	**6.1**	**7.4**	**8.2**	**8.5**	**8.0**	**7.4**	**6.4**	**5.1**	**3.9**	**3.4**
Nem Oranı (g/kg)	**2.8**	**3.8**	**5.6**	**7.4**	**8.3**	**8.2**	**11.0**	**11.8**	**8.9**	**5.6**	**4.1**	**3.0**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**1.7**	**1.8**	**1.8**	**1.9**	**2.1**	**2.2**	**2.1**	**1.9**	**1.8**	**1.7**	**1.6**	**1.7**

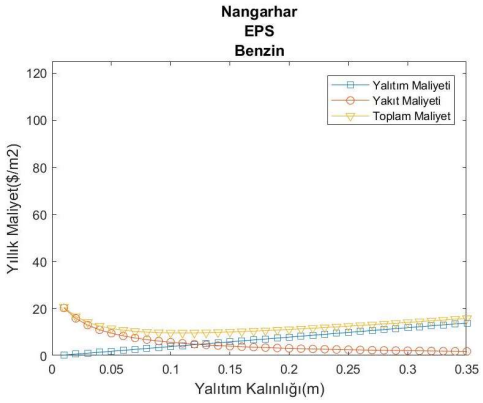

Nangarhar
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

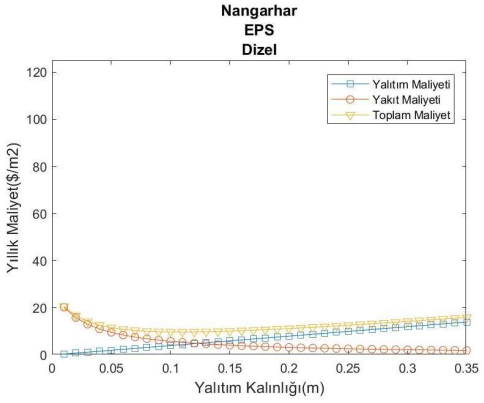

Nangarhar
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

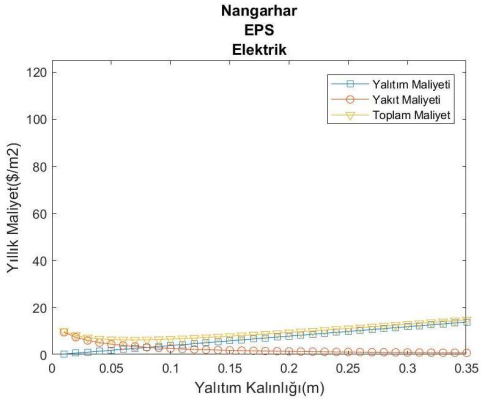

Nangarhar
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

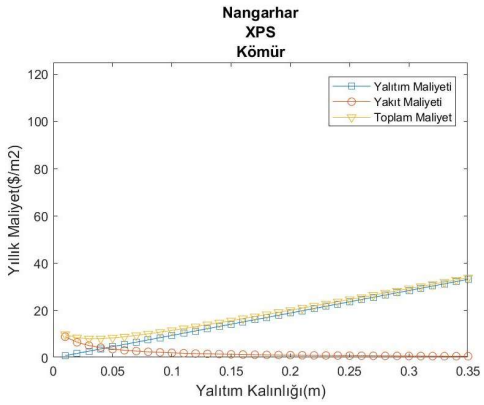

Nangarhar
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

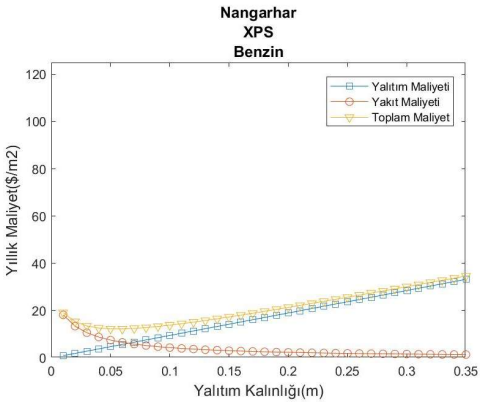

Nangarhar
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

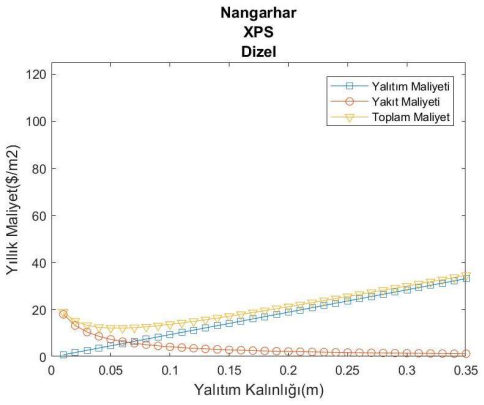

Nangarhar
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

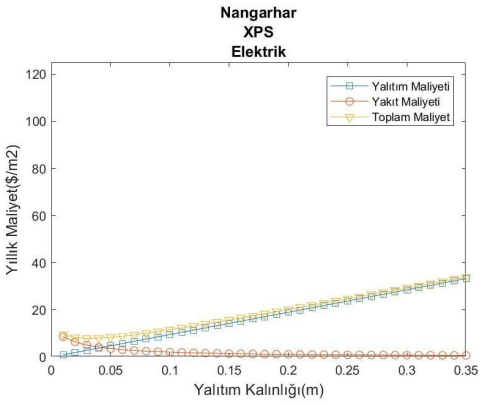

Nangarhar
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

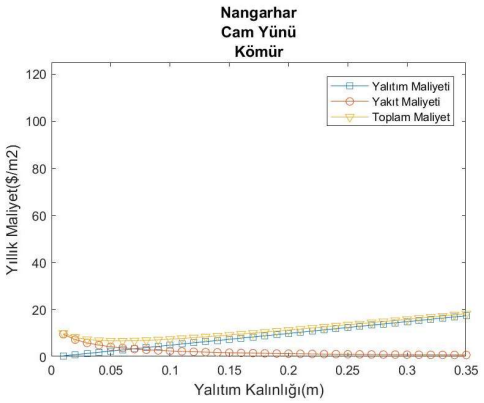

Nangarhar
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

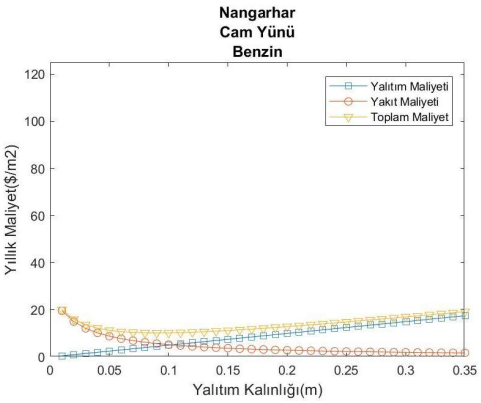

Nangarhar
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

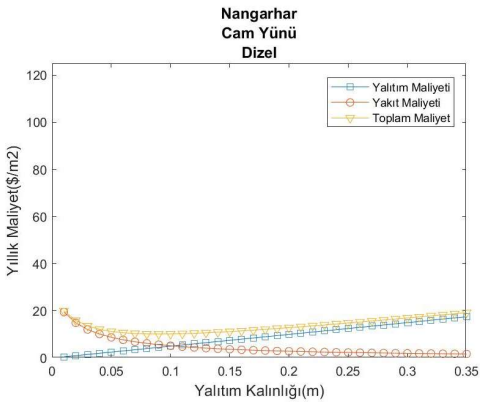

Nangarhar
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

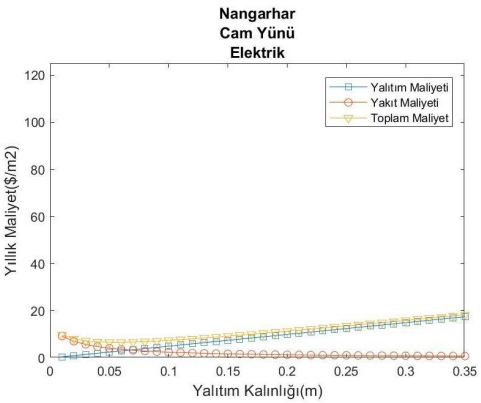

Nangarhar
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Nangarhar
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

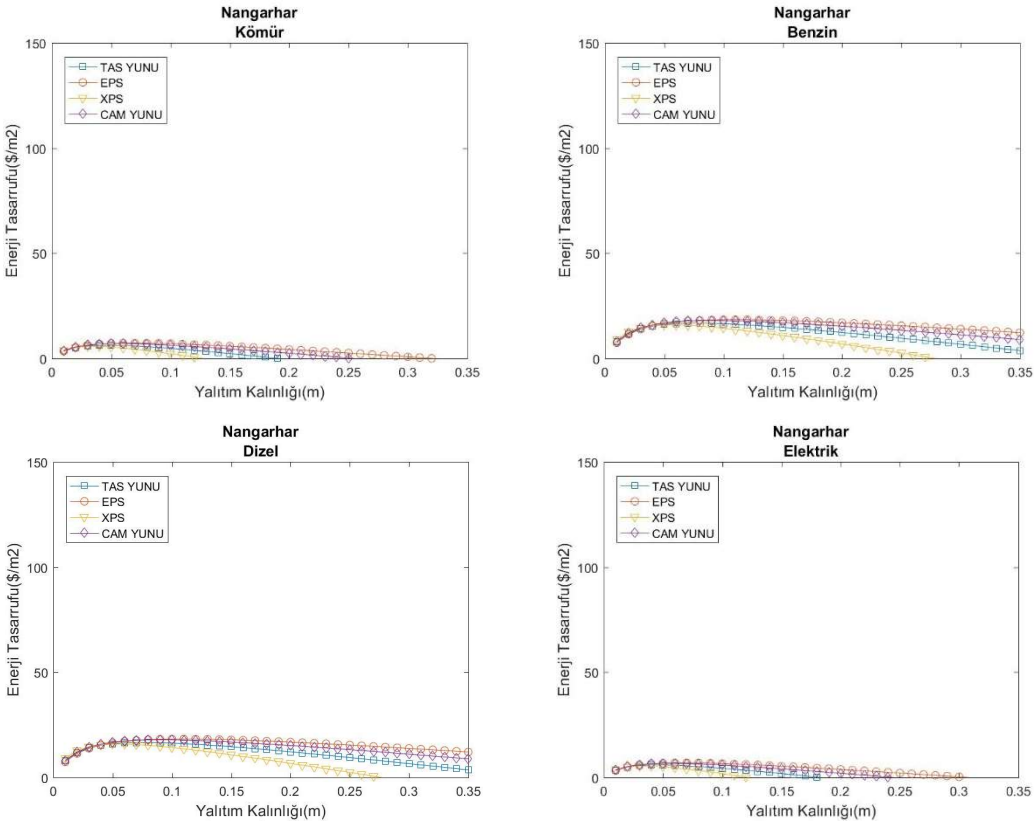

Nangarhar
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Nangarhar
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

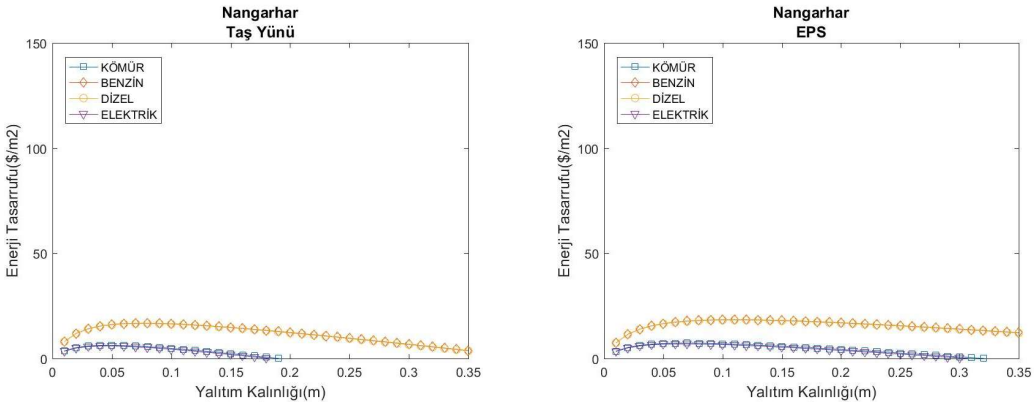

Nangarhar
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

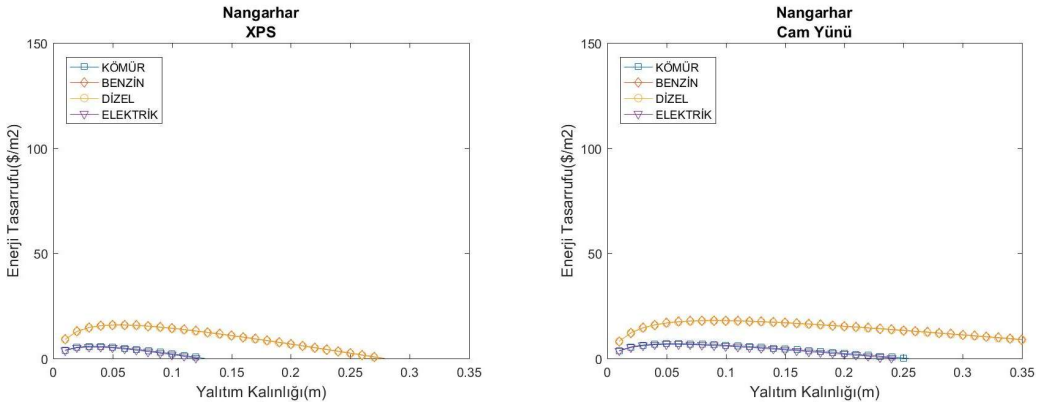

Nangarhar
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.55. Nangarhar şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.56. Nangarhar şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.57. Nangarhar şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1360,225 olduğu Nangarhar şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0323 ile 0.1094 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %40,9 ile %65,2 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.5317 ile 2.443 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

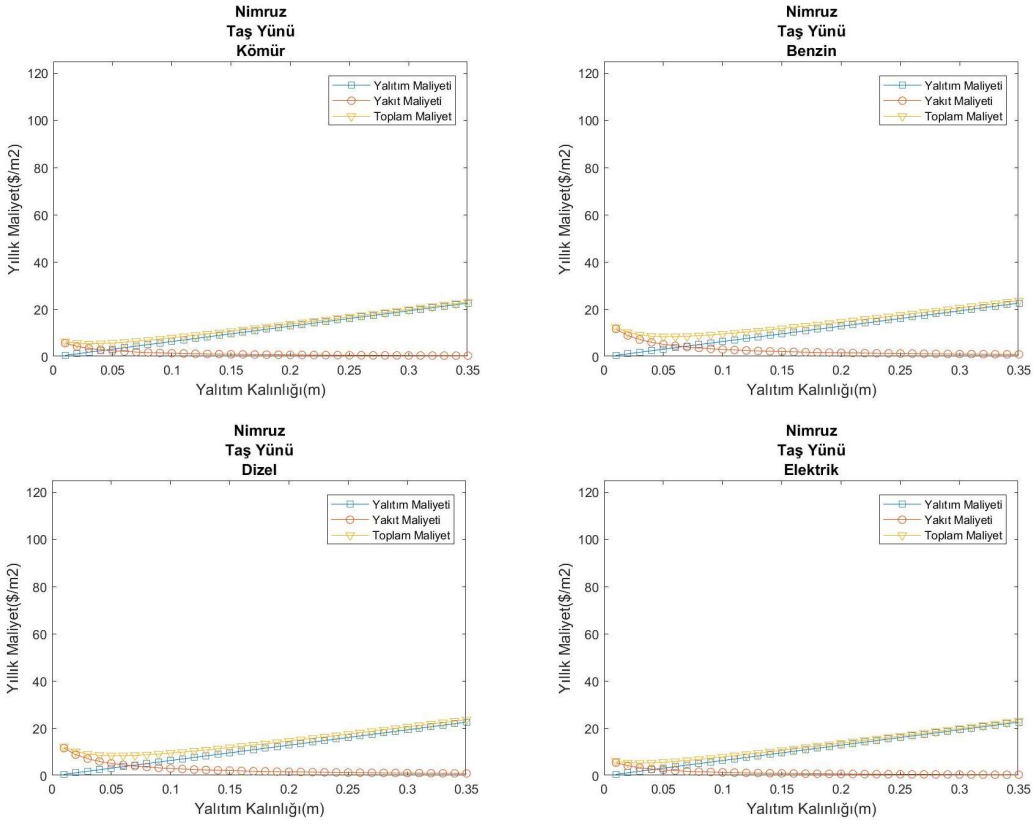
Nangarhar şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1094 m, %65,2 ve 1.5317 yıl olarak belirlenmiştir.

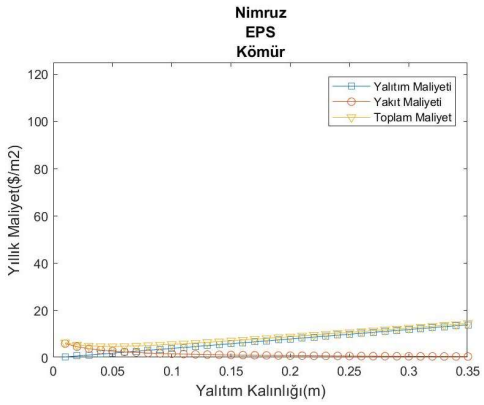
5.20. NİMRUZ

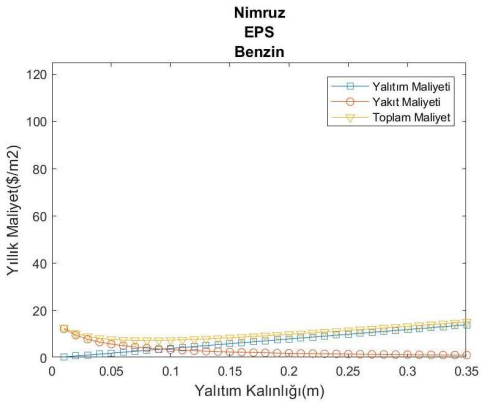
Afganistan'ın güneybatısında. Deniz seviyesinden 478 metre yükseklikte olup 42409,5 km² bir alana sahiptir. Ortalama sıcaklığı yazların 34.8 ℃ kışların ise 7.0 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Nimruz şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.20'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.57'de verilmiştir. Şekil 5.58 ve Şekil 5.59'da sırası ile Nimruz şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

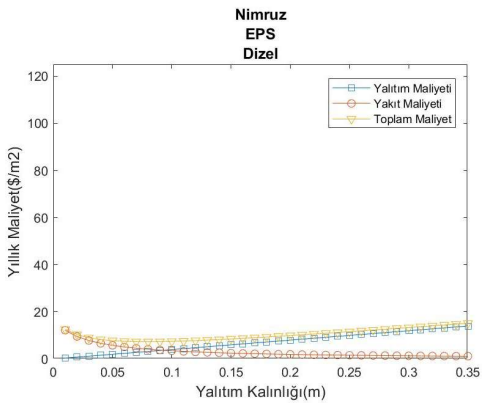
Çizelge 5.20. Nimruz şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

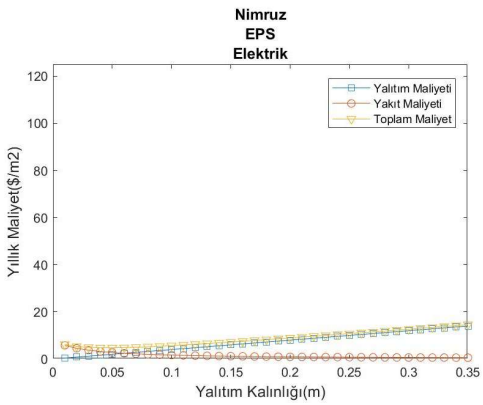
Nimruz	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**7.0**	**9.4**	**15.5**	**22.2**	**28.3**	**33.0**	**34.8**	**32.2**	**27.6**	**20.6**	**13.0**	**8.1**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.8**	**4.8**	**6.1**	**7.2**	**8**	**8.4**	**8.0**	**7.5**	**6.6**	**5.2**	**4.1**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**2.9**	**3.4**	**4.4**	**5.2**	**5.1**	**4.0**	**4.2**	**3.7**	**2.9**	**3.0**	**3.5**	**2.8**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.8**	**4.5**	**4.3**	**4.7**	**5.8**	**7.6**	**8.4**	**8.2**	**6.6**	**5.4**	**4.0**	**3.8**

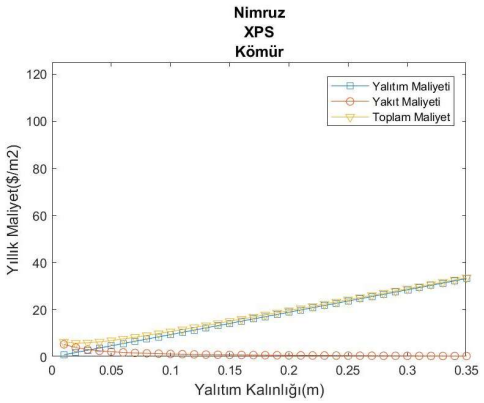


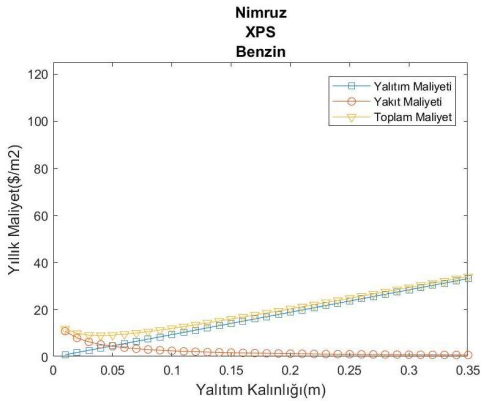

Nimruz
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

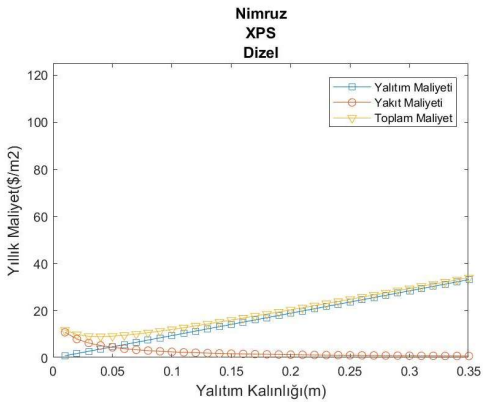

Nimruz
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

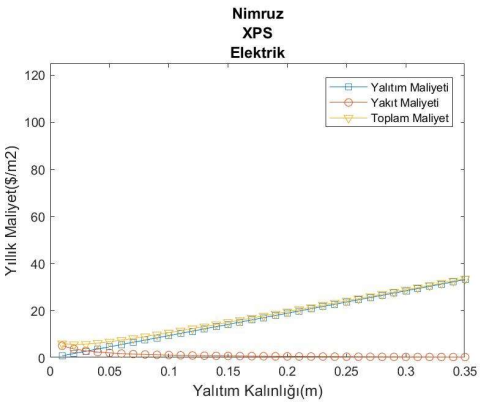

Nimruz
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

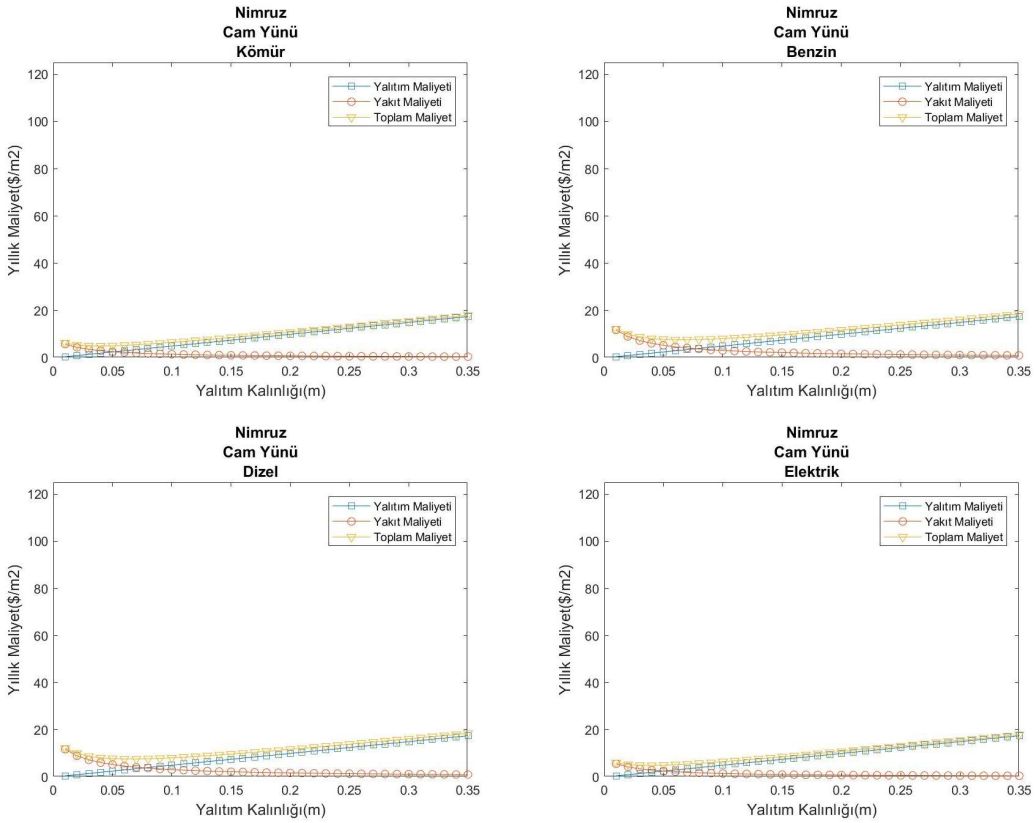

Nimruz
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Nimruz
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

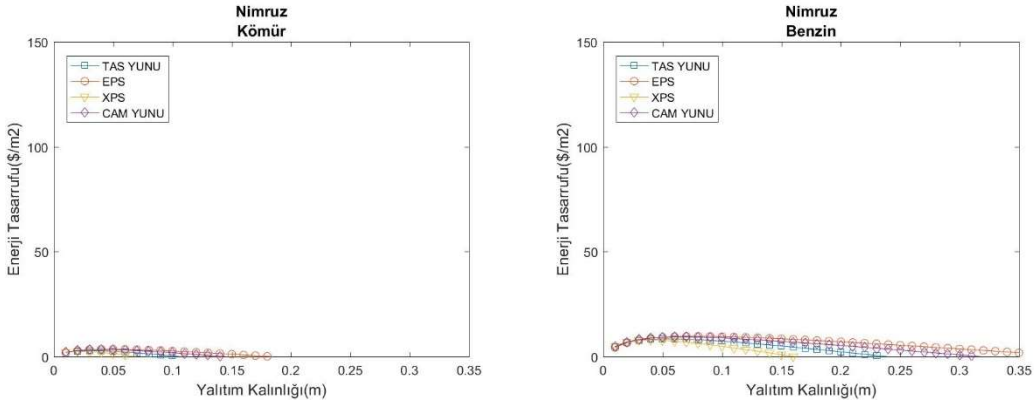

Nimruz
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

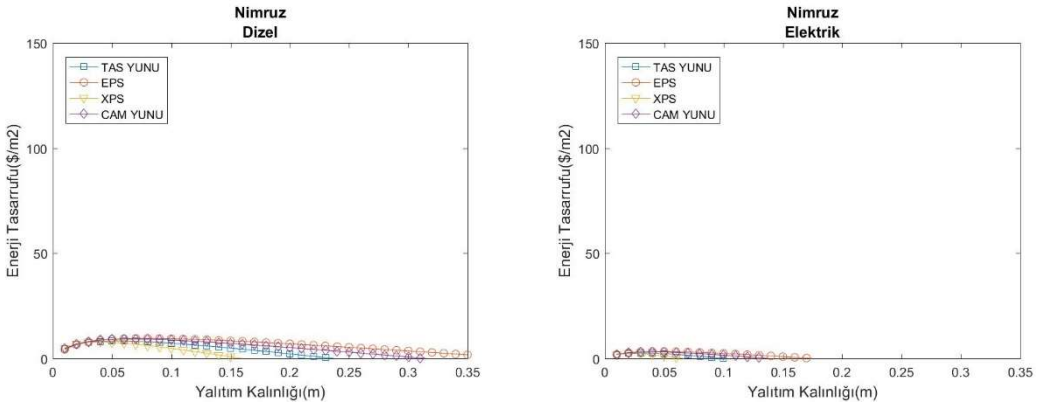

Nimruz
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Nimruz
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

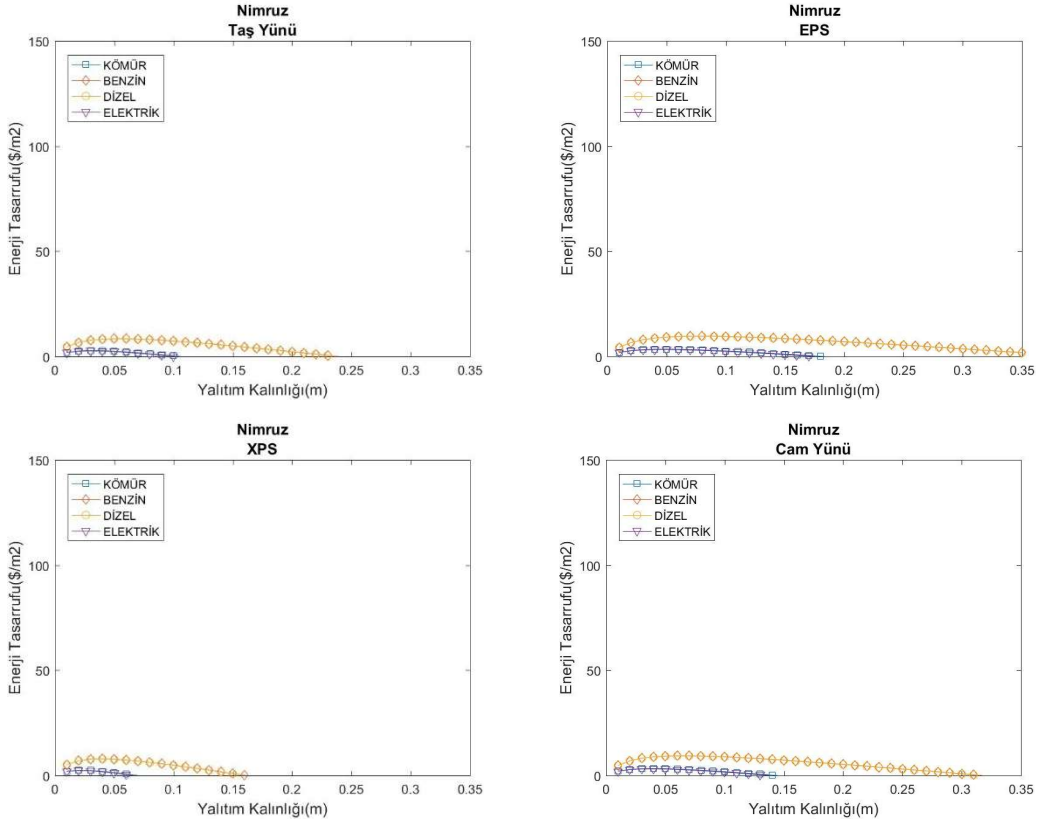


Şekil 5.58. Nimruz şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.59. Nimruz şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.60. Nimruz şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3444,718 olduğu Nimruz şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0210 ile 0.0790 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %28,7 ile %56,6 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.7655 ile 3.481 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

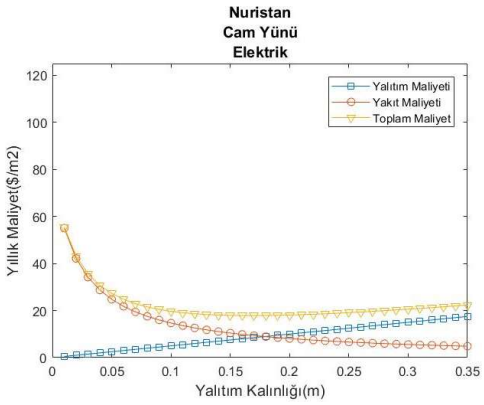
Nimruz şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.0790 m, %56,6 ve 1.7655 yıl olarak belirlenmiştir.

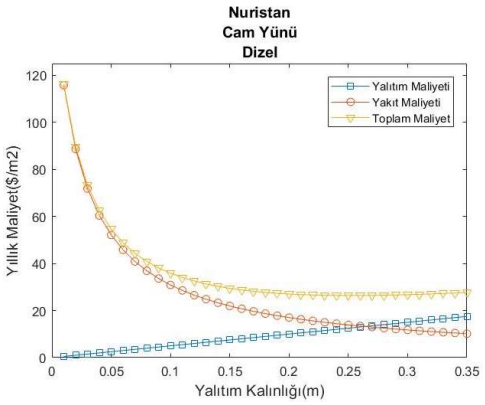
5.21. NURİSTAN

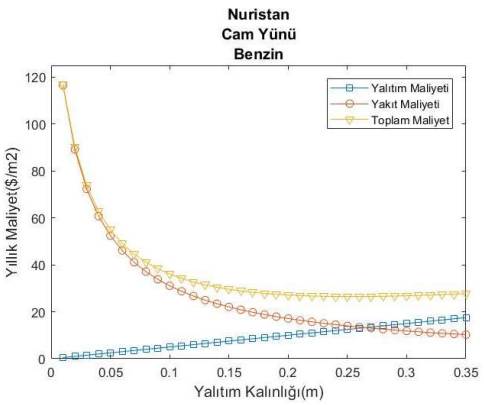
Afganistan'ın doğu bölgesinde yer alır. Yüzölçümü 9266,7 km² olan Nuristan deniz seviyesinden 1100 m yüksektir. Ortalama sıcaklığı yazların 7.0 ℃ kışların ise -16.7 ℃ kadar ulaşmaktadır [56]. Nuristan şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.21'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.60'ta verilmiştir. Şekil 5.61 ve Şekil 5.62'de sırası ile Nuristan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

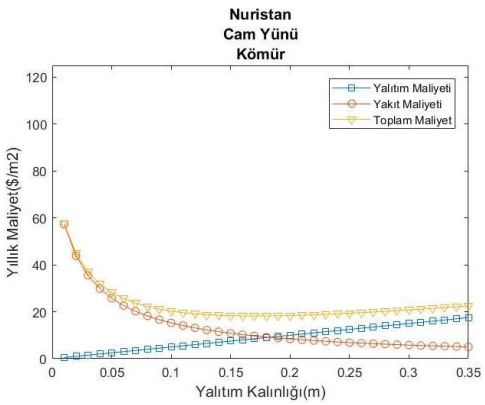
Çizelge 5.21. Nuristan şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

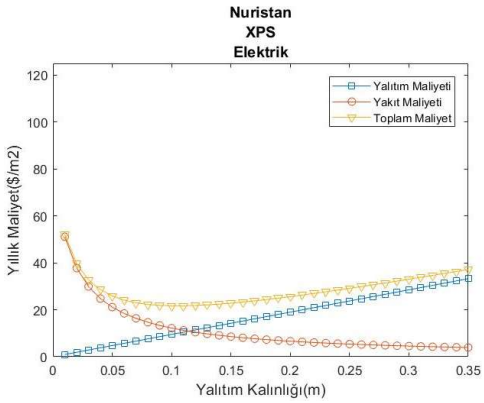
Nurustan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-16.7**	**-15.3**	**-10.8**	**-4.8**	**0.3**	**3.8**	**7.0**	**6.3**	**3.3**	**-2.2**	**-9.0**	**-14.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.8**	**4.9**	**6.4**	**7.8**	**8.6**	**8.9**	**8.7**	**8.0**	**6.9**	**5.3**	**3.9**	**3.4**
Nem Oranı (g/kg)	**1.1**	**1.4**	**2.1**	**3.0**	**3.9**	**4.3**	**4.9**	**4.2**	**2.9**	**2.3**	**1.7**	**1.3**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**1.8**	**2.0**	**2.0**	**1.8**	**1.9**	**2.2**	**2.2**	**2.0**	**1.7**	**1.7**	**1.8**	**1.8**

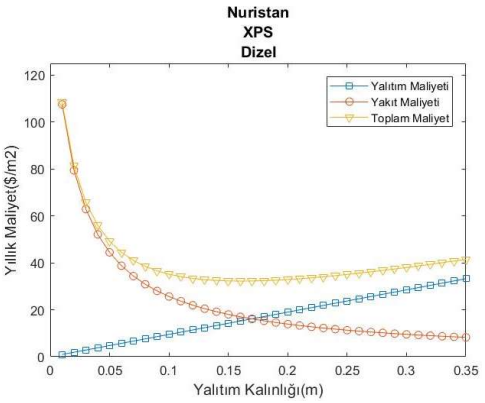

Nuristan
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

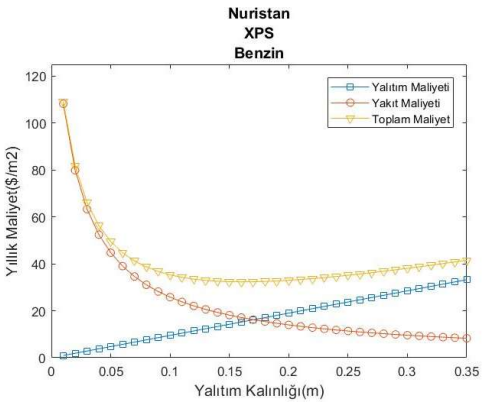

Nuristan
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

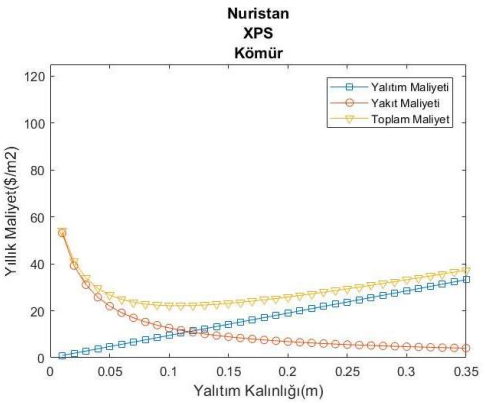

Nuristan
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

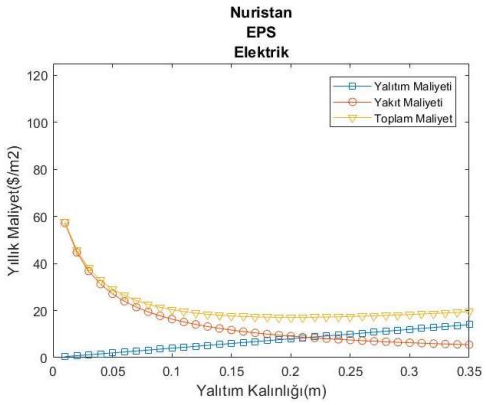

Nuristan
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

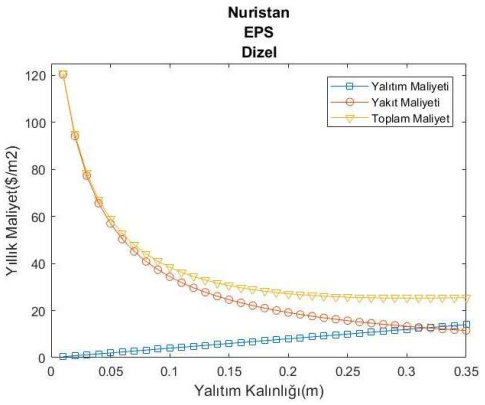

Nuristan
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

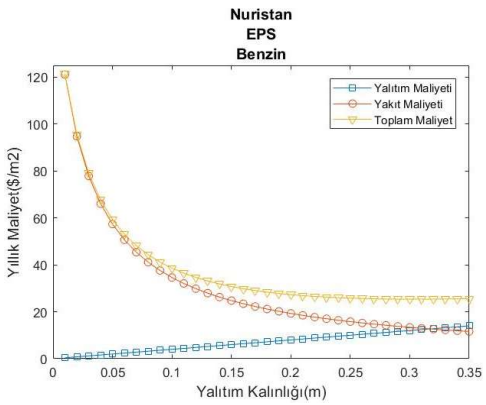

Nuristan
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

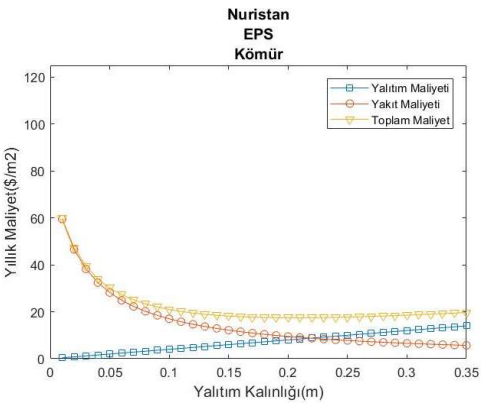

Nuristan
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

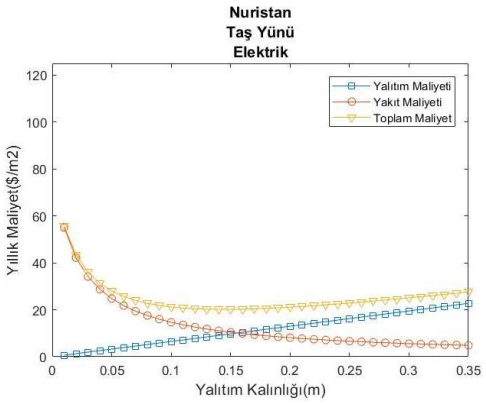

Nuristan
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

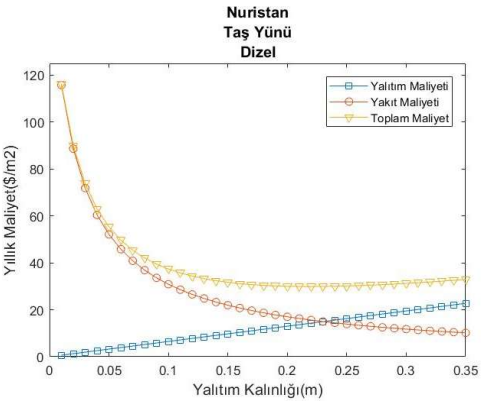

Nuristan
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

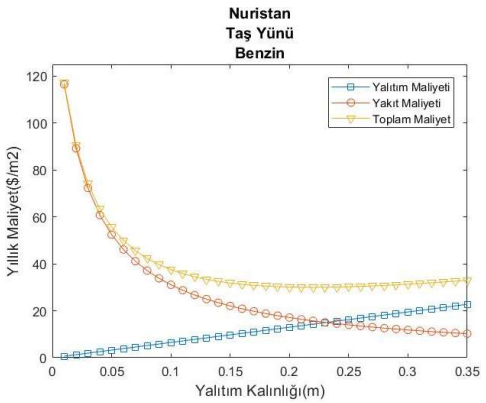

Nuristan
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

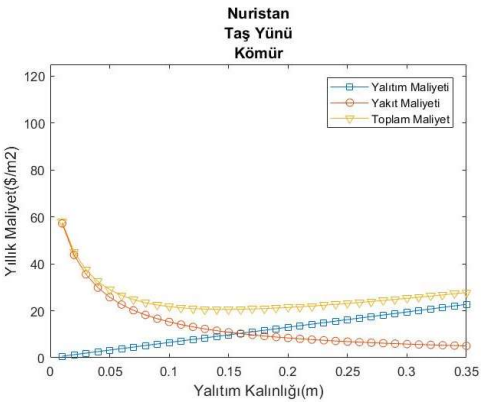

Nuristan
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Nuristan
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

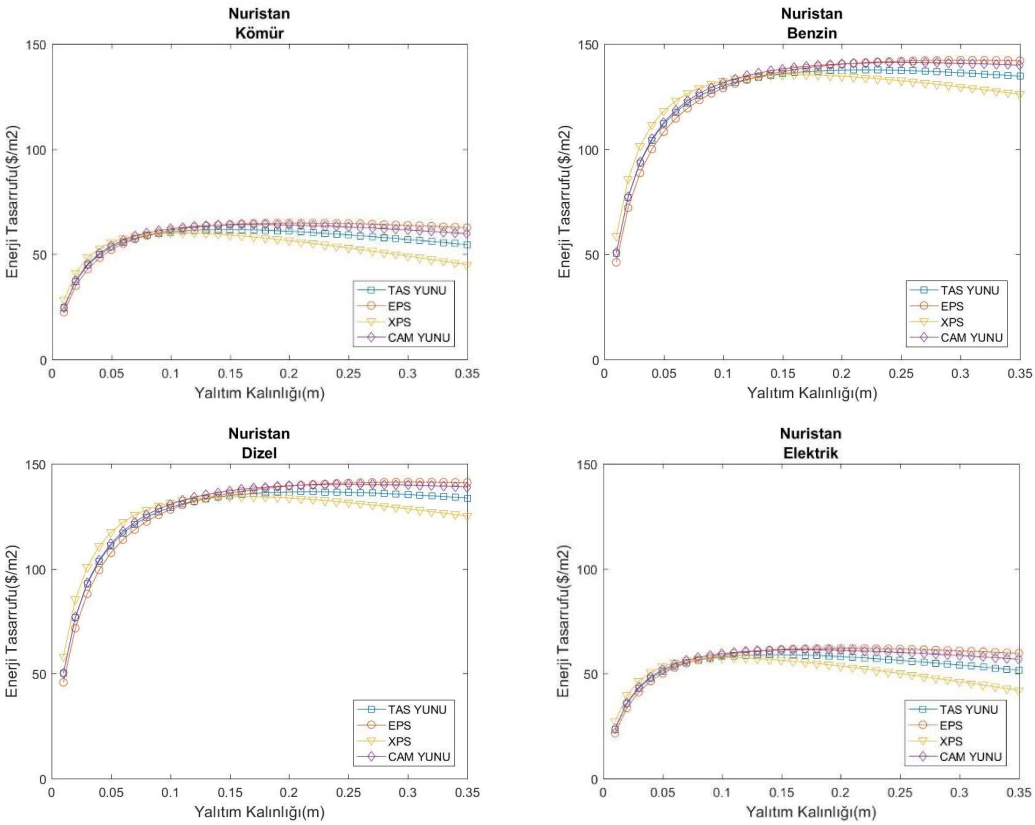

Nuristan
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Nuristan
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

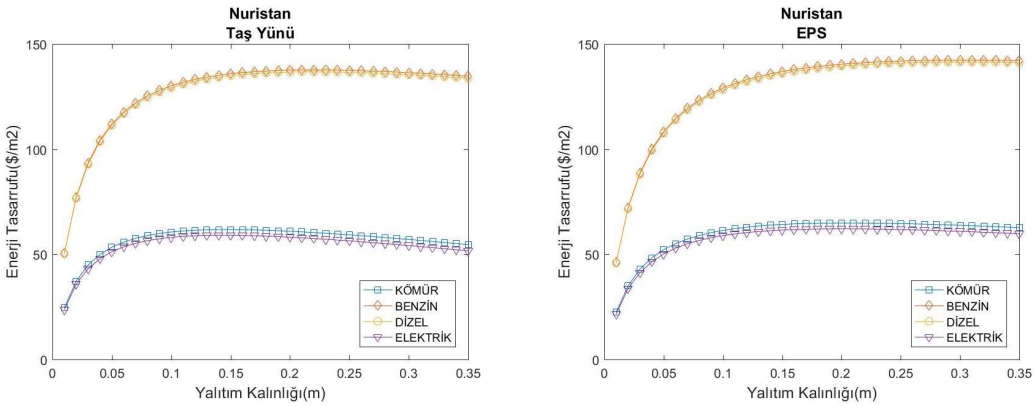

Nuristan
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

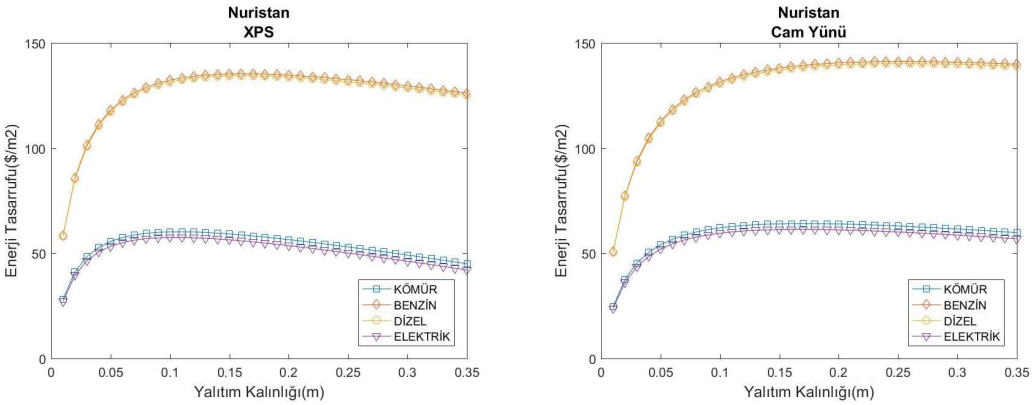

Nuristan
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.61. Nuristan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.62. Nuristan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.63. Nuristan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin **8**083,978 olduğu Nuristan şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.10499 ile 0.30411 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %72,6 ile %84,8 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.1783 ile 1.3767 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

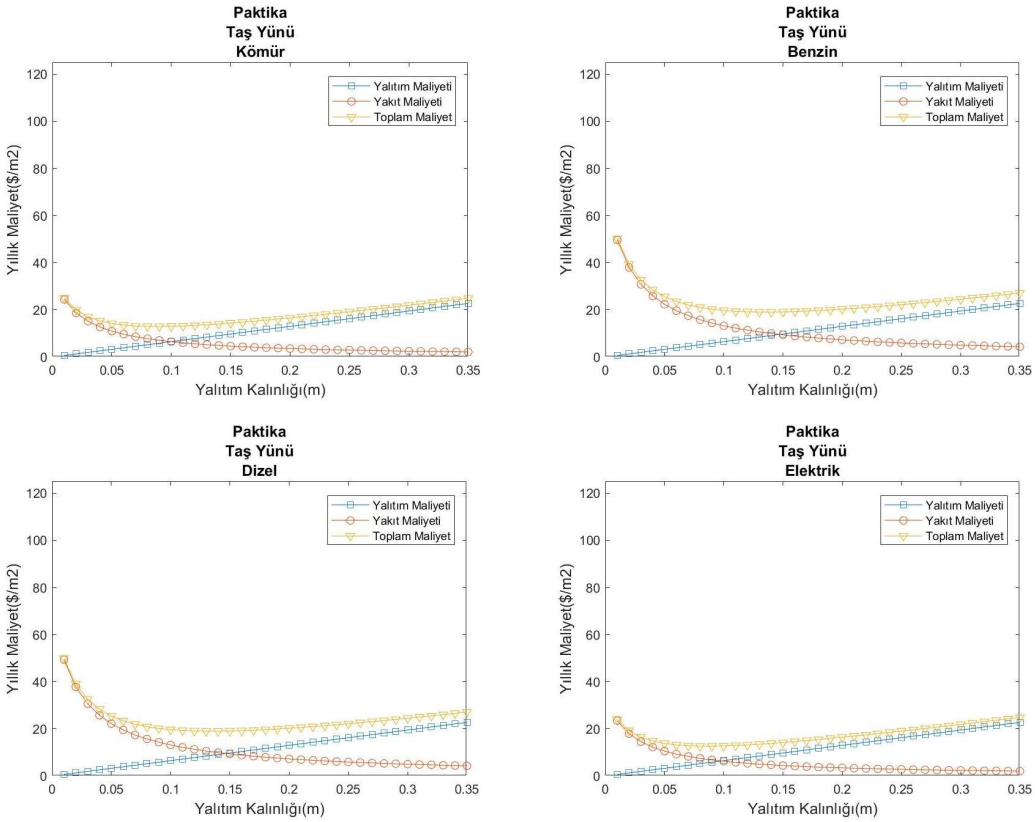
Nuristan şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.30411 m, %72,6 ve 1.1783 yıl olarak belirlenmiştir.

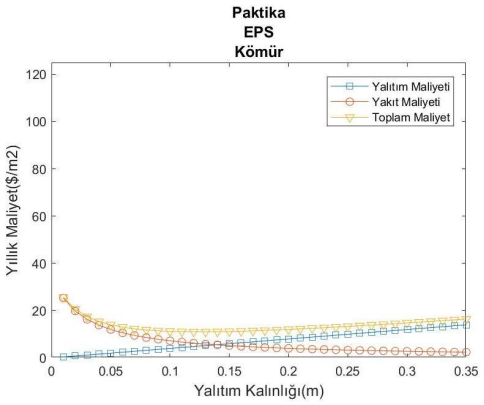
5.22. PAKTİKA

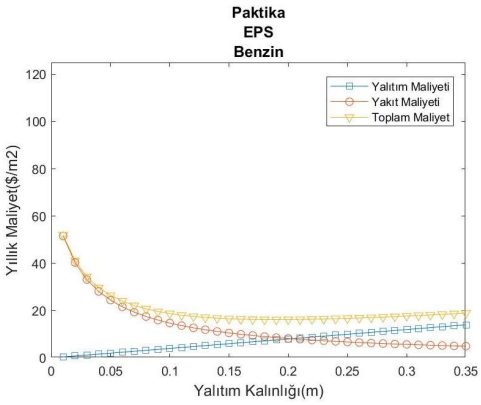
Afganistan'ın güneydoğu kısmında yer alır. 19482 km² yüzölçümüne sahip olan Paktika ortalama sıcaklığı yazların 23.3 ℃ kışların ise -0.6 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Paktika şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.22'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.63'te verilmiştir. Şekil 5.64 ve Şekil 5.65'te sırası ile Paktika şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

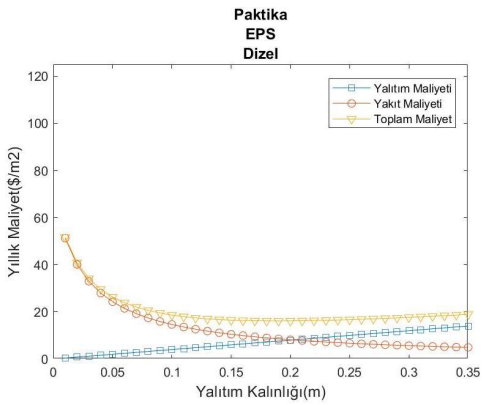
Çizelge 5.22. Paktika şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

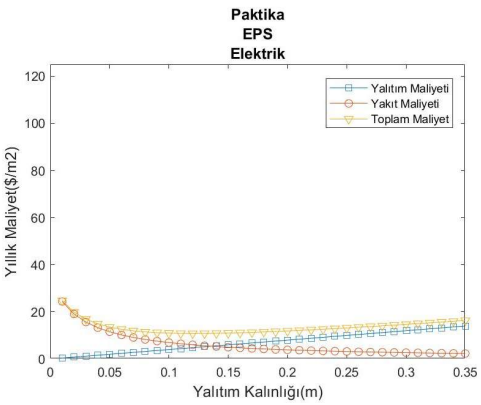
Paktika	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-0.6**	**0.9**	**6.0**	**11.6**	**16.7**	**21.3**	**23.3**	**22.0**	**18.2**	**11.9**	**5.4**	**1.3**
Ort. Iş. Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.0**	**5.1**	**6.3**	**7.5**	**8.3**	**8.5**	**7.9**	**7.3**	**6.6**	**5.4**	**4.2**	**3.7**
Nem Oranı (g/kg)	**4.4**	**3.0**	**4.2**	**5.5**	**6.2**	**6.5**	**8.5**	**7.7**	**5.1**	**3.4**	**3.2**	**2.3**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.5**	**3.8**	**4.0**	**3.7**	**3.4**	**3.1**	**2.8**	**2.6**	**2.5**	**3.0**	**3.2**	**3.3**

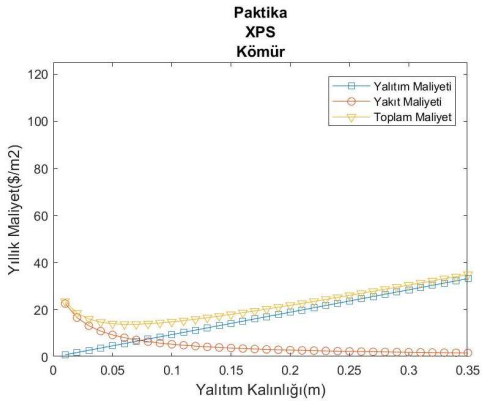


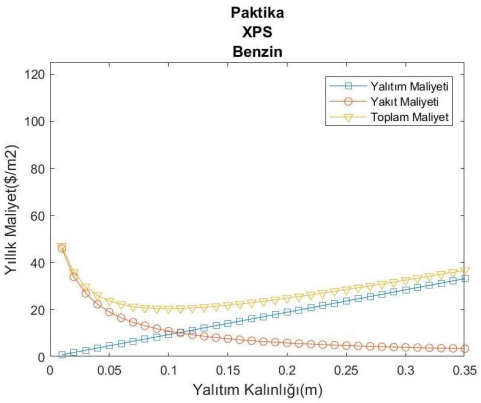

Paktika
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

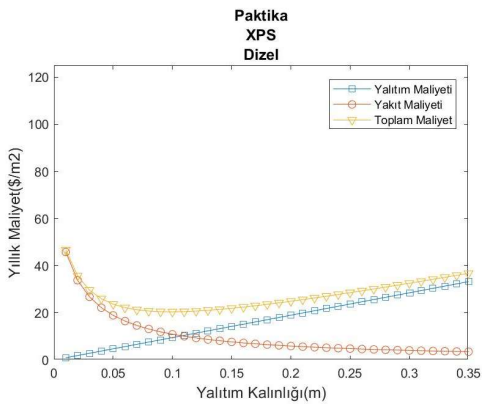

Paktika
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

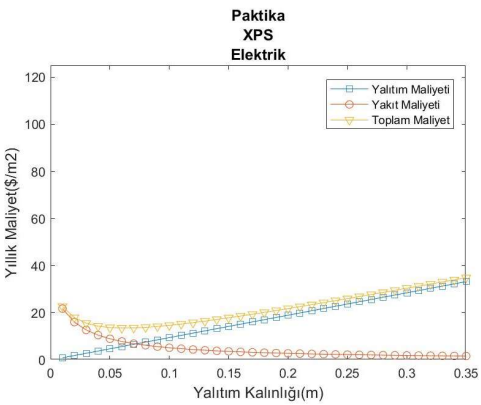

Paktika
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

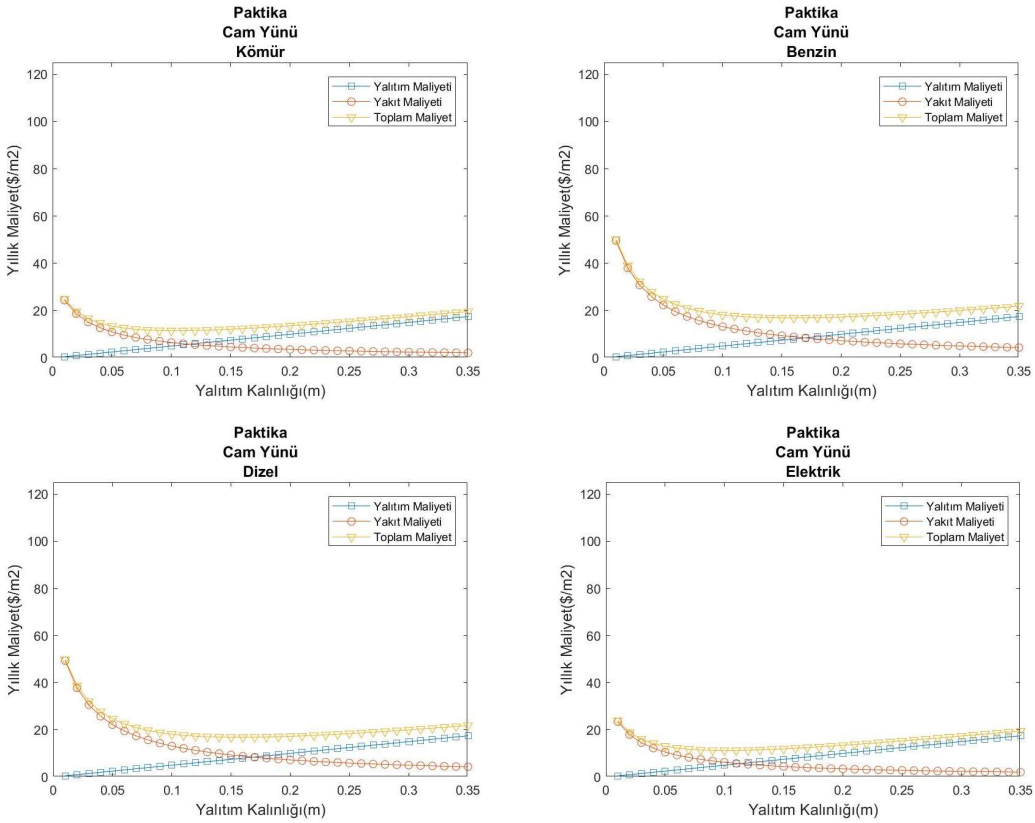

Paktika
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Paktika
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

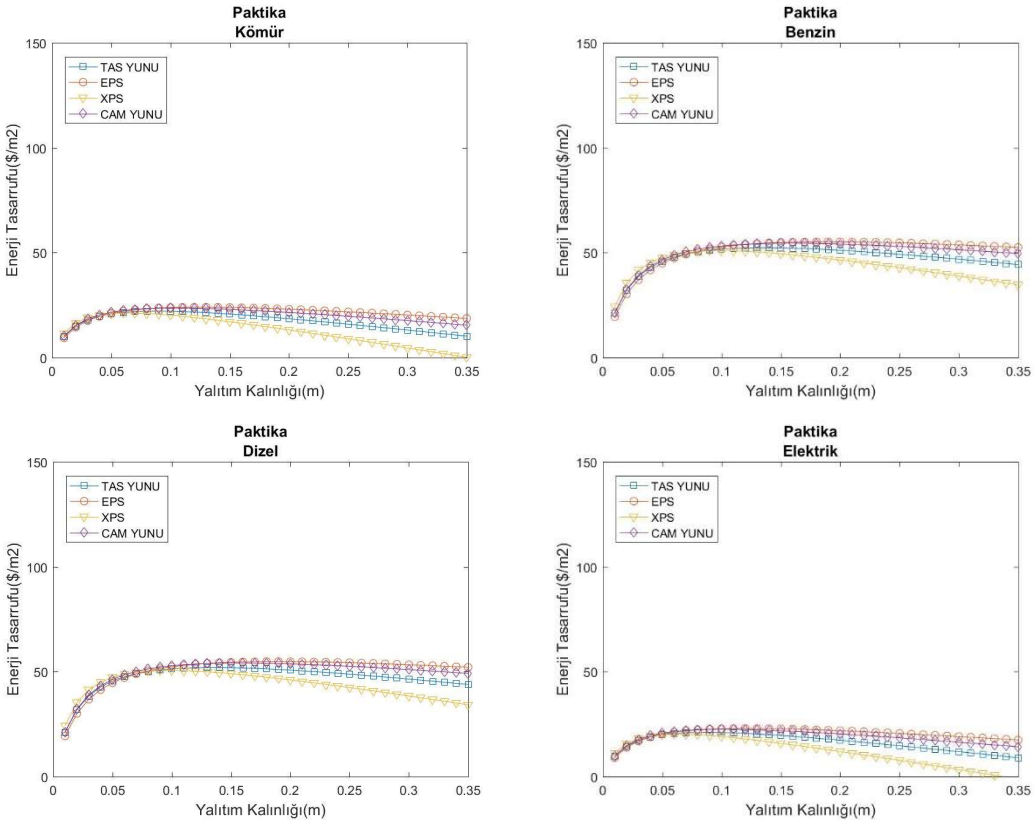

Paktika
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Paktika
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

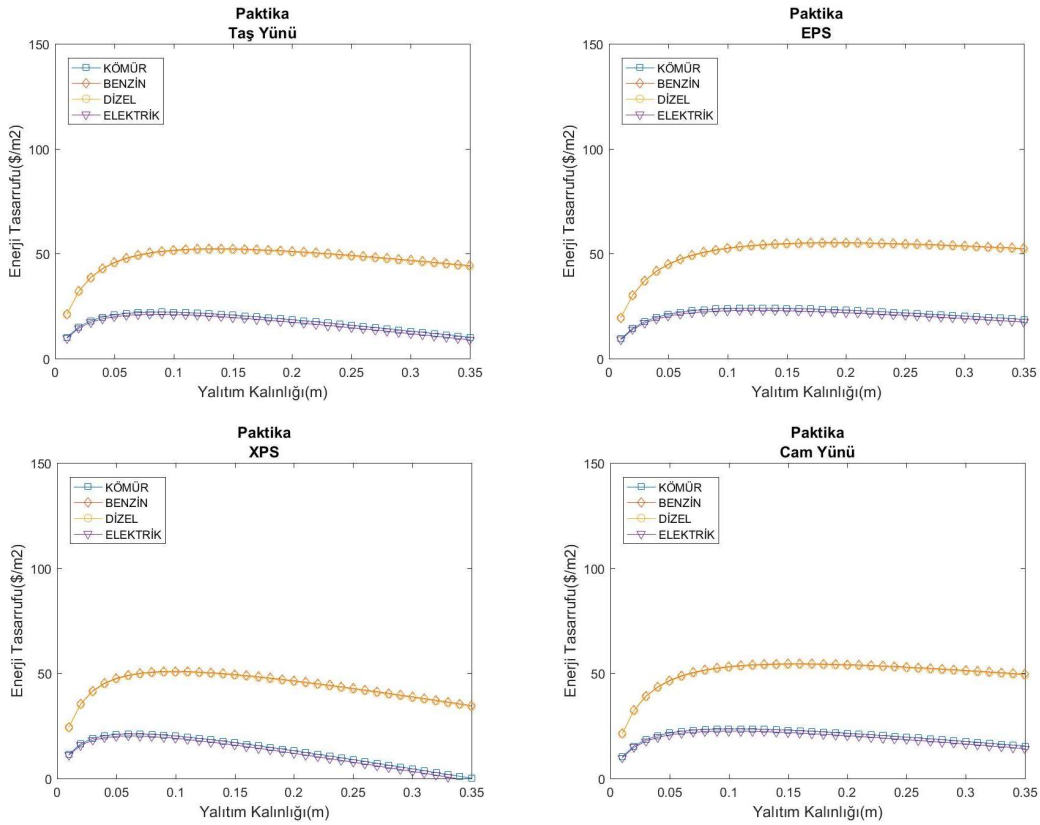

Paktika
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)



Şekil 5.64. Paktika şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.65. Paktika şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.66. Paktika şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3444,718 olduğu Paktika şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0622 ile 0.1894 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %59,8 ile %77,3 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.2933 ile 1.6707 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

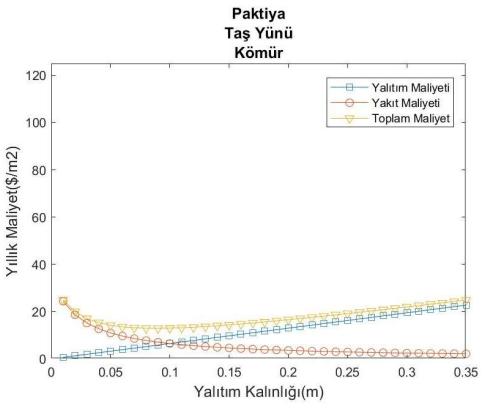
Paktika şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1894 m, %77,3 ve 1.6707 yıl olarak belirlenmiştir.

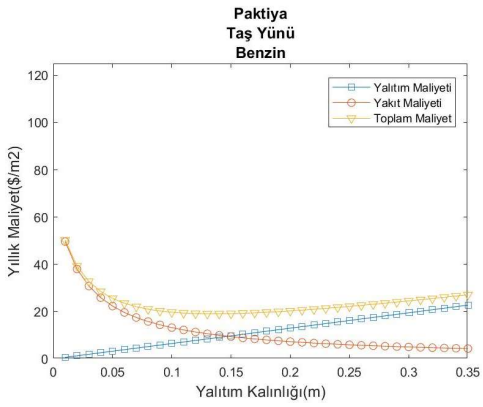
5.23. PAKTİYA

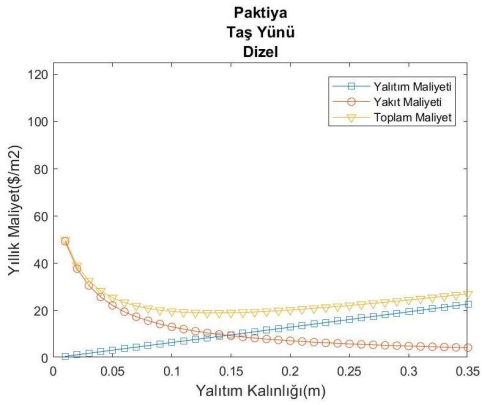
Afganistan'ın doğusunda yer alır. 6432 km² yüzölçümüne sahip olan Paktiya şehrinin ortalama sıcaklığı yazların 19.0 ℃ kışların ise -3.0 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Paktiya şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.23'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.66'da verilmiştir. Şekil 5.67 ve Şekil 5.63'te sırası ile Paktiya şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

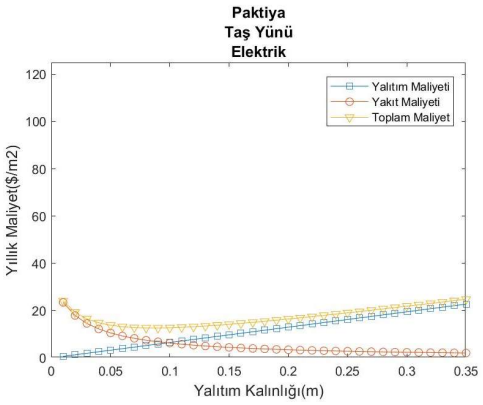
Çizelge 5.23. Paktiya şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

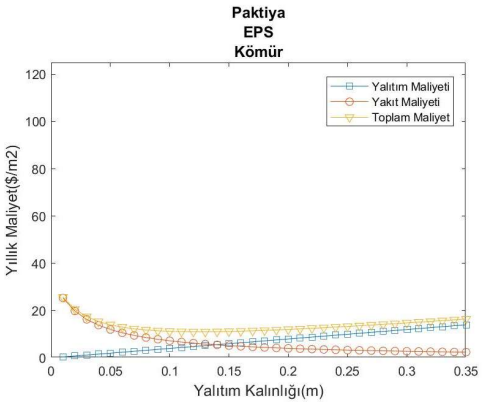
Paktiya	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-3.0**	**-2.2**	**3.3**	**8.9**	**13.5**	**17.5**	**20.2**	**19.0**	**15.6**	**9.6**	**3.7**	**-0.2**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.9**	**5**	**6.2**	**7.4**	**8.2**	**8.4**	**7.9**	**7.3**	**6.4**	**5.3**	**4.1**	**3.6**
Nem Oranı (g/kg)	**2.3**	**2.9**	**4.2**	**5.6**	**6.7**	**6.9**	**7.8**	**7.4**	**5.4**	**3.8**	**3.2**	**2.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.8**	**3.1**	**3.3**	**3.1**	**3.0**	**3.3**	**2.9**	**2.6**	**2.5**	**2.6**	**2.6**	**2.7**

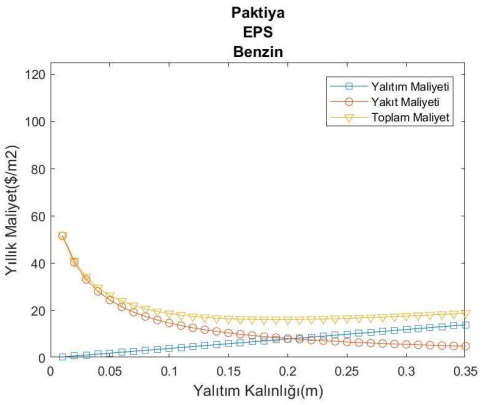


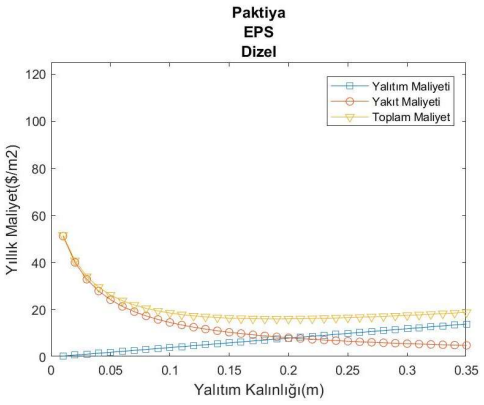


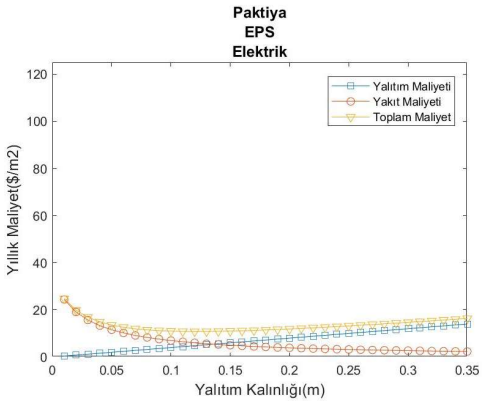

Paktiya
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

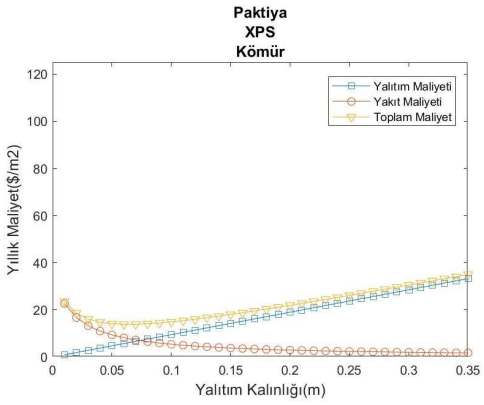

Paktiya
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

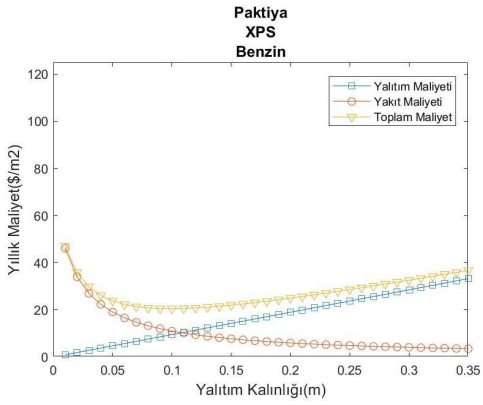

Paktiya
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

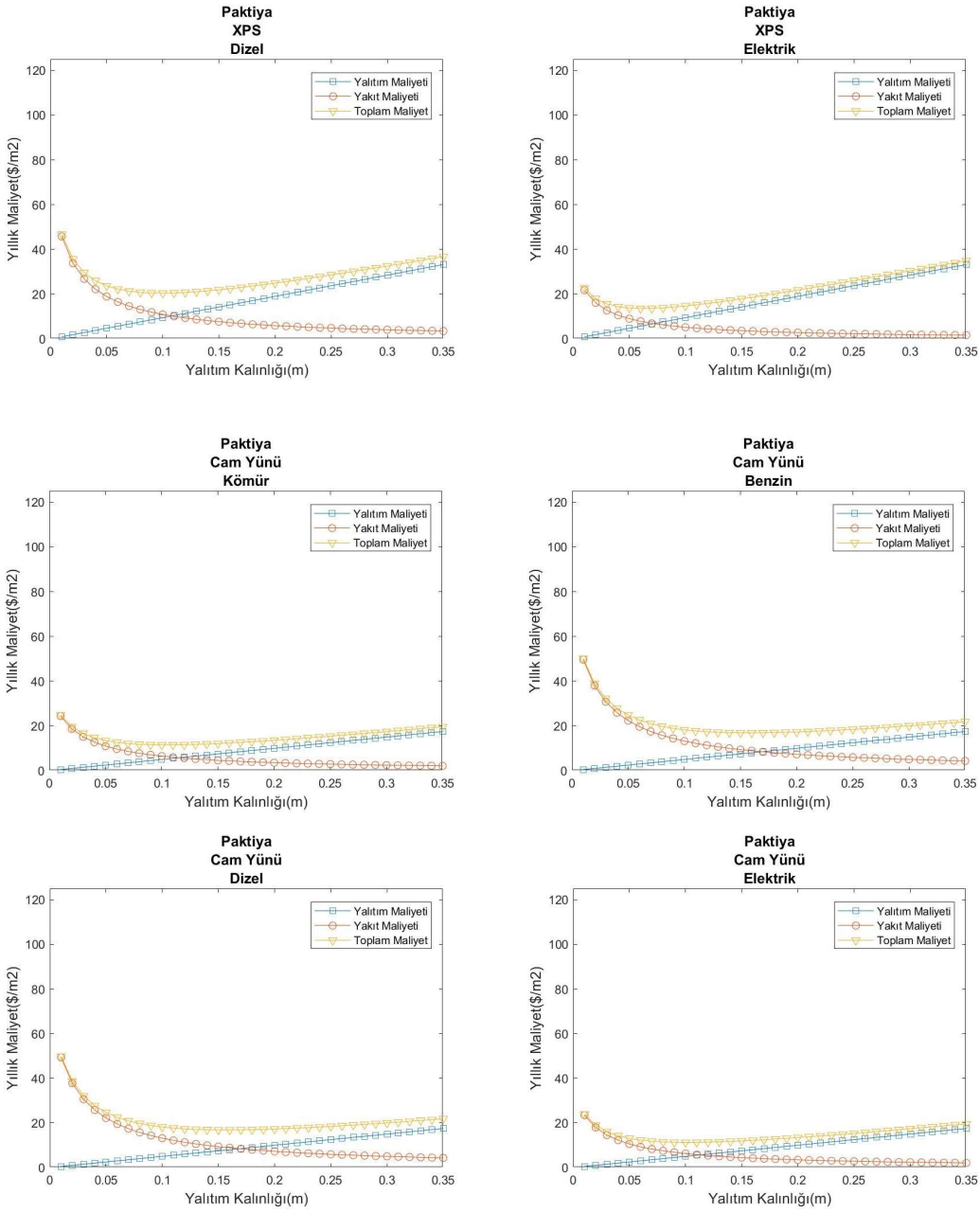

Paktiya
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Paktiya
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

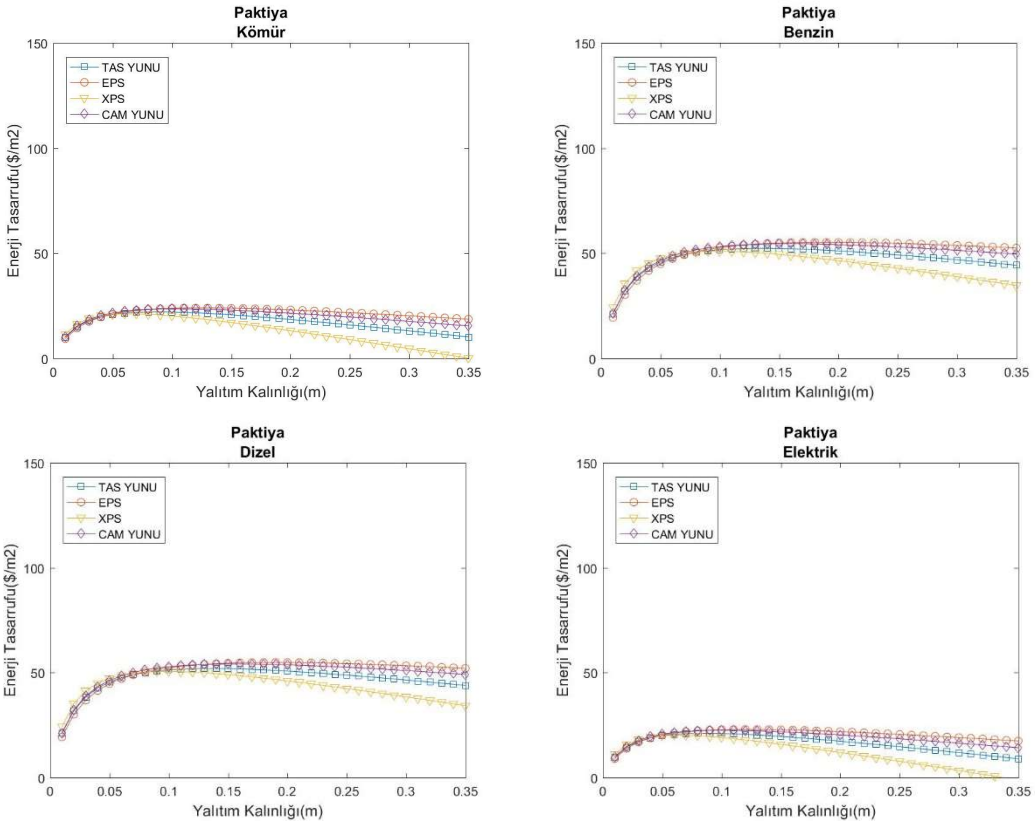

Paktiya
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Paktiya
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

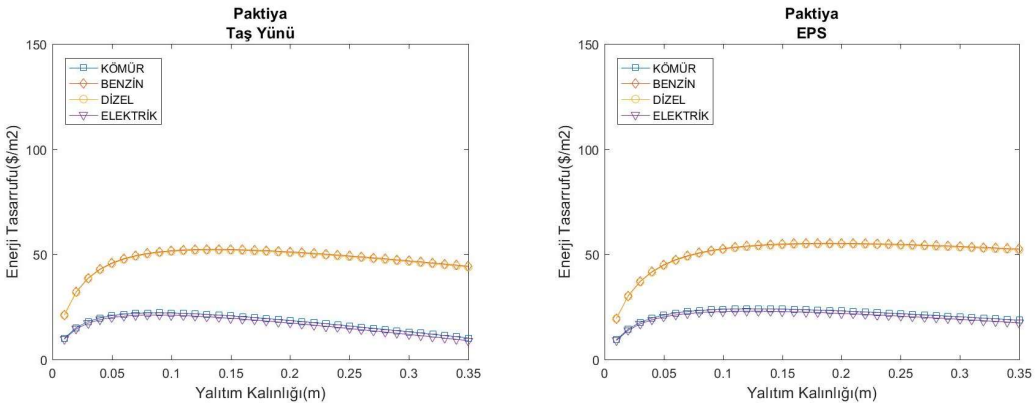

Paktiya
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

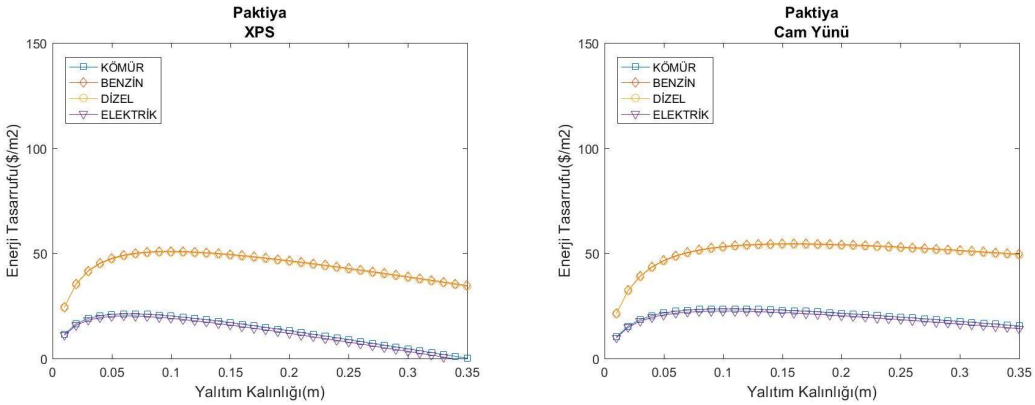


Şekil 5.67. Paktiya şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.68. Paktiya şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.69. Paktiya şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3444,718 olduğu Paktiya şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.06221 ile 0.1894 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %59,8 ile %77,3 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.2932 ile 1.6706 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

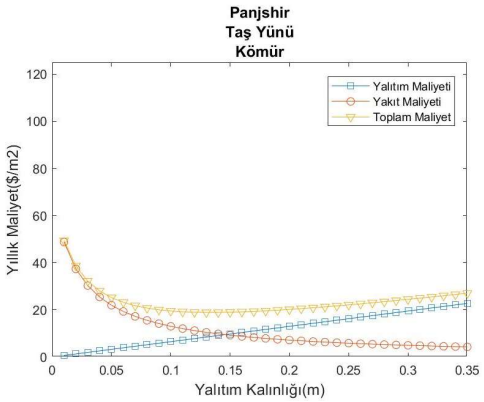
Paktiya şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1894 m, %77,3 ve 1.6706 yıl olarak belirlenmiştir.

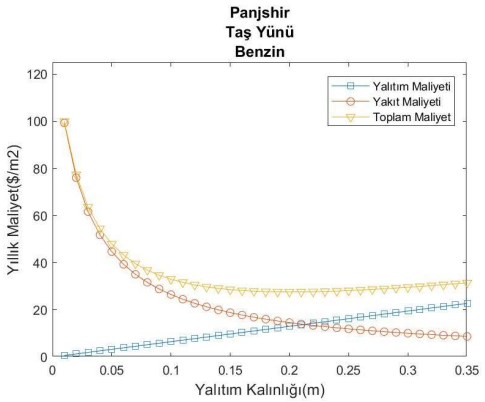
5.24 PANJSHİR

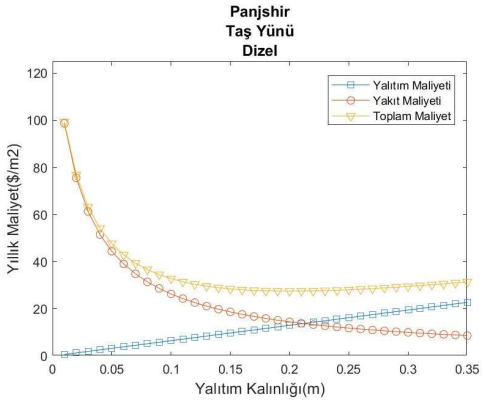
Afganistan'ın kuzeydoğu kısmında yer alır. Deniz seviyesinden 2217 km² yükseklikte olup 3771,6 km bir alana sahiptir ortalama sıcaklığı yazların 19.3 ℃ kışların ise -3.1 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Panjshir şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.24'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.69'da verilmiştir. Şekil 5.70 ve Şekil 5.71'de sırası ile Panjshir şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

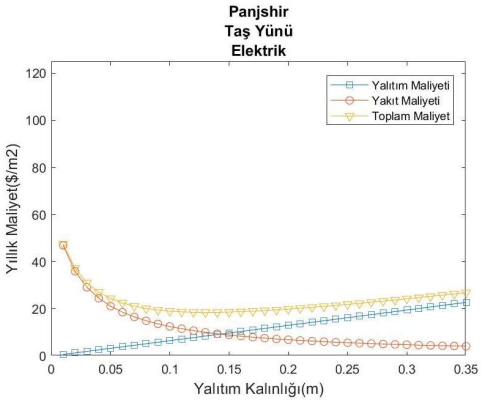
Çizelge 5.24. Panjshir şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

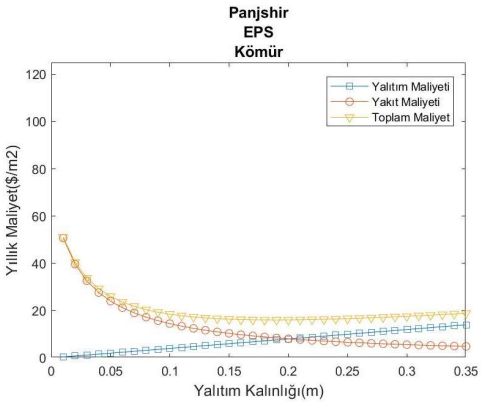
Panjsher	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-3.1**	**-1.8**	**3.0**	**8.0**	**12.8**	**17.2**	**19.3**	**17.7**	**13.9**	**8.0**	**2.6**	**-1.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.5**	**4.6**	**5.9**	**7.3**	**8.3**	**8.6**	**8.4**	**7.7**	**6.5**	**5.0**	**3.7**	**3.2**
Nem Oranı (g/kg)	**2.2**	**2.6**	**3.8**	**5.1**	**5.9**	**5.3**	**5.2**	**4.5**	**3.5**	**3.4**	**3.0**	**2.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.3**	**2.5**	**2.4**	**2.4**	**2.5**	**3.07**	**3.1**	**3.0**	**2.6**	**2.2**	**1.9**	**2.0**

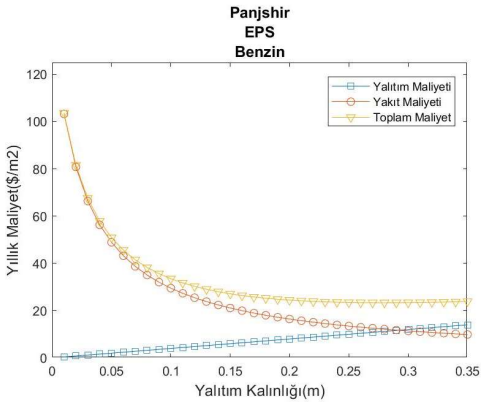


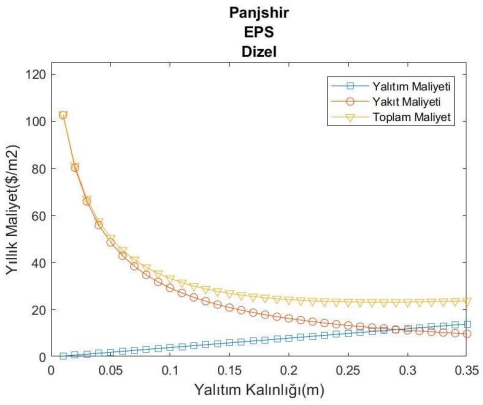


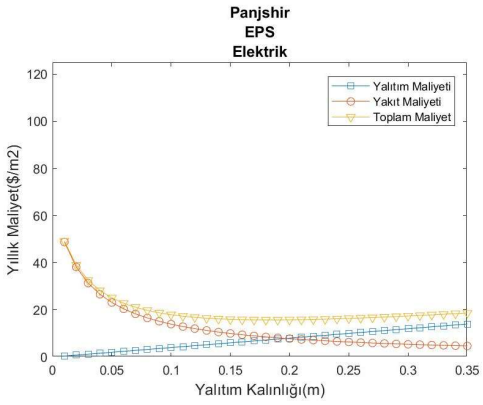


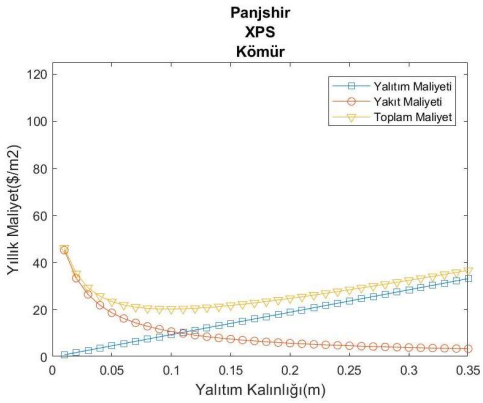


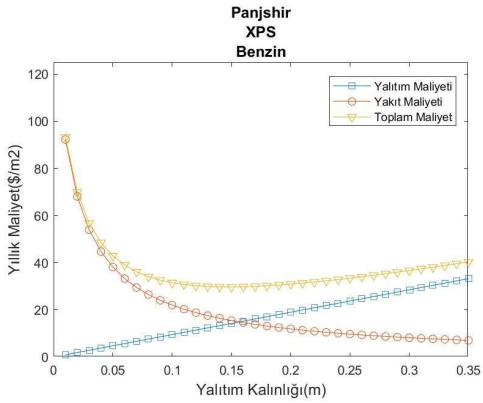

Panjshir
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

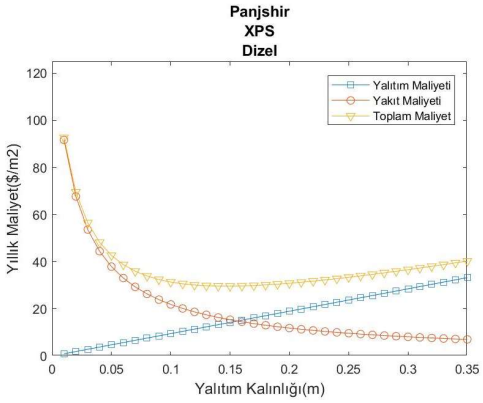

Panjshir
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

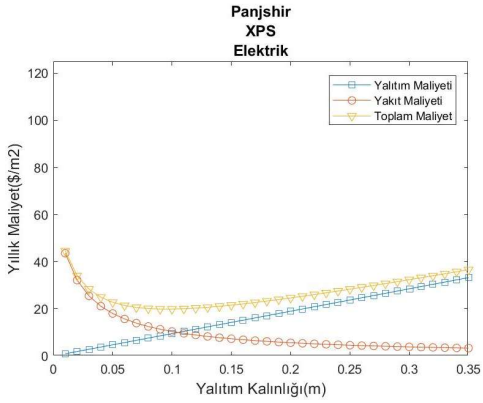

Panjshir
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

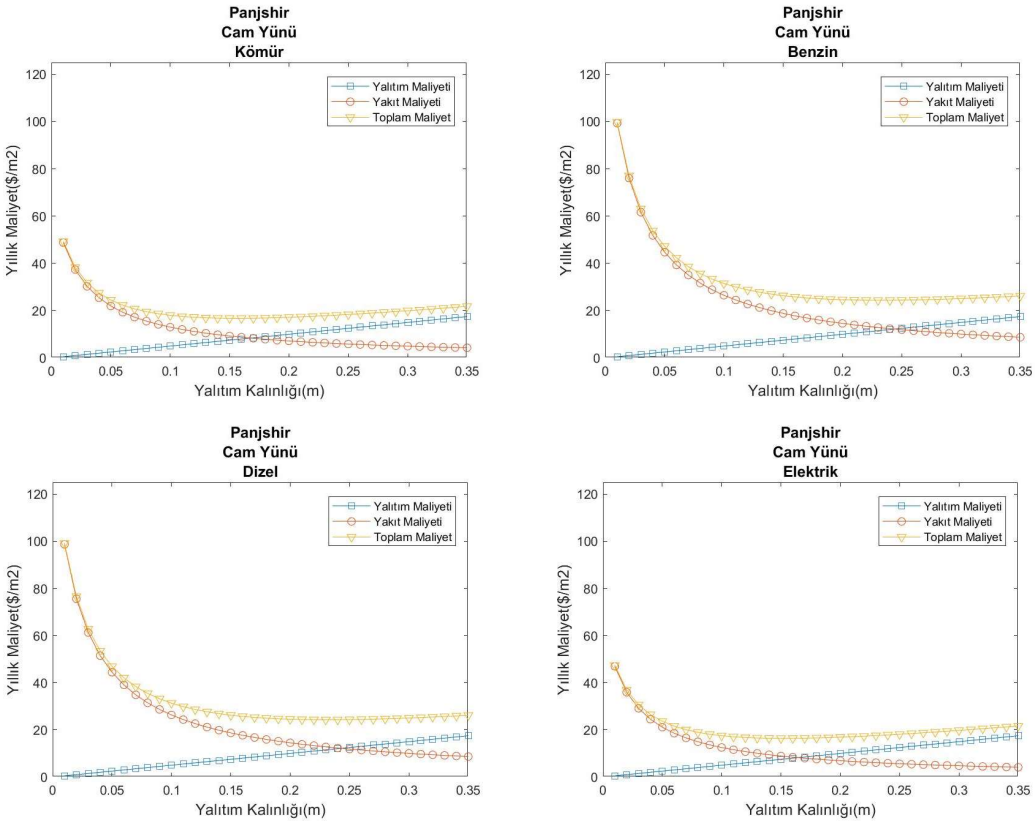

Panjshir
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Panjshir
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

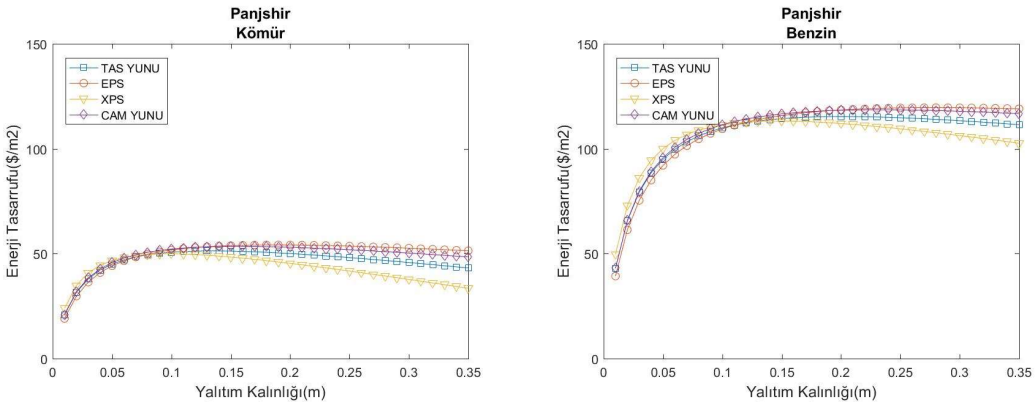

Panjshir
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

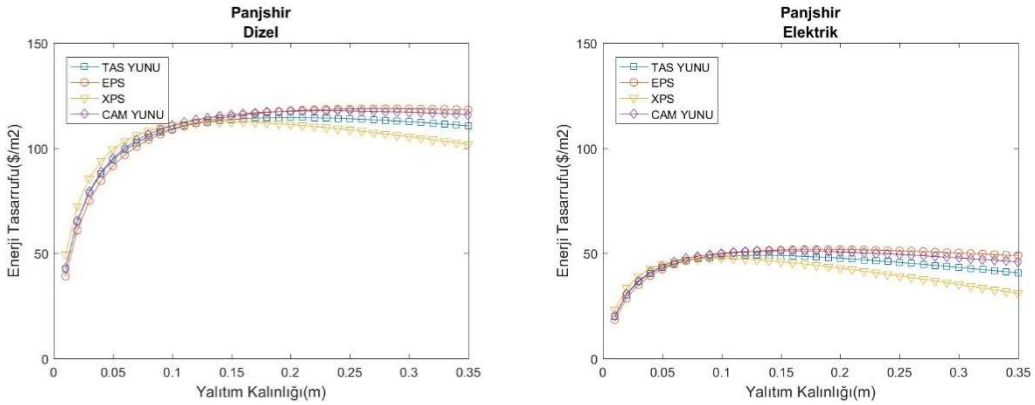

Panjshir
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Panjshir
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

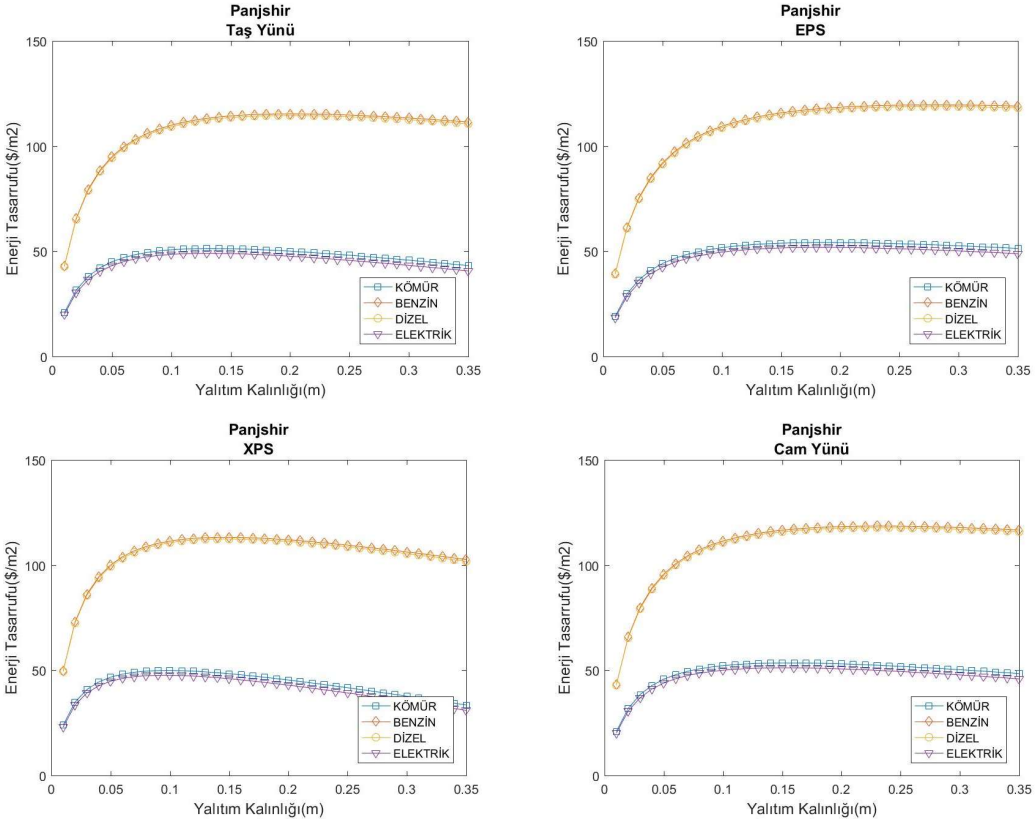


Şekil 5.70. Panjshir şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.





Şekil 5.71. Panjshir şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.72. Panjshir şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 6892,69 olduğu Panjshir şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.09555 ile 0.2788 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %70,5 ile %83,6 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.1951 ile 1.417 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

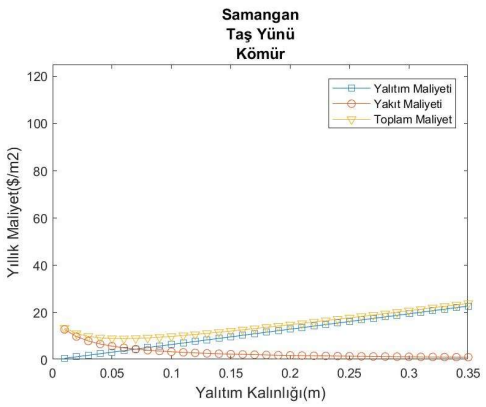
Panjshir şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.2788 m, %83,6 ve 1.1951 yıl olarak belirlenmiştir.

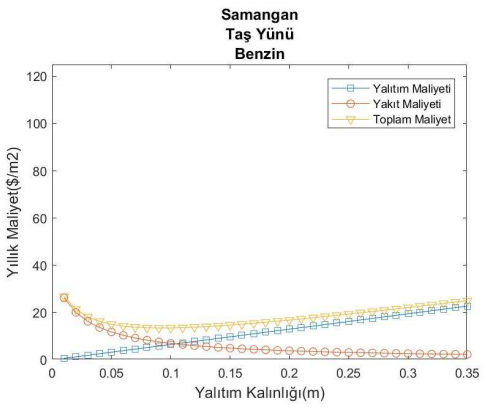
5.25. SAMANGAN

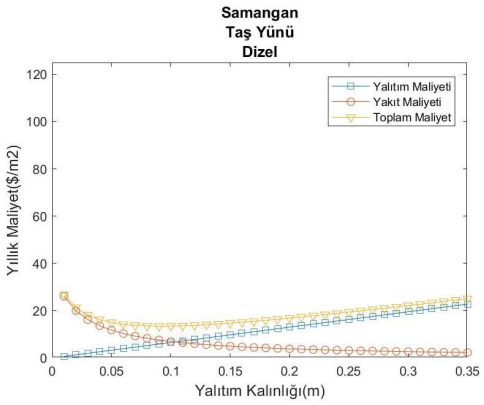
Afganistan'ın orta kesiminde Hindukuş dağlarının kuzeyinde yer alır. Samangan şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.25'te, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.72'de verilmiştir. Şekil 5.73 ve Şekil 5.74'te sırası ile Samangan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

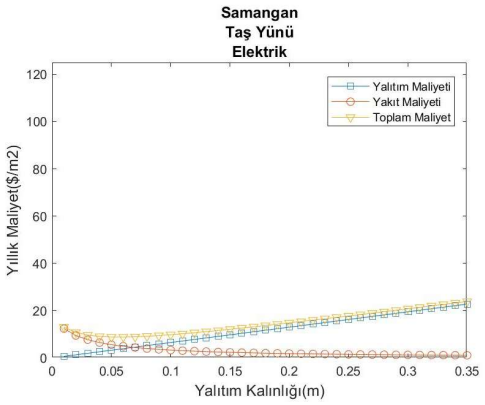
Çizelge 5.25. Samangan şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

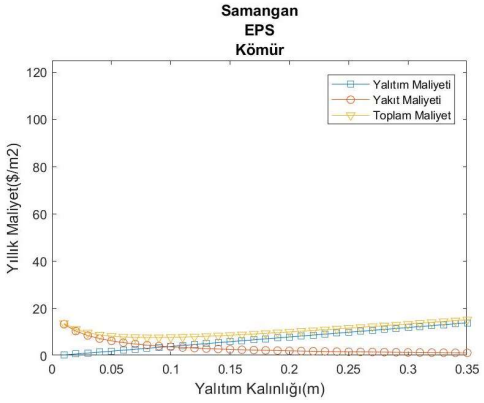
Samangan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**3.6**	**5.1**	**10.7**	**16.5**	**22.8**	**27.4**	**29.8**	**27.4**	**22.9**	**15.7**	**8.2**	**4.8**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**3.4**	**4.4**	**5.8**	**7.1**	**8.0**	**8.5**	**8.2**	**7.6**	**6.4**	**4.9**	**3.6**	**3.0**
Nem Oranı (g/kg)	**2.9**	**3.4**	**4.8**	**5.9**	**6.5**	**5.3**	**5.1**	**4.4**	**3.5**	**3.7**	**3.7**	**3.1**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.3**	**2.5**	**2.7**	**2.8**	**3.1**	**3.9**	**4.2**	**3.9**	**3.1**	**2.5**	**2.2**	**2.2**

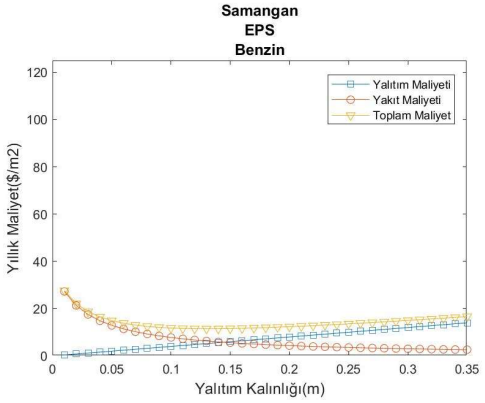


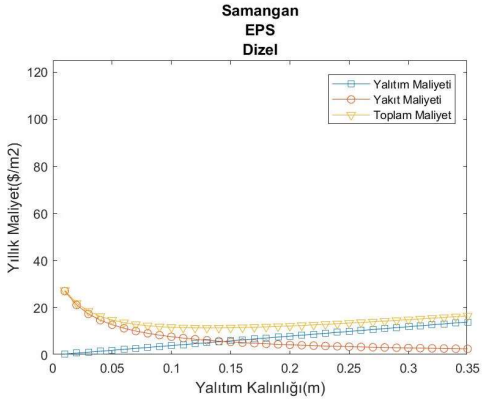


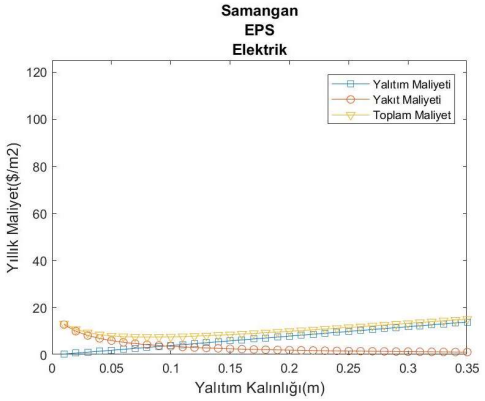

Samangan
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

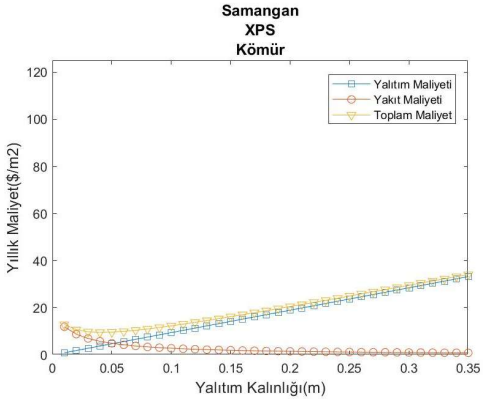

Samangan
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

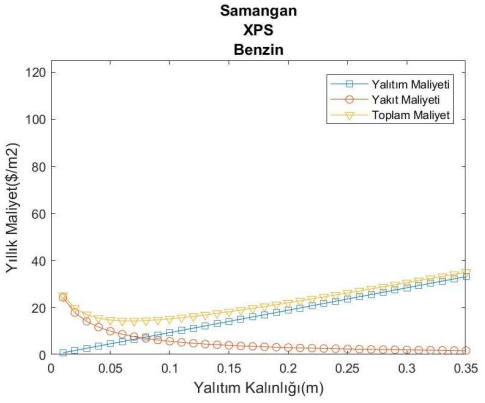

Samangan
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

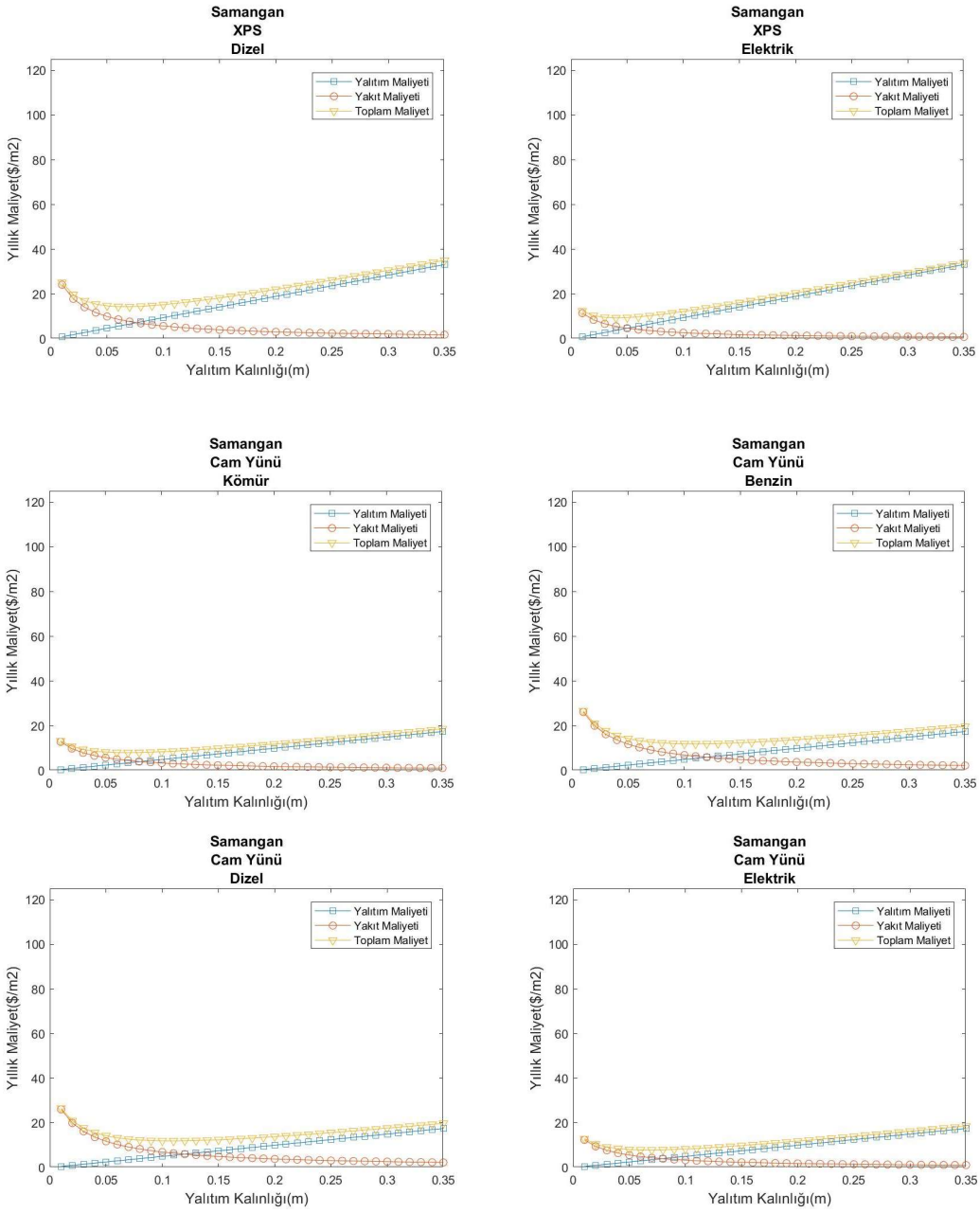

Samangan
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Samangan
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

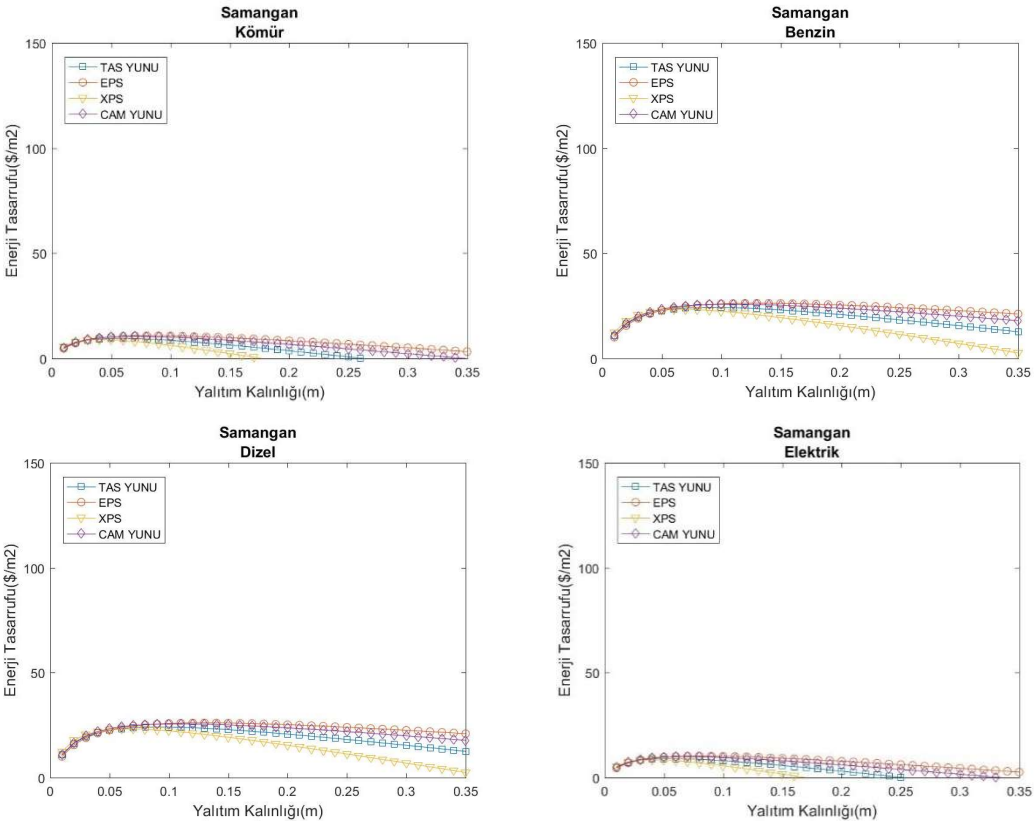

Samangan
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Samangan
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

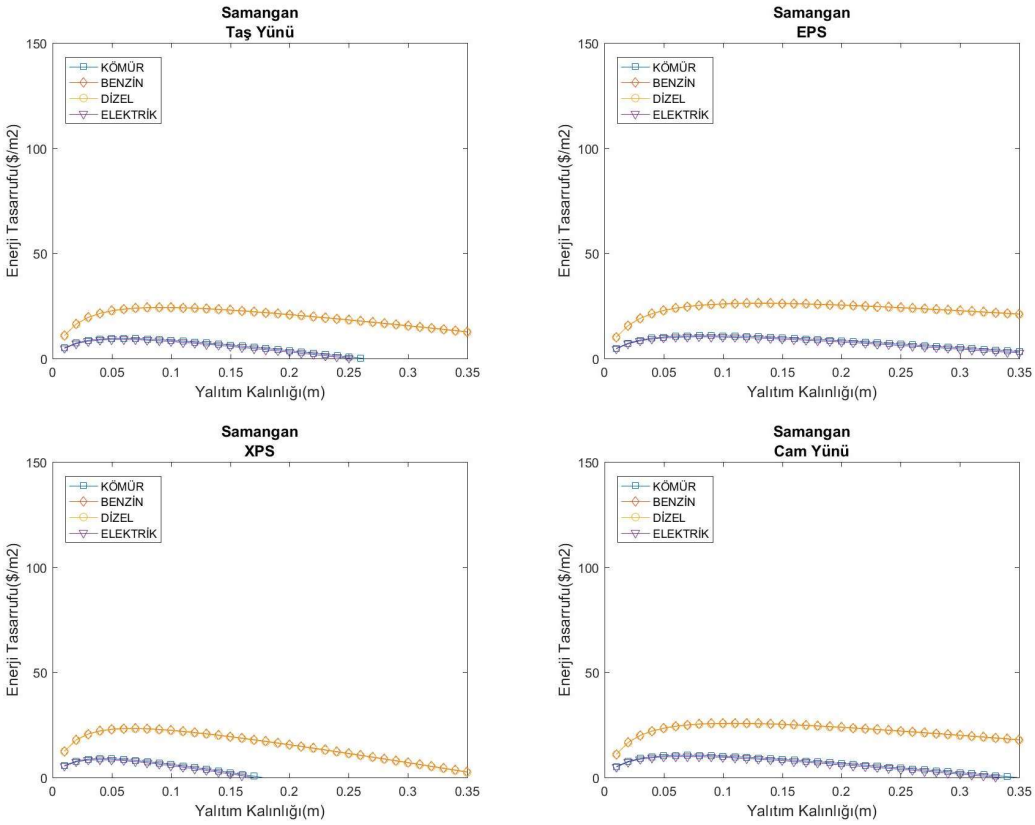

Samangan
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)



Şekil 5.73. Samangan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.74. Samangan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.75. Samangan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1820,422 olduğu Samangan şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.04025 ile 0.09220 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %47,4 ile %64,3 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.554 ile 2.1085 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

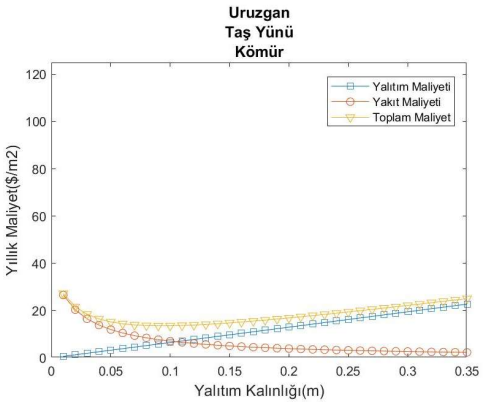
Samangan şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.09220 m, %64,3 ve 1.554 yıl olarak belirlenmiştir.

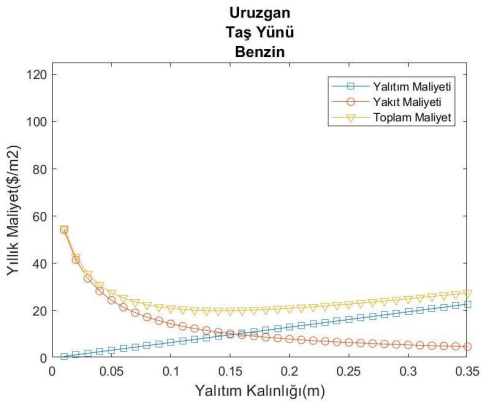
5.26. URUZGAN

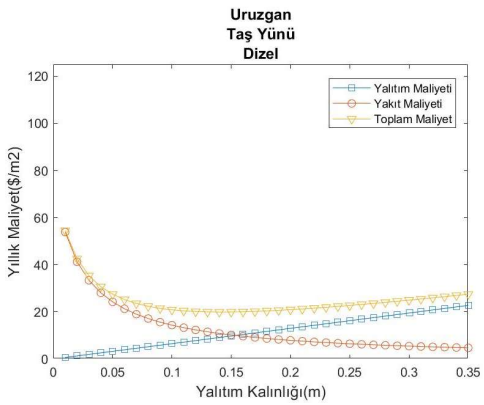
Afganistan'ın merkezinde yer alır. 22697 km² yüzölçümüne sahip olan Uruzgan şehrinin ortalama sıcaklığı yazların 20.5 °C kışların ise -4.4 °C kadar ulaşmaktadır [55]. Uruzgan şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.26'da yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.75'te verilmiştir. Şekil 5.76 ve Şekil 5.77'de sırası ile Uruzgan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

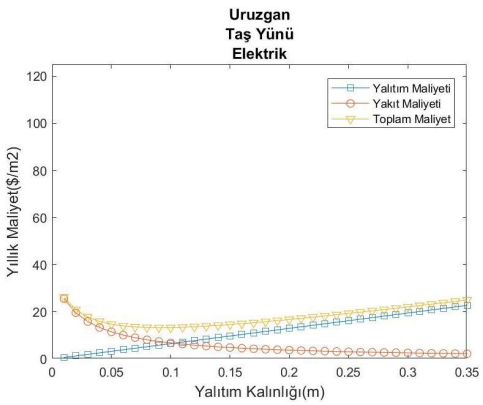
Çizelge 5.26. Uruzgan şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

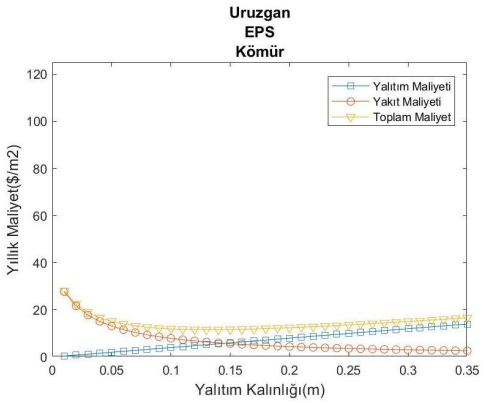
Oruzgan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**-4.4**	**-3.4**	**1.8**	**7.5**	**12.8**	**17.8**	**20.5**	**19.1**	**14.9**	**8.4**	**2.0**	**-2.0**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.0**	**5.2**	**6.4**	**7.6**	**8.4**	**8.9**	**8.5**	**7.9**	**6.9**	**5.6**	**4.3**	**3.7**
Nem Oranı (g/kg)	**2.1**	**2.6**	**3.6**	**4.5**	**5.1**	**4.5**	**5.1**	**4.2**	**3.1**	**2.7**	**2.8**	**2.1**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**3.0**	**3.2**	**3.5**	**3.4**	**3.2**	**3.0**	**2.7**	**2.6**	**2.6**	**2.8**	**2.7**	**2.7**

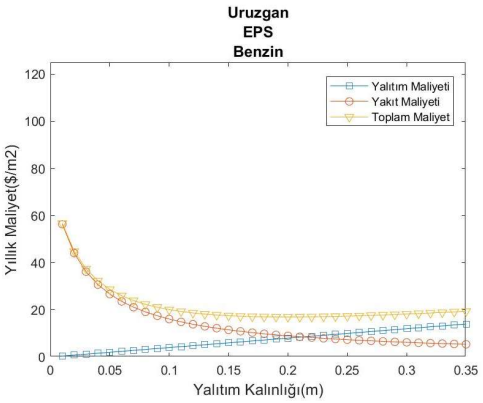

Uruzgan
Taş Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

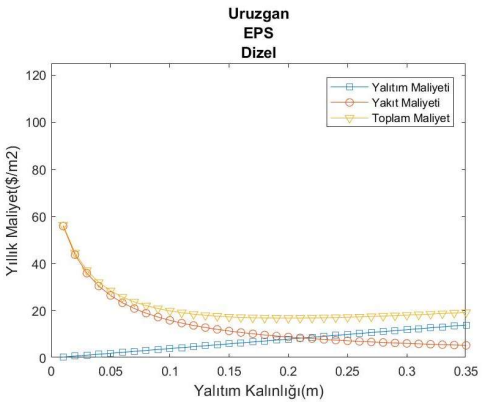

Uruzgan
Taş Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

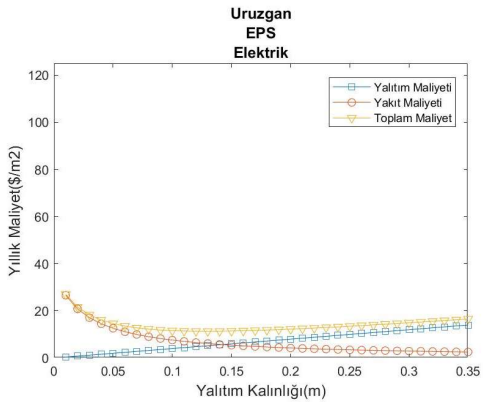

Uruzgan
Taş Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

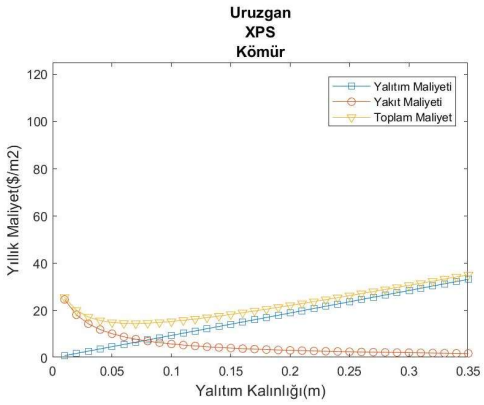

Uruzgan
Taş Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

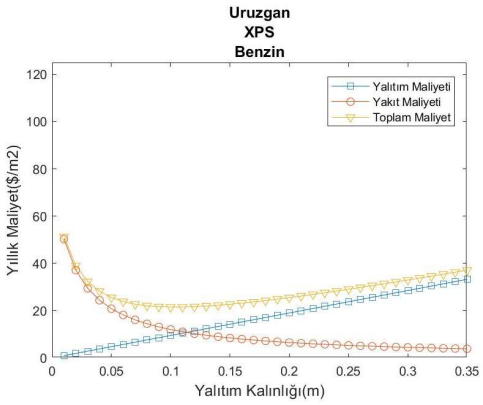

Uruzgan
EPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

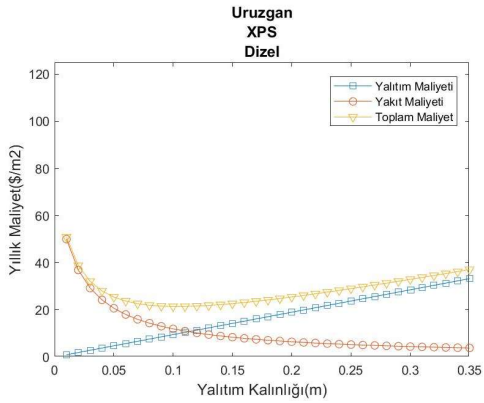

Uruzgan
EPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

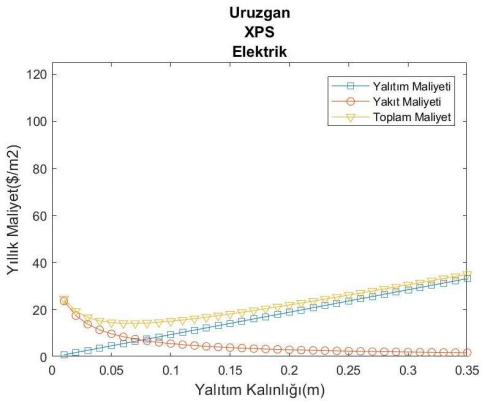

Uruzgan
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

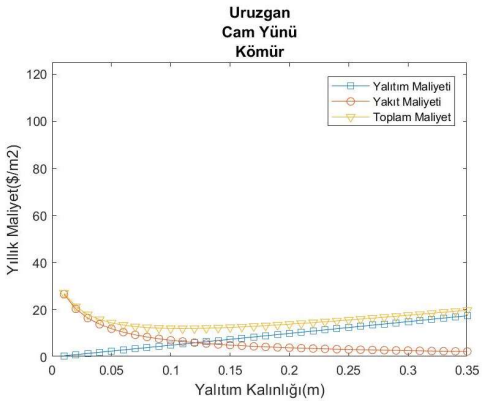

Uruzgan
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

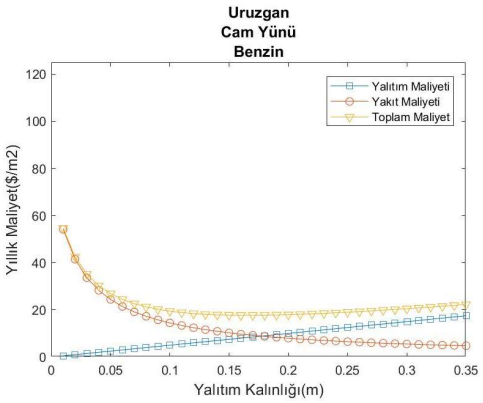

Uruzgan
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

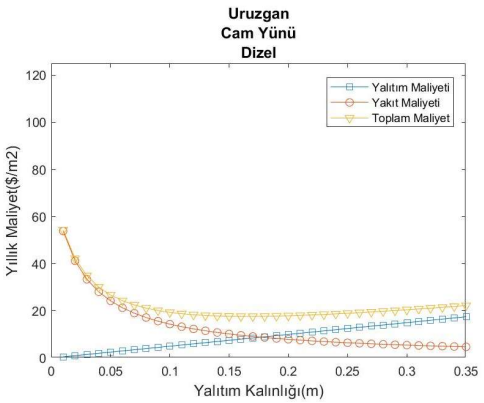

Uruzgan
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

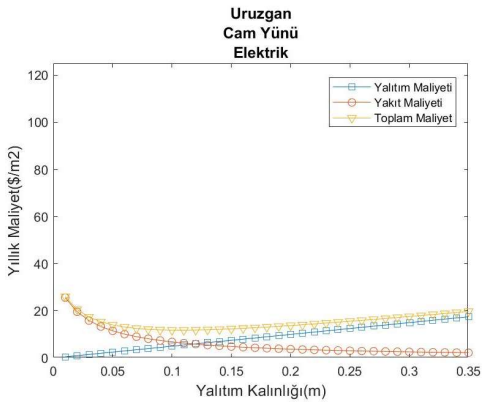

Uruzgan
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Uruzgan
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

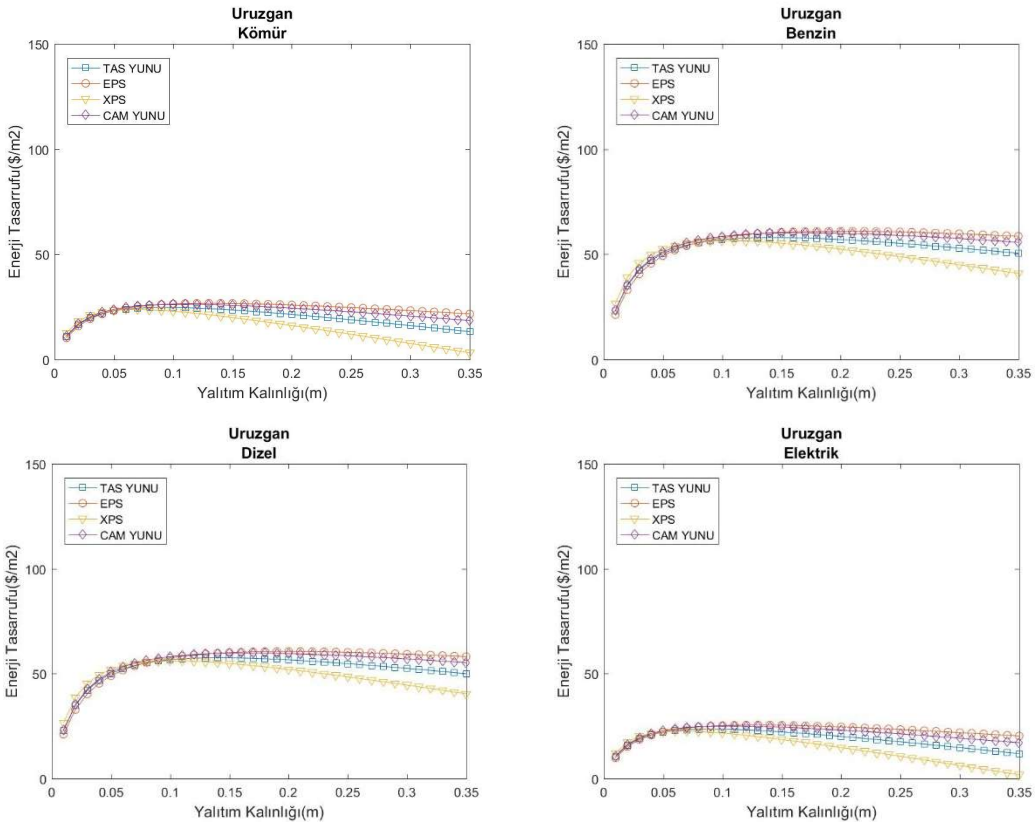

Uruzgan
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Uruzgan
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

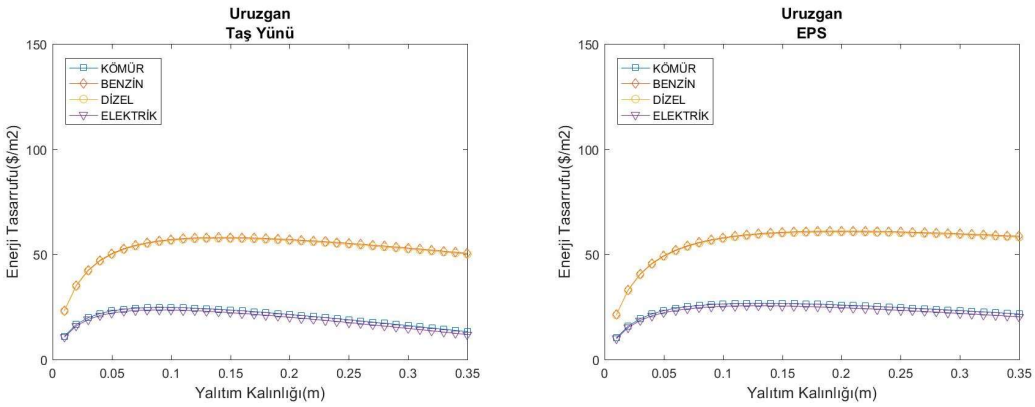

Uruzgan
Cam Yünü
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

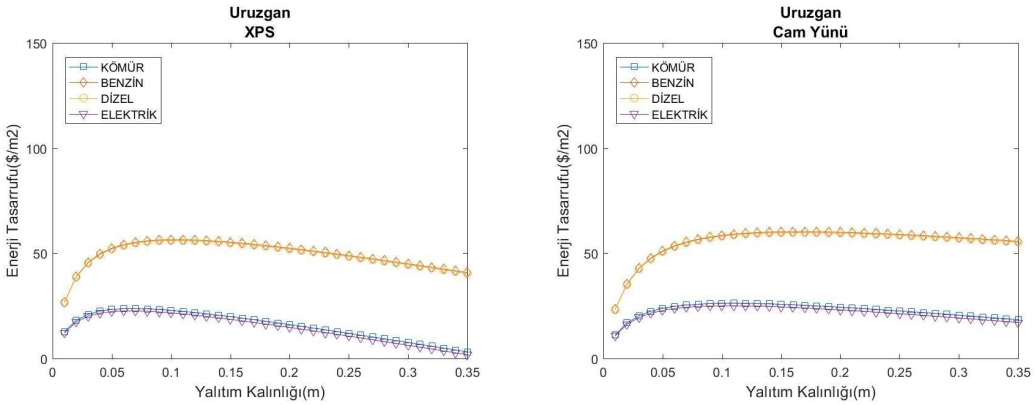

Uruzgan
Cam Yünü
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

Şekil 5.76. Uruzgan şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.77. Uruzgan şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.





Şekil 5.78. Uruzgan şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 3759,204 olduğu Uruzgan şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0658 ile 0.1991 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %61,3 ile %78,2 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.2782 ile 1.629 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

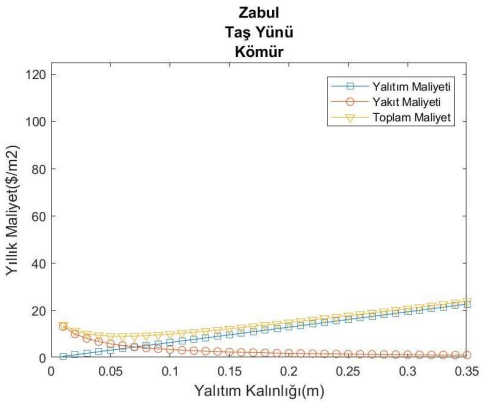
Uruzgan şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1991 m, %78,2 ve 1.2782 yıl olarak belirlenmiştir.

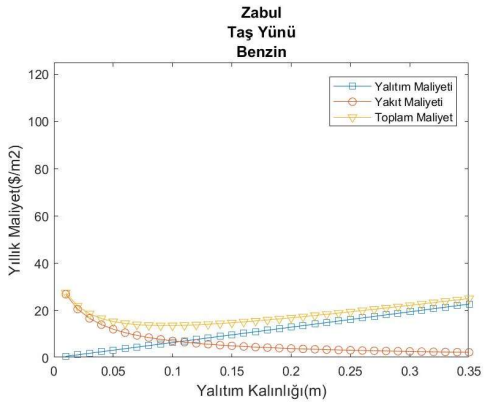
5.27. ZABUL

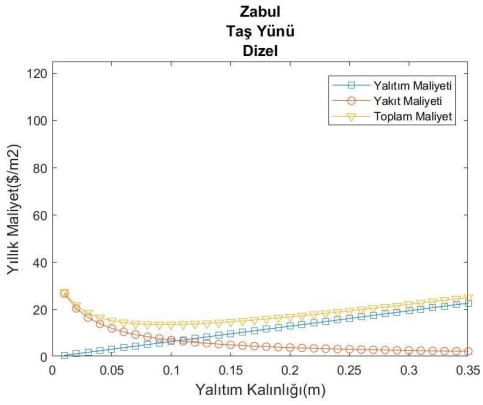
Afganistan'ın güneyinde yer alır. 17343 km² yüzölçümüne sahip olan Zabul şehrinin ortalama sıcaklığı yazların 28 ℃ kışların 3.1 ℃ kadar ulaşmaktadır [55]. Zabul şehrinin meteorolojik özellikleri aylık ortalamalar halinde Çizelge 5.27'de, yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre maliyetlerin değişimi ise Şekil 5.78'de verilmiştir. Şekil 5.79 ve Şekil 5.80'de sırası ile Zabul şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir.

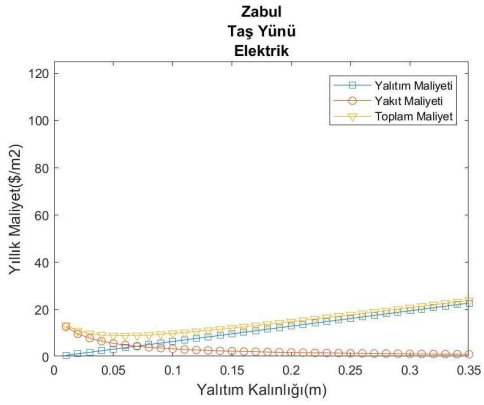
Çizelge 5.27. Zabul şehrinin meteorolojik özellikleri [39].

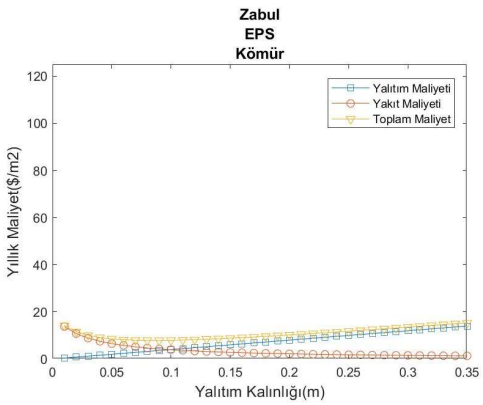
Zabul	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	**3.1**	**4.8**	**9.8**	**15.7**	**21.5**	**26.1**	**28.0**	**26.2**	**21.8**	**15.6**	**8.9**	**4.6**
Güneş Iş.Şid. (MJ/m^2/gün)	**4.1**	**5.2**	**6.4**	**7.6**	**8.4**	**8.8**	**8.3**	**7.8**	**6.9**	**5.6**	**4.4**	**3.8**
Nem Oranı (g/kg)	**2.6**	**3.4**	**4.4**	**5.3**	**5.0**	**4.4**	**5.5**	**4.7**	**3.4**	**2.9**	**3.3**	**2.4**
Rüzgâr Hızı (m/s)	**2.8**	**3.2**	**3.4**	**3.4**	**3.5**	**3.4**	**3.1**	**2.9**	**2.7**	**2.8**	**2.6**	**2.5**

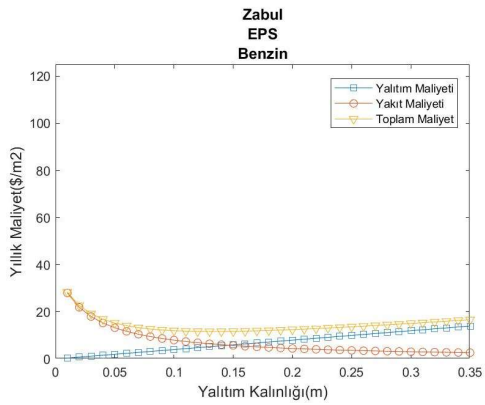


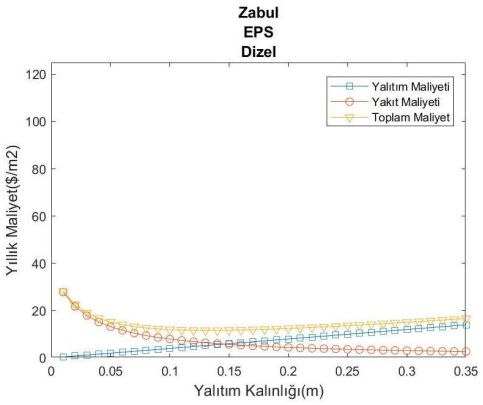


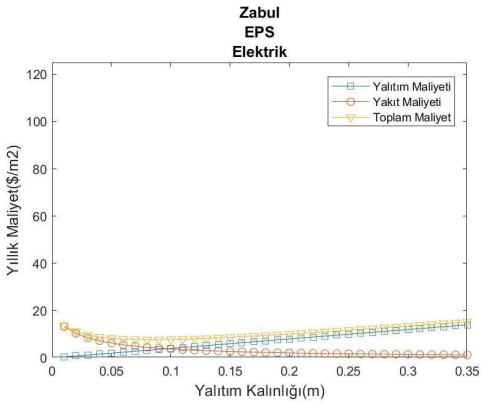


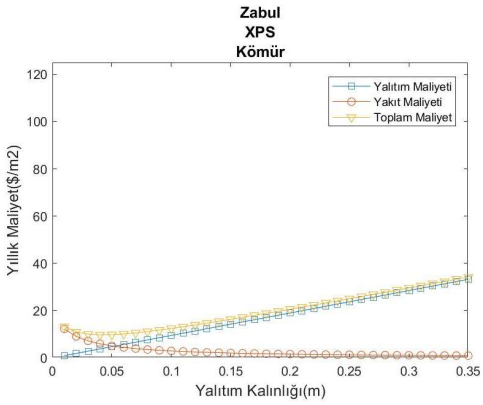


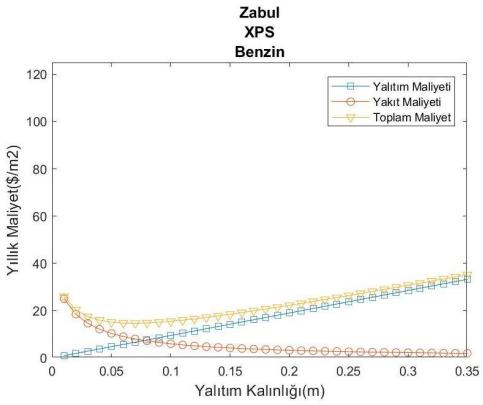


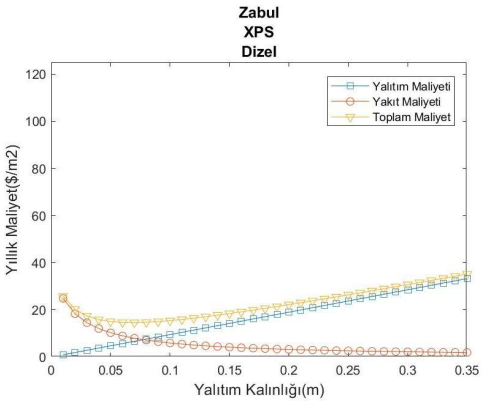


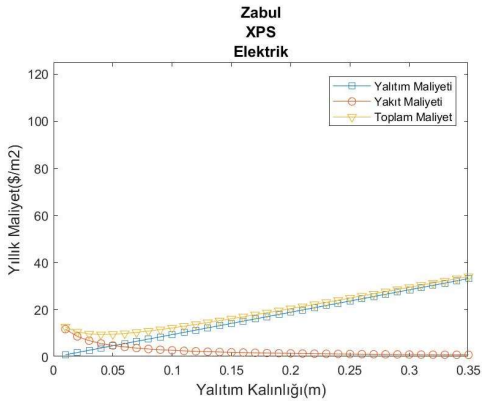

Zabul
EPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

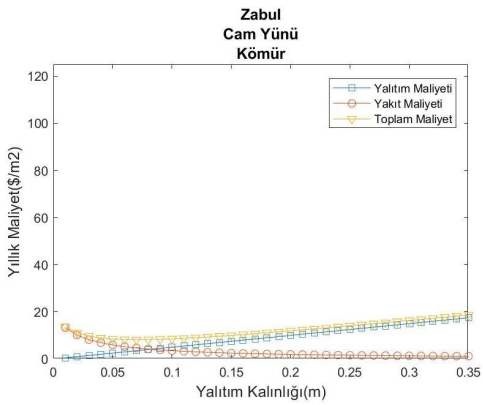

Zabul
EPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

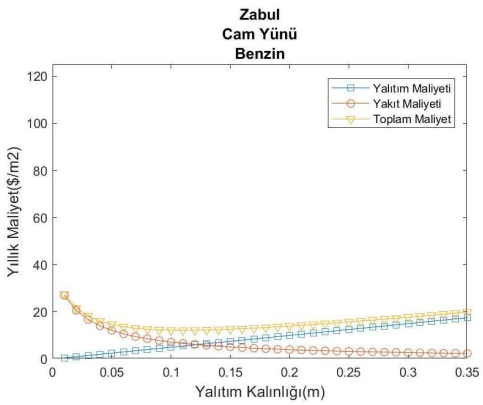

Zabul
XPS
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

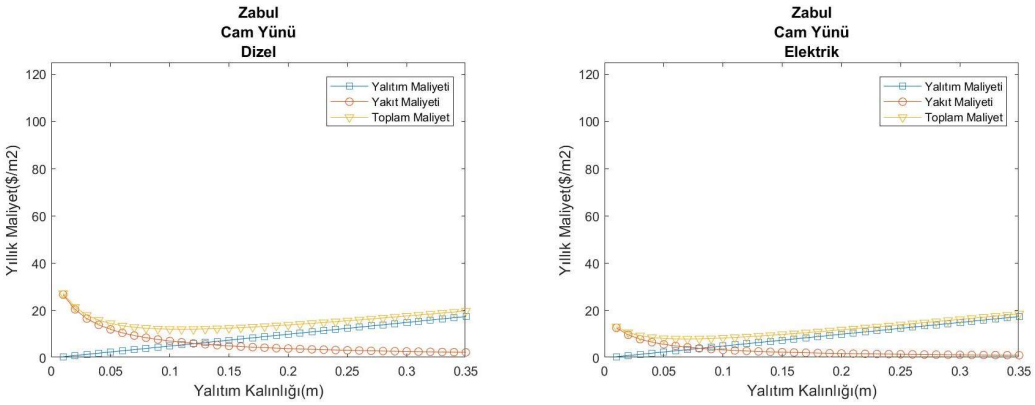

Zabul
XPS
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Zabul
XPS
Dizel
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

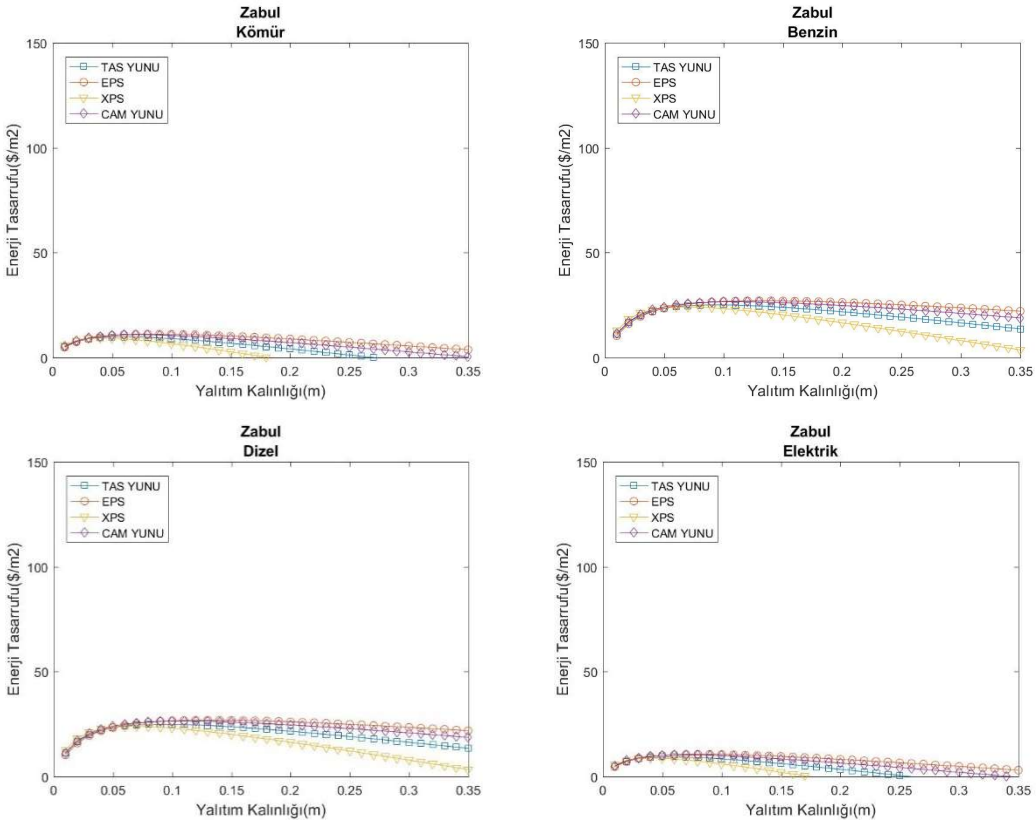

Zabul
XPS
Elektrik
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)


Zabul
Cam Yünü
Kömür
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)

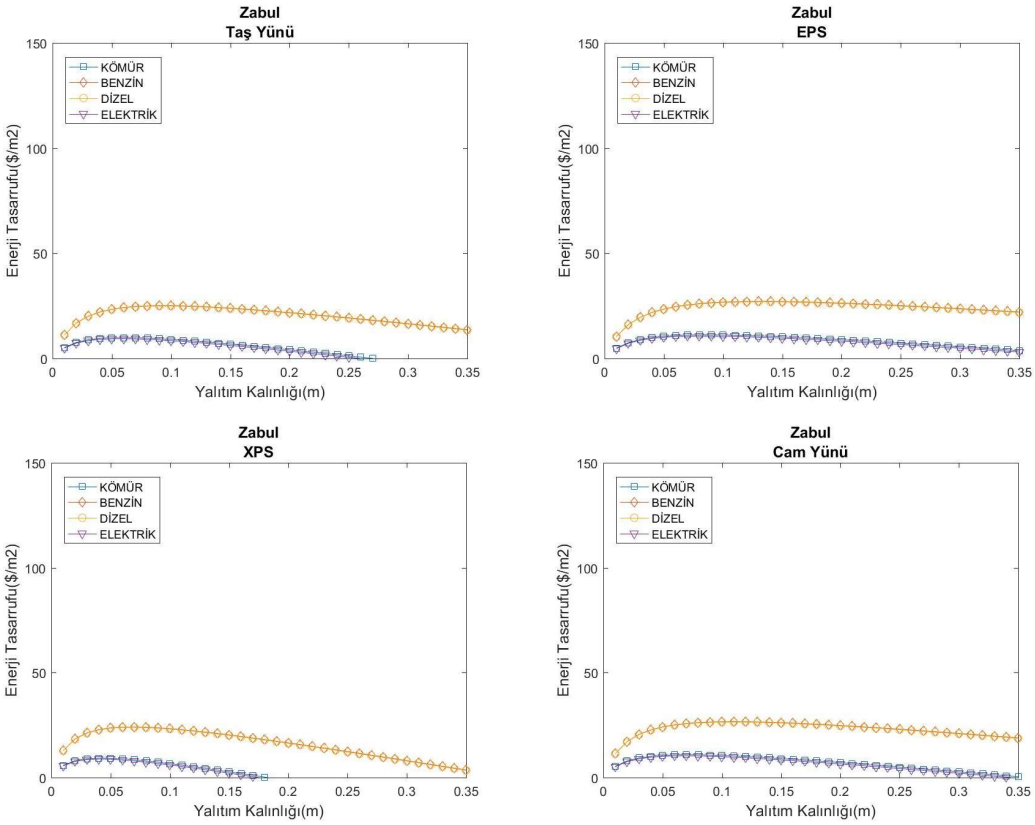

Zabul
Cam Yünü
Benzin
Yalıtım Maliyeti
Yakıt Maliyeti
Toplam Maliyet
Yıllık Maliyet($/m2)
Yalıtım Kalınlığı(m)



Şekil 5.79. Zabul şehrinde yakıt ve yalıtım malzemesi türlerine göre maliyetlerin değişimi.



Şekil 5.80. Zabul şehrinde yakıt türüne göre enerji tasarruf miktarları.



Şekil 5.81. Zabul şehrinde yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Isıtma derece gün sayısı değerinin 1869,398 olduğu Zabul şehrinde ömür maliyet analizi sonucunda 10 yıllık ömür süresi için yakıt ve yalıtım malzemesi türüne göre optimum yalıtım kalınlığının 0.0410 ile 0.1327 m aralığında, yıllık tasarruf oranının %47,9 ile %69,9 aralığında ve geri ödeme süresinin 1.43009 ile 2.0835 yıl aralığında oldukları tespit edilmiştir.

Zabul şehri için optimum sonuçları, enerji tasarrufu miktarının maksimum olduğu şartları sağlayan enerji kaynağı olarak benzin, yalıtım malzemesi olarak ise EPS kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yakıt ve yalıtım malzemeleri için ise, optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.1327 m, %69,9 ve 1.43009 yıl olarak belirlenmiştir.

BÖLÜM 6

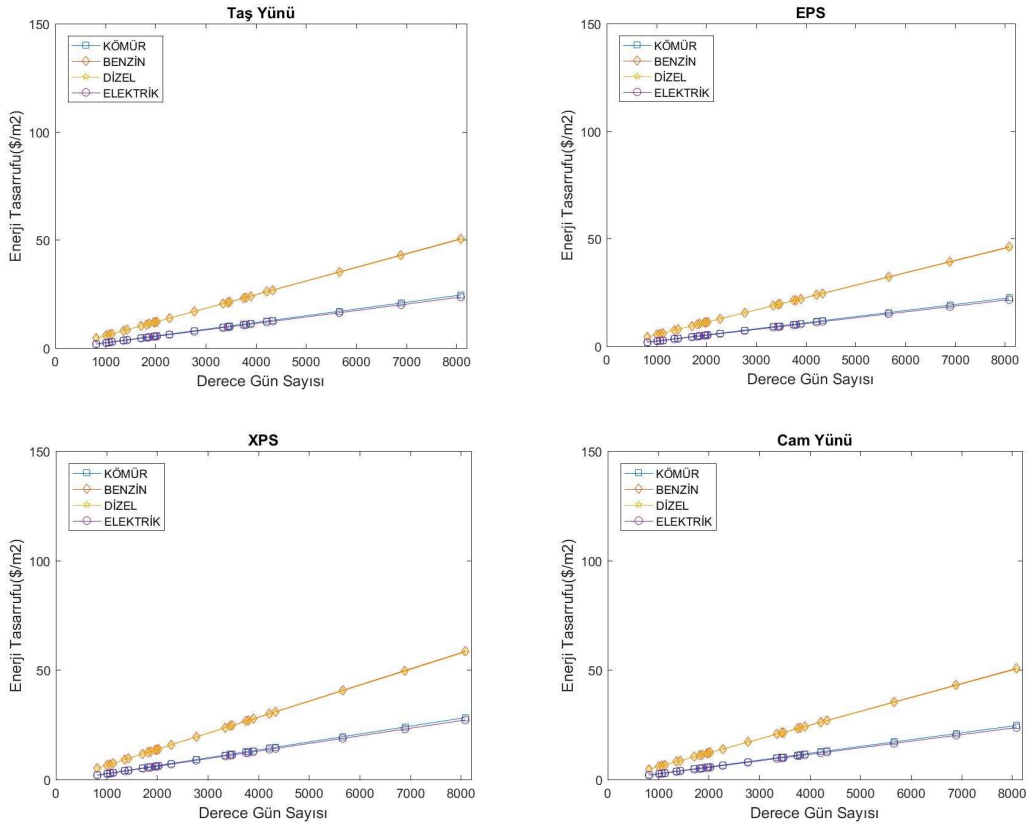
DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bina yapı tipi ve özellikleri, ısı yalıtımının binaların performansı üzerindeki etkinliğinin belirlenmesinde önemlidir. Binaların duvar ve çatı yalıtımı önemli olmakla birlikte, genellikle gündüz saatlerinde doğrudan güneş ışınlarına maruz kaldıkları için binalardaki yaşam kalitesini doğrudan etkileyen unsurlardır. Tüm iklimlerde binalar için daha fazla ısıl konforun sağlanması ve daha fazla enerji tasarrufunun sağlanabilmesi için duvar ve çatı yalıtımı önerilir. Optimum yalıtım kalınlığı analizinde ilk olarak şehirlerin ısıtma derece-gün değerlerinin bulunması ve yakıt ile yalıtım malzemesi özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç duyulur.

Yapılan çalışmada, dış duvarın optimum yalıtım kalınlığı, 10 yıllık kullanım ömrü boyunca enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri, dört farklı enerji türü ile dört farklı yalıtım malzemesi ve Afganistan'ın 27 şehri için hesaplanmıştır. Afganistan için minimum ve maksimum ısıtma derece gün sayısı değeri sırası ile 248,3 ve 8083,9 olarak tespit edilmiştir. Şekil 6.1'de ısıtma derece-gün sayısına bağlı olarak yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları verilmiştir. Enerji tasarruf miktarının ısıtma derece gün sayısı yani iklim koşulları, yakıt ve yalıtım malzemesi türleri ile birim maliyetlerine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği görülmektedir.

Binalarda yalıtım kalınlığının arttırılması, ısıtma yükünün, ısıtma maliyetinin ve yakıt tüketiminin düşmesine sebep olur. Ancak, yalıtım kalınlığının optimum yalıtım kalınlığının üzerine çıkması yalıtım maliyetlerinin gereksiz yere artmasına sebep olmaktadır.

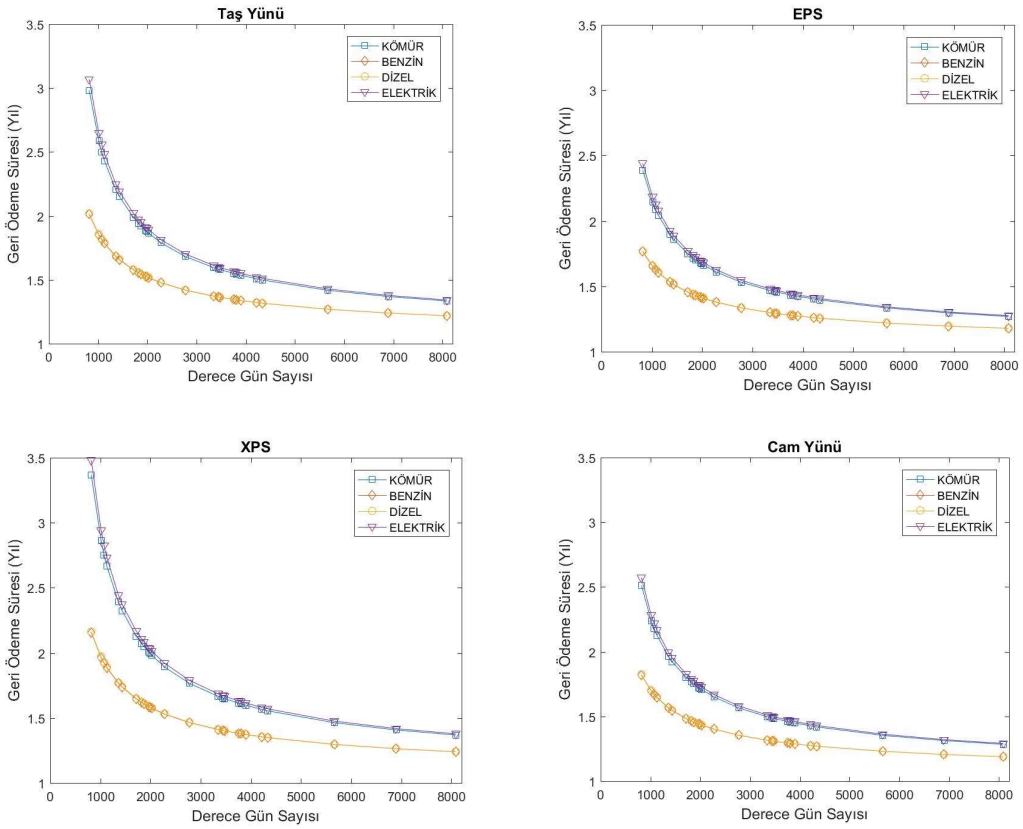
Bu yüzden bölgesel ve ekonomik faktörler çerçevesinde optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması ve bina yalıtım uygulamalarında hesaplanan yalıtı kalınlıklarına riayet edilmesi ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Yapılan çalışmada, Afganistan'ın 27 şehri için optimum ısı yalıtım kalınlıkları 0,021 m ile 0,304 m arasında değişmektedir. Maksimum ve minimum enerji tasarrufları ise sırasıyla 0,8486 ve 0,2872 $/m^2-yıl olarak elde edilmiştir.



Şekil 6.1. Derece-Gün sayısına bağlı olarak yalıtım malzemesi türüne göre enerji tasarruf miktarları.

Şekil 6.2'de ısıtma derece-gün sayısına bağlı olarak yalıtım malzemesi türüne göre geri ödeme sürelerinin değişimi verilmiştir. Geri ödeme sürelerinin ısıtma derece gün sayısı ve yalıtım malzemesi ile yakıt türlerine bağlı olduğu ve ısıtma derece gün sayısı artarken geri ödeme süresi kısalacağını göstermektedir. Bu durum, soğuk iklim bölgelerinde geri ödeme süresinin daha kısa olduğunu, buna karşın yalıtım kalınlığının artması ile yalıtım maliyetlerinin artacağı, optimum yalıtım kalınlığına ulaşıldığında ise enerji maliyetinin azalacağını ve toplam maliyetin minimumda olacağını

göstermektedir. Afganistan şehirleri için minimum ve maksimum geri ödeme süreleri sırasıyla 1.178 ve 3.369 yıl olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.2. Derece-Gün sayısına bağlı olarak yalıtım malzemesi türüne göre geri ödeme süreleri.

Özellikle Afganistan gibi oldukça değişken iklim koşullarına sahip olan ülkeler ve bu ülkelerin soğuk iklim bölgelerinde yer alan binalarda ısı yalıtımı uygulamaları ile sağlanabilecek kazanımlar oldukça önemli bir düzeydedir. Analiz edilen şehirlerde çeşitli yakıtlar için optimum yalıtım kalınlığı değerlerine uygun uygulamaların yapılması, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri göz önünde bulundurulduğunda, insanların yaşam kalitelerinin artmasına, konforlu yaşam alanlarının oluşturulmasına, fosil enerji kaynaklarının kullanımı neticesinde ortaya çıkan emisyon miktarının düşürülmesine ve ortaya çıkan hava kirliliğinin de azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bunlar gibi olumlu sonuçların yanında, yalıtım uygulamaları neticesinde ülke ekonomisine de önemli katkılar sağlanabilecektir.

Bütün bunların yanında, Afganistan şartlarına sahip bir ülke için, fosil kökenli enerji kaynaklarına alternatif olarak, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımlarının yaygınlaştırılması ile enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve olası enerji krizlerinden etkilenme riskinin ez aza indirgenmesi açısından önemli olacaktır. Ayrıca, binalarda yapılan yalıtım uygulamalarının yaygınlaştırılması amacıyla gerekli düzenlemelerin yapılması da öncelikli olarak ele alınması gerekebilecek hususlar arasında yer almalıdır.

KAYNAKLAR

1. İnternet:
   https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-05/15396A-WB_Afghanistan%20Country%20Profile-WEB.pdf.

2. Ekici, B. B., Gulten, A. A., & Aksoy, U. T. "A study on the optimum insulation thicknesses of various types of external walls with respect to different materials, fuels and climate zones in Turkey" , ***Applied Energy***, *92*, 211-217, (2012).

3. Kaynakli, O.A, "study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness", ***Renewable Energy***, *33*(6), 1164-1172, (2008).

4. Ozel, M., "Cost analysis for optimum thicknesses and environmental impacts of different insulation materials", ***Energy and Buildings***, *49*, 552-559, (2012).

5. Mahlia, T. M. I. & Iqbal, A., "Cost benefits analysis and emission reductions of optimum thickness and air gaps for selected insulation materials for building walls in Maldives", ***Energy***, *35*(5), 2242-2250, (2010).

6. Kayfeci, M., "Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials", ***Energy and buildings*****,** *69*, 278-284, (2014).

7. Bolattürk, A., "Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey", ***Applied thermal engineering*****,** *26*(11-12), 1301-1309, (2006).

8. Kayfeci, M., Keçebaş, A., & Gedik, E., "Determination of optimum insulation thickness of external walls with two different methods in cooling applications", ***Applied thermal engineering*****,** *50*(1), 217-224, (2013).

9. Ucar, A., & Balo, F. "Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls", ***Renewable Energy*****,** *35*(1), 88-94, (2010).

10. Ozel, M. "Influence of glazing area on optimum thickness of insulation for different wall orientations", ***Applied Thermal Engineering*****,** *147*, 770-780, (2019

11. Özkan, D. B., & Onan, C., "Optimization of insulation thickness for different glazing areas in buildings for various climatic regions in Turkey", ***Applied Energy***, *88*(4), 1331-1342, (2011).

12. Dombaycı, Ö. A., Gölcü, M., & Pancar, Y., "Optimization of insulation thickness for external walls using different energy-sources", ***Applied Energy*****,** *83*(9), 921-928, (2006).

13. Kallioğlu, M. A., Sharma, A., Chinnasamy, V., Chauhan, R., & Singh, T., "Optimum insulation thickness assessment of different insulation materials for mid-latitude steppe and desert climate (BSH) region of India". ***Materials Today: Proceedings*****,** *44*, 4421-4424, (2021).

14. Axaopoulos, I., Axaopoulos, P., & Gelegenis, J., "Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind", ***Applied Energy*****,** *117*, 167-175, (2014).

15. Sisman, N., Kahya, E., Aras, N., & Aras, H., "Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions", ***Energy Policy*****,** *35*(10), 5151-5155, (2007).

16. Çomaklı, K., & Yüksel, B., "Optimum insulation thickness of external walls for energy saving", ***Applied thermal engineering*****,** *23*(4), 473-479, (2003).

17. Ozel, M., "Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials", ***Applied Thermal Engineering*****,** *31*(17-18), 3854-3863, (2011).

18. Pan, D., Chan, M., Deng, S., & Lin, Z., "The effects of external wall insulation thickness on annual cooling and heating energy uses under different climates", ***Applied Energy*****,** *97*, 313-318, (2012).

19. Yildiz**,** A., Gurlek, G., Erkek, M., & Ozbalta, N., "Economical and environmental analyses of thermal insulation thickness in buildings", ***Journal of Thermal Science and Technology*****,** *28*(2), 25-34, (2008).

20. Evin, D., & Ucar, A., "Energy impact and eco-efficiency of the envelope insulation in residential buildings in Turkey", ***Applied Thermal Engineering***, *154*, 573-584, (2019).

21. Braulio-Gonzalo, M., & Bovea, M. D., "Environmental and cost performance of building's envelope insulation materials to reduce energy demand: Thickness optimization", ***Energy and Buildings*****,** *150*, 527-545, (2017).

22. Al-Homoud, M. S., "Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials". **Building and environment,** 40(3), 353-366, (2005).

23. Kürekçi, A., Bardakçı, T., Çubuk, H., Emanet, Ö., "Türkiye'nin Tüm Ġlleri için Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi", **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, 131, 5-21, (2012).

24. Gürel, A.E., Cingiz, Z., "Farklı DıĢ Duvar Yapıları için Optimum Isı Yalıtım Kalınlığı Tespitinin Ekonomik Analizi", **SAÜ Fen Bilimleri Dergisi,** 15(1), 75-81, (2011).

25. Çamur, C., "Isı Yalıtım Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemiyle Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,** (2010).

26. Dylewski, R., Adamczyk, J., "Optimum Thickness of the Thermal Insulation Layer from the Economic and Ecological Perspective", **4. Uluslararası Bina Enerjisi ve Çevre Konferansı,** Avustralya, (2018).

27. Yu, J., Yang, C., Tian, L., Liao, D., "A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China", **Applied Energy**, 86(11), pp. 2520- 2529, (2009).

28. Mishra, S., Usmani, J., Varshney, S., "Optimum insulation thickness of building walls for energy saving", **International Journal of Engineering Sciences and Management,** 2(1), pp. 88-95, (2012).

29. Ministry of Energy and Water of Republic Islamic of Afghanistan. Power Sector Master Plan, **Prepared by FICHTNER GmbH & Co. KG. Kabul**, Afghanistan, (2013).

30. İnternet: **https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/afghanistan (**2021).

31. İnternet: **https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-05/15396A-WB_Afghanistan%20Country%20Profile-WEB.pdf** (2021).

32. İnternet: **https://www.globalpetrolprices.com/Afghanistan/electricity_prices/.**

33. Savage, M., Dougherty, B., Hamza, M., Butterfield, R., & Bharwani, S., "Socio-economic impacts of climate change in Afghanistan". ***Stockholm Environment Institute:*** *Oxford, UK*, (2009).

34. İnternet: **https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-05/15396A-WB_Afghanistan%20Country%20Profile-WEB.pdf**.

35. Kaynaklı, A. G. Ö., & Yamankaradeniz, R., "Isıtma süreci ve optimum yalıtım kalınlığı hesabı", ***VIII. Ulusal Tesis****. Müh. Kongresi*, 187-195, (2007).

36. Tolun, M., "*Farklı derece-gün bölgeleri için yalıtım probleminin incelenmesi*" **(Master's thesis, Enerji Enstitüsü),** (2017).

37. Ludin, G. A., Amin, M. A., Aminzay, A., & Senjyu, T., "Theoretical potential and utilization of renewable energy in Afghanistan", ***Aims Energy***, *5*(1), 1-19, (2016).

38. Straube, J. F., "Moisture in buildings", ***ASHRAE journal*****,** *44*(1), 15-19, (2002).

39. İnternet: **https://photovoltaic-software.com/principle-ressources/how-get-solar-radiation-data-world-free**

ÖZGEÇMİŞ

Mubarez HAFIZULLAH; ilk ve orta öğrenimini Tahar şehrinde tamamladı. Taharri Bastan Kolejinden mezun oldu. 2013 yılında Selçuk Üniversitesinde TÖMER eğitimini İyi derecede tamamladı. 2018 Yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği (100% İngilizce) bölümünden iyi derece ile mezun olduktan sonra, 2019 yılında Karabük Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. Mubarez Hafızullah bir kamu kuruluşunda Uluslararası Koordinatör olarak çalışmakta olup, İyi derecede İngilizce, Türkçe ve Farsça biliyor.