

Możliwość doprowadzenia do stanu zeroenergetyczności istniejącego monoenergetycznego budynku mieszkalnego na bazie prosumenckich systemów PV i pomp ciepła, w warunkach polskich

NA podstawie rozprawy doktorskiej

Dr inż. Jacek Biskupski

Politechnika Krakowska

Wydział Inżynierii Środowiska

Obrona 04.04.2018

Dlaczego napisałem drugi doktorat ?

- ▶ Łączenie aspektów ekonomiki z techniką przy uwzględnieniu aspektów środowiskowych, jest najlepszym sposobem projektowania budynków zeroenergetycznych - stosowanym dziś często przez specjalistów ocen wielokryterialnych (BREAM, LEED) - stosujących tzw. projektowanie zintegrowane
- ▶ Jednoczesna analiza stanu techniki OZE (jakie źródło i gdzie technicznie można zastosować) z zagadnieniami ekonomiki OZE (jakie źródło i gdzie się opłaca) i względami środowiskowymi (jakie źródło i gdzie można wdrożyć) jest jedynym właściwym podejściem do projektowania zintegrowanego.
- ▶ Wymaga to jednak działań interdyscyplinarnych w trójkącie technika - ekonomika - środowisko.

Stan budownictwa, do którego powinniśmy dążyć po roku 2020

- ▶ Stan docelowy - to wszystkie budynki w Polsce zero lub plus energetyczne dzięki OZE (perspektywa 2030-2050)
- ▶ Stan przejściowy - budynki dążące do zeroenergetyczności - czyli niemalZEB (nearZEB)
- ▶ Osiągnięcie stanu nZEB, czyli zerowego bilansu energii na granicy bilansowego gospodarstwa domowego - to cel Europy od roku 2020 (choć mogą istnieć indywidualne warianty).
- ▶ Aktualne prawodawstwo w Polsce- jedynie WT - obniżenie zapotrzebowania na Ek na granicy bilansowej przez redukcję strat przez przegrody. A gdzie zachowania ?
- ▶ Podstawa dla Polski, to zdaniem autora
 - ▶ obniżenie zapotrzebowania na Ek - przez termomodernizacja (nie koniecznie „budownictwo pasywne”),
 - ▶ Konieczne zmiany sposobu dostarczania ciepła do domów i mieszkań, w tym szeroko zastosowane OZE
 - ▶ przez zmianę przyzwyczajeń.

Aktualne prawodawstwo dla budownictwa nZEB

- ▶ Nowe, obowiązujące w Polsce od 01.01.2017 Wytyczne Techniczne - wprowadzają zaostrenie wymagań co do obudowy budynków mieszkalnych ograniczając zapotrzebowanie na energię pierwotną do $90 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$
- ▶ Wskazuje się na konieczność zastosowania odnawialnych źródeł energii, ale raczej jako metodę obniżania zbyt wysokiego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną
- ▶ Przepisy poza wskazaniem zerowego współczynnika nakładu dla OZE, nie wprowadzają żadnych wskazówek co do tego jakie OZE i gdzie powinno się wdrażać
- ▶ Dobre praktyki w tym zakresie zostały wypracowane u naszych zachodnich i północnych sąsiadów. Może z nich skorzystać ?

Proponowane rozwiązanie kwestii zeroenergetyczności budynków mieszkalnych w Polsce

- ▶ Budynki funkcjonujące
 - ▶ Najbardziej energochłonne - Wyburzenie
 - ▶ Budynki zabytkowe lub z potencjałem - termomodernizacja III generacji z energomodernizacją (może być na węgiel lub biomasę 5 klasy)
 - ▶ Budynki z potencjałem (E_p poniżej 80 kWh/m²rok) modernizacja HVAC - duży potencjał w OZE i GWC, dążymy do niemalZEB
- ▶ Budynki nowo projektowane
 - ▶ Budynki nowe - tylko WT 2020 (75 lub lepiej ≤ 60 kWh/m²rok), preferowane monoenergetyczne z silnym udziałem OZE i zasobnikami, projektowane jako nZEB

Zaproponowane przez autora rozwiązania problemu

- ▶ Poszukiwane są więc (co najmniej) dwa rozwiązania dla indywidualnego budownictwa mieszkaniowego w Polsce
- ▶ Pierwsze „na dziś” - czyli rozwiązanie dążące do poprawy energochłonności istniejących budynków mieszkalnych do poziomu budynków klasy niemalZEB
- ▶ Drugie „na jutro” - czyli sposób projektowania nowych budynków, które z założenia będą budynkami zero lub plus energetycznymi (nZEB)
- ▶ Czy jest możliwe znalezienie dla nich wspólnego mianownika, czy muszą to być dwa zupełnie różne rozwiązania ?

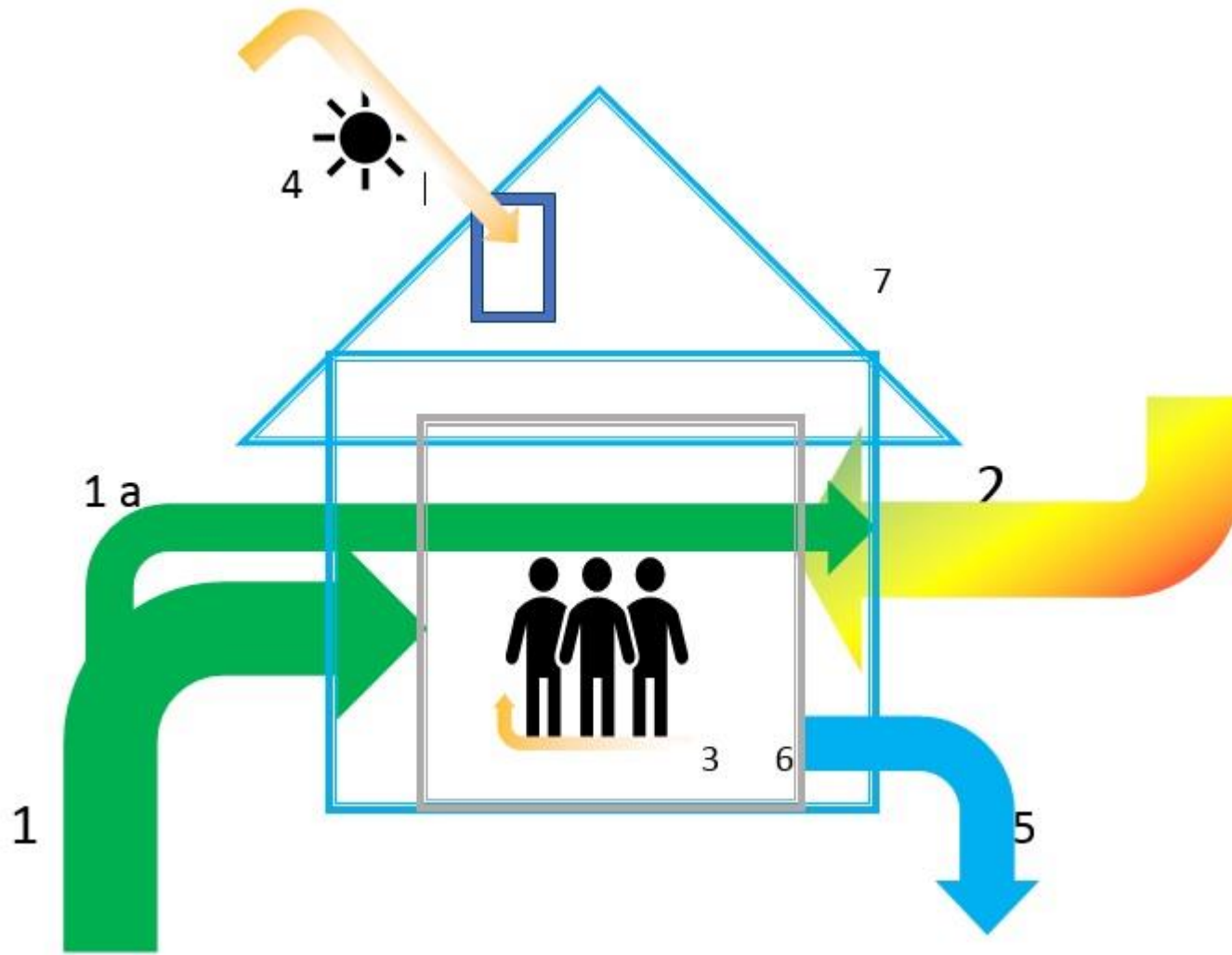
Teza pracy

Możliwe jest, osiągnięcie w warunkach polskich, w skali jednego roku (365 dni), zerowego bilansu energetycznego (stan nZEB) dla budynku jednorodzinnego poprzez zamontowanie w nim odpowiednio dobranych źródeł energii odnawialnych, zsynchronizowanie ich z siecią elektro-energetyczną (OSD) oraz wykorzystywanie tej sieci jako zasobnika energii.

Praca doktorska - główne cele

- ▶ Opracowanie modelu energetycznego budynku jednorodzinnego w dwóch wariantach:
- ▶ Wariant 1 - DLA BUDYNKÓW ISTNIEJĄCYCH - układ biwalentny - potrzeby energetyczne (w okresie grzewczym) z kotła na lokalnie produkowaną biomasę a potrzeby na energię elektryczną z PV z częściowym oddawaniem do sieci OSD.
- ▶ Wariant 2 - DLA BUDYNKÓW NOWO-BUDOWANYCH (lub gruntownie modernizowanych) układ monowalentny wszystkie potrzeby energetyczne (w okresie grzewczym i chłodniczym) z energii elektrycznej z PV z częściowym składowaniem w sieci OSD (E_e) i lokalnych zasobnikach (E_c).

Jak rozumieć zerowy bilans energetyczny zgodnie z EU



Równania bilansu energetycznego budynku

▶ $E = \sum E_{del,i} - \sum E_{ex,j}$

▶ gdzie :

▶ E - bilans energetyczny budynku.

▶ $E_{del,i}$ - energia dostarczona z danego nośnika energii i ;

▶ $E_{exp,j}$ - energia wyeksportowana z danego nośnika energii j ;

Autorskie równanie bilansu

- ▶ $E_{akkum} + \int_R (P_{Dem}(t) - P_{Supp}(t))dt = 0$
- ▶ Gdzie:
- ▶ $P_{dem}(t)$ - to całosciowe zapotrzebowanie na moc użytkową (na ogrzewanie, straty wentylacyjne, CWU, w okresie użytkowania (roku - również „energię pomocniczą”) i „energię użytkową” dla danego prowadzenia gospodarstwa domowego)
- ▶ $P_{supp}(t)$ - to całkowita podaż użytecznej mocy do budynku ze źródeł odnawialnych w okresie bilansowania
- ▶ $E_{akkum}(t)$ - to energia zakumulowana w OSD, dostępna w „opustami” zgodnie z [1]

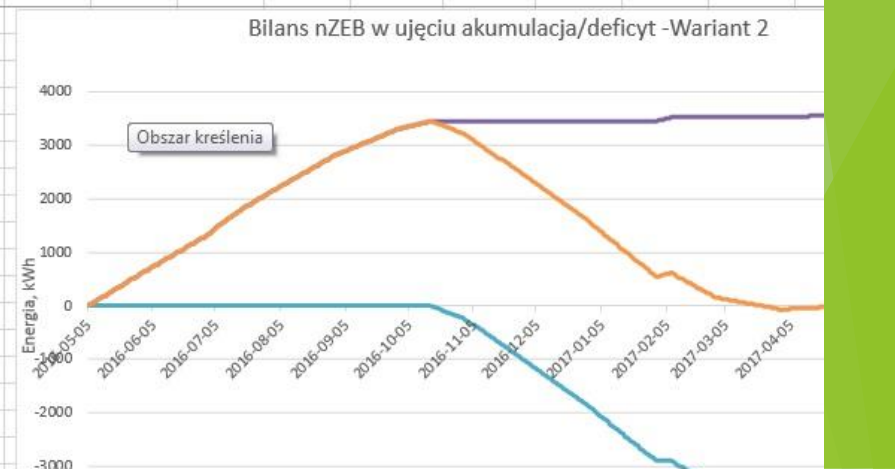
Pierwszy etap pracy - stworzenie programu do modelowania podaży i popytu energii w budynku bazującego na podstawie wprowadzonego równania bilansu z uwzględnieniem zasobnika energii elektrycznej (Zasobnik_E)

Autorski program Bilans_nZEB

- ▶ Stworzony na podstawie standardowych narzędzi i funkcji (program Microsoft Excel 2015)
- ▶ Funkcje dynamicznych skryptów przeliczających podaż i popyt energii w okresie bilansowania (365 lub 366 dni)

bilansRO		Dem dniowy - urządzenia	ZIMA	od 01.11.20xx - 30.04.20xx						miesięczny	Taryfa 1
Bilan roczny:		3,568027398		h	Mnożna	kW	Dem: DC	AC	Mnożna 2	Cena G21	
Lp	Dzień		od	do	Czas [h]	Uzytkowanie	MocMAX	Energia	Energia	31x24h=	EnergiaACSuma
20-12		Zmieniaj				dobowa		Dzienna	miesięczna		
1		Zasobnik CWU_1	24	6	4	1	3	3,5	3,428571429	1	3,428571429
2		Zasobnik CWU_2	13	15	0	1	2,3	0	0	1	0
3		Dogrzewanie wentylacji_1	0	24	6	0,25	1	3,5	0,428571429	1	0,428571429
4		Dogrzewanie wentylacji_2	6.01	0	7	0,25	0	0	0	1	0
5		Dogrzewanie wentylacji_3	13.01	0	2	0,25	0	0	0	1	0
6		Dogrzewanie wentylacji_4	15.01	0	9	0,25	0	0	0	1	0
7		Ogrzewanie	0	24	24	1	3,8	3,5	26,05714286	1	26,05714286
8		Energia pomocnicza	7	24	24	1	0,0285	0,684	0,684	1	0,684
9		Oświetlenie wbudowane	15	23	7	1	0,03	0,21	0,21	1	0,21
10		Router i alarm	24	24	24	1	0,03	0,72	0,72	1	0,72
11		Łodówka T2	13	15/0-6	24	0,028	1	0,672	0,672	1	0,5
12		Odkurzacz	11	13	5	0,24	0,05	0,06	0,06	1	0,06
13		Czajnik/Ekspers	13	15	0,5	1	1,2	0,6	0,6	1	0,6
bilans roczny		3,5680274									0

Program obliczeniowy bilansu energii					bilans roczny			3,5680274					
Założenia	Szukaj dnia		Zmień plik		Ten kolor oznacza komórki z formułami, same się aktualizują. Nie ingerujemy w ich wartości.							Real dem	Real bilans
Lp	Dzień	Dem	Supp	Akkum	deficyt dnia	suma deficyt	suma akkum	ile w sieci					
350	2017-04-19	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3542,94109	-28,8561					
351	2017-04-20	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3544,8656	-26,9316					
352	2017-04-21	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3546,79011	-25,0071					
353	2017-04-22	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3548,71461	-23,0826					
354	2017-04-23	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3550,63912	-21,1581					
355	2017-04-24	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3552,56363	-19,2336					
356	2017-04-25	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3554,48813	-17,3091					
357	2017-04-26	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3556,41264	-15,3846					
358	2017-04-27	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3558,33715	-13,4601					
359	2017-04-28	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3560,26165	-11,5356					
360	2017-04-29	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3562,18616	-9,61108					
361	2017-04-30	36,2944	38,7	1,9245067	0	-3571,7972	3564,11067	-7,68657					
362	2017-05-01	35,7829	39,3	2,8136495	0	-3571,7972	3566,03518	-5,76208					
363	2017-05-02	35,7829	39,3	2,8136495	0	-3571,7972	3567,95969	-3,83759					
364	2017-05-03	35,7829	39,3	2,8136495	0	-3571,7972	3569,88420	-1,91310					
365	2017-05-04	35,7829	39,3	2,8136495	0	-3571,7972	3571,80871	0					
366				0	0	-3571,7972	3573,73322	3,568027					



Wynik modelowania dla 4 osobowej rodziny istniejący dom 300 m² (WT 2009) pod Krakowem

► Wariant 1 Spalanie biomasy + PV

- Konieczność zminimalizowania potrzeb energetycznych budynku do poziomu do ok. E_p 100-160 kWh/(m² · rok)
- Wynik modelowania: możliwy stan niemalZEB stosując Kocioł na biomasę ok. 20-25 kW oraz dodatkowo min 4,5 kWp PV zsynchronizowane z OSD.
- **Atuty**
- Brak konieczności poważnej termomodernizacji
- Możliwość zaspokojenia potrzeb (HVAC) z kotła na lokalną biomasę (zrębki wierzby energetycznej lub owies)
- Względnie tanie (inwestycyjnie) rozwiązanie
- **Mankamenty**
- Konieczność sporego nakładu pracy własnej (produkcja biomasy, składowanie, podawanie, czyszczenie kotła co 24 h)
- Emisja do środowiska cząstek stałych i gazów oraz konieczność zagospodarowania popiołów
- Brak możliwości zastosowania Wariantu 1 w aglomeracji/konurbacji (niska emisja)

Wynik modelowania dla 4 osobowej rodziny istniejący lub nowy dom 300 m² (WT 2017)

- ▶ Wariant 2 system MONOWALENTNY MONOENERGETYCZNY zasilany tylko PV - OZE min. 10 kWp PV - zsynchronizowany z OSD (które służy jako Zasobnik_E).
- ▶ Konieczność zminimalizowania potrzeb energetycznych obudowy budynku na poziomie najlepiej poniżej ok. E_p 60 kWh/(m² · rok)
- ▶ Wynik modelowania: możliwy stan nZEB (obliczeniowo +3,56 kWh/rok) przy zastosowaniu pomp ciepła i rekuperacji z GWC
- ▶ **Atuty**
- ▶ Brak emisji cząstek stałych i gazów do środowiska (a nawet oczyszczanie)
- ▶ Możliwość zaspokojenia wszystkich potrzeb energetycznych tylko z systemu fotowoltaicznego, potencjał pracy off-grid (podczas blackout)
- ▶ Brak konieczności nakładu pracy własnej mieszkańców po wprowadzeniu BMS ale konieczność współpracy z systemami optym.
- ▶ **Mankamenty:**
- ▶ Rozwiązanie znacznie droższe...
- ▶ Pytanie- jaka jest jego długofalowa ekonomika w perspektywie 15-25 lat ?

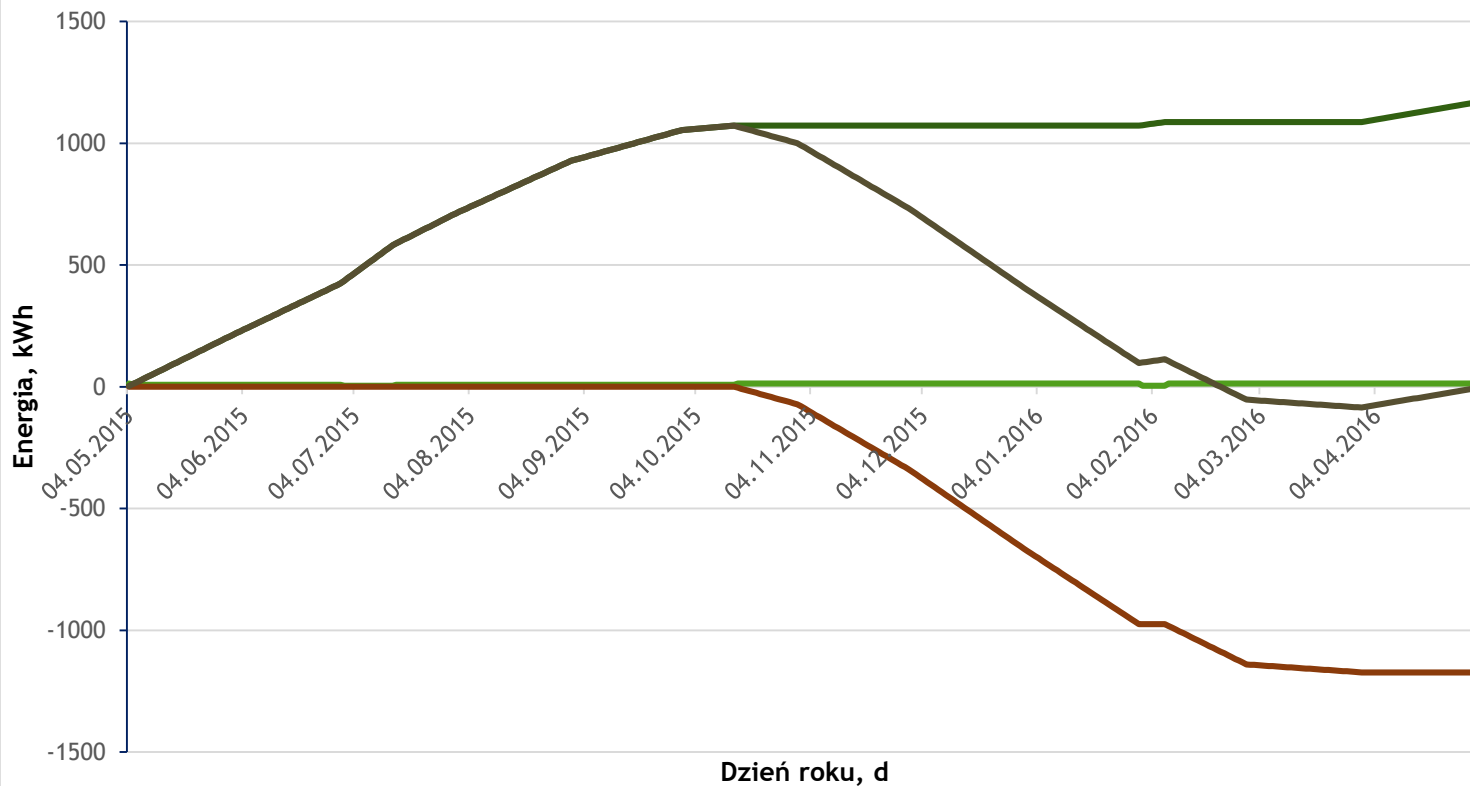
Wynik modelowania dla Wariantu 1

- ▶ Okres bilansowania wybrane 365 dni. Dla zaspokojenia potrzeb grzewczych wyliczono zapotrzebowanie budynku na ok. 5-6 Mg owsa (w zależności od najniższych temp w okresie grzewczym)
- ▶ Energia elektryczna, pozyskana z PV (i zmagazynowana u OSD) powinna wystarczyć na bieżące zapotrzebowanie budynku i korzystanie z magazynu energii w OSD do końca okresu.
- ▶ Nadmiary energii zgromadzone w Zasobniku_E (OSD) z okresu letniego powinny starczyć na cały okres zimowy i na koniec bilansowania powinno zostać w OSD jak najmniej energii
- ▶ Z wyliczeń modelu dla Wariantu 1 na koniec bilansowania powinno zostać ok. 1,4 kWh w OSD (strata o wartości ok. 1 zł)

Wyniki modelowania Wariant 1

Bilans_nZEBv13_owies+PV

Bilans nZEB Wariant 1 - Kocioł na Biomasę
+ PV 4,5kWp



— Suma energii zakumulowanej — Suma Deficyt — Energia dostępne w OSD

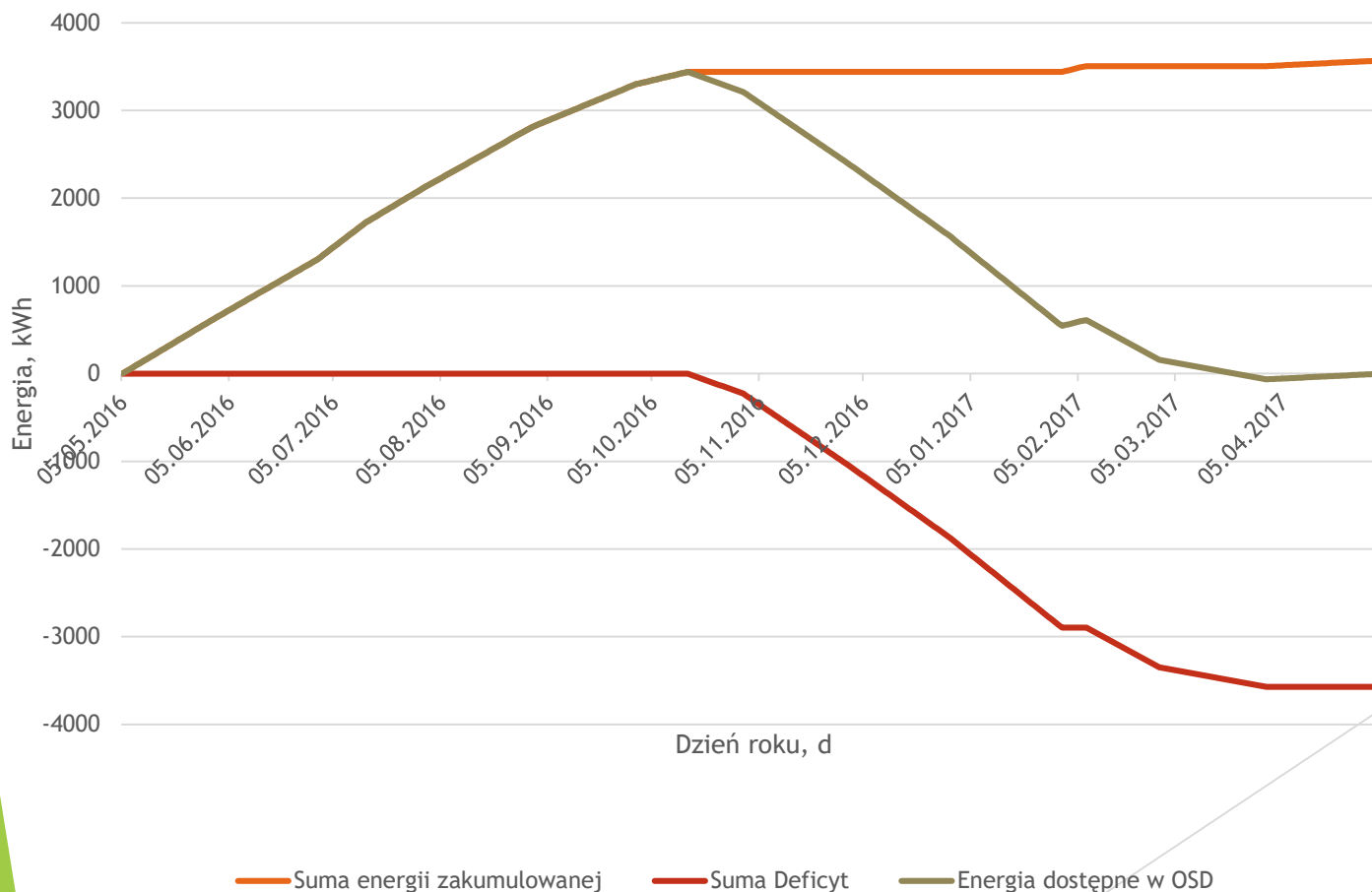
Wynik modelowania dla Wariantu 2

- ▶ Okres bilansowania to 365 dni od 2016.05.04 do 2017.05.03
- ▶ Elektryczna energia odnawialna, pozyskana z PV powinna starczyć na bieżące potrzeby budynku w okresie bilansowania, przy czym w okresie od 05.05.2016 do 15.10.2016 następuje ładowanie Zasobnika_E (OSD) a od 16.10.2016 do 2017.05.03 jego rozładowywanie
- ▶ Nadmiary energii zgromadzone w Zasobniku_E (czyli OSD) z okresu letniego powinny starczyć na cały okres zimowy i na koniec bilansowania powinno zostać ok. **+3,56 kWh** w OSD (strata ok. 2,1 zł)

Wyniki modelowania Wariant 2

Bilans_nZEBv14_MSPC

Bilans nZEB w ujęciu akumulacja/deficyt -Wariant 2



Wnioski z modelowania systemu

- ▶ Modelowanie wykazało , jak bardzo istotny jest termin (pora roku) kiedy rozpocznie się oddawanie energii do sieci OSD (bilansowanie), najoptymalniejsze jest podłączenie instalacji na wiosnę (najpierw ładowanie magazynu)
- ▶ Podłączenie w innym okresie roku (np. jesienią) może powodować konieczność zapłaty z góry rat prognozowych za energię elektryczną za pierwsze półrocze, pomimo rocznego bilansowanie systemów prosumenckich w Polsce
- ▶ Wnioski z modelowania zostały (z sukcesem) zastosowane w podłączeniu instalacji testowej w domu Galia (podłączenie instalacji prosumenckiej w kwietniu 2015)

Eksperyment badawczy

Wariant 1

- ▶ Badanie termowizyjne oraz szczelności budynku (Załącznik 1)
- ▶ Poprawki obudowy (uszczelnienia stolarki) oraz wymiana niektórych izolacji wewnętrznych (pod regipsami)
- ▶ Wymiana kotła gazowego na kocioł na owies
- ▶ Wprowadzenie instalacji PV 4,5 kWp i zsynchronizowanie jej z siecią OSD (Kwiecień 2015)
- ▶ Wprowadzenie pompy ciepła do CWU (3,8 kW) zamiast ST
- ▶ Zmiany w instalacji wewnętrznej budynku (dopas.elektr.)
- ▶ Badanie bilansu energetycznego przez okres 12 miesięcy

Wyniki realne - Realizacja Wariantu 1

- ▶ Okres bilansowania to 365 dni od 04.05.2015 do 03.05.2016
- ▶ Dla zaspokojenia potrzeb grzewczych spalono 5,3 Mg owsa
- ▶ Energia elektryczna, pozyskana z PV (i zmagazynowana u OSD) osiąga w dniu 15.10.2015 wartość maksymalną, dzieląc okres roku (bilansowego) na część bilansowo dodatnią (do 15.10.15 - oddawanie energii) i bilansowo ujemną (do 03.05.16 - pobieranie energii z OSD), zgodnie z modelem.
- ▶ Nadmiary energii zgromadzone w Zasobniku_E (OSD) z okresu letniego starczyły na cały okres zimowy i na koniec bilansowania w OSD zostaje zero kWh (i konsekwentnie brak rachunków za prąd elektryczny - jedynie opłaty stałe ok. 140-200 zł)

Eksperyment badawczy

Wariant 2

- ▶ Ponowne badanie termowizyjne oraz n50
- ▶ Uszczelnienie wentylacji wprowadzenie Gruntowego Wymiennika Ciepła,
- ▶ Rozbudowa instalacji PV do 10 kWp i zsynchronizowanie jej z siecią OSD (maj 2016)
- ▶ Wprowadzenie dwóch dodatkowych pomp ciepła - PC1- GSHP o mocy 14 KW do CO pracującą tylko w sezonie grzewczym, oraz PC2 ASHP o mocy 3KW pracującą przez cały okres dla dogrzewania/schładzania powietrza wentylacyjnego
- ▶ Pozostawiono ASHP - PC3, dodatkowo POW dla przyg. CWU
- ▶ Dalsze zmiany w instalacji wewnętrznej budynku dla poprawy SWE0
- ▶ Badanie bilansu energetycznego przez okres 12 miesięcy

Strona podażowa

- ▶ Trójfazowa instalacja PV na 6 inwerterach jednofazowych o różnych mocach (różnica Lx/Ly max 4 kW)
- ▶ Inwertery pracujące stale lub okresowo - decyzja BMS
- ▶ Te pracujące okresowo są wyłączone z OSD a panle PV (np. 4,6 modułów) przełączane na grzanie wody z DC (większa sprawność)
- ▶ Część paneli PV stacjonarnych część nadążnych, reszta z ręcznie ustawianym kątem podniesienia
- ▶ Moc zainstalowana - do 10 kWp do OSD i 2 kWp do CWU

Stron popytowa - urządzenia:

Zasobnik CWU_1
Zasobnik CWU_2
Dogrzewanie wentylacji_1
Dogrzewanie wentylacji_2
Dogrzewanie wentylacji_3
Dogrzewanie wentylacji_4
Ogrzewanie
Energia pomocnicza
Oświetlenie wbudowane
Router i alarm
Lodówka T2
Odkurzacz
Czajnik/Eksperss
Rezerwa 1
Pralka
Zmywarka
Kuchenka el/ piekarnik
Rezerwa 2
Inne sprzety domowe, inne.
TV, Audio Sat
Laptopy, ładowarki GSM

Uzyskane Wyniki

Realizacja Wariantu 2

- ▶ Zakres bilansowania to 365 dni od 04.05.2016 do 03.05.2017
- ▶ Rozbudowana instalacja PV (częściowo chłodzona i nadążna) przyniosła w sumie prawie 10 MWh energii elektrycznej.
- ▶ Energia pozyskana z PV (i zmagazynowana u OSD) osiąga w dniu ok. 25.10.2016 wartość maksymalną, dzieląc okres roku (bilansowego) na część bilansowo nadmiarową (do 25.10.16 - oddawanie energii) i bilansowo ujemną (do 03.05.17 - pobieranie/oddawanie energii z OSD).
- ▶ Nadmiary energii zgromadzone w Zasobniku_E (OSD) z okresu letniego powinny starczyły na cały okres zimowy i na koniec bilansowania w OSD zostaje zero kWh (i brak rachunków za prąd elektryczny - jedynie opłaty stałe ok. 204 zł)

Wnioski co do otrzymanych wyników

- ▶ W wyniku przeprowadzonych eksperymentów - zarówno w Wariancie 1, jak i 2, otrzymano wysoką zgodność bilansu energetycznego z zamodelowanymi danymi wyjściowymi
- ▶ Dla wariantu 1, gdzie głównym źródłem energii był owies uprawiany w pobliżu budynku, a ilość otrzymanego z uprawy ziarna energetycznego (ok. 6 Mg z 3 ha) okazała się większa niż zapotrzebowanie budynku
- ▶ Dla Wariantu 2- gdzie głównym źródłem energii była energia słoneczna z PV, brak rachunków z OSD dowodzi braku konieczności zapłaty za energię - czyli stan zeroenergetyczny budynku

Wnioski z przeprowadzonych dwóch eksperymentów w aspektach technicznych

Wniosek 1 - w aspektów technicznych - dobór OZE

- ▶ Pierwszym wnioskiem technicznym, potwierdzonym w wyniku eksperymentów w pracy, jest konieczność bardzo profesjonalnego doboru urządzeń OZE do budynku w zależności od jego położenia geograficznego (wietrzność, nasłonecznienie), stron świata (możliwość efektywnego pozyskiwania energii z PV) i zacielenia lokalne. Rozwiązania „standardowe” (inwerter 3F) się nie sprawdzają (są nieefektywne ekonomicznie)
- ▶ Brak względu na powyższe, może w praktyce zaprzepaścić bardzo dobrze przygotowany teoretyczny model energetyki budynku, a to z powodu braku lokalnych warunków do uzyskania niezbędnego strumienia energii z OZE (przypadek MTW 3 kW która została wykluczona z badań ze względu na zbyt małe uzyski energii, czy inwertera trójfazowego)

Wniosek techniczny 2

Szczelność budynku

- ▶ Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że szczelność budynku w przypadku stosowania kotłów na biomasę nie jest tak istotna, jak w przypadku pomp ciepła, które jako źródła niskotemperaturowe mogą mieć problem z utrzymaniem komfortu cieplnego w nieszczelnym budynku.
- ▶ Wnioskiem jest konieczność doszczelnienia budynku w Wariancie 2 (redukcja n_{50} z 3 do 1,5) i każdym zasilanym systemem pomp ciepła
- ▶ W nowych budynkach, trzeba więc zwrócić szczególną uwagę na szczelność obudowy ($n_{50} \leq 1$) i izolację poziomą budynku odcinającą od gruntu (lub zastosować GWC)

Wniosek techniczny 3

Rola BMS

- ▶ Zdaniem autora, niezbędnym wydaje się wprowadzenie w budynku zeroenergetycznym systemu (BMS) analizującego zużycie i składowanie energii w Zasobnikach, zarówno termicznych jak i prądu elektrycznego.
- ▶ Tylko w ten sposób, można prowadzić w efektywny sposób składowanie chwilowych nadmiarów energii w Zasobnikach oraz wprowadzać ją do budynku w odpowiednich okresach. BMS zapewnia również odpowiedni „kontakt” budynku z mieszkańcami (strategie energetyczne -BES)
- ▶ Tak to właśnie zrobiono w obu Wariantach eksperymentu i stało się to podstawą sukcesu ich zerowego bilansowania

Wniosek techniczny 4

Rola GWC

- ▶ W wyniku eksperymentu badawczego okazało się niezbędne zastosowanie odpowiednio wykonanych Gruntowych (żwirowych) Wymienników Ciepła, które były w stanie w znacznym stopniu zmniejszyć zapotrzebowanie na energię końcową przy stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych (modernizacja autorska).
- ▶ System taki nie tylko w znakomity sposób współdziała z wysokosprawnymi rekuperatorami (brak konieczności podgrzewania powietrza przed urządzeniem) ale również działa jako bardzo efektywny filtr cząstek stałych.



Wnioski w zakresie ekonomiki zaproprowowanych rozwiązań

Wnioski w zakresie ekonomiki zaproponowanych rozwiązań

- ▶ Uzyskane wyniki wskazują, że stosując proste okresu zwrotu nakładów, jedne technologie OZE mają szansę się zwrócić w okresie swojej amortyzacji a inne nie.
- ▶ W wyniku dokonanych obliczeń autor stwierdził, że instalacja kotłów na biomasę, ma uzasadnienie wszędzie tam gdzie z ekonomicznego punkty widzenia nie opłaca się wymieniać istniejącego systemu grzejników wysokotemperaturowych na ogrzewanie powierzchniowe
- ▶ Autor wykazał, że rozwiązanie przydomowych generatorów ee w Polsce jest najbardziej uzasadnione ekonomiczne jest instalacja trójfazowa instalacja PV zsynchronizowana z OSD (docelowo z akumulatorowym bankiem energii) najlepsza relacja ceny do uzysków energii i okresu trwałości).

Wnioski w zakresie ekonomiki - efektywność mikroturbin wiatrowych dla OZE

- ▶ Efektem porównania realnych (a nie teoretycznych na podstawie danych producenta) uzysków z OZE z MTW jest wniosek, że w przeciętnej lokalizacji budynku w Polsce, mikro turbina wiatrowa HAWT dostarcza niewielkie ilości energii elektrycznej o dużej zmienności napięcia a tym samym nie można na niej polegać jako źródle ee i nie amortyzuje się w okresie jej życia (technicznego).
- ▶ Zdaniem autora nie powinna być ona rozpatrywana jako potencjalne efektywne przydomowe OZE w Polsce o ile nie wykonano wcześniejszych badań wietrzności i nie udokumentowano lokalnie znacznego potencjału wietrzności (warunki korzystne lub wyjątkowo korzystne).

Wnioski w zakresie ekonomiki -składowanie energii

- ▶ W pracy porównywano różne metody składowania nadwyżek energii z OZE (akumulatory vs składowanie w sieci elektro-energetycznej OSD)
- ▶ Wyliczono, że najbardziej uzasadnioną ekonomicznie formą składowania energii elektrycznej z instalacji prosumenckiej jest aktualnie (2017-2018) składowanie energii w sieciach (OSD), jako że koszt tej operacji jest o dwa rzędy wielkości niższy od kosztu składowania w pozostałych porównywanych zasobnikach chemicznych
- ▶ Ze względów środowiskowych jednak, docelowym rozwiązaniem powinno być własny bank energii pracujący jako zasilanie gwarantowane (OSD tego nie zapewnia).

Krytyczna ocena otrzymanych efektów w zakresie ekonomiki

- ▶ Wynik bilansowania się budynków w obu Wariantach można by łatwo zakwestionować, zarzucając „korekty po stronie zużycia energii przez mieszkańców”, którzy na bieżąco byli informowani przez BMS (sprężenie zwrotne) o stanie ich „konta energetycznego” w rocznym rozliczeniu z dostawcą OSD (Wariant 2 Tauron), co mogło wpływać na ich zachowania energetyczne.
- ▶ Jednak z drugiej strony - podaż energii z OZE nie mogła być manipulowana (niezależna od mieszkańców) i dla niej to przeprowadzono (tylko dla Wariantu 2) analizę statystyczną która nie wykazała istotnego odchyłu od rozkładu normalnego.
- ▶ Należy to raczej zinterpretować jako konieczność stosowania BMS i dokonywania korekt po stronie popytu, jako rozważna świadoma reakcja mieszkańców na zmienność pogody (sprężenie zwrotne).

Wnioski z pracy w zakresie oddziaływania zaproponowanych OZE na środowisko

Wnioski w zakresie aspektów środowiskowych

- ▶ W pracy dokonano analizy wpływów na środowisko naturalne wybranych typów instalacji OZE: PV, μ TW, pomp ciepłą oraz kotła na biomasę.
- ▶ Autor doszedł do wniosku, że technologia PV jest najbardziej pro-środowiskowa ze wszystkich analizowanych technologii OZE
- ▶ Technologia spalania owsa, pomimo zerowego bilansu dwutlenku węgla może powodować lokalnie emisję pyłów zawieszonych i benzo(a)piernu

Wnioski w zakresie aspektów środowiskowych 2

- ▶ W zakresie emisji ditlenku węgla i innych GHG, dokonano porównań z obowiązującymi standardami akceptowalnych emisji w tym zakresie zarówno w Polsce jak i Europie.
- ▶ Autor wykazał, że zaproponowane rozwiązania techniczne (Warianty 1 i 2) czyli zastosowanie odpowiednich pomp ciepła oraz kotłów na biomasę z certyfikatem klasy 5, spełnia wymagania europejskie w zakresie emisji GHG i jest dobrą alternatywą dla kotłów na nieodnawialne paliwa stałe i gazowe. Problemem ewentualne dopuszczenie lub nie kotłów na biomasę.

Wnioski w zakresie aspektów środowiskowo-technicznych 3

- ▶ Dla zapewnienia zrównoważonego rozwoju w zakresie budownictwa mieszkaniowego, niezbędne staje się zdaniem autora wprowadzenie zasad ograniczonego użytkowania energii (np. zaproponowanych w pracy autorskich strategii energetycznych) ściśle dopasowanych do posiadanych źródeł OZE i zasobników energii.
- ▶ Działania takie mają na celu, rozwiązanie dylematu pomiędzy komfortem a zrównoważeniem środowiskowym, wymagają one jednak zainstalowania dodatkowych systemów sterujących (BMS) i ZMIAN przyzwyczajień mieszkańców do nowego paradygmatu.

Wnioski w zakresie aspektów środowiskowo technicznych 4

- ▶ Zaproponowane dwa Warianty budownictwa energooszczędnego, stanowią przykłady budownictwa w pełni zrównoważonego na bazie zarówno istniejącego budynku o średnim zapotrzebowaniu na energię jak i budynku energooszczędnego
- ▶ Stanowią one dobrą podstawę do rozwijania siedlisk zaprojektowanych jako zrównoważone, które mogą stanowić centra gospodarki obiegu zamkniętego (tzw. hub-y) do których tworzenia zachęcają dokumenty UE

Wnioski w zakresie aspektów środowiskowo/technicznych - życie po życiu instalacji OZE 5

- ▶ W pracy przeanalizowano piśmiennictwo na temat recyklingu instalacji odnawialnych źródeł energii (PV, kotły) i dowiedziono, zaproponowane OZE stwarzają minimalne zagrożenia dla środowiska (podczas utylizacji po okresie użytkowania wg LCA),
- ▶ Przeanalizowano również możliwości zasilania aut elektrycznych z nadwyżek energii wskazując znacznie mniejsze niż produkowane dziś samochody z silnikami spalinowymi czy EV zasilane prądem z węgla. Dało to bardzo dobre potencjalne wyniki.

Wnioski z pracy

- ▶ W rezultacie analizy wpływów środowiskowych, zagadnień technicznych i ekonomiki autor wskazuje optymalny zestaw urządzeń OZE dla dwóch wariantów budynku mieszkalnego, który ma stać się budynkiem zeroenergetycznym (nZEB) lub dążącym do zeroenergetyczności (niemalZEB).
- ▶ W zależności od możliwego wariantu: dla istniejących domów o znacznym zapotrzebowaniu na Ek budynek będzie dążył do zeroenergetyczności przy systemie biwalentnym biomasowo-fotowoltaicznym lub gazowo (metan i biometan) - fotowoltaicznym (tam gdzie nie ma możliwości biomasy)
- ▶ Dla budynków energooszczędnych o zapotrzebowaniu na Ek do 50 kWh przy zastosowaniu źródeł PV ale będzie mógł być zeroenergetyczny przy założeniu zastosowania wentylacji z wysokosprawną rekuperacją (ew. GWC) i systemem BMS
- ▶

Wnioski z pracy - kocioł na biomasę

- ▶ Dla istniejących budynków po podstawowej termomodernizacji, położonych w terenie gdzie dopuszcza się kotły na paliwa stałe, mogących liczyć na własną, tanią biomasę (tereny wiejskie)- optymalnym rozwiązaniem będzie kocioł na biomasę, posiadający certyfikat klasy 5, który spełnia wszystkie oczekiwania co do ekologicznego źródła energii CO+CWU nawet dla budynku o dużym zapotrzebowaniu na Ek.
- ▶ Będzie on miał szczególnie rację bytu w gospodarstwach wiejskich, gdzie istnieją możliwości upraw biomasy (np. owsa) jako paliwa oraz dla domów podmiejskich, które wykazują wysoką energochłonność, które mogą kupować biomase jako paliwo.
- ▶ Rozwiązanie to może stanowić przejściowo alternatywę dla kosztownej termomodernizacji starych budynków.
- ▶ Rozwiązanie to będzie trudne (niekiedy niemożliwe) do zastosowania na obszarach silnie zurbanizowanych i będzie wymagało zezwoleń na niską emisję i nakładu pracy (dostawa paliwa) ze strony mieszkańców.

Wnioski z pracy 3 - optymalny system dla nowych budynków

- ▶ Źródłem energii elektrycznej w obu przypadkach może być odpowiednio, indywidualnie dobrana przydomowa instalacja PV, niezbędne będzie jednak zsynchronizowanie jej z lokalnym OSD, traktowanym jako magazyn energii
- ▶ Dla budynków nowopowstających, zgodnych z WT 2017, podstawowym źródłem HVAC powinien być odpowiednio dobrany zestaw pomp ciepła oraz gruntowy wymiennik ciepła i rekuperator połączony w jeden zintegrowany system HVAC-R zarządzany przez BMS.

Rozliczenie realne domu Galia za okres 2016.05.01-2017.05.01 (150 zł)

TAURON
POLSKA ENERGIA

Podsumowanie **Faktury i wpłaty** Wiadomości Umowa i dane Pomoc

» Faktury i wpłaty » Faktury i wpłaty » Archiwum faktur

Faktury i wpłaty

Faktury i wpłaty

Saldo

Numery kont dla wpłat

Nadpłata:
34,04 zł

Szczegóły

Archiwum faktur

Ostatnie faktury **Archiwum faktur** Wpłaty

Data: data wystawienia termin płatności

Od: 2016-05-01

Do: 2017-05-01

Typ: Wszystkie

Szukaj dokumentu: Wpisz nr faktury

Płatność: Wszystkie

Pokaż faktury






Faktury za okres 2016-05-01 - 2017-05-01

i Nie znaleziono wyników.

Rozliczenie Wariant II (ok. 207 zł) (kolejny okres rozliczeniowy za 8 MWh)

Faktury za okres 2017-05-01 - 2018-04-03

 Pobierz plik CSV

Nr dokumentu Typ dokumentu	Data wystaw. 	Dodatkowe informacje	Kwota brutto	Termin płatności	Do zapłaty	Status
T/K1/0006662/18/5 Faktura prognozowa	22.01.2018	---	34,14 zł	31.10.2018	34,14 zł	Zapłać  Do zapłaty
T/K1/0006662/18/4 Faktura prognozowa	22.01.2018	---	34,14 zł	31.08.2018	34,14 zł	Zapłać  Do zapłaty
T/K1/0006662/18/3 Faktura prognozowa	22.01.2018	---	34,14 zł	02.07.2018	0,00 zł	Zapłacono
T/K1/0006662/18/2 Faktura prognozowa	22.01.2018	---	34,14 zł	30.04.2018	0,00 zł	Zapłacono
T/K1/0006662/18 Faktura rozliczeniowa	22.01.2018	---	79,58 zł	05.02.2018	0,00 zł	Zapłacono
T/K1/0006662/18/1 Faktura prognozowa	22.01.2018	---	34,14 zł	05.02.2018 57 dni temu	34,14 zł 	Zapłać  Niezapłacona
T/K1/0004912/17/3 Faktura prognozowa	30.05.2017	---	19,31 zł	31.10.2017	0,00 zł	Zapłacono
T/K1/0004912/17/2 Faktura prognozowa	30.05.2017	---	19,31 zł	31.08.2017	0,00 zł	Zapłacono

Dziękuję za uwagę

- ▶ Jacek.biskupski181@gmail.com
- ▶ Tel 604 607 407

Dowód na postawioną tezę

- ▶ Autor przeprowadził eksperyment polegający na zainstalowaniu urządzeń z wybranych technologii OZE w tym samym (zamieszkałym) budynku w dwóch kolejnych sezonach grzewczych.
- ▶ W efekcie w obu przypadkach osiągnięto zerowy bilans energetyczny, który w praktyce został potwierdzony (przez brak opłat za energię elektryczną (Wariant 2) oraz wystarczającą ilość paliwa uprawionego na terenie działki gospodarstwa (Wariant 1)).
- ▶ Przedstawione w pracy wyniki, potwierdzają zdaniem autora tezę o możliwości doprowadzenia do stanu nZEB budynków mieszkalnych w Polsce.

Dodatki

- ▶ Metodologia
- ▶ Ocena rynku OZE w Polsce
- ▶ Perspektywy i detrminanty rozwoju rynku OZE w Polsce
- ▶ Własne wnioski
- ▶ Scenariusze energetyczne
- ▶ Rola BMS
- ▶ Okresy zwrotu nakładów dla PC i MTW
- ▶ Statystyka
- ▶ Zdjęcia

Metodologia

- ▶ 1 Przygotowania modelu zapotrzebowania energetycznego budynku mieszkalnego na podstawie literatury oraz wywiadów z mieszkańcami.
- ▶ 2 Wprowadzeniu danych określonego budynku i obliczeniu teoretycznego (OZC skorygowanego o zwyczaje mieszkańców) zapotrzebowania na energię końcową (zamienioną całkowicie na energię elektryczną).
- ▶ 3 Obliczenia możliwości uzyskania energii OZE na podstawie znanych modeli matematycznych w danym położeniu geograficznym (prezentowanych np. na stronie pvgis.com) oraz dla danego budynku (sąsiedztwo, zacielenia dla PV).
- ▶ 4 Wyposażenia tego budynku w urządzenia OZE o mocach wyliczonych w przyjętym modelu. Wprowadzenie BMS zaprogramowanego do danego budynku
- ▶ 5 Empirycznego potwierdzenia poprawności modelu przez badanie przez okres minimum 12 miesięcy (pełne 4 pory roku) relacji zapotrzebowania na energię z jej podażą z OZE (częściowo oddawaną i pozyskiwaną u OSD) przy zapewnienia pełnego komfortu klimatycznego.

Badanie takie w okresie całego roku w cyklu: pozyskiwanie energii - jej bieżące wykorzystywanie - składowanie nadwyżek - odzyskiwanie po okresie składowania, ma sens dla wprowadzania ewentualnych korekt dla pracy systemu w przyszłych okresach.

Budynki nZEB i niemalZEB

definicje autorskie

- ▶ **Budynek nZEB**, to budynek zaprojektowany i wybudowany w ten sposób, by po zainstalowaniu w jego granicy bilansowej odpowiednich OZE, istniała możliwość całkowitego zaspokojenia potrzeb energetycznych jego mieszkańców z wygenerowanej w obrębie budynku (i okresowo składowanej w zasobnikach) energii odnawialnej.
- ▶ **Budynek niemalZEB**, to zmodernizowany energetycznie istniejący budynek, w którym dzięki zainstalowaniu odpowiednich OZE, realizuje się dążenie do zaspokojenia w jak największym stopniu potrzeb energetycznych znajdującego się w nim gospodarstwa domowego, z wygenerowanej w jego obrębie (i okresowo składowanej w zasobnikach) energii z OZE.

Najbliższa przyszłość OZE w Polsce - 1

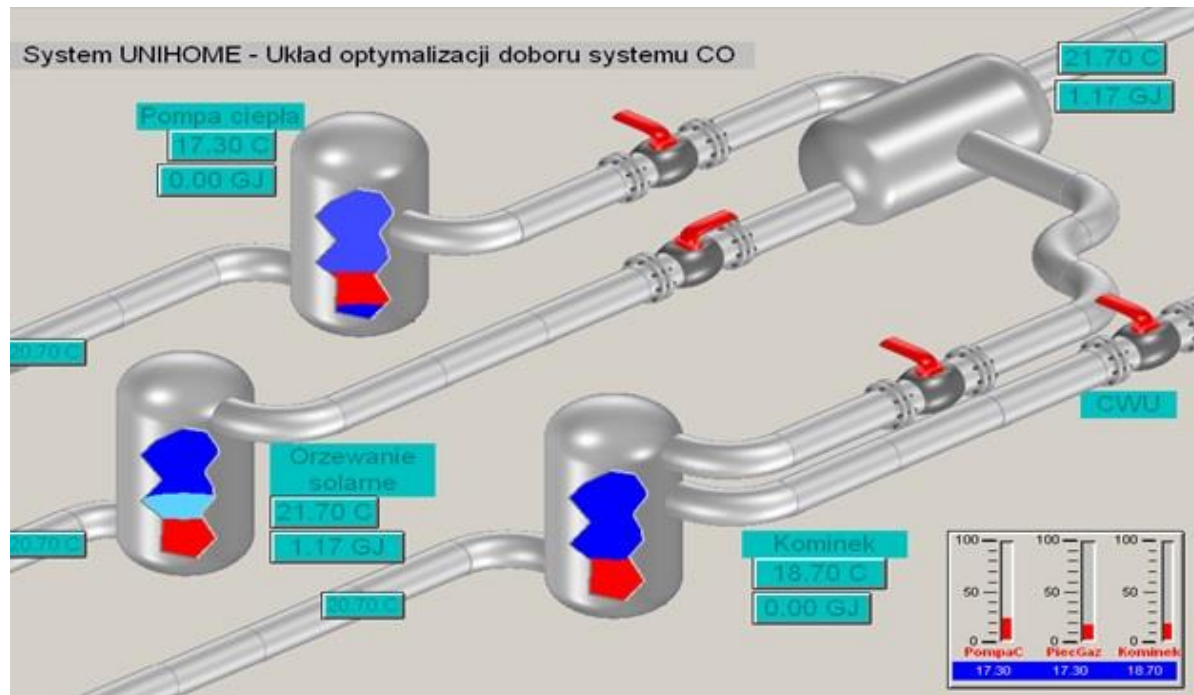
- ▶ Przy wzrastających cenach paliw kopalnych, przy jednoczesnym obniżeniu cen zakupu instalacji OZE i świadomości prosumentów co do korzystnych relacji kosztów do przychodów (np. koszty zakupu PV do pozyskiwanej energii elektrycznej), powstaje sytuacja, w której powinno powstać masowe zapotrzebowanie na instalacje OZE i prosumentyzm w Polsce.
- ▶ Dowodem na to, że mechanizm taki już w Polsce funkcjonuje jest zdaniem autora zainstalowanie ok. 17.000 przydomowych instalacji fotowoltaicznych w ostatnich 3 latach (systemy PV którego koszty spadły w ostatnich latach bardzo znacznie stanowiły 99 % instalacji prosumenckich) o łącznej mocy 170 MW
- ▶ Jak wynika z przeprowadzonych badań czynnikiem kalkulacji ekonomicznej staje się zasadniczą determinantą podjęcia decyzji o zakupie instalacji OZE w Polsce, i to on będzie decydującym czynnikiem dla budownictwa zeroenergetycznego w najbliższych latach.

Subiektywna ocena rynku OZE w Polsce -2

- ▶ Zastosowanie odpowiednio dobranych przydomowych OZE ma głębokie uzasadnienie jako remedium dla zbyt wysokiego zapotrzebowania na energię pierwotną w Polsce.
- ▶ Z drugiej strony, powstaje pytanie (hipoteza kazualna) jakie są przyczyny dla których systemy OZE oraz (BMS) nie są w Polsce tak rozpowszechnione jak w rozwiniętych krajach Europejskich ?
- ▶ Zdaniem autora, w praktyce, ograniczona siła nabywczą klasy średniej w Polsce w zestawieniu z wysokimi kosztami zakupu (większości) urządzeń do pozyskiwania energii odnawialnych, przy stosunkowo niskich cenach energii elektrycznej i węgla, stwarzają sytuację, w której zakup OZE jest nieopłacalny (a dokładniej - okres amortyzacji przekracza znacznie czas życia zestawu urządzeń).

Ocena rynku 3

- ▶ Aktualne prawodawstwo w Polsce nie wymaga określonego udziału OZE w nowo powstających budynkach (jak ma to miejsce np. w Niemczech), dając w zamian możliwość zaprojektowania bardzo dobrze ocieplonych budynków (o niskich stratach własnych, zgodnie z WT 2017). Zmiana tego stanu, może pomóc w rozwoju instalacji OZE w naszym kraju.
- ▶ Projektanci i inwestorzy muszą jednak brać pod uwagę czynniki środowiskowe i techniczne ograniczenia dla efektywności OZE, czemu między innymi ma służyć niniejsza praca.



Rola BMS opracowanie autora
rok 2008

Scenariusze energetyczne wg koncepcji autora

- ▶ „Scenariusz komfortowy” zakładał maksymalnie szybkie przygotowanie CWU, podgrzanie lub schłodzenie budynku do zadanej temperatury najszybszą dostępną drogą, wentylowanie pomieszczeń bez względu na zawartość ditetlnku węgla, nie licząc się z kosztami ani stanem bilansu energetycznego.
- ▶ „Scenariusz Ekologiczny”, zakładał możliwość wykorzystywania tylko i wyłącznie energii odnawialnych i nie przekraczanie wyliczonych na dany dzień limitów zużycia energii w relacji do pozyskiwania jej. W Wariancie 1 realizowany był jedynie przez spalanie owsa (brak możliwości elektrycznego dogrzewania wody CWU z OSD).
- ▶ „Scenariusz zeroenergetyczny/zrównoważony”. W wariancie 2. system dążył do osiągnięcia bilansu zeroenergetycznego a domownicy mieli do dyspozycji limity energii, które mogą wykorzystać w okresie letnim (co wynikało z przyjętego scenariusza ładowania Zasobnika E w OSD) oraz zmienione limity zużycia energii w okresie zimowym (limity wykorzystania wykorzystanej energii zgodnie z przyjętymi założeniami bilansu).

Okresy zwrotu nakładów dla Wariantu b2

Lp	Nazwa i opis urządzenia OZE	Koszt zakupu i instal. [zł]	Zakł. okres amort. [lat]	Roczny koszt utrzymania. + amort. [zł]	Realny roczny uzysk energii Brutto energetyczny [MWh/rok] (lub finansowy [zł])	Roczna Wartość Energii brutto* [Zł]	SPBT (Wg wzoru 3.1) [lat]
1	Generator PV 10 kWp	41.000	20	2050+ 300= 2350	9**	5850	7lat
2	Generator MTW 3 Kw	32.000	15	2133+ 200= 2333	1,5	975	33 lata
3	Pompa ciepła SCOP = 3,5 GSHP 14 kW PC1 (Dimplex ST 14)	36.000 z dolnym kolektorem poziom.	10	3600+ 200 = 3800 zł	12,1x 650zł = (7865zł) Przy SCOP 3,5 rocznie zużyje 3,429 MWh	7800-3800= 4000 zysku rocznie	5**** lat (8 lat z NPV°)
4	Pompa ciepła SCOP = 3,5 ASHP 3 kW PC2 (Mitsubishi PUHZ-RP 35)	9.000	10	900+100 = 1000	2 x 650zł= (1300zł) Przy SCOP 3,5 rocznie zużyje 0,571 MWh	1300-1000= 300 zysku rocznie	8 lat
5	Pompa ciepła SCOP = 3,5 GSHP 3 kW PC3 (ARIAQUA LC MINI 3kW)	4.000	6 -10***	400+50 = 450	3,6 x 650zł = (2340zł) Przy SCOP 3 rocznie zużyje 1,2 MWh	2340-450= 1890 zysku rocznie	2-4 lat***

Tabela 11 Nakłady oraz ich proste okresy zwrotu w okresie amortyzacji dla urządzeń zastosowanych ostatecznie dla realizacji Wariantu 1 i 2

Statystyka pozyskiwania energii real vs model (PVGIS)

