

Kogeneracja

Dobór agregatu kogeneracyjnego – artykuł polemiczny cz. I

Opracował: mgr inż. Wiesław Olasek

Olsztyn 2018 rok

Dobór agregatu kogeneracyjnego – artykuł polemiczny cz. I

Powszechna dostępność internetu daje inwestorom duże możliwości w zakresie przygotowania inwestycji, a osobom z branży sposobność do porównania różnych metod analitycznych. Przeglądając dostępne w internecie opracowania można stwierdzić, że niektóre ośrodki mają swoje, wypracowane przez lata, metody przekonywania inwestorów do swoich rozwiązań. Skoro firma przez lata posługuje się tym samym modelem to zapewne jest skuteczna. Nasuwa się jednak pytanie czy wszystkie przedstawiane w internecie opracowania są wiarygodne.

Często nasuwa się retoryczne pytanie, czy drobiazgowo analizy oparte na rzeczywistych potrzebach inwestora mają sens, skoro podobny efekt handlowy można uzyskać stosując odebrane od realiów „przymiarki”. Okazuje się, że w dość niszowej branży jaką jest kogeneracja ogromną rolę odgrywa siła perswazji sprzedającego i niezachwiana wiara inwestora.

Przy przeglądaniu opracowań w internecie pewien model analizy był dość często powielany, a ponieważ nie bardzo go rozumiem postanowiłem go przeanalizować.

Materiałem źródłowym jest opracowanie „Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w oparciu o paliwa gazowe – agregaty kogeneracyjne. Aspekty techniczne i ekonomiczne”, którego autorami są mgr inż. Witolda Płatka i mgr inż. Agnieszki Buczak (oboje reprezentują Centrum Elektroniki Stosowanej „CES” Sp. z o.o. z Krakowa).

Ponieważ CES jest dostawcą urządzeń kogeneracyjnych, więc pominiemy aspekty techniczne, a zajmiemy się jedynie ekonomicznymi.

Podstawowym zarzutem do przedstawionej w omawianym artykule analizy (bo trudno to nazwać wątpliwością) jest brak odniesienia do konkretnego obiektu. Jako usprawiedliwienie można przyjąć, że autorzy nie określili w jakim trybie agregat będzie pracował. Jest im obojętne czy będzie to prąd czy ciepło. Większym problemem jest brak odpowiedzi na pytanie jakie są potrzeby obiektu na prąd i ciepło i czy oba media zostaną w całości wykorzystane na potrzeby własne.

W artykule dość elastycznie określono, że „... urządzenia kogeneracyjne mają pracować 24 godziny na dobę 365 dni w roku i służyć zaspokojeniu naszych minimalnych potrzeb związanych z energią elektryczną i ciepłą. Jeżeli do rozważań przyjmujemy energię cieplną to zapotrzebowanie w różnych okresach doby i roku będzie różne, więc aby dobrze wybrać kierujemy się potrzebami minimalnymi.”. Jest to bardzo mocne, chociaż całkowicie błędne określenie czasu pracy agregatu. Taka analiza całkowicie pomija kwestie związane z przerwami na serwis i remonty. Sformułowanie takie, określające tylko jeden rok pracy agregatu, sugeruje jakby taki stan miał trwać przez cały okres eksploatacji – nie ma takich urządzeń.

W artykule na rysunku 4 pokazany jest przykładowy profil energii cieplnej, ale nie odnosi się on do obiektu analizowanego. Nasuwa się równocześnie pytanie - skoro agregat ma pracować zgodnie z zapotrzebowaniem chwilowym na ciepło to co z zapotrzebowaniem na prąd? Czy autorzy przewidują sprzedaż nadwyżek prądu?

Odpowiedzią na te pytania może być stwierdzenie autorów przywołane powyżej, że „kierujemy się potrzebami minimalnymi”.

Jeśli tak, to moim zdaniem, problem jest poważniejszy.

Otóż, praca inżynierska nie jest sztuką domyślania się co można by w danym przypadku zastosować, tylko sztuką optymalizacji – czyli liczenia. Inwestor ma mieć dobrane urządzenie, które jest optymalne dla jego potrzeb – ani za małe ani za duże. Oczywiście należy także uwzględniać inne kryteria techniczne lub ekonomiczne określone przez inwestora lub wynikające z lokalnych warunków, ale nie powinna to być kosztowna fanaberia inwestora żeby można było powiedzieć, że ma się kogenerację.

Są przypadki, gdy dla większych obiektów możliwe byłoby zastosowanie agregatu kogeneracyjnego o większej mocy a inwestor decyduje się na agregat mocy elektrycznej do 1 MW ze względu na możliwość uzyskania świadectw pochodzenia energii elektrycznej z gazowej wysoko-
kosprawnej kogeneracji. Takie działanie może mieć sens – o ile potwierdzą to wyniki analizy ekonomicznej.

Na rys. 4 pokazano profil zapotrzebowania na ciepło z trzema agregatami. Technicznie jest to oczywiście możliwe tylko jaka jest efektywność ekonomiczna takiego rozwiązania, przy wszystkich przedstawionych powyżej wątpliwościach. Szczególnie, że w przedstawionej przez autorów analizie jest tylko jeden agregat.

Wprawdzie znamy przykład lotniska, z którego nie startują samoloty i peronów przy których nie zatrzymują się pociągi (chyba, że się zepsują) oraz instalacji z kogeneracją, która nie pracuje bo jest przewymiarowana.

Przyjmując, że kryterium doboru agregatu jest minimalne zapotrzebowanie na ciepło to zastanawiam się jaki to może być obiekt. W większości obiektów największe zapotrzebowanie na ciepło i prąd jest w okresie zimowym a najmniejsze zapotrzebowanie na ciepło w lato. Z reguły w lato potrzebna jest tylko ciepła woda użytkowa, ale czy dla takich warunków opłaca się instalować agregat kogeneracyjny – mnie to nie przekonuje.

Wiele tłumaczy uwaga autorów w punkcie trzecim: „Uwaga: przyjęte zużycie energii elektrycznej oraz zapotrzebowanie na ciepło podane zostało przykładowo z uwzględnieniem typoszeru kogeneratorów...”. Zrozumiałem to tak, że autorzy wybrali sobie jeden z dostępnych w typoszeregu agregatów i pod niego przyjęli całkiem fikcyjny i oderwany od realiów obiekt.

Oczywiście, agregaty kogeneracyjne stosuje się w ciepłowniach zawodowych do przygotowania ciepłej wody użytkowej w okresie letnim, gdy prowadzone są prace remontowe kotłów, ale i tam występują nadwyżki prądu, które odprowadza się do sieci elektroenergetycznej.

Kolejne pytanie dotyczy prac serwisowych agregatu. Różni producenci i dystrybutorzy różnie określają wymagane okresy międzyserwisowe. Zwykle przeglądy i prace serwisowe wykonuje się co 1.000 – 1.500 mth. Jak firma sprzedała agregat „zbyt tanio” ustala okres międzyserwisowy np. na 800 mth. Jest to okazja do zarobienia dodatkowych pieniędzy. Pamiętajmy jednak, że wszystkie prace serwisowe wykonuje się po wyłączeniu agregatu i jego ostygnięciu. Jak w takim przypadku można zakładać, że agregat pracuje 24 godziny na dobę przez 365 dni w roku i to na poziomie mocy nominalnej.

Żeby nie spotkać się z zarzutem, że w sposób niesprawiedliwy interpretuje się analizę efektywności ekonomicznej autorów, na poniższym rysunku wklejona została **cała analiza**.

Koszty ponoszone:	
Sposób tradycyjny: energia elektryczna z ZE energia ciepła wytwarzana w piecu z gazu ziemnego	Z wykorzystaniem kogeneracji (jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej z gazu ziemnego)
Roczne koszty energii elektrycznej: ♦ 345kW x 24h x 365 dni x 0,20 zł = = 604.440 zł	Kogenerator wytwarzający 345kW energii elektrycznej oraz 520kW energii ciepłej na godzinę zużywa 96 m ³ gazu
Roczne koszt energii ciepłej: Sprawność pieca gazowego 90% 1m ³ gazu = 10kW energii ciepłej (520kW/0,9) / 10 ≈ 58 m ³ gazu na godzinę	Koszt zapotrzebowania na gaz: ♦ 96m ³ x 24h x 365 dni x 0,75 zł. = = 630.720 zł.
♦ 58m ³ x 24h x 365 dni x 0,75 zł. = = 379.746 zł.	Koszty rocznej obsługi agregatu: ♦ ok. 50.000 zł.
Łączne koszty energii elektrycznej i gazu: 604.440 zł. + 379.746 zł. = 984.186 zł.	Łączne koszty eksploatacji agregatu: 630.720 zł. + 50.000 zł. = 680.720 zł.
Roczne oszczędności: 984.186 zł. - 680.720 zł. = 303.466 zł.	

Koszty zakupu z montażem kogeneratora o powyższych parametrach wynoszą ok. 1 mln zł. Zatem koszt zakupu zwróci się po ok. 3 latach eksploatacji.

Każdy następny rok przyniesie ok. 303.466 zł. oszczędności

Rys. 1 Analiza efektywności ekonomicznej dla agregatu 345 kW mocy elektrycznej

Aby oddać sprawiedliwość autorom, po stronie CHP, uwzględnili roczne koszty obsługi agregatu w wysokości 50.000 zł. Na podstawie różnych instalacji należy uznać powyższą kwotę za zaniżoną, a już z całą pewnością odnoszącą się jedynie do pierwszego roku eksploatacji. System obsługiwań technicznych i remontów składa się z kilku poziomów różniących się kosztem wykonania.

Poza tym, jak widać z analizy, wszelkie prace będą wykonywane „w locie” – bez wyłączenia agregatu. Agregat nie będzie wyłączany nigdy (nawet przy wymianie świec i oleju) bo w kolejnych latach przewidywane oszczędności będą dokładnie takie same – trudno to nawet komentować. Nie wiadomo także jaki okres eksploatacji obejmuje ta analiza tzn. jak długo agregat może być w takich warunkach użytkowany.

Żeby nie było zarzutu, że omawiam jakieś incydentalne opracowanie, poniżej kilka przykładów z tym samym modelem: mrg inż. Tomasza Duszy (lewa tabela) i mgr inż. Michała Rodaka (prawa tabela) – obaj panowie są specjalistami ds. kogeneracji w firmie CES.

Tabela. Przykładowe zyski z zastosowania systemu kogeneracyjnego

Ponoszone koszty	
Sposób tradycyjny: energia elektryczna z zakładu energetycznego energia ciepła wytwarzana z gazu ziemnego	Z wykorzystaniem kogeneracji: jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej z gazu ziemnego
Roczne koszty energii elektrycznej: $400 \text{ kW} \times 8200 \text{ h} \times 0,27 \text{ zł/kWh} = 885 \text{ 600 zł}$ Roczne koszty energii cieplnej: Sprawność kotła gazowego: 90% $(436 \text{ kW} / 0,9) / 10 = 48,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $48,5 \text{ m}^3 \times 8200 \text{ h} \times 1,65 \text{ zł/m}^3 = \text{ok. } 656 \text{ 200 zł}$ Roczne koszty związane z obsługą kotłowni: 15 000 zł Łączne koszty zakupu energii elektrycznej i gazu: $885 \text{ 600} + 656 \text{ 200} + 15 \text{ 000} = 1 \text{ 556 800 zł}$	Dobry moduł kogeneracyjny do produkcji $400 \text{ kW} / 436 \text{ kW}$, zużywa ok. $96 \text{ m}^3/\text{h}$ gazu ziemnego. Koszt zapotrzebowania na gaz: $96 \text{ m}^3 \times 8200 \text{ h} \times 1,65 \text{ zł/m}^3 = \text{ok. } 1 \text{ 298 900 zł}$ Koszty rocznej obsługi serwisowej agregatu: koszt obsługi agregatów - 150 000 zł Łączne koszty eksploatacji agregatu: $1 \text{ 298 900} + 150 \text{ 000} = 1 \text{ 448 900 zł}$ Sprzedaż zielonych certyfikatów: $400 \text{ kW} \times 8200 \text{ h} \times 0,11 \text{ zł} = 360 \text{ 800 zł}$ Koszty akcyzy: $400 \text{ kW} \times 8200 \text{ h} \times 0,02 \text{ zł} = 65 \text{ 600 zł}$
Roczny zysk: $1 \text{ 556 800 zł} - 1 \text{ 448 900 zł} - 65 \text{ 600 zł} + 360 \text{ 800 zł} = 403 \text{ 700 zł}$ Koszt inwestycji wynosi ok. 1 500 000 zł, zatem zwróci się on w ciągu ok. 3 lat i 9 miesięcy eksploatacji.	

TABELA 1. PRZYKŁADOWE ZYSKI Z ZASTOSOWANIA UKŁADU KOGENERACYJNEGO W OPARCIU O GAZ ZIEMNY

KOSZTY PONOSZONE:	
SPOSÓB TRADYCYJNY: energia elektryczna z ZE energia ciepła wytwarzana z gazu ziemnego	Z WYKORZYSTANIEM KOGENERACJI: jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej z gazu ziemnego
<ul style="list-style-type: none"> Roczne koszty energii elektrycznej: $400 \text{ kW} \times 8200 \text{ h} \times 0,30 \text{ zł/kWh} = \text{ok. } 984 \text{ 000 zł}$ Roczne koszty energii cieplnej: Sprawność kotła gazowego: 90% $(436 \text{ kW} / 0,9) / 10 = 48,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $48,5 \text{ m}^3 \times 8200 \text{ h} \times 1,65 \text{ zł/m}^3 = \text{ok. } 656 \text{ 000 zł}$ Roczne koszty związane z obsługą kotłowni: 15 000 zł Łączne koszty zakupu energii elektrycznej i gazu: $984 \text{ 000} + 656 \text{ 000} + 15 \text{ 000} = 1 \text{ 655 000 zł}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Dobry moduł kogeneracyjny do produkcji $400 \text{ kWel} / 436 \text{ kWciepl}$ zużywa ok. $96 \text{ m}^3/\text{h}$ gazu ziemnego. Koszt zapotrzebowania na gaz: $96 \text{ m}^3 \times 8200 \text{ h} \times 1,65 \text{ zł/m}^3 = \text{ok. } 1 \text{ 299 000 zł}$ Koszty rocznej obsługi serwisowej agregatu: 160 000 zł Łączne koszty eksploatacji agregatu: $1 \text{ 299 000} + 160 \text{ 000} = 1 \text{ 459 000 zł}$ Sprzedaż zielonych certyfikatów: $400 \text{ kW} \times 8200 \text{ h} \times 0,11 \text{ zł} = \text{ok. } 361 \text{ 000 zł}$ Koszty akcyzy: $400 \text{ kW} \times 8200 \text{ h} \times 0,02 \text{ zł} = \text{ok. } 66 \text{ 000 zł}$
Roczny zysk: $1 \text{ 655 000 zł} - 1 \text{ 459 000 zł} - 66 \text{ 000 zł} + 361 \text{ 000 zł} = 491 \text{ 000 zł}$ Koszt inwestycji wynosi ok. 1 600 000 zł, zatem zwróci się on w ciągu ok. 3 lat i 3 miesięcy eksploatacji.	

Rys. 2 Przykładowe analizy efektywności ekonomicznej dla CHP

Jak widać z powyższych analiz firma CES przyjęła pewien standard marketingowy i stosuje go od wielu lat. W obu przypadkach metodologia „analizy” jest taka sama jak w omawianym artykule.

Postawmy pytanie – jaki jest cel mojego artykułu.

Z całą pewnością nie jest to uprzykszanie komuś życia lub zwalczanie konkurencji, bo konkurencją nie jesteśmy. Po prostu, nie jestem dystrybutorem żadnych urządzeń. W żadnym stopniu nie jestem także przeciwnikiem firmy CES, której analizy przedstawiłem. Uważam jednak tak daleko idące uproszczenia w analizach za nierzetelne i podwójnie szkodliwe.

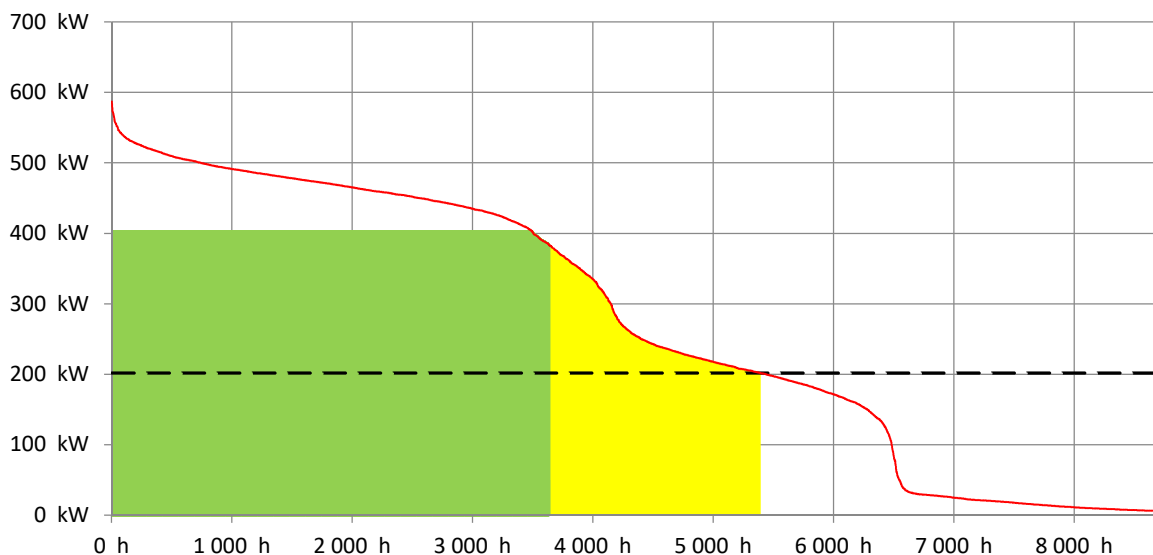
Czytając omawiany artykuł oraz tzw. „analizy”, potencjalny inwestor nabiera przekonania (błędne zresztą), że dobór agregatu kogeneracyjnego to super prosta sprawa. Wystarczy znać cenę gazu i prądu i w zasadzie wszystko wiadome. Każda próba przekonania inwestora do rzetelnej analizy może zostać oceniona jako próba naciągania, co też nierzadko ma miejsce. Pisałem o tym w jednym ze swoich artykułów.

Jest bardzo małe prawdopodobieństwo, że agregat dobrany na zasadach przedstawionych w artykule będzie tym właściwym. Nie mam też nic przeciwko stosowaniu w materiałach promocyjnych pewnych sprawdzonych i uproszczonych modeli, ale pod warunkiem, że analiza jest rzetelna i odnosi się do realnych warunków.

Jeśli jednak celem nadrzędnym ma być sprzedanie urządzenia to ostatecznie jakie znaczenie ma reklama zbudowana w sposób nierealny?

Żeby lepiej zobrazować moje wątpliwości, pokażę zakwestionowane przeze mnie elementy pracy agregatu kogeneracyjnego w odniesieniu do rzeczywistego obiektu. Znacznie więcej znajdzie czytelnik w opracowaniu dostępnym na mojej stronie internetowej „Kogeneracja – poradnik inwestora”.

Poniżej elektryczny profil energetyczny rzeczywistego obiektu z pokazaną pracą CHP:

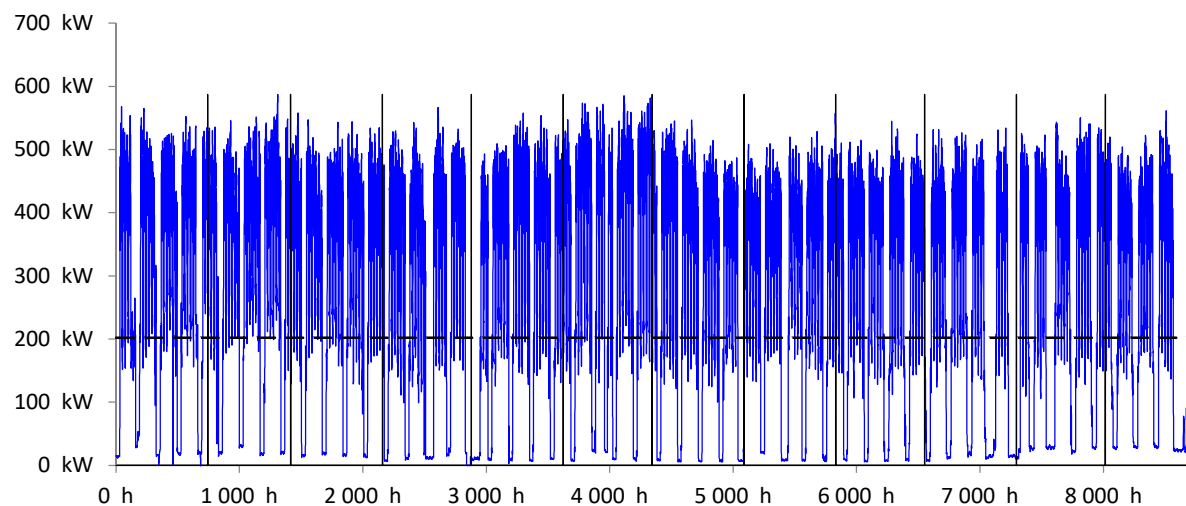


Rys. 3 Wykres uporządkowany obciążenia prądu z CHP o mocy elektrycznej 403 kW

Wprawdzie optymalna moc elektryczna CHP dla tego obiektu wynosi 464 kW, ale najbliższy model z dostępnego typoszeregu ma moc elektryczną 403 kW. Minimalna dopuszczalna moc elektryczna pracy agregatu wynosi 50% mocy nominalnej.

Zakładamy, że agregat pracuje w trybie ET, czyli chwilowa moc elektryczna agregatu zależy od chwilowego zapotrzebowania na prąd. Prąd wytwarzany jest jedynie na potrzeby własne obiektu. Wytwarzane w skojarzeniu ciepło wykorzystywane jest na potrzeby własne a nadwyżka rozpraszana do otoczenia w chłodnicy.

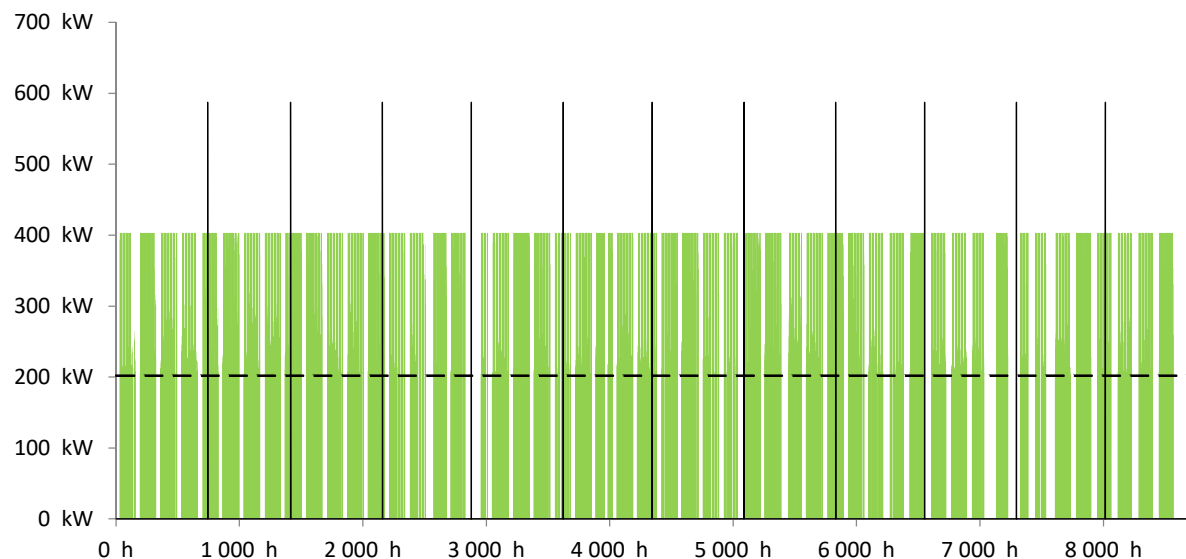
Niestety, nie zawsze inwestor dysponuje 15 minutowymi pomiarami obciążenia mocy elektrycznej i w takim przypadku musi nam wystarczyć obciążeniem godzinowym w całym roku bazowym. Brak pomiarów 15 minutowych uniemożliwia jedynie optymalizację mocy umownej.



Rys. 4 Obciążenie godzinowe zużycia prądu

Na wykresie pokazane jest obciążenie w poszczególnych godzinach w roku z zaznaczeniem miesiący. Jak widać wykres godzinowy jest bardzo „postrzępiony” i graficzne przedstawienie doboru optymalnej wielkości agregatu kogeneracyjnego byłoby bardzo trudne. Dlatego zdecydowanie lepiej przedstawić to na wykresie uporządkowanym (rys. 3).

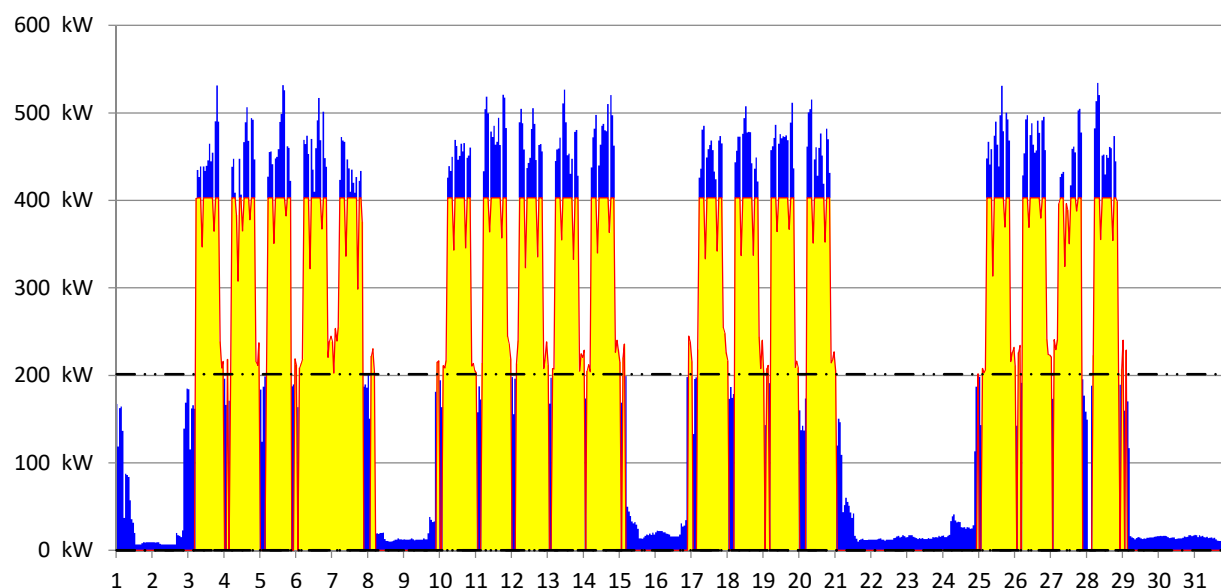
Poniżej pokazana jest godzinowa praca wybranego agregatu kogeneracyjnego. Czarną linią przerywaną zaznaczona jest minimalna moc pracy CHP.



Rys. 5 Godzinowa praca CHP bez uwzględnienia serwisów

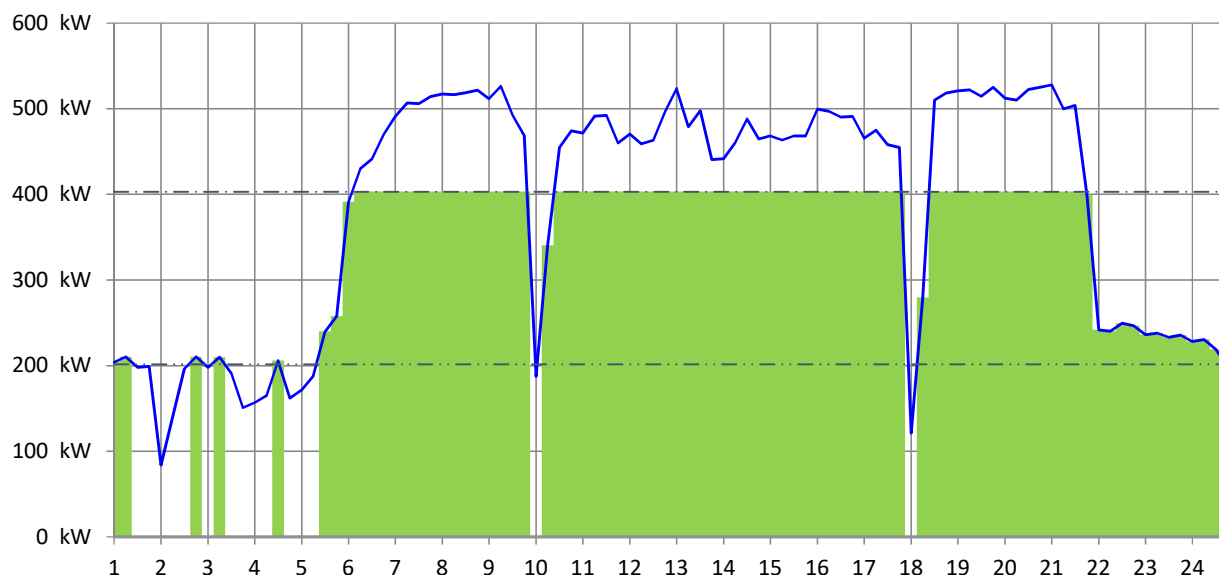
Ze względu na skalę rysunku nie widać dokładnie pracy agregatu. Jednak już na podstawie tego wykresu można stwierdzić, że agregat, ze względu na obciążenie chwilowe, nie będzie pracował 8.760 godzin w ciągu roku.

Najbardziej poglądowe wydaje się być przedstawienie godzinowego obciążenie obiektu i pracy CHP w wybranym miesiącu.



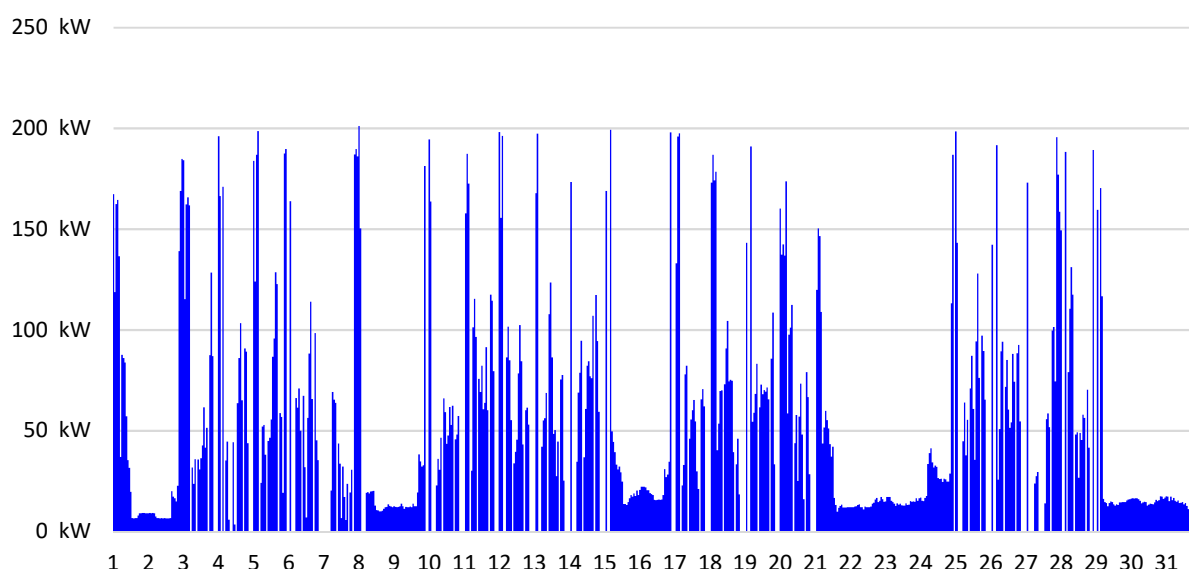
Rys. 6 Pobór mocy elektrycznej i praca CHP w październiku

Kolorem niebieskim zaznaczony jest prąd pobierany z sieci elektroenergetycznej. Już przy takiej skali widać, że agregat nie pracuje cały czas ani z mocą nominalną. Jeszcze lepiej będzie to widoczne dla wybranego dnia w miesiącu.



Rys. 7 15 minutowy pobór prądu i praca CHP w wybranym dniu października

Do analizy efektywności ekonomicznej musimy wiedzieć ile prądu trzeba dokupić pomimo zastosowania kogeneracji.



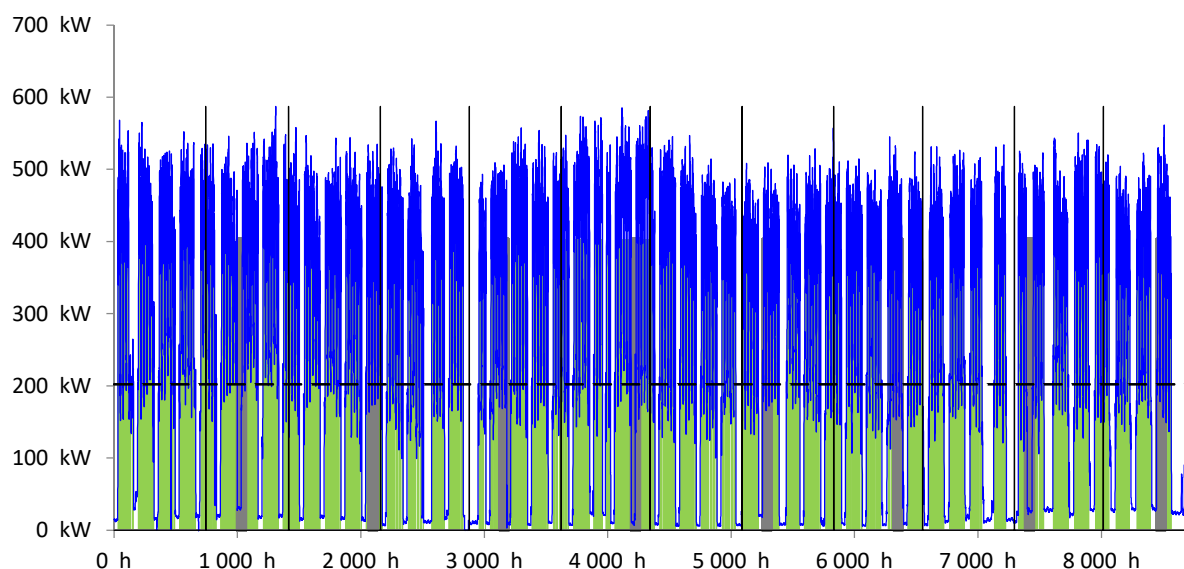
Rys. 8 Moc elektryczna kupowana z sieci w październiku

Przedstawione powyżej wykresy mają na celu wykazanie, że dużym błędem jest przyjmowanie, tak jak to przedstawiono w omawianym artykule i analizie ekonomicznej.

Kolejnym elementem, który należy uwzględnić to prace serwisowe.

Do analiz przyjmujemy średnioroczny czas pracy CHP 8.250 godzin w roku. Producent przewiduje prace serwisowe co 1.000 mth pracy agregatu. W związku z tym można przyjąć, że średni czas przerwy na prace serwisowe to 64 godz.

Kolejny wykres pokazuje obciążenie godzinowe obiektu, pracę agregatu kogeneracyjnego oraz przerwy serwisowe.



Rys. 9 Praca CHP z przerwami serwisowymi i „nałożonym” profilem energetycznym

Na wykresie, szare pionowe pola obrazują przerwy w pracy agregatu na wykonanie przeglądów serwisowych. Ktoś może zwrócić uwagę, że przerwy serwisowe na wykresie obciążenia nie odpowiadają dokładnie okresom międzyserwisowym 1.000 godz. Otóż, wyłączenie agregatu na przegląd następuje **po przepracowaniu** 1.000 mth, a nie po okresie zegarowym 1.000 godz.

Oprócz przerw serwisowych agregat kogeneracyjny nie pracuje jeśli chwilowe obciążenie jest mniejsze niż dopuszczalna moc elektryczna CHP.

O ile wykres uporządkowany pozwala na optymalizację mocy elektrycznej agregatu kogeneracyjnego, to analiza efektywności ekonomicznej powinna być wykonana przynajmniej w oparciu o godzinowe pomiary obciążenia.

Na podstawie przeprowadzonej symulacji pracy agregatu kogeneracyjnego, przy określonych założeniach, można przyjąć, że gdyby zastosować logikę autorów omawianego artykułu, to maksymalna wartość nominalnej mocy elektrycznej agregatu wynosiłaby **kilkanaście kW** i to też w sytuacji, w której nic nie wiemy o zapotrzebowaniu obiektu na ciepło.

Mam nadzieję, że na podstawie niniejszego artykułu potencjalni inwestorzy z większą rezerwą będą przyjmowali „analizy”, których jedynym celem jest uwiarygodnienie sprzedaży agregatu niezależnie od lokalnych warunków, a specjaliści od kogeneracji poświęcą trochę czasu na przygotowanie wiarygodnych symulacji.