

Beata Gajewska
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Warszawa

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW GEOSYNTETYCZNYCH DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ POWIERZCHNIOWĄ

Streszczenie

Budowle ziemne, w tym skarpy dojazdów do obiektów mostowych, ulegają erozji. Zjawisko to występuje niezależnie od szerokości geograficznej. Intensywny ubytek gruntu prowadzi do zniszczenia budowli ziemnej.

Usuwanie skutków erozji pociąga za sobą znaczne koszty, dlatego warto stosować zabiegi mające na celu ograniczenie erozji do minimum. Jednym ze sposobów zabezpieczania skarp jest użycie materiałów geosyntetycznych i wysianie mieszanki traw. Istnieje wiele rodzajów geosyntetyków do ochrony przed erozją powierzchniową. W referacie przedstawiono wyniki badań spływu powierzchniowego z poletek doświadczalnych zabezpieczonych różnymi materiałami geosyntetycznymi.

THE USE OF GEOSYNTHETIC MATERIALS AS A PROTECTION OF SLOPES AGAINST SURFACE EROSION

Abstract

Earthworks, including slopes of access to bridges, undergo soil erosion. The process appears apart from latitude. Intensive loss of soil causes/leads to a large destruction of earthwork.

Removing the effects of erosion entails large costs. Therefore, it is worth to apply treatments aiming at limiting erosion up to minimum. One of the methods for protecting slopes against erosion is to use geosynthetic materials and grass mixture. There are many geosynthetics for surface erosion control available. In the paper, the test results of surface run-off from testing fields protected by different geosynthetic materials are presented.

1. Wstęp

Opady deszczu, wody spływające po stokach lub je omywające, powodują duże zniszczenia budowli ziemnych, w tym skarp dojazdów do obiektów mostowych. Brak pokrycia gruntu szatą roślinną (np. trawą) prowadzi do wzrostu szybkości erozji (tablica 1).

Tablica 1. Roczny ubytek gruntu w zależności od pokrycia terenu
(zbocze z gliny pylastej o pochyleniu 1:14) [2]

Okrywa roślinna	Ubytek gruntu [kg/ha]
Las	10
Trawa	41
Użytki rolne	40 775
Brak okrycia	244 648

Erozja gruntów ma poważne konsekwencje ekonomiczne i środowiskowe. W budowlach drogowych erozja skarp powoduje uszkodzenia obiektów oraz zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. Likwidacja skutków erozji stwarza konieczność ponoszenia znacznych nakładów, dlatego korzystne jest stosowanie zabiegów zapobiegających i ograniczających erozję. Jednym z rozwiązań jest użycie różnego rodzaju materiałów geosyntetycznych [1].

Niewiele jest publikacji poświęconych zabezpieczaniu skarp przed erozją przy zastosowaniu takich materiałów jak geosyntetyki. Mimo, że na problem odpowiedniego zabezpieczenia powierzchni skarp napotyka się w przypadku niemal każdej wykonywanej budowli ziemnej, niewiele jest prowadzonych badań oceniających skuteczność stosowanych materiałów. Badania przeprowadzone przez różnych producentów, np. przez firmę TENAX [6], przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN [3], jak i na Uniwersytecie FOURIER'a [5] potwierdzają, że stosowanie geosyntetyków na skarpach zmniejsza ilość gruntu splukiwanego z powierzchni skarpy, a tym samym chroni ją przed erozją. Badania skuteczności geosyntetyków przeciwoerozyjnych w warunkach klimatycznych Azji zaprezentowano w [4].

W referacie przedstawiono wyniki badań spływu powierzchniowego z poletek doświadczalnych zabezpieczonych różnego rodzaju materiałami geosyntetycznymi, przeprowadzonych w polskich warunkach klimatycznych. Porównywano ilości gruntu spływającego z powierzchni zabezpieczonej geosyntetykami w dłuższym okresie do czasu ukorzenienia się roślin, w różnych warunkach atmosferycznych.

Wyroby do badań udostępniły następujące firmy:

- Elikopol BK sp. z o.o. z Bielska-Białej,
- Inora Przedsiębiorstwo Realizacyjne sp. z o.o. z Gliwic,
- Viacon Polska sp. z o.o. z Rydzyny koło Leszna.

2. Przygotowanie poletek

Poletka doświadczalna usytuowano na niewielkiej skarpie położonej na terenie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie.

O wyborze tej właśnie skarpy zdecydowało wiele czynników, m.in.:

- skarpa znajduje się na terenie zamkniętym, co pozwoliło na całkowitą kontrolę nad poletkami doświadczalnymi,
- pochylenie skarpy wynosiło 1:1,6, co pozwoliło na korektę pochylenia do 1:1,5 przy niewielkim nakładzie prac,
- skarpa jest o wystawie południowej, a więc warunki na niej panujące są najbardziej niekorzystne dla rozwoju roślin,

- usytuowanie skarpy pozwala na łatwy dostęp do niej, a tym samym prowadzenie zabiegów pielęgnacyjnych oraz czynności związanych z prowadzonymi badaniami.

Poletka doświadczalne wykonano w pierwszych dniach listopada 2004. O wyborze tej pory roku zdecydował m.in. fakt, iż wiele inwestycji kończonych jest w tym właśnie czasie i wówczas na powierzchniach skarp budowli ziemnych wykonywane są umocnienia biologiczne.

Warunki do rozwoju roślin na południowej skarpie są bardzo niekorzystne - jest ona stale narażona na działanie promieni słonecznych. Z tego względu przyjęto zwiększoną normę wysiewu nasion 300 kg/ha. Nasiona do obsiania wszystkich poletek dostarczyła firma INORA. Była to mieszanka traw jednorocznych, dwuletnich i trzyletnich dobrana przez specjalistów do tej właśnie skarpy (rodzaju gruntu, z którego wykonana jest skarpa, wystawy skarpy itp.).

W zależności od zaleceń producenta wysiew odbywał się przed lub po ułożeniu geomaty.

Przygotowano również dwa poletka porównawcze - jedno z nich obsiano trawą, a na drugim pozostawiono jedynie lekko dogęszczony humus.

Grunt spływający z poletek zbierał się w rynnach umieszczonych u ich podnóża.

Ogólny widok poletek po ich wykonaniu pokazano na rys. 1, a stan w kwietniu 2006 r. na rys. 2. Rodzaje materiałów geosyntetycznych ułożonych na poletkach zestawiono w tablicy 2.



Rys. 1. Widok poletek doświadczalnych po ułożeniu geosyntetyków i wysianiu nasion



Rys. 2. Widok poletek doświadczalnych w kwietniu 2006 r.

Tablica 2. Rodzaje materiałów ułożonych na poletkach

Numer poletka	Rodzaj wyrobu	Czas wbudowania
1	nieosłonięty grunt	-
2	tylko wysiana trawa	-
3	przestrzenna geomata z ułożonych losowo monofilamentów wzmocniona geosiatką, wytrzymałość wzdłuż pasma 55 kN/m	po wysianiu 90% nasion
4	przestrzenna geomata z ułożonych losowo monofilamentów wzmocniona geosiatką, wytrzymałość wzdłuż pasma 10 kN/m	przed wysianiem nasion
5	płaska geosiatka o małych oczkach (3,5 x 3,5 mm)	po wysianiu nasion
6	płaska geosiatka o oczkach 8 x 20 mm i dodatkowych luźnych wątkach	po wysianiu nasion
7	trzy warstwy płaskiej geosiatki, w tym dwie o małych oczkach (3,5 x 3,5 mm)	przed wysianiem nasion
8	płaska geosiatka o oczkach 6,5 x 6,5 mm	po wysianiu nasion
9	przestrzenna geomata z ułożonych losowo monofilamentów	przed wysianiem nasion
10	przestrzenna geomata składająca się z trzech warstw geosiatki, środkowa warstwa jest pofabwana	przed wysianiem nasion

3. Okrywa roślinna

Młode rośliny, które ze względu na stosunkowo wysokie temperatury na przełomie grudnia - stycznia zaczęły kiełkować, niedostatecznie ukorzenione nie przetrwały niskich temperatur, jakie nastąpiły w kolejnych miesiącach. Mimo obfitego podlewania w okresie wiosennym, do czerwca nie uzyskano okrywy roślinnej. Konieczne było podjęcie działań mających na celu doprowadzanie do rozwoju szaty roślinnej. Na początku lipca 2005 r. ponownie wykonano zabiegi związane z wbudowaniem materiałów i obsiewem. Mimo obfitego podlewania wykiełkowały tylko nieliczne rośliny, które uschły wystawione na intensywne działanie promieni słonecznych i wysokiej temperatury.

Deszcze padające na przełomie lipca i sierpnia również nie poprawiły sytuacji. Podjęto decyzję o wykonaniu podsiewu. Celem tego zabiegu, poza koniecznością wykształcenia okrywy trawiastej na poletkach doświadczalnych, było uzyskanie informacji, jaka jest możliwość wykonania takiego zabiegu w przypadku różnych materiałów.

Tym razem wybrano następującą mieszankę traw odmian szybko kiełkujących i szybko krzewiących się:

Kostrzewa czar.	Festuca rubra	ANISSET	5%
Kostrzewa czar.	Festuca rubra	GROSS	30%
Rajgras ang.	Lolium perenne	TAYA	5%
Rajgras ang.	Lolium perenne	FIGARO	20%
Rajgras ang.	Lolium perenne	GRILLA	25%
Rajgras ang.	Lolium perenne	PIMPERNEL	15%

Ze względu na materiały umieszczone na poletkach przemieszanie nasion z ziemią nie było możliwe, wobec czego przykryto je cienką warstwą ziemi. W przypadku poletek, na których zgodnie z instrukcją producenta wysiew odbywał się na siatkę oraz tych, gdzie siatka

plaska umieszczana jest po wysiewie, ale ma wystarczająco duże oczka, przykrycie ziaren warstewką ziemi nie było kłopotliwe. Również przy wysiewie nie zaobserwowano żadnych problemów.

Kłopoty sprawił natomiast wysiew nasion na poletku nr 5, gdzie umieszczona jest siatka płaska o oczkach 3,5x3,5 mm. Oczka te są zbyt małe, aby nasiona swobodnie przez nie przechodziły. Po wysiewie konieczne było wykonanie dodatkowych zabiegów mających na celu umieszczenie nasion pod powierzchnią siatki bezpośrednio na gruncie. Na poletku nr 7 przed wysiewem konieczne było przykrycie siatki humusem, gdyż niemal całkowicie spłynął z jej powierzchni.

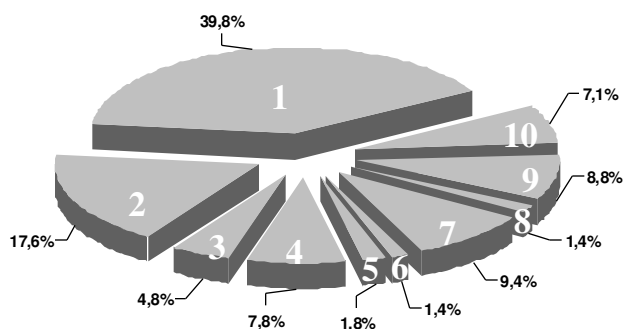
4. Prowadzenie pomiarów

Jednym z elementów oceny jakościowej skuteczności materiałów przeciwoerozyjnych jest porównanie ilości gruntu spływającego z powierzchni zabezpieczonych w stosunku do powierzchni niezabezpieczonej. Grunt spływający z poletek doświadczalnych gromadzony się w rynnach umieszczonych u podnóża skarpy, był okresowo zbierany. W celu wyeliminowania wpływu wilgotności zbieranego gruntu na wynik pomiaru masy, próbki były suszone do uzyskania stałej masy. Następnie każda próbka była ważona.

Podstawowym czynnikiem powodującym erozję gruntu na skarpach jest deszcz. Przez cały okres trwania badań, za pomocą stacji pogodowej IBDiM usytuowanej tuż przy poletkach mierzona była intensywność opadów.

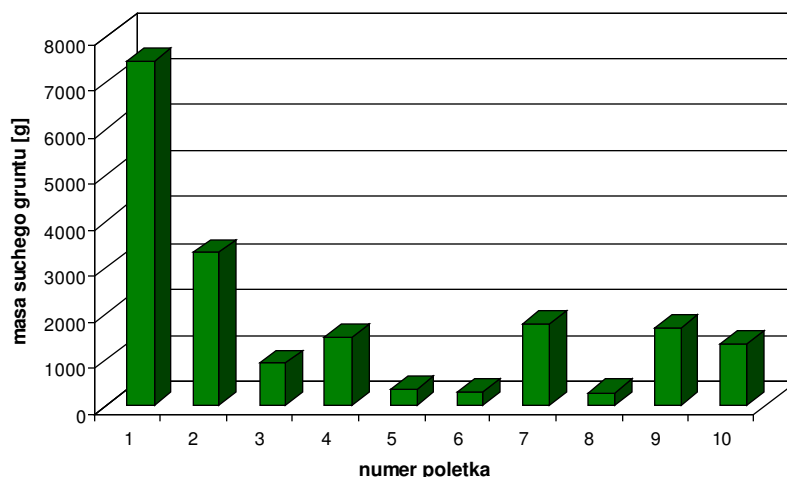
5. Wyniki badań spływu powierzchniowego

Na rys. 3 przedstawiono procentowy udział masy gruntu, jaka spłynęła z poszczególnych poletek w stosunku do całkowitej masy gruntu. Z poletka (nr 1), które nie było zabezpieczone żadnym materiałem oraz nie wysiano na nim trawy spłynęło najwięcej gruntu. Było to ponad dwukrotnie więcej niż z poletka (nr 2), na którym została wysiana trawa. Nawet słabo rozwinięta roślinność chroni zatem powierzchnię przed erozją. Z pośród poletek zabezpieczonych materiałami geosyntetycznymi najwięcej gruntu spłynęło z poletka nr 7, zabezpieczonego płaską siatką, na którą następnie układany był humus i wysiane nasiona. Nieco mniej gruntu spłynęło z poletka nr 9 oraz poletek 4 i 10 (rys. 4). W trzech ostatnich przypadkach poletka były zabezpieczone przestrzenną geomatą, która jest wypełniana humusem. Jednak ilość gruntu, jaka spłynęła z poletek 4, 7, 9 i 10 była i tak ponad dwukrotnie mniejsza niż z poletka nr 2. Najmniej gruntu przez cały okres prowadzenia pomiarów spłynęło z poletek zabezpieczonych płaskimi siatkami układanymi na wierzchu, po wykonaniu wszystkich prac związanych z obsiewem (poletko nr 5, 6 i 8).



Rys. 3. Procentowy udział masy gruntu jaka spłynęła z poszczególnych poletek w stosunku do całkowitej masy zebranego gruntu

Działo się tak dlatego, iż w przypadku takiego wbudowania siatek krople deszczu rozpraszają się na siatce i przez to z mniejszą energią uderzają w grunt.



Rys. 4. Masa gruntu, jaka spłynęła z poszczególnych poletek w ciągu całego cyklu badań

Z poletek osłoniętych geosyntetykami spłynęło znacznie mniej gruntu, niż z poletka jedynie z wysianą trawą. Było to od prawie dwukrotnie mniej w przypadku poletka nr 7 do prawie 12 razy mniej w przypadku poletka nr 8.

W okresie, w którym na poletkach nie wykonywano żadnych zabiegów związanych z układaniem materiałów i wysiewem, najmniej gruntu spłynęło z poletek 5, 6, 10 i 8.

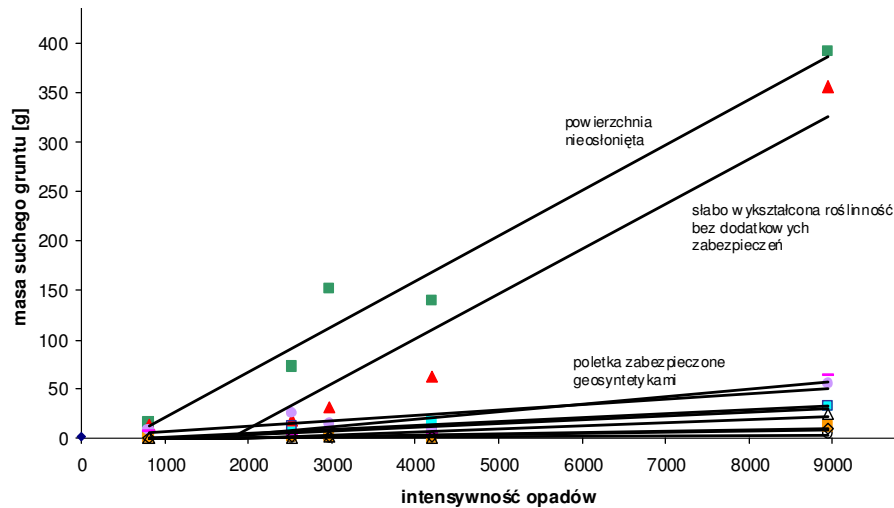
Mimo że materiały ułożone na poletkach 3 i 4 mają zbliżoną strukturę, z poletka nr 4 spłynęło więcej gruntu. Monofilamenty, z których zbudowana jest geomata z poletka 4, są cieńsze i gęściej ułożone. Grunt dokładniej wypełnia geomatę na poletku 3 niż na poletku 4, a warstwa gruntu odcięta gęstą płataniną monofilamentów szybciej wysycha od gruntu wypełniającego geomatę 3.

6. Wpływ warunków pogodowych na wielkość spływu powierzchniowego

Do analizy wpływu intensywności opadu na wielkość spływu powierzchniowego wybrano okres, w którym pomiary wielkości spływu prowadzone były w jednakowych odstępach oraz nie prowadzono w tym czasie dodatkowych zabiegów – podlewania.

Wstępne badania wykazały (rys. 5), że przy tej samej intensywności opadu ilość gruntu spływającego z poszczególnych poletek jest różna. Najmniej wrażliwe na intensywność opadu spośród poletek z geosyntetykami są poletka nr 5, 10 i 6, a najbardziej wrażliwe poletka nr 7 i 9. Słabszą skuteczność w okresie do ukorzenienia się roślin materiałów ułożonych na poletkach 7 i 9 potwierdza również największa całkowita masa suchego gruntu, jaka z nich spłynęła w trakcie całego cyklu badań.

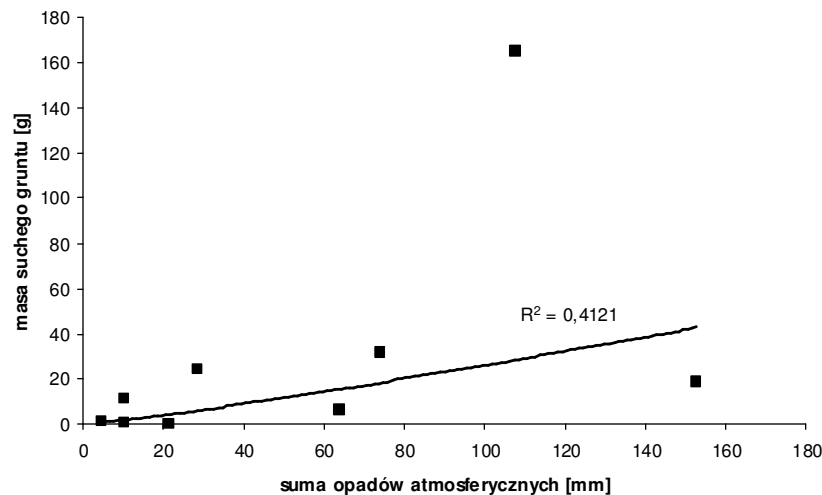
Największy wzrost ilości spływającego gruntu w zależności od intensywności opadu odnotowano na poletkach 1 i 2 (w analizowanym okresie poletko nr 2 porastała nieliczna roślinność). Biorąc pod uwagę jedynie intensywność opadów, do czasu ukorzenienia się roślin najsukuteczniejsze okazały się materiały ułożone na poletkach 5, 10 i 6, a najmniej skuteczne ułożone na poletkach 7 i 9.



Rys. 5. Zależność masy spływającego gruntu w okresie 25 maja – 29 czerwca 2005 roku od intensywności opadów

Ilość gruntu spływająca z poletek w istotny sposób zależy od intensywności opadu – współczynnik korelacji dla poszczególnych poletek dla analizowanego okresu zawiera się w granicach od 0,851 do 0,994.

Na rys. 6 przedstawiono przykładową zależność masy suchego gruntu w gramach jak spłynęła z poletek od sumy opadów atmosferycznych w mm. Dane odnośnie wielkości opadów pochodzą z najbliższej położonej stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Sumaryczna ilość opadów w mniejszym stopniu wpływa na masę spływającego gruntu (w roku 2005 było stosunkowo mało opadów deszczu) – współczynnik korelacji w tym przypadku zawiera się w granicach od 0,278 do 0,638.



Rys. 6. Zależność masy gruntu jaka spłynęła z poletka nr 6 od sumy opadów [mm]

7. Podsumowanie

Badania prowadzone na poletkach doświadczalnych wykazały, że zastosowanie materiałów geosyntetycznych znacznie ogranicza spływ powierzchniowy gruntu z nachylonej powierzchni. Dotyczy to zarówno powierzchni nieosłoniętej, jak i powierzchni ze słabo wykształconą szatą roślinną.

Przy wyborze materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp, na których warunki do rozwoju roślinności są trudne, należy brać pod uwagę łatwość wykonania ewentualnych poprawek i takich zabiegów jak np. podsiew.

Struktura przestrzennych geomat stosowanych do ochrony przed erozją powinna umożliwiać całkowite wypełnienie jej powierzchni humusem tak, aby warstwa ta nie była oddzielona od powierzchni skarpy. Stwarza to lepsze warunki do rozwoju roślin.

Wykonane badania skuteczności materiałów geosyntetycznych znacznie poszerzyły wiedzę z zakresu zapobiegania powstawania erozji powierzchniowej skarp drogowych. Uzyskano informację o skuteczności materiałów geosyntetycznych przy zalecanej przez producenta technologii układania, w okresie przed rozwojem roślinności. Wytoczono też kierunki dalszych badań – analiza współpracy geosyntetyku i roślinności w ochronie przeciwerozylnej oraz uściślenie zależności skuteczności ochronnej różnych materiałów w zależności od czynników atmosferycznych. Celowe jest poszukiwanie optymalnej instrukcji układania dla typów wyrobów, zapewniającej najskuteczniejszą ochronę skarp przed erozją – zarówno w początkowym, jak i długim okresie. Stosując bowiem zabezpieczenia, w przypadku których wysiew odbywa się po wbudowaniu materiału, po uкорzenieniu się roślin otrzymujemy powierzchnię zabezpieczoną warstwą przerośniętą korzeniami wzmocnioną dodatkowo geosyntetykiem. Nie ma to miejsca przy układaniu geosyntetyków po wysiewie, lecz materiały te lepiej chronią powierzchnię do czasu uкорzenienia się roślin.

8. Literatura

- [1] Gajewska B., Kłosiński B., Rychlewski P.: Materiały do ochrony przeciwerozylnej skarp drogowych. VIII Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2002
- [2] Geotekstyli. Poradnik projektanta. Don&Low Ltd, 1996
- [3] Gil E.: Wpływ zabezpieczenia zbocza GEOKRATĄ komórkową TABOSS na spływ powierzchniowy i erozję mechaniczną. Polska Akademia Nauk. Szymbark, styczeń 2004
- [4] Loke K.H., Roslan Z.A.: Large-scale studies on soil erosion control of slopes in Asian weathering conditions using geosynthetics. Geosynthetics – 7th International Conference on Geosynthetics, Nicea 22-27 września 2002
- [5] Warlousel K., Briancon L., Faure Y., Gourc J.P.: Half scale experiments of soil rainfall erosion control by mean of geosynthetics. GEOTEXTILES – GEOMEMBRANES Rencontres, Francja 1997
- [6] Zawisza M., Janusz L.: Ochrona przeciwerozylna konstrukcji gruntowych. Materiały budowlane 7/2004