

Kazimierz DAŚAL*, Tomasz POPLAWSKI**, Ewelina STARCZYNOWSKA***

Badanie czynników mających wpływ na zmienność obciążenia w KSE

STRESZCZENIE. Jest wiele czynników, potencjalnie mogących mieć wpływ na wielkość obciążenia. Jedne z ważniejszych to czynniki meteorologiczne. Mogą na obciążenie wpływać także czynniki pozapogodowe np. oglądalność telewizji. W przedstawianej pracy podjęto próbę oceny wpływu takich czynników. Wykonano analizę wpływu wytypowanych wydarzeń o dużym znaczeniu medialnym na obciążenie KSE. Podobne badania wykonano w celu stwierdzenia wpływu czynników pogodowych, a konkretnie temperatury, na zmianę obciążenia w systemie elektroenergetycznym. Zaproponowano metodykę wykorzystującą metody i narzędzia analizy statystycznej umożliwiające ocenę wpływu tych czynników na zmiany obciążenia.

SŁOWA KLUCZOWE: system elektroenergetyczny KSE, modelowanie, obciążenie, prognozowanie krótkoterminowe, czynniki pogodowe, czynniki pozapogodowe

1. Charakterystyka problemu

Na zmienność obciążenia w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym – KSE, w różnych przedziałach czasu, wpływ ma wiele czynników. Wpływ niektórych z nich jest

* Dr inż., ** Prof. nadzw. dr hab. inż., *** Mgr inż. – Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Częstochowska, Zakład Urządzeń i Gospodarki Elektroenergetycznej, Częstochowa; e-mail: daka@el.pcz.czyst.pl, poptom@el.pcz.czyst.pl, estarczy@zuig.el.pcz.czyst.pl

dobrze rozpoznany, jednak dla wielu nie znamy precyzyjnej odpowiedzi. Znany i opisany w formie modeli i algorytmów jest wpływ czynników astronomicznych (pora doby, pora roku), wpływ wschodów i zachodów słońca, wpływ struktury odbiorów czy też czynników makroekonomicznych [2]. Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych badano i zauważono wpływ oglądalności telewizji z transmisji spektakularnych wydarzeń, głównie sportowych – na obciążenie w KSE. W początkach lat 90 badano wpływ czynników pogodowych, takich jak temperatura, zachmurzenie, prędkość wiatru, na obciążenie [4]. Także w niektórych krajach zajmowano się wpływem temperatury na obciążenie [3, 5, 6]. Upływ czasu, zmiany technologiczne, strukturalne, zaistniałe w całej gospodarce, ale także zmiany w zachowaniach odbiorców w zakresie oglądalności programów telewizyjnych inspirują do zbadania wpływu niektórych czynników pogodowych i pozapogodowych na zmiany obciążeń KSE. W referacie przedstawiono wyniki statystycznej istotności wybranych czynników.

Typując zdarzenia mogące wpływać na dobowy przebieg zapotrzebowania na moc w KSE, należy przyjąć kryterium umożliwiające dokonanie takiego wyboru. Do pomiaru wpływu analizowanych wydarzeń medialnych przyjęto, że miarą jest kryterium oglądalności monitorowane przez stacje telewizyjne oraz czas trwania wydarzenia (transmisji). Miara ta nie jest oczywiście pozbawiona wad, szczególnie w dłuższych horyzontach [1, 8], jednak dla prognoz dobowych, przy założeniu cyklicznej aktualizacji, kryterium oglądalności wydaje się spełniać wymagania użyteczności.

Z kolei oceniając wpływ czynników pogodowych na zapotrzebowanie mocy w KSE, można rozważać czynniki pogodowe, takie jak temperatura powietrza, prędkość wiatru, zachmurzenie, czy wielkość opadu. Najczęściej wpływ czynników pogodowych na obciążenie w KSE, utożsamiany jest z wpływem temperatury, jednak prędkość wiatru wydaje się być parametrem także godnym rozważenia, ponieważ ma największy wpływ na bardzo istotny parametr wtórny – temperaturę odczuwalną [1, 5]. To właśnie temperatura odczuwalna powinna mieć największy, ewentualny wpływ na wartość zapotrzebowania mocy w KSE.

Problemem kluczowym w określeniu wpływu czynnika pogodowego, a dokładniej – siły tego wpływu (przy ustalonym mierniku) na wartość obciążenia jest powzięcie decyzji, czy będzie to jedna wartość np. średnia dla całego kraju w danym dniu i określonej godzinie, czy wiele pomiarów z określonych i z góry wytypowanych punktów badanego obszaru. Intuicja sugeruje wariant z wieloma punktami pomiaru, jednak wówczas pojawia się problem z dostępnością danych o obciążeniu, spójnym z obszarami, w których dokonano pomiarów czynników pogodowych. Bez bardzo szerokich badań związanych z tym zagadnieniem nie można odpowiedzialnie stwierdzić, która „ścieżka” jest właściwsza. W pracy przyjęto jedną wartość danego czynnika meteorologicznego wyznaczoną dla całego kraju i określaną w interwale godzinowym. Wartości czynników pogodowych zostały opracowane przez ICM-Meteo.

Badając wpływ temperatury na obciążenie, analizowano również wpływ wyprzedzających w czasie temperatur na wartość obciążenia w KSE, zakładając prawdopodobny wpływ wyprzedzenia w relacji: zmiana temperatury–zmiana obciążenia [2, 6].

2. Materiał statystyczny w badaniach

Korzystając z wyników dotyczących oglądalności, do dalszych badań w zakresie ich wpływu na zmianę zapotrzebowania mocy w KSE, w celu zaprezentowania metody badawczej, spośród wielu z okresu ostatnich 7 lat wybrano cztery przykładowe zdarzenia o największej oglądalności (tab. 1). Zawężenie okresu do 7 lat wynika z możliwości uzyskania wiarygodnych informacji w zakresie danych na temat oglądalności. Jak wspomniano wcześniej, wybrano te o najwyższej oglądalności. W tabeli 1 podano miejsce wydarzenia oraz najważniejsze parametry wydarzenia charakteryzujące.

TABELA 1. Wykaz wydarzeń o największej oglądalności

TABLE 1. List of events with the largest audience

| Wydarzenie | Data transmisji | Czas transmisji | Dzień tygodnia | Oglądalność [mln] |
|--|-----------------|-----------------|----------------|------------------------|
| Konkurs w skokach narciarskich IO Salt Lake City 2002 (Małysz) | 2002-02-13 | 16.30–19.30 | Śr. | 13,3 |
| Pogrzeb Papieża Jana Pawła II | 2005-04-08 | 9.30–13.30 | Pt. | na świecie około 2 mld |
| ME 2008 w piłce nożnej Polska-Austria | 2008-06-12 | 20.30–22.30 | Cz. | 10,6 |
| Gala Boks Golota-Adamek | 2009-10-24 | 19.30–24.00 | So. | max 8,1; średnio 4 |

Źródło: opracowanie własne

Oprócz informacji o wydarzeniach medialnych dysponowano dobowymi obciążeniami mocy w KSE w odstępach 15 minutowych dla okresu od 1997 roku do końca października 2009. Dostępne były także następujące dane meteorologiczne:

- ✧ temperatura powietrza mierzona na wysokości 2 m [°C],
- ✧ prędkość wiatru na wysokości 10 m [m/sek],
- ✧ wilgotność względna powietrza na wysokości 2 m [%],
- ✧ zachmurzenie w podziale na frakcje.

3. Wykonane badania

3.1. Wpływ wydarzeń medialnych

Ocenę wpływu oddziaływania wydarzeń medialnych na obciążenie w KSE sprowadzono do zadania, polegającego na zbadaniu różnic między przebiegiem dobowym w czasie trwania badanego wydarzenia a przebiegiem, który można uznać za porównywalny, traktowany jako przebieg odniesienia. Uściślając, badano czy różnice między tymi przebiegami w określonym przedziale czasu są statystycznie istotne. Różnice między przebiegami kolejnych dób w sensie zarówno kształtu, jak i wartości obciążeń, mogą być skutkiem wielu przyczyn takich jak przykładowo: strefa roku, rodzaj dnia w tygodniu, strefa doby, a także czynników meteorologicznych [3, 5]. Aby stwierdzić ewentualny wpływ wydarzenia, które podlega analizie, należy porównać badaną strefę doby, w której ma miejsce transmisja telewizyjna z określonego wydarzenia z przebiegiem odniesienia. Wyznaczenie wartości przebiegu odniesienia jest sprawą najistotniejszą, ale i najtrudniejszą.

W celu przeprowadzenia testów statystycznych pozwalających wykazać na zadanym poziomie ufności istnienie statystycznej równości dwóch przebiegów należy wyznaczyć przebieg (fragment przebiegu dobowego), który uznamy za wzorzec dla badanego przebiegu. Pierwsze trzy wydarzenia (tabela 1) dotyczą dni roboczych. Przebiegi odniesienia dla tych wydarzeń to wartości średnie z przebiegów dobowych obciążeń dni roboczych z okresu tygodnia wstecz (4 dni robocze), wzór (1). Wydarzenie Gala Boksu było w sobotę, a więc w dzień nie zaliczany do dni roboczych, z tego powodu przebiegiem odniesienia jest obciążenie z soboty poprzedniej. Ze względu na stosunkowo krótki czas trwania transmisji telewizyjnych (w stosunku do całej doby) analizie porównawczej poddano nie całe doby, a jedynie te okresy doby, w których obciążenia wystąpiły. Przyjęcie okresu tygodnia, z którego tworzy się przebieg średni traktując go jako przebieg odniesienia, z jednej strony eliminuje ewentualne wahania temperatury, a z drugiej pozwala pominąć błąd wynikający z sezonowej zmiany obciążeń w systemie elektroenergetycznym. Wynika to z następującego faktu: średni względny roczny przyrost mocy za ostatnie 10 lat jest rzędu 1,5%, a energii około 1%. Wobec tego przyrost tygodniowy można pominąć bez większego uszczerbku na dokładności. Dla wytypowanych wydarzeń i przygotowanych przebiegów obciążeń wykonano porównanie dwóch prób losowych. Jedną próbę stanowił przebieg obciążenia w dniu wydarzenia $p(t), t = t_1, \dots, t_2$. Wartości drugiej próby $p^w(t), t = ((t_1, \dots, t_2) - kT)$ będącej przebiegiem odniesienia, będą średnimi wyznaczonymi z przedziału doby $t = t_1, \dots, t_2$ z k dób opóźnionych.

$$p^w(t_1) = \frac{1}{k} (p(t_1 - T) + p(t_1 - 2T) + \dots + p(t_1 - kT)) \quad (1)$$

gdzie: t_1, t_2 – odpowiednio początek i koniec transmisji,
 T – 96 obciążeń 15 minutowych,
 k – liczba dób, z których wyznacza się przebieg średni.

Dwa szeregi czasowe obciążeń 15 minutowych – próba $p(t)$ i odpowiadająca jej próba o tej samej liczności $p^w(t)$ dla każdego zdarzenia – poddano testom parametrycznym i nieparametrycznym [7, 9]. Badania statystyczne miały potwierdzić lub odrzucić hipotezy o wpływie czynników medialnych (pozapogodowych) na obciążenie dobowe w KSE. Badania statystyczne wykonano stosując trzy różne testy, dwa parametryczne oraz jeden nieparametryczny. Testami parametrycznymi jest test t-Studenta badający istotność różnicy między średnimi z badanych przebiegów oraz test F-Fishera-Snedecora, badający istotności różnicy dwóch wariancji [7, 9]. Testem t-Studenta weryfikowano hipotezy:

$$H_0: \bar{p} = \bar{p}^* \quad (2)$$

wobec hipotezy alternatywnej:

$$H_1: \bar{p} \neq \bar{p}^* \quad (3)$$

gdzie: \bar{p}, \bar{p}^w – średnie wartości przebiegu badanego i wzorcowego.

Test F-Fishera-Snedecora weryfikował hipotezy:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (4)$$

wobec hipotezy alternatywnej:

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \quad (5)$$

gdzie: σ_1^2, σ_2^2 – wariancje przebiegu badanego i wzorcowego.

Testy parametryczne w ogólnym przypadku mają większą moc w ocenie statystycznej istotności badanych cech. W omawianym przykładzie porównanie tylko wartości średnich i wariancji wydaje się być niewystarczające. Z tego powodu wykonano także nieparametryczny test Wilcoxon sumy rang wyznaczonych dla różnic pomiędzy wartościami badanych szeregów. Test polega na badaniu różnic wartości w parach i ich randze przypisywanej w procesie analizy badania równości dwóch rozkładów. Test Wilcoxon jest nieparametrycznym testem porównywania dwóch równolicznych prób, które można połączyć w pary. Umożliwia weryfikację równości median, nie czyniąc założeń dotyczących rozkładu próby. Sprawdzianem jest różnica pomiędzy wartościami cech z porównywanych zbiorów. Liczba obserwacji każdej próby wynosi n . Przyjmując, że indeksem obserwacji jest i , oznaczono próby jako p_i oraz p_i^w . W celu zbudowania sprawdzianu (statystyki) testu Wilcoxon należy wyznaczyć różnice $d_i = p_i^w - p_i$ dla $i = 1, \dots, n$. Zakłada się, że różnice d_i są niezależne i pochodzą z populacji o identycznym ciągłym rozkładzie symetrycznym względem wspólnej mediany θ . Testowaną hipotezą zerową jest:

$$H_0: \theta = 0 \quad (6)$$

wobec hipotezy alternatywnej:

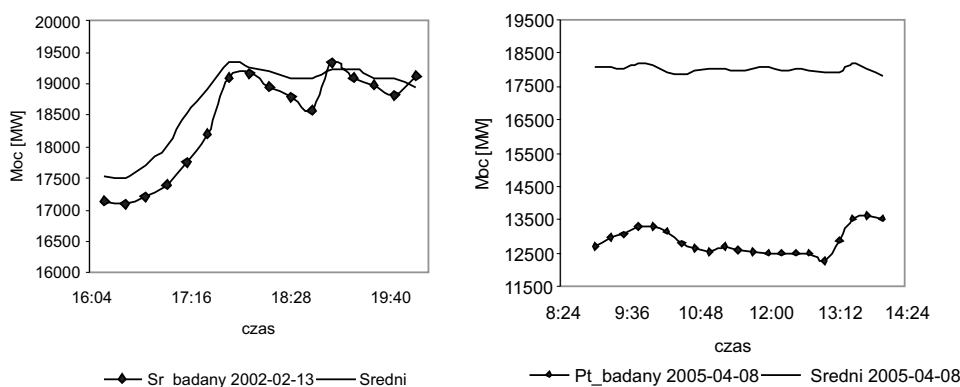
$$H_1: \theta \neq 0 \quad (7)$$

Wartości bezwzględne różnic porządkuje się rosnąco i przypisuje im rangi R_i . Statystyka W^+ określona jest jako suma rang R_i , dla których wartość różnicy jest dodatnia, czyli $d_i > 0$. Statystyka W^- określona jest jako suma rang R_i , dla których wartość różnicy jest ujemna, czyli $d_i < 0$. Na tej podstawie określana jest statystyka S :

$$S = \min(W^+, W^-) \quad (8)$$

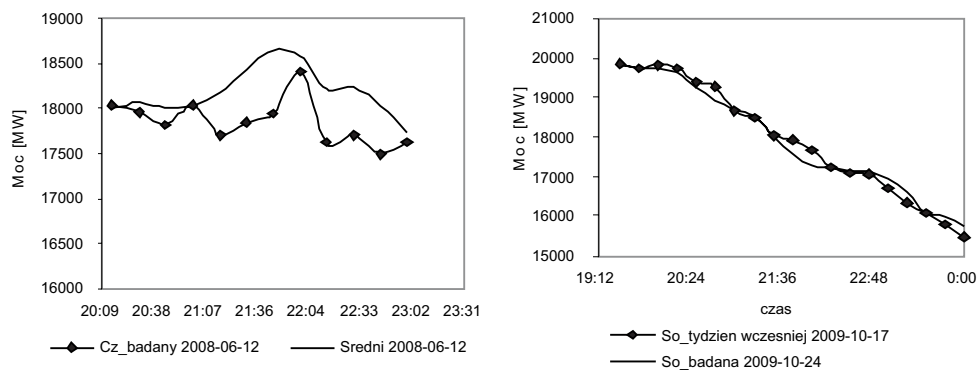
Jeśli przy zadanym poziomie ufności statystyka S zawiera się w obszarze krytycznym testu, wówczas hipotezę H_0 odrzucamy na korzyść hipotezy H_1 . Suma rang dodatnich W^+ i ujemnych W^- po porównaniu z tabelą wartości teoretycznych decyduje o przyjęciu lub odrzuceniu hipotezy zerowej. W pakietach statystycznych wynikiem testu o prawdziwości hipotezy zerowej jest wartość empiryczna statystyki oraz prawdopodobieństwo p . Czasem podawane jest tylko prawdopodobieństwo p . Wartość p oznacza prawdopodobieństwo decyzji błędnej polegającej na odrzuceniu H_0 na korzyść H_1 . W badaniach do przeprowadzenia testów statystycznych użyto programu Gretl¹, w którym zaimplementowane są wymienione testy.

Na rysunkach 1, 2 pokazano przebiegi rzeczywiste oraz przebiegi odniesienia dla badanych wydarzeń. Bezdyskusyjna, istotna różnica między przebiegami występuje jedynie dla wydarzenia nr 2, czyli transmisji z uroczystości pogrzebowych JP II. Był to piątek, dzień



Rys. 1. Zimowe IO 2002 w Salt Lake City środa 2002-02-13 (wykres lewy), transmisja uroczystości pogrzebowych JP II piątek 2005-04-08 (wykres prawy)

¹ Gretl (Regrsion Econometric and Time_Series Library) należy do grupy oprogramowania Open Surce, czyli Powszechnej Licencji Publicznej GNU (GNU General Public License). Autorem oprogramowania jest Allin Cottrell z Uniwersytetu Wake Forest w Północnej Karolinie w USA.



Rys. 2. Transmisja meczu z ME 2008 w piłce nożnej Polska-Austria czwartek 2008-06-12 (wykres lewy) oraz z Gali Boksu sobota 2009-10-24 (wykres prawy)

Źródło: opracowanie własne

Fig. 2. The transmission of the match from the European Championship 2008 in football Poland-Austria 2008-06-12 Thursday (left graph), and from the boxing gala 2009-10-24 Saturday (right graph)

roboczy i obciążenie w tym dniu jest znacząco mniejsze od przebiegu średniego. Średnia różnica w badanym przedziale transmisji wynosi 5165 MW, jednak w tym dniu przebieg obciążenia w całej dobie znacznie odbiegał zarówno wartościami jak i kształtem od dni typowych. W tabeli 2 zamieszczono syntetyczne wyniki z wykonanych testów.

TABELA 2. Wyniki testów badających istotność wpływu wydarzeń medialnych na zapotrzebowanie mocy w KSE

TABLE 2. Significance test results of the influence media events on the power demand in PPS

| Lp. | Wydarzenie | n | A | B | C | D | R_{sr} [MW] |
|-----|---|----|---|---|---|---|---------------|
| 1 | Konkurs w skokach narciarskich IO Salt Lake City 2002(Małysz) | 16 | + | + | - | + | 316 |
| 2 | Pogrzeb Papieża Jana Pawła II | 21 | - | - | - | - | 5 165 |
| 3 | ME 2008 Polska- Austria | 12 | - | + | - | - | 329 |
| 4 | Gala Boks Gołota-Adamek | 20 | + | + | + | + | 20 |

gdzie:

n – liczba obserwacji n_1 i n_2 (szereg badany i szereg odniesienia),

A – Test t-Studenta równości średnich,

B – Test F-Fishera-Snedecora o równości wariancji,

C – Test sumy rang Wilcoxonada badający równość rozkładów,

D – Ocena końcowa,

R_{sr} – Różnica obciążeń średnich między porównywanymi przebiegami w badanym przedziale doby,

„+” – oznacza brak podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 ,

„-” – oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na rzecz hipotezy H_1 .

Źródło: opracowanie własne

3.2. Wpływ czynników pogodowych

Wykonana analiza statystyczna dotyczy oceny siły związków korelacyjnych w sensie istotności statystycznej zależności różnych wyprzedzeń (1 do 7 dni) czynnika pogodowego w stosunku do badanego obciążenia KSE. Można także badać [4] zależności regresyjne. W badaniach skoncentrowano się tylko na wpływie temperatury, by zaprezentować sposób podejścia do problemu. Badanie wpływu innych czynników będzie miało podobny charakter. Oprócz temperatury, pośrednio uwzględniono także prędkość wiatru, wyznaczając wartości temperatury odczuwalnej w funkcji prędkości wiatru, korzystając z dwóch modeli. Pierwszym modelem jest model zaproponowany w 2001 roku przez amerykański instytut National Weather Service:

$$T_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot T_a - 11,37 \cdot V^{0,16} + 0,3965 \cdot T_a \cdot V^{0,16} \quad (9)$$

Drugi model również traktuje temperaturę odczuwalną jako liniową funkcję temperatury powietrza, lecz rodzaj zależności od prędkości wiatru jest nieco inny. Model ten zapisujemy następująco:

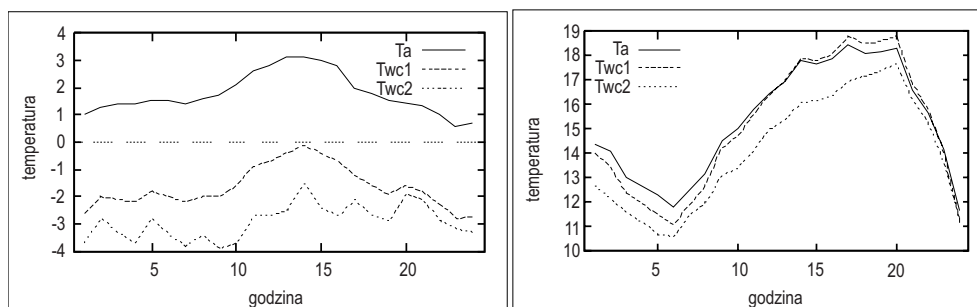
$$T_{wc} = 33 + (0,478 + 0,237 \cdot \sqrt{V} - 0,0124 \cdot V) \cdot (T_a - 33) \quad (10)$$

gdzie: T_{wc} – temperatura odczuwalna [°C],

T_a – temperatura powietrza [°C],

V – prędkość wiatru [km/h].

Różnice między temperaturami: naturalną a odczuwalną, wyliczonymi dwoma modelami, w wybranych dwóch dniach – zimowym i późnowiosennym obrazuje rysunek 3.

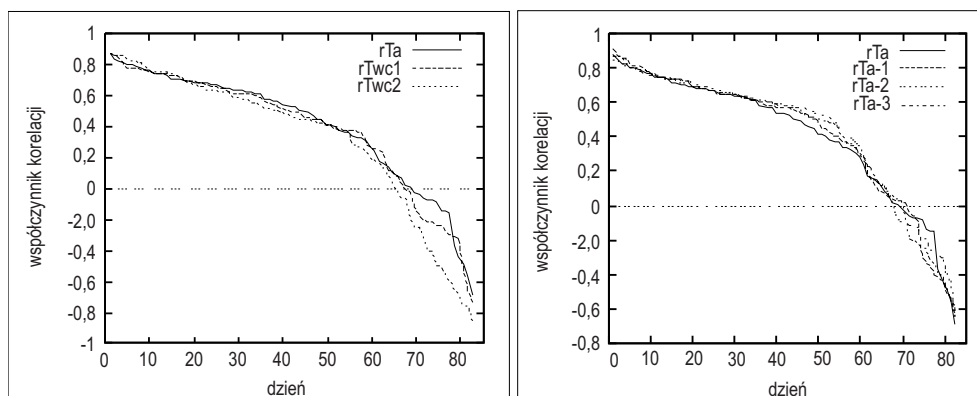


Rys. 3. Porównanie temperatury powietrza – T_a [°C] i temperatur odczuwalnych T_{wc1} i T_{wc2} [°C] wyliczonych za pomocą obu modeli dla dwóch przykładowych dni, 17.01.2004 r. oraz 12.06.2008 r.

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 3. Comparison of air temperature T_a [°C] and wind chill temperatures T_{wc1} and T_{wc2} [°C] calculated using both models for two exemplary days, 17.01.2004 and 12.06.2008

Dane wykorzystane w badaniach pochodzą z lat 2007 i 2008. Analizę wykonano w dwóch krokach. W pierwszym wyznaczono współczynniki korelacji między temperaturą a obciążeniem wyznaczone w podziale na pory roku. Współczynniki korelacji uporządkowano malejąco dla każdego kwartału wszystkich badanych lat. Przykładową zmienność przedstawiają wykresy (rys. 4).



Rys. 4. Wykres uporządkowanych współczynników korelacji pomiędzy temperaturą powietrza w danym dniu oraz temperaturami odczuwalnymi a obciążeniem dla jesieni 2007 roku (strona lewa) oraz uporządkowane współczynniki korelacji pomiędzy temperaturą powietrza w danym dniu oraz temperaturą powietrza opóźnioną odpowiednio o 1, 2 i 3 doby a obciążeniem dla jesieni 2007 roku

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 4. Graph ordered correlation coefficients between air temperature during the day and wind chill temperatures and load for the autumn of 2007 (left graph), and ordered correlation coefficients between air temperature at the given day and air temperature delayed by 1, 2 and 3 days properly and load for the autumn of 2007

Istotność statystyczną wpływu wyprzedzenia temperatury względem obciążenia badanej doby uzyskano testem rangowych znaków Wilcoxon'a opisanym wcześniej. Wyniki testu dla korelacji temperatury powietrza i obciążenia oraz korelacji temperatur odczuwalnych wyliczonych ze wzorów (9, 10) i obciążenia dla lat 2007–2008 przedstawiono w tabelach 3, 4, 5. Wyniki w tych tabelach wskazują na istotność wartości współczynników korelacji dla wyprzedzeń temperatur od 1 do 4 dób.

Drugim krokiem jest sprawdzenie i wyznaczenie wyprzedzeń, dla których wartości współczynnika korelacji są najistotniejsze. W celu wyznaczenia tego wyprzedzenia wyznaczono liczbę różnic pomiędzy współczynnikami korelacji między temperaturą i obciążeniem a współczynnikami korelacji temperatur z wyprzedzeniem do 7 dni a tym samym obciążeniem, dla każdego kwartału. Analiza wyników wykazała, że najsilniejszy wpływ w przypadku korelacji obciążenie–temperatura naturalna T_a występuje dla wyprzedzenia temperatury w stosunku do obciążenia o 1 dobę oraz 4 doby. W przypadku tej samej korelacji, ale dla temperatur odczuwalnych wyznaczonych według wzorów (9) i (10), najistotniejsze wyprzedzenie temperatury zauważono dla doby czwartej.

TABELA 3. Wyniki testu rangowanych znaków Wilcoxon dla uporządkowanych korelacji temperatury powietrza i obciążenia w latach 2007–2008

TABLE 3. Results of Wilcoxon signed rank test for the ordered correlations: air temperature and load in years with 2007–2008

| Rok | p_i^w | ρ_{Ta} | | | | | | |
|------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | p_i pora roku | ρ_{Ta-1} | ρ_{Ta-2} | ρ_{Ta-3} | ρ_{Ta-4} | ρ_{Ta-5} | ρ_{Ta-6} | ρ_{Ta-7} |
| 2007 | zima | + | - | + | - | + | - | + |
| | wiosna | - | - | + | - | - | - | - |
| | lato | - | + | + | - | + | + | + |
| | jesień | - | - | - | - | - | - | - |
| 2008 | zima | + | - | - | + | - | - | - |
| | wiosna | - | + | + | + | - | - | - |
| | lato | + | + | - | - | - | - | - |
| | jesień | - | - | - | - | - | - | - |

TABELA 4. Wyniki testu rangowanych znaków Wilcoxon dla uporządkowanych korelacji temperatury odczuwalnej wyliczonej z modelu 1 i obciążenia w latach 2007–2008

TABLE 4. Results of Wilcoxon signed rank test for the ordered correlations: wind chill temperature calculated from the model 1 and load in years with 2007–2008

| Rok | p_i^w | ρ_{Twe1} | | | | | | |
|------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | p_i pora roku | ρ_{Twe1-1} | ρ_{Twe1-2} | ρ_{Twe1-3} | ρ_{Twe1-4} | ρ_{Twe1-5} | ρ_{Twe1-6} | ρ_{Twe1-7} |
| 2007 | zima | + | - | + | + | + | + | + |
| | wiosna | - | - | + | - | - | - | - |
| | lato | + | + | + | - | + | + | - |
| | jesień | - | - | - | - | - | - | - |
| 2008 | zima | + | - | - | + | + | - | - |
| | wiosna | - | + | + | + | - | - | - |
| | lato | + | + | - | - | - | - | - |
| | jesień | - | - | - | - | - | - | - |

TABELA 5. Wyniki testu rangowanych znaków Wilcoxon dla uporządkowanych korelacji temperatury odczuwalnej wyliczonej z modelu 2 i obciążenia w latach 2007–2008

TABLE 5. Results of Wilcoxon signed rank test for the ordered correlations: wind chill temperature calculated from the model 2 and load in years with 2007–2008

| Rok | p_i^w | ρ_{Twe2} | | | | | | |
|------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | p_i pora roku | ρ_{Twe2-1} | ρ_{Twe2-2} | ρ_{Twe2-3} | ρ_{Twe2-4} | ρ_{Twe2-5} | ρ_{Twe2-6} | ρ_{Twe2-7} |
| 2007 | zima | + | - | - | - | + | + | + |
| | wiosna | - | + | - | - | + | - | - |
| | lato | + | + | + | + | + | + | + |
| | jesień | + | - | - | - | - | - | - |
| 2008 | zima | + | + | - | - | - | - | + |
| | wiosna | - | + | + | + | - | + | - |
| | lato | - | - | - | - | - | - | - |
| | jesień | + | + | - | - | - | - | - |

gdzie:

- p_i, p_i^w – próby,
- ρ_{Ta} – korelacja pomiędzy temperaturą powietrza a obciążeniem,
- ρ_{Ta-i} – korelacja pomiędzy temperaturą powietrza z i -tego dnia wcześniej a obciążeniem ($i = 1, \dots, 7$),
- ρ_{TWC1} – korelacja pomiędzy temperaturą odczuwalną wyliczoną ze wzoru (9) a obciążeniem,
- ρ_{TWC1-i} – korelacja pomiędzy temperaturą odczuwalną wyliczoną ze wzoru (9) z i -tego dnia wcześniej a obciążeniem ($i = 1, \dots, 7$),
- ρ_{TWC2} – korelacja pomiędzy temperaturą odczuwalną wyliczoną ze wzoru (10) a obciążeniem,
- ρ_{TWC2-i} – korelacja pomiędzy temperaturą odczuwalną wyliczoną ze wzoru (10) z i -tego dnia wcześniej a obciążeniem ($i = 1, \dots, 7$),
- „+” – przyjmujemy H_0 ,
- „-” – odrzucamy H_0 na rzecz hipotezy alternatywnej H_1 .

4. Podsumowanie i wnioski

Analiza wyników z tabeli 2 pozwala wnioskować, że prawdopodobny jest wpływ oglądalności na zapotrzebowanie mocy w KSE. Na cztery badane zdarzenia, jedynie w jednym przypadku wszystkie trzy testy potwierdzają hipotezy zerowe zakładające równość statystyczną badanych cech (wydarzenie 4). Dwa wydarzenia, mianowicie 2 oraz 3, można uznać za pewne, jeśli idzie o odrzucenie hipotezy zerowej, a więc wpływ wydarzenia wydaje się być oczywisty. Wydarzenie 1, gdyby traktować wynik końcowy jako sumę więk-

szościową z testów, należałoby uznać za nie mające wpływu na obciążenie. Nie wydaje się to słuszne. Dla oceny rozważanych przypadków istotniejsze wydają się testy, porównujące rozkład badany ze wzorcowym niż porównanie tylko średnich oraz wariancji. Jeśli uwzględnić te uwagi i dać wyższą wagę testowi Wilcoxona, to także wydarzenie 1 należy zaliczyć do grupy, w której zdarzenie istotnie wpływa na zmianę zapotrzebowania mocy w systemie. Wpływ oglądalności objawia się w większości przypadków zmniejszeniem zapotrzebowania na moc w badanych okresach.

Badania przeprowadzone na kilku wybranych zdarzeniach o największej oglądalności nie upoważniają do zbyt daleko idących uogólnień. Próba wydarzeń jest mało liczna. Ponadto nieznanym jest dokładny wpływ temperatury na obciążenia. Wyznaczając średnie przebiegi wzorcowe ograniczono ewentualny wpływ czynników meteorologicznych, jednak bez znajomości godzinowych temperatur w dniu wystąpienia zdarzenia oraz w okresie kilku dni z najbliższego otoczenia brak jest pewności o ewentualnym jej wpływie na zmianę obciążenia.

Nasuwa się także jeszcze jeden wniosek, a mianowicie: czy ewentualny wpływ temperatury na zmianę obciążenia zależy w jednakowym stopniu od struktury odbiorców. Strukturalny podział odbiorców to: przemysł, budownictwo, rolnictwo, transport, gospodarka komunalna i pozostali odbiorcy. Wydaje się, że najbardziej „wrażliwym” sektorem na zmiany temperatury jest sektor bytowo-komunalny. Stąd nasuwa się wniosek, że należałoby szczególną uwagę zwrócić na wpływ temperatury na udział tego segmentu w krzywej obciążenia.

Z badań oglądalności wykonanych przez wyspecjalizowane ośrodki, z analiz prowadzonych od dwóch lat wynika, że największy wpływ na oglądalność telewizji ma pogoda, a dokładnie temperatura. Badania wykazują, że pomiędzy poziomem oglądalności telewizji, mierzonej średnią oglądalnością w ciągu dnia a temperaturą na zewnątrz, zależność jest niemal liniowa. Średni wzrost temperatury o 1°C powoduje średni spadek oglądalności telewizji o 1,6%. Zależność ta jest niezmienna zimą i latem. To zwiększone wahania temperatury powietrza wiosną czy latem powodują, że w tych porach roku wahania oglądalności są tak wysokie i tym samym trudniej przewidywalne. Są zapewne jednak wydarzenia, których oglądalność w małym stopniu zależy będzie od temperatury czy opadów.

Wyniki w tabelach 3, 4, 5 wykazują występowanie statystycznych różnic między wartościami współczynników korelacji wyznaczonymi dla wyprzedzeń temperatury od 1 do 7 dób. Rozkład różnic najsilniej uzależniony jest jak widać od pory roku. Przykładowo, w przypadku jesieni w tabeli 3 i 4 różnice występują dla każdego opóźnienia. Analiza tabel wskazuje, że opóźnienie temperatury ma wpływ na wartość współczynnika korelacji.

Analizując wyniki z tabel 5, 6 i 7, które zawierają wyniki porównania wartości współczynników korelacji, wyrażających w sposób pośredni istotność opóźnienia temperatury wpływającej na obciążenie w badanym dniu, można zauważyć, że największy wpływ temperatury ma doba t-4 we wszystkich trzech modelach temperaturowych. Jedynie dla temperatury naturalnej także opóźnienie 24-godzinne w stosunku do doby badanego obciążenia jest istotne. Wysokie wartości współczynników korelacji wskazują na silną liniową zależność pomiędzy obciążeniami dobowymi w KSE a temperaturą dla różnych interwałów opóźnień. Wyjaśnienia wymaga występowanie różnic w obliczonych temperaturach od-

czuwalnych według różnych modeli. Rysunek 1 i 2 mogą wskazywać na to, że poprawność modeli uzależniona jest od pory roku. Wykonane badania nie wskazują jednoznacznie, którą temperaturę należałoby uwzględniać w modelowaniu. Wydaje się, że uwzględnienie temperatur odczuwalnych, które uwzględniają prędkość wiatru (a inne modele temperaturowe także wilgotność) będzie właściwsze.

Należy także jeszcze raz zwrócić uwagę na sposób wyznaczenia wszystkich parametrów pogodowych, które są wartościami uśrednionymi dla całego obszaru KSE. Wydaje się, że wykonanie badań uwzględniających dane meteorologiczne z wielu punktów badanego obszaru może znacznie wzbogacić wiedzę na temat związków między obciążeniem w KSE, a czynnikami pogodowymi.

Przedstawione rozważania podkreślają ważność zadań związanych z dokładnym rozpoznaniem oddziaływań czynników pogodowych na zapotrzebowanie mocy w KSE. Problem jest ważny dla Operatora KSE w związku z wymaganiami i oczekiwaniami w zakresie zwiększenia dokładności prognoz. Podkreślić należy jeszcze jeden ważny aspekt. Ocena statystyczna wielkości odchyłeń uzależnionych od czynników medialnych czy pogodowych powinna być wsparta oceną Operatora. Pojawi się zapewne pytanie, jakie odchylenie, z punktu widzenia Operatora może być uznane za mało istotne. Autorzy mają pełną świadomość, że ważny problem wpływu różnych czynników pozaenergetycznych na zapotrzebowanie mocy w systemie krajowym jest bardzo złożony i zagadnienia przedstawione w artykule są zaledwie „dotknięciem” i zobrazowaniem złożoności tej problematyki.

Literatura

- [1] DAŚAL K., POPLAWSKI T., STARCZYNOWSKA E., 2010 – Badanie wpływu czynników pozapogodowych na zmiany obciążenia w KSE. Rynek Energii nr 2(87), 38–42.
- [2] DOBRZAŃSKA I., DAŚAL K., ŁYP J., POPLAWSKI T., SOWIŃSKI J., 2002 – Prognozowanie w elektroenergetyce. Zagadnienia wybrane. Wydawnictwo P Cz., Częstochowa.
- [3] HENLEY A., PEIRSON J., 1998 – Residential energy demand and the interaction of price and temperature: British experimental evidence. Energy Economic 20, no 2., 157–171.
- [4] MALKO J., 1995 – Wybrane zagadnienia prognozowania w elektroenergetyce. OWPW, Wrocław.
- [5] MORAL CARCEDO J., VICÉNS OTERO J., 2005 – Modelling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations. Energy Economic 27, no 3, 477–494.
- [6] PARDO A., MENEU V., VALOR E., 2002 – Temperature and seasonality influences on Spanish electricity load. Energy Economics 24, no 1, 55–70.
- [7] PAWŁOWSKI Z., 1981 – Statystyka matematyczna. PWN, Warszawa.
- [8] POPLAWSKI T., DAŚAL K., DUDEK G., ŁYP J., SOWIŃSKI J., STARCZYNOWSKA E., 2010 – Opracowanie i weryfikacja modeli do prognozowania zapotrzebowania na moc elektryczną w krajowym systemie elektroenergetycznym (KSE) dla potrzeb opracowania w PSE Operator S.A. planów koordynacyjnych. Centrum Zastosowań Zaawansowanych Technologii Sp. z o.o., Warszawa (niepubl.)
- [9] STASIEWICZ S., RUSNAK Z., SIEDLECKA U., 1998 – Statystyka Elementy Teorii i Zadania. Wydawnictwo AE, Wrocław.

Kazimierz DAŚAL, Tomasz POPLAWSKI, Ewelina STARCZYNOWSKA

Research of factors affecting on the changeability of the load in the PPS

Abstract

There are many factors, potentially being able to affect the magnitude of power load. Meteorological factors are one of more important ones. Non weather factors can also affect the load e.g. ratings of television. In the paper attempts to assess the influence of this factors. Analysis of the impact of great media significance on the PPS load during selected events was performed. Similar researches were performed in order to state the influence of weather factors, and more specifically the temperature, on load changes in the power system. Methodology of using methods and tools of statistical analysis to assess the influence of these factors on the load changes was proposed.

KEY WORDS: power system PPS, modeling, load, short-team forecasting, weather factors, non weather factors