

## Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych

### D-04.05.01

#### Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem

## 1. WSTĘP

### 1.1. Przedmiot ST

Przedmiotem niniejszej specyfikacji technicznej są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonywaniem podbudowy lub ulepszonego podłoża z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem.

### 1.2. Zakres stosowania ST

Specyfikacja techniczna (ST) stanowi obowiązującą podstawę opracowania szczegółowej specyfikacji technicznej (SST) stosowanej jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót drogowych.

### 1.3. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem podbudowy lub ulepszonego podłoża z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem.

Podbudowę i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem można stosować do budowy nawierzchni wszystkich kategorii ruchu, w zależności od klasy wytrzymałości zgodnie z Rozporządzeniem Ministra [12] i Katalogiem [13].

### 1.4. Określenia podstawowe

**1.4.1. Stabilizacja gruntu antropogenicznego cementem** – sztuczny kamień powstały po stwardnieniu mieszanki cementowo-gruntowej.

**1.4.2. Mieszanka cementowo-gruntowa** – dobrana w optymalnych proporcjach mieszanka gruntu antropogenicznego i ewentualnie naturalnego, spoiwa i wody, a w razie potrzeby innych dodatków ulepszających.

**1.4.3. Podbudowa z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem** – jedna lub więcej warstw zagęszczonej mieszanki cementowo-gruntowej, która po stwardnieniu stanowi fragment nośnej części konstrukcji nawierzchni.

**1.4.4. Ulepszone podłoże z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem** – jedna lub dwie warstwy zagęszczonej mieszanki gruntowo-cementowej, na której układa się podbudowę.

**1.4.5. Pozostałe określenia** są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 1.4.

### 1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 1.5.

## 2. MATERIAŁY

### 2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 2.

### 2.2. Surowce do produkcji gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem

Do produkcji gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem używane są:

- Grunty antropogeniczne w postaci mieszanin popiołowo-żużlowych i popiołów lotnych,
- kruszywa naturalne: piasek, pospółka, żwir,
- kruszywa z recyklingu,
- spoiwa: cement, a w razie potrzeby inne spoiwa jako dodatki,
- woda,
- dodatki ulepszające.

### 2.3. Mieszanki popiołowo-żużłowe

Głównym surowcem jest mieszanina popiołowo-żużłowa pochodząca z elektrociepłowni, zgromadzona na suchym składowisku nadpoziomym. Charakteryzuje się ona własnym potencjałem zestalającym i własnościami wiążącymi. Podstawowe parametry mieszaniny popiołowo-żużłowej przedstawia tablica 1.

Tablica 1. Zestawienie cech fizykochemicznych mieszaniny popiołowo-żużłowej ze składowiska

Lp.	Cecha	Wynik badania
1.	Wskaźnik piaskowy, WP	25 ÷ 35
2.	Wilgotność naturalna [%]	20 ÷ 40
3.	Wilgotność optymalna [%]	~ 30
4.	Kapilarność bierna [m]	~ 1,0
5.	Kalifornijski wskaźnik nośności CBR [%]	15 ÷ 25
6.	Zawartość niespalonego węgla (straty prażenia) [%]	~ 9,5
7.	Odczyn (pH)	> 8
8.	Uziarnienie (przechodzi przez sito #) [%]: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 mm</li> <li>• 4 mm</li> <li>• 2 mm</li> <li>• 1 mm</li> <li>• 0,5 mm</li> <li>• 0,25 mm</li> <li>• 0,125 mm</li> <li>• 0,063 mm</li> </ul>	~ 100 ~ 85 ~ 80 ~ 75 ~ 70 ~ 55 ~ 30 ~ 20
9.	Skład chemiczny: <ul style="list-style-type: none"> <li>• SiO<sub>2</sub>, %</li> <li>• Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %</li> <li>• Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %</li> <li>• CaO, %</li> <li>• MgO, %</li> <li>• Na<sub>2</sub>O, %</li> <li>• SO<sub>3</sub>, %</li> </ul>	~ 44 ~ 23 ~ 8,5 ~ 3,5 ~ 2,0 ~ 1,0 0,5 ÷ 0,9

Własności wiążące mieszanin popiołowo-żużlowych polegają na ich właściwościach pucolanowych. Podczas zagęszczania tej mieszaniny ze spoiwem, przy udziale wody, zachodzą reakcje pomiędzy minerałami krzemianowymi (pucolanami) a związkami wapnia. Popioły i żużle są z natury materiałami o charakterze alkalicznym, związanym z zawartością związków wapna. Pod tym względem są one podobne do tradycyjnych spoiw, czyli cementu i wapna, dlatego też oddziaływanie na środowisko i uwarunkowania BHP są takie same jak przy stosowaniu tradycyjnych spoiw budowlanych.

### **UWAGA:**

- Zgodnie z postanowieniami przytaczanych w Katalogu norm i w oparciu o potwierdzone właściwości mieszanin popiołowo-żużlowych stabilizacja gruntu antropogenicznego cementem może być stosowana w budownictwie drogowym bez potrzeby ubiegania się o aprobaty techniczne (pismo IBDiM nr TG-1193-53-91/01 z 13 marca 2001).

### **2.4. Kruszywa**

Do wykonania gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem mogą być stosowane:

- piasek,
- żwir,
- pospółka,
- kruszywo z recyklingu betonu cementowego,
- gruz budowlany.

Kruszywa powinny mieć takie właściwości, aby zapewnić uzyskanie wymaganych parametrów mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem oraz ulepszonego podłoża lub podbudowy.

Kruszywa nie powinny zawierać domieszek części organicznych, zanieczyszczeń obcych, grudek gliny i frakcji pylastych powyżej 10%.

### **2.5. Cement**

Do wykonania mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem można stosować dowolny cement spełniający wymagania normy PN-EN 197-1 lub Aprobata Technicznych. Zaleca się stosować cementy niskich marek.

Jako dodatki mogą być stosowane:

- spoiwa drogowe według Aprobata Technicznych,
- aktywne popioły lotne według PN-EN 14227-4.

### **2.6. Woda**

Do wykonania mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem może być stosowana woda spełniająca wymagania normy PN-EN 1008. Bez badań może być stosowana pitna woda wodociągowa lub studzienna.

### **2.7. Dodatki ulepszające**

Jako dodatki ulepszające mogą być stosowane:

- wapno według PN-EN 459-1,
- chlorek wapniowy według PN-C-84127.

### **2.8. Materiały do pielęgnacji**

Do pielęgnacji wykonanej podbudowy oraz ulepszonego podłoża mogą być stosowane:

- preparaty powłokotwórcze posiadające Aprobatę Techniczną,
- folie z tworzyw sztucznych,
- włókniny,
- piasek i woda.

### 3. SPRZĘT

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 3.

Do wytwarzania mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem należy stosować wyłącznie wytwórnie stacjonarne, przystosowane do mieszania materiałów drobnoziarnistych. Nie dopuszcza się produkcji mieszanki w wytwórniach z mieszalnikiem planetarnym.

Wszystkie składniki mieszanki powinny być dozowane wagowo, zgodnie z receptą laboratoryjną. Wytwórnia powinna być wyposażona w komputerowy system sterowania produkcją. Wytwórnia powinna zapewniać ciągłość produkcji oraz jednorodność wytwarzanej mieszanki. Wytwórnia powinna być wyposażona w system kontroli wilgotności składników i gotowej mieszanki.

Wytwórnia powinna mieć wdrożony system Zakładowej Kontroli Produkcji.

Do rozkładania i profilowania wilgotnych mieszanek stosuje się:

- sycharki,
- równiarki,
- rozściełacze,
- koparko-ładowarki z szerokim lemieszem.

Do zagęszczenia stosuje się:

- walce stalowe statyczne i wibracyjne oraz ogumione,
- płyty wibracyjne (zwłaszcza do miejsc trudnodostępnych).

Do pielęgnacji wykonanej podbudowy, przy wykorzystaniu środków powłokotwórczych stosuje się skraplarki.

### 4. TRANSPORT

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 4.

Składniki mieszanki powinny być transportowane zgodnie z odnośnymi normami.

Wilgotna mieszanka gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem może być przewożona dowolnymi samochodami samowyładowczymi. W czasie transportu mieszanka powinna być zabezpieczona przed nadmiernym przesuszaniem lub opadami atmosferycznymi za pomocą plandek lub żaluzji.

### 5. WYKONANIE ROBÓT

#### 5.1. Ogólne zasady wykonania robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 5.

#### 5.2. Projektowanie mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem

Projektowanie mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem polega na:

- doborze mieszanki kruszywa: proporcji pomiędzy ilością popioło-żuźli, piasku i żwiru i pospółki, kruszyw z recyklingu,
- doborze ilości cementu ewentualnie z dodatkiem innych spoiw,
- doborze ilości wody.

Poszczególne kruszywa powinny być dobrane do mieszanki w takich proporcjach aby uzyskana mieszanka docelowa miała jak największą szczelność i pozwalała uzyskać jak największą wytrzymałość przy minimalnym zużyciu cementu. Parametry takie uzyskuje się przy dużej różnościarności mieszanki kruszywa.

Ilość spoiwa należy dobrać tak aby spełnione były wymagania podane poniżej.

Ilości wody powinna być dobrana na podstawie badania wilgotności optymalnej (metodą Proctora) mieszanki kruszywa ze spoiwem. Należy pamiętać o korekcie potrzebnej ilości wody ze względu na dużą wilgotność naturalną mieszaniny popiołowo-żuźlowej.

Gruntu antropogeniczny stabilizowany cementem powinien spełniać właściwości podane w tabelicy 2.

Tabela 2. Wymagane właściwości gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem

Lp.	Warstwa konstrukcyjna	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]		Wskaźnik mrozoodporności [-]
		7 dni	28 dni	
1	Podbudowa zasadnicza $R_m = 5$ MPa	1,6 ÷ 2,2	2,5 ÷ 5,0	$\geq 0,7$
2	Podbudowa pomocnicza $R_m = 2,5$ MPa	1,0 ÷ 1,6	1,5 ÷ 2,5	$\geq 0,6$
3	Ulepszone podłoże $R_m = 1,5$ MPa	-	0,5 ÷ 1,5	-

### 5.3. Produkcja mieszanki gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem

Mieszanki powinny być produkowane w wytwórni stacjonarnej zgodnej z wymaganiami podanymi w punkcie 3.

Wszystkie składniki mieszanki powinny być dozowane w sposób wagowy. W czasie dozowania materiałów należy szczególnie zwracać uwagę na wilgotność poszczególnych składników i gotowej mieszanki. Dodatki ulepszające powinny być dozowane w miarę potrzeb i ustaleń laboratoryjnych.

Nie dopuszcza się produkcji mieszanki za zapas. Wyprodukowana mieszanka powinna być od razu transportowana na plac budowy zgodnie z zasadami podanymi w punkcie 4.

### 5.4. Warunki przystąpienia do robót

Mieszanka gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem nie może być wbudowywana gdy podłoże jest zamrożone oraz podczas silnych opadów atmosferycznych. Nie należy rozpoczynać układania mieszaniny cementowo-gruntowej jeżeli prognozy meteorologiczne wskazują na możliwy spadek temperatury poniżej 0°C w czasie najbliższej doby.

W czasie układania mieszanki w czasie gorących i suchych dni zaleca się przedsięwziąć specjalne środki zapobiegawcze w celu ograniczenia szybkiego wysychania, wiązania a w konsekwencji pęknięcia wykonanej podbudowy lub ulepszanego podłoża. Może to być stosowanie schłodzonego kruszywa lub dodatek lodu do produkowanej mieszanki albo regularne skrapianie wykonanej podbudowy lub ulepszanego podłoża przez co najmniej 1 dobę.

### 5.5. Przygotowanie podłoża

Podłożem pod podbudowę z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem jest zazwyczaj ulepszone podłoże, warstwa odsączająca lub ostatnia warstwa nasypu drogowego a pod ulepszone podłoże ostatnia warstwa nasypu lub koryto wykopu. Warstwy te powinny spełniać wymagania podane w odpowiednich specyfikacjach technicznych oraz normach.

Podłoże w czasie układania mieszanki gruntowo-cementowej powinno być wilgotne ale nie mogą na nim występować kałuże. W przypadku suchego podłoża powinno być ono wcześniej spryskane wodą, w ilości zależnej od rodzaju podłoża.

### 5.6. Układanie mieszanki

Układanie mieszanki gruntowo-cementowej powinno odbywać się przy wykorzystaniu sprzętu opisanego w punkcie 3 w sposób zapewniający równomierne ułożenia mieszanki w całym profilu i przekroju poprzecznym. W przypadku dużych robót liniowych zaleca się używanie rozścielaczy. W przypadku małego zakresu robót dopuszcza się układanie ręczne.

W celu zapewnienia odpowiedniego profilu i spadków poprzecznych należy stosować prowadnice lub w przypadku budowy ulic oprzeć się o wykonane wcześniej krawężniki.

Grubość układanej warstwy powinna być taka, aby zapewnić uzyskanie wymaganej grubości warstwy po zagęszczeniu. Wielkość zapasu wysokości zależy od stosowanego sprzętu rozkładającego.

Grubość układanej warstwy powinna wynosić od 10 do 25 cm. W przypadku potrzeby wykonania grubszej podbudowy należy ją układać w 2 warstwach. W takim przypadku, warstwa górna powinna być układana natychmiast po zagęszczeniu warstw dolnej, tak aby warstwy technologiczne połączyły się i stanowiły monolit.

### 5.7. Zagęszczanie mieszanki

Do zagęszczania należy stosować sprzęt opisany w punkcie 3.

Do dużych robót należy stosować walce, w takim przypadku ostatni należy stosować walec stalowy gładki bez wibracji a w przypadku małego zakresu zaleca się płyty wibracyjne.

Do zagęszczania należy przystąpić natychmiast po wyprofilowaniu mieszanki. Wilgotność mieszanki w czasie zagęszczania powinna być zbliżona do wilgotności optymalnej.

Zakończenie zagęszczania powinno nastąpić przed zakończeniem wiązania cementu. Dlatego zaleca się stosowanie cementu o normalnym lub opóźnionym czasie wiązania lub stosowanie opóźniaczy wiązania. Nie dopuszcza się pozostawienia wyprofilowanej warstwy ani mieszanki do następnego dnia.

Uzyskany wskaźnik zagęszczenia wykonanej warstwy podbudowy powinien wynosić nie mniej niż 0,98 zgodnie z normalną próbą Proctora.

Specjalną uwagę należy poświęcić zagęszczaniu mieszanki w sąsiedztwie spoin roboczych podłużnych i poprzecznych oraz wszelkich urządzeń obcych. Wszelkie miejsca luźne, rozsegregowane, spękane podczas zagęszczania lub w inny sposób wadliwe, muszą być naprawione przez zerwanie wadliwej warstwy na pełną jej grubość, a następnie wbudowanie nowej mieszanki o odpowiednim składzie i wilgotności.

### 5.8. Pielęgnacja wykonanej podbudowy i ulepszonego podłoża

Po wykonaniu podbudowy lub ulepszonego podłoża konieczne jest zabezpieczenie górnej powierzchni mieszanki przed działaniem warunków atmosferycznych. Do pielęgnacji mogą być stosowane dowolne materiały opisane w punkcie 2.8.

W przypadku stosowania piasku należy utrzymywać go w stanie wilgotnym co najmniej przez 3 dni.

### 5.9. Utrzymanie warstwy podbudowy lub ulepszonego podłoża

Wykonana warstwa powinna być przez co najmniej 7 dni chroniona przed oddziaływaniem wszelkiego ruchu drogowego i sprzętu budowlanego.

Jeżeli taka konieczność wystąpi to na powierzchni wykonanej warstwy należy ułożyć warstwę ochronną z kruszywa o grubości co najmniej 15 cm.

Jakikolwiek ruch po wykonanej warstwie powinien być wstrzymany w okresie intensywnych opadów atmosferycznych.

Przed zimą warstwa powinna być przykryta co najmniej jedną warstwą z mieszanki mineralno-asfaltowej lub warstwą ścierną z kostki betonowej.

### 5.10. Spoiny robocze

W miarę możliwości należy unikać podłużnych spoin roboczych, poprzez wykonanie warstwy na całej szerokości wykonywanej nawierzchni.

Jeśli jest to niemożliwe, przy wykonanej warstwie, przed wykonaniem kolejnego pasa lub przy wykonaniu kolejnego odcinka należy odciąć pionową krawędź istniejącego pasa. Pionową powierzchnię należy obficie zwilżyć wodą przed układaniem nowego odcinka.

Jeżeli stabilizacja jest układana w 2 warstwach to spoiny w warstwie leżącej wyżej powinny być względem nich przesunięte o co najmniej 50 cm.

## 6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

### 6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót, badania i pomiarów podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 6.

### 6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Producent mieszanki gruntowo-cementowej powinien dostarczyć Inżynierowi receptę mieszanki wraz z wynikami badań wytrzymałości na ściskanie.

### 6.3. Badania w czasie robót

Częstotliwość oraz zakres badań w czasie wykonywania podbudowy lub ulepszonego podłoża podano w tablicy 3.

Tabela 3. Częstotliwość badań i pomiarów

Lp.	Wyszczególnienie badań	Częstotliwość badań	
		Minimalna liczba badań na dziennej działce roboczej	Maksymalna powierzchnia warstwy przypadająca na jedno badanie
1	Wilgotność mieszanki gruntowo-cementowej	2	600 m <sup>2</sup>
2	Zagęszczenie warstwy		
3	Grubość warstwy	2	400 m <sup>2</sup>
4	Wytrzymałość na ściskanie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• po 7 dniach</li> <li>• po 28 dniach</li> </ul>	3 próbki 3 próbki	400 m <sup>2</sup>

### 6.4. Badania wykonanej podbudowy lub ulepszonego podłoża

Częstotliwość oraz zakres pomiarów wykonanej warstwy podano w tablicy 4.

Tabela 4. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów wykonanej warstwy

Lp.	Wyszczególnienie pomiarów	Minimalna częstotliwość pomiarów	Dopuszczalne tolerancje
1.	Szerokość	10 razy na 1 km	+ 10, - 5 cm
2.	Równość podłużna	w sposób ciągły planografem albo co 20 m łątą na każdym pasie ruchu	± 9 mm
3.	Równość poprzeczna	10 razy na 1 km	± 9 mm
4.	Spadki poprzeczne *)		± 0,5%
5.	Rzędne wysokościowe	co 100 m	+ 1 cm, - 2 cm
6.	Ukształtowanie osi w planie *)		± 5 cm
7.	Grubość warstwy	w 3 punktach, lecz nie rzadziej niż raz na 2000 m <sup>2</sup>	± 1 cm

\*) Dodatkowe pomiary spadków poprzecznych i ukształtowania osi w planie należy wykonać w punktach głównych łuków poziomych.

## 7. OBMIAR ROBÓT

Ogólne zasady obmiaru robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 7.

Jednostką obmiarowa jest 1 metr kwadratowy (1 m<sup>2</sup>) wykonanej podbudowy o określonej grubości.

## 8. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne zasady odbioru robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 8.

Roboty uznaje się za zgodne z Dokumentacją Projektową, ST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie wyniki badań i pomiarów dały pozytywne wyniki, z zachowaniem dopuszczalnych tolerancji.

## 9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” punkt 9.

Cena wykonania 1 m<sup>2</sup> podbudowy lub ulepszonego podłoża z gruntu antropogenicznego stabilizowanego cementem obejmuje:

- prace pomiarowe,
- roboty przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- wyprodukowanie mieszanki,
- transport mieszanki do miejsca wbudowania,
- przygotowanie podłoża,
- rozłożenie i zagęszczenie mieszanki,
- pielęgnacja wykonanej podbudowy,
- wykonanie badań i pomiarów wykonanej podbudowy.

## 10. PRZEPISY ZWIĄZANE

### Normy:

[1]	PN-B-04481	Grunty budowlane. Badania próbek gruntu
[2]	PN-C-84127	Chlorek wapniowy techniczny
[3]	PN-EN 1008	Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badania i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
[4]	PN-EN 197-1:2012	Cement. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
[5]	PN-EN 459-1	Wapno budowlane. Definicje, wymagania i kryteria zgodności.
[6]	PN-S-02205:1998	Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
[7]	PN-S-96012:1997	Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem.



- [8] BN-68/8931-04 Drogi samochodowe. Pomiar równości nawierzchni planografem i łąką
- [9] BN-77/8931-12 Oznaczanie wskaźnika zagęszczenia gruntu

**Akty prawne:**

- [10] Dziennik Ustaw nr 43. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej nr 430 z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne
- [11] Katalog Typowych Nawierzchni Podatnych i Pólsztynowych. GDDP, Warszawa 1997
- [12] Badania i ocena przydatności popiołów z Elektrociepłowni Wrocław w budownictwie drogowym. Prof. dr hab. inż. Antoni Szydło, Raport PWR nr SPR 5/2001
- [13] Ocena przydatności popiołożużli z Elektrociepłowni Wrocław do budowy dróg. inż. Wiesław Tokaj, IBDiM, Warszawa 2001
- [14] Ocena wyników badań promieniotwórczości naturalnej mieszaniny popiołowo-żużlowej ze składowiska Elektrociepłowni Wrocław. Energopomiar, Gliwice 2001
- [15] Ocena przydatności mieszaniny popiołowo-żużlowej ze składowiska Elektrociepłowni Wrocław do budowy wałów przeciwpowodziowych. Prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski, IMUZ- Falenty 2000

Dr inż. Waldemar Cyske