

SYLWIA MYSZOGRAJ^{*}, EWA PANEK^{**}, JERZY WOŁOSZYN^{***}

EFEKTYWNOŚĆ SOLARNEJ SUSZARNI OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ŻARACH

Streszczenie

W artykule przedstawiono technologię solarnej suszenia osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków w Żarach. Analiza 18 miesięcy pracy instalacji wykazała, że na skutek suszenia uzyskano 5-krotne zmniejszenie masy osadu. Średnie uwodnienie osadów wynosiło 12,3% na etapie rozruchu w 2009 r. Średnie uwodnienie osadów wysuszonych w 2010 r. wynosiło 34,1%, a po uwzględnieniu miesięcy, w których suszarnia przyjmuje osady, ale nie suszy - 50,5%. Zużycie energii elektrycznej w 2010 r. przez wszystkie hale suszarnicze wynosiło 20 628 kWh, co w przeliczeniu daje 32,4 kWh/tonę suszu i 13,83 kWh/tonę odparowanej wody. Sumaryczne zużycie energii elektrycznej przez hale suszarnicze w 2010 r. wynosiło 1,03% całkowitego zużycia energii i odpowiada w przybliżeniu ilości energii zużywanej przez oczyszczalnię w ciągu trzech dni eksploatacji.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, suszarnia solarna, efektywność

WPROWADZENIE

Wykorzystanie osadów ściekowych określa Dyrektywa Rady 86/278/EWG w sprawie ochrony środowiska, przy stosowaniu osadów ściekowych w rolnictwie, a w Polsce Rozporządzenie Ministra Środowiska, w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Dz. U. 2010 nr 137, poz. 924]. W 2009 r. w 3196 oczyszczalniach ścieków, obsługujących 64,2 % ludności, powstało 563 tys. ton s.m. komunalnych osadów ściekowych. W porównaniu do 2000 r. stwierdzono wzrost ilości osadów ściekowych o 56%. Dominującym kierunkiem zagospodarowania osadów ściekowych było ich składowanie (329,8 tys. ton s.m., w tym 75% na terenie oczyszczalni) oraz wykorzystanie rolnicze (123,1 tys. ton s.m.).

* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów

** studentka inżynierii środowiska; Uniwersytet Zielonogórski

*** Spółka Wodno-Ściekowa "Złota Struga"

Składowanie osadów, mimo że nienależące do rozwiązań preferowanych, było podstawowym kierunkiem końcowego ich unieszkodliwiania. Przyczyną takiego stanu jest brak odpowiednich instalacji oraz przede wszystkim czynnik ekonomiczny. Zgodnie z obowiązującym obecnie prawem komunalne osady ściekowe nie spełniają kryteriów dopuszczających ich deponowanie na składowiskach [Kalisz 2007].

Zarządzanie gospodarką osadami ściekowymi ukierunkowane jest na zmniejszenie ilości składowanych osadów oraz na zwiększenie stopnia ich przetworzenia metodami termicznego przekształcania. Możliwości przetwarzania osadów ściekowych zależą od wielu czynników. Są to właściwości fizyczne (wilgotność, podatność na odwadnianie, wartość opałowa, ciepło spalania), chemiczne (zawartość metali ciężkich, dioksyn i furanów) oraz sanitarne (obecność bakterii, wirusów, drożdży, grzybów, cyst pierwotniaków, jaj robaków). Równie istotne są względy ekonomiczne, przede wszystkim akceptowany poziom kosztów przeróbki oraz względy prawne. Racjonalny odzysk osadów to maksymalne wykorzystanie ich właściwości nawozowych czy opałowych. Podejmowane od lat liczne próby kompostowania osadów ściekowych dowodzą, że jedynie osady najlepszej jakości mogą być w ten sposób zagospodarowane, w przeciwnym razie wykorzystanie w środowisku produktów kompostowania może być niemożliwe lub obarczone dużym ryzykiem np. podwyższona zawartość metali ciężkich.

Suszenie jest procesem przekształcającym odpady w produkt o parametrach ułatwiających ich transport, magazynowanie i ostateczne zagospodarowanie. Technologia ta pozwala wykorzystywać osady przyrodniczo lub jako paliwo energetyczne. Proces suszenia nie zmienia składu chemicznego osadu, stąd też właściwości nawozowe pozostają bez zmian, a kaloryczność osadu wzrasta, w wyniku obniżenia zawartości wody. Suszenie osadów pozwala na największe zmniejszenie masy i objętości osadów.

W pracy przedstawiono rozwiązanie solarne suszenia osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków w Żarach. Celem analizy 18 miesięcy pracy instalacji było ustalenie jej efektywności technologicznej i ekonomicznej.

CHARAKTERYSTYKA AGLOMERACJI ŻARY

Żary leżą na pograniczu Niziny Śląskiej i Niziny Wielkopolskiej. Miasto jest jednym z największych ośrodków gospodarczych i kulturalnych na południu województwa lubuskiego oraz znaczącym ośrodkiem przemysłowym, położonym na ważnych szlakach komunikacji drogowej [Plan rozwoju lokalnego 2004]. Żary zamieszkuje 39 238 mieszkańców. Pod względem hydrogeologicznym miasto i otaczające je tereny w przeważającej części znajdują się w dorze-

czu rzeki Bóbr. Zachodnia część obszaru należy do zlewni rzeki Lubsza stanowiącej dopływ Nisy Łużyckiej.

Odprowadzenie ścieków sanitarnych i deszczowych na terenie miasta Żary odbywa się systemem kanalizacji rozdzielczej. Istniejący układ kanalizacji sanitarnej jest układem w większości grawitacyjnym. Stan techniczny kanalizacji jest na ogół dość dobry. Kanalizacja deszczowa wykonana została z rur kamionkowych, żeliwnych, żelbetowych i murowanych. Kanalizacja ta podobnie jak sanitarna została wybudowana praktycznie w całości w okresie międzywojennym. Część komór i studni została przykryta wierzchnią warstwą (asfalt, polbruk, beton, ziemia). Stan techniczny kanalizacji deszczowej jest zróżnicowany od dobrego do bardzo złego. W eksploatacji znajduje się ok. 79,9 km sieci kanalizacji sanitarnej oraz około 55 km sieci kanalizacji deszczowej. Ponieważ kanalizacja sanitarna w wielu nieznanach miejscach łączy się z burzową to przy awariach bądź wymianie przewodów znacznie wzrastają koszty budowy. Rosną również koszty eksploatacji kanalizacji sanitarnej z tytułu powiązania obu kanalizacji, spowodowanych opadami atmosferycznymi. Ścieki z terenu miasta kolektorem głównym kierowane są do miejskiej oczyszczalni ścieków przy ul. Żurawiej w Żarach.

CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W ŻARACH

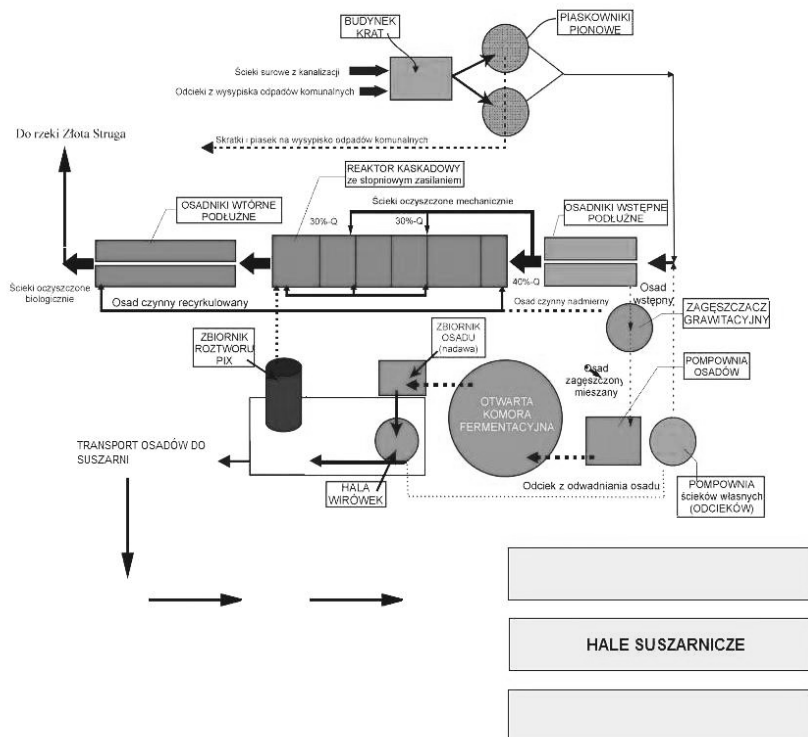
Miejska mechaniczno - biologiczna oczyszczalnia ścieków „Złota Struga” o przepustowości nominalnej 15 000 m³/d (RLM = 75 000), z usuwaniem biogenów oraz z możliwością chemicznego strącania fosforu przy użyciu PIX, została przekazana do użytku w 1995 r. (fot. 1).



Fot. 1. Widok na oczyszczalnię Złota Struga
Phot. 1. View of the Złota Struga WWTP

Układ technologiczny składa się z (rys. 1):

- części mechanicznej: krata wstępna o prześwicie 20 mm, przepompownia główna, komora krat (krata schodkowa o prześwicie 6 mm, dwa piaskowniki pionowe, osadnik wstępny dwukomorowy ze zgarniaczem,
- części biologicznej: komora osadu czynnego z wydzieloną komorą mieszania beztlenowego, komorą denitryfikacji oraz nityfikacji z napowietrzaniem powierzchniowym za pomocą aeratorów, z recyrkulacją wewnętrzną osadu, osadnik wtórny dwukomorowy ze zgarniaczem lewarowo – ssawkowym.



Rys. 1 Układ technologiczny oczyszczalni ścieków Złota Struga

[Uchwała nr XXXIV/4/98 Rady Miejskiej w Żarach 1998]

Fig. 1 Technological system of Złota Struga WWTP

[Uchwała nr XXXIV/4/98 Rady Miejskiej w Żarach 1998]

Gospodarka osadowa do 2009 roku prowadzona była z wykorzystaniem zagęszczacza osadu nadmiernego, komory fermentacji, stacji mechanicznego zagęszczania osadu, stacji higienizacji osadu oraz poletek osadowych.

Od 2009 roku osady poddaje się zagęszczaniu, fermentacji metanowej i odwadnianiu, a następnie suszy w halach suszarniczych w technologii *ist Anla-*

genbau WENDEWOLF®. Proces fermentacji realizowany jest w otwartych komorach fermentacyjnych w układzie jednostopniowej fermentacji psychrofilowej. Komora fermentacji pełni funkcję zatrzymania osadów (bez ich mineralizacji), z jednoczesną produkcją lotnych kwasów tłuszczowych. W przypadku wyłączenia komory fermentacji, osad kierowany jest bezpośrednio do stacji mechanicznego odwadniania w wirówce dekantacyjnej typu ALFA-LAVAL NX4545.

Istniejący ciąg technologiczny zapewnia w pełni zautomatyzowaną pracę w systemie dostosowanym do pracy urządzenia odwadniającego osady ściekowe, eliminując do niezbędnego minimum udział obsługi.

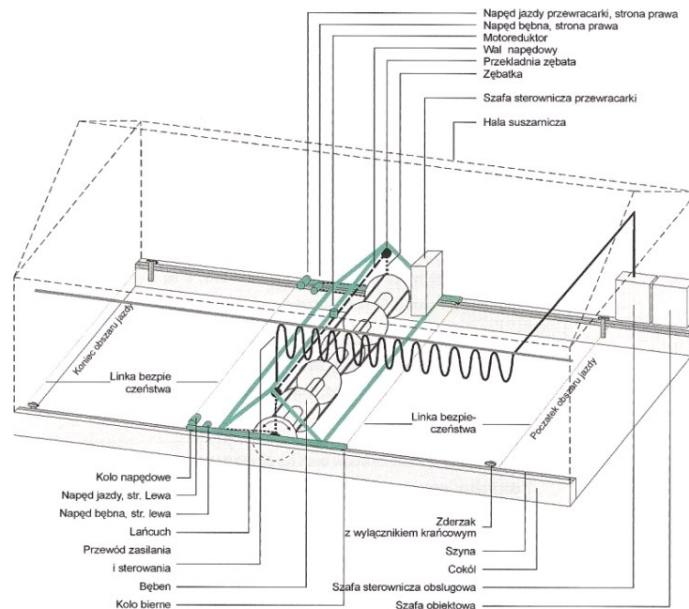
Osady ściekowe po odwodnieniu na wirówce transportowane są koparkoładówką do hal suszarniczych.

SUSZENIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W TECHNOLOGII WENDEWOLF® FIRMY *IST ANLAGENBAU GMBH*

Suszenie osadów prowadzone jest w halach o konstrukcji przypominającej szklarnię, pokrytych płytami poliwęglanowymi. Płyty te charakteryzują się dobrą przepuszczalnością promieniowania słonecznego do wnętrza suszarni i niskim współczynnikiem przenikania ciepła. Emitowane promieniowanie podczerwone odbijając się od powłoki podnosi temperaturę wnętrza suszarni i nagrzewa złożę suszonych osadów. Wzrost temperatury powietrza wewnątrz suszarni powoduje spadek wilgotności względnej a tym samym wzrost odbioru wilgoci z osadów. Suszenie solarne jest procesem niskotemperaturowym wykorzystującym dużą powierzchnię hali [EKOTOP 2001]. W celu zintensyfikowania procesu suszenia wykorzystywana jest specjalistyczna przegracarka Wendewolf (rys. 2), która poruszając się wzdłuż całej szerokości hali po betonowym torze jezdny przetrzuca suszony osad i jednocześnie przesuwając go do przeciwległego końca hali suszarni. Efektywnie pracująca przewracarka napowietrza suszony osad oraz równomiernie rozgarnia, nawet mokry osad wysypywany bezpośrednio przyczepą lub ładówką, bez konieczności użycia dodatkowych podajników. Proces suszenia w okresie letnim przebiega znacznie sprawniej niż w okresach zimowych. W zimie przy wolniejszym odparowaniu wody przegarnianie i napowietrzanie zmagazynowanych osadów zapobiega rozwojowi niekontrolowanych procesów gnilnych. Ważne znaczenie ma wówczas grubość warstwy osadu. Zastosowany w przewracarce Wendewolf system noży i grzebieni, którymi osad jest rozrywany, pozwala na przewrócenie osadu o wysokości nawet do 45 cm przy jednorazowym przejeździe. Przewracarka radzi sobie z osadami o konsystencji mazistej i większym uwodnieniu niż 81%.

Zgodnie z założeniami opracowanymi przez firmę *EKOTOP* i symulacją przeprowadzoną przez *ist Anlagenbau* ustalono, że dla potrzeb słonecznego

suszenia osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków w Żarach konieczne jest wybudowanie 3 hal o parametrach roboczych: szerokość 12 m, długość 116 m, powierzchnia hali 1392 m², w tym powierzchnia efektywna suszenia 1243 m².



Rys. 2. Przewracarka Wendewolf®
Fig. 2. Wendewolf® installation

Na podstawie analizy danych uzyskanych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej przyjęto lokalne warunki klimatyczne dla miasta Zielona Góra, czas trwania zimy ustalono na 5 miesięcy.

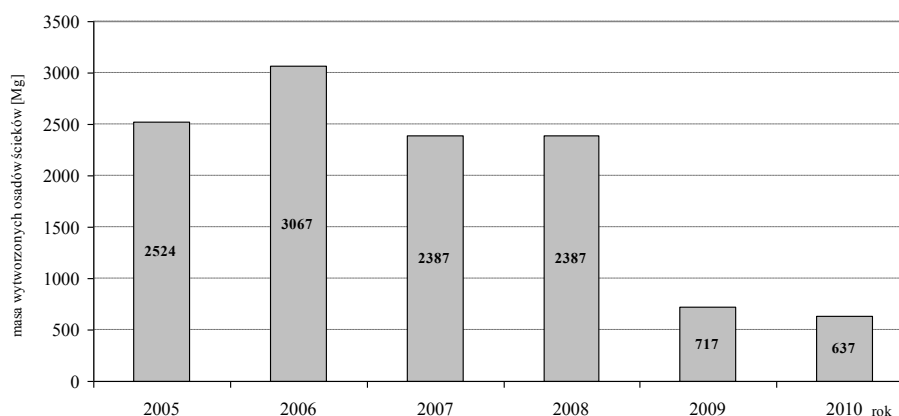
Do określenia parametrów suszarni słonecznej w oczyszczalni ścieków w Żarach przyjęto:

- roczną produkcję osadu = 3 574 t/rok
- zawartość suchej masy w odwodnionym osadzie = 19,0 % s.m.
- łączną ilość suchej masy osadów = 679 t s.m./rok
- możliwość wahan w produkcji osadu w poszczególnych miesiącach roku
- końcową maksymalną zawartość suchej masy w wysuszonym osadzie > 70 % s.m., średnio 80 % s.m.
- zmniejszenie masy osadu o 76%
- masę wody do odparowania 2 604 t/rok
- brak dodatkowego wspomaganie suszenia osadów energią z zewnątrz

Z przeprowadzonej analizy wynikało, że suszarnia słoneczna w Żarach może pracować efektywnie w okresie od kwietnia do października, natomiast w okresie od listopada do marca jej wydajność znacznie spadnie, co potwierdzają obecne dane. W miesiącach letnich w wyniku intensywnego nasłonecznienia osad podlega ciągłemu suszeniu w tzw. układzie on-line. Latem przy słonecznej pogodzie 10-centymetrowa warstwa osadu może zostać wysuszona w ciągu zaledwie 10 dni, natomiast zimą ten sam osad zostanie jedynie częściowo przesuszony. Na początku hali zawsze znajdował się będzie osad o większym uwodnieniu, który w miarę zmniejszania wilgotności przesuwany będzie na koniec hali. Po opuszczeniu hali wysuszony osad ma postać granulatu o średnicy ziaren ok. 20 mm, jest odporny na ścieranie, obojętny zapachowo i może być składowany na wolnym powietrzu bez narażania na wtórne zawilgocenie bądź zagniwanie. Wysuszony osad będzie odbierany w przedsionku suszarni, załadowywany na środki transportujące i przeznaczany do dalszego zagospodarowania.

EFEKTYWNOŚĆ SOLARNEJ SUSZARNI OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ŻARACH

Masę wytworzonych osadów ściekowych w oczyszczalni w Żarach, kierowanych do zagospodarowania w latach 2005-2010 przedstawiono na rys. 3.

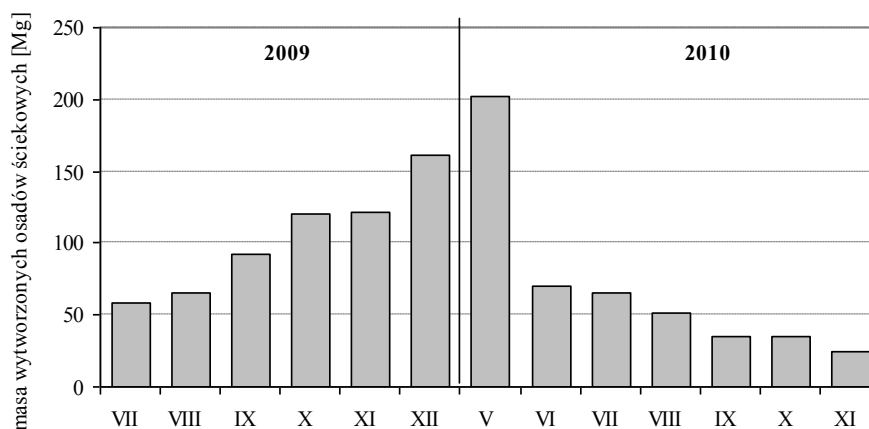


Rys. 3. Osady ściekowe kierowane do zagospodarowania w latach 2005-2010

Fig. 3. Sewage sludge directed for management in 2005-2010

W latach 2005-2008, przed uruchomieniem instalacji do suszenia solarnego, ilość wytworzonych odwodnionych osadów ściekowych wynosiła od 2387 do 3067 Mg rocznie. Wprowadzenie suszenia spowodowało zmniejszenie ilości

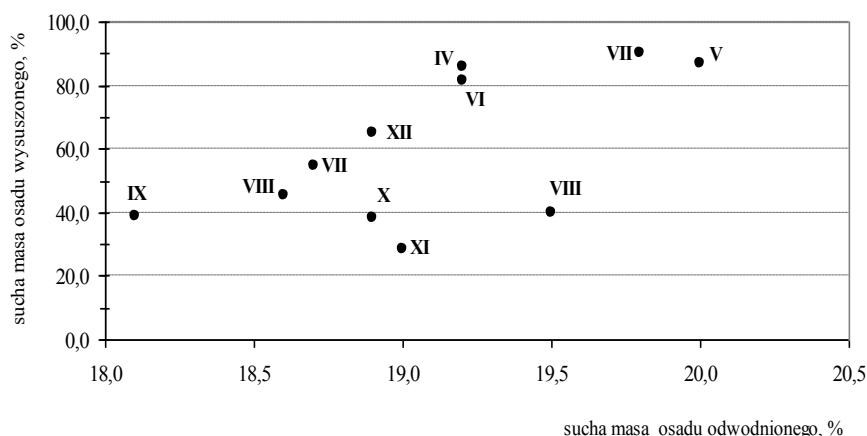
osadów do 717 Mg w roku 2009 i 637 Mg w roku 2010 (ilość osadów odwodnionych odpowiednio 3142 i 2654 Mg). Jak pokazano na rys. 4 ilość osadów odprowadzanych z suszarni oraz ich uwodnienie (rys. 5) zależy od pory roku. W lipcu 2009 r. hale suszarnicze wypełniono 600 Mg odwodnionych osadów o średnim uwodnieniu 83%. Warstwa suszonego osadu wynosiła 10-15 cm. Na skutek suszenia uzyskano 5-krotne zmniejszenie masy osadu, a średnie uwodnienie wynosiło 12,3%. Należy podkreślić, że w trakcie rozruchu instalacji odnotowano niską temperaturę zewnętrzną jak na tę porę roku (poniżej 20°C) oraz znaczne opady, które zwiększyły wilgotność względną powietrza nawet do 93%. W okresie od maja do grudnia 2009 r. suszeniu poddano 1898 Mg osadów, uzyskując 717 ton osadu wysuszonego o średnim uwodnieniu 50,5%. Łączne zużycie energii elektrycznej przez suszarnię wyniosło 19100 kWh, co daje 26,64 kWh/Mg suszu i 16,2 kWh/ tonę odparowanej wody.



Rys. 4 Ilość wysuszonych osadów ściekowych w latach 2009-2010
 Fig. 4 Quantity of dried sewage sludge in 2009-2010

W okresie zimy, tj. od listopada 2009 r. do marca 2010 r. osady były wyłącznie gromadzone w halach suszarniczych (bez składowania na placu zewnętrznym). Grubość warstwy osiągnęła w marcu – kwietniu ok. 35-40 cm.

W okresie od kwietnia do sierpnia 2010 r. procesowi suszenia poddano 2128 ton osadów o średnim uwodnieniu ok. 81% uzyskując 637 tony suszu o uwodnieniu 34,1%. Pierwsza partia osadu została wywieziona na przełomie miesiąca maja-czerwca.



Rys. 5. Zależność s. m. osadu wysuszonego od s.m. osadu odwodnionego i pory roku
 Fig. 5. Dependence of TSS of dried sludge from TSS of dewatered sludge and season

Zużycie energii elektrycznej od miesiąca stycznia do grudnia 2010r przez wszystkie hale suszarnicze wynosiło 20.628 kWh, co w przeliczeniu daje 32,4 kWh/tonę suszu i 13,83 kWh/tonę odparowanej wody. Sumaryczne zużycie energii elektrycznej przez wszystkie 3 hale w 2010 r. wynosiło 1,03% całkowitego zużycia energii i odpowiada w przybliżeniu ilości energii używanej przez oczyszczalnię w ciągu trzech dni eksploatacji.

Z przeprowadzonej analizy danych wynika, że proces suszenia osadów w suszarni solarnej jest efektywny i może być powszechnie stosowany w małych oczyszczalniach ścieków. Efekt suszenia osadów w suszarniach słonecznych zależy od wielu czynników m.in.:

- atmosferycznych, takich jak: natężenie promieniowania słonecznego oraz temperatura powietrza suszącego i jego wilgotność;
- od sposobu prowadzenia procesu, tzn. od intensywności przegarniania i wentylacji oraz wykorzystania źródeł ciepła zewnętrznego.

LITERATURA

1. CZEKAŃSKI A.: Zagospodarowanie osadów ściekowych z punktu widzenia eksploatatora oczyszczalni ścieków., Forum Eksploatatora, 5(44) Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Piaseczno 2009, 56-62
2. KALISZ M.: Prognozy zmian w gospodarce osadami ściekowymi., Wodociągi – Kanalizacja. 3/2007, Wydawnictwo Abrys, Poznań 2007, 30

3. KOĆ J.: *Komunalne osady ściekowe w Polsce po 1 stycznia 2013 roku.*, Forum Eksploatatora, 3 (48), Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Piaseczno 2010, 98-100, 2010
4. KŁOPOTEK B.: *Krajowy plan gospodarki odpadami 2014-zapobieganie powstawaniu odpadów.* Seminarium dotyczące implementacji nowej dyrektywy ramowej o odpadach (2008/98/WE) Warszawa, 18 lutego 2011 r., <http://www.mos.gov.pl/>
5. WLEKLIŃSKA A.: *Raport z oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko.*, Zielona Góra, lipiec 2002 inwestycja „Budowa kanalizacji sanitarnej i deszczowej na terenie starówki w Żarach
6. Materiały eksploatatora oczyszczalni „Złota Struga” w Żarach
7. EKOTOP” Kompleksowe opracowania gospodarki odpadami. Dokumentacja projektowa. Technologia słonecznego suszenia komunalnych osadów ściekowych Piła, październik 2007
8. Uchwała nr XVII/47/04 Rady Miejskiej w Żarach z dnia 15 lipca 2004 r. w sprawie przyjęcia programu operacyjnego pod nazwą: Plan Rozwoju Lokalnego Gminy Żary o statusie miejskim na lata 2004-2008
9. Uchwała Nr XXXIV/4/98 Rady Miejskiej w Żarach z dnia 25 lutego 1998 r. w sprawie przystąpienia do sporządzenia studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Żary o statusie miejskim.

EFFICIENCY OF SOLAR SLUDGE DRYERS IN ŻARY

S u m m a r y

This paper presents the technology of solar drying of sewage sludge in wastewater treatment plant in Żary. Analysis of 18 months operation of the system showed that the effect of drying was achieved by 5-fold decrease by weight of sludge. The average moisture of the sludge was 12.3% at the start stage in 2009. Average moisture of the dried sludge in 2010 was 34.1%, and taking into account the months in which the drying takes deposits, but not dry - 50.5%. Electricity consumption in 2010 by all the drying halls was 20 628 kWh, which gives 32.4 kWh/tonne of dried and 13.83 kWh/tonne of evaporated water. Summary consumption of electricity by drying halls in 2010 was 1.03% of total energy consumption and was approximately equivalent to the amount of energy consumed by the plant within three days of operation.

Key words: sewage sludge, solar drying, efficiency