

www.utex.com.pl

UTEX[®]
UTEX[®]

PPH UTEX sp. z o.o.

Katedra Dróg i Mostów Politechniki Śląskiej



KATALOG TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI z wykorzystaniem UPS

dr inż. **Krzysztof Chlipalski**
współpraca
mgr inż. Marcin Grygierek

Gliwice, grudzień 2006

I. WPROWADZENIE

1.1 Szeroko rozumiana ochrona środowiska oraz rachunek ekonomiczny sprawiają, że poszukuje się technologii wykorzystujących materiały przemysłowe. Jednym z takich materiałów są uboczne produkty spalania węgla (UPS) – popiół i żużel elektrowniany.

Poniższe rozwiązania powstały na podstawie wieloletnich doświadczeń - badań laboratoryjnych i terenowych zrealizowanych przez Katedrę Dróg i Mostów Politechniki Śląskiej oraz laboratorium PPH UTEX Sp. z o.o.. Wykonano już kilkaset tysięcy m² konstrukcji drogowych, a także podbudów w halach, z wykorzystaniem produktów UTEX-u z analizą ich trwałości.

1.2 Katalog ma na celu:

- uproszczenie i ujednoczenie projektowania konstrukcji nawierzchni z wykorzystaniem UPS,
- stosowanie racjonalnych rozwiązań technicznych, gwarantujących uzyskanie odpowiedniej nośności i trwałości nawierzchni.

1.3 Katalog opracowano na bazie założeń i schematów konstrukcji ujętych w „Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych” (1997). W szczególności wyróżnia się warstwy konstrukcji nawierzchni:

- **KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI** - warstwa lub zespół warstw służących do przyjmowania i przenoszenia obciążeń od ruchu na podłoże gruntowe i zapewniających dogodne warunki ruchu w założonym okresie eksploatacji drogi,
- **WARSTWA ŚCIERALNA** – górna warstwa konstrukcji nawierzchni – służy przede wszystkim do zabezpieczenia warstw konstrukcyjnych przed bezpośrednim oddziaływaniem ruchu i infiltracją wody. Warstwa ścieralna może być również warstwą konstrukcyjną,
- **WARSTWA WIAŻĄCA** – jest warstwą konstrukcyjną – służy do przekazywania naprężeń na podbudowę. Warstwa wiążąca może być połączona w jedną warstwę z podbudową,
- **PODBUDOWA** - dolna część konstrukcyjna nawierzchni służąca do przenoszenia obciążeń od ruchu na podłoże. Podbudowa może składać się z podbudowy zasadniczej i pomocniczej,
- **PODBUDOWA ZASADNICZA** - górna część podbudowy, podstawowa nośna część konstrukcji nawierzchni,
- **PODBUDOWA POMOCNICZA** - dolna część podbudowy, oprócz funkcji nośnych może spełniać funkcję warstwy mrozoochronnej, odsączającej lub odcinającej,

- **PODŁOŻE DROGOWE** - grunt rodzimy lub nasypowy niewysadzinowy, doprowadzony do odpowiedniej nośności (**grupa nośności G1**), zalegający pod nawierzchnią do głębokości przemarzania, nie mniej jednak niż do głębokości, na której naprężenia pionowe od największych obciążeń użytkowych wynoszą $\leq 0,02$ MPa,
- **PODŁOŻE ULEPSZONE** – podłoże, któremu poprawiono nośność, spełniające wymagania podłoża drogowego. Granica pomiędzy ulepszonym podłożem, a podbudową pomocniczą może być umowna.

1.4 W Katalogu wykorzystuje się Uboczne Produkty Spalania do uzyskania następujących rozwiązań materiałowo-technologicznych:

- **ULEPSZENIE GRUNTU (KRUSZYWA) POPIOŁEM** (ewentualnie z dodatkiem cementu lub wapna) - proces technologiczny polegający na mieszanii rozdrobnionego gruntu (kruszywa) z optymalną ilością popiołu wzbogaconego cementem lub wapnem i wody oraz zagęszczeniu takiej mieszanki. Wymagana wytrzymałość określona normą (PN-S-96012-1997) po 42 dniach twardnienia mieści się w granicach 0,5 do 2,5 MPa,
- **PODBUDOWA Z GRUNTU (KRUSZYWA) ULEPSZONEGO POPIOŁEM** (ewentualnie z dodatkiem cementu) - jedna lub dwie warstwy zagęszczonej mieszanki, która po stwardnieniu poprawia jego właściwości fizykochemiczne oraz nośne, a jej wytrzymałość określona normą (PN-S-96012-1997), po 42 dniach twardnienia mieści się w granicach 2,5 do 5,0 MPa,
- **PODBUDOWA Z BETONU POPIOŁOWEGO** - jedna lub więcej warstw zagęszczonej mieszanki, która po stwardnieniu stanowi nośną część nawierzchni (podbudowy) zgodnie z PN-S-06103 o wytrzymałości, po 42 dniach twardnienia, w granicach 5,0 do 8,0 MPa (BETON POPIOŁOWY - sztuczny kamień powstały w wyniku stwardnienia mieszanki cementowo-popioło-żuźlowej).

1.5 Materiały oferowane przez PPH UTEX Sp. z o.o. wytworzone na bazie UPS:

- Spoivo do ulepszania gruntu SOLITEX,
- Hydrauliczne spoivo drogowe SOLITEX B i SOLITEX C,
- Piasek żuźłowy - kruszywo z żużli paleniskowych UTEX,
 - Piasek żuźłowy ulepszony,
- Mieszanka betonowa popiołowo-żuźłowa: UTEX BP 2,5, UTEX BP 5,0,
UTEX BP 8,0.

2 NORMY I AKTY PRAWNE

- PN-S-02201:1998** Drogi samochodowe. Nawierzchnie drogowe. Podział, nazwy, określenia,
- PN-S-02205:1998** Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania,
- PN-88/B-04481** Grunty budowlane. Badania próbek,
- PN-S-96035:1997** Drogi samochodowe Popioły lotne Wymagania i badania
- PN-S-96011:1998** Drogi samochodowe. Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych,
- PN-S-96012:1997** Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem,
- PN-S-96013:1997** Drogi samochodowe. Podbudowa z chudego betonu,
- PN-S-06103:1997** Drogi samochodowe. Podbudowa z betonu popiołowego,
- Dz.U. nr 43 poz. 430.** Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej nr 430 z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie warunków technicznych jakimi powinny odpowiadać drogi publiczne,

oraz

- PN-EN-14227-1** Mieszanki stabilizowane cementem,
- PN-EN-14227-3** Mieszanki popiołowe,
- PN-EN-14227-4** Popiół lotny do mieszanek,
- PN-EN-14227-5** Mieszanki stabilizowane spoiwem drogowym,
- AT/2004-04-1651** Kruszywo z żużli paleniskowych UTEX,
- AT/2004-04-1749** Spoiwo do ulepszania gruntu SOLITEX,
- AT/2005-04-1827** Mieszanka betonowa popiołowo-żużłowa,
- AT/2005-03-1866** Hydrauliczne spoiwo drogowe SOLITEX,
- Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. GDDP, W-wa 1997,
- NB-56/RB-3/2006** Badania i określenie cech materiałowych betonu popiołowo-żużłowego jako podbudowy drogi. Politechnika Śl., Gliwice 2006.

3. PROCEDURA PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI Z UŻYCIEM KATALOGU

Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni wg Katalogu bazuje na wymaganiach ujętych w „Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych” (KTKNPiP) i jest następująca:

- ustalenie obciążenia ruchem drogi i wyznaczenie jej kategorii ruchu (wg p. 3 KTKNPiP),
- ustalenie warunków gruntowo-wodnych (wg p. 4 KTKNPiP) i wybór w razie konieczności metody ulepszenia podłoża (wg p. 5.1 - 5.3 KTKNPiP),
- zapewnienie warunków odwodnienia konstrukcji (wg p. 5.4 KTKNPiP),
- wybór konstrukcji nawierzchni dla wyznaczonej kategorii ruchu KR zależnie od założonego materiału podbudowy według tablic 1 - 3.
- sprawdzenie warunku mrozoodporności podłoża (wg p. 5.5 KTKNPiP).

3.1 WZMOCNIENIE SŁABEGO PODŁOŻA

Podłoże nawierzchni zakwalifikowane do grupy nośności od G2 do G4 może być doprowadzone do grupy nośności G1 w jeden z wymienionych sposobów:

3.1.1 UPS może zostać wykorzystany do ulepszenia naturalnego podłoża drogowego do grupy nośności G1 przez wykonanie pod konstrukcją:

- na podłożu o grupie nośności G2:
10 cm warstwy z gruntów ulepszonych spoiwem SOLITEX o $R_m = 1,5$ MPa
lub
10 cm warstwy mieszanki betonowej popiołowo-żuźlowej UTEX BP 2,5
- na podłożu o grupie nośności G3:
15 cm warstwy z gruntów ulepszonych spoiwem SOLITEX o $R_m = 2,5$ MPa
lub
15 cm warstwy mieszanki betonowej popiołowo-żuźlowej UTEX BP 5,0
- na podłożu o grupie nośności G4:
25 cm warstwy z gruntów ulepszonych spoiwem SOLITEX o $R_m = 2,5$ MPa
lub
25 cm warstwy mieszanki betonowej popiołowo-żuźlowej UTEX BP 5,0
albo
dwóch warstw po 15 cm z gruntów ulepszonych spoiwem SOLITEX:
- warstwa górna o $R_m = 2,5$ MPa,
- warstwa dolna o $R_m = 1,5$ MPa
lub
dwóch warstw po 15 cm:
- warstwa górna z mieszanki betonowej popiołowo-żuźlowej UTEX BP 5,0,
- warstwa dolna z mieszanki betonowej popiołowo-żuźlowej UTEX BP 2,5.

3.1.2 UPS może zostać wykorzystany do wymiany naturalnego podłoża drogowego do uzyskania grupy nośności G1

Wymianie powinna podlegać warstwa słabego podłoża nawierzchni o grubości podanej w tabelicy 1, zależnie od grupy nośności podłoża Gi i przyjętego wskaźnika nośności CBR nowej warstwy.

Duże grubości warstw gruntu podlegających wymianie wg tabelicy 1 można zmniejszyć, gdy pod wymienionym gruntem podłoże zostanie wzmocnione geosyntetykiem. W szczególności zaleca się wykonać wzmocnienie geosyntetykiem podłoża nawierzchni, gdy jest ono sklasyfikowane w grupie nośności G3 lub G4 i z tabelicy 1 wynika konieczność wymiany warstwy o grubości > 50 cm. Wzmocnienie podłoża nawierzchni geosyntetykiem zaleca się także w przypadku przebudowy podłoża z nadmiernie nawilgoconych rodzimych gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym.

We wszystkich tych przypadkach wykonanie wzmocnienia geosyntetykami powinno być zaprojektowane indywidualnie z uwzględnieniem cech gruntów, właściwości technicznych geosyntetyków oraz możliwości uzyskania wymaganego wzmocnienia podłoża.

Tabela 1 Grubość wymienianej warstwy słabego podłoża nawierzchni w zależności od grupy nośności istniejącego podłoża i wskaźnika nośności CBR nowej warstwy.

Wskaźnik nośności CBR kruszywa z żużli paleniskowych UTEX [%]	Grubość nowej warstwy podłoża o grupie nośności [cm]		
	G2	G3	G4
15	30	50 ^A	75 ^A

^A- Zalecane wzmocnienie podłoża geosyntetykiem

3.2 PODBUDOWA

Wykorzystanie UPS możliwe jest również w warstwie nośnej w konstrukcji nawierzchni drogowej t.j. w warstwie podbudowy w postaci betonu popiołowego lub podbudowy z gruntu lub kruszywa ulepszanego popiołami lotnymi. Zgodnie z normą PN-S-06103 „Podbudowa z betonu popiołowego” maksymalna zawartość popiołów lotnych w warstwie podbudowy może wynosić 45 %, co pozwala na ograniczenie zużycia drogich materiałów naturalnych oraz przyczynia się do ochrony środowiska naturalnego.

Przy projektowaniu warstwy podbudowy ulepszonej popiołami lotnymi można zastosować do 15 % UPS. Wytyczne dotyczące stosowania UPS w warstwach podbudowy ulepszonej popiołami lotnymi zawarte są w ogólnych specyfikacjach technicznych OST D-04.05.03 „Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego aktywnymi popiołami lotnymi” oraz w normie PN-S 96012 „Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem”. Wg powyższych unormowań można realizować również technologię głębokiej stabilizacji metodą recyklingu na miejscu. Na podstawie powyższych specyfikacji można również wykonywać ulepszenie gruntów przy użyciu popiołów lotnych. Grunty nadające się do ulepszenia mieszanką popiołowo-żużlową to między innymi gliny.

Nośność podbudowy wyrażona wtórnym modułem odkształcenia z badania płytą naciskową powinna być większa niż:

- 80 MPa dla dolnej warstwy podbudowy
- 150 MPa dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu lekkim i lekko średnim (KR2 - KR3)
- 200 MPa dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu średnim i ciężkim (KR4-KR5)
- 250 MPa dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu bardzo ciężkim (KR6).

Oznaczenie modułów odkształcenia na podbudowie z betonów popiołowych przeprowadza się po upływie co najmniej 30 dni od dnia ich wykonania i w temperaturze dojrzewania powyżej 15 °C.

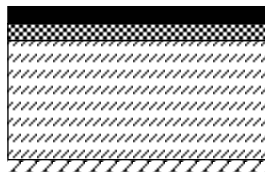
Nośność podbudowy wyrażona ugięciem sprężystym górnej warstwy podbudowy, mierzonej ugięciomierzem belkowym (zgodnie z normą PN-70/8931-06) po okresie twardnienia mieszanki (jak wyżej), przy nacisku na bliźniacze koło samochodu 50 kN, powinna spełniać warunek, że wielkości maksymalnych ugięć sprężystych nie powinny przekraczać:

- 1,5 mm - dla dolnej warstwy podbudowy
- 1,2 mm - dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu lekkim i lekko średnim (KR2-KR3)
- 1,0 mm - dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu średnim i ciężkim (KR4-KR5)
- 0,7 mm - dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu bardzo ciężkim (KR6)

4. TYPowe KONSTRUKCJE NAWIERZCHNI Z UPS

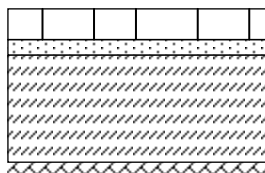
4.1 SCHEMATY ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

Nawierzchnia asfaltowa



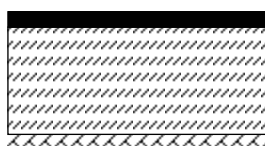
- warstwa ścieralna z mieszanki mineralno – asfaltowej
- warstwa wiążąca z mieszanki mineralno – asfaltowej
- podbudowa z betonu popiołowego **Rm 5,0 - 8,0 MPa**
lub grunt (kruszywo) ulepszone popiołem **Rm 2,5 - 5,0 MPa**
(lub ewentualnie z dodatkiem cementu lub wapna)
- podłoże gruntowe G1

Nawierzchnia z kostki betonowej



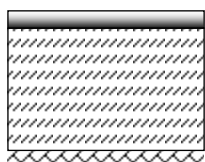
- warstwa ścieralna z kostki betonowej
- podsypka piaskowa
- podbudowa z betonu popiołowego **Rm 5,0 - 8,0 MPa**
lub grunt (kruszywo) ulepszone popiołem **Rm 2,5 - 5,0 MPa**
(lub ewentualnie z dodatkiem cementu lub wapna)
- podłoże gruntowe G1

Nawierzchnia z wykorzystaniem cienkiej warstwy asfaltowej



- cienka warstwa ścieralna z mieszanki mineralno – asfaltowej
- podbudowa z betonu popiołowego **Rm 5,0 - 8,0 MPa**
lub grunt (kruszywo) ulepszone popiołem **Rm 2,5 - 5,0 MPa**
(lub ewentualnie z dodatkiem cementu lub wapna)
- podłoże gruntowe G1

Nawierzchnia z wykorzystaniem podwójnego powierzchniowego utrwalenia grysami



- cienka warstwa ścieralna z wykorzystaniem podwójnego powierzchniowego utrwalenia grysami
- podbudowa z betonu popiołowego **Rm 5,0 - 8,0 MPa**
lub grunt (kruszywo) ulepszone popiołem **Rm 2,5 - 5,0 MPa**
(lub ewentualnie z dodatkiem cementu lub wapna)
- podłoże gruntowe G1

4.2 NAWIERZCHNIA ASFALTOWA

Tabela 2 Konstrukcje z podbudową z betonu popiołowego BP 8.

Podbudowa z betonu popiołowego na podłożu gruntowym G1						
Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6
Warstwa ścieralna	4	4	5	5	5	5
Warstwa wiążąca	4	7	8	8	9	6
Podbudowa zasadnicza	20	24	25	28	29	11
Podbudowa pomocnicza						29
razem	<u>28</u>	<u>35</u>	<u>38</u>	<u>41</u>	<u>43</u>	<u>51</u>

Tabela 3 Konstrukcje z podbudową z betonu popiołowego BP 5.

Podbudowa z betonu popiołowego na podłożu gruntowym G1						
Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6
Warstwa ścieralna	4	4	5	5	5	5
Warstwa wiążąca	4	8	9	9	10	6
Podbudowa zasadnicza	21	24	25	28	29	12
Podbudowa pomocnicza						29
razem	<u>29</u>	<u>36</u>	<u>39</u>	<u>42</u>	<u>44</u>	<u>52</u>

Tabela 4 Konstrukcje z gruntu (kruszywa) ulepszonym popiołem i cementem.

Podbudowa z betonu popiołowego na podłożu gruntowym G1						
Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6
Warstwa ścieralna	4	4	5	5	5	5
Warstwa wiążąca	4	8	10	10	10	6
Podbudowa zasadnicza	22	25	25	28	30	12
Podbudowa pomocnicza						30
razem	<u>30</u>	<u>37</u>	<u>40</u>	<u>43</u>	<u>45</u>	<u>53</u>

4.3 NAWIERZCHNIE DLA DRÓG OSIEDLOWYCH

Tabela 5

Podbudowa z betonu popiołowego na podłożu gruntowym G1						
Kat. ruchu	Ciągi pieszo-jezdne	KR1			KR2	Postój * pojazdów >2,5 t
Warstwa ścieralna	Kostka bet. na podsypce piaskowej	Kostka bet. na podsypce piaskowej	Mieszanka mineralno-asfaltowa	Podwójne powierzchniowe utwardzenie	Kostka bet. na podsypce piaskowej	Kostka bet. na podsypce piaskowej
	8+3	8+3	3	1	10+3	10+3
Podbudowa zasadnicza	10	18	25	30	30	30
razem	<u>21</u>	<u>29</u>	<u>28</u>	<u>31</u>	<u>39</u>	<u>39</u>

Legenda:

	- beton popiołowy BP 5
	- warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej

* - dla nośności podłoża 120 MPa (E₂)