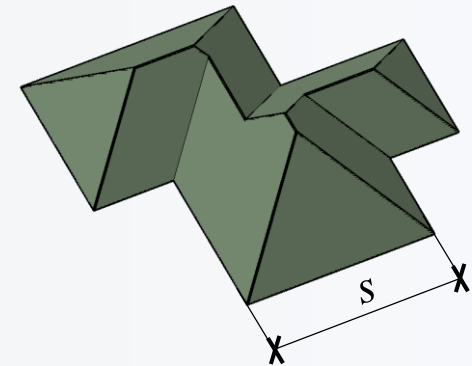
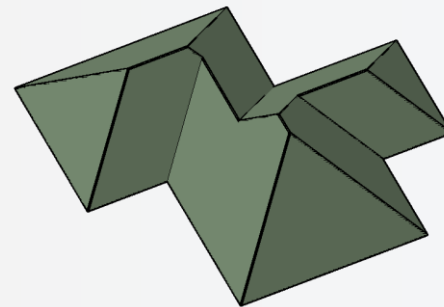
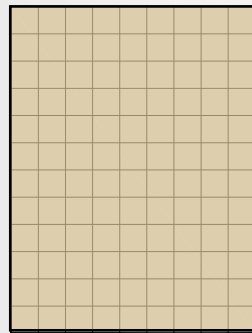
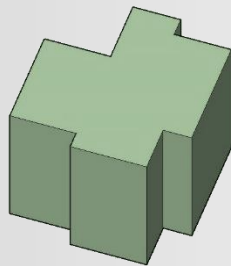
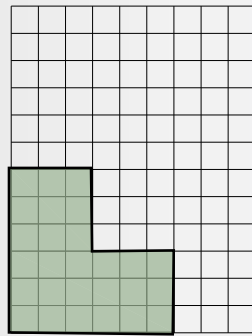
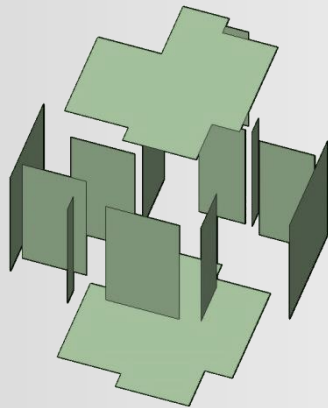


Edwin Koźniewski

Geometryczne aspekty oceny kosztów budowy i eksploatacji domu jednorodzinnego



Źródła literaturowe

PROJEKTY DOMÓW JEDNORODZINNYCH

1: www.archon.pl [access, 29-08-2020]

2: Koźniewski, E. (2015): Rectangular Polygons and Its Shape Parameters, *The Journal Biuletyn of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics* **2015**, 27: 9–15.

WSKAŹNIKI GEOMETRYCZNEJ ZWARTOŚCI BUDYNKÓW

3: Koźniewski, E.; Żaba A.; Dudzik P. (2019): The Compactness Indicators of Solids Applied to Analysis of Geometric Efficiency of Buildings. *Journal of Civil Engineering and Management* 2019, vol. 25 iss. 8, pp. 742-756, <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.10384>

4: Koźniewski, E.; Banaszak, K. (2020a): Roof Geometry in Building Design. *Open Engineering*, Volume 10, Issue 1, Pages 839–845, eISSN 2391-5439, DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0094>.

OCENA ZUŻYCIA MATERIAŁÓW...

5: Koźniewski, E.; Banaszak, K. (2020b) : Geometric Aspects of Assessing the Amount of Material Consumption in the Construction of a Designed Single-Family House. *Energies* 2020, 13, 5382; doi:10.3390/en13205382.

OCENA ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ...

6: Koźniewski, E.; Sadowska B.; Banaszak, K.: Geometric ... 2021 (w przygotowaniu)

Czy warto rozpocząć projektowanie domu od ... dachu?

DE GRUYTER

Roof Geometry in Building Design — 3

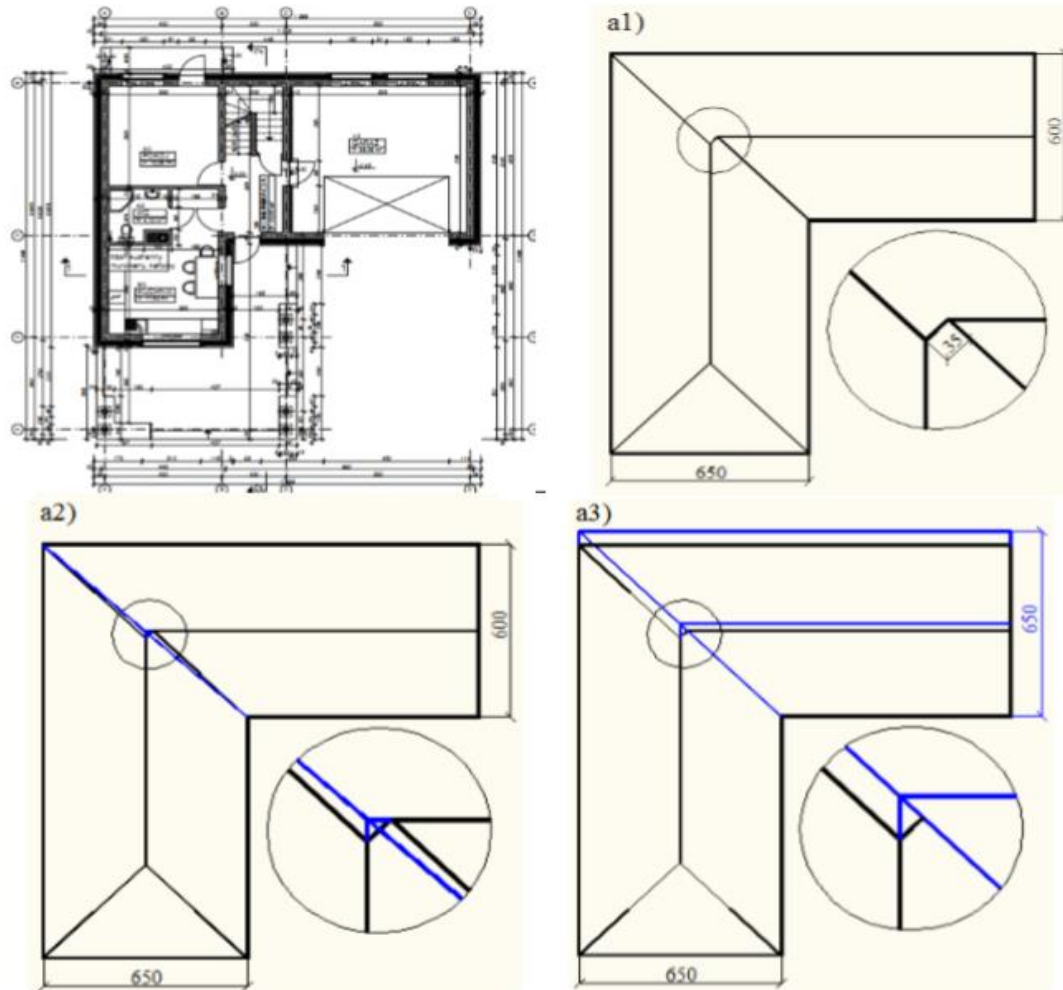


Figure 3: Correction of the outline of the designed building: a1) roof skeleton with given building outline - a short (35 cm) section of the roof ridge hindering the design of the board or ridge purlin; a2) roof solution for the designed outline; a3) correction of building outline - 50 cm shift of the building plan line and the locally symmetrical building plan obtained in this way

Zwiększenie wymiaru o 0,5 m (powierzchni o 7 m²)
zdecydowanie upraszcza geometrię dachu.

Efektywność geometryczna budynku

Efektywność geometryczna budynku, który spełnia założone parametry wielkości (kubatura, powierzchnia użytkowa) to zespół cech geometrycznych, które sprawiają, że budynek jest funkcjonalny, ekonomiczny (o niskim zapotrzebowaniu na energię) w budowie i utrzymaniu, bezpieczny w użytkowaniu i estetyczny.



Fragment plakatu – „tablicy informacyjnej” nowego osiedla SONATA wznoszonego w Druskiennikach na Litwie. Budynki w kształcie walców o podstawie owalnej. Fot. Łukasz Kolendo



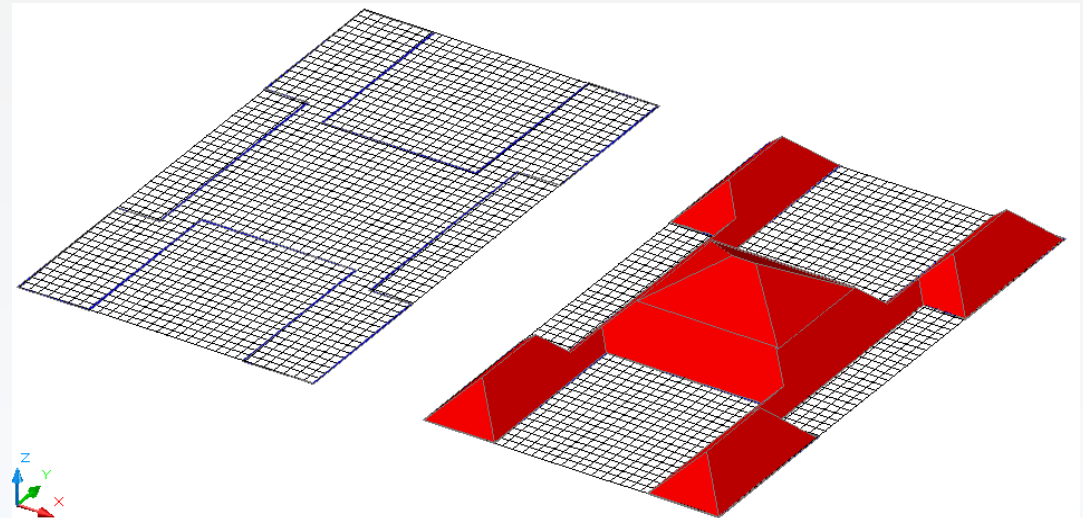
Budynek (w kształcie walca o podstawie owalnej) nowego osiedla SONATA w Druskiennikach na Litwie. Fot. Łukasz Kolendo

Zwartość budynku

Ważną cechą geometryczną budynku jest jego *zwartość*. Przez zwartość budynku rozumiemy zwartość bryły, która jest izometrycznym modelem geometrycznym przegród budynku lub jego części. Geometryczna *zwartość bryły sztywnej* to *stosunek między otaczającą powierzchnią a objętością*. Klasyczną miarę zwartości określa bezwymiarowy stosunek $(\text{powierzchnia})^3 / (\text{objętość})^2$ (Bribieska, 2000).



Ratusz w Białymstoku o podstawie dwudziestokątą prostokątnego



Obiekty o słabej zwartości

Pałac w Wilanowie



Pałac Branickich w Białymstoku

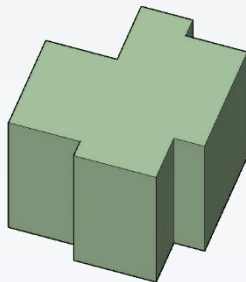
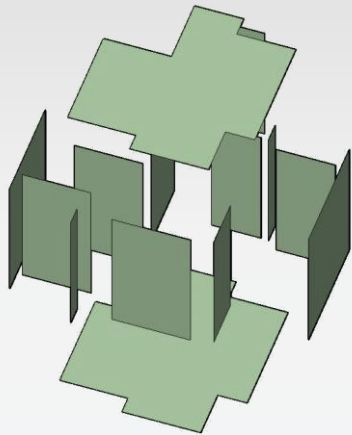
Ratusz w Białymstoku

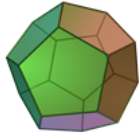
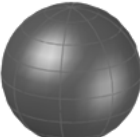


Zwartość bryły

Wskaźniki zwartości w geometrii *brył platońskich* i *sfery* obliczone przy założeniu, że objętość jest równa 1

$$\frac{A}{V(=1)}$$



nazwa	rysunek	ozn. a	Wzory			$\frac{A}{V}$ dla $V=1$
			Powierzchnia bryły A	Objętość V	Zwartość $\frac{A}{V}$	
czworościan		krawędź	$\sqrt{3}a^2$	$\frac{\sqrt{2}a^3}{12}$	$\frac{12\sqrt{3}}{\sqrt{2}a}$	7,21
sześcian		krawędź	$6a^2$	a^3	$\frac{6}{a}$	6
ośmiościan		krawędź	$2\sqrt{3}a^2$	$\frac{1}{3}\sqrt{2}a^3$	$\frac{6\sqrt{3}}{\sqrt{2}a}$	5,72
dwunastościan		krawędź	$3\sqrt{25+10\sqrt{5}}a^2$	$\frac{1}{4}(15+7\sqrt{5})a^3$	$\frac{12\sqrt{25+10\sqrt{5}}}{(15+7\sqrt{5})a}$	5,31
dwudziestościan		krawędź	$5\sqrt{3}a^2$	$\frac{5}{12}(3+\sqrt{5})a^3$	$\frac{12\sqrt{3}a}{(3+\sqrt{5})}$	5,148
sfera		promień	$4\pi a^2$	$\frac{4\pi a^3}{3}$	$\frac{3}{a}$	4,836

$$\frac{A}{V} \text{ dla } V=1$$

7,21

6,00

5,72

5,31

5,15

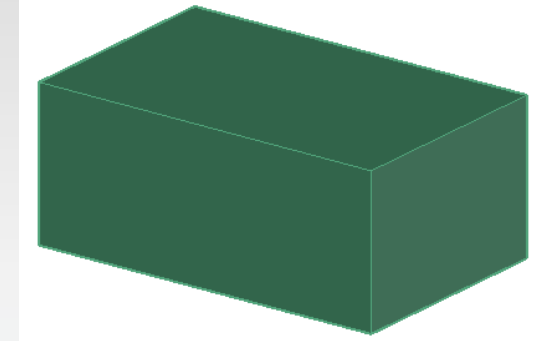
4,84

Kłopoty ze wskaźnikiem A/V

Zwartość prostopadłościanu o krawędziach: a, b, c przy założeniu, że $V=1$

Pole prostopadłościanu $A = 2(ab + ac + bc)$

Objętość prostopadłościanu $V = abc(=1) \Rightarrow c = \frac{1}{ab}$



stąd

$$\frac{A}{V} = \frac{2(ab + a\frac{1}{ab} + b\frac{1}{ab})}{1} = 2\left(ab + \frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right) = \frac{2(a^2b^2 + a + b)}{ab}$$

$$\frac{A}{V} = \frac{2(a^2b^2 + a + b)}{ab}$$

Względne wskaźniki zwartości

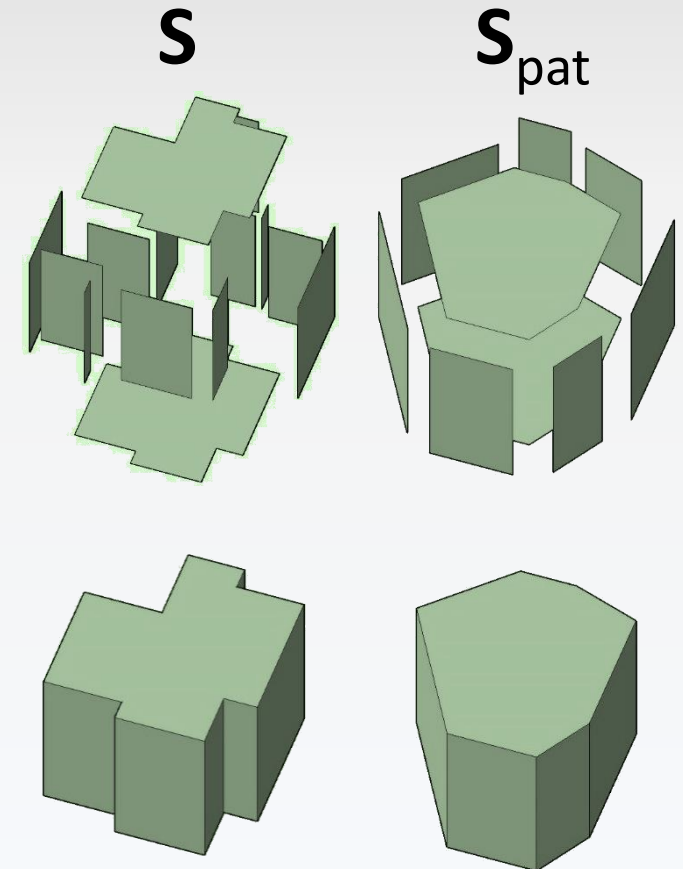
względna zwartość bryły S liczona względem bryły wzorcowej S_{pat}

wyraża się ilorazem geometrycznej zwartości bryły S i geometrycznej zwartości bryły S_{pat}

przy założeniu, że

$$V(S) = V(S_{pat})$$

$$RC_{Spat}(S) = \frac{\frac{A_t(S)}{V(S)}}{\frac{A_t(S_{pat})}{V(S_{pat})}} \left(= \frac{A_t(S)}{A_t(S_{pat})} \right)$$



Względny wskaźnik zwartości w odniesieniu do sześcianu

Założmy, że bryłą wzorcową S_{pat} jest sześcian C.

Dla charakteryzowanej bryły S spełniony musi być warunek:

$$V(S) = V(C).$$

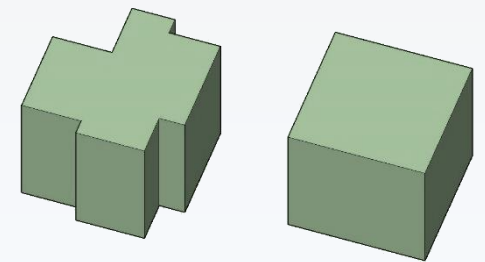
Wtedy

$$a^3 = V(S) \Rightarrow a = \sqrt[3]{V(S)}.$$

$$A_t(C) = 6a^2 \Rightarrow A_t(C) = 6\sqrt[3]{V(S)^2}.$$

$$RC_{Spat}(S) = \frac{\frac{A_t(S)}{V(S)}}{\frac{A_t(S_{pat})}{V(S_{pat})}} \left(= \frac{A_t(S)}{A_t(S_{pat})} \right).$$

$$RC_{cube} = \frac{A_t(S)}{6\sqrt[3]{V(S)^2}}.$$



Zwartość bryły – w ujęciu Gurtekina i Mahdavi’ego

Względne wskaźniki zwartości:

$$RC_{sphere}^* \cong 4,84V^{\frac{2}{3}}A^{-1}$$

$$RC_{cube}^* \cong 6V^{\frac{2}{3}}A^{-1}$$

Opisowa skala wartości względnych wskaźników zwartości:

- wysoce niezwarty (highly non-compact),
- niezwarty (non-compact),
- dość niezwarty (somewhat non-compact),
- neutralny (neutral),
- dość zwarty (somewhat compact),
- zwarty (compact),
- wysoce zwarty (highly compact).

Względne wskaźniki zwartości

Porównanie ze wskaźnikami Gurtekina –Mahdavi'ego:

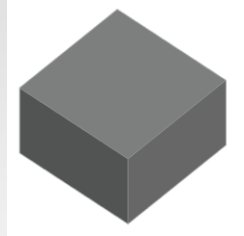
$$RC^{*-1}_{cube} = RC_{cube},$$

$$RC^{*-1}_{sphere} = RC_{sphere}.$$

Względne wskaźniki zwartości w odniesieniu do wybranych brył i figur

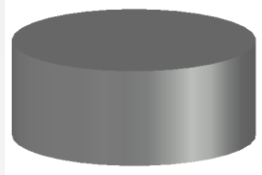
prostopadłościan o podstawie kwadratu (cuboid)
o wysokości h:

$$RC_{cd} = \frac{2A + Ph}{2A + 4\sqrt{A}h}$$



walec (cylinder):

$$RC_{cyl} = \frac{2A + Ph}{2A + 2\sqrt{\pi A}h}$$



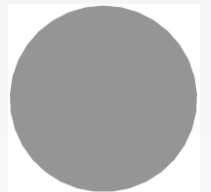
kwadrat (square):

$$RC_{sq} = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

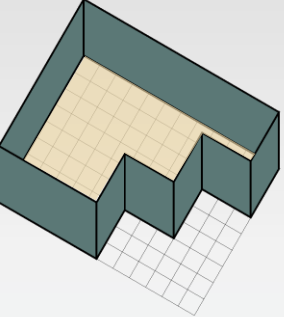
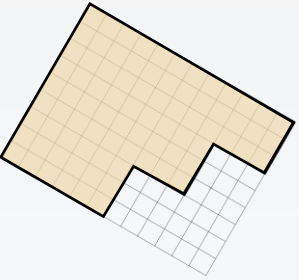


koło (circle):

$$RC_{circle} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

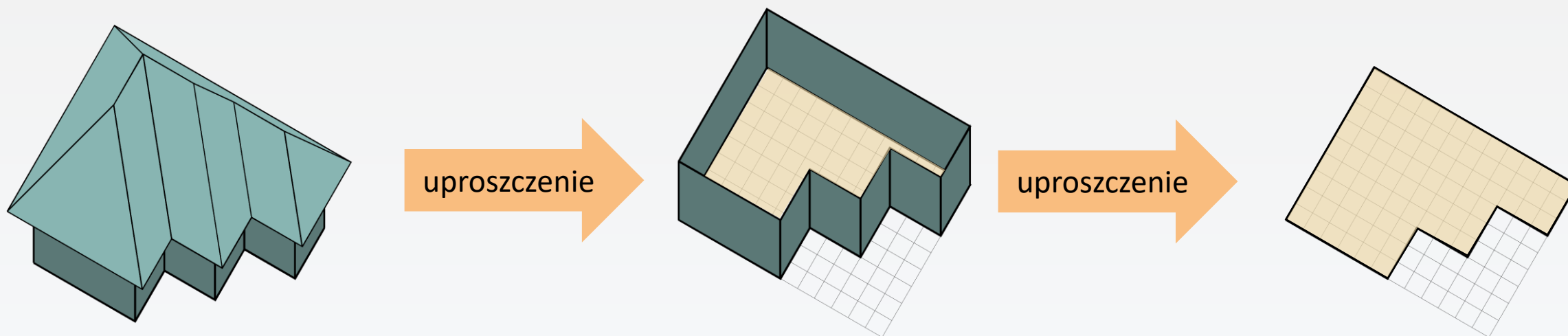


Zestawienie względnych wskaźników zwartości

uproszczenie	oznaczenie	Opis
	RC_{cd}	względna zwartość bryły liczona względem prostopadłościanu o podstawie kwadratu
	RC_{cube}	względna zwartość bryły liczona względem sześcianu
	RC_{cyl}	względna zwartość bryły liczona względem walca o podstawie koła
	RC_{sphere}	względna zwartość bryły liczona względem sfery
	RC_{sq}	względna zwartość bryły graniastosłupa G o podstawie B (i pominiętej w rozważaniach wysokości h), liczoną względem prostopadłościanu o podstawie kwadratu o polu równym polu podstawy B graniastosłupa (i pominiętej w rozważaniach wysokości h), takiej samej jak dla graniastosłupa G
	RC_{circle}	względną zwartość bryły graniastosłupa (walca) G o podstawie B (i pominiętej w rozważaniach wysokości h), liczoną względem walca o podstawie koła o polu równym polu podstawy B graniastosłupa (walca) (i pominiętej w rozważaniach wysokości h), takiej samej jak dla graniastosłupa (walca) G.

Uproszczony model budynku

Obliczenia prowadzono na uproszczonych modelach geometrycznych budynków, na rzucie wielokąta prostokątnego, w odniesieniu do prostopadłościennej części bryły budynku o podstawie wielokąta prostokątnego, a także samego rzutu budynku.

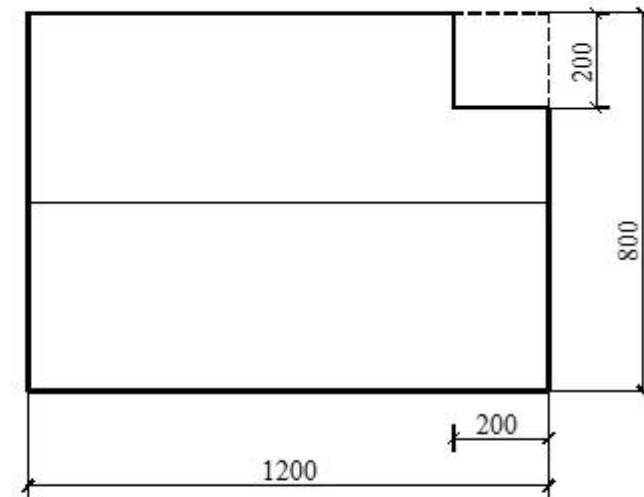


Porównanie wskaźników zwartości RC_{cube} i RC_{cd} budynków istniejących



Charakterystyka bryły budynku

plan: wielokąt prostokątny
defekt obwodu: 0,00
dach: dwuspadowy (tzw. siodłowy)



Determinanty budynku

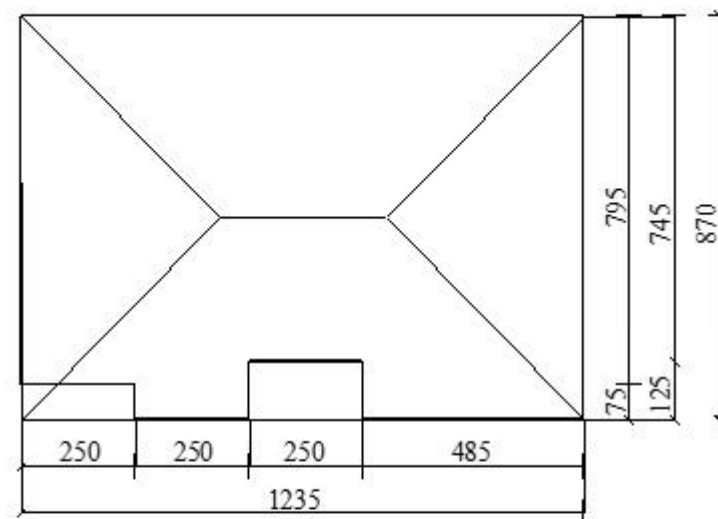
$h=270$ [cm] rozpiętość = 800 [cm]
 $RC_{cube}=1,22$ $RC_{cd}=1,02$
 $RDA=0,04$ $RDP_1=0,04$

Porównanie wskaźników zwartości RC_{cube} i RC_{cd} budynków istniejących



Charakterystyka bryły budynku

plan: wielokąt prostokątny
defekt obwodu: 250 [cm]
dach: czterospadowy (tzw. kopertowy)



Determinanty budynku

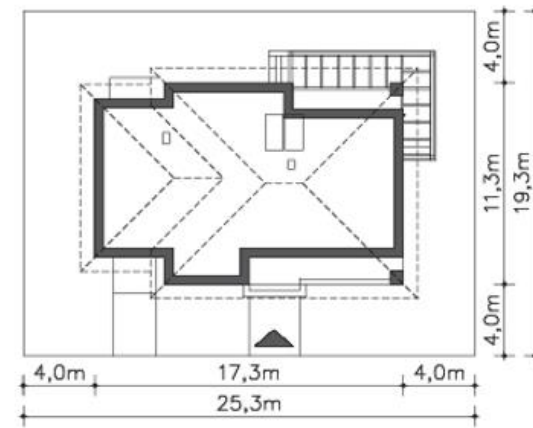
$h=270$ [cm] rozpiętość = 870 [cm]
 $RC_{cube}=1,27$ $RC_{cd}=1,04$
 $RDA=0,05$ $RDP_1=0,10$

Porównanie wskaźników zwartości RC_{cube} i RC_{cd} budynków wg projektu



Charakterystyka podstawowej części bryły budynku

- plan: wielokąt prostokątny
lefekt obwodu: 0,00
złożony podrzędnie z 2. dachów:
dach: 1. Czterospadowego;
2. trójspadowego



Determinanty budynku:

$h=265$ [cm]

$RC_{cube}=1,29$

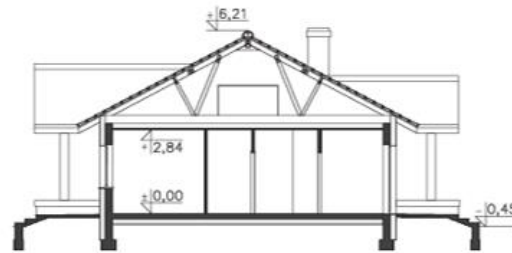
$RDA=0,15$

rozpiętość= 1130 [cm]

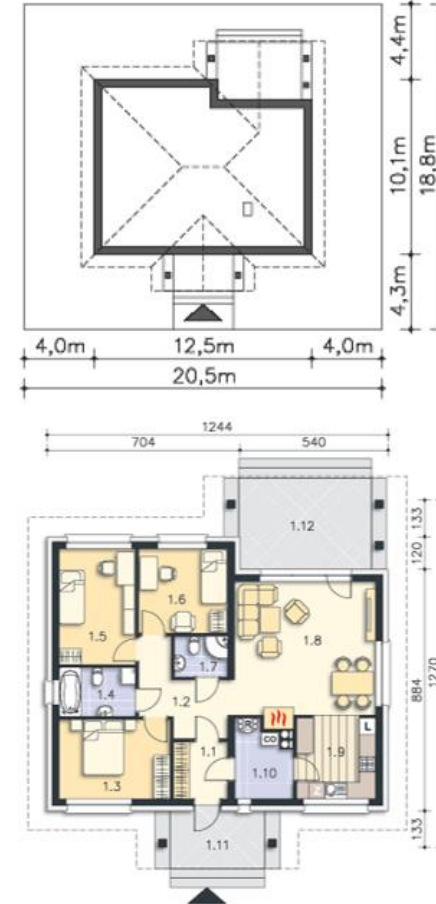
$RC_{cd}=1,03$

$RDP_1=0,09$

Porównanie wskaźników zwartości RC_{cube} i RC_{cd} budynków wg projektu



Charakterystyka podstawowej części bryły budynku
plan: wielokąt prostokątny
defekt obwodu: 0,00
złożony równorzędnie z 3. dachów:
dach: 1. czterospadowego;
2. 2 dwuspadowych

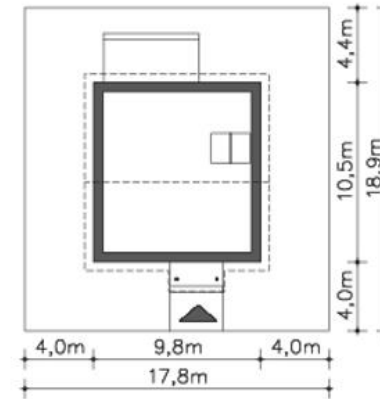


Determinanty budynku:
 $h=284$ [cm] rozpiętość= 1010 [cm]
 $RC_{cube}=1,25$ $RC_{cd}=1,01$
 $RDA=0,05$ $RDP_1=0,03$

Porównanie wskaźników zwartości RC_{cube} i RC_{cd} budynków wg projektu



Charakterystyka podstawowej części bryły budynku
plan: wielokąt prostokątny
defekt obwodu: 0,00
dach: dach dwuspadowy z redukcją jednej z połaci



Determinanty budynku:
 $h=263$ [cm] rozpiętość= 1050 [cm]
 $RC_{cube}=1,21$ $RC_{cd}=1,00$
 $RDA=0,00$ $RDP_1=0,00$

Parametry geometryczne budynku znane z literatury

A—pole rzutu budynku (Floor Area),

P—obwód rzutu budynku (P_s—obwód kwadratu o tym samym polu A),

h—wysokość ścian zewnętrznych:

$$EWA/FA = \frac{Ph}{A}$$

External Wall Area/Floor Area

$$JC(=W/F) = \frac{P - P_s}{P_s}$$

J. Cooke *Wall/Floor* ratio index

$$LBI = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16A}}{P - \sqrt{P^2 - 16A}}$$

D. Banks *Length/Breadth Index*

$$\begin{cases} ab = A \\ 2a + 2b = P \end{cases}$$

$$JC(=W/F) = RC_{sq} - 1$$

$$RC_{sq} = \left(\frac{\sqrt{A}}{4h} \right) EWA/FA,$$

$$RC_{cd} = \left(\frac{2\sqrt{A}}{2\sqrt{A} + 4h} \right) + \left(\frac{\sqrt{A}}{2\sqrt{A} + 4h} \right) EWA/FA.$$

Zwartość budynku a „koszty” budowy (zużycie materiałów)



Zwartość budynku a „koszty” budowy (zużycie materiałów)

Table A1. Selected parameters of the buildings of the H1–H30 building set (Part I): 1) Unfinished state closed (minimal cost) (PLN); 2) Finishing works in building construction (minimal cost) (PLN); 3) Total minimal cost of construction works; (PLN); 4) Total minimal cost of construction works per 1 m² (PLN); 5) Breakdown of the costs of works (national minimum rates) (PLN) Labor: working hour “R”, 6) Materials “M”, 7) Equipment “S”; 8) Total minimal cost of construction works (economic system) (PLN); 9) Total minimal cost per 1 m² (economic system) (PLN); 10) Estimated installation cost (14% of construction costs) (PLN).

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
1	186,700	173,300	215,600	172,200	196,100	215,400	215,900	238,400	211,000	200,200	255,800	225,400	224,200	228,700	229,900
2	102,700	114,700	133,800	127,500	149,200	116,600	155,500	125,700	108,200	123,100	150,600	122,800	137,300	145,900	126,100
3	289,400	288,000	349,400	299,700	345,300	332,000	371,400	364,100	319,200	323,300	406,400	348,200	361,500	374,600	356,000
4	2,153.11	2,104.65	2,429.93	2,081.83	2,366.53	2,226.99	2,486.78	2,344.65	2,048.91	2,053.48	2,544.13	2,160.45	2,231.21	2,296.05	2,174.31
5	119,600	120,700	142,100	124,000	148,500	133,800	154,900	160,300	132,500	132,400	168,100	147,200	151,900	158,400	150,000
6	160,100	157,600	196,200	165,000	185,500	187,100	204,000	191,300	175,500	179,800	224,700	188,900	197,500	203,700	194,400
7	9,700	9,700	11,100	10,700	11,300	11,100	12,500	12,500	11,200	11,100	13,600	12,100	12,100	12,500	11,600
8	193,720	191,440	235,720	200,400	226,500	224,960	247,380	235,760	213,200	217,380	271,920	230,340	239,980	247,780	236,000
9	1441.26	1399.01	1639.34	1392.05	1552.33	1508.99	1656.38	1518.19	1368.51	1380.72	1702.27	1429.17	1481.18	1518.73	1441.40
10	40,500	40,300	48,900	41,900	48,300	46,500	52,000	51,000	44,700	45,300	56,900	48,700	50,600	52,400	49,800
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
1	223,100	235,300	219,200	227,400	250,400	219,700	261,200	237,100	234,300	236,200	246,100	250,500	264,200	281,500	249,400
2	126,500	128,200	119,300	122,900	143,500	139,600	135,500	136,400	138,400	134,500	136,900	134,400	150,800	186,500	158,800
3	349,600	363,500	338,500	350,300	393,900	359,300	396,700	373,500	372,700	370,700	383,000	384,900	415,000	468,000	408,200
4	2,601.00	2,656.39	2,354.13	2,433.31	2,699.61	2,410.12	2,656.18	2,405.18	2,392.32	2,354.55	2,397.65	2,388.16	2,561.41	2,868.53	2,493.13
5	145,900	149,800	142,800	148,300	166,600	150,300	177,200	154,900	158,300	158,000	161,600	161,900	170,900	193,700	169,600
6	191,500	201,200	183,800	189,700	213,700	196,600	205,900	206,000	201,200	199,800	207,700	209,800	229,900	258,400	224,500
7	12,200	12,500	11,900	12,300	13,600	12,400	13,600	12,700	13,200	12,900	13,700	13,200	14,200	15,900	14,100
8	232,780	243,660	224,260	231,560	260,620	238,960	254,940	249,680	246,060	244,200	253,720	255,380	278,180	313,040	272,520
9	1398.75	1458.78	1333.37	1341.13	1477.44	1350.36	1414.21	1376.25	1347.61	1336.03	1384.78	1384.55	1475.91	1584.05	1372.83
10	48,900	50,900	47,400	49,000	55,100	50,300	55,500	52,300	52,200	51,900	53,600	53,900	58,100	65,500	57,100

Zwartość budynku a „koszty” budowy (zużycie materiałów)

Table A2. Selected parameters of the buildings of the H1–H30 building set (Part II): 11) Envelope building materials: Sum of plain concrete made of natural aggregate, 12) Sum of reinforced rods, 13) Sum of H+H blocks - total area of external walls, 14) External walls (H+H blocks) minus the area of openings, 15) External walls (H+H blocks) minus the area of openings per 1 m², 16) Oknoplast PVC windows, 17) Oknoplast PVC balcony doors, 18) External door, 19) Total area openings, 20) Total area of windows; 21) Base area: polygon A 22) rectangle A_R; 23) Perimeter of the base: polygon P, 24) rectangle P_R; 25) Envelope area: base, 26) walls, 27) Sum; 28) Volume Sum; 29) Height of external wall h.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
11	73.96	66.05	83.52	69.81	74.75	81.04	84.75	88.29	84.32	77.35	99.20	88.06	80.61	84.46	92.15
12	3.79	3.48	4.24	3.46	3.94	3.86	4.08	4.42	3.95	3.69	5.07	4.36	4.07	4.27	4.26
13	881.28	867.46	877.82	888.19	898.56	1045.09	857.09	964.22	921.02	898.56	906.85	902.02	1016.06	1026.43	981.50
14	846.58	834.70	838.11	860.69	871.72	999.41	811.49	921.08	879.14	860.92	860.48	863.95	973.12	980.03	935.60
15	6.2985	6.0998	5.8287	5.9787	5.9744	6.7039	5.4335	5.9314	5.6431	5.4682	5.3868	5.3605	6.0062	6.0069	5.7143
16	21.66	12.36	23.31	14.92	14.26	9.64	17.05	13.33	30.68	22.00	27.58	19.05	26.91	29.22	7.42
17	11.04	18.40	14.40	10.58	10.58	34.04	26.55	27.81	9.20	13.64	16.79	17.02	14.03	15.18	36.48
18	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
19	34.70	32.76	39.71	27.50	26.84	45.68	45.60	43.14	41.88	37.64	46.37	38.07	42.94	46.40	45.90
20	32.70	30.76	37.71	25.50	24.84	43.68	43.60	41.14	39.88	35.64	44.37	36.07	40.94	44.40	43.90
21	134.41	136.84	143.79	143.96	145.91	149.08	149.35	155.29	155.79	157.44	159.74	161.17	162.02	163.15	163.73
22	149.34	140.06	160.08	157.00	161.71	165.30	149.35	185.90	175.80	157.44	159.74	162.41	215.28	219.42	194.88
23	51.00	50.20	50.80	51.40	52.00	60.48	49.60	55.80	53.30	52.00	52.48	52.20	58.80	59.40	56.80
24	49.00	48.60	50.80	51.40	52.00	55.40	49.60	55.80	53.30	52.00	52.48	51.60	58.80	59.40	56.80
25	268.82	273.68	287.58	287.92	291.82	298.16	298.70	310.58	311.58	314.88	319.48	322.34	324.04	326.30	327.46
26	137.70	135.54	137.16	138.78	140.40	163.30	133.92	150.66	143.91	140.40	141.70	140.94	158.76	160.38	153.36
27	406.52	409.22	424.74	426.70	432.22	461.46	432.62	461.24	455.49	455.28	461.18	463.28	482.80	486.68	480.82
28	362.91	369.47	388.23	388.69	393.96	402.52	403.25	419.28	420.63	425.09	431.30	435.16	437.45	440.51	442.07
29	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
11	91.18	94.50	88.12	88.26	102.15	93.58	98.61	96.14	91.60	91.25	100.69	102.42	104.79	111.06	102.24
12	4.77	3.71	3.71	4.64	5.99	4.68	4.93	4.84	5.60	4.90	5.71	5.01	5.61	5.77	4.76

Zwartość budynku a „koszty” budowy (zużycie materiałów)

Table A2. Selected parameters of the buildings of the H1–H30 building set (Part II): 11) Envelope building materials: Sum of plain concrete made of natural aggregate, 12) Sum of reinforced rods, 13) Sum of H+H blocks - total area of external walls, 14) External walls (H+H blocks) minus the area of openings, 15) External walls (H+H blocks) minus the area of openings per 1 m², 16) Oknoplast PVC windows, 17) Oknoplast PVC balcony doors, 18) External door, 19) Total area openings, 20) Total area of windows; 21) Base area: polygon A 22) rectangle A_R; 23) Perimeter of the base: polygon P, 24) rectangle P_R; 25) Envelope area: base, 26) walls, 27) Sum; 28) Volume Sum; 29) Height of external wall h.

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
11	91.18	94.50	88.12	88.26	102.15	93.58	98.61	96.14	91.60	91.25	100.69	102.42	104.79	111.06	102.24
12	4.77	3.71	3.71	4.64	5.99	4.68	4.93	4.84	5.60	4.90	5.71	5.01	5.61	5.77	4.76
13	984.96	971.14	1025.05	974.59	960.77	984.96	1036.80	1029.89	1029.89	998.78	1067.90	1026.43	1095.55	1175.04	1126.66
14	944.79	917.59	997.54	940.31	904.47	934.98	993.67	988.82	993.14	959.65	1,025.69	985.21	1,041.59	1,121.94	1,089.38
15	5.6771	5.4935	5.9310	5.4460	5.1274	5.2836	5.5121	5.4504	5.4392	5.2503	5.5982	5.3413	5.5263	5.6773	5.4878
16	30.12	33.01	17.59	27.68	17.50	31.42	22.96	21.82	23.48	25.40	16.64	16.68	37.59	33.62	20.79
17	8.05	18.54	7.92	4.60	36.80	16.56	18.17	17.25	11.27	11.73	23.57	22.54	14.37	17.48	14.49
18	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
19	40.17	53.55	27.51	34.28	56.30	49.98	43.13	41.07	36.75	39.13	42.21	41.22	53.96	53.10	37.28
20	38.17	51.55	25.51	32.28	54.30	47.98	41.13	39.07	34.75	37.13	40.21	39.22	51.96	51.10	35.28
21	166.42	167.03	168.19	172.66	176.40	176.96	180.27	181.42	182.59	182.78	183.22	184.45	188.48	197.62	198.51
22	183.60	181.00	215.22	194.40	176.40	185.84	209.00	199.20	206.80	206.40	238.50	195.81	234.90	278.64	265.20
23	57.00	56.20	59.32	56.40	55.60	57.00	60.00	59.60	59.60	57.80	61.80	59.40	63.40	68.00	65.20
24	54.60	56.20	59.32	56.40	55.60	57.00	60.00	57.20	59.60	57.80	61.80	58.00	61.40	66.80	65.20
25	332.84	334.06	336.38	345.32	352.80	353.92	360.54	362.84	365.18	365.56	366.44	368.90	376.96	395.24	397.02
26	153.90	151.74	160.16	152.28	150.12	153.90	162.00	160.92	160.92	156.06	166.86	160.38	171.18	183.60	176.04
27	486.74	485.80	496.54	497.60	502.92	507.82	522.54	523.76	526.10	521.62	533.30	529.28	548.14	578.84	573.06
28	449.33	450.98	454.11	466.18	476.28	477.79	486.73	489.83	492.99	493.51	494.69	498.02	508.90	533.57	535.98
29	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70

Zwartość budynku a „koszty” budowy (zużycie materiałów)

Table A3. The calculated values of the indicators of the H1–H30 building set: 30) RC_{int} ; 31) RC_{ext} ; 32) RDp ; 33) RDA ; 34) RDA' ; 35) WWR ; 36) A/V ; 37) $JC(=W/F)$; 38) $JC(=W/F)*100\%$; 39) EWA/FA ; 40) LBI .

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
30	1.0317	1.0230	1.0184	1.0220	1.0235	1.0731	1.0045	1.0361	1.0204	1.0109	1.0114	1.0083	1.0461	1.0483	1.0326
31	1.0998	1.0728	1.0591	1.0710	1.0762	1.2383	1.0147	1.1194	1.0676	1.0361	1.0381	1.0279	1.1549	1.1626	1.1097
32	0.0408	0.0329	0.0000	0.0000	0.0000	0.0917	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000
33	0.1000	0.0230	0.1018	0.0831	0.0977	0.0981	0.0000	0.1647	0.1138	0.0000	0.0000	0.0076	0.2474	0.2564	0.1598
34	0.1111	0.0235	0.1133	0.0906	0.1083	0.1088	0.0000	0.1971	0.1284	0.0000	0.0000	0.0077	0.3287	0.3449	0.1903
35	0.24	0.23	0.27	0.18	0.18	0.27	0.33	0.27	0.28	0.25	0.31	0.26	0.26	0.28	0.29
36	1.1202	1.1076	1.0940	1.0978	1.0971	1.1464	1.0728	1.1001	1.0829	1.0710	1.0693	1.0646	1.1037	1.1048	1.0877
37	0.0998	0.0728	0.0591	0.0710	0.0762	0.2383	0.0147	0.1194	0.0676	0.0361	0.0381	0.0279	0.1549	0.1626	0.1097
38	9.98%	7.28%	5.91%	7.10%	7.62%	23.83%	1.47%	11.94%	6.76%	3.61%	3.81%	2.79%	15.49%	16.26%	10.97%
39	1.02	0.99	0.95	0.96	0.96	1.10	0.90	0.97	0.92	0.89	0.89	0.87	0.98	0.98	0.94
40	2.43	2.14	1.98	2.12	2.17	3.88	1.41	2.63	2.08	1.71	1.73	1.60	3.00	3.08	2.53
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
30	1.0309	1.0257	1.0422	1.0213	1.0135	1.0206	1.0336	1.0304	1.0293	1.0196	1.0403	1.0266	1.0436	1.0581	1.0435
31	1.1046	1.0871	1.1435	1.0731	1.0466	1.0712	1.1172	1.1062	1.1027	1.0688	1.1414	1.0934	1.1545	1.2093	1.1569
32	0.0440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0420	0.0000	0.0000	0.0000	0.0241	0.0326	0.0180	0.0000
33	0.0936	0.0772	0.2185	0.1118	0.0000	0.0478	0.1375	0.0893	0.1171	0.1144	0.2318	0.0580	0.1976	0.2908	0.2515
34	0.1032	0.0836	0.2796	0.1259	0.0000	0.0502	0.1594	0.0980	0.1326	0.1292	0.3017	0.0616	0.2463	0.4100	0.3360
35	0.25	0.34	0.16	0.21	0.36	0.31	0.25	0.24	0.22	0.24	0.24	0.24	0.30	0.28	0.20
36	1.0832	1.0772	1.0934	1.0674	1.0559	1.0628	1.0736	1.0693	1.0672	1.0570	1.0780	1.0628	1.0771	1.0848	1.0692
37	0.1046	0.0871	0.1435	0.0731	0.0466	0.0712	0.1172	0.1062	0.1027	0.0688	0.1414	0.0934	0.1545	0.2093	0.1569
38	10.46%	8.71%	14.35%	7.31%	4.66%	7.12%	11.72%	10.62%	10.27%	6.88%	14.14%	9.34%	15.45%	20.93%	15.69%
39	0.92	0.91	0.95	0.88	0.85	0.87	0.90	0.89	0.88	0.85	0.91	0.87	0.91	0.93	0.89
40	2.48	2.29	2.88	2.14	1.84	2.12	2.61	2.49	2.46	2.09	2.86	2.36	3.00	3.57	3.02

Charakteryzacja wielkości zużycia materiałów (beton komórkowy H+H)

Table 1. The dependence of the correlation coefficient of the relative compactness indicator with respect to the cuboid (RC_{cd}), the relative compactness indicator with respect to a square (RC_{sq}), Banks length/breadth index (LBI), and relative defects of an area (RDA) indices on the range of changes in the built-up area of buildings belonging to H1–H30. EWA/FA : the ratio of the external walls area to the floor area.

No.	Correlation coefficients	Ranges		
		H1–H30	H1–H15	H10–H17
1	$\text{cor}(RC_{cd}, \text{H+H blocks per } 1 \text{ m}^2)$	0.5897	0.8424	0.9690
2	$\text{cor}(RC_{cd}, EWA/FA)$	0.5870	0.8665	0.9832
3	$\text{cor}(RC_{sq}, \text{H+H blocks per } 1 \text{ m}^2)$	0.5262	0.8236	0.9671
4	$\text{cor}(RC_{sq}, EWA/FA)$	0.5222	0.8488	0.9816
5	$\text{cor}(LBI, \text{H+H blocks per } 1 \text{ m}^2)$	0.5258	0.8307	0.9621
6	$\text{cor}(LBI, EWA/FA)$	0.5202	0.8536	0.9780
7	$\text{cor}(RDA, \text{H+H blocks per } 1 \text{ m}^2)$	0.2802	0.4372	0.9753
8	$\text{cor}(RDA, EWA/FA)$	0.2541	0.4496	0.9855

Charakteryzacja wielkości zużycia materiałów (beton komórkowy H+H)

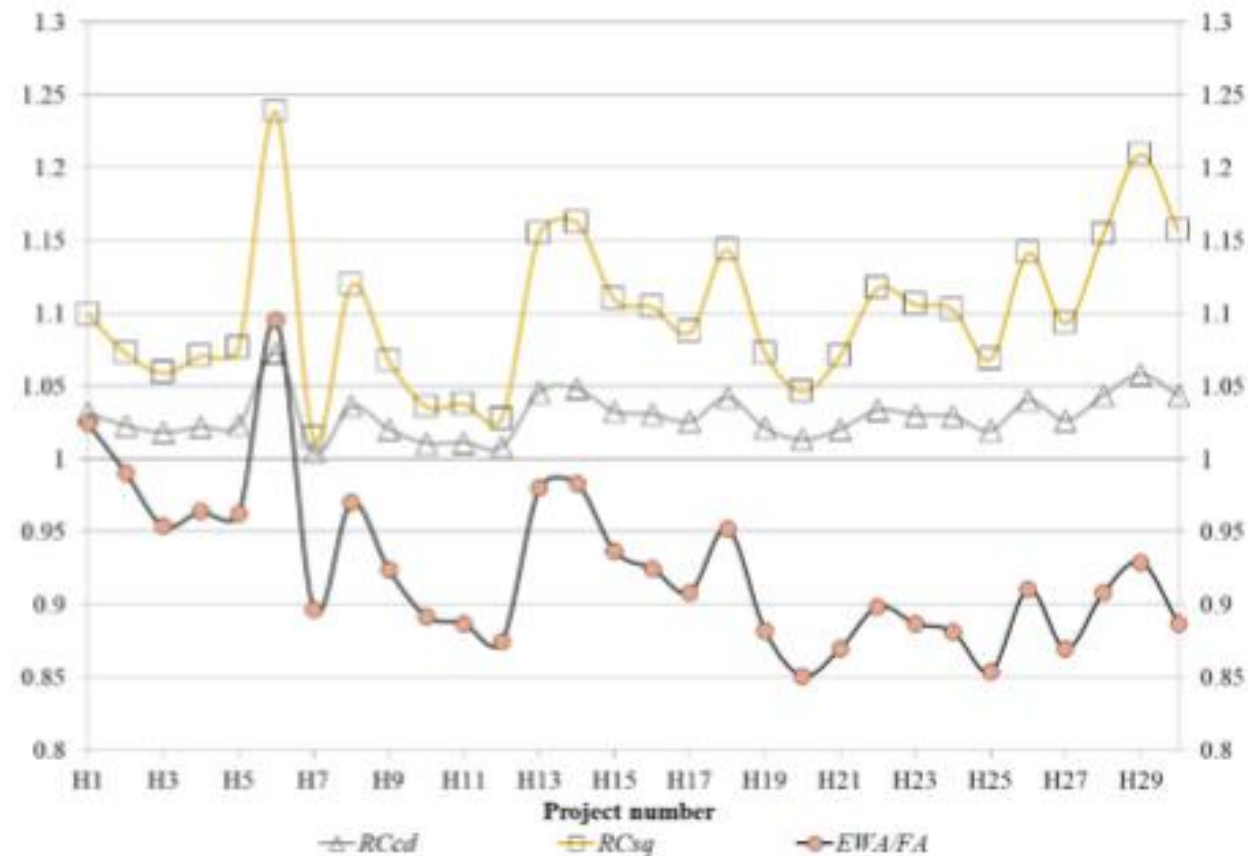


Figure 4. Visible correlation between the relative compactness indicator with respect to the cuboid (RC_{cd}) and ratio of the external walls area to the floor area (EWA/FA) indicators at the level $\text{cor}(RC_{cd}, EWA/FA) = 0.5870$ in the full range of H1–H30 area variation (Table 1). RC_{sq} : relative compactness indicator with respect to a square.

Charakteryzacja wielkości zużycia materiałów (beton komórkowy H+H)

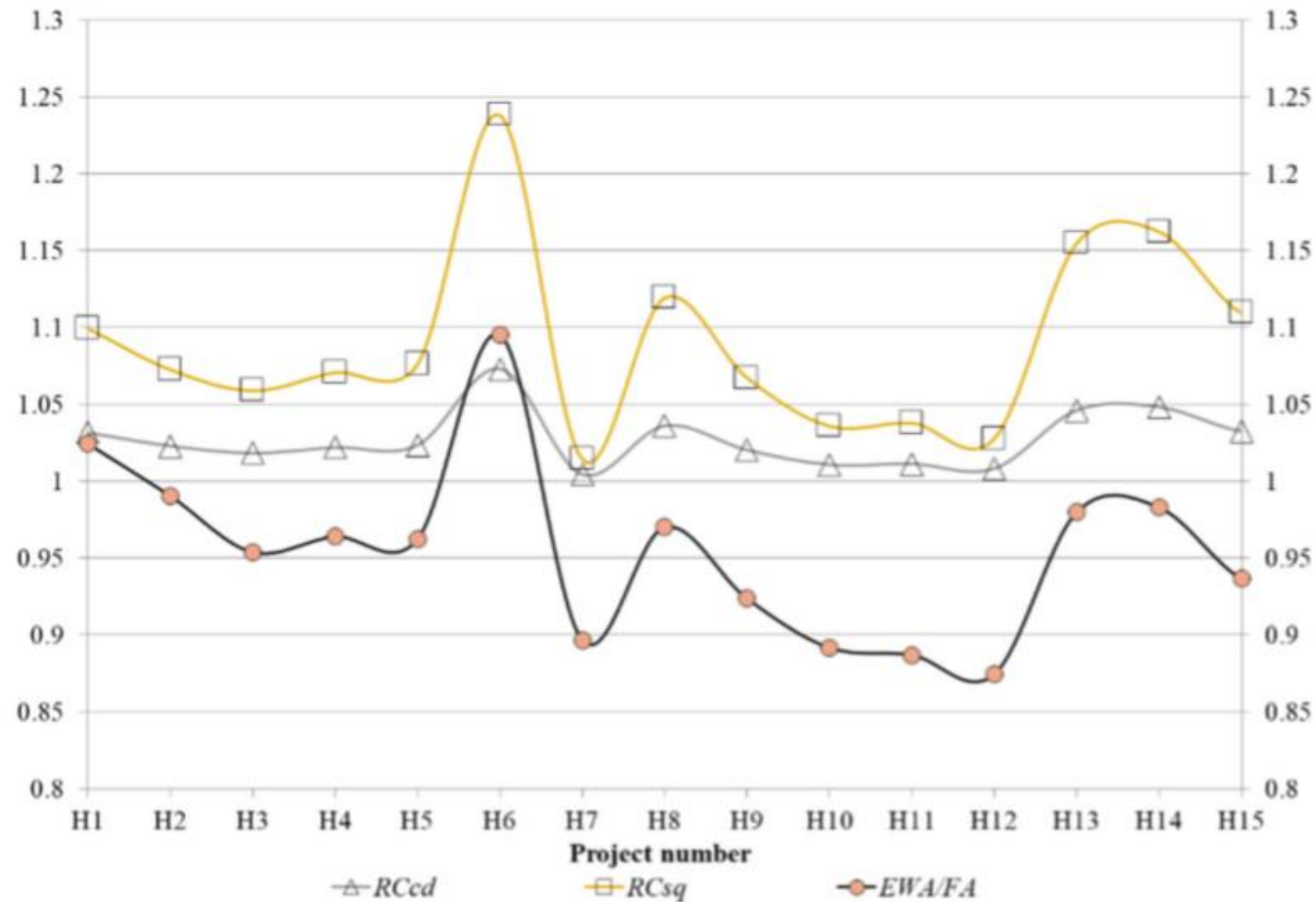


Figure 5. The clear correlation between the RC_{cd} and EWA/FA indicators at the level correlation coefficient $\text{cor}(RC_{cd}, EWA/FA) = 0.8665$ in the limited range of the H1–H15 area variation (Table 1).

Charakteryzacja wielkości zużycia materiałów (beton komórkowy H+H)

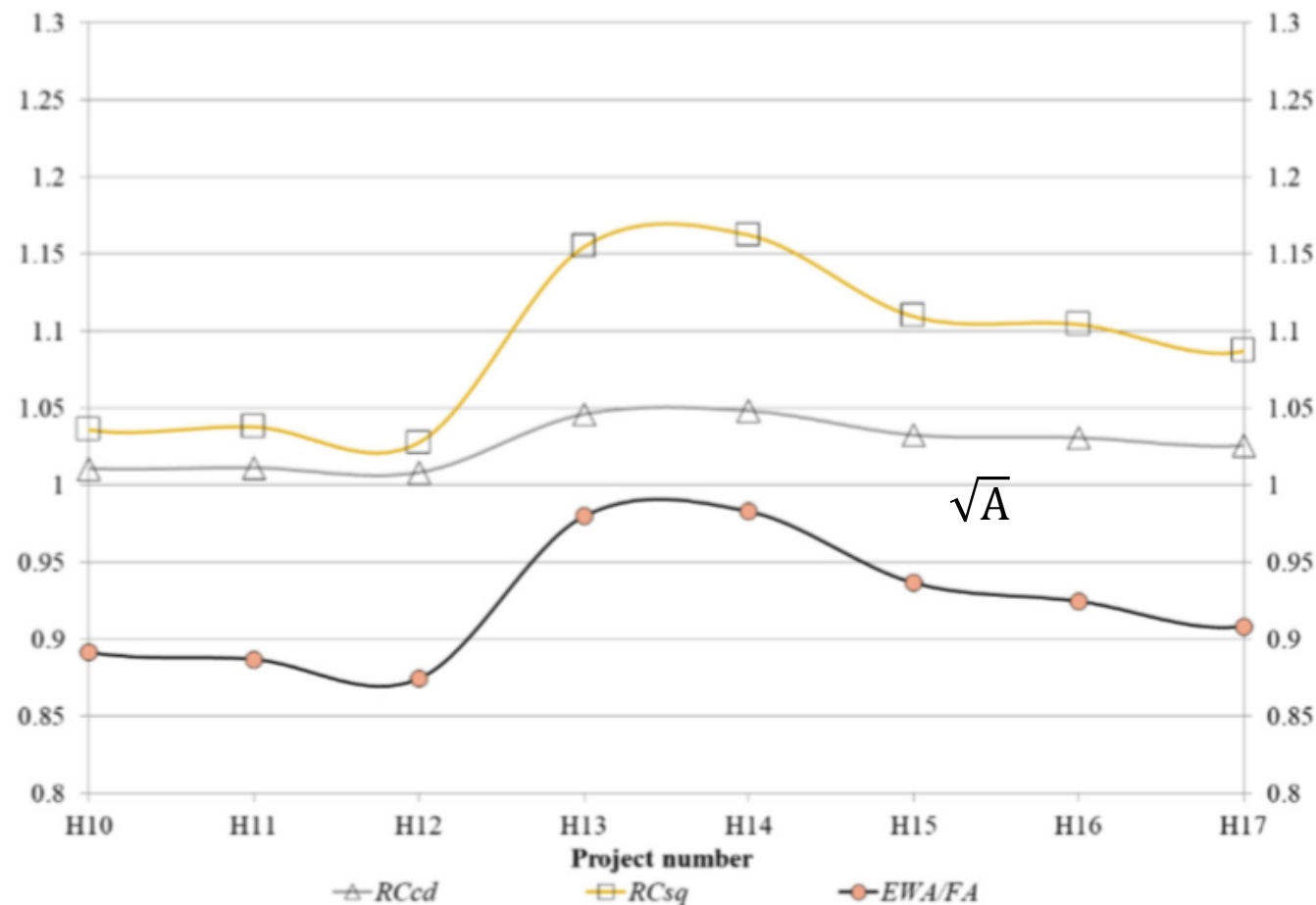


Figure 6. An almost perfect correlation between the RC_{cd} and EWA/FA indicators at the level $\text{cor}(RC_{cd}, EWA/FA) = 0.9832$ in the limited range of the H10–H17 area variation (Table 1).

$$RC_{sq} = \left(\frac{\sqrt{A}}{4h} \right) EWA/FA,$$

$$RC_{cd} = \left(\frac{2\sqrt{A}}{2\sqrt{A}+4h} \right) + \left(\frac{\sqrt{A}}{2\sqrt{A}+4h} \right) EWA/FA.$$

Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

H1	E		H2	S		H3	S		H4	E		H5	E	
	N	S		E	W		E	W		N	S		N	S
	W			N			N			W			W	

H6	W		H7	S		H8	S		H9	E		H10	S	
	S	N		E	W		E	W		N	S		E	W
	E			N			N			W			N	

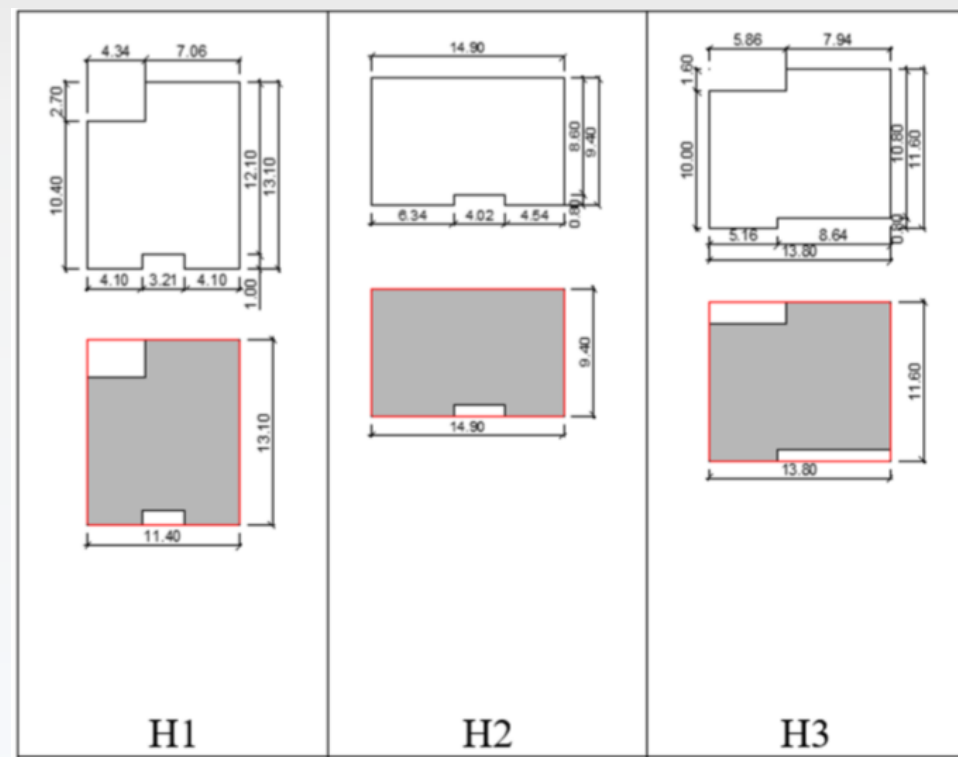
H11	S		H12	S		H13	E		H14	E		H15	W	
	E	W		E	W		N	S		N	S		S	N
	N			N			W			W			E	

H16	E		H17	E		H18	S		H19	E		H20	S	
	N	S		N	S		E	W		N	S		E	W
	W			W			N			W			N	

H21	S		H22	S		H23	E		H24	S		H25	S	
	E	W		E	W		N	S		E	W		E	W
	N			N			W			N			N	

H26	E		H27	S		H28	S		H29	E		H30	N	
	N	S		E	W		E	W		N	S		W	E
	W			N			N			W			S	

Opis przyporządkowania stron świata dotyczący usytuowania budynków H1 - H30:



Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

Dodatkowe założenia o budynkach H1-H30:

1: Przyjęto, że stosunek powierzchni przeszklenia ścian zewnętrznych do powierzchni podłogi (u nas: powierzchni zabudowy) jest stały i wynosi 0.15 (minimalny w normach jest $\frac{1}{8}$ czyli 0.125)

Po ustawieniu, gdzie najwięcej powierzchni przeszklonej jest od strony S, średnio od stron E, W, najmniej od N powinny być zachowane warunki:

2: Stosunek powierzchni przeszklonej A_{window} do powierzchni ścian A_{wall} jest stały w zakresie danego kierunku świata.

3: Poszczególnym stronom świata przyporządkowano ustalone powierzchnie przeszklania:

E – 22%, S – 40%, W – 30%, N – 8%, przewidziano okna o tym samym stosunku 1.2 wysokości do szerokości, przewidziano okna jednoskrzydłowe po trzy we wszystkich kierunkach oprócz północnego N, gdzie przewidziano jedno okno.

Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

Dodatkowe założenia o budynkach H1-H30 (cd):

Jeśli przyjmujemy oznaczenia:

A_w – powierzchnia przeszklenia w budynku,

$k = \frac{h}{w}$, k – ustalamy (w badaniach przyjmujemy $k=1.2$),

gdzie h – wysokość okna, w – szerokość okna,

l – liczba okien (ustalamy);

to wymiary okna h i w otrzymamy z układu równań:

$$k = \frac{h}{w}, \quad (1)$$

$$l \cdot w \cdot h = A_w. \quad (2)$$

Stąd ($h=k \cdot w$) po podstawieniu za h w drugim równaniu otrzymamy

$l \cdot k \cdot w^2 = A_w$ i wyznaczamy $w = \sqrt{\frac{A_w}{l \cdot k}}$. Mając w , z (1) obliczamy $h = k \cdot w$.

Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

Struktura przeszklenia i geometria okien w budynkach H1-H15 z podziałem na poszczególne elewacje E,S,W,N:

	H1-H15	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15			
A - powierzchnia zabudowy	Powierzchnia okien: 0.15·A	20.16	20.53	21.57	21.59	21.89	22.36	22.40	23.29	23.37	23.62	23.96	24.18	24.30	24.47	24.56			
0.15 - stosunek powierzchni okien do	powierzchni zabudowy																		
	E (22%)	4.44	4.52	4.75	4.75	4.82	4.92	4.93	5.12	5.14	5.2	5.27	5.32	5.35	5.38	5.4			
	S (40%)	8.06	8.21	8.63	8.64	8.75	8.94	8.96	9.32	9.35	9.45	9.58	9.67	9.72	9.79	9.82			
	W (30%)	6.05	6.16	6.47	6.48	6.57	6.71	6.72	6.99	7.01	7.08	7.19	7.25	7.29	7.34	7.37			
	N (8%)	1.61	1.64	1.73	1.73	1.75	1.79	1.79	1.86	1.87	1.89	1.92	1.93	1.94	1.96	1.96			
Liczbę okien i h/w można zmieniać																			
	E: szerokość okna	1.11	1.12	1.15	1.15	1.16	1.17	1.17	1.19	1.20	1.20	1.21	1.22	1.22	1.22	1.23	wsp h do w	1.2	
	E: wysokość okna	1.33	1.34	1.38	1.38	1.39	1.40	1.40	1.43	1.43	1.44	1.45	1.46	1.46	1.47	1.47	liczba okien	3	
	S: szerokość okna	1.50	1.51	1.55	1.55	1.56	1.58	1.58	1.61	1.61	1.62	1.63	1.64	1.64	1.65	1.65	wsp h do w	1.2	
	S: wysokość okna	1.80	1.81	1.86	1.86	1.87	1.89	1.89	1.93	1.93	1.94	1.96	1.97	1.97	1.98	1.98	liczba okien	3	
	W: szerokość okna	1.30	1.31	1.34	1.34	1.35	1.37	1.37	1.39	1.40	1.40	1.41	1.42	1.42	1.43	1.43	wsp h do w	1.2	
	W: wysokość okna	1.56	1.57	1.61	1.61	1.62	1.64	1.64	1.67	1.67	1.68	1.70	1.70	1.71	1.71	1.72	liczba okien	3	
	N: szerokość okna	1.16	1.17	1.20	1.20	1.21	1.22	1.22	1.25	1.25	1.25	1.26	1.27	1.27	1.28	1.28	wsp h do w	1.2	
	N: wysokość okna	1.39	1.40	1.44	1.44	1.45	1.47	1.47	1.50	1.50	1.51	1.52	1.52	1.53	1.53	1.54	liczba okien	1	

Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

Struktura przeszklenia i geometria okien w budynkach H16-H30 z podziałem na poszczególne elewacje E,S,W,N :

	H16-H30	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30			
A - powierzchnia zabudowy	Powierzchnia okien: $0.15 \cdot A$ [m ²]	24.96	25.05	25.23	25.90	26.46	26.54	27.04	27.21	27.39	27.42	27.48	27.67	28.27	29.64	29.78			
0.15 - stosunek powierzchni okien do	powierzchni zabudowy																		
	E (22%)	5.49	5.51	5.55	5.70	5.82	5.84	5.95	5.99	6.03	6.03	6.05	6.09	6.22	6.52	6.55			
	S (40%)	9.99	10.02	10.09	10.36	10.58	10.62	10.82	10.89	10.96	10.97	10.99	11.07	11.31	11.86	11.91			
	W (30%)	7.49	7.52	7.57	7.77	7.94	7.96	8.11	8.16	8.22	8.23	8.24	8.30	8.48	8.89	8.93			
	N (8%)	2.00	2.00	2.02	2.07	2.12	2.12	2.16	2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.26	2.37	2.38			
Liczbę okien i h/w można zmieniać																			
	E: szerokość okna	1.24	1.24	1.24	1.26	1.27	1.27	1.29	1.29	1.29	1.29	1.3	1.3	1.31	1.35	1.35	wsp h do w	1.2	
	E: wysokość okna	1.48	1.48	1.49	1.51	1.53	1.53	1.54	1.55	1.55	1.55	1.56	1.56	1.58	1.62	1.62	liczba okien	3	
	S: szerokość okna	1.67	1.67	1.67	1.7	1.71	1.72	1.73	1.74	1.74	1.75	1.75	1.75	1.77	1.81	1.82	wsp h do w	1.2	
	S: wysokość okna	2.00	2.00	2.01	2.04	2.06	2.06	2.08	2.09	2.09	2.09	2.10	2.10	2.13	2.18	2.18	liczba okien	3	
	W: szerokość okna	1.44	1.44	1.45	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.52	1.53	1.57	1.58	wsp h do w	1.2	
	W: wysokość okna	1.73	1.73	1.74	1.76	1.78	1.78	1.80	1.81	1.81	1.81	1.82	1.82	1.84	1.89	1.89	liczba okien	3	
	N: szerokość okna	1.29	1.29	1.30	1.31	1.33	1.33	1.34	1.35	1.35	1.35	1.35	1.36	1.37	1.41	1.41	wsp h do w	1.2	
	N: wysokość okna	1.55	1.55	1.56	1.58	1.59	1.60	1.61	1.62	1.62	1.62	1.62	1.63	1.65	1.69	1.69	liczba okien	1	

Zestawienie w arkuszu kalkulacyjnym obliczeń wykonanych w programie DesignBuilder version 6.1.7.007:

[illegible]

Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

1			PROJECT NUMBER		H1	H2
2			INDICATORS			
3		30	RCcd		1.0317	1.02301
4		31	RCsq		1.09975	1.07285
5		15		External walls (H+H blocks) minus the area	6.29849	6.0998
6						
7						
8						
9						
10						
11		1	End Use [kWh/annum]	Heating (gas)	6223.47	6300.67
12		2		Domestic hot water DHW (gas)	2015.37	2065.31
13		3		Cooling (electricity)	0	0
14		4		Sum total	8238.84	8365.98
15		5	Operational energy indicator (utility use per conditioned floor area) [kWh/m2annum]	pow. wewn. (bez ścian wewn.)	112.28	115.06
16		6		A/V	1.12018	1.10759
17		7		Heating (gas) - EUH	55.4281	54.7599
18		8		DHW (gas) - EUW	17.9495	17.9499
19		9		Cooling (electricity)	0	0
20		11		Sum total	73.3776	72.7097
21		12	Final Use [kWh/annum]	Heating (gas)	8082.43	8182.69
22		13		DHW (gas)	4686.91	4803.05
23		14		Cooling (electricity)	0	0
24		15		Auxiliary equipment (electricity)	347.15	355.75
25		16		Room appliances (electricity)	1638.32	1678.89
26		17		Sum total	14754.8	15020.4
27		18	Final energy indicator [kWh/m2annum]	Heating (gas)	71.9846	71.1167
28		19		DHW (gas)	41.743	41.7438

Zestawienie w arkuszu kalkulacyjnym obliczeń wykonanych
w programie DesignBuilder version 6.1.7.007

Charakteryzacja wielkości zapotrzebowania na energię

DesignBuilder version 6.1.7.007 pakiety Engineering Plus: SIMULATION and SCRIPTING

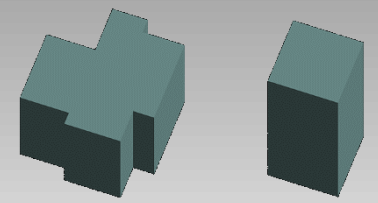
	Correlation coefficients	Ranges
1	$\text{cor}(OE_{\text{-Heat}}, A/V)$	0.971238166
2	$\text{cor}(A/V, EWA/FA)$	1
3	$\text{cor}(OE_{\text{-Total}}, A/V)$	0.971245364
4	$\text{cor}(FE, A/V)$	0.971238166
5	$\text{cor}(OE_{\text{-Heat}}, EWA/FA)$	0.971238166
6	$\text{cor}(FE, EWA/FA)$	0.971238166

Oprogramowanie użyte do obliczenia zapotrzebowania na energię użytkową *OE* (Operational Energy) oraz na energię końcową *FE* (Final Energy).

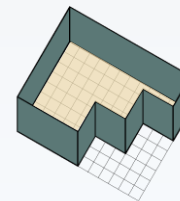
$h - \text{const}$

$$A/V = \frac{Ph + 2A}{Ah} \rightarrow \frac{P}{A} + \frac{2}{h}$$
$$EWA/FA = \frac{P}{A} \cdot h \rightarrow \frac{P}{A} = \left(\frac{1}{h}\right) \cdot EWA/FA$$
$$A/V = \left(\frac{1}{h}\right) \cdot EWA/FA + \left(\frac{2}{h}\right)$$

Engineering Plus SIMULATION



- Względny wskaźnik zwartości bryły budynku liczony względem prostopadłościanu o podstawie kwadratowej (RC_{cd}) pozwala na przedstawienie w punktach procentowych odchylenia zwartości od zwartości bryły referencyjnej – jest dobrą miarą zwartości; przy ustalonej powierzchni zabudowy pozwala ocenić wielkość zużycia materiałów na jednostkę powierzchni w zależności od kształtu obwodu.
- Wskaźniki EWA/FA oraz RC_{sq} (JC) bardzo dobrze odzwierciedlają wielkość zużycia materiałów i tym samym pozwalają (za pośrednictwem RC_{cd}) określić tę wielkość na wstępnym etapie projektowania.
- Wskaźnik zwartości A/V bryły budynku o ustalonej wysokości wyraża realnie w punktach procentowych (za pośrednictwem RC_{cd}) odchylenie od bryły referencyjnej; już przy stałej wysokości bardzo dobrze odzwierciedla zapotrzebowanie na energię.
- Wskaźnik A/V przy projektowaniu budynków jednorodzinnych jest wystarczającym parametrem obrazującym zużycie materiałów i zapotrzebowanie; parametr RC_{cd} przy ustalonym h i A może być dobrym miernikiem wielkości A/V zgodnie z pkt. 1 w ujęciu punktów procentowych odchylenia od bryły referencyjnej.



Four vertical bars of different colors (teal, light green, yellow, orange) are positioned on the left side of the slide.

Dziękuję za uwagę