
Weryfikacja grafików mocy bilansujących

Część III: uwarunkowania pracy JG związane ze świadczeniem RR

Materiał szkoleniowy

Etap II reformy rynku bilansującego, nowe Warunki Dotyczące Bilansowania (WDB)

Kwiecień 2024 roku

www.pse.pl

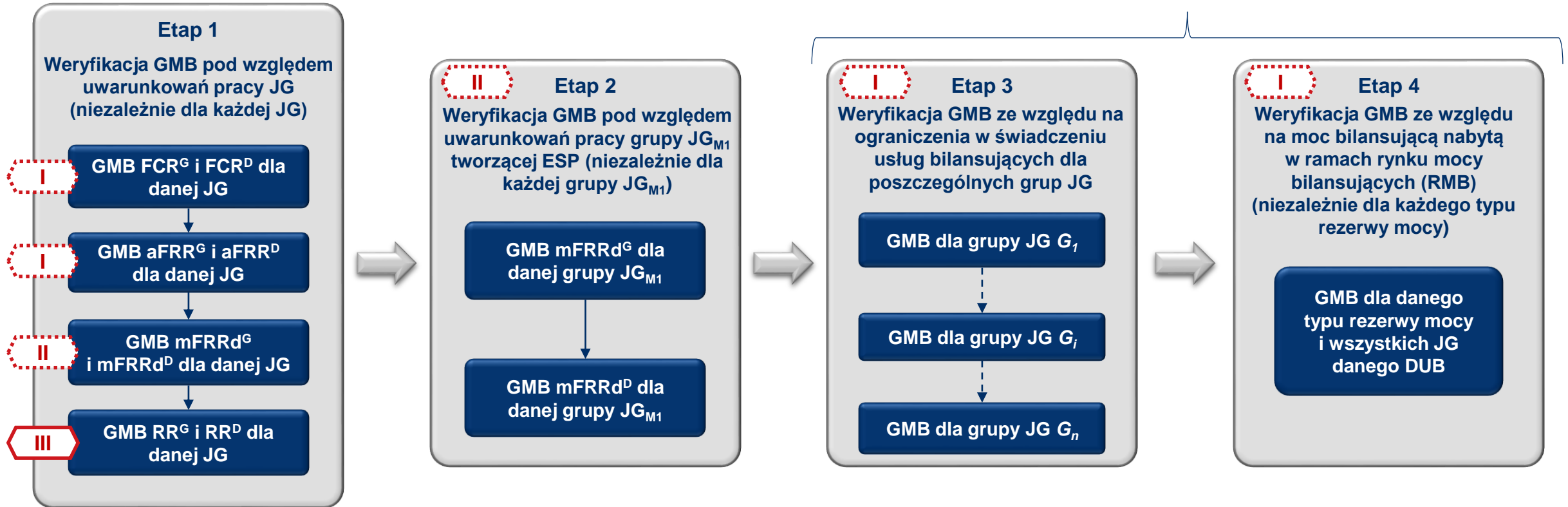
| Nota prawna

Materiał szkoleniowy został przygotowany przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. i dotyczy wybranych rozwiązań zawartych w Warunkach Dotyczących Bilansowania z dn. 14 września 2023 r. Jest formą skróconą i nie zawiera wszystkich informacji w nich zawartych. W przypadku rozbieżności pomiędzy niniejszym opracowaniem a Warunkami Dotyczącymi Bilansowania nadrzędne są zapisy Warunków Dotyczących Bilansowania.

Materiał szkoleniowy stanowi własność Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A. Kopiowanie i rozpowszechnianie niniejszego materiału w części lub w całości możliwe jest wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody Spółki. Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. nie ponoszą odpowiedzialności za wykorzystanie informacji zawartych w niniejszym materiale oraz za możliwe konsekwencje jakichkolwiek działań podjętych w oparciu o dostarczone w nim informacje.

Zakres trzeciej części materiału szkoleniowego dotyczącego weryfikacji GMB

Dotyczy wyłącznie weryfikacji GMB w ramach wstępnej i ostatecznej weryfikacji ZPP na RBN

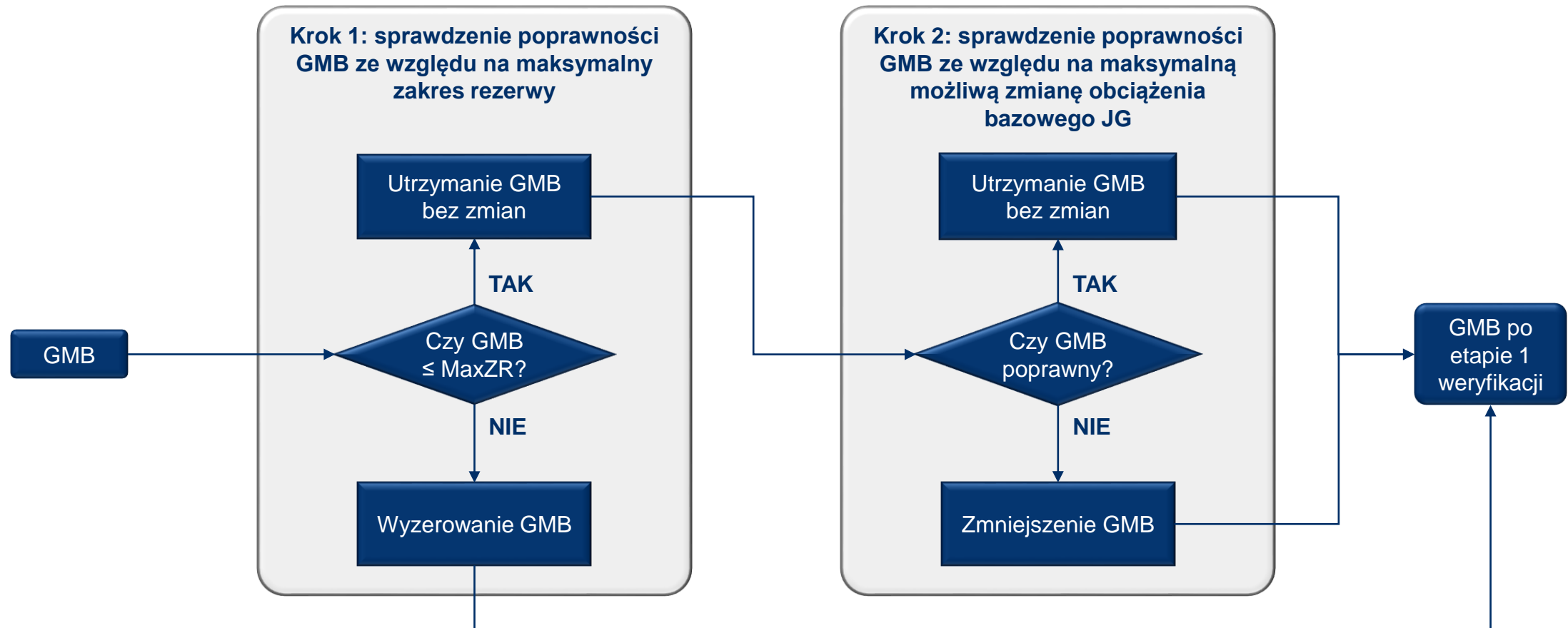


- I** – część I: zasady ogólne oraz uwarunkowania pracy JG związane ze świadczeniem FCR i aFRR
- II** – część II: uwarunkowania pracy JG związane ze świadczeniem mFRRd
- III** – część III: uwarunkowania pracy JG związane ze świadczeniem RR

GMB – grafik mocy bilansującej

Etap 1: schemat weryfikacji GMB dla RR pod względem uwarunkowań pracy JG

⊕ GMB dla RR^G i RR^D są przetwarzane niezależnie



MaxZR – maksymalny zakres rezerwy danego typu

Maksymalna możliwa zmiana obciążenia bazowego JG w ramach RR (ΔPP^{RR})

Dla RR^G

Dla JG innych niż JG_Z

$$\Delta PP_t^{RR^G} = BPP_t^{Max} - GO_t$$

Dla JG_Z

$$\Delta PP_t^{RR^G} = GO_t - WR_t^{Min}$$

Dla RR^D

Dla JG innych niż JG_Z

$$\Delta PP_t^{RR^D} = GO_t - BPP_t^{Min}$$

Dla JG_Z

$$\Delta PP_t^{RR^D} = WR_t^{Max} - GO_t$$

$BPP_t^{Max} / BPP_t^{Min}$	maksymalna / minimalna wartość bieżącego punktu pracy (BPP) danej JG możliwa do osiągnięcia dla OREB t ze względu na ograniczenia JG w ramach algorytmu rozdziału obciążeń (ARO) bez uwzględniania ograniczenia bilansowego oraz ograniczeń sieciowych
WR_t^{Max} / WR_t^{Min}	maksymalna / minimalna wartość redukcji generacji danej JG_Z możliwa do osiągnięcia dla OREB t ze względu na ograniczenia JG w ramach algorytmu rozdziału obciążeń (ARO) bez uwzględniania ograniczenia bilansowego oraz ograniczeń sieciowych
ΔPP_t^r	maksymalna możliwa zmiana obciążenia bazowego danej JG dla OREB t w wyniku wykorzystania typu rezerwy mocy $r \in \{RR^G, RR^D\}$
GO_t	grafik obciążenia danej JG dla OREB t

Poprawność grafiku mocy bilansującej RR ze względu na ΔPP^{RR}

Ograniczenia dotyczące GMB_t^r dla typu rezerwy mocy $r \in \{RR^G, RR^D\}$ i danego OREB t

Ograniczenie związane z maksymalną możliwą zmianą mocy obciążenia bazowego JG na koniec OREB t

$$GMB_t^r \leq \Delta PP_t^r$$

Ograniczenie związane z maksymalną możliwą zmianą średniej mocy obciążenia bazowego JG w OREB t

$$GMB_t^r \leq \frac{\Delta PP_{t-1}^r + \Delta PP_t^r}{2}$$

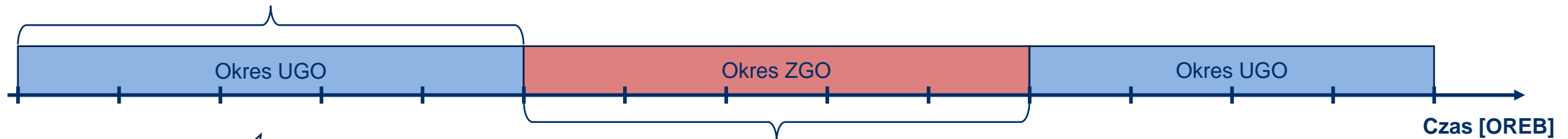
Jeżeli GMB RR nie spełnia ograniczeń związanych z maksymalną możliwą zmianą obciążenia bazowego JG (ΔPP^{RR}), to jest on zmniejszany do największej wartości spełniającej te ograniczenia zaokrąglonej w dół do pełnych MW

Okresy usztywnionego i zmiennego grafiku obciążenia w ramach ARO

Do okresu usztywnionego grafiku obciążenia w ramach ARO (okres UGO) należą OREB, dla których:

- W przypadku JG_{W1} : $ZWP = 1$ lub stan JG_{W1} różny od P
- W przypadku JG_{M1} : $ZWP = 1$ lub stan JG_{M1} równy R
- W przypadku JG_{Z1} : $ZWP = 1$
- W przypadku JG z $ZAK = 2$ albo 3 : $ZUB = N$

W ramach ARO nie ma możliwości zmiany stanu JG_{W1} i JG_{M1}

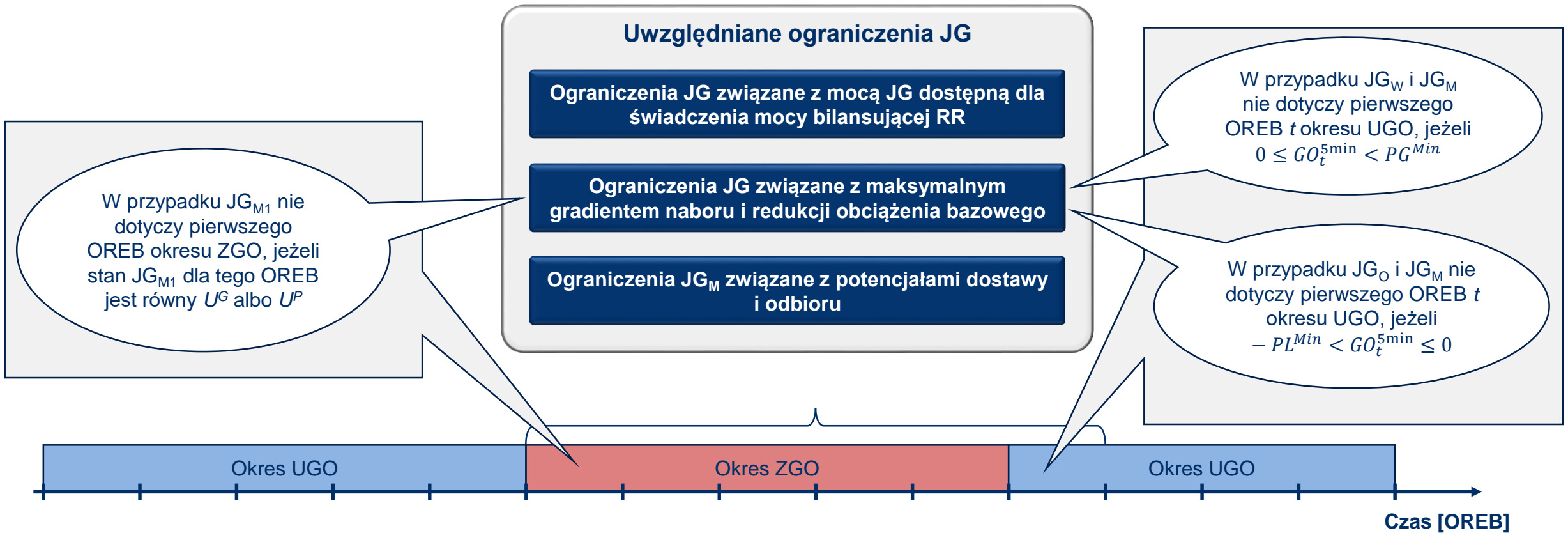


Dla OREB z okresu UGO
 $\Delta P^{RR} = 0$ MW i GMB dla RR
powinny być zerowe

Do okresu zmiennego grafiku obciążenia w ramach ARO (okres ZGO) należą OREB, dla których:

- W przypadku JG_{W1} : $ZWP \neq 1$ i stan JG_{W1} równy P
- W przypadku JG_{M1} : $ZWP \neq 1$ i stan JG_{M1} różny od R
- W przypadku JG_{Z1} : $ZWP = 0$
- W przypadku JG z $ZAK = 2$ albo 3 : $ZUB \neq N$

Ograniczenia JG uwzględniane przy wyznaczaniu ΔPP^{RR}



GO_t^{5min}	Moc obciążenia bazowego JG w piątej minucie OREB t wynikająca z grafiku obciążenia oraz stanu JG w przypadku JG _{W1} i JG _{M1}
PG^{Min}	Moc minimalna JG _W albo moc minimalna JG _M w kierunku generacji
PL^{Min}	Moc minimalna JG _O albo moc minimalna JG _M w kierunku poboru

Moc JG dostępna dla świadczenia RR

- ⊕ Moc JG dostępną dla świadczenia RR wyznacza się dla początku i końca każdego OREB t z okresu ZGO oraz dodatkowo dla początku pierwszego OREB z okresu UGO
 - ⊕ Moc dostępna dla RR^G (RR^D) na początku OREB t : $MDP_t^{RR^G} (MDP_t^{RR^D})$
 - ⊕ Moc dostępna dla RR^G (RR^D) na końcu OREB t : $MDK_t^{RR^G} (MDK_t^{RR^D})$
- ⊕ Sposób wyznaczania powyższych mocy jest analogiczny dla wszystkich rodzajów JG

Moc JG dostępna dla świadczenia RR^G

- $MDP_t^{RR^G} = MDP_t^G - \sum_{r \in \{FCR^G, aFRR^G\}} GMB_t^r - \max(0,5 \cdot GMB_{t-2}^{mFRRd^G}; GMB_{t-1}^{mFRRd^G}; GMB_t^{mFRRd^G})$
- $MDK_t^{RR^G} = MDK_t^G - \sum_{r \in \{FCR^G, aFRR^G\}} GMB_t^r - \max(GMB_{t-1}^{mFRRd^G}; GMB_t^{mFRRd^G}; 0,5 \cdot GMB_{t+1}^{mFRRd^G})$

Moc JG dostępna dla świadczenia RR^D

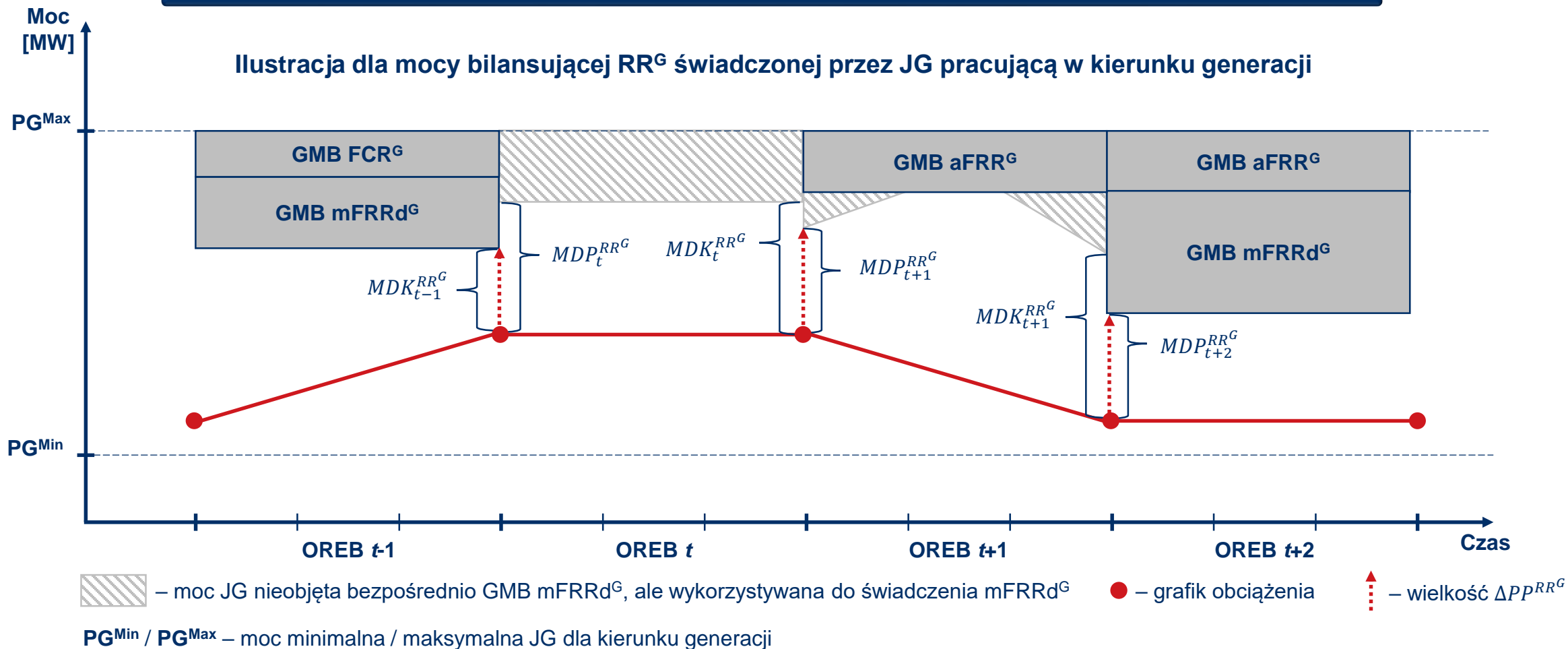
- $MDP_t^{RR^D} = MDP_t^D - \sum_{r \in \{FCR^D, aFRR^D\}} GMB_t^r - \max(0,5 \cdot GMB_{t-2}^{mFRRd^D}; GMB_{t-1}^{mFRRd^D}; GMB_t^{mFRRd^D})$
- $MDK_t^{RR^D} = MDK_t^D - \sum_{r \in \{FCR^D, aFRR^D\}} GMB_t^r - \max(GMB_{t-1}^{mFRRd^D}; GMB_t^{mFRRd^D}; 0,5 \cdot GMB_{t+1}^{mFRRd^D})$

MDP_t^G / MDP_t^D – moc dostępna dla świadczenia mocy bilansujących w górę / w dół na początku OREB t
 MDK_t^G / MDK_t^D – moc dostępna dla świadczenia mocy bilansujących w górę / w dół na końcu OREB t
 GMB_t^r – grafik mocy bilansującej dla typu rezerwy mocy r i OREB t

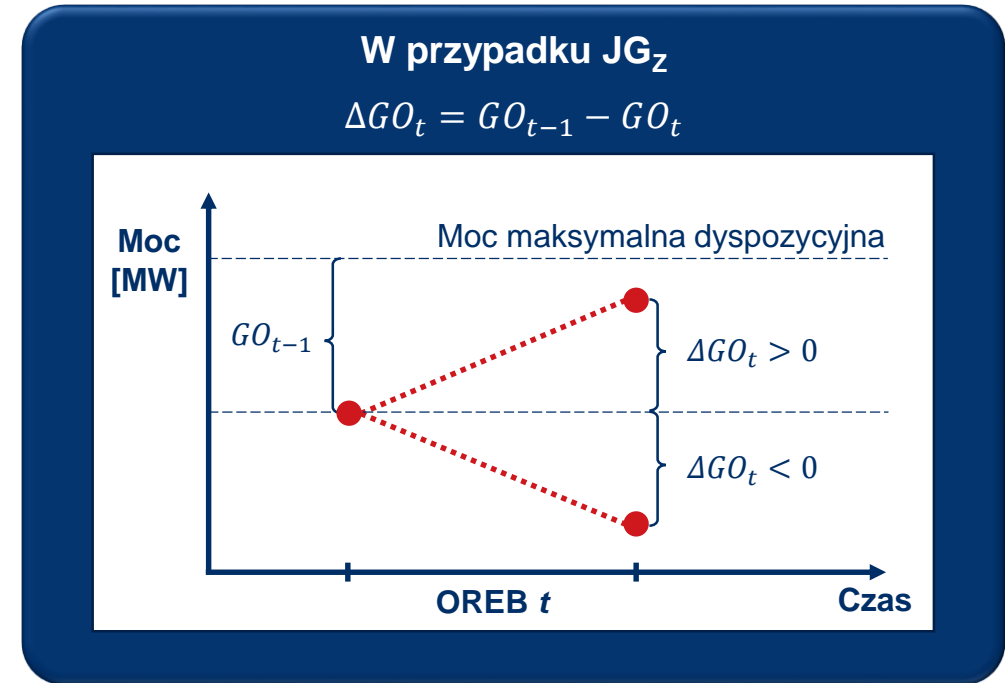
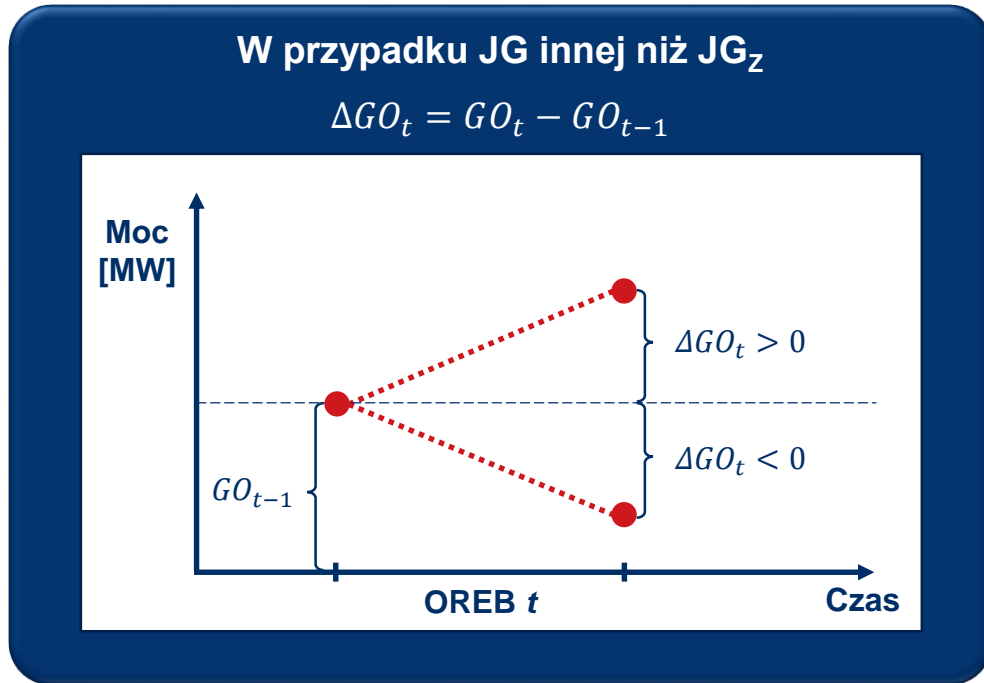
Sposób wyznaczania tych mocy dla poszczególnych rodzajów JG został omówiony w części I materiału szkoleniowego dotyczącego weryfikacji GMB

Ograniczenie wielkości ΔPP^{RR} ze względu na moc JG dostępną dla świadczenia RR

Dla typu rezerwy mocy $r \in \{RR^G, RR^D\}$ i danego OREB t z okresu ZGO: $\Delta PP_t^r \leq \min(MDK_t^r; MDP_{t+1}^r)$



Definicja zmiany grafiku obciążenia w OREB t (ΔGO_t)



- ⊕ Dla każdego OREB t , dla którego jest uwzględniane ograniczenie związane z **maksymalnym gradientem naboru i redukcji obciążenia bazowego**, można określić:
 - ⊕ Wynikającą z maksymalnego gradientu **naboru** obciążenia bazowego (**MGN**) największą wartość ΔGO_t (ΔGO_t^{MGN})
 - ⊕ Wynikającą z maksymalnego gradientu **redukcji** obciążenia bazowego (**MGR**) najmniejszą wartość ΔGO_t (ΔGO_t^{MGR})

Maksymalna zmiana grafiku obciążenia w OREB z okresu ZGO ze względu na MGN i MGR

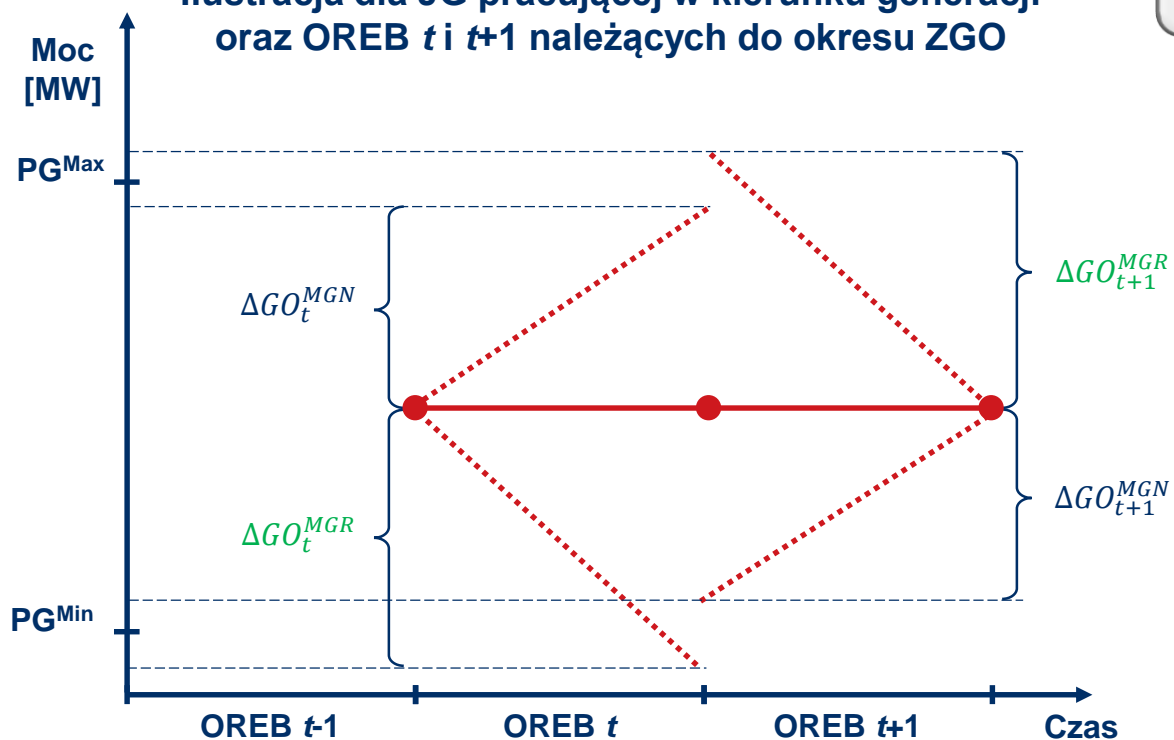
Dla OREB t , który należy do okresu ZGO

- $\Delta GO_t^{MGN} = MGN \cdot \Delta t + K_t^{MGN}$
- $\Delta GO_t^{MGR} = -(MGR \cdot \Delta t + K_t^{MGR})$

W przypadku JG_M dla OREB t jest uwzględniany MGN i MGR:

- Dla kierunku generacji, jeżeli JG_M świadczy RR w kierunku generacji, tj.:
 - Dla JG_{M1} grafik obciążenia dla OREB t lub $t-1$ jest dodatni
 - Dla JG_{M2} znacznik usług bilansujących (ZUB) dla OREB t lub $t-1$ jest równy D^G
- Dla kierunku poboru, jeżeli JG_M świadczy RR w kierunku poboru, tj.:
 - Dla JG_{M1} grafik obciążenia dla OREB t lub $t-1$ jest ujemny
 - Dla JG_{M2} znacznik usług bilansujących (ZUB) dla OREB t lub $t-1$ jest równy D^P

Ilustracja dla JG pracującej w kierunku generacji oraz OREB t i $t+1$ należących do okresu ZGO



K_t^{MGN}	dotatkowa możliwość zwiększenia ΔGO_t ze względu na zmianę dyspozycyjności JG w OREB t
K_t^{MGR}	dotatkowa możliwość zmniejszenia ΔGO_t ze względu na zmianę dyspozycyjności JG w OREB t
Δt	czas trwania OREB (15 minut)

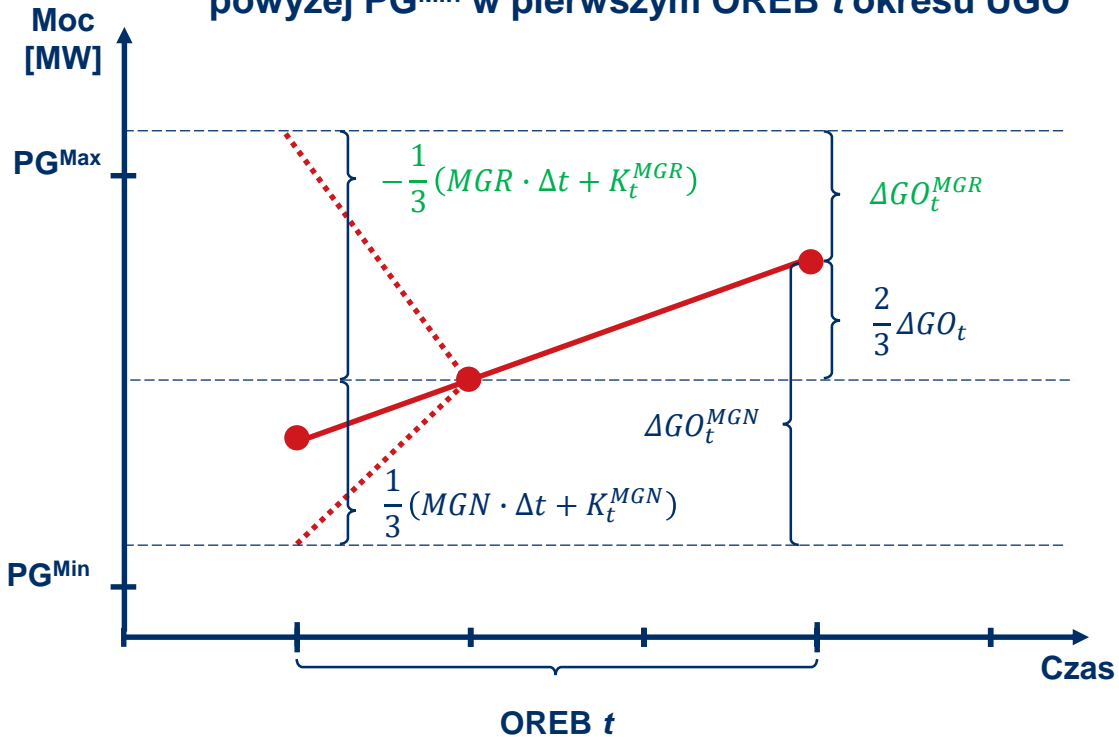
Na ilustracji zieloną czcionką oznaczono wielkości ujemne

Maksymalna zmiana grafiku obciążenia w OREB z okresu UGO ze względu na MGN i MGR

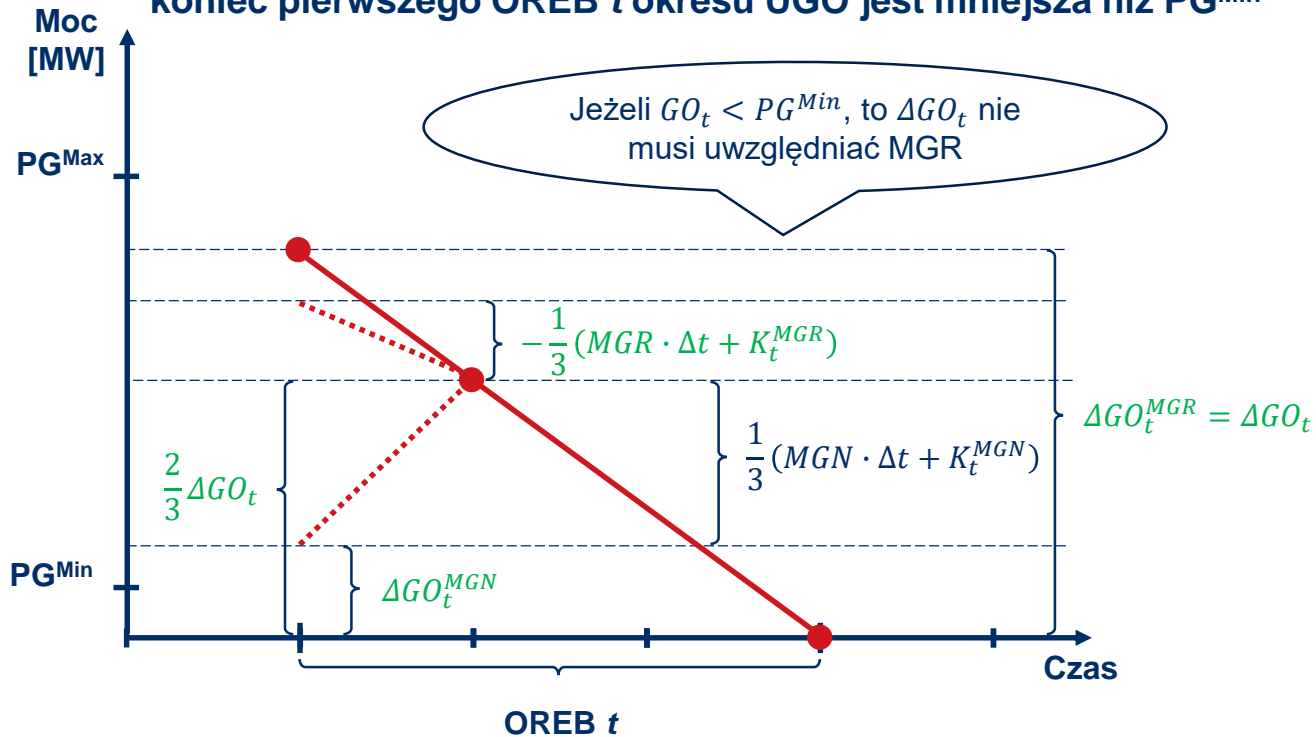
Dla OREB t , który jest pierwszym OREB okresu UGO

- $\Delta GO_t^{MGN} = \max\left(\frac{1}{3}(MGN \cdot \Delta t + K_t^{MGN}) + \frac{2}{3}\Delta GO_t; \Delta GO_t\right)$
- $\Delta GO_t^{MGR} = \min\left(-\frac{1}{3}(MGR \cdot \Delta t + K_t^{MGR}) + \frac{2}{3}\Delta GO_t; \Delta GO_t\right)$

Ilustracja dla JG_W i JG_M pracującej w kierunku generacji powyżej PG^{Min} w pierwszym OREB t okresu UGO



Ilustracja dla JG_W i JG_M , której nieujemna moc obciążenia na koniec pierwszego OREB t okresu UGO jest mniejsza niż PG^{Min}



Na ilustracjach zieloną czcionką oznaczono wielkości ujemne

Dodatkowa możliwość zmiany ΔGO ze względu na zmianę dyspozycyjności JG

- ⊕ Dla OREB t , dla którego nie wyznaczono jeszcze programu pracy zweryfikowanego (PPZ), dodatkowa możliwość zwiększenia i zmniejszenia ΔGO jest zawsze zerowa ($K_t^{MGN} = 0$ i $K_t^{MGR} = 0$)
- ⊕ Dla OREB t , dla którego został już wyznaczony PPZ, dodatkowa możliwość zwiększenia lub zmniejszenia ΔGO może być niezerowa, jeżeli w OREB t nastąpiła zmiana dyspozycyjności JG, w przypadku JG_{W2} , JG_{M2} , JG_O i JG_A w zakresie objętym oferowaną mocą maksymalną z oferty na energię bilansującą (OEB)

Możliwe przypadki niezerowych K_t^{MGN} i K_t^{MGR}

Dla JG_W , JG_A i JG_M pracującej w kierunku generacji

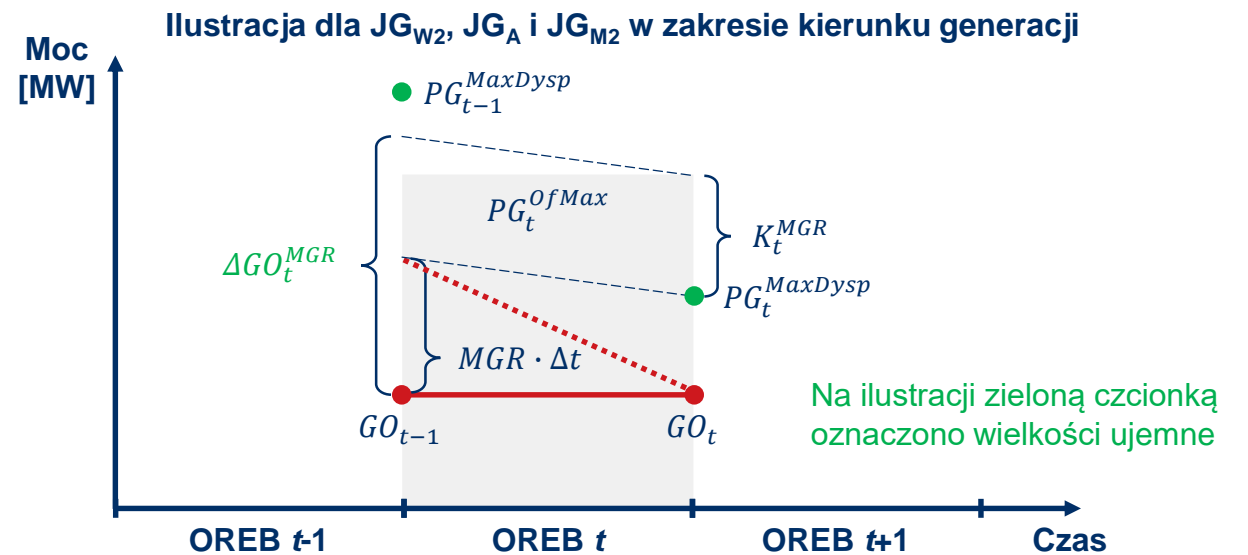
$$K_t^{MGR} = \max(\min(PG_{t-1}^{MaxDysp} - PG_t^{MaxDysp}; PG_t^{OfMax} - PG_t^{MaxDysp}); 0)$$

Dla JG_O , JG_A i JG_M pracującej w kierunku poboru

$$K_t^{MGN} = \max(\min(PL_{t-1}^{MaxDysp} - PL_t^{MaxDysp}; PL_t^{OfMax} - PL_t^{MaxDysp}); 0)$$

Dla JG_Z

$$K_t^{MGN} = \max(PG_{t-1}^{MaxDysp} - PG_t^{MaxDysp} + PG_t^{MinDysp} - PG_{t-1}^{MinDysp}; 0)$$

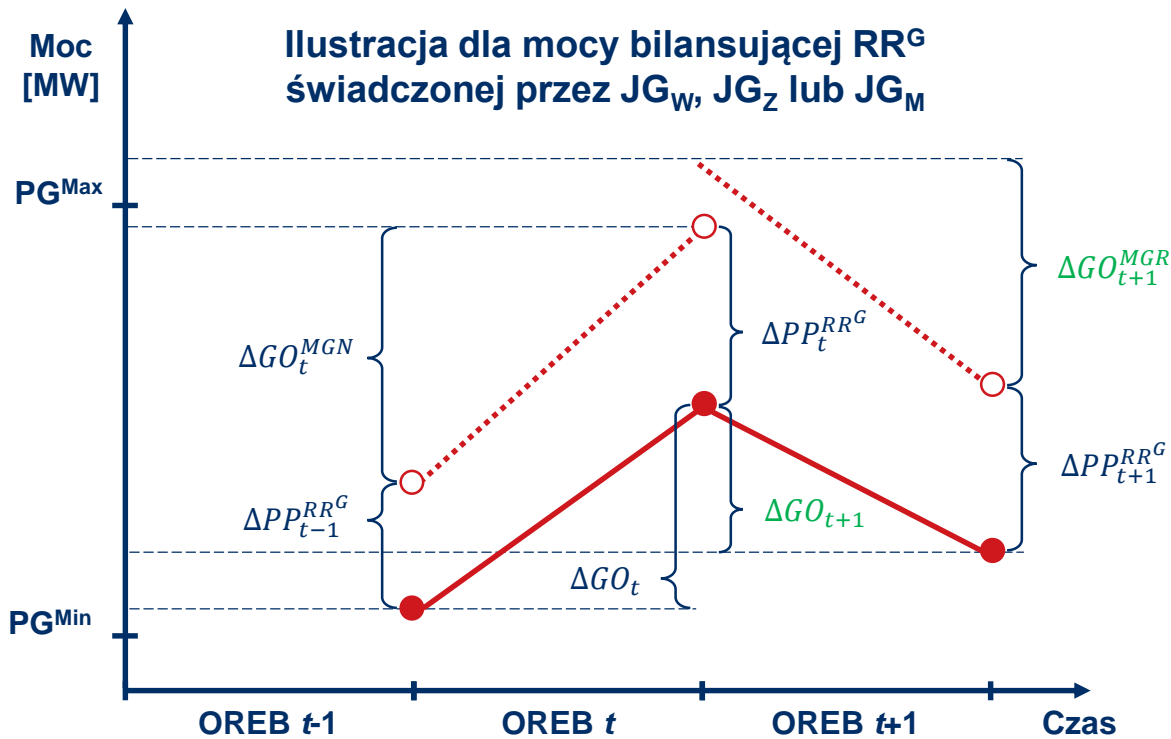


$PG_t^{MaxDysp}$	moc maksymalna dyspozycyjna JG_W i JG_Z dla OREB t albo moc maksymalna dyspozycyjna JG_A i JG_M w kierunku generacji dla OREB t
$PL_t^{MaxDysp}$	moc maksymalna dyspozycyjna JG_O dla OREB t albo moc maksymalna dyspozycyjna JG_A i JG_M w kierunku poboru dla OREB t
PG_t^{OfMax}	oferowana moc maksymalna z OEB dla JG_W i JG_Z dla OREB t albo oferowana moc maksymalna w kierunku generacji z OEB dla JG_A i JG_M dla OREB t
PL_t^{OfMax}	oferowana moc maksymalna z OEB dla JG_O dla OREB t albo oferowana moc maksymalna w kierunku poboru z OEB dla JG_A i JG_M dla OREB t
$PG_t^{MinDysp}$	moc minimalna dyspozycyjna JG_Z dla OREB t

Ograniczenie wielkości ΔPP^{RR} ze względu na MGN i MGR

Ograniczenia wielkości $\Delta PP_t^{RR^G}$ dla OREB t

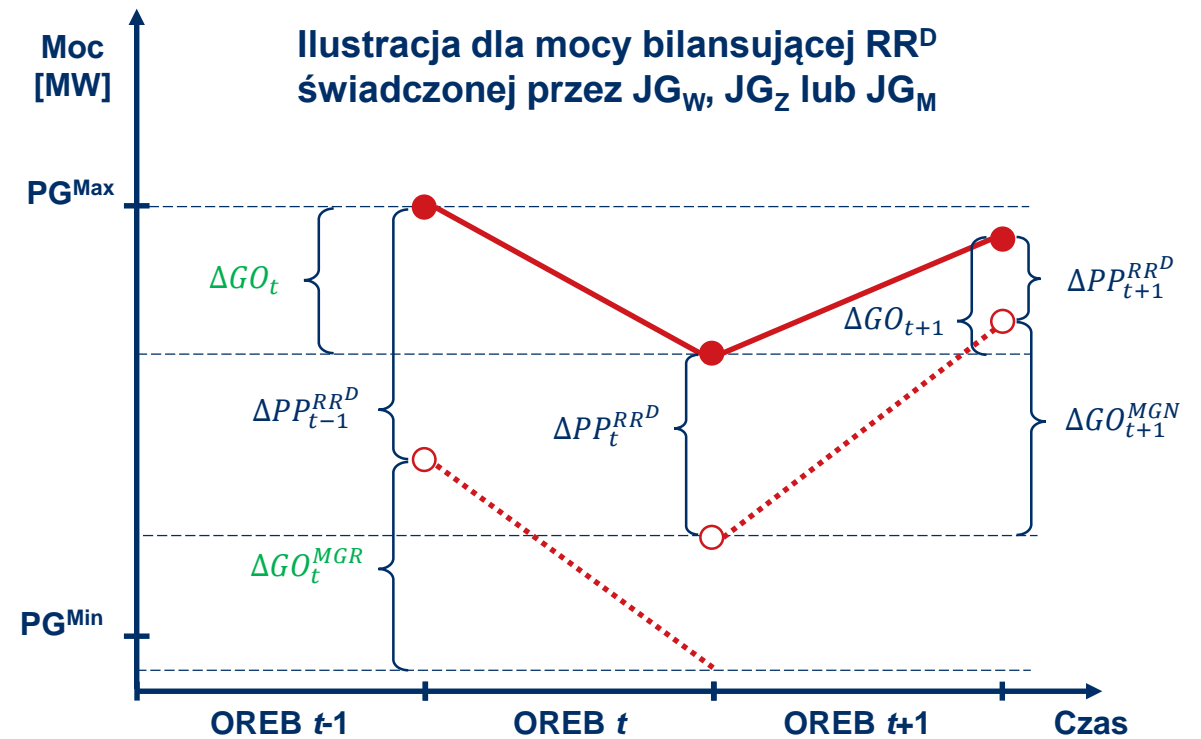
- $\Delta PP_t^{RR^G} \leq \Delta PP_{t-1}^{RR^G} + |\Delta GO_t^{MGN} - \Delta GO_t|$
- $\Delta PP_t^{RR^G} \leq \Delta PP_{t+1}^{RR^G} + |\Delta GO_{t+1}^{MGR} - \Delta GO_{t+1}|$



● – grafik obciążenia ○ – grafik obciążenia zmieniony o ΔPP^{RR}

Ograniczenia wielkości $\Delta PP_t^{RR^D}$ dla OREB t

- $\Delta PP_t^{RR^D} \leq \Delta PP_{t-1}^{RR^D} + |\Delta GO_t^{MGR} - \Delta GO_t|$
- $\Delta PP_t^{RR^D} \leq \Delta PP_{t+1}^{RR^D} + |\Delta GO_{t+1}^{MGN} - \Delta GO_{t+1}|$



Na ilustracjach zieloną czcionką oznaczono wielkości ujemne

Przykład dostępnej mocy bilansującej RR dla JG_{W1}

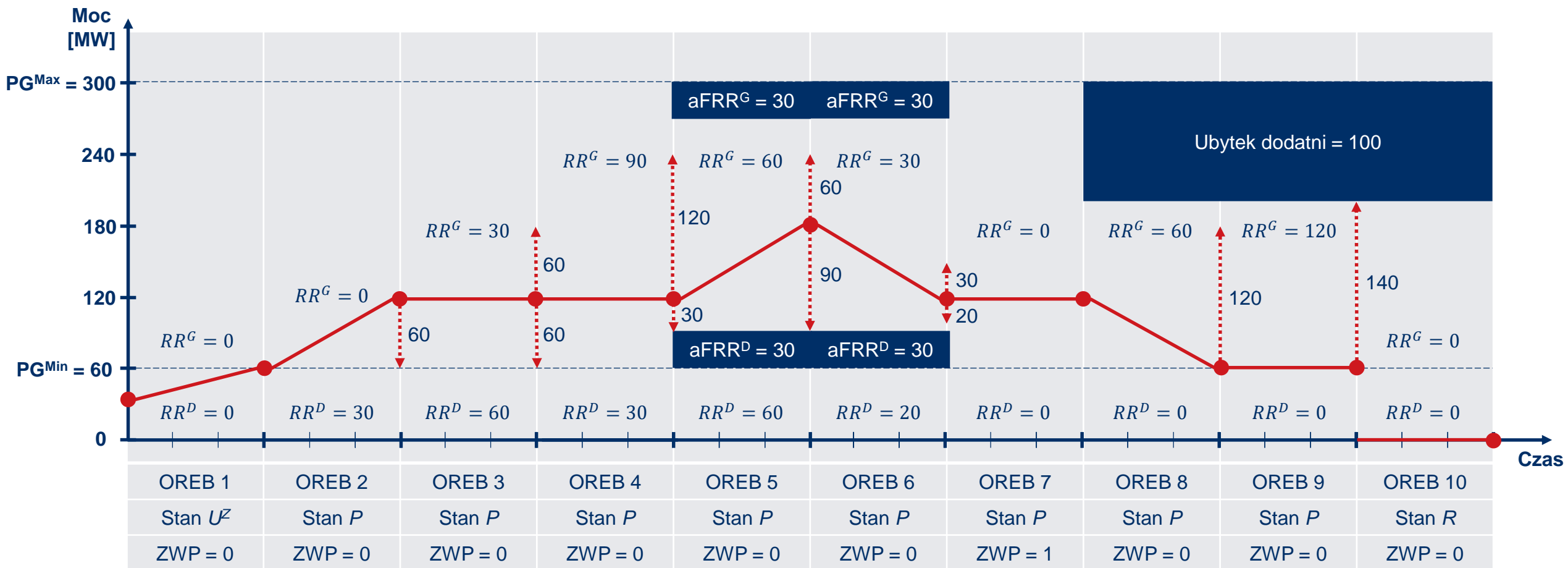
⇒ MGN = 4 MW/min, MGR = 6 MW/min

⇒ MaxZR dla RR^G i RR^D jest równy odpowiednio 120 MW i 180 MW

● – grafik obciążenia

↑ - wielkość ΔPP^{RR^G}

↓ - wielkość ΔPP^{RR^D}



Potencjały dostawy i odbioru: porównanie JG_{M1} i JG_{M2}

JG_{M1}

- Dla każdego OREB jest określony potencjał dostawy (PD) i odbioru (PO) oraz znacznik potencjału dostawy i odbioru (ZPDO)
- ZPDO dla OREB t przyjmuje jedną z dwóch wartości:
 - 0 – PD i PO dla OREB t powiązane z PD i PO dla OREB $t-1$
 - 1 – PD i PO dla OREB t niezależne od PD i PO dla OREB $t-1$
- Jeżeli dla OREB t ZPDO = 0, to PD i PO dla OREB t stanowią kontynuację PD i PO dla OREB $t-1$ ($PD_t \geq PD_{t-1}$ i $PO_t \geq PO_{t-1}$) albo mogą zostać wyzerowane ($PD_t = 0$ i $PO_t = 0$)
- Jeżeli dla OREB t ZPDO = 1, to PD i PO dla OREB t są dostępne dla OSP w określonej wielkości niezależnie od wykorzystania PD i PO dla wcześniejszych OREB

JG_{M2}

- Dla każdego OREB jest określony potencjał dostawy (PD) i odbioru (PO)
- PD i PO dla OREB należących do tej samej godziny zegarowej są ze sobą powiązane
- PD i PO dla OREB należących do różnych godzin zegarowych są niezależne od siebie
- Jeżeli OREB $t-1$ i t należą do tej samej godziny zegarowej, to PD i PO dla OREB t określają dodatkowe w stosunku do PD i PO dla OREB $t-1$ potencjały dostępne dla OSP w OREB t
- Jeżeli OREB $t-1$ i t należą do różnych godzin zegarowych, to PD i PO dla OREB t są dostępne dla OSP w określonej wielkości niezależnie od wykorzystania PD i PO dla wcześniejszych OREB

Potencjały dostawy i odbioru dla JG_{M2} można opisać w podobny sposób jak dla JG_{M1} definiując odpowiednio ZPDO oraz PD i PO

- ZPDO jest równy 1 dla OREB, który jest pierwszym OREB godziny zegarowej
- ZPDO jest równy 0 dla OREB, który nie jest pierwszym OREB godziny zegarowej
- PD jest równy sumie zgłoszonych wartości PD dla danego i wcześniejszych OREB należących do tej samej godziny zegarowej co dany OREB
- PO jest równy sumie zgłoszonych wartości PO dla danego i wcześniejszych OREB należących do tej samej godziny zegarowej co dany OREB

Potencjał wymagany do świadczenia mocy bilansującej RR

Dla OREB t wymagany do świadczenia mocy bilansującej $r \in \{RR^G, RR^D\}$ potencjał (WP_t^r) jest wyznaczany w następujący sposób:

Dla OREB t , który należy do okresu ZGO

$$WP_t^r = (1 - ZPDO_t) \cdot WP_{t-1}^r + \frac{1}{8} (\Delta PP_t^r + \Delta PP_{t-1}^r) \cdot \eta_t$$

Dla OREB t , który należy do okresu UGO

Wzór ogólny

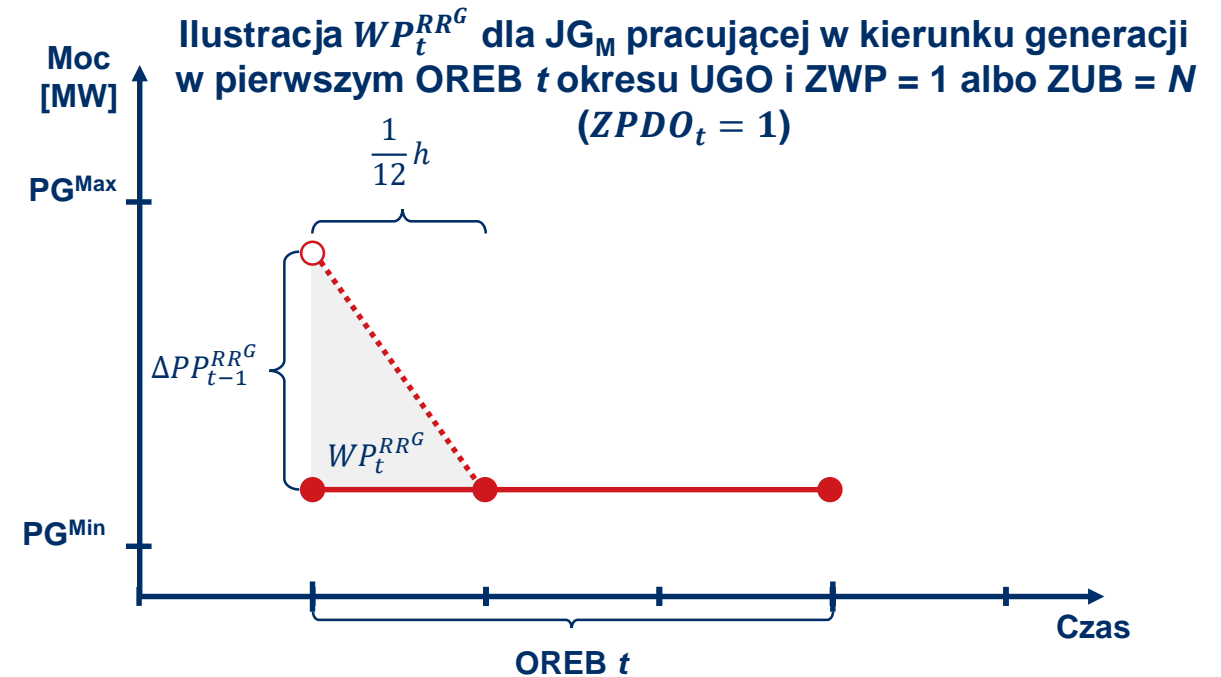
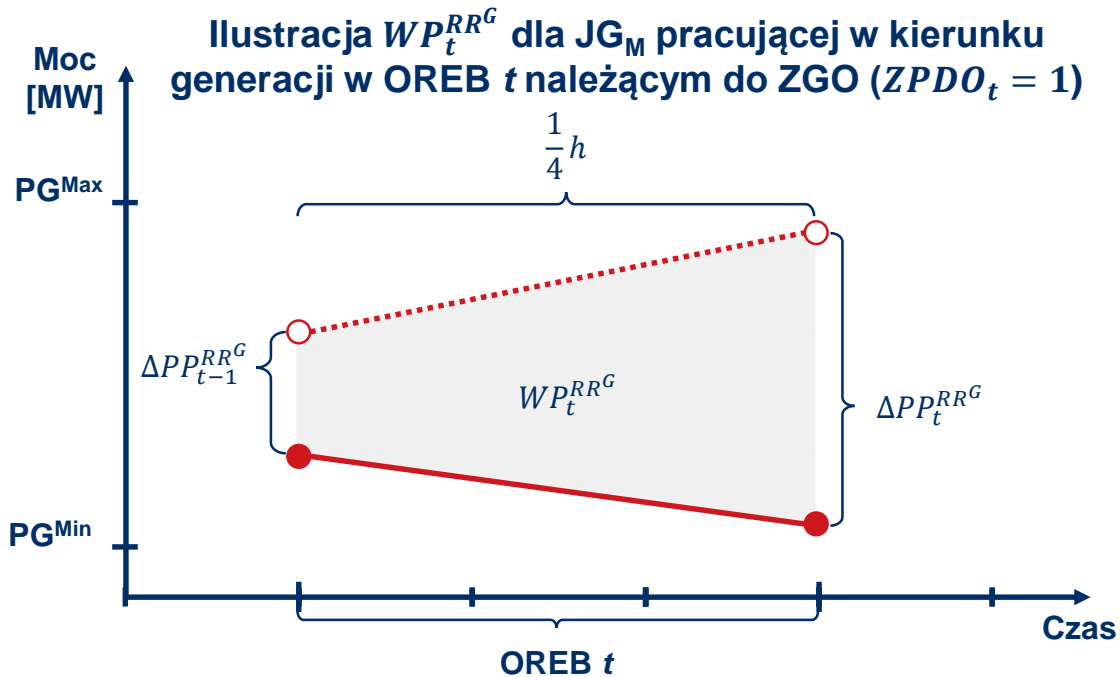
$$WP_t^r = (1 - ZPDO_t) \cdot WP_{t-1}^r$$

Pierwszy OREB okresu UGO i ZWP = 1 albo ZUB = N

$$WP_t^r = (1 - ZPDO_t) \cdot WP_{t-1}^r + \frac{1}{24} \Delta PP_{t-1}^r \cdot \eta_t$$

η_t współczynnik sprawności MEE albo ESP związanej z daną JG_M , jeżeli w OREB t JG_M świadczy RR w kierunku poboru
wartość równa 1, w przeciwnym przypadku

● – grafik obciążenia
○ – grafik obciążenia zmieniony o ΔPP^{RR}



Ograniczenia w świadczeniu RR związane z niezerowymi PD lub PO

⊕ Dla OREB t , dla którego $PD_t > 0$ lub $PO_t > 0$, $WP_t^{RR^G} \leq PD_t$ i $WP_t^{RR^D} \leq PO_t$

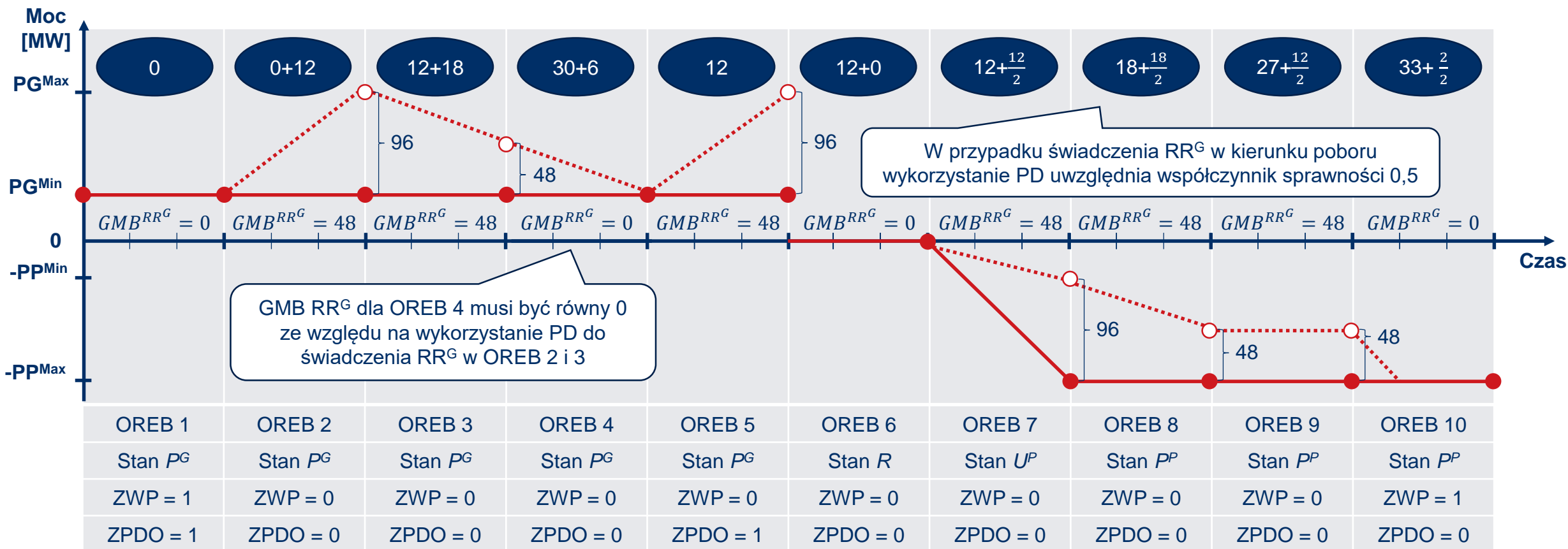
⊕ Przykład uwzględnienia ograniczenia związanego z PD w świadczeniu RR^G dla JG_{M1}

⊕ Współczynnik sprawności MEE albo ESP związanej z JG_{M1} jest równy 0,5

⊕ PD jest równy 36 MWh dla wszystkich OREB od 1 do 10

WP^{RR^G} – wielkość WP^{RR^G} dla danego OREB

● – grafik obciążenia ○ – grafik obciążenia zmieniony o ΔPP^{RR}



Ograniczenia w świadczeniu RR związane z zerowymi PD i PO

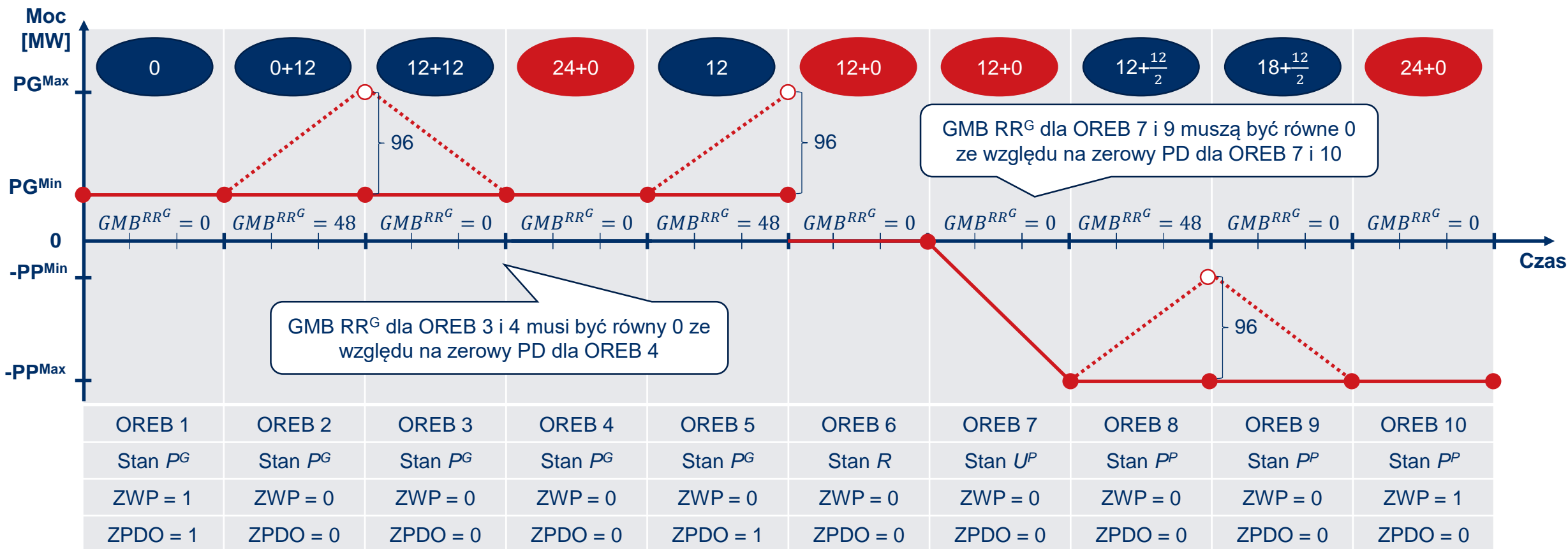
⊕ Dla OREB t , dla którego $PD_t = 0$ i $PO_t = 0$, $WP_t^{RRG} \leq (1 - ZPDO_t) \cdot WP_{t-1}^{RRG}$ i $WP_t^{RRD} \leq (1 - ZPDO_t) \cdot WP_{t-1}^{RRD}$

⊕ Przykład uwzględnienia ograniczenia związanego z PD w świadczeniu RR^G dla JG_{M1}

WP^{RRG} – wielkość WP^{RRG} dla danego OREB (czerwone tło dotyczy OREB, dla których $PD = 0$ i $PO = 0$)

⊕ Współczynnik sprawności MEE albo ESP związanej z JG_{M1} jest równy 0,5

⊕ PD i PO są równe 0 dla OREB 4, 6, 7 i 10 oraz PD jest równy 36 MWh dla pozostałych OREB ● – grafik obciążenia ○ – grafik obciążenia zmieniony o ΔPP^{RR}



Dziękuję

Wcześniejsze nagrania i prezentacje dotyczące weryfikacji grafików mocy bilansujących

Część I: zasady ogólne oraz uwarunkowania pracy JG związane ze świadczeniem FCR i aFRR

Nagranie: <https://www.youtube.com/watch?v=sBOO6H9wNvA>

Prezentacja: <https://bit.ly/4bnCAwP>

Część II: uwarunkowania pracy JG związane ze świadczeniem mFRRd

Nagranie: <https://www.youtube.com/watch?v=afbjmhjzOdl>

Prezentacja: <https://bit.ly/3wdHi0S>

PSE Polskie Sieci
Elektroenergetyczne

pse@pse.pl