

dr inż. Marian Głazewski
Instytut Budownictwa Mechanizacji
i Elektryfikacji Rolnictwa
02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 32
tel. centr. 542-11-14
kom. 608-043-464

Skarpy budowli ziemnych w procesie budowy i eksploatacji dróg

Slopes of earthen structures in the process of roads building and exploitation

Budowa autostrad, obwodnic oraz modernizacja dróg szybkiego ruchu pociąga za sobą drastyczną integrację w środowisko naturalne.

Liniowe drogowe budowle ziemne, w tym zwłaszcza skarpy drogowe są narażone na erozję powierzchniową w trakcie ich budowy (formowania) oraz późniejszego eksploataowania (gwarancja, rękojmia). Usuwanie skutków erozji pochłania do 20% kosztów robót ziemnych. Dlatego istotne jest, aby skutecznie chronić powierzchnie skarp przed działaniem czynników denudacyjnych [Sinkiewicz 1998]. Wody opadowe z nawierzchni drogowych nie mogą bezpośrednio spływać na nieumocnione pobocza gruntowe i skarpy. Pobocza muszą być umocnione techniczno-biologicznie wraz z wykonaniem podbudów, a trawy na skarpach powinny mieć wykształcony trzeci listek.

Building up of high ways, ring roads and modernization of speedways drastically impacts natural environment.

During formation and then exploitation actions all linear road earthen structures, especially road slopes, are exposed to the process of surface erosion. Elimination of erosion effects takes up about 20% of earth work total cost. That is why the effective protection of slope surface against negative impact of denudation factors is very important. Rain water cannot run-off directly from road surfaces onto non-reinforced ground shoulders or slopes. Together with building the road foundation, technical and biological revetment of shoulders must be made, and grass on the slopes should be at three-leaf stage.

1. Wstęp

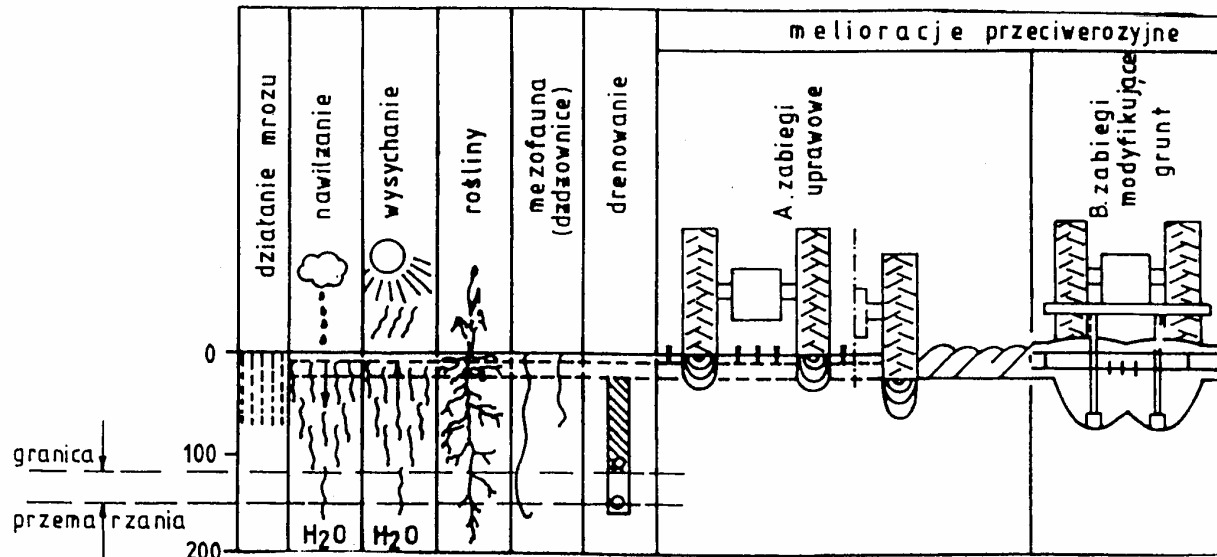
W dalszym ciągu panuje przeświadczenie, że oddanie do ruchu obwodnicy, odcinka autostrady, linii kolejowej – po modernizacji to jest to, a że są nieumocnione pobocza, zredukowane skarpy, to samo zarośnie. Musimy wrócić do słowa – pojęcia **inżynier** – wprowadzonego przez Francuzów w XVI wieku. Otóż **Inżynier** na pierwszym miejscu to geniusz, a drugie pojęcie to budowniczy fortyfikacji, a fortyfikacje to wały ziemne i gabiony. Droga samochodowa, linia kolejowa, obwałowania ziemne rzek to też budowle obronne. [Coopin N.J., Richards I.G. 1990] [Tadeusiewicz R. 2005]

Pokrycie roślinnością zboczy i skarp nasypów lub przekopów napotyka na znaczne trudności. Nie mamy, bowiem do czynienia z glebą i często wprowadzana roślinność musi odgrywać rolę pionierską w procesie glebotwórczym. Pochylenie sprawia, że nakładana warstwa ziemi urodzajnej - zabieg niezbędny do uzyskania polepszenia warunków siedliskowych - ma tendencję do zsuwania się, podobnie jak przemieszczone są nawozy czy nasiona, z górnej w dolną część skarpy. Stąd wynikają diametralnie różne warunki bytowe u góry i u dołu skarpy. W górnej, części, gdzie jest najbardziej sucho, roślinność jest szczególnie narażona na działanie wiatru, a system korzeniowy często ulega obnażaniu z gleby (ziemi urodzajnej). W zimie wiatry bardzo często zwiewają pokrywę śnieżną w tych partiach skarpy przyczyniając się do wymarzania i osłabiania roślin. U dołu skarpy gromadzi się ziemia urodzajna, poziom próchniczny ma większą miąższość, stąd też tworząca się gleba ma większe możliwości gromadzenia zapasu wody, a więc i roślinność znajduje stosunkowo niezłe warunki bytowania oraz rozwoju. [Dzierżawski, Głazewski 1985].

Równie duże zróżnicowanie warunków siedliskowych występuje w przekopach (wykopach), gdzie na większości powierzchni skarp mamy do czynienia tylko ze skałą macierzystą (gruntem płonnym), która może charakteryzować się bardzo różnymi warunkami, jeśli chodzi o naturalną żyzność (troficzność), jak i stosunki wodne. [Jewgieniew, Sawin 1989].

Przez pojęcie **skarpa** należy rozumieć nie tylko pochylone powierzchnie ośrodka gruntowego, lecz również przyległe pasy poziome („brewki”) o odpowiedniej (wymaganej) szerokości na koronie i u podnóża.

Rysunek 1 odzwierciedla czynniki kształtujące powstawanie profilu gleb na pochyłościach.



Rys. 1. Czynniki kształtujące profil gleb (na skarpach)

A. zabiegi uprawowe

- wyrównanie:
 - skarpowanie
 - plantowanie
- watanie
- mieszanie:
 - kultywatorowanie
 - bronowanie
 - włótkowanie
 - frezowanie
 - bruzdowanie
 - moletowanie

B. zabiegi modyfikujące i użyźniające grunty

- humusowanie
- matowanie
- mulczowanie (ściółkowanie)
- wapniowanie (gipsowanie)
- ilowanie
- nawożenie ograniczno-mineralne
- HYDROOBSIEW

2. Zagadnienia związane z zagęszczeniem korpusów nasypów oraz skarp

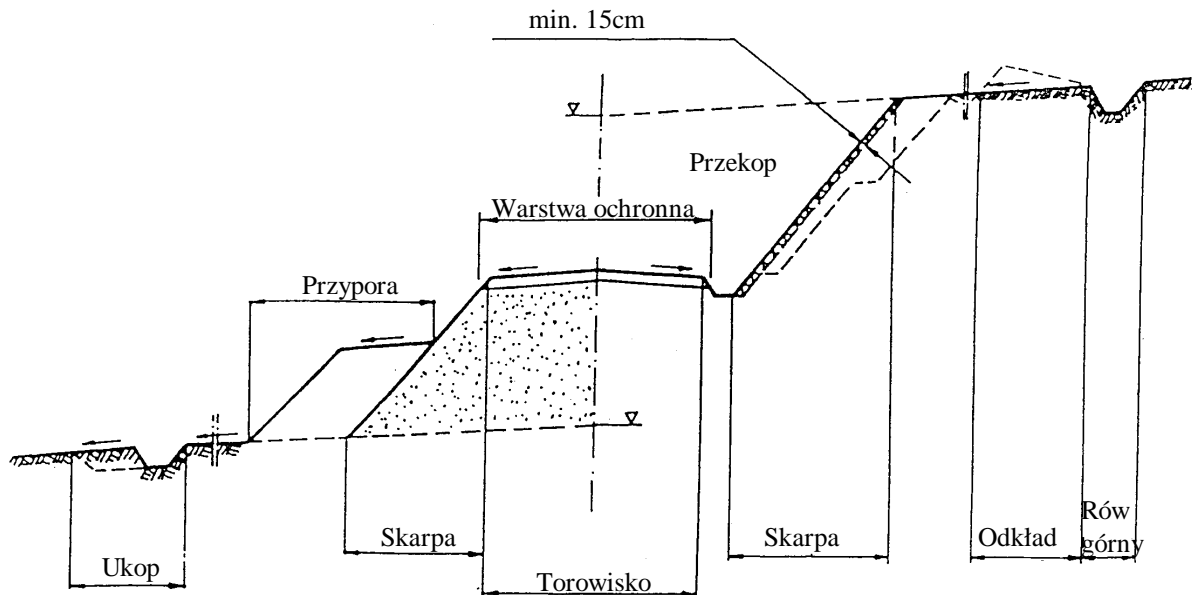
Zgodnie z wymaganiami normy BN-88/8934-02 „Podtorze i podłoże kolejowe, roboty ziemne, wymagania i badania”, na skarpach powinna być wytworzona warstwa ziemi urodzajnej, zawierająca co najmniej 2% części urodzajnej należy obsiać mieszanką nasion traw, motylkowatych i bylin w ilości 20-30 g/m², dobraną odpowiednio do warunków siedliskowych. Po upływie 12 miesięcy od wykonania obsiewu maksymalny wymiar pojedynczych niezadarnionych miejsc nie powinien przekraczać 0,5 m²/100m². *W uzasadnionych przypadkach można stosować inne sposoby umocnienia skarp, wg. indywidualnych projektów technicznych.* W wyżej wymienionej normie oraz w normie branżowej „BN-72/8932-01” Budowle drogowe i kolejowe.. Roboty ziemne”. Wymagane minimalne wskaźniki zagęszczenia korpusu drogowego wynoszą $J_s \geq 0,95/0,92/$, zaś w normie BN-83/8959-01 „Urządzenie melioracji wodnych. Nasypy. Wymagania i badania” podano, że dla gruntów spoistych $J_s \geq 0,92/0,90/$, a dla gruntów sypkich $J_D \geq 0,55$. Ponadto w tej normie jest zapis:” Skarpy nasypu powinny mieć zagęszczenie takie same jak nasyp”

W normie PN-S-02205: styczeń 1998 rysunek 3 str. 13 wartość wskaźnika zagęszczenia powinna wynosić: dla skarp $J_s \geq 0,95$. W wyniku przeprowadzonych badań geotechnicznych na kilkunastu obiektach, zwłaszcza na skarpach nieużytków, przy pomocy urządzeń do uprawy rekultywacyjnej stwierdzono, że podłoże pod warstwą urodzajną może mieć wyjątkowo dla skarp o wystawie północnej minimalny wskaźnik zagęszczenia $J_s \geq 0,90$.

Przy wznoszeniu nasypów budowlanych wymagane jest zagęszczenie ich korpusów oraz skarp przy wilgotnościach optymalnych. Przy tych wilgotnościach zjawiska erozji wietrznej nie występują, a jeśli są to tylko w marginalnej formie, nawet przy wbudowywaniu w nasypy mieszanek popiołowo-żużlowych.

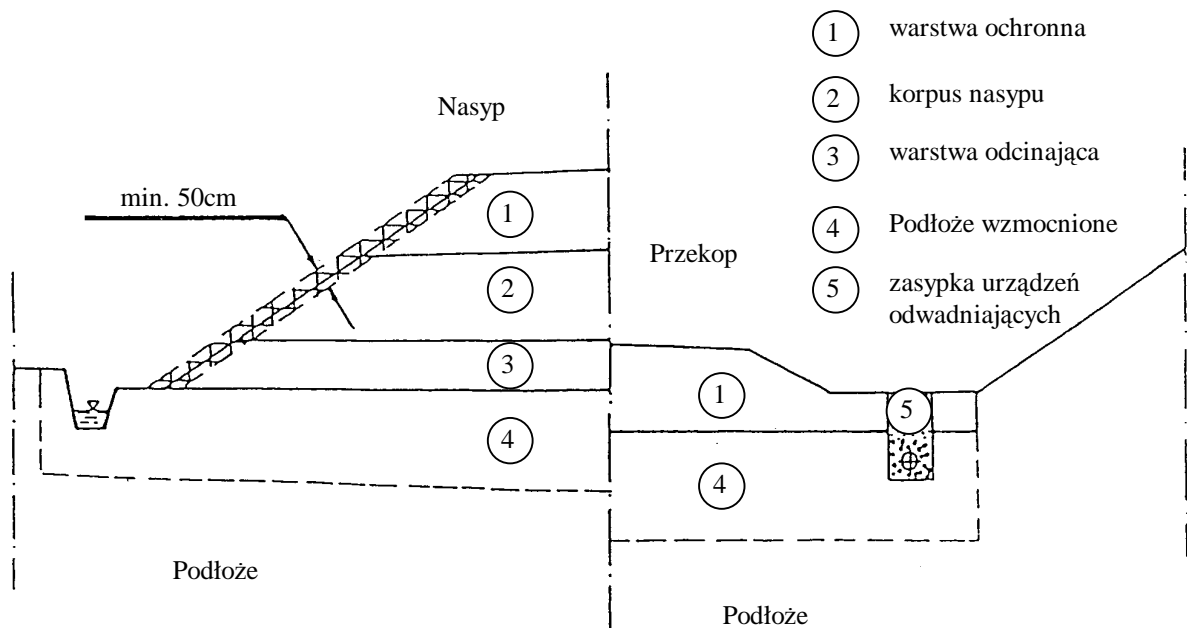
Tradycyjne sposoby przygotowania powierzchni skarp w przekopach i nasypach pokazano na rysunkach 1 i 2.

Uwaga: Przy hydroobsiewach w przekopach nie ma potrzeby wybierania gruntów pod nałożenie warstwy ziemi urodzajnej („humusu”) ca znacznie zmniejsza koszty zadarnienia.



Rysunek 1. Zebrana warstwa gruntu XXX (konieczność humusowania)

Źródło: [Głazewski M 2003 b]



Rysunek 2. Nadmiar gruntu XXXX do usunięcia z uwagi na konieczność:

- a) uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia
- b) uwzględnienia klinu odłamu gruntu

Źródło:[Głazewski M. 2003 b]

3. Zabiegi agrotechniczne [Głazewski i in. 2004]

Zabiegi agrotechniczne, dobrane w zależności od warunków miejscowych, są następujące:

1. likwidacja rillmarek (usunięcie drobnych rynienek erozyjnych) do 10 cm i użyczenie,
2. bezpośredni siew rzutowy krzyżowy wybranych mieszanek traw (najczęściej ręczny z grabieniem i ubijaniem),
3. humusowanie z uprzednim wykonaniem poziomych bruzd, naniesieniem ziemi urodzajnej, dogęszczeniem naniesionej warstwy, siew rzutowy/krzyżowy dobranych kompozycji nasion traw i motylkowatych oraz moletowanie (dogęszczenie) obsianych powierzchni,
4. bruzdowanie nachylonych powierzchni, naniesienie 5 cm warstwy ziemi urodzajnej, rozścielenie uprzednio sfałdowanej biowłókniny, przykołkowanie jej wraz z zasznurowaniem i „przyprószeniem” 2-centymetrową warstwą ziemi urodzajnej (należy pamiętać o systematycznym deszczowaniu, aby nie dopuścić do przesuszenia biowłókniny),
5. hydromechaniczne naniesienie warstw użyźniająco-przeciwoerozyjnych (mulczowanie, hydromulczowanie) z zastosowaniem odpowiednich do warunków miejscowych środków nośnych (mediów), jak też kompozycji nasion traw oraz motylkowatych i obsiewy,

4. Trawy i motylkowate drobnonasienne [Ziaja 1993], [Dzierżawsk, Głazewski, Makowski 1990]

Trawy są najbardziej odporne spośród wszystkich roślin nadających się do wstępnego i trwałego zagospodarowania terenu w strefach uciążliwego oddziaływania zanieczyszczeń np. z dróg. Dziko rosnące gatunki i ekotypy traw pochodzenia lokalnego ze względu na trudności w pozyskaniu nasion – nie mają większego znaczenia dla planowego zagospodarowania stref ochronnych. Dlatego też stosowane są rozmaite uprzednio sprawdzone mieszanki (kompozycje) traw.

Podstawowymi warunkami intensywnej wegetacji traw są korzystne stosunki wodne i pokarmowe oraz minimalna zawartość substancji toksycznych w środowisku glebowym. Tego rodzaju warunki można stworzyć niemal wszędzie, nawet przy dużych nachyleniach i przy znacznych koncentracjach zanieczyszczeń w przyziemnej części atmosfery.

Bieżące regulowanie stosunków pokarmowych i wodnych, zgodnie z wymaganiami uprawianych roślin oraz z ich funkcją w strefie, należy do zadań agrotechniki.

Przy doborze gatunków i mieszanek (kompozycji) roślin do zadarnień należy uwzględnić następujące warunki i cele:

- funkcje (sposób użytkowania) powierzchni zadarnionej na terenie ziemnego obiektu budowlanego i w strefach oraz pasach ochronnych;
- skład mechaniczny profilu glebowego i żyzność gleb - w tym zawartość próchnicy i składników pokarmowych - oraz wilgotność;
- skład mechaniczny oraz wartość użytkowa wierzchniej warstwy utworów antropogenicznych np., jeśli były zastosowane popioły lotne;
- poziom i rodzaj zanieczyszczenia atmosfery;
- zadania sanitarne szaty roślinnej w stosunku do atmosfery i gleby.

5. Po zasiewie – czas na zabiegi pielęgnacyjne (pratotechnicznej) [Głazewski, Kalotka 1999]

Aby po zasiewie doszło do właściwego ukształtowania się szaty roślinnej, dobrze okrywającej grunt i zabezpieczającej go przed erozją, konieczne jest stosowanie pewnych zabiegów pielęgnacyjnych: koszenie, użyźnianie, ścinanie nierówności i kęp. Koszenie, wkrótce po wschodach, zapobiega zagłuszeniu młodych siewek przez chwasty, a w dalszych terminach powoduje wzmocnienie i lepsze rozkrzewienie się roślin. Skoszona roślinność musi być niezwłocznie usuwana z zagospodarowanej powierzchni. Po pokosie korzystne jest stosowanie nawożenia, zwłaszcza azotowego. Wysokość nawożenia ustala się w zależności od zastosowanej wcześniej dawki osadów ściekowych.

Obowiązującą regułą jest ograniczenie nawożenia do niewielkich, interwencyjnych dawek. Jednorazowa dawka nawozów azotowych nie powinna przekraczać 50 kg czystego składnika na ha. Na podstawie 22-letnich doświadczeń stwierdzono, że wiosenne lub po pierwszym koszeniu zasilanie mieszaniną osadów ściekowych o stopniu uwodnienia 94° w ilości 4 l/m z dodatkiem nawozów do 30 kg azotu/ha gwarantuje zachowanie w dobrym stanie wytworzonej na skarpach i zboczach szaty roślinnej. W drugim roku po obsiewie kosi się zwykle dwa razy, a w trzecim – tylko raz. Takie postępowanie doprowadzi do wytworzenia się muraw.

6. Podsumowanie i wnioski

Budowle ziemne, w tym zwłaszcza skarpy drogowe, są narażone na erozję, powierzchniową/żłobinową, w trakcie ich budowy i późniejszej eksploatacji. Usuwanie skutków erozji pochłania w polskim drogownictwie do 20% kosztów robót ziemnych. Dlatego istotne jest, aby skutecznie chronić powierzchnie skarp przed działaniem czynników erozyjnych. Trawy (siewki→porost→ruń)przejmują doraźnie funkcję przeciwezyjną oraz są odporne na mróz w formie rozwiniętego trzeciego listka, tj. dla skarp o wystawie północnej po 40 dniach, a dla skarp o wystawie południowej po 60 dniach od momentu obsiewu.

Do tego czasu potrzebne jest tymczasowe zabezpieczenie przeciwezyjne obsianych powierzchni skarp właściwych np. za pomocą tymczasowych krawężników lub układanych docelowo ścieków po boku (ach) nawierzchni (jezdni) a także doraźne zabezpieczenie naddatków skarp, zwłaszcza na nasypach. Przykładowo, w Japonii naddatki skarp nasypów przykrywa się siatką do osłony rusztowań, co przeciwdziała powstawaniu deluwium. Rillmarki (doraźne smugi – rynienki erozyjne) są likwidowane poprzez wkładanie w żłobiny woreczków z piaskiem.

Właściwa technologia formowania zbocza (z zachowaniem wymaganego zagęszczenia), jak i sposób nakładania poszczególnych warstw hydromieszaniny o odpowiednich właściwościach gwarantują skuteczność hydroobsiewu jako metody ochrony przeciwezyjnej powierzchni pochyłych utworów antropogenicznych. Nieprzestrzeganie tych zasad, ujętych dotychczas częściowo w obowiązujących normach, specyfikacjach [Roz. Min. Inf. 2004] i/lub instrukcjach, skutkuje potrzebą zwiększenia nakładów inwestycyjnych, a równie często jest przyczyną strat w produkcji rolniczej np. przy budowie obwodnic drogowych.

7. Zestawienie wyjaśniające istotne różnice w technologii i kosztach między dwoma stosowanymi metodami obsiewu skarp nasypów

Wyszczególnienie warunków oraz czynności technologicznych	Metoda tradycyjna (humusowanie)	Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa	Metoda hydroobsiewu (hydromulczowanie)	Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
1	2	3	4	5
<p>1) Warunki wynikające z normy PN-S-002205 styczeń 1998, oraz ogólnej specyfikacji technicznej D-06.01.01. Umocnienie skarp, rowów i ścieków Warszawa 2001r dotyczące przygotowania podłoża skarpy tj.</p> <p>a) miąższość warstwy zagęszczonej skarpy min. 0,5m, b) wskaźnik zagęszczenia w ww. warstwie $I_s > 0,95$, c) wynikająca z ww. punktów a) i b) porowatość gruntu powinna zapewnić to, że woda zawarta w kapilarach będzie wystarczająca do rozwoju traw, osiagających trzeci rozwinięty listek. Aby spełnić ten wymóg, wskazane jest deszczowanie skarpy lub też prowadzenie robót po obfitych deszczach,</p> <p>d) uzyskanie warunków wymienionych w punktach a) i b) wymaga stosowania naddatku* - tymczasowej warstwy, która będzie zdejmowana ze skarpy przed końcowym obsiewem, zgodnie z ww. normą po zakończeniu robót ziemnych i osiągnięciu korony nasypu.</p> <p>1) Zdejmujemy naddatek* ze skarpy, a następnie: a) wykonujemy poziome bruzdy w odstępach ok. 1 m na głębokość 7 do 10 cm aby zwiększyć stabilność nałożonej urodzajnej ziemi, którą dogęszczamy i uzyskujemy warstwę o miąższości min. 10 cm. Warstwę tę moletujemy, b) sianie krzyżowe mieszanek traw, a następnie wałowanie (moletowanie) tej powierzchni, c) deszczujemy powierzchnię o ile istniejące warunki atmosferyczne nie zapewniają wystarczają wilgotności gleb w okresie 40 do 60 dni.</p>	<p>identyczne</p> <p>identyczne identyczne identyczne</p> <p>Najczęściej nie wykonuje się naddatku, co powoduje, że często musimy usuwać skutki erozji wodnej na skarpie właściwej</p> <p>Czynność na ogół konieczna</p>	<p>Nadzór nad przestrzeganiem wymogów geotechnicznych oraz agrouprowowych podczas siewu i zabiegów pratotechnicznych w okresie gwarancji i rękojmy (dla skarp o wystawie północnej – 2 lata dla skarp o wystawie południowej – 3 lata</p>	<p>identyczne</p> <p>identyczne identyczne identyczne</p> <p>Zabezpieczamy przed erozją wodną z naddatkiem przez hydromulczowanie, koszt operacji około 1 zł/m²</p> <p>Sianie sześciokrotne krzyżowe hydrosiewnikiem w celu uzyskania minimum trzech warstw</p> <p>Czynność zbędna</p>	<p>Nadzór nad przestrzeganiem wymogów geotechnicznych oraz agrouprowowych podczas hydromulczowania/hydroobsiewu i zabiegów pratotechnicznych w okresie gwarancji i rękojmy (dla skarp o wystawie północnej 2 lata a dla skarp o wystawie południowej 3 lata).</p>
Koszty zastosowanej metody obsiewu	8÷10 zł/m ²	2,2÷2,7 zł/m ²	Suma pozycji 1 d)+2 d) 1 zł + 3 zł = 4 zł/m ²	1,3÷1,8 zł/m ²
Całkowite koszty uwzględniające nadzór technologiczny (poz. 2+3 i poz. 4+5	10,2÷12,7 zł/m ²	2,2÷2,7 zł/m ²	4 zł/m ²	5,3÷5,8 zł/m ²

*Uwaga! Dotychczas nie ujęto konieczności wykonywania naddatku technologicznego (poszerzenia) w ogólnej specyfikacji technicznej dotyczącej budowy nasypu, D-02.00.00:2002. Roboty ziemne.

Wymagania dotyczące hydroobsiewu:

- a) Wykonanie techniczno-biologicznego umacniania skarp nasypów powinno być zgodne z ustawą o zamówieniach publicznych (Dz. U. Nr 72 z dnia 12 czerwca 2002 r. Art. 17 i Dyrektywą Unii Europejskiej Nr 92/13/EEC z dnia 25 lutego 1992),
- b) Proces techniczno-biologicznego umacniania skarp nasypów należy przeprowadzić pod nadzorem merytorycznym i technologicznym Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, zwłaszcza w zakresie wyżej cytowanych aktów prawnych i ogólnej specyfikacji technicznej,
- c) Wyposażenie hydrosiewnika w aparaturę (wskaźniki), umożliwiającą pomiar na wale mieszadła mocy lub momentu obrotowego w celu odbioru odpowiedniej do warunków atmosferycznych i gruntowo-wodnych konsystencji (lepkości) mieszaniny siewnej,
- d) Właściwe przygotowanie składu hydromieszaniny i dobór mieszanek traw. W przypadku wykorzystywania osadów ściekowych, uzyskujemy z oczyszczalni ścieków dopłatę około 100 zł/tonę (np. w Warszawie przy 20% suchej masy),
- e) Możliwość przejazdu wzdłuż nasypu ciągnika z hydrosiewnikiem.

Uwaga! Stosowanie innych technologii techniczno-biologicznego umacniania skarp nasypów jest jeszcze bardziej kosztowne od podanej metody tradycyjnej i wynosi nawet 20 zł/m², nie zawsze jednak techniki te gwarantują dobre efekty zabezpieczające.

Wyjaśnienia dotyczące wymagań w zakresie wykonania nasypów:

Uzyskanie doświadczenia praktyczne wskazują, że nie ma możliwości wykonania nasypu w sposób zapewniający uzyskanie wskaźnika zagęszczenia $I_s > 0,95$ w warstwie o miąższości 0,5 m na nachylonej powierzchni skarpy. Jedynym sposobem jest kolejne wykonanie nasypu o większej szerokości, a następnie zdjęcie tzw. nadadanku technologicznego po uformowaniu nasypu. Wynika to z faktu, że urządzenia zagęszczające nie mogą zbliżyć się do krawędzi skarpy, ze względu na niebezpieczeństwo osunięcia się gruntu. W następstwie tego może dojść do groźnego dla operatora wypadku.

Nie zachowanie wymaganego wskaźnika zagęszczenia spowoduje w niedługim czasie:

- osunięcie skarpy (kął stoku naturalnego oraz klin odłamu)
- wyschnięcie siewek traw rosnących na skarpie.
- stan prowadzonych w w/w sposób skarp powinien umożliwiać pozyskiwanie pasów darni do zadarnień krzyżowych

Źródło: [Głazewski M., Eymontt A. 2005]

BIBLIOGRAFIA

1. Coopin N.J., Richards I.G.: Use of Vegetation in Civil Engineering. CIRIA – Butterworths, Londyn 1990
2. Dzierżawski K., Głazewski M.: Nowe możliwości zadarniania kolejowych budowli ziemnych. Drogi Kolejowe, 9, 1985
3. Dierżawski K., Głazewski M., Makowski J.: Ingenieurbiologische Bepflanzung der Böschungen-Dynamische Hydrosaat mit Anwendung der Abwasserablagerungen. Prace Instytutu Badawczego Dróg i Mostów 1/90
4. Głazewski M.: Hydroobsiew jako metoda ochrony przeciwozyjnej pochyłych powierzchni utworów antropogenicznych. Rozprawa doktorska, IBMER Nr bibl. XXVIII/771, Warszawa 2003
5. Głazewski M.: Wznoszenie, formowanie, zagęszczenie, plantowanie przypór budowli ziemnych oraz naddatków skarp. Seminarium nt. Inżynieria wznoszenia budowli ziemnych oraz zabezpieczenia techniczno-biologiczne skarp, Energopomiar Gliwice 2003
6. Głazewski M. i in.: Zasady agrogeotechnicznego przygotowania skarp drogowych do zadarniania. IBDiM, Warszawa 2004
7. Głazewski M.: Badania procesów erozji wodnej skarp budowli ziemnych. Drogi i Mosty, Warszawa 2/2005 a
8. Głazewski M.: Skarpy drogowe. Magazyn Autostrady Drogowe, Warszawa 10/2005 b
9. Głazewski M., Eymontt A.: Agrotechnical anti-erosion reinforcement of slopes of the linear earthen structures by hydroseeding with fly-ash utilization, Emerald Group Publishing Limited, 1477-7835. An International Journal, Vol 16 No 6, 2005
10. Głazewski M., Kalotka J.: Hydrodynamic seeding with the use of sewage sludge and fly-ash for slope protection. Inter. Symp – Is-Shikoku /Japan. Slope Stability Engineering. A.A. Balkema/Rotterdam/Bookfield/1999
11. Jewgieniew I.E., Sawin W.W.: Zaszczita prirodnoj sredy pri stroitelstwie i soderżani awtomobilnych dorog. Wyd. Transport, Moskwa 1989
12. Morgan R.P.C.: Soil erosion and conservation. Longman Scientific and Technical, New York 1991
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego. Dz. U. Nr 2002
14. Sienkiewicz M.: Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski Północnej. Uniwersytet M. Kopernika, Toruń 1998
15. Tadeusiewicz R. Nim wesoło zadzwonią kajdany. Przegląd techniczny 8/2005
16. Ziaja W.: Dobór traw i roślin do obsiewów pasa drogowego. Drogownictwo, 1, 1993