INSTAL

(428) 4 2021

MIESIĘCZNIK

CENA 30 ZŁ + 8% VAT ISSN 1640-8160



Numerus Primus inter Pares 2016

W NUMERZE:

SIECI CIEPŁOWNICZE PREIZOLOWANE – ZALETY NADZORU ZDALNEGO

CHARAKTERYSTYKA HYDRAULICZNA ZAWORÓW ZWROTNYCH

WENTYLACJA KUCHNI PRZEMYSŁOWYCH

DZIAŁANIE CENTRAL WENTYLACYJNYCH Z ODZYSKIEM CIEPŁA

OCENA ŻELBETOWYCH ZBIORNIKÓW WODY DO PICIA

PORÓWNANIE TECHNOLOGII BEZWYKOPOWYCH PRZY RENOWACJI I REKONSTRUKCJI SIECI WODOCIĄGOWEJ DN600



więcej na str. 43

RUBRYKI STAŁE:

WIADOMOŚCI

TAM BYLIŚMY

Autorzy z tytułu publikacji w Instal-u

otrzymują 20 pkt.

wg wykazu czasopism i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych Ministerstwa Edukacji i Nauki

(załącznik do komunikatu MEiN z dnia 9 lutego 2021 r. poz. 29940).



AKREDYTOWANE LABORATORIUM BADAWCZE

Kompleksowe badania rur preizolowanych pojedynczych i podwójnych, złączy preizolowanych oraz izolacji przemysłowych zgodnie z normami **PN-EN 253:2021, PN-EN 489-1:2021, PN-EN 15698-1:2021** oraz norm przywołanych

Nowa oferta! Akredytowane badania rur preizolowanych przeznaczonych do przesyłania chłodu zgodnie z nową normą **PN-EN 17415-1:2021**

PCA Polskie Centrum Akredytacji BADANIA

AB 414

ilac-MRA

Skontaktuj się z nami:
Laboratorium Badawcze
Veolia Energia Warszawa S.A.
ul. Siemieńskiego 4
02-106 Warszawa
vew.laboratorium@veolia.com

EUROHEAT & POWER

INSTAL

4 (428) 2021

czasopismo recenzowane (20 pkt. w klasyfikacji MNiSzW dla autorów za publikacje)

www.informacjainstal.com.pl

CIEPŁOWNICTWO

5 *Adam Dwojak*
Zalety nadzoru zdalnego
Advantages of remote monitoring

INSTALACJE CO, CW I ZW

8 *Robert Mańko, Ryszard Ewertowski*
Charakterystyka hydrauliczna zaworów zwrotnych osiowych występujących na rynku polskim
Hydraulic characteristics of axial check valves available on the Polish market

WENTYLACJA, KLIMATYZACJA, CHŁODZENIE

15 *Anna Charkowska*
Problemy i rozwiązania wentylacji kuchni przemysłowych
Problems and solutions of ventilation in commercial kitchens

22 *Robert Dzikowski*
System wentylacji dla kuchni z urządzeniami opalanymi paliwem stałym
Kitchen ventilation systems for solid fuel appliances

24 *Edward Przydróżny, Sylwia Szczęśniak*
Wpływ recyrkulacji powietrza wywiewanego na działanie central wentylacyjnych z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego
Effect of exhaust air recirculation on the operation of air handling units with heat recovery from exhaust air

WODOCIĄGI I KANALIZACJA

31 *Tomasz Abel*
Podstawowa diagnostyka oraz ocena stanu technicznego żelbetowych zbiorników przeznaczonych do magazynowania wody do picia
Basic diagnostics and assessment of the technical condition of reinforced concrete tanks intended for storing drinking water

36 *Wojciech Gorczowski, Florian Piechurski*
Porównanie wybranych technologii bezwykopowych w renowacji i rekonstrukcji sieci wodociągowej tranzytowej DN600
Comparison of selected trenchless technologies in renovation and reconstruction of transit water supply network DN600

RUBRYKI STAŁE

14 **Tam byliśmy**
Konferencja „Klimatyzacja obiektów szpitalnych"

2 **Wiadomości**



Jeszcze można zamawiać prenumeratę miesięcznika Instal na 2021 rok.
Druk zamówienia na stronie **www.informacjainstal.com.pl**

Rynek ciepła: w 2020 roku średnia cena sprzedaży ciepła wytwarzanego z paliwa węglowego była najwyższa od 11 lat

Najdroższe jest ciepło z jednostek opalanych olejem opałowym, najtańsze – z odnawialnych źródeł energii. W 2020 r. średnie ceny sprzedaży ciepła wytworzonego w jednostkach wytwórczych należących do koncesjonowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych, wyniosły:

a. w jednostkach opalanych paliwami węglowymi - 50,38 zł/GJ,
b. w jednostkach opalanych olejem opałowym - 113,30 zł/GJ,
c. w jednostkach opalanych paliwami gazowymi - 72,43 zł/GJ,
d. w jednostkach stanowiących odnawialne źródła energii - 46,46 zł/GJ.



Średnia cena sprzedaży ciepła z jednostek wytwórczych opalanych węglem była w 2020 r. najwyższa od 2009 roku, opalnych olejem opałowych i gazem - najwyższa od 2016 r., a z odnawialnych źródeł energii - najwyższa od 2015 r.

Średnie ceny sprzedaży ciepła wytworzonego w jednostkach wytwórczych[1] należących do koncesjonowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych publikowane są na stronie internetowej URE w zakładce Ciepło, ceny, wskaźniki.

[1] Nie obejmuje jednostek wytwarzających ciepło w kogeneracji.

Czescy naukowcy opracowują projekt ciepłowni jądrowej

Zespół naukowców z Czech opracował radykalne rozwiązanie polegające na ogrzewaniu miast za pomocą zużytych zestawów paliwa jądrowego, które, jak mówią, jest opłacalne i bardziej ekologiczne niż gaz ziemny.

Ponieważ UE odchodzi od węgla, wielu jest zainteresowanych tym pomysłem.

Prawie każde większe miasto w Czechach posiada system elektrociepłowni, które są zasilane głównie węglem. Jednak, w miarę jak Unia Europejska stopniowo odchodzi od węgla jako źródła energii, miasta te pilnie poszukują paliw alternatywnych. Chociaż przejście z węgla na gaz ziemny jest technologicznie możliwe, w rezultacie dostarczane ciepło będzie prawdopodobnie znacznie droższe.

Naukowcy z Politechniki Czeskiej w Pradze i Uniwersytetu Zachodnia Bohemia w Pilźnie opracowali innowacyjne rozwiązanie: "Teplator", system wykorzystujący do podgrzewania wody ciepło rozpadu promieniotwórczego, wytwarzane przez wypalone pręty paliwowe z reaktorów jądrowych. Zespół kierowany przez Radka Skodę uzyskał już patent na koncepcję i projekt tego, co według niego jest bardzo opłacalną alternatywą dla elektrowni węglowych i gazowych.

Skoda z Politechniki Czeskiej powiedział DW, że projekt jest szczególnie godny uwagi, ponieważ umożliwia elektrowniom wytwarzanie ciepła z elementów wypalonego paliwa, które w przeciwnym razie musiałyby być przechowywane i chłodzone dużym kosztem przez wiele lat.

"Byłoby możliwe ogrzanie wszystkich dużych czeskich miast tylko z rezerw wypalonego paliwa, które są już dostępne w Czechach" - powiedział Skoda. "Rodzaj wypalonego paliwa, do którego zaprojektowano Teplator, jest używany nie tylko w czeskich elektrowniach jądrowych, ale także, na przykład, w zamkniętej elektrowni jądrowej Greifswald we wschodnich Niemczech. Wypalone paliwo można wykorzystać w naszym Teplatorze do ogrzewania Lipska lub Halle". Powiedział, że można to zrobić za około połowę kosztów elektrowni gazowej.

Skoda wyjaśnił, że Teplator byłby podobny pod względem wielkości do "mini" jądrowych reaktorów badawczych działających już w głównych miastach europejskich, takich jak Wiedeń, Praga i Monachium, ale znacznie prostszy pod względem technologii i konstrukcji, ponieważ generowałby "tylko" ciepło. "Główny problem z tymi małymi reaktorami jądrowymi polega na tym, że wytwarzają one energię elektryczną, podobnie jak większe elektrownie jądrowe, a to jest bardzo kosztowne" - powiedział.

Duże zainteresowanie w Europie

Najprostsza wersja Teplatora została zaprojektowana do pracy przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym i temperaturze 100°C, co wymaga mniej skomplikowanych rozwiązań technicznych i materiałów.

Skoda wyjaśnił, że wraz z przejściem UE na czystsze energie, koncepcja wzbudziła duże zainteresowanie. Powiedział, że prawie wszystkie czeskie przedsiębiorstwa energetyczne z oddziałem ciepłowniczym są otwarte na dalsze zgłębianie tego pomysłu.

"Jesteśmy obecnie w trakcie konkretnych negocjacji. Odbyliśmy również spotkania w Helsinkach, gdzie władze rozważają przebudowę wielkoskalowego systemu centralnego ogrzewania w mieście" - powiedział.

Projekt Teplatora wciąż czeka na odpowiednie pozwolenia, ale zespół szuka już miejsca na budowę pierwszego zakładu. "Jesteśmy zaskoczeni pozytywną reakcją" - powiedział Skoda. "Wynika to prawdopodobnie z faktu, że akceptacja energetyki jądrowej w Czechach jest dość wysoka" - powiedział.

Czesi mają mniejsze opory przed energią jądrową

W przeciwieństwie do Niemiec i Austrii, w Czechach rzeczywiście występuje bardzo mały opór wobec energii jądrowej. Wszystkie partie obecnie reprezentowane w parlamencie, nawet Piraci należący do Zielonych - Europejskiego Wolnego Przymierza w Parlamencie Europejskim, opowiadają się za budową większej liczby reaktorów jądrowych. Jedynie Czeska Partia Zielonych jest przeciwna energii jądrowej, ale ma bardzo małe wpływy i w sondażach konsekwentnie uzyskuje poparcie na poziomie około 2 lub 3%.

Rzecznik Czeskiej Partii Zielonych, Petr Kučera powiedział jednak, że z Teplatorem związane są dwa problemy. "Po pierwsze, jest to nowa technologia, w przypadku której nie ma doświadczenia w jej obsłudze" - powiedział. "Innym problemem może być decentralizacja wykorzystania niebezpiecznych materiałów jądrowych. Zamiast obecnych dwóch elektrowni jądrowych mogłyby one znajdować się w kilkudziesięciu miejscach na terenie całej Republiki Czeskiej".

Skoda ma jednak nadzieję, że pierwszy Teplator w Czechach będzie gotowy do działania do 2028 roku. Obawia się jednak, że przekonanie innych krajów UE, w których energetyka jądrowa jest mniej popularna, zajmie więcej czasu.

Evzen Tosenovsky, europejski poseł z konserwatywnej Obywatelskiej Partii Demokratycznej w Czechach, powiedział DW, że będzie promować przyszłościowy projekt w Brukseli.

"To bardzo ciekawe rozwiązanie. Zaletą zasobów jądrowych, w przeciwieństwie do gazu, jest to, że są bezemisyjne" - powiedział, dodając, że gospodarka oparta wyłącznie na odnawialnych źródłach energii również wiąże się z ryzykiem.

"Co więcej, gaz czyni nas bardziej zależnymi od Rosji. Przeciwnicy energetyki jądrowej w UE nie mogą po prostu zignorować tego argumentu". ***CIRE***

Gospodarka popiołowa – jak i do czego wykorzystujemy popioły

W Europie produkuje się rocznie blisko 100 milionów ton żużli i popiołów, z czego do 10% stanowią odzyskiwane metale żelazne i nieżelazne, natomiast aż 85% stanowią części mineralne, które nadają się do wykorzystania w rekultywacji terenów, przemyśle cementowym i budownictwie. Zasady GOZ nakładają na przemysł obowiązek dbania o optymalne wykorzystanie zasobów. Gospodarcze wykorzystanie popiołów i żużli z energetyki i ciepłownictwa zdecydowanie wpisuje się w tę zasadę.

Polskie elektrownie i elektrociepłownie co roku produkują ok 20 mln. ton produktów ubocznych spalania węgla, w tym popiołów i żużli. To oznacza, że jesteśmy europejskim liderem pod względem ilości dobrej jakości popiołów. Zagospodarowanie popiołów i żużli ze spalania paliw kopalnych i paliw alternatywnych (biomasy i RDF) niesie wartość dodaną zarówno dla środowiska, jak i ekonomii – uboczne produkty spalania nie muszą być składowane, a zatem nie oddziałują na środowisko. Natomiast w wielu przypadkach mogą zastąpić surowce naturalne, jak na przykład kruszywa, których wytworzenie jest kosztowne i energochłonne.

„Polityka klimatyczna UE przyczynia się do zastępowania węgla paliwami alternatywnymi i OZE, co z kolei wpływa na ilość i jakość produkowanych popiołów. Trzeba więc odpowiednio dobrać istniejące zasoby popiołów i żużli do możliwych zastosowań oraz stale poszukiwać nowych obszarów ich wykorzystania. Prawidłowa klasyfikacja popiołów i żużli ma ogromne znaczenie dla ich recyklingu lub utylizacji" – komentuje Andrzej Pudło, Krajowy Manager ds. Gospodarki Paliwowej w Fortum.

Popioły od lat z powodzeniem wykorzystywane są w budownictwie. Stanowią jeden ze składników w produkcji betonów wysokowytrzymałościowych, betonów komórkowych i drogowych. Ich zastosowanie pozwala m.in. na obniżenie kosztu produkcji i poprawę parametrów, jak np. większa wytrzymałość w dłuższym czasie. Popioły lotne wchodzą również w skład spoiw budowlanych. Dzięki aktywności pucolanowej, pod wpływem wilgoci reagują z wapnem dając w efekcie mocną i trwałą zaprawę.

Jakie inne obszary gospodarki mają potencjał do zagospodarowania popiołów?

Poza budownictwem, istnieje jeszcze kilka potencjalnych możliwości zastosowania popiołów. Jedną z nich jest ich wykorzystanie do oczyszczania ścieków przemysłowych i osadów ściekowych. W sprzyjających warunkach, popioły, dzięki swoim właściwościom potrafią absorbować nawet 95% metali ciężkich takich jak np. ołów czy kadm. Ścieki i osady pozbawione zanieczyszczeń, jednocześnie bogate w składniki organiczne i mineralne, mogłyby zostać wykorzystane do nawożenia pól uprawnych. Być może, w przyszłości przy pomocy popiołów uda się również usuwać zanieczyszczenia wód oraz gleb.

„Inną możliwością wykorzystania popiołów lotnych może być opracowanie bionawozów. W ramach prac FUNash, naukowcy z 3 polskich uczelni, planują wykorzystać popioły do stworzenia podłoża dla mikroorganizmów stymulujących np. wzrost roślin. Po odpowiedniej selekcji bakterii i grzybów, naukowcom udało się określić, które z nich mogą nadawać się do wykorzystania w opisanych bionawozach." – dodaje Andrzej Pudło.

Jak widać, popioły znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu i gospodarki. Jednak polityka klimatyczna silnie wpływa na ilość i jakość produkowanych popiołów. Z jednej strony zdecydowanie spada ilość spalanego węgla, a z drugiej strony coraz ostrzejsze standardy emisyjne wymuszają skomplikowane systemy oczyszczania spalin, które wytrącają zanieczyszczenia ze spalin do popiołów. Trzeba zatem wypracować rozwiązania dostosowane do zachodzących zmian w sektorze energetyki, które pozwolą na wykorzystywanie w większym stopniu popiołów pochodzących z innych źródeł, jak np. spalanie biomasy i paliw alternatywnych z odpadów.

Fortum



Czy warto myć panele fotowoltaiczne?

Decydując się na montaż paneli fotowoltaicznych, firmy instalatorskie zazwyczaj nie zalecają czyszczenia modułów. Nieczystości mogą przecież zostać usunięte przez padający deszcz czy topniejący śnieg. Po kilku latach od zamontowania instalacji, z pozoru niewielkie zabrudzenie może się jednak nawarstwiać. Duży wpływ ma na to samo otoczenie, np. położenie domu w pobliżu parku lub lasu. Naniesiona warstwa pyłów czy pozostałości po rozkładających się liściach może wpłynąć na wysokość strat w produkcji energii. Na rynku niemieckim, gdzie liczba instalacji jest znacznie większa niż w naszym kraju, przeprowadzono badania, z których wynika, że zabrudzenie modułów przekłada się na zmniejszenie produkcji energii od 6% do 8%. Różnice mogą być nawet wyższe i mogą wynikać z charakterystyki środowiska, np. pory roku, zapylenia lub położenia i kąta nachylenia paneli fotowoltaicznych.

Już od samego początku eksploatacji instalacji fotowoltaicznej dobrze jest się przyglądać procesowi spływu zabrudzeń na dole ram modułów. Oczywiste jest, że im wyższy kąt pod jakim zamontowano moduły, tym intensywniej będzie zmywana szyba ochronna. Jeśli ten będzie zbyt mały, może nastąpić narastanie zabrudzenia na dole ramy modułu i tworzenie się niewielkiego osadu o szerokości ok. 2 cm. Mimo, że nie zablokuje to promieniowania słonecznego, to jeśli jednak zostaną zasłonięte cele w modułach krystalicznych, mogą aktywować się diody obejściowe, co spowoduje wyłączenie panela z produkcji prądu. Warto też sprawdzać jak często dochodzi do trwałych zabrudzeń powierzchni szyb całego modułu. W małych instalacjach nawet niewielkie plamy mogą obniżyć generację energii o kilka procent.

Straty w produkcji energii mogą wynikać także z powodu wzrostu roślinności występującej w otoczeniu instalacji. Panele mogą być zamontowane na ustawionych na ziemi specjalnych stelażach co oznacza, że konieczne będzie regularne podkaszanie traw czy podcinanie krzewów oraz drzew w ich pobliżu. Dla instalacji fotowoltaicznych zamontowanych na dachach problemem mogą okazać się wysokie drzewa, które jeszcze w czasie instalacji modułów były niewielkie, jednak z czasem znacznie się rozrosły.

Na wielkość zacienienia wpływają również takie czynniki, jak: szerokość geograficzna, na jakiej została zamontowana instalacja, kąt cienia, jaki powstaje na modułach fotowoltaicznych oraz kąt ułożenia modułów względem ziemi. Należy przy tym pamiętać, że kąt zacienienia mierzony jest między obiektem zacieniającym, np. drzewa czy domy w otoczeniu, zacienioną częścią modułu a powierzchnią ziemi. Przyglądając się procesowi montażu instalacji fotowoltaicznych, bardzo rzadko przeprowadzane są analizy zacienienia, co wynika głównie z braku świadomości znaczenia takiej analizy zarówno wśród firm monterskich, jak i inwestorów. Nie bez znaczenia jest też wysoka cena zaawansowanych programów do symulacji.

CIRE

500 mln na innowacje w obszarze "Plusenergetyczne budynki"

1 czerwca br. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej rozpocznie nabór wniosków o dofinansowanie wdrożenia innowacji w obszarze "Plusenergetycznych budynków" w ramach programu "Nowa Energia" - podaje Portal Samorządowy.

Ok. 500 mln zł będzie do podziału na wdrożenie innowacyjnych technologii energetycznych w obszarze "plusenergetycznych budynków".

To jeden z sześciu obszarów w ramach realizowanego przez NFOŚiGW programu "Nowa Energia". Aktualnie prowadzony jest pierwszy nabór wniosków dla innowacji w dziedzinie produkcji, transportu, magazynowania i wykorzystania wodoru, natomiast 1 czerwca br. ruszy nabór wniosków na wsparcie wdrożenia innowacji właśnie w obszarze "Plusenergetycznych budynków". W jego ramach dostępne będą pożyczki udzielane na warunkach rynkowych lub preferencyjnych z dodatkowymi zachętami finansowymi, np. premią innowacyjną w wysokości do 20% wartości pożyczki oraz możliwością umorzenia do 25% pożyczki.

Dom plus energetyczny nazywany jest też potocznie "domem bez rachunków" , gdzie więcej energii się wytwarza, niż zużywa. Możliwe jest to do osiągnięcia dzięki zastosowaniu odpowiednich instalacji oraz cech architektonicznych domu. Koszty jego utrzymania są ograniczone do absolutnego minimum, na dodatek właściciele zarabiają na sprzedaży wytworzonej nadwyżki energii. W domu plusenergetycznym zapewniony mamy dodatni bilans energetyczny, a wszystko to dzięki wyposażeniu go w nowoczesne instalacje, takie jak:

- pompy ciepła,
- panele fotowoltaiczne,
- instalacja rekuperacyjna.

Jak wyjaśnia NFOŚiGW, nabór będzie przeznaczony dla przedsiębiorców, którzy chcieliby wdrożyć zaawansowane technologie w zakresie budowy obiektów plusenergetycznych, zapewniających również samowystarczalność pod względem wodno-kanalizacyjnym oraz tzw. inteligencję budynku. NFOŚiGW będzie przyjmował wnioski dotyczące innowacyjnych rozwiązań w zakresie wytwarzania lub akumulowania ciepła i chłodu, energooszczędnej eksploatacji budynków, inteligentnych systemów zarządzania i automatyki (również w zabytkowych budynkach), magazynowania energii elektrycznej, systemów mikrogeneracyjnych, ogniw fotowoltaicznych oraz produkcji materiałów, w tym wydruków w technologii 3D.

NFOŚiGW podkreśla, że katalog przykładów innowacyjnych rozwiązań wpisujących się w program nie jest ograniczony, ponieważ jednym z celów NFOŚiGW jest wdrożenie również takich rozwiązań, które do tej pory nie miały szans na realizację, a mogą znacząco przyczynić się do osiągnięcia wskaźników charakterystycznych dla plusenergetycznych budynków. ■

Kosmetyczna zmiana terminu Targów EXPO-GAS

Nie od 22 do 23, a od 15 do 16 września odbędą się w kieleckim ośrodku Targi Techniki Gazowniczej EXPO-GAS.

Zmiana ta podyktowana jest nagromadzeniem wydarzeń targowych w drugiej połowie 2021 roku. Targi Kielce planują zorganizować jesienią większość wystaw, które z powodu pandemii COVID-19 nie odbyły się w pierwotnych, wiosennych terminach.

Przypomnijmy, że Targi Techniki Gazowniczej EXPO-GAS od 11 lat odbywające się w kieleckim ośrodku to najważniejsza wystawa branży w kraju. W specjalistycznym zakresie branżowym wydarzenia znajdują się: sieci, urządzenia i odbiorniki gazowe, aparatura



kontrolno-pomiarowa stosowana w gazownictwie, urządzenia, materiały i osprzęt do budowy i wyposażenia gazociągów, stacji redukcyjnych i tłoczni gazu. W targach EXPO-GAS tradycyjnie już biorą udział wszyscy liderzy branży w naszym kraju.

Do zobaczenia od 15 do 16 września 2021 roku w Targach Kielce.

Zalety nadzoru zdalnego

Advantages of remote monitoring

ADAM DWOJAK

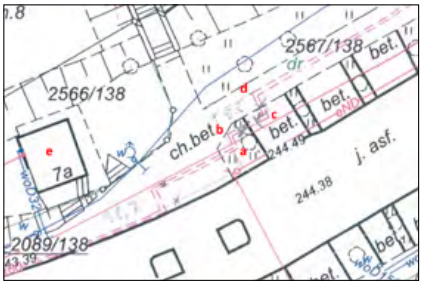
„Rzetelny w postępowaniu, szanujący cudzą własność, niezdolny do oszustwa" - to jedna ze słownikowych definicji uczciwości. Życie pokazuje, że w praktyce różnie z tym bywa. I, jeśli się nie chwyci winowajcy za rękę, to późniejsze działania są często skazane na niepowodzenie. Rzecz o uszkodzeniach rurociągów preizolowanych.

Wszystkie osoby związane w jakiś sposób z sieciami preizolowanymi zdają sobie z pewnością sprawę, że infrastruktura podziemna to nie tylko sieci ciepłownicze, ale wiele najprzeróżniejszych instalacji. Wiemy, że nasze miasta, mniejsze lub większe, to podziemna plątanina różnego rodzaju rurociągów, kabli i innych elementów. Działania firm w terenie mogą być miejscowe, chwilowe – „wykop i zakop" (np. ułożenie kabla energetycznego), względnie długofalowe i rozległe (np. budowa osiedla mieszkaniowego). Możliwości jest rzecz jasna co nie miara, a o dwóch przypadkach poniżej.

Okoliczności

Rozważając zagadnienie uszkodzeń infrastruktury podziemnej zacząć należy niewątpliwie od map geodezyjnych i uwagi zamieszczanej w widocznym miejscu a przykładowo brzmiącej następująco: „nie wyklucza się istnienia w terenie innych, nie wykazanych na mapie urządzeń podziemnych, które nie były zgłoszone do inwentaryzacji, lub o których brak jest informacji w instytucjach branżowych". Stosowanie przez geodetów takiej formuły jest zrozumiałe i nie budzące wątpliwości, nie mogą odpowiadać za grzechy przeszłości. Od czasu transformacji obsługa geodezyjna uległa znacznej poprawie, a występujące tu i ówdzie „wpadki" wiążą się raczej z ułomnością człowieka niż z wadą systemową.

Pamiętam, jak przed kilku laty w jednym z górnośląskich miast mieliśmy usunąć awarię, kopaliśmy w miejscu gdzie rurociągi musiały być na pewno, bo oprócz mapy (rys. 1), dysponowaliśmy odręcznymi szkicami geodety. Na tych szkicach z dokładnością do centymetra podane były domiary od kiosku oznaczonego na rys. 1 lit."e", na dodatek z dwóch narożników, chyba w celu uwiarygodnienia. Szukaliśmy mufy za kolanem „b" (patrząc od strony lewej). W oczekiwanym miejscu nie było rur, doszliśmy do chodnika i kopaliśmy prostopadle, i też nic (fot. 1). W końcu znaleźliśmy. Rzecz oczywista, że można znaleźć rury metodą lokalizacji, w końcu ją zastosowaliśmy, ale tutaj mieliśmy mapę zasadniczą wyglądającą na wiarygodną i do tego te szkice odręczne. W rzeczywistości przebieg został uproszczony, przed punktem „a"



Rys. 1.



Fot. 1.

rurociągi kolanami zostały wyprowadzone na chodnik i następnymi kolanami skierowane do punktu „d".

Podwójna nieuczciwość, wykonawca nie poinformował geodety, który prawdopodobnie nie widział w ogóle rurociągów, że zmienił trasę, a geodeta wyrysował coś, co nie odpowiada prawdzie. W tym przypadku, gdzie mieliśmy do czynienia z płytko leżącą rurą o małej średnicy, to dodatkowe koszty nie były zbyt duże, ale w przypadku rur o większej średnicy, a jeszcze z zajęciem pasa ruchu, byłyby one z pewnością dużo wyższe.

Zdarzenie opisane powyżej należy traktować jako wyjątek potwierdzający regułę. Bardziej niepokojące są przypadki braku umiejętności czytania, a może także ignorowania map geodezyjnych przez pracowników firm wykonawczych.

Przypadek 1

Trwa wieloletnia, sukcesywna budowa osiedla mieszkaniowego, docelowo ma powstać siedem czy dziewięć budynków. W czasie akcji usuwania przez nas awarii rurociągu preizolowanego trwa budowa czwartego budynku. W trakcie prac naprawczych, w ramach prac przygotowawczych pod następne budynki, w pewnej odległości od naszego stanowiska, pracuje brygada z małą koparką. W pewnym momencie dwóch pracowników z tej brygady podchodzi i przygląda się pracy naszego ekstrudera. Chyba wiedzą, że usuwane jest uszkodzenie izolacji rurociągu preizolowanego. Odchodzą i pracują dalej. Niedługo po tym zdarzeniu okazuje się, że kilkadziesiąt metrów od miejsca naprawy, właśnie w rejonie działania owej brygady, pojawiło się silne zawilgocenie izolacji, zresztą na tym samym co naprawiany rurociągu. Po dokładnej lokalizacji i wykonaniu odkrywki okazało się, że to właśnie ta brygada w trakcie układania kabla uszkodziła płaszcz i izolację rurociągu zasilającego. Nie przyznali się. Gdyby nie szybka reakcja, ustalenie sprawcy byłoby kłopotliwe, przecież na placu budowy cały czas ktoś coś robi.

Adam Dwojak - DORATERM; Adres do korespondencji / Corresponding author: dwojak@doraterm.pl

Podczas spotkania przedstawiciela PEC-u z kierownictwem budowy i reprezentantem firmy wykonawczej podpisana została notatka o pokryciu kosztów naprawy przez sprawcę.

Gdyby nie szybkie działanie byłby problem, bo sieć jest na gwarancji, ale przy ewidentnej ingerencji osób trzecich, gwarant nie pokrywałby kosztów naprawy.

Przypadek 2

Strategiczny odcinek sieci ciepłowniczej 2xDN600 zaopatrujący znaczną część miasta. Służby nadzoru sieci dostają sygnał, że na ok. półkilometrowym wytypowanym odcinku prawdopodobnie coś się wydarzyło. Odcinek, który był nadzorowany pętlą alarmową o długości ponad 4 km (system czterodrutowy, zasilanie i powrót w jednym obwodzie) miał z reguły rezystancję izolacji w okolicach jednego GΩ, a tu nagle dramatyczny spadek do dziesiątych części kilooma. Pracownicy wysłani na wizję terenu nic szczególnego nie odkrywają (fot. 2). Nie ma wykopów, sprzęt nie pracuje, na pierwszy rzut oka nic się nie dzieje, pojawiają się wątpliwości, czy to w ogóle w tym rejonie coś się wydarzyło. Przy drugim przejściu i dokładniejszej kontroli widać jakieś „krecie kopczyki" (fot. 3), ale co to może mieć wspólnego z głęboko położoną DN600? A jednak,



Fot. 2.



Fot. 3.



Fot. 4.



Fot. 5.

w prawym górnym rogu tej fotografii widać narzędzie służące do wykonywania wierceń geologicznych. Skutek działania takiego ślimaka jest przedstawiony na fot. 4 i 5. Przyglądając się szkodzie z fot. 5, można było przypuszczać, że na szczęście nic się nie stało. Jednak po odsłonięciu



Fot. 6.



Fot. 7.

całości, już tak optymistycznie nie było. Szereg głębokich nacięć budził obawy (fot. 6). Podjęto decyzję o napawaniu (fot. 7), odtworzeniu płaszcza techniką ekstruzyjną, zalaniu pianki PUR (fot. 8) i zamknięciu korkiem wgrzewanym.

I znowu nikt się nie przyznał. Czy możliwe, że pracownicy wykonujący wiercenie o tym, że uszkodzili rurę nie wiedzieli?



Fot. 8.



Fot. 9.



Rys. 2.

Nie jestem specjalistą od prac geologicznych, ale wydaje się, że musiało to nieźle piszczeć i zgrzytać, poza tym pewnie wydostały się ze świdrem także okruchy pianki poliuretanowej. I gdyby nie małe śledztwo pracowników PEC-u, które doprowadziło do tymczasowej bazy sprzętu, to nie wiadomo jak by się wszystko potoczyło.

Szybkie działanie, to podstawa sukcesu w tego typu sprawach. Taką szybką reakcję umożliwiają urządzenia do nadzoru zdalnego. W tym układzie rurociągi preizolowane są nadzorowane w sposób permanentny, a przekroczenie któregoś z progów alarmowych jest sygnalizowane na rozmaite sposoby. Firm dostarczających tego typu urządzenia jest na polskim rynku kilka. Spójrzmy jak wyglądało to w drugim z przedstawionych przypadków.

Działanie

Przy omawianiu tego zagadnienia posłużę się wykresem przedstawionym na rys. 2. Wykresy można edytować w różnej konfiguracji. W naszym przypadku został wybrany okres od 1 marca do 10 kwietna bieżącego roku. W górnej części wykresu przedstawiony jest przebieg rezystancji izolacji (Riz) wyrażonej na osi rzędnych w gigaomach, wykres dolny odpowiada przebiegowi rezystancji pętli alarmowej (Rp), wyrażonej w omach.

Oznaczenia cyfrowe odpowiadają określonym współrzędnym czasowym, przy czym dla odróżnienia cyfrę przyporządkowaną rezystancji pętli oznaczono prim (’). Interwał pomiarowy przyrządu wynosił 60 minut.

Tabela 1 jest moją interpretacją odczytów detektora i chętnie wysłucham opinii innych użytkowników tego typu urządzeń. W sumie dopiero się tych rzeczy uczymy.

Tabela 1. W pierwszej kolumnie podano numerację z wykresów na rys. 2.

Nr	Data/godz.	Riz	Rp	Komentarz
	2021 r.	MΩ	Ω	
1	05.03 g.12.00	802,9	58	*Stan przed ingerencją zewnętrzną. Bardzo dobra rezystancja izolacji (sieć 6 – 7 letnia). Rezystancja pętli w normie (0,0138 Ω/m)*
2	05.03 g.13.00	0,000176	1440	*Pomiędzy godz. 12 a 13 wiertnica uszkodziła płaszcz i izolację. Drut alarmowy górny-czerwony został dociśnięty do rury przewodowej. Rezystancja zwarcia wynosiła 0,176 kΩ, w rezystancji pętli prawdopodobnie gra rolę naderwanie drutu alarmowego, wzrosła do 1,44 kΩ*
3	22.03 g.8.00	0,000345	1590	*6 marca z rana właściciel sieci zostaje poinformowany o możliwości uszkodzenia rurociągu na określonym odcinku. Po poszukiwaniach sprawcy i rozmowach w sprawie naprawienia szkody PEC podejmuje działania prowadzące do naprawienia uszkodzenia. 22 marca z rana wykonywany jest wykop, przed godz. 9 następuje wstępne oczyszczenie miejsca uszkodzenia i wyciągnięcie na zewnątrz końców drutu alarmowego. Rezystancja pętli wzrasta do wartości niemierzalnych. Pozostały pod drutami grunt powoduje niską rezystancję izolacji.*
4	23.03 g.6.00	0,043	Max przerwa	*23 marca przed godziną 6 następuje otwarcie puszki przyłączeniowej, w komorze w której zamontowany jest detektor, i rozłączenie obwodu pętli. Wskutek tego wzrasta rezystancja izolacji na wskazaniach przyrządu, ta wartość jest w rzeczywistości pomiarem stopnia zawilgocenia w komorze, z rurą preizolowaną nie ma nic wspólnego.*
5	23.03 g.7.00	757,5	Max przerwa	*Skok rezystancji izolacji jest wynikiem oczyszczenia miejsca uszkodzenia (fot.9). Okazuje się, że odtworzenia nie można przeprowadzić bez wcześniejszego napawania uszkodzonej rury przewodowej. Właściwa naprawa płaszcza musi być przesunięta o jeden dzień,*
6	26.03 g.11.00	904,5	58	*Naprawę kończono późnym wieczorem 24 marca, ale dopiero 26.wreszcie znalazł się czas, aby włączyć pętlę w układ. Rezystancja izolacji po zamknięciu skoczyła na wysoki poziom, rezystancja pętli wróciła do normy. Wszystkie koszty pokrywa sprawca.*

Wnioski

Zdarzają się niestety nieuczciwi ludzie, którzy uszkadzając rurę preizolowaną, nie wnikając w szczegóły, że coś takiego może się zdarzyć, zamiast to zgłosić, zasypują „trefne” miejsce i oddalają się jak najszybciej. Sposobem na takie postepowanie może być stosowanie zdalnego nadzoru, który pozwala na bieżąco obserwować stan poszczególnych pętli alarmowych i działać odpowiednio szybko. Udogodnieniem jest opcja przyrządu z zasilaniem bateryjnym, wtedy detektor można zamontować np. w szafce na placu budowy.

Pomimo tych niewątpliwych zalet, uczciwie należy przyznać, że taki przyrząd nie jest lekarstwem na wszystko. Zdarzyć się mogą przypadki uszkodzeń, które nie dają natychmiastowego sygnału, a alarm z przyrządu napłynie, jeśli w ogóle, to po dość długim czasie. Wtedy mogą być problemy z udowodnieniem winy sprawcy uszkodzenia. Jednakże w bardzo wielu przypadkach zastosowanie urządzenia nadzoru zdalnego pozwala na uniknięcie strat związanych z nieznalezieniem sprawcy.

W artykule wykorzystano materiały autora.

■

Autor niniejszego artykułu zamierza omówić drugi przedstawiony przypadek w sposób bardziej szczegółowy z bezpośrednim dostępem do serwera, z możliwością zadawania pytań i konsultacji, podczas organizowanej w czerwcu wideoprezentacji. Więcej informacji na stronie www.doraterm.pl.

Charakterystyka hydrauliczna zaworów zwrotnych osiowych występujących na rynku polskim

Hydraulic characteristics of axial check valves available on the Polish market

ROBERT MAŃKO, RYSZARD EWERTOWSKI

DOI 10.36119/15.2021.4.1

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów strat ciśnienia przy przepływie wody przez zawory zwrotne. Pomiary przeprowadzono dla zaworów o średnicach najczęściej stosowanych w domowych instalacjach wodociągowych. Do analiz zaproponowano zawory trzech producentów, ogólnie dostępne w sklepach instalacyjno-budowlanych. Dla każdego zaworu określono wartości współczynnika oporów miejscowych w funkcji prędkości przepływu, a następnie określono średnie wartości współczynników, które można stosować przy obliczaniu strat ciśnienia w instalacji z zaworami zwrotnymi. Ponadto, w artykule przedstawiono wyniki pomiarów ciśnienia przesiąkania przez zawory („otwarcia zaworów").
Słowa kluczowe: zawór zwrotny, współczynnik oporów miejscowych, ciśnienie przesiąkania

The paper presents the results of measurements of head losses in check valves. The measurements were limited to the typical diameters used in domestic water supply systems. For analysis, valves of 3 producers were proposed, readily available in general installation and construction stores. For each valve, the parameters of local loss coefficient changes as a function of the flow velocity were determined and on their basis, the average values of the coefficients were calculated, which could be the basis to designing the installation with check valves. Moreover, the article presents the results of measurements of cracking pressure („opening") through the valves.
Keywords: check valve, local loss coefficient, cracking pressure

Wstęp

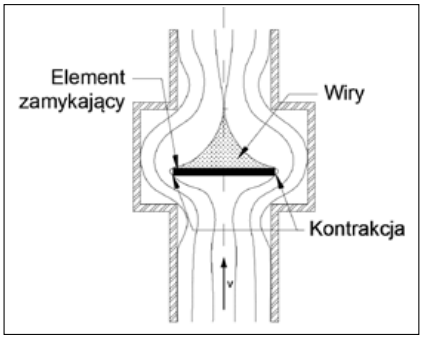
Każda instalacja zawiera różne elementy, na których powstają dodatkowe straty ciśnienia, są to tzw. opory miejscowe, związane one są ze zmianą kierunku przepływu, podziału czy łączenia strumieni lub też ich regulacji czy odcinania. Przepływ przez różnego rodzaju kształtki jest bardziej skomplikowany niż przy przepływach przez odcinki proste [1], [2]. W przypadku osiowych zaworów zwrotnych przepływ jest utrudniony przez systemy zamykający te zawory. Norma [3] określa zakres stosowania zaworów zwrotnych do miejsc w instalacjach wodociągowych, które narażone są na zmiany kierunku przepływu wody, m.in. punkty zlokalizowane za zestawami wodomierzowymi oraz w urządzeniach do podnoszenia ciśnienia wody i jej podgrzewania. Przy urządzeniach służących podgrzewaniu wody zawory zwrotne są połączone z ciśnieniowym zaworem bezpieczeństwa. W literaturze anglojęzycznej możemy spotkać się z określeniami *non-return valve, one-way valve, foot valve* czy również *reflux valve* [4]. Generalnie wyróżniamy m.in. zawory zwrotne kulowe – częścią ruchomą do blokowania przepływów są ruchome kule (zaworów tych nie wolno mylić z zaworami kulowymi); zawory zwrotne grzybkowe (osiowe) – podobne w konstrukcji do zaworów kulowych, elementem zamykającym jest grzybek lub inny element, często połączony ze sprężyną; zawory zwrotne membranowe – zamykanie odbywa się poprzez ruchomą gumową membranę; klapy zwrotne – element ruchomy waha się względem osi. Zależnie od konstrukcji zaworu zwrotnego może być on obciążony lub nieobciążony. Zawory zwrotne z obciążeniem zamykają się wyłącznie pod wpływem dodatkowego ciężaru umieszczanego na elemencie ruchomym, lub element ruchomy wyposażony jest w sprężynę dociskającą. W automatyce przemysłowej spotyka się również zawory elektromagnetyczne, które pełnią także funkcje zaworów zwrotnych. Zawory zwrotne wykorzystuje się również m.in. w konstrukcjach taranów hydraulicznych, czyli urządzeń służących do pompowania wody czerpiących energię z przepływającej wody [6]. Z uwagi na zakres konstrukcji i zastosowania zaworów zwrotnych w pracy skupiono się na analizie zaworów zwrotnych osiowych obciążonych sprężyną. Ze swobodnie dostępnych na rynku zaworów zwrotnych wybrano wyroby trzech producentów, którzy produkują zawory w rozmiarach typowych dla domowych instalacji wodociągowych i trzy najczęściej stosowane wymiary: tj. DN15 (½"), DN20 (¾") i DN25 (1"). W dalszej części poszczególne zawory będą określane w stylu: „Producent 2_DN20", co oznacza, że mamy do czynienia z zaworem o wymiarze DN20 (¾") od drugiego producenta.

W niniejszym artykule przedstawiono badania losowo wybranych pojedynczych zaworów o podanych średnicach, każdego z wymienionych producentów.

dr inż. Robert Mańko, https://orcid.org/0000-0001-5592-7709, dr hab. Ryszard Ewertowski, https://orcid.org/0000-0003-0896-7710 – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szczecin.
Adres do korespondencji: Robert.Manko@zut.edu.pl,

Charakterystyka strat ciśnienia na zaworze

Szczegółowy opis zjawiska hydrodynamicznego przy przepływie przez zawór osiowy na przykładzie zaworu ciężarkowego bardzo dobrze opisał Troskolański [5]. Na rysunku 1 przedstawiono w sposób uproszczony pole linii prądu przy opływie zaworu osiowego.



Rys. 1
Linie prądu opływanego zaworu osiowego
Fig. 1 Streamlines in axial valve

Przepływy przez zawory osiowe mają charakter osiowo-symetryczny, dlatego wypadkowa naporu hydrodynamicznego leży na kierunku osi zaworu i jest opisana wzorem:

$$N = \zeta \gamma A \frac{v^2}{2g} \qquad (1)$$

gdzie:
- ζ – współczynnik strat miejscowych [-],
- γ – ciężar objętościowy przepływającej cieczy [N/m^3],
- A – powierzchnia natarcia (rzut powierzchni elementu zamykającego na płaszczyznę prostopadłą do osi zaworu) [m^2],
- v – średnia prędkość za zaworem [m/s].

Straty ciśnienia Δh w zaworze zwrotnym są składową strat wywołanych na wlocie i wylocie z zaworu oraz strat w otoczeniu elementu zamykającego. Wielkość strat w otoczeniu elementu zamykającego wynika z charakterystyki przepływu wokół niego. Przepływająca struga płynu przez zawór zmienia zasadniczo swój kierunek kilkukrotnie. Opływ elementu może powodować powstawanie wirów w części środkowej za elementem. Przy opływaniu elementu również może dochodzić do kontrakcji tych strug. Współczynnik strat miejscowych nie zależy jedynie od kształtu elementu zamykającego oraz gniazda, w którym osadza się element, ale również od kształtu wnętrza obudowy zaworu, jak również, w mniejszym stopniu, od materiału, z którego wykonany jest zawór. Straty ciśnienia można opisać za pomocą wzoru na podstawie normy [7]:

$$\Delta h = \zeta \frac{v^2}{2g} \qquad (2)$$

Przyrównując wzory (1) i (2), otrzymujemy:

$$N = \gamma A \Delta h \text{ lub } \Delta h = \frac{N}{\gamma A} \qquad (3)$$

Wynika z tego, że straty ciśnienia są wprost proporcjonalne do naporu hydrodynamicznego. W przypadku zaworów obciążonych sprężyną warunek równowagi sił działających na element zamykający w momencie otwierania zaworu przedstawia się następująco:

$$N = \pm G + S + K + F(z) + ma_0 = G + S + K + kz + ma_0 \qquad (4)$$

gdzie:
- G – ciężar własny elementu zamykającego, którego znak zależy od ustawienia zaworu zwrotnego (dla ustawień poziomych G = 0) [N],
- S – nacisk wstępny sprężyny [N],
- K – siły spójności przeciwdziałające się oderwaniu elementu zamykającego od gniazda [N],
- $F(z)$ – siła sprężystości [N],
- ma_0 – siła bezwładności elementu zamykającego poruszającego się ze stałym przyśpieszeniem,
- k – współczynnik sprężystości (stała sprężyny) [N/m],
- z – szerokość otwarcia zaworu [m].

Wielkość strat ciśnienia w zaworze opisujemy więc zależnością:

$$\Delta h = \frac{G + S + K + kz + ma_0}{\gamma A} \qquad (5)$$

Z uwagi na wiele czynników wpływających na lokalne straty ciśnienia, jedyną możliwością określenia współczynnika strat miejscowych w zaworach zwrotnych jest uzyskanie ich wartości na drodze badań doświadczalnych. Normy [8], [9] przedstawiają jedynie wymagania dotyczące badań doświadczalnych z zakresu wytrzymałości, szczelności obudowy i zamknięcia, w tym próby wytrzymałościowe tych zamknięć. Przeprowadzone badania oparte zostały na podejściu stosowanym przy ciśnieniomierzach piezometrycznych, tj. określano różnicę ciśnień przed i za zaworem.

Dostępna literatura naukowo-techniczna niestety nie dostarcza szczegółowych informacji, przedstawiając jedynie ogólne wartości współczynników dla wszystkich zaworów zwrotnych danego typu. Norma [7] dla zaworów osiowych grzybkowych proponuje przyjmować ζ = (2,2 ÷ 2,5). Troskolański [5] przywołuje wzór Bacha będący funkcją parametrów geometrycznych zaworu wzniosowego:

$$\zeta = A + B\left(\frac{d}{z}\right)^2;$$
$$A = 0,55 + \frac{4(b - 0,1d)}{d};$$
$$B = 0,15 \div 0,16 \qquad (6)$$

Po wstawieniu wartości geometrycznych typowych dla takich zaworów otrzymuje się wielkości rzędu ζ = 5. Podane powyżej przykładowe wielkości współczynników strat miejscowych odnoszą się jednak do zaworów bez sprężyny. Spodziewać się można, że dla zaworów z grzybkami dociążonych sprężyną wartości współczynników strat będą odpowiednio większe. W zdecydowanej większości przypadków producenci w kartach katalogowych nie podają informacji o oporach hydraulicznych danej armatury, co w kontekście sprawnego i ekonomicznego projektowania instalacji wodociągowych, wydawałoby się być na porządku dziennym.

Celem publikacji jest przedstawienie wyników badań wyznaczonych z pomiarów oraz analizy wielkości współczynnika strat miejscowych według [7]. Zakres artykułu obejmuje pomiary współczynników strat lokalnych oraz zaproponowano równania do celów projektowych.

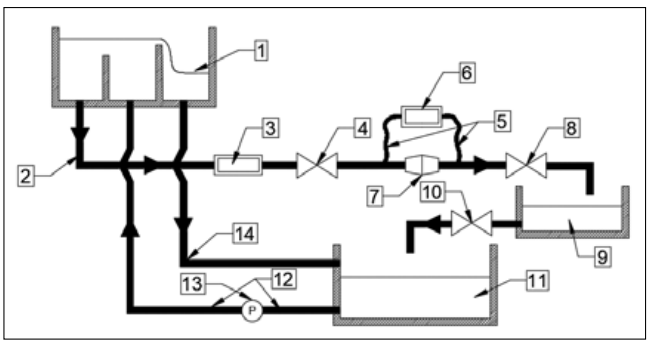
Opis stanowiska pomiarowego

Badania prowadzone były w Laboratorium Wodnym Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Na rysunku 2. przedstawiono schemat stanowiska badawczego do pomiarów oporów miejscowych w zaworach zwrotnych. Ze „zbiornika górnego" (1), który wymusza przepływ w instalacji pomiarowej wychodzi rurociąg (2). „Zbiornik górny" wyposażony jest w przelew boczny, dzięki któremu otrzymujemy ustalone w czasie ciśnienie wejściowe do instalacji, niezależnie od panującego stacjonarnego przepływu. Na rurociągu (2) zainstalowano ultradźwiękowy przepływomierz „Prosonic Flow 93T" (3) do pomiaru średniego przepływu. Maksymalny błąd pomiaru przepływomierza deklarowany jest na poziomie ok. 2 % aktualnego przepływu, zaś rozdzielczość pomiaru 0,005 dm^3/s. Zakres pomiarowy manometru różnicowego wynosi 3500 daPa (mm H_2O). Zawór (4) zamykał dopływ wody przy wymianie zaworu zwrotnego (7).

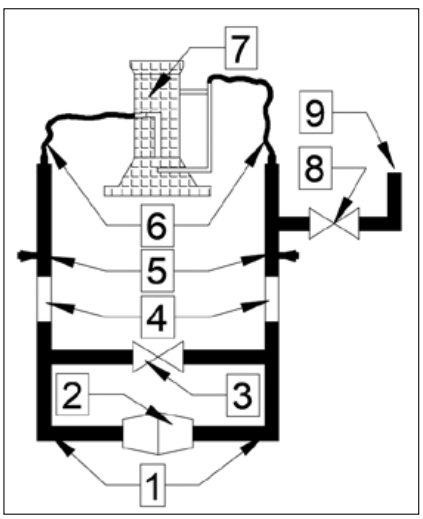
Zawór (8) służył do zmiany ilości przepływu przez stanowisko pomiarowe. Bezpośrednio przed i za zaworem zwrotnym (7) podłączono węże impulsowe (5), które podłączono do dwukanałowego manometru różnicowego (6) model CEM DT-8890, którego dokładność wynosi ± 0,5 %, przy rozdzielczości 1 daPa (mm H_20). Po przejściu przez zawór regulacyjny (8) woda trafiała do kontrolnego zbiornika pomiarowego natężenia przepływu (9), które określano metodą objętościową. Następnie woda wpływała do „zbiornika dolnego" (11), z którego odchodzi rurociąg (12), przez który jest przepompowywana woda przy pomocy pompy (13) ze „zbiornika dolnego" do „zbiornika górnego". W stanowisku pomiarowym zachowany był obieg wewnętrzny wody. Z uwagi, że pompa pracowała w sposób ciągły, w „zbiorniku górnym" (1) zainstalowano przelew boczny, by następnie przez rurociąg (14) odprowadzać nadmiar wody. Na rysunku 3. przedstawiono schemat stanowiska do pomiarów ciśnienia przesiąkania zaworów zwrotnych. Do badanego zaworu zwrotnego (1) po obu stronach podłączono rurociągi ze stali (2), które następnie powyżej połączono ze sobą rurociągiem z zaworem (3). Następnie rurociąg stalowy (2) zamieniono na przezroczystą rurę z plexiglasu (4), który ponownie zamieniono na rurę stalową, w której zainstalowano zawory do odpowietrzenia instalacji (5). Gumowymi wężami podłączono się do kompensacyjnego mikromanometru Askania typ MK-1 (7). Stanowisko wyposażono w dodatkowy zawór (8) i stalowy króciec (9), przez który nalewano wodę w instalacji pomiarowej. Maksymalny zakres pomiarowy wynosi 150 daPa (mm H_2O), przy dokładności 0,01 daPa (mm H_2O. Mikromanometr Askania MK-1 przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4
Mikromanometr Askania MK-1
Fig. 4 Micromanometer Askania MK-1



Rys. 2
Schemat stanowiska do badania oporów miejscowych w zaworach zwrotnych
Fig. 2 Schematic of head loss determination in check valves



Rys. 3
Schemat stanowiska do badania ciśnienia przesiąkania
Fig. 3 Schematic of the cracking pressure model

Metodyka badań

Proces badawczy zaworów zwrotnych podzielono na dwie części. Po pierwsze skupiono się na określeniu wielkości „ciśnienia przesiąkania" (ang. cracking pressure) zaworów zwrotnych. Poprzez pojęcie ciśnienie przesiąkania należy rozumieć takie ciśnienie, dzięki któremu dochodzi do przeciekania przez zawór przy przepływie o kierunku zgodnym z kierunkiem przepływu zasadniczego przez zawór. Pomiar ciśnienia przesiąkania wykonywano w następujący sposób. Po zamontowaniu zaworu zwrotnego (2) przy otwartych zaworach (3) i (8), poprzez otwór (9) do stanowiska wlewa się wodę destylowaną, bez określania dokładnej ilości, lecz potrzebnej do wypełnienia układu w taki sposób, by lustra wód ustabilizowały się na poziomie ok. połowy wysokości przezroczystej rury (z plexiglasu) (4). Po upewnieniu, że układ jest w równowadze, podłączany jest mikromanometr Askania (7), i jeżeli zachodziła potrzeba, manometr był tarowany. Po osiągnięciu wymaganego poziomu zwierciadła wody i tarowaniu mikromanometru zawory (8) i (3) są zamykane i wykonywany jest pierwszy pomiar ciśnienia, przy którym dochodzi do przepływu (przesiąkania) przez zawór. Zjawisko przesiąkania obserwować można poprzez zmianę układu zwierciadła wody w manometrze, jak również poprzez zmianę poziomów wody w rurkach (4). Różnicę ciśnień po obu stronach zaworu uzyskuje się poprzez obrót śruby na manometrze. Obrót śruby następował przy średniej prędkości obrotowej 0,2 [obr./s] Po zaobserwowaniu przesiąkania wody przez zawór, manometr ustawiano w pozycji wyjściowej, odkręcano zawór (3) i zawory (5). Po ustabilizowaniu się zwierciadła, zamykano wszystkie zawory i wykonywano ponownie pomiar ciśnienia przesiąkania. Po wykonaniu wszystkich pomiarów dla danego zaworu, woda ze stanowiska jest wylewana, zawór wymienia się na kolejny i przeprowadza się identyczną procedurę od początku. Dla każdego z badanych zaworów wykonano po 30 pomiarów ciśnienia przesiąkania.

Drugi etap badawczy skupiał się na pomiarze różnicy ciśnień bezpośrednio przed i za zaworem zwrotnym, którego pomiar przebiegał następująco. Zbiornik dolny (1) całkowicie wypełniony wodą, z którego przy pomocy pompy (13) przez rurociąg (12) woda jest przepompowywana do zbiornika górnego (1). Po ustabilizowaniu się zwierciadła wody w zbiorniku górnym, woda rurociągiem (2) dopływa do stacji pomiarowej z założonym zaworem zwrotnym (10). Zaworem regulującym przepływ przez układ jest zawór za zaworem zwrotnym (8). Przed wykonaniem pomiarów manometr różnicowy poddaje się tarowaniu. Należy podkreślić, że zamykanie zaworu musi odbywać się bardzo powoli z uwagi na możliwość wystąpienia zjawiska uderzenia hydraulicznego, które mogłoby spowodować, że po stronie dolnej zaworu będzie panowało wyższe ciśnienie niż przed, co oczywiście wpłynęłoby na jakość otrzymywanych wyników. Pomiary rozpoczynają się od całkowicie zamkniętego zaworu regulacyjnego, stopniowo

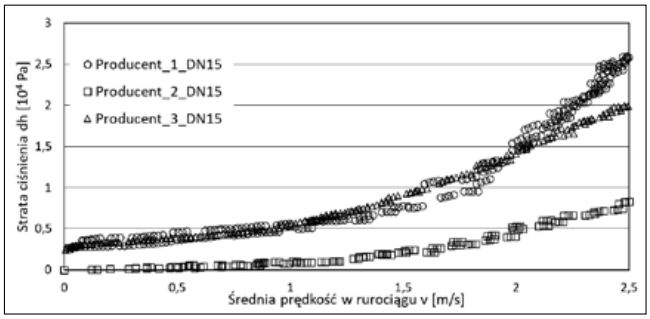
zwiększając jego stopień otwarcia. Po przekroczeniu pewnej różnicy ciśnień po obu stronach zaworu obserwuje się przepływ przez cały układ, a następnie przepływomierza (3) oraz z manometru różnicowego (6) odczytujemy odpowiednio wielkości przepływu, oraz różnicę ciśnień po obu stronach zaworu. Po odczytaniu tych wielkości, delikatnie zwiększa się przepustowość zaworu regulacyjnego i ponownie wykonuje się pomiar. Raz na 20 pomiarów przepływów z miernika ultradźwiękowego wykonuje się kontrolny pomiar przepływu metodą objętościową, którego potrzeba wynika z 2% błędu pomiarowego miernika, który deklarowany jest przez producenta. Zwiększamy otwarcie zaworu regulacyjnego do maksymalnego, a następnie powtarzamy cały proces tym razem stopniowo zmniejszając otwarcie zaworu regulacyjnego. Po całkowitym zamknięciu zaworu, czyli przy braku przepływu odczytuje się wskazanie manometru różnicowego, który zawsze powinien wskazywać na brak różnicy ciśnień, co jednak nie miało miejsca. Powodem wskazań różnicy ciśnień przy zerowym przepływie było zawilgotnienie wężyków impulsowych (5) odchodzących od manometru. Przed kolejną serią pomiarową dla tego samego zaworu zwrotnego, zawór (4) jest zamykany, wężyki impulsowe są odłączane i przedmuchiwane w celu pozbycia się z nich wody, a następnie ponownie instalowane w układzie i ponownie wykonywane są pomiary. Dla każdego zaworu zwrotnego wykonano po 10 serii pomiarowych otrzymując ok. 300 pomiarów przepływu z towarzyszącą mu stratą ciśnienia. Przy pomiarach strat ciśnienia, zakres przepływów był jedynie ograniczony możliwościami przepustowymi danego zaworu zwrotnego.

Analiza wyników

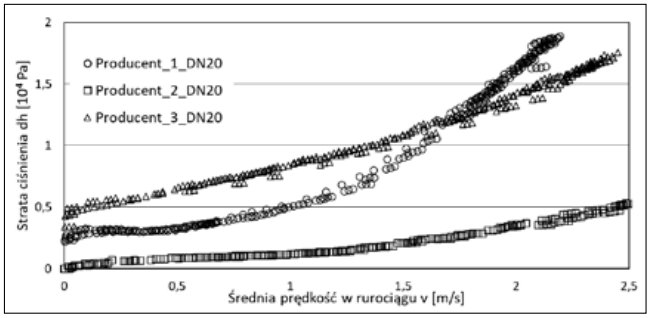
Od uzyskanych z pomiarów rzeczywistych strat ciśnienia przed dalszą ich analizą, należy odjąć straty na długości odcinka rury od zaworu zwrotnego (7) do złączek na wężyki impulsowe (5). Straty na długości policzono, wykorzystując wzór Darcy-Weisbacha z formułą Coolebrook'a-White'a zgodnie z [7], gdzie chropowatość przyjęto według literatury. Na rysunkach 5a, 5b i 5c przedstawiono określone w ten sposób straty ciśnienia na zaworach zwrotnych. Wykresy pogrupowano z uwagi na średnicę nominalną DN zaworu.

Pomiary wykazują, że strata ciśnienia rośnie wraz ze wzrostem średniej prędkości, co jest zgodne z literaturą [2, 10]. Pomimo, że wszystkie badane zawory zwrotne

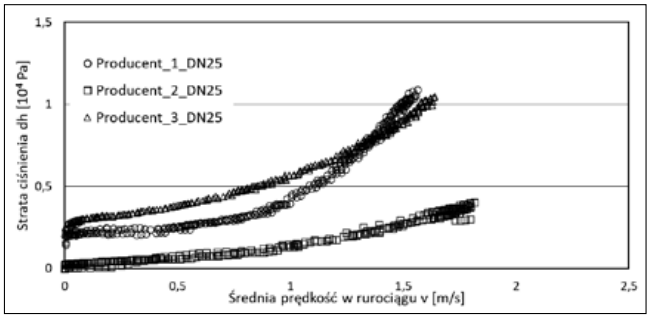
Rys. 5a
Wykresy zmian strat ciśnienia dla zaworów zwrotnych DN15
Fig. 5a Pressure loss changes for DN15 check valves



Rys. 5b
Wykresy zmian strat ciśnienia dla zaworów zwrotnych DN20
Fig. 5b Pressure loss changes for DN20 check valves



Rys. 5c
Wykresy zmian strat ciśnienia dla zaworów zwrotnych DN25
Fig. 5c Pressure loss changes for DN25 check valves



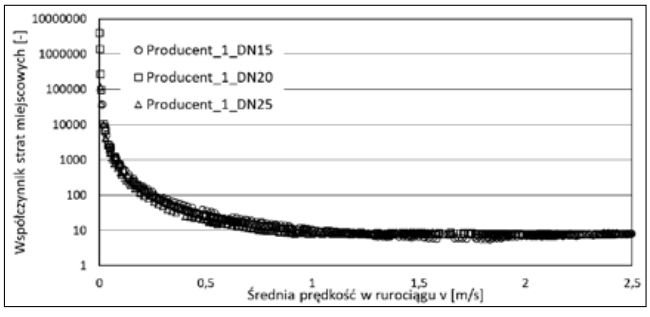
mają tą samą zasadę działania, różnice w stratach są dość istotne. Na każdym wykresie obserwuje się, że straty ciśnienia na zaworach zwrotnych producenta nr 2 są znacznie mniejsze niż w przypadku pozostałych, które producent reklamuje jako energooszczędne (sprężyny dociskające grzybki tych zaworów stawiają mniejszy opór przy przesunięciu grzybka przy ich otwieraniu). Największe różnice pomiędzy wielkościami strat obserwuje się w przypadku półcalowych zaworów, gdzie różnica między zaworem od producenta 3 a 2 wynosi aż ok. 1800 Pa przy prędkości w przewodzie 2,5 m/s. Na każdym z wykresów obserwuje się relacje między powstałymi krzywymi producenta 1 i producenta 3. W zakresie niższych przepływów straty ciśnienia w przypadku zaworów producenta 1 są równe, lub niższe od strat ciśnienia w zaworach od producenta 2, następnie dochodzi do gwałtowniejszego wzrostu strat wraz ze wzrostem prędkości wody, wskutek czego po przekroczeniu pewnej prędkości, straty na zaworach od producenta 1 są największe spośród badanych. W przypadku wykresu producenta 3 DN15 w zakresie prędkości do 100 cm/s można zaobserwować praktycznie brak wzrostu strat ciśnienia, co jest cechą zaworów wzniosowych bez obciążenia [5].

Po przekształceniu wzoru (2) do postaci:

$$\zeta = \frac{\pi^2 \Delta h g D^4}{8Q^2} \qquad (7)$$

gdzie D to średnica wewnętrzna rurociągu, określono zależności $\zeta = \zeta(v)$,

Rys. 6
Wykresy zmian współczynnika strat miejscowych zaworów Producenta_1
Fig. 6 Changes of head loss coefficient of Producer_1 check valves



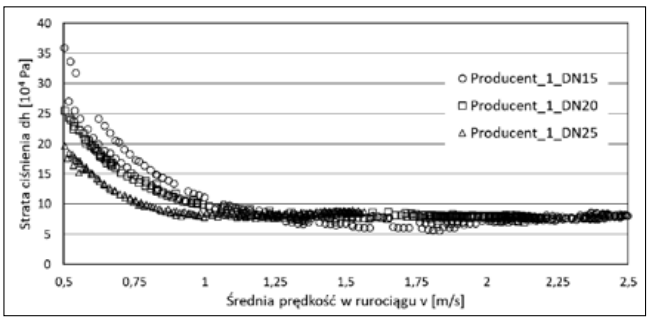
które na przykładzie zaworów producenta 1 przedstawiono na rysunku 6.

W pierwszej fazie prędkości wartości współczynnika strat miejscowych osiągają bardzo duże wielkości, rzędu ponad 100000. Celem przejrzystości kolejnych rysunków ograniczono się do prezentacji wyników w zakresie prędkości, które zilustrowano na rysunkach 7a, 7b, 7c.

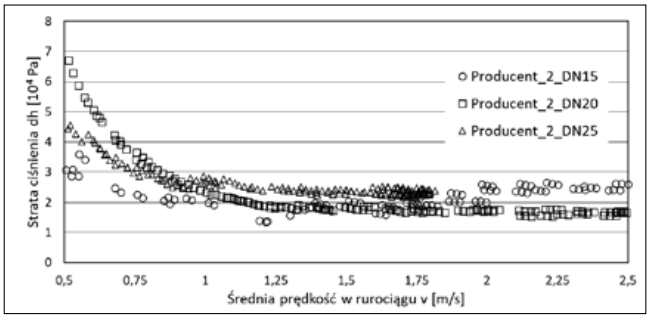
czego dochodzi do takiego zjawiska. Z uwagi na przebieg funkcji oraz ograniczenie potrzebnych parametrów funkcji, zaproponowano regresję przy użyciu funkcji potęgowej w postaci:

$$\zeta(v) = av^b \qquad (8)$$

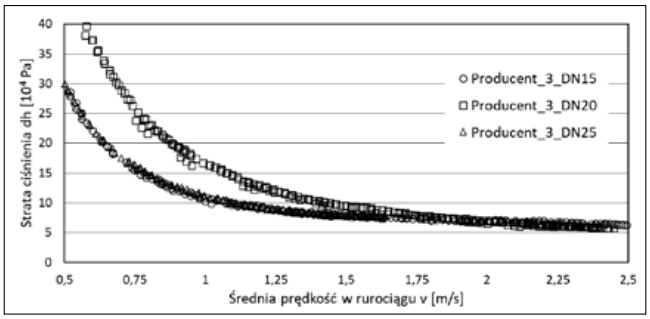
W tabeli 1 przedstawiono wyniki regresji wraz z wartościami współczynni-



Rys. 7a
Wykresy zmian współczynnika strat miejscowych ζ zaworów Producenta_1
Fig. 7a Changes of head loss coefficient of Producer_1 check valves



Rys. 7b
Wykresy zmian współczynnika strat miejscowych ζ zaworów Producenta_2
Fig. 7b Changes of head loss coefficient of Producer_2 check valves



Rys. 7c
Wykresy zmian współczynnika strat miejscowych ζ zaworów Producenta_3
Fig. 7c Changes of head loss coefficient of Producer_3 check valves

W przypadku zaworów producenta 1 (rys. 7a) w początkowej fazie prędkości obserwuje się regularną kolejność między kolejnymi zaworami, tj. dla zaworów DN15 otrzymuje się największe współczynniki strat, następnie maleją dla zaworu DN20, by osiągnąć wartości najmniejsze dla zaworów DN25. Takiej kolejności nie obserwuje się natomiast dla zaworów pozostałych producentów. Wg producentów 2 i 3 największe wartości obserwuje się dla zaworów DN20. W przypadku producenta 3 (rys. 7c) wartości współczynników dla zaworów DN15 i DN25 są praktycznie takie same. W przypadku producenta 1 i 2 można zaobserwować, w przypadku zaworów DN15 minimalne ekstrema lokalne, które obserwuje się przy prędkości ok. 1,7 i 1,2 m/s, jednak nie udało się określić, dla-

ków korelacji traktowanymi tutaj za wielkość jakości dopasowania parametrów funkcji.

W większości przypadków można stwierdzić, że funkcje potęgowe przy takich parametrach dość dobrze określają przebieg zmian współczynnika strat lokalnych. W przypadku zaworu DN15 od producenta 2 współczynnik korelacji jest mniejszy od 0,5 co oznacza słabą jakość modelu. Można się domyślać, że jest to

Tabela 1. Parametry funkcji aproksymującej wartości współczynnika ζ w funkcji prędkości (równanie (8)) dla badanych zaworów
Table 1. Parameters of the function approximating values of coefficient ζ as a function of velocity (equation (8)) for the tested valves

Zawór	a	b	r
Producent_1_ DN15	332,4	-0,72	0,956
Producent_1_ DN20	7458,4	-1,32	0,994
Producent_1_ DN25	1831,4	-1,09	0,986
Producent_2_ DN15	1,5	0,09	0,304
Producent_2_ DN20	36,9	-0,57	0,890
Producent_2_ DN25	19,5	-0,42	0,893
Producent_3_ DN15	295,6	-0,69	0,814
Producent_3_ DN20	274,1	-0,68	0,932
Producent_3_ DN25	128,6	-0,56	0,831

związane z pracą sprężyny danej sztuki zaworu, co w połączeniu z niskimi współczynnikami strat daje taki obraz sytuacji.

Chcąc jednoznacznie określić stałą wartość współczynnika strat miejscowych, jako wytyczną do projektowania, obliczono wartość średnią z zakresu prędkości od 1,0 m/s do 2,0 m/s, jako zalecane wartości prędkości przepływu wody w przewodach wodociągowych zgodnie z normą [3] i normą [11]. Norma w tabeli 2 przedstawia uśrednione wyniki pomiarów, wraz z wartością odchylenia standardowego ζ:

Tabela 2. Uśrednione wartości współczynnika strat miejscowych ζ dla badanych zaworów zwrotnych
Table 2. Averaged values of local head loss for the tested check valves

Rozmiar zaworu	Producent_1		Producent_2		Producent_3	
	ζ	σ	ζ	σ	ζ	σ
Zawór DN15	8,1	1,029	1,7	0,208	9,0	0,811
Zawór DN20	9,8	0,663	1,9	0,164	12,2	2,051
Zawór DN25	8,3	0,308	2,5	0,141	8,7	0,851

Podane wartości w przypadku producentów 1 i 3 istotnie różnią się od wartości współczynnika strat miejscowych dla zaworów zwrotnych grzybkowych osiowych, dla których norma [7] zaleca przyjmować wartości od 2,2 do 2,5. Zbliżone wartości osiągane są dla zaworów producenta 2.

W tabeli 3. przedstawiono uśrednione wartości ciśnienia przesiąkania przy przepływie zgodnym z kierunkiem zaworu zwrotnego.

Tabela 3. Uśrednione wartości ciśnień przesiąkania Δp_p dla badanych zaworów zwrotnych
Table 3. Averaged values of cracking pressures for the tested check valves

Rozmiar zaworu	Producent_1		Producent_2		Producent_3	
	Δp_p [daPa]	σ	Δp_p [daPa]	σ	Δp_p [daPa]	σ
Zawór DN15	7,3	0,095	3,6	0,066	10,2	0,121
Zawór DN20	6,2	0,102	3,1	0,160	10,0	0,138
Zawór DN25	5,0	0,159	3,1	0,085	7,6	0,135

Przedstawione w tabeli 3. wyniki jednoznacznie pokazują, że już przy minimalnych ciśnieniach może dochodzić do otwarcia zaworów zwrotnych. Najmniejsze ciśnienie otwierające zawór potrzebne jest w przypadku zaworów producenta 2, następnie zaworów od producenta 1, zaś zawory producenta 3 stawiają największy opór przed otwarciem zaworu. Przyrównując tabelę 3. z tabelą 2. można zaobserwować korelację między wynikami w grupie producentów, tj. najmniejszemu ciśnieniu otwarcia towarzyszą najmniejsze współczynniki strat lokalnych. Wraz ze wzrostem współczynnika ζ rośnie potrzebne ciśnienie otwarcia.

Podsumowanie

Wartości współczynników strat lokalnych dla zaworów zwrotnych są wartościami zależnymi od prędkości przepływającej wody. Wraz ze wzrostem średniej prędkości wody w rurociągu rosną straty ciśnienia przy równoczesnym spadku wartości ζ. Podawane w normie [7] różnią się od obliczonych w przypadku dwóch producentów, co wskazuje, że przyjmowanie z normy wartości współczynnika ζ dla zaworów ze sprężyną jest błędne!

Wartości współczynników strat miejscowych dla zaworów zwrotnych osiowych ze sprężyną są różne dla różnych producentów armatury i czasami różnią się kilkukrotnie. Niezależnie od producenta wartości współczynników strat miejscowych są zbliżone niezależnie od średnicy danego zaworu. W zawiązku z powyższym, przy tak dużym wyborze producenci powinni dołączać informacje w kartach katalogowych o stratach energii w zaworach. Na potrzeby publikacji zwrócono się do producentów o takie informacje, jednak nie otrzymano odpowiedzi.

Pomiary przeprowadzono tylko dla jednego zaworu każdego rodzaju tylko w trzech rozmiarach. Ponadto pomiary wykonywano jedynie dla jednej temperatury wody. W związku z tym niezbędne są dalsze badania w całym zakresie rozmiarów zaworów oraz również przy różnych temperaturach wody. Przyszłe badania powinny zawierać przypadki zaworów już eksploatowanych, dzięki czemu można by było określić wpływ eksploatacji i jej czasu na zmiany strat energii w zaworach.

Analiza ciśnienia przesiąkania Δp_p przez zawory zwrotne wykazała, że wystarczy niewielkie ciśnienie wejściowe by doszło do przesiąku przez zawór przy kierunku zgodnym z kierunkiem przepływu wody.

LITERATURA

[1] Ono A., Kimura N., Kamide H., Tobita A., Influence of elbow curvature on flow structure at elbow outlet under high Reynolds number condition, Nucl. Eng. Des." Vol 41., 2011

[2] Skiba J. "Straty energii generowane przez urządzenia zapobiegające przepływom zwrotnym wody w instalacjach budynków wielorodzinnych", Instal nr 12/2011, s.31 - 34

[3] PN-92/B-01706, Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu. Wydawnictwa Normalizacyjne Alfa. 1992

[4] Christopher., Dickenson, T. Valves, piping, and pipelines handbook (3rd ed.). Oxford, UK: Elsevier Advanced Technology. 1999

[5] Troskolański A.T., "Hydromechanika techniczna. Tom II Hydraulika" Państwowe Wydawnictwa Techniczne", Warszawa, 1954.

[6] Grygo D., Sobieski W. „Propozycje stosowania taranów wodnych" Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2015

[7] PN-76/M-34034,. Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia. Wydawnictwa Normalizacyjne Alfa, 1987

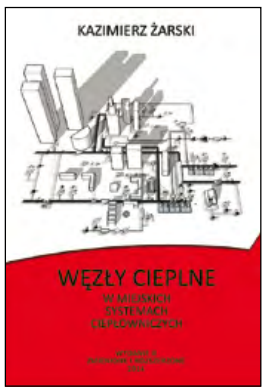
[8] PN-EN 12266-1:2012 Armatura przemysłowa – Badania armatury metalowej – Część 1: Próby ciśnieniowe, procedury badawcze i kryteria odbioru – Wymagania, 2012

[9] PN-EN 12266-2:2012 Armatura przemysłowa – Badania armatury metalowej – Część 2: Badania, procedury badawcze i kryteria odbioru – Wymagania dodatkowe, 2012

[10] Lansford W. M „Loss of head in flow of fluids through various types of one-and-one-half-inch-valves", University of Illinois Bulletin, vol. 40, Urbana 1943

[11] PN-EN 806-3:2006. Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Część 3. Wymiarowanie przewodów. Metody uproszczone, 2006

■



„Węzły cieplne w miejskich systemach ciepłowniczych"

Autor: Kazimierz Żarski

Recenzowana książka pt. „Węzły cieplne w miejskich systemach ciepłowniczych" stanowi kompendium nowoczesnej wiedzy z zakresu rozwiązań doprowadzenia ciepła z sieci cieplnych do budynków. Prezentowane rozwiązania uwzględniają wymagania racjonalnego gospodarowania energią, efektywności ekonomicznej i właściwej współpracy z systemem ciepłowniczym.

W książce przedstawiono w sposób logiczny, uporządkowany i przejrzysty całość zagadnień związanych z projektowaniem i eksploatacją współczesnych indywidualnych węzłów cieplnych, które poprzedzono przypomnieniem niezbędnych podstaw teoretycznych. Zawarto w niej kolejno:

- podstawy teoretyczne z zakresu wymiany ciepła i masy w otwartych układach termodynamicznych,
- podstawy doboru i symulacji działania wymiennika ciepła,
- rodzaje i podstawowe schematy węzłów cieplnych,
- procedury projektowania węzłów cieplnych z podziałem na elementy wspólne i z uwzględnieniem specyfiki projektowania wielofunkcyjnych wymiennikowych węzłów cieplnych oraz węzłów zmieszania pompowego na cele ogrzewania,
- podstawowe rodzaje urządzeń pomiarowych, charakterystyki statyczne i dynamiczne urządzeń węzła cieplnego, stosowane w węzłach układy automatycznej regulacji oraz zasady doboru ich podstawowych elementów,
- najważniejsze zagadnienia współpracy węzła cieplnego z siecią ciepłowniczą, rzutujące na wzajemne racjonalne współdziałanie,
- wymagania dotyczące pomieszczeń węzłów cieplnych.

Utylitarnym podsumowaniem książki są przykłady obliczeń węzłów cieplnych wraz z przykładami obliczeń przy pomocy programu komputerowego WEZEL_X.

W zakresie procedur projektowania i zagadnień współpracy węzła cieplnego z siecią ciepłowniczą Autor prezentuje wyniki własnych badań i przemyśleń. Książka stanowi, zgodnie z zapowiedzią, uwieńczenie i podsumowanie Jego dorobku z tego zakresu, choć, moim zdaniem, nie powinna jeszcze oznaczać zakończenia kariery naukowej i zawodowej.

Fragment recenzji
prof.dr hab.inż. Haliny Koczyk
Politechnika Poznańska

Książka została wydana w twardej oprawie w formacie B-5. Cena książki 68 zł + 5% VAT
Zamówienia przyjmuje Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie"
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel. (22) 843-77-71, email: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl

Konferencja „Klimatyzacja obiektów szpitalnych"

W dniu 26 marca odbyła się pierwsza Konferencja Naukowo – Techniczna „Klimatyzacja obiektów szpitalnych" zorganizowana w formie zdalnej przez Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej oraz Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. W wydarzeniu wzięło udział 486 uczestników, którzy w ciągu kilku godzin mogli uzyskać informacje przedstawiane przez naukowców, projektantów i lekarzy czynnie związanych z kształtowaniem warunków środowiska wewnętrznego w szpitalach.

Patronat honorowy nad wydarzeniem objęło Ministerstwo Zdrowia a także Naczelna Izba Lekarska i Polska Izba Inżynierów Budownictwa.

Patronat Medialny nad konferencją objęli: Chłodnictwo i Klimatyzacja, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja, dlaszpitali.pl, INSTAL, Instal Reporter, Inżynier budownictwa, medinwestycje.pl, Ogólnopolski Przegląd Medyczny, Polski Instalator, Poradnik Projektanta, Rynek Instalacyjny, GLOBEnergia oraz Cyrkulacje.

Prezentację otwierającą przedstawił dr n. med. **Paweł Grzesiowski**, przewodniczący Stowarzyszenia Higieny Lecznictwa, omawiając kwestie wpływu warunków pracy na bezpieczeństwo personelu medycznego i pacjentów ze szczególnym uwzględnieniem COVID-19. Ekspert Naczelnej Izby Lekarskiej zwrócił uwagę na aktualne zagrożenia epidemiologiczne w szpitalach, przedstawił statystyki odnośnie do zapadalności na zakażenia spowodowane hospitalizacją w ostatnich latach, a także czynniki sprzyjające transmisji patogenów w środowisku szpitalnym. Szczegółowo przeanalizował również wpływ poszczególnych elementów wpływających na wzrost ryzyka zakażenia miejsca operowanego i ich korelację z krotnością wymian powietrza w sali operacyjnej. W podsumowaniu podkreślił, że zapobieganie zakażeniom szpitalnym jest efektem wielokierunkowych i zespołowych działań wszystkich członków zespołu odpowiedzialnych za warunki środowiska w salach operacyjnych, a w prewencji zakażeń najważniejsza jest analiza zdarzeń niepożądanych, szkolenia i profilaktyka.

Kolejną prezentację pt. „Przegląd najnowszej wiedzy naukowej w zakresie klimatyzacji sal operacyjnych" przedstawiła dr hab. inż. **Anna Bogdan**, prof. Politechniki Warszawskiej omawiając zarówno rozwój rozwiązań klimatyzacyjnych stosowanych w salach chorych, jak i parametry związane ze elementami stosowanymi podczas operacji wpływającymi na poziom zakażeń miejsca operowanego. Zwróciła szczególną uwagę na konieczność edukacji wszystkich osób pracujących w szpitalach i odpowiedzialnych za tworzenie warunków środowiska wewnętrznego w zakresie wpływu wentylacji i klimatyzacji na bezpieczeństwo pacjentów i komfort pracy chirurgów oraz personelu medycznego.

Jednoczesne spojrzenie chirurga i projektanta systemów klimatyzacji zaprezentował dr n. med. **Maciej Matłok** z I+med. Przedstawił podstawy prawne związane z projektowaniem sal operacyjnych oraz szczegółowo omówił parametry środowiska wewnętrznego, które wpływają na odczucia użytkowników pomieszczeń w szpitalach. Przedstawił oczekiwania użytkowników względem warunków środowiska wewnętrznego w sali operacyjnej, a także podał napotykane problemy techniczne przez chirurgów w sali operacyjnej, jak również w sali chorych, na które warto zwracać uwagę podczas projektowania.

Dr **Johan Nordenadler** z Karolinska University Hospital opowiedział natomiast o procesie wyboru systemu wentylacji i podjętych decyzjach przy budowie Karolinska University Hospital. Wybór systemu poprzedzony był szerokimi badaniami dotyczącymi jakości powietrza w stosunku do przyjętego rozdziału, prędkości i strumienia powietrza w salach operacyjnych. W badaniach uwzględniony był również wpływ zanieczyszczeń generowanych przez użytkowników przy zastosowaniu różnego rodzaju odzieży oraz w zależności od liczby osób znajdujących się w sali.

Kolejne spojrzenie praktyka zaprezentował mgr biol. **Krzysztof Kacperski** - st. specjalista higieny i epidemiologii z Centrum Onkologii-Instytutu im. Marii Skłodowskiej – Curie, który przedstawił wyniki metaanalizy dotyczącej wpływu rodzaju nawiewu powietrza stosowanego w sali operacyjnej na częstość zakażenia rany operacyjnej w planowanych operacjach stawów kolanowego i biodrowego. Omówił również historię rozwoju odzieży medycznej wykorzystywanej podczas operacji, której zadaniem jest ochrona przed zakażeniem.

Natomiast dr **Maciej Szczotko** omówił szczegółowo proces oceny higienicznej wyrobów stosowanych do wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń w obiektach podmiotów wykonujących działalność leczniczą. Przedstawił przykładową dokumentację niezbędną do przeprowadzenia oceny higienicznej, szczegółowe wymagania atestacji w obiektach wykonujących działalność leczniczą oraz przybliżył przyszłość atestacji higienicznej.

Metody uzyskania odpowiedniej jakości powietrza za pomocą procesu sterylizacji powietrza w systemach klimatyzacyjnych obsługujących pomieszczenia służby zdrowia przedstawiła dr inż. **Sylwia Szczęśniak** z Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Przybliżyła uczestnikom główne zadania, które muszą spełniać systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia oraz szczegółowo omówiła metody ograniczania zanieczyszczeń, sposoby dezynfekcji i sterylizacji powietrza oraz powierzchni.

Ismo Gronvall oraz Paweł Borowiecki z firmy Halton przedstawili prezentację dotyczącą perspektyw zastosowania modelowania CFD w prognozowaniu komfortu cieplnego i czystości mikrobiologicznej w sali operacyjnej w czasie zabiegu. Omówili trzy studia przypadków: Wielkopolskie Centrum Zdrowia Dziecka (Poznań), New Karolinska (Sztokholm, Szwecja), UZ Ghent (Belgia). Omówione przypadki wskazują, że modelowanie CFD parametrów rozpływu powietrza w sali operacyjnej w czasie zabiegu ma kilka istotnych zalet. Pomaga zrozumieć co dzieje się ze strumieniem powietrza w przypadku zastosowania różnych systemów wentylacji w sali oraz wpływ geometrii urządzeń medycznych na przepływy powietrza. Może być narzędziem pomagającym przewidzieć parametry komfortu i czystości mikrobiologicznej powietrza w czasie operacji, a co najważniejsze - może być istotnym czynnikiem w procesie podejmowania decyzji o wyborze systemu i jego szczegółowych ustawień oraz ich optymalizacji na etapie projektu.

Parametry izolacyjne odzieży medycznej mają znaczący wpływ na komfort pracy w sali operacyjnej. Dr inż. **Magdalena Młynarczyk** (Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy) omówiła czynniki wpływające na izolacyjność cieplną odzieży, metody jej pomiaru a także wyniki badań przeprowadzonych w komorze klimatycznej i za pomocą manekinów termicznych. Przedstawiła również własne badania dotyczące metod redukcji obciążenia cieplnego chirurgów i pozostałych członków zespołu medycznego.

Ostatnią prezentację przedstawił dr inż. **Piotr Uścinowicz** (PM Group), który omówił wyniki prowadzonych przez siebie badań dotyczących warunków środowiska cieplnego w salach chorych. Badania jednoznacznie wskazują, że w salach chorych pacjenci narzekają na zbyt ciepłe warunki, jednocześnie metody stosowane do prognozowania odczuć cieplnych użytkowników (wskaźnik PMV) nie w pełni pasują do prognozowania odczuć osób chorych.

Na tym konferencję zakończono.

Druga edycja konferencji planowana jest na 25 marca 2022 r. Zapraszamy do śledzenia informacji przedstawianych na stronie klimatyzacjawszpitalach.is.pw.edu.pl. ■

Problemy i rozwiązania wentylacji kuchni przemysłowych

Problems and solutions of ventilation in commercial kitchens

ANNA CHARKOWSKA

DOI 10.36119/15.2021.4.2

Wentylacja i klimatyzacja kuchni przemysłowych, ze względu na wymagania dotyczące bezpieczeństwa i komfortu pracy personelu, różnorodność pomieszczeń zaplecza gastronomicznego o różnych wymaganiach higienicznych oraz warunkach cieplno-wilgotnościowych, jest zagadnieniem, które dopiero od niedawna można rozwiązać z wykorzystaniem aktualnych aktów prawnych, opisujących najnowocześniejsze metody obliczeniowe i urządzenia. Wprowadzane od 2016 do 2020 roku kolejne części normy PN-EN 16282 pozwalają na zastosowanie w praktyce projektowej zalecanych rozwiązań wentylacji ogólnej nawiewno-wywiewnej i wentylacji wyciągowej powietrza przez okapy lub sufity wywiewne. W artykule, po przypomnieniu wycofanych krajowych Rozporządzeń, które odnosiły się do tego zagadnienia oraz Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady z 2004 roku, przedstawiono metody obliczeniowe powietrza wentylacyjnego (wstępne i dokładne) oraz opisano zalecenia dotyczące urządzeń wentylacyjnych stosowanych w kuchniach przemysłowych.
Słowa kluczowe: kuchnie przemysłowe, wentylacja, klimatyzacja, parametry powietrza, strumień powietrza wentylacyjnego, urządzenia wentylacyjne, okapy, sufity wentylacyjne, nawiewniki i wywiewniki, przewody wentylacyjne, separatory aerozoli, filtry powietrza, stałe urządzenia gaśnicze

Ventilation and air conditioning of commercial kitchens, due to the requirements for the safety and comfort of staff work, the variety of catering facilities with different hygienic requirements and thermal and humidity conditions, is an issue that can only recently be solved using current legal acts describing the most modern calculation methods and devices. The subsequent parts of the PN-EN 16282 standard, introduced from 2016 to 2020, allow for the use in design practice of the recommended general supply and exhaust ventilation solutions and air exhaust ventilation through kitchen hoods or exhaust ventilation ceilings. The article, after recalling the withdrawn national Regulations that referred to this issue and the Regulation (EC) of the European Parliament and of the Council of 2004, presents the calculation methods of ventilation air (preliminary and accurate) and describes the recommendations for ventilation devices used in commercial kitchens.
Keywords: commercial kitchens, ventilation, air conditioning, air parameters, ventilation air flow, ventilation equipment, hoods, ventilation ceilings, air supply device, air exhaust device, air ventilation ducts, aerosol separators, air filters, fixed fire suppression system

Wstęp

Wentylacja i klimatyzacja pomieszczeń zaplecza produkcyjnego obiektu gastronomicznego jest dla projektanta instalacji zagadnieniem ciekawym i często bardzo trudnym. Napotyka bowiem na problemy wynikające z występowania wielu rodzajów zanieczyszczeń powietrza, podziału obiektu na pomieszczenia i obszary o zróżnicowanym przeznaczeniu oraz różnych zanieczyszczeniach i związaną z tym koniecznością rozdzielenia części czystej od brudnej, nie tylko za pomocą przegród, ale także poprzez obsługiwanie oddzielnymi systemami wentylacyjnymi. Pojawia się kwestia zgromadzenia często na niewielkiej przestrzeni dużej liczby urządzeń technologii kuchennej. W celu zapewnienia dobrych warunków pracy personelowi, konieczna jest odpowiednia wymiana powietrza w pomieszczeniach, odprowadzenie lub rozrzedzenie zanieczyszczeń powietrza oraz utrzymanie parametrów środowiskowych (temperatury, wilgotności i prędkości powietrza) w granicach, zapewniających komfort pracy i sprzyjających wysokiej wydajności pracy.

W zależności od przeznaczenia danego obszaru czy pomieszczenia, powietrze zanieczyszczone jest zapachami, tłuszczem, parą wodną oraz gazowymi produktami spalania i obarczone ciepłem wydzielanym podczas przygotowania potraw.

Jak zauważono w [5], ze względu na wydzielanie zanieczyszczeń o działaniu kancerogennym i mutagennym, kuchnie powinny być traktowane jako obszary z występowaniem czynników uciążliwych lub szkodliwych dla zdrowia. Rodzaj i ilość zanieczyszczeń zależą w szczególności od ilości tłuszczu i temperatury, w jakiej przygotowywane są posiłki. Należą do nich w szczególności aldehydy o krótkich łańcuchach węglowych, takie jak: formaldehyd, aldehyd octowy i akroleina, a także silnie lotne nitrozoaminy

Dr inż. Anna Charkowska, https://orcid.org/0000-0001-6060-9895 – Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska. Adres do korespondencji / Corresponding author: anna.charkowska@pw.edu.pl

i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (np. benzo-a-piren) [13].

W zakładzie gastronomicznym funkcjonalnie i przestrzennie są ze sobą powiązane pomieszczenia, z uwzględnieniem wymagań związanych z produkcją oraz kierunkiem przepływu towarów, pracowników i konsumentów [6].

Chociaż zakłady gastronomiczne cechuje ogromne zróżnicowanie, można rozróżnić następujące działy: magazynowy (z magazynami żywności), produkcyjny, ekspedycyjny (z rozdzielnią kelnerską, usytuowaną między salą konsumencką, zmywalnią naczyń stołowych a kuchnią i zmywalnią naczyń stołowych), handlowy, administracyjno-socjalny.

W dziale produkcyjnym znajdują się przygotowalnie wstępne i właściwe (przygotowalnia wstępna ziemniaków i warzyw, przygotowalnia wstępna mięsa, przygotowalnia wstępna ryb, pomieszczenie sterylizacji jaj, przygotowalnia właściwa mięsa, przygotowalnia właściwa ziemniaków i warzyw, przygotowalnia właściwa ryb), przygotowalnia wyrobów mącznych oraz przygotowalnia lodów i deserów, kuchnia potraw zimnych i kuchnia potraw gorących, magazyn dobowy, pokój szefa kuchni, zmywalnia naczyń kuchennych, zmywalnia naczyń stołowych, wydawalnia potraw (rozdzielnia kelnerska w restauracji). Kuchnia potraw zimnych służy do przygotowania potraw nie wymagających obróbki cieplnej (śniadań i kolacji), za wyjątkiem hoteli, w których w takim pomieszczeniu także przygotowuje się śniadania z daniami gorącymi, takimi jak potrawy z jaj, parówki, itp. [6]. W kuchni głównej (potraw gorących) przeprowadza się obróbkę właściwą (czystą) surowców (porcjowanie, panierowanie mięsa i ryb, rozdrabnianie warzyw i owoców lub formowanie potraw mącznych) oraz obróbkę termiczną potraw. Niezwykle istotny dla projektanta wentylacji, podział na część czystą i brudną obiektu można, przynajmniej częściowo, znaleźć w zapisach Rozporządzenia [26]. Natomiast nową i nowoczesną pomocą, wytycznymi, w kompleksowym podejściu do problematyki systemów wentylacji i klimatyzacji jest grupa norm PN-EN 16282 Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych. Obecnie (od lipca 2020 r.), jako normy polskie dostępnych jest osiem części tej normy. W niniejszym artykule zostały one opisane i przedstawiono najważniejsze poruszane w nich zagadnienia.

Wymagania prawne

Wymagania prawne dotyczące wymiany powietrza i wentylacji czy klimatyzacji w zakładach produkujących lub wprowadzających do obrotu środki spożywcze były przedstawione w poniższych rozporządzeniach (do ich uchylenia w 2000 i 2006 roku):

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 lutego 2000 r. w sprawie warunków sanitarnych oraz zasad przestrzegania higieny przy produkcji i obrocie środkami spożywczymi, używkami i substancjami dodatkowymi dozwolonymi (Dz.U.2000.30.377) [26],
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 kwietnia 2004 r. w sprawie wymagań higieniczno-sanitarnych w zakładach produkujących lub wprowadzających do obrotu środki spożywcze (Dz.U. 2004.104.1096) [25].

Na mocy Ustawy [29] wymaga się, aby podmioty działające na rynku spożywczym były obowiązane przestrzegać w zakładach wymagań higienicznych określonych w Rozporządzeniu (WE) Nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady (Art. 59.1) [23].

Wymienione w [29] Rozporządzenie (WE) [23] dotyczy higieny środków spożywczych. W Załączniku II zamieszczono ogólne wymogi higieny dla wszystkich przedsiębiorstw sektora spożywczego. Rozdział I tego załącznika ma zastosowanie do wszystkich pomieszczeń

Tabela 1. Porównanie wymagań dotyczących wentylacji w zakładach gastronomicznych
Table 1. Comparison of ventilation requirements in catering establishments

Dz.U. 2000.30.377 [26]	Dz.U. 2004.104.1096 [25]	Rozporządzenie (WE) Nr 852/2004 [23]
§10.11 (..) W pomieszczeniach produkcyjnych, do których ze względów technicznych oraz szczególnych wymagań higieny produkcji nie jest wskazane stosowanie okien otwieranych, należy zapewnić właściwą wymianę powietrza przez zastosowanie wentylacji mechanicznej, a w razie potrzeby – klimatyzacji. §13.1. W pomieszczeniach powinna być wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna, zgodna z wymaganiami bezpieczeństwa i higieny pracy. 2. Nad otwartymi urządzeniami, z których wydobywa się para, pył, dym itp., powinny być zainstalowane okapy z wyciągiem mechanicznym (odciągi miejscowe) 3. Na otworach wentylacyjnych powinny być zainstalowane kratki z materiału nierdzewnego, o konstrukcji łatwej do zdejmowania (demontażu) i mycia. 4. Usytuowanie nawiewu i wywiewu powietrza powinno umożliwiać swobodny ruch powietrza w całym pomieszczeniu, bez tworzenia się tzw. martwych stref. Kierunek przepływu powietrza powinien odbywać się od strony, w której nie występują zanieczyszczenia gazowe, tj. od strony czystej do strony brudnej pomieszczenia. 5. Pomieszczenia o różnym poziomie wymagań sanitarnych nie mogą być łączone we wspólny układ wentylacji mechanicznej. §14.1 (..) temperatura i wilgotność w pomieszczeniach powinny być dostosowane do wykonywanych w nich czynności i odpowiadać wymogom bezpieczeństwa i higieny pracy. §31.2 Procesy produkcyjne brudne, jak np. czyszczenie warzyw, ryb, mycie i dezynfekcja jaj, muszą być prowadzone w wydzielonych pomieszczeniach, z zachowaniem izolacji od procesów produkcyjnych czystych. 3. Wszystkie etapy procesu produkcyjnego, łącznie z pakowaniem, a w zakładach żywienia zbiorowego – łącznie z wydawaniem potraw konsumentom, powinny przebiegać bez zbędnych przestojów w warunkach chroniących artykuły spożywcze przed zanieczyszczeniem, zepsuciem i rozwojem drobnoustrojów chorobotwórczych.	§7.1. W pomieszczeniach zapewnia się, stosownie do potrzeb, grawitacyjną lub mechaniczną wentylację, wykluczającą możliwość przepływu powietrza z obszaru zanieczyszczonego do obszaru czystego. 2. Systemy wentylacyjne muszą być tak skonstruowane, aby umożliwiać łatwy dostęp do filtrów i innych części wymagających czyszczenia lub wymiany. 3. Otwory rewizyjne nie mogą znajdować się w pomieszczeniach produkcyjnych lub obróbki żywności §19.2. Przedsiębiorcy wykonujący działalność w obiektach, o których mowa w ust. 1 (obiekty ruchome i tymczasowe), oraz prowadzący automaty zapewniają w szczególności: 6) dostęp do odpowiednich urządzeń służących do utrzymywania i monitorowania właściwych warunków temperaturowych żywności, 7) przechowywanie żywności w sposób pozwalający na uniknięcie ryzyka jej zanieczyszczenia	Załącznik II, Rozdział I, Ogólne wymagania dotyczące pomieszczeń żywnościowych: 5. Muszą istnieć odpowiednie i wystarczające systemy naturalnej lub mechanicznej wentylacji. Trzeba unikać mechanicznego przepływu powietrza z obszarów skażonych do obszarów czystych. Systemy wentylacyjne muszą być tak skonstruowane, aby umożliwić łatwy dostęp do filtrów i innych części wymagających czyszczenia lub wymiany.

żywnościowych, z wyjątkiem tych, do których stosuje się rozdział III, a rozdział II dotyczy wszystkich pomieszczeń, w których przygotowuje się, poddaje obróbce lub przetwarza żywność, z wyjątkiem miejsc spożywania i pomieszczeń, do których stosuje się rozdział III. Jedynie w Rozdziele I zapisano wymagania dotyczące wentylacji.

W Wytycznych dotyczących wykonania niektórych przepisów rozporządzenia (WE) nr 852/2004 [32] zamieszczono m.in. wyjaśnienia pojęć stosowanych w [23]. Stwierdzono, że pojęcie „pomieszczenia żywnościowe" nie ogranicza się do pomieszczeń, w których pracuje się ze środkami spożywczymi lub się je przetwarza. Dodatkowo obejmują one, w odpowiednich przypadkach, bezpośrednio sąsiadujący obszar w obrębie terenu prowadzenia działalności przez przedsiębiorstwo spożywcze [32]. Z tego też powodu w tabeli 1 zacytowano wymagania dotyczące wentylacji z Rozdziału I.

W tabeli 1 zamieszczono wymagania dotyczące wymiany powietrza, wentylacji, klimatyzacji oraz parametrów powietrza w zakładach gastronomicznych, podane w [23], [25], [26]. Dodane też zostały zalecenia dotyczące przechowywania żywności, gdyż wiąże się to z np. kierunkiem przepływu powietrza oraz przykładowe pomieszczenia brudne (rozdzielenie systemów wentylacji).

Na podstawie zapisów w aktualnych i w uchylonych dokumentach prawnych, projektant nie uzyskuje pełnej wiedzy dotyczącej wentylacji i klimatyzacji części produkcyjnej zakładów gastronomicznych. Z tego też powodu, jeszcze niedawno jedynym rozwiązaniem było albo odniesienie się do Wytycznych wydanych w 1980 roku [31], albo zastosowanie zasad projektowania wentylacji przedstawionych w wytycznych VDI 2052-1 [30] i 7 częściach normy DIN 18869 [2].

W efekcie prac Komitetu Technicznego CEN/TC 156 „Ventilation for buildings" pojawiły się normy z grupy EN 16282, przyjęte, począwszy od 2016 do 2020 roku, jako normy polskie:

1. PN-EN 16282-1:2017-09E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 1: Ogólne wymagania włącznie z metodą obliczeń.
2. PN-EN 16282-2:2016-12E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 2: Wentylacyjne okapy kuchenne; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa.
3. PN-EN 16282-3:2016-12E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 3: Kuchenne sufity wentylacyjne; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa.
4. PN-EN 16282-4:2016-12E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 4: Wloty i wyloty powietrza; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa.
5. PN-EN 16282-5:2017-09E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych -Część 5: Kanały wentylacyjne; Projektowanie i wymiarowanie.
6. PN-EN 16282-6:2020-06 , Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 6: Separatory aerozoli; Projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa
7. PN-EN 16282-7:2017-09E Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 7: Instalacja i wykorzystanie stałych urządzeń gaśniczych.
8. PN-EN 16282-8:2017-09E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 8: Instalacje do oczyszczania oparów z gotowania; Wymagania i badania.

Czytając zapisy w normach EN 16282 jest oczywiste, że są one oparte na wytycznych VDI 2052 [30] i grupie norm DIN 18869 [2] [28]. Jest to, z punktu widzenia polskich projektantów, duże udogodnienie – niemiecka metodyka obliczeniowa była i jest bowiem dość często stosowana i na nią powołują się niektóre firmy oferujące urządzenia wentylacyjne dla kuchni zawodowych.

Aby na koniec podkreślić, że problem wentylacji w części produkcyjnej obiektów gastronomicznych był od bardzo dawna brany w Polsce pod uwagę przez ustawodawcę, dobrze jest zajrzeć do uchylonego dopiero w dn. 21.07.2000 r. Rozporządzenia Ministra Opieki Społecznej z dnia 13 maja 1937 r. w sprawie przepisów sanitarnych dla publicznych miejsc spożycia [24], w którym odniesiono się do konieczności zapewnienia wymiany powietrza zarówno w pomieszczeniach dla gości, jak i dla pracowników, narzucając następujące wymagania:

§ 8. 1. Kuchnie powinny być dostatecznie obszerne, widne, suche i należycie przewietrzane; powinny mieć (..) odpowiednie urządzenia wentylacyjne.

§ 2. 2. Pomieszczenia przeznaczone dla gości powinny być dokładnie przewietrzane codziennie po zamknięciu zakładu i przed jego otwarciem; w czasie, gdy zakład jest czynny, wymiana powietrza powinna odbywać się drogą sztucznej wentylacji, a jeśli na to pozwala ciepłota zewnętrzna, również przez otwieranie okien, tak aby powietrze stale było czyste.

3. W porze chłodnej pomieszczenia, w których przebywają goście i pracownicy, powinny być ogrzewane.

Wentylacja ogólna i miejscowa

Wentylacja ogólna części produkcyjnej

W pierwszej części normy PN-EN 16282-1 [13] przedstawiono wymagania cieplno-wilgotnościowe, rodzaje przepływu powietrza, prędkość powietrza w strefie pracy, dopuszczalny poziom dźwięku oraz metodykę obliczeniową strumieni powietrza dla wentylacji ogólnej i miejscowej wentylacji wywiewnej oraz podstawowe zalecenia higieniczne.

Jak stwierdzono w [13], podczas przygotowania żywności, przechowywania i dystrybucji ze względów higienicznych należy zapobiegać jej skażeniu drobnoustrojami przez przepływający strumień powietrza wentylacyjnego, a także zapobiegać przenoszeniu się w strumieniu powietrza zapachów, zanieczyszczeń i substancji gazowych. W przypadku istnienia różnych wymagań higienicznych dla poszczególnych obszarów kuchni, wymagania te należy spełnić poprzez odpowiednią organizację przepływu strumieni powietrza w pomieszczeniu/pomieszczeniach. Jednak, jeśli to możliwe, wszystkie strumienie powietrza nawiewanego i wywiewanego dla poszczególnych stref powinny być zbilansowane w obrębie całej kuchni. Dopuszcza się niewielkie podciśnienie powietrza w kuchni w stosunku do otaczających ją obszarów. W takim przypadku należy wykluczyć przepływ powietrza z pomieszczeń o niższych standardach higienicznych. Instalacja wentylacji i klimatyzacji musi doprowadzać wyłącznie powietrze zewnętrzne. Wymiennik do odzysku ciepła może być zastosowany jedynie po odpowiedniej filtracji powietrza usuwanego.

Zastrzeżono w [13], że wymagania higieniczne należy uzgodnić z technologiem kuchni, projektantami instalacji wentylacji i klimatyzacji oraz, w razie potrzeby, organami nadzoru.

Proponuje się dwa rozwiązania przepływu powietrza wentylacyjnego w kuchni głównej: wentylację mieszającą (z poziomym i pionowym nawiewem powietrza za pomocą nawiewników umieszczonych

w suficie lub w ścianie oraz nawiewem przez moduły wentylacyjne stanowiące integralną część okapu) i wyporową (nawiewniki sufitowe, nawiewniki ścienne zawieszone nad strefą pracy na wysokości 2,0 m i nawiewniki podłogowe, montowane tuż nad na wysokości 0,2 m).

Analizując badania warunków przepływu powietrza w kuchni głównej zauważono, że rozwiązaniem prowadzącym do znaczącej poprawy jakości powietrza jest wentylacja wyporowa. I z tego powodu ten system przedstawiono w [13] jako preferowany.

W normie [13] zamieszczono wykres psychrometryczny z naniesionym obszarem komfortu, ograniczonym przez wartości temperatury powietrza 18-26°C, wilgotności względnej 30-90% i zawartości wilgoci 11,5 g/kg. Temperatura powietrza w pomieszczeniach kuchennych i w zmywalni powinna zawierać się w zakresie 18-26°C, wyjąwszy sytuację i obszary, w których przekroczenie górnej granicy jest nieuniknione ze względu na procesy technologiczne. Zalecany zakres nie obejmuje sezonowej, podwyższonej temperatury powietrza. Na podstawie krajowych wymagań powinno się podejmować decyzję o zastosowaniu chłodzenia powietrza. Parametry powietrza zostały przedstawione dla pracownika ubranego w odzież o współczynniku izolacyjności cieplnej wynoszącej 0,6 clo.

Ponieważ w kuchniach nie zawsze i nie w każdym miejscu można zapewnić wskazane w normie zalecane parametry powietrza, ocenione jako komfortowe, projekt systemu wentylacji i klimatyzacji można oprzeć na maksymalnej zawartości wilgoci w powietrzu wynoszącej 16,5 g/kg. Jednak podkreślono, że w obszarach komfortu zawartość wilgoci w powietrzu powinna wynosić maksymalnie 11,5 g/kg, a wilgotność względna 65%. Z powodu braku wiarygodnych danych dotyczących wymaganej dolnej granicy wilgotności względnej powietrza, można przyjąć wilgotność względną wynoszącą 30% jako granicę komfortu (niezależnie od temperatury powietrza w pomieszczeniu), przy czym dopuszczalne są sporadyczne spadki wilgotności względnej poniżej tej wartości.

Kolejnym parametrem kształtującym środowisko powietrzne jest prędkość powietrza. W strefie pracy jest ona zależna od temperatury powietrza. Wynosi od 0,22 m/s dla temperatury 18°C do 0,54 m/s dla 34°C.

Podczas kontroli warunków cieplno-wilgotnościowych temperaturę i wilgotność powietrza powinno się mierzyć na wysokości 1,10 m nad podłogą w odległości 0,50 m od urządzeń technologicznych, a prędkość powietrza na wysokości 1,70 m.

Strumienie powietrza usuwanego przez okapy/wywiewne sufity wentylacyjne

W celu określenia strumienia powietrza usuwanego przez okap lub sufit wywiewny w [13] rozróżniono dwa rodzaje obliczeń:

- obliczenia wstępne (wskaźnikowe) jako punkt wyjścia w pierwszych fazach projektu (zaznaczono, że szczególnie dla kuchni gorącej nie mogą one zastąpić dokładnych obliczeń; proponowane są do stosowania w przypadku braku lub niepełnych danych dotyczących wyposażenia kuchni):
  - wskaźnikowe ilości powietrza wentylacyjnego w zależności od powierzchni i przeznaczenia, np. dla kuchni od 90 do 120 $m^3/h\ m^2$ podłogi,
  - metoda obliczeniowa oparta na wartości prędkości powietrza w wolnej przestrzeni pomiędzy wlotem powietrza do okapu i płaszczyzną roboczą urządzenia kuchennego (prędkość od 0,15 do 0,3 m/s) stosowana, gdy znane są podstawowe informacje o urządzeniach technologicznych; w obliczeniach uwzględnia się, poza ww. prędkością, obwód okapu i odległość pomiędzy wlotem do okapu i powierzchnią roboczą,
- obliczenia szczegółowe (metoda dokładna) - metoda ciepła konwekcyjnego.

W metodzie ciepła konwekcyjnego, służącej do obliczenia strumienia powietrza usuwanego przez okap lub sufit, a w konsekwencji do doboru i zwymiarowania okapu lub sufitu, zalecanej także np. w wytycznych brytyjskich [27], uwzględnia się:

- ciepło jawne oddawane w wyniku konwekcji,
- średnicę hydrauliczną okapu,
- odległość pomiędzy powierzchnią roboczą a płaszczyzną wlotu powietrza do okapu,
- współczynnik równoczesności pracy urządzeń kuchennych,
- współczynnik korekcyjny, związany z lokalizacją urządzeń kuchennych (dla okapu przyściennego 0,63, dla okapu nad wyspą kuchenną 1,0),
- współczynnik korekcyjny, związany z rodzajem wentylacji i typem nawiewników (wentylacja mieszająca 1,2-1,25, wentylacja wyporowa 1,05-1,1).

W celu określenia ciepła oddawanego w wyniku konwekcji przez użytkowane urządzenia kuchenne, można zastosować wartości wskaźnikowe podane w jednej z tabel w normie [13], określone jako ciepło jawne całkowite wydzielane przez dane urządzenie odniesione do jego mocy znamionowej (przyjęto uproszczenie, że zarówno ciepło oddane w wyniku konwekcji, jak i na drodze promieniowania stanowi 50% całkowitego ciepła jawnego). W [13] zamieszczono wykaz najczęściej stosowanych w kuchniach urządzeń technologicznych wydzielających ciepło jawne i parę wodną (lub tylko ciepło) i dla nich podano wskaźniki służące do obliczenia ciepła konwekcyjnego i emisji pary wodnej (analogicznie jak w przypadku wydzielanego przez urządzenia ciepła, odniesione do mocy znamionowej urządzenia kuchennego).

Ponieważ w kuchni gorącej podczas przygotowania potraw poza ciepłem wydziela się także para wodna, zaleca się wykonanie także obliczenia strumienia powietrza usuwanego przez okap określonego w oparciu o emisję pary wodnej. Większy ze strumieni powietrza uzyskany po wykonaniu obu obliczeń będzie podstawą zwymiarowania okapu lub sufitu wywiewnego.

W normie [13] zaznaczono, że w przypadku zastosowania okapu indukcyjnego (ze strugą powietrza nawiewaną z obrzeża okapu w kierunku otworu wylotowego powietrza usuwanego z okapu, zwaną wiązką wychwytującą, wspomagającą usuwanie gorącego powietrza spod okapu przez filtry do przewodów wywiewnych, powodując zwiększenie efektywności pracy okapu), do strumienia powietrza usuwanego obliczonego z wykorzystaniem metodyki ciepła konwekcyjnego (lub emisji pary wodnej) należy dodać wiązkę indukcyjną wychwytującą. W przypadku okapów kondensacyjnych usuwających ciepłe i wilgotne powietrze w zmywalni strumień powietrza musi być obliczony na podstawie emisji pary wodnej.

Dla pomieszczeń pomocniczych, takich jak np. przygotowalnie mięsa, ryb, drobiu, warzyw proponuje się obliczanie strumienia powietrza wentylacyjnego na podstawie wartości wskaźnikowych (25 $m^3/h\ m^2$ podłogi) [13].

Wzory, tabele i wykresy służące do obliczenia strumieni powietrza zostały zamieszczone w publikacjach [1], [7].

Okapy i sufity kuchenne

W części 2 i 3 normy [14], [15] opisano rodzaje i typy okapów kuchennych

oraz kuchennych sufitów wentylacyjnych ze szczególnym zwróceniem uwagi na wymagania dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy.

Zostały sklasyfikowane, opisane i zilustrowane różne rozwiązania okapów (oznaczenia od B1 do B12) i stropów nawiewnych i wywiewnych (oznaczenia od C1 do C3). W [3] zauważono, że najbardziej popularnymi okapami w Polsce są okapy:

- wywiewne skrzyniowe (B1, B6),
- kompensacyjne z nawiewem powietrza świeżego (B5),
- kompensacyjne z systemami indukcyjnymi (z tzw. wiązką wychwytującą) i z nawiewem powietrza świeżego (B4, B10).

Okapy niskiego montażu oznaczone jako B11 przeznaczone są głównie dla frytkownic, B12 dla grilli, a okapy indukcyjne ze skośnym dachem (B3) mogą mieć zastosowanie wszędzie tam, gdzie wytwarzana jest bardzo duża ilość pary wodnej [4].

Zwrócono uwagę na wymagania dotyczące konstrukcji okapu wynikające z konieczności zapewnienia higieny podczas przygotowywania potraw poprzez zlikwidowanie zagrożenia związanego ze skapywaniem tłuszczu z filtra i innych elementów konstrukcyjnych okapów.

Zalecono, aby okap (dolna krawędź okapu) był zawieszony nad podłogą na wysokości 2,0 – 2,5 m. W przypadku okapów o specjalnych funkcjach (osłony grilla i okapy barowe / kontuarowe) odległość może być inna, np. dla okapu nad grillem: równa lub mniejsza niż 1,2 m. Natomiast odległość pomiędzy najniżej umieszczoną krawędzią znajdującego się w okapie separatora aerozoli (filtra tłuszczowego) a górną krawędzią powierzchni roboczej powinna wynosić co najmniej 0,45 m, aby uniknąć ryzyka wystąpienia za wysokiej temperatury lub pożaru w separatorze. Jeśli ta odległość jest mniejsza niż 0,45 m, należy zainstalować system tłumienia ognia.

Ważnym aspektem wymiarowania okapu lub stropu wywiewnego jest określenie jego wysięgu. Różnica wymiarów tych urządzeń i znajdującego się pod nimi miejsca przygotowania potraw (wysięg okapu/stropu) jest określona przez kąt rozpływu strumienia ciepłego powietrza unoszącego się konwekcyjnie znad stanowiska pracy do okapu/stropu. Wynosi on 15° dla okapu zawieszonego do wysokości 2,3 m i 20° dla okapu zawieszonego powyżej 2,3 m nad podłogą i musi być określany w stosunku do wewnętrznej krawędzi okapu. Wysięg okapu musi wynosić przynajmniej 30 cm, a jeśli jest to okap nad np. piecem konwekcyjno-parowym (z otwieranymi do przodu drzwiczkami) 60 cm.

Zalecana prędkość przepływu powietrza w króćcu powietrza usuwanego z okapu powinna wynosić 4 m/s i nie może przekraczać 6 m/s. Króćce powietrza wywiewanego powinny być wyposażone w urządzenie umożliwiające regulację strumienia objętości [14].

Elementy konstrukcyjne okapów i stropów powinny być wykonane ze stali nierdzewnej. Norma dopuszcza zastosowanie aluminium (lub miedzi) do wykonania elementów wykończenia powierzchni nawiewników w okapach. Z reguły stal nierdzewna stosowana w gastronomii to stal AISI 304. W przypadkach, w których są wyższe wymogi antykorozyjne, np. w okapach morskich, stosuje się stal AISI 316 o podwyższonych właściwościach [3].

Zaleca się stosowanie w okapach zintegrowanych urządzeń czyszczących separatory aerozolu (bez konieczności ich demontażu). Powinna istnieć możliwość automatycznego i ręcznego uruchamiania procesu mycia lub czyszczenia z kontrolą czasu za pomocą zewnętrznej jednostki sterującej [14].

W normie [15] opisano budowę wentylacyjnych sufitów kuchennych nawiewnych i wywiewnych: otwartych i zamkniętych. Identycznie, jak w przypadku okapów, zanieczyszczone powietrze wywiewane z kuchni z wykorzystaniem sufitu wywiewnego, należy oczyścić przed wlotem do przewodu powietrznego lub plenum wentylacyjnego za pomocą skutecznego separatora aerozoli.

Powietrze nawiewane przez sufit kuchenny powinno być doprowadzane do strefy pracy z małą prędkością. Panele powietrza nawiewanego należy rozmieścić w taki sposób, aby zapewnić skuteczny odbiór zysków ciepła. Strefy powietrza nawiewanego nie powinny znajdować się nad sprzętem służącym do cieplnej obróbki żywności. Przepływający strumień powietrza nawiewanego nie może zakłócać przepływu strumienia powietrza konwekcyjnego znad urządzeń technologicznych.

Nawiewniki i wywiewniki dla wentylacji ogólnej

W normie [16] sklasyfikowano nawiewniki zalecane do wentylacji ogólnej kuchni – wyporowe zamontowane nad podłogą (ozn. D1) i sufitowe (ozn. D2) oraz nawiewniki wentylacji mieszającej – z nawiewem pionowym, poziomym i stycznym powietrza (ozn. D3). Tylko dla pomieszczeń pomocniczych zaproponowano zastosowanie nawiewników tkaninowych (tekstylnych) (ozn. D4). Ze względu na występowanie w powietrzu w strefie pracy aerozoli, zalecono stosowanie wywiewników powietrza z separatorami (ozn. D6) w pomieszczeniach: kuchni głównej, przygotowalni (miejsc do porcjowania), wydawalni potraw, obszarów do serwowania posiłków (również w sali konsumenckiej), zmywalni naczyń kuchennych, zmywalni naczyń stołowych. W pozostałych pomieszczeniach można stosować wymienniki bez separatorów (ozn. D5).

Zwrócono uwagę na konieczność kontroli stanu higienicznego części wewnętrznych nawiewników powietrza pod kątem zanieczyszczenia (co najmniej raz na pół roku) i w razie potrzeby ich czyszczenia. Natomiast kontrolę czystości powierzchni zewnętrznych zaleca się przeprowadzać codziennie. Nawiewniki tkaninowe i ich poszczególne części także należy regularnie czyścić, nie rzadziej niż co pół roku, a w przypadku widocznego zabrudzenia uprać w wodzie o temperaturze nie niższej niż 60°C przynajmniej przez 15 minut. Analogicznie jak nawiewniki, wywiewniki bez separatora aerozolu i ich poszczególne części należy regularnie czyścić, a ich kontrolę przeprowadzać co najmniej raz na pół roku. Kontrola i czyszczenie separatorów aerozoli zostały omówione w normie [18].

Przewody wentylacyjne

W normie [17] przedstawiono zasady projektowania i wymiarowania sieci przewodów wentylacyjnych, określono wymagane klasy szczelności, zasady kontroli i czyszczenie wnętrza przewodów, jak również klasy filtrów powietrza nawiewanego.

Do wykonania przewodów zalecono zastosowanie materiałów nieulegających deformacji w przypadku pożaru. Wymieniono: stal, stal nierdzewną, beton lub materiały syntetyczne samogasnące w kontakcie z ogniem. Wykluczono stosowanie przewodów elastycznych.

W celu zwymiarowania przewodów zalecono odpowiednie prędkości powietrza w poszczególnych odcinkach instalacji (np. w odgałęzieniach 3-4 m/s, w przewodzie głównym: 4-6 m/s).

Pod względem szczelności przewody powietrza zewnętrznego i nawiewne o przekroju kołowym i prostokątnym powinny spełniać wymagania norm PN-EN 12237:2005P [10] lub PN-EN 1507:2007P [11] - przynajmniej klasa szczelności B, a przewody wywiewne i wyciągowe - klasa szczelności C.

Zwraca się uwagę, że w celu zmniejszenia ryzyka pożaru i łatwiejszego

czyszczenia wnętrza przewodów wywiewnych usuwających powietrze z kuchni z osadzonych zanieczyszczeń, powietrze nimi usuwane powinno być na wlocie do przewodu wywiewnego oczyszczone za pomocą skutecznego separatora aerozoli.

Powietrze nawiewane powinno być oczyszczone za pomocą dwóch filtrów powietrza: filtra wstępnego przynajmniej klasy M5 i filtra dokładnego przynajmniej klasy F7, choć preferowany jest filtr klasy F9 (wg klasyfikacji zamieszczonej w normie PN-EN 779:2012E [21]). Jeśli w części wywiewnej instalacji zastosowano filtr węglowy i/lub wymiennik do odzysku ciepła, należy rozważyć dodatkową filtrację powietrza (nie podano dokładniejszych zaleceń). Odnosząc się do najnowszej klasyfikacji filtrów powietrza dla wentylacji ogólnej zamieszczonej w normie PN-EN ISO 16890-1:2019P [22] można przyjąć, że klasie M5 odpowiada klasa ePM10 60% , klasie F7 - ePM1 60%, klasie F9 - ePM1 80-85%.

Zwrócono uwagę na konieczność czyszczenia wnętrza instalacji i związaną z tym konieczność zaprojektowania i wykonania otworów rewizyjnych z klapami rewizyjnymi: przed i za przepustnicami, przeciwpożarowymi klapami odcinającymi, tłumikami o przekroju kwadratowym, wymiennikiem do odzysku ciepła, za tłumikami o przekroju kołowym [17]. Wymiary otworów powinny być zgodne z zaleceniami zamieszczonymi w normie PN-EN 12097:2007P [9]. W prostych odcinkach przewodów należy montować otwory rewizyjne maksymalnie co 3,0 m [17]. W przewodach wywiewnych i wyciągowych z okapów otwory rewizyjne muszą być zlokalizowane przy trójnikach, zmianach przekroju przewodu, kolanach i miejscach montażu elementów instalacji.

Na czystość instalacji należy zwrócić uwagę już na etapie transportu i składowania na placu budowy. Zamontowane przewody wentylacyjne i wyposażenie powinny być regularnie, przynajmniej raz na 6 miesięcy, kontrolowane pod kątem wystąpienia zanieczyszczeń i w razie potrzeby – czyszczone. Kontroli należy poddać przynajmniej następujące elementy instalacji: filtry, przepustnice, wentylatory, wymienniki do odzysku ciepła, nagrzewnice i chłodnice. Ze względu na wysokie ryzyko mikrobiologiczne, należy zwrócić uwagę na możliwość pojawienia się kondensatu.

Przynajmniej raz w roku (lub częściej, jeśli są takie wymagania narzucone przez nadzór), cała instalacja musi być dokładnie skontrolowana i testowana pod kątem prawidłowego działania.

Metody czyszczenia instalacji z pyłu i dopuszczalne ilości zanieczyszczeń pyłowych zostały omówione w normie PN-EN 15780:2011E [12] (nie opisano w tej normie metody usuwania warstwy tłuszczu).

Separatory tłuszczu

Norma PN-EN 16282-6 [18] dotyczy projektowania, instalacji i eksploatacji separatorów aerozoli wykorzystywanych w systemach wentylacyjnych w kuchniach przemysłowych.

W grupie norm PN-EN 16282 wprowadzono definicje takich urządzeń oczyszczających powietrze, jak separator i filtr. Określono separator jako urządzenie do efektywnego oddzielania unoszących się w powietrzu cząstek stałych lub ciekłych, działające w efekcie działania sił mechanicznych, które powodują wytrącanie cząstek ze strumienia powietrza, a filtr jako specyficzny separator magazynujący w swojej strukturze zanieczyszczenia, wykonany w postaci uporządkowanej lub nieuporządkowanej struktury wielu pojedynczych włókien, siatki drucianej lub materiałów porowatych (przykładem filtra z włókien są filtry tkaninowe, z siatki drucianej – filtry siatkowe, przykładem materiałów porowatych – węgiel aktywny).

Zaznaczono, że nie jest dozwolone stosowanie filtrów siatkowych jako jedynego stopnia filtracji. Można je używać w kombinacji z separatorami i stanowią wówczas drugi stopień oczyszczania. Separator powinien być skonstruowany w taki sposób, aby zapewnić samoczynne odprowadzanie aerozolu (tłuszczu), bez możliwości gromadzenia tłuszczu, chyba, że element, w którym gromadzi się tłuszcz jest zintegrowany z separatorem i nie jest możliwe cofnięcie się tłuszczu do instalacji.

Rozróżniono dwa rodzaje separatorów tłuszczu (filtrów tłuszczowych) przeznaczonych do okapów i sufitów wywiewnych: F-1 – spełniające wymagania testu penetracji płomienia, F-2 – nie spełniające tych wymagań. Separatory typu F-2 nie mogą być stosowane nad urządzeniami technologicznymi o podwyższonym ryzyku pożaru. Podczas testu penetracji płomienia sprawdza się, czy podczas trwającego 1 minutę badania nie pojawiły się za separatorem płomienie. Wymaganie dla separatora typu F-1 podczas testu - brak płomieni za separatorem.

Stałe urządzenia gaśnicze.

W normie PN-EN 16282–7 [19] opisano wykorzystanie stałych urządzeń gaśniczych. Wszystkie urządzenia kuchenne, w których wykorzystuje się olej lub inny tłuszcz, uważane są za stwarzające zagrożenie pożarowe i powinny być z tego powodu odpowiednio zabezpieczone. Przede wszystkim dotyczy to frytkownic uważanych za urządzenia o podwyższonym ryzyku wystąpienia pożaru [3], jak również patelni uchylnych, urządzeń do smażenia i grillowania, płyt grillowych, patelni typu wok, pieców i urządzeń na paliwa stałe [18].

Elementy stałego systemu przeciwpożarowego mogą być mocowane do okapów i sufitów używanych do doprowadzania i odprowadzania powietrza z kuchni. Mogą znajdować się w strumieniu powietrza, ale w taki sposób, aby nie zakłócały ani przepływu powietrza podczas wentylacji, ani pracy w kuchni (w szczególności w strefach pracy chronionych urządzeń).

Oczyszczanie powietrza usuwanego z oparów/aerozoli

W normie [20] opisano następujące urządzenia służące do oczyszczania usuwanego powietrza z oparów (aerozoli) powstających podczas obróbki termicznej żywności:

- lampy UV-C,
- ozonatory,
- urządzenia wytwarzające mgłę wodną,
- urządzenia wytwarzające mikrobiologiczne oddziaływanie na aerozole,
- urządzenia wytwarzające utlenianie fotokatalityczne.

Zasada działania lamp UV-C opiera się na wykorzystaniu krótkofalowego promieniowania UV (fotoliza) oraz reakcji chemicznej ozonu (O_3) z cząsteczkami organicznymi (utlenianie). Cząsteczki tłuszczu pod wpływem fotolizy ulegają rozpadowi. Jednocześnie zachodzi proces ozonowania. Pozostałościami procesów są woda, dwutlenek węgla i niewielka ilość spolimeryzowanego tłuszczu [20]. Aby efekt rozkładania tłuszczu i redukcji zapachów był jak najlepszy, usuwane powietrze powinno mieć kontakt z ozonem przez co najmniej 3 sekundy [8].

W celu zapewnienia bezpiecznej pracy w pobliżu okapu z lampami UV-C, w [20] podano maksymalną dopuszczalną wartość natężenia promieniowania UV wynoszącą 0,5 mW/m^2 w odległości 10 cm od urządzenia.

Ze względu na bezpieczeństwo pracowników konieczne są czujniki np. ciśnienia powietrza i przepływu powietrza przez filtr. W przypadku zbyt małego strumienia objętości powietrza ze względów bezpieczeństwa urządzenie musi być wyłączone. Ma to zapobiegać przedostawaniu się

ozonu do miejsca pracy. Lampy UV mogą być włączone jedynie wtedy, gdy pracuje wentylator powietrza usuwanego.

Stężenie ozonu w usuwanym powietrzu z budynku nie może przekraczać 10 ppm (chyba, że krajowe przepisy ustawowe i wykonawcze przewidują bardziej rygorystyczne wymagania).

Praca ozonatorów opiera się na oddziaływaniu pola elektrycznego między elektrodami, w których z tlenu w powietrzu wytwarzany jest ozon, a cząsteczki aerozolu tłuszczowego i zapachowe są poddawane rozpadowi w wyniku reakcji chemicznej (utlenianie). Podobnie jak w przypadku lamp UV-C konieczne są czujniki ciśnienia lub przepływu powietrza. Stężenie ozonu w powietrzu usuwanym z budynku nie może przekroczyć 10 ppm.

Urządzenia wytwarzające mgłę wodną znajdują się w przestrzeni wyciągowej okapu, przez którą przepływa powietrze usuwane znad miejsca termicznej obróbki żywności. Zanieczyszczona woda musi być odprowadzona do kanalizacji. Poza oczyszczaniem usuwanego powietrza z zanieczyszczeń, zimna mgła wodna ochładza powietrze oraz zapobiega wprowadzeniu do przestrzeni wyciągowej okapu iskier i płomieni.

W okapach z urządzeniami wykorzystujące utlenianie fotokatalityczne także nie może być przekroczone maksymalne natężenie promieniowania UV-C (0,5 mW/m^2 mierzone w odległości 10 cm od urządzenia) i stężenie ozonu w powietrzu usuwanym z budynku w miejscu jego usuwania na zewnątrz (10 ppm). W celu zabezpieczenia przed dostawaniem się ozonu do kuchni, konieczne są czujniki ciśnienia lub przepływu powietrza w okapie.

Przed urządzeniem fotokatalitycznym należy zamontować filtr klasy F9 według normy PN-EN 779:2021E [21] (ePM1 80% według PN-EN ISO 16890-1:2019P [22]), wykonany z materiałów odpornych na promieniowanie UV i ozon.

Podsumowanie

Po latach stosowania metod obliczania strumienia powietrza usuwanego przez okapy w kuchniach przemysłowych opartych na wzorach Dalla Valle z przyjmowanego do obliczeń prędkości porywania powietrza lub prędkości powietrza w przestrzeni pomiędzy blatem roboczym a wlotem powietrza do okapu lub zakładania w projekcie, że np. w kuchniach gorących należy zapewnić określoną krotność wymiany powietrza (maksymalnie 40 wymian na godzinę), niezależnie od wielkości zysków ciepła pochodzących od urządzeń technologicznych, projektanci uzyskali bardziej wiarygodną metodę obliczeniową. Zalecana w normie PN-EN 16282-1:2017-09E [13] metoda ciepła konwekcyjnego pozwala na prawidłowy dobór wielkości okapów lub stropów wywiewnych wynikający z emisji ciepła przez urządzenia technologicznie faktycznie stosowane w danym obiekcie gastronomicznym.

Omówienie w kolejnych częściach tej normy urządzeń wentylacyjnych stosowanych do wentylacji ogólnej nawiewno-wywiewnej, pozwala na poszukiwanie rozwiązań wśród nawiewników wyporowych (uznanych w normie jako zalecanych ze względu na komfort pracowników i optymalną współpracę z okapami) oraz nawiewników działających w reżimie wentylacji mieszającej i wentylacyjnych sufitów nawiewnych. Także przedstawienie najnowszych rozwiązań urządzeń oczyszczających powietrze usuwane przez okapy lub sufity wentylacyjne pozwala na zapoznanie się z ich zaletami i problemami pojawiającymi się podczas ich stosowania.

LITERATURA

[9] Charkowska A., Wytyczne projektowania wentylacji i klimatyzacji profesjonalnych kuchni – normy PN-EN 16282-1 ÷ PN-EN 16282-9, Cyrkulacje, nr 45, maj 2018, s. 54-60

[10] DIN 18869, Equipment for commercial kitchens - Components for ventilation

[11] Dzikowski R., Okapy w kuchniach profesjonalnych – projektowanie i bezpieczeństwo, Cyrkulacje, nr 45, maj 2018, s. 60-66

[12] Dzikowski R., Wymiarowanie okapów kuchennych. Bilans powietrza dla kuchni, prezentacja Forum Wentylacja 2018

[13] https://airidea.pl/prawidlowa-wentylacja-kuchni-co-trzeba-wiedziec/

[14] Koziorowska B, Biernat M., Projektowanie technologiczne zakładów gastronomicznych, kuchni hotelowych i szpitalnych, wyd. gastro-projekt.pl

[15] Leciej-Pirczewska D., Projektowanie wentylacji kuchni zbiorowego żywienia zgodne z normami PN-EN 16282-1 oraz VDI 2052, Instal, 2019, nr 4, s. 22-28

[16] Okapy kuchenne z filtrem UV Combilux, Jeven

[17] PN-EN 12097:2007P, Wentylacja budynków -- Sieć przewodów -- Wymagania dotyczące elementów składowych sieci przewodów ułatwiających konserwację sieci przewodów

[18] PN-EN 12237:2005P, Wentylacja budynków -- Sieć przewodów -- Wytrzymałość i szczelność przewodów z blachy o przekroju kołowym

[19] PN-EN 1507:2007P, Wentylacja budynków -- Przewody wentylacyjne z blachy o przekroju prostokątnym -- Wymagania dotyczące wytrzymałości i szczelności

[20] PN-EN 15780:2011E, Wentylacja budynków -- Sieć przewodów -- Czystość systemów wentylacji

[21] PN-EN 16282-1:2017-09E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 1: Ogólne wymagania włącznie z metodą obliczeń

[22] PN-EN 16282-2:2016-12E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 2: Wentylacyjne okapy kuchenne; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa

[23] PN-EN 16282-3:2016-12E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 3: Kuchenne sufity wentylacyjne; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa

[24] PN-EN 16282-4:2016-12E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 4: Wloty i wyloty powietrza; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa

[25] PN-EN 16282-5:2017-09E , Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych -Część 5: Kanały wentylacyjne; Projektowanie i wymiarowanie

[26] PN-EN 16282-6:2020-06 , Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 6: Separatory aerozoli; Projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa

[27] PN-EN 16282-7:2017-09E Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 7: Instalacja i wykorzystanie stałych urządzeń gaśniczych

[28] PN-EN 16282-8:2017-09E, Wyposażenie kuchni przemysłowych - Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych - Część 8: Instalacje do oczyszczania oparów z gotowania; Wymagania i badania

[29] PN-EN 779:2012E, Przeciwpyłowe filtry powietrza do wentylacji ogólnej -- Określanie parametrów filtracyjnych

[30] PN-EN ISO 16890-1: 2019P, Przeciwpyłowe filtry powietrza do wentylacji ogólnej -- Część 1: Specyfikacje techniczne, wymagania i system klasyfikacji określony na podstawie skuteczności filtracji cząstek pyłu (ePM)

[31] Rozporządzenie (WE) Nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie higieny środków spożywczych, Dz.U. L 139 z 30.4.2004

[32] Rozporządzenie Ministra Opieki Społecznej z dnia 13 maja 1937 r. w sprawie przepisów sanitarnych dla publicznych miejsc spożycia, Dz.U. 1937.41.327, data uchylenia: 2000-07-21

[33] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 kwietnia 2004 r. w sprawie wymagań higieniczno-sanitarnych w zakładach produkujących lub wprowadzających do obrotu środki spożywcze, Dz.U. 2004.104.1096

[34] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 lutego 2000 r. w sprawie warunków sanitarnych oraz zasad przestrzegania higieny przy produkcji obrocie środkami spożywczymi, używkami i substancjami dodatkowymi dozwolonymi, Dz.U.2000.30.377

[35] Specification for Kitchen Ventilation Systems, HVCA (Heating and Ventilating Contractors' Association), DW/172, 2005, Wlk. Brytania

[36] Tale-Yazdi G., Überblick zur neuen Norm prEN 16282. Einrichtungen zur Be-und Entlüftung von gewerblichen Küchen, SANITÄR+HEIZUNGS TECHNIK 7/2013, s. 62-66

[37] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, Dz.U. 2006.171.1225

[38] VDI 2052-1, Raumlufttechnische Anlagen für Küchen (Ventilation equipment for kitchens), 04-2017

[39] Wyszatko L. Obliczanie wentylacji kuchni, Biuro Studiów i Projektów Handlu Wewnętrznego i Usług w Warszawie, Warszawa, 1980

[40] Wytyczne dotyczące wykonania niektórych przepisów rozporządzenia (WE) nr 852/2004 w sprawie higieny środków spożywczych, Komisja Europejska Dyrekcja Generalna ds. Zdrowia i Konsumentów, SANCO/1731/2008 Rev. 6, Bruksela, 2009, https://gis.gov.pl/ (dostęp: 16.02.2021).

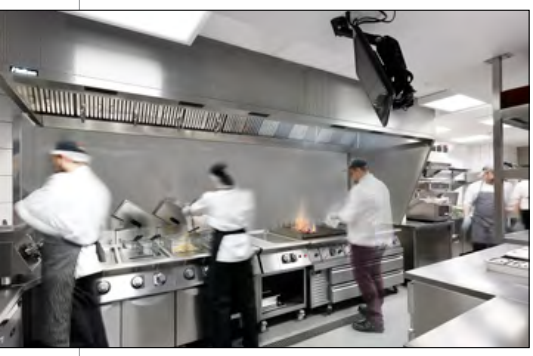
■

Artykuł sponsorowany

System wentylacji dla kuchni z urządzeniami opalanymi paliwem stałym

Kitchen ventilation systems for solid fuel appliances

ROBERT DZIKOWSKI



Fot.
Okapy z zabezpieczeniem ppoż. w restauracji Hard Rock Cafe, Wrocław

Przyrządzanie posiłków w wykorzystaniem urządzeń opalanych paliwem stałym staje się coraz bardziej popularne. Potrawy przyrządzane w takich urządzeniach charakteryzują się niepowtarzalnym aromatem i smakiem, który przyciąga klientów.

Jak powinien wyglądać projekt instalacji wentylacji kuchni, w której mają być wykorzystywane urządzenia opalane paliwem stałym? Czy możemy zastosować analogiczne rozwiązania techniczne jak dla kuchni z urządzeniami zasilanymi elektrycznie lub gazowo?

Zanim odpowiemy na postawione pytania musimy zdać sobie sprawę z ryzyka, które niesie w sobie używanie urządzeń, takich jak: piece Tandori, grille otwarte opalane węglem drzewnym, piece do pizzy opalane drewnem czy bardzo popularne w ostatnim czasie piece grillowe (typu JOSPER, MIBRASA czy KOPA). Ryzyko, które każdy projektant musi wziąć pod uwagę związane jest z wysoką temperaturą spalin, możliwością porywania iskier znad palenisk oraz z możliwością pojawienia się tlenku węgla (CO) lub zbyt dużej ilości dwutlenku węgla (CO_2).

Podsumowując, niebezpieczeństwa w trakcie używania urządzeń opalanych paliwem stałym mogą wydzielać się takie substancje jak:
- tlenek węgla, gaz, który jest bezwonny i wysoce toksyczny,
- kreozot, produkt suchej destylacji drewna, wydziela się on również ze spalin i jest łatwopalny,
- iskry stanowiące źródło ciepła i niebezpieczeństwo pożaru.

Powinniśmy również pamiętać, że urządzenia opalane drewnem oraz urządzenia zasilane węglem drzewnym powinny być rozpatrywane niezależnie. Jest to związane z fundamentalną różnicą w produktach spalania. Polega ona na tym, że w przeciwieństwie do spalania drewna urządzenia opalane węglem drzewnym nie wytwarzają dużych ilości kreozotu i sadzy.

System wentylacji mechanicznej dla urządzeń opalanych drewnem tak jak i okapy, powinien być zawsze niezależny od innych systemów wyciągowych w obiekcie. Natomiast systemy wentylacyjne dla urządzeń opalanych węglem drzewnym, przy zachowaniu wszystkich niezbędnych środków ostrożności, mogą być łączone z systemem wentylacji wyciągowej z okapów, o ile nie ma możliwości wykonania ich jako niezależne.

Podstawowym zabezpieczeniem przed możliwością wzniecenia pożaru jest zastosowanie przerywaczy iskier. Chciałbym zwrócić uwagę, że nawet w przypadku, gdy urządzenia kuchenne są fabrycznie wyposażone w tego typu rozwiązania, iskry z palenisk otwartych mogą wydostać się z urządzenia z ich pominięciem np. w momencie otwarcia drzwi pieca grillowego. W związku z powyższym przerywacze iskier powinny być montowane bezpośrednio w okapach wentylacyjnych znajdujących się nad paleniskami. Rozwiązanie takie będzie wyłapywać iskry w miejscu ich pojawienia się.

Dobrym przykładem przerywacza iskier dostępnego na rynku są okapy wyposażone w system Mgły Wodnej produkowane przez firmę Halton. Mgła wytwarzana jest z wody zimnej doprowadzonej do okapu. Jej podawanie sterowane jest automatycznie przez zintegrowany system automatyki. Aby ograniczyć zużycie wody stosowane są obecnie systemy tzw. „Mgły wodnej na żądanie" wykrywające automatycznie możliwość pojawienia się ognia. W najnowszych systemach okapowych oprócz mgły wodnej zintegrowany jest również separator tłuszczu, co nie było do tej pory stosowane.

Należy pamiętać, że żaden separator iskier nie stanowi 100% zabezpieczenia przed możliwością pojawienia się iskier w instalacji wentylacyjnej. Należy pamiętać również o konieczności wykonywania regularnych jej przeglądów i o potrzebie jej czyszczenia. Dodatkowym atutem rozwiązań firmy Halton jest wyposażenie okapów w system mycia, który może być zautomatyzowany lub ręczny.

Pamiętajmy też, aby zawsze sprawdzić, czy w pobliżu otwartego ognia nie znajduje się frytkownica. Jest to związane z łatwą możliwością zapalania tłuszczu przez iskry z palenisk. Zgodnie z przepisami europejskimi minimalna odległość do frytkownic powinna wynosić 900 mm.

Kolejnym czynnikiem, który musi zostać wzięty pod uwagę przy projektowaniu systemów wentylacyjnych dla palenisk otwartych jest wysoka temperatura spalin.

Systemy z Mgłą Wodną stosowane przez firmę Halton pomagają również zmierzyć się z tym problemem. Spaliny przechodząc przez tą naturalną barierę wodną ochładzają się. Stopień ochłodzenia zależy od wielu czynników i trudny jest do jednoznacznego zdefiniowania. Wpływ na to ma zarówno ilość powietrza wywiewanego, temperatura powietrza kompensacyjnego jak i rodzaj paleniska.

Temperatura spalin z urządzeń opalanych drewnem może dochodzić do 250/300°C. W przypadku zastosowania okapów, w których spaliny zostają rozrzedzone i zmieszane z powietrzem kompensacyjnym, temperatura powietrza wyrzutowego może zostać zredukowana do 90/120°C, a w przypadku zastosowania okapów z Mgłą Wodną jeszcze dodatkowo obniżona[1].

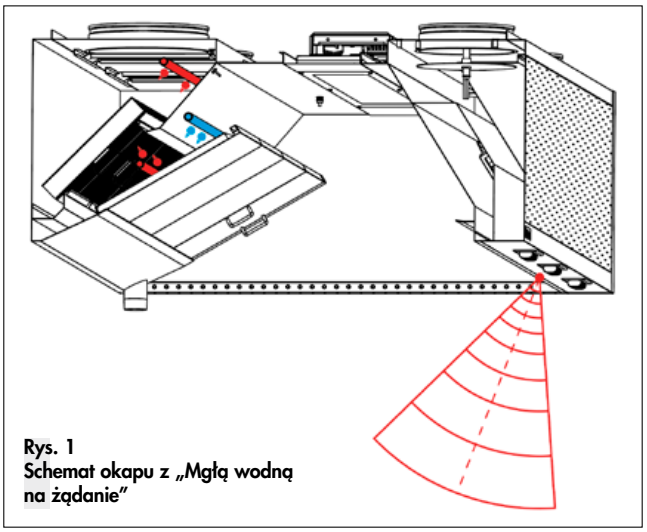
Przykład systemowego rozwiązania dedykowanego dla palenisk opalanych paliwem stałym pokazano na rysunku 1.

Niezbędnym elementem każdego systemu wentylacji okapowej jest prawidłowo zaprojektowana kompensacja powietrza. Obliczając wymagane ilości powietrza dobrą praktyką jest zastosowanie okapów z nawiewem kompensacyjnym, który pokryje około 80% zapotrzebowania powietrza. Pozostała część powinna zostać doprowadzona do pomieszczenia przez dodatkowe nawiewniki wyporowe znajdujące się w kuchni – rys. 2.

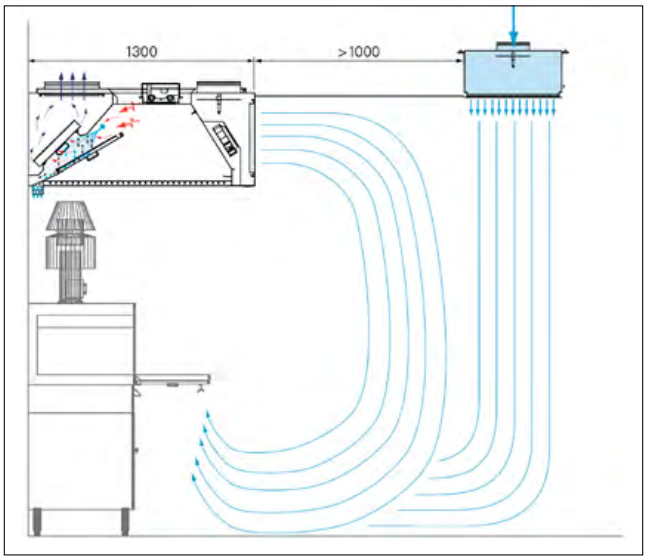
Ostatnim, lecz nie mniej ważnym niebezpieczeństwem, z którym możemy się spotkać w tego typu kuchniach jest awaryjne wyłączenie wentylacji spowodowane np. alarmem pożarowym. W przypadku

[1] zgodnie z danymi z normy DW/ 172

mgr. inż. Robert Dzikowski – Halton Sp. z o.o.



Rys. 1
Schemat okapu z „Mgłą wodną na żądanie"



Rys. 2
Prawidłowo rozwiązany sposób kompensacji powietrza

urządzeń opalanych paliwem stałym nie jest możliwe natychmiastowe ich wyłączenie, jak ma to miejsce w przypadku urządzeń elektrycznych i gazowych. Po wyłączeniu wentylacji z urządzeń opalanych paliwem stałym może wydzielać się nadal tlenek węgla. Zgodnie z zaleceniami przepisów brytyjskich w takim przypadku personel kuchni powinien opuścić kuchnię, a jego ponowne pojawienie się w kuchni może nastąpić dopiero po ponownym włączeniu wentylacji i 15 minutowym przewietrzeniu pomieszczeń.

Wentylacja wywiewna z kuchni, gdzie znajdują się urządzenia opalane paliwem stałym powinna być sprzężona z systemem monitorowania tlenku i dwutlenku węgla.

W przypadku stosowania okapów z Mgłą Wodną firmy Halton, możliwy jest również monitoring temperatury spalin w okapach. Dzięki systemowi Halton Connect (monitoring w chmurze) wszystkie parametry systemu okapów mogą być zdalnie odczytywane.

Na zakończenie pragnę dodać, że sytuacja prawna dotycząca możliwości wykorzystania urządzeń opalanych paliwem stałym w Polsce nie jest jednoznaczna. Przepisy opracowane wiele lat temu nie były aktualizowane w tym zakresie. Powoduje to konieczność uzyskania każdorazowo oddzielnej zgody odpowiednich urzędów na zastosowanie tego typu rozwiązań.

BIBLIOGRAFIA:

[1] Materiały firmy Halton Oy.
[2] Specifications for Kitchen Ventilation Systems DW/172, Wielka Brytania.



Bezpieczeństwo pożarowe w Twojej kuchni nie jest już zmartwieniem. Systemy okapów dla grilli na paliwa stałe.

Podczas obróbki żywności w urządzeniach opalanych paliwem stałym wydziela się nie tylko tłuszcz, ale także smoła i kreozyt.

Ten wysoce łatwopalny koktajl w połączeniu z wysoką temperaturą stanowi duże zagrożenie pożarowe, które powinno być rozwiązane na etapie projektu wentylacji.

Okapy firmy Halton wyposażone w system Mgły Wodnej zmniejszają to ryzyko do poziomu standardowych urządzeń kuchennych. Obniżają temperaturę powietrza wywiewanego, zatrzymują iskry i drastycznie ograniczają gromadzenie się tłuszczu, smoły i kreozotu w przewodach. Wszystko to przy redukcji zużycia wody nawet o 80% i oszczędność energii dzięki zmniejszonym przepływom powietrza wywiewanego. Spokój i zrównoważony rozwój!

Enabling Wellbeing

Halton

www.halton.com - foodservice.pl@halton.com - Tel. +48 22 672 85 81

Wpływ recyrkulacji powietrza wywiewanego na działanie central wentylacyjnych z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego

Effect of exhaust air recirculation on the operation of air handling units with heat recovery from exhaust air

EDWARD PRZYDRÓŻNY, SYLWIA SZCZĘŚNIAK

DOI 10.36119/15.2021.4.3

W artykule przedstawiono zmienność temperatury powietrza oraz sprawności układu: odzysk ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego dla dwóch typowych konfiguracji central wentylacyjnych stosowanych obecnie w projektach realizowanych w Polsce. Wybór prawidłowej konfiguracji centrali wentylacyjnej ma ogromny wpływ na zapotrzebowanie na energię niezbędną do przygotowania powietrza nawiewanego. W świetle coraz większych wymagań energetycznych jakie są stawiane instalacjom wentylacyjnym i klimatyzacyjnym rozważenie właściwej konfiguracji centrali ma bardzo duże znaczenie i nie powinno być kształtowane tylko przez producentów central wentylacyjnych, ale również przez świadomych projektantów instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.
Słowa kluczowe: sprawność odzysku ciepła, wentylacja centralna, pozyskiwanie energii z powietrza

The article presents temperature variation and system efficiency: heat recovery-recirculation of exhaust air for two typical air handling units (AHUs) configuration used nowadays in Poland. The selection of the proper AHU configuration is critical from the perspective of energy consumption neccesary for fresh air treatment. In light of the ever-increasing energy requirements for AHU's, consideration of the configuration of the units is very important and should not be shaped by equipment manufacturers, but by conscious designers of ventilation and air conditioning systems.
Keywords: heat recovery efficiency, central ventilation, air energy obtaining

Wstęp

Szybki wzrost gospodarczy zarówno w Europie jak i na Świecie jest jednym z powodów występującego aktualnie globalnego ocieplenia. Od lat 50. ubiegłego wieku do roku 2000 temperatura powierzchni Ziemi wzrosła o około 0,9°C [1]. Wpłynęło to na dużą dynamikę zmian pogodowych oraz coraz częściej występujące i nieprzewidywalne anomalie pogodowe. To z kolei miało wpływ na zwiększenie świadomości zagrożeń, których przyczyną jest ogólnie pojęte zużycie energii. Z drugiej strony ludzie żyjąc w coraz lepszych warunkach zwracają szczególną uwagę na wpływ warunków otoczenia na jakość ich życia. Stąd coraz częściej pojawiające się wytyczne i zalecenia dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach [2]. Ogólnie pojęta jakość powietrza w pomieszczeniach najczęściej związana jest bezpośrednio z instalacjami wentylacyjnymi, klimatyzacyjnymi, grzewczymi, itp. montowanymi w budynkach. Energia potrzebna do zapewniania wymaganej jakości powietrza w pomieszczeniach stanowi 40–60% całkowitego zużycia energii w budynku [3]. Dlatego zgodnie z zaleceniami Komisji Europejskiej [4] wszystkie systemy dwukierunkowe (nawiewno-wywiewne) muszą posiadać urządzenie do odzysku ciepła. Jednakże, co jest niezmiernie istotne, recyrkulacja powietrza z pomieszczenia nie jest sklasyfikowana jako urządzenie do odzysku ciepła. Musimy jednak pamiętać, że pozwala ona na pozyskiwanie zarówno energii z ciepła jawnego jak i utajonego. Ma to szczególne znaczenie w kształtowaniu warunków wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach.

Zarówno recyrkulacja powietrza wywiewanego jak i odzysk ciepła z powietrza wywiewanego są metodami wpływającymi na ograniczenie zapotrzebowania na energię do procesów uzdatniania powietrza w całorocznym cyklu eksploatacji urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Od dawna są one powszechnie stosowane w procesach kształtowania parametrów powietrza nawiewanego do pomieszczeń [5, 6]. Zazwyczaj jednak podczas pracy urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych stosowana jest jedna z powyższych metod, nawet pomimo możliwości równoczesnego ich wykorzystania (centrale wentylacyjne z komorą mieszania i sekcją wymiennika do odzysku ciepła). Jednoczesne umiejętne zastosowanie recyrkulacji i odzysku ciepła z powietrza wywiewanego pozwala na dodatkowe ograniczenie zapotrzebowania na całoroczną energię niezbędną do uzdatniania powietrza nawiewanego do pomieszczenia. Dla uzyskania dodatkowych efektów ograniczenia zapotrzebowania na energię, niezbędna jest celowo dedykowana konfiguracja central klimatyzacyjnych bądź wentylacyjnych. Konfiguracja ta powinna zapewniać:

- maksymalne wykorzystanie energii zawartej w powietrzu wywiewanym,
- odpowiednie kształtowanie zmiennego ciśnienia powietrza w centrali. Zmienny rozkład ciśnienia powietrza w centrali

dr hab. inż. Edward Przydróżny, https://orcid.org/: 0000-0001-8722-8654; dr inż. Sylwia Szczęśniak, https://orcid.org/0000-0003-4358-0263; osoba do kontaktu: sylwia.szczesniak@pwr.edu.pl – Politechnika Wrocławska, Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, Wrocław

może wynikać ze zmiennych warunków jej pracy oraz zmiennych parametrów powietrza zewnętrznego i w pomieszczeniu - zarówno w cyklu dobowym jak i rocznym.

Centrale wentylacyjne z możliwością recyrkulacji i odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego

W centralach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych z odzyskiem energii z powietrza wywiewanego i recyrkulacją powietrza wywiewanego przewiduje się możliwość pracy na powietrzu obiegowym tylko w okresach, gdy obsługiwane pomieszczenie nie jest użytkowane a urządzenie wentylacyjne bądź klimatyzacyjne utrzymuje tzw. dyżurne parametry powietrza. Oznacza to, że urządzenie w okresie zimowym nie dopuszcza do wychłodzenia pomieszczenia a w okresie letnim do nadmiernego wzrostu temperatury powietrza w pomieszczeniu.

W praktyce stosowane są różne rozwiązania technologiczne (konfiguracje) central, w których realizowana jest idea jednoczesnego wykorzystania odzysku energii z powietrza wywiewanego oraz jego recyrkulacja. W stosowanych rozwiązaniach automatycznej pracy i regulacji central klimatyzacyjnych przyjmowane są stałe bądź zmienne udziały powietrza zewnętrznego i obiegowego w wentylującym.

Prawidłowa praca urządzeń z jednoczesnym odzyskiem ciepła oraz recyrkulacją powietrza wywiewanego z pomieszczenia wymaga zastosowania rozwiązań uwzględniających utrzymywanie układu ciśnień w centrali wentylacyjnej i instalacjach na poziomie umożliwiającym stabilną pracę centrali oraz prawidłową pracę przepustnic regulacyjnych. Aby to osiągnąć wymagane jest zastosowanie odpowiedniej konfiguracji centrali jak też uwzględnianie rzetelnie obliczonych oporów przepływu powietrza w instalacjach rozprowadzających po stronach ssawnej i tłocznej zarówno układu nawiewnego jak i wywiewnego. W coraz powszechniej stosowanych urządzeniach ze zmiennymi strumieniami powietrza (VAV) układy ciśnienia powietrza w centralach zmieniają się w sposób naturalny w zależności od chwilowych strumieni powietrza oraz wyposażenia instalacji powietrznych w elementy regulacyjne.

W centralach wentylacyjnych z odzyskiem ciepła i recyrkulacją powietrza wywiewanego udział powietrza zewnętrznego w wentylującym najczęściej jest utrzymywany na stałym poziomie. Jest to spowodowane:

- ograniczonymi możliwości architektoniczno-budowlanymi doprowadzenia do centrali z zewnątrz całego strumienia powietrza wentylującego – co skutkuje koniecznością doprowadzenia tylko minimalnego strumienia powietrza zewnętrznego (np. modernizowane obiekty istniejące dostosowane do innego przeznaczenia, obiekty zabytkowe pod ochroną konserwatorską),
- niestandardowymi wymaganiami dotyczącymi parametrów powietrza w pomieszczeniach, dużej krotności wymian powietrza i wysokich wymaganiach odnośnie do czystości (np. pomieszczenia czyste, przemysł elektrotechniczny, farmacja, produkcja szyb klejonych),
- minimalizacją kosztów inwestycyjnych związanych z wykonaniem instalacji powietrznych oraz centrali wentylacyjnej bądź klimatyzacyjnej.

Rozwiązania takie ograniczają możliwości racjonalnego wykorzystania zdolności asymilacyjnych powietrza zewnętrznego, zwłaszcza w okresie przejściowym. Niemniej jednak w wybranych przypadkach (np. przy dużych krotnościach wymian powietrza w pomieszczeniach i stosunkowo dużych strumieniach powietrza zewnętrznego, wymaganej niskiej zawartości pary wodnej w powietrzu nawiewanym) mogą być nie dość, że poprawnymi ale nawet wskazanymi.

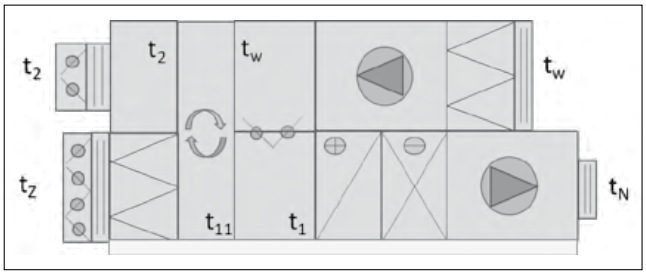
W przypadku kształtowania niestandardowych parametrów powietrza w pomieszczeniach technologicznych konfiguracje central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych projektowane są indywidualnie i są dostosowywane do wymagań wynikających z planowanych procesów uzdatniania powietrza w cyklu całorocznym. Natomiast w przypadku pomieszczeń bytowych i wielu różnych lecz typowych pomieszczeń przemysłowych konfiguracja central jest standardowa, proponowana przez producentów central. Nierzadko projektant nie ma wpływu na jej konfigurację.

W dobie poszukiwania oszczędności energii pierwotnej należy szukać nowych rozwiązań technicznych central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, które zapewnią zwiększenie efektywności ich pracy zarówno pod kątem eksploatacji stacjonarnej jak i tymczasowej. Racjonale wykorzystanie układów z jednoczesnym zastosowaniem odzysku energii z powietrza wywiewanego oraz jego recyrkulacja do powietrza nawiewanego daje spore możliwości ograniczenia energii niezbędnej do prawidłowego przygotowania powietrza nawiewanego.

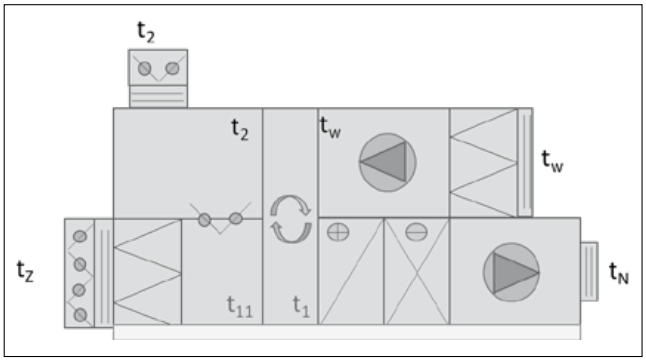
Wpływ konfiguracji układu odzysk ciepła-recyrkulacja na parametry pracy centrali

Na rys. 1 i 2 przedstawiono dwa różne rozwiązania konfiguracji central wentylacyjnych, w których możliwe jest zwiększenie efektywności energetycznej ich pracy przez jednoczesne zastosowanie recyrkulacji i odzysku energii z powietrza wywiewanego.

Rys. 1 przedstawia rozwiązanie stosowane w typowych układach wentylacji/klimatyzacji pomieszczeń „komfortu cieplnego". Rys. 2 przedstawia rozwiązanie stosowane do wentylacji hal



Rys. 1.
Schemat centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła w wymienniku obrotowym oraz recyrkulacją powietrza wywiewanego z pomieszczenia.
Fig. 1. Diagram of an air handling unit with heat recovery on a rotary exchanger and recirculation of the exhaust air from the room.



Rys. 2.
Schemat centrali wentylacyjnej z recyrkulacją powietrza wywiewanego z pomieszczenia oraz powietrza zewnętrznego i wymiennikiem obrotowym do odzysku ciepła z powietrza wywiewanego z pomieszczenia oraz powietrza za komorą mieszania.
Fig. 2. Diagram of an air handling unit with recirculation of the exhaust air from the room and heat recovery on a rotary exchanger.

basenowych oraz pomieszczeń ze znaczącymi oraz zmiennymi w czasie zyskami wilgoci.

Przedstawione rozwiązania różnią się usytuowaniem sekcji mieszania względem sekcji wymiennika do odzysku ciepła. W konsekwencji różnią się parametrami mieszaniny powietrza obiegowego oraz napływającego na wymiennik do odzysku ciepła.

Dla zobrazowania różnic w pracy obu układów, które można wykorzystywać do oceny możliwości uzyskania efektów energetycznych rozwiązań przedstawionych na rys. 1 i 2, przeprowadzono analizę pracy układu wymiennik ciepła – recyrkulacja powietrza wywiewanego. Z uwagi na znane problemy związane ze szronieniem wymienników do odzysku ciepła, które pojawiają się w warunkach zimowych oraz znaczną różnicę temperatury i zawartości wilgoci dla powietrza zewnętrznego i w pomieszczeniu, analizę przeprowadzono dla warunków obliczeniowych okresu zimowego przy następujących założeniach:

- $M_N = M_W$ strumienie masowe powietrza nawiewanego i wywiewanego są stałe co do wartości i niezmienne w czasie,
- temperatura powietrza zewnętrznego: $t_z = -20$ °C,
- wilgotność względna powietrza zewnętrznego: $\varphi_z = 100$ %,
- temperatura powietrza w pomieszczeniu: $t_p = 20$ °C,
- wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu: $\varphi_p = 20$ %,
- sprawność temperaturowa wymiennika do odzysku ciepła: $\eta_t = 75\%$ i $\eta_t = 60\%$,
- udział powietrza zewnętrznego w wentylującym: a_z^w w zakresie od 0 do 100 %,
- sprawność temperaturowa układu wymiennik ciepła-recyrkulacja η_{tc} zdefiniowana zależnością:

$$\eta_c = \frac{t_1 - t_Z}{t_w - t_Z}$$

w której:

t_1 – temperatura powietrza nawiewanego po odzysku ciepła i recyrkulacji, °C,

t_Z – temperatura powietrza zewnętrznego, °C,

t_w – temperatura powietrza wywiewanego z pomieszczenia, °C.

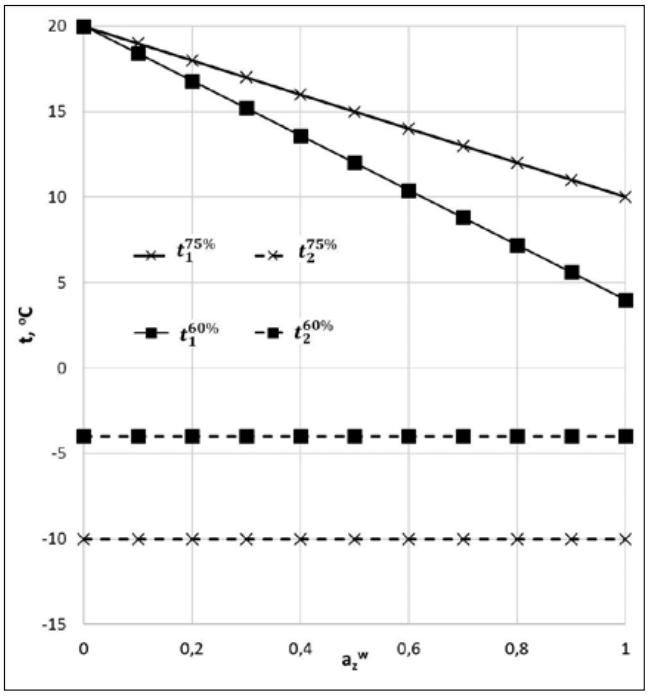
Wyniki analizy zmienności temperatury powietrza oraz sprawności temperaturowej układu odzysk ciepła-recyrkulacja przedstawiono na wykresach zamieszczonych na rys. 3 ÷ 7. Ponadto na rys. 8 ÷ 11, na wykresach i-x Moliera, zobrazowano termodynamiczne przemiany powietrza, które są realizowane w układzie odzysk ciepła-recyrkulacja dla przyjętego udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym na poziomie $a_z^w = 0{,}3$.

Na rys. 4 przedstawiono wykres zmian temperatury t_1 powietrza nawiewanego po odzysku energii i recyrkulacji oraz temperatury t_2 powietrza wywiewanego za wymiennikiem do odzysku energii w funkcji udziału powietrza zewnętrznego w nawiewanym, dla urządzenia przedstawionego na rys. 1.

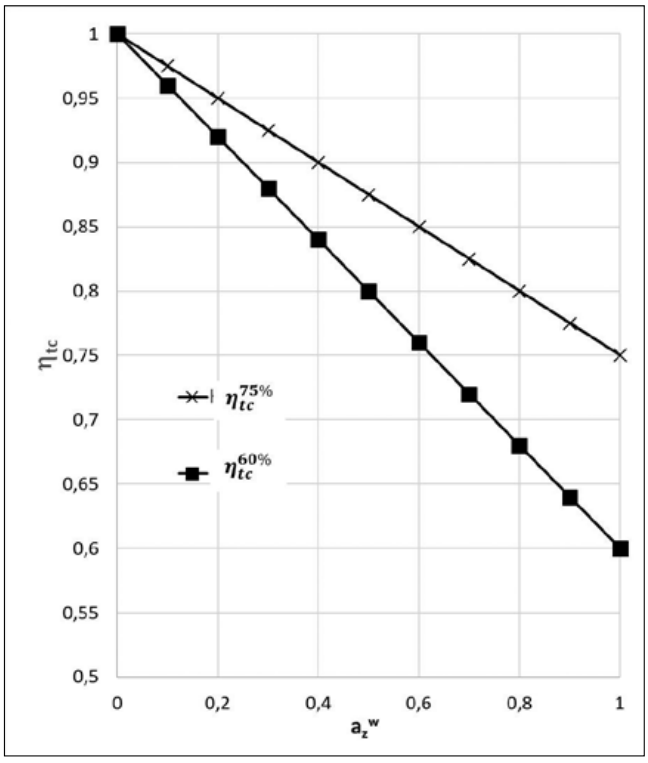
Na rys. 6 przedstawiono wykres zależności sprawności temperaturowej układu wymiennik ciepła-recyrkulacja η_{tc} od udziału powietrza zewnętrznego w nawiewanym przy różnych sprawnościach temperaturowych wymiennika do odzysku energii, dla urządzenia przedstawionego na rys. 1.

Z wykresu wynika, że zmienność sprawności temperaturowej układu odzysk ciepła-recyrkulacja dla centrali przedstawionej na rys. 1 jest liniowa. Najmniejsze wartości sprawności osiągane są przy braku recyrkulacji. Wraz ze wzrastającym stopniem recyrkulacji powietrza obiegowego liniowo rośnie sprawność całego układu.

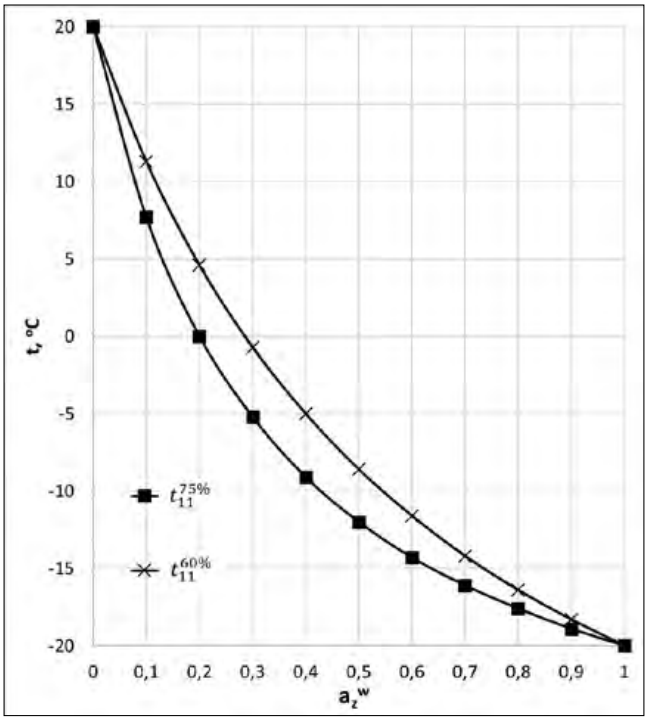
Na rys. 5 zamieszczono wykres zależności temperatury t_{11}



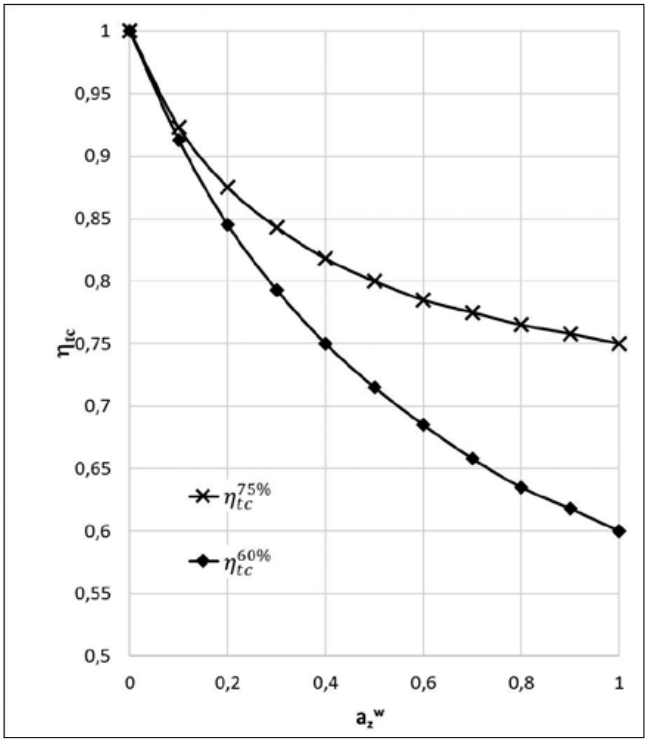
Rys. 3.
Zmiany temperatury t_1 powietrza nawiewanego po odzysku ciepła i recyrkulacji oraz temperatury t_2 powietrza wywiewanego za wymiennikiem do odzysku ciepła w funkcji udziału powietrza zewnętrznego w nawiewanym, dla urządzenia przedstawionego na rys. 1.
Fig. 3. Temperature changes of supplied air after energy recovery and recirculation (t_1), and of exhaust air temperature (t_2) downstream of the heat recovery exchanger as a function of supply air, for unit shown in Fig. 1.



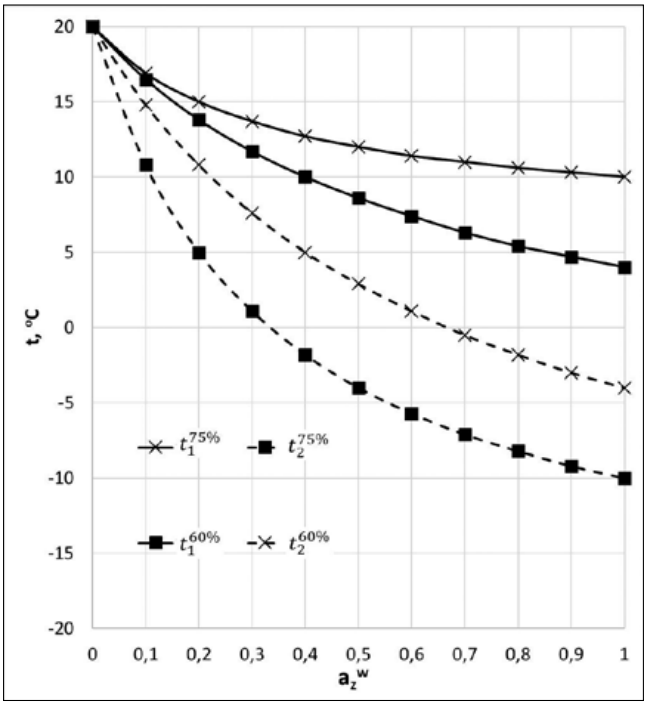
Rys. 4.
Sprawność temperaturowa układu wymiennik do odzysku ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego w funkcji udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym przy sprawności temperaturowej wymiennika do odzysku ciepła odpowiednio 75% i 60% dla urządzenia przedstawionego na rys. 1.
Fig. 4. Temperature efficiency of the heat recovery exchanger-exhaust air recirculation as a function of the proportion of external air in the ventilating air with the temperature efficiency of the heat recovery exchanger - 75% and 60% respectively for the unit shown in fig. 1.



Rys. 5.
Zmienność temperatury t_{11} mieszaniny powietrza zewnętrznego i ochłodzonego powietrza wywiewanego przy sprawności temperaturowej wymiennika do odzysku ciepła 75% i 60% w funkcji udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym dla urządzenia przedstawionego na rys. 2.
Fig. 5. Temperature variation of the mixture of outdoor air and exhaust air (t_{11}) as a function of the proportion of outdoor air in the ventilation air at the temperature efficiency of the heat recovery exchanger of 75% and 60% device for the device shown in fig. 2.



Rys. 6.
Sprawność temperaturowa układu wymiennik do odzysku ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego w funkcji udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym dla sprawności temperaturowej wymiennika do odzysku ciepła odpowiednio 75% i 60% dla urządzenia przedstawionego na rys. 2.
Fig. 6. Temperature efficiency of the heat recovery exchanger-exhaust air recirculation as a function of the proportion of external air in the ventilating air with the temperature efficiency of the heat recovery exchanger - 75% and 60% respectively for the unit shown in fig. 2.



Rys. 7.
Temperatura powietrza za zespołem do odzysku ciepła po stronie powietrza nawiewanego (t_1) oraz po stronie powietrza wywiewanego (t_2) dla dwóch różnych wartości sprawności temperaturowej wymiennika do odzysku ciepła (odpowiednio 75% i 60%) w funkcji udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym dla urządzenia przedstawionego na rys. 2.
Fig. 7. Air temperature downstream of the energy recovery exchanger on the supply air side (t_1) and on the exhaust air side (t_2) for two different values of temperature efficiency of the heat recovery exchanger (75% and 60% respectively) as a function of the proportion of external air in the ventilation air for the unit presented in fig. 2.

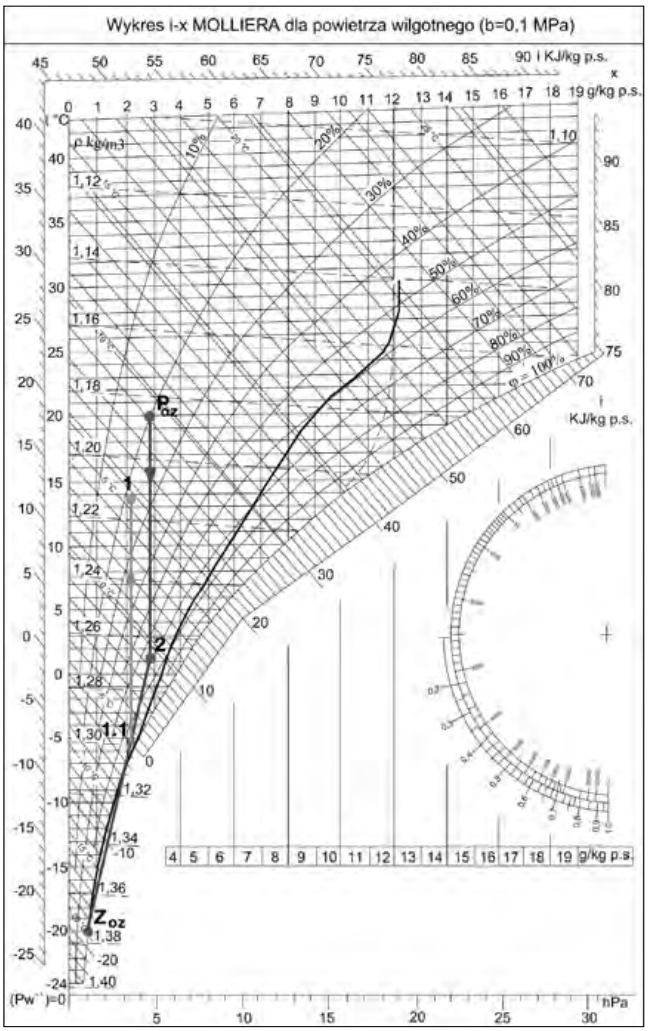
mieszaniny powietrza zewnętrznego z ochłodzonym (w wymienniku do odzysku ciepła) powietrzem wywiewanym od udziału powietrza zewnętrznego w nawiewanym przy różnych sprawnościach temperaturowych wymiennika do odzysku ciepła, dla urządzenia przedstawionego na rys. 2.

Na rys. 6 przedstawiono wykres zależności sprawności temperaturowej układu wymiennik ciepła-recyrkulacja od udziału powietrza zewnętrznego w nawiewanym przy różnych sprawnościach temperaturowych wymiennika do odzysku ciepła, dla urządzenia przedstawionego na rys. 2.

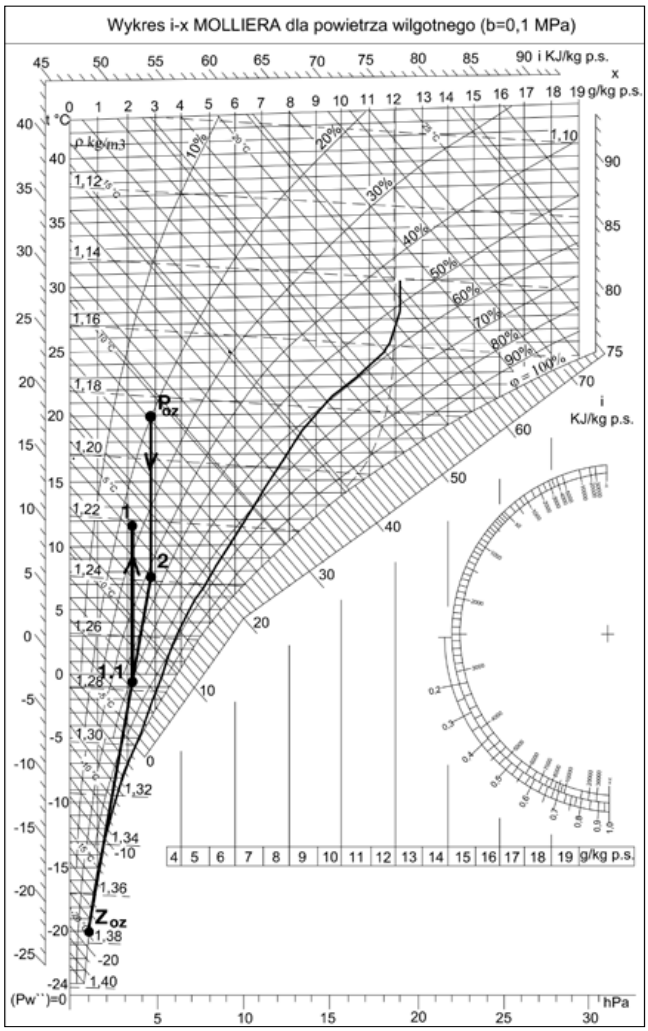
Z wykresów przedstawionych na rys. 5 i rys. 6 wynika, że zmienność temperatury powietrza za komorą mieszania nie jest liniowa i zależy od udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym. Wpływa to na nieliniową zależność sprawności temperaturowej układu odzysk ciepła-recyrkulacja, co można zauważyć na rys. 10.

Na rys. 7 zamieszczono wykres temperatury t_1 mieszaniny powietrza wywiewanego z powietrzem zewnętrznym po jej podgrzaniu w wymienniku do odzysku ciepła oraz temperatury powietrza wywiewanego na zewnętrz t_2 za wymiennikiem do odzysku ciepła w zależności od udziału powietrza zewnętrznego w nawiewanym przy różnych sprawnościach temperaturowych wymiennika do odzysku ciepła, dla urządzenia przedstawionego na rys. 2.

Na rys. 8 ÷ 11 przedstawiono termodynamiczne przemiany powietrza, jakie zachodzą w układzie pozyskiwania energii w układzie odzysk ciepła – recyrkulacja powietrza wywiewanego dla przyjętego udziału powietrza w wentylującym $a_z^w = 0,3$ i sprawności temperaturowej wymiennika do odzysku ciepła odpowiednio 75% i 60%. Przemiany te zobrazowano dla dwóch



Rys. 8.
Przemiany termodynamiczne powietrza zachodzące w układzie odzysk ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego przedstawionego na rys. 2 dla wymiennika pracującego ze sprawnością temperaturową odzysku wynoszącą 75% i udziale powietrza zewnętrznego a_2^w=0,3.
Fig. 8. Thermodynamic changes in air occurring in the heat recovery-exhaust air recirculation system shown in fig. 2. Chart for recovery temperature efficiency of 75% and the proportion of outside air in ventilation air amount to 0,3.



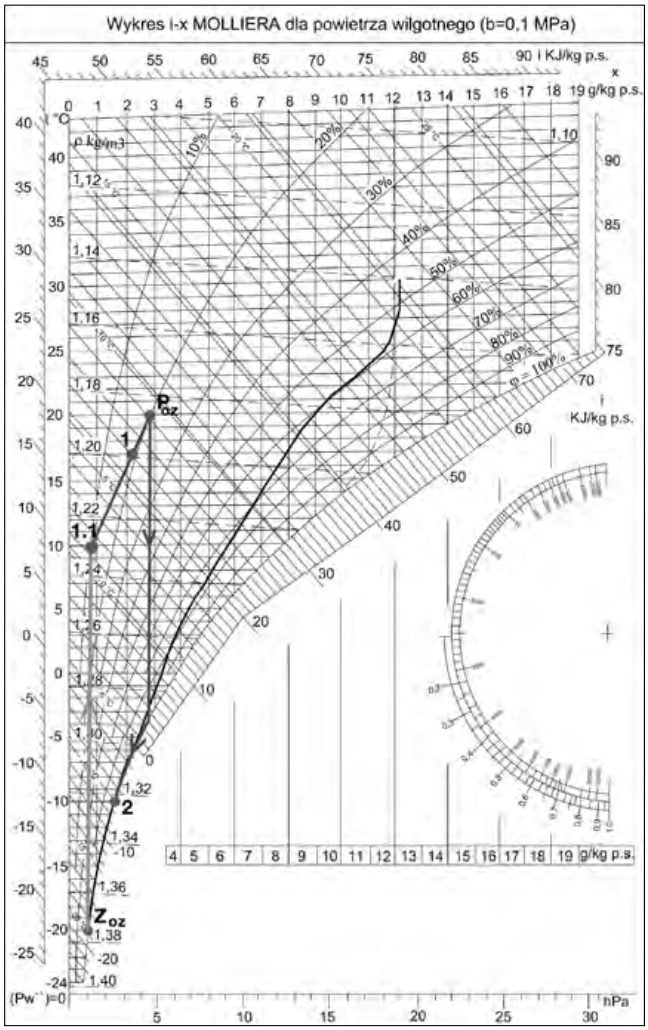
Rys. 9.
Przemiany termodynamiczne powietrza zachodzące w układzie odzysk ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego przedstawionego na rys. 2 dla wymiennika pracującego ze sprawnością temperaturową odzysku wynoszącą 60% i udziale powietrza zewnętrznego a_2^w=0,3.
Fig. 9. Thermodynamic changes in air occurring in the heat recovery-exhaust air recirculation system shown in fig. 2. Chart for recovery temperature efficiency of 60% and the proportion of outside air in ventilation air amount to 0,3.

omawianych konfiguracji central wentylacyjnych przedstawionych odpowiednio na rys. 2. i rys. 1.

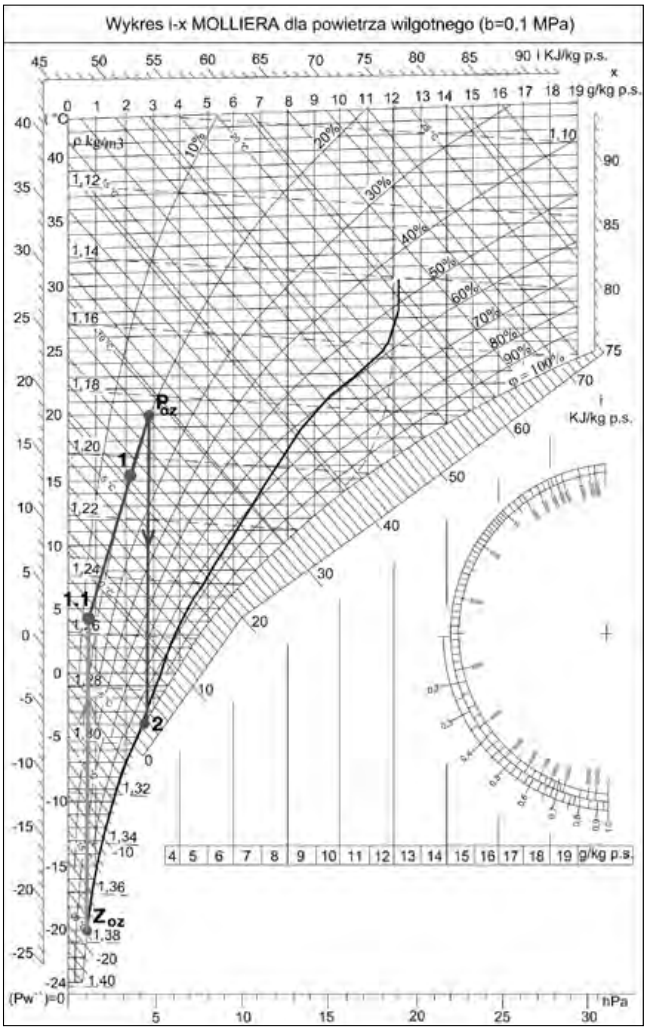
Wnioski

Zastosowanie proponowanego rozwiązania central wentylacyjnych z jednoczesnym odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego i jego recyrkulacją jest możliwe dla kształtowania temperatury powietrza w pomieszczeniach, dla których dopuszcza się recyrkulację powietrza wywiewanego w czasie pracy stacjonarnej. Efektem takiej konfiguracji central wentylacyjnych jest poprawa efektywności wykorzystania ciepła zawartego w powietrzu wywiewanym. Analizując przedstawione na wykresach zależności można stwierdzić, że:

- w centrali przedstawionej na rys. 1 można uzyskać wyższą efektywność energetyczną układu odzysk ciepła – recyrkulacja w porównaniu do konfiguracji centrali przedstawionej na rys. 2,
- efektywność energetyczna układu zależy od sprawności temperaturowej wymiennika do odzysku ciepła i udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym,
- przy stałym strumieniu powietrza wentylującego w urządzeniu pokazanym na rys. 1 temperatura powietrza napływającego do wymiennika do odzysku ciepła nie zależy od udziału powietrz zewnętrznego w wentylującym, a strumienie powietrza zewnętrznego i wywiewanego na zewnątrz zależą od udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym,
- przy stałym strumieniu powietrza wentylującego w urządzeniu pokazanym na rys. 2 temperatura strumieni powietrza napływającego do wymiennika do odzysku ciepła po stronie powietrza nawiewanego zależy od sprawności wymiennika do odzysku energii oraz udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym, a strumienie powietrza napływające do wymiennika zarówno po stronie powietrza nawiewanego jak i wywiewanego są stałe i nie zależą od udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym,
- w urządzeniu przedstawionym na rys. 2 temperatura powietrza napływającego do wymiennika do odzysku ciepła po stronie powietrza nawiewanego jest wyższa, w porównaniu do urządzenia przedstawionego na rys. 1, co wpływa na możliwość ograniczenia oszraniania powierzchni wymiennika do odzysku ciepła przy najniższych temperaturach powie-



Rys. 10.
Przemiany termodynamiczne powietrza zachodzące w układzie odzysk ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego przedstawionego na rys. 1 dla wymiennika pracującego ze sprawnością temperaturową odzysku wynoszącą 75% i udziale powietrza zewnętrznego a_2^w=0,3.
Fig. 10. Thermodynamic changes in air occurring in the heat recovery-exhaust air recirculation system shown in fig. 1. Chart for recovery temperature efficiency of 75% and the proportion of outside air in ventilation air amount to 0,3.



Rys. 11.
Przemiany termodynamiczne powietrza zachodzące w układzie odzysk ciepła-recyrkulacja powietrza wywiewanego przedstawionego na rys. 1 dla wymiennika pracującego ze sprawnością temperaturową odzysku wynoszącą 60% i udziale powietrza zewnętrznego a_2^w=0,3.
Fig. 11. Thermodynamic changes in air occurring in the heat recovery-exhaust air recirculation system shown in fig. 1. Chart for recovery temperature efficiency of 60% and the proportion of outside air in ventilation air amount to 0,3.

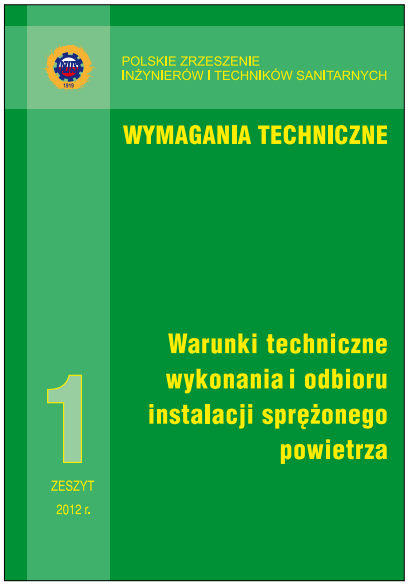
trza zewnętrznego,
- w urządzeniu przedstawionym na rys. 2 możliwa jest regulacja temperatury powietrza napływającego do wymiennika do odzysku ciepła po stronie powietrza nawiewanego. Stwarza to możliwość zabezpieczenia wymiennika do odzysku ciepła przed oszranianiem jego powierzchni nawet przy najniższych temperaturach powietrza zewnętrznego,
- z termodynamicznych przemian powietrza przedstawionych na wykresach i-x wynika, że wymiennik do odzysku ciepła w urządzeniu wentylacyjnym przedstawionym na rys. 2 pracuje w zdecydowanie korzystniejszych warunkach cieplno-wilgotnościowych niż wymiennik zamontowany w urządzeniu wentylacyjnym przedstawionym na rys. 1,
- w urządzeniu wentylacyjnym przedstawionym na rys. 2 w okresie zimowym możliwe jest utrzymanie stałej sprawności wymiennika do odzysku ciepła. Dla zabezpieczenia przed oszranianiem powierzchni wymiennika wymagane jest zastosowanie zmiennego udziału powietrza zewnętrznego w wentylującym.

BIBLIOGRAFIA:

[1] R. Rohde, R. Muller, R. Jacobsen i et al., „A new estimate of the average earth surface land temperature spanning 1753 to 2011.," Geoinfor Geostat: An Overview, pp. 1-7, 2013.
[2] Kwok WaiTham, „Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years," Energy and Buildings, pp. 637-650, 2016.
[3] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz i C. Pout, „A review on buildings energy consumption information," Energy and Buildings, pp. 394-398, 2008.
[4] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1253/2014 z dnia 7 lipca 2014 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla systemów wentylacyjnych.
[5] A. Pełech, Wentylacja i Klimatyzacja. Podstawy, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej , 2009.
[6] S. Przydróżny, Wentylacja, Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 1991.
[7] E. Przydróżny, S. Szczęśniak i M. Sompoliński, „Ograniczanie kosztów uzdatniania powietrza w systemach ze zmiennymi strumieniami powietrza," Instal, pp. 2-6, 2011.

■

Zapraszamy na naszą stronę **www.informacjainstal.com.pl**



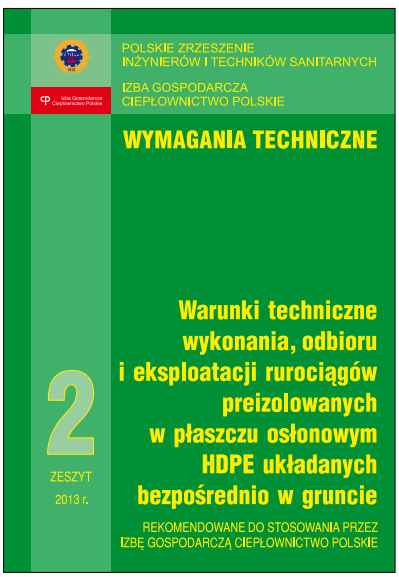
Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji sprężonego powietrza

Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji sprężonego powietrza" adresowane są głównie do wykonawców instalacji sanitarnych, inspektorów nadzoru jak również służb zajmujących się eksploatacją. Niewątpliwie będą one również przydatne dla projektantów instalacji sprężonego powietrza oraz studentów inżynierii środowiska, w ramach której wykładany jest przedmiot: instalacje specjalne.

Obecnie sprężone powietrze jest jednym z szerzej stosowanych nośników energii. Ma ono zastosowanie prawie we wszystkich gałęziach przemysłu, od spożywczego do maszynowego czy też ciężkiego włącznie, a także w stomatologii, medycynie, energetyce, oczyszczalniach ścieków i w wielu innych dziedzinach. Różne jest więc jego zastosowanie a zatem i różne są wymagania co do jego parametrów oraz klasy czystości.

Ważną sprawą przy instalacjach sprężonego powietrza jest oszczędność energii, chociaż mogłoby się wydawać, że zagadnienie to jest dalekie od kwestii związanych z wykonaniem i eksploatacją systemów sprężonego powietrza, ale to pozory. Każda bowiem nieszczelność układu sprężonego powietrza przyczynia się do ucieczki powietrza do atmosfery a tym samym do konieczności dostarczenia energii do wytworzenia sprężonego powietrza brakującego w instalacji. Również źle zaprojektowana (niewłaściwe średnice) i wykonana instalacja będzie generowała niepotrzebne straty. ■

Cena 1 egz. 40 zł + 5% VAT
Sprzedaż prowadzi:
Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie"
02-671 Warszawa, ul. Marynarska 14 | tel. (22) 843-77-71 | e-mail: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl



Warunki techniczne wykonania, odbioru i eksploatacji rurociągów preizolowanych w płaszczu osłonowym HDPE układanych bezpośrednio w gruncie

Dzięki pomocy Izby Gospodarczej Ciepłownictwo Polskie wydaliśmy w 2013r. nowe, rozszerzone i uzupełnione w stosunku do wydania z 2004 roku „Warunki techniczne wykonania , odbioru i eksploatacji rurociągów preizolowanych w płaszczu osłonowym HDPE układanych bezpośrednio w gruncie" jako Zeszyt nr 2 Warunków Technicznych.

Autorami opracowania są uznani fachowcy w tej dziedzinie: mgr inż. Ewa Kręcielewska, mgr inż. Ireneusz Iwko, mgr inż. Artur Starobrat. Opracowanie było konsultowane szeroko w branży ciepłowniczej, zarówno wśród Przedsiębiorstw Energetyki Cieplnej, jak też producentów systemów rur preizolowanych dla potrzeb ciepłownictwa, którzy zgłaszali szereg istotnych uwag.

Na uwagę zasługuje fakt rozszerzenia Zeszytu nr 2 Warunków Technicznych o zagadnienia związane z eksploatacją sieci ciepłowniczych preizolowanych, ponieważ wiadomo, że rzetelne wykonanie (projekt+ roboty budowlano-montażowe) danej sieci ciepłowniczej jest nierozerwalnie związane z jej późniejszą bezpieczną i oszczędną eksploatacją.

SPIS TREŚCI:

1. Wprowadzenie
2. Dokumentacja projektowa
3. Wymagania techniczne – materiały i prefabrykaty
4. Transport, rozładunek i składowanie elementów preizolowanych
5. Montaż rurociągów preizolowanych
6. Roboty towarzyszące
7. Nadzór i odbiory
8. Eksploatacja
9. Przywołane normy
10. Literatura
11. Załączniki

Cena 1 egz. 48 zł + 5% VAT

Sprzedaż prowadzi:
Ośrodek Informacji
„Technika instalacyjna w budownictwie"
02-671 Warszawa, ul. Marynarska 14
tel. (22) 843-77-71
e-mail: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl

Zapraszamy na naszą stronę **www.informacjainstal.com.pl**

Podstawowa diagnostyka oraz ocena stanu technicznego żelbetowych zbiorników przeznaczonych do magazynowania wody do picia

Basic diagnostics and assessment of the technical condition of reinforced concrete tanks intended for storing drinking water

TOMASZ ABEL

DOI 10.36119/15.2021.4.4

Przedmiotem artykułu są wybrane zagadnienia z zakresu diagnostyki, oceny stanu technicznego oraz wytycznych napraw żelbetowych zbiorników na wodę stanowiących elementy sieci wodociągowej. Poruszonym zagadnieniem jest problem utrzymania przedmiotowych obiektów we właściwym stanie technicznym oraz związana z tym okresowa diagnostyka ich stanu. Podstawowym źródłem wiedzy o stanie technicznym zbiorników żelbetowych są bezpośrednie inspekcje oraz przeglądy wykonywane w czasie przerw technologicznych.
Słowa kluczowe: naprawa betonu, woda do picia, diagnostyka konstrukcji

The subject of the article are selected issues in the field of diagnostics, technical condition assessment and repair guidelines for reinforced concrete water tanks constituting elements of the water supply network. The discussed issue is the problem of maintaining the objects in question in proper technical condition and the related periodic diagnostics of their condition. The primary source of knowledge on the technical condition of reinforced concrete tanks are direct inspections and inspections carried out during technological breaks.
Keywords: concrete repair, drinking water, structural diagnostics

Wstęp

W toku prowadzonych kontroli możliwych do wykonania przez użytkowników ww. obiektów są nieniszczące lub semi-niszczące podstawowe badania parametrów fizyko-mechanicznych konstrukcji. Są to proste czynności diagnostyczne, niewymagające wysokich kwalifikacji oraz kosztownego sprzętu, umożliwiające dokonanie ogólnej oceny kondycji konstrukcji. Na podstawie wiedzy nabytej w trakcie wykonywania takiego przeglądu okresowego (rozszerzonego o podstawową diagnostykę) możliwym jest zaplanowanie prac naprawczych i remontowych umożliwiających dalszą bezpieczną eksploatację obiektu [1].

Studium przypadku

Przeglądowi poddano dwa cylindryczne zbiorniki żelbetowe. Obiekty posiadają płaską płytę denną oraz prefabrykowane stropy płytowe ułożone na żebrach opartych na ścianach zewnętrznych oraz podporze środkowej jaką stanowi słup centralny. Zbiorniki, posadowione są poniżej poziomu terenu (ok. 1,0m) i obsypane gruntem powyżej poziomu stropów (rys. nr 1).



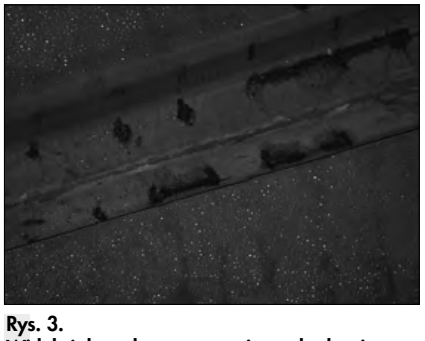
Rys. 1.
Widok ogólny zbiorników
Fig. 1. General view of the tanks

Podstawowe parametry techniczne charakteryzujące oba zbiorniki to pojemność równa 500 m^3, średnica wewnętrzna D_w = 11,50 m, wysokość ściany H = 4,7 m, grubość ścian 18 cm (wg dokumentacji projektowej). Oba zbiorniki wykonano jako konstrukcje żelbetowe. Elementami prefabrykowanymi w zbiornikach są żebra stropowe. Na rys. nr 2 pokazano widok wnętrza jednego ze zbiorników.

W ramach kontroli stanu technicznego przeprowadzono oględziny obu zbiorników,



Rys. 2.
Widok ogólny wnętrza zbiornika
Fig. 2. General view of the inside of the tank



Rys. 3.
Widok żebra płyty stropowej – uszkodzenia otuliny, korozja zbrojenia
Fig. 3. View of the rib of the floor slab – damage to the cover, corrosion of the reinforcement

dr inż. Tomasz Abel – https://orcid.org/0000-0003-0020-1614 – Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Mechaniki Budowli i Inżynierii Miejskiej. Adres do korespondencji/ Corresponding author: tomasz.abel@pwr.edu.pl

na podstawie których stwierdzono, że w obu obiektach, w obrębie płyt stropowych, występują uszkodzenia konstrukcyjne, mogące wpływać na bezpieczeństwo ich użytkowania tj. uszkodzona otulina płyt stropowych, prefabrykowanych żeber oraz korozja prętów zbrojeniowych (rys. nr 3). Ponadto stwierdzono:

- nieszczelności oraz korozję żeliwnej armatury,
- skorodowane drabiny oraz pozostałe stalowe elementy zejść do zbiornika,
- nierówności powierzchni ścian i dna zbiornika.

Oględziny przeprowadzono również od strony zewnętrznej na fragmentach odsłoniętych ścian zbiorników. Stan techniczny powierzchni ścian obsypanych gruntem uznano za dobry bez widocznych uszkodzeń konstrukcji – rys. nr 4.



Rys. 4.
Widok zewnętrznej powierzchni fragmentu ściany jednego ze zbiorników
Fig. 4. View of the outer surface of a wall fragment of one of the tanks

W toku prowadzonych oględzin ustalono, że wewnętrzna powierzchnia ścian zbiorników pokryta jest warstwą torkretu – betonu natryskowego a płyta denna posiada wylewkę betonową nadającą spadek w kierunku odpływów. Strop żelbetowy, słupy oraz ich głowice są bez powłok zabezpieczających.

Ściany od strony zewnętrznej pokryte są powłoką bitumiczną a na płycie stropowej ułożona jest warstwa papy izolacyjnej. Ławy fundamentowe poszerzone z zewnętrzną murowaną ścianką dociskową o wysokości 65 cm zabezpieczająca izolację bitumiczną.

Badania

Celem uzyskania podstawowej wiedzy w zakresie powierzchniowych parametrów fizyko-chemicznych ustalono następujący zakres niezbędnych do wykonania badań:

- lokalizacja i identyfikacja zbrojenia,
- badania wytrzymałości betonu na ściskanie metodą sklerometryczną,
- badania wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie),
- ocena stopnia karbonatyzacji (neutralizacji) betonu.

Lokalizacja i identyfikacja zbrojenia

Lokalizacji i identyfikacji zbrojenia oraz określenia grubości betonowej otuliny w konstrukcji zbiorników dokonano na dwa sposoby:

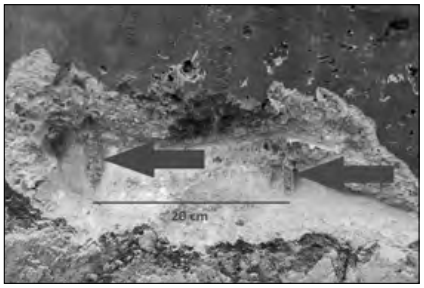
- w sposób nieniszczący – za pomocą metody elektromagnetycznej umożliwiającej lokalizację prętów zbrojeniowych oraz określenie głębokości ich położenia,
- wykonując punktowe odkrywki celem ustalenia średnicy prętów oraz ich stanu technicznego (korozja lub jej brak).

W toku prowadzonych badań ustalono, że w zbiornikach wykonana jest warstwa betonu natryskowego, tzw. torkretu o grubości 6 cm, zbrojonego jedną warstwą siatki zbrojeniowej oraz pojedynczymi prętami ϕ6mm – rys. nr 5.



Rys. 5.
Odkrywka punktowa – warstwa torkretu oraz zbrojenie
Fig. 5. Point outcrop – shotcrete layer and reinforcement

Od strony zewnętrznej, w miejscu prowadzonych robót ziemnych, wykonano punktowe odkrywki (rys. nr 6) w wyniku czego stwierdzono:



Rys. 6.
Odkrywka punktowa – widoczne dwa konstrukcyjne pręty zbrojeniowe
Fig. 6. Point outcrop – two structural reinforcing bars visible

- żebrowane pręty zbrojeniowe konstrukcyjne ϕ10mm w rozstawie co 20cm,
- grubość otuliny wahającą się od 40 do 50 mm.

Wykonane odkrywki prętów zbrojeniowych potwierdziły ich dobry stan techniczny, nie wykryto korozji ani innych uszkodzeń i nieprawidłowości.

Badania wytrzymałości betonu na ściskanie metodą sklerometryczną

Wytrzymałość betonu na ściskanie oszacowano metodą sklerometryczną. Badania wykonano dla warstwy torkretu oraz betonu konstrukcyjnego. Analizę uzyskanych wyników przeprowadzono w sposób przybliżony. Pomiary sklerometryczne przeprowadzono za pomocą młotka Schmidta typu „N", realizując je zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12504-2:2013-03: *Badania betonu w konstrukcjach. Część 2. Badanie nieniszczące. Oznaczenie liczby odbicia* [2] oraz wytycznymi zawartymi w Instrukcji ITB Nr 210 (*Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji*) [3].

Do badań wybrano losowo 8 miejsc pomiarowych, a w każdym z tych miejsc pomiarowych wykonano 10 pomiarów sklerometrycznych.

Stan wilgotnościowy badanego betonu określono jako wilgotny, w związku z czym, zgodnie z Instrukcją ITB Nr 210 [3], w przeprowadzonej analizie wyników uwzględniono wpływ wilgotności betonu, przyjmując współczynnik poprawkowy równy 1,12. Ponieważ wiek betonu w chwili badania wynosił 30 lat, do obliczeń przyjęto współczynnik wieku równy 0,6.

Określenia wytrzymałości charakterystycznej badanego betonu dokonano zgodnie z PN-EN 13791:2008 (*Ocena wytrzymałości na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych*) [4]. Na podstawie uzyskanych wartości charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie oszacowano klasę wytrzymałości badanego betonu, w rozumieniu betonowej normy konstrukcyjnej PN-EN 1992-1-1:2008 [5] oraz PN-EN 206+A1:2016-12 – wersja polska *Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* [6].

Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie następujących parametrów charakteryzujących mechaniczne cechy badanego betonu:

- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie $f_{cm,is}$ = **32,12 MPa**,
- najmniejsza uzyskana wartość wytrzymałości $f_{is,lowest}$ = **27,34 MPa**.

Zgodnie z normą PN-EN 13791:2008 [4] przyjęto, że wytrzymałość charakterystyczna badanego betonu, odpowiadająca

Tabela nr 1. Zestawienie wybranych wyników pomiarów sklerometrycznych dla warstwy torkretu
Table no. 1. Summary of selected results of sclerometric measurements for the shotcrete layer

miejsce pomiarowe	kąt	ODCZYT										$L_{śr}$	$f_{c,oi}$	β	$f_{oi,spr}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	[–]	MPa	-	MPa
MP nr 1	0^0	40	41	41	44	43	47	46	45	40	43	43,0	43,89	0.67	**29,40**
MP nr 2	0^0	41	40	40	45	41	40	41	45	43	42	41,8	40,81	0.67	**27,34**
MP nr 3	0^0	45	45	45	44	47	48	50	50	49	48	47,1	55,30	0.67	**37,05**
MP nr 4	0^0	43	43	45	43	48	49	45	45	50	48	45,9	51,82	0.67	**34,72**

wytrzymałości oznaczanej na próbkach sześciennych o wymiarach 150x150x150 mm ($f_{ck,is,cube}$), jest mniejszą z dwóch poniższych wartości:

$$f_{ck,is,cube} \leq f_{cm(n),is} - k$$
$$\text{i } f_{ck,is,cube} \leq f_{is,lowest} + 4$$

gdzie: k = 7, dla liczby wyników pomiarów n = 4

$$f_{ck,is,cube} \leq 32,12 - 7 = \mathbf{25,12\ MPa}$$
$$\text{oraz } f_{ck,is,cube} \leq 27,34 + 4 = \mathbf{31,34\ MPa}$$

Na podstawie uzyskanych wyników badań, wartość wytrzymałości charakterystycznej badanego betonu (torkret) można przyjąć jako nie większą niż **25,12 MPa** i zgodnie z normą PN-EN 206-1:2003 [6], oszacować jego klasę jako nie niższą niż **C20/25 (B25)**.

$$f_{ck,is,cube} \leq 23,10 - 7 = \mathbf{16,10\ MPa}$$
$$\text{oraz } f_{ck,is,cube} \leq 22,85 + 4 = \mathbf{26,85\ MPa.}$$

Na podstawie uzyskanych wyników badań, wartość wytrzymałości charakterystycznej badanego betonu można przyjąć jako nie większą niż **16,10 MPa** i zgodnie z normą PN-EN 206-1:2003 [6], oszacować jego klasę jako nie niższą niż **C12/15 (B15)**.

Przeprowadzone badania sklerometryczne potwierdziły przyjęte w projekcie parametry wytrzymałościowe betonu. Beton Rw = 200 at odpowiada współczesnemu równoważnikowi o oznaczeniu C12/15 (poprzednio B15).

Badania wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie)

Badania wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie) przeprowadzono metodą „pull-off", zgodnie z PN-EN 1542: 2000 [7]. Pomiary zrealizowano za pomocą urządzenia o nazwie „DYNA", wykorzystując metalowe krążki o średnicy 50 mm. Zastosowana metoda pomiarowa („pull-off") polega na pomiarze siły odrywającej przyklejony do badanej powierzchni metalowy krążek o znanej powierzchni (rys. nr 7).

Rejestrowana wartość siły odrywającej, podzielona przez powierzchnię, na którą przekazywane jest obciążenie, daje wartość wytrzymałości betonu na rozciąganie, nazywaną także wytrzymałością na odrywanie.

Zgodnie z wytycznymi odnośnie do wymagań stawianych nawierzchni betonowej, które warunkują możliwość wykonania na niej nowoczesnych napraw powierzchniowych, np. w postaci materiałów typu PCC, w omawianym przypadku przyjęto, że wymagane jest spełnienie następujących warunków:

- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie winna być nie niższa niż 20 MPa,
- średnia wartość wytrzymałości na odrywanie, określona w danym miejscu pomiarowym, winna być nie niższa niż 1,5 MPa.
- minimalna wartość wytrzymałości na odrywanie, określona w danym miejscu pomiarowym, winna być nie niższa niż 1,0 MPa.

Oceny wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie) dokonano na podstawie wyników badań, uzyskanych metodą „pull-off". Badania obejmowały wykonanie pomiarów w losowo wybranych fragmentach badanego zbiornika. Szczegółowe wyniki tych badań zestawiono w tabelach 3 oraz 4. We wszystkich przypadkach stwierdzono przełom w przekroju betonowym.

Tabela nr 2. Zestawienie wybranych wyników pomiarów sklerometrycznych dla betonu konstrukcyjnego (badania od strony wewnętrznej)
Table no. 2. Summary of selected results of sclerometric measurements for structural concrete (tests from the inside)

miejsce pomiarowe	kąt	ODCZYT										$L_{śr}$	$f_{c,oi}$	β	$f_{oi,spr}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	[–]	[MPa]	[–]	[MPa]
MP nr 1	0^0	40	38	39	40	40	36	40	38	40	40	39.1	34.32	0.67	**23.00**
MP nr 2	0^0	38	40	40	38	40	40	40	38	40	40	39.4	35.01	0.67	**23.45**
MP nr 3	0^0	40	40	38	36	40	40	38	38	40	40	39.0	34.10	0.67	**22.85**

Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie następujących parametrów charakteryzujących mechaniczne cechy badanego betonu:

- średnia wytrzymałość betonu na ściskanie $f_{cm,is}$ = **23,10 MPa,**
- najmniejsza uzyskana wartość wytrzymałości $f_{is,lowest}$ = **22,85 MPa.**

Zgodnie z normą PN-EN 13791:2008 [4] przyjęto, że wytrzymałość charakterystyczna badanego betonu, odpowiadająca wytrzymałości oznaczanej na próbkach sześciennych o wymiarach 150 x 150 x 150 mm ($f_{ck,is,cube}$), jest mniejszą z dwóch poniższych wartości:

$$f_{ck,is,cube} \leq f_{cm(n),is} - k$$
$$\text{i } f_{ck,is,cube} \leq f_{is,lowest} + 4$$

gdzie: k = 7, dla liczby wyników pomiarów n = 3

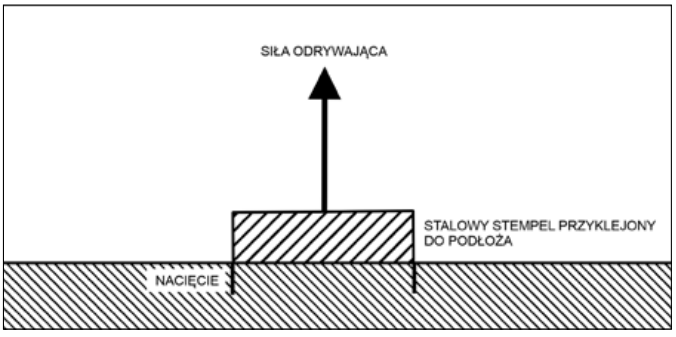
Tabela nr 3. Wytrzymałość warstwy betonu natryskowego (torkret)
Table no. 3. Strength of the shotcrete layer (shotcrete)

	Bezpośredni odczyt siły odrywającej [kN]	Wytrzymałość na odrywanie [MPa]
punkt pomiarowy B_1	3,97	2,02
punkt pomiarowy B_2	4,36	2,22
punkt pomiarowy B_3	3,34	1,70

Uzyskane wyniki charakteryzują się następującymi parametrami:

- średnia wytrzymałość betonu na odrywanie: $f_{tm,is}$ = **1,98 MPa > 1,5 MPa,**

Rys. 7. „Pull-off" – istota metody
Fig. 7. „Pull-off" – the essence of the method



- średnia wytrzymałość na ściskanie: $f_{cm,is}$ = **32,12 MPa** > $f_{cm,min}$= **20,00 MPa.**

Tabela nr 4. Wytrzymałość warstwy betonu konstrukcyjnego – wybrane miejsca pomiarowe
Table no. 4. Strength of the structural concrete layer – selected measurement sites

	Bezpośredni odczyt siły odrywającej [kN]	Wytrzymałość na odrywanie [MPa]
punkt pomiarowy B_4	2,30	1,17
punkt pomiarowy B_5	1,70	0,86
punkt pomiarowy B_6	1,90	0,97



Rys. 8.
Badanie „pull-off"
Fig. 8. Pull-off test

Uzyskane wyniki charakteryzują się następującymi parametrami:

- średnia wytrzymałość betonu na odrywanie: $f_{tm,is}$ **= 1,00 MPa,**
- średnia wytrzymałość na ściskanie: $f_{cm,is}$ **= 23,1 MPa** > $f_{cm,min}$**= 20,00 MPa.**

Ocena stopnia karbonatyzacji (neutralizacji) betonu

Oceny zasięgu procesu karbonatyzacji (neutralizacji) przypowierzchniowej warstwy betonu dokonano za pomocą odczynnika „Rainbow-Test" w wybranych miejscach wykonania odkrywek zbrojenia oraz pomiarów wytrzymałości betonu na rozciąganie metodą „pull-off".

W przypadku „Rainbow-Testu" istota pomiaru sprowadza się do wykonania aerozolowego natrysku badanej powierzchni betonu roztworem specjalnie dobranej kompozycji odczynników chemicznych, identyfikujących poszczególne wartości pH w zakresie od 5 do 13. Odczyn pH równy 11, uznawany powszechnie za wartość graniczną, poniżej której obniża się naturalna zdolność betonu do pasywacji zbrojenia, odpowiada zabarwieniu betonu na fioletowo. Przejście palety barw z koloru fioletowego na zielony (pH=9) sygnalizuje spadek pH poniżej wartości uznawanej za graniczną i potencjalne zagrożenie korozyjne zbrojenia.

Przeprowadzone badania wykazały, że przypowierzchniowa warstwa badanego betonu uległa procesowi karbonatyzacji (neutralizacji) w bardzo małym zakresie (max. 3 mm). Jest to w głównej mierze wynikiem stałego zawilgocenia wewnętrznej powierzchni zbiornika, co praktycznie uniemożliwia rozwój tego procesu.

Ocena stanu technicznego

Podstawowe kryteria, jakie powinny spełniać zbiorniki przeznaczone na wodę do spożycia są następujące:

- brak możliwości negatywnego oddziaływania na parametry zdrowotne i smakowe wody,
- bezpieczne przenoszenie wszystkich działających obciążeń,
- szczelna konstrukcja uniemożliwiająca eksfiltrację wody ze zbiornika oraz infiltrację wód deszczowych i gruntowych do wnętrza,
- odpowiednia trwałość.

Beton jest sprawdzonym, najlepiej poznanym i najdłużej stosowanym materiałem w obiektach przeznaczonych do magazynowania wody, także żeliwo i polietylen, które zastosowano jako elementy armatury, są materiałami powszechnie stosowanymi do kontaktu z wodą do picia. Nigdy nie stwierdzono negatywnego oddziaływania betonu, żeliwa lub polietylenu na wodę, materiały te są powszechnie uznane za całkowicie bezpieczne. Zagrożeniem dla zachowania wymaganych parametrów jakościowych wody mogą być przecieki wód opadowych i gruntowych.

Wykonane szczegółowe oględziny i pomiary potwierdziły, że stan graniczny nośności zbiorników nie jest zagrożony, konstrukcja zbiorników może bezpiecznie przenosić działające obciążenia. W wykonanych odkrywkach ścian zbiorników stwierdzono, że grubość otuliny zbrojenia osiąga około 50 mm, a głębokość neutralizacji sięga max. około 3 mm. Na tej podstawie obliczono, że głębokość neutralizacji betonu L_p w przewidywanym okresie eksploatacji wyniesie:

$$L_p = L_u (t_l/t_o)^{1/2}$$

gdzie:

L_u – głębokość uszkodzenia betonu badanej konstrukcji w [cm],
t_l – całkowity przewidywany okres eksploatacji w latach,
t_o – okres eksploatacji konstrukcji do chwili badania w latach.

$$L_p = 0{,}3(100/38)^{1/2} = 0{,}48 \text{ cm}$$

Po 100 latach eksploatacji głębokość neutralizacji betonu w otulinie sięgałaby około 0,48 cm. Oznacza to, że w całym przewidywanym okresie eksploatacji w przypadku ścian i dna zbiorników nie wystąpi zagrożenie korozji stali zbrojeniowej.

Na podstawie wykonanych i wyżej opisanych badań stwierdzono, że:

- beton, z którego wykonano zbiorniki zakwalifikować można do klasy nie niższej niż C12/15 (B15),
- możliwa jest naprawa zbiornika z zastosowaniem dowolnych materiałów,
- karbonatyzacja otuliny zbrojenia ścian i płyt dennych praktycznie nie występuje,
- aktualnie stan graniczny nośności konstrukcji ścian zbiorników nie jest zagrożony,
- z uwagi na zbyt cienką otulinę zbrojenia i już widoczną korozję prętów zbrojeniowych występuje zagrożenie dla stanu granicznego nośności płyt stropowych w obu sbiornikach.

Podsumowanie i wnioski

Ujawniony w toku przeglądu i badań stan techniczny zbiorników umożliwia ich remont i dalszą wieloletnią, bezpieczną eksploatację. Minimalne wymagania jakie powinny spełniać materiały naprawcze to:

- odporność na środowiska o klasach ekspozycji XC2, XD2, (klasy ekspozycji wg [6]),
- wytrzymałość na ściskanie nie mniejsza od wytrzymałości na ściskanie naprawianego betonu, zaleca się materiały o wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej od 25MPa,
- przyczepność do podłoża równa wytrzymałości naprawianego betonu na rozciąganie (zerwanie stempla pomiarowego powinno wystąpić w naprawianym betonie) lub nie mniej od 1,5 MPa,
- moduł sprężystości materiału naprawczego powinien być zbliżony do modułu sprężystości naprawianego betonu i nie mniejszy od 20 GPa,
- możliwie mały skurcz (wskazany nie większy od 0,9 mm/m po 90 dniach),
- wskaźnik w/c nie większy od 0,55, na podstawie własnych doświadczeń zalecam, aby wskaźnik w/c był nie większy od 0,5,
- zawartość jonów chlorkowych nie większa od 0,05%.

Ponadto przygotowanie każdego podłoża betonowego przed pracami naprawczymi i zabezpieczającymi należy wykonać zgodnie z wymogami normy PN-EN

1504-2:2006 – Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności – Część 2: Systemy ochrony powierzchniowej betonu oraz wytycznymi producenta materiałów [8].

Pamiętać należy o tym, że wszystkie wyroby i urządzenia stosowane do remontu obiektów wodociągowych powinny spełniać nie tylko wymagania techniczno-budowlane, ale również higieniczno-sanitarne, określone w obowiązujących przepisach oraz normach.

Przedmiotowe wyroby i urządzenia powinny odpowiadać wymogom wskazanym w normie PN-EN 805:2002 Zaopatrzenie w wodę – Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych [9].

Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (t.j.: Dz.U. z 2019 r. poz. 1437) zawiera m.in. regulacje dotyczące nadzoru nad materiałami, wyrobami i preparatami mającymi kontakt z wodą przeznaczoną do spożycia. W myśl art. 12 ust. 2 ww. ustawy każdy materiał i wyrób używany do uzdatniania wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi powinien posiadać pozytywną **ocenę higieniczną** państwowego powiatowego inspektora sanitarnego.

Regulacje dotyczące obowiązku oceny higienicznej dla materiałów lub wyrobów stosowanych w procesach uzdatniania i dystrybucji wody zawiera rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z 2017r. poz. 2294), wydane na podstawie art. 13 ww. ustawy. Przedmiotowej oceny dokonuje właściwy państwowy powiatowy lub państwowy graniczny inspektor sanitarny dla materiału lub wyrobu stosowanego w procesach uzdatniania i dystrybucji wody.

Ocena higieniczna, o której mowa w § 24 pkt 1 ww. rozporządzenia, jest wydawana na podstawie dokumentacji przedłożonej przez producenta, dystrybutora lub podmiot ubiegający się o zastosowanie materiału lub wyrobu stosowanego w procesach uzdatniania wody. Dokumentacja ta zawierać ma m.in. opis rodzaju zastosowanego materiału, wyrobu, substancji chemicznych i ich mieszanin z aktualnymi **atestami higienicznymi** jednostki uprawnionej do wydawania takich atestów, uwzględniającymi w szczególności częstotliwość pobierania próbek wody wprowadzonej do jednostkowych opakowań wykorzystywanych do przechowywania wody w celu wykorzystania jej w sytuacji nadzwyczajnej.

Jednostką uprawnioną przez Ministra Zdrowia w zakresie wydawania atestów na materiały i wyroby stosowane w systemach dystrybucji wody oraz środki stosowane do jej uzdatniania jest Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny (NIZP-PZH).

Atest higieniczny wydawany przez NIZP-PZH jest dokumentem stwierdzającym przydatność wyrobu do zastosowania w systemach zaopatrzenia w wodę. Dokument ten dotyczy bezpieczeństwa zdrowotnego zastosowanych materiałów.

LITERATURA:

[1] Runkiewicz L., Hoła J. Diagnostyka techniczna konstrukcji żelbetowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 7-8, 2018
[2] PN-EN 12504-2:2013-03 – wersja angielska. Badania betonu w konstrukcjach – Część 2: Badanie nieniszczące – Oznaczanie liczby odbicia
[3] Instrukcja ITB 210/1977 Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu
[4] PN-EN 13791:2019-12 – wersja angielska. Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
[5] PN-EN 1992-1-1:2008 – wersja polska. Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
[6] PN-EN 206+A1:2016-12 – wersja polska Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
[7] PN-EN 1542:2000 – wersja polska, Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań – – Pomiar przyczepności przez odrywanie
[8] PN-EN 1504-2:2006 – wersja polska, Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności – Część 2: Systemy ochrony powierzchniowej betonu
[9] PN-EN 805:2002 – wersja polska Zaopatrzenie w wodę – Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych

■

BUDOWNICTWO iPRAWO
ISSN 1401-0099

Kwartalnik „Budownictwo i Prawo" ukazuje się piętnasty rok i ma już usialoną grupę odbiorców wśród: firm budowlanych, wydziałów budownictwa urzędów miejskich i starostw, biur projektowych, firm kosztorysowych i innych. Obecnie nakład czasopisma wynosi ok. 2000 egz. (w zależności od uczestnictwa w targach lub sympozjach i konferencjach, podczas których prowadzone są akcje promocyjne).

Współpracujemy z z ministerstwami odpowiedzialnymi za zagadnienia: budownictwa, infrastruktury, ochrony środowiska, energetyki, Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego, Urzędem Zamówień Publicznych, Instytutem Techniki Budowlanej, uczelniami oraz licznymi stowarzyszeniami z sektora budownictwa.

Autorzy z tytułu publikacji w "Budownictwo i Prawo" otrzymują 5 pkt w klasyfikacji MNiSW.

Czasopismo jest wydawane przez Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie" oraz Oficynę Wydawniczą POLCEN i rozpowszechniane na terenie całego kraju w prenumeracie oraz w sieci sprzedaży ww. wydawców.

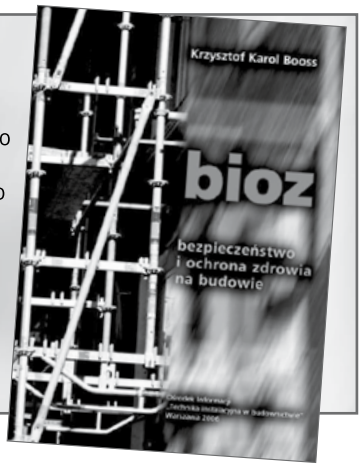
Zamówienia na prenumeratę w 2021 roku w wysokości 80 zł przyjmuje:
Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie"
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax: 22/843-77-71
redakcja@informacjainstal.com.pl, wydawnictwo@informacjainstal.com.pl

„bioz – bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na budowie" autor: Krzysztof Karol Booss

Książka zawiera liczne komentarze ułatwiające opracowanie i realizację planu bioz, w których zwrócono uwagę na zagrożenia wynikające z „niedociągnięć" obowiązujących przepisów prawnych.

Z książką tą powinien też zapoznać się inwestor w celu zapewnienia bezpiecznej realizacji swojego obiektu budowlanego, za co zgodnie z Prawem budowlanym ponosi odpowiedzialność.

Książkę wydał i rozpowszechnia:
Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie"
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel/fax 22/843 77 71
e-mail: redakcja@informacjainstal.com.pl
www.informacjainstal.com.pl
Cena książki 35 zł + VAT



Porównanie wybranych technologii bezwykopowych w renowacji i rekonstrukcji sieci wodociągowej tranzytowej DN600

Comparison of selected trenchless technologies in renovation and reconstruction of transit water supply network DN600

WOJCIECH GORCZOWSKI, FLORIAN PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2021.4.5

Przedmiotem pracy jest porównanie technologii dla zadania w zakresie modernizacji stalowego wodociągu DN600. Do analizy przyjęto do porównania cztery warianty wykonania modernizacji wodociągu: I – Swagelining, II – Relining długi, III – Cementowanie oraz IV – Rękaw elastyczny. Dokonany wybór technologii dla przedmiotowego zadania, został podjęty z uwzględnieniem parametrów charakteryzujących każdą z metod: kosztów wykonania, terminu realizacji, ingerencji w otoczenie. Jako najbardziej optymalną spośród porównywanych technologii wybrano technologię zabezpieczenia wodociągu poprzez cementowanie. Technologia polega na pokryciu wewnętrznej powierzchni istniejącego wodociągu stalowego zaprawą cementową. Wybrana technologia wydaje się być najlepszą spośród porównywanych w zakresie modernizacji analizowanego wodociągu z uwagi na stan techniczny wodociągu i jego możliwości wytrzymałościowe w okresie planowanej eksploatacji. Metoda ta pozwala na osiągnięcie wszystkich z założonych celów przeprowadzenia modernizacji. Zapewnia szczelność, poprawę hydrauliki, zabezpiecza wodociąg antykorozyjnie. Jest metodą najtańszą spośród porównywanych i jednocześnie najmniej skomplikowaną. Metoda ta charakteryzuje się również najkrótszym czasem realizacji.
Słowa kluczowe: sieć wodociągowa, bezwykopowe metody naprawy, analiza kosztów modernizacji, czas trwania robót.

The aim of this work is the technology comparison for the modernization of the DN600 steel water supply. In the analysis, four variants were adopted to modernize the water supply system: I – Swagelining, II – Long relining, III – Cementing and IV – Flexible sleeve. The choice of technology was made taking into account the parameters characterizing each of the methods: execution costs, completion date, interference with the environment. The most optimal of all compared technologies, securing the water supply through cementing technology was selected. The technology is based on covering the inner surface of the existing steel water supply with cement mortar. The selected technology seems to be the best among those compared in the modernization of the analyzed water supply system due to the technical condition of the water supply and its endurance capabilities in the period of planned operation. This method allows to achieve all assumed modernization goals. It ensures tightness, improvement of hydraulics, protects the water supply against corrosion. It is the cheapest and the least complicated method. It also has the shortest implementation time.
Keywords: water supply network, trenchless repair methods, modernization cost analysis, duration of works

Wstęp

Technologie bezwykopowe pozwalają na znaczące obniżenie kosztów i nakładów prac koniecznych do wykonania modernizacji sieci wodociągowych. Metody bezwykopowe pozwalają także na skrócenie czasu trwania prac oraz ograniczenie ingerencji w otoczenie podczas wykonywanych robót budowlanych.

Dobór odpowiedniej technologii renowacji, rekonstrukcji czy odbudowy sieci wodociągowej jest bardzo istotny, ma bowiem duży wpływ na każdy z etapów inwestycji od projektowania, poprzez budowę, aż po eksploatację sieci wodociągowej. Istnieje wiele dostępnych na rynku technologii, a każda z nich charakteryzuje się innymi parametrami. Każda z inwestycji różni się od siebie na przykład warunkami terenowymi, możliwościami technologicznymi, założeniami dla modernizowanego wodociągu etc. Dlatego nie istnieje jedna uniwersalna metoda, która byłaby najlepsza w zakresie renowacji sieci wodociągowych. Wybór technologii powinien opierać się na przeprowadzonej wcześniej analizie dla konkretnego przypadku oraz uwzględniać szereg czynników. Algorytm wyboru najbardziej korzystnej metody dla rozpatrywanego przypadku powinien zawierać wszystkie możliwe informacje o istniejącym obiekcie (sieci wodociągowej), jego stanie technicznym, usytuowaniu, roli jaką pełni (np. w zakresie zapewnienia wydajności – przepływu) oraz celów jakie mają zostać osiągnięte w wyniku przeprowadzonej modernizacji w tym założonego okresu planowanej eksploatacji. Nieprawidłowy dobór technologii powoduje wiele konsekwencji, takich jak na przykład bezzasadne zwiększenie

mgr inż. Wojciech Gorczowski, dr inż. Florian Piechurski, https://orcid.org/0000-0001-8065-962X – Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska Gliwice.
Adres do korespondencji/ Corresponding author: Florian.Piechurski@polsl.pl

kosztów inwestycji, niezapewnienie prawidłowej eksploatacji wodociągu w określonym czasie, czy też nie zapewnia odpowiednich właściwości wytrzymałościowych i hydraulicznych poddanego modernizacji wodociągu.

W pracy porównane zostaną następujące metody: Swagelining, Relining długi, Cementowanie, Rękaw elastyczny.

Przedmiot analizy

Porównano każdą z wybranych do analizy metod pod względem parametrów, jakimi one charakteryzują się. Porównania dokonano na przykładzie istniejącego wodociągu stalowego DN600. Analiza przeprowadzona została z uwzględnieniem następujących elementów, na podstawie których dokonano wyboru technologii:

- czas realizacji inwestycji,
- całkowity koszt wykonania robót budowlanych,
- ingerencja w otoczenie podczas wykonywania robót budowlanych,
- wady i zalety poszczególnych metod w zakresie technologii wykonania robót.

Na podstawie przeprowadzonej analizy porównawczej wybrano technologię, z wykorzystaniem której może zostać wykonana modernizacja analizowanego odcinka sieci wodociągowej. Dokonano wyboru najbardziej przydatnej metody dla analizowanego zadania. Analiza obejmowała cztery warianty wykonania modernizacji: I – Swagelining, II – Relining długi, III – Cementowanie, IV – Rękaw elastyczny.

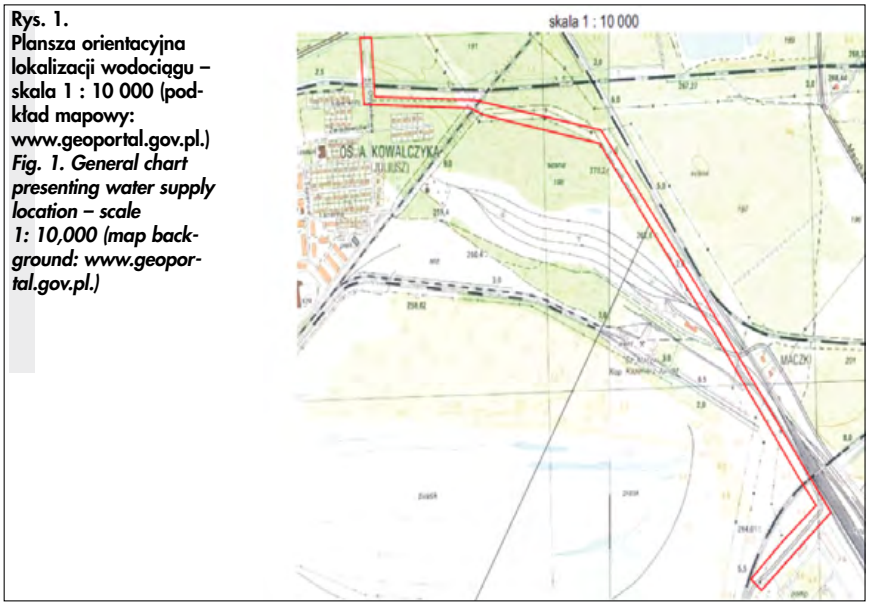
Opis obiektu, trasa, charakterystyka terenu

Przedmiotem analizy pod względem wyboru najbardziej korzystnej technologii jest remont wodociągu stalowego DN 600. Całkowita długość odcinka modernizowanego w ramach tego zadania wynosi 2600 m (rys.1). Teren, na którym zlokalizowany jest wodociąg uzbrojony jest w sieci wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe, energetyczne i telekomunikacyjne. Część wodociągu znajduje się w terenie silnie zalesionym. Na trasie wodociągu występują powierzchnie utwardzone w postaci dróg osiedlowych oraz dróg leśnych utwardzonych tłuczniem. Trasa wodociągu przebiega niestety również pod liniami kolejowymi.

Stan istniejący wodociągu

Stan techniczny modernizowanego rurociągu jest zły z uwagi na:

1. nieszczelności,
2. korozję wewnętrzną,
3. pęknięcia,
4. występujące awarie,
5. odkładanie się osadu, nacieki.



Rys. 1. Plansza orientacyjna lokalizacji wodociągu – skala 1 : 10 000 (podkład mapowy: www.geoportal.gov.pl.)
Fig. 1. General chart presenting water supply location – scale 1: 10,000 (map background: www.geoportal.gov.pl.)

Obecny stan techniczny wodociągu powoduje szkody generujące dodatkowe koszty eksploatacyjne dla użytkownika w postaci: konieczności usuwania awarii powstałych na sieci, strat wody (wycieki), pogorszenia właściwości hydraulicznych wodociągu (wzrost zużycia energii elektrycznej), wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci.

Celem przeprowadzenia prac modernizacyjnych wodociągu jest zapewnienie bezawaryjnej eksploatacji, wyeliminowanie wycieków, a także poprawa warunków hydraulicznych.

Zakres robót budowlanych

W zakresie robót budowlanych, dla każdego z analizowanych wariantów modernizacji, uwzględnione zostały roboty podstawowe, do których zaliczają się roboty montażowe. W robotach podstawowych uwzględniono także wymianę armatury we wszystkich komorach technologicznych na remontowanym odcinku (przepustnice, zasuwy, odpowietrzniki, odwodnienia) wraz z remontem komór technologicznych (wymiana włazów, schodków złazowych, uzupełnienie ubytków i zabezpieczenie wnętrza betonowych komór). Wymiana armatury i odnowienie komór technologicznych nie były uwzględniane w analizowanym zakresie i kosztach robót. Poza podstawowymi robotami budowlanymi renowacji wodociągu przeanalizowane zostaną konieczne do wykonania prace towarzyszące, które różnią się dla poszczególnych technologii. Roboty towarzyszące mają istotny wpływ na ocenę i wybór najbardziej korzystnej technologii dla analizowanego zadania. Do robót towarzyszących należy między innymi wykonanie wykopów startowych i końcowych, które po zakończeniu prac zostaną zlikwidowane, a po wykonanych robotach montażowych w wykopach teren przywrócony zostanie do stanu pierwotnego. Z uwagi na specyfikę poszczególnych technologii, liczba oraz lokalizacja wykopów w każdym z rozpatrywanych wariantów jest inna. W zakresie prac towarzyszących uwzględnione zostaną także roboty w miejscach wykopów startowych i końcowych, takie jak: wycinka zieleni, rozbiórka i odtworzenie utwardzonych nawierzchni.

Analiza poszczególnych wariantów

Wariant I – Swagelining

W wariancie I przyjęto wykonanie remontu wodociągu w technologii Swagelining poprzez wprowadzenie do



Fot. 1. Wykonanie renowacji w technologii Swageliningu (źródło: PW Trenchless Construction Inc.)
Pic. 1. Renovation using Swagelining technology (source: PW Trenchless Construction Inc.)

istniejącego przewodu stalowego DN600, rurociągu Dz560 SDR 17.

Łączna długość konieczna do wprowadzenia przewodu PE100RC Dz560 SDR17 to 2600 m. Koszty wykonania modernizacji technologią Swagelining zestawiono w tab.1.

Tabela 1. Zestawienie kosztów – Swagelining
Table 1. Cost breakdown – Swagelining

Zakres	jednostka	ilość	cena jednostkowa	suma
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja przed robotami renowacyjnymi	m	2600	22,58	58 708,00
Czyszczenie wewnętrznej strony rurociągu stalowego o średnicy 600 mm przez mechaniczne szczotkowanie, usunięcie przerostów, korzeni, usuwanie z kanału przeszkód t.j. stwardniały osad, narosty wody gruntowej oraz inne miejsca przewężeń – czyszczenie wstępne oraz końcowe za pomocą metody hydrodynamicznej	m	2600	131,76	342 576,00
Wykopy oraz przekopy o głęb. do 3,0 m wyk. na odkład koparkami podsiębiernymi o poj. łyżki 0,25 – 0,60 m^3 w gr. kat. III-IV – wykop pod komory rewizyjne pośrednie	m^3	1329	16,86	22 406,94
Ażurowe umocnienie ścian wykopów wraz z rozbiórką palami szalunkowymi stalowymi (wypraskami) w gruntach suchych; wyk. o głęb. do 3,0 m	m^2	1100	27	27 000,00
Sieci wodociągowe – montaż rurociągów z rur polietylenowych (PE100RC SDR17) o śr. zewnętrznej 560 mm – wykopy umocnione (na łukach)	m	216,1	1 200,71	259 473,43
Renowacja rurociągu stalowego o śr 600mm za pomocą technik ciasnopasowanych – Swagelining – rury PE100RC SDR17 o średnicy 560 mm wraz z pracami towarzyszącymi: pomiary, obróbka, transport i montaż urządzeń do renowacji (wciągarka, pierścień redukcyjny), wykonanie stabilizacji podłoża pod urządzenia, inne	m	2600	2 014,16	5 236 816,00
Sieci wodociągowe – połączenie rur polietylenowych ciśnieniowych PE, PEHD metodą zgrzewania czołowego o śr. zewn. 560 mm – wykopy umocnione	złącz.	44	476	58 072,00
Sieci wodociągowe – kształtki żeliwne ciśnieniowe kołnierzowe o śr. 500 mm – wykopy umocnione – kształtka demontażowo-montażowa d=500 mm	szt.	2	11 147,14	22 294,28
Manszeta na połączeniu rurociągu stalowego d=600 mm z PE d=560 mm	szt.	44	267,95	10 718,00
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja po robotach renowacyjnych	m	2600	22,58	58 708,00
łącznie:				6 131 880,81

Tabela 2. Analiza SWOT – Swagelining
Table 2. SWOT analysis – Swagelining

Mocne strony	Słabe strony
– minimalna redukcja przekroju, – stosunkowo krótki czasokres wykonania robót,	– wysoka cena wykonania technologii, – technologia mniej popularna na rynku niż pozostałe (mniejsza konkurencyjność wpływa na wyższą cenę),
Szanse (osiągnięte cele)	**Zagrożenia**
– poprawienie właściwości wytrzymałościowych oraz hydraulicznych w perspektywie kilkudziesięciu lat (zastosowano wykładzinę strukturalną), – wyeliminowanie korozji, wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci, – wyeliminowanie wycieków.	– jeżeli podczas przeglądu kamerą przewodu okaże się, że wodociąg punktowo jest silnie zdeformowany będzie konieczne wykonanie dodatkowych komór, co w znaczący sposób utrudni realizację zadania.

W wariancie I najwyższe koszty wykonania modernizacji stanowią materiał wraz z robotami montażowymi polegającymi na wprowadzeniu nowego przewodu PE100 RC Dz560 mm SDR17 do istniejącego rurociągu stalowego przy zastosowaniu technologii Swagelining. Kolejnym elementem pod względem kosztochłonności inwestycji jest czyszczenie rurociągu. Blisko 120 000 złotych to koszty monitoringu przy użyciu kamery przed i po renowacji. Łączna wartość przeznaczona na wykonanie robót w tym wariancie to 6 131 880 zł. W tab. 2 przedstawiono analizę SWOT dla technologii Swagelining.

Z analizy SWOT wynika, że największym zagrożeniem dla wykonania remontu w wariancie dla technologii Swagelining jest możliwość wystąpienia deformacji na trasie istniejącego wodociągu. Przegląd kamerą przewodu można wykonać dopiero po czasowym wyłączeniu wodociągu z eksploatacji, a więc tuż przed przystąpieniem do prac wykonawczych. W przypadku wystąpienia deformacji nie będzie możliwe wciągnięcie przewodu PE100 RC do remontowanego wodociągu stalowego na długości, na której wodociąg będzie zdeformowany. Wówczas konieczne będzie wykonanie dodatkowych wykopów w celu rozcięcia istniejącego przewodu stalowego, a następnie zabudowania nowego przewodu PE100 RC w wykopie otwartym. Dodatkowe wykopy nieuwzględnione na etapie projektowym mogą znacząco wydłużyć czas prowadzonych robót budowlanych. Wymagają ponadto uzgodnienia z właścicielem lub zarządcą gruntu, ewentualnej zgody na wycinkę zieleni, uzgodnienia z zarządcą drogi (w przypadku kiedy wykop występuje w pasie drogowym) etc.

Największą zaletą tego rozwiązania jest niewielka redukcja przekroju przewodu.

Do wad tej technologii należy zaliczyć niską dostępność na rynku firm wykonujących remonty w technologii Swagelining. Ze względu na brak dostępności oraz poziom skomplikowania metody, charakteryzuje się ona wysokimi kosztami realizacji.

Wariant II – Relining długi

W wariacie II przyjęto wykonanie modernizacji w technologii Relining długiego wprowadzając do istniejącego przewodu nowy rurociąg PE 100 RC DN/OD 500 SDR 17 wraz z wypełnieniem przestrzeni międzyrurowej. Wariant zakłada, że istnieje możliwość redukcji przekroju poprzecznego przewodu, a tym samym może nastąpić spadek przepustowości wodociągu.



Fot. 2.
Wykonanie renowacji w technologii Relining (źródło: Simona)
Pic. 2. Renovation in the Relining technology (source: Simona)

Koszty wykonania modernizacji w technologii Relingu przedstawiono w tab. 3.

Modernizacja analizowanego wodociągu w technologii Relining długiego kosztować będzie 4 026 300 zł. Największą kwotę stanowią roboty montażowe polegające na wciągnięciu do istniejącego przewodu, nowego przewodu PE 100 RC. Wartości robót montażowych to 3 250 000 zł. Czyszczenie rurociągu, to kwota 342 000,00 zł. Koszty przeglądu kamerą przed i po wykonanych pracach to blisko 120 000,00 zł. W tab. 4 przedstawiono analizę SWOT dla technologii Relining.

Z przeprowadzonej analizy SWOT wynika, że największym problemem w wariancie II, czyli wykonania remontu

Tabela 3. Zestawienie kosztów – Relining
Table 3. Cost breakdown – Relining

Zakres	jednostka	ilość	cena jednostkowa	suma
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja przed robotami renowacyjnymi	m	2600	22,58	58 708,00
Czyszczenie wewnętrznej strony rurociągu stalowego o średnicy 600 mm przez mechaniczne szczotkowanie, usunięcie przerostów, korzeni, usuwanie z kanału przeszkód tj. stwardniały osad, narosty wody gruntowej oraz inne miejsca przewężeń – czyszczenie wstępne oraz końcowe za pomocą metody hydrodynamicznej	m	2600	131,76	342 576,00
Wykopy oraz przekopy o głęb. do 3,0 m wyk. na odkład koparkami podsiębiernymi o poj. łyżki 0,25 – 0,60 m^3 w gr. kat. III-IV – wykop pod komory rewizyjne pośrednie	m^3	980	16,86	16 522,80
Ażurowe umocnienie ścian wykopów wraz z rozbiórką palami szalunkowymi stalowymi (wypraskami) w gruntach suchych; wyk. o głęb. do 3,0 m	m^2	740	27	19 980,00
Sieci wodociągowe – montaż rurociągów z rur polietylenowych (PE100RC SDR17) o śr. zewnętrznej 500 mm – wykopy umocnione (w wykopach otwartych na zmianie kierunku wodociągu, łuki 11°)	m	160	1 100,20	176 032,00
Renowacja rurociągu stalowego o śr. 600mm za pomocą techniki Relingu długiego – rury PE100RC SDR17 o średnicy zewnętrznej 500 mm wraz z pracami towarzyszącymi: pomiary, obróbka, transport i montaż urządzeń do renowacji (wciągarka, pierścień redukcyjny), wykonanie stabilizacji podłoża pod urządzenia, inne	m	2600	1 250,00	3 250 000,00
Sieci wodociągowe – połączenie rur polietylenowych ciśnieniowych PE100 RC metodą zgrzewania czołowego o śr. zewn. 500 mm – wykopy umocnione	złącz.	122	350	42 700,00
Sieci wodociągowe – kształtki żeliwne ciśnieniowe kołnierzowe o śr. 500 mm – wykopy umocnione – kształtka demontażowo-montażowa d=500 mm	szt	2	9 850,00	19 700,00
Manszeta na połączeniu rurociągu stalowego d=600 mm z PE 100 RC d=500 mm	szt	28	267,95	10 718,00
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja po robotach renowacyjnych	m	2600	22,58	58 708,00
Łącznie:				4 026 285,30

Tabela 4. Analiza SWOT– Relining
Table 4. SWOT analysis – Relining

Mocne strony	Słabe strony
– stosunkowo niska cena wykonania technologii – technologia powszechnie dostępna na rynku, duża konkurencyjność, – nowy przewód stanowi samonośną konstrukcję o parametrach wytrzymałościowych jak dla nowego przewodu polietylowego, – krótki okres wykonania robót, – minimalny zakres robót ziemnych,	– redukcja przekroju rurociągu
Szanse (osiągnięte cele)	Zagrożenia
– poprawienie właściwości wytrzymałościowych oraz hydraulicznych w perspektywie kilkudziesięciu lat, – wyeliminowanie korozji, wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci, – wyeliminowanie wycieków.	– zmniejszenie przepustowości przewodu może powodować problemy eksploatacyjne. Konieczne uzyskanie informacji od zarządzającego siecią, czy jest możliwe zmniejszenie przepustowości wodociągu w wyniku przeprowadzonej modernizacji.

w technologii Relining długiego jest redukcja przekroju wodociągu, a w konsekwencji obniżenie jego przepustowości. Konieczne jest w związku z tym pozyskanie informacji od gestora sieci, czy zmniejszenie przepustowości po przeprowadzeniu modernizacji nie wpłynie na nieprawidłową eksploatację wodociągu. Niewątpliwą zaletą tej technologii jest jej powszechność oraz duża konkurencyjność na rynku. Metoda pozwala na ograniczenie zakresu robót ziemnych.

Wariant III – Cementowanie

W wariancie III przyjęto zabezpieczenie wodociągów metodą cementowania od wewnątrz. Technologia wykonania robót polega na wyłożeniu wnętrza rur cienką warstwą zaprawy cementowej,



Fot.3.
Cementownie rury stalowej (źródło: Przedsiębiorstwo Budowlane ABM Sp. z o.o.)
Pic. 3. Steel pipe cementing (source: Przedsiębiorstwo Budowlane ABM Sp.z o.o.)

nakładanej przy użyciu urządzenia z ruchomą głowicą natryskową.

Przed cementowaniem wnętrze rurociągu należy oczyścić z nalotów i osadów. Przed przystąpieniem do czyszczenia należy wybrane odcinki wyłączyć z eksploatacji. W celu uzyskania dostępu do wnętrza rurociągu należy wyciąć półcylindryczną powłokę o długości od 1,5 do 2,0 m. Powłokę wewnętrzną z zaprawy cementowej wykonuje się dla rur o średnicach od 160 do 2000 mm wg warunków określonych normami: DIN 2614, DIN 2880, PN-EN 10298. Grubość warstwy wykładziny cementowej na rurach stalowych wg PN 92/H-74108 dla rur o średnicy 600 mm wynosi:

– minimalna wartość pojedyncza 6 mm,
– maksymalna wartość pojedyncza 9 mm.

Koszty wykonania modernizacji w wariancie technologii cementowania przedstawiono w tab. 5.

W technologii cementowania wartość wykonania natrysku zaprawą cementową,

Tabela 5. Zestawienie kosztów – Cementowanie
Table 5. Cost breakdown – Cementing

Zakres	jednostka	ilość	cena jednostkowa	suma
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja przed robotami renowacyjnymi	m	2600	22,58	58 708,00
Czyszczenie wewnętrznej powierzchni rurociągu stalowego o średnicy 600 mm przez mechaniczne szczotkowanie, usuwanie z rurociągu przeszkód tj. stwardniałego osadu, narostów wody gruntowej oraz innych miejsc przewężeń – czyszczenie wstępne oraz końcowe za pomocą metody hydrodynamicznej	m	2600	131,76	342 576,00
Wykopy oraz przekopy o głęb. do 3,0 m wyk. na odkład koparkami podsiębiernymi o poj. łyżki 0,25 – 0,60 m^3 w gr. kat. III-IV – wykop pod komory rewizyjne pośrednie	m^3	600	16,86	10 160,00
Ażurowe umocnienie ścian wykopów wraz z rozbiórką palami szalunkowymi stalowymi (wypraskami) w gruntach suchych; wyk. o głęb. do 3,0 m	m^2	550	27	14 850,00
Renowacja rurociągu stalowego DN600 poprzez wykonanie natrysku zaprawą cementową o gr. 7 mm	m	2600	1 200,00	3 120 000,00
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja po robotach renowacyjnych	m	2600	22,58	58 708,00
łącznie:				3 643 476,00

to kwota 3 120 000 zł. Niewątpliwie jest to najtańsza metoda spośród rozpatrywanych wariantów. Łączny koszt modernizacji w technologii cementowania dla analizowanego odcinka wraz z czyszczeniem i przeglądami kamerą oraz wykonaniem robót ziemnych, to 3 643 500 zł. W tabeli 6 przedstawiono analizę SWOT – Cementowanie.

Z analizy SWOT dla wariantu III – modernizacji wodociągu w technologii Cementowania wynika, że największym ryzykiem dla wyboru tej technologii jest niewłaściwa ocena stanu technicznego istniejącego przewodu stalowego. Przed podjęciem decyzji o wyborze tego wariantu należy jednoznacznie wykazać, że istniejący przewód zdolny jest przenosić obciążenia w zakresie wytrzymałościowym. Przewód musi zapewniać trwałość w zakresie wytrzymałościowym przez cały okres planowanej eksploatacji po przeprowadzonej modernizacji. Wariant ten charakteryzuje się szeregiem zalet, takich jak: krótki czas realizacji modernizacji, niskie koszty inwestycji, niewielka ingerencja robót budowlanych w otoczenie, minimalna zmiana przekroju przewodu i poprawienie właściwości hydraulicznych odnowionego przewodu.



Fot.4.
Wykonanie renowacji w technologii Rękawa elastycznego przez firmę Preuss Pipe Rehabilitation Sp. z o.o.(źródło: zbiory własne)
Pic. 4. Renovation using Flexible Sleeve technology by the company Preuss Pipe Rehabilitation Sp. z o.o. (source: own collections)

Tabela 6. Analiza SWOT– Cementowanie
Table 6. SWOT analysis – Cementing

Mocne strony	Słabe strony
– minimalna redukcja przekroju, – urządzenie do cementowania może pokonywać łuki, – długie odcinki pomiędzy wykopami, – skuteczność zaprawy, – niskie koszty inwestycyjne.	– technologia nie pozwala na poprawienie właściwości wytrzymałościowych istniejącego przewodu
Szanse (osiągnięte cele)	**Zagrożenia**
– poprawienie właściwości hydraulicznych w perspektywie kilkudziesięciu lat, – odporność na ścieranie, – wyeliminowanie korozji, wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci, – wyeliminowanie wycieków.	– błąd przy ocenie stanu wytrzymałościowego przewodu poddawanego renowacji skutkować będzie wieloma awariami pomimo przeprowadzenia prac modernizacyjnych.

Wariant IV – Rękaw elastyczny

W wariancie IV założono renowację poprzez wprowadzenie do istniejącego rurociągu stalowego (uprzednio dokonano przeglądu kamerą i oczyszczenia) rękawa elastycznego.

W tej technologii do rurociągu wprowadzony zostanie rękaw o wytrzymałości pozwalającej na samodzielne przeniesienie wszelkich obciążeń statycznych, tworząc jednocześnie samodzielny przewód o nowych właściwościach. Metoda polega na zaimpregnowaniu rękawa elastycznego wysoko jakościową dwuskładnikową żywicą epoksydową, wprowadzeniu go do regenerowanego rurociągu (wcześniej wyczyszczonego hydrodynamicznie) i zakończeniu procesu przez wygrzewanie za pomocą pary.

Rękaw jest wykonany z wykładziny filcowej wzmacnianej włóknem szklanym z wewnętrzną powłoką polietylenową. Rękaw i klej powinny posiadać atest higieniczny PZH dopuszczający do kontaktu z wodą przeznaczoną do spożycia. Koszty wykonania modernizacji w technologii Rękawa elastycznego przedstawiono w tabeli 7.

Koszt wprowadzenia rękawa do modernizowanego odcinka wodociągu, to kwota 5 460 000 zł. Łączny koszt robót w tym wariancie wynosi niespełna 6 000 000 zł i stanowi jedną z droższych spośród porównywanych metod. Niewielka konkurencyjność i duży stopień skomplikowania technologii wpływają na wysoki koszt wykonania. W tabeli 8 przedstawiono analizę SWOT – Rękaw elastyczny.

Z przeprowadzonej dla wariantu IV analizy SWOT wynika, że technologia należy do kosztownych i skomplikowanych. Technologia rękawa elastycznego posiada jednak szereg zalet. Pozwala na wprowadzenie rękawa na długich odcinkach i pokonanie zmian kierunku przebiegu trasy (możliwość pokonania łuków nawet do 90°). Zaletą jest także określana

Tabela 7. Zestawienie kosztów – Rękaw elastyczny
Table 7. Cost breakdown – Flexible sleeve

zakres	Jednostka	ilość	cena jednostkowa	suma
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja przed robotami renowacyjnymi	m	2600	22,58	58 708,00
Czyszczenie wewnętrznej powierzchni rurociągu stalowego o średnicy 600 mm przez mechaniczne szczotkowanie, usunięcie przerostów, korzeni, usuwanie z rurociągu przeszkód tj. stwardniałego osadu, narostów wody gruntowej oraz inne miejsca przewężeń – czyszczenie wstępne oraz końcowe za pomocą metody hydrodynamicznej	m	2600	131,76	342 576,00
Wykopy oraz przekopy o głęb. do 3,0 m wyk. na odkład koparkami podsiębiernymi o poj. łyżki 0,25 – 0,60 m^3 w gr. kat. III-IV – wykop pod komory rewizyjne pośrednie	m^3	700	16,86	11 802,00
Ażurowe umocnienie ścian wykopów wraz z rozbiórką palami szalunkowymi stalowymi (wypraskami) w gruntach suchych ; wyk. o głęb. do 3,0 m	m^2	980	27	26 460,00
Renowacja rurociągu stalowego DN600 poprzez zainstalowanie rękawa elastycznego wygrzewanego parą wodną	m	2600	2 100,00	5 460 000,00
Sieci wodociągowe – kształtki żeliwne ciśnieniowe kołnierzowe o śr. 600 mm – wykopy umocnione – kształtka demontażowo-montażowa d=600 mm	szt	2	9 850,00	19 700,00
Inspekcja kamerą telewizyjną CCTV wraz z dokumentacją na płycie CD – inspekcja po robotach renowacyjnych	m	2600	22,58	58 708,00
łącznie:				5 988 672,00

Tabela 8. Analiza SWOT– Rękaw elastyczny
Table 8. SWOT analysis – Flexible sleeve

Mocne strony	Słabe strony
– minimalna redukcja przekroju, – przewód elastyczny, może być wprowadzony do łuków do 90° i na długich odcinkach, – żywotność rękawa określa się na 50 lat,	– wysoka cena technologii, – technologia skomplikowana, – mała konkurencyjność firm wykonujących tę technologię,
Szanse (osiągnięte cele)	**Zagrożenia**
– poprawienie właściwości hydraulicznych w perspektywie kilkudziesięciu lat, – wyeliminowanie korozji, wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci, – wyeliminowanie wycieków.	– czas realizacji inwestycji jest silnie zależny od warunków atmosferycznych. Prace ze względów technologicznych mogą być wykonywane wyłącznie w zakresie temperatur 5-25°C.

na 50 lat żywotność rękawa. Technologia wymaga prowadzenia prac w odpowiednich warunkach atmosferycznych.

Wybór technologii

Przeprowadzana analiza pozwala na dokonanie wyboru technologii, która będzie technologią najbardziej korzystną spośród porównywanych przy realizacji dla rozpatrywanego zadania – modernizacji stalowego wodociągu DN600 o długości 2600 m. Przy wyborze uwzględniono właściwości charakteryzujące każdą z poszczególnych technologii, takie jak: koszty inwestycji, czas trwania robót budowlanych oraz ingerencja robót budowlanych w istniejące zagospodarowanie terenu.

Koszty wykonania modernizacji

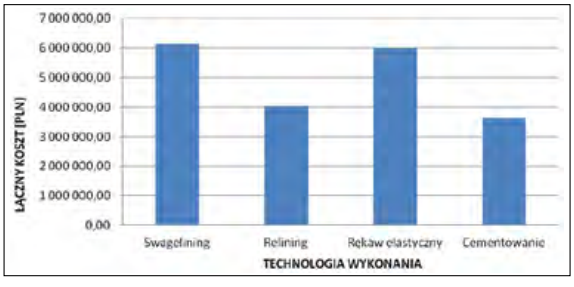
W celu porównania kosztów wykonania modernizacji sporządzono uproszczony kosztorys inwestorski dla każdego z rodzajów wybranych technologii. Na podstawie wykonanej kalkulacji całkowitych nakładów przeznaczonych na wykonanie modernizacji, porównane zostały technologie w zakresie różnic w kosztach wykonania modernizacji. Na sumę kosztów modernizacji wodociągu składają się: koszty wykonania robót montażowych, koszty materiału, koszty wykonania prac ziemnych wraz z robotami towarzyszącymi (wycinka zieleni, rozbiórka i odtworzenie nawierzchni utwardzonych). Uproszczone kosztorysy przedstawione zostały w opisie dla każdej z technologii. Sumę kosztów dla poszczególnych technologii przedstawia rys. 2.

Koszty inwestycji w poszczególnych technologiach są bardzo zróżnicowane i wynoszą od 3 648 000 zł dla modernizacji w technologii Cementowania, aż do 6 132 000 zł dla Swageliningu. Kwotę zbliżoną wykonania remontu w technologii Swageliningu stanowi kwota potrzebna na realizację modernizacji przy wykorzystaniu technologii Rękawa elastycznego – 5 989 000 zł. Koszt wykonania Relining długiego przy średnicy wprowadzanej rury PE 100 RC Dz 560mm SDR17 jest zbliżony do wykonania Cementowania. Kwota nakładów koniecznych do wykonania remontu w najtańszej technologii stanowi 60% kwoty koniecznej do wykonania modernizacji wodociągu w technologii najdroższej. Tak istotna różnica w kosztach wykonania inwestycji ma duży wpływ przy wyborze najbardziej optymalnej technologii. Analizując jednostkowe koszty wykonania każdych 100 m modernizacji przy wykorzystaniu nakładów koniecznych do wykonania modernizacji w technologiach Swagelining i Cementowania pozwala na dodatkowe wykonanie modernizacji wodociągu na odcinku o długości 1400 m. Reasumując, przy przeznaczeniu tej samej kwoty przez inwestora na realizację modernizacji, w technologii Swagelining można byłoby zrealizować odcinek 2600 m (jak analizowany), a w technologii Cementowania można byłoby zrealizować modernizację na odcinku 4000 m (przy założeniu tych samych nakładów inwestycyjnych).

Czas wykonania robót

Dla wszystkich z wybranych technologii przyjęto jednostkowy czas wykonania robót dla każdych 100 m modernizacji przewodu. Podane wartości uwzględniają wyłącznie dni robocze. W czasie wykonania uwzględnione zostały prace przygotowawcze, wykonanie robót ziemnych, robót montażowych i prac towarzyszących. Jednostkowe wartości przyjęto na podstawie informacji przekazanych przez wykonawców wynikających z ich doświadczenia w realizacji podobnych inwestycji. W zakresie prac ziemnych przyjęto wartości uśrednione. Zakres – długość koniecznych wykopów w poszczególnych technologiach jest zróżnicowany. Podane jednostkowe wartości w tabeli 9 dla każdych 100 m wykonania robót ziemnych uwzględniają różnicę w liczbie wykopów dla poszczególnych technologii. Nie odnoszą się wprost do wykonania remontu na odcinku A-B o długości 100 m i koniecznych do wykonania na tym odcinku wykopów startowych i końcowych, a średniego czasu potrzebnego do wykonania robót ziemnych dla całego remontowanego wodociągu w poszczególnych technologiach z uwzględnieniem zróżnicowania w długości wykopów koniecznych do wykonania dla danej technologii. W przyjętej wartości czasu uwzględniono także czas konieczny do wykonania prac dodatkowych, takich jak m.in.: rozbiórka i odtworzenie nawierzchni utwardzonych, wycinka zieleni i wykonanie nasadzeń zastępczych etc. Zagospodarowanie terenu na trasie lokalizacji wodociągu jest zróżnicowane. Większość komór zlokalizowana będzie w terenach zielonych. Część wykopów zlokalizowana jest w terenie utwardzonym i wymaga rozbiórki oraz odtworzenia nawierzchni, a część wymaga wykonania wycinki zieleni i nasadzeń zastępczych. Przyjęte wartości czasu koniecznego do wykonania robót w poszczególnych technologiach są uśrednione. Czas wykonania robót budowlanych zależy od wielu czynników w tym warunków atmosferycznych, liczby pracowników i sprzętu na budowie, mocy przerobowych, czasu oczekiwania na zamówione materiały etc. Podane wartości mogą się zatem różnić w zakresie od 20 do nawet 30%. Czas realizacji modernizacji przedstawia tabela 9.

Z przeprowadzonego porównania wynika, że technologia Cementowania jest metodą zapewniającą najkrótszy czas



Rys. 2.
Łączne koszty wykonania modernizacji dla poszczególnych technologii
Fig. 2. The total cost of modernization for various technologies

Tabela 9. Czas wykonania modernizacji dla poszczególnych technologii
Table 9. Time of modernization for various technologies

lp.	Zakres Prac	Swagelining	Relining	Cementowanie	Rękaw elastyczny
		[dni robocze]	[dni robocze]	[dni robocze]	[dni robocze]
1	Wykonanie wykopów wraz z pracami przygotowawczymi i przywróceniem terenu do stanu pierwotnego (wycinka zieleni, rozbiórka i odtworzenie nawierzchni utwardzonych etc.)	3,5	2	1	1,5
2	Inspekcja – kamerą CTV	0,5	0,5	0,5	0,5
3	Czyszczenie rurociągu	1	1	1	1
4	Inspekcja po czyszczeniu – kamera CTV	0,5	0,5	0,5	0,5
5	Roboty montażowe (instalacja przewodu PE/instalacja rękawa/wykonanie natrysku zaprawą cementową)	2	2	1	1
6	Inspekcja po wykonanych robotach montażowych – kamera CTV	0,5	0,5	0,5	0,5
Łącznie [dni/100 m]		8	6,5	4,5	5
Łącznie dla realizacji Inwestycji na całej długości [dni]		206	169	117	130

realizacji modernizacji (117 dni roboczych). Czas konieczny do wykonania robót budowlanych dla cementowania jest znacznie krótszy niż w przypadku Swageliningu (206 dni roboczych). W przypadku modernizacji w technologii Swageliningu termin realizacji robót jest blisko dwukrotnie dłuższy. Kolejną technologią pod względem krótkiego czasu realizacji jest montaż rękawa elastycznego (130 dni roboczych). Termin realizacji modernizacji w technologii rękawa elastycznego jest bardzo zbliżony do cementowania. Relining jest metodą, która reprezentuje średni czas wykonania robót spośród wybranych technologii (169 dni roboczych). Podane wartości są wartościami uśrednionymi, które wyznaczone zostały na podstawie informacji przekazanych przez wykonawców, a które wynikają z ich doświadczeń w realizacji robót budowlanych o zbliżonym zakresie. Wartości mogą różnić się od podanych w zestawieniu. Rozbieżności mogą wynikać z różnic w zakresie niezbędnego sprzętu, liczby pracowników na budowie, dostępności i czasu oczekiwania na dostawę materiałów, warunków atmosferycznych etc.

Ingerencja w istniejące zagospodarowanie terenu podczas wykonywanych robót budowlanych

Zakres ingerencji inwestycji w otoczenie uwarunkowany jest głównie zakresem robót ziemnych koniecznych do wykonania remontu wodociągu, czyli długością wykopów realizowanych w danej technologii. W mniejszym stopniu na ingerencję w otoczenie składa się rodzaj sprzętu, który wykorzystywany jest przy robotach budowlanych (np. emisja hałasu, spalin etc.). Na ingerencję w otoczenie spowodowaną przez prowadzone roboty ziemne wpływ ma nie tylko liczba komór, ale także ich wymiar i lokalizacja. Na przykład w technologii Swageliningu na załamaniach trasy powyżej 8° nie ma możliwości wykonania renowacji bez wykonania wykopu otwartego w miejscu łuku. Jeżeli załamanie występuje w niekorzystnym miejscu (np. w pasie drogowym) wpływ na istniejące zagospodarowanie terenu jest duży. Łuki występujące na trasie wodociągu w terenie silnie zadrzewionym w przypadku Swageliningu wymagają wycinki nie tylko w zakresie samego wykopu, ale także obszaru koniecznego na dojazd oraz rozstawienie sprzętu budowlanego. Technologia cementowania pozwala na wyznaczanie lokalizacji wykopów ze znacznie większą swobodą (nie determinują jej łuki) i umożliwia wyeliminowanie wykopów w niekorzystnych miejscach oraz rozmieszczenie wykopów w taki sposób, aby powodowały znacznie mniejsze oddziaływanie na otoczenie. Do prac związanych z przygotowaniem wykopu startowego i końcowego (nadawczego i odbiorczego) zalicza się wykonanie wykopu, jego zasypanie oraz przywrócenie terenu do stanu pierwotnego.

Technologie cementowania oraz rękawa elastycznego spośród porównywanych technologii powodują najmniejszą ingerencję w otoczenie. W przypadku wykonywania modernizacji w tych technologiach w znacznym stopniu redukuje się liczbę wykopów. Ponieważ cementowanie oraz instalacja rękawa elastycznego ze względu na technologiczne możliwości umożliwiają pokonywanie łuków na trasie wodociągu (dla których w przypadku Swageliningu i Relining konieczne jest wykonanie wykopu otwartego), to wykopy mogą być lokalizowane w miejscach, w których ingerencja w otoczenie oraz zakres nakładów pracy i dodatkowych kosztów będą możliwie najmniejsze. W technologiach Swageliningu i Relining lokalizacja oraz liczba wykopów wymuszona jest układem trasy remontowanego wodociągu.

Podsumowując, spośród porównywanych technologii, technologia Cementowania oraz Rękawa elastycznego są technologiami najmniej ingerującymi w otoczenie podczas prowadzenia robót budowlanych.

Strona formalno-prawna, a czas realizacji inwestycji

Istotny wpływ na czas realizacji inwestycji mają prace przygotowawcze, pozyskanie szeregu dokumentów formalno-prawnych umożliwiających rozpoczęcie robót budowlanych. Tak naprawdę proces inwestycji rozpoczyna się już na etapie jej planowania przez inwestora.

Dla analizowanych technologii zakres, a tym samym czas konieczny na pozyskiwanie dokumentów formalno-prawnych jest zróżnicowany. Zgodnie z obowiązującą ustawą Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r z późn. zmianami (Dz. U. poz. 1333 z rok 2020), roboty budowlane klasyfikuje się jako: budowa, przebudowa, rozbudowa lub remont. Kwalifikacja rodzaju przedsięwzięcia ma wpływ na rodzaj i zakres pozyskania wspomnianych dokumentów formalno-prawnych dla potrzeb przeprowadzenia inwestycji. W zakresie modernizacji istniejących sieci wodociągowych mamy do czynienia z robotami budowlanymi, remontem lub przebudową. O kwalifikacji rodzaju zamierzenia budowlanego (czy jest to remont, czy przebudowa), decyduje zakres prowadzonych prac. W przypadku zmiany parametrów charakterystycznych obiektu (w przypadku budynku jest to np. jego wysokość, powierzchnia zabudowy) jest to przebudowa. W wariancie, kiedy parametry te nie zostaną zmienione wówczas mamy do czynienia z remontem. W przypadku obiektów liniowych, do których zaliczany jest wodociąg, parametrem charakterystycznym jest długość, która w każdej z porównywanych technologii jest stała w odniesieniu do istniejącego wodociągu, a także średnica. Jeżeli w wyniku modernizacji zmieniamy średnice wodociągu, wówczas roboty kwalifikowane są jako przebudowa. W naszym przypadku wyłącznie dla technologii relining średnica przewodu zostaje zmniejszona.

Zmiana charakteru robót budowlanych ma bardzo istotny wpływ na czas przygotowania dokumentacji pozwalającej na przystąpienie do rozpoczęcia robót. Remont nie podlega decyzji administracyjnej w postaci Zgłoszenia Robót Budowlanych nie wymagających pozwolenia na budowę, ani pozyskania pozwolenia na budowę. Natomiast przebudowa sieci wodociągowej wymaga pozyskania tzw. „skutecznego" Zgłoszenia robót budowlanych lub prawomocnego Pozwolenia na budowę (o sposobie zgłoszenia pracy decyduje inwestor). Rzutuje to znacząco na czas trwania prac przygotowawczych i projektowych.

W zakresie remontu inwestor musi pozyskać:

- prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane (w zakresie gruntów, na których wykonywane są wykopy startowe i końcowe),
- uzgodnienia branżowe, jeżeli wykopy kolidują z istniejącą infrastrukturą,
- uzgodnienia z zarządcą drogi (jeżeli wykop startowy zlokalizowany jest w pasie drogowym).

Łączny czas trwania przygotowania dokumentów formalno-prawnych w trybie remontu to około 2 miesiące.

W przypadku przebudowy inwestor poza wymienionymi powyżej punktami musi uzyskać:

- zgłoszenie Robót Budowlanych nie wymagających Pozwolenia na Budowę – zależnie od lokalizacji inwestycji w Starostwie Powiatowym lub Urzędzie Wojewódzkim (w zakresie terenów zamkniętych i dróg wojewódzkich),
- prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane (nie tylko w zakresie gruntów, na których wykonywane są wykopy startowe i końcowe, ale na całej długości inwestycji),

– protokół z Narady Koordynacyjnej w zakresie sieci uzbrojenia terenu,
– Mapę do Celów Projektowych.

Łączny czas trwania przygotowania dokumentów formalno-prawnych w trybie przebudowy, to około 8 mieniący.

Z powyższego porównania wynika, że różnica w czasie realizacji inwestycji może wynosić 6 miesięcy.

Podsumowanie

Spośród analizowanych technologii: Swagelining, Relining długi, Cementowanie oraz Rękaw elastyczny dla analizowanego zadania pn. „Modernizacja wodociągu stalowego DN600" jako najbardziej korzystną technologię wybrano Cementowanie.

Z uwagi na dobry stan wodociągu w zakresie możliwości wytrzymałościowych nie ma konieczności stosowania wykładziny strukturalnej zdolnej do przenoszenia obciążeń o parametrach takich, jak dla nowego przewodu polietylenowego. Ze względu na koszty, które odbiegają od siebie w znaczący sposób dla poszczególnych technologii od technologii cementowania wybór którejkolwiek z trzech pozostałych wydaje się bezzasadny i narażający inwestora na niepotrzebne zwiększenie kosztów inwestycji.

Istotny wpływ na wybór technologii ma także czas realizacji, który w przypadku cementowania jest najkrótszy, a więc pozwala na szybkie i sprawne przeprowadzenie modernizacji. Ingerencja w otoczenie w przypadku technologii cementowania też jest mniejsza w stosunku do porównywanych technologii: Relining długiego oraz Swagelining.

Wykorzystanie technologii cementowania pozwala na uniknięcie wielu prac ziemnych, ponieważ nie wymusza lokalizacji wykopów w niekorzystnych miejscach, w których wykonanie prac ziemnych jest uciążliwe, wymaga dodatkowych nakładów pracy i poniesienia dodatkowych kosztów (np. wykopu w pasie drogowym, terenie silnie zalesionym, terenie trudnodostępnym).

Wybrana technologia – Cementowania pozwala na osiągnięcie założonych celów modernizacji przy najniższych kosztach i najkrótszym czasie realizacji spośród wybranych do analizy technologii. Pozwala na szybkie, sprawne wykonanie modernizacji przy najniższym budżecie przeznaczonym na modernizację.

Na podstawie przedstawionej oceny wybór ten z punktu widzenia inwestora wydaje się zasadny i najbardziej optymalny spośród porównywanych.

BIBLIOGRAFIA

[1] Kuliczkowski A. (praca zbiorowa), Technologie bezwykopowe w Inżynierii Środowiska. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., 2019
[2] Sosiński P. Bezwykopowa renowacja sieci podziemnych", wyd. KaBe, 2014
[3] Richard w. Bonds. Horizontal directional drilling with ductile iron pipe", Ductile iron pipe research association, 2010
[4] Onkar K. Chothe 1, V.S. Kadam. Comparative Study of traditional method and innovative method for Trenchless Technology. A Review 2016
[5] Nathan J.Ward. TRENCHLESS TECHNOLOGY – AN OVERVIEW. International Conference on Underground Space Technology in Bangalore. India 2011
[6] Lindsay Ivey Burden. Synthesis of Trenchless Technologies. virginia center for transportation innovation and research. 2015
[7] Piechurski F. Efekty modernizacji i wdrożenia monitoringu sieci wodociągowej. INSTAL 11 (400)/2018 s.52-56. ISSN 1640-8160

■



Spis treści
Wstęp
Wykaz oznaczeń
1. **Komfort cieplny**
2. **Zalety i wady ogrzewania i chłodzenia podłogowego**
3. **Systemy ogrzewania podłogowego**
4. **Projektowanie grzejników podłogowych**
5. **Regulacja instalacji ogrzewania podłogowego**
6. **Elektryczne ogrzewanie podłogowe**
7. **Wskazówki praktyczne**

„Ogrzewanie podłogowe" – wydanie I, 2020 r.
ISBN-978-83-88695-37-7
Autorzy: prof. dr hab. inż. Henryk Sabiniak, dr inż. Karolina Wiśnik, dr inż. Tomasz Adamiak z Instytutu Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Łódzkiej.
Format B-5, oprawa twarda, stron 264.

Zamówienia w cenie 76 zł + 8% VAT za egzemplarz przyjmuje Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie" 02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax (22) 843 77 71 e-mail: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl

Wydawca i Redakcja

Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie"
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14
tel./fax (22) 843 77 71
e-mail:
redakcja@informacjainstal.com.pl
wydawnictwo@informacjainstal.com.pl

Redaktor Naczelny — **Janusz Wróblewski (22) 843 77 71 601 231 235**

Redaktorzy Tematyczni — **prof. dr hab. inż. Wojciech Dąbrowski – *Politechnika Krakowska***

prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik – *Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Redaktor językowy — **mgr Kamila Nawrot**

Korekta j. angielskiego — **Jacek Sobolewski**

Redaktor Statystyczny — **dr hab. inż. Anna Głowacka, prof. ZUT w Szczecinie**

Prenumerata — **Jolanta Sobieraj (22) 843 77 71 603 975 098**

Informacje dla autorów, lista recenzentów i zasady recenzji na naszej stronie internetowej
Wersja pierwotna czasopisma - papierowa

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń i artykułów sponsorowanych

Czasopismo recenzowane
20 pkt. w klasyfikacji MEiN dla autorów za publikacje

Znajdujemy się w bazach czasopism:
BazTech, IndexCopernicus, POLindex
Artykuły naukowe opatrzone są Cyfrowym identyfikatorem dokumentu elektronicznego - DOI, który prosimy podawać w pozycjach literatury.

© Wszelkie prawa zastrzeżone
Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie"

Więcej informacji na stronie www.informacjainstal.com.pl



WYKAZ WYDAWNICTW

1	Poradnik wykonywania instalacji wodociągowych, ogrzewczych i gazowych z rur miedzianych (wyd. III, październik - 2000 r.)	30 zł
2	Warunki techniczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji sieci ciepłowniczych z rur i elementów preizolowanych (wyd. I - 1996 r.)	22 zł
3	Pompy ciepła. Poradnik (wyd. III- marzec 2006 r.)	40 zł
4	Elektryczne akumulacyjne ogrzewanie pomieszczeń (wyd. I,- 1998 r.)	20 zł
5	Książka obiektu budowlanego /Zgodna z rozporządzeniem MSWiA/	12 zł
6	Termomodernizacja instalacji w budownictwie przemysłowym i użyteczności publicznej (wyd. I - wrzesień 1999 r.)	32 zł
7	Obiegi wodne i parowe w kotłowniach. Poradnik projektanta. (wyd. I – styczeń 2000 r.)	35 zł
8	Zalecenia dla projektantów instalacji zimnej i ciepłej wody wodociągowej oraz instalacji ogrzewania w zakresie wyboru i łączenia materiałów, uwzględniające agresywność korozyjną wód wodociągowych w 53 miastach w Polsce (wyd. I 2000 r.)	25 zł
9	METROLOGIA mikroklimatu pomieszczenia i środowiskowych wielkości fizycznych. (wyd. I, 2003/2004 Opole)	40 zł
10	TERMODYNAMIKA – Zagadnienia praktyczne w ogrzewnictwie i klimatyzacji (wyd. I 2005 r.)	35 zł
11	WT COBRTI INSTAL Zeszyt 1. Komentarz do normy PN-92/B-01706/Azl:1999 „Zabezpieczenie wody przed wtórnym zanieczyszczeniem" (wyd. I, czerwiec 2001 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	30 zł
12	WT COBRTI INSTAL Zeszyt 2. „Wytyczne projektowania instalacji centralnego ogrzewania" (wyd. I, sierpień 2001 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	40 zł
13	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 3. „Warunki Techniczne wykonania i odbioru sieci wodociągowych" (wyd. I, wrzesień 2001 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	25 zł
14	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 5. „Warunki Techniczne wykonania i odbioru instalacji wentylacyjnych" (wyd. I wrzesień 2002 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	30 zł
15	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 6. „Warunki Techniczne wykonania i odbioru instalacji ogrzewczych" (wyd. I, maj 2003 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	40 zł
16	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 7. „Warunki Techniczne wykonania i odbioru instalacji wodociągowych" (wyd. I, wrzesień 2003 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	35 zł
17	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 8. „Warunki Techniczne wykonania i odbioru węzłów ciepłowniczych" (wyd. I, wrzesień 2003 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	30 zł
18	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 9." Warunki Techniczne wykonania i odbioru sieci kanalizacyjnych" (wyd. I, wrzesień 2003 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	30 zł
19	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 10. „Wytyczne stosowania i projektowania instalacji z rur miedzianych" (wyd. I, styczeń 2004 r.)	40 zł
20	WT COBRTI INSTAL Zeszyt 11. „Zalecenia do projektowania instalacji ciepłej wody, wentylacji i klimatyzacji minimalizujące namnażanie się bakterii Legionella" (wyd. I, 2005 r.)	30 zł
21	Wymagania techniczne COBRTI INSTAL Zeszyt 12 „Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji kanalizacyjnych" (wyd. I, wrzesień 2006 r.) NAKŁAD WYCZERPANY	30 zł
22	Wymagania Techniczne. Zeszyt 1" Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji sprężonego powietrza" (wyd. I, grudzień 2012 r.)	40 zł
23	Wymagania Techniczne. Zeszyt 2 „Warunki techniczne wykonania, odbioru i eksploatacji rurociągów preizolowanych w płaszczu osłonowym HDPE układanych bezpośrednio w gruncie" (wyd.I, 2013 r.)	48 zł
24	BIOZ – bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na budowie (wyd.I, wrzesień 2006 r.)	35 zł
25	MECHANIKA PŁYNÓW – Wybrane zagadnienia w ujęciu komputerowym (wyd. I 2007 r.)	40 zł
26	Rozliczanie kosztów zużycia ciepła i wody w budynkach. Poradnik Zarządcy Budynku (wyd. I 2008 r.)	36 zł
27	LEGIONELLA w instalacjach budynków (wyd. I 2009 r.)	45 zł
28	Jak korzystać z podzielników kosztów ogrzewania. Poradnik użytkownika lokalu (wyd. I, październik 2009 r.)	10 zł
29	Charakterystyka energetyczna budynków + CD (wyd. I, luty 2010 r.)	65 zł
30	Projektowanie instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych (wyd. 2011 r.)	60 zł
31	WĘZŁY CIEPLNE w miejskich systemach ciepłowniczych (wyd. II, 2014 r.)	68 zł
32	Racjonalizacja zużycia energii w budownictwie mieszkaniowym (wyd.I, 2016r.)	64 zł
33	Ogrzewanie podłogowe. Poradnik (wyd. I, 2020 r.)	76 zł

Czasopisma:

Budownictwo i Prawo (kwartalnik)	– prenumerata w 2021 r.	80 zł
INSTAL (miesięcznik)	– prenumerata w 2021 r.:	
	– zwykła	320 zł
	– z CD na koniec roku	370 zł
	– ciągła (z CD na koniec roku)	290 zł
	– półroczna	170 zł
	– z całorocznym dostępem do archiwum	390 zł
	– dla studentów	160 zł
	– elektroniczna	230 zł

Do podanych cen doliczamy podatek VAT - dla książek 5%, a dla czasopism 8%. Przy realizacji zamówienia doliczamy koszty wysyłki płatne przez Zamawiającego (z wyjątkiem prenumeraty). Termin realizacji zamówienia do 14 dni.

ZAMÓWIENIA NA WYDAWNICTWA NALEŻY SKŁADAĆ POD ADRESEM:

Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie"
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax (22) 843 77 71
e-mail: redakcja@informacjainstal.com.pl, wydawnictwo@informacjainstal.com.pl

Politechnika Śląska w Gliwicach
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Katedra Inżynierii Wody i Ścieków
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18,
tel.: (0-32) 2371978, 2372260, 2372981; fax: (0-32) 2371047
E-mail: irena.korus@polsl.pl, mariola.rajca@polsl.pl
http://mempep2021.systemcoffee.pl

XIII Konferencja Naukowa "Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska" MEMPEP 2021

09 – 12 czerwca 2021 r. Zakopane

ORGANIZATORZY

Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Inżynierii Wody i Ścieków

PATRONAT HONOROWY

Politechnika Śląska

JM Rektor Politechniki Śląskiej

Izba Gospodarcza „Wodociągi Polskie"

PATRONAT NAUKOWY

Komitet Inżynierii Środowiska PAN

SPONSORZY

PATRONAT MEDIALNY

Miesięcznik INSTAL

Miesięcznik RYNEK INSTALACYJNY

Wydawnictwo

Nadchodząca, 13. konferencja z tego cyklu, została początkowo zaplanowana na rok 2020, jednak z uwagi na globalną sytuację epidemiczną COVID-19, została przeniesiona na rok 2021. Osoby już zarejestrowane na konferencję MEMPEP zaplanowaną w roku 2020 nie muszą dokonywać ponownej rejestracji.

Celem konferencji jest dokonanie przeglądu osiągnięć w zakresie wykorzystania procesów membranowych w ochronie środowiska i innych dziedzinach techniki.

Przedmiotem obrad będą następujące zagadnienia:

- wytwarzanie i charakteryzowanie membran pod kątem zastosowań w ochronie środowiska,
- modelowanie procesów membranowych i inne zagadnienia inżynieryjne,
- odsalanie wód i ścieków z wykorzystaniem technik membranowych,
- membrany w technologii oczyszczania ścieków i uzdatniania wód,
- membranowe procesy hybrydowe,
- perwaporacja, destylacja membranowa, separacja gazów,
- ogniwa paliwowe,
- reaktory membranowe,
- wykorzystanie membran w biotechnologii,
- membrany w monitoringu środowiska,
- membranowe usuwanie mikrozanieczyszczeń ze środowiska.

Forma konferencji. W zaistniałej sytuacji pandemicznej, planowana jest organizacja konferencji w formie hybrydowej, z uczestnictwem pobytowym w Zakopanem lub z uczestnictwem zdalnym (on-line). Organizatorzy zastrzegają prawo zmiany formy konferencji na zdalną, w przypadku gdy przepisy i regulacje krajowe lub uczelnianie nie pozwolą na organizację konferencji w formie stacjonarnej.

Formy prezentacji. Prace prezentowane na konferencji mogą mieć formę referatu lub plakatu. Komitet Naukowy zastrzega sobie prawo zmiany zadeklarowanej przez uczestników formy prezentacji. Materiały prezentowane w formie referatów lub plakatów należy opracować w języku angielskim, natomiast prezentacja referatów, jaki i dyskusja w trakcie sesji posterowej może być prowadzona w języku angielskim (preferowany) lub polskim.

W trakcie konferencji wśród młodych naukowców (studentów i doktorantów – uczestników studiów doktoranckich i szkół doktorskich) rozstrzygnięty zostanie konkurs na najlepszy referat oraz prezentację posterową. W konkursie mogą uczestniczyć młodzi naukowcy (studenci i doktoranci), którzy nie osiągnęli wieku 35 lat i nie uzyskali jeszcze stopnia naukowego doktora, a na konferencji przedstawią pracę autorską lub współautorską, zaprezentowaną **w języku angielskim** w formie referatu lub plakatu. Osoby, które chcą wziąć udział w konkursie proszone są o zaznaczenie odpowiedniej opcji w formularzu na stronie internetowej. Ponadto informujemy, że w ramach konferencji studenci/doktoranci członkowie European Membrane Society mogą ubiegać się o przyznanie grantów podróżnych EMS (termin złożenia wniosku upływa 18.04.2021). Szczegółowe informacje dostępne są na stronie EMS https://www.emsoc.eu/travel-awards-for-ms-phd-students.

Publikacje konferencyjne. Po uzyskaniu akceptacji Komitetu Naukowego, streszczenia prac zgłoszonych na konferencję zostaną zamieszczone w materiałach konferencyjnych. Autorzy prac proszeni są o przesłanie (za pośrednictwem strony internetowej) streszczeń prac opracowanych w języku polskim i angielskim do dnia **30 kwietnia 2021 r**. Format w jakim powinny być przygotowane streszczenia udostępniony jest na stronie internetowej, a rozmiar każdego ze streszczeń nie powinien przekraczać 1 strony odpowiednio sformatowanego tekstu.

Pełne teksty prac, po wstępnym zaakceptowaniu przez Komitet Naukowy Konferencji **i uzyskaniu pozytywnych recenzji** mogą zostać opublikowane w jednym z następujących czasopism:

- *Desalination and Water Treatment* (DWT), IF=1,32, 100 pkt MNiSW, **dodatkowa opłata 150 Euro**, wnoszona bezpośrednio do Redakcji DWT po uzyskaniu pozytywnych recenzji i akceptacji do druku;
- *Membranes* w ramach numeru specjalnego pt.: *„Selected Papers from XIII Scientific Conference „Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection" (MEMPEP 2020)"*, IF – 3,094 (2019), 100 pkt MNiSW, **dodatkowa opłata 1800 ChF**, wnoszona bezpośrednio do Redakcji *Membranes* po uzyskaniu pozytywnych recenzji i akceptacji do druku. Uczestnikom konferencji przysługuje 20% zniżki, ponadto ważne pozostają dodatkowe upusty związane z voucherami recenzentów i zniżkami udzielanymi przez MDPI niektórym uczelniom i instytutom;
- *Architecture Civil Engineering Environment Journal*, 20 pkt MNiSW;
- *INSTAL*, 20 pkt MNiSW, **dodatkowa opłata 700 zł + 23% VAT** wnoszona bezpośrednio do Redakcji miesięcznika *INSTAL* po uzyskaniu pozytywnych recenzji i akceptacji do druku. Z opłaty tej zwolnione są artykuły w języku angielskim, pod warunkiem korekty językowej wykonanej przez anglistę;
- *Technologia Wody*, 5 pkt MNiSW.

Prosimy o **jednoznaczne wskazanie czasopisma**, do którego autorzy chcą skierować artykuł. Prace powinny być przygotowane zgodnie ze wskazówkami dla autorów, obowiązującymi w danym czasopiśmie i zamieszczonymi na jego stronie internetowej. W związku z sytuacją COVID-19 i koniecznością przełożenia konferencji na rok 2021, zwiększono do dwóch liczbę prac możliwych do opublikowania w czasopiśmie DWT w ramach jednej opłaty konferencyjnej. Ponadto wciąż możliwa jest publikacja prac w numerze specjalnym *Membranes*.

Wszystkie dotychczasowe rejestracje uczestników konferencji są aktualne, a przesłane streszczenia i pełne teksty prac są procedowane w normalnym trybie. Kolejne teksty prac można nadsyłać w sposób ciągły. Termin rejestracji uczestników i naboru prac do *Desalination and Water Treatment* (DWT) to **30.04.2021**. Wszystkie dotychczas opublikowane prace, jak również prace, które dopiero zostaną nadesłane i będą przyjęte do publikacji powinny być przedstawione na konferencji.

Miejsce obrad. Konferencja odbędzie się w ośrodku **„Rewita WDW Kościelisko"**, ul. St. Nędzy Kubińca 101, 34-511 Kościelisko oraz w trybie on-line, w dniach **09 – 12 czerwca 2021 r**.

Więcej informacji na:
http://mempep2021.systemcoffee.pl

airVENTS

www.airvents.pl



CENNIK PROMOCYJNY 2021





OBNIŻAMY CENY KATALOGOWE

NA **WSZYSTKIE** CENTRALE AIRVENTS

NAWET O

-8 000 zł

+ WYDŁUŻAMY GWARANCJĘ NA WSZYSTKIE CENTRALE AIRVENTS DO 3 LAT!

Obowiązuje od 8 marca do 30 czerwca 2021.