



SYSTEM W TRANSFORMACJI – INFRASTRUKTURA CAŁOŚCIOWA I CIEPŁOWNICTWO SYSTEMOWE W SYMBIOZIE

Sieci ciepłownicze piątej generacji umożliwiają wykorzystanie ciepła odpadowego, łączenie dostaw ciepła i chłodu oraz integrację różnych źródeł energii. Sieci te stanowią integralną część infrastruktury całościowej i pozwalają zagospodarować pasywne i aktywne ciepło odpadowe z przemysłu oraz systemów miejskich – po raz pierwszy centrów danych. Dzięki temu można osiągnąć dodatkowe efekty efektywnościowe i trwale obniżyć zapotrzebowanie na energię. W perspektywie 5–15 lat stanie się to rzeczywistością.

Dimitri Wolf, magister inżynierii mechanicznej (Master of Science), działa w obszarze infrastruktury energetycznej i ciepłowniczej. Pracował dla Siemens AG oraz Shell w sektorze energetycznym, zajmując się całym łańcuchem wartości energii – od systemów konwencjonalnych po Transformację w kierunku infrastruktury odnawialnej. Jest członkiem komitetu DIN ds. zgrzewania tworzyw sztucznych dla sieci ciepłowniczych oraz europejskich gremiów normalizacyjnych i uczestniczył w rozwoju standardów technicznych i regulacyjnych. Obecnie pracuje w firmie Aquatherm GmbH i odpowiada za rynki międzynarodowe ze szczególnym uwzględnieniem systemowych rozwiązań dla sieci ciepła i chłodu.

Co konferencja w Lublinie mówi o kierunku, w jakim rozwija się ciepłownictwo systemowe w Polsce?

Konferencja w Lublinie jasno pokazuje, że rozwój ciepłownictwa systemowego w Polsce coraz częściej postrzegany jest w kontekście europejskim. Nie chodzi już wyłącznie o pojedyncze sieci czy rozwiązania krajowe, lecz o włączenie systemów ciepłowniczych w zintegrowany europejski system energetyczny.

Centralnymi tematami były struktury kosztowe, europejskie wymogi regulacyjne oraz skutki emisji CO₂. Stało się jasne, że infrastruktury ciepłownicze, elektroenergetyczne i energetyczne nie mogą być rozpatrywane oddzielnie. Europa nie współdzieli jedynie sieci

elektroenergetycznych, lecz coraz bardziej zintegrowany system energetyczny jako całość.

Udział przedstawicieli organu regulacyjnego – reprezentujących prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, Rafała Gawina – podkreśla znaczenie tego procesu. Transformacja ciepłownictwa systemowego jest aktywnie wspierana na

poziomie europejskim. Perspektywa ta znajduje odzwierciedlenie również w pracach normalizacyjnych, m. in. w ramach europejskiego komitetu CEN/TC 107 zajmującego się systemami ciepła i chłodu sieciowego. Techniczny rozwój sieci jest więc ściśle powiązany z regulacyjnymi i systemowymi zmianami europejskiego systemu energetycznego.

W systemie ciepłowniczym o mocy 100 MW, opartym na węglu brunatnym, koszty CO₂ wynikające z EU ETS sięgają zazwyczaj kilku milionów euro rocznie – i tu leży zasadniczy punkt wyjścia do transformacji.

Jakie ryzyka istnieją obecnie dla stabilności cen i bezpieczeństwa dostaw w ciepłownictwie systemowym – i dlaczego problem ten należy rozpatrywać na poziomie europejskim?

Rozwój cen w ciepłownictwie systemowym od 2022 roku charakteryzuje się strukturalną niepewnością. Ceny ciepła są wprawdzie znane, ale jedynie do końca roku. Regulacje prawne umożliwiały podwyżki do 40% względem poziomu z września 2022 roku, przy jednoczesnym stosowaniu tymczasowych mechanizmów ograniczających ceny.

Wraz z wygasaniem tych regulacji – w tym mechanizmów związanych z EU ETS (System Handlu Emisjami) – staje się jasne, że obecna stabilizacja nie stanowi trwałego rozwiązania. Sektor ciepłowniczy zaopatruje około 15 milionów ludzi i jest kluczowym elementem systemu energetycznego. Jednocześnie jest

narażony na znaczne ryzyka wynikające ze zmienności cen paliw.

Wydarzenia od 2022 roku pokazały, że pozornie stabilne fazy rynkowe mogą gwałtownie się załamać. Sygnały cenowe reagują szybciej i silniej na wydarzenia geopolityczne, interwencje regulacyjne i zmiany w międzynarodowych łańcuchach dostaw. Problem strukturalny tkwi również w miksie energetycznym – udział paliw kopalnych nadal pozostaje wysoki. Dywersyfikacja postępuje, ale zbyt wolno.

Wysokie ceny CO₂ oraz około 70-procentowy udział węgla prowadzą do dodatkowych obciążeń liczonych w milionach euro dla większych producentów. Wiele przedsiębiorstw ciepłowniczych już w 2021 roku wykazywało ujemną rentowność, a rok 2022 dodatkowo zwiększył presję finansową. Ograniczona zdolność inwestycyjna hamuje modernizację infrastruktury i projekty transformacyjne.

Tych wyzwań nie da się rozwiązać wyłącznie na poziomie krajowym. Systemy ciepłownicze, elektroenergetyczne i paliwowe są dziś ściśle powiązane. Decyzje w jednym kraju wpływają bezpośrednio na ceny, dostępność i warunki inwestycyjne w innych regionach. Transformacja ciepłownictwa jest zatem zadaniem europejskim.

Kluczowe jest systematyczne ograniczanie zależności od paliw kopalnych, integracja źródeł ciepła odpadowego oraz zwiększanie efektywności sieci.



Wniosek z lat 2021/22 jest jednoznaczny: prewencja, dywersyfikacja i integracja systemowa są tańsze niż zarządzanie kryzysowe.

Powiedział Pan: „Sieć nie równa się sieci”. Co to oznacza i jakie błędne założenia techniczne oddziałują dziś systemowo?

Przez długi czas zakładano, że sieci pełnią głównie funkcję transportową, a ich projektowanie ma znaczenie drugorzędne wobec wytwarzania. To podejście jest technicznie nieuzasadnione.

Struktura sieci determinuje straty ciśnienia, reżimy temperaturowe, jakość regulacji i zdolność integracji, a tym samym bezpośrednio wpływa na koszty eksploatacyjne, stabilność dostaw i możliwość rozbudowy.

Kluczowym nieporozumieniem jest utożsamianie różnych typów sieci. Sieci promieniowe, pierścieniowe i kratowe różnią się zasadniczo pod względem stabilności hydraulicznej. Wraz ze wzrostem gęstości sieci rosną efekty związane z długością rur, przekrojami i chropowatością. Straty ciśnienia rosną proporcjonalnie do długości i w przybliżeniu z kwadratem prędkości przepływu.

Historycznie projektowane na wysokie temperatury i centralne zasilanie sieci napotykają dziś ograniczenia przy niższych temperaturach i zdecentralizowanych źródłach. Wysokie temperatury powrotu

obniżają sprawność źródeł i utrudniają wykorzystanie ciepła niskotemperaturowego. W efekcie to sieć staje się czynnikiem ograniczającym, a nie wytwarzanie.

Sieci przystosowane do niskich temperatur, stabilne hydraulicznie i o niskiej chropowatości mają wyraźne przewagi – ograniczają straty systemowe i

umożliwiają stopniową integrację nowych źródeł. Wybór materiału ma znaczenie długoterminowe. Systemy z tworzyw sztucznych oferują korzyści w zakresie odporności na korozję, stałej chropowatości i elastyczności temperaturowej. Nie jest to wyłącznie kwestia materiału, lecz warunek transformacji po stronie sieci.

Sieć jest elementem neutralnym – wyznacza fizyczne granice całego systemu. Błędy projektowe oddziałują przez dekady i są kosztowne do skorygowania. Projektowanie systemowe tworzy przestrzeń dla transformacji.

Jak będzie rozwijać się ciepłownictwo systemowe technicznie w ciągu najbliższych pięciu lat?

Parafrazując Isaaca Asimova: technologia już istnieje, ale my nie jesteśmy jeszcze gotowi. Systemy cyfrowe i sztuczna inteligencja będą odgrywać coraz większą rolę.

Generatywna AI stanie się narzędziem wspierającym analizę, planowanie i procesy decyzyjne. Nie zastąpi systemów technicznych, ale przyspieszy ich wykorzystanie.

Uczenie maszynowe będzie bezpośrednio stosowane w prognozowaniu profili obciążenia, optymalizacji pracy sieci i strategii regulacyjnych oraz w utrzymaniu predykcyjnym. Sieci neuronowe umożliwią znacznie dokładniejsze prognozy w złożonych, nieliniowych systemach z

wieloma zmiennymi źródłami.

Już dziś widać, że inwestycje w te obszary są konieczne – nie jako wizja, lecz jako warunek efektywnego i odpornego zarządzania złożonymi systemami energetycznymi.

**System jest logiczny,
ale nie jest rozsądny.**