



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**

Wydział Telekomunikacji,
Informatyki i Elektrotechniki

Oddział Bydgoski SEP
im. prof. A. Hoffmanna



Korekta i konwersja danych pomiarowych na potrzeby badań procesów zapotrzebowania na moc w sieciach i systemach elektroenergetycznych

Włodzimierz Bieliński

bielin@pbs.edu.pl

Konferencja

SZACOWANIE I PROGNOZOWANIE W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

Warszawa, 22-23 kwietnia 2026 r.

Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Problemy brakujących, odstających, nadmiarowych i tymczasowych danych w szeregach czasowych dotyczących obciążeń elektroenergetycznych
- Potrzeba konwersji danych dotyczących procesów obciążeń elektroenergetycznych – na wybranych przykładach
- Prezentacja przykładowych procesów obciążenia elektroenergetycznego i jakościowa oraz ilościowa charakterystyka ich kształtu
- Podsumowanie

Wprowadzenie 1

Rejestracji obciążeń elektroenergetycznych dokonuje się na poziomie:

- Krajowych systemów elektroenergetycznego (np. PSE, FINGRID, MAVIR i inne),
- Lokalnych systemów elektroenergetycznych (np. spółki dystrybucyjne),
- Stacji elektroenergetycznych WN/SN, SN/nN (z różną strukturą odbiorców oraz z różną funkcją w systemie elektroenergetycznym),
- Linii elektroenergetycznych WN, SN, nN
- Rozdzielni lub rozdzielnic zasilających odbiorców o różnym charakterze:
 - bytowych,
 - komunalnych,
 - przemysłowych,
 - trakcyjnych (kolej dalekobieżna, podmiejska, metro, tramwaje, trolejbusy).

Wprowadzenie 2

W prezentacji używa się zamiennie określeń „**zapotrzebowanie na moc**” oraz „**obciążenie elektroenergetyczne**”.

Specyfika danych pomiarowych dotyczących obciążenia elektroenergetycznego na różnych poziomach hierarchicznych systemu wymaga indywidualnego podejścia do zasygnalizowanych problemów.

Często problemy dotyczą nie pojedynczych wartości lecz większych fragmentów szeregów czasowych dotyczących procesów obciążenia.

Istnieją często techniczne ograniczenia nakładane na zakres możliwych zmian wartości przesyłanej lub transformowanej mocy. Ułatwia to ocenę realności zaistnienia zarejestrowanych przekroczeń.

Przyczyny braku danych w rejestrogramach obciążeń

- Zmiana czasu (przesuwanie wskazówek zegara do przodu – w marcu każdego roku),
- Błędy zapisu na nośnikach papierowych (powodowane najczęściej zawodnością drukarki),
- Zakłócenia zapis pojawiające się w plikach (z winy niedoskonałego oprogramowania),
- Zakłócenia w transmisji danych pomiarowych,
- Brak kompletności danych pomiarowych, z powodu niedoskonałości systemu akwizycji wyników.

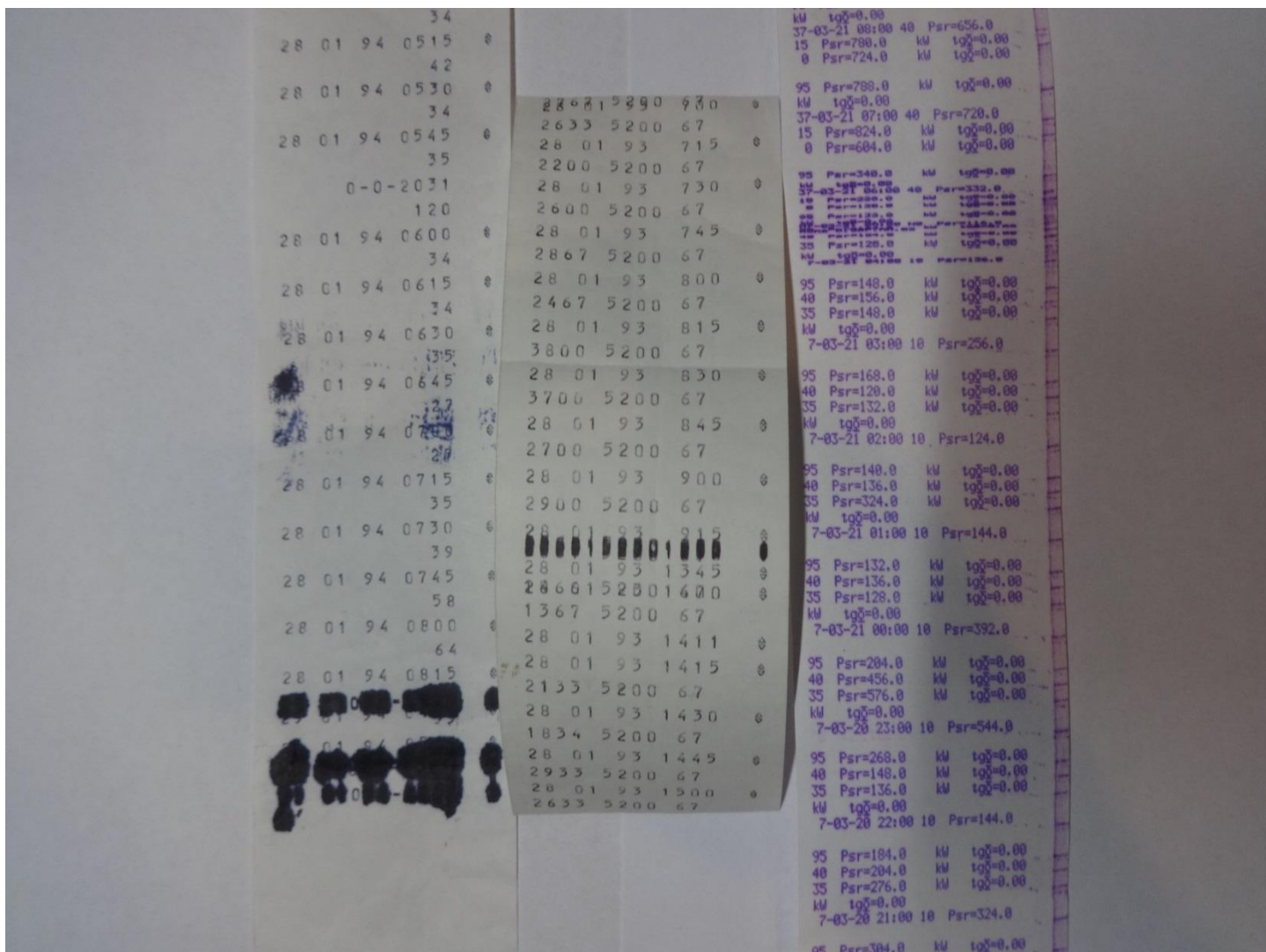
Przykładowa aparatura pomiarowo – rejestrująca – w przeszłości



Liczniki impulsowe (bez rejestrów)

Sumator z drukarką ⁶

Przykładowe zacięcia drukarki w urządzeniu pomiarowo - rejestrującym



Przykładowa aparatura pomiarowo-rejestrująca - współcześnie



Wykorzystano karty katalogowe firm: APATOR (Toruń) oraz POZYTON (Częstochowa)

Sposoby uzupełniania (inputacji) brakujących danych

Istnieje bardzo obszerna literatura na temat metod uzupełniania brakujących danych (do bardzo różnych zastosowań).

Uwzględniając specyfikę zbiorów danych o procesach zapotrzebowania na moc zdecydowano się na:

Stosowanie odpowiedniej procedury uśredniania w zależności od liczności braków i miejsca ich występowania w szeregu czasowym.

Uzupełnianie luk wartościami zachowującymi trend zauważany w danych istniejących.

Wykorzystywanie doświadczeń zdobytych przy pracy z danymi z poprzednich okresów (np. lat).

Ilustracja procedury uzupełniania brakujących danych średnią z sąsiednich komórek

Data		0:15	0:30	0:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45
2025-01-01	Śr	13758	13941	13556	13514	13887	13977	13838	13687	13525	13501	13285
2025-01-02	Cz	13106	12924	12843	12761	12789	12714	12676	12569	12621	12555	12571
2025-01-03	Pt	16140	15924	15776	15540	15516	15230	15370	15156	15099	15101	14938
2025-01-04	So	16985	16641	16520	16407	16186	15937	15743	15706	15708	15582	15384
2025-01-05	Nd	16255	15998	15888	15620	15625	15458	15144	15061	15103	15012	14854
2025-01-06	Pn	15497	15338	15234	14951	14794	14870	14716	14613	14491	14591	14395
2025-01-07	Wt	15337	15227	15242	15026	14931	14970	14901	14809	14633	14796	14671
2025-01-08	Śr	16905	16885	16631	16448	16285		16133	15937	16114	15793	16031
2025-01-09	Cz	17514	17271	16878	16825	16725	16550	16313	16237	16235	16086	16375
2025-01-10	Pt	17161	17048	16770	16773	16500	16336	16134	16124	16021	16124	16042
2025-01-11	So	17699	17659	17318	17269	17158	17060	16853	16742	16725	16654	16666
2025-01-12	Nd	16241	15847	15719	15494	15548	15313	15184	15110	15019	14899	14826
2025-01-13	Pn	15625	15582	15309	15367	15021	15203	14978	14998	14954	14989	14894
2025-01-14	Wt	18233	18071	17818	17675	17589	17485	17461	17300	17105	17225	17167
2025-01-15	Śr	18124	18014	17624	17555	17454	17364	17264	17200	17158	17175	17017
2025-01-16	Cz	17774	17801	17457	17334	17395	17177	17079	16902	16840	16921	16712
2025-01-17	Pt	17868	17777	17586	17368	17293	17292	17037	16963	16844	16804	17059
2025-01-18	So	17884	17531	17351	17214	17216	17035	16756	16790	16703	16638	16547
2025-01-19	Nd	16275	15954	15841	15646	15517	15270	15270	15198	14989	15025	14938
2025-01-20	Pn	16220	15974	15909	15653	15811	15623	15591	15452	15417	15439	15527

Ilustracja procedury uzupełniania brakujących danych średnią z zawartości komórek z sąsiednich, odpowiednich dni tygodnia

Data		0:15	0:30	0:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30
2025-01-01	Śr	13758	13941	13556	13514	13887	13977	13838	13687	13525	13501
2025-01-02	Cz	13106	12924	12843	12761	12789	12714	12676	12569	12621	12555
2025-01-03	Pt	16140	15924	15776	15540	15516	15230	15370	15156	15099	15101
2025-01-04	So	16985	16641	16520	16407	16186	15937	15743	15706	15708	15582
2025-01-05	Nd	16255	15998	15888	15620	15625	15458	15144	15061	15103	15012
2025-01-06	Pn	15497	15338	15234	14951	14794	14870	14716	14613	14491	14591
2025-01-07	Wt	15337	15227	15242	15026	14931	14970	14901	14809	14633	14796
2025-01-08	Śr	16905	16885	16631	16448	16285	16230	16133	15937	16114	15793
2025-01-09	Cz	17514	17271	16878	16825	16725	16550	16313	16237	16235	16086
2025-01-10	Pt	17161	17048	16770	16773	16500	16336	16134	16124	16021	16124
2025-01-11	So	17699	17659	17318	17269		17060	16853	16742	16725	16654
2025-01-12	Nd	16241	15847	15719	15494		15313	15184	15110	15019	14899
2025-01-13	Pn	15625	15582	15309	15367		15203	14978	14998	14954	14989
2025-01-14	Wt	18233	18071	17818	17675	17589	17485	17461	17300	17105	17225
2025-01-15	Śr	18124	18014	17624	17555	17454	17364	17264	17200	17158	17175
2025-01-16	Cz	17774	17801	17457	17334	17395	17177	17079	16902	16840	16921
2025-01-17	Pt	17868	17777	17586	17368	17293	17292	17037	16963	16844	16804
2025-01-18	So	17884	17531	17351	17214	17216	17035	16756	16790	16703	16638
2025-01-19	Nd	16275	15954	15841	15646	15517	15270	15270	15198	14989	15025
2025-01-20	Pn	16220	15974	15909	15653	15811	15623	15591	15452	15417	15439
2025-01-21	Wt	17785	17667	17439	17190	17159	17038	16934	16854	16569	16854
2025-01-22	Śr	18106	17926	17713	17603	17610	17341	17268	17246	17013	17111
2025-01-23	Cz	18413	17969	17988	17657	17507	17351	17270	17255	17146	17079
2025-01-24	Pt	17752	17366	17344	17228	17097	16940	16760	16531	16410	16491
2025-01-25	So	17612	17260	17074	16984	16893	16616	16440	16321	16256	16050

Odstające dane

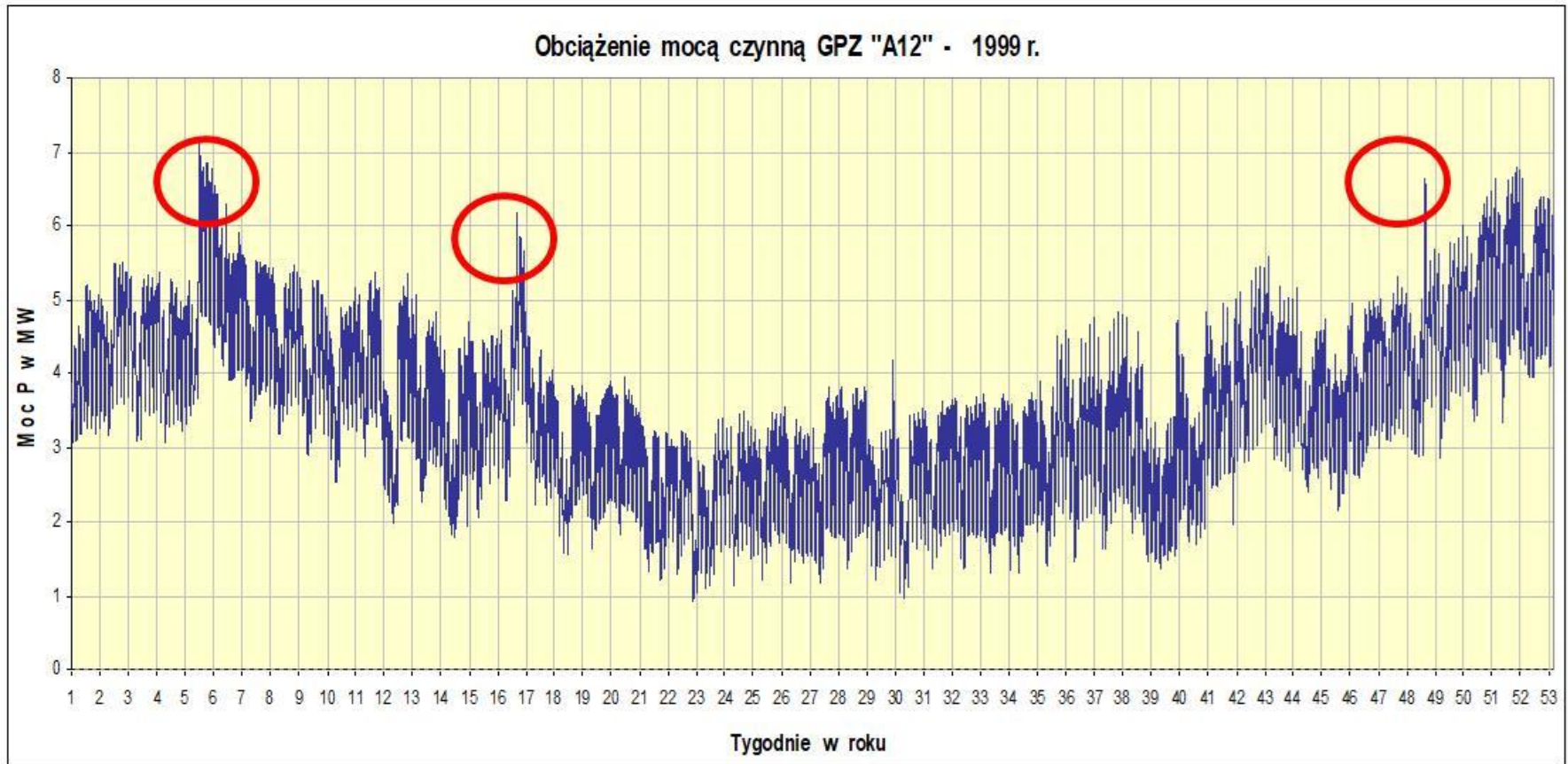
Przyczyny pojawiania się odstających wartości (danych):

- pojawianie się stanów awaryjnych (np. zanik napięcia) albo nienormalnych układ pracy sieci elektroenergetycznej,
- zła interpretacja przez system pomiarowy pewnych stanów specjalnych np. zmiana czasu,
- zakłócenia w aparaturze rejestrującej lub torach transmisji sygnałów.

Wymagana jest każdorazowo duża ostrożność przy dokonywaniu korekt.

Pochopne eliminowanie takich danych może istotnie zmniejszyć licznosc materiału statystycznego ale także mogą one nieść informację o innych procesach, nieistotnych z punktu widzenia prowadzonych badań,

Przykłady obciążenia stacji transformatorowo-rozdzielczej w stanach nienormalnych pracy sieci



Dane nadmiarowe

Tego typu dane mają dość unikalny charakter (w stosunku do innych badań statystycznych).

Dane nadmiarowe są efektem realizowania nadal, mimo zapowiedzi zaprzestania, zmiany czasu polegającej na cofaniu wskazówek zegara w październiku każdego roku.

Usuwanie nadmiarowych danych lub stosowanie specyficznej formy uśredniania zależy w pewnym stopniu od przyjętego interwału uśredniania.

Wagę problemu nieco marginalizuje fakt, że sytuacja dotyczy godzin późnonocnych, kiedy zwykle zapotrzebowanie na moc jest niższe i przyjmuje dość ustabilizowane wartości.

Dane tymczasowe

Tego typu dane pojawiają się w rejestrogramach sporządzanych na poziomie krajowych systemów elektroenergetycznych (ENTSO-E).

Pojawiają się tym częściej im bardziej rozbudowana jest struktura systemu ściągania danych do centralnej dyspozycji.

Zdarza się, że pewne odbiory są opomiarowane w stopniu mniej zautomatyzowanym od pozostałych i potrzeba więcej czasu na zbilansowanie zapotrzebowania na moc w skali całego systemu. Pojawianiu się takich sytuacji sprzyja skracanie interwału uśredniania do 15. minut a nawet 10. czy 3. minut.

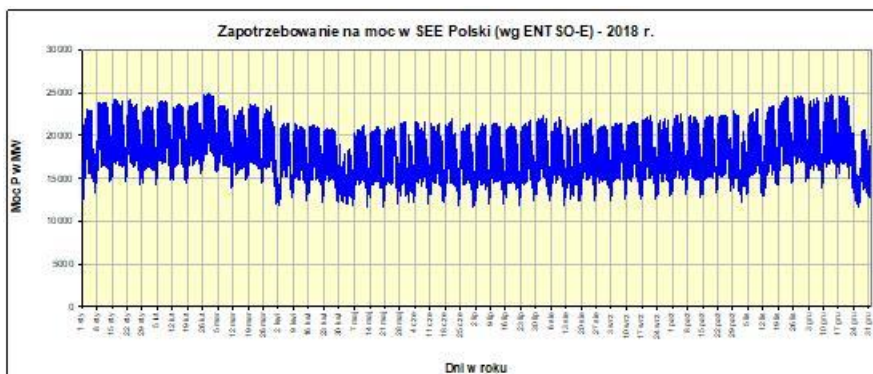
W konsekwencji dostępne wyniki pomiarów mają status danych tymczasowych i ich wartości są korygowane w późniejszych okresach, czasem dość długich (potrzeba jest czujności analityka danych).

Konwersja danych

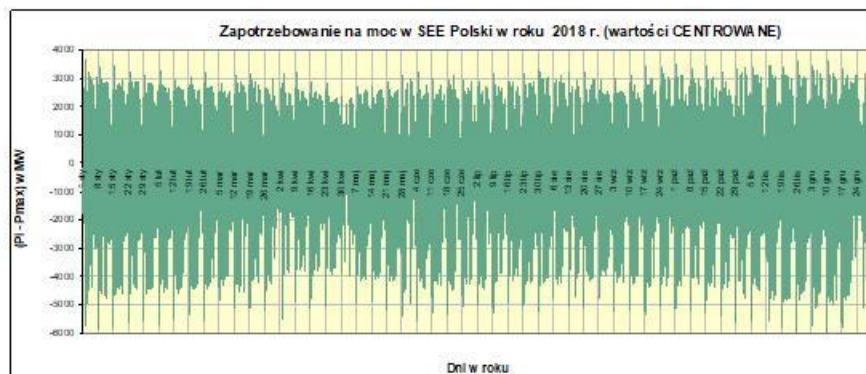
W praktyce przydatne są następujące rodzaje konwersji:

- redukowanie – jako odmiana normalizacji,
- centrowanie danych,
- prześrednianie danych – zmiana interwału uśredniania (np. w roku 2024 w KSE),
- transformacja Fouriera – przejście z dziedziny czasu do dziedziny częstotliwości,
- filtrowanie (eliminowanie) niektórych fragmentów szeregu (procesu) w celu uwidocznienia innych istotnych cech.

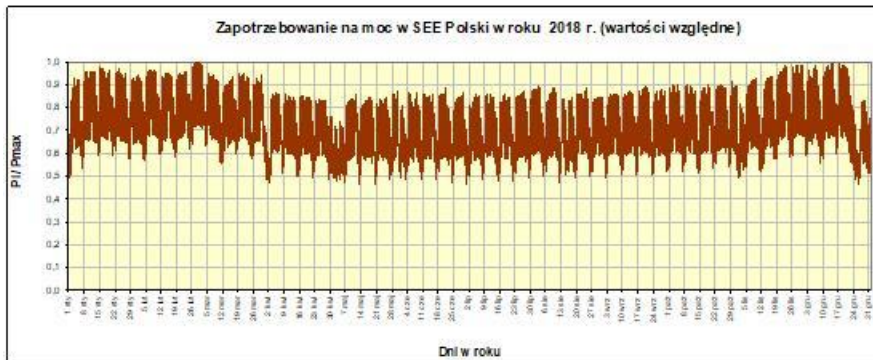
Przykłady wykresów z danymi poddanymi pewnym rodzajom konwersji



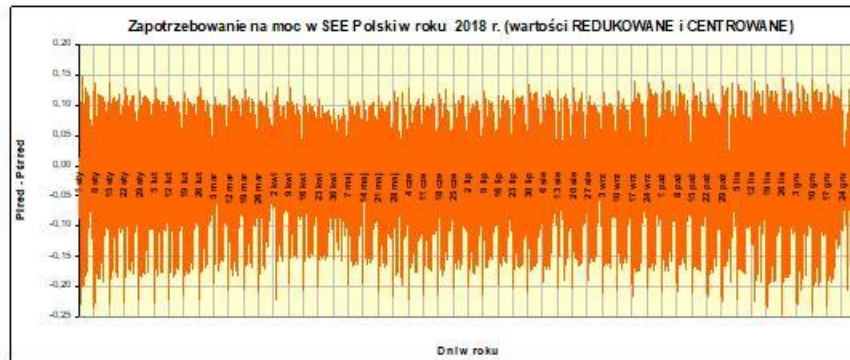
Kalendarzowy (chronologiczny), P_i w MW



Centrowany, $(P_i - P_{\text{śred}})$ w MW



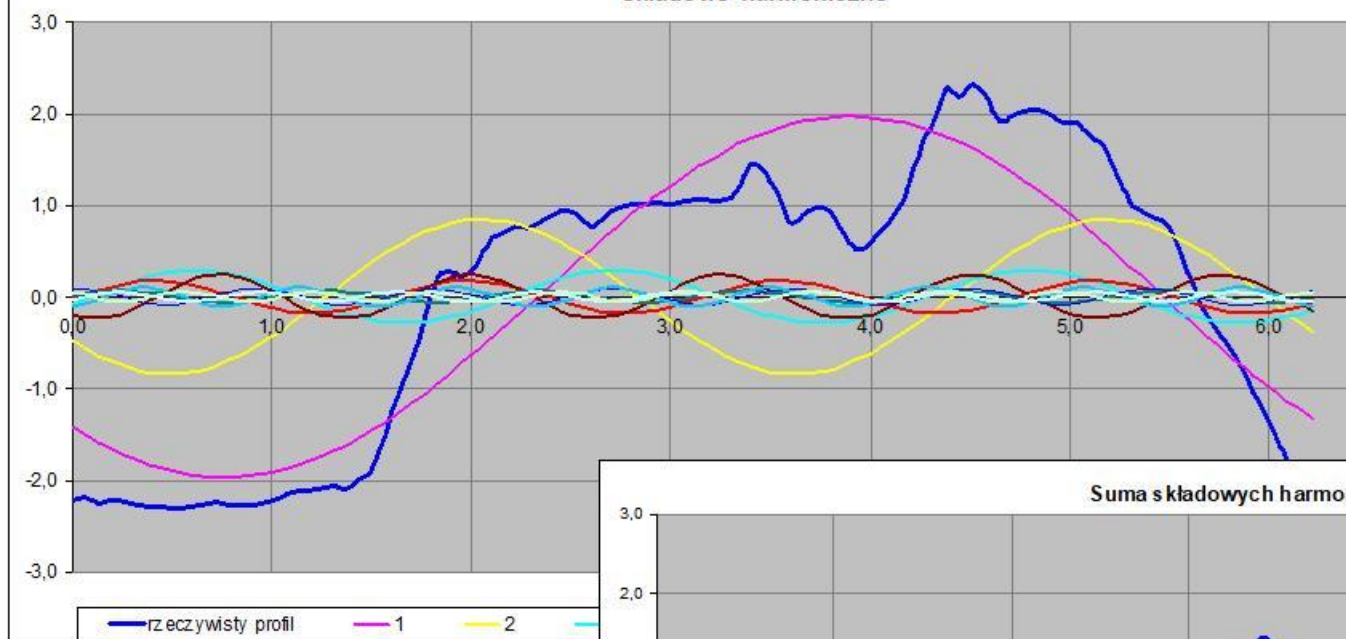
Zredukowany (przedział 0 – 1), P_i / P_{max}



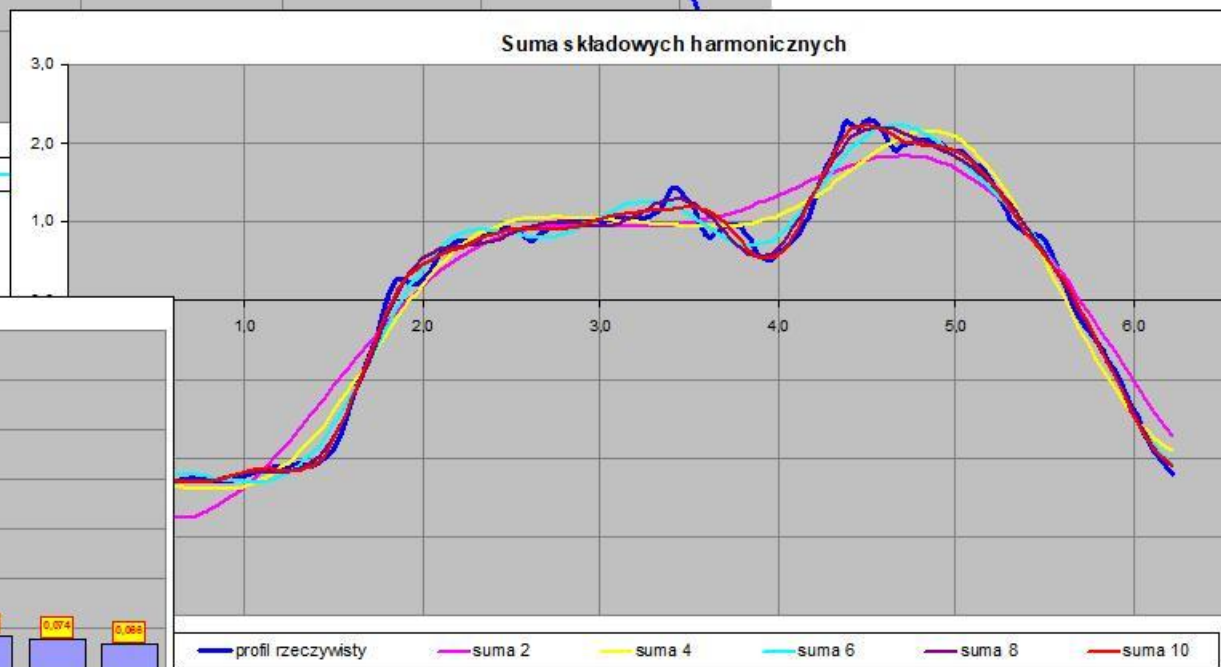
Zredukowany i Centrowany, $(P_i \text{ red} - P_{\text{śred red}})$

Profil rzeczywisty i harmoniczne

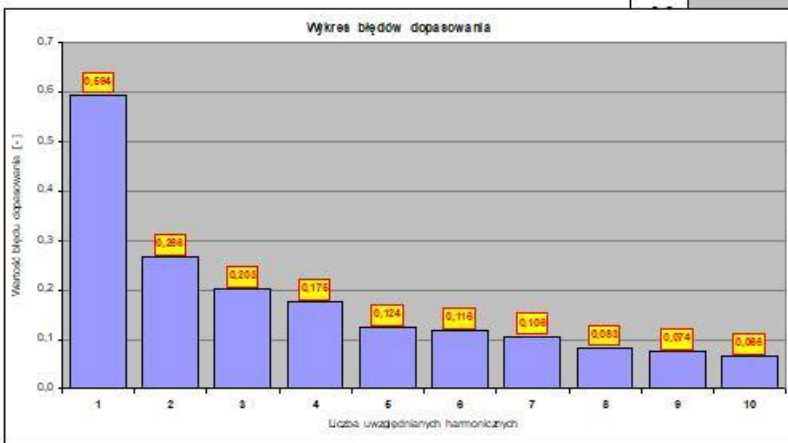
Składowe harmoniczne



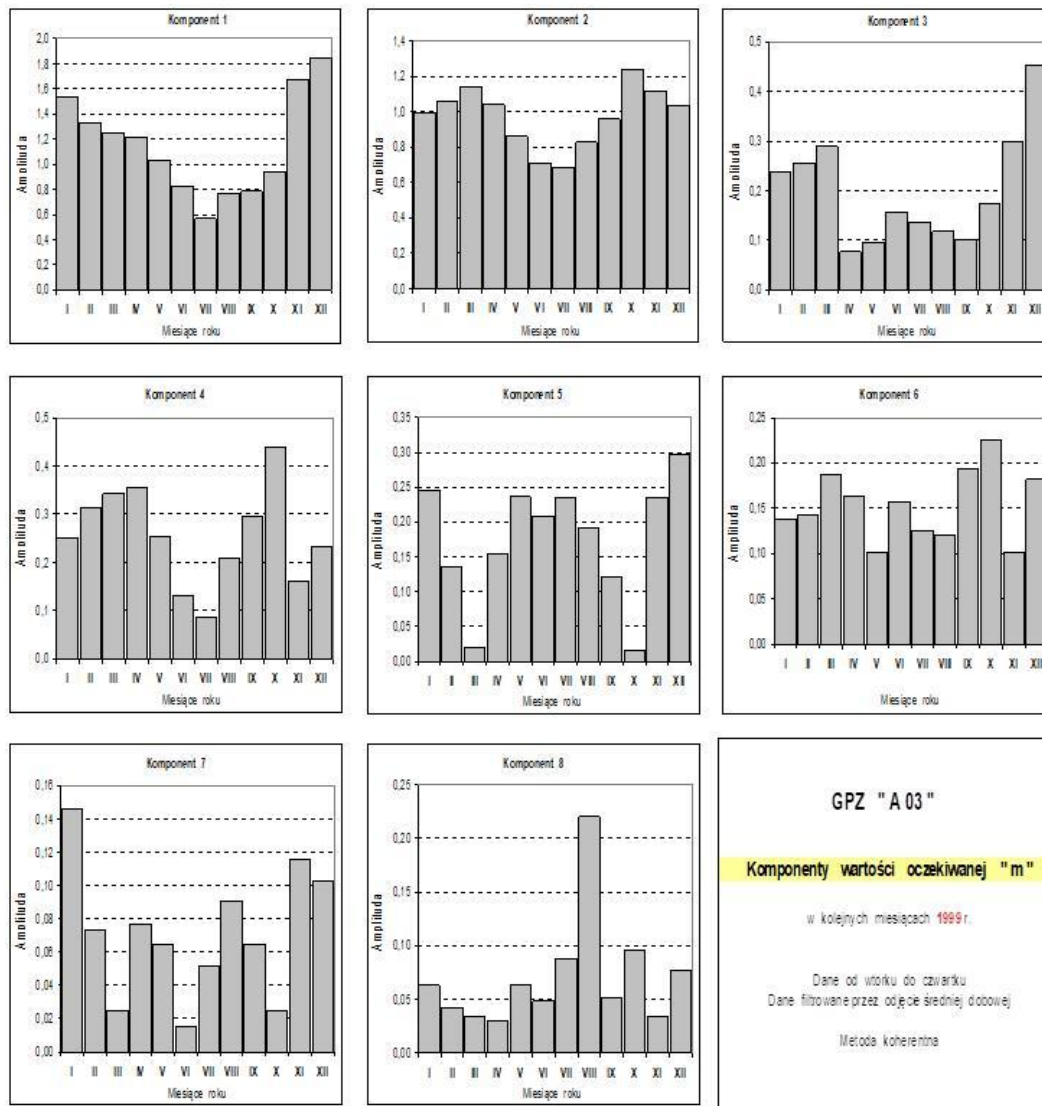
Suma składowych harmonicznych



Wykres błędów dopasowania



Przykładowe wyniki analizy harmonicznej rocznego profilu obciążenia wybranej stacji transformatorowo - rozdzielczej (**amplituda**)



GPZ "A 03"

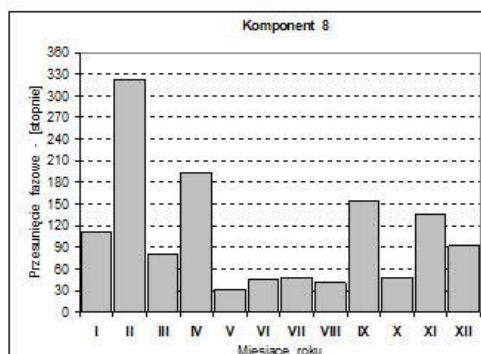
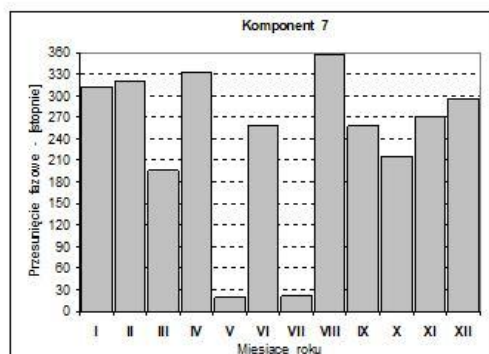
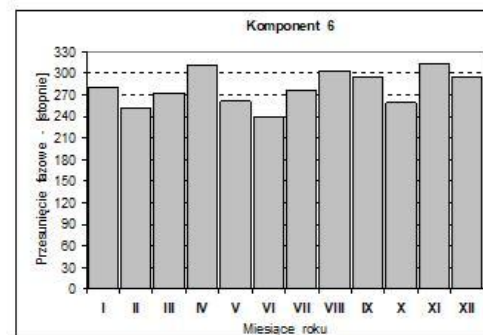
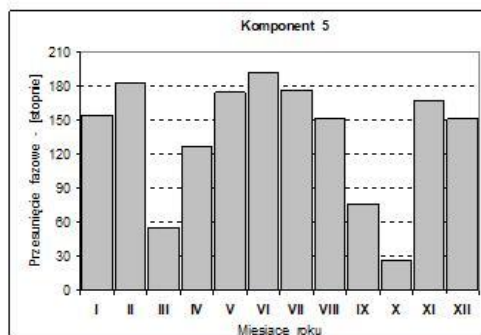
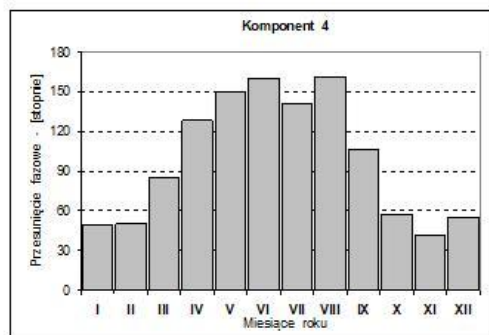
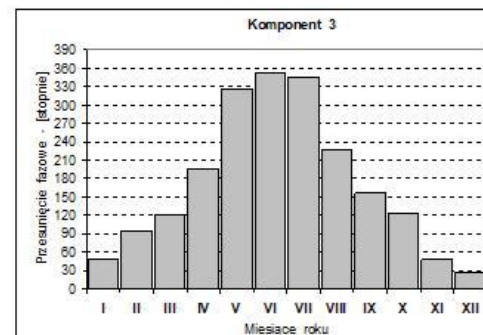
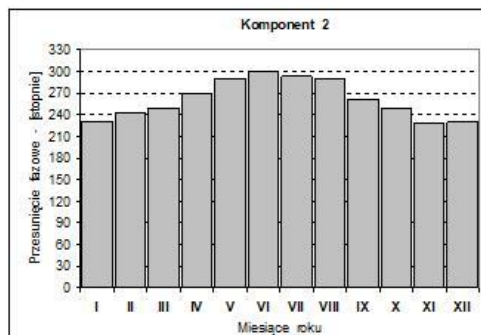
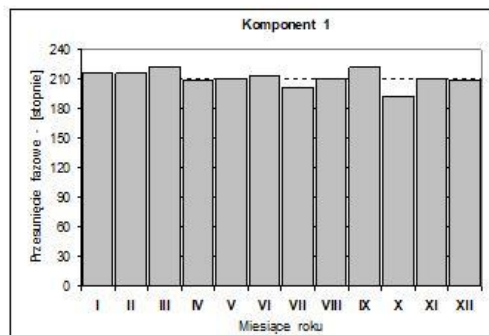
Komponenty wartości oczekiwanej "m"

w kolejnych miesiącach 1999 r.

Dane od wtorku do czwartku
Dane filtrowane przez odjęcie średniej dobowej

Metoda koherentna

Przykładowe wynik analizy harmonicznej rocznego profilu obciążenia wybranej stacji transformatorowo - rozdzielczej (faza początkowa)



GPZ " A 03 "

Przesunięcia fazowe " fi "
komponentów wartości oczekiwanej " m "

w kolejnych miesiącach 1999 r.
skorygowane

Dane od wtorku do czwartku
Dane fitrowane przez odjęcie średniej dobowej

Metoda koherentna

**Przykładowe nowe miary służące do ilościowej oceny
regularnej i fluktuacyjnej zmienności profili obciążenia elektroenergetycznego**

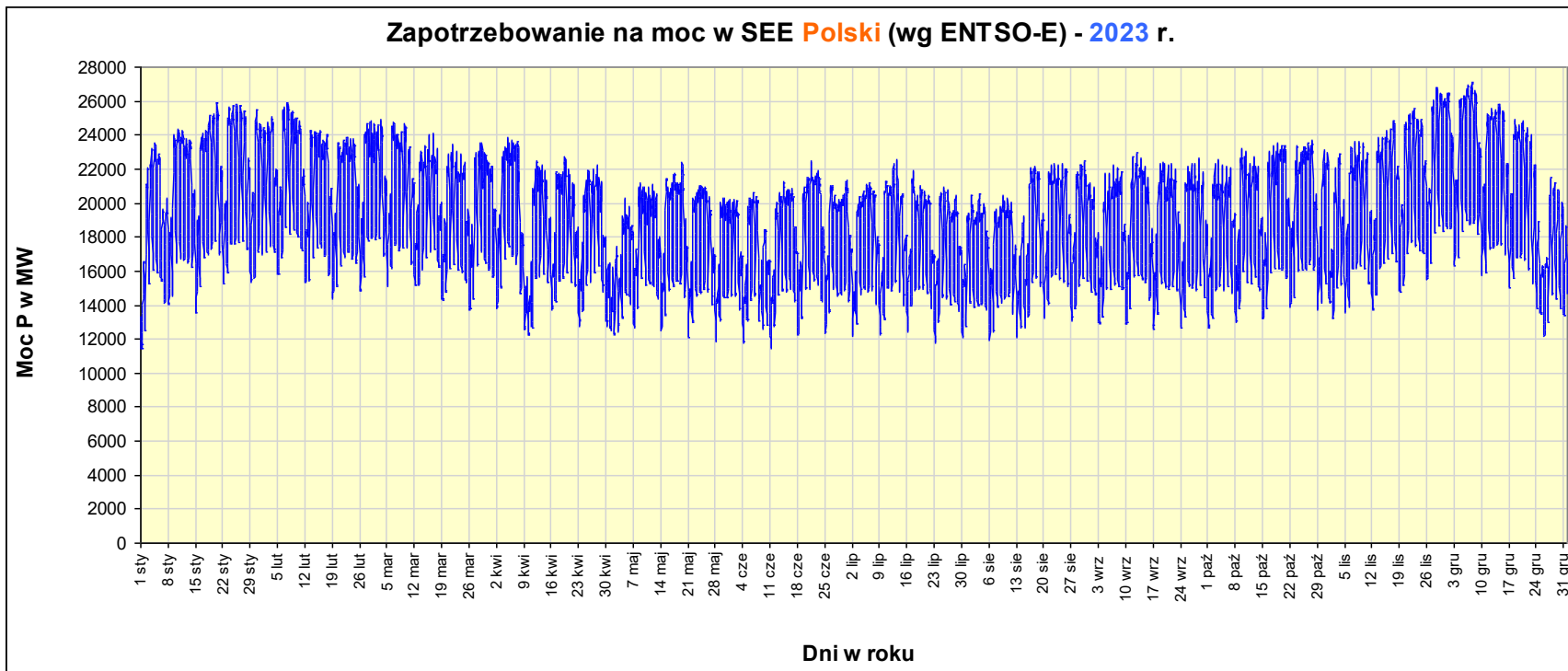
$$\alpha_m = \frac{2 \sum_{k=1}^{K_1} |m_k|^2}{m_0^2} ;$$

$$\alpha_V = \frac{2 \sum_{k=1}^{K_2} |V_k|}{V_0} ;$$

$$\alpha_{fl} = \frac{2 \sum_{k=1}^{K_1} |m_k|^2}{V_0} .$$

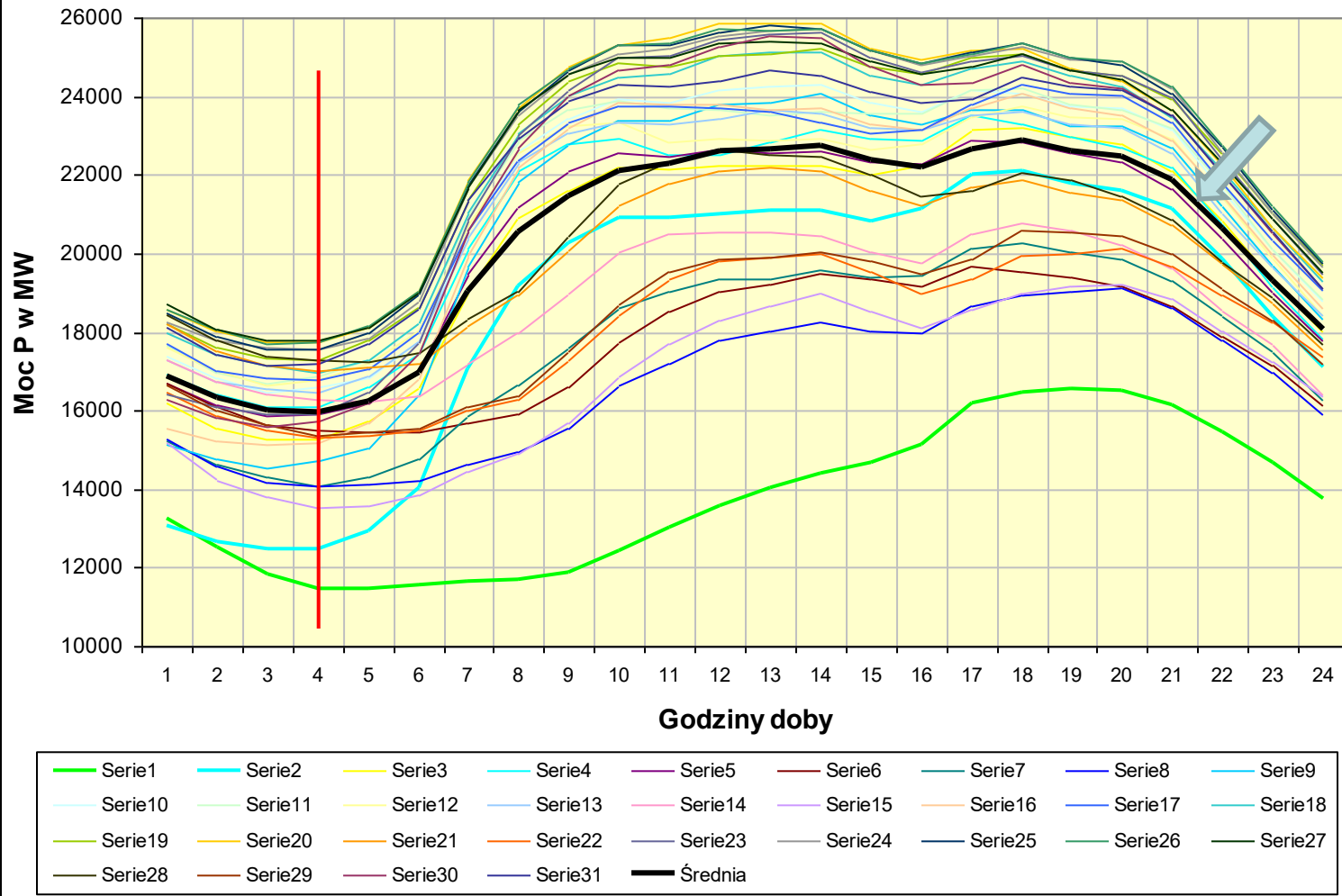
Oznaczenia: m_0 - komponent (składnik) zerowy rozłożenia w szereg Fouriera uśrednionego profilu dobowego,
 m_k - komponent k-ty rozłożenia w szereg Fouriera uśrednionego profilu dobowego,
 V_0 - komponent zerowy rozłożenia w szereg Fouriera profilu wariancji kolejnych profili w badanym okresie wokół profilu uśrednionego,
 V_k - komponent k-ty rozłożenia jak wyżej.

Profil roczny - SEE Polski (dane ze strony ENTSO-E)



Profile dobowe - SEE Polski (dane ze strony ENTSO-E)

Zapotrzebowanie na moc z SEE **Polski** (wg ENTSO-E)
w kolejnych dniach **stycznia 2023 r.**



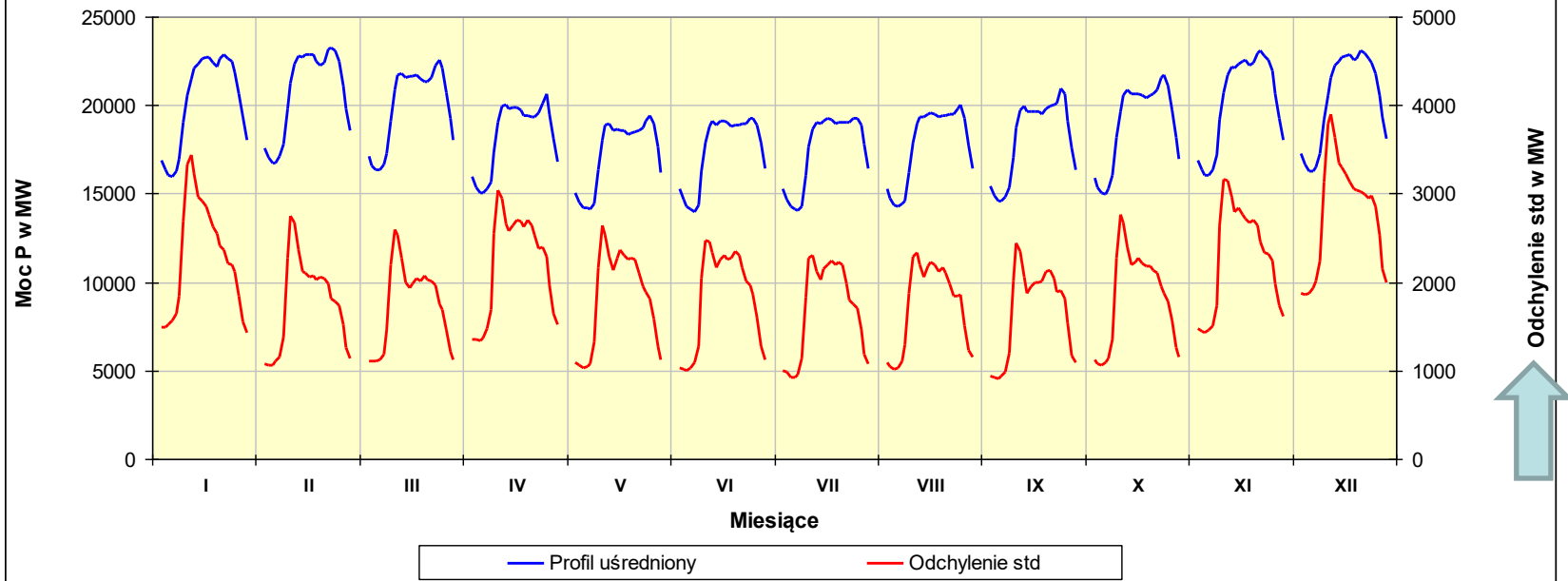
$$V = \sigma / P_{\text{śr}}$$

$$\sigma = \sqrt{D}$$

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{śr}})^2$$

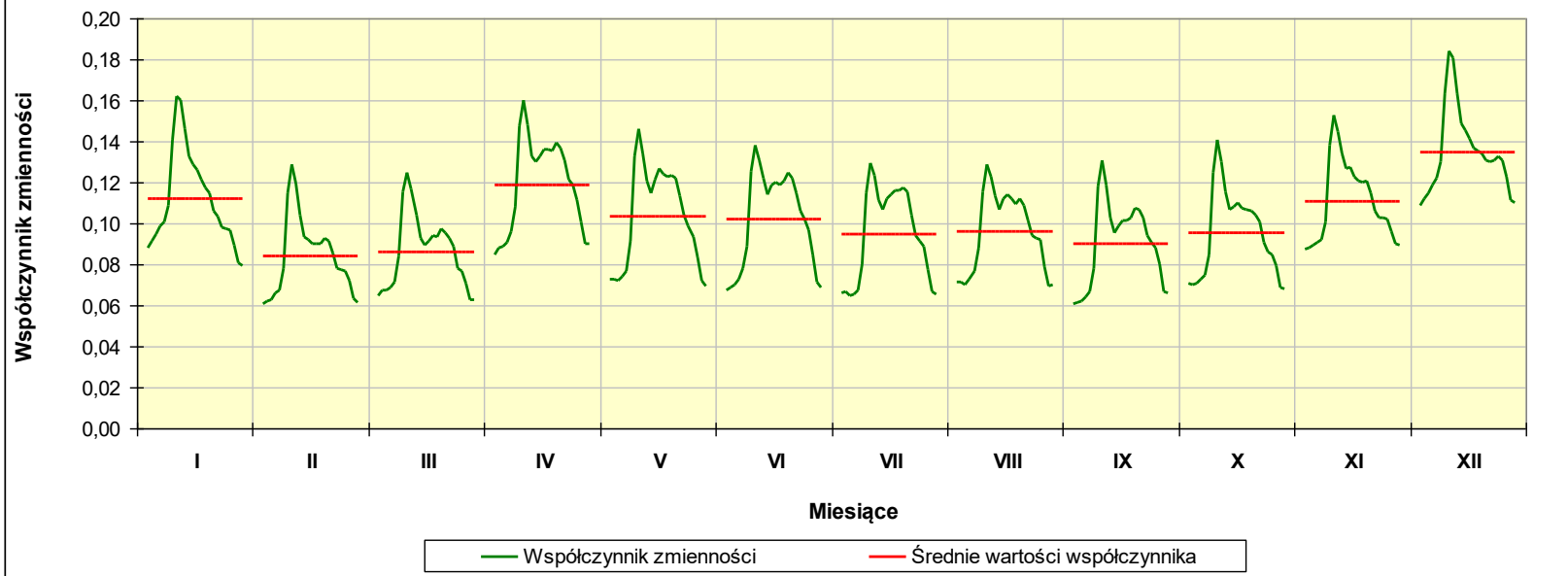
Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2023 r.

(wszystkie dni tygodnia)



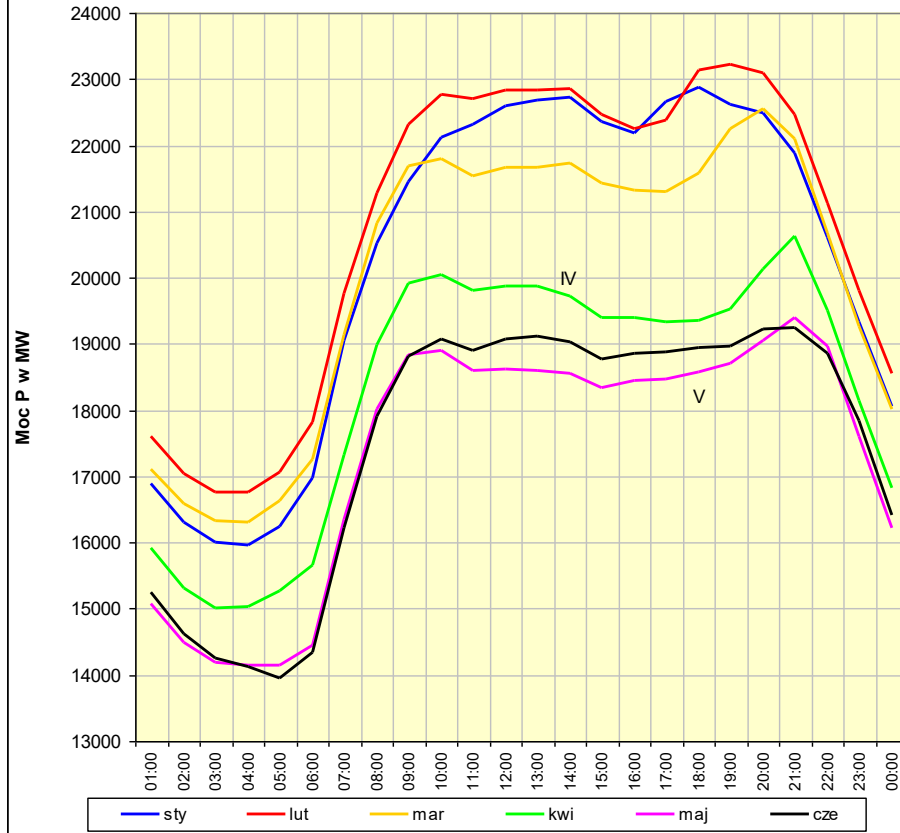
Dobowe przebiegi współczynnika zmienności w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2023 r.

(wszystkie dni tygodnia)

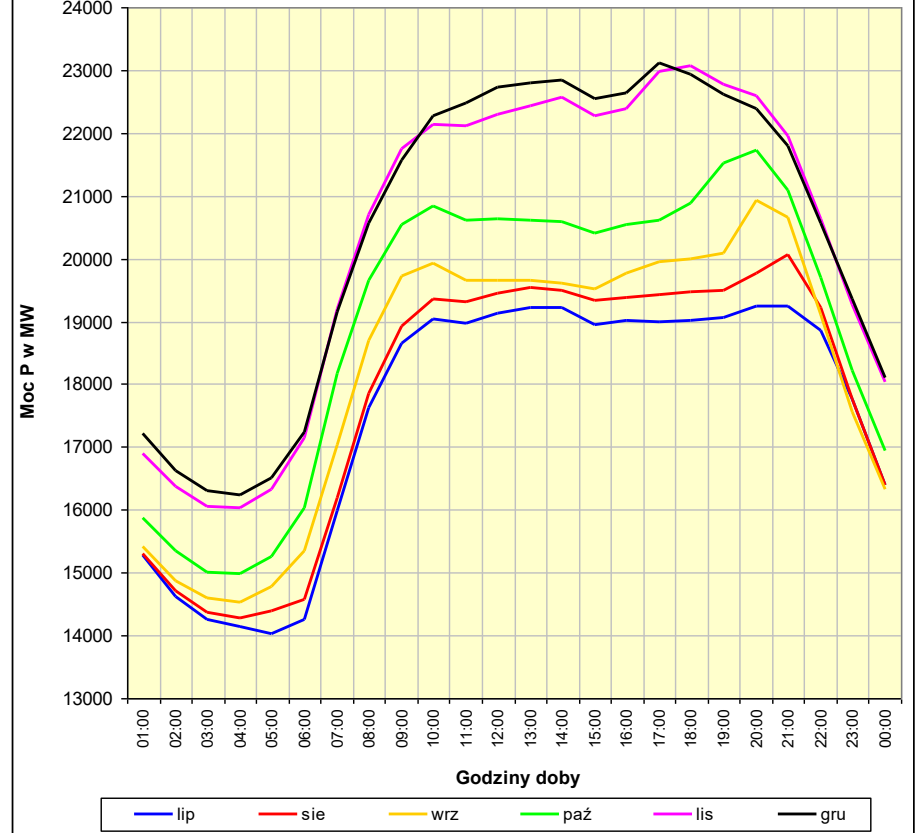


Uśrednione profile dobowe - SEE Polski (dane ze strony ENTSO-E)

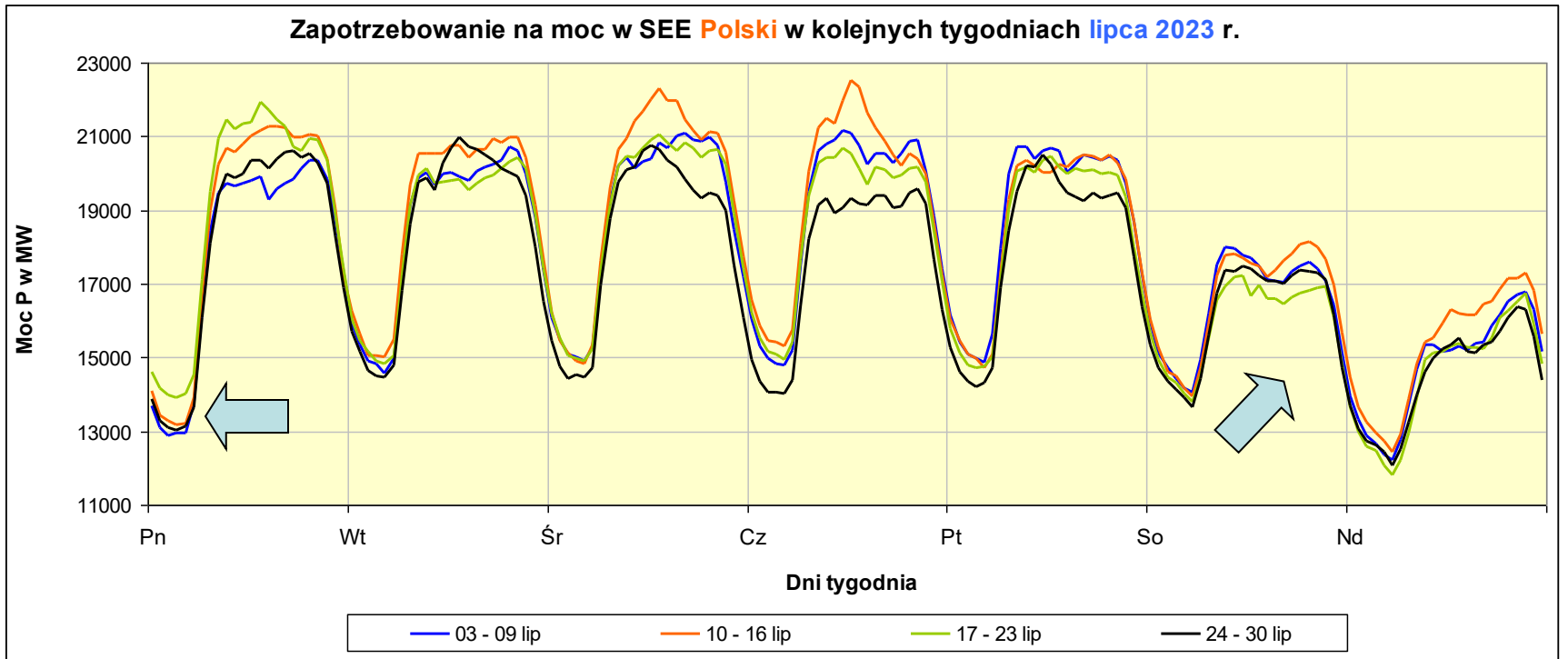
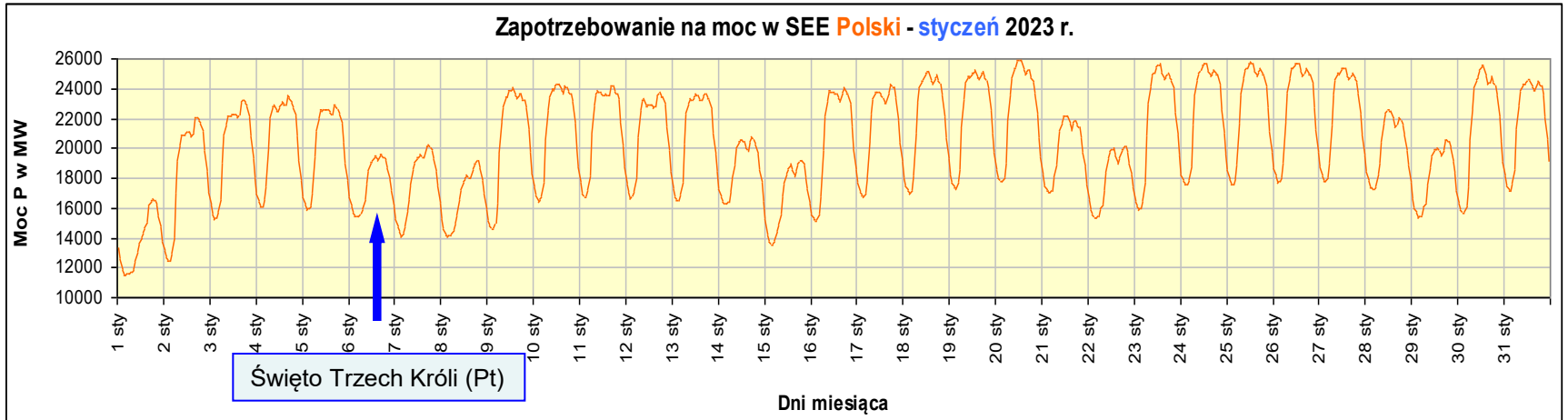
Uśrednione dobowe profile zapotrzebowania na moc
w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2023 r.
(wszystkie dni tygodnia)



Uśrednione dobowe profile zapotrzebowania na moc
w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2023 r.
(wszystkie dni tygodnia)



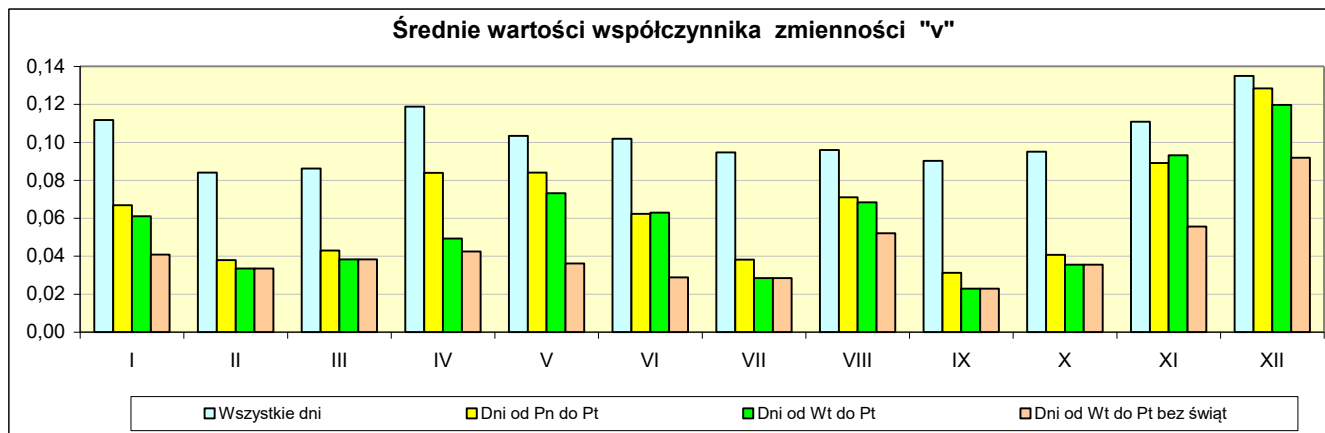
Profil miesięczny i tygodniowy SEE Polski (dane ze strony ENTSO-E)



SEE Polski 2023 r. (wg ENTSO-E) - Współczynnik zmienności $v = \sigma/P\acute{s}r$

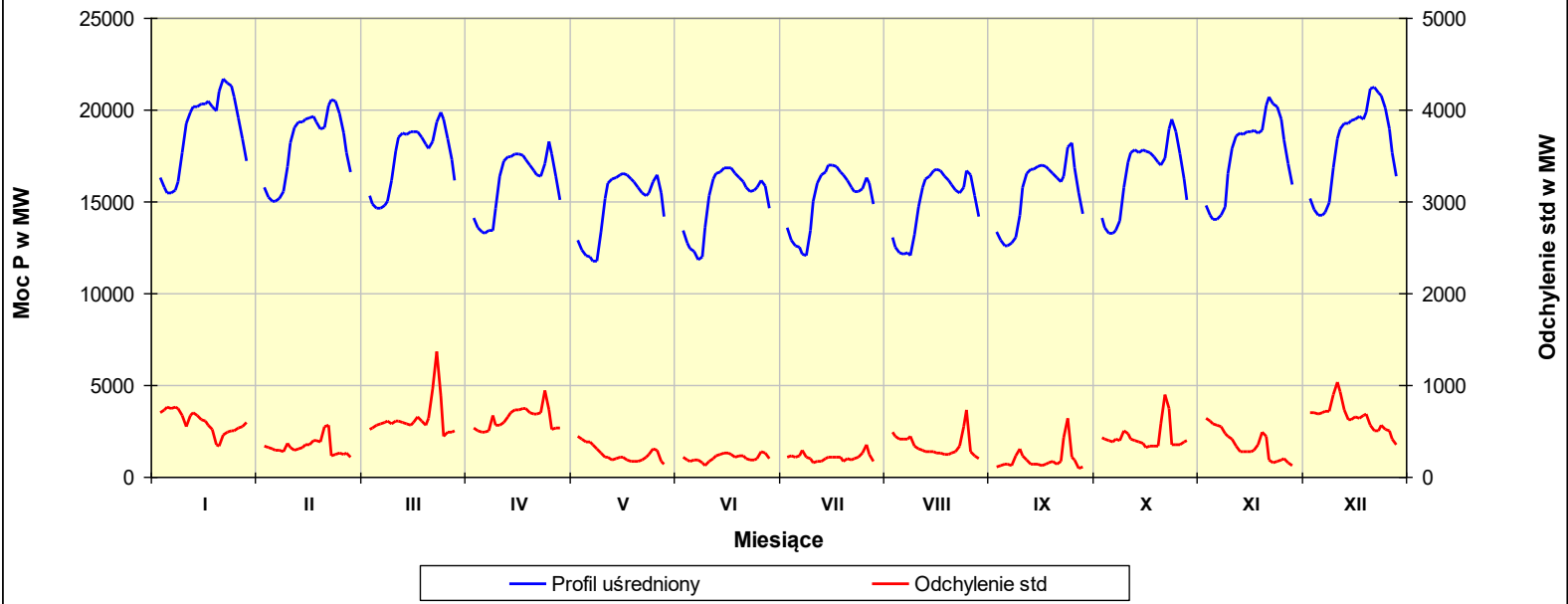
Wariant rozpatrywanych dni	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wszystkie dni tygodnia	0,1117	0,0840	0,0862	0,1188	0,1034	0,1019	0,0947	0,0959	0,0902	0,0950	0,1108	0,1349
Dni od Pn do Pt	0,0668	0,0379	0,0429	0,0839	0,0840	0,0623	0,0382	0,0710	0,0312	0,0407	0,0891	0,1284
Dni od Wt do Pt	0,0610	0,0335	0,0383	0,0493	0,0731	0,0629	0,0284	0,0683	0,0229	0,0355	0,0931	0,1196
Dni od Wt do Pt bez dni anomalnych	0,0408	0,0335	0,0383	0,0424	0,0362	0,0288	0,0284	0,0521	0,0229	0,0355	0,0556	0,0918

$$V = \sigma / P\acute{s}r$$



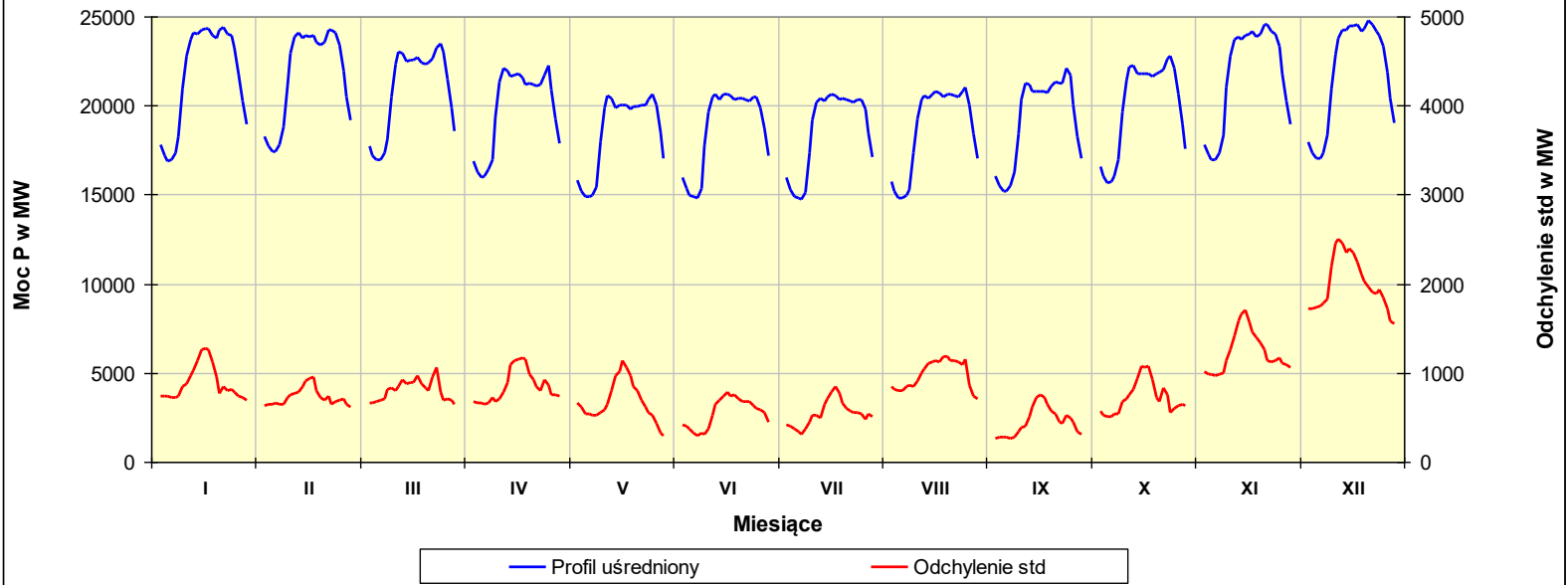
Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2006 r.

(dni tygodnia od Wt do Pt bez anomalnych)



Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2023 r.

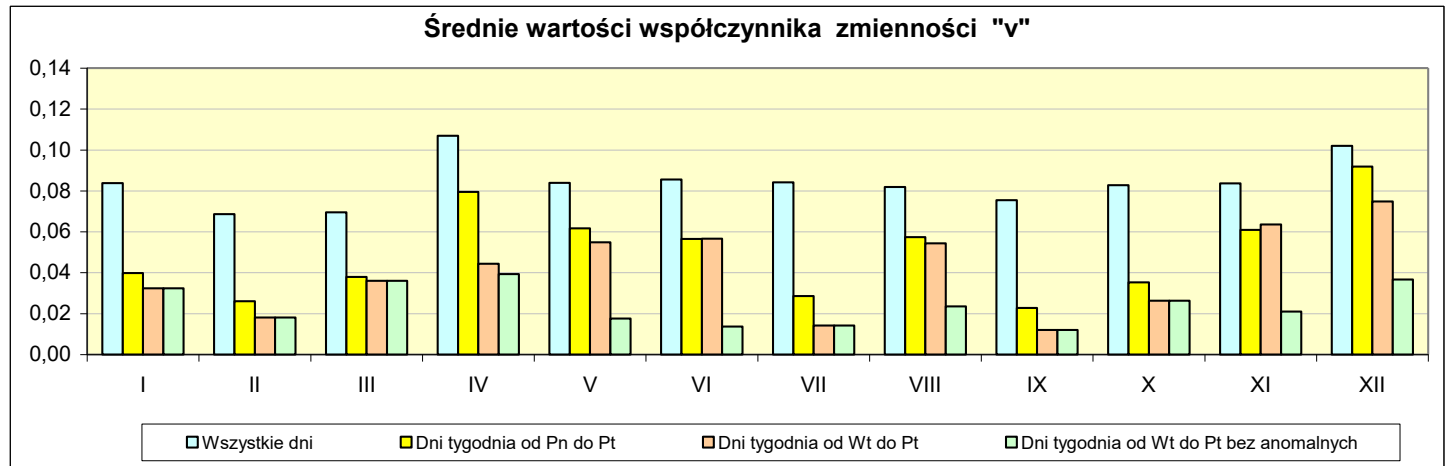
(dni tygodnia od Wt do Pt bez dni anomalnych)





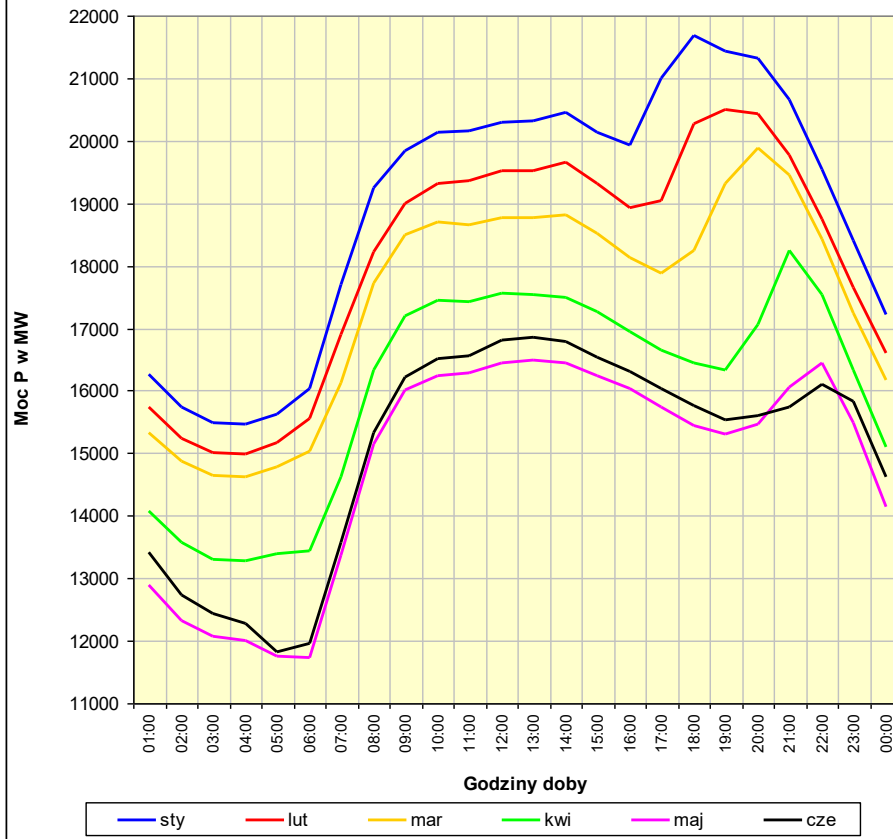
SEE Polski 2006 r. (wg UCTE) - Współczynnik zmienności $v = \sigma/P\bar{s}r$

Wariant rozpatrywanych dni	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wszystkie dni tygodnia	0,0838	0,0686	0,0695	0,1069	0,0838	0,0855	0,0842	0,0819	0,0754	0,0828	0,0837	0,1020
Dni od Pn do Pt	0,0398	0,0260	0,0380	0,0794	0,0616	0,0565	0,0285	0,0574	0,0227	0,0352	0,0609	0,0919
Dni od Wt do Pt	0,0324	0,0181	0,0360	0,0444	0,0549	0,0566	0,0142	0,0543	0,0120	0,0262	0,0635	0,0748
Dni od Wt do Pt bez świąt i dni okołoswiąt	0,0324	0,0181	0,0360	0,0394	0,0175	0,0137	0,0142	0,0235	0,0120	0,0262	0,0210	0,0366

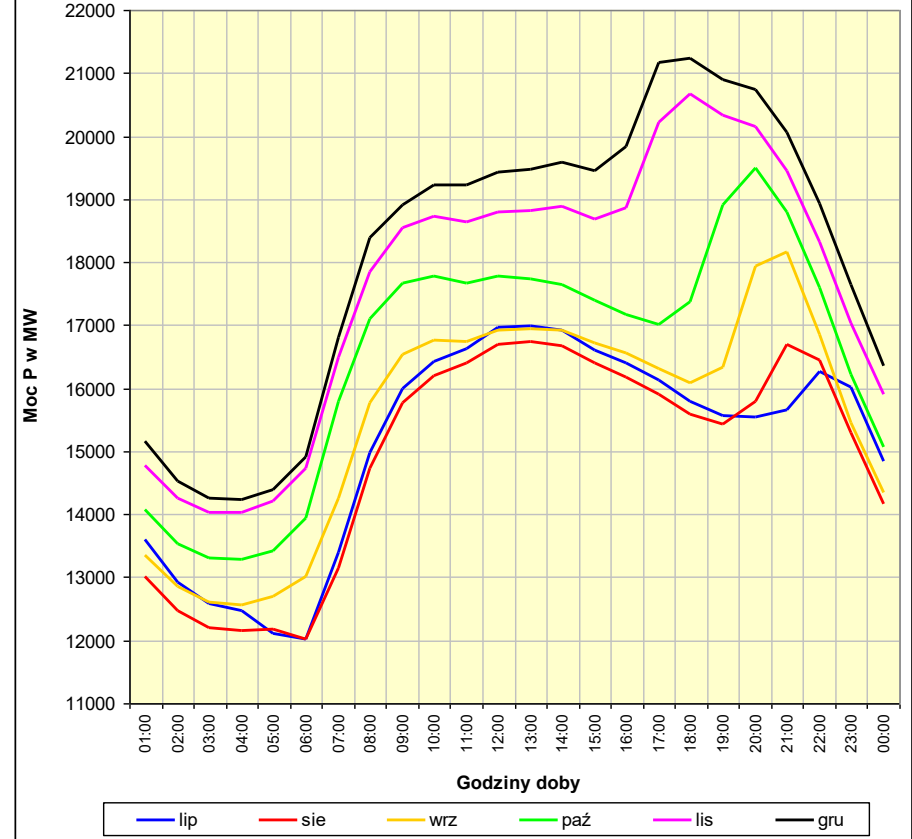


Mniejsze wartości współczynnika zmienności w porównaniu z rokiem 2023

**Uśrednione dobowe profile zapotrzebowania na moc
w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2006 r.**
(dni tygodnia od Wt do Pt bez anomalnych)



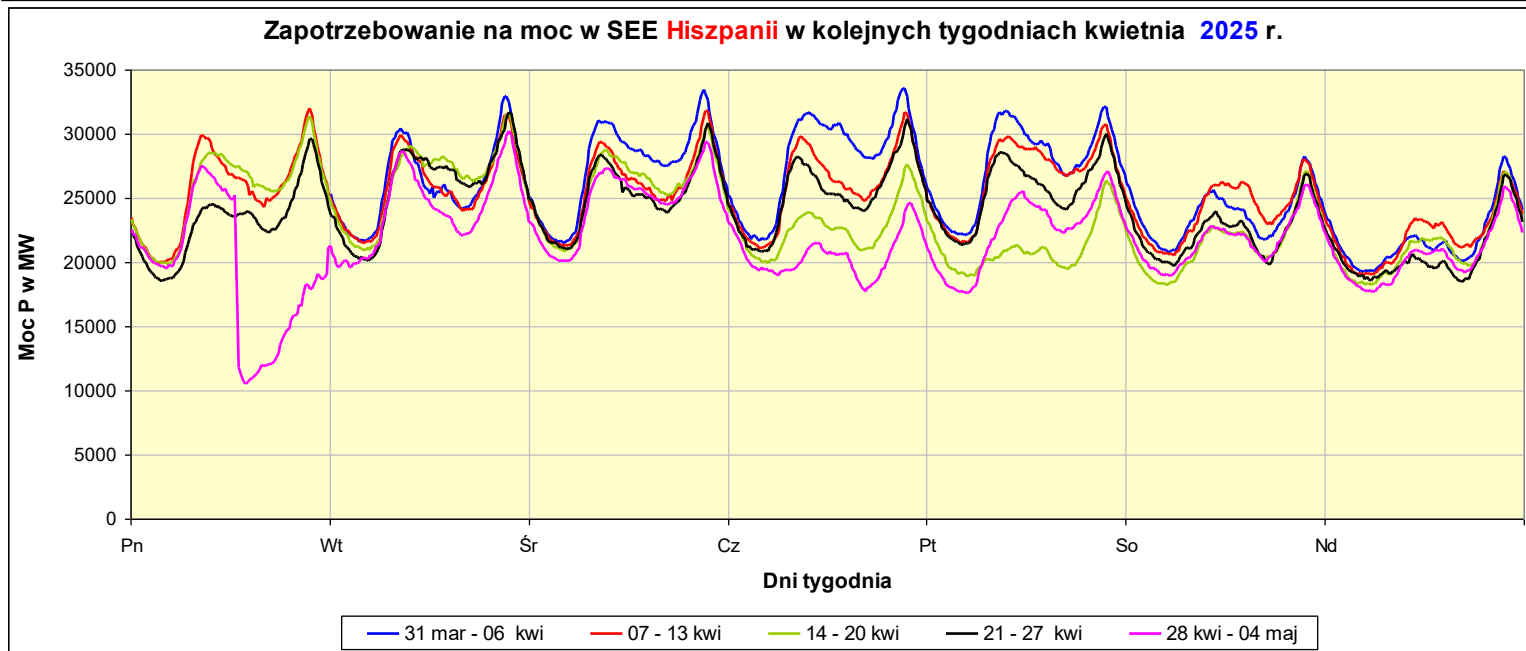
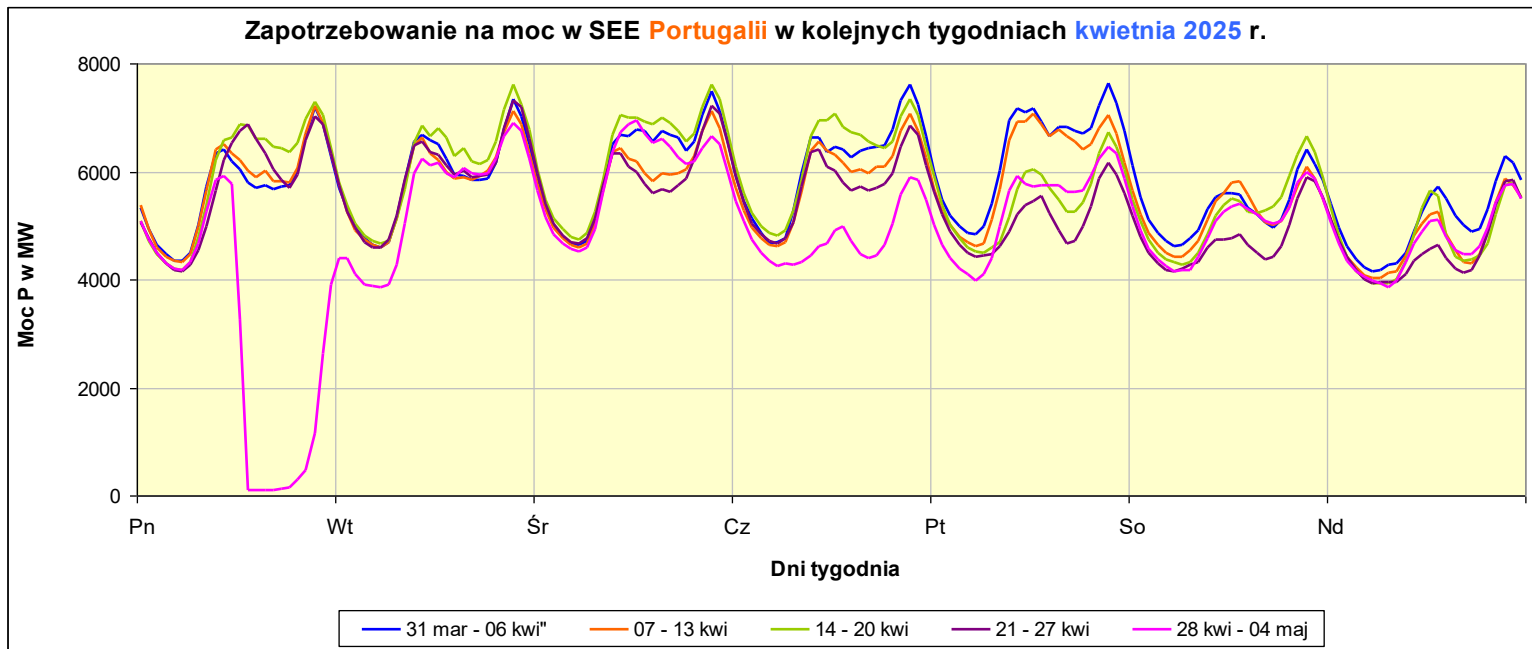
**Uśrednione dobowe profile zapotrzebowania na moc
w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2006 r.**
(dni tygodnia od Wt do Pt bez anomalnych)



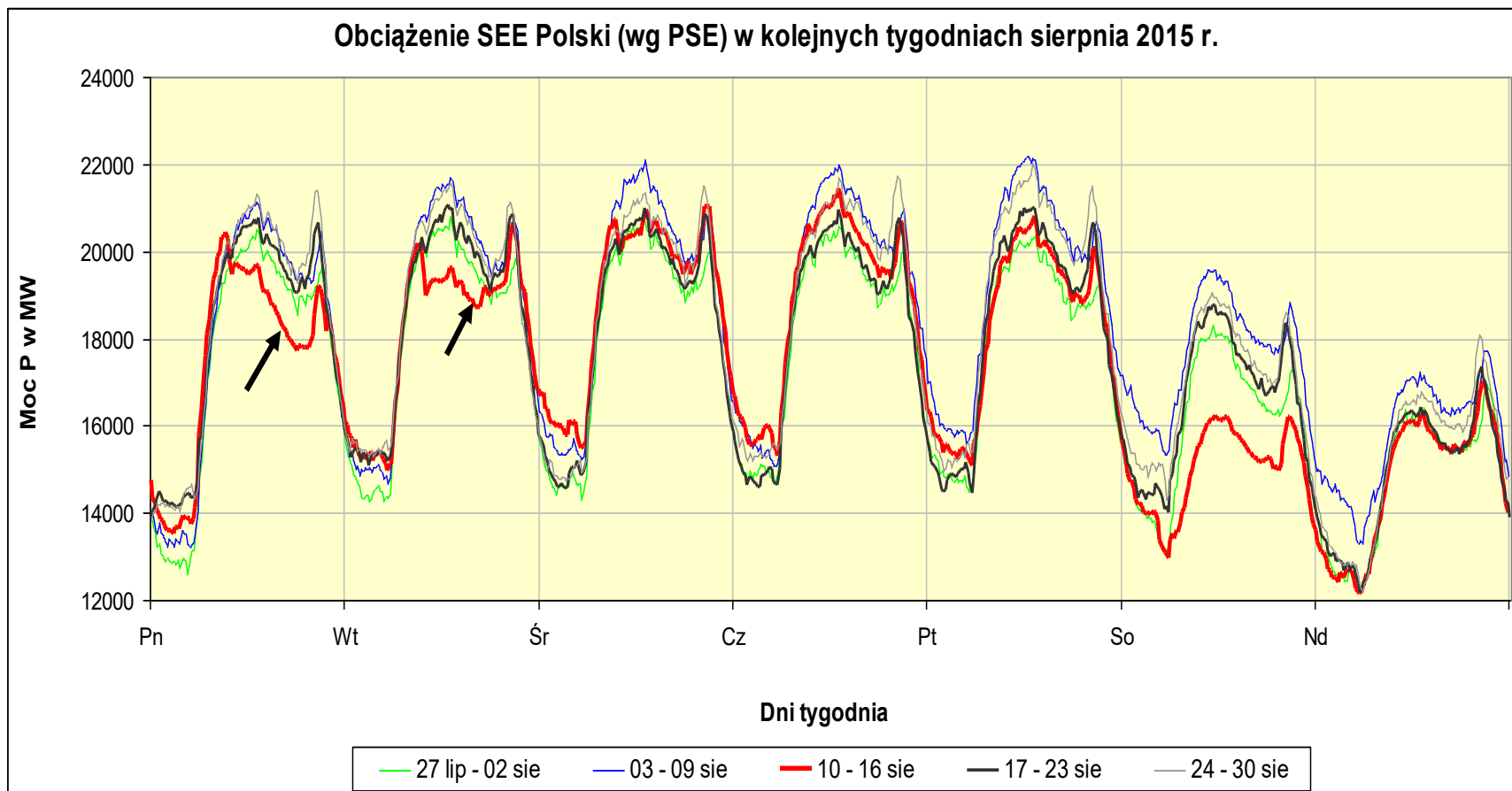
Wyraźniejsze migrowanie szczytu wieczornego w kolejnych miesiącach roku

**Przykładowe sytuacje zdarzeń anomalnych
prowadzących do incydentalnych zmian kształtu profili dobowych**

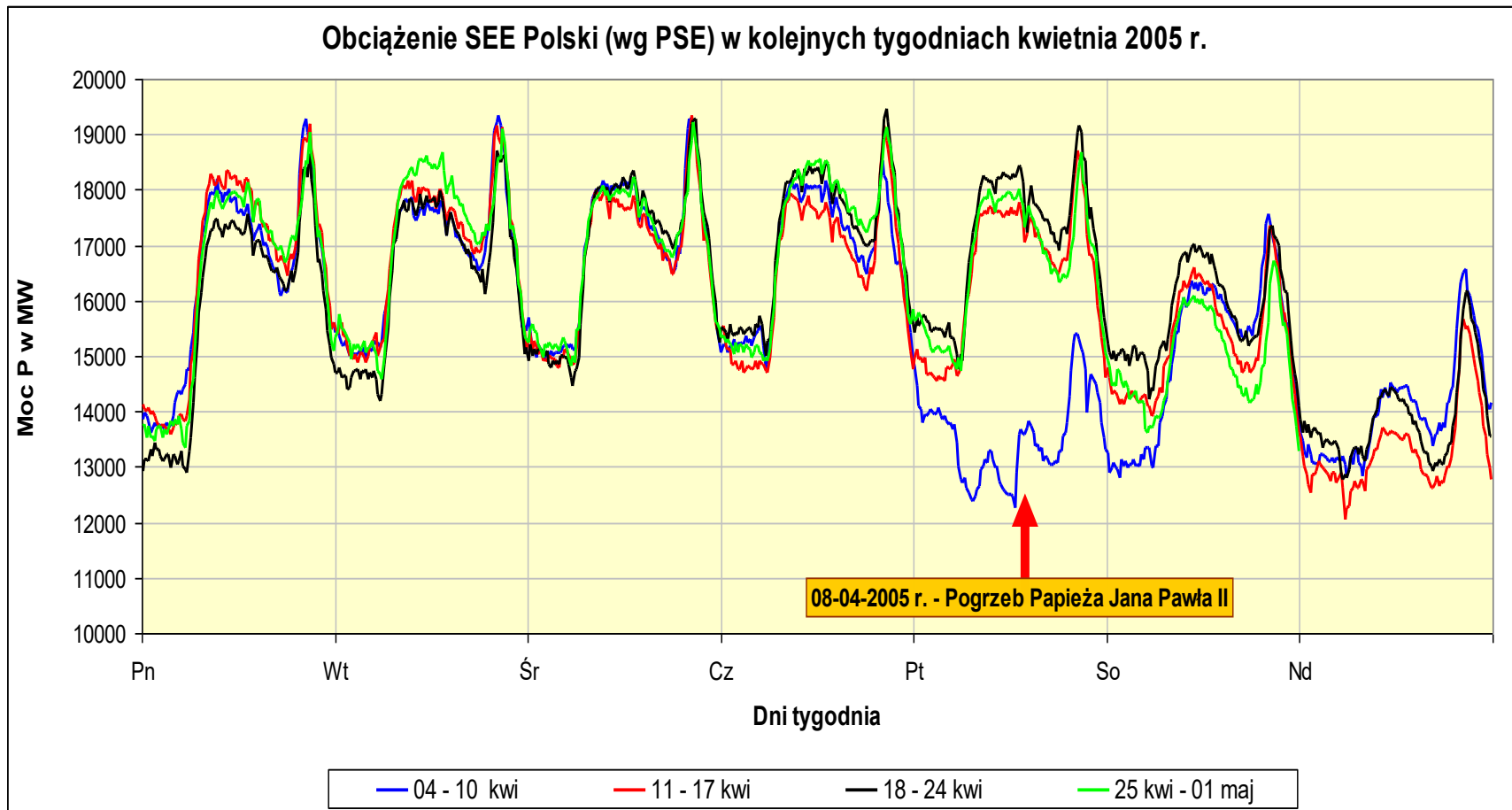
Blackout 28 kwietnia 2025 r. – Portugalia, Hiszpania (wg ENTSO-E)



Deficyt mocy (stopnie zasilania 19 i 20) – 10. i 11. sierpnia 2015 r.



Pogrzeb Papieża Jana Pawła 2



Podsumowanie

- Nowoczesne konstrukcje aparatury pomiarowo–rejestrującej (cyfrowe liczniki energii elektrycznej oraz systemy monitorujące) umożliwiają dokonywanie bardzo licznych pomiarów pobranej energii, zapotrzebowanej mocy i innych wielkości elektrycznych, a następnie ich zgromadzenie lub przesłanie do odpowiednich baz danych
- Pozyskane dane wymagają często licznych zabiegów w celu zwiększenia ich przydatności i stworzenia możliwości dalszego ich przetwarzania z wykorzystaniem systemów informatycznych,
- Dostępność i obszerność gromadzonych danych skłania lub wręcz wymusza zmianę sposobu podejścia do sposobu i zakresu ich analizy, w celu pozyskania nowych informacji oraz wiedzy na temat procesów związanych z przesyłaniem i konsumowaniem energii elektrycznej a także ciepła, gazu. ...

dane – informacja – wiedza - mądrość

- W prezentacji pokazano możliwości pozyskiwania, weryfikowania oraz analizowania danych między innymi na szczeblu krajowych systemów elektroenergetycznych, w celu zapewnienia ich sprawnego funkcjonowania i niezbędnego, racjonalnego rozwoju



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**

Wydział Telekomunikacji,
Informatyki i Elektrotechniki

Oddział Bydgoski SEP
im. prof. A. Hoffmanna



Dziękuję za uwagę

Włodzimierz Bieliński

bielin@pbs.edu.pl

Konferencja

SZACOWANIE I PROGNOZOWANIE W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

Warszawa, 22-23 kwietnia 2026 r.