

Beton nawierzchniowy z eksponowanym kruszywem – trwałość, funkcjonalność i estetyka

1. Wstęp

Nowoczesne nawierzchnie betonowe powinny spełniać szereg wymagań, począwszy od trwałości, przez bezpieczeństwo, komfort użytkowania, ekonomiczność wykonania po opłacalność oraz wpływ na środowisko i otoczenie. Beton to nowe spojrzenie na materiał do wykonywania deptaków, chodników, dróg rowerowych, ciągów pieszych, parkingów, zatoczek autobusowych po nawierzchnie drogowe. Beton z odsłoniętą warstwą kruszywa jest ciekawą alternatywą i uzupełnieniem dla istniejących rozwiązań, takich jak kostka brukowa, płyta chodnikowa czy asfalt. Efekt wizualny, a tym samym jakość i trwałość wykonanej nawierzchni może zaciekać i przekonać do realizacji interesujących projektów.

2. Kształtowanie powierzchni

Chemiczne opóźnienie wiązania jest to najczęściej naniesienie na górną powierzchnię świeżo ułożonej mieszanki betonowej dezaktywatora powierzchniowego, a następnie usunięcie warstwy niezwiązanego zaczynu przez zastosowanie strumienia wody pod ciśnieniem, bądź szczotkowania. W przypadku stosowania myjek wysokociśnieniowych – dyszę należy kierować pod kątem 45 stopni do zmywanej powierzchni w odległości 20 centymetrów i ciśnieniu od 4 do 6 BAR. Zmywanie naniesionej powłoki w zależności od czynników atmosferycznych i zastosowanych składników należy rozpocząć między 6 a 24 godziną od naniesienia. Proponowany sposób wykończenia może uwidocznić jedynie zarys użytego kruszywa, bądź poprzez głębszą penetrację odsłonić nawet do 2/5 wielkości zastosowanej frakcji. Głębokość dezaktywacji jest zależna od rodzaju zastosowanego środka. Wpływają na nią również:

- „rodzaj zastosowanego cementu – przy cementach portlandzkich uzyskuje się mniejszą głębokość penetracji niż przy cementach z dodatkami

- ilość cementu (im większa zawartość cementu, tym mniejsza głębokość penetracji)
- rodzaj i ilość stosowanych dodatków mineralnych
- stosunek w/c (redukcja ilości zastosowanej wody zmniejsza głębokość uwidocznienia)
- domieszki przyspieszające wiązanie i obróbka cieplna (zmniejszają głębokość penetracji)
- temperatura otoczenia podczas aplikacji (zmniejsza – okres letni, lub zwiększa – okres zimowy, głębokość penetracji)
- występowanie bleedingu powstałego na skutek wydzielania się wody z zaczynu czy to na skutek zbyt płynnej konsystencji, nadmiernej vibracji, czy widocznej segregacji (zmniejsza głębokość penetracji).”

Istotne jest właściwe dobranie głębokości penetracji do maksymalnego wymiaru kruszywa, zastosowanego w mieszance betonowej. Dla zapewnienia odpowiedniej trwałości uzyskanej powierzchni, ziarna powinny być zanurzone przynajmniej w 3/5 wielkości ich średnicy. Nie wykuszają się wtedy pojedyncze ziarna. Estetycznie i ciekawie pod względem wizualnym prezentują się betony, gdzie zastosowano kruszywo monofrakcyjne 0–2, 0–5, 2–5, 5–8, 8–11, 11–16 mm, jednakże można również wykonać nawierzchnie z kruszyw o frakcjach 2–8, 8–16, 2–16, 16–32 mm.

W celu ustrzeżenia się błędów należy z rozmysłem dobierać wielkość i rodzaj eksponowanego kruszywa, którego kształt (ilość i wielkość ziaren płaskich) w znaczący sposób wpływa na odbiór wizualny wykonanej nawierzchni.

3. Wymagania jakościowe stawiane składnikom betonów z eksponowanym kruszywem

Prawidłowo zaprojektowana i wykonana nawierzchnia z betonu z wyeksponowanym kruszywem posiada wiele zalet. Możemy do nich zaliczyć dużą odporność na przenoszenie obciążeń, wysoką nośność, dobrą przyczepność, małą ścieralność (w przypadku zastosowania właściwego kruszywa), jasny kolor (wpływający na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego i widoczność), obniżenie poziomu hałasu, dobre cechy eksploatacyjne i niskie wymagania w zakresie konserwacji. Z uwagi na możliwość zastosowania betonu z wyeksponowanym kruszywem na chodniki, podjazdy, ciągi pieszych, ścieżki rowerowe, deptaki, parkingi, zatoki autobusowe oraz nawierzchnie drogowe, same składniki wchodzące w skład mieszanki betonowej, jak i stwardniały już beton muszą odpowiadać szeregowi wymagań w zależności od zastosowania.

Beton nawierzchniowy, konstrukcyjny stosowany do budowy dróg i infrastruktury komunikacyjnej musi się charakteryzować wysoką jakością, dlatego zaprojektowany jest z odpowiedniej jakości składników. Zgodnie z normą PN-EN 206-1 przypisując odpowiednim elementom właściwe klasy ekspozycji narzucone zostają wymagania, co do minimalnej ilości cementu, wskaźnika w/c, klasy betonu, napowietrzenia itp. Dodatkowo dobierając cement do określonego rodzaju betonu, biorąc pod uwagę realizację robót, przeznaczenie

Tabela 1. Przykładowe właściwości i wymagania stawiane kruszywom do betonu z eksponowanym kruszywem

Właściwości	Norma badania	Dobór	Wymagania/Kategoria			
			Kruszywo drobne (*)	Kruszywo grube		
				DWB	PWB	GWB (**)
Skład ziarnowy	PN-EN 933-1		G _r 85	G _c 85/20	G _c 90/15	G _c 90/15
Tolerancje uziarnienia	PN-EN 933-1	D/d < 4	-	G _r 15	G _r 15	G _r 15
		D/d ≥ 4	-	G _r 17,5	G _r 17,5	G _r 17,5
Zawartość pyłu	PN-EN 933-1	-	f ₃	f ₁	f ₁	f ₁
Kształt ziarn	PN-EN 933-4	-	-	SI ₅₀ /SI ₅₀	SI ₂₀ /FI ₂₀	SI ₁₅ /FI ₁₅
Zawartość ziarn przekruszonych	PN-EN 933-5	-	-	-	C _{90/1}	C _{100/0}
Zawartość muszli w kruszywie grubym	PN-EN 933-7	-	-	SC ₁₀	SC ₁₀	SC ₁₀
Wskaźnik polerowalności	PN-EN 1097-8	-	-	-	PSV ₅₀	PSV ₅₃
Odporność na działanie mrozu w roztworze NaCl	EN 1367-6	-	-	≤5%	≤5%	≤5%
Reaktywność alkaliczna	PN-92/B-06714/46	-	stopień 0	stopień 0	stopień 0	stopień 0
Zanieczyszczenia organiczne	PN-EN 1744-1	-	m _{LPC} 0,25	m _{LPC} 0,05	m _{LPC} 0,05	m _{LPC} 0,05
Zawartość siarki całkowitej	PN-EN 1744-1	-	S _{1,0}	S _{1,0}	S _{1,0}	S _{1,0}

(*) wymagania kruszywa w odniesieniu do wszystkich rodzajów betonu objętych niniejszą ST
 (**) kruszywo łamane uzyskiwane wyłącznie ze skały liwej

betonu, warunki pielęgnowania, wymiary konstrukcji, warunki środowiskowe, na które będzie narażona konstrukcja, potencjalną reaktywność alkalia – kruszywo, zaprojektowana mieszanka betonowa powinna spełniać stawiane normowe wymagania. Krajowe dokumenty odniesienia – normy, rozporządzenia i specyfikacje techniczne – ograniczają możliwość właściwego doboru cementu zgodnie z normą PN-EN 197-1, narzucając stosowanie jedynie CEM I niskoalkalicznego NA o ustalonym składzie mineralnym. Kolejnym ograniczeniem jest przypisanie klasy wytrzymałościowej cementu do odpowiedniej klasy betonu.

Stosując się do wymagań krajowych dokumentów odniesienia, każdorazowo betony nawierzchniowe należało projektować przy zastosowaniu cementu CEM I NA, gryków granitowych lub bazaltowych o właściwych parametrach, piasku rzecznoego lub kopalnianego o określonym przesiewie i właściwościach, uwzględniając w/c nie mniejsze niż 0,5. Dodatkowo w przypadku stosowania domieszek napowietrzających należy zapewnić odpowiednie napowietrzenie mieszanki betonowej, konsystencję K3. Stwardniały beton powinien być odporny na działanie mrozu (F150), spełniać nasiąkliwość do 5%, być wodoszczelny (W8), wielokrotnie wymaga się, by posiadał wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu od 4,5–5,5 MPa, był poddany zamarzaniu i odmrażaniu w obecności soli, spełniając klasę FT2 oraz posiadał właściwą mikrostrukturę porów ($A_{300} \geq 1,5\%$, $L_{\leq 0,200} \text{ mm}$)

3.1. Wymagania dla ciągów pieszych i nawierzchni dla ruchu kołowego

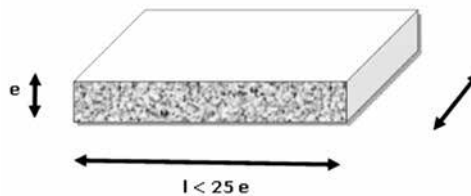
W przypadku zastosowania betonu dekoracyjnego na nawierzchnie dla ruchu pieszych i rowerów, powinniśmy odnosić wymagania stawiane składnikom i samemu betonowi do materiałów o podobnym zastosowaniu – czyli do kostki brukowej, betonowych płyt brukowych, dla których wytyczne przedstawiono w normach PN-EN 1338-2005 Betonowe kostki brukowe – Wymagania i metody badań, PN-EN 1339-2005 Betonowe płyty brukowe – Wymagania i metody badań.

W wymienionych normach dla każdego z wyrobów przeznaczonych na zewnętrzne ciągi pieszych i obszary ruchu kołowego, została określona odporność na zamarzanie i rozmrażanie w obecności soli odładzających, nasiąkliwość, wytrzymałość na zginanie, odporność na ścieranie oraz odporność na poślizg powierzchni niepolerowanej.

3.2. Wymagania dla nawierzchni z betonu cementowego

Odnosząc się natomiast do nawierzchni drogowych, beton z wyeksponowanym kruszywem powinien spełnić wymagania, jakie narzuca w stosunku do materiałów, jak i stwardniałego już betonu norma PN-EN 13877 Nawierzchnie betonowe, czy PN-75/S-96015 Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego.

Beton nawierzchniowy powinien zostać poddany badaniu zamarzania i odmrażania, a jego mrozoodporność w obecności soli odmrażających powinna zostać sklasyfikowana według prEN 12390-9. Kolejnym ważnym parametrem jest wytrzymałość na zginanie przy rozciąganiu. Zgodnie z obowiązującymi polskimi normami, to specyfikacja narzucać będzie szczegółowe wymagania, co do zastosowanych cementów, kruszyw, nasiąkliwości, wodoszczelności, mrozoodporności (według PN-88/B-06250)



Rys. 1. Schemat zależności wymiarów projektowanej powierzchni

4. Projektowanie przestrzeni przeznaczonych dla ruchu pieszych

Zasady projektowania nawierzchni wykonanych z betonu z wyeksponowanym kruszywem są porównywalne do betonów standardowych. W celu osiągnięcia właściwego efektu wizualnego, estetycznego o odpowiedniej trwałości należy wydzielić z projektowanej przestrzeni powierzchnie o wielkości $25 \text{ m}^2 - 50 \text{ m}^2$, gdzie stosunek długości do szerokości będzie się wahał w granicach $1-2,5$ ($D/S < 1-2,5$), a długość zaprojektowanej powierzchni nie może być większa niż 25-krotność grubości (rys. 1).

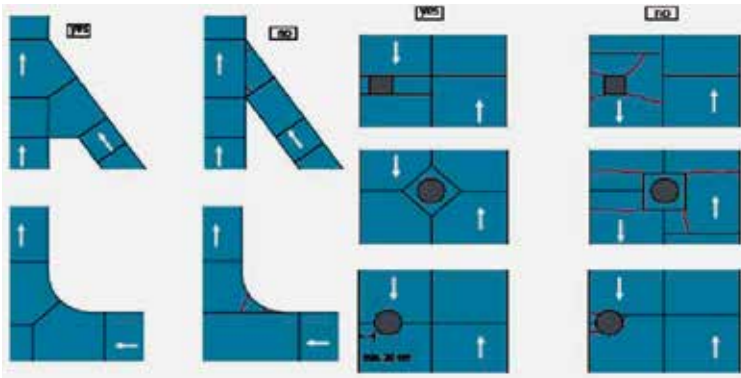
W celu prawidłowego rozkładania mieszanki betonowej można stworzyć bariery ograniczające rozpliw w postaci plastikowych przerw dylatacyjnych, cegieł, kostki brukowej, bali drewnianych itp., komponujących się z nawierzchnią betonową (fot. 1.)

W zależności od natężenia ruchu, od warunków gruntowo-wodnych i występującego podłoża, projektowana jest grubość wylewanej warstwy. Nawierzchnie betonowe przeznaczone dla ruchu pieszych i małych obciążeń pojazdami kołowymi mogą mieć grubość mniejszą niż 17–27 cm (tak jak to jest w „Katalogu nawierzchni sztywnych”). Chcąc zapewnić odpowiednią trwałość nawierzchni betonowej należy prawidłowo rozplanować przerwy dylatacyjne. Pojawianie się spękań lub samodylatowanie się betonu jest zjawiskiem naturalnym. Poprzez wprowadzenie spoin zarysowania powstają z wyprzedzeniem w kontrolowany sposób. Spoiny łagodzą efekty skurczu i pozwalają na poruszanie się wydzielonych płyt – powstają mniejsze naprężenia. Prawidłowe zaprojektowanie spoin wpływa na trwałość projektowanej powierzchni (rys. 2). Zawsze należy wykonywać dylatację w obrębie stałych przeszkód oraz dążyć do takiego kształtu powierzchni, by nie występowały ostre krawędzie.

Beton z wyeksponowanym kruszywem w zależności od możliwości dojazdu do miejsca, w któ-

Fot. 1. Przykład barier ograniczających





Rys. 2. Przykłady układu spoin i murków ograniczających

rym ma być ułożony można projektować dwójako: jako pompowalny, kładąc nacisk na konsystencję, a pomijając efekt wizualny, oraz niepompowalny, przy którym można uzyskać lepsze ułożenie kruszywa. Przed wyładunkiem należy zwilżyć podłoże, ułożyć ewentualne siatki, zabezpieczyć przyległe powierzchnie oraz zadbać o 2% spadek projektowanych powierzchni.

5. Projektowanie składu mieszanki z wyeksponowanym kruszywem

W betonach z wyeksponowanym kruszywem kompozycja składników jest najistotniejszym czynnikiem warunkującym ostateczny wygląd powierzchni. Wyznacznikami, które należy wziąć pod uwagę są typ oraz natężenie ruchu, efekt estetyczny, odbiór akustyczny oraz trwałość.

5.1. Kruszywo grube

W momencie, gdy stosowana jest technologia odsłaniania ziarna, należy w większej mierze poświęcić czas na dobór kruszywa spełniającego nie tylko wymagania jakościowe, ale również odpowiedniego pod względem granulacji i kształtu. Bardzo ważne jest dobranie kruszywa monofrakcyjnego 2–5, 5–8, 8–11 mm (frakcje drogowe), 2–8 mm (w przypadku kruszywa stosowanego do betonów standardowych), czy też 2–16, 8–16, 16–22, 16–32 mm. Dużym

Tabela 2. Przykład dezaktywatorów i wytycznych odnośnie składów mieszanki

Zalecane ilości składników w mieszance	Maksymalny wymiar kruszywa [mm]	Dezaktywatory				
		Zielony - Efekt piaskowania	Niebieski - delikatne wyciecie	Fioletowy - lekkie i średnie wyciecie	Żółty - średnie wyciecie	Różowy - silne wyciecie
350 kg cementu, 1200 kg piasku, 600 kg kruszywa	4					
	6					
	8					
350 kg cementu, 900 kg piasku, 900 kg kruszywa	4					
	6					
350 kg cement, 600–700 kg piasku, 1100–1200kg kruszywa	4					
	6					
	8					
	10					
	12					
	14					
330 kg cementu, 500–600 kg, 1200–1300 kg kruszywa	16					
	20					
	25					
	30					Szary - głębokie wyciecie

zagrożeniem przy stosowaniu nieciągłych krzywych uziarnienia czyli 0–2 plus 8–16 mm jest odsłonięcie zbyt dużej ilości zaprawy, przez co uzyskiwany jest mało ciekawy efekt wizualny. Granulacja kruszywa do 8 mm jest wskazana na powierzchnie, gdzie najważniejszym aspektem, poza wymaganiami jakościowymi, jest zmniejszenie hałasu. Ze względu na duży koszt mieszanki przewidzianej na nawierzchnię z wyeksponowanym kruszywem Centrum Technologiczne IFSTTAR przedstawiło koncepcję układania jedynie 3–4 centymetrowej warstwy na kruszywie do 8 mm z wyeksponowanym kruszywem, kładzonej na mokrą, na beton spełniający wymagania trwałościowe, ale nie estetyczne. Stosowanie kruszywa powyżej 8 mm sprawia, że nawierzchnie są głośniejsze, co ogranicza zakres ich stosowania na podjazdy i prywatne rezydencje. Do poprawnego zaprojektowania stosu okruszowego należy zastosować kruszywo mrozoodporne (w zależności od zastosowania żwirów lub grysów), o dobrej odporności na ścieranie, monofrakcyjne, o ciągłym uziarnieniu w ilości 1100 do 1350 kg/m³.

5.2. Piasek

Użyty piasek powinien być pozbawiony zanieczyszczeń organicznych o ciągłej krzywej uziarnienia, by uzyskana zaprawa była jak najbardziej jednorodna. Należy stosować materiał, który spełni wymagania jakościowe (najczęściej stosowany jest piasek kopalniany). Jego zawartość w mieszance będzie się wahała w granicach 550–700 kg/m³ i jest zwykle zależna od oczekiwanego efektu wizualnego.

5.3. Cement

Tak jak w przypadku większości nawierzchni, specyfikacje oraz obowiązujące rozporządzenia narzucają zastosowanie cementu CEM I niskokalicyzowanego bądź w wyjątkowych sytuacjach CEM III/A o niskiej zawartości alkaliów i klasie wytrzymałości 42,5. Cement powinien być tak dobrany, by spełniał wymagania w zakresie kolorystyki, przy zastosowaniu zaprawy barwionej w masie. Ilość cementu jest ściśle związana z wymaganiami specyfikacji, co do współczynnika w/c czy C/P oraz wymagań trwałościowych stawianych betonom nawierzchniowym. Ze względów wizualnych nie powinna przekraczać 350–380 kg/m³. W przypadku zastosowania kruszywa o granulacji do 8 mm należy zwiększyć ją do 420–425 kg/m³.

5.4. Woda

Należy stosować wodę wodociągową. Każda partia dostarczonej mieszanki betonowej powinna mieć ten sam współczynnik w/c. Niewskazane jest używanie w produkcji wody pozyskanej z recyklingu. Im większa głębokość wypłukania kruszywa, tym istnieje większa konieczność zastosowania zaprawy o wyższej wytrzymałości, czyli o niższym współczynniku w/c.

5.5. Dodatki i domieszki

W celu uzyskania mieszanki o właściwych parametrach, spełniającej wymagania co do mrozoodporności (F150), mrozoodporności w obecności soli odładzających (FT2), nasiąkliwości (do 5%), wodoszczelności (W8), wytrzymałości na zginanie (4,5–5,5 MPa) oraz prawidłowej makrostruktury porów powietrznych należy stosować domieszki uplastyczniające, uptynniające i napowietrzające. W niektórych przypadkach dla uzyskania betonu o mniejszej porowatości prawdopodobne jest zastosowanie metakaolinitu.



Fot. 2. Kontrola produkcji mieszanki betonowej



Fot. 3. Zabezpieczanie powierzchni pomocniczych



Fot. 4. Wbudowanie mieszanki betonowej



Fot. 5. Rozprowadzanie mieszanki

Bardzo ważnym aspektem przy produkcji betonu z odstoniętym kruszywem jest właściwe rozmieszczenie ziaren kruszywa. Aby zapobiec segregacji, bleedingowi oraz powstawaniu rys skurczowych – plastycznych, należy użyć włókien syntetycznych (polipropylenowych). Chcąc zwiększyć odbiór estetyczny danej powierzchni można zabarwić zaprawę w masie, stosując dostępne na rynku barwniki. Efekt wizualny będzie tym lepszym, im bardziej kolorystycznie zaprawa zostanie dobrana do zastosowanego kruszywa. Każda partia wyprodukowanej mieszanki betonowej powinna mieć to samo w/c, by kolorystyka była zbliżona. Dobór ilości i postaci zastosowanego barwnika zależy od jego składu, oraz intensywności wybarwienia, najlepiej nie dozwalać więcej aniżeli 6% do masy cementu. Przy zastosowaniu barwników należy sprawdzić ich wpływ na w/c i mrozoodporność betonu.

5.6. Dezaktywator – chemiczne opóźnienie wiązania

Środek opóźniający jest to powłoka – w postaci pasty, lakieru, płynu lub arkuszy nasączonego papieru, która naniesiona na powierzchnię mieszanki betonowej tuż po wygładzeniu, penetruje mieszankę na określoną głębokość, w zależności od rodzaju zastosowanego preparatu. Głównym zadaniem dezaktywatora jest spowolnienie bądź zatrzymanie procesu wiązania zewnętrznej warstwy mieszanki betonowej, by podczas usuwania powierzchni niezwiązanego zaczynu cementowego odstonić zawarte w betonie kruszywo.

W drugiej fazie dezaktywator działa jak powłoka ochronno-pielęgnacyjna, która podczas pierwszych 24 godzin utrzymuje w mieszance około 80% wody. Chroni powierzchnię przed deszczem, a później działa jak powłoka ochronna przy pielęgnacji. W zależności od rodzaju i pochodzenia użytego dezaktywatora, należy go natryskiwać i spłukiwać w innym czasie. Najczęściej występuje on w postaci płynnej zawiesiny, którą każdorazowo przed użyciem należy dobrze wymieszać, a następnie na-

nieść na wygładzoną już powierzchnię w postaci mgiełki, pokrywając dokładnie całą powierzchnię. Do nanoszenia może służyć spryskiwacz ogrodowy, bądź dowolne urządzenie rozpryskujące ciecz pod ciśnieniem. Ze względów praktycznych dezaktywatory o różnych głębokościach penetracji mają inne zabarwienie.

6. Schemat postępowania podczas obróbki powierzchniowej betonu nawierzchniowego

Technologia kształtowania powierzchni za pomocą nanoszenia środka opóźniającego, pozwalającego w ostatecznym etapie odstonić zawarte w betonie kruszywo, jest niezwykle pracochłonna, wymagająca dużej precyzji i jakości wykonania. Jest to rozwiązanie czasochłonne i kosztowne, ale dające dużą satysfakcję z efektu końcowego. Wykonując nawierzchnię z betonu z wyeksponowanym kruszywem, należy postępować ściśle według wskazanego schematu:

- Produkcja mieszanki betonowej wraz z kontrolą jakości
- Wydzielenie odpowiednich stref betonowania
- Impregnacja powierzchni ograniczających, zabezpieczenie powierzchni przyległych
- Zwilżenie podłoża oraz ułożenie siatek zbrojeniowych
- Wbudowanie mieszanki betonowej
- Wykonanie powierzchni referencyjnych



Fot. 6. Rozpylanie dezaktywatora



Fot. 9. Powierzchnia wypłukana na kruszywie do 16 mm (grys granitowy), brązowe zabarwienie zaprawy



Fot. 10. Powierzchnia wypłukana na kruszywie 8–16 mm (żwir), czarne zabarwienie zaprawy



Fot. 11. Powierzchnia wypłukana na kruszywie 2–8 mm (żwir), szare zabarwienie zaprawy



Fot. 12. Powierzchnia wypłukana na kruszywie 2–8 mm (grys granitowy), brak zabarwienia zaprawy



Fot. 13. Powierzchnia wypłukana na kruszywie 2–16 mm (grys granitowy), czarne zabarwienie zaprawy



Fot. 7. Zdezaktywowana powierzchnia

- Rozprowadzanie mieszanki betonowej
- Wyrównywanie ułożonej mieszanki betonowej
- Nanoszenie środka opóźniającego wiązanie zaprawy
- Splukiwanie strumieniem wody pod ciśnieniem filmu powstałego przez naniesienie środka opóźniającego
- Dylatowanie uzyskanej powierzchni
- Zabezpieczenie powierzchni środkami impregującymi.

7. Wnioski

Nawierzchnie betonowe nie ulegają odkształceniom takim jak koleiny i muldy. Wpływa to na zmniejszenie nakładów na naprawy, a tym samym poprawia bezpieczeństwo i komfort jazdy. Beton nawierzchniowy, w zależności od zabarwienia zaprawy, jest powierzchnią jasną, lepiej widoczną w nocy. Dzięki tej zalecie istnieje możliwość oszczędzenia energii potrzebnej na jej oświetlenie. Zmniejsza ona również ilość ciepła emitowanego do atmosfery w wyniku mniejszego stopnia nagrzewania się w stosunku do nawierzchni asfaltowych. Oceniając nawierzchnie wykonywane z betonu w ujęciu metody oceny cyklu życia dochodzimy do wniosku, iż w stosunku do powierzchni asfaltowych mają one mniejszy wpływ na zużycie zasobów naturalnych oraz mniej negatywny wpływ na środowisko. W mniejszym stopniu niż drogi asfaltowe wpływają na globalne ocieplenie, zakwaszenie, eutrofizację, fotochemiczne tworzenie ozonu, zubożenie warstwy ozonowej, środowisko człowieka oraz jakość środowiska naturalnego. Porównując koszty budowy, utrzymania i naprawy nawierzchni wykonanych z betonu oraz asfaltu, w okresie 30 lat eksploatacji, można zaobserwować, iż łączny koszt w przypadku dróg betonowych jest niższy.

Do wszystkich wyżej wymienionych zalet możemy doliczyć, iż nawierzchnie z wyeksponowanym kruszywem trwale poprawiają szorstkość nawierzchni przez poprawę makrotekstury. W przypadku stosowania kruszywa o granulacji do 8 mm następuje również obniżenie hałasu. Biorąc pod uwagę możliwość stosowania betonu z eksponowanym kruszywem przy wykonywaniu dróg lokalnych, deptaków, parkingów, gdzie istotne jest uzyskanie odpowiedniego efektu wizualnego, może on być doskonałym zamiennikiem lub uzupełnieniem dotychczas stosowanych nawierzchni wykonywanych z elementów drobnowymiarowych.

Szeroka gama dostępnych kruszyw i barwników oraz możliwości wykonywania nawierzchni z elementów o większej powierzchni, pozwala architek-



Fot. 8. Splukiwanie

tom na dużo większą swobodę przy projektowaniu architektury krajobrazu.

Właściwe wykonanie powierzchni z wyeksponowanego kruszywa pozwala na szersze ich zastosowanie, nie tylko z uwagi na trwałość oraz ze względu na walory estetyczne.

mgr inż. Aldona Wcisło

Artykuł został opublikowany w materiałach konferencyjnych Konferencji Dni Betonu 2012

Literatura

- 1 A. Szydło, P. Mackiewicz „Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych – poradnik”
- 2 K. Kuniczuk „Beton architektoniczny. Wytyczne techniczne”, Polski Cement, 2011
- 3 PN-EN 13877-1 Nawierzchnie betonowe, Część 1: Materiały
- 4 PN-EN 13877-2 Nawierzchnie betonowe, Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych
- 5 PN-75/S-96015 Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego
- 6 PN-EN 1338_2005 Betonowe kostki brukowe – Wymagania i metody badań
- 7 PN-EN 1339_2005 Betonowe płyty brukowe – Wymagania i metody badań
- 8 A. Jasiński *Expose aggregate concrete for the renovation of public spacer*
- 9 *Exposed-aggregate, Finishes for Flatwork, Briefing 02, Cement Concrete&Aggregates Australia, 2007*
- 10 *Residential Concrete Driveways and Paths, Cement Concrete&Aggregates Australia, 2006*
- 11 *IB 18 Architectural Surface Finishes, CCANZ*
- 12 I. Ruttmar, A2 Nowy Tomysł-Świecko, *Innowacyjna technologia wykonywania nawierzchni*
- 13 Z. Giergiczny, *Zalety betonu jako materiału budowlanego w drogownictwie*
- 14 A. Szydło, *Badanie trwałości zmęczeniowej nawierzchni betonowej autostrady A4, „Budownictwo, Technologie, Architektura”, styczeń-marzec 2009*
- 15 A. Karbowski, *Emisja hałasu nawierzchni dróg-drogi betonowe, „Budownictwo, Technologie, Architektura” styczeń-marzec 2010*
- 16 W. Bańkowski, *Ciche nawierzchnie drogowe na świecie, „Materiały Budowlane”, Listopad 2011*
- 17 A. Karbowski, *Dlaczego warto budować betonowe drogi w miastach, „Budownictwo, Technologie, Architektura” styczeń-marzec 2010*
- 18 Ł. Szabat, *„Drogi betonowe a drogi asfaltowe w ujęciu metody oceny cyklu życia”, BTA kwiecień – czerwiec 2011*
- 19 O. Kamiński, *Szczeliny w nawierzchniach betonowych, „Budownictwo, Technologie, Architektura” styczeń-marzec 2011*
- 20 D. Beblacz, *Wymagania jakościowe stawiane składnikom betonu drogowego, „Budownictwo, Technologie, Architektura” październik-grudzień 2011*