

Beata GAJEWSKA, Piotr RYCHLEWSKI  
Instytut Badawczy Dróg i Mostów

## OCENA ZABEZPIECZEŃ PRZECIWEROZYJNYCH SKARP Z UŻYCIEM GEOSYNTETYKÓW NA PODSTAWIE WYBRANYCH OBIEKTÓW DROGOWYCH

**Streszczenie.** Opady deszczu, wiatr i woda spływająca po skarpach powodują duże zniszczenie budowli ziemnych. Erozja powierzchniowa jest przyczyną wielu problemów i znacznych kosztów. Istotne jest zatem, aby chronić budowle ziemne przed skutkami erozji od początku ich istnienia.

Jednym ze sposobów zabezpieczania skarp przed erozją powierzchniową jest zastosowanie materiałów geosyntetycznych. W referacie opisano trzy obiekty, na których takie zabezpieczenia zostały wykonane. Podstawą oceny zabezpieczeń przeciwerozyjnych wykonanych z użyciem geosyntetyków była obserwacja obiektów, po pewnym czasie od wbudowania, w celu stwierdzenia zaistnienia lub braku widocznych oznak erozji powierzchniowej gruntu.

## EVALUATION OF GEOSYNTHETIC EROSION CONTROL FOR SLOPES ON THE BASIS OF SELECTED ROAD STRUCTURES

**Summary.** Rainfalls, wind and water flowing down the slopes cause large destruction of earthworks. The erosion of surface causes many problems and considerable costs. It is therefore essential to protect earthworks from the beginning of their existence.

The use of geosynthetics is a way for erosion control for slopes. The paper describes three sites, where this protection has been applied. The occurrence or absence of erosion symptoms after some time from the installation of erosion control geosynthetics was the basis of their evaluation.

### 1. Wstęp

Erozja występuje na lądach całego świata niezależnie od szerokości geograficznej. Intensywność jej jest zależna od rodzaju gruntu. Przyczyny erozji mogą być naturalne

(deszcz, wiatr, spływ wody, niszcząca działalność fal itp.) lub związane z działalnością człowieka (budowa dróg, górnictwo, produkcja rolna itp.).

Opady deszczu, wody spływające po stokach lub je omywające powodują duże zniszczenia budowli ziemnych, w tym skarp drogowych. Brak pokrycia gruntu szatą roślinną (trawa) prowadzi do wzrostu prędkości erozji. Mechanizm powstawania erozji na skutek działania kropel deszczu został opisany np. w [1, 2].

Jednym ze sposobów zapobiegania erozji skarp jest zastosowanie materiałów geosyntetycznych. Materiały te służą do czasowej lub długotrwałej ochrony przed erozją powierzchniową. Ich zaletą jest ochrona skarpy, począwszy od momentu wbudowania. Sam materiał geosyntetyczny nie zapewnia jednak wystarczającej ochrony w długim okresie czasu. Zabezpieczona w ten sposób skarpa jest w pełni chroniona przed erozją dopiero po rozwinięciu się na niej roślinności.

Do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych mogą znaleźć zastosowanie następujące rodzaje geosyntetyków [3], [5]:

- a) geotkaniny i geowłókniny,
- b) gęste geosiatki bezwęzełkowe – płaskie siatki o małym oczku,
- c) geokompozyty przepuszczalne – materiały złożone z różnych geosyntetyków,
- d) przestrzenne maty przeciwoerozyjne – geosyntetyki w postaci siatki ze strukturą przestrzenną lub przestrzenne struktury z włókien tkanych, bądź splątanych,
- e) geosiatki komórkowe – przestrzenne struktury zbliżone wyglądem do plastra miodu.

W Polsce geosyntetyki są już dość długo stosowane do ochrony powierzchniowej skarp przed erozją. Jednak dopiero w 2001 r. ukazały się zasady wykonywania tych zabezpieczeń, zawarte w Ogólnej Specyfikacji Technicznej Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych [5], dotyczącej umacniania powierzchni skarp, rowów i ścieków, opisane w [3].

Na świecie prowadzone były badania skuteczności zabezpieczeń przed erozją powodowaną opadami deszczu skarp budowli ziemnych przy użyciu różnych materiałów (w tym geosyntetyków) [4, 6]. Badania takie należałoby przeprowadzić również w warunkach klimatycznych Polski.

Prowadzone obserwacje obiektów, na których zastosowano umocnienia przeciwoerozyjne z wykorzystaniem geosyntetyków, miały na celu stwierdzenie, czy po pewnym czasie od wbudowania tychże materiałów na powierzchni skarp będą widoczne skutki erozji powierzchniowej. Stwierdzenie występowania bruzd erozyjnych lub ich braku było podstawą oceny zabezpieczeń.

## 2. Charakterystyka badanych obiektów

Obserwacji zostały poddane umocnienia przeciwoerozyjne wykonane na trzech budowlach. Pierwsza z nich (budowla 1) – to skarpy dojazdu do mostu przez rzekę Regalicę w Szczecinie od strony Dąbia. Ze względu na usytuowanie obiektu skarpy te są zwrócone na północ i południe. Pochylenie skarp wynosi 1:1,5, a ich wysokość dochodzi do 8 m. Skarpy po uformowaniu przykryto 6 cm warstwą humusu, następnie rozłożono na nich geomatę 1, a na niej ułożono 2 cm humusu. Całość obsiano mieszanką traw jednakową na obu skarpach – północnej i południowej.

Druga (budowla 2) – to niewielka skarpa w Alei Prymasa Tysiąclecia w Warszawie, o pochyleniu około 1:1,5. Skarpa ta jest na pewnym odcinku zabezpieczona wyrobem geosyntetycznym (geomata 2). Na całej powierzchni skarpy została wysiana mieszanka traw.

Trzecia budowla (budowla 3) – to skarpy wykopów (zwrócone na północny wschód i południowy zachód) w ciągu autostrady A4 w rejonie Krakowa. Pochylenie skarp wynosi od 1:1 do 1:1,5, a ich wysokość dochodzi do 8 m. Do umocnień przeciwoerozyjnych zastosowano tu płaską geosiatkę (geosiatka 1). Obie skarpy zostały obsiane za pomocą hydroobsiewu, wykonanego przed ułożeniem geosiatek. Mieszanka traw w przypadku obydwu skarp była taka sama.

## 3. Charakterystyka zastosowanych geosyntetyków

Geomata 1 jest to geomata przestrzenna wytwarzana z ciągłych włókien polipropylenowych, ułożonych losowo i połączonych termicznie w miejscach przecięcia. Całość jest umieszczona na podkładzie z dzianiny o masie powierzchniowej 30 g/m<sup>2</sup>. Masa powierzchniowa geomaty 1 wynosi 600 g/m<sup>2</sup>, grubość 20 mm, a wytrzymałość na rozciąganie w kierunku wzdłużnym 2,0 kN/m.

Geomata 2 składa się z dwóch warstw geosiatki – górnej pofalowanej i dolnej płaskiej. Obie warstwy połączone są ze sobą przez zgrzanie. Masa powierzchniowa geomaty 2 wynosi 200 g/m<sup>2</sup>, grubość 18 mm, a wytrzymałość na rozciąganie w kierunku wzdłużnym 1,5 kN/m.

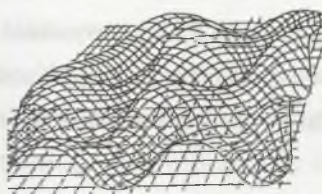
Na ostatnim obserwowanym obiekcie zastosowano płaską geosiatkę 1, wykonaną z polipropylenu, o wymiarach oczka 4x4 mm i wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż pasma 18 kN/m. Geosiatka 1 jest wbudowana na skarpach położonych naprzeciw siebie – północno-

wschodniej i południowo-zachodniej. Obie skarpy zostały obsiane za pomocą hydroobsiewu wykonanego przed ułożeniem geosiatek.

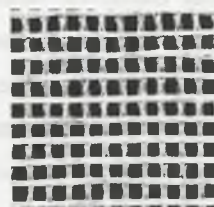
Geosyntetyki użyte do wykonania zabezpieczeń przeciwoerozyjnych na obserwowanych obiektach przedstawiono na rys. 1.



geomata 1



geomata 2 [6]

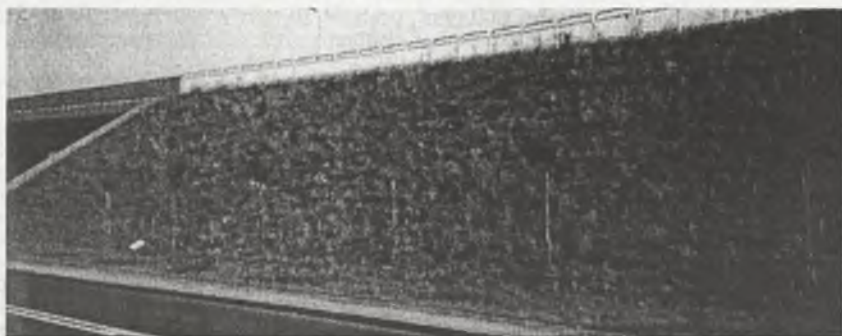


geosiatka 1

Rys. 1. Geosyntetyki zastosowane do zabezpieczeń przed erozją  
Fig. 1. Geosynthetics used for erosion control of slopes

#### 4. Stan zabezpieczanych obiektów

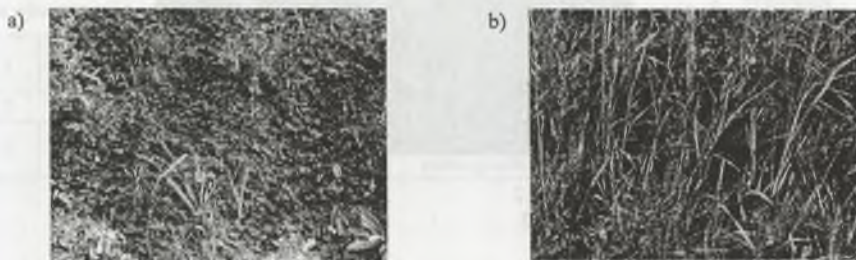
Geomata 1 została zainstalowana na budowli 1 w lutym, a obserwację budowli przeprowadzono we wrześniu 2002 r. Zarówno na skarpie od strony północnej, jak i na skarpie od strony południowej (fot. 1) nie stwierdzono bruzd erozyjnych. Obie skarpy porośnięte są roślinnością, przy czym na skarpie północnej (fot. 2b) roślinność jest znacznie gęstsza niż na skarpie południowej (fot. 2a). Mimo że na skarpie południowej roślinność rozwinęła się znacznie słabiej, nie zaobserwowano widocznej erozji powierzchni gruntu nie osłoniętego przez rośliny (zabezpieczonego jedynie geomatą 1). Można więc uznać, że przez okres od lutego do września zastosowana geomata 1 spełniła swoje zadanie.



Fot. 1. Widok skarpy południowej budowli 1  
Fot. 1. South slope of structure 1

Aby skarpy były w przyszłości skutecznie chronione przed erozją, konieczne jest ponowne wysianie trawy, by roślinność rozwinęła się na całej powierzchni skarpy.

W rejonie budowli 1 znajdują się skarpy, które zostały jedynie obsiane roślinnością. Mimo ich wydawałoby się uprzywilejowanego usytuowania (są to skarpy północne) i mniejszych rozmiarów, powierzchnia tych skarpy nie jest tak odporna na erozję. Na ich powierzchni widoczne są skutki erozyjnego działania spływającej po nich wody (fot. 3).



Fot. 2. Roślinność porastająca skarpy budowli 1: a) południową, b) północną  
Fot. 2. Vegetation overgrowing structure 1: a) south slope, b) north slope



Fot. 3. Skarpa w pobliżu budowli 1 niezabezpieczona przed erozją  
Fot. 3. Slope near structure 1 without erosion control

Wbudowanie geomaty 2 na budowli 2 miało miejsce w 2000 roku. Obserwacje stanu skarpy przeprowadzono w czerwcu 2002 r., a więc po upływie 2 lat. Roślinność trawiasta rozwinęła się na całej powierzchni zabezpieczonej skarpy. Przy założeniu że powierzchnia skarpy została prawidłowo przygotowana przed wbudowaniem geomaty, stwierdzono lokalne wypłukanie gruntu spod geomaty 2 (fot. 4), prawdopodobnie jeszcze przed ukorzeniem się roślin. Pozostała część skarpy tylko miejscami pozbawiona jest szaty roślinnej. Nie zaobserwowano znacznego zniszczenia powierzchni skarpy, również tej części, na której nie zastosowano geomaty 2. Ze względu na małe rozmiary skarpy budowli 2 nie można jednoznacznie stwierdzić, czy zabezpieczenie wykonane na skarpie o znacznych rozmiarach

byłoby równie skuteczne (geomata 2 ma najniższą wytrzymałość na rozciąganie spośród opisanych geosyntetyków).



Fot. 4. Fragment skarpy budowli 2

Fot. 4. Part of slope of structure 2



Fot. 5. Fragment skarpy północno-wschodniej budowli 3. Po lewej widoczna jest powierzchnia skarpy zabezpieczona przed erozją, po prawej – bez zabezpieczeń

Fot. 5. Part of north-east slope of structure 3. On the left – slope protected against erosion, on the right – not protected

Obserwacja budowli 3 miała miejsce po upływie kilku miesięcy od wbudowania geosiatek 1. Na fot. 5 pokazano różnicę pomiędzy powierzchnią skarpy, na której wykonano zabezpieczenia przed erozją, a powierzchnią skarpy, gdzie tych umocnień nie wykonano (nie wysiano również roślinności). Powierzchnia skarpy niezabezpieczonej jest wyraźnie poprzecinana bruzdami utworzonymi w wyniku spływu po niej wody. Na skarpach umocnionych geosiatką 1 nie widać oznak erozji. Na skarpie skierowanej na północny wschód roślinność rozwinęła się znacznie lepiej niż na skarpie skierowanej na południowy zachód. Ponadto skarpa południowo-zachodnia tylko w nielicznych miejscach została

porośnięta roślinnością trawiastą. Wyrastające tam rośliny dwuliścienne uniosły geosiatkę do góry. Zjawisko to nie miało w zasadzie miejsca na skarpie północno-wschodniej, gdzie powierzchnia niemal całej skarpy jest porośnięta trawą.

Wyniki obserwacji opisanych obiektów zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Zestawienie wyników obserwacji obiektów

Miejsce obserwacji		Rodzaj zabezpieczenia	Czas obserwacji od wbudowania	Roślinność	Widoczne oznaki erozji
Obiekt 1	skarpa półn.	geomata 1	po 7 miesiącach	dobrze rozw.	brak
	skarpa półd.	geomata 1		słabo rozw.	brak
Obiekt 2		geomata 2	po 2 latach	dobrze rozw.	nieliczne
Obiekt 3	skarpa półn.-wsch.	geosiatka 1	po około 5 miesiącach	dobrze rozw.	brak
	skarpa półd.-zach.	geosiatka 1		słabo rozw.	brak

## 5. Podsumowanie

Skuteczne zabezpieczenie przeciwoerozyjne powierzchni skarp za pomocą geosyntetyków jest możliwe dzięki współdziałaniu materiału geosyntetycznego i roślinności. Do czasu ukorzenienia się roślin funkcję tę pełni jedynie geosyntetyk. Jednak właściwa ochrona jest zapewniona dopiero od momentu dostatecznego rozwoju roślin. Zabezpieczenia przeciwoerozyjne wykonane na wszystkich opisanych budowlach można ocenić jako skuteczne. Podczas obserwacji nie natrafiono na wyraźne oznaki działalności erozyjnej deszczu i wody spływającej po powierzchni zabezpieczanych skarp nawet tam, gdzie roślinność jeszcze się nie rozwinęła. Nie zaobserwowano znaczących różnic w zabezpieczeniu różnymi rodzajami materiałów geosyntetycznych. Natomiast skarpy bez zabezpieczeń doznały wyraźnej erozji. W przypadkach budowy 1 i 3 rośliny rozwinęły się dobrze na skarpach skierowanych na północ, a znacznie gorzej na skarpach skierowanych na południe. Ważne jest zatem, aby w doborze materiału siewnego i/lub późniejszej pielęgnacji roślin brać pod uwagę zarówno warunki siedliskowe, jak i ekspozycję danej skarpy.

Obserwacje potwierdziły skuteczność stosowania geosyntetyków do ochrony przeciwoerozyjnej skarp, jak również znaczenie właściwego wykonania zabiegów agrotechnicznych i pielęgnacji roślin. Zabezpieczanie skarp za pomocą geosyntetyków jest tylko jednym ze sposobów przeciwdziałania erozji ich powierzchni. Celowe byłoby przeprowadzenie szczegółowych badań porównawczych skuteczności różnych rodzajów zabezpieczeń w polskich warunkach klimatycznych.

## LITERATURA

1. Gajewska B., Kłosiński B, Rychlewski P.: Materiały do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych. VIII Międzynarodowa Konferencja Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe, Kielce, maj 2002, s. 199-206.
2. Gajewska B., Kłosiński B, Rychlewski P.: Materiały do powierzchniowej ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych. Drogownictwo 11, 2000, s. 310-315.
3. Kossakowski M.: Umacnianie skarp biowłókniną, geosyntetykami i hydroobsiewem. Drogownictwo nr 8, 2001, s. 244-248.
4. Loke K.H., Roslan Z.A.: Large-scale studies on soil erosion control of slopes in Asia weathering conditions using geosynthetics. Seventh International Conference on Geosynthetics & ICG-NICEA 2002, France, wrzesień 2002.
5. Ogólna specyfikacja techniczna D-06.01.01 Umacnianie powierzchni skarp, rowów i ścieków. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 2001.
6. Warloulzel K., Briançon L., Faure Y., Gourc J.P.: Half scale experiments of soil rainfall erosion control by mean of geosynthetics. Geotextiles Geomembranes Rencotres 97, październik 1997, tom 1, s. 98-104.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Lech WYSOKIŃSKI

**Abstract**

Rainfalls, wind and water flowing down the slopes cause large destruction of earthworks. The erosion of surface causes many problems and considerable costs. It is therefore essential to protect earthworks.

For this purpose it is possible to apply geosynthetics materials such as TRM mats, flat geogrids or others. Structures described in the paper, on which such materials were applied for protection, have confirmed their effectiveness even if vegetation had not spread sufficiently. The occurrence or absence of erosion symptoms after some time from the application of erosion control of slopes using geosynthetics was the basis of their evaluation. There were no erosion symptoms on the surface of protected slopes. Yet if erosion control materials are to fulfill their task, it is necessary to choose proper plants, the way of their application and further care of them, so that their development is possible in full.