

Adam Cenian,  
Instytut Maszyn Przepływowych, Gdańsk

Teresa Żurek,  
Instytut Maszyn Przepływowych, Gdańsk

Mieczysław Dzierżowski,  
Instytut Maszyn Przepływowych, Gdańsk  
Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa Politechnika Warszawska, Warszawa

Bartosz Pietrzykowski,  
IMPLaser Innovative Technologies, Gdańsk,  
Eco-Construction Sp. z o.o.

# Niskotemperaturowe Sieci Ciepłownicze 4 Generacji (SC 4G) - mapa drogowa

**Słowa kluczowe:** 4 generacja sieci ciepłowniczych, energie odnawialne, efektywność energetyczna, ciepło/chłód

Niskotemperaturowe sieci ciepłownicze (NSC) to sieci ciepłownicze (SC) tzw. 4 Generacji, charakteryzujące się niską temperaturą zasilania (poniżej 70°C) w celu zwiększenia sprawności systemu i ograniczenia wykorzystania paliw kopalnych. Wśród dodatkowych korzyści należy wymienić łatwiejszą integrację niskotemperaturowych odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym m. in. kolektorów słonecznych, źródeł geotermalnych i poprocesowego ciepła odpadowego, redukcję naprężeń termicznych w rurociągach (przez to wydłużenie ich życia) oraz możliwość wykorzystania ciepła z gałęzi powrotnej SC (powodując obniżenie temperatury powrotnej i umożliwiając istotne podwyższenie sprawności układów kogeneracyjnych).

Ze względu na wprowadzanie nowego paradygmatu do istniejących sieci ciepłowniczych zagadnieniem niezwykle wagi jest opracowanie mapy drogowej (w tym metod) dla ich integracji z istniejącymi systemami SC. Rozwinięte i zbudowane w latach 1930-1970 sieci 2 Generacji (SC 2G) - z temperaturą zasilania powyżej 100°C i oparte o węgiel jako źródło energii pierwotnej, zostają wypierane przez coraz powszechniejsze SC 3G

(z temperaturą zasilania poniżej 100°C) i wykorzystujące różnorodne paliwa: kopalne, biomasę, czy odpady. Czwarta generacja - SC 4G [1, 2], poprzez obniżenie temperatury zasilania do zakresu 20-70°C znacząco ogranicza straty przesyłu oraz ułatwia integrację odnawialnych źródeł ciepła. Sieci ciepłownicze 4G przewidują integrację z układami chłodzenia oraz stosowanie inteligentnego zarządzania energią. Obecnie pojawiają się infor-

macje o SC 5G (piątej generacji) integrujących sieci ciepłownicze i chłodnicze, umożliwiających dopasowanie zasilania do potrzeb odbiorców (demand side response) z wykorzystaniem magazynów ciepła, jak i szersze zagospodarowanie ciepła odpadowego. Ponadto, pojawiają się nowe innowacyjne koncepcje sieci integrujących ciepłownictwo i chłodnictwo, np. *Ectogrid™* promowana przez *E.ON Sverig AB* [3].

Celem pracy jest przedstawienie implementacji idei niskotemperaturowych sieci ciepłowniczych, bądź w drodze dołączania niskotemperaturowych podsieci do istniejących systemów ciepłowniczych SC 2G i SC 3G (na przykładzie pilotażowych instalacji w Danii, Niemczech, Szwecji i Polsce), bądź na drodze stopniowego obniżania temperatury w całej sieci, metody przetestowanej w PEC Łomża [4].

### ■ Instalacje pilotażowe

Przedstawione poniżej instalacje miały odpowiedzieć na szereg istotnych pytań wynikających m. in. z przekonania o braku możliwości (technicznych i ekonomicznych) modernizacji wszystkich budynków mieszkalnych do 2050 r., gdy niskotemperaturowe SC mają być wprowadzone w wielu krajach, w tym w Danii. Czy jest więc możliwe podłączenie całych dzielnic do NSC przed zakończeniem procesu modernizacji istniejących budynków, zmierzającego do osiągnięcia standardów domów niskoemisyjnych? Dlatego oprócz działań mających na celu wdrożenie NSC w nowych dzielnicach dostosowanych do ciepłownictwa niskotemperaturowego (patrz NSC w Berlin-Adlershof) badano efekt prac termomodernizacyjnych na działanie NSC (w Albertslund budynki po termomodernizacji oraz Sønderby, budynki bez termomodernizacji). Dodatkowo badano możliwość wykorzystania ciepła odpadowego, generowanego w urządzeniach przemysłowych dla lokalnych celów ciepłowniczych (w zakładach Terma pod Gdańskiem) oraz przesyłu ciepła na duże odległości (w regionie Kalunborg). Przykład sieci SC 5G przedstawiono na przykładzie Ectogrid™ wdrożonej przez E.ON Sverige AB w Lund.

#### □ NSC w Berlin Adlershof

Firma BTB Berlin produkująca i dostarczająca energię i ciepło dla mieszkańców wybranych dzielnic Berlina dokonała badań i wdrożenia sieci NSC



Rys. 1. Plan regionu "Wohnen am Campus" w dzielnicy Adlershof, Berlin  
Źródło: BSM - Beratungsgesellschaft für Stadterneuerung und Modernisierung mbH



Rys. 2. Rozliczeniowy węzeł ciepłowny dla budynków plusenergetycznych  
Źródło: © Stefan Simonides, BTU Cottbus-Senftenberg, Niemcy

w nowo budowanym regionie mieszkalnym "Wohnen am Campus" (pl. Mieszkańców na kampusie) w dzielnicy Adlershof, znanej z lokalizacji wielu innowacyjnych przedsiębiorstw i instytucji naukowych (rys. 1). Sieć miała być zasilana z gązeli powrotnej konwencjonalnej SC 2G

z temperaturami zasilania i powrotu 110/55°C.

Z racji braku regulacji mających na celu wspieranie innowacyjnych sieci ciepłowniczych BTB musiała stoczyć zaciętką walkę konkurencyjną z systemami ciepłowniczymi opartymi na sieci gazo-

wej oraz pompami ciepła. Walka ta rozegrała się przed właściwym okresem inwestycyjnym, przed zaplanowaniem dokładnego przebiegu ulic oraz tras sieci gazowych i ciepłowniczych. Aby zdobyć przyszłych kontrahentów BTB zaproponowała klientom możliwość zagospodarowania produkowanego przez nich ciepła oraz rozliczenia go w okresie 2-letnim. Klient produkujący ciepło w układach solarnych latem mógł je wykorzystać w ciągu dwóch lat od daty produkcji. Po tym okresie następowało rozliczenie ciepła i niewykorzystane przez klienta ciepło firma anulowała bez rekompensaty pieniężnej.

Wynikiem udanej akwizycji i projektowania sieci jest obecnie lokalna sieć łącząca 1200 energooszczędnych (15 W/m<sup>2</sup>) lokali mieszkalnych w domkach jedno- i wielorodzinnych oraz szeregowcach na powierzchni 19 ha (62 budynki, w tym 3 plusenergetyczne). Rozliczenie wyprodukowanego i zużytego ciepła umożliwia innowacyjny węzeł rozliczeniowy w jednej z piwnic budynku plusenergetycznego (rys. 2). Dla przykładu na dachu budynku przy ulicy Newtona (niem. Newtonstraße) 128 umieszczono 618 m<sup>2</sup> kolektorów słonecznych dla ogrzewania wody, która jest gromadzona w zabudowanych zbiornikach, zaś jej nadmiar przekazywany jest do sieci dystrybucyjnej. Poza tym na dachach oraz elewacji niektórych budynków umieszczono moduły fotowoltaiczne umożliwiające produkcję energii elektrycznej na potrzeby własne (nadmiar przekazywany jest do sieci elektroenergetycznej).

Zaprojektowana i wdrożona NSC umożliwia zaoszczędzenie 65% energii pierwotnej w porównaniu do systemów zdecentralizowanych<sup>1</sup>.

#### □ NSC Albertslund

Gmina Albertslund licząca ok. 28 000 mieszkańców i zajmująca obszar 23 km<sup>2</sup> zlokalizowana jest na peryferiach Metropolii Kopenhagi. W latach 80. ub.



Rys. 3. Układy zasilania SC w Albertslund  
Źródło: Gmina Albertslund

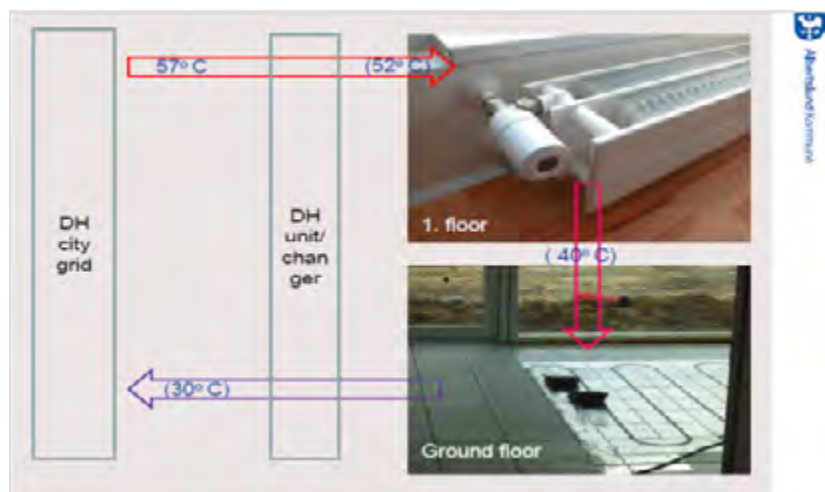


Rys. 4. Albertslund - budynki przed i po modernizacji  
Źródło: Gmina Albertslund

w. charakteryzowała się dużym poziomem bezrobocia oraz wieloma niezaspokojonymi potrzebami i problemami spo-

łecznymi. Niemal połowa budownictwa to mieszkania komunalne zbudowane w latach 60. i 70. poprzedniego wieku.

<sup>1</sup> <https://www.adlershof.de/en/news/a-model-neighborhood-for-energy-efficiency/>



Rys. 5. Schemat zasilania w ciepło domów mieszkalnych systemem NSC  
Źródło: Gmina Albertslund

Wiele z nich wymaga gruntownej modernizacji. W latach 80. lokalni politycy postanowili opracować plan rewitalizacji regionu, uwzględniając zmiany klimatyczne i aspekty środowiskowe. Ze względu na bardzo ograniczone zasoby finansowe (duże bezrobocie oraz potrzeby społeczne), administracja gminna zdecydowała się na większe włączenie społeczeństwa w podejmowanie decyzji (utworzono grupy doradczo-decyzyjne „Brugergruppen” lub „grupy użytkowników”), biorąc pod uwagę priorytety mieszkańców. Obecnie Albertslund jest znany jako „living-lab” dla nowych eko-rozwiązań, w tym dotyczących energetyki oraz inteligentnych systemów finansowania modernizacji z generowanych oszczędności eksploatacyjnych.

Gmina ogrzewana jest ciepłem systemowym dostarczonym ze spalarni odpadów oraz z układu kogeneracyjnego (rys. 3). Ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w latach 2006-2015 przekroczyło 25%. Nowy SEAP przewiduje, że w 2025 r. miasto będzie miastem zero-emisyjnym w zakresie ciepła i energii elektrycznej po wprowadzeniu 4 generacji SC oraz lepszym wykorzystaniu lokalnych źródeł energii (elektrowni wiatrowych oraz pomp ciepła).

Jednocześnie postępują prace nad gruntowną modernizacją mieszkań ko-

munalnych, w tym wprowadzanie NSC. Do 2026 r. NSC mają być zainstalowane w całym mieście po zakończeniu gruntownej modernizacji budynków (najpierw komunalne, potem prywatne domy mieszkalne i obiekty przemysłowe) oraz wymianie 380 km zużytych i niesprawnych SC. Projekt pilotażowy (największy w Danii) objął 560 starych i zrujnowanych domów mieszkalnych (typu szeregowce), został zakończony w 2015 r. (rys. 4). Renowacja domów objęła termomodernizację dachów oraz izolację ścian zewnętrznych i podpiwniczenia z zastosowaniem materiałów o wysokiej izolacyjności cieplnej ( $\lambda = 0.020$ ).

Zastosowano kombinowany system ogrzewania podłogowego z dodatkowymi grzejnikami (2 lub 3 rzędownymi z wymuszonym przepływem powietrza). Miasto dostarcza do wymiennika domowego wodę sieciową o temperaturze zasilania 57°C (rys. 5). Grzejniki są zasilane temperaturą  $t_z = 52^\circ\text{C}$ , a system podłogowy  $t_z = 40^\circ\text{C}$ . Temperatura na powrocie wynosi  $t_p = 30^\circ\text{C}$  - spadek temperatury w układzie domowym 27°C. Ilość wykorzystanego ciepła oraz jego koszty spadły o 50%, co umożliwia biedniejszym mieszkańcom spłacanie kredytu na renowację z oszczędności eksploatacyjnych - mniejsze rachunki za ciepło.

#### □ Pilotowy NSC Sønderby

Høje Taastrup jest miejscowością zamieszkałą przez 48 500 mieszkańców, znaną z jej „zielonej” agendy. Miejscowość ma być wolną od emisji CO<sub>2</sub> do 2050 r. Miejscowość ta zabudowana jest budynkami jedno- i wielorodzinnymi oraz szeregowcami, w większości zbudowanymi w okresie 1960-1990. Około 50% budynków jest podłączonych do SC. Pozostałe ogrzewane są kotłami opalonymi gazem lub olejem opałowym. Celem władz miejskich jest podłączenie tych budynków do sieci oraz zastosowanie pomp ciepła wykorzystujących ciepło odpadowe z lokalnego przemysłu. Badano możliwość zaopatrzenia w ciepło z sieci NSC budynków przed termomodernizacją.

Projekt pilotażowy objął 75 domów jednorodzinnych o powierzchni 110-212 m<sup>2</sup> w dzielnicy Sønderby (zbudowanej w latach 1997-98). Zrealizowany został przez Høje Taastrup Fjernvarme a.m.b.a., lokalnego producenta i dystrybutora ciepła. Ciepło dostarczono do budynków o sumarycznej powierzchni mieszkalnej 11 230 m<sup>2</sup>, ogrzewanych za pomocą ogrzewania podłogowego zasilanego z gałęzi powrotnej (30-67°C) standardowej SC 3G, z układem podmieszania w razie potrzeby w węźle zasilającym z gałęzi zasilania (65-107°C). Gałąź powrotna zapewniała 81% potrzeb ciepłych pilotażowej instalacji.

Przed rozpoczęciem projektu straty przesyłu w dystrybucyjnej sieci ciepłowniczej przed węzłami wynosiły od 38-44% ciepła dostarczonego do centralnego węzła wymiennikowego osiedla. Nową sieć dystrybucyjną zbudowano wykorzystując system TwinPipe, serii 2, o średnicach nominalnych 65 mm oraz mniejszych z systemem alarmowym Logstors X4. Główne rurociągi zbudowano z rur stalowych podwójnych (twin steel pipes) serii 2 o przewodności cieplnej  $\lambda = 0.023 \text{ W/(mK)}$ . Poszczególne domy w NSC połączono elastycznymi rurami twin alupex (aluflex) serii 3 o przewodności  $\lambda = 0.022 \text{ W/(mK)}$ . Każdy dom wyposażono w nowy węzeł ciepłowni-



Rys. 6. Jednorodzinny dom w Sønderby podłączony do sieci Høje-Taastrup Fjernvarme a.m.b.a.

Źródło: Høje-Taastrup Fjernvarme a.m.b.a., Dania

- przygotowania cwu 45-50°C,
- ogrzewania podłogowego pomieszczeń socjalnych i biur 36/28°C.

Odzyskana z pieca gorąca woda układu chłodzenia o temperaturze ok. 65°C przesłana jest do dystrybutora ciepła odpadowego, a następnie do zbiornika buforowego o pojemności 3 m<sup>3</sup>. Jeżeli ciepła z systemu chłodzenia jest zbyt dużo, dystrybutor kieruje je do wentylatorowych urządzeń chłodzących na dachu. W przypadku zwiększonego zapotrzebowania na ciepło lub sytuacji awaryjnych, ciepło produkowane jest w gazowym kotle awaryjnym oraz pompach ciepła.

Podsumowując, piece lutowicze oraz system odzysku ciepła (chłodzenia pieców lutowiczych) w firmie TERMA Sp. z o.o. generują powyżej 7 GWh cie-

czy o mocy 32.3 kW. Zgodnie z normami duńskimi, ze względu na zagrożenie legionellą, pojemność każdego układu domowego cwu (o temperaturze zasilania 50°C) ograniczono do 3 litrów.

Straty przesyłu w sieci ciepłowniczej po przeprowadzeniu inwestycji spadły do 13%. Zmierzone temperatury zasilania/powrotu SC wyniosły średnio 55/40°C (projektowano 55/27-30°C). Okazało się, że choć zrealizowana NSC jest dość czuła na zwyczaję konsumentów (zbyt duża konsumpcja), jednak wykazano możliwość podłączania do NSC budynków przed termomodernizacją.

#### □ Pilotowy NSC Terma

Terma Sp. z o.o. w Czaplach koto Gdańska jest dynamicznie rozwijającą się firmą (w trakcie rozbudowy) zatrudniającą ok. 500 osób. Firma produkuje i eksportuje do ponad 40 krajów na świecie: łazienkowe i dekoracyjne grzejniki, maszyny budowlane oraz wyposażenie do rehabilitacji. W produkcji wykorzystywane są jeden lub dwa piece lutowicze o mocy 630 kW każdy. Piece pracują 24 h na dobę niemal cały rok (przerwa serwisowa to 2 tygodnie w roku). Wyroby opuszczające piece powinny zostać schłodzone do temperatury ok. 70°C ze względu na wymagania technologii



Rys. 7. Widoki jednej z hal produkcyjnych zakładu Terma

Źródło: D. Formela, IMP PAN Gdańsk

lutowania. Odzyskane ciepło odpadowe postanowiono wykorzystać do ogrzewania hal produkcyjnych i pomieszczeń socjalnych, dla potrzeb wentylacji i cwu. Ze względu na wielkość potrzeb własnych, istnieje możliwość sprzedaży ciepła dla innych odbiorców.

Gorąca woda z układu odzysku ciepła odpadowego jest wykorzystywana do:

- radiacyjnego ogrzewania hal produkcyjnych 65/55°C (rys. 9),
- potrzeb układu wentylacji 55/45°C,

peła odpadowego rocznie, które uprzednio było rozpraszane do otoczenia. W wyniku przeprowadzonej modernizacji 39% tego ciepła jest wykorzystywane dla potrzeb ciepłych zakładów. Jest więc duży potencjał dla wykorzystania go dla okolicznych klientów. Wynikiem projektu jest uniknięcie spalania ok. 247 tys. m<sup>3</sup> gazu naturalnego rocznie, co odpowiada emisji 471 ton CO<sub>2</sub>. Koszt projektu to ok. 2 mln PLN, a prosty czas zwrotu inwestycji to 5,15 lat. Przykład ten pokazuje potencjał jaki posiada niewykorzystane



Rys. 8. Piec lutowniczy  
Źródło: D. Formela, IMP PAN



Rys. 9. Innowacyjny system radiacyjnego ogrzewania hal produkcyjnych

przemysłowe ciepło odpadowe oraz idee SC 4G dla gospodarki i ekologii w kraju.

#### □ NSC Kalundborg, Dania

Duńskie miasto Kalundborg, partner stowarzyszenia Kalundborg Symbiosis ze względu na duże ilości generowanego przez lokalny przemysł niskotemperaturowego ciepła odpadowego przeanalizowało możliwości przesyłu tego ciepła do potencjalnych odbiorców w regionie. Wykorzystując proste oprogramowanie oszacowano na jakie odległości taki przesył jest opłacalny. Między innymi rozważano 3 opcje przesyłu ciepła na odległość ok. 20 km, wykorzystując rurociąg preizolowany oraz nieizolowany z wykorzystaniem rur PEX (z polietylenu sieciowanego).

Dla przykładu wariant przesyłu ciepła o temperaturze ok. 300 K z wyko-

rzystaniem rur PEX na odległość 19 km do centralnej pompy ciepła w rozważanej miejscowości oraz z rurami preizolowanymi na ostatnim kilometrze do budynków (przy temperaturze zasilania  $T_z = 75^\circ\text{C}$ ), zapewnia prosty czas zwrotu ok. 12 lat, a współczynnik COP pompy ciepła wyniósł nieznacznie poniżej 5. Projektu do dzisiaj nie zrealizowano, ze względu na niekorzystne przepisy podatkowe.

#### □ Pilotowa modernizacja istniejącej sieci ciepłowniczej w Łomży - na drodze do SC 4G

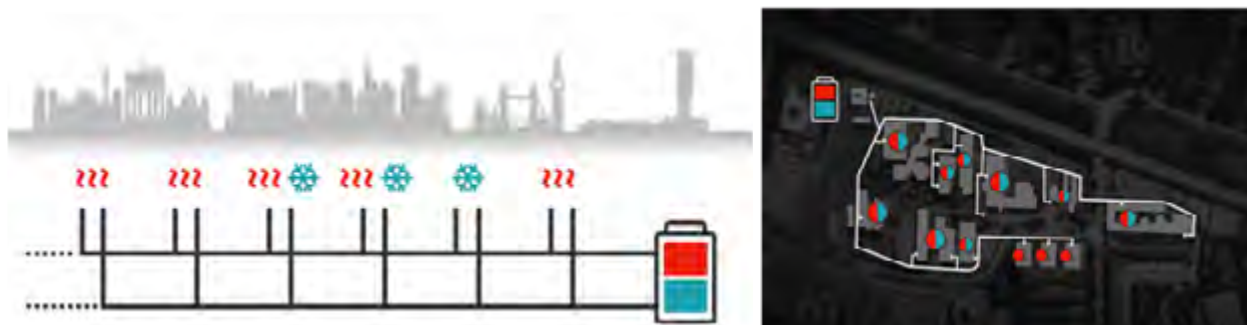
Budynki po termomodernizacji często nie potwierdzają założeń projektowych odnośnie zmniejszenia energochłonności i wzrostu efektywności energetycznej. Ocieplenie obiektu, mon-

taż zaworów termostatycznych, regulatorów pogodowych, itp. - stwarza tylko potencjalne możliwości ograniczenia rzeczywistego zużycia ciepła i kosztów eksploatacyjnych.

Na podstawie wykonanych ponad 700 analiz rzeczywistych warunków pracy systemów ogrzewczych w budynkach przed i po ociepleniu stwierdzono [5-8], że samo ocieplenie budynku bez odpowiedniego dostosowania istniejącej instalacji centralnego ogrzewania oraz węzła ciepłowniczego do nowych, istotnie zmniejszonych rzeczywistych potrzeb ciepłych poszczególnych pomieszczeń oraz budynku nie przyniesie zakładanych efektów energetycznych, ekologicznych i ekonomicznych. Często również sprawia, że zużycie energii w takich budynkach zamiast ulec zmniejszeniu, wzrasta średnio o ok. 10%.

Wdrożenie w takich budynkach właściwego projektu regulacji ciepłno-hydraulicznej istniejącej instalacji c.o. oraz odpowiednie obniżenie temperatury zasilania w miejskim systemie ciepłowniczym prowadzi do obniżenia strat i kosztów przesyłu ciepła o 10 do 20% oraz zmniejszenia rzeczywistego zużycia ciepła w budynkach ok. 30%.

Obecnie najważniejszym zadaniem jest podjęcie racjonalnych działań, które umożliwią sukcesywne przekształcanie istniejących w kraju tradycyjnych miejskich systemów ciepłowniczych w nowoczesne SC trzeciej generacji (z temperaturą zasilania poniżej  $100^\circ\text{C}$ ). Prace takie podjęto m. in. w miejskim systemie



Rys. 10. Idea Ectogrid™ oraz schemat realizacji w Medicon Village [12]

ciepłowniczym w Łomży, gdzie w sezonie ogrzewczym 2017/2018 został wdrożony pierwszy etap opracowanego wcześniej projektu pt. [9].

Po obniżeniu wcześniej stosowanej nominalnej temperatury zasilania ze 121,0°C do poziomu możliwego w **pierwszym etapie wdrożenia** 109,8°C oraz zastosowaniu „indywidualnie sprofilowanej” tzw. „Tabeli regulacyjnej”, wykorzystując istniejącą przepustowość hydrauliczną sieci oraz średnio ponad 2-krotnie przewymiarowane wymienniki ciepła w miejskiej sieci ciepłowniczej (msc):

- Obniżono rzeczywiste straty ciepła w msc o ok. 14% w odniesieniu do średnich strat ciepła z dwóch ostatnich sezonów ogrzewczych.
- Poprawiono istotnie stateczność hydrauliczną miejskiego systemu ciepłowniczego w całym sezonie ogrzewczym. Przykładowo wcześniej całkowity przepływ wody sieciowej w sezonie ogrzewczym 2015/2016 zmieniał się od 250-1322 m<sup>3</sup>/h, przy średnim poziomie 953 m<sup>3</sup>/h, (ponad 5-krotna zmiana wielkości przepływu). Natomiast w sezonie ogrzewczym 2017/2018 po wdrożeniu Etapu I, całkowity przepływ wody sieciowej w systemie ciepłowniczym zmieniał się od 912-1501 m<sup>3</sup>/h, przy średnim poziomie 1229 m<sup>3</sup>/h (zmiana wielkości przepływu tylko o ok. 64%).
- Zapewniono także lepsze sezonowe warunki pracy układów podmie-

szania zimnego i gorącego oraz korzystny stabilny przepływ wody sieciowej przez kotły, co z kolei ułatwiło utrzymanie wymaganej w całym sezonie ogrzewczym nowej temperatury zasilania wg obowiązującej tzw. „Tabeli regulacyjnej”, szczególnie w średnio-sezonowych warunkach eksploatacyjnych. W sezonie ogrzewczym 2017/2018 wielkość „odchyłki eksploatacyjnej” od wymaganej wg „Tabeli regulacyjnej” temperatury zasilania msc została ponad 2-krotnie zmniejszona. Jednocześnie opracowany oraz w pełni zweryfikowany model ciepłowniczy istniejącego miejskiego systemu ciepłowniczego stanowi podstawę do wiarygodnego określenia „Programu dalszych działań modernizacyjnych”, aby po wykonaniu wskazanych oraz szczegółowo opisanych odpowiednich prac dostosowawczych w okresie najbliższych 3 lat możliwe było wdrożenie docelowego „Niskotemperaturowego Systemu Ciepłowniczego” w Łomży z nominalną temperaturą zasilania poniżej 100°C.

#### □ Sieć NSC 5 Generacji Ectogrid™ wdrażana w Lund przez E.ON Sverige AB

Szwedzka firma E.ON rozwinęła koncepcję oraz wdrożyła pierwszą na świecie sieć ciepłowniczą 5G w dzielnicy Medicon Village w Lund [12]. Dwururowy system z temperaturami w zakresie 15-40°C oraz 5-30°C stanowi

dołne źródło pomp ciepła dla produkcji ciepła oraz chłodu na potrzeby klientów w dzielnicy. Stosowane w systemie pompy ciepła nie tylko dostarczają ciepło oraz chłód do odbiorców, ale jednocześnie bilansują (chłodzią lub ogrzewają) odpowiednie rurociągi. Straty ciepła/chłodu w sieci są pokrywane przez zewnętrzne źródła.

Pierwsza instalacja w Medicon Village łączy i bilansuje potrzeby ciepła i chłodu ok. 15 budynków komercyjnych i mieszkaniowych dla ok. 1600 osób pracujących w ponad 120 instytucjach nauk medycznych i biologicznych. Obecne zapotrzebowanie na ciepło i chłód wynosi odpowiednio 10 GWh oraz 4 GWh. Ectogrid™ w Medicon Village może bilansować ok. 11 GWh rocznie, a dodatkowo 3 GWh energii jest dostarczanych ze źródeł podłączonych do sieci. System zapewnia dużą elastyczność pokrywania zapotrzebowania na ciepło i chłód w zależności od preferencji klientów. System wyposażony jest w sztuczną inteligencję, samouczące się algorytmy, które zapamiętują zapotrzebowania klientów oraz uwzględniają prognozy pogody, lokalną produkcję energii oraz jej ceny.

#### ■ Podsumowanie

- Biorąc pod uwagę:
- możliwości znacznego podwyższenia rzeczywistej efektywności energetycznej użytkownika ciepła oraz istotne ograniczenie wykorzystywania paliw kopalnych,
  - łatwość integracji z miejskim

systemem ciepłowniczym 4G rozwijanych obecnie w kraju niskotemperaturowych odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym kolektorów słonecznych źródeł geotermalnych i procesowego ciepła odpadowego,

- radykalne podwyższenie sprawności układów kogeneracyjnych prace związane z przekształcaniem

obecnych systemów ciepłowniczych w wysokosprawne elastyczne systemy niskotemperaturowe 4G w Polsce powinny być jednym z najbardziej priorytetowych działań.

Ze względu na trudności we wdrażaniu rozwiązań 4G w przypadku istniejących w miastach SC w pracy przedstawiono mapę drogową dochodzenia do tego celu. □

Praca była wspierana przez projekt *LowTEMP* finansowany częściowo przez Unię Europejską (*European Regional Development Fund & European Neighbourhood Instrument*) w ramach *Interreg Baltic Sea Region Programme 2014-2020*.

#### Literatura

1. Li H, Svendsen S, Gudmundsson O, Kuosa M, Rämä M, Sipilä K, ... , Bevilacqua C 2017. Future low temperature district heating design guidebook: Final Report of IEA DHC Annex TS1. Low Temperature District Heating for Future Energy Systems. International Energy Agency.
2. Walnum HT, Fredriksen E 2018 Thermal energy systems in zen. Review of technologies relevant for ZEN pilots. ZEN Report No. 3 (SINTEF Building and Infrastructure).
3. Strömberg S (2018) ectogrid™. Shared energy for a sustainable city, [http://decarbocities.eu/wp-content/uploads/2018/05/10\\_Stromberg.pdf](http://decarbocities.eu/wp-content/uploads/2018/05/10_Stromberg.pdf).
4. Cenian A., Dzierżowski M., B. Pietrzykowski, On the road to low temperature district heating, Journal of Physics: Conference Series 1398 (2019) 012002, doi:10.1088/1742-6596/1398/1/012002.
5. Reinholz A., <http://www.bine.info/en/publications/publikation/technologiestandort-waechst-energieeffizient/waermeverbundnetz-wohnen-am-campus/>.
6. Oxenvad C., [https://www.imp.gda.pl/ee\\_cities/prezentacje/pierwszy/2\\_Christian\\_Oxenvad.pdf](https://www.imp.gda.pl/ee_cities/prezentacje/pierwszy/2_Christian_Oxenvad.pdf).
7. Dzierżowski M 2018. Wpływ procesów termomodernizacji obiektów na sezonowe warunki pracy instalacji ogrzewczych i zużycie ciepła w istniejących budynkach wielorodzinnych, II INT. CONFERENCE HEATING & VENTILATION IN INDUSTRY AND AGRICULTURE, Wyd. Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem, ISDN 978-83-924457-3-9.
8. Dzierżowski M 2017. Poprawa rzeczywistej efektywności energetycznej systemów ciepłowniczych - uwarunkowania techniczne. Konferencja Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie pt. „Efektywność energetyczna w ciepłownictwie po wejściu w życie nowej ustawy o efektywności energetycznej, Warszawa 7 marca 2017 r, materiały konferencyjne.
9. Dzierżowski M 2015. Podwyższenie rzeczywistej efektywności energetycznej zużycia ciepła u odbiorców - efekty z prac wdrożeniowych oraz wpływ na warunki pracy węzłów, Konferencja Ciepłownicza, Wierzbna Ośrodek PAN w Wierzbnie, maj 2015 r, materiały konferencyjne.
10. Dzierżowski M 2008. Analysis of thermal behaviour of different substations in district heating systems. XII INT. CONFERENCE AIRCONDITIONING, AIRPROTECTION & DISTRICT HEATING 26-29 June 2008 r. Szklarska Poręba, Politechnika Wrocławska, ISBN 978-83-921167-5-2, str.129-134.
11. Dzierżowski M 2017. Opracowanie programu racjonalnej regulacji ilościowo-jakościowej wraz ze wskazaniem przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej w systemie ciepłowniczym miasta Łomża, raport niepublikowany.
12. <http://ectogrid.com/use-cases/medicon-village/>.

**SPRAWDŹ WYDARZENIA ORGANIZOWANE PRZEZ "NOWĄ ENERGIĘ"**

[https://konferencje.nowa-energia.com.pl/dokumenty/inne/konferencje\\_ne\\_plany\\_2021.pdf](https://konferencje.nowa-energia.com.pl/dokumenty/inne/konferencje_ne_plany_2021.pdf)