

Nadążne prognozowanie zapotrzebowania na moc i energię elektryczną w grupie bilansującej wytwórczo-odbiorczej

Maciej Sołtysik, Artur Wilczyński

Słowa kluczowe: prognozowanie, bilansowanie, grupa bilansująca, DSM

Streszczenie. Obowiązujące przepisy prawne dopuszczają tworzenie grup bilansujących składających się ze wszystkich podmiotów rynku energii - zarówno z odbiorców, pośredników, jak i wytwórców energii. Istota takich grup polega na możliwości wzajemnego bilansowania odchyleń poboru energii od wartości zaplanowanych pomiędzy ich uczestnikami. Obecność w grupie wytwórców ze zdolnościami regulacyjnymi i odbiorców świadczących usługi typu DSM, daje dodatkową możliwość wykorzystania technik regulacyjnych czasu rzeczywistego. W referacie przedstawiona zostanie koncepcja prognozowania nadążnego oraz podjęta zostanie próba dowiedzenia tezy, że zwiększenie rozdzielczości prognozowanych szeregów czasowych oraz zastosowanie technik regulacyjnych obniża błędy prognoz zapotrzebowania na energię, co w rezultacie przekłada się na mniejsze koszty uczestnictwa na segmencie bilansującym.

1. WSTĘP

Wielopoziomowy system prawny obowiązujący w Polsce, tj. ustawa nadrzędna Prawo energetyczne, rozporządzenia wykonawcze, opinie i decyzje Prezesa URE oraz zapisy IRiESP i IRiESD, ukierunkowane zostały na pełne wdrożenie mechanizmów wolnorynkowych zgodnie z wytycznymi z Dyrektywy. Niestety wprowadzone nowelizacje prawne, nie stanowiły impulsu do szerszego wdrożenia zasady TPA. Było to wypadkową wielu czynników leżących głównie we wzajemnych relacjach typu spółka dystrybucyjna – odbiorca i spółka dystrybucyjna – nowy sprzedawca. Ostatecznie, zarówno przeszkody techniczne, koszty bilansowania, problemy natury formalno-prawnej, jak i wynikający m.in. ze zjawiska subsydiowania niski poziom cen taryfowych, wpłynęły na wyraźną stagnację korzystania z TPA [3], [4]. W wielu przypadkach, głównie ze względu na ostatni z wymienionych czynników, zachodziła relacja odwrotna do pożądanej, czyli powrót klientów TPA do taryf spółek dystrybucyjnych.

Otwarcie rynku energii z dniem 1 lipca 2007 r. pozwoliło, lecz niestety w dalszym ciągu tylko teoretycznie, na swobodną zmianę sprzedawcy energii. W praktyce, zarówno względy natury prawnej, jak i niewystarczające zróżnicowanie między cenami taryfowymi, a występującymi na rynku hurtowym oraz wzrost udziału obowiązku dostarczania odbiorcy końcowemu energii wraz z odpowiednimi certyfikatami wpływają niekorzystnie na rozwój TPA. W świetle powyższego pewne jest, iż jednym z katalizatorów odwrócenia tej niekorzystnej sytuacji jest obniżenie strony kosztowej uczestnictwa w Rynku Bilansującym (RB). Ciągłe modyfikowany regulamin RB, doczekał się w 2006 r. korekt mechanizmu cenotwórczego, w którym stworzono

warunki kompensowania odchyleń prognostycznych, przez wprowadzenie możliwości tworzenia grup bilansujących (GB) odbiorców zlokalizowanych poza obszarem RB oraz zwiększono rozdzielczość zgłaszania umów sprzedaży energii (USE) do 1 kWh. Już w pierwszym miesiącu obowiązywania zmian, uzyskano wymierny efekt w postaci kilkunastokrotnego zmniejszenia kosztów działań dostosowawczych podejmowanych przez OSP w ramach bilansowania [2] względem okresu poprzedniego. Dodatkowo około 10% uczestników rynku skorzystało z możliwości dokładniejszego określania dobowo-godzinowych prognoz wytwarzania i poboru [2].

Szczególnie istotnym elementem z punktu widzenia możliwości dodatkowego ograniczenia kosztów bilansowania była koncepcja bilansowania grupowego. Niestety zachowawcza postawa spółek dystrybucyjnych nie pozwoliła w pełni na przeniesienie zapisów IRiESP do instrukcji poszczególnych dystrybutorów. W okresie od 1 czerwca 2006 r. do 1 lipca 2007r. realnie, możliwe były do stworzenia jedynie grupy złożone z odbiorców zlokalizowanych geograficznie na terenie jednej spółki dystrybucyjnej. Powyższe okazało się szczególnie niekorzystne dla odbiorców rozproszonych, czy spółek obrotu dostarczających energię odbiorcom na terenie całego kraju.

Dostosowanie prawa polskiego do dyrektyw unijnych, szczególnie w zakresie rozdzielenia działań dystrybucyjnych od handlu energią oraz wprowadzenie pełnej liberalizacji rynku, spowodowało rzeczywistą możliwość kreowania grup składających się zarówno z odbiorców, jak i wytwórców energii. Zapisy [1] wskazują na możliwość tworzenia takich obiektów co stanowi jedno z podstawowych założeń dalszej analizy.

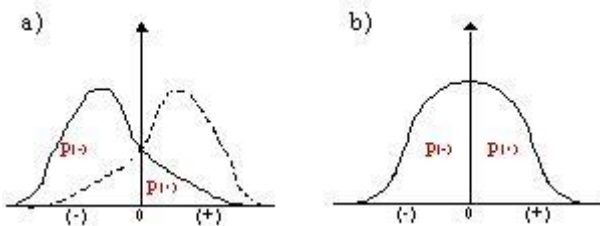
W pracy przedstawiono koncepcję

prognozowania nadążnego oraz podjęto próbę udowodnienia tezy, że zwiększenie rozdzielczości prognozowanych szeregów czasowych oraz zastosowanie technik regulacyjnych obniża błędy prognoz zapotrzebowania na energię, co w rezultacie przekłada się na mniejsze koszty uczestnictwa w segmencie bilansującym. Przedstawiono wyniki obliczeń, do uzyskania których wykorzystano dane rzeczywistych obciążeń uczestników rynku energii elektrycznej.

2. PROGNOZOWANIE NADAŻNE

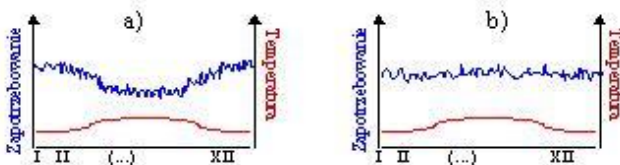
Kluczowym z punktu widzenia poprawnego działania algorytmu bilansowania, jest dobór poszczególnych uczestników grupy, którzy prócz wymogów technicznych powinni spełniać założenia w zakresie profilu i charakteru poboru energii. Do najważniejszych założeń zaliczyć należy:

1. stacjonarny poziom wariacji zapotrzebowania – przez co reszty z wygenerowanych prognoz nie wykażą efektu autokorelacji, będą miały rozkład normalny i stały poziom wariacji (rys.1b). W wyniku powyższego, dzięki jednakowemu prawdopodobieństwu wystąpienia reszt zarówno dodatnich jak i ujemnych uzyska się optymalny efekt samokompensacji i symetryczność obszaru regulacji (rys. 4b)



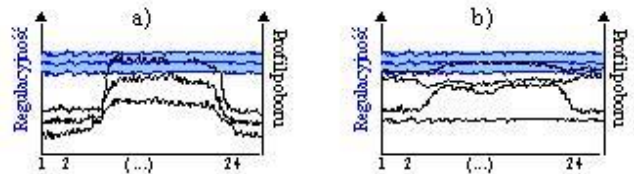
Rys. 1. Niepożądany a) i pożądany b) rozkład reszt prognoz zapotrzebowania

2. profil poboru i generacji uczestników grupy bilansującej świadczących usługi regulacyjne, nie powinien wykazywać sezonowości i korelacji z czynnikami niezależnymi (temperatura, zachmurzenie) (rys.2),



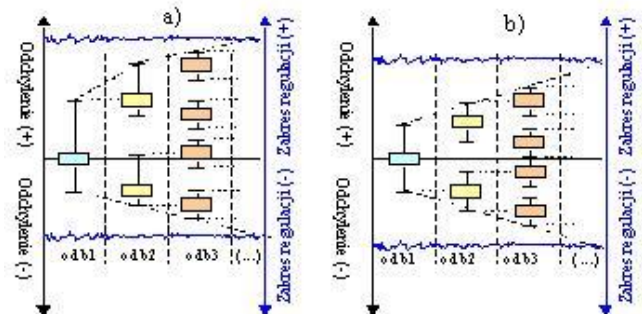
Rys. 2. Niepożądany a) i pożądany b) profil poboru/generacji

3. konieczność doboru odbiorców, dla których łączny profil zużycia energii będzie się zawierał w łącznym obszarze regulacyjnym (rys.3b),



Rys. 3. Niepożądany a) i pożądany b) profil poboru energii

4. poziom i elastyczność regulacyjności powinny pokryć graniczne warunki brzegowe odchyłeń prognoz zapotrzebowania dla niekorzystnego wariantu - braku samokompensacji (rys.4a)

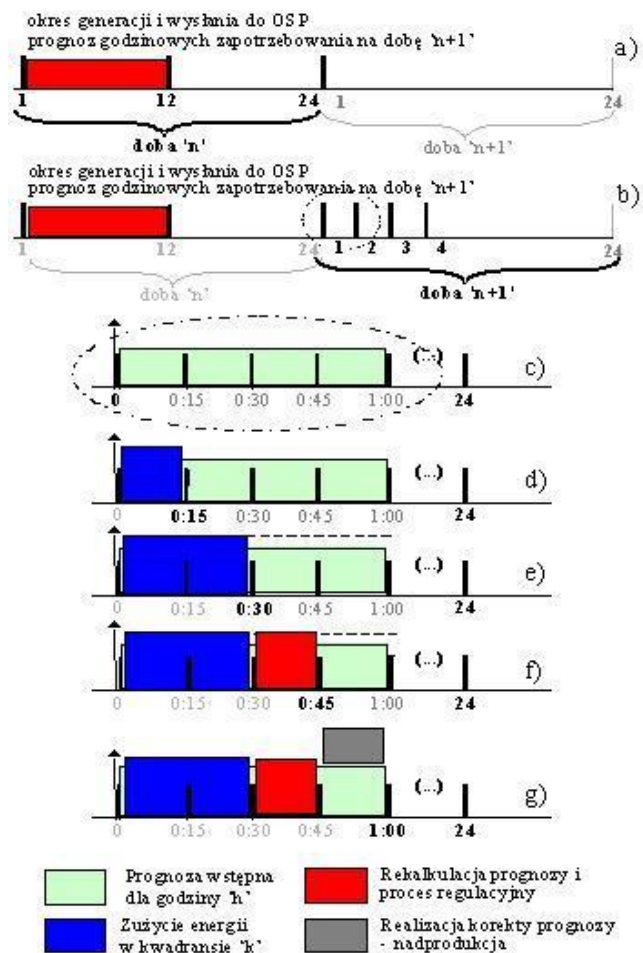


Rys. 4. Efekt doboru obszaru regulacyjności dla b) optymalnego efektu samokompensacji (reszty prognoz o rozkładzie normalnym) i a) z ograniczonym efektem samokompensacji (skośność rozkładu)

Ogólnie istota bilansowania grupowego sprowadza się do możliwości wzajemnego bilansowania odchyłeń poboru energii od wartości zaplanowanych pomiędzy ich uczestnikami, dzięki efektowi samokompensacji. Dodatkowe obniżenie poziomu niezbilansowania można uzyskać dzięki wykorzystaniu technik regulacyjnych czasu rzeczywistego poprzez obecność w grupie wytwórców ze zdolnościami regulacyjnymi i odbiorców świadczących usługi typu DSM.

Obecnie obowiązujące harmonogramy zgłoszeń umów sprzedaży (USE) zakładają przekazanie Operatorowi prognozy dobowo-godzinowej dla doby 'n+1' do godziny 12:00 doby 'n' (Rys. 5 pkt. a). Tryb ten niesie za sobą konsekwencje w postaci obarczania prognoz zapotrzebowania dużymi błędami, wynikającymi z prognozowania dla długiego horyzontu czasowego. Dodatkowo, elementem zaburzającym ich poprawność są częste braki danych ze statusem poprawności dla doby 'n-1'. Prognozy te, na potrzeby niniejszego referatu nazwane wstępnymi, wyznaczane są najczęściej metodami typu ARIMA, wyrównywania wykładniczego czy z wykorzystaniem

sieci neuronowych. Bazują one na danych w rozdzielczości godzinowej. Jak zostanie wykazane w dalszej części pracy, dużo lepsze wyniki już na tym etapie prognozowania można byłoby uzyskać posiłkując się w procesie analitycznym danymi w rozdzielczości 15-minutowej.



Rys. 5. Koncepcja prognozowania nadążnego

Omawiany proces bilansowania nadążnego przebiega w bieżącym kwadransie godziny, w której realizowany jest pobór energii (Rys. 5 pkt. b). Dotrzymanie założeń prognoz wstępnych możliwe jest dzięki wykorzystaniu potencjału regulacyjności grupy. W tym celu konieczne jest trój-etapowe działanie polegające na bieżącym monitorowaniu wartości poboru energii, szybkiej analizie bilansu wraz z dokonaniem korekt prognozy oraz przekazaniu sygnałów sterujących w celu zadania bieżącego punktu pracy jednostkom wytwórczym lub odbiorcom świadczącym usługę DSM. Sytuację monitorowania aktualnego poboru energii w czasie rzeczywistym przedstawia rys.5d i rys 5e, gdzie przykładowo wstępnie ustalony poziom poboru energii został w dwóch pierwszych kwadransach niedotrzymany. Na podstawie posiadanej historii pomiarowej, możliwe

jest zatem, dokonanie w trzecim kwadransie korekty prognozy oraz podjęcie i przekazanie decyzji w celu optymalizacji bieżącego punktu pracy jednostek regulacyjnych. Ostateczny wynik takiego działania przedstawia rys. 5f i rys. 5g.

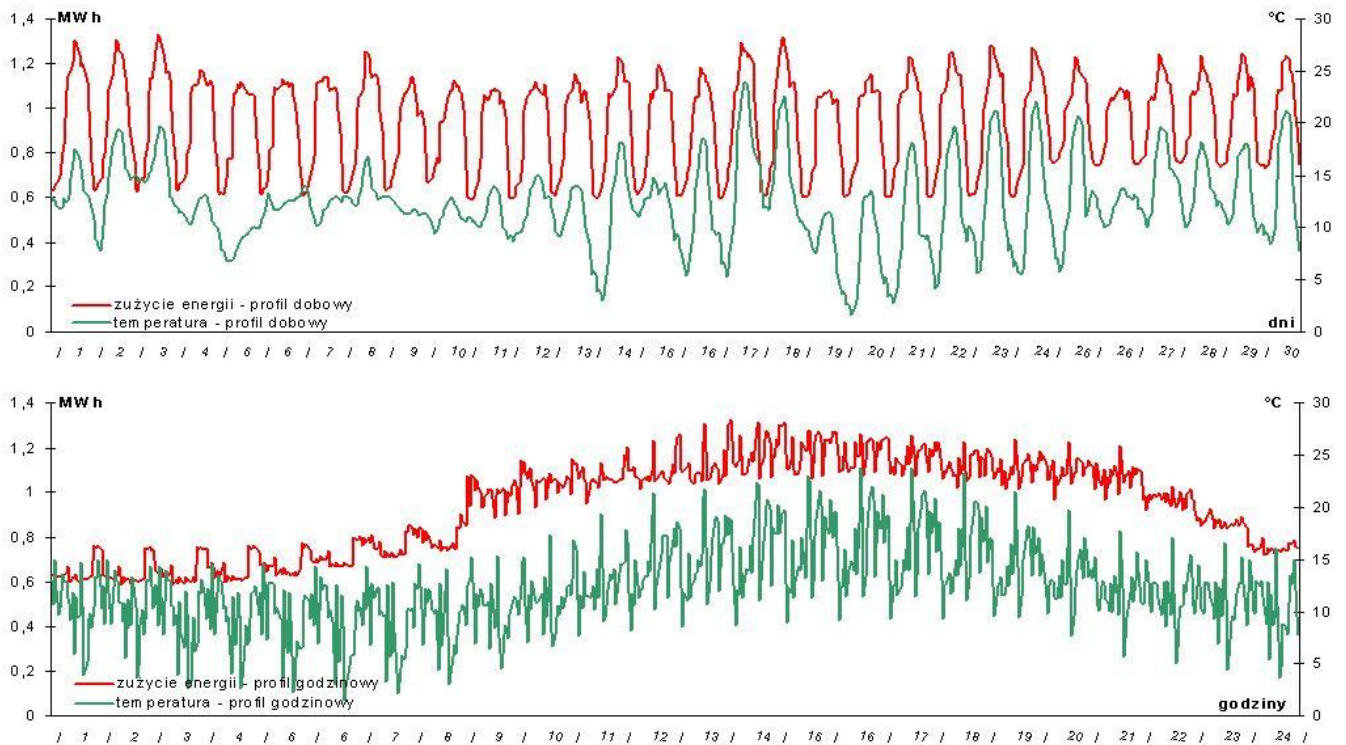
3. PRZYKŁAD ANALITYCZNY

Obiektem analizy są rzeczywiste dane zużycia energii elektrycznej grupy bilansującej odbiorczej, która powstała w wyniku zagregowania trzech odbiorców typu hipermarket. Proces prognostyczny bazuje na danych z miesiąca września 2007 r. Na podstawie tych danych zostanie wygenerowana prognoza w układzie godzinowym na 1 października 2007 r. W zależności od analizowanego wariantu, prognozy zostaną wykonane metodami regresji i wyrównywania wykładniczego, bazującymi na danych w rozdzielczościach godzinowej lub kwadransowej.

Na rys. 6 przedstawiono graficzną wizualizację analizowanych szeregów czasowych, w celu wstępnej oceny ich charakteru. Prezentacja ta pozwala stwierdzić, że:

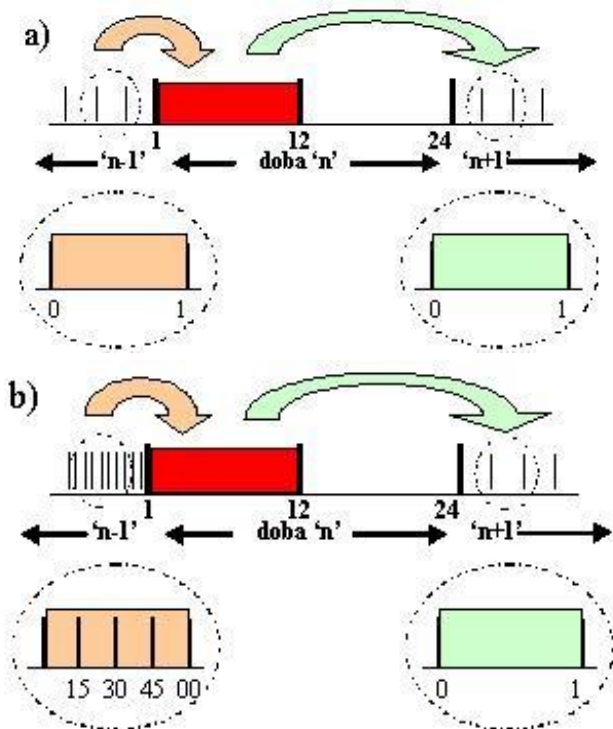
1. występują silne korelacje między zapotrzebowaniem, a temperaturą, szczególnie dla godzin szczytowych tj. 12h-19h,
2. istnieje znaczący wpływ wzrostu zapotrzebowania na energię dla dni o poziomie temperatury wyższym od przeciętnego np. 17,18,21-25 września,
3. rozkład danych zapotrzebowania, jest rozkładem bimodalnym o stałych poziomach dominant dla godzin szczytowych (8h-22h) i pozaszczytowych (1h-7h, 23h-24h),
4. występuje sezonowość dobową,
5. nie występuje sezonowość tygodniowa,
6. przebiegi charakteryzują się dużym poziomem wariacji, co może niekorzystnie wpłynąć na proces prognozowania,

Ze względu na ograniczenia, nie jest możliwe w niniejszej pracy przedstawienie opisu pełnego procesu prognozowania. Zestawione zostanie jedynie graficzne zobrazowanie metod wraz z otrzymanymi w oparciu o nie wynikami oraz ich analiza statystyczna wraz z komentarzem podsumowującym. Szczegółowy opis poszczególnych etapów prognozowania przedstawiony został w pracy [5].



Rys. 6. Profile miesięczne zużycia energii elektrycznej dla analizowanej grupy bilansującej

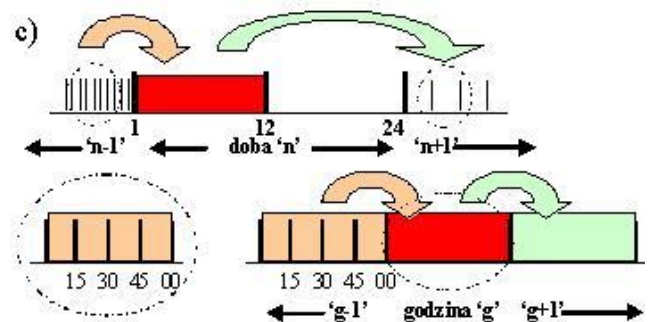
W tabeli 1. przedstawione zostały wyniki różnych sposobów prognozowania wraz z wartościami błędów MAPE. Istotę różnic między poszczególnymi wariantami przedstawiają rys. 7-10. Rysunek 7 ilustruje koncepcję wstępnego prognozowania dobowo-godzinowego, dla danych o różnych rozdzielczościach.



Rys. 7. Koncepcja prognozowania wstępnego Korzystając z danych godzinowych (rys. 7a)

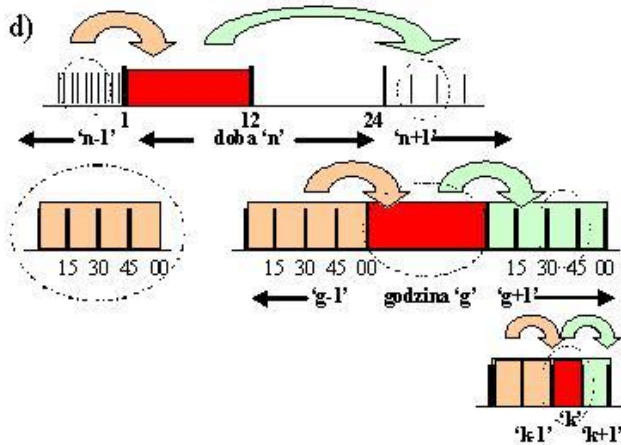
stworzone zostały prognozy w wariantach 'b' i 'd', natomiast rozdzielczość kwadranсова (rys. 7b) wykorzystana została w wariantach 'c' i 'e'.

Model prognozowania nadążnego, ale mający charakter prognozy wstępnej na kolejną godzinę, wykorzystany został w wariantach 'f' i 'g'. Zakłada on również zasilenie algorytmów, danymi w rozdzielczości kwadranсовой (rys. 8).



Rys. 8. Koncepcja prognozowania nadążnego - godzinowego

Ostatnie dwa warianty 'h' i 'i', to prognozy nadążne, w których horyzontem prognostycznym jest kolejny kwadranс (rys. 9), a na ostateczny obraz wartości godzinowej składa się agregacja ich odpowiednich czterech wartości.



Rys. 9. Koncepcja prognozowania nadążnego - kwadransowego

Tabela 1

Wartości prognoz [MWh] wraz z błędami EX-POST MAPE

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)
1	0,731	0,701	0,742	0,653	0,655	0,726	0,734	0,729	0,733
2	0,734	0,716	0,748	0,644	0,646	0,719	0,740	0,728	0,736
3	0,730	0,701	0,736	0,650	0,652	0,719	0,770	0,727	0,738
4	0,735	0,681	0,706	0,657	0,659	0,711	0,718	0,732	0,729
5	0,733	0,676	0,705	0,682	0,683	0,739	0,736	0,742	0,734
6	0,761	0,725	0,747	0,712	0,713	0,748	0,712	0,752	0,749
7	0,837	0,770	0,796	0,770	0,769	0,780	0,769	0,824	0,827
8	0,871	0,826	0,843	0,800	0,800	0,847	0,852	0,856	0,851
9	1,037	0,929	0,945	1,015	1,009	0,895	1,013	1,002	1,024
10	1,064	0,965	1,009	1,069	1,063	1,012	1,077	1,063	1,066
11	1,059	1,005	1,058	1,079	1,076	1,077	1,042	1,062	1,054
12	1,080	1,098	1,119	1,097	1,094	1,089	1,040	1,085	1,072
13	1,113	1,171	1,153	1,127	1,124	1,128	1,074	1,120	1,103
14	1,231	1,205	1,235	1,193	1,191	1,202	1,152	1,219	1,217
15	1,239	1,249	1,279	1,205	1,203	1,249	1,304	1,249	1,252
16	1,226	1,234	1,280	1,192	1,190	1,260	1,211	1,236	1,225
17	1,200	1,201	1,239	1,174	1,171	1,214	1,190	1,202	1,201
18	1,202	1,144	1,168	1,140	1,135	1,166	1,152	1,191	1,196
19	1,188	1,103	1,137	1,123	1,119	1,160	1,176	1,182	1,187
20	1,163	1,096	1,123	1,118	1,115	1,119	1,210	1,161	1,183
21	1,082	1,042	1,042	1,091	1,089	1,027	1,153	1,065	1,104
22	0,936	0,897	0,927	0,988	0,984	0,936	1,012	0,933	0,946
23	0,858	0,830	0,852	0,877	0,874	0,826	0,925	0,859	0,872
24	0,778	0,748	0,752	0,759	0,758	0,750	0,822	0,772	0,789
		4,65%	3,07%	4,91%	4,89%	2,95%	3,74%	0,81%	0,91%

Przy czym:

- a) zużycie energii w dobie prognozowanej 'n+1',
- b) prognoza wstępna, dobowo-godzinowa wykonywana w dobie 'n' na dobę 'n+1' metodą regresji na bazie danych w rozdzielczości godzinowej,
- c) prognoza wstępna, dobowo-godzinowa wykonywana w

dobie 'n' na dobę 'n+1' metodą regresji na bazie danych o rozdzielczości 15-minutowej,

d) prognoza wstępna, dobowo-godzinowa wykonywana w dobie 'n' na dobę 'n+1' metodą wyrównywania wykładniczego na bazie danych o rozdzielczości godzinowej,

e) prognoza wstępna, dobowo-godzinowa wykonywana w dobie 'n' na dobę 'n+1' metodą wyrównywania wykładniczego na bazie danych o rozdzielczości 15-minutowej,

f) prognoza nadążna, dobowo-godzinowa wykonywana w godzinie 'n' na godzinę 'n+1' metodą regresji na bazie danych o rozdzielczości 15-minutowej,

g) prognoza nadążna, dobowo-godzinowa wykonywana w godzinie 'g' na godzinę 'g+1' metodą wyrównywania wykładniczego na bazie danych o rozdzielczości 15-minutowej,

h) prognoza nadążna, dobowo-kwadransowa wykonywana w kwadransie 'k' na kwadrans 'k+1' metodą regresji na bazie danych o rozdzielczości 15-minutowej,

i) prognoza nadążna, dobowo-kwadransowa wykonywana w kwadransie 'k' na kwadrans 'k+1' metodą wyrównywania wykładniczego na bazie danych o rozdzielczości 15-minutowej.

3. ANALIZA WYNIKÓW

Analiza otrzymanych wyników sprowadza się do oceny rzeczywistego wpływu zastosowanych rozdzielczości danych oraz rodzajów metod prognostycznych na poziom błędów ex-post.

Jedną z metod pozwalającą na weryfikację postawionej we wstępie tezy jest analiza wariacji ANOVA. Metoda służy do badania obserwacji, które zależą od jednego lub wielu działających równocześnie czynników (np. rozdzielczości danych, metody prognostycznej, horyzontu prognostycznego). ANOVA wyjaśnia z jakim prawdopodobieństwem wyodrębnione czynniki mogą być powodem różnic między obserwowanymi średnimi grupowymi [6], [7], [8]. W rozpatrywanym przypadku zastosowanie tej metody wymaga spełnienia kryteriów: normalności rozkładów i równości wariacji reszt prognoz. Sprawdzenia obu warunków dokonać można przez zastosowanie testów statystycznych odpowiednio: Shapiro-Wilka i Levene'a. W wyniku testowania uzyskano potwierdzenie hipotez o normalności rozkładów reszt dla wszystkich analizowanych przypadków, natomiast równość wariacji występuje osobno dla przypadków 'b-g', czyli prognozowania zarówno wstępnego, jak i nadążnego na kolejną godzinę oraz 'h-i', czyli prognozowania nadążnego na kolejny kwadrans.

Jako pierwszą należy zatem zweryfikować hipotezę $H_0(b=c=d=e=f=g)$ w myśl której ani rozdzielczość, ani zastosowana metoda prognostyczna nie wpływa na wynikowy poziom błędów. Przedstawione na rys. 10 wyniki pozwalają na odrzucenie H_0 , zatem już na tym etapie można stwierdzić, że co najmniej jeden z badanych czynników ma istotny statystycznie wpływ

na błędy ex-post.

Test &Levene'a jednorodności wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn1	0,001721	5	0,000344	0,072193	138	0,000523	0,658099	0,655831

Analiza wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn1	0,025759	5	0,005152	0,208288	138	0,001509	3,413320	0,006131

Rys. 10 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(b=c=d=e=f=g)$

Kolejnym etapem jest zawężenie obszaru do metod wykorzystujących wyrównywanie wykładnicze i podjęcie próby oceny wpływu istotności zastosowanych rozdzielczości danych. Dla $H_0(d=e=g)$ uzyskuje się wyniki (rys. 11), na podstawie których tak określoną hipotezę należy odrzucić.

Test &Levene'a jednorodności wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn5	0,000343	2	0,000172	0,034459	69	0,000499	0,343470	0,710510

Analiza wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn5	0,017397	2	0,008698	0,115191	69	0,001689	5,210308	0,007809

Rys. 11 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(d=e=g)$

Dalsze zawężenie obszaru polegać będzie na analizie grupy 'e,g', dla której prognozy wykonywane są na bazie danych 15-minutowych, ale mają charakter zarówno wstępny, jak i nadążny oraz grupy 'd,e' gdzie dla jednakowego charakteru, zmienną jest rozdzielczość danych.

Test &Levene'a jednorodności wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn15	0,000319	1	0,000319	0,024220	46	0,000527	0,605130	0,440610

Analiza wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn15	0,013736	1	0,013736	0,079461	46	0,001727	7,951935	0,007064

Rys. 12 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(e=g)$

Test &Levene'a jednorodności wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn15	0,000022	1	0,000022	0,019893	46	0,000432	0,049845	0,824322

Analiza wariacji (Arkuszb)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS Efekt	df Efekt	MS Efekt	SS Błąd	df Błąd	MS Błąd	F	p
Zmn15	0,000039	1	0,000039	0,068822	46	0,001496	0,025747	0,873222

Rys. 13 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(d=e)$

Otrzymane wyniki pozwalają odrzucić $H_0(e=g)$ i podtrzymać $H_0(d=e)$, co można zinterpretować, że istnieje statystycznie istotny wpływ prognozowania nadążnego na poziom MAPE, natomiast dla prognozowania wstępnego metodą wyrównywania wykładniczego nie ma znaczącego

wpływu dobór rozdzielczości danych, na bazie których dokonywane są kalkulacje.

Pozostaje zatem jeszcze w sposób analogiczny zbadanie hipotezy $H_0(b=c=f)$ dla prognozowania metodą regresji (rys.14). Na podstawie uzyskanych wyników należałoby podjąć decyzję, iż nie ma podstaw do odrzucenia H_0 , czyli że na zmienność MAPE ma wpływ jedynie czynnik losowy. Jednakże ze względu na graniczną wartość prawdopodobieństwa, celowym wydaje się sformułowanie nowych, węższych hipotez.

Test &Levene'a jednorodności wariancji (Arkusz8)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd		
Zmn3	0,000195	2	0,000097	0,037734	69	0,000547	0,178082	0,837257

Analiza wariancji (Arkusz8)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd		
Zmn3	0,008360	2	0,004180	0,093097	69	0,001349	3,098198	0,051463

Rys. 14 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(b=c=f)$

Mamy zatem do zweryfikowania $H_0(b=c)$ dla grupy prognoz wstępnych odzwierciedlającą ocenę wpływu rozdzielczości danych (rys. 15) oraz $H_0(c=f)$ czyli analizę charakteru prognoz przy jednakowych warunkach rozdzielczości danych (rys. 16).

Test &Levene'a jednorodności wariancji (Arkusz8)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd		
Zmn15	0,000030	1	0,000030	0,023738	46	0,000516	0,058297	0,810282

Analiza wariancji (Arkusz8)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd		
Zmn15	0,008216	1	0,008216	0,063443	46	0,001379	5,957345	0,018565

Rys. 15 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(b=c)$

Test &Levene'a jednorodności wariancji (Arkusz8)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd		
Zmn15	0,000192	1	0,000192	0,023562	46	0,000512	0,374833	0,543396

LITERATURA

- [1] Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej, część szczegółowa 1, Regulamin Rynku Bilansującego Energii Elektrycznej w Polsce.
- [2] Kasprzyk S.: Rozwój rynku bilansującego. Infrastruktura – Środowisko – Energia. Dodatek do „Rzeczpospolitej” 11 września 2006 r.
- [3] Skobel T., Szyke J.: Odbiorcy przemysłowi na rynku energii elektrycznej. Materiały konferencji Rynek Energii Elektrycznej REE'02, 13-15 maja 2002 r. Tom I str. 91-112.
- [4] Sołtysik M., Bogacz J., Piotrowski R., Adamczyk M.: Analiza opłacalności wyboru dostawcy na przykładzie klienta z grupy taryfowej B23. Materiały konferencji Optymalizacja w elektroenergetyce, 29-30 września 2005 r. str. 297-307
- [5] Sołtysik M.: Prognozowanie zapotrzebowania na energię elektryczną w grupach bilansujących wytwórczo-odbiorczych. Praca dyplomowa w ramach studium podyplomowego Prognozowanie w Przedsiębiorstwie; Akademia Ekonomiczna w Katowicach, grudzień 2007 r.
- [6] Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe; Statsoft, Kraków 2006 r.

Analiza wariancji (Arkusz8)								
Zaznaczone efekty są istotne z $p < ,05000$								
Zmienna	SS	df	MS	SS	df	MS	F	p
	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd		
Zmn15	0,001220	1	0,001220	0,060165	46	0,001308	0,932838	0,339177

Rys. 16 Wyniki testu Leven'a i ANOVA dla $H_0(c=f)$

Uzyskane wyniki potwierdzają, że w prognozowaniu wstępnym zapotrzebowania na energię metodą regresji, istotny statystycznie wpływ na poziom błędów ma rozdzielczość danych. Równocześnie przy zastosowaniu danych kwadransowych, nie ma znaczenia horyzont prognostyczny.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza statystyczna dowodzi tezy o istotności wpływu zwiększenia rozdzielczości danych na bazie których tworzone są prognozy, na wielkość błędów ex-post. Potwierdzają to poziomy MAPE, które z wartości 4,65% i 4,91% dla metod 'b' i 'd' osiągają poziom odpowiednio 3,07% i 4,89%. Dalsza poprawa możliwa jest przy zastosowaniu prognozowania nadążnego na kolejną godzinę: (metoda 'f' MAPE=2,95%, 'g' MAPE=3,74%) i kolejny kwadrans (metoda 'h' MAPE=0,81%, 'i' MAPE=0,91%).

Wykorzystanie prognozowania nadążnego ma sens jedynie w przypadku posiadania zdolności regulacyjnych w grupie bilansującej i prowadzi do około czterokrotnego poprawienia wyników prognoz zapotrzebowania, a tym samym w sposób istotny wpływa na obniżenie kosztów uczestnictwa w segmencie bilansującym.

- [7] Fisz M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna; PWN Warszawa, 1954 r.
[8] Maddala G.S.: Ekonometria, PWN Warszawa 2006 r.

CURRENT FORECASTING OF POWER AND ENERGY WITHIN THE BALANCING GROUP

Key words: forecasting, balancing, balancing group, DSM

Summary. The existing legal regulations provide for establishment of balancing groups consisting of all entities on the market of energy – customers, trading companies, as well as producers. The idea of such groups lies in their mutual capability to balance deviations of energy demand in relation to planned values. Producers with their regulatory capabilities, as well as customers rendering DSM services create additional possibility of actual time regulation techniques. The paper presents the concept of current forecasting and a common thesis that increased resolution of forecasted time series, as well as regulatory techniques, shall reduce mistakes in forecasts of energy demand and shall result in lower costs of participation in balancing market.

Maciej Soltysik, mgr inż., Główny Specjalista ds. Analiz Rynkowych w Everern sp z o.o. ul. Podmiejska 44-207 Rybnik, e-mail: maciej.soltysik@everen.pl

Artur Wilczyński, prof. dr hab. inż. Instytut Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: artur.wilczynski@pwr.wroc.pl