



Charakterystyka procesów zapotrzebowania na moc w wybranych krajowych systemach elektroenergetycznych

Włodzimierz Bieliński

bielin@utp.edu.pl

Referat na

XXV Konferencję Naukowo-Techniczną

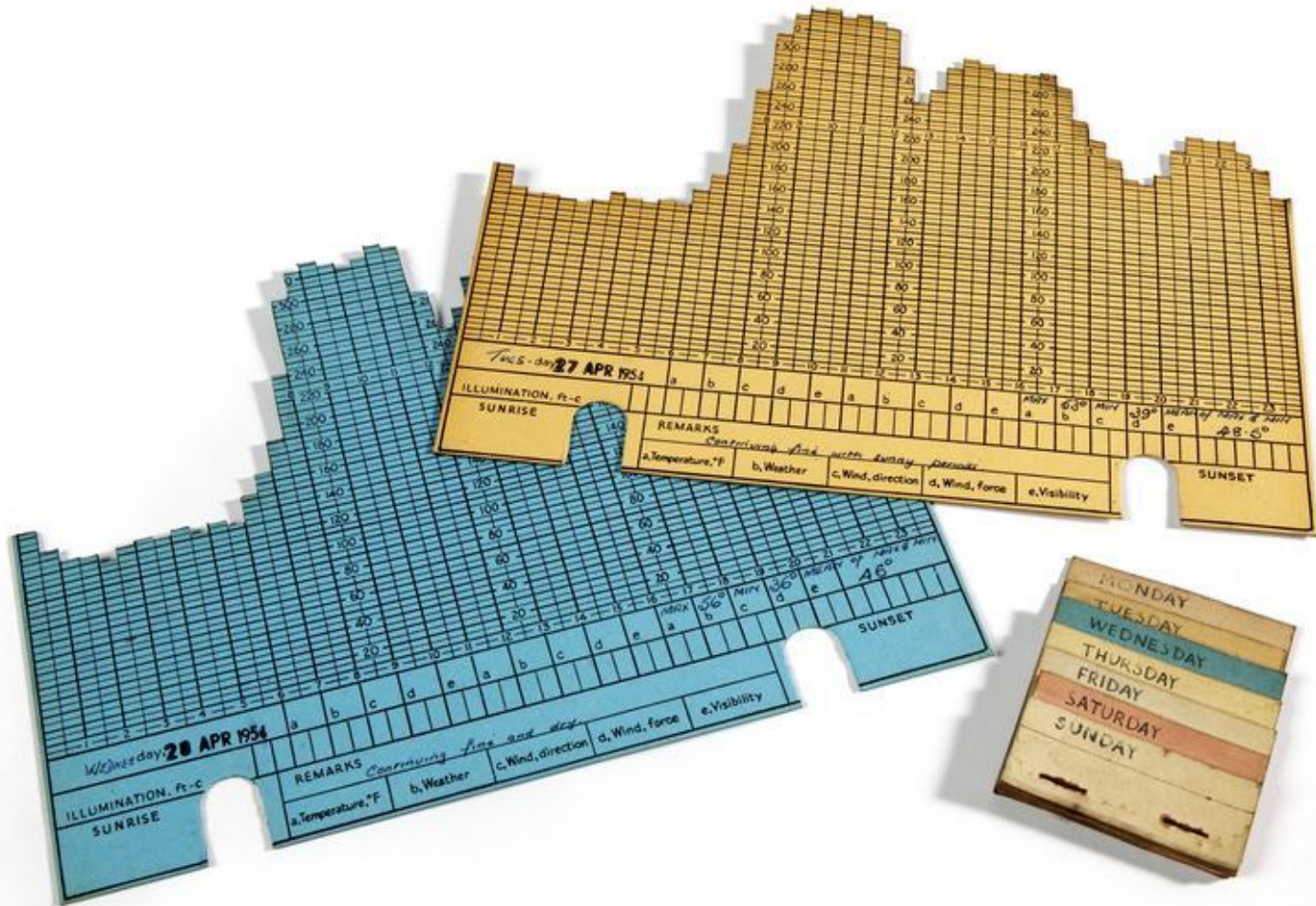
„Rynek Energii Elektrycznej - REE 2019”

Kazimierz Dolny, 7-9 października 2019 r.

Plan wystąpienia

- ☐ Wprowadzenie
- ☐ Źródła danych – wybór obiektów badań
- ☐ Profile zapotrzebowania na moc w wybranych krajowych SEE
- ☐ Jakościowa i ilościowa ocena cyklicznych zmian zachodzących w procesach zapotrzebowania na moc
- ☐ Podsumowanie

Początki rejestracji i analizy procesów zapotrzebowania na moc (1)



<https://collection.sciencemuseum.org.uk/search/categories/electricity-supply>

Początki rejestracji i analizy procesów zapotrzebowania na moc (2)

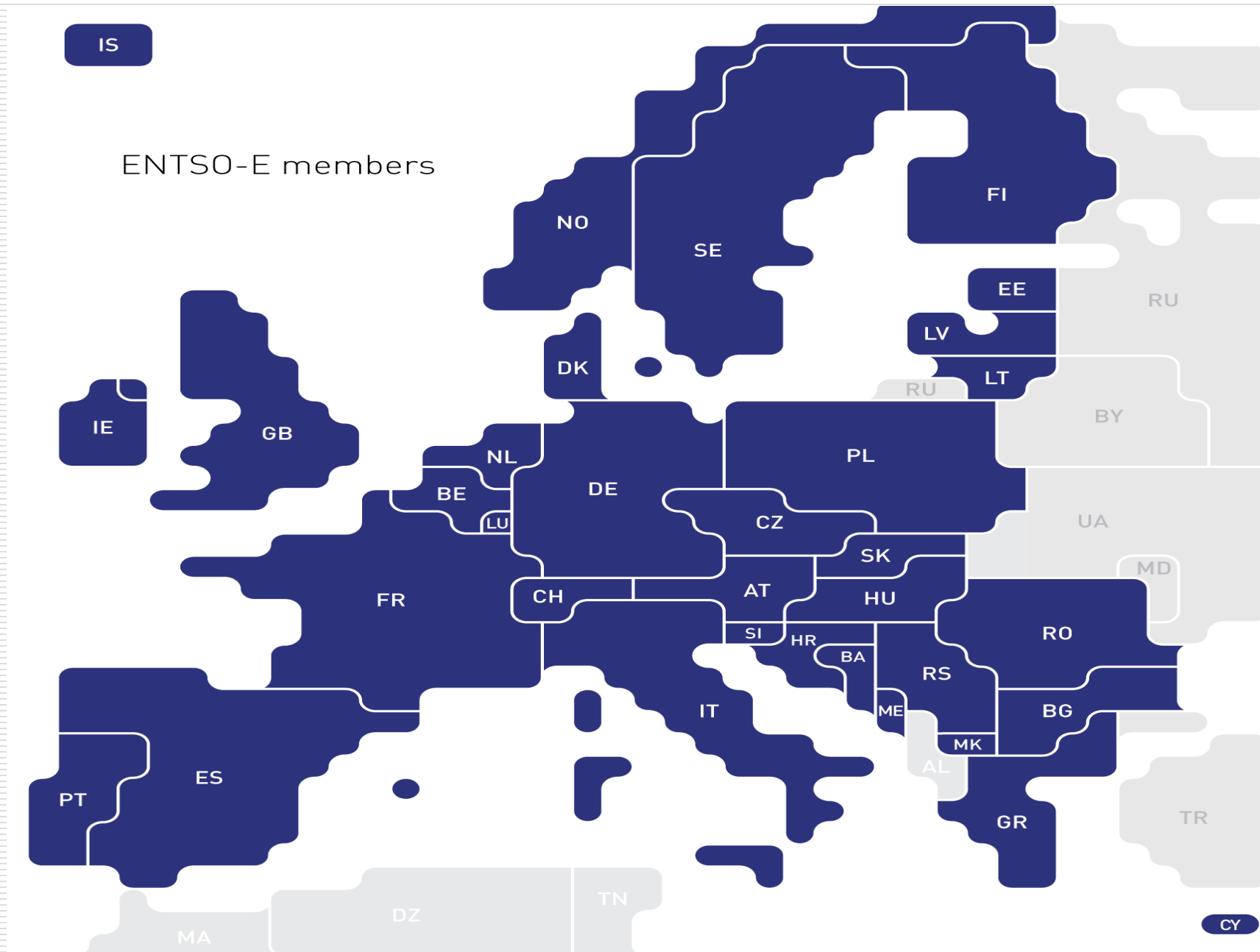


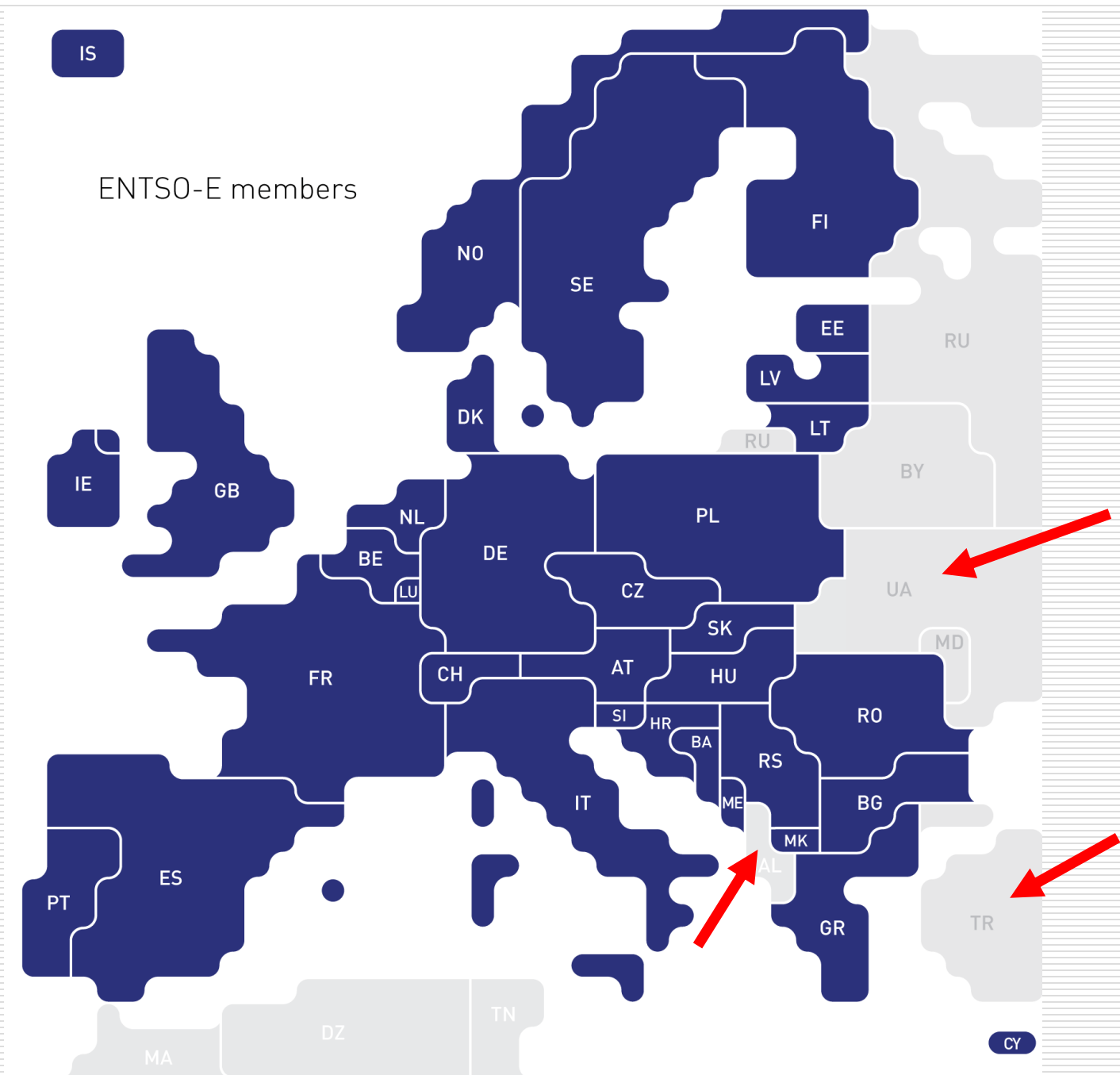
<https://collection.sciencemuseum.org.uk/search/categories/electricity-supply>

Źródła danych - współcześnie

- ❑ Strony www operatorów krajowych,
 - ❑ Stowarzyszenie operatorów ENTSO-E.
-

Państwa stowarzyszone w ENTSOE





Źródło danych - ENTSO-E (pobieranie danych od roku 2016)

Monthly Hourly Load Values

Date From: 1/01/2018 0:00:00 Date To: 31/12/2018 0:00:00 View Report

Country: NO

Scale values to 100% using coverage ratio: NO

Find | Next

Report Generation Date: 25-09-2018

Country	Date From	Date To
NO	01/01/2018	31/12/2018

Date Time (CET/CEST)	NO (Cov.ratio: 0%)
00:00 - 01:00	
01:00 - 02:00	
02:00 - 03:00	
03:00 - 04:00	

This website uses cookies. By using this site, you agree that we may store and access cookies on your device. [Read our policy](#)

OK got it!

13:17 25.09.2018

Zapotrzebowanie na moc czynną z 60. minutowym interwałem uśredniania

Zapotrzebowanie „netto”

Czynniki wpływające na kształtowanie się profili zapotrzebowania na moc z krajowych SEE

- ❑ Wielkość kraju (liczba ludności, obszar),
- ❑ Położenie geograficzne (warunki klimatyczne),
- ❑ Obowiązujący system taryf,
- ❑ Czynniki kulturowe (religijne),
- ❑ Poziom zamożności społeczeństwa.

Czynniki wpływające na kształtów profili zapotrzebowania na moc z krajowych SEE (cd.)

- ❑ Wielkość kraju (liczba ludności, obszar),
- ❑ Położenie geograficzne (warunki klimatyczne, pogodowe),
- ❑ Obowiązujący system taryf,
- ❑ Czynniki kulturowe (religijne),
- ❑ Poziom zamożności społeczeństwa,
- ❑ Wydarzenia incydentalne (np. sportowe, pogrzeb Papieża, załamanie pogody, blackout,).

Cechy charakterystyczne procesów zapotrzebowania na moc

- ❑ Istotne cykliczności zmian kształtu profili zapotrzebowania na moc w systemach elektroenergetycznych:
 - dobową,
 - tygodniową,
 - roczną (sezonową).

- ❑ Sposoby zmiany kształtu profili zapotrzebowania na moc:
 - regularne,
 - fluktuacyjne.

Sposoby ilościowej oceny kształtu profili zapotrzebowania na moc w SEE



Regularne zmiany kształtu (**profile reprezentatywne**):

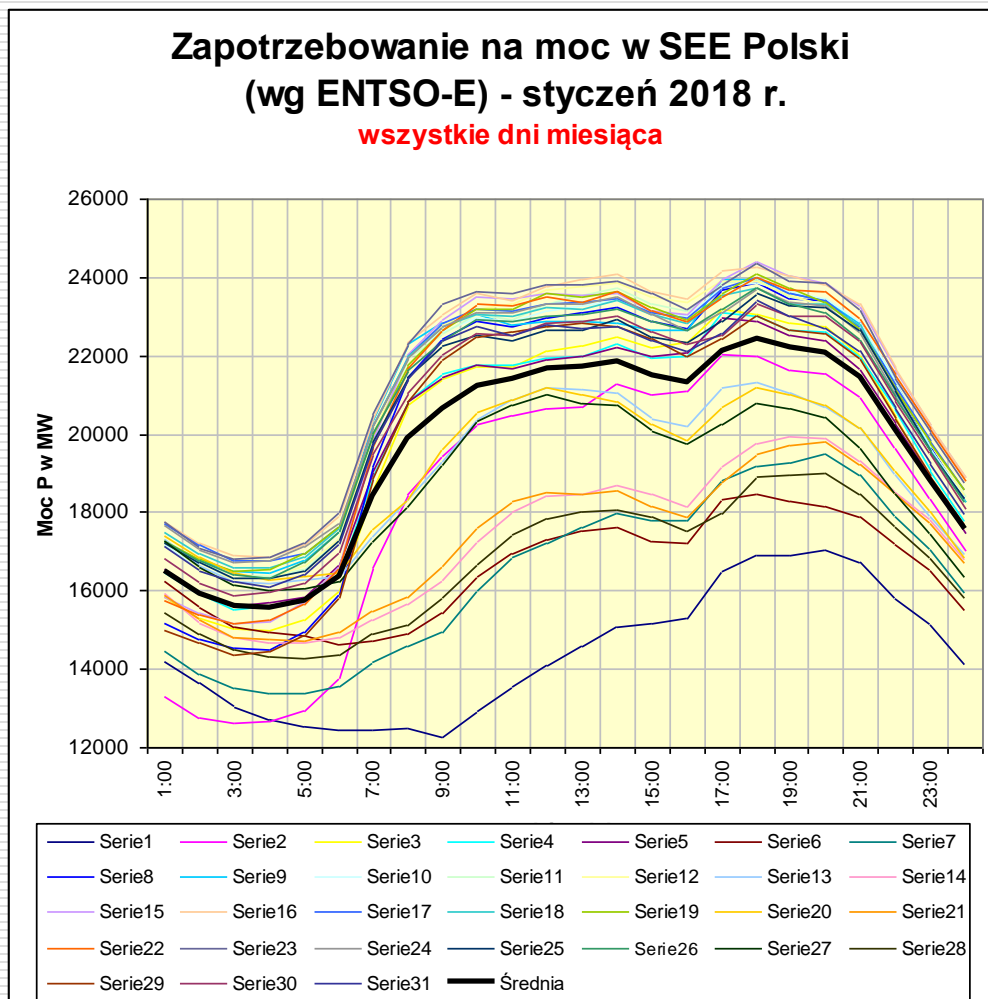
- profile ze śród pomiarowych (3-cia środa lipca i grudnia),
- profile z 3-cich śród każdego miesiąca (ENTSO-E),
- profile standardowe,
- **profile uśrednione.**

Fluktuacyjne zmiany kształtu:

- wariancja (**odchylenie standardowe**),
- współczynnik korelacji (funkcja korelacji).
- **współczynnik zmienności ($v = \text{odchyl. std.} / \text{średnia}$)**



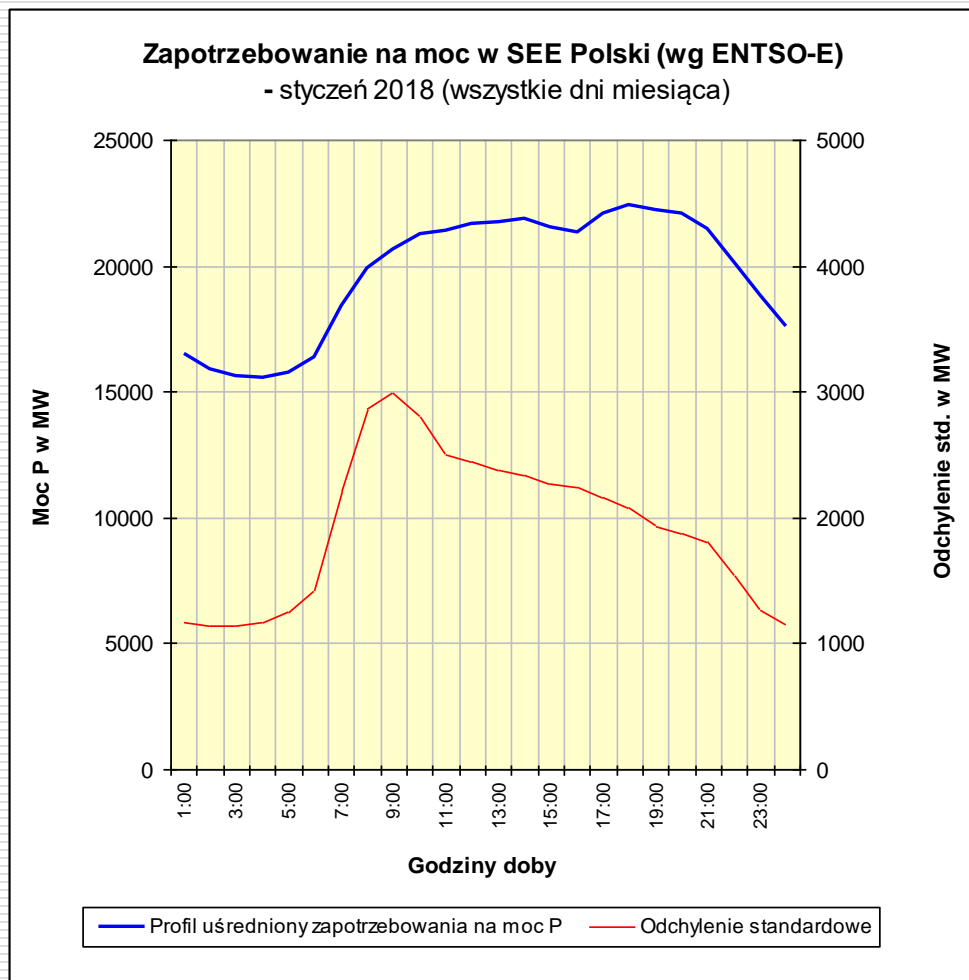
Ilościowe oceny zmian fluktuacyjnych (1)



Dni odstające (anomalne)

- Weekendy
- Pn, Pt
- Święta i dni okołoswiąteczne
- Zdarzenia incydentalne

Ilościowe oceny zmian fluktuacyjnych (2)



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

Jednostką są MW²

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

Jednostką są MW

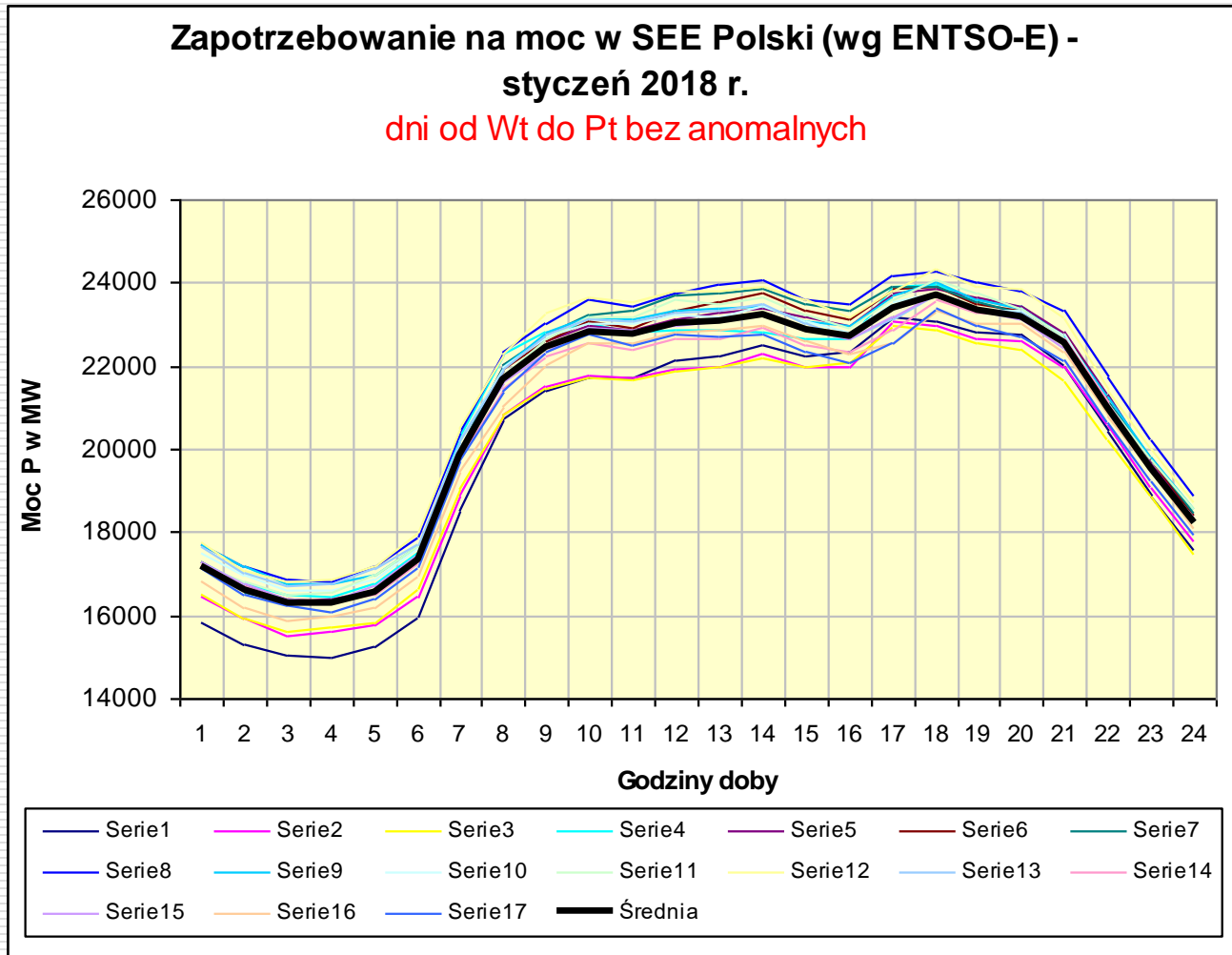
Współczynnik zmienności

$$V_a = \sigma_a / P_{\text{śr } a}$$

Ważna koincydencja przebiegów!



Ilościowe oceny zmian fluktuacyjnych po filtracji dni tygodnia (3)



Metody oceny kształtu procesów zapotrzebowania na moc i oceny jego zmian zachodzących w czasie

- Metody oceny zmian kształtu profili zapotrzebowania na moc:
 - jakościowe (wykresy),
 - ilościowe (miary: wielkości i/lub wskaźniki).

- Modele procesów zapotrzebowania na moc:
 - deterministyczno-statystyczne,
 - Probabilistyczne (zmienne losowe),
 - procesy stochastyczne (losowe).

- Procesy losowe:
 - stacjonarne,
 - niestacjonarne,
 - cyklostacjonarne (okresowo skorelowane)

Lista obiektów wybranych do badań

Systemy elektroenergetyczne:

- ☐ Polski
- ☐ Niemiec
- ☐ Hiszpanii
- ☐ Austrii
- ☐ Bułgarii
- ☐ Szwecji
- ☐ Bośni i Hercegowiny
- ☐ Belgii

Zapotrzebowanie na moc czynną P w MW w roku 2018.
Wartości uśredniane w interwale 60. minutowym

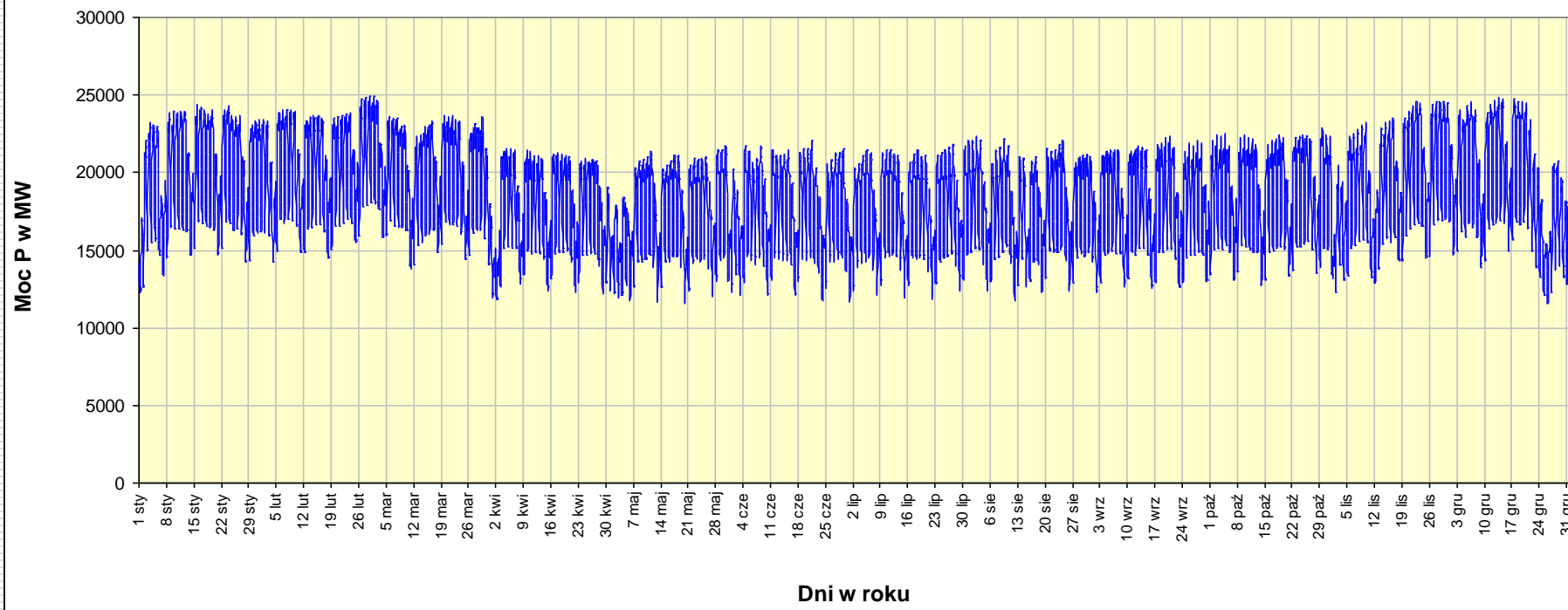
Charakterystyka rocznych profili zapotrzebowania na moc w SEE wybranych krajów

Charakterystyka rocznej zmienności zapotrzebowania na moc w wybranych SEE

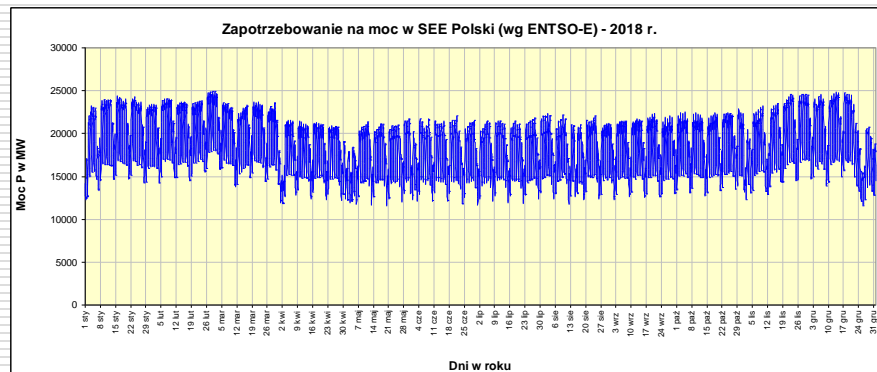
Wielkość	Oznaczenie	Jednostka	Polska	Niemcy	Hiszpania	Szwecja	Austria	Bosnia i Hercegowina	Belgia	Bułgaria
Obciążenie szczytowe roku	P_{ys}	[MW]	24964	80687	40693	27380	12073	2080	14380	6469
Obciążenie podstawowe roku	P_{y0}	[MW]	11570	36447	18029	9164	4844	828	6067	2361
Obciążenie średnie roku	P_{yav}	[MW]	18468	59086	28999	16095	8132	1424	9740	3876
Energia roku	A_y	[TWh]	162	518	254	141	71	12	85	34
Współczynnik nierównomierności	k_{yu}	[-]	0,463	0,452	0,443	0,335	0,401	0,398	0,422	0,365
Współczynnik wypełnienia	k_{yp}	[-]	0,740	0,732	0,713	0,588	0,674	0,685	0,677	0,599
Stopień wyrównania obciążenia podstawowego	l_{y0}	[-]	0,626	0,617	0,622	0,569	0,596	0,581	0,623	0,609
Szczytowy stopień wyrównania	l_{ys}	[-]	1,352	1,366	1,403	1,701	1,485	1,461	1,476	1,669
Współczynnik kształtu	k_{yf}	[-]	1,0137	1,0145	1,0126	1,0267	1,0186	1,0170	1,0102	1,0222
Współczynnik zmienności	v_y	[-]	0,167	0,172	0,160	0,233	0,194	0,186	0,144	0,212
Roczny czas użytkowania mocy szczytowej	T_{ys}	[h]	6481	6414	6243	5149	5900	5998	5933	5249
Wskaźnik zmienności (szybkości zmian poboru mocy)	r_{MSSDy}	[MW]	135,90	243,07	170,29	126,87	90,18	37,74	98,69	62,26

Roczny profil zapotrzebowania na moc w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

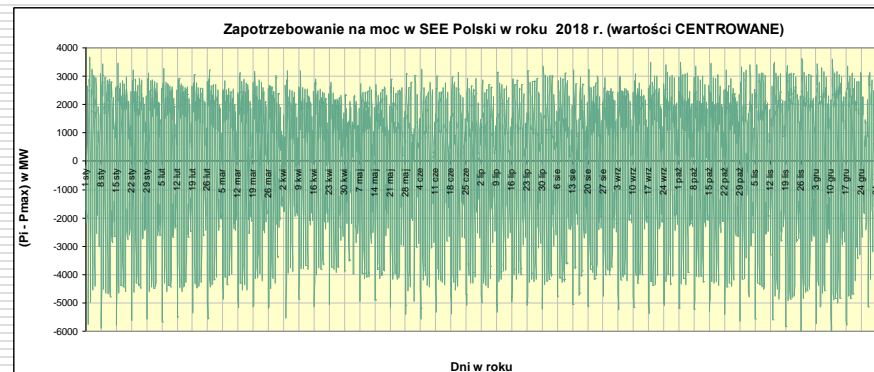
Zapotrzebowanie na moc w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2018 r.



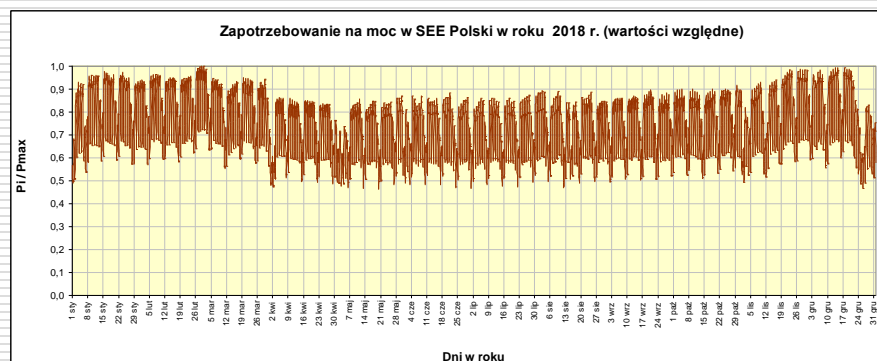
Roczne profile zapotrzebowania na moc w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.



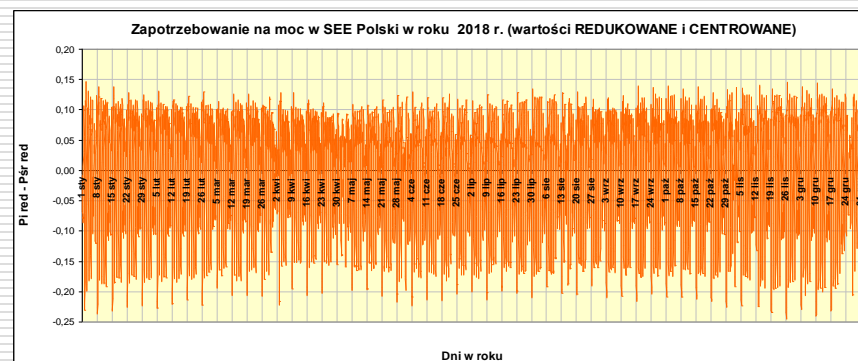
Kalendarzowy (chronologiczny)



Centrowany



Zredukowany (0 – 1)

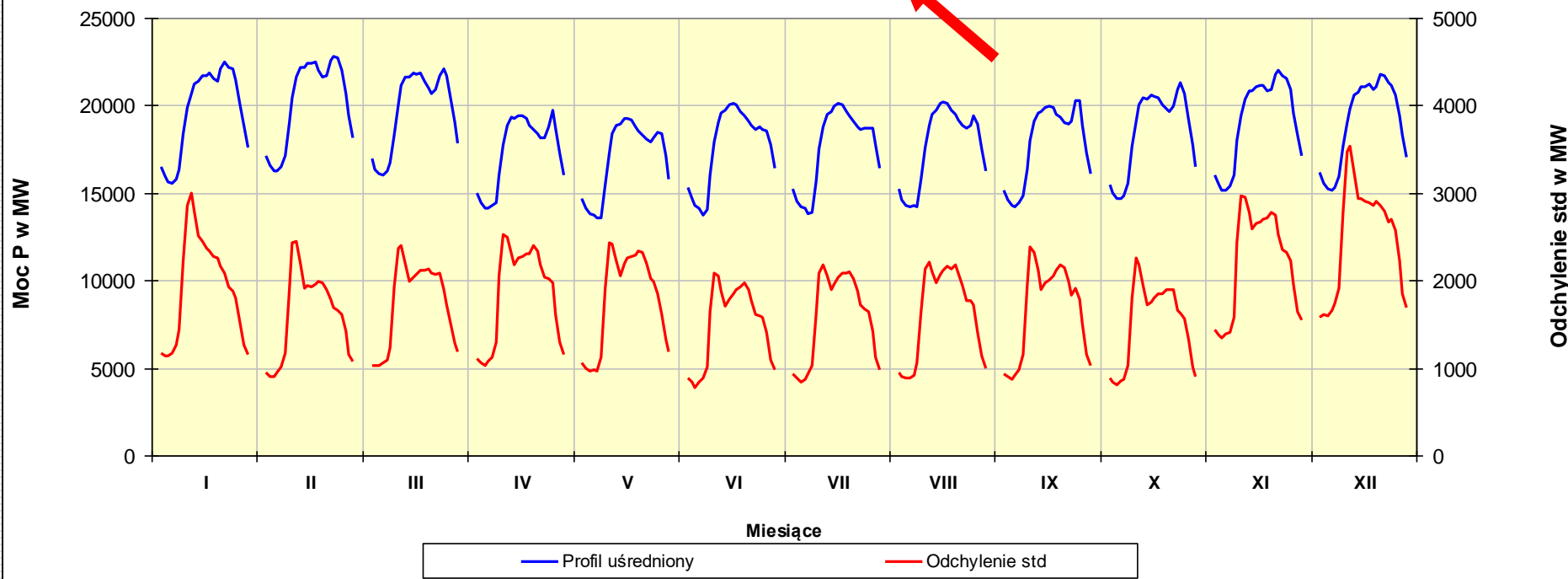


Zredukowany - Centrowany

Uśrednione dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

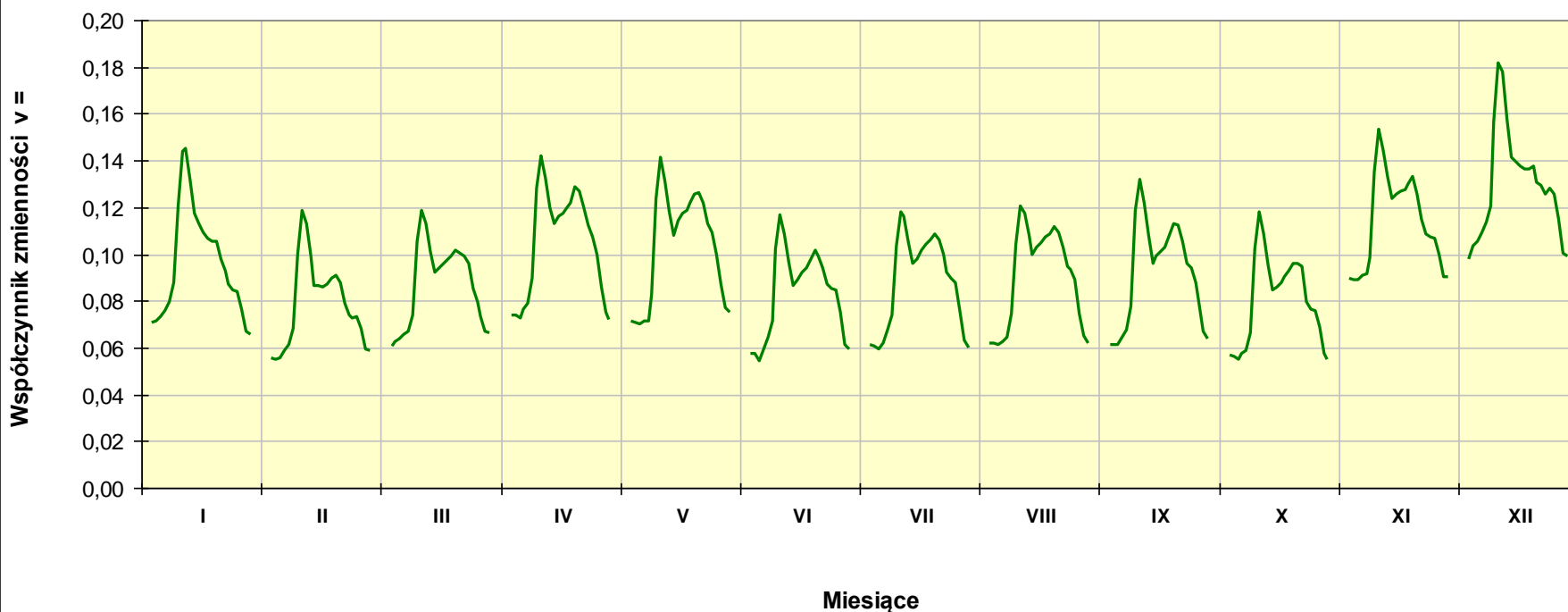
Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2018 r.

(wszystkie dni tygodnia)



Współczynnik zmienności w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

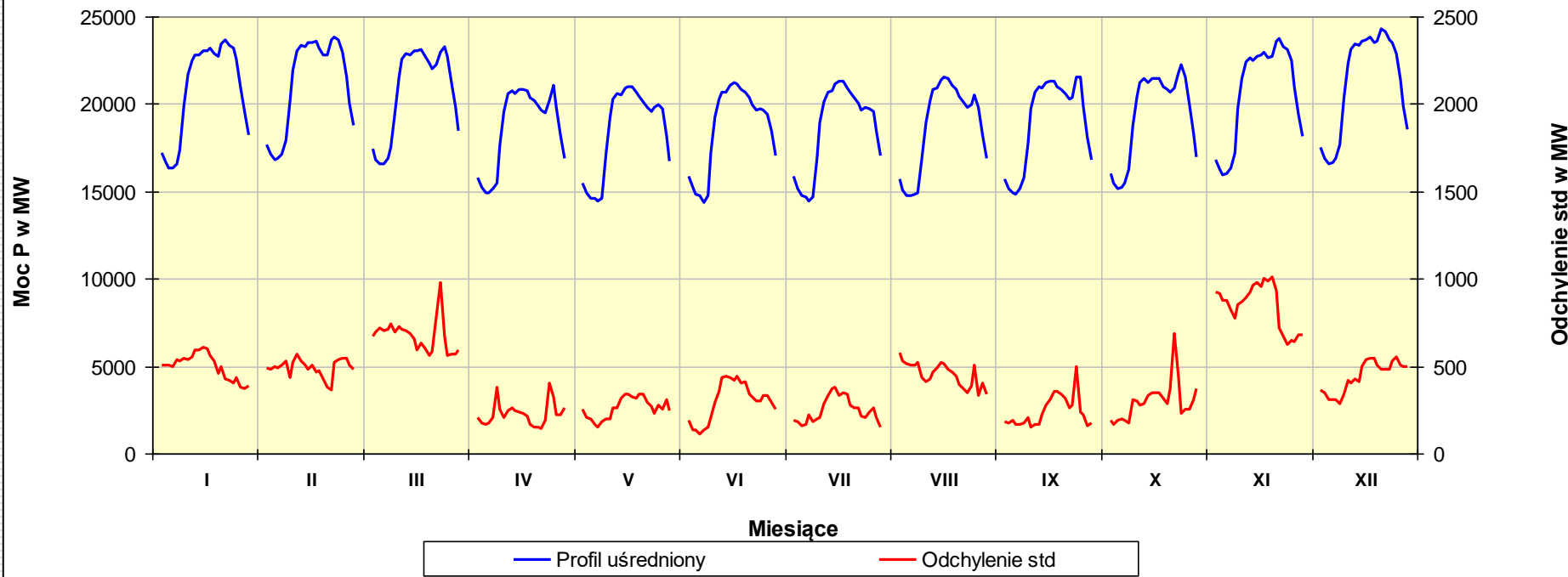
Dobowe przebiegi współczynnika zmienności w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2018 r.
(wszystkie dni tygodnia)



Uśrednione dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2018 r.

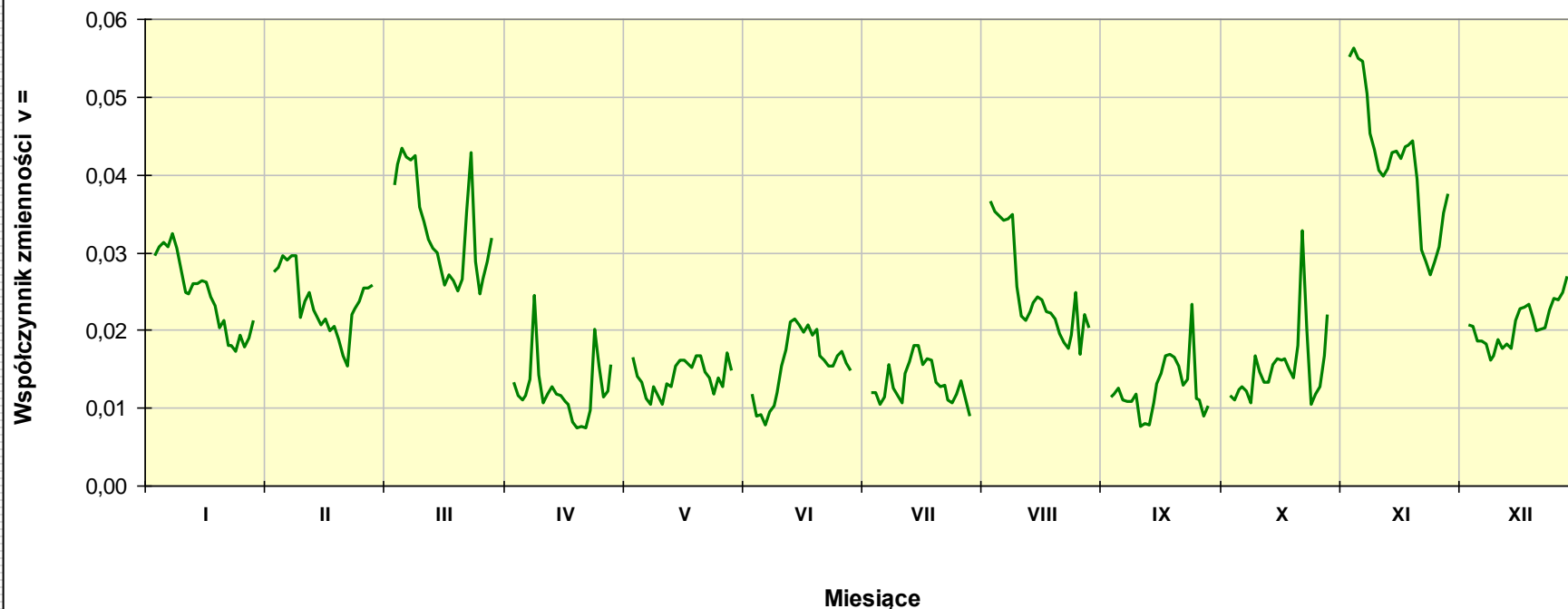
(dni od Wt do Pt + bez dni świątecznych i okołoswiątecznych)



Współczynnik zmienności w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe przebiegi współczynnika zmienności w SEE Polski (wg ENTSO-E) - 2018 r.

(dni od Wt do Pt + bez świąt i dni okołoswiątecznych)

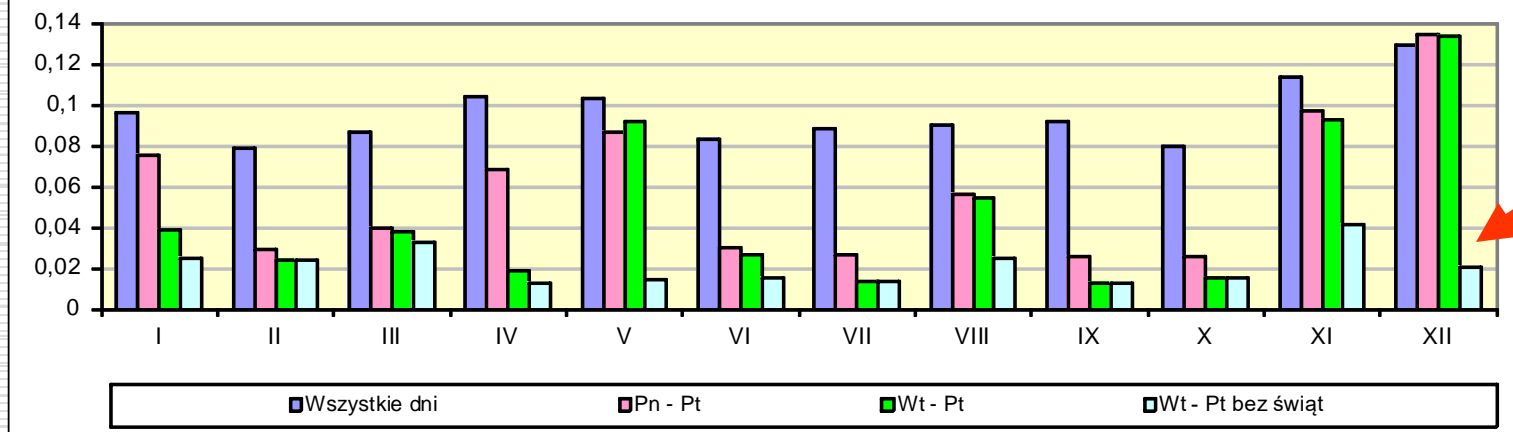


Zbiornicze zestawienie średnich współczynników zmienności w SEE **Polski** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Współczynnik zmienności $v = \sigma/P\bar{r}$

Wariant rozpatrywanych dni	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wszystkie dni tygodnia	0,0963	0,0785	0,0865	0,1043	0,1028	0,0831	0,0881	0,0901	0,0916	0,0797	0,1135	0,1294
Dni od Pn do Pt	0,0755	0,0287	0,0400	0,0686	0,0867	0,0298	0,0267	0,0559	0,0257	0,0258	0,0968	0,1345
Dni od Wt do Pt	0,0384	0,0236	0,0374	0,0188	0,0917	0,0261	0,0131	0,0545	0,0124	0,0152	0,0927	0,1332
Dni od Wt do Pt bez świąt i dni okołoświąt	0,0244	0,0236	0,0329	0,0122	0,0140	0,0155	0,0131	0,0248	0,0124	0,0152	0,0415	0,0206

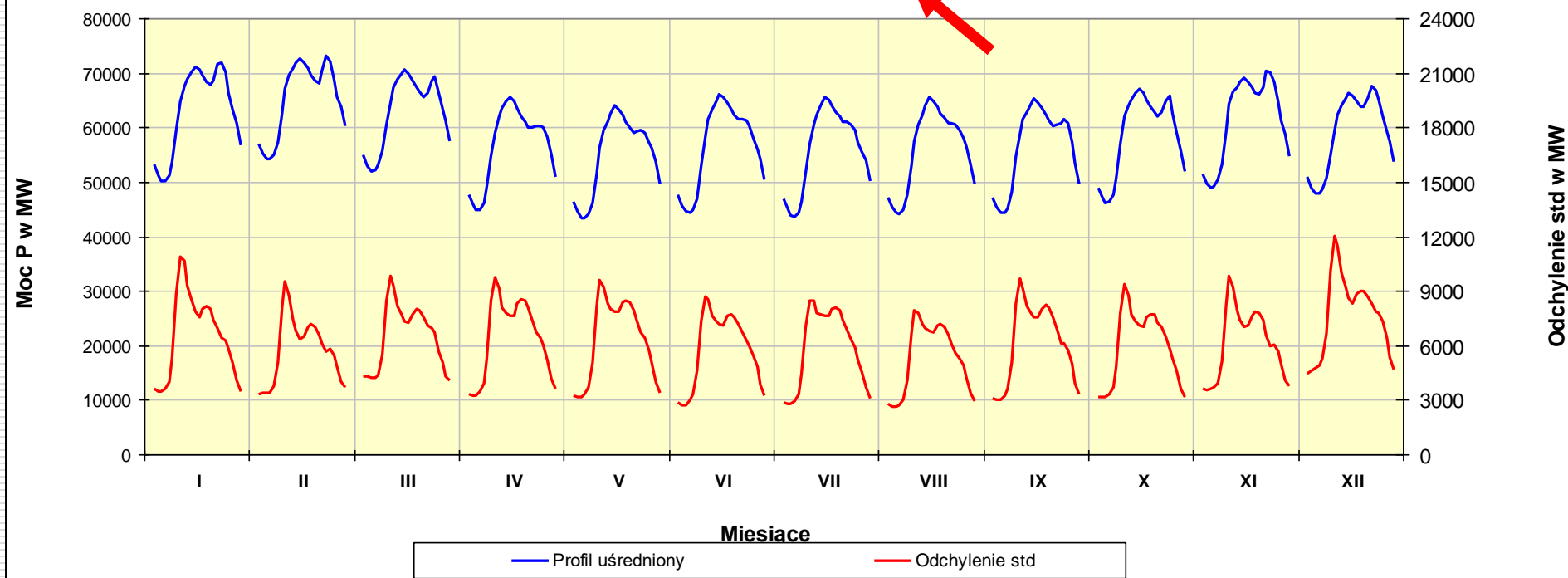
Średnie wartości współczynnika zmienności "v"



Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE **Niemiec** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Niemiec** (wg ENTSO-E) - 2018 r.

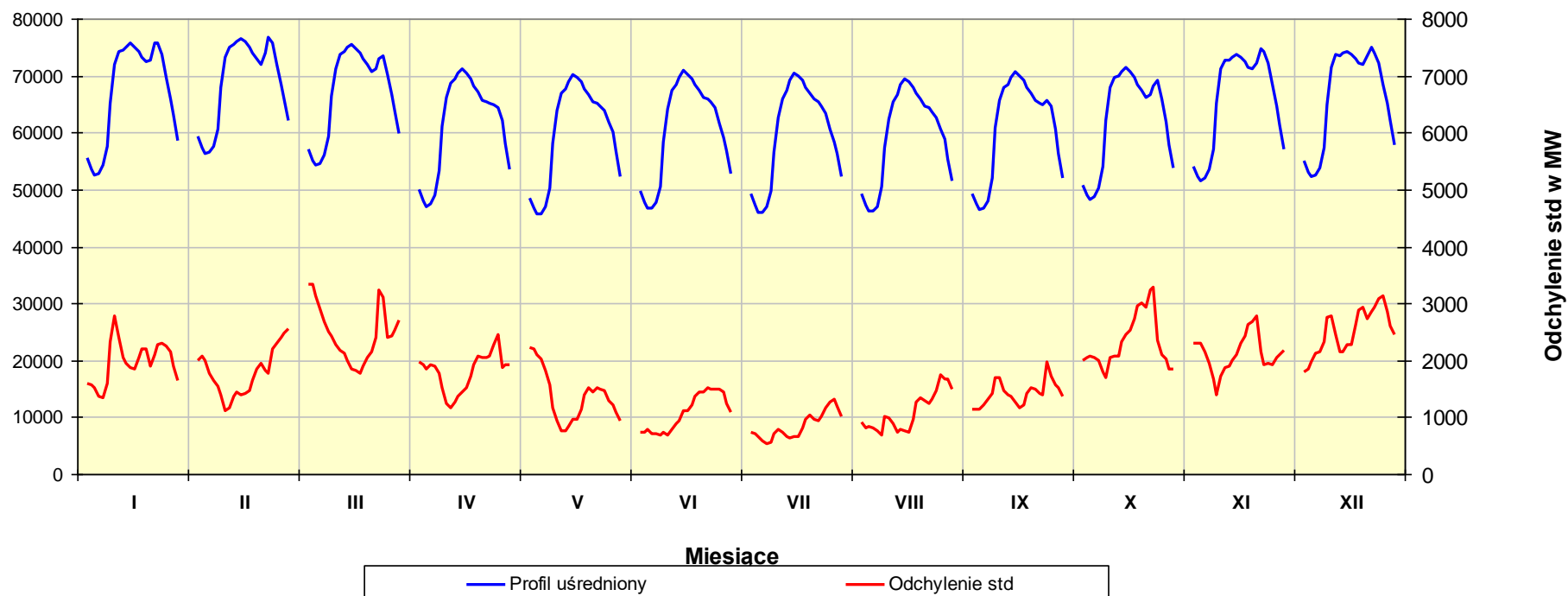
(wszystkie dni tygodnia)



Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE Niemiec (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE Niemiec (wg ENTSO-E) - 2018 r.

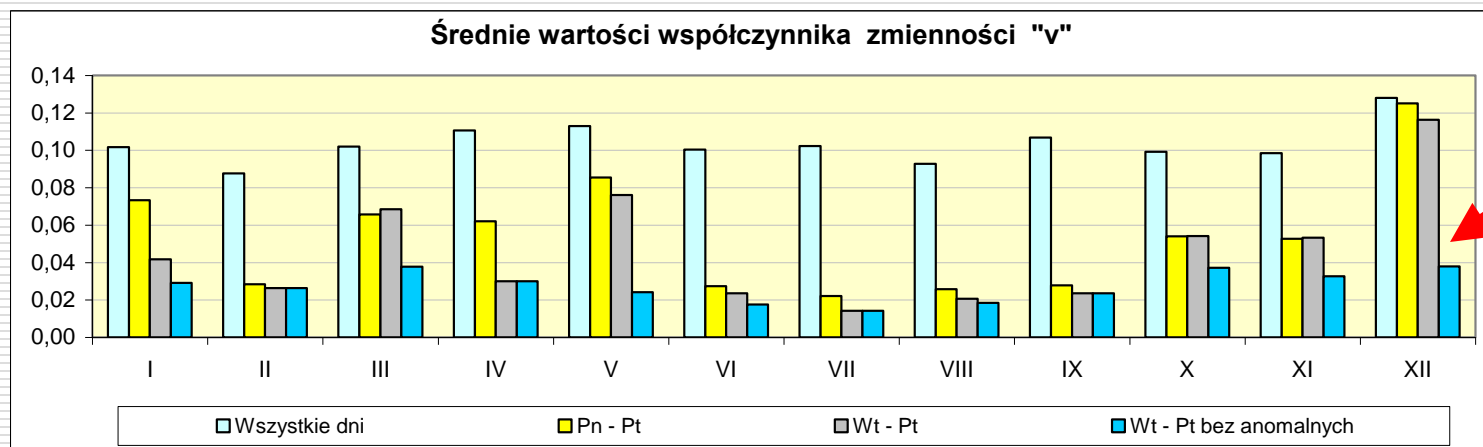
(Wt - Pt bez dni anomalnych)



Zbiornicze zestawienie współczynników zmienności w SEE Niemiec (wg ENTSO-E) – 2018 r.

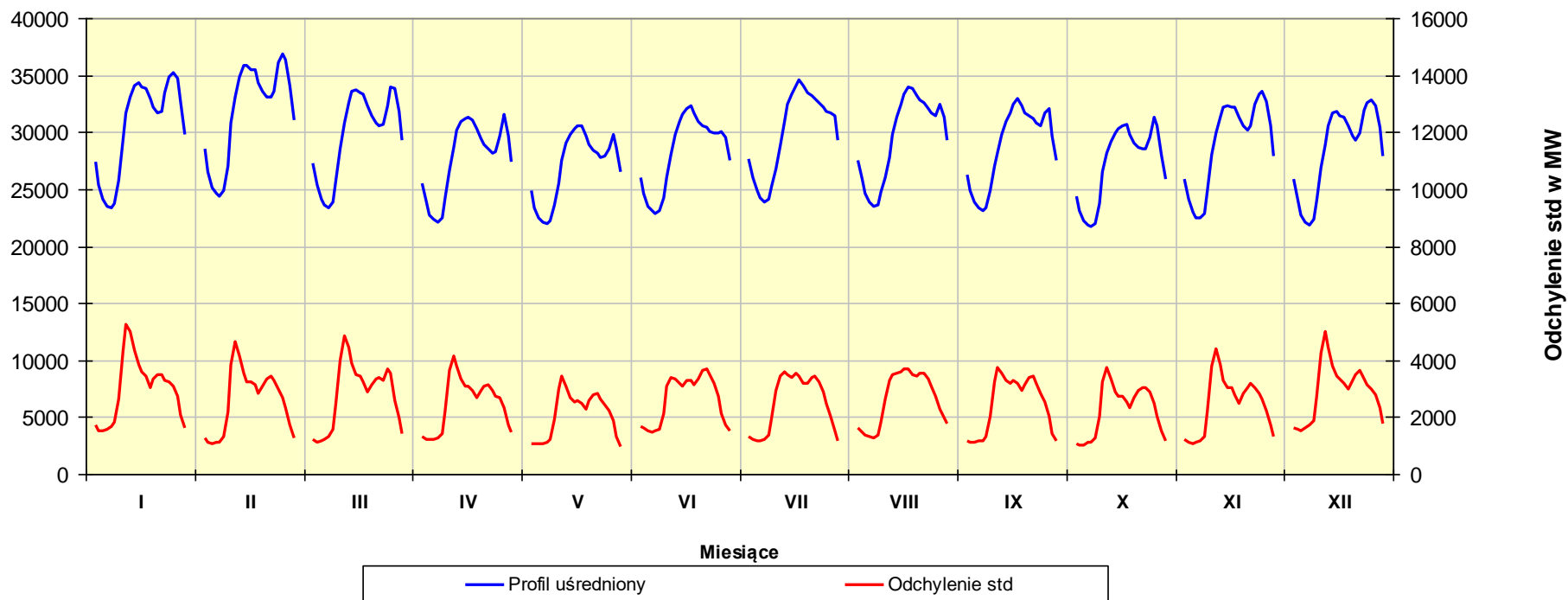
Współczynnik zmienności $v = \sigma/P\bar{r}$

Wariant rozpatrywanych dni	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wszystkie dni tygodnia	0,1016	0,0876	0,1020	0,1106	0,1130	0,1003	0,1022	0,0928	0,1067	0,0991	0,0984	0,1280
Dni od Pn do Pt	0,0733	0,0284	0,0656	0,0621	0,0854	0,0274	0,0221	0,0257	0,0277	0,0539	0,0526	0,1251
Dni od Wt do Pt	0,0417	0,0263	0,0685	0,0300	0,0761	0,0236	0,0142	0,0207	0,0235	0,0541	0,0533	0,1163
Dni od Wt do Pt bez świąt i dni okołoswiąt	0,0292	0,0263	0,0378	0,0300	0,0241	0,0176	0,0142	0,0185	0,0235	0,0371	0,0326	0,0378



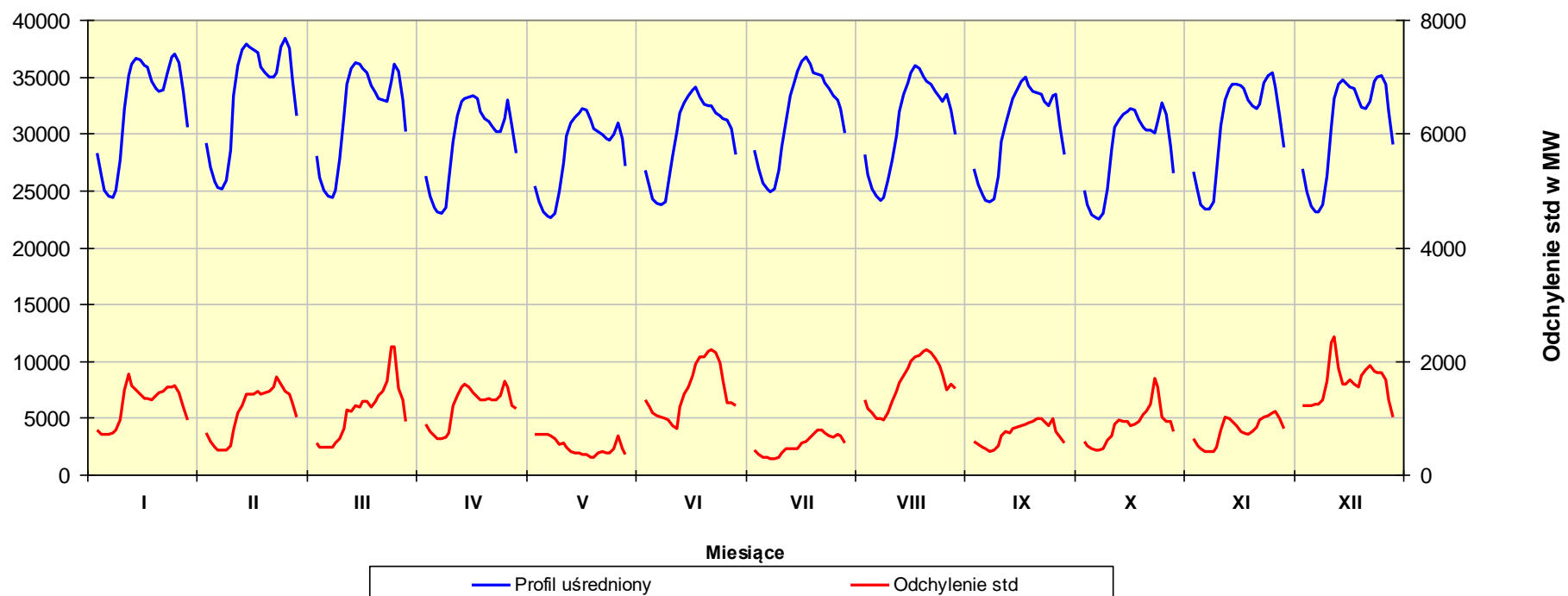
Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE **Hiszpanii** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Hiszpanii** (wg ENTSO-E) - 2018 r.
(wszystkie dni tygodnia)



Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE **Hiszpanii** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

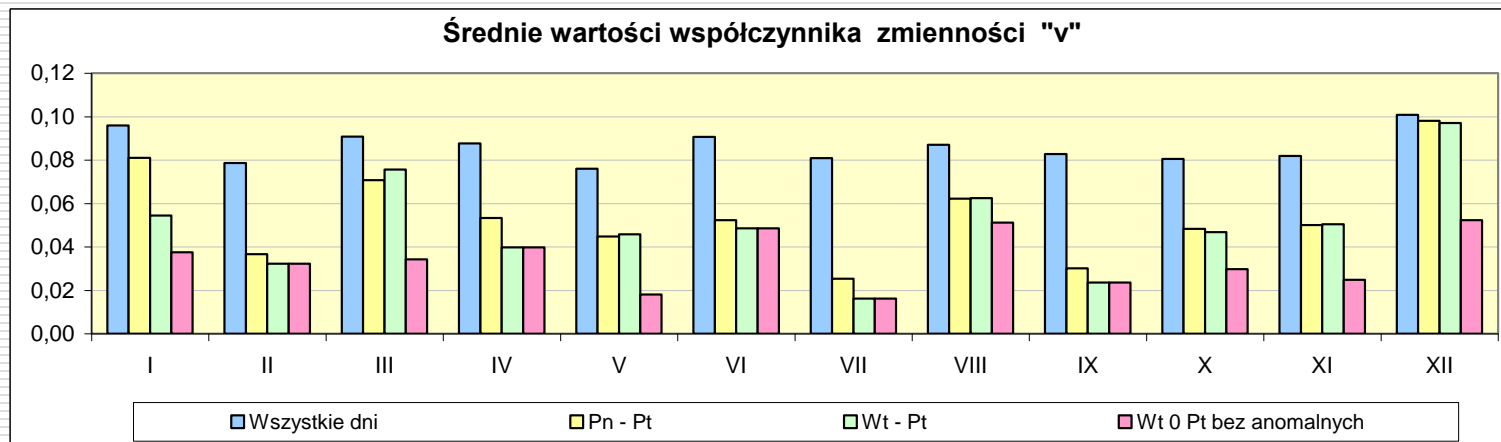
Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Hiszpanii** (wg ENTSO-E) - 2018 r.
(dni Wt - Pt, bez anomalnych)



Zbiornicze zestawienie współczynników zmienności w SEE **Hiszpanii** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

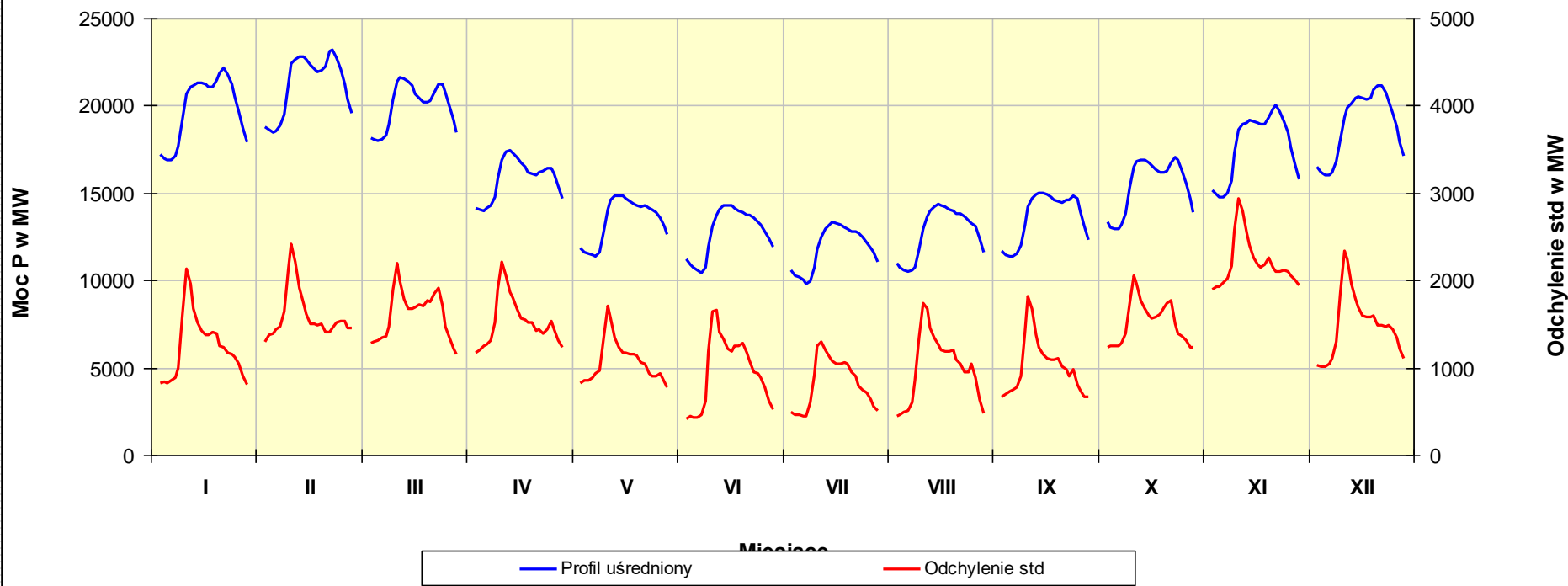
Współczynnik zmienności $v = \sigma/P\bar{r}$

Wariant rozpatrywanych dni	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wszystkie dni tygodnia	0,0959	0,0787	0,0908	0,0877	0,0759	0,0907	0,0809	0,0871	0,0827	0,0805	0,0819	0,1008
Dni od Pn do Pt	0,0810	0,0366	0,0708	0,0533	0,0447	0,0523	0,0253	0,0622	0,0301	0,0483	0,0501	0,0981
Dni od Wt do Pt	0,0545	0,0323	0,0757	0,0398	0,0457	0,0485	0,0162	0,0625	0,0235	0,0467	0,0504	0,0970
Dni od Wt do Pt bez świąt i dni okołoswiąt	0,0375	0,0323	0,0343	0,0398	0,0180	0,0485	0,0162	0,0511	0,0235	0,0297	0,0248	0,0523



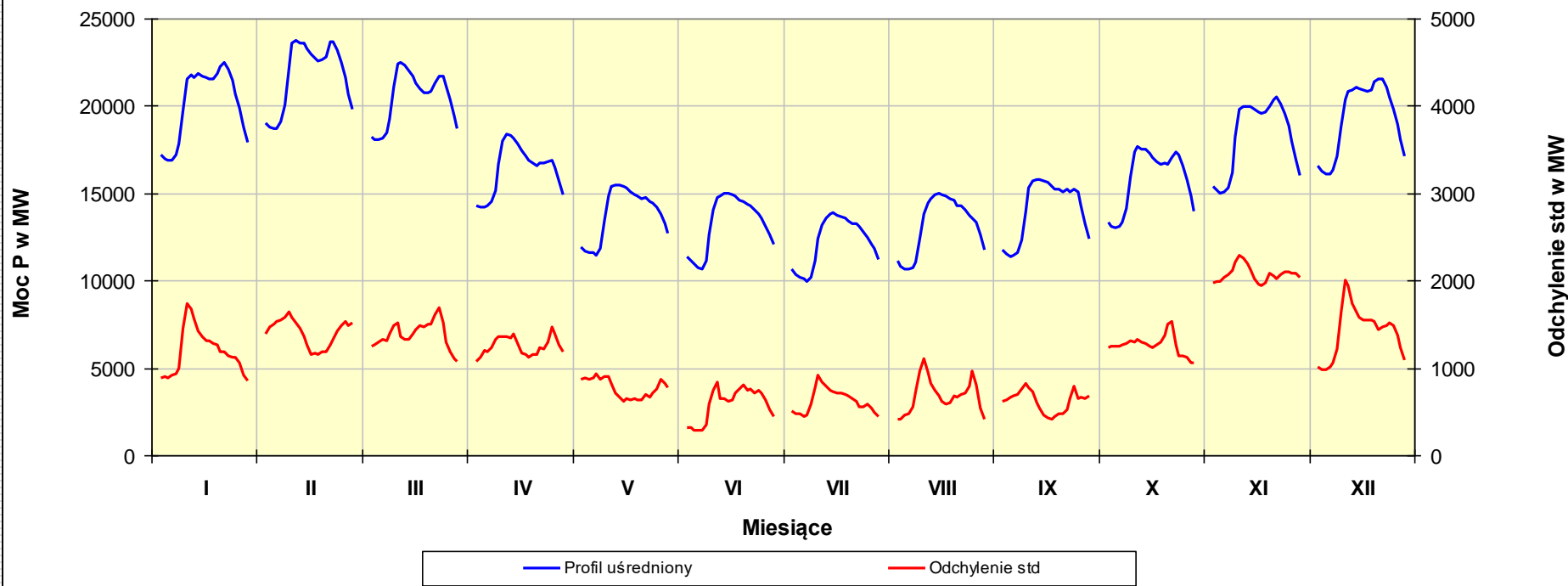
Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE **Szwecji** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Szwecji** (wg ENTSO-E) - 2018 r.
(wszystkie dni tygodnia)



Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE **Szwecji** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

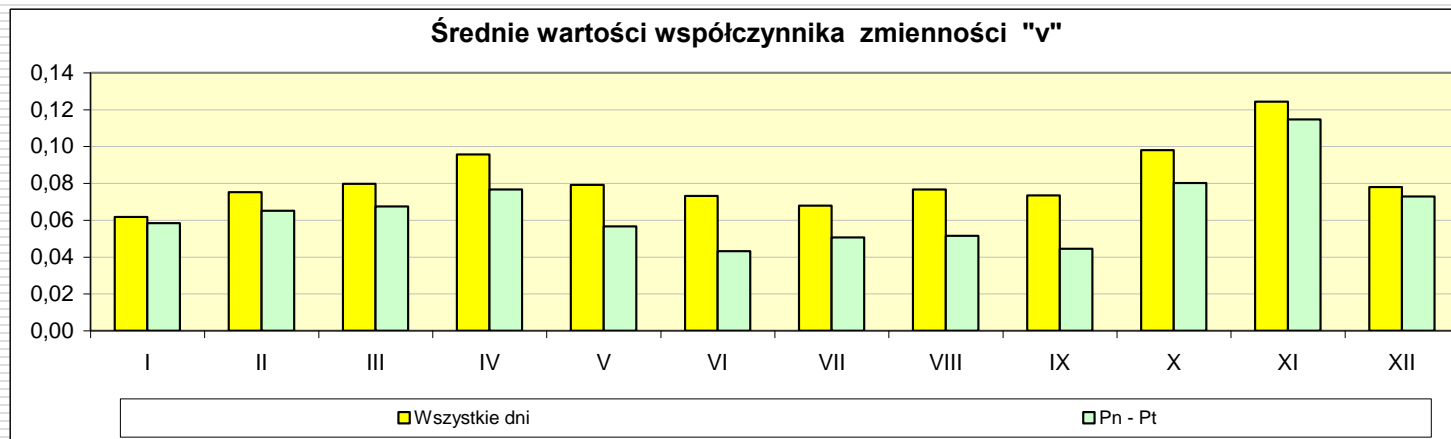
Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Szwecji** (wg ENTSO-E) - 2018 r.
(tylko Pn - Pt)



Zbiornicze zestawienie współczynników zmienności w SEE **Szwecji** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

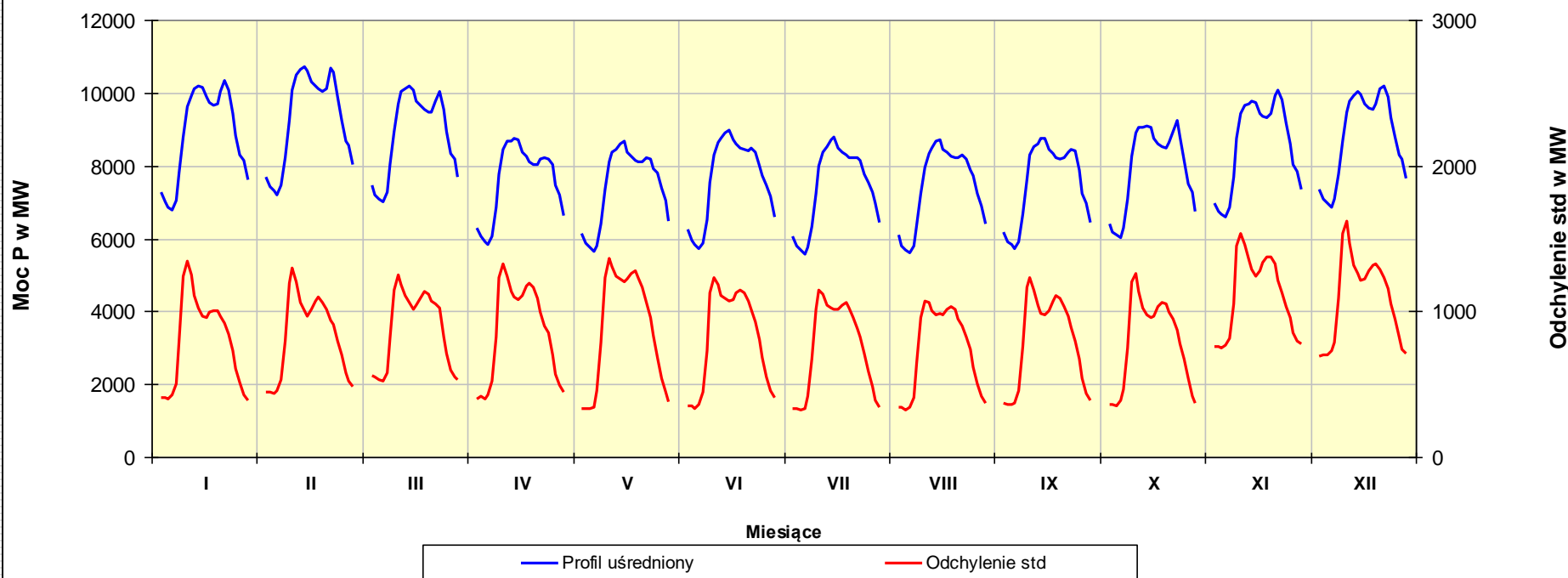
Współczynnik zmienności $v = \sigma/P\bar{s}$

Wariant rozpatrywanych dni	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wszystkie dni tygodnia	0,0618	0,0752	0,0798	0,0956	0,0792	0,0732	0,0679	0,0767	0,0735	0,0980	0,1244	0,0779
Dni od Pn do Pt	0,0584	0,0651	0,0674	0,0766	0,0565	0,0432	0,0506	0,0515	0,0444	0,0802	0,1146	0,0728
Dni od Wt do Pt												
Dni od Wt do Pt bez świąt i dni okołoswiąt												



Uśrednione profile zapotrzebowania na moc w SEE **Austrii** (wg ENTSO-E) – 2018 r.

Dobowe profile zapotrzebowania na moc w SEE **Austrii** (wg ENTSO-E) - 2018 r.
(wszystkie dni tygodnia)





Podsumowanie

1. Dysponując licznymi zbiorami danych możemy prowadzić bardziej szczegółowe analizy
 2. Wyniki tych analiz mogą przyczynić się do sporządzania bardziej trafnych prognoz
 3. Wymienione wcześniej czynniki wpływają w istotny sposób na zmianę kształtu dobowych, tygodniowych i sezonowych profili zapotrzebowania na moc w krajowych systemach elektroenergetycznych
-



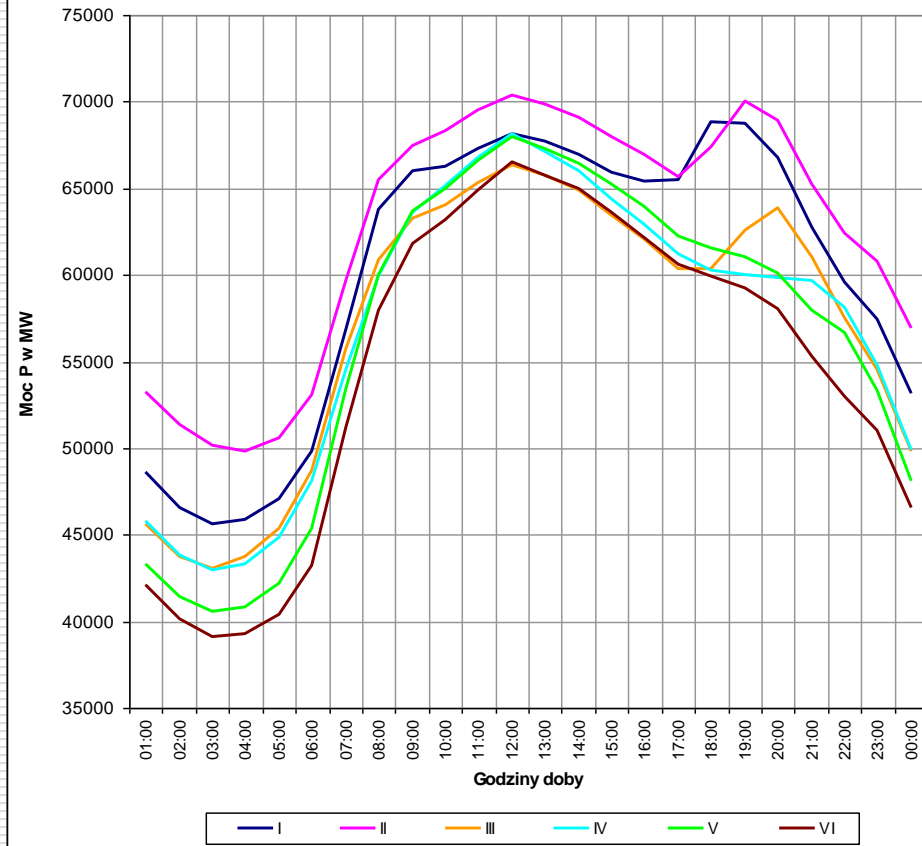
Dziękuję za uwagę

Włodzimierz Bieliński

e-mail: bielin@utp.edu.pl

Przykładowe profile obciążenia SEE Niemiec

Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Niemiec
w wybranych miesiącach roku 2012
(dni robocze Pn - Pt)



Uśrednione dobowe profile obciążenia SEE Niemiec
w wybranych miesiącach roku 2012
(dni robocze Pn - Pt)

