



WACŁAW MICHALSKI

Generalna Dyrekcja Dróg  
Krajowych i Autostrad  
wmichalski@gddkia.gov.pl

## Metody nadawania tekstury nawierzchniom betonowym

Ze względu na wagę zagadnienia oraz fakt, że w naszym kraju planowana jest w najbliższym czasie budowa kilkuset kilometrów dróg betonowych autor na podstawie m.in. opracowania [2] przybliżył PT

Czytelnikom zagadnienia, które są istotne przy realizacji nawierzchni dróg z zastosowaniem betonu cementowego.

W przypadku nawierzchni betonowych tekstura decyduje o podstawowych właściwościach, tj. szorstkości i poziomie emitowanego hałasu. Nadawanie odpowiedniej tekstury nawierzchni betonowej to zagadnienie znane już od dawna, tak długie jak samo wykonywanie tych nawierzchni. Tzw. teksturowanie może być realizowane kilkoma metodami, z których część obejmuje poprawę tekstury użytkowanych nawierzchni. W artykule przedstawiono w sposób szczegółowy metody nadawania nawierzchni betonowej tekstury. Zamieszczono również informacje dotyczące trwałości tekstury oraz szorstkości nawierzchni – przy danej metodzie wykonania tekstury.

### Charakterystyka tekstury

Tekstura stanowi część geometrycznego ukształtowania górnej powierzchni nawierzchni drogi. Jako istotna cecha nawierzchni, w połączeniu z oponami kół poruszających się pojazdów wpływa na wtórne właściwości nawierzchni takie jak: szorstkość, hałas powstający na styku opona-nawierzchnia, opory toczenia pojazdów, tworzenie się mgły wodnej w trakcie opadów deszczu, jak również odprowadzenie wody z nawierzchni.

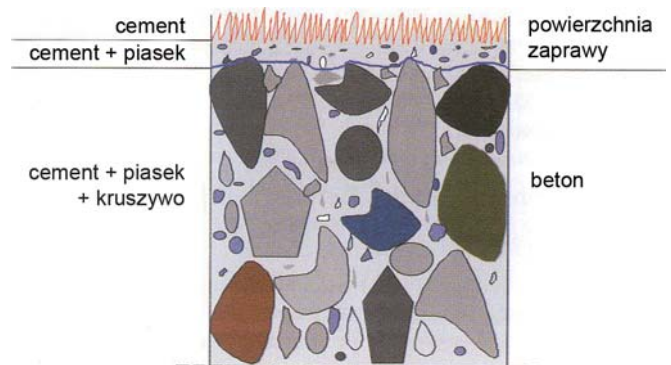
W szczególności znaczenie ma fakt, że z uwagi na konieczność zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa poruszania się pojazdów, nawierzchnie drogowe muszą wykazywać odpowiednią szorstkość w warunkach mokrej nawierzchni. Obecnie kładzie się coraz większy nacisk na zagadnienie hałasu, tzn. ograniczania emisji hałasu tworzącego się na styku opony pojazdu i nawierzchni.

Tekstura nawierzchni drogowych może być charakteryzowana również przy wykorzystaniu metod analitycznych. Tekstura obejmuje fale o zróżnicowanej długości i przynależnych do nich amplitudach. Otrzymane spektrum w zakresie długości fali-amplituda umożliwia definiowanie poszczególnych obszarów tekstury w zależności od długości fali.

Łączny zakres tekstury jest definiowany do górnej długości fali granicznej wynoszącej 500 mm. Fale o większej długości zalicza się już do zakresu określanego jako nierówności nawierzchni. Wewnątrz spektrum dotyczącego tekstury występują zmienne zakresy: mikro, makro i megatekstury, które obejmują fale o długości do 0,5 mm, do 50 mm i do 500 mm.

W zakresie tekstury można wydzielić: mikroteksturę (długość fal do 0,5 mm), makroteksturę (długość fal od 0,5 do 50 mm) i magateksturę (długość fal 50 do 500 mm).

Na rysunku nr 1 przedstawiono przekrój górnej części nawierzchni, tzw. strefę przypowierzchniową. W górnej powierzchni powstaje zaprawa cementowo-piaskowa, która w pierwszym etapie eksploatacji nawierzchni decyduje o jej szorstkości [1].



Rys. 1. Przekrój nawierzchni betonowej w strefie przypowierzchniowej [1]

Wielkość oporów tarcia, inaczej określanymi jako: wielkość sił szczeponości, względnie właściwościami przeciwoślizgowymi, jakie występują pomiędzy oponą poruszającego się pojazdu a mokrą nawierzchnią, w głównym stopniu zależą od tekstury powierzchniowej, grubości błonki wodnej występującej na nawierzchni, właściwości i stanu opon pojazdu, a także od prędkości toczenia się opon pojazdów.

Ogólne określenie „szorstkość” zawiera w sobie oddziaływanie tekstury i właściwości materiałowych powierzchni na opór tarcia w odniesieniu do opon samochodowych w danych warunkach poruszania się.

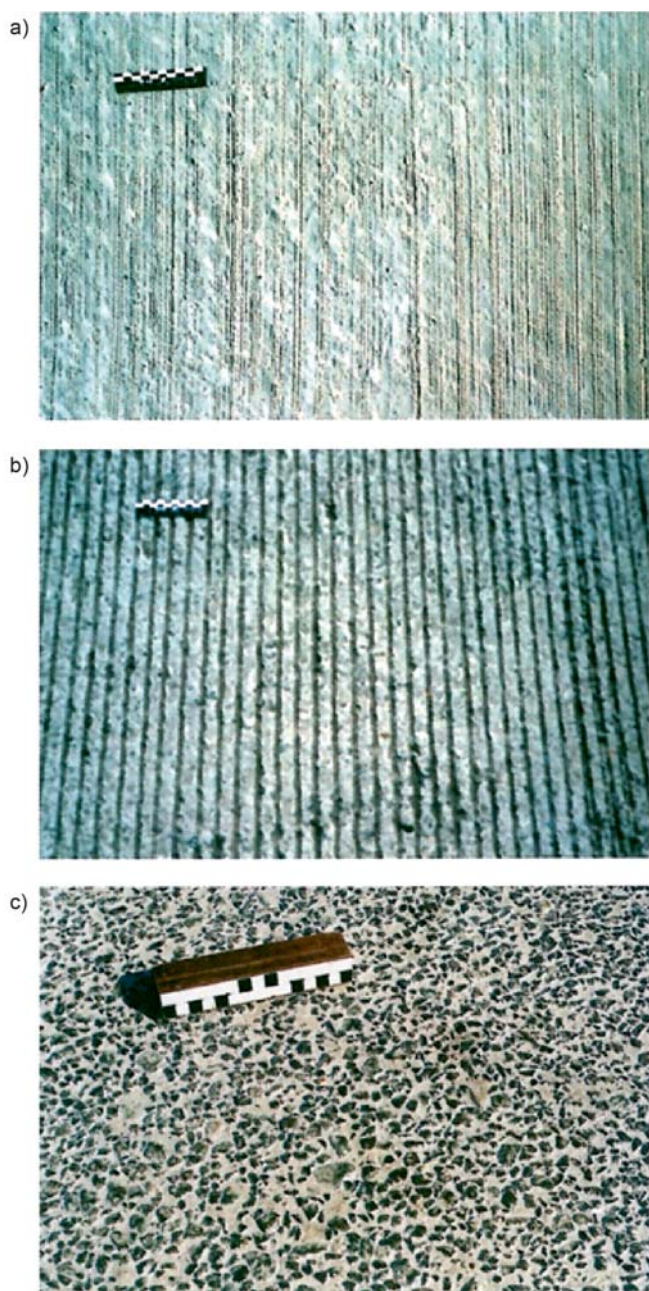
### Wpływ tekstury na właściwości użytkowe

Szorstkość nawierzchni betonowej jest w głównym stopniu określana przez teksturę jej powierzchni. Zarówno makrotekstura, jak i mikrotekstura muszą zostać odpowiednio wykształcone – zgodnie z celem zastosowania jakim jest bezpieczny ruch pojazdów. Makrotekstura odgrywa istotną rolę przy wyższych prędkościach poruszania się pojazdu, przy czym odpowiedni kształt profilu bieżnika pomaga w odprowadzeniu wody z powierzchni kontaktowej opona-nawierzchnia a tym samym przeciwdziała wystąpieniu zjawiska poślizgu wodnego tzw. akwaplaningu.

Mikrotekstura umożliwia oponie jadącego pojazdu „prze-  
rwanie” cienkiego filmu wodnego, który pozostaje po wypar-  
ciu większej ilości wody powierzchniowej. Rolą mikrotekstury  
jest zatem zapewnienie odpowiedniej siły tarcia (szczępności)  
pomiędzy oponą pojazdu i powierzchnią nawierzchni jezdni.  
Przy braku odpowiedniej mikrotekstury, nawet w przypadku  
występowania odpowiedniej makrotekstury, uzyskuje się niski  
poziom szorstkości nawierzchni.

## Wbudowanie betonu

Ze względów technicznych i ekonomicznych zalecane jest  
wykonywanie nawierzchni betonowej jako nawierzchni dwu-  
warstwowej.



Fot. 1. Przykłady wykończenia nawierzchni: a) zacieranie tkaniną ju-  
tową, b) rowkowanie, c) technologia płukanego betonu (odkryte kru-  
szywo) [1]

Utrzymująca się jednorodna konsystencja mieszanki be-  
tonowej w trakcie wbudowywania, jak również odpowiednio  
ustalona energia zagęszczania w odniesieniu do grubości  
warstwy, umożliwiają z jednej strony niezagłębiającą się za-  
prawę powierzchniową, a w przypadku betonu z kruszywem  
odkrytym równomierne rozmieszczenie ziaren kruszywa gru-  
bego. Przy wbudowywaniu mieszanki betonowej do warstwy  
górnej o niewielkiej grubości tej warstwy, należy zwracać  
szczególną uwagę na jednakową i odpowiednio dobraną  
konsystencję betonu w dolnej warstwie.

Na podstawie doświadczeń ustalono, że konsystencja  
betonu w trakcie wbudowywania musi zostać tak dobrana,  
aby przed poprzeczną łatą gładzącą na jej pełnej szerokości  
cały czas tworzył się wałek z zaprawy. W takim przypadku  
na powierzchni betonu wytwarza się warstewka zaprawy  
o zbliżonej grubości wynoszącej 0,5–1,0 mm. Należy jed-  
nak podać, że w zależności od rodzaju wykonanej tekstury,  
np. przy teksturuwaniu poprzecznym z użyciem szczotkowa-  
nia, może okazać się potrzebna większa grubość warstewki  
zaprawy.

W celu zapewnienia odpowiedniej trwałości cech po-  
wierzchniowych nawierzchni betonowej, bardzo ważny ele-  
ment wykonania robót nawierzchniowych stanowi zabieg  
pielęgnacji, prowadzony w odpowiednio długim okresie cza-  
su, jak również zabezpieczenie powierzchni dostosowane do  
aktualnych warunków wbudowywania mieszanki betonowej.  
Przykłady wyglądu wykończonych nawierzchni betonowych  
zaprezentowano na fotografii 1.

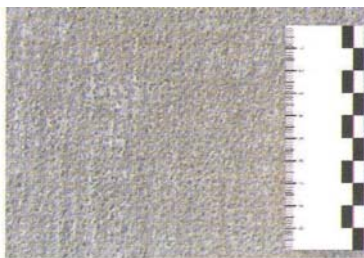
Informacje dotyczące pielęgnacji nawierzchni z odkrytym  
kruszywem oraz innych metod teksturuwania nawierzchni po-  
dane zostały w dalszej części artykułu.

Powierzchnie z betonu, które uzyskały teksturę w wyniku  
obróbki świeżo ułożonego betonu, po wykonaniu teksturo-  
wania zostają pokryte (spryskane) środkiem do pielęgnacji  
powierzchniowej. W przypadku, gdy teksturowana świeża  
powierzchnia betonu, w okresie przed naniesieniem środka  
zabezpieczającego wykazuje zbyt małą sztywność, nadaną  
teksturę można zmienić poprzez specjalny rodzaj natrysku,  
tzn. mgiełką wodną ze środkiem do pielęgnacji powier-  
chniowej (fot. 2–3). Optymalny moment naniesienia środka do  
pielęgnacji powierzchniowej następuje po uzyskaniu przez  
powierzchnię stanu matowo-wilgotnego, który można określić  
przy użyciu papierka lakmusowego [7].



Fot. 2. Teksturuwanie  
podłużne z użyciem  
maty jutowej





Fot. 3. Teksturowanie nawierzchni tkaniną jutową po naniesieniu środka do pielęgnacji powierzchniowej (str. prawa – widok w powiększeniu)

## Teksturowanie świeżej powierzchni betonowej

Powierzchnie nawierzchni komunikacyjnych z betonu cementowego mogą mieć tekstury nadawane przy betonie niezwiązanym, jak również przy betonie stwardniałym. Nadawanie tekstury w warunkach betonu niezwiązanego jest z reguły metodą bardziej ekonomiczną.

Przy betonie niezwiązanym, zaprawę powierzchniową można teksturować przy użyciu specjalnych urządzeń, w technologii betonu z odkrytym kruszywem – w specjalny sposób należy usunąć zaprawę.

Do dyspozycji są obecnie następujące możliwości nadawania tekstury w przypadku świeżej powierzchni betonu:

- Usuwanie powierzchniowej zaprawy
  - beton z kruszywem odkrytym.
- Teksturowanie dokonywane w kierunku podłużnym poprzez przeciąganie po nawierzchni:
  - sztucznej trawy,
  - tkaniny jutowej,
  - szczotek (tylko na odcinkach próbnych),
  - dodatkowych grzebieni (tylko na odcinkach próbnych).
- Teksturowanie poprzeczne powierzchniowej zaprawy
  - szczotkami.

Nadawanie odpowiedniej tekstury zaprawie występującej na powierzchni przy użyciu różnych sposobów będących aktualnie do dyspozycji wykonawców umożliwia uzyskanie: jednakowej grubości, składu oraz konsystencji zaprawy. Charakterystyka teksturowania nawierzchni betonowej może być ogólnie wyrażona w następujący sposób: im bardziej twarde (sztywne) i bardziej ciężkie elementy zostaną użyte do nadania tekstury, tym bardziej szorstkie oraz ostre uzyskane zostają powierzchnie w efekcie danego zabiegu.

W celu uzyskania maksymalnie jednolitej tekstury nawierzchni, teksturowanie w kierunku podłużnym należy wykonywać w sposób możliwie najbardziej ciągły. W przeciwieństwie do tego sposobu, teksturowanie poprzeczne jest wykonywane cyklicznie, np. przy użyciu szczotek.

## Usuwanie zaprawy powierzchniowej (waschbeton)

Powierzchnie nawierzchni komunikacyjnych wykonanych z betonu cementowego, na których w trakcie ich wykonania w sposób celowy została usunięta zaprawa powierzchniowa, określa się jako nawierzchnie betonowe z odkrytym kruszywem, względnie jako technologię płukanego betonu (fot. 4.).

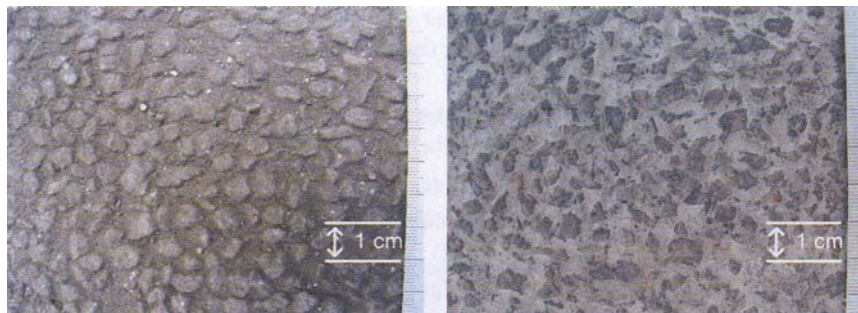
Tekstura nawierzchni betonowych z kruszywem odkrytym, w przeciwieństwie do innego typu tekstur omawianych w artykule, nie stanowi tekstury ukierunkowanej.

Regularne rozmieszczenie grubych ziaren kruszywa w przypadku odsłoniętego kruszywa, jak również odpowiednia makrotekstura nawierzchni zapewniają trwałą i odpowiednią poziom szorstkości oraz przyczyniają się także do obniżenia hałasu, powstającego na skutek procesów aerodynamicznych w powierzchni kontaktowej pomiędzy oponą pojazdu i powierzchnią. Nawierzchnie betonowe wykonane w technologii odkrytego kruszywa – w szczególności zalecane są jako nawierzchnie autostrad i dróg ekspresowych (tab. 1).

Wykonanie nawierzchni z kruszywem odkrytym polega na specjalnym zabiegu technologicznym. W pierwszej kolejności świeżo wbudowaną, zagęszczoną oraz wyrównaną powierzchnię betonu w sposób równomierny zrasza się niewielką ilością środka opóźniającego wiązanie. W wyniku oddziaływania opóźniacza na pewien określony czas wstrzymane zostaje wiązanie cementu i początkowe twardnienie zaprawy na powierzchni betonu.

Po czasie, w którym beton odpowiednio stwardnieje i można już poruszać się po jego powierzchni, należy rozpocząć odkrywanie szkieletu grubego kruszywa na całej szerokości nawierzchni poprzez tzw. zabieg szczotkowania. Wykonywane to powinno być w taki sposób, aby górna powierzchnia posiadała widoczne ziarna grubego kruszywa rozmieszczone w jednakowych odstępach. Szczotkowanie nawierzchni powinno w zasadzie odbywać się na sucho (fot. 5).

W trakcie usuwania zaprawy należy unikać wykonywania przez sprzęt manewrów typu skręcanie, jak również ruchów oponami po świeżo szczotkowanym betonie, tak aby nie doszło do zjawiska wyluskiwania ziaren kruszywa.



Fot. 4. Nawierzchnia z odkrytym kruszywem o uziarnieniu 8 mm (str. lewa uziarnienie nieciągłe, str. prawa: o uziarnieniu ciągłym)



Fot. 5. Usuwanie zaprawy powierzchniowej

Powierzchnię betonu należy chronić przed wysychaniem zarówno w okresie przed wykonaniem szczotkowania (pierwszy zabieg pielęgnacyjny), jak również po szczotkowaniu nawierzchni (drugi zabieg pielęgnacyjny).

Przy przeprowadzaniu pierwszego zabiegu do dyspozycji są następujące sposoby postępowania:

- a) środek do pielęgnacji nawierzchni betonowej jest dodawany do opóźniacza na wytwórni (tzw. środek kombinowany),
- b) oddzielnie jest наносzony środek do pielęgnacji w powiązaniu do nanoszonego opóźniacza.

W zakresie kolejności zabiegu szczotkowania oraz nacinania szczelin w nawierzchni betonowej prace należy wykonywać w zależności od warunków miejscowych.

Przy zastosowaniu sposobu a i b, zgodnie z dotychczasowymi doświadczeniami w zakresie używanych kombinowanych środków do pielęgnacji, względnie powierzchniowego opóźniacza, najpierw wykonuje się szczotkowanie, a w dalszej kolejności nacinanie szczelin.



Fot. 6. Drugi zabieg pielęgnacyjny obejmujący użycie płynnego środka do pielęgnacji betonu

Drugi zabieg pielęgnacji powinien następować bezpośrednio po zabiegu szczotkowania, zgodnie z wytycznymi wykonania nawierzchni betonowych ZTV Beton–StB [4]. Z reguły

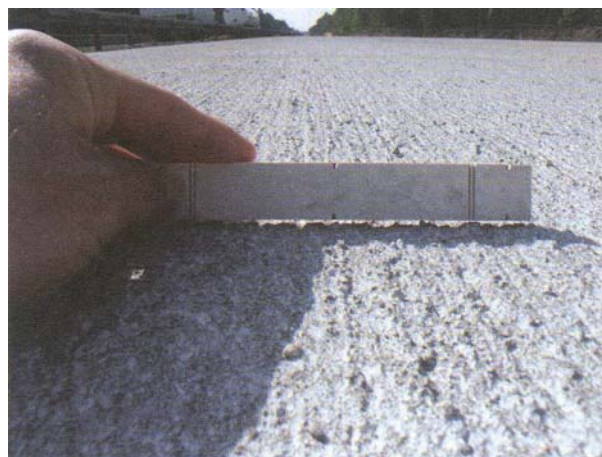
nanoszony zostaje płynny środek do pielęgnacji, zgodnie z technicznymi warunkami dostaw płynnych środków do pielęgnacji betonu TL NBM–StB (fot. 6) [9].

W ramach zabiegu pielęgnacyjnego zalecane jest rozłożenie folii na całej wykonywanej powierzchni. Szczeliny dylatacyjne w warstwie betonu nacinają się wówczas poprzez folię. Po około 2 dniach, w zależności od warunków klimatycznych oraz recepty, według której wykonano beton, usuwa się folię z powierzchni, natomiast niezwiązaną zaprawę wymywa się lub szczotkuje, pozostawiając odsłoniętą frakcję grubego kruszywa na powierzchni.

### Wykonanie teksturowania podłużnego z użyciem sztucznej trawy

W przypadku nawierzchni obciążonych bardzo dużym ruchem pojazdów, takich jak autostrady i drogi ekspresowe, omawiany sposób nadawania tekstury nadaje się tylko w ograniczonym zakresie. Początkowy uzyskiwany bardzo wysoki poziom szorstkości nie utrzymuje się w dłuższym czasie. Podobnie poziom hałasu – korzystny po wykonaniu, wzrasta z upływem okresu eksploatacji (tab. 1).

Po wygładzeniu powierzchni betonu, natomiast jeszcze przed naniesieniem środka do pielęgnacji, wykonana powierzchnia poddana zostaje działaniu sztucznego trawnika w kierunku podłużnym. Wskutek tego drobne kruszywo może zostać częściowo wyciągnięte na powierzchnię betonu, co jednak nie wpływa negatywnie na właściwości powierzchniowe (fot. 7).

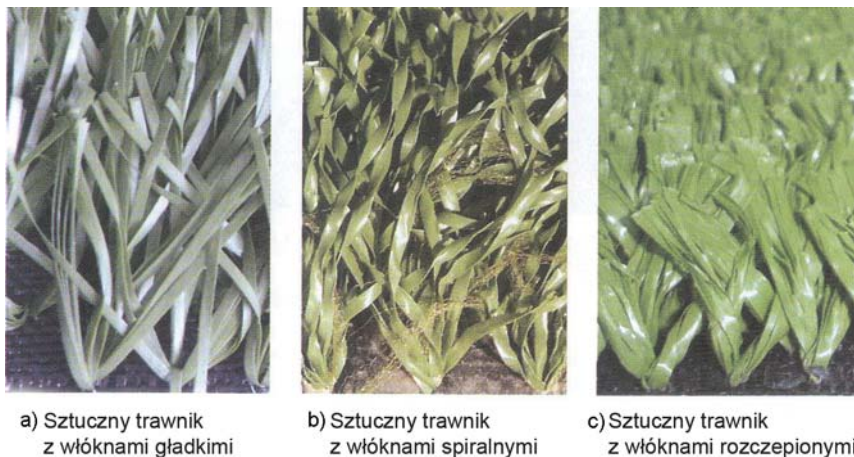


Fot. 7. Nawierzchnia teksturowana przy zastosowaniu sztucznej trawy (trawnika) – zabieg wykonany w kierunku podłużnym

Użyty do teksturowania sztuczny trawnik jest z reguły wykonany z polipropylenu i powinien mieć gramaturę około 2 000 g/m<sup>2</sup>, przy wysokości włókien 25–30 mm. Wymiary trawnika muszą zostać tak dobrane, aby cała powierzchnia przewidziana do teksturowania była pokryta, a długość zakładki przy przeciąganiu wynosiła co najmniej 2 m. Dzięki przyjętej długości 2 m minimalizowane są fale występujące w zakresie makrotekstury, co korzystnie oddziałuje na poziom powstającego hałasu na styku opona–nawierzchnia.

Producenci polecają różne rodzaje sztucznych trawników, które zasadniczo różnią się rodzajem włókna ciągłego





Fot. 8. Różne rodzaje sztucznych trawników

(Filamente). Oprócz sztucznych trawników z gładkimi włóknami (fot. 8a) występują także typy o formie spiralnej (fot. 8b), względnie z włóknami rozczepionymi (fot. 8c). Rodzaj sztucznego trawnika powinien zostać dobrany w zależności od właściwości betonu oraz warunków, w jakich beton jest wbudowywany. Zgodnie z uzyskanymi doświadczeniami, włókna spiralne i rozczepione umożliwiają wykonanie bardziej szorstkich powierzchni w porównaniu do włókien gładkich. Wytrzymałość spiralnych i rozczepionych włókien ciągłych jest większa aniżeli gładkich. W przypadku stosowania włókien gładkich, przy dłuższym użytku dochodzi do sklejaniasię włókien, co powoduje tzw. zjawisko „rozmywania się” tekstury.

Ze względu na duży ciężar sztucznego trawnika dokonywanie wymian czy czyszczenie w trakcie wbudowywania nie jest możliwe, względnie może być to wykonywane przy dużym nakładzie robocizny. Z tego powodu jest zalecane, aby teksturowane odcinki nawierzchni nie były zbyt długie, ponadto należy dokonać stosownych ustaleń przed rozpoczęciem układania nawierzchni. Trawnik z przylepionymi resztkami zaprawy występującymi od strony teksturowanej należy oczyścić, względnie wymienić. Po oczyszczeniu sztuczny trawnik powinien zostać uwolniony od nadmiaru wody przed kolejnym naciągnięciem na świeżą powierzchnię betonową, ponieważ w ten sposób unika się pogorszenia jakości zaprawy.

### Poprzeczne przecieranie z użyciem szczotek

Tekstura uzyskana poprzez przecieranie szczotkami w kierunku poprzecznym do osi jezdni zalecana jest w przypadku powierzchni dla których ustalono wysokie wymagania odnośnie szorstkości, jak np. powierzchnie manewrowe na lotniskach, powierzchnie w obiektach przemysłowych. Dzięki teksturze poprzecznej uzyskuje się bardzo wysoką szorstkość początkową, także o dużej trwałości tej cechy. Zróżnicowane wysokości krawędzi oraz głębokości rowków tekstury prowadzą jednak do wyraźnego zwiększenia poziomu hałasu na styku opona pojazdu–nawierzchnia. Z tego powodu tego rodzaju

tekstura nadaje się tylko dla nawierzchni tych odcinków autostrad i dróg ekspresowych, w odniesieniu do których nie zostały ustalone wymagania odnośnie zmniejszenia poziomu hałasu.

Po odpowiednim wygładzeniu powierzchni, ale jeszcze przed naniesieniem środka do pielęgnacji, nawierzchnia betonowa jest przecierana przy użyciu twardych szczotek – poprzecznie do kierunku układania. Do tego celu stosowane są szczotki stalowe o szerokości co najmniej 45 cm, składające się z dwóch naprzemiennie względem siebie usytuowanych wiązek ze stali sprężynującej.

Mechaniczne wykonywanie tekstury nawierzchni przy użyciu szczotek stalowych może prowadzić do uzyskania niejednorodnej tekstury nawierzchni, skutkiem czego może

być zwiększenie poziomu hałasu powstającego na styku opona pojazdu–nawierzchnia. Z tego powodu zabieg uszorstniania powinien być wykonywany sposobem ręcznym, przy lekkim nacisku wywieranym w kierunku do dołu oraz przy kącie ustawienia szczotki wynoszącym około 45° w stosunku do powierzchni świeżego betonu (fot. 9). Należy przy tym zwracać uwagę, aby unikać powstawania przed szczotką wypływów zaprawy, które mogą prowadzić do niejednorodności tekstury. Omawiany zabieg powinien obejmować również czyszczenie i mycie szczotki w regularnych odstępach, w celu uniknięcia gromadzenia się na piórach szczotki grudek zaprawy.

### Wykańczanie tkaniną jutową w kierunku podłużnym

Tekstura nawierzchni uzyskiwana w wyniku przeciągania tkaniną jutową nadaje się do powierzchni bez wymagań odnośnie trwale wysokiej szorstkości, jak również bez wymagań w zakresie emitowanego hałasu. Do powierzchni komunikacyjnych takich jak obciążone autostrady i drogi ekspresowe ten sposób nadawania tekstury nie jest zalecany.

Po wygładzeniu betonu, natomiast jeszcze przed naniesieniem środka do pielęgnacji, powierzchnia betonu jest poddawana przeciągnięciu tkaniny jutowej w kierunku podłużnym (fot. 10).

Użyta do wykonania robót tkanina jutowa powinna mieć gramaturę wynoszącą co najmniej 300 g/m<sup>2</sup>. Wymiary tkaniny jutowej powinny zostać tak przyjęte, aby całkowita szerokość do wykończenia została pokryta a długość zakładu w przypad-



Fot. 9. Teksturowanie poprzeczne (str. lewa: teksturowanie sposobem ręcznym z użyciem szczotki stalowej; str. prawa: uzyskana jednolita tekstura poprzeczna)



Fot. 10. Teksturowanie nawierzchni betonowej poprzez przeciąganie tkaniny z juty w kierunku podłużnym oraz wykonanie strzępienia (frędzli) na końcu tkaniny



Fot. 11. Tekstura uzyskana po przeciągnięciu tkaniny jutowej (po prawej stronie – szczegół wykonania)

ku ciągnięcia tkaniny wynosiła co najmniej 2 m. Ponadto fartuch z tkaniny jutowej powinien być zamocowany do układarki ślizgowej bezpośrednio na wskazanej stronie mechanicznej zacieraczki powierzchni *układanej warstwy*, aby przy ewentualnym zatrzymaniu układarki zacieraczka mogła podjechać jak najbliżej układarki, a tym samym nieteksturowany obszar był możliwie jak najkrótszy. Bezpośrednio na układarce ślizgowej może być ewentualnie zamocowany dodatkowy fartuch z tkaniny jutowej i nim może być teksturowany ten obszar. Należy unikać tworzenia się fałd w tkaninie jutowej.

Znajdujący się na betonie końcowy fragment tkaniny jutowej powinien zostać przycięty równolegle i równo do poziomej nitki. Przed krawędzią kantu ostatnie nitki należy uciąć w ten sposób, żeby powstały jednakowej długości frędzle (fot. 10). Optymalna długość frędzli może zmieniać się w zależności od właściwości betonu oraz jego podatności na teksturowanie. Długość ta powinna jednak wynosić co najmniej 3 cm. Zgodnie z uzyskanymi doświadczeniami dłuższe frędzle umożliwiają wykonanie korzystniejszej makrotekstury. Przed pierwszym użyciem tkaniny jutowej należy ją lekko zwilżyć.

W przypadku pracy jednozmianowej tkanina jutowa powinna być wymieniana co najmniej jednokrotnie w ciągu zmiany roboczej, względnie oczyszczona. Przy robotach realizowanych w ciągu dwóch zmian powinno to następować, gdy uzyskiwana tekstura ulega pogorszeniu. W okresie pomiędzy zmianami roboczymi powinno to zostać wykonane najpóźniej wtedy, gdy pogarsza się efekt teksturowania. Z podanych powodów konieczna jest stale prowadzona kontrola wizualna

uzyskiwanej tekstury. W trakcie wbudowywania mieszanki betonowej należy tkaninę zmieniać, w następujących przypadkach, kiedy:

- powstają skupienia zaprawy w dolnej części tkaniny, poprzez co zwiększona masa tkaniny powoduje większe zagłębienia na powierzchni,
- wysychająca zaprawa powoduje sklejenie dolnej części tkaniny jutowej.

Po dokonaniu oczyszczenia a przed dalszym użyciem, tkanina jutowa powinna zostać rozłożona na świeżo wykonanej powierzchni betonowej i pozbawiona nadmiaru wody, dzięki czemu unika się możliwości pogorszenia jakości zaprawy.

Przeciąganie tkaniny jutowej umożliwia uzyskanie innego rodzaju powierzchni w porównaniu do użycia sztucznej trawy, względnie szczotkowania. Tekstura w tym przypadku jest wyraźnie drobniejsza i tym samym ma mniejszą makroszorstkość (fot. 11).

Średnia głębokość tekstury powierzchniowej, a tym samym makroszorstkość, w pewnych wypadkach może zostać poprawiona poprzez obciążenie (dociążenie) tkaniny jutowej, np. poprzez ułożenie listwy drewnianej. Ciężar użytego elementu dociążającego nie powinien być jednak zbyt duży, ponieważ może dojść do wypływów zaprawy pod tkaniną a także do pogorszenia, względnie wygładzenia tekstury.

### Inne sposoby wykonania tekstury

Nowe możliwości wykonania tekstury, które dotychczas były stosowane na odcinkach próbnym obejmują:

- uszorstnienie z użyciem szczotek w kierunku podłużnym,
- uszorstnienie z użyciem szczotek w kierunku podłużnym z dodatkowym grzebieniem,
- tekstura podłużna wykonana z użyciem tkaniny jutowej z dodatkowym grzebieniem.

W przypadku wymienionych trzech rodzajów teksturowania dotychczas nie uzyskano jeszcze wystarczających doświadczeń.

Nadawanie tekstury w kierunku podłużnym przy użyciu szczotek prowadzi do uzyskania wysokiej szorstkości początkowej, która jednak nie jest odpowiednio trwała. Poziom hałas na styku opona–nawierzchnia jest wyższy w porównaniu do stwierdzanego na powierzchni teksturowanej z użyciem sztucznej trawy; jest natomiast niższy aniżeli przy teksturze wykonanej z użyciem szczotek w kierunku poprzecznym (teksturowanie poprzeczne).

Zastosowanie dodatkowego grzebienia prowadzi do poprawy makrotekstury, jednak zagłębienie się go w zaprawie powierzchniowej, z uwagi na okresy przestoju podczas przemieszczania się platformy roboczej, powoduje nieregularności w uzyskanej makroteksturze nawierzchni. Skutkiem nieregularności jest wywoływanie drgań mechanicznych opon pojazdów, co oddziałuje niekorzystnie na poziom hałasu powstającego na styku opona–nawierzchnia.



## Teksturowanie betonu stwardniałego

Teksturowanie nawierzchni betonowych jest z reguły wykonywane w stanie świeżym, tzn. jeszcze przed związaniem betonu. Nawierzchnie betonowe mogą być teksturowane również po stwardnieniu. Według aktualnego stanu wiedzy niżej podane metody umożliwiają uzyskanie korzystnych właściwości użytkowych w zakresie szorstkości i emisji hałasu drogowego:

- szlifowanie nawierzchni (ang. *grinding*),
- powierzchniowe utwalenie z użyciem żywicy reaktywnej.

Wymienione metody służą również do poprawy szorstkości, a w przypadku ukierunkowania podłużnego, także do poprawy właściwości w zakresie emisji hałasu z nawierzchni betonowych. W celu poprawy właściwości użytkowych wykorzystuje się zapisy zawarte w wytycznych wykonania utrzymania nawierzchni betonowych.

W przypadku wprowadzenia wymagań odnośnie właściwości drenażowych nawierzchni, jak ma to miejsce na obszarach krzywych przejściowych i powierzchni manewrowych na lotniskach, zalecana jest:

- metoda typu *grooving* (nacinanie rowków w nawierzchni).

### Szlifowanie nawierzchni

W przypadku metody określanej terminem *grinding*, tzn. specjalnego teksturowania nawierzchni, chodzi o wykonywanie niedużych nacięć nawierzchni betonowej. Zabieg ten można wykonywać w kierunku poprzecznym, względnie w kierunku podłużnym.

Zastosowanie teksturowania w formie podłużnych nacięć (fot. 12) zalecane jest w szczególności w przypadku tych powierzchni, w odniesieniu do których ustalone zostały wysokie

wymagania dotyczące szorstkości. Uzyskany rodzaj tekstury przyczynia się również do redukcji emisji hałasu powstającego na styku opona–nawierzchnia. Szlifowanie metodą *grinding*, wykonane poprzecznie do kierunku jazdy pojazdów, nadaje się również do powierzchni komunikacyjnych z postawionymi wysokimi wymaganiami odnośnie szorstkości. W tym przypadku prowadzi to jednak do wyraźnego zwiększenia poziomu emisji hałasu pochodzącego ze styku opona–nawierzchnia i z tego powodu dotychczasowe stosowanie ograniczone było do powierzchni manewrowych na terenie lotnisk.

Nawierzchnia betonowa w trakcie wykonania tekstury z wykorzystaniem zabiegu szlifowania powinna wykazywać wymaganą wytrzymałość, zgodnie z zapisami podanymi w wytycznych wykonania nawierzchni, tzn. tak jak przy oddawaniu nawierzchni do ruchu. Zabieg szlifowania nawierzchni betonowej umożliwia bardzo dokładne usunięcie betonu, bez powodowania zakłóceń w strukturze betonu od strony powierzchni szlifowanej. Zalecane jest, aby wprowadzenie materiału do wypełniania szczelin dylatacyjnych w nawierzchni dokonywać dopiero po wykonaniu zabiegu *grindingu*. Pielęgnacja powierzchniowa po dokonaniu szlifowania nie jest już konieczna.

Obróbka powierzchni nawierzchni betonowej w tej metodzie teksturowania następuje przy użyciu szlifujących tarcz diamentowych, które zostały zamontowane obok siebie na wirującym wałku (fot. 13b) i prowadzone są pionowo – powyżej teksturowanych powierzchni. Maksymalny odstęp pomiędzy tarczami diamentowymi wynosi około 3 mm. Odstęp oraz szerokość tarcz diamentowych decydują o późniejszej teksturze powierzchni. Chłodzenie tarcz diamentowych następuje przy użyciu wody. Powstający szlam ze szlifowania betonu zostaje odessany bezpośrednio po zakończeniu prac.

Długotrwała poprawa właściwości powierzchniowych nawierzchni betonowych tą metodą jest w głównej mierze zależna od jakości i grubości zaprawy przypowierzchniowej oraz od odporności na polerowanie użytego do betonu kruszywa.

### Powierzchniowe utwalenie z użyciem żywicy

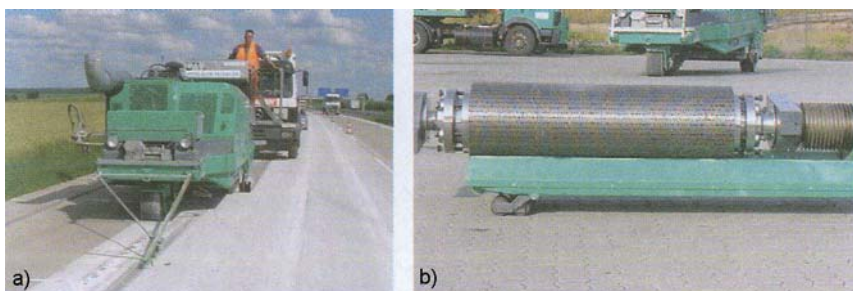
Powierzchniowe utwalenie z użyciem żywicy reaktywnej określa metodę naniesienia dodatkowej cienkiej warstwy, dzięki której uzyskuje się teksturę bezkierunkową.

Tego rodzaju rozwiązanie zaleca się stosować przy wysokich wymaganiach odnośnie szorstkości nawierzchni i ewentualnie również w zakresie redukcji poziomu emitowanego hałasu. Hałas powstający na styku opona–nawierzchnia zależy od magatekstury, jak też od wielkości maksymalnego ziarna kruszywa użytego do wykonania utwalenia. Im drobniejszy został użyty maksymalny wymiar ziarna, tym korzystniejszy uzyskuje się poziom hałasu na styku opona–nawierzchnia.

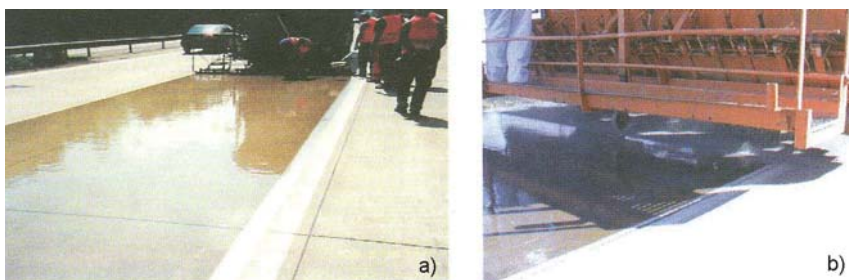
W celu zapewnienia dobrego powiązania i trwałości powierzchniowego utwalenia z użyciem żywicy, powierzchnia betonu po-



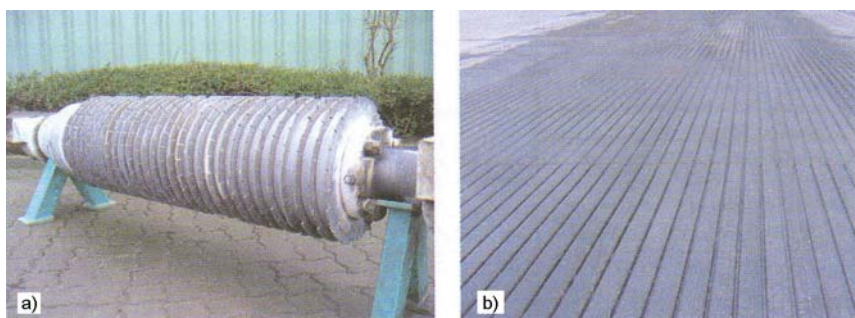
Fot. 12. Tekstura po wykonaniu szlifowania (*grinding*) – str. lewa widok ogólny, str. prawa: zbliżenie widoku nawierzchni



Fot. 13. Urządzenie do wykonania szlifowania nawierzchni: a) widok urządzenia; b) wał do szlifowania



Fot. 14. Powierzchniowe utwalenie: a) rozłożenie żywicy; b) posypanie żywicy kruszywem



Fot. 15. Rowkowanie (grooving): a) wał do nacinania rowków; b) powierzchnia z wyciętymi rowkami

winna być sucha i czysta. Powinny zostać usunięte wszelkie substancje oddziałujące szkodliwie takie jak np. oleje, tłuszcze, włókna gumowe ze zużytych opon, środki do pielęgnacji i oznakowania nawierzchni, jak również niestabilne warstwy z drobnej zaprawy.

Żywica reaktywna i utwardzacz są dozowane w sposób mechaniczny, mieszane i następnie nanoszone na przygo-

towane podłoże (fot. 14a). Bezpośrednio po naniesieniu żywicy należy jej powierzchnię równomiernie posypać łamanym kruszywem, pozbawionym pyłów – przy jego lekkim nadmiarze, które następnie należy wcisnąć, względnie przywałować (fot. 14b). W zależności od ilości lepiszcza i zalecanego poziomu redukcji emitowanego hałasu, jako posypka stosowane jest kruszywo o uziarnieniu 1/2, 2/3 lub 3/4 mm, o wysokiej odporności na polerowanie. Ilość spoiwa powinna być tak dobrana, aby kruszywo było zatopione do około połowy średnicy. Po stwardnieniu żywicy nadmiar kruszywa należy usunąć. Jest możliwe ponowne zużycie tego kruszywa.

Trwałość powierzchniowego utwalenia jest zależna od stopnia związania żywicy z powierzchnią betonu, zagłębienia kruszywa oraz od jakości wykonania tego zabiegu.

### Grooving (nacinanie rowków)

Zabieg typu *grooving* określa specjalną metodę nacinania nawierzchni betonowej – rowkowania, która może zostać wykonana w kierunku podłużnym lub poprzecznym.

Nacinanie rowków jest zalecane do powierzchni o nieodpowiednim odwodnieniu powierzchniowym, na których istnieje niebezpieczeństwo poślizgu wodnego (akwaplaningu).

Tekstura uzyskana techniką rowkowania wykonana w profilu podłużnym, może być stosowana na nawierzchniach betonowych, ponieważ nie pociąga to za sobą podwyższenia poziomu hałasu emitowanego ze styku opona-powierzchni

Tabela 1. Zakresy stosowania poszczególnych rodzajów teksturowania

Tekstura	Właściwości użytkowe		Przydatność			
	Wzrost hałasu opona/nawierzchnia	Poprawa szorstkości	Autostrady	Powierzchnie manewrowe na lotniskach	Ulice w miastach, ronda, pasy dla autobusów	Powierzchnie przemysłowe
1	2	3	4	5	6	7
Beton z odkrytym kruszywem	++	++	tak <sup>1)</sup>	b. d.	tak	b. d.
Sztuczna trawa	+	0	warunkowo	nie	b. d.	b. d.
Tkanina jutowa	+	–	nie	nie	tak	tak
Szczotkowanie poprzeczne	–	++	warunkowo	tak	tak	tak
Szczotkowanie podłużne	+	0	warunkowo <sup>2)</sup>	nie	b. d.	b. d.
Tkanina jutowa + grzebień	+	0	warunkowo <sup>2)</sup>	nie	b. d.	b. d.
Szlifowanie wzdłuż (Grinding)	++	++	tak	tak	tak	tak
Szlifowanie poprzeczne (Grinding)	–	++	warunkowo	tak	b. d.	b. d.
Warstwa powierzchniowa	++	++	tak	tak	tak	tak
Nacinanie szczelin podłużne (Grooving)	bez zmian	poprawa właściwości drenażowych	tak	b. d.	b. d.	b. d.
Nacinanie szczelin poprzeczne (Grooving)	–		warunkowo	tak	b. g.	b. d.

Oznaczenia:

++ dobrze nadaje się do stosowania; + nadaje się; 0 nadaje się warunkowo, decyzją podejmowaną w poszczególnych przypadkach; – nie przydatna; b. d. brak doświadczeń; 1) dotychczas zgodnie z RLS-90 klasyfikowany jako zmniejszający hałas; 2) nie ma jeszcze odpowiednich doświadczeń, dotychczas stosowany tylko na odcinkach próbnych



nia. Poprzeczne rowkowanie jest stosowane głównie na powierzchniach manewrowych na terenie lotnisk.

W przypadku nacinania rowków, w tym zakresie obowiązują takie same warunki brzegowe jak w przypadku szlifowania. W odróżnieniu od szlifowania odstęp oraz szerokość tarcz diamentowych są większe. Odstęp rowków nie powinien być mniejszy niż 1 cal (25,4 mm), aby uniknąć wyrwania krawędzi. Rowki powinny zostać tak wykonane, aby uzyskać ostre brzożgi, bez jakichkolwiek uszkodzeń w formie ubytków krawędzi.

Na podstawie doświadczeń stwierdzono, że oddziaływanie drenażowej tekstury typu *grooving* utrzymuje się w czasie całego okresu użytkowania danej powierzchni komunikacyjnej.

## Zakresy stosowania poszczególnych rodzajów tekstury

W tabeli 1 podano przydatność poszczególnych rodzajów teksturowania wykonywanych na powierzchniach komunikacyjnych z betonu do różnych zakresów stosowania. Kryteria ekonomiczne nie zostały tu uwzględnione. Każdorazowe oszacowanie odnośnie zmian w czasie właściwości użytkowych odpowiada obecnemu stanowi doświadczeń z pomiarów wykonanych na nawierzchniach obciążonych ruchem ciężkim, przy dużych prędkościach poruszających się pojazdów.

## Podsumowanie

W krajowych dokumentach technicznych zagadnienia tekstury nawierzchni są omawiane w sposób bardzo ogólny. Przykładowo w opracowanym przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM) dokumencie WT-6 „Wymagania techniczne. Nawierzchnie betonowe”, w rozdziale 5 „Prace związane

z nadaniem ostatecznej tekstury nawierzchni” zostały wymienione jedynie trzy metody zalecane do nadania tekstury nawierzchni.

Tekstura nawierzchni wpływa w sposób bezpośredni na bezpieczeństwo ruchu pojazdów. Wpływ ten wyraża się poprzez zależność tekstury i właściwości przeciwpoślizgowych.

W niniejszym artykule szczegółowo opisano metody nadawanie tekstury nawierzchniom betonowym. Zamieszczono również informacje dotyczące trwałości tekstury oraz szorstkości nawierzchni – przy danej metodzie jej wykonania. W przypadku potrzeby zapoznania się PT Czytelników ze szczegółami poszczególnych metod oraz zależnościami hałas – tekstura, zachęcam do zapoznania się z materiałami źródłowymi.

## Bibliografia

- [1] Antoni Szydło, Nawierzchnie z betonu cementowego, Kraków 2004
- [2] FGSV; Instrukcja wykonania tekstury w przypadku nawierzchni betonowych; M OB. 2009
- [3] FGSV; Techniczne warunki dostaw materiałów i mieszanki do wykonania podbudów z użyciem spoiwa hydraulicznego i nawierzchni betonowej; TL Beton-StB 07 (FGSV 891)
- [4] FGSV; Dodatkowe techniczne warunki umowne i wytyczne wykonania podbudów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym i nawierzchni betonowych; ZTV Beton-StB 07 (FGSV 899)
- [5] FGSV; Dodatkowe techniczne warunki umowne i wytyczne wykonania robót utrzymaniowych dla nawierzchni betonowych; ZTV BEB-StB (FGSV 898/1)
- [6] FGSV; Instrukcja prowadzenia robót utrzymaniowych na nawierzchniach betonowych; M BEB-StB (FGSV 823)
- [7] Huber, Schiessl „Wpływ sposobów pielęgnacji na właściwości betonu”; Strasse und Autobahn; Heft 5, 2006 r.
- [8] Sulten P., Wolf Th. „Waschbeton - Alternatywna powierzchnia nawierzchni betonowej”; Strasse und Autobahn, Heft 4, 2006 r.
- [9] FGSV; Techniczne warunki dostaw dla płynnych środków do powierzchniowej pielęgnacji betonu, TL NBM-StB (FGSV 814)



**MAREK MISTEWICZ**

Instytut Badawczy Dróg  
i Mostów  
mmistewicz@ibdim.edu.pl

nazywanych Królestwem Polskim, zniechęconego, aczkolwiek znanego zaborcę zastąpił nieznany niemiecki okupant. Odtąd zamieszkująca te tereny ludność dzieliła wojenne losy państw centralnych, Austrii i Niemiec – ich początkowe sukcesy na wschodzie i zachodzie, a potem wycieńczenie przedłużającą się wojną skutkującą kontyngentami, rekwizycjami, reglamentacją oraz głodem. Obrazu dopełniały napływające z frontów wiadomości o losie tysięcy zabitych, rannych i za-

ginionych Polaków – żołnierzy zmobilizowanych do różnych walczących przeciwko sobie armii. W tych latach, początkowej beznadziei i narastającej radości z odzyskiwania wolności, nie zauważano osiągnięć w dziedzinie budowy dróg żelaznych, dróg kołowych i mostów, a także utrzymywania w sprawności wielu przedsiębiorstw przemysłowych. Były one udziałem Generalnych Gubernatorstw w Warszawie oraz Lublinie utworzonych przez Niemców i Austriaków w Królestwie Polskim. Zachowana infrastruktura przemysłu i transportu dała materialne podstawy bytu Rzeczypospolitej Polskiej odrodzonej 11 listopada 1918 r.

Postacią, która na ziemiach Królestwa Polskiego odegrała szczególną rolę był Hans Hartwig von Beseler (fot.1). Przyszły generał-gubernator warszawski urodził się 27 kwietnia 1850 r. Był synem profesora prawa Uniwersytetu w Greifswaldzie