



1. Wprowadzenie
2. Standardy energetyczne budynków
3. Budynki o niemal zerowym zużyciu energii
4. Ekonomiczne aspekty budynków nZEB

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Jacek Miklas

kwiecień, 2016r.

Wprowadzenie.

W 2011 roku w Polsce znajdowało się 5,54 mln budynków mieszkalnych i 12,96 mln mieszkań. Ponad 50% mieszkań wybudowanych zostało do końca roku 1978, kolejnych 17% do końca 1988. W latach 1989 – 2002 wybudowano następnych 12% mieszkań. W ciągu ostatnich piętnastu lat powstało 21% użytkowanych lokali mieszkalnych.

Ponad 40% z nich ogrzewane było ciepłem systemowym, blisko 50% używało urządzeń grzewczych opartych o spalanie paliw stałych, pozostała część – 9% wykorzystywała gaz i elektryczność, a 1% inne w tym odnawialne źródła energii.

W praktyce oznacza to, że energia cieplna zużywana w gospodarstwach domowych prawie w całości pochodzi ze źródeł emisyjnych. Połowa z nich to indywidualne systemy grzewcze pozbawione jakichkolwiek urządzeń odpylających, emitujące – prócz dwutlenku węgla, pyły (w tym pyły zawieszone PM10, PM2,5) będące jednocześnie nośnikiem rakotwórczego benzo(a)pirenu, tlenki siarki i metale ciężkie (ołów, kadm, arsen).

Wprowadzenie.

Obecnie, w warunkach krajowych, trudno jest mówić o rozwoju budownictwa niskoemisyjnego, zrealizowane do tej pory obiekty to raczej instalacje wzorcowe i doświadczalne, stanowiące bazę do budowy zbioru dobrych praktyk. Tymczasem, planowany ustawowo termin obowiązywania standardu budynków o niemal zerowym zużyciu energii to styczeń 2021r.

Nawet subtelna zmiana obecnego stanu rzeczy stanowić będzie poważne wyzwanie techniczne, ekonomiczne, a przede wszystkim społeczne. Wymagać będzie zmian mentalności wszystkich uczestników procesu budowlanego.



Wprowadzenie.

Zmiany standardów energetycznych budynków w Polsce przez lata wyznaczone były poprzez normatywne ograniczenia dopuszczalnych wartości współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych (PN-57/B-02495, PN-64/B-03404, PN-74/B-03404). Z czasem zbiór wymagań odnośnie ochrony cieplnej budynków rozszerzał się. W PN-82/B-02020 wymagania poszerzono o zachowanie maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła dla budynku (k_B) uzależniając jego wartość od współczynnika kształtu (A_B/V_B). Wprowadzono także ograniczenia w zakresie maksymalnych powierzchni przegród przezroczystych oraz szczelności powietrznej przegród. Obowiązująca od 1992r. norma PN-91/B-02020 po raz kolejny zaostrzyła wymagania. Pomimo to zużycia energii pozostawało nadal na wysokim poziomie.

Dalsze zmiany w zakresie oszczędności energii przyniosły warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.1994 Nr 10, poz. 46) wprowadzając graniczne wartości sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku, zależne od współczynnika kształtu i zmniejszając współczynniki przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych (Dz.U.1999 Nr 15, poz. 140, Dz.U.2002r. Nr 75, poz. 690).

Kolejne zmiany legislacyjne były już następstwem konieczności dostosowania przepisów krajowych do przepisów obowiązujących we Wspólnocie Europejskiej.

Wprowadzenie.

Implementacja zapisów dyrektywy 2002/91/WE z dnia 16.12.2002r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków wprowadziła poważne zmiany w przepisach krajowych w zakresie efektywności energetycznej budynków. Ustanowione zostały nowe kryteria i algorytmy obliczeń.

Po raz pierwszy w krajowym obrocie prawnym pojawiło się pojęcie wskaźnika rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (WT2008, Dz.U. 2008r. Nr 201, poz. 1238). Obowiązujące obecnie warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie WT2014 (Dz.U.2013, Nr 0, poz.926) uwzględniają zmiany dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków z 2010r. (2010/31/WE). Mimo iż nie używają pojęcia budynków o niemal zerowym zużyciu energii w rzeczywistości definiują jego standard.



Obowiązujące obecnie warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie WT2014 (Dz.U.2013, Nr 0, poz.926) uwzględniają zmiany dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków z 2010r. (2010/31/WE). Mimo iż nie używają pojęcia budynków o niemal zerowym zużyciu energii w rzeczywistości definiują jego standard.

Wprowadzenie.

		Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/m ² K]								
Obowiązuje od:	Dokument odniesienia:	Ściana zewnętrzna	Stropodach	Strop pod poddaszem	Strop nad piwnicą	Strop nad przejazdem	Podłoga na gruncie	Ściany wewnętrzne	Okna zewnętrzne	Drzwi zewnętrzne
01.07.1958r.	PN-57/B-02495	(1,45) 1,16	0,87	(1,16) 1,05	1,16	0,70	(1,16) 1,05	1,45	2,91	3,00
01.01.1966r.	PN-64/B-03404	(1,45) 1,16	0,87	(1,16) 1,05	1,16	0,70	(1,16) 1,05	1,45	2,91	3,00
01.07.1976r.	PN-74/B-03404	1,16	0,70	0,93	1,16	0,70	1,16	1,45	2,91	3,00
01.01.1983r.	PN-82/B-02020	0,75	0,45	0,40	1,00	0,45	0,60	1,00	(2,0) 2,6	3,00
01.01.1992r.	PN-91/B-02020	0,55 ÷ 0,70	0,30	0,30	0,60	0,30	1,00	1,00	(2,0) 2,6	3,00
04.08.1999r.	WT1999	0,30 ÷ 0,65	0,30	0,30	0,60	0,30	1,00	1,00	(2,0) 2,6	2,60
01.01.2009r.	WT2008	0,300	0,25	0,25	0,45	0,25	0,45	1,00	(1,70) 1,80	2,60
01.01.2014r.	WT2014	0,25	0,20	0,20	0,25	0,20	0,30	0,30	1,30	1,70
01.01.2017r.	WT2017	0,23	0,18	0,18	0,25	0,18	0,30	0,30	1,10	1,50
01.01.2021r.	WT2021	0,20	0,15	0,15	0,25	0,15	0,30	0,30	0,90	1,30
	Passive House Institute Standard	0,13	0,09	0,09	0,13	0,09	0,15	0,13	0,80	1,10

Wprowadzenie.

Jednocześnie z izolacyjnością cieplną przegród budowlanych realizowane budynki będą musiały spełniać szereg innych wymogów zapewniających osiągnięcie dopuszczalnych wartości wskaźników zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną.

Rodzaj budynku	Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² · rok)]		
	od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r.*)
Budynek mieszkalny:			
a) jednorodzinny	120	95	70
b) wielorodzinny	105	85	65
Budynek zamieszkania zbiorowego	95	85	75
Budynek użyteczności publicznej:			
a) opieki zdrowotnej	390	290	190
b) pozostałe	65	60	45
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	110	90	70

*) Od 1 stycznia 2019r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością

Standardy energetyczne budynków.

Charakterystyka energetyczna budynku.

Podstawowe pojęcia.

Podstawowym kryterium oceny standardu energetycznego budynku, zgodnie z WT2014 jest wskaźnik rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialna energię pierwotną EP.

Nieodnawialna energia pierwotna. Całkowita energia zawarta w pierwotnych, naturalnych nośnikach energii, taki jak: węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny.

Energia końcowa. Całkowita ilość energii do ogrzewania (ewentualnie chłodzenia), wentylacji, przygotowania ciepłej wody i oświetlenia wbudowanego wyznaczana dla standardowych warunków klimatycznych i standardowych warunków użytkowania budynku uwzględniająca wszystkie straty ciepła powstające w systemach grzewczych, wentylacyjnych i ciepłej wody użytkowej.

Energia użytkowa. Całkowita ilość energii wynikająca z potrzeb cieplnych budynku w zakresie ogrzewania, wentylacji i ciepłej wody użytkowej wyznaczana dla standardowych warunków klimatycznych i standardowego sposobu użytkowania.

Standardy energetyczne budynków.

$$EP = \frac{Q_p}{A_f}$$

gdzie:

EP - Wskaźnik rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/m²rok]

A_f – Powierzchnia ogrzewana [m²]

$$Q_P = Q_{P,H} + Q_{P,W}$$

Q_P – Nieodnawialna energia pierwotna – energia końcowa powiększona o nakład nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii końcowej do budynku [kWh/rok].

$$Q_{P,H} = w_H \cdot Q_{K,H} + w_{el} \cdot E_{el,pom,H} + w_{el} \cdot E_{el,pom,ve}$$

Q_{P,H} – Nieodnawialna energia pierwotna do ogrzewania [kWh/rok].

$$Q_{P,W} = w_W \cdot Q_{K,W} + w_{el} \cdot E_{el,pom,W}$$

Q_{P,W} – Nieodnawialna energia pierwotna do przygotowania ciepłej wody [kWh/rok].

Q_{K,H} – roczne zapotrzebowanie na ciepło końcowe do ogrzewania i wentylacji [kWh/rok].

$$Q_{K,H} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,tot}}$$

Q_{K,W} – roczne zapotrzebowanie na ciepło końcowe do przygotowania ciepłej wody [kWh/rok].

w_{el} - Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii końcowej do budynku, który określa dostawca energii lub nośnika energii.

Q_{H,nd} – Zapotrzebowanie ciepła użytkowego do ogrzewania i wentylacji [kWh/rok].

$$Q_{K,W} = \frac{Q_{W,nd}}{\eta_{W,tot}} = \left[\frac{kWh}{rok} \right]$$

Q_{w,nd} – Zapotrzebowanie ciepła użytkowego do przygotowania ciepłej wody [kWh/rok].

h_{H,tot} – Całkowita, średnia sezonowa sprawność systemu grzewczego

h_{W,tot} – Całkowita, średnia sezonowa sprawność instalacji ciepłej wody

Standardy energetyczne budynków.

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

$$Q_{H,nd} = (Q_{tr} + Q_{ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) = \left[\frac{kWh}{rok} \right]$$

Współczynnik efektywności wykorzystania zysków ciepła w trybie ogrzewania, zależny od akumulacyjności cieplnej budynku.

$Q_{H,ht}$ – Straty ciepła przez przenikanie i wentylację [kWh/rok]

$Q_{H,gn}$ – Zyski ciepła wewnętrzne i od nasłonecznienia [kWh/rok]

Q_{tr} – Straty ciepła przez przenikanie [kWh/rok]

Q_{ve} – Straty ciepła przez wentylację [kWh/rok]

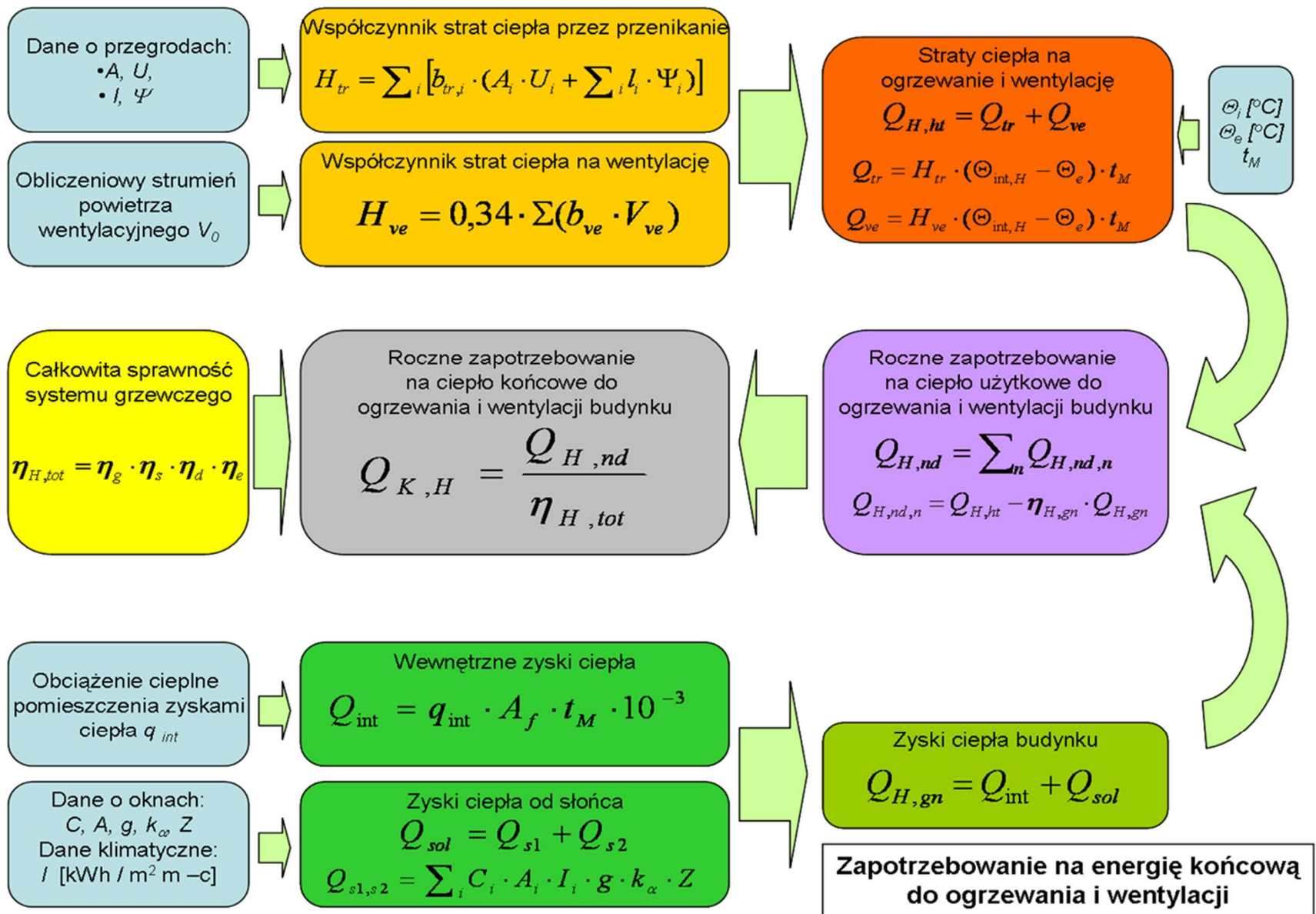
Q_{int} – Wewnętrzne zyski ciepła [kWh/rok]

Q_{sol} – Zyski ciepła od słońca [kWh/rok]

$\eta_{H,gn}$ – Współczynnik efektywności wykorzystania zysków ciepła

Standardy energetyczne budynków.

Schemat obliczeniowy zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania i wentylacji zgodny z rozporządzeniem w sprawie charakterystyki energetycznej budynków



Standardy energetyczne budynków.

Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Olej opałowy	1,10
	Gaz ziemny	
	Gaz płynny	
	Węgiel kamienny	
	Węgiel brunatny	
Ciepło sieciowe z kogeneracji	Węgiel kamienny lub gaz	0,80
	Biomasa, biogaz	0,15
Ciepło sieciowe z ciepłowni lokalnej	Węgiel kamienny	1,30
	Gaz lub olej opałowy	1,20
Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	3,00
Lokalna odnawialne źródła energii	Energia słoneczna	0,00
	Energia wiatrowa	0,00
	Energia geotermalna	0,00
	Biomasa	0,20
	Biogaz	0,50

Standardy energetyczne budynków.

Charakterystyka porównawcza standardów energetycznych budynku

Porównanie standardów energetycznych budynków, spełniających mienione, obecne i przyszłe wymagania w zakresie efektywności energetycznej wykonane zostały na przykładzie budynku mieszkalnego wielorodzinnego.

Przykładowy budynek lokalizacyjnie odpowiada stacji meteorologicznej w Bydgoszczy (II strefa klimatyczna, $t_{ex} = -18^{\circ}\text{C}$).

Charakterystyka budynku:

Budynek o konstrukcji masywnej, murowany z cegły wapienno – piaskowej, stropy żelbetowe, stropodach pełen.



Powierzchnia ogrzewana: 1.687,3 m²

Kubatura ogrzewana: 4.302,6 m³

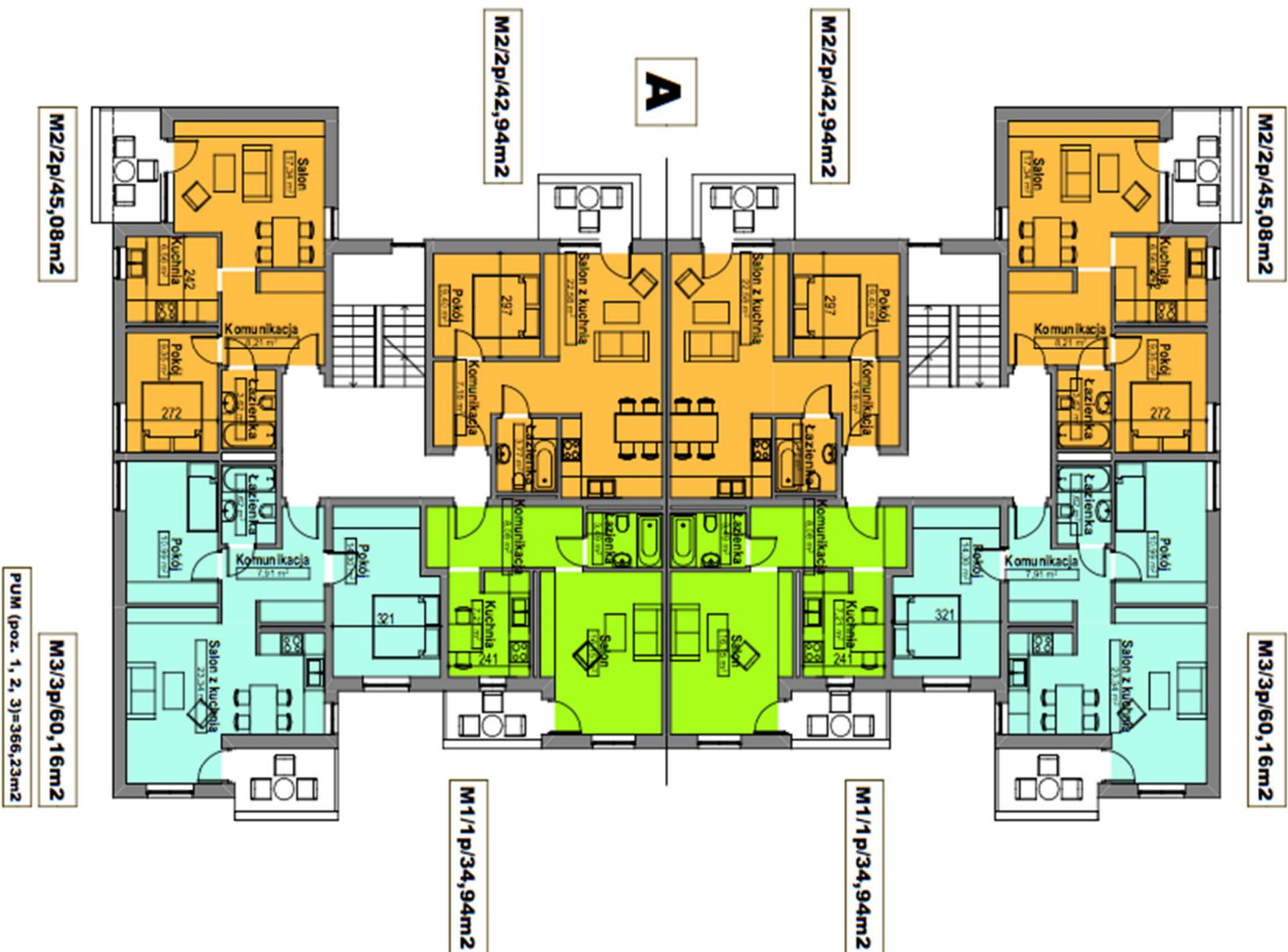
Liczba wymian powietrza: 0,5 h⁻¹

Liczba mieszkań: 32

$A/V = 0,39 \text{ m}^{-1}$

Standardy energetyczne budynków.

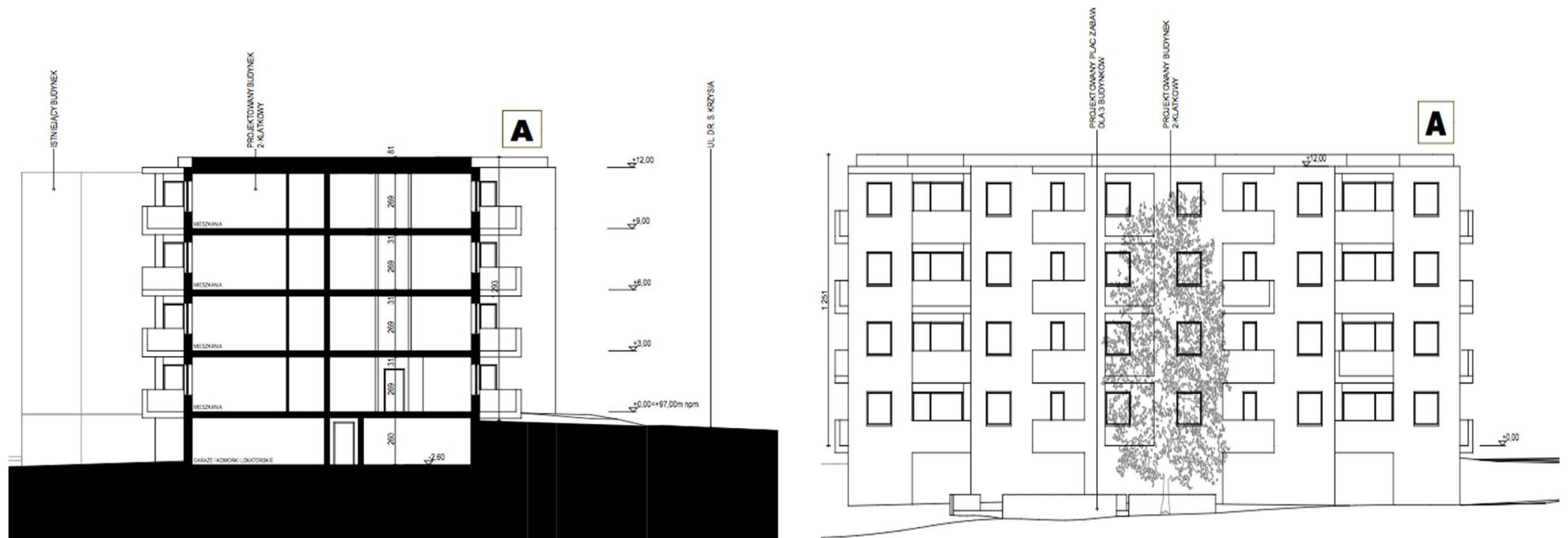
Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Standardy energetyczne budynków.

Budynek wyposażony jest w:

- instalację centralnego ogrzewania, grzejnikową o sprawności zależnej od okresu budowy budynku,
- instalację ciepłej wody użytkowej i cyrkulacji o sprawności zależnej od okresu budowy budynku,
- węzeł cieplny zasilany z miejskiej sieci ciepłowniczej (ciepłownia węglowa, dla której współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej wynosi $w=1,3$).



Standardy energetyczne budynków.

Założenia do obliczeń zapotrzebowania na ciepło użytkowe do ogrzewania i wentylacji w przykładowym budynku wielorodzinnym.

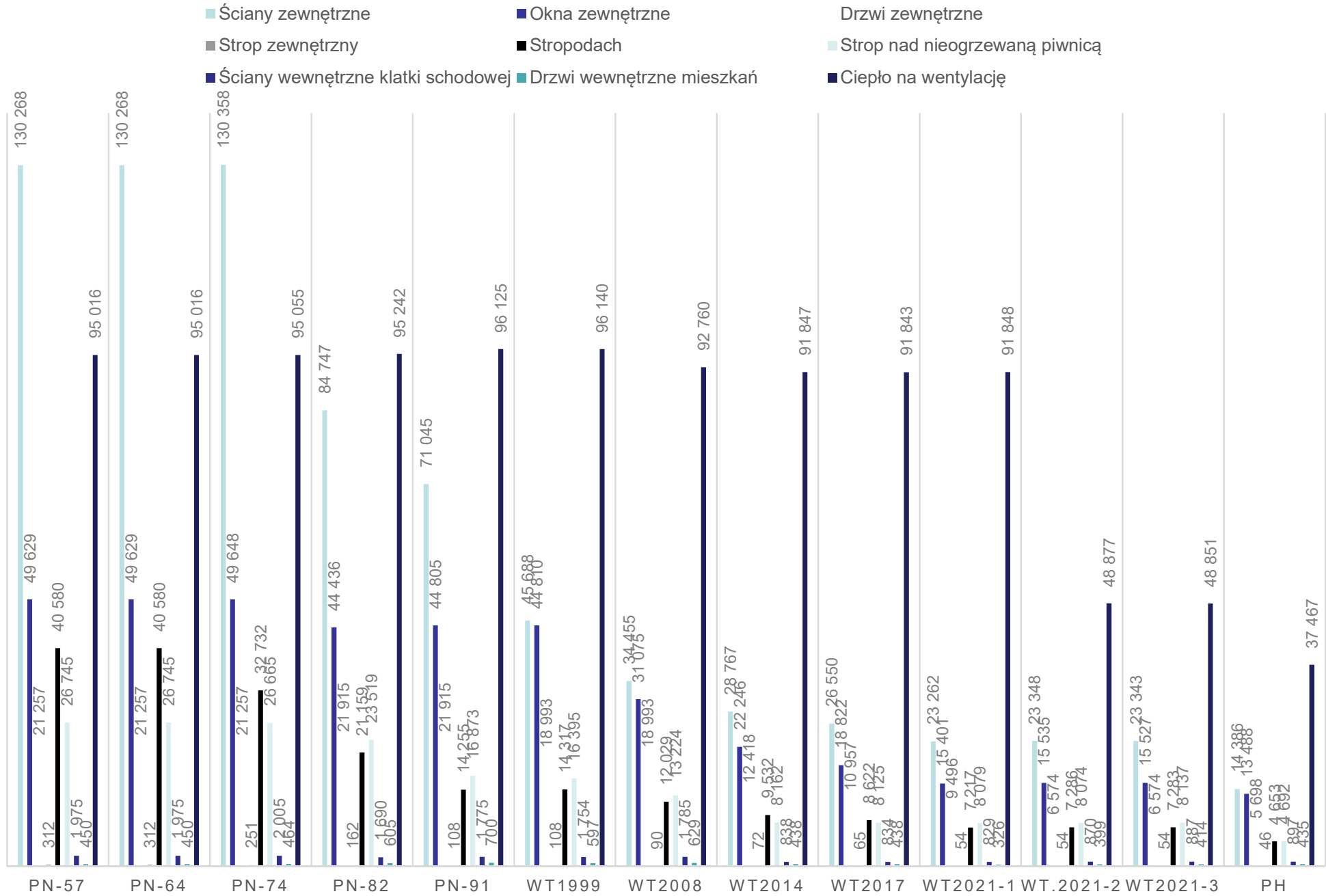
		PN-57	PN-64	PN-74	PN-82	PN-91	WT1999	WT2008	WT2014	WT2017	WT2021-1	WT2021-2	WT2021-3	PH
Ściany zewnętrzne	U [W/m ² K]	1,45	1,45	1,16	0,75	0,70	0,65	0,30	0,25	0,23	0,20	0,20	0,20	0,13
Okna zewnętrzne	U [W/m ² K]	2,91	2,91	2,91	2,60	2,60	2,60	1,80	1,30	1,10	0,90	0,90	0,90	0,80
Drzwi zewnętrzne	U [W/m ² K]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,60	2,60	1,70	1,50	1,30	1,30	1,10	0,80
Strop zewnętrzny	U [W/m ² K]	0,70	0,70	0,70	0,45	0,30	0,30	0,25	0,20	0,18	0,15	0,15	0,15	0,09
Stropodach	U [W/m ² K]	0,87	0,87	0,70	0,45	0,30	0,30	0,25	0,20	0,18	0,15	0,15	0,15	0,09
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	U [W/m ² K]	1,16	1,16	1,16	1,00	0,60	0,60	0,45	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,13
Ściany wewnętrzne klatki schodowej	U [W/m ² K]	1,45	1,45	1,45	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,13
Drzwi wewnętrzne mieszkań	U [W/m ² K]	3,00	3,00	3,00	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Szczelność powietrzna budynku	n ₅₀ [h ⁻¹]	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,00	3,00	3,00	3,00	1,50	1,50	0,60
WT2021-1 Budynek spełniający wymagania izolacyjności cieplnej określone dla roku 2021	WT2021-2 Budynek spełniający wymagania izolacyjności cieplnej określone dla roku 2021, wyposażony w indywidualne układy mieszkaniowe wentylacji mechanicznej nawiewno – wywiewne z odzyskiem ciepła o sprawności sezonowej 56%		WT2021-3 Budynek spełniający wymagania izolacyjności cieplnej określone dla roku 2021, wyposażony w indywidualne układy mieszkaniowe wentylacji mechanicznej nawiewno – wywiewne z odzyskiem ciepła o sprawności sezonowej 56% z wyeliminowanymi mostkami cieplnymi po obwodzie okien („ciepły montaż stolarki okiennej”)											

Standardy energetyczne budynków.

Wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło użytkowe do ogrzewania i wentylacji w przykładowym budynku wielorodzinnym.

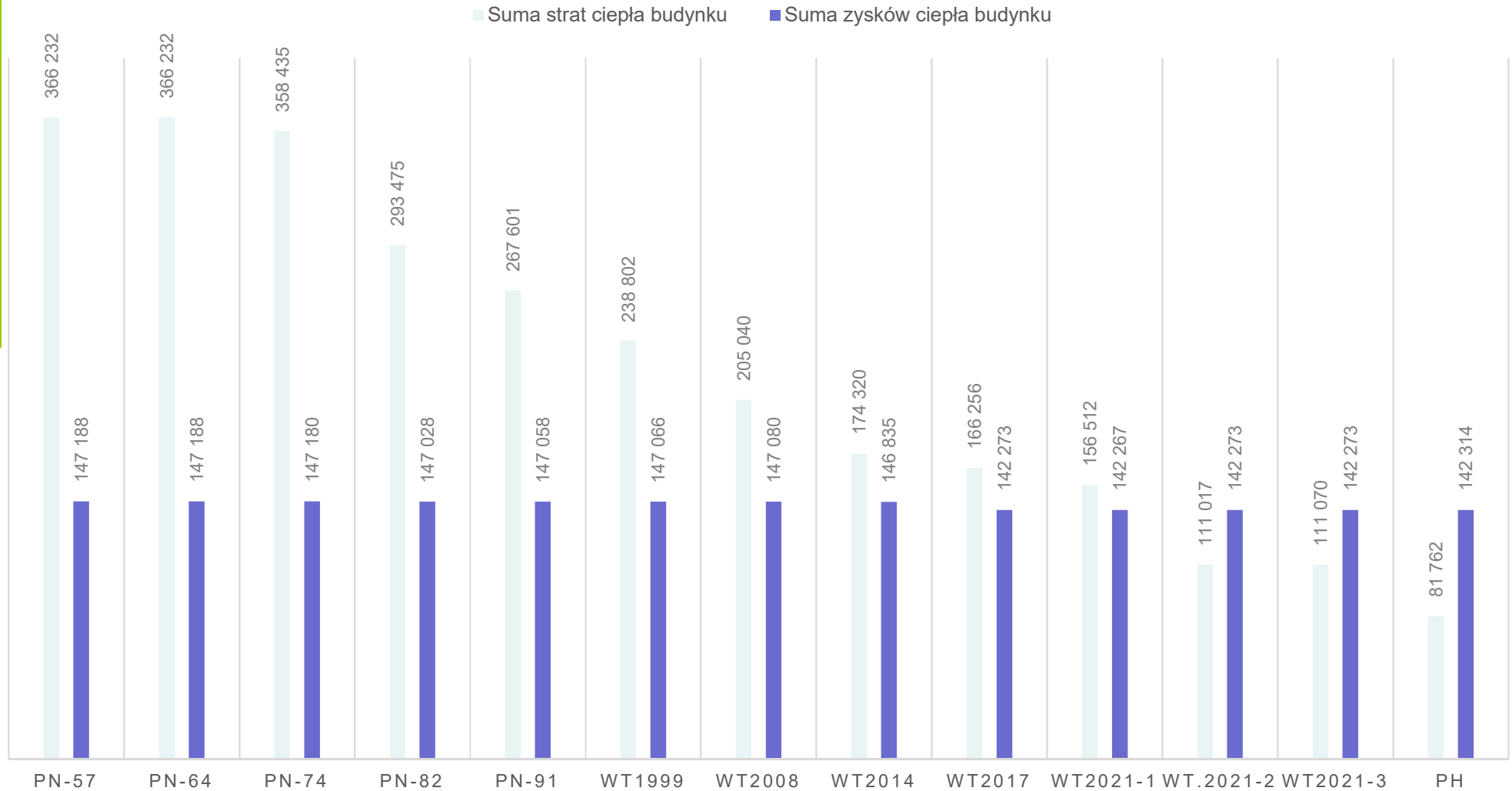
		PN-57	PN-64	PN-74	PN-82	PN-91	WT1999	WT2008	WT2014	WT2017	WT2021-1	WT2021-2	WT2021-3	PH-1
Suma strat ciepła budynku	$Q_{H,ht}$ [kWh/rok]	366 232	366 232	358 435	293 475	267 601	238 802	205 040	174 320	166 256	156 512	111 017	111 070	81 762
Ściany zewnętrzne	$Q_{tr,1}$ [kWh/rok]	130 268	130 268	130 358	84 747	71 045	45 688	34 455	28 767	26 550	23 262	23 348	23 343	14 386
Okna zewnętrzne	$Q_{tr,2}$ [kWh/rok]	49 629	49 629	49 648	44 436	44 805	44 810	31 075	22 246	18 822	15 401	15 535	15 527	13 488
Drzwi zewnętrzne	$Q_{tr,3}$ [kWh/rok]	21 257	21 257	21 257	21 915	21 915	18 993	18 993	12 418	10 957	9 496	6 574	6 574	5 698
Strop zewnętrzny	$Q_{tr,4}$ [kWh/rok]	312	312	251	162	108	108	90	72	65	54	54	54	46
Stropodach	$Q_{tr,5}$ [kWh/rok]	40 580	40 580	32 732	21 159	14 255	14 317	12 029	9 532	8 622	7 217	7 286	7 283	4 653
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	$Q_{tr,6}$ [kWh/rok]	26 745	26 745	26 665	23 519	16 873	16 395	13 224	8 162	8 125	8 079	8 074	8 137	4 692
Ściany wewnętrzne klatki schodowej	$Q_{tr,7}$ [kWh/rok]	1 975	1 975	2 005	1 690	1 775	1 754	1 785	838	834	829	870	887	897
Drzwi wewnętrzne mieszkań	$Q_{tr,8}$ [kWh/rok]	450	450	464	605	700	597	629	438	438	326	399	414	435
Ciepło na wentylację	Q_{ve} [kWh/rok]	95 016	95 016	95 055	95 242	96 125	96 140	92 760	91 847	91 843	91 848	48 877	48 851	37 467
Suma zysków ciepła budynku	$Q_{H,gn}$ [kWh/rok]	147 188	147 188	147 180	147 028	147 058	147 066	147 080	146 835	142 273	142 267	142 273	142 273	142 314
Zyski ciepła wewnętrzne	Q_{int} [kWh/rok]	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492	78 492
Zyski ciepła od nasłonecznienia	Q_{sol} [kWh/rok]	68 696	68 696	68 688	68 536	68 566	68 574	68 588	68 343	63 781	63 775	63 781	63 781	63 822
Zapotrzebowanie na ciepło użytkowe do ogrzewania i wentylacji	$Q_{H,nd}$ [kWh/rok]	274 379	274 379	267 047	207 953	182 009	156 713	127 928	101 194	95 892	88 089	52 266	43 051	25 034
Wskaźnik zapotrzebowania na ciepło użytkowe do ogrzewania i wentylacji	EU [kWh/m ² rok]	162,6	162,6	158,3	123,2	107,9	92,9	75,8	60,0	56,8	52,2	31,0	25,5	14,8

Standardy energetyczne budynków.



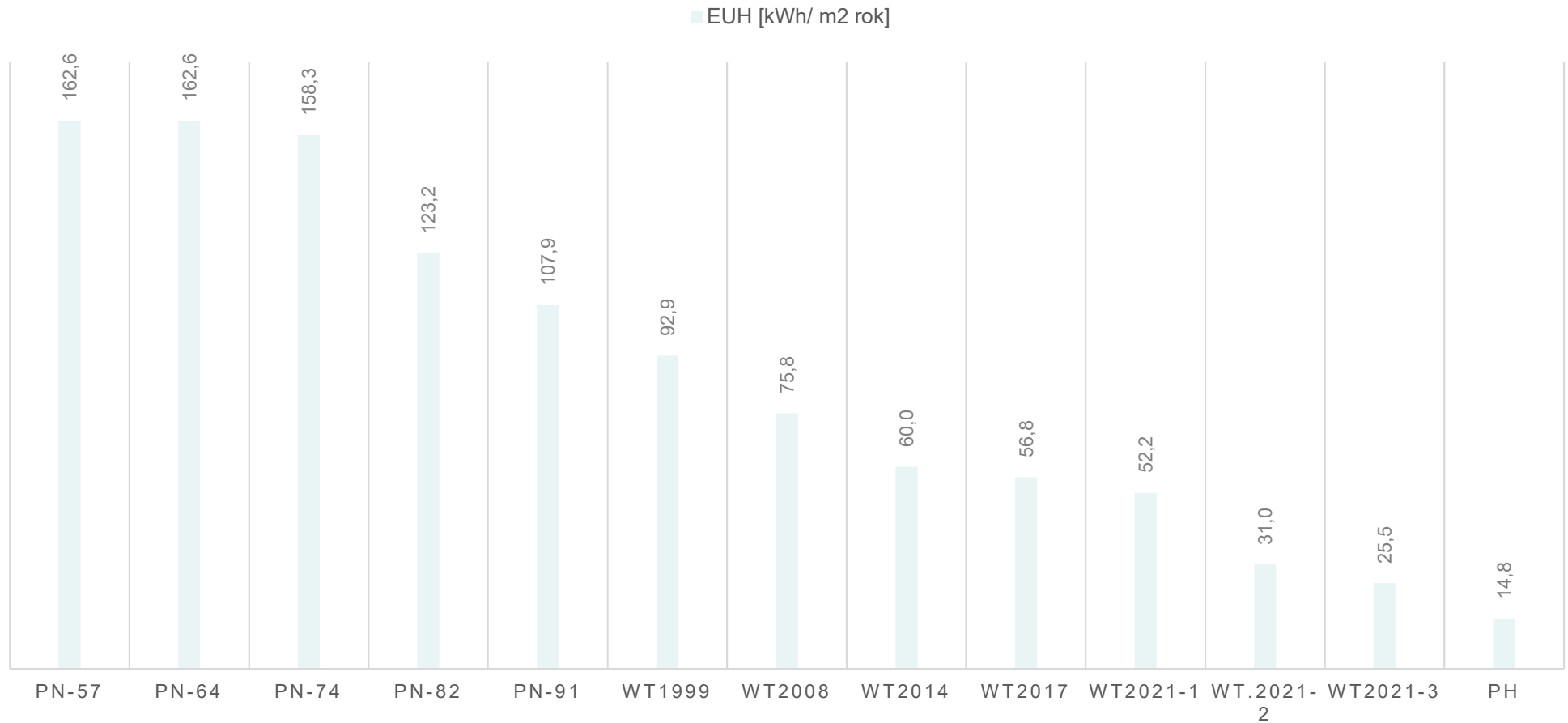
Standardy energetyczne budynków.

Bilans strat i zysków ciepła w przykładowym budynku wielorodzinnym [kWh/rok].



Standardy energetyczne budynków.

Wskaźnik zapotrzebowania na ciepło użytkowe do ogrzewania i wentylacji w przykładowym budynku wielorodzinnym.



Standardy energetyczne budynków.

Wyniki obliczeń wskaźnika EP_{H+W} w przykładowym budynku wielorodzinnym.

		PN-57	PN-64	PN-74	PN-82	PN-91	WT1999	WT2008	WT2014	WT2017	WT2021-1	WT2021-2	WT2021-3	PH
Energia pierwotna do ogrzewania i wentylacji	QP_H [kWh/rok]	571 898	571 898	550 499	419 462	367 130	281 686	207 356	160 571	152 158	139 776	113 473	98 851	60 960
Energia pierwotna do przygotowania ciepłej wody	QP_w [kWh/rok]	186 367	186 367	186 367	186 367	186 367	172 031	104 623	91 545	91 545	91 545	91 545	91 545	91 545
Energia pierwotna do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody	QP_{H+W} [kWh/rok]	758 265	758 265	736 866	605 829	553 498	453 718	311 979	252 115	243 702	231 321	205 018	190 396	152 505
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody	EP_{H+W} [kWh/m ² rok]	449	449	437	359	328	269	185	149	144	137	122	113	90

$EP_{H+W} \text{ max} = 65 \text{ kWh/m}^2 \text{ rok}$

Standardy energetyczne budynków.

Przedstawione wyniki obliczeń wskazują, że żaden z analizowanych standardów energetycznych nie jest wystarczający do osiągnięcia wymaganego wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną.

Przy przyjętym systemie zasilania budynku w ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej z ciepłowni opalanej węglem wartość obliczeniowa dla wariantu WT2021-3 jest o ponad 70% wyższa od wymaganej. W bardziej uprzywilejowanej sytuacji byłby budynek zasilany ciepłem sieciowym z elektrociepłowni węglowej, wówczas wskaźnik EP dla wariantu WT2021-3 osiągnąłby wartość 76 kWh/m² rok, natomiast dla standardu PH – 61 kWh/m²rok i ledwie spełniałby wymagania stawiane dla roku 2021.

Zatem budynek niskoenergetyczny (WT2021-3) i bardzo nisko energetyczny (PH) nie są budynkami o niemal zerowym zapotrzebowaniu na ciepło (nZEB = WT2021).

Standardy energetyczne budynków.

Podział budynków ze względu na standard energetyczny^[1]:

Budynek standardowy spełniający obecne standardy energetyczne (WT2014)	EP = ~150kWh/m²rok
Budynek niskoenergetyczny – budynek spełniający wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej przegród (WT2021-3), wyposażony w wysokosprawną technikę instalacyjną, w tym wentylację mechaniczną nawiewno – wywiewną z odzyskiem ciepła	EP = ~110kWh/m²rok
Budynek bardzo niskoenergetyczny – budynek spełniający np. standardy PH	EP = ~90kWh/m²rok
Budynek niemal zero energetyczny – budynek spełniający wymagania WT 2021	EP ≤ 65kWh/m²rok

^[1] Wartości wskaźnika EP sformułowane na podstawie obliczeń przykładowego budynku

^[2] Zgodnie z Krajowym Planem mającym na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii w warunkach krajowych budynkiem o niemal zerowym zużyciu energii będzie budynek spełniający wymagania WT2021.

^[3] Wskaźnik EP ≤ 65kWh/m²rok obowiązuje dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych

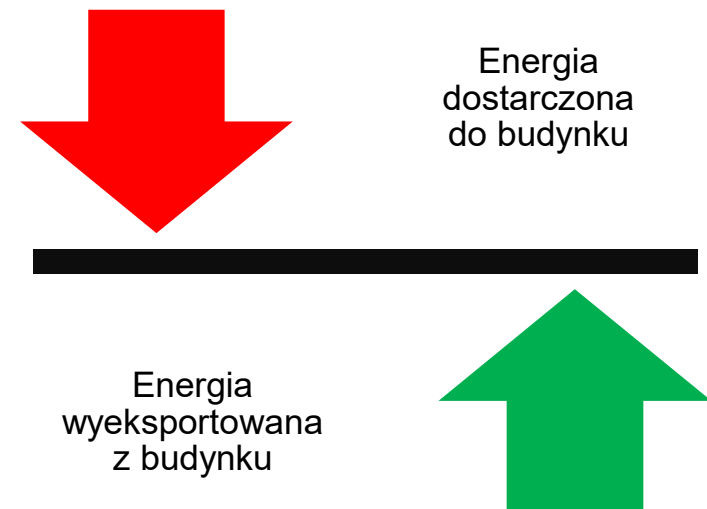
Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Definicje

Zgodnie z duchem dyrektywy o charakterystyce energetycznej budynków nr 2010/31/WE (art. 2 pkt. 2) przez „budynek o niemal zerowym zużyciu energii” należy rozumieć budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej określonej zgodnie z wytycznymi zawartymi w załączniku I do dyrektywy 2010/31/UE. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu.

Budynek niemal zero energetyczny to budynek łączący jednocześnie cechy budynku niskoenergetycznego lub bardzo niskoenergetycznego z odnawialnymi źródłami energii.

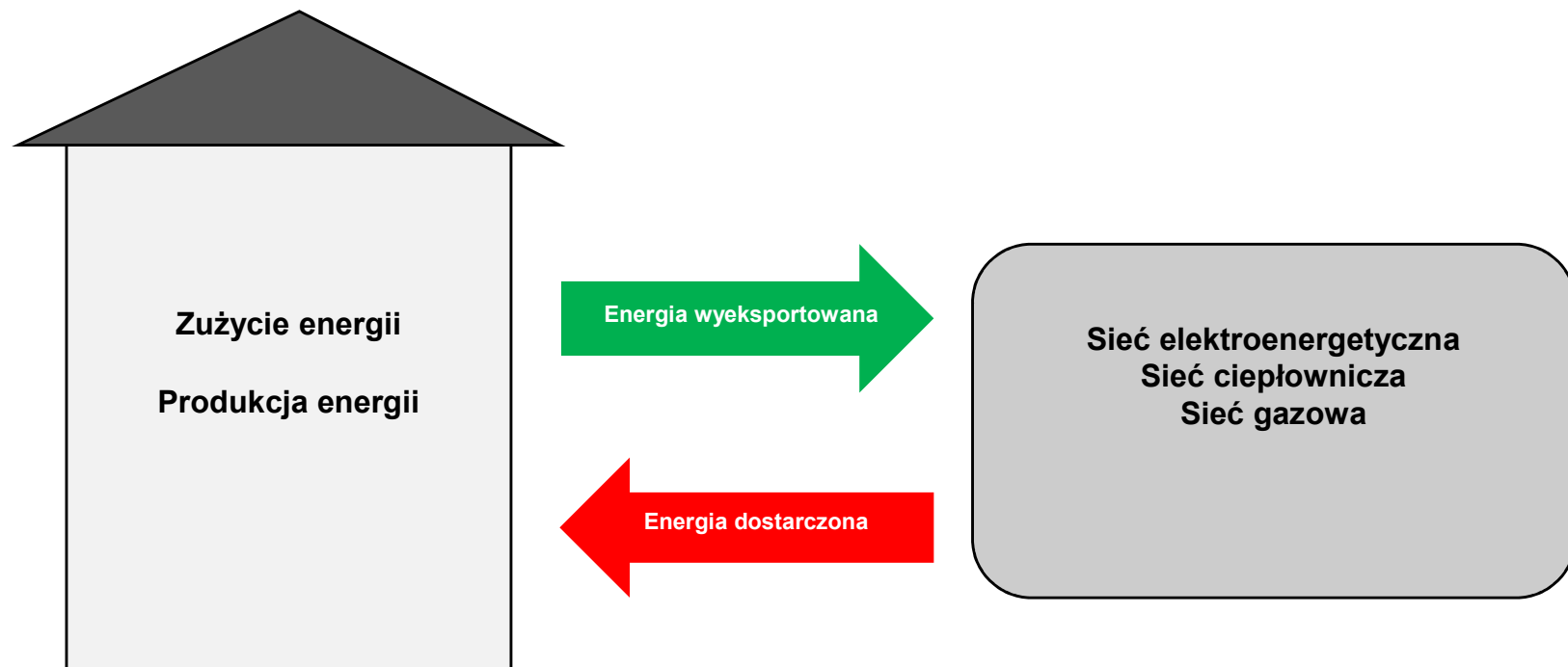
Budynek niemal zero energetyczny należy definiować jako budynek o niemal zerowym bilansie energii dostarczonej i wyeksportowanej.



Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Budynek niemal zero energetyczny charakteryzuje się:

- bardzo wysoką efektywnością energetyczną,
- produkcją energii ze źródeł odnawialnych,
- systemami energetycznymi skojarzonymi z zewnętrznymi systemami energetycznymi („on – grid”).



Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

„Państwa członkowskie opracowują krajowe plany mające na celu zwiększenie liczby budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Te krajowe plany mogą zawierać założenia zróżnicowane w zależności od kategorii budynku.” (2010/31/WE).

Dyrektywa wprowadzona została ustawą o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U z 2014r. poz. 1200, z 2015r. poz. 151). Na mocy zapisów ustawy o CEB został opracowany i wdrożony „Krajowy Plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii” (Uchwała nr 91 Rady Ministrów z 22.06.2015r.)

W Krajowym Planie, już na samym wstępie zauważa się, że „w warunkach krajowych budynek o niemal zerowym zużyciu energii będzie utożsamiany i określany jako budynek o niskim zużyciu energii, o którym mowa w art. 39 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków, która wdraża do krajowego porządku prawnego część postanowień dyrektywy 2010/31/UE.

**Budynek o niemal zerowym zużyciu energii
= budynek o niskim zużyciu energii**

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Definicja: Przez „**budynek o niskim zużyciu energii**” należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zawarte w przepisach techniczno – budowlanych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2013 r. poz. 1409, z późn. zm.), tj. w szczególności dział X oraz załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późn. zm.), obowiązujące od 1 stycznia 2021 r., a dla budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – od 1 stycznia 2019 r.

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii – próba osiągnięcia wymaganego standardu

Budynki spełniające standard budynku o niskim zużyciu energii posiadają zbiór cech wspólnych, na które należy zwrócić szczególną uwagę przy projektowaniu i budowie.

Istotną rolę w projektowaniu ogrywa ukształtowanie bryły budynku, optymalne pod względem energetycznym rozmieszczenie pomieszczeń lub ich grup, dobór odpowiednich parametrów przegród zewnętrznych, eliminacja mostków cieplnych i zachowanie szczelności powietrznej budynku. Wszystko po to aby straty ciepła budynku były jak najmniejsze, a zyski ciepła jak największe. Równie ważny jest wybór konstrukcji budynku. Budynki masywne o wysokiej akumulacyjności cieplnej cechują się lepszym wykorzystaniem zysków ciepła, a co za tym idzie mniejszym zapotrzebowaniem na ciepło użytkowe.

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Ten etap projektowania jest szczególnie ważny, wymaga zaangażowania nie tylko architekta, ale również pozostałych członków zespołu projektowego, gdyż podjęte na tym etapie decyzje będą miały bezpośredni wpływ na projektowaną charakterystykę energetyczną budynku.



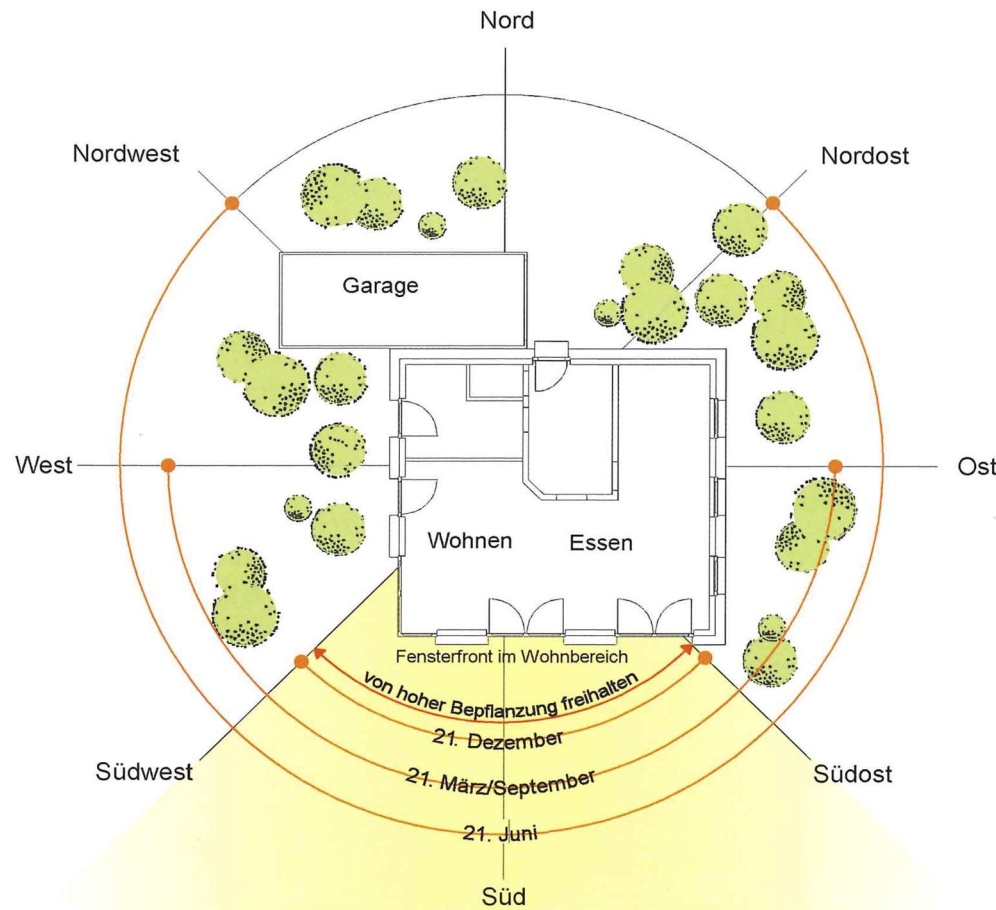
Osiedle budynków pasywnych – budynki wielorodzinne z mieszkaniami socjalnym

Innsbruck, Austria (Fot. autora)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

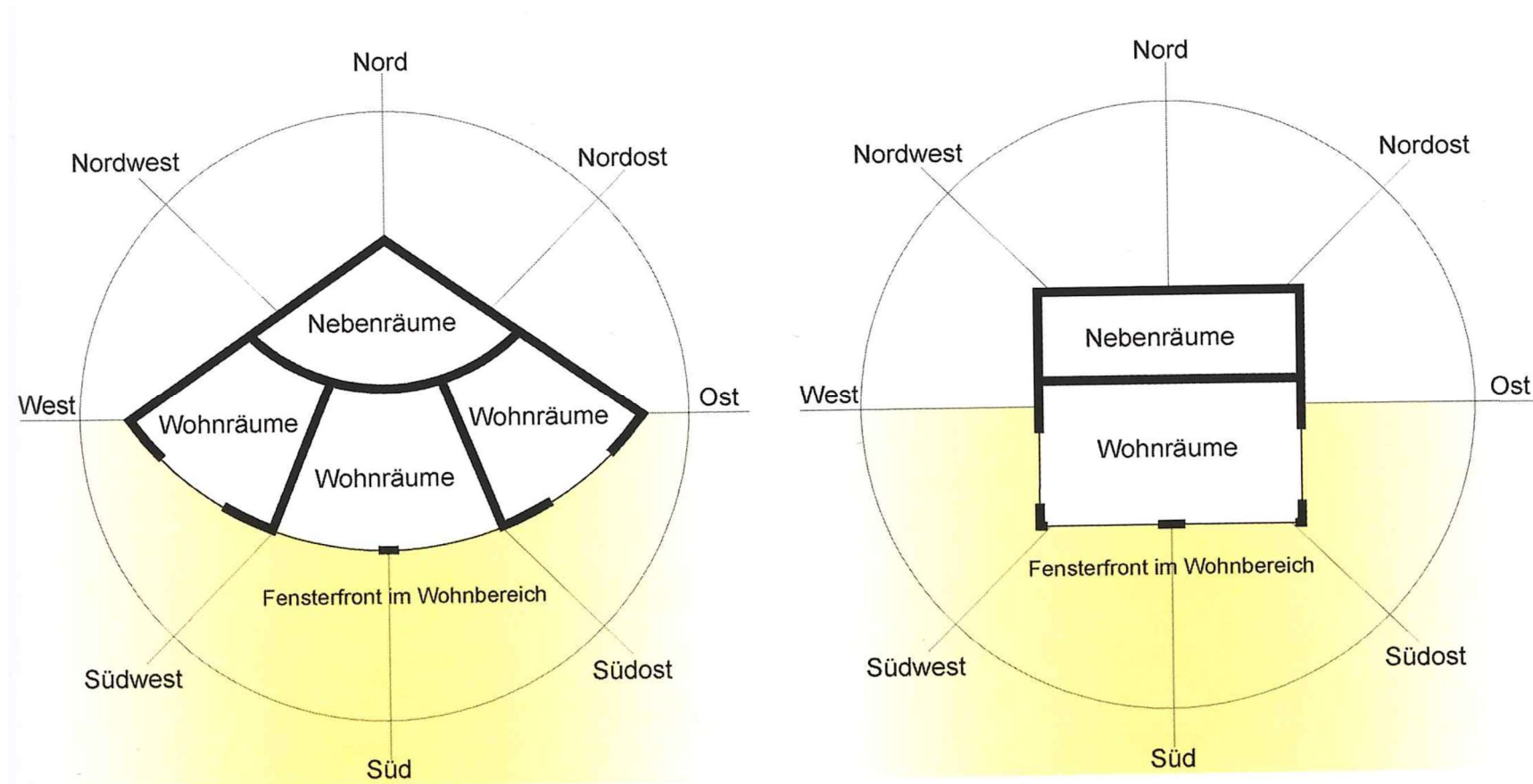
Cechy budynków o niskim zużyciu energii:

- 1) Optymalne rozmieszczenie pomieszczeń względem stron świata, kształt budynku (zwartość budynku A/V)



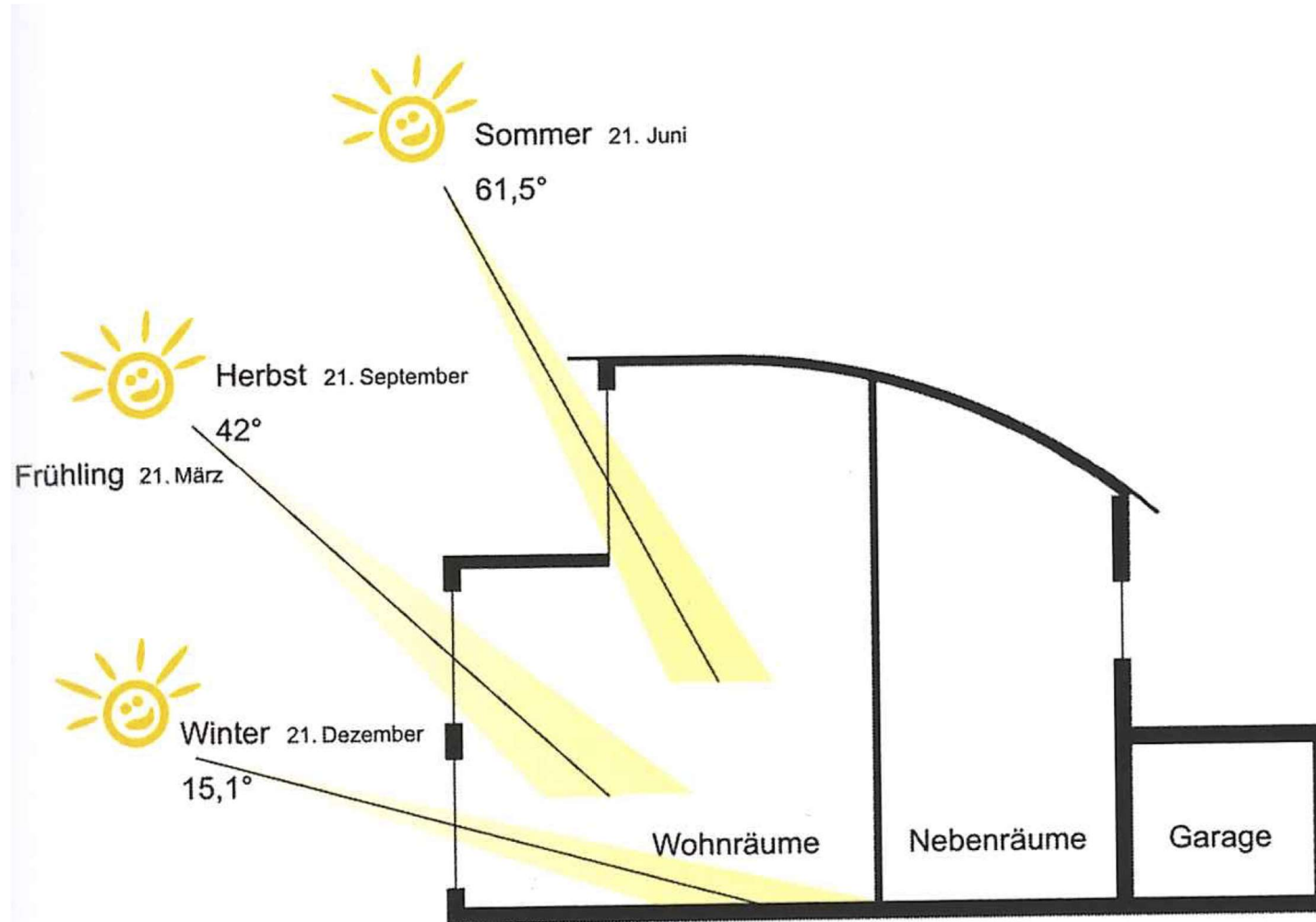
Schemat optymalnego rozmieszczenia pomieszczeń (Passivhauser, Adolf – W. Sommer)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Schemat rozmieszczenia pomieszczeń korzystny pod względem energetycznym (Passivhauser, Adolf – W. Sommer)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



(Passivhauser, Adolf – W. Sommer)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

2) Bardzo dobra izolacyjność cieplna przegród budowlanych (min. WT2021, PH)

3) Bardzo dobra izolacyjność i bardzo wysoka szczelność stolarki okiennej i drzwiowej ($U \leq 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$)

4) Eliminacja mostków cieplnych

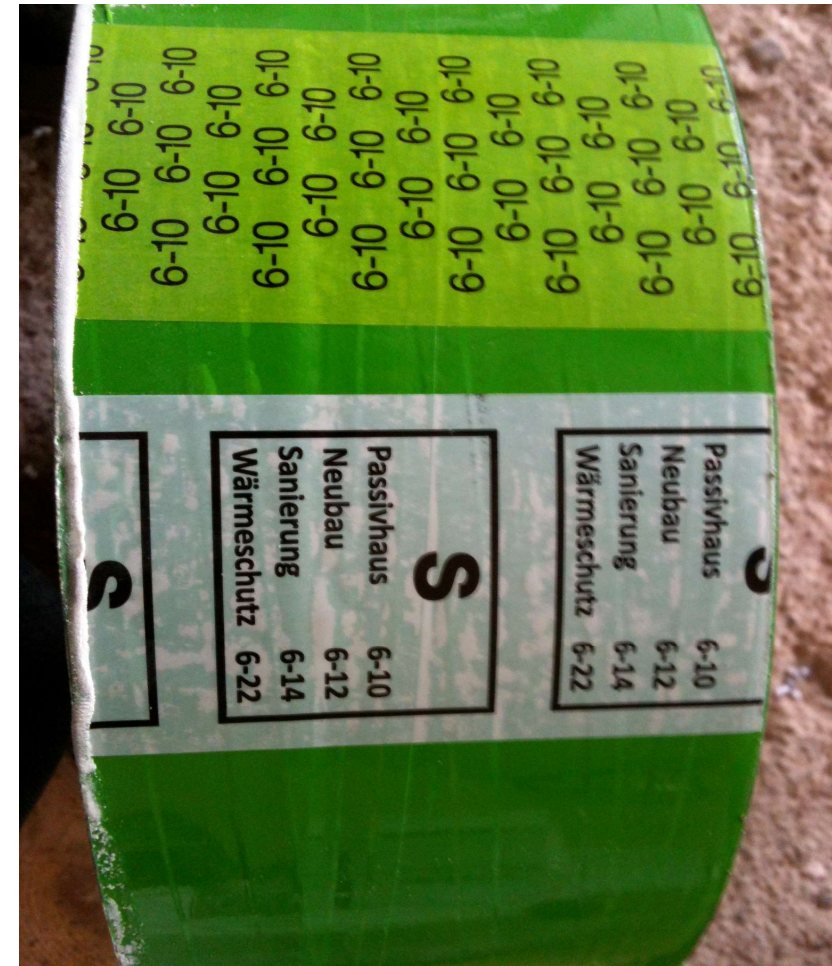
		WT2014	WT2021	PH-1
Ściany zewnętrzne	d [cm]	16	19	30
Stropodach	d [cm]	19	26	43
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	d [cm]	16	16	16
Strop nad przejazdem	d [cm]	19	26	26
Ściany wewnętrzne	d [cm]	13	13	30

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Profile do „ciepłego montażu” w systemie „MOWO” f-my Illbruck (fot. Autora)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

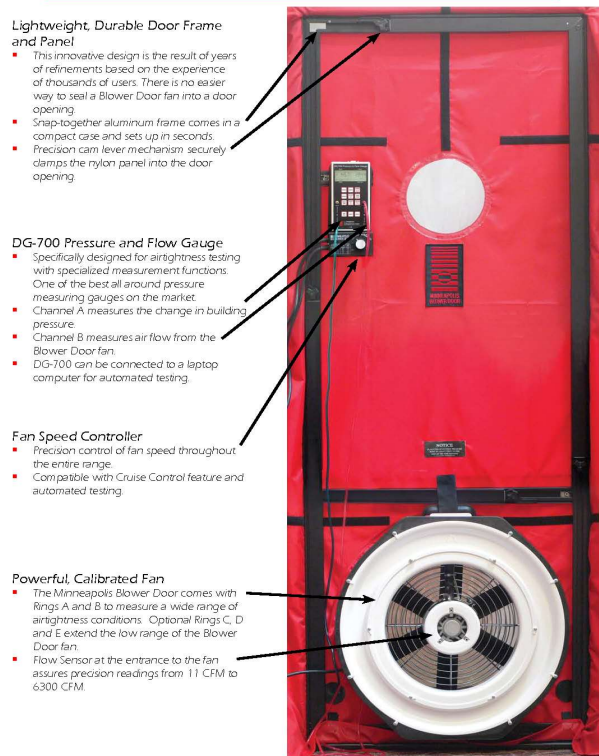


Ciepły montaż okien pasywnych z wykorzystaniem systemu „MOWO” f-my Illbruck z uszczelnieniem taśmą rozprężną (fot. Autora)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

5) Szczelność powietrzna budynku (zgodnie z WT2021 dla budynków wyposażonych w wentylację mechaniczną $n_{50} < 1,5h^{-1}$, wg wymagań Instytutu PH $n_{50} < 0,6h^{-1}$. Badania szczelności wykonywane są wg metody B opisanej w PN-EN 13829:2002)

Anatomy of the Minneapolis Blower Door



Przykład zabezpieczenia przejść instalacyjnych przez ścianę zewnętrzną (Passivhauser, Adolf – W.Sommer)

PN – EN 13929:2002 Właściwości cieplne w budynkach – Określanie przepuszczalności powietrznej budynków – Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora

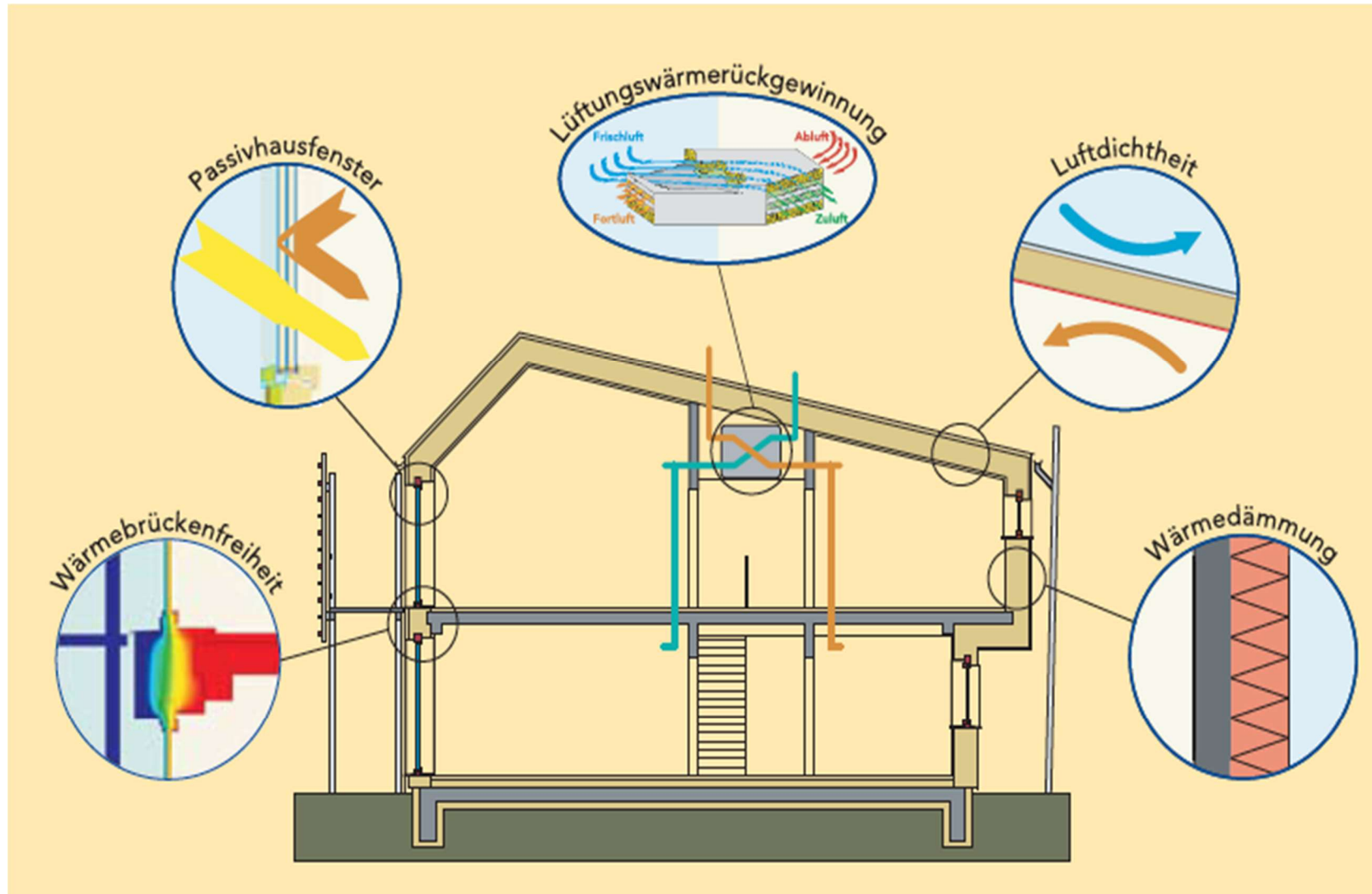
Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Próba szczelności budynku w pod i nad ciśnieniu – lokalizacja wycieków

(fot. A. Górka)

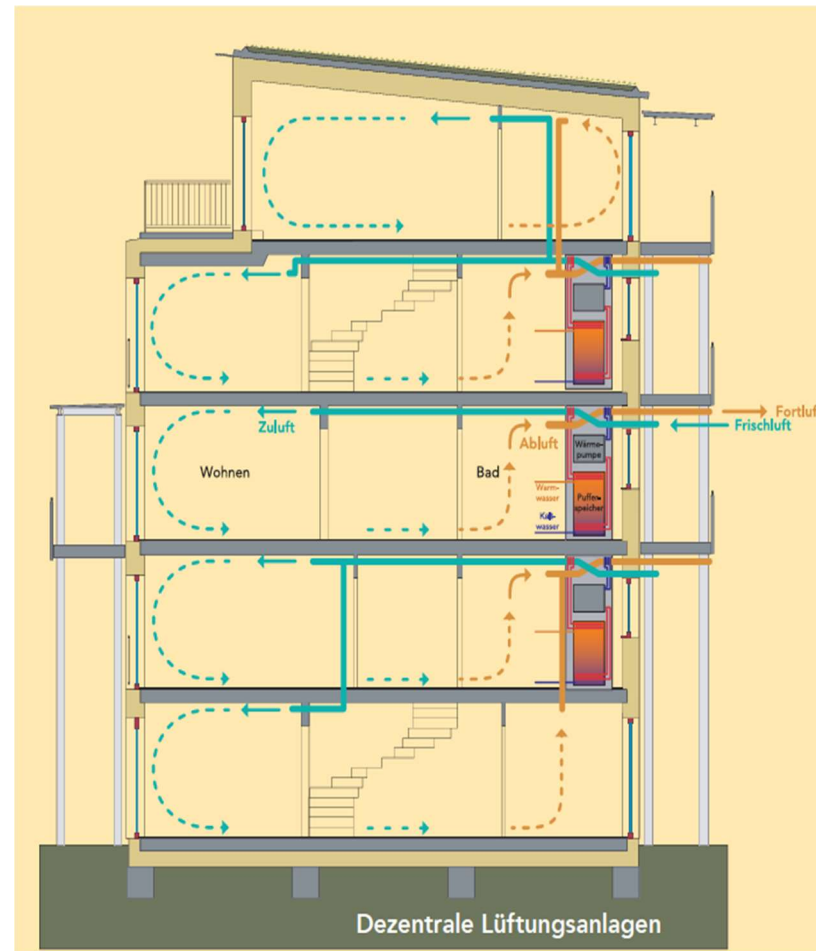
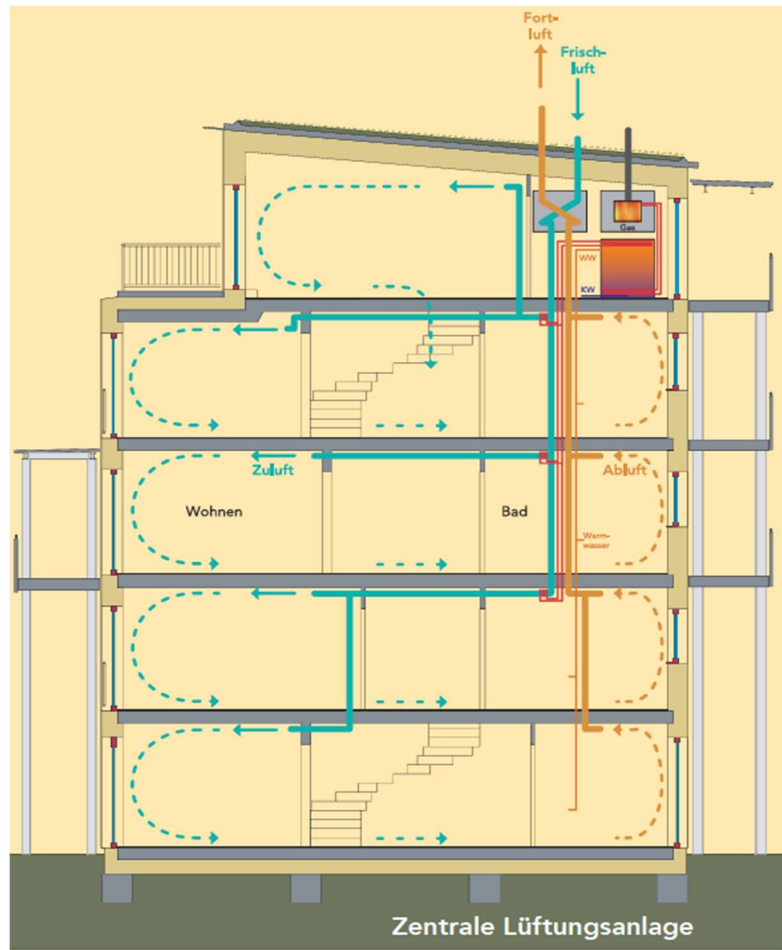
Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Pięć cech budynków niskoenergetycznych
(Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

6) Wentylacja mechaniczna nawiewno – wywiewna z wysokosprawnym odzyskiem ciepła (zastosowanie dodatkowych elementów podnoszących efektywność wentylacji, np. gruntowego powietrznego wymiennika ciepła)



Przykładowe rozwiązania wentylacji mechanicznej w budynku wielorodzinnym – instalacja centralne i indywidualna (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Czerpnie ścienne dla indywidualnych układów wentylacyjnych w budynku wielorodzinnym – kanały wentylacyjne rozprowadzone w stropach (Fot. autora)

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

7) Wysokosprawny system grzewczy, niskotemperaturowy

- a. Ogrzewanie podłogowe
- b. Ogrzewanie ścienne
- c. Stropy uaktywnione termicznie



Stropy uaktywnione termicznie – węzownice ułożone w części konstrukcyjnej stropu przed zalaniem betonem (Fot. autora)

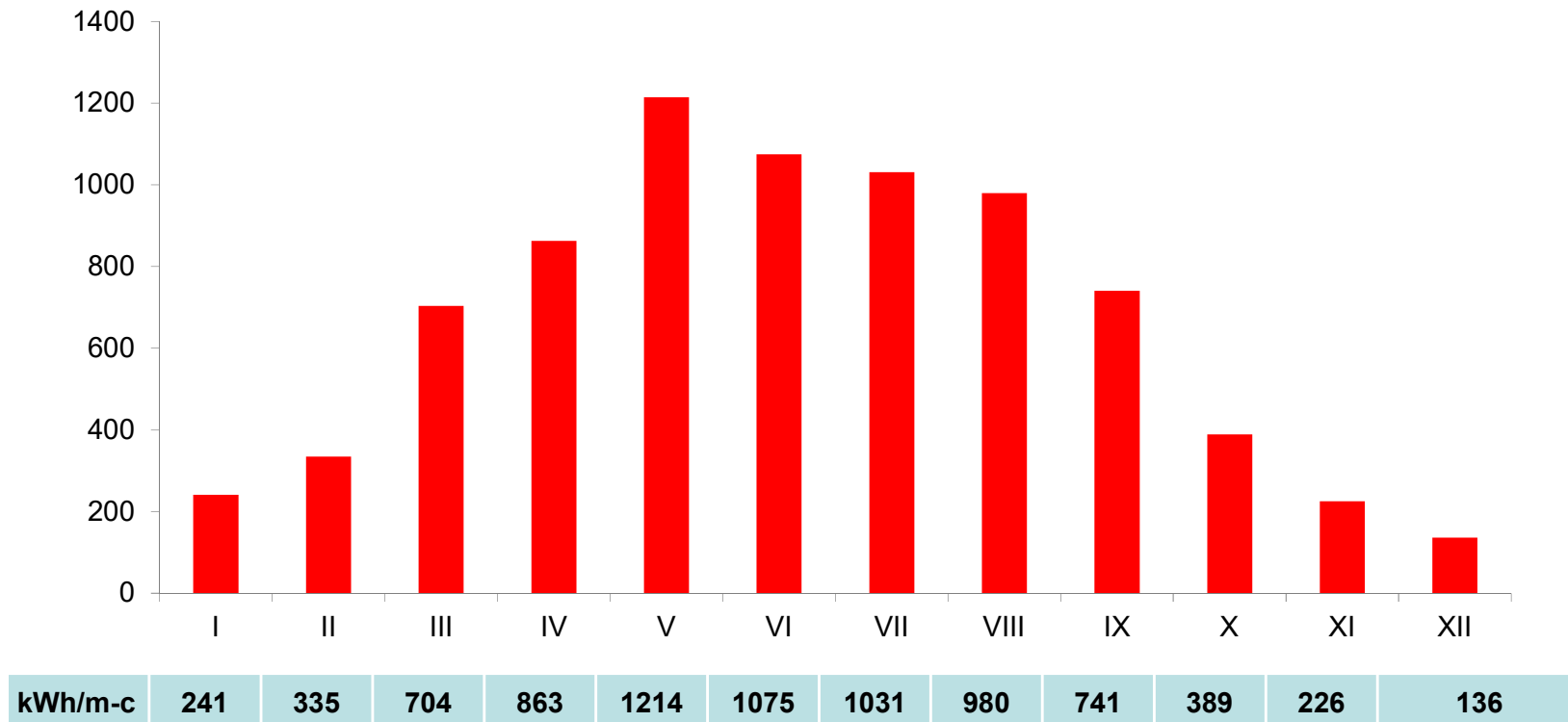
Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

8) Odnawialne źródła energii (instalacje fotowoltaiczne, kolektory termiczne, pomy ciepła, kotły na biomasę)

Poniższej przedstawiono wykres produkcji energii elektrycznej wytwarzanej w instalacji fotowoltaicznej o mocy 10 kWp, składającej się z 40 modułów o łącznej powierzchni 65m². Obliczenia wykonane zostały dla stacji meteorologicznej w Bydgoszczy. Roczna produkcja wynosi 7.933 kWh/rok.

Moduły zorientowane są na południe i pochylone w stosunku do płaszczyzny poziomej pod kątem 30°. Sprawność konwersji wynosi 15,4%, sprawność inwertera 85,6%.

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.



Miesięczny profil produkcji energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej o mocy 10kWp.
Roczna produkcja 7.933 kWh/a – lokalizacja Bydgoszcz. (Obliczenia autora).

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii – przykładowe warianty rozwiązań

Przedstawiony wcześniej budynek poddany został analizie wariantowej w zakresie jakości obudowy i techniki instalacyjnej. Jako bazowe konfiguracja obudowy budynku wykorzystane zostały, użyte wcześniej modele budynków WT2021-3 i PH-1. Budynek WT2021-3 to budynek o izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych na poziomie określonym WT2021, wyposażony w instalacje wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła o średniej rocznej sprawności 56%, budynek zasilany jest w tym wariantcie ciepłem sieciowym z lokalnej ciepłowni węglowej.

Budynek PH-1 to budynek spełniający standardy budynku pasywnego, zasilany ciepłem sieciowym z lokalnej ciepłowni węglowej.

W tabeli poniżej przedstawiono różne kombinacje rozwiązań, które mają na celu stworzenie budynku spełniającego wymagania WT2021. Budynek taki musi się cechować wskaźnikiem rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody EP_{H+W} 65kWh/m² rok.

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wariant:	WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
Instalacja centralnego ogrzewania	Grzejniki 55/40oC	Grzejniki 55/40oC	Ogrzewanie płaszczyznowe nowe 35/28oC	Ogrzewanie płaszczyznowe 35/28oC	Ogrzewanie płaszczyznowe 35/28oC	Ogrzewanie płaszczyznowe 35/28oC	Grzejniki 55/40oC	Grzejniki 55/40oC	Grzejniki 55/40oC	Ogrzewanie płaszczyznowe 35/28oC
Źródło ciepła dla c.o.	Węzeł cieplny, lokalna ciepłownia węglowa	Węzeł cieplny, lokalna ciepłownia węglowa	Pompa ciepła P/W +bufor	Pompa ciepła P/W +bufor	Gazowy kocioł kondensacyjny	Gazowy kocioł kondensacyjny	Kotłownia na pellet	Węzeł cieplny, ciepło sieciowe z kogeneracji	Węzeł cieplny, lokalna ciepłownia węglowa	Pompa ciepła P/W +bufor
Źródło ciepła dla c.w.u.	Węzeł cieplny, lokalna ciepłownia węglowa	Węzeł cieplny, lokalna ciepłownia węglowa	Pompa ciepła P/W	Pompa ciepła P/W	Gazowy kocioł kondensacyjny	Gazowy kocioł kondensacyjny	Kotłownia na pellet	Węzeł cieplny, ciepło sieciowe z kogeneracji	Węzeł cieplny, lokalna ciepłownia węglowa	Pompa ciepła P/W
Współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej										
Wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla ogrzewania i wentylacji	1,30	1,30	3,00	3,00	1,10	1,10	0,20	0,80	1,30	3,00
Wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla ciepłej wody	1,30	1,30	3,00	3,00	1,10	1,10	0,20	0,80	1,30	3,00

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wariant:		WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
Sprawność instalacji ogrzewczej											
Sprawność wytwarzania ciepła	$h_{H,g}$	98%	98%	300%	300%	94%	94%	65%	98%	98%	300%
Sprawność regulacji i wykorzystania	$h_{H,e}$	88%	88%	89%	89%	89%	89%	89%	88%	89%	89%
Sprawność przesyłu ciepła	$h_{H,d}$	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Sprawność akumulacji	$h_{H,s}$	100%	100%	93%	93%	100%	100%	93%	100%	100%	93%
Całkowita sprawność systemu grzewczego	$h_{H,Tot}$	82%	82%	236%	236%	79%	79%	51%	82%	83%	236%
Sprawność instalacji ciepłej wody użytkowej											
Sprawność wytwarzania ciepła	$h_{W,g}$	97%	97%	260%	260%	85%	85%	65%	97%	97%	260%
Sprawność regulacji i wykorzystania	$h_{W,e}$	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Sprawność przesyłu ciepła	$h_{W,d}$	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Sprawność akumulacji	$h_{W,s}$	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Całkowita sprawność instalacji ciepłej wody użytkowej	$h_{W,Tot}$	66%	66%	177%	177%	58%	58%	44%	66%	66%	177%

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wariant:		WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
Zapotrzebowanie na energię użytkową											
Zapotrzebowanie na ciepło użytkowe do ogrzewania i wentylacji	$Q_{H,nd}$ [kWh/rok]	101 194	43 051	43 051	43 051	43 051	25 034	43 051	43 051	25 034	25 034
Zapotrzebowanie na ciepło użytkowe do przygotowania cwu	$Q_{W,nd}$ [kWh/rok]	46 449	46 449	46 449	46 449	46 449	46 449	46 449	46 449	46 449	46 449
Zapotrzebowanie na energię końcową											
Zapotrzebowanie na ciepło końcowe do ogrzewania i wentylacji	$Q_{K,H}$ [kWh/rok]	123 516	52 547	18 250	18 250	54 168	31 498	84 231	52 547	30 213	10 612
Zapotrzebowanie na elektryczną energię pomocniczą do wentylacji	$Q_{K,E.El.}$ [kWh/rok]	-	10 180	10 180	7 288	10 180	7 288	10 180	7 288	7 228	10 180
Zapotrzebowanie na ciepło końcowe do przygotowania cwu	$Q_{K,W}$ [kWh/rok]	70 419	70 419	26 272	26 272	80 361	80 361	105 087	70 419	70 419	26 272

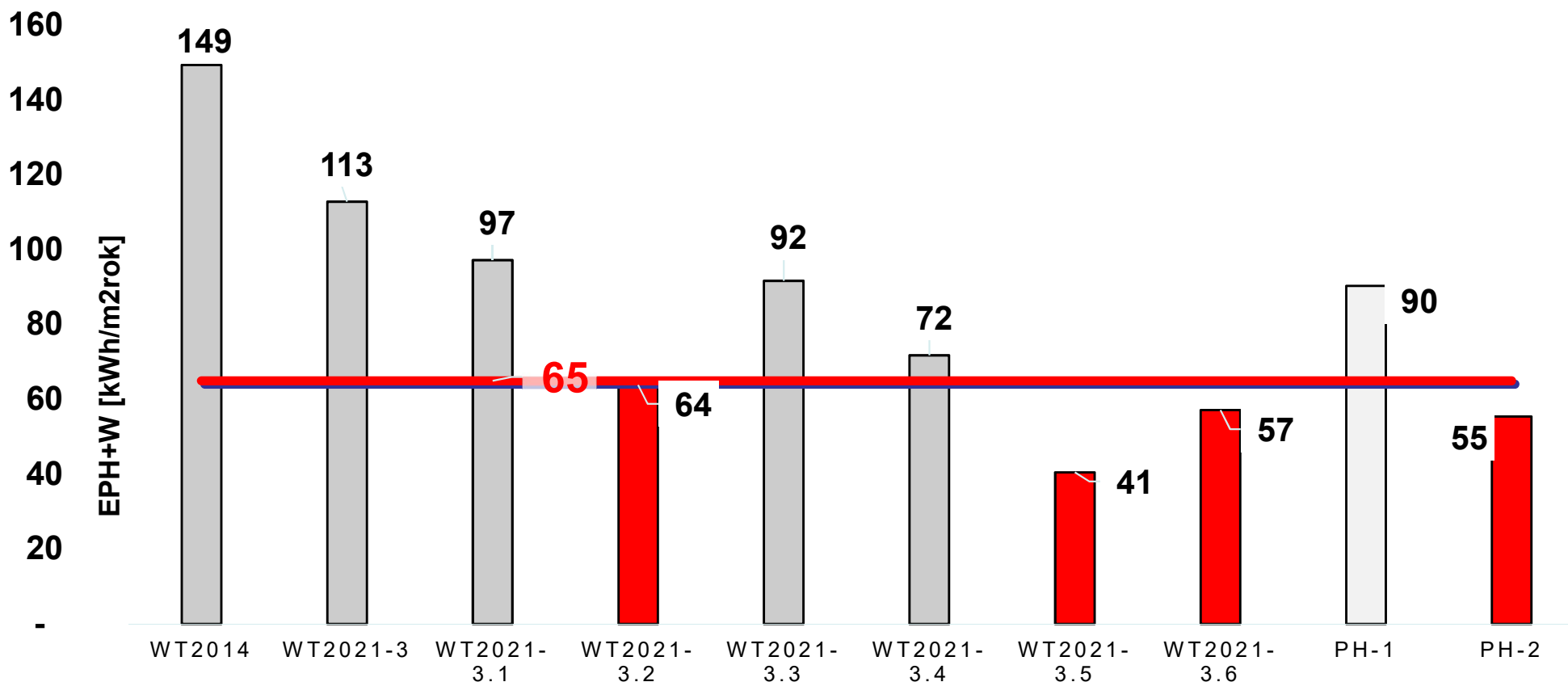
Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wariant:		WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
Zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną											
Energia pierwotna do ogrzewania i wentylacji	$Q_{P,H}$ [kWh/rok]	160 571	98 851	85 290	29 016	66 326	32 713	47 386	40 103	60 960	14 779
Energia pierwotna do przygotowania ciepłej wody	$Q_{P,W}$ [kWh/rok]	91 545	91 545	78 815	78 815	88 397	88 397	21 017	56 335	91 545	78 815
Energia pierwotna do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody	$Q_{P,H+W}$ [kWh/rok]	252 115	190 396	164 106	107 832	154 722	121 110	68 404	96 438	152 505	93 594
Wskaźnik zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody	EP_{H+W} [kWh/rok]	149	113	97	64	92	72	41	57	90	55

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wskaźnik zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody

Przykłady wariantów rozwiązań



Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wnioski:

1. Z powyższego wynika, że zastosowanie węzła ciepłego zasilanego z miejskiej sieci ciepłowniczej opalanej węglem w budynku spełniającym, pod względem izolacyjności cieplnej i techniki instalacyjnej wymagania WT2021 i PH jako podstawowego źródła ciepła będzie niemożliwe (WT2021-3, PH-1). Takie rozwiązania występują, min. w: Koronowie, Szubinie, Nakle nad Notecią, Inowrocławiu, Barcinie, Żninie czy Toruniu).
2. Zastosowanie pomp ciepła powietrze – woda (o średnim rocznym COP dla ogrzewania równym 3,0, a dla ciepłej wody 2,6) będzie możliwe przy zastosowaniu instalacji fotowoltaicznej i rekuperatorów przystosowanych do budynków pasywnych (WT2021-3.2, PH-2)
3. Przy wykorzystaniu instalacji fotowoltaicznej do napędu wentylatorów instalacji wentylacyjnej, możliwe będzie spełnienie warunków WT2021 dla budynku wyposażonego w węzeł cieplny zasilany z elektrociepłowni – kogeneracja węglowa, np. Bydgoszcz (WT2021-3.6).

Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.

Wnioski:

4. Budynek o izolacyjności i technice instalacyjnej określonej przez WT2021 i standard PH, wyposażony w kondensacyjny kocioł gazowy i instalację fotowoltaiczną (WT2021-3.3, WT2021-3.4) nie spełnia wymogów WT2021.
5. Najniższą wartość wskaźnika EP osiąga budynek zasilany z kotłowni na biomasę (WT2021-3.5), który jest najmniej efektywny energetycznie. Eliminuje to, co najwyżej emisję CO₂, pozostawiając nie rozwiązany problem emisji pyłów TSP (w tym PM10 i PM2,5).

Ekonomiczne aspekty budynków nZEB.

Dla przedstawionych powyżej wariantów rozwiązań określono koszty eksploatacyjne i inwestycyjne budynków.

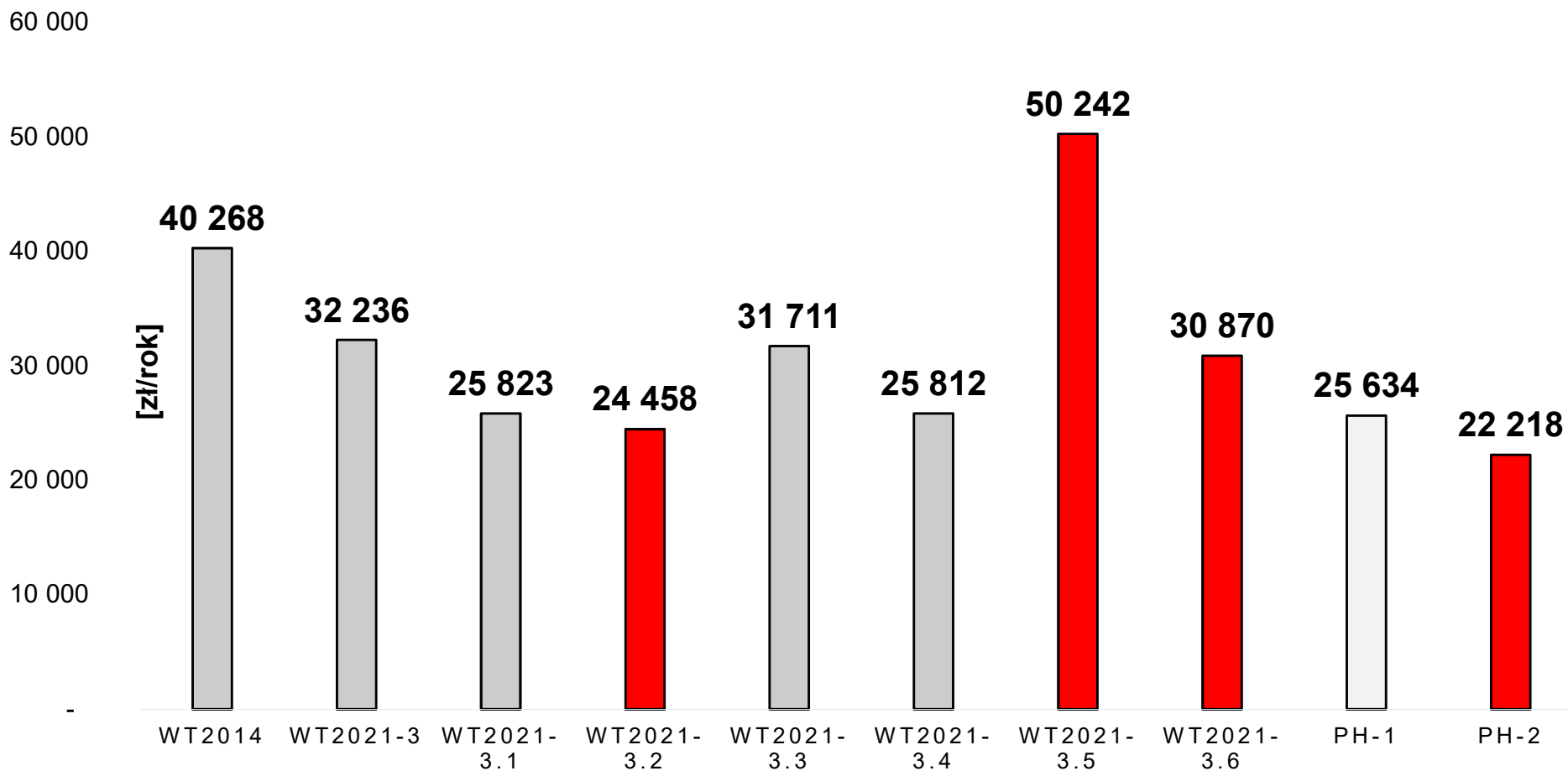
W obliczeniach kosztów budynków zasilanych z sieci ciepłowniczej pominięto koszt mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody. Przyjęto następujące ceny jednostkowe energii (brutto):

Ciepło sieciowe (energia)	0,1809	zł/ kWh
Ciepło sieciowe (moc zamówiona)	11.932	zł/MW m-c
Energia elektryczna	0,47207	zł/ kWh
Gaz ziemny sieciowy	0,2000	zł/ kWh
Pellet	0,2400	zł/ kWh

Ekonomiczne aspekty budynków nZEB.

Koszty eksploatacyjne wariantów rozwiązań budynków nZEB [zł/rok]

WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
40 268	32 236	25 823	24 458	31 711	25 812	50 242	30 870	25 634	22 218



Ekonomiczne aspekty budynków nZEB.

Nakłady inwestycyjne na realizację budynków nZEB w wybranych wariantach [zł/rok]

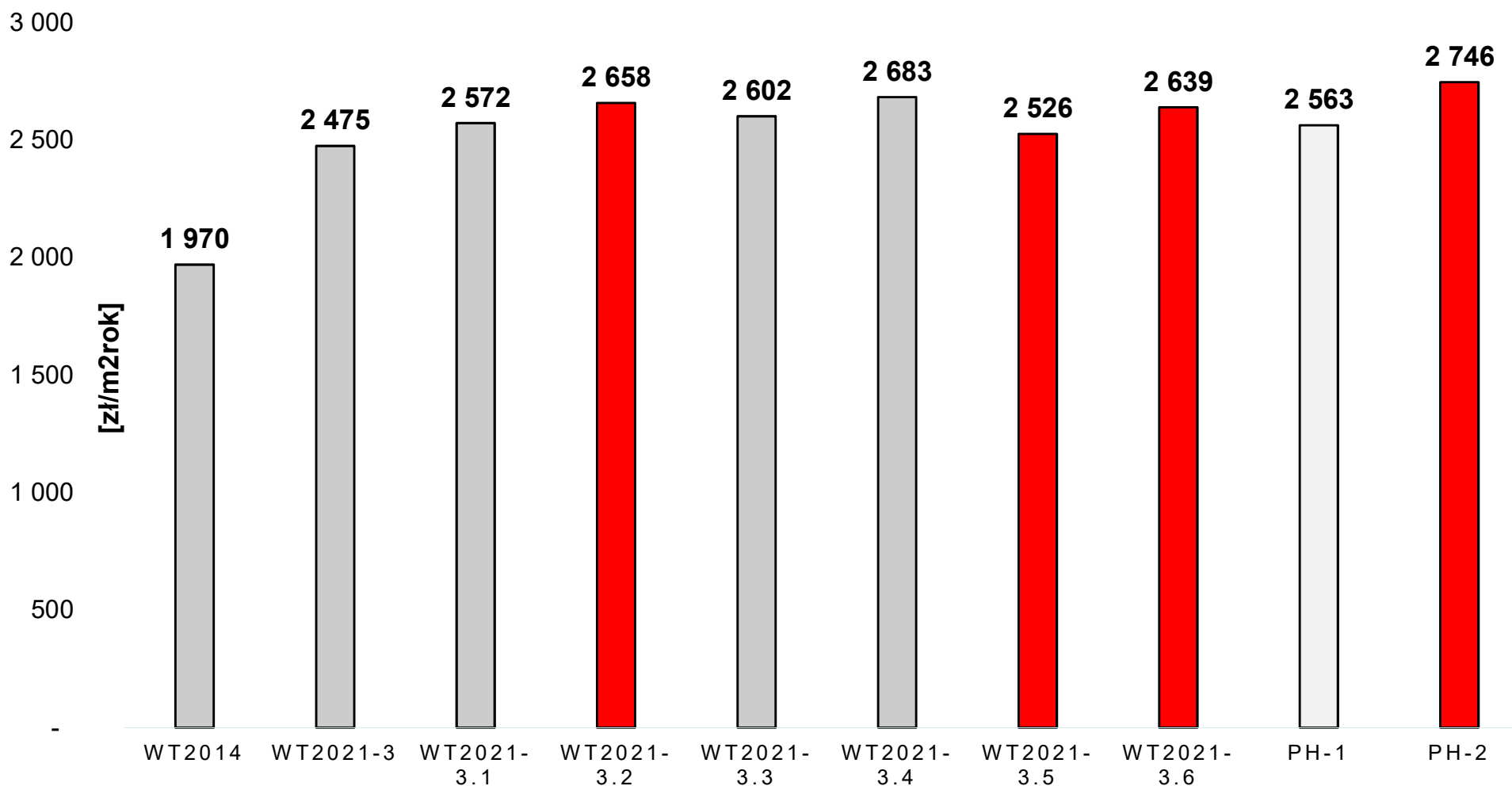
		WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
Ściany zewnętrzne	d [cm]	16	19	19	19	19	30	19	30	30	30
Stropodach	d [cm]	19	26	26	26	26	64	26	64	43	43
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	d [cm]	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Strop nad przejazdem	d [cm]	19	26	26	26	26	43	26	43	26	43
Ściany wewnętrzne	d [cm]	13	13	13	13	13	30	13	30	30	30
Ściany zewnętrzne	[zł]	31 284	37 149	37 149	37 149	37 149	58 656	37 149	58 656	58 656	58 656
Stropodach	[zł]	15 322	20 967	20 967	20 967	20 967	51 610	20 967	51 610	34 676	34 676
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	[zł]	12 160	12 160	12 160	12 160	12 160	12 160	12 160	12 160	12 160	12 160
Strop nad przejazdem	[zł]	122	167	167	167	167	276	167	276	167	276
Ściany wewnętrzne	[zł]	9 631	9 631	9 631	9 631	9 631	22 224	9 631	22 224	22 224	22 224
Razem przegrody pełne	[zł]	68 519	80 074	80 074	80 074	80 074	144 926	80 074	144 926	127 883	127 992
Stolarka okienna	U [W/m ² K]	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80
Stolarka drzwiowa	U [W/m ² K]	1,70	1,30	1,30	1,30	1,30	1,10	1,30	1,10	1,10	1,10
Okna	[zł]	246 154	307 692	307 692	307 692	307 692	377 622	307 692	377 622	377 622	377 622
Montaż okien	[zł]	14 813	57 607	57 607	57 607	57 607	86 411	57 607	86 411	86 411	86 411

Ekonomiczne aspekty budynków nZEB.

Drzwi	[zł]	10 962	11 869	11 869	11 869	11 869	14 137	11 869	11 869	14 137	14 137
Montaż drzwi	[zł]	889	3 456	3 456	3 456	3 456	3 456	3 456	3 456	3 456	3 456
Razem stolarka okienna i drzwiowa	[zł]	272 818	380 625	380 625	380 625	380 625	481 626	380 625	479 358	481 626	481 626
Obudowa bryły budynku łącznie	[zł]	341 337	460 699	460 699	460 699	460 699	626 552	460 699	624 284	609 509	609 618
Instalacja fotowoltaiczna	[zł]	-	-	-	172 000	86 000	86 000	-	86 000	-	172 000
Instalacja wentylacji mechanicznej	[zł]	-	456 192	483 840	456 192	483 840	456 192	483 840	483 840	456 192	456 192
Instalacja centralnego ogrzewania	[zł]	246 240	337 063	391 721	391 721	391 721	391 721	337 063	337 063	337 063	391 721
Źródło ciepła	[zł]	36 720	36 720	118 800	118 800	82 080	82 080	95 040	36 720	36 720	118 800
Razem technika instalacyjna	[zł]	282 960	829 975	994 361	1138 713	1043 641	1015 993	915 943	943 623	829 975	1138 713
Budynek pomniejszony o obudowę i technikę instalacyjną	[zł]	2699 680	2885 283	2885 283	2885 283	2885 283	2885 283	2885 283	2885 283	2885 283	2885 283
Razem budynek	[zł]	3323 977	4175 956	4340 343	4484 695	4389 623	4527 829	4261 924	4453 190	4324 767	4633 615
Nakład jednostkowy	[zł / m2]	1 970	2 475	2 572	2 658	2 602	2 683	2 526	2 639	2 563	2 746
		WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2

Ekonomiczne aspekty budynków nZEB.

Jednostkowe nakłady inwestycyjne na realizację budynków nZEB w wybranych wariantach [zł/m²rok]



Ekonomiczne aspekty budynków nZEB.

Ocena ekonomiczna proponowanych rozwiązań

		WT2014	WT2021-3	WT2021-3.1	WT2021-3.2	WT2021-3.3	WT2021-3.4	WT2021-3.5	WT2021-3.6	PH-1	PH-2
Nakłady inwestycyjne	[zł]	3 323 977	4 175 956	4 340 343	4 484 695	4 389 623	4 527 829	4 261 924	4 453 190	4 324 767	4 633 615
Różnica w nakładach inwestycyjnych pomiędzy proponowanymi wariantami a WT2014	[zł]	-	851 980	1 016 367	1 160 719	1 065 647	1 203 852	937 948	1 129 213	1 000 790	1 309 638
Wzrost nakładów w stosunku do obowiązującego standardu WT2014	[%]	100%	126%	131%	135%	132%	136%	128%	134%	130%	139%
Koszty eksploatacyjne	[zł]	40 268	32 236	25 823	24 458	31 711	25 812	50 242	30 870	25 634	22 218
Różnica kosztów eksploatacyjnych proponowanych wariantów i WT2014		-	8 033	14 445	15 810	8 557	14 456	<u>-9 974</u>	9 398	14 635	18 051
Czas zwrotu dodatkowych nakładów w stosunku do wariantu WT2014	[lata]	-	106	70	73	125	83	-	120	68	73



Jacek Miklas
ul. Roosevelta 15/3c
88 – 100 Inowrocław

+48 52 355 22 15

+48 693 340 981

jacek.miklas@zis.net.pl



Dziękuję za uwagę !