

Jerzy Gawęda, Ewa Kręcielewska, Artur Łebek
Artur Pszczółkowski, Krzysztof Rossa, Adam Smyk
Sławomir Szumski
SPEC S.A.

KORZYŚCI DLA ŚRODOWISKA WYNIKAJĄCE Z WŁAŚCIWEGO WYBORU TECHNOLOGII I SPOSOBU EKSPLOATACJI WARSZAWSKIEGO SYSTEMU CIEPŁOWNICZEGO

Wstęp

Racjonalne gospodarowanie energią jest jednym z najważniejszych celów stojących przed firmami zajmującymi się produkcją i dystrybucją ciepła. Stołeczne Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A. (SPEC S.A.) od wielu lat stara się minimalizować negatywny wpływ na otaczające środowisko poprzez rozwój technologiczny i efektywną eksploatację warszawskiej sieci ciepłowniczej i węzłów cieplnych. Skojarzona produkcja ciepła i energii elektrycznej, wykorzystując efekt synergii, pozwala redukować pośrednio i bezpośrednio poziom zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery. Z tego względu SPEC ogranicza tzw. *niską emisję* przyłączając do sieci miejskiej obiekty posiadające własne kotłownie lokalne, kotły węglowe czy piecyki gazowe, w zamian za likwidację małych i nieefektywnych źródeł ciepła.

Warszawski system ciepłowniczy zasilany jest z czterech niezależnych źródeł: Elektrociepłowni Siekierki, Elektrociepłowni Żerań, Ciepłowni Wola i Ciepłowni Kawęczyn, a struktura pierścieniowa sieci ciepłowniczej gwarantuje bezpieczeństwo dostaw na terenie całego miasta. Produkcja ciepła na potrzeby Warszawy w elektrociepłowniach, czyli tzw. skojarzona produkcja energii cieplnej i elektrycznej ma pozytywny efekt ekologiczny i ekonomiczny zarówno w skali miasta, jak i całego kraju. SPEC dokłada wszelkich starań, by ograniczać straty przesyłania, a tym samym emisję spalin ze źródeł (poprzez sukcesywną wymianę sieci kanałowej na preizolowaną, modernizację węzłów, wyposażanie ich w elementy automatycznej regulacji) oraz ograniczać koszty ogrzewania ponoszone przez odbiorców. Służy temu racjonalne gospodarowanie i oszczędzanie ciepła. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu odpowiednich urządzeń automatyki węzłów oraz odpowiednich elementów regulacyjnych w instalacjach centralnego ogrzewania. Aby ograniczać straty ciepła z samej sieci, systematycznie prowadzona jest jej modernizacja. Poszanowanie energii to ogromne wyzwanie stojące przed producentami, dystrybutorami i odbiorcami ciepła. Dzięki wykorzystaniu najnowszych, proekologicznych technologii, SPEC stale redukuje poziom zanieczyszczeń przenikających do atmosfery. Podejmuje również wiele inicjatyw związanych ze Społeczną Odpowiedzialnością Biznesu - promuje postawy racjonalnego gospodarowania energią, edukuje mieszkańców miasta, poprzez organizację takich akcji, jak: „Ciepło dla Warszawy”, „Mądry Polak przed budową” czy „Nasza Czysta Warszawa”.

1. Konwencja Wiedeńska, Protokół Montrealski i Protokół z Kyoto

Zakłady przemysłowe emitują do atmosfery duże ilości zanieczyszczeń, co skutkuje niszczeniem warstwy ozonowej, prawdopodobnie prowadzi do ocieplania klimatu, podnoszenia temperatur w morzach i oceanach oraz wywołuje zjawiska o charakterze niszczycielskim takich, jak kwaśne deszcze, huragany, burze, gradobicia i powodzie.

Aby przeciwdziałać tym skutkom wiele krajów na mocy Konwencji Wiedeńskiej i Protokołu Montrealskiego postanowiło podjąć działania zmierzające do zmniejszania emisji do atmosfery substancji powodujących degradację warstwy ozonowej (freony, halony itp.) oraz na mocy postanowień Protokołu z Kyoto – redukcję związków powodujących powstawanie efektu cieplarnianego, takich jak na przykład dwutlenek węgla, czy tlenki azotu.

Działania zmierzające do redukcji związków powodujących powstawanie efektu cieplarnianego oraz zmniejszenia emisji substancji powodujących degradację warstwy

ozonowej podjęte zostały również, za pośrednictwem producentów systemów surowcowych¹ oraz producentów rur preizolowanych, przez przedsiębiorstwa ciepłownicze. Dzięki zamianie technologii budowy sieci kanałowych na bezkanałowe – preizolowane układane bezpośrednio w gruncie, następuje zmniejszenie jednostkowych strat ciepła rurociągów, co oznacza zmniejszenie strat ciepła na przesyle, mniejszą produkcję ciepła w źródle, spalanie mniejszej ilości paliwa i emisji mniejszej ilości zanieczyszczeń do atmosfery. Dzięki stosowaniu w rurach preizolowanych izolacji z pianek poliuretanowych spienianych za pomocą środków porotwórczych² czystych ekologicznie³, nie następuje degradacja warstwy ozonowej,

Producenci poliuretanów początkowo do produkcji pianek stosowali jako porofory twarde i miękkie freony, dzięki którym izolacja charakteryzowała się stosunkowo niskim współczynnikiem przewodzenia, ale one same dyfundując do atmosfery powodowały degradację warstwy ozonowej. Podjęte działania na mocy Konwencji Wiedeńskiej i Protokołu Montrealskiego doprowadziły do zaniechania stosowania freonów i zastąpienia ich początkowo dwutlenkiem węgla, a następnie cyklopentaniem – posiadającymi zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej ODP=0. Stosowanie pianek spienianych przy użyciu CO₂ oraz cyklopentanu dosyć długo budziło powszechny sprzeciw zarówno producentów izolacji, jak również ich użytkowników, ponieważ charakteryzowały się one gorszymi parametrami cieplnymi, niż pianki spieniane freonami.

Cenną zaletą poliuretanów jest możliwość doboru składników kompozycji do spieniania tak, aby uzyskać pożądane własności wyrobu dostosowane do warunków eksploatacji. Podstawowymi komponentami pianek mającymi wpływ na ich własności użytkowe są:

- składnik poliolowy (oznaczany zazwyczaj jako składnik A) zawierający zazwyczaj porofory - środki wspomagające spienianie,
- składnik izocyjanianowy (oznaczany zazwyczaj jako składnik B).

W kilkudziesięcioletniej historii produkcji izolacji termicznych, jako optymalne środki spieniające przyjmowano freony twarde. Pianki spieniane twardym freonem charakteryzowały się niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła, ale współczynnik ODP⁴ tego poroforu wynosił 1⁵. Po ratyfikacji przez Polskę Protokołu Montrealskiego twarde freony zostały zastąpione przez freony miękkie, które również zaliczane były do substancji o negatywnym wpływie na warstwę ozonową, ale w znacznie mniejszym stopniu, niż freony twarde. Pianki spieniane miękkimi freonami charakteryzowały się nieco gorszymi własnościami cieplnymi, ale współczynnik ODP tych poroforów wynosił ok. 0,11. Na mocy postanowień Protokołu Montrealskiego użycie freonów zarówno twardych, jak i miękkich miało być zakończone do roku 1996.

Jeszcze do niedawna jednym z najczęściej stosowanych poroforów przy produkcji pianek poliuretanowych był dwutlenek węgla. Pianki spieniane CO₂ charakteryzują się wyższym współczynnikiem przewodzenia ciepła, niż pianki spieniane freonami. Obecnie najczęściej stosowanym poroforem do spieniania poliuretanów jest cyklopentan. Pianki spieniane cyklopentaniem charakteryzują się nieco lepszymi własnościami cieplnymi, niż pianki spieniane przy pomocy CO₂, ich zaletą jest to, iż wolniej ulegają starzeniu – wolniej w czasie wzrasta wartość współczynnika przewodzenia ciepła. Wadą cyklopentanu jest to, że w połączeniu z powietrzem tworzy mieszaniny silnie wybuchowe.

W tabeli 1 przedstawiono rodzaje poroforów, ich wpływ na niszczenie warstwy ozonowej oraz wartości współczynników przewodzenia ciepła izolacji spienianej przy ich pomocy.

¹ System surowcowy - kompozycja do produkcji pianek poliuretanowych (PUR)

² Środek porotwórczy – porofor, środek wspomagający spienianie pianki

³ Środek porotwórczy czysty ekologicznie – środek porotwórczy mający zerowe oddziaływanie na warstwę ozonową, posiadający zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej

⁴ ODP - Ozone Depletion Potential, czyli Potencjał niszczenia warstwy ozonowej – wskaźnik utworzony w celu ilościowej oceny wpływu danej substancji na warstwę ozonową.

⁵ Przyjęto, że współczynnik ODP>0 ma negatywny wpływ na warstwę ozonową

Tabela 1. Wartości współczynników ODP oraz współczynników przewodzenia ciepła izolacji w zależności od zastosowanego porofozu

Lp.	Rodzaj porofozu	Współczynnik niszczenia warstwy ozonowej ODP	Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji λ_{50} [W/mK]
1	Twarde freony	1	$\leq 0,028$
2	Miękkie freony	0,11	$\leq 0,029$
3	Dwutlenek węgla	0	$\leq 0,033$
4	Cyklopentan	0	$\leq 0,029$

W ciepłownictwie pianki poliuretanowe znalazły zastosowanie jako izolacja termiczna rurociągów preizolowanych oraz, w formie otulin cylindrycznych, rurociągów kanałowych, nadziemnych oraz usytuowanych w pomieszczeniach zamkniętych - węzłach ciepłowniczych, kotłowniach, piwnicach budynków.

Zapisy o stosowaniu w w.s.c. rur preizolowanych z izolacją z pianki PUR spienianą przy pomocy porofozów z ODP=0 pojawiły się w 2000 roku.

2. Sieci ciepłownicze

2.1. Rurociągi kanałowe

Bezawaryjna eksploatacja sieci kanałowej wymagała spełnienia pewnych warunków, z których najważniejszymi były usytuowanie rurociągów powyżej poziomu wód gruntowych, skuteczne odwadnianie kanałów i komór, nakładanie powłok antykorozyjnych na stalowe rury przewodowe, stosowanie skutecznego systemu wentylacji kanałów i komór, właściwe uszczelnienie stropów kanałów i komór.

Zabezpieczeniem izolacji na rurociągach przed uszkodzeniami mechanicznymi był często płaszcz azbestowocementowy. Grubość płaszcza w zależności od średnicy nominalnej rurociągu wynosiła od 10 do 15 mm.

Pomimo znajomości teoretycznych wymagań warunkujących długi i niezawodny okres eksploatacji sieci kanałowych, w praktyce jednocześnie ich spełnienie było bardzo trudne. Aktualnie kanałowy system budowy sieci uważany jest za kapitałochłonny, charakteryzujący się dużą awaryjnością i stratami ciepła na przesył, wynikającymi z procesów starzeniowych izolacji. Ponadto wejście w życie Ustawy 101 poz. 628 z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest spowodowało konieczność nie tylko odejścia od stosowania płaszczy azbestowocementowych szkodliwych dla człowieka i środowiska, ale również konieczność ich demontażu z rurociągów eksploatowanych od kilkunastu/kilkudziesięciu lat.

Od 1996 roku wszystkie rodzaje azbestu umieszczone są na liście substancji chemicznych o udowodnionym działaniu rakotwórczym stanowiącej załącznik nr 1 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11-09-1996 r.

Wysoka szkodliwość azbestu jest związana z emisją do atmosfery pyłów zawierających niewidocznych gołym okiem włókna azbestu, które po wnikięciu do układu oddechowego powodują groźne choroby, takie jak, pylica azbestowa czy nowotwory płuc i oskrzeli.

Usuwanie i wymiana wyrobów zawierających azbest jest zadaniem długotrwałym ze względu na ilość tych wyrobów oraz uwarunkowania finansowe i organizacyjne. Usuwanie odpadów zawierających azbest w sposób kontrolowany, dostosowany do wymagań prawnych, SPEC S.A. praktykuje od początku 2003 roku. W okresie najbliższych 5 lat z posiadanych 30825 ton wyrobów zawierających azbest w postaci otuliny azbestowo - cementowej usuniętych zostanie około 14,5% stanu posiadania. Do usunięcia w latach 2013 ÷ 2032 pozostanie około 85,5 % wyrobów z azbestem, czyli w ciągu kolejnych pięcioletnich okresów należałoby usuwać około 21 % obecnego stanu posiadania, co oznacza rocznie około 1318 ton wyrobów zawierających azbest.

2.2. Rurociągi preizolowane

Jedyną alternatywą dla sieci kanałowych stały się rurociągi układane bezpośrednio w gruncie – preizolowane. Powszechność stosowania tego rozwiązania wynika z zalet tego systemu, a mianowicie z możliwości pełnej prefabrykacji i wysokiego stopnia uprzemysłowienia produkcji elementów rurociągów, co pozwala na podwyższenie ich jakości, uproszczenia montażu rurociągów i w efekcie zmniejszenie pracochłonności na placu budowy i skrócenie cyklu realizacji budowy, zmniejszenie gabarytu wykopów, ograniczenia

zakresu prac ziemnych i budowlanych, co zmniejsza koszty inwestycyjne, całkowite koszty budowy rurociągów, zmniejszenie udziału ciężkiego sprzętu (dźwigi samojezdne), zmniejszenie zapotrzebowania na środki do transportu materiałów, zmniejszenie udziału sprzętu do robót ziemnych, zmniejszenie kosztów z tytułu wyłączenia z użytkowania powierzchni dróg i terenów zajętych pod budowę.

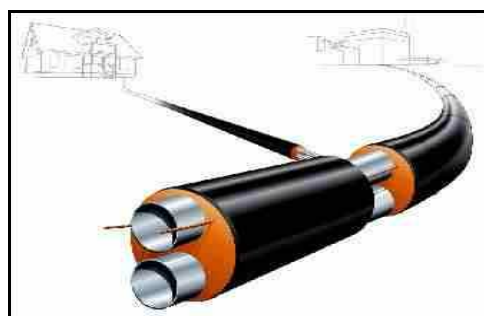
Technologię rurociągów preizolowanych układanych bezpośrednio w gruncie wyróżniają w porównaniu z technologią kanałową możliwość układania rurociągów poniżej poziomu wód gruntowych, zwiększenie trwałości eksploatacyjnej sieci ciepłowniczej, dzięki eliminacji korozji zewnętrznej rur przewodowych, zmniejszenie liczby awarii i obniżenie kosztów eksploatacyjnych s.c. oraz, co jest najważniejsze, zmniejszenie strat ciepła na przesyle.

Pierwsze pilotażowe przyłącza w warszawskim systemie ciepłowniczym (w.s.c.) w technologii preizolowanej ułożono w 1976 roku. Montaż i eksploatację bezkanałowych rurociągów preizolowanych na szeroką skalę rozpoczęto około 1992 roku. Aktualnie, z ponad 1700 km sieci ciepłowniczej dwuprzewodowej, tj. 3400 km rurociągów ciepłowniczych, powyżej 30% wykonanych jest w technologii rur preizolowanych. Największa w Warszawie magistrala preizolowana „Południowa”, zbudowana w 2004 roku, ma średnicę nominalną DN 1100.

Obok pojedynczych rur preizolowanych (jedna rura przewodowa w rurze osłonowej) coraz częściej stosowane są rury preizolowane podwójne („twin” – z dwiema rurami przewodowymi o tej samej średnicy nominalnej – rys. 2 lub „DUO” z dwiema rurami przewodowymi o różnych średnicach nominalnych), które w stosunku do rur pojedynczych są droższe, produkowane w mniejszym zakresie średnic nominalnych (DN20 ÷ DN250), lecz wymagają mniejszych nakładów inwestycyjnych na etapie budowy i montażu oraz charakteryzują się mniejszymi stratami ciepła.



Rys.1. Przebudowa magistrali ciepłowniczej kanałowej na preizolowaną, ul. Statkowskiego, 2009 rok



Rys.2. Rura preizolowana podwójna

Najpopularniejsza metoda produkcji rur preizolowanych (tzw. „rura w rurze”) polega na wtrysku pianki w obszar pomiędzy rurą przewodową i osłonową. Grubość izolacji w rurach preizolowanych produkowanych metodą tradycyjną uwarunkowana jest wymiarami (średnicą i grubością) płaszcza osłonowego. Zastosowanie rury osłonowej o większej dymensji powoduje zwiększenie grubości izolacji (tzw. izolacja „plus”).

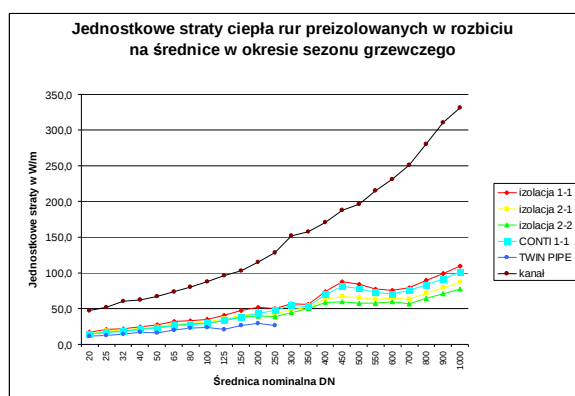
Technologią, która umożliwia wyprodukowanie rur preizolowanych o dowolnych grubościach izolacji jest metoda „półciąglą”, w której piankę spienia się w formie stalowej założonej na rurę przewodową, a następnie, po zdjęciu formy na uformowaną izolację nawija się płaszcz osłonowy. Najtrudniejszą metodą produkcji rur preizolowanych jest metoda „conti” – nie stosowana dotychczas w Polsce, polegająca na jednoczesnym formowaniu izolacji z barierą antydyfuzyjną i wytłaczaniu płaszcza osłonowego. Zaletą rur preizolowanych wyprodukowanych metodą „conti” i „półciąglą” jest równomierna struktura izolacji, a w przypadku rur wyprodukowanych metodą „conti” również niski współczynnik przewodzenia ciepła izolacji ($\lambda_{50} \approx 0,025 \text{ W/mK}$) oraz bardzo wolne zmiany tego parametru w czasie eksploatacji rurociągu (dzięki zastosowaniu bariery antydyfuzyjnej).

Niewątpliwą zaletą bezkanałowego układania sieci jest aspekt ekologiczny tj. zmniejszenie, w stosunku do sieci kanałowych, strat ciepła na przesyle. W wyniku zmiany

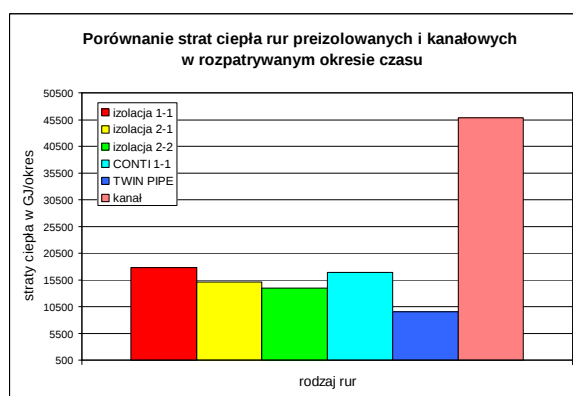
technologii kanałowej na preizolowaną następuje zmniejszenie zapotrzebowania na paliwo w źródle ciepła, a co za tym idzie ograniczenie ilości wyemitowanych do atmosfery zanieczyszczeń, co ilustrują załączone wykresy (wykonane w oparciu o materiały udostępnione z firmy LOGSTOR). Na wykresach przyjęto następujące oznaczenia:

- izolacja 1-1 – rury preizolowane z izolacją standardową (o takiej samej grubości) na zasilaniu i powrocie,
- izolacja 2-1 – rury preizolowane z pogrubioną izolacją („plus”) na zasilaniu i standardową na powrocie,
- izolacja 2-2 – rury preizolowane z pogrubioną izolacją na zasilaniu i powrocie,
- Conti 1-1 – rury preizolowane wyprodukowane metodą ciągłą z barierą antydyfuzyjną i standardowymi grubościami izolacji na zasilaniu i powrocie,
- TWIN PIPE – rury preizolowane z dwiema rurami przewodowymi w jednym płaszczu osłonowym,
- kanał – rury ułożone w technologii kanałowej.

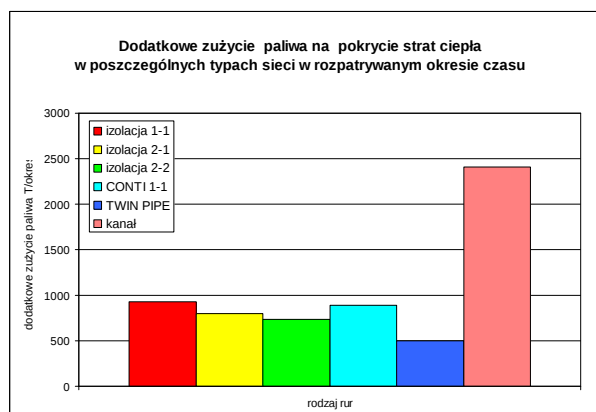
Przedstawione przykładowe dane dotyczące strat przesyłania oraz zużycia paliwa i emisji CO₂ jakie im towarzyszą (rys.3 ÷ 6, tabela 2) dotyczą okresu bilansowego wynoszącego 12 lat, ze średnimi temperaturami w sezonie grzewczym na zasilaniu 84,5 °C i na powrocie 48 °C oraz w sezonie letnim na zasilaniu 74°C i na powrocie 42 °C. Współczynniki przewodzenia ciepła dla nowych izolacji poliuretanowych w rurach preizolowanych przyjęto na poziomie $\lambda_{50} = 0,029$ W/mK, dla izolacji z rur CONTI $\lambda_{50} = 0,024$ W/mK, czas eksploatacji sieci kanałowej - 20 lat. Sprawność kotła węglowego – 80 %, cena ciepła – 25 zł/GJ. Sieć rozdzielcza DN250, L=1000m.



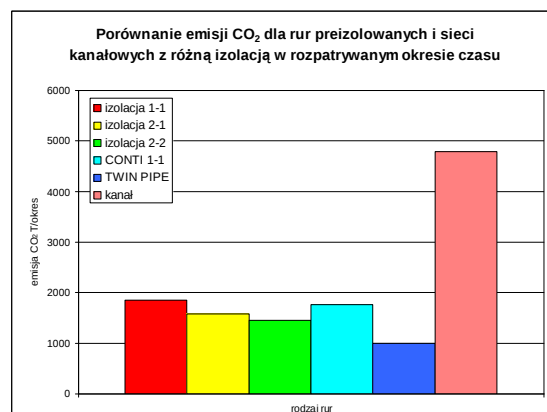
Rys.3. Jednostkowe straty ciepła (dla średnich parametrów w sezonie grzewczym) dla różnych typów rur preizolowanych i dla sieci kanałowych



Rys.4. Porównanie strat ciepła w rurociągach preizolowanych i kanałowych



Rys.5. Dodatkowe zużycie paliwa na pokrycie strat ciepła dla różnych rodzajów izolacji



Rys.6. Emisja CO₂ wynikająca ze spalania dodatkowego paliwa na pokrycie strat ciepła

Tabela 2. Zestawienie strat ciepła, ilości zużytego paliwa, emisji CO₂ dla sieci rozdzielczej DN250; L=1000m, w technologii preizolowanej i kanałowej (dla okresu bilansowego 12 lat)

Sieć rozdzielcza DN 250 L=1000m	Straty ciepła		Zużyte paliwo	Emisja CO ₂
	[GJ]	[PLN]	[t]	[t]
Kanał	45 803	1 145 075	2405,6	4784,2
Izolacja 1-1	17 755	443 877	932,5	1854,6
Izolacja 2-1	15 111	377 777	793,7	1578,4
Izolacja 2-2	13 953	348 827	732,8	1457,4
CONTI 1-1	16 908	422 690	888,0	1766,0
TWIN PIPE	9 547	238 682	501,4	997,2

Wymianę rurociągów ułożonych w technologii kanałowej na preizolowane rozpoczęto w w.s.c. na szeroką skalę w 1992 r. W tabeli 3 zestawiono efekty ekologiczne uzyskane w wyniku wymiany ok. 30% sieci kanałowej na preizolowaną wyznaczone na podstawie danych z lat 1992 ÷ 2007.

Tabela 3. Zestawienie efektów ekologicznych uzyskanych w wyniku wymiany sieci kanałowych na preizolowane przynoszących zmniejszenie strat przesyłania ciepła i zużycia paliwa w źródłach w okresie 1992 – 2007 oraz docelowo po całkowitej wymianie sieci

Straty ciepła, ilości zużytego paliwa i emisja w okresie 1992 ÷ 2007 oraz docelowo po całkowitej wymianie sieci									
Typ sieci	Długość sieci	Straty ciepła	Paliwo na pokrycie strat ciepła	Benzo[a] piren ⁶	SO ₂	CO ₂	NO ₂	CO	Pył
	[km]	[PJ]	[t]	[kg]	[t]				
Sieci kanałowe (K) - 100% w w.s.c.	1667	91,14	47891,7	30,99	35537	9520222	14437	2160	2005
Sieci kanałowe	1115	67,07	35232	22,80	26152	7005962	10624	1590	1476
Sieci preizolowane (P)	551	11,17	5873	3,80	4357	1167090	1770	265	246
Sieci preizolowane (100% w w.s.c)	1667	38,92	20442	13,23	15175	4065441	6165	922	856
Możliwy do uzyskania efekt po całkowitej wymianie sieci z K na P (licząc od stanu obecnego)	1116	27,75	14569	9,43	10819	2898351	4395	658	610

2.3. Obniżenie temperatury zasilania wody sieciowej

Na przestrzeni lat wykres regulacyjny parametrów wody sieciowej w w.s.c. ulegał systematycznemu obniżaniu. Proces ten podyktowany był między innymi chęcią obniżenia strat ciepła w systemie ciepłowniczym. W ciągu ostatnich sześciu lat parametry obliczeniowe wody sieciowej uległy obniżeniu ze 125/62 °C na 119/59 °C. Ocenia się, że z tego powodu względne straty ciepła w warunkach obliczeniowych mogły ulec zmniejszeniu o ok. 0,8% tj. z poziomu ok. 8% do ok. 7,2%. Jednak warunki obliczeniowe występują bardzo rzadko i system ciepłowniczy na ogół pracuje przy znacznie wyższych temperaturach zewnętrznych. Średnie temperatury zewnętrzne sezonu grzewczego kształtują się w ostatnich latach na poziomie ok. 2 ÷ 4 °C. Wpływ obniżenia temperatury wody sieciowej na średnie straty w sezonie jest znacznie mniejszy niż w warunkach obliczeniowych. Szacuje się, że na skutek obniżenia wykresu regulacyjnego w w.s.c. w ciągu ostatnich sześciu lat względne straty ciepła w sezonie grzewczym obniżyły się o ok. 0,2 % tj. z poziomu 10,2 % do 10 %. To niewielkie procentowe zmniejszenie strat stanowi jednak dużą oszczędność ciepła w skali całego w.s.c. wynoszącą ok. 72 000 GJ/ rok. Zmniejszenie strat ciepła w wyniku obniżenia temperatury zasilania wody sieciowej przynosi również określone w tabeli 4 efekty

⁶ Substancja toksyczna, rakotwórcza, mutagenna, działająca na rozrodczość i niebezpieczna dla środowiska. Może powodować raka, dziedziczne wady genetyczne, upośledzać płodność, działać szkodliwie na dziecko w łonie matki. Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne; może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym.

ekologiczne w postaci zmniejszenia ilości substancji szkodliwych emitowanych w źródłach ciepła w.s.c.

Tabela 4. Zmniejszenie emisji substancji szkodliwych w wyniku obniżenia temperatur wody sieciowej.

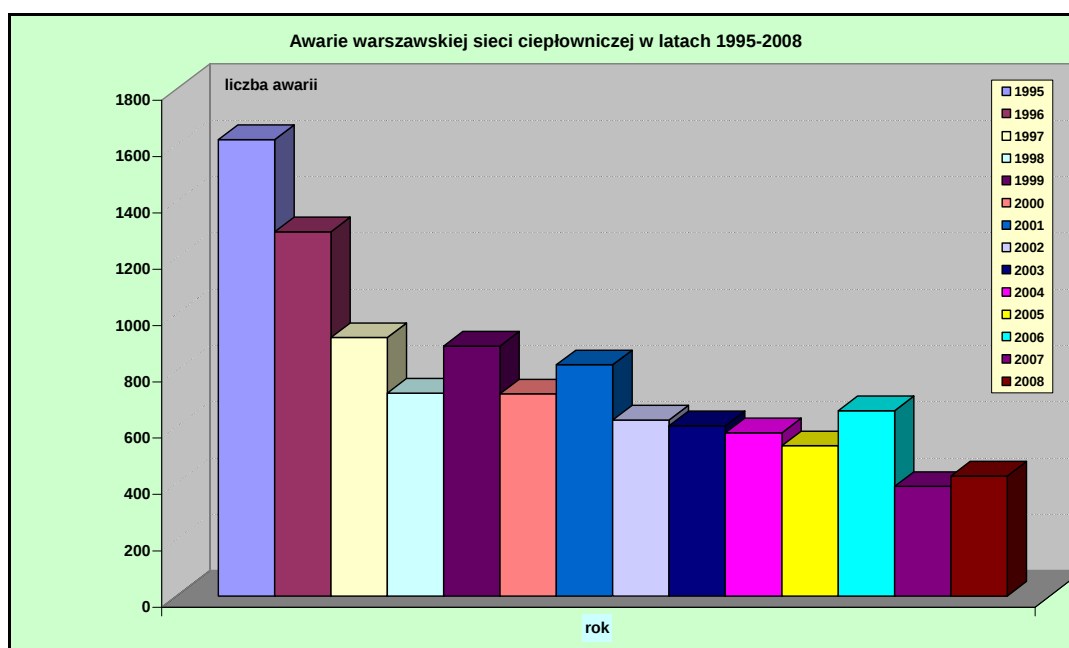
Emitowany związek	Jednostkowe emisje substancji szkodliwych	Zmniejszenie emisji substancji szkodliwych
	[g/GJ]	[kg/rok]
Benzo[a]piren	0,00034	0,02448
SO ₂	389,9	28073
CO ₂	104452,4	7520573
NO ₂	158,4	11405
CO	23,7	1706
Pył	22	1584

2.4. Awarie i ubytki wody sieciowej

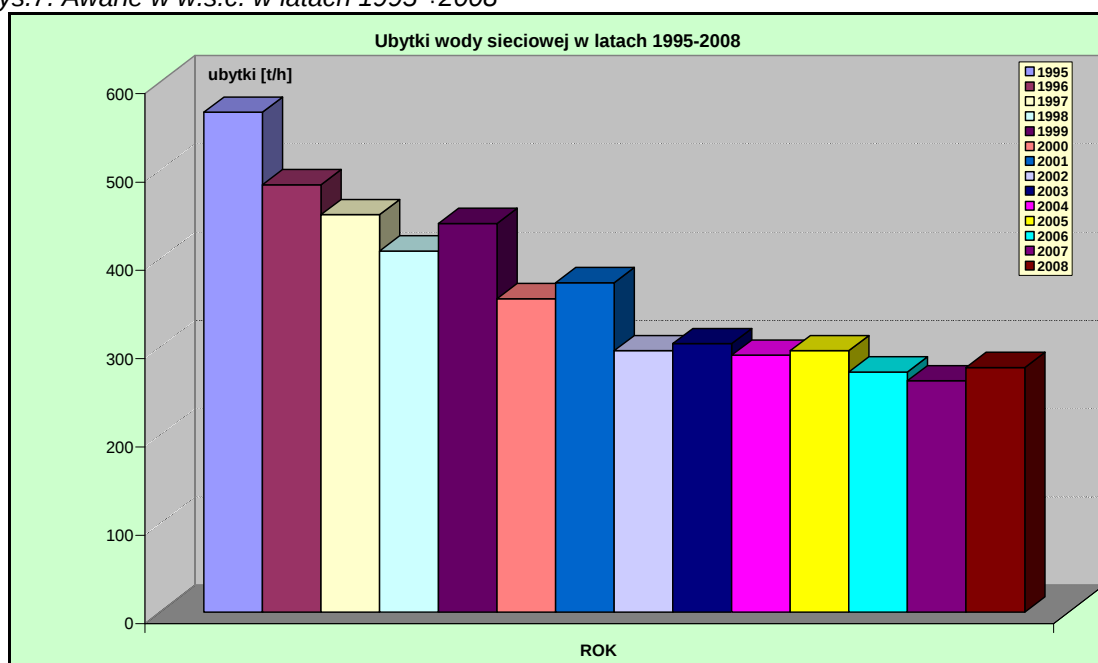
Od marca 1995 r. warszawska sieć ciepłownicza uzupełniana jest z dwóch źródeł: EC Żerań i EC Siekierki. W obu elektrociepłowniach zastosowano do uzdatniania wody uzupełniającej obok dekarbonizacji, proces odwróconej osmozy (EC Żerań) oraz demineralizację jonitową (EC Siekierki), a następnie odgazowanie termiczne. W konsekwencji wprowadzenia nowych technologii uzdatniania wody, w oparciu o normę PN-85/C-04601, przedstawiciele SPEC, EC Żerań oraz EC Siekierki poczynili ustalenia, które dotyczyły wartości dopuszczalnych parametrów wody charakterystycznych dla sieci ciepłowniczych. Aktualnie woda w w.s.c. jest wodą czystą pod względem chemicznym – o małym zasoleniu, odgazowaną i zmiękczoną.

Jednym z efektów stosowania takiej wody jest spowolnienie szybkości procesów korozji rur i elementów stalowych oraz urządzeń ciepłowniczych, a tym samym zmniejszenie liczby awarii na przestrzeni lat 1995-2008 (rysunek 7) oraz zmniejszenie ubytków wody w sieci (rysunek 8). Na początku lat 90-tych w celu zwiększenia szczelności sieci ciepłowniczej oraz obniżenia ubytków wody sieciowej zaczęto zastępować kompensatory dławicowe kompensatorami mieszkowymi oraz zrezygnowano ze stosowania połączeń kołnierzowych – zastąpiono je połączeniami spawanymi. Dzięki tym przedsięwzięciom zmniejszono ubytki wody w sieci ciepłowniczej z 566 ton/h w 1995 r. do 277 ton/h w 2008 r. Zmniejszenie strat przesyłania ciepła z tego tytułu wynosi 1,4-1,6 %.

Utrzymywanie jakości wody w w.s.c. na obecnym poziomie jest niezbędne dla utrzymywania aktualnego, niskiego poziomu awaryjności i ubytków wody. Na przestrzeni kilkunastu lat zmniejszenie ubytków wody w w.s.c. przełożyło się na zmniejszenie zużycia energii niezbędnej do uzdatniania wody uzupełniającej sieć. W latach 1995 ÷ 2008 średnie ubytki wody sieciowej zmalały o ok. 289 t/h, a oszczędności ciepła zużywanego dotychczas na podgrzewanie wody uzupełniającej sieć wyniosło średnio ok. 0,60 PJ/rok.



Rys.7. Awarie w w.s.c. w latach 1995 ÷ 2008



Rys.8. Ubytki wody sieciowej w latach 1995 ÷ 2008

Mniejsze zużycie energii to jednocześnie mniejsze zapotrzebowanie na paliwo (węgiel), a tym samym mniejsza emisja do atmosfery gazów cieplarnianych pochodzących z procesu spalania węgla. W tabeli 5 zestawiono wysokość emisji zanieczyszczeń ze spalania węgla oraz obniżenie emisji gazów cieplarnianych na skutek zmniejszenia ubytków wody sieciowej w latach 1995 ÷ 2005.

Tabela 5. Wielkość emisji substancji szkodliwych oraz obniżenie emisji tych substancji uzyskane w wyniku obniżenia ubytków wody sieciowej w okresie 1995 ÷ 2008

Substancja	Emisja substancji szkodliwych podczas spalania węgla (dane VHP)	Obniżenie emisji gazów cieplarnianych
	[g/GJ]	[ton/rok]
CO ₂	104452,4	68141
SO ₂	389,9	254
NO ₂	158,4	103
CO	23,7	15
Pył	22	14

3. Węzły cieplne oraz instalacje wewnętrzne

3.1. Urządzenia automatycznej regulacji

Odbiór ciepła na cele centralnego ogrzewania (c.o.) i przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) musi przede wszystkim odbywać się dla użytkownika w sposób komfortowy. Jeszcze kilkanaście lat temu komfort centralnego ogrzewania użytkownik zapewniał sobie samodzielnie, otwierając i zamykając okna w swoim mieszkaniu. Taka „regulacja” wiązała się ze znacznymi stratami dostarczonego ciepła, odprowadzanego bezproduktywnie na zewnątrz budynku. Trudno też było mówić o komforcie przebywania w tak ogrzewanych pomieszczeniach.

Konieczne więc było zastosowanie układów automatycznej regulacji dostawy ciepła. Zapewnienie komfortu dostawy ciepła jest nierozdzielnie związane z oszczędnościami zużycia ciepła. Układy automatycznej regulacji dostarczają tylko tyle ciepła ile jest naprawdę konieczne.

Poza regulacją centralną w źródłach ciepła powszechnie stosuje się dwa układy automatycznej regulacji:

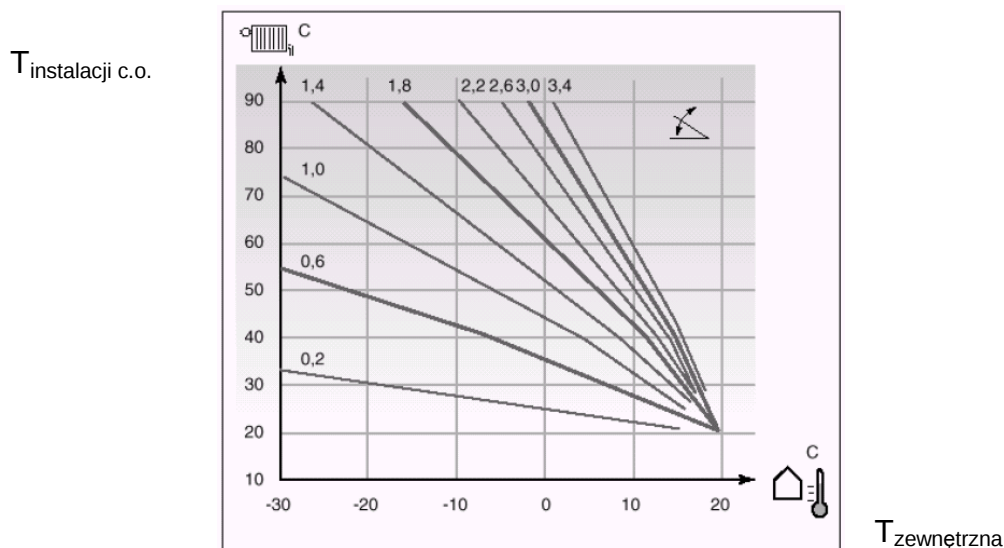
- regulacja dostawy ciepła do budynku, realizowana w węźle cieplnym,
- indywidualna regulacja dostawy ciepła do poszczególnych pomieszczeń budynku, realizowana w każdym pomieszczeniu.

Za centralną regulację dostawy ciepła do budynku odpowiada regulator, zwany popularnie „pogodowym”. Jest to elektroniczny regulator lub sterownik mikroprocesorowy typu PI lub PID, który dostarcza odpowiednią ilość ciepła w zależności od temperatury zewnętrznej. Im temperatura na zewnątrz jest niższa, tym ilość dostarczonego ciepła jest większa. Zmiana ilości dostarczanego ciepła jest realizowana przez regulator w sposób pośredni. Regulowana jest temperatura wody w instalacji centralnego ogrzewania na wyjściu z wymiennika ciepła c.o. Odbywa się to przy użyciu zaworu regulacyjnego z siłownikiem elektrycznym, zamontowanych na rurociągu wody sieciowej wymiennika c.o. Odpowiednią temperaturę uzyskuje się przez zmianę przepływu wody sieciowej. Zależność temperatury wody instalacyjnej c.o. od temperatury zewnętrznej jest „zaszyta” w regulatorze w postaci odpowiedniej charakterystyki, tzw. „krzywej grzania”. Przykładowa „krzywa grzania” jest przedstawiona na rys. 9. Regulator umożliwia przesunięcie równoległe „krzywej grzania” i zmianę jej nachylenia, tak by charakterystykę można było dostosować do rodzaju budynku i parametrów instalacji c.o.

Regulatory „pogodowe” w w.s.c. dodatkowo wyposażone są w następujące funkcje zwiększające komfort i oszczędności ciepła:

- sterowane zegarem obniżenia dostawy ciepła w dni wolne od pracy (praktycznie stosowane tylko w budynkach użyteczności publicznej),
- sterowane zegarem obniżenia dostawy ciepła w nocy,
- wyłączenie ogrzewania powyżej określonej temperatury zewnętrznej (praktycznie powyżej temperatury +15°C nie ma potrzeby ogrzewania pomieszczeń).

W węzłach cieplnych warszawskiego systemu ciepłowniczego od regulatora temperatury c.o. wymaga się, aby ograniczał on temperaturę wody sieciowej powracającej z wymiennika c.o. Przy przekroczeniu tej temperatury regulator odpowiednio zmniejsza temperaturę wody instalacyjnej c.o., zaniżając dostawę ciepła. Dość niski próg ograniczenia temperatury wymusza stosowanie nowoczesnych i wysoko wydajnych urządzeń w instalacji c.o., takich jak wymienniki ciepła, grzejniki i podpionowe regulatory sterujące rozdziałem przepływu w instalacji c.o. Te nowoczesne urządzenia w sposób oczywisty przyczyniają się do oszczędności ciepła.



Rys. 9. Przykładowa charakterystyka regulatora c.o. – „krzywa grzania”.

Indywidualna regulacja dostawy ciepła do poszczególnych pomieszczeń budynku realizowana jest przez zawory termostatyczne umieszczone na każdym grzejniku w pomieszczeniach budynku. Tutaj każdy indywidualny użytkownik może samodzielnie ograniczać dostawę ciepła, dostosowując ją do swoich własnych potrzeb. Bezpośrednio wpływa on na oszczędzanie ciepła, gdyż ma to odbicie w płaconych rachunkach za ogrzewanie. Termostatyczne zawory przygrzejnikowe pozwalają zaoszczędzić 5 – 10 %.

Kolejnym przedsięwzięciem mogącym także oszczędzać ciepło jest zamiana grupowych węzłów cieplnych na węzły indywidualne w każdym budynku. Węzeł grupowy jest normalnym węzłem cieplnym z automatyką „pogodową” c.o., który dostarcza ciepło nie do jednego, ale dla kilku okolicznych budynków. Jest rzeczą oczywistą, że „krzywa grzania” regulatora c.o. musi być dostosowana do budynku, który ma największe potrzeby cieplne na ogrzewanie. Pozostałe budynki będą otrzymywały za dużo ciepła. Przyjmując, że istnieje permanentne zawyżenie temperatury o $1 \div 2$ °C w pozostałych budynkach, można przyjąć, że $10 \div 15\%$ ciepła jest tracona poprzez wyżej wspomnianą „regulację” komfortu cieplnego przez użytkowników. Dodatkowo przyjmując zgodnie z normami, że zastosowanie funkcji indywidualnych obniżen temperatury w budynkach w okresie nocnym, polepszających komfort cieplny w pomieszczeniach, umożliwi uzyskanie $2 \div 4$ % oszczędności z tego tytułu w zależności od konstrukcji budynku.

Likwidacja węzłów grupowych wraz z automatyczną regulacją dostawy ciepła i opomiarowaniem indywidualnych budynków, umożliwi spełnienie warunków wymaganych do skutecznego przeprowadzenia termomodernizacji budynków i zwiększenia oszczędności ciepła. Daje to przesłanki do likwidacji efektu nieuzasadnionego społecznie i ekonomicznie podziału kosztów za zużywaną energię między budynkami podłączonymi do jednego węzła grupowego, a w konsekwencji sprzeczność z zasadą „zanieczyszczający płaci”. Oznacza to, że sprawcy szkód ekologicznych poprzez emisję zanieczyszczeń związanych z ciepłem z węzłów grupowych powinni ponosić koszty zapobiegania tym szkodom lub naprawiania ich skutków. Taka możliwość istnieje wówczas, kiedy budynki są podłączone do węzłów indywidualnych i mieszkańcy nie ponoszą bezpośrednio kosztów związanych ze stratami energii cieplnej na odcinku sieci od węzła grupowego do budynku oraz wymuszonego zużycia ciepła wskutek „regulacji” komfortu cieplnego w pomieszczeniach. Takie działania zaleca Komisja Europejska, określając sposób postępowania w odniesieniu do zasady „zanieczyszczający płaci” w Zaleceniu Rady (75/436/Euratom, EWWS, EWG i dołączony Komunikat Komisji) oraz Artykule 175(5) Traktatu. Zgodnie z ustawą termomodernizacyjną można przyjąć, że w wyniku termomodernizacji budynków połączonej z wyposażeniem mieszkań w termoregulatory, oszczędności ciepła wyniosą co najmniej 15%.

Prowadzone są również prace nad wprowadzaniem układów automatycznej regulacji w sieci ciepłowniczej. Jednym z tego efektów mogą być oszczędności ciepła.

Warszawski system ciepłowniczy charakteryzuje się dużymi zmianami i dużymi wartościami dyspozycyjnej różnicy ciśnień. Warunki te powodują, że część regulatorów różnicy ciśnień i przepływu ($\Delta p/V$) w węzłach ciepłych pracuje niestabilnie, powodując występowanie drgań i hałasów. Oprócz tego każda niestabilność w działaniu regulatorów jest związana z zakłóceniami mogącymi zaniżać lub niepotrzebnie zwiększać dostawę ciepła do budynku. Aby przeciwdziałać temu zjawisku to na odgałęzieniach magistrali ciepłowniczych (w komorach ciepłowniczych) montuje się regulatory różnicy ciśnień. Obniżają one dyspozycyjną różnicę ciśnień na odgałęzieniach zasilających węzły ciepłe do wartości, która nie powoduje już niestabilnej pracy regulatorów $\Delta p/v$. Jednocześnie wpływa to korzystnie na pracę regulatorów w węzłach ciepłych.

3.2. Zastąpienie piecyków gazowych w mieszkaniach centralnym systemem c.w.u. zasilanym z sieci miejskiej

Gazowe piecyki mieszkaniowe są najpopularniejszym sposobem zaspokojenia zapotrzebowania na ciepłą wodę mieszkańców budynków wielorodzinnych będących w zasięgu sieci gazowej, a nie podłączonych do scentralizowanego źródła ciepła. Przedsiębiorstwa ciepłownicze (w tym SPEC S.A.) dążą do zwiększenia udziału w rynku, co związane jest z likwidacją mieszkaniowych i lokalnych źródeł ciepła na rzecz zasilania z miejskiej sieci ciepłowniczej.

Likwidacja węzłów grupowych i sieci niskoparametrowych oraz zastąpienie ich węzłami indywidualnymi zasilanymi z sieci ciepłowniczej przyniesie korzyści w postaci efektów energetycznych, ekonomicznych i ekologicznych. Jest to więc przedsięwzięcie termomodernizacyjne.

Podłączenie budynków zasilanych wcześniej z grupowych węzłów ciepłych do węzłów indywidualnych ułatwi odbiorcom zainteresowanym dostawą ciepła sieciowego na potrzeby ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) na podłączenie się do miejskiego systemu ciepłowniczego, co pociągnie za sobą likwidację mieszkaniowych piecyków gazowych i elektrycznych podgrzewaczy wody.

Ze względu na środowisko najważniejszym aspektem poruszonym przy likwidacji piecyków gazowych jest zmniejszenie emisji szkodliwych substancji w źródle c.w.u. Niewątpliwie biorąc pod uwagę samą emisję związków szkodliwych w wyniku spalania węgla i gazu ziemnego (tabela 6) wybór źródła ciepła przemawia za wykorzystaniem do wytwarzania c.w.u. tego drugiego paliwa, jednak nie tylko względy środowiskowe mają wpływ na podejmowanie decyzji o realizacji tego typu przedsięwzięć. Istotną rolę odgrywa efektywność energetyczna wytwarzania ciepła, która ukierunkowuje nas na skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej. Poniżej przedstawiono zalety i wady likwidacji indywidualnych źródeł c.w.u. i zasilanie odbiorców z miejskiej sieci ciepłowniczej.

Tabela 6. Emisja substancji szkodliwych w wyniku spalania węgla w Vattenfall Heat Poland dla ciepła sieciowego i energii elektrycznej i w wyniku spalania gazu wg PGNiG

Związek emitowany	Spalanie węgla w EC przy produkcji ciepła	Spalanie węgla w EC przy produkcji energii elektrycznej	Spalanie gazu w piecykach gazowych
	[g/GJ]	[g/GJ]	[g/GJ]
Benzo[a]piren	0,00034	0,00155	0
SO ₂	389,9	1 753,1	0
CO ₂	104452,4	469 601,5	63000
NO ₂	158,4	711,9	54
CO	23,7	106,3	15
Pył	22,0	99,1	9

Korzyści wynikające z zastąpienie wytwarzania c.w.u. w mieszkaniowych piecykach gazowych na rzecz wytwarzania c.w.u. z wykorzystaniem ciepła z m.s.c. to m.in.:

- zmniejszenie niskiej emisji substancji szkodliwych,
- likwidacja źródeł zanieczyszczeń powietrza w bezpośrednim sąsiedztwie mieszkańców,

- likwidacja niebezpieczeństwa zatrucia tlenkiem węgla powstającym w wyniku niecałkowitego spalania gazu ziemnego w piecykach o niskiej sprawności i niedostatecznej ilości powietrza,
- zmniejszenie zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie w wyniku zmniejszenia zapotrzebowania powietrza wentylacyjnego w mieszkaniach,
- niższe opłaty związane za ciepłą wodę,
- pozbycie się troski mieszkańców o sprawność piecyków i drożność ciągów kominowych,
- zwiększenie wykorzystania ciepła sieciowego i wzrost sprawności ciepłowniczej latem,
- w przypadku skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej poprawa współczynnika skojarzenia w źródle.

Do czynników niekorzystnych związanych z likwidacją mieszkaniowych piecyków gazowych i zasilaniem c.w.u. z sieci miejskiej, należą m.in.:

- zwiększenie wysokiej emisji w źródle ciepła,
- zwiększenie ogólnego bilansu emisji substancji szkodliwych do atmosfery w wyniku zastąpienia spalania gazu przez inne paliwa (np. węgiel, oleje).

W SPEC S.A. trwają prace nad projektem likwidacji grupowych węzłów ciepłych centralnego ogrzewania (c.o.) i budowy w ich miejsce indywidualnych węzłów również jednofunkcyjnych. Po wybudowaniu węzłów jednofunkcyjnych użytkownicy budynków będą mieli możliwość dobudowania modułu c.w.u.

Dane potrzebne do obliczenia zapotrzebowania ciepła na c.w. przedstawiono w tab. 7. Uśredniona sprawność mieszkaniowych pieców gazowych i uśredniona sprawność mieszkaniowych elektrycznych źródeł ciepła została przyjęta na podstawie źródeł literaturowych.

Tabela 7. Założenia do obliczeń i wyniki zapotrzebowania ciepła na c.w.u. przed i po modernizacji

Wielkość	Jednostka	Wartość przed modernizacją	Wartość po modernizacji
Średnia moc cieplna	[kW]	28 318	28 318
Zapotrzebowanie na ciepło na ogrzanie 1 m ³ wody	[GJ/m ³]	0,189	0,210
Zapotrzebowanie na ciepło na przygotowanie c.w.u.	[GJ/rok]	669 239	736 163
Udział mieszkaniowych źródeł c.w.u. gazowych	%	95	0
Średnia sprawność mieszkaniowych źródeł gazowych	-	0,7	0,7
Wartość opałowa gazu	[MJ/m ³]	36	36
Udział źródeł c.w.u. elektrycznych	%	5	0
Średnia sprawność źródeł elektrycznych		0,9	0,9
Udział miejskiej sieci ciepłej c.w.u.	%	0	100
Średnia sprawność węzłów c.w.u.	-	1	1

Dla potrzeb analizy przyjęto, że przed modernizacją źródłem ciepła dla budynków jest węzeł grupowy wraz z niskoparametrową siecią ciepłowniczą, a po modernizacji węzeł indywidualny wraz z dobudowanym odcinkiem w.s.c. Założenie takie przyjęto w celu umożliwienia pełnego porównania efektów przedsięwzięcia, jakim jest zastąpienie węzłów grupowych węzłami indywidualnymi.

Efekt energetyczny modernizacji źródła ciepła wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz. U. 2008 nr 33 poz. 195) wyznaczono ze wzoru:

$$E_i = \frac{\eta_i - \eta_w}{\eta_i (1 - \eta_w)} \cdot 100\%$$

gdzie:

E_i - efekt energetyczny modernizacji lokalnego źródła ciepła określający wysokość zmiany strat ciepła [%],

- η_i - sprawność eksploatacyjna lokalnego źródła ciepła dla stanu przed modernizacją,
 η_w - sprawność eksploatacyjna lokalnego źródła ciepła dla rozpatrywanego wariantu modernizacji.

W przypadku budowy węzłów indywidualnych jednofunkcyjnych sprawność przesyłu ciepła od źródła do węzła względem stanu wyjściowego wzrośnie, ponieważ ciepło przesyłane jest jedynie w sezonie grzewczym tak jak i przed modernizacją, więc bezwzględne straty ciepła w sieciach wysokich parametrów nie ulegną zmianie. Jednak w przypadku budowy węzłów dwufunkcyjnych ciepło przesyłane jest przez cały rok, a w związku z tym, że latem zapotrzebowanie na ciepło jest znacznie mniejsze aniżeli zimą straty ciepła zwiększą się. Zestawienie najważniejszych danych niezbędnych do obliczenia efektu energetycznego dla rejonów zasilanych z rozpatrywanych węzłów grupowych przedstawia tabela 8.

Efekt ekologiczny jest określany w celu oceny zmiany emisji substancji szkodliwych do otoczenia po przeprowadzeniu modernizacji. Przy skojarzonym wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej zużycie energii chemicznej paliwa oraz jego podział pomiędzy poszczególne postacie energii można wyznaczyć wg metody fizycznej, bądź wg metody elektrowni równoważnej, w której korzyści z gospodarki skojarzonej przypisywane są głównie produkcji energii ciepłej. Dla potrzeb projektu wartości zmiany emisji w wyniku likwidacji węzłów grupowych obliczono zgodnie z obiema metodami i tak – liczonych metodą fizyczną przedstawiono w tabeli 9, natomiast liczonych metodą elektrowni równoważnej w tabeli 10.

W związku z likwidacją mieszkaniowych źródeł gazowych i zastąpieniem ich centralnym źródłem węglowym generalnie emisja zanieczyszczeń do środowiska przy wykorzystaniu obydwu metod wzrośnie, jednak licząc efekty metodą elektrowni równoważnej emisja przedstawionych związków wzrośnie w mniejszym stopniu, jak i emisja związków węgla zmniejszy się. Dodatkowo w wyniku zmniejszenia zapotrzebowania na powietrze wentylacyjne w budynku w związku z eliminacją procesów spalania w piecykach, zmniejszy się zapotrzebowanie na ciepło na c.o., co nie zostało uwzględnione w obliczeniach, a co może zmniejszyć zapotrzebowanie ciepła (w zależności od wielkości mieszkań) na ogrzewanie od ok. 2 % przy mieszkaniach o dużym metrażu, do 19 % przy najmniejszych mieszkaniach.

Tabela 8. Efektywność energetyczna modernizacji uwzględniająca produkcję ciepła na c.o. i c.w.u. z miejskiej sieci ciepłowniczej

		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji węzłów c.o.	Stan po modernizacji z doposażeniem w moduł c.w.u.
1	Sprawność eksploatacyjna lokalnego źródła	0,720	0,731	0,740
2	Udział ciepła z systemu ciepłowniczego u odbiorców	0,604	0,604	1,000
3	Sprawność wykorzystania energii zawartej w paliwie dla rejonu zasilania z węzłów grupowych	0,745	0,763	0,740
4	Sprawność wytwarzania ciepła w elektrociepłowni	0,890	0,890	0,890
5	Sprawność przesyłu ciepła w w.s.c.	0,910	0,910	0,895
6	Udział ciepła ze spalania gazu w całkowitym udziale ciepła	0,376	0,376	0,000
7	Udział ciepła z energii elektrycznej w całkowitym udziale ciepła	0,020	0,020	0,000
8	Sprawność wykorzystania energii w paliwie przy dostawie energii elektrycznej	0,324	0,324	0,000
9	Sprawność wytwarzania energii elektrycznej w źródle	0,400	0,400	0,000
10	Sprawność przesyłu sieci elektroenergetycznej	0,900	0,900	0,000
Efekt energetyczny przeprowadzenia modernizacji:		-	5,20%	9,56%

Tabela 9. Efekt ekologiczny likwidacji węzłów grupowych, budowy indywidualnych węzłów ciepłych c.o. i doposażenie ich w moduły c.w.u. liczony zgodnie z metodą fizyczną

Związek	Emisja			Całkowita zmiana emisji	Zmiana emisji	
	przed modernizacją	po modernizacji	po modernizacji i doposażeniu węzłów w moduł c.w.u.		w wyniku modernizacji	w wyniku modernizacji i doposażenia węzłów w moduł c.w.u.
	[kg/rok]	[kg/rok]	[kg/rok]		[%]	[%]
Benzo[a]piren	0,44054	0,41097	0,68122	-0,2	-6,71%	54,63%
SO ₂	498 499	465 042,2	770 848	-272 349	-6,71%	54,63%
CO ₂	190 750 771	181 788 878	206 483 875	-15 733 104	-4,70%	8,25%
NO ₂	251 486	237 898,8	313 040,6	-61 555,1	-5,40%	24,48%
CO	43 859	41 829,9	46 754,0	-2 894,9	-4,63%	6,60%
Pył	36 361	34 469,5	43 586,6	-7 225,4	-5,20%	19,87%

Tabela 10. Efekt ekologiczny likwidacji węzłów grupowych, budowy indywidualnych węzłów ciepłych c.o. i doposażenie ich w moduły c.w.u. liczony zgodnie z metodą elektrowni równoważnej

Związek	Emisja			Całkowita zmiana emisji	Zmiana emisji	
	przed modernizacją	po modernizacji	po modernizacji i doposażeniu węzłów w moduł c.w.u.		w wyniku modernizacji	w wyniku modernizacji i doposażenia węzłów w moduł c.w.u.
	[kg/rok]	[kg/rok]	[kg/rok]		[%]	[%]
Benzo[a]piren	0,28725	0,26846	0,43306	-0,1	-6,54%	50,76%
SO ₂	325 046	303 776,8	490 039	-164 994	-6,54%	50,76%
CO ₂	144 288 596	138 591 393	131 264 749	13 023 847	-3,95%	-9,03%
NO ₂	181 046,4	172 409,1	199 004,4	-17 958,0	-4,77%	9,92%
CO	33 338,7	32 048,7	29 722,2	3 616,5	-3,87%	-10,85%
Pył	26 553,6	25 350,9	27 708,6	-1 155,1	-4,53%	4,35%

4. Inne istotne działania ukierunkowane na zwiększenie efektywności pracy w.s.c. i ograniczenie wpływu na środowisko.

Poza w/w usprawnieniami w w.s.c. inne istotne działania ukierunkowane na zwiększenie efektywności energetycznej i ekonomicznej, to m.in.:

- **Promocja ciepła sieciowego** – przynoszące wzrost mocy przyłączanej do systemu a zatem zastępowanie wytwarzania ciepła w mniej sprawnych źródłach indywidualnych przez ciepło wytwarzane w układzie skojarzonym,
- **Wspieranie termomodernizacji** – współpraca z właścicielami budynków, wykonywanie audytów energetycznych,
- **Likwidacja kotłowni węglowych i olejowych** – z powodu znaczącej uciążliwości dla środowiska istniejących jeszcze obcych kotłowni węglowych i olejowych prowadzone są działania zmierzające do przyłączenia odbiorców do w.s.c. tam, gdzie pozwala na to lokalizacja kotłowni i w.s.c – np. w Osadzie Rybackiej.
- **Modernizacja przepompowni** – wprowadzenie zmiennoodrotowej regulacji i nowych pomp i napędów oraz lepsze wykorzystanie możliwości regulacyjnych posiadanych przepompowni obniżą zużycie energii elektrycznej oraz koszty pompowania wody sieciowej.
- **Prowadzenie systemu wg zasad ERO** – praca źródeł na wspólną sieć i maksymalne wykorzystywanie źródeł skojarzonych, tj. EC Siekierki i EC Żerań. Praktycznie wyeliminowana została z pracy w systemie Ciepłownia Wola, spalająca zasiarczony mazut, a Ciepłownia Kawęczyn pracuje tylko sporadycznie.
- **Wdrażanie systemu GIS** – system informacji geograficznej, wraz z aplikacją ciepłowniczą i aplikacjami dodatkowymi – poprzez odpowiednie zarządzanie infrastrukturą siecią i wspomaganie eksploatacji sieci ciepłowniczej

ukierunkowany jest na usprawnienie rozbudowy systemu, obniżenie kosztów eksploatacyjnych.

- **Prace nad Inteligentną Siecią Ciepłowniczą (ISC)** - rozpoczęte zostały prace, w wyniku których miejska sieć ciepłownicza (m.s.c.) wyposażona zostanie w urządzenia pomiarowe i regulacyjne, środki transmisji oraz oprogramowanie zapewniające optymalne sterowanie pracą tej sieci w warunkach normalnej eksploatacji i w stanach awaryjnych. Pozwoli to zmniejszyć koszty pracy systemu, w tymi znacząco ograniczyć straty przesyłania ciepła. Przyniesie to znaczące oszczędności energetyczne a tym samym korzyści dla środowiska naturalnego m.st. Warszawy.

Podsumowanie

W systemach ciepłowniczych emisje substancji szkodliwych mają miejsce głównie w źródłach ciepła. Przesył i dystrybucja ciepła w w.s.c. nie wywierają zatem znaczącego negatywnego wpływu na środowisko. Jest to w głównej mierze wpływ pośredni, związany głównie ze stratami przesyłania ciepła i dostosowaniem ilości dostarczanego ciepła do potrzeb odbiorców. Zatem także możliwości ograniczenia tego wpływu są ograniczone. Za priorytetowe uważamy zmniejszenie strat przesyłania ciepła i poprawę efektywności energetycznej i ekonomicznej przesyłania ciepła, co daje wymierne korzyści dla środowiska naturalnego Warszawy.

LITERATURA

1. Materiały archiwalne SPEC S.A. oraz Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ciepłownictwa
2. PN-85/C-04601 *Woda dla celów energetycznych – Wymagania i badania jakości wody dla kotłów wodnych i zamkniętych obiegów ciepłowniczych*
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego, Dz. U. 2008 nr 33 poz. 195.
4. PN-92/B-01706 *Instalacje wodociągowe - Wymagania w projektowaniu*
5. Raport środowiskowy 2007, PGNiG
6. Dane o emisji ze źródeł warszawskich VHP
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U.2005 nr 260 poz. 2181)
8. Directive of the European Parliament and of the Council on industrial emissions. COM(2007) 844 (wersja przyjęta przez kraje członkowskie i skierowana do parlamentu europejskiego)
9. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i rady 2009/29/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/we w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych