



I. TECHNOLOGIA UKŁADANIA NAWIERZCHNI Z KOSTKI BRUKOWEJ

1. **Wyznaczanie nawierzchni** – usytuowanie i wysokość nawierzchni należy określić poprzez wbicie kołków lub metalowych szpilek w teren, przez które na odpowiednim poziomie należy przeciągnąć żyłkę lub sznurek wyznaczający górną krawędź powstającej płaszczyzny.
2. **Korytowanie** – usunięcie humusu i gruntu rodzimego na głębokość określoną przez grubość planowanej podbudowy oraz kostki (zwykle 20 – 50 cm). W przypadku występowania na terenie prac słabonośnych gruntów (np. glina, torf) preferowane jest usunięcie gruntu rodzimego, aż do warstwy stabilnej uwzględniając również poziom wód gruntowych. Grunty mające tendencję do znacznego rozszerzania się podczas przemarzania, tzw. wysadzinowe, wymagają jeszcze głębszego korytowania niż 50 cm. W takim przypadku ziemię należy wymienić, zastępując ją bardziej wartościowym materiałem. W tym celu najczęściej stosowana jest pospółka.
3. **Wyrównanie terenu** - wyrównanie powierzchni po korytowaniu oraz wyznaczenie nachyleń i spadków. Na etapie tym wytycza się ewentualne zakręty, rozjazdy, różnice poziomów. Czynność ta polega na wysypaniu pospółki lub grubego piasku (do 10 cm) i ubijaniu zagęszczarką lub walcem dna wykopu.
4. **Podbudowa** – właściwe wykonanie odpowiedniej podbudowy jest jednym z najważniejszych czynników by prawidłowo ułożyć kostkę. Na uprzednio utwardzonym i ubitym podłożu rozproszony kruszywo należy poddać procesowi zagęszczania. Grubość podbudowy uzależniona jest od rodzaju podłoża oraz przewidywanego obciążenia. W przypadku nawierzchni wokół domów oraz chodników stosuje się warstwę ok. 20 cm, natomiast dla nawierzchni poddanych większym obciążeniom ruchem kołowym zalecana warstwa powinna wynosić minimum 30 – 40 cm.
5. **Podsypka** - zapewnia stabilne osadzenie kostki oraz ujednoczenie ewentualnych drobnych różnic wysokości na poszczególnych elementach. Ułożona w ten sposób kostka powinna wystawać ponad projektowany poziom o kilka milimetrów, ponieważ podczas zagęszczania następuje osiadanie podłoża. Warstwa podsypki powinna mieć grubość od 3 do 5 cm. Warstwa ta wykonana jest z piasku i może być zagęszczana, wyrównujemy ją tylko łata przy zachowaniu odpowiednich spadków. Podsypkę wykonuje się z niezwiązanego materiału - są to mieszanki kruszyw o różnym ziarnie (0-2, 0-5 mm). Nie należy stosować piasków spoistych i pylastych oraz kruszyw lub mieszanek kruszyw o frakcji mniejszej niż 0-2 mm. Po zagęszczeniu nawierzchni z kostki brukowej, podsypka powinna być dostatecznie wodoprzepuszczalna i nie może przenikać do warstwy nośnej. Musi istnieć stabilność filtracji w stosunku do kolejnej warstwy nośnej bez spoiwa. Ponadto prawidłowe zawibrowanie kostki powoduje odpowiednie zakleszczenie elementów w podłożu, co z kolei zwiększa wytrzymałość nawierzchni na obciążenia poziome.
6. **Obramowanie** - każda układana nawierzchnia powinna zostać obramowana za pomocą, obrzeży, krawężników lub oporników, uwzględniając szerokość ułożenia kostki wyznaczonej poprzez ułożenie pojedynczych rzędów kostek. Odpowiednio wykonane umocnienie krawędzi wzmacnia całą nawierzchnię i chroni przed przesuwaniem się kostki na jej obrzeżach.

7. **Układanie** – betonowa kostka brukowa to produkt przemysłowy, jednak mimo nowoczesnych technologii produkcyjnych nie można wykluczyć różnic w wymiarach. Proces układania powinien zostać zaplanowany tak, aby znajdując się na już ułożonej nawierzchni, nie niszczone wcześniej przygotowanej podsypki. Przy układaniu pierwszego rzędu wskazane jest ustalenie wymaganej szerokości rozkładania, tzn. odstępów między poszczególnymi obrzeżami, poprzez próbne ułożenie linii kostki. Jeżeli obrzeża czy krawężniki są już obsadzone, przed rozpoczęciem układania może być wskazane ułożenie i wyrównanie kilku linii kostki.

Przy układaniu kostek bezfazowych należy: zwrócić szczególną uwagę na wrażliwe na uszkodzenia kanty podczas układania. Nieprawidłowości i błędy wykonawcze mogą prowadzić do uszkodzania brzegów kostek.

8. **Fugowanie** - Fugi powstałe podczas układania kostki powinno wypełnić się drobnym piaskiem (0 – 2 mm). Materiał do fugowania powinien być w trakcie prac wmiatany w szczeliny między kostkami. Nadmiar piasku należy usunąć przed zagęszczaniem kostki, ponieważ może spowodować powstanie rys. Po wibrowaniu proces spoinowania powinien zostać powtórzony. Zachowanie odpowiedniej szerokości fug zapobiega powstawaniu uszkodzeń kostki (np. odpryskiwaniu krawędzi) oraz pozwala na wyeliminowanie ewentualnych odchyłeń wielkości kostek, które mogą wynosić ± 2 mm.
JEŚLI ODSTĘPY POMIĘDZY POSZCZEGÓLNYMI ELEMENTAMI BĘDĄ ZBYT WĄSKIE, WRAZ Z UPŁYWEM CZASU KRAWĘDZIE KOSTEK MOGĄ ULEC ZNISZCZENIU.

9. **Zagęszczanie** - zagęszczanie ułożonej powierzchni przeprowadza się za pomocą odpowiedniego wibratora płytowego zabezpieczonego płytą z tworzywa sztucznego. Proces ten przeprowadza się równomiernie zawsze od brzegów do środka, a następnie wzdłuż nawierzchni do uzyskania docelowego poziomu i stabilności nawierzchni.

Maszyny do zagęszczania muszą być dopasowane do rodzaju kostki.

Kostka o grubości 6 cm może być zagęszczana maszyną o masie do 130kg, kostka o grubości 8-10 cm zagęszczarką o masie 170-220 kg, kostka powyżej 10 cm – zagęszczarka o masie 200-600 kg.

Zawibrowanie można przeprowadzić przed lub po zamuleniu kostki.

W pierwszym przypadku fugi muszą być w takim stopniu wypełnione, aby elementy nie mogły przesuwać się podczas wibrowania.

W drugiej opcji podłoże i warstwa pod podłożem muszą najpierw dostatecznie wyschnąć. Zawsze przed wibrowaniem należy dokładnie zamieść kostkę i powinna być ona w miarę sucha, by nie powstały przebarwienia.

KOSTKĘ BRUKOWĄ MOŻNA WIBROWAĆ TYLKO NA SUCHO I Z UŻYCIEM PLASTIKOWEGO PODKŁADU OCHRONNEGO.

Zakończenie układania kostki oznacza jej zawibrowanie z całkowicie wypełnionymi fugami i zamknięcie fug. Do zamknięcia fug używa się tylko takiego materiału, który nie spowoduje trwałego odbarwienia powierzchni kostki. Użytkować nawierzchnię powinno się dopiero, gdy woda przeniknie przez warstwy nośne i wsiąknie w podłoże gruntowe. Może to trwać kilka dni w zależności od przepuszczalności podłoża i warunków pogodowych.

Przemoczone warstwy nośne i jednoczesne obciążenie ruchem grozi obniżeniem nośności i deformacją konstrukcji nawierzchni.

Gdy zakończy się proces zagęszczania, należy uzupełnić materiał wykorzystany do fugowania, a następnie usunąć jego nadmiar, którego zaleganie na powierzchni jest niedopuszczalne.

EWENTUALNE POCZĄTKOWE ZADRAPANIA POWSTAŁE PODCZAS WIBROWANIA ZNIKAJĄ NIEMAL CAŁKOWICIE NA SKUTEK CZYNNIKÓW ATMOSFERYCZNYCH I UŻYTKOWANIA.

10. **Konserwacja** - konserwacja nawierzchni to regularne zmiatanie szczotką, zmywanie wodą, usuwanie zabrudzeń i ewentualne uzupełnianie fug. Poza tym, nawierzchnia z kostki betonowej nie wymaga żadnych specjalnych zabiegów konserwacyjnych.

II. WAŻNE WSKAZÓWKI PRZED ZAKUPEM BETONOWEJ KOSTKI BRUKOWEJ:

1. Planując nową nawierzchnię należy zwrócić uwagę na takie aspekty jak:

- wielkość i rodzaj obciążenia planowanej nawierzchni,
- rodzaj gruntu rodzimego,
- stan wód gruntowych,
- rodzaj systemu odwodnieniowego.

2. Wybrać odpowiedni produkt

- a) grubość kostki i płyt - ruch pieszy: 4 – 6 cm,

- ruch pieszy i kołowy do 2,5 t: 6 – 8 cm,

- ruch kołowy powyżej 2,5 t : 8-10 cm,

- b) kolor – dobierając kolor kostki brukowej należy zwrócić uwagę na: styl i charakter posesji, kolorystykę budynku (elewacji, okien, drzwi, dachu) i ogrodzenia, sposób użytkowania (miejsca szczególnie narażone na intensywne zabrudzenia).

- c) format – kostki o najmniejszych wielkościach kostek to zwykle obłe, oparte na łukach kształty, stosowane z powodzeniem do wykończenia powierzchni oraz jako materiał do budowy krętych, wąskich alejek ogrodowych.

Większe formaty kostek sprawdzają się na dużych powierzchniach podjazdów oraz na chodniki.

Warto pamiętać, by dostosować szerokość ścieżek, podjazdu oraz innych planowanych elementów do wielkości wybranej kostki. Pozwoli to uniknąć niepotrzebnych docinek podnoszących koszt inwestycji.

Nie polecamy stosowania nawierzchni z kostki brukowej tam, gdzie pojazdy poruszają się z prędkością większą niż 60 km/h. Powierzchnie wykonywane w technologii „płukanej” po której odbywa się ruch kołowy, dopuszczalna prędkość pojazdów wynosi 10 km/h. Należy unikać również gwałtownego ruszania oraz hamowania pojazdów.

- d) faza- kostka brukowa dostępna jest z fazą, mikrofazą oraz bezfazowa.
- Kostka z fazą od 5 mm - to najczęstsze, tradycyjne rozwiązanie, ogranicza powstawanie uszkodzeń i odprysków brzegu kostki.
 - Kostka z mikrofazą 1,5 – 2 mm - posiada zalety produktu z fazą, czyli ogranicza powstawanie odprysków, przy zachowaniu walorów kostki bezfazowej, która zapewnia wygodę poruszania się.
 - Kostka bezfazowa – to nowoczesne rozwiązanie. Charakteryzuje kostki o minimalnej fudze.

III. NIEZBĘDNE WYTYCZNE SZTUKI BRUKARSKIEJ:

- 1. Zasada układania z 3 palet** - dla uniknięcia różnic kolorystycznych na nawierzchniach wielopowierzchniowych, układając kostkę należy zawsze mieszać bruk z trzech palet. Jest to najlepsza metoda, która pozwala zniwelować wahania w wyglądzie kostki powodowane przez niewielkie, naturalne odchylenia barwy.
- 2. Odcienie kostki** – do produkcji betonowych kostek brukowych i płyt wykorzystywane są naturalne składniki, których barwa podlega zmianom. Wyroby betonowe mogą wykazywać różnice w ramach danego koloru. Mogą przede wszystkim uwidaczniać się w produktach z różnych partii produkcyjnych. W kostce z tej samej partii produkcyjnej mogą również występować nieznaczne różnice w kolorystyce. Są one skutkiem różnych warunków dojrzewania (temperatura, wilgotność powietrza). Nie wpływa to jednak w żadnym stopniu na własności techniczne gotowego wyrobu. Różnice kolorystyczne mogą pojawiać się również już na użytkowanych nawierzchniach. Zabrudzenia, warunki pogodowe, oddziaływanie soli drogowej, a nawet stopień natężenia eksploatacji mogą zmieniać wygląd zarówno kolorowej, jak i niebarwionej nawierzchni.
- 3. Lód** – w okresie zimowym, do usuwania śniegu i lodu nie należy używać ostrych narzędzi, ponieważ mogą one zniszczyć nawierzchnię. dostępne są chemiczne środki odladzające, ale intensywne korzystanie z nich często skutkuje zmianami koloru, a nawet złuszczeniem wierzchniej warstwy. Przed przystąpieniem do aplikacji, zalecamy wykonanie próby na nie eksponowanym miejscu nawierzchni.
- 4. Wykwity** - jasnej barwy naloty wapienne o różnej intensywności powstające w trakcie naturalnego dojrzewania betonu, które z czasem samoistnie znikają. Powstaje on w trakcie wiązania cementu, w wyniku reakcji wodorotlenku wapnia z dwutlenkiem węgla z powietrza. Opisane zjawisko nie ma istotnego wpływu na właściwości wyrobów betonowych oraz na jakość nawierzchni z nich wykonanych. Wykwity węglanowe nie powodują poważnych zmian destrukcyjnych i są procesem naturalnym nawet w betonie prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym. W wyniku eksploatacji wyrobów betonowych na wolnym powietrzu następuje samoczynne rozpuszczanie oraz wymywanie osadów wapiennych przez wodę z opadów atmosferycznych.
- 5. Różnice w strukturze** - surowce przeznaczone do budowy nawierzchni drogowych mogą różnić się strukturą warstwy wierzchniej, co jest wynikiem

wibroprasowania składającego się na proces produkcji. Rozbieżności te w żaden sposób nie wpływają na parametry techniczne i użytkowe nawierzchni.

- 6. Wypływki** - na krawędziach świeżo wyprodukowanych wyrobów mogą występować naddatki materiału tzw. „wypływki”. Powstają one w wyniku naturalnego zużywania się formy oraz płytek stempla. Efekt ten znika podczas układania. Występująca nadlewka betonowa nie obniża wartości użytkowej wyrobu gotowego i nie stanowi podstawy do reklamacji jakościowych.
- 7. Mikropęknięcia powierzchniowe** – włoskowate pęknięcia pojawiające się na powierzchni kostki. Są naturalnym zjawiskiem powodowanym przez skurcze betonu. W przypadku produkcji w okresach podwyższonych temperatur, na skutek powierzchniowego wysychania betonu w początkowym okresie jego dojrzewania, efekt ten ulega intensyfikacji. Badania dowodzą, iż występujące w wyrobie pęknięcia włoskowate nie obniżają własności użytkowych wyrobu, jeżeli w innych parametrach jakościowych wyrób ten odpowiada założonym normom jakościowym. Opisane zjawiska nie stanowią podstawy do reklamacji.

IV. NARZĘDZIA BRUKARSKIE:

1. Gumowy młotek - do dobijania kostki (przy układaniu kostek o jasnej barwie, zawsze stosuj młotek biały, nie pozostawia on śladów na nawierzchni),
2. Łata profilująca - umożliwia rozprowadzenie materiału, profilowanie podłoża, uzupełnianie i wyrównywanie zagłębień na przygotowanej podsypce,
3. Gilotyina mechaniczna lub hydrauliczna – służy do cięcia kostki bądź elektryczne płyty tarczowe do cięcia kostki,
4. Wózek - pomaga transportować kostkę z palet na teren docelowej nawierzchni,
5. Ubijak wibracyjny - zagęszcza się nim wąskie części nawierzchni,
6. Wibrator płytowy (zagęszczarka) - służący do zagęszczania nawierzchni. Maszyna posiada stalową płytę, która przy pracy na nawierzchni z kostki brukowej musi być zabezpieczona płytą z tworzywa sztucznego. Chroni to przed ścieraniem i kruszeniem krawędzi kostki oraz zapobiega powstawaniu wyjątkowo trudnych do wywabienia plam, będących wynikiem rozcierania na drobny pył piasku wydostającego się z fug.

V. WZMOCNIENIE SŁABEGO PODŁOŻA GRUNTOWEGO:

1. Klasyfikacja podłoża gruntowego

Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w prawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie rozróżnia cztery grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni: G1, G2, G3, G4.

Klasyfikacja podłoża do danej grupy nośności powinna być przeprowadzona według dwóch sposobów:

- według wartości wskaźnika nośności CBR,
- według wysadzinowości gruntu i warunków wodnych.

Jeżeli wyniki klasyfikacji podłoża gruntowego nawierzchni według tych dwóch sposobów są różne to do projektowania należy przyjąć gorszą grupę nośności. Klasyfikację grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni według wartości wskaźnika nośności CBR przedstawiono w tabeli nr 1.

Tab.1. Klasyfikacja grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni

Lp.	Grupa nośności podłoża gruntowego G _i	Wskaźnik nośności CBR po 4 dniach nasączenia wodą [%]	Wtórny moduł odkształcenia E _{2 1)} [MPa]
1.	G1	CBR ≥ 10	E2 ≥ 80
2.	G2	5 ≤ CBR < 10	50 ≤ E2 < 80
3.	G3	3 ≤ CBR < 5	35 ≤ E2 < 50
4.	G4	2 ≤ CBR < 3	25 ≤ E2 < 35

W Rozporządzeniu przyjęto trzystopniową klasyfikację warunków wodnych:

- warunki wodne dobre,
- warunki wodne przeciętne,
- warunki wodne złe.

Klasyfikację warunków wodnych w zależności od najwyższego poziomu występowania swobodnego zwierciadła wody gruntowej poniżej spodu konstrukcji nawierzchni oraz charakterystyki korpusu drogowego podano w tabeli nr 2.

Tab.2. Warunki wodne

Charakterystyka	Warunki wodne w wypadku występowania swobodnego zwierciadła wody		
	< 1 m	od 1 m do 2 m	> 2 m
Wykopy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne
	b	złe	przeciętne
Nasypy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne
	b	przeciętne	przeciętne
Wykopy > 1 m	a	złe	przeciętne
	b	przeciętne	przeciętne
Nasypy > 1 m	a	złe	przeciętne
	b	przeciętne	przeciętne

Oznaczenia:

- a) nie utwardzone pobocza,

- b) utwardzone i szczelne pobocza oraz dobre odprowadzenie wód powierzchniowych.

Warunki gruntowe należy ocenić pod względem wysadzinowości. Podział gruntów pod względem wysadzinowości podano w tabeli nr 3.

Tab.3. Grupy nośności podłoża

Rodzaj gruntów podłoża	Grupa nośności podłoża dla warunków wodnych		
	dobrych	przeciętnych	złych
Grunty niewysadzinowe: rumosze (niegliniaste), żwiry i pospółki, piaski grubo-, średnio-, i drobnoziarniste, żuźle nierozpadowe	G1	G1	G1
Grunty wątpliwe: piaski pylaste	G1	G2	G2
Grunty wątpliwe: zwietrzliny gliniaste i rumosze gliniaste, żwiry i pospółki gliniaste	G1	G2	G3
Grunty mało wysadzinowe : gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste zwięzłe, iły, iły piaszczyste i pylaste	G2	G3	G4
Grunty bardzo wysadzinowe : piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły, gliny, gliny piaszczyste i pylaste, iły warwowe	G3	G4	G4

2. Sposoby wzmocnienia słabego podłoża nawierzchni

2.1. Wymiana warstwy gruntu

Wymianie powinna podlegać warstwa słabego podłoża nawierzchni o grubości określonej w tabeli nr 4 zależnie od grupy nośności podłoża i wskaźnika CBR wymienionej warstwy (dotyczy wzmocnienia podłoża pod nawierzchnią jezdni).

Tab. 4 Grubość wymienionej warstwy podłoża pod nawierzchnią jezdni

Wskaźnik nośności wymienionej warstwy	Grubość wymienionej warstwy podłoża o grupie nośności (cm)		
	G2	G3	G4
20	30	50*	75*
25	25	40*	60*

*zalecane wzmocnienie podłoża geosyntetykiem.

W wypadku stanowisk postojowych, chodników i ścieżek rowerowych powinno się wymienić grunt podłoża na niewysadzinowy w warstwie o grubości określonej w tabeli nr 5.

Tab. 5 Grubość wymienionej warstwy podłoża pod nawierzchnią parkingów, ścieżek rowerowych i chodników

Grupa nośności podłoża wymienionej warstwy	Stanowiska postojowe dla samochodów ciężarowych	Pozostałe nawierzchnie
G2 i G3	15 cm	10 cm
G4	30 cm	20 cm

Cała wymieniona warstwa lub jej górna część o grubości nie mniejszej niż 25 cm powinna pełnić rolę warstwy odsączającej i spełniać warunek wodoprzepuszczalności.

2.2. Ułożenie dodatkowych warstw podłoża nawierzchni

Wykonanie pod konstrukcją jezdni drogi:

- na podłożu o grupie nośności G2: 10 cm warstwy z gruntów stabilizowanego spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o $R_m=1,5\text{MPa}$,
- na podłożu o grupie nośności G3: 15 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o $R_m=2,5\text{MPa}$,
- na podłożu o grupie nośności G4:
 - a) 25 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o $R_m=2,5\text{MPa}$,
 - b) dwóch warstw po 15 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o $R_m=2,5\text{MPa}$ górna warstwa i o $R_m=1,5\text{MPa}$ dolna warstwa.

Wykonanie pod konstrukcją stanowisk postojowych, chodników i ścieżek rowerowych:

- na podłożu o grupie nośności G2, G3: 10 cm warstwy ulepszonej spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o $R_m=1,5\text{MPa}$,
- na podłożu o grupie nośności G4: 15 cm warstwy ulepszonej spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o $R_m=1,5\text{MPa}$.

3. Mrozoodporność podłoża nawierzchni

W przypadku występowania w podłożu gruntów wysadzinowych lub wątpliwych powinno się sprawdzić, czy rzeczywista grubość wszystkich warstw nawierzchni ulepszonego podłoża nie jest mniejsza od określonej w tabeli nr 6.

Tab.6 Mrozoodporność podłoża nawierzchni

Kategoria obciążenia ruchem	Grupa nośności podłoża z gruntów wątpliwych i wysadzinowych		
	G1 i G2	G3	G4
KR1	0,40h _z ^{*)}	0,50h _z	0,60h _z
KR2	0,45h _z	0,55h _z	0,65h _z
KR3	0,50h _z	0,60h _z	0,70h _z
KR4	0,55h _z	0,65h _z	0,75h _z
KR5	0,60h _z	0,70h _z	0,80h _z
KR6	0,65h _z	0,75h _z	0,85h _z

^{*)}h_z oznacza głębokość przemarzania gruntów, przyjmowaną zgodnie z Polską Normą.

4. Odwodnienie podłoża nawierzchni

W technicznie uzasadnionym wypadku konieczności podłoża nawierzchni powinno się zastosować warstwę odsączającą o współczynniku filtracji $k \geq 8$ m/d ($\geq 0,0093$ cm/s). Jej grubość nie powinna być mniejsza niż 15 cm. W wypadku występowania pod warstwą odsączającą gruntów nieulepszonych spoiwem powinien być spełniony warunek szczelności warstw określony zgodnie z wzorem

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

Gdzie:

D₁₅ – wymiar sita, przez które przechodzi 15% ziaren warstwy odsączającej,

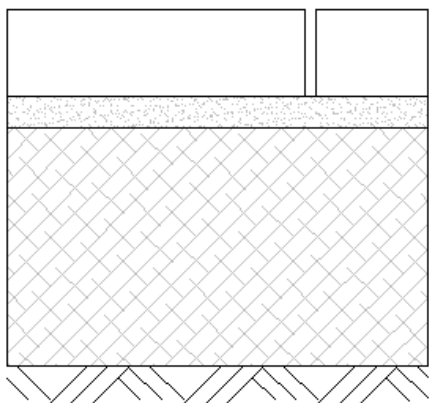
D₈₅ – wymiar sita, przez które przechodzi 85% ziaren gruntu podłoża.

Jeżeli powyższy warunek szczelności nie może być spełniony, to między tymi warstwami powinna być ułożona warstwa odcinająca o grubości co najmniej 10 cm z odpowiednio uziarnionego gruntu lub wykonana warstwa pośrednia z geowłókniny.

VI. KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI POD RUCH CIĘŻKI:

1. Dobór konstrukcji nawierzchni

Przyjęto konstrukcje typowe z Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w prawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Przyjęte konstrukcje są pokazane na rysunkach nr 1,2,3,4.



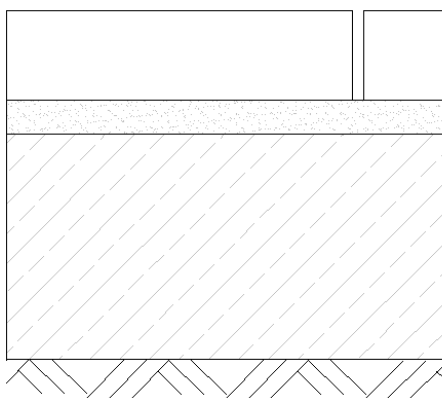
Betonowe prefabrykaty wibroprasowane gr. min. 8 cm

3 cm - podsypka cementowo - piaskowa 1:4

22 cm - podbudowa zasadnicza z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym

grunt doprowadzony do nośności G1 120 MPa

Rys.1. Typowa konstrukcja nawierzchni parkingu dla samochodów ciężarowych z podbudową z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym.



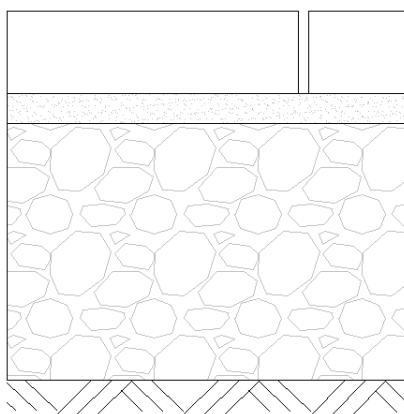
Betonowe prefabrykaty wibroprasowane gr. min. 8 cm

3 cm - podsypka cementowo - piaskowa 1:4

20 cm - podbudowa zasadnicza z chudego betonu

grunt doprowadzony do nośności G1 120 MPa

Rys.2. Typowa konstrukcja nawierzchni parkingu dla samochodów ciężarowych z podbudową z chudego betonu.



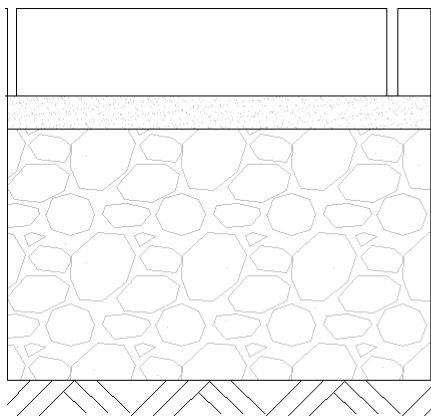
Betonowe prefabrykaty wibroprasowane gr. min. 8 cm

3 cm - podsypka cementowo - piaskowa 1:4

25 cm - podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowana mechanicznie

grunt doprowadzony do nośności G1 120 MPa

Rys.3. Typowa konstrukcja nawierzchni parkingu dla samochodów ciężarowych z podbudową z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie.



Betonowe prefabrykaty wibroprasowane gr. min. 8 cm

3 cm - podsypka cementowo - piaskowa 1:4

**23 cm - podbudowa zasadnicza z tłuczni
kamiennego**

grunt doprowadzony do nośności G1 120 MPa

Rys.4. Typowa konstrukcja nawierzchni parkingu dla samochodów ciężarowych z podbudową z tłuczni kamiennego.

2. Podłoże gruntowe

Podłoże gruntowe należy doprowadzić do grupy nośności G1 (120MPa) według procedury zawartej w dokumencie p.t. „Wzmacnianie słabego podłoża gruntowego”.

3. Podbudowa zasadnicza

3.1. Podbudowa zasadnicza z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym (cementem) $R_m=2,5$ MPa.

Do wykonania podbudowy należy stosować cementy powszechnego użytku klasy 32,5N i 32,5R rodzaju CEM I, CEM II, CEM III spełniającego wymagania podane w normie PN-EN 197-1.

Do wykonania podbudów z gruntów stabilizowanych cementem należy stosować grunty spełniające wymagania podane w tabeli nr 4.¹

Tab.4. Wymagania dla gruntów przeznaczonych do stabilizacji cementem wg PN-S-96012

¹ D-04.05.01 „podbudowy z gruntu stabilizowanego cementem $R_m=2,5$ MPa”, GDDKiA, Warszawa.

Lp.	Właściwości	Wymagania	Badania według
1	Uziarnienie: a) ziaren przechodzących przez sito 50 mm, % (m/m) b) ziaren przechodzących przez sito 25 mm, % (m/m) c) ziaren przechodzących przez sito 4 mm, % (m/m) d) ziaren przechodzących przez sito 0,25 mm, % (m/m) e) ziaren przechodzących przez sito 0,05 mm, % (m/m) f) ziaren przechodzących przez sito 0,002 mm, % (m/m), poniżej	100 85-100 50-100 10-100 0-100 20	PN-B-04481
2	Granica płynności, % (m/m), nie więcej niż:	40	PN-B-04481
3	Wskaźnik plastyczności, % (m/m), nie więcej niż:	15	PN-B-04481
4	Odczyn pH	od 5 do 8	PN-B-04481
5	Zawartość części organicznych, % (m/m), nie więcej niż:	2	PN-B-04481
6	Zawartość siarczanów, w przeliczeniu na SO ₃ % (m/m), nie więcej niż:	1	PN-B-06714-28

Tab.5. Maksymalna zawartość cementu w mieszance cementowo – gruntowej²

Lp.	Kategoria ruchu	Maksymalna zawartość cementu, % w stosunku do masy suchego gruntu		
		podbudowa zasadnicza	podbudowa pomocnicza	ulepszone podłoże
1	KR 1 do KR 3	6	6	8
2	KR 4 do KR 6	8	10	10

3.2. Podbudowa zasadnicza z chudego betonu

Do wykonania mieszanki chudego betonu należy zastosować³:

- cement powszechnego użytku: portlandzki CEM I klasy 32,5 N, cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II klasy 32,5 N, cement hutniczy CEM III klasy 32,5 N, cement pucolanowy CEM IV klasy 32,5 N według PN-EN 197-1:2002,
- żwir i mieszankę wg PN-B-11111:1996,

² D-04.05.01 „Wykonanie podbudowy z gruntu stabilizowanego cementem Rm=2,5 MPa”, GDDKiA, Warszawa.

³ D-04.06.01 „Podbudowa z chudego betonu”, GDDKiA, Warszawa.

- piasek wg PN-B-11113:1996.

Tab.6. Rzędne krzywych granicznych uziarnienia mieszanki mineralnej

Sito o boku oczka kwadratowego (mm)	Przechodzi przez sito (%)	Przechodzi przez sito (%)
63	-	100
31,5	100	60-85
16	60-80	40-67
8	40-65	30-55
4	25-55	25-45
2	20-45	20-40
1	15-35	15-35
0,5	7-20	8-20
0,25	2-12	4-13
0,125	0-5	0-5

Zawartość cementu powinna wynosić od 5 do 7 % w stosunku do kruszywa i nie powinna przekraczać 130 kg/m³.

Tab.7. Wymagania dla chudego betonu

Lp.	Właściwości	Wymagania	Badania według
1	Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach, MPa	od 3,5 do 5,5	PN-B-06250
2	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa	Od 6,0 do 9,0	PN-B-06250
3	Nasiąkliwość, % m/m, nie więcej niż:	9	PN-B-06250
4	Mrozoodporność po 25 cyklach (F25), zmniejszenie wytrzymałości, %, nie więcej niż:	20	PN-B-06250

3.3. Podbudowa zasadnicza z kruszywa naturalnego i łamanego stabilizowanego mechanicznie

Kruszywa zastosowane w warstwie podbudowy zasadniczej powinny spełniać wymagania przedstawione w tabeli nr 8.⁴

Tab.8. Wymagania wobec kruszyw do mieszanek niezwiązanych

Rozdział w PN-EN 13242:2004	Właściwość	
4.1-4.2.	Zestaw sit	0,063; 0,5; 1; 2; 4; 5,6; 8; 11,2; 16; 22,4; 31,5; 45; 63; 90;
4.3.1.	Uziarnienie wg. PN-EN 993-1	G _c 80/20 G _F 80 G _A 75

⁴⁹ WT-4 Wymagania Techniczne, Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych,

4.3.2.	Ogólne granice i tolerancje uziarnienia kruszywa grubego na sitach pośrednich wg PN-EN 933-1	GT _c 20/15
4.3.3.	Tolerancje typowego uziarnienia kruszywa drobnego i kruszywa o ciągłym uziarnieniu wg PN-EN 933-4	GT _f 10 GT _A 20
4.4.	Kształt kruszywa grubego wg PN-EN 933-4	
	a) maksymalne wartości wskaźnika płaskości	FI ₅₀
	b) maksymalne wartości wskaźnika kształtu	SI ₅₅
4.5.	Kategorie procentowych zawartości ziaren o powierzchni przekruszonej lub łamanych oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych w kruszywie grubym wg PN-EN 1097-1	C _{90/3}
4.6.	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1	
	a) w kruszywie drobnym	f _{deklarowana}
	b) w kruszywie grubym	f _{deklarowana}
4.7.	Jakość pyłów wg	Właściwość niebadana na pojedynczych frakcjach, a tylko w mieszankach
5.2.	Odporność na rozdrabnianie wg PN-EN 1097-2	LA ₄₀
5.3.	Odporność na ścieranie kruszywa grubego wg PN-EN 1097-1	M _{DE}
5.4.	Gęstość wg PN-EN 1097-6:2001	Deklarowana
5.5.	Nasiąkliwość wg 1097-6:2001	W _{cm} NR
6.2.	Siarczany rozpuszczalne w kwasie wg PN-EN 1744-1	AS _{NR}
6.3.	Całkowita zawartość siarki wg PN-EN 1744-1	S _{NR}
6.4.3.	Składniki rozpuszczalne w wodzie wg PN-EN 1744-3	Brak substancji szkodliwych
6.4.4.	Zanieczyszczenia	Brak substancji mogących pogorszyć właściwości (drewno, szkło, plastik)
7.2.	Zgorzel słoneczna bazaltu wg PN-EN 1367 i PN-EN 1097-2	SB _{LA}
7.3.3.	Mrozoodporność frakcji kruszywa 8/16 wg PN-EN 1367-1	Skąły magmowe i przeobrażeniowe: F4 Skąły osadowe: F10

Mieszanki kruszyw powinny spełniać wymagania przedstawione w tablicy nr 9⁵.

Tab.9. Wymagania wobec mieszanek kruszyw

4.3.1.	Uziarnienie mieszanek	0/31,5; 0/45; 0/63
4.3.2.	Maksymalna zawartość pyłów: kategoria UF	UF ₁₂
4.3.2.	Minimalna zawartość pyłów: Kategoria LF	LF _{NR}
4.3.3.	Zawartość nadziarna: kategoria OC	OC ₉₀
4.4.1.	Wymagania wobec uziarnienia	Krzywe uziarnienia wg. rys. 12-14
4.4.2.	Wymagania wobec jednorodności uziarnienia poszczególnych partii - porównanie z deklarowaną przez producenta (S)	wg. tab.5
4.4.2.	Wymagania wobec jednorodności uziarnienia na sitach kontrolnych - różnice w przesiewach	wg. tab. 6
4.5.	Wrażliwość na mróz: wskaźnik piaskowy SE**, co najmniej	45
	Odporność na rozdrabnianie (dotyczy frakcji 10/14	LA ₃₅

⁵ WT-4 Wymagania Techniczne, Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych,

	odsianej z mieszanki) wg PN-EN 1097-1. kategoria nie większa niż	
	Odporność na ścieranie (dotyczy frakcji 10/14 odsianej z mieszanki) wg PN-EN 1097-1 kategoria M _{DE}	deklarowana
	Mrozoodporność (dotyczy frakcji kruszywa 8/16 odsianej z mieszanki) wg PN-EN 1367-1	F4
	Wartość CBR po zagęszczeniu do wskaźnika zagęszczenia I _s =1,0 i moczeniu w wodzie 96 h, co najmniej	≥80
	Wodoprzepuszczalność mieszanki w warstwie odsączającej po zagęszczeniu wg metody Proctora do wskaźnika zagęszczenia I _s =1,0; współczynnik filtracji k co najmniej cm/s	brak wymagań
	Zawartość wody w mieszance zagęszczonej, % (m/m) wilgotności optymalnej wg metody Proctora	80-100
	Inne cechy środowiskowe	Większość substancji niebezpiecznych określonych w dyrektywie Rady 76/769/EWG zazwyczaj nie występuje w źródłach kruszywa pochodzenia mineralnego. Jednak w odniesieniu do kruszyw sztucznych i odpadowych należy badać czy zawartość substancji niebezpiecznych nie przekracza wartości dopuszczalnych wg odrębnych przepisów

Ponadto dla kruszywa łamanego oraz tłuczni przyjęto wartości $E=400\text{MPa}$ i $\nu=0,3$, a dla kruszywa naturalnego $E=200\text{MPa}$ i $\nu=0,3$
Zagęszczenie podbudowy powinno się odbywać aż do osiągnięcia wymaganego wskaźnika zagęszczenia wg BN-77/8931-12.
Zagęszczenie podbudowy stabilizowanej mechanicznie należy uznać za prawidłowe, gdy stosunek wtórnego modułu E_2 do pierwotnego modułu odkształcenia E_1 jest nie większy od 2,2 dla każdej warstwy konstrukcyjnej podbudowy.

Tab.10. Cechy podbudowy

Podbudowa z kruszywa o wskaźniku w_{nos} nie mniejszym niż, %	Wskaźnik zagęszczenia I_s nie mniejszy niż	Wymagane cechy podbudowy		
		Maksymalne ugięcie sprężyste pod kołem, mm	Minimalny moduł odkształcenia mierzony płytą o średnicy 30 cm, MPa	
			50 kN	od pierwszego obciążenia E_1
80 (KR2)	1,0	1,40	80	140
120 (KR5)	1,2	1,20	100	180

4. Podsypka piaskowo – cementowa

Do wykonania podsypki związanej spoiwem należy użyć⁶:
- mieszankę cementu powszechnego użytku wg PN-EN 197-1 z kruszywem w stosunku wagowym 1:4;

⁶ D-05.03.23 „Nawierzchnia z betonowej kostki brukowej”, GDDKiA, Warszawa

- mieszankę innych spoiw budowlanych i/lub drogowych z kruszywem w stosunku wagowym 1:4;
- inne specjalistyczne materiały przewidziane do stosowania w wykonawstwie nawierzchni brukowych.

Do wypełniania spoin należy użyć:

- kruszywo drobne 0/2 wg. normy PN-EN 12522 kategorii uziarnienia GF80, zawartości pyłów f3,
- inne specjalistyczne materiały przewidziane do stosowania w wykonawstwie nawierzchni brukowych.

Podsypkę cementowo – piaskową przygotowuje się w betoniarkach, a następnie układa się na uprzednio zwilżonej podbudowie, przy zachowaniu:

- współczynnika wodno-cementowego od 0,25 do 0,35,
- wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż $R_7=10$ MPa, $R_{28}=14$ MPa.

Pułtusk, dn. 02-01-2016r.