



Waloryzacja właściwości środowiskowych
konstrukcji stalowych

ZAŁOŻENIA METODYCZNE: FAZA UŻYTKOWA BUDYNKU
-ZUŻYCIE ENERGII



Zawartość prezentacji

1) Obliczenie energii użytkowej

- Wstęp
- Lokalizacja obiektu i klimat
- Metoda obliczeniowa sezonowego zapotrzebowania na energię
- Algorytm obliczeniowy dla energii (faza użytkowa)

2) Kalibracja i walidacja algorytmu

- Referencyjne pomieszczenie (EN 15265:2007)
- Referencyjny apartament (EN 15265:2007)
- Przykładowy budynek mieszkalny

3) Uwagi końcowe



Obliczenie energii użytkowej

Algorytm obliczania energii użytkowej podczas fazy użytkowania budynku
został określony we wcześniejszym projekcie programu RFCS



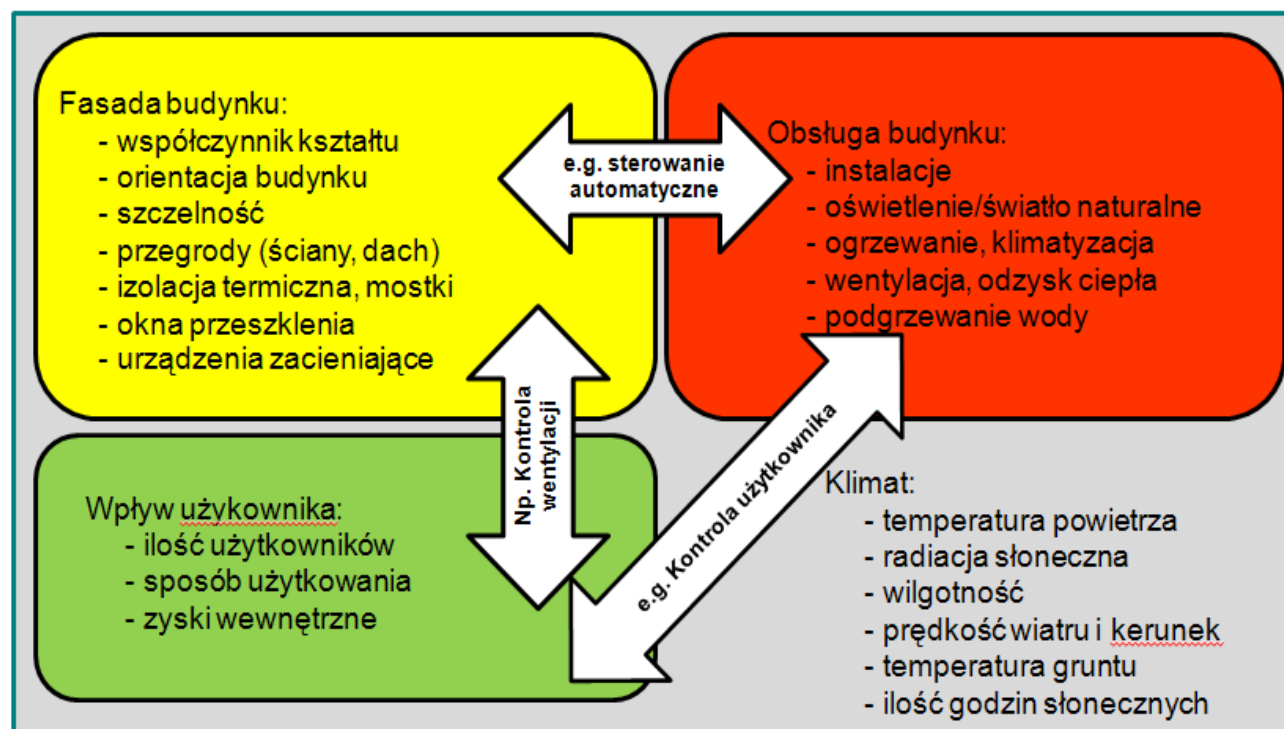
SB STEEL

SB_Steel (2014), Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel.



Charakterystyka energetyczna budynku zależy od wielu bardzo parametrów.

Istotne jest w fazie projektowej odpowiednie określenie spodziewanego poziomu zapotrzebowania na energię użytkową budynku.



Ze względu na estymację i niedostępność wielu danych we wstępnej fazie projektowania trudno jest uzyskać prawidłową wartość poziomu zapotrzebowania na energię użytkową budynku.



Lokalizacja budynku i klimat

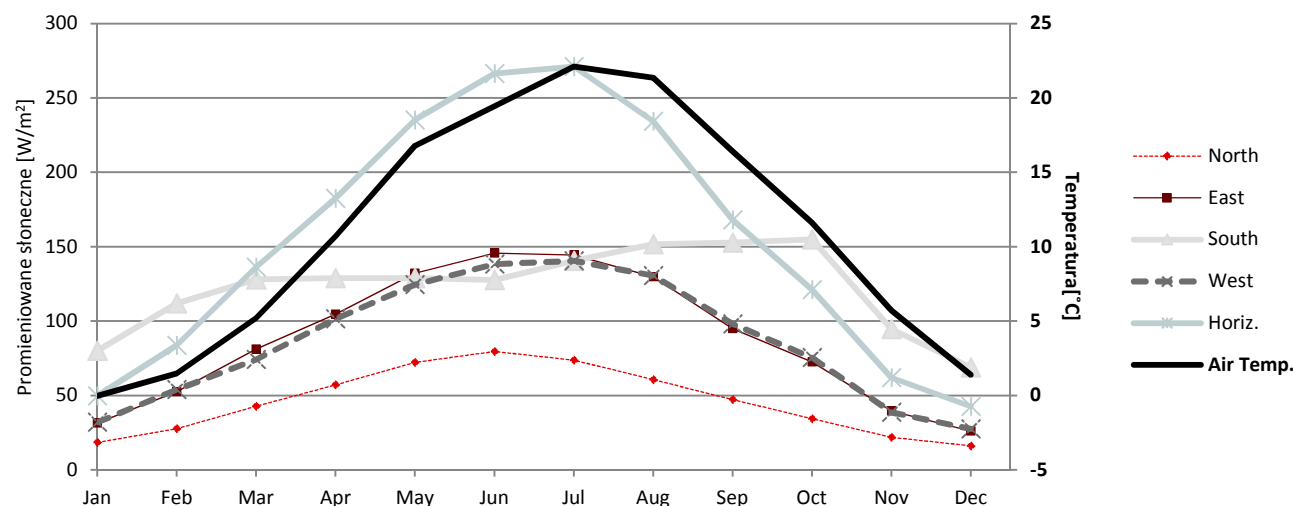
Lokalizacja budynku, pod względem warunków klimatycznych, ma podstawowe znaczenie w obliczeniach cieplnych (Santos i in., 2011, 2012). Aby ją ująć należy zdefiniować dwa istotne czynniki obliczeń zapotrzebowania na energię:

- temperaturę powietrza;
- natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni obiektu o danej orientacji

Większość danych klimatycznych uzyskano w ramach softwarowej bazy danych EnergyPlus dla symulacji energetycznych (EERE-USDoE, 2014), zaś pozostałe uzyskano od partnerów projektu badawczego.

EERE-USDoE (2014), Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/?region=6_europe_wmo_region_6



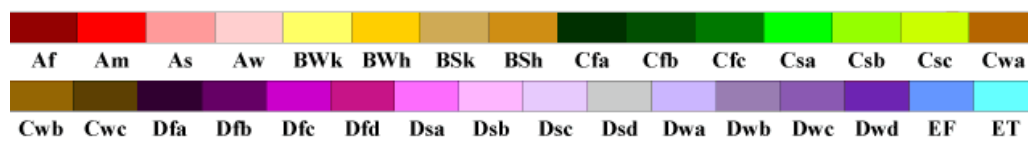
Średnie miesięczne temperatury zewnętrzne oraz promieniowanie słoneczne w Timisoarze (RO)



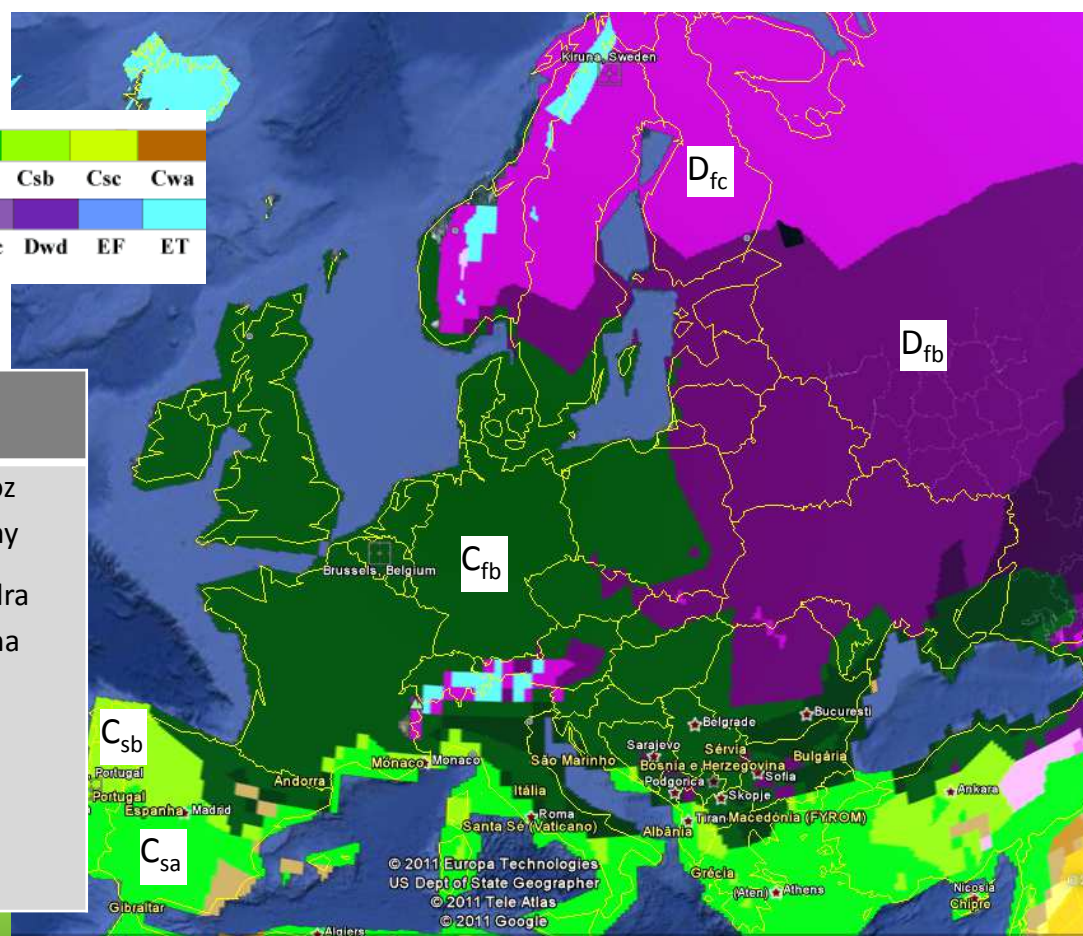
LARGE VALORISATION ON SUSTAINABILITY OF STEEL STRUCTURES



Metodologia została określona dla pięciu regionów klimatycznych (sklasyfikowanych zgodnie z klasyfikacją klimatyczną Köppena-Geigera): (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc. Klasyfikacja klimatyczna Köppena-Geigera jest jednym z najszerzej stosowanych systemów klasyfikacji klimatu (Kottek i wsp., 2006).



Podstawowe klimaty:	Opad:	Temperatura:	
A: równikowy	W: pustynia	h: suche ciepłe	F: mróz polarny
B: suchy	S: step	k: zimne suche	T: tundra polarna
C: ciepłe temperatury	f: wysoka wilgotność	a: ciepłe lato	
D: śnieg	s: suche lato	b: gorące lato	
E: polarny	w: sucha zima	c: chłodne lato	
	m: monsunowy	d: ekstremalnie kontynentalna	





LARGE VALORISATION ON SUSTAINABILITY OF STEEL STRUCTURES



52 miasta w bazie

Miasto	Państwo	klimat	Miasto	Państwo	klimat	Miasto	Państwo	klimat
Amsterdam	Netherlands	Cfb	Kiev	Ukraine	Dfb	Oslo	Norway	Dfb
Ankara	Turkey	Csb	Kiruna	Sweden	Dfc	Ostersund	Sweden	Dfc
Arhanglesk	Russia	Dfc	Kraków	Poland	Cfb	Paris	France	Cfb
Athens	Greece	Csa	La Coruña	Spain	Csb	Porto	Portugal	Csb
Barcelona	Spain	Csa	Lisbon	Portugal	Csa	Poznan	Poland	Cfb
Berlin	Germany	Cfb	Ljubljana	Slovenia	Cfb	Prague	Czech Republic	Cfb
Bilbao	Spain	Cfb	London	England	Cfb	Rome	Italy	Csa
Bratislava	Slovakia	Cfb	Lublin	Poland	Dfb	Salamanca	Spain	Csb
Brussels	Belgium	Cfb	Madrid	Spain	Csa	Sanremo	Italy	Csb
Cluj-Napoca	Romania	Dfb	Marseille	France	Csa	Sevilla	Spain	Csa
Coimbra	Portugal	Csb	Milan	Italy	Cfb	Stockholm	Sweden	Dfb
Gdansk	Poland	Cfb	Minsk	Belarus	Dfb	Tampere	Finland	Dfc
Genova	Italy	Csb	Montpellier	France	Csa	Timisoara	Romania	Cfb
Graz	Austria	Dfb	Moscow	Russia	Dfb	Vienna	Austria	Dfb
Hamburg	Germany	Cfb	Munich	Germany	Cfb	Warsaw	Poland	Dfb
Helsinki	Finland	Dfb	Nantes	France	Cfb	Wroclaw	Poland	Cfb
Istambul	Turkey	Csa	Nice	France	Csb			
Katowice	Poland	Cfb	Opole	Poland	Cfb			



Uproszczony algorytm metody nazwany **AMECO 3** pozwala przewidzieć zapotrzebowanie na:

- ogrzewanie;
- chłodzenie;
- podgrzanie wody CWU.

Algorytm opiera się na zapisach międzynarodowych norm:

Obliczenia energii grzewczej i chłodniczej prowadzone są za pomocą metodą miesięczną quasi ustalonego stanu na podstawie normy ISO 13790 - *Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania.*

Zapotrzebowanie na energię do podgrzania wody obliczane jest zgodnie z EN 15316-3-1 (2007).

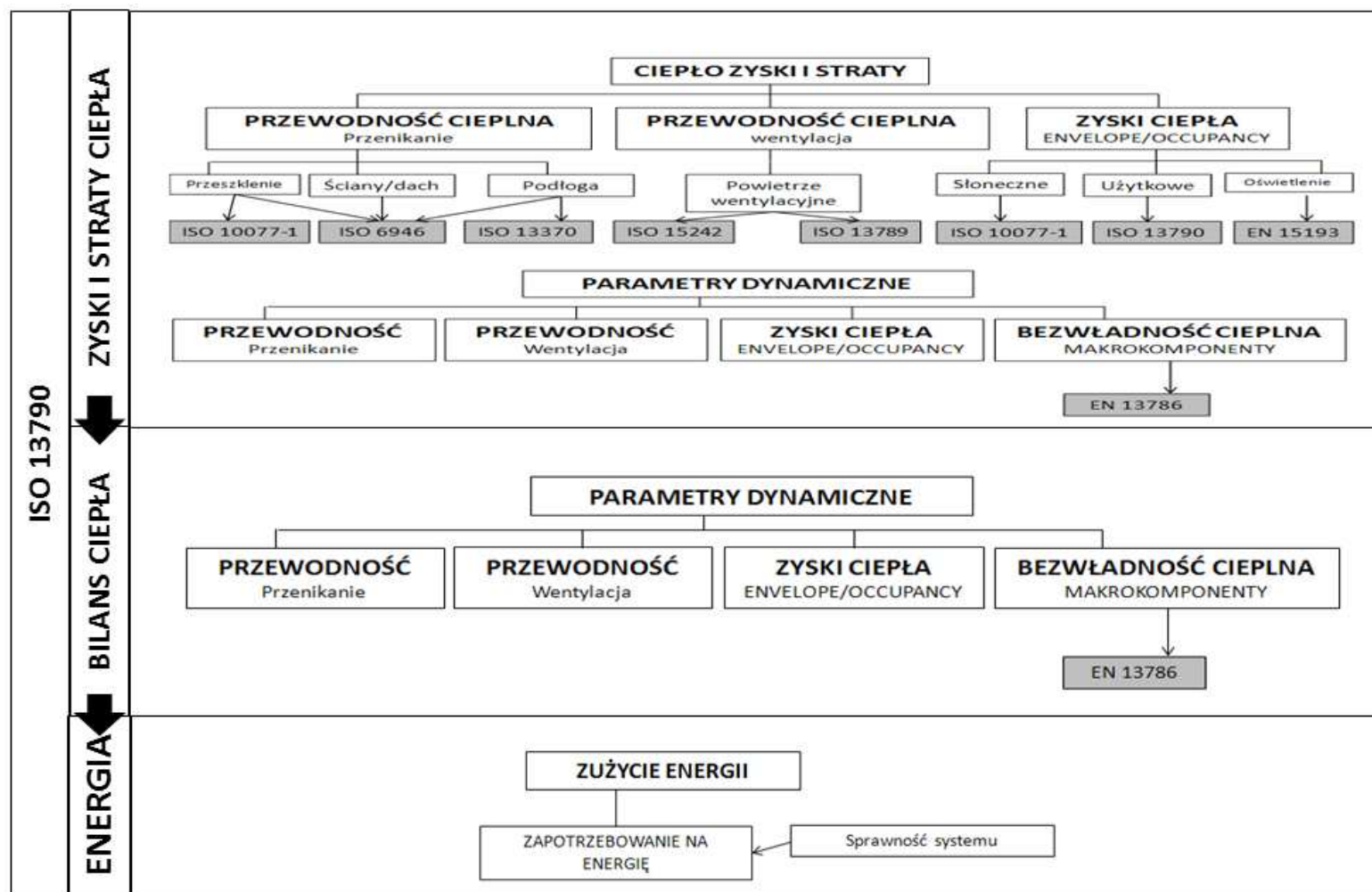
ISO 13790 (2008), Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

EN 15316-3-1 (2007), Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.



Metoda obliczeniowa

Miesięczna metoda quasi ustalonego stanu





Alogorytm

Podstawowe wejścia do systemu

LOKALIZACJA BUDYNKU → związana z klimatem (dla danego miasta i strefy klimatu):

- i) temperatury powietrza;
- ii) promieniowanie słoneczne na powierzchnię z danego kierunku

TYP BUDYNKU: e.g. mieszkalny, biurowy, komercyjny, przemysłowy

OBUDOWA BUDYNKU bazuje na makro-komponentach (e.g. ściany, podłogi, dach, płyta fundamentowa, przeszklenia).

WYMIARY BUDYNKU I ORIENTACJA (e.g. długość, szerokość, powierzchnia kondygnacji).

PARAMETRY WEWNĘTRZNE: temperatura grzewcza i chłodnicza, ilości wymian

ZASTOSOWANE INSTALACJE: produkcja ciepła grzewczego, chłodu i podgrzewanie wody CWU, tryb pracy instalacji

Podstawowe wyjścia z systemu

Zapotrzebowanie na energię grzewczą, energię chłodniczą i energię do podgrzewania wody

Bilans ciepła dla elementów budynku (e.g. ściany, dach, grunt).



Algorytm

Podstawowe zasady obliczania zapotrzebowania na **ogrzewanie**, $Q_{H,nd}$:

1) Bilans ciepła zakładający ciągłe ogrzewanie:

a) $Q_{H,ht}$ Całkowita ilość ciepła (przez przegrody i wentylację) \longrightarrow (straty ciepła)

b) $Q_{H,gn}$ Całkowite zyski cieplne(wewnętrzne + solarne)

c) $\eta_{H,gn}$ Sprawność uzysku

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

2) Korekta dla nieciągłości ogrzewania:

a) Współczynnik redukcji związany z ogrzewaniem okresowym ($a_{H,red}$)

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$



Algorytm

Podstawowe zasady obliczania zapotrzebowania energii na **chłodzenie**^{*}, $Q_{C,nd}$:

1) Bilans ciepła zakładający ciągłe ogrzewanie :

a) $Q_{C,ht}$ Całkowita ilość ciepła (przez przegrody i wentylację)

b) $Q_{C,gn}$ Całkowite zyski cieplne(wewnętrzne + solarne)

c) $\eta_{C,ls}$ Współczynnik strat dla chłodzenia

Porównując z
ogrzewaniem

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

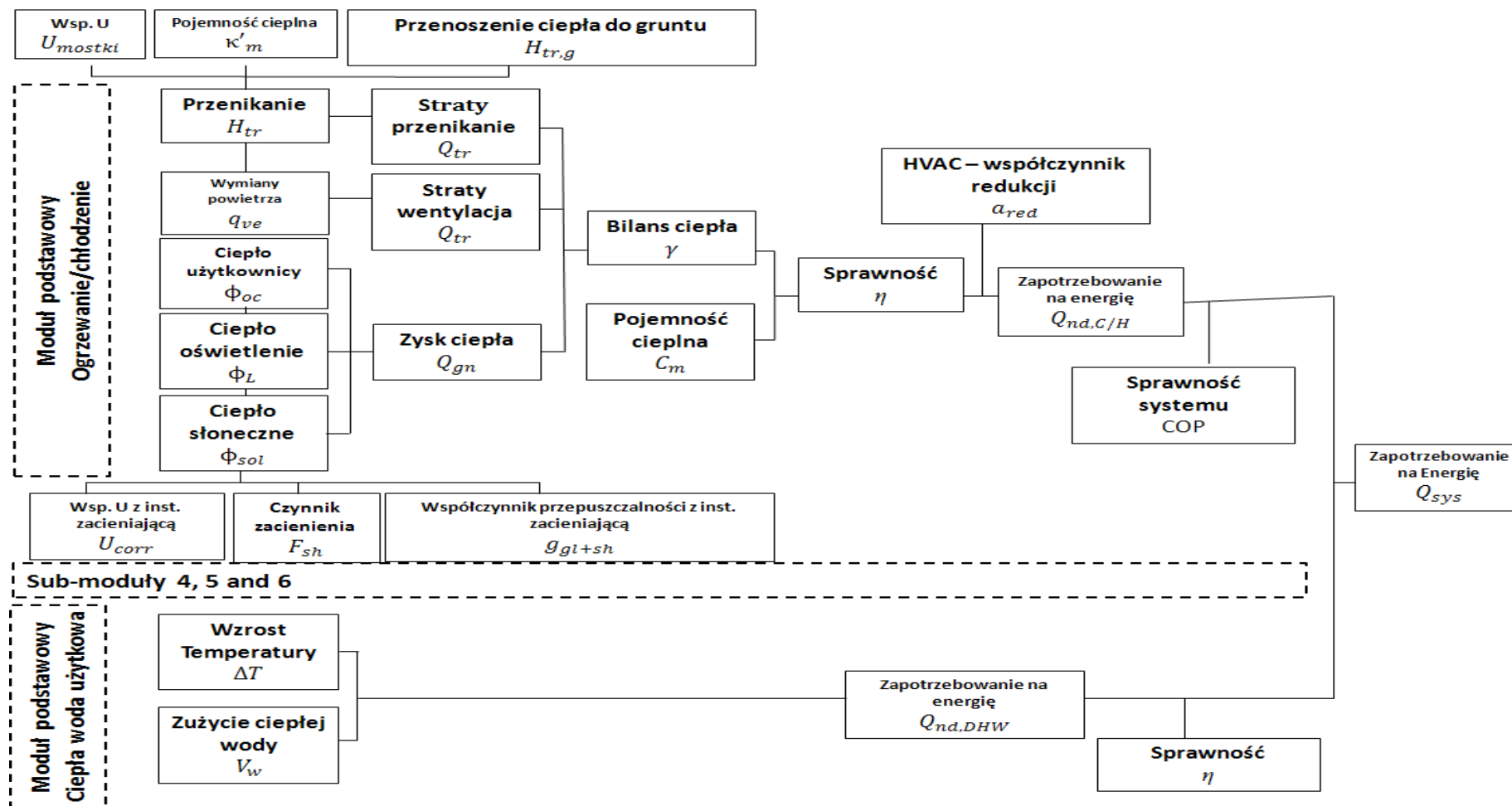
2) Korekta dla nieciągłości chłodzenia :

a) Współczynnik redukcji związany z ogrzewaniem okresowym

^{*} Adekwatnie do ogrzewania



Algorytm





2) Walidacja zaadaptowanej metody

Obliczanie zapotrzebowania na energię

Algorytm przewidywania zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia budynku został skalibrowany w zakresie precyzji wyników na kilku poziomach ([Santos et al. 2014](#)):

- Referencyjnego pomieszczenia ([EN 15265:2007](#));
- Referencyjnego apartamentu (adoptowane na podst. [EN 15265:2007](#));
- Przykładowego budynku mieszkalnego

P. SANTOS; R. MARTINS; H. GERVÁSIO; L. SIMÕES DA SILVA, "Assessment of building operational energy at early stages of design – A monthly quasi-steady-state approach", *Energy and Buildings* (ISSN: 0378-7788), vol. 79, pp. 58–73, 2014.

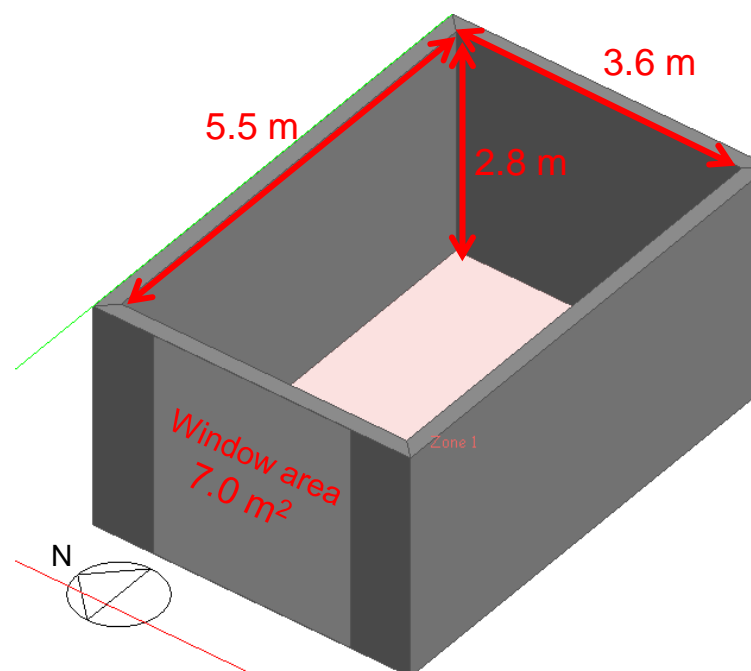
EN 15265 (2007), Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.



Pomieszczenie referencyjne (EN 15265:2007)

Norma opisuje 12 przypadków testowych dla pojedynczego pomieszczenia biurowego.

Powołana norma wykorzystuje referencyjne pomieszczenie z elementami przeszklenia na elewacji zachodniej i zostaje poddana analizie w różnych warunkach brzegowych, różnych przypadkach wewnętrznych i słonecznych zysków ciepła, oraz w dwóch trybach ogrzewania/chłodzenia: ciągłym i przerywanym (okresowym)..



Informacyjny	Normatywny		Normatywny	
Test 1 Referencyjny	Test 5 = Test 1 +	HVAC (tylko 8:00-18:00, Pon-Piąt.)	Test 9 = Test 5 +	Zewn. dach
Test 2 Wysoka bezwładność	Test 6 = Test 2 +		Test 10 = Test 6 +	
Test 3 Bez zysków wewnętrznych	Test 7 = Test 3 +		Test 11 = Test 7 +	
Test 4 Bez ochrony przed słońcem	Test 8 = Test 4 +		Test 12 = Test 8 +	



Algorytm miesięczny stanu quasi-statycznego zawiera w sobie kilka uproszczeń w porównaniu do zaawansowanych symulacji dynamicznych::

- dynamiczne, miesięczne wskaźniki wykorzystania zysków przyjęto jako stałe i niezależne od warunków klimatycznych i trybu pracy chłodzenia i grzania w ramach każdego regionu klimatycznego**
- różne wartości cieplne wyliczane dla stałych temperatur wewnętrznych**

W związku z powyższym mimo dobrej zgodności miesięcznej metody stanu quasi-statycznego w odniesieniu do przypadków testowych przepisanych w EN 15265, właściwości cieplne rzeczywistych budynków o dużo bardziej skomplikowanym układzie, warunkach wykorzystania i różnej charakterystyce klimatycznej, mogą w sposób znaczny odbiegać od wyników otrzymanych tą zaprezentowaną, uproszczoną metodą.

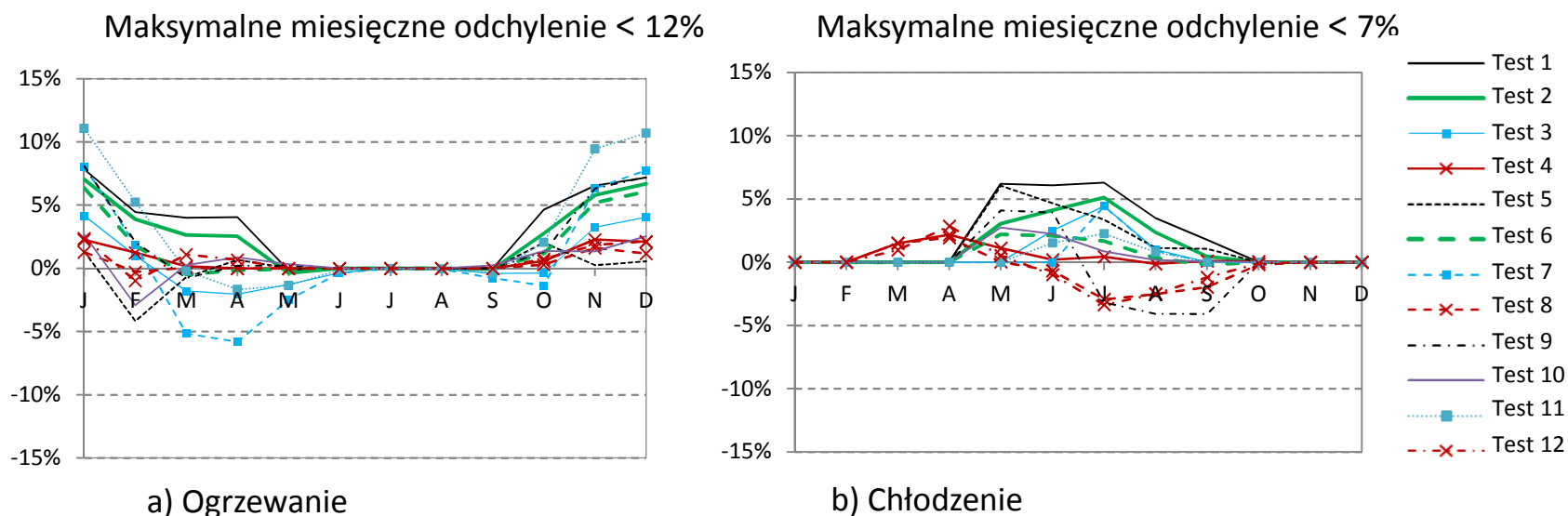
W celu minimalizacji możliwego rozrzutu wyników, współczynniki korekcyjne zostały zdefiniowane i skalibrowane dla poprawy dokładności szacowania.



Pomieszczenie referencyjne (EN 15265:2007)

Precyzja algorytmu zależy od: rodzaju testu, miesiąca oraz trybu zastosowanego ogrzewania i chłodzenia

Zapotrzebowanie na energię grzewczą i chłodniczą: 12 testowanych przypadków zgodnie EN 15265:2007 (dyn).

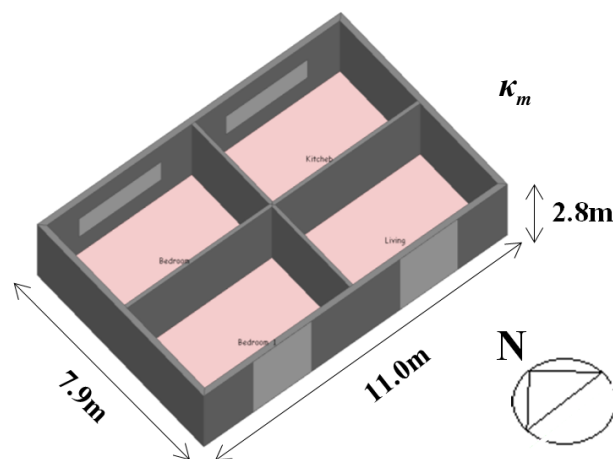


Miesięczne błędy algorytmu (z miesięcznej metody stanu quasi-stacjonarnego) w odniesieniu do wyników obliczeń referencyjnych EnergyPlus (zaawansowanej, godzinowej metody dynamicznej)



Referencyjny apartament (zaadaptowany z EN 15265:2007)

Ponieważ miesięczny algorytm ukierunkowany jest na prognozowanie zapotrzebowania na energię całych budynków a nie pojedynczych pomieszczeń, jak EN 15265 (2007) – wszystkie kalibracje były przeprowadzane na nowym zestawie przypadków badawczych opartych na typowej charakterystyce (konstrukcji) budynków (apartament)



a) Model (wymiaru wewnętrzne)

Element	Wartość U [W/m ² .K]	K_m [J/m ² .K]
Sciana zewnętrzna	0.493	81297
Ściana wewnętrzna	-	9146
Dach	0.243	6697
Podłoga na gruncie	-	63380

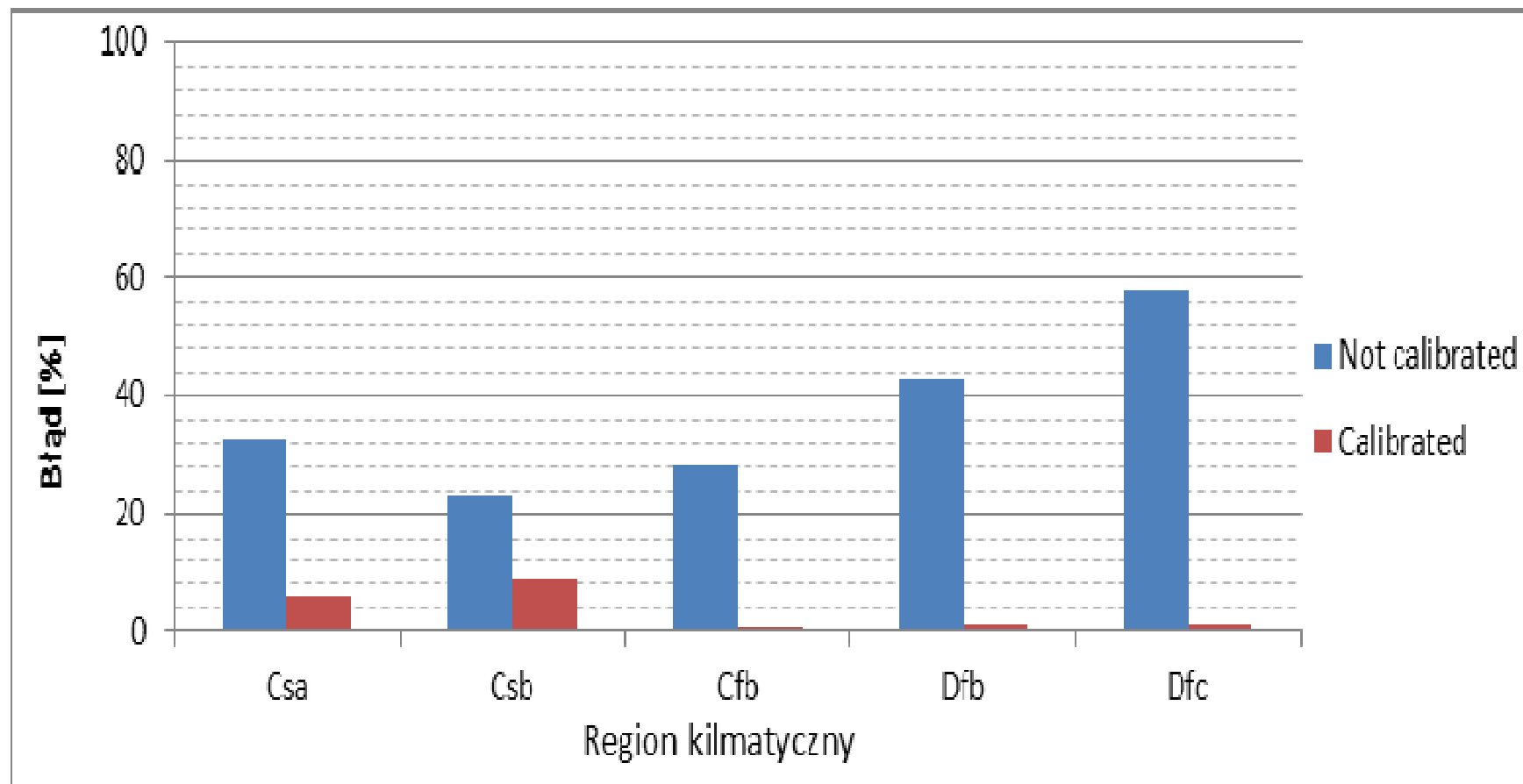
K_m Zapotrzebowanie na powierzchnię

b) Właściwości termiczne obudowy

Test	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Zacienienie
T1	35	36	54	Z
T2				BEZ
T3	25	20	40	Z
T4				BEZ
T5	15	12	24	Z
T6				BEZ

GFR: przeszklenie do powierzchni podłóg;
 NGWR: przeszklenie do powierzchni ścian- strona północna
 SGWR: GFR: przeszklenie do powierzchni podłóg;
 NGWR: przeszklenie do powierzchni ścian- strona południowa

Reference building used to calibrate the correction factors



Średnie wielkości błędów metody miesięcznej bez uwzględnienia oraz po uwzględnieniu współczynników korekcyjnych



Przykładowy budynek jednorodzinny

Dwie kondygnacje- lekka stalowa rama (LSF) budynek jednorodzinny zlokalizowany w Coimbrze



Pół-Zach

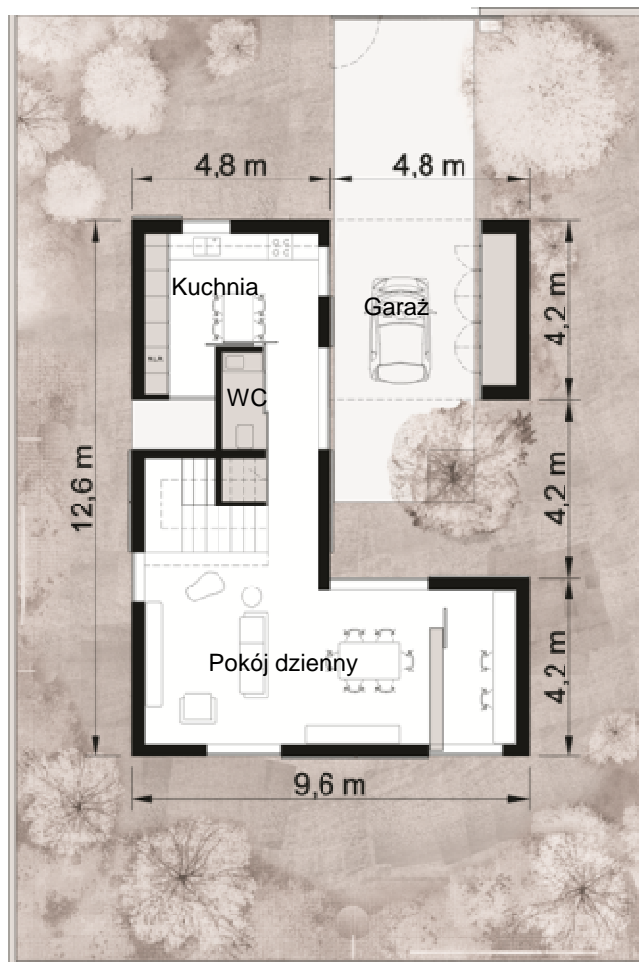


Pół-Zach

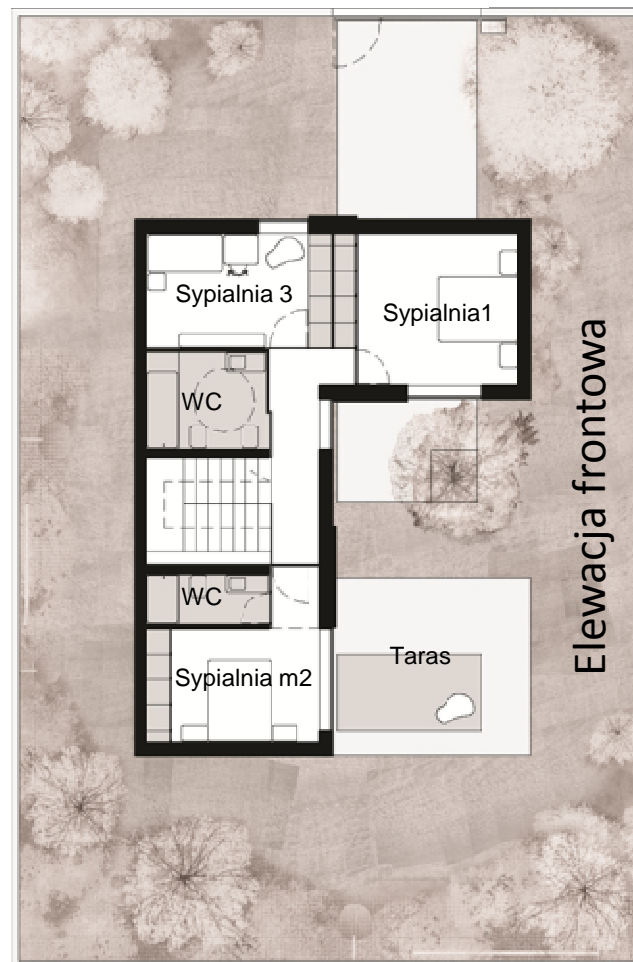


Przykładowy budynek jednorodzinny

Parter



I piętro



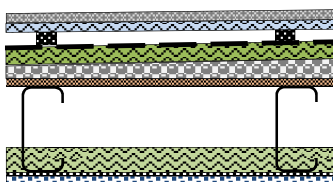
Przekroje



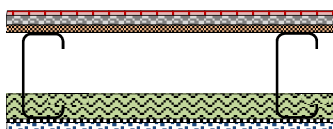
Przykładowy budynek jednorodzinny

Elementy konstrukcji:

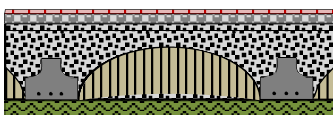
Dach



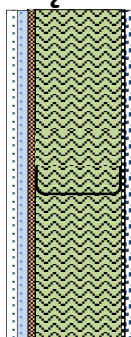
Strop



Fundament



Ściana
zewnątrzna



Ściana
wewnętrzna



Właściwości termiczne:

Element	Wsp. U	
	[W/m ² .K]	[J/m ² .K]
Dach	0.37	13435
Strop	-	61062
Fundament	0.60	65957
Przegroda zewnątrz.	0.29	13391
Przegroda wewnątrz.	-	26782

Przeszklenie:

Właściwości termiczne:

Materials	Wsp. U [W/m ² .K]	SHGC
PVC z podwójnym szkleniem (8+6 mm, z przerwą powietrzną 14 mm)	2.60	0.78

SHGC – Solar heat gain coefficient, współczynnik zysku słonecznego

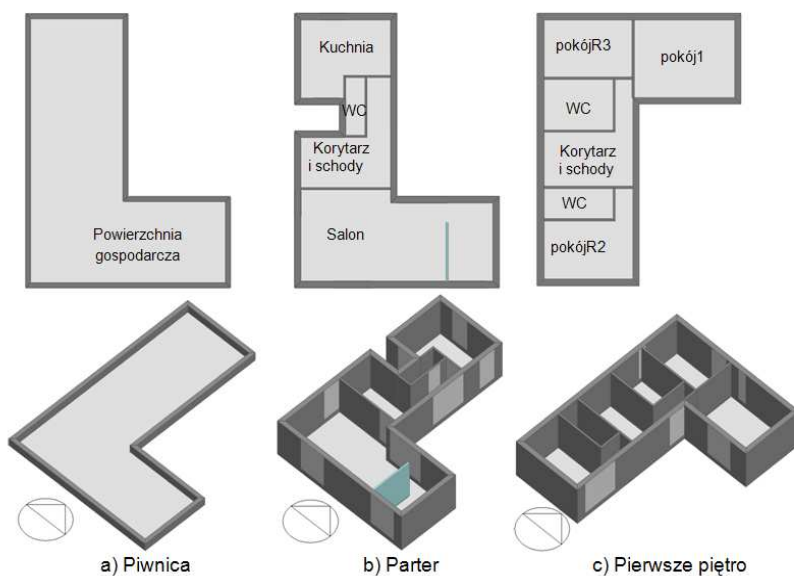


Przykładowy budynek jednorodzinny

Wartości referencyjne dla budynku zostały uzyskane za pomocą zaawansowanej symulacji dynamicznej.

Narzędzia:  **DesignBuilder** SOFTWARE  **EnergyPlus**

W modelu zdefiniowano 10 stref ciepłych



Rzuty kondygnacji budynku



Model analizowanego budynku

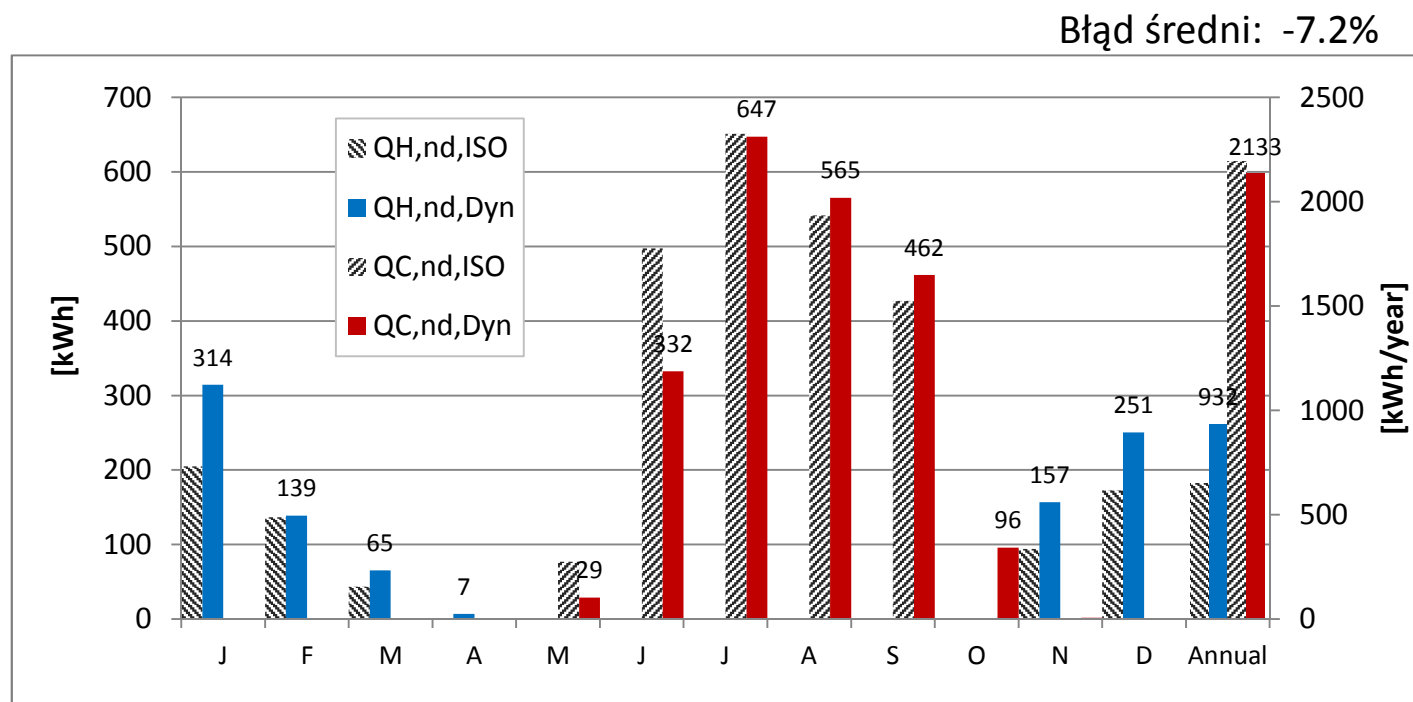


Zacienienie 10 paż.



Przykładowy budynek jednorodzinny

Uzyskane wyniki:



Zapotrzebowanie na energię grzewczą i chłodzenie: symulacja dynamiczna (Dyn) do algorytmu quasi statycznego miesięcznego (ISO)



3) Omówienie wyników/Podsumowanie

- Obliczenie zapotrzebowania na energię w fazie użytkowej przez budynek jest kluczowe w analizie LCA
- Właściwe przewidzenie zużycia energii przez budynek jest trudnym zagadnieniem bo wynik zależy od wielu paramaterów
- Do obliczeń LCA w zakresie określenia zapotrzebowania na energię zastosowano uproszczony algorytm w oparciu o normy ISO
- Słuszność zastosowania metody miesięcznej stanu ustalonego w opraciu o ISO 13790 została zweryfikowana przez porównanie z zaawansowaną metodą symulacji dynamicznej.
- Wyniki porównania są satysfakcjonujące i średnia różnica w wynikach jest mniejsza niż 10% dzięki zastosowaniu wsp. korekcyjnych