

Włodzimierz Martinek
Zbigniew Tokarski
Kazimierz Chojnacki

Organizacja budowy asfaltowych nawierzchni drogowych

Konsultant **prof. nzw. dr hab. inż. Jerzy Piłat**

Redaktor naukowy **prof. nzw. dr hab. inż. Włodzimierz Martinek**

Redaktor inicjujący **Izabela Ewa Mika**

Redaktor **Agnieszka Grabarczyk**

Koordynator produkcji **Mariola Grzywacka**

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2012

ISBN 978-83-01-16831-5

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-676 Warszawa, Postępu 18
tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288
e-mail: pwn@pwn.com.pl; www.pwn.pl

Spis treści

Wprowadzenie	XI
1. Budowa dróg asfaltowych	1
1.1. Wprowadzenie do technologii i organizacji robót	1
1.1.1. Wybrane zagadnienia technologii	2
1.1.2. Wybrane zagadnienia organizacji	7
1.1.3. Budowa dróg z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju	8
1.2. Podstawowe zasady projektowania konstrukcji nawierzchni asfaltowych	9
1.3. Ogólne wiadomości o mechanizacji robót drogowych	11
1.3.1. Istota mechanizacji kompleksowej	11
1.3.2. Pojęcie zestawu maszyn	14
1.3.3. Zasady doboru maszyn do zestawu	14
1.3.4. Struktury zestawów maszyn	18
1.3.5. Sposoby oceny mechanizacji kompleksowej	22
Literatura do rozdziału 1	24
2. Technologia robót ziemnych	25
2.1. Wprowadzenie	25
2.1.1. Podstawowe pojęcia	25
2.1.2. Właściwości gruntów istotne w technologii robót	28
2.2. Roboty przygotowawcze	33
2.3. Roboty humusowe	37
2.4. Wykonywanie nasypów i wykopów	38
2.4.1. Określenie objętości gruntu w nasypach i wykopach	38
2.4.2. Obliczanie objętości liniowych budowli ziemnych	40
2.4.3. Rozdział mas ziemnych	40
2.4.4. Metody wykonania wykopów i nasypów	43
2.5. Maszyny do robót ziemnych	47
2.5.1. Klasyfikacja maszyn do robót ziemnych	47
2.5.2. Spycharki i ich zastosowanie	48
2.5.3. Zgarniarki i ich zastosowanie	52
2.5.4. Równiarki i ich zastosowanie	57
2.5.5. Koparki i ich zastosowanie	59
2.5.6. Wykonywanie robót ziemnych za pomocą ładowarek	70

2.6. Zagęszczanie gruntów	75
2.6.1. Wprowadzenie	75
2.6.2. Zagęszczanie gruntów za pomocą walców	76
2.6.3. Inne urządzenia do zagęszczania gruntów	77
2.6.4. Kontrola skuteczności zagęszczania	79
2.7. Roboty specjalne	81
2.7.1. Odwodnienie placu budowy	83
2.7.2. Bezwykopowe metody wykonywania robót	88
2.7.3. Obudowa wykopu z grodziec wciskanych hydraulicznie	94
2.7.4. Ścianka berlińska	99
2.7.5. Ścianka szczelinowa	103
2.7.6. Ścianka Larssena	107
2.7.7. Rozbiórka lub modernizacja istniejących obiektów	112
2.7.8. Budowa przepustów	117
2.7.9. Budowa zbiorników do gromadzenia wody opadowej	129
2.7.10. Zastosowanie geosyntetyków do wzmacniania podłoża	132
Literatura do rozdziału 2	138
3. Organizacja robót ziemnych	140
3.1. Wprowadzenie	140
3.2. Planowanie robót ziemnych	140
3.3. Zasady projektowania mechanizacji robót ziemnych	149
3.3.1. Praca maszyn w grupach	157
3.3.2. Praca maszyn w zestawach	158
3.4. Projektowanie przebiegu realizacji robót ziemnych	160
3.4.1. Harmonogramy ogólne	165
3.4.2. Harmonogramy sprawdzające i szczegółowe	182
3.4.3. Wrażliwość harmonogramów na dezaktualizację	184
3.4.4. Zakłócenia procesu realizacji robót	190
3.5. Optymalizacja wymiarowania robót ziemnych	194
Literatura do rozdziału 3	207
4. Organizacja wykonywania podbudów nawierzchni asfaltowych	208
4.1. Rodzaje podbudów	208
4.1.1. Podbudowy tradycyjne	208
4.1.2. Podbudowy nowe	209
4.2. Organizacja wykonywania podbudów	211
4.2.1. Podbudowy z betonu asfaltowego	213
4.2.2. Podbudowy z kruszyw i mieszanek niezwiązanych	219
4.2.3. Podbudowy z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym	223
4.2.4. Podbudowy z betonu cementowego	231
4.2.5. Inne rodzaje podbudów	237
4.3. Odcinki próbne	243
Literatura do rozdziału 4	244

5. Organizacja robót nawierzchniowych	245
5.1. Mechanizacja kompleksowa w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych	245
5.1.1. Produkcja mieszanki mineralno-asfaltowej	248
5.1.2. Przechowywanie składników mieszanki mineralno-asfaltowej	257
5.1.3. Rodzaje produkowanych mieszanek mineralno-asfaltowych	261
5.1.4. Wytwarzanie specjalnych mieszanek mineralno-asfaltowych	268
5.1.5. Kontrolowanie procesu produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych	269
5.2. Transport mieszanki mineralno-asfaltowej	280
5.2.1. Zasady realizacji zapotrzebowania na przewóz	281
5.2.2. Wybór trasy przejazdu	285
5.2.3. Różne technologie wyładowywania mieszanki mineralno-asfaltowej na budowie	289
5.3. Wbudowywanie mieszanki mineralno-asfaltowej	295
5.3.1. Rodzaje warstw i zasady ich wykonywania	295
5.3.2. Połączenia technologiczne	297
5.3.3. Właściwości wykonanej nawierzchni	301
5.3.4. Maszyny do wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych	303
5.3.5. Nowe technologie wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych	307
5.3.6. Wykonywanie warstw nawierzchni specjalnych	317
5.3.6.1. Nawierzchnie na mostach	317
5.3.6.2. Nawierzchnie z asfaltu porowatego	322
5.3.6.3. Nawierzchnie o zwiększonej odporności na odkształcenia trwałe i zmęczenie	328
5.3.6.4. Nawierzchnie z mieszanek mineralno-asfaltowych <i>Superpave</i>	330
5.3.6.5. Nawierzchnie długowieczne typu <i>Perpetual</i>	331
5.3.7. Zagęszczanie mieszanki mineralno-asfaltowej	332
5.3.7.1. Zasady zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej	333
5.3.7.2. Walce do zagęszczania nawierzchni drogowych	334
5.3.7.3. Organizacja robót podczas zagęszczania nawierzchni drogowych	340
5.4. Organizacja procesu wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej	343
5.4.1. Podział na działki robocze	344
5.4.2. Koncepcja pracy równoległej na kilku działkach	345
5.4.3. Warianty robót dla różnych technologii wbudowywania mieszanki	345
5.4.4. Przewóz maszyn	349
5.4.5. Sterowanie dostawami mieszanki mineralno-asfaltowej na budowę	349
5.4.6. Wybór najlepszych technologii wykonania warstw nawierzchni	353
Literatura do rozdziału 5	355
6. Utrzymanie nawierzchni asfaltowych	357
6.1. Strategia utrzymania nawierzchni drogowych	357
6.2. Trwałość nawierzchni	358
6.3. Okres gwarancji na wykonane roboty	363
6.4. Rodzaje uszkodzeń nawierzchni asfaltowych	366
6.5. Klasyfikacja i ocena uszkodzeń nawierzchni drogowej	369

6.5.1. Ocena ogólna	369
6.5.2. Ocena szczegółowa	370
6.6. Wybór technologii wykonania remontu	371
6.6.1. Naprawa uszkodzeń powierzchniowych – powierzchniowe utwalanie	373
6.6.2. Naprawa pęknięć	378
6.6.3. Cienkie warstwy na zimno	380
6.6.4. Technologia zabiegów remontowych	383
6.7. Wybór technologii wykonania przebudowy	385
6.7.1. Ocena stanu nawierzchni i zakres robót	385
6.7.2. Wymiana warstw	387
6.7.3. Wykonanie nakładki	390
6.7.4. Wzmocnienie konstrukcji	392
6.8. Technologia recyklingu nawierzchni asfaltowych	397
6.8.1. Stan prawny gospodarki odpadami	397
6.8.1.1. Gospodarka odpadami	397
6.8.1.2. Recykling	398
6.8.2. Recykling na gorąco	401
6.8.3. Recykling na zimno	402
6.8.4. Maszyny i urządzenia do recyklingu nawierzchni	402
6.8.4.1. Frezarki	403
6.8.4.2. Gilotyna	406
6.8.5. Zestawy maszyn do przetwarzania materiałów ze starych nawierzchni	407
6.8.6. Organizacja punktów deponowania i przetwarzania materiałów . . .	409
6.8.7. Optymalizacja procesu przetwarzania materiałów	409
6.8.8. Technologia MMA z wykorzystaniem destruktu	412
Literatura do rozdziału 6	415
7. Warunki planowania, projektowania i budowy drogowych urządzeń ochrony	
środowiska	417
7.1. Wstęp	417
7.2. Europejska polityka transportowa	417
7.3. Oddziaływanie transportu na środowisko naturalne	419
7.4. Ochrona zasobów naturalnych	420
7.4.1. Oddziaływanie robót ziemnych na środowisko przyrodnicze	421
7.4.2. Ochrona środowiska naturalnego podczas układania nawierzchni asfal-	
towych	426
7.4.3. Wtórne wykorzystanie materiałów budowlanych	428
7.5. Ochrona środowiska pracy	434
7.5.1. Ochrona środowiska pracy przed drganiami	436
7.5.2. Ochrona środowiska pracy przed hałasem	436
7.6. Ochrona otoczenia dróg przed hałasem	440
Literatura do rozdziału 7	449
8. Kosztorysowanie projektów inwestycji i robót	451
8.1. Wiadomości ogólne	451
8.1.1. Pojęcie kosztorysu	451

8.1.2. Elementy składowe kosztorysu	452
8.1.3. Kosztorys w planowaniu przedsięwzięć	453
8.1.4. Kosztorys w projektowaniu przedsięwzięć	454
8.1.5. Kosztorys w realizacji przedsięwzięć	454
8.2. Rodzaje kosztorysów	455
8.2.1. Wiadomości ogólne	455
8.2.2. Kosztorys wskaźnikowy	455
8.2.3. Kosztorys szczegółowy	456
8.2.4. Kosztorys inwestorski – podstawy i metody sporządzania	457
8.2.5. Kosztorys ślepy	458
8.2.6. Kosztorys ofertowy	461
8.2.7. Inne rodzaje kosztorysów	462
8.3. Przedmiar robót	462
8.3.1. Zasady przedmiarowania	463
8.3.2. Przedmiarowanie różnych rodzajów robót	464
8.3.2.1. Przedmiarowanie robót przygotowawczych	464
8.3.2.2. Przedmiarowanie robót ziemnych	464
8.3.2.3. Przedmiarowanie robót nawierzchniowych	465
8.3.2.4. Przedmiarowanie obiektów inżynierskich	465
8.3.3. Przedmiar robót odcinka drogi	466
8.4. Opracowywanie kosztorysów – procedura sporządzania	473
8.4.1. Dane wyjściowe do kosztorysowania	473
8.4.2. Szczegółowa zawartość kosztorysu inwestorskiego	474
8.4.3. Tabela wartości elementów scalonych	475
8.4.4. Wykaz robocizny, materiałów i sprzętu	476
8.4.5. Przykład kosztorysu dla odcinka drogi	476
Literatura do rozdziału 8	484

Wprowadzenie

Drogi są budowlami o podstawowym znaczeniu dla społeczeństw, a ponieważ potrzeby społeczeństw i pod tym względem ulegają ciągłym zmianom, drogi jako układ komunikacyjny i poszczególne dzieła inżynierskie muszą te zmieniające się potrzeby zaspakajać. Dzięki zmianom systemowym i wejściu Polski do Unii Europejskiej jesteśmy uczestnikami burzliwego rozwoju budownictwa drogowego w Polsce.

Niniejsza książka, uwzględniająca aktualny stan prawny i najnowsze stosowane technologie, przeznaczona jest dla dwóch grup odbiorców. Grupa pierwsza to studenci specjalności inżynieria ruchu na kierunku budownictwo, studenci kierunku transport na politechnikach i w szkołach inżynierskich oraz uczniowie techników drogowych. Grupa druga to inżynierowie pracujący w budownictwie drogowym, którzy chcą odświeżyć i uzupełnić swoją wiedzę.

W książce autorzy starali się zawrzeć wiadomości teoretyczne i praktyczne istotne dla tych dwóch grup czytelników. Przedstawione wiadomości dotyczą tzw. cyklu życia drogi, obejmującego takie etapy, jak: projektowanie, realizacja, utrzymanie i likwidacja dróg. W części poświęconej realizacji i utrzymaniu dróg omówiono zasady mechanizacji robót, technologii wykonania poszczególnych rodzajów robót i organizacji ich przebiegu przy realizacji przedsięwzięcia. Podano również zasady kosztorysowania przedsięwzięć i robót. Osobną grupą zagadnień poruszonych w książce są problemy ochrony środowiska przy projektowaniu, realizacji i utrzymaniu dróg.

W książce zamieszczono liczne przykłady liczbowe dotyczące istotnych zagadnień projektowania, realizacji i kosztorysowania, które mogą ułatwić czytelnikom szybkie przyswojenie wyłożonego materiału.

Autorzy chcieliby złożyć serdeczne podziękowania Panu prof. dr. hab. inż. Jerzemu Piłatowi za życzliwość i pomoc. Uwagi Pana Profesora niewątpliwie przyczyniły się do udoskonalenia treści i formy książki.

Autorzy

1.1. Wprowadzenie do technologii i organizacji robót

Nawierzchnie asfaltowe to nawierzchnie najbardziej rozpowszechnione w budownictwie drogowym. W ostatnich latach wysoki poziom techniki, który wzbogacił zasoby produkcyjne w zakresie maszyn i urządzeń, umożliwił budowanie nawierzchni asfaltowych spełniających potrzeby społeczne z jednoczesnym uwzględnieniem zasad ochrony środowiska i zasobów naturalnych, stanowiących podstawowy materiał do budowy dróg.

Świadomość społeczna skutków oddziaływania transportu na środowisko naturalne jest coraz większa. Transport zajmuje przestrzeń, ingeruje w krajobraz, florę i faunę, generuje hałas, zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby, ale jednocześnie wiąże się z poprawą jakości życia całego społeczeństwa. Jakość życia w tym przypadku kojarzy się m.in. z mobilnością społeczeństw i podejmowaniem podróży na coraz większe odległości. Skrócenie czasu podróży, zwiększenie bezpieczeństwa i zmniejszenie ryzyka podróżowania oraz wygoda podróżowania wpływają na zmniejszenie wysiłku związanego z czasem spędzonym w podróży. Dzięki mobilności obserwuje się przemiany jakościowe w całym życiu społecznym. Jest to szczególnie istotne, gdy są to zmiany doniosłe i głębokie, mające ważne skutki w sferze gospodarczej, kulturowej, a czasem nawet politycznej. Rozwijanie technologii nawierzchni drogowych z zastosowaniem asfaltów modyfikowanych polimerami, poszukiwanie technologii nawierzchni układanych na ciepło oraz nowych rozwiązań technicznych w produkcji mieszanek mineralnych i mineralno-asfaltowych (wykorzystujących materiały pozyskiwane w procesie recyklingu lub materiały miejscowe) to tylko wybrane przykłady dążenia do najlepszych technologii i związanych z nimi określonych wariantów organizacyjnych, wynikających z realizowanej fazy robót. Jest to szczególnie ważne, gdy są to technologie innowacyjne, wprowadzające istotne zmiany materiałowe, skracające czas realizacji oraz zmieniające zasady organizacji produkcji budowlanej jednorazowo lub trwale na każdym etapie procesu realizacyjnego.

1.1.1. Wybrane zagadnienia technologii

Zastosowanie nowoczesnej technologii, zawierającej innowacyjne rozwiązania, np. procesowe czy produktowe, zmusza do wyboru właściwych zasad mechanizacji po wnikliwej ocenie możliwości zastosowania odpowiednich maszyn, urządzeń, środków transportu i narzędzi na poszczególnych stanowiskach. Przykładem są ciekawe idee i technologie związane z tzw. materiałami odpadowymi. Pomijając dość nieszczęśliwą nazwę „materiały odpadowe”, wywołującą negatywne reakcje zarówno u wykonawców, jak i u inwestorów, istotą działań jest wskazanie efektywnych kierunków proekologicznych w budownictwie, dzięki którym zlikwiduje się hałdy składowanych materiałów, nadających się do powtórnego wykorzystania.

W krajach Europy zachodniej uwzględnienie, już na etapie programowania procesu inwestycyjnego, danych o możliwości wykorzystania dostępnych na danym terenie materiałów alternatywnych, jest korzystne zarówno dla gospodarki, jak i ekologii. Należy pamiętać, że przed wystąpieniem o środki unijne na finansowanie rozbudowy sieci dróg w Polsce konieczne jest zapoznanie się z wymaganiami i wytycznymi instytucji odpowiedzialnych za wybór projektów do dofinansowania, zgodnie z typem programu unijnego. W większości tych programów istotną rolę odgrywa wykonalność i związane z tym ryzyko zagrażające realizacji przedsięwzięcia. Wybiera się często takie projekty, które oprócz kryteriów technicznych i ekonomicznych uwzględniają również kryteria środowiskowe i społeczne. Materiały odpadowe umożliwiają przeprowadzenie analizy różnych wariantów rozwiązań materiałowych i dają szansę wyboru rozwiązania optymalnego, uwzględniającego lokalne warunki realizacji inwestycji. Rozwiązanie dobre ze względu na kryterium ekologiczne daje również możliwość odpowiedniego pozyskiwania źródeł finansowania przedsięwzięcia. Ponadto bardzo ważne w planowaniu procesu inwestycyjnego jest umieszczenie i analiza inwestycji w rzeczywistych warunkach, z możliwie najdokładniejszym opisem jej wpływu na środowisko, w którym będzie ona realizowana i eksploatowana. Tło projektu, czyli uwarunkowania demograficzne, społeczno-gospodarcze i środowiskowe są właśnie niezwykle ważne na etapach przygotowania przedsięwzięcia, jego realizacji i eksploatacji drogi. Opracowanie różnych scenariuszy alternatywnych realizacji inwestycji, uwzględniających jej wpływ na środowisko naturalne (zwłaszcza na obszarach Natura 2000) umożliwia określenie ich wykonalności ze względu na kryteria środowiskowe. Umożliwia również wybór właściwego wariantu realizacji pod względem organizacji. Wartość poznawcza projektu będzie dotyczyła również analizy wrażliwości na dezaktualizację harmonogramu robót, wynikającą ze zmiany warunków krytycznych, spowodowanych lokalnymi uwarunkowaniami.

Liniowy charakter robót drogowych wiąże się:

- z prowadzeniem robót na długim odcinku,
- ze znacznym zakresem robót przygotowawczych i ziemnych, co może wynikać ze zmiany warunków gruntowych,

- ze zwiększeniem zakresu planowanych robót,
- ze skomplikowanym transportem materiałów,
- z organizowaniem różnych procesów realizacyjnych.

Zakres **robót przygotowawczych i towarzyszących** powinien obejmować roboty geodezyjne, oczyszczenie i przygotowanie terenu, dróg dojazdowych, odwodnienie oraz kształtowanie terenu.

Roboty ziemne obejmują ustalenie grubości warstwy humusu i jej zdjęcie oraz wykonanie wykopów i nasypów łącznie z zabezpieczeniem skarp, wykonaniem wykopów fundamentowych konstrukcji obiektów inżynierskich wraz z ich zabezpieczeniem przed wpływem drgań wywołanych działaniem sprzętu zastosowanego do tych robót. Szczególnym rodzajem budowli są wykopy nieobudowane i obudowane, o ścianach pionowych lub o ścianach o nachyleniu większym od bezpiecznego. W takich sytuacjach istotne jest zabezpieczenie ich przed osunięciem i określenie czynników działających destrukcyjnie na takie obiekty. Niezbędne jest również określenie wszystkich możliwych oddziaływań mogących naruszyć stateczność zarówno budowanego obiektu, jak i obudowy wykopu. Należy również wskazać miejsca składowania gruntów z wykopów oraz ewentualne miejsca pozyskiwania gruntu na wymianę.

Dobór materiałów do wykonania nasypów wymaga wskazania miejsc pozyskiwania gruntów zakwalifikowanych do wbudowania w te nasypy. Mogą to być wykopy tymczasowe, ukopy oraz złoża gruntu naturalnego lub skał [N1.1]. Ze względu na przewidywane wykonanie odcinków próbnych i doświadczalnych dla różnych konstrukcji nawierzchni, w zakresie robót ziemnych można również zaplanować organizację takich odcinków, które będą się charakteryzowały specjalnie dobranymi materiałami w podłożu gruntowym, przygotowanymi zgodnie z prowadzonymi badaniami laboratoryjnymi i wynikającymi z doświadczeń dla danego regionu.

Niezwykle ważnym zagadnieniem na etapie programowania robót jest określenie stanu **podłoża gruntowego** konstrukcji nawierzchni i zweryfikowanie tych danych przed rozpoczęciem wykonywania robót ziemnych. Weryfikacja powinna dotyczyć rozpoznania geotechnicznego podłoża (ustalenia rodzaju i miąższości warstw zalegających w miejscu robót ziemnych) oraz określenia rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych w podłożu, w momencie rozpoczynania robót. Ma to na celu przyjęcie technologii robót gwarantującej stabilność konstrukcji nawierzchni w czasie długotrwałego obciążenia ruchem, odporność na działanie wody i mrozu w czasie eksploatacji drogi oraz odporność na obciążenia od ruchu technologicznego w czasie wykonywania podbudowy zasadniczej i pomocniczej. Weryfikacja może mieć również wpływ na prawidłowe wykonanie wzmocnienia podłoża gruntowego i jego zastosowanie jako podłoża ulepszanego, gwarantującego właściwe przejście obciążeń od ruchu i bezpieczne warunki eksploatacji nawierzchni.

W czasie wykonywania robót ziemnych mogą wystąpić zakłócenia, związane z nieprzewidywanymi w dokumentacji obiektami podziemnymi, takimi jak urządzenia

i przewody instalacyjne, kanały, dreny i pozostałości istniejących konstrukcji. Można również w czasie wykonywania robót trafić na materiały nadające się do dalszego użytku. Właściwym działaniem będzie wówczas przerwanie robót do czasu uzgodnienia sposobu dalszego postępowania na realizowanym odcinku robót.

W czasie wykonywania robót ziemnych ważne jest także odwodnienie wykopów i nasypów. Przewiduje się stałe odwodnienie wykopów oraz zabezpieczenie terenu przed rozmyciem u podnóża i powyżej skarpy. Dodatkowo istotne jest zabezpieczenie skarp przed erozją szczególnie w czasie, gdy roboty nie zostały jeszcze zakończone. W przypadku nasypów przewiduje się wykonanie rowów bocznych i odpowiednie ukształtowanie podłoża. Właściwym działaniem jest umocnienie skarp bezpośrednio po ich wykonaniu. Umocnienie takie można wykonywać odcinkami.

Zgodnie z wymaganiami technicznymi [N1.4] podłoże może być wykonane z mieszanki niezwiązanej, którą stanowi materiał ziarnisty, zazwyczaj o określonym składzie ziarnowym, stosowany do wykonania ulepszonego podłoża oraz warstw konstrukcji nawierzchni dróg. Podłoże ulepszone przeznaczone jest na warstwę mrozoodporną, odsączającą, odcinającą lub wzmacniającą.

Zagadnieniem związanym z wyborem technologii i organizacją robót jest odpowiednie zagęszczenie zarówno samej budowli ziemnej, jak i terenu przewidzianego do wykonania dróg dojazdowych i placów składowych. Rozmieszczenie gruntów w budowli ziemnej zależy od przeznaczenia i funkcji tej budowli, warunków terenowych i klimatycznych, możliwości wyboru materiałów oraz innych występujących lokalnie czynników. Wybór maszyn zależy od rodzaju układanego gruntu i liczby układanych warstw, wymiaru ziaren oraz stanu wilgotności i warunków atmosferycznych w czasie wykonywania robót. W przypadku robót ulegających zakryciu przewiduje się wykonanie odbiorów częściowych. Mięszczość warstw zagęszczanych mechanicznie powinna być określana doświadczalnie.

Ważnym problemem przy wykonywaniu robót przygotowawczych i robót ziemnych jest odwodnienie terenu placu budowy. Odwodnienie może być wykonane jako tymczasowe, przewidziane tylko na czas realizacji robót, lub jako docelowe związane z eksploatacją budowanej drogi. W wielu przypadkach roboty odwodnieniowe wykonuje się za pomocą specjalistycznego sprzętu, który musi być we właściwym dla tych robót czasie dostarczony. Brak takiego sprzętu i odpowiednich materiałów przewidzianych do wbudowania może spowodować opóźnienie, a nawet zatrzymanie robót, wynikające z zagrożenia dla maszyn poruszających się na budowie. Bardzo ważne są w takich sytuacjach prawidłowo przeprowadzone wcześniej rozpoznanie geologiczne lub geologiczno-inżynierskie i badania kontrolne wykonane przed rozpoczęciem eksploatacji złoża. Jako informacje uzupełniające, przydatne są również dane o ewentualnej zmienności tego stanu w przypadku ekstremalnych warunków atmosferycznych, powodzi lub lokalnie występujących szkód.

Jednym z ważniejszych elementów konstrukcji drogi jest **podbudowa**. Pełni ona rolę fundamentu i ważne jest, aby ten element konstrukcyjny był odpowiednio

wytrzymały i trwałe. Aktualny stan prawny [N1.3] wprowadzony w roku 2004 poszerza zakres uziarnienia mieszanek od 0/8 mm do 0/80 mm, co pozwala na zwiększenie asortymentu kruszyw, które dotychczas były stosowane sporadycznie. Chodzi o kruszywa drobniejsze, które były odsiewane przy produkcji mieszanek. Nowa norma jest normą produktową, bez elementów technologii wykonywania robót i bez wymagań dla warstw podbudów. Zastąpiła ona poprzednią normę PN-S-06102:1997 po opracowaniu nowych Wymagań Technicznych [N1.4], [N1.5], w których podano polskie wymagania.

Oprócz właściwego uziarnienia, kruszywa powinny mieć odpowiednie właściwości mechaniczne. Surowcami do produkcji mieszanek kruszywowych mogą być kruszywa naturalne, kruszywa naturalne łamane, żużle wielkopieczowe oraz mieszanki tych surowców. Nowa norma [N1.3] uwzględnia różne rodzaje surowców: surowce odpadowe (żużle hutnicze, łupki górnicze) i materiały z recyklingu (kruszywo betonowe, ceramika). Bardzo ważne w procesie wykonywania podbudowy jest zagęszczanie. Ma ono na celu lepsze rozmieszczenie ziaren, a więc zmniejszenie wolnych przestrzeni (porów). W celu uzyskania dostatecznego zagęszczenia przy małym zużyciu energii, stosuje się tzw. mieszanki o optymalnym uziarnieniu i dobrej podatności na zagęszczanie. Podatność na zagęszczanie zależy od kształtu krzywej uziarnienia. Uziarnienie powinno być ciągłe, a rozkład poszczególnych frakcji taki, aby krzywa przesiewu znajdowała się w odpowiednim polu dobrego uziarnienia dla podbudowy zasadniczej (warstwa górna), podbudowy pomocniczej (warstwa dolna) lub podbudowy wykonywanej jako jednowarstwowej. Technologia wykonania podbudowy polega na rozłożeniu mieszanki rozkładarką i zagęszczeniu jej najpierw walcem wibracyjnym, a następnie walcem bez wibracji, np. ogumionym. Do rozłożenia mieszanki stosuje się również spycharki i równiarki, jednak takie rozwiązanie wymaga szczególnego nadzoru ze względu na możliwość segregacji kruszywa i utraty wilgotności. Prawidłowa wilgotność pozwala na uzyskanie wymaganego zagęszczenia mieszanki przy małej energii zagęszczania.

Wymagania wobec kruszyw do mieszanek niezwiązanych, przeznaczonych do wykonania ulepszonego podłoża i warstw podbudowy dla dróg o obciążeniu ruchem kategorii od KR1 do KR6 dotyczą wartości granicznych i tolerancji uziarnienia oraz jednorodności wymieszania i równomiernej wilgotności [N1.2].

Podbudowa może być również wykonana z mieszanek związanych hydraulicznie, w których wiązanie i twardnienie następuje na skutek reakcji chemicznych. Wymagania określa się w zależności od zastosowanej mieszanki. Spoiwem hydraulicznym może być cement, żużel, popiół, wapno, materiał puculanowy, spoiwo drogowe. Właściwości dotyczą również wartości i tolerancji uziarnienia, gęstości, nasiąkliwości, stałości objętości, mrozoodporności i innych.

Jako parametry kontroli produkcji zwykle przyjmuje się:

- ocenę zgodności mieszanki z wymaganiami,
- księgę jakości,
- organizację produkcji związaną z kierowaniem procesem produkcyjnym,