

# Bez modernizacji ani rusz

**dr Michał Pietraszewski**

prezes zarządu Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku

**mgr Zygmunt Katolik**

prokurent-kierownik Działu Rozwoju, Przygotowania Inwestycji i Remontów Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku

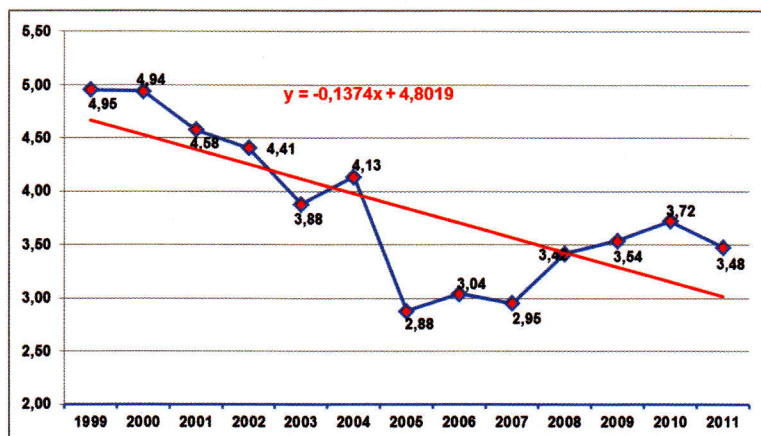
**mgr inż. Mirosław Podlewski**

zastępca kierownika Wydziału Wytwarzania Ciepła – specjalista ds. elektrycznych Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku

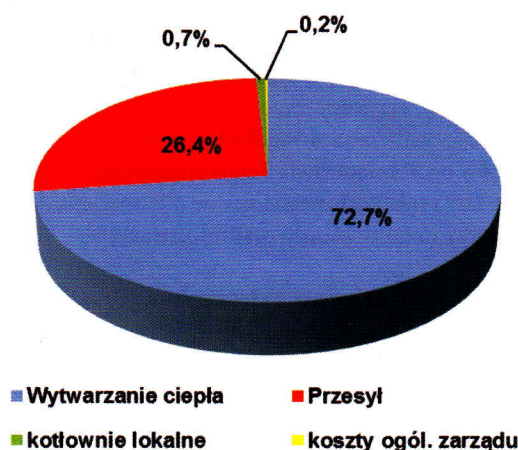
Rosnące ceny energii elektrycznej, generujące wysokie koszty jej zakupu, stały się impulsem do poszukiwania rozwiązań technicznych redukujących poziom jej zużycia w MPEC Włocławek. Pożądane efekty ekonomiczne można osiągnąć poprzez wdrażanie innowacyjnych technologii. Jakie podjęto działania? I jakie przyniosły efekty?

**K**oszty energii elektrycznej – w regulowanej branży ciepłowniczej – stanowią znaczne obciążenie finansowe podstawowej działalności przedsiębiorstwa ciepłowniczego. Skalę ich zmian w kosztach działalności operacyjnej w latach 1999-2011 zobrazowano na rysunku 1.

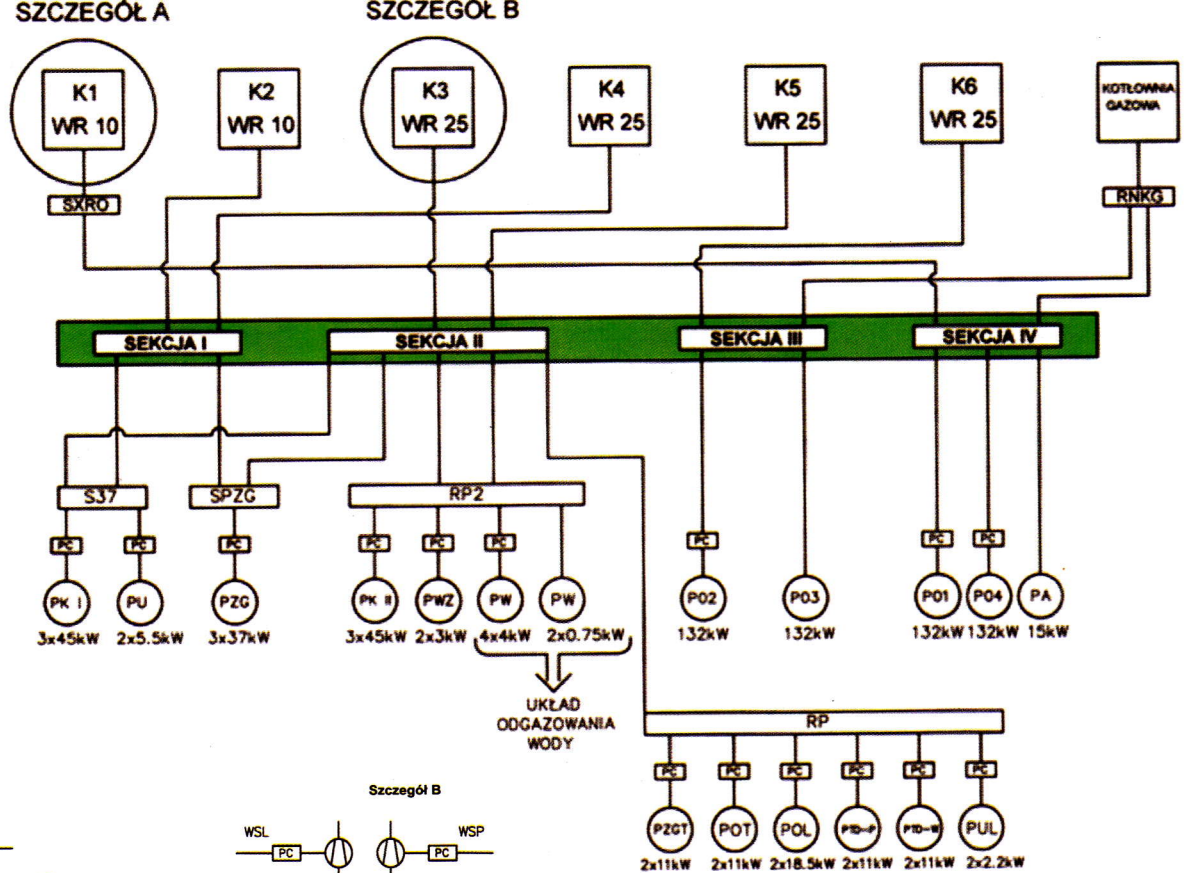
Analizowane pozycje wydatków w kosztach działalności operacyjnej przedsiębiorstwa przyjmują zmienne poziomy wartościowe w poszczególnych okresach funkcjonowania spółki i zawierają się w przedziale od 3,48% do 4,95%. Taka sytuacja oznacza, że 1/20 budżetu przedsiębiorstwa stanowią wydatki związane z zakupem energii elektrycznej, która jest niezbędnym zasobem bezpośrednio zużywanym do realizacji procesu produkcji i dystrybucji ciepła oraz dla celów socjalnych. Zakup energii elektrycznej wpływa zatem na koszt własny wytworzenia jednostki ciepła oraz pośrednio przyczynia się do ostatecznego poziomu ceny sprzedawanego na rynku ciepła. Wykres funkcji kosztów wskazuje na ewidentne spadki udziału kosztu energii elektrycznej w strukturze wszystkich kosztów przedsiębiorstwa (lata 2004-2005), na co miały wpływ zakończone niektóre z projektów modernizacyjnych i stosunkowo atrakcyjne warunki zakupu energii elektrycznej. Efekt ekonomiczny działań modernizacyjnych i negocjacyjnych związanych z zakupem energii wskazuje na 29,69% różnicę między wskaźnikiem z 1999 r. a udziałem energii w kosztach w 2011. Przedstawione szacunki ewidentnie wskazują na długotrwały pozytywny efekt zastosowanych innowacji technologicznych, które przyczyniły się do uatrakcyjnienia oferty



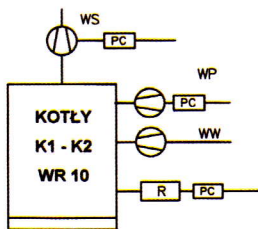
**RYS. 1**  
Dynamika zmian udziału kosztów energii elektrycznej w działalności operacyjnej przedsiębiorstwa w %  
Źródło: MPEC-Włocławek, 2013



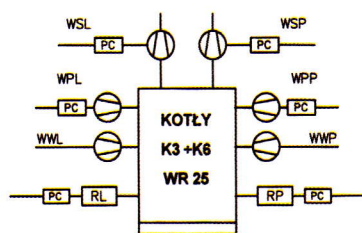
**RYS. 2**  
Struktura kosztów zużycia energii elektrycznej w MPEC-Włocławek w roku 2012  
Źródło: MPEC-Włocławek, 2013



Szczegół A



Szczegół B



## Legenda

■ – Rozdzielnia Główna Niskiego Napięcia  
 RNGK – Rozdzielnia Niskiego napięcia kotłów gazowych  
 SEKCYJA I, II, III, IV – Sekcje w rozdzielni  
 RP – Rozdzielnia  
 SPZG – Pośrednia rozdzielnia  
 SXRO – Pośrednia rozdzielnia  
 S-37 – Szafa zasilania  
 PC – Przetwornica częstotliwości

WS – Wentylator spalin (L - lewy, P - prawy)  
 WP – Wentylator powietrza podmuchowego (L - lewy, P - prawy)  
 WW – Wentylator powietrza wtórnego (L - lewy, P - prawy)  
 R – Ruszt (L - lewy, P - prawy)  
 K1, K2 – Kotły typu WR-10  
 K3, K4, K5, K6 – Kotły typu WR-25

przedsiębiorstwa na silnie konkurencyjnym rynku. Na rysunku 2 zobrazowano strukturę kosztów zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie w roku 2012.

W procesie produkcji ciepła instalacje wytwórcze zużywają energię elektryczną, której koszt stanowi blisko 73% kosztów energii elektrycznej ogółem (wentylatory i pompy, system odprowadzania spalin i odpylanie). Trzy razy mniej kosztuje energia elektryczna wykorzystywana w węzłach ciepłych. Około 1% kosztów ogółem stanowi energia elektryczna zużywana przez trzy małe kotłownie lokalne o łącznej mocy 1,13 MW oraz obiekty biurowo-administracyjne.

### Czynniki decydujące o wdrożeniu procesu modernizacji

Przystępując w latach 90. ubiegłego stulecia do projektowania technologicznej zmiany urządzeń w przedsiębiorstwie, wzięto pod uwagę dwie ścieżki sanacji technologicznej majątku produkcyjnego ukie-

runkowane na wdrożeniu innowacyjnych technologii wpływających na modernizację rzeczową i jakościową istniejących zasobów technicznych firmy. W zakresie modernizacji rzeczowej skoncentrowano się przede wszystkim na unowocześnieniu układów pompowych, urządzeń przykotłowych i kompensacji mocy biernej. Profil jakościowych zmian dotyczył w szczególności bezpieczeństwa dostaw ciepła do odbiorców oraz skutecznego zarządzania mocą bierną. Podstawowymi kryteriami w projektowaniu omawianych zmian technologicznych było:

- ograniczenie zużycia energii elektrycznej przez:
  - zastosowanie układów regulacyjnych opartych na falownikach,
  - dobór pomp do rzeczywistych warunków pracy,
  - zmianę konfiguracji instalacji wewnętrznej ciepłowni,
- zmniejszenie oporów przepływu dla obiegów poszczególnych jednostek kotłowych,
- możliwość swobodnego rezerwowania jednostek kotłowych,
- uzyskanie możliwości płynnej regulacji przepływów poprzez zastosowanie układów falownikowych,
- skojarzenie pracy pomp z regulatorem nadrzędnym znajdującym się w sterowni, dające możliwość automatycznej regulacji parametrów pracy źródła,
- ograniczenie kosztów zużycia energii elektrycznej w procesie produkcji ciepła.



Wymienione powyżej założenia projektów inwestycyjnych wymagały szczegółowych analiz ekonomicznych, które oparte były w głównej mierze o rachunek zdyskontowanych przepływów pieniężnych (NPV – *net present value*), określający efektywność ekonomiczną poszczególnych etapów modernizacji infrastruktury technicznej ciepłowni MPEC-Włocławek. Kryterium decydującym o doborze odpowiednich składników majątkowych (koszt inwestycji i efekt), które stanowiły poszczególne elementy procesu modernizacji technologicznej był poziom wewnętrznej stopy zwrotu (IRR – *internal rate of return*). Zastosowano także analizę wrażliwości wytyczającą marginesy bezpieczeństwa w trakcie realizacji kolejnych etapów całego przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Strategicznym celem całego procesu transferu i wdrożenia technologii było podniesienie poziomu rozwiązań technologicznych w przedsiębiorstwie, co w konsekwencji bezpośrednio przełożyło się na poprawieniu pozycji konkurencyjnej na rynku ciepła.

### Jak wprowadzano innowacyjne urządzenia

Pod koniec 1994 roku w wyniku wdrożenia założeń projektu racjonalizatorskiego została zmniejszona wysokość podnoszenia czterech pomp obiegowych typu 20W39. Uzyskano dzięki temu większy przepływ każdej z pomp w zakresie dopuszczalnej mocy silnika, co skutkowało wyeliminowaniem z pracy jednej z nich z silnikiem o mocy 315 kW. Cały układ technologiczny ciepłowni przedstawiono na rysunku 3, na którym zobrazowano rozwiązanie zasilania w energię elektryczną, kotłów, urządzeń przykotlewych i pomp w MPEC-Włocławek.

Następny krok w roku 1995 stanowiła zmiana technologii systemu transportu pyłów z pneumatycznego na rurowo-linowy, która pozwoliła wyeliminować z pracy dwie sprężarki o mocy 75 kW każda. W latach 1999-2002 zostały zamontowane przetwornice częstotliwości na napędach pracujących kotłów. W pierwszym okresie zainstalowane zostały one na napędach kotła K-6 (WR-25), w następnym na napędach kotłów K-2 (WR-10) i K-3 (WR-25). W roku 2001 w ramach prac modernizacyjnych dokonano montażu przetwornic częstotliwości na napędach kotła K-1 (WR-10) oraz zamontowano ruszt w miejsce paleniska fluidalnego. W ostatnim etapie montażu przetwornic częstotliwości w roku 2002 zainstalowano je na napędach kotłów K-4 i K-5 typu WR-25.

Montaż przetwornic częstotliwości typu VLT-5000 i VLT-6000 produkcji Danfoss na napędach pracujących kotłów zapewnił łagodny rozruch napędzanych urządzeń oraz pozwolił dostosować prędkości obrotowe do aktualnych potrzeb. Skutkowało to dalszym obniżeniem zużycia energii elektrycznej w procesie produkcji ciepła oraz stabilizacją procesu sterowania i eksploatacji kotłów.

Wymiana zespołu sprężarek tłokowych na sprężarkę łopatkową w 2003 roku przyczyniła się do

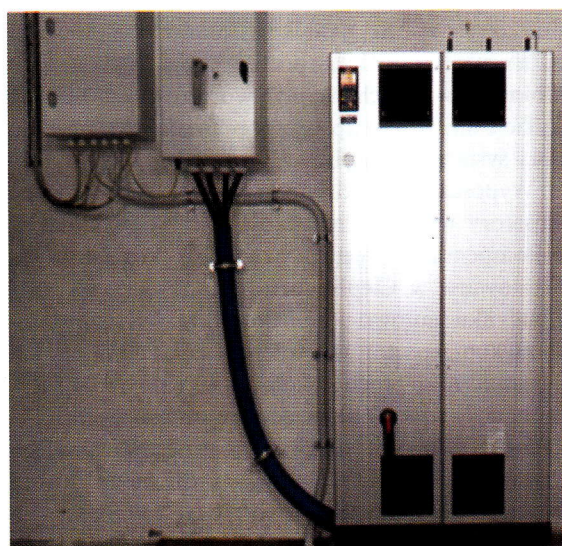
dalszej redukcji mocy zainstalowanej oraz pobieranej energii elektrycznej. Zgodnie z przedstawioną na rysunku 1 funkcją udziału kosztów energii elektrycznej w kosztach ogółem stwierdzić należy, że poczynione modernizacje w okresie od 1999 do 2003 obniżyły wydatki związane z dostawami energii o 21,61%.

Gruntowną modernizację układu pompowego w przedsiębiorstwie przeprowadzono w latach 2004-2005. Zakres rzeczowy modernizacji obejmował dwa etapy robót. W pierwszym etapie, realizowanym w roku 2004, wymieniono dwie pompy typu 20W39 o mocy 315 kW i dwie pompy typu W14P o mocy 75 kW. W ich miejsce wbudowano cztery pompy typu NKG200-400 o mocy jednostkowej 132 kW.

W sezonie grzewczym 2004/2005 cztery pompy typu 20W39 stanowiły zespół pomp kotłowych. Rok 2005 to drugi etap modernizacji pompowni w MPEC-Włocławek. Swym zakresem rzeczowym obejmował demontaż z istniejącego układu pompowego czterech pomp typu 20W39 i montaż w ich miejsce sześciu pomp typu NKG150-315 o mocy jednostkowej 45 kW, stanowiących zespół pomp obiegu kotłowego. Pompy te pracują w układzie z pompami obiegowymi typu NKG 200-400 i realizują obieg wody przez pracujące kotły.



FOT. 1  
Przetwornice częstotliwości w układzie technologicznym pompowni w ciepłowni  
Źródło: MPEC-Włocławek



FOT. 2  
Kompensator wyższych harmonicznych  
Źródło: MPEC-Włocławek



Lata 2006-2010 to montaż przetwornic częstotliwości w układach elektrycznych wentylatorów podmuchowych i wyciągowych sześciu kotłów oraz w instalacji ekonomizera kotła K-1 (WR-10). W roku 2011 zainstalowano w sekcji III Rozdzielni Głównej Niskiego Napięcia (RGNN) przetwornicę kompensatora wyższych harmonicznnych z filtrem o prądzie 190 A. W następnym roku zainstalowano podobne urządzenie w sekcji IV RGNN. W roku 2012 zdemontowano urządzenia do łagodnego rozruchu *soft-start* pomp PO3 i PO4 i w ich miejsce zainstalowano przetwornice częstotliwości o mocy 132 kW.

pompowych systemu technologicznego Ciepłowni MPEC-Włocławek w instalacji 34 pomp zamontowano przetwornice częstotliwości różnych rodzajów i mocy znamionowej w zakresie od 2,2 kW do 132 kW. W układach przykotłowych w instalacji napędów rusztów kotłów, wentylatorów podmuchu i wyciągowych oraz w instalacji ekonomizera kotła K-1 (WR-10) zamontowano 30 przetwornic częstotliwości różnych rodzajów i mocy znamionowej w zakresie od 2,2 kW do 75 kW. W tabeli 1 scharakteryzowano dane dotyczące efektów ekonomiczno-finansowych modernizacji w przedsiębiorstwie w okresie lat 1995-2012.

TAB. 1  
Efekty finansowe modernizacji w przedsiębiorstwie w latach 1995-2012  
Źródło: Opracowanie własne

Rok	Produkcja ciepła	Zużycie energii elektrycznej na potrzeby obiegu ciepłowniczego	Średnia cena netto	Oszczędność energii elektrycznej	Efekt finansowy
	w [GJ]	w [kWh]	[zł/kWh]	[kWh]	[zł]
1994	1 181 455	13 168 324	0	0	0
1995	1 407 502	12 717 105	0,111	2 970 815	329 760
1996	1 680 986	13 300 641	0,120	5 235 431	628 252
1997	1 675 054	12 540 049	0,130	6 129 860	796 882
1998	1 542 188	11 993 104	0,136	5 195 940	706 648
1999	1 442 302	11 502 032	0,144	4 573 684	658 610
2000	1 292 103	9 912 304	0,164	4 489 283	736 242
2001	1 412 952	8 585 912	0,195	7 152 646	1 394 766
2002	1 337 461	7 745 610	0,200	7 161 569	1 432 314
2003	1 330 502	7 174 130	0,201	7 655 576	1 538 771
2004	1 287 680	7 075 551	0,206	7 276 808	1 499 022
2005	1 247 564	4 894 062	0,228	9 011 155	2 054 543
2006	1 261 289	3 785 622	0,250	10 272 568	2 568 142
2007	1 238 458	3 933 893	0,236	9 869 891	2 329 294
2008	1 228 029	3 556 124	0,262	10 131 362	2 654 417
2009	1 229 336	3 288 356	0,354	10 413 705	3 686 452
2010	1 385 031	3 771 863	0,344	11 665 562	4 012 953
2011	1 175 049	3 478 972	0,333	9 618 011	3 202 798
2012	1 207 273	3 478 791	0,340	9 977 386	3 392 312

W ramach modernizacji pompy obiegowe PO1 i PO2 zostały wyposażone w przetwornice częstotliwości o mocy 132 kW, a pompy PO3 i PO4 w urządzenia do łagodnego rozruchu *soft-start*.

Kompensatory wyższych harmonicznnych jako filtry aktywne AAF produkcji Danfoss eliminują odkształcenia harmoniczne pochodzące od nieliniowych odbiorników, takich jak: przetwornice częstotliwości, zasilacze impulsowe itp. oraz poprawiają współczynnik mocy systemu zasilania.

Wyposażenie rozdzielnic RGNN-04kV w kompensatory wyższych harmonicznnych spowodowało, że kompensacją objęte są wszystkie urządzenia zainstalowane w Ciepłowni MPEC-Włocławek oraz w budynku biurowo-administracyjnym. Po zainstalowaniu kompensatorów zmniejszył się udział wyższych harmonicznnych prądu z około 38-42% do około 7-8% co obniżyło straty w pracujących transformatorach i liniach przesyłowych energii elektrycznej. W efekcie ich działania zwiększyła się niezawodność pracy zainstalowanych w ciepłowni przetwornic częstotliwości oraz elektrycznych układów regulacyjnych. W układach

Produkcja ciepła w przedsiębiorstwie w latach 1994-2012 kształtuje się na różnych poziomach i zawiera się w przedziale liczbowym od 1 175 649 GJ do 1 680 986 GJ rocznie. W ostatnim dziesięcioleciu średnia roczna produkcja ciepła w przedsiębiorstwie kształtowała się na poziomie 1 264 771 GJ. Przyczyną zmian między poszczególnymi latami są różne średnie temperatury sezonów grzewczych oraz realizowane przez odbiorców inwestycje termomodernizacyjne. Zużycie energii elektrycznej na potrzeby obiegu ciepłowniczego w analizowanym okresie działania przedsiębiorstwa charakteryzuje się tendencją malejącą i spada z poziomu 13168,3 MWh w roku 1994 do 3478,8 MWh w roku 2012, co oznacza redukcję zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie o 73,58%.

W tym samym okresie obserwuje się wzrost średniej ceny netto energii elektrycznej. Zmieniła się ona z poziomu 0,111 zł/kWh w roku 1994 do 0,340 zł/kWh w roku 2012, co oznacza niebotyczną aprecjację o 300%. Konkludując, można stwierdzić, że odpowiedzialna wewnętrzna polityka inwestycyjna



MPEC-Włocławek, realizowana w oparciu o innowacyjne technologie pozytywnie, wpłynęła nie tylko na wartość samego przedsiębiorstwa, ale także pozwoliła na zbuforowanie zjawisk makroekonomicznych polegających na nieodpowiedzialnym wzroście cen energii elektrycznej produkowanej w mało efektywnych strukturach monopolowych, będących w istotnej części w rękach właściciela państwowego.

Wdrożenie innowacyjnych rozwiązań modernizacyjnych w przedsiębiorstwie w latach 1994-2012 spowodowało długookresowe oszczędności zużycia energii elektrycznej na potrzeby obiegu ciepłowniczego liczonej narastająco w stosunku do roku 1994 na poziomie 138 801,2 MWh. Efekt ekonomiczny (nieuwzględniający wartości pieniądza w czasie) związany z obniżeniem opłat za energię elektryczną w badanym okresie wynosi 33,62 mln złotych oszczędności. Wskaźnik ten należy także traktować jako efekt zdobytej przewagi konkurencyjnej nad istniejącymi na rynku substytutami, co ewidentnie jeszcze potwierdza wzrastająca ilość klientów podłączanych do miejskiego systemu ciepłowniczego. Dodatkowo należy podkreślić, że zostały także ograniczone uboczne efekty związane ze zmniejszeniem udziału energii elektrycznej w procesie produkcji ciepła o pozytywny efekt ekologiczny w postaci zmniejszonej emisji gazów cieplarnianych i pyłów lotnych o następujące wartości<sup>2</sup>:

- 138 801 252 kg dwutlenku węgla,
  - 1 263 091 kg dwutlenku siarki,
  - 319 242 kg tlenków azotu,
  - 208 201 kg pyłów lotnych,
- a także oszczędność około 58 296 ton węgla kamiennego.

Miarą realizacji przez włocławską firmę optymalnej polityki efektywności energetycznej oraz pozytywnego oddziaływania przedsiębiorstwa na środowisko naturalne jest wskaźnik zużycia energii elektrycznej w [kWh] w odniesieniu do wyprodukowanej jednostki ciepła wyrażonej w [GJ]. Skalę efektów MPEC-Włocławek w zakresie redukcji zużycia energii elektrycznej w procesie produkcji ciepła przedstawiono na rysunku 4.

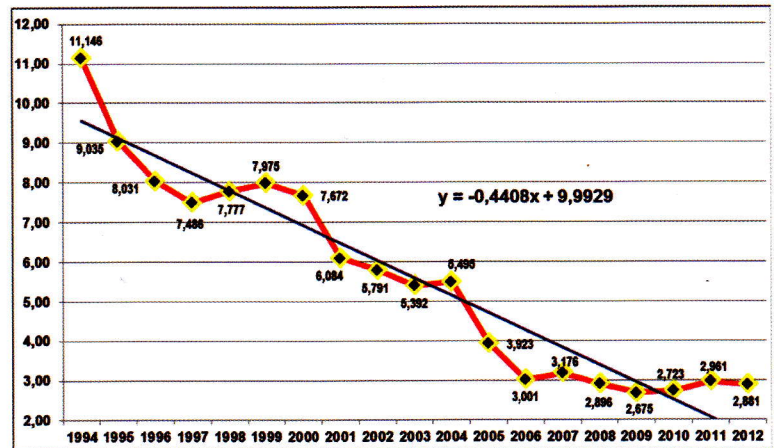
W latach 1994-2012 dynamika zmian wskaźnika zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do produkcji ciepła w przedsiębiorstwie przyjmuje tendencję spadkową, wyprzedzając o dekadę pomysły administracji państwowej w zakresie efektywności energetycznej. Od roku 1994 wraz z postępującą modernizacją urządzeń technologicznych jego wartość systematycznie spada, by osiągnąć poziom 2,881 kWh/GJ w roku 2012, co oznacza blisko czterokrotny spadek wartości wskaźnika w odniesieniu do poziomu z roku 1994. Zestawiając oszacowany miernik, w stosunku do zmian cen energii elektrycznej, należy stwierdzić, że przyjęty proces wdrażania innowacji przyczyniających się do zmniejszenia zużycia energii przyniósł nader pozytywny efekt dla

samego przedsiębiorstwa, jak i ostatecznego odbiorcy, chroniąc go przed niebotycznym wpływem wzrostu cen energii elektrycznej na koszt zakupu ciepła.

### Warto zapamiętać

Z perspektywy wieloletniej obserwacji i oceny wprowadzonych projektów inwestycyjnych oraz modernizacyjnych w przedsiębiorstwie MPEC-Włocławek można stwierdzić, że wyznaczone cele przy projektowaniu i wdrażaniu nowatorskich rozwiązań układu hydraulicznego i pompowego oraz urządzeń technologicznych ciepłowni zostały w pełni zrealizowane

**RYS.4**  
Wskaźnik zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do produkcji ciepła w [kWh/GJ]  
Źródło: Opracowanie własne



i osiągnięte. Zamontowane urządzenia w układach technologicznych i pompowych zostały właściwie dobrane, a ich praca przebiega od chwili montażu bezawaryjnie. Zastosowane układy pompowe w systemie ciepłym, sterowanie pomp i wentylatorów przy pomocy falowników, a także sposób programowania urządzeń ciepłowni są kolejnym krokiem realizowanej strategii rozwoju, który prowadzi do unowocześnienia ciepłowni odpowiadającej standardom ujętym w zasadach zrównoważonego rozwoju MPEC-Włocławek. Ponadto wyższa efektywność gospodarowania energią uwolniła dodatkowe środki finansowe, które mogły być przeznaczone na inne ważne dla przedsiębiorstwa i jego odbiorców cele.

### Literatura:

- [1] Z. Katolik, *Modernizacja układu hydraulicznego i pompowego ciepłowni we Włocławku*, POMPY-POMPOWNIE, nr 2/2008.
- [2] Kampania „Minus 10%”, Bałtycka Agencja Poszanowania Energii S.A., Internet, [http://sape.vip4.net/doc/EL-EFF\\_kampania\\_minus10.pdf](http://sape.vip4.net/doc/EL-EFF_kampania_minus10.pdf)
- [3] M. Pietraszewski, Z. Katolik, *Jak oszczędzać energię elektryczną. Rozwiązania w MPEC Włocławek*, Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 4/2009.

<sup>1</sup> Z. Katolik, *Modernizacja układu hydraulicznego i pompowego ciepłowni we Włocławku*, POMPY-POMPOWNIE, nr 2/2008, s. 26.

<sup>2</sup> Obliczeń dokonano na podstawie: Kampania „Minus 10%”, Bałtycka Agencja Poszanowania Energii S.A., Internet, [http://sape.vip4.net/doc/EL-EFF\\_kampania\\_minus10.pdf](http://sape.vip4.net/doc/EL-EFF_kampania_minus10.pdf)