

## CASE STUDY

---

### Wykorzystanie ciepła odpadowego w zakładzie wytwórczym frytek

---

Procesy zachodzące w przemyśle spożywczym wymagają udziału znacznej ilości ciepła. Z reguły dużo ciepła uzyskuje się od wytwarzanych produktów jak i maszyn zaangażowanych w proces produkcyjny. W związku z tym powstaje potrzeba chłodzenia zarówno pomieszczeń jak i samych produktów, które na ogół dotychczas były chłodzone przez zwykły system wentylacji. Mając do dyspozycji znaczną ilość ciepła odpadowego możemy je zamienić na chłód za pomocą agregatów absorpcyjnych.

### Źródła ciepła odpadowego w przemyśle dla agregatów chłodniczych

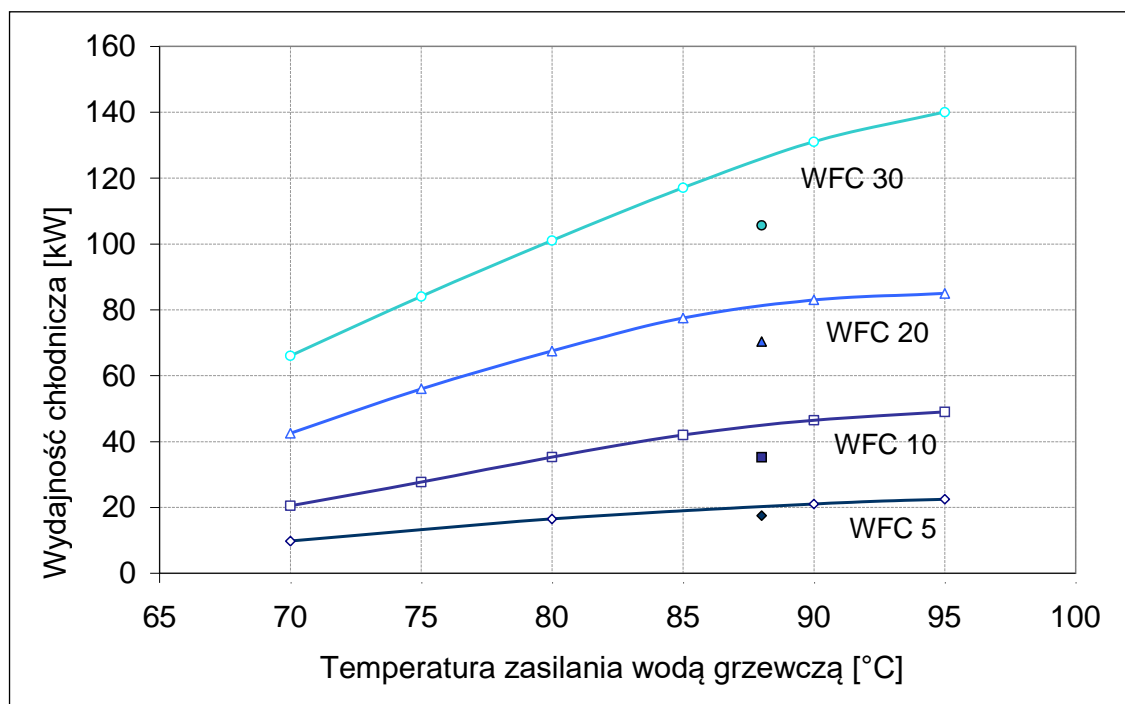
Źródła ciepła odpadowego z temperaturą ponad 75 °C często występują w procesach technologicznych. Klasycznym przykładem są instalacje do termicznego spalania, w których odprowadzane powietrze zostaje oczyszczone przez rozgrzewanie znajdującego się w nim wodoru. Jest to często spotykane w przemyśle spożywczym oraz w drukarniach, zakładach lakierniczych i innych procesach technologicznych. Ogromny potencjał ciepła odpadowego znajdziemy również w spalinach w piecach piekarniczych, instalacjach grzewczych albo w powietrzu odpadowym z procesów suszenia.

### Zakres zastosowania

Agregaty absorpcyjne wykorzystywane są wszędzie tam gdzie w ekonomiczny sposób chcemy zamienić ciepło w chłód. Wykorzystanie potencjału ciepła odpadowego o odpowiedniej temperaturze w zależności od nakładów inwestycyjnych i zwrot inwestycji w czasie to najważniejsze kryteria wyboru.

Firma YAZAKI dzięki serii agregatów absorpcyjnych oferuje urządzenia o wydajności chłodniczej od 17,5 do 352 kW wykorzystujące typowe źródła ciepła jakie występują w przemyśle.

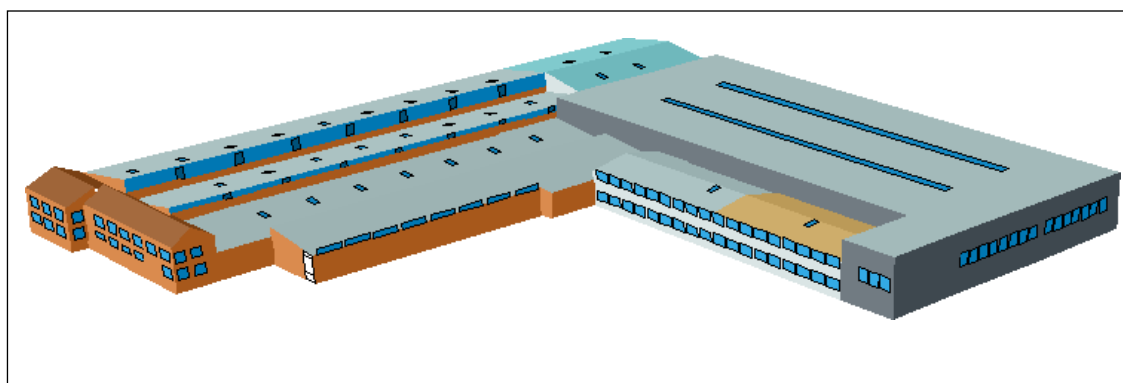
W zależności od wyboru źródła ciepła, od ilości tego ciepła oraz temperatury wody powrotnej z wieży chłodniczej możemy uzyskać wyższą wydajność agregatu absorpcyjnego nawet o 30 % od mocy znamionowej. Jeżeli temperatura wody powrotnej z wieży chłodniczej wynosi 27 °C a odparowanie wody przebiega przez cały rok wówczas temperatura wody grzewczej zasilająca agregat może wynosić nawet między 90 a 95 °C.



Rys. 1: Punkt pracy przy mocy znamionowej i osiągnięta wydajność chłodnicza przy temperaturze zasilania wodą chłodzącą 27 °C w zależności od temperatury zasilania wodą grzewczą.

### Konkretny przypadek

W tym konkretnym przypadku agregat absorpcyjny YAZAKI Typ WFC 30 został zamontowany w zakładzie produkującym frytki. Na czterech liniach produkowanych jest równocześnie ok. 15 t produktu na godzinę. Frytki wytwarzane są w piecach ogrzewanych parą a następnie frytkowane przez ok. 30 sekund przy temperaturze 192 °C. Proces wytwarzania trwa przez pięć dni a na końcu zakład wchodzi w fazę wygaszania produkcji. Niedziela jest wolna od pracy. Cała produkcja chłodu zapewniana jest przez agregaty kompresorowe, które produkują chłód dla wszystkich nawet najbardziej odległych hal produkcyjnych. .



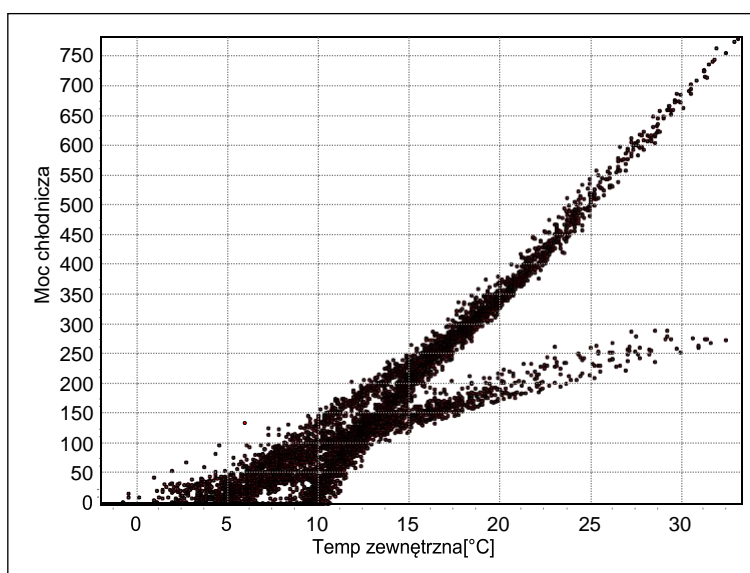
Rys. 2: Widok zakładu produkcyjnego w formie 3D na modelu symulacyjnym.

## Źródło ciepła

Ciepło na potrzeby agregatów chłodniczych odbierane jest ze spalin po obróbce termicznej frytek. Do dyspozycji mamy po procesie spalania gazu 5.800 m<sup>3</sup> spalin na godzinę o temperaturze ok. 600 °C. Gorące gazy używane są również do podgrzania oleju termalnego i ostatecznie opuszczają instalację z temperaturą ok. 250 °C. Przez schłodzenie w rurowym wymienniku do temperatury 120 °C możemy podczas normalnego procesu wytwórczego w zakładzie otrzymać średnio 220 kW ciepła na potrzeby systemu grzewczego. Podczas przeprowadzania procesów serwisowych moc ta zmniejsza się do ok. 60 kW (patrz. Stała linia przedstawiająca ilość ciepła odpadowego na rys. 4). Gorąca woda do zasilania agregatu chłodniczych pozyskiwana jest również z chłodzenia oleju z kompresorów NH<sub>3</sub>. Dzięki temu mamy do dyspozycji dodatkowe ciepło.

## Wykorzystanie chłodu

Dzięki dużej ilości ciepła jaka powstaje ok. 800 W/m<sup>2</sup> podczas procesu technologicznego, powstaje odwrotnie potrzeba wytworzenia chłodu w celu wentylacji pomieszczeń. Pomimo dołotu świeżego powietrza na poziomie ok. 40 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) powstaje potrzeba szczególnie w okresach przejściowych zastosowania dodatkowego urządzenia chłodniczego. Ponieważ zapotrzebowanie chłodu jest mocno zależne od pogody, przy doborze urządzenia należy uwzględnić i wykonać tzw. symulację dynamiczną budynku w zależności od produkcji ciepła. Widok w 3D przedstawiono na rys. 2. Dzięki tej symulacji otrzymaliśmy zapotrzebowanie na chłód dla wszystkich pomieszczeń dla każdej godziny w roku. Wszystko przedstawione jest na rys. 3 w zależności od temperatury zewnętrznej. W wyniku tego otrzymaliśmy zapotrzebowanie na chłód na poziomie ok 5.000 h/a, gdzie szczytowe zapotrzebowanie wynosi 780 kW (stała linia przedstawiona na rys. 4).



Rys. 3: Zapotrzebowanie chłodu na hale produkcyjne w zależności od temperatury zewnętrznej przy max temperaturze pomieszczenia 24 °C dla każdej godziny w roku. Wykres pokazuje różne zapotrzebowanie chłodu: podczas procesu produkcji (górne punkty) i podczas czyszczenia, konserwacji (dolne punkty).

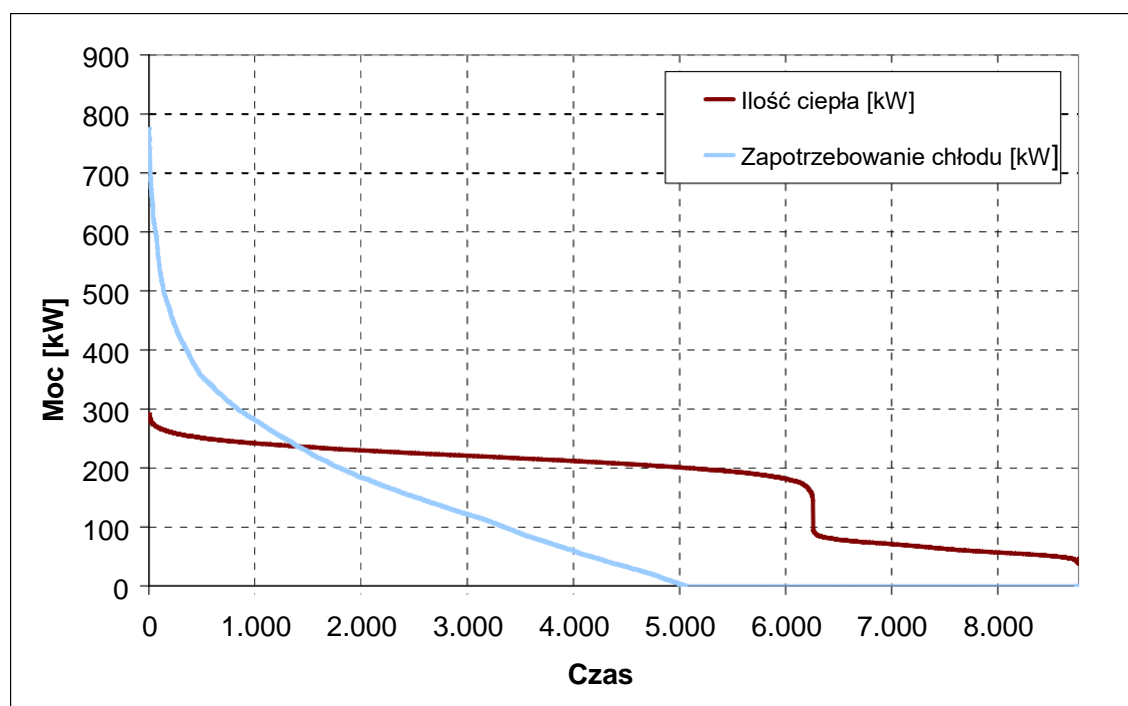


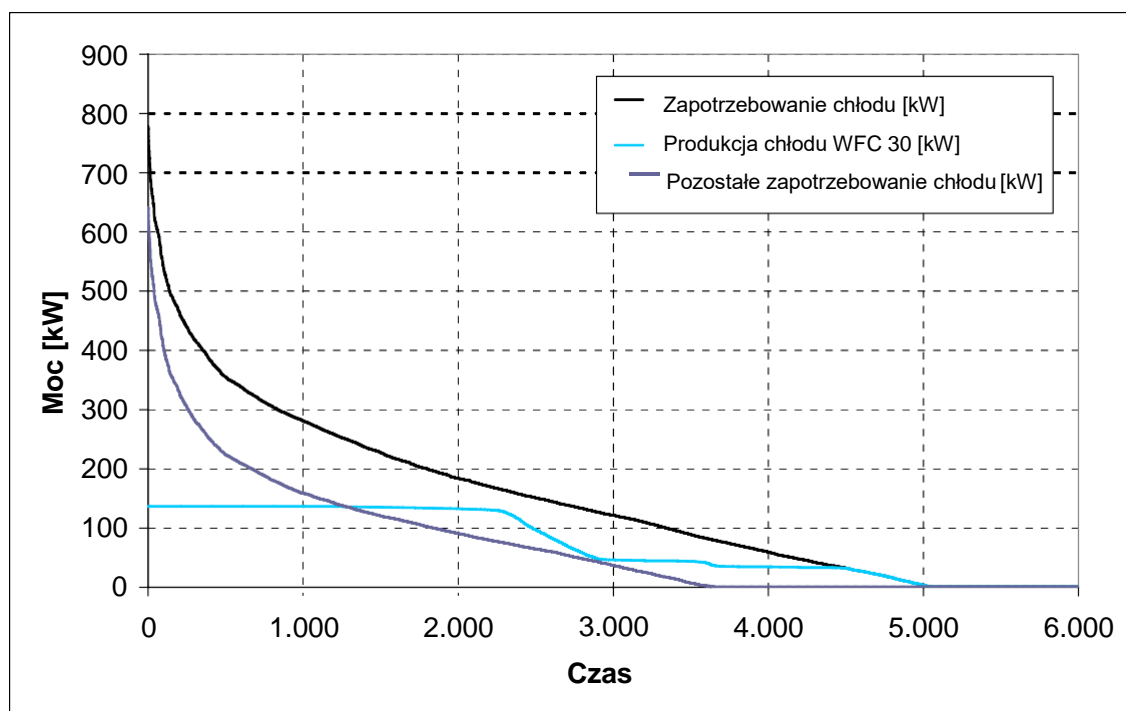
Bild 4: Linia rocznego uzysku ciepła i zapotrzebowania na chłód.

## Wykładnia do zastosowania agregatu absorpcyjnego

Zarówno ilość dostępnego ciepła jak i zapotrzebowanie na chłód podczas procesu technologicznego są z góry określone i jednocześnie te dwie zależności pokrywają się w czasie. Dzięki zastosowaniu agregatu YAZAKI WFC 30 mamy możliwość pokrycia ok. 48 % zapotrzebowania chłodu wyprodukowanego z ciepła. Aby uzyskać tak wysoką wydajność chłodniczą musimy agregat zasilić wodą o temperaturze na poziomie 95 °C.

Instalacja agregatu nie wymagała zastosowania dodatkowego układu chłodzenia powrotu, gdyż istniejący układ chłodziarek sprężarkowych posiada własną wieżę chłodniczą o wydajności wystarczającej do pokrycia zapotrzebowania agregatów absorpcyjnych. Aby uzyskać odpowiedni procent parowania temperatura wody chłodzącej utrzymywana jest całorocznie na poziomie 27 °C.

W tej sytuacji agregat absorpcyjny pracuje ok. 3.150 h z pełną mocną w ciągu roku. Na rys. 5 przedstawiona jest linia produkcji chłodu. Gdy agregat pracuje z mocą maksymalną podczas szczytowego poboru chłodu dostarczanych jest 136 kW mocy chłodniczej pomniejszając w ten sposób udział agregatów sprężarkowych.



Rys. 5: Linie zapotrzebowania na chłód w ciągu roku, pokrywane z agregatu WFC 30 i pozostałego zapotrzebowania na chłód.

## Ekonomia inwestycji

Badany przykład pokazał, że zastosowanie agregatu YAZAKI WFC 30 było ekonomicznie uzasadnione. Przy poziomie kosztów inwestycji 78.000 € uzyskano obniżenie kosztów eksploatacyjnych na poziomie 14.000 €/a rocznie. Obok uzyskania widocznych niższych kosztów eksploatacyjnych uniknięto również kosztów związanych z wykorzystaniem poboru mocy szczytowej energii elektrycznej. Mimo, że zmniejszono obciążenie agregatów sprężarkowych nie zmniejszyło to kosztów związanych z ich serwisem. Kalkulowane odsetki na poziomie 5 %/rocznie są bez znaczenia nawet przy wzroście ceny energii elektrycznej dając czas amortyzacji na poziomie ok. 6,7 lat.

Ekonomia inwestycji	
<b>Inwestycja</b>	
AKM WFC 30	39.900 €
Zaoszczędzona energia cieplna	16.000 €
Instalacja	15.000 €
Projekt (10 %)	7.090 €
<b>Suma</b>	<b>77.990 €</b>
<b>Koszty utrzymania instalacji</b>	
Przeglądu AKM	680 €/a
Utrzymania AKM	1.083 €/a
Uzupelnienie wody w obiegu chłodniczym	570 €/a
Energii elektrycznej	235 €/a
<b>Suma</b>	<b>2.568 €/a</b>
<b>Oszczędności</b>	
Zużycia prądu agregatów sprężarkowych (COP = 3)	13.454 €/a
Uniknięte koszty mocy szczytowej	3.087 €/a
<b>Suma</b>	<b>16.541 €/a</b>
Zmniejszenie emisji CO2	86,2 t/a
<b>Kalkulacja końcowa</b>	
Zysk roczny w kosztach eksploatacyjnych	13.972 €/a
Czas amortyzacji (5 % odsetek)	6,7 a



Obok finansowych korzyści przy zastosowaniu agregatów YAZAKI wykorzystane zostało ciepło odpadowe przez co przyczyniło się to do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Dzięki zmniejszeniu zużycia prądu w ciągu roku obniżono emisję CO<sub>2</sub> o 86 t.

## Podsumowanie

Zastosowanie agregatów Yazaki pokazało, że wykorzystanie ciepła odpadowego do produkcji chłodu jest bardzo atrakcyjne. Potwierdza to przede wszystkim czas amortyzacji inwestycji.

Możliwość zastosowania agregatów YAZAKI istnieje wszędzie tam gdzie mamy do dyspozycji ciepło odpadowe o temperaturze min. 75 °C a zapotrzebowanie chłodu występuje na poziomie min. 1 000 h w ciągu roku. Na pewno na ekonomikę przedsięwzięcia mają wpływ koszty inwestycji i stopień wykorzystania ciepła odpadowego.

Odpowiednio nakłada się to na obciążenie agregatu i pokrycie średniej mocy chłodniczej.

Wszędzie tam gdzie chcemy ograniczyć zużycie energii elektrycznej i uniknąć jej wzrostu cen, gdzie powstaje tzw. wąskie gardło pokrycia zapotrzebowania na chłód lub w zakupie energii elektrycznej lub też pragniemy przysłużyć się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych wszędzie tak ze wszech miar uzasadnione jest stosowanie agregatów absorpcyjnych Yazaki.

