

ZAMAWIAJĄCY: POSIADALO Sp. z o. o. Sp. k. WYKNO 40; 97 – 225 UJAZD

OBIEKT: Kostka brukowa wodoprzepuszczalna

**EKSPERTYZA TECHNICZNA
dotycząca**

Właściwości technicznych i użytkowych kostki wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™ możliwej do zastosowania w odprowadzaniu wód opadowych i roztopowych do gruntu rodzimego z zachowaniem rygorów hydraulicznych i zasad ochrony środowiska

AUTOR: dr inż. Jerzy Przybiński

kwiecień, 2021 rok

Spis treści

| | |
|--|----|
| 1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA | 3 |
| 2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA..... | 3 |
| 3. PODSTAWY OPRACOWANIA..... | 4 |
| 4. OPIS PRZEPROWADZONEJ WIZJI LOKALNEJ ZAKŁADU PRODUKUJĄCEGO KOSTKĘ WODOPRZEPUSZCZALNĄ ORAZ KOMENTARZ DO SERWISU FOTOGRAFICZNEGO | 6 |
| 5. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGICZNA I TECHNICZNA KOSTKI WODOPRZEPUSZCZALNEJ WATERFLOW™ | 8 |
| 6. CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWA WÓD OPADOWYCH I ROZTOPOWYCH WYSTĘPUJĄCYCH W PRZEKROJU ROKU KALENDARZOWEGO – OPADY TYPOWE I NAWALNE | 9 |
| 7. CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCIOWA WÓD OPADOWYCH I ROZTOPOWYCH | 11 |
| 7.1 ... trafiających bezpośrednio na powierzchnię | 13 |
| 7.2. ... spływających z innych powierzchni utwardzonych | 14 |
| 8. CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZONYCH WÓD/ŚCIEKÓW ODPROWADZANYCH DO ODBIORNIKA..... | 16 |
| 9. OCENA PRZEBIEGU PROCESÓW SEDYMENTACJI, ADSORPCJI I PRZESIAKANIA W TRAKCIE OCZYSZCZANIA WÓD OPADOWYCH..... | 17 |
| 10. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA KOSTKI WODOPRZEPUSZCZALNEJ..... | 19 |
| 11. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA KOSTKI I/LUB PŁYTY WODOPRZEPUSZCZALNEJ W DROGOWNICTWIE | 22 |
| 12. ANALIZA ZMIAN HYDRAULIKI FUNKCJONOWANIA OBSZARU ODWADNIANEGO, ROWÓW, ZBIORNIKÓW, ETC | 23 |
| 13. OKREŚLENIE WPŁYWU WÓD OPADOWYCH NA WODY PODZIEMNE PRZEPŁYWAJĄCE PRZEZ KOSTKĘ WODOPRZEPUSZCZALNĄ I WARSTWĘ KONSTRUKCYJNĄ POBUDOWY..... | 26 |
| 14. WPŁYW ODPROWADZANYCH WÓD OPADOWYCH PRZEPŁYWAJĄCYCH PRZEZ KOSTKĘ WODOPRZEPUSZCZALNĄ NA POZOSTAŁE ELEMENTY ŚRODOWISKA | 27 |
| 15. PODSUMOWANIE I WNIOSKI | 29 |
| 16. WNIOSEK PODSUMOWUJĄCY (WERDYKT)..... | 32 |
| 17. ZAŁĄCZNIKI | 34 |

Spis załączników

Załącznik 1 – Załącznik 6 – Serwis fotograficzny związany z produkcją, układaniem i eksploatacją kostki wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™.

1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania była ocena właściwości technicznych i użytkowych kostek i/lub płyt wodoprzepuszczalnych WATERFLOW™ oraz możliwości ich zastosowania podczas odprowadzania wód opadowych i roztopowych do gruntu rodzimego w warunkach ustalonych rygorów hydraulicznych bilansowanych napływem oraz spełnienia podstawowych zasad ochrony środowiska.

2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem opracowania było zebranie danych i ich usystematyzowanie oraz przeprowadzenie wnikliwej analizy technologiczno – technicznej produkowanej przez firmę POSIADALO kostki wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™, która charakteryzuje się szybkim odprowadzaniem wód opadowych i roztopowych do uformowanej wodoprzepuszczalnej, a jednocześnie nośnej warstwy, stanowiącej podbudowę oraz dalej do gruntu rodzimego. Przedmiotowa kostka wodoprzepuszczalna może pełnić w ramach rozwiązań standardowych nawierzchnię dla:

- ruchu kołowego lekkiego, z ograniczonym ruchem pojazdów ciężkich (powyżej 3,5 t),
- placów, parkingów i podjazdów,
- ciągów ruchu pieszego i dróg rowerowych,
- powierzchni utwardzonych, które umożliwiają gromadzenie wody opadowej w zbiornikach retencyjnych podziemnych,

a także służyć wzmocnieniu innych terenów w rodzaju placu zabaw, boisk specjalistycznych, zbiorników na wody opadowe, ochronie roślin zabytkowych i pomników przyrody, a także niekonwencjonalnym rozwiązaniom terenów przemysłowych.

Zakres opracowania obejmował:

- charakterystykę technologiczną i techniczną kostki wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™,
- rodzaje wód opadowych i roztopowych oraz charakterystykę ilościową tych wód występujących w przekroju roku kalendarzowego w tym opady miarodajne, średnie, nawalne i supernawalne,

- charakterystykę jakościową wód opadowych i roztopowych możliwych do bezpośredniego odprowadzania z użyciem kostki oraz z materiałami pomocniczymi, uzupełniającymi,
- ocenę procesów sedymentacji i przesiąkania w odniesieniu do zanieczyszczeń występujących w wodach opadowych w aspekcie długości funkcjonowania procesów wsiąkania,
- obserwacje wizualne efektów przesiąkania wody przez nawierzchnię ułożoną z kostki i eksploatowaną ok. 1 roku,
- analizę zmian hydrauliki funkcjonowania obszaru odwodnianego oraz czynności niezbędne dla utrzymania wysokiej sprawności hydraulicznej kostki w trakcie eksploatacji,
- analizę wpływu wód opadowych przesączających się przez kostkę wodoprzepuszczalną na wody podziemne i pozostałe elementy środowiska,
- prezentację przykładów wykorzystania kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalnej w różnych warunkach technicznych rozwiązań, orientacyjne obliczenia uwzględniające rodzaje podłoża, zastosowań czy zabudowy obiektów,
- kierunki postępowania dla poprawy gospodarki wód opadowych na terenach uprzemysłowionych i rekreacyjnych,
- propozycje i uwagi autora opracowania.

W opracowaniu nie odniesiono się do innych rodzajów wód/ścieków mogących potencjalnie być odprowadzanych do gruntu (tylko tzw. informacje sygnałne).

3. PODSTAWY OPRACOWANIA

Podstawę prawną opracowania stanowią:

- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 1219 z późn. zmianami);
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. O odpadach (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 797);
- Ustawa z dnia 23 stycznia 2020 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U 2020 poz. 150);
- Ustawa z dnia 13 września 1996 r. O utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 1439);

- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. O planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 293);
- Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (tekst jednolity Dz. U. 2020 poz. 310);
- Ustawa z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 1333);
- Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. O zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (tekst jednolity Dz. U. z 2019 r. poz. 1862);
- Ustawa z dnia 07 czerwca 2001 r. O zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (tekst jednolity Dz. U. z 2019 r. poz. 1437 z późn. zmianami);
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r. poz. 55);
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 09 stycznia 2020 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o wyrobach budowlanych (Dz. U. 2020 poz. 215);
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. O wyrobach budowlanych (tekst jednolity Dz. U. 2020 poz. 215);
- Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst jednolity Dz. U. 2017 poz. 1161);
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (tekst jednolity Dz. U. 2020 poz. 1463);
- Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 02 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2020 r. poz. 10);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 28 czerwca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, których wprowadzanie w ściekach przemysłowych do urządzeń kanalizacyjnych wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego (Dz. U. z 2019 r. poz. 1220);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz. U. z 2019 r. poz. 1311);
- Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (tekst jednolity: Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 28 września 2016 r. Dz. U. 2016 poz. 1757);

- Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 poz. 1065);
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2019 r. poz. 1839).

Podstawę merytoryczną opracowania ekspertyzy stanowią:

- Informacje dotyczące profilu produkcyjnego firmy POSIADALO właściciela marki GLADIO zajmującej się szeroko pojętą produkcją betonu i wyrobów betonowych,
- Opisy procesów technologicznych towarzyszące produkcji kostki wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™,
- Prezentacja multimedialna związana z produkcją kostki wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™,
- Klasyfikacja opadów deszczu według Chomicza, dane meteorologiczne wieloletnich opadów dla rejonu środkowej Polski,
- Stan jakościowy wód opadowych i roztopowych występujących na różnych rodzajach terenów, możliwości ich oczyszczania – wyniki badań autorów opracowania z lat 2010 ÷ 2018.
- Wizja lokalna terenu Zakładu produkcyjnego przeprowadzona w dniu 15 marca 2021r, z wykonaniem doświadczeń nad wodoprzepuszczalnością kostki oraz serwisem fotograficznym,
- Fachowa literatura techniczna z zakresu projektowania, budowy, rozruchu i eksploatacji urządzeń i obiektów służących do podczyszczania i retencjonowania wód deszczowych i ich odprowadzania do ostatecznych odbiorników gruntu i cieków wodnych.

4. OPIS PRZEPROWADZONEJ WIZJI LOKALNEJ ZAKŁADU PRODUKUJĄCEGO KOSTKĘ WODOPRZEPUSZCZALNĄ ORAZ KOMENTARZ DO SERWISU FOTOGRAFICZNEGO

Autor opracowania odbył w dniu 15 marca 2021 r. wizję lokalną w Zakładzie Posiadalo Sp. z o.o. Sp.k. marka GLADIO zajmującego się produkcją betonowych kostek brukowych oraz płyt brukowych WATERFLOW™. Po zapoznaniu się z produkcją wymienionych wyrobów uczestniczył w doświadczeniach polegających na wylewaniu znacznych ilości wody na

utwardzoną powierzchnię wykonaną z przedmiotowych kostek, które stanowią ciąg jezdny dla samochodów ciężarowych i dostawczych obsługujących Zakład. Obsługa Zakładu polega na dostarczaniu surowców i wywozie elementów gotowych z firmy w warunkach eksploatacji i odpowiadającym właściwościom zanieczyszczenia pyłowego oraz piaskowego, a także w postaci cementu obszarom występującym w rejonach węzłów betoniarskich. Powierzchnia wykonania z kostek brukowych WATERFLOW™ była użytkowana przez blisko 12 miesięcy właśnie w takich warunkach jakie zaprezentowano na zdjęciach. W trakcie tego czasu okresowo powierzchnie utwardzone jezdne były omiatane na sucho, bowiem trudno byłoby egzystować w atmosferze wszechobecnych pyłów z cementu i piasku, co niekorzystnie mogłoby wpłynąć na zdrowie osób funkcjonujących w Zakładzie. Po wprowadzeniu na najbardziej zanieczyszczone fragmenty powierzchni oraz na mniej zanieczyszczone fragmenty powierzchni wody o obciążeniu hydraulicznym odpowiadającym deszczom katastroficznym ($500 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$), co odpowiadało $180 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ woda wsiąkała natychmiastowo w obydwu rodzajach nawierzchni.

Przy obciążeniu wynoszącym około $300 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ woda na powierzchni czystej wsiąkała błyskawicznie (natychmiastowo), natomiast wprowadzona na powierzchnię zanieczyszczoną mocno pyłem, cementem i piaskiem (co tworzyło rodzaj błota o miąższości $0,5 \div 1,0 \text{ cm}$) wsiąkała z opóźnieniem $3 \div 5$ sekund w stosunku do powierzchni mało zanieczyszczonej. Reasumując wodoprzepuszczalność powierzchni kostki należy przyjąć, że zdolność hydraulicznego wsiąkania wody w powierzchnię kostki wodoprzepuszczalnej po roku eksploatacji takiej powierzchni w warunkach bardzo wysokiego obciążenia pyłem pozostaje na zadowalającym poziomie odnosząc zjawisko wsiąkania do intensywności opadu (przez analogię).

Fotografie zamieszczone w załączniku prezentują świeżą kostkę wodoprzepuszczalną WATERFLOW™ z „przełomem” oraz ułożoną z tej kostki powierzchnię, a także powierzchnię po roku eksploatacji w bardzo trudnych warunkach pyłowo – cementowych (rejon odpowiadający węzłowi betoniarskiemu).

5. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGICZNA I TECHNICZNA KOSTKI WODOPRZEPUSZCZALNEJ WATERFLOW™

Kostki wodoprzepuszczalne i płyty wodoprzepuszczalne mogą spełniać funkcje użytkowe polegające na utwardzeniu powierzchni dla:

- ruchu kołowego lekkiego, z ograniczonym ruchem pojazdów ciężkich (powyżej 3,5 t),
- placów, parkingów i podjazdów,
- ciągów ruchu pieszego i dróg rowerowych,
- powierzchni utwardzonych, które umożliwiają gromadzenie wody opadowej w zbiornikach retencyjnych podziemnych,
- uporządkowaniu powierzchni przeznaczonych dla ciągów pieszo – jezdnych,
- wzmocnieniu płaszczyzn – połączeń gruntowych, po których odbywa się różnorodny ruch pieszych, jak i pojazdów użytkowych lub rekreacyjnych,
- odprowadzaniu wód opadowych i roztopowych w miejscu wystąpienia opadu występujących z intensywnością powodującą spływ powierzchniowy przy standardowych wielkościach opadu (powyżej 0,5 mm słupa wody).

Technologia produkcji kostek i płyt brukowych z wykorzystaniem specjalistycznej receptury, która pozwala uzyskać produkt o szerokim zastosowaniu w funkcji i na terenach wymienionych powyżej w tym szczególnie dla zwiększonych potrzeb odprowadzania wód opadowych wygląda następująco w skrótowym zaprezentowaniu:

- Betonowe kostki brukowe oraz płyty brukowe WATERFLOW™ wytwarzane są metodą wibroprasowaną z odpowiednio zaprojektowanej mieszanki betonowej, która gwarantuje nadanie wyrobom charakterystycznych parametrów przepuszczalności wody, przy zachowaniu odpowiedniej dla tej klasy wyrobów wytrzymałości. Kostki/płyty brukowe charakteryzują się wysoką porowatością (około 15% objętości wyrobu stanowią pustki międzyziarnowe) spowodowaną brakiem piasku.
- Beton do produkcji kostek/płyt brukowych nie posiada zbrojenia, a jego głównymi surowcami są cementy portlandzkie wysokich klas wytrzymałościowych, kruszywa pochodzenia naturalnego frakcjonowane o uziarnieniu w przedziale 2 ÷ 8 mm dolomitowe/bazaltowe, woda, dodatki chemiczne i polimery (plastyfikator i hydrofobizator), a także pigmenty.
- Szczegóły procesu produkcyjnego i receptury objęte są zastrzeżeniem patentowym.

W wyniku procesów technologicznych produkcji uzyskuje się produkt o szerokim zastosowaniu charakteryzujący się następującymi właściwościami:

- przepiękliwość – do $310 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$,
- wytrzymałość bezwzględna – nacisk na kostkę wodoprzepuszczalną o wymiarach $20 \times 10 \times 8 \text{ cm}$ wynosi 7 ton,
- odporność na ścieranie z użyciem tarczy Bohmego $\leq 21000 \text{ mm}^3/5000 \text{ mm}^2$,
- stopień mrozoodporności F100,
- średnia wartość odporności na poślizg/poślizgnięcie (USRV) > 50 jednostek,
- wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu 3,0 MPa, minimalna wytrzymałość $\geq 2,5 \text{ MPa}$,
- wytrzymałość na zginanie – jw.

Powyższe parametry wytrzymałościowe kostki wodoprzepuszczalnej w niewielkim stopniu odbiegają od właściwości wytrzymałościowych standardowych kostek brukowych, ale posiadają dodatkową korzyść polegającą na możliwości odprowadzania wód opadowych do gruntu rodzimego. Wodoprzepuszczalność tego rodzaju kostki dla poziomego opadu deszczu w granicach $300 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ (w warunkach polskich opady tej wielkości występują w chwilowych przedziałach czasowych – do 1 minuty), jest około 25 razy większa niż tradycyjnie zastosowanej kostki z fugami pomiędzy nimi wypełnionymi piaskiem.

Reasumując należy stwierdzić, że właściwości wytrzymałościowe kostek i płyt wodoprzepuszczalnych są zbliżone parametrami do standardowych wartości kostek i płyt brukowych (odchylenie standardowe właściwości grubo poniżej 30%, co upoważnia do stwierdzenia „zbliżone parametrami”), jakkolwiek te pierwsze posiadają cechę pozwalającą na przepuszczaniu wód opadowych do gruntu i przeciwdziałają lokalnym, krótkotrwałym podtopieniom przy okazji posiadając kilka dodatkowych zalet związanych z nawodnieniem.

6. CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWA WÓD OPADOWYCH I ROZTOPOWYCH WYSTĘPUJĄCYCH W PRZEKROJU ROKU KALENDARZOWEGO – OPADY TYPOWE I NAWALNE

Wody deszczowe jako opad atmosferyczny mogą być mierzone:

- wysokością h w mm,
- intensywnością I w mm/jednostką czasu – najczęściej w mm/min,

- natężeniem q w $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$.

Wysokość opadu jest to warstwa wody, jaka powstałaby na terenie, gdyby był on szczelny, płaski (spadek 0,0‰) i nie występowałoby parowanie. Opad wyrażony w mm odnosi się do punktu pomiarowego i jego najbliższego otoczenia w praktyce o promieniu wynoszącym kilkaset metrów. Natomiast w praktyce, jeżeli pod uwagę bierze się obszar objęty opadem, wówczas właściwiej jest posługiwać się objętością opadu, jaki spada na dany teren w jednostce czasu. W praktyce inżynierskiej stosowane są modele uwzględniające intensywność i natężenie.

Opady ze względu na stan fizyczny i wielkość kropeł można podzielić na:

- mżawkę – opad bardzo małych kropeł wody (poniżej 0,05 mm), w którym trudno odróżnić poszczególne krople i który praktycznie nie wywołuje odpływu,
- deszcz – opad pojedynczych kropeł wody różnej wielkości (od 0,05 do 7 mm), spadających z przeciętną prędkością $4 \div 6 \text{ m/s}$,
- burza – efekt kondensacji pary wodnej w atmosferze, połączonej z wyładowaniami atmosferycznymi,
- deszcze ulewne, nawalne lub supernawalne – krótkotrwałe opady o dużym natężeniu, oraz
- śnieg – opad kryształków lodu ulegających w temperaturze -10°C zlepianiu się w płatki,
- krupy – opad okrągłych lub stożkowatych ziaren lodu o średnicy od 2 do 5 mm,
- grad – opad kulek lub nieregularnych bryłek lodu o średnicy od 5 do 50 mm (zazwyczaj podczas burzy).

Według danych literaturowych w Polsce występuje w ciągu roku $120 \div 150$ dni deszczowych, w tym w większości są to deszcze o małym natężeniu, nieprzekraczającym $5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ (poniżej $2 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, nie wywołujące spływu – zwilżenie powierzchni), a czas ich trwania do kilku godzin. Deszcze o dużym natężeniu występują 5 – 6 razy w roku, a czas ich trwania wynosi $10 \div 40$ minut. Natomiast deszcze nawalne zdarzają się w Polsce co kilka lub kilkanaście lat i trwają najwyżej kilka, maksimum kilkanaście minut (nie przekraczają 15 minut). W ostatnich $10 \div 15$ latach zjawiska deszczów nawalnych są jednak częstsze (1 opad nawalny na 3 – 4 lata na danym terenie).

Maksymalne wysokości opadów w Polsce wynoszą:

- 20 ÷ 36 mm biorąc pod uwagę czas trwania opadów w przedziale 5 ÷ 30 minut, co w przeliczeniu na 1 minutę oscyluje w przedziale 4,5 ÷ 1,3 mm.
- 41 ÷ 68 mm biorąc pod uwagę czas trwania opadów w przedziale 1 ÷ 12 godzin, co w przeliczeniu na 1 minutę oscyluje w przedziale 0,09 ÷ 0,68 mm.

Biorąc pod uwagę wartości opadów w rodzaju silne deszcze, ulewy i silne ulewy klasyfikacja według Chomicza, dla których wysokość opadu nie przekracza 40 mm w ciągu godziny, należy zauważyć, że kostka i/lub płyta wodoprzepuszczalna jest w technicznym stanie przejąć opady kwalifikowane jako silne deszcze i ulewy. Dopiero opady powyżej 30 mm w ciągu godziny (deszcze nawalne i supernawalne będą wywoływały odpływ lub zbieranie się wody na takiej kostce. Tym samym przy bardzo dużych opadach będzie następowało czasowe podtopienie, które w ciągu następnych 30 ÷ 40 minut zaniknie/przekropli się przez powierzchnię kostki).

Reasumując należy stwierdzić, że ilość deszczy charakterystycznych występujących w Polsce w przypadku wód opadowych na bieżąco może być odprowadzana przez kostkę wodoprzepuszczalną za wyjątkiem deszczów nawalnych i supernawalnych kiedy w krótkim okresie czasu może dojść do chwilowych podtopień. Praktycznie wielkość podtopienia obszaru wyłożonego taką kostką nie przekroczy 20 mm. Podtopienie to zniknie w przeciągu następnych 10 – 15 minut po zakończeniu takiego deszczu nawalnego lub supernawalnego. W odniesieniu do wód roztopowych odprowadzanych poprzez kostkę wodoprzepuszczalną należy wziąć pod uwagę temperaturę wierzchniej warstwy gruntowej (do 0,5 m głębokości). W sytuacji roztopów może się zdarzyć, że powierzchnia utwardzona taką kostką będzie podtopiona na okres dłuższy (kilka dni) do wyraźnie występujących temperatur dodatnich powietrza i podłoża.

7. CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCIOWA WÓD OPADOWYCH I ROZTOPOWYCH

Podstawową cechą wód deszczowych obok zmienności ich ilości jest zmienność pod względem jakości. Przez wiele lat wody opadowe były traktowane jako tzw. wody umownie czyste. Jakkolwiek, kiedyś określono wody opadowe jako ścieki opadowe czy ścieki deszczowe, dzisiaj obowiązuje nazewnictwo tzw. delikatnie – miękkie tzn. wody. Skład tych wód jest kształtowany przez:

- wymywane z powietrza i osiadłe aerozole, (faza I),
- sflukiwane z powierzchni zlewni zanieczyszczenia (faza II),
- surowce, półprodukty lub odpady przemysłowe znajdujące się na terenach wykorzystywanych przez różnego rodzaju zakłady produkcyjne (faza IIIa),
- ścieki bytowo – gospodarcze i przemysłowe zrzucane nielegalnie do sieci kanalizacji deszczowej oraz osady z kanałów ogólnospławnych porywane przez wody deszczowe w trakcie działania przelewów (faza IIIb).

Migracja zanieczyszczeń z wodami opadowymi odbywa się więc w trzech obszarach wyżej wymienionych i w sytuacjach różnych zastosowań kostki lub płyty wodoprzepuszczalnych można mieć z każdą z nich do czynienia. Faza I zanieczyszczeń polegająca na wymywaniu zanieczyszczeń z atmosfery będzie występowała w każdym przypadku wykorzystania kostki wodoprzepuszczalnej. Faza II lub faza III będzie występować w przypadkach innych wymienionych w rozdziale 9. Opinii. Generalnie należy liczyć się z przypadkami wód opadowych zanieczyszczonych w zależności od zastosowania w sposób następujący:

- wody deszczowe prawie czyste – zanieczyszczenia jedynie wynikające z wymywania powietrza i osiadłych na pyłach aerozoli – faza I,
- wody deszczowe zanieczyszczone – faza I + faza II,
- wody deszczowe zanieczyszczone „brudne” – faza I + faza II plus faza IIIa, bądź faza IIIb,
- wody deszczowe bardzo zanieczyszczone, „bardzo brudne” – wszystkie fazy tj. I + II + IIIa + IIIb.

Jak wykazały rezultaty badań prowadzonych w kraju i na świecie, bardzo trudno jest określić skład zanieczyszczeń ścieków opadowych na drodze prognozowania. Powodem tego jest istnienie wielu czynników i zjawisk mających wpływ na ilość i jakość spływów wód opadowych. Wśród tych czynników należy wymienić:

- rodzaj zlewni,
- sposób zagospodarowania i stan czystości zlewni oraz docierających nad nią mas powietrza atmosferycznego,
- rodzaj dróg, parkingów, miejsc postojowych oraz natężenie ruchu jednostek transportowych,

- częstotliwość i sposób czyszczenia zlewni,
- sposoby zwalczania gołoledzi,
- „parametry” opadów w rodzaju:
 - ❖ zdolność spłukująca opadu wynikająca z natężenia deszczu, wysokości opadu H (mm) i czasu trwania,
 - ❖ długość przerw pomiędzy kolejnymi opadami, co skutecznie decyduje o ilości nagromadzonych zanieczyszczeń,
- pory roku,
- udziału terenów zielonych w bilansie odwodnionej powierzchni.

Dlatego też stężenia zanieczyszczeń w wodach opadowych podlegają znacznym wahaniom i to one powinny decydować o możliwościach zastosowania kostki lub płyty wodoprzepuszczalnej na zabudowę powierzchni z jednoczesnym ewentualnym przygotowaniem takich wód do kierowania na tego rodzaju powierzchnie.

7.1 ... trafiających bezpośrednio na powierzchnię

Skład jakościowy wód opadowych fazy I charakteryzuje się relatywnie dużą ilością gazów rozpuszczonych takich jak: tlenek i dwutlenek węgla, dwutlenek i trójtlenek siarki, tlenki azotu, związki węglowodorów i pyły. Należy stwierdzić, że w takich przypadkach ilość zanieczyszczeń gazowych wychwytywanych z atmosfery nie będzie w sposób zasadniczy decydowała o jakości tych wód trafiających bezpośrednio na powierzchnię zabudowaną kostką wodoprzepuszczalną. Owszem zakres podstawowych wskaźników, jakimi są zwyczajowo charakteryzowane ścieki bytowo – gospodarcze czy przemysłowe, może wahać się w dość znaczących przedziałach wartości (dotyczy BZT₅, ChZT_{Cr}, rozpuszczonych soli w rodzaju chlorki, siarczany metali ciężkich, substancji biogennych w rodzaju związki azotu i fosforu), ale stężenia zawiesin ogólnych czy węglowodorów ropopochodnych, a tymi wskaźnikami zanieczyszczeń są opisywane wody deszczowe będą niewielkie. Przeciętny skład wód deszczowych bezpośrednio trafiających na powierzchnię (w tym przypadku na kostkę lub płytę wodoprzepuszczalną) charakteryzował się będzie następującymi wielkościami:

- zawiesiny ogólne – 1 g/m³ do 90 g/m³, przeciętnie ok. 20 g/m³,
- węglowodory ropopochodne – od 0,05 g/m³ do 3 g/m³, przeciętnie 0,75 g/m³.

Jak widać z powyższego zestawienia jakość wód deszczowych wprowadzanych bezpośrednio na powierzchnię zabudowaną kostką wodoprzepuszczalną i/lub płytami wodoprzepuszczalnymi jest na tyle dobra, że nie wymagają one (wody) żadnego podczyszczania. Jednocześnie analiza sitowa takich pyłów wykazuje, że ich średnica zastępcza jest na tyle niewielka, że zostaną one hydraulicznie wymyte z kostki do warstwy podtrzymującej. Tym samym zjawiska kolmatacji kostki będą minimalne.

Reasumując, należy stwierdzić, że taki rodzaj wód deszczowych jak te które zawierają zanieczyszczenia gazowe i aerozole oraz koloidy wymyte z atmosfery są najlepszym medium do odprowadzania na powierzchnie wodoprzepuszczalne i odprowadzania w głębsze warstwy gruntu. Nie wykazują kumulacji prawie żadnych zanieczyszczeń wyrażonych wskaźnikami w rodzaju zawiesiny ogólnej i węglowodorów ropopochodnych i nie powodują koncentracji tych zanieczyszczeń w wierzchniej warstwie kostki lub płyty, ani zjawiska kolmatacji materiałów wodoprzepuszczalnych.

7.2. ... spływających z innych powierzchni utwardzonych

Wody deszczowe obejmujące fazy II, IIIa i IIIb charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi wskaźnikami zanieczyszczeń, które wynikają z pochodzenia tych wód. Mogą to być wody jak wyżej podano pochodzące z różnych zlewni zanieczyszczonych tylko substancjami mineralnymi (piasek) i niewielką ilością odpadków w rodzaju komunalnych (faza II), a mogą to być wody z terenów przemysłowych, na których doszło do kontaktu z zanieczyszczeniami przemysłowymi (w rodzaju surowce, półprodukty i/lub odpady przemysłowe), co kwalifikuje te wody jako pochodzące z fazy IIIa. Mogą to być także wody, które miały kontakt ze ściekami gospodarczo – bytowymi i/lub przemysłowymi, wody deszczowe z przelewów deszczowych na sieci ogólnospławnej bądź z kanalizacji półrozdzielczej (faza IIIb). Te ostatnie wody (fazy IIIb) odpowiadają jakością rozcieńczonym ściekom przemysłowym i/lub bytowo – gospodarczym. Wykorzystywanie dla ewakuacji takich ścieków/wód deszczowych z zastosowaniem kostki (powierzchni z kostek) wodoprzepuszczalnych jest bezpośrednio ryzykowne z powodu krótkiego okresu eksploatacji pomiędzy czyszczeniami, ale nie niemożliwe przy zastosowaniu dodatkowych materiałów wspomagających (o czym dalej). Biorąc pod uwagę opisane powyżej przypadki wody/ścieki opadowe jest niezwykle trudno jednoznacznie ocenić jakościowo. Potwierdziły to liczne badania zarówno krajowe, jak i

zagraniczne. Ten rodzaj wód/ścieków można charakteryzować za pomocą różnych grup zanieczyszczeń do których zaliczyć należy:

- zawiesiny opadające i nieopadające oraz koloidy,
- związki mineralne rozpuszczone, substancje organiczne,
- drobnoustroje, zwłaszcza chorobotwórcze bakterie i wirusy.

Podstawowymi wskaźnikami zanieczyszczenia, które należałoby wziąć pod uwagę przy odprowadzaniu wód/ścieków przez powierzchnię z kostki wodoprzepuszczalnej są:

- zawiesiny ogólne, których maksymalne stężenie na poziomie spągu warstwy podtrzymującej (podbudowy) nie powinno być większe niż 100 g/m^3 ,
- węglowodory ropopochodne, których maksymalne stężenie na poziomie spągu warstwy podtrzymującej (podbudowy) nie powinno być większe niż 15 g/m^3 .

Wskaźnik pn. węglowodory ropopochodne bardzo rzadko osiąga stężenie na poziomie 15 g/m^3 . Praktycznie z reguły $3 - 5 \text{ g/m}^3$, a dzieje się tak z powodu użycia coraz lepszych samochodów osobowych i ciężarowych oraz innych jednostek transportowych, które nie emitują takich zanieczyszczeń w sposób ciągły, co najwyżej w sytuacjach awaryjnych na relatywnie małym obszarze podlegającym zaraz po awarii zabiegom utylizacyjnym. Tak więc wskaźnikiem, który może w sposób permanentny zanieczyszczać wody deszczowe, a tym samym kostkę wodoprzepuszczalną są zawiesiny ogólne. Wskaźnik ten jednoznacznie oddziałuje na pozostałe zanieczyszczenia (wskaźniki), a ich procentowy udział zanieczyszczeń skojarzonych z zawiesiną wynosi:

- $\text{ChZT}_{\text{Cr}} - 83 \div 92\%$,
- $\text{BZT}_5 - 90 \div 95\%$,
- Azot ogólny - $65 \div 80\%$,
- Węglowodory – $82 \div 99\%$,
- Ołów – $97 \div 99\%$.

Jednocześnie orientacyjne wartości zanieczyszczeń w wodach opadowych w odniesieniu do zakresu wartości średnich kształtują się na poziomie $80 \div 17000 \text{ g/m}^3$. Zakres wartości średnich wskaźników zanieczyszczeń wymienionych powyżej kształtuje się na poziomie:

- $\text{ChZT}_{\text{Cr}} - 40 \div 50 \text{ g O}_2/\text{m}^3$,
- $\text{BZT}_5 - 7 \div 85 \text{ g O}_2/\text{m}^3$,

- Azot ogólny – $3 \div 10 \text{ g N/m}^3$,
- Ołów – $0,9 \div 12,6 \text{ g Pb/m}^3$.

Reasumując należy stwierdzić, że wody opadowe spływające z innych zlewni utwardzonych (faza II) oraz obejmujące inne fazy (IIIa i IIIb) obszarowe skutkujące większymi stężeniami zanieczyszczeń przed wprowadzeniem na powierzchnię sformowaną z kostek wodoprzepuszczalnych będą wymagać podczyszczania i/lub zastosowania materiałów wspomagających podczyszczanie, bądź specjalnych czynności powodujących odnawialność powierzchni przesiąkających. Wskaźnik podstawowy charakteryzujący jakkolwiek rodzaj wód/ścieków opadowych przed wprowadzeniem na powierzchnię kostki wodoprzepuszczalnej (dotyczy zawiesiny ogólnej), powinien być jak najmniejszy, co skutecznie zapobiegnie kolmatacji wierzchniej warstwy takiej płaszczyzny i wydłuży okres eksploatacji bez renowacji (rekultywacji) powierzchni.

8. CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZONYCH WÓD/ŚCIEKÓW ODPROWADZANYCH DO ODBIORNIKA

Wody/ścieki deszczowe przepływające (przekraplające się) przez kostkę i/lub płytę wodoprzepuszczalną podlegają procesom oczyszczania przed ich odprowadzaniem do odbiornika. Odbiornikiem dla tych wód/ścieków opadowych może być grunt lub odbiornik wodny w przypadkach, kiedy pod ułożoną warstwą płyt i/lub kostek znajduje się drenaż zbierający, odprowadzający przesączone (przefiltrowane) wody systemem rurociągów do cieku wodnego. Zgodnie z aktualnym rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz. U. z 2019 r. poz. 1311), wody opadowe lub roztopowe ujęte lub zamknięte systemy kanalizacyjne pochodzące z zanieczyszczonych powierzchni szczelnych powinny charakteryzować się maksymalnymi stężeniami wybranych wskaźników nie przekraczającymi w przypadku zawiesin ogólnych wielkości 100 g/m^3 , natomiast w przypadku węglowodorów ropopochodnych wielkości 15 g/m^3 .

Niezależnie od tego, skąd będą pochodziły wody deszczowe i jaki będzie ich stan zanieczyszczenia (czy faza I, czy faza IIIb i/lub pozostałe pośrednie), to będą one w większym

lub mniejszym stopniu oczyszczone, ale efekt końcowy mając na uwadze występujące procesy (osadzania na powierzchni, adsorpcji wewnątrz struktury kostki i filtracji przez kostkę) z pewnością sprowadzi się do uzyskania wartości stężeń zanieczyszczeń na poziomie zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem, co najwyżej czas funkcjonowania kostki lub płyty w odniesieniu do zdolności przekraplania może być krótszy i wówczas kostka lub płyta ta wymagać będzie regeneracji – mycia. Okres pomiędzy regeneracjami mając na uwadze kolmatację kostki i/lub płyty w przypadku wód deszczowych kwalifikowanych do fazy I lub II będzie długi, natomiast dla wód/ścieków zanieczyszczonych w ramach fazy IIIa i IIIb należy dla uzyskania długiego cyklu eksploatacyjnego, korzystać z materiałów pomocniczych zabezpieczających kostkę i/lub płytkę.

Reasumując należy stwierdzić, że pomimo mogących mieć miejsce bardzo zróżnicowanych wartości stężeń zanieczyszczeń w wodach opadowych zastosowanie kostki i/lub płyty do „przepuszczania” – przekraplania wód do gruntu pozwoli na uzyskanie stężeń w wodach opadowych oczyszczonych na poziomie wymaganym rozporządzeniem (Dz. U. z 2019 r. poz. 1311), niezależnie czy zostaną zastosowane materiały pomocnicze (dla wód opadowych stężonych), czy nie (dla wód opadowych relatywnie czystych).

9. OCENA PRZEBIEGU PROCESÓW SEDYMENTACJI, ADSORPCJI I PRZESIAKANIA W TRAKCIE OCZYSZCZANIA WÓD OPADOWYCH

Wody deszczowe spadające i/lub napływające na powierzchnię zabudowaną kostką wodoprzepuszczalną lub płytami w trakcie przekraplania się przez materiał (kostki, płyty) podlegają oczyszczaniu na skutek procesów sedymentacji, adsorpcji w trakcie filtracji przez materiał porowaty, jakim jest kostka lub płyta oraz koalescencją powierzchniową i/lub wgłębną dla zanieczyszczeń płynnych i koloidalnych (głównie dotyczy to węglowodorów ropopochodnych).

Proces sedymentacji jest wykorzystywany do usunięcia z wód deszczowych (opadowych) bezpośrednio opadających na powierzchnię lub napływających, cząstek zanieczyszczeń stałych mineralnych bądź organicznych wymytych przez wody opadowe bezpośrednio z powietrza, bądź podczas hydraulicznego przemieszczania się wód na powierzchni ziemi lub na powierzchniach zabudowanych (placy, jezdnie, chodniki, etc.), a także terenach zielonych. Wyróżniamy opadanie swobodne przy relatywnie małych ilościach

cząstek (małe zagęszczenie) oraz opadanie skupione, gdzie następuje wzajemne zderzanie się cząstek i tworzenie aglomeratów (to taki rodzaj koalescencji dla materiałów zanieczyszczeń stałych).

Proces filtracji to zjawisko umożliwiające usuwanie z oczyszczonej cieczy cząstek stałych o średnicy $> 0,1$ um, które pozostają na powierzchni materiału filtracyjnego jakim są powierzchnie utwardzone kostką lub płytami wodoprzepuszczalnymi, bądź przy mniejszych średnicach zatrzymywane są wewnątrz na skutek występowania procesów adsorpcji. Współwystępujące procesy (filtracja, adsorpcja) dotyczą zanieczyszczeń stałych (zawiesin o bardzo minimalnych wymiarach – średnicach zastępczych).

Proces koalescencji w postaci powierzchniowej i/lub wgłębnej obejmuje zanieczyszczenia koloidalne i płynne charakteryzujące się innym ciężarem właściwym (inną gęstością) niż woda. Dotyczy to szczególnie węglowodorów ropopochodnych, które mogą wystąpić w przypadkach spływów powierzchniowych ze zlewni (ulice, parkingi, tereny przemysłowe) lub z kanałów ogólnospławnych bądź deszczowych zanieczyszczonych.

Wszystkie tego rodzaju procesy oczyszczają wody deszczowe w stopniu tak wysokim, że mogą być one wprowadzone bezpośrednio do gruntu i/lub wód powierzchniowych pod warunkiem, że nie zawierają innych zanieczyszczeń wynikających z kontaktów przypadkowych lub zamienionych z różnego rodzaju ściekami, odpadami czy osadami.

Powierzchnie utwardzone kostką i/lub płytami wodoprzepuszczalnymi stanowią rodzaj urządzeń do systemowego podczyszczania wód deszczowych przed ich bezpośrednim odprowadzeniem do gruntu i występują niezależnie od tego czy jest to działanie zamierzone czy przypadkowe.

Analizując w aspekcie efektów zastosowane procesy podczyszczania należy stwierdzić, że są one niezbędne w świetle dotychczas prowadzonych doświadczeń, charakteryzują się wysokimi efektami oczyszczania, a biorąc pod uwagę zastosowanie takich powierzchni uszczelnionych, wytrzymałych na prowadzenie ruchu kołowego lekkiego, z ograniczonym ruchem pojazdów ciężkich (powyżej 3,5 t), powodują pozbywanie się wód deszczowych względnie równomiernie na danym obszarze i relatywnie czystych.

10. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA KOSTKI WODOPRZEPUSZCZALNEJ

Strategicznym problemem rozwoju kraju jest kształtowanie i ochrona zasobów wodnych oraz gospodarowanie wodą, w tym w szczególności wodami opadowymi i roztopowymi, których pozyskiwanie bezpośrednio odbywać się może prawie bezkosztowo. Dlatego też wody deszczowe i roztopowe z punktu widzenia hydrologicznego należałoby ograniczyć w odniesieniu do bezproduktywnego spływu powierzchniowego. Pozostałe zjawiska, jak transpiracja przez rośliny powiązana z absorpcją korzeniową, wsiąkanie i przesiąkanie do wód gruntowych, a także parowanie oraz spływ gruntowy występują jako procesy naturalne. W zależności od rodzaju zlewni, jej zabudowy i zagospodarowaniu spływ powierzchniowy waha się w przedziale 20 ÷ 80%, na co niewątpliwie wpływ mają intensywności opadów.

Kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalne, stanowiące wraz z podbudową rozwiązania przepuszczalnej i utwardzonej powierzchni mogą być wykorzystywane jako:

1. Drogi wewnętrzne osiedlowe, parkingi wielkopowierzchniowe
2. Chodniki i ścieżki rowerowe.
3. Powierzchnie dla ruchu kołowego, lekkiego z ograniczonym ruchem pojazdów ciężkich (powyżej 3,5 t).
4. Ciągi pieszo – jezdne w parkach, ogrodach, ogrodach botanicznych, arboretach, miejscach rekreacji zbiorowej, ogrodach zoologicznych, wydzielonych kwartałach osiedli mieszkaniowych.
5. Obudowy drzew i krzewów z możliwością zasilania w wodę terenów położonych poza krawędzią pnia w odległości większej niż 1,0 m od krawędzi zabudowy.
6. Zbiorniki przesiąkająco – odparowujące wyłożone geowłókniną o gramaturze 40 ÷ 60 g/m³.
7. Odwodnienia liniowe wykonane w postaci rynny muldowej, muldy podłużne odwadniające pasy jezdni asfaltowych.
8. Rigole wypełnione pospótką i/lub grysem i umocnione kostką wodoprzepuszczalną.
9. Rowy odwadniające i ciekły dla odprowadzania wód deszczowych, których skarpy są umocnione kostką i/lub płytką wodoprzepuszczalną.
10. Stawy dwufunkcyjne z trzciną w pierwszej sekcji i wsiąkaniem do gruntu w sekcji drugiej wyłożone kostką i/lub płytami.
11. Wydzielone podtorza tramwajowe.

Ad. 1 do ad. 4 – Wszelkiego rodzaju ciągi, na których odbywa się ruch pieszy, lekki ruch pojazdów w rodzaju rowerów, hulajnóg, pojazdów do 3,5 tony w ramach funkcji ruchu wewnętrznego (parki, ogrody, etc.) a także lekki ruch kołowy z ograniczonym ruchem pojazdów ciężkich (powyżej 3,5t) należy zabudowywać takimi materiałami wodoprzepuszczalnymi, jak kostka lub płyta, gdyż sprawiają one względnie równomierny odpływ wód opadowych do gruntu, bez przemieszczania nadmiernych ilości wody deszczowej. Pewien stopień przemieszczania się wód opadowych po takich nawierzchniach występuje jedynie podczas konieczności zastosowania dużych spadków podłużnych takich powierzchni (powyżej 1,5%), co w przypadkach występowania specyficznego ukształtowania terenu jest dopuszczalne. Zastosowanie takiej powierzchni wodoprzepuszczalnej pozwala oprócz pełnienia swojej funkcji na realizację ruchu transportowego bez odkształceń powierzchniowych z zachowaniem spadków podłużnych i poprzecznych gwarantujących odpływy wody i brak deformacji także względnie równomiernie odprowadzanie wód opadowych do gruntu, co ma korzystny wpływ na podziemną przypowierzchniową zlewnię, jej kształt i zasobność w wodę. Nie sprawia, że tworzą się wydzielone akwenty wodne z brakiem zasilania lub jego nadmiernym zasilaniem.

Ad. 5 – W ostatnim czasie są stosowane obudowy roślin (drzew i krzewów) w ciągach wolnego gruntu biegnącego wzdłuż ulic i/lub dróg, jako rodzaj bezpiecznika pomiędzy jezdnią, a chodnikiem, o ile możliwe jest wydzielenie takiego pasa. Najczęściej taka przestrzeń pozostaje wolna w promieniu ok. 1 m od pnia (jeżeli dysponuje się taką powierzchnią) lub mniej, a poza tym wolnym obszarem stosuje się zabudowę szczelną w postaci płyt chodnikowych betonowych lub kostki brukowej. Zastosowanie kostki lub płyty wodoprzepuszczalnej pozwala na względnie równomierne zasilanie systemu korzeniowego rośliny, który sięgać może na kilka metrów od pnia.

Ad. 6 – Zbiorniki przesiąkające – odparowujące stosuje się obecnie w bardzo wielu lokalizacjach szczególnie zaś przy odwadnianiu dróg szybkiego ruchu i autostrad. Do zbiorników tych sprowadzane są wody z nawierzchni drogowych w celu uniknięcia zanieczyszczeń sedymentujących i odprowadzane do gruntu lub przelewami do cieków powierzchniowych. Podobne rozwiązania są stosowane dla końcowych systemów kanalizacji deszczowych. Modernizacja takich zbiorników przez wyłożenie ich kostką

wodoprzepuszczalną i rozścielenie na powierzchni geowłókniny o gramaturze 40 – 60 g/m² pozwoli na przesiąkanie wód opadowych (czystych) do gruntu natomiast zatrzymaniu zanieczyszczeń mineralnych osadów organicznych i ewentualnych węglowodorów ropopochodnych na geowłókninie, którą okresowo należy w pogodzie suchej usunąć do utylizacji lub regeneracji. Rozwiązanie takie pozwala na pozostawienie określonych ilości wód opadowych w miejscach ich występowania (opadów), co nie wpływa negatywnie na dysproporcje bilansu ilościowego wód opadowych na obszarze zlewni.

- Ad. 7 i ad. 8 – Rozwiązania różnego rodzaju dla pozbywania się wód opadowych na relatywnie długich odcinkach poboczy dróg wyposażonych w łagodne rowy odwadniające wyposażone w muldy podłużne, rynny muldowe lub rigole (nazewnictwo w zależności od kształtu i podbudówki
- Ad. 9 – Często ze zbiorników przesiąkająco – odparowujących niekiedy pełniących też funkcję zbiornika transpiracyjnego są odprowadzane nadmiary wód opadowych z użyciem rowów odwadniających. Po części są to rowy sztucznie wykonane, po części rowy melioracyjne suche, wypełniające się w trakcie pogody deszczowej. O ile dno w takich rowach należałoby pozostawić w wykonaniu gruntowym o tyle skarpy z powodów konstrukcyjnych i hydraulicznych należałoby obłożyć kostką lub płytami wodoprzepuszczalnymi dla pozbywania się w trakcie przepływu strugi wód opadowych. Rozwiązanie tego typu pozwala na właściwą statykę przekroju poprzecznego rowu, braki w deformacji kształtu, ale także ochrona przed samosiejkami. Jednocześnie efektywność odwadniania rowu (odprowadzania wód deszczowych do gruntu) jest bardzo wysoka przy minimalnym zanieczyszczeniu wykładziny (kostka lub płyty), która z racji przepływu strugi cieczy jest omywana, a tym samym czyszczona.
- Ad. 10 - Elementem końcowym oczyszczania wód opadowych, a także ścieków gospodarczo – bytowych i przemysłowych są stawy, które w zależności od rozwiązań konstrukcyjnych, jak i obciążeń hydraulicznych i rodzajów ścieków oczyszczających mogą pełnić różnego rodzaju funkcje. Ostatnią z funkcji takich stawów przy ich podziale na poszczególne sekcje mogą być procesy wsiąkania do gruntu oczyszczonych wód opadowych bądź ścieków pozbawionych w szczególności zawiesin. Sekcja stawu

przeznaczona dla prowadzenia procesów wsiąkania mogłaby w części lub w całości być wyłożona kostką bądź płytką wodoprzepuszczalną. Wyłożenie stawu w części od strony napływu wód przeznaczonych do wsiąkania przeciwdziała deformacji dna, wyłożenie sekcji stawu w całości pozwala na prowadzenie czynności oczyszczających tę sekcję stawu co pewien okres czasu.

Ad. 11 - W praktyce zagospodarowania ciągu drogowego z wydzielonym torowiskiem tramwajowym przy zróżnicowanych spadkach podłużnych stosowane są lokalne odwodnienia, często drenażowe pod warstwą tłucznia. W miejscach stosowania specjalnej warstwy filtracyjnej można byłoby zastosować kostkę lub płytkę wodoprzepuszczalną. Rozwiązania tego rodzaju byłyby bardzo estetyczne, jednakże wymagałyby częstego czyszczenia tak zrealizowanej nawierzchni poprzez płukanie podciśnieniowe nawierzchni.

Generalnie dla zwiększenia żywotności takich nawierzchni wymienionych w punktach 1 ÷ 11 należałoby stosować wzmożoną dbałość o ich powierzchniową czystość. Miałoby to polegać na częstym suchym omiataniu takich nawierzchni z wykorzystywaniem mechanicznego sprzątnia systemem ssawkowym (przedciśnieniowym), a także podciśnieniowego mycia takich nawierzchni z użyciem wysokossących podciśnieniowych maszyn myjących.

Reasumując należy stwierdzić, że kostki lub płyty wodoprzepuszczalne można wykorzystać w wielu rozwiązaniach wymagających powierzchni przepuszczalnych dla równomiernego zasilania wód gruntowych wodami opadowymi. Zastosowanie takich powierzchni sprzyja właściwej estetyce obszarów zabudowanych, ogranicza budowę sieci kanalizacji deszczowej i/lub drenażowej, ogranicza wielkości takich sieci w odniesieniu do długości, jak i przekroju poprzecznego.

11. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA KOSTKI I/LUB PŁYTY WODOPRZEPUSZCZALNEJ W DROGOWNICTWIE

Wykorzystanie kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalnej bezpośrednio i/lub pośrednio przy budowie dróg, a także miejsc pomocniczych i towarzyszących należy uznać za sposób podstawowy wykorzystania i dlatego też przykłady związane z szeroko pojętym

drogownictwem zaprezentowano w oddzielnym rozdziale. Zastosowanie kostki wodoprzepuszczalnej może mieć miejsce dla wykonania:

- dróg lokalnych „L”, dojazdowych „D”, oraz wewnętrznych w osiedlach i zakładach przemysłowych,
- placów postojowych i manewrowych,
- parkingów osiedlowych i innych, w tym przed sklepami i marketami wielkopowierzchniowymi,
- ciągów jezdnych i pieszych, miejsc odpoczynku podróżnych MOP zlokalizowanych przy drogach ekspresowych i autostradach,
- placów, gdzie odbywa się sprzedaż produktów rolnych oraz innych dóbr realizowana przez mini przedsiębiorców (tzw. rynki),
- perony przystanków tramwajowych wydzielone z jezdni.

Wymienione wyżej rodzaje miejsc drogowych do zabudowy kostką wodoprzepuszczalną pozwalają na ich użytkowanie pod warunkiem zastosowania właściwej podbudowy zaproponowanej w materiałach prospektowych dla ruchu samochodów osobowych i/lub ciężarowych do 10 ton, a więc dla około 85% pojazdów poruszających się po polskich ciągach jezdnych. Naczelną właściwością tak zrealizowanych nawierzchni jest odprowadzanie wód opadowych do wód gruntowych w miejscach występowania opadów, co pozwala na zachowanie optymalnych stosunków wodnych bez ich przemieszczania terenowo – obszarowego.

12. ANALIZA ZMIAN HYDRAULIKI FUNKCJONOWANIA OBSZARU ODWADNIANEGO, ROWÓW, ZBIORNIKÓW, ETC

Natężenie opadów atmosferycznych wywołujących spływy powierzchniowe wód waha się w bardzo szerokich granicach od kilkunastu dm^3 na sekundę i hektar, poprzez standardowe wielkości wynoszące w zależności od rejonu $50 \div 130 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, gdzie wartość maksymalną z tego przedziału ($130 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$) uznać należy za deszcz miarodajny, aż do wielkości deszczów silnych i nawalnych wynoszących w przedziale $240 \div 300 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$. Charakterystyczne wartości wielkości intensywności opadów wynoszące:

- 15, 50, 75, 130, 240, 300 dm³/s·ha, które w różnych sytuacjach technicznych i hydraulicznych są zastosowane przeliczono odpowiednio na wielkość w dm³/m²·h, kształtują się one następująco (odpowiednio do wartości wymienionych wyżej);
- 5,4; 18; 27; 46,8; 86,4; 108 dm³/m²·h.

Jak widać z powyższego zestawienia każda intensywność opadu atmosferycznego jest mniejsza niż graniczna (maksymalna) wartość przepiękliwości kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalnej typu WATERFLOW™.

Natomiast odnosząc wartość opadu do intensywności opadów wyrażonej w mm/h i mając na uwadze wysokość opadu w ramach klasyfikacji deszczów według Chomicza wartości poszczególnych charakterystycznych deszczów prezentują się następująco:

- opady poniżej średnich deszczów – do 8 mm/h,
- silne deszcze w przedziale: 8 ÷ 15 mm/h,
- ulewy w przedziale 15 ÷ 25 mm/h,
- silne ulewy w przedziale 25 ÷ 45 mm/h,
- deszcze nawalne w przedziale 45 ÷ 90 mm/h,
- deszcze supernawalne w przedziale 90 ÷ 140 mm/h,
- powyżej deszcze katastroficzne.

Wartość mm/h jest tożsama z wartością dm³/h na 1 m² powierzchni, Maksymalna wartość przepiękliwości kostki wodoprzepuszczalnej lub płyty wynosi do 310 dm³/m²·h. Jak widać z zestawienia opadów czy wyrażając wielkość opadu poprzez wielkości mm/h przepiękliwość kostki i/lub płyty przy prostopadłej strudze wody spadającej na tak uformowaną powierzchnię jest znacząco wyższa. Przyjmując nawet jak to w sytuacjach występowania procesów sedymentacji wartość kolmatacji takiej przepuszczalnej powierzchni na poziomie 40% zanieczyszczenia, dyspozycyjna przepiękliwość kostki wodoprzepuszczalnej traktowana jako przepiękliwość przed wykonaniem procesów czyszczenia wyniesie:

$$P_{\text{rzecz.min}} = 310 \cdot (1 - 0,40) = 186 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}.$$

Przy takich wartościach zanieczyszczenia ($\alpha \approx 0,40$) kostka i/lub płyta wodoprzepuszczalna nadal funkcjonuje bez zakłóceń. Graniczna wartość zanieczyszczenia dla przepiękliwości odpowiadającej średniej wartości deszczowi supernawalnemu (115 mm/h) wynosi:

$$\alpha = 1 - \frac{115}{310} = 0,629$$

Praktycznie, uwzględniając zjawiska cementacji zatrzymywanych na powierzchni i wewnątrz kostki (nie głębiej niż 15 mm) zanieczyszczeń mineralnych, eksploatorzy takich nawierzchni nie powinni dopuszczać do zanieczyszczeń większych niż 50%.

W sytuacjach kiedy przesiąkanie przez kostkę lub płytkę wodoprzepuszczalną odbywa się pod kątem ostrym do przepływu strugi (dotyczy: odwodnień liniowych – rynien muldowych, rigoli lub rowów odwadniających) efektywną przepuszczalność powierzchni należy obliczyć w oparciu o formułę jw. uwzględniając sinus kąta napływu strugi na powierzchnię przesiąkalną wynoszący w granicach $15 \div 60^\circ$. Tym samym przepuszczalność dla w/w odwodnieni należy obliczać według formuły:

$$P_{\text{rzecz.min}} = 310 (1 - \alpha) \cdot \sin\beta$$

gdzie:

α – założony maksymalny stopień zanieczyszczenia kostki i/lub płyty (nie wyższy niż 50%),

β – kąt napływu strugi na powierzchnię kostki lub płyty stanowiących zabudowę rynien muldowych, rigoli czy rowów odwadniających,

Reasumując, należy stwierdzić, że ustalając stan hydraulicznego usuwania wód opadowych z obszarów, powierzchni i urządzeń wykonanych z użyciem kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalnej potencjalna przesiąkliwość tych wyrobów w stosunku do wielkości opadów atmosferycznych poczynając od najniższych średnich deszczów wywołujących przepływy wód, a kończąc na deszczach supernawalnych jest wyższa niż intensywność opadów mierzona w $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ lub w $\text{dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, a także niż wielkość opadu wynikająca z klasyfikacji deszczów według Chomicza wyrażona w mm/h lub $\text{dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, uwzględniająca dodatkowo 50% efekty zanieczyszczenia powierzchni przesiąkalnej.

W sytuacjach przepływów strug wód deszczowych pod kątem w odniesieniu do powierzchni wodoprzepuszczalnych będących wyposażeniem odwodnień liniowych w rodzaju rynien muldowych, rigoli lub rowów odwadniających, należy uwzględnić kierunek kąta napływu strugi na powierzchnię wynoszącego w granicach $15 \div 60^\circ$ (jako sinus tego kąta).

13. OKREŚLENIE WPŁYWU WÓD OPADOWYCH NA WODY PODZIEMNE PRZEPLYWAJĄCE PRZEZ KOSTKĘ WODOPRZEPUSZCZALNĄ I WARSTWĘ KONSTRUKCYJNĄ PODBUDOWY

Jednym z ważniejszych elementów środowiskowych na które mają wpływ wody deszczowe spadające na jakąkolwiek powierzchnię (zabudowaną lub niezabudowaną) są wody podziemne. Ich poziom występowania pod powierzchnią terenu jest bardzo zróżnicowany. Należy przyjąć, że jeżeli poziom wód gruntowych (podziemnych) występuje poniżej 1,2 m ppt to wody deszczowe niezależnie od stanu zanieczyszczenia trafiające na powierzchnię wykonaną z kostki wodoprzepuszczalnej są tak oczyszczone, że mogą być odprowadzane bezpośrednio do gruntu. Wynika to z formuły obliczeń efektywności oczyszczania tj.:

$$C_k = C_p (1 - \eta)^{H/1,2}$$

gdzie:

C_k – stężenie końcowe zanieczyszczeń (najczęściej obliczamy dla zawiesin ogólnych i węglowodorów ropopochodnych),

C_p – stężenie początkowe zanieczyszczeń w wodach deszczowych.

η – efektywność usuwania zanieczyszczeń ustalona dla poszczególnych wskaźników zanieczyszczenia przy filtracji wód deszczowych przez minimalną wielkość (miąższość) podbudowy i gruntu rodzimego wynoszącą $H = 1,2$ m. Dla zawiesin ogólnych $\eta = 0,98$; dla węglowodorów ropopochodnych w zależności od rodzaju zanieczyszczeń (benzyny, oleje, ropa) η waha się w przedziale $0,75 \div 0,92$.

Preferowana przez Producenta podbudowa pod 8 cm kostką WATERFLOW™ składająca się (idąc w głąb gruntu) z:

- 5 cm warstwy kruszywa o uziarnieniu $4 \div 8$ mm,
- 10 cm warstwy kruszywa o uziarnieniu $8 \div 16$ mm,
- 25 cm warstwy tłucznia o uziarnieniu $31,5 \div 63$ mm,
- geowłóknina o gęstości (gramaturze) maksymalnej 65 g na 1 m^2 , optymalna 40 g/m^2 ,
- grunt rodzimy przepuszczalny (piaski wszelkiego rodzaju, żwiry, pospółki).

Zastosowanie tak sformowanej warstwy podbudowy pod kostką pozwala z jednej strony na otrzymanie właściwego stanu wytrzymałościowego nawierzchni przeciwdziałając przed odkształceniami, z drugiej strony daje możliwość zasilania wód gruntowych czystymi wodami

opadowymi i roztopowymi przyczyniając się do utrzymania status quo poziomu wód powierzchniowych (gruntowych). Ma to w konsekwencji pozytywny wpływ na roślinność i powierzchnię ziemi.

Reasumując należy stwierdzić, że realizacja wszelkich nawierzchni utwardzonych z możliwością odprowadzania wód opadowych i roztopowych w miejscach ich „lokalizacji” (bez przepływów siecią rowów i/lub kanałów) pozwala na względne zachowanie stanu obciążenia hydraulicznego wodami podziemnymi (jako wartość stała) bez możliwości występowania przemieszczeń (przepływów) wód opadowych, co korzystnie wpływa na stan danej zlewni, przeciwdziałając wysuszeniu (stepowieniu) pewnych połąci terenu.

14. WPŁYW ODPROWADZANYCH WÓD OPADOWYCH PRZEPEŁYWAJĄCYCH PRZEZ KOSTKĘ WODOPRZEPUSZCZALNĄ NA POZOSTAŁE ELEMENTY ŚRODOWISKA

Powierzchnie utwardzone wybudowane z kostki/płyty wodoprzepuszczalnej mogą mieć wpływ na niektóre elementy środowiskowe, takie jak:

- powierzchnie ziemi z glebą,
- wody powierzchniowe,
- wody podziemne (omówione w rozdziale 11),
- świat roślin,
- krajobraz,
- mieszkańców.

Natomiast powierzchnie te pozostają bez jakiegokolwiek wpływu na takie elementy środowiskowe, jak:

- powietrze,
- złoża kopalne,
- świat zwierząt,
- klimat.

W odniesieniu do powierzchni ziemi z glebą to korzystny wpływ zastosowania kostki wodoprzepuszczalnej przejawia się na wykonaniu terenu utwardzonego, który w danej sytuacji jest niezbędny dla pełnienia różnorodnych funkcji, ale jednocześnie powierzchnia

utwardzona odprowadza znaczące ilości wód opadowych do gruntu nie powodując zakłócenia w stosunkach wodnych. Wykonanie powierzchni utwardzonej z kostki i/lub płyt wodoprzepuszczalnych łączy funkcje korzystnej zabudowy z odprowadzaniem wód do gruntu.

W odniesieniu do wód powierzchniowych zastosowanie takiego rodzaju utwardzonej powierzchni powoduje tylko częściowy – znacząco częściowy odpływ wód deszczowych w trakcie opadów bezpośrednio do odbiornika, co relatywnie zmniejsza wahania charakterystycznych przepływów wody w danym cieku, a tym samym ograniczać może zasadnicze wezbrania wód na pewnych odcinkach danego cieku. Dlatego też zastosowanie takich materiałów wodoprzepuszczalnych jak kostka czy płyty bardzo korzystnie wpłynie na bilans wód powierzchniowych zmniejszając w dużym stopniu wahania stanów wody.

W odniesieniu do świata roślin zastosowanie kostki wodoprzepuszczalnej jest bardzo korzystne z uwagi na możliwość poprzez przesiąkanie wód deszczowych zasilania systemu korzeniowego drzew i krzewów. Szczególnie ważne i wskazane jest to w sytuacjach występowania roślin w ciągach pieszych, gdzie występuje wygradzona wokół rośliny część niezabudowana zasilana wodami opadowymi, a rozwinięty system korzeniowy występujący pod powierzchnią zabudowaną jest dodatkowo zasilany wodami deszczowymi i/lub roztopowymi.

W odniesieniu do krajobrazu zastosowanie kostki i/lub płyt wodoprzepuszczalnych sprawia, że dany obszar – zlewnia jest uporządkowana i sprawia wrażenie estetycznego zagospodarowania.

W podobny sposób należałoby określić zastosowanie kostki i/lub płyt wodoprzepuszczalnych na mieszkańców. Ich zastosowanie sprawia wrażenie uporządkowania terenu zlewni, pozwala na łatwiejsze utrzymanie czystości oraz daje mieszkańcom poczucie ładu i porządku.

Oceniając poszczególne elementy środowiskowe w aspekcie użycia matrycy oddziaływań tego materiału na środowisko, należy przyjąć, że skala pozytywnego oddziaływania określona na +5 pkt dotyczy takich elementów środowiskowych, jak: powierzchnia ziemi z glebą, wody powierzchniowe, wody podziemne i świat roślin – razem 4 elementy środowiskowe razy +5 punktów = +20 punktów. Natomiast elementy środowiskowe w rodzaju krajobraz i mieszkańcy należy pozytywnie ocenić odpowiednio +4 pkt i +3 pkt. Łącznie system zainstalowania powierzchni utwardzonych z kostki i/lub płyt

wodoprzepuszczalnych biorąc pod uwagę matrycę oddziaływań na środowisko (tablicę LEOPOLDA) należy ocenić na +27 pkt. To bardzo dobry wynik końcowy predestynujący ten rodzaj materiału do użycia w środowisku naturalnym. Na pozostałe elementy środowiskowe jako niezwiązane z oddziaływaniem materiału, bądź bardzo luźno związane takie, jak: powietrze, złoża kopalne, świat zwierząt czy klimat zastosowany materiał nie wywiera jakiegokolwiek wpływu (pozytywnego lub negatywnego), tym samym ocena wynosi 0 pkt, a łączna biorąc pod uwagę wszystkie 10 elementów środowiskowych została ustalona na +27 pkt.

15. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie materiałów dostarczonych przez Zamawiającego związanych z technologią i techniczną stroną produkcji i możliwości zastosowania kostki wodoprzepuszczalnej, informacji zebranych o opadach atmosferycznych występujących w Polsce, możliwościach odprowadzania wód opadowych i roztopowych do gruntu, a także w oparciu o przeprowadzoną wizję lokalną Zakładu Produkcyjnego tego wyrobu budowlanego oraz fachową literaturę techniczną uwzględniającą hydraulikę przepływu wód przez materiały porowate można sformułować następujące wnioski i konkluzje oraz zaprezentować kompendium informacji o przedmiocie sprawy i jej właściwościach:

1. Właściwości wytrzymałościowe oraz charakterystyki technologiczno – technicznej kostek i płyt wodoprzepuszczalnych są zbliżone parametrami do standardowych wartości kostek i płyt brukowych, jakkolwiek te pierwsze posiadają cechy pozwalające na przepuszczaniu wód opadowych do gruntu, przeciwdziałając lokalnym, krótkotrwałym podtopieniom obszarów zabudowanych takim materiałem posiadającym dodatkową zaletę w postaci nawodnień gruntów.
2. Charakterystyczna ilość wód opadowych występujących w Polsce odnosząc wielkość do intensywności bądź natężenia może być na bieżąco odprowadzana przez kostkę wodoprzepuszczalną za wyjątkiem deszczów nawalnych i supernawalnych, kiedy w krótkim okresie czasu może dojść do chwilowych podtopień. Praktycznie wielkość podtopień obszaru wyłożonego taką kostką / płytą nie przekroczy 20 mm, co zostanie w następnych kilkunastu minutach po ustaniu opadów zlikwidowane na skutek przesiąkania wody w głębsze warstwy podłoża.

3. W sytuacji roztopów może się zdarzyć, że powierzchnia utwardzona taką kostką będzie podtopiona na okres dłuższy (kilka dni) do czasu wyraźnie występujących temperatur dodatnich powietrza i podłoża.
4. Stężenia zanieczyszczeń w wodach opadowych podlegają znacznym wahaniom i to one powinny decydować o możliwościach zastosowania kostki lub płyty wodoprzepuszczalnej pod zabudowę powierzchni z jednoczesnym ewentualnym przygotowaniem takich wód do kierowania na tego rodzaju płaszczyzny.
5. Rodzaje wód deszczowych zawierających zanieczyszczenia gazowe i aerozole oraz koloidy wymyte z powietrza atmosferycznego są najlepszym medium do odprowadzania na powierzchnie wodoprzepuszczalne i odprowadzania w głębsze warstwy gruntu. Takie operacje filtracji wód deszczowych przez powierzchnie wykonaną z kostki lub płyty wodoprzepuszczalnej nie wykazują kumulacji prawie żadnych zanieczyszczeń (wyrażonych wskaźnikami w rodzaju zawiesin ogólnych i węglowodorów ropopochodnych) i nie powodują koncentracji tych zanieczyszczeń w wierzchniej warstwie kostki lub płyty, ani kolmatacji materiałów wodoprzepuszczalnych użytych do zabudowy powierzchni.
6. Wody opadowe spływające z innych powierzchni zlewni utwardzonych pozostające zanieczyszczone większymi stężeniami zanieczyszczeń przed wprowadzeniem na powierzchnię sformowaną z kostek wodoprzepuszczalnych będą wymagać podczyszczania i/lub zastosowania materiałów wspomagających podczyszczanie, bądź specjalnych czynności powodujących odnawialność powierzchni przesiąkających.
7. Stężenia badanych w wodach opadowych zanieczyszczeń odprowadzanych do gruntu, lub wód powierzchniowych po przekropleniu (przeptynięciu) przez kostkę i/lub płytkę, będą odpowiadały wymaganiom obowiązującego rozporządzenia (Dz. U. 2019 r. poz., 1311) i wynosiły:
 - dla zawiesin ogólnych poniżej 100 g/m^3 ,
 - dla węglowodorów ropopochodnych poniżej 15 g/m^3 .
8. Faktura i struktura materiału porowatego jakim jest kostka wodoprzepuszczalna sprawia, że występujące bezpośrednio na powierzchni i wewnątrz procesy

sedymentacji, filtracji z adsorpcją i koalescencji powierzchniowej i/lub wstępnej powodują oczyszczanie wód deszczowych w bardzo wysokim stopniu niezależnie od ich pochodzenia, a dalej napływu, skutkując uzyskaniem wartości zanieczyszczeń odpowiadających warunkom obowiązującego rozporządzenia.

9. Kostkę i płyty wodoprzepuszczalne można i należy wykorzystywać w wielu rozwiązaniach wymagających powierzchni przepuszczalnych w celu równomiernego zasilania wód gruntowych wodami opadowymi, co przeciwdziała stepowieniu obszarów; ograniczania budowy sieci kanalizacji deszczowej i/lub drenażowej, właściwego szybkiego pozbywania się wód opadowych niemalże w miejscach występowania opadów, docelowego proekologicznego rozwiązywania zbiorników odparowująco – przesiąkających.
10. Dla zwiększenia żywotności takich nawierzchni wodoprzepuszczalnych należy realizować wzmożoną dbałość o ich powierzchniową czystość, która powinna polegać na suchym omiataniu takich nawierzchni z wykorzystaniem mechanicznego sprzętania systemem ssawkowym (podciśnieniowym), a także podciśnieniowym, myciu takich nawierzchni z użyciem wysokossących podciśnieniowych maszyn myjących.
11. Efekt hydraulicznego usuwania wód opadowych z obszarów, powierzchni i urządzeń wykonanych z użyciem kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalnej jest w odniesieniu do potencjalnej przesiąkliwości tych wyrobów wyższy niż intensywność opadów mierzona w $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$ lub $\text{dm}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$, a także wyższy niż wielkość opadu wynikająca z klasyfikacji deszczów według Chomicza wyrażona w mm/h lub $\text{dm}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ (jako wartości tożsame) z uwzględnieniem 50% stanu zanieczyszczenia powierzchni przesiąkalnej.
12. Podczas ukośnych (pod kątem) przepływów strugi i wody deszczowej do powierzchni będących wyposażeniem odwodnień liniowych w rodzaju rynien muldowych, rigoli lub rowów odwadniających, należy uwzględnić kierunek kąta napływu strugi na powierzchnię wynoszącego $15 - 60^\circ$ (jako sinus tego kąta).
13. Odprowadzanie wód opadowych i do tego podczyszczonych w miejscach ich występowania (opad na danym terenie) dzięki zastosowaniu powierzchni

wodoprzepuszczalnych ma bardzo korzystny wpływ na stan wód podziemnych pozwalając na utrzymanie stałego poziomu tych wód, jak i przeciwdziałania wysuszeniu pewnych połączy terenu, ale przede wszystkim ogranicza wielkość sieci kanalizacji deszczowej dla innych sąsiadujących rodzajów zlewni (mniejsze średnice kanałów, mniejsza ilość odprowadzanych wód).

14. Analiza kompleksowa wpływu kostki wodoprzepuszczalnej na poszczególne elementy środowiskowe wykazała bardzo pozytywny lub pozytywny wpływ oceniony według matrycy oddziaływań na środowisko na +27 pkt, co predysponuje omawiane wyroby budowlane (kostka i/lub płyta wodoprzepuszczalna) do zastosowania zgodnie z funkcją techniczną użyteczności.
15. Wykonane doświadczenia polowe w skali technicznej polegające na badaniu zdolności hydraulicznego wsiąkania wody w powierzchnię kostki po prawie roku jej eksploatacji w ciężkich warunkach pyłowo – piaskowych wykazały niewielki stopień kolmatacji powierzchni wyrażający się kilkusekundowym opóźnieniem. Powrót do obciążenia hydraulicznego pierwotnego kostki można uzyskać poprzez suche omywanie i/oraz suche podciśnieniowe sprzątanie.

16. WNIOSEK PODSUMOWUJĄCY (WERDYKT)

Na bazie przeprowadzonych analiz, badań technologiczno – technicznych wykonanych przez Zamawiającego, rozumianych jako ustalenie faktów i właściwości fizycznych oraz wytrzymałościowych, oceny materiałów w oparciu o przeprowadzoną wizję lokalną, a także bilanse ilościowe i jakościowe wód opadowych i rekapitulację fachowej literatury technicznej z tego zakresu w tym oceny wpływu zastosowanych materiałów dla zabudowy powierzchni – płaszczyzn poziomych z użyciem kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalnej WATERFLOW™ należy sformułować orzeczenie (werdykt), który w różnych rodzajach dokumentów technicznych należy nazwać także edyktem lub po prostu rozstrzygnięciem (swoiste słowotwórstwo techniczno – formalne), że:

- 1. Zastosowane kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalne produkowane na bazie technologii WATERFLOW™ są możliwe do zastosowania podczas odprowadzania wód opadowych i roztopowych do gruntu rodzimego w ilościach większych niż**

maksymalne opady przyjmowane dla wymiarowania spływu wód deszczowych, przy założeniu maksymalnego stopnia zanieczyszczenia powierzchni do 50% w odniesieniu powierzchniowo – wgłębnym.

2. Produkowane kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalne mogą być zastosowane w wielu rozwiązaniach technicznych, między innymi do budowy nawierzchni dla:
 - ruchu kołowego lekkiego, z ograniczonym ruchem pojazdów ciężkich (powyżej 3,5 t),
 - placów, parkingów i podjazdów,
 - ciągów ruchu pieszego i dróg rowerowych,
 - powierzchni utwardzonych, które umożliwiają gromadzenie wody opadowej w zbiornikach retencyjnych podziemnych.

oraz wszędzie tam gdzie należy połączyć estetykę z miejscowym odprowadzaniem wód opadowych do zlewni w celu zasilania wód gruntowych danej zlewni, proekologicznego dostarczania wilgoci systemom korzeniowym roślin, wykonania zbiorników odparowująco – wsiąkających, gdzie procesy wsiąkania stanowią dominujące zjawisko usuwania wód opadowych, co korzystnie wpływa na finalne zmniejszenie objętości takich zbiorników.

3. Zastosowane kostki i/lub płyty wodoprzepuszczalne korzystnie oddziałują na podstawowe elementy środowiskowe kwalifikując je jako materiał przyjazny środowisku naturalnemu, współodpowiedni dla poprawnych rozwiązań technicznych utwardzania powierzchni gruntu z jednoczesnym odprowadzaniem wód opadowych.
4. Przeprowadzone doświadczenia w zakresie nawierzchni wykonanej z kostki wodoprzepuszczalnej eksploatowanej przez okres około 1 roku w warunkach trudnych kwalifikowanych jako ekstremalne z obciążeniem hydraulicznym znacznie wyższym od deszczów nawalnych i katastroficznych wykazały, że przepuszczalność kostki nie uległa zasadniczemu zmniejszeniu. Co najwyżej wystąpiło przy bardzo wysokich obciążeniach hydraulicznych minimalne w odniesieniu czasowym opóźnienie (liczone w sekundach).

17. ZAŁĄCZNIKI

Zař. 1

Kostka WATERFLOW™ po wyprodukowaniu



Przełom kostki WATERFLOW™



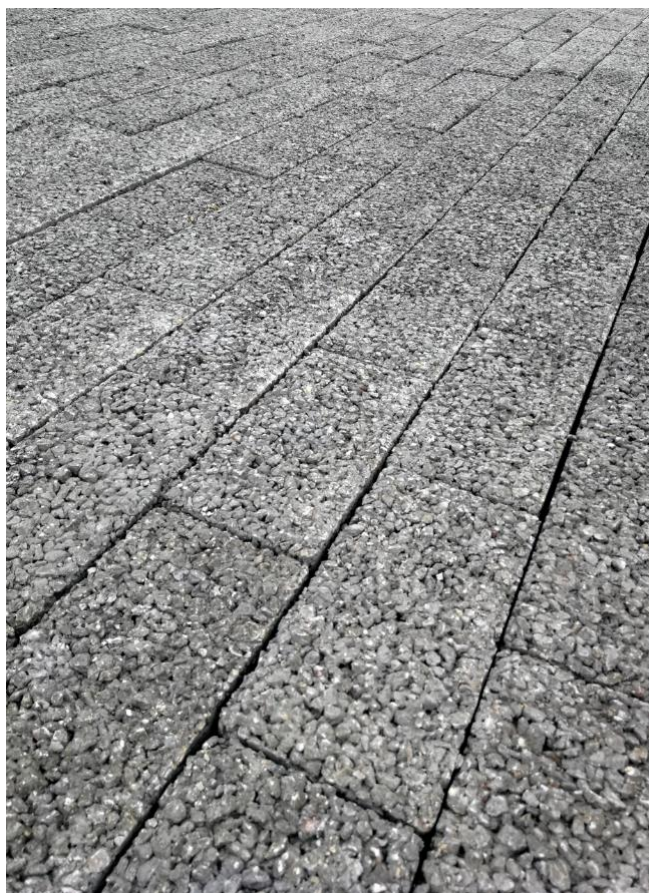
Zał. 3

Kostki WATERFLOW™ ułożone na podbudowie



Zał. 4

Gotowa nawierzchnia z kostek WATERFLOW™



Kostka WATERFLOW™ po 12 miesiącach od wbudowania i intensywnego użytkowania
(powierzchnia mniej zanieczyszczona)



Kostka WATERFLOW™ po 12 miesiącach od wbudowania i intensywnego użytkowania
(powierzchnia bardziej zanieczyszczona)

