طراحی انرژیِ صفر در پایدارسازی ساختمانها

Zero Energy Design (ZED)

to Make the Buildings Sustainable

دکتر احداله اعظمی

استاد مدعو گروه معماری، دانشگاه مدیترانه شرقی، قبرس شمالی

Dr. Ahadollah Azami

Department of Architecture

Eastern Mediterranean University

(EMU)

TRNC

E-mail: Ahadollah.Azami@emu.edu.tr

+90-533-877-6452

@ahad.azami

+98-914-309-1559

توسعه پایدار و طراحی پایدار

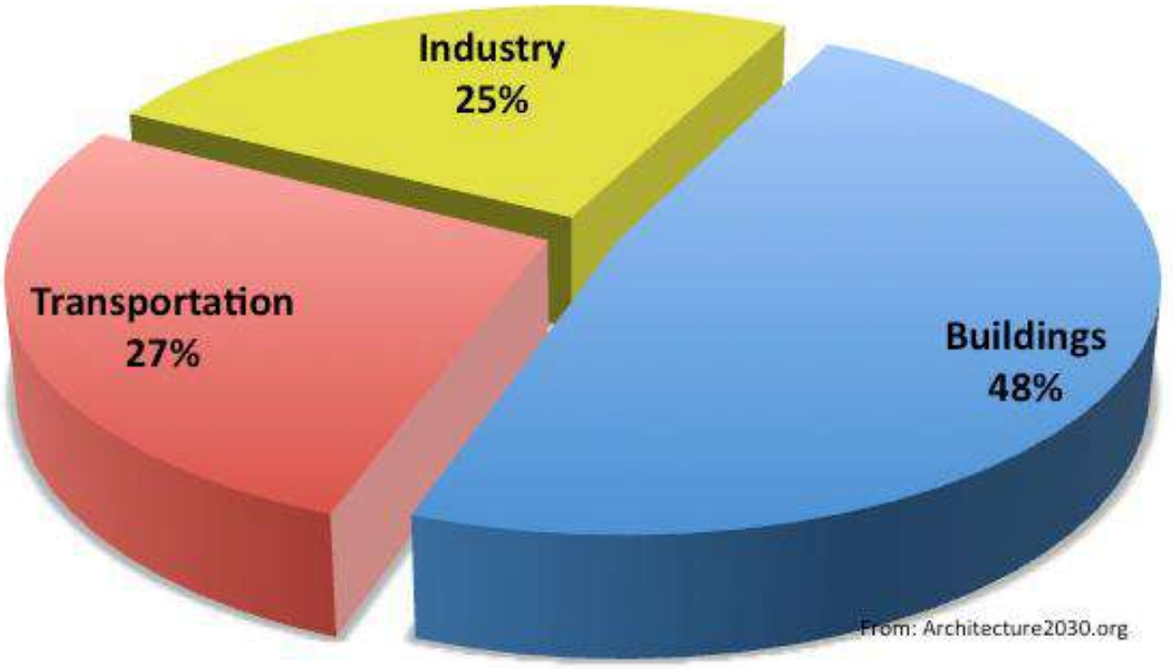
Sustainable Development & Design

توسعه پایدار: تامین نیازهای نسل حاضر بدون آنکه نیازهای نسل آینده به خطر بیفتد.

طراحی پایدار: در پی ایجاد جوامع، ساختمانها و محصولاتی است که با بینش توسعه پایدار مرتبط باشند. و در حقیقت روندی است که سلامتی سیستم هایی که زندگی را پایدار می کنند بهبود می بخشد.

چرا ساختمانها؟

- مصرف انرژی در ساختمان ها در جهان ۳۸ تا ۴۸ درصد می باشد که بیشتر از مصرف انرژی خودروهای سواری و سنگین می باشد.
- ساختمانها حدود ۴۰ درصد مصرف انرژی در ایران را به خود اختصاص می دهند.
- هر چقدر مصرف انرژی بیشتر باشد، اثرات منفی انتشار آلاینده توسط ساختمانها تحت عنوان ردپای کربن نیز بیشتر خواهد شد.



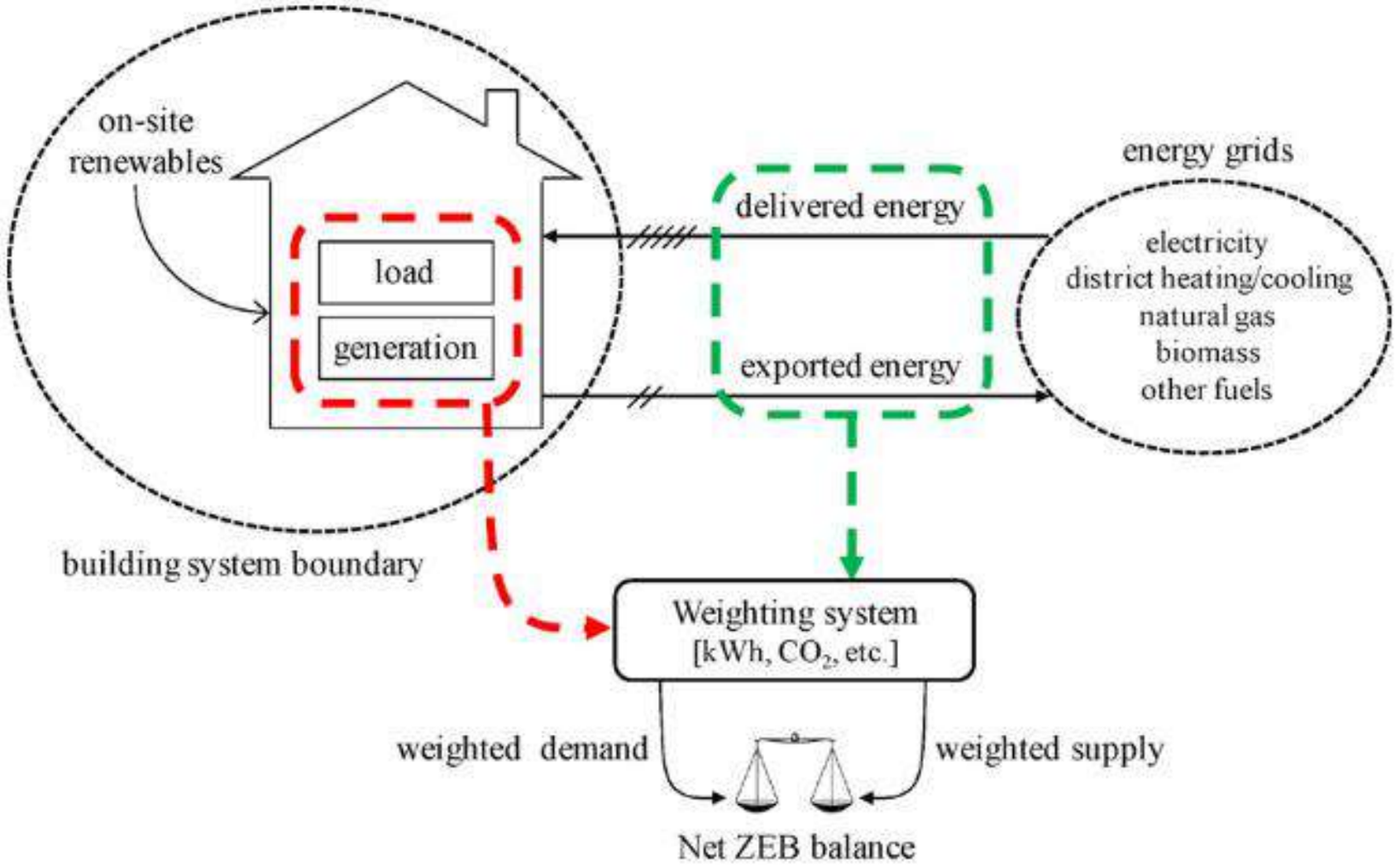
انرژیِ صفر = صفر° انرژی	مثلا	شهرِ فولاد = فولاد° شهر

ساختمان انرژیِ صفر (صفر° انرژی) (Zero Energy Building):

ساختمان با عملکرد انرژی بسیار بالا که بتواند باقی نیاز انرژی سالانه خود را از طریق انرژی های تجدیدپذیر تولیدی در خود سایت ساختمان تامین کند.

بالانس ساختمان صفر انرژی
مبتنی بر بار/تولید یا ارسالی/دریافتی انرژی برای هر کدام از حاملهای انرژی

در نهایت میزان تقاضای انرژی می باید با میزای انرژی تولیدی از منابع انرژی تجدیدپذیر برابر باشد.



گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر (صفر ° انرژی)

- گام ۰-پژوهش و آنالیز مصرف انرژی
- گام ۱- کاهش مصرف انرژی
- گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی
- گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)
- گام ۴- هماهنگی موارد بالا

■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی

Building description

Description
Typology
Floor Area
Number of inhabitants/users
Construction period
Location

Energy consumption and energy carriers

Write down the energy carriers in the first row. Select for each of the energy using functions which energy carrier is used. If a certain function is not present in your building don't select the energy carrier.

	Carrier 1:	Carrier 2:	Carrier 3:
Heating	☐	☐	☐
Cooling	☐	☐	☐
Hot water bathroom	☐	☐	☐
Hot water kitchen	☐	☐	☐
Cooking	☐	☐	☐
Oven	☐	☐	☐
Refrigerator	☐	☐	☐
Washing machine	☐	☐	☐
Tumble dryer	☐	☐	☐
Dish washer	☐	☐	☐
TV/computer	☐	☐	☐
Lighting	☐	☐	☐
Other:	☐	☐	☐
Other:	☐	☐	☐
Other:	☐	☐	☐
Yearly consumption			

Energy consumption and energy carriers

To be able to compare your outcomes with other students you have to convert the energy consumption per year to primary energy, per m2 and per person.

	Primary energy	Primary energy per m2	Primary energy per person
kWh			
MJ			

Building description

Description	Apartment
Typology	Residential
Floor Area	420 m2
Number of inhabitants/users	4
Construction period	2001
Location	Tehran, Iran

Energy consumption and energy carriers

Write down the energy carriers in the first row. Select for each of the energy using functions which energy carrier is used. If a certain function is not present in your building don't select the energy carrier.

	Carrier 1: electricity	Carrier 2: Natural gas	Carrier 3: _
Heating	☒	☐	☐
Cooling	☒	☐	☐
Hot water bathroom	☐	☒	☐
Hot water kitchen	☐	☒	☐
Cooking	☐	☒	☐
Oven	☒	☐	☐
Refrigerator	☒	☐	☐
Washing machine	☒	☐	☐
Tumble dryer	☒	☐	☐
Dish washer	☒	☐	☐
TV/computer	☒	☐	☐
Lighting	☒	☐	☐
Other: hairdryer	☒	☐	☐
Other: iron	☒	☐	☐
Other: Click or tap here to enter text.	☐	☐	☐
Yearly consumption	3308 kWh	6604 m3	Click or tap here to enter text.

Energy consumption and energy carriers

To be able to compare your outcomes with other students you have to convert the energy consumption per year to primary energy, per m2 and per person.

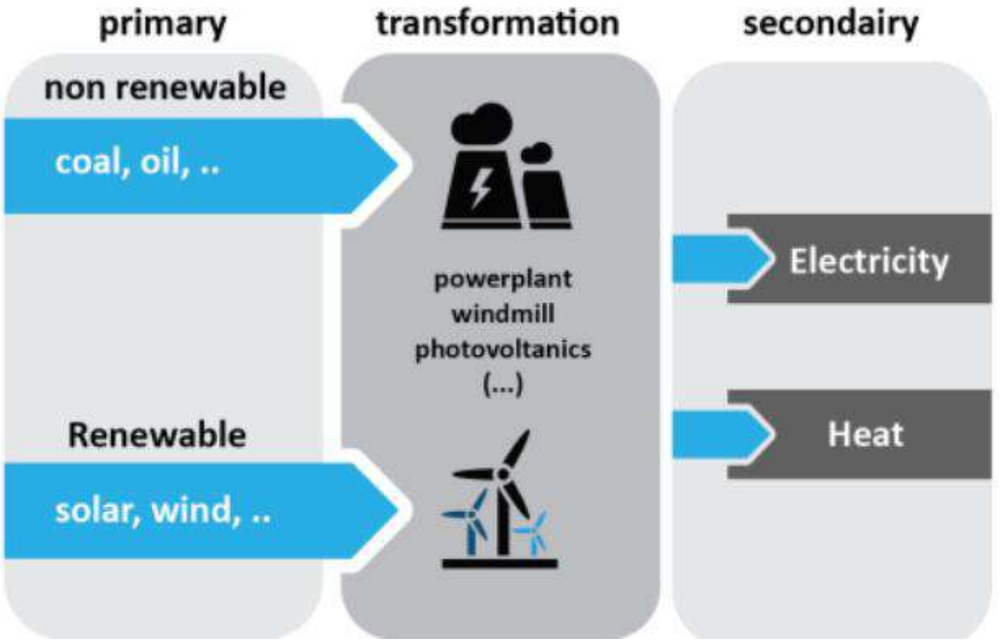
	Primary energy	Primary energy per m2	Primary energy per person
kWh	72989	174	18247
MJ	262760	625	65690

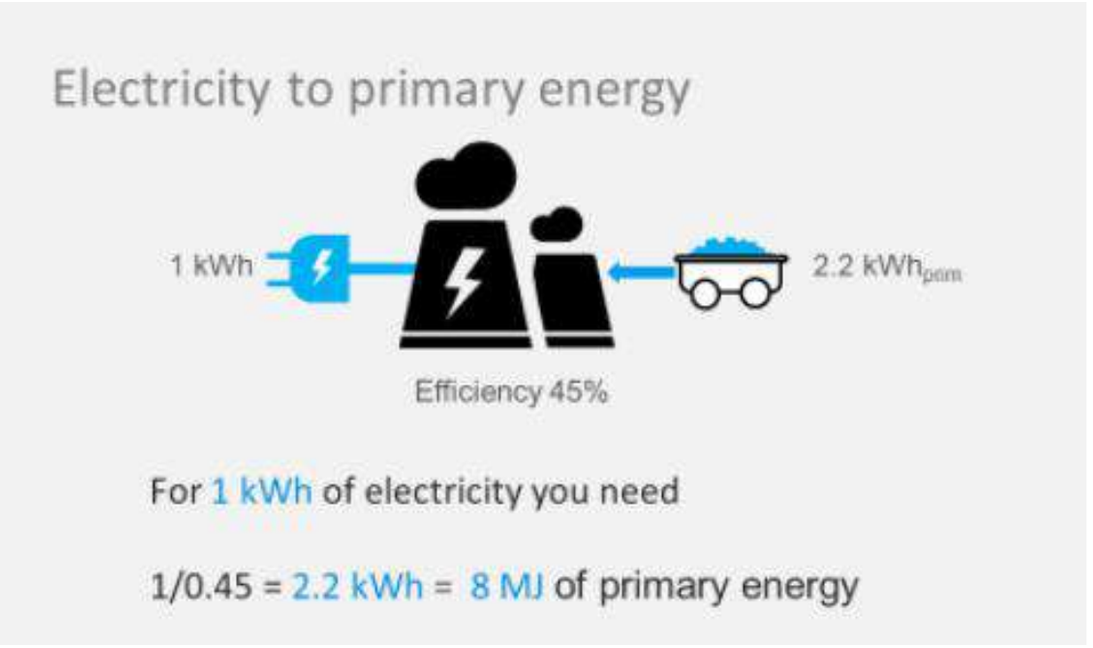
انرژی مورد نیاز

■ انرژی اولیه مورد نیاز برای تولید ۱ کیلووات ساعت الکتریسیته بستگی به راندمان نیروگاه انرژی مورد نظر دارد.

■ در صورتی که راندمان نیروگاه به طور متوسط ۴۵ درصد باشد برای تولید برق ۱ کیلووات ساعت، ۲/۲ کیلووات ساعت (۸ مگاژول) انرژی اولیه مورد نیاز است.

تذکر : ۱ کیلووات ساعت=۳/۶ مگاژول





چگالی انرژی سوخت های متداول مورد استفاده در ساختمان

چگالی انرژی هر مترمکعب گاز طبیعی برابر ۹/۸ کیلووات ساعت یا ۳۵/۲ مگاژول می باشد.
(۹/۸*۳/۶=۳۵/۲ مگاژول)

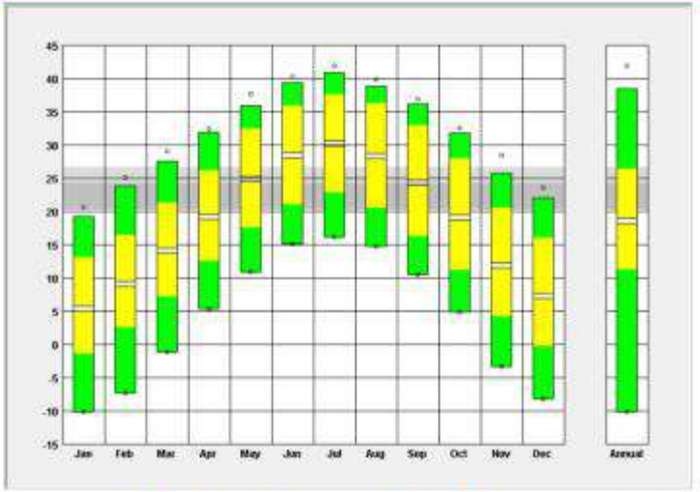
تذکر: ۱ کیلووات ساعت=۳/۶ مگاژول

Fuel	Volume/amount	Energy density (چگالی انرژی سوخت ها)
Natural gas	1 m^3	**35.2 MJ** 9.8 kWh
Petrol	1 liter	**34.9 MJ** 9.7 kWh
Diesel	1 liter	**38.2 MJ** 10.6 kWh
Kerosine	1 kg	**43.5 MJ** 12.1 kWh
Biomass	1 kg	**15.1 MJ** 4.2 kWh
LPG /propane	1 kg	**49.6 MJ** 13.8 kWh
Butane	1 kg	**49.1 MJ** 13.6 kWh
Coal	1 kg	**28.6 MJ** 9.7 kWh
Brown coal	1 kg	**20.5 MJ** 5.7 kWh
Dry Wood	1 kg	**19.0 MJ** 5.3 kWh

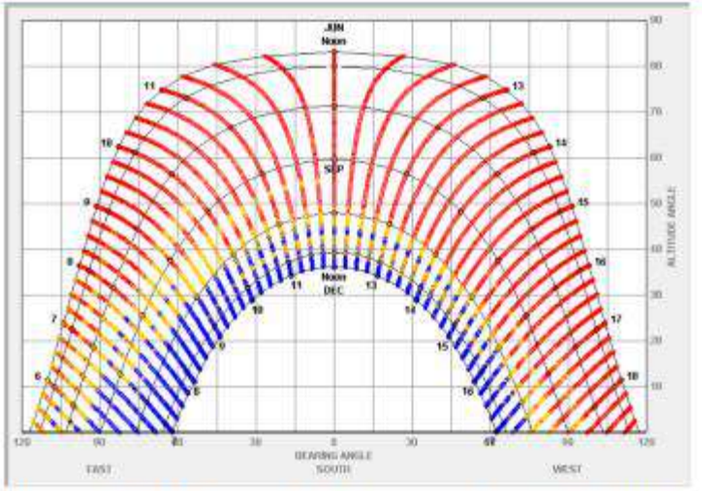
تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

Climate: Desert (Kerman)

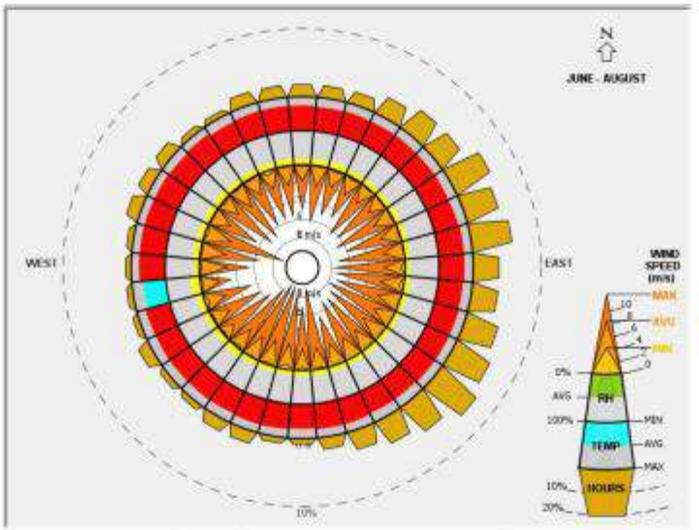
Climate Analysis



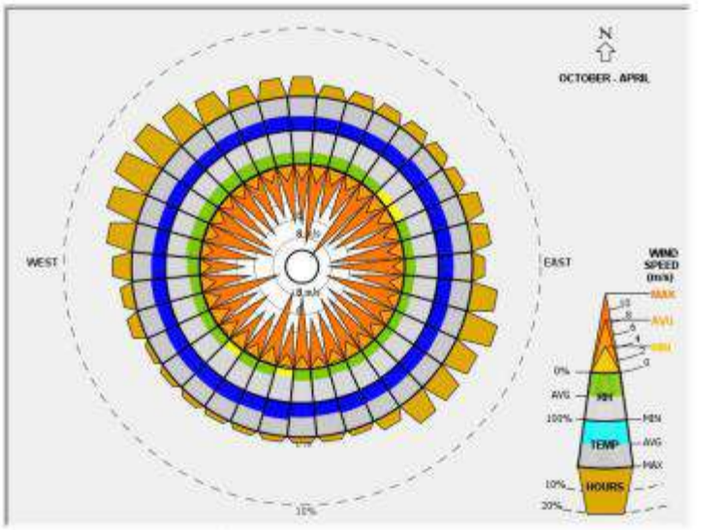
The recorded temperature range is between -10°C and +42°C. Cold months are from Oct to Apr and warm months are from Jun to Aug.The coldest recorded temperature is between -10°C for Jan and the warmest recoeded temperature is +42°C for Jul.



The angele of the sun for shading device is 84° for Jun. The angle of entry of the sun is 36° for Dec and 59° for Sep.



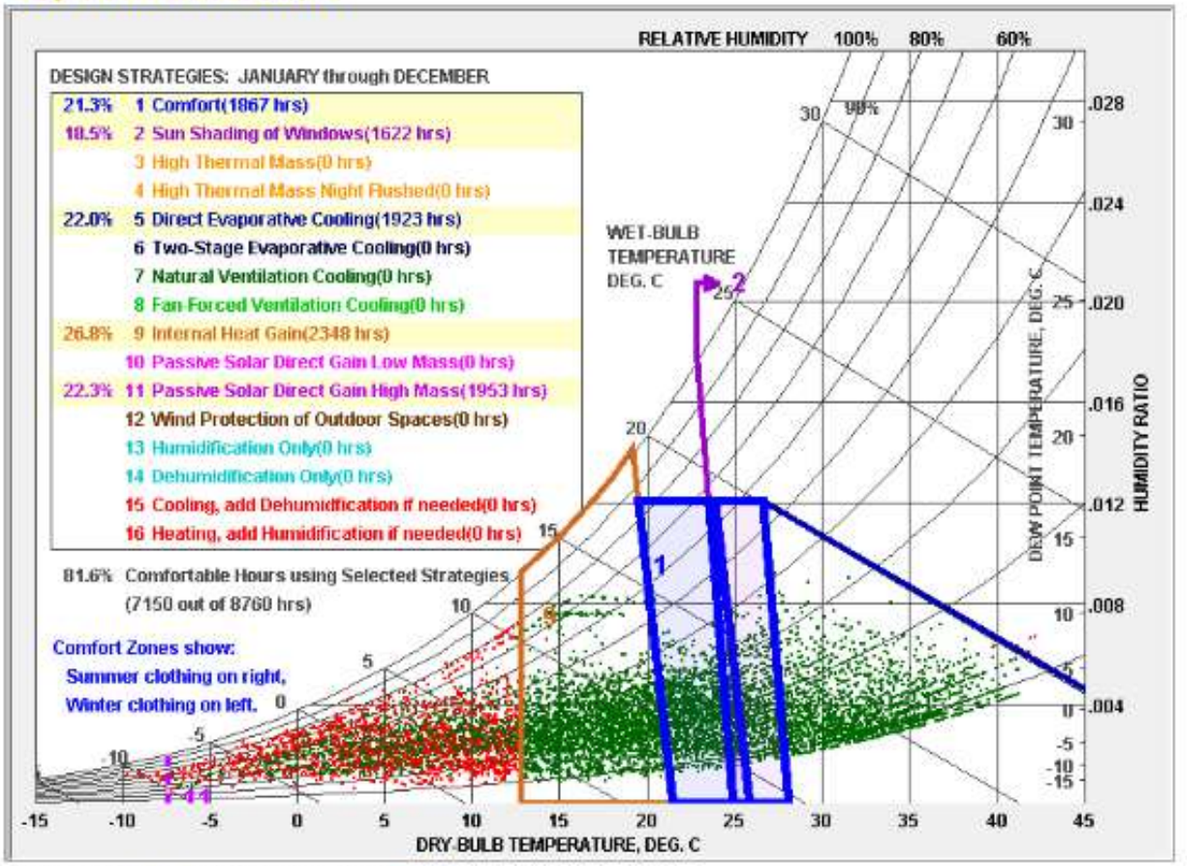
In warm months of the year, the prevailing wind direction is through the north-east and south-east.



In cold months of the year, the prevailing wind direction is through the north-west and south-east.

تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

Psychrometric Chart



Percentage of comfortable hours: 81.6%

Design Principles

- Without using of mechanical systems ,we can reach 81.6% of comfortable zone, we can reach 100% of comfortable zone if we use mechanical systems.(The remaining 18.4% can be supplied by mechanical systems).
-shade to prevent overheating, open to breezes in summer, and use passive solar gain in winter.
- For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer.
- Flat roofs work well in hot dry climates (especially if light colored).
- Good natural ventilation can reduce or eliminate air conditioning in warm weather, if windows are well shaded and oriented to prevailing breezes.
- The best high mass walls use exterior insulation (like EIFS foam) and expose the mass on the interior or add plaster or direct contact drywall.
- Provide double pane high performance glazing (Low-E) on west, north, and east, but clear on south for maximum passive solar gain.
- Heat gain from lights, people, and equipment greatly reduces heating needs so keep home tight, well insulated(to lower Balance Point temperature).
- Use light colored building materials and cool roofs (with high emissivity) to minimize conducted heat gain.
- Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation.

■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

اجزای غیرفعال (ایستا)

Passive Components

1■ پوشش ساختمان

- بهره وری
- عایق
- جرم حرارتی
- محوطه فضایی

تذکر: جنبه های اصلی بهره وری انرژی در پوشش ساختمان عبارتند از:

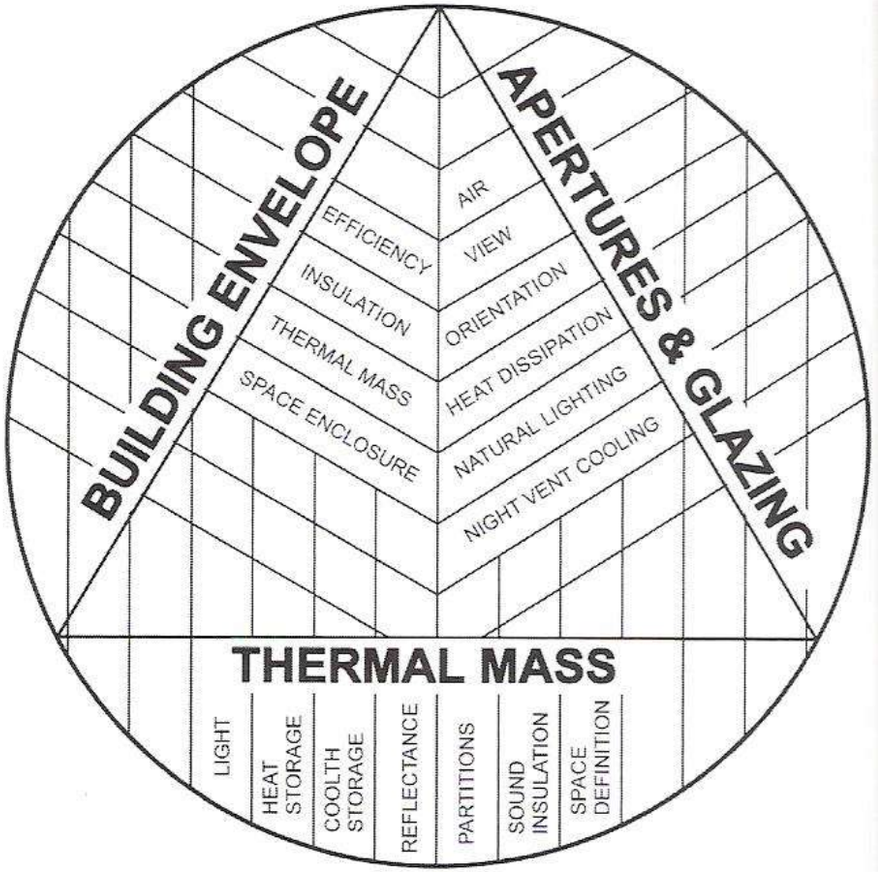
- عایق کاری
- کاهش هوای نفوذی
- ساختار کارا انرژی

2■ روزنه ها و سطوح شفاف

- هوا
- دید به سمت بیرون
- جهت گیری
- تلفات حرارت
- نور طبیعی (نور روز)
- سرمایش تهویه ای شب هنگام

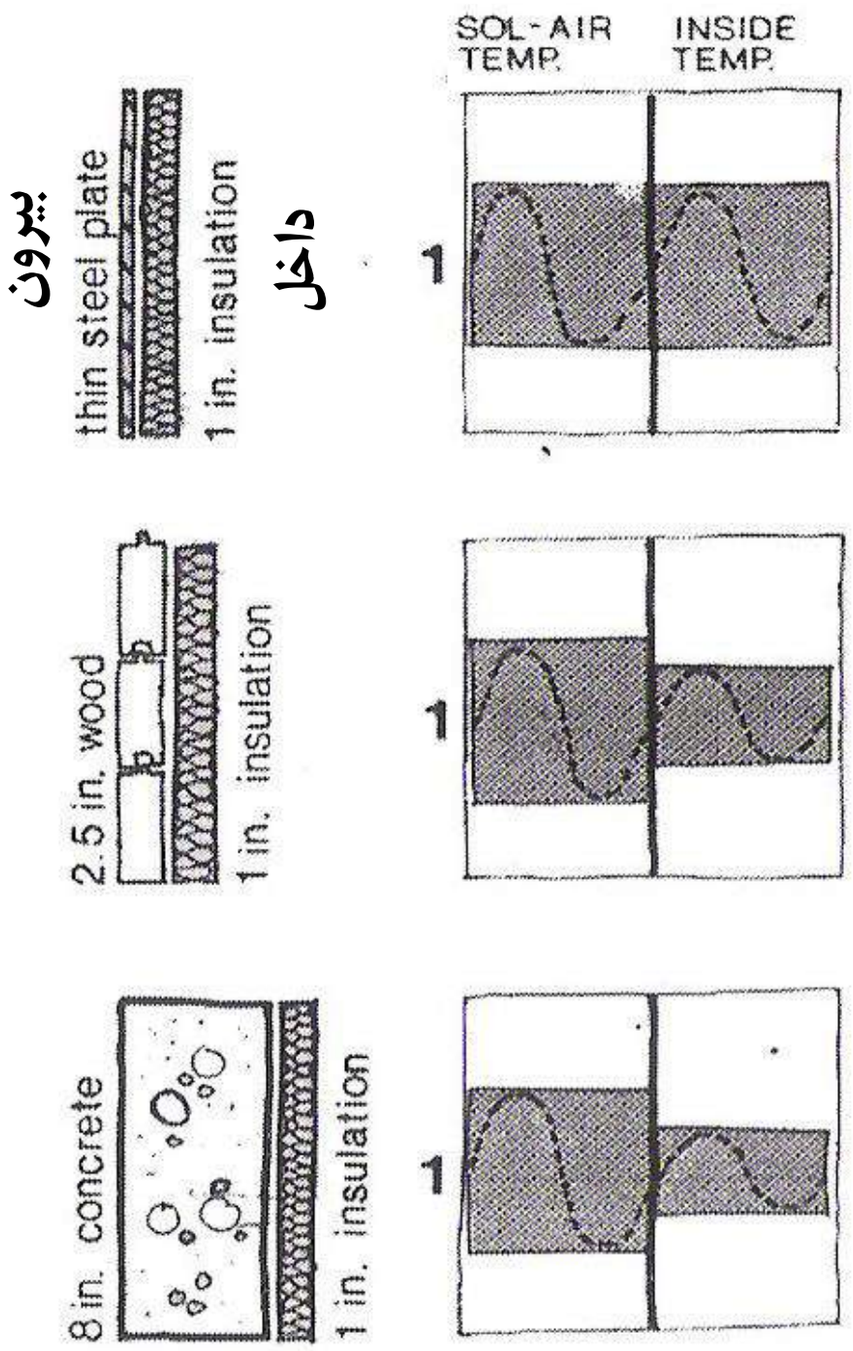
3■ جرم حرارتی

- سبک وزن
- ذخیره گرمایشی
- ذخیره سرمایشی
- پارتیشن ها
- عایق کاری صوتی
- تبیین فضایی



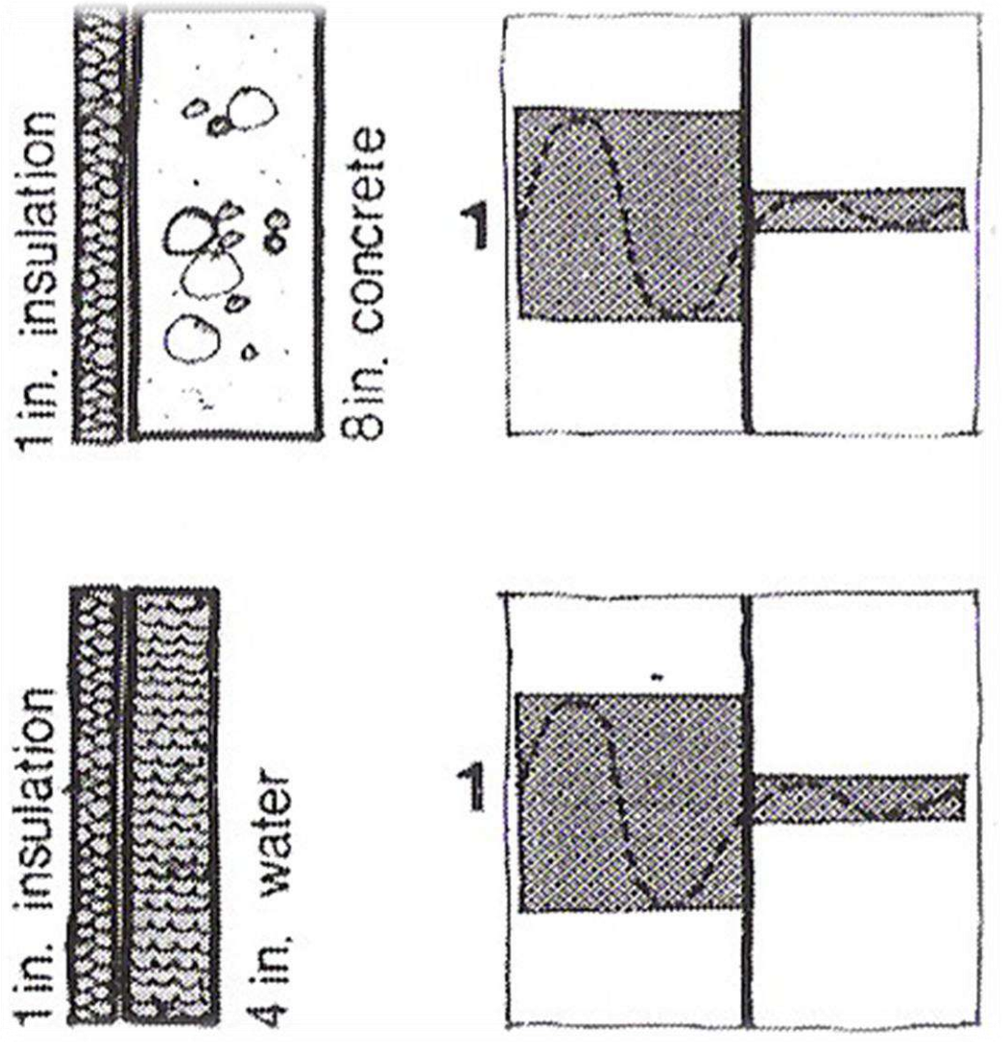
Optimizing Thermal Mass and Insulation

بهینه سازی جرم حرارتی و عایقکاری



Optimizing Thermal Mass and Insulation

بهینه سازی جرم حرارتی و عایقکاری



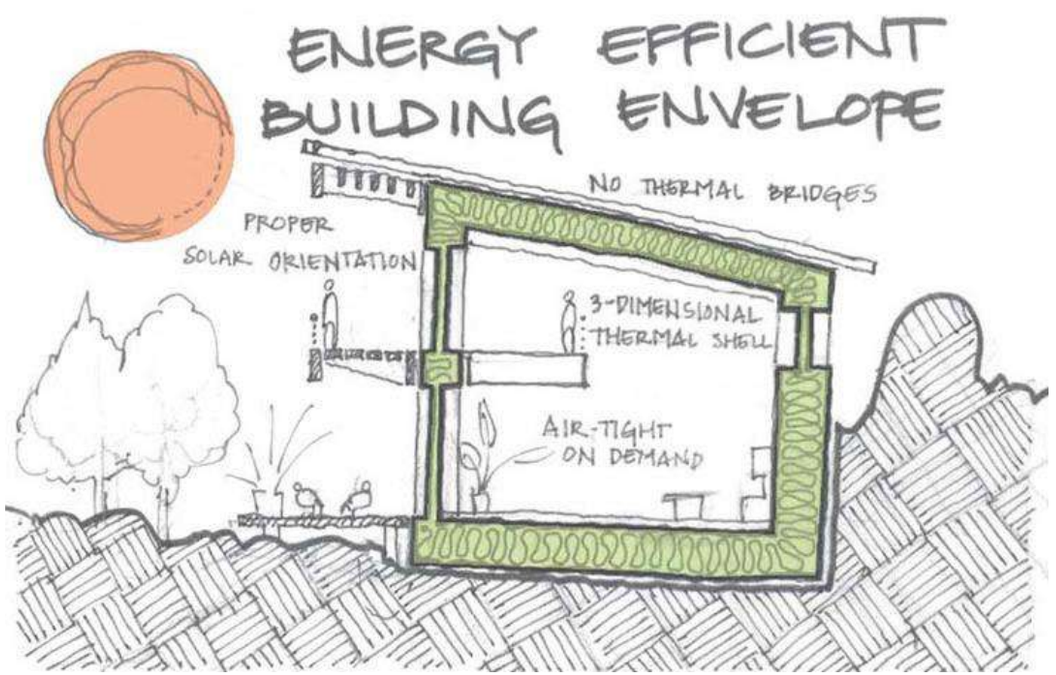
عملکرد استفاده از ۲۰ سانتی متر بتن به عنوان جرم حرارتی آبی در داخل (شکل بالا) معادل استفاده از ۱۰ سانتی متر جرم حرارتی آبی (شکل پایین) می باشد.

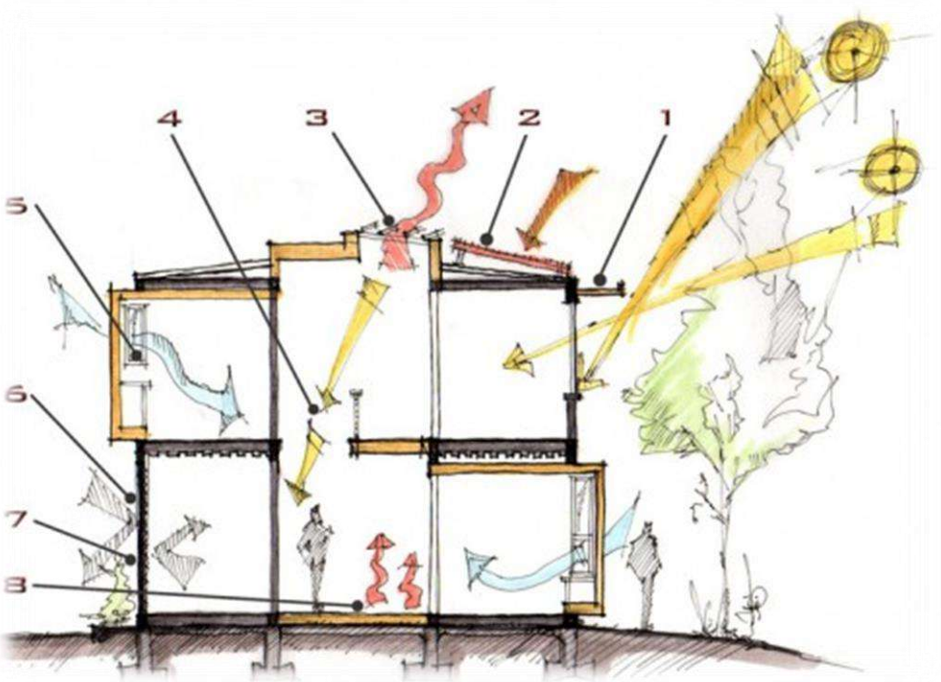
Thermal Mass

جرم حرارتی

Heat Distribution

پخش حرارت





تابش خورشیدی در روزهنگام زمستان در جرم حراتی داخل ساختمان جذب شده و در شب هنگام به فضا بازپس داده می شود.

بالانس انرژی و تلفات حرارتی

■ تلفات انرژی در ساختمان ناشی از مجموع تلفات حرارتی (Q_T) و تلفات تهویه ای (Q_V) می باشد.

■ دریافت های انرژی در ساختمان نیز مجموع دریافت های خورشیدی (Q_S) از سطوح شفاف و دریافت های حرارتی داخلی(Q_I) است.

$$Q_H = Q_T + Q_V - [\eta \times (Q_S + Q_I)]$$

Example: $Q_H = (40.9 + 6.3) - [0.89 * (22.9 + 13.8)] = 47.2 - 32.63 = 14.57$ kWh/year

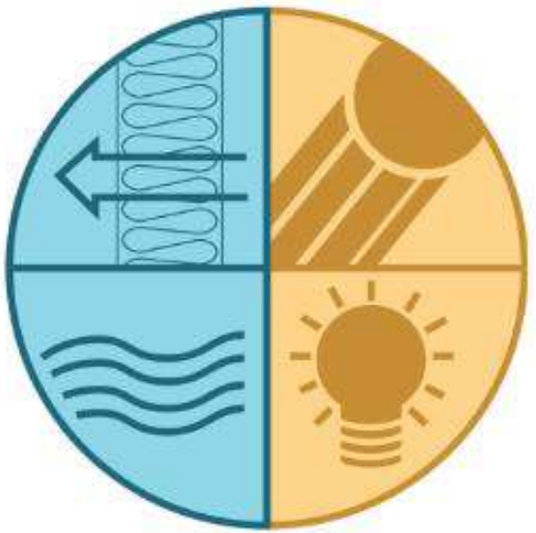
Q_T Heat Losses due to Transmission

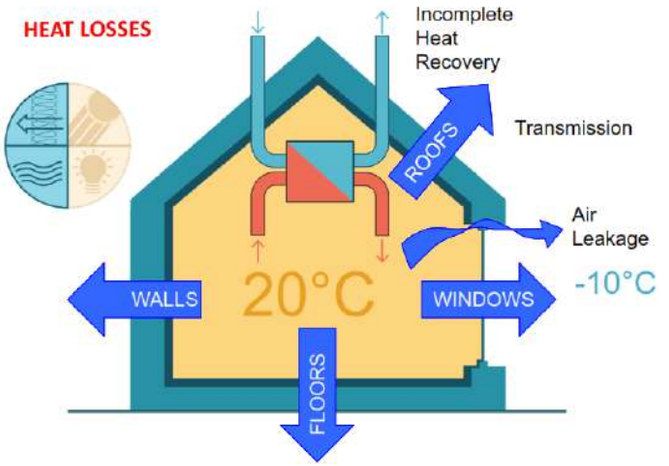
Q_V Heat Losses due to Ventilation

Q_S Heat Gains due to Solar Radiation

Q_I Heat Gains due to Internal Gains

η = utilization factor for gains





بالانس انرژی و تلفات حرارتی

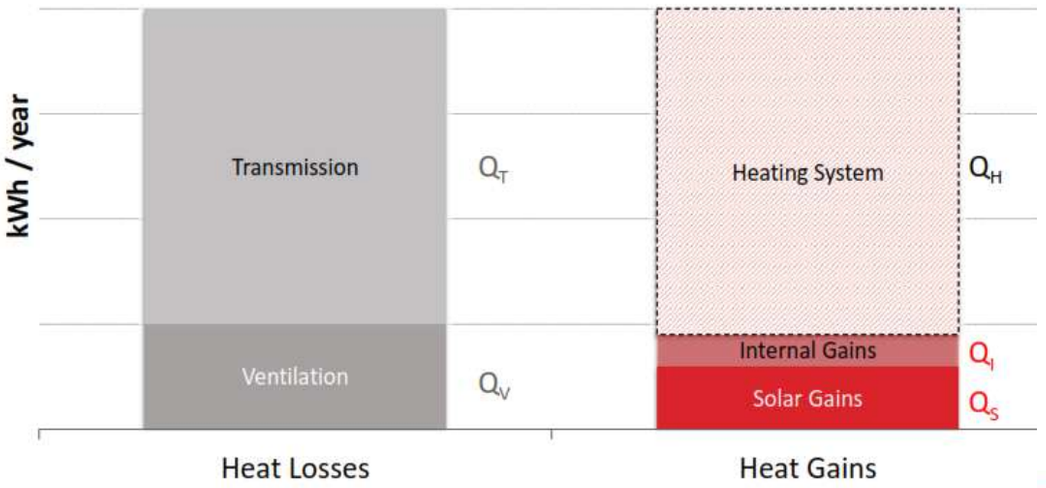
■ تلفات انرژی در ساختمان ناشی از مجموع تلفات حرارتی (Q_T) و تلفات تهویه ای (Q_V) می باشد.

■ دریافت های انرژی در ساختمان نیز مجموع دریافت های خورشیدی (Q_S) از سطوح شفاف و دریافت های حرارتی داخلی(Q_I) است.

■ جهت تقرب به طراحی انرژی صفر می باید تفاوت تلفات و دریافت ها به حداقل برسد که طبق استاندارد پسیوهاوس می باید کمتر از ۱۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال باشد.

Energy Balance

$$Q_H = Q_T + Q_V - [\eta \times (Q_S + Q_I)]$$



محاسبات تلفات حرارتی (انتقال حرارت از پوسته ساختمان)

$$Q_T = A \times U \times f_t \times G_t$$

Q_T (Transmission Loss) =

Area of the thermal envelope (m^2)

×

U-Value ($W/m^2 \cdot K$)

×

Temp. Correction Factor (if needed)

×

Yearly Heating Degree Hours (kKh/yr)

=kWh/a

Example: Q_T = 900m^2 * 0.15 W/m^2K * 1.0 (ambient element) * 75 kKh/year (Vancouver)
= 10,125 kWh/year

محاسبات تلفات تهویه ای

$$Q_V = V_v \times n_{v\text{-}demand} \times c_{air} \times G_t$$

Q_V (Ventilation Losses) =

Ventilated Volume (m^3)

×

Energetically Effective Air Changes (h^{-1})

×

Specific Heat Capacity of Air ($Wh/m^3 \bullet K$)

×

Yearly Heating Degree Hours (kKh/yr)

=kWh/a

Note: h^{-1} is another way to write 'ACH'

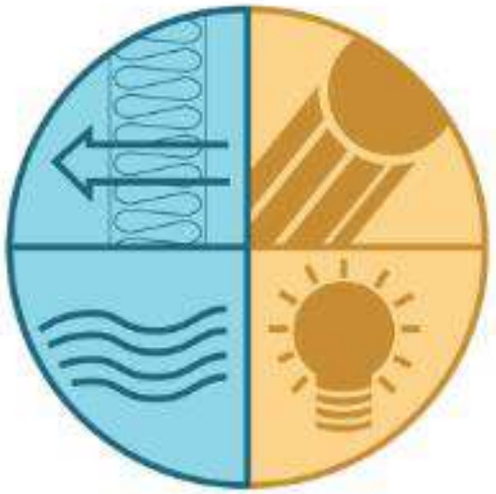
Example: Q_V =878m^3 0.104 h^{-1} * 0.33 Wh/m^3K * 75 kKh/year (Vancouver) = 2,260 kWh/year

Note: c= 0.33 Wh/m^3K

محاسبات دریافت های حرارتی خورشیدی

$$Q_S = r \times g \times A_W \times G$$

Q_S (Solar Heat Gains) =



Reduction Factor (unitless)

×

Solar Heat Gain Coefficient (unitless)
('SHGC' or 'g')

×

Gross area of the window (m^2)

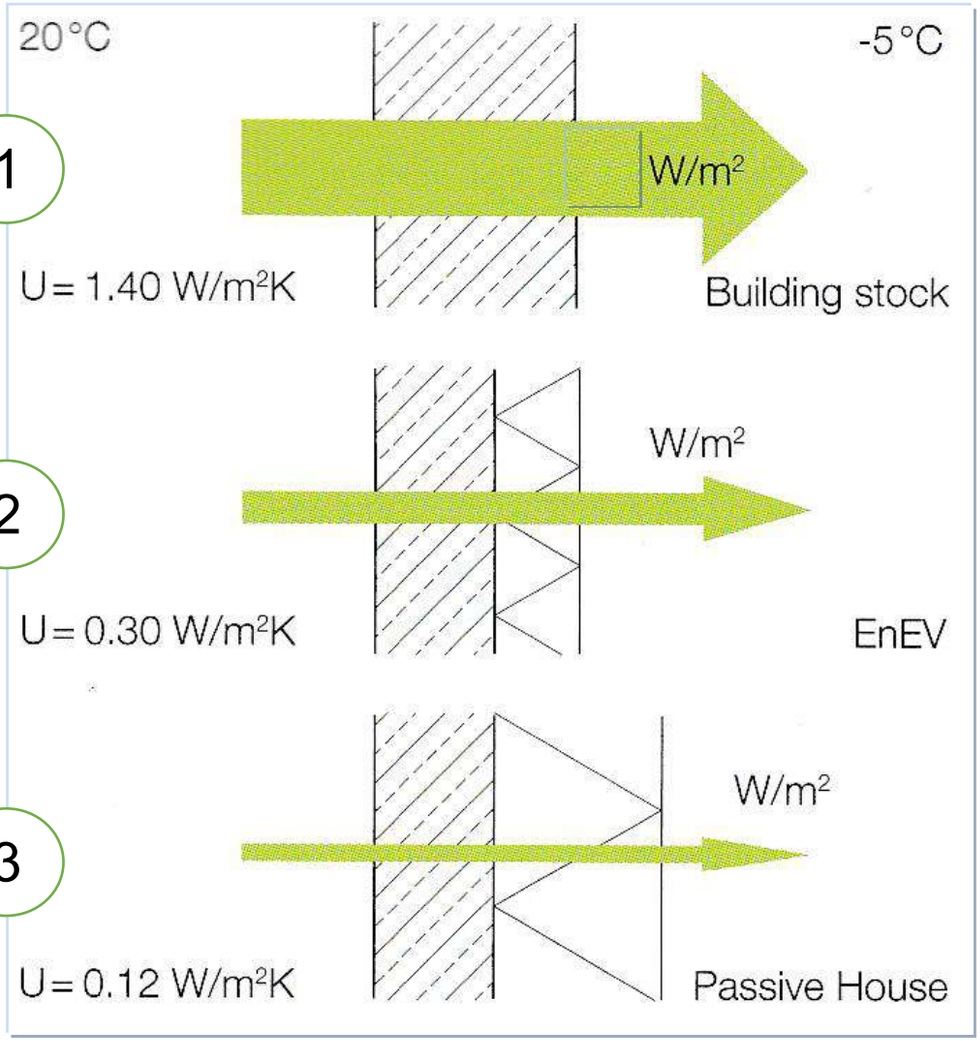
×

Global Irradiation ($kWh/m^2 \cdot yr$)

=kWh/a

Example: Q_S = 0.42 * 0.62 * 52m^2 * 480 kWh/m^2.year (Vancouver Southern Exposure)
= 6,500 kWh/year

مقایسه تاثیر میزان ضریب انتقال حرارت(U) در استانداردها و لایه های مختلف



سوال: در صورتی که دمای بیرون و داخل به ترتیب ۲۰ و ۵- درجه سانتیگراد، با ضرایب انتقال حرارت مختلف، سطح لایه انتقال حرارت یکسان برابر با ۱ متر مربع، و دیگر فاکتورها یعنی ft و GT نیز ثابت باشند، کدامیک کمترین انتقال (تلفات) حرارتی را خواهد داشت؟

پاسخ:

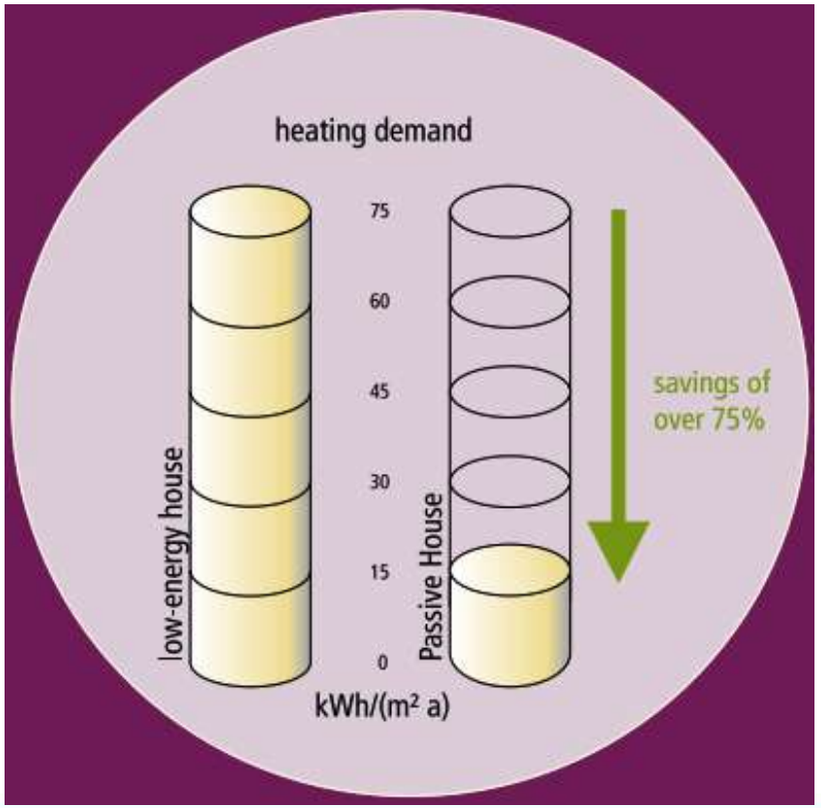
$$Q_T = A \times U \times f_t \times G_t$$

1. QT=1*1.4*(20-(-5))= 35 kWh/a
2. QT=1*0.3*(20-(-5))= 7.5 kWh/a
3. QT=1*0.12*(20-(-5))= 3 kWh/a

بنابراین دتایل سوم که طبق استاندارد پسیوهاوس می باشد، ۸۸ درصد انتقال حرارتی کمتر نسبت به دتایل اول دارد.

استاندارد ساختمانهای غیرفعال یا پسیوهاوس (Passive House Standard)

■ استاندارد پسیو هاوس (Passive House Standard) به اختصار (PHS) استانداردی بین المللی است که حدود ۳۰ سال پیش از آلمان آغاز شده و در اغلب کشورهای پیشرفته جهان توسعه و گسترش یافته است. اصول علمی این استاندارد توسط مجامع علمی و دانشگاهها و اساتید، مهندسان و دانشمندان مطرح حوزه انرژی و ساختمان تحقیق و تثبیت شده است. PHS قابلیت اعمال در تیپ های مختلف ساختمانی اعم از مسکونی، آموزشی، تجاری، صنعتی، درمانی و غیره را در اقلیم های متنوع جهان داشته، بهره وری انرژی سرمایشی/گرمایشی تا **۹۰ درصد** در مقایسه با ساختمان های متعارف و بیش از **۷۵ درصد** در قیاس با ساختمانهای نوساز را در کنار آسایش حرارتی بیشتر برای کاربران ساختمانهای مزبور به ارمغان می آورد.



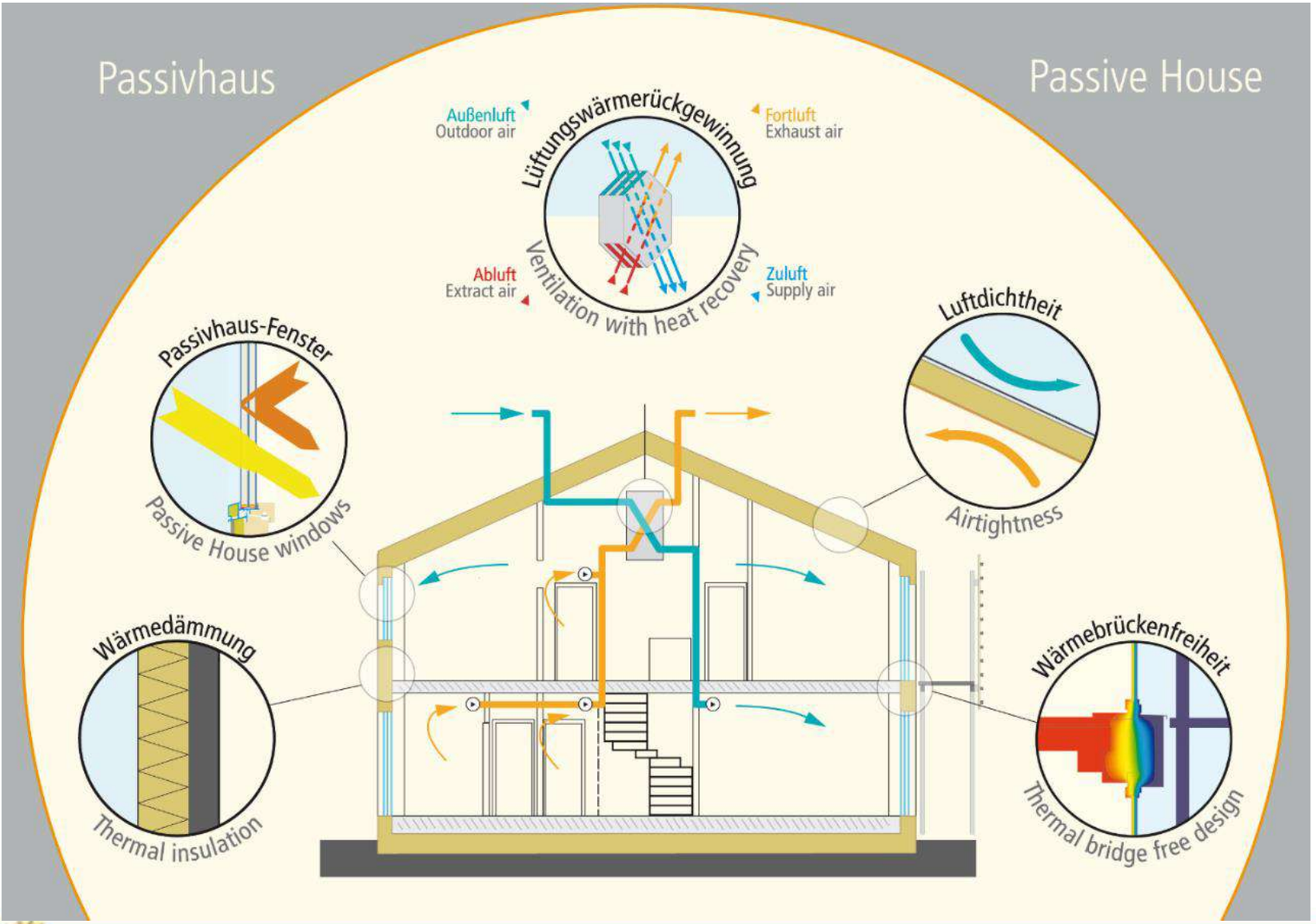
■ پسیوهاوس فراتر از یک استاندارد بوده با ارایه راهکار اقتصادی واقع بینانه، تنها حدود **۵ درصد** هزینه ساخت بیشتر نسبت به ساختمانهای نوساز معمولی دارد که آن هم در طول عمر ساختمان به سرعت و در کوتاهترین زمان ممکن جبران می شود.

■ استاندارد پسیوهاوس **(PHS)** نزدیک ترین مسیر برای رسیدن به هدف طراحی و اجرای ساختمانهای با کارآیی بالای انرژیِ صفر می باشد.

استاندارد پسیوهاوس (PHS)

۵ اصل کلیدی در ساختمانهای پسیوهاوس:

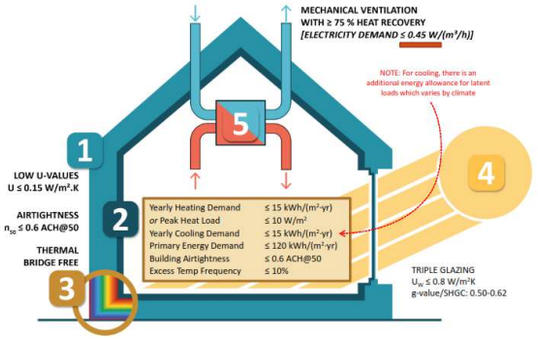
- هوابندی پوشش بیرونی ساختمان
- عایق حرارتی
- فاقد پل حرارتی
- پنجره های پسیوهاوس
- تهویه با بازیافت حرارتی



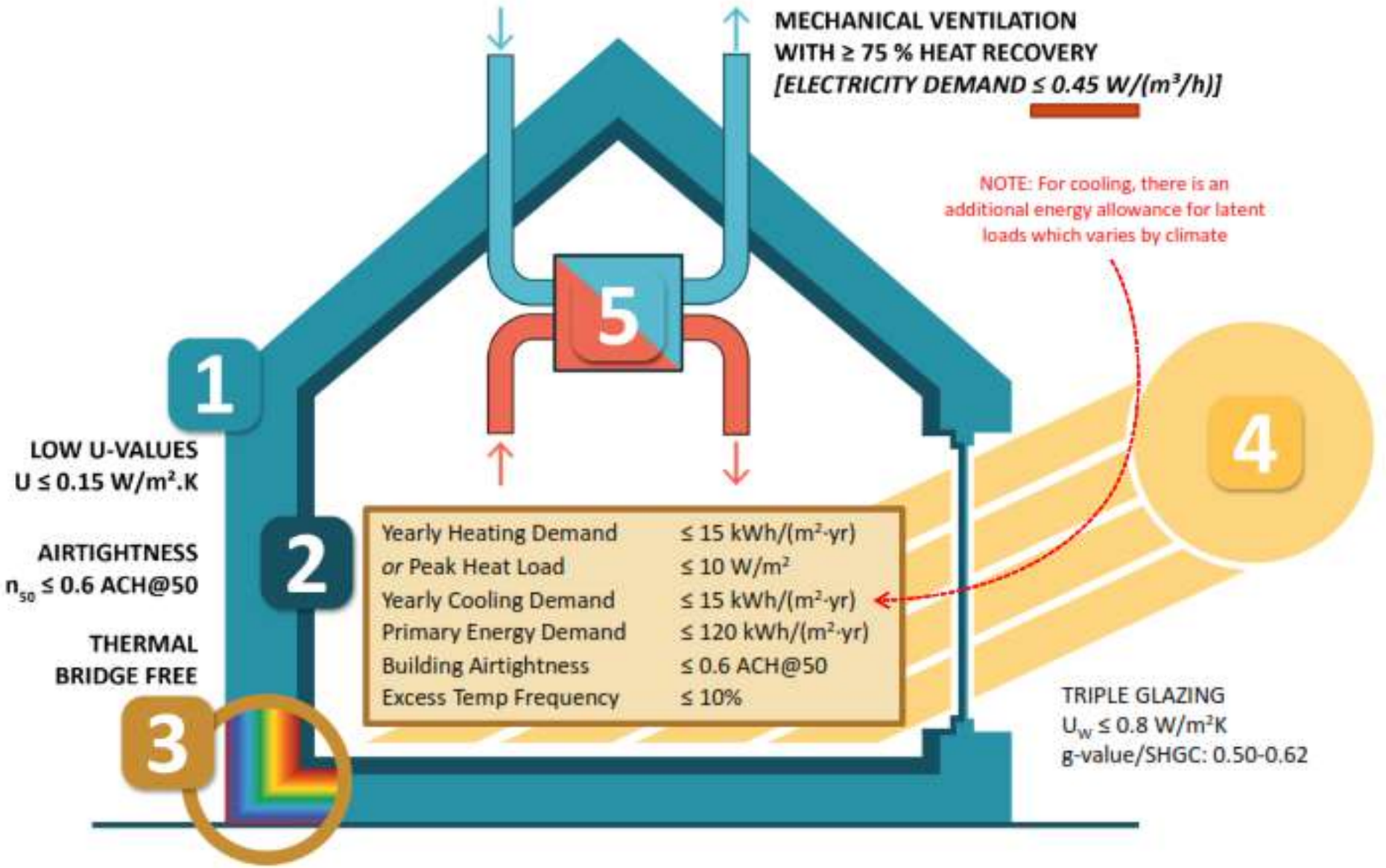
مروری بر معیارهای ساختمانهای با استاندارد پسیوهاوس (PHS)

نیاز گرمایشی	حداکثر **15 کیلووات ساعت** در سال یا **10 وات** (اوج تقاضا) برای هر مترمربع فضای مفید زیربنا
نیاز سرمایشی	تقریبا برابر با نیاز گرمایشی با مقدار اضافی رطوبت زدایی ممکن بسته به اقلیم
نیاز انرژی اولیه	حداکثر **120 کیلووات ساعت** در سال برای کل مصارف خانگی (گرمایش، سرمایش، آب گرم و برق خانگی) برای هر مترمربع فضای مفید زیربنا
هوابندی	حداکثر **0.6 تعویض هوا** در ساعت تحت فشار 50 پاسکال (که با تست فشار در محل انجام در هر دو حالت افزایش فشار و کاهش فشار تایید می شود)
آسایش حرارتی	سالانه در کل فضاهای زیستی داخل ساختمان، نباید بیش از **10 درصد** ساعات، دما از **25 درجه سانتیگراد** تجاوز کند.

جدول: الزامات پسیوهاوس برای ساختمانهای نوساز



مروری بر معیارهای ساختمانهای با استاندارد پسیوهاوس (PHS)



نیاز حرارتی ویژه (q_H)
Specific Demand

نیاز حرارتی ویژه (q_H) در طراحی و ساخت ساختمانهای منطبق بر کانسپت و استاندارد پسیوهاوس (Passive House Standard) –که از کوتاهترین مسیرها برای رسیدن به ساختمانهای انرژی صفر می باشد– اهمیت ویژه ای دارد.

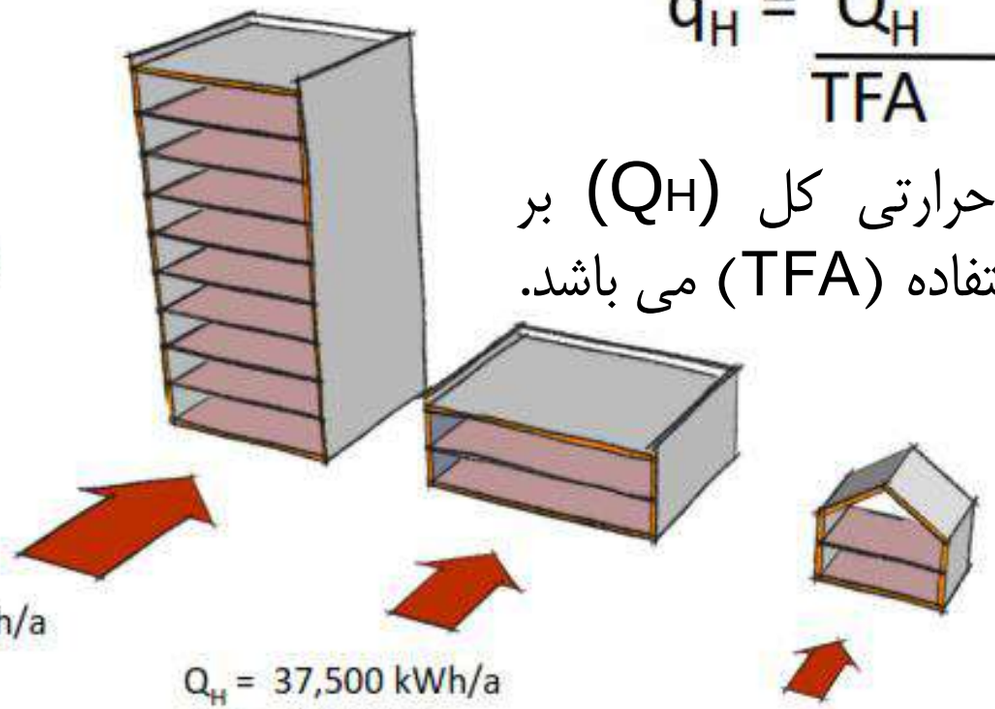
$$q_H = \frac{Q_H}{TFA}$$

(q_H) حاصل تقسیم نیاز حرارتی کل (Q_H) بر فضاهای کنترل شده قابل استفاده (TFA) می باشد.

kWh/m²a

Allows comparison across building types

PHI has strict definitions for TFA



Q_H = 300,000 kWh/a
TFA = 20,000m²

q_H = 15 kWh/m²a

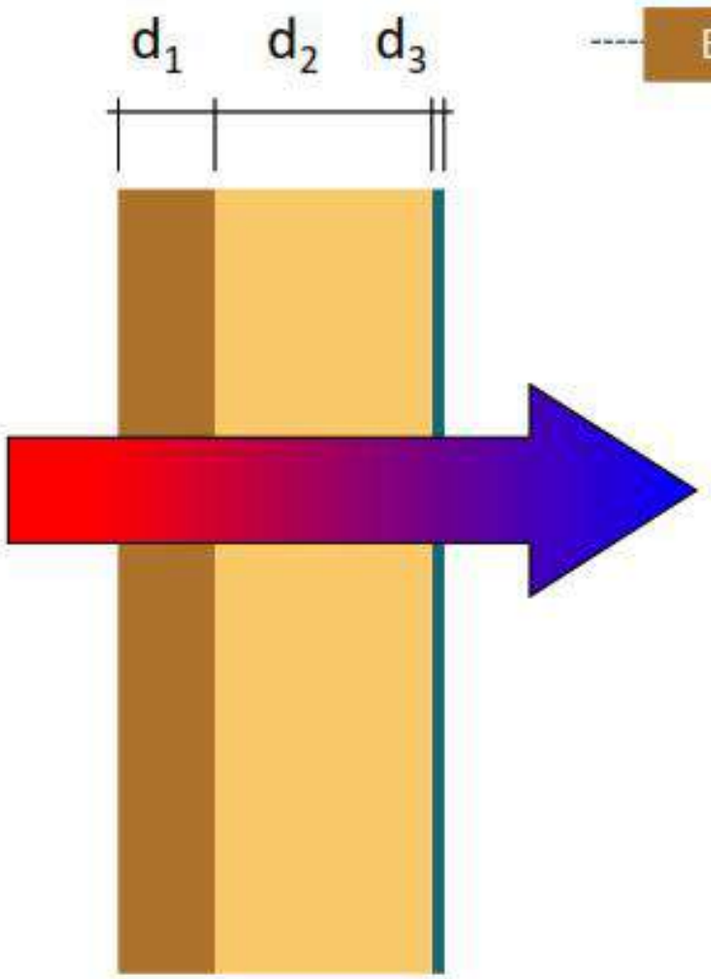
Q_H = 37,500 kWh/a
TFA = 2,500m²

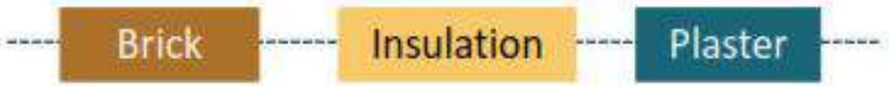
q_H = 15 kWh/m²a

Q_H = 4,500 kWh/a
TFA = 250m²

q_H = 15 kWh/m²a

محاسبات U-value در ساختارهای همگن





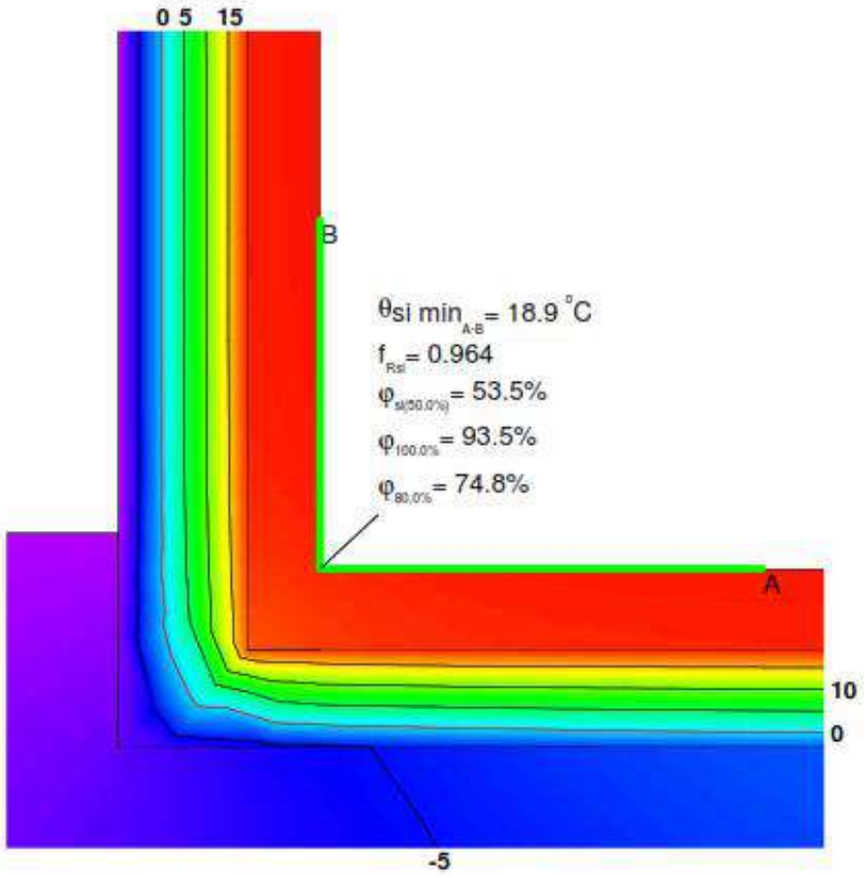
$$R_{Total} = R_{si} + (d_1 / \lambda_1) + (d_2 / \lambda_2) + (d_3 / \lambda_3) + R_{se}$$

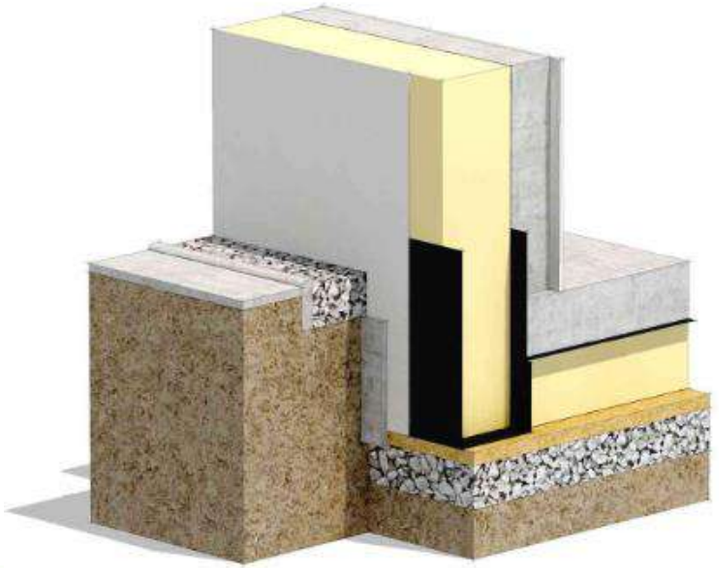
and then:

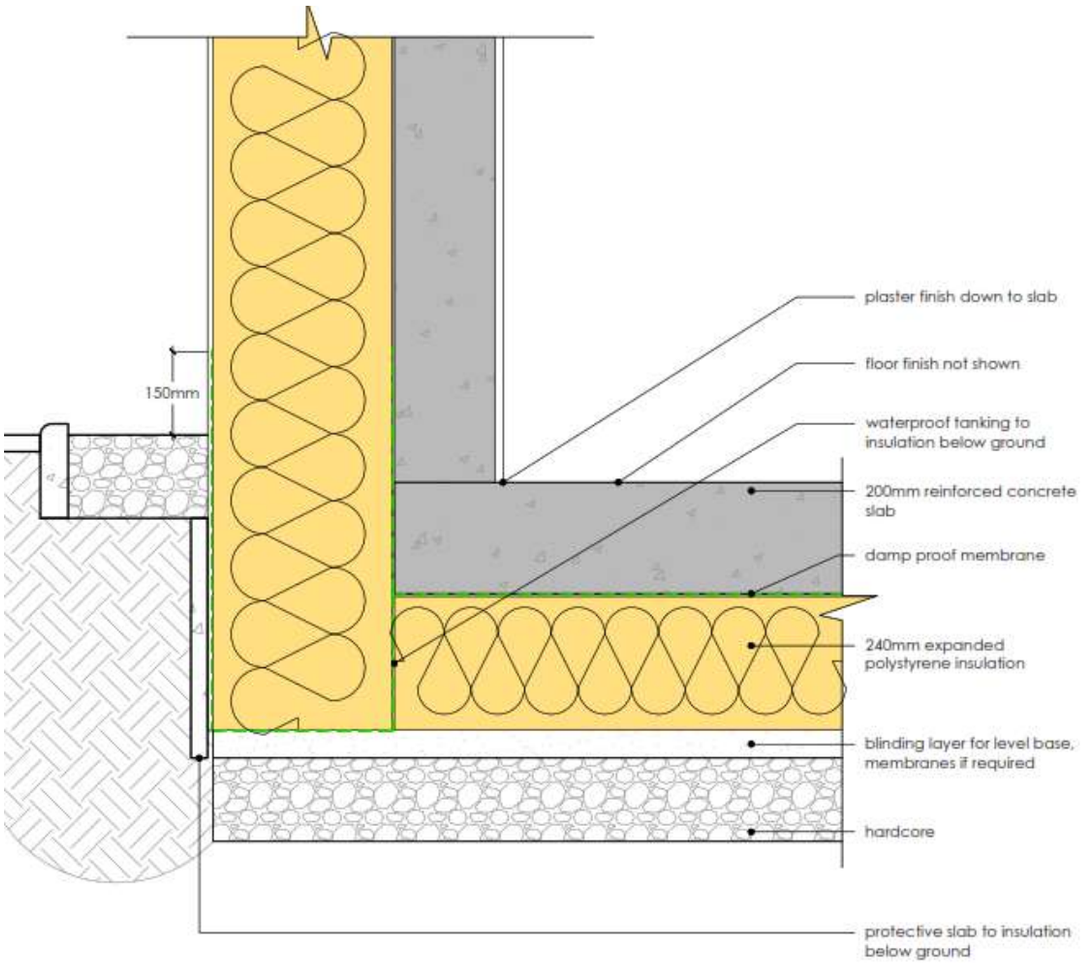
$$U = 1 / R_{total}$$

R_{si} = interior surface film resistance
R_{se} = exterior surface film resistance

■ طراحی عایق در ساختمان های با کارآیی انرژی بالا و از جمله انرژیِ صفر می باید به صورت ممتد و غیر منقطع باشد. در غیر اینصورت با ایجاد پل های حرارتی، تلفات و به تبع آن نیاز انرژی ساختمان افزایش می یابد.







مروری بر معیارهای تاییدیه پسیوهاوس در نرم افزار PHPP

Specific building characteristics with reference to the treated floor area

				Criteria	Alternative criteria	Fullfilled?[2]
	Treated floor area m²	156.0				
Space heating	Heating demand kWh/(m²a)	13	≤	15	-	yes
	Heating load W/m²	10	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	-	≤	-	-	-
	Cooling load W/m²	-	≤	-	-	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	1	≤	10		yes
	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	≤	20		yes
Airtightness	Pressurization test result n_{50} 1/h	0.2	≤	0.6		yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	40	≤	-		-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	32	≤	30	32	yes
	Generation of renewable energy (in relation to projected building footprint area) kWh/(m²a)	125	≥	120	124	

[2] Empty field: Data missing; '-': No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

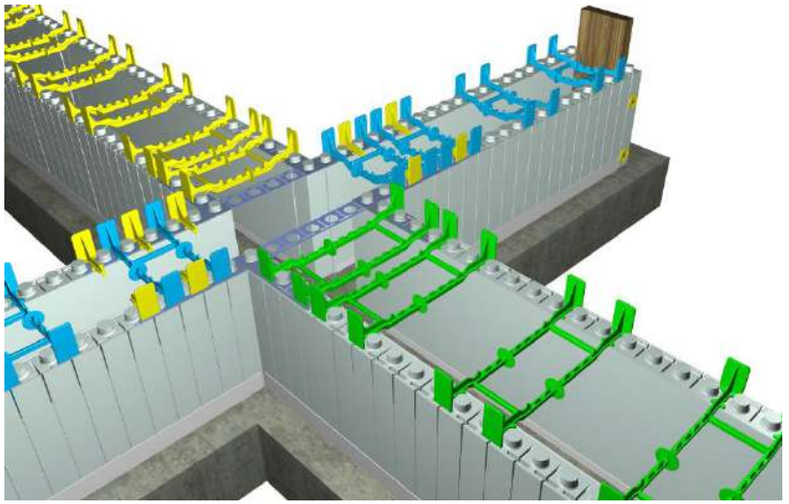
Passive House Premium? yes

Task:	First name:	Surname:	Signature:
1-Designer			

Issued on:	City:

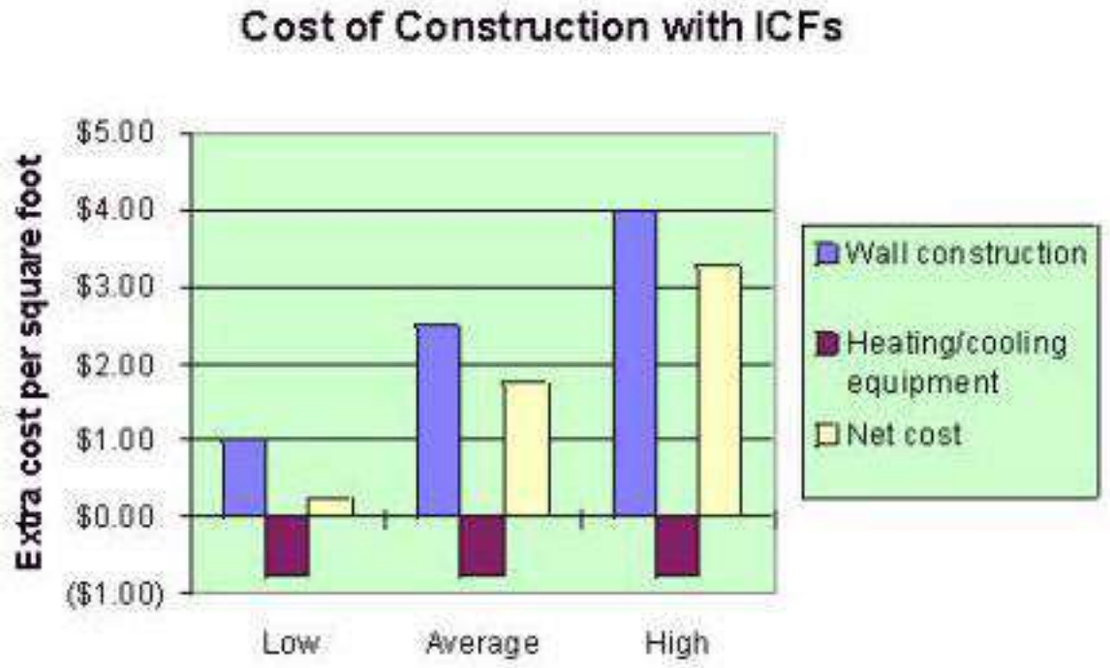
Instructions | Verification | Check | Variants | Climate | U-Values | Areas | Ground | Components | Windows | Shading | Ventilation | Additional

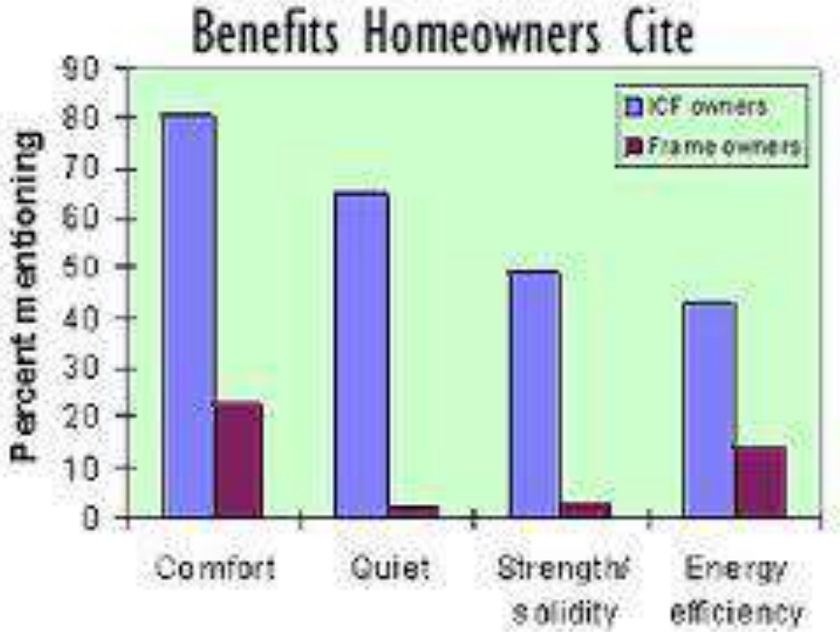
جزییات اجرایی قالبهای ماندگار(ICF)



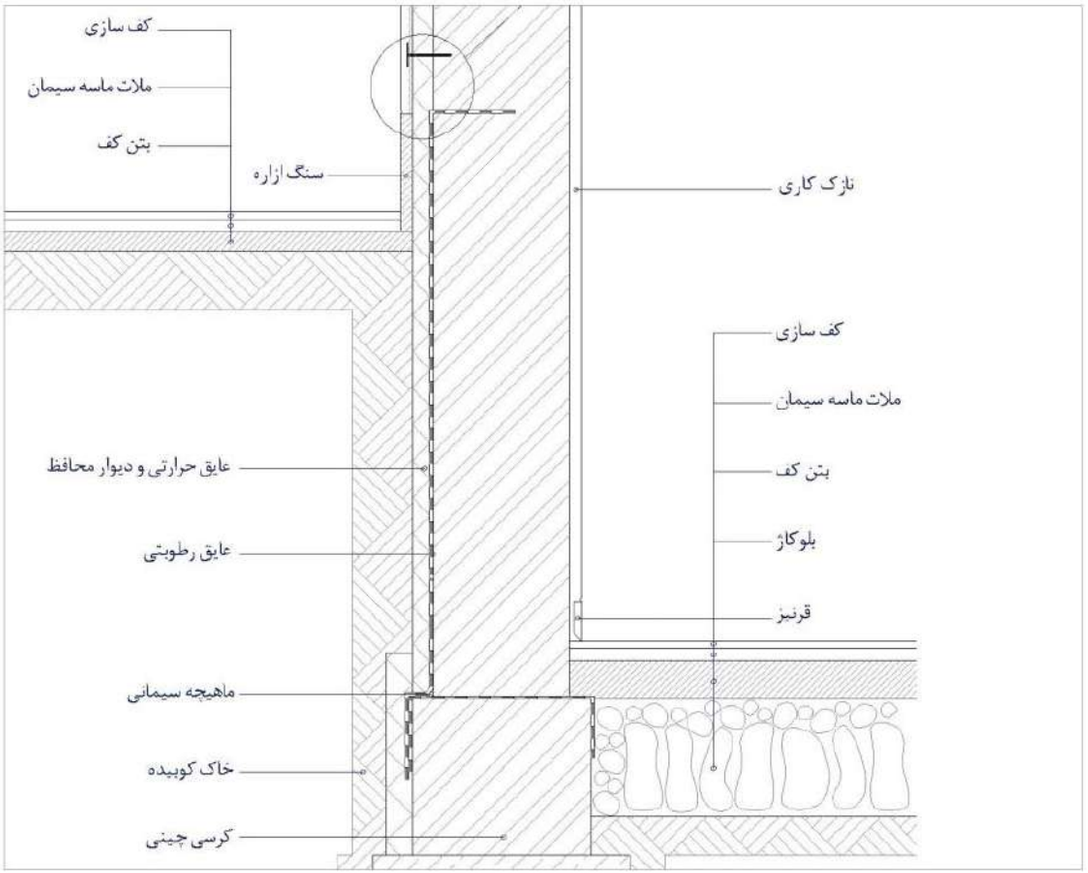
قالبهای ماندگار ((ICF)

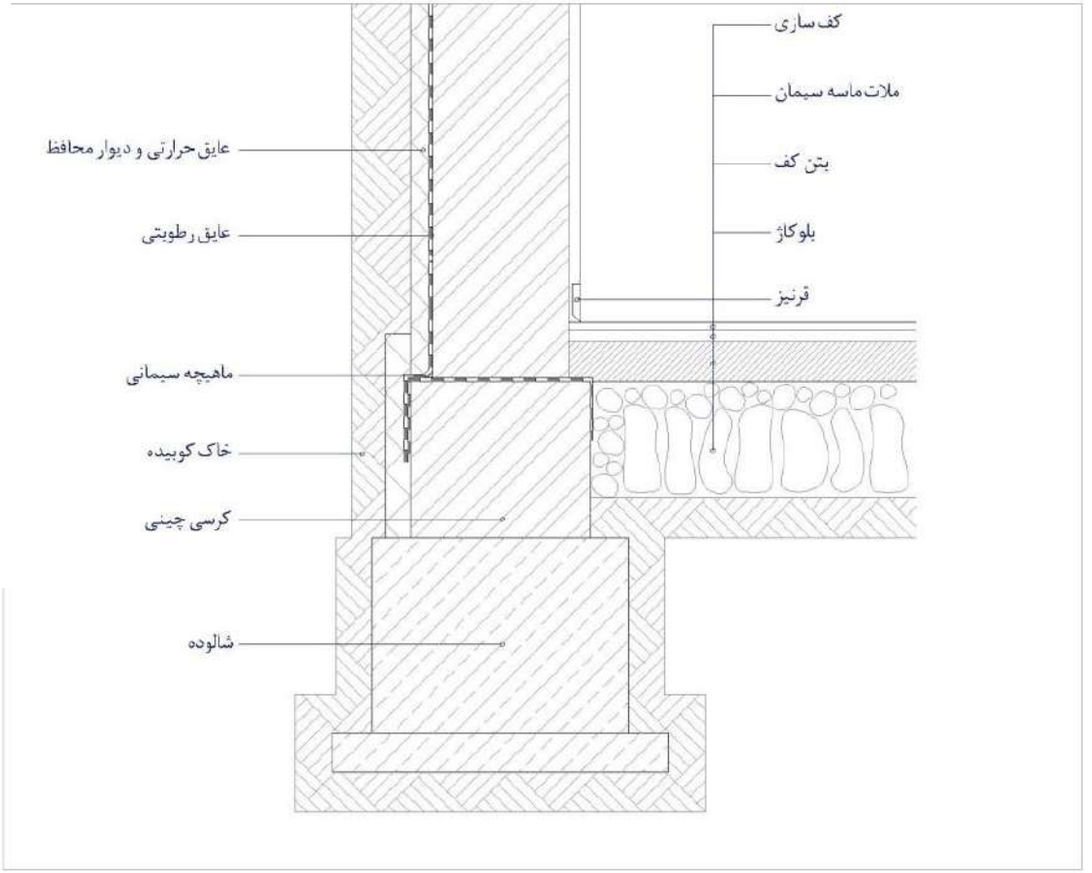
- مزایای ساخت با ICFها
- کاهش هزینه ها و مصرف انرژی، افزایش مزایا



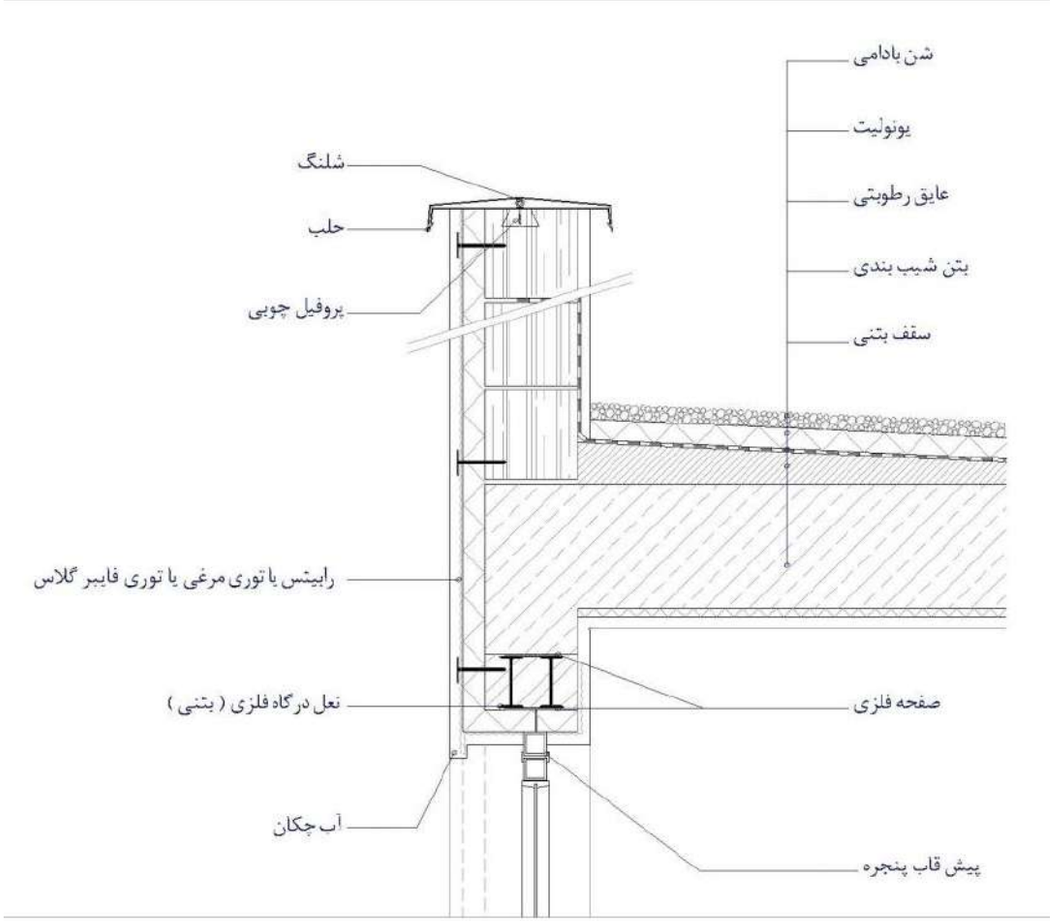


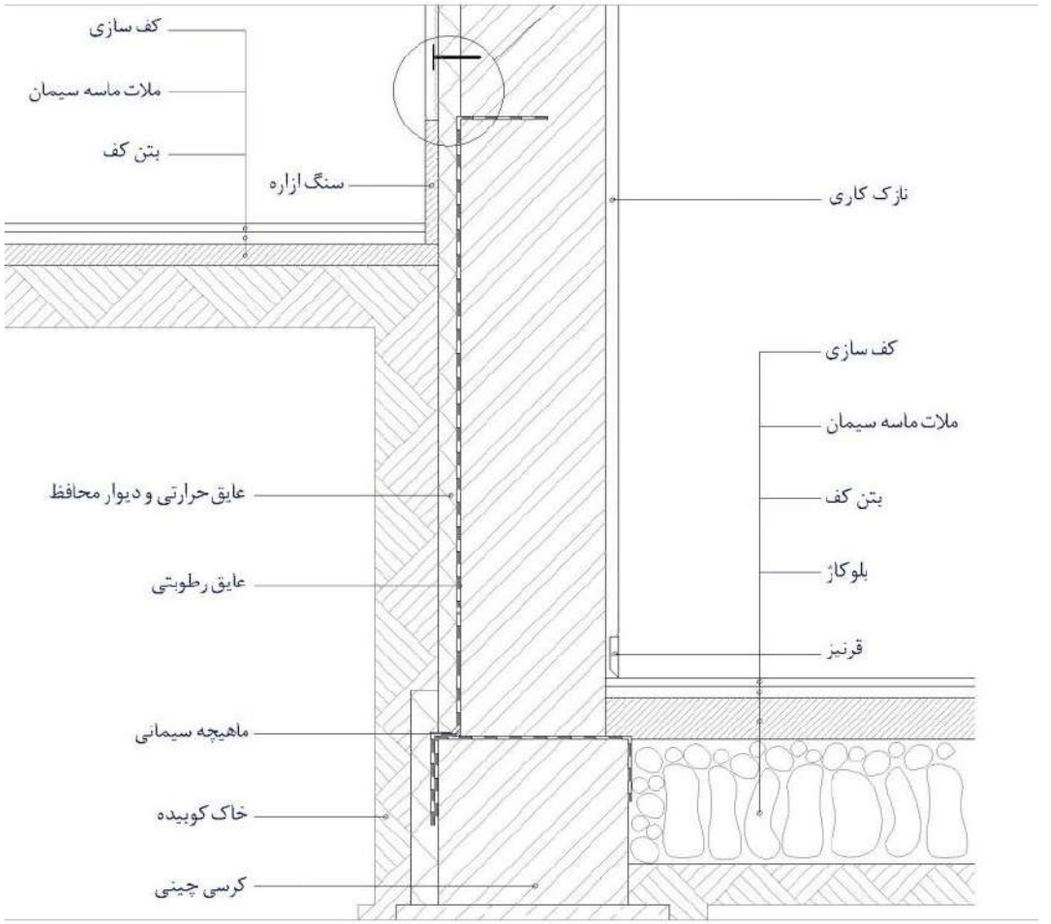
جزییات اجرایی قالبهای ماندگار(ICF)

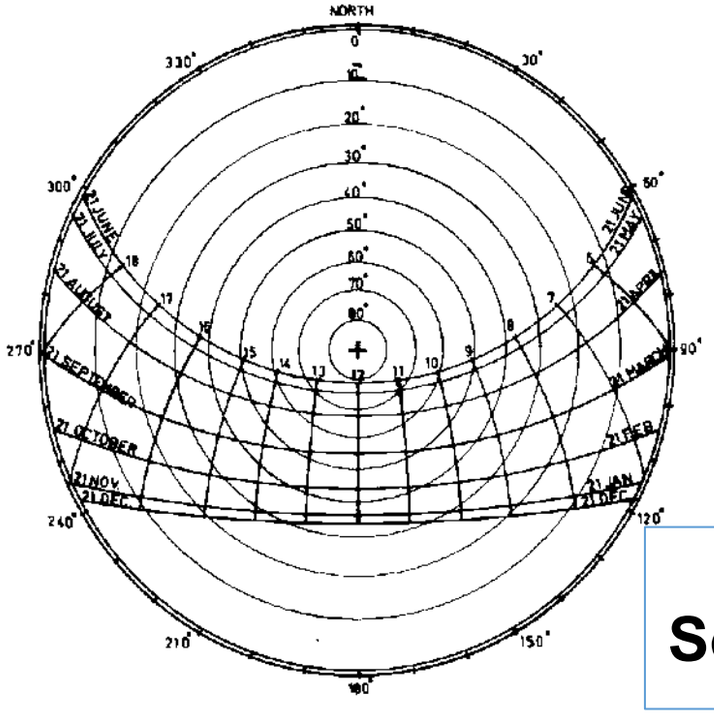




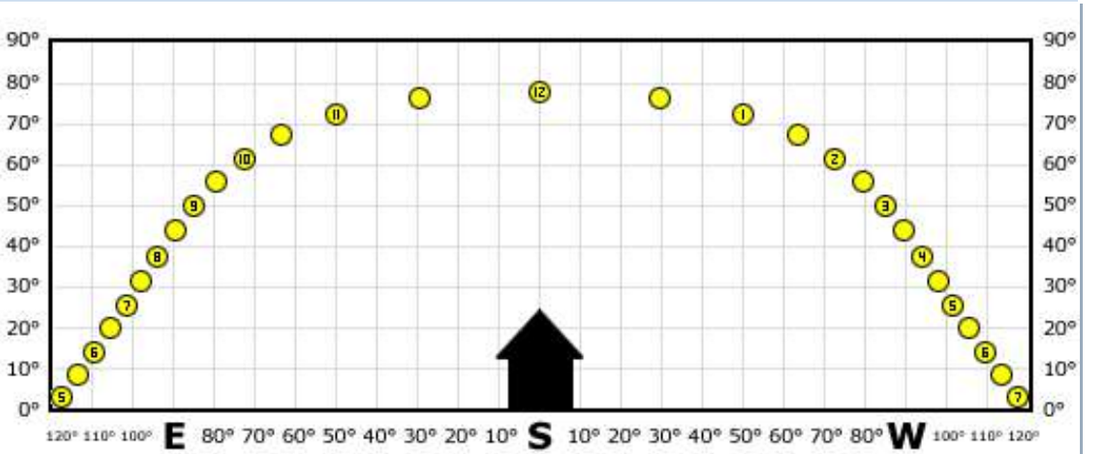
جزییات اجرایی قالبهای ماندگار(ICF)



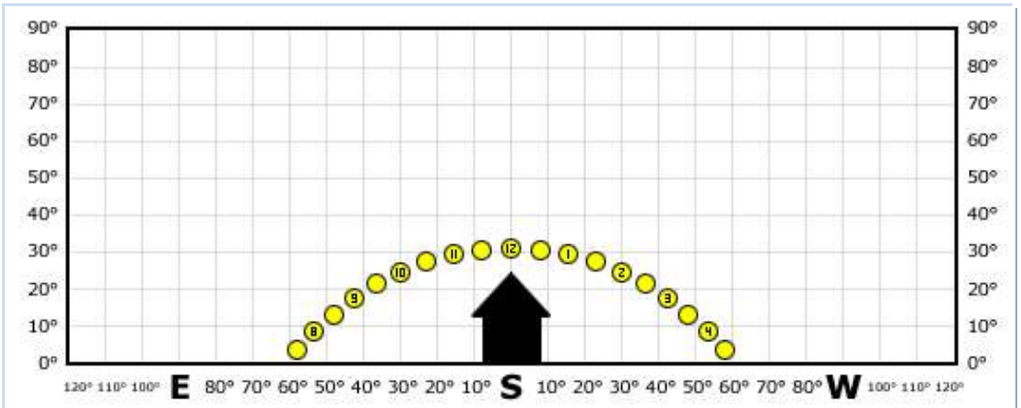




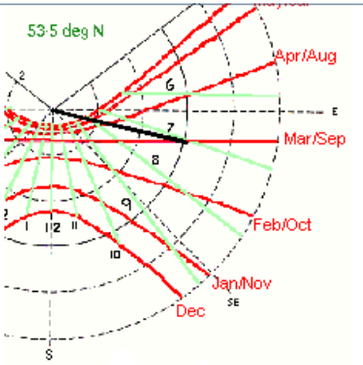
هندسه خورشیدی
Solar Geometry



Latitude 36 degrees North



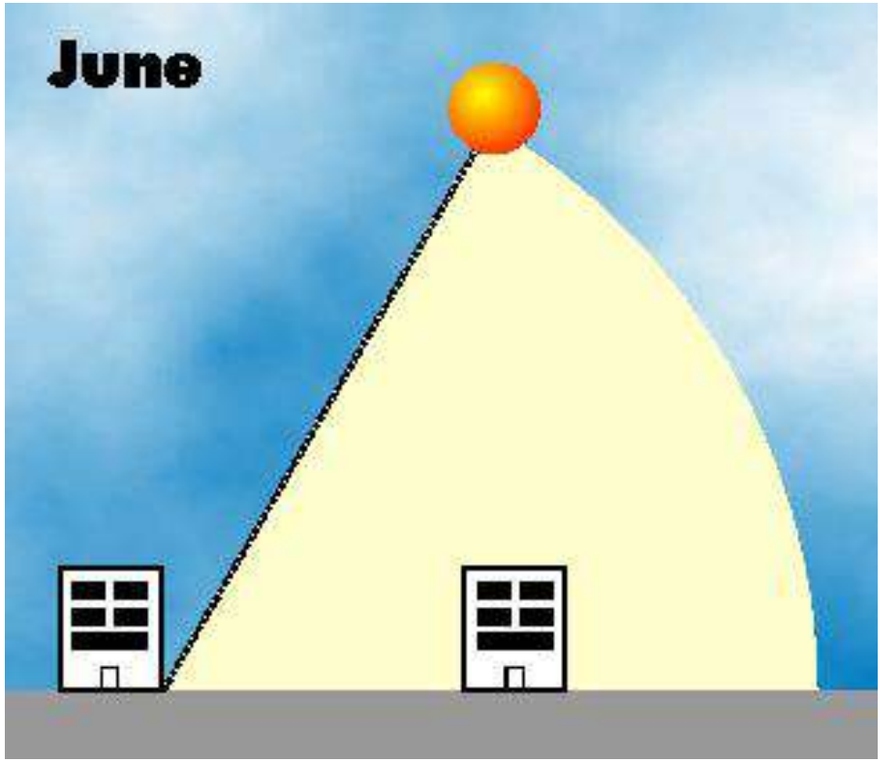
Latitude 36 degrees North

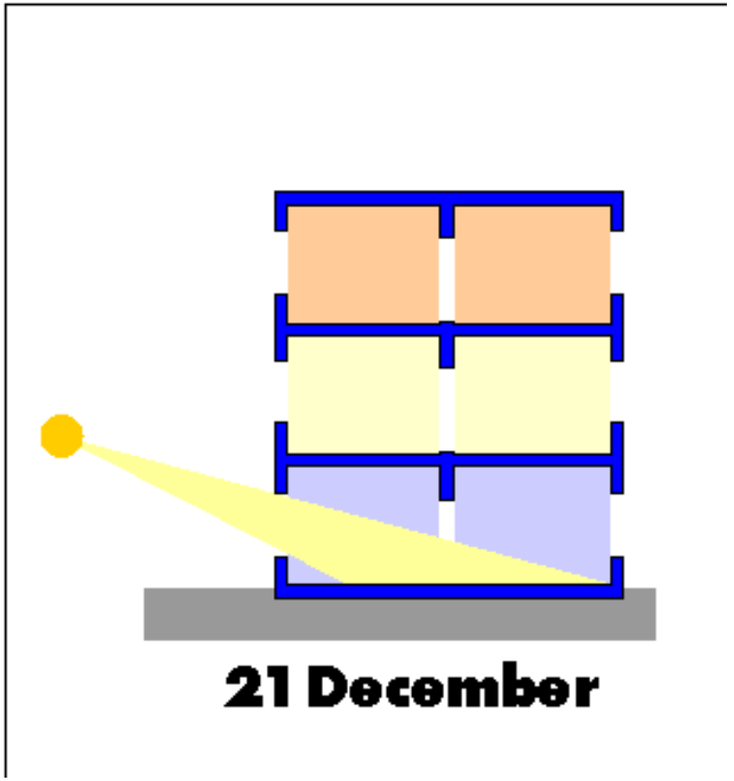


مقادیر U برای سطوح شفاف

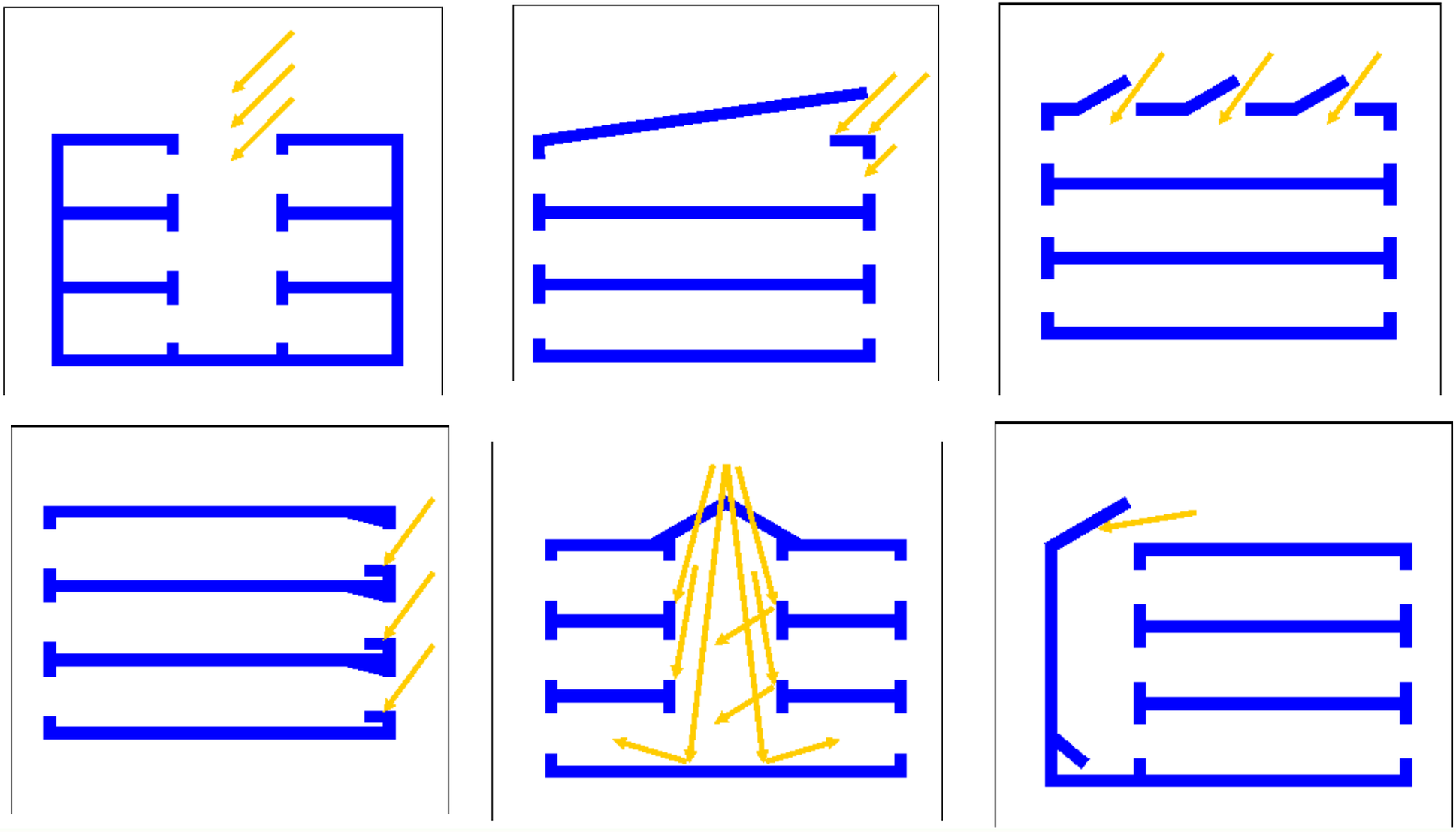
Glazing Type Typical window assemblies	U-value W/m²°C	U-value BTU/ ft²°F	SHGC	T_{vis}
Single-glazed Clear (Alum. frame)	7.37	1.30	0.79	0.69
Double-glazed Clear(Alum. frame)	3.63	0.64	0.65	0.62
Double-glazed Clear (wood or vinyl frame)	2.78	0.49	0.58	0.57
Double-glazed Bronze (Alum. frame)	3.63	0.64	0.55	0.47
Double-glazed Bronze (wood or vinyl frame)	2.78	0.49	0.48	0.43
Double-glazed Low-E (low-emissivity 0.20, wood or vinyl frame)	1.87	0.33	0.55	0.52
Triple-glazed Low-E 0.08 w/ argon (wood or vinyl frame)	1.70	0.30	0.44	0.56
Double-glazed spectrally selective Low-E 0.04 w/ argon (wood or vinyl frame)	1.65	0.29	0.31	0.51
Double-glazed spectrally selective Low-E 0.01 w/ argon (wood or vinyl frame)	1.76	0.31	0.26	0.31
Triple-glazed Low-E 0.08 w/ krypton (insulated vinyl frame)	0.85	0.15	0.37	0.48
Triple-glazed Clear w/ air (wood or vinyl frame)	1.93	0.34	0.52	0.53

سطوح شفاف

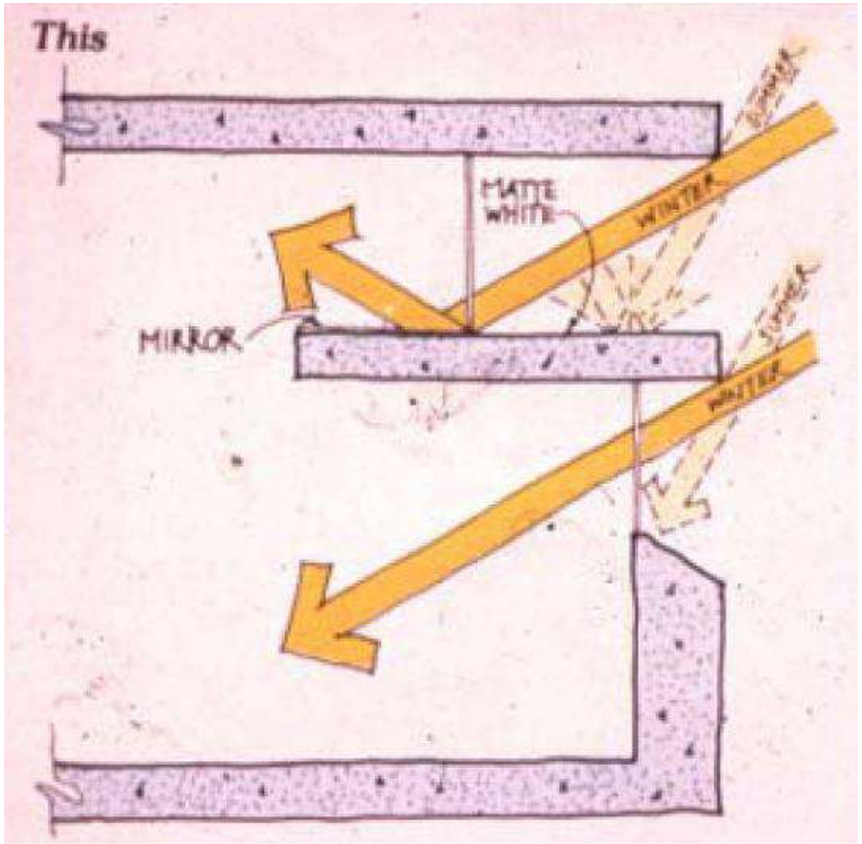




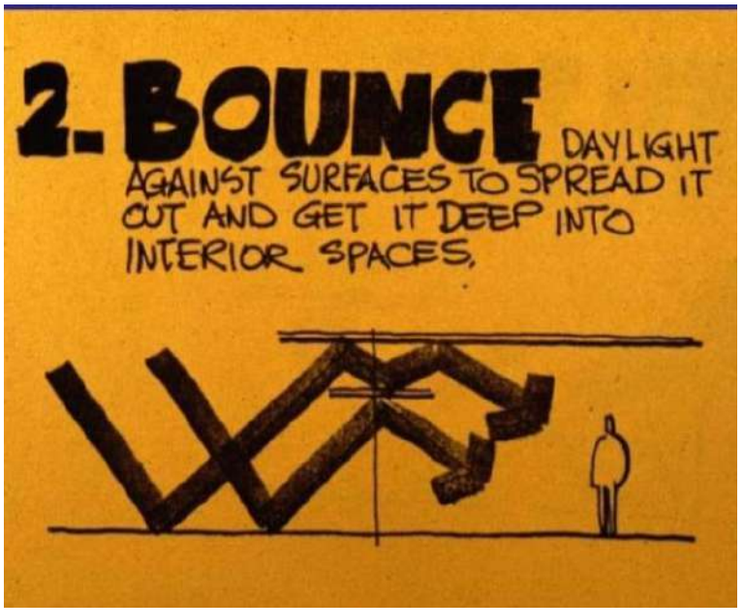
❑ جداره نورگذر (پنجره ها)

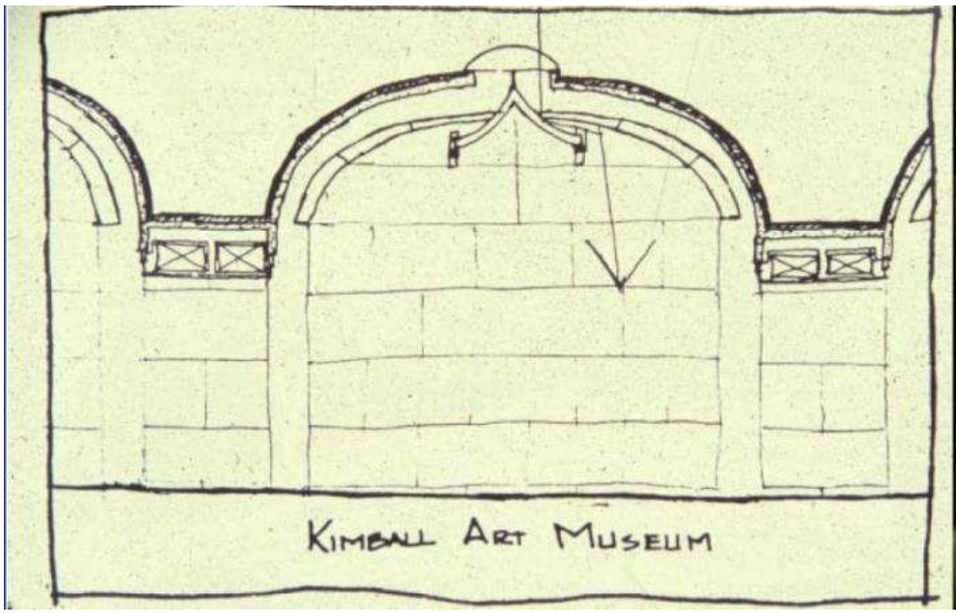


استراتژی طراحی دریافت نورطبیعی: قفسه نور (Light Shelf)



نورگیر و کنترل (استراتژی قفسه نور)





طراحی عملی سایبانهای کارا انرژی در ساختمان
(کنترل بار سرمایشی ساختمان)

SOLAR CONTROL

کنترل خورشیدی

1-Movable Shading Devices سایبانهای متحرک

(Like curtains, shutters, internal and external blinds, etc. They are closed when the sunshine is too much and opened when we need sunshine.

2- Structural Shading Devices سایبانهای ساختاری

They are static so they have to be designed carefully to allow sunshine when it is required and keep it out when not required.

Types of structural shading devices انواع سایبانهای ساختاری

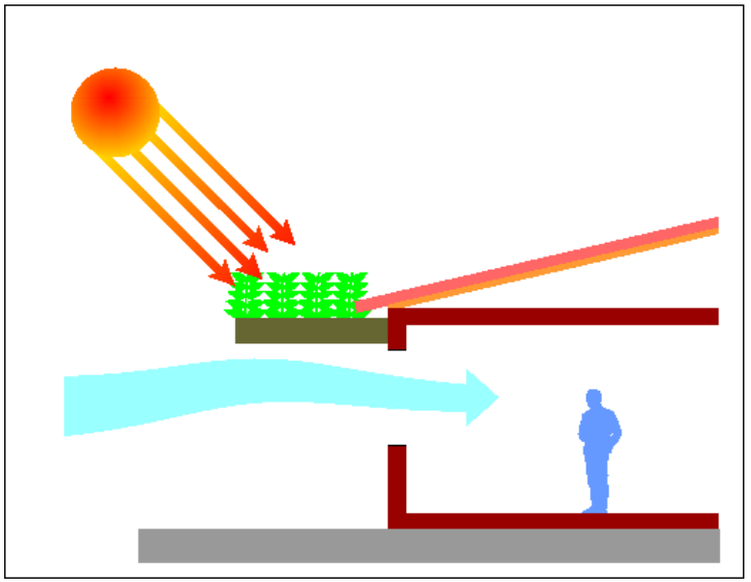
1-Vertical Shading Device (through Horizontal Shadow Angle) سایبانهای عمودی (با استفاده از زاویه سایه افقی)

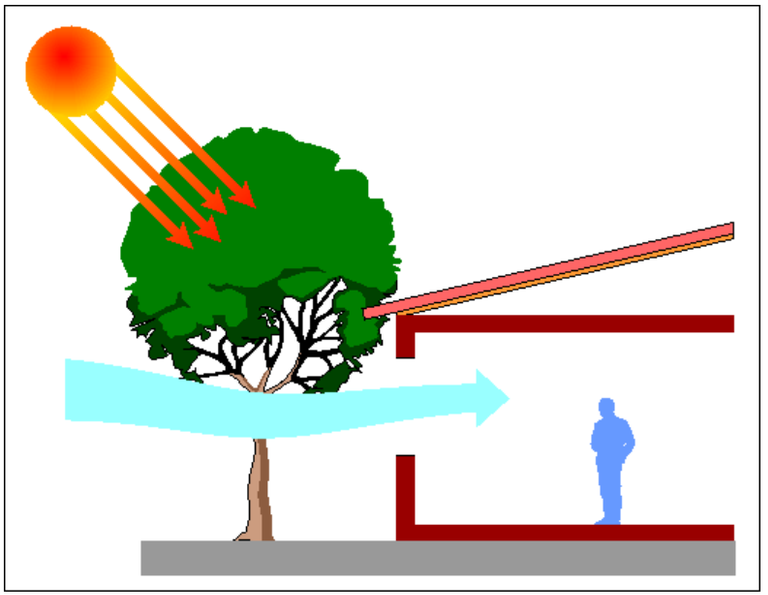
2- Horizontal Shading Device (through Vertical Shadow Angle) سایبانهای افقی (با استفاده از زاویه سایه عمودی)

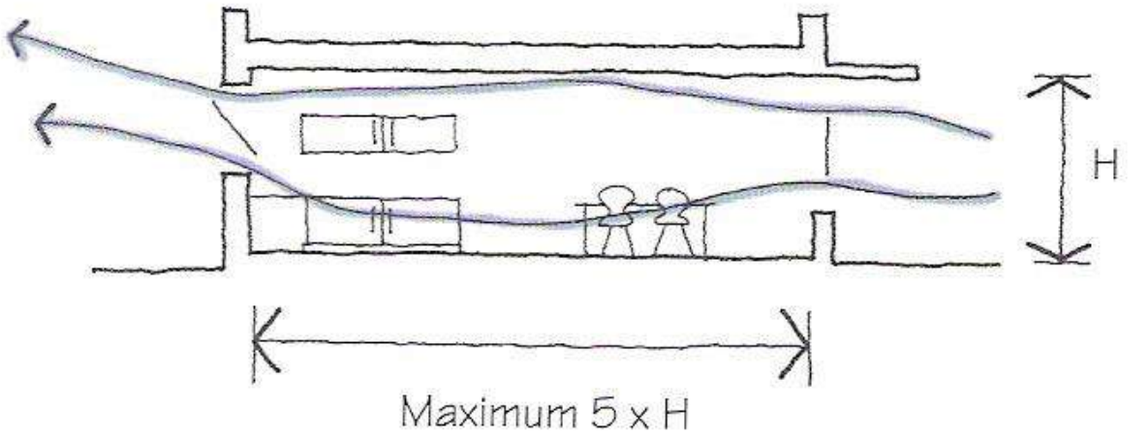
3- Egg-crate Shading Device (through combination both of Vertical & Horizontal Shadow Angle

سایبانهای شانه تخم مرغی (با استفاده ترکیبی از زاویه های سایه عمودی و افقی)

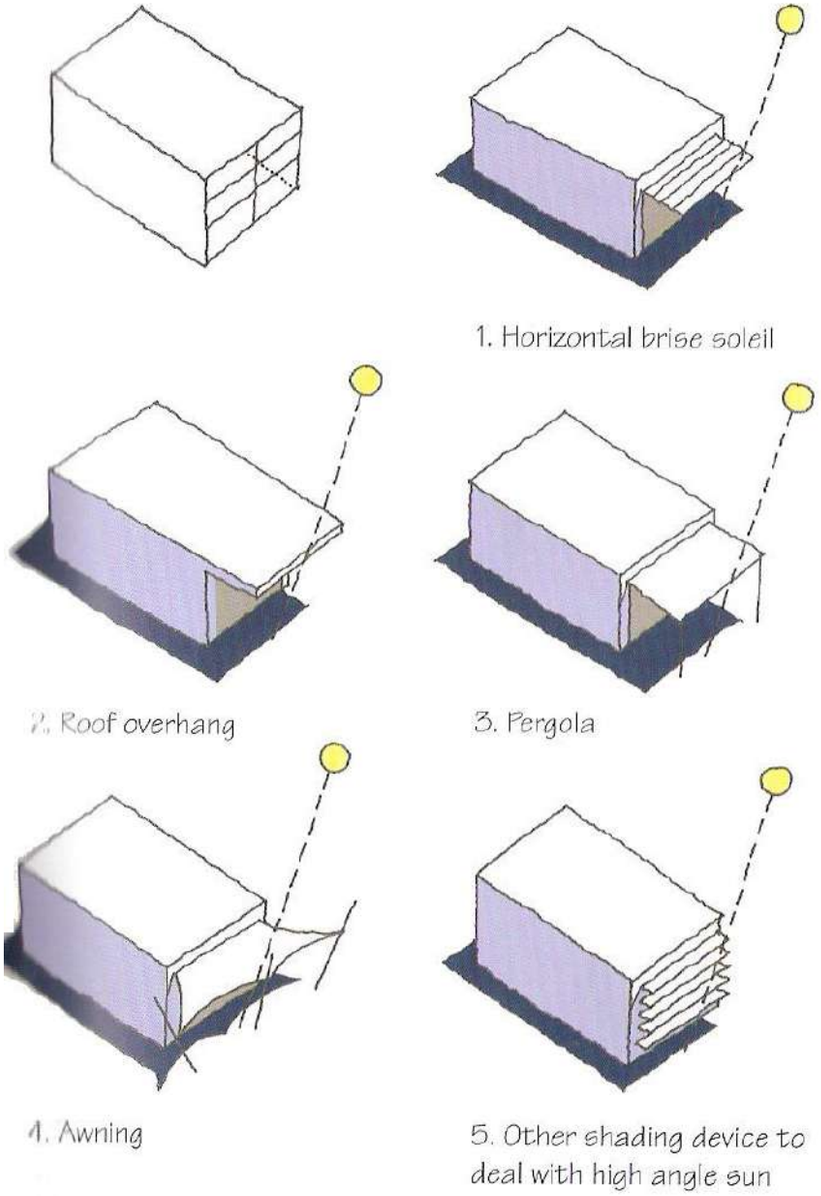
کنترل (ابزارهای سایه اندازی)
Control (Shading Devices)

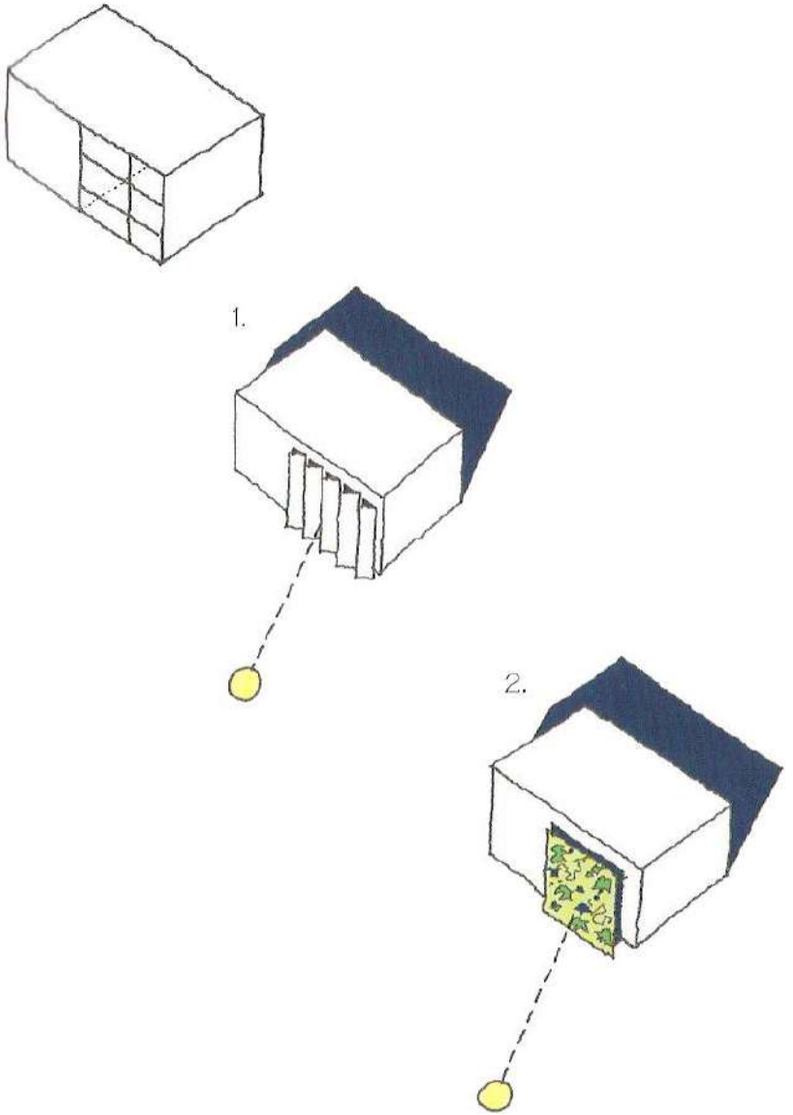






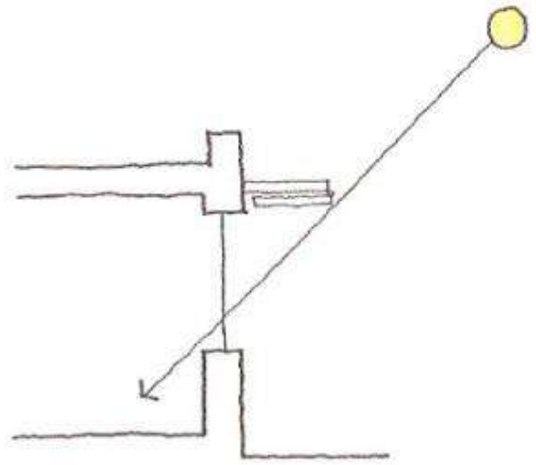
سایبانها


1. Horizontal brise soleil
2. Roof overhang
3. Pergola
4. Awning
5. Other shading device to deal with high angle sun

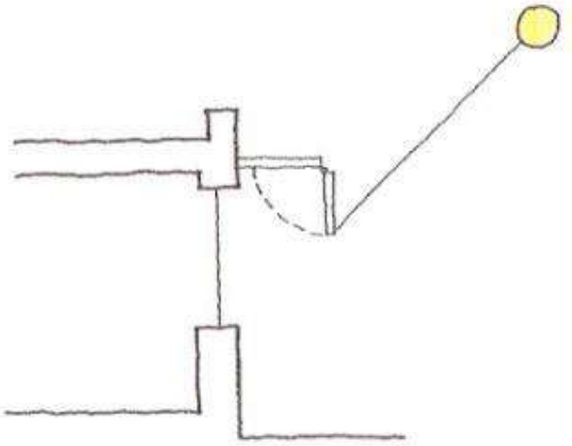

1.
2.

سایبان ها

1.

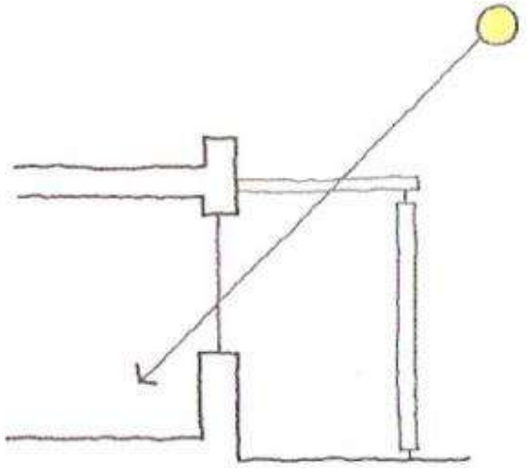


Spring

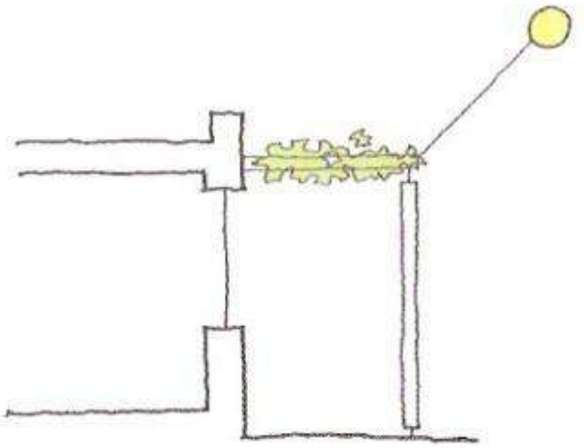


Autumn

2.

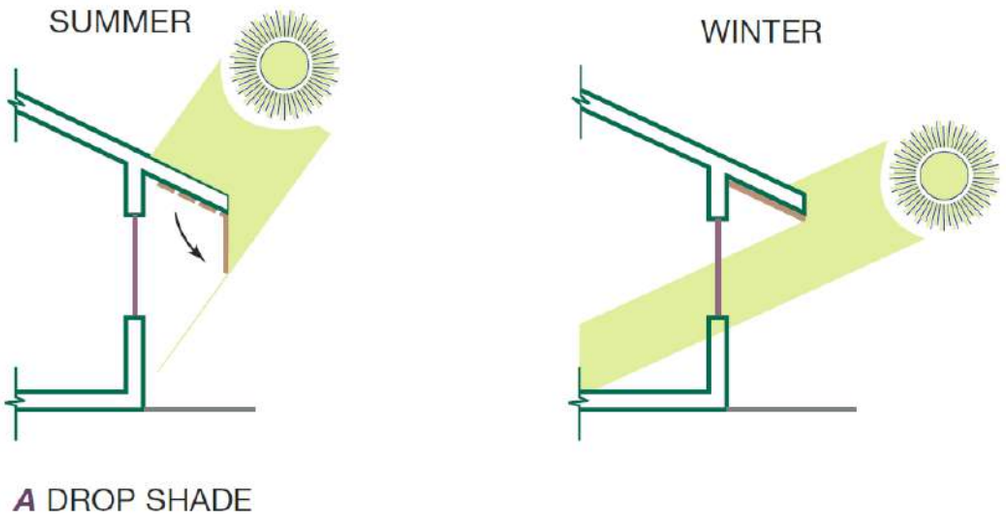


Spring

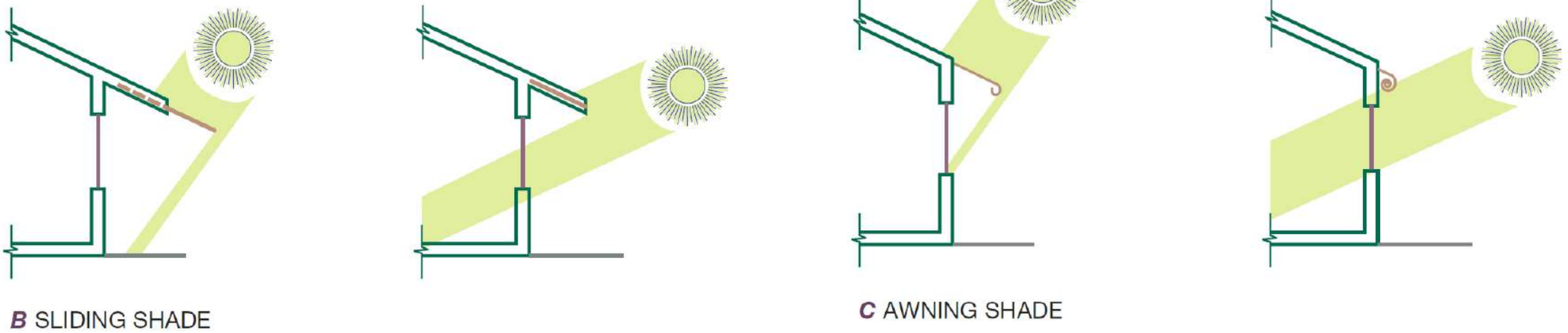


Autumn

سایبان ها



A DROP SHADE



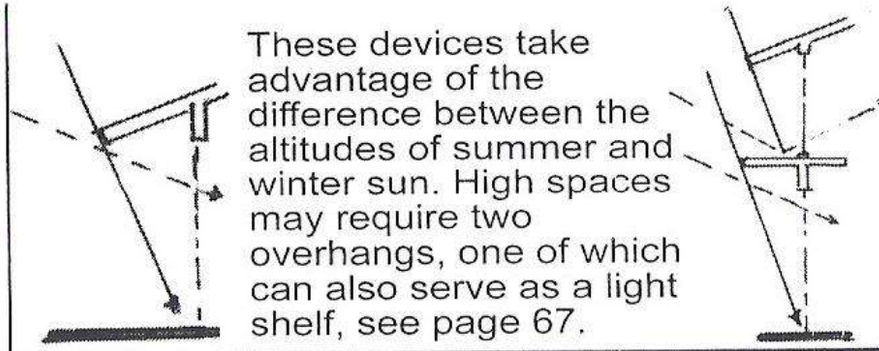
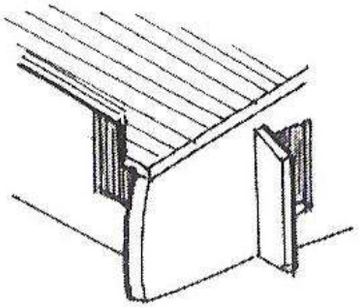
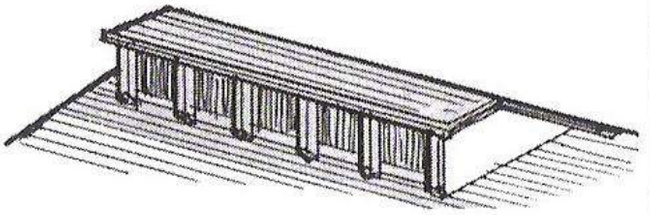
B SLIDING SHADE

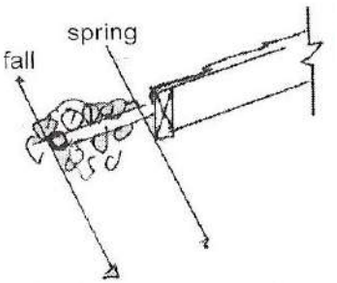
C AWNING SHADE

سایبان ها

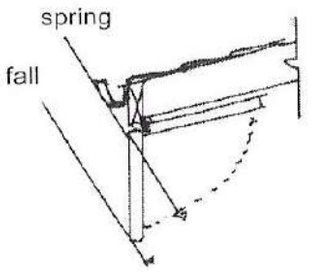
Control of Radiation
کنترل تابش

Shading Factor
فاکتور سایه

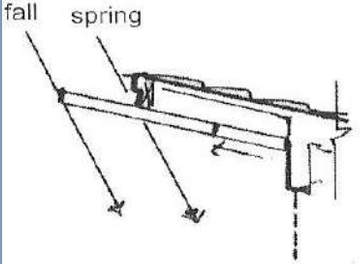
1. Horizontal or sloping overhangs facing the equator	 These devices take advantage of the difference between the altitudes of summer and winter sun. High spaces may require two overhangs, one of which can also serve as a light shelf, see page 67.	0.25
2. Wing walls	 When sun angles are very low in the morning and evening, an equator facing wall or east and west walls can utilize wing walls as they provide better control than horizontal overhangs.	0.30
3. Winglets	Small wing walls at the scale of fins between windows can help block early & late sun. Combining 1 & 3 to create an optimized dormer for a temperate zone. 	0.15



Steel Fascia Extension With Deciduous Vine



Fascia Extension Flap

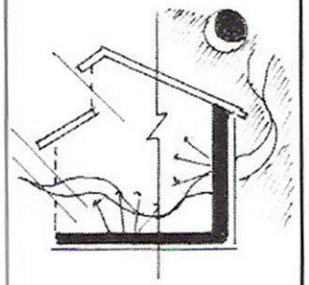


Sliding Fascia Extender

راهبردهای طراحی خورشیدی غیرفعال

DIRECT SYSTEMS

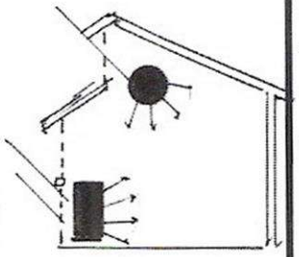
#1 DIRECT GAIN/ DISTRIBUTED MASS



Good for balanced heating and cooling.

Quick morning response.
+
Views not blocked.
+
Best response to night vent cooling.
-
Movable window insulation will enhance the system.
-
Must take care to avoid glare and fading of furnishings.

#2 DIRECT GAIN/ CONCENTRATED MASS

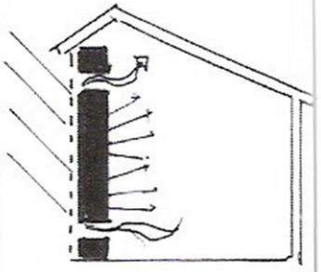


Good for a heating load dominated condition.

Quick morning response.
+
Views not blocked.
+
More storage capacity than #1.
-
More expensive thermal mass.

INDIRECT

#3 THERMAL WALLS

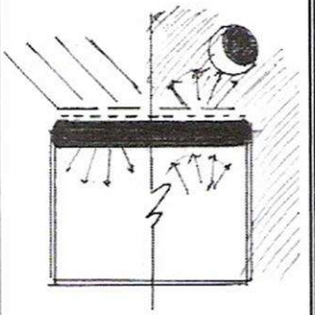


Good for a heating dominated condition.

Can enhance morning response by venting as shown, unvented wall is cheaper and just as good in some climates.
-
Loss of views to equator.
-
Limited radiation response to 8 m [25 ft.].

SYSTEMS

#4 ROOF PONDS

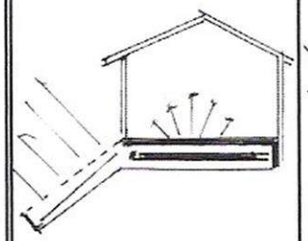


Good for balanced heating and cooling condition, superior cooling application.

Large radiative transfer area gives superior comfort.
+
Potentially free from equator orientation.
+
Frees up wall areas and views.
-
Requires large movable insulation system over the ponds.
-
Difficult to construct without industrial production of components.

ISOLATED SYSTEMS

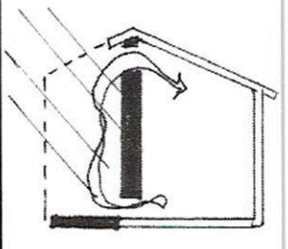
#5 THERMOSIPHON



Good for a heating dominated condition.

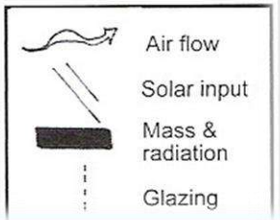
Frees up walls for other purposes.
-
Requires a sloping site toward equator or lower floor to mount air collector.
-
Limited amount of mass.

#6 SUN ROOM



Good for very cold conditions and areas with short growing seasons.

Can use attached space for plants, views and usable space.
-
Interior is mostly convectively coupled, so less controllable than radiant systems 1-5.



■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای صفر انرژی

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

- کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده
- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

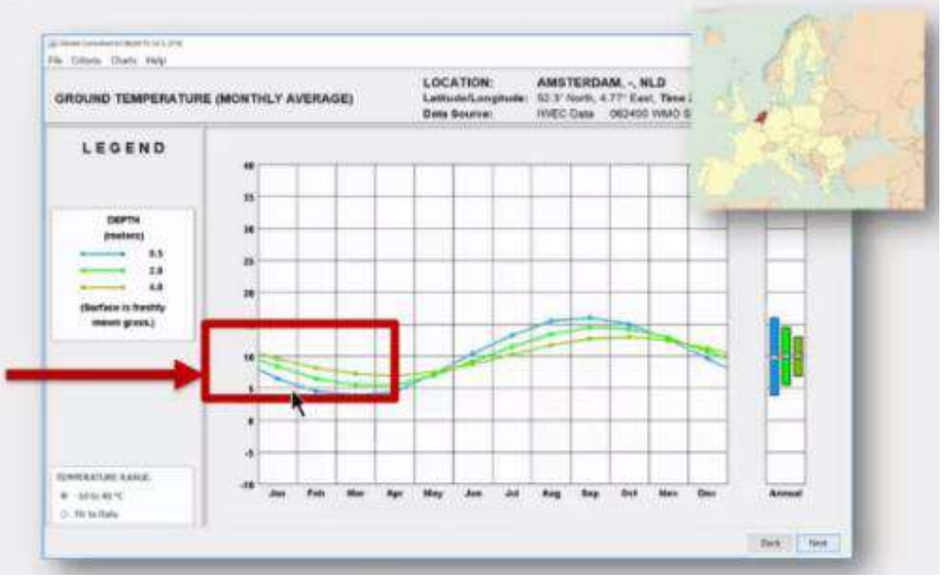
- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

سیستم گراند داکت

سیستم گراند داکت

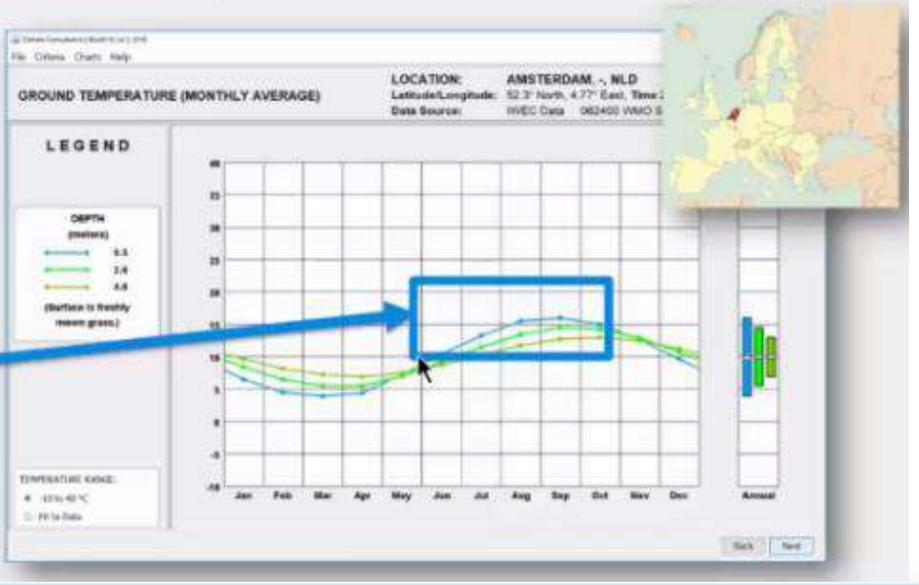
Ground temperature (Climate Consultant)

a ground duct can warm the incoming air to 5 to 10 degrees in winter



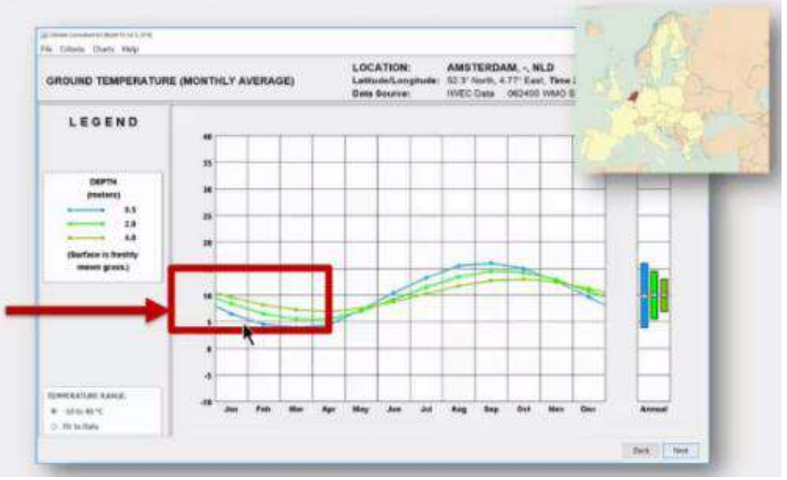
Ground temperature (Climate Consultant)

a ground duct can cool down the incoming air to 15 degrees in summer



Ground temperature (Climate Consultant)

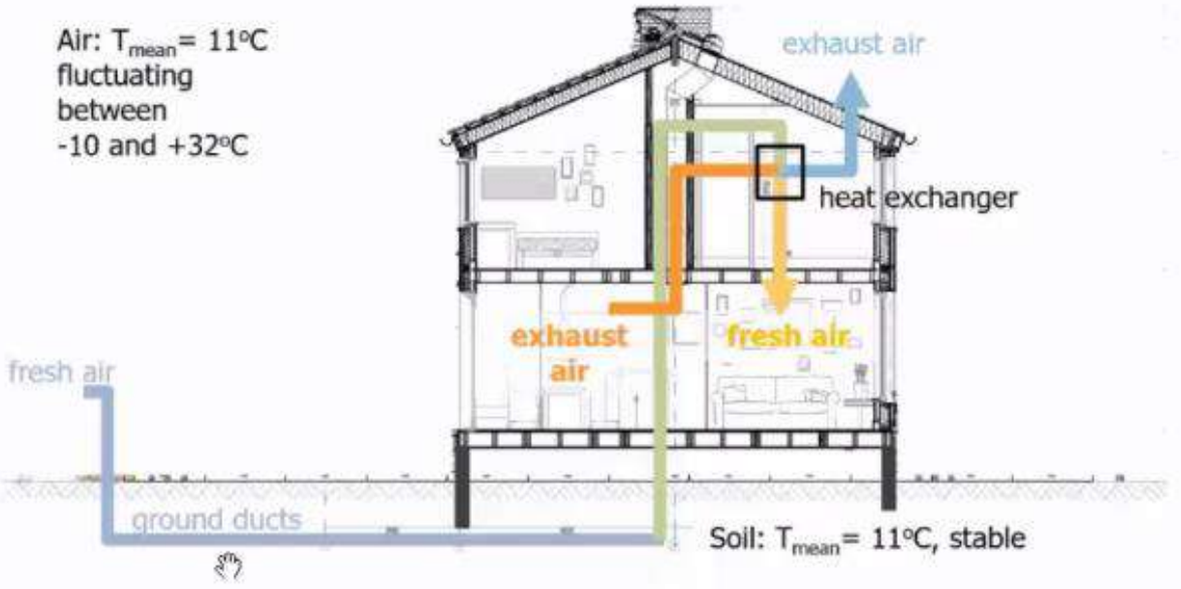
a ground duct can warm the incoming air to 5 to 10 degrees in winter



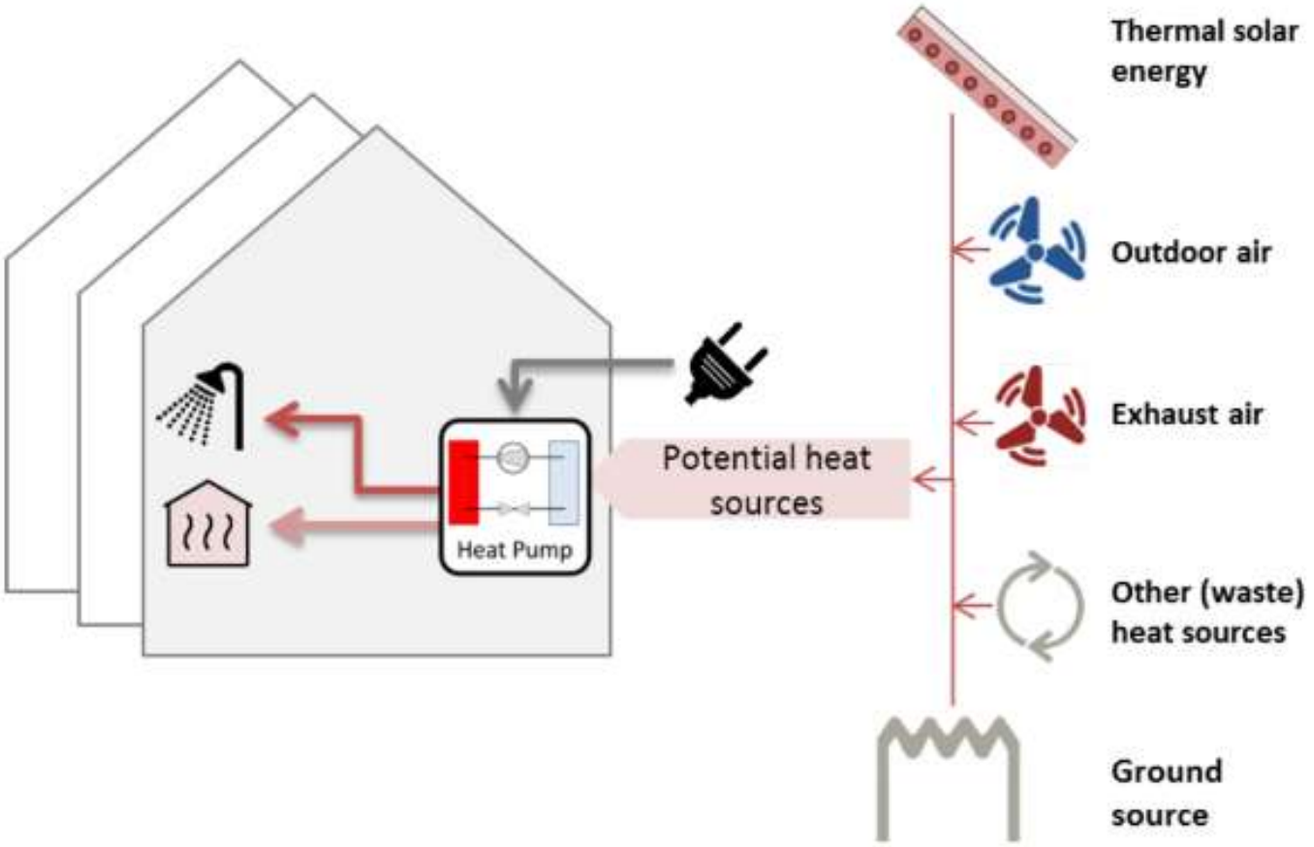
سیستم گراند داکت

Ground duct ventilation

Air: T_{mean}= 11°C fluctuating between -10 and +32°C



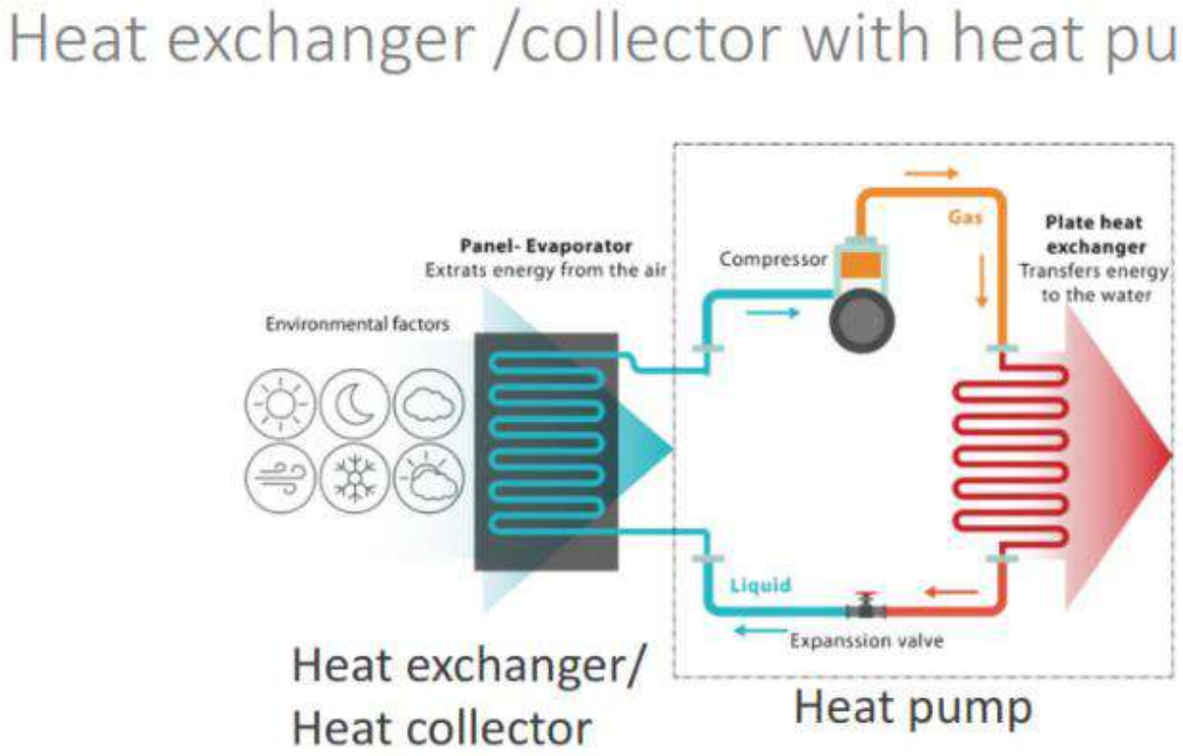
پتانسیل منابع حرارتی برای پمپهای حرارتی



Heat pump types according to the source used:

- Air to water heat pump
- Water to water heat pump

مبدلهای حرارتی



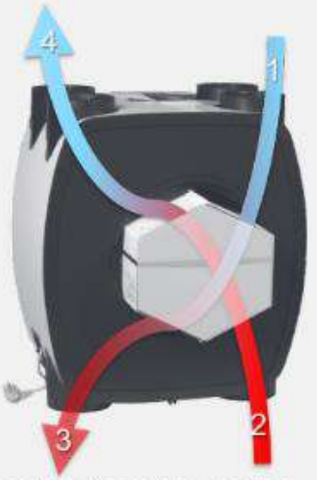
بازیافت تلفات تهویه ای

Mechanical ventilation with heat recovery

1. Fresh cold air in
2. Exhaust warm air coming from the house
3. Preheated fresh air supplied to the rooms
4. Cooled down exhaust air blown out

Air to air heat exchanger

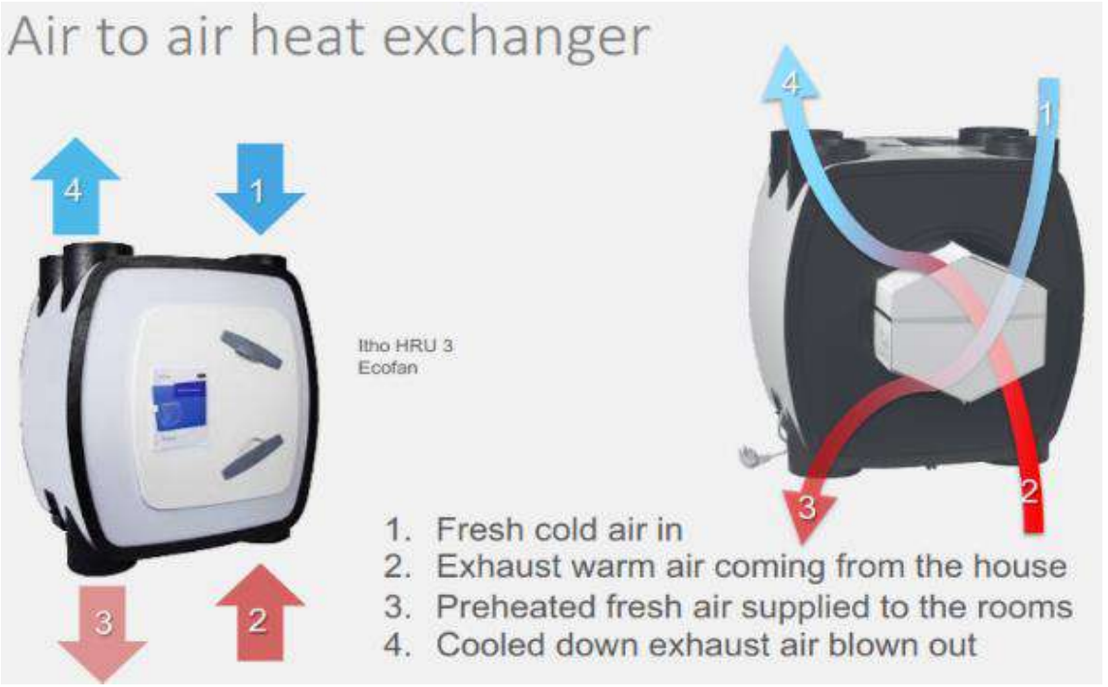
Itho HRU 3
Ecofan



1. Fresh cold air in
2. Exhaust warm air coming from the house
3. Preheated fresh air supplied to the rooms
4. Cooled down exhaust air blown out

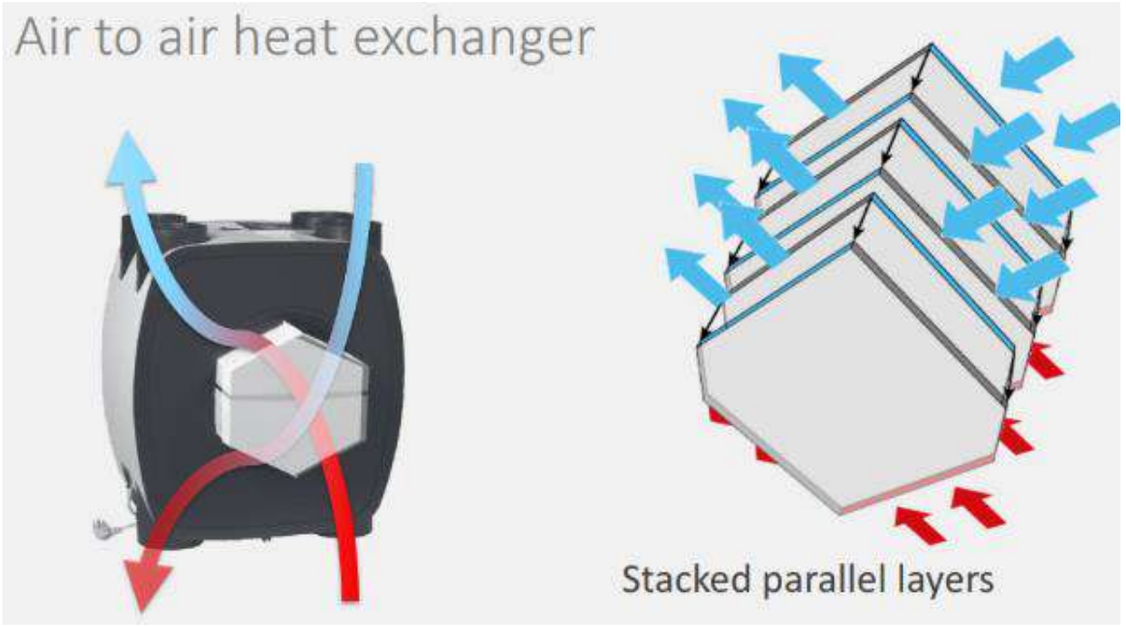
بازیافت تلفات تهویه ای

■ بازیافت حرارتی تهویه ای با استفاده از سیستم های (HRV) صورت می گیرد. که یکی از سیستم های مکانیکی موثر در رسیدن به هدف طراحی/بازطراحی ساختمانهای انرژی صفر می باشد.

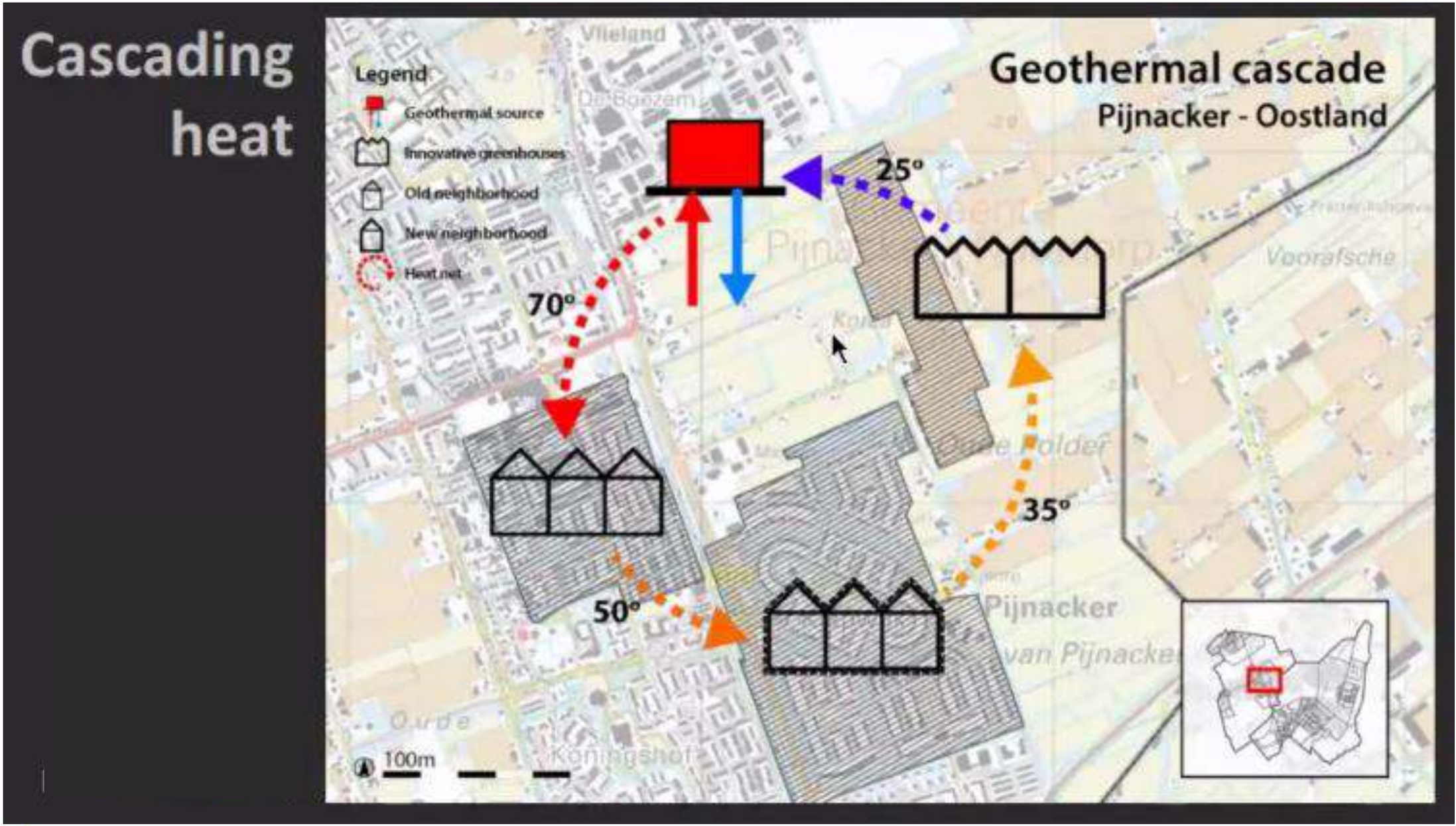


■ حداقل بهره وری سیستم های HRV می باید ۷۵٪ باشد.

■ ترجیحا استفاده از HRV های با راندمان ۹۰٪ استفاده شود.



برنامه ریزی انرژی (مقیاس شهری): روش آبشاری
Energy Programming (Urban Scale)



■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای صفر انرژی

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

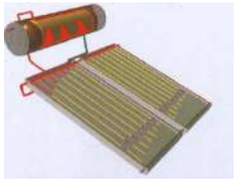
گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

سیستمهای فعال خورشیدی

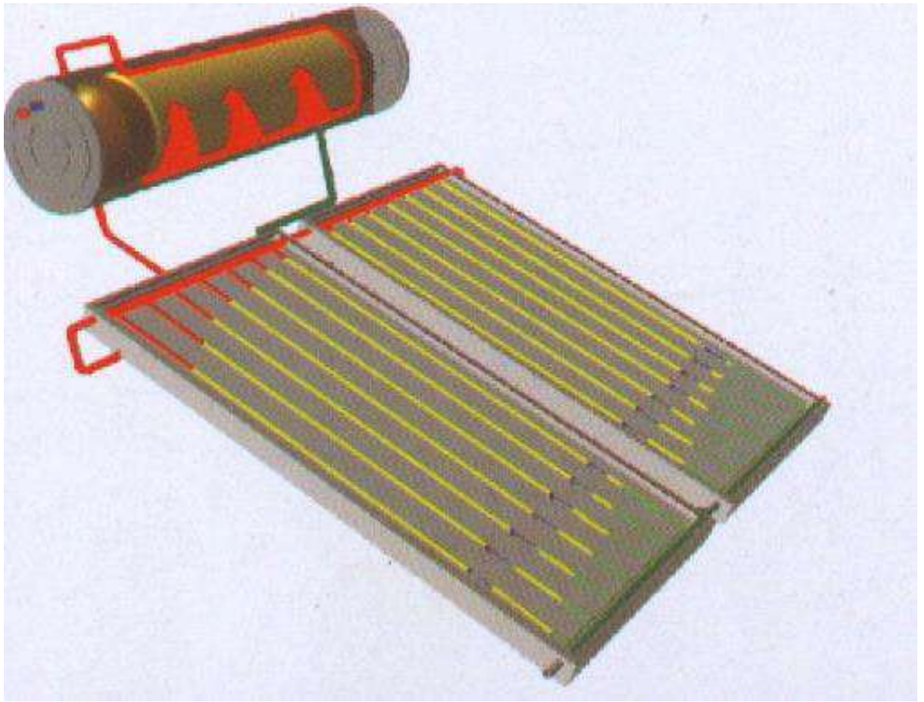


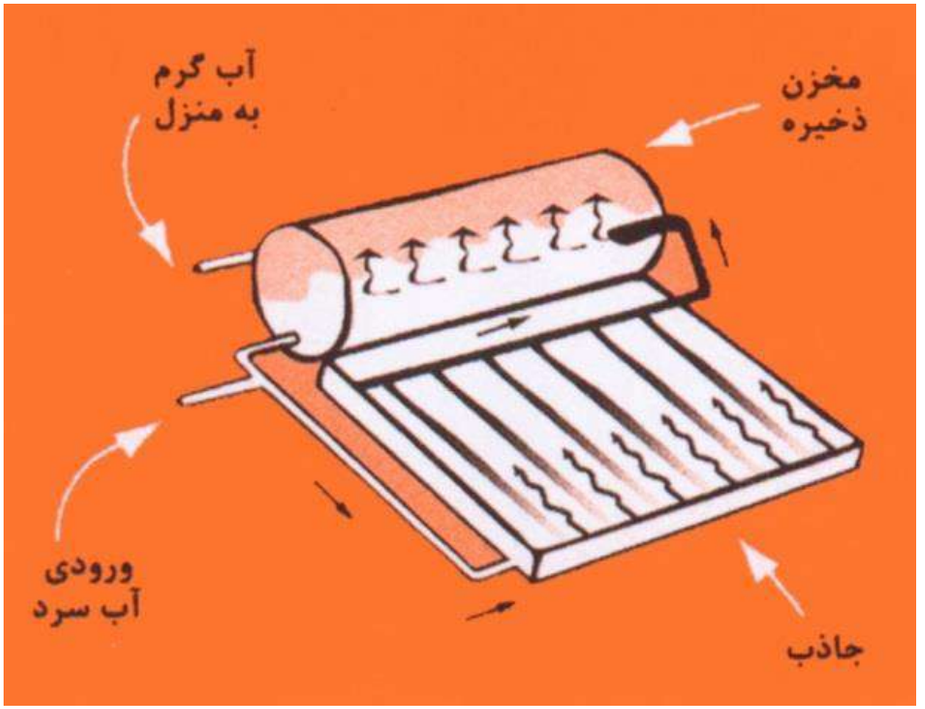
۱- آبگرمکن ها (هواگرم کن ها) ی خورشیدی

۲- صفحات فتوولتاییک (PV)

سیستمهای فعال خورشیدی

۱- **آبگرمکن ها (هواگرم کن ها) ی خورشیدی:** برای تولید آب گرم/هوای گرم خورشیدی

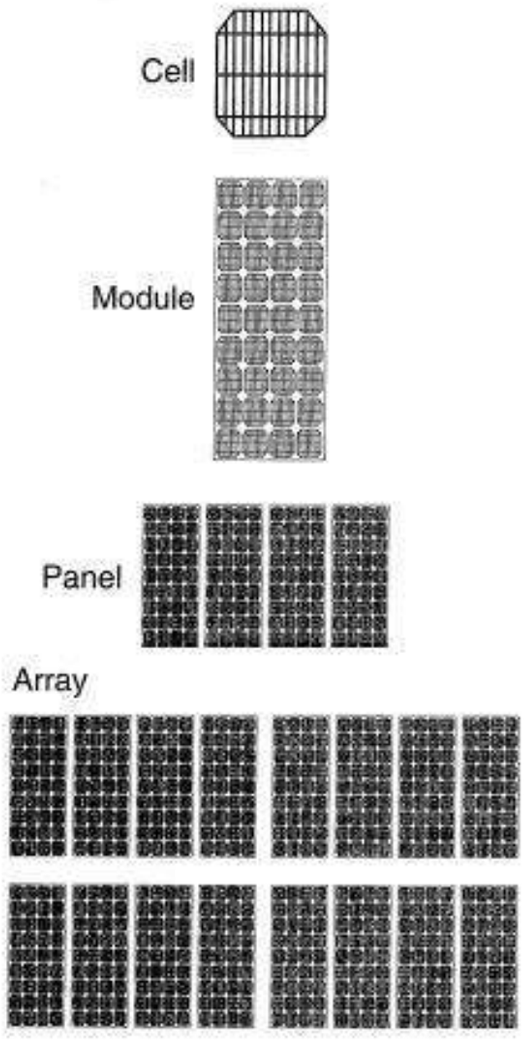




کلکتور خورشیدی (آبگرمکن خورشیدی)

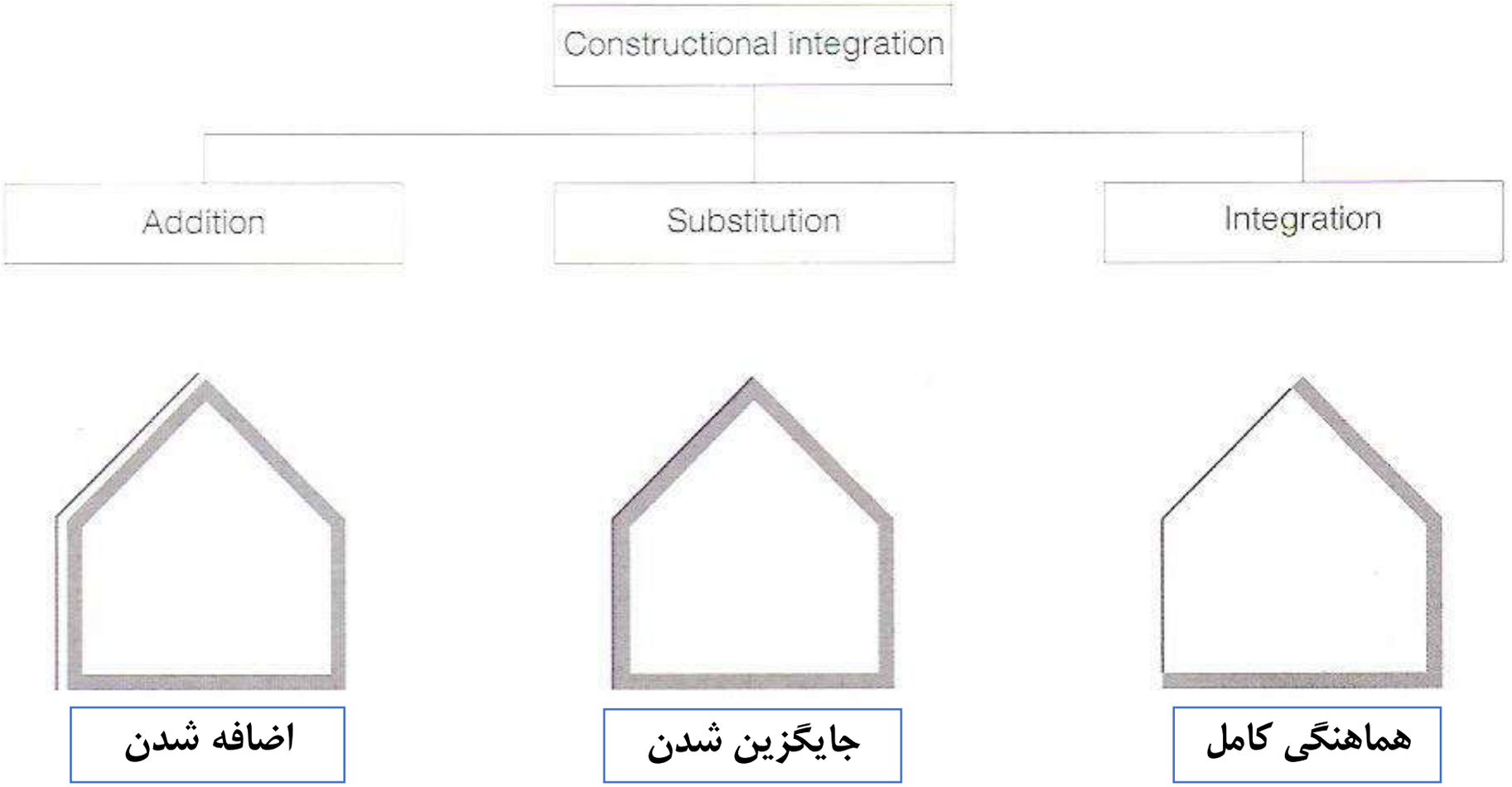
سیستمهای فعال خورشیدی

- **صفحات فتوولتاییک** (PV): برای تولید برق خورشیدی

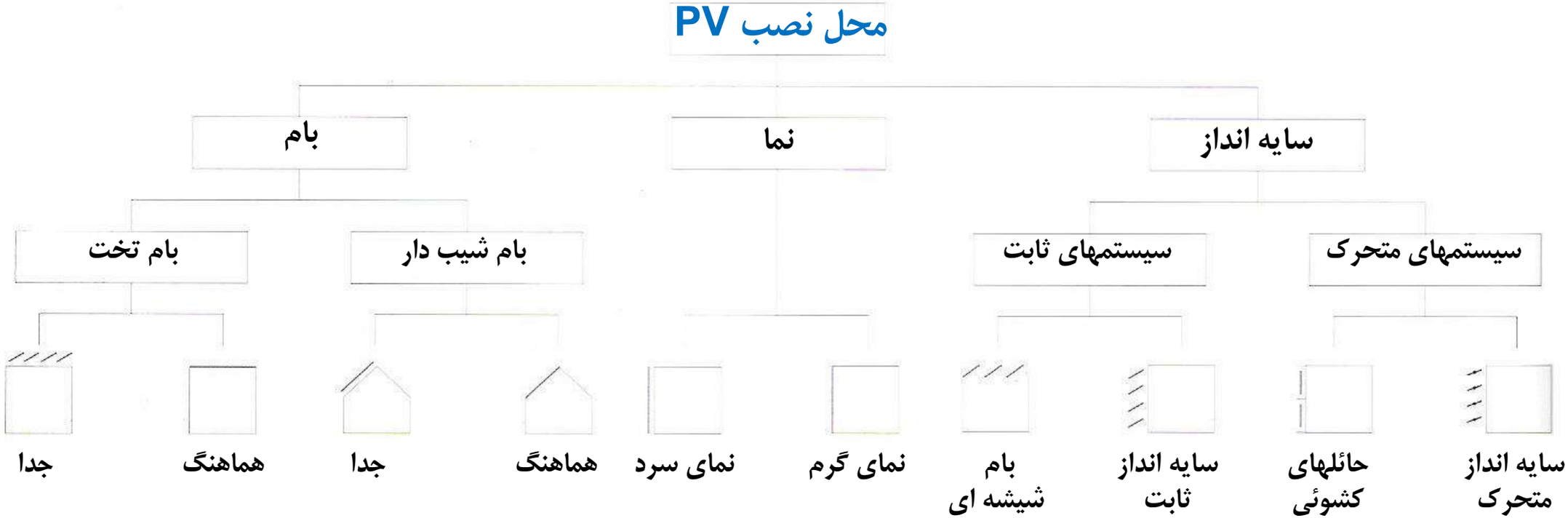


مدول و آرایه سلولها با یکدیگر ترکیب شده و مدول را بوجود می آورند.
مدولها صفحه را شکل می دهند و صفحات با یکدیگر ترکیب شده و آرایه را بوجود می آورند.

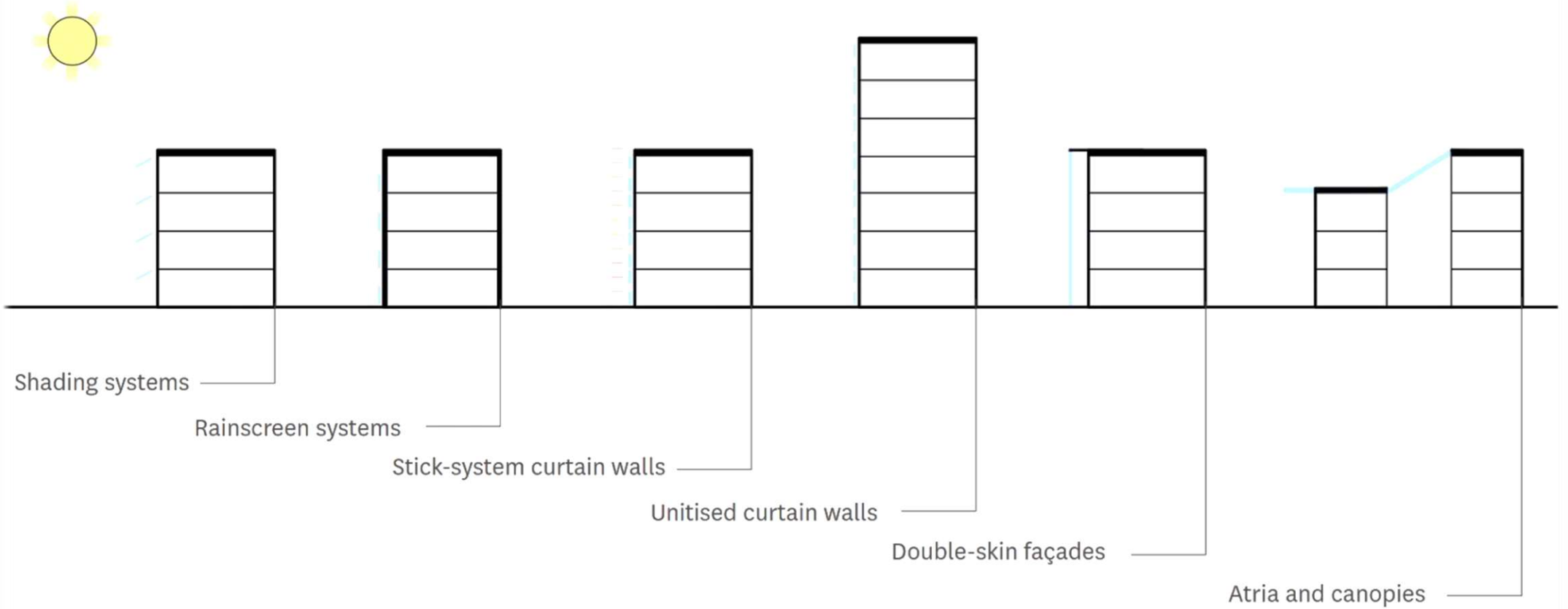
هماهنگی ساختمانی PV



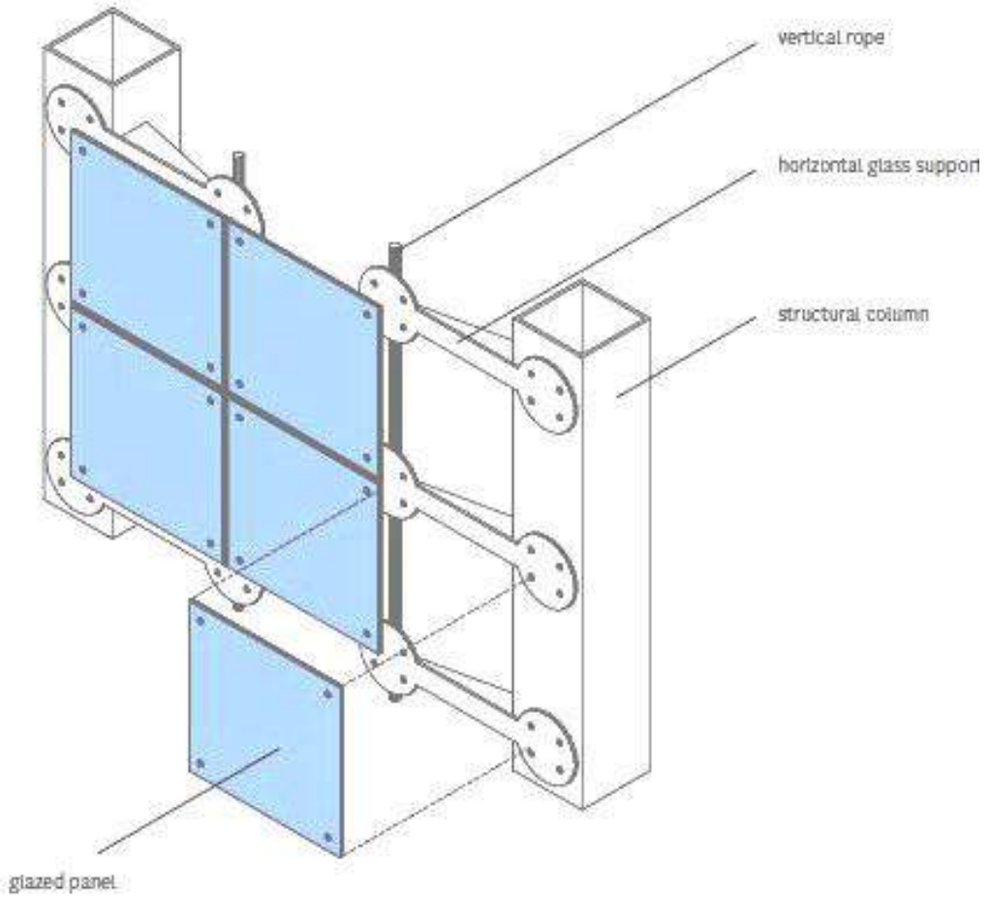
محل نصب PV

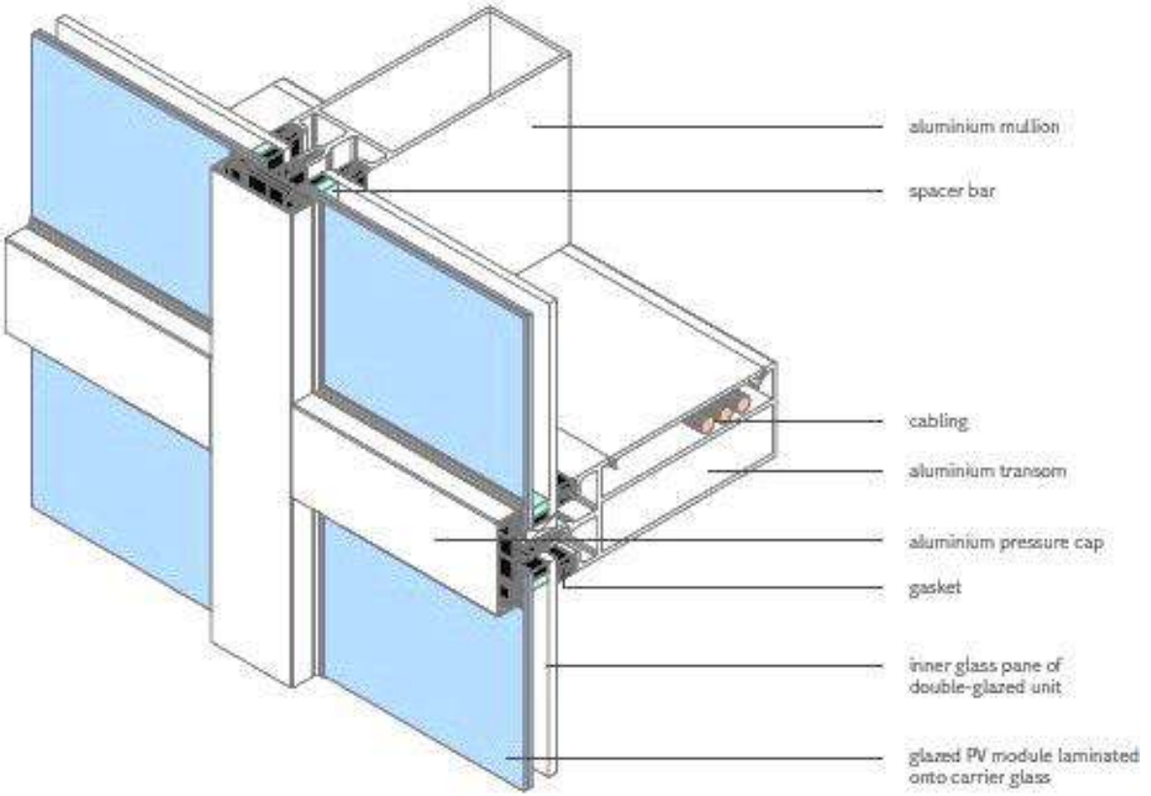

سایه انداز
نما
بام
سیستمهای متحرک
سیستمهای ثابت
بام شیب دار
بام تخت
سایه انداز متحرک
حائلهای کشوئی
سایه انداز ثابت
بام شیشه ای
نمای گرم
نمای سرد
هماهنگ
جدا
هماهنگ
جدا

تقسیم بندی سیستم های مختلف نما برای استفاده از پانلهای فتوولتاییک

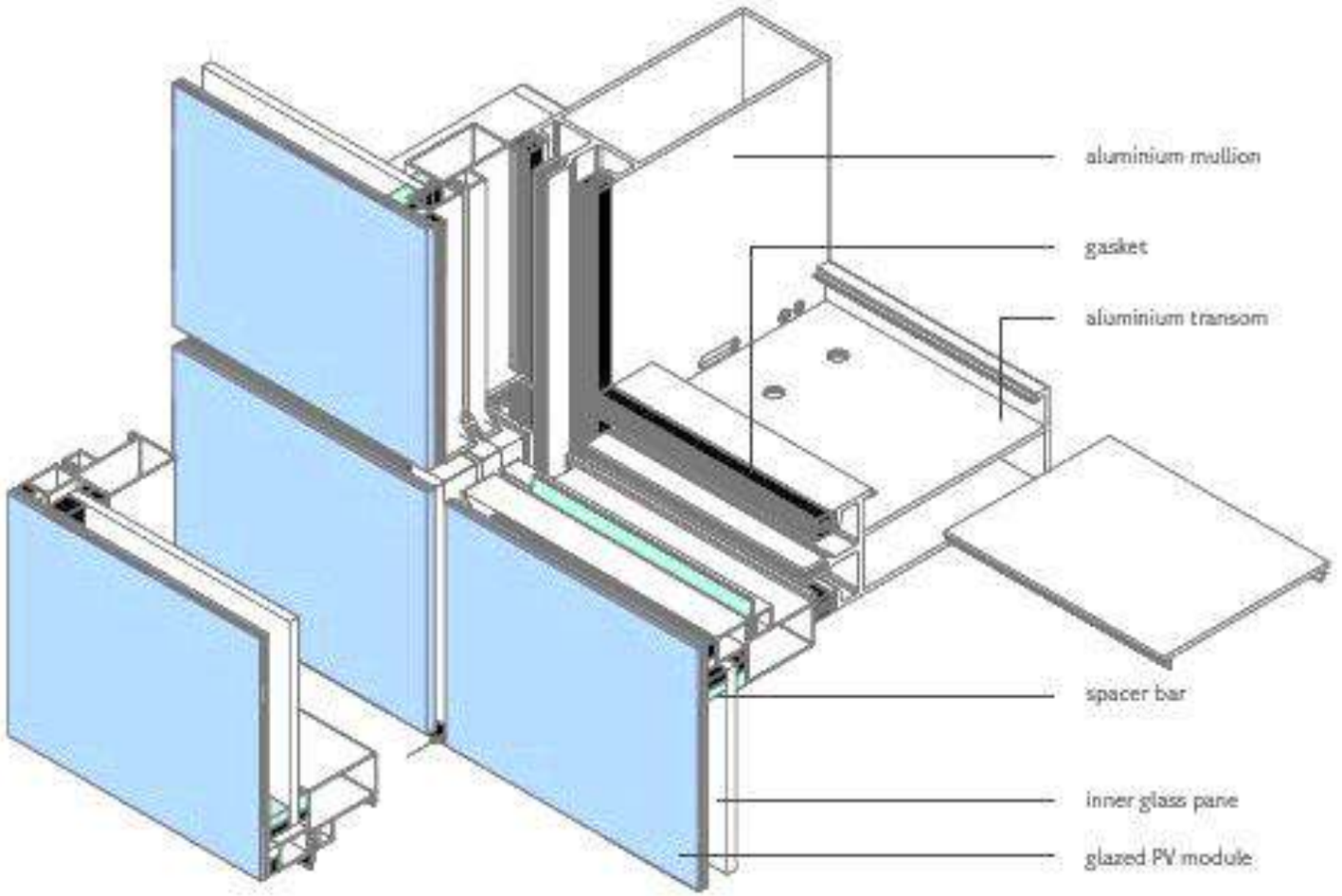


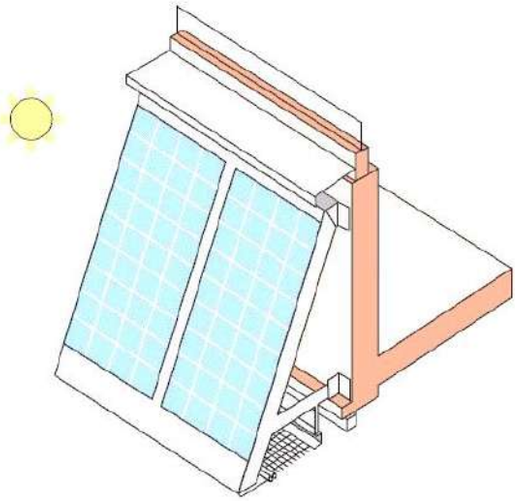
سیستمهای اتصالی در ساختمان های هماهنگ با فتوولتاییک (BIPV)

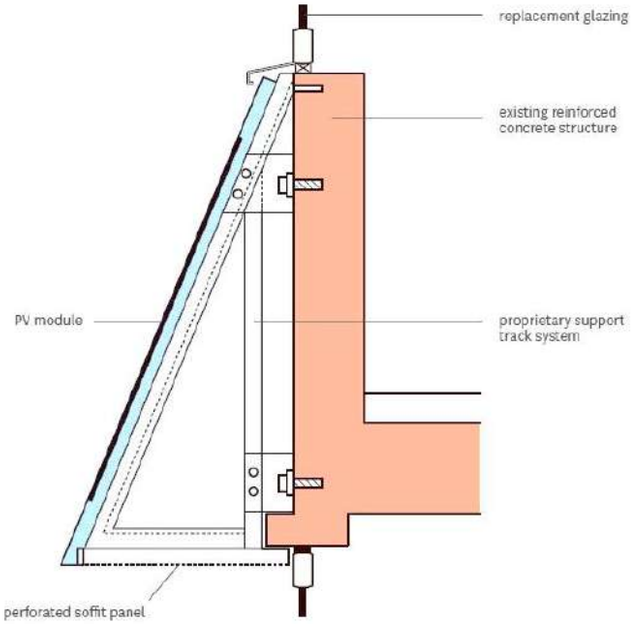




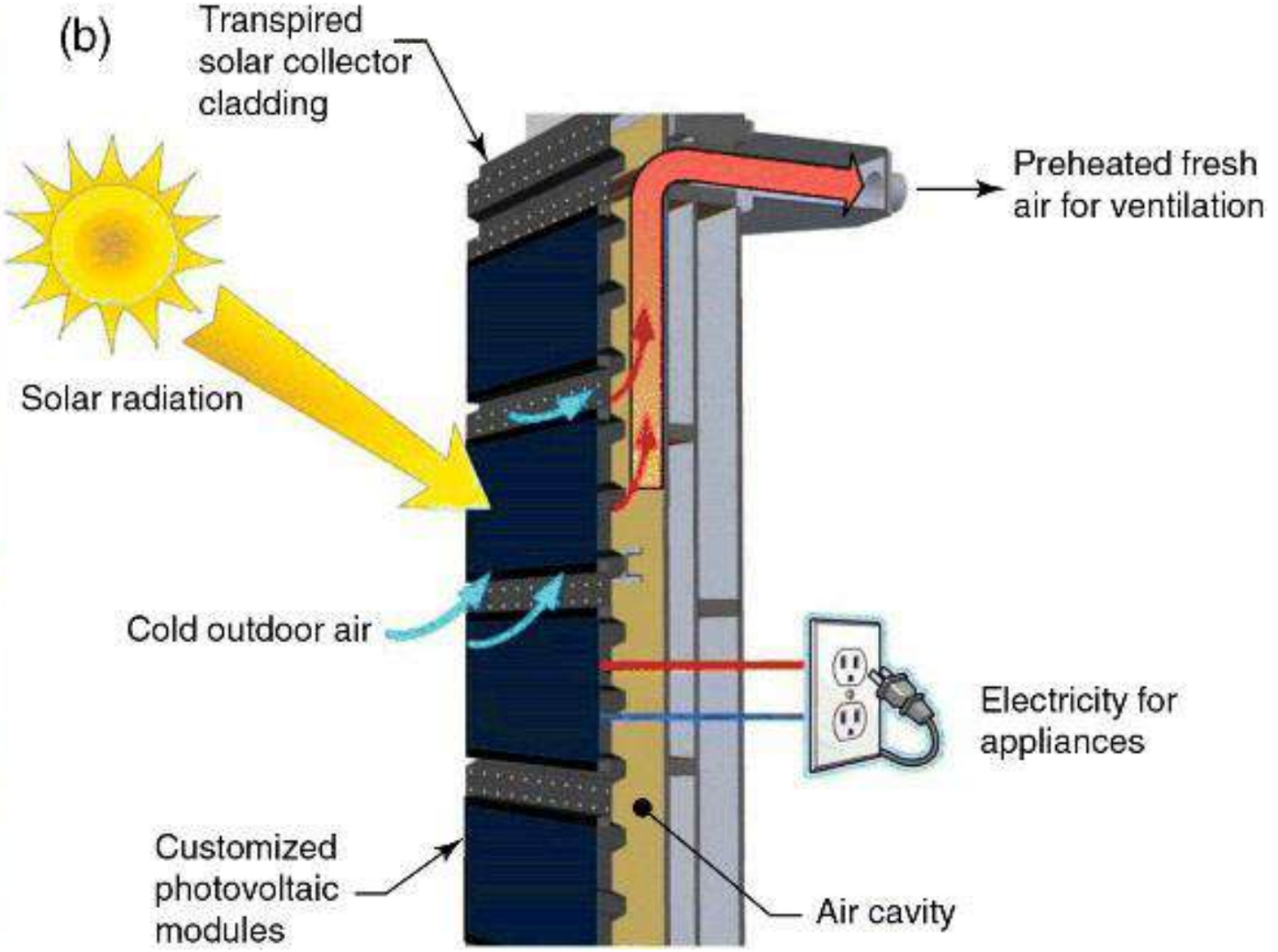
سیستمهای اتصالی در ساختمان های هماهنگ با فتوولتاییک (BIPV)







سیستم ساختمانی هماهنگ با فتوولتاییک و حرارت (BIPVT)



■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای صفر انرژی

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

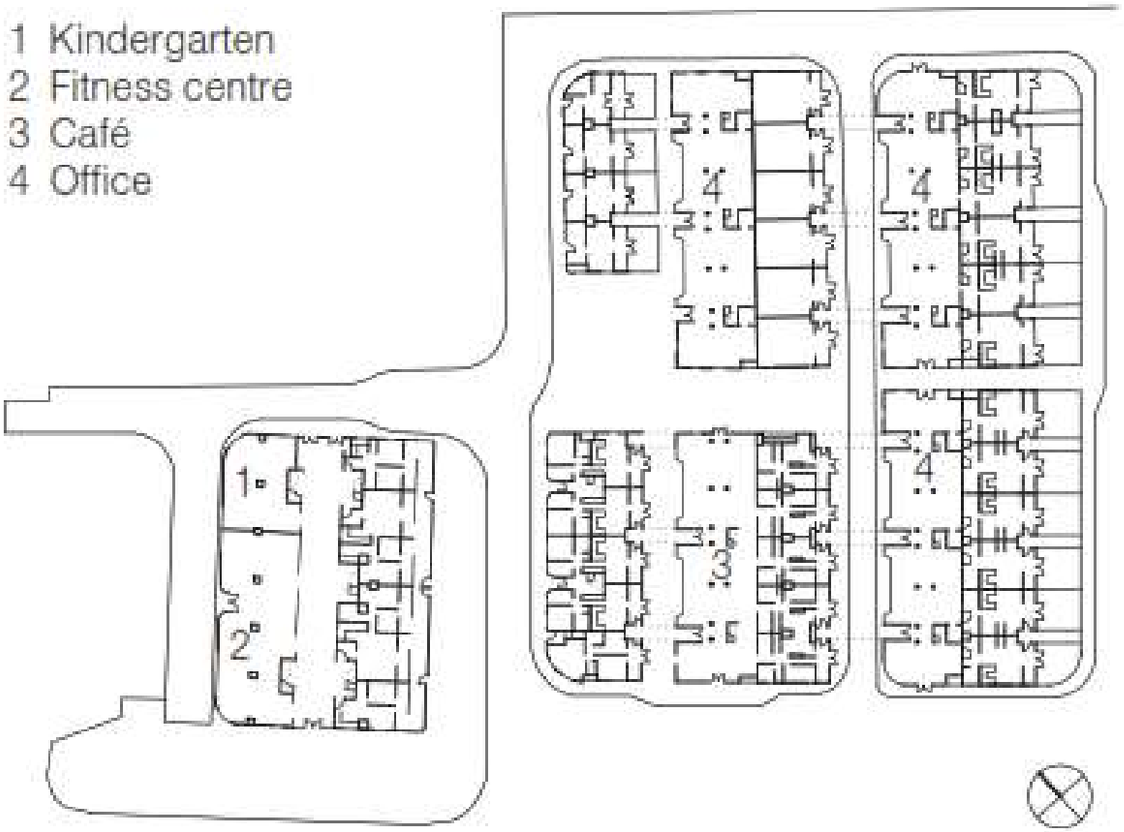
- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

معرفی تجربیات موفق
(نمونه های مطالعاتی)

Case Study 1: BedZed, London, UK

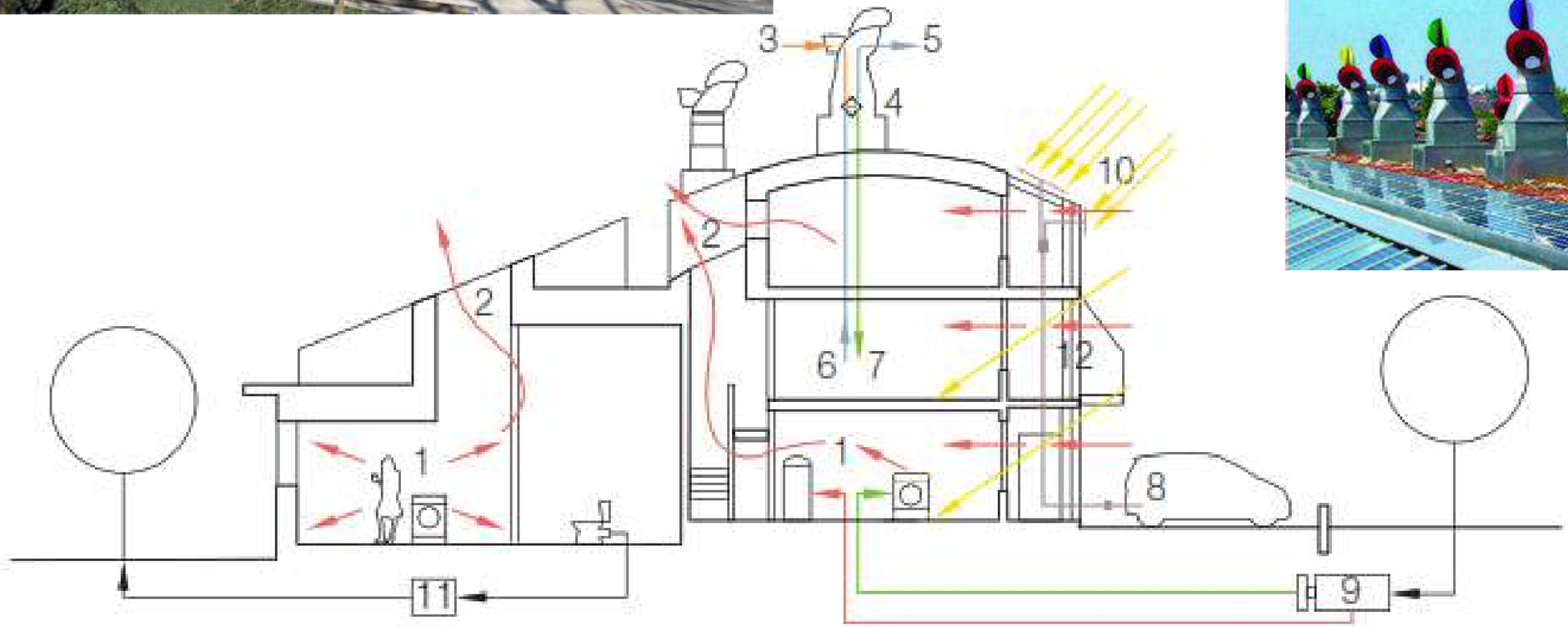
	Living [m²]	Parking [m²]	Streets [m²]	Infrastructure [m²]	Offices [m²]	Green spaces [m²]
Conventional row house design	1938	1568	2454			5105
Parking space reduction via ecologically sound traffic concept		968				
Concept with car-free secondary access			540			
Addition of office and workspaces				770	1216	
Roof terraces and green roofs	2378	968	540	770	1216	4621 and 1182
Completed net area, BedZED community	7446			1096	1404	5803

Case Study 1: BedZed, London, UK

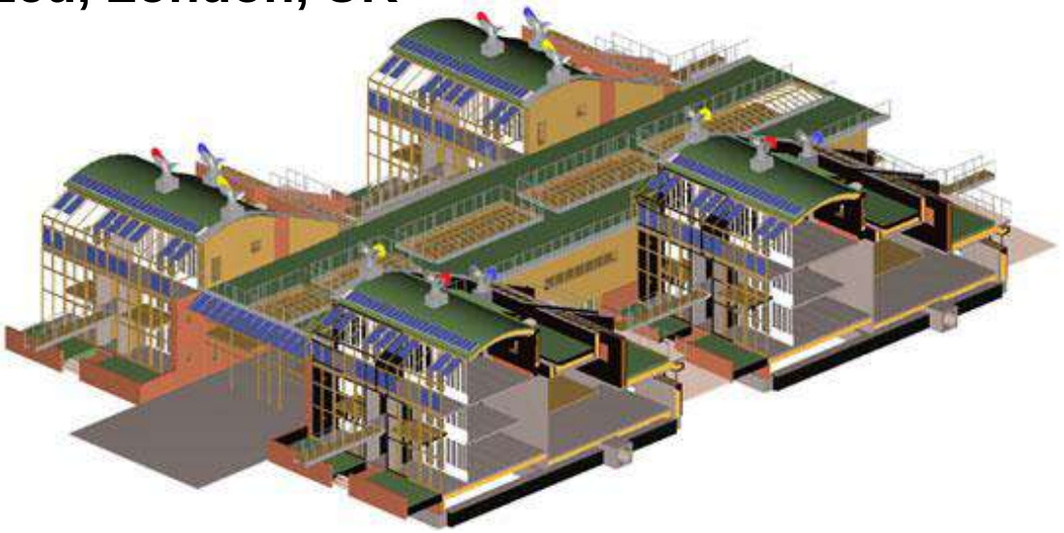


Case Study 1: BedZed, London, UK

1 Internal heat sources
2 Natural ventilation/passive cooling
3 Outside/intake air
4 Heat recovery
5 Exit air
6 Exhaust air
7 Supply air
8 Electric cars
9 Combined heat and power plant
10 Photovoltaics
11 Fermentation/biomass utilisation
12 Solar yield



Case Study 1: BedZed, London, UK



SITE	Sutton near London, (GB)
Annual global radiation at site	800 kWh/m²a
Annual mean temperature at site	9.7 °C
Context	suburban

BUILDING ENVELOPE PARAMETERS	W/m²K
U-value, exterior walls	0.11
U-value, windows (incl. frames)	1.20
U-value, roof	0.10
U-value, skylights (incl. frames)	1.20
U-value, floor slab	0.10
Mean U-value, building envelope	0.21

BUILDING EQUIPMENT PARAMETERS	
Photovoltaic system area	777 m²
System area per m²	0.09 m²/m²
Photovoltaic capacity	108 kW_p
Capacity per m²	12.20 W_p/m²
Combined heat and power plant capacity	250 kW_{th}/120 kW_{el}
Capacity per m²	28.20 W_{th}/m²/ 13.60 W_{el}/m²

NETWORK INFRASTRUCTURE AND ENERGY SOURCES	
Supply infrastructure	electricity grid, gas grid, wood chip delivery
Energy source supply	natural gas, electricity, wood chips
Feed-in infrastructure	electricity grid
Feed-in energy source	electricity

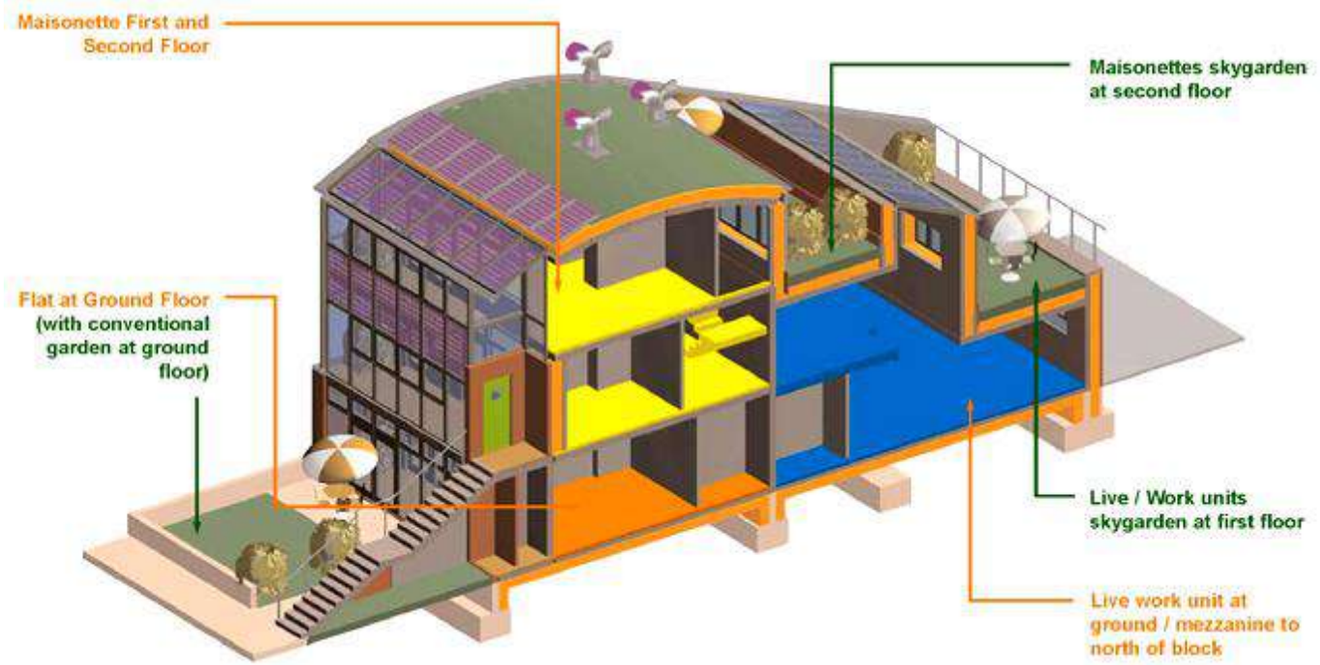
DESIGN STRATEGIES, CONCEPTUAL FOCUS

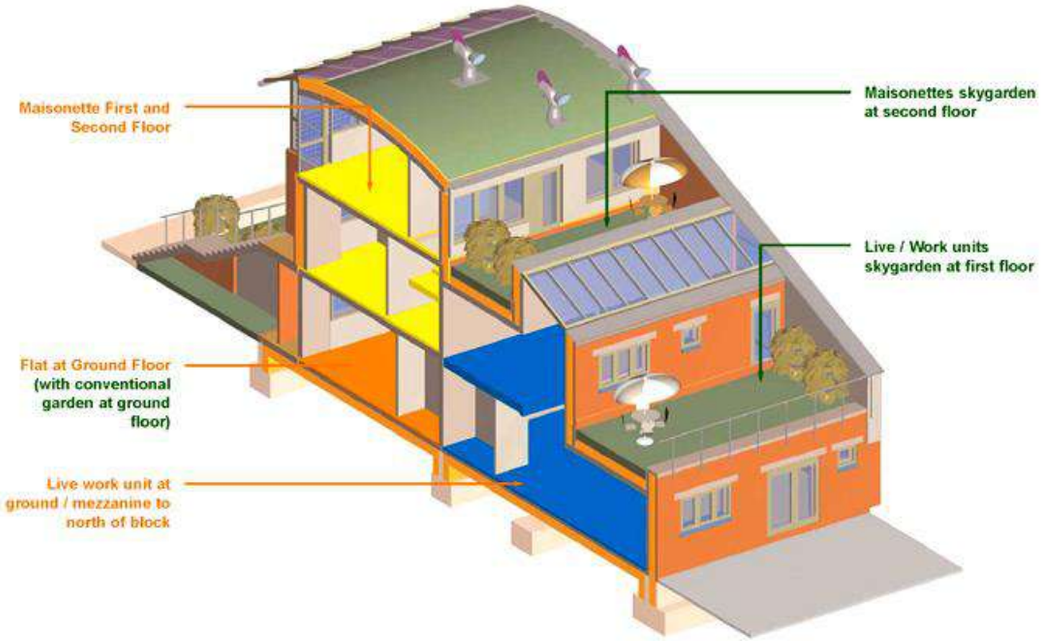
Passive house components and concept, wind-pressure driven ventilation with heat recovery, combined heat and power, photovoltaics, small-scale district heating grid, community, user education, ecologically sound traffic concept

BUILDING PARAMETERS	
Net floor area, NFA	8850 m²
Gross floor area, GFA	10,388 m²
Gross volume, V	24,465 m³
Building envelope, A	12,346 m²
Surface to volume ratio, A/V	0.48 m²/m³
Building costs (net, construction/ technical services)	1580 €/m² (2002)
Number of units	82 residential units
Commercial and administration areas	2500 m²
Total number of users	220

CONSUMPTION PARAMETERS (2007)	kWh/m²a
Space heating consumption	16
Water heating consumption	23
Site energy consumption for heat (incl. hot water)	48
Electricity consumption	34
Total primary energy demand	172
Total primary energy generation	184

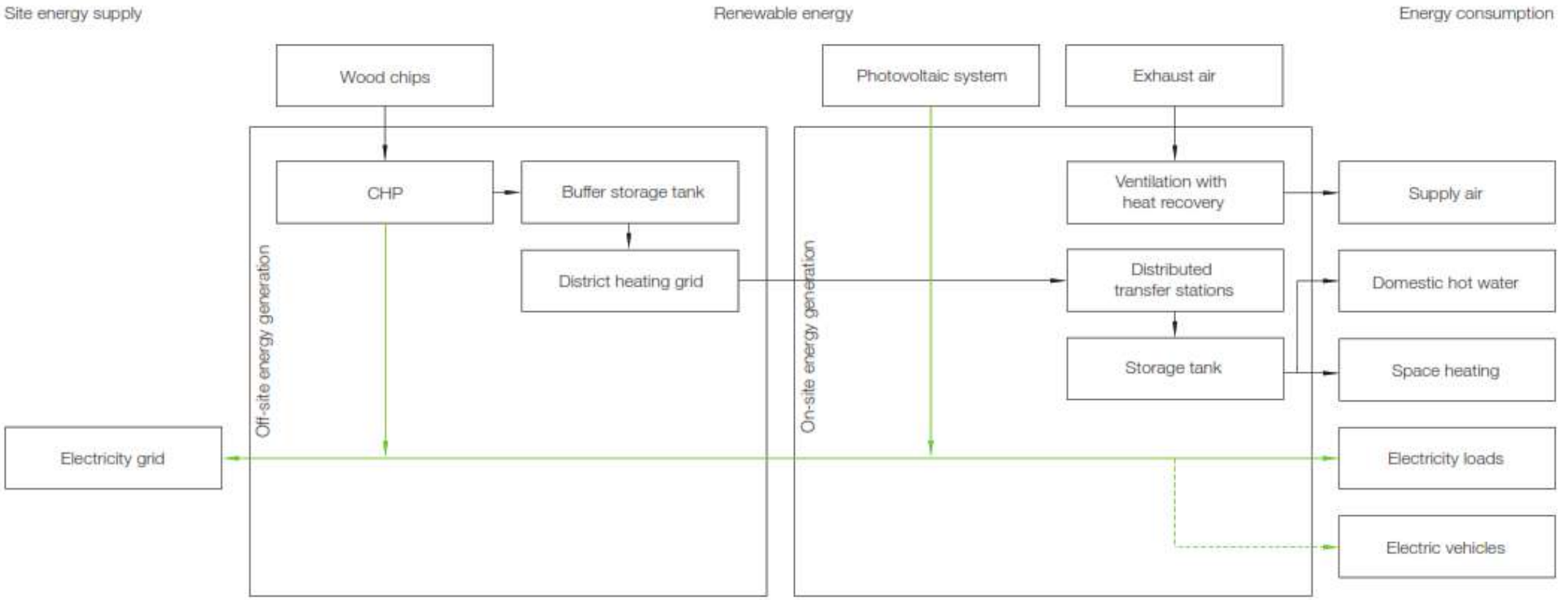
Case Study 1: BedZed, London, UK





Case Study 1: BedZed, London, UK

مصرف انرژی و تامین انرژی



Case Study 1: BedZed, London, UK

Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)

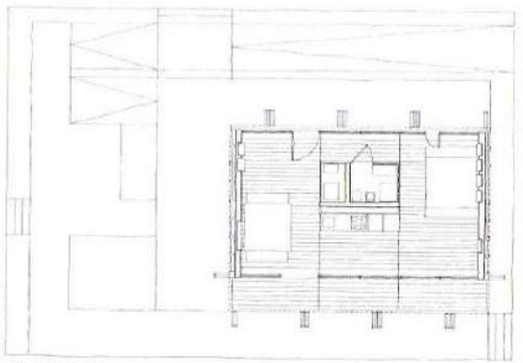
Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)

Technische Universität Darmstadt

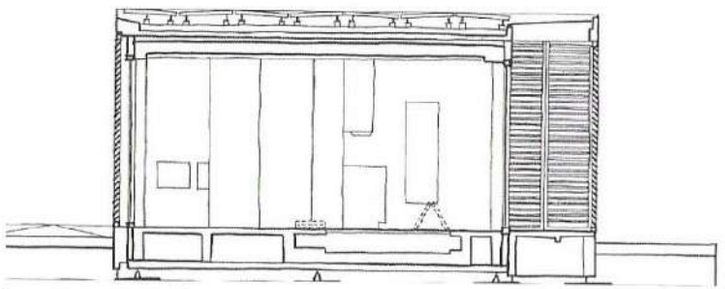
Location: Darmstadt, Germany
Latitude: 49.87° N Longitude: 8.66° E

Overall Ranking: 1
Architecture: 1
Engineering: 1
Market Viability: 5
Communications: 8
Comfort Zone: 10
Appliances: 3
Hot Water: 6
Lighting: 1
Energy Balance: 1
Getting Around: 12

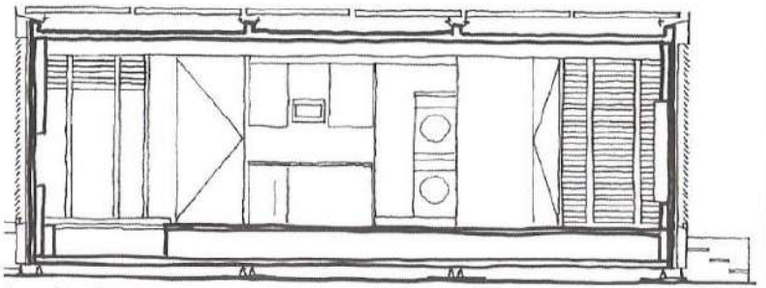
Total Project Cost: $1,378,297



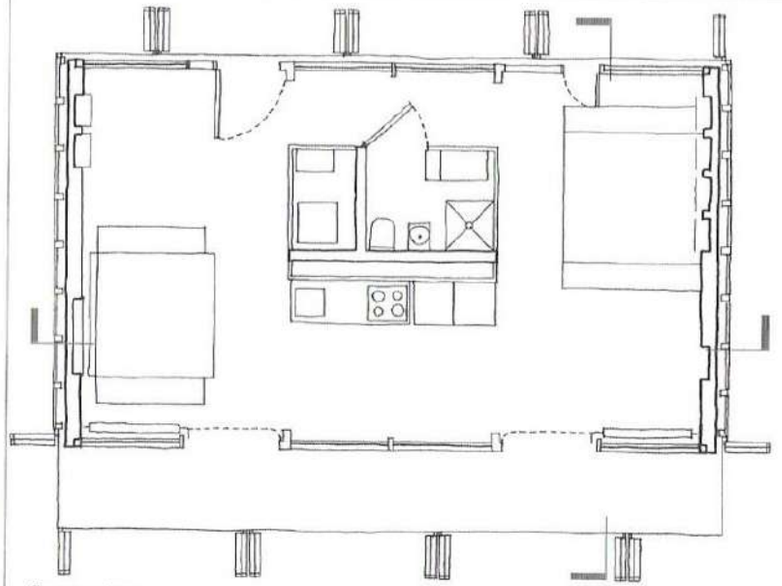
site plan



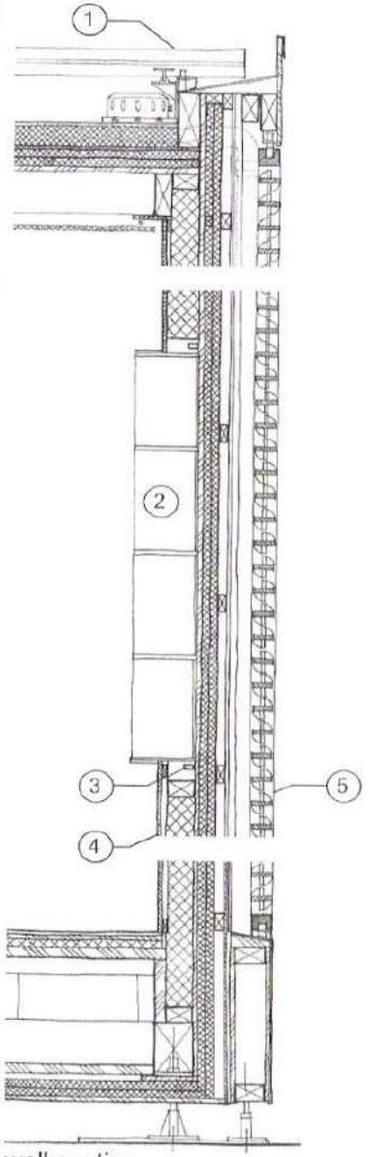
transverse section



longitudinal section



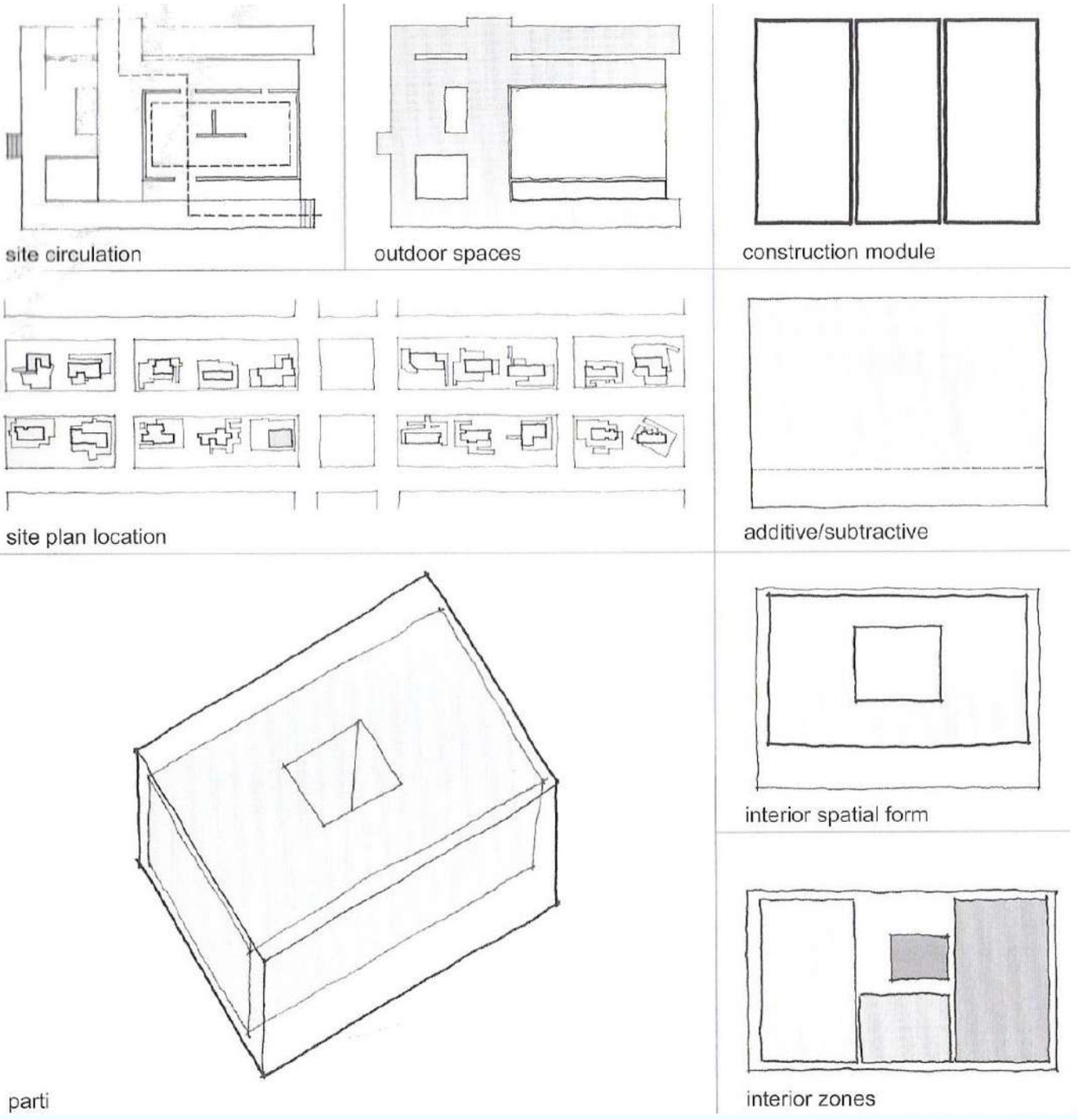
floor plan



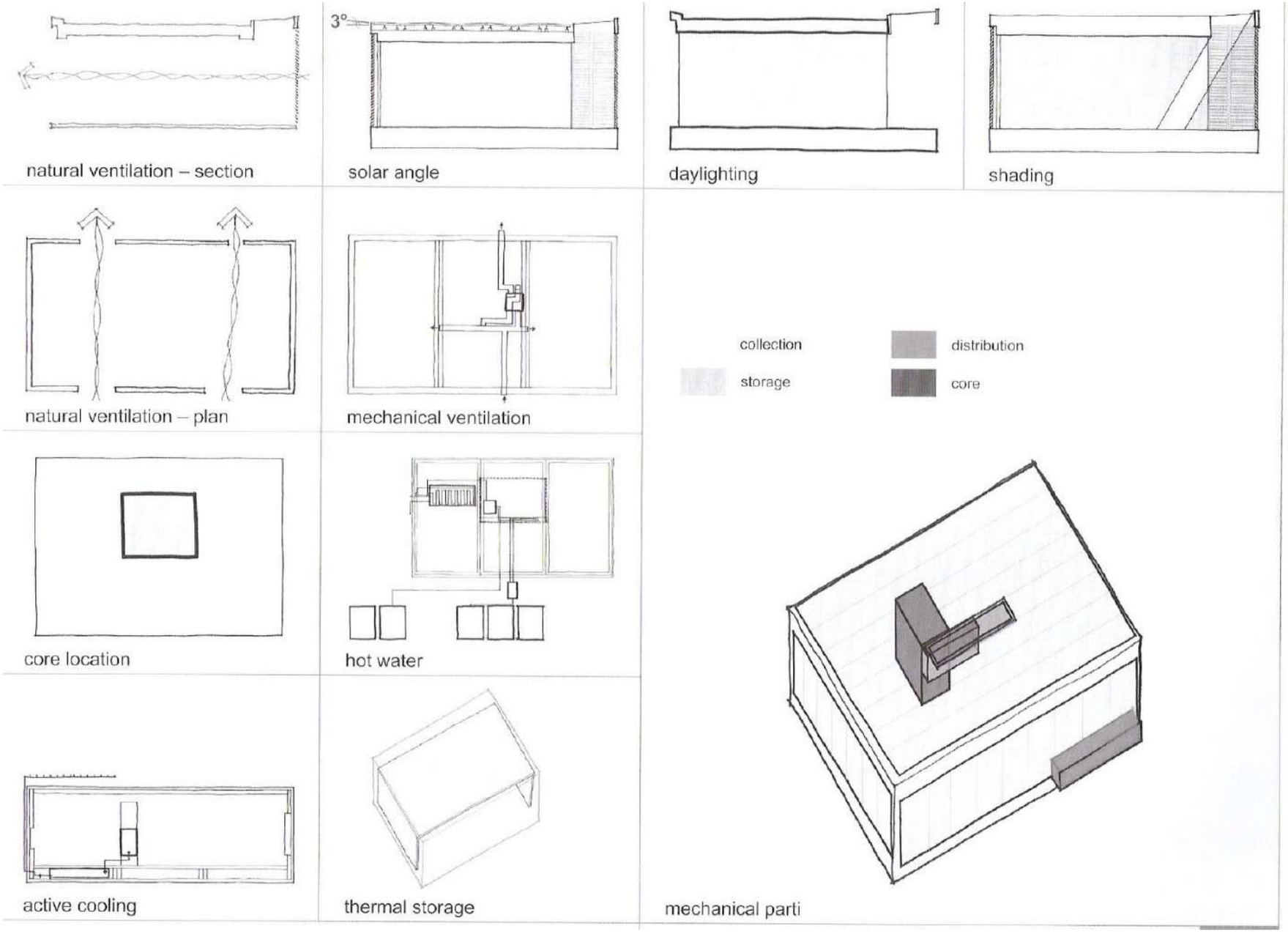
wall section

1. photovoltaic panel
2. built-in acrylic shelf
3. LED backlight
4. phase change material
5. exterior louvers with photovoltaics

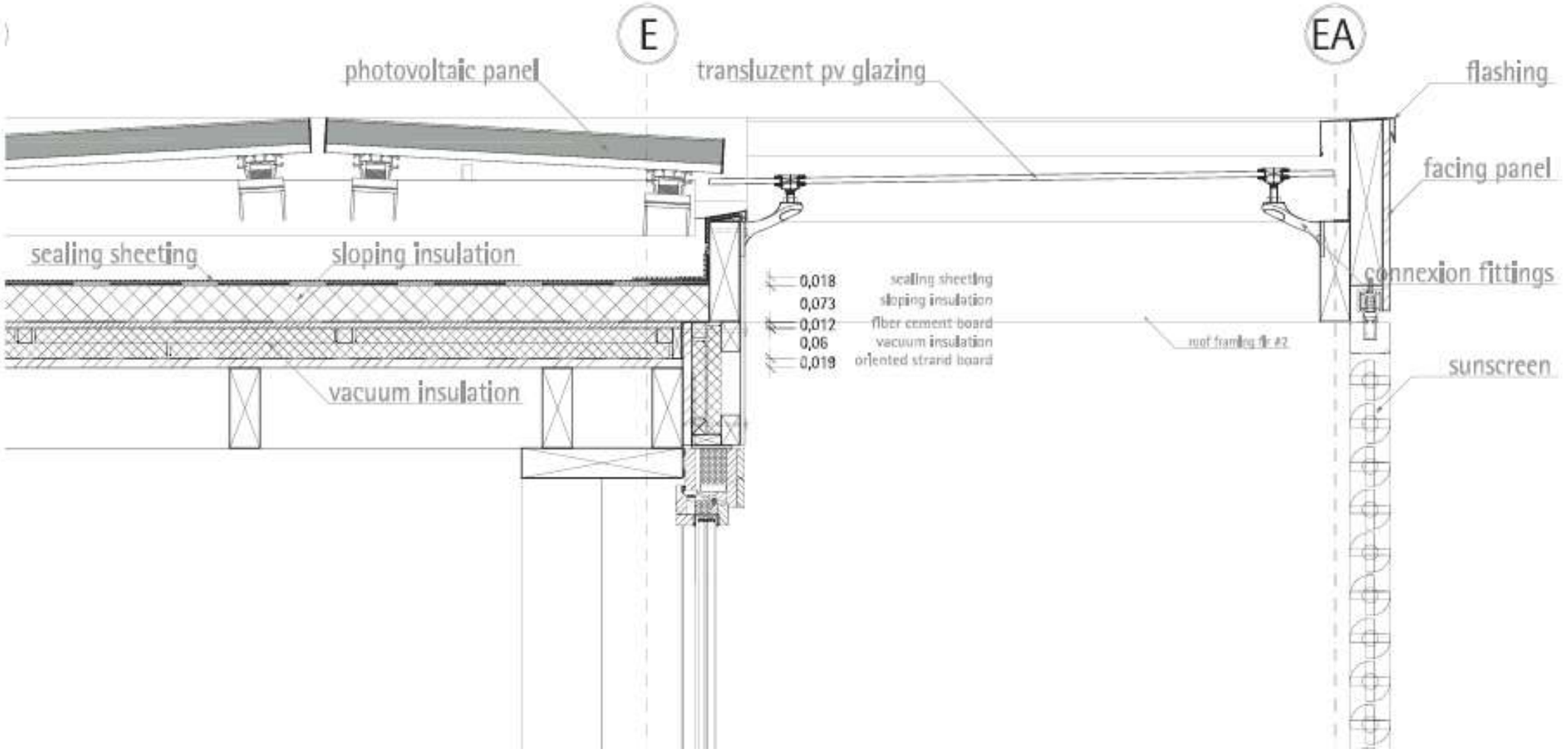
Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)



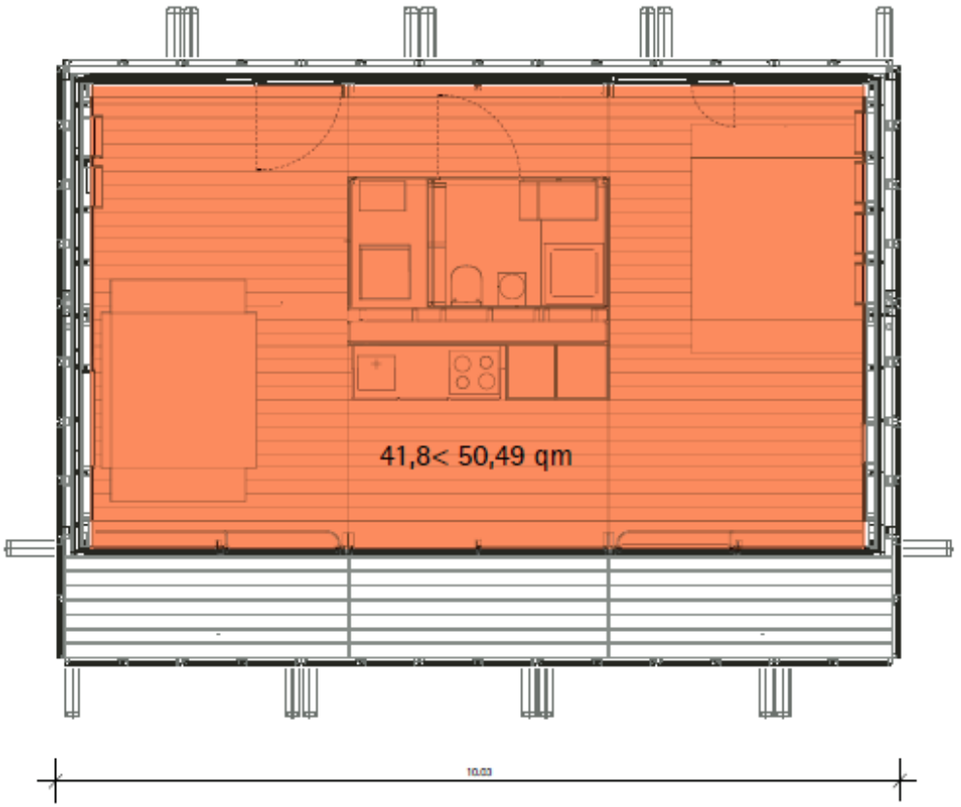
Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)

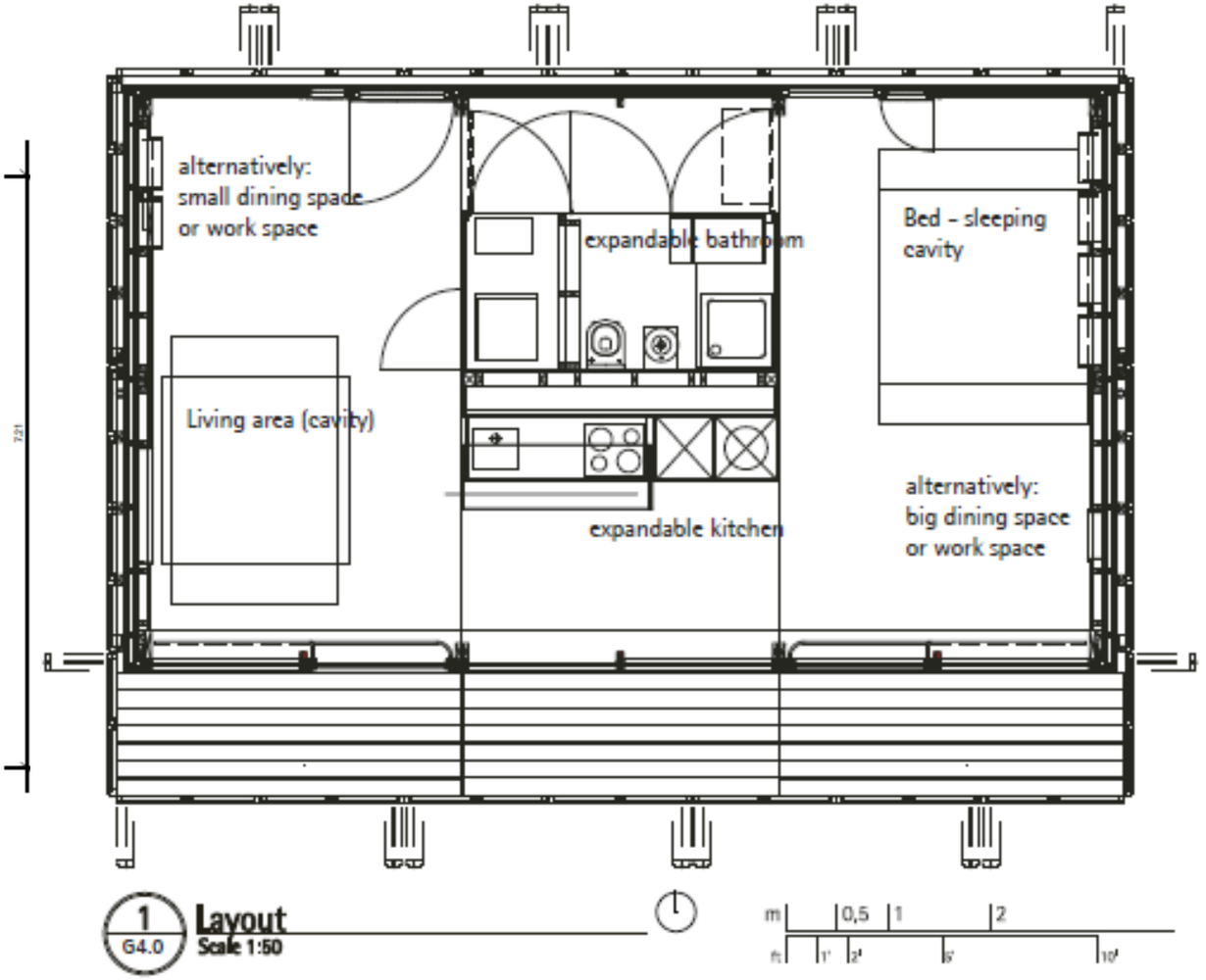


Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)



Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)





Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)

fooprint of building:

10.03 m x 7.21 m = 72.31 sqm
32.99 ft x 23.6 ft = 778.4 sqft

louvers:
single louver:
0.63 m x 0.17 m = 0.11 sqm
2.07 ft x 0.56 ft = 1.16 sqft

all louvers:
9 x 0.11 sqm = 0.99 sqm
9 x 1.16 sqft = 10.44 sqft

footprint alltogether:

72.31 sqm + 0.99 sqm = 73.3 sqm
778.4 sqft + 10.44 sqft = 788.84 sqft

Floor Plan with Opened Louvers

Case Study 2: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2007)

fooprint of building:

10.03 m x 7.21 m = 72.31 sqm
32.99 ft x 23.66 ft = 778.4 sqft

louvers:

In closed condition the louvers do not exceed the footprint of the building.

footprint alltogether:

10.03 m x 7.21 m = 72.31 sqm
32.99 ft x 23.66 ft = 778.4 q

Floor Plan with Closed Louvers

Case Study 3: Solar House designed By:
Technical University of Darmstadt (2009) - Surplus Home

Case Study 3: Solar House designed By: Technical University of Darmstadt (2009) - Surplus Home

Case Study 4: House Retrofit based on Zero Energy Design in Esfahan, Iran

ENERGY REDUCTION

Climate: Khomini shahr-Esfahan-Iran

Step 2: Calculation for Energy Reduction

Primary Energy Demand			
Electricity		**Natural Gas**	
Energy Consumption (Production Efficiency=38%)	18521 kWh	Energy Consumption	42396 kWh
Total: 60917 kWh			

Electricity	Induction Cooking 10%
18521 kWh	1852 kWh
Total: 20373 kWh	

Energy Breakdown of Electricity		
Description	Consumption	Remaining Energy
Lighting	30%	6112 kWh
Cooling	40%	8149 kWh
Equipment	30%	6112 kWh
Estimating of Electricity Savings		
Strategy	Saving	Amount of Energy Saving
Green Roof	30%	2445 kWh
Shading devices	30%	2445 kWh
Energy Saving Equipment (A+)	30%	1834 kWh
LED Lighting	90%	5501 kWh
Electricity Saving	**Electricity Perceptual Saving**	
12224 kWh	60%	
Remaining Energy Demand		
Lighting	611 kWh	
Cooling	3259 kWh	
Equipment	4278 kWh	

Energy Breakdown of Heat		
Description	Consumption	Remaining Energy
Cooking	20%	8749 kWh
Heating	20%	8749 kWh
Domestic Hot Water	60%	24898 kWh
Estimating of Heat Savings		
Strategy	Saving	Amount of Energy Saving
Thermal Insulation	40%	3500 kWh
Thermal Mass		
High performance glass for south window	10%	875 kWh
High performance glass for east and north window	20%	1750 kWh
Water saving Hot-shower	20%	4980 kWh
Cooking	100%	8749 kWh
Heat Saving	**Heat Perceptual Saving**	
19854 kWh	46%	
Remaining Energy Demand		
Cooking	-	
Heating	2624 kWh	
Domestic Hot Water	19918 kWh	

Student: Zahra Babaei

Case Study 4: House Retrofit based on Zero Energy Design in Esfahan, Iran

REUSE-BUILDING

Case Study : Khomini shahr-Esfahan-Iran

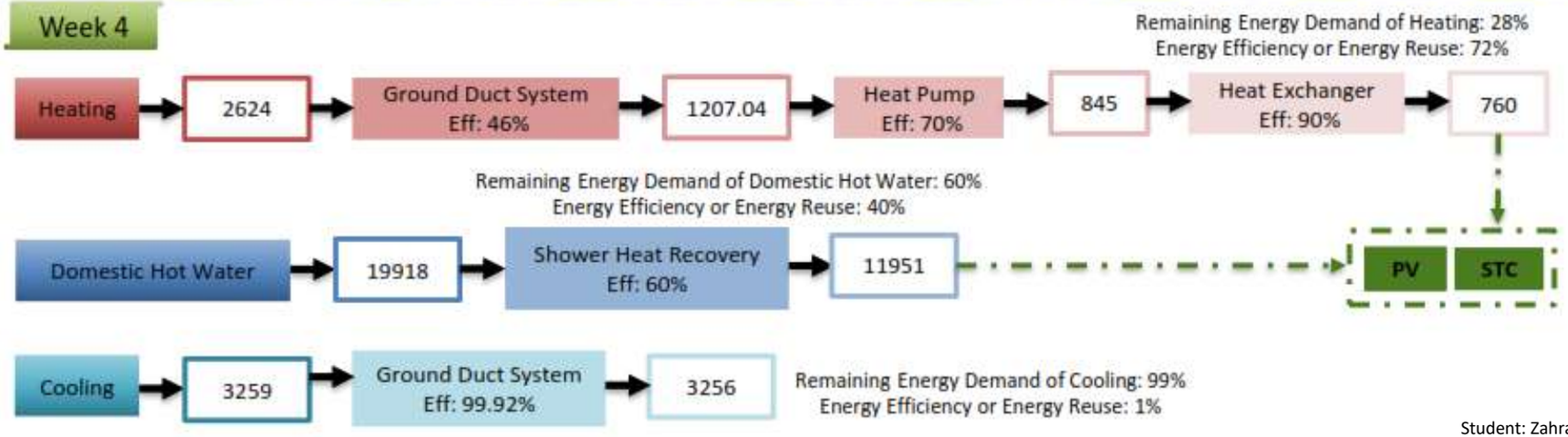
Week 2-3

Primary Energy Demand	
Electricity	
Energy Consumption (Production Efficiency=38%)	18521 kWh
Natural Gas	
Energy Consumption	42396 kWh
Total: 60917 kWh	

Energy Breakdown of Heat		
Description	Consumption	Remaining Energy
Cooking	20%	8749 kWh
Heating	20%	8749 kWh
Domestic Hot Water	60%	24898 kWh
Estimating of Heat Savings		
Strategy	Saving	Amount of Energy Saving
Thermal Insulation	40%	3500 kWh
Thermal Mass		
High performance glass for south window	10%	875 kWh
High performance glass for east and north window	20%	1750 kWh
Water saving Hot-shower	20%	4980 kWh
Cooking	100%	8749 kWh
Heat Saving: 19854 kWh	**Heat Perceptual Saving: 40%**	
Energy Demand after Reduction		
Domestic Hot Water: 19918 kWh	Heating: 2624 kWh	19918+2624=22542 kWh
Cooking: -		

Energy Breakdown of Electricity		
Electricity	**Induction Cooking 10%**	
18521 kWh	1852 kWh	
Total: 20373 kWh		
Description	Consumption	Remaining Energy
Lighting	30%	6112 kWh
Cooling	40%	8149 kWh
Equipment	30%	6112 kWh
Estimating of Electricity Savings		
Strategy	Saving	Amount of Energy Saving
Green Roof	30%	2445 kWh
Shading devices	30%	2445 kWh
Energy Saving Equipment (A+)	30%	1834 kWh
LED Lighting	90%	5501 kWh
Electricity Saving: 12225 kWh	**Electricity Perceptual Saving: 60%**	
Energy Demand after Reduction		
Lighting: 611 kWh	Equipment: 4278 kWh	611+4278=4889 kWh
Cooling: 3259 kWh		

Week 4



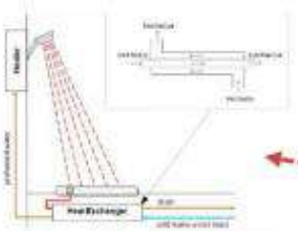
Student: Zahra Babaei

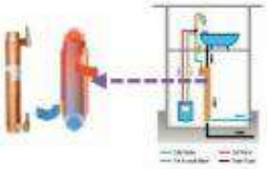
Case Study 4: House Retrofit based on Zero Energy Design in Esfahan, Iran

REUSE-BUILDING

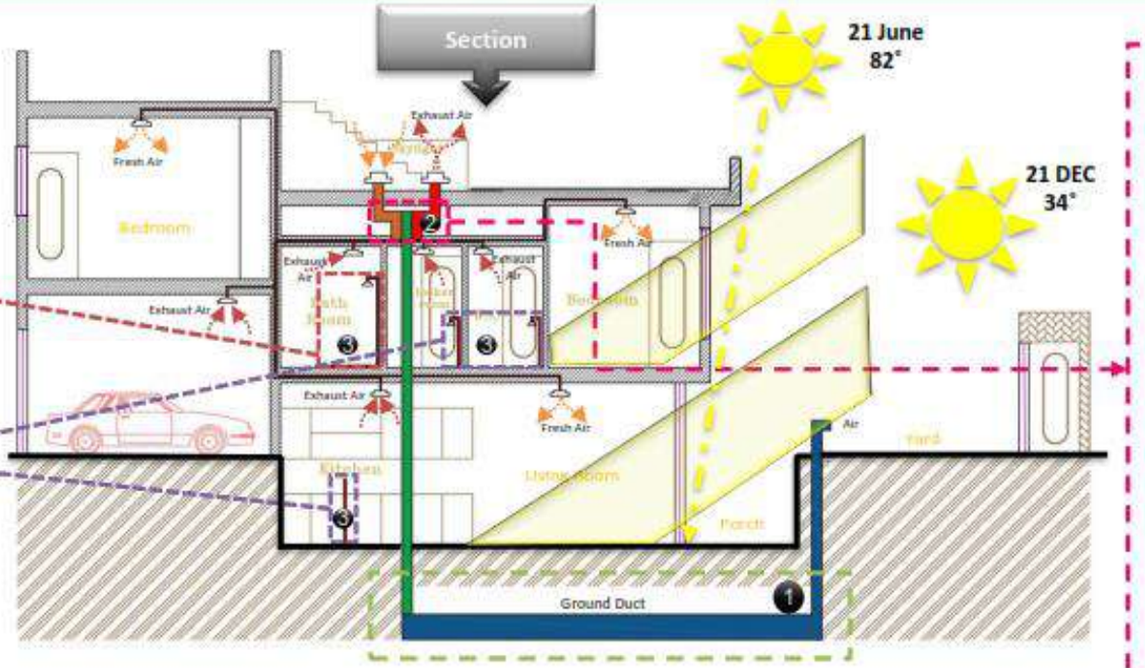
Case Study : Khomini shahr-Esfahan-Iran

3: Shower Heat Recovery

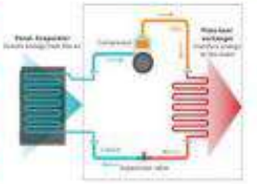




Saving Percentage: 60%



2: Heat Exchanger/Heat Pump

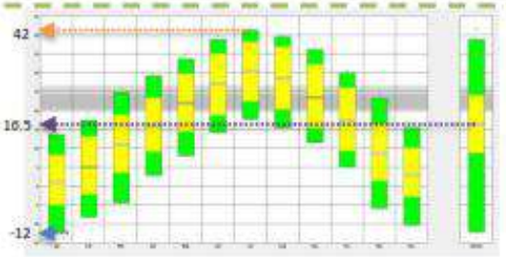


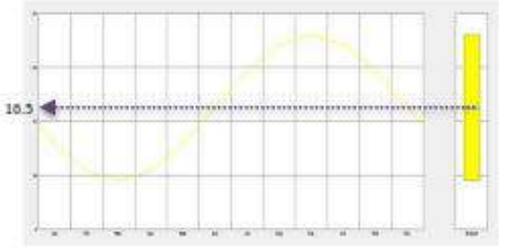
Saving Percentage Heat Exchanger: 90%

Saving Percentage Heat Exchanger: 70%

1: Ground Duct System

Saving Percentage: 46%





Remaining Energy Demand for Heating (January)		
Heating	2624 kWh	
By Ground Duct System Utilization		
Energy Reuse By Ground Duct	1207.04 kWh	46%
Remaining Energy Demand For Heating	1417 kWh	54%

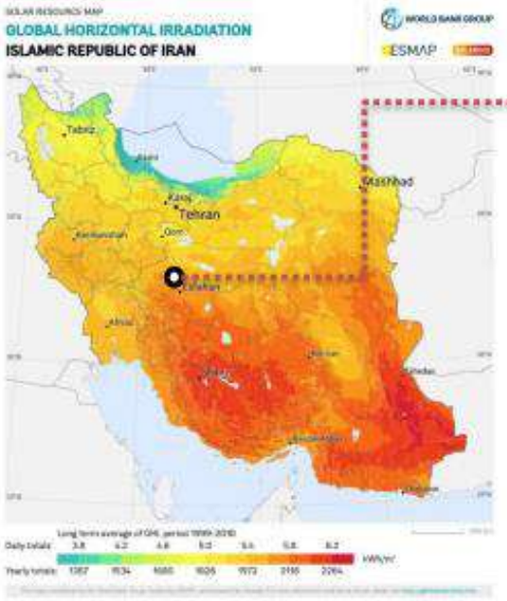
Remaining Energy Demand for Cooling (July)		
Cooling	3259 kWh	
By Ground Duct System Utilization		
Energy Reuse By Ground Duct	3256 kWh	99.92% ≈100
Remaining Energy Demand For Heating	26072 kWh	0.08% ≈0

Student: Zahra Babaei

Case Study 4: House Retrofit based on Zero Energy Design in Esfahan, Iran

PRODUCE

Case Study : Khomini shahr-Esfahan-Iran



Location: Khomini shahr-Esfahan-Iran
Horizontal Iradiation of Khomini Shahr: 1972 kWh/m2
1 PV Thermal Module: 1.63 m2
1 Solar Collector Module:
Efficiency of PV Module: 20%
Efficiency of Solar Collector Module: 50%
Direction: SW
Angle: 45°

Electricity Demand of Lighting: 4889 kWh
Heating Demand: 12711 kWh

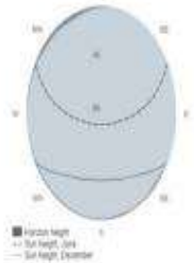
1 PV Module Produce: 1.63*1972*0.2= 642.872 kWh
1 Solar Collector Module Produce:

PV Module needed: 4889/642.872= 8 Module
Solar Collector Module needed:

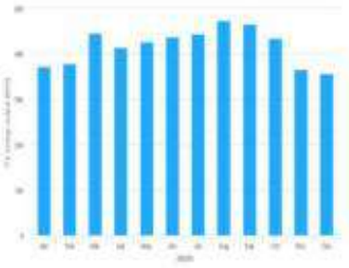
PVGIS-S estimates of solar electricity generation:

Provided inputs:		Simulation outputs	
Latitude/Longitude:	32.660, 51.540	Slope angle	32 (opt) °
Horizon:	Calculated	Azimuth angle	-6 (opt) °
Database used:	PVGIS-SARAH	Yearly PV energy production	5013.35 kWh
PV technology:	Crystalline silicon	Yearly in-plane irradiation	2375.63 kWh/m²
PV installed:	2.8 kWp	Year to year variability	238.19 kWh
System loss:	14 %	Changes in output due to:	
		Angle of incidence:	-2.57 %
		Spectral effects	-1.44 %
		Temperature and low irradiance	-8.73 %
		Total loss:	-24.63 %

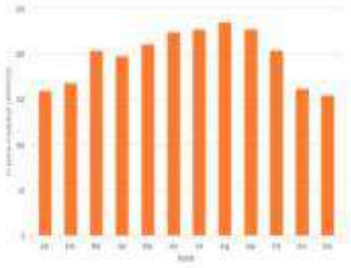
Outline of horizon at chosen location:

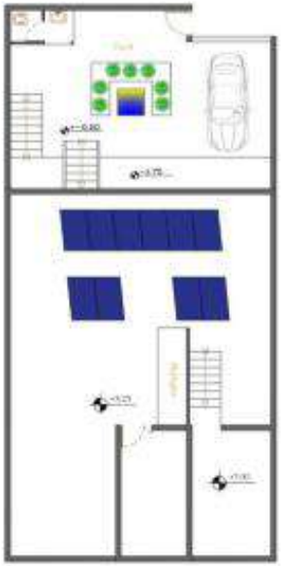


Monthly energy output from fix-angle PV system:



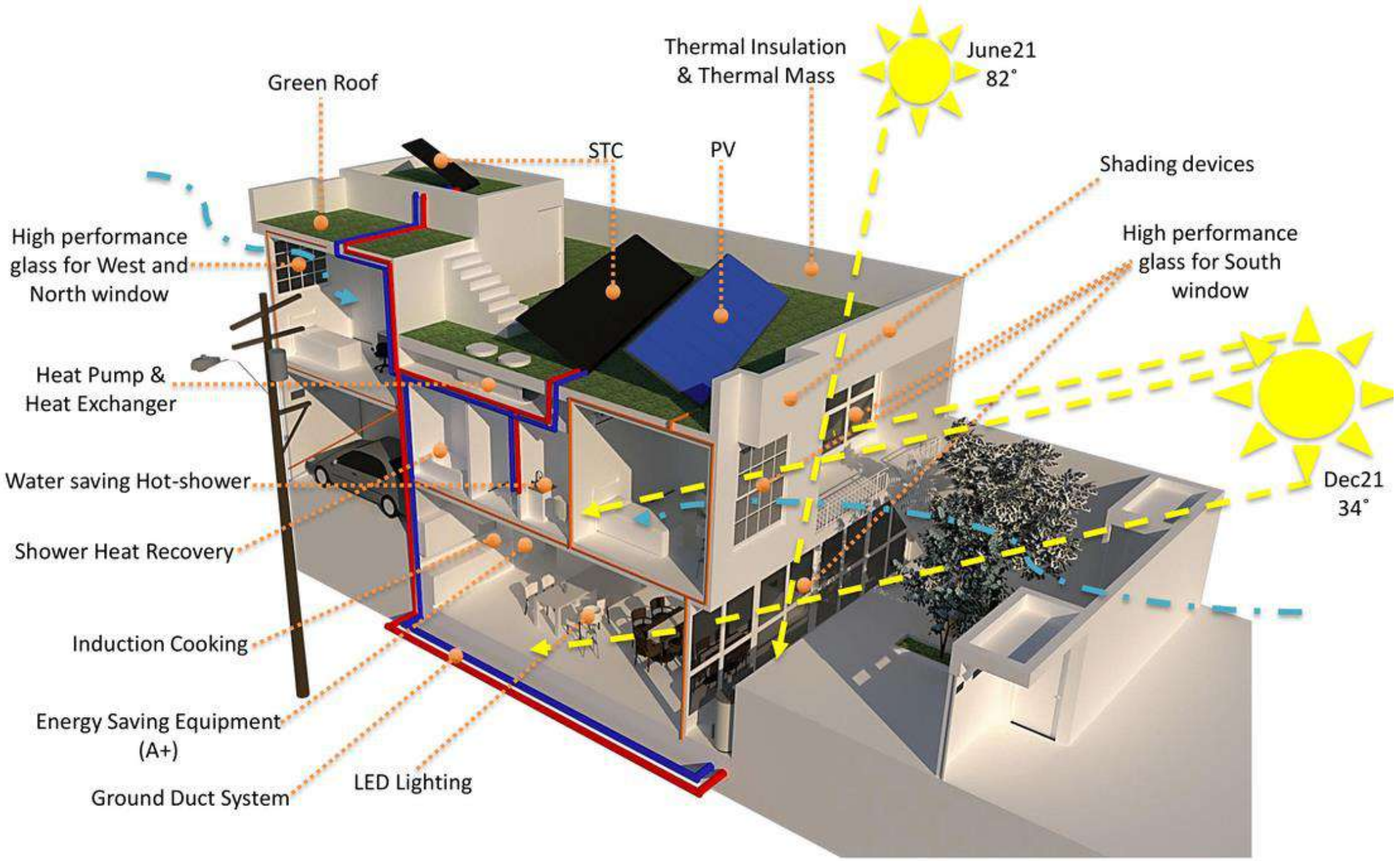
Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:





Student: Zahra Babaei

Case Study 4: House Retrofit based on Zero Energy Design in Esfahan, Iran



Student: Zahra Babaei

Case Study 4: House Retrofit based on Zero Energy Design in Esfahan, Iran

Reduction

Heat
Heating (Thermal Insulation, Thermal Mass, High performance glass for south window, High performance glass for west and north window)
Domestic Hot Water (Water saving Hot-shower)

Electricity
Cooling (Shading devices, Green Roof)
Equipment (Energy Saving Equipment (A+))
Lighting (LED Lighting)

Heat Saving: 46%

Electricity Saving: 60%

Reuse

Heat
Heating (Ground Duct System, Heat Pump, Heat Exchanger)
Domestic Hot Water (Shower Heat Recovery)

Electricity
Cooling (Ground Duct System)

Heat Saving: 64%

Electricity Saving: 37%

After Reduction and Reuse

Total Heat Savings: 81%

Total Electricity Savings: 75%

Produce

Heat
Cooling & Lighting & Equipment (Solar Thermal Collector (STC))

Electricity
Heating & Domestic Hot Water (PV Panels)

Heat Produce: >100%

Electricity Produce: >100%

Zero Energy

100%

Primary Energy Demand	
Natural Gas (Heat)	Electricity (Induction Cooking 10%)
42396 kWh	20373 kWh

Reduction		
Description	**Saving Amount**	**Remaining Amount**
Heat	19854 kWh	22542 kWh
Electricity	12224 kWh	8149 kWh

Reuse		
Description	**Saving Amount**	**Remaining Amount**
Heat	14533 kWh	8009 kWh
Electricity	2992 kWh	5150 kWh

After Reduction and Reuse		
Description	**Saving Amount**	**Remaining Amount**
Heat	34387 kWh	8009 kWh
Electricity	15222 kWh	5150 kWh

Produce	
Description	
Heat (STC)	8432 kWh > 8009 kWh
Electricity (PV)	5157 kWh > 5150 kWh

Zero Energy Design Achieved

Student: Zahra Babaei

سکونت گاه خورشیدی در فرایبورگ آلمان مشتمل بر ۵۹ خانه با انرژی بالای صفر (Plus Energy Homes)

E-mail: Ahadollah.Azami@emu.edu.tr

+90-533-877-6452

@ahad.azami

+98-914-309-1559