

## SAMOCHÓD JAKO GŁÓWNE ŹRÓDŁO ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPŁA DLA DOMU JEDNORODZINNEGO

SETLAK Rafał

***Streszczenie.** W studium pokazano ideę zastosowania samochodu osobowego z silnikiem spalinowym, instalacją LPG oraz układem Smart Hybrid do zasilania energią elektryczną i ciepłem odpadowym silnika spalinowego domu jednorodzinnego.*

### **Wprowadzenie.**

Paliwa węglowodorowe (w tym LPG) stosowane w transporcie od ponad 100 lat, pomimo swoich wad, stanowią wciąż nieosiągalny dla innych źródeł wzorzec współczynnika masa/objętość paliwa-wartość energetyczna. Za stosowaniem LPG przemawia do tego nieosiągalna dla innych paliw silnikowych proporcja objętość-wartość energetyczna-cena! To stanowi o bezkonkurencyjnej pozycji paliw węglowodorowych w punkcie widzenia użytkowników transportu i konsumentów.

Polski rynek LPG posiada bardzo dobrze wypracowane mechanizmy działania, dystrybucji, sprzedaży i zarządzania oraz co istotne rozwijał się w Polsce bez jakichkolwiek mechanizmów wsparcia administracji rządowej. Źródła pozyskiwania LPG nie są do tego zmonopolizowane. Rynek LPG może stanowić wzorzec mechanizmów rynkowych, do których niestety nie mogą predestynować ani rynek CNG ani stacje ładowania pojazdów EV.

Silniki spalinowe nie zostaną łatwo wyparte przez napęd EV. Samochody z silnikami spalinowymi wchodzi obecnie w fazę kolejnego ogromnego skoku technologicznego. Widoczne jest to (i będzie w najbliższych kilku latach) szczególnie w obszarze silników zasilanych benzyną ZI (więc także i LPG) poprzez dalszy downsizing, silniki typu TwinAir, zapłon HCCI, czy rozwiązania typu MCE-5. Możliwe jest spalanie wodoru, który można uzyskiwać różnymi technologiami (w tym wykorzystując urządzenia OZE). Dodatkowo widać ogromne zainteresowanie nowoczesnymi instalacjami LPG, które pozwalają znacznie obniżyć nakłady na utrzymanie i eksploatację pojazdów oraz w wielu krajach. Aby obniżyć emisję CO<sub>2</sub> (czyli zużycie paliwa) producenci chętnie (duży wzrost od roku 2010) stosują w swoich nowych samochodach stosunkowo tanie (mały nakład inwestycyjny dający dobry efekt zmniejszenia zużycia paliwa) układy MicroHybrid typu Start&Stop. Układy te pozwalają na eliminację bezproduktywnego zużycia paliwa (wyluczając cele grzewcze) podczas postoju pojazdu.

Raport koncentruje się na rozwiązaniu Smart Hybrid dla silników z zapłonem iskrowym ZI. Silniki ZI (więc także LPG) są i będą nadal tańsze w produkcji i eksploatacji oraz dużo bardziej niezawodne niż silniki z zapłonem samoczynnym ZS.

## Układ Smart Hybrid LPG

Zalety LPG pozwalają stać się temu paliwu integratorem gałęzi motoryzacji z rynkiem energetyki odnawialnej. Czynnikiem łączącym jest samochód ze SMART HYBRID służący do zaopatrywania w energię elektryczną i ciepłą domów jednorodzinnych. Samochód ze SMART HYBRID LPG będzie mógł zasilać budynek energią elektryczną z maszyny elektrycznej zainstalowanej w samochodzie zamiast alternatora (rys. 1). Będzie to się odbywało w określonych godzinach zwiększonego poboru mocy (np. godziny popołudniowe) oraz układ pozwala jednocześnie magazynować ciepło silnika spalinowego w gruntowym zasobniku ciepła pod budynkiem.



Rys. 1. Porównanie gabarytu maszyny PMBLDC Smart Hybrid (widok z góry) z typowym alternatorem 12V



Rys. 2. Widok maszyny Smart Hybrid połączonej z wałem korbowym silnika spalinowego

Ciepło to będzie odzyskiwane z okresie zimowym do ogrzewania domu. Takie rozwiązanie może zapewnić autonomiczność energetyczną domu i będzie stanowić znaczące źródło oszczędności dla mieszkańców względem tradycyjnego modelu zakupów wszystkich mediów energetycznych. Poziom mocy maksymalnej maszyny Smart Hybrid 8 kW jest dużo większy niż w tradycyjnych samochodowych układach MicroHybrid (około 1kW do 1,5kW) co zapewnia całkowicie pokrycie potrzeb domu na energię elektryczną i ciepło.

Układ Smart Hybrid z LPG oprócz maszyny 8kW zawiera:

- wymiennik ciepła, który można podłączyć do instalacji gruntowego zasobnika ciepła w domu,

- gniazdo PLUG OUT do którego można podłączyć elektryczną instalację domową,

W roku 2012 indywidualni inwestorzy oddali w Polsce do użytku około 63 tys. domów, co przy założeniu posiadania w każdym domu jednego samochodu posiadającego rozwiązanie Smart Hybrid o mocy elektrycznej 5kW daje możliwość odłączenia od systemu energetycznego rocznie 315 MW.

Dyskutowane kierunki rozwoju energetyki zakładają prawie zawsze CENTRALNE wytwarzanie energii (niezależnie od formy wytwarzania-elektrownie na węgiel kamienny, brunatny, biomasa, gaz, wiatraki, farmy ogniw PV) a następnie jej przesył i dystrybucję sieciami do odbiorcy końcowego. Prosument może wytwarzać energię i ponownie ją przesyłać siecią dystrybucyjną do systemu (innych prosumentów). To powoduje, że w każdym przypadku do ceny energii prosument musi doliczyć koszt przesyłu energii. Sieciom dystrybucyjnym budowanym w latach 70-tych „obojętne jest” jaką energię przesyłają (czy jest to „czarna” energia węgla czy „zielona” ogniw PV) i źródło energii nie będzie miało wpływu na jej usterkowość. Dodatkowo straty energii w sieci dystrybucyjnej wynoszą rocznie około 7% co daje ilościowo około 10TWh straconej energii pokrywanej w rachunkach konsumentów.

W taryfie G11 (dla domu modelowego w raporcie) cena zakupu energii w roku 2013 wynosiła 333 PLN brutto /MWh oraz dodatkowo 216 PLN brutto /MWh za przesył oraz jakość energii. To pokazuje, że z punktu widzenia konsumenta indywidualnego sieć dystrybucyjną można potraktować jako czynnik znacznych strat środków finansowych.

W ramach raportu przeprowadzono energetyczną analizę techniczno-finansową opłacalności zastosowania samochodu z Smart Hybrid w wersji Modul Hybrid LPG do mikrogeneracji energii skojarzonej dla domów.

Obliczenia przeprowadzono dla rzeczywistego gospodarstwa domowego (rys. 3, 4) zamieszkiwanego przez czteroosobową rodzinę, w którym od trzech lat prowadzone są obliczenia zużycia energii. Obliczenia przeprowadzono kilku wariantów konfiguracji Smart Hybrid LPG Plug Out i systemu zasilania energią elektryczną i ciepłą domu.



Rys. 3. Widok domu modelowego dla którego przeprowadzono obliczenia



Rys. 4. Widok domu modelowego dla którego przeprowadzono obliczenia

Powierzchnia użytkowa domu wynosi 100m<sup>2</sup>. Jest to dom parterowy wykonany w technice szkieletu drewnianego. Nie jest to jednak dom pasywny. Ściany domu (współczynnik K dla ścian 0,15 W/m<sup>2</sup>) posiadają strukturę warstwową.



Rys. 5. Dom szkieletowy podczas budowy



Rys. 6. Konstrukcja ścian domu

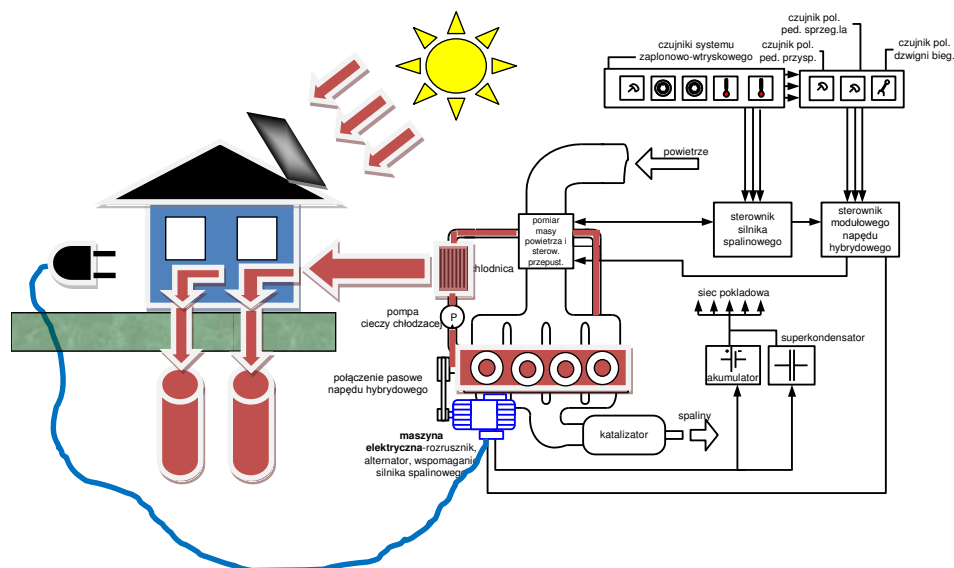
W domu zainstalowano dwufunkcyjny piec CO z zamkniętą komorą spalania zasilany gazem ziemnym TERMET MiniMax DYNAMIC Turbo. Piec nie posiada automatyki sterującej w pomieszczeniach. Nie zdecydowano się na piec kondensacyjny.

Dom posiada klasyczną wentylację grawitacyjną i otwartą w centralnym punkcie domu w podłodze cały rok czerpnię świeżego powietrza o średnicy 100mm. Czerpnia ta pełni w lecie funkcję wentylacji domu a w zimie dostarcza mroźnego świeżego powietrza do żeliwnego kominka wolnostojącego JOTUL opalanego drewnem. Kominek nie posiada żadnych kanałów rozprzodzenia ciepła.

Instalacja ogrzewania ma formę klasyczną i zbudowana jest z grzejników wyposażonych w regulatory termostaticzne. Na rysunku 7 pokazano rozmieszczenie pomieszczeń w analizowanym domu a na rysunku 7a pokazano ideę połączenia samochodu Smart Hybrid LPG z domem i schematycznie pokazano przepływ energii.



Rys. 7. Rozmieszczenie pomieszczeń w monitorowanym domu



Rys. 7a. Idea połączenia domu z samochodem ze Smart Hybrid LPG Plug Out

W zimie utrzymywana temperatura w połowie domu (otwarty salon + kuchnia) nawet przy zawsze otwartej czerpni zasysanego mroźnego powietrza wynosi  $+25^{\circ}\text{C}..+27^{\circ}\text{C}$ . W sypialniach w zimie właściciele starają się nie przekraczać temperatur  $+22^{\circ}\text{C}$  (naturalnie rozprowadzany nadmiar ciepła z kominka usuwany jest uchylaną wentylacją okienną). W lecie przy występowaniu temperatur powyżej  $+30^{\circ}\text{C}$  włączana jest w domu klimatyzacja typu Split firmy ZIBRO o mocy 4,6kW. Przy takich warunkach temperaturowych obliczone dla domu średnie (z trzech lat eksploatacji) zużycie zakupionej energii przeliczone na 1m<sup>2</sup> powierzchni w ciągu roku wynosi:

- zużyta energia elektryczna 28,7 kWh/(m<sup>2</sup>rok)
- zużyta energia gazu ziemnego (podgrzewanie ciepłej wody i gotowanie) 21,4 kWh/(m<sup>2</sup>rok)
- zużyta energia gazu ziemnego (ogrzewanie domu) 64,7 kWh/(m<sup>2</sup>rok)

W domu nie instalowano świadomie układów rekuperacji ciepła z zamkniętego obiegu powietrza z tego względu, że dom otoczony jest przyrodą i zdaniem właścicieli nierozsądna byłaby rezygnacja z kontaktu ze świeżym i czystym powietrzem oraz rezygnacja z akustyki ptaków- mieszkańców pobliskich łąk i lasu przez szczelnie zamykane okna.

Właściciele domu ponoszą także koszty energii do zasilania dwóch samochodów z silnikami benzynowymi. Jeden samochód z silnikiem 2,0dm<sup>3</sup> pokonuje rocznie około 5tyś km kursując na trasie 3km-postój-3km-postój (średnie zużycie 9,5/100km). Drugi z samochodów z silnikiem 1,4 dm<sup>3</sup> pokonuje rocznie 25tyś km kursując na trasie 65km-postój-65 km postój (średnie spalanie 6,1 l/100km). Daje to zużycie energii:

- samochód 1 w ciągu roku zużywa 4,42 MWh co kosztuje 2 500 zł/rok
- samochód 2 w ciągu roku zużywa 14,11MWh co kosztuje 8 200zł /rok

Podczas budowy domu poniesiono następujące koszty, których dzięki zastosowaniu SMART HYBRID LPG PLUG OUT już na poziomie projektu można było by uniknąć (STRANDED COST):

- sumaryczne koszty (administracja, materiały i praca) podłączenia do budynku prądu z sieci dystrybucyjnej wyniosły 2 250 zł,

- sumaryczne koszty (administracja, materiały i praca) podłączenia do budynku gazu ziemnego z magistrali gazowej oddalonej o 15 metrów od punktu poboru w domu wyniosły 4 000 zł,
- sumaryczne koszty wykonania klasycznego fundamentu pod lekką konstrukcją domu wyniosły 39 200 zł, który można zastąpić zasobnikami ciepła w postaci zasobnika centralnego i płyty fundamentowej (rys. 8) lub rozproszonego zasobnika ciepła w postaci kilku pali betonowych stanowiących jednocześnie tzw. fundament palowy pod domem szkieletowym (rys. 9).



Rys. 8. Centralny zasobnik ciepła, który może być zainstalowany po wybudowaniu domu



Rys. 9. Rozproszony zasobnik ciepła pełniący funkcję palowego fundamentu domu, który musi być zrealizowany na etapie prac ziemnych przed budową domu.

Analizy energetyczne przeprowadzono w dwóch turach nazwanych Tura I, Tura II. W każdej turze analizowano dodatkowo wiele wariantów konfiguracji układu SMART HYBRID LPG PLUG OUT oraz systemów zainstalowanych w domu. Założono, że samochód z SMART HYBRID LPG PLUG OUT będzie eksploatowany przez 10 lat a następnie będzie kupiony kolejny pojazd, założona zostanie do niego nowa instalacja LPG oraz zamontowany będzie układ SMART HYBRID LPG PLUG OUT.

Jako wariant odniesienia przyjęto **Wariant 0** czyli dom jaki zawarto w opisie, każda forma zużywanej energii jest kupowana a jej zużycie jest takie jak uśrednione dla trzech lat eksploatacji.

- Energia elektryczna kupiona: 2870 kWh, koszt: 1590 zł
- Gaz (ogrzewanie wody+ogrzewanie): 8610 kWh, koszt: 2456 zł
- Benzyna- samochód 1: 4420 kWh, koszt: 2500 zł
- Benzyna- samochód 2: 14110 kWh, koszt: 8200 zł
- Całkowite koszty roczne: 14 746 zł

W obliczeniach nie uwzględniono zmian cen energii (elektrycznej, gazu, benzyny i LPG) w kolejnych latach eksploatacji ze względu na skorelowanie kosztów energii.

W turze I-wszej założono, że zainstalowany w Samochodzie 2 układ SMART HYBRID LPG PLUG OUT wytwarza tylko energię elektryczną (pomija się całkowicie uzysk z kogeneracji) i o tyle mniej jej można kupić z systemu energetycznego albo układ SMART HYBRID LPG PLUG OUT stanowi jedynie rezerwę na wypadek awarii sieci energetycznej

Tabela. 1. Warianty i konfiguracje analiz energetycznych-tura I

Wariant	Konfiguracja	Koszty
Wariant 2_2	Samochód 2 z SMART HYBRID LPG PLUG OUT wersja pełna, możliwość zasilania domu w sytuacjach awaryjnych, akumulatory 6x100 Ah	Energia elektryczna kupiona: 2870 kWh, koszt: 1590 zł Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł Gaz- CO: 6470 kWh, koszt: 1400 zł Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne: 11 116 zł
Wariant 3_b1	Samochód 2 z SMART HYBRID LPG PLUG OUT, zasilanie domu z SMART HYBRID LPG PLUG OUT, zasilanie domu z PVT (prąd + ciepło), reszta kupiona z sieci, instalacja PVT 8,5 m2, podłączenie do sieci elektrycznej i gazowej, silnik SMART HYBRID LPG PLUG OUT pracuje 1000 h/rok	Instalacja PVT: 15000 zł Energia elektryczna PVT: 858 kWh Energia elektryczna z alternatora: 1000 kWh Energia elektryczna kupiona: 1012 kWh, koszt: 560 zł Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł Ciepło PVT: 2102 kWh Gaz- CO: 4368 kWh, koszt: 945 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne: 12911 zł
Wariant 3_c1	Samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT wersja pełna, zasilanie domu z PVT (prąd + ciepło) i silnika 8kW (prąd), instalacja PVT 8,5 m2, podłączenie do sieci elektrycznej i gazowej	Instalacja PVT: 15000 zł Energia elektryczna PVT: 858 kWh Energia elektryczna z Plug out: 2012 kWh, Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł Ciepło PVT: 2102 kWh Gaz kupiony- CO: 4367,9 kWh, koszt: 945,1 zł Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne: 13903 zł

W turze II-giej założono, że zainstalowany w Samochodzie 2 układ SMART HYBRID LPG PLUG OUT wytwarza energię elektryczną oraz energię cieplną (kogeneracja), którą magazynuje w zasobniku gruntowym

Tabela. 2. Warianty i konfiguracje analiz energetycznych-tura II

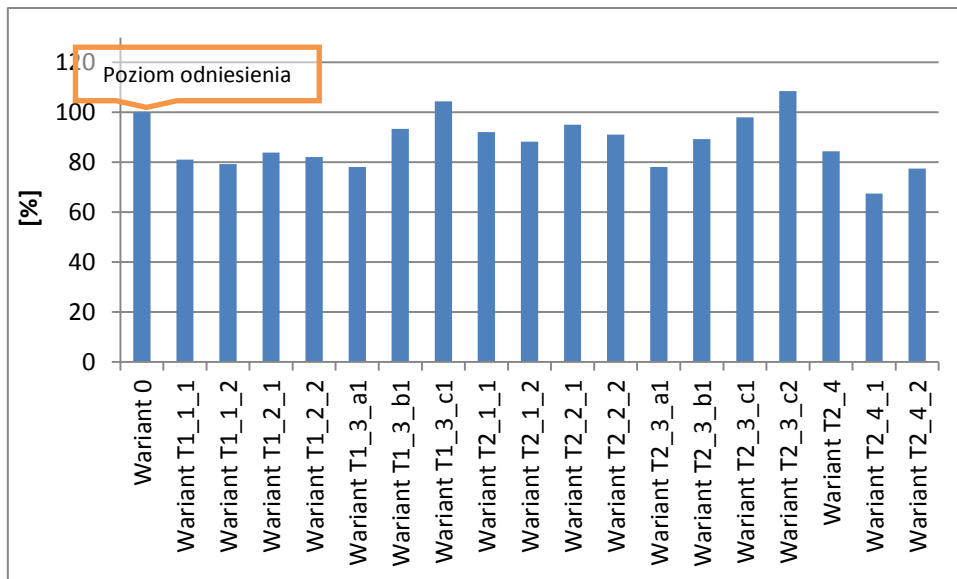
Wariant	Konfiguracja	Koszty
Wariant 1_2	Samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT, wspomaganie, układ S&S, zasilanie domu, bez akumulatorów dodatkowych, odzysk ciepła z silnika (40% energii paliwa), bez gruntowego zasobnika ciepła, czas pracy silnika w trybie Plug out: 150 h/rok	Energia elektryczna z prądnic: 1200 kWh Energia elektryczna kupiona: 1670 kWh, koszt: 925 zł Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł CO z LPG: 3090 kWh Gaz- CO: 3380 kWh, koszt: 731 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne: 12450 zł
Wariant 2_2	Samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT (wspomaganie, układ S&S, zasilanie domu), odzysk ciepła z silnika (40% energii paliwa), bez gruntowego zasobnika ciepła, czas pracy silnika w trybie Plug out: 150 h/rok, akumulatory dodatkowe 6x100 Ah	Energia elektryczna z prądnic: 1200 kWh Energia elektryczna kupiona: 1670 kWh, koszt: 925 zł Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł CO z silnika: 3090 kWh Gaz- CO: 3380 kWh, koszt: 731 zł Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt instalacji LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne: 12450 zł
Wariant 3_c1	Samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT, zasilanie domu z PVT (elektryczna+ciepło) i silnika 8kW	Instalacja PVT: 15000 zł Energia elektryczna PVT: 858 kWh Energia elektryczna z Plug out: 2012 kWh

	(elektryczna +ciepło), instalacja PVT 8,5 m <sup>2</sup> , podłączenie do sieci elektrycznej i gazowej, energia elektryczna pokryta w całości z PVT i LPG, bez zasobnika gruntowego i pompy ciepła	Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł Ciepło PVT: 2102 kWh Ciepło LPG: 5180 kWh (nadmiar) Gaz kupiony- CO: 0 kWh, koszt: 0 zł Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt instalacji LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne: 12958 zł
Wariant 3_c2	Samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT, wersja pełna, zasilanie domu z PVT (elektryczna+ciepło) i silnika 8kW (elektryczna +ciepło), instalacja PVT 8,5 m <sup>2</sup> , podłączenie do sieci elektrycznej i gazowej, energia elektryczna pokryta w całości z PVT i LPG, zasobnik gruntowy i pompa ciepła, ciepło z LPG: 1/3 zużycie bezpośrednie, 2/3 oddawane do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, COP = 5 (20% energii elektrycznej do wytworzenia ciepła przez pompę ciepła)	Instalacja PVT: 15000 zł Zasobnik gruntowy + pompa ciepła: 25000 zł Dodatkowe zapotrzebowanie pompy ciepła: 200 kWh Energia elektryczna PVT: 858 kWh Energia elektryczna z Plug out: 2212 kWh Koszt roczny abonamentu przyłącza elektrycznego: 360 zł Gaz- ogrzewanie wody: 2140 kWh, koszt: 1056 zł Ciepło PVT: 2102 kWh Całkowite ciepło z LPG: 5696 kWh, w tym Ciepło LPG zużyte bezpośrednio: 1709 kWh Ciepło LPG z zasobnika gruntowego: 1196 kWh Gaz kupiony- CO: 1330 kWh, koszt: 288 zł Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt instalacji LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Całkowite koszty roczne bez instalacji: 13691 zł
Wariant 4:	Dom odłączony od sieci energetycznej i gazowej, samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT, zasilanie domu z PVT (elektryczna+ciepło) i silnika 8kW (elektryczna +ciepło), instalacja PVT 28 m <sup>2</sup> , energia elektryczna pokryta w całości z PVT i LPG, ciepło z PVT: 2/3 zużycie bezpośrednie, 1/3 oddawanie do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, ciepło z LPG: 1/3 zużycie bezpośrednie, 2/3 oddawane do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, COP = 5 (20% energii elektrycznej do wytworzenia ciepła przez pompę ciepła). Priorytetem jest wytworzenie ciepła pokrywającego zapotrzebowanie na ciepłą wodę oraz CO.	Instalacja PVT: 50000 zł Zasobnik gruntowy + pompa ciepła: 25000 zł Dodatkowe zapotrzebowanie pompy ciepła dla energii zgromadzonej w zasobniku: 300 kWh Energia elektryczna PVT: 2860 kWh Energia elektryczna z Plug out: 2358 kWh (nadmiar niewykorzystany) Zapotrzebowanie na ciepło: 2140 kWh + 6470 kWh Całkowite ciepło PVT: 7007 kWh, w tym Ciepło PVT zużyte bezpośrednio: 4671 kWh Ciepło PVT z zasobnika gruntowego: 701 kWh Całkowite ciepło z LPG: 6071 kWh, w tym Ciepło LPG zużyte bezpośrednio: 2023 kWh Ciepło LPG z zasobnika gruntowego: 1214 kWh Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt instalacji LPG: 3000 zł oraz przegląd LPG: 250 zł) Koszty uniknięte: - podłączenie i instalacja gazowa: 4000 zł - podłączenie i instalacja elektryczna: 2300 zł Całkowite koszty roczne: 9166 zł
Wariant 4_1	Dom odłączony od sieci energetycznej i gazowej, samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT, zasilanie domu z PVT (elektryczna+ciepło) i silnika 8kW (elektryczna +ciepło), instalacja PVT 28 m <sup>2</sup> , podłączenie do sieci elektrycznej i gazowej, energia elektryczna pokryta w całości z PVT i LPG, ciepło z PVT: 2/3 zużycie bezpośrednie, 1/3 oddawanie do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, ciepło z LPG: 1/3 zużycie bezpośrednie, 2/3 oddawane do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, COP = 5 (20% energii elektrycznej do wytworzenia ciepła przez pompę ciepła). Priorytetem jest wytworzenie ciepła pokrywającego zapotrzebowanie na ciepłą wodę oraz CO.	Instalacja PVT: 50000 zł Zasobnik gruntowy + pompa ciepła: 25000 zł Dodatkowe zapotrzebowanie pompy ciepła dla energii zgromadzonej: 300 kWh Energia elektryczna PVT: 2860 kWh Energia elektryczna z Plug out: 2358 kWh (nadmiar częściowo wykorzystany do napędu samochodu) Zapotrzebowanie na ciepło: 2140 kWh + 6470 kWh Całkowite ciepło PVT: 7007 kWh, w tym Ciepło PVT zużyte bezpośrednio: 4671 kWh Ciepło PVT z zasobnika gruntowego: 701 kWh Całkowite ciepło z LPG: 6071 kWh, w tym Ciepło LPG zużyte bezpośrednio: 2023 kWh Ciepło LPG z zasobnika gruntowego: 1214 kWh En. elektryczna- samochód 1: 1100 kWh, koszt: 0 zł Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł) Koszty uniknięte: - podłączenie i instalacja gazowa: 4000 zł - podłączenie i instalacja elektryczna: 2300 zł Całkowite koszty roczne bez instalacji: 6667 zł



<p>Wariant 4_2</p>	<p>Dodatkowo samochód 1 przerobiony na EV – nadmiar wytwarzanej przez PVT energii elektrycznej przeznaczana będzie do ładowania samochodu 1. Samochód 1 pokonuje rocznie 5000 km, energia dla samochodu elektrycznego potrzebna na pokonanie tego dystansu (22 kWh/100km) wynosi 1100 kWh.</p> <p>Dom odłączony od sieci energetycznej i gazowej, samochód 2 SMART HYBRID LPG PLUG OUT, zasilanie domu z PVT (elektryczna+ciepło) i silnika 8kW (elektryczna+ciepło), instalacja PVT 20 m<sup>2</sup>, podłączenie do sieci elektrycznej i gazowej, energia elektryczna pokryta w całości z PVT i LPG, ciepło z PVT: 2/3 zużycie bezpośrednio, 1/3 oddawanie do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, ciepło z LPG: 1/3 zużycie bezpośrednio, 2/3 oddawane do zasobnika gruntowego z odzyskiem 30%, COP = 5 (20% energii elektrycznej do wytworzenia ciepła przez pompę ciepła). Priorytetem jest wytworzenie ciepła pokrywającego zapotrzebowanie na ciepłą wodę oraz CO. Dodatkowa energia elektryczna dla pompy ciepła z COP=4 – ciepło gruntowe naturalne.</p>	<p>Instalacja PVT: 35000 zł  Zasobnik gruntowy + pompa ciepła: 25000 zł  Dodatkowe zapotrzebowanie pompy ciepła dla energii zgromadzonej w zasobniku: 200 kWh  Dodatkowe zapotrzebowanie pompy ciepła dla naturalnej energii gruntu: 600 kWh  Energia elektryczna PVT: 2002 kWh  Energia elektryczna z Plug out: 1783 kWh  Zapotrzebowanie na ciepło: 2140 kWh + 6470 kWh  Całkowite ciepło PVT: 4905 kWh, w tym  Ciepło PVT zużyte bezpośrednio: 3270 kWh  Ciepło PVT z zasobnika gruntowego: 490 kWh  Całkowite ciepło z LPG: 4593 kWh, w tym  Ciepło LPG zużyte bezpośrednio: 1520 kWh  Ciepło LPG z zasobnika gruntowego: 919 kWh  Bateria akumulatorów (wymiana co 10 lat): 4200 zł  Dodatkowe koszty (wymiana samochodu 2 co 10 lat i w tych interwałach ponoszony koszt instalacji LPG: 3000 zł oraz przegląd coroczny LPG: 250 zł)  Koszty uniknięte:  - podłączenie i instalacja gazowa: 4000 zł  - podłączenie i instalacja elektryczna: 2300 zł  Całkowite koszty roczne: 8656 zł</p>
--------------------	--	--

Podczas wykonanych analiz energetyczno-ekonomicznych w każdej turze analizowano wiele wariantów konfiguracji układu SMART HYBRID LPG PLUG OUT oraz systemów zainstalowanych w domu dodatkowo w różnych przedziałach czasowych. Na rysunku 10 pokazano jedynie wybrane zestawione razem wyniki w postaci sumarycznych nakładów finansowych na utrzymanie domu wraz z zapewnieniem transportu jego mieszkańców w okresie 30 lat. Widoczne są też inne warianty obliczeń, które nie mają podanych odnośników do tabel. Były to obliczenia dla wariantu oszczędnego awaryjnego, gdzie nie stosowano maszyny Smart Hybrid a tradycyjny alternator.



Rys. 10. Porównanie procentowej różnicy kosztów na utrzymania domu wraz z zapewnieniem transportu jego mieszkańców samochodem Smart Hybrid LPG Plug Out w okresie 30 lat

## Omówienie wyników

W przypadku Tury 1, gdzie samochód ze Smart Hybrid LPG Plug Out zasiliał jedynie instalację elektryczną budynku, największa oszczędność w okresie 30 lat eksploatacji domu wyniosła ok. 20% (daje to około 100tyś zł oszczędności w okresie 30 lat). Uzyskana oszczędność wynika głównie z zasilania samochodu paliwem LPG, natomiast niezaprzeczalną zaletą systemu jest możliwość zasilania domu w sytuacjach awaryjnych (koszty trudne do oceny). Przeprowadzone obliczenia pokazują, że pomimo ponoszonych dodatkowych kosztów elementów (ogniwa PVT, akumulatory, Smart Hybrid) efekt ekonomiczny jest korzystny dla użytkowników.

Tura 2 pokazuje wyniki obliczeń w których uwzględniono kogenerację energii elektrycznej i ciepłej produkowanej przez silnik spalinowy samochodu zasilanego LPG. W tym przypadku oszczędność może sięgać nawet ponad 35% (wariant T2\_4\_1).

## Źródła

- [1] Fice M., Setlak R. Smart Hybrid- Integracja rynku transportowego z energią odnawialną poprzez wykorzystywanie samochodów z układami Smart Hybrid LPG Plug Out do zasilania budynków-raport z projektu

*Datowanie (wersja oryginalna opracowana we współpracy z Parkiem Naukowo-Technologicznym Euro-Centrum) – 17.05.2014 r.*