



POLITECHNIKA RZESZOWSKA
im. Ignacego Łukasiewicza
WYDZIAŁ MATEMATYKI I FIZYKI STOSOWANEJ

Daniel Krzysik

Wpływ pojemności magazynu energii elektrycznej w
hybrydowych systemach fotowoltaicznych (PV) na koszt
zakupu energii brakującej

Projekt inżynierski

kierunek studiów: Inżynieria i analiza danych

Opiekun projektu:

dr inż. Dawid Jaworski

Rzeszów 2023

Spis treści

1. Opis zagadnienia	4
2. Pobieranie i przetwarzanie danych o produkcji energii przez panele fotowoltaiczne (PV)	5
2.1 Wstęp	5
2.2 Pobieranie danych	5
2.3 Przetwarzanie i formatowanie danych.....	6
2.4 Tworzenie danych dla lat 2021 i 2022.....	6
2.5 Wizualizacje	7
2.5.1 Wykres liniowy produkcji energii na przestrzeni czasu	7
2.5.2 Porównanie produkcji energii – najlepszy vs najgorszy rok	9
2.5.3 Średnia godzinowa produkcja energii w ciągu dnia	10
2.5.4 Rozkład produkcji energii przez panele PV	12
2.5.5 Roczna produkcja energii	13
3. Pobranie i przetwarzanie danych o rynkowej cenie energii elektrycznej (RCE)	14
3.1 Wstęp.....	14
3.2 Pobranie danych	14
3.3 Przetwarzanie i formatowanie danych.....	14
3.4 Wizualizacje	14
3.4.1 Wykres ceny w czasie.....	14
3.4.2 Rozkład ceny energii elektrycznej.....	16
3.4.3 Średnia cena energii w ciągu miesiąca według roku	18
4. Analiza średniego dziennego zużycia energii.....	20
4.1 Wstęp.....	20
4.2 Opis funkcji	20
4.3 Wizualizacje	22
4.3.1 Średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej w poszczególnych latach.....	22
4.3.2 Średnie dzienne godzinowe zużycie energii.....	24
5. Analiza ekonomiczna użytkowania w gospodarstwie domowym	26
6. Koszt zakupu energii bez instalacji PV: Analiza wydatków na energię elektryczną w domu bez paneli fotowoltaicznych.	26
6.1 Wizualizacje	27
6.1.1 Miesięczne koszty energii przez lata	27
6.1.2 Skumulowane roczne koszty energii	29
7. Ekonomiczny wpływ instalacji PV bez magazynowania: Ocena ekonomiczna wykorzystania paneli PV bez magazynowania nadwyżek energii.	30
7.1 Wizualizacje	31
7.1.1 Miesięczne koszty energii przez lata	31
7.1.2 Skumulowane roczne koszty energii	33

8. Ekonomia paneli fotowoltaicznych z opcją sprzedaży nadwyżek energii.....	34
8.1 Wizualizacje	34
8.1.1 Miesięczne zyski z energii przez lata	34
8.1.2 Skumulowane roczne zyski z energii	36
9. Optymalizacja wykorzystania energii z paneli PV z wykorzystaniem magazynu – scenariusz bez sprzedaży nadwyżek.....	37
9.1 Wizualizacje	37
9.1.1 Miesięczne koszty energii przez lata	37
9.1.2 Skumulowane roczne koszty energii	39
10. Analiza sytuacji z różnymi pojemnościami magazynu i marnowaniem nadmiaru.....	40
10.1 Wizualizacje	40
10.1.1 Roczne koszty zakupionej energii w zależności od pojemności magazynu	40
10.1.2 Skumulowane roczne wydatki na energię przy użyciu magazynu energii	41
10.2 Wnioski	42
11. Optymalizacja systemu PV z magazynem i strategią sprzedaży nadwyżek energii	43
11.1 Wizualizacje	43
11.1.1 Miesięczne zyski z energii przez lata	43
11.1.2 Skumulowane roczne zyski z energii	45
12. Analiza sytuacji z różnymi pojemnościami magazynu i sprzedażą nadmiaru.....	46
12.1 Wizualizacje	47
12.1.1 Skumulowane roczne zyski z energii	47
12.1.2 Roczny zysk netto.....	48
12.2 Wnioski	50
13. Podsumowanie.....	50
14. Wykorzystane pakiety w R.....	52
15. Bibliografia.....	52

1. Opis zagadnienia

Panele fotowoltaiczne, często nazywane panelami solarnymi, to urządzenia służące do konwersji energii światła słonecznego na energię elektryczną. Działają na zasadzie efektu fotowoltaicznego, procesu, w którym fotony (cząsteczki światła) wpływają na pewne materiały, zwykle półprzewodniki, takie jak krzem, powodując przemieszczenie elektronów i tworzenie prądu.

Systemy fotowoltaiczne składają się z zestawu paneli fotowoltaicznych, inwerterów służących do przekształcania prądu stałego generowanego przez panele na prąd przemienny używany w większości domów i przedsiębiorstw, a także z systemów do monitorowania i, w pewnych przypadkach, magazynowania energii.

Magazyn energii do instalacji fotowoltaicznej to urządzenie, które pod względem swoich podstawowych funkcji przypomina wielką baterię.

Magazynowanie energii odgrywa kluczową rolę w systemach PV, ponieważ produkcja energii ze słońca jest zmienna i zależy od wielu czynników, takich jak nasłonecznienie, temperatura czy pora roku. Wiele systemów PV generuje więcej energii, niż jest w danej chwili potrzebne - zwłaszcza w okresie letnim i w ciągu dnia. Ta nadwyżka energii może być magazynowana i użyta w okresach, kiedy produkcja z paneli jest niewystarczająca, na przykład w nocy czy w okresie zimowym.

Magazyn energii to urządzenie, o którym można ostatnio usłyszeć coraz częściej. Głównym powodem jest zmiana systemu rozliczania energii pozyskiwanej z fotowoltaiki. Dotychczas mieliśmy do czynienia z tzw. net-meteringiem, zwanym także systemem opustów: w ramach tego rozwiązania nadwyżki produkowanej energii były po prostu przekazywane do zewnętrznej sieci. Następnie prosumenci (producenci i konsumenci energii, czyli użytkownicy instalacji PV) mogli odebrać 80% lub 70% prądu – w zależności od zużycia.

Od 1 kwietnia 2022 roku nowych prosumentów obowiązują jednak zupełnie inne przepisy. W kwestii rozliczeń stosuje się net-billing – w tym systemie wyprodukowane nadwyżki energii są sprzedawane do sieci energetycznej po cenach hurtowych. W razie zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną prosumenci odkupują ją z kolei w cenie dedykowanej odbiorcom końcowym. Stawki mogą się znacznie różnić, a ich wysokość jest dodatkowo uzależniona od warunków na rynku. Z tego względu magazyn energii może okazać się świetnym rozwiązaniem, które pomimo początkowej inwestycji bardzo szybko się zwróci w postaci oszczędności w bieżącym użytkowaniu.

Najczęstszym rozwiązaniem do magazynowania energii w systemach PV są baterie, zwane akumulatorami, które mogą przechowywać energię na później. Pojemność takiego akumulatora określa, ile energii można w nim przechować. Rozmiar i pojemność akumulatora są ważnymi czynnikami wpływającymi na efektywność systemu PV, ale również na koszt zakupu brakującej energii.

Wprowadzenie na rynek innowacyjnych rozwiązań do magazynowania energii, takich jak systemy akumulatorów litowo-jonowych, umożliwiło bardziej efektywne wykorzystanie energii z paneli PV i zredukowało konieczność zakupu energii z sieci. Jednak wybór optymalnej pojemności magazynu nie jest prosty i zależy od wielu czynników, takich jak zużycie energii, rozmiar instalacji PV, lokalne warunki pogodowe, a także ceny energii na rynku.

Analiza wpływu pojemności magazynu energii elektrycznej w systemach fotowoltaicznych na koszt zakupu energii brakującej jest więc kluczowa dla zrozumienia ekonomiki tych systemów i podejmowania świadomych decyzji dotyczących inwestycji w technologie odnawialne.

Projekt ten dotyczy analizy i modelowania wpływu pojemności magazynu energii na koszt energii, który musi być zakupiony z sieci w przypadku, gdy produkcja energii z instalacji fotowoltaicznej jest niewystarczająca. W kontekście rosnącej adopcji systemów fotowoltaicznych w gospodarstwach

domowych i firmach, istotnym aspektem stało się zarządzanie wytwarzaną energią, zwłaszcza w kontekście jej magazynowania i optymalizacji kosztów związanych z zakupem energii z zewnątrz.

Problem, który staram się rozwiązać, polega na zrozumieniu i kwantyfikacji wpływu, jaki ma pojemność magazynu energii na całkowity koszt zakupu energii z zewnętrznych źródeł. Różne poziomy zużycia energii, produkcji PV i pojemności magazynu mogą wpływać na tę dynamikę w różny sposób. Dlatego analiza ta jest kluczowa dla właścicieli domów i przedsiębiorstw, które rozważają inwestycję w systemy PV, aby lepiej zrozumieć potencjalne oszczędności, jakie mogą osiągnąć dzięki optymalizacji pojemności magazynowania.

Zagadnienie to jest warte uwagi ze względu na rosnące zainteresowanie zrównoważoną i odnawialną energią. Ze względu na zmieniający się klimat i rosnące obawy związane z emisją dwutlenku węgla, coraz więcej osób i firm przechodzi na zasilanie z odnawialnych źródeł energii. Jednak zrozumienie ekonomiki tych systemów jest często trudne, szczególnie biorąc pod uwagę zmienną naturę produkcji PV i konieczność zakupu dodatkowej energii w okresach niewystarczającej produkcji.

Rozwiązanie tego problemu będzie wymagało analizy danych historycznych dotyczących produkcji PV, zużycia energii i cen energii elektrycznej, a także modelowania różnych scenariuszy z różnymi poziomami pojemności magazynów energii. Wykorzystam narzędzia statystyczne i analizę danych do zrozumienia wzorców i trendów w tych danych, a następnie zastosujemy te informacje do modelowania kosztów energii w różnych warunkach. Projekt będzie wykorzystywał język programowania R do przetwarzania danych i generowania modeli. W końcu, wyniki z tych modeli pomogą w podjęciu decyzji dotyczących optymalnej pojemności magazynu energii dla różnych scenariuszy zużycia i produkcji energii.

2. Pobieranie i przetwarzanie danych o produkcji energii przez panele fotowoltaiczne (PV)

2.1 Wstęp

Rozdział ten skupia się na pierwszym etapie projektu inżynierskiego, czyli na procesie pobierania, przetwarzania i przygotowania danych dotyczących produkcji energii przez panele fotowoltaiczne (PV). Proces ten jest kluczowy dla dalszej analizy i modelowania, ponieważ zapewnia wiarygodne i dobrze przygotowane dane, niezbędne do przeprowadzenia dokładnych obliczeń i wnioskowania.

2.2 Pobieranie danych

Dane dotyczące godzinowej mocy generowanej przez panele fotowoltaiczne są pobierane za pomocą narzędzia dostępnego na stronie PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) ze strony https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/. Poniżej przedstawiam szczegółowy opis procesu konfiguracji i pobierania danych.

Konfiguracja pobranych danych:

Wybór lokalizacji:

- Lokalizacja: Odrzykoń
- Szerokość geograficzna (Latitude): 49.741 stopni
- Długość geograficzna (Longitude): 21.732 stopni
- Wysokość n.p.m (Elevation): 259 metrów

Lokalizacja została wybrana w celu reprezentowania danych dla specyficznych warunków geograficznych i klimatycznych, które są istotne dla analizy wydajności systemu PV.

Parametry konfiguracyjne paneli fotowoltaicznych:

- Nachylenie (Slope): 27 stopni
- Azymut (Azimuth): 0 stopni

Ustawienia to zostało wybrane w celu optymalizacji absorpcji światła słonecznego przez panele, biorąc pod uwagę specyficzne warunki klimatyczne i geograficzne. Ustawienie azymutu na 0 stopni oznacza orientację paneli w kierunku geograficznej północy, co jest typowe dla instalacji w półkuli północnej.

Charakterystyka systemu fotowoltaicznego:

- Moc nominalna systemu (kWp): 10 kWp
- Straty systemowe (%): 8%

Wybór mocy nominalnej na tym poziomie pozwala na analizę systemu o umiarkowanej wielkości, typowej dla gospodarstwa domowych lub małych przedsiębiorstw. Procent strat systemowych uwzględnia faktory takie jak wydajność inwertera i straty przesyłowe.

Wybór bazy danych radiacji:

- Baza danych: PVG IS-SARAH2

Wybrana baza danych PVG IS-SARAH2 dostarcza szczegółowych danych o radiacji słonecznej na podstawie zaawansowanych modeli meteorologicznych.

Proces pobierania danych:

Dane zostały pobrane z wykorzystaniem interfejsu dostępnego na stronie PVGIS, gdzie po wprowadzeniu powyższych parametrów, generowany jest plik w formacie CSV. Plik ten zawiera godzinowe odczyty mocy generowanej przez panele fotowoltaiczne, co umożliwia szczegółową analizę produkcji energii w różnych warunkach. Analiza ta jest szczególnie istotna w kontekście zwiększającego się wykorzystywania energii odnawialnej oraz potrzeby optymalizacji systemów PV dla indywidualnych potrzeb użytkowników.

2.3 Przetwarzanie i formatowanie danych

Po pobraniu, dane przechodzą przez proces przetwarzania i formatowania, co obejmuje:

- Ustalenie katalogu roboczego projektu.
- Wczytanie danych z pliku CSV i usuwanie niepotrzebnych wierszy, aby skoncentrować analizę na danych od roku 2018.
- Usuwanie zbędnych kolumn, co pozwala na skupienie się na najważniejszych danych, takich jak data, godzina i moc generowana przez panele.
- Rozdzielenie kolumny 'time' na 'Data' i 'Godzina', co ułatwia dalszą analizę i agregację danych.
- Formatowanie dat i godzin oraz konwersja mocy z watów na kilowaty, co jest standardem w analizach energetycznych

2.4 Tworzenie danych dla lat 2021 i 2022

Z uwagi na brak danych dla lat 2021 i 2022, w projekcie zastosowano metodę sztucznego generowania tych danych. Proces ten obejmuje:

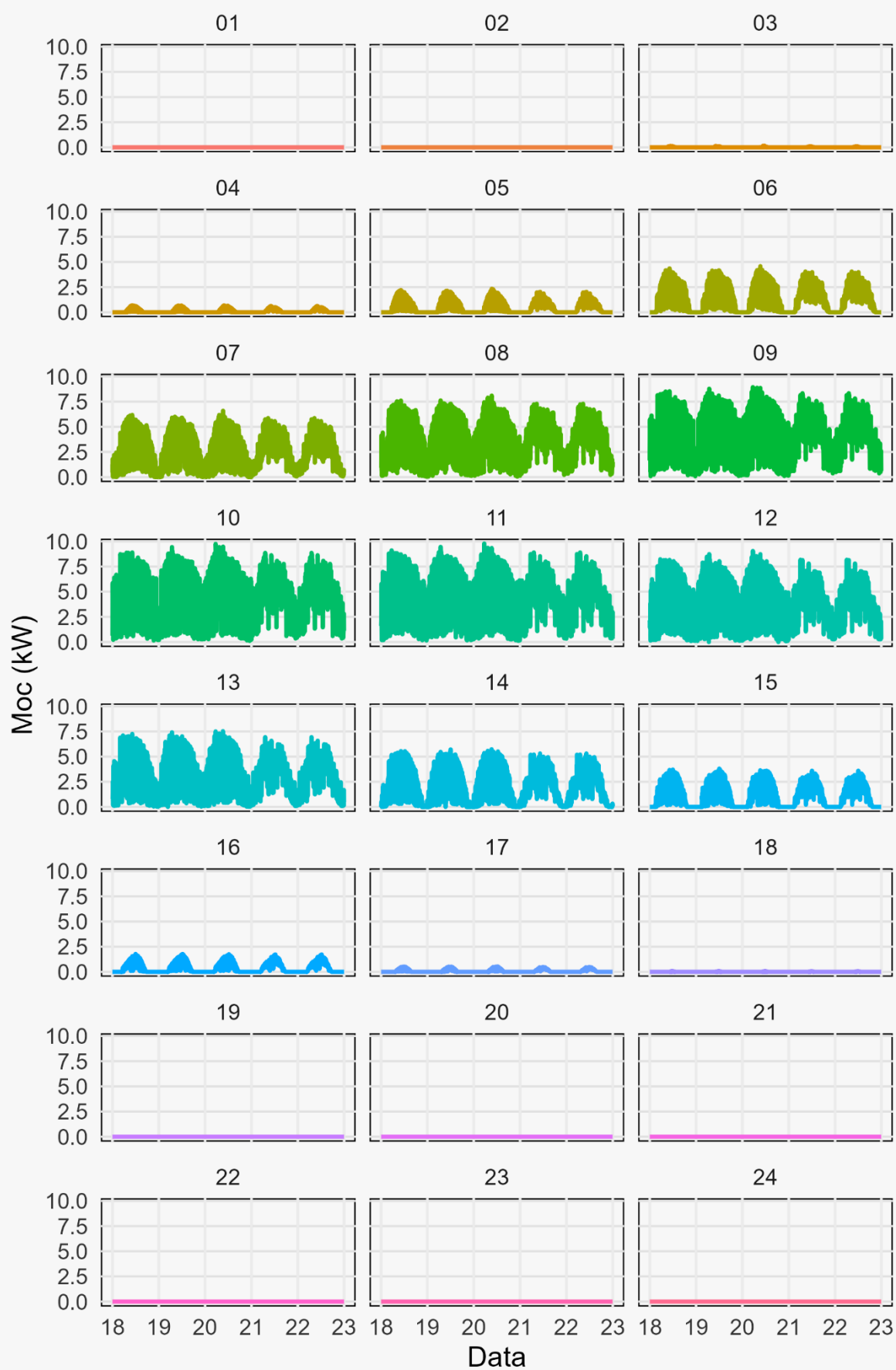
- Obliczenie średniej mocy dla każdej godziny z lat 2018-2020, co pozwala na stworzenie reprezentatywnego modelu produkcji energii dla brakujących lat.
- Tworzenie pełnej sekwencji dat i godzin dla lat 2021 i 2022, uwzględniając dni przestępne.
- Dołączanie średnich wartości mocy do wygenerowanych dat, co pozwala na zachowanie spójności i wiarygodności danych w analizie.

2.5 Wizualizacje

2.5.1 Wykres liniowy produkcji energii na przestrzeni czasu

Wykres przedstawia godzinową produkcję energii przez panele fotowoltaiczne, układając dane w ciąg czasowy. Zastosowanie kolorystyki do oznaczenia poszczególnych godzin pozwala na szybką identyfikację wzorców produkcyjnych w ciągu dnia.

Produkcja energii przez panele PV na przestrzeni czasu



Kluczowe informacje

Dynamika produkcji – wykres ilustruje wahania produktywności energetycznej w ciągu dnia, z wysokimi wartościami w środku dnia i niższymi na początku oraz na końcu dnia, co odzwierciedla dostępność światła słonecznego.

Wnioski

Optymalizacja wykorzystania energii – wykres ujawnia momenty szczytowej produkcji, kiedy energia może być wykorzystywana bezpośrednio lub magazynowa, co jest kluczowe dla efektywnego zarządzania zasobami energetycznymi.

Piki produkcyjne: Największa produkcja energii ma miejsce w godzinach popołudniowych, szczególnie wokół godzin 10:00 i 11:00, co jest zgodne z maksymalnym nasłonecznieniem.

Produkcja poranna i wieczorka: Rano produkcja stopniowo wzrasta osiągając znaczące poziomy między 8:00 a 9:00, po czym zaczyna spadać w godzinach popołudniowych, najbardziej widocznie po 15:00, co koreluje z położeniem słońca.

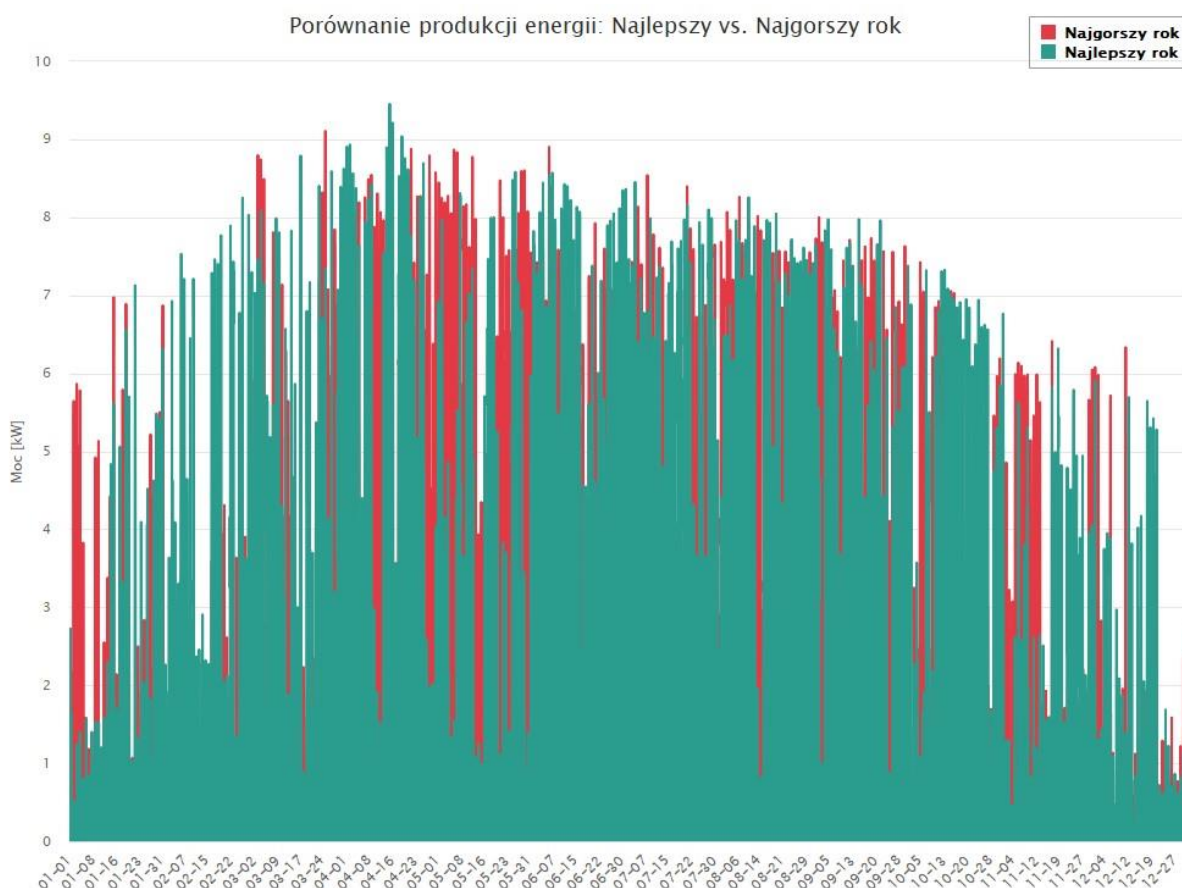
Najniższa produkcja: W godzinach nocnych, od 22:00 do 5:00, produkcja energii jest minimalna lub równa zero, co odpowiada brakowi światła słonecznego w tych godzinach.

Wariancje sezonowe: Miesiące letnie charakteryzują się wyższą produkcją energii, co jest widoczne w wyższych pikach na wykresach w środkowych rzędach, w przeciwieństwie do miesięcy zimowych, gdzie produkcja jest znacznie niższa

Podsumowując, wykres ilustruje charakterystyczne dla systemów PV dzienne i sezonowe zmiany w produkcji energii, co ma istotne konsekwencje dla planowania i optymalizacji wykorzystania magazynów energii oraz dla całkowitej ekonomii systemów fotowoltaicznych.

2.5.2 Porównanie produkcji energii – najlepszy vs najgorszy rok

Prezentowany wykres jest graficznym porównaniem dziennych wartości produkcji energii przez panele fotowoltaiczne w dwóch różnych latach – najgorszym i najlepszym pod względem wydajności. Wykorzystano reprezentację typu 'area' w celu zilustrowania zmian w produkcji energii na przestrzeni całego roku. Dane dla obu lat zostały nałożone na siebie, umożliwiając bezpośrednie porównanie i wizualizację różnic w produkcji.



Kluczowe informacje

Dynamika produkcji – wykres uwidacznia dni, w których występowały znaczące różnice w produkcji pomiędzy latami, oferując wgląd w zmienność wydajności instalacji fotowoltaicznej.

Wnioski

Zróznicowanie sezonowe: wyraźne różnice w produkcji energii w poszczególnych miesiącach, z wyższymi wartościami w okresie wiosenno-letnim i niższym w jesienno-zimowym, co odzwierciedla wpływ zmian sezonowych na wydajność paneli.

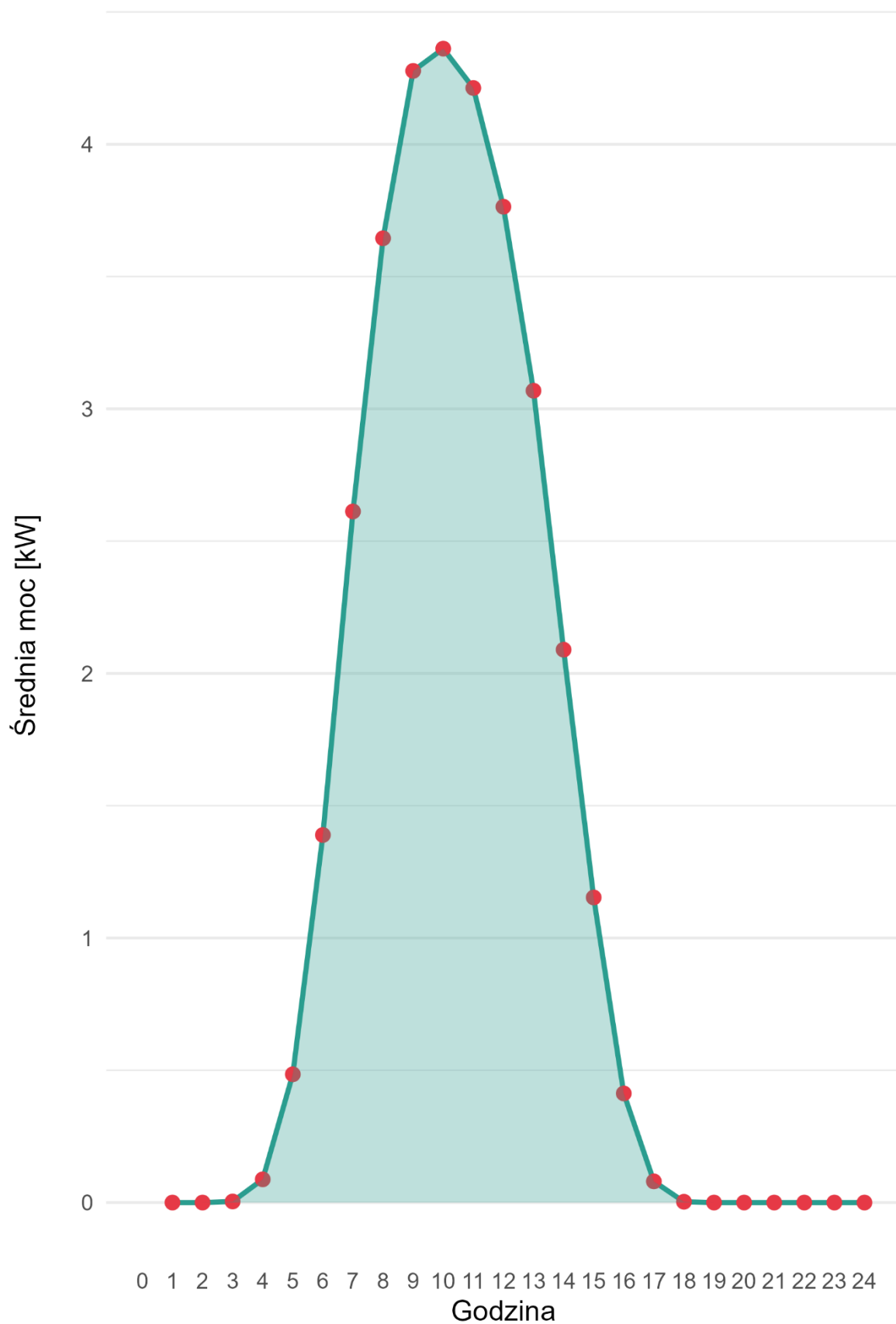
Różnice roczne: 2019 rok, jako najlepszy rok, wykazuje ogólnie wyższy poziom produkcji energii w porównaniu do 2018 roku, co może sugerować na lepsze warunki nasłonecznienia.

2.5.3 Średnia godzinowa produkcja energii w ciągu dnia

Wykres przedstawia profil mocy wytwarzanej przez system fotowoltaiczny w ciągu doby, bazując na średnich wartościach z całego zebranego zbioru danych. Linia na wykresie ukazuje średnią moc godzinową w każdej godzinie, natomiast obszar pod linią jest wypełniony, co wizualnie podkreśla ilość wyprodukowanej energii w ciągu dnia.

Średnia godzinowa produkcja energii w ciągu dnia

Analiza bazująca na całym zbiorze danych

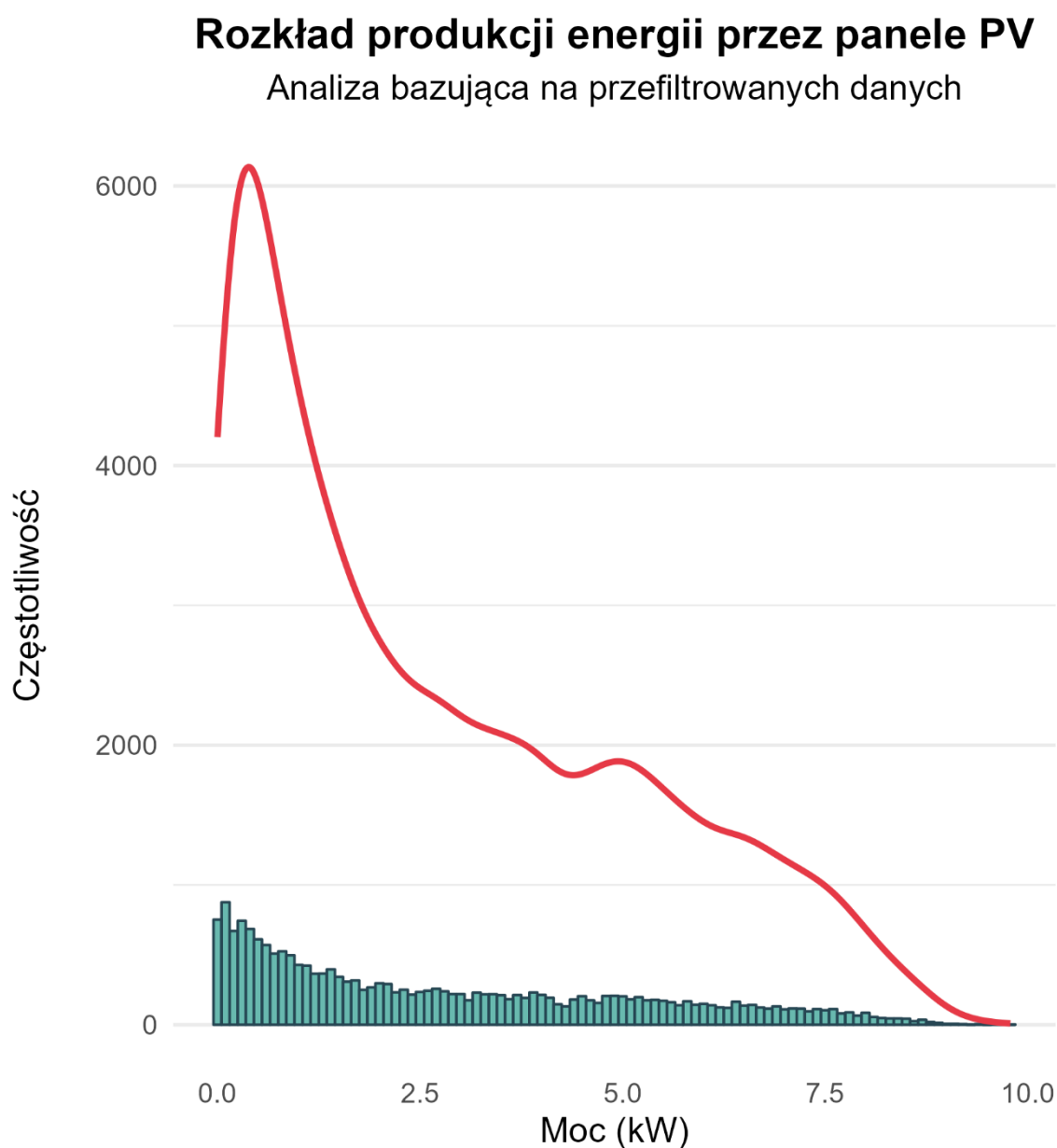


Wnioski

Wykres dostarcza cennych informacji na temat codziennego cyklu produkcji energii w systemie fotowoltaicznym. Wskazuje, że maksymalna produkcja występuje w godzinach między 9:00 do 11:00, co może być wykorzystane do optymalizacji systemów magazynowania energii i redukcji kosztów związanych z koniecznością zakupu energii z sieci w godzinach o niższej produkcji.

2.5.4 Rozkład produkcji energii przez panele PV

Wykres przedstawia histogram z nałożoną krzywą gęstości rozkładu mocy generowanej przez panele fotowoltaiczne, z wykluczeniem wartości zerowych. Histogram ilustruje, jak często pojawiają się poszczególne wartości mocy, podczas gdy krzywa gęstości wskazuje na największą koncentrację wartości mocy w danych.



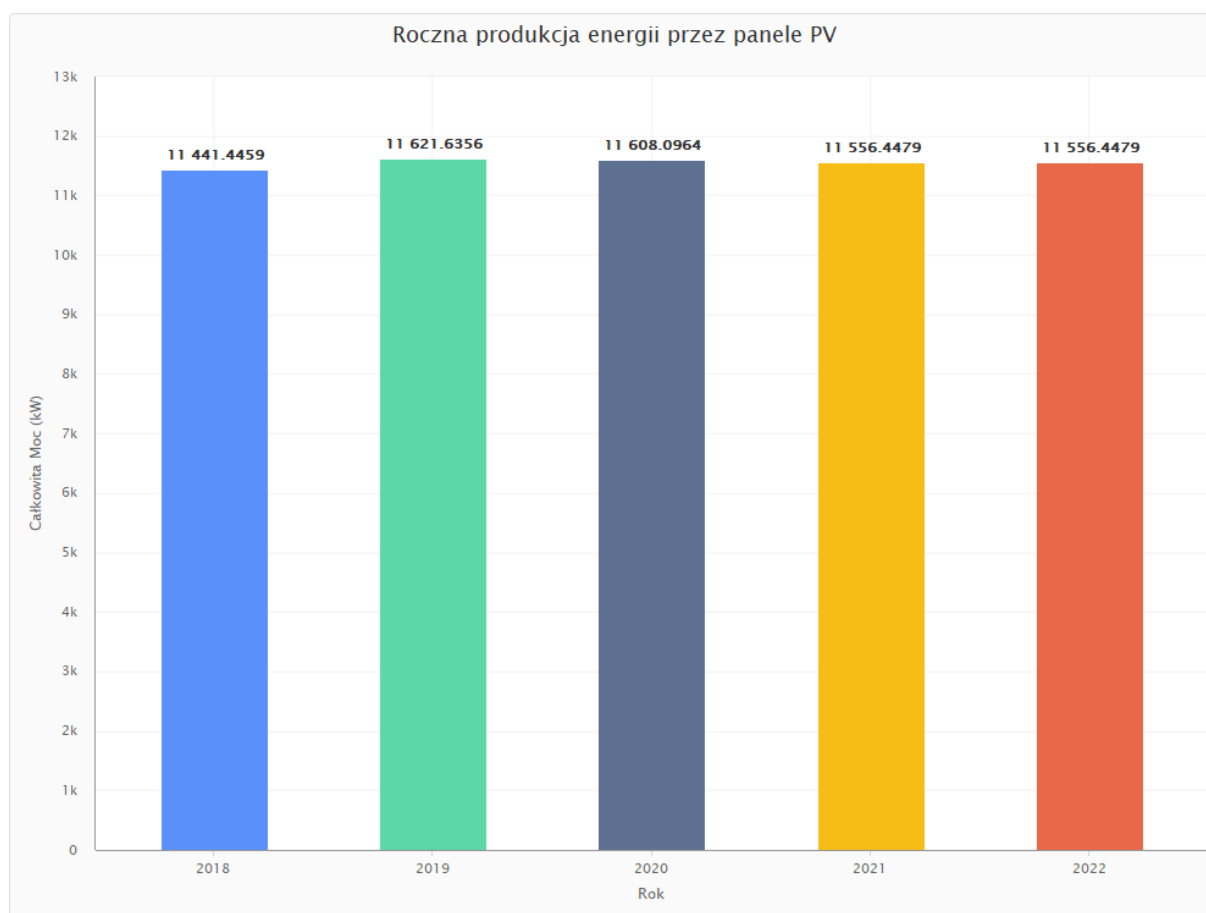
Wnioski

Najczęstsze wartości mocy: większość wartości mocy koncentruje się w dolnym zakresie, co wskazuje, że panele fotowoltaiczne częściej generują niższą moc niż wyższą.

Gęstość mocy: krzywa gęstości pokazuje, że największa koncentracja wartości mocy występuje w okolicach niższych wartości mocy, co może wskazywać na częstsze warunki suboptymalne dla generacji energii, takie jak częściowe zachmurzenie lub krótsze dni w ciągu roku.

2.5.5 Roczna produkcja energii

Wykres słupkowy prezentuje roczną produkcję energii przez panele fotowoltaiczne w ciągu kilku lat. Kolorowe słupki reprezentują całkowitą wyprodukowaną moc każdego roku, umożliwiając szybką wizualną ocenę wzorców produkcji.



Wnioski

Trendy roczne: wykres pokazuje różnice w rocznej produkcji energii, co może odzwierciedlać zmiany w warunkach pogodowych, efektywności paneli lub innych czynników wpływających na wydajność systemu PV w danym roku.

Najwyższa i najniższa produkcja: analiza wykresu, wskazuje, który rok był najbardziej i najmniej produktywny. Takie informacje mogą być przydatne do analizy zależności produkcji od czynników zewnętrznych oraz do planowania przyszłych działań związanych z wykorzystaniem i magazynowaniem energii.

3. Pobranie i przetwarzanie danych o rynkowej cenie energii elektrycznej (RCE)

3.1 Wstęp

Analiza kosztów zakupu energii z sieci jest niezbędnym aspektem ekonomicznego aspektu każdego projektu fotowoltaicznego. W tym rozdziale skupimy się na metodologii pobrania i przetwarzania danych dotyczących godzinowych rynkowych cen energii elektrycznej (RCE), które są kluczowe dla zrozumienia dynamiki cen i ich wpływu na ekonomię systemów PV.

3.2 Pobranie danych

Dane dotyczące RCE są pobierane z oficjalnej strony Polskich Sieci Elektroenergetycznych <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/raporty-dobowe-z-funkcjonowania-rb/podstawowe-wskazniki-cenowe-i-kosztowe/rynkowa-cena-energii-elektrycznej-rce>, która zapewnia szczegółowe informacje o cenach na rynku energii elektrycznej. Dostępne pliki CSV są rozmieszczone miesięcznie, oferując cenne dane do analizy, wymagając zautomatyzowanej metody ich pobierania i agregacji.

3.3 Przetwarzanie i formatowanie danych

Po ustaleniu katalogu roboczego skrypt iteruje przez pliki w katalogu, ładując dane z każdego pliku CSV do jednego zbioru danych. Dla każdego miesiąca dane są wczytywane, a ich daty są konwertowane do formatu rozpoznawanego przez R. Następnie dane są czyszczone z niepotrzebnych białych znaków i formatowane – ceny są konwertowane z formatu tekstowego na numeryczny, a twarde spacje usuwane.

Aby zapewnić kompatybilność danych międzynarodowych, czas jest dostosowany do strefy czasowej UTC. Stare kolumny daty i godziny są usuwane, a tworzone są nowe, poprawnie sformatowane kolumny. W wyniku tych działań uzyskujemy czysty, spójny zbiór danych, który jest gotowy do dalszej analizy

Na końcu procesu przetwarzania, ceny są konwertowane z PLN/MWh na PLN/kWh, co jest bardziej praktycznym formatem dla analizy kosztów w kontekście produkcji i zużycia energii w gospodarstwach domowych i przedsiębiorstwach.

3.4 Wizualizacje

3.4.1 Wykres ceny w czasie

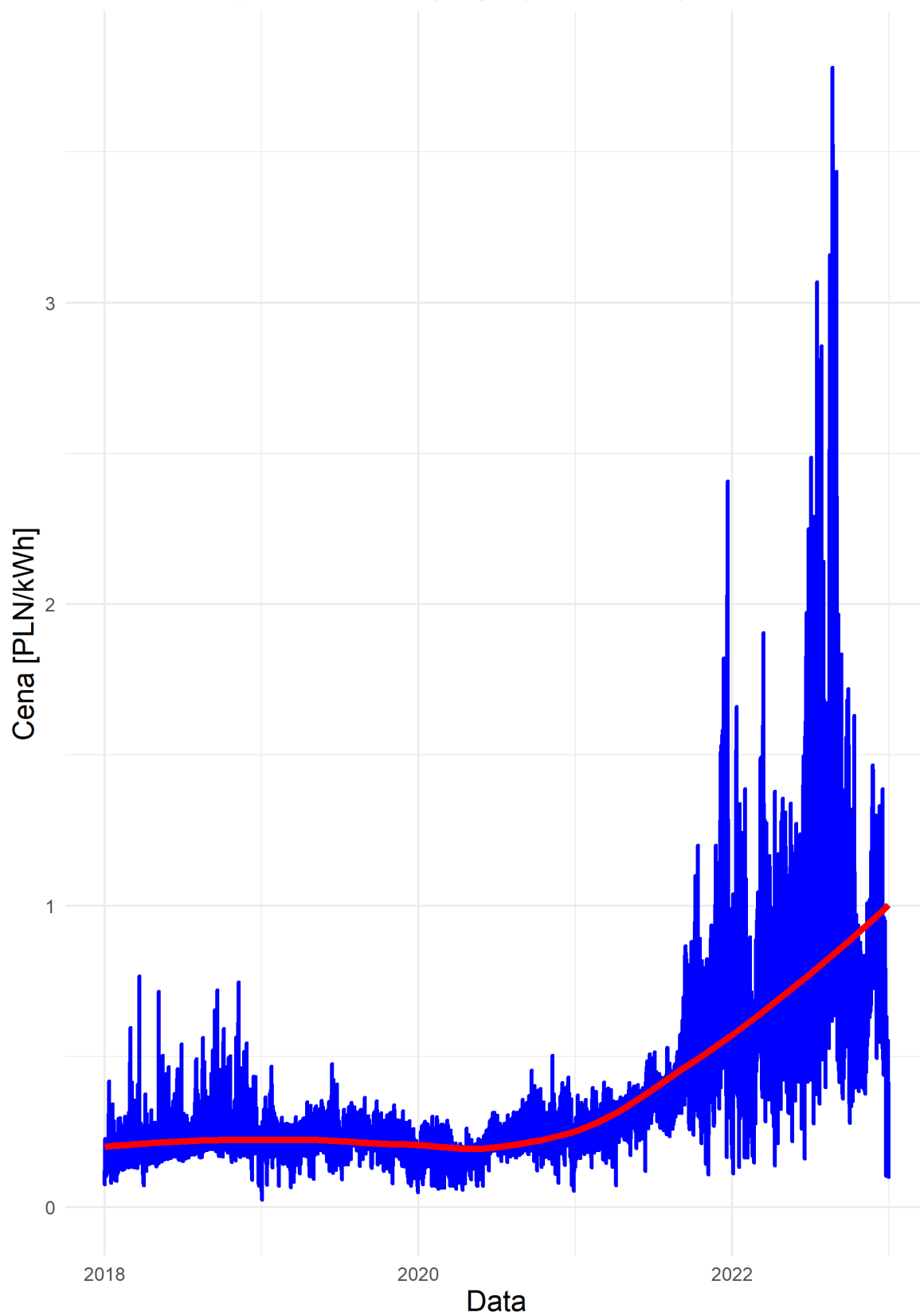
Wykres przedstawia zmienność rynkowej ceny energii elektrycznej (RCE) na przestrzeni czasu, od początku 2018 roku do 2022 roku. Wykorzystanie linii trendu wygładzonej metodą loess (lokalnie ważona regresja wygładzająca) pozwala zidentyfikować ogólną tendencję w ruchu cen, niezależnie od krótkoterminowych wahań. Linia rzeczywistych danych wskazuje cenę energii w każdym godzinowym punkcie danych, podczas, gdy czerwona krzywa loess pokazuje ogólny trend cenowy.

Analiza wykresu:

Na wykresie widać, że ogólny trend cen energii jest wzrostowy, co wskazuje na zwiększające się koszty energii elektrycznej w czasie. Znaczące wahania cen w krótkich odstępach czasu, widoczne jako ostre szczyty i doliny, mogą odzwierciedlać zmienność rynku, reakcje na warunki pogodowe, wahania popytu lub polityczne decyzje regulacyjne. Odnotowuje się kilka okresów z wyjątkowo wysokimi szczytami cen, które mogą wskazywać na nieprzewidziane zdarzenia rynkowe lub anomalie.

Trend cen energii z krzywą loess

Krzywa loess wskazuje ogólny trend cenowy w czasie



Legenda — Rzeczywiste dane — Trend (loess)

Wnioski

Długoterminowe planowanie: ogólny wzrost trend sugeruje, że producenci i konsumenci energii powinni uwzględnić rosnące koszty energii w swoich długoterminowych planach finansowych i operacyjnych.

Inwestycje w odnawialne źródła energii: rosnące ceny energii mogą przyspieszyć przejście na odnawialne źródła energii, takie jak fotowoltaika, które mogą oferować bardziej przewidywalne i potencjalnie niższe koszty długoterminowe.

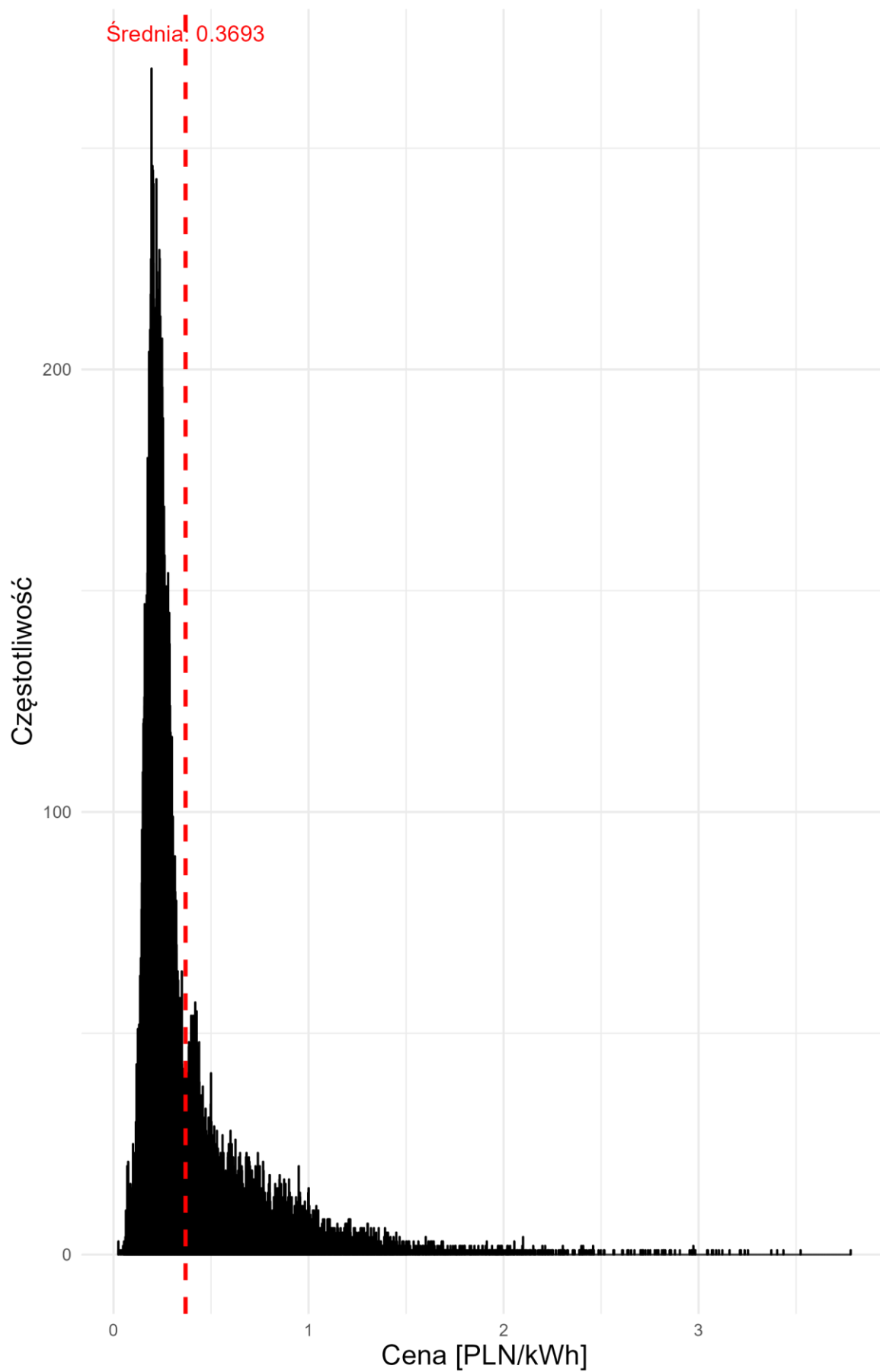
Warto również zauważyć, że takie analizy są niezbędne dla polityków i regulatorów rynku energii w celu zrozumienia dynamiki rynku i potencjalnego wpływu decyzji regulacyjnych na ceny energii.

3.4.2 Rozkład ceny energii elektrycznej

Na przedstawionym wykresie histogramowym obserwujemy rozkład cen energii elektrycznej. Czarna linia histogramu pokazuje częstotliwość występowania różnych cen w zakresie danych. Czerwona przerywana linia wskazuje na średnią cenę energii, którą można interpretować jako typową cenę, wokół której skupiają się obserwacje.

Wykres składa się z pionowych słupków, których wysokość reprezentuje liczbę obserwacji w danym przedziale cenowym. Im wyższy słupek, tym częściej dana cena występowała w zbiorze danych. Średnia cena jest zaznaczona czerwoną przerywaną linią, a jej wartość jest wyświetlona na wykresie i wynosi około 0.3693 PLN/kWh.

Rozkład ceny energii elektrycznej



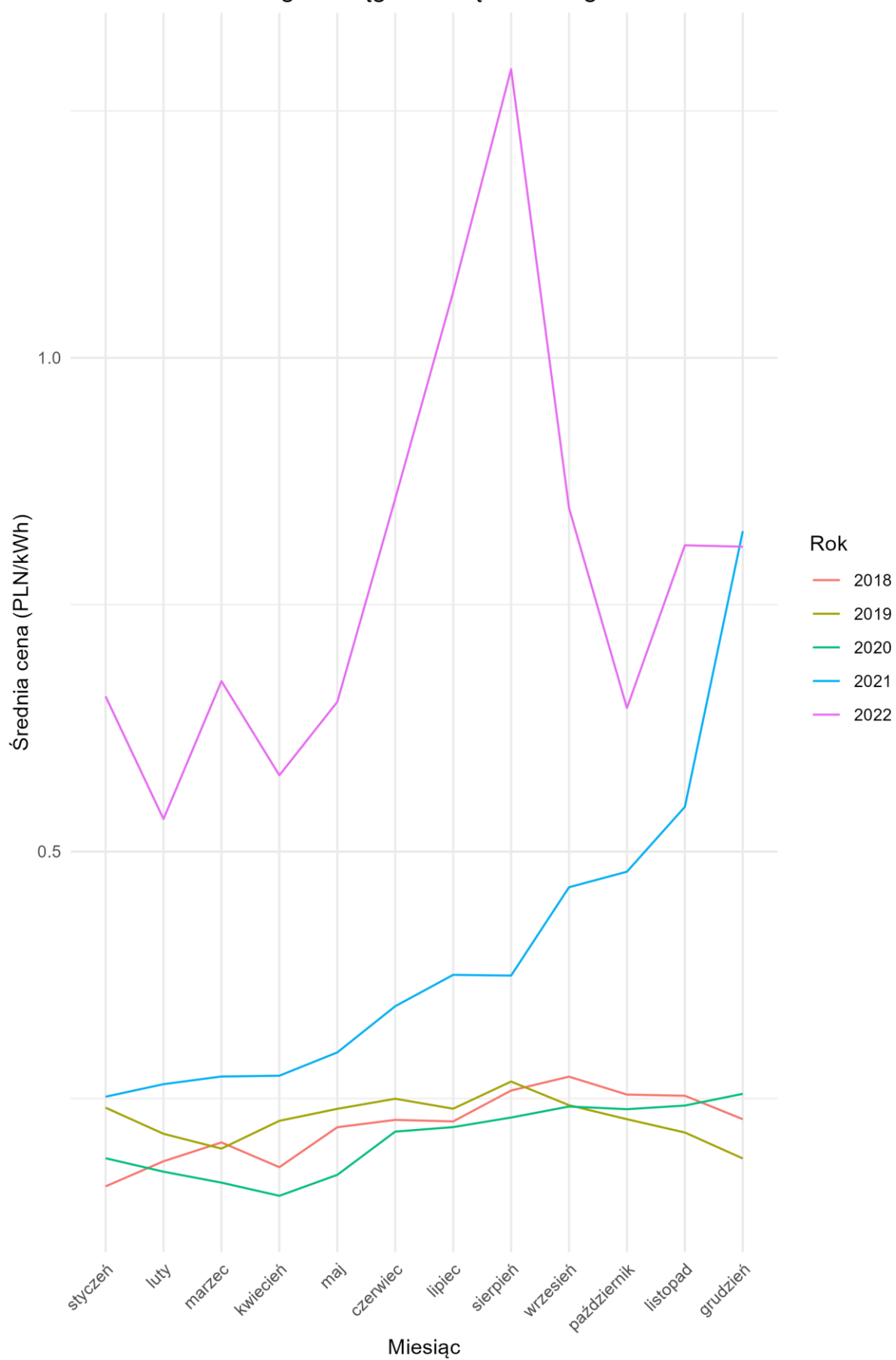
Na podstawie wykresu możemy stwierdzić, że większość cen koncentruje się w niższym zakresie, co wskazuje na to, że wysokie ceny są mniej powszechne. Rozkład cen wydaje się być skośny w prawo, co oznacza, że występuje kilka wartości ekstremalnie wysokich cen, które jednak są rzadkie. Średnia cena może być wyższa od mediany ze względu na te wysokie wartości, choć sama średnia pozostaje w niższym zakresie cen.

3.4.3 Średnia cena energii w ciągu miesiąca według roku

Prezentowany wykres liniowy przedstawia średnie miesięczne ceny energii elektrycznej dla różnych lat. Linie na wykresie reprezentują poszczególne lata i wizualizują zmiany w cenach energii na przestrzeni miesięcy. Kolorowe linie pozwalają na łatwe odróżnienie każdego roku, a zakres danych obejmuje lata od 2018 do 2022. Analiza wykresu może wskazywać na wpływ zewnętrznych czynników gospodarczych, takich jak wojna, inflacja czy inne kryzysy, które wpłynęły na znaczące wzrosty cen.

Na wykresie osie x i y reprezentują odpowiednio miesiące roku i średnią cenę energii elektrycznej w polskich złotych (PLN) na kilowatogodzinę (kWh). Miesiące są uporządkowane chronologicznie i podpisane w języku polskim. Linie liniowe łączą punkty danych, które odpowiadają średniej cenie energii dla danego miesiąca w roku, tworząc wizualną ścieżkę, która uwydatnia tendencje sezonowe i roczne w cenach.

Średnia cena energii w ciągu miesiąca według roku



Wykres pokazuje wyraźne tendencje sezonowe w cenach energii, z cenami, które zazwyczaj rosną lub maleją w określonych miesiącach. Widoczne są wyraźne szczyty, które mogą wykazywać na wyższe ceny w okresach zwiększonego zapotrzebowania na energię lub inne czynniki rynkowe wpływające na ceny. Kolejne lata mogą wykazywać różne tendencje cenowe, co może być związane ze zmianami na rynku energii, regulacjami politycznymi, zmianami w podaży i popycie lub innymi zewnętrznymi czynnikami ekonomicznymi i środowiskowymi.

Rok 2022 wykazuje wyraźny szczyt cenowy, który może być bezpośrednio powiązany z globalnymi wydarzeniami, takimi jak konflikt wojenny na Ukrainie oraz ogólne zawirowania gospodarcze, które doprowadziły do wzrostu cen energii na świecie. Inflacja, zwiększone koszty produkcji dostaw energii, a także potencjalne sankcje i ograniczenia w imporcie surowców energetycznych, mogły się przyczynić do wyjątkowo wysokich cen energii elektrycznej w tym okresie.

4. Analiza średniego dziennego zużycia energii

4.1 Wstęp

Zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych zależy od wielu czynników, takich jak liczba domowników, nawyki, a także pory roku. W naszej analizie skupiamy się na modelowaniu przeciętnego zużycia energii przez czteroosobową rodzinę. Wyzwaniem jest brak bezpośrednich danych pomiarowych, które by dostarczyły informacje o rzeczywistym zużyciu na przestrzeni całego roku. Z tego powodu, postanowiłem zastosować model symulacyjny, który pozwoli na oszacowanie godzinowego, dziennego, miesięcznego oraz rocznego zużycia energii w oparciu o szereg założeń i obserwacji dotyczących typowych zachowań energetycznych w gospodarstwie domowym.

4.2 Opis funkcji

pora_roku - Jest to funkcja przyjmująca jako argument datę (musi być obiektem typu Date) i na jej podstawie określa porę roku. Funkcja ta wykorzystuje prostą logikę warunkową do przypisania etykiet porom roku w zależności od miesiąca.

wspolczynniki_por_roku - Jest to wektor nazwany, który zawiera współczynniki zużycia energii dla każdej z czterech pór roku. Współczynniki te służą do symulacji względnego zużycia energii, przy czym przyjęto, że zima ma najwyższe zużycie, a lato - najniższe.

godzinowy_rozklad_zuzycia - To funkcja tworząca wektor o długości 24 (dla każdej godziny w ciągu dnia) reprezentujący względne zużycie energii w poszczególnych godzinach, zależnie od pory roku. Przyjmuje ona jako argument jedną z wcześniej zdefiniowanych pór roku i na tej podstawie zwraca wektor, gdzie nocne godziny mają bardzo niskie zużycie energii, a dzień - wyższe.

```

pora_roku <- function(data) {
  if(!inherits(data, "Date")) stop("Argument 'data' musi być typu Date.")

  # Pobieranie miesiąca z daty
  miesiac <- month(data)
  if(miesiac %in% c(12, 1, 2)) return("zima")
  if(miesiac %in% 3:5) return("wiosna")
  if(miesiac %in% 6:8) return("lato")
  if(miesiac %in% 9:11) return("jesien")
}

# Współczynniki dla różnych por roku, które odzwierciedlają względne zużycie energii
# Zimą zużycie jest wyższe, latem niższe itp.
wspolczynniki_por_roku <- c(zima = 1.2, wiosna = 1.0, lato = 0.8, jesien = 1.1)

# Funkcja generująca godzinowy rozkład zużycia energii w zależności od pory roku
godzinowy_rozklad_zuzycia <- function(pora) {
  # Nocne godziny: bardzo niskie zużycie energii
  if(pora == "zima") {
    return(c(rep(0.3, 5), 0.5, 0.7, rep(1.2, 3), rep(1.0, 4), rep(1.5, 5), 1.3, 1.0, rep(0.6, 2), 0.4))
  }
  if(pora == "wiosna") {
    return(c(rep(0.2, 5), 0.4, 0.6, rep(1.0, 3), rep(0.9, 4), rep(1.4, 5), 1.2, 0.9, rep(0.5, 2), 0.3))
  }
  if(pora == "lato") {
    return(c(rep(0.1, 5), 0.2, 0.4, rep(0.8, 3), rep(0.7, 4), rep(1.2, 5), 0.9, 0.7, rep(0.3, 2), 0.2))
  }
  if(pora == "jesien") {
    return(c(rep(0.25, 5), 0.45, 0.65, rep(1.1, 3), rep(1.0, 4), rep(1.3, 5), 1.1, 0.8, rep(0.55, 2), 0.35))
  }
}

```

Dalsze etapy kodu:

Generowanie Sekwencji Dat:

Kod rozpoczyna się od utworzenia sekwencji dat, które stanowią okres analizy od 1 stycznia 2018 do 31 grudnia 2022 roku.

Tworzenie Ramki Danych:

Następnie, tworzona jest pusta ramka danych `godzinowe_dane_zuzycia` zawierająca kombinacje dat i godzin, która zostanie wypełniona symulowanymi danymi zużycia energii.

Symulacja Zużycia Energetycznego:

W pętli `for`, dla każdej unikalnej daty, przeprowadzana jest symulacja dziennego zużycia energii. Wykorzystujemy tu funkcje `pora_roku` i `godzinowy_rozklad_zuzycia` do określenia sezonowego wzorca zużycia, a następnie, za pomocą funkcji `runif`, generujemy losowe wartości dziennego zużycia, które są modyfikowane przez współczynniki sezonowe i rozdzielane według godzinowego rozkładu zużycia.

Agregacja i Analiza Wyników:

Po symulacji, dane są sortowane i agregowane, aby obliczyć zużycie energii na różnych poziomach czasowych: dziennym, miesięcznym i rocznym. Pozwala to na analizę wzorców zużycia i szacowanie rocznego zużycia energii. W ramach analizy wyników, przeprowadzam również sprawdzenia struktury ramki danych i podstawowe statystyki, aby zapewnić spójność i prawidłowość wyników.

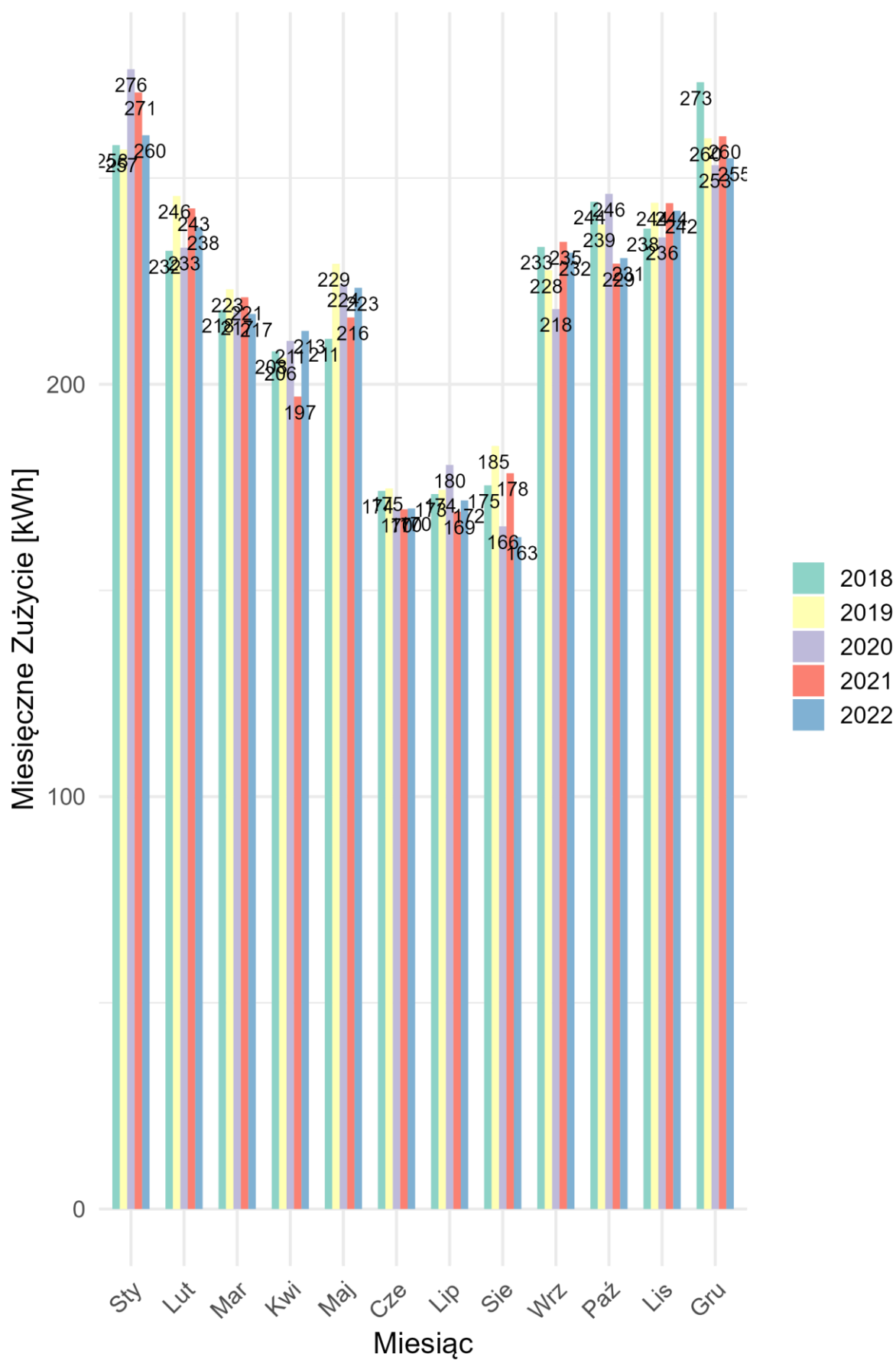
	▲ Rok ▲	RoczneZuzycie ▲
1	2018	2638.825
2	2019	2665.308
3	2020	2630.404
4	2021	2632.696
5	2022	2615.805

4.3 Wizualizacje

4.3.1 Średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej w poszczególnych latach

Wykres przedstawia miesięczne zużycie energii elektrycznej w poszczególnych latach dla czteroosobowej rodziny. Jest to wykres słupkowy, w którym każdy słupek reprezentuje średnie miesięczne zużycie energii, a kolory słupków odpowiadają różnym latom – od 2018 do 2022. Tekst umieszczony nad słupkami przedstawia dokładne wartości zużycia w kWh, co ułatwia szybkie odczytanie i porównanie wartości między miesiącami i latami.

Średnie Miesięczne Zużycie Energii Elektrycznej w F



Kluczowe Elementy Wizualizacji:

- Słupki: Reprezentują średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej w konkretnym miesiącu dla danego roku.
- Kolory: Odróżniają poszczególne lata, pomagając w wizualnym oddzieleniu danych i ułatwiając porównanie wzorców zużycia.
- Etykiety: Cyfrowe oznaczenia na słupkach wskazują dokładne wartości średniego miesięcznego zużycia, eliminując potrzebę szacowania wartości na podstawie osi y.
- Układ: Słupki są uporządkowane według miesięcy, co pozwala na śledzenie sezonowych wzorców zużycia i identyfikację potencjalnych szczytów i spadków.
- Legenda: Po prawej stronie wykresu, podaje informację o kolorystycznym kodowaniu lat, co jest pomocne przy interpretacji danych.

Analizując wykres, można dostrzec, że:

- Porównanie Sezonowe: Wykres pozwala na zauważenie, że zużycie energii ma charakter sezonowy, z wyższymi wartościami w zimowych miesiącach (Sty, Lut, Gru), co prawdopodobnie odzwierciedla większe zapotrzebowanie na ogrzewanie.
- Zmienność Roczna: Można zauważyć, jak zmienność cen i zużycia energii w ciągu roku wpływa na średnie miesięczne zużycie energii, co może być związane z różnymi czynnikami ekonomicznymi i klimatycznymi.
- Trendy: Analizując słupki z lat kolejnych, można zidentyfikować trendy wzrostowe lub spadkowe w zużyciu energii elektrycznej, co może być użyteczne dla długoterminowego planowania energetycznego.

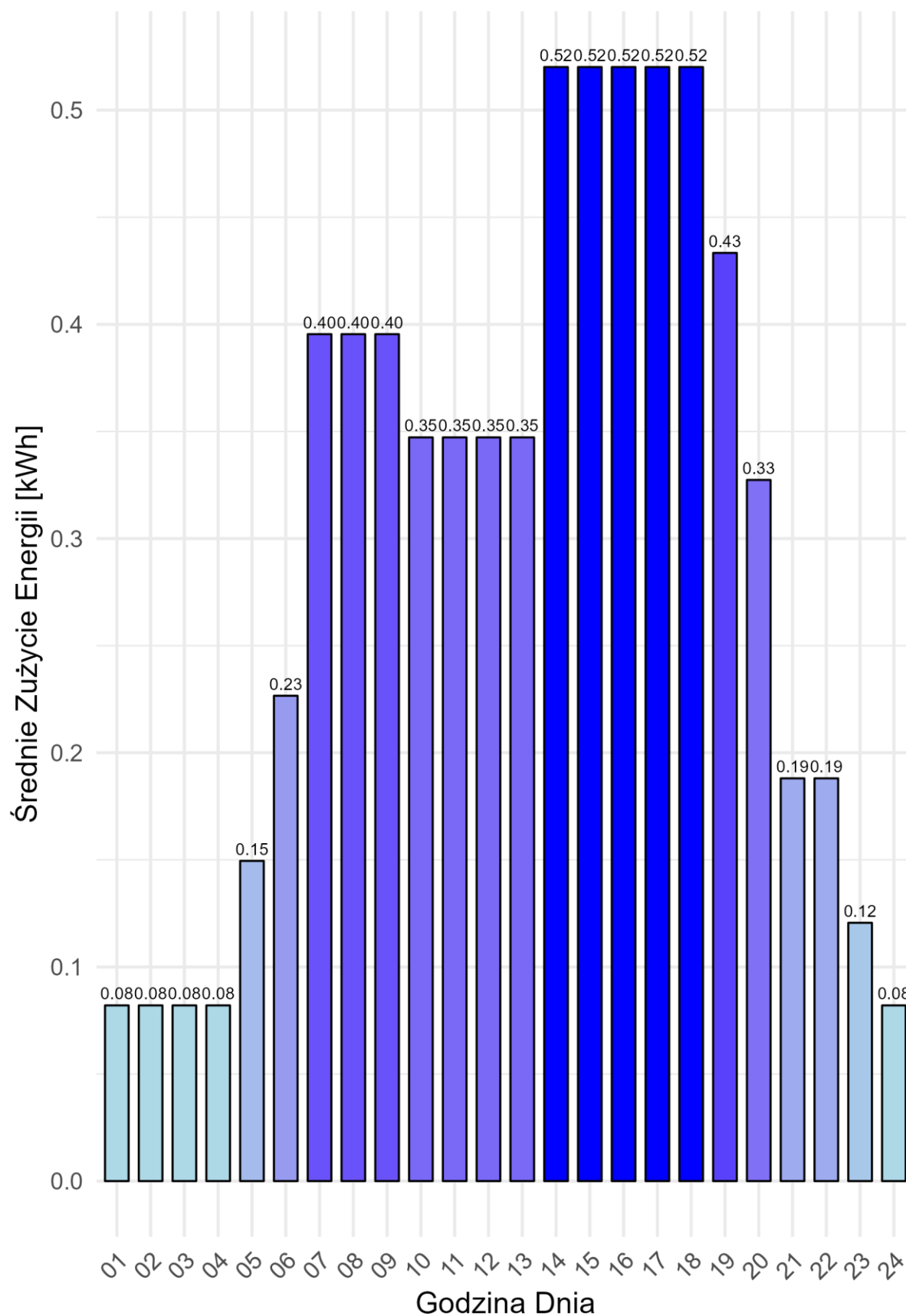
Wykres ten jest pomocny w planowaniu budżetu domowego na energię elektryczną oraz w identyfikacji okresów, w których można szukać sposobów na zwiększenie efektywności energetycznej. Dla dostawców energii, informacje te są cenne do optymalizacji planów dostaw i strategii cenowych.

4.3.2 Średnie dzienne godzinowe zużycie energii

Wykres przedstawia średnie godzinowe zużycie energii w ciągu dnia dla symulowanego modelu rodziny czteroosobowej. Każdy słupek reprezentuje średnie zużycie energii w danej godzinie, a wartości są wskazane tekstowo nad słupkami.

Średnie Dienne Godzinowe Zużycie Energii

Zużycie energii w ciągu dnia



Analizując wykres, można zauważyć:

- Najniższe zużycie energii w godzinach nocnych i wczesno-porannych (od 0:00 do 6:00), co odpowiada standardowym godzinom snu i mniejszej aktywności domowej.
- Stopniowy wzrost zużycia energii rozpoczyna się od godzin porannych, osiągając pierwszy mniejszy szczyt w godzinach przedpołudniowych.
- Najwyższe zużycie energii ma miejsce w godzinach popołudniowych i wieczornych (od 17:00 do 21:00), co jest typowe dla okresu powrotu domowników z pracy i szkoły, przygotowywania posiłków, korzystania z urządzeń elektrycznych oraz oświetlenia.
- Po szczytowym zużyciu wieczornym następuje spadek, gdy rodzina przechodzi do rutyny nocnej, co widać na wykresie w godzinach po 21:00.
- Należy jednak podkreślić, że wykres opiera się na symulowanych danych i może nie odzwierciedlać rzeczywistego zużycia energii w gospodarstwach domowych. Dane rzeczywiste mogą się różnić w zależności od indywidualnych nawyków, efektywności urządzeń energetycznych oraz izolacji cieplnej domu. Dlatego, choć wykres dostarcza ogólnych wskazówek na temat wzorców zużycia energii, nie powinien być traktowany jako dokładne odzwierciedlenie rzeczywistego zużycia. Do pełnej wiarygodności analizy potrzebne są rzeczywiste dane pomiarowe.

5. Analiza ekonomiczna użytkowania w gospodarstwie domowym

Analiza ekonomiczna użytkowania energii w gospodarstwie domowym jest kluczowym elementem zarządzania domowym budżetem i zrównoważonym życiem. W tym rozdziale skupiamy się na szczegółowym rozpatrzeniu kosztów związanych z konsumpcją energii elektrycznej w przeciętnym gospodarstwie domowym, jak również na potencjalnych oszczędnościach i korzyściach płynących z zastosowania nowoczesnych technologii, takich jak panele fotowoltaiczne (PV) oraz systemy magazynowania energii. Analizujemy różne scenariusze - od tradycyjnego zakupu energii z sieci, przez sytuacje wykorzystujące panele słoneczne bez możliwości magazynowania nadwyżek, aż po zaawansowane systemy z magazynowaniem i sprzedażą nadwyżek energii. Przeanalizowane przypadki pozwolą zrozumieć długoterminowe implikacje finansowe związane z różnymi opcjami zarządzania energią i pomogą w podjęciu decyzji o potencjalnych inwestycjach w zielone technologie.

6. Koszt zakupu energii bez instalacji PV: Analiza wydatków na energię elektryczną w domu bez paneli fotowoltaicznych.

Analiza ta ma na celu oszacowanie rocznych wydatków na energię elektryczną dla czteroosobowej rodziny, która nie posiada instalacji fotowoltaicznych (PV). Jest to scenariusz bazowy, który posłuży jako punkt odniesienia dla dalszych analiz związanych z wprowadzeniem systemu PV oraz magazynowania energii. W obliczeniach przyjmuje aktualne ceny energii elektrycznej z rynku oraz szacunkowe, symulowane zużycie energii w ciągu roku. Ocenie podlega obciążenie finansowe, jakie rodzina ponosi przy zakupie energii z sieci publicznej.

Opis działania kodu:

Pobieranie danych: Dane godzinowego zużycia energii zostały wcześniej przygotowane na podstawie modelu symulacyjnego, który uwzględnia zmienność zużycia w zależności od pory dnia i roku

Połączenie danych: W celu obliczenia kosztów, ramki danych zużycia i ceny energii zostały połączone w oparciu o wspólne kolumny 'Data' i 'Godzina', co umożliwiło dopasowanie ceny do odpowiedniej godziny zużycia.

Obliczanie kosztów: Dla każdej godziny obliczony został koszt energii, który jest iloczynem zużycia energii i ceny w danej godzinie. Pozwala to na dokładne ustalenie, ile rodzina wydaje na energię w każdej godzinie dnia.

Agregacja danych: Koszty zostały zsumowane w celu uzyskania całkowitego rocznego wydatku na energię, a także średniego dziennego kosztu. Dodatkowo, wykonano agregację kosztów do poziomu miesięcznego, aby zobaczyć zmienność wydatków w ciągu roku.

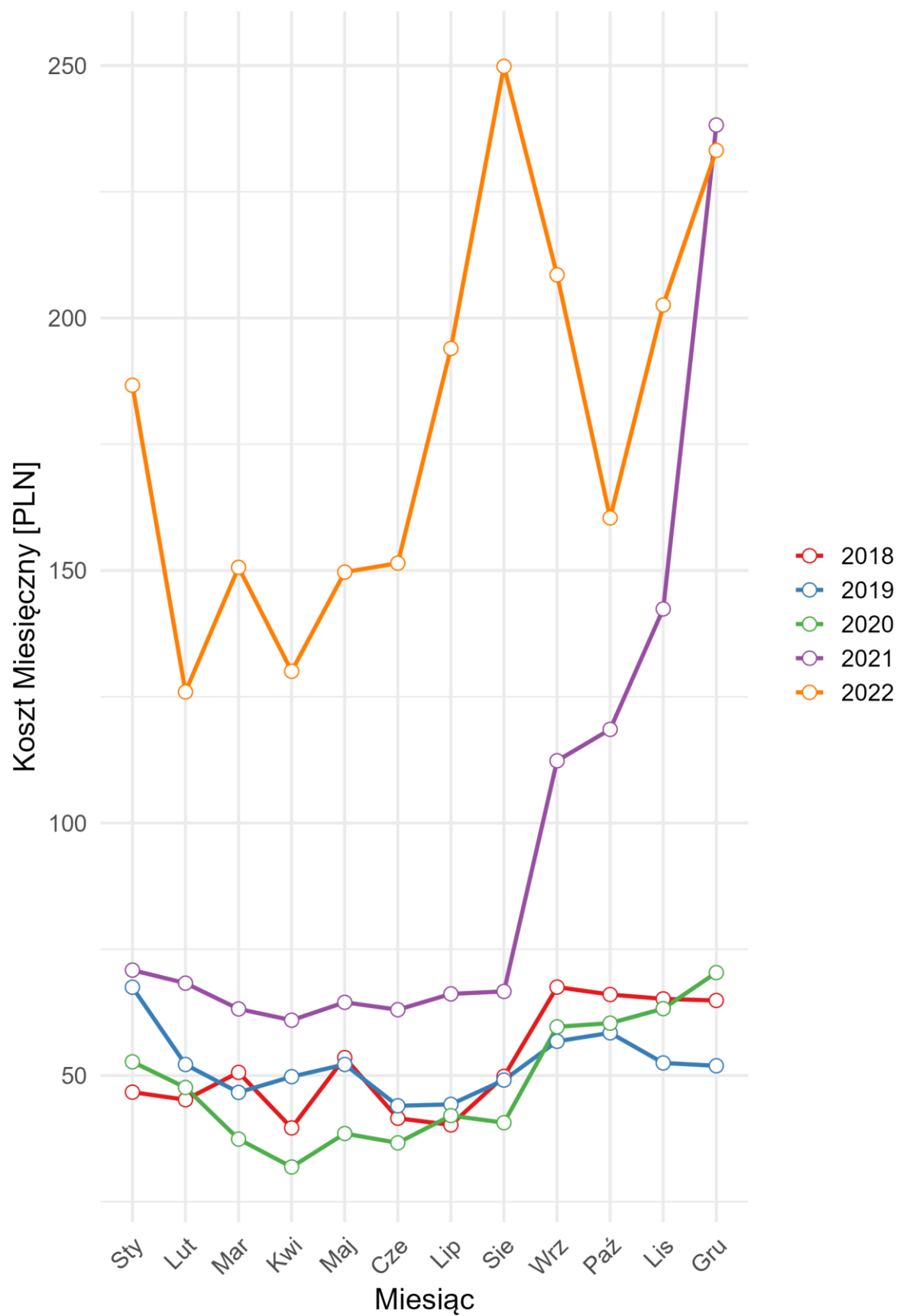
6.1 Wizualizacje

6.1.1 Miesięczne koszty energii przez lata

Prezentowany wykres ilustruje miesięczne koszty zużycia energii elektrycznej dla analizowanego gospodarstwa domowego na przestrzeni pięciu lat (2018-2022). Każdy punkt na wykresie reprezentuje sumę kosztów poniesionych w danym miesiącu, z kolei linie łączące punkty podkreślają trend kosztów w ciągu każdego roku. Użycie różnych kolorów dla poszczególnych lat pozwala na łatwe porównanie między nimi.

Miesięczne Koszty Energii przez Lata

Analiza sezonowości kosztów energii



Analiza wykresu:

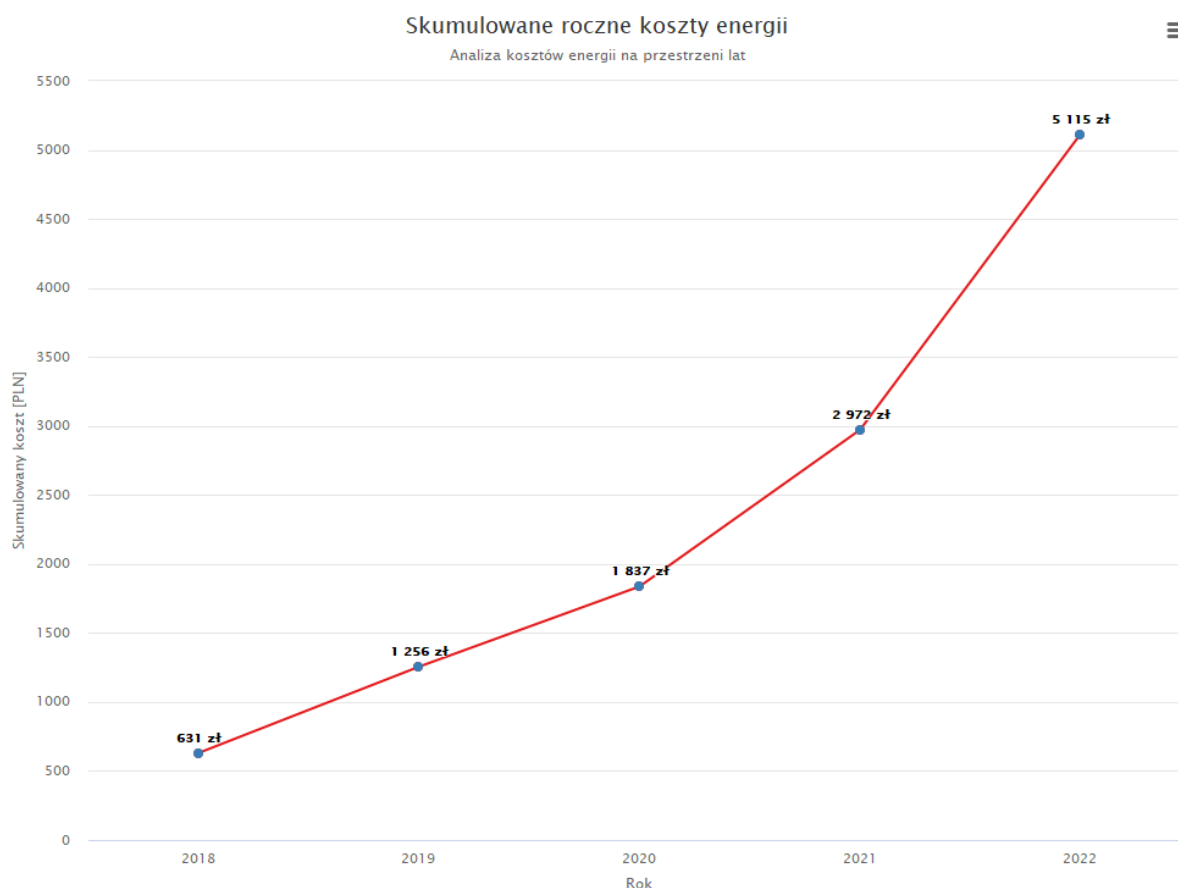
Sezonowość: Wyraźnie widać sezonowe wzorce w kosztach zużycia energii. Koszty są generalnie wyższe w miesiącach zimowych, co jest typowe dla gospodarstw domowych ze względu na dodatkowe zużycie energii na ogrzewanie. Latem koszty zazwyczaj maleją dzięki mniejszemu zapotrzebowaniu na ogrzewanie i dłuższemu światłu dziennemu, które zmniejsza potrzebę używania sztucznego oświetlenia.

Trend roczny: Zauważalny jest wzrost kosztów energii w kolejnych latach, szczególnie w roku 2022. Może to odzwierciedlać ogólnonarodowe tendencje wzrostu cen energii lub zmiany w taryfikacji.

Wyjątki: Widoczne pikowanie kosztów w niektórych miesiącach, jak chociażby sierpień 2022 roku, może sygnalizować wystąpienie nieprzewidzianych okoliczności wpływających na wzrost zużycia energii. Ekstremalne warunki pogodowe mogą skłaniać do intensywniejszego wykorzystania systemów klimatyzacji, jednak równie istotnymi czynnikami mogą być zmiany polityczne, sytuacje kryzysowe takie jak konflikty międzynarodowe, które przekładają się na ogólną inflację i wzrost cen surowców energetycznych. W kontekście bieżących wydarzeń geopolitycznych, takich jak konflikt zbrojny na Ukrainie, obserwuje się globalne zawirowania na rynkach energii, co również może być bezpośrednio odzwierciedlone w obserwowanych danych.

6.1.2 Skumulowane roczne koszty energii

Wykres przedstawia skumulowane roczne koszty energii elektrycznej w domu przez lata, od 2018 do 2022 roku. Na wykresie liniowym każdy punkt reprezentuje całkowity koszt zużytej energii w danym roku, z wyraźnym oznaczeniem wartości w złotych przy każdym punkcie. Linia łącząca te punkty ukazuje kumulatywny wzrost kosztów w czasie, co pozwala na szybką wizualną ocenę tendencji wzrostowej. Kolorowe punkty odpowiadają poszczególnym latom, co ułatwia śledzenie zmian z roku na rok.



Analizując wykres, można zauważyć znaczący wzrost skumulowanych kosztów energii z roku na rok. Od roku 2018 do 2022 widzimy stopniowe zwiększanie się kosztów, z największym skokiem w 2022 roku. Ten wzrost może być spowodowany różnymi czynnikami ekonomicznymi i społecznymi, takimi jak inflacja, wzrost cen energii, zwiększone zużycie energii w gospodarstwach domowych czy wprowadzenie nowych taryf przez dostawców energii.

7. Ekonomiczny wpływ instalacji PV bez magazynowania: Ocena ekonomiczna wykorzystania paneli PV bez magazynowania nadwyżek energii.

W tym rozdziale przeprowadzamy analizę ekonomiczną instalacji fotowoltaicznych bez możliwości magazynowania energii. Celem jest ocena, w jaki sposób instalacja paneli PV wpływa na domowe finanse, gdy nadprodukcja energii nie jest wykorzystywana ani magazynowana, a jedynie marnowana, a także jakie są koszty zakupu dodatkowej energii z sieci w momentach, kiedy panele nie pokrywają całości zapotrzebowania gospodarstwa. Jest to ważne dla zrozumienia, czy inwestycja w same panele PV bez systemu magazynowania jest rentowna i jakie przynosi oszczędności.

W kodzie wykonano następujące kroki:

- Połączenie danych o zużyciu energii z danymi o produkcji energii przez panele PV. Dzięki temu można porównać, ile energii jest generowanej i ile jest zużywanej w każdej godzinie.
- Obliczenie różnicy między generowaną mocą a zużyciem energii, aby ustalić, kiedy i ile energii jest marnowanej oraz kiedy występuje konieczność dokupienia energii.
- Zastosowanie funkcji p_{max} pozwala na określenie, kiedy nadprodukcja energii jest większa niż zużycie (energia marnowana) oraz kiedy zużycie przewyższa produkcję (energia dokupowana).

- Obliczenie kosztu dokupionej energii, który jest kluczowym parametrem określającym ekonomiczną wydajność instalacji PV bez magazynu. Koszt dokupionej energii jest wynikiem mnożenia ilości dokupionej energii przez cenę rynkową energii elektrycznej.
- Podsumowanie całkowitych kosztów dokupionej energii, co pozwala na ocenę wydatków związanych z konsumpcją energii przy braku możliwości magazynowania nadwyżek produkowanych przez panele PV.

Podsumowując, ten rozdział dostarcza wiedzy o potencjalnych oszczędnościach i wydatkach, które mogą wynikać z zainstalowania paneli słonecznych bez systemu magazynowania, pozwalając ocenić, czy taka konfiguracja jest optymalna z perspektywy gospodarstwa domowego.

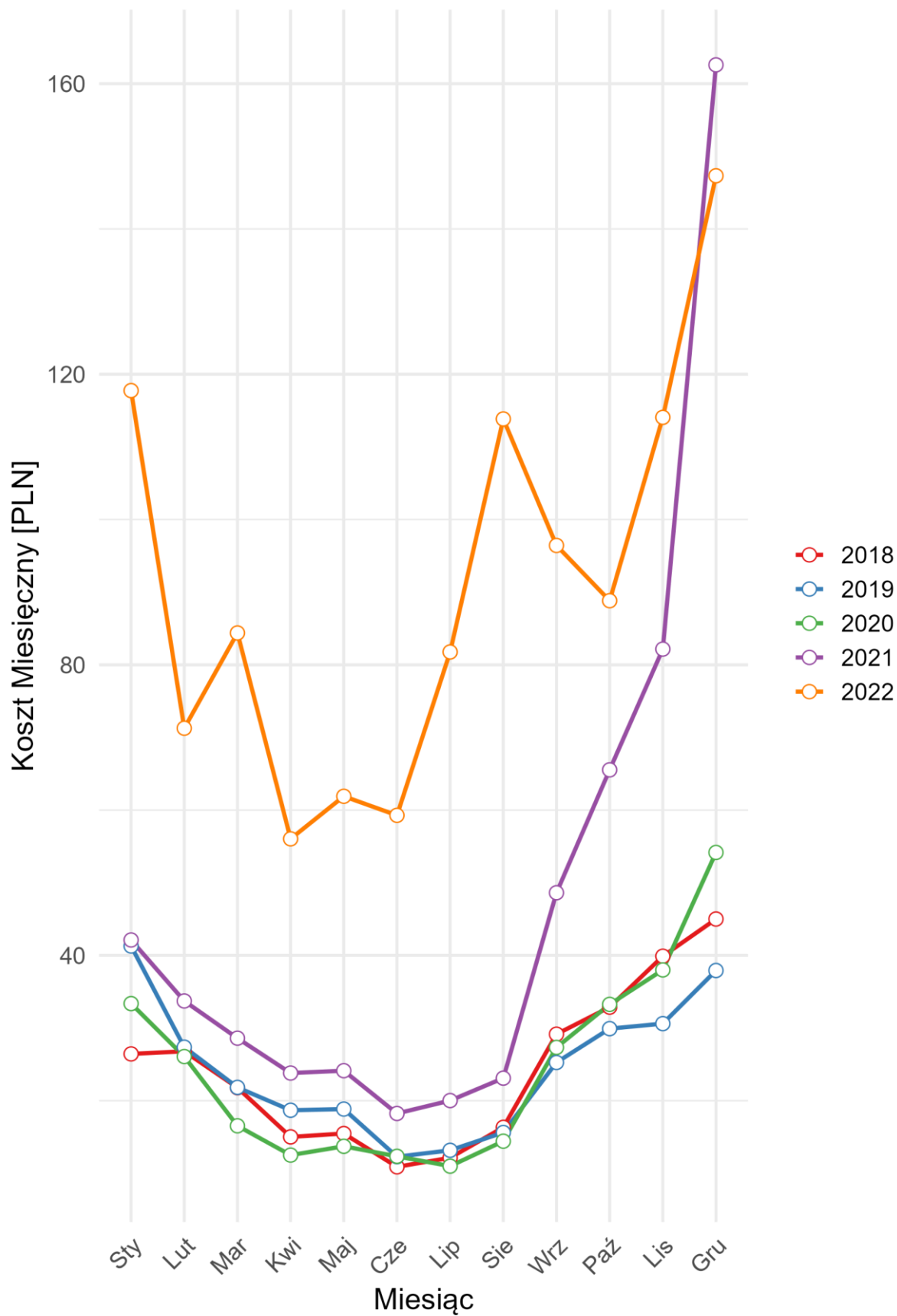
7.1 Wizualizacje

7.1.1 Miesięczne koszty energii przez lata

Wykres liniowy z punktami wskazuje koszt dokupionej energii elektrycznej dla każdego miesiąca, podzielony według roku. Wykorzystanie kolorów pozwala na szybką identyfikację trendów rocznych. Każda linia reprezentuje jeden rok, a punkty na liniach odpowiadają kosztom za poszczególne miesiące.

Miesięczne koszty dokupionej energii przez lata

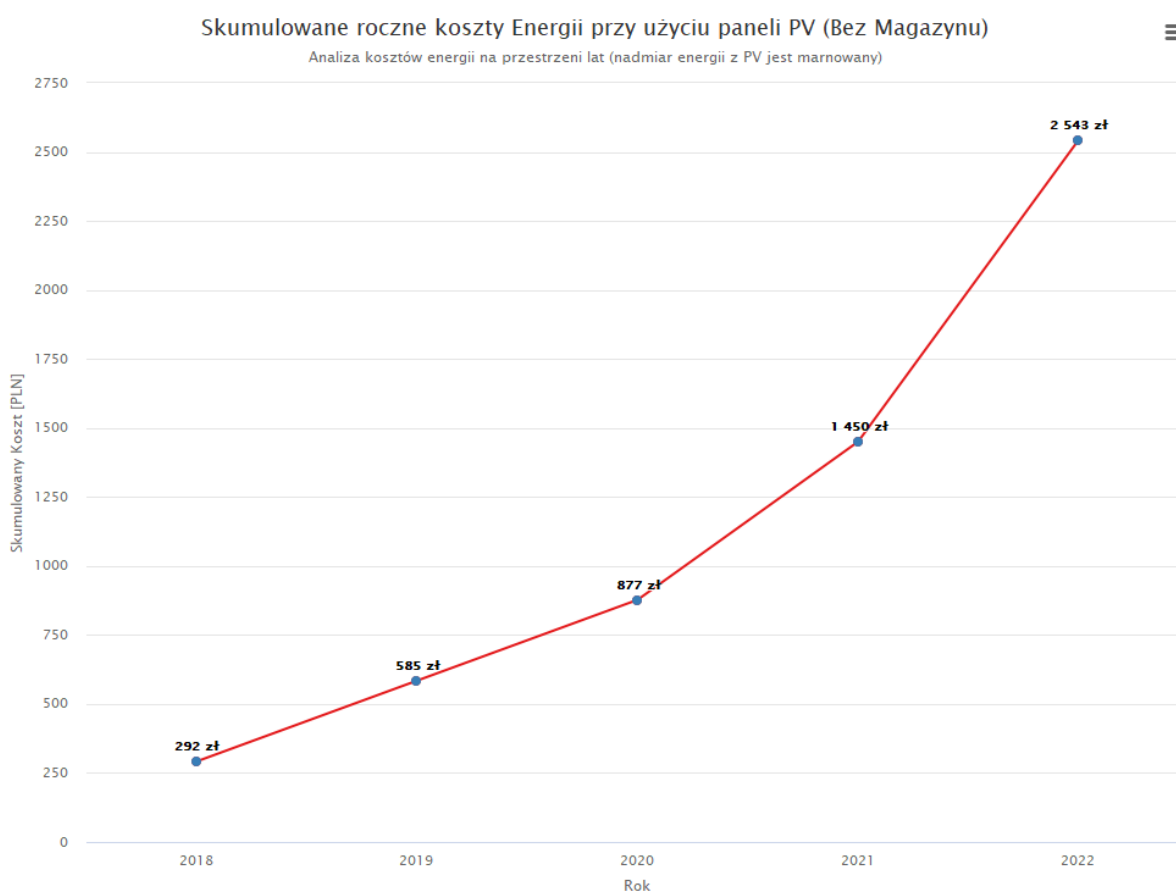
Analiza sezonowości kosztów energii dokupionej



Na wykresie widać, że koszty dokupionej energii zmieniają się w ciągu roku, z wyraźnymi wzrostami w okresach zimowych, co jest typowe dla większego zużycia energii na ogrzewanie. Lata 2020-2022 pokazują tendencję wzrostową kosztów, co może być skorelowane z ogólnymi wzrostami cen energii, inflacją, a także zmianami politycznymi i ekonomicznymi, takimi jak wpływ konfliktów międzynarodowych. Szczególnie rok 2022 odznacza się znacznym wzrostem kosztów, co może odzwierciedlać globalne trendy wzrostu cen energii oraz wpływ sytuacji geopolitycznych, takich jak wojna i związane z nią sankcje, które wpłynęły na rynki energetyczne.

7.1.2 Skumulowane roczne koszty energii

Wykres przedstawia skumulowane roczne koszty zakupionej energii elektrycznej w gospodarstwie domowym korzystającym z paneli fotowoltaicznych bez systemu magazynowania energii przez okres pięciu lat. Wartości na osi pionowej wskazują na całkowity koszt zakupionej energii w złotych, podczas gdy oś pozioma pokazuje kolejne lata, od 2018 do 2022. Punkty danych są połączone linią, co ułatwia śledzenie wzrostu kosztów z biegiem czasu.



Z wykresu wynika, że całkowite roczne koszty energii systematycznie wzrastały każdego roku. Taki wzrost może być spowodowany kilkoma czynnikami, w tym wzrostem cen energii na rynku, zwiększonym zużyciem energii w domu lub mniejszą efektywnością paneli PV z upływem czasu. Wzrost w 2022 roku może również odzwierciedlać wpływ inflacji lub innych czynników ekonomicznych, które wpłynęły na wzrost kosztów energii.

Analiza ta pokazuje, że nawet z instalacją PV, bez odpowiedniego systemu magazynowania lub możliwości sprzedaży nadmiaru energii, gospodarstwa domowe mogą nadal ponosić znaczące koszty za energię elektryczną.

8. Ekonomia paneli fotowoltaicznych z opcją sprzedaży nadwyżek energii

Rozdział ten ma na celu ocenę ekonomicznej efektywności instalacji fotowoltaicznych (PV) w warunkach, gdzie nadwyżki produkowanej energii są sprzedawane do sieci, a braki są uzupełniane przez zakup energii z zewnątrz. W tym scenariuszu kładziemy nacisk na zrozumienie wpływu natychmiastowej sprzedaży nadmiarowej energii na roczne koszty eksploatacji systemu PV. Analiza ta stanowi kontynuację wcześniejszych obserwacji, gdzie nadmiar energii był marnowany, i pozwala na porównanie różnych strategii zarządzania wyprodukowaną energią.

Analiza kodu:

W tym rozdziale, wykorzystujemy zbiór danych `dane_z_panelami`, który został wcześniej przygotowany. Rozpoczynamy od obliczenia ilości energii, która mogłaby zostać sprzedana do sieci, stosując funkcję `pmax` do zidentyfikowania i wyselekcjonowania nadwyżek energii (kiedy produkcja energii przekracza własne zużycie).

Następnie, uwzględniamy realny aspekt finansowy, że cena sprzedaży energii do sieci jest zazwyczaj niższa od ceny zakupu energii. W tym przypadku założyliśmy, że jest niższa o 4%. Dlatego stosujemy odpowiednią korektę do obliczenia dochodu ze sprzedaży, mnożąc ilość sprzedanej energii przez cenę zakupu energii i współczynnik 0.96.

Dodatkowo, kod uwzględnia sytuację, gdy nie jesteśmy w stanie wyprodukować wystarczającej ilości energii i musimy dokupić brakującą część. Obliczamy koszt dokupionej energii, mnożąc ilość dokupionej energii przez cenę zakupu.

Na koniec, sumujemy całkowity koszt energii dokupionej oraz dochód ze sprzedaży energii, aby uzyskać pełniejszy obraz finansowego wpływu instalacji PV bez magazynu, ale z możliwością sprzedaży nadwyżek.

Kod pozwala nam na szczegółowe zrozumienie finansowych konsekwencji posiadania systemu PV, uwzględniając możliwe dochody ze sprzedaży nadwyżek energii oraz potrzebę dokupywania energii w przypadku jej niedoboru. Analiza ta jest istotnym elementem przy podejmowaniu decyzji o inwestycji w systemy fotowoltaiczne, dając możliwość oszacowania potencjalnych oszczędności lub kosztów.

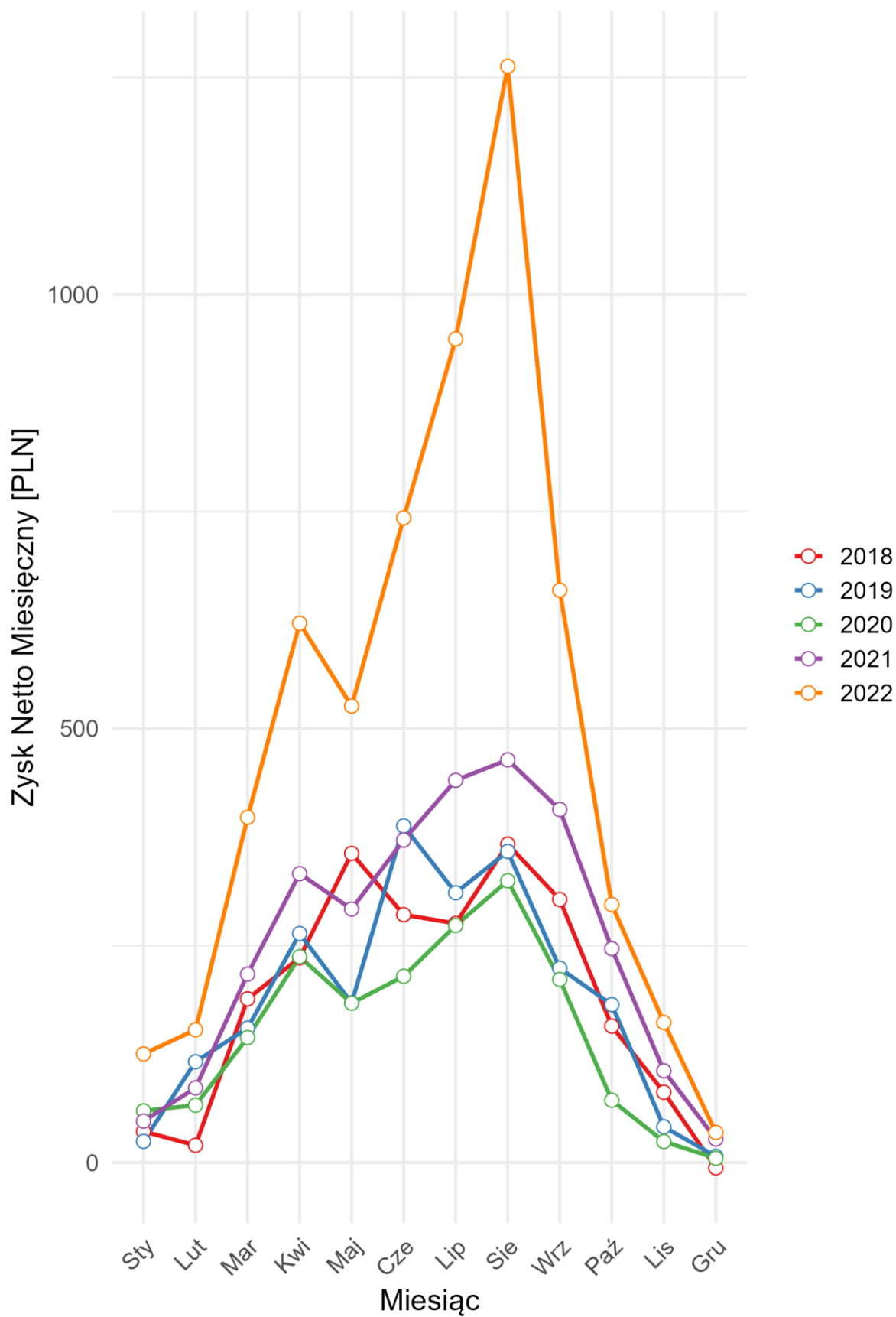
8.1 Wizualizacje

8.1.1 Miesięczne zyski z energii przez lata

Wykres przedstawia miesięczny zysk netto z energii elektrycznej dla gospodarstwa domowego wyposażonego w instalację fotowoltaiczną (PV), gdzie nadmiar wyprodukowanej energii jest sprzedawany do sieci. Każda linia reprezentuje inny rok, co pozwala na porównanie zysku netto w poszczególnych miesiącach przez lata. Polskie nazwy miesięcy są użyte dla lepszej interpretacji danych. Kolorowe linie i punkty ułatwiają identyfikację trendów i zmian sezonowych w zyskach netto.

Miesięczny zysk netto z energii przez lata

Analiza sezonowości zysku netto

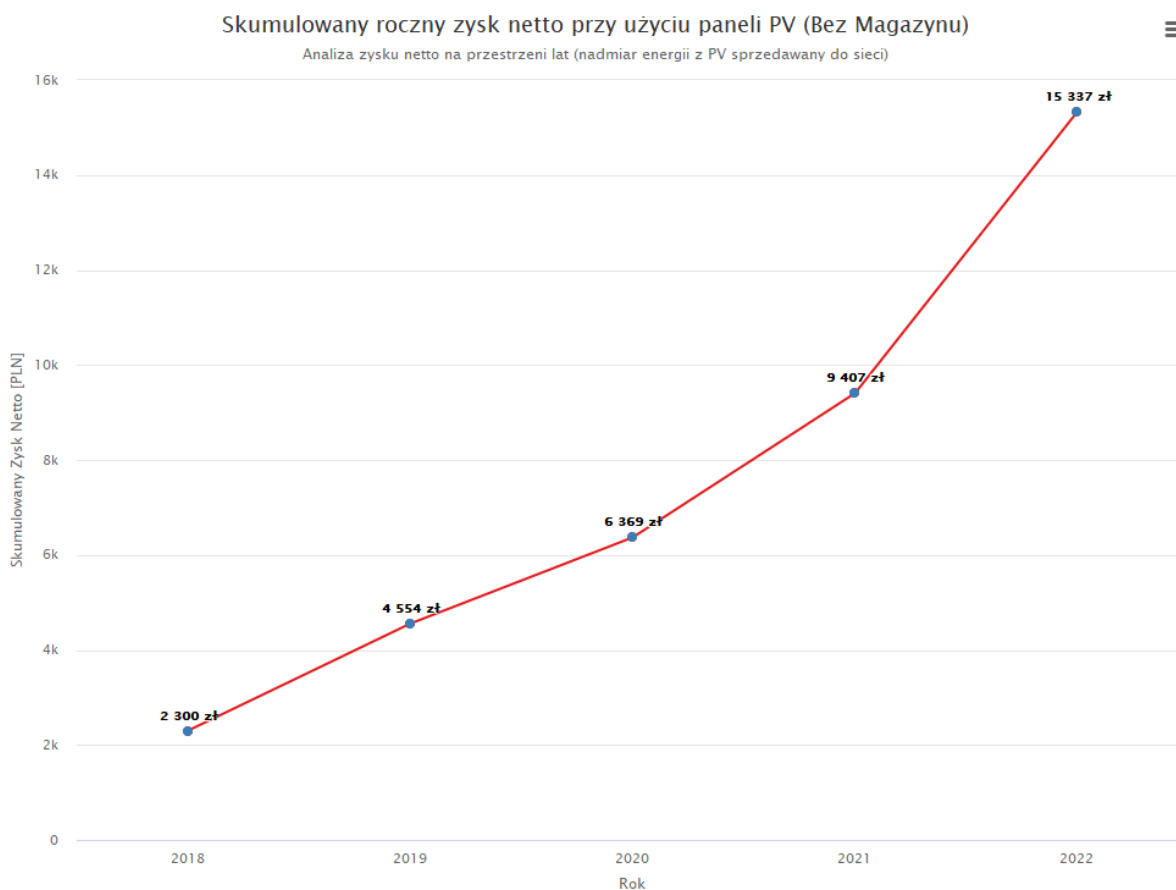


Wykres pokazuje, że istnieją wyraźne różnice w zysku netto w zależności od pory roku. Miesiące letnie wykazują zazwyczaj wyższy zysk netto, co jest spowodowane większą produkcją energii przez panele fotowoltaiczne dzięki dłuższemu nasłonecznieniu. Z kolei w miesiącach zimowych zysk jest niższy, co wiąże się z krótszymi dniami i mniejszą ilością światła słonecznego. Warto zauważyć, że w porównaniu do wcześniejszych wizualizacji, które skupiały się na wydatkach, tutaj uwaga skierowana jest na potencjalny zysk, podkreślając pozytywne aspekty inwestycji w odnawialne źródła energii.

Widać również, że w niektórych latach dochodzi do znaczących wzrostów zysku netto, co może być wynikiem zmiennych cen energii na rynku lub zmian w polityce energetycznej. Na przykład, wyższy zysk netto w pewnych latach może być efektem zwiększonej sprzedaży nadwyżek energii w okresach wysokiego zapotrzebowania na energię w sieci.

8.1.2 Skumulowane roczne zyski z energii

Prezentowany wykres ilustruje skumulowany roczny zysk netto przy użyciu paneli fotowoltaicznych (PV) z nadmiarem sprzedawanym do sieci. Linia na wykresie wskazuje, jak zysk netto kumulował się z roku na rok, uwzględniając zarówno dochody ze sprzedaży nadmiaru energii do sieci, jak i wydatki na zakup energii. Punkty na wykresie oznaczają skumulowane wartości zysku netto na koniec każdego roku, zapewniając jasny obraz wzrostu oszczędności w czasie.



Z wykresu można wyciągnąć kilka kluczowych wniosków. Po pierwsze, obserwujemy stały wzrost skumulowanego zysku netto rok do roku, co sugeruje, że inwestycja w panele fotowoltaiczne generuje coraz większe korzyści finansowe z czasem. Zysk netto rośnie, ponieważ energia produkowana przez panele PV jest sprzedawana do sieci, a koszty zakupionej energii są niższe niż dochody ze sprzedaży nadwyżek.

Drugim istotnym aspektem jest to, że wykres nie przedstawia wyłącznie rocznych dochodów, ale także uwzględnia koszty zakupu energii, co pozwala na realistyczną ocenę rentowności systemu PV bez

magazynowania nadwyżek. Wykres uwypatnia potencjał oszczędnościowy i dochodowy systemów fotowoltaicznych, szczególnie w kontekście rosnących cen energii na rynku.

Warto zauważyć, że w odróżnieniu od wcześniejszych analiz, które koncentrowały się na wydatkach, ten wykres skupia się na zysku netto, pokazując pozytywny wpływ inwestycji w odnawialne źródła energii z perspektywy długoterminowej. Zapewnia to cenną perspektywę dla gospodarstw domowych rozważających instalację paneli PV jako sposobu na redukcję kosztów energii i zwiększenie niezależności energetycznej.

9. Optymalizacja wykorzystania energii z paneli PV z wykorzystaniem magazynu – scenariusz bez sprzedaży nadwyżek

W tym rozdziale bada się wpływ magazynu energii na zarządzanie nadwyżkami produkcyjnymi z instalacji fotowoltaicznych w gospodarstwie domowym. Skoncentrowano się na symulacji, gdzie pierwszeństwo ma bezpośrednie zużycie energii wygenerowanej przez panele PV. Jeśli produkcja przekracza bieżące zapotrzebowanie, nadmiar kierowany jest do magazynu o określonej pojemności. Gdy magazyn osiąga maksymalne pojemności, każda kolejna nadwyżka jest traktowana jako marnowana, co odzwierciedla scenariusz bez możliwości odsprzedaży energii. Natomiast, w przypadku deficytu energii, system korzysta z zasobów magazynu, a gdy te się wyczerpią – dokupuje potrzebną energię z sieci.

Analiza kodu:

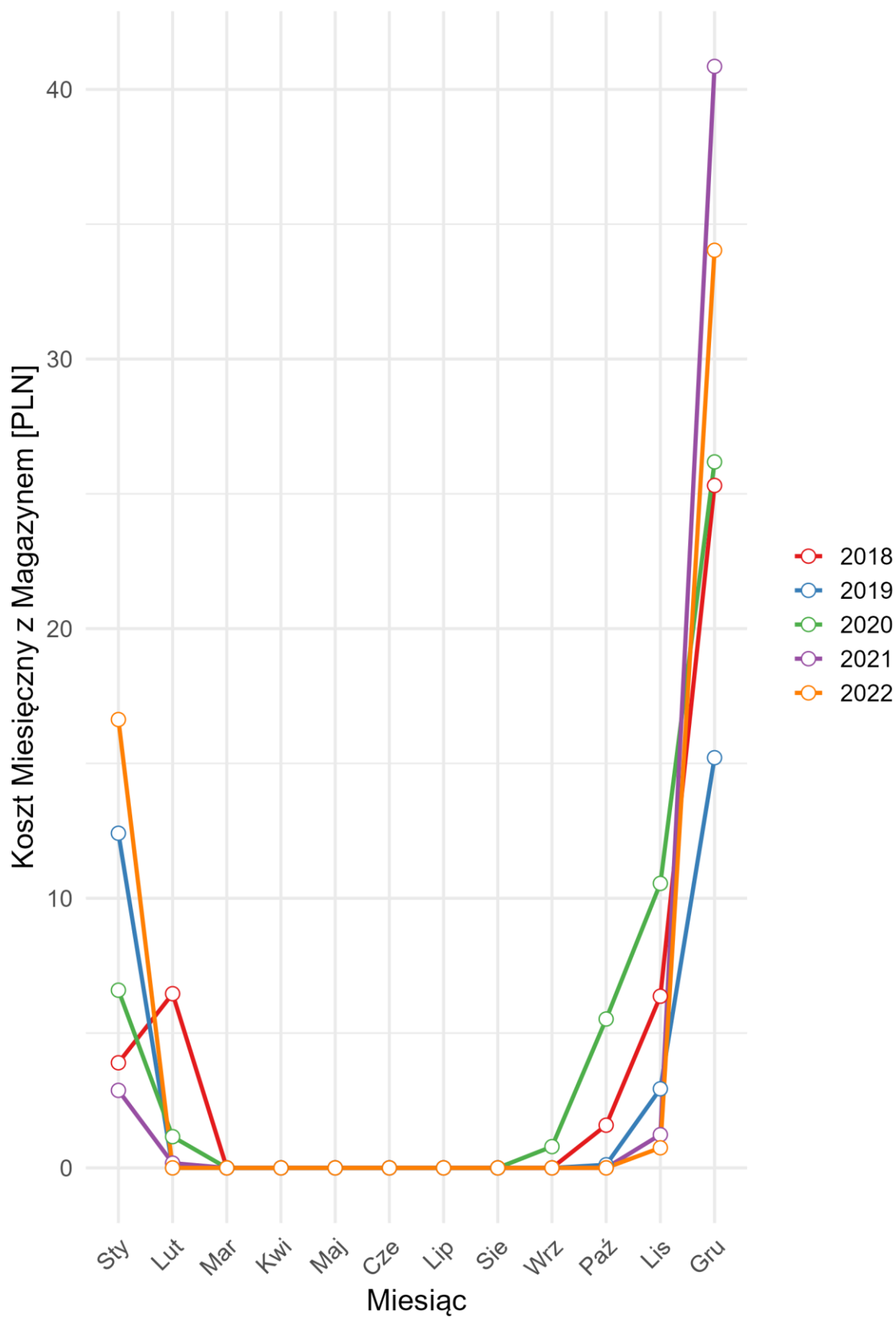
W kodzie zdefiniowano parametry magazynu: pojemność i sprawność, które determinują jego efektywność. Przeprowadzona została iteracyjna analiza dla każdej godziny, gdzie decydowano o przepływie energii między produkcją, magazynem, a siecią. Dzięki temu możliwe było obliczenie ilości energii przechowywanej, pobranej lub zakupionej. Na końcu przeprowadzono agregację danych w celu obliczenia całkowitych rocznych wydatków na energię, biorąc pod uwagę wykorzystanie magazynu.

9.1 Wizualizacje

9.1.1 Miesięczne koszty energii przez lata

Prezentowany wykres ilustruje miesięczne koszty zakupionej energii elektrycznej z wykorzystaniem magazynu dla gospodarstwa domowego przez lata. Dane są przedstawione w ujęciu sezonowym i rocznym, co pozwala na obserwację trendów i porównanie kosztów między poszczególnymi latami. Polskie nazwy miesiące oraz kolorowe linie odpowiadające różnym latom ułatwiają czytelność i porównywalność danych.

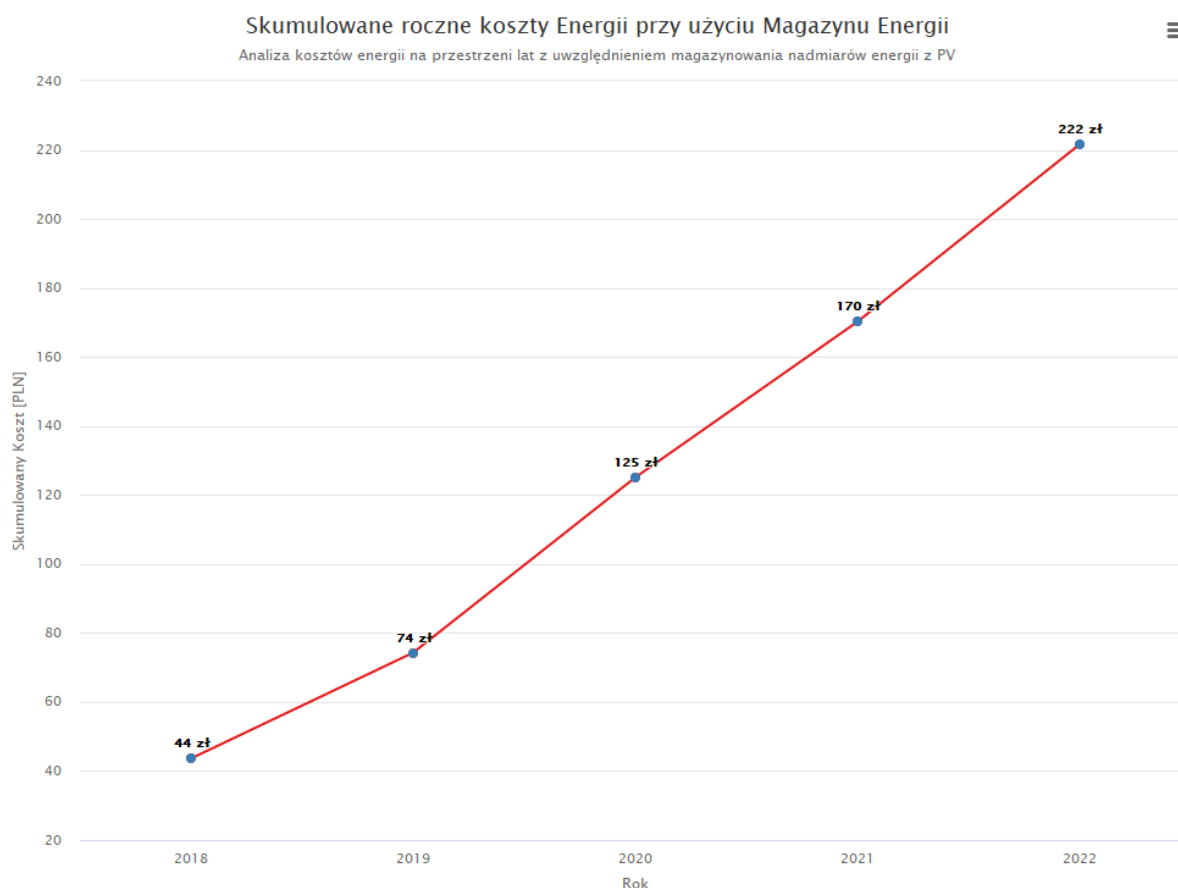
Miesięczne koszty dokupionej energii z magazynem i Analiza sezonowości kosztów energii dokupionej z wykorzystaniem



Wykres ten demonstruje miesięczne koszty zakupionej energii elektrycznej z wykorzystaniem magazynu, co podkreśla, że nawet z zaawansowanymi systemami gromadzenia energii, gospodarstwa domowe mogą nadal ponosić znaczące wydatki na energię elektryczną. Mimo efektywnego wykorzystania nadprodukcji energii przez magazyn, są momenty, gdy produkcja energii przez panele PV jest niewystarczająca, co wymusza zakup dodatkowej energii z sieci. To wskazuje na ograniczenia samowystarczalności systemów opartych na energii odnawialnej i podkreśla potrzebę zarówno efektywnego magazynowania, jak i planowania zakupów energii, aby minimalizować koszty. Wyraźne wzrosty kosztów w niektórych miesiącach, mimo obecności magazynu, mogą być wynikiem nieprzewidzianych wzrostów zapotrzebowania na energię lub niższej produkcji energii słonecznej, co zmusza do korzystania z sieci energetycznej.

9.1.2 Skumulowane roczne koszty energii

Wykres przedstawia skumulowane roczne koszty energii elektrycznej w gospodarstwie domowym, które korzysta z magazynu energii, lecz nie sprzedaje nadwyżek energii wyprodukowanej przez panele PV. Ilustruje on tendencję wzrostową kosztów na przestrzeni lat, podkreślając, że mimo wykorzystania magazynu do przechowywania nadmiarowej energii, domownicy wciąż ponoszą koszty związane z koniecznością zakupu energii, gdy produkcja paneli i pojemność magazynu nie pokrywają całkowitego zapotrzebowania



Wykres wskazuje na stopniowe zwiększanie się skumulowanych kosztów przez kolejne lata, co może odzwierciedlać rosnące ceny energii, zwiększone zużycie w domu lub nieadekwatną pojemność magazynu do potrzeb gospodarstwa. Fakt, że koszty nadal istnieją mimo użycia magazynu, podkreśla, że magazyny energii nie zapewniają pełnej samowystarczalności i mogą wymagać dodatkowych inwestycji w celu zwiększenia efektywności systemu, takich jak powiększenie magazynu lub zwiększenie liczby paneli PV. Ponadto, koszty te mogą być również spowodowane ograniczoną żywotnością magazynu lub jego zmniejszoną efektywnością z czasem.

10. Analiza sytuacji z różnymi pojemnościami magazynu i marnowaniem nadmiaru

Badamy, jak różne pojemności magazynów energii wpływają na zapotrzebowanie na energię zewnętrzną, szczególnie w sytuacjach, gdy wyprodukowany nadmiar energii nie może być ani sprzedany do sieci, ani efektywnie magazynowany.

Przez eksplorowanie scenariuszy z magazynami o różnych pojemnościach (od 2 do 17 kWh), dążymy do zrozumienia, w jaki sposób pojemność magazynu wpływa na zakup energii z zewnętrznych źródeł oraz na efektywność wykorzystania nadwyżek energii. Założenia modelu obejmują stałą sprawność magazynowania na poziomie 90%, co ma odzwierciedlać realne straty związane z przetwarzaniem i przechowywaniem energii.

Ten rozdział ma na celu nie tylko zidentyfikowanie optymalnej pojemności magazynu w kontekście zmniejszenia zależności od sieci energetycznej, ale także zrozumienie, w jaki sposób różne strategie magazynowania energii mogą wpływać na ogólną efektywność i ekonomię domowych systemów fotowoltaicznych.

Opis kodu – główne kroki:

Definicja pojemności magazynu: określono różne pojemności magazynów energii od 2 do 17 kWh.

Przygotowanie danych: dla każdej pojemności magazynu stworzono zestaw danych, kopiując dane z paneli PV i dodając kolumny dotyczące energii pobranej z magazynu, dokupionej z sieci oraz przechowywanej.

Analiza danych na poziomie godzinowym: przeanalizowano dane dla każdej godziny, obliczając nadmiar i niedobór energii w zależności od produkcji z paneli PV i zużycia. Określono, ile energii może zostać przechowywanej w magazynie i ile musi być dokupione z sieci.

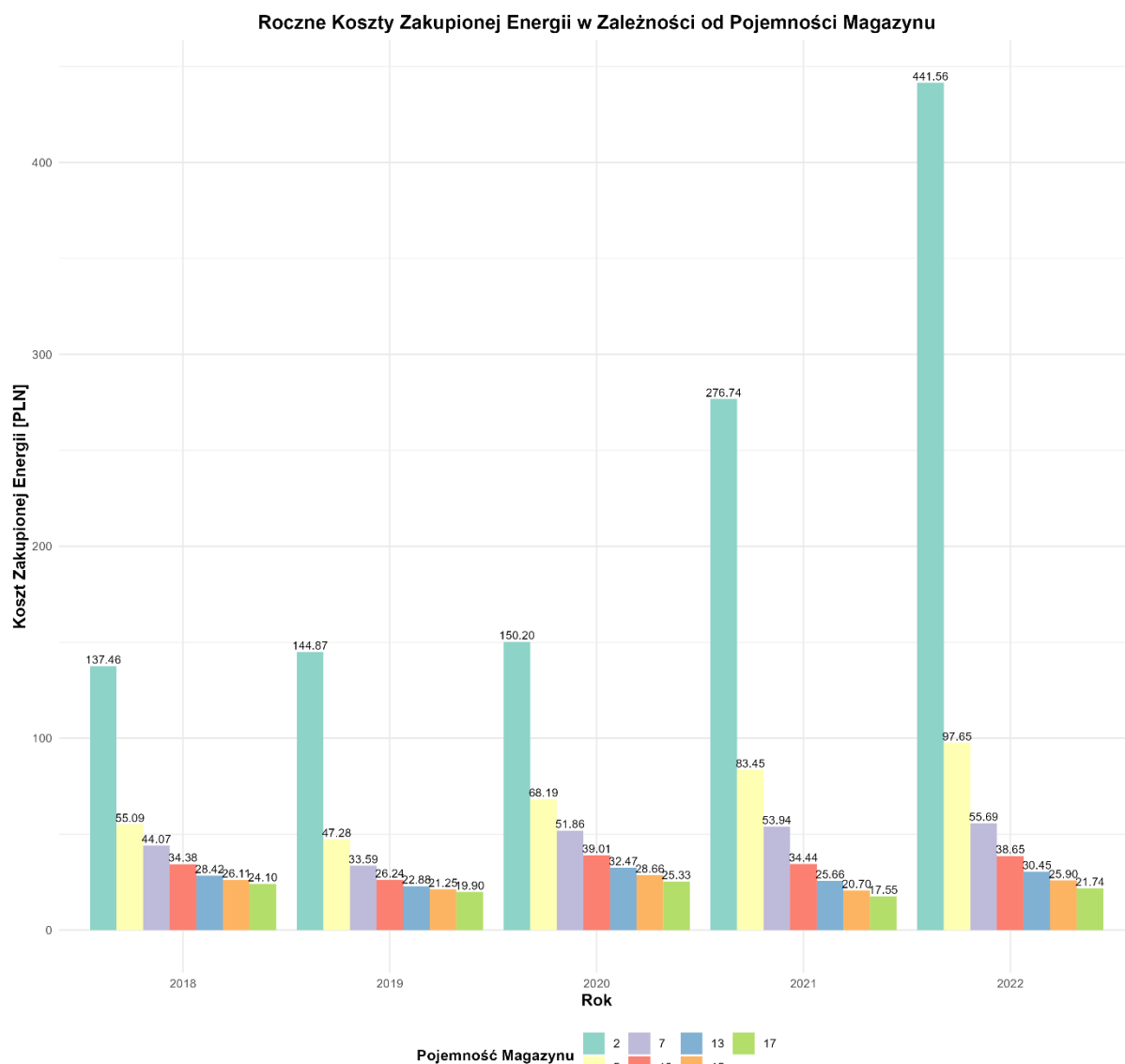
Podsumowanie kosztów zakupionej energii: dla każdej pojemności magazynu obliczono roczne wydatki na zakupioną energię z sieci, uwzględniając efektywność magazynowania oraz zmienne zapotrzebowanie na energię.

Agregacja wyników: zgromadzono wyniki z różnych pojemności magazynów w celu porównania i analizy, jak zmiana pojemności magazynu wpływa na koszty zakupu energii z sieci.

10.1 Wizualizacje

10.1.1 Roczne koszty zakupionej energii w zależności od pojemności magazynu

Wykres przedstawia roczne koszty zakupionej energii w zależności od różnych pojemności magazynu energii elektrycznej. Widać na nim słupki odpowiadające poszczególnym latom, z których każdy podzielony jest na segmenty reprezentujące różne pojemności magazynu. Kolory słupków odpowiadają kolejnym pojemnościom magazynu, co pozwala na szybką wizualną ocenę, jak zmiana pojemności wpływa na koszty zakupionej energii.



Analizując wykres, można dostrzec kilka kluczowych trendów:

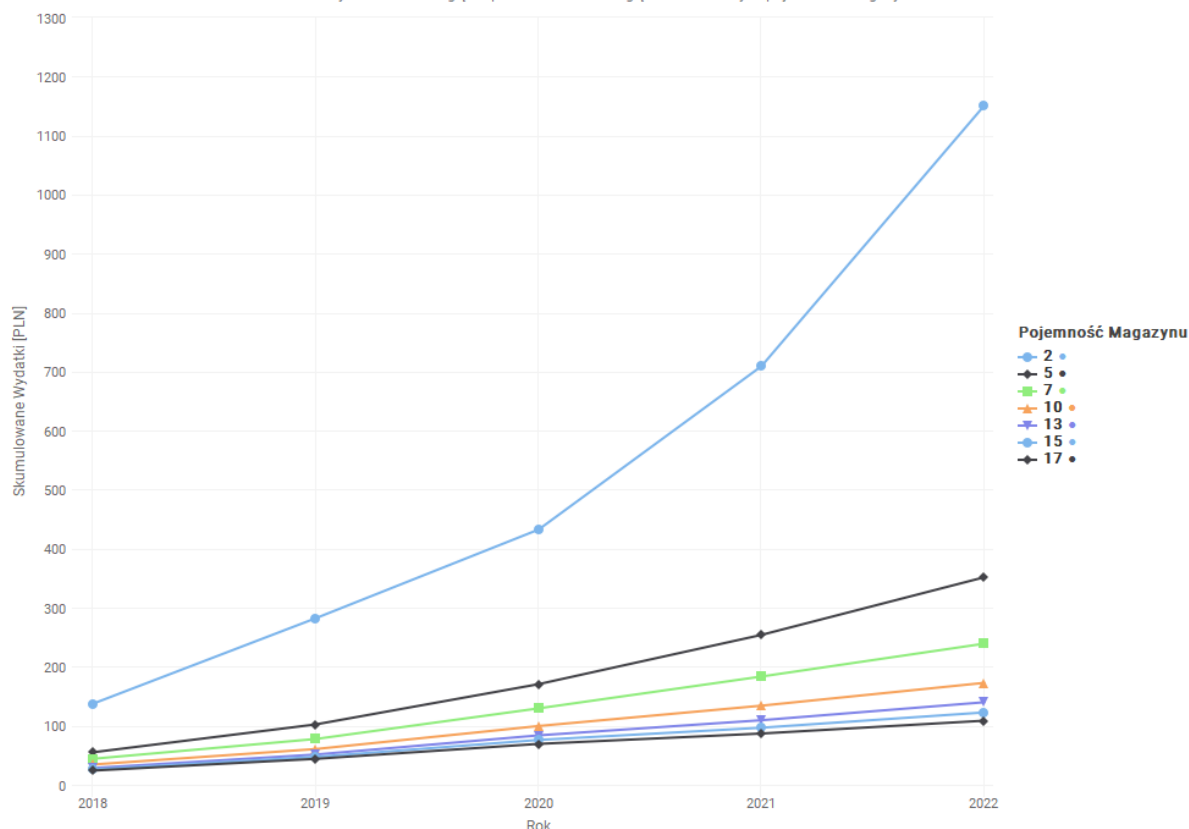
- Ogólna tendencja pokazuje wzrost rocznych kosztów zakupionej energii na przestrzeni lat, co może odzwierciedlać wzrastające ceny energii lub zwiększone zużycie energii w gospodarstwie domowym.
- Z wykresu można wywnioskować, że różne pojemności magazynu mają zróżnicowany wpływ na koszty zakupionej energii.
- Warto zauważyć, że koszty energii nie zawsze maleją wprost proporcjonalnie do zwiększania pojemności magazynu.
- Analiza pokazuje, że istnieje konieczność znalezienia równowagi między pojemnością magazynu a rzeczywistymi potrzebami zużycia energii. Wybór zbyt małej pojemności może nie zapewniać wystarczającej redukcji kosztów, podczas gdy zbyt duża pojemność niekoniecznie przekłada się na proporcjonalne oszczędności.

10.1.2 Skumulowane roczne wydatki na energię przy użyciu magazynu energii

Prezentowany wykres przedstawia skumulowane roczne wydatki na energię przy wykorzystaniu magazynów energii o różnej pojemności. Widoczne są linie dla każdej rozważanej pojemności magazynu, ukazujące, jak akumulacja wydatków rośnie z biegiem lat. Dla każdego roku zaprezentowano zestawienie wydatków dla magazynów o pojemności od 2 kWh do 17 kWh.

Skumulowane Roczne Wydatki na Energię przy Użyciu Magazynu Energii

Analiza wydatków na energię na przestrzeni lat z uwzględnieniem różnych pojemności magazynów



Rok 2018 2: 137.46 zł 5: 55.09 zł 7: 44.07 zł 10: 34.38 zł 13: 28.42 zł 15: 26.11 zł 17: 24.10 zł	Rok 2019 2: 282.34 zł 5: 102.37 zł 7: 77.66 zł 10: 60.61 zł 13: 51.30 zł 15: 47.36 zł 17: 44.00 zł	Rok 2020 2: 432.54 zł 5: 170.55 zł 7: 129.52 zł 10: 99.62 zł 13: 83.77 zł 15: 76.02 zł 17: 69.33 zł	Rok 2021 2: 709.28 zł 5: 254.00 zł 7: 183.46 zł 10: 134.07 zł 13: 109.43 zł 15: 96.72 zł 17: 86.88 zł	Rok 2022 2: 1 150.83 zł 5: 351.65 zł 7: 239.15 zł 10: 172.72 zł 13: 139.88 zł 15: 122.62 zł 17: 108.63 zł
---	--	---	---	---

Na wykresie wyraźnie widać, że wyższa pojemność magazynu energii nie zawsze przekłada się na niższe skumulowane wydatki. Można zauważyć, że po przekroczeniu pewnej pojemności magazynu (np. 10 kWh), dalsze zwiększanie pojemności nie generuje proporcjonalnych oszczędności w wydatkach na energię. To może wskazywać na to, że istnieje punkt optymalny, po którym dodatkowa pojemność magazynu staje się mniej koszt-efektywna.

10.2 Wnioski

Z danych wynika, że istnieje optymalna pojemność magazynu energii, która minimalizuje potrzebę zakupu dodatkowej energii z sieci. Zbyt mała pojemność prowadzi do konieczności zakupu większych ilości energii, podczas gdy zbyt duża pojemność nie przynosi proporcjonalnych oszczędności.

Efektywne wykorzystanie magazynów energii wymaga zbalansowania między produkcją a zużyciem energii. Magazyny pozwalają na gromadzenie nadwyżek produkcyjnych i wykorzystanie ich w okresach mniejszej produkcji lub większego zapotrzebowania.

Zastosowanie magazynów energii może znacznie zmniejszyć zależność od sieci, co jest szczególnie istotne w kontekście rosnących cen energii i dążeń do zwiększenia niezależności energetycznej.

Długoterminowa analiza pokazuje, że inwestycje w systemy magazynowania energii mogą przynieść znaczne oszczędności w skali roku, a ich efektywność wzrasta wraz z czasem.

Systemy magazynowania energii zapewniają elastyczność w zarządzaniu nadwyżkami produkcyjnymi, pozwalając na ich wykorzystanie w najbardziej ekonomicznie opłacalny sposób.

Wyniki projektu mogą posłużyć jako wytyczne przy projektowaniu systemów PV, pozwalając na dobranie odpowiedniej pojemności magazynu do przewidywanego zużycia energii i wzorców produkcji energii słonecznej.

11. Optymalizacja systemu PV z magazynem i strategią sprzedaży nadwyżek energii

Rozważamy tu scenariusz, w którym gospodarstwo domowe wyposażone w system paneli fotowoltaicznych (PV) oraz magazyn energii, maksymalizuje swoje korzyści ekonomiczne poprzez sprzedaż nadwyżek energii elektrycznej. Scenariusz ten podkreśla możliwości zarządzania wyprodukowaną energią w sposób ekonomicznie efektywny, gdzie nadmiar energii nie jest marnowany, ale staje się źródłem dodatkowych dochodów. Przy takim podejściu, energia najpierw zaspokaja bieżące potrzeby domu, następnie nadmiar jest przechowywany w magazynie, a dopiero nadmiar poza pojemność magazynu jest sprzedawany, co pozwala na redukcję kosztów zakupu energii z sieci i generowanie przychodu z niewykorzystanej produkcji.

Analiza Kodu:

Kod rozpoczyna się od inicjalizacji nowych kolumn w ramce danych `dane_z_magazynem`, które będą śledzić ilość sprzedanej energii oraz dochód z tej sprzedaży. Następnie, za pomocą pętli `for`, iterujemy przez każdy rekord w danych, co odpowiada poszczególnym godzinom. Dla każdej godziny, algorytm decyduje, czy energia zostanie wykorzystana do bezpośredniego zużycia, czy przechowana w magazynie, a nadmiar sprzedany. Obliczenia uwzględniają stan magazynu, jego pojemność oraz sprawność magazynowania. W końcowej części kodu, podsumowujemy roczne koszty zakupionej energii oraz dochody ze sprzedaży, aby wyliczyć roczny zysk netto. W ten sposób kod modeluje ekonomiczne aspekty użytkowania systemu PV z magazynem w gospodarstwie domowym.

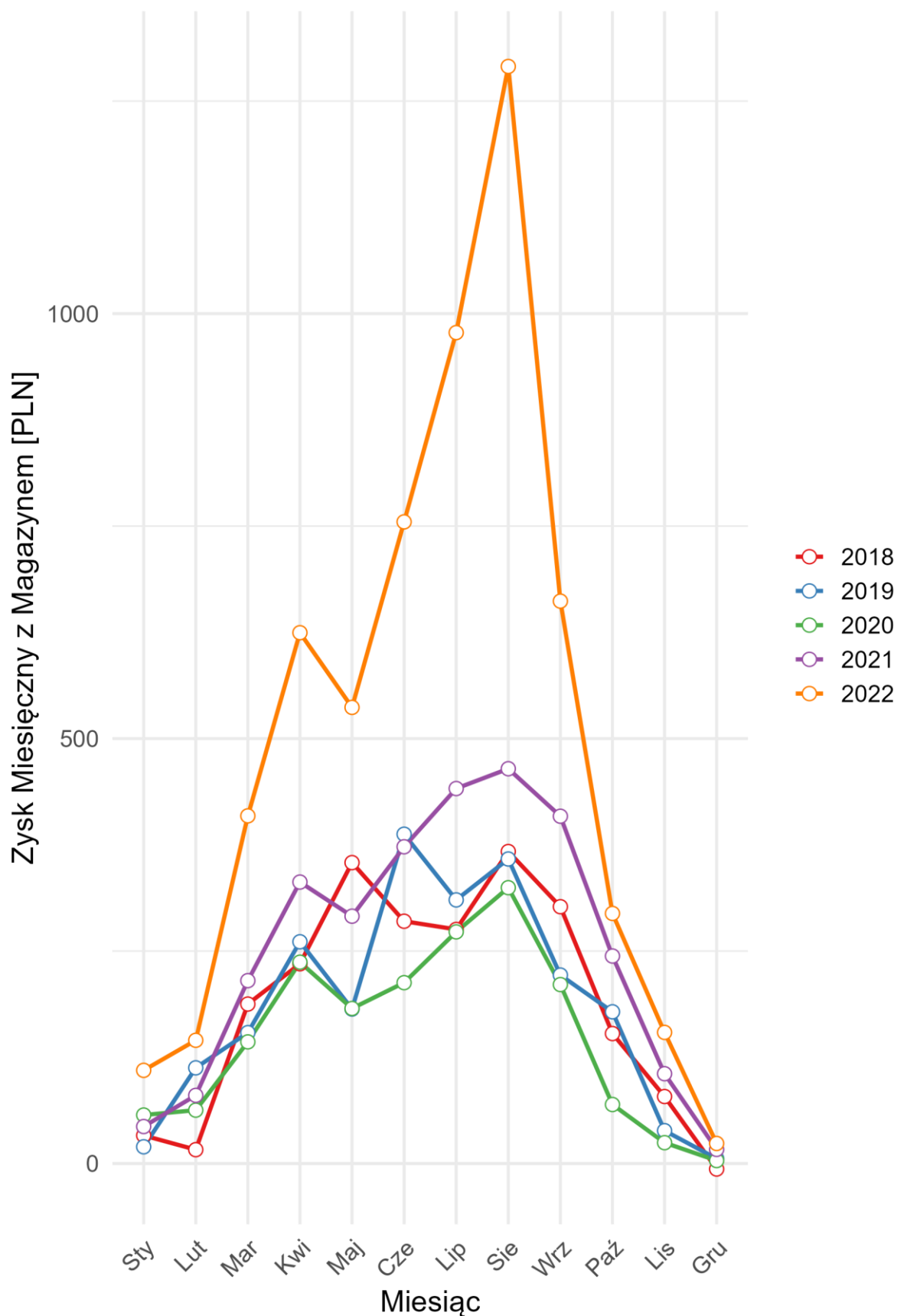
11.1 Wizualizacje

11.1.1 Miesięczne zyski z energii przez lata

Wykres przedstawia miesięczny zysk netto uzyskany ze sprzedaży nadwyżki energii zgromadzonej w magazynie przez czteroosobową rodzinę na przestrzeni kilku lat. Każda linia odpowiada innemu roku i jest zakodowana kolorem, aby umożliwić porównanie między poszczególnymi latami. Punkty na wykresie reprezentują konkretny zysk netto uzyskany w każdym miesiącu, co pozwala na obserwację sezonowych tendencji i fluktuacji w generowanych dochodach.

Miesięczny zysk netto ze sprzedaży energii z maga

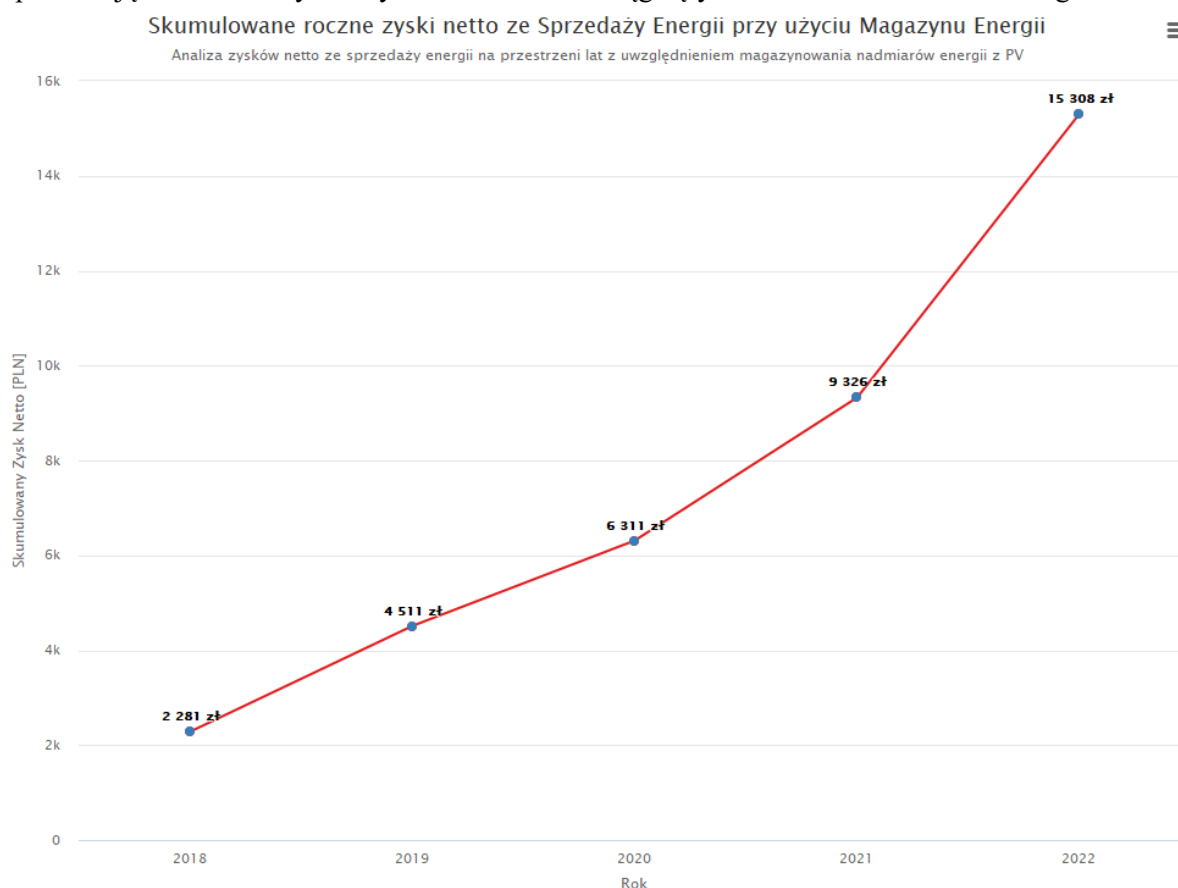
Analiza sezonowości zysku netto z energii sprzedanej z wyko



Analizując wykres, można zauważyć wyraźne wzorce sezonowe, gdzie zysk netto zwiększa się w okresach słonecznych miesięcy, co jest typowe dla wykorzystania energii słonecznej. Wyjątkowo wysokie zyski w niektórych latach mogą być związane z lepszymi warunkami meteorologicznymi lub zwiększonymi stawkami za sprzedaż energii. Spadki zysku w innych miesiącach mogą odzwierciedlać mniejsze nasłonecznienie lub wyższe zużycie energii, które nie zostało pokryte przez produkcję paneli PV. Ważne jest również, że nawet z wykorzystaniem magazynu energia jest w stanie wygenerować znaczny zysk, co wskazuje na efektywność sprzedaży nadwyżek, zmniejszając jednocześnie koszty zakupu energii z sieci. Uwzględnienie magazynu w strategii zarządzania energią pozwala na bardziej elastyczne i efektywne wykorzystanie wyprodukowanej energii oraz zwiększa niezależność energetyczną gospodarstwa domowego.

11.1.2 Skumulowane roczne zyski z energii

Prezentowany wykres ilustruje skumulowane roczne zyski netto ze sprzedaży energii przy użyciu magazynu, zdobyte przez czteroosobową rodzinę. Linia na wykresie pokazuje rosnący trend skumulowanych zysków netto z roku na rok, co wskazuje na wzrost efektywności wykorzystania systemu magazynowania energii w połączeniu z panelami PV. Znaczniki punktowe na wykresie reprezentują całkowity zysk netto osiągnięty na koniec każdego roku.



Wykres wyraźnie demonstruje, że zastosowanie magazynu energii, w połączeniu ze sprzedażą nadwyżek energii, może być korzystnym rozwiązaniem pod względem finansowym. Z każdym kolejnym rokiem obserwujemy wzrost skumulowanego zysku netto, co może świadczyć o zwiększającym się nasłonecznieniu lub zmianach w taryfach za sprzedaż energii. Ponadto, wykres podkreśla potencjał finansowy, który magazyny energii oferują w długoterminowej perspektywie zarządzania domowym budżetem energetycznym. Wzrost skumulowanego zysku netto wskazuje na stopniową amortyzację kosztów inwestycji w system PV i magazyn energii, co może być atrakcyjne dla gospodarstw dążących do samowystarczalności energetycznej i redukcji zależności od zewnętrznych dostaw energii.

12. Analiza sytuacji z różnymi pojemnościami magazynu i sprzedażą nadmiaru

Rozdział ten stanowi kulminacyjny punkt naszej analizy, skupiając się na synergii między produkcją energii z paneli fotowoltaicznych a jej akumulacją w magazynach o zróżnicowanych pojemnościach. W obliczu rosnących cen energii i potrzeby zwiększania niezależności energetycznej, domowe systemy magazynowania energii stają się kluczowym elementem zarówno z punktu widzenia ekonomicznego, jak i ekologicznego. W kontekście tego rozdziału, eksplorujemy scenariusze z różnymi pojemnościami magazynów: 7, 8, 9 i 10 kWh, aby zilustrować, jak wachlarz opcji magazynowania wpływa na ostateczne wyniki finansowe gospodarstwa domowego, jak również jego wpływ na sieć energetyczną.

Założenia symulacji obejmują stałą sprawność magazynowania na poziomie 90%, co odzwierciedla straty związane z przetwarzaniem i przechowywaniem energii. Ponadto, przyjęliśmy, że dochód ze sprzedaży nadwyżek wynosi 96% ceny zakupu energii, co ma odzwierciedlać realne warunki rynkowe, gdzie cena sprzedaży energii do sieci często jest niższa niż cena zakupu.

Kluczowym elementem tego rozdziału jest zbadanie, jak zmieniające się pojemności magazynów wpływają na możliwość zmniejszenia zakupu energii z zewnątrz i zwiększenia dochodów ze sprzedaży nadwyżek. Analiza ta ma na celu nie tylko znalezienie punktu równowagi pomiędzy kosztami a zyskami, ale również podkreślenie potencjału magazynów energii w stabilizacji lokalnego zapotrzebowania na energię i redukcji wahań konsumpcji, co ma istotne znaczenie dla zarządzania obciążeniem sieci.

Przez głębsze zrozumienie tych dynamik, niniejszy rozdział przyczynia się do lepszego zrozumienia wartości magazynowania energii w kontekście gospodarstw domowych. Rezultaty badań mogą posłużyć jako przewodnik dla właścicieli domów, planistów miejskich i twórców polityk energetycznych w celu promowania bardziej zrównoważonych i samowystarczalnych rozwiązań w zakresie energii.

Analiza kodu krok po kroku:

Inicjalizacja parametrów magazynów i przygotowanie zbioru danych:

- Zdefiniowano różne pojemności magazynów energii (7, 8, 9, 10 kWh).
- Utworzono pusty dataframe wyniki do gromadzenia wyników analizy.

Pętla dla każdej pojemności magazynu:

- W każdym obiegu pętli następuje ustawienie początkowego stanu magazynu (`stan_magazynu`) na 0 oraz zdefiniowanie sprawności magazynowania na poziomie 90%.
- Tworzona jest kopia danych z paneli PV (`dane_z_panelami`) i dodawane są nowe kolumny przygotowane na informacje o energii przechowywanej, sprzedanej oraz zakupionej z sieci.

Iteracja przez dane godzinowe:

- Dla każdej godziny obliczany jest nadmiar lub niedobór energii.
- Jeśli produkcja energii z paneli PV jest większa niż zużycie, obliczany jest nadmiar energii.
- Sprawdzane jest, ile miejsca pozostało w magazynie i odpowiednia ilość nadmiarowej energii jest do niego dodawana.
- Gdy pojemność magazynu zostaje przekroczona, nadmiar energii jest sprzedawany, a dochód z tej sprzedaży obliczany jest jako 96% wartości sprzedanej energii pomnożonej przez cenę zakupu energii elektrycznej (RCE).

Obsługa niedoboru energii:

- W przypadku, gdy produkcja energii jest mniejsza niż zużycie, system próbuje pokryć brakującą energię z magazynu.

- Jeśli magazyn nie jest w stanie dostarczyć wystarczającej ilości energii, brakująca część jest zakupiona z sieci.

Podsumowanie wyników dla każdej pojemności magazynu:

- Dla każdej pojemności magazynu, obliczane są roczne wydatki na zakupioną energię oraz roczne dochody ze sprzedaży nadwyżek.
- Wyniki są agregowane w tabeli rezultaty_analیزی_pojemnosc z dodatkową kolumną określającą pojemność magazynu, którego dotyczą dane wyniki.

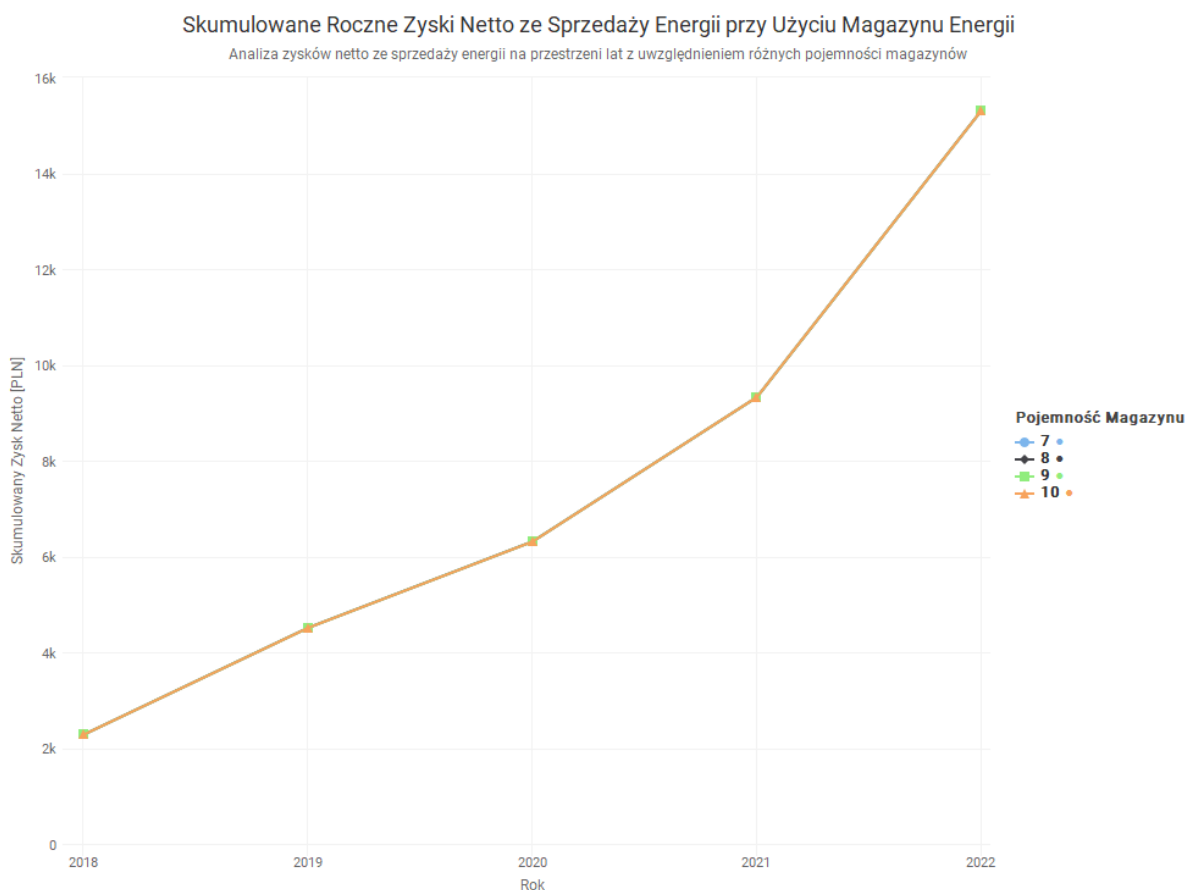
Agregacja wyników z różnych pojemności magazynów:

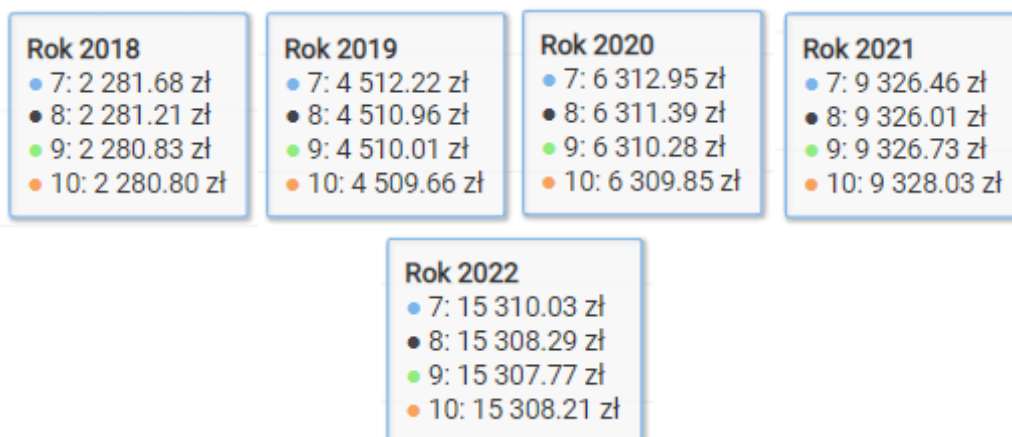
- Wyniki z różnych pojemności magazynów są agregowane do jednego zbioru danych, co umożliwia późniejsze porównanie efektywności i rentowności każdej z rozpatrywanych pojemności magazynu.

12.1 Wizualizacje

12.1.1 Skumulowane roczne zyski z energii

Wykres przedstawia skumulowane roczne zyski netto ze sprzedaży energii przy użyciu magazynu energii, z uwzględnieniem różnych pojemności magazynów energetycznych. Analiza ta ukazuje, jak zmieniają się zyski w zależności od pojemności magazynu oraz jak rosną one z każdym rokiem.





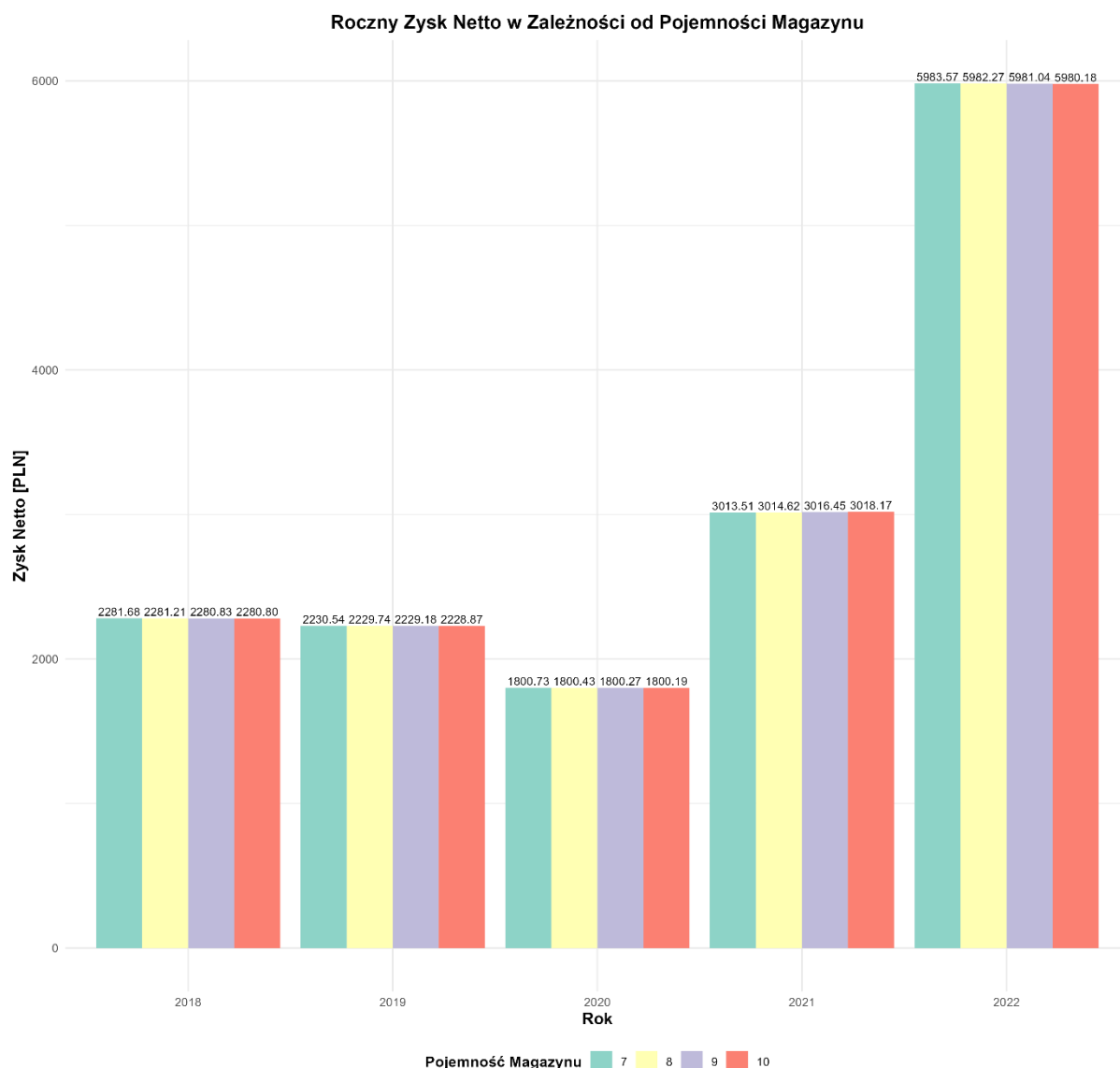
Z wykresu wynika, że we wszystkich przypadkach zyski netto zwiększają się z roku na rok, co wskazuje na pozytywny trend i potencjalną opłacalność inwestycji w magazyny energii połączone z systemami fotowoltaicznymi. Interesujące jest to, że różnice w zyskach netto między poszczególnymi pojemnościami magazynów są stosunkowo małe, co sugeruje, że nawet niewielkie zwiększenie pojemności magazynu może mieć pozytywny wpływ na rentowność systemu.

W roku 2022 widać, że skumulowany zysk netto dla magazynu o pojemności 7 kWh wynosił 15 310,03 zł, podczas gdy dla magazynu o pojemności 10 kWh wynosił 15 308,21 zł, co może wskazywać na to, że zwiększanie pojemności magazynu powyżej pewnego poziomu nie przynosi proporcjonalnego wzrostu zysku netto.

Analiza ta jest istotna dla oceny długoterminowej opłacalności różnych opcji magazynowania energii w połączeniu z systemami PV i może pomóc w podejmowaniu decyzji dotyczących przyszłych inwestycji w technologie magazynowania energii. W kontekście rosnących cen energii i zachęt do wykorzystania odnawialnych źródeł energii, takie analizy mogą stanowić kluczowy element strategii zrównoważonego rozwoju energetycznego.

12.1.2 Roczny zysk netto

Wykres słupkowy przedstawia roczny zysk netto w zależności od pojemności magazynu energii przez lata. Zysk netto jest pokazany dla czterech różnych pojemności magazynu: 7, 8, 9 i 10 kWh.



Z wykresu można odczytać, że z roku na rok roczny zysk netto zwiększa się dla każdej pojemności magazynu, co wskazuje na rosnącą efektywność i potencjalną opłacalność systemów magazynowania energii. Interesującym spostrzeżeniem jest to, że zyski nie wzrastają proporcjonalnie do pojemności magazynu. Można zauważyć, że zyski dla magazynów o pojemności 9 i 10 kWh są nieco większe niż dla mniejszych magazynów, co może sugerować optymalny punkt pojemności, przy którym koszty magazynowania energii są zrównoważone przez przychody ze sprzedaży nadwyżek.

Analiza pokazuje również, że różnice w zyskach netto między różnymi pojemnościami magazynów są stosunkowo małe, szczególnie w późniejszych latach. Na przykład w 2022 roku zysk netto dla magazynu 7 kWh wynosi 5 310,03 zł, podczas gdy dla magazynu 10 kWh jest to 5 308,21 zł, co może sugerować, że większe inwestycje w pojemność magazynu nie zawsze przekładają się na znaczące zwiększenie zysków.

Ogólnie rzecz biorąc, dane te mogą być wykorzystane do optymalizacji decyzji inwestycyjnych w zakresie pojemności magazynu, biorąc pod uwagę rosnące koszty energii oraz politykę zachęt do stosowania odnawialnych źródeł energii. Zapewniają one istotne informacje dla przedsiębiorstw i osób prywatnych rozważających inwestycje w magazyny energii oraz systemy fotowoltaiczne.

12.2 Wnioski

Analiza sytuacji z różnymi pojemnościami magazynu pokazała, że przy założonym modelu, gdzie nadmiar energii jest sprzedawany natychmiast po wyprodukowaniu, nie dochodzi do znaczącego wzrostu zysków nawet przy większych pojemnościach magazynu. To wskazuje na potencjalne ograniczenia w projekcie, który nie uwzględnia strategii sprzedaży energii w optymalnych momentach, takich jak godziny szczytu popytu, kiedy ceny są wyższe. Dla rodziny zużywającej około 2600 kWh rocznie, optymalna pojemność magazynu wynosi 7 kWh, co jest rezultatem kompromisu między kosztami inwestycji a możliwościami generowania przychodów ze sprzedaży nadwyżek.

Nadmiar energii jest generowany w godzinach, gdy ceny są niskie (np. w środku dnia, kiedy produkcja z paneli PV jest największa), możliwości zarobku na sprzedaży tej energii są ograniczone.

W rzeczywistości istnieje możliwość optymalizacji sprzedaży energii poprzez wybór najbardziej opłacalnych momentów (np. sprzedaż w godzinach szczytu, kiedy cena energii na rynku jest wyższa). Brak takiej strategii w projekcie może spowodować, że większa pojemność magazynu nie jest w pełni wykorzystywana do maksymalizacji zysków.

Skumulowane zyski netto ze sprzedaży energii są podobne dla wszystkich rozpatrywanych pojemności magazynu, co sugeruje, że inne czynniki, takie jak efektywność wykorzystania energii, mogą odgrywać ważniejszą rolę w kształtowaniu zysków.

13. Podsumowanie

Projekt dostarczył istotnych informacji na temat optymalizacji domowych systemów fotowoltaicznych i magazynowania energii.

Ocena wyników i ogólne wnioski

Badanie wykazało, że zastosowanie magazynów energii w połączeniu z systemami fotowoltaicznymi może istotnie zredukować zewnętrzne zapotrzebowanie na energię, zmniejszając tym samym koszty zakupu energii. Optymalna pojemność magazynu pozwala na maksymalne wykorzystanie energii produkowanej przez panele PV, co przekłada się na niższe rachunki za energię.

Praktyczne zastosowanie wyników projektu

W ramach projektu uzyskane wyniki mogą posłużyć jako istotne wytyczne dla właścicieli domów indywidualnych rozważających instalację systemów fotowoltaicznych wspomaganych magazynem energii. Aby maksymalnie wykorzystać te informacje, użytkownicy powinni dostosować parametry ekonomiczne, takie jak cena zakupu energii (RCE), do aktualnych warunków rynkowych i lokalnych taryf energetycznych. Wprowadzenie rzeczywistych wartości RCE pozwoli na precyzyjne określenie optymalnej pojemności magazynu energii, co jest kluczowe dla zapewnienia efektywności kosztowej i energetycznej systemu. Przy takim podejściu wyniki projektu mogą służyć jako praktyczny model do oszacowania oszczędności i wyznaczania strategii zarządzania energią w domowych warunkach.

Inne ważne aspekty

Rozpatrywanie systemów PV z magazynami energii nie powinno ograniczać się tylko do aspektu finansowego, lecz także uwzględniać kwestie środowiskowe. Redukcja emisji dwutlenku węgla i wspieranie zrównoważonego rozwoju są równie ważne i stanowią dodatkową wartość takich inwestycji.

Rozszerzenie analizy

1. Analiza kosztów instalacji i utrzymania

Koszty początkowe: analiza powinna uwzględniać koszty instalacji paneli PV i magazynów energii, w tym sprzętu, pracy oraz wszelkich niezbędnych zmian infrastrukturalnych. Równie ważne jest

uwzględnienie kosztów związanych z uzyskaniem niezbędnych pozwoleń i zgodności z lokalnymi regulacjami.

Koszty utrzymania: regularne utrzymanie i ewentualne naprawy systemów PV oraz magazynów energii mogą znacząco wpływać na ogólną rentowność projektu. Należy uwzględnić koszty konserwacji, ewentualnych aktualizacji systemów, a także koszty związane z degradacją wydajności paneli i magazynów w czasie.

Długoterminowa wydajność: Systemy PV mogą zmieniać swoją wydajność w czasie. Analiza powinna uwzględniać spadek wydajności paneli z biegiem lat i jego wpływ na całkowitą opłacalność systemu.

2. Wpływ regulacji prawnych

Regulacje prawne: różne przepisy dotyczące energii odnawialnej w różnych krajach mają bezpośredni wpływ na opłacalność inwestycji w systemy PV. Zmiany w prawie mogą wpłynąć zarówno na koszty instalacji, jak i na możliwości sprzedaży nadwyżek energii.

Ulgi podatkowe: różne formy wsparcia rządowego, takie jak dotacje, kredyty preferencyjne lub ulgi podatkowe, mogą znacząco obniżyć koszty instalacji i eksploatacji systemów PV. Analiza tych aspektów umożliwi lepsze zrozumienie realnych kosztów i korzyści dla użytkowników końcowych.

3. Integracja z inteligentnymi systemami domowymi

Automatyzacja zarządzania energią: zintegrowanie systemów PV z inteligentnymi systemami domowymi pozwala na optymalizację zużycia i produkcji energii. Systemy te mogą automatycznie dostosowywać zużycie energii w domu, wykorzystując maksymalnie energię słoneczną i magazynową.

Dynamika cen energii: Inteligentne systemy mogą również reagować na zmieniające się ceny energii, maksymalizując korzyści ekonomiczne poprzez wykorzystanie energii w najbardziej opłacalnych godzinach.

Integracja z IoT i analizy predykcyjne: Włączenie technologii internetu rzeczy (IoT) i analiz predykcyjnych, np. prognozowanie produkcji energii na podstawie danych pogodowych, może znacząco zwiększyć efektywność wykorzystania energii w systemie domowym.

Podsumowanie

Podsumowując, projekt dotyczący wpływu pojemności magazynu energii w hybrydowych systemach fotowoltaicznych (PV) na koszt zakupu energii brakującej dostarcza istotnych wniosków. W przypadku modelu, gdzie nadmiar energii jest sprzedawany od razu, różnice w pojemności magazynu nie wpłynęły znacząco na zwiększenie zysków. Wynika to z faktu, że energia jest sprzedawana natychmiast.

Natomiast, w sytuacji marnowania nadmiaru energii, właściwy dobór pojemności magazynu energii okazuje się być kluczowym czynnikiem wpływającym na ograniczenie kosztów zakupu energii z sieci. Dostosowanie pojemności magazynu do indywidualnych potrzeb i wzorców zużycia energii w gospodarstwie domowym pozwala na redukcję zależności od dostawców zewnętrznych i obniżenie kosztów operacyjnych, szczególnie w okresach mniejszej produkcji energii słonecznej.

Optymalizacja pojemności magazynu jest zatem kluczowym aspektem dla osiągnięcia większej samowystarczalności energetycznej i zredukowania kosztów związanych z konsumpcją energii. Rezultaty projektu mogą stanowić cenne wytyczne dla dalszego rozwoju zrównoważonych i efektywnych systemów fotowoltaicznych, zarówno w teorii, jak i w praktycznych zastosowaniach.

14. Wykorzystane pakiety w R

W ramach projektu wykorzystano szereg pakietów w języku programowania R, które umożliwiły efektywną analizę danych oraz atrakcyjną prezentację wyników:

- Pakiet **dplyr** jest narzędziem do manipulacji danymi, które pozwala na łatwe sortowanie, filtrowanie, grupowanie i agregację danych.
- Pakiet **tidyr** pomógł w transformacji danych do postaci odpowiedniej do analizy. Jest szczególnie przydatny w procesie "czyszczenia" danych, konwertowania ich formatów i wypełniania brakujących wartości.
- Pakiet **lubridate** pozwolił na łatwą manipulację i analizę danych czasowych.
- Pakiet **ggplot2** to jeden z najbardziej popularnych pakietów do tworzenia zaawansowanych wizualizacji danych. W projekcie został wykorzystany do tworzenia czytelnych i estetycznych wykresów, które pomagają w interpretacji wyników analiz.
- Pakiet **highcharter** użyto do tworzenia interaktywnych wykresów, co pozwoliło na głębsze eksplorowanie danych i lepszą prezentację wyników.
- Pakiet **ggthemes** oferuje dodatkowe motywy i skalowanie dla wykresów ggplot2, co pozwala na dodatkową personalizację i estetyzację wizualizacji danych.
- Pakiet **scales** jest używany do formatowania i manipulacji skalami w ggplot2.
- Pakiet **RColorBrewer** dostarcza palety kolorów, które są używane do poprawy estetyki i czytelności wizualizacji danych.
- Pakiet **webshot** użyto do zapisywania interaktywnych wykresów jako obrazów, co ułatwiło ich zawarcie w raporcie końcowym.

15. Bibliografia

- <https://www.revoltenergy.eu/pl/blog/wybor-magazynu-energii-moc-liczba-cykli-ladowania-kompatybilnosc-z-urzadzeniami> [21.03.2023]
- M. Niewiła-Rej, Mój Prąd a magazyn energii - czy moc magazynu może być większa od mocy instalacji, <https://globenergia.pl/plus/moj-prad-a-magazyn-energii-czy-moc-magazynu-moze-byc-wieksza-od-mocy-instalacji-fotowoltaicznej/>
- Polskie sieci elektroenergetyczne <https://www.pse.pl/home>
- R. Velik, The Influence of Battery Storage Size on Photovoltaics Energy Self-Consumption for Grid-Connected Residential Buildings [12.10.2013]
- Adnan Z. Amin, Electricity storage and renewables: Costs and markets to 2030 [03.10.2017]
- Akinyele, D., Belikov, J., & Levron, Y., Battery storage technologies for electrical applications: Impact in stand-alone photovoltaic systems. *Energies*, 10(11), 1760, 2017
- A. Chaurey, S. Deambi: Battery storage for PV power systems: An overview [14.12.2020]