

GIS jako istotny element Zintegrowanego Systemu Informatycznego dla przedsiębiorstw ciepłowniczych

GIS as an essential component of the Integrated Information System for District Heating Companies

WOJCIECH GĘBSKI, OLGIERD NIEMYJSKI

DOI 10.36119/15.2023.11.4

Systemy Informacji Geograficznej – GIS są od wielu lat wdrażane w Przedsiębiorstwach Ciepłowniczych. Obecnie jest to standardowe narzędzie do gromadzenia i przechowywania danych technicznych dla systemu ciepłowniczego w wielu firmach w Polsce. W artykule przedstawiono przegląd systemów GIS, które znalazły zastosowanie w firmach ciepłowniczych. Omówiono podstawowe funkcjonalności i moduły analiz danych, które zostały zintegrowane w jeden spójny system zwany Zintegrowanym Systemem Informatycznym – ZSI. Przedstawiono zalety stosowania takiego systemu i zastosowania jako narzędzia wspomagającego procesy optymalizacji pracę sieci ciepłowniczej w zakresie technicznym oraz ekonomicznym. Dodatkową funkcjonalnością systemu jest współpraca ze specjalistycznymi programami wykorzystywanymi do konkretnych zadań w branży ciepłowniczej. Zaprezentowano współpracę z programem obliczeniowym używanym w firmach ciepłowniczych do celów symulacji pracy sieci ciepłowniczej dla zadanych warunków zapotrzebowania na ciepło.

Słowa kluczowe: GIS, Zintegrowany System Informatyczny, obliczenia cieplno-hydrauliczne dla sieci ciepłowniczych

Geographic Information Systems – GIS has been implemented in District Heating Companies for many years. It is now a standard tool for collecting and storing technical data for the District Heating System (DHS) in many companies in Poland. The article presents an overview of GIS systems that have found application in District Heating Companies. The basic functionalities and data analysis modules, which have been integrated into one coherent system called Integrated Information System – IIS, are discussed. The advantages of using such a system and its application as a tool to support the processes of optimizing the operation of a District Heating Network in technical and economic terms are presented. Additional functionality of the system is cooperation with specialized programs used for specific tasks in the district heating industry. The cooperation with a calculation program used in District Heating Companies for the purpose of simulating the operation of a District Heating Network for given conditions of heat demand is presented.

Keywords: GIS, Integrated Information System, thermal-hydraulic calculations for District Heating Networks

Wstęp

Systemy Informacji Geograficznej (GIS) stały się standardowym narzędziem służącym do gromadzenia i przechowywania danych geograficznych [1], które wykorzystywane są w wielu dziedzinach przemysłu i gospodarki. W ciepłownictwie GIS znalazł zastosowanie w zakresie ewidencji infrastruktury sieciowej. Obiekty sieci ciepłowniczej powiązane są z dodatkowymi informacjami charakteryzującymi poszczególne składniki systemu ciepłowniczego. Synergia tych informacji znacznie rozszerza zakres zastosowania systemów GIS w kierunku efektywnego i precyzyjnego

zarządzania siecią ciepłowniczą oraz optymalizacji procesów realizowanych w przedsiębiorstwie. Głównie wykorzystuje się te systemy do:

1. Planowania i projektowania sieci ciepłowniczych: GIS pozwala na gromadzenie, analizę i wizualizację danych geoprzestrzennych w kontekście istniejącej infrastruktury sieciowej (własnej i obcej). Dzięki temu można wyznaczyć optymalny przebieg trasy przewodów [2,3], aby zminimalizować koszty inwestycji i zwiększyć wydajność sieci. GIS umożliwia uwzględnienie różnych czynników, takich jak: topografia terenu, obecność innych infrastruktur, a także lokalizacja odbiorców cie-

pła. Wzrost liczby konsumentów ciepła podłączonych do sieci ciepłowniczej wymaga połączenia różnych strategii planowania energetycznego w przestrzenny system decyzyjny (atlas ciepła) [4] tworzony na podstawie danych o odbiorcach ciepła zebranych w systemie GIS. Reprezentuje on przestrzenny rozkład zużycia energii budynków mieszkalnych i usługowych. Stworzenie atlasu ciepła dla danego rejonu stwarza możliwość przeprowadzenia symulacji skutków podjętych decyzji w planowaniu energetycznym [5].

2. Analizy popytu i zasobów: GIS pozwala na zintegrowanie danych demograficznych, społecznych, ekonomicznych

Mgr inż. Wojciech Gębski – Unisoft Sp. z o.o. wgebski@unisoft.com.pl, dr inż. Olgierd Niemyjski – <https://orcid.org/0000-0002-2678-1883>
– Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa.
Adres do korespondencji/Corresponding author: olgiard.niemyjski@pw.edu.pl

i innych danych geoprzestrzennych, które mogą wpływać na zapotrzebowanie na ciepło w różnych obszarach. To pomaga dostawcom ciepła prognozować zmiany w popycie i odpowiednio skalować swoją produkcję oraz zdefiniować i analizować potencjał ciepłowniczy w danym rejonie [6]. Ponadto, dzięki analizie zasobów ciepłych, takich jak obiekty przemysłowe generujące ciepło jako produkt uboczny, można efektywniej wykorzystywać dostępne źródła ciepła. Biorąc pod uwagę dzisiejsze globalne zaniepokojenie skutkami zmian klimatycznych oraz fakt, że zobowiązania i polityka środowiskowa są stale weryfikowane i dostosowywane do nowych wymagań i celów, aby sprostać nowym wyzwaniom energetycznym, planowanie energetyczne staje się coraz bardziej złożonym procesem, w którym należy wziąć pod uwagę wiele czynników. Przykładem zastosowania GIS w tym procesie jest wspomaganie rozwiązywania problemów związanych z planowaniem przestrzennym lokalizacji odnawialnych źródeł energii [7].

3. **Optymalizacja rozdziału ciepła:** GIS umożliwia analizę danych dotyczących obciążenia sieci w różnych obszarach oraz lokalizacji głównych źródeł ciepła. Dzięki temu można dokładniej rozprowadzać ciepło w sieci, aby sprostać zmiennej i dynamicznej naturze zapotrzebowania na ciepło w różnych punktach. Optymalizacja rozdziału ciepła pomaga również zmniejszyć straty energii w transporcie ciepła.

4. **Monitorowanie infrastruktury:** GIS umożliwia dostawcom ciepła monitorowanie sieci ciepłowniczej w czasie rzeczywistym. Wykorzystując dane telemetryczne i czujniki, można śledzić parametry pracy infrastruktury, takie jak temperatura, ciśnienie lub przepływ ciepła w różnych punktach sieci. To pozwala na wykrywanie awarii, potencjalnych wycieków lub nieprawidłowości w funkcjonowaniu sieci, co pozwala szybko podjąć działania naprawcze.

5. **Zarządzanie danymi o klientach:** GIS integruje dane o klientach, takie jak ich: lokalizację, charakterystyka budynków (np. wielkość, rodzaj ogrzewania, izolacja), zużycie energii itp. Dzięki temu dostawcy ciepła mogą lepiej zrozumieć potrzeby i zachowania swoich klientów, a także dokładniej rozliczać koszty i oferować bardziej spersonalizowane rozwiązania.

6. **Optymalizacja tras transportu ciepła:** GIS pozwala na analizę topografii terenu, infrastruktury drogowej i kolejowej, a także innych ograniczeń w przemieszczaniu się ciepła [8]. Na podstawie analiz grafów sieci przesyłowych [9], umożliwia identyfikację

optymalnych tras transportu ciepła, które są zarówno wydajne energetycznie, jak i ekonomiczne. Optymalizacja tras transportu ciepła może przyczynić się do zmniejszenia strat i kosztów dostawcy ciepła.

7. **Analiza efektywności energetycznej:** GIS może być wykorzystywany do analizy danych energetycznych i wydajności infrastruktury ciepłowniczej. Pozwala to na identyfikację miejsc, w których efektywność energetyczna może być zwiększona poprzez np. modernizację, zastosowanie nowych technologii lub lepsze zarządzanie siecią.

Zastosowanie GIS w ciepłownictwie pomaga dostawcom ciepła podejmować lepsze i szybsze decyzje, zoptymalizować zarządzanie infrastrukturą i świadczyć bardziej efektywne i zrównoważone usługi dla klientów.

Wybór odpowiedniego systemu GIS dla ciepłownictwa zależy od konkretnych potrzeb, wielkości przedsiębiorstwa i specyfiki infrastruktury ciepłowniczej. Ważne jest, aby system był elastyczny, łatwy w użytkowaniu i umożliwiał efektywne zarządzanie danymi geoprzestrzennymi, co pozwoli na lepsze wykorzystanie i optymalizację pracy sieci ciepłowniczej.

Przegląd systemów GIS wykorzystywanych w Przedsiębiorstwach Ciepłowniczych

Istnieje wiele różnych systemów GIS (Systemów Informacji Geograficznej) dostępnych na rynku, które są dedykowane dla branży ciepłownictwa. Oto kilka popularnych systemów informacji geograficznej, które są wykorzystywane w tym sektorze:

1. **ArcGIS od Esri:** ArcGIS to jedno z najbardziej zaawansowanych i powszechnie używanych narzędzi GIS na świecie. Esri oferuje różne rozwiązania, w tym ArcGIS for Utilities, które zostało dostosowane do branży usług publicznych, w tym do ciepłownictwa. System ten oferuje wiele zaawansowanych funkcji, takich jak: analizy sieci, zarządzanie aktywami, planowanie, wizualizacje przestrzenne i wiele innych.

2. **Smallworld GIS od GE Digital:** Smallworld GIS to zaawansowany system GIS, który jest używany w wielu branżach, w tym w ciepłownictwie [10]. Rozwiązanie to oferuje narzędzia do zarządzania siecią, analizy, planowania i optymalizacji sieci ciepłowniczej.

3. **AutoCAD Map 3D od Autodesk:** AutoCAD Map 3D to system GIS, który łączy możliwości projektowania technicznego z analizami przestrzennymi. Jest używany

w różnych branżach, w tym także w ciepłownictwie, do tworzenia, analizy i zarządzania danymi geoprzestrzennymi.

4. **Bentley Map od Bentley Systems:** Bentley Map to system GIS, który oferuje zaawansowane funkcje do analizy danych geoprzestrzennych. Może być wykorzystywany w ciepłownictwie do zarządzania infrastrukturą ciepłowniczą oraz wizualizacji przebiegu sieci.

5. **QGIS:** QGIS jest bezpłatnym i otwartoźródłowym systemem GIS, który oferuje wiele zaawansowanych funkcji i jest dostępny dla różnych platform. Jego elastyczność i bogata społeczność użytkowników czynią go popularnym rozwiązaniem również w branży ciepłownictwa.

6. **UnisoftGIS od firmy Unisoft,** to rozwiązanie stanowiące połączenie zaawansowanego i przyjaznego dla użytkownika systemu GIS z funkcjonalnościami Zintegrowanego Systemu Informatycznego [11]. To unikalne rozwiązanie pozwala przedsiębiorstwu na efektywne zarządzanie infrastrukturą sieciową.

7. **KartGIS:** system GIS wspomagający digitalizacją infrastruktury sieciowej, planowanie inwestycji i cykliczne przeglądy obiektów sieciowych. Oferuje lokalne oraz zdalne narzędzia do wizualizacji i raportowania parametrów pracy sieci ciepłowniczej.

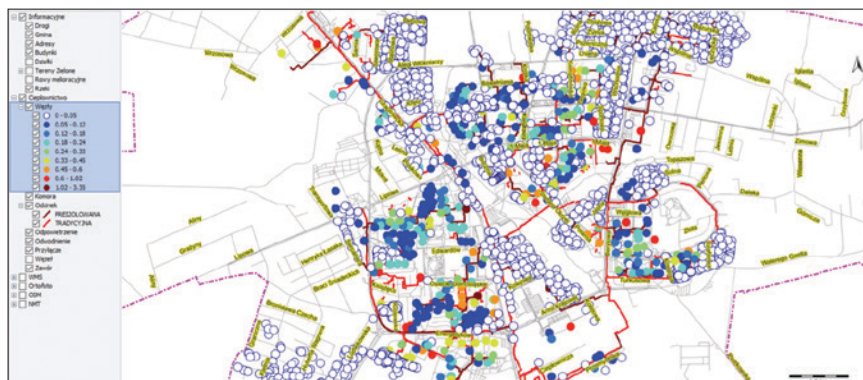
Zintegrowany System Informatyczny dla ciepłownictwa

Zintegrowane systemy informatyczne dla ciepłownictwa, znane również jako Enterprise Resource Planning (ERP) lub Integrated Management System (IMS), są kompleksowymi rozwiązaniami informatycznymi, które integrują różne aspekty działania przedsiębiorstwa ciepłowniczego w jednym spójnym systemie. Dzięki temu, dane i informacje są scentralizowane, a procesy biznesowe są usprawnione, co przyczynia się do efektywnego zarządzania infrastrukturą ciepłowniczą i zwiększenia konkurencyjności na rynku.

W skład zintegrowanych systemów informatycznych dla ciepłownictwa wchodzi różne moduły, które realizują różnorodne funkcje jak np.:

1. **Moduł Zarządzania Siecią Ciepłowniczą** – umożliwia pełne zarządzanie infrastrukturą ciepłowniczą. Zapewnia wgląd w układ sieci, trasy transportu ciepła, lokalizacje urządzeń, dane techniczne oraz informacje o zapotrzebowaniu na ciepło. Wspomaga zarządzanie kosztami eksploatacji i konserwacją sieci, identyfikuje obszary wymagające modernizacji oraz analizuje pracę sieci ciepłowniczej.

www.informacjainstal.com.pl



Rys. 2.
Mapa ciepła GIS – wizualizacja wartości mocy zamówionej dla budynków
Fig. 2. The heat map – visualization of ordered heat power values for buildings

efektywne wykorzystanie dostępnych zasobów i minimalizację strat energii w transporcie.

5. Analiza efektywności energetycznej wykorzystuje dane geoprzestrzenne, umożliwia identyfikację miejsc, gdzie można wprowadzić środki poprawiające efektywność, takie jak: modernizacja infrastruktury w celu zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych, zastosowanie technologii odzyskiwania ciepła lub redukcji strat ciepła. Analiza efektywności energetycznej pozwala dostawcom ciepła na obniżenie kosztów operacyjnych i poprawę środowiskowych wskaźników wydajności.

6. Analiza kosztów i rentowności wykorzystuje dane geoprzestrzenne i finansowe, aby ocenić koszty eksploatacji i utrzymania infrastruktury ciepłowniczej. Dzięki temu można oszacować potencjalne zyski i rentowność inwestycji w nowe technologie lub rozwój sieci. Analiza kosztów i rentowności pozwala dostawcom ciepła na podejmowanie bardziej racjonalnych decyzji inwestycyjnych i optymalizację zarządzania finansowego.

7. Analiza zmian klimatycznych wykorzystuje dane geoprzestrzenne w połączeniu z prognozą zmian klimatycznych. Pozwala prognozować zmiany w zapotrzebowaniu na ciepło związane z różnymi scenariuszami zmian klimatycznych, takie jak wzrost temperatury czy zmiany w opadach. Dostawcy ciepła mogą wykorzystać te informacje do lepszego przygotowania się do ewentualnych wyzwań związanych ze zmianami klimatycznymi i dostosowania strategii zarządzania infrastrukturą ciepłowniczą.

Wspólna baza danych zawierająca wszystkie informacje o systemie ciepłowniczym stanowi narzędzie wspomagające wykonanie analizy danych i raportowanie w bardzo dużym zakresie. Dzięki temu łatwiejsze jest zarządzanie danymi i dostęp do informacji na różnych poziomach organizacji oraz znaczne ograniczenie wystą-

pienia problemów związanych z niekompatybilnością danych. Efektem zastosowania takiego rozwiązania jest usprawnienie przepływu informacji i procesów biznesowych oraz wzrost efektywności i redukcja kosztów poprzez zoptymalizowanie operacji. To tylko niektóre z zalet wykorzystania Zintegrowanych Systemów Informatycznych obejmujących nie tylko moduł GIS, ale moduł zarządzania siecią ciepłowniczą, moduł obsługi klienta, moduł finansowy, itp.

Zintegrowane systemy informatyczne posiadają wiele zalet, w tym: spójność danych, efektywność procesów biznesowych, ułatwienie współpracy, zaawansowane analizy oraz możliwość adaptacji do zmieniających się potrzeb organizacji. Dzięki temu przedsiębiorstwa mogą poprawić swoją wydajność, podnosić jakość usług oraz lepiej konkurować na rynku.

Obliczenia sieci ciepłowniczej z wykorzystaniem danych z GIS

Systemy GIS stanowią źródło danych geoprzestrzennych dla zewnętrznych programów specjalistycznych np. programów obliczeniowych służących do przeprowadzania symulacji pracy systemów ciepłowniczych. Programy te często są podstawowymi narzędziami do wspomagania podejmowania decyzji i wykonywania bieżących zadań w przedsiębiorstwie ciepłowniczym. W ramach zadań związanych z eksploatacją systemu dystrybucji ciepła, obliczenia symulacyjne pozwalają ocenić możliwości przesyłowe rurociągów, planować optymalizację topologii sieci w celu zwiększenia zasięgu dostawy ciepła i wzrostu bezpieczeństwa dostawy ciepła do odbiorców ciepła. Symulacje komputerowe są często wykorzystywane w pracach związanych z planowaniem remontów i modernizacji sieci ciepłowniczej oraz określania skutków wyłączenia z ruchu remontowanych lub modernizowanych od-

cińków sieci ciepłowniczej. W przypadku wielopięścieniowej struktury sieci rurociągów, obliczenia symulacyjne odgrywają kluczową rolę w sytuacjach awaryjnych wskazując np. miejsca zamknięć zasuw w celu umożliwienia usunięcia awarii oraz umożliwienia dostawy ciepła do wszystkich odbiorców ciepła bez pogorszenia parametrów czynnika grzewczego.

Opisane analizy symulacyjne wykonywane są z wykorzystaniem modelu sieci ciepłowniczej. Model składa się z matematycznego zapisu układu i struktury topologii sieci w postaci grafu [9] oraz grupy modeli matematycznych opisujących charakterystykę hydrauliczną poszczególnych elementów sieci ciepłowniczej.

Matematyczną formą reprezentacji struktury sieci ciepłowniczej jest graf sieci (G), który odzwierciedla układ połączeń ze sobą poszczególnych odcinków i wierzchołków sieci. Składa się z dwóch zbiorów: zbioru wierzchołków (V) oraz zbioru krawędzi (E). Definicję grafu prostego można zapisać:

$$G = (V, E) \quad (1)$$

gdzie

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (2)$$

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\} \wedge e_k = \{v_i, v_j\} \wedge v_i \neq v_j \quad (3)$$

Strukturą danych umożliwiającą przedstawienie grafu lub formą jego przechowywania w pamięci komputera jest macierz sąsiedztwa o rozmiarze $n \times n$ lub lista sąsiedztwa w przypadku występowania macierzy rzadkich.

Drugą część modelu sieci ciepłowniczej stanowi grupa modeli opisujących opory hydrauliczne i straty ciepła poszczególnych składników sieci ciepłowniczej [13]: rurociągi, armatura, pompownie, węzły cieplne, źródła ciepła itd. Najczęściej mają one formę wyrażenia algebraicznego opisującego zależności wielkości strat ciśnienia od strumienia wody oraz wielkość oporów przewodzenia ciepła izolacji.

Współpraca programów obliczeniowych z systemami GIS wiąże się z procesem wymiany danych między tymi programami w celu stworzenia modelu matematycznego sieci ciepłowniczej. Przepływ danych może być jedno lub dwukierunkowy. Jednym z programów obliczeniowych posiadających taką funkcjonalność jest program Audytor SCW. Wymiana danych polega na eksporcie określonych danych z systemów GIS do pośredniej bazy danych (dBase, Ms Access, Oracle) oraz wczytanie ich do programu SCW. Kolejnym etapem jest weryfikacja wczytanych

informacji pod względem przydatności do stworzenia matematycznego modelu sieci ciepłowniczej i wykonania obliczeń. Jest to bardzo ważny etap transferu danych do programu SCW ponieważ systemy GIS są uniwersalnymi systemami zasilanymi danymi „ręcznie” lub automatycznie i często nie są weryfikowane pod względem poprawności i wykorzystania do obliczeń np. strat ciepła, ciśnienia i innych. Weryfikacja danych kończy się raportem błędów i ostrzeżeń w przypadku znalezienia problemów, które muszą być naprawione.

Zweryfikowane dane są następnie zapisywane w wewnętrznej bazie danych programu Audytor SCW. Przed przystąpieniem do obliczeń, baza danych musi być uzupełniona o informacje, które nie są przechowywane w GIS. Najczęściej są to parametry wyjściowe dla modułu obliczeniowego określające stan pracy systemu ciepłowniczego. Podczas wykonywania obliczeń, dane są kolejno raz weryfikowane przez procedury obliczeniowe. Jeżeli zostaną znalezione błędy krytyczne, wówczas obliczenia zostaną przerwane i generowany jest raport z listą opisów błędów. Program Audytor SCW posiada wygodne dla użytkownika narzędzia lokalizacji miejsc w sieci ciepłej których dotyczyły znalezione błędy.

Zakończenie obliczeń może być zasygnalizowane raportem ostrzeżeń. Ostrzeżenia są to komunikaty wskazujące brak danych w bazie danych, dla których program przyjął wartości domyślne zdefiniowane w parametrach obliczeniowych. Przykładem ostrzeżenia jest brak informacji o kanale dla odcinka sieci kanałowej. W tym przypadku program przyjmuje wielkość kanału ciepłowniczego odpowiadającego wartości średnicy nominalnej rurociągu dla tego odcinka sieci ciepłowniczego.

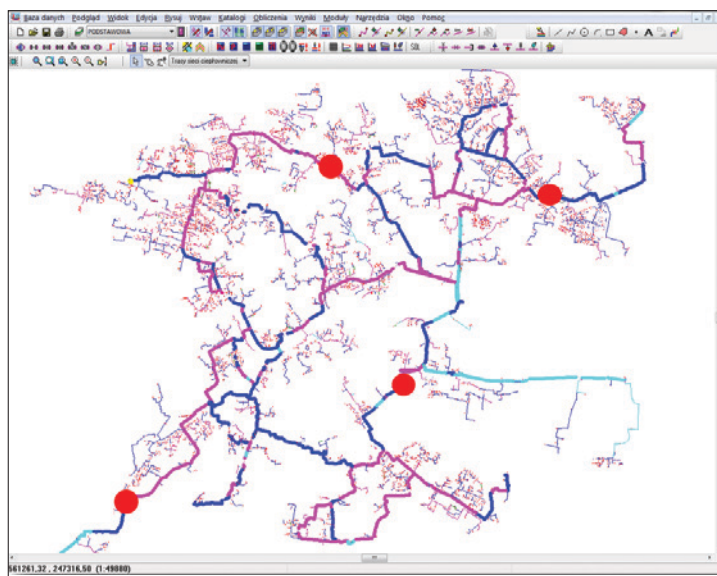
Rezultatem poprawnie zakończonych obliczeń są wyniki obliczeń dla każdego elementu sieci ciepłowniczego, jak np.: przepływ wody, straty ciśnienia i ciepła dla rurociągów zasilających i powrotnych, wymagane parametry pracy przepompowni sieciowych itp. Wyniki obliczeń można przeglądać i analizować z użyciem dostępnych narzędzi i funkcji w programie SCW np. w formie zestawień tabelarycznych, wykresów, map tematycznych i innych. Wyniki obliczeń mogą być eksportowane do systemu GIS gdzie wykorzystywane są do dalszych analiz i raportów. Schemat funkcjonalny wymiany danych pomiędzy programem Audytor SCW i systemem GIS przedstawiono na rysunku 3.

Wynikiem prawidłowo wykonanego importu danych z systemu GIS jest kompletny model sieci ciepłowniczej (rys. 4)

Rys. 3
Schemat wymiany danych pomiędzy programem Audytor SCW i systemem GIS
Fig. 3 Data flow diagram between the Auditor SCW program and the GIS system



Rys. 4.
Model sieci ciepłowniczej w programie Audytor SCW
Fig. 4 Model of the district heating network in the program Auditor SCW

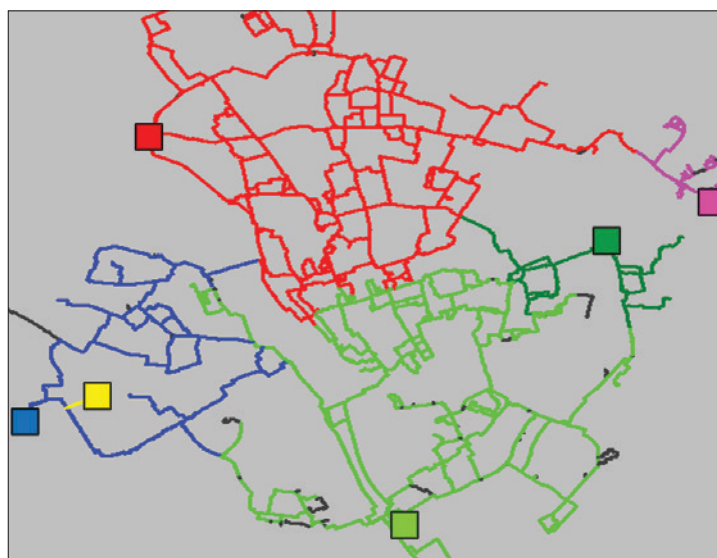


zawierający informacje o wszystkich składnikach systemu ciepłowniczego niezbędnych do wykonania obliczeń tzn. źródła ciepła, rurociągi ciepłownicze, węzły cieplne, elementy aktywne: pompownie, regulatory ciśnienia oraz elementy pasywne jak: zawory, zasuwy itp. Dwuetapowa weryfikacja danych pozwala zlokalizować występowanie błędów w importowanych danych z systemu GIS lub ich niekompletność. Jest to bardzo ważny etap w proce-

sie importu danych ponieważ zapewnia poprawność wykonania obliczeń. Baza danych tworzona jest z pominięciem edytora danych programu Audytor SCW, który weryfikuje poprawność danych na etapie ich wprowadzania. Szczególnie jest to istotne w przypadku importu danych dla dużych systemów ciepłownicznych o skomplikowanej strukturze sieci ciepłowniczego.

Program Audytor SCW posiada bardzo duże możliwości obliczeniowe systemów

Rys. 5
Wyniki analizy współpracy wielu źródeł ciepła z wyszczególnieniem obszarów zasilania
Fig. 5 The results of the analysis of the cooperation of multiple heat sources with the specification of supply areas



ciepłowniczych. Obliczenia strat ciśnienia, temperatury i przepływu wody w rurociągach wykonywane są dla sieci ciepłowniczej o dowolnej wielkości i strukturze (rozgałęznej, pierścieniowej i mieszanej). System ciepłowniczy może być zasilany z wielu źródeł ciepła pracujących na wspólnej sieci ciepłowniczej. Szeroka funkcjonalność programu SCW pozwala wykorzystać go jako narzędzie wspomagające projektowanie, regulację i analizę pracy sieci ciepłowniczej. W szczególności może znaleźć zastosowanie do optymalizacji średnic rurociągów w przypadku np. planowanych modernizacji rurociągów, określenia możliwości podłączenia do systemu ciepłowniczego nowych odbiorców ciepła i analizowania ich wpływu na pracę systemu ciepłowniczego.

Program wyposażony jest w narzędzia do wizualizacji wyników obliczeń niezbędnych do prezentowania wyników analiz np.: przepustowości sieci ciepłowniczej, sposobu zasilania miasta w ciepło w sytuacjach awaryjnych w wykorzystaniu układów pierścieniowych sieci, współpracy wielu źródeł ciepła i określenia obszarów zasilania (rys. 5), wpływu układów pierścieniowych na przepustowość sieci ciepłowniczej oraz bezpieczeństwo dostawy ciepła i inne.

Podsumowanie

Posiadanie przez Przedsiębiorstwo Zintegrowanego Systemu Informatycznego, którego integralną częścią jest GIS

umożliwia nie tylko wizualizację na mapie wszystkich danych dotyczących sieci i jej pracy, ale także prowadzenie analiz i symulacji z wykorzystaniem całej bazy danych. Ułatwia pracę użytkownikom systemu i zwiększa efektywność podejmowanych decyzji.

Rozszerzeniem wykorzystania systemów GIS w przedsiębiorstwach ciepłowniczych jest możliwość wymiany danych z programami obliczeniowymi. Dzięki pozyskaniu niezbędnych danych geoprzestrzennych oraz dodatkowych informacji określających właściwości obiektów ciepłowniczych programy symulacyjne są podstawowym narzędziem wykorzystywanym w opracowaniach projektowych i zaawansowanych analizach technicznych pracy systemu ciepłowniczego.

LITERATURA

- [1] Heywood I., Cornelius S., Carver S., An Introduction Geographical Information Systems, Pearson Education, 3rd Edition, 2006
- [2] Resimonta T., Thomeb O., Joskinc E., Dewalleld P., Tool for the Optimization of the Sizing and the Outline of District Heating Networks using a Geographic Information System: Application to a Real Case Study, The 34th International Conference On Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems June 27-July 2, 2021, Taormina, Italy
- [3] Chicherin S., Volkova A., Latosov E., 2018. GIS-based optimisation for district heating network planning. *Energy Proc.* 149, 635–641. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2018.08.228>.
- [4] Wyrwa A., Chen Y., Mapping Urban Heat Demand with the Use of GIS-Based Tools. *Energies* 10 (2017):1–15.
- [5] Maghadam S., Toniolo J., Mutani G., Lombardi P., A GIS-statistical approach for assessing built environment energy use at urban scale, *Sustainable Cities and Society* 37 (2018) 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.002>
- [6] Gils, H.C., Cofala, J., Wagner, F., Schopp, W., 2013. GIS-based assessment of the district heating potential in the USA. *Energy* 58, 318–329. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2013.06.028>
- [7] Marques-Perez I., Guaita-Pradas I., Gallego A., Segura B., 2020. Territorial planning for photovoltaic power plants using an outranking approach and GIS. *J. Clean. Prod.* 257, 120602. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120602>
- [8] Lumbereras M., Dierce G., Martin-Escudero K., Campos-Celador A., Design of district heating networks in built environments using GIS: A case study in Vitoria-Gasteiz, Spain, *Journal of Cleaner Production* 349 (2022) 131491. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131491>
- [9] Berge C., The Theory of Graphs., Dover Publications, Mineola, New York, 2001
- [10] Nortinow J. Zastosowanie GIS w ciepłownictwie, Instal 5/2018
- [11] Gębski W. Naprzeciw wyzwaniom, czyli słowo o tym, jak nowoczesne narzędzia informatyczne mogą dziś wspierać przedsiębiorstwa wod.-kan., *Wodociągi Polskie*, 23 (77) / 2023
- [12] Ali, Usman, Shamsi, Mohammad, Haris, Hoare, Cathal, Odonnell, J., 2018. GIS-based Residential Building Energy Modeling at District Scale.
- [13] Niemyjski O. Kalibracja modelu hydraulicznego sieci ciepłowniczej, *Instal*, vol. 415, nr 3, 2020, ss. 12–16, DOI:10.36119/15.2020.3.1