

**BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN
ENERJİ SİMÜLASYONU/ENERJİ MODELLEME**

İBRAHİM ÇAKMANUS, DR. MAK .MÜH.

MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI ANKARA ŞUBESİ

13/02/2021

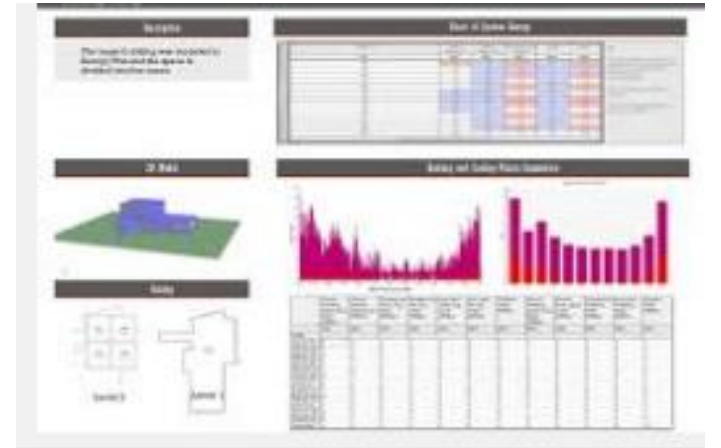
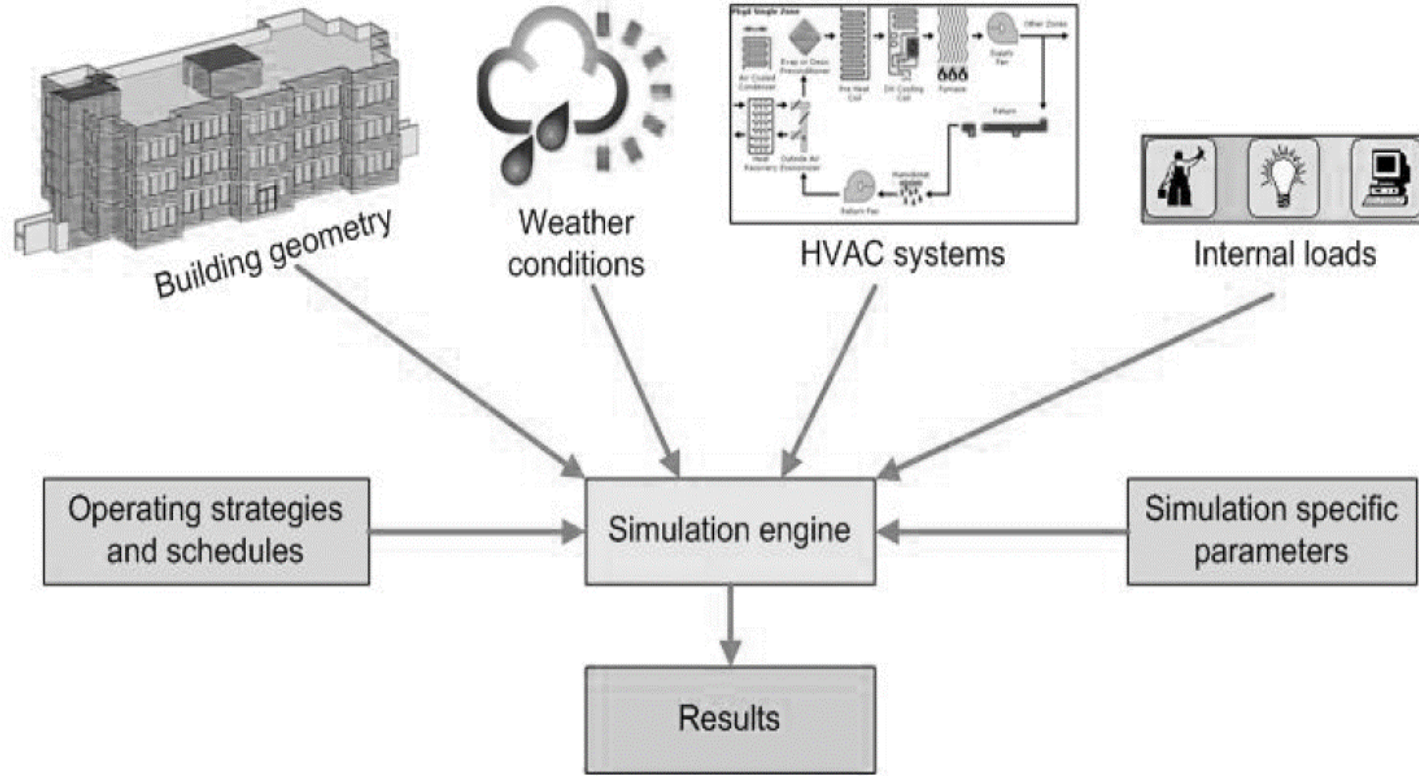
Enerji Simülasyonu

Enerji simülasyonu enerji verimli binaların projelendirilmesi/geliştirilmesi, enerji verimli tadilatı ve sertifikasyonu süreçlerinde kullanılan önemli araçlardan birisidir.

Enerji simülasyon programları tasarımın ilk aşamalarından başlayarak birden fazla deneme gerçekleştirmek ve bunlardan uygun olanını seçmek, ilk yatırım ve işletme maliyetlerini optimize etmek için katkı sağlarlar. Ayrıca konforsuzluk gibi durumların da önceden belirlenmesine katkı sağlarlar.



Enerji Simülasyonu



Simülasyon programlarında genel veri akışı şeması

Enerji Simülasyon Programları

Energy Plus, EDSL TAS, Carrier HAP, EQUSET, Design Builder, Blast, ESP-r, DOE-2, TRANSYS vb.

Bu programların her birinin öne çıkan yanları vardır.

Doğal havalandırma ve doğal aydınlatma, free cooling, trijenerasyon sistemleri, termal depolama, gölgeleme, yenilebilir enerji teknolojileri, hibrid sistemler, gece soğutması (night purging, gece termal depolama vb.) gibi olanaklarından bazıları modellenemeyebilir. Bu durum progeamdan programa değişiklik gösterir.

Bu konuda yeni bilgilere erişim için ASHRAE, DOE, ESRU, Building Simulation Research Group,

IBPSA gibi kurumlara başvurulabilir.

EDSL Tas



Enerji Simülasyon Programları

Energy Plus, EDSL TAS, Carrier HAP, EQUSET, Design Builder, Blast, ESP-r, DOE-2, TRANSYS vb.

Bu programların her birinin öne çıkan yanları vardır.

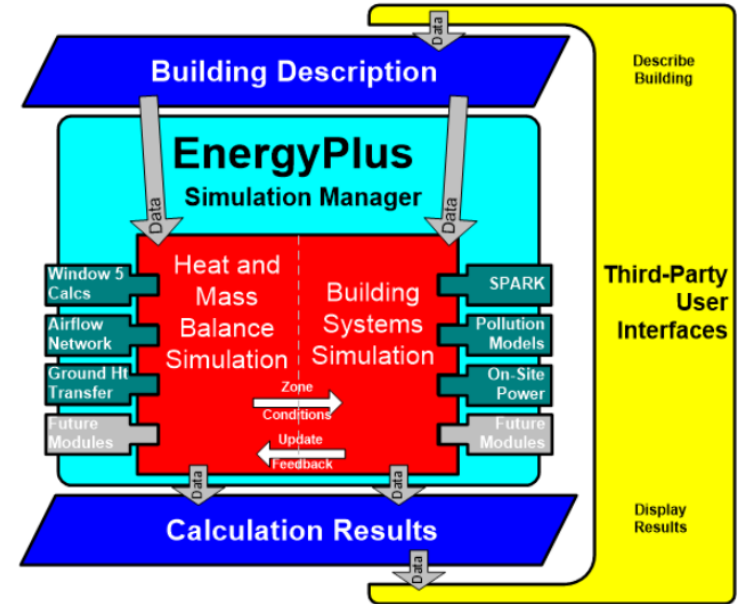
Doğal havalandırma ve doğal aydınlatma, free cooling, trijenerasyon sistemleri, termal depolama, gölgeleme, yenilebilir enerji teknolojileri, hibrid sistemler, gece soğutması (night purging, gece termal depolama vb.) gibi olanaklarından bazıları modellenemeyebilir. Bu durum progeamdan programa değişiklik gösterir.

Bu konuda yeni bilgilere erişim için ASHRAE, DOE, ESRU,

IBPSA gibi kurumlara başvurulabilir.

EDSL Tas

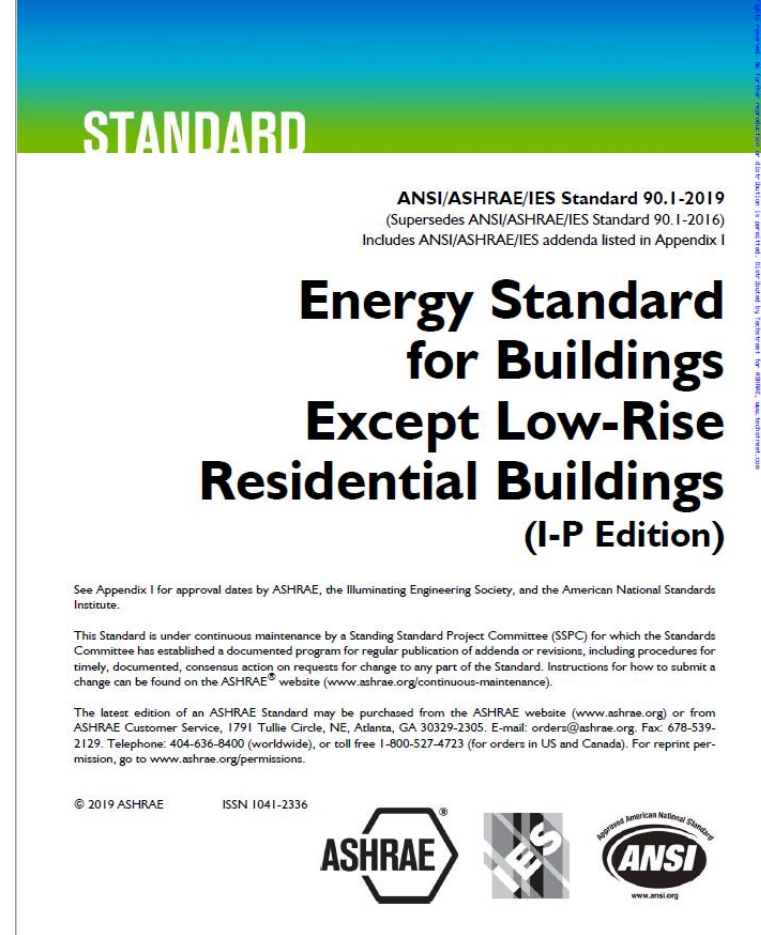
TRNSYS 17



Enerji Simülasyon Programları

Enerji verimli yeni bina projelendirilmesi, geliştirilmesi, bina tadilatı süreçlerinde enerji simülasyon sürecine destek olan dökümanlardan birisi ASHRAE 90.1.

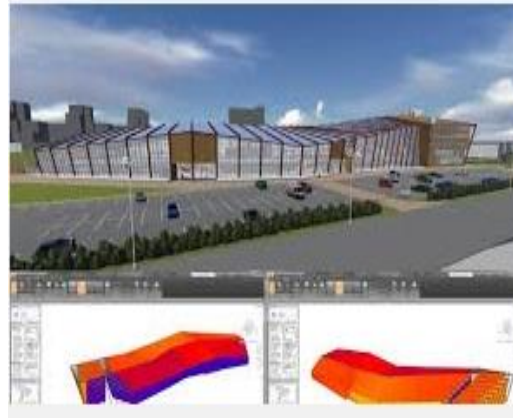
Standardıdır. Bu standard enerji Verimli bina tasarımı ve enerji simülasyon programlarının nasıl kullanılmasını gerektiğini geniş biçimde açıklayan ve dünyaca kullanılan önemli dökümanlardandır.



Enerji Simülasyon Programları

Bilgisayar simülasyon programları aşağıdaki konularda işlev görür;

- Tasarım seçeneklerini değerlendirmek ve tasarım optimizasyonunu araştırmak,
- **Yeni fikirlerin araştırılmasına olanak sağlamak,**
- Binanın ilgili yönetmeliklere uygunluğunu denetlemek,
- **Binanın enerji performansının önceden belirlenmesi,**
- Ekonomik analizler yapmak.
- **Enerji etüt ve EPC çalışmaları yapmak.**



Enerji Simülasyon Programları

- **Bina ısı yalıtımının, ısı kayıp ve kazançlarının optimize edilmesi,**
- Alternatif bina cepheleri (opak yüzeyler, tek cephe, çift cam kabuklar vb.) ve cephe optimizasyonu,
- **Gölgeleme modellemesi,**
- Doğal havalandırma modellemesi (bazı programlar yapabilir),
- **Ömür boyu maliyet analizi (bazı programlar yapabilir).**
- Kalorimetreler gibi paylaşım sorunlarında tüketim tahminleri ile uygun paylaşım sistemi

Simülasyon Programları

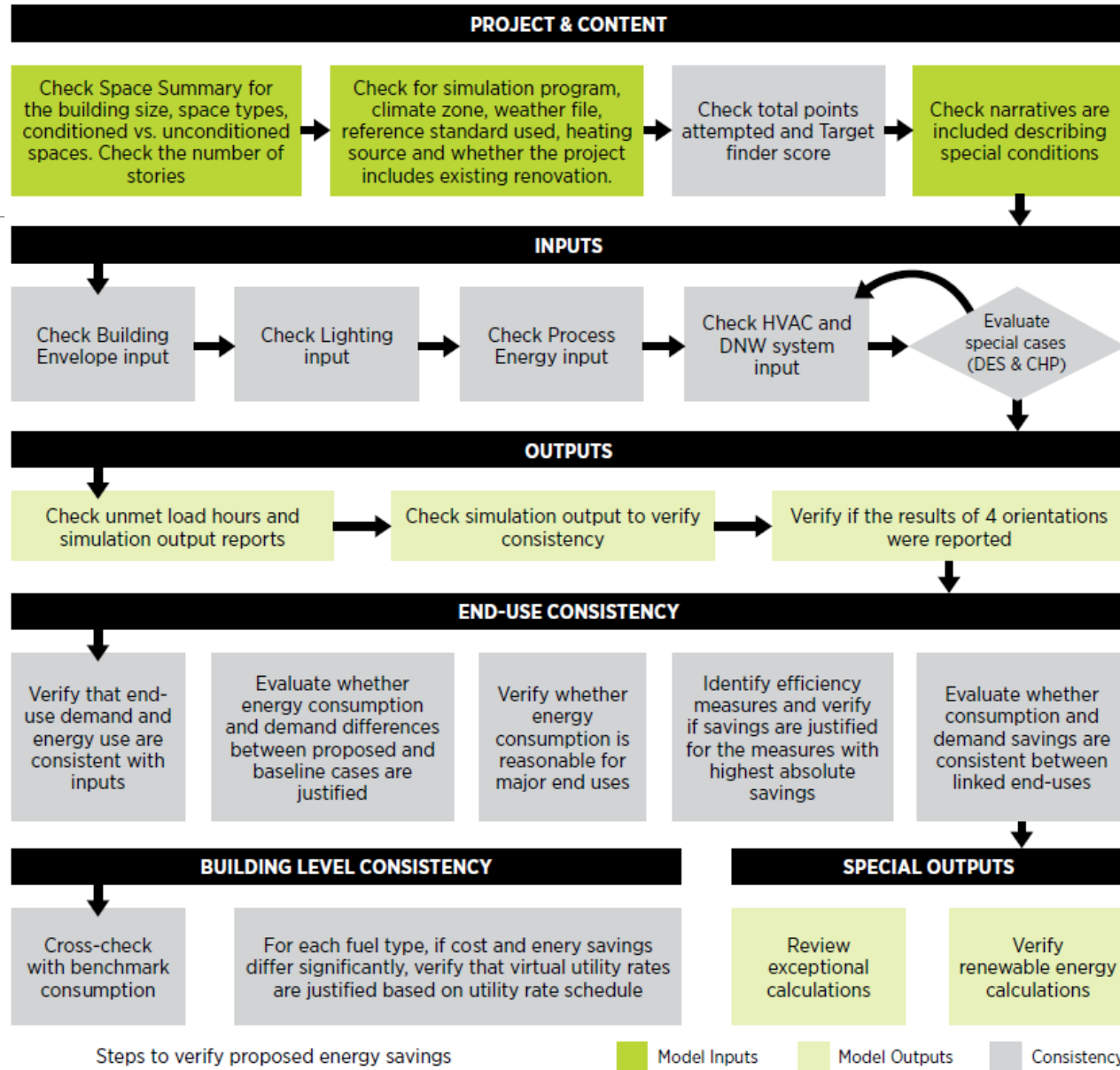
➤ Yeni yapılacak veya mevcut binalarda iklim bölgesinin özellikleri,

➤ **Bina projesi (yön, duvar/pencere oranları, kullanılan HVAC ve aydınlatma sistemleri),**

➤ Yapı malzemelerinin özellikleri (ısıl dirençler, cam özellikleri, cihaz verimlilikleri, yenilenebilir enerji kullanımı vb.),

dikkate alınarak binanın yıllık ısıtma, soğutma, aydınlatma, kullanım sıcak suyu, aydınlatma, fanlar, pompalar vb. sistemlerde ihtiyaç duyulan enerji hesaplanabilir.

Enerji Simülasyonu Yapılması



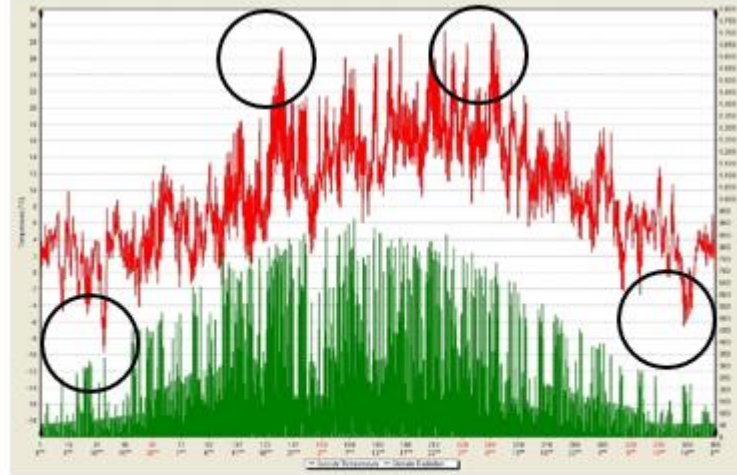
Enerji Simülasyonu Yapılması - Dış Hava Koşulları (Binanın bulunduğu yere ait iklimsel bilgiler)

Simülasyon İçin Gerekli Veriler (EDSL TAS ÖRNEĞİ)

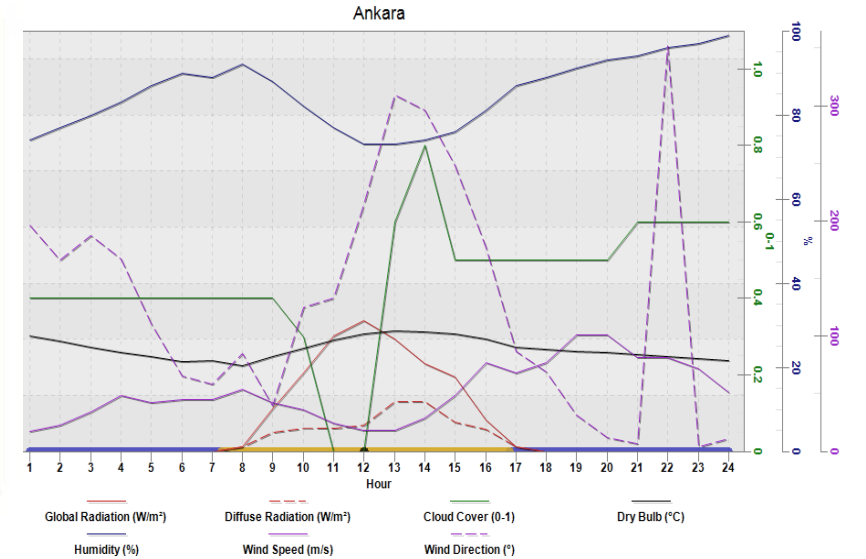
Simülasyon programlarına bina mimarisi, dış hava verileri, iç iklimse koşullar, çalışma saatleri, zonlar, cam cephe, duvar, tavan, taban U değerleri, aydınlatmadan ısı kazançları, insanlardan ısı kazançları, kazan, chiller teknik özellikleri, HVAC sistemleri veri olarak girilir.

Dış Hava Koşulları

- ✓ Yıllık 8760 saatlik dış hava verileri,
- ✓ Dış hava sıcaklıkları,
- ✓ Global ve difüzyon güneş radyasyonu
- ✓ Bulutluluk oranları,
- ✓ Rüzgar yönü ve hızı.



Şekil. Tipik yaz ve kış durumlarını gösteren diyagram
Yeşil çizgiler: Güneş radyasyonu (W/m^2)
Kırmızı çizgiler: Dış sıcaklık ($^{\circ}C$)



Enerji Simülasyonu İçin Gerekli Veriler- Dış Hava Koşulları (yapının bulunduğu yer bilgileri)

Dış Hava Koşulları (Carrier HAP Örneği)

Weather Properties - [Ankara]

Design Parameters | Design Temperatures | Design Solar | Simulation

Region: Europe
Location: Turkey
City: Ankara

Latitude: 40.1 deg
Longitude: -33.0 deg
Elevation: 948.8 m

Summer Design DB: 32.2 °C
Summer Coincident WB: 17.2 °C
Summer Daily Range: 15.8 K
Winter Design DB: -16.7 °C
Winter Coincident WB: -17.7 °C

Atmospheric Clearness Number: 1.00
Average Ground Reflectance: 0.20
Soil Conductivity: 1.385 W/(m K)
Design Clg Calculation Months: Jan to Dec
Time Zone (GMT +/-): -3.0 hours
Daylight Savings Time: Yes No
DST Begins: Apr 1
DST Ends: Oct 31
Data Source: 2001 ASHRAE Handbook

OK Cancel Help

Weather Properties - [Ankara]

Design Parameters | Design Temperatures | Design Solar | Simulation

Design Day Maximum Solar Heat Gains W/m²

Month	Multiplier	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
Jan	1.00	60.9	60.9	60.9	263.0	462.4	654.8	751.9	796.6	794
Feb	1.00	75.0	75.0	162.3	397.1	606.4	718.4	788.6	777.7	753
Mar	1.00	90.4	90.4	319.2	528.6	676.3	759.0	742.6	685.8	646
Apr	1.00	106.1	228.4	427.5	612.1	703.0	704.4	636.3	533.9	485
May	1.00	116.8	327.9	512.6	642.3	697.2	646.9	550.1	416.0	355
Jun	1.00	146.6	364.0	533.9	649.6	684.3	618.2	506.7	361.7	300
Jul	1.00	119.4	326.8	498.7	636.9	680.8	637.3	533.1	403.9	342
Aug	1.00	111.3	223.1	423.4	592.9	673.4	682.7	610.9	518.0	467
Sept	1.00	94.4	94.4	288.1	503.4	635.1	721.9	705.8	658.2	631
Oct	1.00	78.1	78.1	156.5	384.2	568.7	709.5	753.5	746.7	737
Nov	1.00	62.6	62.6	237.5	475.0	627.0	748.0	784.4	789	
Dec	1.00	55.1	55.1	55.1	202.7	407.0	607.1	723.7	785.7	795

OK Cancel Help

Hastane Enerji Simülasyonu İçin Gerekli Veriler – Konfor Gereksinimleri

İç Mahal Konfor Gereksinimleri

İşlev Mahalli	Komşu mahalle basınç ilişkisi ^a	Saatteki Minimum Dış Hava Değişim Miktarı ^b	Saatteki Minimum Toplam Hava Değişim Miktarı ^c	Doğrudan Dış Mahalle Egzoz Edilen Tüm Hava ^m	Oda Birimleri İçinden Resirküle edilen Hava	Bağıl Nemlilik ⁿ %	Tasarım sıcaklığı ^o °C
Cerrahi ve Kritik Bakım							
Ameliyathane(resirküle hava sistemi)	Pozitif	5	25	-	Hayır	45 - 55	17 - 27
Ameliyat/cerrahi cystoscopic odalar ^{q, p}	Pozitif	5	25	-	Hayır	45 - 55	20 - 23'
Doğumhane ^p	Pozitif	5	25	-	Hayır	45 - 55	20 - 23
Ayılma Odası ^p	*	2	6	-	Hayır	45 - 55	24±1
Kritik ve Yoğun Bakım	*	2	6	-	Hayır	30 - 60	21 - 24
Yeni doğmuş Bebek Yoğun Bakım	*	2	6	-	Hayır	30 - 60	22 - 26
Tedavi Odası ^r	*	-	6	-	-	30 - 60	24
Bebek Bakım Dairesi	Pozitif	5	12	-	Hayır	30 - 60	24 - 27
Travma Odası ^{r, s}	Pozitif	5	12	-	Hayır	45 - 55	17 - 27
Anestezik Gaz Deposu	Negatif	-	8	Evet	-	-	-
GI Endoskopi	Negatif	2	6	-	Hayır	30 - 60	20 - 23
Bronkoskopi ^q	Negatif	2	12	Evet	Hayır	30 - 60	20 - 23
Acil Bekleme Odaları	Negatif	2	12	Evet	-	30 - 60	23±1
Hasta Sınıflama (Triage)	Negatif	2	12	Evet	-	-	21 - 24
Radyoloji Bekleme Odaları	Negatif	2	12	Evet ^{t, u}	-	-	21 - 24
Çocuk Bakım							
Hasta odası	*	2	6 ^v	-	-	30 (W), 50 (S)	24±1
Tuvalet ^z	Negatif	Isteğe göre	10	Evet	Hayır	-	-
Yeni doğmuş bebek bakım	*	2	6	-	Hayır	30 to 60	22 - 26
Koruyucu-çevre odaları ^{l, q, w}	Pozitif	2	12	-	Hayır	-	24
Hava enfeksiyonundan yalıtım odaları ^{h, q, x}	Negatif	2	12	Evet ^z	Hayır	-	24

Enerji Simülasyonu İçin Gerekli Veriler – İç Yükler

Internal Gain | Heating Emitter | Cooling Emitter | Thermostat

Name: Operation Room Internal Gain

Description:

Radiant Proportion

Lighting	0.3 (0-1)
Occupant	0.2 (0-1)
Equipment	0.1 (0-1)

View Coefficient

Lighting	0.49 (0-1)
Occupant	0.227 (0-1)
Equipment	0.372 (0-1)

Gain	Value	Factor	Setback Value	Schedule
Infiltration	0.35 ach	1.0	0.0 ach	
Ventilation	5.0 ach	1.0	0.0 ach	
Lighting Gain	Yearly	75.0	0.0 W/m ²	
Occupancy Sensible Gain	Yearly	13.75	0.0 W/m ²	
Occupancy Latent Gain	Yearly	6.25	0.0 W/m ²	
Equipment Sensible Gain	Yearly	75.0	0.0 W/m ²	
Equipment Latent Gain	Yearly	0.0	0.0 W/m ²	
Pollutant Generation	0.0 I(CO2)/hr/m ²	1.0	0.0 I(CO2)/hr/m ²	

Internal Gain | Heating Emitter | Cooling Emitter | **Thermostat**

Name: Operation Room Thermostat

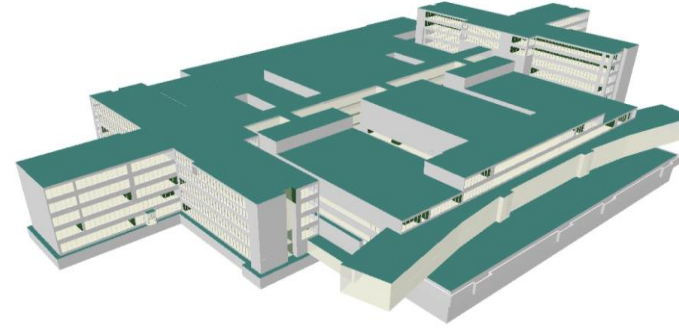
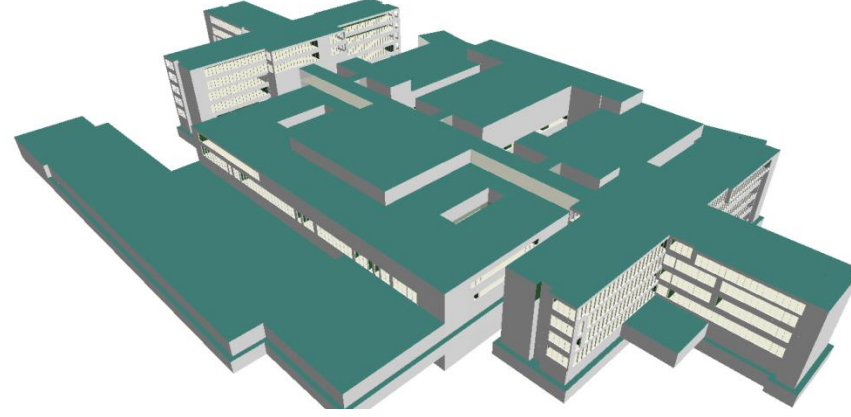
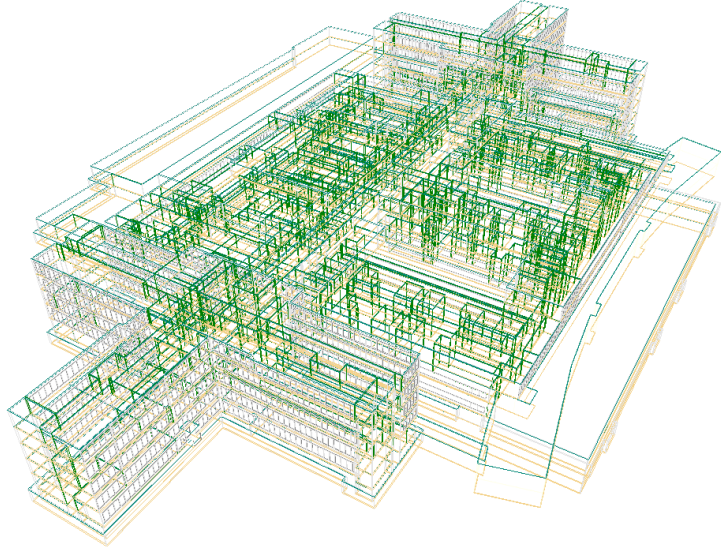
Description:

Proportional Control:

Control Range: 0.0 (°C)

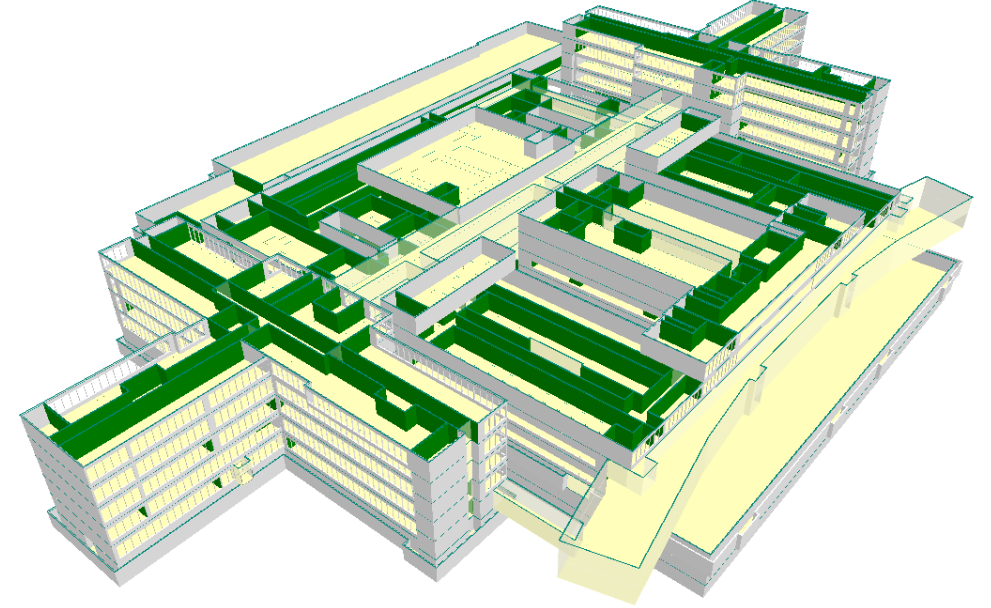
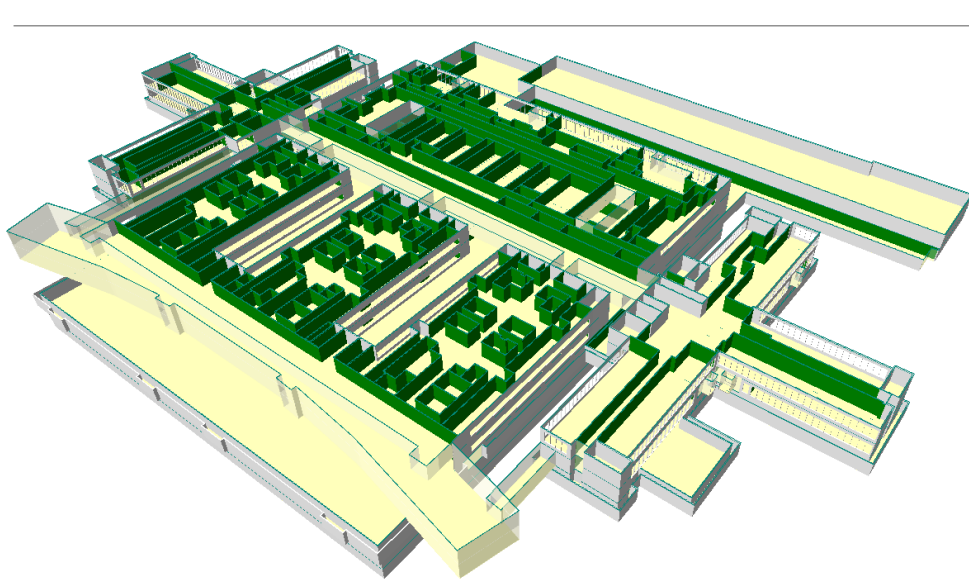
Gain	Value	Setback Value	Schedule
Upper Limit	18.0 °C	150.0 °C	
Lower Limit	18.0 °C	-50.0 °C	
Humidity Upper Limit	60.0%	100.0%	
Humidity Lower Limit	50.0%	0.0%	

Enerji Simülasyonu – Bina Mimarisi



Yapının Mimarisinin Modellemesi (EDSL TAS örneği)

Hastane Enerji Simülasyonu – Bina mimarisi



Yapının Mimarisinin Modellemesi (EDSL TAS) örneği.

Hastane Enerji Simülasyonu – Bina mimarisi

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Name: 3-042 ODA-1

Floor Area: 31.5 m²

Avg Ceiling Height: 4.8 m

Building Weight: 341.8 kg/m²

Light Med. Heavy

OA Ventilation Requirements

Space Usage: <User-Defined>

OA Requirement 1: 27.8 L/s

OA Requirement 2: 0.00 L/(s·m²)

Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2007
Defaults can be changed via View/Preferences.

OK Cancel Help

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Exposure	Wall Gross Area m ²	Window 1 Quantity	Window 2 Quantity	Door Quantity
1 S	73.0	1	0	1
2 not use				
3 not use				
4 not use				
5 not use				
6 not use				
7 not use				
8 not use				

Construction Types for Exposure: 1 (S)

Wall: Dis Duvar

Window 1: GC15 715*885

Shade 1: D Kapi

Window 2: (none)

Shade 2: (none)

Door: 200*260(1)

OK Cancel Help

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Overhead Lighting

Fixture Type: Recessed, unvented

Wattage: 13.00 W/m²

Ballast Multiplier: 1.00

Schedule: 90.1 Retail Lights/Elec

Task Lighting

Wattage: 0.00 W/m²

Schedule: (none)

Electrical Equipment

Wattage: 4.30 W/m²

Schedule: 90.1 Retail Lights/Elec

People

Occupancy: 20.0 People

Activity Level: Office Work

Sensible: 71.8 W/person

Latent: 60.1 W/person

Schedule: 90.1 Retail Occupancy

Miscellaneous Loads

Sensible: 0 W

Schedule: (none)

Latent: 0 W

Schedule: (none)

OK Cancel Help

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Enter infiltration rate in any column:

	L/s	L/(s·m ²)	ACH
Design Cooling	57.09	0.78	0.30
Design Heating	57.09	0.78	0.30
Energy Analysis	57.09	0.78	0.30

Infiltration occurs: Only When Fan Off All Hours

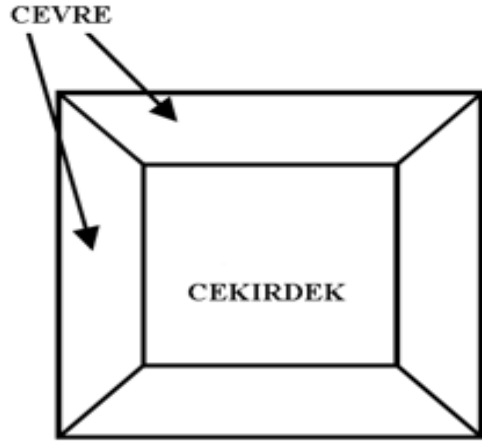
OK Cancel Help

Yapının Mimarisinin
Modellemesi (Carrier HAP
Örneği)

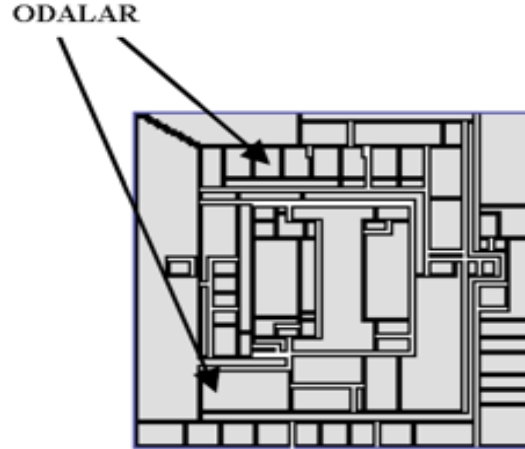
Hastane Enerji Simülasyonu - Zonlama

Zonlama

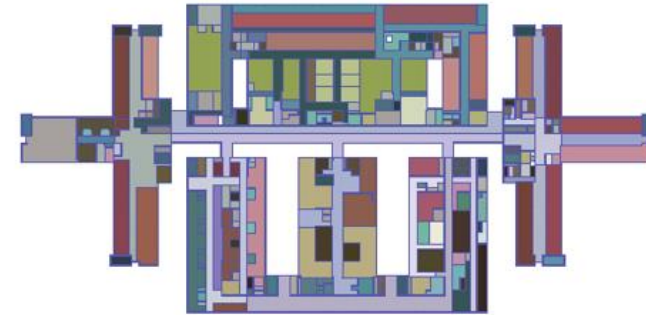
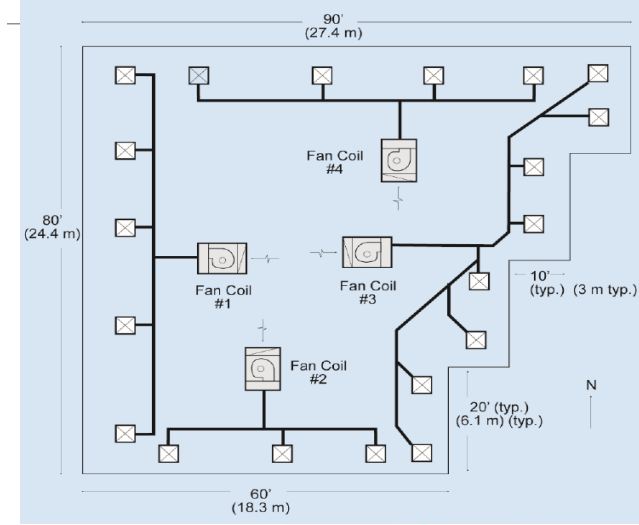
Simülasyonlar (analizler) sırasında ısıl zonlamalar yapılması gerekmektedir. Zonlama, mahallerin cephelerinin baktığı yönler, dış zon (cepheden 4-5m'ye kadar olan bölüm), iç zon (cephesi olmayan iç mahaller), iç yükler (insan sayıları, aydınlatma, priz yükleri ve proses yükleri vb.), mahallin kullanım şekli ve kullanım saatlerinin farklı olmasına bağlıdır.



BOLGELER



MEKANLAR



Isparta Şehir Hastanesi Enerji Mmodellemesi Zonlamaları

Enerji Simülasyonu –Yapı Elemanları

Yapı Elemanlarının Isıl Özellikleri

Opaque Construction

Name: walef\3 Description: plastered block cavity concrete

Solar Absorptance		Emissivity		Conductance (W/m ² ·°C)	Time Constant
Ext. Surf.	Int. Surf.	External	Internal		
0.490	0.490	0.900	0.900	0.384	13.510

Layer	M-Code	Width (mm)	Conduct...	Convect...	Vapour D...	Density (...)	Specific ...	Description
Inner	am1plast\11	20.0	0.42	0.0	11.000	1200.0	837.0	PLASTER 1 *4
2	am1block\5	75.0	0.6	0.0	14.800	1520.0	1059.0	CLINKER CONCRETE ...
3	am1concd\1	125.0	0.87	0.0	14.800	1800.0	920.0	CONCRETE 3% m.c. 8 *3
4	am1ins\11	80.0	0.035	0.0	21.000	16.0	1210.0	POLYSTRENE EXPAN...

* layer ignored in U-Value/R-Value Calculation

U/R Values (ISO 6945) (Homogenous)

Flow Direction	Internal U Value (W/m ² ·°C)	External U Value (W/m ² ·°C)
Horizontal	0.349	0.361
Upward	0.357	0.365
Downward	0.34	0.356

Additional Heat Transfer: 0.0% F-Factor: 0.0 W/m²·°C

Modellemede kullanılan yapı elemanlarından bir örnek
(dış duvar)

Transparent Construction

Name: sgcook\1 Description: SG cool-lite SKN Neutral SKN165

Solar Transmittance	External Solar Absorptance		Internal Solar Absorptance		Light Transmittance	Emissivity		Conductance (W/m ² ·°C)	Time Constant	External Blind	Internal Blind
	Ext. Surf.	Int. Surf.	Ext. Surf.	Int. Surf.		External	Internal				
0.283	0.348	0.053	0.176	0.274	0.797	0.845	0.845	2.918	0.000	No	No

Layer	M-Code	Width ...	Solar ...	Ext. S...	Int. So...	Ext. E...	Int. E...	Condu...	Conve...	Vapou...	Description
Inner	sgplan\1	6.0	0.790	0.070	0.070	0.845	0.845	1.0	0.0	99999...	6mm SG planlux ...
2	am1car\2	12.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	2.08	1.000	10MM AIR (HORI...
3	sgcook\1	6.0	0.350	0.310	0.310	0.845	1.190	1.0	0.0	99999...	6mm SG cool-lite ...

* layer ignored in U-Value/R-Value Calculation

Glazing U Values (EN 673)

U Value (W/m²·°C): 1.95

Show U Values Show R Values

Additional Heat Transfer: 0.0% F-Factor: 0.0 W/m²·°C

Glazing Parameters

Light		Solar Energy (EN410)				Pikington Shading Coefficients		
Transmittance	Reflectance	Direct Transmittance	Direct Reflectance	Direct Absorptance	Total Transmittance (G Value)	Short Wavelength	Long Wavelength	Total
0.797	0.144	0.283	0.319	0.399	0.352	0.325	0.080	0.405

Modellemede kullanılan yapı elemanlarından bir örnek
(Camlar)

Enerji Simülasyonu –Yapı Elemanları

Wall Properties - [Dis Duvar]

Wall Assembly Name: **Dis Duvar**

Outside Surface Color: **Dark** Absorptivity: **0.900**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
Gypsum board	15.880	800.9	1.09	0.09862	12.7
203mm LW concrete	300.000	640.7	0.84	1.73337	192.2
RSI-2.5 board insulation	100.000	32.0	0.92	2.85714	3.2
Slate	12.700	4325.0	1.26	0.00881	54.9
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
Totals	428.580			4.88	263.0

Overall U-Value: 0.205 W/(m²K)

OK Cancel Help

Window Properties - [GC 125*300]

Window Details

Name: **GC 125*300**

Detailed Input:

Height: **2.50** m Width: **1.20** m

Frame Type:

Internal Shade Type:

Overall U-Value: **1.800** W/(m²K)

Overall Shade Coefficient: **0.400**

Glass Details

Glazing	Glass Type	Transmissivity	Reflectivity	Absorptivity
Outer Glazing	<input type="text"/>			
Glazing #2	<input type="text"/>			
Glazing #3	<input type="text"/>			

Gap Type:

OK Cancel Help

Yapı Elemanlarının Isıl Özellikleri (Opak Elemanlar-HAP)

Enerji Simülasyonu – İç Isı Kazançları

Internal Gain | Heating Emitter | Cooling Emitter | Thermostat

Name: Operation Room | Internal Gain

Description:

Radiant Proportion:

Lighting	0.3 (0-1)
Occupant	0.2 (0-1)
Equipment	0.1 (0-1)

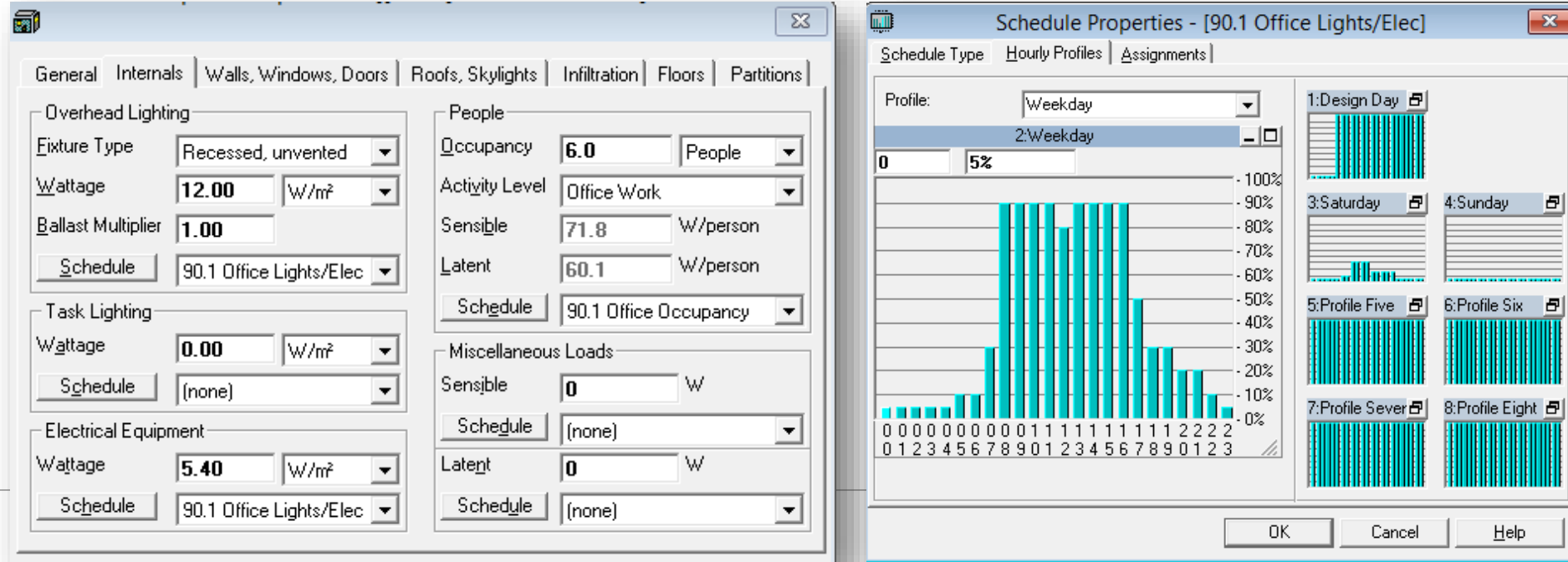
View Coefficient:

Lighting	0.49 (0-1)
Occupant	0.227 (0-1)
Equipment	0.372 (0-1)

Gain	Value	Factor	Setback Value	Schedule
Infiltration	0.35 ach	1.0	0.0 ach	
Ventilation	5.0 ach	1.0	0.0 ach	
Lighting Gain	Yearly	75.0	0.0 W/m ²	
Occupancy Sensible Gain	Yearly	13.75	0.0 W/m ²	
Occupancy Latent Gain	Yearly	6.25	0.0 W/m ²	
Equipment Sensible Gain	Yearly	75.0	0.0 W/m ²	
Equipment Latent Gain	Yearly	0.0	0.0 W/m ²	
Pollutant Generation	0.0 I(CO2)/hr/m ²	1.0	0.0 I(CO2)/hr/m ²	

İç Mahal Isı Kazançları (EDSL TAS örneği)

Enerji Simülasyonu – İç Isı Kazançları



İç Mahal Isı Kazançları (Carrier HAP örneği)

Enerji Simülasyonu –Yapının Kullanım Süreleri

Haftalık Çalışma Saatleri

Binanın tipine göre günlük ve haftalık çalışma saatleri girilmektedir. Bu bina için girilen tipik çalışma saatleri aşağıdaki gibidir.

Calendar

Day Types:

- Weekday
- Saturday
- Sunday
- Design Day

View

Day Types

Day Numbers

Dates

Shading

Name

Isparta Hospital

Description

Calendar

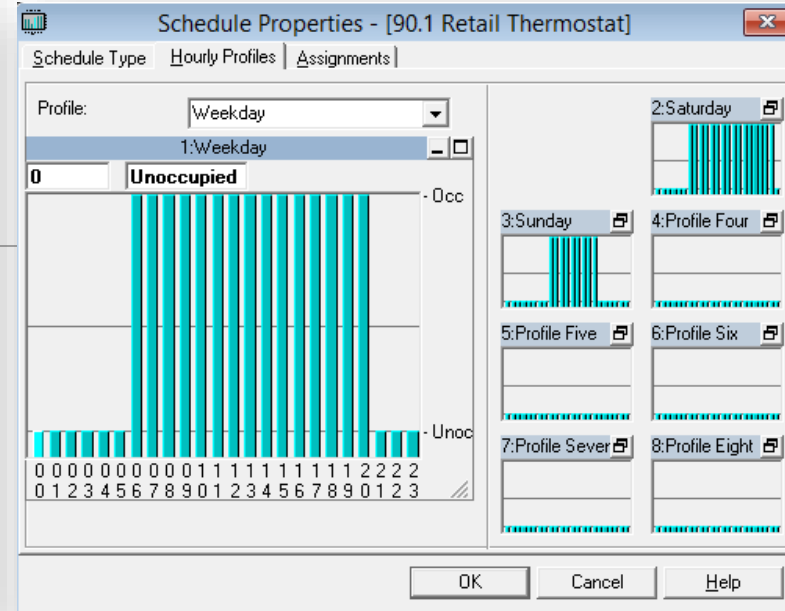
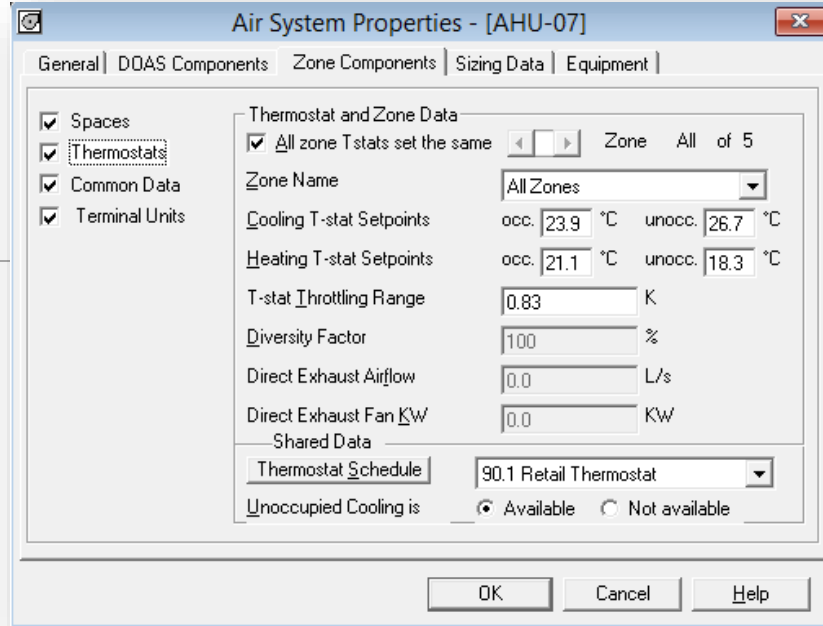
Week	Start	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
1	Jan 1	Jan 2	Jan 3	Jan 4	Jan 5	Jan 6	Jan 7	
2	Jan 8	Jan 9	Jan 10	Jan 11	Jan 12	Jan 13	Jan 14	
3	Jan 15	Jan 16	Jan 17	Jan 18	Jan 19	Jan 20	Jan 21	
4	Jan 22	Jan 23	Jan 24	Jan 25	Jan 26	Jan 27	Jan 28	
5	Jan 29	Jan 30	Jan 31	Feb 1	Feb 2	Feb 3	Feb 4	
6	Feb 5	Feb 6	Feb 7	Feb 8	Feb 9	Feb 10	Feb 11	
7	Feb 12	Feb 13	Feb 14	Feb 15	Feb 16	Feb 17	Feb 18	
8	Feb 19	Feb 20	Feb 21	Feb 22	Feb 23	Feb 24	Feb 25	
9	Feb 26	Feb 27	Feb 28	Mar 1	Mar 2	Mar 3	Mar 4	

/Tanımlanan takvimin genel görünümü

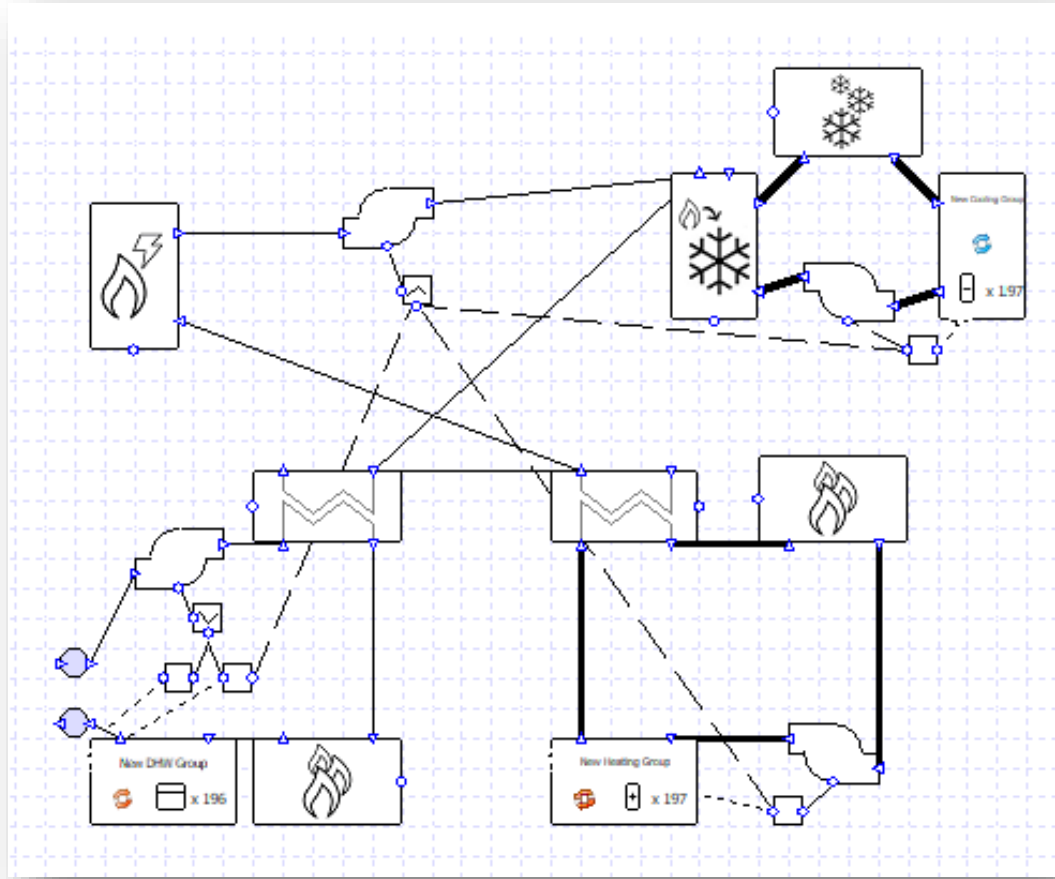
Enerji Simülasyonu –Yapının Kullanım Süreleri

Mahal İklimsel Koşulları (HAP)

- ✓ Set Sıcaklığı
- ✓ Setback Sıcaklığı
- ✓ Nem Oranı



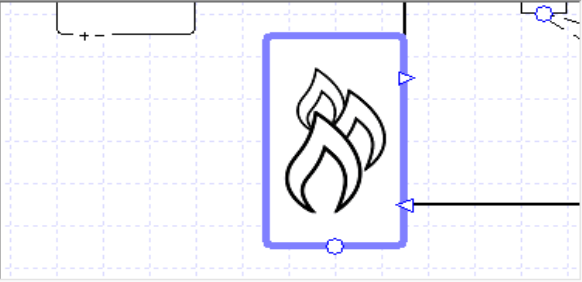
Enerji Simülasyonu – HVAC, Aydınlatma vb. Sistemleri



- Air Source Chiller
- Water Source Chiller
- Multi Chiller
- Absorption Chiller
- Water Source Absorption Chiller
- Ice Storage Chiller
- Water Source Ice Storage Chiller
- Heat Pumps
 - Air Source Heat Pump
 - Water Source Heat Pump
 - Water To Water Heat Pump
- Heat Rejection
 - Cooling Tower
 - Dry Cooler
 - Vertical Borehole
 - Slinky Coil
 - Surface Water Exchanger
 - Horizontal GHE
- Boiler
- CHP
- Multi Boiler
- Renewables
 - Solar Panel
 - Photovoltaic Panel
 - Wind Turbine

HVAC Sistemlerinin Genel Yapısı ve Tipleri (TAS örneği)

Enerji Simülasyonu – Kazan, Chiller Sistemleri

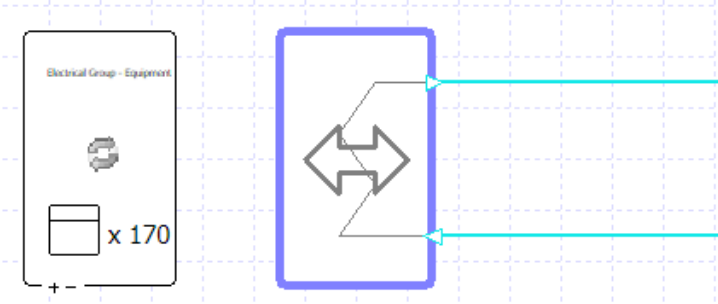


The diagram shows a boiler component represented by a flame icon inside a blue-bordered box. It is connected to a network of pipes and valves on a grid background.

Properties Setpoint Boiler 1 Efficiency Boiler 1 Ancillary Load Duty

New Heating and DHW Circuit Heating Boiler

Name	New Heating and DHW Circuit Hea...
Description	
Schedule	Always On
Design Pressure Drop	25.0 kPa
Design Flow Delta T	11.0 °C
Setpoint	80.0 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Duty	Sized: 122808.17
Method	Add load, all attached
Size Fraction	1.0 0-1
New Heating Design Day	<input checked="" type="checkbox"/>
New Cooling Design Day	<input type="checkbox"/>
New Design Condition	<input type="checkbox"/>
Sequence	Parallel
Multiplicity	1
Boiler 1 Fuel Source	Natural Gas
Boiler 1 Ancillary Fuel Source	None
Boiler 1 Percentage	100.0 %
Boiler 1 Efficiency	(Profile)
Boiler 1 Ancillary Load	0.0 W



The diagram shows a chiller component represented by a double-headed arrow icon inside a blue-bordered box. It is connected to a network of pipes and valves on a grid background. To the left, there is a box labeled 'Electrical Group - Equipment' with a gear icon and 'x 170' below it.

Properties Cooling Capacity Cooling Power Heating Capacity Heating Power

New Refrigerant Circuit Heat Pump

Name	New Refrigerant Circuit Heat Pump
Description	
Schedule	Always On
Fuel Source	Grid Supplied Electricity
Fan Fuel Source	None
Ancillary Load Fuel Source	None
<input checked="" type="checkbox"/> Type	VRF
Exchange Demand Factor (Heat)	1.16
Exchange Demand Factor (Cool)	1.16
Consumption per port (Heat)	0.0 W
Consumption per port (Cool)	0.0 W
<input checked="" type="checkbox"/> Duty	Values
Cooling Duty	460000.0 W
Heating Duty	460000.0 W
Cooling Power	150000.0 (Profile) W
Heating Power	150000.0 (Profile) W
Extra Fan Load	(Profile)
Standby Power	100.0 W
Ancillary Load	0.0 W

Kazan, Chiller Ve Diğer HVAC Ekipmanlarının Özellikleri (EDSL TAS örneği)

Enerji Simülasyonu – Kazan, Chiller Sistemleri

Boiler Description

Name:

Fuel or Energy Type:

Boiler Type:

Boiler Full Load Data

Boiler Capacity

Auto-size

Gross Output: kW

Design HWST: °C

Hot Water Flow Rate: K

Overall Efficiency: %

Boiler Accessories: kW

Cooling Mode

ECWT	Max Cap	Input Power [kW/kW]							
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%
46.1	0.221	0.221	0.215	0.211	0.210	0.213	0.222	0.247	0.285
37.8	0.193	0.193	0.187	0.184	0.183	0.185	0.194	0.215	0.249
32.2	0.174	0.174	0.169	0.166	0.165	0.167	0.174	0.194	0.224
29.4	0.164	0.164	0.159	0.157	0.156	0.157	0.165	0.183	0.212
26.7	0.154	0.154	0.150	0.148	0.147	0.148	0.155	0.173	0.200
23.9	0.145	0.145	0.141	0.139	0.138	0.139	0.146	0.162	0.188
21.1	0.136	0.136	0.132	0.130	0.129	0.130	0.136	0.152	0.175
15.6	0.117	0.117	0.113	0.112	0.111	0.112	0.117	0.131	0.151

Condenser Temp. Rows:

Part Load Columns:

Performance LCHWT Factors

a = 1/K

b = 1/K²

Capacity LCHWT Factors

a = 1/K

b = 1/K²

Auto-Size Capacity Option is In Effect.

Kazan, Chiller Ve Diğer HVAC Ekipmanlarının Özellikleri (HAP örneği)

Enerji simülasyonu – - Sonuçlar ve Analizler : Termal Konforun Sağlanması

Simülasyonlar ile binada konforsuzluk olup olmayacağı önceden görülebilir. Modelde böyle bir durum görülürse;

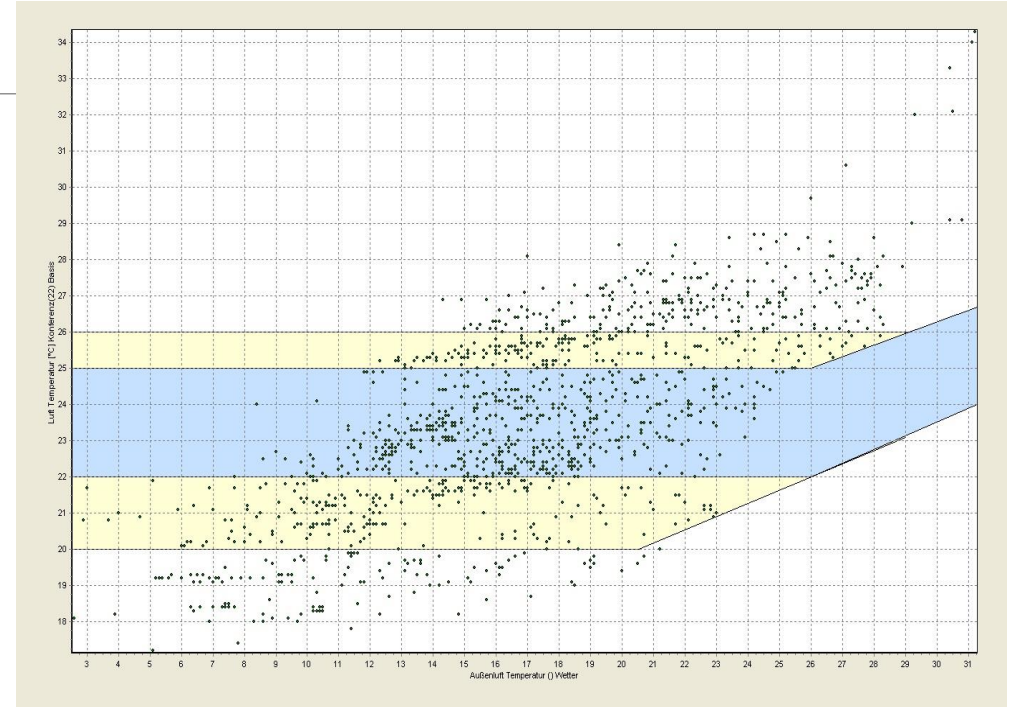
- a) Cephe özelliği (U değeri, gölgeleme katsayısı vb. iyileştirilir. İyi bir yoldur.
- b) Mekanik tesisat sistemlerinin kapasitesi artırılır. İyi bir yol değildir.
- a) Her ikisi birlikte optimize edilmeye çalışılır.

Mavi bölgenin içinde en iyi konfor garanti edilir. Sarı bölgenin içinde de konfor kabul edilebilir durumdadır.

Renkli bölgenin dışında sıcaklıklar çok yüksek veya çok düşüktür, iyi değildir.

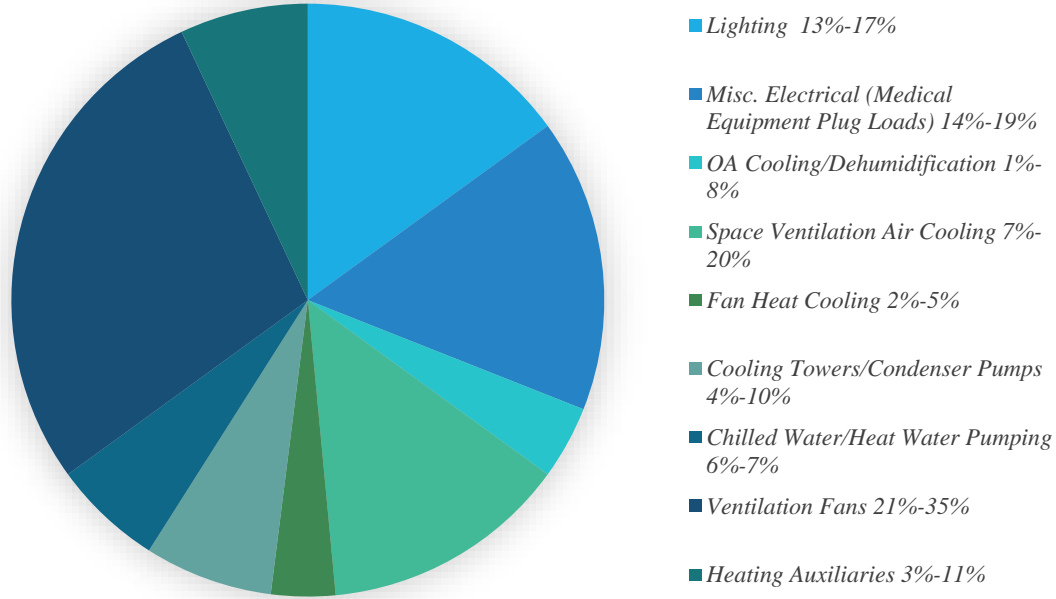
±

Sonuçların değerlendirilmesi/analizi (EDSL TAS örneği)

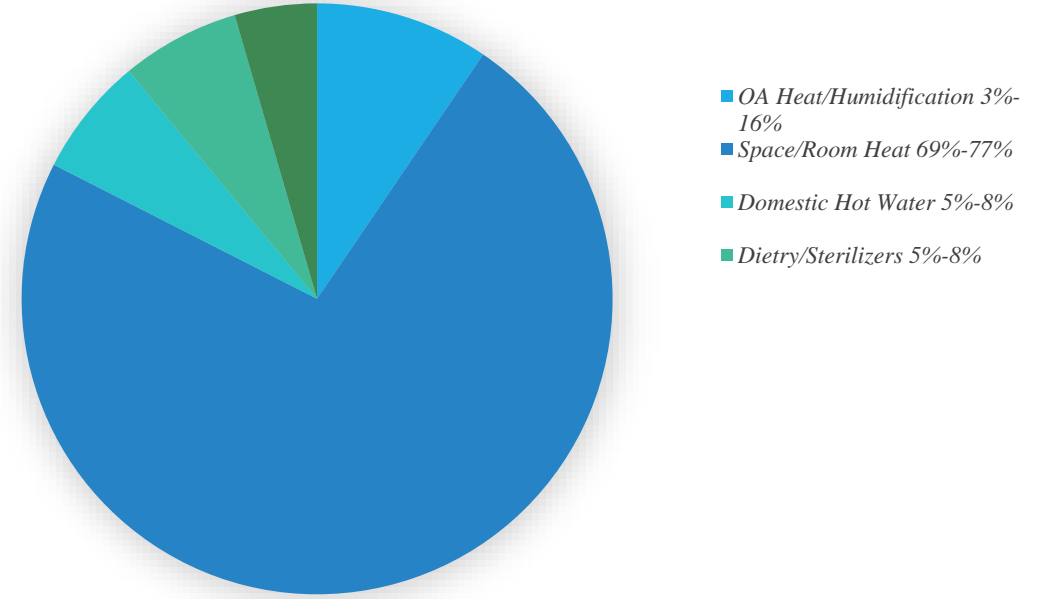


Enerji Simülasyonu – Sonuçlar ve Analizler

Electrical Energy Usage (kWh)



Thermal Usage

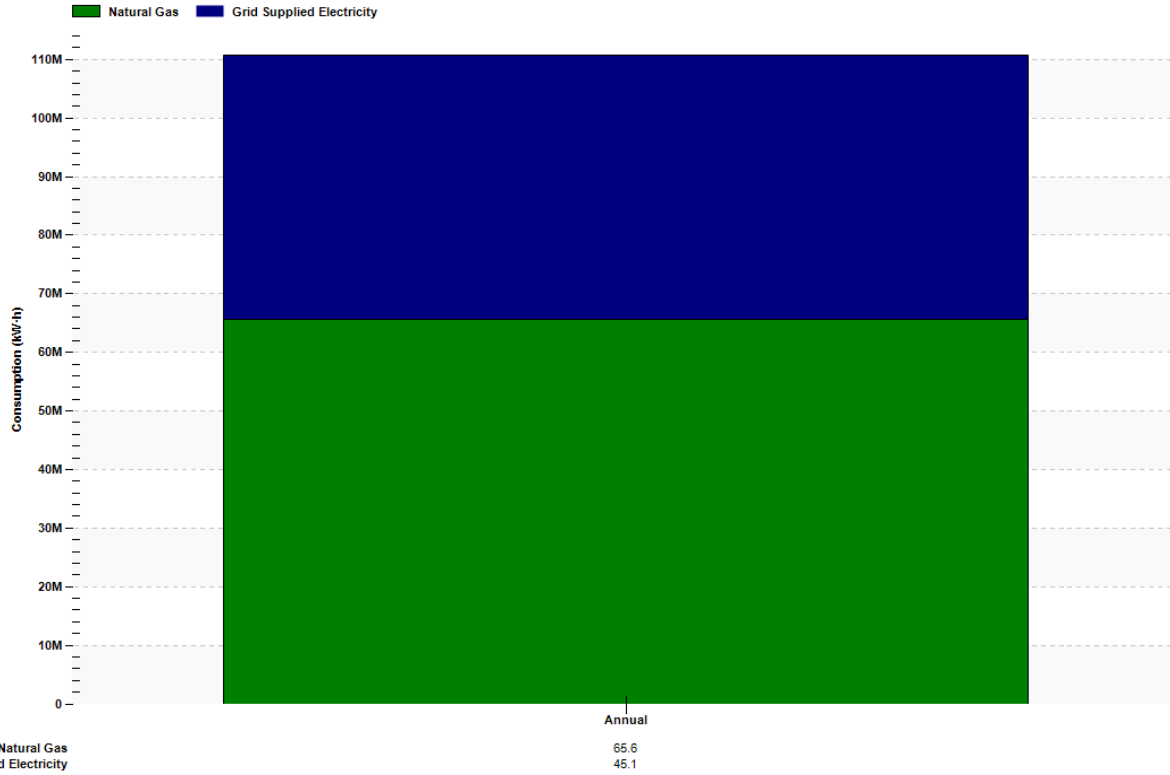


Sonuçların değerlendirilmesi/analizi (EDSL TAS örneği)

Enerji Simülasyonu- Analiz 1 (Baseline Durum)

Energy Centre: Annual Consumption by Fuel (kW-h)

Total: 110690752.0 kW-h



Bu Analize ait olan ve yukarıdaki grafiklerde verilen tüketimlerin icmali ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Aylar	Tüketim GWh		
	Elektrik	Doğalgaz	
ocak	3,7	7,3	
şubat	3,3	6,7	
mart	3,7	6,7	
nisan	3,6	6,7	
mayıs	3,8	4	
haziran	3,9	2,7	
temmuz	4,2	2,3	
ağustos	4,2	2,5	
eylül	3,9	3	
ekim	3,8	6	
kasım	3,6	7,7	
aralık	3,6	10,2	
TOPLAM	45,3	65,8	
İklimlendirilen alan			
	150000 m2		
(KWh/m2.yıl)	302	439	741
	elektrik	gaz	toplam

Bu alternatifteki yıllık toplam enerji tüketimi 10,7 milyon USD'dir

Sonuçların değerlendirilmesi/analizi (EDSL TAS örneği)

Hastane Enerji Simülasyonu –Analiz 2 (İyileşmiş Burum)

Bu Analize ait yukarıdaki grafiklerde verilen tüketimlerin icmalı ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Aylar	Tüketim GWh		
	Elektrik	Doğalgaz	
ocak	2,3	6,0	
şubat	2,1	4,3	
mart	2,4	6,4	
nisan	2,2	4	
mayıs	2,4	2,6	
haziran	2,6	1,6	
temmuz	2,8	1,4	
ağustos	2,4	1,3	
eylül	2,4	1,8	
ekim	2,3	3,6	
kasım	2,4	5,6	
aralık	2,4	7,6	
TOPLAM	28,7	46,2	
İklimlendirilen alan	150000	m2	
(KWh/m2.yıl)	191	308	499
	elektrik	gaz	toplam

Bu alternatifteki yıllık toplam enerji tüketimi 7,0 milyon USD'dir.

±

Sonuçların değerlendirilmesi/analizi (EDSL TAS örneği)

Enerji Simülasyonu – Analiz 1 ve Analiz 2'nin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo: Sistem kurulu güçleri

	Analiz 1(MW)	Analiz 2(MW)
Elektrik sistemleri		
Aydınlatma	2.5	1.0
Ekipmanlar	1.5	1.5
Fanlar ve Pompalar	2.9	2.0
Chiller	12.0	7.5
Toplam	18.8	12.1
Isıl sistemler		
Isıtma	19.2	15.1
Kullanım Sıcak Suyu	0.4	0.4
Toplam	19.6	15.5

Bu Analize ait olan ve yukarıdaki grafiklerde verilen tüketimlerin icmali ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Aylar	Tüketim GWh		
	Elektrik	Doğalgaz	
ocak	3,7	7,3	
şubat	3,3	6,7	
mart	3,7	6,7	
nisan	3,6	6,7	
mayıs	3,8	4	
haziran	3,9	2,7	
temmuz	4,2	2,3	
ağustos	4,2	2,5	
eylül	3,9	3	
ekim	3,8	6	
kasım	3,6	7,7	
aralık	3,6	10,2	
TOPLAM	45,3	65,8	
İklimlendirilen alan	150000 m2		
(KWh/m2.yıl)	302 elektrik	439 gaz	741 toplam

Bu alternatifteki yıllık toplam enerji tüketimi 10,7 milyon USD'dir

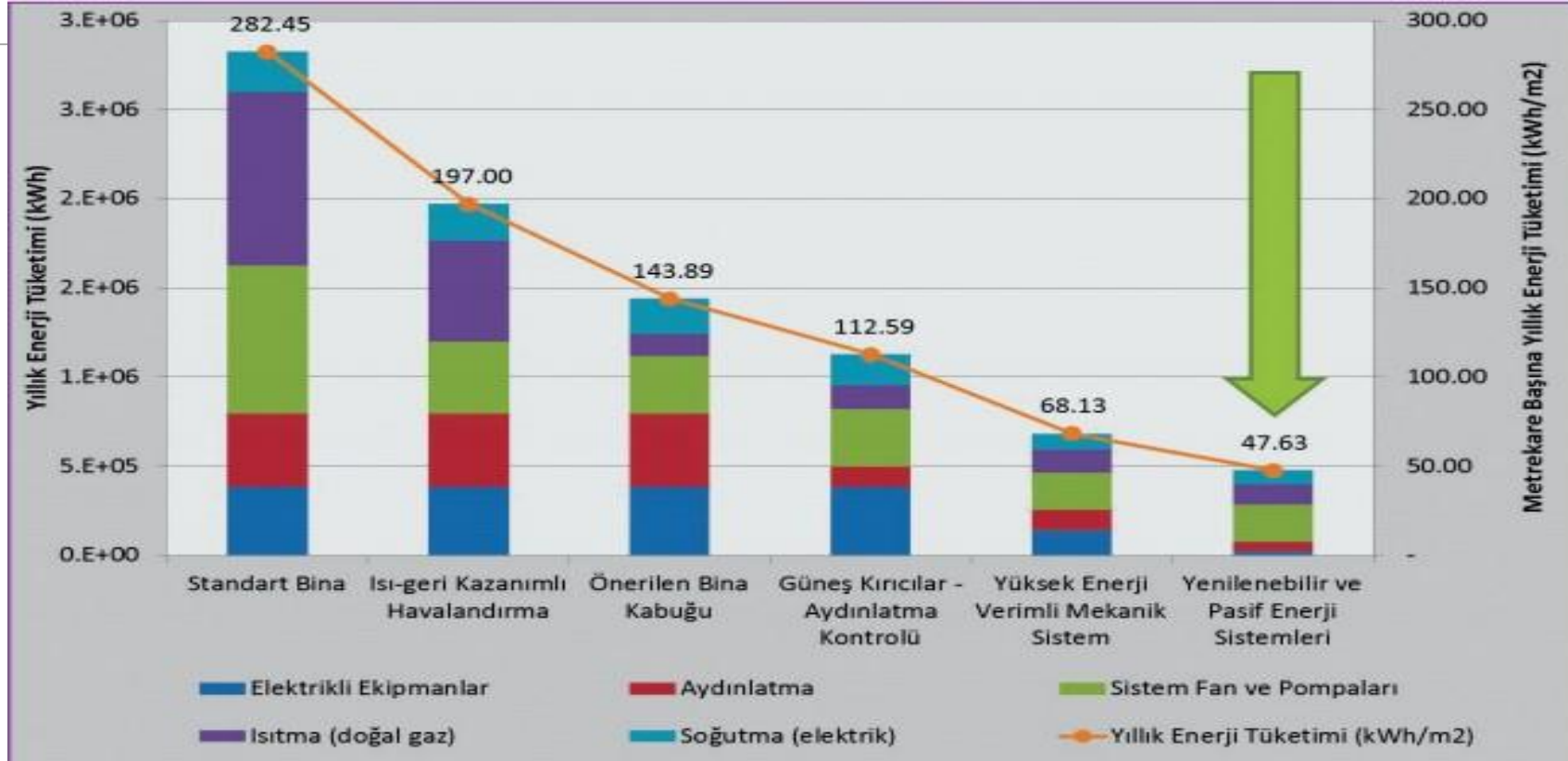
Bu Analize ait yukarıdaki grafiklerde verilen tüketimlerin icmali ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Aylar	Tüketim GWh		
	Elektrik	Doğalgaz	
ocak	2,3	6,0	
şubat	2,1	4,3	
mart	2,4	6,4	
nisan	2,2	4	
mayıs	2,4	2,6	
haziran	2,6	1,6	
temmuz	2,8	1,4	
ağustos	2,4	1,3	
eylül	2,4	1,8	
ekim	2,3	3,6	
kasım	2,4	5,6	
aralık	2,4	7,6	
TOPLAM	28,7	46,2	
İklimlendirilen alan	150000 m2		
(KWh/m2.yıl)	191 elektrik	308 gaz	499 toplam

Bu alternatifteki yıllık toplam enerji tüketimi 7,0 milyon USD'dir

Sonuçların değerlendirilmesi/analizi (EDSL TAS örneği)

Enerji Simülasyonu – Optimum İşletme Senaryoları



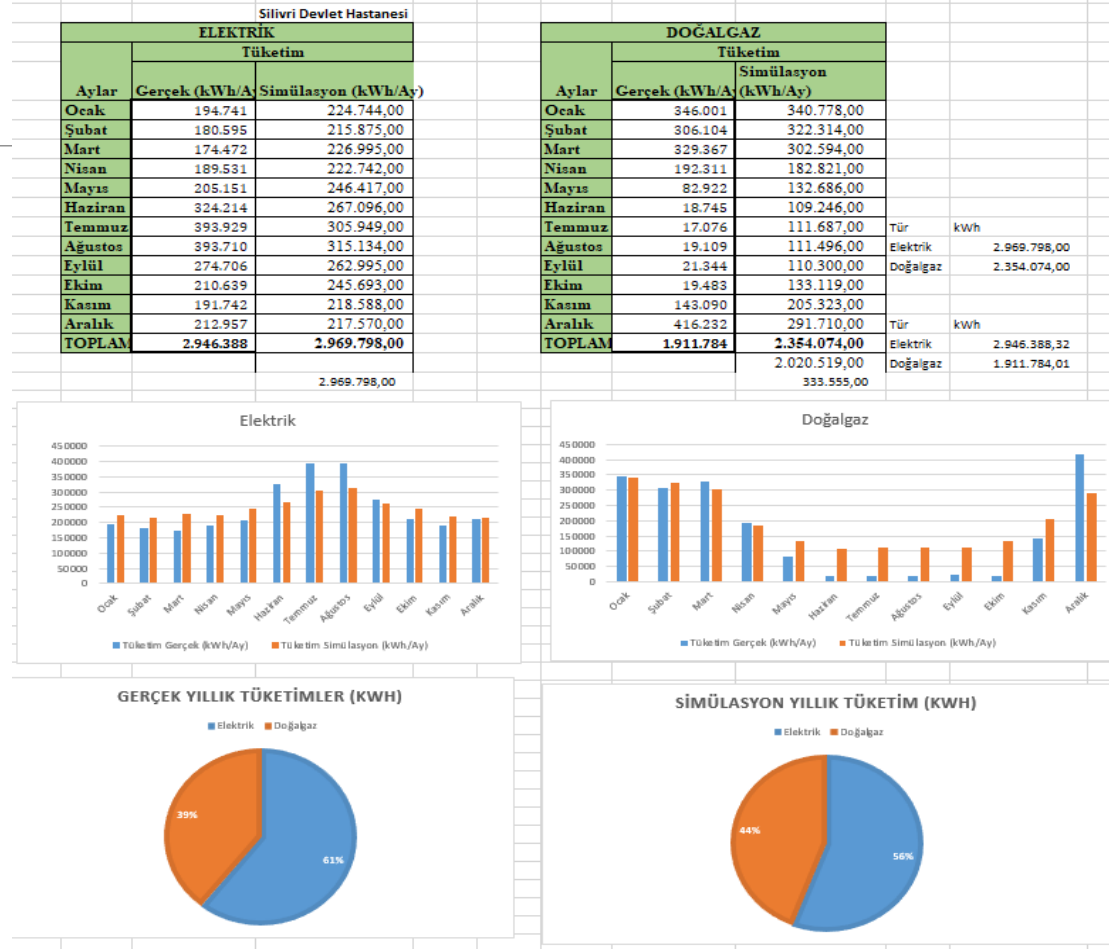
Enerji modelleme ile senaryo analizleri

Enerji Simülasyonu – Mevcut Bina Yenilemeleri

Enerji Simülasyon Programları Bina Yenilemeleri, Mevcut Bina Enerji Etüt Çalışmaları ve TAD çalışmalarında da son derece yararlı araçlardır. Buradaki adımlar şunlardır.

- Bina kabuğu (U değerleri, cam özellikleri vb.), tesisat sistemleri (ısıtma, soğutma, pompa, sıcak su vb., aydınlatma sistemleri, iç yükler, konfor şartları simülasyon programına veri olarak girilir.
- Binanın enerji tüketim değerlerinin varsa son üç yılı incelenir.
- Binadaki konfor durumu, insan memmuniyeti incelenir (enerji verimliliği tadilatları konforun tam sağlandığı koşullara göre yapılır.
- Benzer iklimlerdeki benzer binaların tüketimleri değerlendirilir (literatürden).
- Sonuçta binanın mevcut durumuna ait baseline (referans durum) oluşturulur.
- Bundan sonraki tüm yenileme adımları bu baseline bina durumunda değişiklikler yapılarak ekde edilebilir.

Enerji Simülasyonu – Mevcut Bina Yenilemeleri



Mevcut bir hastane enerji verimli yenilemesi süreci için oluşturulan baseline durum örneği.

Enerji Simülasyonu – Mevcut Bina Yenilemeleri

YS NO	ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJE VE UYGULAMALARINA ESAS DİYALATLAR	ENERJİ TÜRÜ	TASARRUF MİKTARI			YATIRIM MALİYETİ	GENİ ÖDEME SÜRESİ		İKO
			MİKTAR	TEP-YIL	USD-YIL		USD	YIL	
YS1	Tesisat ve Ekipmanlardaki Yalıtım Eksiklerinin Giderilmesi	Doğalgaz (kWh)	773.386	66,53	17.014,48	16.355	1,0	222.199	106%
YS2	Kazan Kontrolleri İçin Dış Hava Kompansasyonu Uygulanması	Doğalgaz (kWh)	135.142	11,63	2.973,13	3.706	1,2	37.979	82%
YS3	Fanlarda Standart Kayıp Yerine Dış Kayıp Kullanılması Uygulanması	Elektrik (kWh)	61.285	5,27	6.312,36	14.905	2,4	75.598	44%
YS4	Çiftler Primer Devre Pompalarının Değiştirilmesi ve Değişken Hız Kontrolü	Elektrik (kWh)	64.933	5,58	6.688,10	66.316	9,9	27.456	10%
YS5	Kompresörlerin Taze Hava ile Çalıştırılması	Elektrik (kWh)	2.857	0,25	294,27	614	2,1	3.512	50%
YS6	Verimli Motorların Verimli (IE4) Motorlarla Değişimi	Elektrik (kWh)	128.010	11,01	13.185,03	14.285	1,1	170.578	94%
YS7	Verimli Armatürlerin Verimli LED Armatürler ile Değişimi Projesi + Lokal Aydınlatma Otomasyonu	Elektrik (kWh)	1.307.137	112,42	134.635	494.182	3,7	1.393.490	29%
YS8	Harekete Bağlı Aydınlatma Kontrolü Projesi	Elektrik (kWh)	10.596	0,91	1.091,39	311	0,3	14.991	353%
YS9	500 kW Üretim Kapasiteli Fotovoltaik Panel Kurulumu Projesi	Elektrik (kWh)	570.858	49,1	58.798	525.000	8,9	299.391	11%
YS10	Bina Otomasyon ve Enerji İzleme Sisteminin Geliştirme Projesi	Doğalgaz (kWh)	1.246.662	107,21	213.142	225.964	1,1	2.762.428	96%
		Elektrik (kWh)	1.803.064	155,06					

Baseline durum esas alınarak yapılmasına karar verilen iyileştirmelerden elde edilecek tasarrufların hesaplanması.

Enerji Simülasyonu – Mevcut Bina Yenilemeleri

Toplam spesifik enerji tüketimi (kWh/m ² yıl)							
SIRA NO	Bina Kategorisi	Bina Kabuğu Isıl Özellikleri	Senaryo	İKLİM BÖLGELERİ			
				ANTALYA (1. iklim bölgesi)	İSTANBUL (2. iklim bölgesi)	ANKARA (3. iklim bölgesi)	ERZURUM (4. iklim bölgesi)
1	Spor salonu	Yalıtımsız durum	I	327	365	458	384
		TS825'e uygun durum	II	271	307	386	312
		Yüksek performans	III	232	272	300	240
2	Apartman (Konut)	Yalıtımsız durum	I	102	174	270	422
		TS825'e uygun durum	II	74	108	145	192
		Yüksek performans	III	54	85	116	155
3	Ofis binası	Yalıtımsız durum	I	203	265	354	468
		TS825'e uygun durum	II	163	194	234	278
		Yüksek performans	III	114	133	154	171
4	İköğretim okulu	Yalıtımsız durum	I	72	148	225	317
		TS825'e uygun durum	II	53	84	108	138
		Yüksek performans	III	38	49	57	71
5	Fakülte binası	Yalıtımsız durum	I	118	176	242	326
		TS825'e uygun durum	II	96	126	161	202
		Yüksek performans	III	67	78	90	120
6	Hastane binası	Yalıtımsız durum	I	313	371	481	608
		TS825'e uygun durum	II	284	321	405	497
		Yüksek performans	III	255	270	337	412
7	Yüzme havuzu ve Sosyal tesis kompleksi	Yalıtımsız durum	I	320	403	523	519
		TS825'e uygun durum	II	265	303	335	342
		Yüksek performans	III	237	260	281	271

Baseline oluşturmak için mevcut binalarda enerji tüketim örnekleri.

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kamu Binalarının Enerji Verimli Tadiatına Yönelik Rehber, 2020

Enerji Simülasyonu – Farklı konularda Simülasyon Programı Örnekleri

BİNA HVAC TASARIM VE SİMULASYON PROGRAMLARI	
TASARIM/SİMULASYONUN ADI	PROGRAMIN ADI
HVAC TASARIM VE SİMULASYON	EDSL TAS - Lisanslı
	CARRIER HAP -Lisanslı
CFD ANALİZLERİ	FloEFD- Lisanslı
TRİJENERASYON SİMULASYON	CARRIER HAP+ EXCEL
	EDSL TAS - Lisanslı
SOLAR PV SİMULASYONU	PV NREL - İnternette ücretsiz
	EDSL TAS - Lisanslı
SOLAR SICAK SU KOLLEKTÖR SİMULASYONU	EDSL TAS - Lisanslı
	T-SOL (Valentin)- Deneme sürüm
SOLAR HAVA KOLLEKTÖRLERİ SİMULASYON (Solar wall)	EDSL TAS - Lisanslı
	RET SCREEN- deneme sürüm
DOĞAL HAVALANDIRMA	EDSL TAS - Lisanslı
	FloEFD- Lisanslı
AYDINLATMA VE GÜN ISIGI	EDSL TAS - Lisanslı
	DIALUX - Deneme sürüm
AYRICA EPA- TARGET FINDER	ÜCRETSİZ- internette hızlı enerji tüketim hesabı

Farklı konularda kullanılacak simülasyon programları örnekleri.

Enerji Simülasyonu – Yenilenebilir Enerji İçin Simülasyon

24.12.2020



Caution: Photovoltaic system performance predictions calculated by PVWatts® include many inherent assumptions and uncertainties and do not reflect variations between PV technologies nor site-specific characteristics except as represented by PVWatts® data. For example, PV module characteristics, such as temperature coefficients, are not differentiated within PVWatts® from lower performing modules. Both NREL and private companies provide more sophisticated PV modeling tools (such as the Golden Advisor Model at <https://www.nrel.gov>) that allow for more precise and complex modeling of PV systems.

The expected range is based on 30 years of actual weather data at the given location and is intended to provide an indication of the variation you might see. For more information, please refer to the NREL report: The Error Report.

Disclaimer: The PVWatts® Model ("Model") is provided by the National Renewable Energy Laboratory ("NREL"), which is operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC ("Alliance") for the U.S. Department of Energy ("DOE") and may be used for any purpose whatsoever.

The name COOPER/ALLIANCE shall not be used in any representation, advertising, publicity or other manner whatsoever to endorse or promote any entity that adopts or uses the Model. COOPER/ALLIANCE shall not provide

any support, consulting, training or assistance of any kind with regard to the use of the Model or any updates, revisions or new versions of the Model.

YOU AGREE TO INDEMNIFY COOPER/ALLIANCE, AND ITS AFFILIATES, OFFICERS, AGENTS, AND EMPLOYEES AGAINST ANY CLAIM OR DEMAND, INCLUDING REASONABLE ATTORNEY'S FEES, RELATED TO YOUR USE, RELIANCE, OR ADOPTION OF THE MODEL FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER. THE MODEL IS PROVIDED BY COOPER/ALLIANCE "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL COOPER/ALLIANCE BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO CLAIMS ASSOCIATED WITH THE LOSS OF DATA OR PROFITS, WHICH MAY RESULT FROM ANY ACTION IN CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS CLAIM THAT ARISES OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE MODEL.

The energy output range is based on analysis of 30 years of historical weather data for nearby, and is intended to provide an indication of the possible interannual variability in generation for a fixed (open rack) PV system at this location.

PVWatts Calculator

RESULTS

101,983 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Value (#)
January	3.16	5,681	N/A
February	3.83	6,209	N/A
March	5.02	8,781	N/A
April	5.02	8,323	N/A
May	6.11	10,065	N/A
June	6.82	10,598	N/A
July	6.34	11,206	N/A
August	6.37	11,244	N/A
September	6.66	10,435	N/A
October	4.54	8,350	N/A
November	3.31	6,534	N/A
December	2.45	4,415	N/A
Annual	5.15	101,983	0

Location and Station Identification

Requested Location	Izmir
Weather Data Source	(NREL) IZMIR, TURKEY 8.3 mi
Latitude	38.5° N
Longitude	27.02° E

PV System Specifications (Residential)

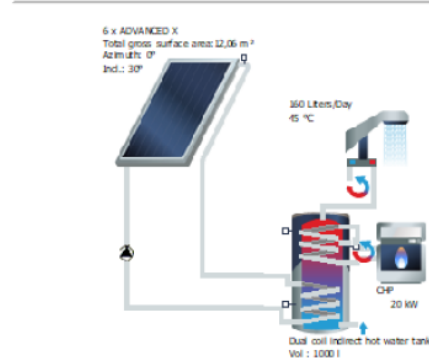
DC System Size	70 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (open rack)
Array Tilt	40°
Array Azimuth	180°
System Losses	14.08%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

Economics

Average Retail Electricity Rate	No utility data available
---------------------------------	---------------------------

Performance Metrics

Capacity Factor	16.6%
-----------------	-------



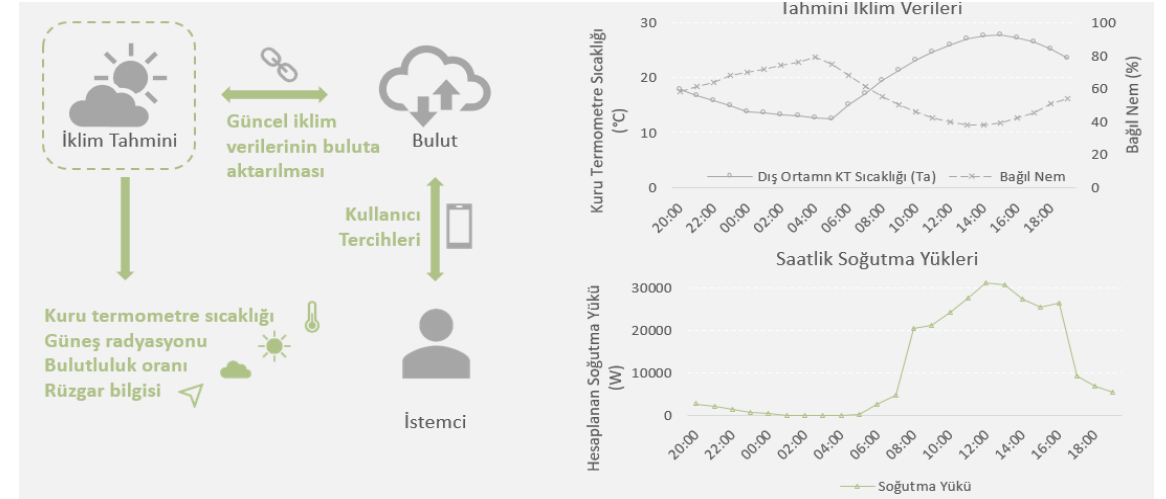
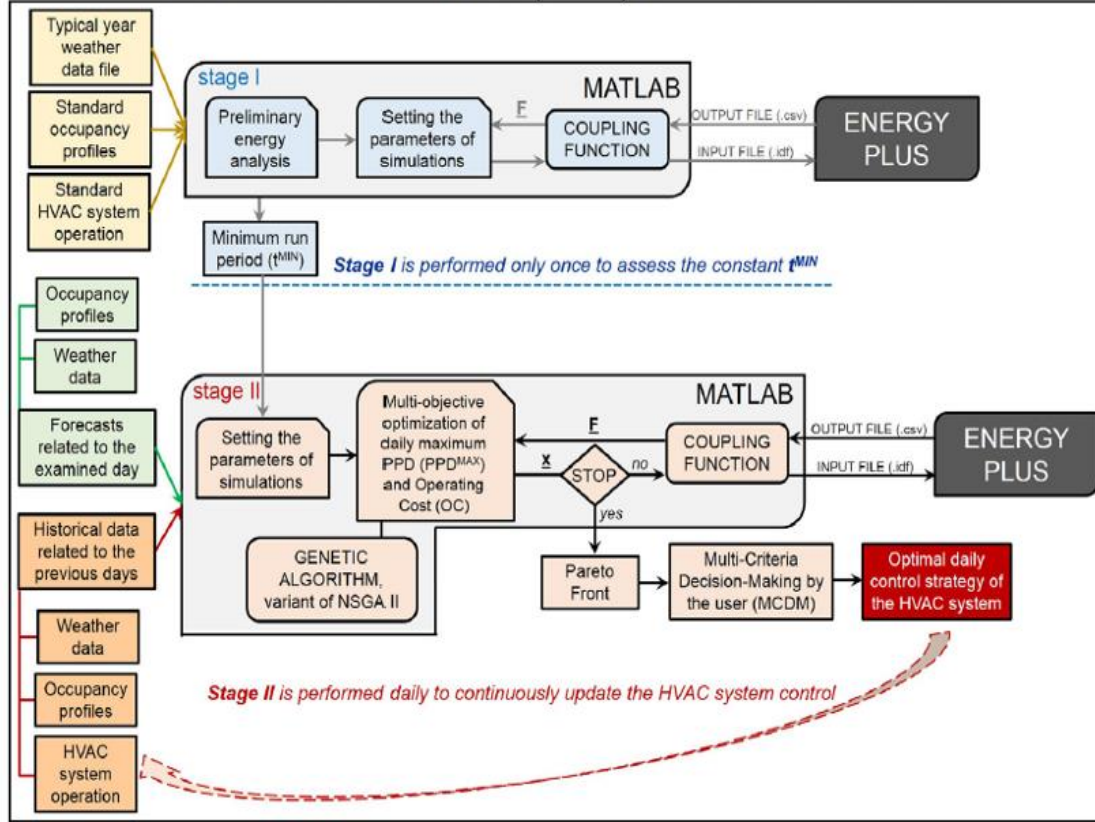
Results of annual simulation

Installed collector power:	8,44 kW	
Installed solar surface area (gross):	12,06 m ²	
Irradiation on collector surface (active):	12.799,55 kWh	1.146,91 kWh/m ²
Energy delivered by collectors:	3.786,77 kWh	339,32 kWh/m ²
Energy delivered by collector loop:	3.400,29 kWh	304,69 kWh/m ²
DHW heating energy supply:	2.364,75 kWh	
Solar energy contribution to DHW:	3.075,00 kWh	
Energy from auxiliary heating:	1.192,8 kWh	
Natural gas (H) savings:	449,6 m³	
CO2 emissions avoided:	950,68 kg	
DHW solar fraction:	72,1 %	
Relative savings of supplementary energy (DIN EN 12977):	70,1 %	
System efficiency:	24,0 %	

Tüm simülasyon çalışmalarını aynı programla yapılması gerekmez. Farklı simülasyon programları kullanılabilir.

Enerji Simülasyonu – Optimum İşletme Senaryoları

MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PROCEDURE: FRAMEWORK



Enerji Simülasyonu Programları: Özet

- ✓ Bina kabuğ seçeneklerinin analizi (pencere oranları, gölgeleme, ısı yalıtımı vb. incelenmesi).
- ✓ Mekanik ve elektrik (aydınlatma ve ekipman) sistemlerinin etkisinin incelenmesi/analizi, sistem kapasitelerinin optimize edilmesi.
- ✓ Konfor şartlarının sağlandığının garanti edilmesi.
- ✓ Fizibilite çalışmalarının gerçekleştirilmesi.
- ✓ Kojenerasyon ve trijenerasyon gibi ilk yatırım maliyeti yüksek olan sistem kapasitelerinin doğru seçilmesi.
- ✓ Bütünsel bina enerji performansının optimize edilmesi.
- ✓ Bütçe planlaması vb.

Kaynaklar

- [1] ASHRAE 90.1-2019 Binalarda Enerji Standardı.
- [2] Recknagel, Isıtma ve Klima El Kitabı, 2004, Türk Tesisat Mühendisleri Derneđi (çeviri).
- [3] Wulfinghoff, Energy Efficiency Manual.
- [4] EDSL TAS programı eğitim notları.
- [5] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kamu Binalarının Enerji Verimli Tadiatına Yönelik Rehber, 2020.