

Termiczna utylizacja osadów ściekowych w Krakowie – praktyczne rozwiązanie bezodpadowej oczyszczalni ścieków

tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

zdjęcia: **MIEJSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI SA W KRAKOWIE**

Mieszkańcy Krakowa wytwarzają ok. 220 tys. m³ ścieków na dobę. Ścieki te za pośrednictwem systemu kanalizacyjnego kierowane są do dwóch centralnych i pięciu lokalnych oczyszczalni. W trakcie procesu oczyszczania ścieków powstaje osad, który następnie jest odwadniany do zawartości ok. 22% suchej masy. Średnio w ciągu doby powstaje ok. 260 t osadu, co w przeliczeniu na suchą masę daje 64 t. W ciągu roku do zagospodarowania pozostaje zatem ponad 20 tys. t suchej masy osadu.

W 2010 r. na terenie oczyszczalni Płaszów w Krakowie zbudowano Stację Termicznej Utylizacji Osadów (STUO). Założeniem było ekologiczne unieszkodliwianie osadów pochodzących z centralnych oczyszczalni Płaszów i Kujawy (z możliwością utylizacji osadów dowożonych z innych oczyszczalni) z jak najmniejszym zużyciem energii oraz zminimalizowanie kosztów zagospodarowania odpadów powstających w procesie utylizacji.

Rosnące koszty zagospodarowania osadu

Obecne przepisy nie pozwalają na składowanie osadu, a maksymalny okres jego przetrzymywania w miejscu wytworzenia nie może być dłuższy niż rok. W związku z tym osad powstały w procesie oczyszczania ścieków wymaga dalszego zagospodarowania. Istnieje kilka możliwości zagospodarowania osadu, a do najprostszyc należy przekazanie do specjalistycznych firm zajmujących się przetwarzaniem lub zagospodarowaniem pozostałości pościekowej. Oczywiście za taką usługę trzeba zapłacić. 1 stycznia 2020 r. zgodnie z art. 67 ust. 6 Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2019, poz. 701 t.j.) zaczął obowiązywać elektroniczny system ewidencji odpadów za pośrednictwem indywidualnego konta w Bazie danych o produktach i opakowaniach oraz o gospodarce odpadami (BDO). Funkcjonowanie tego systemu opiera się na indywidualnych numerach rejestrowych nadawanych przez marszałka województwa (art. 54 przedmiotowej ustawy). Do odpadów objętych nowymi regulacjami zaliczają się również osady ściekowe. Tylko w wyniku wprowadzenia BDO (oprócz innych czynników, jak np. wzrost płać) nastąpił istotny wzrost cen za wywóz i zagospodarowanie osadów, co znacząco wpływa na budżety przedsiębiorstw wodociągowych.

Oczywiście są również inne metody zagospodarowania osadu. Można go poddać procesowi suszenia, ale wówczas pozostaje problem zagospodarowania wysuszonego osadu. Jednym z najlepszych rozwiązań jest jego spalanie przy zachowaniu wszystkich wymogów związanych z ochroną środowiska.

„Przekazanie osadu do firm zajmujących się jego zagospodarowaniem jest rozwiązaniem najprostszym, ale wiąże się z koniecznością ponoszenia wysokich opłat. Zwykle przedsiębiorstwa wodociągowe ogłaszają przetargi na wywóz i zagospodarowanie osadu. Jak gwałtownie wzrosły ceny, pokazuje przykład z Wodociągów Miasta Krakowa: aktualna cena za wywóz i zagospodarowanie 1 tony osadu wytwarzanego w oczyszczalni Płaszów wynosi 570 zł netto, podczas gdy w latach 2015–2018 było to 118,80 zł netto – mówi dr Tadeusz Żaba, dyrektor produkcji w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji SA w Krakowie. – Dla oczyszczalni Kujawy cena za wywóz i zagospodarowanie 1 tony osadu wynosi 330 zł netto, natomiast w latach 2015–2018 obowiązywała cena 117 zł netto. Są to ceny uzyskane w wyniku przeprowadzonego postępowania przetargowego. Skalę wzrostu kosztów widać dobitnie, gdy uświadomimy sobie, że średnia miesięczna produkcja osadu w naszych oczyszczalniach w 2020 r. wyniosła ok. 6400 t”.

Rozwiązania technologiczne STUO

Krakowska Stacja Termicznej Utylizacji Osadów to nowoczesna instalacja pozwalająca na utylizację osadów ściekowych przy zachowaniu wszystkich obowiązujących standardów w zakresie ochrony środowiska. Składa się z kilku kluczowych węzłów, opisanych poniżej.

Węzeł magazynowania i transportu osadu

Pierwszym jest węzeł magazynowania i transportu osadu, do którego trafia osad z oczyszczalni Płaszów oraz oczyszczalni Kujawy. Aby osad mógł być przyjęty do termicznej utylizacji, zawartość suchej masy w osadzie odwodnionym musi zawierać się pomiędzy 26 a 22%, zwykle wynosi ona ok. 22%. W tym celu jest on poddawany procesowi odwadniania. Osad powstały na terenie oczyszczalni Płaszów jest odwadniany w stacji odwadniania osadu, a następnie trans-

portowany za pomocą przenośników śrubowych oraz układu dwóch równoległych, ogrzewanych i izolowanych termicznie przenośników do budynku magazynowania osadów. Natomiast osad z oczyszczalni Kujawy jest dowożony specjalistycznymi pojazdami i rozładowywany w punkcie przyjmowania osadów, który jest wyposażony w kratę rzadką, umożliwiającą usunięcie gałęzi, kamieni itp., oraz zgarniacz z napędem hydraulicznym. Osad z punktu przyjmowania osadów jest transportowany za pomocą przenośnika ślimakowego do kosza zsykowego pompy wysokociśnieniowej, która tłoczy osad do silosu osadu odwodnionego umieszczonego w budynku suszarki. Średnio w ciągu godziny STUO przyjmuje ok. 12 m³ osadu.

W magazynie osadu zbudowano suwnicę służącą do transportu osadu między punktem przyjmowania i magazynem osadu, jak również między magazynem i zbiornikiem osadu odwodnionego. W pełni hermetyczny magazyn osadu ma pojemność 2500 m³. Aby zapobiec rozprzestrzenianiu się nieprzyjemnych zapachów, powietrze z budynku magazynowania osadów jest wykorzystywane jako powietrze do fluidyzacji. Dzięki temu składniki zapachowe zostają spalane w piecu fluidalnym. Natomiast nadmiar powietrza niewykorzystany do fluidyzacji jest oczyszczany w jednostce biodezodoryzacji, która może oczyścić całe powietrze z budynku magazynowania osadów podczas przestojów pieca.

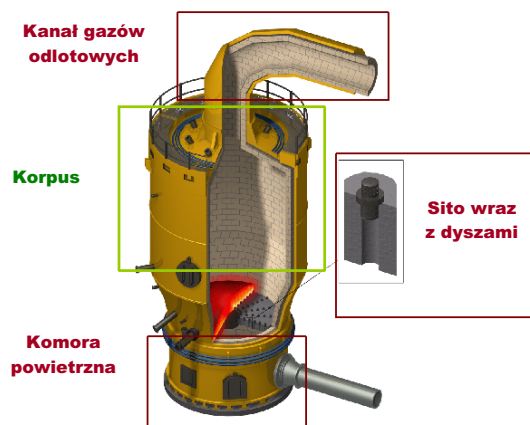
Węzeł podsuszenia osadów

Osad odwodniony magazynowany jest w silosie osadu o objętości 145 m³. Pozwala to na 12-godzinny czas zatrzymania i stanowi bufor umożliwiający ciągłą pracę suszarki i pieca. Z silosu osad jest transportowany za pomocą przenośnika śrubowego, a następnie kierowany bezpośrednio do suszarki osadu. Podsuszenie osadu odwodnionego ma na celu zmniejszenie zawartości wody, a co za tym idzie – uzyskania podczas spalania warunków autotermicznych lub zbliżonych do autotermicznych. Suszarka wykorzystuje jako czynnik grzewczy gorącą parę nasaloną, wytworzoną w ekonomizerze. Temperatura pary wynosi ok. 200 °C, a ciśnienie ok. 0,95 MPa. Zadaniem suszarki jest podsuszenie osadu co najmniej do 36% (aby uzyskać warunki autotermiczne podczas spalania). Instalacja do suszenia osadu wyposażona jest w dodatkowy kocioł opalany gazem ziemnym. Kocioł ten jest używany w sytuacji, gdy do procesu suszenia nie jest dostarczana wystarczająca ilość ciepła lub podczas uruchamiania instalacji. Po podsuszeniu osad jest transportowany przenośnikiem ślimakowym do wysokociśnieniowej pompy tłokowej, która podaje osad do pieca. Instalacja do suszenia osadu pracuje przy niewielkim podciśnieniu i stanowi system zamknięty i szczelny, dzięki czemu do minimum zredukowana jest możliwość zasysania z zewnątrz niekontrolowanych ilości powietrza oraz ewentualnej emisji zanieczyszczeń na zewnątrz. Z pary wydostającej się z suszarki jest odzyskiwana część ciepła, która następnie zostaje schłodzona i skroplona w kondensacie. Dzięki zastosowanemu wymiennikowi ciepła możliwe jest odzyskanie ciepłej wody (70°C / 90°C), wykorzystywanej do ogrzewania budynku.

Termiczne przekształcanie osadów

Termiczne przekształcanie osadów opiera się na wykorzystaniu zjawiska fluidyzacji. Polega ono na tym, że materiał obojętny, najczęściej piasek o średnicy ziaren od 0,5 do 2 mm, zostaje wprowadzony w stan zawieszenia (fluidyzacji) przez kie-

rowany od dołu strumień powietrza. Złoże fluidalne zachowuje się jak ciecz w temperaturze wrzenia i posiada prawie poziomą powierzchnię. Zaletą tak prowadzonego procesu jest równomierne rozproszanie całego strumienia doprowadzonego powietrza po powierzchni przekroju poprzecznego reaktora, dobre warunki mieszania w warstwie piasku i zapewnienie optymalnego kontaktu pomiędzy spalaniem odpadem i doprowadzanym powietrzem.



Konstrukcja reaktora fluidyzacyjnego

Zastosowany w STUO reaktor typu PYROFLUID® jest wyłożony okładziną ogniotrwałą. Jego główne elementy to komora powietrzna, dno dyszowe, złoże piaskowe, korpus, kopuła i przewód gazów odlotowych.

Komora powietrzna jest komorą ciśnieniową, w której następuje rozdział powietrza doprowadzanego do procesu termicznego przekształcania osadu. Usytuowany po przeciwnej stronie do wlotu powietrza palnik rozruchowy pozwala na wstępne podgrzanie reaktora podczas rozruchu instalacji. Pomiędzy komorą powietrzną a złożem fluidalnym mieści się rozdzielające je dno dyszowe, wykonane z cegieł ogniotrwałych. Na całej powierzchni dna znajdują się regularnie rozmieszczone otwory, w których zamontowane są specjalne dysze stalowe, posiadające po bokach niewielkie otwory. Tak wykonane dysze zapewniają dobry rozdział powietrza na całej powierzchni złoża oraz zapobiegają przedostaniu się piasku do komory powietrznej.

W warunkach spoczynku wysokość złoża piaskowego wynosi 1 m, zwiększając swoją wysokość do 1,5 m podczas fluidyzacji. Punkty doprowadzenia osadu oraz paliwa do złoża piaskowego rozmieszczone są równomiernie wzdłuż obwodu reaktora. Osad do reaktora podawany jest przez pompy tłokowe, rozpraszające surowiec do wtryskiwaczy znajdujących się na obwodzie reaktora. Reaktor posiada cztery wtryskiwacze, rozmieszczone symetrycznie. Doprowadzany do reaktora osad wprowadzany jest do złoża piaskowego, gdzie panuje temperatura 750 °C. W wyniku tak wysokiej temperatury oraz turbulencji złoża piaskowego znajdująca się w osadzie woda odparowuje, a pozostała sucha masa osadu pozostaje rozproszona na całej powierzchni złoża. Zjawisko to sprzyja intensywnej wymianie ciepła i stwarza doskonałe warunki do termicznego przekształcania osadów. Podczas trwania procesu występuje znaczne zużycie piasku w wyniku erozji. W związku z tym co pewien czas ubytki te muszą być rekompensowane przez dodanie nowej porcji piasku.



Pompa osadu podsuszonego – wtrysk do pieca



Stacja dezodoryzacji powietrza złownego



Analizator spalin AMS

W przypadku trudności w osiągnięciu autotermicznego przekształcenia osadu proces wspomagany jest paliwem dodatkowym. W instalacji jako paliwo wykorzystywany jest gaz ziemny. Może być on doprowadzany przez palnik rozruchowy lub przez wtryskiwacze paliwa znajdujące się w korpusie. Wtrysk gazu pozwala na utrzymanie temperatury 850 °C, zanim do komory wprowadzony zostanie osad. Urządzenia do pomiaru temperatury i ciśnienia kontrolują warunki procesu termicznego.

Proces termicznego przekształcenia osadu rozpoczyna się w złożu fluidalnym i jest kontynuowany w komorze spalania. Temperatura gazów odlotowych w komorze przekracza 850 °C, a czas ich zatrzymania jest dłuższy niż 2 sekundy (wynika to z obowiązujących przepisów). W takich warunkach prowadzenia procesu następuje całkowite przekształcenie frakcji organicznej osadu i zawartość związków organicznych w pozostałych popiołach nie przekracza 3%. Jeżeli temperatura spalania spada poniżej 850 °C, automatyka steruje podawaniem dodatkowego paliwa za pośrednictwem wtryskiwacza paliwa zainstalowanego w komorze spalania.

W skład spalin wchodzi gaz po termicznym przekształceniu osadu: N₂, CO₂ i O₂, nadmiar doprowadzanego powietrza, odparowana woda oraz znajdująca się w postaci pyłu frakcja mineralna przekształconego osadu – popioły. Gazy odlotowe wraz z popiołami odprowadzane są z górnej części reaktora zwanej kopułą. Spaliny wraz z zawartym w nich popiołem wynoszone są przez pokrytą powłoką ogniotrwałą kopułę do przewodu wylotowego, a następnie do wymiennika ciepła typu powietrze – powietrze (rekuperator). Wymiennik ten zaprojektowany jest tak, aby odzyskać część ciepła z gazów odlotowych i wykorzystać je do podgrzania powietrza do fluidyzacji wprowadzanego do komory powietrznej. W kopule zainstalowano urządzenia do wtrysku wody. Jeżeli temperatura gazów odlotowych przekracza wartość ustaloną, uruchomiony zostaje system zraszania, który zapobiega nadmiernemu rozgrzaniu wymiennika ciepła. Jak już wspomniano, powietrze do fluidyzacji jest pobierane ze zbiornika osadu odwodnionego oraz magazynu osadu odwodnionego, co ogranicza ilość powietrza kierowanego do stacji dezodoryzacji.

Proces spalania jest sterowany automatycznie. W 2019 r. dokonano całkowitej modernizacji systemu SCADA zainstalowanego w STUO. Nowy system został wyposażony w dwa redundantne serwery, dwie stacje operatorskie, każda z trzema monitorami 22", stację roboczą, tablicę multimedialną złożoną z komputera i sześciu monitorów 55", trzy terminale oddalone z monitorami 22". Na serwerach zainstalowano środowiska wirtualne VmWare, na których uruchomiono po trzy Windows Server 2016. Maszyny są z sobą w pełni redundantne. Awaria jednego z nich nie powoduje wstrzymania pracy wizualizacji. Po uruchomieniu niepracującego wcześniej serwera dane pomiędzy systemami są automatycznie uzupełniane. Na tablicy synoptycznej można wyświetlić główny ekran z najważniejszymi parametrami technologii lub dowolny inny. Daje to obsłudze pełną swobodę w nawigowaniu po parametrach technolo-

gicznych, bieżącym wyświetlaniu wybranych wykresów dynamicznych, przeglądaniu alarmów, zdarzeń oraz wprowadzaniu zmian parametrów.

Instalacja oczyszczania spalin

Podczas procesu oczyszczania spalin usuwane są popioły, gazy kwaśne HCl, SO_x, HF, NO_x oraz metale ciężkie. Instalacja oczyszczania spalin zapewnia utrzymanie parametrów spalin oczyszczanych zgodnie z dyrektywą 2000/76/EC z 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów, rozporządzeniem Ministra Rozwoju z 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu, a także rozporządzeniem Ministra Środowiska z 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji.

Emitowane podczas spalania gazy są oczyszczane metodą suchą w następujących etapach:

- multicyklon i elektrofiltr do usuwania popiołów i metali ciężkich w formie stałej,
- wtrysk powietrza chłodzącego w celu obniżenia temperatury gazów odlotowych do 190 °C,
- usuwanie zanieczyszczeń o charakterze kwaśnym przez wprowadzenie suchego wodorowęglanu sodu,
- usuwanie rtęci i innych zanieczyszczeń przez wprowadzanie węgla aktywnego,
- filtr workowy do usuwania popiołów i zanieczyszczeń powstałych jako produkty uboczne przy wprowadzaniu reagentów,
- wentylator wyciągowy,
- komin.

Multicyklon oddziela zawieszinę cząstek ze strumienia gazów odlotowych. Do doczyszczenia gazów zastosowano filtr elektrostatyczny. Multicyklon może usunąć ok. 85% popiołów zawartych w gazach spalinowych, a elektrofiltr oczyszcza do ok. 97%, więc pozostały popiół, gazy kwaśne i metale ciężkie zostają usunięte w drugim etapie oczyszczania spalin. Zasada działania systemu odpylania polega na tym, że w wyniku wywołanej w multicyklonie rotacji gaz spalinowy unosi się ku górze do centralnego kanału spalin, a popiół zbiera się na obrzeżach ściętego stożka, by następnie opaść do leja. Razem z popiołem usuwane są te z metali ciężkich, które nie są w postaci pary. Multicyklon powoduje usunięcie ok. 10% rtęci zawartej w gazach spalinowych. Drugą częścią systemu odpylania jest elektrofiltr, na którym w wyniku działania sił elektrostatycznych osiadają cząsteczki popiołu. Co pewien czas popiół opada do leja. Zastosowanie elektrofiltra powoduje doczyszczenie spalin do ok. 97%.

Przed rozpoczęciem oczyszczania gazów odlotowych metodą suchą spaliny wymagają schłodzenia z 200 do 190 °C. Schładzanie gazów do wymaganej temperatury odbywa się przez wtrysk chłodzącego powietrza. Uzyskanie temperatury gazu na poziomie 190 °C jest korzystne ze względu na efektywność



Centrum sterowania



Stacja uzdatniania wody kotłowej i stacja sprężarek



Suszarka osadu

następujących w dalszej kolejności procesów oczyszczania (dawkowanie reagentów).

Do neutralizacji związków kwaśnych zawartych w gazach odlotowych używany jest kwaśny węglan sodu. Pozwala on na wysoką skuteczność usuwania HCl, HF i SO₂. Wtrysk kwaśnego węglanu odbywa się z niewielkim nadmiarem reagenta, dlatego też proces ten charakteryzuje się niewielką ilością produktów ubocznych. Zmielony reagent wtryskiwany jest w przeciwnym kierunku do gazu odlotowego przed filtrem workowym za pomocą wentylatora. Proces neutralizacji rozpoczyna się już w strumieniu gazu i finalizuje się w filtrze workowym.

W celu redukcji tlenków azotu zastosowano selektywną, niekatalityczną redukcję NO_x. Polega ona na wstrzykiwaniu do górnej części reaktora 25-procentowego roztworu wody amoniakalnej. Metoda SNCR działa jak bariera zabezpieczająca przed chwilowymi wzrostami stężeń NO_x w odprowadzanych spalinach. Rtęć ze spalin usuwana jest za pomocą węgla aktywnego, natomiast do usuwania dwutlenku siarki stosuje się wodorowęglan sodu. W wyniku reakcji zachodzących po wprowadzeniu kwaśnego węglanu sodu i węgla aktywnego powstają reakcyjne produkty uboczne (przereagowane chemikalia i popioły), które muszą zostać usunięte z gazów przed ich ostatecznym odprowadzeniem do atmosfery.

Sprawność usuwania zanieczyszczeń w filtrach workowych wynosi ponad 99,9% i dlatego zawartość pyłów w spalinach na wylocie z systemu oczyszczania jest niższa od 10 mg/Nm₃, czyli wartości wymaganej przez standardy UE i polskie.

W każdym filtrze workowym wytwarza się warstewka zatrzymanych produktów ubocznych określana jako placek. Placek ten działa również jako reaktor (zachodzą w nim reakcje chemiczne), przez co możliwe jest zmniejszenie nadmiaru reagentów wtryskiwanych do strumienia gazów. Worki wykonane są z odpowiedniego materiału, charakteryzującego się odpornością na wysokie temperatury oraz działaniem kwaśnego węglanu sodu. Czyszczenie filtrów workowych odbywa się przez doprowadzenie w przeciwnym kierunku sprężonego powietrza.

Końcowym elementem ciągu oczyszczania spalin jest komin, który został zaprojektowany tak, aby zapewnić prędkość gazów na wylocie równą 12 m/s. Jego wysokość zapewnia rozproszenie emisji. Jest on wyższy o 5 m od najwyższego budynku w otoczeniu. Wysokość komina wynosi 25 m od poziomu gruntu. Komin jest konstrukcją stalową o średnicy 800 mm z wykładziną wewnętrzną z AISI 316.

Pozostałości materiałem budowlanym

Powstające podczas procesu termicznej utylizacji popioły klasyfikowane są jako odpady inne niż niebezpieczne, natomiast produkty uboczne z oczyszczania spalin zawierające popioły lotne i pozostałości klasyfikowane jako odpady niebezpieczne. Popioły oraz pozostałości są odbierane przez firmę zewnętrzną, posiadającą uprawnienia do transportu. Popioły mogą być wykorzystywane w budownictwie do celów niebudowlanych. Pozostałości zaś są składowane na składowisku odpadów niebezpiecznych. Średnio w ciągu doby po procesie termicznego

przekształcenia osadu powstaje ok. 20 t popiołu oraz ok. 2 t pozostałości po chemicznym oczyszczaniu spalin. Odpady te są przekazywane do utylizacji przez firmy specjalistyczne.

Wodociągi Miasta Krakowa wspólnie z naukowcami z Politechniki Krakowskiej podejmują starania, aby pozostałości po procesie spalania osadów mogły być wykorzystane w budownictwie drogowym. W tym celu w ramach konsorcjum przystąpiono do realizacji projektu *Innowacyjne technologie odzysku i przetwarzania odpadów oraz rewitalizacja terenów zanieczyszczonych w systemie komunalnej gospodarki cyrkulacyjnej*. Projekt uzyskał dofinansowanie ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020 oraz NCBiR (projekt nr POIR.04.01.02-00-0032/17). Jego całkowity koszt wynosi 2 419 121,25 zł. Termin zakończenia grantu to 31 grudnia 2020 r. Ze strony Politechniki Krakowskiej w projekcie udział biorą Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej oraz Wydział Inżynierii Lądowej. Jednym z celów projektu jest opracowanie i zastosowanie technologii przekształcania odpadów z procesu spalania osadu ściekowego w materiał budowlany. Popiół, będący produktem finalnym autotermicznego spalania osadu, może być wartościowym składnikiem kompozytów cementowych stosowanych do budowy infrastruktury drogowej. Jak podkreślają naukowcy z PK, opracowywana technologia będzie jednym z pierwszych praktycznych rozwiązań bezodpadowej oczyszczalni ścieków, wpisującej się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym.

Krakowska spalarnia wśród najlepszych w kraju

W projekcie instalacji do termicznej utylizacji osadu zostały uwzględnione czasowe przestoje w pracy pieca. Przestoje takie są niezbędne dla przeprowadzenia przeglądu rocznego oraz wymaganych wymian. Obejmuje on kontrolę i ewentualną naprawę wszystkich istotnych elementów wpływających na niezawodność pracy obiektu. Uwzględniając okres przeglądu, instalacja została zaprojektowana na natężenie przepływu wynoszące 20 tys. t suchej masy rocznie przy czasie pracy 7500 h/r (maksymalne możliwości pieca).

„Krakowska spalarnia należy do najlepszych w kraju, biorąc pod uwagę zarówno skuteczność pracy, jak i czas pracy w ciągu roku – podkreśla dyr. Tadeusz Żaba. – W 2018 r. STUO pracowała przez 7057 godzin, tj. 294 dni. W lutym 2019 r. spalarnia odnotowała duży sukces, gdyż prawie przez cały miesiąc pracowała w układzie autotermicznym. W ciągu miesiąca zużyto tylko 271 m³ gazu ziemnego. Dla porównania, typowy kocioł do centralnego ogrzewania domu jednorodzinnego o mocy 25 kW może w ciągu godziny zużyć 2,5 m³ gazu ziemnego. W ciągu całego 2019 r. stacja przepracowała 6863 godzin, czyli 286 dni. Praca spalarni pozwala nam na uniezależnienie się od cen oferowanych przez firmy specjalistyczne za odbiór i zagospodarowanie osadu, gdyż z ich usług korzystamy jedynie w okresie przeglądu rocznego bądź wystąpienia zdarzeń awaryjnych”.





WODOCIĄGI
Miasta Krakowa

W KRAKOWIE
DOBRA WODA
prosto z kranu



wodociagi.krakow.pl