طراحی ساختمان های انرژی صفر

ضرورت سرمایه گذاری در ساختمان های پایدار
مصرف انرژی بخش ساختمان

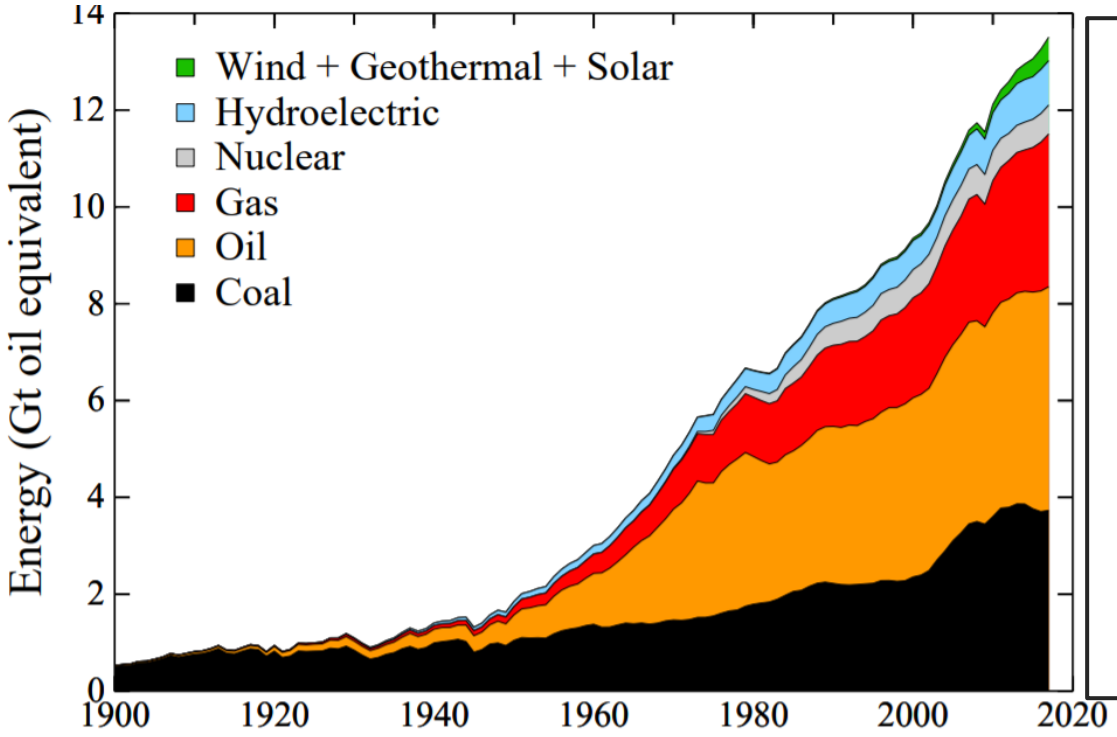
Building Sector
بخش ساختمان

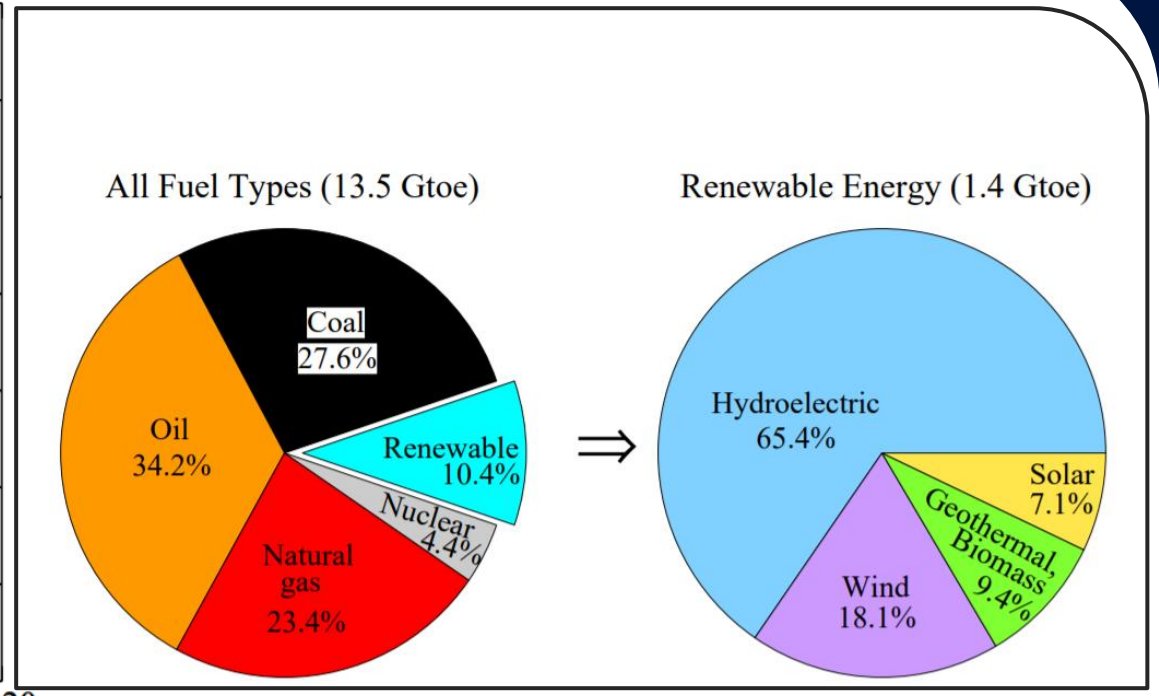
- بالاترین میزان سهم مصرف انرژی در بین بخشهای مصرف کننده، مربوط به بخش ساختمان (مسکونی و تجاری) **با حدود ۳۶ درصد** از کل مصرف انرژی می باشد.
- **۴۰٪ از مقدار کل کربن دی اکسید منتشر شده مربوط به این بخش است.**

تقاضای انرژی در بخش ساختمان همچنان رو به افزایش

- **دسترسی بهتر به انرژی در کشورهای در حال توسعه**
- **استفاده بیشتر از دستگاههای مصرف کننده انرژی**
- **رشد سریع در سطح ساختمانهای جهانی ، تقریباً ۳٪ در سال**

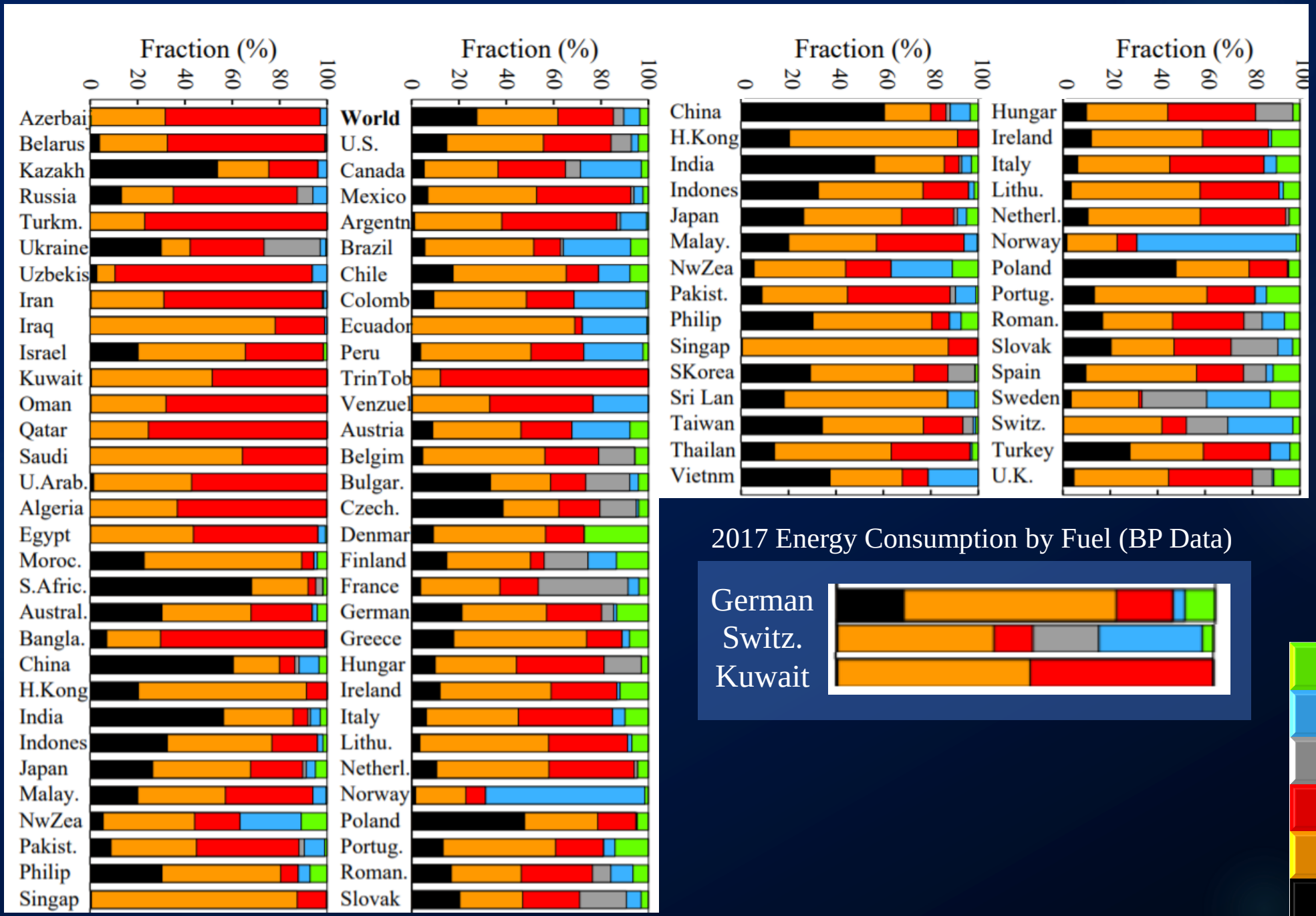
میزان مصرف انرژی جهانی



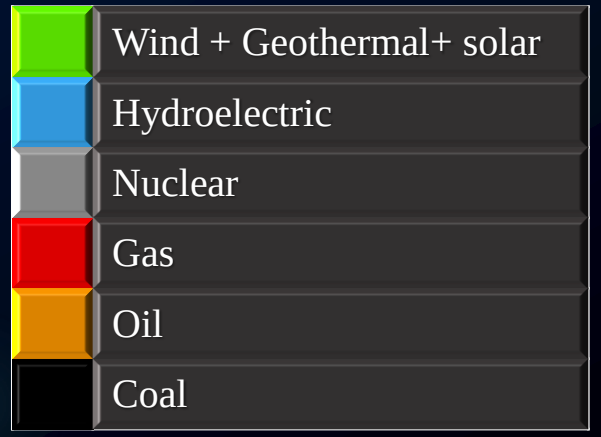


Global Energy Consumption in Fraction, 2017

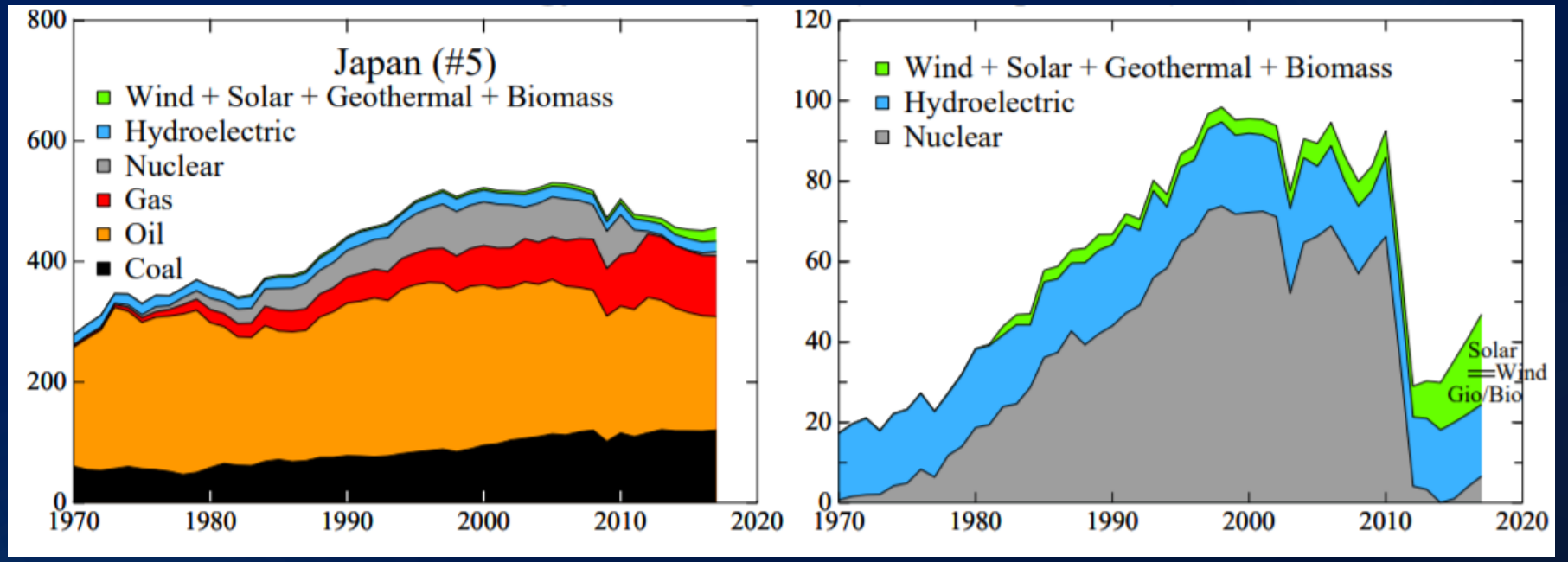
بـر اسـاس سناریوی تعریف شده از سوی آژانس بین المللی انرژی (۲۰۰۹) رشد سریع انتشار دی اکسیدکربن مرتبط با بخش انـرژی در نتیجـه رشـد تقاضا برای انرژیهای فسیلی تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت.

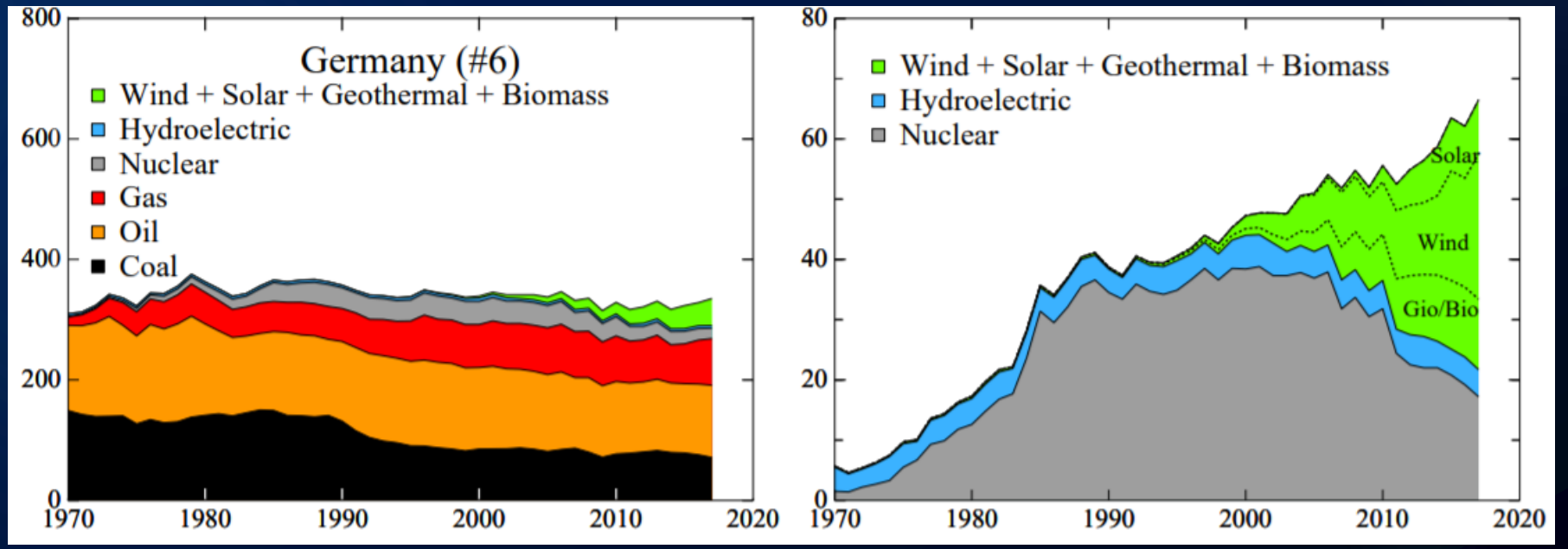


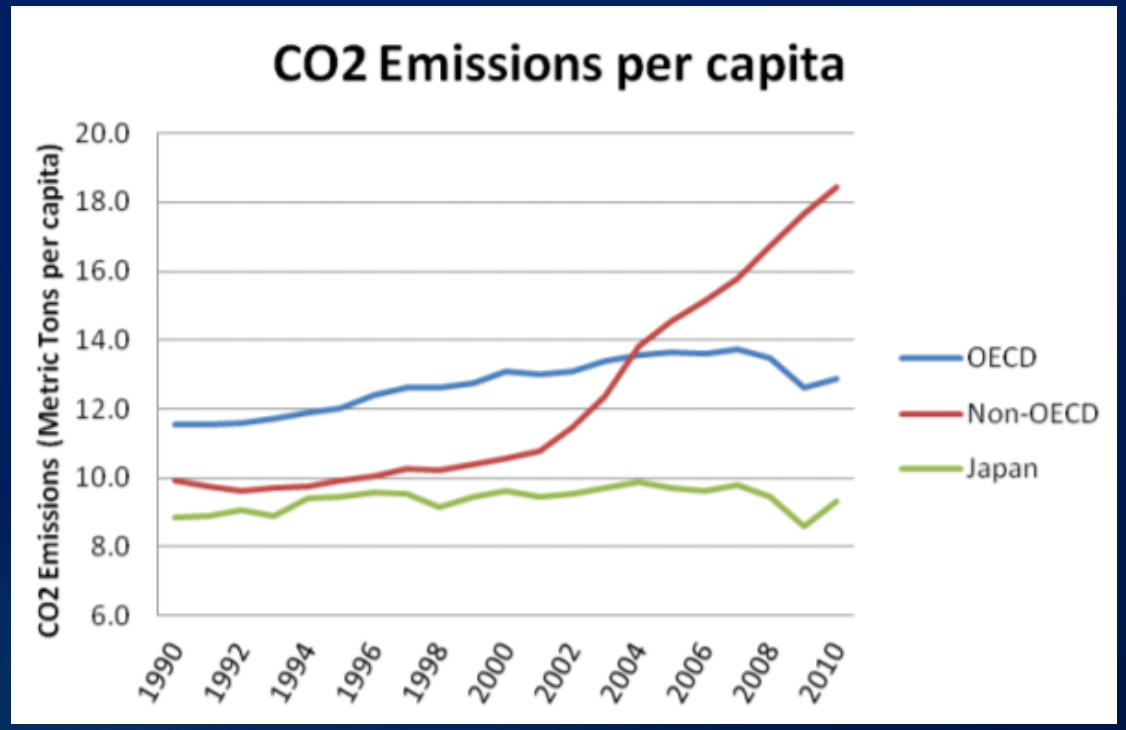
2017 Energy Consumption by Fuel (BP Data)

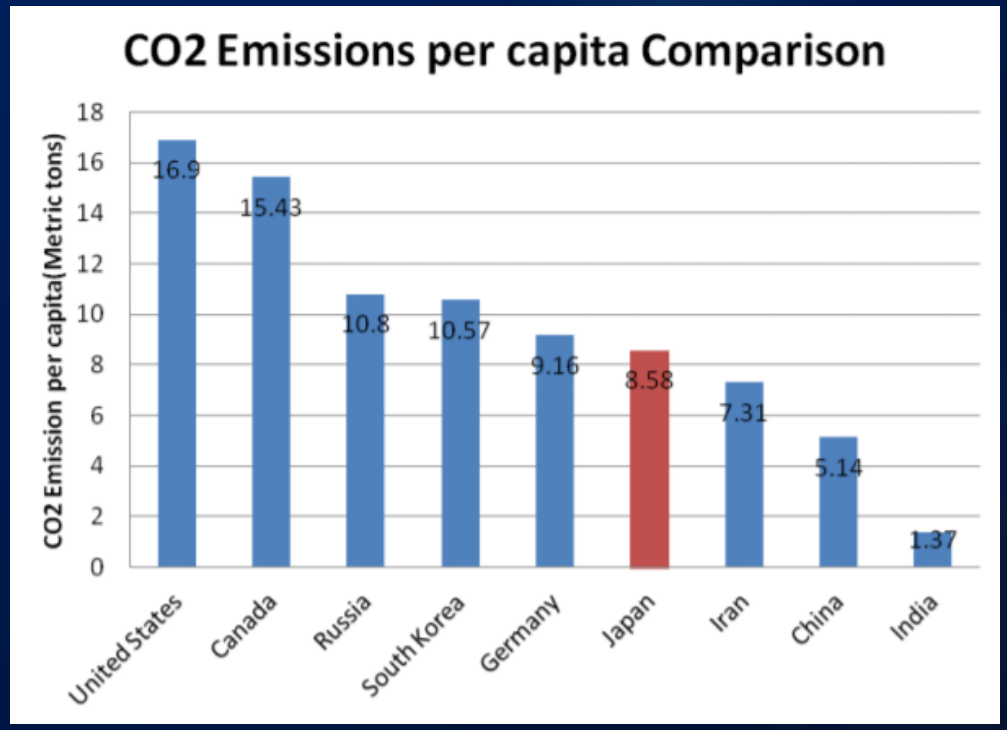


میزان مصرف انرژی جهانی (مقایسه دو کشور ژاپن و آلمان)



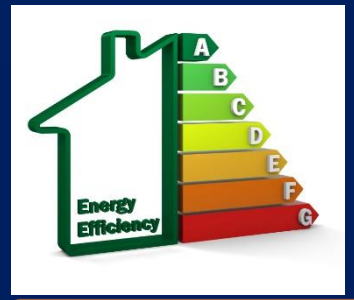






- در ۲۰ سال گذشته ، ژاپن سعی کرده است میزان انتشار دی اکسید کربن خود را کاهش دهد ، اما پیشرفت چندانی نداشته است. با این حال ، انتشار دی اکسید کربن در سرانه در ژاپن در واقع کمتر از میانگین OECD برای بیش از ۲۰ سال است. این بدان معناست که مردم ژاپن متعهد به انرژی پایدار هستند و ژاپن این توانایی را دارد که یک کشور دوستدار محیط زیست باشد.
- ارتباط متقابل میان مـصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای، بویژه CO_2 گویای آنست که آثار زیان بار مصرف انرژی ، بویژه انرژیهای فسیلی در صورت عدم توجـه به این بخش، بالا خواهد بود .

*OECD: Organization for Economic Co-operation and Development

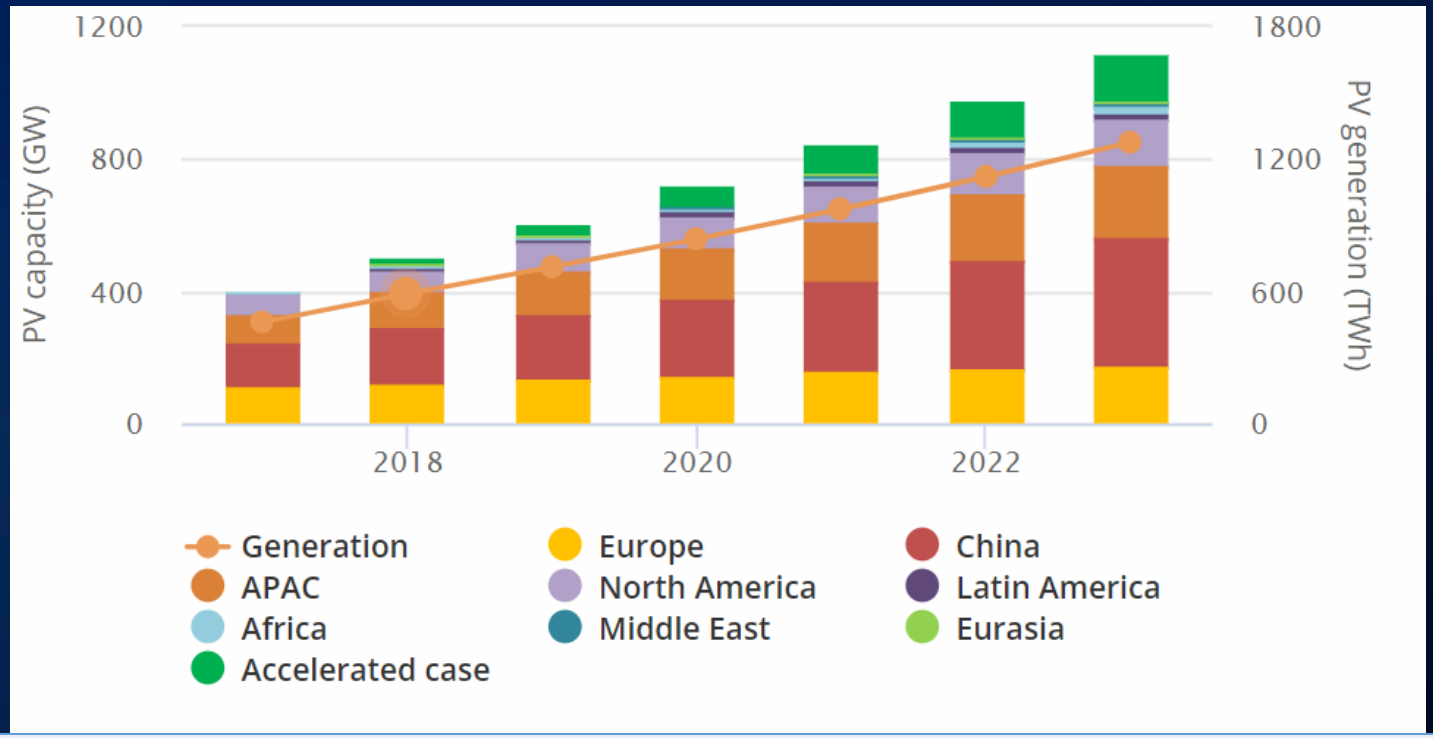


نقش ساختمان های سبز در رویکرد کاهش انرژی:

- انرژی مصرفی (24%-50%)
- انتشار گاز CO_2 (33%-39%)
- مصرف آب (40%)
- ضایعات (70%)

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:
منبع انرژی تجدید پذیر عمده
Photovoltaics, A Major Renewable Energy Source

برای اولین بار در سال 2016 ، استفاده از پنل های خورشیدی(PV Panels) سریعتر از هر سوخت دیگر افزایش یافت، به طوری که از رشد خالص مصرف زغال سنگ فراتر رفت.



Solar PV generation and cumulative capacity by region, 2017-2023

Info from “www.iea.org”

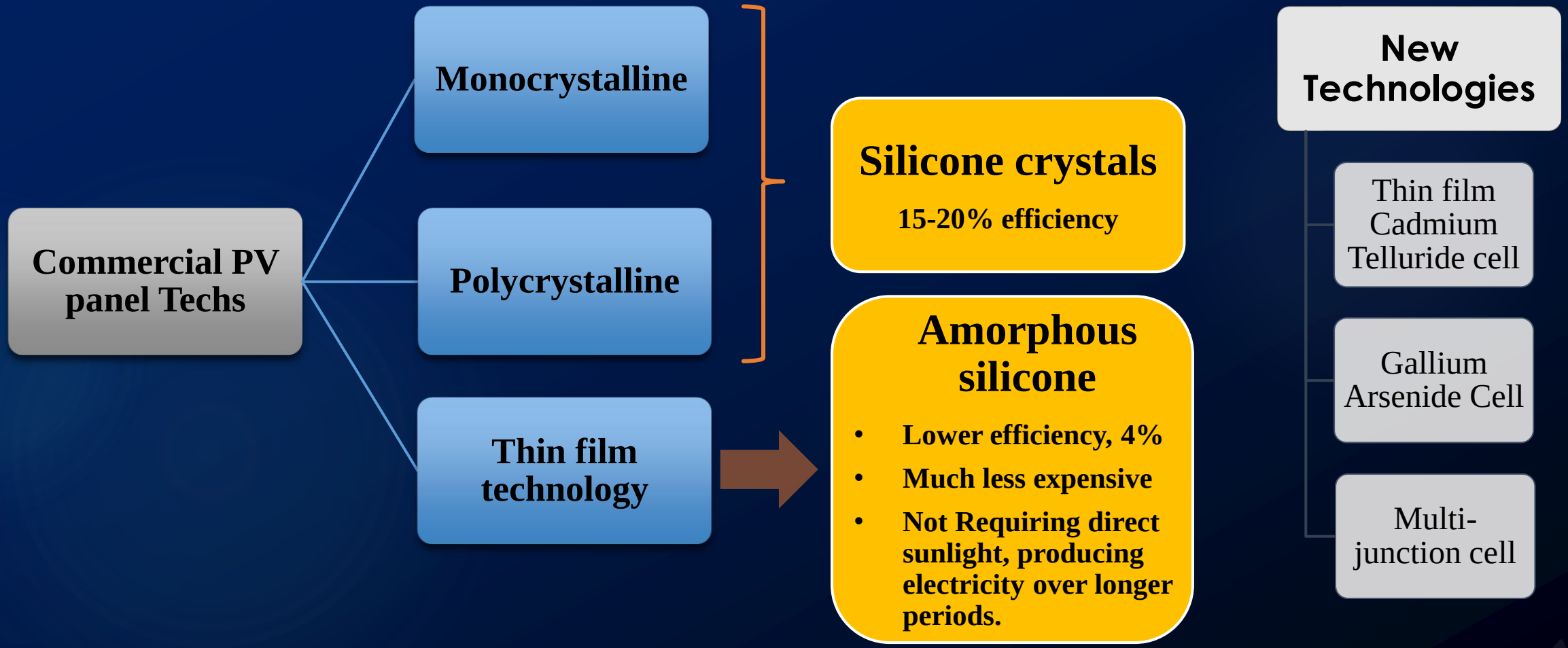
مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:
منبع انرژی تجدید پذیر عمده
Photovoltaics, A Major Renewable Energy Source

Top PV markets, 2017

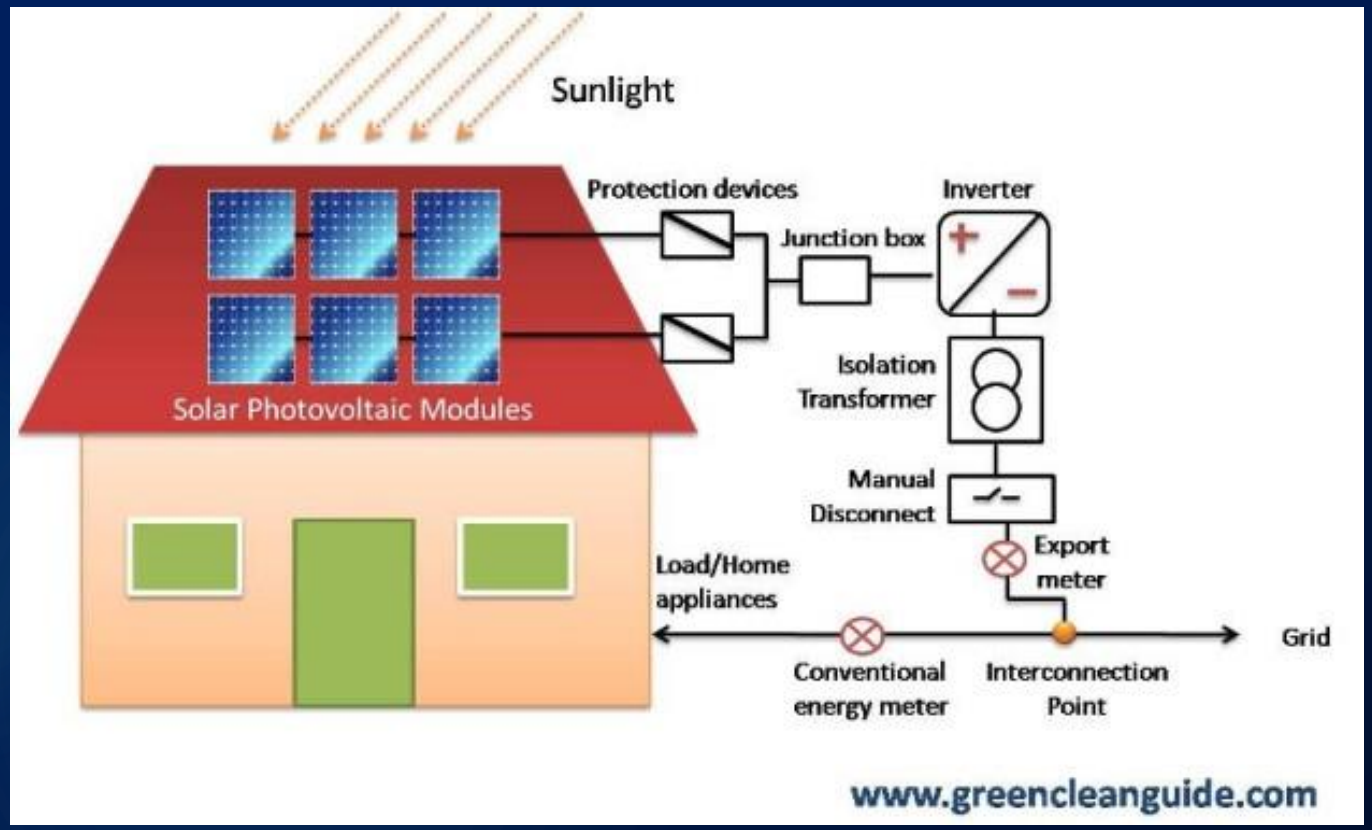
Top PV markets, 2017

Info from “www.iea.org”

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:
منبع انرژی تجدید پذیر عمده
Photovoltaics, A Major Renewable Energy Source



مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:
منبع انرژی تجدید پذیر عمده
Photovoltaics, A Major Renewable Energy Source

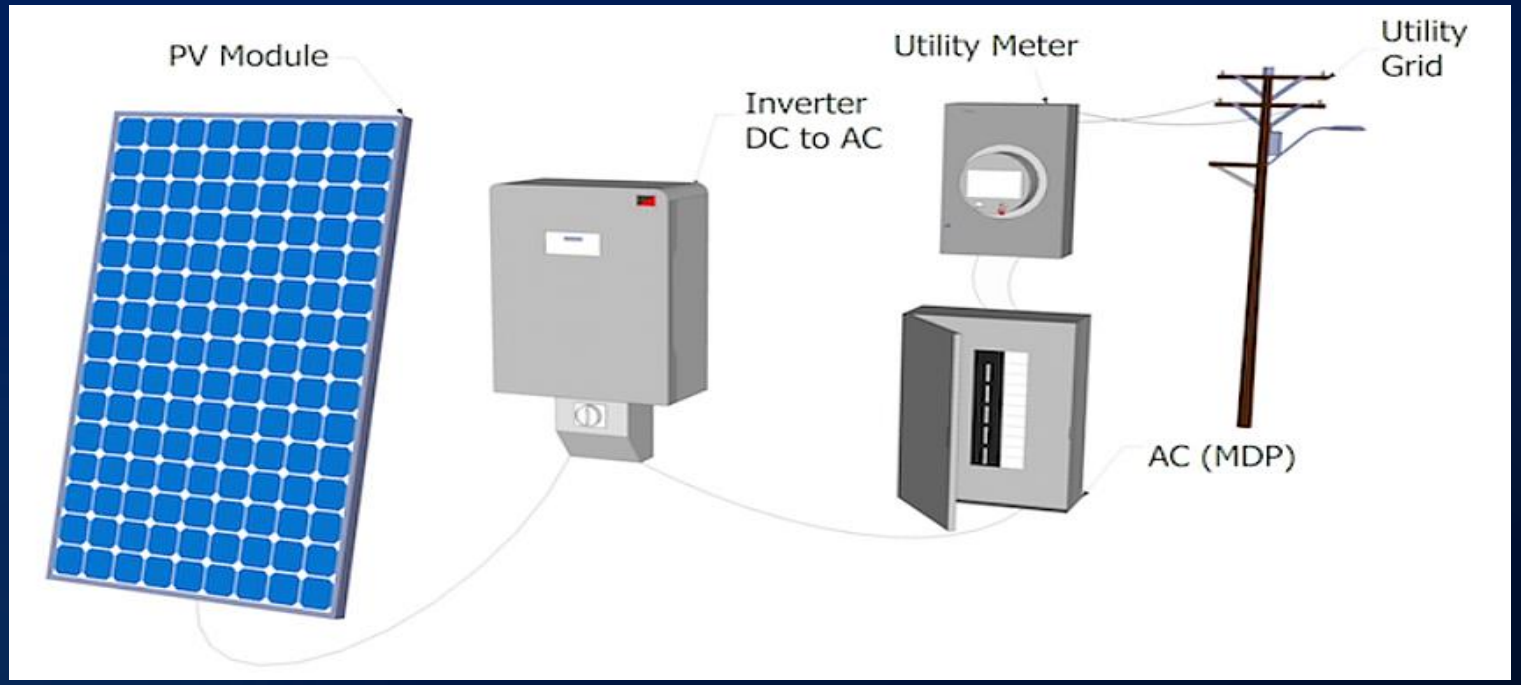


تصویر یک پنل خورشیدی متداول بکار رفته در ساختمان مسکونی

اجزای اصلی سیستم

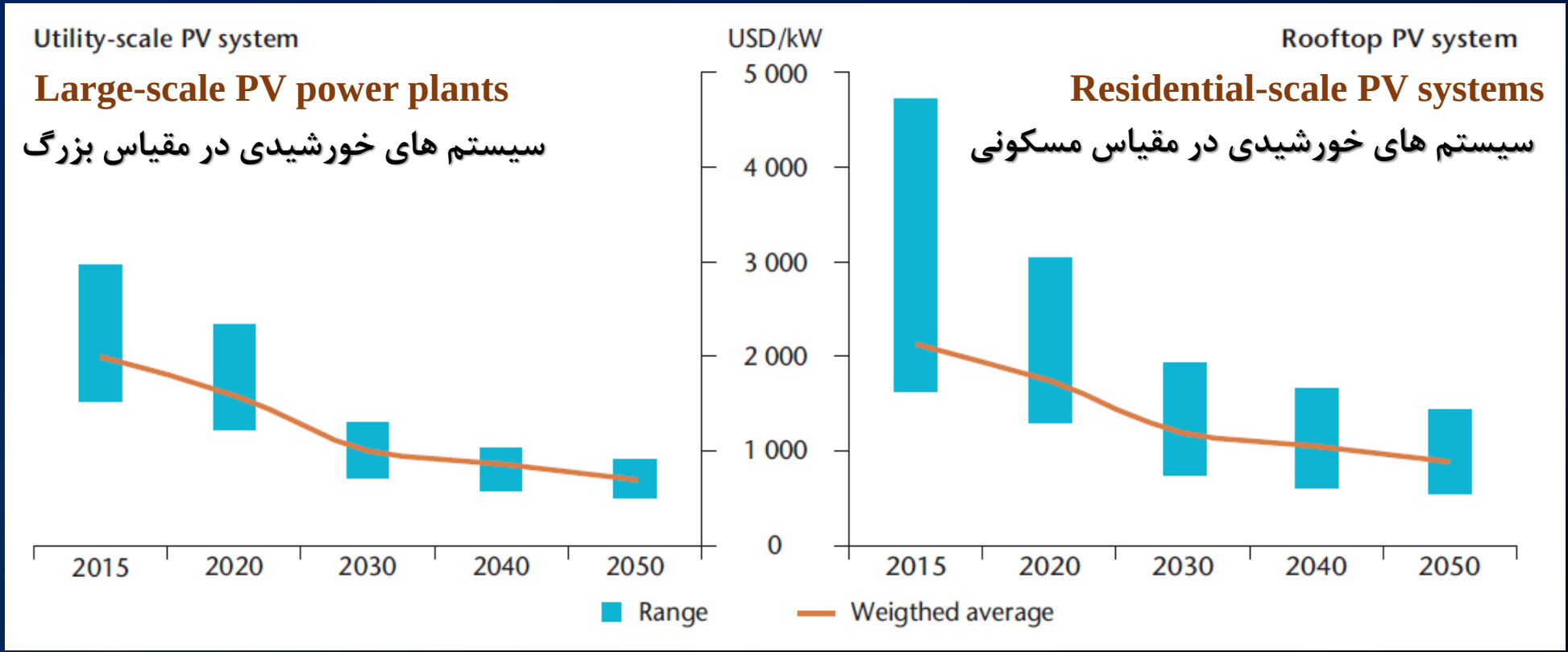
- Modules
- Mounting racks
- Inverter(s)
- Electric panel
- Battery bank

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:
منبع انرژی تجدید پذیر عمده
Photovoltaics, A Major Renewable Energy Source



- سیستم های PV مستقل خورشیدی جریان DC تولید می کنند ، که برای استفاده در وسایل خانه و شبکه به طور کلی مناسب نیست. بنابراین ، برای اینکه بتوانیم سیستم PV را به شبکه وصل کنیم ، باید جریان DC را به AC تغییر دهیم، و این کار با استفاده از یک inverter انجام می شود.

بررسی هزینه های پنل های خورشیدی در مقیاس کاربرد مسکونی و مقیاس بزرگ



- طبق برآوردهای صورت گرفته، هزینه اولیه برای نصب پنل های خورشیدی (PV Systems) با گسترش بازار، بهبود عملکرد، و با نوآوری در فناوری کاهش یافته است.
- همچنین، هزینه اولیه برای نصب پنل های خورشیدی درهر کیلو وات برای نیروگاه های مقیاس بزرگ به طور کلی نسبت به سیستم های مقیاس کوچک، کمتر است.

Info from “www.iea.org”

مصرف انرژی در یک خانه مسکونی متداول در سوئیس، ساخت ۱۹۵۰

Hot water: 3'000 kWh

Heating: 30'000 kWh
(3'000 liters of fuel oil)

Electricity: 4'000 kWh

Calculation of the Energy Index

Hot water: 3'000 kWh

Heating: 30'000 kWh

Total heat: **33'000kWh**

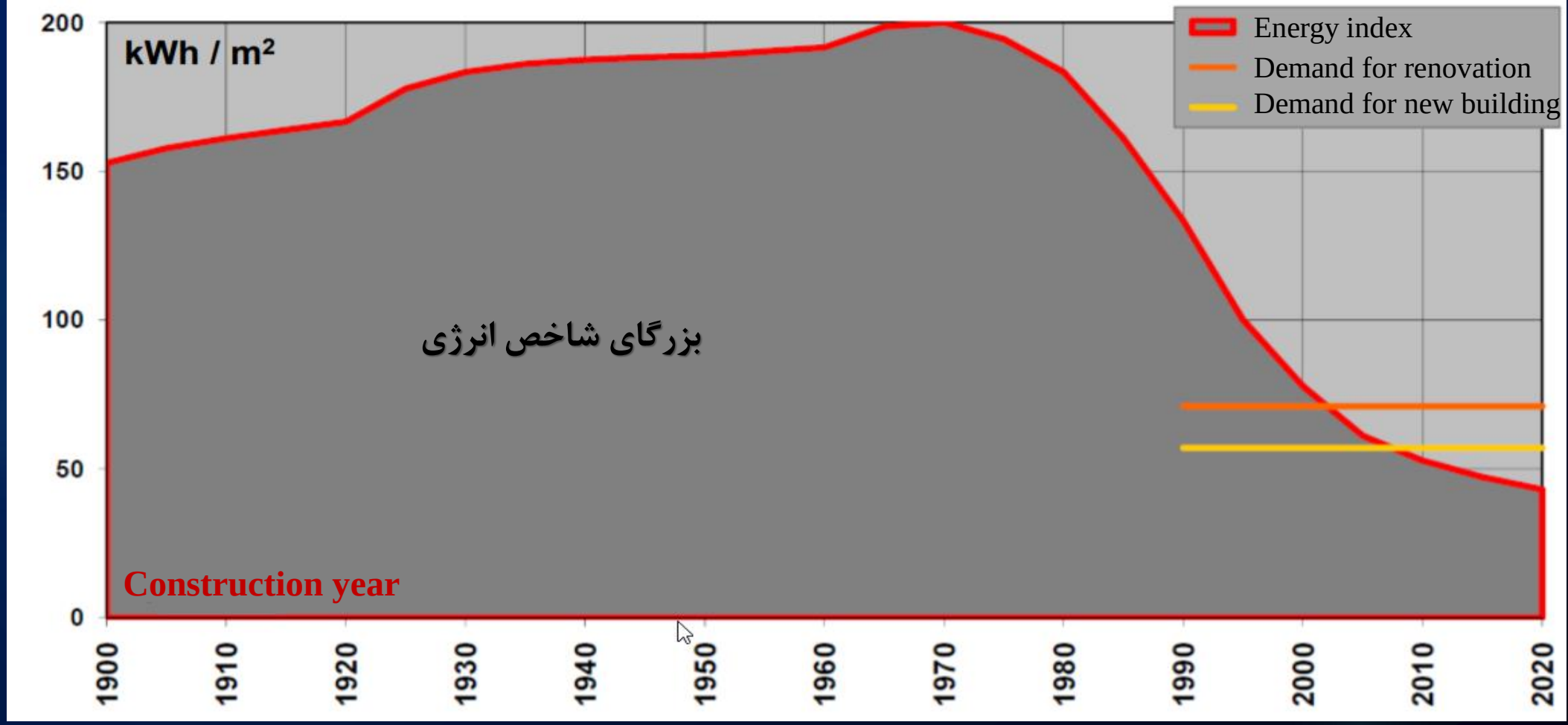
Energy index heat:
Ew = 33,000 kWh / 164 m2

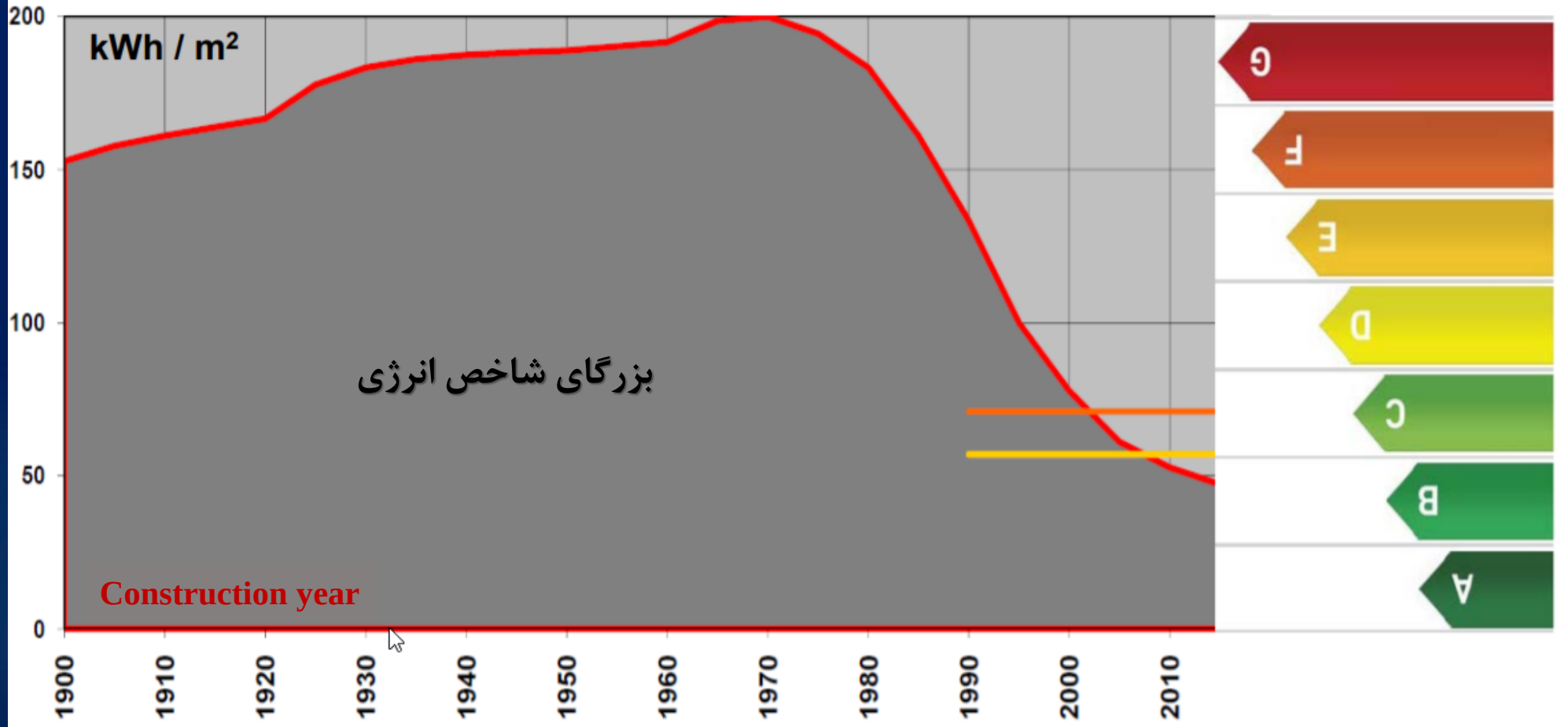
Ew = 200 kWh / m2

معادل مصرف ۲۰ لیتر نفت در هر مترمربع

Two floors
of 82 m^2 (gross floor area)
=
164 m^2

مقادیرو شاخص مصرف انرژی در قرن ۲۱ ام:

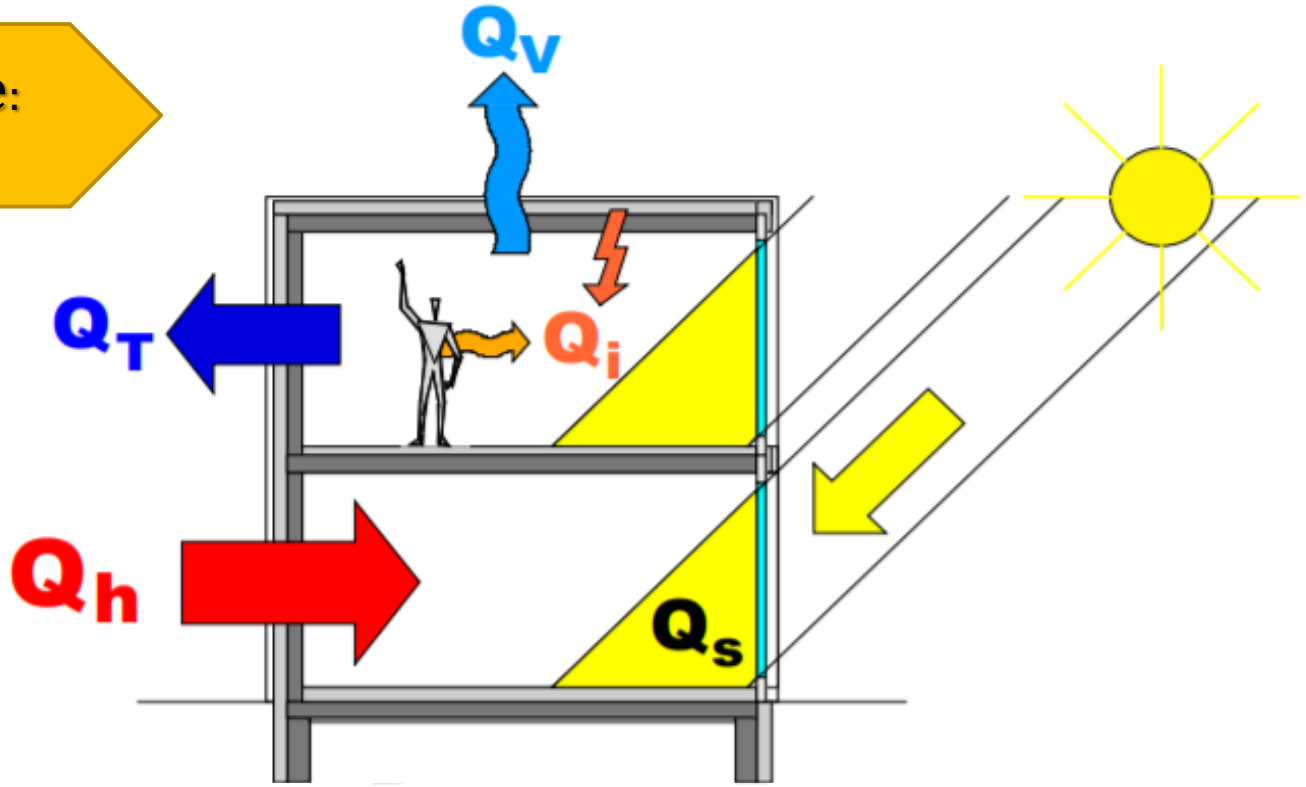




بخش بزرگی از ساختمانهای مسکونی موجود دراین بخش قرار دارند.

!

Energy balance:
losses and gains

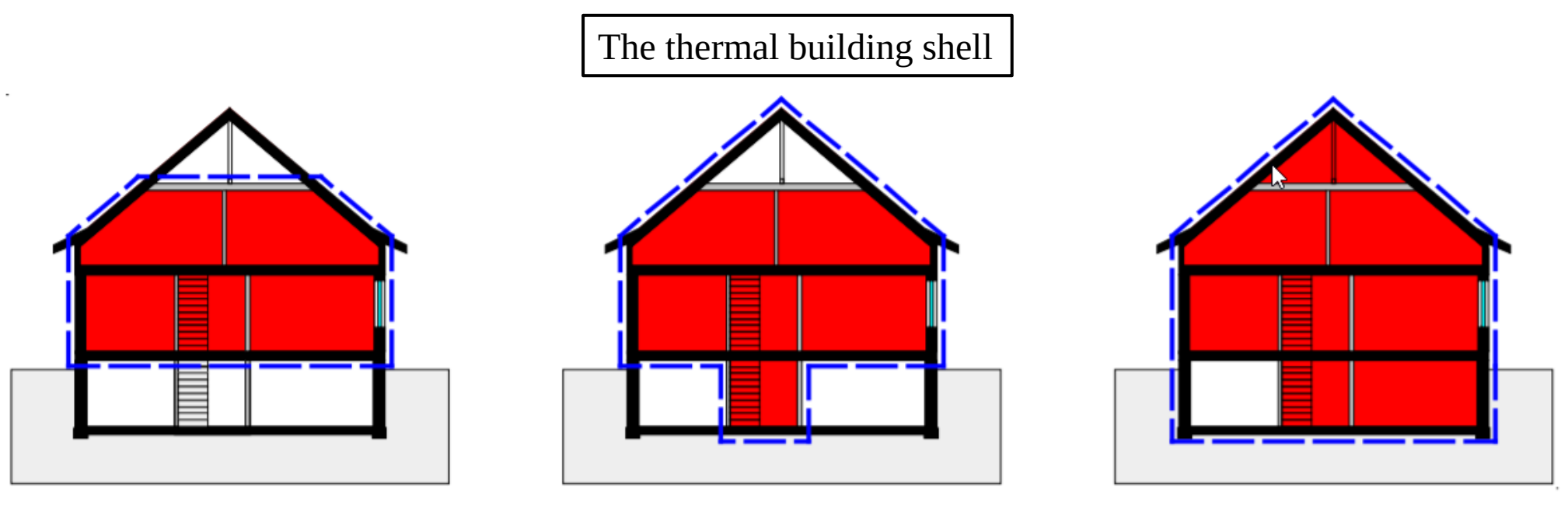


$$Q_h = Q_T + Q_V - \eta_g \times (Q_i + Q_s)$$

Calculation according to SIA 380/1

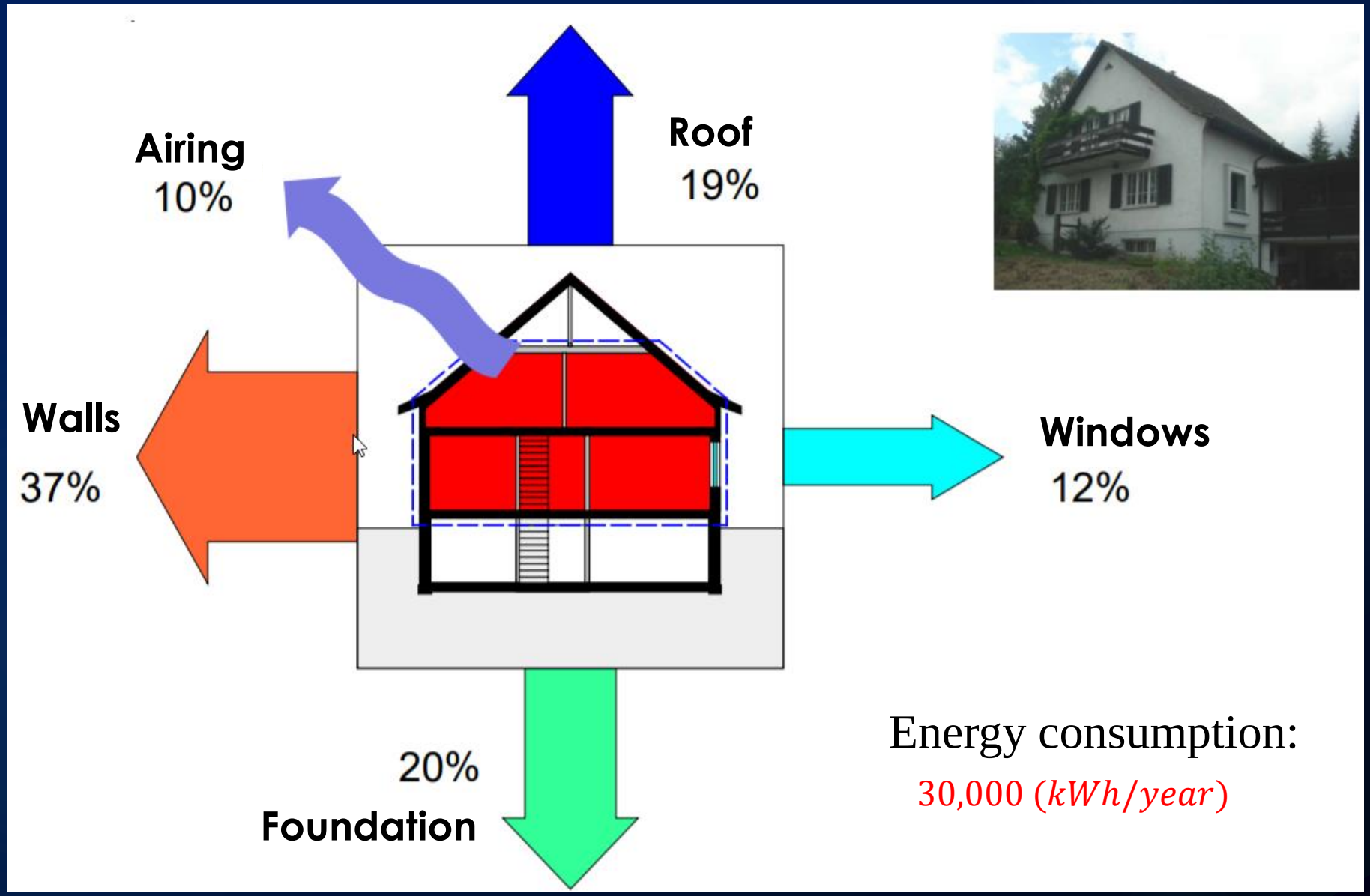
(Swiss Engineer and Architecture Norm)

Heating demand	Q_h	MJ/m^2
Transmission heat loss	Q_T	MJ/m^2
Air heat loss	Q_V	MJ/m^2
Utilization degree for heat gains	η_g	-
Internal heat gains	Q_i	MJ/m^2
Solar heat gains	Q_s	MJ/m^2



The thermal building envelope is complete
Thermally insulated and airtight!

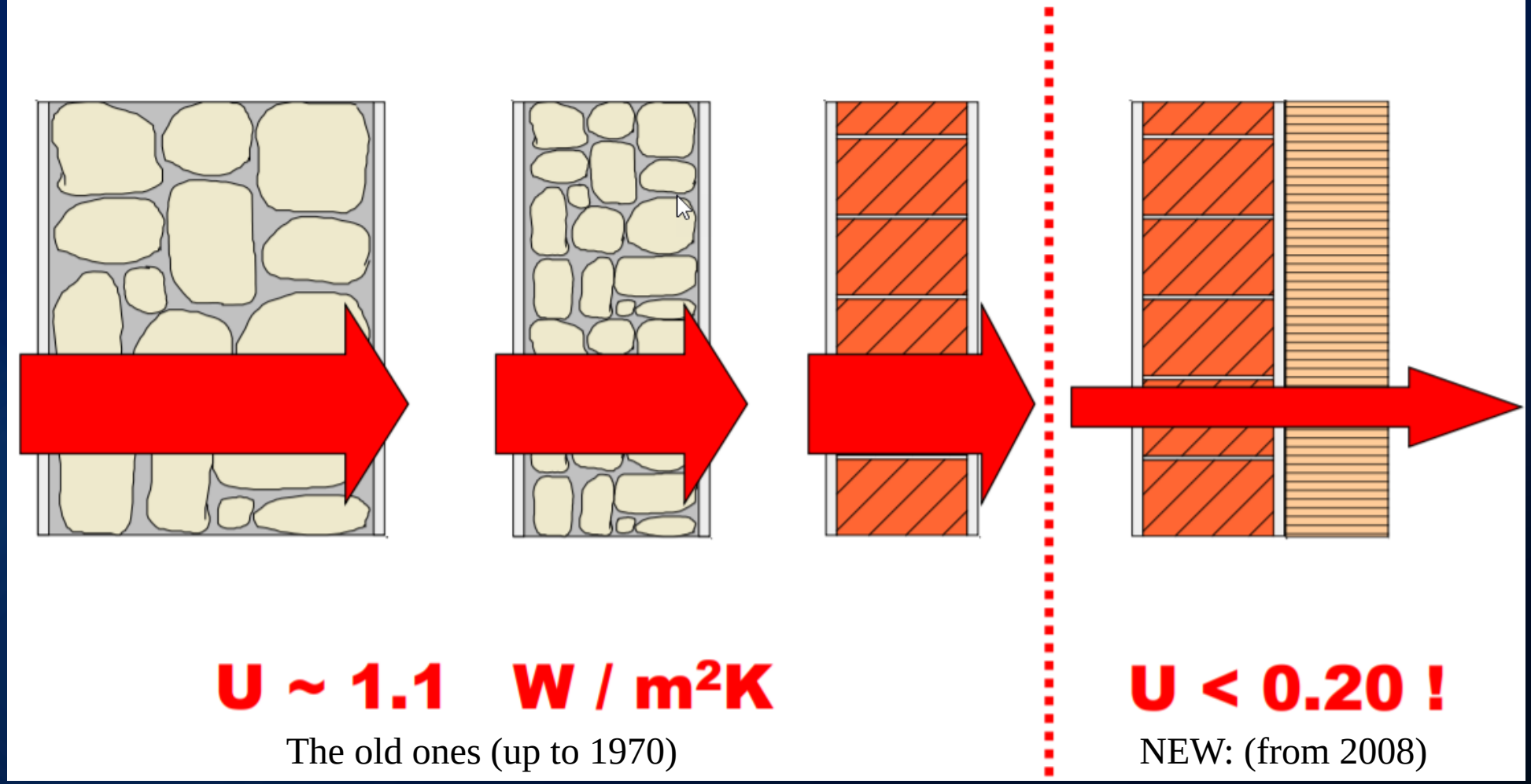
Heat losses of a typical house from 1950



Energy consumption:

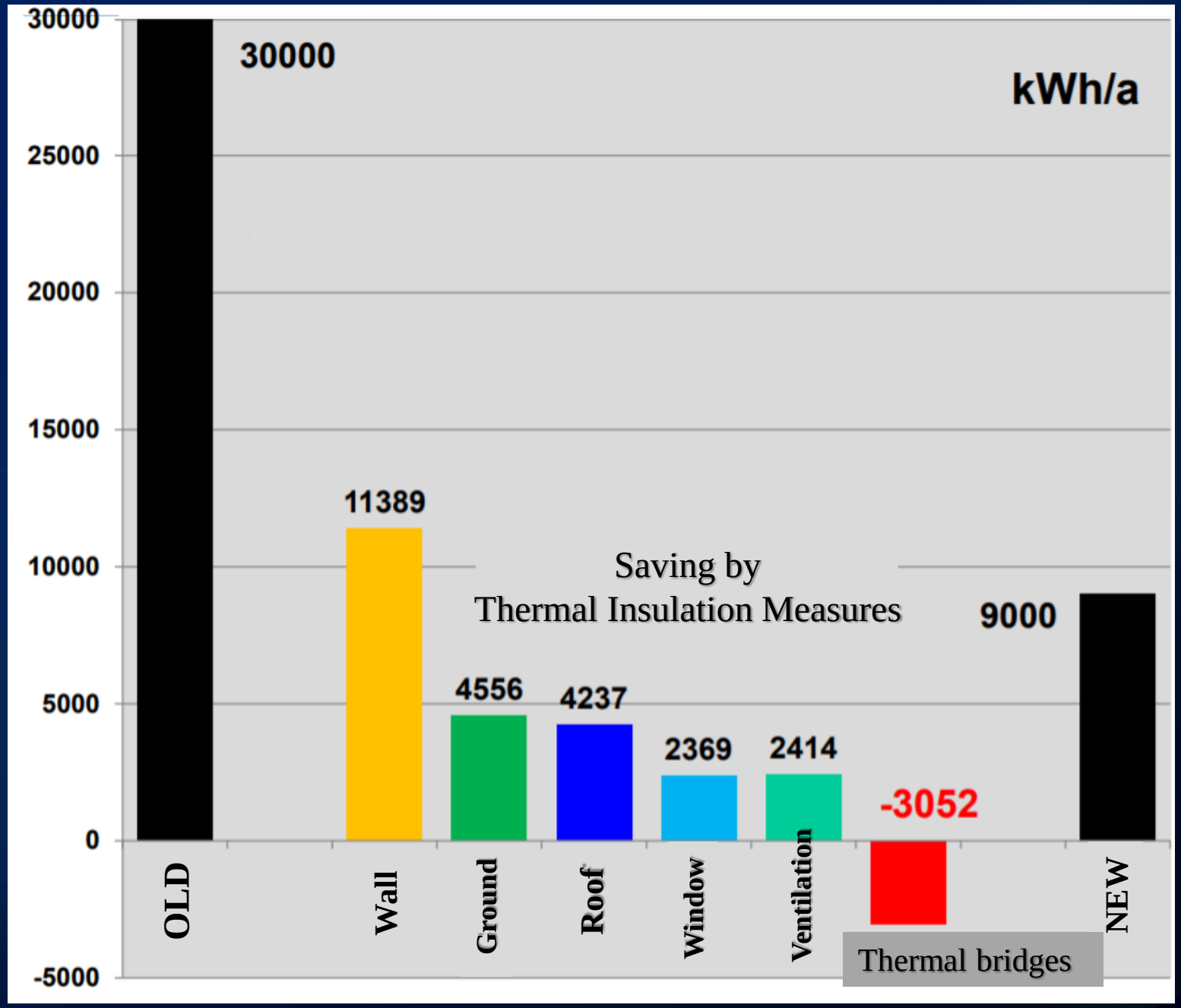
30,000 $(kWh/year)$

مقایسه ضریب انتقال حرارت در دیوارهای قدیمی و دیوارهای جدید با عایق خارجی



External Wall Isolation Techniques, U Values:

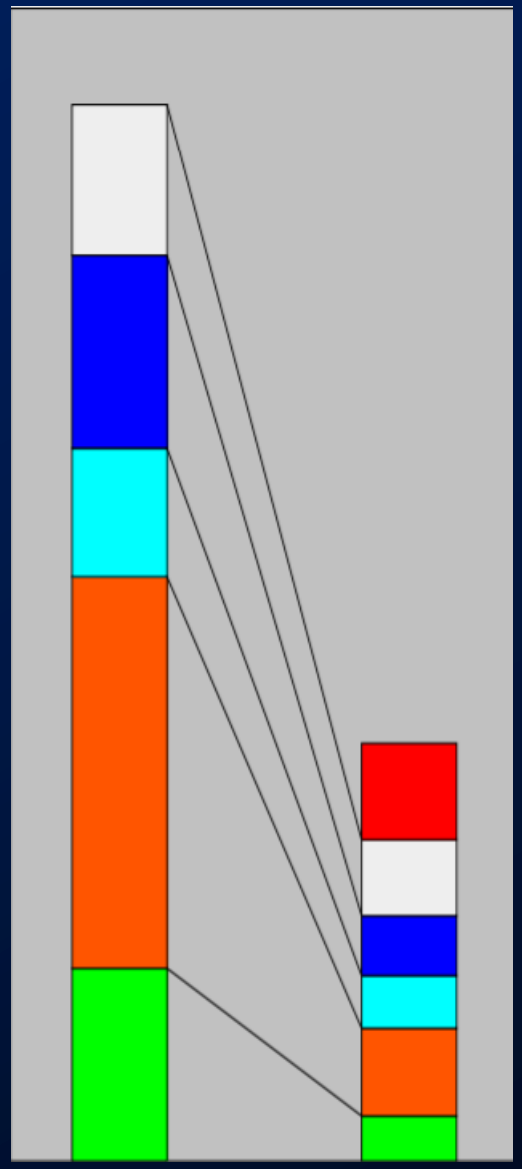
مصرف انرژی و پتانسیل صرفه جویی در مصرف انرژی (۱۹۵۰)



مقایسه میزان اتلاف انرژی گرمایی در ساختمان قدیمی و ساختمان نوسازی شده

OLD STATE HOUSE

MODERN BUILDING



Ventilation 14%

Roof 18%

Window 12%

Wall 37%

Floor 18%

Thermal bridges 25%

Ventilation	18%
Roof	14%
Window	13%
Wall	21%
Floor	10%

مقایسه میزان اتلاف انرژی گرمایی در ساختمان قدیمی و ساختمان نوسازی شده

قبل از نوسازی: 3000 liters of fuel oil

بعد از نوسازی: 900 liters of fuel oil

این مقدار برای یک ساختمان قدیمی نوسازی شده مناسب است . . .

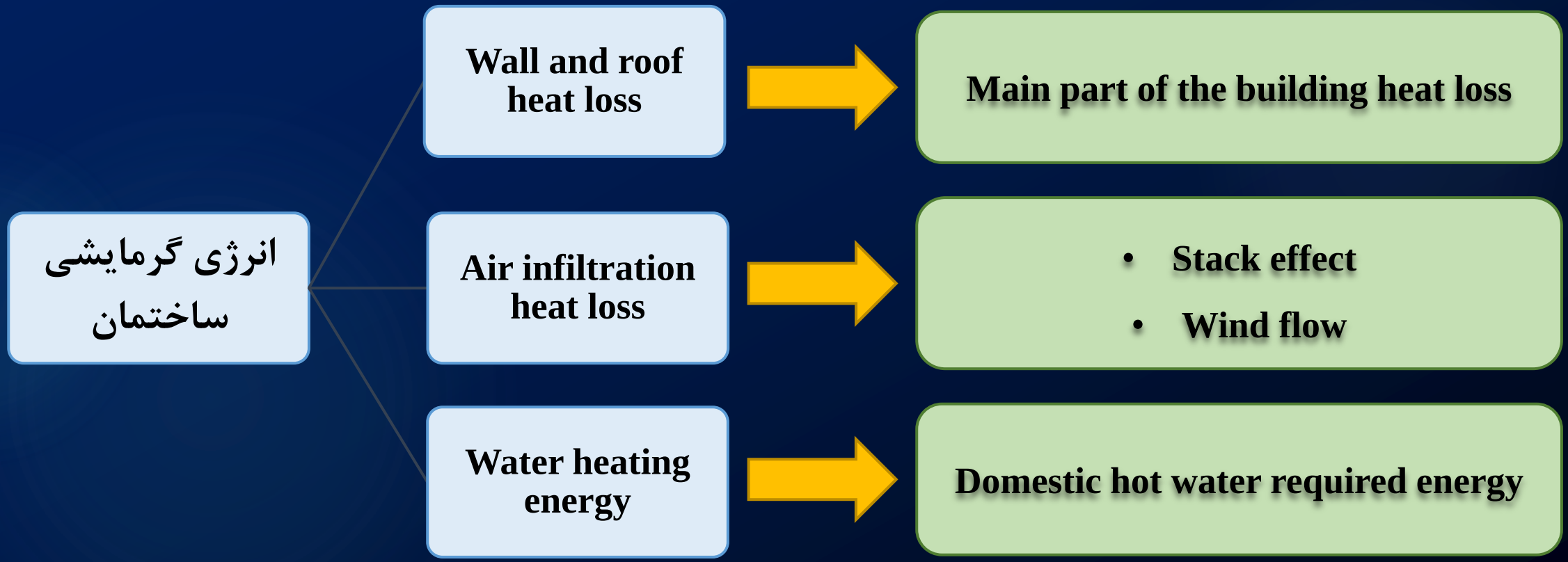
اما میزان مصرف انرژی در ساختمان ها را می توان با اعمال رویکردهای بهینه به مقادیر حداقل (و صفر) رساند. . .

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

Case study building: Located in Zurich, Switzerland
47.37, 8.55

- مرحله اول → **Heating load analysis** تحلیل گرمایشی → بررسی سه رویکرد پیشنهادی عایق سازی
- مرحله دوم → **Electricity load analysis** تحلیل الکتریسیته → بررسی خصوصیات دو سیستم پنل خورشیدی پیشنهادی

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:



مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

Envelop Heat loss	Wall	Roof	Doors	Windows
Area (m^2)	125.71	139.37	2	25.62
Heat transfer Coefficient ($W/m^2.°C$)	2.5	0.8	1.8	2.26
Ideal room temperature (°C)	20	20	20	20
Outside temperature (°C)	13	13	13	13
Temperature difference (°C)	7	7	7	7
Heat loss (KW)	2.2	0.78	0.0252	0.4054

Envelope heat loss rate from the building

$Q_{\text{Envelope heat loss}} \approx 3.5$ KW

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

Air infiltration heat loss

$$Q_{air\ infiltration} = V \times 1.2 \times 0\ 1009.02 \times (T_{out} - T_{in})$$

V	Volume of air leakage
T_{out}	Outside temperature
T_{in}	Ideal inside temperature

$$Q_{\text{Infiltration heat loss}} \approx 0.7\ \text{kW}$$

$$Q_{Total\ Heat\ loss} = \left(Q_{\text{Infiltration heat loss}} + Q_{\text{Envelope heat loss}}\right) \times 1.1 \approx 4.5kW$$

Reliability factor

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

انرژی لازم برای گرمایش آب در ساختمان مسکونی

- Kitchen sink
- Washing machine
- Shower bath
- WC
- Dish washer

$Q_{\text{Water heating for the house}} \approx 0.37\ \text{KW}$

$$Q_{\text{House } Total} = Q_{Total\ heat\ loss} + Q_{Water\ heating} = 4850\ W$$

2500 liter of heating oil annually

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

سه رویکرد تعریف شده اصلی

- فقط دیوارها
- فقط سقف
- دیوارها و سقف

Insulation material	TETTO Alu Roof insulation	LAMBDA Vento Wall insulation
ضخامت	80 mm	120 mm
هدایت گرمایی	0.022 W/mK	0.031 W/mK
هزینه	24 CHF/m^2	31.7 CHF/m^2

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

5700 kWh of the house annual electricity consumption
مقدار برق مصرفی سالیانه برای مورد مطالعاتی

→ 4.8 kW PV system

زاویه بهینه بدست آمده از نرم افزار برای پنل ها PV

↓

38° tilt angle for the panels

تحلیل های تکنیکال سیستم → PVSyst

تحلیل های اقتصادی سیستم → HOMER EXPERT

Case Study Building Energy Analysis: Electricity Load

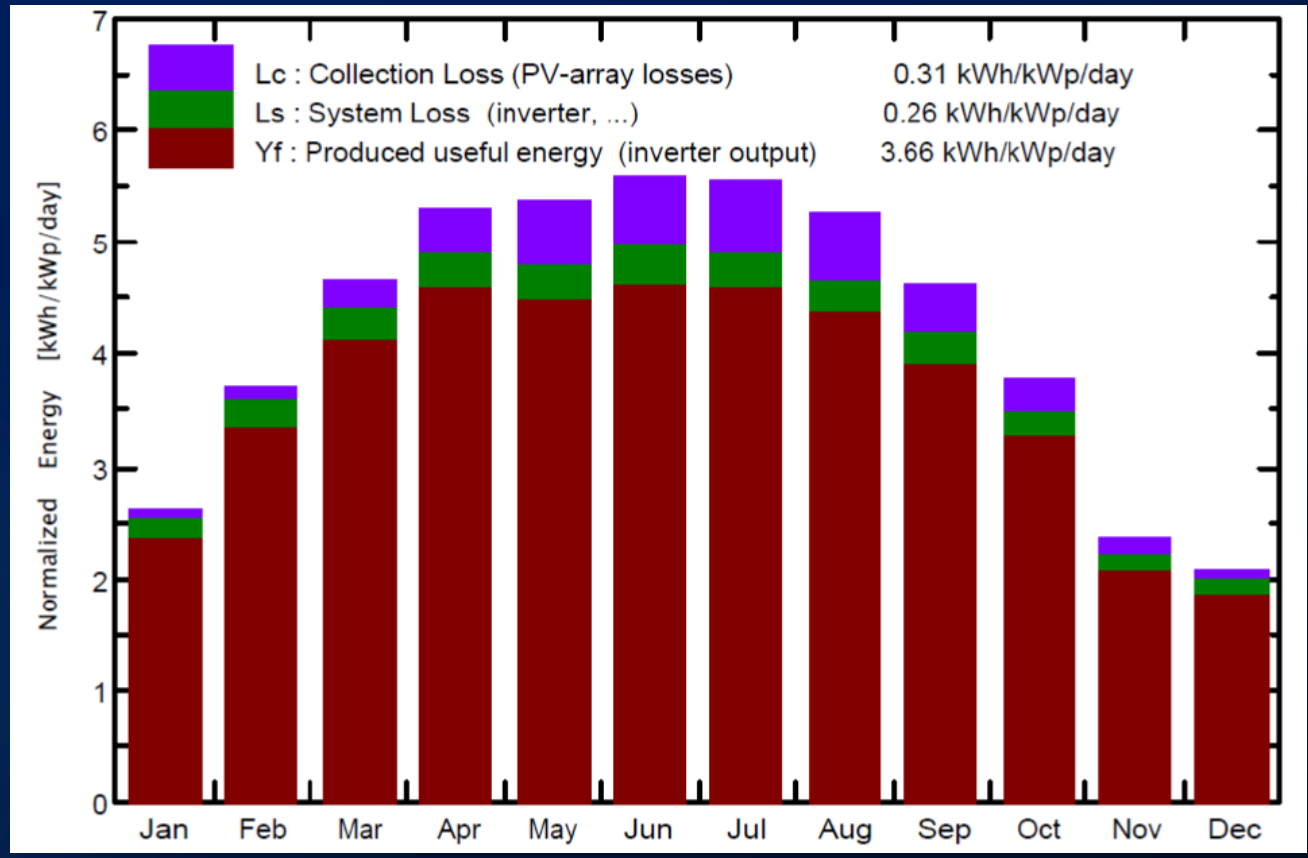
PVSyst Technical Design

- Larger Tilt angles increase the summer insolation yield and vice versa
- The design is performed for annual optimum yield

Selected Panels	Aleo P_19/300 300 watt panels	8×2 PV panels
Selected Inverter	SUNString 5000 4.6 kWac inverter	1 unit

Roof area occupied ≈ 30 m^2

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:



محاسبه انرژی مفید تولید شده، میزان اتلاف انرژی سیستم، و میزان اتلاف انرژی کل در طی ماههای سال

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

بخش های مختلف سیستم	هزینه (CHF)
PV panels	3400
Support/Integration	1100
Inverter	1100
Settings, Wiring, …	650
Grid connection panel	500
Grounding	400
Transport and Assembly	900
Engineering	2500

موارد تأمین مالی	هزینه (CHF)
هزینه کل مورد نیاز	10550
۱۰٪ مالیات افزوده	1055
هزینه کل مورد نیاز شامل مالیات	11600
کمک مالی دولت	2000

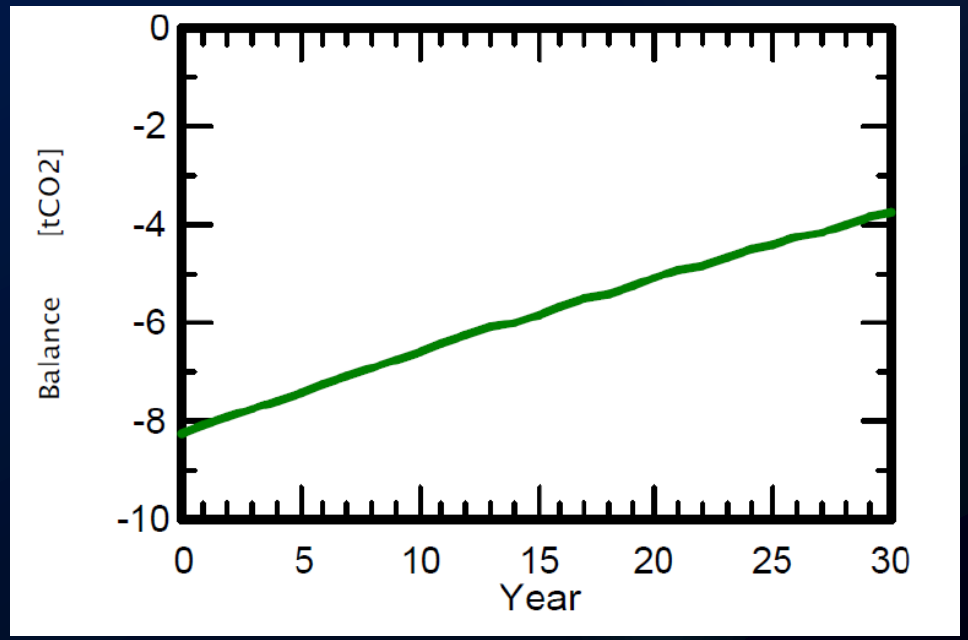
هزینه سرمایه گذاری کل ≈ 10500

هزینه سرمایه گذاری خالص ≈ 9500

مطالعه موردی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان:

- برطبق استاندارد IEA، با بکارگیری پنل های خورشیدی نصب شده بر بام ساختمان (Roof-mounted PV system)، مقدار CO_2 تولید شده در طول عمرمفید ۳۰ سال دستگاه به مقدار ۳/۷ تن کاهش می یابد.
- لازم به ذکر است، عمر مفید PV Cells عموماً برای مدت ۲۵ سال گارانتی می شود.
- همچنین عمر مفید Inverter به مدت ۲۰ سال عموماً تضمین خواهد شد.
- برنامه تشویقی دولت سوئیس 0.375 CHF/Watt در ازای نصب پنل های خورشیدی در بام ساختمان درنظرگرفته شده است.

مقدار تجمعی ۳/۷ تن کاهش در مدت ۳۰ سال عمر مفید پنل های خورشیدی (طبق برآوردهای IEA) می تواند ایجاد شود.



❖ تبدیل خانه مسکونی ساخت ۱۹۷۰ در سوییس، به خانه ای با کارایی انرژی ۸۰٪

- ✓ سقف عایق بندی شده بود و کاملاً با پنل های فتوولتائیک CIS پوشانده شده بود.
- ✓ پنل ها به مساحت ۱۵۰ مترمربع و واقع در ضلع جنوب غربی سازه است، و سالانه حدود ۲۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق تولید می کند.

Switzerland

$$\frac{20{,}000\ kWh}{150\ m^2} = 133\ \left({}^{kWh}/_{m^2}\right)$$

- ✓ این مقدار دو برابر میزان برق مورد نیاز برای مصرف یک زوج در طول سال است.
- ✓ برق مازاد وارد شبکه می شود، و در حال حاضر توسط نیروگاه برق محلی با Rp۴.۴/ کیلو وات ساعت قیمت گذاری می شود.

- ✓ از طرف دیگر، بخاری های نفت سوز قدیمی با ژئوترمال با پمپ حرارتی به عمق ۲۶۰ متر جایگزین شد.
- ✓ از این رو الکتریسیته تولید شده برای گرمایش خانه و آب گرم نیز استفاده می شود.
- ✓ مازاد انرژی روز را در شب میتوان به کمک دو باتری (Wh.Batteries.) 12.5-1 ذخیره کرد.

۱۶ سال دوره بازگشت

Own Usage	7000 kWh @ 21.5 Rp.	Fr. 1505
Sellback to NETs	17150 kWh @ 4.4 Rp.	Fr. 754
Ecological Value	17150 kWh @ 4.5 Rp.	Fr. 772
	Electricity Usage	**Fr. 3031**

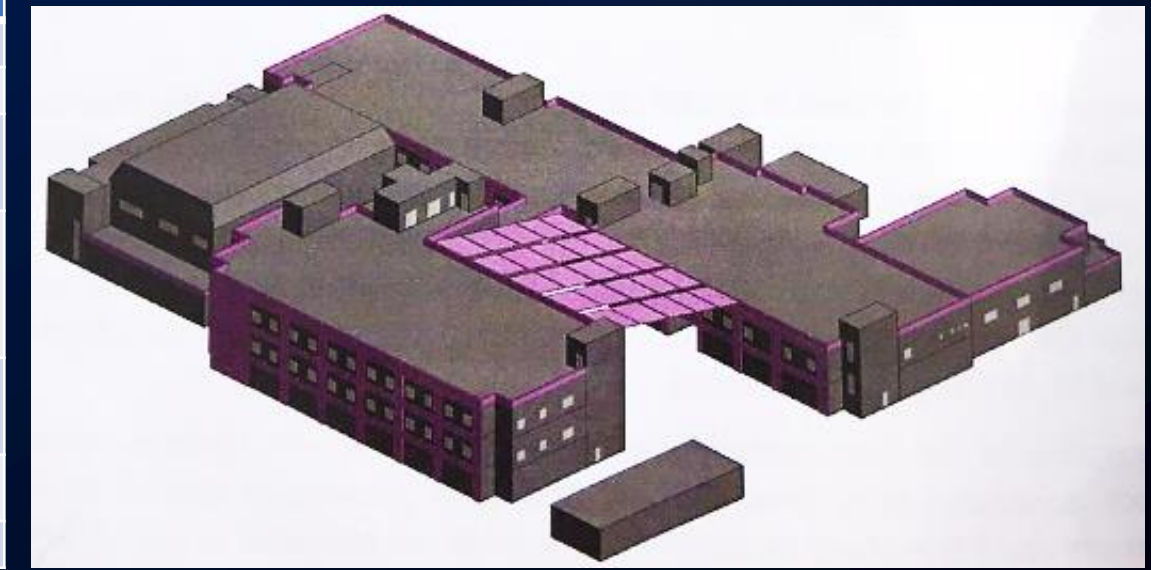
❖ استراتژی های کاهش انرژی در مدرسه Daiya واقع در کویت:

- ✓ فرایند کالیبراسیون مدل انرژی برای این ساختمان شامل تجزیه و تحلیل حساسیت با ارزیابی تأثیر پارامترهای ورودی مختلف از جمله:

roofs and external walls thermal bridges, infiltration, LPD and COP of the DX package units.

- ✓ تمامی داده ها ازجمله مصالح ساختمانی استفاده شده در سقف، کف و دیوارها، نقشه دقیق ساختمان و بازشوها، لایه های حرارتی، شیشه های هوشمندSPD، و پنل های خورشیدی به عنوان پارامترهای ورودی وارد تحلیل شدند.

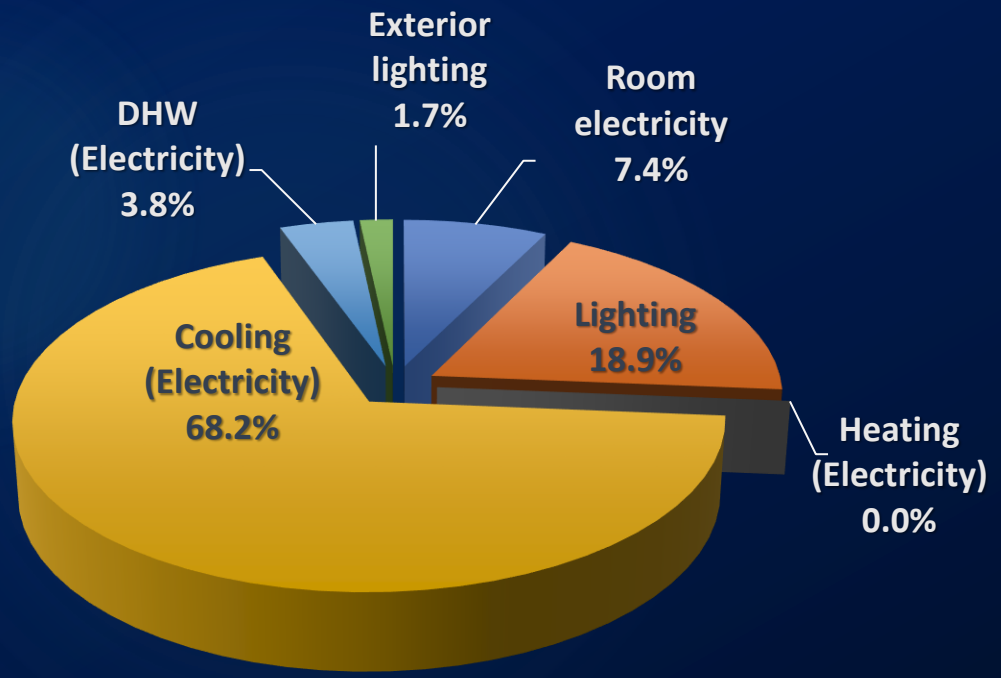
Summary of specification for Daiya School	
Building Type	3-story building
Construction	Concrete blocks
Wall Type	Sand Stone Brick, cement mortar, autoclaved aerated concrete block, concrete
Roof	Cement roofing tiles, loose fill gravel, sand screed, waterproofing, foam concrete, extruded polystyrene thermal insulation, heavy mixed concrete
Ground floor	Ceramic tiles, cement mortar, sand creed, heavy mixed concrete, sand
Total Floor area	12627.8 m2 (Air conditioned area = 12128.9 m2)
Zones	42 zones



Ref.: (Oral Buyukozturk, Hassan Kamal, N.Nafi Toksoz, MIT REPORT: “Sustainability of Kuwait’s Built Environment”, July 2017)

❖ استراتژی های کاهش انرژی در مدرسه Daiya واقع در کویت:

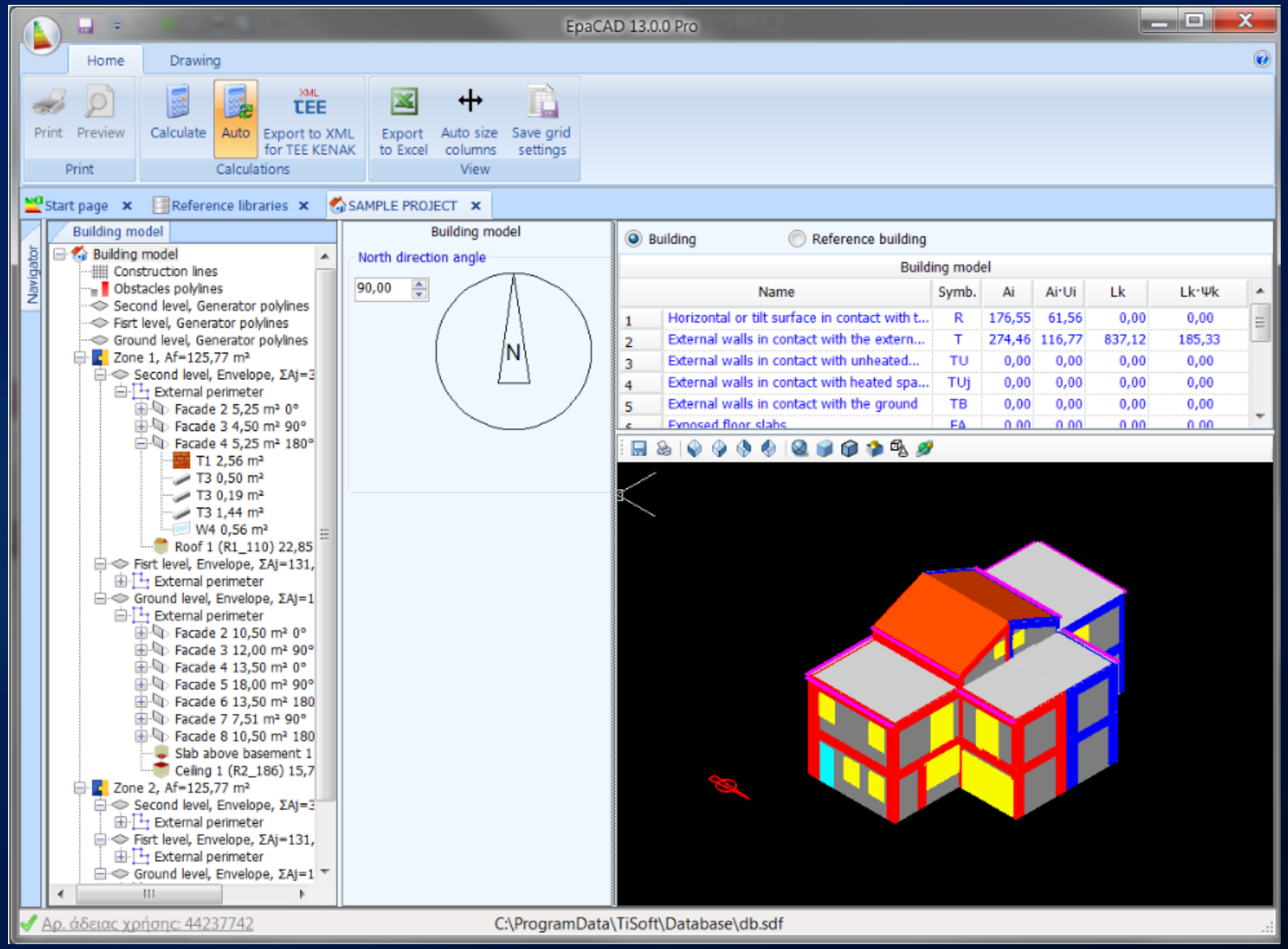
- صرفه جویی در مصرف انرژی با عایق کاری دیوارهای خارجی و سقف
- صرفه جویی در مصرف انرژی با استفاده از پنجره های با انرژی کارآمد
- ذخیره انرژی با کاهش میزان نفوذ هوا و میزان تهویه
- صرفه جویی در مصرف انرژی با استفاده از سیستم روشنایی کارآمد
- پس انداز انرژی با استفاده از سیستم خنک کننده بام کارآمد
- صرفه جویی در مصرف انرژی توسط اقدامات ترکیبی



Energy Measures	Energy Consumption (MWh)	Energy Savings (%)	EUI (kWh/m2)
Base Case Scenario	2646	0.0	209.5
Insulated External Wall	2583	2.3	204.6
Insulated Roof	2618	1.0	207.3
6-mm double tinted	2651	-0.2	210.0
Double LowE Spectrally Selective Tinted	2643	0.1	209.3
6mm/13mm Air	2643	0.1	209.3
Double LowE Spectrally Selective Tinted	2541	4.0	201.2
6mm/13mm Argon	2436	7.9	192.9
25% infiltration Reduction	2334	11.8	184.8
50% infiltration Reduction	2298	13.1	182.0
75% infiltration Reduction	2276	14.0	180.3
Ventilation Control	2393	9.6	189.5
LPD = 5 W/m2	2301	13.0	182.2
COP = 2.07	2213	16.3	175.3
COP = 2.2	1699	35.8	134.5
COP = 2.34	1290	51.2	102.2
Combined Measures based on MEW Code (LPD = 10 W/m2, COP = 2.2, 75% less Infiltration)			
Combined Measures Better than the MEW Code (LPD = 5 W/m2, COP = 2.34, 75% less Infiltration)			

Ref.: (Oral Buyukozturk, Hassan Kamal, N.Nafi Toksoz, MIT REPORT: “Sustainability of Kuwait’s Built Environment”, July 2017)

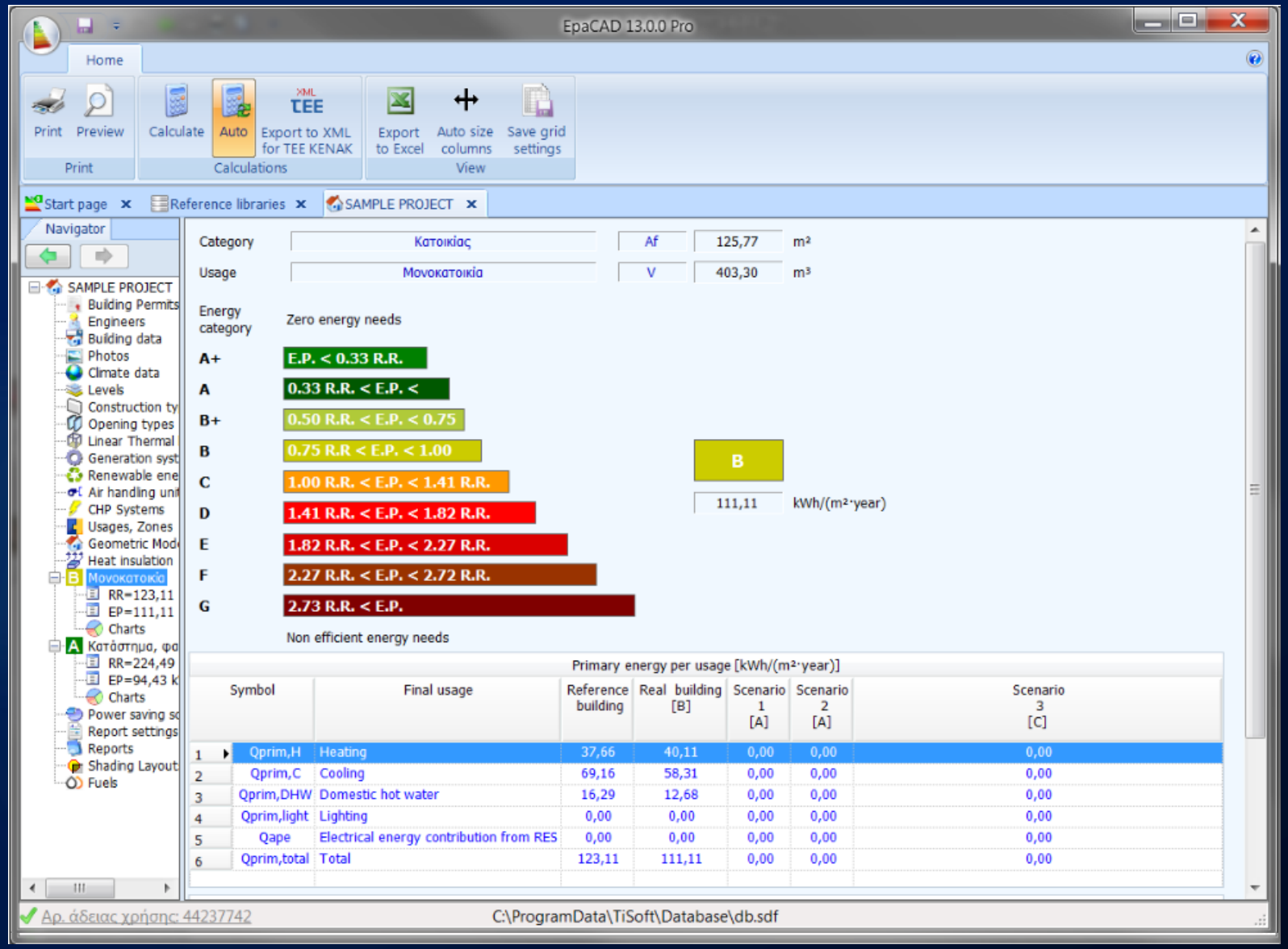
❖ Energy-Design Software:



TiSoft Energy-Design

- Creating 3D Models

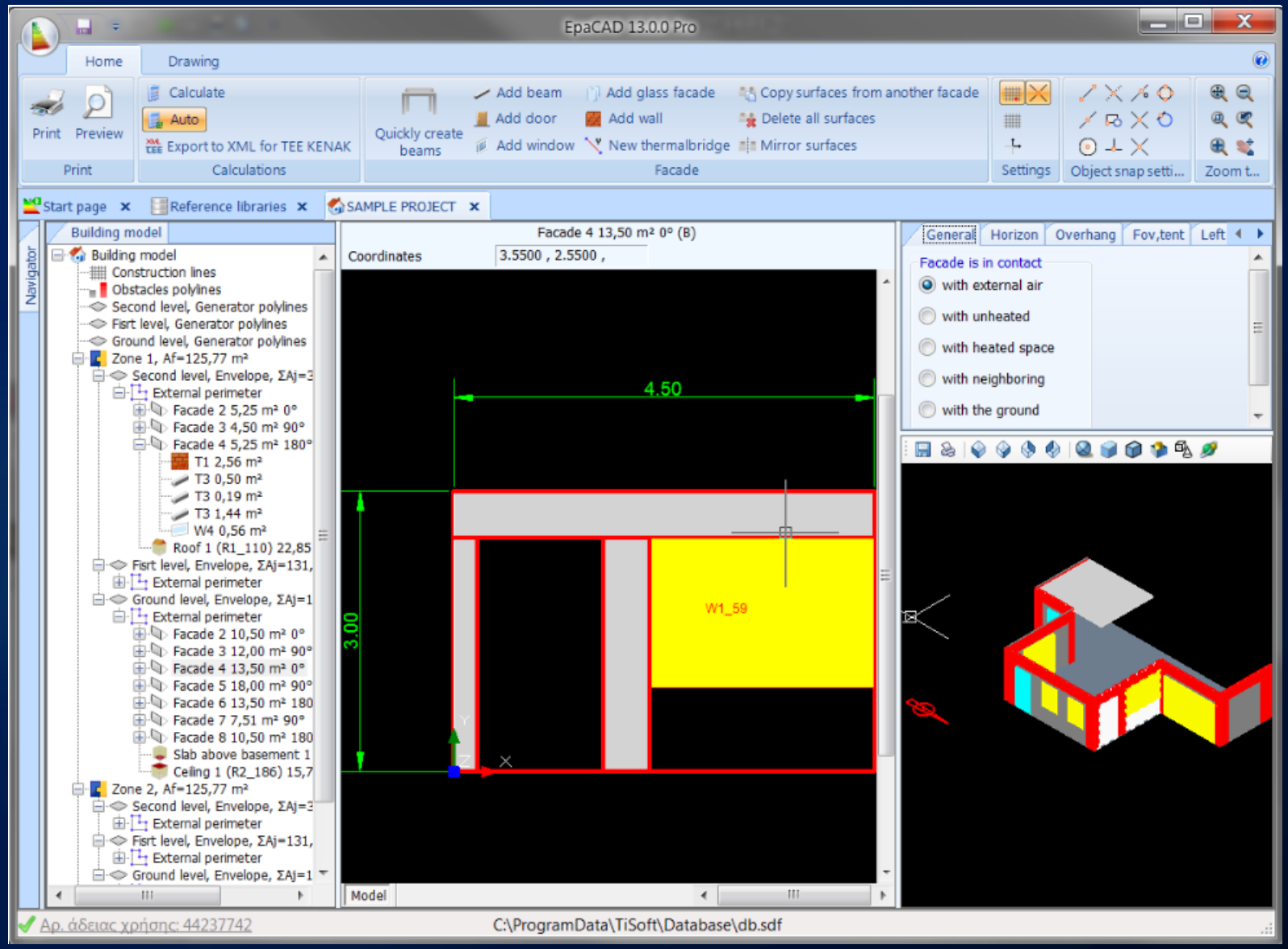
❖ Energy-Design Software:



TiSoft Energy-Design

- Creating 3D Models
- Energy Consumption & Energy Class

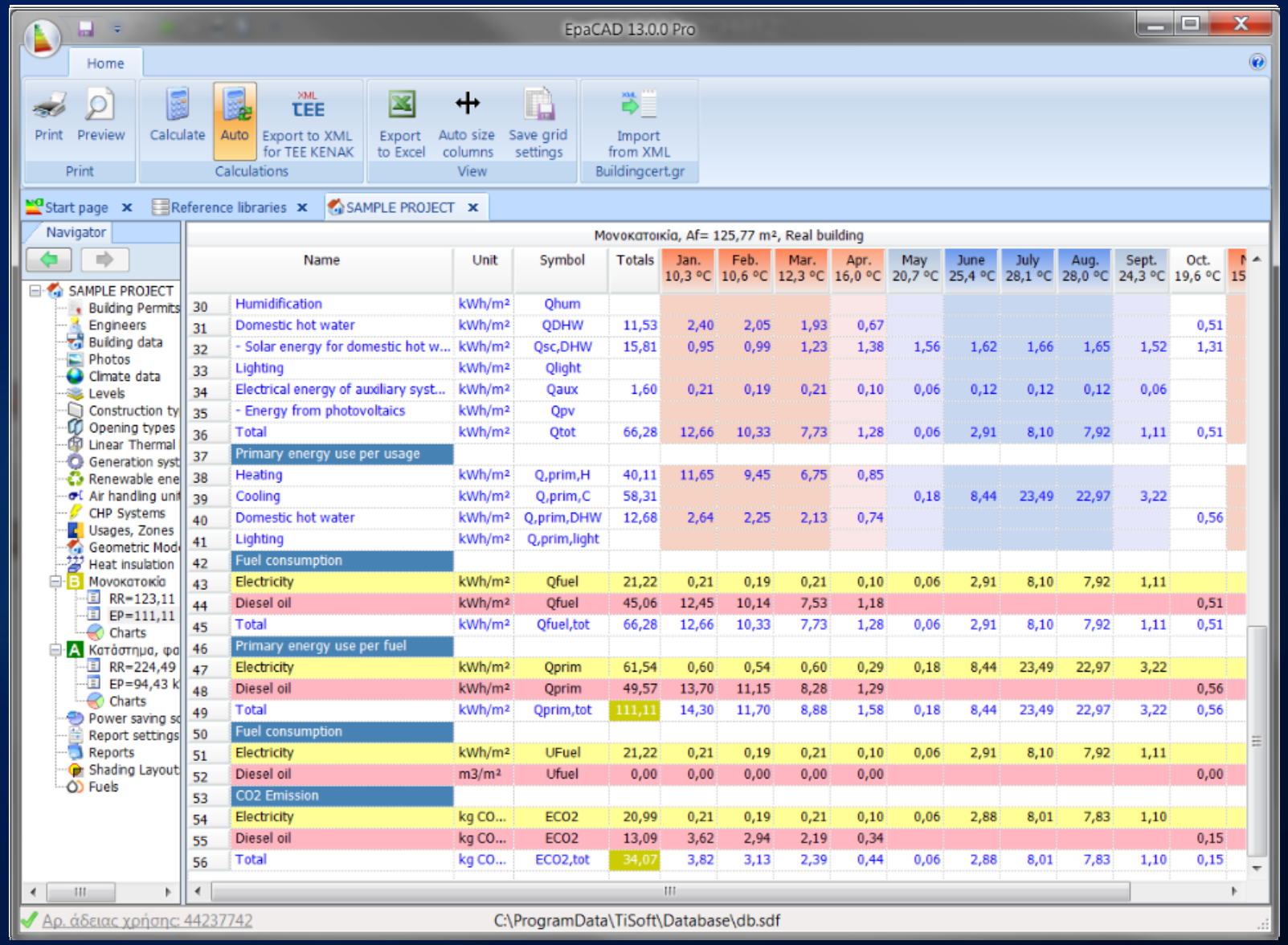
❖ Energy-Design Software:



TiSoft Energy-Design

- Creating 3D Models
- Energy Consumption & Energy Class
- Energy Saving Scenarios

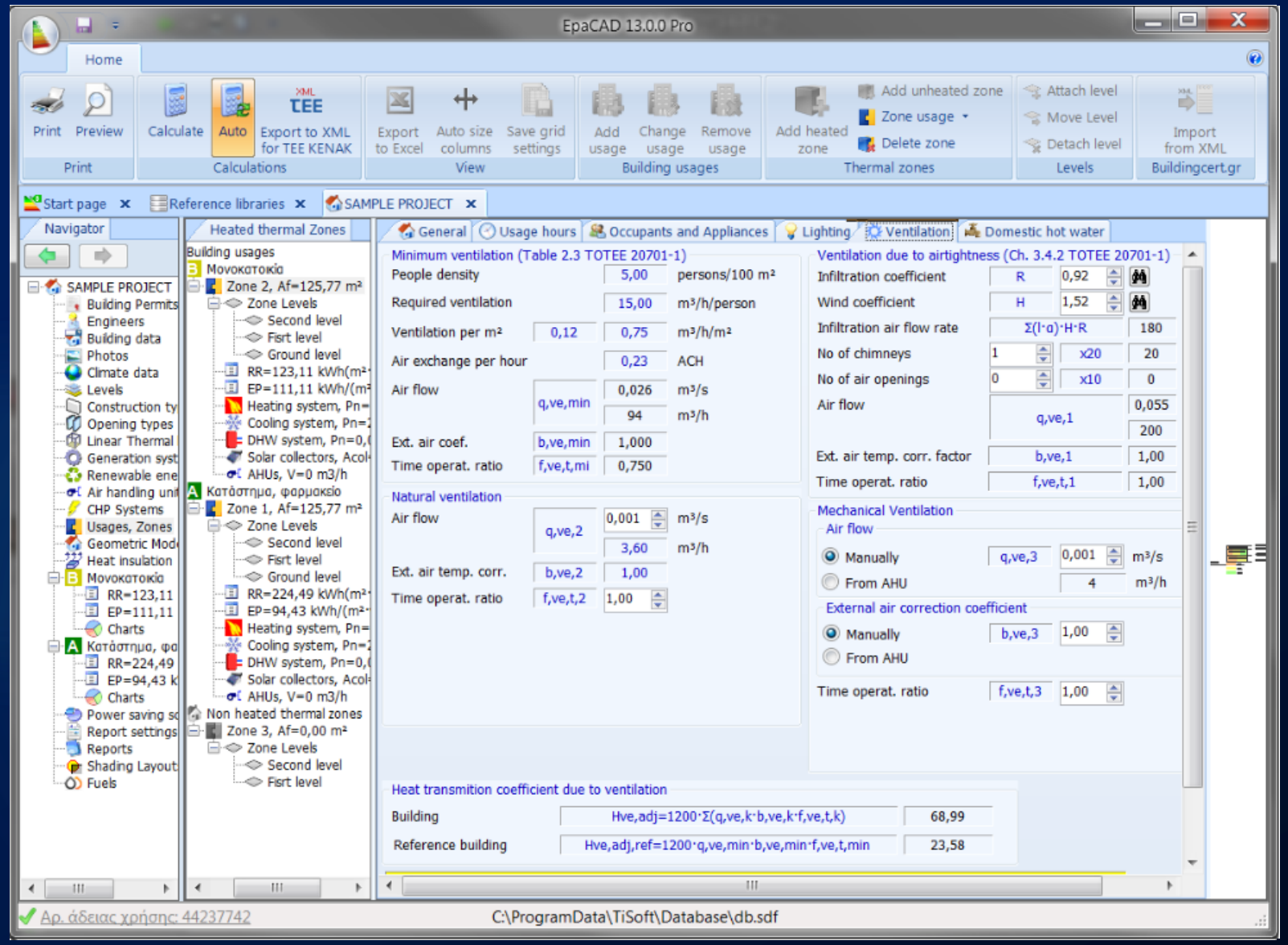
❖ Energy-Design Software:



TiSoft Energy-Design

- Creating 3D Models
- Energy Consumption & Energy Class
- Energy Saving Scenarios
- Visualized Results

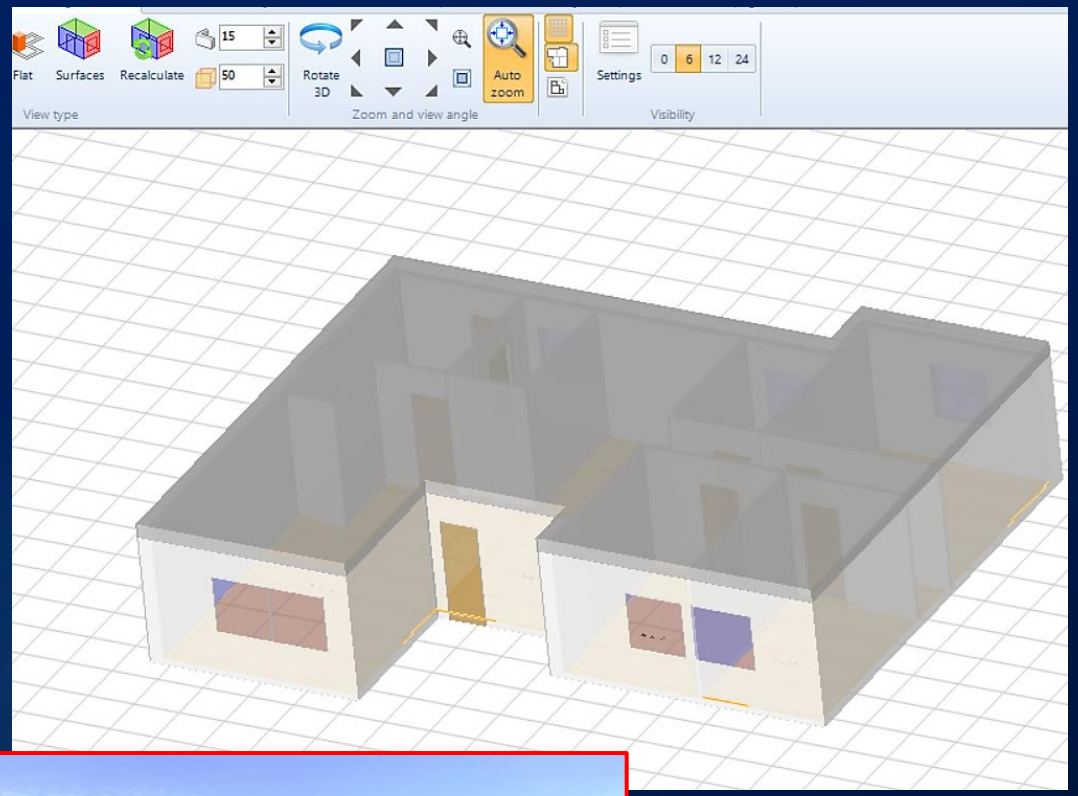
❖ Energy-Design Software:

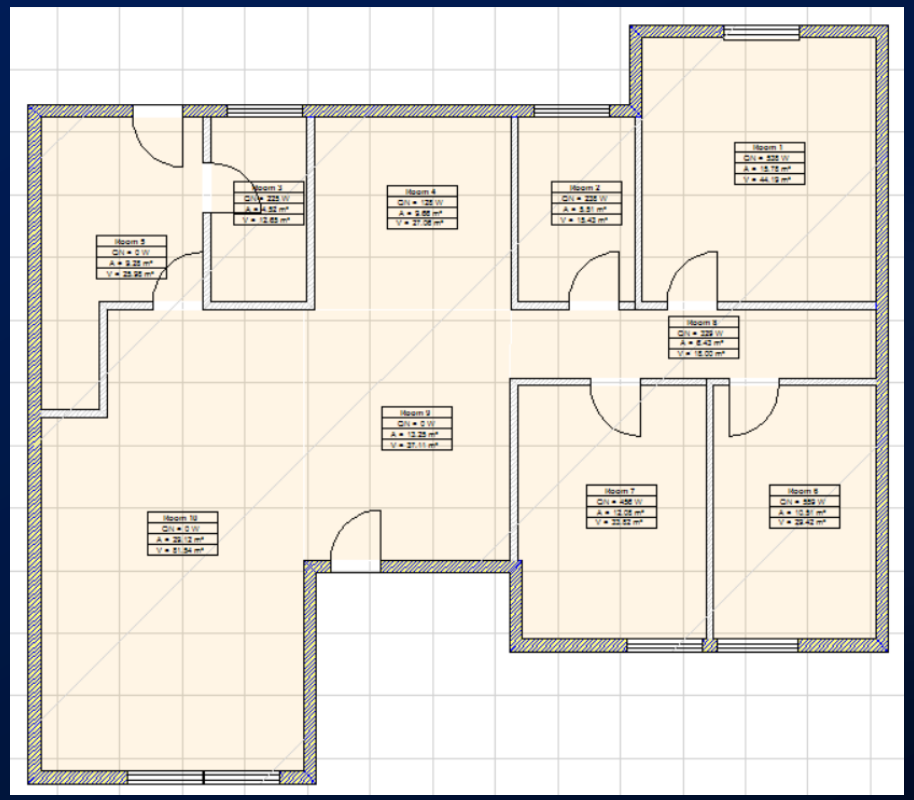


TiSoft Energy-Design

- Creating 3D Models
- Energy Consumption & Energy Class
- Energy Saving Scenarios
- Visualized Results
- Parametrization

❖ *Ti-Soft Example*: *Building Energy Saving Measures in a Residential House Located in Switzerland*

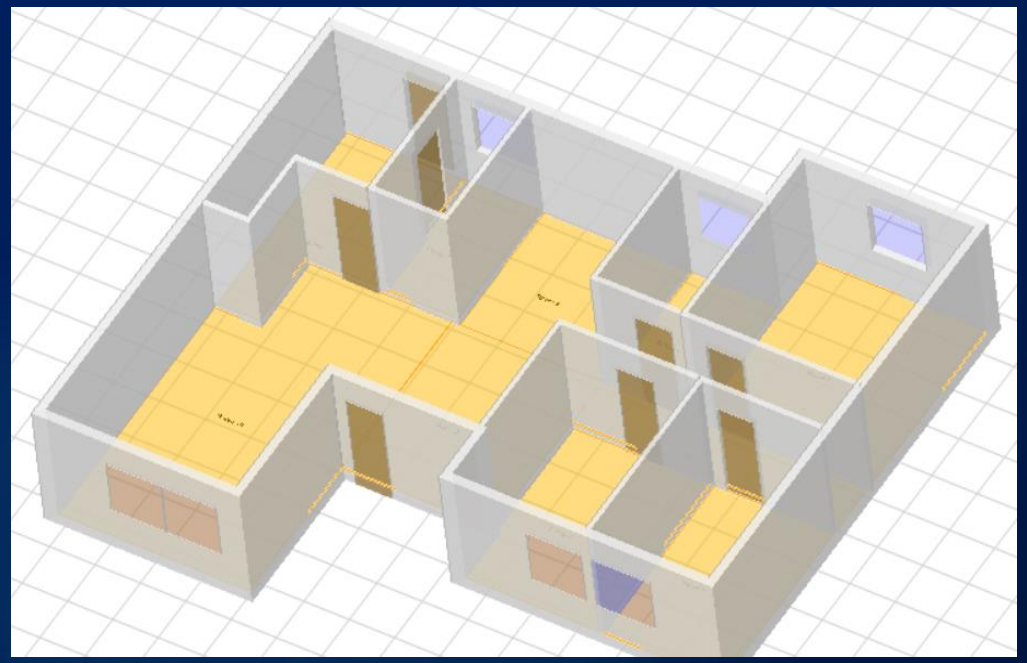




- Creating 3D Models
- Calculation of Wall & Roof Heat Losses (Q_1)
- Calculation of Air Infiltration Heat Loss (Q_2)
- Calculation of Water Heating Energy (Q_3)

$$Q_N = 1.1(Q_1 + Q_2) + Q_3$$

❖ *Ti-Soft Example: Building Energy Saving Measures in a Residential House Located in Switzerland*



Σ Total heat losses

Ground floor

	Room name	Room data: Internal Temperarure (θint,i) °C	Room data: Floor Area (Af) m²	Room data: Volume (V) m³	Heat losses: Room H.Losses (QN) W	Heat losses: DIN4701_QT (Qt) [W] (Qt) [W]	Heat losses: DIN4701_QINF (Qinf) [W] (Qinf) [W]	Heat losses: DIN4701_QV (Qv) [W] (Qv) [W]
1	Room 3	20.00	4.52	12.65	236	216.6	4.6	15.1
2	Room 2	20.00	5.51	15.43	410	381.7	10.4	18.4
3	Room 5	20.00	9.28	25.98	629	586.1	11.6	30.9
4	Room 4	20.00	9.66	27.06	181	148.8	-	32.2
5	Room 6	20.00	10.51	29.42	640	594.9	10.1	35.0
6	Room 7	20.00	12.08	33.82	398	353.4	4.4	40.2
7	Room 8	20.00	6.43	18.00	532	473.0	16.5	42.8
8	Room 9	20.00	13.25	37.11	322	271.9	5.5	44.2
9	Room 1	20.80	15.78	44.19	631	575.6	4.5	51.1
10	Room 10	20.00	29.12	81.54	876	769.8	8.8	97.0
Summaries			116...	325.19	4,855			

Internal temp.= 20.8 °C
External Air temp.= 13 °C

Building Conditions	The overall energy requirement Q_N (W)
Without Insolation	4855
With (15cm) Glasswool Insolation in Exterior-Walls	2072

57% Energy Saving In Switzerland

❖ *Ti-Soft Example: Building Energy Saving Measures in a Residential House Located in Kuwait*

Σ Total heat losses

Flat 1, QN= -7,912 W

	Room name	Room data: Internal Temperarure (θint,i) [°C]	Room data: Floor Area (Af) [m²]	Room data: Volume (V) [m³]	Heat losses: Room H.Losses (QN) [W]	Heat losses: DIN4701_QT (Qt) [W] (Qt) [W]	Heat losses: DIN4701_QINF (Qinf) [W] (Qinf) [W]	Heat losses: DIN4701_QV (Qv) [W] (Qv) [W]
1	Room 10	20.00	29.12	81.54	-1,743	-885.9	-25.1	-831.8
2	Room 1	19.80	15.78	44.19	-1,464	-995.1	-13.4	-455.2
3	Room 9	20.00	13.25	37.11	-838	-443.8	-15.7	-378.5
4	Room 8	20.00	6.43	18.00	-333	-102.6	-47.1	-183.6
5	Room 7	20.00	12.08	33.82	-701	-343.1	-12.6	-344.9
6	Room 6	20.00	10.51	29.42	-903	-574.3	-28.7	-300.1
7	Room 4	20.00	9.66	27.06	-721	-444.7	-	-276.0
8	Room 5	20.00	9.28	25.98	-852	-554.2	-33.1	-265.0
9	Room 2	20.00	5.51	15.43	-142	45.1	-29.8	-157.4
10	Room 3	20.00	4.52	12.65	-215	-73.2	-13.3	-129.0
Summaries			116...	325.19	-7,912			

Σ Total heat losses

Flat 1, QN= -5,096 W

	Room name	Room data: Internal Temperarure (θint,i) [°C]	Room data: Floor Area (Af) [m²]	Room data: Volume (V) [m³]	Heat losses: Room H.Losses (QN) [W]	Heat losses: DIN4701_QT (Qt) [W] (Qt) [W]	Heat losses: DIN4701_QINF (Qinf) [W] (Qinf) [W]	Heat losses: DIN4701_QV (Qv) [W] (Qv) [W]
1	Room 10	20.00	15.41	43.16	-878	-364.8	-73.4	-440.2
2	Room 1	20.00	5.43	15.22	-146	174.3	-165.2	-155.2
3	Room 9	20.00	9.54	26.70	-522	-249.5	-	-272.4
4	Room 8	20.00	4.47	12.51	6	299.0	-165.2	-127.6
5	Room 7	20.00	8.98	25.14	-430	102.3	-275.4	-256.4
6	Room 6	20.00	6.38	17.87	-231	135.3	-183.6	-182.3
7	Room 4	20.00	13.30	37.23	-543	-71.6	-91.8	-379.8
8	Room 5	20.00	11.89	33.29	-494	-81.4	-73.4	-339.5
9	Room 2	20.00	28.43	79.61	-1,318	-267.5	-238.7	-812.0
10	Room 3	20.00	10.24	28.68	-540	-170.9	-76.2	-292.6
Summaries			114...	319.41	-5,096			

Internal temp.= 20.8 °C
External Air temp.= 40 °C

Building Conditions	The overall energy requirement Q_N (W)
Without Insolation	-7912
With (4cm) Glasswool Insolation in Exterior-Walls + Roof Insolation + WoodenFrame with single glazing	-5096

35% Energy Saving In Kuwait