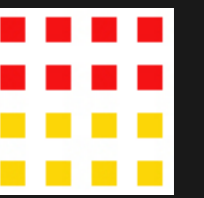


WYKORZYSTANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W BUDOWNICTWIE
USE OF THE SEWAGE SLUDGE IN CONSTRUCTION ENGINEERING

K. Szala¹, M. Cichon², A. Wilde², K. Sobczak², M. Stefanko², M. Knap², C. R. Krzywoń¹, G. Cema³,
A. Ziemińska-Buczyńska³, P. Banaszek⁴
Silesian University of Technology^{1,2,3}; Fac. of Civil Engineering¹; Fac. of Chemistry²; Fac. of Energy and Environmental Engineering¹;
Chorzow-Swietochlowice Water and Sewage Company⁴



WSTĘP

Produktem każdej oczyszczalni ścieków jest osad, który wymaga unieszkodliwienia i zagospodarowania. Ilość powstających osadów na oczyszczalni zależy głównie od stężenia zanieczyszczeń w ściekach, stopnia ustabilizowania osadów, a także efektywności samego procesu oczyszczania, wynikającego ze stosowanej technologii. Osady powstające na oczyszczalni stanowią zazwyczaj około 2% objętości ścieków surowych. Masę osadu surowego stanowią substancje rozpuszczone, zawieszane stałe cząstki oraz cząsteczki koloidalne. Ponadto w ich składzie, w stosunkowo dużym stężeniu występują metale ciężkie, takie jak: arsen, ołów, rtęć i kadm. Z tych przyczyn osady ściekowe zaliczane są do odpadów, z którymi, należy postępować według ustalonej hierarchii: zapobiegać ich powstawaniu, przygotowywać do ich ponownego użycia, poddawać recyklingowi oraz innym procesom odzysku, a na końcu unieszkodliwiać.

INTRODUCTION

The product of each sewage treatment plant is a sludge that requires neutralization and development. The amount of sludge generated at the treatment plant depends mainly on the concentration of pollutants in the wastewater, the degree of stabilization of the sludge, as well as the effectiveness of the treatment process itself, resulting from the technology used. Sludge generated at the treatment plant is usually around 2% of raw sewage volume. The mass of raw sludge consists of solutes, suspended solid particles and colloidal particles. Due to the high content of organic particles, sewage sludge tends to crease. In addition, heavy metals such as arsenic, lead, mercury and cadmium are present in relatively high concentrations. For these reasons, sewage sludge is classified as waste that must be handled according to a set hierarchy: prevent its formation, prepare for reuse, recycle and other recovery processes, and finally neutralize.

Wykorzystanie osadów ściekowych w produkcji materiałów budowlanych

Zastosowanie w budownictwie znajdują głównie popioły pochodzące ze spalania osadów ściekowych w temperaturze około 800-900°C, czyli w ostatnim etapie ich przetwarzania. Popioły te są bogate w tlenki krzemu SiO₂, wapnia CaO, glinu Al₂O₃ i żelaza Fe₂O₃. Sprawia to, że wśród najpowszechniejszych budowlanych zastosowań popiołów z osadów ściekowych można wymienić: zastępowanie kruszywa, stabilizowanie podłoży i nasypów, dodatki do mieszaniny surowcowej w produkcji cementu lub aktywne dodatki do zapraw i betonów, składniki spiekanych kruszyw lekkich, składniki do produkcji ceramiki budowlanej.

BADANIA NAD MOŻLIWOŚCIĄ WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH DO PRODUKCJI BETONÓW

Opisywane badania są prowadzone w ramach realizowanego na Politechnice Śląskiej projektu POWR-03.05.00-00-Z098/17-00. Realizowane zadanie obejmuje projekt studencki PBL (Project Based Learning), zatytułowany „Wykorzystanie osadów ściekowych w gospodarce obiegu zamkniętego”. Jednym z celów jest wstępna ocena możliwości wykorzystania osadów ściekowych z oczyszczalni „Klimzowiec” w budownictwie. Zrealizowane dotychczas badania objęły skład surowcowy osadów oraz badania zapraw cementowych, w których część piasku zastąpiono osadem wysuszonym.

W tabeli 1 pokazano skład chemiczny osadu określony w badaniach na zlecenie oczyszczalni ścieków Klimzowiec. Zawartość wody w osadzie surowym sięga 80%. Zawartość cząstek organicznych w osadzie wysuszonym wynosi 60%.

Badania modyfikowanej zaprawy cementowej

Wykonano trzy grupy próbek różniące się zawartością wysuszonego osadu ściekowego (Tabela 2). Beleczyki o wymiarach 40×40×160 mm po rozformowaniu umieszczono w wodzie. Wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu badano zgodnie z normą EN 196-1:2016 w 28 dni. Testy prowadzono w prasie Controls 65-L27C12 dla obciążenia przrastającego z prędkością 0,05 kN/s (Rys. 2).

Na rysunku 3 pokazano próbki w 27 dni, po wyjęciu z wody i wysuszeniu. Wyraźnie widoczna jest większa porowatość próbek z większą zawartością osadu ściekowego. Wynika ona z wypłukania niezwiązanego osadu ze struktury próbki w trakcie kąpieli wodnej. Dodatkową przyczyną może być duża wodożądność wysuszonego osadu, która pogorszyła urabialność zaprawy.

Modified cement mortar tests

Three groups of samples were made differing in the content of dried sewage sludge (Table 2). 40 × 40 × 160 mm beams after demolding were placed in water. Compressive and flexural strength was tested in accordance with EN 196-1: 2016 on 28 days. Tests were carried out using Universal Testing Machine Controls 65-L27C12 with a load speed of 0.05 kN/s (Fig. 2). Figure 3 shows samples on day 27 after removal from water and drying. Greater porosity of samples with a higher content of sewage sludge is clearly visible. It results from the soaking of unbound sediment from the sample structure during a water bath. An additional reason may be the high water demand for dried sludge, which worsened the workability of the mortar.

Rezultaty

Na rysunkach 5 i 6 pokazano wyniki badań wytrzymałościowych. Zdecydowanie widoczny jest niekorzystny wpływ dodatku wysuszonego osadu. Dla 10% suplementacji piasku wytrzymałość spadła ponad dwukrotnie. Kilukrotny spadek wytrzymałości dla 20% dodatku osadu ściekowego praktycznie wyklucza tak wytworzoną zaprawę z zastosowań budowlanych. Wytrzymałość na rozciąganie spada praktycznie do zera, co świadczy o zaburzeniu procesu hydratacji cementu, najprawdopodobniej wskutek znacznej zawartości cząstek organicznych w osadzie.

Results

Figures 5 and 6 show the results of strength tests. The negative effect of the addition of dried sludge is definitely visible. For 10% of sand supplementation, strength drop has more than doubled. Even greater decrease in strength for 20% sewage sludge addition practically excludes mortar produced in this way from construction applications. The tensile strength drops practically to zero, which indicates a disturbance of the cement hydration process, most likely due to the high content of organic particles in the sludge.

PODSUMOWANIE

- Wykorzystanie osadów ściekowych w budownictwie niewątpliwie ma przyszłość. Świadczą o tym wyniki licznych badań cytowanych w referacie.
- Optymalnym, z punktu widzenia zużycia energii byłoby wykorzystanie osadów surowych lub częściowo wysuszonych. Zaprezentowane w referacie badania pokazały, że zastosowanie tego typu osadów w produkcji zapraw i betonów nie jest możliwe. Już niewielki dodatek, na poziomie 10% zawartości kruszywa prowadzi do ponad dwukrotnego zmniejszenia wytrzymałości.
- Dalsze badania będą prowadzone w kierunku wykorzystania osadów spoielonych. Testy obejmą możliwość częściowego zastąpienia cementu i piasku, a także metakaolinu w syntezie betonów geopolimerowych.

Acknowledgments This paper was prepared within the framework of the project "Silesian University of Technology as a Centre for Modern Education based on innovation research" POWR.03.05.00-00-Z098/17, financed by the European Union from the European Social Fund.

The use of sewage sludge in the production of building materials

In construction industry commonly used are the ashes originating from the incineration of sewage sludge at a temperature of about 800-900°C. These ashes are rich in the oxides of silicon SiO₂, calcium CaO, aluminum Al₂O₃ and iron Fe₂O₃. This causes that among the most common construction applications of sewage sludge ash can be mentioned: aggregate replacement, stabilization of substrates and embankments, additions to the raw material mixture in cement production or active additives for mortars and concretes, components of sintered lightweight aggregates, components for the production of building ceramics.

RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF USING SEWAGE SLUDGE FOR CONCRETE PRODUCTION

The described tests are conducted as part of the POWR-03.05.00-00-Z098 / 17-00 project implemented at the Silesian University of Technology. The implemented task includes the student project PBL (Project Based Learning) entitled "The use of sewage sludge in the circular economy". One of the goals is the preliminary assessment of the possibility of using sewage sludge from the "Klimzowiec" treatment plant in construction. The tests carried out so far have included the sludge raw material composition and cement mortar tests, in which part of the sand has been replaced with dried sludge.

Table 1 shows the chemical composition of the sludge determined in studies commissioned by the Klimzowiec wastewater treatment plant. The water content in the raw sediment reaches 80%. The content of organic particles in the dried sludge is 60%.

Tabela 1. Skład osadów ściekowych z oczyszczalni Klimzowiec.

Table 1. Klimzowiec sewage sludge composition

Sucha masa / Dryed %	Organiczn e /Organic %	N %	P %	Ca %	Mg %	Pb %	Cd %	Cr %	Cu %	Ni %	Rg %	Zn %
18.8	58.7	4.5	3.4	3.2	1.0	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	0.0	0.24

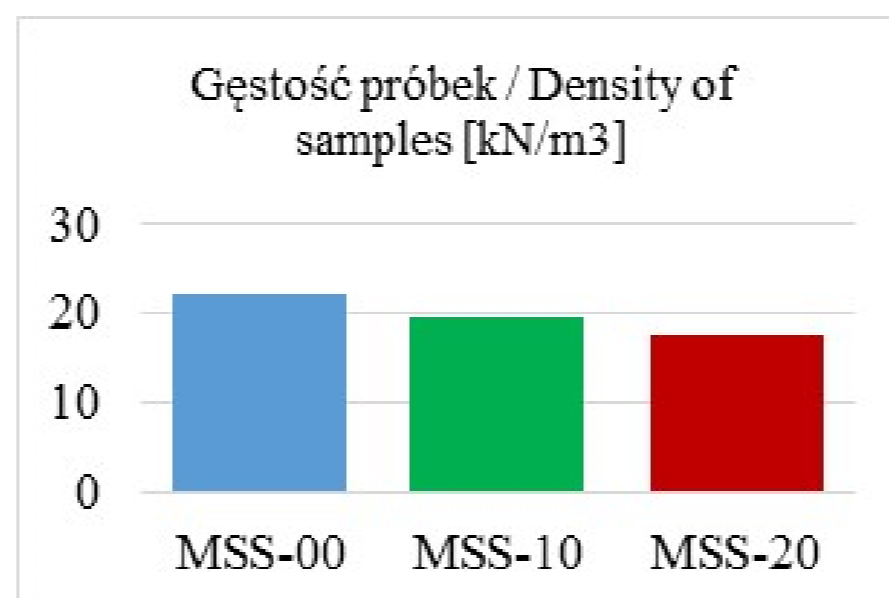
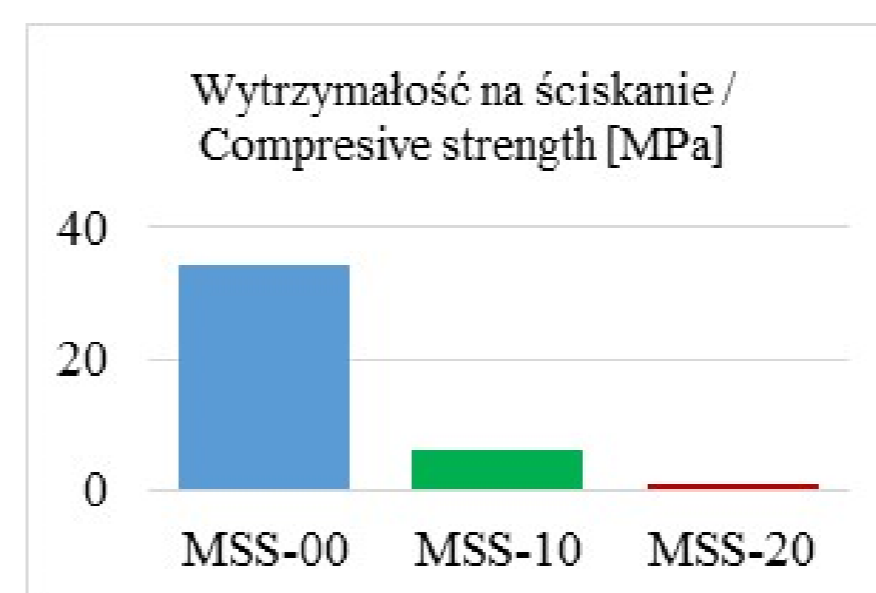
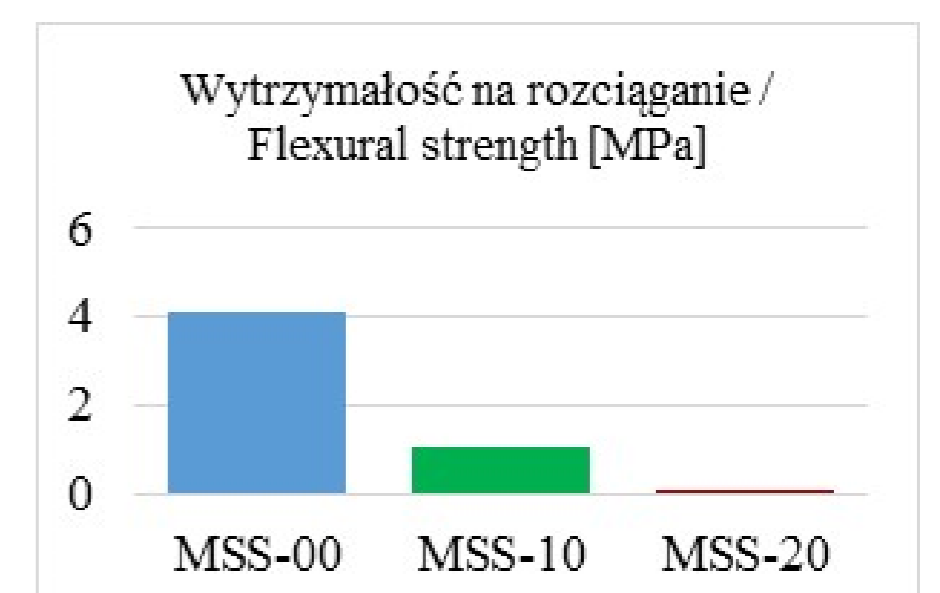
Rysunek 4. Porównanie gęstości próbek.
Figure 4. Comparison of sample densities

Tabela 2. Skład mieszanki. Table 2. Mix design

SKŁADNIK/ COMPONENT		MSS-00	MSS-10	MSS-20
Cement CEM III/A / Cement	g	450	450	450
Woda / Water	l	225	225	225
Piasek / Sand	g	1350	1215	1080
Osad ściekowy wysuszony / Dried sewage sludge	g	-	135	270

Rysunek 2. Badanie próbek.
Figure 2. Testing the samplesRysunek 3. Badane próbki.
Figure 3. Tested specimensRysunek 5. Rezultaty badań wytrzymałości na ściskanie.
Figure 5. Results of the compressive strength testsRysunek 6. Rezultaty badań wytrzymałości na rozciąganie.
Figure 6. Results of the flexural strength tests

CONCLUSIONS

- The use of sewage sludge in construction undoubtedly has a future. This is evidenced by the results of numerous studies.
- The optimal, from the point of view of energy consumption would be the use of raw or partially dried sludge. The research presented in this paper showed that the use of this type of sludge in the production of mortar and concrete is not possible. Already a small addition, at the level of 10% of the aggregate content leads to more than double the strength reduction.
- Further research will be conducted towards the use of incinerated sludge. The tests will include the possibility of cement and sand supplementation, as well as metakaolin in the synthesis of geopolimer concrete.