

Fotowoltaika off-grid. Oszacowanie wymaganej pojemności baterii.

Grzegorz Kwiecień

Osoba prywatna, nie reprezentująca żadnej instytucji,
mgr inż. elektroenergetyki ze specjalizacją w zakresie wytwarzania energii i z doświadczeniem w zakresie eksploatacji elektrociepłowni.

Streszczenie: w pracy oszacowano wymaganą pojemność bateryjnego magazynu energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego, przy założeniu posiadania fotowoltaiki wyłącznie na własne potrzeby. Uwzględniono zużycie energii na oświetlenie, multimedia, pranie, odkurzanie, kuchenkę mikrofalową, lodówkę, ciepłą wodę i ogrzewanie.

Słowa kluczowe: fotowoltaika, magazyn off-grid, budynek samowystarczalny, samowystarczalność energetyczna, krytyka idei.

1. Wstęp.

Ustalone zostaną wymagane moce fotowoltaiki i falownika oraz pojemność magazynu bateryjnego w trzech kolejnych przypadkach:

- zapotrzebowanie RTV + AGD,
- zapotrzebowanie RTV + AGD + ciepła woda,
- zapotrzebowanie RTV + AGD + ciepła woda + ogrzewanie.

Zbadana zostanie korelacja między generacją, a zapotrzebowaniem oraz ustalony jej wpływ na wymaganą pojemność magazynu.

Zostanie dokonana ocena realności wyżej wymienionych zamierzeń.

2. Literatura.

Literatura podejmująca się naukowej krytyki odnawialnych źródeł energii praktycznie nie istnieje. Autor poleca publikację własną [1] *Wodór. Krytyka idei zastosowania* gdzie zajmuje się rozważaniami w skali makro.

3. Materiały i metody badań

Założenia

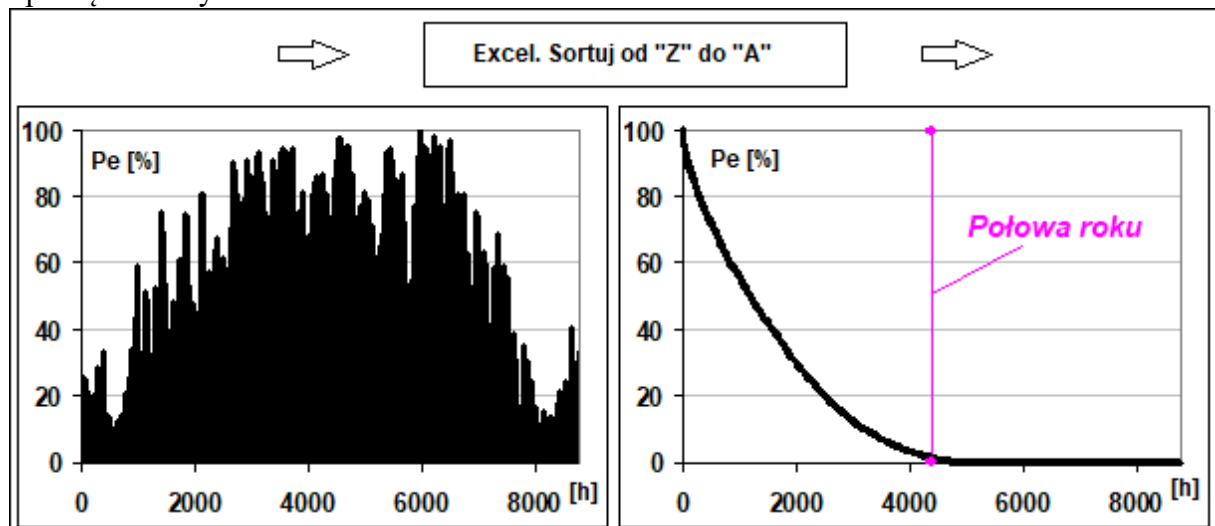
Generacja

Dla oceny generacji fotowoltaicznej wykorzystano godzinowe dane PSE za rok 2023. Powyższe dane w prosty sposób przeskalowano (pomniejszono) stosownie do potrzeb. Dane dla całego kraju są w jakiś sposób uśrednione. W przypadku fotowoltaiki balkonowej sytuacja może być inna, np. balkon może być skierowany tylko w jedną stronę, więc jej osiągi będą gorsze.

Na rys.1. przedstawia się generację fotowoltaiczną w Polsce za rok 2023 chronologicznie i na wykresie uporządkowanym. Dla poprawnej oceny możliwości fotowoltaiki dane należy przesortować np. w kolejności od największych do najmniejszych. Korzystanie z wykresów

chronologicznych może prowadzić do błędnych wniosków: dane za 8760 h na rysunku o małych rozmiarach się zlewają i gubimy „szczególne” zjawisko nocy. Oceny możliwości fotowoltaiki dokonywane na wykresach chronologicznych w zbyt małej skali, albo na słupkowych wykresach miesięcznych dają wyniki fałszywe, nazbyt optymistyczne. Prawdziwy obraz możliwości fotowoltaiki pokazuje się na rys. 1 po prawej: przez pół roku jest noc, a z pozostałej części należy odliczyć niedoskonałości wynikające z ruchu naszej gwiazdy dziennej po nieboskłonie i zakłócenia atmosferyczne.

Rys.1. Generacja fotowoltaiczna w Polsce za rok 2023 chronologicznie i na wykresie uporządkowanym.



Uwagi. Dane godzinowe PSE.

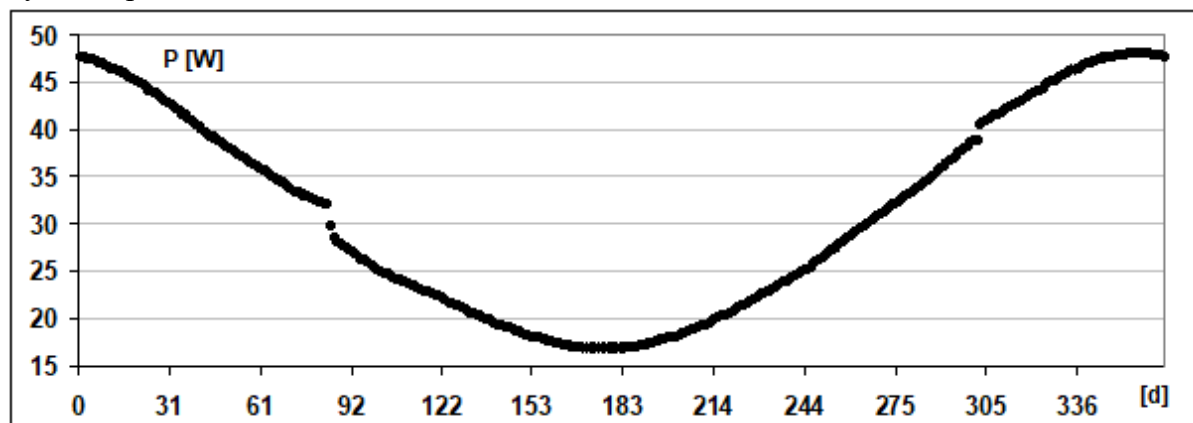
Zapotrzebowanie.

Autor nie dysponował szczegółowym rozkładem obciążenia i utworzył go na podstawie pomiarów cząstkowych i znajomości zwyczajów domowników. Zdaniem autora nie miało to wpływu na jakość badania, ponieważ procesy magazynowania energii są tu długookresowe i drobne przesunięcia w skali godzinowej nie mają znaczenia. Na pewno dołożono staranności dla odróżnienia, które odbiory pracują w dzień, a które po zachodzie słońca.

Oświetlenie.

Dzięki zastosowaniu żarówek LED-owych zapotrzebowanie na moc elektryczną do oświetlenia nie jest duże, ale jest i należy je uwzględnić. Najmniejsze zapotrzebowanie jest oczywiście latem. Między innymi autor stosuje 2 żyrandole po 5 żarówek i przesadnie nie oszczędza. Mowa o 3 osobowej rodzinie i mieszkaniu z trzema pokojami, kuchnią, łazienką i osobnym WC. Założony wykres zapotrzebowania na moc do oświetlenia przedstawia się na rysunku 2. Na przedmiotowym rysunku widać wyraźnie wpływ zmiany na czasie na zużycie energii elektrycznej do oświetlenia. Obliczenia wykonano dla każdej godziny, natomiast prezentuje się dane średniodobowe.

Rys.2. Zapotrzebowanie na moc do oświetlenia.

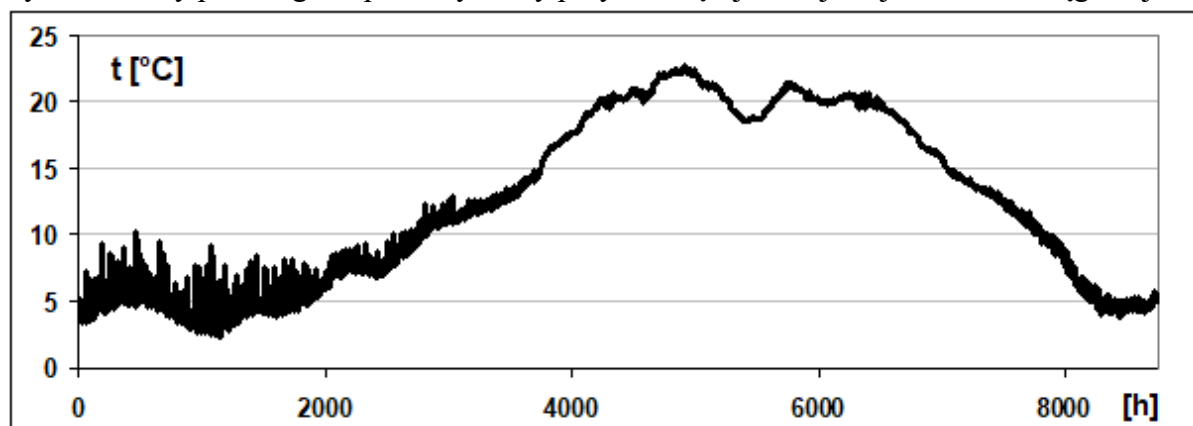


Uwagi: dane średniodobowe.

Temperatura wody pitnej w miejskiej sieci wodociągowej.

Na rysunku 3 przedstawia się roczny przebieg temperatury wody przychodzącej z miejskiej sieci wodociągowej. Jest on niezwykle istotny dla naszego badania.

Rys.3. Roczny przebieg temperatury wody przychodzącej z miejskiej sieci wodociągowej



Uwagi: na danych godzinowych, za rok 2023.

Założono pranie tylko w temperaturze 40 °C. Ale przy rozpiętości temperatur wody zimnej, jak na rysunku 3, jedno pranie latem będzie wymagać np. 0,450 kWh, a zimą 0,764 kWh.

Założono średnie zużycie ciepłej wody do mycia 137 l/d. Aby taką ilość wody podgrzać od 3 °C do 52 °C potrzeba 7,8 kWh energii, natomiast dla podgrzania od 22 °C do 52 °C potrzeba 4,8 kWh energii.

Na omawianym wykresie, w okresie zimowym można zaobserwować skoki temperatury o kilka °C w górę. Prawdopodobnie powstają one wtedy, kiedy jest mały odbiór wody, a woda zimna podgrzewa się nieco poprzez sam fakt przebywania w kanale technologicznym w piwnicach budynku, np. w sąsiedztwie rur centralnego ogrzewania.

Uwzględnienie problematyki ciepłej wody nastręczyło autorowi najwięcej trudności. Autor nie uznał za stosowne, aby rzeczony podgrzewanie zrealizować za pomocą przepływowego ogrzewacza wody. Takie urządzenia wymagają 15-22 kW mocy. Zastosowano bojler z grzałką elektryczną 1,5 kW. Ponadto, starając się pozytywnie podejść do koncepcji stosowania fotowoltaiki zaproponowano algorytm, w którym ciepła woda jest podgrzewana

zawsze od godziny 11:00 zimą i 10:00 latem, aż do pełnego nagrzania wymaganego zapasu wody. (Od 11:00 do pełna). Zaproponowana koncepcja ma swoje wady i zalety: izolacja cieplna zbiorników nie jest idealna, więc w pomieszczenia z takimi zbiornikami zawsze są nieco przegrzewane. Latem wymagałoby to stosowania klimatyzacji marnującej po części nasze wysiłki.

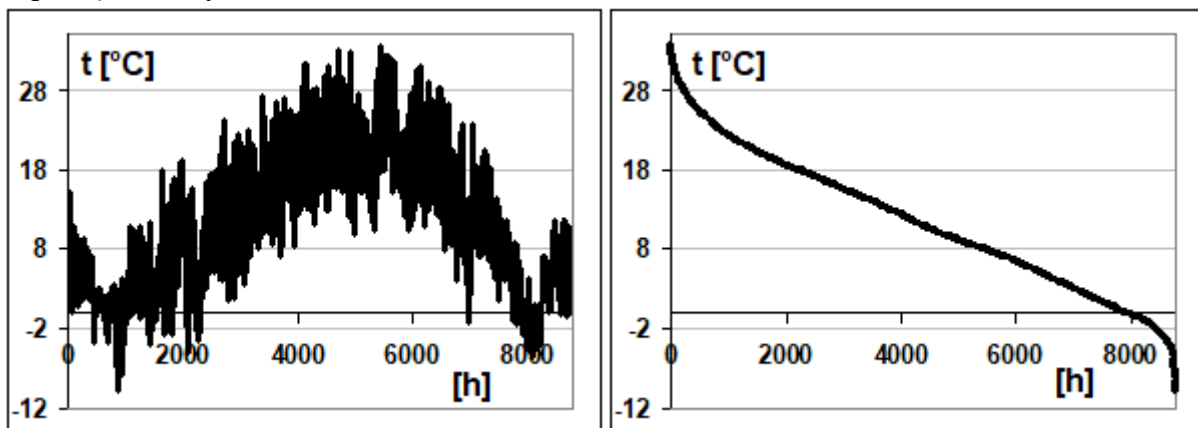
W niniejszym opracowaniu nie rozważa się zastosowania klimatyzacji. Uwzględniono natomiast, że więcej energii powinna zużywać lodówka latem.

Nie uwzględniono także zużycia energii elektrycznej na gotowanie (oprócz kuchenki mikrofalowej). Autor w kuchni korzysta z gazu. Proszę uwierzyć autorowi na słowo, że zimą, gdy w pomieszczeniu jest zimniej, a temp. wody jest niższa, także zagotowanie wody na herbatę będzie wymagało więcej energii.

Temperatura zewnętrzna i zapotrzebowanie na ciepło.

Przyjęty przebieg temperatury zewnętrznej przedstawia się na rys.4.

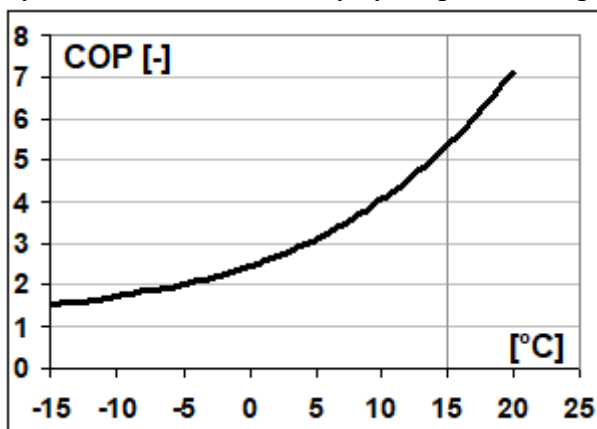
Rys.4. Przyjęty przebieg temperatury zewnętrznej, na wykresie chronologicznym i uporządkowanym.



Uwagi: na danych godzinowych, za rok 2023.

Założoną charakterystykę sprawności pompy ciepła pokazuje się na rys.5.

Rys.5. Założona charakterystyka sprawności pompy ciepła.



Wyjaśnienia, dlaczego zimą potrzebujemy więcej energii do ogrzewania są zbędne.

Podsumowując przyjęte założenia: wszystkie odbiory energii (oprócz lodówki) stwarzają większe zapotrzebowanie zimą. Nawet, jeśli nie bezpośrednio (jak oświetlenie), to pośrednio – to zimą więcej czasu spędzamy przed komputerem, to latem więcej czasu poświęcamy np. na aktywność fizyczną.

Istotne szczegóły algorytmu obliczeniowego.

Przyjęto następujący, niżej opisany algorytm symulacji.

Dla każdej z 8760 h/a:

nadwyżka = generacja – zapotrzebowanie

Jeśli nadwyżka jest dodatnia, to po danym kroku obliczeniowym

$$\text{zapas}_{n+1} = \text{zapas}_n + \eta_{ES} * \text{nadwyżka}$$

Jeśli nadwyżka jest ujemna, to po danym kroku obliczeniowym

$$\text{zapas}_{n+1} = \text{zapas}_n + \text{nadwyżka} / \eta_{SE},$$

gdzie

η_{ES} - sprawność konwersji energii z postaci elektrycznej do postaci magazynowej,

η_{SE} - sprawność konwersji energii z postaci magazynowej do postaci elektrycznej.

Tu przyjęto $\eta_{ES} = \eta_{SE} = 0,96$

Oznacza to, że w magazynie znajdzie się 96 % nadwyżki, a 4 % strat przypisano procesowi ładowania i połowie procesu przechowywania. Przy poborze energii, dla uzyskania właściwego pokrycia zapotrzebowania z magazynu musi być pobrana energia większa, na pokrycie strat procesu rozładowania, stąd dzielimy przez 0,96. (W przypadku obliczeń dokładniejszych należy straty przechowywania obliczać osobno).

Podany algorytm jest uniwersalny, czytelnik może dla procesu ładowania magazynu podstawić np. sprawność elektrolizera 65 %, a dla procesu rozładowania magazynu sprawność elektrowni gazowo-parowej spalającej wodór 60 %. Może też powtórzyć rozumowanie przy innej konfiguracji układu bateria-falownik-PV.

Badania przeprowadzono w ten sposób, że zapas początkowy musi się równać zapasowi końcowemu.

Przyjęto akademickie założenie o dopuszczalności rozładowania magazynu do zera. (W praktyce taki sposób gospodarowania byłby niedopuszczalny).

Wsp. korelacji ustalono wg. algorytmu Excela.

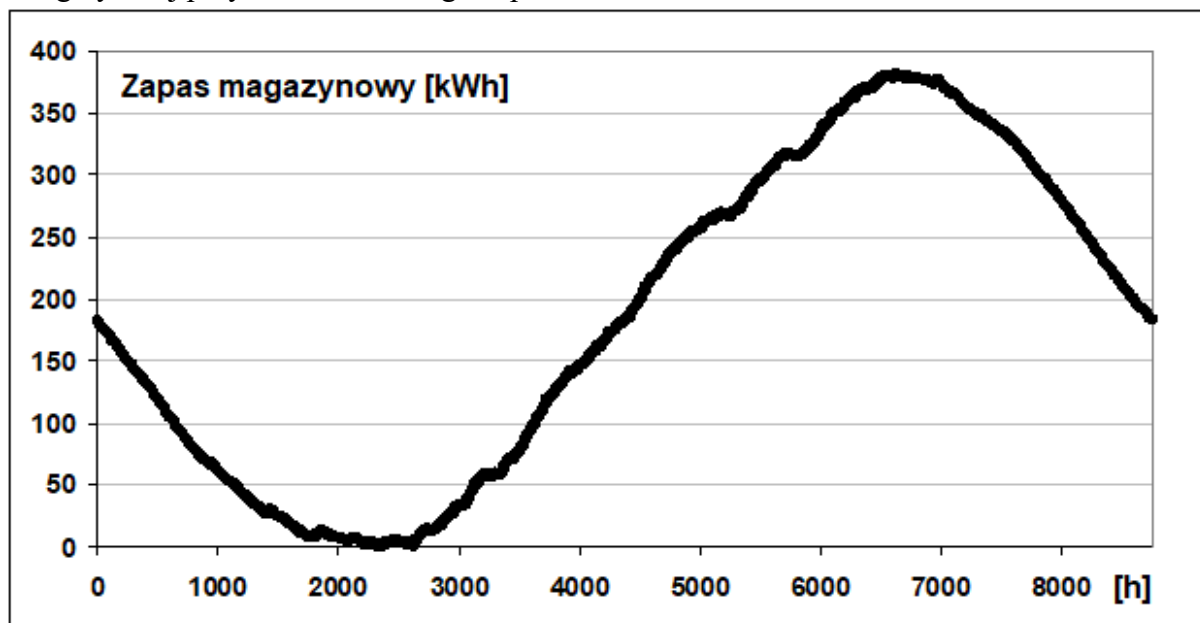
4. Wyniki i dyskusja.

4.1.1. Zapotrzebowanie RTV + AGD, wyniki obliczeń przy zapotrzebowaniu średniorocznym.

W przypadku odbiorcy indywidualnego obciążenie niezmiennie przez cały rok nie istnieje. Tu rozpatruje się przypadek akademicki w celu wykazania wpływu zmienności generacji fotowoltaicznej na wymaganą pojemność magazynu energii. Ale w skali kraju, gdzie wskutek niejednoczesności obciążeń indywidualnych dochodzi do uśrednienia zapotrzebowania przeprowadzone badanie jak najbardziej ma sens.

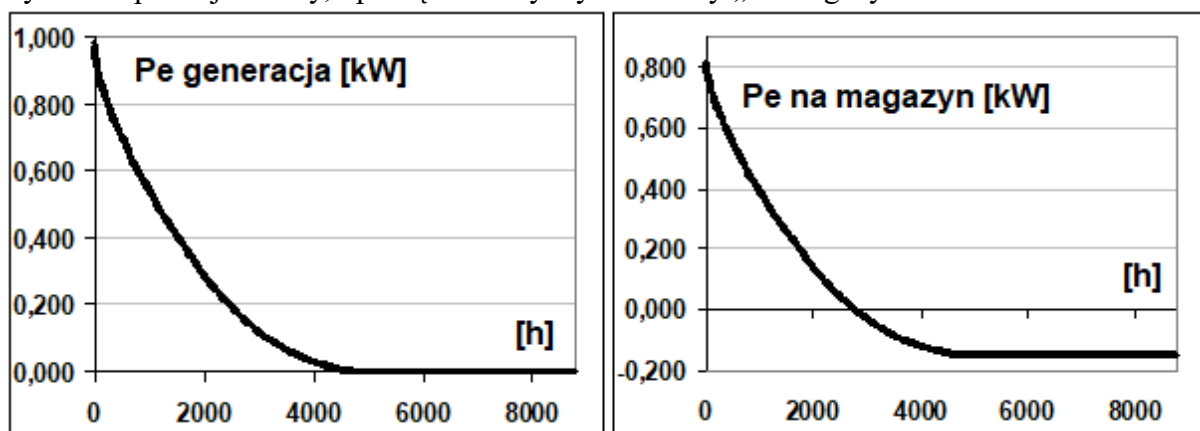
Uwadze poleca się rysunki 6 i 7 poniżej.

Rys.6. Wymagany zapas magazynowy energii dla zrealizowania pełnej samowystarczalności energetycznej przy założeniu stałego zapotrzebowania.



Rys.7. Po lewej: roczny, uporządkowany wykres generacji PV przy zapotrzebowaniu średnim, jak dla RTV+AGD.

Rys.7. Po prawej: roczny, uporządkowany wykres mocy „na magazyn”.



Uwagi: moc ujemna = moc z magazynu = zużycie.

Niechaj czytelnik sam porówna moc średniego zapotrzebowania 0,152 kW z mocą zainstalowaną źródła 0,981 kW.

Pozostałe dane przedstawia się w tabeli 1. Krotności mocy zainstalowanej obliczono w stosunku do zapotrzebowania średniego.

Tabela.1. Wielkości charakterystyczne dla zadania samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy średnim zapotrzebowaniu, jak RTV+AGD.

	Max kW	Min kW	Średnia kW	Rocznie kWh
Generacja PV	0,981	0,000	0,160	1399
Zapotrzebowanie			0,152	1331
Na magazyn	0,829	0,000		868
Z magazynu	0,152	0,000		800
Zużycie bezpośrednie				531
Zapas magazynowy	Max kWh	Min kWh	Max h śr.zap.	Min
	382	0	2 512	0
Zapas magazynowy	Wartość początkowa kWh		Wartość końcowa kWh	
	182		182	
Krotność mocy źródła			6,46	
Krotność mocy instalacji ładowania			5,46	
Krotność mocy instalacji rozładowania			1,00	

Na uwagę zasługują: wymagana pojemność magazynu 2512 h, oraz konieczność zainstalowania instalacji energetycznych o mocy $646+546=1192$ % w stosunku do zapotrzebowania średniego.

4.1.2. Zapotrzebowanie RTV + AGD, wyniki obliczeń na danych godzinowych.

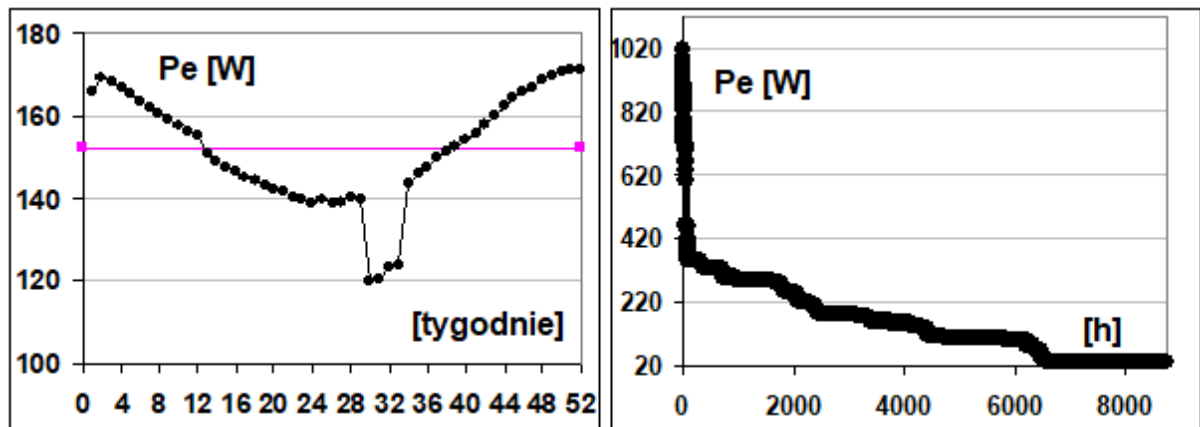
Wykres obciążenia sporządzony na danych godzinowych byłby nieczytelny z powodu małej skali wydruku, dlatego na rysunku 8 poniżej przedstawia się średnie obciążenia tygodniowe. Natomiast na danych godzinowych przedstawia się wykres roczny uporządkowany.

Na uwagę zasługują: letnia przerwa urlopowa, oraz krótkotrwałe obciążenia znacznie powyżej średniej. Do tych ostatnich dochodzi w przypadku, gdy jednocześnie pierzemy, sprzątamy i gotujemy. Przypomina to nam o konieczności znacznego przewymiarowania instalacji domowych. Średnie zużycie mamy znacznie mniejsze, ale nie życzymy sobie, aby np. jednoczesne załączenie pralki i kuchenki mikrofalowej skończyło się u nas blackoutem!

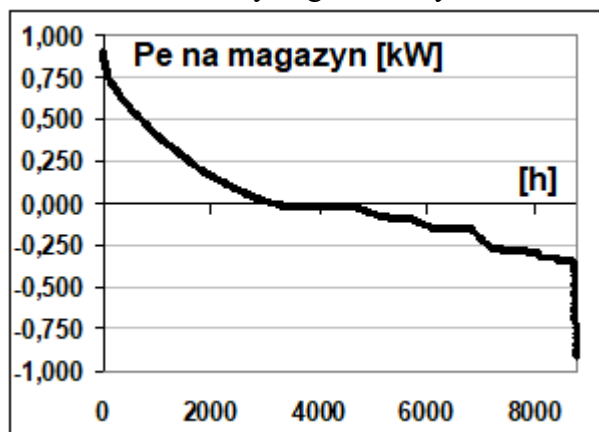
Zatem, jeśli dotychczas nasze przyłącze do sieci krajowej miało moc 5 kW, to jeśli na poważnie myślimy o samowystarczalności energetycznej, to moc instalacji poboru z magazynu (falownika) musi również wynosić 5 kW. (Pomimo średniego zapotrzebowania 0,152 kW). Proporcja $5000/152=33$ niewątpliwie oznacza przewymiarowanie instalacji, ale wynika ona z natury rzeczy i w pierwszym przypadku jesteśmy z tym pogodzeni. W przypadku mnożenia instalacji błąd przewymiarowania majątku się powtarza.

Rys.8. Po lewej: średnie obciążenia tygodniowe dla odbiorów RTV+AGD.

Rys.8. Po prawej: roczny, uporządkowany wykres obciążeń na danych godzinowych.



Rys.9. Roczny, uporządkowany wykres mocy „na magazyn” przy zapotrzebowaniu RTV+AGD, na danych godzinowych.



Uporządkowany wykres mocy „na i z” magazynu przedstawiony na rys.9 został sporządzony na danych godzinowych. Jednak zwraca się uwagę, że użytkownik, który posiadałby np. panel PV o mocy 1 kW i falownik 1 kW w rzeczywistości nie byłby w stanie zrealizować zadania samowystarczalności energetycznej bez pomocy sieci zewnętrznej, wszak jego chwilowe zapotrzebowania mogą sięgać 5 kW.

Naturalnym jest, że zdarzają się awarie. Zatem, pomimo samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą paneli PV i baterii użytkownik musiałby utrzymywać w rezerwie przyłącze o mocy, jak dotychczas, albo posiadać zapasowy agregat prądowórczy.

Pozostałe wyniki prezentuje się w tabeli 2.

Tabela.2. Wielkości charakterystyczne dla zadania samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy zapotrzebowaniu RTV+AGD na danych godzinowych.

	Max kW	Min kW	Średnia kW	Rocznie kWh
Generacja PV	0,985	0,000	0,160	1404
Zapotrzebowanie	1,012	0,028	0,152	1331
Na magazyn	0,910	0,000		930
Z magazynu	0,917	0,000		857
Zużycie bezpośrednie				474
Zapas magazynowy	Max kWh	Min kWh	Max h śr.zap.	Min
	432	0	2 846	0
Zapas magazynowy	Wartość początkowa kWh		Wartość końcowa kWh	
	203		203	
Krotność mocy źródła			6,48	
Krotność mocy instalacji ładowania			5,99	
Krotność mocy instalacji rozładowania			6,04	

Ostatecznie, dla średniego zapotrzebowania 0,152 kW użytkownik marzący o samowystarczalności energetycznej utrzymywałby przyłączy rezerwowe 5 kW, falownik 5 kW, źródło 1 kW i magazyn bateryjny 432 kWh. **Dla realizacji jednego zadania potrzebne byłyby 4 instalacje.** Zestaw balkonowy PV 900 W i falownik 800 W bez wsparcia sieci zewnętrznej nie napędziłby nawet pralki, mimo teoretycznie parametrów prawidłowo odpowiadających zapotrzebowaniu średniemu.

Uogólniając nasze rozważania możemy powiedzieć, że zastosowanie fotowoltaiki, jakiegoś typu urządzenia ładowania magazynu i urządzenia rozładowania magazynu (bo przecież nie muszą to być te urządzenia same) wymagałoby $648+599+604=1851$ % mocy instalacji dla zapotrzebowania 100 %.

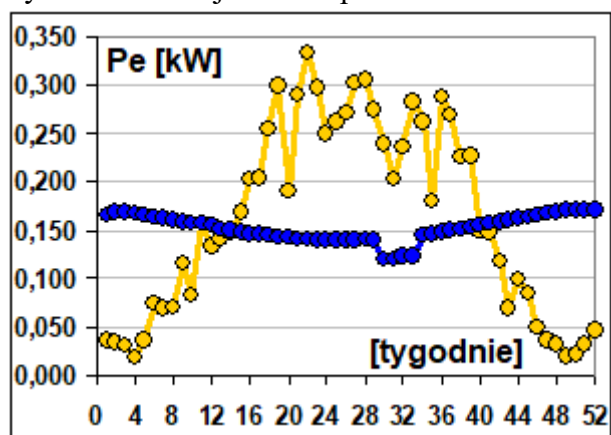
Nie wydaje się, aby był to roztropny sposób gospodarowania majątkiem.

Przypomina się, że w tym rozdziale rozpatrujemy układ z zapotrzebowaniem „tylko RTV+AGD”. Wszystkie obliczone wsp. korelacji między generacją PV, a zapotrzebowaniem są ujemne i osiągnęły wartości:

- 0,032 dla danych godzinowych,
- 0,420 dla danych średniodobowych,
- 0,849 dla uśrednionych tygodniowo.

Poleca się uwadze rys.10, kolorem żółtym generacja, niebieskim zapotrzebowanie.

Rys.10. Generacja PV i zapotrzebowanie RTV+AGD.



Uwagi: na danych uśrednianych tygodniowo.

4.2.1. Zapotrzebowanie RTV i AGD + ciepła woda, wyniki obliczeń przy zapotrzebowaniu średniorocznym.

Tabela 3. Wielkości charakterystyczne dla zadania samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy średnim zapotrzebowaniu, jak RTV i AGD + ciepła woda.

	Max kW	Min kW	Średnia kW	Rocznie kWh
Generacja PV	3,056	0,000	0,497	4357
Zapotrzebowanie			0,473	4145
Na magazyn	2,583	0,000		2703
Z magazynu	0,473	0,000		2491
Zużycie bezpośrednie				1655
Zapas magazynowy	Max kWh	Min kWh	Max h śr.zap.	Min
	1189	0	2 512	0
Zapas magazynowy	Wartość początkowa kWh		Wartość końcowa kWh	
	567		567	

Wyniki obliczeń prezentuje się w tabeli 3. Dla pokrycia średniego zapotrzebowania RTV i AGD + ciepła woda ta rodzina potrzebowałaby fotowoltaiki o mocy 3 kW, instalacji ładowania magazynu o mocy 2,6 kW, oraz magazynu o pojemności 1189 kWh.

4.2.2. Zapotrzebowanie RTV i AGD + ciepła woda, wyniki obliczeń na danych godzinowych.

Tabela 4. Wielkości charakterystyczne dla zadania samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy zapotrzebowaniu RTV i AGD + ciepła woda na danych godzinowych.

	Max kW	Min kW	Średnia kW	Rocznie kWh
Generacja PV	3,019	0,000	0,491	4304
Zapotrzebowanie	2,485	0,028	0,473	4145
Na magazyn	2,734	0,000		2020
Z magazynu	2,312	0,000		1862
Zużycie bezpośrednie				2284
Zapas magazynowy	Max kWh	Min kWh	Max h śr.zap.	Min
	1404	0	2 966	0
Zapas magazynowy	Wartość początkowa kWh		Wartość końcowa kWh	
	721		721	
Krotność mocy źródła			6,38	
Krotność mocy instalacji ładowania			5,78	
Krotność mocy instalacji rozładowania			4,88	

Po uwzględnieniu zmienności zapotrzebowania wymagana pojemność magazynu rośnie z 1189 kWh do 1404 kWh, czyli potrzebny byłby magazyn o pojemności 2966 h licząc w stosunku do średniego zapotrzebowania 0,473 kW.

Przypomina się, że w tym rozdziale rozpatrujemy układ z zapotrzebowaniem „RTV i AGD+ciepła woda”. Wsp. korelacji między generacją PV, a zapotrzebowaniem osiągnęły tutaj następujące wartości:

- + 0,538 dla danych godzinowych,
- 0,645 dla danych średniodobowych,
- 0,741 dla uśrednionych tygodniowo.

Przypomina się, że autor zaproponował ładowanie zbiornika ciepłej wody tylko w godzinach potencjalnie dużej dostępności fotowoltaiki. Jednak w przypadku magazynowania długoterminowego decydują podane wyżej wsp. ujemne.

4.3.1. Zapotrzebowanie RTV i AGD + ciepła woda + ogrzewanie, wyniki obliczeń przy zapotrzebowaniu średniorocznym.

Przedmiotowe wyniki przedstawia się w tabeli 5.

Tabela 5. Wielkości charakterystyczne dla zadania samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy średnim zapotrzebowaniu, jak RTV i AGD +ciepła woda + ogrzewanie.

	Max kW	Min kW	Średnia kW	Rocznie kWh
Generacja PV	7,402	0,000	1,205	10553
Zapotrzebowanie			1,146	10040
Na magazyn	6,255	0,000		6545
Z magazynu	1,146	0,000		6032
Zużycie bezpośrednie				4007
Zapas magazynowy	Max kWh	Min kWh	Max h śr.zap.	Min

	2879	0	2 512	0
Zapas magazynowy	Wartość początkowa kWh		Wartość końcowa kWh	
	1373		1373	

4.3.2. Zapotrzebowanie RTV i AGD + ciepła woda + ogrzewanie, wyniki obliczeń na danych godzinowych.

Przedmiotowe wyniki przedstawia się w tabeli 6.

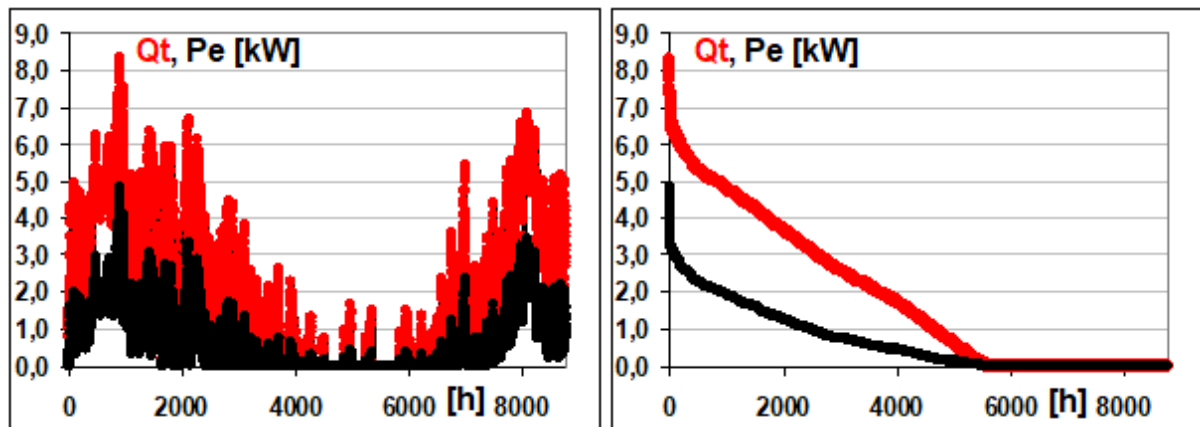
Tabela 6. Wielkości charakterystyczne dla zadania samowystarczalności energetycznej zrealizowanej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy zapotrzebowaniu RTV i AGD + ciepła woda + ogrzewanie na danych godzinowych.

	Max kW	Min kW	Średnia kW	Rocznie kWh
Generacja PV	7,431	0,000	1,209	10595
Zapotrzebowanie	5,407	0,028	1,146	10040
Na magazyn	6,788	0,000		7087
Z magazynu	4,924	0,000		6531
Zużycie bezpośrednie				3508
Zapas magazynowy	Max kWh	Min kWh	Max h śr.zap.	Min
	5661	0	4 939	0
Zapas magazynowy	Wartość początkowa kWh		Wartość końcowa kWh	
	3227		3227	
Krotność mocy źródła			6,48	
Krotność mocy instalacji ładowania			5,92	
Krotność mocy instalacji rozładowania			4,30	

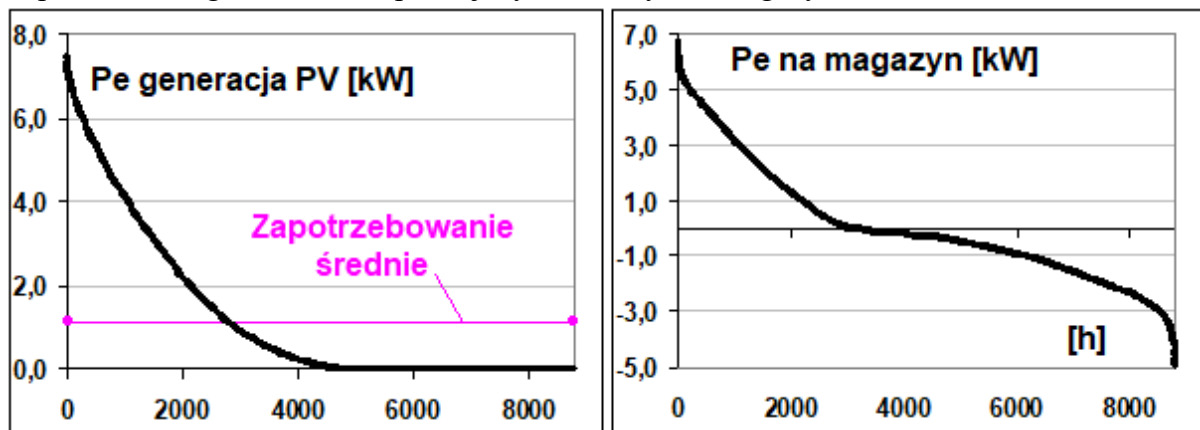
Na uwagę zasługuje wysoka wartość początkowa zapasu magazynowego wynosząca 3227 kWh, tj. 0,57 całej pojemności magazynowej. W okresie rozruchu instalacji taki stan napełnienia magazynu w jakiś sposób trzeba by uzyskać.

Zapotrzebowanie na moc cieplną w badanym układzie wyniosło $Q_t=16399$ kWh/a
Zapotrzebowanie na moc elektryczną do produkcji ciepła wyniosło $Q_e=5894$ kWh/a.
Przebiegi Q_t i P_e na danych godzinowych, na wykresach: chronologicznym i uporządkowanym przedstawia się na rys.11.

Rys.11. Zapotrzebowanie na ciepło i moc elektryczną dla pompy ciepła na wykresach: chronologicznym i uporządkowanym.

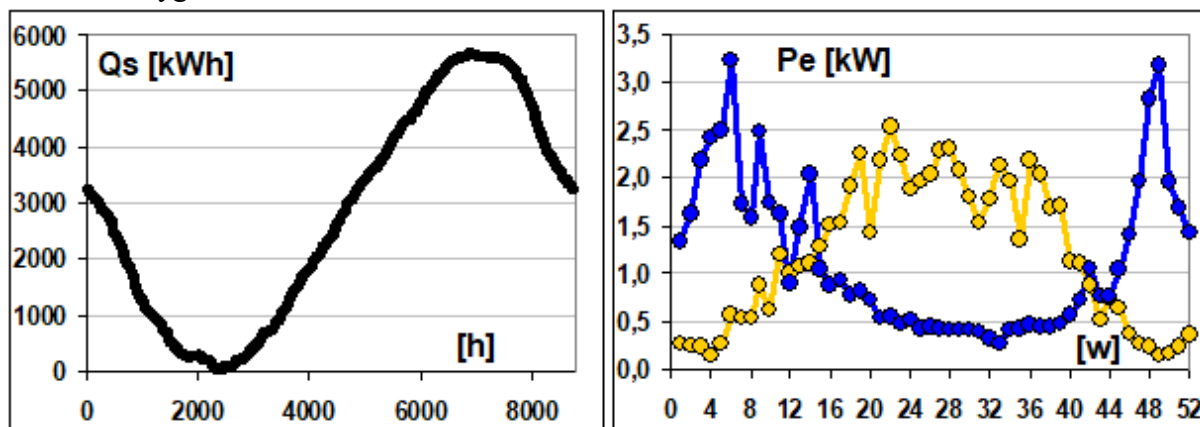


Rys.12. Po lewej roczny, uporządkowany wykres generacji PV dla obciążenia RTV i AGD ciepła woda + ogrzewanie. Po prawej wykres mocy „na magazyn”.



Rys.13. Po lewej przebieg zapasu magazynowego niezbędnego dla pokrycia obciążenia RTV i AGD + ciepła woda + ogrzewanie za pomocą fotowoltaiki.

Po prawej chronologiczne przebiegi zapotrzebowania (niebieski) i generacji (żółty) uśredniane tygodniami.



Przypomina się, że w tym rozdziale rozpatrujemy układ z zapotrzebowaniem „RTV i AGD + ciepła woda + ogrzewanie”. Wsp. korelacji między generacją PV, a zapotrzebowaniem osiągnęły tutaj następujące wartości:

- + 0,033 dla danych godzinowych,
- 0,672 dla danych średniodobowych,
- 0,785 dla uśrednionych tygodniowo.

A zatem: realizacja pełnej samowystarczalności energetycznej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach przy zapotrzebowaniu na RTV i AGD, ciepłą wodę i ogrzewanie dla jednej 3-osobowej rodziny wymagałaby baterii o pojemności 5661 kWh, albo inaczej 4939 h dla średniego zapotrzebowania 1,146 kW. Albo jeszcze inaczej, wymagałaby baterii o pojemności ponad pół roku i jest to znacznie więcej, od oferowanych obecnie na rynku pojemności 3-4 godziny.

5. Podsumowanie.

Generacja fotowoltaiczna jest silnie zmienna z powodu obrotu Ziemi wokół własnej osi i jej odchylenia od osi obrotu orbitalnego. Już tylko z tych powodów wyrównanie podaży i popytu wymaga zastosowania magazynu o pojemności około 2500 h średniego zapotrzebowania. Po uwzględnieniu, że zapotrzebowanie na energię również jest zmienne i w stosunku do generacji skorelowane ujemnie wymagane pojemności magazynowe rosną:

- z 2512 h do 2846 h, dla zapotrzebowania RTV+AGD,
- z 2512 h do 2966 h, po uwzględnieniu ciepłej wody ogrzewanej zasobnikowo,
- z 2512 h do 4939 h, po uwzględnieniu energii na ogrzewanie.

Bateria potrzebna dla realizacji samowystarczalności energetycznej dla jednej rodziny musiałaby mieć pojemność 5661 kWh. Pojemność jednej baterii dla samochodu Tesla S60 wynosi 58,5 kWh. Zatem dla jednej rodziny potrzeba by 97 sztuk baterii Tesli. Pominąwszy koszty – w naszych blokach nie ma miejsca na takie magazyny energii.

Zauważamy, że energia potrzebna na samo ogrzewanie $Q_t=16399$ kWh/a to w przeliczeniu 3,1 tony węgla 25 MJ/kg dla kotła o marnej sprawności 0,75. Zapotrzebowanie na energię dla pompy ciepła jest około 3x mniejsze (zauważamy ten postęp), więc już nie trzy tony, a równoważność jednej tony węgla musielibyśmy trzymać w zapasie. Kiedyś takie ilości węgla magazynowaliśmy w piwnicach. Jednak zestaw prawie 100 baterii Tesli na jedno mieszkanie wymagałby więcej miejsca, zwłaszcza, że oprócz baterii konieczne byłoby wymagane oprzyrządowanie.

Patrząc zarówno na możliwości techniczne, jak i na ceny, zamiar osiągnięcia samowystarczalności energetycznej za pomocą fotowoltaiki i magazynowania w bateriach jest nierealny. Autor nie sądzi, aby znalazło się sensowne rozwiązanie przedmiotowego problemu dzięki postępowi w nauce. Niezależnie od zastosowanej technologii magazyn energii elektrycznej o pojemności pół roku zawsze będzie musiał mieć odpowiednio duże rozmiary i z tego powodu zawsze będzie kosztowniejszy. Nie do rozwiązania w drodze postępu naukowo technicznego są też trudności wynikające z natury rzeczy: wysokie krotności mocy urządzeń w stosunku do zapotrzebowania. Za tym zawsze pójdą niepotrzebnie duże koszty majątku potrzebnego do zrealizowania samowystarczalności energetycznej. Nie tak organizuje się gospodarkę, w której zależy nam na jak najlepszym stopniu wykorzystania majątku i kapitału. W przypadku nadmiaru mocy produkcyjnych ponad zapotrzebowanie zwykle ogłasza się upadłość układową, a Zarządca Komisarzyczny proces uzdrowienia firmy rozpoczyna od wyprzedaży zbytecznego majątku. W przypadku OZE przewymiarowanie mocy zainstalowanych, czyli „planowa niegospodarność” jest celem.

Bilans fotowoltaiki (w stosunku do zapotrzebowania) jest ujemny przez pół roku.

Zwykle lobbyści energetyki odnawialnej po zwróceniu uwagi na powyższe odpowiadają prawie automatycznie, że „tak, ale na szczęście w zimowej połowie roku mamy generację wiatrową”. Owszem to prawda. Ale padło żądanie realizacji samowystarczalności za pomocą nakazu powieszenia paneli PV na każdym domu i tego dotyczyło niniejsze opracowanie. Korzystanie z farm wiatrowych zlokalizowanych nad morzem to już nie jest zadanie do realizacji samodzielnej, wymaga pracy całego systemu instalacji energetycznych wraz ze stosownym zabezpieczeniem. Dlaczego zatem wydano nakaz, który jest nierealny? Obywatele UE zostali potraktowani, jak dawcy kapitału? Zapłacą podwójnie, po raz pierwszy za zakup instalacji PV przewymiarowanych i niezdolnych do realizacji powierzonego mu zadania oraz zapłacą ponownie za ich zabezpieczenie systemowe.

Notabene, wzajemne uzupełnianie się wiatraków i fotowoltaiki, choć zmniejsza zapotrzebowanie na pojemność magazynów z około pół roku do 15-30 dni również nie pozwala mieć nadziei na sukces OZE. Pod naszą szerokości geograficzną kluczowym dla konceptu OZE + magazyn jest przetrwanie około 3-5 tygodni bez wiatru i słońca w okresie zimowym i taka jest wymagana pojemność magazynów energii elektrycznej.

Aktualnie w Polsce pojemność wszystkich posiadanych magazynów wynosi 6,47 GWh. Dla typowego, zimowego zapotrzebowania 22 GW jest to pojemność wystarczająca na 18 minut pracy – to bardzo daleko do wymaganej pojemności 15 dni, tym bardziej daleko do pojemności pół roku.

Czy przewymiarowanie mocy paneli ponad średnie potrzeby jest sposobem na złagodzenie opisywanej wady? Instalacja miała działać samodzielnie, bez potrzeby wymiany energii z siecią zewnętrzną, więc albo przyznajemy, że ta sieć jest potrzebna, albo przyznajemy, że nasza przewymiarowana fotowoltaika musiałaby być beżużytecznie wyłączana. A eksport energii do sieci zewnętrznej docelowo oznacza powtórzenie tych samych problemów w skali makro.

Murarz domy buduje, krawiec szyje ubrania...

W Polsce mamy znakomity wierszyk dla dzieci, w którym autor (Julian Tuwim) sławi korzyści wynikające z podziału pracy. Dlaczego lobbyści OZE negują podstawowe osiągnięcia ludzkości i każdy ma zapewnić sobie produkcję i magazynowanie energii sam? Takie postępowanie jest tylko napędzaniem konsumpcjonizmu i jako takie wcale „ratowaniu klimatu” nie służy.

W założeniach przyjęto rozładowanie magazynu do zera, bo tylko tak można przeprowadzić porównywalne obliczenia. W rzeczywistości zapas magazynowy musi być większy, bo nie jesteśmy w stanie przewidzieć, czy np. „20 lutego o godzinie 20:00 po raz ostatni wystąpi największe zużycie, a potem już będzie tylko lepiej”. W skali kraju, Rząd, który dopuściłby do rozładowania magazynów energii, żywności, etc. do zera zostałby zlinczowany.

Rys.14. Przykładowy przebieg procesu sporządzania zapasów magazynowych na zimę.



Wiewiórka, wbrew obiegowym opiniom nie ma sklerozy i nie zapomina o miejscach składowania orzeszków. Wiewiórka sporządza odpowiednio duże zapasy, ponieważ nie wie, czy zima będzie surowa, czy łagodna. Dlatego ustalenia autora należałoby traktować, jako minimalne, w rzeczywistości pojemność magazynów musiałyby być większa.

Na zakończenie zadajemy pytanie, czy aż taki aparat matematyczny był konieczny dla ustalenia tego, co mogliśmy ustalić prostym przewodem logicznym? Przecież każdy z nas powinien wiedzieć z doświadczenia życiowego, że przez pół roku jest noc i w związku z tym wielkość zapasów na zimę musi być odpowiednio duża...

Zakończono 19.11.2024