

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

ZAKŁAD GEOTECHNIKI
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa
tel. 811 29 61, 675 43 75, fax 811 17 92



Zamawiający:
Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad

Zasady agrogeotechnicznego przygotowania skarp drogowych do zadarniania

Zespół autorski:

mgr inż. Beata Gajewska – kierownik Zespołu
dr inż. Marian Głazewski
(autor rozdziału 6.7 oraz Załącznika 1 : rozdziały 3.10, 5.2.8. i 6.13)
mgr inż. Krzysztof Grzegorzewicz
dr inż. Bolesław Kłosiński
Anna Krzyczkowska
mgr inż. Piotr Rychlewski

Konsultacja:
dr inż. Marian Głazewski

Kierownik Zakładu Geotechniki:
mgr inż. Cezary Kraszewski

Warszawa, 2004

SPIS TREŚCI

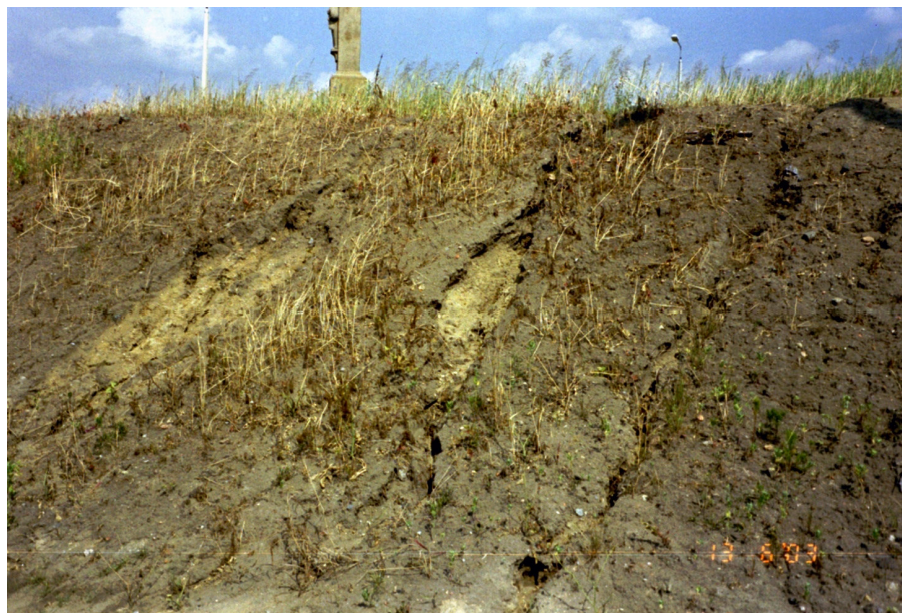
1. Wstęp.....	3
2. Główne przyczyny erozji gruntu.....	5
3. Przegląd wybranych obiektów	7
4. Wnioski z obserwacji	25
5. Definicje	26
6. Materiały i ich stosowanie przy zadarnianiu skarp	30
6.1. Ziemia urodzajna („humus”)	30
6.2. Nasiona traw oraz motylkowatych drobonasiennych.....	35
6.3. Darnina	47
6.4. Biowłóknina	50
6.5. Inne materiały biodegradowalne.....	54
6.6. Geosyntetyki	57
6.7. Hydroobsiew i mulczowanie	62
7. Sprzęt.....	75
8. Roboty ziemne.....	78
9. Zabiegi pielęgnacyjne.....	83
10. Wynalazki i patenty	84
11. Podsumowanie	85
 Załącznik 1	 90
Załącznik 2a.....	134
Załącznik 2b.....	137
Załącznik 2c.....	141
Załącznik 2d.....	146
Załącznik 2e.....	150
Załącznik 3.....	155

1. Wstęp

Skarpa stanowi element konstrukcyjny powierzchni budowli ziemnej. Obserwacje prowadzone już od wielu lat wykazują, że budowle drogowe, szczególnie skarpy nasypów ulegają erozji. Zjawisko to jest widoczne zarówno w przypadku nowych budowli ziemnych jak i tych istniejących. Rozmiary erozji są tym mniejsze, im lepiej zabezpieczona jest skarpa przed działaniem czynników erozyjnych. Do najbardziej odpornych na erozję należą powierzchnie pokryte gęstą murawą. Jednak przez czas potrzebny do jej wykształcenia postęp zniszczeń erozyjnych może być bardzo duży, jeżeli powierzchnia przeznaczona do zadarniania nie została właściwie przygotowana. Również powierzchnie pokryte darnią, bez wcześniejszego właściwego przygotowania, ulegają erozji. Jej rozmiary są jednak mniejsze w porównaniu z powierzchniami niezadarnionymi.

Woda spływająca na niezabezpieczone skarpy wykopów z przyległego terenu oraz na skarpy nasypów z nawierzchni może powodować zmywanie gruntu, tworzenie rowków i coraz głębszych rynien. Zniszczenia skarp prowadzą do uszkodzeń lub nawet do zniszczenia budowli ziemnej, poboczy drogi i nawierzchni. Ilustrację destrukcji, jakie mogą powstać na powierzchni niezabezpieczonych skarp przedstawiają ilustracje. Koszty usuwania skutków erozji osiągają 8-12% kosztów robót ziemnych.

Temat spływów powierzchniowych był rozpatrywany przez Rejmana w [37], a zmywy żłobinowe przez Nowocienia w [33].



fot. B. Gajewska



fot. P. Rychlewski



fot. B. Gajewska



fot. B. Gajewska



fot. M. Głazewski

Fot. 1. Przykłady zniszczeń erozyjnych

Na podstawie przeprowadzonej pracy badawczej został opracowany projekt „Zasad agrogeotechnicznego zadarniania skarp”, stanowiący Załącznik 1 niniejszego opracowania.

2. Główne przyczyny erozji gruntu

Skarpy są narażone na destrukcyjne działanie czynników atmosferycznych, szczególnie wody (działania deszczu, wiatru, a także wody spływającej po powierzchni skarp). Największe szkody powstają w wyniku intensywnych lub nawalnych opadów, występujących na terenie Polski dość rzadko. Jednak ich skutki techniczne i ekonomiczne mogą być bardzo poważne. Zniszczenia skarp powodują także wody spływające z nawierzchni, nie ujęte prawidłowo przez system odwodnienia drogi fot. 2.

Działanie tych wód jest długotrwałe i wielokrotnie powtarzalne. Na skutek erozji skarp ulegają zamuleniu i zanieczyszczeniu rowy oraz przyległy teren.

Zabrudzenie nawierzchni gruntem zmywanym ze skarp wykopów powoduje zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego.

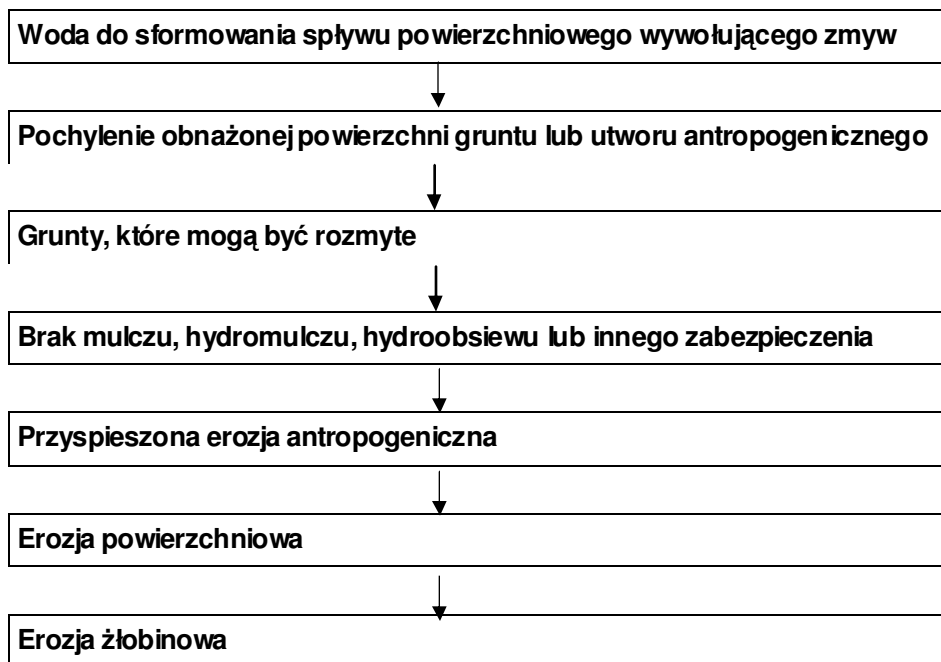
Zniszczenia erozyjne zwiększają się, gdy:

- większe jest pochylenie i wysokość skarpy,
- powierzchnia skarpy jest słabo zagęszczona,
- skarpa jest zbudowana z piasku drobnoziarnistego lub pylastego albo z gruntu mało spoiwego (pyłu, piasku gliniastego),
- czynniki erozyjne działają długotrwale.



Fot. 2. Zniszczenie skarpy na skutek spływu wody nie ujętej w system odwodnienia nawierzchni (fot. B. Gajewska)

Krople deszczu uderzające w cząstki gruntu odspajają je. Odspojone cząstki gruntu są następnie transportowane w dół zbocza. W wyniku tych działań na powierzchni skarpy powstają bruzdy erozyjne (rys. 1).



Rys. 1. Powstawanie przyspieszonej erozji wodnej utworów antropogenicznych [20]

3. Przegląd wybranych obiektów

Budowla 1

Skarpy wykopu Autostrady A2 koło Poznania

Skarpy wykopu budowli 1 zostały wyprofilowane od razu do wymiarów docelowych. Na wyprofilowane skarpy nie została naniesiona warstwa „humusu” (w trakcie oględzin nie natrafiono na ślady „humusu”). W projekcie skarp przewidziano zadarnianie skarp. Na ich powierzchni została wysiana mieszanka traw za pomocą hydroobsiewu bez użycia osadów ściekowych. Na skarpie o wystawie północnej rozwinęła się niezbyt gęsta roślinność trawiasta, pokazana na fot. 3. Mimo, że na jej powierzchni są niewielkie niezadarnione miejsca, nie widać na niej oznak erozji.



Fot. 3. Roślinność porastająca skarpe o wystawie północnej obiektu 1 (fot. B. Gajewska)

W celu ustalenia z jakiego gruntu zbudowana jest skarpa wykopu w miejscu najmniej porośniętym roślinnością pobrano próbkę gruntu. Miejsce pobrania próbki przedstawia fot. 4.

Analiza gruntu wykazała, że jest to piasek pylasty barwy szarej. Wyniki analizy sitowej wraz z krzywą uziarnienia przedstawiono w Załączniku 2a.

Roślinność na skarpach budowli 1 o wystawie południowej ma charakter roślinności stepowej. Powierzchnia skarpy nie jest zbyt dokładnie pokryta roślinnością (fot. 5)



Fot. 4. Miejsce pobrania próbki ze skarpy budowli 1 (fot. B. Gajewska)



Fot. 5. Skarpy budowli 1 o wystawie południowej (fot. B. Gajewska)

W trakcie oględzin na skarpie południowej prowadzone były prace pielęgnacyjne – koszenie. Efekty tych zabiegów widoczne są na fot. 6.



Fot. 6. Zabiegi pielęgnacyjne (koszenie) prowadzone na skarpie budowli 1 o wystawie południowej (fot. B. Gajewska)

Budowla 2

Skarpy wykopu i nasypu drogi w Luboniu

Skarpę wykopu budowli 2 o wystawie zachodniej pokazano na fot. 7. Jest to stan skarpy po roku od wykonania obsiewu. W górnej części skarpy roślinność jest dość bujna, natomiast w dolnej bardziej uboga. W dolnej części skarpy widoczne są również ślady erozji. Miejsce pobrania próbki gruntu ze skarpy wykopu pokazano na fot. 8.



Fot. 7. Skarpa wykopu drogi w Luboniu o wystawie zachodniej (fot. B. Gajewska)



Fot. 8. Miejsce pobrania próbki gruntu ze skarpy wykopu budowli 2 (fot. B. Gajewska)

Badania wykazały, że skarpa wykopu w tym miejscu jest zbudowana z gliny pylastej, a jej powierzchnia jest pokryta około 3-5 cm warstwą „humusu”. Wyniki analizy areometrycznej próbki zawiera Załącznik 2b.

Na skarpach nasypu budowli 2, po roku od obsiewu, rozwinęła się roślinność trawiasta typu murawa (fot. 9). Powierzchnia skarp jest całkowicie pokryta roślinnością. Nie znaleziono na ich powierzchni śladów erozji. Podczas pobierania próbki gruntu stwierdzono, że skarpy pokryte są warstwą „humusu” o grubości 8-10 cm (w miejscu pobierania próbki, fot. 10). Wyniki badań gruntu zawiera Załącznik 2c. Skarpa nasypu jest zbudowana z gruntu spoistego – gliny pylastej.

Analizie poddano również „humus”, w celu ustalenia zawartości cząstek organicznych. Próbka nie zawierała żadnych zanieczyszczeń. W wyniku przeprowadzonego badania ustalono, że straty masy przy prażeniu wynoszą, $I_z=4,64\%$.



Fot. 9. Skarpa budowli 2 całkowicie pokryta roślinnością trawiastą (fot. B. Gajewska)



Fot. 10. Miejsce pobrania próbki gruntu za skarpy budowli 2 (fot. B. Gajewska)

Budowla 3

Skarpa nasypu – obwodnica Sochaczewa

Obserwacje na skarpach nasypów obwodnicy Sochaczewa przeprowadzono we wrześniu 2004 r.

Roślinność na skarpie jest bardzo uboga. Na powierzchni skarpy widoczne są ślady erozji. Ślady z lewej strony (fot. 11) wskazują na fakt, że prawdopodobnie sporadycznie przemieszczają się tędy ludzie. Skarpa ta pokryta jest około 8-10 cm warstwą „humusu”. Miejsce pobrania próbki widoczne jest na fot. 12. Wyniki badania gruntu przedstawiono w Załączniku 2d. Starty masy przy prażeniu $I_z=4,63\%$.

Mimo pokrycia całej powierzchni skarpy „humusem” roślinność nie rozwinęła się zbyt dobrze. Powodem takiego stanu rzeczy mogła być zbyt cienka warstwa „humusu” (skarpa zbudowana jest z gruntu sypkiego - pospółki luźno usypanej na nasypie wykonanym z popiołów), niewłaściwe dogęszczenie powierzchni skarpy i „humusu”, brak deszczowania przed wysiewem nasion, brak zabiegów pielęgnacyjnych (podlewanie) w czasie wzrostu traw, itp. Jeżeli roślinność nie rozwinie się dostatecznie na powierzchni skarpy, erozja będzie postępować nadal, co w efekcie może doprowadzić do zniszczenia budowli ziemnej.



Fot. 11. Skarpa nasypu budowli 3 (fot. B. Gajewska)



Fot. 12. Miejsce pobrania próbki gruntu z budowli 3 (fot. B. Gajewska)

Budowla 4

Skarpa – Trasa Toruńska w Warszawie

Skarpa ta zbudowana jest z piasku pylastego (Załącznik 2e). Miejscami ma on barwę szaro-żółtą, a miejscami szarą i jasno szarą. W skarpie tej jesienią 2002 roku wykonano wykop pod fundament ekranów przeciwhałasowych (fot. 13). Po wykonaniu ekranów skarpe usypano i nie dogęszczono jej powierzchni. Następnie obsiano ją trawą. Ogólny widok skarpy w październiku 2004 roku pokazano na (fot. 14).



Fot. 13. Fundament pod ekran przeciwhałasowy w ciągu Trasy Toruńskiej (fot. B. Gajewska)



Fot. 14. Widok skarpy w ciągu Trasy Toruńskiej (fot. B. Gajewska)

Powierzchnia skarpy uległa erozji o znacznych rozmiarach. Przykładowe zniszczenia przedstawia fot. 15. W październiku 2004 roku rozpoczęto naprawę skarpy. Tam gdzie jej powierzchnia była najbardziej zerodowana, rozdrobniono grunt. Następnie całą powierzchnię zagrabiono (fot. 16). Nie dogęszczono powierzchni skarpy.



Fot. 15. Zerodowana skarpa budowli 4 (fot. B. Gajewska)



Fot. 16. Powierzchnia skarpy budowli 4 po zgrubnym wyrównaniu (fot. B. Gajewska)

Całość obsypano bardzo cienką warstwą „humusu” fot. 17). Widoczne na fot. 18 jasne pole to powierzchnia skarpy nie pokryta „humusem”.



Fot. 17. Posypywanie zagrabionej skarpy „humusem” (fot. B. Gajewska)



Fot. 18. Skarpa **posypana** „humusem” i obsiana trawą (fot. B. Gajewska)



Fot. 19. Skarpa obiektu 4 w niecały miesiąc po dokonaniu napraw i ponownym wysiewie traw (fot. B. Gajewska)

W niecały miesiąc od wykonania napraw dokonano ponownych oględzin skarpy. Na jej powierzchni powstały już lokalne zplawy (fot. 19). Grunt przemieścił się poza

obręb skarpy aż poza krawężnik. W tym miejscu skarpa nie zostanie pokryta roślinnością. W miejscach, gdzie nie nastąpiły tak duże uszkodzenia, powstały mniejsze bruzdy erozyjne. Ze względu na wykonanie obsiewu poza terminem agrotechnicznym i panującymi obecnie warunkami atmosferycznymi (mróz, śnieg, intensywne opady deszczu i deszczu ze śniegiem) należy przypuszczać, że skarpa ta będzie ulegać dalszym poważnym zniszczeniom. Dla porównania pokazano skarpe (fot. 21), na której humusowanie i obsiew odbywały się w tym samym czasie, co na skarpie budowli 4. Jednakże na skarpie tej dogęszczono jej powierzchnię, dogęszczono „humus” i dogęszczono powierzchnię skarpy po obsiewie.



Fot. 20. Bruzda erozyjna na powierzchni „naprawionej” skarpy obiektu 4 (fot. B. Gajewska)



Fot. 21. Widok skarpy, na której „humus” został dogęszczony (fot. B. Gajewska)

Budowla 5 – przykład poprawnego zadarnienia skarp budowli ziemnej
TERMINAL TOWAROWY OLSZYNA I



Fot. 22. Układanie „humusu” na powierzchni skarpy [17]

Budowę granicznego terminalu towarowego w Olszynie rozpoczęto w 1997 roku. Projekt przewidywał wykonanie nasypu o wysokości 12 m i pochyleniu skarp 1:1,5, a miejscami 1:1,3. Tak duże pochylenia skarp były spowodowane ograniczeniami związanymi z wykupem gruntów. Nasyp został wykonany z miejscowej pospółki.



Fot. 23. Struktura geomaty przestrzennej
zastosowanej na skarpach Terminalu w Olszynie [17]

W celu uzyskania odpowiedniego zagęszczenia gruntu w całym przekroju omawianego nasypu, a zwłaszcza na zewnętrznej krawędzi skarpy, konieczne było wykonanie szerszego nasypu, jego właściwe zagęszczenie, a potem zebranie dodatkowej warstwy nasypu do profilu zgodnego z projektowanym. Początkowo

wykonywany nasyp był szerszy u podstawy o **około 2 m** od projektowanego. Wykonanie szerszego nasypu było możliwe dzięki podpisaniu z właścicielami gruntów umowy o czasowym zajęciu gruntów. Następnie, po zagęszczeniu nasypu, zbierano do góry koparką zgarniarkową dodatkową warstwę wbudowując ją w korpus nasypu.

Przed wprowadzeniem roślinności na powierzchnie skarp należało odpowiednio je przygotować. Konieczne było wyrównanie ich powierzchni i nadanie jej odpowiedniej faktury oraz użyznienie. Na skarpy terminalu w Olszynie narzucono 10 cm warstwę „humusu”. Sposób jego nakładania pokazano na fot. 22. Na tak przygotowanej skarpie ułożono geomatę Polymat. Jest to geomata przestrzenna utworzona w wyniku obróbki termicznej losowo ułożonych włókien polipropylenowych. Masa powierzchniowa geomaty wynosi 650 g/m^2 , a jej grubość 20 mm. Strukturę geomaty przedstawiono na fot. 23.

Geomata była rozwijana od góry do podnóża skarpy. Została ona zakotwiona w rowkach kotwiących na szczycie skarpy (fot. 24). U podnóża skarpy koniec maty został przykryty gruntem. Ponadto geomata została przytwierdzona do powierzchni gruntu za pomocą stalowych szpilek w kształcie litery U o długości 50 cm w rozstawie $1,5 \times 2 \text{ m}$. Podczas mocowania szpilek robotnicy przemieszczali się po położonej na powierzchni maty drabinie (fot. 25), aby nie dopuścić do przzerwania maty w wyniku dużych nacisków punktowych. Przestrzeń geomaty wypełniono ziemią urodzajną („humusem”). Jednocześnie „humus” został dociśnięty geomatą.



Fot. 24. Geomata była kotwiona na szczycie skarp w rowkach kotwiących [17]

Zastosowana geomata miała za zadanie zabezpieczyć nieosłonięty grunt przed działaniem czynników erozyjnych i stworzyć dogodne warunki do rozwoju roślinności, a także długotrwale wzmocnić roślinność przez zbrojenie systemu korzeniowego.



Fot. 25. Podczas mocowania geomaty do gruntu robotnicy przemieszczali się po ułożonej na jej powierzchni drabinie [17]

Latem 1998 roku skarpy zostały obsiane mieszanką traw zgodną ze specyfikacją techniczną. W tym celu wykonano hydroobsiew opracowany w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów [10], [11], , [21], [22].



Fot. 26. Stopień pokrycia skarp roślinnością trawiastą w fazie 3-go listka, po 40 dniach od wykonania hydroobsiewu [17]

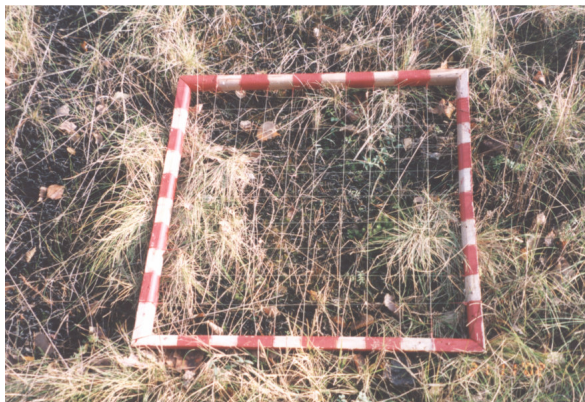


Fot. 27. Roślinność porastająca skarpy jesienią 2002 roku (fot. B. Gajewska)

Po 40 dniach od wykonania hydroobsiewu skarpy były całkowicie pokryte runią trawiastą (fot. 26).

W listopadzie 2002, a więc po upływie 4 lat od wykonania umocnień przeciwoerozyjnych, dokonano oględzin skarp Terminalu granicznego Olszyna I. Skarpy są dość równomiernie pokryte roślinnością trawiastą (fot. 27). Ze względu na długość traw można domniemać, że w zasadzie nie są (i nie były) tu prowadzone zabiegi pielęgnacyjne. Nie natrafiono na ślady erozji powierzchniowej. Na skarpach o wystawie południowej powierzchnia sporadycznie pozbawiona jest okrywy trawiastej lub okrywa ta jest uboga. Jednakże w miejscach tych pokryta geomatą powierzchnia skarp jest jak dotychczas odporna na działanie czynników erozyjnych.

a)



b)



Fot. 28. Obrazowe przedstawienie różnic w stopniu zadarnienia skarp (fot. B. Gajewska)

Fot. 28 jest obrazowym przedstawieniem różnic stopnia wykształcenia okrywy roślinnej skarp terminalu Olszyna I. Pomiaru stopnia zadarnienia dokonano za pomocą ramki Webera (ramka o boku 50 cm podzielona żyłką na 100 kwadratów o powierzchni 25 cm^2 każdy). Maksymalny zaobserwowany rozmiar nie zadarnionych powierzchni nie przekracza $0,2\text{ m}^2$, co jest zgodne z wymaganiami PN-S-02205:1998.

Na fot. 29 i fot. 30 przedstawiono ogólny widok skarpy o wystawie południowej w 40 dni po wykonaniu hydroobsiewu (skarpa umocniona powierzchniowo przestrzenną geomatą przeciwoerozyjną) oraz po 4 latach od wykonania tych umocnień. Mimo znacznych rozmiarów skarpy i jej niekorzystnej wystawy (skarpy o wystawie południowej są znacznie bardziej narażone na bezpośrednie działanie promieni słonecznych), jej stan obecny jest dobry.



Fot. 29. Ogólny widok skarpy o wystawie południowej po 40 dniach od wykonania hydroobsiewu (w fazie 3-go listka) [17]



Fot. 30. Ogólny widok tej samej skarpy jesienią 2002 roku (fot. B. Gajewska)

4. Wnioski z obserwacji

Odpowiednio dobrane do danej budowli ziemnej i właściwie wykonane umocnienia przeciwerozyjne pozwalają na znaczne ograniczenie (a nawet wyeliminowanie) kosztów związanych z usuwaniem skutków erozji powierzchniowej (sprzętem agrouprawowym można wyrównać bruzdy o głębokości do 10 cm).

O jakości zadarnienia skarp decyduje wiele czynników, począwszy od przygotowania powierzchni, na zabiegach pielęgnacyjnych skończywszy. Ważnym elementem jest właściwe przygotowanie powierzchni – nadanie jej odpowiedniej faktury i zagęszczenie do $I_s \geq 0,95$ zgodnie z normą [PN-S-02205:1998].

Obserwacje przeprowadzone po 4 latach od zastosowania przestrzennych mat w połączeniu z hydroobsiewem z użyciem osadów ściekowych na skarpach budowli 5 raz jeszcze potwierdziły skuteczność tej technologii. Brak widocznych oznak erozji powierzchniowej oraz maksymalny rozmiar powierzchni nie zadarnionych mniejszy od 0,2 m² pozwala stwierdzić, że zastosowane zabezpieczenia będą skutecznie chronić powierzchnię skarp w długim okresie czasu.

5. Definicje

Poniżej zebrano (w porządku alfabetycznym) definicje najważniejszych pojęć związanych z erozją występującą na skarpach budowli ziemnych oraz właściwym przygotowaniem ich powierzchni do zadarniania i zadarnianiem:

biowłóknina – mata z włókna bawełnianego lub bawełnopodobnego, wykonana techniką włókninową z równomiernie rozmieszczonymi w czasie produkcji nasionami traw i roślin motylkowatych, służąca do umacniania i zadarniania powierzchni

darnina – płat lub pasmo wierzchniej warstwy gleby, przerośniętej i związanej korzeniami roślinności trawiastej

darnina wzmocniona – pasmo lub płat trawy wyhodowanej na geosiatce polimerowej, wzmacniającej jej system korzeniowy

darniowanie – pokrycie darniną powierzchni korpusu drogowego w taki sposób, aby darnina w sposób trwały związała się z podłożem systemem korzeniowym

doraźna warstwa przeciwerozyjna – warstwa zabezpieczająca krótkotrwale powierzchnię naddatku lub niedomiaru wznoszonej budowli przed erozją wytwarzana przez nanoszenie mieszaniny wody zawierającej emulsję asfaltową lub osady ściekowe, lub też przez przykrycie powierzchni siatką polimerową o drobnych oczkach.

erozja – proces niszczenia gruntu polegający na wypłukiwaniu lub wywiewaniu jego cząstek przez spływające po powierzchni wody deszczowe bądź przez wiatr

erozja wodna powierzchniowa (pierwotna) – przeobrażenie i zniszczenie wierzchniej warstwy gleby, gruntu lub skał przez krople deszczu i spływy powierzchniowy spływ wody

erozja wodna żłobinowa wtórna) – żłobienie (liniowe rozmywanie) powierzchni glebowej, gruntowej lub skalnej przez skoncentrowane wody powierzchniowe pochodzące z opadów atmosferycznych

geosyntetyk przeciwoerozyjny – wyrób geotekstylny lub geotekstylny pokrewny służący do powierzchniowego zabezpieczania skarp przed erozją

gleba – wierzchnia warstwa gruntu zawierająca oprócz materiałów nieorganicznych: żwiru, piasku, pyłu i łu, również części organiczne: próchnicę (humus) oraz organizmy żywe

grunty antropogeniczny – grunt nasypowy utworzony z odpadowych produktów działalności gospodarczej lub przemysłowej (popioły, żużle, pyły dymnicowe, wysiewki, odpady poprzemysłowe) w składowiskach, wysypiskach, zwałowiskach, budowlach ziemnych itp.

humusowanie – zespół czynności przygotowujących powierzchnie gruntu do obudowy roślinnej, obejmujący dogęszczenie gruntu, rowkowanie, naniesienie ziemi urodzajnej z jej grabieniem (bronowaniem) i dogęszczeniem (moletowaniem)

hydroobsiew – proces obejmujący nanoszenie hydromechaniczne mieszanek siewnych, środków użyźniających i emulsji przeciwoerozyjnych w celu zabezpieczenia przeciwoerozyjnego, a następnie umocnienia biologicznego powierzchni gruntu

hydromulczowanie – sposób hydromechanicznego nanoszenia mieszaniny (o podobnych parametrach jak używana do hydroobsiewu), w składzie której nie ma nasion

materiały biodegradowalne – maty przeciwoerozyjne, płaskie lub przestrzenne, wykonane z materiałów ulegających biodegradacji, np. włókna kokosowego, juty, słomy itp.

moletowanie – proces umożliwiający dogęszczenie ziemi urodzajnej i wytworzenie bruzd, wykonywany np. za pomocą walca o odpowiednio ukształtowanej powierzchni np. ryflowanego lub obciążonego siatką

mulczowanie – naniesienie na powierzchnie gruntu ściółki (np. sieczki, strużyn, trocin, torfu) z lepiszczem w celu tymczasowej ochrony przed wysychaniem i erozją

murawa kserotermiczna (roślinność stepowa) – darnina trawiasta na skarpach o wystawach południowych, na której ruń jest koszona raz do roku po opadnięciu nasion

naddatek (poszerzenie) – dodatkowa warstwa gruntu na skarpie nasypu, pozostawiana w celu zapewnienie kąta stoku skarpy umożliwiającego bezpieczną pracę maszyny zagęszczającej oraz zapobieżenia erozji skarpy docelowej.

niedomiar – warstwa gruntu pozostawiana na skarpie wykopu w celu zapobieżenia powstawaniu rynienek erozyjnych (rillmarek) w skarpie docelowej.

obudowa roślinna – docelowe umocnienie powierzchni gruntu okrywą roślinną w celu ochrony przed erozją i poprawienia stateczności skarp

odwodnienie powierzchniowe – odwodnienie polegające na ujmowaniu wód spływających na skarpy nasypów z nawierzchni i na skarpy wykopów z przyległego terenu oraz odprowadzeniu ich do systemów odwodnieniowych

odwodnienie powierzchniowe wykopu – odwodnienie polegające na ujmowaniu wód gruntowych i powierzchniowych bezpośrednio w wykopie lub za pomocą systemu rowów i drenaży poziomych oraz odprowadzaniu ich poza wykop budowlany

odwodnienie tymczasowe – tymczasowe obniżenie zwierciadła wody gruntowej, zwykle na okres robót ziemnych i fundamentowych lub wykonywania budowlanej

osady ściekowe – powstają w procesach mechanicznego, biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków w oczyszczalniach komunalnych; ubocznym produktem biologicznego oczyszczania są wtórne osady ściekowe

pochylenie skarpy – nachylenie spadku skarpy w stosunku do poziomu, najczęściej podawane jako 1:m (gdzie m jest stosunkiem rzutu poziomego do rzutu pionowego) lub kąt nachylenia skarpy w stopniach

poziom próchniczny (poziom akumulacyjny) – naturalna lub wytworzona powierzchniowa warstwa gruntu (gleby), zawierająca składniki organiczne (humus) oraz użyźniające składniki mineralne

ramka Webera – ramka o boku 50 cm, podzielona drutem lub żyłką na 100 kwadratów, każdy o powierzchni 25 cm², do określania procentowego udziału gatunków siewek

skarpa – zewnętrzna umocniona boczna powierzchnia nasypu lub wykopu, o kształcie i nachyleniu dostosowanym do właściwości gruntu i lokalnych uwarunkowań; teren o powierzchni silnie nachylonej rozgraniczający tereny położone na różnej wysokości

tymczasowa warstwa przeciwoerozyjna – warstwa na powierzchni skarp, poboczy lub pasów dzielących, wykonana z płynnych osadów ściekowych, emulsji bitumicznych lub lateksowych, biowłóknin i innych materiałów biodegradowalnych, doraźnie zabezpieczająca przed erozją powierzchniową do czasu przejęcia tej funkcji przez okrywę roślinną

umacnianie przeciwoerozyjne poboczy drogi - odpowiednie ukształtowanie poboczy, najczęściej ze ściekami oraz umacnianie pasa gruntu bezpośrednio z przyległego do nawierzchni darnią, płótkami betonowymi, siatką plastikową lub folią; celem zabiegu jest odprowadzenie wód powierzchniowych dopływających i spływających do/z jezdni drogi

wałowanie wałami gładkimi – zabieg ugniecenia i wyrównania powierzchni przed płytkim siewem drobnych nasion lub po ich zasiewie, w celu umożliwienia lepszego podsiąkania wody

ziemia urodzajna („humus”) – ziemia roślinna zawierająca co najmniej 2% części organicznych oraz drobnoustroje

zwarta darnia trawiasta – wytworzona na skarpie o wystawie północnej w okresie 2-3 lat darni, która odpowiada parametrom pasów darniny do zadarniania wg PN-B-12082:1996

6. Materiały i ich stosowanie przy zadarnianiu skarp

Materiały stosowane do zadarniania skarp to:

- ziemia urodzajna („humus”),
- nasiona traw oraz roślin motylkowatych drobnonasiennych,
- mieszaniny do mulczowania, hydromulczowania, hydroobsiewu oraz zabiegów konserwacyjnych,
- darnina,
- szpilki do przybijania darniny,
- maty, bio włóknina i materiały do jej przytwierdzania,
- geosyntetyki i materiały do ich przytwierdzania,
- mieszaniny do hydroobsiewu i/lub mulczowania.

6.1. Ziemia urodzajna („humus”)

Przed wykonaniem obsiewu lub darniowania konieczne jest wyrównanie skarp i nadanie im odpowiedniej faktury. Konieczne jest również użyczenie i odpowiednie przygotowanie wierzchniej warstwy gruntu za pomocą specjalnego osprzętu, np. brony do plantowania skarp, włóki obręczowej (pierścieniowej) przeznaczonej do uprawy podłoży zbudowanych głównie z gruntów spoistych, brony chwastownika (tzw. zgrzebło) przeznaczonej do uprawy podłoży zbudowanych głównie z gruntów niespoistych.

Użyźnianie jest szczególnie potrzebne, gdy budowle zostały uformowane z gruntów antropogenicznych, lub gdy skarpy są ze świeżo odkrytego gruntu.

Na powierzchni nowo uformowanej skarpy niezbędne jest odtworzenie poziomu próchnicznego. Na skarpach nasypów i wykopów poziom próchniczny odtwarza się przez humusowanie.

Dobra ziemia urodzajna zawiera co najmniej 2% części organicznych, jest wystarczająco wilgotna i wolna od zanieczyszczeń obcych. Wszelkie kamienie większe od 5 cm powinny zostać usunięte.

Według Ogólnej specyfikacji technicznej: „Umacnianie powierzchniowe skarp, rowów i ścieków” ziemia urodzajna powinna odpowiadać następującym kryteriom:

- a) skład granulometryczny:
- | | |
|-------------------------------------|---------|
| - frakcja ilasta ($d < 0,002$ mm) | 12-18 % |
| - frakcja pylista (0,002-0,05 mm) | 20-30 % |
| - frakcja piaszczysta (0,05-2,0 mm) | 45-70 % |

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| b) zawartość fosforu (P_2O_5) | > 20 mg/m ² |
| c) zawartość potasu (K_2O) | > 30 mg/m ² |
| d) odczyn pH | ≥ 5,5. |

Natomiast M. Głazewski w [23] podaje nieco odmienne wartości:

- a) skład granulometryczny:
- | | |
|-------------------------------------|---------|
| - frakcja ilasta ($d < 0,002$ mm) | 12-18 % |
| - frakcja pylasta (0,002-0,05 mm) | 20-30 % |
| - frakcja piaszczysta (0,05-2,0 mm) | 45-70 % |
| - frakcji żwirowej i kamienistej | < 5 % |
- minimalna zawartość części organicznych 2 %
- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| b) zawartość fosforu (P_2O_5) | > 10 mg/l |
| c) zawartość potasu (K_2O) | > 40 mg/l |
| d) odczyn pH | 5,5-7,5. |

W celu poprawienia parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych wykonuje się nawożenie gleby [25]. Przeprowadza się je w trojaki sposób:

- poprawiając skład granulometryczny gleb gliniastych przez powiększenie wartości frakcji piaskowej (zwiększenie wodoprzepuszczalności i zmniejszenie plastyczności),
- poprawiając skład i ilość humusu (nawożenie organiczne), co pozwala na zwiększenie ilości części biologiczno czynnych i poprawę właściwości gleby,
- zmieniając wartość odczynu pH przez nawożenie wapnem.

W praktyce w drogownictwie nie stosuje się nawożenia poprawiającego skład granulometryczny. Zazwyczaj wykorzystuje się taką ziemię urodzajną, która jest dostępna w danym momencie, należy jednak pamiętać o tym, że:

- gleba o przewadze części gliniasto-piaskowych nie powinna być dogoszczona w trakcie jej magazynowania lub transportu, gdyż utraci niezbędne dla życia bakteriologicznego cechy, takie jak przewietrzalność czy przesiąkliwość,
- gleba z przewagą glin piaszczystych, glin lub iłów będzie trudna do wbudowania lub nanoszenia podczas okresów deszczowych, w odróżnieniu od gleby z większą zawartością frakcji piaskowej,
- niektóre rodzaje gleby o przewadze części piaskowo-gliniastych lub piaskowych mogą być podatne na erozję. Ich stosowanie na stromych skarpach jest niewskazane, a jeżeli zajdzie taka konieczność, powinny zostać natychmiast obsiane mieszankami traw o szybkim tempie wzrostu (np. rajgras angielski).

Podobnie rzadko stosowane jest nawożenie organiczne. Wpływa ono również na zakres właściwości fizycznych gruntów w ziemnych konstrukcjach drogowych,

w przypadku których nawożenie o podstawowych składnikach organicznych pochodzenia roślinnego nie daje zadowalających rezultatów.

W przypadku, gdy gleba jest zbyt kwaśna i gdy może to spowodować problemy z pobieraniem składników odżywczych przez rośliny stosuje się nawożenie wapnem.

W praktyce do humusowania stosuje się ziemie:

- a) pochodzące z pól uprawnych,
- b) pochodzące z użytków zielonych,
- c) specjalne ziemie ogrodnicze,
- d) ziemie przemysłowe (torf ogrodniczy, torf rolniczy, komposty torfowe, mieszanki nawozowe (torfowo-mineralne), substraty torfowe (podłoża torfowe).

Przydatność ziem pochodzących z upraw rolniczych w zależności od ich rodzaju jest następująca [25]:

gleby wytworzone z piasków gliniastych – mogą być stosowane, gdy odznaczają się dobrze wykształconym poziomem akumulacyjnym i stosunkowo dużą zawartością próchnicy (powyżej 1,5%)

gleby zbudowane z piasków – lepszymi właściwościami odznaczają się gleby zbudowane z piasków drobnych niż z piasków średnich i grubych; mają one też zwykle większą zawartość próchnicy,

gleby gliniaste lekkie – odznaczają się na ogół dość dobrymi stosunkami powietrzno-wodnymi; nadają się do humusowania gleb gliniastych,

gleby gliniaste średnio zwarte – próchniczne wykazują optymalne właściwości wodne (stosunkowo duża ilość wody i znaczna zawartość porów, którymi może odpłynąć nadmiar wody); gleby te stanowią jeden z najlepszych materiałów do humusowania,

gleby gliniaste zwarte – nie nadają się bezpośrednio do humusowania; mogą stanowić komponent do przygotowania mieszanek organiczno-mineralnych,

gleby pyłowe – jest to materiał trudno przepuszczalny i mało przewiewny (jeżeli są pochodzenia aluwialnego),

lessy – odznaczają się dobrymi właściwościami (zwłaszcza próchniczne); mogą stanowić bardzo dobry materiał do humusowania,

gleby wytworzone z ilów – nie nadają się bezpośrednio do humusowania; mogą być wykorzystane jako komponenty do mieszanek mineralno-organicznych.

W przypadku ziemi pochodzących z użytków zielonych [25] do humusowania najlepiej nadają się wierzchnie, akumulacyjne poziomy gleb mineralnych i mineralno-

organicznych z typu gleb wapnicowych, czarnoziemnych i pobagiennych oraz gleb napływowych (mad i gleb deluwialnych) wytworzonych z utworów lekkich i średnich. Materiały torfowe (utwory gleb organicznych) nie nadają się do bezpośredniego wykorzystania. W warunkach zbytniego przesuszenia utrudnione jest pobieranie wody przez rośliny. Natomiast mogą one stanowić nawóz organiczny do polepszenia właściwości gleb lekkich i zwięzłych. Wymaga to jednak dobrego przemieszania z glebą, a więc zabiegów uprawowych.

Ziemie pochodzące z użytków zielonych mają zazwyczaj odczyn dostosowany do potrzeb roślinności trawiastej.

Materiały z poziomów akumulacyjnych mogą być pozyskiwane tylko w tych przypadkach, gdy tereny te zostaną przeznaczone na inne cele niż rolnicze [25].

Tam, gdzie istnieje potrzeba uzyskania w krótkim okresie czasu okrywy roślinnej, a jest możliwość stosowania zabiegów pielęgnacyjnych, jako materiał do humusowania można wykorzystać ziemie ogrodnicze. Zazwyczaj stanowią one dodatek do innych materiałów (np. do piasku). Rzadziej stosowane są jako nawóz organiczny.

Podstawowymi materiałami stosowanymi do modyfikacji gruntów są piaski i torf.

Ziemie przemysłowe są przede wszystkim otrzymywane z torfu. Przykładowe wyroby z torfu przeznaczone do celów rolniczych to: torf ogrodniczy, torf rolniczy, komposty torfowe, mieszanki nawozowe (torfowo-mineralne), substraty torfowe (podłoża torfowe).

Do humusowania można zastosować również grunt modyfikowany.

W przypadku skarp drogowych, przygotowania ich powierzchni do zadarniania, grunt można modyfikować stosując:

- a) mieszanki gruntowe,
- b) modyfikacje gruntów przy zastosowaniu osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych.

W celu poprawy aeracji i filtracji oraz rozluźnienia gleby należy wprowadzić w jej wierzchnią warstwę materiały gruboziarniste.

Aby zwiększyć retencję wodną i zasobność w składniki mineralne należy wprowadzać materiały drobnoziarniste i materię organiczną.

Wymiary ziaren piasków stosowanych do modyfikacji zależą od tego, jaki skutek ma zostać osiągnięty [25]:

- w celu zmniejszenia zwięzłości gleby i poprawienia warunków korzenienia się traw wymiary ziaren powinny wynosić 0,25 – 1,12 mm,
- w celu poprawy retencji wodnej wymiary ziaren powinny wynosić 0,25 – 0,5 mm.

Modyfikację gleb piaszczystych należy wykonywać przez wprowadzenie materiału ilastego w ilości 5 do 8 % (objętościowo) i 20% torfu. Taki dodatek torfu zapewni około 5% materii organicznej w gruncie.

Do gruntów gliniastych zaleca się dodawać piasek gruby i torf.

Modyfikacje gruntów można przeprowadzić także przy zastosowaniu osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych. Osady te mają bardzo dużą wartość glebotwórczą i nawozową. Właściwości tych osadów są bliskie próchnicy glebowej. Wprowadzenie odpowiedniej ilości osadów do gruntu bezglebowego tworzy od razu warunki do intensywnego wzrostu roślin.

„Humus” można przewozić w zasadzie każdymi środkami transportu.

O ile jest to możliwe, należy go niezwłocznie wykorzystać, w przeciwnym wypadku bardzo istotne jest przestrzeganie następujących zasad składowania [15]:

- ziemie urodzajne o zróżnicowanych parametrach fizykochemicznych należy odseparować od siebie,
- pryzmę ziemi urodzajnej należy oddzielić od podłoża warstwą nieprzepuszczalną lub folią,
- wysokość pryzmy nie powinna przekraczać 2 m,
- pryzm nie należy zagęszczać (dopuszcza się jedynie pracę maszyn przystosowanych do zwałowania).



Fot. 31 Przykład nieprawidłowego składowania „humusu” (fot. M. Głazewski).

Okres składowania ziemi urodzajnej nie powinien przekraczać 1 roku. Przekład nieodpowiedniego sposobu składowania ziemi urodzajnej pokazano na fot. 31.

Humusowanie składa się z zespołu czynności przygotowujących powierzchnię gruntu do obudowy roślinnej, obejmujących dogęszczenie gruntu, rowkowanie, naniesienie ziemi urodzajnej z jej grabieniem (bronowaniem) i dogęszczeniem. Naniesienie ziemi urodzajnej na powierzchnię gruntu nie posiadającego naturalnej warstwy próchnicznej ma na celu poprawienie warunków lub umożliwienie egzystencji wprowadzanej roślinności.

Humusowanie należy rozpocząć od górnej krawędzi skarpy i wraz z postępowaniem robót podążać ku dołowi. Warstwa ziemi urodzajnej sięga zazwyczaj około 1 m poza górną krawędź (chyba, że konstrukcja drogi inaczej rozwiązuje powierzchnię nieutwardzoną), a poza podnóże skarpy od 15 do 25 cm.

Ułożoną warstwę ziemi urodzajnej zagrabia się lub bronuje oraz lekko dogęszcza (moletowanie) przez wałowanie. Grubość warstwy ziemi urodzajnej po dogęszczeniu powinna wynosić od 10 do 15 cm i jest różna w zależności od gruntu, z którego zbudowana jest skarpa. W przypadku skarp zbudowanych z gruntów spoistych nie powinna być cieńsza niż 5 cm, a dla skarp z gruntów piaszczystych niż 10 cm.

W celu lepszego powiązania warstwy ziemi urodzajnej z gruntem skarpy, na jej powierzchni wykonuje się rowki poziome lub pod kątem 30 - 40° o głębokości od 3 do 5 cm. Odstępy między rowkami powinny wynosić od 0,5 do 1,0 m.

W przypadku, gdy powierzchnia przeznaczona jest pod darniowanie, grubość warstwy humusu wynosi:

- 5 cm na gruntach drobnoziarnistych spoistych zwięzłych (gliny zwięzłe) i bardzo spoistych (iły),
- 8 do 10 cm na gruntach sypkich.

6.2. Nasiona traw oraz motylkowatych drobnonasiennych

Ze względu na zróżnicowany mikroklimat i warunki glebowe na skarpach obsiewanie ich roślinami jednego gatunku nie przynosi wymaganych rezultatów. Najlepsze efekty otrzymamy po zastosowaniu odpowiednich mieszanek. Wybór rodzajów traw oraz motylkowatych drobnonasiennych powinien być dostosowany do rodzaju gleby i stopnia jej zawilgocenia. Ważnymi czynnikami, które trzeba wziąć pod uwagę są również wystawy skarp oraz ich nachylenie. Najbardziej odpowiednimi (wg D-06.01.01) są mieszanki traw o drobnym, gęstym ukorzenianiu, spełniające wymagania PN-R-65023:1999 i PN-B-12074:1998.

W polskich warunkach klimatycznych, dostosowanie się do niżej podanych się norm wysiewu powinno przynieść właściwe efekty:

- 180 kg/ha dla skarp o wystawie północnej,
- 300 kg/ha dla skarp o wystawie południowej.

Przykładowe składy mieszanek do obsiewu, zalecanych w literaturze, przedstawiono w tablica 1.

ZASADY AGROGEOTECHNICZNEGO PRZYGOTOWANIA SKARP DO ZADARNIANIA

Materiały i ich stosowanie przy zadarnianiu skarp

Tablica 1. Proponowane mieszanki do obsiewu^a skarp [kg/ha] [34], [39], [41]

Gatunki roślin	Charakterystyka siedliska Gleby naturalne, skarpy									
	bardzo suche		suche		umiarkowanie wilgotne		wilgotne		mokre	
	lekkie i średnio związane	zwięzłe	lekkie i średnio związane	zwięzłe	lekkie i średnio związane	zwięzłe	lekkie i średnio związane	zwięzłe	lekkie i średnio związane	zwięzłe
Kostrzewa nitkowata „Sima”	7,1	9,3	7,1	9,3	—	—	—	—	—	—
Kostrzewa różnolistna „Sawa”	—	—	9,5	12,3	—	—	—	—	—	—
Kostrzewa czerwona „Leo” ^b	11,7	15,5	7,8	10,3	15,6	11,7	11,7	7,8	—	—
Kostrzewa trzcinowa lub łukowa	—	—	—	—	—	—	—	—	15,6	18,5
Mietlica pospolita „Igeka”	3,2	2,5	1,6	9,3	2,4	1,6	—	—	—	—
Mietlica biaława	—	—	—	—	—	1,6	2,4	2,4	3,2	4,0
Stokłosa bezostna	—	9,3	—	—	—	—	—	—	—	—
Wiechlina łukowa „Alicja”	—	—	—	—	7,2	7,2	9,6	9,6	4,8÷6,4	3,2
Wiechlina błotna	—	—	—	—	—	—	—	2,4	4,9÷9,5	9,5
Życica trwała, kupkówka pospolita lub nostryk biały ^b	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

^a Mieszanki mogą być także stosowane do hydroobsiewu i produkcji dywanów roślinnych. W drugim przypadku normę wysiewu należy podwoić (z wyjątkiem życicy trwałej). Zwykle stosuje się 250-400 szt. ziaren na 100 cm² powierzchni obsiewanej.

^b Gatunki szczególnie przydatne; ilość nasion należy dobierać doświadczalnie, odpowiednio do warunków siedliskowych.

Według polskiej normy PN-B-12074:1998 dla poszczególnych typów siedlisk i rodzajów gruntu zaleca się stosowanie mieszanek, których numery podano w tablica 2.

Tablica 2. Zestawienie numerów zalecanych w PN-B-12074:1998 mieszanek traw

Typ siedliska	Rodzaj gruntu	Zalecana mieszanka o numerze	Rodzaj skarpy
bardzo suche i suche	mineralny: lekki, średni i ciężki organiczny: torf silnie rozłożony amorficzny	1 2 3	nasypy, skarpy doprowadzalników i górne strefy skarp rowów podstawowych
umiarkowanie wilgotne	mineralny: lekki, średni i ciężki organiczny: torf średnio rozłożony mozaikowy	4 5 6	skarpy rowów o dwustronnym działaniu odprowadzające i doprowadzające
wilgotne i mokre	mineralny: lekki, średni i ciężki organiczny: torf słabo rozłożony włóknisty	7 7 7	skarpy rowów odwadniających

Natomiast w tablica 3 podano składy tych mieszanek nasion roślin dla poszczególnych typów siedlisk i rodzajów gruntu wraz z proponowanymi normatywami wysiewu.

ZASADY AGROGEOTECHNICZNEGO PRZYGOTOWANIA SKARP DO ZADARNIANIA

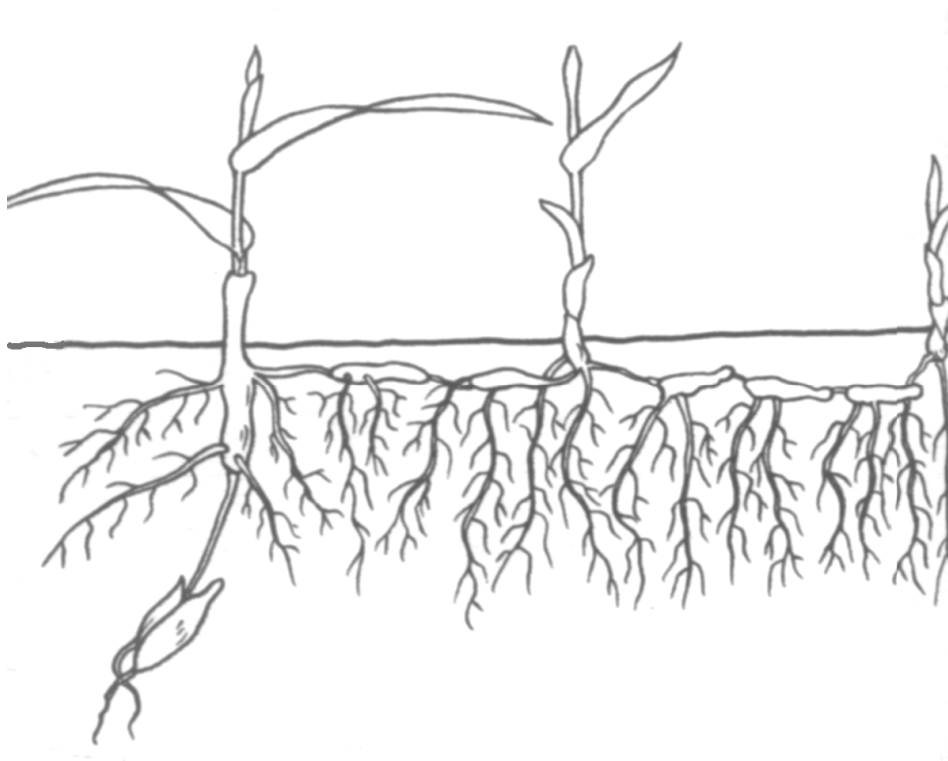
Materiały i ich stosowanie przy zadarnianiu skarp

Tablica 3. Skład mieszanek nasion roślin dla poszczególnych typów siedlisk i rodzajów gruntu wraz z proponowanymi normatywami wysiewu wg PN-B-1 2074:1998

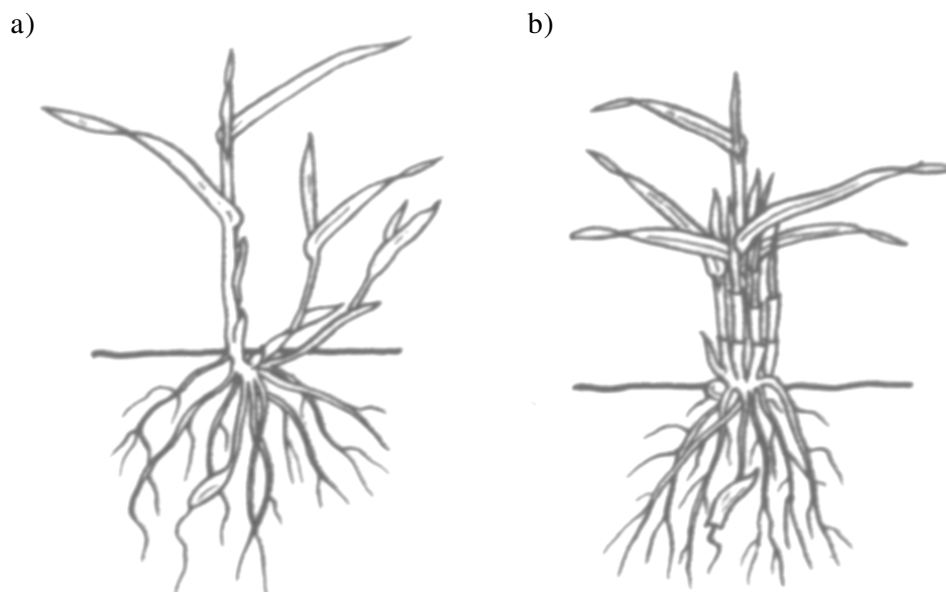
Nazwa gatunku roślin	Masa nasion kg/ha	Skład mieszanki oznaczonej numerem														Mieszanki na skarpy o dużej zmienności siedlisk			
		1		2		3		5				6		7		gleby mineralne		gleby organiczne	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
TRAWY PODSTAWOWE																			
Mietlica pospolita	5,5	50	2,8	20	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	0,7	—	—
Kostrzewa owcza	70	25	17,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	8,8	—	—
Kostrzewa różnolistna	100	25	25	30	30	50	50	30	30	—	—	—	—	—	—	10	12,5	20	25
Kostrzewa czerwona	120	—	—	30	40	50	60	30	36	20	24	40	48	30	36	20	30	20	30
Wiechlina łąkowa	30	—	—	20	6	—	—	20	6	40	12	40	12	30	9	20	7,5	25	9,4
Mietlica biaława	7	—	—	—	—	—	—	20	1,4	30	2,1	20	1,4	—	—	10	0,9	—	—
Wiechlina błotna	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	5	10	2,5	25	6,2
Wyczyniec łąkowy	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	10	0,8	—	—	15	1,3	10	1,1	10	1,1
Trawy razem		100	45,3	100	77,1	100	110	100	73,4	100	38,9	100	61,4	100	51,3	100	64	100	71,7
GATUNKI DODATKOWE																			
motylkowate:																			
Koniczyna biała		—	—	—	—	—	—	—	0,9	—	0,9	—	0,9	—	—	—	0,9	—	0,9
trawa ochronna:																			
Życica trwała	170-260	—	19	—	19	—	19	—	9,5	—	9,5	—	9,5	—	1	—	19	—	19
a - udział liczby nasion danego gatunku w ogólnej liczbie nasion, w procentach b - udział masy nasion danego gatunku w mieszance (lub w siewie czystym gatunków dodatkowych), w kilogramach na hektar																			

Roślinność przeznaczona do obsiewu terenów przydrożnych powinna charakteryzować się specyficznymi cechami, takimi jak [45]:

- szybki wzrost po zasiewie w celu jak najszybszego zabezpieczenia i utrwalenia powierzchni gruntu;
- dobrze rozwinięty i gęsty system korzeniowy, mocno wiążący podłoże;
- niewielkie wymagania pokarmowe;
- odporność na zmienne warunki wilgotnościowe;
- powinna tworzyć zwartą, całoroczną pokrywę nadziemną;
- nie wymagać koszenia lub przynajmniej częstego koszenia.



Rys. 2. Schemat krzewienia się trawy rozłogowej [39]



Rys. 3. Schemat krzewienia się a) trawy luźnokępowej,
b) trawy zbitokępowej [39]

Ze względu na dobrze rozwinięty, gęsty system korzeniowy oraz zwartą pokrywę nadziemną, gatunkami szczególnie przydatnymi do tworzenia muraw są trawy niskie. Oprócz pędów kwiatostanowych o wysokości do 0,8 m wykształcają pędy wegetatywne o skróconych międzywęźlach. Wśród traw niskich wyróżniamy gatunki kępowe, luźnokępowe (rys. 3 a), rozłogowo-luźnokępowe (rys. 2) i zbitokępowe (rys. 3 b). Ich przemieszczenie daje urozmaiconą ruń i zwarte zadarnienie. Gatunkami podstawowymi, z których można komponować mieszanki do obsiewu terenów drogowych są [5]:



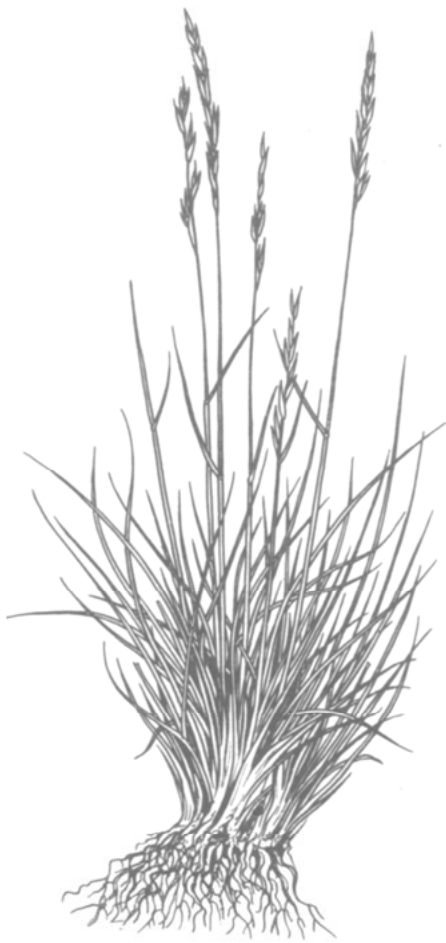
Rys. 4. Mietlica pospolita [39]



Rys. 5. Mietlica biaława [39]

Mietlica pospolita - *Agrostis tenuis* (*A. vulgaris*). Gatunek o szczególnym znaczeniu ze względu na niewielkie wymagania. Tworzy gęstą darń, dobrze znosi ocienienie oraz ujemne temperatury. Jej wadą jest powolny rozwój w pierwszym roku wegetacji.

Mietlica biaława - Dobrze sprawdza się na różnych rodzajach gleb mineralnych, ale dostatecznie wilgotnych i żyznych. Zalecana do mieszanek na stanowiska niżej położone, korzystające ze spływów wód powierzchniowych.



Rys. 6 Kostrzewa owcza [39]



Rys. 7. Kostrzewa czerwona [39]

Kostrzewa owcza - *Festuca ovina*. Gatunek bardzo ważny, należący do traw kępkowych. Charakteryzuje się największą odpornością na suszę i złe warunki glebowe oraz doskonale sprawdza się w warunkach miejskich. Znakomicie umacnia glebę. Jest długowieczna i wczesnie rozwija się na wiosnę.

Kostrzewa czerwona - *Festuca rubra*. Gatunek powszechnie uważany za najlepszy na suche i mało żyzne gleby. Dzięki swej odporności na suszę, mrozy, deptanie i ocienienie zalicza się do gatunków najtrwalszych.

Kostrzewa różnolistna - Jest odmianą hodowaną wymagającą dość żyznych, ocienionych stanowisk. W warunkach naturalnych występuje także na glebach ubogich, kwaśnych, lekkich i średniozwięzłych, zatem można przypuszczać, że będzie się utrzymywać także przy zaniechaniu nawożenia.



Rys. 8. Życica trwała [39]



Rys. 9. Wiechlina łąkowa [39]

Życica trwała (rajgras angielski) - *Lolium perenne*. Gatunek wymagający żyznych i wilgotnych gleb, a także starannej pielęgnacji. W niesprzyjających warunkach szybko ginie. Trawa ta odznacza się wyjątkowo szybkim wzrostem dzięki czemu w mieszankach ze słabiej rozwijającymi się gatunkami w pierwszym roku spełnia wobec nich funkcję osłaniającą.

Wiechlina łąkowa - *Poa pratensis*. Trawa bardzo żywotna, rozłogowa, tworząca zwartą darnię. Charakteryzuje się znaczną odpornością na suszę, niską temperaturę, a także dużą tolerancją wobec warunków glebowych.

Oprócz traw gatunkami roślin włączonych w skład mieszanek są motylkowate, które dzięki swej zdolności wiązania azotu atmosferycznego i wprowadzania go do

gleby powodują wzbogacanie siedliska oraz korzystnie wpływają na rozwój innych roślin, w szczególności traw. Do gatunków stosowanych najczęściej należą:



Rys. 10. Koniczyna biała [39]



Rys. 11. Lucerna nerkowata [39]

Koniczyna biała - Jest stosowana na glebach mało żyznych, lecz dostatecznie wilgotnych. Długo utrzymuje żywozieloną barwę i jest odporna na okresowe niesprzyjające warunki atmosferyczne. Jako roślina motylkowa zapewnia dobry wygląd trawnikom słabo nawożonym.

Komonica rożkowa [45] - Charakteryzuje się korzeniem palowym oraz znaczną liczbą pędów. Nie lubi zacienienia, ale jest niewrażliwa na suszę. Preferuje niezbyt wilgotne żyzne gleby.

Lucerna nerkowata [45] - Jest dość wysoką rośliną (0,4-0,6 m) roczną lub dwuletnią. Potrafi poprzez samosiew długo utrzymywać się w darni. Jest rośliną silnie rozgałęzioną o drobnych liściach. Preferuje siedliska nasłonecznione, suche i nie jest wymagająca co do warunków glebowych.

Nasiona traw i roślin motylkowatych należy przechowywać w warunkach zabezpieczających je przed zawilgoceniem i przegrzaniem. Identyczne warunki należy zapewnić im także w czasie transportu.

W zależności od wielkości powierzchni oraz od jej przygotowania można stosować różne techniki obsiewu [40]. Są to:

- siew otwarty,
- siew klasyczny,
- hydroobsiew.

Siew otwarty

polega na bezpośrednim wysiewaniu nasion na powierzchnię. Powierzchnia przed wysiewem nie jest niczym pokrywana. Może być stosowany na skarpach, których powierzchnia nie jest uszkodzona i jedynym celem jest uzupełnienie istniejącej już roślinności (podsiew). Skład mieszanek do wykonania siewu otwartego powinien być dobrany do gatunków już rosnących.

Siew klasyczny

polega na wysiewaniu nasion po uprzednim przykryciu skarp warstwą ziemi urodzajnej. Wskazane jest zasilenie gruntu (ziemi urodzajnej) torfem i nawozami mineralnymi odpowiednimi do istniejących warunków siedliskowych, zwłaszcza przy obsiewaniu budowli z popiołów i żużli (wskazane jest wtedy obfite nawożenie azotem i fosforem oraz w mniejszym stopniu potasem).

Ze względu na zróżnicowany mikroklimat i warunki glebowe na skarpach, zaleca się obsiewanie ich powierzchni odpowiednią mieszanką, a nie roślinami jednego gatunku. Mieszanki powinny być dobrane odpowiednio do warunków siedliskowych oraz ekspozycji skarp.

Hydroobsiew jest szczegółowo omówiony w punkcie 6.7

Przygotowując nasiona do siewu, należy je po wstępnym odważeniu dobrze wymieszać. Drobne nasiona można wymieszać z piaskiem. W przypadku gdy spodziewamy się, że warunki wschodu będą bardzo niekorzystne i znaczna część nasion nie powschodzi, należy zwiększyć normę wysiewu nawet o 50%, aby zapewnić prawidłowy przebieg wschodu.

Nasiona, a potem siewki, powinny mieć zapewnioną odpowiednią temperaturę otoczenia, dostęp światła i dostatek wody. Średnia temperatura otoczenia w okresie wschodów nie powinna być niższa niż 5°C [45]. Temperatura gleby w okresie

kiełkowania powinna wynosić 16 do 28 °C. Najbardziej sprzyjający termin siewu przypada wiosną (maj) i późnym letem (sierpień oraz pierwsza połowa września). Wysiew w innych terminach wymaga dodatkowych zabiegów agrotechnicznych.

Optymalna głębokość siewu wynosi 0,5 do 1 cm. Grubość warstwy gruntu przykrywająca nasiona nie powinna być większa niż 2 cm (po dogęszczeniu). Wschodzące siewki dobrze jest ochronić przed nadmiernym wysychaniem przez ściółkowanie np. przez przykrycie sieczką słomianą w ilości 3-5 ton/ha

Kontrolę jakości wysiewu należy przeprowadzić w fazie co najmniej trzech lub czterech listków (4 - 6 tygodni po wykonaniu obsiewu) zgodnie z PN-B-12099:1997. Pokrycie gleby zasianą roślinnością w tej fazie rozwoju traw powinno być równomierne i powinno wynosić nie mniej niż 60% na skarpach o pochyleniu 1:2 oraz 80 % na skarpach o pochyleniu 1:1,5 i bardziej stromych (wg D-06.01.01)

Po 12 miesiącach od wykonania siewu na powierzchni skarp łączna powierzchnia nie porośniętych miejsc nie powinna przekraczać 2%, a maksymalny wymiar pojedynczych niezadarnionych miejsc nie powinien przekraczać 0,2 m². Na zarośniętej powierzchni nie mogą występować wyżłobienia erozyjne ani lokalne zsuwy lub spływy.

6.3. Darnina

Najbardziej korzystne jest wycinanie darniny z obszarów położonych najbliżej miejsca wbudowania, najlepiej bezpośrednio z trasy wykonywanych budowli. Wycinanie przeprowadza się za pomocą specjalnych pługów i krojów. Płaty lub pasma wyciętej darniny powinny mieć szerokość od 25 do 50 cm. Grubość darniny przeznaczonej na gleby żyzniejsze i wilgotne wynosi od 6 do 7 cm, natomiast darnina przeznaczona na grunty jałowe i suche powinna być grubsza (8 do 10 cm).

Wycięta darnina powinna być w krótkim czasie wbudowana. W przeciwnym wypadku układa się ją warstwami w pryzmy, stroną porostu do siebie. Stosy nie powinny przekraczać 1 m wysokości, natomiast powinny być utrzymywane w stanie wilgotnym w warunkach zabezpieczających darninę przed zniszczeniem, nadmiernym wysuszeniem lub przegrzaniem. W razie potrzeby stosuje się podlewanie darniny. Czas przechowywania w pryzmach jest ograniczony i nie powinien przekroczyć 30 dni.

W przypadku stromych skarp można stosować **darninę wzmocnioną**. Jest to darnina specjalnie wyhodowana na geosiatce polimerowej. Siatka wzmacnia system

korzeniowy darniny, dzięki czemu taka darnina jest znacznie bardziej wytrzymała na rozerwanie.

Szpilki do przybijania darniny wykonuje się z gałęzi, żerdzi lub drewna szczapowego. Powinny być proste i ostro zaciosane w cieńszym końcu, w grubszym zaś ucięte pod kątem prostym. Mogą być wykonywane z drewna drzew iglastych i liściastych, z wyjątkiem osiki, kruszyny i pędów żywej wikliny. Grubość szpilek wynosi od 1,5 do 2,5 cm, a długość od 20 do 30 cm.

Darninę można przewozić dowolnymi przydatnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających przed obsypaniem się ziemi roślinnej i odkryciem korzeni traw, nadmiernym wysuszeniem, przegrzaniem oraz przed innymi uszkodzeniami.

Darniowanie wykonuje się podczas całego okresu wegetacyjnego, najlepiej po ulewnych deszczach. Natomiast w okresach suszy jego wykonywanie jest niewskazane. W przypadku konieczności wykonania darniowania w okresie nie poprzedzonym deszczami powierzchnię skarpy deszczuje się na dzień przed wykonaniem zabiegu.

Rozróżnia się trzy rodzaje darniowania:

- darniowanie w kratę,
- darniowanie kożuchowe,
- darniowanie na mur.

Darniowanie w kratę



Fot. 32 Przykład darniowania w kratę (fot. M. Głazewski)

Darniowanie w kratę (krzyżowe) stosowane jest na niezatapianych skarpach większych przekopów i nasypów (skarpy o wysokości ponad 3,5 m). Wykonuje się je pasami nachylonymi do podstawy skarpy pod kątem 45° , krzyżującymi się w taki sposób, aby wytworzyły nie pokryte darnią okienka o wymiarach zgodnych z projektem. Ułożone płyty darniny w pasach powinny dokładnie do siebie przylegać. W tym celu uklepuje się je drewnianym ubijakiem i przytwierdza do podłoża szpilkami. Okienka nie pokryte darnią wypełnia się ziemią urodzajną do górnej powierzchni darniny i obsiewa się odpowiednią mieszanką traw, a następnie dogęszcza np. ręcznie.

Darniowanie kożuchowe

Darniowanie kożuchowe darniną trawiastą stosuje się przy zabezpieczaniu skarp, które w okresie wegetacyjnym nie są zatapiane lub są zatapiane na krótki okres (nie przekraczający 7 dni).

Wykonuje się je pasami poziomymi poczynając od dołu skarpy. Pas dolny jest opierany o urządzenie zabezpieczające podstawę skarpy lub (gdy brak takiego urządzenia) jest zazębiany w dno lub teren na głębokość 5 do 8 cm. Kolejne pasy darniny układa się tak, aby pionowe styki sąsiednich pasów nie trafiały na siebie. Kolejne płyty powinny do siebie przylegać. Wszelkie szpary wypełnia się odpowiednio przyciętymi kawałkami darniny. W celu zapewnienia ścisłego przylegania do podłoża, ułożoną darninę należy mocno uklepać drewnianym ubijakiem.

W przypadku wykonywania darniowania pod koniec okresu wegetacyjnego lub darniowania skarp o pochyleniu $\geq 1:1$, darninę przybija się szpilkami w liczbie nie mniejszej od 16 sztuk na m^2 oraz nie mniejszej od 2 sztuk na płyt.

Darniowanie na mur

Darniowanie na mur stosowane jest na skarpach rowów w miejscach występowania wyrw, osuwisk, przewarstwień nawodnionych piasków i wysięków wód gruntowych oraz na skarpach niewielkich budowli ziemnych o pochyleniu przekraczającym 1:1.

Jest wykonywane poziomymi warstwami dokładnie ubitymi i przybitymi szpilkami. Kolejne warstwy darniny są nakładane na siebie. Styki płyt powinny się mijać. Szpilki wbija się pionowo w odstępach 25 cm, jednak nie mniej niż 2 szpilki na płyt. Grubość tak wykonanego darniowania nie przekracza szerokości płyty.

Kontrolę jakości darniowania należy wykonywać zgodnie z PN-B-12082:1996. Polega ona na ocenie, czy powierzchnia darniowana jest równa i czy nie ma widocznych szczelin i obsunięć, a także czy poszczególne płyty darniny nie wyróżniają się barwą charakteryzującą jej nieprzydatność. Istotnym jest także sprawdzenie czy szpilki nie wystają ponad powierzchnię. Na obszarze około 1 m² sprawdza się dokładność przylegania poszczególnych płatów darniny do siebie i do powierzchni gruntu.

6.4. Biowłóknina

Biowłókniny według PN-B-12074:1988 są to maty z włókna bawełnianego lub bawełnopodobnego, wykonane techniką włókninową z równomiernie rozmieszczonymi w czasie produkcji nasionami traw i roślin motylkowatych, służące do umacniania i zadarniania powierzchni.

Biowłóknina oraz szpilki i kołki do jej przytwierdzania powinny odpowiadać wymaganiom PN-B-12074:1998. Mieszkankę nasion dostosowuje się do typu siedliska i rodzaju gruntu znajdującego się na umacnianej powierzchni. Konkretnie mieszanki podaje PN-B-12074:1998.

Minimalna masa jednostkowa biowłókniny według PN-B-12074:1998 wynosi 150 g/m². Materiał ten powinien spełniać szereg wymagań podanych w normie. Na przykład siła zrywająca nie powinna być mniejsza niż 3 kN/m wzdłuż i 0,2 kN/m wszerz. W stanie mokrym wartości te nie powinny być mniejsze od odpowiednio 4 kN/m i 1 kN/m. Biowłóknina powinna zachowywać te parametry na wystarczająco wysokim poziomie także po zmoczeniu. Ponadto nie powinna kurczyć się więcej niż 5% wzdłuż i 3% wszerz. Minimalna wodochłonność włókniny wynosi 600%.

Szpilki i kołki do przytwierdzania wykonuje się z gałęzi, żerdzi, obrzynków lub drewna szczapowego. Grubość szpilek powinna wynosić od 1,5 do 2,5 cm, a długość od 25 do 35 cm. Grubość kołków wynosi od 4 do 6 cm, a długość od 50 do 60 cm. W górnym końcu kołki mają nacięcia służące do nawinięcia sznurka.

Do każdej rolki biowłókniny powinien być dołączony atest zawierający charakterystykę wyrobu, skład mieszanki nasion, typ siedliska dla którego przeznaczona jest biowłóknina, datę produkcji, nieprzekraczalny termin wbudowania i warunki składowania.

Do przytwierdzania biowłókniny stosuje się sznurek polipropylenowy. Powinien on spełniać wymagania PN-P-85012:1992.

Biowłókninę można przewozić w rolkach opakowanych fabrycznie zgodnie z instrukcją producenta, dowolnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających ją przed zawilgoceniem i przegrzaniem. Składa się ją i przechowuje w belach owiniętych folią i zabezpieczonych przed rozwinięciem, w suchym i przewiewnym pomieszczeniu zgodnie z zaleceniami producenta. Należy zadbać, aby pomieszczenie to nie było dostępne dla gryzoni.

Najlepiej jest, gdy biowłóknina zostaje wykorzystana do końca sierpnia tego roku, w którym została wyprodukowana. Biowłókninę przechowaną przez okres zimowy należy wykorzystać na początku następnego sezonu wegetacyjnego, po uprzednim sprawdzeniu siły kiełkowania nasion roślin. Powinna być ona większa od 60 %.

Przed wykonaniem umocnień za pomocą biowłókniny wykonawca robót powinien przedstawić nadzorowi atest wyrobu, stwierdzający charakterystykę, skład mieszanki nasion roślin i typ siedliska, dla którego przeznaczona jest biowłóknina. Przeznaczenie wyrobu powinno odpowiadać warunkom zapisanym w specyfikacji wyrobu. Kontrola umocnionej powierzchni polega na wykonaniu oględzin zewnętrznych oraz przeprowadzeniu badań zgodnych z PN-B-12074:1998.

Na przygotowanej powierzchni skarpy wykopu (wg PN-B-12074:1998) należy rozwijać biowłókninę z beli, równolegle do dolnej krawędzi skarpy. Biowłókninę należy rozwijać i przytwierdzać w odcinkach o długości od 2 m do 3 m. Brzegi rozwiniętego odcinka biowłókniny przymocowuje się do podłoża szpilkami wbitymi na brzegach biowłókniny w odstępach od 0,8 m do 1,0 m. Na skarpach o nachyleniu większym niż 1:2, stosując biowłókninę o szerokości większej niż 1,0 m, należy przymocować do podłoża także środek pasa biowłókniny wbijając szpilki w odstępach od 1 m do 1,5 m. Rozwijając na skarpie kilka poziomych pasów biowłókniny należy zwrócić uwagę, aby ich brzegi zachodziły na siebie pasem szerokości 0,1 m. Wierzchołki wbitych szpilek nie powinny wystawać ponad biowłókninę więcej niż 2 cm.

Aby biowłóknina dokładnie przylegała do powierzchni skarpy należy rozwijać ją i układać luźno, zostawiając około 5% zapasu długości pasma na kurczenie się biowłókniny po jej zmoczeniu.

W przypadku biowłókniny o szerokości większej niż 1,0 m, należy formować poziome fałdy, które ułatwiają zatrzymywanie się ziemi po przysypaniu biowłókniny.

Po ułożeniu i przymocowaniu biowłókniny należy przysypać ją warstwą ziemi urodzajnej o miąższości od 1 cm do 2 cm.

W przypadku umacniania biowłókniną pasa skarpy o szerokości przekraczającej 3 m, zalecane jest układanie jej pasami pionowymi, tak jak w przypadku nasypów.

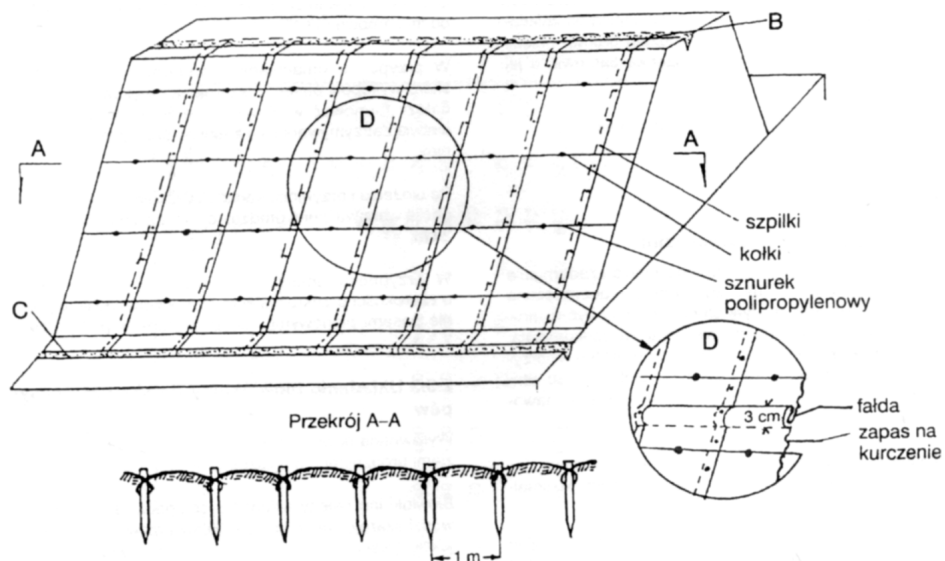
Powierzchnia skarpy nasypu, na której układana jest biowłóknina, powinna być pokryta warstwą ziemi urodzajnej o miąższości minimum 5 cm.

Biowłókninę należy układać prostopadle do górnej krawędzi skarpy. Zakład kolejnych pasm powinien wynosić 10 cm. Zakłady należy zabezpieczyć szpilkami w odstępach 0,8 do 1,0 m. Szpilki nie powinny wystawać ponad biowłókninę więcej niż 2 cm. W odstępach co 1 m należy wykonać poziome fałdy biowłókniny szerokości 3 cm, zabezpieczające przed zsuwaniem się ziemi pokrywającej biowłókninę i pozwalające na skurcz po zmoczeniu.

U podstawy oraz na koronie skarpy należy pozostawić zapas biowłókniny długości 0,5 m. Zapas ten wykorzystuje się do zakotwienia biowłókniny w rowkach głębokości 0,2 m.

Biowłóknina jest mocowana na skarpach z drabiny o długości równej długości skarpy, ułożonej na kołkach, listwach lub żerdziach. Aby nie dopuścić do uszkodzenia biowłókniny, nie należy chodzić po wyrównanej powierzchni skarpy przed i po jej ułożeniu.

W przypadku, gdy pochylenie skarpy jest większe niż 1:2, a jej długość jest większa niż 3 m, dobrze jest użyć do mocowania biowłókniny (oprócz szpilek) również kołków i polipropylenowego sznurka. Należy wtedy przymocowywać także środek pasa w odstępach od 1 m do 1,5 m. Sposób wykonania mocowania pokazano na rys. 12.



B – kotwienie biowłókniny na koronie nasypu,

C – kotwienie biowłókniny u podstawy nasypu,

D – formowanie poziomych fałd biowłókniny

Rys. 12. Sposób umocowania biowłókniny na skarpie nasypu z użyciem szpilek, kołków i sznurka. wg PN-B-12074

Kołki wbija się pośrodku pasów biowłókniny w poziomych rzędach, pozostawiając na wierzchu ok. 0,1 długości kołka. Następnie na zacięcia nawija się i naciąga sznurek. Kołki wbija się równo z terenem.

Bezpośrednio po ułożeniu biowłókniny przysypuje się ją (z drabiny) warstwą ziemi urodzajnej o miąższości 1 do 2 cm.

Po ukończeniu prac wykonuje się zabiegi pielęgnacyjne, dzięki którym następuje szybszy wzrost roślin. Powierzchnię skarp utrzymuje się w stanie wilgotnym przez 30 dni, a w przypadku braku opadów zwilżanie skarp należy przedłużyć nawet do sześciu tygodni.

Zwilżanie wykonuje się zraszaczami deszczownicami krótkiego zasięgu lub zraszaczami ogrodniczymi (sektorowymi). Niedopuszczalne jest polewania bezpośrednio z węża, bez użycia urządzeń rozpryskujących wodę na małe krople. Mogło by to doprowadzić do wypłukania nasion z biowłókniny.

Do czasu powstania zwartego zadarnienia, umocnione biowłókniną powierzchnie nie powinny być zalewane przez wody dłużej niż trzy dni.

W przypadku żółknięcia traw po ich wzejściu, konieczne jest uzupełnienie gleby składnikami pokarmowymi przez nawożenie powierzchni umocnionej nawozami mineralnymi.

W trakcie sezonu wegetacyjnego należy wykonywać koszenie pielęgnacyjne, po wyrośnięciu traw do wysokości 20 cm. Istotne jest także, by skoszoną trawę usuwać z umocnionej powierzchni.

W [27] zaprezentowano matę trawnikową wykonywaną z odpadów włókienniczych. Jest to warstwa rozwłóknionych, a następnie sprasowanych odpadów roszarniczych lub tekstylnych z nasionami traw z dodatkiem pyłu z torfu wysokiego i suchej, rozpylonej mieszanki nawozowej zawierającej podstawowe makroskładniki i mikroelementy. Gotowa mata zawiera prawie wszystko, oprócz wody, co jest potrzebne do wzrostu traw. Matę można przechowywać wiele miesięcy (do czasu utraty żywotności przez nasiona) w pomieszczeniach suchych i przewiewnych. Rozłożona na powierzchni gruntu mata wilgotnieje od spodu, co umożliwia szybkie kiełkowanie nasion i ukorzenianie się. W ciągu roku mata rozkłada się wzbogacając podłoże w próchnicę. Do całkowitego rozkładu hamuje rozwój chwastów.

Mata ma grubość 6 mm (po relaksacji) i szerokość 220 cm. Rozkłada się ją w miejscu przeznaczenia, dopasowuje do kształtu, wyrównuje i podlewa.

Sposób układania ogranicza użycie maty trawnikowej do skarp o niewielkim pochyleniu.

6.5. Inne materiały biodegradowalne

Do materiałów biodegradowalnych należą też wszelkiego rodzaju maty przeciwozyjne wykonane z materiałów biodegradowalnych, takich jak włókna kokosowe, słoma itp. Mogą one zawierać także niewielkie ilości materiałów geosyntetycznych.

Do tej grupy zalicza się również tkaniny wykonane z włókien naturalnych jak juta, len czy włókna kokosowe, a także maty z włókien naturalnych (włókna drzewne, słoma, włókna kokosowe) wzmacnianych fotodegradalną lub biodegradalną siatką nieorganiczną. Materiały te stanowią czasowe zabezpieczenie przed erozją. Chronią

powierzchnię od momentu wbudowania do przejęcia funkcji ochronnych przez rozwijającą się roślinność.

Tkaniny jutowe używane jako maty do ochrony przeciwozyjnej są luźno tkane z pojedynczych włókien jutowych (przędzy). Rozmiar osnów i wątków w tkaninie powinien być taki sam. Stosuje się pasma tkaniny nie węższe niż 1200 mm. Ważnym wymaganiem jest nietoksyczność dla roślin [43].

Tkaniny i maty z włókien naturalnych są stosowane jako czasowe zabezpieczenia przeciwozyjne skarp. Pełnią funkcje ochronne, w zależności od rodzaju tkaniny lub maty, od kilku miesięcy do kilku lat [32], [43].

Przykłady stosowanych materiałów pokazano na fot. 33.



Fot. 33. Przykłady materiałów biodegradowalnych (fot. A. Krzyczkowska)

Materiały te przewozi się w rolkach opakowanych fabrycznie zgodnie z instrukcją producenta, dowolnymi środkami transportu, w warunkach zabezpieczających je przed zawilgoceniem. Również podczas przechowywania należy chronić je przed zawilgoceniem.

Układając materiały biodegradowalne na skarpach należy postępować zgodnie z instrukcją producenta dołączaną do wyrobu przez dostawcę.

Powierzchnia skarpy powinna być zgrubnie wyrównana, oczyszczona z kamieni, korzeni itp. oraz pokryta warstwą ziemi urodzajnej („humusu”). Przed ułożeniem materiału biodegradowalnego powierzchnie przeznaczone do zabezpieczania są obsiewane mieszanką traw (odpowiednio dobraną do warunków klimatycznych i ekspozycji skarpy). Następnie wykonuje się dogęszczenie powierzchni skarpy.

Sposób wykonania obsiewu jest dostosowywany do pochylenia skarpy. Materiały rozwija się w dół po skarpie, kotwi na górze i u podnóża skarpy w rowkach kotwiących. Grunt wypełniający rowki kotwiące powinien zostać zagęszczony. Sąsiednie pasma zachodzą na siebie co najmniej na 10 cm. Zakłady zabezpiecza się przez szpilkowanie w odstępie co 1,0 m do 1,5 m. Materiały biodegradowalne powinny być przytwierdzone na całej powierzchni skarpy. Rozstaw szpilek dostosowuje się do jej pochylenia. Szpilkowanie wykonuje się z drabiny ułożonej na materiale. Istotne jest, aby długość i rozstaw szpilek zapewniały dokładne przyleganie materiału do powierzchni skarpy.

W okresie wegetacji roślin wykonuje się odpowiednie dla danej roślinności zabiegi pielęgnacyjne (podlewanie, koszenie itp.).

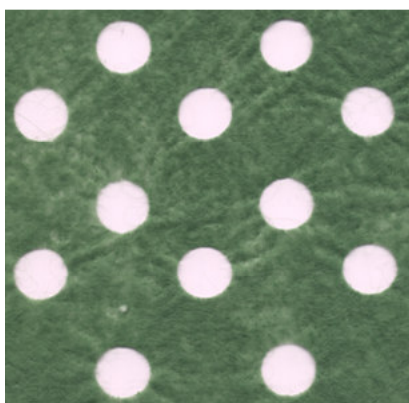
W trakcie wykonywania zabezpieczeń z użyciem materiałów biodegradowalnych kontroli podlegają:

- wyrównanie podłoża, usunięcie z niego przedmiotów mogących uszkodzić materiały biodegradowalne,
- naniesienie „humusu” i obsianie trawą lub wykonanie hydroobsiewu,
- poprawność ułożenia materiałów na skarpach,
- równość powierzchni umocnionej,
- równomierność zadarnienia.

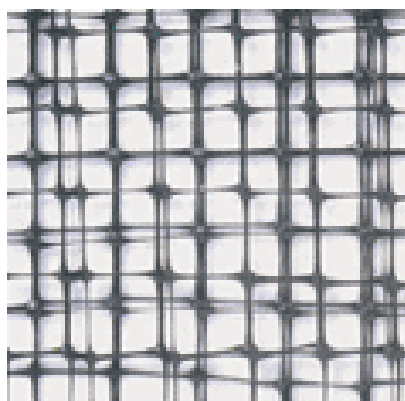
6.6. Geosyntetyki

Do ochrony skarp drogowych można stosować następujące geosyntetyki [30], [D-06.01.01]:

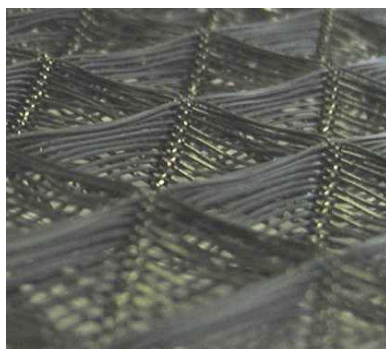
- geowłókniny z otworami,
- gęste geosiatki bezwęzełkowe – płaskie siatki o małym oczku,
- tkaniny,
- geokompozyty przepuszczalne – materiały złożone z różnych geosyntetyków (np. geomata wzmocniona geosiatką),
- przestrzenne maty przeciwoerozyjne – przestrzenne struktury w postaci siatki lub splątanych włókien połączonych w miejscu przecięcia np. przez zgrzanie,
- geosiatki komórkowe – przestrzenne struktury zbliżone wyglądem do plastra miodu.



fot. B. Gajewska



fot. B. Gajewska



fot. B. Gajewska



Tablica 4. Przykłady geosyntetycznych materiałów przeciwozyjnych [18]

Geosyntetyki stosowane na skarpach powinny mieć odpowiednie dokumenty dopuszczające. Wraz z geosyntetykami dostawca (producent) powinien dostarczyć instrukcję układania, składowania i transportu.

Geotkaniny i geosiatki stosowane jako zabezpieczenia przeciwozyjne skarp drogowych powinny spełniać wymagania co do wielkości oczek, aby mogły przez nie swobodnie przerastać korzenie traw, mające zwykle od 0,1 do 0,3 mm grubości. Oczka nie mogą być zatem zbyt małe, gdyż uniemożliwiłyby rozwój roślinności. Z kolei siatki i tkaniny o zbyt dużych oczkach nie będą stanowić zabezpieczenia przeciwozyjnego. Zwykle wielkość oczka zawiera się w granicach od 0,5 mm do 5 mm [42].

Geotkaniny i geosiatki przymocowywane są do powierzchni stalowymi szpilkami lub klamrami oraz kotwione na szczycie i u podnóża skarpy w rowach kotwiących. Po wbudowaniu mogą być przykryte warstwą gruntu.

Maty przeciwoerozyjne mają strukturę trójwymiarową. Zbudowane są z tkanych lub splątanych włókien polimerowych albo siatki ze strukturą przestrzenną. Maty mogą być wzmacniane dodatkową siatką polimerową lub wypełniane żwirem połączonym bitumem (kompozyty).

Maty powinny być odporne na działanie czynników chemicznych i środowiska. Do gruntu maty przytwierdzone są za pomocą stalowych szpilek, a także w rowach kotwiących u podnóża i na szczycie skarpy. Przestrzenne maty przeciwoerozyjne powinny być wypełnione gruntem od razu po wbudowaniu.

W zależności od zaleceń producenta, nasiona wysiewane są przed ułożeniem maty, lub po jej ułożeniu.

Do przytwierdzania mat przeciwoerozyjnych stosuje się zazwyczaj szpilki stalowe w kształcie litery U, wykonane z drutu o średnicy od 6 do 12 mm. Długość ramion szpilek wynosi zwykle 30 do 50 cm. Czasami spotykane są szpilki z blaszką na końcu dociskającą matę, lub specjalne kołki do mocowania konkretnych rodzajów mat.

Geosiatki komórkowe produkowane są z pasm tkaniny lub z taśm polimerowych. Taśmy mogą być bez otworów lub z otworami (perforowane). Otwory polepszają penetrację wody opadowej do podłoża oraz umożliwiają przerastanie korzeni do sąsiednich komórek.

Przy pochyleniu skarpy większym od 1:2 można stosować tylko geosiatki komórkowe, w których odległości między zgrzewami taśm nie przekraczają 0,35 m.

Geosyntetyki transportowane są w rolkach opakowanych fabrycznie, ułożonych poziomo na wyrównanym podłożu. Nie należy układać na nich żadnych obciążeń, gdyż mogło by to spowodować zniszczenie materiału. Rolki o szerokości do około 2,5 m można transportować w pozycji pionowej.

Podczas ładowania, rozładowywania i transportu należy zabezpieczyć rolki geosyntetyków przed uszkodzeniami mechanicznymi lub chemicznymi oraz przed działaniem wysokich temperatur.

Geosyntetyki powinny być przechowywane wyłącznie w rolkach opakowanych fabrycznie, ułożonych poziomo na wyrównanym podłożu. Również w czasie przechowywania nie powinno się układać na nich żadnych obciążeń. Rolki o szerokości do około 2,5 m można przechowywać w pozycji pionowej. Jest to szczególnie istotne w przypadku przestrzennych mat przeciwoerozyjnych. Podczas składowania należy zabezpieczyć rolki geosyntetyków przed uszkodzeniami mechanicznymi lub chemicznymi oraz przed działaniem wysokich temperatur.

Geosyntetyki należy układać na skarpach drogowych zgodnie z instrukcją producenta dołączoną do wyrobu przez dostawcę.

W Aprobatach wydanych przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów na geomaty przeciwoerozyjne [1], [2], [3], [4] znajdują się następujące zalecenia:

Powierzchnia skarpy przed ułożeniem geomaty przeciwoerozyjnej powinna być wyrównana, oczyszczona z kamieni, korzeni itp. oraz pokryta warstwą ziemi urodzajnej („humusu”) grubości zgodnej z instrukcją producenta, jednak nie mniejszej niż 5 cm. Geomaty powinny być rozwijane w dół wzdłuż pochylenia skarpy oraz kotwione na górze i u podnóża skarpy w rowkach kotwiących. Grunt wypełniający rowki kotwiące należy zagęścić. Zakład sąsiednich pasm powinien wynosić co najmniej 10 cm. Zakłady należy zabezpieczyć przez szpilkowanie w odstępie co 1,0 m do 1,5 m. Geomaty należy przytwierdzić na całej powierzchni skarpy. Rozstaw szpilek powinien być dostosowany do pochylenia skarpy. Długość i rozstaw szpilek powinny zapewnić trwałe przytwierdzenie geomaty do powierzchni skarpy. Szpilkowanie powinno odbywać się z drabiny ułożonej na geomacie. Geomaty należy wypełnić „humusem” niezwłocznie po ich wbudowaniu. Powierzchnie umocnione geomatami powinny być obsiane mieszkanką traw dobraną odpowiednio do warunków klimatycznych i ekspozycji skarpy. Powierzchnia skarpy po wykonaniu obsiewu powinna zostać dogęszczona. Sposób wykonania obsiewu powinien być dostosowany do pochylenia skarpy. W okresie wegetacji roślin powinny być wykonywane odpowiednie dla danej roślinności zabiegi pielęgnacyjne (podlewanie, koszenie itp.).

Podczas układania geosiatek komórkowych należy przestrzegać zaleceń producenta. Należy przestrzegać również następujących zasad:

Geosiatki komórkowe (używane są również nazwy handlowe: geomata, geokrata, glob-krata) układa się wzdłuż linii spadku skarpy tak, aby faliste pasma tworzące geosiatkę miały położenie zbliżone do warstwic. Sekcje geosiatki łączy się przeznaczonymi do tego spinkami, wg instrukcji producenta.

Geosiatki komórkowe mocuje się szpilkami do podłoża w taki sposób, aby geosiatka komórkowa po rozłożeniu i rozciągnięciu na skarpie zachowała nadane jej położenie w czasie napełniania komórek glebą, wałowania wypełnienia oraz zabiegów pielęgnacyjnych.

Geosiatkę komórkową rozłożoną na skarpie i przytwierdzoną do podłoża, przeznaczoną do zagospodarowania roślinnego zapełnia się „humusem”. „Humus” układa się z nadmiarem nie mniejszym od połowy wysokości sekcji, ale nie większym

niż 50 mm; zasypkę wyrównuje się i stabilizuje przez wałowanie, ewentualnie uzupełnia. Zagęszczanie zasypki nie jest wymagane.

Jeśli względy specjalne powodują, by fragment geosiatki komórkowej nie był pokryty roślinnością, np. pod przęsłami obiektów, do wypełnienia używa się kruszywo gruboziarniste bez frakcji piaskowej.

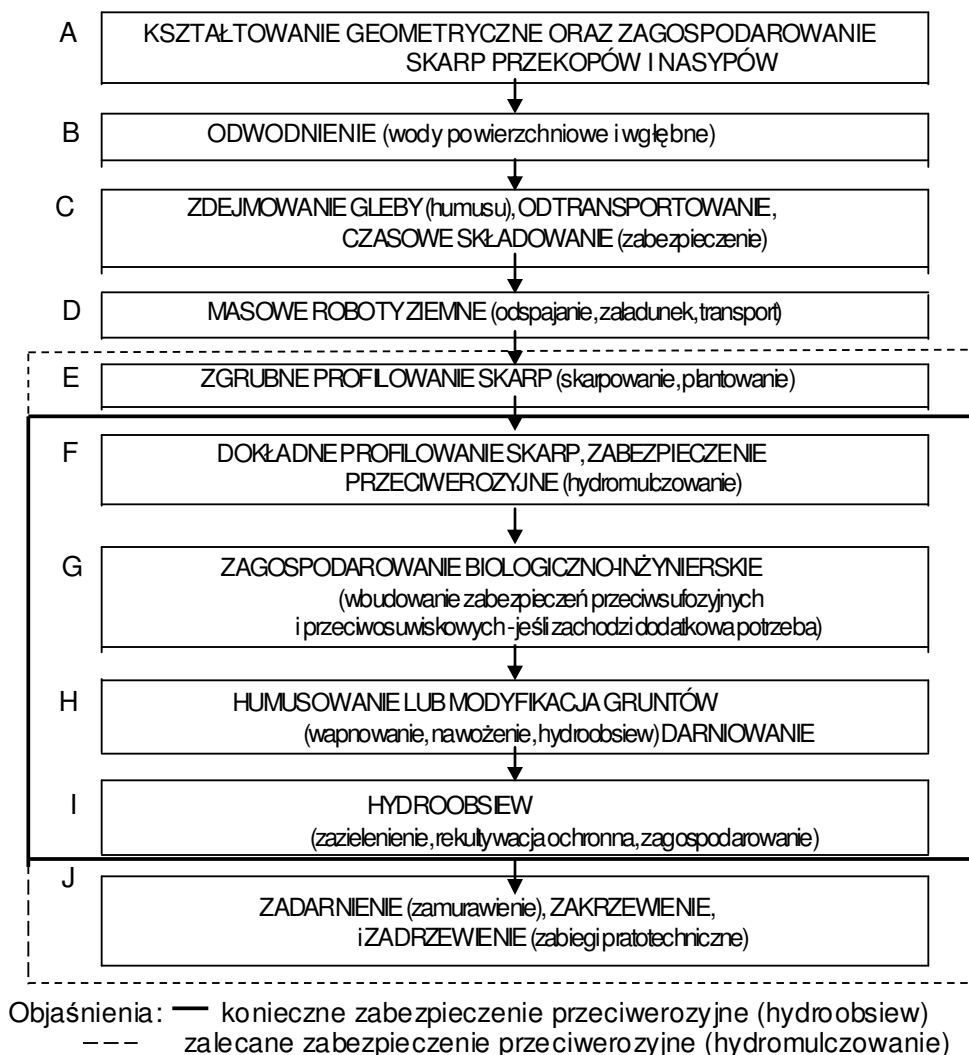
W czasie wykonywania robót z użyciem geosyntetyków przeciwoerozyjnych bieżąco kontroluje się:

- wyrównanie podłoża i usunięcie z niego przedmiotów mogących uszkodzić geosyntetyki przeciwoerozyjne,
- poprawność ułożenia geosyntetyków przeciwoerozyjnych na skarpach: sposób rozwijania, mocowania w rowkach kotwiących, szpilenia, łączenia pasm,
- naniesienie „humusu” i obsianie trawą lub wykonanie hydroobsiewu,
- równość powierzchni umocnionej.

Po około 6 tygodniach od wykonaniu obsiewu sprawdza się równomierność zadarnienia.

6.7. Hydroobsiew i mulczowanie

Na poniższym schemacie (rys. 13) zestawiono czynności, jakie powinny być wykonywane przy kształtowaniu oraz zagospodarowaniu pochyłych powierzchni utworów antropogenicznych przy pochyłościach powyżej 3%. Przedstawiono cykl technologiczny robót związanych z kształtowaniem utworów antropogenicznych (wznoszenie budowli ziemnych).



Rys. 13. Czynności wykonywane przy kształtowaniu (formowaniu) oraz zagospodarowaniu pochyłych powierzchni utworów antropogenicznych przy pochyłościach gruntów > 3% [24]

Jedną z tych czynności jest hydroobsiew. Polega on na hydromechanicznym nanoszeniu na powierzchnię gruntu mieszaniny składającej się z:

- cieczy stanowiącej nośnik pozostałych komponentów (woda),
- przefermentowanych osadów ściekowych,
- substancji użyźniających podłoże (nawozy mineralne),
- popiołów lotnych, pełniących rolę nawozów o przedłużonym działaniu,

- substancji poprawiających strukturę podłoża, osłaniających powierzchnię i młode siewki (ściółki słomiane, strużyny, zrębki itp.),
- substancji zabezpieczających powierzchnię gruntu przed erozją i wysychaniem (najczęściej są to preparaty chemiczne, np. emulsja lateksowa lub bitumiczna),
- oraz mieszanki nasion traw i roślin motylkowatych.

Dzięki zastosowaniu uzyskiwanych nieodpłatnie nieodwodnionych osadów ściekowych oraz popiołów lotnych ograniczono zużycie nawozów mineralnych i ściółek. Osady ściekowe poprawiają strukturę gruntu oraz użyźniają podłoże. Zawierają substancje organiczne i drobnoustroje, niezbędne do użyźnienia jałowych gruntów rodzimych i antropogenicznych. W składzie przefermentowanego osadu ściekowego jest zawarte średnio: 2,2% azotu, 0,7% fosforu i 0,4% potasu (NPK w suchej masie). Zawarte w osadach ściekowych substancje organiczne są uruchamiane powoli i nie są narażone na wypłukiwanie. Dzięki właściwościom koagulacyjnym osady mogą stanowić tymczasową powłokę przeciwozyjną na skarpach, w pewnym stopniu zabezpieczać grunt i obsiew przed wypłukaniem, a nasiona przed nadmiernym wysychaniem. Podlewanie w czasie kiełkowania nasion i w okresie początkowego rozwoju roślin w zasadzie nie jest wymagane. Popioły lotne zawierają składniki mineralne, spełniające rolę nawozów. Dzięki dość silnemu odczynowi zasadowemu skutecznie odkwaszają podłoże.

Mieszanina do hydroobsiewu powinna zawierać [20]:

- przefermentowane wtórne osady ściekowe;
- kompozycje nasion traw i motylkowatych;
- ściółkę, tj. substancje poprawiające strukturę podłoża i osłaniające kiełkujące nasiona oraz siewki (np. sieczki, trociny, strużyny, konfetti);
- popioły lotne, spełniające rolę nawozów o wydłużonym działaniu oraz do odkwaszania;
- startowe nawozy mineralne (NPK), dodawane do mieszaniny, ponieważ zawarta w nich substancja organiczna jest uwalniana stopniowo, ponadto osady ściekowe mają niską zawartość potasu.

Osady odwadnia się mechanicznie lub w wannach gruntowych na poletkach osadowych i w lagunach [31].

Dopuszcza się niekiedy stosowanie mieszaniny, do której zamiast osadów ściekowych, dodaje się różnego rodzaju ściółki oraz substancje zabezpieczające

podłoże przed wysuszaniem i erozją (np. emulsja asfaltowa i lateksowa), a także kompozycje nasion traw i roślin motylkowatych.

Wtórne przefermentowane osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni komunalnych powinny być przefermentowane lub kompostowane, a zawartość metali ciężkich mg/kg suchej masy nie może przekroczyć [14], [36]:

- ołów (Pb) < 2500 mg/kg
- kadm (Cd) < 50 mg/kg
- rtęć (Hg) < 25 mg/kg
- nikiel (Ni) < 300 mg/kg
- chrom (Cr) < 1500 mg/kg.

Innymi preparatami chemicznymi stosowanymi jako składniki wiążące hydromieszanin są: lateks syntetyczny i emulsja bitumiczna. Doświadczenia zebrane [19], [35] przy stosowaniu hydromieszanin z tymi substancjami wykazały, że mają one dobre właściwości wiążące i lepkoplastyczne. Jednak niektóre składniki mineralne zawarte w hydromieszaninie lub zakwaszonych gruntach wywołują koagulację lateksu i emulsji bitumicznej, wskutek czego nie spełniają już swej roli. Aby przeciwdziałać temu zjawisku dodatkowo dodaje się do lateksu stabilizatory, wodę amoniakalną lub klej mizdrowy.

Przy mieszaniu składników w zbiorniku hydroobsiewnika, lateks syntetyczny powoduje powstanie silnie pniącej się mieszaniny, co wpływa niekorzystnie na działanie pompy tłoczącej.

Lateks syntetyczny¹ i emulsje bitumiczne tracą ponadto swe właściwości w ujemnej temperaturze, co utrudnia ich stosowanie i przechowywanie. Nie są one również substancjami biologicznie aktywnymi i nie zapewniają dobrego pokrycia powierzchni szatą roślinną na niektórych gruntach stosowanych do budowy nasypów drogowych. Wymienione czynniki komplikują technologię robót i jakość wykonanego hydroobsiewu, zwiększają jego koszty i ograniczają zakres stosowania.

Przykładowy zestaw składników hydromieszaniny na bazie lateksu syntetycznego, stosowanej w dawce 5 kg na powierzchni 1 m² jest następujący:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| - lateks syntetyczny | 0,04-0,08 kg |
| - woda | 4,45-4,37 kg |
| - składniki mineralne | 0,09-0,11 kg |
| - torf lub trociny | 0,40 kg |
| - materiał siewny | <u>0,02-0,04 kg</u> |

Razem: 5,0 kg

¹ Stosowanie lateksu wymaga uzyskania atestu Państwowego Zakładu Higieny [6].

Tablica 5 Kolejność wykonywania zabiegów uprawowych w zależności od warunków siedliskowych i możliwości pozyskiwania osadów ściekowych na powierzchniach zerodowanych (d0 10 cm) i nierównych

Rodzaj czynności uprawowych i faz nanoszenia	Kolejność wykonywania poszczególnych czynności uprawowych w zależności od warunków siedliskowych					Uwagi
	Warunki siedliskowe					
	bardzo trudne	trudne	średnie	dobrze	bardzo dobre	
Spulchnienie broną rolniczą ¹⁾	+	+	+	+	+	Stosować w przypadku hyroobsiewu podłoży zwartych i zerodowanych
Zagęszczenie wałem ¹⁾	+	+	+	+	+	Stosować w przypadku podłoży w stanie luźnym i bardzo luźnym
Ścięcie nierówności ¹⁾	+	+	+	+	+	Stosować w przypadku, gdy nierówności obsiewanej powierzchni mogą powodować nierównomierne wymieszanie naniesionych składników z podłożem
1. Naniesienie osadów z dodatkiem nawozów mineralnych i organicznych	+	-	-	-	-	Stosować zamiast materiałów wym. w poz. 4, gdy trudno jest zapewnić dostawę odpowiedniej ilości osadów lub gdy koszt ich użycia jest większy od kosztu nawozów mineralnych (organicznych)
2. Naniesienie osadów z dodatkiem nawozów mineralnych		2x	+	+	+	
3. Naniesienie zaotczkowanych w osadach kompozycji nasion	1+3	1+3	+	-	-	
4. Naniesienie mieszaniny osadów, nasion i nawozów mineralnych.	-	-	-	+	-	
5. Naniesienie mieszaniny osadów, nasion oraz nawozów mineralnych i organicznych.	-	-	-	-	+	
Naniesienie mulczu ²⁾ z fazą:	5+	3+	3+	3+	1+	
Włókovanie naniesionej mieszaniny	3+	+	+	+	+	
Wgniatanie naniesionej mieszaniny w fazie :	4+	4+	1+	1+	+	

1) w razie potrzeby wykonać zawsze przed czynnościami wymienionymi w p.1-5;

2) mulcz - mieszanina osadów za ściółką stosowania w celu zwiększenia grubości warstwy przykrywającej nasiona oraz do zabezpieczenia przed pękaniem oraz łuszczeniem warstwy ochronnej (przeciwerozynnej).

Opisane tu właściwości lateksu i emulsji bitumicznej powodują, że substancja ta ma ograniczony zakres stosowania do hydroobsiewu skarp. Ponieważ mają one dobre właściwości lepkoplastyczne, częściej stosowane są do mulczowania (ściółkowania skarp metodą hydromechaniczną). Natryskiwanie (bez nasion) hydromechanicznie na ściółki rozłożone uprzednio na powierzchni gruntu (słoma, siano, rozdrobniona makulatura, resztki drzewne), stabilizują je i tworzą ochronną warstwę przeciwozyjną. Warstwa ta stanowi podkład dla hydroobsiewu. Ten rozdzielny sposób tworzenia warstwy przeciwozyjnej stosowany jest na gruntach nasypowych szczególnie zdegradowanych jak np. hałdy górnicze.

Osady pobierane z oczyszczalni ścieków można transportować do miejsca obsiewu za pomocą:

- wozów asenizacyjnych o pojemności do 10 m³;
- rolniczych wozów asenizacyjnych (wyposażonych w pompy próżniowe lub ślimakowe) na racjonalną odległość do 5 km;
- specjalnych zbiorników przewożonych na samochodach ciężarowych lub samochodach cysternach.

Osady przepompowuje się do hydrosiewnika w pobliżu miejsca obsiewu. Jednocześnie uruchamia się w hydrosiewniku mieszadło i wrzuca mieszanę nasion oraz nawozy, ściółki, emulsję asfaltową lub lateksową. Napełnianie trwa 5-20 min, po czym prawie natychmiast mieszanka jest gotowa do hydroobsiewu.

Mieszaniny do mulczowania i hydroobsiewu bez użycia osadów ściekowych wykonuje się zwykle na miejscu z wykorzystaniem wody miejscowej. Transport tej mieszaniny w specjalnych zbiornikach jest opłacalny jedynie na odległość do 30 km.

Hydroobsiew może być wykonywany wyłącznie przez przedsiębiorstwa posiadające referencje (doświadczenie ogrodnicze) w tej technologii umacniania skarp i rowów, a używane materiały powinny odpowiadać wymaganiom 6.7.

Jeżeli zaistnieje taka potrzeba i możliwość, to co najmniej na 40÷60 dni przed rozpoczęciem robót (w zależności od rodzaju gruntu, temperatury powietrza, możliwości polewania) wykonawca wykonuje odcinek próbny (poletko doświadczalne) w celu stwierdzenia prawidłowości przyjętego składu mieszaniny do hydroobsiewu i równomierności pokrycia umacnianej powierzchni trawą i roślinami motylkowatymi. Aby próba była wiarygodna, wykonawca powinien użyć materiały i sprzęt identyczne do stosowanych w trakcie późniejszych robót. Odcinek próbny powinien składać się co najmniej z dwóch poletek o powierzchni min. 100 m²

zlokalizowanych na zacienionej (północnej skarpie i nasłonecznionej (południowej) skarpie.

Stosowanie płynnych osadów ściekowych do hydroobsiewu jest niewskazane w przypadku, gdy skarpy znajdują się w strefie ujęć wody oraz w odległości mniejszej niż 20 m od budynków i kąpielisk.

Hydroobsiew powinien być wykonywany w możliwie najkrótszym czasie po zdjęciu naddatku lub niedomiaru po zakończeniu masowych robót ziemnych (osiągnięciu korony nasypu). Najlepszy okres wykonywania robót to od 15 kwietnia do 15 maja i od 20 sierpnia do 20 września oraz [16], w razie potrzeby, tuż po pierwszych jesiennych przymrozkach (zwłaszcza skarp piaszczystych o południowej wystawie).

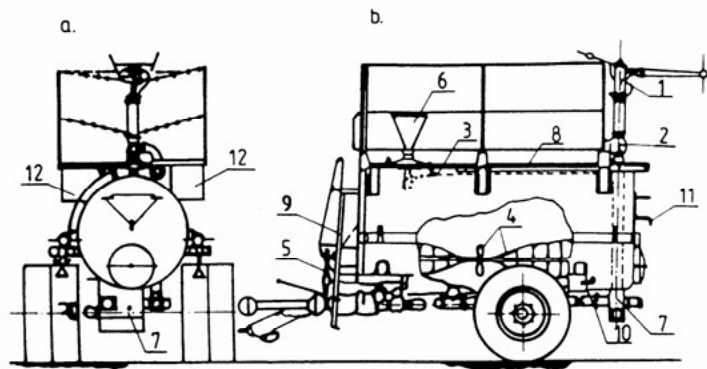
W czasie obsiewu hydrosiewnik jest holowany wzdłuż obsiewanej powierzchni. Natrysk mieszaniny dawkuje się, dostosowując odpowiednio biegi jazdy ciągnika do szerokości pasa obsiewu. Zasięg miotania mieszaniny reguluje się obrotami wałka odbioru mocy. Prawidłowość dawkowania i równomierność pokrycia mieszaniną ocenia się po kolorze obsianej powierzchni.

Hydroobsiew może być wykonywany dwoma sposobami:

- uproszczonym, przy obsiewie gruntów humusowych i żyznych, z zastosowaniem upłynnionej dawki osadów ściekowych $4\div 12 \text{ l/m}^2$ o zawartości $4\div 8 \%$ suchej masy z dodatkiem mieszanki nasion;
- rozszerzonym, przy obsiewie gruntów ubogich, z dawką upłynnionych osadów ściekowych (min 18 l/m^2) przy zawartości $6\div 10 \%$ suchej masy z dodatkiem ściółki (min $0,03 \text{ kg/m}^2$ suchej masy) i kompozycji nasion.

Hydroobsiew w zasadzie nie wymaga podlewania w czasie kiełkowania nasion i w okresie początkowego rozwoju roślin. Podlewanie może być potrzebne podczas długotrwałej suszy oraz, ewentualnie, gdy wymagany jest szybki efekt podrostu traw.

Hydroobsiew (hydromulczowanie) wykonuje się przy użyciu hydrosiewników (hydromulczyków). W Polsce stosuje się hydrosiewniki skonstruowane na bazie rolniczych wozów asenizacyjnych, np. PT-28/2 o pojemności użytecznej $2,8 \text{ m}^3$ lub PT-45 o pojemności $4,2 \text{ m}^3$. Wozy te wyposażone są w pompę ślimakową o wydajności $400\div 800 \text{ dm}^3/\text{min}$ przy ciśnieniu $0,4\div 0,8 \text{ MPa}$.



Rys. 14. Schemat hydrosiewnika wykonanego na podstawie rolniczego wozu asenizacyjnego – a) widok z tyłu, b) widok z boku [10]

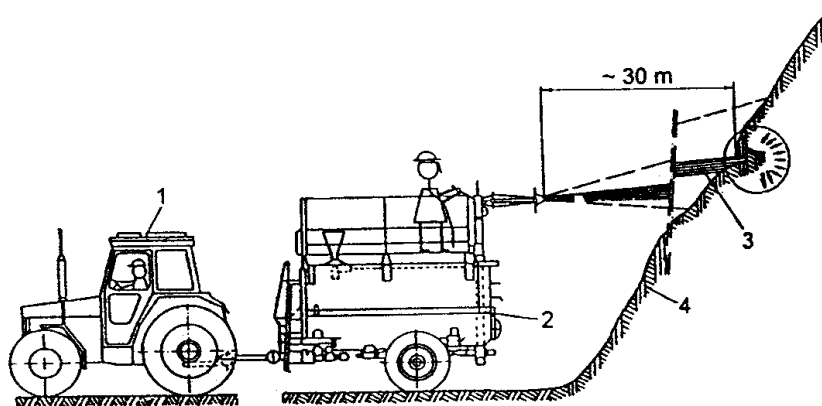
1 – działko strażackie, 2 – zawór trójdrogowy, 3 – mieszacz hydrauliczny, 4 – mieszadło, 5 - mechanizm napędu mieszadła, 6 – lej, 7 – osadnik 8 – pomost roboczy z poręczami, 9 - drabinka, 10 – hak do liny holowniczej 11 – wieszak liny holowniczej, 12 – skrzynie do przechowywania osprzętu, ubrań roboczych itp.

Adaptacja wozu asenizacyjnego na hydrosiewnik polega na wbudowaniu mieszadła, wykonaniu napędu mieszadła, nadbudowaniu pomostu i uzupełnieniu układu hydraulicznego działkiem strażackim DWP 16/24 w wersji morskiej, jak przedstawiono na rys. 14.

Do napędu i holowania hydrosiewnika można stosować ciągniki rolnicze (traktory) o mocy 38÷57 kW, a na grząskim (błotnistym) gruncie ciągniki gąsienicowe, np. DT-75.

Hydrosiewnik umożliwia miotanie substancji stosowanej przy hydroobsiewie do 30 m w górę i do 40 m w dół.

Schemat wykonania hydroobsiewu przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 15. Schemat wykonania hydroobsiewu [21]:

1 - ciągnik, 2 - hydrosiewnik, 3 - natrysk mieszaniną do hydroobsiewu, 4 -umacniana skarpa

a)



fot. M. Głażewski

b)



fot. M. Głażewski

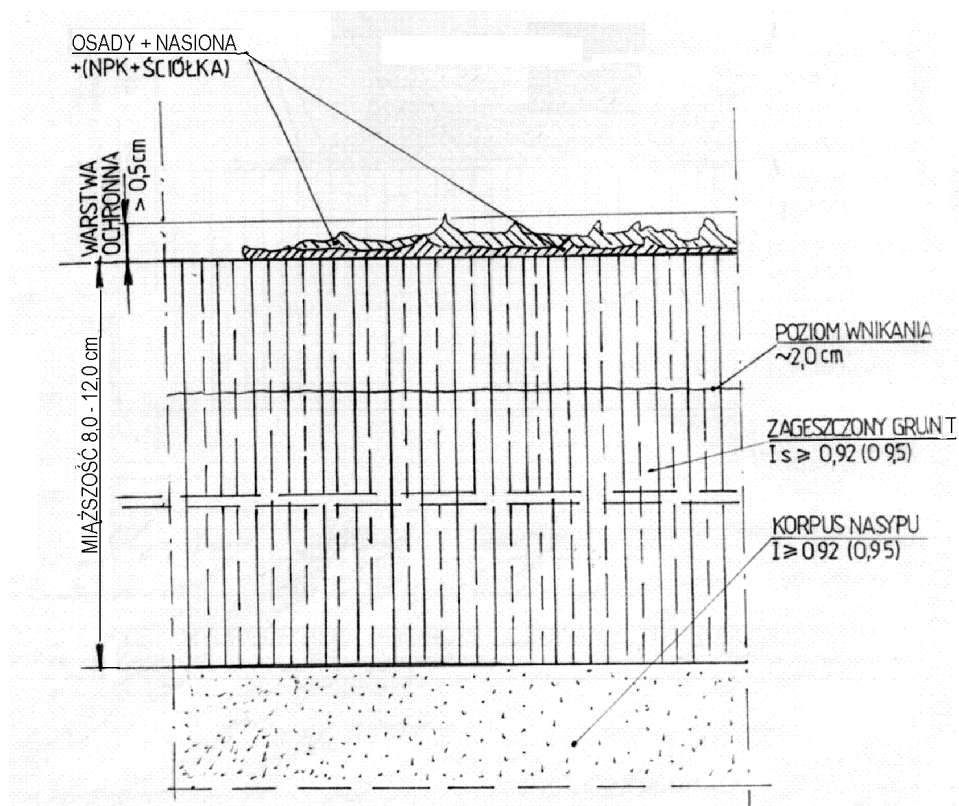
c)



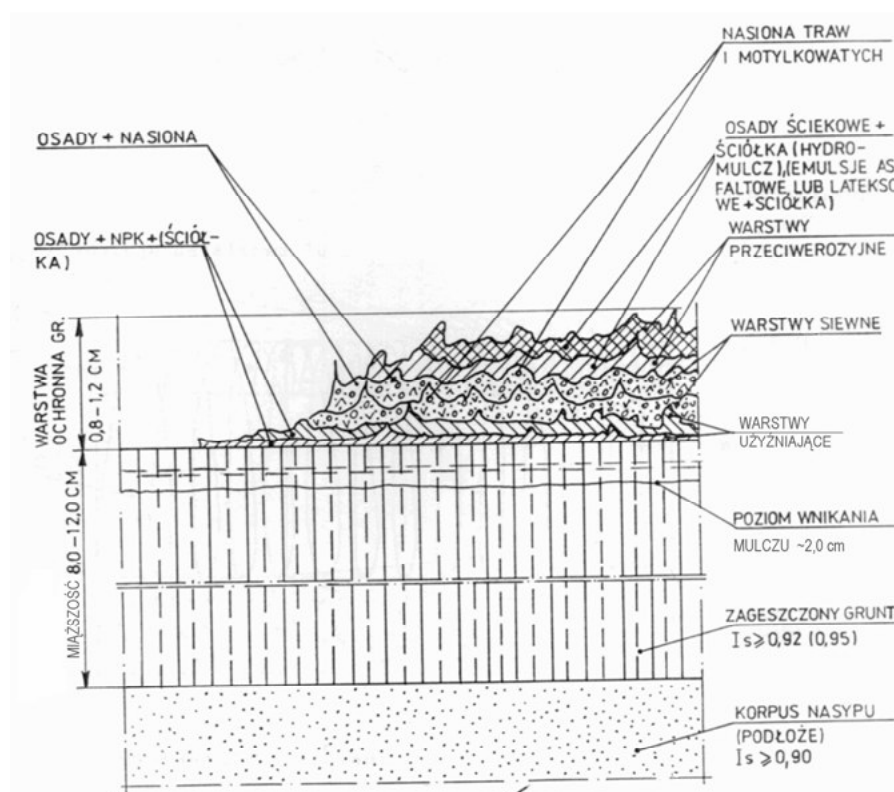
fot. K. Dzierżawski

Fot. 34 Hydroobsiew - przykłady a), b) poprawnego wykonywania hydroobsiewu,
c) deszczowania wykonywanego przed hydroobsiewem właściwym

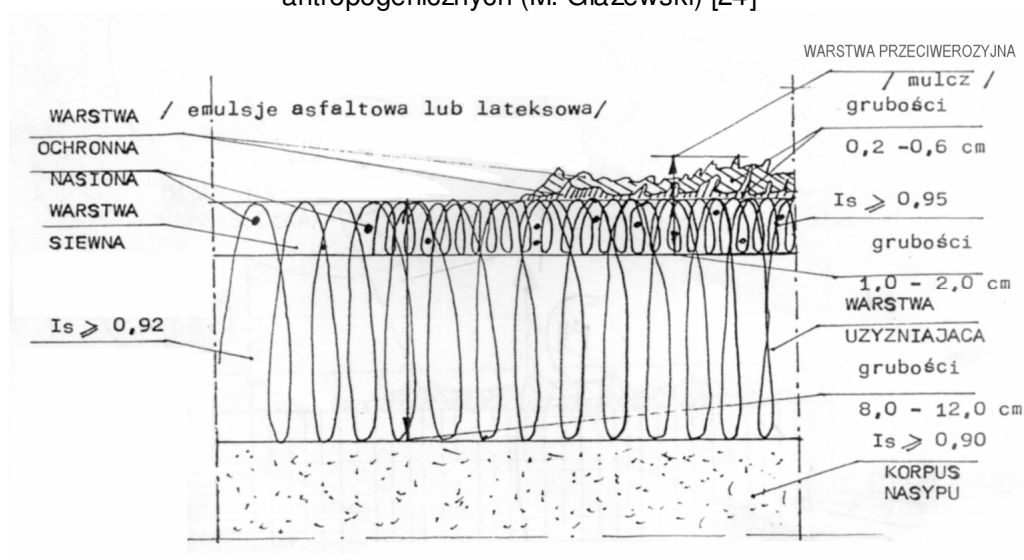
Na poniższym rysunku pokazano sposób doraźnego zabezpieczenia przeciwozyjnego skarp na koniec dnia pracy z minimalną ilością nasion traw (zabezpieczenie naddatków).



Rys. 16. Schemat nakładania doraźnych powłok ochronnych – hydromulczowanie [24]



Tablica 6. Formowanie warstwy ochronnej na powierzchni utworów antropogenicznych (M. Głazewski) [24]



Tablica 7. Hydroobsiew z elementami agrouprawy [20]

W tablica 8 porównano metodę tradycyjną obsiewu skarp nasypów czyli humusowania z metodą hydroobsiewu. Pozwala ona na wyjaśnienie istotnej różnicy między tymi metodami.

Tablica 8. Porównanie metody tradycyjnej z metoda hydroobsiewu [25]

Warunki oraz czynności technologiczne	Metoda tradycyjna (humusowanie)	Metoda hydroobsiewu (hydromulczowanie)
1. Warunki wynikające z normy PN-S-02205 oraz ogólnej specyfikacji technicznej D-06.01.01 - dotyczące przygotowania podłoża skarpy: a) miąższość warstwy zagęszczonej skarpy min. 0,5 m b) wskaźnik zagęszczenia w tej warstwie $I_s > 0,95$ c) uzyskana z punktów a i b porowatość powinna zapewnić, że woda zawarta w kapilarach będzie wystarczająca do rozwoju traw, osiagających trzeci rozwinięty listek. W tym celu należy przeprowadzać prace tuż po obfitych deszczach lub wykonywać wstępne deszczowanie skarpy d) uzyskanie warunków wymienionych w punktach a) i b) wymaga stosowania naddatku – tymczasowej warstwy, która będzie zdejmowana tuż przed końcowym (właściwym) obsiewem.	identycznie identycznie identycznie identycznie	identycznie identycznie identycznie identycznie
2. Zdjęcie naddatku ze skarpy, a następnie: a) wykonanie poziomych bruzd w odstępach ok. 1 m na głębokość 7-10 cm aby zwiększyć stabilność nałożonej ziemi urodzajnej; zagęszczenie jej i uzyskanie warstwy o miąższości min. 10 cm; zgrubne wyrównanie warstwy b) sianie krzyżowe mieszanek traw oraz roślin motylkowatych oraz wałowanie (moletowanie) tych powierzchni c) mulczowanie obsianych powierzchni d) deszczowanie gdy istniejące warunki atmosferyczne nie zapewniają wystarczającej wilgotności gleby	przed obsiewem nie zdejmuje się naddatku; ewentualne bruzdy powstaną tylko w naddatku; czynność końcowa czynność na ogół konieczna	zabezpieczenie przed erozją wodną z naddatkiem przez hydromulczowanie; sianie trzykrotne krzyżowe hydrosiewnikiem w celu uzyskania układu trzech warstw czynność zbędna

Praktyka wskazuje, że nie jest realne uzyskanie wskaźnika zagęszczenia gruntu w warstwie o miąższości 0,5 m nachylonej do powierzchni skarpy na poziomie $I_s > 0,95$. Jedynym rozwiązaniem jest kolejne wykonywanie nasypu o większej szerokości, a następnie zdjęcie naddatku po uformowaniu nasypu (osiągnięcia korony robót ziemnych). Wynika to z faktu, że ze względów bezpieczeństwa urządzenia zagęszczające nie mogą zbliżyć się do krawędzi skarpy. Nie zachowanie

wymaganego wskaźnika zagęszczenia może w krótkim czasie doprowadzić do osunięcia się skarpy, a także do wysychania traw rosnących na skarpie.

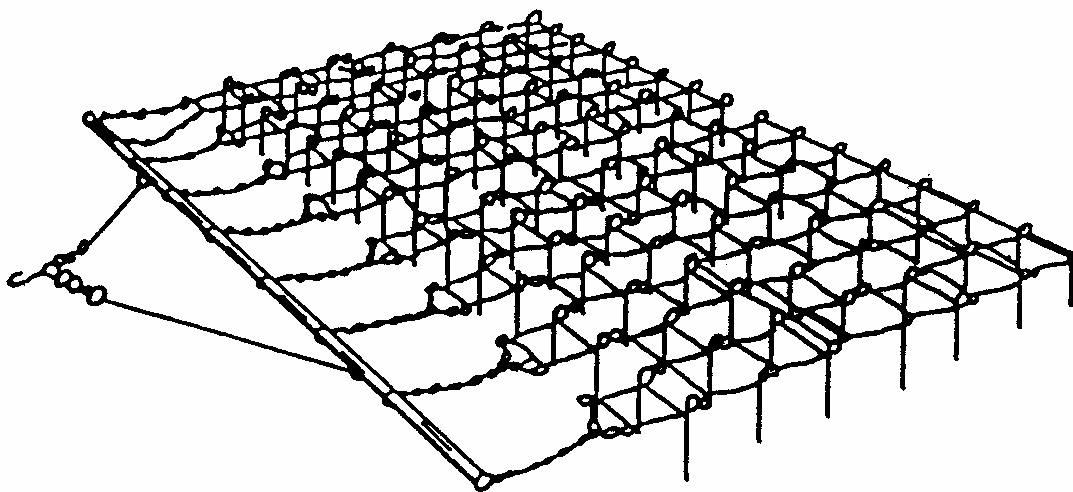
**Przykład prawidłowego zabezpieczania skarpy południowej z
zastosowaniem mulczowania i mat słomianych**

Do umocnienia przez mulczowanie stosuje się mieszankę nasion odpowiednio dobranych traw, cienkie maty słomiane i/lub siatki syntetyczne, a także emulsję asfaltową oraz nawozy mineralne [33]. Wstępnie na powierzchnię skarp wysiewa się nasiona traw, w ilości około 30-50 g/m² oraz granulowany nawóz mineralny, w ilości około 40 g/m² NPK. Tak przygotowaną powierzchnię spryskuje się 25 procentową emulsją asfaltową w ilości 0,5 l/m². Trzy tygodnie wegetacji pozwoli trawie na wytworzenie równego, zielonego porostu ochronnego. Takie umocnienie wskazane jest w przypadku rowów o dużych przepływach okresowych. Jest ono łatwe w wykonaniu i nie wymaga sprzętu specjalistycznego (z wyjątkiem skraparki do bitumu).

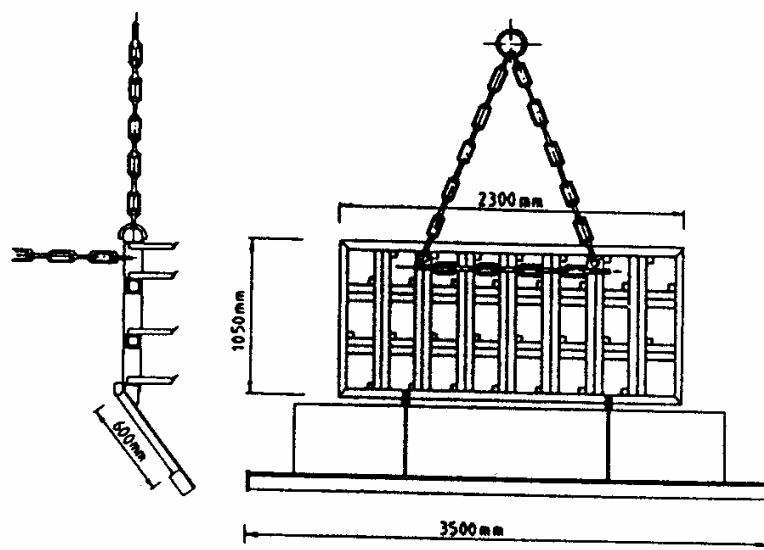
7. Sprzęt

Przy przygotowywaniu skarpy do zadarniania używa się następującego sprzętu: równiarki; walce gładkie, żebrowane lub ryflowane; ubijaki mechaniczne o ręcznym prowadzeniu; wibratory samobieżne; płyty ubijające; sprzęt do podciągania i podwieszania; hydrosiewnik z ciągnikiem wraz z osprzętem do agrouprawy (np. włóki obęczowo-pierścieniowe, zgrzebła (brona chwastownik), wałowłóki); koparki mechaniczne z osprzętem włókowym lub koparki hydrauliczne z osprzętem do plantowania skarpy; cysterny z wodą (do zraszania) oraz węże do podlewania miejsc trudnodostępnych.

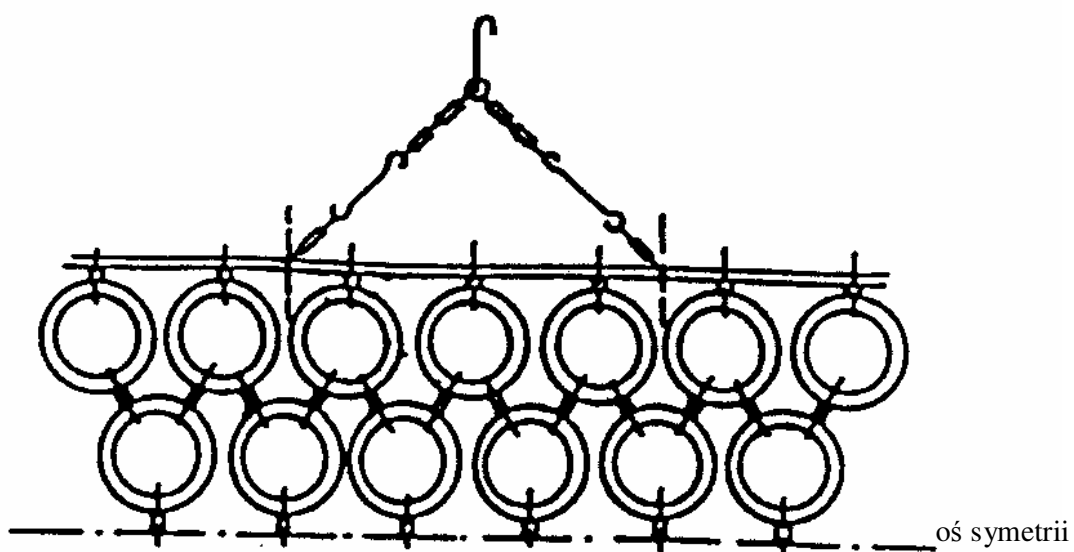
Na rysunkach przedstawiono przykłady sprzętu, który jest rzadko używany w typowych robotach ziemnych.



Rys. 17. Brona chwastownik (zgrzeblo) do uprawy podłoży zbudowanych głównie z gruntów niespoistych [25]

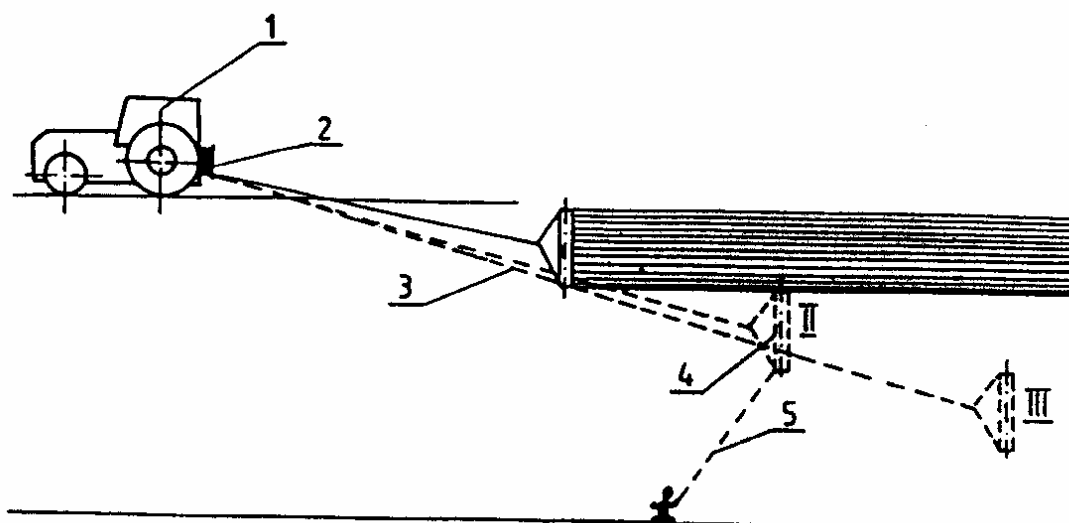


Rys. 18. Specjalna brona do skarpowania (plantowania skarp) [25]



Rys. 19. Włóka obręczowa (pierścieniowa) do uprawy podłoży zbudowanych głównie z gruntów spoistych [25]

Przykładowy schemat pracy ze sprzętem przy uprawie poziomymi pasami pokazano na rys. 20.



1-ciągnik kołowy lub gąsiennicowy, 2-belka nośna (zaczepowa), 3-lina holownicza, 4-osprzęt uprawowy, 5-zawiesie odciągowe do pracy na łukach

Rys. 20. Schemat ciągnięcia (wleczenia) osprzętu (uprawa poziomymi pasami) [24]

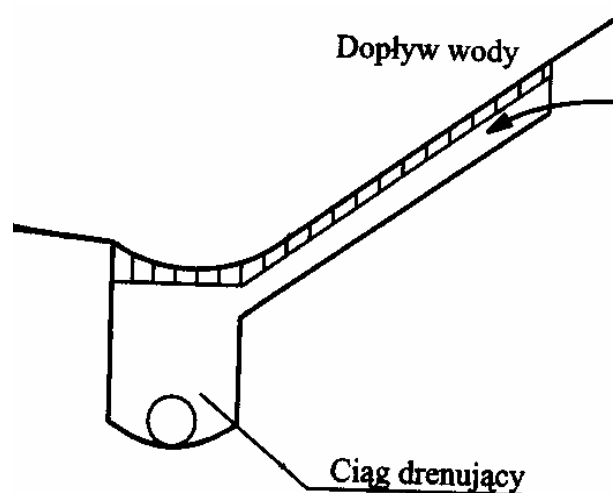
8. Roboty ziemne

Wymagania dotyczące robót ziemnych przy wykonywaniu nasypów i wykopów zawierają normy PN-B-06050:1999 i PN-B-02205:1998 i specyfikacja D-02.00.00. Przy wykonywaniu nasypów i wykopów konieczne jest zapewnienie skutecznego odwodnienia w czasie wykonywania robót oraz w fazie docelowej pracy konstrukcji.

Norma PN-S-02204:1997 zawiera wymagania dotyczące odprowadzenia wody z nawierzchni drogowej. Odwodnienie nawierzchni powinno być wykonane w taki sposób, aby woda nie spływała bezpośrednio po skarpie skoncentrowanymi strugami.

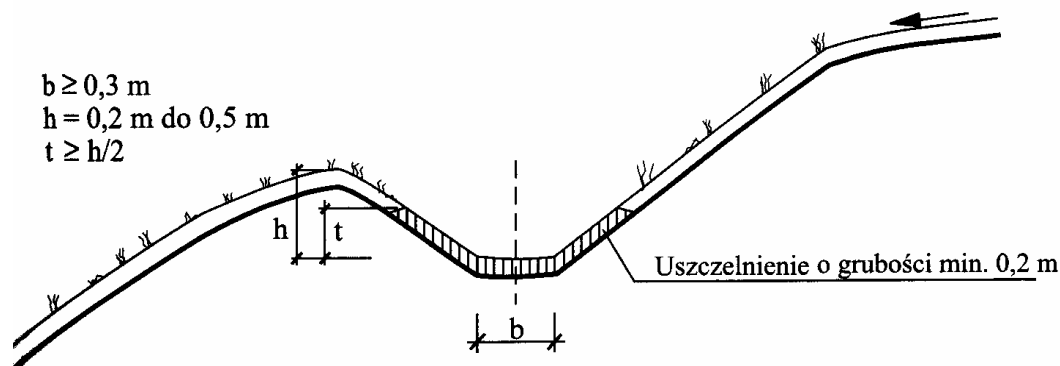
Poniżej (rys. 21) przedstawiono szczegół odwodnienia skarpy [13].

Warstwa odsączająca w skarpie wykopu zapobiega erozji powierzchniowej przejmując wodę przesączającą się ze skarpy i odprowadzając ją bezpośrednio do rowu przydrożnego.



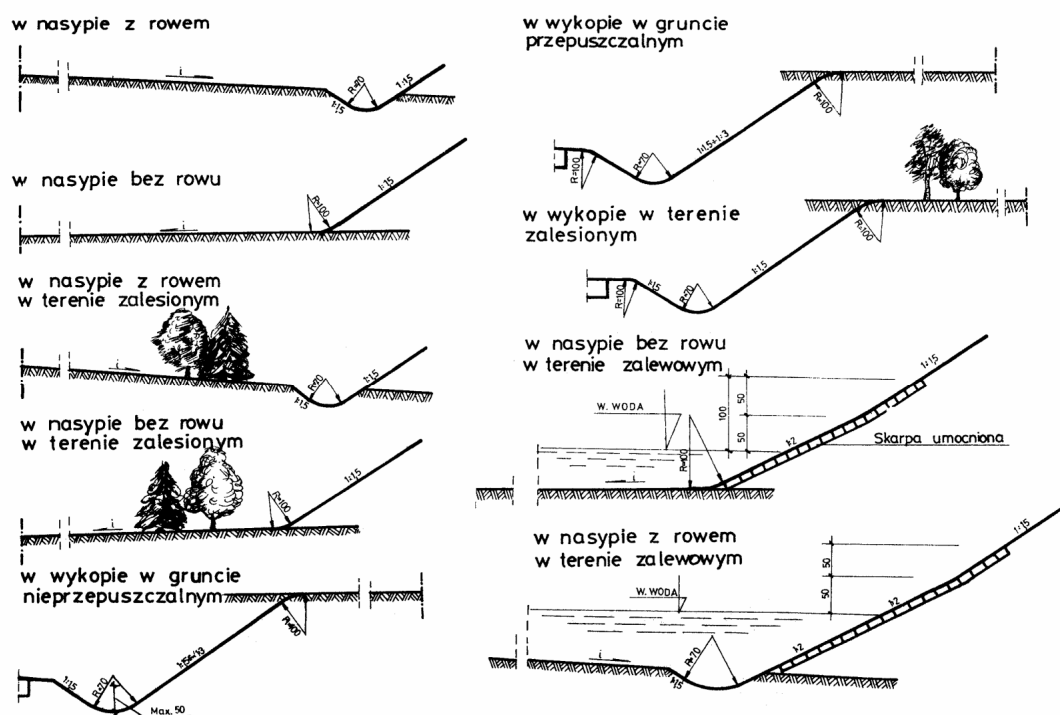
Rys. 21. Szczegół warstwy odsączającej skarpy wykopu [13]

W przypadku dużych skarp wykopów lub skarp w terenach górskich o dużym dopływie wody (dużej powierzchni zlewni) wykonuje się rowy stokowe. Zabezpieczają one przed erozją powierzchniową ograniczając ilość wody dopływającej do rowów przydrożnych przez zmniejszenie powierzchni zlewni oraz zmniejszenie prędkości i ilości spływającej po skarpie wody. Rowy stokowe powinny być wykonane tak, aby nie sprzyjały powstawaniu osuwisk przez nawilgacanie pochyłych warstw gruntu w terenach górskich oraz nie wpływały niekorzystnie na ogólną i miejscową stateczność gruntu. Odsłonięte podczas wykonywania wykopów źródła wody należy ująć za pomocą rowów lub drenów. Wody opadowe i wsiękowe należy odprowadzić rowami poza teren robót.



Rys. 22. Typowy przekrój rowu stokowego [13]

Ukształtowanie krawędzi skarp pokazano na rys. 23.



Rys. 23. Przykładowe ukształtowanie powierzchni skarp przy odwodnieniu powierzchniowym [6]

Przygotowanie terenu do robót ziemnych obejmuje usunięcie darniny, drzew, krzewów, gleby oraz istniejących budowli i instalacji. Konieczne jest zlikwidowanie budynków, ogrodzeń, studni i piwnic.

Wierzchnią warstwę gleby należy usunąć z powierzchni o około 1,0 m większej niż projektowana wielkość obrysu nasypu lub wykopu. W celu późniejszego wykorzystania składa się ją w pryzmach o wysokości do 2 m. Pryzmy zabezpiecza się trawami ochronnymi i składa się nie dłużej niż 1 rok.

Darninę z terenu objętego robotami ziemnymi zdejmuje się i przechowuje do późniejszego wykorzystania. Okres przechowywania nie powinien być dłuższy niż 30 dni, z zachowaniem odpowiednich warunków (np. w razie potrzeby trzeba składowaną darninę podlewać).

Formowanie skarp obejmuje następujące czynności:

- wykonanie odwodnienia zapobiegającego napływowi wody na skarpę i do wykopu,
- zdjęcie i złożenie na odkład ziemi urodzajnej,
- wykop wstępny (masowy),
- zgrubne profilowanie skarp podczas wykonywania nasypu lub wykopu (z pozostawieniem odpowiedniego naddatku lub niedomiaru),
- wykonanie, w miarę potrzeb, konstrukcyjnego zabezpieczenia stateczności skarp (np. odwodnienie wgłębne, konstrukcje przeciwsuwiskowe),
- dokładne wyprofilowanie skarp,
- wykonanie zabezpieczenia czasowego, jeśli nie jest możliwe od razu zabezpieczenie trwałe,
- naniesienie warstwy urodzajnej,
- wykonanie obudowy roślinnej.

W trakcie wznoszenia nasypu stosuje się tzw. doraźną warstwę przeciwozyjną. Warstwę taką należy wytworzyć na skarpach wykopów i nasypów w przypadku zakończenia każdego etapu budowy oraz w przypadkach, gdy roślinność nie może zostać wprowadzona na skarpy gotowej budowli ziemnej ze względu na niewłaściwy okres agrotechniczny.

Jako doraźna warstwa przeciwozyjna podczas wznoszenia budowli mogą być stosowane mulcze. Powierzchnia skarp może być również okrywana po zakończeniu danego etapu za pomocą siatek wykonanych z materiałów polimerowych.

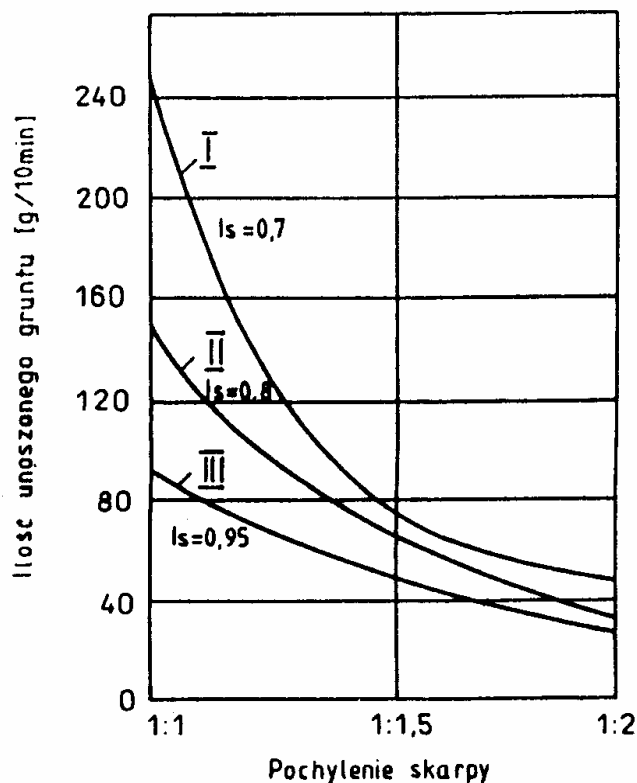
Skarpom nasypu należy nadać pochylenie zgodnie z projektem. Skarpy powinny być wykonane z tolerancjami: $\pm 10\%$ dla pochylenia, ± 10 cm dla nierówności powierzchni i ± 5 cm dla nierówności górnej powierzchni ziemi urodzajnej (mierzone łatą długości 3 m).

Pochylenie skarp w gruntach nieskalistych (bez stosowania dodatkowych umocnień) nie powinno przekraczać 1:1,5.

Bezpieczne pochylenia tymczasowych i trwałych skarp wykopów należy przyjmować zgodnie z PN-B-06050:1999 albo na podstawie obliczeń stateczności.

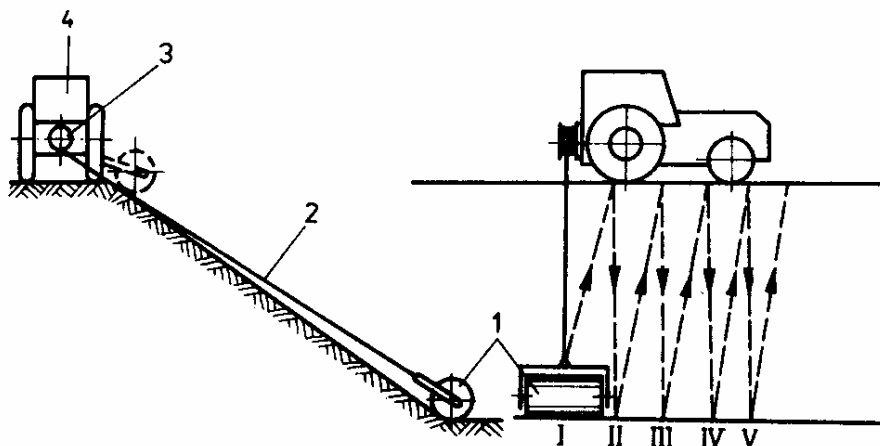
Zgodnie z PN-S-02205:1998 skarpy nasypów powinny być zagęszczone do wskaźnika zagęszczenia $I_s > 0,95$. Skarpa powinna być zagęszczona do podanego wskaźnika zagęszczenia na głębokość 0,5 m.

Zniszczenia erozyjne postępują szybciej, jeśli powierzchnia skarpy jest gorzej zagęszczona. Zależność szybkości spłukiwania gruntu od wskaźnika zagęszczenia w czasie 10 minutowego deszczu pokazano na rys. 24.



Rys. 24. Ilość gruntu spływającego po skarpie w potoku wody w zależności od wskaźnika zagęszczenia i pochylenia skarpy [44]

Zagęszczenie skarp należy wykonywać za pomocą sprzętu zagęszczającego, w szczególności za pomocą walców drogowych i wałów rolniczych. Sprzęt zagęszczający powinien być przystosowany do pracy na skarpach (np. przy użyciu wciągarki).



1-wał gładki, 2-lina stalowa, 3-wciągarka, 4-ciągnik kołowy lub gąsienicowy, I-V kolejne położenia wału

Rys. 25. Schemat wałowania „humusu” na skarpie przy użyciu wału gładkiego i ciągnika wyposażonego we wciągarkę (uprawa wzdłuż linii spadku) [40]

Możliwe jest nie wykonywanie oddzielnego zagęszczania skarp w przypadku wykonania odpowiedniego naddatku na skarpie nasypu lub niedomiaru na skarpie wykopu.

Mięszość naddatku na skarpach wynika z:

- konieczności zabezpieczenia wymaganej stateczności z uwagi na pracę sprzętu budowlanego, zwłaszcza walców wibracyjnych,
- otrzymania wymaganego wskaźnika zagęszczenia I_s ,
- konieczności zapobiegania powstawania erozji na skarpie właściwej.

Mięszość niedomiaru w wykopie zależy od sposobu zabezpieczenia i podatności gruntów w wykopie (gruntów jałowych) na erozję. W porach zagęszczonej skarpy powinno znajdować się tyle wody, aby wystarczyło roślinom do wykształcenia trzeciego rozwiniętego listka (40 do 60 dni od dnia obsiewu).

9. Zabiegi pielęgnacyjne

W okresie około pół roku od wykonania obsiewu skarp powinien być wykonywany podsiew. Do wykonania podsiewu używa się takiej samej mieszanki traw, jaka była użyta podczas siewu. Podsiewu nie wykonuje się w przypadku, gdy powierzchnia skarpy jest całkowicie pokryta roślinnością trawiastą.

Powierzchnie skarp, na których wykonano biologiczne umocnienia, powinny być w stanie wilgotnym co najmniej przez pierwsze 6 tygodni. W tym celu obficie się je zrasza. Polewanie powierzchni wykonuje się zraszaczami deszczownicami lub zraszaczami ogrodowymi. Niedopuszczalne jest polewanie bezpośrednio z węża (bez użycia urządzeń rozpryskujących wodę na małe kropelki). Mogło by to spowodować uszkodzenia powierzchni skarpy.

W celu zapobiegania żółknięciu traw powierzchnię skarp nawozi się nawozami mineralnymi.

W trakcie sezonu wegetacyjnego trawę należy kosić. Skoszona trawa powinna być niezwłocznie usunięta z powierzchni skarpy.

Powierzchnie darniowane w ciągu 2 do 3 tygodni po wykonaniu darniowania podlewa się w godzinach popołudniowych (zwłaszcza w okresach suchych). Można stosować inne zabiegi zabezpieczające darń przed wysychaniem, np. przysypywać cienką warstwą ziemi urodzajnej.

Powierzchnie skarp, na których została ułożona biowłóknina, należy utrzymywać w stanie wilgotnym przez 30 dni. W przypadku braku wystąpienia opadów polewanie powierzchni należy przedłużyć do 6 tygodni.

10. Wynalazki i patenty

Zaproponowane w instrukcji rozwiązania są przedmiotem zgłoszeń patentowych i patentów, co stwierdzono przeprowadzając wstępne badania stanu techniki do tematu „Zasady agrogeotechnicznego przygotowania skarp drogowych do zadarniania” na podstawie bazy danych Urzędu Patentowego RP. Baza ta obejmuje informacje od 1990 r. do października 2004 r. Badania przeprowadzono w klasie E02D17/20 (według klasyfikacji MPK) obejmującej: Wykopy; deskowanie wykopów; wykonanie nasypów. Zabezpieczanie zboczy i skarp.

Zestawienie wyników poszukiwań stanowi Załącznik 3.

Biorąc pod uwagę załączone zestawienie polskich patentów i zgłoszeń patentowych, wdrożenie „Zasad...” (Załącznik 1) wymaga zbadania czystości patentowej na terenie Polski, aby stosujący rozwiązania podane w „Zasadach...” nie byli narażeni na naruszenie obcych praw wyłącznych.

11. Podsumowanie

Zabiegi mające na celu zabezpieczenie skarp nasypów i wykopów drogowych przed erozją należy rozpocząć już w trakcie wznoszenia i formowania budowli.

Skuteczność działań związanych z agrotechnicznym zabezpieczeniem powierzchni skarp budowli ziemnych przed erozją zależy przede wszystkim od prawidłowego wykonania (formowania) tych skarp.

W pracy przedstawiono zasady prowadzenia robót ziemnych. Najważniejszym wymaganiem jest:

- formowanie z naddatkiem (dotychczas nie ujęto konieczności wykonywania naddatku w Ogólnych Specyfikacjach Technicznych D-02.00.00 Roboty ziemne) i staranne zagęszczanie warstw nasypu, aby w fazie robót wykończeniowych skarpy usunąć ten naddatek, tworząc skarpe w gruncie właściwie zagęszczonym,
- wykonywanie wykopów z niedomiarem, bez lokalnych przegłębień, aby w fazie robót wykończeniowych skarpy usunąć ten niedokopany grunt, tworząc skarpe w nienaruszonym gruncie rodzimym.

Oznacza to, że właściwe uformowanie skarp wymaga niezbędnych działań już od początku prowadzenia robót ziemnych. Zaniechanie powyższych wymagań powoduje, że mimo wykonania pełnego programu agrotechnicznego zagospodarowania skarp. Erozja postępuje niszcząc budowlę ziemną, nawet zagrażając bezpieczeństwu jej użytkowania.

Koszty naprawy zerodowanych skarp mogą osiągać nawet 8-12 % kosztów robót ziemnych (nawet do 20 % wraz z kosztami naprawy urządzeń odwodnieniowych i melioracyjnych).

W pracy opisano sposoby biologicznego umacniania skarp, podano informacje ułatwiające wybór materiału roślinnego, zasady przygotowania podłoża gruntowego dla roślin, zasady wprowadzania roślinności z uwzględnieniem całego cyklu wykształcenia się szaty roślinnej (siew, podsiew i zabiegi pratotechniczne) oraz przedstawiono zróżnicowane wymagania dotyczące roślinności na skarpach nasłonecznionych i przeciwległych.

LITERATURA

Dokumenty:

Ogólne Specyfikacje Techniczne (OST)

D-M-00.00.00 Wymagania ogólne

D-02.00.00 Roboty ziemne

D-06.01.01 Umacnianie powierzchni skarp rowów i ścieków

Normy związane:

PN-B-02480:1986 Grunty budowlane – Określenia, symbole, podział i opis gruntów

PN-B-02481:1998 Geotechnika – Terminologia podstawowa – Symbole literowe i jednostki miar

PN-B-04452:2002 Grunty budowlane – Badania polowe

PN-B-04481: 1998 Grunty budowlane – Badanie próbek gruntów

PN-B-12074:1998 Urządzenia wodno-melioracyjne. Umacnianie i zadarnianie powierzchni biowłókniną – Wymagania i badania przy odbiorze

PN-B-12082:1996 Urządzenia wodno-melioracyjne – Darniowanie – Wymagania i badania przy odbiorze

PN-B-12099:1997 Zagospodarowanie pomelioracyjne – Wymagania i metody badań

PN-B-06050:1999 Geotechnika – Roboty ziemne – Wymagania ogólne

PN-R-04150:1983 Zabiegi uprawowe – Nazwy i określenia

PN-R-04152:1997 Erozja i melioracje przeciwozyjne – Terminologia

PN-R-65023:1999 Materiał siewny – Nasiona roślin rolniczych

PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe – Odwodnienia dróg

PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe – Roboty ziemne – Wymagania i badania

PN-S-96035:1997 Drogi samochodowe – Popioły lotne

Publikacje

[1] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1602 – Geomaty polipropylenowe TENAX

[2] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1638 – Geomata polietylenowa przeciwozyjna TENSAR odmiany: 200 i 400

[3] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1700 – Geomata przeciwozyjna Polymat odmiany: 810, 1210, 2010, 2020/9 i 2020/20

-
- [4] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1711 – Geomata przeciwoerozyjna VHVD odmiany: 93, 10/10, 20/20, 35/20, 35/35, 55/30, 55/55 i 65/30
 - [5] Bartosiewicz A.: Urządzanie terenów zieleni. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1998
 - [6] Borodzik B., Kolenda R.: Projektowanie odwodnienia autostrad w Polsce. Kwartalnik Problemy projektowania dróg i mostów 1/1980
 - [7] Cholewiński B.: Ekonomiczne i ekologiczne zabezpieczenie i zazielenienie nasypów i skarp metodą hydroobsiewu. Magazyn Autostrady 1-2/2004
 - [8] Coopin N.J., Richards I.G.: Use of Vegetation in Civil Engineering. CIRIA – Butterworths, Londyn 1990
 - [9] Czuba R.: Nawożenie mineralne roślin uprawowych. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 1996
 - [10] Dzierżawski K., Głazewski M., Makowski J.: Ingenieurbiologische Bepflanzung der Böschungen – Dynamische Hydrosaat mit Anwendung der Abwasserablagerungen. Prace IBDiM 1/90. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990
 - [11] Dzierżawski K.: Zabezpieczanie przed erozją i pyleniem budowli ziemnych i składowisk metodą hydroobsiewu. Prace IBDiM nr 4, 1985
 - [12] Eagleson P.S.: Hydrologia dynamiczna. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 1978
 - [13] Edel R.: Odwodnienie dróg (wydanie II). Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa, 2002
 - [14] EPA-625/1-83-016 Process design manual for land application of municipal sludge. USA 1983
 - [15] EPA-440/9-75-006 Methods of quickly vegetating soil of low productivity, construction activities. USA 1975
 - [16] Falkowski M.: Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 1983
 - [17] Gajewska B., Głazewski M., Drząszcz R.: Zabezpieczenie przestrzennych mat przeciwoerozyjnych i hydroobsiewu do ochrony przed erozją skarp granicznego Terminalu Towarowego Olszyna I. IX Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2003
 - [18] Gajewska B., Kłosiński B., Rychlewski P.: Materiały do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych. VIII Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2002
 - [19] Głazewski M.: Hydroobsiew skarp kolejowych budowli ziemnych. Drogi kolejowe nr 7-8/1981
-

-
- [20] Głażewski M.: Przeciwerozyjne biologiczne zabezpieczanie skarp metodą hydroobsiewu. Konferencja Tereny zdegradowane - możliwości ich rekultywacji, Szczecin 2000
 - [21] Głażewski M., Kalotka J., Hydrodynamic seeding with the use of sewage sludge and fly-ash for slope protection. International Symposium on slope stability engineering "Slope Stability Engineering", Shikoku, Japan 1999
 - [22] Głażewski M., Kłosiński B.: Obudowa biologiczna budowli ziemnych. Inżynieria i Budownictwo nr 10/1995
 - [23] Głażewski M.: Zastosowanie hydroobsiewu do umacniania skarp przydrożnych i pasów ochronnych. Biuletyn Regionalny ZDR AR w Krakowie, nr 305/1994
 - [24] Głażewski M. Hydroobsiew jako metoda ochrony przeciwerozyjnej pochyłych powierzchni utworów antropogenicznych. Rozprawa doktorska. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa Warszawa 2003
 - [25] Głażewski M., Eymont A.: Agrotechniczne umacnianie zboczy liniowych budowli ziemnych metodą hydroobsiewu z użyciem osadów ściekowych. Konferencja: Zrównoważone zarządzanie obszarami poprzemysłowymi. Kraków 2004
 - [26] Głażewski M., Ziaja W.: Przygotowanie skarp do zadarniania. Drogownictwo nr 3/1992
 - [27] Haber Z., Urbański P., Kałwińska A.: Współczesne metody stabilizacji nawierzchni skarp i obrzeży wód. Konferencja: Obwałowanie cieków wodnych i pobocza szlaków komunikacyjnych – Problemy przyrodniczo-techniczne, Gliwice 2003
 - [28] Hensal P., Duchatel F.: Larodimetre a jets mobiles. Buuletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées nr 167/1990
 - [29] Hewlett H.W.M., Boorman L.A., Bramley M.E.: Design of reinforced grass waterways. Construction Industry Research and Information Association, Report 116, 1987
 - [30] Kossakowski M.: Umacnianie skarp biowłókniną, geosyntetykami i hydroobsiewem. Drogownictwo nr 8/2001
 - [31] Kozłowska B.: Zastosowanie osadów ściekowych do roślinnego zagospodarowania składowisk odpadów paleniskowych. Rozprawa doktorska. PAN Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Zabrze 1997
 - [32] Minnesota Urban Small Sites BMP Manual. Mulches, Blankets and Mats, 2001
-

-
- [33] Nowocień E.: Występowanie i dynamika rozwoju oraz zagospodarowanie wąwozów drogowych na obszerze o lessowej pokrywie drogowej. Praca doktorska. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznastwa. Puławy 1992
 - [34] Orzeczenie techniczne nr K/76/80 = K/18/81 = K/6/82 pt. Projekt warunków technicznych dla podtorza kolejowego linii nowo budowanych. Temat MK 137-09-03. SITK Zespół rzeczoznawców. Warszawa 1982
 - [35] Pietrowa A.: Wzmocnienie skarp podtorza kolejowego za pomocą hydroobsiewu. Drogi kolejowe nr 9/1983
 - [36] Pismo EN-44 35/M/10/84 Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej 16 II 1984 dotyczące przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych metodą hydroobsiewu
 - [37] Rejman J.: Wpływ solakrylu i granulatu keratynowo-koro-mocznikowego na proces zmywania powierzchniowego w glebie brunatnej wytworzonej z lessu. Praca doktorska. PAN Instytut Agrofizyki. Lublin 1991
 - [38] Roda A.: Woda w glebie. Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa 1956
 - [39] Rutkowska B., Hempel A.: Trawniki. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1986
 - [40] Skrzyński E., Sikora R.: Kolejowe budowle ziemne. Tom I: Utrzymanie i naprawy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990
 - [41] Tymczasowe wytyczne napraw podtorza linii eksploatowanych. Temat 137.09.02/3113/12 COBiRTK. Warszawa 1985
 - [42] Wehefritz K.W.: Böschungssicherung mit Stabilisierungsmatten aus Kunststoff. Straßen- und Tiefbau, nr 6/1993
 - [43] Wisconsin Department of Transportation. Erosion control product acceptability list (PAL), 2003
 - [44] Zasady Ochrony środowiska w projektowaniu, budowie i utrzymaniu dróg. Dział 04: ochrona środowiska w budowie dróg. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 1993
 - [45] Ziaja W. Dobór traw i roślin do obsiewów pasa drogowego. Drogownictwo 1/93
-

ZAŁĄCZNIK 1

Zasady agrogeotechnicznego zadarniania skarp drogowych

(projekt)

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE.....	94
1.1. Przedmiot pracy	96
1.2. Definicje	96
2. Wymagania ogólne	100
2.1. Dokumentacja techniczna	100
2.2. Kierownictwo i nadzór robót.....	101
2.3. Zgodność z dokumentacją.....	101
2.4. Inne wymagania	101
3. Materiały	101
3.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów	101
3.2. Rodzaje materiałów	101
3.3. Ziemia urodzajna („humus”)	102
3.4. Nasiona traw oraz motylkowatych drobnonasiennych.....	102
3.5. Darnina	103
3.6. Biowłókniny	103
3.7. Inne materiały biodegradowalne.....	104
3.8. Geosyntetyki przeciwoerozyjne	104
3.9. Mieszanki do hydrosejwu lub/i mulczowania	106
4. Sprzęt.....	108
4.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu.....	108
4.2. Sprzęt do wykonywania robót.....	108
5. Transport i składowanie	109
5.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu i składowania materiałów	109
5.2. Transport materiałów.....	109
5.2.1. Transport ziemi urodzajnej („humusu”)	109
5.2.2. Transport darniny	109
5.2.3. Transport nasion traw oraz motylkowatych	109
5.2.4. Transport materiałów z drewna	109
5.2.5. Transport biowłókniny	109
5.2.6. Transport materiałów biodegradowalnych.....	110
5.2.7. Transport geosyntetyków przeciwoerozyjnych.....	110
5.2.8. Transport mieszanek do hydrosejwu lub/i mulczowania	110
5.3. Składowanie materiałów	111
5.3.1. Składowanie ziemi urodzajnej („humusu”)	111
5.3.2. Składowanie darniny	111
5.3.3. Składowanie nasion traw oraz motylkowatych.....	111
5.3.4. Składowanie materiałów z drewna.....	111
5.3.5. Składowanie biowłókniny	112
5.3.6. Składowanie materiałów biodegradowalnych.....	112
5.3.7. Składowanie geosyntetyków przeciwoerozyjnych	112
6. Wykonanie robót.....	112
6.1. Ogólne zasady wykonywania robót ziemnych w strefach skarp nasypów i wykopów.....	112
6.2. Formowanie skarp nasypu	113
6.3. Formowanie skarp wykopu.....	113
6.4. Zagęszczenie powierzchni skarp	114
6.5. Zabezpieczanie powierzchni skarp w trakcie prowadzenia robót	115
6.6. Przygotowanie podłoża dla roślinności	116

6.7. Humusowanie	116
6.8. Darniowanie	118
6.8.1. Darniowanie w kratę	118
6.8.2. Darniowanie kożuchowe	118
6.8.3. Darniowanie na mur	119
6.9. Metody obsiewu skarp drogowych.....	119
6.9.1. Siew klasyczny	120
6.9.2. Siew otwarty (podsiew)	120
6.9.3. Hydroobsiew	120
6.9.4. Terminy siewu	120
6.10. Układanie biowłóknin.....	120
6.11. Układanie materiałów biodegradowalnych	122
6.12. Układanie geosyntetyków przeciwozyjnych	123
6.13. Wykonanie hydrobsiewu i/lub mulczowania	125
7. Zabiegi pielęgnacyjne (pratotechniczne).....	127
8. Odwodnienie skarp i zmiana warunków przepływu wody gruntowej.....	127
9. Kontrola jakości robót.....	128
10. Odbiór robót.....	130

1. WPROWADZENIE

Skarpa stanowi element konstrukcyjny powierzchni budowli ziemnej. Skarpy są narażone na destrukcyjne działanie czynników atmosferycznych (denudacyjnych), szczególnie wody. Największe szkody powstają w wyniku intensywnych lub nawalnych opadów, występujących na terenie Polski dość rzadko. Jednak ich skutki techniczne i ekonomiczne mogą być bardzo poważne. Zniszczenia skarp powodują także wody spływające z nawierzchni, nie ujęte prawidłowo przez system odwodnienia drogi. Działanie tych wód jest długotrwałe i wielokrotnie powtarzalne. Skutki erozji skarp to także zamulenie i zanieczyszczenie rowów lub przyległego terenu oraz wód rzek i jezior.

Wody spływające na niezabezpieczone skarpy wykopów z przyległego terenu oraz na skarpy nasypów z nawierzchni mogą powodować zmywanie gruntu, tworzenie rowków (rillmarek) i coraz głębszych rynien. Zniszczenia skarp prowadzą do uszkodzeń lub nawet do zniszczenia budowli ziemnej, poboczy drogi i nawierzchni. Ilustrację destrukcji, jakie mogą powstać na powierzchni nie zabezpieczonych skarp, przedstawiają ilustracje (rys. 26). Koszty usuwania skutków erozji osiągają 8-12% kosztów robót ziemnych.

Zabrudzenie nawierzchni drogowych gruntem zmywanym ze skarp wykopów powoduje zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Zniszczenia erozyjne zwiększają się, gdy:

- większe jest pochylenie i wysokość skarpy,
- powierzchnia skarpy jest słabo zagęszczona,
- skarpa jest zbudowana z piasku drobnoziarnistego lub pylastego albo z gruntu mało spoistego (pyłu, piasku gliniastego),
- czynniki erozyjne działają długotrwałe.

Temat spływów powierzchniowych był rozpatrywany przez Rejmana w [37] i Morgana w [15], a zmywy żłobinowe przez Nowocienia w [33].

Powierzchnie skarp wymagają zabezpieczenia doraźnego (na naddatkach i niedomiarach), tymczasowego i docelowego w celu ochrony przed erozją oraz zapewnienia trwałości budowli. Stosowane są różnego rodzaju umocnienia biologiczne bądź techniczne. Obszar zabezpieczenia wskazane jest rozszerzyć również poza powierzchnie skarp. Woda z nawierzchni drogowej nie powinna spływać strumieniami na skarpy [4].

Podstawowym umocnieniem biologicznym jest zadarnienie skarpy. Skuteczne pokrycie roślinnością skarp przekopów i nasypów napotyka często na znaczne trudności. Na powierzchni nowo formowanych skarp nie ma wykształconej warstwy gleby, niezbędnej do prawidłowego rozwoju roślinności. Wprowadzana roślinność

często musi odgrywać pionierską rolę w procesie glebotwórczym [2]. Dlatego, aby wprowadzenie roślinności było możliwe, należy zapewnić jej warunki odpowiednie do rozwoju.



fot. B. Gajewska



fot. P. Rychlewski



fot. B. Gajewska



fot. M. Głazewski

Rys. 26. Przykłady zniszczeń erozyjnych

1.1. Przedmiot pracy

Przedmiotem zasad są wymagania i badania kontrolne dotyczące przygotowania i wykonywania zadarnienia skarp drogowych.. Zasady agrogeotechnicznego zabezpieczania skarp mają zastosowanie do drogowych budowli ziemnych, dla których przewiduje się biologiczne umocnienie skarp.

Zasady obejmują również przykładowe sposoby obsiewu skarp oraz sposoby ich pielęgnacji w okresie wzrostu roślin, a także przykładowe sposoby zazieleniania skarp.

Zasadami powinni się kierować projektanci przy sporządzaniu projektów i specyfikacji robót, wykonawcy i inwestorzy obiektów drogowych.

1.2. Definicje

erozja – proces niszczenia gruntu polegający na wypłukiwaniu jego cząstek przez spływające po powierzchni wody deszczowe lub na wywiewaniu przez wiatr

erozja wodna powierzchniowa (pierwotna) – przeobrażenie i zniszczenie wierzchniej warstwy gleb, gruntu lub skał przez krople deszczu i powierzchniowy spływ wody

erozja wodna żłobinowa (wtórna) – żłobienie (liniowe rozmywanie) powierzchni glebowej, gruntowej lub skalnej przez skoncentrowane wody powierzchniowe pochodzące z opadów atmosferycznych

skarpa – umocniona boczna powierzchnia nasypu lub wykopu, o kształcie i nachyleniu dostosowanym do właściwości gruntu i lokalnych uwarunkowań; teren o powierzchni silnie nachylonej rozgraniczający tereny położone na różnej wysokości

pochylenie skarpy – nachylenie skarpy w stosunku do poziomu, najczęściej podawane jako 1:m (gdzie m jest stosunkiem rzutu poziomego do rzutu pionowego) lub kąt nachylenia spadku skarpy w stopniach

naddatek (poszerzenie) – dodatkowa warstwa gruntu na skarpie nasypu, pozostawiana w celu zapewnienia kąta stoku skarpy umożliwiającego bezpieczną pracę maszyny zagęszczającej oraz zapobieżenia erozji skarpy docelowej

niedomiar – warstwa gruntu pozostawiana na skarpie wykopu w celu zapobieżenia powstawaniu rynienek erozyjnych (rillmarek) w skarpie docelowej

grunty antropogeniczne – grunt nasypowy utworzony z odpadowych produktów działalności gospodarczej lub przemysłowej (popioły, żużle, pyły dymnicowe, wysiewki, odpady poprzemysłowe) w składowiskach, wysypiskach, zwałowiskach, budowlach ziemnych itp.

gleba – wierzchnia warstwa gruntu zawierająca oprócz materiałów nieorganicznych: żwiru, piasku, pyłu i łu, również części organiczne: próchnicę (humus) oraz organizmy żywe

ziemia urodzajna („humus”)² – ziemia roślinna zawierająca co najmniej 2% części organicznych oraz drobnoustroje (wg p. 3.3)

poziom próchniczny (poziom akumulacyjny) – naturalna lub wytworzona powierzchniowa warstwa gruntu (gleby), zawierająca składniki organiczne (humus) oraz użyźniające składniki mineralne

² humus w terminologii argrotechnicznej oznacza składniki organiczne gleby; w robotach ziemnych zwykle oznacza ziemię urodzajną

humusowanie – zespół czynności przygotowujących powierzchnię gruntu do obudowy roślinnej, obejmujący dogęszczenie gruntu, rowkowanie, naniesienie ziemi urodzajnej z jej grabieniem (bronowaniem) i dogęszczeniem (moletowaniem)

wałowanie wałami gładkimi – zabieg ugniecenia i wyrównania powierzchni przed płytkim siewem drobnych nasion lub po ich zasiewie, w celu umożliwienia lepszego podsiąkania wody

moletowanie – proces umożliwiający dogęszczenie ziemi urodzajnej i wytworzenie bruzd, wykonywany np. za pomocą walca o odpowiednio ukształtowanej powierzchni (np. ryflowanego lub obciągniętego siatką)

obudowa roślinna – docelowe umocnienie powierzchni gruntu okrywą roślinną w celu ochrony przed erozją i poprawienia stateczności skarp

doraźna warstwa przeciwerozyjna – warstwa zabezpieczająca krótkotrwale powierzchnię naddatku lub niedomiaru wznoszonej budowli przed erozją, wytwarzana przez nanoszenie emulsji asfaltowej, osadów ściekowych, lub też przez przykrycie powierzchni siatką polimerową o drobnych oczkach

tymczasowa warstwa przeciwerozyjna – warstwa na powierzchni skarp, poboczy lub pasów dzielących, wykonana z płynnych osadów ściekowych, emulsji bitumicznych lub lateksowych, biowłóknin i innych materiałów biodegradowalnych, okresowo zabezpieczająca przed erozją powierzchniową do czasu przejęcia tej funkcji przez okrywę roślinną

umacnianie przeciwerozyjne poboczy drogi - odpowiednie ukształtowanie poboczy, najczęściej ze ściekami oraz umacnianie pasa gruntu bezpośrednio z przyległego do nawierzchni darnią, płotkami betonowymi, siatką plastikową lub folią; celem zabiegu jest odprowadzenie wód powierzchniowych dopływających i spływających do/z jezdni drogi

darnina – płat lub pasmo wierzchniej warstwy gleby, przerośniętej i związanej korzeniami roślinności trawiastej

darnina wzmocniona – pasmo lub płat trawy wyhodowanej na geosiatce polimerowej, wzmacniającej jej system korzeniowy

darniowanie – pokrycie darniną powierzchni korpusu drogowego w taki sposób, aby darnina w sposób trwały związała się z podłożem systemem korzeniowym

zwarta darnina trawiasta – wytworzona na skarpie o wystawie północnej w okresie 2-3 lat darni, która odpowiada parametrom pasów darniny do zadarniania wg p. 3.5

murawa kserotermiczna (roślinność stepowa) – darnina trawiasta na skarpach o wystawach południowych, której ruń jest koszona raz do roku po opadnięciu nasion

biowłóknina – mata z włókna bawełnianego lub bawełnopodobnego, wykonana techniką włókninową z równomiernie rozmieszczonymi w czasie produkcji nasionami traw i roślin motylkowatych, służąca do umacniania i zadarniania powierzchni

materiały biodegradowalne – maty przeciwozyjne, płaskie lub przestrzenne, wykonane z materiałów ulegających biodegradacji, np. włókna kokosowego, juty, słomy itp.

geosyntetyk przeciwozyjny – wyrób geotekstylny lub geotekstylny pokrewny służący do powierzchniowego zabezpieczania skarp przed erozją

mulczowanie – naniesienie na powierzchnie gruntu ściółki (np. sieczki, strużyn, trocin, torfu) z lepiszczem w celu tymczasowej ochrony przed wysychaniem i erozją

hydromulczowanie – sposób hydromechanicznego nanoszenia mieszaniny (o podobnych parametrach jak używana do hydroobsiewu), w składzie której nie ma nasion

hydroobsiew – proces obejmujący nanoszenie hydromechaniczne mieszanek siewnych, środków użyźniających i emulsji przeciwozyjnych w celu zabezpieczenia przeciwozyjnego, a następnie umocnienia biologicznego powierzchni gruntu

osady ściekowe – powstają w procesach mechanicznego, biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków w oczyszczalniach komunalnych. Ubocznym produktem oczyszczania biologicznego są wtórne osady ściekowe

odwodnienie powierzchniowe – odwodnienie polegające na ujmowaniu wód spływających na skarpy nasypów z nawierzchni i na skarpy wykopów z przyległego terenu oraz odprowadzeniu ich do systemów odwodnieniowych

odwodnienie powierzchniowe wykopu – odwodnienie polegające na ujmowaniu wód gruntowych i powierzchniowych bezpośrednio w wykopie lub za pomocą systemu rowów i drenaży poziomych oraz odprowadzaniu ich poza wykop budowlany

ramka Webera – ramka o boku 50 cm, podzielona drutem lub żyłką na 100 kwadratów, każdy o powierzchni 25 cm², do określania procentowego udziału gatunków siewek; może być stosowana do określania jakości zadarnienia

2. Wymagania ogólne

2.1. Dokumentacja techniczna

Techniczno-biologiczne umacnianie skarp powinno być wykonywane według projektu wykonawczego agrogeotechnicznego zabezpieczania skarp.

Dokumentacja techniczna zabezpieczania skarp powinna być zgodna z istniejącymi normami i specyfikacjami technicznymi oraz z wymogami prawa budowlanego.

Dokumentacja techniczna, na podstawie której wykonuje się agrogeotechniczne zabezpieczanie skarp drogowych budowli ziemnych powinna zawierać:

- projekt techniczny budowli drogowej,
- projekt wykonawczy zadarnienia oraz pielęgnacji skarpy.

Dokumentacja technologiczna powinna być wykonana przez jednostkę specjalistyczną oraz uzgodniona z przedsiębiorstwem wykonującym zabiegi przygotowania i zadarniania powierzchni.

W przypadku niewielkich obiektów, gdy wysokość skarp nie przekracza 1 m i pochylenie skarp nie przekracza 1:1,5, można nie sporządzać projektu zadarniania

skarp. W takim przypadku należy wszystkie czynności związane z zadarnieniem skarpy uwzględnić w specyfikacji szczegółowej.

2.2. Kierownictwo i nadzór robót

W czasie robót należy zapewnić dozór techniczny ze strony wykonawcy i nadzór ze strony zamawiającego. Nadzór robót dokonuje odbioru poszczególnych etapów prac.

2.3. Zgodność z dokumentacją

Poszczególne etapy zadarniania skarp drogowych należy wykonać zgodnie z wymaganiami zatwierdzonej dokumentacji technicznej oraz wymaganiami norm i specyfikacji ogólnych. Wszelkie odstępstwa wymagają uzgodnienia z projektantem oraz nadzorem robót.

2.4. Inne wymagania

W kwestiach nie będących przedmiotem niniejszych zasad należy przestrzegać wymagań dla robót ogólnobudowlanych oraz norm, przepisów BHP i innych dokumentów dla odpowiednich rodzajów robót.

3. Materiały

3.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów zawiera ogólna specyfikacja techniczna OST D-M-00.00.00 p. 2.

3.2. Rodzaje materiałów

Materiały stosowane do agrogeotechnicznego zadarniania skarp ujęte w niniejszych zasadach to:

- ziemia urodzajna („humus”),
- nasiona traw oraz roślin motylkowatych drobnonasiennych,
- mieszaniny do mulczowania, hydromulczowania, hydroobsiewu oraz zabiegów konserwacyjnych,

- darnina i szpilki do przybijania darniny,
- biowłókna i materiały do jej przytwierdzenia,
- geosyntetyki i materiały do ich przytwierdzenia,
- mieszaniny do hydroseiwu i/lub mulczowania

3.3. Ziemia urodzajna („humus”)

Ziemia urodzajna („humus”) powinna zawierać co najmniej 2% części organicznych. Ziemia urodzajna powinna być wilgotna. Powinna być pozbawiona kamieni większych od 5 cm oraz wolna od zanieczyszczeń obcych [10], [15].

Ziemia urodzajna powinna odpowiadać następującym kryteriom:

e) skład granulometryczny:

- frakcja ilasta ($d < 0,002$ mm) 12-18 %
- frakcja pylasta (0,002-0,05 mm) 20-30 %
- frakcja piaszczysta (0,05-2,0 mm) 45-70 %

f) zawartość fosforu (P_2O_5) > 10 mg/m²

g) zawartość potasu (K_2O) > 40 mg/m²

h) odczyn pH 5,5 - 7,5

Do humusowania mogą zostać użyte ziemie [10]:

- a) pochodzące z pól uprawnych,
- b) pochodzące z użytków zielonych,
- c) specjalne ziemie ogrodnicze,
- d) ziemie przemysłowe (torf ogrodniczy, torf rolniczy, komposty torfowe, mieszanki nawozowe (torfowo-mineralne), substraty torfowe (podłoża torfowe).

3.4. Nasiona traw oraz motylkowatych drobnonasiennych

Wybór rodzajów traw oraz motylkowatych drobnonasiennych należy dostosować do rodzaju gleby i stopnia jej zawilgocenia [5], [26]. Należy brać pod uwagę również wystawy skarp. Zaleca się stosować mieszanki traw o drobnym, gęstym ukorzenianiu, spełniające wymagania PN-R-65023:1999 i PN-B-12074:1998 [D-06.01.01].

Należy przyjmować następujące normy wysiewu:

- 180 kg/ha skarp o wystawie (ekspozycji) północnej,
- 300 kg/ha skarp o wystawie (ekspozycji) południowej.

3.5. Darnina

Darninę należy wycinać z obszarów położonych najbliżej miejsca wbudowania. Należy w maksymalnym stopniu wykorzystać darniny z trasy wykonywanych budowli. Wycinanie należy przeprowadzać za pomocą specjalnych pługów i krojów. Płaty lub pasma wyciętej darniny powinny mieć szerokość od 25 do 50 cm. Grubość darniny przeznaczonej na gleby żyzniejsze i wilgotne powinna wynosić 6 do 7 cm, a darniny przeznaczonej na grunty jałowe i suche 8 do 10 cm.

Wycięta darnina powinna być w krótkim czasie wbudowana.

Jeżeli darnina nie jest od razu wbudowywana, należy układać ją warstwami w pryzmy, stroną porostu do siebie. Wysokość stosów nie powinna być większa od 1 m. Ułożone stosy powinny być utrzymywane w stanie wilgotnym w warunkach zabezpieczających darninę przed zniszczeniem. W razie potrzeby darninę w stosach należy podlewać. Czas przechowywania pryzm nie powinien przekroczyć 30 dni.

W przypadku stromych skarp (o pochyleniu stromszym od 1:1,5) można stosować darninę wzmocnioną, wyhodowaną na geosiatce polimerowej. Siatka wzmacnia system korzeniowy darniny, dzięki czemu darnina wzmocniona jest bardziej wytrzymała na rozerwanie.

Szpilki do przybijania darniny powinny być wykonane z gałęzi, żerdzi lub drewna szczapowego. Szpilki powinny być proste i ostro zaciosane w cieńszym końcu, w grubszym zaś ucięte pod kątem prostym. Szpilki można wykonywać z drewna drzew iglastych i liściastych, z wyjątkiem osiki, kruszyny i pędów żywej wikliny. Grubość szpilek powinna wynosić od 1,5 do 2,5 cm, a długość od 20 do 30 cm.

3.6. Biowłókniny

Biowłókniny według PN-B-12074:1988 są to maty z włókna bawełnianego lub bawełnopodobnego, wykonane techniką włókninową z równomiernie rozmieszczonymi w czasie produkcji nasionami traw i roślin motylkowatych, służące do umacniania i zadarniania powierzchni.

Biowłóknina oraz szpilki i kołki do jej przytwierdzenia powinny odpowiadać wymaganiom PN-B-12074:1998. Biowłóknina powinna zawierać mieszankę nasion odpowiednią dla typu siedliska i rodzaju gruntu znajdującego się na umacnianej powierzchni, w szczególności zalecaną przez PN-B-12074:1998.

Minimalna masa jednostkowa biowłókniny według PN-B-12074:1998 wynosi 150 g/m². Siła zrywająca nie powinna być mniejsza niż 3 kN/m wzdłuż i 0,2 kN/m wszerz.

W stanie mokrym wartości te nie powinny być mniejsze od odpowiednio 4 kN/m i 1 kN/m. Po zmoczeniu biowłóknina nie powinna kurczyć się więcej niż 5% wzdłuż i 3% wszerz. Minimalna wodochłonność włókniny wynosi 600%.

Szpilki i kołki do przytwierdzania biowłókniny powinny być wykonane z gałęzi, żerdzi, obrzynków lub drzewa szczapowego. Grubość szpilek powinna wynosić od 1,5 do 2,5 cm, a długość od 25 do 35 cm. Grubość kołków powinna wynosić od 4 do 6 cm, a długość od 50 do 60 cm. W górnym końcu kołki powinny mieć nacięcia do nawinięcia sznurka.

Do każdej rolki biowłókniny powinien być dołączony atest, zawierający charakterystykę wyrobu, skład mieszanki nasion, typ siedliska dla którego przeznaczona jest biowłóknina, datę produkcji, nieprzekraczalny termin wbudowania i warunki składowania.

Sznurek polipropylenowy stosowany do przytwierdzania biowłókniny powinien spełniać wymagania PN-P-85012:1992.

3.7. Inne materiały biodegradowalne

Do materiałów biodegradowalnych należą także wszelkiego rodzaju maty przeciwerozryjne wykonane z materiałów biodegradowalnych, takich jak włókna kokosowe, juta, słoma itp. Materiały biodegradowalne mogą zawierać niewielkie ilości materiałów geosyntetycznych.

Są to również tkaniny wykonane z włókien naturalnych (juta, len, włókna kokosowe) lub maty z włókien naturalnych (włókna drzewne, słoma, włókna kokosowe) wzmacnianych fotodegradalną lub biodegradalną siatką nieorganiczną.

Materiały biodegradowalne stanowią czasowe zabezpieczenie przed erozją. Chronią powierzchnię od momentu wbudowania do przejęcia funkcji ochronnych przez rozwijającą się roślinność. Pełnią funkcje ochronne, w zależności od rodzaju tkaniny lub maty, od kilku miesięcy do kilku lat [32], [43].

Tkaniny jutowe używane jako maty do ochrony przeciwerozryjnej są luźno tkane z pojedynczych włókien jutowych (przędzy). Rozmiar osnów i wątków w tkaninie powinien być taki sam. Pasma tkaniny nie powinny być węższe niż 1200 mm. Tkaniny nie powinny być toksyczne dla roślin [43].

3.8. Geosyntetyki przeciwerozryjne

Na skarpach, na których w z dokumentacji technicznej przewidziano zastosowanie geosyntetyków do ochrony przeciwerozryjnej, należy układać geosyntetyki zgodne ze specyfikacją techniczną i instrukcją producenta.

Do ochrony skarp drogowych można stosować następujące geosyntetyki [30], [D-06.01.01]:

- geowłókniny z otworami,
- gęste geosiatki bezwęzłkowe – płaskie siatki o małych oczkach,
- tkaniny – luźno tkane,
- geokompozyty przepuszczalne – materiały złożone z różnych geosyntetyków (np. geomata wzmocniona geosiatką),
- przestrzenne maty przeciwoerozyjne – przestrzenne struktury w postaci siatki lub splecionych włókien połączonych w miejscu przecięcia np. przez zgrzanie,
- geosiatki komórkowe – przestrzenne struktury zbliżone wyglądem do plastra miodu.

Geosyntetyki stosowane na skarpach powinny mieć odpowiednie dokumenty dopuszczające.

Geotkaniny i geosiatki powinny spełniać wymagania co do wielkości oczek, aby mogły przez nie swobodnie przerastać korzenie traw, mające zwykle od 0,1 do 0,3 mm grubości [11]. Oczka nie mogą być zatem zbyt małe, gdyż uniemożliwiłyby rozwój roślinności. Z kolei siatki i tkaniny o zbyt dużych oczkach nie będą stanowiły zabezpieczenia przeciwoerozyjnego. Zwykle wielkość oczka zawiera się w granicach od 0,5 mm do 5 mm [11], [24].

Geotkaniny i geosiatki przymocowywane są do powierzchni stalowymi szpilkami lub klamrami oraz kotwione na szczycie i u podnóża skarpy w rowach kotwiących. Po wbudowaniu mogą być przykryte warstwą gruntu.

Maty przeciwoerozyjne mają strukturę trójwymiarową. Zbudowane są z tkanych lub splecionych włókien polimerowych albo siatki ze strukturą przestrzenną. Włókna połączone ze sobą w miejscu skrzyżowań np. przez zgrzanie. Maty mogą być wzmocniane dodatkową siatką polimerową lub wypełniane żwirem połączonym bitumem (kompozyty).

Maty powinny być odporne na działanie czynników chemicznych i środowiska. Do gruntu maty przytwierdzane są za pomocą stalowych szpilek, a także w rowach kotwiących u podnóża i na szczycie skarpy. Przestrzenne maty przeciwoerozyjne powinny być wypełnione gruntem od razu po wbudowaniu.

Do przytwierdzania mat przeciwoerozyjnych stosuje się zazwyczaj szpilki stalowe w kształcie litery U, wykonane z drutu o średnicy od 6 do 12 mm. Długość ramion szpilek wynosi zwykle 30 do 50 cm.

Geosiatki komórkowe są zbudowane z pionowo ułożonych taśm lub pasm geotkaniny, połączonych wzajemnie liniowymi zgrzewami lub szwami, w taki sposób, że taśmy rozciągnięte w kierunku prostopadłym do ich płaszczyzny tworzą

konstrukcję przestrzenną na wzór plastra miodu. Do zabezpieczania powierzchni skarp stosuje się na ogół wyroby z taśm o szerokości 50, 75 i 100 mm. Rozciągniętą na powierzchni skarpy konstrukcję przytwierdza się do podłoża za pomocą stalowych szpilek, a następnie wypełnia ziemią urodzajną lub kruszywem.

Zaleca się stosowanie geosiatek komórkowych produkowanych z taśm perforowanych lub z tkaniny. Otwory polepszają penetrację wody opadowej [21] do podłoża oraz umożliwiają przerastanie korzeni do sąsiednich komórek.

Przy pochyleniu skarpy większym od 1:2 należy stosować tylko geosiatki komórkowe w których odległości między zgrzewami taśm nie przekraczają 0,35 m.

3.9. Mieszaniny do hydroobsiewu lub/i mulczowania

Mieszanina do hydroobsiewu powinna zawierać [14], [9]:

- przefermentowane wtórne osady ściekowe;
 - kompozycje nasion traw i motylkowatych;
 - ściółkę, tj. substancje poprawiające strukturę podłoża i osłaniające kiełkujące nasiona oraz siewki (np. sieczki, trociny, strużyny, konfetti);
- popioły lotne, spełniające rolę nawozów o wydłużonym działaniu oraz do odkwaszania;
- startowe nawozy mineralne, dodawane do mieszaniny, ponieważ zawarta w nich substancja organiczna jest uwalniana stopniowo, ponadto osady ściekowe mają niską zawartość potasu.

Osady do hydroobsiewu odwadnia się mechanicznie lub na poletkach osadowych i w lagunach [31].

Zalecane kompozycje mieszanin podane są w OST D-06.01.01.

Dopuszcza się za zgodą nadzoru, stosowanie mieszaniny, której medium stanowi woda, do której zamiast osadów ściekowych, dodaje się różnego rodzaju ściółki oraz substancje zabezpieczające podłoże przed wysuszeniem oraz erozją (np. emulsją asfaltową i lateksową), a także kompozycje nasion traw i roślin motylkowatych.

Wtórne przefermentowane osady ściekowe powinny pochodzić z oczyszczalni komunalnych. Powinny być przefermentowane lub kompostowane, a zawartość metali ciężkich mg/kg suchej masy nie może przekroczyć [18]:

- ołów (Pb) < 2500 mg/kg,
- kadm (Cd) < 50 mg/kg,
- rtęć (Hg) < 25 mg/kg,
- nikiel (Ni) < 300 mg/kg,
- chrom (Cr) < 1500 mg/kg.

Innymi preparatami chemicznymi stosowanymi jako składniki wiążące hydromieszanin są: lateks syntetyczny i emulsja bitumiczna. Emulsja bitumiczna powinna spełniać wymagania [23]. Doświadczenia zebrane [19], [35] przy stosowaniu hydromieszanin z tymi substancjami wykazały, że mają one dobre właściwości wiążące i lepkoplastyczne. Jednak niektóre składniki mineralne zawarte w hydromieszaninach lub zakwaszonych gruntach wywołują koagulację lateksu i emulsji bitumicznej, wskutek czego nie spełniają one już swej roli. Chcąc przeciwdziałać temu zjawisku trzeba dodatkowo dodawać do lateksu stabilizatory, wodę amoniakalną lub klej mizdrowy.

Przy mieszaniu składników w zbiorniku hydroobsiewnika, lateks syntetyczny powoduje powstanie silnie pieniającej się mieszaniny, co wpływa niekorzystnie na działanie pompy tłoczącej hydromieszaninę.

Lateks syntetyczny³ i emulsje bitumiczne tracą ponadto swe właściwości w temperaturach ujemnych, co utrudnia ich stosowanie i przechowywanie. Nie są one również substancjami biologicznie aktywnymi i nie zapewniają dobrego pokrycia powierzchni szatą roślinną na niektórych gruntach stosowanych do budowy nasypów drogowych. Wymienione czynniki komplikują technologię robót i jakość wykonanego hydroobsiewu, zwiększają jego koszty i ograniczają zakres stosowania.

Zestaw składników hydromieszaniny na bazie lateksu syntetycznego, stosowanej w dawce 5 kg na powierzchni 1 m² jest następujący:

- lateks syntetyczny 0,04-0,08 kg
- woda 4,45-4,37 kg
- składniki mineralne 0,09-0,11 kg
- torf lub trociny 0,40 kg
- materiał siewny 0,02-0,04 kg

Razem: 5,0 kg

Opisane tu właściwości lateksu i emulsji bitumicznej powodują, że substancje te mają ograniczony zakres stosowania do hydroobsiewu skarp. Ponieważ mają one dobre właściwości lepkoplastyczne, częściej stosowane są do mulczowania (ściółkowania) skarp metodą hydromechaniczną). Natryskiwanie (bez nasion) hydromechanicznie na ściółki rozłożone uprzednio na powierzchni gruntu (słoma, siano, rozdrobniona makulatura, resztki drzewne), stabilizują je na powierzchni i tworzą ochronną warstwę przeciwozyjną. Warstwa ta stanowi użyźniający podkład dla hydroobsiewu. Ten rozdzielnny sposób tworzenia warstw przeciwozyjnych

³ Stosowanie lateksu wymaga uzyskania atestu Państwowego Zakładu Higieny [1]

stosowany jest na gruntach nasypowych szczególnie zdegradowanych jak np. zwałowiska (hałdy) górnicze.

4. Sprzęt

4.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Wykonawca powinien używać sprzętu, który zapewni spełnienie stawianych wymagań i nie spowoduje niekorzystnego wpływu na jakość wykonywanych robót. Liczba i wydajność sprzętu powinny gwarantować przeprowadzenie robót zgodnie z wymaganiami określonymi w specyfikacji projektowej. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu zawiera OST D-M-00.00.00 p. 3.

4.2. Sprzęt do wykonywania robót

Na sprzęt do agrogeotechnicznego przygotowania skarp do zadarniania oraz do wykonania biologiczno-inżynierskiego umocnienia ich powierzchni składają się:

- koparka mechaniczna z osprzętem włókowym lub koparka hydrauliczna z osprzętem do plantowania skarp,
- równiarki,
- walce gładkie, żebrowane lub ryflowane,
- ubijaki mechaniczne o ręcznym prowadzeniu,
- wibratory samobieżne,
- płyty ubijające,
- sprzęt do podciągania i podwieszania,
- hydrosiewnik z ciągnikiem wraz z osprzętem do agrouprawy (np. włoki obręczowo-pierścieniowe, zgrzebła (brona chwastownik), wałowłóki),
- cysterna z wodą wyposażona w pompę (do zraszania) oraz węże do podlewania miejsc trudnodostępnych.

5. Transport i składowanie

5.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu i składowania materiałów

Należy stosować takie środki transportu, które nie wpłyną niekorzystnie na jakość wykonywanych robót i właściwości przewożonych materiałów. Ogólne wymagania dotyczące transportu zawiera OST D-M-00.00.00 p. 4.

5.2. Transport materiałów

5.2.1. Transport ziemi urodzajnej („humusu”)

Ziemię urodzajną („humus”) można przewozić dowolnymi przydatnymi środkami transportu.

5.2.2. Transport darniny

Darninę można przewozić dowolnymi przydatnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających przed obsypaniem się ziemi roślinnej i odkryciem korzeni traw, nadmiernym wysuszeniem, przegrzaniem oraz przed innymi uszkodzeniami.

5.2.3. Transport nasion traw oraz motylkowatych

Nasiona traw i roślin motylkowatych można przewozić dowolnymi przydatnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed zawilgoceniem i przegrzaniem.

5.2.4. Transport materiałów z drewna

Szpilki, paliki i kołki można przewozić dowolnymi przydatnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed uszkodzeniem.

5.2.5. Transport biowłókniny

Biowłókninę można przewozić w rolkach opakowanych fabrycznie zgodnie z instrukcją producenta, dowolnymi środkami przydatnymi transportu w warunkach zabezpieczających ją przed zawilgoceniem i przegrzaniem.

5.2.6. Transport materiałów biodegradowalnych

Materiały biodegradowalne należy przewozić w rolkach opakowanych fabrycznie zgodnie z instrukcją producenta, dowolnymi przydatnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed zawilgoceniem.

5.2.7. Transport geosyntetyków przeciwozyjnych

Transport geosyntetyków powinien odbywać się zgodnie z instrukcją producenta. Geosyntetyki należy transportować wyłącznie w rolkach opakowanych fabrycznie, ułożonych poziomo na wyrównanym podłożu. Nie należy układać na nich żadnych obciążeń. Rolki o szerokości do 2,5 m można transportować w pozycji pionowej.

Podczas ładowania i rozładowywania oraz transportu należy zabezpieczyć rolki geosyntetyków przed uszkodzeniami mechanicznymi lub chemicznymi oraz przed działaniem wysokich temperatur.

5.2.8. Transport mieszanek do hydroobsiewu lub/i mulczowania

Osady pobierane z oczyszczalni ścieków można transportować do miejsca obsiewu:

- wozami asenizacyjnymi o pojemności do 10 m³;
- rolniczymi wozami asenizacyjnymi (wyposażonymi w pompy próżniowe lub ślimakowe) na racjonalną odległość do 5 km;
- w specjalnych zbiornikach przewożonych na samochodach ciężarowych lub w samochodach cysternach.

Osady przepompowuje się do hydrosiewnika w pobliżu miejsca obsiewu. Jednocześnie uruchamia się w hydrosiewniku mieszadło i wrzuca mieszanką nasion oraz nawozy, ściółki. Napełnianie trwa 5-20 min, po czym prawie natychmiast mieszanka jest gotowa do hydroobsiewu.

UWAGA: Dobrze przefermentowane wtórne osady ściekowe powinny mieć zapach świeżej ziemi kompostowej lub tataraku wyjętego z wody.

Mieszaniny do mulczowania i hydroobsiewu bez użycia osadów ściekowych wykonuje się zwykle na miejscu z wykorzystaniem wody miejscowej. Transport mieszanin do mulczowania w specjalnych zbiornikach jest opłacalny na odległość do 30 km.

5.3. Składowanie materiałów

Materiały składowane tymczasowo powinny być (do czasu, gdy będą użyte do robót) zabezpieczone przed zanieczyszczeniami. Powinny być przechowywane w sposób zapewniający zachowanie ich jakości i właściwości.

5.3.1. Składowanie ziemi urodzajnej („humusu”)

Ziemie urodzajną („humus”), o ile jest to możliwe, należy niezwłocznie wykorzystać. Przy przechowywaniu ziemi urodzajnej należy przestrzegać następujących zasad [15]:

- ziemi urodzajne o zróżnicowanych parametrach fizykochemicznych należy odseparować od siebie,
- pryzmę ziemi urodzajnej należy oddzielić od podłoża warstwą nieprzepuszczalną lub folią,
- wysokość pryzmy nie powinna przekraczać 2 m, pryzm nie należy zagęszczać (dopuszcza się jedynie prace maszyn przystosowanych do zwałowania),
- spadek korony pryzmy powinien wynosić 3-5%
- gotowe pryzmy należy obsiać mieszanką traw ochronnych.

5.3.2. Składowanie darniny

Darninę należy przechowywać w pryzmach zgodnie z punktem 0, zabezpieczonych przed nadmiernym wysuszeniem, przegrzaniem oraz przed innymi uszkodzeniami.

5.3.3. Składowanie nasion traw oraz motylkowatych

Nasiona traw i roślin motylkowatych drobnonasiennych należy przechowywać w warunkach zabezpieczających je przed zawilgoceniem i przegrzaniem.

5.3.4. Składowanie materiałów z drewna

Szpilki, paliki i kołki należy przechowywać w warunkach zabezpieczających je przed uszkodzeniem

5.3.5. Składowanie biowłókniny

Biowłóknina powinna być składowana i przechowywana w belach owiniętych folią i zabezpieczonych przed rozwinięciem, w suchym i przewiewnym pomieszczeniu zgodnie z zaleceniami producenta. Pomieszczenie to powinno być niedostępne dla gryzoni.

5.3.6. Składowanie materiałów biodegradowalnych

Materiały biodegradowalne należy przechowywać w rolkach owiniętych folią, zabezpieczone przed rozwinięciem i zawilgoceniem, zgodnie z zaleceniami producenta.

5.3.7. Składowanie geosyntetyków przeciwerozrywających

Geosyntetyki należy przechowywać wyłącznie w rolkach opakowanych fabrycznie, ułożonych poziomo na wyrównanym podłożu. Nie należy układać na nich żadnych obciążeń. Rolki o szerokości do 2,5 m można przechowywać w pozycji pionowej. Podczas składowania należy zabezpieczyć rolki geosyntetyków przed uszkodzeniami mechanicznymi lub chemicznymi oraz przed działaniem wysokich temperatur. Geosyntetyki należy przechowywać w warunkach zawartych w instrukcji producenta.

6. Wykonanie robót

6.1. Ogólne zasady wykonywania robót ziemnych w strefach skarp nasypów i wykopów

Roboty ziemne związane z budową nasypów i wykopów należy wykonywać zgodnie z wymaganiami PN-B-06050:1999 i PN-B-02205:1998, specyfikacjami (D-02.00.00), z uwzględnieniem zapisów niniejszych zasad oraz projektem robót.

Należy zapewnić odwodnienie terenu na czas robót i docelowe.

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy przygotować i oczyścić teren. W ramach prac przygotowawczych należy między innymi usunąć roślinność (darninę, krzewy, drzewa) oraz glebę. Czynności należy wykonywać zgodnie ze wskazaniem projektu.

Darninę pokrywającą powierzchnię terenu przeznaczoną pod budowlę ziemną należy zdjąć i przechowywać poza granicami robót ziemnych nie dłużej niż 30 dni. Należy ją podlewać w razie potrzeby. Darninę należy ciąć w pasy o szerokości 0,25-0,50 m i długości 1,5-2,5 m lub w kwadraty o wymiarach 0,30 na 0,30 m. Płaty darniny należy układać w stosy o wysokości do 1 m, warstwami na przemian trawą do góry i do dołu. Niewykorzystaną darninę należy składować w przyzmy kompostowe.

Wierzchnią warstwę gleby należy usunąć z powierzchni odpowiadającej obrysowi zewnętrznemu budowli ziemnej (pasa drogowego), powiększonemu o około 0,5 do 1,0 m z każdej strony. Ziemię urodzajną (glebę) w celu późniejszego wykorzystania (np. do humusowania skarp) należy zgarniać w przyzmy o spadku korony 3-5% i wysokości do 2 m. Gotowe przyzmy należy obsiać mieszanką traw ochronnych. Dopuszczalny okres składowania wynosi 1 rok.

6.2. Formowanie skarp nasypu

Skarpom nasypu należy nadać pochylenie zgodnie z dokumentacją projektową. Skarpy powinny być wykonane z tolerancją:

- pochylenie 1:m - $\pm 10\%$
- nierówność powierzchni pod warstwą ziemi urodzajnej - ± 10 cm,
- nierówność górnej powierzchni ziemi urodzajnej
(mierzona łatą długości 3 m) - ± 5 cm.

Pochylenie skarp w gruntach nieskalistych (bez stosowania dodatkowych umocnień) nie powinno przekraczać 1:1,5. Z wyprofilowanej powierzchni skarp należy usunąć kamienie o średnicy większej niż 80 mm.

Wyprofilowane skarpy należy niezwłocznie zabezpieczyć doraźnie przed erozją. Umocnienie można wykonywać odcinkami. Jeżeli trwałe zabezpieczenie nie jest od razu możliwe, skarpy należy zabezpieczyć tymczasowo przed działaniem wpływów atmosferycznych i uszkodzeniami mechanicznymi.

6.3. Formowanie skarp wykopu

Formowanie skarp obejmuje następujące czynności:

- wykonanie odwodnienia zapobiegającego napływowi wody na skarpe i do wykopu,
 - zdjęcie i złożenie na odkład gleby,
 - wykop wstępny (masowy),
-

- zgrubne profilowanie skarp (z pozostawieniem niedomiaru o miąższości około 0,2 m),
- dokładne wyprofilowanie skarp,
- wykonanie, w miarę potrzeb, zabezpieczenia doraźnego,
- wykonanie, w miarę potrzeb, konstrukcyjnego zabezpieczenia stateczności skarp (odwodnienie wgłębne, konstrukcje przeciwsuwiskowe),
- naniesienie warstwy ziemi urodzajnej,
- wykonanie obudowy roślinnej.

W celu ochrony przed napływem wody na skarpy należy wykonać rowy stokowe. Odsłonięte podczas wykonywania wykopów źródła wody należy ująć za pomocą rowów lub drenów. Wody opadowe i wysiękowe należy odprowadzić rowami poza teren robót.

Stateczność skarp wykopu powinna być zapewniona w każdej porze roku.

Wyrównanie skarp gruntów spoistych nie powinno być wykonywane w czasie mrozów.

Bezpieczne pochylenia tymczasowych i trwałych skarp wykopów należy przyjmować zgodnie z PN-B-06050:1999 albo na podstawie obliczeń stateczności. Pochylenie skarp w gruntach nieskalistych (bez stosowania dodatkowych umocnień) nie powinno przekraczać 1:1,5.

Skarpy wykopów powinny być wykonane z tolerancją:

- pochylenie 1:m - $\pm 10\%$
- nierówność powierzchni pod warstwą ziemi urodzajnej - ± 10 cm,
- nierówność górnej powierzchni ziemi urodzajnej
(mierzona łatą długości 3 m) - ± 5 cm.

6.4. Zagęszczenie powierzchni skarp

Pierwszą czynnością przed zagospodarowaniem powierzchni skarp jest ich zagęszczenie. Grunt należy zagęszczać niezwłocznie po jego wbudowaniu.

Zgodnie z PN-S-02205:1998 skarpy nasypów powinny być zagęszczone do wskaźnika zagęszczenia $I_s > 0,95$. Skarpa powinna być zagęszczona do podanego wskaźnika zagęszczenia na głębokość 0,5 m. Zagęszczenie skarp należy wykonywać za pomocą sprzętu zagęszczającego, w szczególności za pomocą

walców drogowych i wałów rolniczych. Sprzęt zagęszczający powinien być przystosowany do pracy na skarpach (np. przy użyciu wciągarki).

W porach (kapilarach) zagęszczonej skarpy powinno znajdować się tyle wody, aby wystarczyło roślinom do wykształcenia trzeciego rozwiniętego listka (40 do 60 dni od dnia obsiewu).

Dopuszcza się możliwość nie wykonywania oddzielnego zagęszczenia skarp w przypadku, gdy szerokość układanych warstw w korpusie nasypu jest większa od wymaganej (50 do 100 cm poza projektowaną krawędź skarpy), a nadmiar gruntu jest następnie usuwany, lub przy rodzajach gruntu umożliwiającym wykonanie prawidłowego zagęszczenia na samej krawędzi układanej warstwy (a pochylenie skarpy nie przekracza 1:2). W przypadku wykopów dogęszczenia można nie wykonywać, gdy na powierzchni skarp został pozostawiony niedomiar, który jest usuwany tuż przed wykonaniem umocnień.

Mięszość **naddatku** na skarpach wynika z:

- konieczności zabezpieczenia wymaganej stateczności z uwagi na pracę sprzętu budowlanego, zwłaszcza walców wibracyjnych,
- otrzymania wymaganego wskaźnika zagęszczenia I_s ,
- zapobiegnięcia powstawaniu rynienek erozyjnych (rillmarek) na skarpie właściwej.

Mięszość **niedomiaru** w wykopie zależy od sposobu zabezpieczenia i podatności gruntów w wykopie (gruntów rodzimych) na erozję.

6.5. Zabezpieczanie powierzchni skarp w trakcie prowadzenia robót

W trakcie wznoszenia nasypu, po zakończeniu każdego etapu należy zabezpieczyć skarpy przed erozją powierzchniową stosując tzw. doraźną powłokę przeciwoerozyjną.

Warstwę taką należy wytworzyć na skarpach wykopów i nasypów w przypadku zakończenia każdego etapu budowy oraz w przypadkach, gdy roślinność nie może zostać wprowadzona na skarpy gotowej budowli ziemnej ze względu na nieodpowiedni okres agrotechniczny.

Jako doraźna warstwa przeciwoerozyjna podczas wznoszenia budowli mogą być stosowane emulsje asfaltowe i lateksowe. Powierzchnia skarp może być również okrywana po zakończeniu danego etapu za pomocą specjalnych siatek (np. takich jak do okrywania rusztowań) wykonanych z materiałów polimerowych.

W przypadku stosowania emulsji jako doraźnej warstwy przeciwoerozyjnej należy stosować następujące dawki:

- 0,5 l/m² dla emulsji lateksowej lub asfaltowej,
- 1,0 l/m² dla płynnych wtórnych osadów ściekowych.

W przypadku, gdy skarpa ma być tymczasowo zabezpieczona przez dłuższy okres (do czasu wykonania właściwego umocnienia biologicznego) można stosować mulcze (ściółki + lepiszcza), materiały biodegradowalne itp.

6.6. Przygotowanie podłoża dla roślinności

Przed wykonaniem obsiewu lub darniowania konieczne jest wyrównanie skarp i nadanie im odpowiedniej faktury. Konieczne jest również użyznienie i odpowiednie przygotowanie wierzchniej warstwy gruntu za pomocą specjalnego osprzętu, np. brony do plantowania skarp, włóki obręczowej (pierścieniowej) przeznaczonej do uprawy podłoża zbudowanych głównie z gruntów spoistych, brony chwastownika (tzw. zgrzebla) przeznaczonej do uprawy podłoża zbudowanych głównie z gruntów niespoistych.

Użyźnianie jest szczególnie potrzebne, gdy budowle zostały uformowane z gruntów antropogenicznych lub gdy skarpy są ze świeżo odkrytego gruntu (jałowego).

Na powierzchni nowo uformowanej skarpy konieczne jest odtworzenie poziomu próchnicznego. Na skarpach nasypów i wykopów poziom próchniczny należy odtworzyć przez humusowanie.

6.7. Humusowanie

Humusowanie składa się zespołu czynności przygotowujących powierzchnię gruntu do obudowy roślinnej, obejmujących dogęszczanie gruntu, rowkowanie, naniesienie ziemi urodzajnej z jej grabieniem (bronowaniem) i dogęszczaniem.

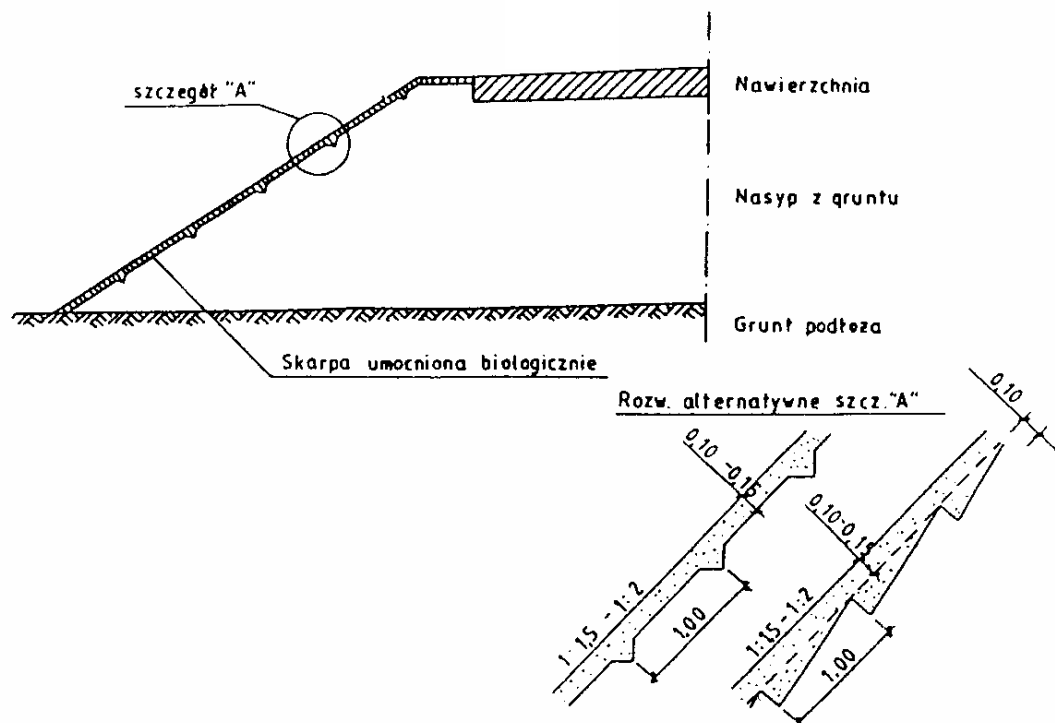
Ziemia urodzajna używana do humusowania powinna odpowiadać wymaganiom punktu 3.3.

Naniesienie ziemi urodzajnej na powierzchnię gruntu nie posiadającego naturalnej warstwy próchnicznej ma na celu poprawienie warunków lub umożliwienie egzystencji wprowadzanej roślinności.

Humusowanie zaleca się wykonywać od dolnej krawędzi do góry skarpy. Warstwa ziemi urodzajnej powinna sięgać poza górna krawędź około 1 m (chyba że konstrukcja drogi inaczej rozwiązuje powierzchnię nieutwardzoną) i poza podnóże

skarpy od 15 do 25 cm. Ułożoną warstwę ziemi urodzajnej należy zagrabić lub bronować oraz lekko dogęścić (moletowanie) przez wałowanie. Potrzebna miąższość warstwy po zagęszczeniu i moletowaniu zależy od gruntu, z którego zbudowana jest skarpa. Miąższość tej warstwy nie powinna być mniejsza niż 10 cm w przypadku skarp z gruntów spoistych, niż 15 cm dla skarp z gruntów piaszczystych. Należy przy tym zachować zasady podane na rys. 27.

W celu lepszego powiązania warstwy ziemi urodzajnej z gruntem skarpy, na jej powierzchni należy wykonać rowki poziome lub pod kątem 30-40° o głębokości od 3 do 5 cm. Odstępy między rowkami powinny wynosić od 0,5 do 1,0 m.



Rys. 27. Schemat humusowania [25]

W przypadku, gdy powierzchnia przeznaczona jest pod darniowanie, grubość warstwy humusu po dogęszczeniu powinna wynosić:

- 5 cm na gruntach drobnoziarnistych spoistych zwięzłych (gliny zwięzłe) i bardzo spoistych (iły),
- 8 do 10 cm na gruntach sypkich.

W przypadku, gdy wykonywany jest pełny cykl hydroobsiewu (3 warstwy w 6 naniesieniach), humusowanie powierzchni skarp nie zawsze jest konieczne. Potrzebę wykonania humusowania można ustalić na podstawie spoistości gruntu według tablicy 1.

6.8. Darniowanie

Darniowanie może być wykonywane podczas całego okresu wegetacyjnego, najczęściej po obfitych deszczach. Nie zaleca się wykonywać darniowania w okresach suszy. W przypadku konieczności wykonania darniowania w okresie nie poprzedzonym deszczami należy powierzchnie skarpy deszczować na dzień przed wykonaniem zabiegu.

Darnina powinna odpowiadać wymaganiom punktu 0.

Rozróżnia się trzy rodzaje darniowania:

- darniowanie w kratę,
- darniowanie kożuchowe,
- darniowanie na mur.

6.8.1. Darniowanie w kratę

Darniowanie w kratę (krzyżowe) stosowane jest na niezatapianych skarpach większych przekopów i nasypów (skarpy o wysokości ponad 3,5 m). Należy wykonywać je pasami nachylonymi do podstawy skarpy pod kątem 45°, krzyżującymi się w taki sposób, aby wytworzyły nie pokryte darnią okienka o wymiarach zgodnych z projektem. Ułożone płyty darniny w pasach powinny dokładnie do siebie przylegać. Należy je uklepać drewnianym ubijakiem i przytwierdzić do podłoża szpilkami. Okienka nie pokryte darnią należy wypełnić ziemią urodzajną do górnej powierzchni darniny i obsiać odpowiednią mieszanką traw. Miejsca obsiane należy dogęścić np. ręcznie.

6.8.2. Darniowanie kożuchowe

Darniowanie kożuchowe darnią trawiastą stosuje się przy zabezpieczaniu skarp, które w okresie wegetacyjnym nie są zatapiane lub są zatapiane na krótki okres (nie przekraczający 7 dni).

Darniowanie kożuchowe należy wykonywać pasami poziomymi poczynając od dołu skarpy. Pas dolny powinien być oparty o urządzenie zabezpieczające podstawę

skarpy lub (gdy brak takiego urządzenia) powinien być zazębiony w dno lub teren na głębokość 5 do 8 cm. Kolejne pasy darniny należy układać tak, aby pionowe styki sąsiednich pasów darniny nie trafiały na siebie. Płaty darniny powinny do siebie przylegać. Wszelkie szpary należy wypełnić odpowiednio przyciętymi kawałkami darniny. W celu zapewnienia ścisłego przylegania darniny do podłoża, ułożoną darninę należy mocno uklepać drewnianym ubijakiem.

W przypadku wykonywania darniowania pod koniec okresu wegetacyjnego lub darniowaniu skarp o pochyleniu $\geq 1:1$, darninę należy przybijać szpilkami w liczbie nie mniej niż 16 sztuk na m^2 , lecz nie mniej niż 2 sztuki na płat.

6.8.3. Darniowanie na mur

Darniowanie na mur stosowane jest na skarpach rowów w miejscach występowania wyrw, osuwisk, przewarstwień nawodnionych piasków i wysięków wód gruntowych oraz na skarpach niewielkich budowli ziemnych o pochyleniu przekraczającym 1:1.

Darniowanie na mur wykonuje się poziomymi warstwami. Każdą warstwę należy dokładnie ubić i przybić szpilkami. Kolejne warstwy darniny należy nakładać na siebie. Styki płatów powinny się mijać. Szpilki należy wbijać pionowo w odstępach 25 cm, jednak nie mniej niż 2 szpilki na płat. Grubość tak wykonanego darniowania nie powinna przekraczać szerokości płata.

6.9. Metody obsiewu skarp drogowych

Nasiona traw i roślin motylkowatych powinny odpowiadać wymaganiom punktu 3.4.

W zależności od wielkości powierzchni oraz od jej przygotowania można stosować różne techniki obsiewu [39]. Są to:

- siew klasyczny,
- siew otwarty,
- hydroobsiew.

Optymalna głębokość siewu wynosi 0,5 do 1 cm. Miąższość warstwy gruntu przykrywająca nasiona nie powinna być większa niż 1,5 cm (po dogęszczeniu).

6.9.1. Siew klasyczny

Siew klasyczny polega na wysiewaniu nasion po uprzednim przykryciu skarp warstwą ziemi urodzajnej. Wskazane jest zasilenie gruntu (ziemi urodzajnej) torfem i nawozami mineralnymi odpowiednimi do istniejących warunków siedliskowych, zwłaszcza przy obsiewaniu budowli z popiołów i żużli (wskazane jest wtedy obfite nawożenie azotem i fosforem oraz w mniejszym stopniu potasem) [39].

Ze względu na zróżnicowany mikroklimat i warunki glebowe na skarpach zaleca się obsiewanie ich powierzchni odpowiednią mieszanką, a nie roślinami jednego gatunku. Mieszanki powinny być dobrana odpowiednio do warunków siedliskowych oraz ekspozycji skarp.

6.9.2. Siew otwarty (podsiew)

Siew otwarty polega na bezpośrednim wysiewaniu nasion na powierzchnię. Powierzchnia przed wysiewem nie jest niczym pokrywana [39]. Może być stosowany na skarpach, których powierzchnia nie jest uszkodzona i jedynym celem jest dogęszczenie istniejącej już roślinności (podsiew) [19]. Skład mieszanek do wykonania siewu otwartego powinien być dobrany do gatunków już rosnących.

6.9.3. Hydroobsiew

Szczegóły dotyczące hydroobsiewu podano w p. 6.7 i 6.13.

6.9.4. Terminy siewu

Nasiona, a potem siewki, powinny mieć zapewnioną odpowiednią temperaturę otoczenia, dostęp światła i dostatek wody. Średnia temperatura otoczenia w okresie wschodów nie powinna być niższa niż 5 °C [26]. Sprzyjający termin siewu przypada wiosną (maj), a optymalny późnym latem (sierpień oraz pierwsza połowa września). Wysiew w innych terminach (poza optymalnym okresem agrotechnicznym) wymaga dodatkowych zabiegów agrotechnicznych.

6.10. Układanie biowłóknin

Biowłóknina powinna odpowiadać wymaganiom punktu 3.3.

Powierzchnia skarpy, na której układana jest biowłóknina, powinna być pokryta warstwą ziemi urodzajnej o miąższości minimum 5 cm.

Biowłóknina powinna odpowiadać wymaganiom punktu 3.6.

Biowłókninę należy układać prostopadle do górnej krawędzi skarpy. Zakład kolejnych pasm powinien wynosić 10 cm. Zakłady należy zabezpieczyć szpilkami w odstępach 0,8 do 1,0 m. W odstępach co 1 m należy wykonać poziome fałdy biowłókniny szerokości 3 cm, zabezpieczające przed zsuwaniem się ziemi pokrywającej biowłókninę i umożliwiające kurczenie się biowłókniny po zmoczeniu.

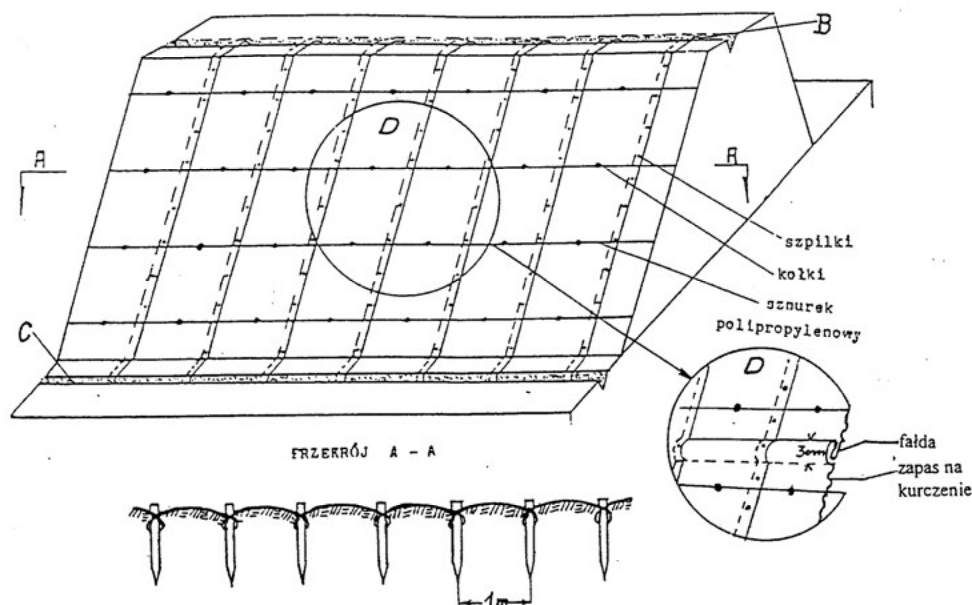
U podstawy oraz na koronie skarpy należy pozostawić zapas biowłókniny długości 0,5 m. Zapas ten należy wykorzystać do zakotwienia biowłókniny w rowkach głębokości 0,2 m.

Biowłókninę powinno się mocować na skarpach z drabiny ułożonej na kołkach, listwach lub żerdziach, o długości równej długości skarpy. Nie należy chodzić po wyrównanej powierzchni skarpy przed ułożeniem biowłókniny i po jej ułożeniu.

W przypadku, gdy pochylenie skarpy jest większe niż 1:2, a jej długość jest większa niż 3 m, zleca się używać do mocowania biowłókniny (oprócz szpilek) również kołków i polipropylenowego sznurka. Sposób wykonania mocowania pokazano na rys. 3.

Kołki należy wbijać pośrodku pasów biowłókniny w poziomych rzędach, pozostawiając na wierzchu ok. 3 cm długości kołka. Następnie na zacięcia należy nawinać i naciągnąć sznurek. Kołki należy wbić równo z terenem.

Bezpośrednio po ułożeniu biowłókniny należy przysypać ją (z drabiny) warstwą ziemi urodzajnej o miąższości 1 do 2 cm.



- B – zakotwienie biowłókniny na koronie nasypu,
- C – zakotwienie biowłókniny u podstawy nasypu,
- D – formowanie poziomych fałd biowłókniny

Rys. 28. Sposób umocowania biowłókniny na skarpie nasypu z użyciem szpilek, kołków i sznurka wg PN-B-12074:1998

6.11. Układanie materiałów biodegradowalnych

Materiały biodegradowalne należy układać na skarpach zgodnie z instrukcją producenta dołączaną do wyrobu przez dostawcę.

Materiały biodegradowalne powinny spełniać wymagania punktu 3.7.

Powierzchnia skarpy powinna być wyrównana, oczyszczona z kamieni, korzeni itp. oraz pokryta warstwą ziemi urodzajnej (humusu) grubości określonej w p. 6.7. Powierzchnie przeznaczone do zabezpieczania materiałami biodegradowalnymi powinny być obsiane mieszką traw (przed ułożeniem materiału biodegradowalnego) odpowiednio dobraną do warunków klimatycznych i ekspozycji skarpy. Powierzchnia skarpy po wykonaniu obsiewu powinna zostać dogęszczona.

Sposób wykonania obsiewu powinien być dostosowany do pochylenia skarpy. Materiały powinny być rozwijane w dół po skarpie oraz zakotwione na górze i u podnóża skarpy w rowkach kotwiących. Grunt wypełniający rowki kotwiące należy zagęścić. Zakład sąsiednich pasm powinien wynosić co najmniej 10 cm. Zakłady należy zabezpieczyć przez szpilkowaniem w odstępie co 1,0 m do 1,5 m. Materiały

biodegradowalne należy przytwierdzić na całej powierzchni skarpy. Rozstaw szpilek powinien być dostosowany do pochylenia skarpy. Długość i rozstaw szpilek powinny zapewnić dokładne przyleganie materiału do powierzchni skarpy. Szpilowanie powinno odbywać się z drabiny ułożonej na materiale.

W okresie wegetacji roślin powinny być wykonywane odpowiednie dla danej roślinności zabiegi pielęgnacyjne (podlewanie, koszenie itp.).

6.12. Układanie geosyntetyków przeciwoerozyjnych

Geosyntetyki należy układać na skarpach drogowych zgodnie z instrukcją producenta dołączoną do wyrobu przez dostawcę.

Geosyntetyki stosowane do ochrony skarp przed erozją powinny odpowiadać wymaganiom punktu 3.8.

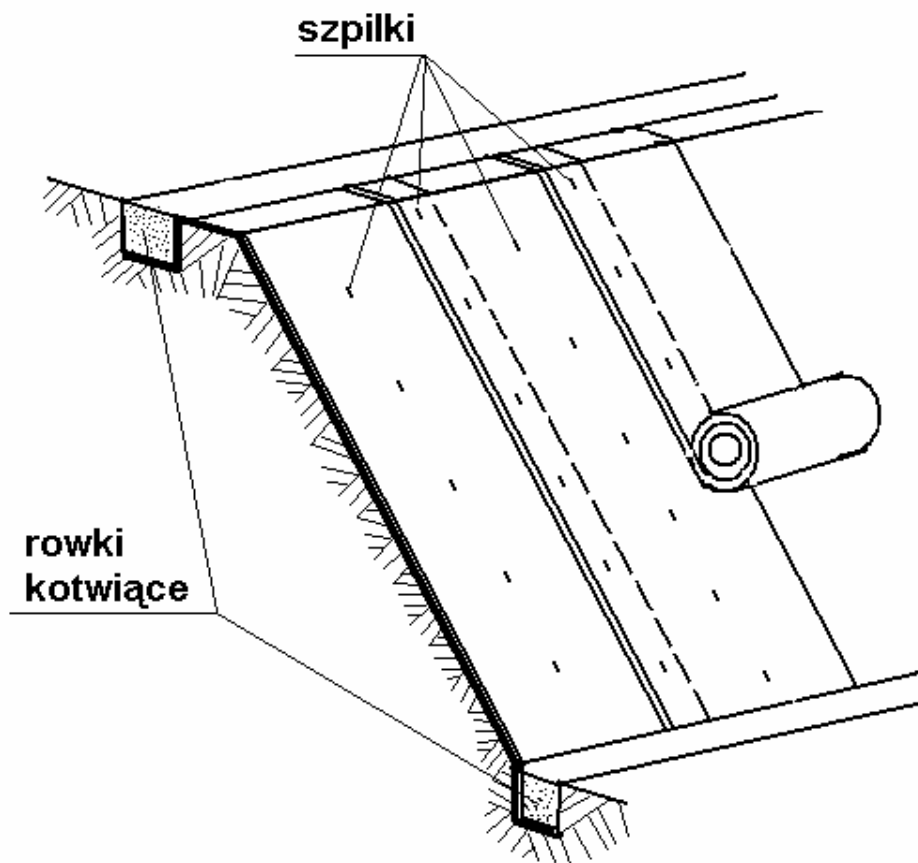
Podczas układania należy przestrzegać następujących zasad.

Powierzchnia skarpy powinna być wyrównana, oczyszczona z kamieni, korzeni itp. oraz pokryta warstwą ziemi urodzajnej (humusu) grubości zgodnej z instrukcją producenta, jednak nie mniejszej niż 5 cm. Geosyntetyk powinien być rozwijany w dół wzdłuż pochylenia skarpy oraz zakotwiony na górze i u podnóża skarpy w rowkach kotwiących. Grunt wypełniający rowki kotwiące należy zagęścić. Zakład sąsiednich pasm powinien wynosić co najmniej 10 cm. Zakłady należy zabezpieczyć przez szpilowanie w odstępie co 1,0 m do 1,5 m. Geosyntetyki należy przytwierdzić na całej powierzchni skarpy. Rozstaw szpilek powinien być dostosowany do pochylenia skarpy. Długość i rozstaw szpilek powinny zapewnić trwałe przytwierdzenie geosyntetyków do powierzchni skarpy. Szpilowanie powinno odbywać się z drabiny ułożonej na geosyntetyku. Geosyntetyki przestrzenne należy wypełnić humusem niezwłocznie po ich wbudowaniu. Powierzchnie umocnione geosyntetykami powinny być obsiane mieszką traw dobraną odpowiednio do warunków klimatycznych i ekspozycji skarpy. Powierzchnia skarpy po wykonaniu obsiewu powinna zostać dogęszczona. Zaleca się wykonanie hydroobsiewu. Dopuszcza się przemieszanie warstwy humusu z nasionami traw. Wysiew traw powinien odbywać się, w zależności od rodzaju wyrobu, przed lub po ułożeniu materiału geosyntetycznego.

Sposób wykonania obsiewu powinien być dostosowany do pochylenia skarpy.

W okresie wegetacji roślin powinny być wykonywane odpowiednie dla danej roślinności zabiegi pielęgnacyjne (podlewanie, koszenie itp.).

Sposób układania geosyntetyków na skarpie pokazano na rys. 29.



Rys. 29. Układanie poszczególnych pasm geosyntetyków przeciwozyjnych na powierzchni skarpy (rys. P. Rychlewski)

Geosiatki komórkowe (używane również nazwy handlowe: geomata, geokrata, glob-krata) układa się wzdłuż linii spadu skarpy tak aby faliste pasma tworzące geosiatkę miały położenie zbliżone do warstwic. Sekcje geosiatki należy łączyć przeznaczonymi do tego spinkami, wg instrukcji producenta.

Geosiatki komórkowe należy mocować szpilkami do podłoża w taki sposób, aby geosiatka komórkowa po rozłożeniu i rozciągnięciu na skarpie zachowała nadane jej położenie w czasie napełniania komórek glebą, wałowania wypełnienia oraz zabiegów pielęgnacyjnych.

Geosiatkę komórkową rozłożoną na skarpie i przytwierdzoną do podłoża, przeznaczoną do zagospodarowania roślinnego zapełnia się „humusem”. „Humus” należy ułożyć z nadmiarem nie mniejszym od połowy wysokości kraty, ale nie więcej niż 50 mm; zasypkę wyrównuje się i stabilizuje przez wałowanie, ewentualnie uzupełnia. Zagęszczanie zasypki nie jest wymagane.

Jeśli specjalne względy wymagają, aby fragment geosiatki komórkowej nie był pokryty roślinnością, np. pod przęsłami obiektów, do wypełnienia używa się kruszywo gruboziarniste bez frakcji piaskowej.

6.13. Wykonanie hydroobsiewu i/lub mulczowania

Hydroobsiew może być wykonywany wyłącznie przez przedsiębiorstwa posiadające referencje (doświadczenie ogrodnicze) w tej technologii umacniania skarp i rowów.

Materiały używane do hydroobsiewu powinny odpowiadać wymaganiom punktu 6.7.

Jeżeli zaistnieje taka potrzeba i możliwość, to co najmniej na 40÷60 dni przed rozpoczęciem robót (w zależności od rodzaju gruntu, temperatury powietrza, możliwości polewania) wykonawca wykonuje odcinek próbny (poletko doświadczalne) w celu stwierdzenia prawidłowości przyjętego składu mieszanki do hydroobsiewu oraz równomierności pokrycia umacnianej powierzchni trawą i motylkowatymi. Do próby wykonawca powinien użyć materiały i taki sprzęt, jakie będą stosowane w czasie robót. Odcinek próbny powinien składać się z co najmniej dwóch poletek o powierzchni min. 100 m² zlokalizowanych na zacienionej (północnej) skarpie i nasłonecznionej (południowej) skarpie.

Nie należy używać wtórnych osadów ściekowych do hydroobsiewu, jeżeli skarpy znajdują się w strefie ujęć wody oraz w odległości mniejszej niż 20 m od budynków i kąpielisk.

Hydroobsiew powinien być wykonywany możliwie w najkrótszym czasie po zdjęciu naddatku lub niedomiaru po zakończeniu robót ziemnych (osiągnięciu korony nasypu), najlepiej w okresie od 15 kwietnia do 15 maja i od 20 sierpnia do 20 września oraz, w razie potrzeby, tuż po pierwszych jesiennych przymrozkach (zwłaszcza skarp piaszczystych o południowej wystawie).

W czasie obsiewu hydrosiewnik jest holowany wzdłuż obsiewanej powierzchni. Natrysk mieszanki dawkuje się, dostosowując odpowiednio biegi jazdy ciągnika do szerokości pasa obsiewu. Zasięg miotania mieszanki reguluje się obrotami wałka odbioru mocy. Prawidłowość dawkowania i równomierność pokrycia mieszanką ocenia się po kolorze obsianej powierzchni.

Hydroobsiew może być wykonywany dwoma sposobami:

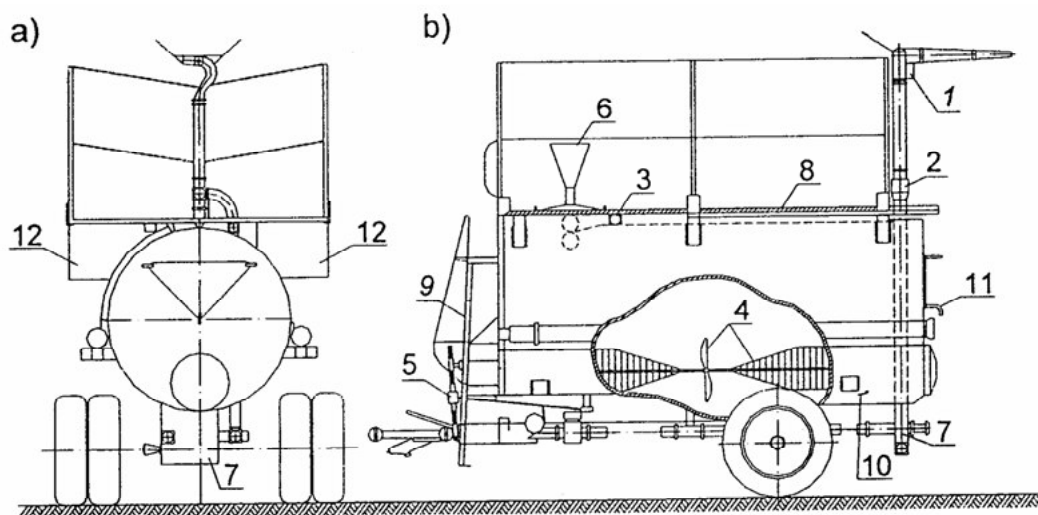
- uproszczonym, przy obsiewie gruntów humusowych i żyznych, z zastosowaniem upłynnionej dawki osadów ściekowych 4÷12 l/m² o zawartości 4÷8 % suchej masy z dodatkiem mieszanki nasion;

- rozszerzonym, przy obsiewie gruntów ubogich, z dawką upłynnionych osadów ściekowych (min 18 l/m^2) przy zawartości $6\div 10 \%$ suchej masy z dodatkiem ściółki (min $0,03 \text{ kg/m}^2$ suchej masy) i kompozycji nasion.

Hydroobsiew w zasadzie nie wymaga podlewania w czasie kiełkowania nasion i w okresie początkowego rozwoju roślin. Podlewanie może być potrzebne podczas długotrwałej suszy oraz, ewentualnie, gdy wymagany jest szybki efekt podrostu traw.

Prawidłowo wykonany hydroobsiew zapewnia skuteczną ochronę przed erozją powierzchni skarp na 3 do 6 miesięcy.

Hydroobsiew (hydromulczowanie) wykonuje się przy użyciu hydrosiewników (hydromulczarów). W Polsce stosuje się hydrosiewniki skonstruowane na bazie rolniczych wozów asenizacyjnych, np. PT-28/2 o pojemności użytkowej $2,8 \text{ m}^3$ lub PT-45 o pojemności $4,2 \text{ m}^3$. Wozy te wyposażone są w pompę ślimakową o wydajności $400\div 800 \text{ dm}^3/\text{min}$, przy ciśnieniu $0,4\div 0,8 \text{ MPa}$.



Rys. 30. Schemat hydrosiewnika na bazie rolniczego wozu asenizacyjnego; a) widok z tyłu; b) widok z boku [M. Głazewski]

1 - działko strażackie DWP 16/24, 2 - zawór trójdrogowy, 3 - mieszacz hydrauliczny, 4 - mieszadło, 5 - mechanizm napędu mieszadła ze sprzęgłem przeciążeniowym, 6 - lej, 7 - osadnik, 8 - pomost roboczy z poręczami, 9 - drabinka, 10 - hak do liny holowniczej, 11 - wieszak liny holowniczej, 12 - skrzynie do przechowywania osprzętu, narzędzi, ubrań roboczych, worków itp.

Adaptacja rolniczego wozu asenizacyjnego (stosowanego dotychczas na budowach do pielęgnacji podbudów oraz do zraszania zagęszczanych warstw gruntu) na hydrosiewnik polega na wbudowaniu mieszadła, wykonaniu napędu

mieszadła, nadbudowaniu pomostu i uzupełnieniu układu hydraulicznego działkiem strażackim DWP 16/24 w wersji morskiej, jak przedstawiono na rys. 30.

Do napędu i holowania hydrosiewnika można stosować ciągniki rolnicze (traktory) o mocy 57-95 kW, a na grząskim (błotnistym) gruncie ciągniki gąsienicowe, np. DT-75.

Hydrosiewnik umożliwia miotanie substancji stosowanej przy hydroobsiewie do 30 m w górę i do 40 m w dół.

7. Zabiegi pielęgnacyjne (pratotechniczne)

Powierzchnie skarp, na których wykonano biologiczne umocnienia, należy utrzymywać w stanie wilgotnym co najmniej przez pierwsze 6 tygodni. Zraszanie powierzchni należy wykonywać zraszczaczami deszczownicami lub zraszczaczami ogrodowymi. Niedopuszczalne jest zraszanie bezpośrednio z węża (bez użycia urządzeń rozpryskujących wodę na małe kropelki).

W okresie około pół roku od wykonania obsiewu skarp należy wykonać podsiew. Do wykonania podsiewu należy użyć takiej samej mieszanki traw, jaka była użyta podczas siewu. Podsiewu można nie wykonywać w przypadku, gdy powierzchnia skarpy jest całkowicie pokryta roślinnością trawiastą.

W przypadku żółknięcia traw po ich wzejściu, konieczne jest nawożenie powierzchni skarp nawozami mineralnymi.

Powierzchnie darniowane należy w ciągu 2 do 3 tygodni po wykonaniu darniowania podlewać w godzinach popołudniowych (zwłaszcza w okresach suchych). Można stosować inne zabiegi zabezpieczające darń przed wysychaniem, np. przysypywać cienką warstwą ziemi urodzajnej.

Powierzchnie skarp, na których została ułożona biowłóknina, należy utrzymywać w stanie wilgotnym przez 30 dni. W przypadku braku opadów polewanie powierzchni należy przedłużyć do 6 tygodni.

W trakcie sezonu wegetacyjnego trawę należy kosić, a skoszoną trawę należy usuwać z powierzchni skarp.

8. Odwodnienie skarp i zmiana warunków przepływu wody gruntowej

Skarpy zaleca się odwodnić w przypadku, gdy ich pochylenie jest większe od 1:1,5 lub gdy pochylenie podłużne drogi położonej na budowlu ziemnej jest większe od 3%.

Woda z nawierzchni drogowej powinna być odprowadzona zgodnie z wymaganiami PN-S-02204:1997, w taki sposób, by nie spływała strumieniami na skarpy.

W przypadku, gdy następuje zmiana warunków przepływu wody gruntowej (w przypadku budowli liniowych może się to często zdarzyć), należy opracować ekspertyzę erozyjną. Powinna ona zawierać m.in. ustalenie przyczyn (przyrodniczych i gospodarczych) nasilenia procesów erozyjnych, stanu zagrożenia i występowania erozji, wstępną koncepcję zabiegów oraz odpowiednie liczbowe, kartograficzne i opisowe opracowanie danych dla obszaru objętego programowaniem i projektowaniem zabiegów przeciwoerozyjnych.

9. Kontrola jakości robót

Kontrolę jakości wykonania poszczególnych robót powinno wykonać się po zakończeniu każdej czynności.

Wszystkie stosowane materiały powinny odpowiadać dokumentacji projektowej, specyfikacjom technicznym i powinny być dopuszczone do obrotu zgodnie z odrębnymi przepisami.

W przypadku, gdy skarpy nasypów i wykopów były dogęszczane mechanicznie (nie został wykonany naddatek na skarpach i niedomiar w wykopach) należy sprawdzić zagęszczenie skarp. Należy w tym celu pobrać ze skarp 3 próbki na każde 2000 m² skarpy i zbadać ich zagęszczenie zgodnie z PN-S-02205:1998.

Przed zastosowaniem każdy wyrób należy sprawdzić na zgodność ze specyfikacją. Należy również sprawdzić, czy wyrób nie zawiera wad fabrycznych oraz czy nie uległ uszkodzeniu podczas transportu i przechowywania. Wszystkie wbudowywane materiały powinny odpowiadać warunkom zawartym w p. 3.

Kontrolę jakości pokrycia należy przeprowadzić w fazie co najmniej trzech lub czterech listków (4 - 6 tygodni po wykonaniu obsiewu) zgodnie z PN-B-12099:1997. Pokrycie gleby zasianą roślinnością w tej fazie rozwoju traw powinno być równomierne i powinno wynosić nie mniej niż 40 % dla terenu płaskiego, 60% na

skarpach o pochyleniu 1:2 oraz 80 % na skarpach o pochyleniu 1:1,5 i bardziej stromych (wg D-06.01.01).

Po 12 miesiącach od wykonania siewu na powierzchni skarp łączna powierzchnia nie porośniętych miejsc nie powinna przekraczać 2%, a maksymalny wymiar pojedynczych niezadarnionych miejsc nie powinien przekraczać 0,2 m². Na zarośniętej powierzchni nie mogą występować wyżłobienia erozyjne ani lokalne zsuwy lub spływy.

Kontrolę jakości darniowania należy wykonywać zgodnie z PN-B-12082:1996. Polega ona na ocenie, czy powierzchnia darniowana jest równa i czy nie ma widocznych szczelin i obsunięć, czy poszczególne płyty darniny nie wyróżniają się barwą charakteryzującą jej nieprzydatność oraz czy szpilki nie wystają ponad powierzchnię. Na powierzchni około 1 m² należy sprawdzić dokładność przylegania poszczególnych płatów darniny do siebie i do powierzchni gruntu.

Przed wykonaniem umocnień za pomocą biowłókniny wykonawca robót powinien przedstawić nadzorowi atest wyrobu, stwierdzający charakterystykę, skład mieszanki nasion roślin i typ siedliska, dla którego przeznaczona jest biowłóknina. Przeznaczenie wyrobu powinno odpowiadać warunkom zapisanym w specyfikacji wyrobu. Kontrola umocnionej powierzchni polega na wykonaniu oględzin zewnętrznych oraz przeprowadzeniu badań zgodnych z PN-B-12074:1998.

Przed wykonaniem robót z użyciem geosyntetyków wykonawca powinien przedstawić nadzorowi dokumenty dopuszczające geosyntetyk do obrotu i powszechnego stosowania zgodnie z odrębnymi przepisami.

W czasie wykonywania zabezpieczeń z użyciem geosyntetyków materiałów biodegradowalnych należy sprawdzić:

- wyrównanie podłoża i usunięcie z niego przedmiotów mogących uszkodzić materiały,
- naniesienie humusu i obsianie trawą lub wykonanie hydroobsiewu,
- poprawność ułożenia materiałów na skarpach: sposób rozwijania, mocowania w rowkach kotwiących, szpilenia, łączenia pasm, na zgodność z ew. projektem układania, niniejszą instrukcją i instrukcją producenta,
- równość powierzchni umocnionej,
- równomierność zadarnienia.

Równomierność i gęstość zadarnienia należy kontrolować przez oględziny lub z zastosowaniem ramki Webera (wg PN-B-12099:1997) w dziesięciu losowo wybranych miejscach na każde 2000 m².

10. Odbiór robót

Badania wykonywane przy odbiorze robót zakrywanych polegają na sprawdzeniu:

- a) zgodności z dokumentacją techniczną,
- b) jakości materiałów,
- c) stanu przygotowania skarp,
- d) przygotowania (wytworzenia) warstwy ziemi urodzajnej na powierzchni skarp,
- e) sposobu i głębokości siewu nasion,
- f) pielęgnacji zasiewów.

Dokumentacja przy odbiorze robót zakrywanych powinna zawierać:

- a) projekt techniczny wykonawczy uwzględniający zmiany i uzupełnienia wprowadzone w trakcie wykonywania robót,
- b) dziennik budowy,
- c) dokumenty uzasadniające wprowadzenie uzupełnień i zmian w trakcie wykonywania robót.

Badania przy odbiorze końcowym polegają na sprawdzeniu:

- a) zapisów i dokumentów z odbiorów robót zakrywanych,
- b) stanu powierzchni zadarnionej.

Odbiór końcowy należy wykonywać po wykształceniu na powierzchni skarpy okrywy trawiastej, tj. w dwa (skarpy północne) do trzech lat (skarpy południowe) po wykonaniu obsiewu skarp. Na skarpach o wystawie północnej powinna być wykształcona zwarta darnina trawiasta, na południowych murawa kserotermiczna.

Odbioru końcowego należy dokonać przy użyciu ramki Webera. Łączna powierzchnia nie zadarnionych miejsc nie powinna przekraczać 2%, a maksymalny wymiar pojedynczych niezadarnionych miejsc nie powinien przekraczać 0,1 m².

Dokumentacja przy odbiorze końcowym powinna zawierać:

- a) projekt techniczny wykonawczy uwzględniający zmiany i uzupełnienia wprowadzone w trakcie wykonywania robót,
- b) dziennik budowy,
- c) dokumenty uzasadniające wprowadzenie uzupełnień i zmian w trakcie wykonywania robót.

PISMIENNICTWO

Dokumenty:

Ogólne Specyfikacje Techniczne (OST)

D-02.00.00 Roboty ziemne

D-06.01.01 Umacnianie powierzchni skarp rowów i ścieków

D-M-00.00.00 Wymagania ogólne

Normy związane:

PN-B-02480:1986 Grunty budowlane – Określenia, symbole, podział i opis gruntów

PN-B-02481:1998 Geotechnika – Terminologia podstawowa – Symbole literowe i jednostki miar

PN-B-04452:2002 Grunty budowlane – Badania polowe

PN-B-04481:1998 Grunty budowlane – Badanie próbek gruntów

PN-B-04492:1995 Grunty budowlane – Badanie właściwości fizycznych

PN-B-06050:1999 Geotechnika – Roboty ziemne – Wymagania ogólne

PN-B-12074:1998 Urządzenia wodno-melioracyjne – Umacnianie i zadarnianie powierzchni biowłókniną – Wymagania i badania przy odbiorze

PN-B-12082:1996 Urządzenia wodno-melioracyjne – Darniowanie – Wymagania i badania przy odbiorze

PN-B-12099:1997 Zagospodarowanie pomelioracyjne – Wymagania i metody badań

PN-P-85012:1992 Wyroby powroźnicze – Sznurek polipropylenowy do maszyn rolniczych

PN-R-04150:1983 Zabiegi uprawowe – Nazwy i określenia

PN-R-04152:1997 Erozja i melioracje przeciwoerozyjne – Terminologia

PN-R-65023:1999 Materiał siewny – Nasiona roślin rolniczych

PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe – Odwodnienia dróg

PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe – Roboty ziemne – Wymagania i badania

PN-S-96035:1997 Drogi samochodowe – Popioły lotne

Publikacje

[1] Cholewiński B.: Ekonomiczne i ekologiczne zabezpieczenie i zazielenienie nasypów i skarp metodą hydroobsiewu. Magazyn Autostrady nr 1-2/2004

[2] Coopin N.J., Richards I.G.: Use of Vegetation in Civil Engineering. CIRIA – Butterworths, Londyn 1990

-
- [3] Dzierżawski K., Głazewski M., Makowski J: Ingenieurbiologische Bepflanzung der Böschungen – Dynamische Hydrosaat mit Anwendung der Abwasserablagerungen. Prace IBDiM 1/1990
 - [4] Eagleson P.S.: Hydrologia dynamiczna. Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Warszawa 1978
 - [5] EPA-440/9-75-006 Methods of quickly vegetating soil of low productivity, construction activities. USA 1975
 - [6] EPA-625/1-83-016 Process design manual for land application of municipal sludge. USA 1983
 - [7] Falkowski M.: Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Warszawa, 1983
 - [8] Głazewski M.: Hydroobsiew skarp kolejowych budowli ziemnych. Drogi kolejowe nr 7-8/1981
 - [9] Głazewski M.: Hydroobsiew jako metoda ochrony przeciwozyjnej pochyłych powierzchni utworów antropogenicznych. Rozprawa doktorska. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Warszawa 2003
 - [10] Głazewski M., Ziaja W.: Przygotowanie skarp do zadarniania. Drogownictwo nr 3/1992
 - [11] Hewlett H.W.M., Boorman L.A., Bramley M.E.: Design of reinforced grass waterways. Construction Industry Research and Information Association, Report 116, 1987
 - [12] Kossakowski M.: Umacnianie skarp biowłókniną, geosyntetykami i hydroobsiewem. Drogownictwo nr 8/2001
 - [13] Kozłowska B. Zastosowanie osadów ściekowych do roślinnego zagospodarowania składowisk odpadów paleniskowych. Rozprawa doktorska. PAN Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska. Zabrze, 1997
 - [14] Minnesota Urban Small Sites BMP Manual. Mulches, Blankets and Mats, 2001
 - [15] Morgan R.P.C.: Soil erosion and conservation. Lonyman Scientific Technical, 1986
 - [16] Nowocień E. Występowanie i dynamika rozwoju oraz zagospodarowanie wąwozów drogowych na obszarze o lessowej pokrywie glebowej. Praca doktorska. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznastwa. Puławy, 1992
 - [17] Pietrowa A.: Wzmocnienie skarp podtorza kolejowego za pomocą hydroobsiewu. Drogi kolejowe nr 9/1983
 - [18] Pismo EN-44 35/M/10/84 Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej z 16 II 1984 dotyczące warunków przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych metodą hydroobsiewu
-

- [19] Ptaszyński S., Głazewski M.: Techniki wprowadzania nowych gatunków do runi użytków zielonych. Konferencja: Nowoczesne metody produkcji pasz na użytkach zielonych i ocena ich wartości pokarmowej, Falenty, 1999. Wyd. IMUZ 2000
- [20] Rejman J. Wpływ solakrylu i granulatu keratynowo-koro-mocznikowego na proces zmywania powierzchniowego w glebie brunatnej wytworzonej z lessu. Praca doktorska. PAN, Instytut Agrofizyki. Lublin, 1991
- [21] Roda A.: Woda w glebie. Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa 1956
- [22] Skrzyński E., Sikora R.: Kolejowe budowle ziemne. Tom I: Utrzymanie i naprawy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990
- [23] Warunki techniczne – Drogowe kationowe emulsje asfaltowe EmA-99. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1999
- [24] Wisconsin Department of Transportation. Erosion control product acceptability list (PAL), 2003
- [25] Zasady Ochrony środowiska w projektowaniu, budowie i utrzymaniu dróg. Dział 04: ochrona środowiska w budowie dróg. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 1993.
- [26] Ziaja W.: Dobór traw i roślin do obsiewów pasa drogowego. Drogownictwo nr 1/1993

ZAŁĄCZNIK 2a

**KARTA BADANIA
ANALIZA SITOWA
PN-88/B-04481, pkt 4.1**

str. 1/2

Nr. Zlecenia/	Nr. Umowy		
Oznaczenie próbki	Data badania	4/TG155	10.11.2004
Stosowane WPiB			
Warunki środowiskowe			

Wymiar oczka sita [mm]	Masa pozostałości na sicie			zawartość na sicie [%]	suma zawartości [%]
	mi [g]	mi [g]	mi [g]		
63,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
40,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
25,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
10,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
2,000	1,44	0,000	1,440	0,96	0,96
1,000	2,56	0,001	2,561	1,71	2,67
0,500	9,83	0,003	9,833	6,56	9,22
0,250	25,99	0,009	25,999	17,33	26,56
0,100	51,92	0,017	51,937	34,62	61,18
0,075	10,53	0,004	10,534	7,02	68,20
<0,075	47,68	0,016	47,696	31,80	100,00
suma	149,95	0,050	150,000	100,00	

OZNACZENIE STRAT MASY

masa gruntu wziętego do analizy [Ms]	150,00
masa gruntu po przesianiu [Σ Mi]	149,95
straty masowe [$S_m = M_s - \Sigma M_i$]	0,05
straty względne [$S_w = S_m / M_s \cdot 100$]	0,033
STRATY DOPUSZCZALNE	
WZGLĘDNE	$S_w \text{ dop} = 0.5 \%$
0,033 %	0,5%

RODZAJ GRUNTU	analiza makroskopowa	barwą szarą
	analiza sitowa	piasek pylisty

Badanie wykonał:
techn. *M. Hars*

NIEPEWNOŚĆ BADANIA *2,1*...

KONTROLA JAKOŚCI

WYNIK KONTROLI JAKOŚCI:

Warszawa, dnia

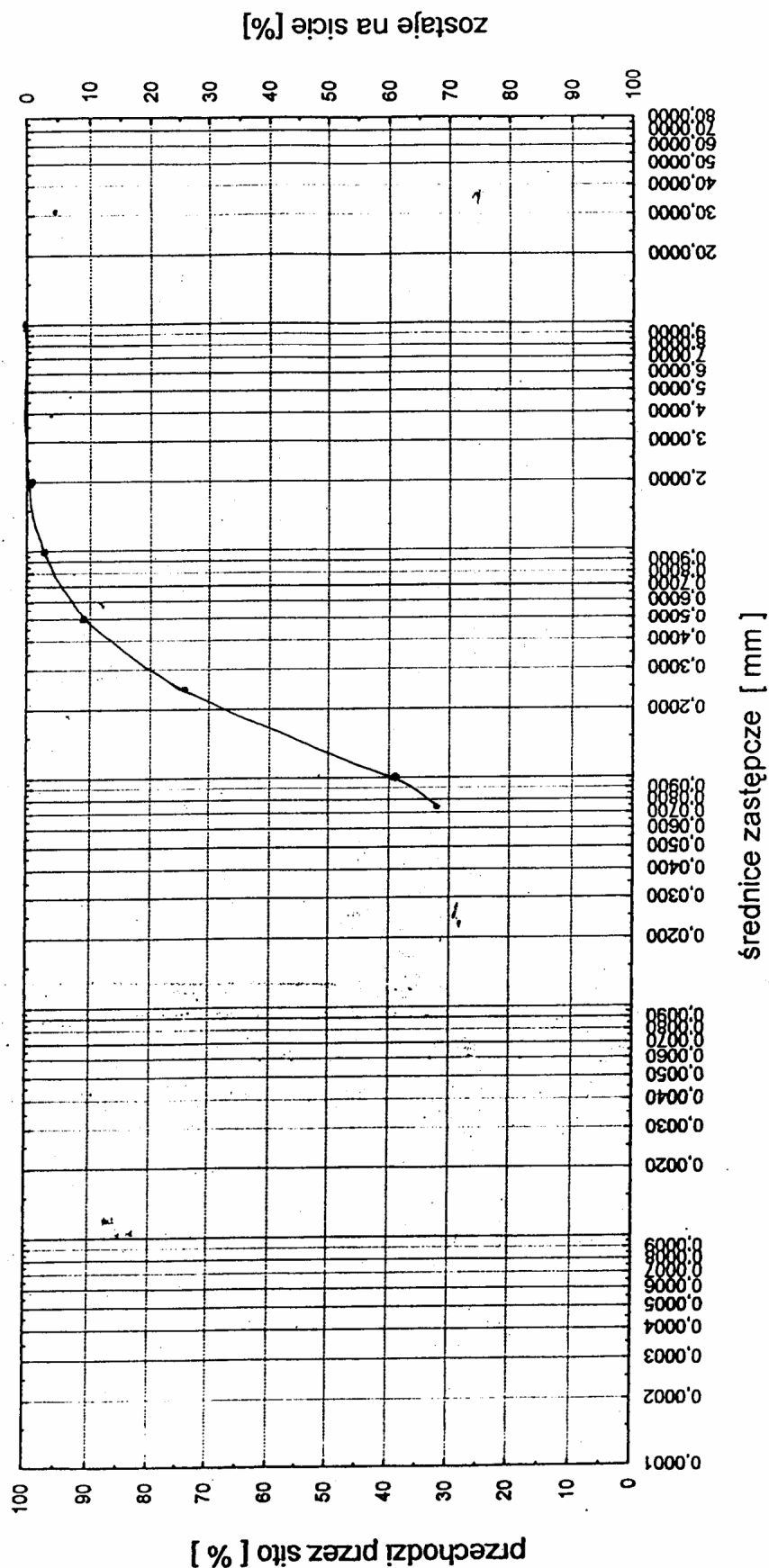
INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW - LABORATORIUM GEOTECHNIKI TG-1

KARTA BADANIA - ANALIZA SITOWA, PN-88/B-04481, pkt. 4.1 STR. 2/2

SYMBOL PRÓBK 4/TG-155 PS/TG-1/11. Z-7

BADANIE WYKONAŁ DATA BADANIA

WYKRES UZIARNIENIA



ZAŁĄCZNIK 2b

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW – LABORATORIUM GEOTECHNIKI
03-301 WARSZAWA, ul. JAGIELLOŃSKA 80, tel. 0-22 8111446, fax. 0-22 8145316

KARTA BADANIA
ANALIZA AREOMETRYCZNA – PN – 88/B-04481, pkt.4.2

PS/TG-1/11.Z-9
str. 1/3

Nr. Zlecenia/	Nr. Umowy	
Oznaczenie próbki	Data badania	1/TG-155 25.10.2004
Stosowane WPiB		
Warunki środowiskowe		

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW – LABORATORIUM GEOTECHNIKI
03-301 WARSZAWA, ul. JAGIELLOŃSKA 80, tel. 0-22 8111446, fax 0-22 8145316

PS/TG-1/11.Z-9
str. 2/3

KARTA BADANIA
ANALIZA AREOMETRYCZNA – PN – 88/B-04481, pkt.4.2

kolor 14 wł. 4		$\eta =$	$\alpha =$	$m_s =$	50,0 g	$\rho_s =$	2,70 g/cm ³	H_1	$100 \cdot \rho_s \cdot m_s(\rho_s - 1)$
Czas sedy mentacji	t °C	R _T	R ₁ =R ₁ +c	AR	R ₂ =R ₁ +AR+a	Średnice zastępcze cząstek d _T			Zawartość ziarn o średnicy < niz d _T = H ₁ R ₂
						k=0,25√H _R	d _{zw}	d _T =k d _{zw}	
30'	↑	28,5	29,2	-1,0	28,8	0,6852	0,072	0,050	91,58
1		27,5	28,2	-1,0	27,8	0,7022	0,051	0,036	88,40
2		26,0	26,7	-1,0	26,3	0,7150	0,036	0,026	83,63
5	23,8	22,0	22,7	-1,0	22,3	0,7640	0,023	0,018	70,91
15'	23,4	15,0	15,7	-0,9	15,3	0,8150	0,013	0,011	18,65
30'	11	11,5	12,2	-0,9	11,8	0,8849	0,0094	0,0083	37,52
1h	22,8	8,3	9,2	-0,8	8,8	0,9151	0,0067	0,0061	27,93
2h	22,4	7,0	7,7	-0,7	7,3	0,9250	0,0048	0,0044	23,21
4h	21,4	5,0	5,7	-0,6	5,2	0,9444	0,0034	0,0032	16,54
24h	23,2	2,5	3,2	-0,5	3,2	0,9728	0,0014	0,0014	10,18

Oznaczenia

Uzupełniająca analiza sitowa

Badanie wykonał:

t – temperatura badania

 η - współcz. lepkości

a – poprawka na temperaturę wg tabl.7

c – poprawka na menisk wg 4.2.6

 m_s - masa gruntu użytego do analizy

R_T – skrócony odczyt z areometru

 ΔR – poprawka skali areometru wg wzoru 3 d_{zw} – wzorcowa średnica cząstek wg tabl. 6 H_R – wielkość wg wzoru 5

Odwołania do tablic i wzorów normy

PN-88/B-04481

WYNIK KONTROLI:

KONTROLA JAKOŚCI

Warszawa, dnia

KARTA BADANIA - ANALIZA AREOMETRYCZNA STR. 3/3

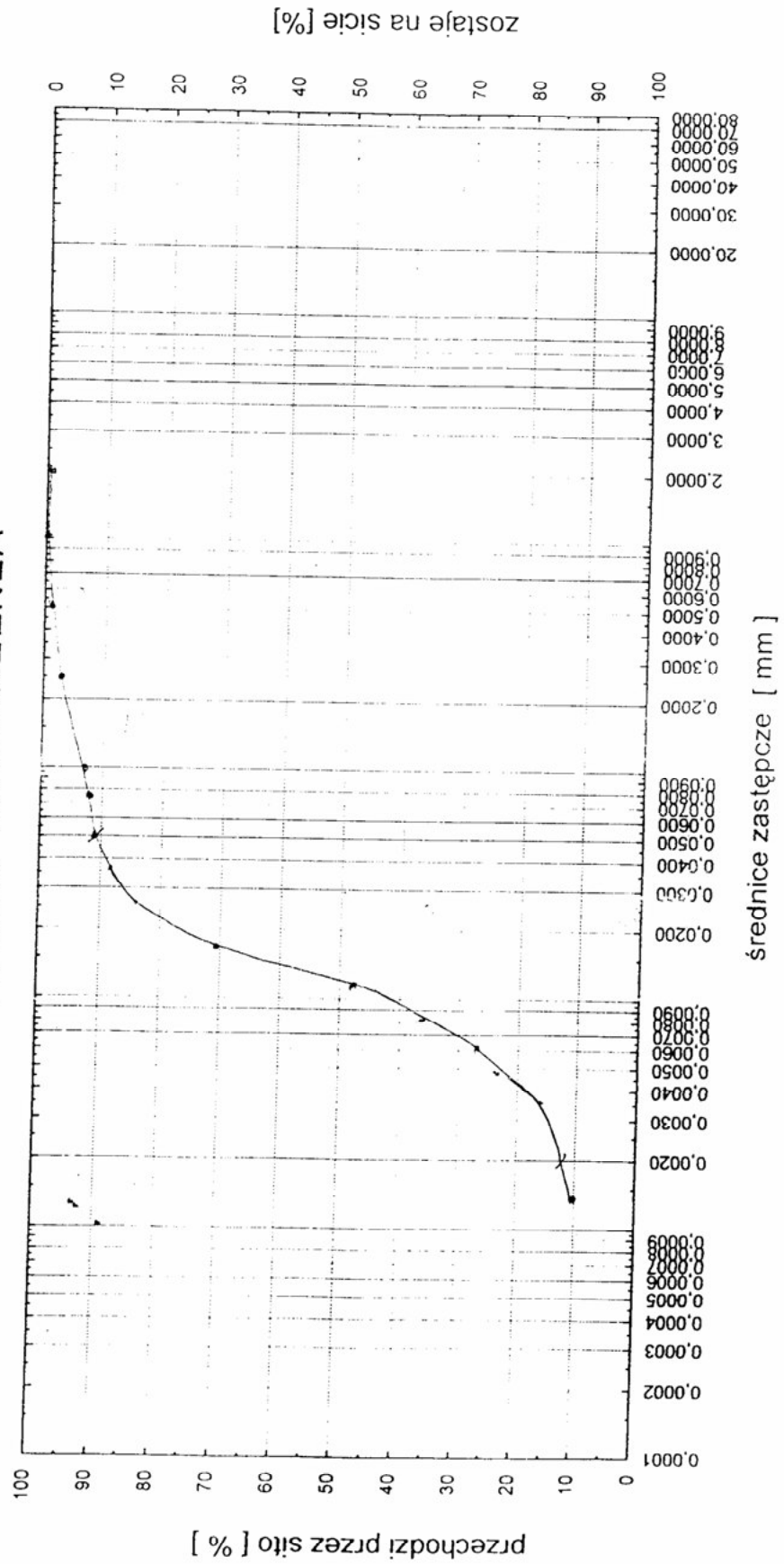
SYMBOL PRÓBK	1/TG 155
--------------	----------

BADANIE WYKONAŁ

DATA BADANIA

PS/TG-1/11.Z-9

WYKRES UZIARNIENIA



ZAŁĄCZNIK 2c

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW – LABORATORIUM GEOTECHNIKI
03-301 WARSZAWA, ul. JAGIELLOŃSKA 80, tel. 0-22 8111446, fax. 0-22 8145316

PS/TG-1/11.Z-9
str. 1/3

KARTA BADANIA
ANALIZA AREOMETRYCZNA – PN – 88/B-04481, pkt.4.2

Nr. Zlecenia/	Nr. Umowy	
Oznaczenie próbki	Data badania	2/TG-155 03.11.2004
Stosowane WpB		
Warunki środowiskowe		

2/76155

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW – LABORATORIUM GEOTECHNIKI
03-301 WARSZAWA, ul. JAGIELLOŃSKA 80, tel. 0-22 8111446, fax. 0-22 8145316

PS/ITG-1/11 Z-9

str. 2/3

KARTA BADANIA
ANALIZA AREOMETRYCZNA – PN – 88/B-04481, pkt.4.2

Kolorek 11		$\eta =$		$\alpha = 0,7$	$m_s = 40,0$ g	$\rho_s = 2,70$ g/cm ³	$H_1 = 100 \cdot \frac{\rho_s}{m_s (\rho_s - 1)} = 3,97$	Zawartość ziarn o średnicy < niż d_{17} $= H_1 R_2$	
cyf. 1		R_T		ΔR	$R_2 = R_1 + \Delta R + a$				
Czas sedy mentacji		t °C	$R_1 = R_T + c$		Średnice zastępcze cząstek d_T				
30"					$k = 0,25 \sqrt{H_1 \rho_s}$		$d_T = k d_{zw}$		
1'		24,0	24,7		-1,0		0,7399		
2'		23,0	23,7		-1,0		0,7521		
5'		22,0	22,7		-1,0		0,7640		
15'		20,0	20,7		-0,3		0,7874		
30'		14,5	15,2		-0,3		0,8537		
1h		11,0	11,7		-0,3		0,8849		
2h		8,0	8,7		-0,3		0,9151		
4h		6,5	7,2		-0,3		0,9347		
24h		5,0	5,7		-0,6		0,9444		
		2,0	2,7		-0,4		0,9728		

Oznaczenia

t – temperatura badania
 η – współcz. lepkości
 a – poprawka na temperaturę wg tabl. 7
 c – poprawka na menisk wg 4.2.6
 m_s – masa gruntu użytego do analizy
 R_T – skrócony odczyt z areometru
 ΔR – poprawka skali areometru wg wzoru 3
 d_{zw} – wzorcową średnicę cząstek wg tabl. 6
 H_1 – wielkość wg wzoru 5

Odwodnienia do tablic i wzorów normy
PN-88/B-04481

Uzupełniająca analiza sitowa

d_i	m_i	Δm_i	m_i	$Zd_i = m_i \cdot m_s$	$Z = \sum Zd_i$
1,0	—	—	—	—	—
0,5	0,09	—	—	0,23	0,23
0,25	0,14	—	—	0,35	0,58
0,100	0,29	—	—	0,73	1,31
0,075	0,28	—	—	0,70	2,01
$m_s =$ g	$\sum m_i =$ g	$\sum m_i =$ g	$Sm =$ g	$Sw =$ %	
Rodzaj gruntu i na podstawie badania					

Badanie wykonał:

M. Han

KONTROLA JAKOŚCI

WYNIK KONTROLI:

Warszawa, dnia

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW - LABORATORIUM GEOTECHNIKI TG-1

KARTA BADANIA - ANALIZA AREOMETRYCZNA STR. 3/3

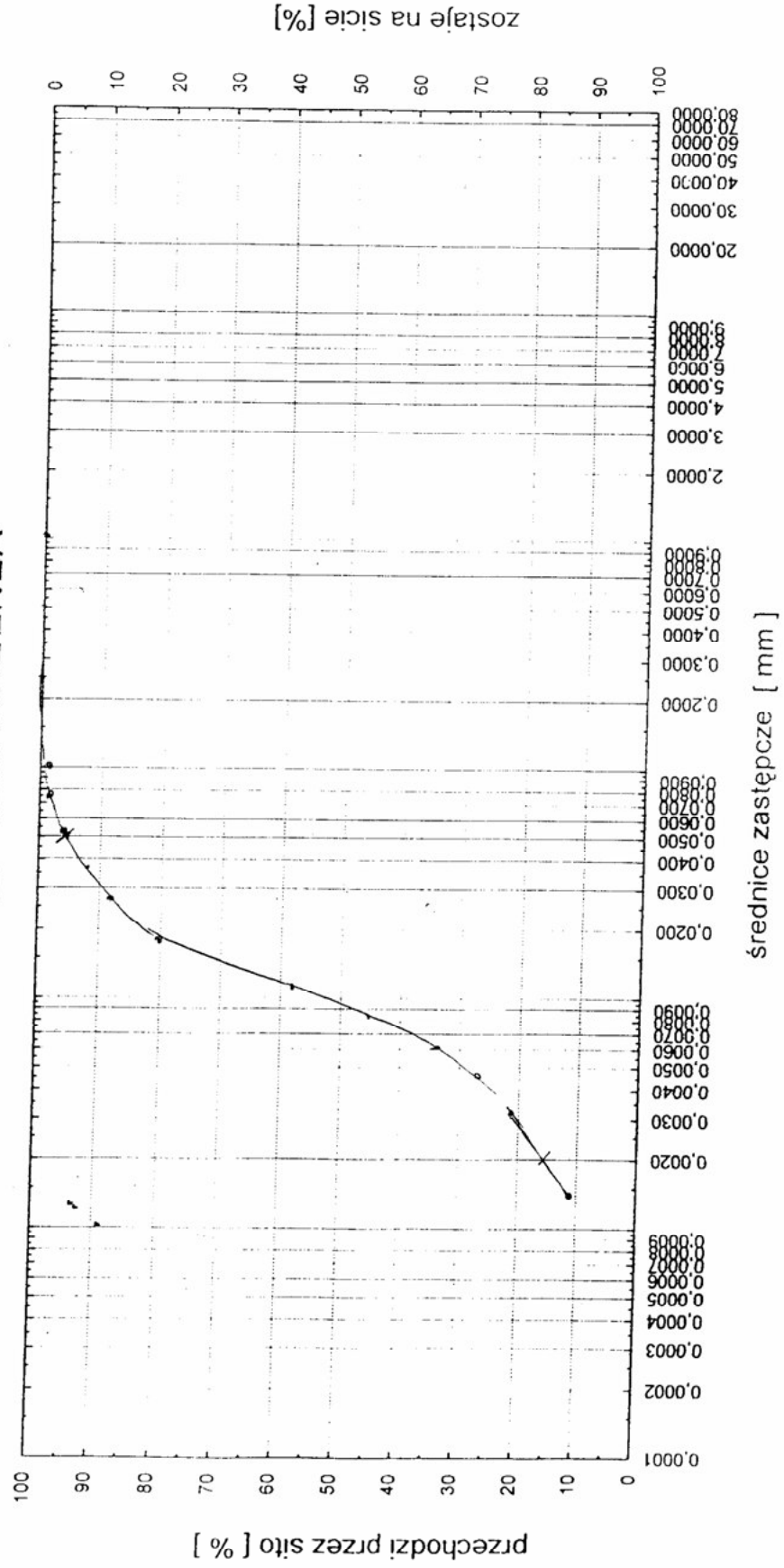
SYMBOL PRÓBK 2/1TG155

BADANIE WYKONAŁ

DATA BADANIA

PS/TG-1/11.Z-9

WYKRES UZIARNIENIA



Próbka 2a/TG155

Humus

1. Straty masy przy prażeniu

$$m_{st} = 139,01 \text{ g}$$

$$m_t = 102,77 \text{ g}$$

$$m_u = 137,33 \text{ g}$$

$$J_2 = \frac{1,68}{36,24} \cdot 100 = 4,64\%$$

Data badania: 27.10.2004

ZAŁĄCZNIK 2d

**KARTA BADANIA
ANALIZA SITOWA
PN-88/B-04481, pkt 4.1**

Nr. Zlecenia/	Nr. Umowy		
Oznaczenie próbki	Data badania	5/TG155	10.11.2004
Stosowane WPIB			
Warunki środowiskowe			

Wymiar oczka sita [mm]	Masa pozostałości na sicie			zawartość na sicie [%]	suma zawartości [%]
	mi [g]	mi [g]	mi [g]		
63,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
40,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
25,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
10,000	84,20	0,042	84,242	8,42	8,42
2,000	105,50	0,053	105,553	10,56	18,98
1,000	98,40	0,049	98,449	9,84	28,82
0,500	252,90	0,127	253,027	25,30	54,13
0,250	317,00	0,159	317,159	31,72	85,84
0,100	96,30	0,048	96,348	9,63	95,48
0,075	8,30	0,004	8,304	0,83	96,31
<0,075	36,90	0,018	36,918	3,69	100,00
suma	999,5	0,500	1000,000	100,00	

OZNACZENIE STRAT MASY

masa gruntu wziętego do analizy [Ms]	1000,00
masa gruntu po przesianiu [Σ Mi]	999,5
straty masowe [$S_m = M_s - \Sigma M_i$]	0,5
straty względne [$S_w = S_m / M_s \cdot 100$]	0,050
STRATY DOPUSZCZALNE	
WZGLĘDNE	$S_w \text{ dop} = 0.5 \%$
0,050 %	0,5%

RODZAJ GRUNTU	analiza makroskopowa	
	analiza sitowa	pospółka

Badanie wykonał:
techn. M. Harc.....

NIEPEWNOŚĆ BADANIA 2.1.....%

KONTROLA JAKOŚCI

WYNIK KONTROLI JAKOŚCI:

Warszawa, dnia

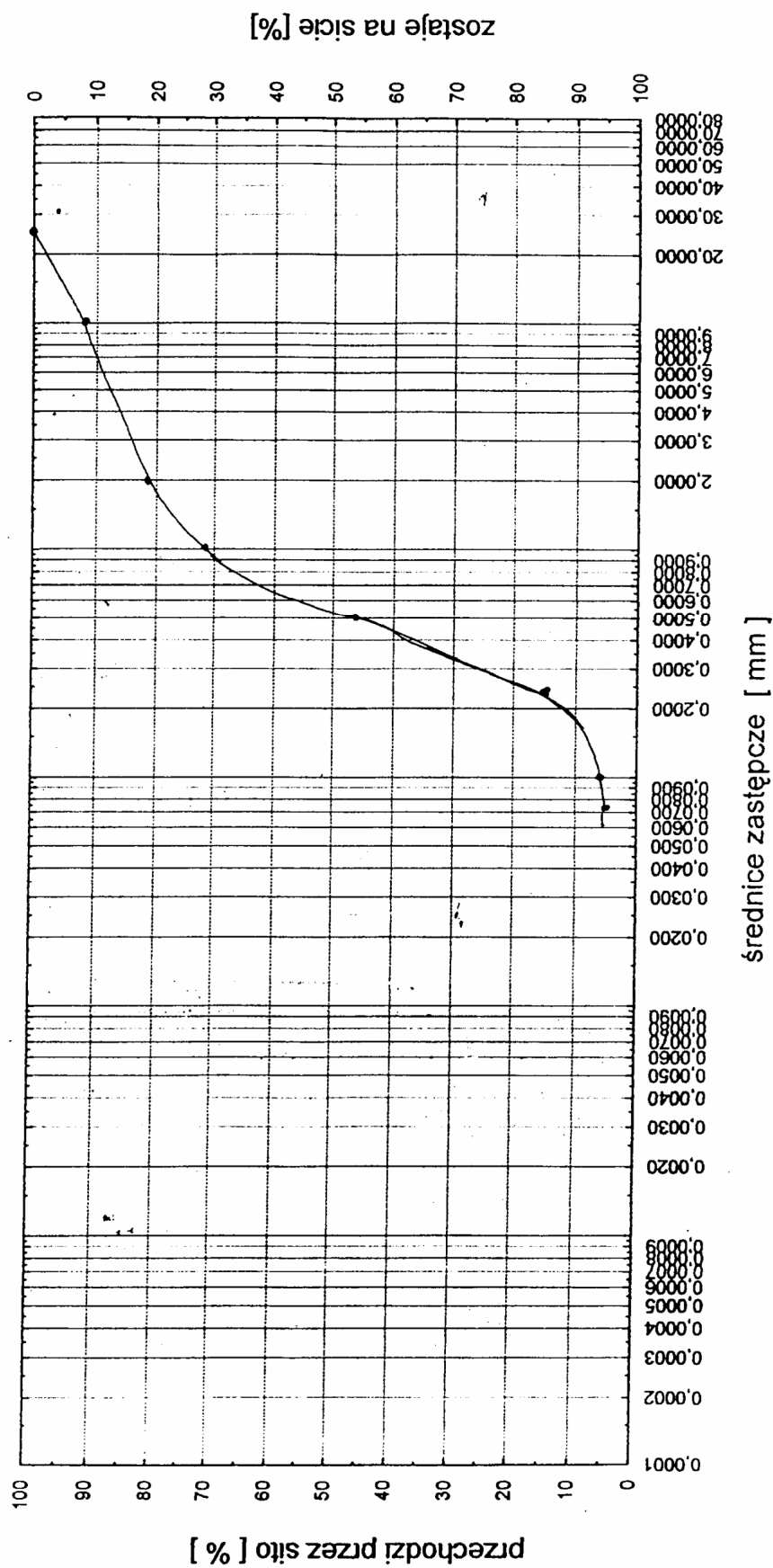
KARTA BADANIA - ANALIZA SI TOWA , PN-88/B-04481, pkt. 4.1 STR. 2/2

SYMBOL PRÓBKÍ 5/TG 155

BADANIE WYKONAŁ, DATA BADANIA

PS/TG-1/11. Z-7

WYKRES UZIARNIENIA



ZAŁĄCZNIK 2e

**KARTA BADANIA
ANALIZA SITOWA
PN-88/B-04481, pkt 4.1**

str. 1/2

Nr. Zlecenia/	Nr. Umowy		
Oznaczenie próbki	Data badania	6/TG155	15.11.2004
Stosowane WPiB			
Warunki środowiskowe			

Wymiar oczka sita [mm]	Masa pozostałości na sicie			zawartość na sicie [%]	suma zawartości [%]
	mi [g]	mi [g]	mi [g]		
63,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
40,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
25,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
10,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
2,000	2,11	0,001	2,111	1,41	1,41
1,000	2,06	0,001	2,061	1,37	2,78
0,500	10,84	0,007	10,847	7,23	10,01
0,250	32,45	0,022	32,472	21,65	31,66
0,100	51,53	0,034	51,564	34,38	66,04
0,075	9,65	0,006	9,656	6,44	72,47
<0,075	41,26	0,028	41,288	27,53	100,00
suma	149,9	0,100	150,000	100,00	

OZNACZENIE STRAT MASY

masa gruntu wziętego do analizy [Ms]	150,00
masa gruntu po przesianiu [Σ Mi]	149,9
straty masowe [Sm = Ms- Σ Mi]	0,1
straty względne [Sw = Sm / Ms]*100	0,067
STRATY DOPUSZCZALNE	
WZGLĘDNE	Sw dop = 0.5 %
0,067 %	0,5%

RODZAJ GRUNTU	analiza makroskopowa	barwa szaro-żółta
	analiza sitowa	piasek pylasty

Badanie wykonał:
techn. M. Hars.....

NIEPEWNOŚĆ BADANIA 2,1.....%

KONTROLA JAKOŚCI

WYNIK KONTROLI JAKOŚCI:

Warszawa, dnia

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW - LABORATORIUM GEOTECHNIKI TG-1

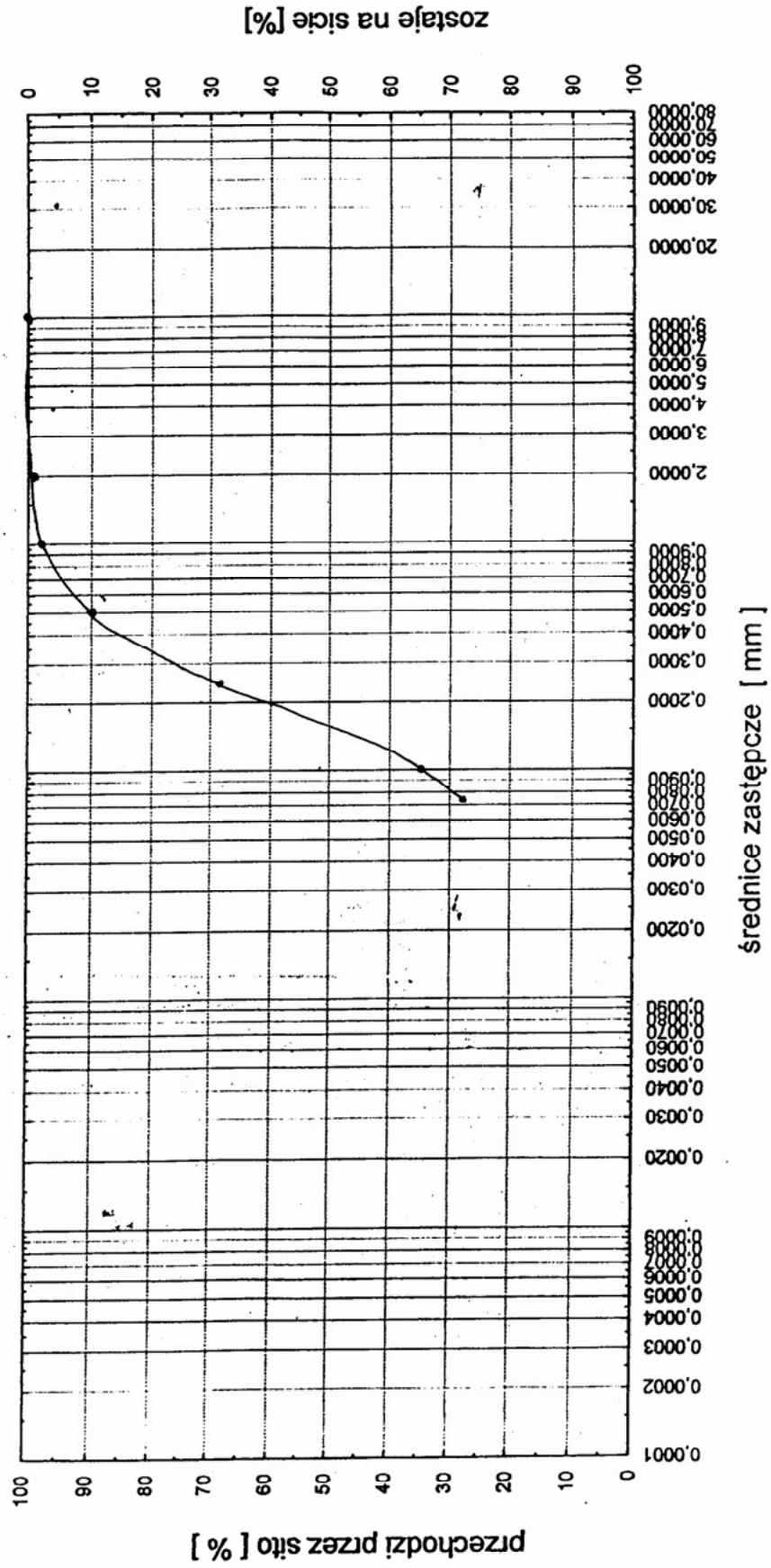
KARTA BADANIA - ANALIZA SITOWA, PN-88/B-04481, pkt. 4.1 STR. 2/2

SYMBOL PRÓBKİ 6/TG.455

PS/TG-1/11. Z-7

BADANIE WYKONAŁ DATA BADANIA

WYKRES UZIARNIENIA



**KARTA BADANIA
ANALIZA SITOWA
PN-88/B-04481, pkt 4.1**

Nr. Zlecenia/	Nr. Umowy		
Oznaczenie próbki	Data badania	7/TG155	15.11.2004
Stosowane WPIB			
Warunki środowiskowe			

Wymiar oczka sita [mm]	Masa pozostałości na sicie			zawartość na sicie [%]	suma zawartości [%]
	mi [g]	mi [g]	mi [g]		
63,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
40,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
25,000	0	0,000	0,000	0,00	0,00
10,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
2,000	2,33	0,001	2,331	1,55	1,55
1,000	1,97	0,001	1,971	1,31	2,87
0,500	10,62	0,003	10,623	7,08	9,95
0,250	32,98	0,009	32,989	21,99	31,94
0,100	49,72	0,013	49,733	33,16	65,10
0,075	9,26	0,002	9,262	6,17	71,27
<0,075	43,08	0,011	43,091	28,73	100,00
suma	149,96	0,040	150,000	100,00	

OZNACZENIE STRAT MASY

masa gruntu взятого do analizy [Ms]	150,00
masa gruntu po przesianiu [Σ Mi]	149,96
straty masowe [$S_m = M_s - \Sigma M_i$]	0,04
straty względne [$S_w = S_m / M_s \cdot 100$]	0,027
STRATY DOPUSZCZALNE	
WZGLĘDNE	$S_w \text{ dop} = 0.5 \%$
0,027 %	0,5%

RODZAJ GRUNTU	analiza makroskopowa	barwa szara + szara
	analiza sitowa	piasek pylasty

Badanie wykonał:
techn. M. Har.....

NIEPEWNOŚĆ BADANIA 2,1.....%

KONTROLA JAKOŚCI

WYNIK KONTROLI JAKOŚCI:

Warszawa, dnia

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW - LABORATORIUM GEOTECHNIKI TG-1

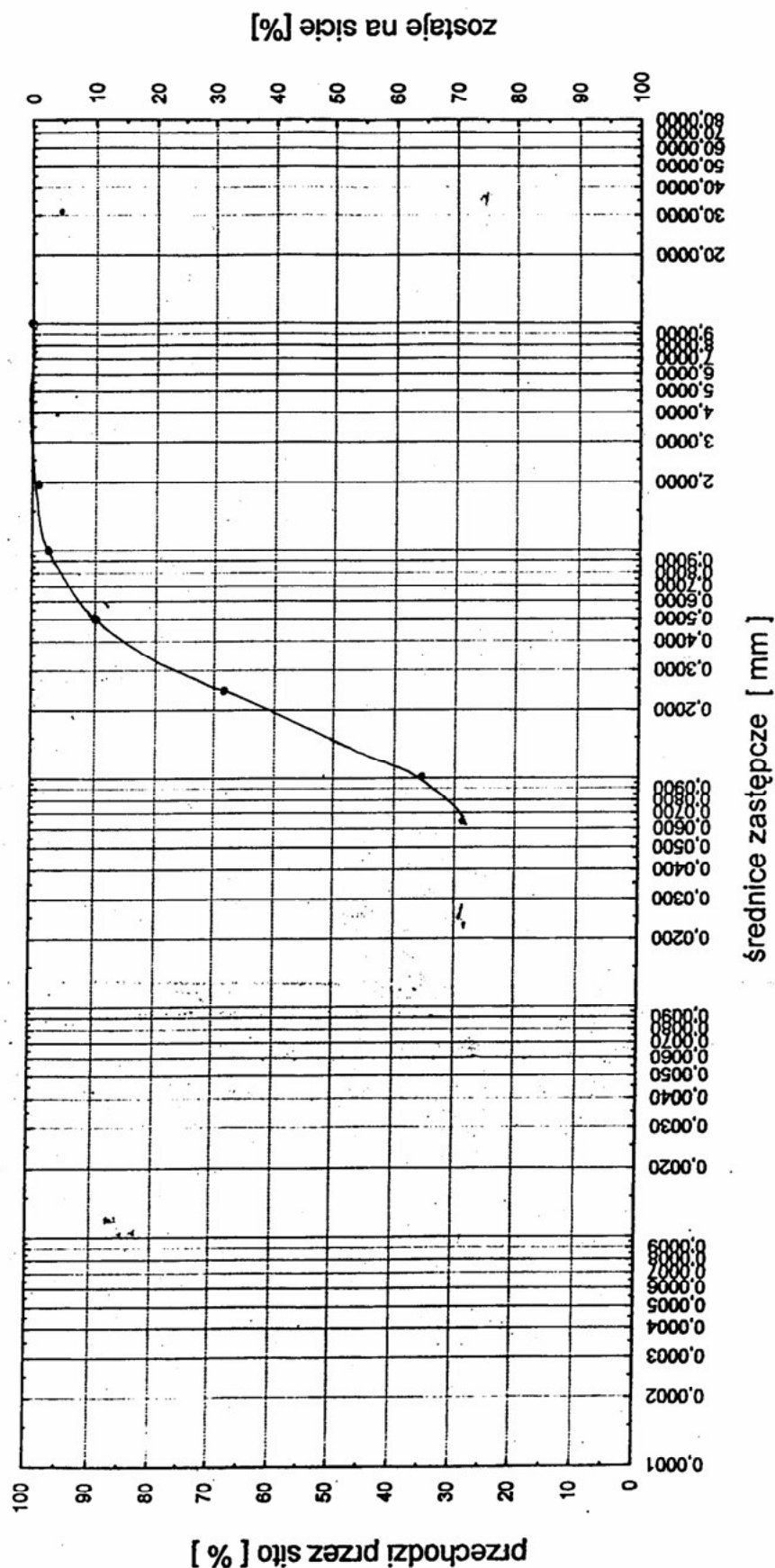
KARTA BADANIA - ANALIZA SITOWA, PN-88/B-04481, pkt. 4.1 STR. 2/2

SYMBOL PRÓBKİ 7/TG-155

PS/TG-1/11. Z-7

BADANIE WYKONAŁ DATA BADANIA

WYKRES UZIARNIENIA



ZAŁĄCZNIK 3

Tytuł lub nazwa	Numer zgłoszenia	Data zgłoszenia	Kod Ochrony	Numer prawa wyłącznego	Klasyfikacja MKP	Data publikacji BUP
SPOSÓB HYDRODYNAMICZNEGO SIEWU	258133	1986-02-24	B1	147319	A01C7/00 E02D17/20	
Sposób wytwarzania i układania darniny, zwłaszcza do pokryć skarp i zbrojona darnina zwłaszcza do pokrycia skarp	276261	1988-12-06	B1	159701	E02D17/20	1990-06-11
Konstrukcja oporowa i sposób stabilizacji osuwiska	282447	1989-11-22			E02D17/20	1991-06-01
Prefabrykowany element powłokowy konsolidacji skarp i nadbrzeży oraz sposób jej wykonania	283417	1990-01-24			E02D17/20 E02B3/14	1991-07-29
Sposób otrzymywania biowłókniny i biowłókna otrzymana tym sposobem	283674	1990-02-06			D04H11/08 E02D17/20	1991-08-26
Sposób umacniania skarp o pochyleniu stoku naturalnego i naruszonej strukturze gruntu	286252	1990-07-25	B1	162546	E02D17/20	1992-01-27
Sposób wykonywania zabezpieczeń skarp kanałów, zwłaszcza w budownictwie hydrotechnicznym	287550	1990-10-26	B1	163749	E02D17/20 E02B3/12	1992-05-04
Sposób wytwarzania wykładziny trawiastej	288736	1991-01-15			E02D17/20 D04H11/08	1992-07-27
Sposób otrzymywania materiału geobiotekstylnego i materiał geobiotekstylny	294970	1992-06-19	B1	171378	D04H11/08 E02D17/20 A01G31/00	1993-08-09
Sposób umacniania skarp, zwłaszcza kanałów melioracyjnych	295556	1992-08-04			E02D17/20	1994-02-07
Retencyjna wykładzina trawiasta do umacniania, rekultywacji i ozdabiania gruntu	297827	1993-02-22	B1	170681	E02D17/20 E04D5/08 D06N7/00	1994-09-05
Sposób rekultywacji składowisk, zwłaszcza drobnoziarnistych lub pylistych odpadów przemysłowych	301405	1993-12-09			E02D17/20	1995-06-12
Sposób stabilizacji zboczy nasypów i wykopów	302743	1994-03-23			E02D17/20	1995-09-30

Tytuł lub nazwa	Numer zgłoszenia	Data zgłoszenia	Kod Ochrony	Numer prawa wyłącznego	Klasyfikacja MKP	Data publikacji BUP
Sposób zagęszczania gruntu, zwłaszcza w nasypach z torowiskiem	304566	1994-08-03			E02D17/20 E01B17/00	1995-01-09
Sposób wytwarzania wzmocnionych dywanów trawiastych	307910	1995-03-29	B1	174960	E02D17/20	1996-09-30
Obudowa techniczno-biologiczna do umacniania i rekultywacji gruntów, zwłaszcza składowisk odpadów	312927	1996-02-23	B1	178216	E02D17/20 E02B3/14	1997-09-01
Sposób rekultywacji gruntów, zwłaszcza o dużym nachyleniu stoków	312928	1996-02-23	B1	178180	E02D17/20	1997-09-01
Pokrycie darniujące i sposób wykonania pokrycia darniującego	312929	1996-02-23			E02D17/20 B09B3/00	1997-09-01
Prefabrykowana płyta kratkowa, wypełniona trawą	322636	1997-10-16	B1	185485	E01C5/20 E02D17/20	1999-04-26
Komórkowa struktura zamykająca	326559	1996-10-30			E02D17/20	1998-09-28
Sposób ochrony zbocza przed erozją i sznur do ochrony zbocza przed erozją	329145	1998-10-12			E02D17/20 E02B3/04 D04D1/02	2000-04-25
Konstrukcja umocnienia skarpy i element konstrukcji umocnienia skarpy	329914	1997-05-14	B1	183692	E02B3/14 E02D17/20	1999-04-26
Okładzina do rekultywacji gruntu	330507	1998-12-23			E02D17/20 E02D3/14	2000-07-03
Gruntowa mata wegetacyjna	330508	1998-12-23			E02D17/20 E02B3/14	2000-07-03
Sposób wykonania środka do stabilizacji wierzchniej warstwy gruntu i środek do stabilizacji warstwy wierzchniej gruntu	332391	1999-04-01			E02D3/12 E02D17/20	2000-10-09
Pasmowe podłoże do wegetacji roślin	333418	1998-09-03			A01G31/00 E02D17/20	1999-12-06

Tytuł lub nazwa	Numer zgłoszenia	Data zgłoszenia	Kod Ochrony	Numer prawa wyłącznego	Klasyfikacja MKP	Data publikacji BUP
Sposób stabilizacji skarpy	336575	1998-04-28			E02D17/20	2000-07-03
Siatka wzmacniająca i budowla ziemna albo wodna, zawierająca taką siatkę	340738	1998-11-30			E02D31/00 E02D17/20	2001-02-26
Sposób zabezpieczenia gruntów przed erozją wodną powierzchniową i wąwozową i urządzenie do zabezpieczenia gruntów przed erozją wodną powierzchniową i wąwozową	345788	2001-02-12			E02B3/00 E02B11/00 E02D17/20	2002-08-26
Sposób tworzenia elewacji zbocza skarp i nasypów oraz przyrząd do realizacji tego sposobu	349867	2001-09-26			E02D17/20	2003-04-07
Mata kompozytowa, zwłaszcza do zabezpieczania nachylonych powierzchni terenu przed erozją	358972	2003-03-04			E02D17/20	2004-09-06