

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

ZAKŁAD GEOTECHNIKI I FUNDAMENTOWANIA

ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa

tel.: 811 29 61, fax: 675 43 75



Zamawiający:

Generalna Dyrekcja Dróg

Krajowych i Autostrad

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

Sprawozdanie końcowe

Zespół autorski:

mgr inż. Beata Gajewska – kierownik Zespołu

mgr inż. Krzysztof Grzegorzewicz

dr inż. Bolesław Kłosiński

mgr inż. Piotr Rychlewski

Kierownik Zakładu Geotechniki:

mgr inż. Cezary Kraszewski

Warszawa, listopad 2005

SPIS TREŚCI

1. Wstęp.....	3
2. Erozja.....	3
3. Możliwość stosowania różnych geosyntetyków do ochrony przed erozją powierzchniową skarpy drogowych budowli ziemnych.....	4
4. Przegląd istniejących norm.....	6
5. Materiały stosowane do ochrony przed erozją.....	10
5.1. Materiały geosyntetyczne.....	10
5.2. Dywany roślinne – damina.....	14
5.3. Materiały ulegające biodegradacji.....	14
6. Obserwacje istniejących umocnień przeciwoerozyjnych z zastosowaniem geosyntetyków.....	20
7. Wnioski z obserwacji.....	32
8. Parametry materiałów geotekstylnych używanych do ochrony przed erozją.....	33
9. Wymagania stawiane geosyntetykom (mogącym służyć do wykonywania zabezpieczeń przeciwoerozyjnych) w Aprobatach Technicznych IBDiM.....	34
9.1. Przestrzenne geomaty przeciwoerozyjne.....	34
9.2. Płaskie siatki polimerowe i geotkaniny.....	44
9.3. Geosyntetyki komórkowe.....	46
9.4. Geotkaniny.....	48
10. Badania skuteczności geosyntetyków przeciwoerozyjnych opisane w literaturze.....	49
11. Badania skuteczności materiałów przeciwoerozyjnych przeprowadzone w IBDiM.....	56
11.2. Geosyntetyki przewidziane do wbudowania.....	56
11.2. Przygotowanie skarpy.....	57
11.3. Wbudowanie geosyntetyków.....	63
11.4. Obserwacje z wykonywania poletek.....	71
11.5. Ponowne wykonanie poletek.....	72
11.6. Wykonanie podsiewu.....	82
11.7. Prowadzenie pomiarów.....	88
12. Wyniki badań spływu powierzchniowego i ich analiza.....	89
13. Wpływ warunków pogodowych na wielkość spływu powierzchniowego.....	92
14. Inne obserwacje.....	97
15. Obecny stan poletek doświadczalnych.....	100
16. Wnioski.....	102
17. Podsumowanie.....	105
LITERATURA.....	106
ZAŁĄCZNIK 1.....	109
ZAŁĄCZNIK 2.....	119
ZAŁĄCZNIK 3.....	125
ZAŁĄCZNIK 4.....	131

1. Wstęp

Erozja występuje na lądach całego świata niezależnie od szerokości geograficznej. Intensywność jej jest zależna od rodzaju gruntu i ukształtowania terenu. Przyczyny erozji mogą być naturalne (deszcz, wiatr, spływ wody, niszcząca działalność fal itp.) lub związane z działalnością człowieka (budowa dróg, górnictwo, produkcja rolna itp.).

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 najlepszych obecnie rozwiązań jest użycie materiałów geosyntetycznych.

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 lub ich porównywania. Celem podjętych badań jest porównanie różnego rodzaju geomat przeciwoerozyjnych (przestrzennych i płaskich) w skali rzeczywistej na poletkach doświadczalnych. Ocena ta polegać będzie m. in. na porównaniu ilości gruntu spływającego z powierzchni zabezpieczonej geosyntetykami i powierzchni porównawczych w dłuższym okresie, w różnych warunkach atmosferycznych.

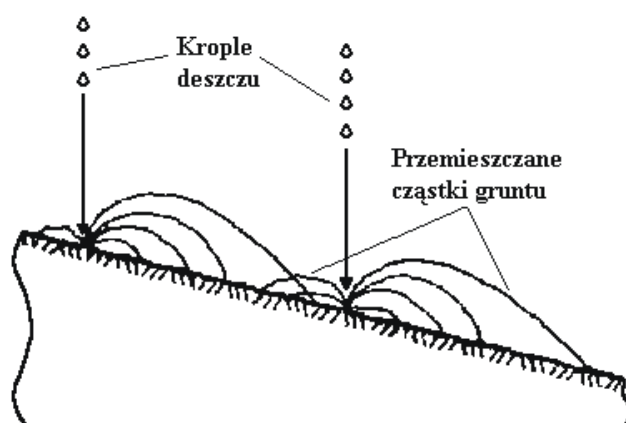
2. Erozja

Opady deszczu, wody spływającej po stokach lub je omywające, powodują duże zniszczenia budowli ziemnych, w tym skarp drogowych. Brak pokrycia gruntu szatą roślinną (np. trawą) prowadzi do wzrostu prędkości erozji (patrz tablica 1).

Tablica 1. Roczny ubytek gruntu w zależności od pokrycia terenu (zbocze z gliny pylastej o pochyleniu 1:14) [20]

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

Głównym czynnikiem wywołującym erozję powierzchniową są deszcze. Krople deszczu uderzające w nieosłonięty grunt powodują odspajanie jego cząstek i przemieszczanie ich w dół stoku (rys. 1). Odspojone cząstki są splukiwane przez wodę spływającą po stoku. Są również przenoszone przez wiatr. W następstwie tych działań budowla ziemna jest niszczona. Dąży się do takiego osłonięcia terenu, aby wytłumić czynniki erozyjne i dostatecznie ograniczyć ubytki gruntu [20].



Rys. 1. Przemieszczanie cząstek gruntu w dół zbocza na skutek działania kropel deszczu [19]

3. Możliwość stosowania różnych geosyntetyków do ochrony przed erozją powierzchniową skarp drogowych budowli ziemnych

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

Zgodnie z Ogólną Specyfikacją Techniczną [26] do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych mogą znaleźć zastosowanie następujące rodzaje geosyntetyków:

- a. geotkaniny i geowłókniny,
- b. gęste geosiatki bezwęzełkowe – płaskie siatki o małym oczku,
- c. geokompozyty przepuszczalne – materiały złożone z różnych geosyntetyków,

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

EROZJA

- 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.

Lista ta, zaprezentowana również w [24], jest jednak zbyt ogólna. Wyroby geosyntetyczne powinny z jednej strony na tyle pokrywać powierzchnię skarpy, aby przez rozpraszanie energii kropel deszczu zapobiegać erozji, z drugiej zaś powinny umożliwiać swobodny rozwój roślinności na zabezpieczanej skarpie. Nie każda geowłóknina, geotkanina czy geosiatka spełnia te kryteria. Szczegółowy opis materiałów geotekstylnych, które mogą być stosowane w zabezpieczeniach skarp drogowych budowli ziemnych zawiera rozdział 6.

4. Przegląd istniejących norm

Jak dotychczas nie istnieją normy, które określają wymagania jakie powinny spełniać materiały geosyntetyczne stosowane do ochrony przed erozją powierzchniową.

Norma PN-EN 13253 Geotekstylia i wyroby pokrewne - Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych w zabezpieczeniach przeciwoerozyjnych (ochrona i umocnienia brzegów) jest to tłumaczenie angielskiej wersji normy europejskiej EN 13253:2000. Zmianę A1 do PN-EN 13253:2002/A1:2005 (U) przyjęto przez uznanie. W normie europejskiej wyszczególniono właściwości geotekstyliów i wyrobów pokrewnych, wymagane przy stosowaniu ich do zabezpieczeń przeciwoerozyjnych w celu zapobieżenia migracji materiału drobnoziarnistego do warstw materiału gruboziarnistego (erozji wewnętrznej), spowodowanej zmiennym gradientem hydraulicznym. Wyszczególniono również odpowiednie metody badań do określenia tych właściwości.

Norma europejska dotyczy zastosowania geosyntetyków do ochrony i umocnienia brzegów, nie obejmuje jednak erozji powierzchniowej, gdy geotekstylia lub wyroby pokrewne znajdują się na powierzchni.

Wobec powyższego konieczne jest określenie wymagań, jakie należy postawić materiałom stosowanym do ochrony przed erozją powierzchni zboczy, w tym skarp drogowych. Badania tych materiałów należy przeprowadzać zgodnie z istniejącymi normami.

Według normy PN-ISO 10318 Geotekstylia – Terminologia wyrób geotekstylny to „przepuszczalny, polimerowy materiał, który może być wytwarzany techniką tkacką, dziewiarską lub włókninową, stosowany w geotechnice oraz inżynierii lądowej i wodnej”, a wyrób geotekstylny pokrewny to „przepuszczalny polimerowy materiał konstrukcyjny, który może mieć postać arkusza lub taśmy, używany w geotechnice i inżynierii wodnej i lądowej”.

Materiałów stosowane do ochrony przeciwoerozyjnej w myśl przytoczonych definicji mogą zostać uznane za wyroby geotekstylne. Wskazane jest zatem stosowanie przy określeniu cech tych materiałów norm geotekstylnych. Ważne jest natomiast określenie listy istotnych parametrów dla różnego rodzaju wyrobów przeznaczonych do ochrony przed erozją.

Poniżej zestawiono polskie normy, które mogą być przydatne w badaniach wyrobów geotekstylnych stosowanych jako ochrona skarp przed erozją:

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
PRZEGLĄD ISTNIEJĄCYCH NORM

PN-EN 12224:2002

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie odporności na warunki klimatyczne

PN-EN 12225:2002

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Metoda wyznaczania odporności mikrobiologicznej przez umieszczenie w gruncie

PN-EN 12226:2002

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Badania ogólne do oceny trwałości

PN-EN 12447:2003

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Selekcyjna metoda wyznaczania odporności na hydrolizę w wodzie

PN-EN 14030:2004

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Selekcyjna metoda wyznaczania odporności na roztwory kwasów i zasad

PN-EN 14030:2004/A1:2005

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Selekcyjna metoda wyznaczania odporności na roztwory kwasów i zasad (Zmiana A1)

PN-EN ISO 9862:2005 (U)

Geosyntetyki. Pobieranie próbek i przygotowanie próbek roboczych (ISO 9862:2005)

PN-EN ISO 9863-1:2005 (U)

Geosyntetyki. Wyznaczanie grubości przy określonych naciskach. Część 1: Warstwy pojedyncze

PN-EN ISO 9863-2:1999

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie grubości przy określonych naciskach. Określenie grubości warstwy pojedynczej wyrobów wielowarstwowych

PN-EN ISO 9864:2005 (U)

Geosyntetyki. Metoda badania dotycząca wyznaczania masy powierzchniowej geotekstyliów i wyrobów pokrewnych (ISO 9864:2005)

PN-EN ISO 10320:2002

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Identyfikacja w miejscu zastosowania

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
PRZEGLĄD ISTNIEJĄCYCH NORM

PN-EN ISO 13426-1:2005

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wytrzymałość połączeń wewnątrzstrukturalnych.
Część 1: Geosyntetyki komórkowe

PN-EN ISO 13426-2:2005 (U)

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wytrzymałość połączeń struktur wewnętrznych.
Część 2: Geokompozyty

PN-EN ISO 13437:2000

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Metoda instalowania i pobierania próbek z gruntu
oraz badania próbek w laboratorium

PN-EN ISO 13438:2005 (U)

Geotekstyli i wyroby pokrewne. Selekcyjna metoda wyznaczania odporności na
utlenianie

PN-ISO 10319:1996

Geotekstyli. Badanie wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek

PN-ISO 10319:1996/Ap1:1998

Geotekstyli. Badanie wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek

PN-ISO 10321:1996

Geotekstyli. Badanie wytrzymałości na rozciąganie połączeń/szwów metodą
szerokich próbek

PN-ISO 10321:1996/Ap1:1998

Geotekstyli. Badanie wytrzymałości na rozciąganie połączeń/szwów metodą
szerokich próbek

Tworzeniem norm dotyczących badań geosyntetyków służących do ochrony przed
erozją powierzchniową zajmuje się Komitet ASTM D35.05: Geosynthetic Erosion
Control. Jak dotąd zostało ustanowione sześć norm w ramach tego komitetu. Jedna
dotyczy określania nominalnej grubości trwałych rolowanych produktów do ochrony
przed erozją, a pozostałe pięć badania różnych cech przestrzennych mat
przeciwoerozyjnych (TRM).

**ASTM D6454-99 Standard Test Method for Determining the Short-Term
Compression Behavior of Turf Reinforcement Mats (TRMs).** Norma ta określa

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
PRZEGLĄD ISTNIEJĄCYCH NORM

procedurę wyznaczenia wartości deformacji przestrzennych mat do zbrojenia darniowego TRM pod wpływem krótkotrwałego działania obciążenia ściskającego. Jest to typowy test porównawczy właściwości mat. Wyniki uzyskane w tym badaniu nie powinny być brane pod uwagę jako aktualne lub długoterminowe zachowanie się TRM w miejscu wbudowania.

ASTM D6524-00 Standard Test Method of Measuring the Resiliency of Turf Reinforcement Mats (TRMs). Norma ta określa procedurę pomiaru sprężystości przestrzennych mat przeciwoerozyjnych poddawanych trzykrotnie działaniu obciążenia 689 kPa przez 1 minutę z 1 minutowymi przerwami. Grubość maty mierzona jest po 30 minutach od ustania obciążenia. Metoda ta pozwala określić nominalną sprężystość mat, nie określa natomiast sprężystości maty poddawanej zmiennemu obciążeniu ściskającemu.

ASTM D6566-00 Standard Test Method for measuring Mass per Unit Area of Turf Reinforcement Mats. Norma ta zawiera procedurę wyznaczania masy powierzchniowej wszystkich mat przeciwoerozyjnych.

ASTM D6567-00 Standard Test Method for Measuring the Light Penetration of a Turf Reinforcement Mat (TRM). Norma ta określa sposób pomiaru fotoprzepuszczalności przestrzennych mat przeciwoerozyjnych. Uzyskane wyniki określają wartość nominalnej fotoprzepuszczalności maty, a nie fotoprzepuszczalności przestrzennych mat w miejscu ich zastosowania.

ASTM D6575-00 Standard Test Method for Determining Stiffness of Geosynthetics Used as Turf Reinforcement Mats (TRM's). Procedura badawcza zawarta w tej normie pozwala wyznaczyć sztywność geosyntetyków używanych jako przestrzenne maty przeciwoerozyjne (TRM).

ASTM D6525-00 Standard Test Method for measuring Nominal Thickness of Permanent Rolled Erosion Control Products. Norma ta określa procedurę wyznaczania nominalnej grubości trwałych rolowanych produktów do ochrony przed erozją. Grubość wyznaczona zgodnie z tą procedurą jest grubością nominalną materiału, nie determinuje wymaganej minimalnej grubości.

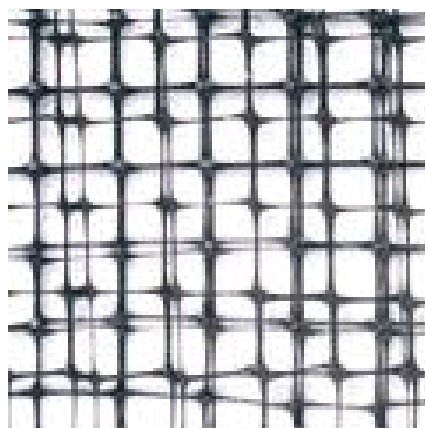
5. Materiały stosowane do ochrony przed erozją

Przy zabezpieczaniu skarpy drogowych przed erozją powierzchniową mają zastosowanie, poza materiałami geosyntetycznymi, również materiały biodegradowalne. Materiały służące do zabezpieczeń przeciwoerozyjnych skarpy można podzielić na:

- ulegające biodegradacji,
- trwałe – np. geosyntetyki.

5.1. Materiały geosyntetyczne

Geotkaniny i geosiatki (rys. 2) stosowane jako zabezpieczenia przeciwoerozyjne skarpy drogowych powinny spełniać wszystkie wymagania dotyczące geosyntetyków.



Rys. 2. Przykład płaskiej siatki polimerowej stosowanej do ochrony przed erozją powierzchniową skarpy (fot. B. Gajewska)

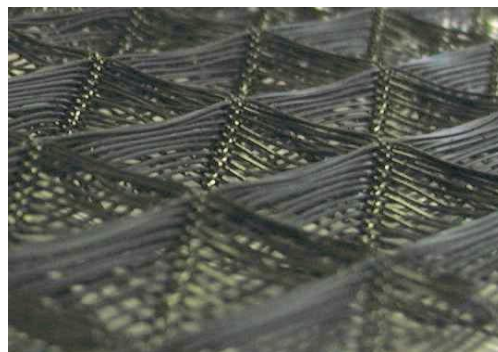
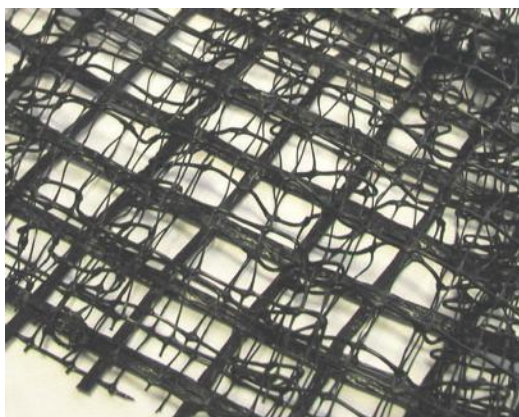
Powinny one spełniać wymagania co do wielkości oczek, aby mogły przez nie swobodnie przerastać korzenie traw, mające zwykle od 0,1 do 0,3 mm grubości [20]. Nie mogą one być zatem zbyt małe, gdyż uniemożliwiłyby rozwój roślinności. Z kolei siatki o zbyt dużych oczkach nie będą stanowić zabezpieczenia przeciwoerozyjnego. Zwykle wielkość oczka zawiera się w granicach od 0,5 mm do 5 mm [23], [35].

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

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

Przestrzenne maty przeciwoerozyjne (rys. 3) mają strukturę trójwymiarową. Zbudowane są z tkanych lub splątanych włókien polimerowych albo siatki ze strukturą przestrzenną. Włókna połączone ze sobą w miejscu skrzyżowań np. przez zgrzanie. Maty mogą być wzmacniane dodatkową siatką polimerową lub wypełniane żwirem połączonym bitumem.

Maty powinny być odporne na działanie czynników chemicznych i środowiska. Istotną właściwością mat jest nie podtrzymywanie ognia [16]. Dobrze wypełnione gruntem maty nie ulegają zniszczeniu nawet przy wypalaniu traw.



Rys. 3. Przykłady przestrzennych mat przeciwoerozyjnych (fot. B. Gajewska)

Przestrzenne maty przeciwoerozyjne spełniają dwie funkcje:

- zabezpieczają nieosłonięty grunt przed działaniem czynników erozyjnych i stwarzają warunki do rozwoju roślinności tam, gdzie jej samoistny wzrost jest trudny lub niemożliwy,
- wzmacniają roślinność (zbroją system korzeniowy), dzięki czemu jest ona w stanie wytrzymać znacznie większe obciążenia.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

Dzięki pochłanianiu energii kinetycznej kropeł deszczu maty przeciwoerozyjne zabezpieczają osłoniętą powierzchnię przed odspajaniem cząstek gruntu. Redukują także zdolność wody do splukiwania już odspojonego gruntu.

Przestrzenne maty przeciwoerozyjne tworzą swoisty mikroklimat, korzystny do rozwoju roślinności. Zacieniają większą część powierzchni gruntu, przez co dłużej utrzymywana jest wilgoć. Ta właściwość mat również wpływa korzystnie na kiełkowanie i rozwój roślinności.

Ważną zaletą przestrzennych mat przeciwoerozyjnych jest ich zdolność utrzymywania w swej objętości gruntu. Współdziałające ze sobą mata, grunt ją wypełniający oraz korzenie traw przerastające matę i przytwierdzające ją do podłoża, tworzą ciągłą warstwę doskonale chroniącą grunt przed erozją.

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 niezwłocznie po wbudowaniu [34].

Przestrzenne maty przeciwoerozyjne mają wiele zastosowań. Doskonale nadają się do ochrony skarp drogowych, a ponadto do ochrony brzegów cieków wodnych. Mogą także służyć jako osłona geomembran. Maty przeciwoerozyjne stosowane są zwykle na zboczach o pochyleniu powyżej 1:3 [25].



Rys. 4. Przykłady geosiatek komórkowych [19]

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

Geosiatki komórkowe (rys. 4) to przestrzenne struktury utworzone przez połączenie pasm geotkaniny lub geowłókniny przez zszycie, a taśm polimerowych połączonych np. przez zgrzanie. Geosiatki komórkowe z taśm polimerowych mogą mieć otwory umożliwiające przepływ wody równoległe do płaszczyzny skarpy.

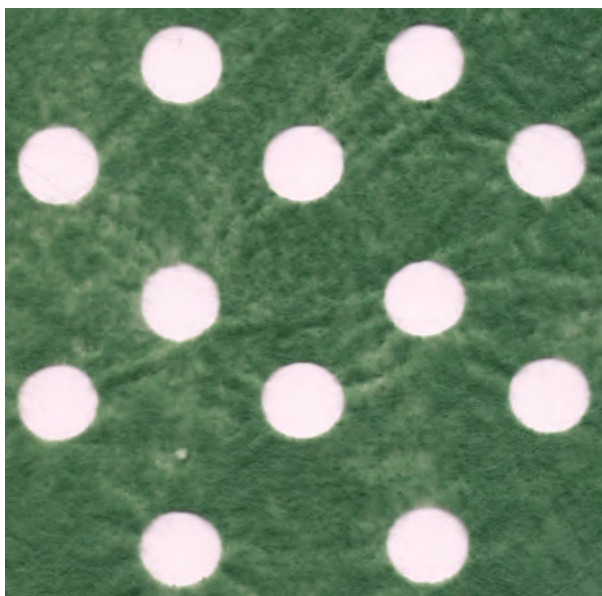
Geosiatki komórkowe tworzą na zboczu mini-kaskadę podtrzymującą warstwę gruntu, która bez zabezpieczenia byłaby narażona na erozję. Poprawia to stateczność wierzchniej warstwy, a także zapobiega powstawaniu bruzd na powierzchni gruntu.

Taśmy tworzące pasma geosiatek komórkowych powinny być układane prostopadłe do pochylenia skarpy.

Do gruntu geosiatki komórkowe przytwierdza się za pomocą szpilek i klamer np. stalowych oraz kotwione na szczycie skarpy. Grunt wypełniający komórki może być obsiany trawą, w komórkach siatki mogą także zostać posadzone niewielkie krzewy.

Odpowiednio zakotwione geosiatki komórkowe mogą być z powodzeniem stosowane nawet na stromych i skalistych zboczach.

Geowłókniny perforowane mają wycięte otwory w formie koła. Przykład geowłókniny perforowanej pokazano na rys. 5. Jest to geowłóknina fotodegradowalna. Roślinność wysiana na zabezpieczonej geowłókniną skarpie wyrasta w otworach, pozostała część powierzchni gruntu jest chroniona przez geowłókninę. W miarę postępowania rozpadu geowłókniny rola ochrony przeciwoerozyjnej jest przejmowana przez rośliny.



Rys. 5. Geowłóknina perforowana (fot. B. Gajewska)

5.2. Dywany roślinne – darnina

Dywan roślinny jest to wyprodukowana cienka warstwa darniny o gęstym splocie systemu korzeniowego. Może być on dodatkowo wzmocniony polimerową siatką. Dywany roślinne stosowane są do umacniania miejsc szczególnie narażonych na erozję: skarp rowów odwadniających, podstaw nasypów oraz skarp przekopów. Powierzchnia skarp przeznaczona do pokrycia dywanami roślinnymi powinna być wyrównana i przykryta około 4 cm warstwą ziemi próchnicznej. Darninę mocuje się za pomocą kołków [29].

5.3. Materiały ulegające biodegradacji

Do materiałów ulegających biodegradacji zalicza się biowłókny, wykonane z włókien naturalnych z umieszczonymi w runie nasionami traw, geosiatki i geotkaniny wykonane z włókien naturalnych (bądź z domieszką włókien syntetycznych foto lub biodegradalnych) oraz maty zbudowane z runa z włókien naturalnych, umieszczonego pomiędzy siatkami z foto lub biodegradalnych włókien. Do grupy tej zalicza się również wszelkiego rodzaju mulcze, stabilizatory glebowe czy lepiszcza. Materiały ulegające biodegradacji stanowią ochronę przed erozją skarp drogowych w krótkim okresie czasu. Po rozłożeniu stanowią dodatkową dawkę nawozu dla porastającej skarpe roślinności.

Ściółki organiczne

Organiczne ściółki, mulcze, takie jak słoma czy włókna drzewne, efektywnie chronią powierzchnię gruntu przed erozją na zboczach o pochyleniu do 1:3 [25].

Ściółka słomiana

Słomiana ściółka jest zwykle używana łącznie z nasionami traw. Materiałem służącym do wykonania takiej ściółki jest słoma pszenicy lub owsa. Na powierzchnię skarp może być наносzona ręcznie lub za pomocą agregatu pompowego. Niezwłocznie po umieszczeniu słomianą ściółkę należy chemicznie (lepiszczem) lub mechanicznie związać z podłożem, np. przez przykrycie siatką biodegradalną lub fotodegradalną.

Ściółka z włókien drzewnych

Ściółka z włókien drzewnych powinna składać się ze zrębków miękkiego lub twardego surowego drewna. Drewno powinno być wolne od pleśni, zanieczyszczeń,

trocin i innych materiałów, a także nie być w zaawansowanym stanie rozkładu. Ściółka z włókien drzewnych nie powinna zawierać wiórów powstałych przy przecieraniu drewna, ani drewna, które było traktowane środkami chemicznymi. Nie należy używać materiałów mogących zawierać nasiona konkurencyjnych chwastów i traw.

Rozkład niektórych sortymentów drzewnych może wiązać w znacznej ilości azot znajdujący się w gruncie, przez co konieczna jest zmiana sposobu nawożenia lub ułożenia nawozu razem ze ściółką [34].

Często jako ściółka używane są zrębki kory i postrzępiona kora powstała na skutek obróbki drewna. Ściółka taka наносzona jest na powierzchnię skarp ręcznie lub za pomocą agregatu pompowego.

Hydromulcze

Hydromulcze są to opisane poniżej materiały, które po zmieszaniu z wodą mogą być наносzone na powierzchnię skarp w postaci ciągłego strumienia.

Związane włókna drzewne

Matryca z powiązanych włókien drzewnych to ciągła warstwa wydłużonych wiązek włókien drzewnych związanych wodoodpornym lepiszczem, tworząca wodochłonną pokrywę. Właściwie wysuszona pełni rolę okrywy przeciwoerozyjnej i wspomaga zadarnianie stoku. Ten rodzaj mulczu наносzony jest przy pomocy hydrosiewnika. Może służyć do ochrony również w miejscach, gdzie rozwój roślinności jest utrudniony.

Hydromulcz z włókien papierowych

Hydromulcz z włókien papierowych zawiera specjalnie przetworzone, biodegradowalne, postrzępione cząstki powtórnie przerobionego papieru gazetowego. Włókna papieru gazetowego mieszane są ze środkami zwilżającymi, środkami deformującymi i barwnikiem. Barwnik przywierający ścielnie do włókien nadaje im barwę jasnozieloną lub jasnoniebieską, co ułatwia kontrolę równomiernego rozłożenia mulczu na ochranianym stoku.

Hydromulcz z włókien drzewnych

Mulcz z włókien drzewnych połączonych lepiszczem tworzy na powierzchni gruntu biodegradowalną pokrywę, łatwo absorbującą wodę i umożliwiającą jej przesiekanie do niżej położonych warstw. W skład hydromulczu z włókien drzewnych mogą wchodzić jedynie zrębki, nie stosuje się materiałów powtórnie przerobionych, takich jak trociny czy sproszkowana makulatura, ani żadnych produktów, które mogłyby hamować

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

kielkowanie roślin. Włókna są barwione, co ułatwia kontrolę równomiernego ułożenia mulczu.

Hydromulcze mieszane

W skład mulczu mieszanego wchodzi specjalnie przygotowane strzępki papieru gazetowego, włókna drzewne i lepiszcza. Ta mieszanina zawiera czynniki zwilżające, czynniki rozkładające i barwnik. Hydromulcze mieszane zawierają włókna drzewne i papier zazwyczaj w proporcjach 70:30 i 50:50.

Lepiszczka

Lepiszczka są niezbędne do powiązania włókien ściółek i ich ochrony przed wypłukaniem i wywiewaniem. Spotykane są lepiszcza na bazie lateksu (mleczka kauczukowego) lub żywicy, a także emulsji asfaltowej [24], [26].

Hydroobsiew z zastosowaniem komunalnych osadów ściekowych

Hydroobsiew opracowany w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów [17], [22] polega na hydromechanicznym nanoszeniu na powierzchnię gruntu mieszaniny składającej się z:

- wody stanowiącej nośnik pozostałych komponentów,
- przefermentowanych osadów ściekowych,
- popiołów lotnych, pełniących rolę nawozów o przedłużonym działaniu,
- substancji użyźniających podłoże (nawozy mineralne),
- substancji poprawiających strukturę podłoża, osłaniających powierzchnię i młode siewki (ściółki słomiane, trociny),
- substancji zabezpieczających powierzchnię gruntu przed erozją i wysychaniem (najczęściej są to preparaty chemiczne),
- oraz mieszanek nasion traw i roślin motylkowych.

Ograniczenie zużycia nawozów mineralnych i ściółek stało się możliwe dzięki wprowadzeniu na ich miejsce uzyskiwanych nieodpłatnie nie odwodnionych i odwodnionych osadów ściekowych oraz popiołów lotnych.

Osady ściekowe poprawiają strukturę gruntu oraz użyźniają podłoże. Zawierają substancje organiczne i drobnoustroje, niezbędne do jałowych gruntów rodzimych i antropogenicznych. W składzie przefermentowanego osadu ściekowego jest zawarte średnio: 2,2% azotu, 0,7% fosforu i 0,4% potasu (w suchej masie). Zawarte w substancji organicznej osadów związki mineralne są uruchamiane powoli i nie są narażone na wypłukiwanie. Dzięki właściwościom koagulacyjnym osady mogą stanowić czasową powłokę przeciwoerozyjną na skarpach, w pewnym stopniu zabezpieczać grunt

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

i obsiew przed wypłukaniem, a nasiona przed nadmiernym wysychaniem. Osady ścięgowe powinny spełniać następujące wymagania:

- sanitarne określone przez Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej,
- pochodzić z oczyszczalni komunalnych,
- być dobrze przefermentowane lub kompostowane,
- nie przekraczać norm zawartości metali ciężkich (1500 mg ołowiu, 50 mg kadmu, 25 mg rtęci, 500 mg niklu i 2500 mg chromu na kg suchej masy) [26].

Popioły lotne zawierają składniki mineralne, spełniające rolę nawozów. Dzięki dość silnemu odczynowi zasadowemu skutecznie odkwaszają podłoże.

Hydroobsiew wykonywany jest za pomocą hydrosiewników. Metoda ta nie może być stosowana w strefach bezpośrednich ujęć wody pitnej i na potrzeby gospodarskie.

Biowłókniny

Biowłókniny według PN-B-12074:1998 są to maty z włókna bawełnianego lub bawełnianopodobnego, wykonane techniką włókninową z równomiernie rozmieszczonymi w czasie produkcji nasionami traw i roślin motylkowych, służące do umacniania i zadarniania powierzchni.

Minimalna masa jednostkowa biowłókniny według PN-B-12074:1998 wynosi 150 g/m². Wytrzymałość na zerwanie 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 może kurczyć się więcej niż 5% wzdłuż i 3% wszerz. Minimalna wodochłonność włókniny powinna wynosić 600%. Natomiast wymagania przepisów kolei niemieckich DS 836 odnoszą się jedynie do masy powierzchniowej (powinna ona wynosić nie mniej niż 250 g/m²), wytrzymałości na rozciąganie (nie mniej niż 1,5 kN/m) i zawartości elementów organicznych (nie mniej niż 50 %).

Ze względu na kurczenie się biowłókniny po zmoczeniu bardzo ważne jest jej luźne ułożenie na stoku oraz dobre dociśnięcie do gruntu. Szpilki i kołki do przytwierdzania biowłókniny powinny być wykonane z gałęzi, żerdzi, obrzynków lub drewna szczapowego drzew iglastych i liściastych (z wyjątkiem kruszyny, osiki oraz pędów żywej wikliny). Zarówno szpilki, jak i kołki powinny być proste, ostro zaciosane na cieńszym końcu i ucięte pod kątem prostym na drugim. Grubość szpilek powinna wynosić od 1,5 cm do 2,5 cm, a długość od 25 cm do 35 cm. Dla kołków wielkości te powinny wynosić odpowiednio 4 cm do 6 cm i 50 cm do 60 cm. Kołki w górnym końcu powinny mieć nacięcia do nawinięcia sznurka. Biowłókninę należy zakotwić w rowach kotwiących na szczycie i u podnóża skarpy.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

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

Stabilizatory gruntu

Stabilizatory zawierają składniki wiążące ziarna gruntu w celu zapobiegania erozji nieosłoniętych powierzchni. Powinny być nieszkodliwe dla roślin i zwierząt. Departament Transportu Wisconsin nie dopuszcza do stosowania stabilizatorów produkowanych na bazie asfaltu [34].

Stabilizatory gruntu są używane jako środki przeciwdziałające erozji powierzchniowej w krótkim okresie (do 6 miesięcy). Mogą samodzielnie stanowić ochronę na zboczach o nachyleniu nie większym niż 1:3. Nie powinny być używane w kanałach.

Wyróżnia się dwa typy stabilizatorów [34]:

Typ A: Stabilizator typu A wiążący cząstki gruntu jest dodawany do ściółki z włókien drzewnych i hydromulczu z włókien drzewnych. Może być używany w połączeniu z przestrzennymi matami przeciwoerozyjnymi. Stabilizator typu A tworzy barierę ochronną, osłaniającą powierzchnię przed działaniem wody i wiatru wywołujących erozję powierzchniową.

Typ B: Stabilizator typu B jest to roztwór poliakrylamidu (formy anionowej) i wapna, redukujący zdolność erodowania nieosłoniętego gruntu podczas wykonywania robót oraz wspomagający działanie ściółki na skarpach budowli ziemnych. Wiąże grunt w cząsteczki o wymiarach 1 mm i większe. Dzięki chemicznemu związaniu cząstek gruntu wzrasta jego wodochłonność.

Inne materiały ulegające biodegradacji

Skutecznym środkiem zapobiegającym erozji są tkaniny wykonane z włókien naturalnych (juta, len, włókna kokosowe) lub maty z włókien naturalnych (włókna drzewne, słoma, włókna kokosowe) wzmacnianych siatką nieorganiczną fotodegradalną lub biodegradalną. Materiały te stanowią czasową ochronę przed erozją. Chronią powierzchnię od momentu wbudowania do przejścia funkcji ochronnych przez rozwijającą się roślinność.

Tkaniny jutowe używane jako maty do ochrony przeciwoerozyjnej są luźno tkane z pojedynczych jutowych włókien (przędzy). Rozmiar nitek 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 [34].

Tkaniny i maty z włókien naturalnych są stosowane jako czasowe zabezpieczenia przeciwoerozyjne skarp o pochyleniu zazwyczaj nie większym niż 1:2. Pełnią funkcje

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
MATERIAŁY DO OCHRONY SKARP PRZED EROZJĄ

ochronne w zależności od rodzaju tkaniny lub maty zazwyczaj od kilku miesięcy do około 2 lat [25], [34].

Przykłady materiałów biodegradowalnych stosowanych do ochrony przeciwoerozyjnej skarp przedstawia rys. 6.



Rys. 6. Przykłady materiałów do ochrony przeciwoerozyjnej ulegających biodegradacji
(fot. A. Krzyczkowska)

6. Obserwacje istniejących umocnień przeciwoerozyjnych z zastosowaniem geosyntetyków

W celu zebrania informacji o skuteczności zabezpieczeń przeciwoerozyjnych wykonywanych z użyciem geosyntetyków poddano obserwacji kilka budowli ziemnych zabezpieczonych tą metodą.

Pierwsza z obserwowanych budowli (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 te po uformowaniu przykryto 6 cm warstwą humusu, następnie rozłożono na nich geomatę SECUMAT, a na niej ułożono 2 cm humusu. Całość obsiano mieszką traw jednakową na obu skarpach – północnej i południowej.



Rys. 7. Widok skarpy południowej budowli 1 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 8. Widok skarpy północnej budowli 1 (fot. B. Gajewska)

Geomata SECUMAT jest to konstrukcja 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/m². Masa powierzchniowa geomaty SECUMAT wynosi 600 g/m², grubość 20 mm, a wytrzymałość na rozciąganie w kierunku wzdłużnym 2,0 kN/m. Geomata SECUMAT została zainstalowana na budowli 1 w lutym, a obserwację budowli przeprowadzono we wrześniu 2002. Zarówno na skarpie od strony północnej (rys. 7), jak i na skarpie od strony południowej (rys. 8) nie stwierdzono bruzd erozyjnych. Obie skarpy porośnięte są roślinnością, przy czym na skarpie północnej (rys. 9) roślinność jest znacznie gęstsza niż na skarpie południowej (rys. 10). Mimo, że na skarpie południowej roślinność rozwinęła się znacznie słabiej, nie zaobserwowano widocznej erozji powierzchni gruntu nie osłoniętego przez rośliny (zabezpieczonego jedynie geomatą SECUMAT). Można więc uznać, że przez okres od lutego do września zastosowana geomata SECUMAT spełniła swoje zadanie. Jednakże, aby skarpy były w przyszłości skutecznie chronione przed erozją, konieczne jest ponowne wysianie trawy, aby roślinność rozwinęła się na całej powierzchni skarp.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 9. Roślinność porastająca skarpe południową budowli 1 (fot. B. Gajewska)

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 skarp nie jest tak odporna na erozję. Na ich powierzchni widoczne są skutki erozyjnego działania spływającej po nich wody (rys. 11).



Rys. 10. Roślinność porastająca skarpe północną budowli 1 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 11. Skarpa w pobliżu budowli 1 niezabezpieczona przed erozją (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ

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 (TENSAR MAT). Na całej skarpie została wysiana trawa. TENSAR MAT składa się z dwóch warstw geosiatki – górnej pofalowanej i dolnej płaskiej. Obie warstwy połączone są ze sobą przez zgrzanie. Masa powierzchniowa geomaty TENSAR MAT wynosi 200 g/m^2 , grubość 18 mm, a wytrzymałość na rozciąganie w kierunku wzdłużnym 1,5 kN/m.

Wbudowanie geomaty na budowli 2 miało miejsce w roku 2000. Obserwacje stanu skarpy przeprowadzono w czerwcu 2002 r., a więc po upływie 2 lat. Roślinność trawiasta rozwinęła się na całej powierzchni zabezpieczonej skarpy (rys. 12). Przy założeniu, że powierzchnia skarpy została prawidłowo przygotowana przed wbudowaniem geomaty, stwierdzono lokalne wypłukanie gruntu spod geomaty 2 (rys. 13), 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 TENSAR MAT (rys. 14). Ze względu na małe rozmiary skarpy budowli 2 nie można jednoznacznie stwierdzić, czy zabezpieczenie wykonane na skarpie o znacznych rozmiarach byłoby równie skuteczne.

Skarpa zabezpieczona geomatą



Rys. 12. Widok skarpy w Alei Prymasa Tysiąclecia (fot. P. Rychlewski)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 13. Fragment skarpy budowli 2 (fot. B. Gajewska)



Rys. 14. Skarpa w Alei Prymasa Tysiąclecia; po prawej powierzchnia skarpy zabezpieczona geomatą TENSAR MAT, po lewej – bez geomaty (fot. B. Gajewska)

Obecnie umocnienia tej skarpy zostały zmienione. Poprzednie umocnienia zostały zniszczone podczas prowadzenia remontu przebiegającej tam instalacji.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ

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 SLOVARM. Obie skarpy zostały obsiane za pomocą hydroobsiewu, wykonanego przed ułożeniem geosiatek.



Rys. 15. Widok skarp budowli 3 zabezpieczanych przed erozją powierzchniową z użyciem geosiatek SLOVARM (fot. B. Gajewska)



Rys. 16. Fragment skarpy północno wschodniej budowli 3. Od lewej widoczna jest powierzchnia skarpy zabezpieczona przed erozją, bliżej – bez zabezpieczeń (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ

Mieszanka traw w przypadku obydwu skarp była taka sama. Geosiatka SLOVARM jest wykonana z polipropylenu, o wymiarach oczka 4x4 mm i wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż pasma 18 kN/m. Geosiatka SLOVARM jest wbudowana na skarpach położonych naprzeciw siebie – północno-wschodniej i południowo-zachodniej (rys. 15). Obserwacja budowli 3 miała miejsce po upływie kilku miesięcy od wbudowania geosiatek SLOVARM. Na rys. 16 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 SLOVARM nie widać oznak erozji.

Na skarpie skierowanej na północny wschód roślinność rozwinęła się znacznie lepiej (rys. 17) niż na skarpie skierowanej na południowy zachód (rys. 18). Ponadto skarpa południowo-wschodnia tylko w nielicznych miejscach została porośnięta roślinnością trawiastą. Wyrastające tam rośliny dwuliścienne uniosły geosiatkę do góry (rys. 19). Zjawisko to nie miało w zasadzie miejsca na skarpie północno-wschodniej, gdzie powierzchnia niemal całej skarpy jest porośnięta trawą.



Rys. 17. Skarpa północno-wschodnia budowli 3 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 18. Skarpa południowo-zachodnia budowli 3 (fot. B. Gajewska)



Rys. 19. Geosiatka uniesiona przez rośliny dwuliścienne (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ

Na rys. 20 pokazano skarpy wykopu budowli 3 w rok po wykonaniu umocnień. Mimo, że skarpa południowa nie jest porośnięta trawą, nie widać na jej powierzchni śladów erozji.



Rys. 20. Skarpy budowli 3 w rok po wykonaniu umocnień przeciwoerozyjnych z zastosowaniem geosyntetyków (fot. B. Gajewska)

Kolejna budowla to skarpa o pochyleniu 1:1 i wysokości około 3 m. Na skarpie tej zastosowano przestrzenną matę przeciwoerozyjną VHVD o niewielkiej wytrzymałości na rozciąganie (wytrzymałość deklarowana przez producenta 1,3 kN/m). Geomata VHVD w wyniku obciążenia gruntem uległa sfałdowaniu w dolnej części skarpy (rys. 21, rys. 22). Sfałdowanie może być wynikiem zbyt małej wytrzymałości geomaty na rozciąganie lub zbyt dużym rozstawem szpilek kotwiących.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 21. Widok skarpy zabezpieczonej przed erozją powierzchniową za pomocą geomaty VHVD (fot. B. Gajewska)



Rys. 22. Fragment skarpy ze sfalowaną geomatą VHVD (fot. B. Gajewska)

W niektórych miejscach (rys. 23) nastąpiło przerwanie geomaty. Mogło mieć to miejsce podczas wbudowywania lub w czasie eksploatacji w wyniku punktowego obciążenia. Jednak w obrębie szpilek kotwiących geomata nie została uszkodzona (rys. 24). Prawdopodobnie, gdyby rozstaw szpilek kotwiących był mniejszy, geomata nie uległaby sfalowaniu.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
OBSERWACJE ISTNIEJĄCYCH UMOCNIEŃ



Rys. 23. Geomata VHVD uszkodzona w trakcie montażu lub w wyniku punktowego obciążenia (fot. B. Gajewska)



Rys. 24. Szpilka kotwiąca geomatę do powierzchni skarpy (fot. B. Gajewska)

Roślinność bardzo słabo rozwinęła się na powierzchni skarpy. Jednakże nie zaobserwowano na niej bruzd erozyjnych. Jak dotychczas powierzchnia skarpy jest skutecznie chroniona przez matę przed działaniem czynników erozyjnych. Ze względu na niewielką wytrzymałość geomaty i widoczne już oznaki jej zniszczenia istnieje obawa, że skarpa ta nie będzie chroniona przed erozją w długim okresie czasu.

7. Wnioski z obserwacji

Zabezpieczenie przeciwoerozyjne z udziałem geosyntetyków stanowi nie tylko sam materiał, ale przede wszystkim współdziałanie materiału i roślinności. Geosyntetyk zabezpiecza powierzchnię skarpy tylko częściowo do momentu ukorzenienia się roślin. Dopiero, gdy roślinność dostatecznie się rozwinie, zapewniona jest właściwa ochrona gruntu. 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. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji trudno jest stwierdzić, czy są jakieś znaczące różnice w skuteczności zastosowanych materiałów. Natomiast skarpy bez zabezpieczeń doznały wyraźnej erozji. W przypadku budowli 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 celowość stosowania geosyntetyków do ochrony przeciwoerozyjnej skarp, jak również znaczenie właściwego wykonania zabiegów agrotechnicznych i pielęgnacji roślin.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
PARAMETRY MATERIAŁÓW GEOTEKSTYLNICH UŻYWANYCH DO OCHRONY PRZED EROZJĄ

8. Parametry materiałów geotekstylnych używanych do ochrony przed erozją

Na polskim rynku dostępne jest wiele materiałów geotekstylnych przeznaczonych do stosowania w zabezpieczeniach przed erozją powierzchniową. Parametry wybranych wyrobów zawiera tabela 2.

Tabela 2. Parametry wybranych wyrobów przeciwoerozyjnych dostępnych na polskim rynku

Nazwa wyrobu	Struktura materiału	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Grubość [mm]	Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż/wszerz [kN/m]	Wydłużenie przy zerwaniu wzdłuż/wszerz [%]	Wymiar oczka [mm]
Enkamat	przestrzenna	260÷400	10÷20	1,8÷2,2	-	-
Enkamat S	przestrzenna	480÷780	15÷18	20÷110	12,5	-
Polymat	przestrzenna	430-820	12-20	1,5 ÷20	-	-
Landlok TRM	przestrzenna	287÷490	10,2÷17,7	2,9x2,2÷4,9x3,3	25÷30	-
MULTIMAT 100	przestrzenna	320	17	10x15	20x15	-
MULTIMAT R	przestrzenna	-	18	20x20÷150x30	11,5x11,5	-
PYRAMAT	przestrzenna	510	15,2	55x41	25	-
SECUMAT	przestrzenna	630	20	2,0x0,4	15x10	-
TENSAR	przestrzenna	230÷430	18	1,5÷3,2	-	-
VHVD	przestrzenna	800	10÷20	1,38÷1,44	30÷50	-
Envirofelt	płaska perforowana	60	-	-	-	φ20
HaTe	płaska	140÷180	-	15x14÷20x20	15x18÷15x20	3,5x3,5 ÷10x10
PROMAT	płaska dwuwarstwowa	70	-	3,5x4,0	20x15	4,0x4,5 ¹⁾
SLOVARM	płaska	100÷130	-	16x14÷18x14	18x10÷20x10	3,5x3,5÷5x5

¹⁾ pojedyncza warstwa

Departament Transportu Wisconsin corocznie publikuje listę wyrobów, które mogą być stosowane do ochrony przed erozją skarp drogowych. Wśród nich są również materiały geosyntetyczne. W opracowaniu tym podawane są również minimalne wartości wymaganych parametrów dla poszczególnych typów wyrobów.

9. Wymagania stawiane geosyntetykom (mogącym służyć do wykonywania zabezpieczeń przeciwoerozyjnych) w Aprobatach Technicznych IBDiM

Do listopada 2005 r. zostały wydane cztery Aprobaty Techniczne na geomaty przeciwoerozyjne, cztery Aprobaty na geosiatki komórkowe (geomata AB, geosiatka komórkowa GEOWEB, geokrata TABOSS II i GLOB-KRATA) oraz jedna na geotkaninę (geotkanina HaTe m.in. odmiany 23.142 i 30.143), w których stwierdzono możliwość zastosowania tychże wyrobów do ochrony przed erozją powierzchni skarp.

9.1. Przestrzenne geomaty przeciwoerozyjne

Brak jest norm lub przepisów określających wymagane parametry techniczne mat przeciwoerozyjnych. Przykładowe wymagania zestawiono w tablicy 3 [33]. Należy pamiętać, że wymagania, jakie zostały postawione przestrzennym matom przeciwoerozyjnym w USA dotyczą sytuacji, gdy maty te stosowane są na skarpach o maksymalnym pochyleniu 1:2. W Polsce pochylenia skarp są większe i wynoszą zwykle 1:1,5 (a nawet 1:1).

Tablica 3. Przykładowe wymagania stawiane przestrzennym matom przeciwoerozyjnym w USA [33]

Właściwość	Wymagane wartości
Masa powierzchniowa	$\geq 340 \text{ g/m}^2$
Grubość	$\geq 10 \text{ mm}$
Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż pasm	$\geq 1,30 \text{ kN/m}$
Wytrzymałość na rozciąganie w poprzek pasm	$\geq 0,73 \text{ kN/m}$
Wydłużenie przy zerwaniu wzdłuż pasm	$\leq 75\%$
Wydłużenie przy zerwaniu w poprzek pasm	$\leq 75\%$
Pojemność powierzchni utrzymującej (AHC)	$\geq 90 \%$
Sprężystość	$\geq 80 \%$
Odporność na działanie promieni UV	$\geq 80\%$

Podstawowe parametry dotyczące przestrzennych mat przeciwoerozyjnych istotne w przypadku ochrony przed erozją skarp drogowych zestawiono w tablicy 4.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
 WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATACH TECHNICZNYCH

Tablica 4. Podstawowe parametry dotyczące przestrzennych mat przeciwoerozyjnych istotne w przypadku stosowania ich do zabezpieczenia skarpy przed erozją powierzchniową

Lp.	Właściwości	Jednostki	Metody badań według
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	PN-EN 965:1999
2	Grubość	mm	PN-EN 964-1:1999
3	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	PN ISO 10319:1996
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	% %	

Zgodnie z Aprobatami Technicznymi geomaty przeciwoerozyjne przeznaczone są do stosowania w inżynierii komunikacyjnej do:

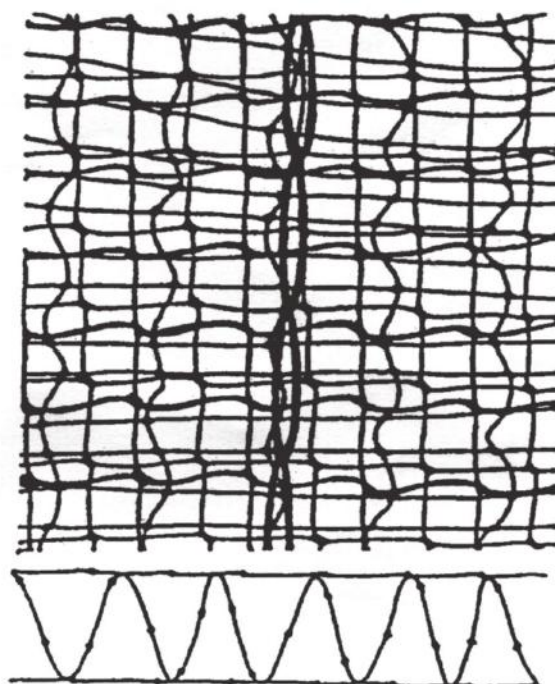
- ochrony skarpy drogowych (do czasu ukorzenia się traw) przed erozją powierzchniową powodowaną przez wiatr, deszcz i wodę płynącą,
- wzmacniania systemu korzeniowego traw, a tym samym poprawiania naturalnej odporności na erozję powierzchni trawiastej.

Geomata TENAX typu MULTIMAT złożona jest z trzech warstw siatki o sztywnych węzłach. Środkowa warstwa jest pofalowana i nadaje geomacie strukturę przestrzenną. Poszczególne warstwy geomaty TENAX typu MULTIMAT połączone są ze sobą przez zszycie nićmi z polipropylenu. Strukturę geomaty TENAX typu MULTIMAT przedstawiono na rys. 25.

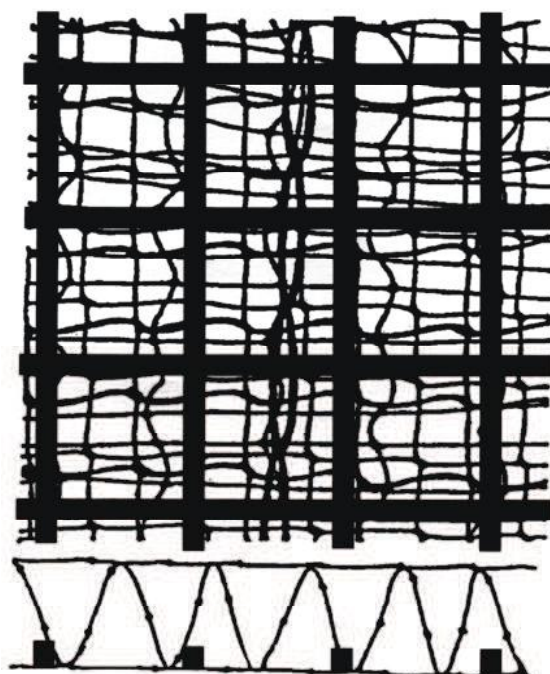
Geomata TENAX typu MULTIMAT R jest to geomata typu MULTIMAT dodatkowo wzmocniona geosiatką z przeplatanych w węzłach wiązek włókien poliestrowych, pokrytą osłoną z PVC. Geosiatka nadaje geomacie wytrzymałość i sztywność na rozciąganie. Strukturę geomaty MULTIMAT R przedstawiono na rys. 26.

Parametry geomat TENAX typ MULTIMAT według [5] zestawiono w tablicy 5.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH



Rys. 25. Struktura geomaty TENAX typu MULTIMAT [5]



Rys. 26. Struktura geomaty TENAX typu MULTIMAT R [5]

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH

Tablica 5. Wymagane parametry geoamat TENAX typ MULTIMAT wg [5]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania*	
			MULTIMAT 030	MULTIMAT 100
1	2	3	4	5
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	180 (± 18)	320 (± 32)
2	Grubość	mm	8,0 (- 0)	17 (- 0)
3	Wytrzymałość na rozciąganie:			
	- wzdłuż pasma	kN/m	3,8 (- 0)	10 (- 0)
	- wszerz pasma	kN/m	13 (- 0)	15 (- 0)
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:			
	- wzdłuż pasma	%	23 (± 3)	20 (± 3)
	- wszerz pasma	%	23 (± 3)	15 (± 3)
* W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia. Brak tolerancji oznacza brak ograniczeń odpowiednio w kierunku „+” i (lub) „-”				

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
 WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH

cd.

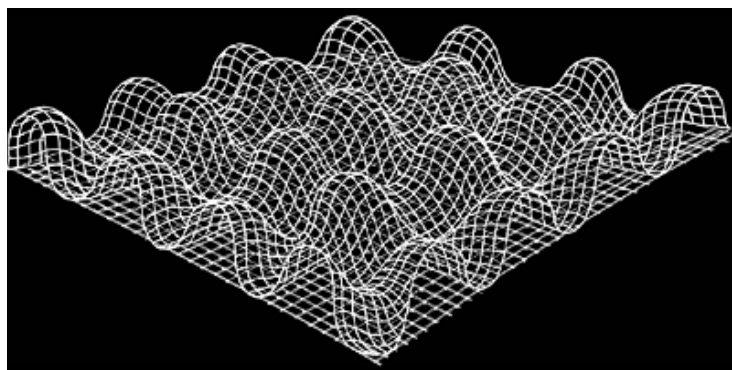
Tablica 5. Wymagane parametry geoamat TENAX typ MULTIMAT wg [5]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania*				
			MULTIMAT 35/R	MULTIMAT 55/R	MULTIMAT 80/R	MULTIMAT 110/R	MULTIMAT 150/R
1	2	3	6	7	8	9	10
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	470 (± 47)	550 (± 55)	560 (± 56)	650 (± 65)	710 (± 71)
2	Grubość	mm	18 (- 0)	18 (- 0)	18 (- 0)	18 (- 0)	18 (- 0)
3	Wytrzymałość na rozciąganie:						
	- wzdłuż pasma	kN/m	35 (- 0)	55 (- 0)	80 (- 0)	110 (- 0)	150 (- 0)
	- wszerz pasma	kN/m	20 (- 0)	30 (- 0)	30 (- 0)	30 (- 0)	30 (- 0)
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:						
	- wzdłuż pasma	%	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)
	- wszerz pasma	%	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)	11,5 (± 3)
* W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia. Brak tolerancji oznacza brak ograniczeń odpowiednio w kierunku „+” i (lub) „-”							

Geomata TENSAR 200 składa się z dwóch warstw siatki, a geomata TENSAR 400 z czterech warstw siatki. Górna warstwa siatki (lub dwie górne warstwy) jest pofalowana i tworzy strukturę, która umożliwia utrzymanie na powierzchni zbocza warstwy humusu wypełniającego geomatę. Dolna warstwa siatki (lub dwie dolne warstwy) jest płaska i nadaje geomacie wytrzymałość i sztywność. Obie warstwy połączone są ze sobą punktowo przez zgrzanie.

Strukturę geomaty TENSAR przedstawia na rys. 27, a parametry wg [6] w tablicy 6.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
 WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH



Rys. 27. Struktura geomaty TENSAR [6]

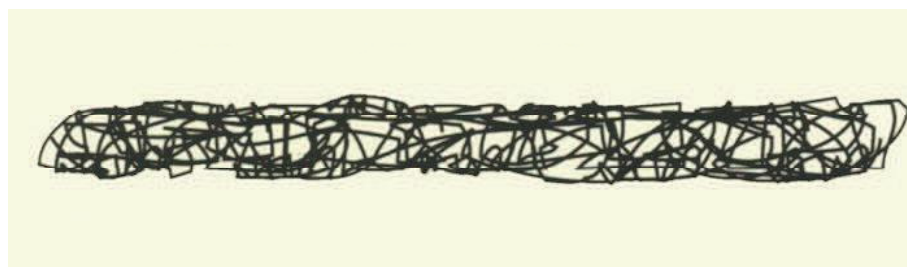
Tablica 6. Wymagane parametry geomat TENSAR według [6]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania ¹ dla poszczególnych odmian geomaty TENSAR	
			200	400
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	230 (± 34,5)	440 (± 66)
2	Grubość	mm	20 (± 2)	20 (± 2)
3	Wytrzymałość na rozciąganie ² wzdłuż pasma	kN/m	1,9 (- 0,5)	4,2 (-0,6)
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym wzdłuż pasma	%	36 (± 12)	41 (± 12)
¹ W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia. ² Brak odchylenia oznacza brak ograniczeń w kierunku „+”.				

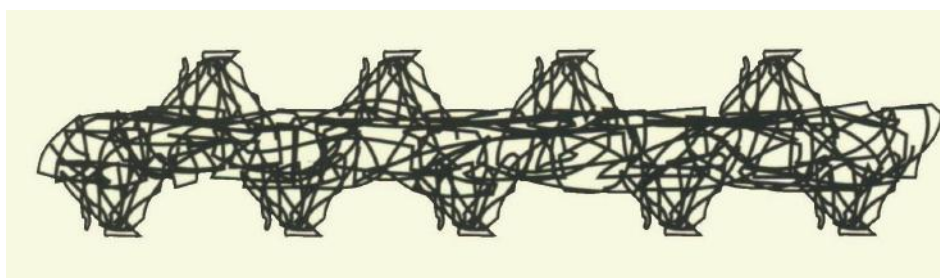
Geomata Polymat odmiany 810, 1210, 2010 jest zbudowana z ułożonych losowo monofilamentów z polipropylenu barwy czarnej. W wyniku obróbki termicznej geomacie nadawana jest struktura przestrzenna.

Strukturę geomaty Polymat 810 przedstawiono na rys. 28, a Polymat 1210 i 2010 na rys. 29.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH



Rys. 28. Struktura geomaty Polymat 810 [8]



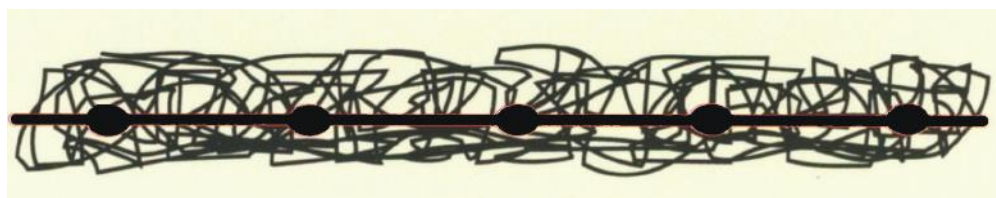
Rys. 29. Struktura geomat Polymat 1210 i Polymat 2010 [8]

Geomata Polymat 2020/9 składa się z geosiatki i ułożonych na niej monofilamentów tworzących przestrzenną strukturę, stabilizowanych przeciw działaniu promieni UV. Geosiatka barwy czarnej jest wykonana z polipropylenu.

Geomata Polymat 2020/20 składa się z geosiatki i ułożonych na niej monofilamentów tworzących przestrzenną strukturę, stabilizowanych przeciw działaniu promieni UV. Geosiatka barwy czarnej jest wykonana z przeplatanych w węzłach wiązek włókien poliestrowych i pokryta w procesie technologicznym osłoną z PVC.

Geosiatka nadaje geomacie Polymat odmian 2020/9 i 2020/20 wytrzymałość i sztywność na rozciąganie.

Strukturę geomaty Polymat odmiany 2020/9 i 2020/20 przedstawiono na rys. 30.



Rys. 30. Struktura geomat Polymat 2020/9 i Polymat 2020/20 [8]

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH

Właściwości poszczególnych odmian geomaty Polymat według [8] zestawiono w tablicy 7.

Tablica 7. Wymagane parametry geomat POLYMAT według [8]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania* dla geomaty Polymat odmiany:				
			810	1210	2010	2020/9	2020/20
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	450 (± 50)	570 (± 70)	670 (± 70)	790 (± 70)	780 (± 70)
2	Grubość	mm	9 (-1)	14 (-1)	20 (-3)	20 (-3)	20 (-3)
3	Wytrzymałość na rozciąganie:						
	- wzdłuż pasma	kN/m	1,8 (- 0,2)	1,8 (- 0,2)	1,9 (- 0,45)	9,3 (-1)	21 (-1)
	- wszerz pasma	kN/m	0,9 (- 0,45)	1 (- 0,2)	1 (- 0,45)	17,0 (-1,5)	21 (-1)
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:						
	- wzdłuż pasma	%	30 (± 10)	55 (± 25)	55 (± 25)	16 (± 5)	12 (± 3)
	- wszerz pasma	%	20 (± 10)	50 (± 25)	50 (± 25)	13 (± 5)	13 (± 3)

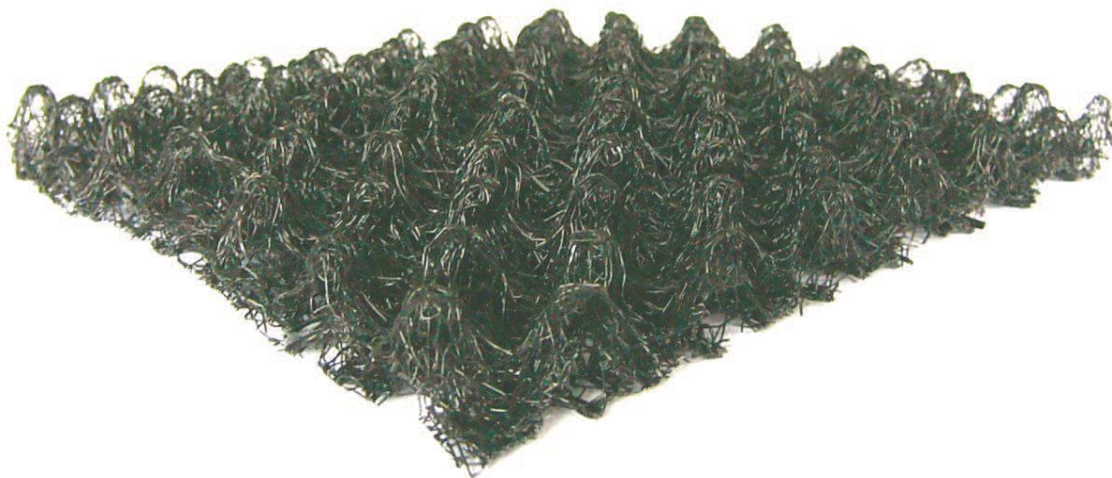
* W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia. Brak tolerancji oznacza brak ograniczeń odpowiednio w kierunku „+” i (lub) „-”

Geomata VHVD odmiany 93 jest zbudowana z ułożonych losowo monofilamentów z polietylenu barwy czarnej. W wyniku obróbki termicznej geomacie nadawana jest struktura przestrzenna.

Geomata VHVD odmian 10/10, 20/20, 35/20, 35/35, 55/30, 55/55, 65/30 składa się ze struktury przestrzennej (jak w odmianie 93) wzmocnionej geosiatką. Geosiatka barwy czarnej jest wykonana z przeplatanych w węzłach wiązek włókien poliestrowych i pokryta w procesie technologicznym osłoną z PVC.

Widok przykładowej geomaty VHVD przedstawiono na rys. 31, a parametry według [9] zestawiono w tablicy 8.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH



Rys. 31. Widok przykładowej geomaty VHVD [9]

Tablica 8. Wymagane parametry geomaty VHVD wg [9]

Lp.	Właściwości	Wymagania ¹⁾ dla geomaty VHVD odmiany:				
		Jednostki		93	10/10	20/20
1	2	3	4	5	6	7
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	750 (± 100)	850 (± 100)	950 (± 150)	1000 (± 150)
2	Grubość	mm	20 (± 2)	20 (± 2)	20 (± 2)	20 (± 2)
3	Wytrzymałość na rozciąganie ²⁾ :					
	- wzdłuż pasma	kN/m	0,5 (- 0,1)	13 (- 3)	25 (- 5)	40 (-5)
	- wszerz pasma	kN/m	1,4 (- 0,2)	13 (- 4)	25 (- 5)	25 (-5)
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:					
	- wzdłuż pasma	%	60 (± 10)	12,5 (± 3,0)	12,5 (± 2,5)	12,5 (± 2,5)
	- wszerz pasma	%	80 (± 10)	12,5 (± 3,0)	12,5 (± 2,5)	12,5 (± 2,5)

¹⁾ W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia

²⁾ Brak tolerancji ze znakiem „+” oznacza brak ograniczeń w kierunku „+”

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH

cd. Tablica 8. Wymagane parametry geomaty VHVD wg [9]

Lp.	Właściwości	Wymagania ¹⁾ dla geomaty VHVD odmiany:				
		Jednostki	35/35	55/30	55/55	65/30
1	2	3	8	9	10	11
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	1000 (± 150)	1090 (± 150)	1150 (± 200)	1130 (± 150)
2	Grubość	mm	20 (± 2)	20 (± 2)	20 (± 2)	20 (± 2)
3	Wytrzymałość na rozciąganie ²⁾ :					
	- wzdłuż pasma	kN/m	40 (- 5)	60 (- 5)	60 (- 5)	70 (- 10)
	- wszerz pasma	kN/m	40 (- 10)	35 (- 5)	60 (- 10)	35 (- 5)
4	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym:					
	- wzdłuż pasma	%	12,5 (± 2,5)	13,0 (± 2,5)	13,0 (± 2,5)	13,0 (± 2,5)
	- wszerz pasma	%	12,5 (± 2,5)	13,0 (± 2,5)	13,0 (± 2,5)	13,0 (± 2,5)

¹⁾ W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia

²⁾ Brak tolerancji ze znakiem „+” oznacza brak ograniczeń w kierunku „+”

9.2. Płaskie siatki polimerowe i geotkaniny

Również w przypadku tych wyrobów brak jest norm lub przepisów określających ich wymagane parametry techniczne. Zakres zastosowań płaskich geosiatek polimerowych jest taki sam jak przestrzennych mat przeciwoerozyjnych. Podstawowe wymagania dla płaskich wyrobów służących do trwałej ochrony przed erozją zestawiono w tabelicy 9.

Tablica 9. Podstawowe parametry płaskich siatek polimerowych i geotkanin istotne w przypadku stosowania ich do zabezpieczenia skarp przed erozją powierzchniową

Lp.	Właściwości	Jednostki	Metody badań według
1	Masa powierzchniowa	g/m^2	PN-EN 965:1999
2	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	PN ISO 10319:1996
3	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	% %	

Geomata TENAX typu PROMAT 70 składa się z dwóch warstw płaskiej siatki o sztywnych węzłach, o wymiarach oczka 5 x 5 mm. Liczba w symbolu oznacza masę powierzchniową geomaty w g/m^2 . Widok geomaty PROMAT 70 przedstawiono na rys. 32.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH



Rys. 32. Widok geomaty PROMAT 70 (fot. B. Gajewska)

Parametry geomaty TENAX typ PROMAT według [5] zestawiono w tabelicy 10.

Tabela 10. Wymagane parametry geomaty TENAX typu PROMAT wg [5]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania*
			PROMAT 70
1	2	3	4
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	70 (± 7)
2	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	3,5 (- 0) 4,0 (- 0)
3	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	% %	20 (± 3) 15 (± 3)
* W nawiasach podano dopuszczalne odchylenia. Brak tolerancji oznacza brak ograniczeń odpowiednio w kierunku „+” i (lub) „-”			

9.3. Geosyntetyki komórkowe

Geosyntetyki komórkowe w głównej mierze znajdują zastosowanie przy wykonywaniu:

- nawierzchni parkingów, o małym obciążeniu,
- dróg o nawierzchni gruntowej,
- dróg tymczasowych o nawierzchni nieulepszonej,
- umocnienia podłoża nawierzchni drogowych,
- umocnienia podbudowy dróg samochodowych i kolejowych w okresie prowadzenia robót budowlanych,
- umocnienia przeciwoerozyjnego powierzchni skarp kanałów, cieków i zbiorników wodnych.

Do wypełniania komórek w konstrukcjach umocnienia przeciwoerozyjnego powierzchni skarp i stożków stosuje się glebę lub kruszywo, układane z nadmiarem nie mniejszym od połowy wysokości geomaty, ale nie większym niż 50 mm; zasypkę wyrównuje się i stabilizuje przez wałowanie, ewentualnie uzupełnia. Zagęszczanie zasyпки nie jest wymagane.

Parametry wymagane w Aprobatach dotyczą materiału, z którego wykonane są taśmy geosyntetyku komórkowego (podano je w tablicy 11) oraz taśm geosyntetyku (podano je w tablicy 12). Wymagania dotyczące materiału, wypełnienia oraz sposobu jego wbudowania podają instrukcje producentów.

Tablica 11. Parametry wymagane w AT dotyczące materiałów, z których wykonywane są geosyntetyki komórkowe według [1], [2], [4], [7]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Metody badań według
1	Gęstość	g/cm ³	PN-C-89035:1992
2	Wytrzymałość na rozciąganie	kN/m ²	PN-EN 527-2:1998 lub PN-C-89034:1981
3	Odporność na korozję naprężeniową	h	PN-C-89049:1976

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
 WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH

Tablica 12. Parametry wymagane w AT dotyczące taśm geosiatek komórkowych według [1], [2], [4], [7]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Metody badania według
1	Szerokość taśmy	mm	przymiarem
2	Wytrzymałość taśmy na rozciąganie	kN	PN-81/C-89034
3	Wytrzymałość połączenia na rozrywanie	kN	PN-81/C-89034 lub PN-EN 12814-2:2003 PN-EN 12814-4:2003

Parametry geosiatek komórkowych posiadających Aprobata Techniczne Instytutu Badawczego Dróg i Mostów zestawiono tablicy 13.

Tablica 13. Wartości wymaganych parametrów geosiatek komórkowych posiadających Aprobata Techniczną IBDiM [1], [2], [4], [7]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Geosiatka komórkowa			
			GEOWEB	AB	TABOSS II	GLOB-KRATA
1	Szerokość taśmy	mm	50-203	75 - 300	50 - 300	50-300
2	Wytrzymałość taśmy na rozciąganie	kN	1,3*-5,3*	2,0 – 5,5	1,2* - 7,6*	1,4-8,2
3	Wytrzymałość połączenia na rozrywanie	kN	0,5-2,0	1,4-3,2	1,1 - 6,4	1,4-9,0
*/ Wyrób z taśm perforowanych (nacinanych) ma wytrzymałość na rozciąganie 60% podanej wartości						

W przypadku stosowania geosiatek komórkowych do ochrony przed erozją powierzchniową (szczególnie w przypadku wypełniania komórek geosiatki kruszywem), ważnym parametrem jest również wydłużenie taśmy przy obciążeniu maksymalnym.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYMAGANIA STAWIANE GEOSYNTETYKOM W APROBATCH TECHNICZNYCH

9.4. Geotkaniny

Aprobate Techniczną IBDiM posiada jedna tkanina służąca m.in. do zabezpieczania powierzchni skarp przed erozją. Jest to geotkanina HaTe odmian 23.142 i 30.143. Odmiany te są wykonane z multiflamentów (wiązek włókien) poliestrowych pokrywanych w procesie technologicznym warstwą tworzywa polimerowego (PVC). Parametry geotkaniny HaTe podano w tablicy 14.

Tablica 14. Wymagane parametry geotkaniny HaTe według Aprobaty Technicznej IBDiM [3]

Lp.	Właściwości	Jednostki	Geotkanina HaTe
1	Masa powierzchniowa	g/m ²	140 - 180
2	Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	kN/m kN/m	15 -20 14 - 20
3	Wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym: - wzdłuż pasma - wszerz pasma	% %	15 18 -20
4	Siła przebicia (metoda CBR)	kN	1,0 – 2,0
5	Przepływ wody prostopadły do płaszczyzny geotkaniny	m/s	0,250

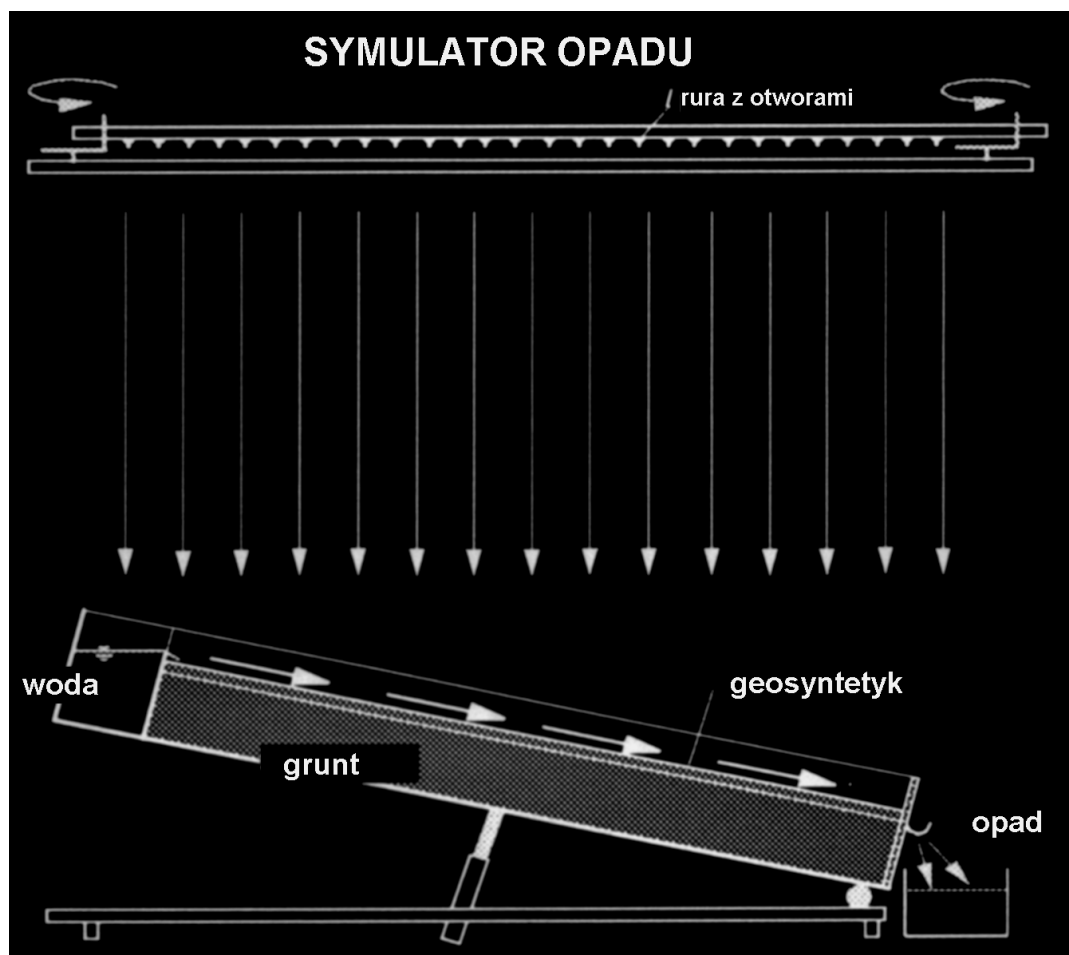
Geotkanina HaTe ma wiele innych zastosowań poza ochroną skarp przed erozją powierzchniową. Gdyby geotkanina HaTe była stosowana tylko i wyłącznie do ochrony przed erozją, lista istotnych parametrów mogłaby być ograniczona do parametrów wymaganych dla płaskich geosiatek polimerowych (tablica 9).

10. Badania skuteczności geosyntetyków przeciwoerozyjnych opisane w literaturze

Poszczególne rodzaje geosyntetyków do ochrony przeciwoerozyjnej skarpy różnią się między sobą budową oraz parametrami (por. p. 5). Niestety niewiele jest publikacji dotyczących tego rodzaju materiałów. Niewiele też było prowadzonych badań oceny ich skuteczności w ochronie przed erozją powierzchni skarpy, zwłaszcza w skali rzeczywistej. W literaturze można spotkać badania skuteczności materiałów przeciwoerozyjnych stosowanych w kanałach lub na brzegach rzek (por. [17]).

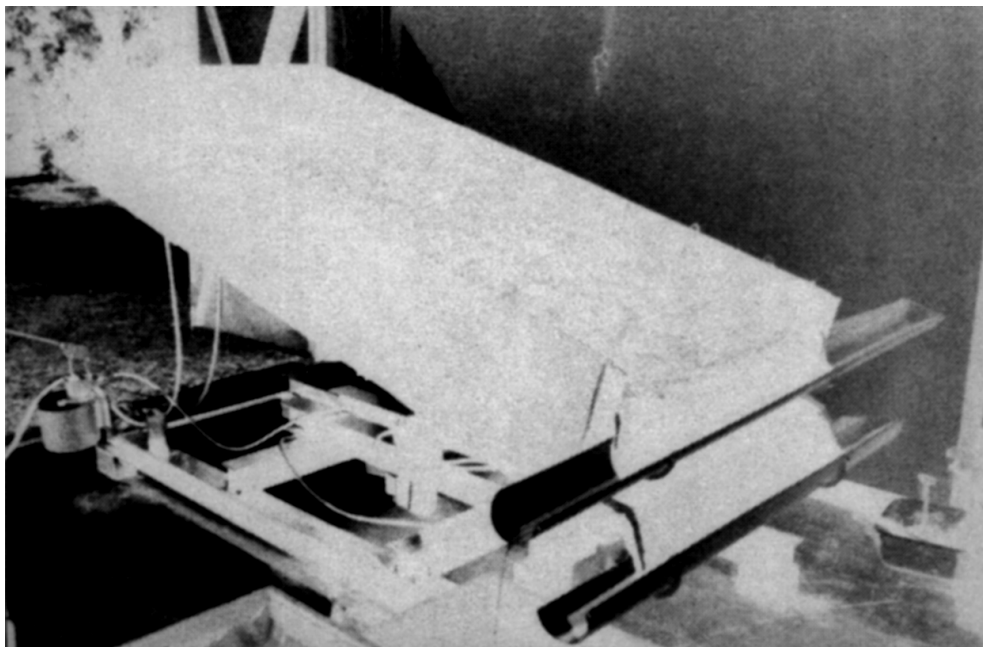
We Francji na Uniwersytecie Josepha Fouriera zbudowane zostało laboratoryjne stanowisko do badań skuteczności geosyntetyków w podobnych warunkach.

Schemat urządzenia pokazano na rys. 33, a ogólny widok na rys. 34



Rys. 33. Schemat aparatury do badania skuteczności geosyntetyków przeciwoerozyjnych [36]

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI OPISANE W LITERATURZE



Rys. 34. Widok aparatury do badania skuteczności geosyntetyków przeciwoerozyjnych [36]

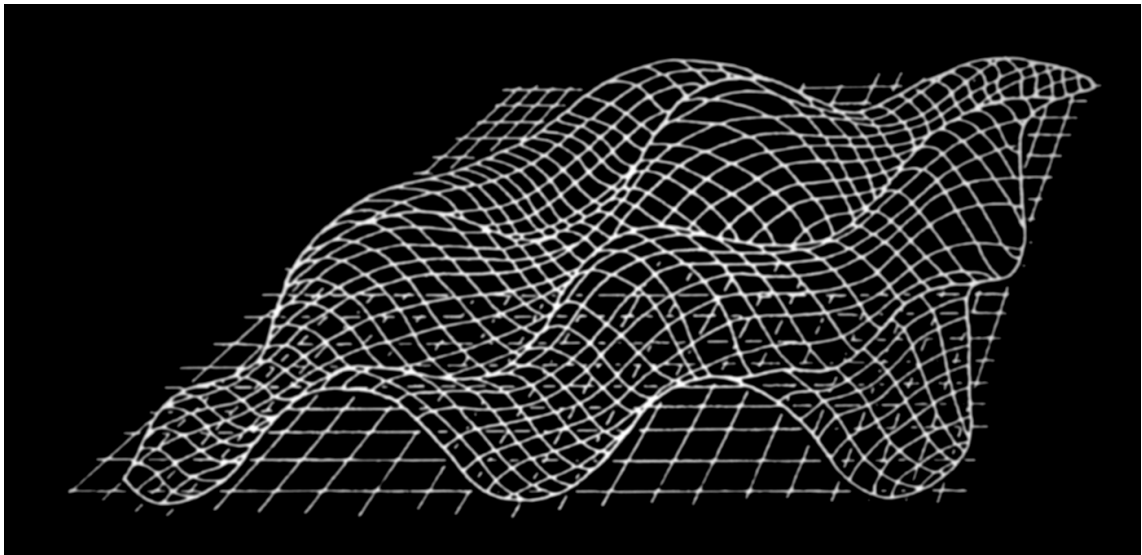
Na pokazanym powyżej stanowisku (rys. 34) badano maty przestrzenne i tkaninę jutową (a więc produkt biodegradowalny). Podstawowe parametry przedstawiono w tablicy 15. Opad był symulowany dzięki zastosowaniu rury z otworami w górnej części urządzenia.

Tablica 15. Parametry materiałów przeciwoerozyjnych [36]

Nazwa	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Grubość [mm]
geomata 1	230	18
geomata 2	450	18
geojuta	500	3-5

Schemat testowanych materiałów przedstawia rys. 35.

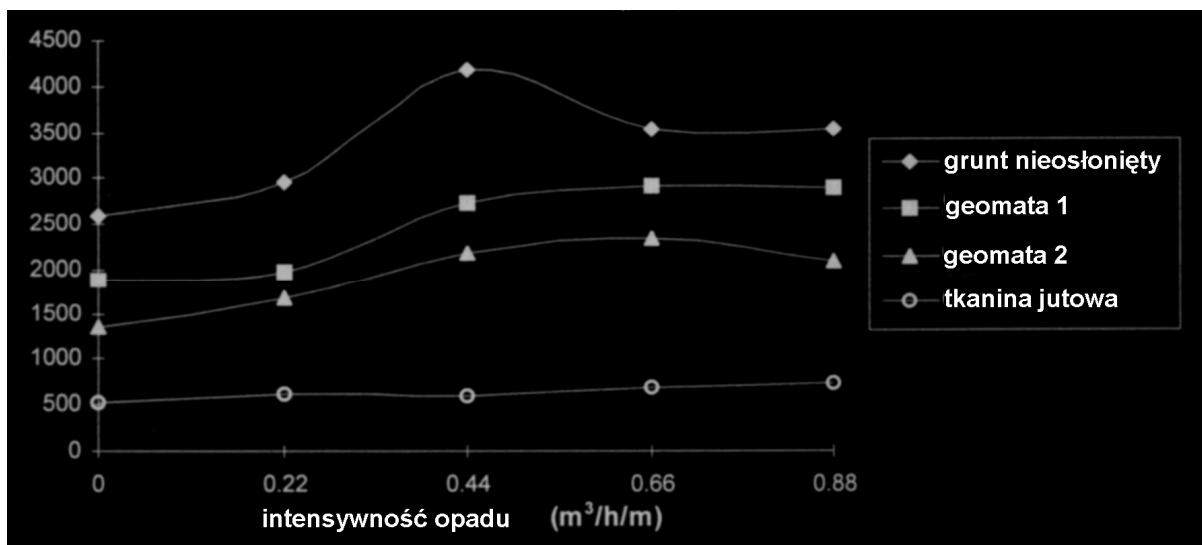
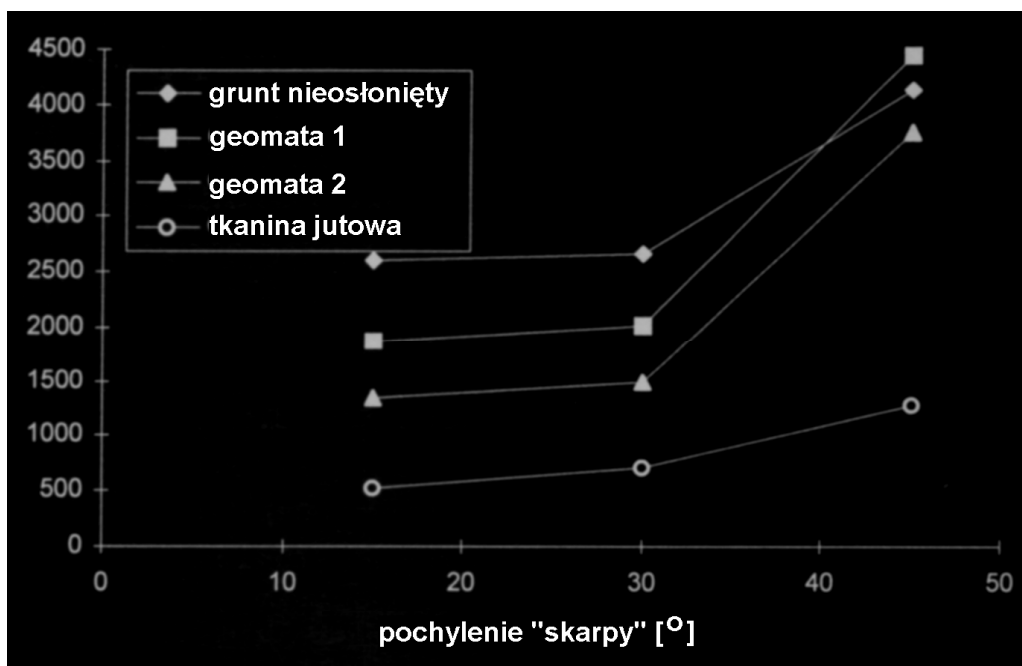
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI OPISANE W LITERATURZE



Rys. 35. Schemat materiałów testowanych za pomocą aparatury przedstawionej na rys. 34.

Podczas przeprowadzanych testów autorzy [36] stwierdzili, że przy takim samym pochyleniu skarpy, a zmiennej wielkości opadu, największy wpływ erozyjny występował w przypadku nieosłoniętego gruntu. Najlepszą ochronę stanowiła geomata 1. Z kolei przy zmiennym pochyleniu i takiej samej intensywności opadu, najlepszą skuteczność wykazała tkanina jutowa. Prezentowane w [36] wyniki doświadczeń przedstawiono na rys. 36.

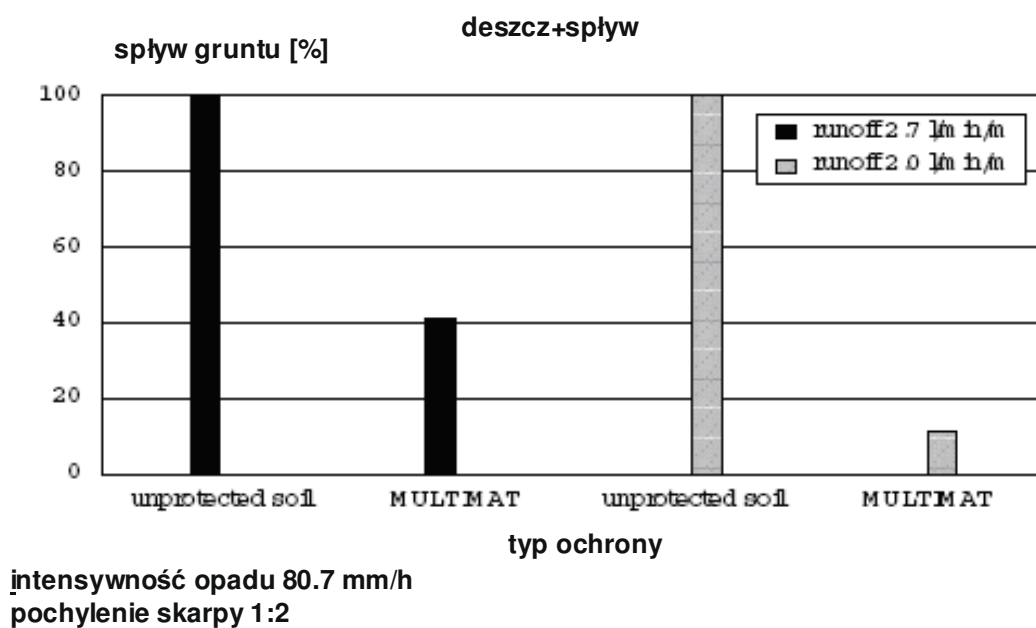
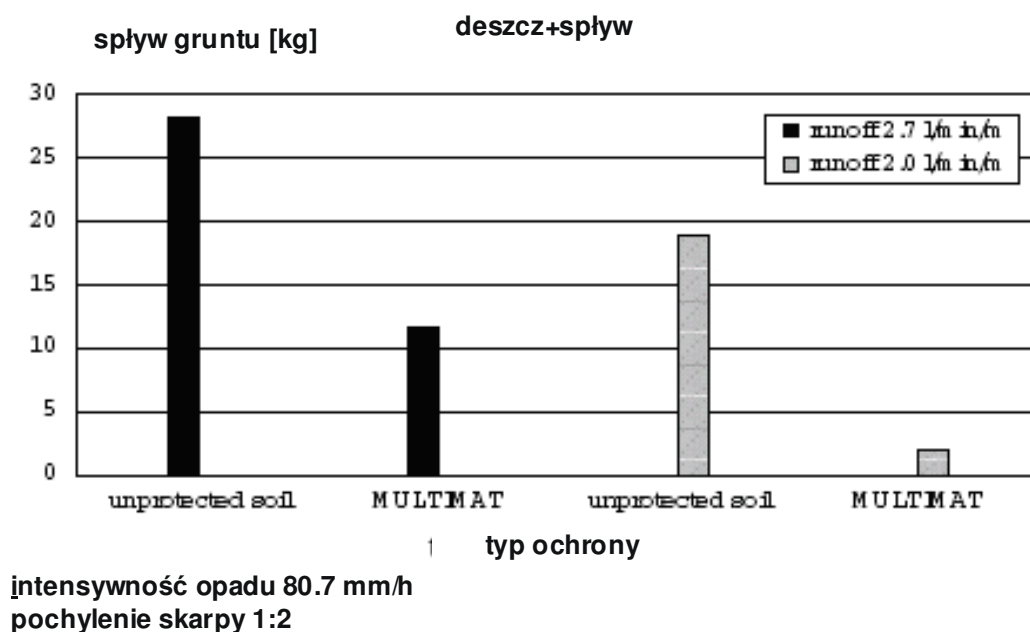
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
 BADANIA SKUTECZNOŚCI OPISANE W LITERATURZE



Rys. 36. Masa gruntu spływającego z powierzchni badanej w [g/m²] w zależności od pochylenia „skarpy” i intensywności opadu [36]

Badania skuteczności geosyntetycznych mat przeciwoerozyjnych przeprowadzono w laboratorium włoskiej firmy TENAX [37]. Testowano dwa produkty tej firmy: przestrzenny MULTIMAT i płaski PROMAT. Wyniki obserwacji przedstawiono na rys. 37.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI OPISANE W LITERATURZE



Rys. 37. Wyniki badań przeprowadzony w laboratorium firmy TENAX [37]

Wyniki badań przeprowadzonych w firmie TENAX były prezentowane również w [27].

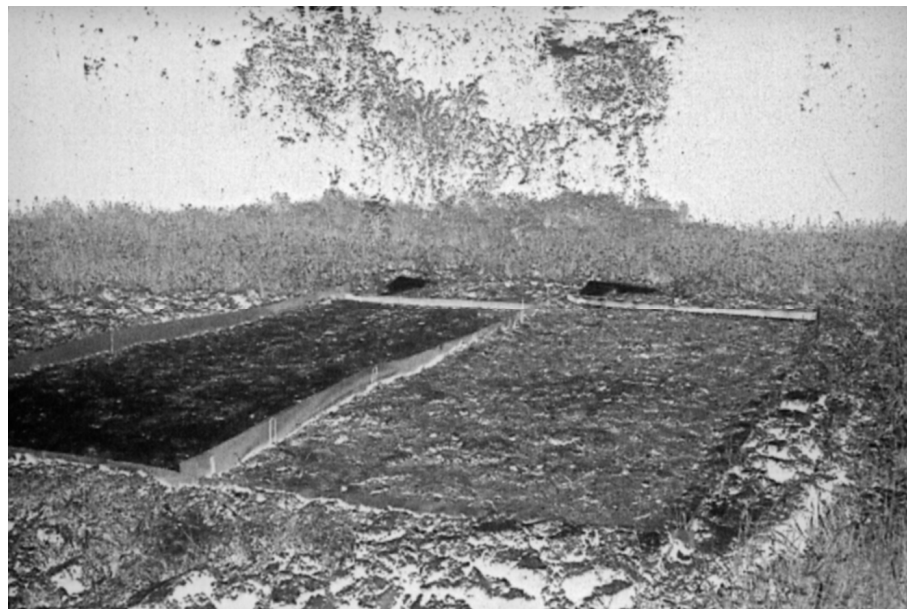
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI OPISANE W LITERATURZE

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk przeprowadził w Stacji Naukowo-Badawczej w Szymbarku badania wpływu zabezpieczenia zbocza geokratą komórkową TABOSS na spływ powierzchniowy i erozję mechaniczną [21].

Przeprowadzony tam eksperyment miał na celu określenie wpływu geokraty komórkowej na rozmiary spływu powierzchniowego wody i wielkości erozji powierzchniowej w porównaniu z powierzchnią niezabezpieczoną. Na poletku doświadczalnym o nachyleniu 20° umieszczono segment geokraty o wymiarach:

- długość 6,20 m,
- szerokość 2,60 m,
- wysokość 0,10 m,
- wymiary komórki geokraty: 16,64 x 16,64 cm,
- powierzchnia 16,12 m².

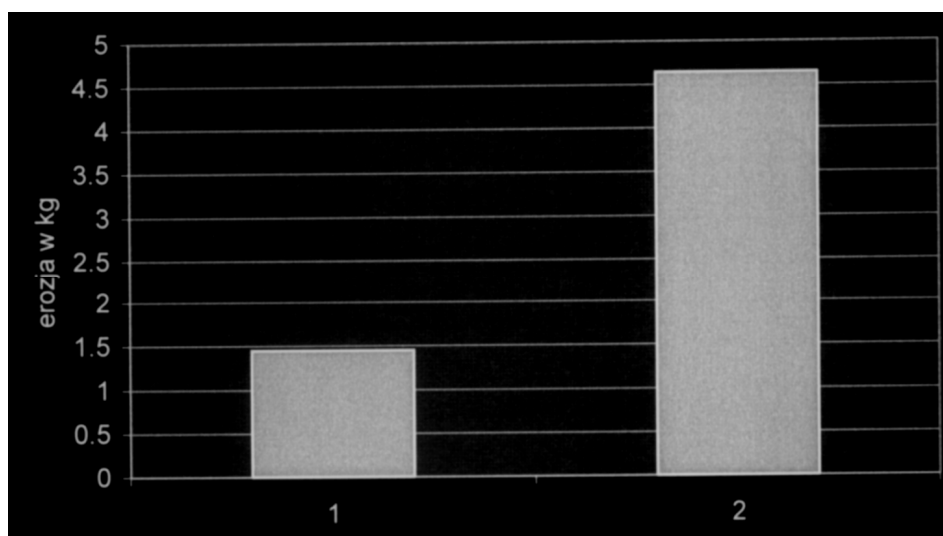
W dolnej części odizolowanego od otoczenia poletka zainstalowano rynnę zbierającą wodę z poletka wraz z wypłukanym materiałem, odprowadzającą ją do zbiornika o pojemności 80 l. Podczas eksperymentu mierzono ilość wody spływającej z poletka oraz ilość materiału zgromadzonego w zbiorniku. Widok poletek przedstawiono na rys. 38.



Rys. 38. Widok poletek doświadczalnych wg [21]

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI OPISANE W LITERATURZE

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że geokrata TABOSS korzystnie wpływa na przebieg procesów spływu powierzchniowego i erozji mechanicznej wody na powierzchniach nachylonych. Na powierzchni zabezpieczonej geokrata TABOSS wystąpiła 3,2 razy mniejsza erozja mechaniczna podłoża w porównaniu do powierzchni niezabezpieczonej.



Rys. 39. Sumaryczna wielkość erozji w kg na poletkach doświadczalnych w okresie V-XII 2003 r.: 1 - poletko z geokrata TABOSS, 2 - poletko porównawcze [20]

11. Badania skuteczności materiałów przeciwoerozyjnych przeprowadzone w IBDiM

Różnorodność materiałów geosyntetycznych stosowanych do ochrony przeciwoerozyjnej dostępnych na polskim rynku jest bardzo duża. Jednakże brak informacji na temat skuteczności poszczególnych rodzajów wyrobów powoduje, że projektanci i inwestorzy stają niejednokrotnie przed dylematem, który z wyrobów zastosować. Celem badań było porównanie skuteczności wybranych geomat przeciwoerozyjnych (przestrzennych i płaskich). Badania prowadzone były w skali rzeczywistej na poletkach doświadczalnych.

11.2. Geosyntetyki przewidziane do wbudowania

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.

Firma Elikopol dostarczyła trzy produkty:

- geomaty VHVD 93 i VHVD 10/10 produkowane przez firmę PROMPT (Słowacja) o parametrach podanych w rozdziale 10 (tablica 8),
- tkaninę SLOVARM o wymiarach oczek 6,5 x 6,5 mm firmy TEXIPLAST, a.s. (Słowacja).

Również firma Inora dostarczyła trzy wyroby:

- FORTRAC 3D-30, produkowaną przez firmę HUESKER (Niemcy),
- geotkaninę HaTe 23.142 produkowaną przez firmę HUESKER (Niemcy) o parametrach podanych w tablicy 14,
- geomatę ITALGRIMP G20PP-RF55 produkowaną przez firmę Italdreni (Włochy) o wytrzymałości wzdłuż pasma 55 kN/m i wrzesz pasma 30 kN/m.

Firma Viacon dostarczyła dwa produkty (produkowane przez firmę TENAX):
geomatę MULIMAT 100 (tablica 4),

- geomatę PROMAT składającą się z trzech warstw płaskich siatek o wytrzymałości wzdłuż pasma 4 kN/m i wrzesz pasma 6 kN/m.

11.2. Przygotowanie skarpy

Na miejsce usytuowania poletek doświadczalnych wybrano niewielką skarpe położoną na terenie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie (rys. 40).



Rys. 40. Widok skarpy przed przystąpieniem do robót (fot. B. Gajewska)

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

- skarpa znajduje się na terenie zamkniętym, co pozwoli na całkowitą kontrolę nad poletkami doświadczalnymi,
- pochylenie skarpy wynosi 1:1,6, co pozwoliło na korektę pochylenia do 1:1,5 niewielkim nakładem prac,
- skarpa jest o wystawie południowej, a więc warunki na niej panujące są najbardziej niekorzystne dla rozwoju roślin,
- niewielkie wymiary skarpy pozwolą na zainstalowanie poletek na całej jej długości,
- usytuowanie skarpy pozwala na łatwy dostęp do niej, a tym samym prowadzenie zabiegów pielęgnacyjnych (podlewanie) oraz badań.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 41. W celu nadania skarpie odpowiedniego pochylenia podcięto jej dolną część (fot. B. Gajewska)

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

Prace związane z założeniem poletek rozpoczęto od zdjęcia wierzchniej warstwy pokrywającej skarpe oraz skorygowania jej pochylenia (rys. 41). Skarpę wyprofilowano do pochylenia 1:1,5. Wybrano takie pochylenie, gdyż jest to typowe pochylenie stosowane w nasypach drogowych, a istniejąca skarpa miała jedynie nieco łagodniejsze pochylenie wynoszące 1:1,6. W celu skorygowania pochylenia podcięto skarpe w jej dolnej części. Przy nadawaniu skarpie odpowiedniego pochylenia stosowano drewniane łąty. Po wyprofilowaniu skarpy jej powierzchnię dogęszczono przy użyciu walca (rys. 43).

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 42. Formowanie skarpy (fot. B. Gajewska)



Rys. 43. Wałowanie powierzchni skarpy po wyprofilowaniu (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 44. Wałowanie i obfite zraszanie powierzchni skarpy (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM

Dogęszczone w ten sposób powierzchnie obficie zraszano. Mimo okresu jesiennego (listopad) skarpa była bardzo sucha.



Rys. 45. Rowki podłużne na powierzchni skarpy (fot. B. Gajewska)

Po zroszeniu powierzchni skarpy można było przystąpić do humusowania. W celu zapewnienia lepszego powiązania warstwy humusu z powierzchnią skarpy wykonano poziome rowki (rys. 45). Na tak przygotowaną powierzchnię skarpy nałożono warstwę humusu. Humus nakładano od podnóża do korony skarpy (rys. 46). Próby nakładania humusu od korony do podnóża zakończyły się niepowodzeniem, gdyż niemal cały humus obsypywał się w dół skarpy. Po zagęszczeniu nałożona warstwa humusu miała grubość 5-8 cm. Grubość ta była w tym przypadku w pełni wystarczająca, gdyż skarpa zbudowana jest z piasku z humusem.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 46. Układanie humusu na skarpie (fot. B. Gajewska)



Rys. 47. Ułożoną na skarpie warstwę humusu dogęszczano za pomocą walca
(fot. B. Gajewska)

11.3. Wbudowanie geosyntetyków

Przed przystąpieniem do układania geosyntetyków zapoznano się z instrukcjami producentów. Wyjaśniono też pewne wątpliwości dotyczące układania wyrobów. Poletka wykonywano zgodnie z instrukcją oraz dodatkowymi zaleceniami producentów i ich krajowych przedstawicieli.

Firma Viacon zaleca dodatkowo w stosunku do instrukcji firmy TENAX dogęszczenie humusu wypełniającego matę.

Firma Elikopol ze względu na siew ręczny zaleciła, w przypadku tkaniny SLOVARM, wysiew przed ułożeniem wyrobu.

Podczas układania geosyntetyków na skarpie wątpliwości były bieżąco wyjaśniane z polskimi przedstawicielami producentów.

Kolejność poletek z geosyntetykami ustalono przez losowanie.

W pierwszej kolejności na całej długości skarpy wykonano rowek kotwiący (rys. 48) .



Rys. 48. Rowek kotwiący na szczycie skarpy (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM

Następnie za pomocą drewnianych listew wyznaczono granice poletka. Humus w granicach wykonywanego poletka zagrabiono. Następnie zamocowano w rowku kotwiącym odpowiednio przycięty fragment pasma geosyntetyku (rys. 49). Geosyntetyk rozwijano do podnóża skarpy. Po rozwinięciu i zakotwieniu szpilkami w dolnej lewej części geosyntetyk docinano do rozmiarów poletka (rys. 50) (ze względu na fakt, że skarpa jest w łuku, poletka mają różne wymiary na górze i u podnóża skarpy).



Rys. 49. Poletko przygotowane do układania geosyntetyku; na górze zwinięte pasmo geosyntetyku zakotwione w rowku kotwiącym (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



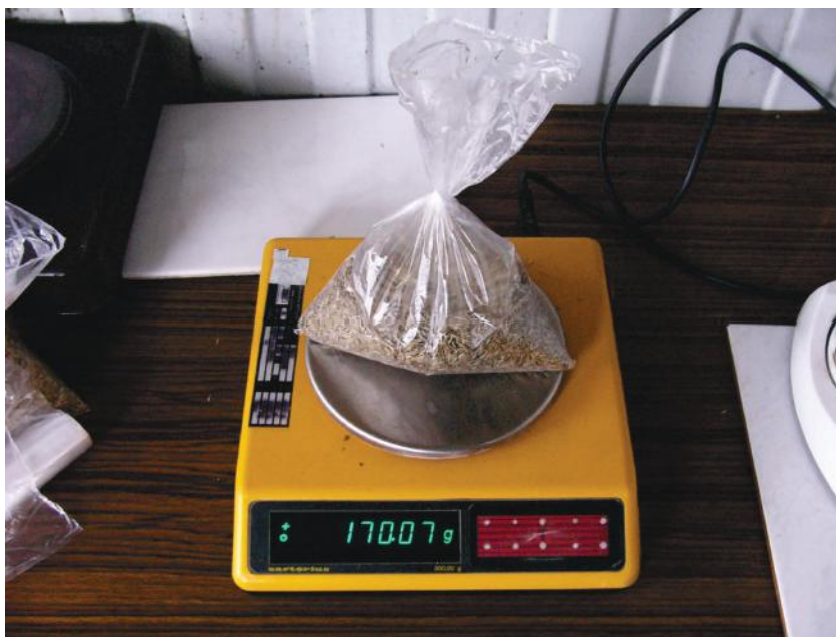
Rys. 50. Pasma geosyntetyku docinano do rozmiarów poletka (fot. B. Gajewska)

Skarpa, na której wykonano poletka, ma wystawę południową. Warunki do rozwoju roślin są na niej bardzo niekorzystne, gdyż jest ona stale narażona na działanie promieni słonecznych. Z tego względu zdecydowano, że zostanie przyjęta zwiększona norma wysiewu nasion 300 kg/ha. W celu zachowania jednakowej normy dla wszystkich poletek nasiona ważono za pomocą wagi laboratoryjnej (rys. 51). W przeliczeniu na powierzchnię poletka, na każde z nich należało wysiać około 170 g nasion.

Nasiona do obsiania wszystkich poletek dostarczyła firma INORA. Jest to mieszanka traw jednorocznych, dwuletnich i trzyletnich dobrana przez specjalistów do tej właśnie skarpy (rodzaju gruntu, z którego wykonana jest skarpa, wystawy skarpy itp.).

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM

W zależności od zaleceń producenta wysiew odbywał się przed lub po ułożeniu maty. Powierzchnię, na którą wysiano nasiona traw po ich uprzednim przykryciu warstwą humusu około 0,5 do 1 cm (lub warstwą torfu w przypadku geosyntetyków udostępnionych przez firmę INORA), dogęszczano przy użyciu walca (rys. 53).



Rys. 51. Odmierzanie porcji nasion dla każdego poletka (fot. B. Gajewska)



Rys. 52. Przygotowane porcje nasion (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 53. Wałowanie wypełnionej humusem i obsianej nasionami traw maty
(fot. B. Gajewska)



Rys. 54. Wszystkie czynności wykonywane na skarpie odbywały się z drabiny
(fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 55. Mocowanie sznurka w systemie INORGREENING firmy INORA (fot. B. Gajewska)



Rys. 56. Wypełnianie geomaty humusem (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM

Każde poletko zostało odizolowane od otoczenia płotkiem (obrzeże trawnikowe) o wysokości 20 cm. Obrzeże umieszczano tak, aby nad powierzchnię gotowego poletka wystawało około 10 cm szerokości pasma.

Po ułożeniu wszystkich geosyntetyków przystąpiono do wykonania poletek porównawczych. Jedno z nich obsiano trawą, a na drugim pozostawiono jedynie lekko dogęszczony humus.

Następnie na każdym poletku (u podnóża skarpy) umieszczono rynnę plastikową (rys. 57). W rynnie wykonano otwory tak, aby woda mogła z niej odpływać, a grunt spływający ze skarpy pozostawał.



Rys. 57. Mocowanie rynny w dolnej części skarpy (fot. B. Gajewska)



Rys. 58. Widok poletek doświadczalnych po ich ukończeniu (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM

Ogólny widok poetek po ich wykonaniu pokazano na rys. 58. Poletka zostały ponumerowane od 1 do 10 licząc od trony lewej (rys. 58). Rodzaje materiałów geosyntetycznych ułożonych na poletkach zestawiono w tablicy 16.

Tablica 16. Rodzaje materiałów ułożonych na poletkach

Numer poletka	Nazwa wyrobu	Rodzaj wyrobu	Czas wbudowania
1	-	czysta ziemia	-
2	-	tylko wysiana trawa	-
3	ITALGRIMP G20PP-RF55	przestrzenny	po wysianiu 90% nasion
4	VHVD 10/10	przestrzenny	przed wysianiem nasion
5	HA TE 23.142	plaski	po wysianiu nasion
6	FORTRAC 3D-30	plaski	po wysianiu nasion
7	PROMAT	plaski	przed wysianiem nasion
8	SLOVARM	plaski	po wysianiu nasion
9	VHVD 93	przestrzenny	przed wysianiem nasion
10	MULTIMAT 100	przestrzenny	przed wysianiem nasion

11.4. Obserwacje z wykonywania poletek

Poszczególne geosyntetyki układane były zgodnie z instrukcją producenta danego wyrobu. Część geosyntetyków była układana przed wysianiem nasion, a część dopiero po wysiewie. Niektóre z nich poza kotwieniem w rowkach kotwiących i szpilkowaniem były dodatkowo dociskane do podłoża za pomocą sznurka rozciągniętego między szpilkami przed ich całkowitym dobieciem. Przygotowanie różnych poletek było w różnym stopniu pracochłonne. Poczyniono też różne obserwacje związane z układaniem poszczególnych materiałów.

poletko nr 3

Docięcie geomaty do rozmiarów poletka przebiegało sprawnie. Geomatę można było łatwo transportować, bez obawy o uszkodzenie. Ułożenie geomaty na powierzchni nie sprawiało żadnych problemów. Mocno naciągnięty sznurek utrudniał dobiecie szpilek ze stali żebrowanej. Żebra uniemożliwiały przesuwanie się sznurka po szpilce i w efekcie nie można było dobić szpilek, wokół których sznurek nie został owinięty dokładnie na górze szpilki. Konieczność rozciągnięcia sznurka znacznie wydłużyła czas wykonania poletka. Wypełnienie maty humusem przebiegało sprawnie.

poletko nr 4

Wszystkie czynności związane z wykonaniem poletka przebiegały sprawnie.

poletka nr 5 i 6

Większość czynności przebiegała sprawnie. Natrafiono na kłopoty związane z dobijaniem szpilek analogiczne jak na poletku nr 3. Brzeg siatki powodował, że mimo naciągania siatki i dodatkowego jej dociskania sznurkiem, była miejscami pofałdowana. Podczas ponownego formowania poletek ponacinanie brzegu rozwiązało ten problem.

poletko nr 7

Większość czynności przebiegała sprawnie. Kłopoty sprawiało umieszczenie warstwy humusu na powierzchni geomaty – zsuwał się po jej powierzchni.

poletko nr 8

Poszczególne wiązki włókien siatki przesuwały się względem siebie, co znacznie utrudniało ułożenie i naciągnięcie siatki.

poletko nr 9

Podczas przycinania geomaty do wymiarów poletka zauważono, że bardzo łatwo ulega ona uszkodzeniu (rozrywa się). Trzeba było bardzo ostrożnie ją przenosić, a następnie układać, aby nie została uszkodzona.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM

poletko nr 10

Większa sztywność geomaty od pozostałych powodowała utrudnienia przy docinaniu i rozkładaniu maty na poletku – po przecięciu końcówki monofilamentów były ostre.

11.5. Ponowne wykonanie poletek

Ze względu na dość wysokie temperatury na przełomie grudnia i stycznia rośliny zaczęły kiełkować.



Rys. 59. Widok poletek doświadczalnych w dniu 11 stycznia 2005 (fot. B. Gajewska)



Rys. 60. Rośliny porastające skarpe w dniu 11 stycznia 2005 (poletko nr 6)
(fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 61. Poletko nr 10 w dniu 11 stycznia 2005 (fot. B. Gajewska)

Młode rośliny niedostatecznie ukorzenione nie przetrwały niskich temperatur, jakie nastąpiły w kolejnych miesiącach. Wysokie temperatury w maju i czerwcu, oraz brak opadów, nie sprzyjały kiełkowaniu pozostałych nasion. Do czerwca 2005 na poletkach trawa nie rozwinęła się w stopniu zadowalającym. Miało to miejsce szczególnie na powierzchni samej skarpy, podczas gdy część płaska na szczycie skarpy była porośnięta bujną roślinnością. Powodem takiego stanu było prawdopodobnie usytuowanie skarpy. Część pochyla jest narażona na bezpośrednie działanie promieni słonecznych przez co najmniej kilka godzin dziennie, podczas gdy część płaska na szczycie skarpy jest osłonięta przez drzewa rosnące na szczycie wału. Widok przykładowych poletek pod koniec czerwca przedstawiono na rys. 62,

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM

rys. 63, rys. 64 i rys. 65. Dla porównania na rys. 66 pokazano widok skarpy z roślinnością, jaka porastała skarpe przed wykonaniem poletek.



Rys. 62. Widok poletka nr 3 w dniu 26 czerwca 2005 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 63. Widok poletka nr 5 w dniu 26 czerwca 2005 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 64. Widok poletka nr 8 w dniu 26 czerwca 2005 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 65. Widok poletka nr 10 w dniu 22 czerwca 2005 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 66. Widok skarpy obok poletek z roślinnością naturalną w dniu 22 czerwca 2005
(fot. B. Gajewska)

Na rys. 66 pokazano stan roślinności na skarpie poza obszarem poletek. Stopień porośnięcia jest zbliżony do tego, jaki jest na poletkach. Grunt pomiędzy roślinami jest nieosłonięty i narażony na erozję. Z kolei grunt pomiędzy roślinami na poletkach jest osłonięty.

Poletka istniały już 8 miesięcy i spłynęła z nich znaczna ilość gruntu. Podjęto decyzję o wysianiu dodatkowej porcji nasion, z zachowaniem zaleceń producentów. Przed przystąpieniem do prac zbadano, czy nasiona przechowywane od jesieni poprzedniego roku nadal mają zdolność kiełkowania. Pobrano jednakową ilość nasion z próbki przechowywanej w lodówce i z pojemnika, w którym znajdowały się pozostałe nasiona (nasiona przechowywano w pomieszczeniu, w którym temperatura wynosiła 10-15 °C). Po około 2 tygodniach z obu próbek wyrosły rośliny (rys. 67). Na podstawie wyników tej próby zdecydowano o użyciu tych samych nasion, co poprzednim razem.

W przypadku poletek, gdzie wysiew odbywa się przed ułożeniem materiału, uniesiono geosyntetyk na części pochyłej skarpy (rys. 68), wyrównano grunt, obficie podlano powierzchnię (rys. 69), wysiano trawę, posypano powierzchnię niewielką ilością ziemi, zagrabiono (rys. 70), a następnie dogęszczono powierzchnię skarpy.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM

Podczas tych zabiegów zniszczone zostały rośliny porastające już powierzchnię skarpy. Zostały wyrwane podczas unoszenia siatek. W celu zapewnienia jednakowych warunków na wszystkich poletkach, usunięto również roślinność z poletek, na których nasiona wysiewano na powierzchni materiału geosyntetycznego. Następnie geomaty (geosiatki przestrzenne) ponownie wypełniono gruntem, wysiano trawę, posypano powierzchnię ziemią, zagrabiono i dogęszczono. Widok poletek w trakcie ich wykonywania przedstawiono na rys. 71.



Rys. 67. Porównanie nasion przed ponownym wykonaniem poletek (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 68. Uniesiona siatka na poletku nr 8 (fot. B. Gajewska)



Rys. 69. Obfite podlewanie powierzchni skarpy (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDIM



Rys. 70. Zagrabianie powierzchni skarpy (fot. B. Gajewska)



Rys. 71. Widok poletek tuż przed zakończeniem robót (fot. B. Gajewska)

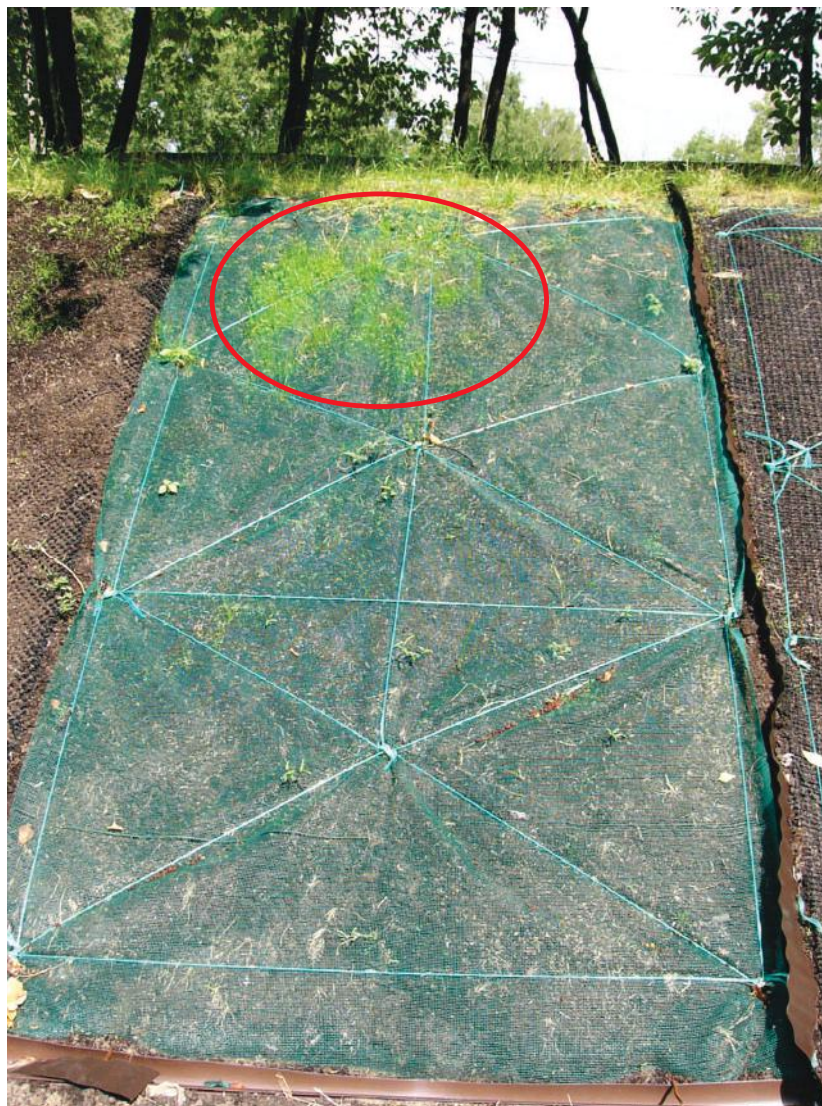
11.6. Wykonanie podsiewu

Wyjątkowo wysokie temperatury w lipcu i sierpniu oraz mało opadów (zwłaszcza w lipcu) spowodowały, że warunki rozwoju roślinności trawiastej na poletkach były wyjątkowo niekorzystne. W trzy tygodnie po ponownym wykonaniu poletek, mimo obfitego podlewania, wykiełkowały tylko nieliczne rośliny (por. rys. 72, rys. 73 i rys. 74)



Rys. 72. Rośliny porastające poletko nr 3 w dniu 26 lipca 2005 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarpy przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 73. Rośliny porastające poletko nr 5 w dniu 26 lipca 2005 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 74. Rośliny porastające poletko nr 9 w dniu 26 lipca 2005 (fot. B. Gajewska)

Również deszcze na przełomie lipca i sierpnia nie poprawiły sytuacji. Nieliczne rośliny, które wykiełkowały, uschły wystawione na intensywne działanie promieni słonecznych i wysokiej temperatury. 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.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM

Tym razem wybrano następującą mieszankę traw:

Kostrzewa czer.	Festuca rubra	ANISSET	5%
Kostrzewa czer.	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%

Jest to mieszanka odmian szybko kiełkujących i szybko krzewiących się odmian.

Przed dokonaniem wysiewu podłoże intensywnie podlewano. Następnie powierzchnię poletek pokryto cienką warstwą ziemi trawnikowej. Ziemia ta zawiera dodatkowy absorbent wodny, co sprzyja utrzymaniu wilgoci. Jest to szczególnie istotne na skarpie o wystawie południowej. Na każde poletko przewidziano jednakową ilość ziemi.

Normę wysiewu przyjęto jak dla skarp o wystawie południowej 300 kg/ha. Przykładowe poletko z wysianymi nasionami pokazano na rys. 75, a nasiona wysiane na poletkach, na których siatka zgodnie z instrukcją producenta umieszczana jest na wierzchu po wykonaniu obsiewu, na rys. 76 i rys. 77.

Po wysiewie nasiona należy przemieszczać z wierzchnią warstwą ziemi lub przykryć je cienką warstwą. Ze względu na siatki przemieszczanie nie było możliwe. W przypadku poletek, na których zgodnie z instrukcją producenta wysiew odbywał się na siatkę oraz tych, gdzie siatka płaska umieszczana jest po wysiewie, ale ma wystarczająco duże oczka, przykrycie ziaren warstwą ziemi nie było kłopotliwe. Również przy wysiewie nie zaobserwowano żadnych problemów.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 75. Nasiona wysiane na poletku nr 4 (fot. B. Gajewska)



Rys. 76. Nasiona wysiane na poletku nr 5 (fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 77. Nasiona wysiane na poletku nr 6 (fot. B. Gajewska)

Kłopoty sprawiał wysiew nasion na poletku nr 5, gdzie umieszczona jest siatka płaska o oczkach 3,5 x 3,5 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. Przykrycie nasion ziemią na tym poletku było niemożliwe, ziemia pozostawała po stronie zewnętrznej i spływała przy podlewaniu. Wobec powyższego zaniechano tej czynności.

Powierzchnia poletek po oprószeniu nasion ziemią była lekko dogęszczana (rys. 78).

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
BADANIA SKUTECZNOŚCI MATERIAŁÓW PRZECIWOEROZYJNYCH W IBDiM



Rys. 78. Dogłaszczanie powierzchni poletka po podsiewie (fot. M. Gajewski)

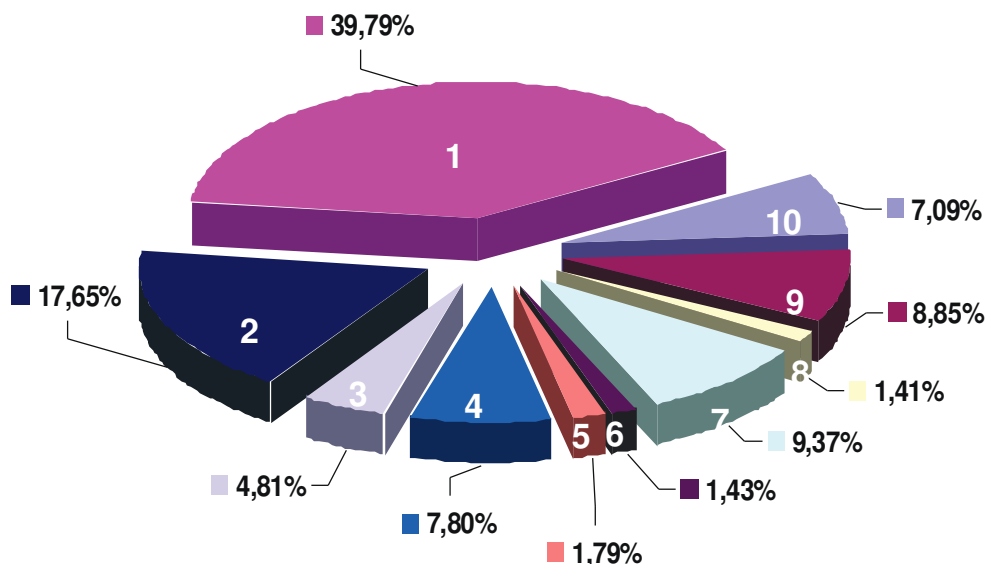
11.7. Prowadzenie pomiarów

Jednym z elementów oceny jakościowej skuteczności materiałów przeciwoerozyjnych jest porównanie ilości gruntu spływającego z powierzchni zabezpieczonych różnego rodzaju materiałami. Grunt spływający z poletek doświadczalnych zbierany był w rynnach umieszczonych u podnóża skarpy. Następnie był on okresowo zbierany. Podczas trwania badań grunt zebrano 17 razy. W celu wyeliminowania wpływu wilgotności zbieranego gruntu na wynik pomiaru masy, próbki były suszone do uzyskania stałej masy. Następnie każda próbka była ważona.

Dodatkowo podjęto próbę poszukiwania wstępnych zależności między czynnikami pogodowymi a ilością gruntu spływającego z poletek. Podstawowym czynnikiem powodującym erozję jest deszcz. Wystąpiono do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej o informacje odnośnie sumy opadów w poszczególnych okresach pomiędzy kolejnymi zbiorami ze stacji położonej najbliżej miejsca usytuowania poletek. Jednocześnie mierzona była intensywność opadów za pomocą stacji pogodowej usytuowanej tuż przy poletkach.

12. Wyniki badań spływu powierzchniowego i ich analiza

Grunt spływający ze skarpy zebrano 17 razy w ciągu trwania badań. Łącznie wysuszono i zważono 170 próbek gruntu. Wyniki tych pomiarów przedstawiono w tablicy 17 i zał. 1.



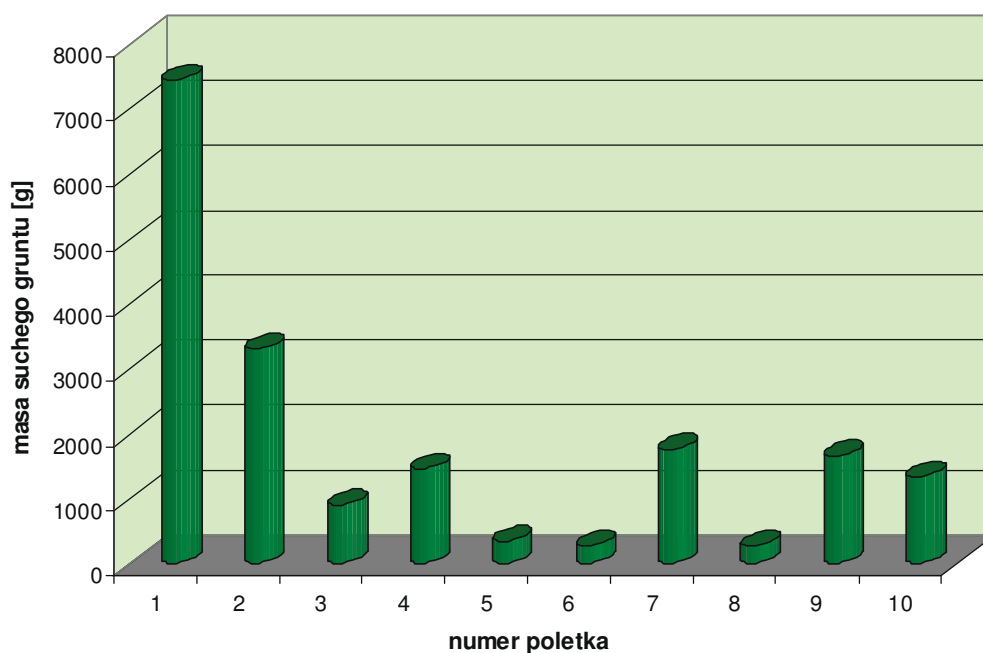
Rys. 79. Porównanie masy gruntu spływającej z poszczególnych poletek

Na rys. 79 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. Spłynęło go 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. Zbliżona ilość gruntu spłynęła z poletka nr 9 oraz poletek 4 i 10 (rys. 80). 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 spłynęło z poletek zabezpieczonych płaskimi siatkami układanymi na wierzchu (poletko nr 5, 6 i 8), po wykonaniu wszystkich prac związanych z obsiewem. 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.

Tablica 17. Wyniki pomiarów suchej masy gruntu [g], jaka spłynęła z poletek doświadczalnych w 2005 roku

Data pomiaru	Numer poletki									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11 stycznia	1409,00	556,00	218,00	359,00	97,00	32,00	429,00	62,00	279,00	321,00
29 kwietnia	560,00	439,00	97,00	111,00	9,99	18,90	204,00	7,65	125,00	63,00
13 maja	88,26	72,45	24,97	18,62	7,48	3,04	22,70	4,36	10,11	6,07
20 maja	71,66	32,42	8,83	13,14	3,98	1,97	14,39	3,03	22,03	1,91
25 maja	83,00	22,72	4,38	5,29	0,85	0,85	4,28	0,52	5,70	1,42
1 czerwca	15,36	12,30	2,37	1,12	0,33	0,65	9,18	0,52	7,77	0,55
8 czerwca	139,00	62,00	15,91	6,36	0,31	0,15	8,50	0,36	4,50	1,54
15 czerwca	73,00	18,97	5,31	11,48	0,15	1,16	26,23	0,11	2,80	0,76
22 czerwca	392,00	356,00	33,00	32,77	3,66	11,23	55,00	24,76	64,00	9,57
29 czerwca	152,45	31,41	5,13	2,51	0,11	0,74	14,15	0,77	7,86	1,13
6 lipca	98,00	33,12	2,28	4,79	3,16	2,61	9,38	2,02	2,12	8,09
5 sierpnia	1733,27	844,87	345,10	196,48	78,17	102,76	515,35	113,38	704,64	697,14
12 sierpnia	405,90	66,86	17,41	21,79	18,24	22,33	25,44	5,03	85,85	30,18
2 września	405,99	214,00	12,16	90,70	55,75	37,05	74,62	13,17	177,59	45,56
19 września	498,96	325,29	20,15	274,46	24,14	12,34	92,27	11,10	46,02	20,17
28 września	483,99	77,34	66,83	241,23	22,32	12,03	52,49	10,03	71,00	64,85
6 października	832,80	136,42	20,30	67,97	9,00	7,15	196,13	4,96	38,76	53,81
SUMA	7442,64	3301,17	899,13	1458,71	334,64	266,96	1753,11	263,77	1654,75	1326,75

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WYNIKI BADAŃ SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO I ICH ANALIZA

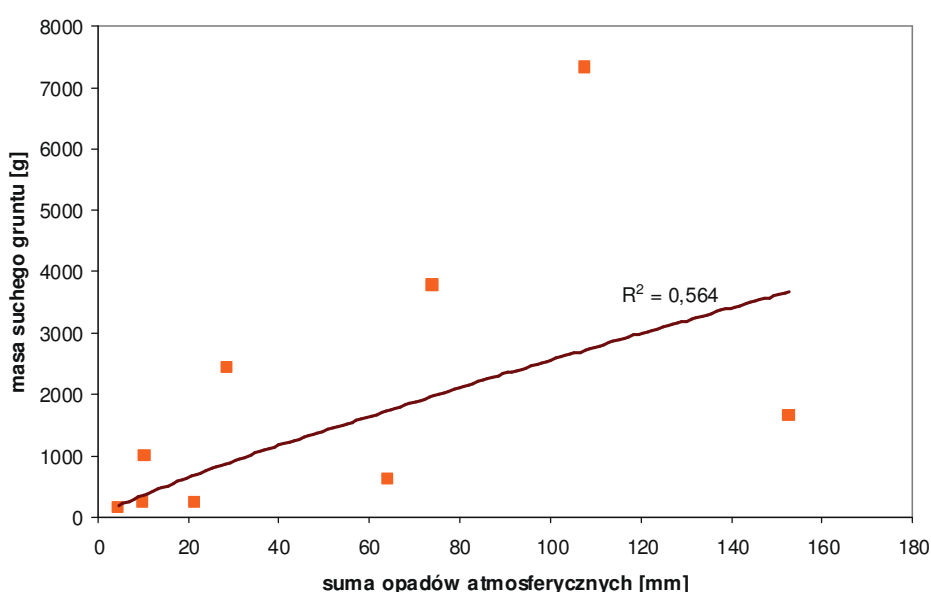


Rys. 80. Masa gruntu, jaka spłynęła z poszczególnych poletek w ciągu całego cyklu badań

Materiał ułożony na poletkach 3 i 4 ma zbliżoną strukturę. 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.

13. Wpływ warunków pogodowych na wielkość spływu powierzchniowego

Z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej uzyskano wyniki sumy opadów w poszczególnych okresach zanotowane w stacji WARSZAWA-KAWĘCZYN. Na rys. 81 przedstawiono zależność masy suchego gruntu w gramach jak spłynęła z poletek od sumy opadów atmosferycznych w mm.



Rys. 81. Zależność masy spływającego gruntu z poletek od sumy opadów [mm]

Intensywność opadu była mierzona bezpośrednio w miejscu usytuowania poletek. Wyniki pomiarów intensywności przedstawiono w zał. 4. Progi dla intensywności opadu w stacji drogowej są następujące:

> 700 – brak opadu

550,1÷700 – rosa, mgła, szron (w zależności od temperatury powietrza i wilgotności),

350,1÷550 – opad przelotny,

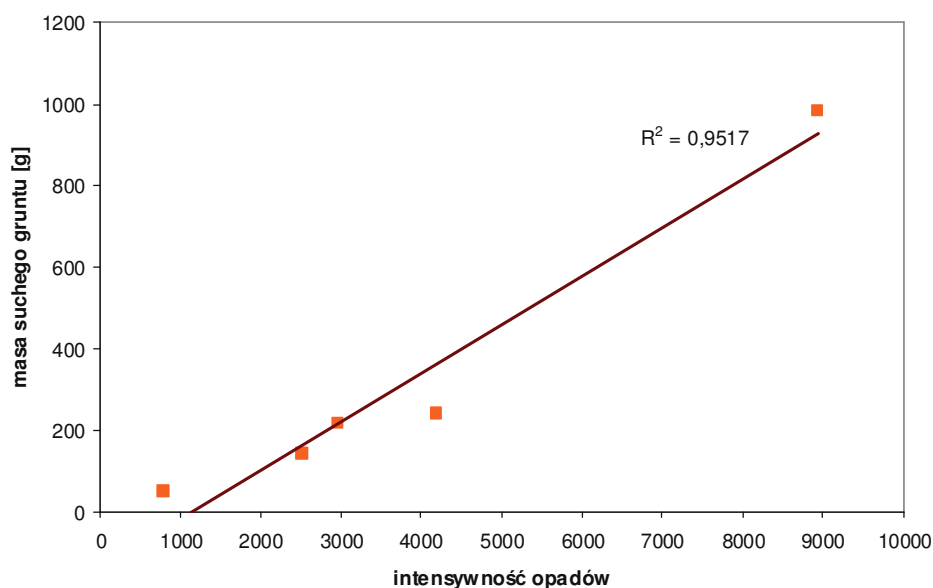
100÷350 – opad ciągły,

< 100 – opad intensywny.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WPŁYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA WIELKOŚĆ SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO

Pomiar w zakresie 550-0 oznacza wystąpienie opadu od przelotnego do intensywnego. Wartość 550 przyjęto jako poziom odniesienia, wyniki pomiarów zamieniono na orientację dodatnią przyjmując wartość 0 dla zmierzonej intensywności 550. Wyznaczono sumę intensywności opadów na podstawie pomiarów dla okresów tygodniowych. Na rys. 82 pokazano zależność masy gruntu spływającej z poletek od sumy intensywności opadów. Ilość spływającego gruntu wykazuje słabszą zależność od sumy opadów niż intensywności opadów. Kwadrat współczynnika korelacji dla linii trendu w pierwszym przypadku wynosi 0,564, a w drugim aż 0,9517. Współczynnik korelacji dla relacji pomiędzy ilością spływającego gruntu z poletek i sumą opadów wynosi 0,5491, a pomiędzy ilością spływającego gruntu i intensywnością opadów 0,9755. W obu przypadkach im wielkość czynnika jest większa, tym większa jest erozja.

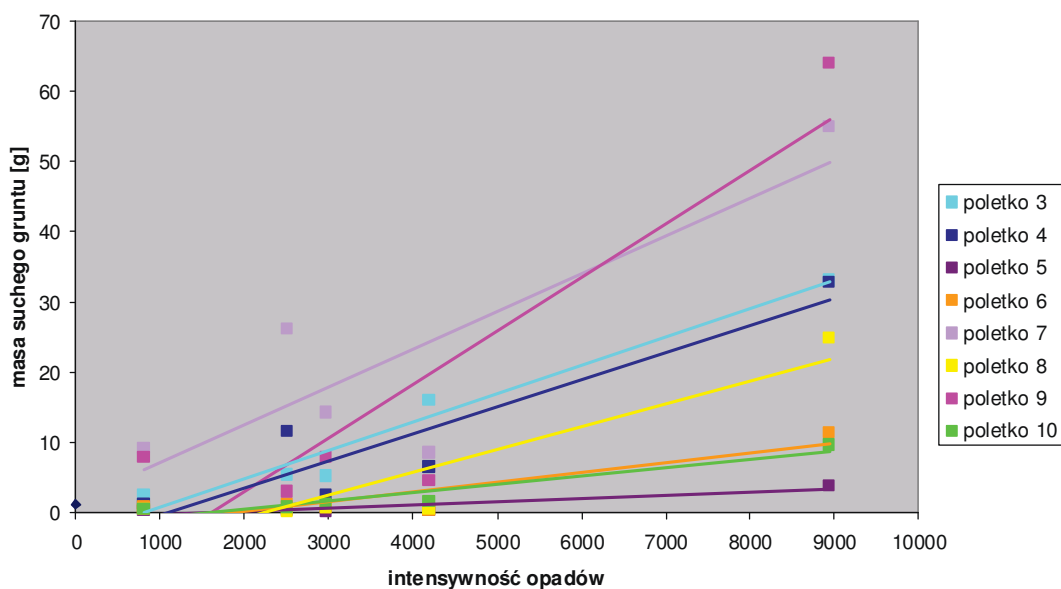
Wyniki analiz zależności od sumy opadów dla poszczególnych poletek przedstawiono w zał. 2, a zależności od intensywności opadów w zał. 3.



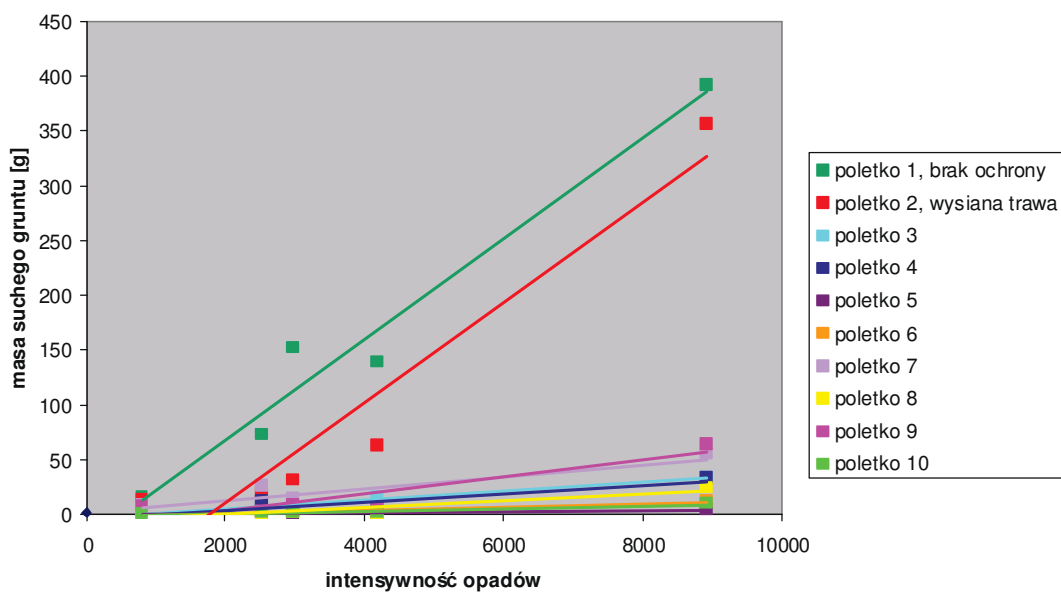
Rys. 82. Zależność masy spływającego gruntu z poletek od intensywności opadów

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.

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WPLYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA WIELKOŚĆ SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO



Rys. 83. Zależność masy spływającego gruntu z poszczególnych poletek zabezpieczonych geosyntetykami w okresie 25 maja – 29 czerwca 2005 roku od intensywności opadów



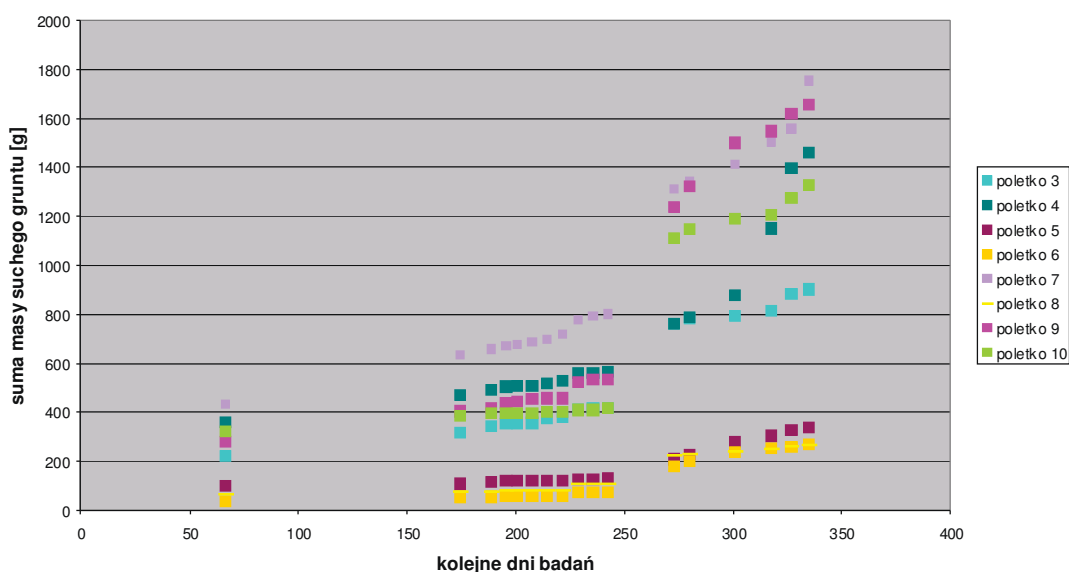
Rys. 84. Zależność masy spływającego gruntu z poszczególnych poletek w okresie 25 maja – 29 czerwca 2005 roku od intensywności opadów

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WPLYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA WIELKOŚĆ SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO

Wstępne badania wykazały (rys. 83), że przy tej samej intensywności opadu ilość gruntu 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 materiałów ułożonych na poletkach 7 i 9 potwierdza również największa całkowita masa suchego gruntu, jaka z nich spłynęła w trakcie 335 dni badań (rys. 85).

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) (rys. 84).

Celowe jest przeprowadzenie dalszych analiz wpływu intensywności opadu na wielkość spływu powierzchniowego. Dla okresu od 13 maja do 6 października współczynnik korelacji między sumą gruntu, jaka spłynęła ze wszystkich poletek a intensywnością opadów w danym okresie wynosi 0,9165 (po pominięciu okresu od listopada 2004 do 13 maja 2005, zawierającego okres zimowy).



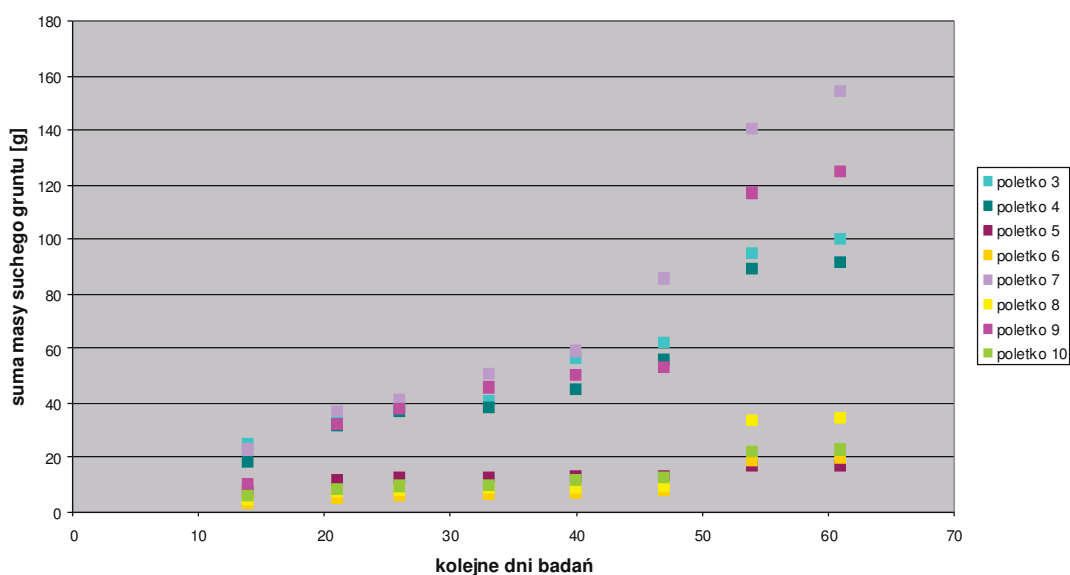
Rys. 85. Suma masy suchego gruntu spływająca z poszczególnych poletek zabezpieczonych geosyntetykami w trakcie trwania badań

Powodem wyraźnego wzrostu masy spływającego gruntu między 243 a 273 dniem było spowodowane ponownym wykonaniem poletek w 243 dniu badań (uzupełniono m. in. ziemię na poletkach).

Na rys. 86 przedstawiono sumę masy spływającego gruntu z poszczególnych poletek w okresie od 29 kwietnia do 6 lipca 2005. Dzień 29 kwietnia w tym przypadku został przyjęty jako początek prowadzenia pomiarów (odrzucono dwa pierwsze

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
WPLYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA WIELKOŚĆ SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO

okresy zawierające okres zimowy). Z kolei 6 lipca poletka zostały wykonane ponownie. Zastosowane materiały można w tym przypadku podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich to poletka 5, 6, 10 i 8, z których spłynęło najmniej gruntu, druga to poletka 4, 3, 9 i 7 na których odnotowano większy spływ gruntu.



Rys. 86. Suma masy suchego gruntu spływająca z poszczególnych poletek zabezpieczonych geosyntetykami w okresie od 29 kwietnia do 6 lipca 2005 r.

14. Inne obserwacje

Poletka doświadczalne znajdujące się na terenie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów nie są narażone na działanie takich czynników zewnętrznych jak wandalizm. Mogą się jednak po nich poruszać zwierzęta tam żyjące. Takie sytuacja zdarzają się również na skarpach drogowych.

Poletka obserwowano również pod względem pojawienia się zniszczeń. W dniu 12 sierpnia zaobserwowano rozerwanie geomaty na poletku nr 9, w dolnej jego części (rys. 87). Geomata była rozerwana na długości kilkunastu cm. Geomata ta ma najniższą wytrzymałość na rozciąganie spośród wszystkich zastosowanych geosyntetyków. Prawdopodobnie wytrzymałość jej jest zbyt niska, aby układać ją na skarpach o tak dużym pochyleniu – 1:1,5.

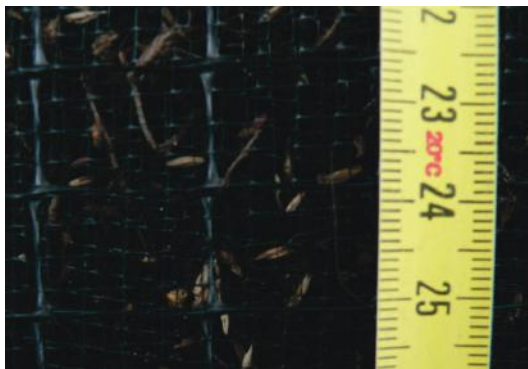
Ponadto podczas podlewania zauważono, że ziemia dużo szybciej wysycha na poletkach nr 3, 4, 7 i 9. W przypadku poletek 3, 4 i 9 materiał przeciwoerozyjny to gęsta płątanina monofilamentów uformowanych w przestrzenną strukturę, która w dwóch przypadkach jest wzmocniona siatką podkładową. Struktura mat jest taka lub zbliżona jak pokazana na rys. 31. Ta struktura izoluje grunt wypełniający matę od podłoża. Na poletku nr 7 ułożona jest płaska geomata trzywarstwowa (rys. 88). Na niej została wysiana trawa. Również ta mata izoluje cienką warstwę ziemi z nasionami od podłoża. Ponadto na skarpie o pochyleniu 1:1,5 stanowi warstwę poślizgową dla ułożonego na niej gruntu, ze względu na bardzo małe oczka siateczki. Grunt z nasionami wysianymi ręcznie spływał z jej powierzchni (rys. 89).

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
INNE OBSERWACJE



Rys. 87. Rozerwana geomata na poltku nr 9 (12 sierpnia) (Fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
INNE OBSERWACJE



Rys. 88. Geomata ułożona na poletku nr 7 (Fot. B. Gajewska)



Rys. 89. Grunt spłynął z górnej części geomaty z poletka nr 7 (Fot. B. Gajewska)

15. Obecny stan poletek doświadczalnych

Na rys. 90 przedstawiono widok poletek w listopadzie 2005 r. W dwa miesiące po dokonaniu podsiewu na większości poletek rozwinęła się roślinność trawiasta. Trawa w bardzo małym stopniu porasta poletka nr 3, 4 i 9, a więc te, na których ziemia wysychała wcześniej niż na pozostałych. Na poletkach tych nadal znajdują się nasiona traw, które mogą wykiełkować na wiosnę. Również słabo porośnięta jest górna część poletka nr 7, z której spłynął prawie cały grunt przykrywający geomatę. Jednak na tej części nasiona przedostały się pod geomatę, co pozwala przypuszczać, że możliwe jest zazielenienie całego poletka. W dolnej części rys. 90 widoczny jest fragment skarpy w jej stanie naturalnym. Roślinność jest tu bardzo uboga, co potwierdza bardzo trudne warunki do rozwoju i wegetacji traw na tym terenie.



Rys. 90. Widok poletek w dniu 17 listopada 2005 r. (Fot. B. Gajewska)

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową
OBECNY STAN POLETEK DOŚWIADCZALNYCH



Rys. 91. Porównanie erozji powierzchni dogoszczonej i nie dogoszczonej (Fot. B. Gajewska)

Warto zwrócić uwagę na fakt, że z teren przylegający do poletka nr 1 uległ znacznie większej erozji niż samo nieosłonięte poletko (rys. 91). Przyczyną takiego stanu jest nie dogoszczenie powierzchni skarpy, podczas gry powierzchnia poletka nr 1 była wałowana po usunięciu roślinności i wyrównaniu.

Trawa najlepiej rozwinęła się na poletkach 2, 5, 6, 8 i 10, jednak stopień rozwoju roślinności będzie można ocenić najwcześniej na wiosnę 2006 r.

16. Wnioski

- **Wnioski z wykonywania poletek**

1. Wykonanie poletek z zastosowaniem różnych geosyntetyków przebiegało sprawnie. Instrukcje układania były w większości przypadków czytelne i zrozumiałe.
2. Konieczność stosowania dodatkowego mocowania, jakim był sznurek w przypadku poletek nr 3, 5 i 6 wydłużyła czas wykonywania poletek.
3. Zbyt mała wytrzymałość na rozciąganie wyrobu układanego na poletku nr 9 stwarzała konieczność zachowania szczególnej ostrożności w celu niedopuszczenia do powstania uszkodzenia wyrobu.
4. Dość duża sztywność geomaty układanej na poletku nr 10 powodowała kłopoty przy cięciu maty przy pomocy nożyczek. Problem ten mógłby się nie pojawić, gdyby użyto specjalnego sprzętu.
5. Humus układany na płaskiej geomacie o małych oczkach (poletko nr 7) zsuwał się z jej powierzchni. Zjawisko to występowało również później w trakcie istnienia poletek.

- **Wnioski z wykonania podsiewu**

6. Wykonanie podsiewu w przypadku przestrzennych geomat przeciwoerozyjnych, jak i na poletku bez geosyntetyku, nie sprawiało żadnych kłopotów.
7. Większość płaskich siatek producenci zalecają układać po wysiewie. Gdy siatki te miały odpowiednio duże oczka, nie zaobserwowano problemów przy podsiewie. Zarówno ziemia jak i wysiewane nasiona przedostawały się przez oczka siatek.
8. Oczka siatki ułożonej na poletku nr 5 były zbyt małe i utrudniały przedostawanie się przez nie ziemi i nasion. W efekcie trzeba było stosować dodatkowe zabiegi, aby umieścić nasiona pod siatką na gruncie.
9. Podczas umieszczania ziemi na poletku nr 7 napotkano takie same trudności, jak przy wykonywaniu poletek. Trzeba było dołożyć większych starań, niż przy przestrzennych geomatach.

• **Wnioski z przeprowadzonych pomiarów**

10. Badanie 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.
11. Nawet słabo wykształcona szata roślinna wykazała zdolność ochrony powierzchni skarpy przed erozją. Z poletka, na którym jedynie wysiano trawę, spłynęło dwukrotnie mniej gruntu, niż z poletka o powierzchni nieosłoniętej.
12. 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.
13. W całym okresie trwania badań z poletek z geosyntetykami najmniej gruntu spłynęło z poletek 5, 6 i 8 – zabezpieczonych siatkami układanymi po wysiewie, na wierzchu skarpy. Najwięcej gruntu spłynęło z poletek zabezpieczonych geomatą, na której powierzchni układany jest humus i tych, na których zastosowano przestrzenne geomaty wypełniane humusem.
14. W okresie od 29 kwietnia do 6 lipca (okres stabilnej pracy materiałów przeciwoerozyjnych) najmniej gruntu spłynęło z poletek 5, 6, 10 i 8.
15. 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.
16. W mniejszym stopniu na masę spływającego gruntu wpływa sumaryczna ilość opadów (w roku 2005 było stosunkowo mało opadów deszczu) – współczynnik korelacji w tym przypadku zawiera się w granicach od 0,278 do 0,638.
17. Biorąc pod uwagę jedynie intensywność opadów, najskuteczniejsze okazały się materiały ułożone na poletkach 5, 10 i 6, a najmniej skuteczne ułożone na poletkach 7 i 9.
18. Całkowita masa suchego gruntu zebrana w czasie całego cyklu badań potwierdza słabszą skuteczność materiałów z poletek 7 i 9.
19. Stosując zabezpieczenia, w przypadku których wysiew odbywa się po wbudowaniu materiału, po ukorzenieniu się roślin otrzymujemy powierzchnię zabezpieczoną warstwą przerośniętą korzeniami

wzmocnioną dodatkowo geosyntetykiem. Nie ma to miejsca przy układaniu geosyntetyków po wysiewie.

- **Inne wnioski**

20. Przeprowadzone badania pozwoliły określić skuteczność poszczególnych rodzajów materiałów przy zalecanej przez producenta technologii wbudowania. Skuteczność ta odnosi się do okresu przed wykształceniem roślinności.
21. Materiały geosyntetyczne stosowane do ochrony przed erozją powierzchniową powinny charakteryzować się odpowiednią wytrzymałością na rozciąganie, nie tylko ze względu na pochylenie skarpy, lecz również ze względu na łatwość wbudowania materiału.
22. 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.
23. Przy wyborze materiałów na skarpy, na których warunki do rozwoju roślinności są trudne, należy brać pod uwagę łatwość wykonania ewentualnych poprawek i takich zabiegów jak np. podsiew.

17. Podsumowanie

Temat stosowania geosyntetyków do ochrony przed erozją powierzchniową nie jest wystarczająco opisany w literaturze. Wykonano niewiele badań oceniających skuteczność ochrony powierzchni skarp przed erozją powierzchniową za pomocą geosyntetycznych materiałów przeciwoerozyjnych. Badania przeprowadzone przez różnych producentów, np. przez firmę TENAX, jak i przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN potwierdzają, że stosowanie geosyntetyków na skarpach zmniejsza ilość gruntu splukiwanego z powierzchni skarpy, a tym samym chroni ją przed erozją.

Wykonane badania skuteczności materiałów geosyntetycznych znacznie poszerzyły wiedzę z zakresu zapobiegania powstawania erozji powierzchniowej skarp drogowych. Uzyskano informację o skuteczności poszczególnych rodzajów materiałów geosyntetycznych przy zalecanej przez producenta technologii układania, w okresie przed rozwojem roślinności. Dodatkowo przedstawiono wstępne zależności między ilością spływającego gruntu a takimi czynnikami pogodowymi, jak suma opadów i intensywność opadów. Wytoczono też kierunki dalszych badań – analiza współpracy geosyntetyku i roślinności w ochronie przeciwoerozyjnej oraz uściślenie zależności skuteczności ochronnej różnych materiałów w zależności od czynników atmosferycznych. W dalszym etapie celowe jest poszukiwanie optymalnej instrukcji układania dla typów wyrobów, zapewniającej najskuteczniejszą ochronę skarp przed erozją – zarówno w początkowym okresie, jak i długim okresie.

LITERATURA

- [1] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2002-04-1212 – Geosiatka komórkowa GEOWEB
- [2] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2002-04-1216 – Geokrata TABOSS II
- [3] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2002-04-1228 – Geotkanina HaTe
- [4] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2002-04-1229 – GEOMATA AB
- [5] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1602 – Geomaty polipropylenowe TENAX
- [6] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1638 – Geomata polietylenowa przeciwoerozyjna TENSAR odmiany: 200 i 400
- [7] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1697 – GLOB-KRATA
- [8] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2004-04-1700 – Geomata przeciwoerozyjna Polymat odmiany: 810, 1210, 2010, 2020/9 i 2020/20
- [9] 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
- [10] ASTM D6454-99 Standard Test Method for Determining the Short-Term Compression Behavior of Turf Reinforcement Mats (TRMs)
- [11] ASTM D6524-00 Standard Test Method of Measuring the Resiliency of Turf Reinforcement Mats (TRMs)
- [12] ASTM D6525-00 Standard Test Method for measuring Nominal Thickness of Permanent Rolled Erosion Control Products
- [13] ASTM D6566-00 Standard Test Method for measuring Mass per Unit Area of Turf Reinforcement Mats
- [14] ASTM D6567-00 Standard Test Method for Measuring the Light Penetration of a Turf Reinforcement Mat (TRM)
- [15] ASTM D6575-00 Standard Test Method for Determining Stiffness of Geosynthetics Used as Turf Reinforcement Mats (TRM's)
- [16] Czmiel K.: Zastosowanie przestrzennych mat antyerozyjnych w budownictwie drogowym – metoda wymiarowania i wskazówki do wykonywania stromych, zazielenionych zboczy z gruntu zbrojonego. Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2000
- [17] Dzierżawski K.: Zabezpieczanie przed erozją i pyleniem budowli ziemnych i składowisk metodą hydroobsiewu. Prace IBDiM nr 4, 1985

- [18] Fagon Y., Fouillart V., Richard F., Gourvat D.: Experiments of banks protection by geosynthetic processes. GEOTEXTILES – GEOMEMBRANES Rencontres, Francja 1997
 - [19] Gajewska B., Kłosiński B., Rychlewski P.: Materiały do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych. VIII Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2002
 - [20] Geotekstyli. Poradnik projektanta. Don&Low Ltd, 1996
 - [21] Gil E.: Wpływ zabezpieczenia zbocza GEOKRATĄ komórkową TABOSS na spływ powierzchniowy i erozję mechaniczną. Polska Akademia Nauk. Szymbark, styczeń 2004
 - [22] Głazewski M. Hydroobsiew jako metoda ochrony przeciwoerozyjnej pochyłych powierzchni utworów antropogenicznych. Rozprawa doktorska. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa Warszawa 2003
 - [23] Hewlett H.W.M., Boorman L.A., Bramley M.E.: Design of reinforced grass waterways. Construction Industry Research and Information Association, Report 116, 1987
 - [24] Kossakowski M.: Umacnianie skarp biowłókniną, geosyntetykami i hydroobsiewem. Drogownictwo nr 8/2001, str. 244-248
 - [25] Minnesota Urban Small Sites BMP Manual. Mulches, Blankets and Mats, 2001
 - [26] Ogólna specyfikacja techniczna D-06.01.01 Umacnianie powierzchni skarp, rowów i ścieków. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa, 2001
 - [27] Properties and performances of TENAX MULTIMAT and TENAX PROMAT. Technical raport TDE004 – 04/03, TENAX SpA
 - [28] PN-B-12074:1998 Urządzenia wodno-melioracyjne. Umacnianie i zadarnianie powierzchni biowłókniną
 - [29] PN-B-12082:1996 Urządzenia wodno-melioracyjne – Darniowanie – Wymagania i metody badań
 - [30] PN-EN 13253:2002 Geotekstyli i wyroby pokrewne - Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych w zabezpieczeniach przeciwoerozyjnych (ochrona i umocnienia brzegów)
 - [31] PN-EN 13253:2002/A1:2005 (U) Geotekstyli i wyroby pokrewne. Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych w zabezpieczeniach przeciwoerozyjnych (ochrona i umocnienia brzegów) (Zmiana A1)
 - [32] PN-P-85012:1992 Wyroby powroźnicze – Sznurek polipropylenowy do maszyn badania przy odbiorze
 - [33] South Carolina Department of Transportation. Supplemental Specification. Permanent Erosion Control Mats, 12.08.1994, www.dot.state.sc.us/doing/Sup-Specs/94-08-12
-

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

LITERATURA

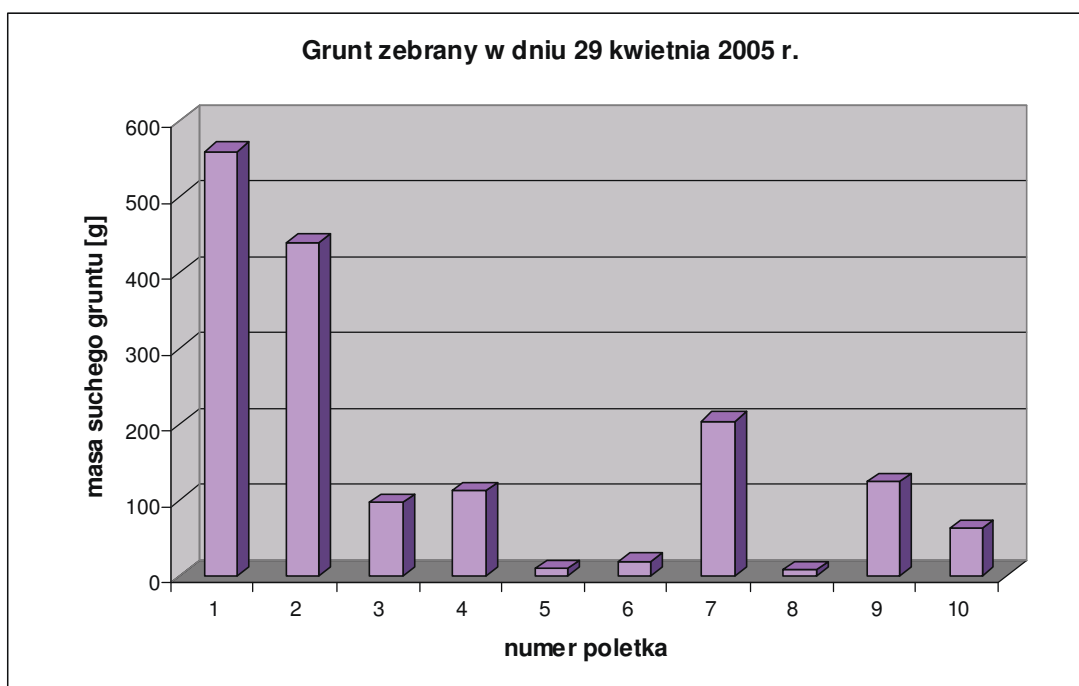
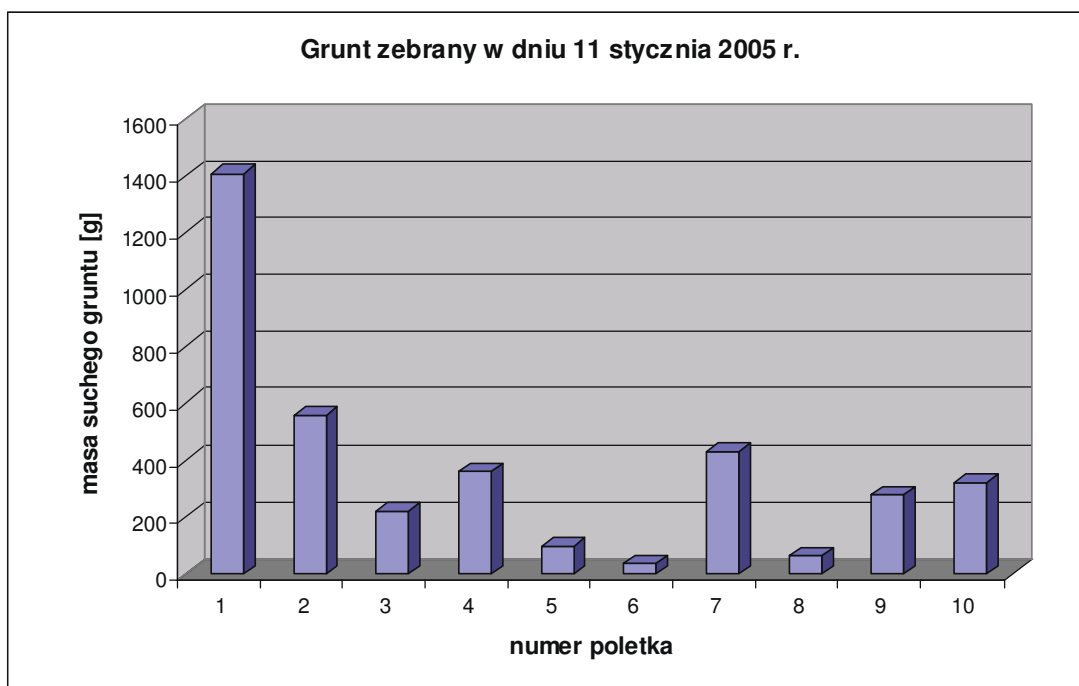
- [34] Wisconsin Department of Transportation. Erosion control product acceptability list (PAL), 2003
- [35] Wehefritz K.W.: Böschungssicherung mit Stabilisierungsmatten aus Kunststoff. Straßen- und Tiefbau, nr 6/1993
- [36] Warlobuzel K., Briancon L., Faure Y., Gourc J.P.: Half scale experiments of soil rainfall erosion control by mean of geosynthetics. GEOTEXTILES – GEOMEMBRANES Rencontres, Francja 1997
- [37] Zawisza M., Janusz L.: Ochrona przeciwoerozyjna konstrukcji gruntowych. Materiały budowlane 7/2004

ZAŁĄCZNIK 1

WYNIKI POMIARÓW MASY GRUNTU SPŁYWAJĄCEJ
Z POLETEK DOŚWIADCZALNYCH

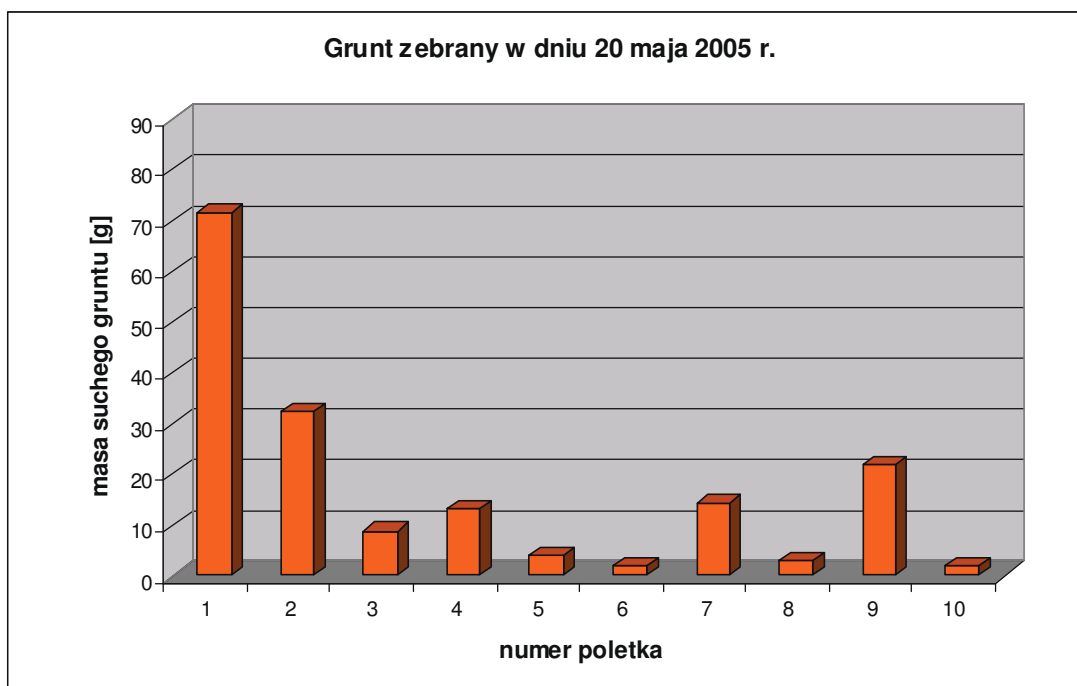
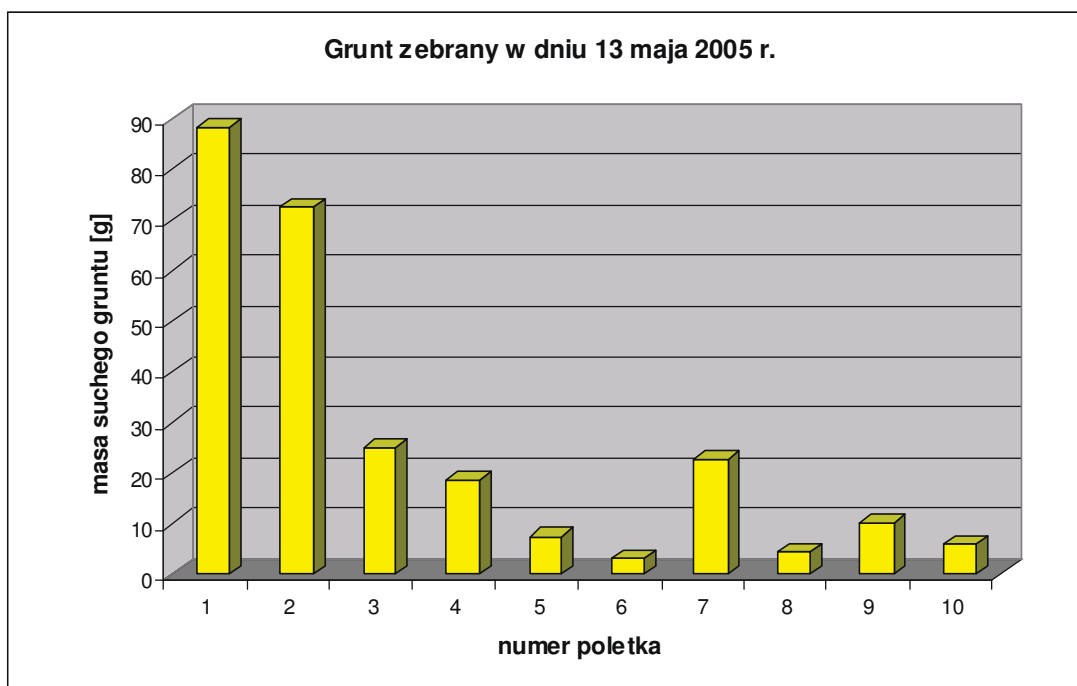
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



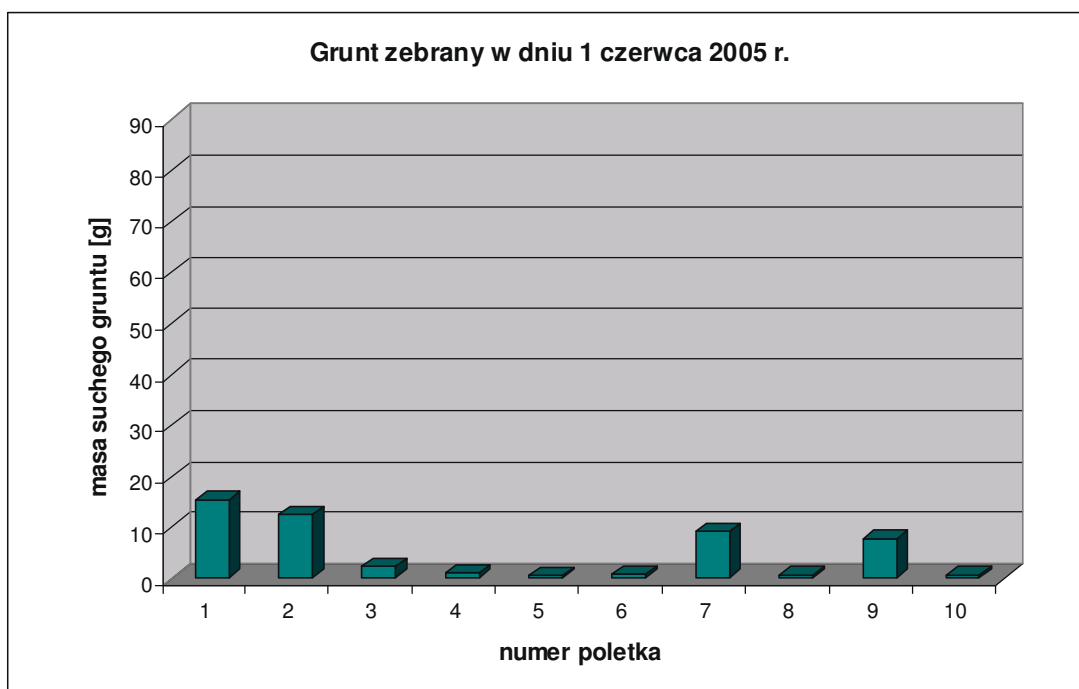
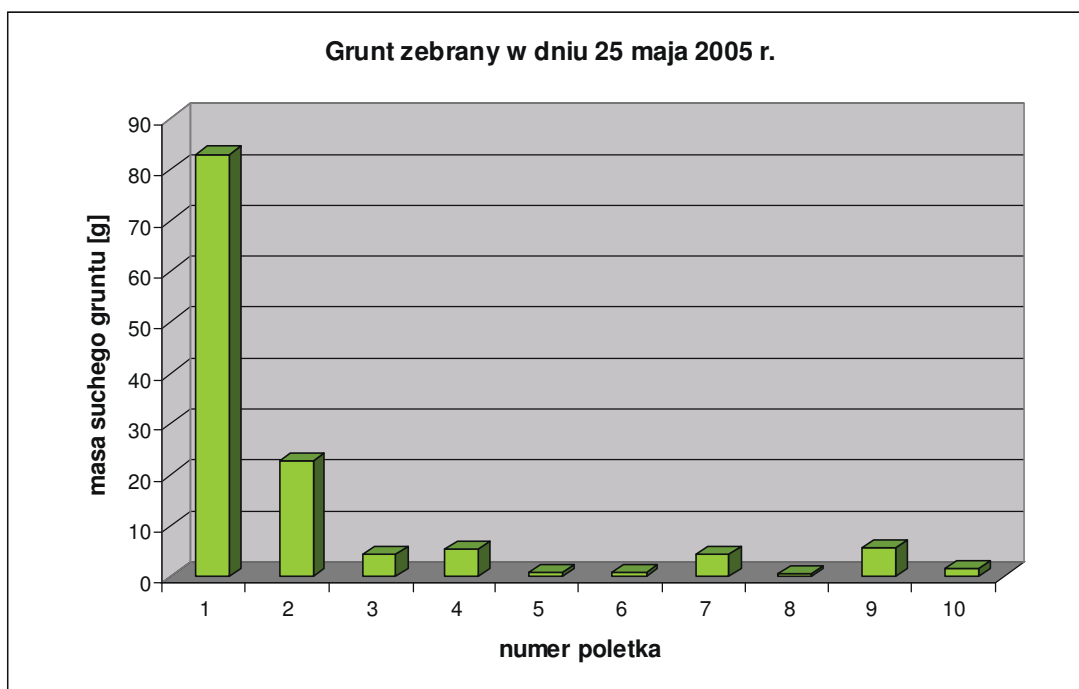
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



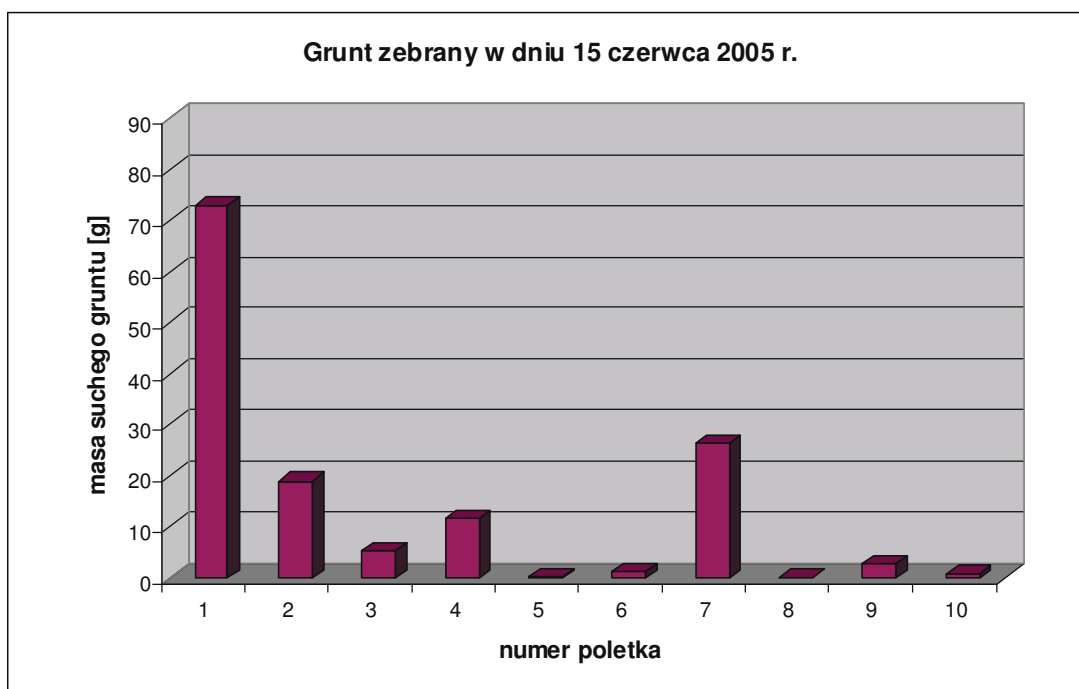
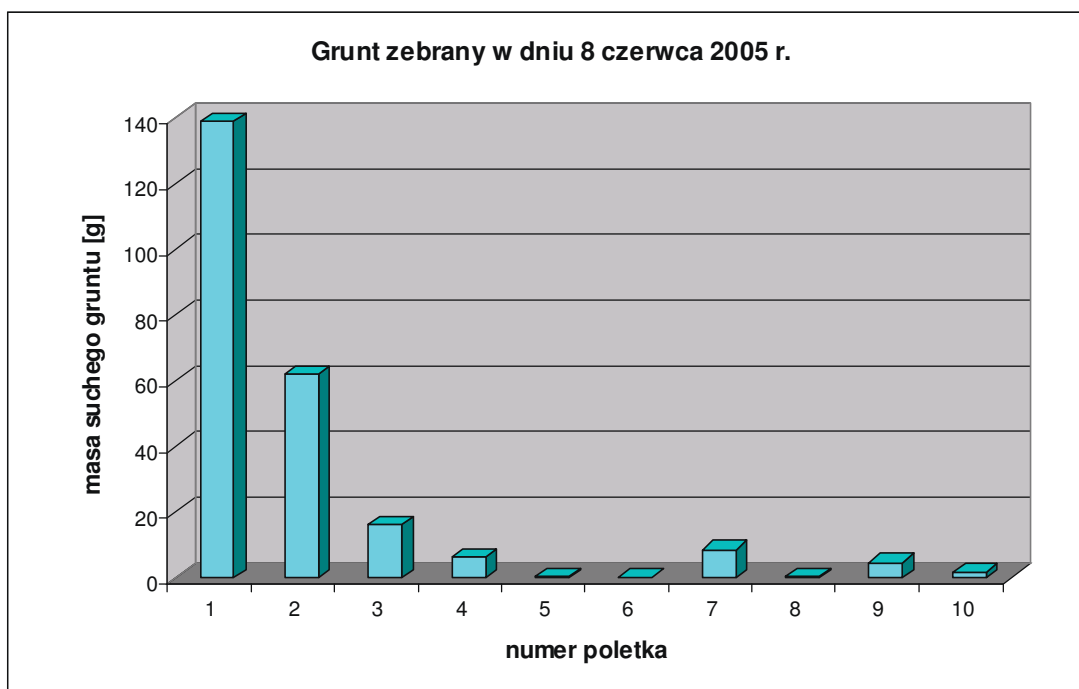
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



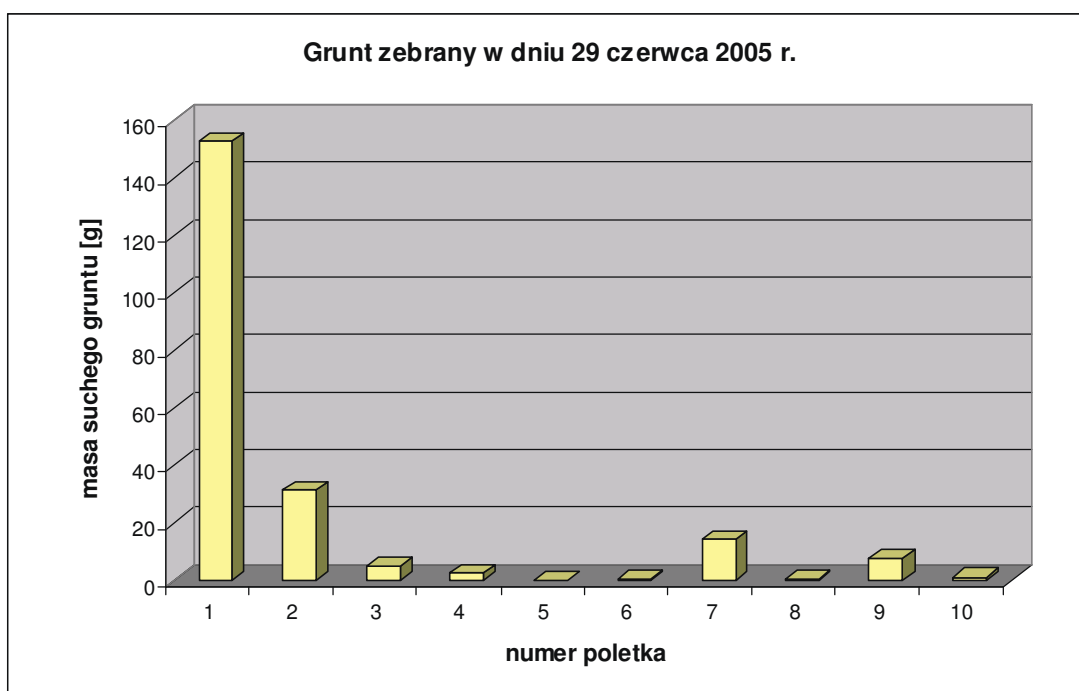
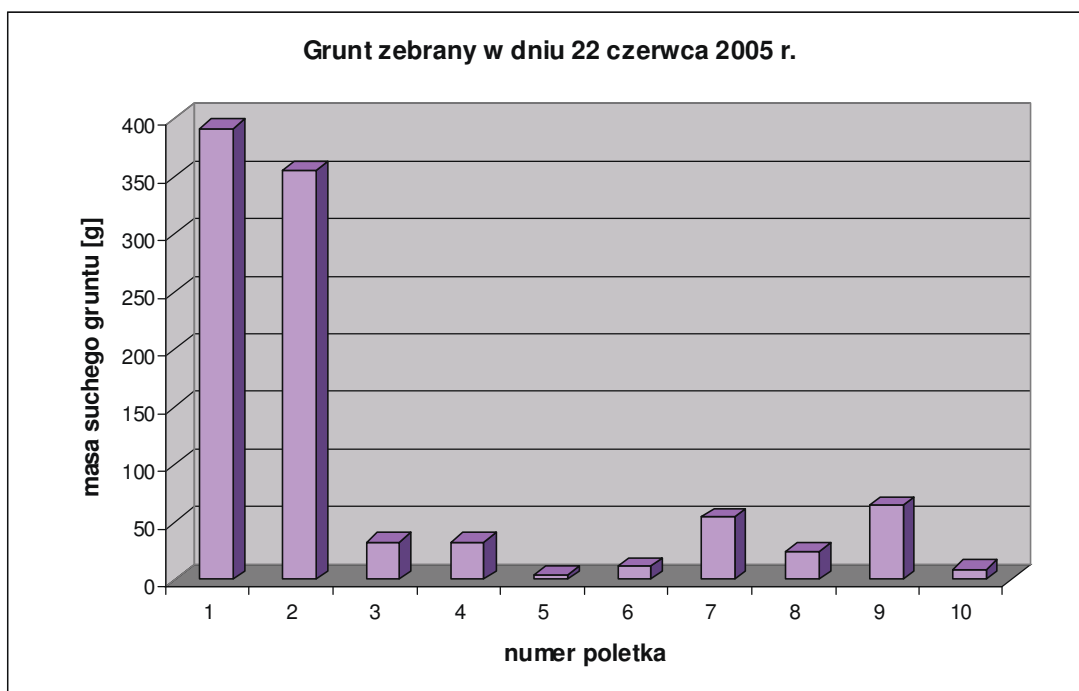
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



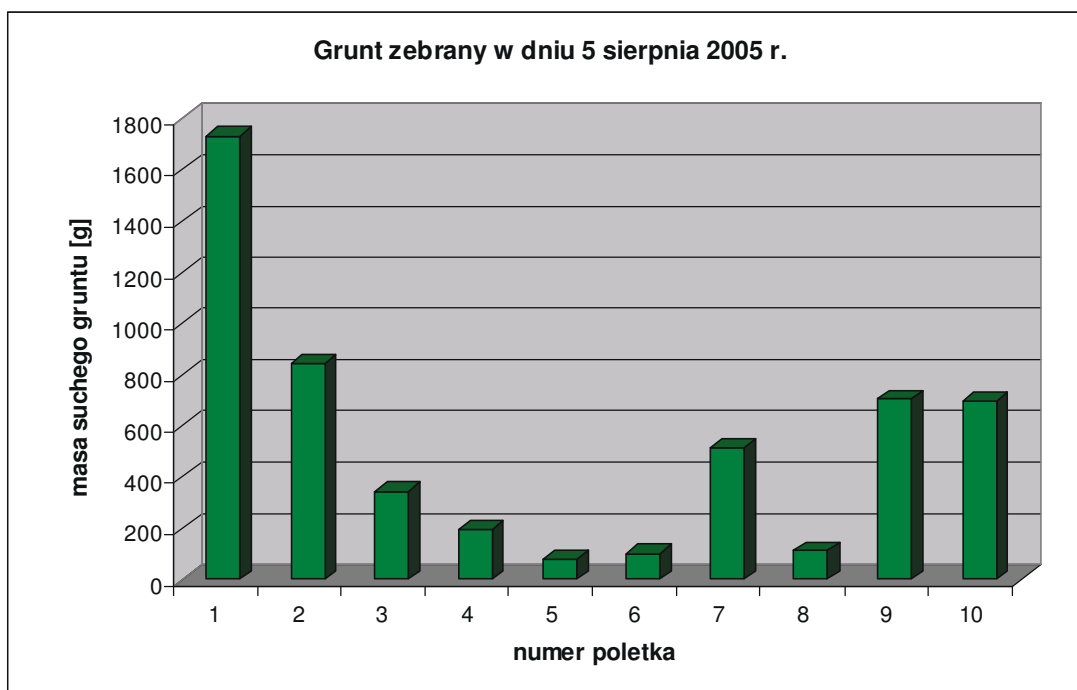
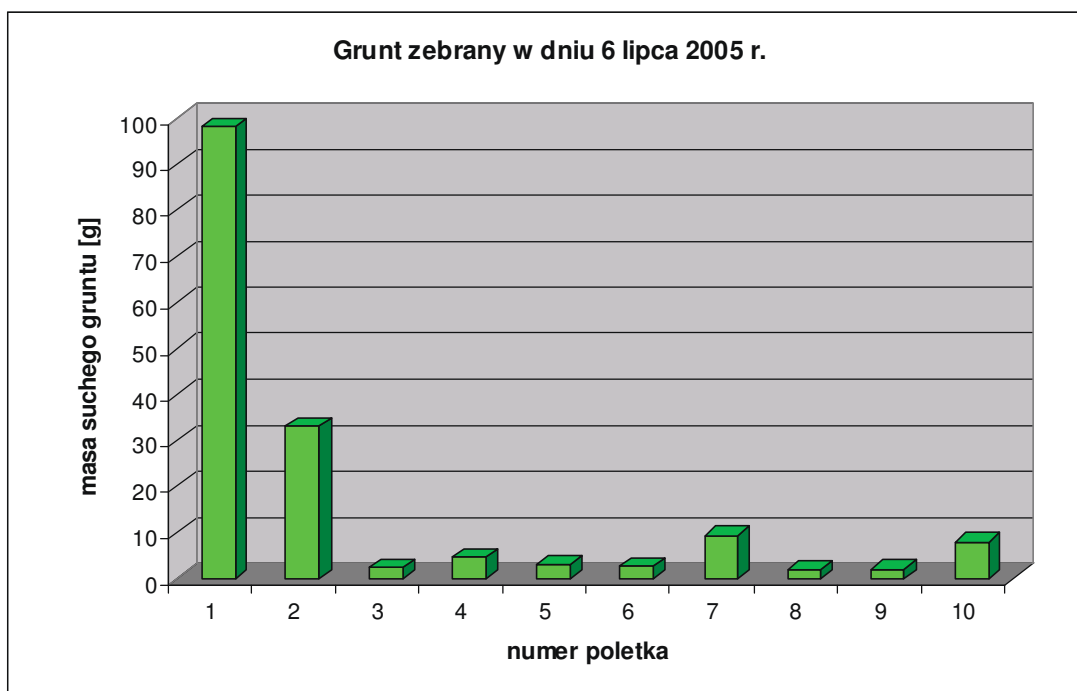
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZŁĄCZNIK 1



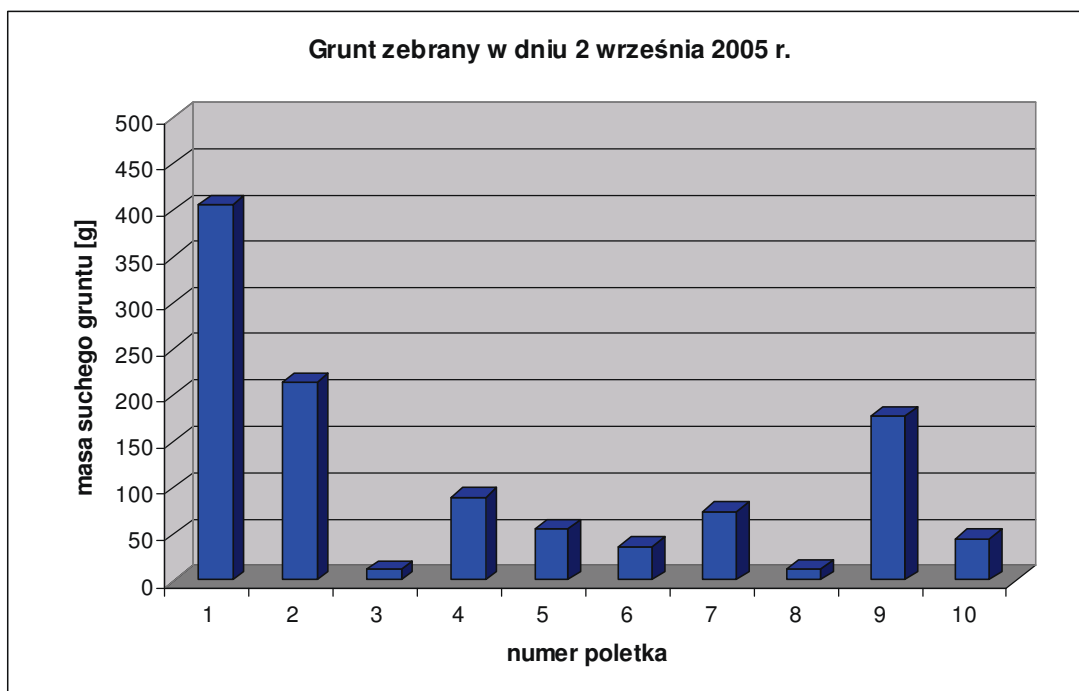
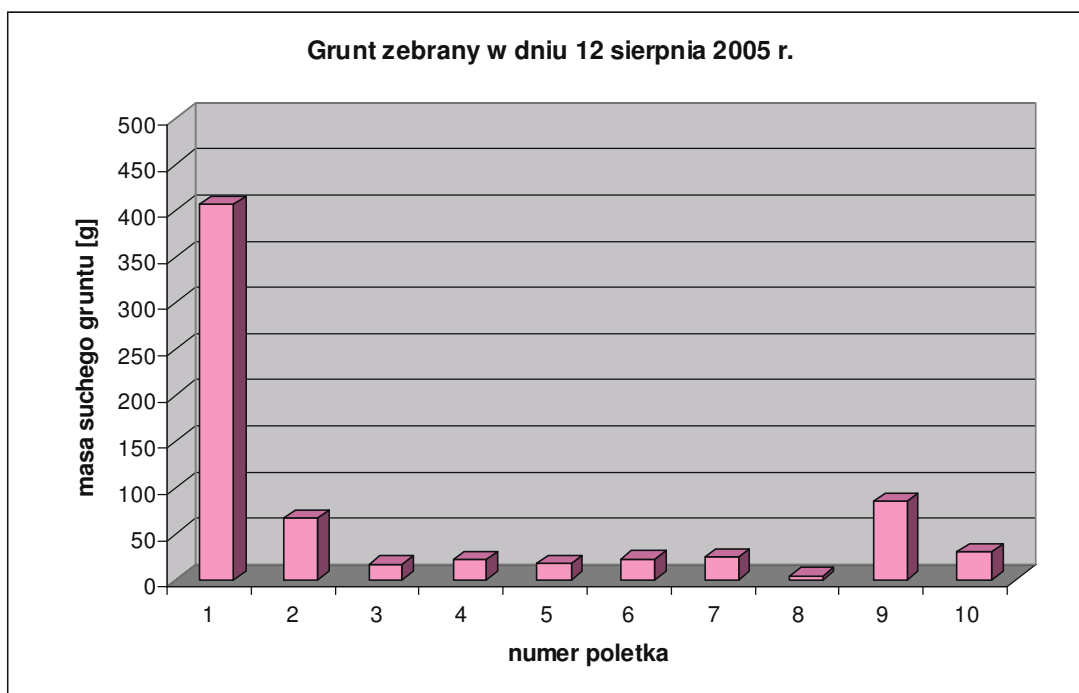
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZŁĄCZNIK 1



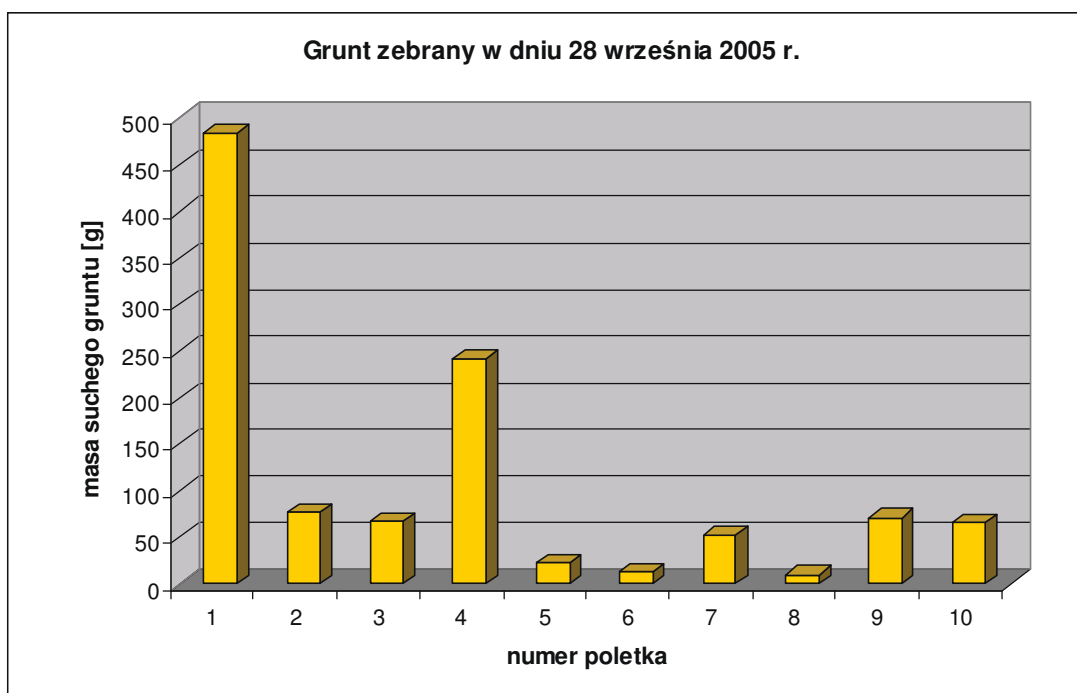
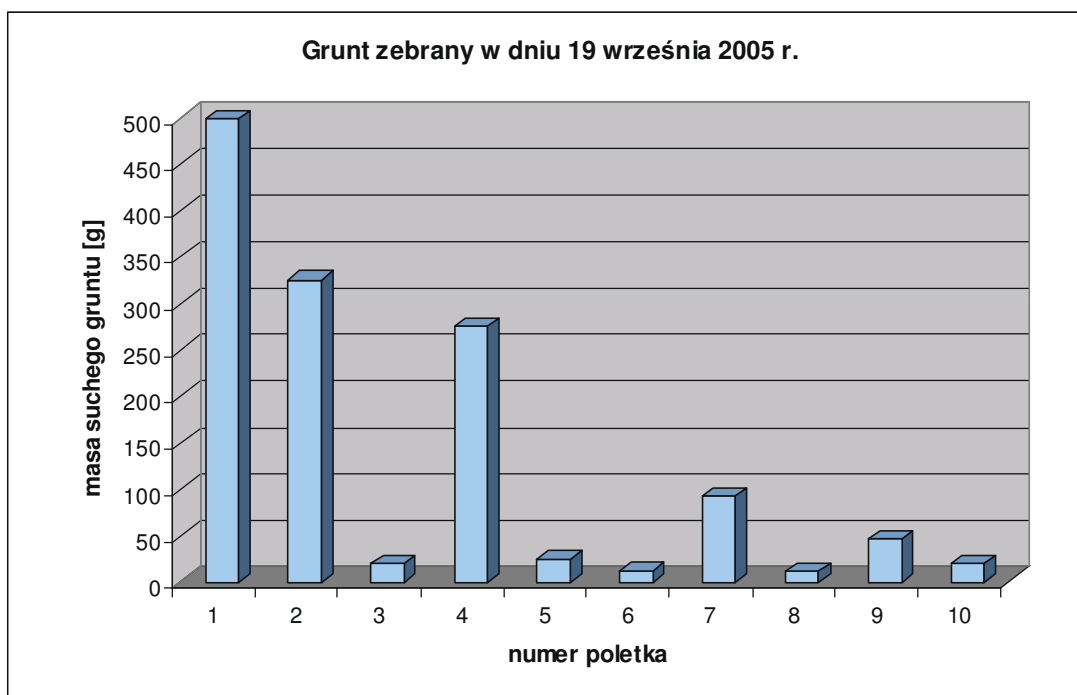
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



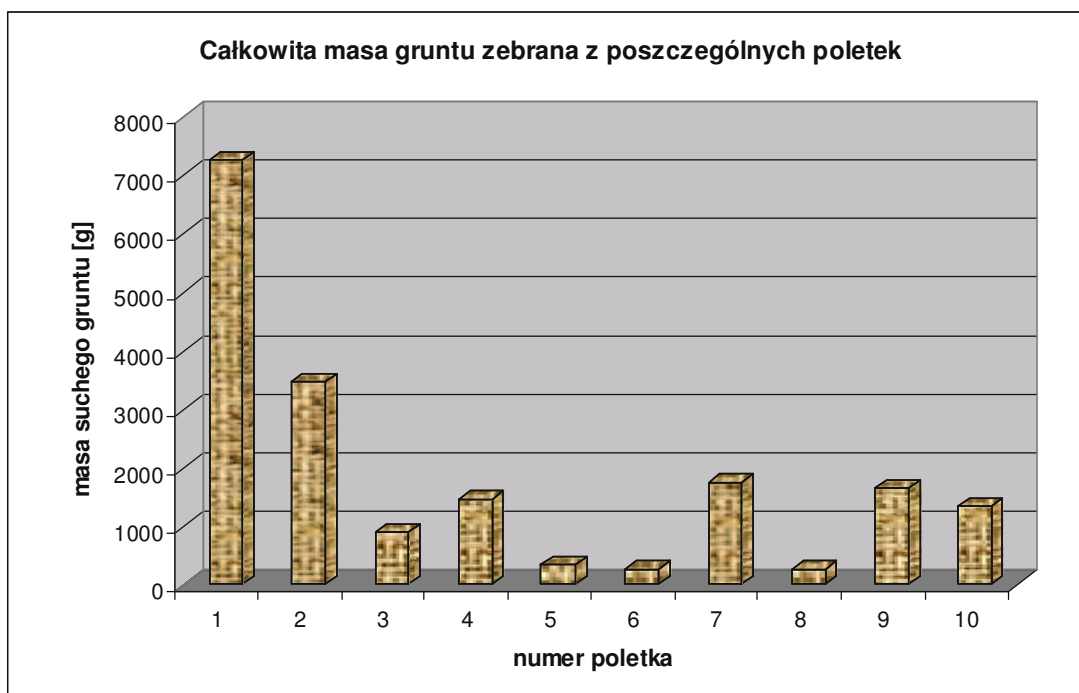
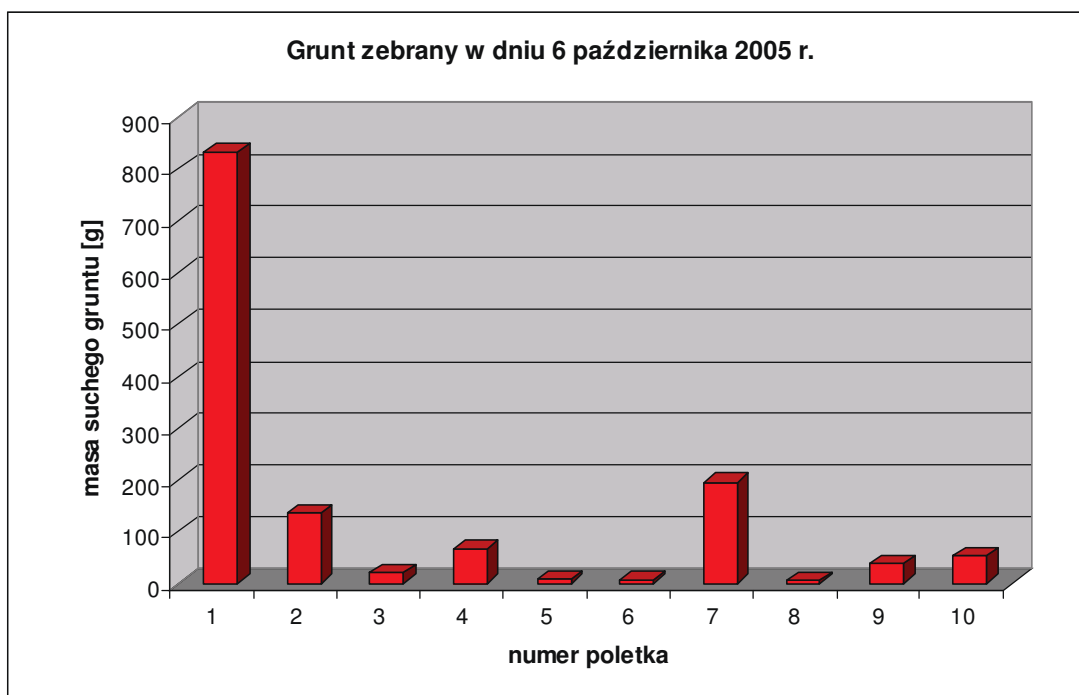
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



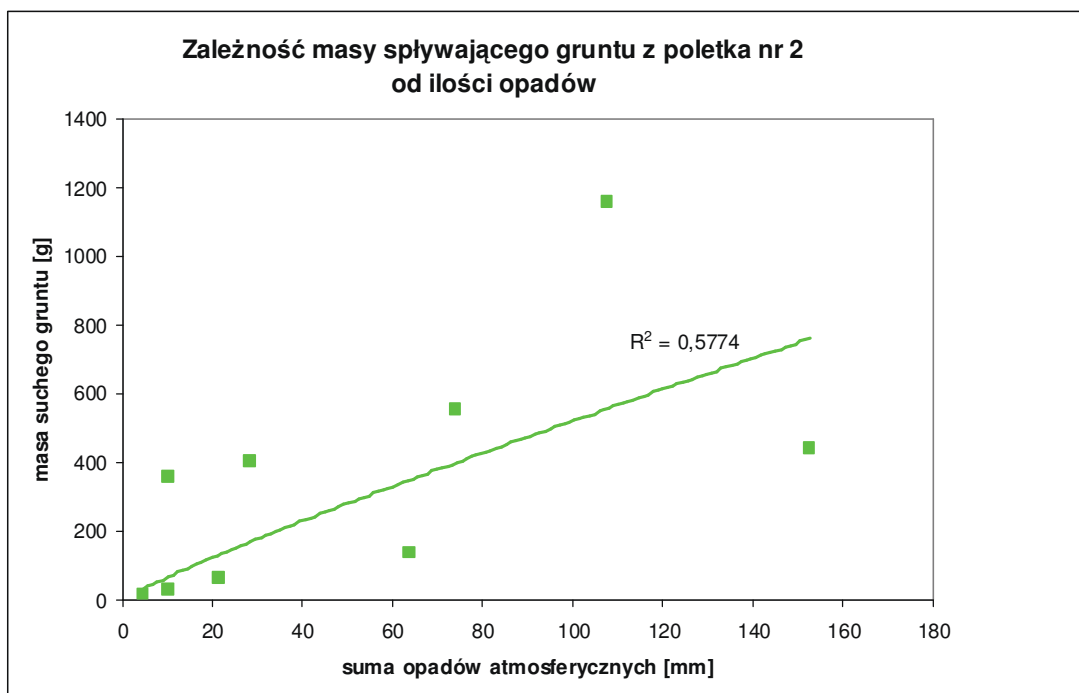
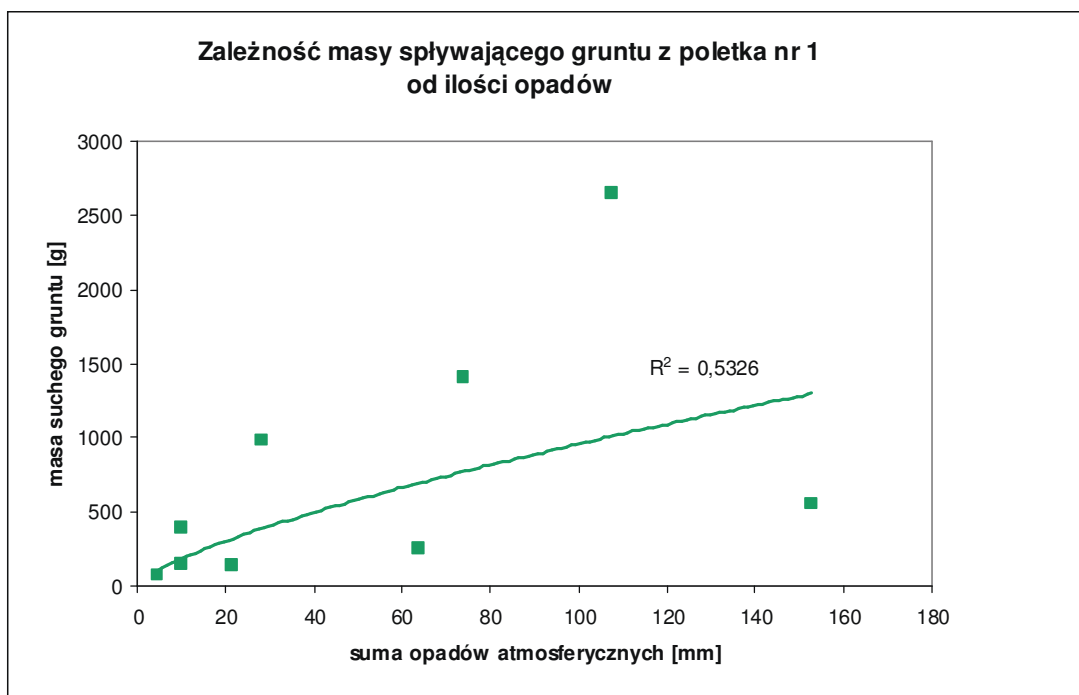
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 1



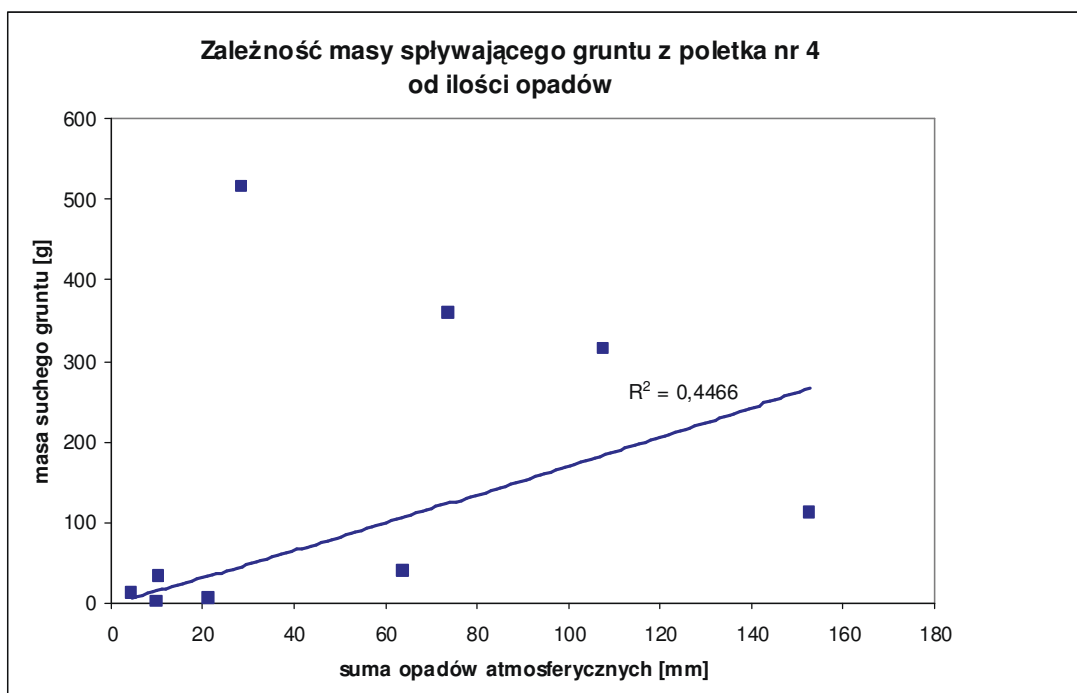
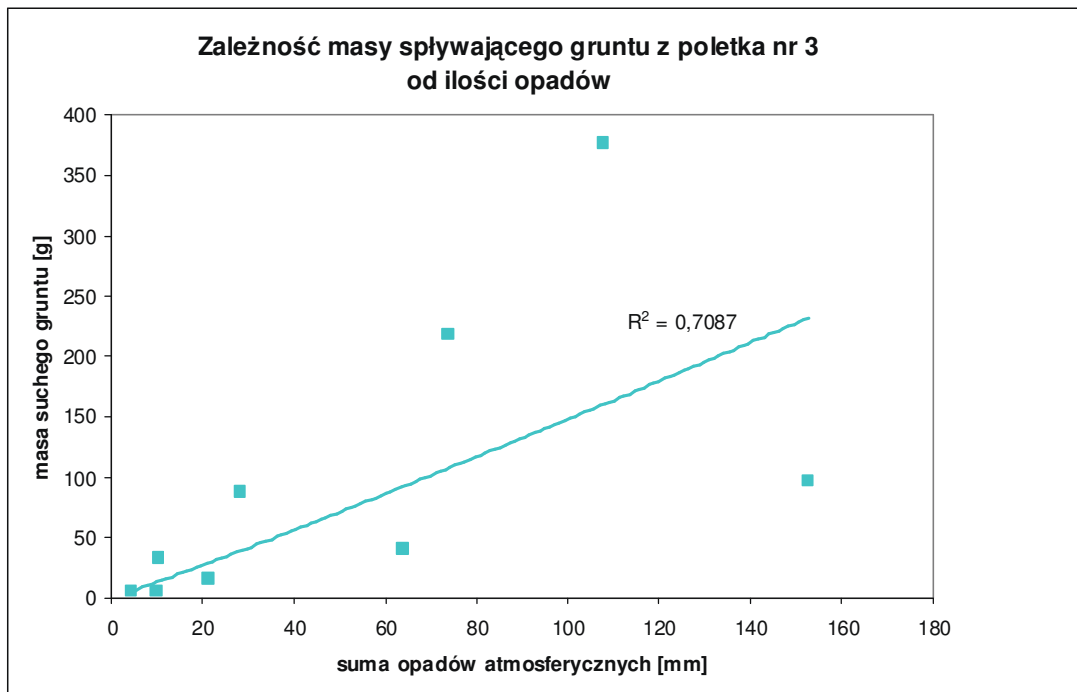
ZAŁĄCZNIK 2

ZAŁĘŻNOŚĆ ILOŚCI GRUNTU SPŁYWAJĄCEGO Z POLETEK
DOŚWIADCZALNYCH OD WARUNKÓW POGODOWYCH – SUMY OPADÓW



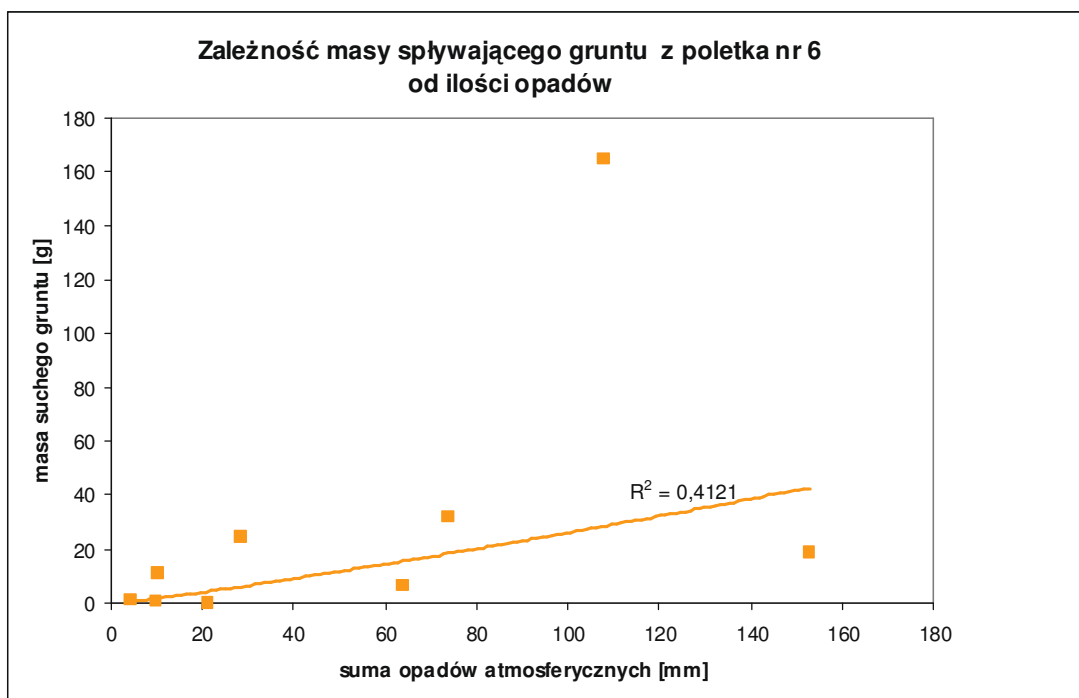
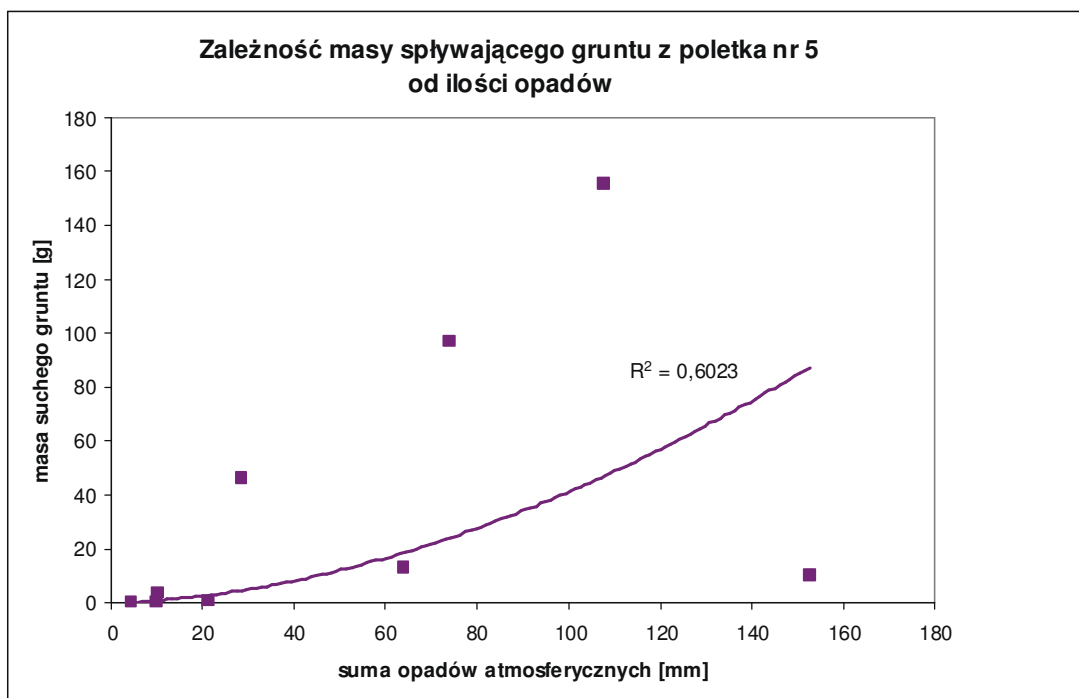
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZŁĄCZNIK 2



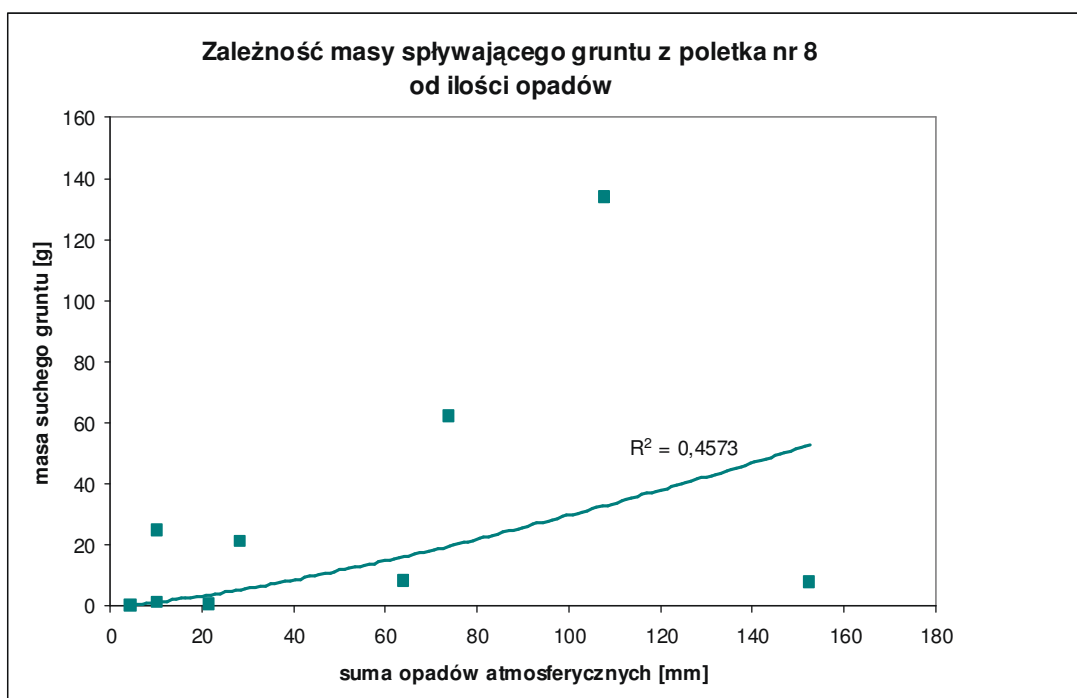
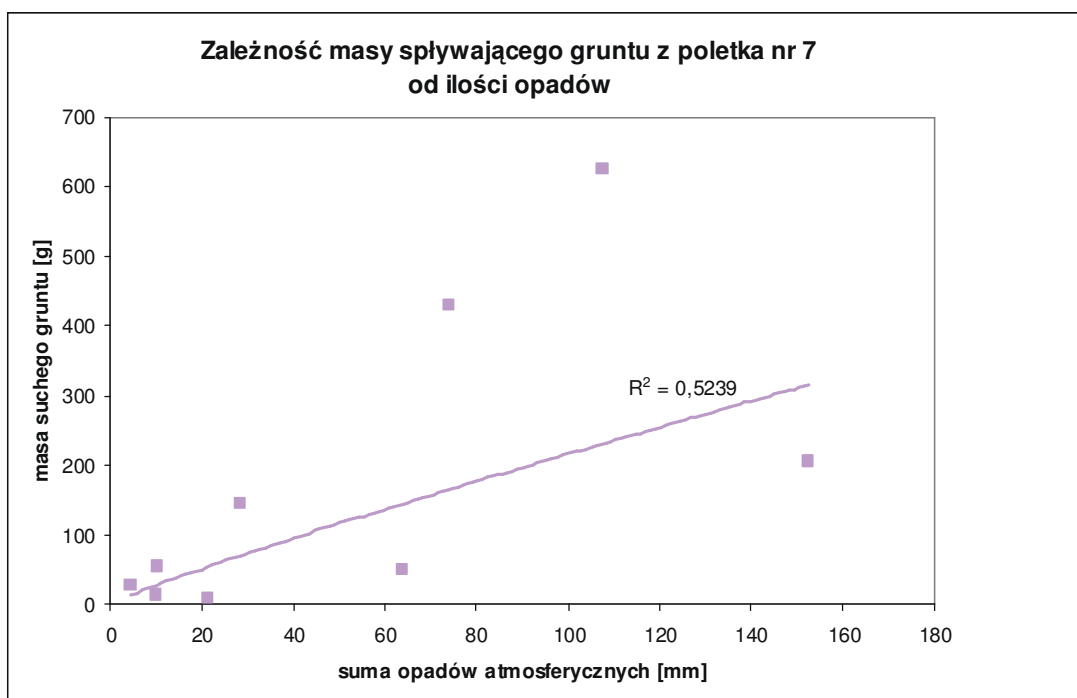
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

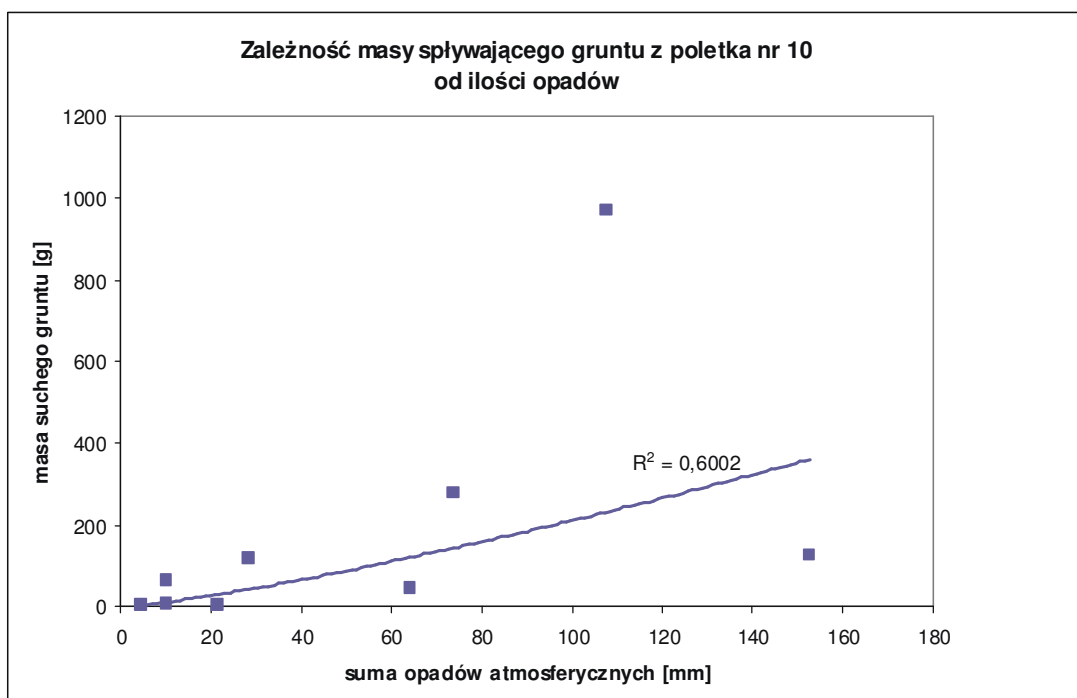
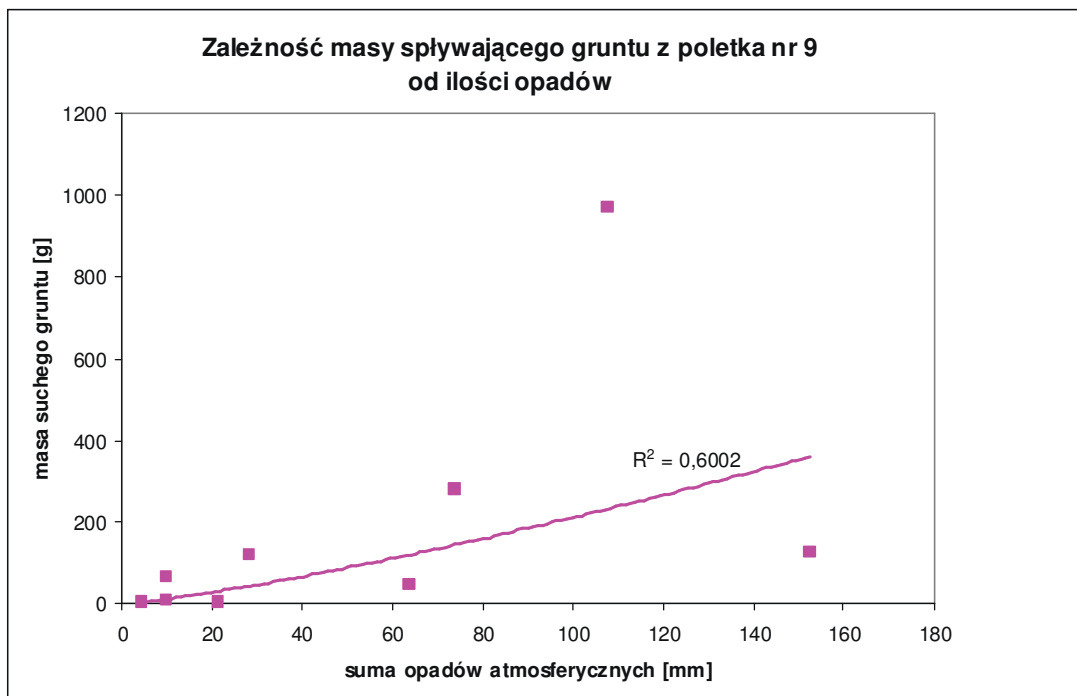
ZAŁĄCZNIK 2



Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

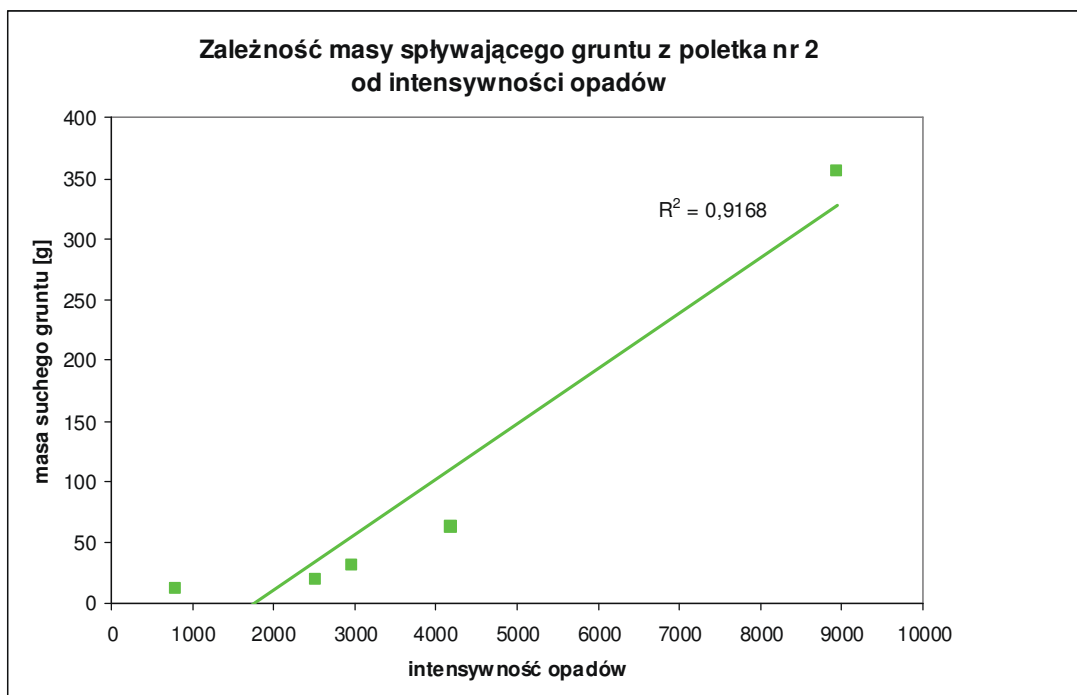
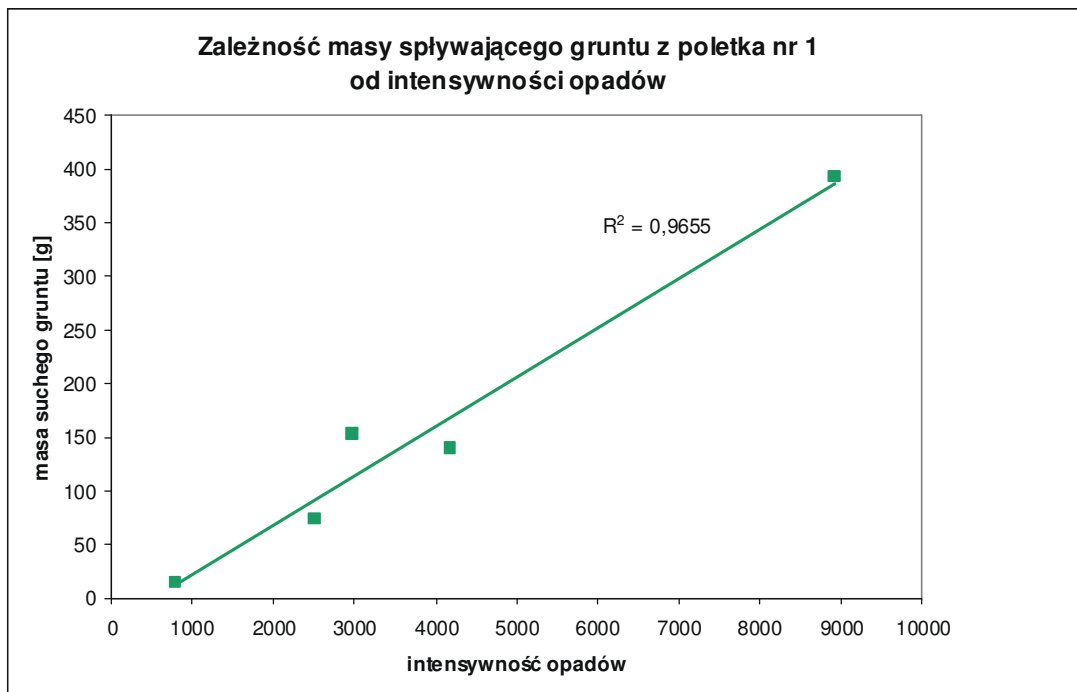
ZAŁĄCZNIK 2





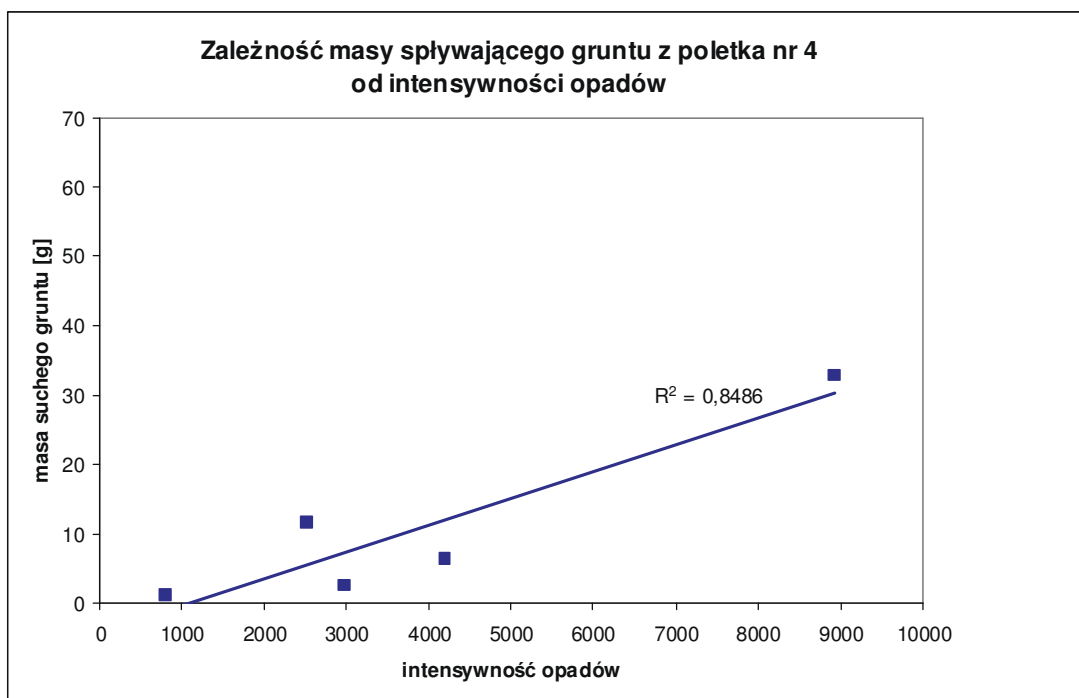
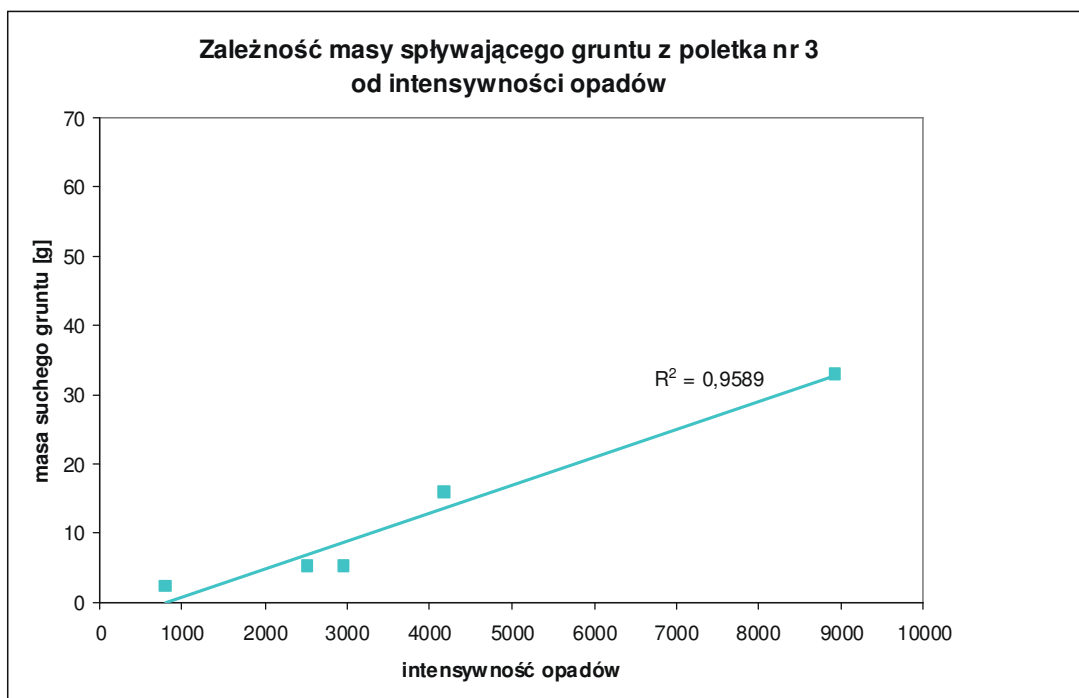
ZAŁĄCZNIK 3

ZAŁĘŻNOŚĆ ILOŚCI GRUNTU SPŁYWAJĄCEGO Z POLETEK
DOŚWIADCZALNYCH OD WARUNKÓW POGODOWYCH – INTENSYWNOŚCI
OPADÓW



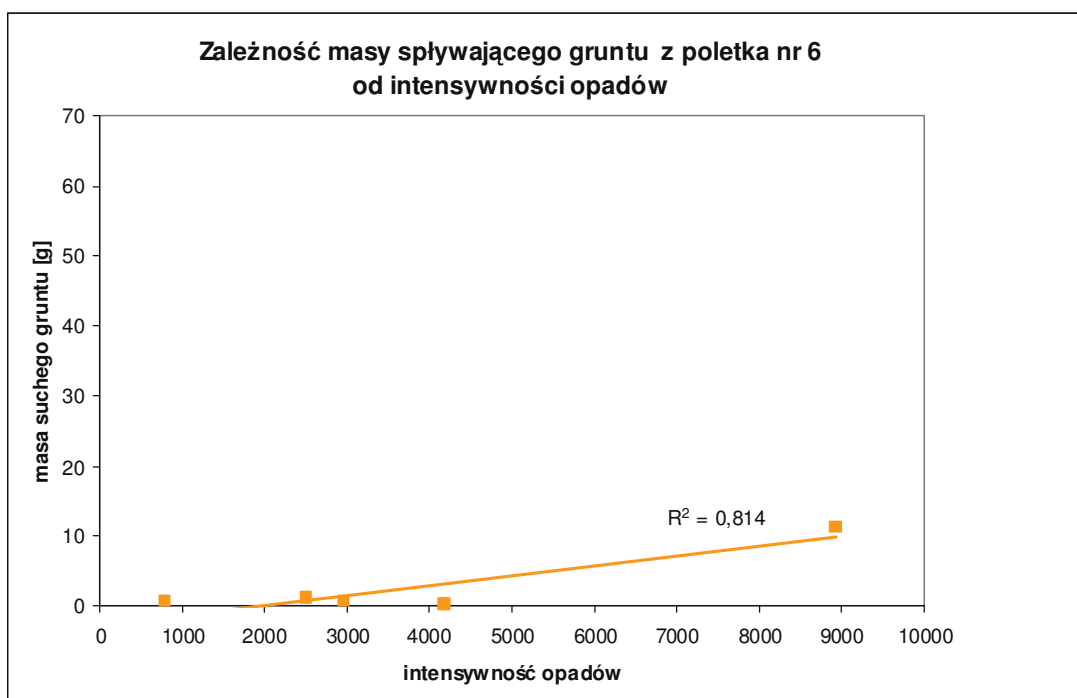
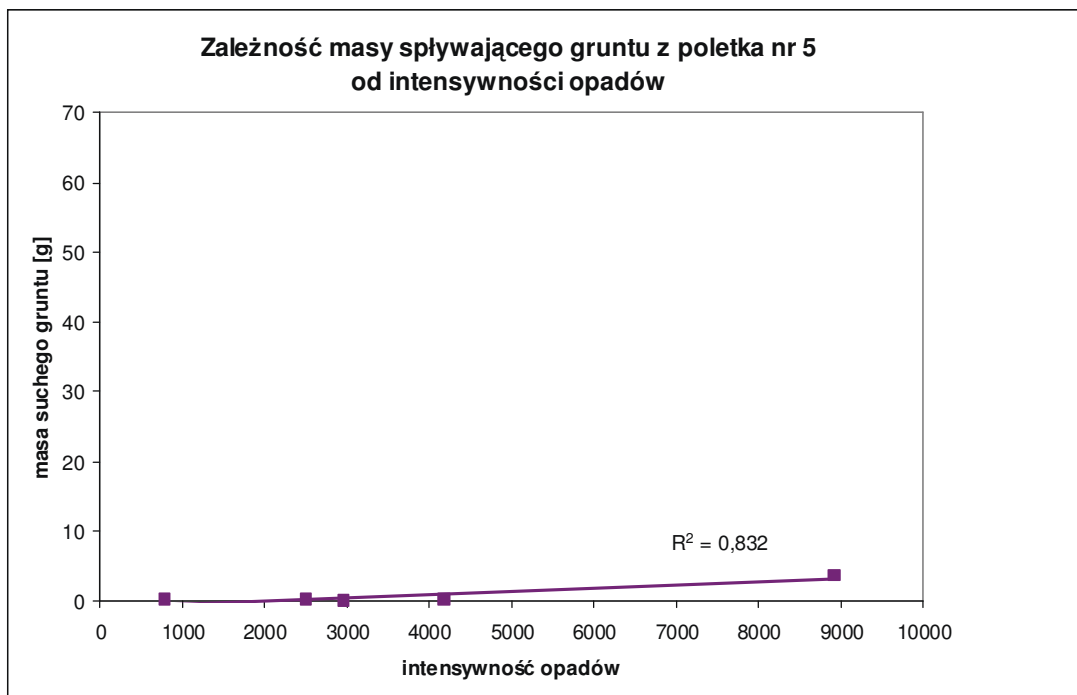
Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

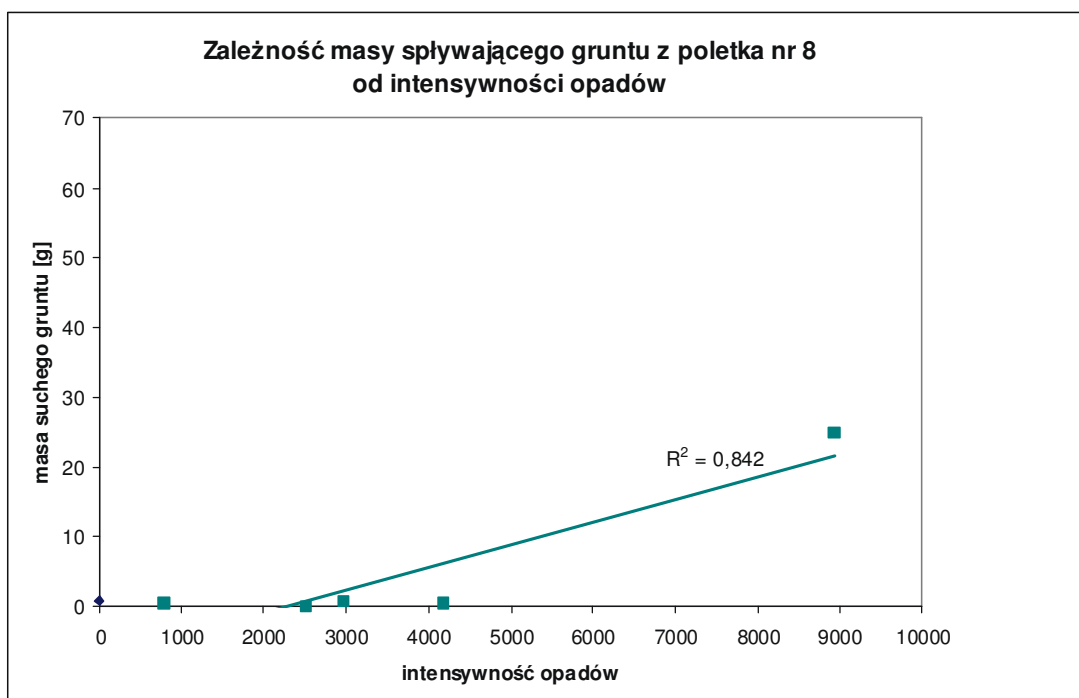
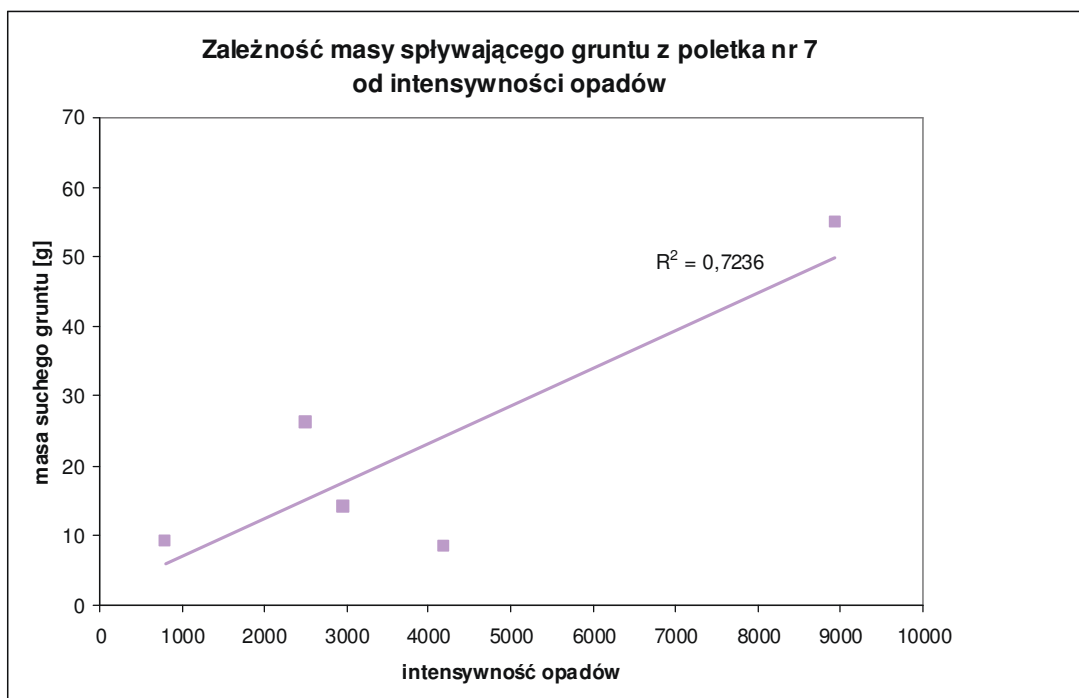
ZAŁĄCZNIK 3



Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

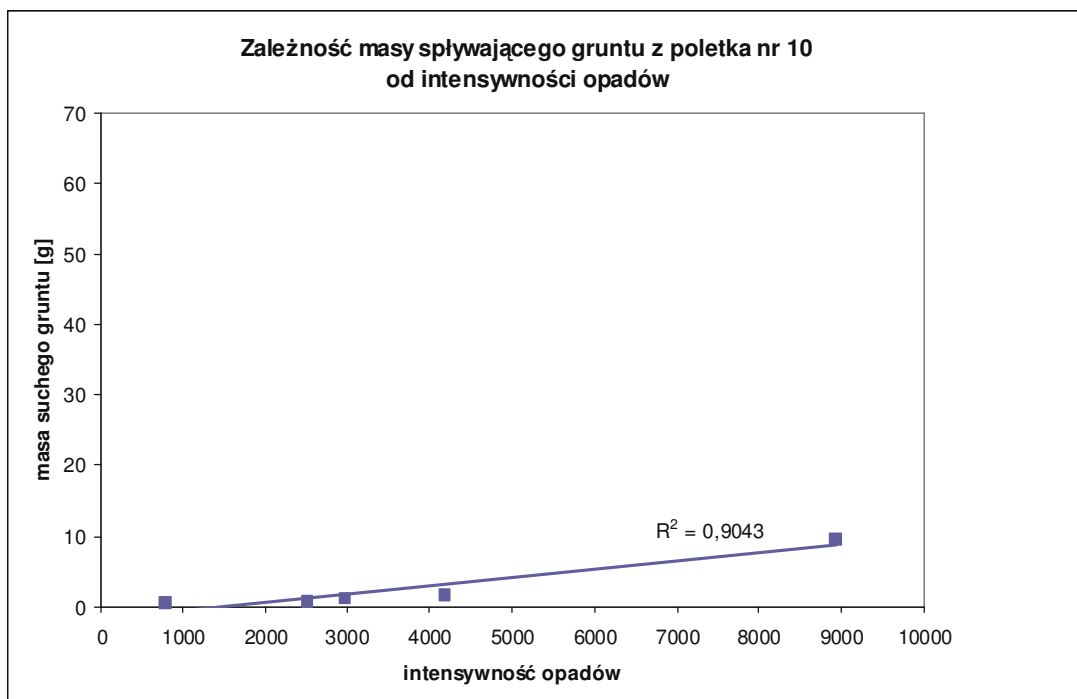
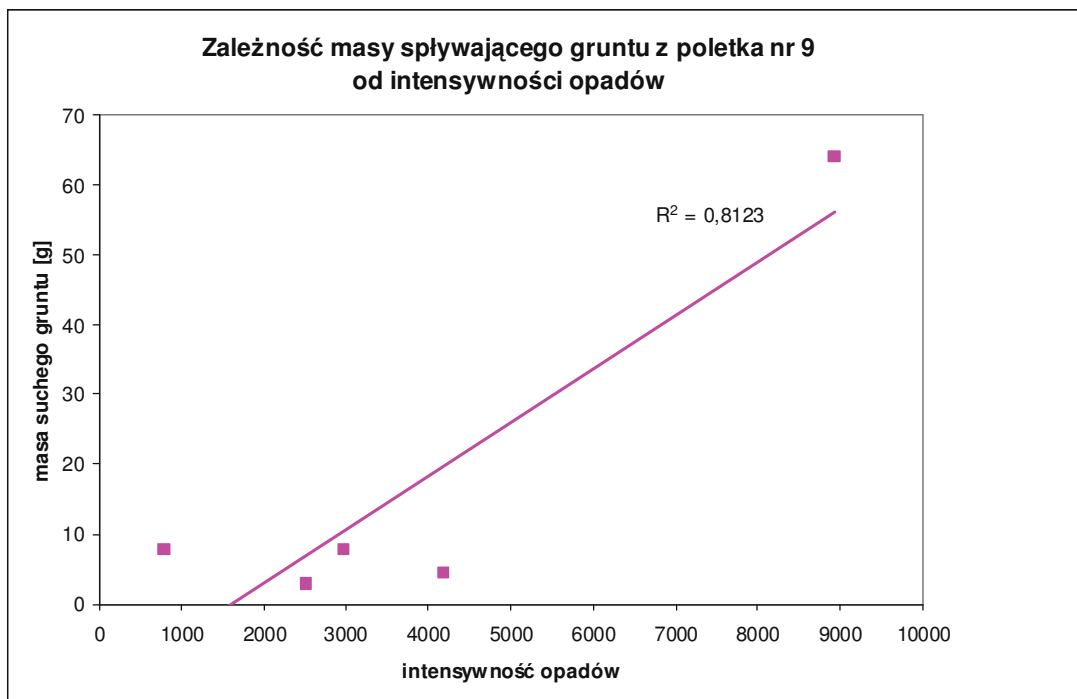
ZAŁĄCZNIK 3





Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 3



ZAŁĄCZNIK 4

POMIARY INTENSYWNOŚCI OPADÓW
W OKRESIE 25 maja – 29 czerwca 2005

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-01 08:00	823,9	0
2005-06-01 08:30	824,4	0
2005-06-01 09:00	824,5	0
2005-06-01 09:30	824,5	0
2005-06-01 10:00	824,6	0
2005-06-01 10:30	824,9	0
2005-06-01 11:00	825,1	0
2005-06-01 11:30	824,9	0
2005-06-01 12:00	824,7	0
2005-06-01 12:30	824,4	0
2005-06-01 13:00	795,7	0
2005-06-01 13:30	809,9	0
2005-06-01 14:00	824,1	0
2005-06-01 14:30	824,3	0
2005-06-01 15:00	824,5	0
2005-06-01 15:30	824,7	0
2005-06-01 16:00	820,7	0
2005-06-01 16:30	822,5	0
2005-06-01 17:00	586,1	0
2005-06-01 17:30	449,6	100,4
2005-06-01 18:00	614,4	0
2005-06-01 18:30	336,2	213,8
2005-06-01 19:00	589,8	0
2005-06-01 19:30	814,4	0
2005-06-01 20:00	821,2	0
2005-06-01 20:30	823,1	0
2005-06-01 21:00	823,2	0
2005-06-01 21:30	822,9	0
2005-06-01 22:00	798	0
2005-06-01 22:30	777,8	0
2005-06-01 23:00	710,3	0
2005-06-01 23:30	768	0
2005-06-02 00:00	622,1	0
2005-06-02 00:30	685,2	0
2005-06-02 01:00	728,6	0
2005-06-02 01:30	702,9	0
2005-06-02 02:00	772,3	0
2005-06-02 02:30	815,4	0
2005-06-02 03:00	818,2	0
2005-06-02 03:30	817,7	0
2005-06-02 04:00	818,4	0
2005-06-02 04:30	574,1	0
2005-06-02 05:00	536,7	13,3
2005-06-02 05:30	728,3	0
2005-06-02 06:00	806,5	0
2005-06-02 06:30	812,3	0
2005-06-02 07:00	815	0
2005-06-02 07:30	819,2	0
2005-06-02 08:00	822,3	0
2005-06-02 08:30	804	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-02 09:00	369,3	180,7
2005-06-02 09:30	169,8	380,2
2005-06-02 10:00	604,6	0
2005-06-02 10:30	822,7	0
2005-06-02 11:00	819,3	0
2005-06-02 11:30	765,7	0
2005-06-02 12:00	796,8	0
2005-06-02 12:30	825,4	0
2005-06-02 13:00	825,4	0
2005-06-02 13:30	825,6	0
2005-06-02 14:00	825,6	0
2005-06-02 14:30	825,9	0
2005-06-02 15:00	825,8	0
2005-06-02 15:30	825,6	0
2005-06-02 16:00	825,8	0
2005-06-02 16:30	825,6	0
2005-06-02 17:00	825,4	0
2005-06-02 17:30	825,2	0
2005-06-02 18:00	825,3	0
2005-06-02 18:30	825,2	0
2005-06-02 19:00	825	0
2005-06-02 19:30	824,8	0
2005-06-02 20:00	824,6	0
2005-06-02 20:30	824,3	0
2005-06-02 21:00	823,9	0
2005-06-02 21:30	823,6	0
2005-06-02 22:00	823,3	0
2005-06-02 22:30	823,2	0
2005-06-02 23:00	823,2	0
2005-06-02 23:30	823,2	0
2005-06-03 00:00	823,3	0
2005-06-03 00:30	823,3	0
2005-06-03 01:00	-	0
2005-06-03 01:30	822,9	0
2005-06-03 02:00	822,8	0
2005-06-03 02:30	822,6	0
2005-06-03 03:00	822,7	0
2005-06-03 03:30	822,9	0
2005-06-03 04:00	822,9	0
2005-06-03 04:30	822,8	0
2005-06-03 05:00	822,8	0
2005-06-03 05:30	822,9	0
2005-06-03 06:00	823	0
2005-06-03 06:30	823,1	0
2005-06-03 07:00	801,5	0
2005-06-03 07:30	780,8	0
2005-06-03 08:00	759,4	0
2005-06-03 08:30	603,6	0
2005-06-03 09:00	560,3	0
2005-06-03 09:30	632,4	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-03 10:00	761,5	0
2005-06-03 10:30	819,1	0
2005-06-03 11:00	823,4	0
2005-06-03 11:30	739,5	0
2005-06-03 12:00	721	0
2005-06-03 12:30	795,1	0
2005-06-03 13:00	758,4	0
2005-06-03 13:30	750,4	0
2005-06-03 14:00	794	0
2005-06-03 14:30	702,4	0
2005-06-03 15:00	767,1	0
2005-06-03 15:30	826	0
2005-06-03 16:00	816,1	0
2005-06-03 16:30	821,2	0
2005-06-03 17:00	826,2	0
2005-06-03 17:30	826,2	0
2005-06-03 18:00	826,1	0
2005-06-03 18:30	825,9	0
2005-06-03 19:00	826	0
2005-06-03 19:30	825,7	0
2005-06-03 20:00	825,1	0
2005-06-03 20:30	820	0
2005-06-03 21:00	805,2	0
2005-06-03 21:30	777,7	0
2005-06-03 22:00	768,8	0
2005-06-03 22:30	784,4	0
2005-06-03 23:00	787,7	0
2005-06-03 23:30	792,5	0
2005-06-04 00:00	790,2	0
2005-06-04 00:30	774,4	0
2005-06-04 01:00	754,2	0
2005-06-04 01:30	696,4	0
2005-06-04 02:00	667	0
2005-06-04 02:30	664,9	0
2005-06-04 03:00	656,9	0
2005-06-04 03:30	655,5	0
2005-06-04 04:00	657	0
2005-06-04 04:30	677,7	0
2005-06-04 05:00	718,8	0
2005-06-04 05:30	761,7	0
2005-06-04 06:00	790	0
2005-06-04 06:30	812,3	0
2005-06-04 07:00	823,1	0
2005-06-04 07:30	825,2	0
2005-06-04 08:00	825,8	0
2005-06-04 08:30	826,2	0
2005-06-04 09:00	826,7	0
2005-06-04 09:30	827,3	0
2005-06-04 10:00	827,4	0
2005-06-04 10:30	827,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-04 11:00	827,6	0
2005-06-04 11:30	828	0
2005-06-04 12:00	828,1	0
2005-06-04 12:30	827,9	0
2005-06-04 13:00	828,2	0
2005-06-04 13:30	828,4	0
2005-06-04 14:00	828,4	0
2005-06-04 14:30	828,5	0
2005-06-04 15:00	828,6	0
2005-06-04 15:30	828,5	0
2005-06-04 16:00	828,4	0
2005-06-04 16:30	828,2	0
2005-06-04 17:00	828	0
2005-06-04 17:30	827,4	0
2005-06-04 18:00	827	0
2005-06-04 18:30	672,9	0
2005-06-04 19:00	445,6	104,4
2005-06-04 19:30	611,9	0
2005-06-04 20:00	767,8	0
2005-06-04 20:30	801,4	0
2005-06-04 21:00	529,5	20,5
2005-06-04 21:30	489,6	60,4
2005-06-04 22:00	660,3	0
2005-06-04 22:30	544,1	5,9
2005-06-04 23:00	492,9	57,1
2005-06-04 23:30	288,3	261,7
2005-06-05 00:00	115,9	434,1
2005-06-05 00:30	63	487
2005-06-05 01:00	49,6	500,4
2005-06-05 01:30	185	365
2005-06-05 02:00	470	80
2005-06-05 02:30	717,1	0
2005-06-05 03:00	638,1	0
2005-06-05 03:30	697,8	0
2005-06-05 04:00	752,1	0
2005-06-05 04:30	675	0
2005-06-05 05:00	758,5	0
2005-06-05 05:30	786,8	0
2005-06-05 06:00	786,1	0
2005-06-05 06:30	813,7	0
2005-06-05 07:00	824,1	0
2005-06-05 07:30	824,5	0
2005-06-05 08:00	825	0
2005-06-05 08:30	825,2	0
2005-06-05 09:00	825,3	0
2005-06-05 09:30	825,3	0
2005-06-05 10:00	825,5	0
2005-06-05 10:30	825,7	0
2005-06-05 11:00	825,8	0
2005-06-05 11:30	825,8	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-05 12:00	825,7	0
2005-06-05 12:30	826,1	0
2005-06-05 13:00	826,1	0
2005-06-05 13:30	826,1	0
2005-06-05 14:00	826	0
2005-06-05 14:30	825,9	0
2005-06-05 15:00	826,3	0
2005-06-05 15:30	826,8	0
2005-06-05 16:00	826,6	0
2005-06-05 16:30	826,9	0
2005-06-05 17:00	826,9	0
2005-06-05 17:30	805,9	0
2005-06-05 18:00	816,1	0
2005-06-05 18:30	811,8	0
2005-06-05 19:00	818,2	0
2005-06-05 19:30	824,8	0
2005-06-05 20:00	824,7	0
2005-06-05 20:30	824,6	0
2005-06-05 21:00	824,3	0
2005-06-05 21:30	824,2	0
2005-06-05 22:00	824,3	0
2005-06-05 22:30	824,2	0
2005-06-05 23:00	824,1	0
2005-06-05 23:30	823,9	0
2005-06-06 00:00	823,7	0
2005-06-06 00:30	823,6	0
2005-06-06 01:00	823,6	0
2005-06-06 01:30	823,6	0
2005-06-06 02:00	823,5	0
2005-06-06 02:30	823,3	0
2005-06-06 03:00	823,1	0
2005-06-06 03:30	823,2	0
2005-06-06 04:00	823,1	0
2005-06-06 04:30	823,2	0
2005-06-06 05:00	823,2	0
2005-06-06 05:30	823,3	0
2005-06-06 06:00	823,5	0
2005-06-06 06:30	823,6	0
2005-06-06 07:00	823,8	0
2005-06-06 07:30	824	0
2005-06-06 08:00	824,3	0
2005-06-06 08:30	824,2	0
2005-06-06 09:00	692,4	0
2005-06-06 09:30	758,7	0
2005-06-06 10:00	825,1	0
2005-06-06 10:30	679,7	0
2005-06-06 11:00	556,7	0
2005-06-06 11:30	713,3	0
2005-06-06 12:00	805,4	0
2005-06-06 12:30	486,6	63,4

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-06 13:00	656,4	0
2005-06-06 13:30	824,4	0
2005-06-06 14:00	826	0
2005-06-06 14:30	826,1	0
2005-06-06 15:00	826,1	0
2005-06-06 15:30	826	0
2005-06-06 16:00	686,8	0
2005-06-06 16:30	755,2	0
2005-06-06 17:00	824,7	0
2005-06-06 17:30	824,8	0
2005-06-06 18:00	824,7	0
2005-06-06 18:30	824,7	0
2005-06-06 19:00	824,8	0
2005-06-06 19:30	824,8	0
2005-06-06 20:00	824,7	0
2005-06-06 20:30	824,5	0
2005-06-06 21:00	603,8	0
2005-06-06 21:30	421,8	128,2
2005-06-06 22:00	548,7	1,3
2005-06-06 22:30	687,6	0
2005-06-06 23:00	526,3	23,7
2005-06-06 23:30	191,6	358,4
2005-06-07 00:00	398,8	151,2
2005-06-07 00:30	587	0
2005-06-07 01:00	728,4	0
2005-06-07 01:30	744,6	0
2005-06-07 02:00	740,4	0
2005-06-07 02:30	744,1	0
2005-06-07 03:00	737,5	0
2005-06-07 03:30	739,5	0
2005-06-07 04:00	784,1	0
2005-06-07 04:30	812,4	0
2005-06-07 05:00	814,8	0
2005-06-07 05:30	768,1	0
2005-06-07 06:00	788,1	0
2005-06-07 06:30	819	0
2005-06-07 07:00	823,9	0
2005-06-07 07:30	824,2	0
2005-06-07 08:00	824,8	0
2005-06-07 08:30	825,3	0
2005-06-07 09:00	825,6	0
2005-06-07 09:30	825,6	0
2005-06-07 10:00	825,3	0
2005-06-07 10:30	825,5	0
2005-06-07 11:00	825,5	0
2005-06-07 11:30	825,3	0
2005-06-07 12:00	825,3	0
2005-06-07 12:30	825,4	0
2005-06-07 13:00	824,7	0
2005-06-07 13:30	759,7	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 1 - 8 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-07 14:00	792,2	0
2005-06-07 14:30	825,2	0
2005-06-07 15:00	825,4	0
2005-06-07 15:30	825,2	0
2005-06-07 16:00	825,1	0
2005-06-07 16:30	825	0
2005-06-07 17:00	825,1	0
2005-06-07 17:30	825,1	0
2005-06-07 18:00	824,9	0
2005-06-07 18:30	824,8	0
2005-06-07 19:00	824,7	0
2005-06-07 19:30	824,6	0
2005-06-07 20:00	824,5	0
2005-06-07 20:30	824,3	0
2005-06-07 21:00	824,1	0
2005-06-07 21:30	824,1	0
2005-06-07 22:00	824	0
2005-06-07 22:30	823,9	0
2005-06-07 23:00	823,7	0
2005-06-07 23:30	823,6	0
2005-06-08 00:00	823,6	0
2005-06-08 00:30	823,6	0
2005-06-08 01:00	823,7	0
2005-06-08 01:30	823,6	0
2005-06-08 02:00	823,5	0
2005-06-08 02:30	823,4	0
2005-06-08 03:00	823,3	0
2005-06-08 03:30	823,1	0
2005-06-08 04:00	822,7	0
2005-06-08 04:30	822	0
2005-06-08 05:00	821,4	0
2005-06-08 05:30	822	0
2005-06-08 06:00	822,6	0
2005-06-08 06:30	822,8	0
2005-06-08 07:00	573,1	0
2005-06-08 07:30	350,5	199,5

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-08 08:00	207	343
2005-06-08 08:30	497,2	52,8
2005-06-08 09:00	617,7	0
2005-06-08 09:30	501,7	48,3
2005-06-08 10:00	407	143
2005-06-08 10:30	205	345
2005-06-08 11:00	565,7	0
2005-06-08 11:30	806,8	0
2005-06-08 12:00	771,3	0
2005-06-08 12:30	420,9	129,1
2005-06-08 13:00	120,3	429,7
2005-06-08 13:30	144,4	405,6
2005-06-08 14:00	403,2	146,8
2005-06-08 14:30	562,3	0
2005-06-08 15:00	741,1	0
2005-06-08 15:30	360,9	189,1
2005-06-08 16:00	369,4	180,6
2005-06-08 16:30	708,3	0
2005-06-08 17:00	821,5	0
2005-06-08 17:30	823,1	0
2005-06-08 18:00	823	0
2005-06-08 18:30	822,9	0
2005-06-08 19:00	822,8	0
2005-06-08 19:30	822,7	0
2005-06-08 20:00	822,6	0
2005-06-08 20:30	822,5	0
2005-06-08 21:00	822,3	0
2005-06-08 21:30	822,4	0
2005-06-08 22:00	822,2	0
2005-06-08 22:30	822	0
2005-06-08 23:00	821,9	0
2005-06-08 23:30	821,8	0
2005-06-09 00:00	821,7	0
2005-06-09 00:30	821,7	0
2005-06-09 01:00	821,2	0
2005-06-09 01:30	820,7	0
2005-06-09 02:00	820,6	0
2005-06-09 02:30	820,3	0
2005-06-09 03:00	820,3	0
2005-06-09 03:30	820,8	0
2005-06-09 04:00	821	0
2005-06-09 04:30	819,5	0
2005-06-09 05:00	817,6	0
2005-06-09 05:30	819,2	0
2005-06-09 06:00	820,9	0
2005-06-09 06:30	821,6	0
2005-06-09 07:00	822,2	0
2005-06-09 07:30	822,8	0
2005-06-09 08:00	823,4	0
2005-06-09 08:30	823,9	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-09 09:00	823,9	0
2005-06-09 09:30	824	0
2005-06-09 10:00	824,1	0
2005-06-09 10:30	824,4	0
2005-06-09 11:00	824,9	0
2005-06-09 11:30	825,2	0
2005-06-09 12:00	825,2	0
2005-06-09 12:30	824,9	0
2005-06-09 13:00	824,7	0
2005-06-09 13:30	824,6	0
2005-06-09 14:00	824,5	0
2005-06-09 14:30	824,6	0
2005-06-09 15:00	824,9	0
2005-06-09 15:30	825,1	0
2005-06-09 16:00	825,3	0
2005-06-09 16:30	825,5	0
2005-06-09 17:00	825,6	0
2005-06-09 17:30	825,4	0
2005-06-09 18:00	825,2	0
2005-06-09 18:30	825	0
2005-06-09 19:00	824,9	0
2005-06-09 19:30	824,8	0
2005-06-09 20:00	824,7	0
2005-06-09 20:30	824,5	0
2005-06-09 21:00	824,3	0
2005-06-09 21:30	824,1	0
2005-06-09 22:00	824	0
2005-06-09 22:30	823,7	0
2005-06-09 23:00	823,4	0
2005-06-09 23:30	823,2	0
2005-06-10 00:00	823,1	0
2005-06-10 00:30	823	0
2005-06-10 01:00	823	0
2005-06-10 01:30	822,9	0
2005-06-10 02:00	822,7	0
2005-06-10 02:30	822,8	0
2005-06-10 03:00	822,6	0
2005-06-10 03:30	822,5	0
2005-06-10 04:00	822,5	0
2005-06-10 04:30	822,2	0
2005-06-10 05:00	822,2	0
2005-06-10 05:30	822,2	0
2005-06-10 06:00	822,4	0
2005-06-10 06:30	822,6	0
2005-06-10 07:00	822,9	0
2005-06-10 07:30	823,4	0
2005-06-10 08:00	823,9	0
2005-06-10 08:30	824,1	0
2005-06-10 09:00	824,4	0
2005-06-10 09:30	824,8	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-10 10:00	825,1	0
2005-06-10 10:30	825,2	0
2005-06-10 11:00	825,4	0
2005-06-10 11:30	825,5	0
2005-06-10 12:00	825,6	0
2005-06-10 12:30	825,7	0
2005-06-10 13:00	825,6	0
2005-06-10 13:30	825,6	0
2005-06-10 14:00	825,5	0
2005-06-10 14:30	825,7	0
2005-06-10 15:00	825,7	0
2005-06-10 15:30	825,5	0
2005-06-10 16:00	793,3	0
2005-06-10 16:30	574,1	0
2005-06-10 17:00	699,8	0
2005-06-10 17:30	815,7	0
2005-06-10 18:00	822,2	0
2005-06-10 18:30	774,6	0
2005-06-10 19:00	592,6	0
2005-06-10 19:30	661,4	0
2005-06-10 20:00	697,9	0
2005-06-10 20:30	775,6	0
2005-06-10 21:00	758,4	0
2005-06-10 21:30	695,5	0
2005-06-10 22:00	646,8	0
2005-06-10 22:30	726	0
2005-06-10 23:00	789,3	0
2005-06-10 23:30	794,5	0
2005-06-11 00:00	796,6	0
2005-06-11 00:30	783,9	0
2005-06-11 01:00	772,2	0
2005-06-11 01:30	742,8	0
2005-06-11 02:00	640,7	0
2005-06-11 02:30	730	0
2005-06-11 03:00	594,2	0
2005-06-11 03:30	465,7	84,3
2005-06-11 04:00	536,3	13,7
2005-06-11 04:30	684,5	0
2005-06-11 05:00	721,4	0
2005-06-11 05:30	767,3	0
2005-06-11 06:00	811,4	0
2005-06-11 06:30	821,6	0
2005-06-11 07:00	822,9	0
2005-06-11 07:30	823,7	0
2005-06-11 08:00	824,3	0
2005-06-11 08:30	824,8	0
2005-06-11 09:00	825,1	0
2005-06-11 09:30	825	0
2005-06-11 10:00	824,8	0
2005-06-11 10:30	824,7	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-11 11:00	824,6	0
2005-06-11 11:30	543,5	6,5
2005-06-11 12:00	609,9	0
2005-06-11 12:30	787,5	0
2005-06-11 13:00	824,7	0
2005-06-11 13:30	824,7	0
2005-06-11 14:00	824,6	0
2005-06-11 14:30	824,7	0
2005-06-11 15:00	824,7	0
2005-06-11 15:30	824,9	0
2005-06-11 16:00	825,3	0
2005-06-11 16:30	825,1	0
2005-06-11 17:00	824,9	0
2005-06-11 17:30	824,7	0
2005-06-11 18:00	824,5	0
2005-06-11 18:30	824,5	0
2005-06-11 19:00	824,5	0
2005-06-11 19:30	824,4	0
2005-06-11 20:00	824,1	0
2005-06-11 20:30	823,8	0
2005-06-11 21:00	823,6	0
2005-06-11 21:30	823,6	0
2005-06-11 22:00	823,4	0
2005-06-11 22:30	823,2	0
2005-06-11 23:00	823,1	0
2005-06-11 23:30	822,8	0
2005-06-12 00:00	822,5	0
2005-06-12 00:30	822,2	0
2005-06-12 01:00	820,8	0
2005-06-12 01:30	815,5	0
2005-06-12 02:00	813	0
2005-06-12 02:30	810	0
2005-06-12 03:00	813,2	0
2005-06-12 03:30	805,4	0
2005-06-12 04:00	770,9	0
2005-06-12 04:30	782,7	0
2005-06-12 05:00	801,6	0
2005-06-12 05:30	811,7	0
2005-06-12 06:00	819,1	0
2005-06-12 06:30	821,6	0
2005-06-12 07:00	822,4	0
2005-06-12 07:30	822,7	0
2005-06-12 08:00	822,8	0
2005-06-12 08:30	823	0
2005-06-12 09:00	823,2	0
2005-06-12 09:30	823,5	0
2005-06-12 10:00	823,8	0
2005-06-12 10:30	824,2	0
2005-06-12 11:00	824,7	0
2005-06-12 11:30	824,8	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-12 12:00	824,8	0
2005-06-12 12:30	793,1	0
2005-06-12 13:00	808,8	0
2005-06-12 13:30	824,6	0
2005-06-12 14:00	824,1	0
2005-06-12 14:30	824,4	0
2005-06-12 15:00	824,8	0
2005-06-12 15:30	824,9	0
2005-06-12 16:00	824,9	0
2005-06-12 16:30	825	0
2005-06-12 17:00	825,1	0
2005-06-12 17:30	824,8	0
2005-06-12 18:00	824,7	0
2005-06-12 18:30	824,6	0
2005-06-12 19:00	824,4	0
2005-06-12 19:30	824,3	0
2005-06-12 20:00	824,1	0
2005-06-12 20:30	824	0
2005-06-12 21:00	823,7	0
2005-06-12 21:30	823,6	0
2005-06-12 22:00	823,3	0
2005-06-12 22:30	822,9	0
2005-06-12 23:00	821	0
2005-06-12 23:30	811,9	0
2005-06-13 00:00	786,8	0
2005-06-13 00:30	722,1	0
2005-06-13 01:00	684,2	0
2005-06-13 01:30	687,4	0
2005-06-13 02:00	690,2	0
2005-06-13 02:30	692,6	0
2005-06-13 03:00	691,6	0
2005-06-13 03:30	685,4	0
2005-06-13 04:00	682,4	0
2005-06-13 04:30	678	0
2005-06-13 05:00	679,9	0
2005-06-13 05:30	682,6	0
2005-06-13 06:00	676,6	0
2005-06-13 06:30	752,7	0
2005-06-13 07:00	812,9	0
2005-06-13 07:30	823,9	0
2005-06-13 08:00	824,4	0
2005-06-13 08:30	824,8	0
2005-06-13 09:00	825,3	0
2005-06-13 09:30	825,4	0
2005-06-13 10:00	825,7	0
2005-06-13 10:30	825,8	0
2005-06-13 11:00	825,7	0
2005-06-13 11:30	826	0
2005-06-13 12:00	826,3	0
2005-06-13 12:30	826,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-13 13:00	826,4	0
2005-06-13 13:30	826,7	0
2005-06-13 14:00	826,8	0
2005-06-13 14:30	826,9	0
2005-06-13 15:00	827	0
2005-06-13 15:30	826,9	0
2005-06-13 16:00	826,8	0
2005-06-13 16:30	826,7	0
2005-06-13 17:00	826,7	0
2005-06-13 17:30	826,6	0
2005-06-13 18:00	826,5	0
2005-06-13 18:30	826,6	0
2005-06-13 19:00	826,3	0
2005-06-13 19:30	826,2	0
2005-06-13 20:00	825,9	0
2005-06-13 20:30	825,8	0
2005-06-13 21:00	825,6	0
2005-06-13 21:30	825,6	0
2005-06-13 22:00	825,5	0
2005-06-13 22:30	800,9	0
2005-06-13 23:00	802,1	0
2005-06-13 23:30	819,6	0
2005-06-14 00:00	824,7	0
2005-06-14 00:30	824,2	0
2005-06-14 01:00	823,3	0
2005-06-14 01:30	822,2	0
2005-06-14 02:00	821,4	0
2005-06-14 02:30	821,7	0
2005-06-14 03:00	819,6	0
2005-06-14 03:30	799,4	0
2005-06-14 04:00	780,4	0
2005-06-14 04:30	779,5	0
2005-06-14 05:00	801,5	0
2005-06-14 05:30	813,7	0
2005-06-14 06:00	817,7	0
2005-06-14 06:30	821,8	0
2005-06-14 07:00	824,6	0
2005-06-14 07:30	825,4	0
2005-06-14 08:00	825,7	0
2005-06-14 08:30	826,3	0
2005-06-14 09:00	826,9	0
2005-06-14 09:30	827,1	0
2005-06-14 10:00	827	0
2005-06-14 10:30	827,1	0
2005-06-14 11:00	827,2	0
2005-06-14 11:30	827	0
2005-06-14 12:00	827	0
2005-06-14 12:30	827	0
2005-06-14 13:00	827,1	0
2005-06-14 13:30	827,1	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 8 - 15 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-14 14:00	826,4	0
2005-06-14 14:30	827,3	0
2005-06-14 15:00	827,9	0
2005-06-14 15:30	827,8	0
2005-06-14 16:00	827,6	0
2005-06-14 16:30	827,5	0
2005-06-14 17:00	827,7	0
2005-06-14 17:30	827,7	0
2005-06-14 18:00	716,4	0
2005-06-14 18:30	752,3	0
2005-06-14 19:00	800,4	0
2005-06-14 19:30	817,1	0
2005-06-14 20:00	824,3	0
2005-06-14 20:30	823,1	0
2005-06-14 21:00	820,7	0
2005-06-14 21:30	810,2	0
2005-06-14 22:00	793,3	0
2005-06-14 22:30	769,8	0
2005-06-14 23:00	758,9	0
2005-06-14 23:30	747,7	0
2005-06-15 00:00	756,8	0
2005-06-15 00:30	760,8	0
2005-06-15 01:00	731,3	0
2005-06-15 01:30	686,2	0
2005-06-15 02:00	661,8	0
2005-06-15 02:30	661,5	0
2005-06-15 03:00	662,7	0
2005-06-15 03:30	664,3	0
2005-06-15 04:00	666,3	0
2005-06-15 04:30	668,5	0
2005-06-15 05:00	659,1	0
2005-06-15 05:30	685,6	0
2005-06-15 06:00	771,7	0
2005-06-15 06:30	817,6	0
2005-06-15 07:00	824,7	0
2005-06-15 07:30	826,1	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-15 08:00	826,8	0
2005-06-15 08:30	827,2	0
2005-06-15 09:00	827,5	0
2005-06-15 09:30	827,7	0
2005-06-15 10:00	827,8	0
2005-06-15 10:30	827,9	0
2005-06-15 11:00	828	0
2005-06-15 11:30	827,8	0
2005-06-15 12:00	827,2	0
2005-06-15 12:30	827,1	0
2005-06-15 13:00	827,3	0
2005-06-15 13:30	827,5	0
2005-06-15 14:00	786,4	0
2005-06-15 14:30	807,2	0
2005-06-15 15:00	529	21
2005-06-15 15:30	160,4	389,6
2005-06-15 16:00	148,1	401,9
2005-06-15 16:30	108,7	441,3
2005-06-15 17:00	136,5	413,5
2005-06-15 17:30	483,5	66,5
2005-06-15 18:00	761	0
2005-06-15 18:30	752,4	0
2005-06-15 19:00	528,2	21,8
2005-06-15 19:30	681,8	0
2005-06-15 20:00	796,4	0
2005-06-15 20:30	806,2	0
2005-06-15 21:00	810,4	0
2005-06-15 21:30	798,2	0
2005-06-15 22:00	781,6	0
2005-06-15 22:30	731,7	0
2005-06-15 23:00	703,1	0
2005-06-15 23:30	696,6	0
2005-06-16 00:00	695,2	0
2005-06-16 00:30	720,8	0
2005-06-16 01:00	702,7	0
2005-06-16 01:30	700,5	0
2005-06-16 02:00	687,3	0
2005-06-16 02:30	693,3	0
2005-06-16 03:00	711,6	0
2005-06-16 03:30	727,6	0
2005-06-16 04:00	709,2	0
2005-06-16 04:30	670,4	0
2005-06-16 05:00	734	0
2005-06-16 05:30	802,3	0
2005-06-16 06:00	819,5	0
2005-06-16 06:30	821,5	0
2005-06-16 07:00	822,3	0
2005-06-16 07:30	823	0
2005-06-16 08:00	823,1	0
2005-06-16 08:30	823,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-16 09:00	823,9	0
2005-06-16 09:30	824,5	0
2005-06-16 10:00	825,5	0
2005-06-16 10:30	826,2	0
2005-06-16 11:00	826,8	0
2005-06-16 11:30	827,5	0
2005-06-16 12:00	828,3	0
2005-06-16 12:30	828,5	0
2005-06-16 13:00	828,6	0
2005-06-16 13:30	828,6	0
2005-06-16 14:00	828,7	0
2005-06-16 14:30	828,5	0
2005-06-16 15:00	828,6	0
2005-06-16 15:30	828,5	0
2005-06-16 16:00	828,4	0
2005-06-16 16:30	828,5	0
2005-06-16 17:00	618,9	0
2005-06-16 17:30	201,1	348,9
2005-06-16 18:00	185	365
2005-06-16 18:30	637	0
2005-06-16 19:00	827,2	0
2005-06-16 19:30	826,6	0
2005-06-16 20:00	826,1	0
2005-06-16 20:30	825,8	0
2005-06-16 21:00	694,2	0
2005-06-16 21:30	241,3	308,7
2005-06-16 22:00	374,5	175,5
2005-06-16 22:30	523	27
2005-06-16 23:00	361,4	188,6
2005-06-16 23:30	459,2	90,8
2005-06-17 00:00	713,4	0
2005-06-17 00:30	794,5	0
2005-06-17 01:00	787,2	0
2005-06-17 01:30	754,6	0
2005-06-17 02:00	736,9	0
2005-06-17 02:30	723,5	0
2005-06-17 03:00	747,9	0
2005-06-17 03:30	761,5	0
2005-06-17 04:00	728,4	0
2005-06-17 04:30	764,7	0
2005-06-17 05:00	804,3	0
2005-06-17 05:30	818,9	0
2005-06-17 06:00	824,8	0
2005-06-17 06:30	-	0
2005-06-17 07:00	-	0
2005-06-17 07:30	-	0
2005-06-17 08:00	-	0
2005-06-17 08:30	-	0
2005-06-17 09:00	-	0
2005-06-17 09:30	824,7	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-17 10:00	825,7	0
2005-06-17 10:30	-	0
2005-06-17 11:00	550,8	0
2005-06-17 11:30	-	0
2005-06-17 12:00	-	0
2005-06-17 12:30	-	0
2005-06-17 13:00	-	0
2005-06-17 13:30	-	0
2005-06-17 14:00	-	0
2005-06-17 14:30	-	0
2005-06-17 15:00	-	0
2005-06-17 15:30	-	0
2005-06-17 16:00	-	0
2005-06-17 16:30	-	0
2005-06-17 17:00	-	0
2005-06-17 17:30	-	0
2005-06-17 18:00	-	0
2005-06-17 18:30	-	0
2005-06-17 19:00	-	0
2005-06-17 19:30	-	0
2005-06-17 20:00	-	0
2005-06-17 20:30	-	0
2005-06-17 21:00	-	0
2005-06-17 21:30	-	0
2005-06-17 22:00	-	0
2005-06-17 22:30	-	0
2005-06-17 23:00	-	0
2005-06-17 23:30	-	0
2005-06-18 00:00	-	0
2005-06-18 00:30	-	0
2005-06-18 01:00	-	0
2005-06-18 01:30	-	0
2005-06-18 02:00	-	0
2005-06-18 02:30	-	0
2005-06-18 03:00	-	0
2005-06-18 03:30	-	0
2005-06-18 04:00	205,8	344,2
2005-06-18 04:30	291,6	258,4
2005-06-18 05:00	488,4	61,6
2005-06-18 05:30	-	0
2005-06-18 06:00	794,4	0
2005-06-18 06:30	-	0
2005-06-18 07:00	813,9	0
2005-06-18 07:30	830	0
2005-06-18 08:00	-	0
2005-06-18 08:30	-	0
2005-06-18 09:00	-	0
2005-06-18 09:30	-	0
2005-06-18 10:00	-	0
2005-06-18 10:30	-	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-18 11:00	-	0
2005-06-18 11:30	-	0
2005-06-18 12:00	-	0
2005-06-18 12:30	-	0
2005-06-18 13:00	-	0
2005-06-18 13:30	-	0
2005-06-18 14:00	-	0
2005-06-18 14:30	-	0
2005-06-18 15:00	-	0
2005-06-18 15:30	-	0
2005-06-18 16:00	-	0
2005-06-18 16:30	-	0
2005-06-18 17:00	-	0
2005-06-18 17:30	-	0
2005-06-18 18:00	-	0
2005-06-18 18:30	-	0
2005-06-18 19:00	-	0
2005-06-18 19:30	824,4	0
2005-06-18 20:00	824,1	0
2005-06-18 20:30	824,2	0
2005-06-18 21:00	824	0
2005-06-18 21:30	823,8	0
2005-06-18 22:00	823,6	0
2005-06-18 22:30	823,5	0
2005-06-18 23:00	823,4	0
2005-06-18 23:30	823,2	0
2005-06-19 00:00	823	0
2005-06-19 00:30	822,9	0
2005-06-19 01:00	822,7	0
2005-06-19 01:30	822,5	0
2005-06-19 02:00	822,4	0
2005-06-19 02:30	822,1	0
2005-06-19 03:00	821,8	0
2005-06-19 03:30	821,4	0
2005-06-19 04:00	820,9	0
2005-06-19 04:30	820,7	0
2005-06-19 05:00	820,6	0
2005-06-19 05:30	820,7	0
2005-06-19 06:00	821,1	0
2005-06-19 06:30	821,7	0
2005-06-19 07:00	822,5	0
2005-06-19 07:30	823,3	0
2005-06-19 08:00	823,9	0
2005-06-19 08:30	824,2	0
2005-06-19 09:00	824,6	0
2005-06-19 09:30	825	0
2005-06-19 10:00	825,2	0
2005-06-19 10:30	825,3	0
2005-06-19 11:00	825,2	0
2005-06-19 11:30	825,2	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-19 12:00	825,3	0
2005-06-19 12:30	825,3	0
2005-06-19 13:00	758,6	0
2005-06-19 13:30	791,7	0
2005-06-19 14:00	825,1	0
2005-06-19 14:30	791,2	0
2005-06-19 15:00	808,1	0
2005-06-19 15:30	736,4	0
2005-06-19 16:00	780,6	0
2005-06-19 16:30	825,1	0
2005-06-19 17:00	825	0
2005-06-19 17:30	825	0
2005-06-19 18:00	825	0
2005-06-19 18:30	824,9	0
2005-06-19 19:00	825	0
2005-06-19 19:30	825	0
2005-06-19 20:00	824,9	0
2005-06-19 20:30	824,7	0
2005-06-19 21:00	824,6	0
2005-06-19 21:30	824,6	0
2005-06-19 22:00	824,5	0
2005-06-19 22:30	824,2	0
2005-06-19 23:00	823,8	0
2005-06-19 23:30	823,5	0
2005-06-20 00:00	823,3	0
2005-06-20 00:30	822,9	0
2005-06-20 01:00	822,7	0
2005-06-20 01:30	822,6	0
2005-06-20 02:00	822,5	0
2005-06-20 02:30	822,3	0
2005-06-20 03:00	821,9	0
2005-06-20 03:30	821,6	0
2005-06-20 04:00	821,2	0
2005-06-20 04:30	821	0
2005-06-20 05:00	820,9	0
2005-06-20 05:30	820,9	0
2005-06-20 06:00	821,4	0
2005-06-20 06:30	822	0
2005-06-20 07:00	822,3	0
2005-06-20 07:30	822,5	0
2005-06-20 08:00	822,6	0
2005-06-20 08:30	822,7	0
2005-06-20 09:00	823,2	0
2005-06-20 09:30	722,5	0
2005-06-20 10:00	255,4	294,6
2005-06-20 10:30	44,6	505,4
2005-06-20 11:00	43,1	506,9
2005-06-20 11:30	42,5	507,5
2005-06-20 12:00	42,1	507,9
2005-06-20 12:30	41,6	508,4

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-20 13:00	40,8	509,2
2005-06-20 13:30	39,2	510,8
2005-06-20 14:00	36,9	513,1
2005-06-20 14:30	36	514
2005-06-20 15:00	414,8	135,2
2005-06-20 15:30	664,1	0
2005-06-20 16:00	760,2	0
2005-06-20 16:30	814,7	0
2005-06-20 17:00	825,5	0
2005-06-20 17:30	824,9	0
2005-06-20 18:00	824,2	0
2005-06-20 18:30	823,9	0
2005-06-20 19:00	823,9	0
2005-06-20 19:30	823,2	0
2005-06-20 20:00	822	0
2005-06-20 20:30	818,6	0
2005-06-20 21:00	809,4	0
2005-06-20 21:30	783,3	0
2005-06-20 22:00	713,1	0
2005-06-20 22:30	658,9	0
2005-06-20 23:00	646,2	0
2005-06-20 23:30	647,1	0
2005-06-21 00:00	648,1	0
2005-06-21 00:30	647,7	0
2005-06-21 01:00	647,7	0
2005-06-21 01:30	647,8	0
2005-06-21 02:00	644,7	0
2005-06-21 02:30	643,7	0
2005-06-21 03:00	642,2	0
2005-06-21 03:30	642,8	0
2005-06-21 04:00	641,9	0
2005-06-21 04:30	635,8	0
2005-06-21 05:00	630,9	0
2005-06-21 05:30	634,5	0
2005-06-21 06:00	636,9	0
2005-06-21 06:30	644,6	0
2005-06-21 07:00	652,5	0
2005-06-21 07:30	726,5	0
2005-06-21 08:00	795,6	0
2005-06-21 08:30	820,3	0
2005-06-21 09:00	825,2	0
2005-06-21 09:30	825,7	0
2005-06-21 10:00	825,9	0
2005-06-21 10:30	825,9	0
2005-06-21 11:00	826,2	0
2005-06-21 11:30	826,2	0
2005-06-21 12:00	826,3	0
2005-06-21 12:30	826,5	0
2005-06-21 13:00	826,6	0
2005-06-21 13:30	826,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 15 - 22 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-21 14:00	826,6	0
2005-06-21 14:30	826,7	0
2005-06-21 15:00	826,6	0
2005-06-21 15:30	826,6	0
2005-06-21 16:00	826,5	0
2005-06-21 16:30	826,5	0
2005-06-21 17:00	826,6	0
2005-06-21 17:30	826,3	0
2005-06-21 18:00	826,1	0
2005-06-21 18:30	825,8	0
2005-06-21 19:00	825,8	0
2005-06-21 19:30	825,7	0
2005-06-21 20:00	825,5	0
2005-06-21 20:30	825,3	0
2005-06-21 21:00	824,8	0
2005-06-21 21:30	823,1	0
2005-06-21 22:00	818	0
2005-06-21 22:30	792,1	0
2005-06-21 23:00	718	0
2005-06-21 23:30	658,4	0
2005-06-22 00:00	644,7	0
2005-06-22 00:30	645,2	0
2005-06-22 01:00	644,7	0
2005-06-22 01:30	645,4	0
2005-06-22 02:00	645,7	0
2005-06-22 02:30	645,8	0
2005-06-22 03:00	646	0
2005-06-22 03:30	645,9	0
2005-06-22 04:00	645,9	0
2005-06-22 04:30	647	0
2005-06-22 05:00	646,6	0
2005-06-22 05:30	646,6	0
2005-06-22 06:00	652,4	0
2005-06-22 06:30	664,6	0
2005-06-22 07:00	755,4	0
2005-06-22 07:30	811,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-22 08:00	820,1	0
2005-06-22 08:30	823,1	0
2005-06-22 09:00	824,4	0
2005-06-22 09:30	782,9	0
2005-06-22 10:00	737,7	0
2005-06-22 10:30	558,3	0
2005-06-22 11:00	185,7	364,3
2005-06-22 11:30	39,8	510,2
2005-06-22 12:00	39,3	510,7
2005-06-22 12:30	38,8	511,2
2005-06-22 13:00	38,2	511,8
2005-06-22 13:30	125	425
2005-06-22 14:00	607	0
2005-06-22 14:30	826,3	0
2005-06-22 15:00	826,4	0
2005-06-22 15:30	826,1	0
2005-06-22 16:00	826	0
2005-06-22 16:30	826,2	0
2005-06-22 17:00	445	105
2005-06-22 17:30	623,9	0
2005-06-22 18:00	819,6	0
2005-06-22 18:30	824,2	0
2005-06-22 19:00	823,7	0
2005-06-22 19:30	823,5	0
2005-06-22 20:00	823,4	0
2005-06-22 20:30	823,5	0
2005-06-22 21:00	823,6	0
2005-06-22 21:30	824	0
2005-06-22 22:00	824,3	0
2005-06-22 22:30	824,2	0
2005-06-22 23:00	823,9	0
2005-06-22 23:30	823,7	0
2005-06-23 00:00	823,5	0
2005-06-23 00:30	823,2	0
2005-06-23 01:00	822,9	0
2005-06-23 01:30	822,7	0
2005-06-23 02:00	822,7	0
2005-06-23 02:30	822,6	0
2005-06-23 03:00	822,5	0
2005-06-23 03:30	822,5	0
2005-06-23 04:00	822,6	0
2005-06-23 04:30	822,5	0
2005-06-23 05:00	822,5	0
2005-06-23 05:30	822,7	0
2005-06-23 06:00	822,8	0
2005-06-23 06:30	823,1	0
2005-06-23 07:00	823,3	0
2005-06-23 07:30	823,5	0
2005-06-23 08:00	824,1	0
2005-06-23 08:30	824,8	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-23 09:00	825,2	0
2005-06-23 09:30	825,6	0
2005-06-23 10:00	825,8	0
2005-06-23 10:30	825,9	0
2005-06-23 11:00	826	0
2005-06-23 11:30	825,8	0
2005-06-23 12:00	825,9	0
2005-06-23 12:30	826	0
2005-06-23 13:00	826,1	0
2005-06-23 13:30	826,3	0
2005-06-23 14:00	826,4	0
2005-06-23 14:30	826,3	0
2005-06-23 15:00	826,4	0
2005-06-23 15:30	826,2	0
2005-06-23 16:00	826,2	0
2005-06-23 16:30	826,5	0
2005-06-23 17:00	826,3	0
2005-06-23 17:30	826	0
2005-06-23 18:00	825,6	0
2005-06-23 18:30	825,6	0
2005-06-23 19:00	825,7	0
2005-06-23 19:30	825,7	0
2005-06-23 20:00	825,4	0
2005-06-23 20:30	825,1	0
2005-06-23 21:00	824,7	0
2005-06-23 21:30	824,6	0
2005-06-23 22:00	824,5	0
2005-06-23 22:30	823,7	0
2005-06-23 23:00	822,6	0
2005-06-23 23:30	779,8	0
2005-06-24 00:00	709,3	0
2005-06-24 00:30	683,6	0
2005-06-24 01:00	681	0
2005-06-24 01:30	681,3	0
2005-06-24 02:00	678,7	0
2005-06-24 02:30	674,6	0
2005-06-24 03:00	673,9	0
2005-06-24 03:30	671,2	0
2005-06-24 04:00	674,1	0
2005-06-24 04:30	673	0
2005-06-24 05:00	670,7	0
2005-06-24 05:30	662,4	0
2005-06-24 06:00	653	0
2005-06-24 06:30	727,1	0
2005-06-24 07:00	804,9	0
2005-06-24 07:30	825,3	0
2005-06-24 08:00	826	0
2005-06-24 08:30	826,5	0
2005-06-24 09:00	826,9	0
2005-06-24 09:30	826,8	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-24 10:00	826,4	0
2005-06-24 10:30	826,2	0
2005-06-24 11:00	826,3	0
2005-06-24 11:30	826,6	0
2005-06-24 12:00	826,7	0
2005-06-24 12:30	826,7	0
2005-06-24 13:00	826,7	0
2005-06-24 13:30	827	0
2005-06-24 14:00	827,2	0
2005-06-24 14:30	827,4	0
2005-06-24 15:00	827,2	0
2005-06-24 15:30	826,8	0
2005-06-24 16:00	826,7	0
2005-06-24 16:30	826,6	0
2005-06-24 17:00	827,1	0
2005-06-24 17:30	827,4	0
2005-06-24 18:00	827,4	0
2005-06-24 18:30	827,3	0
2005-06-24 19:00	827,2	0
2005-06-24 19:30	827	0
2005-06-24 20:00	826,8	0
2005-06-24 20:30	826,3	0
2005-06-24 21:00	826,1	0
2005-06-24 21:30	825,8	0
2005-06-24 22:00	825,5	0
2005-06-24 22:30	825,4	0
2005-06-24 23:00	825,1	0
2005-06-24 23:30	824,9	0
2005-06-25 00:00	824,9	0
2005-06-25 00:30	824,8	0
2005-06-25 01:00	824,9	0
2005-06-25 01:30	825,1	0
2005-06-25 02:00	825,3	0
2005-06-25 02:30	825,2	0
2005-06-25 03:00	824,9	0
2005-06-25 03:30	824,7	0
2005-06-25 04:00	824,5	0
2005-06-25 04:30	824,3	0
2005-06-25 05:00	824	0
2005-06-25 05:30	824,1	0
2005-06-25 06:00	824,1	0
2005-06-25 06:30	824,4	0
2005-06-25 07:00	824,9	0
2005-06-25 07:30	825,5	0
2005-06-25 08:00	825,8	0
2005-06-25 08:30	826,3	0
2005-06-25 09:00	826,8	0
2005-06-25 09:30	826,8	0
2005-06-25 10:00	826,8	0
2005-06-25 10:30	826,9	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-25 11:00	826,9	0
2005-06-25 11:30	827	0
2005-06-25 12:00	826,8	0
2005-06-25 12:30	826,9	0
2005-06-25 13:00	826,7	0
2005-06-25 13:30	826,6	0
2005-06-25 14:00	826,9	0
2005-06-25 14:30	827,5	0
2005-06-25 15:00	827,5	0
2005-06-25 15:30	827,1	0
2005-06-25 16:00	827,1	0
2005-06-25 16:30	827,1	0
2005-06-25 17:00	827,8	0
2005-06-25 17:30	828,1	0
2005-06-25 18:00	828	0
2005-06-25 18:30	828,1	0
2005-06-25 19:00	828,1	0
2005-06-25 19:30	828	0
2005-06-25 20:00	827,9	0
2005-06-25 20:30	827,7	0
2005-06-25 21:00	827,4	0
2005-06-25 21:30	827,2	0
2005-06-25 22:00	827	0
2005-06-25 22:30	827,1	0
2005-06-25 23:00	827	0
2005-06-25 23:30	827,1	0
2005-06-26 00:00	826,9	0
2005-06-26 00:30	826,7	0
2005-06-26 01:00	826,6	0
2005-06-26 01:30	655,4	0
2005-06-26 02:00	691,2	0
2005-06-26 02:30	762,6	0
2005-06-26 03:00	781,5	0
2005-06-26 03:30	792,5	0
2005-06-26 04:00	516,6	33,4
2005-06-26 04:30	593,2	0
2005-06-26 05:00	707,5	0
2005-06-26 05:30	726,3	0
2005-06-26 06:00	783,1	0
2005-06-26 06:30	816,9	0
2005-06-26 07:00	822,6	0
2005-06-26 07:30	823,3	0
2005-06-26 08:00	823,7	0
2005-06-26 08:30	824,2	0
2005-06-26 09:00	824,4	0
2005-06-26 09:30	824,8	0
2005-06-26 10:00	825,1	0
2005-06-26 10:30	825	0
2005-06-26 11:00	825	0
2005-06-26 11:30	825,2	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-26 12:00	825,4	0
2005-06-26 12:30	825,4	0
2005-06-26 13:00	825,5	0
2005-06-26 13:30	825,6	0
2005-06-26 14:00	825,8	0
2005-06-26 14:30	825,9	0
2005-06-26 15:00	825,8	0
2005-06-26 15:30	825,7	0
2005-06-26 16:00	825,7	0
2005-06-26 16:30	825,6	0
2005-06-26 17:00	825,8	0
2005-06-26 17:30	825,8	0
2005-06-26 18:00	825,7	0
2005-06-26 18:30	825,4	0
2005-06-26 19:00	825,4	0
2005-06-26 19:30	825,3	0
2005-06-26 20:00	825,1	0
2005-06-26 20:30	825	0
2005-06-26 21:00	824,8	0
2005-06-26 21:30	824,6	0
2005-06-26 22:00	824,5	0
2005-06-26 22:30	824,4	0
2005-06-26 23:00	824,2	0
2005-06-26 23:30	823,8	0
2005-06-27 00:00	823,5	0
2005-06-27 00:30	822,8	0
2005-06-27 01:00	820,8	0
2005-06-27 01:30	804,7	0
2005-06-27 02:00	747,5	0
2005-06-27 02:30	689,8	0
2005-06-27 03:00	683,8	0
2005-06-27 03:30	688	0
2005-06-27 04:00	689,6	0
2005-06-27 04:30	691,1	0
2005-06-27 05:00	687,8	0
2005-06-27 05:30	685,6	0
2005-06-27 06:00	683,6	0
2005-06-27 06:30	709,2	0
2005-06-27 07:00	789,4	0
2005-06-27 07:30	824,1	0
2005-06-27 08:00	825,2	0
2005-06-27 08:30	825,8	0
2005-06-27 09:00	826,3	0
2005-06-27 09:30	826,1	0
2005-06-27 10:00	826,1	0
2005-06-27 10:30	826	0
2005-06-27 11:00	826,1	0
2005-06-27 11:30	826,3	0
2005-06-27 12:00	826,1	0
2005-06-27 12:30	826,2	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-27 13:00	826,3	0
2005-06-27 13:30	826,1	0
2005-06-27 14:00	826,2	0
2005-06-27 14:30	826,6	0
2005-06-27 15:00	826,6	0
2005-06-27 15:30	826,5	0
2005-06-27 16:00	826,5	0
2005-06-27 16:30	826,5	0
2005-06-27 17:00	826,6	0
2005-06-27 17:30	826,5	0
2005-06-27 18:00	826,3	0
2005-06-27 18:30	826,3	0
2005-06-27 19:00	826,2	0
2005-06-27 19:30	826	0
2005-06-27 20:00	825,8	0
2005-06-27 20:30	825,6	0
2005-06-27 21:00	825,5	0
2005-06-27 21:30	825,3	0
2005-06-27 22:00	824,9	0
2005-06-27 22:30	824,9	0
2005-06-27 23:00	824,6	0
2005-06-27 23:30	824,4	0
2005-06-28 00:00	824	0
2005-06-28 00:30	823,9	0
2005-06-28 01:00	823,9	0
2005-06-28 01:30	823,7	0
2005-06-28 02:00	823,4	0
2005-06-28 02:30	821,2	0
2005-06-28 03:00	816,3	0
2005-06-28 03:30	809,5	0
2005-06-28 04:00	801,2	0
2005-06-28 04:30	799,4	0
2005-06-28 05:00	809,6	0
2005-06-28 05:30	817,7	0
2005-06-28 06:00	821,2	0
2005-06-28 06:30	823,1	0
2005-06-28 07:00	823,9	0
2005-06-28 07:30	824,6	0
2005-06-28 08:00	825,2	0
2005-06-28 08:30	825,3	0
2005-06-28 09:00	825,4	0
2005-06-28 09:30	825,4	0
2005-06-28 10:00	825,5	0
2005-06-28 10:30	825,5	0
2005-06-28 11:00	825,7	0
2005-06-28 11:30	826,1	0
2005-06-28 12:00	826,5	0
2005-06-28 12:30	826,2	0
2005-06-28 13:00	826	0
2005-06-28 13:30	826,3	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 22 - 29 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-06-28 14:00	826,5	0
2005-06-28 14:30	826,4	0
2005-06-28 15:00	826,4	0
2005-06-28 15:30	826,3	0
2005-06-28 16:00	826,2	0
2005-06-28 16:30	826,2	0
2005-06-28 17:00	826,4	0
2005-06-28 17:30	826,2	0
2005-06-28 18:00	825,9	0
2005-06-28 18:30	826,3	0
2005-06-28 19:00	826,6	0
2005-06-28 19:30	826,3	0
2005-06-28 20:00	826,2	0
2005-06-28 20:30	825,3	0
2005-06-28 21:00	824,8	0
2005-06-28 21:30	824,8	0
2005-06-28 22:00	824,9	0
2005-06-28 22:30	824,7	0
2005-06-28 23:00	824,8	0
2005-06-28 23:30	824,8	0
2005-06-29 00:00	824,8	0
2005-06-29 00:30	825	0
2005-06-29 01:00	824,7	0
2005-06-29 01:30	824,4	0
2005-06-29 02:00	824,4	0
2005-06-29 02:30	824,3	0
2005-06-29 03:00	824,2	0
2005-06-29 03:30	823,8	0
2005-06-29 04:00	820,4	0
2005-06-29 04:30	813,9	0
2005-06-29 05:00	808,7	0
2005-06-29 05:30	814,3	0
2005-06-29 06:00	818,5	0
2005-06-29 06:30	820,2	0
2005-06-29 07:00	822,6	0
2005-06-29 07:30	824,7	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-25 08:00	824,1	0
2005-05-25 08:30	824,6	0
2005-05-25 09:00	825	0
2005-05-25 09:30	825	0
2005-05-25 10:00	825,1	0
2005-05-25 10:30	825,7	0
2005-05-25 11:00	826,2	0
2005-05-25 11:30	826,2	0
2005-05-25 12:00	826,2	0
2005-05-25 12:30	826,2	0
2005-05-25 13:00	826,2	0
2005-05-25 13:30	826,3	0
2005-05-25 14:00	826,9	0
2005-05-25 14:30	827,7	0
2005-05-25 15:00	827,7	0
2005-05-25 15:30	827,5	0
2005-05-25 16:00	827,3	0
2005-05-25 16:30	826,8	0
2005-05-25 17:00	826,5	0
2005-05-25 17:30	826,3	0
2005-05-25 18:00	826,1	0
2005-05-25 18:30	826	0
2005-05-25 19:00	826,3	0
2005-05-25 19:30	826,6	0
2005-05-25 20:00	826,3	0
2005-05-25 20:30	826,2	0
2005-05-25 21:00	826,1	0
2005-05-25 21:30	825,6	0
2005-05-25 22:00	825,1	0
2005-05-25 22:30	824,7	0
2005-05-25 23:00	824,7	0
2005-05-25 23:30	823,9	0
2005-05-26 00:00	823,4	0
2005-05-26 00:30	822,7	0
2005-05-26 01:00	821,5	0
2005-05-26 01:30	820,9	0
2005-05-26 02:00	819,6	0
2005-05-26 02:30	817,5	0
2005-05-26 03:00	807,6	0
2005-05-26 03:30	778,5	0
2005-05-26 04:00	770,3	0
2005-05-26 04:30	733,7	0
2005-05-26 05:00	709,9	0
2005-05-26 05:30	685,4	0
2005-05-26 06:00	744,6	0
2005-05-26 06:30	807,5	0
2005-05-26 07:00	822,7	0
2005-05-26 07:30	824,7	0
2005-05-26 08:00	825,8	0
2005-05-26 08:30	826,3	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-26 09:00	826,6	0
2005-05-26 09:30	826,6	0
2005-05-26 10:00	826,7	0
2005-05-26 10:30	826,6	0
2005-05-26 11:00	826,5	0
2005-05-26 11:30	826,1	0
2005-05-26 12:00	825,5	0
2005-05-26 12:30	825,6	0
2005-05-26 13:00	825,9	0
2005-05-26 13:30	826,7	0
2005-05-26 14:00	827,4	0
2005-05-26 14:30	827,7	0
2005-05-26 15:00	826,9	0
2005-05-26 15:30	826,6	0
2005-05-26 16:00	827,3	0
2005-05-26 16:30	827,9	0
2005-05-26 17:00	828,1	0
2005-05-26 17:30	827,9	0
2005-05-26 18:00	827,8	0
2005-05-26 18:30	827,7	0
2005-05-26 19:00	827,5	0
2005-05-26 19:30	827,5	0
2005-05-26 20:00	827,5	0
2005-05-26 20:30	826,8	0
2005-05-26 21:00	825,7	0
2005-05-26 21:30	825,4	0
2005-05-26 22:00	825,2	0
2005-05-26 22:30	825	0
2005-05-26 23:00	825,2	0
2005-05-26 23:30	825,7	0
2005-05-27 00:00	825,7	0
2005-05-27 00:30	825,7	0
2005-05-27 01:00	825,2	0
2005-05-27 01:30	824,5	0
2005-05-27 02:00	825	0
2005-05-27 02:30	825,5	0
2005-05-27 03:00	825,2	0
2005-05-27 03:30	824,1	0
2005-05-27 04:00	823,6	0
2005-05-27 04:30	823,7	0
2005-05-27 05:00	823,5	0
2005-05-27 05:30	823,3	0
2005-05-27 06:00	823,6	0
2005-05-27 06:30	824,1	0
2005-05-27 07:00	824,8	0
2005-05-27 07:30	825,5	0
2005-05-27 08:00	826	0
2005-05-27 08:30	826,4	0
2005-05-27 09:00	826,6	0
2005-05-27 09:30	826,4	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-27 10:00	826,8	0
2005-05-27 10:30	826,9	0
2005-05-27 11:00	826,7	0
2005-05-27 11:30	826,6	0
2005-05-27 12:00	826,3	0
2005-05-27 12:30	826,9	0
2005-05-27 13:00	827,5	0
2005-05-27 13:30	827,8	0
2005-05-27 14:00	828,5	0
2005-05-27 14:30	829,1	0
2005-05-27 15:00	828,5	0
2005-05-27 15:30	827,4	0
2005-05-27 16:00	827,1	0
2005-05-27 16:30	827,4	0
2005-05-27 17:00	827,7	0
2005-05-27 17:30	827,7	0
2005-05-27 18:00	828,1	0
2005-05-27 18:30	828,2	0
2005-05-27 19:00	828	0
2005-05-27 19:30	827,8	0
2005-05-27 20:00	827,5	0
2005-05-27 20:30	826,9	0
2005-05-27 21:00	826,4	0
2005-05-27 21:30	826,3	0
2005-05-27 22:00	826,2	0
2005-05-27 22:30	825,9	0
2005-05-27 23:00	825,4	0
2005-05-27 23:30	819,5	0
2005-05-28 00:00	805,2	0
2005-05-28 00:30	783,5	0
2005-05-28 01:00	752,4	0
2005-05-28 01:30	709,8	0
2005-05-28 02:00	671,7	0
2005-05-28 02:30	654,3	0
2005-05-28 03:00	648,8	0
2005-05-28 03:30	645,5	0
2005-05-28 04:00	643,8	0
2005-05-28 04:30	643,1	0
2005-05-28 05:00	642,6	0
2005-05-28 05:30	641,8	0
2005-05-28 06:00	644,1	0
2005-05-28 06:30	689,1	0
2005-05-28 07:00	781,2	0
2005-05-28 07:30	823,1	0
2005-05-28 08:00	827,5	0
2005-05-28 08:30	828,5	0
2005-05-28 09:00	828,8	0
2005-05-28 09:30	828,6	0
2005-05-28 10:00	828,7	0
2005-05-28 10:30	829	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-28 11:00	828,7	0
2005-05-28 11:30	828,2	0
2005-05-28 12:00	827,8	0
2005-05-28 12:30	827,6	0
2005-05-28 13:00	827,5	0
2005-05-28 13:30	827,7	0
2005-05-28 14:00	828,4	0
2005-05-28 14:30	828,7	0
2005-05-28 15:00	828,8	0
2005-05-28 15:30	828,5	0
2005-05-28 16:00	828,3	0
2005-05-28 16:30	828,6	0
2005-05-28 17:00	829,5	0
2005-05-28 17:30	830	0
2005-05-28 18:00	830,3	0
2005-05-28 18:30	830,4	0
2005-05-28 19:00	830,5	0
2005-05-28 19:30	830,3	0
2005-05-28 20:00	829,9	0
2005-05-28 20:30	829,3	0
2005-05-28 21:00	827,6	0
2005-05-28 21:30	824,3	0
2005-05-28 22:00	818,1	0
2005-05-28 22:30	811,4	0
2005-05-28 23:00	801,1	0
2005-05-28 23:30	788,3	0
2005-05-29 00:00	772,3	0
2005-05-29 00:30	754,5	0
2005-05-29 01:00	761,1	0
2005-05-29 01:30	781,5	0
2005-05-29 02:00	786,9	0
2005-05-29 02:30	782,8	0
2005-05-29 03:00	761,9	0
2005-05-29 03:30	742,8	0
2005-05-29 04:00	756,8	0
2005-05-29 04:30	762,3	0
2005-05-29 05:00	765,3	0
2005-05-29 05:30	769,2	0
2005-05-29 06:00	779	0
2005-05-29 06:30	795,8	0
2005-05-29 07:00	815,6	0
2005-05-29 07:30	825,9	0
2005-05-29 08:00	828,5	0
2005-05-29 08:30	829,2	0
2005-05-29 09:00	829,1	0
2005-05-29 09:30	829,1	0
2005-05-29 10:00	829,3	0
2005-05-29 10:30	829,3	0
2005-05-29 11:00	828,8	0
2005-05-29 11:30	828,2	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-29 12:00	828	0
2005-05-29 12:30	827,6	0
2005-05-29 13:00	827,2	0
2005-05-29 13:30	827,3	0
2005-05-29 14:00	828,4	0
2005-05-29 14:30	828,8	0
2005-05-29 15:00	827,8	0
2005-05-29 15:30	827,4	0
2005-05-29 16:00	827,5	0
2005-05-29 16:30	828,1	0
2005-05-29 17:00	829	0
2005-05-29 17:30	829,5	0
2005-05-29 18:00	829,6	0
2005-05-29 18:30	829,5	0
2005-05-29 19:00	828,8	0
2005-05-29 19:30	828,3	0
2005-05-29 20:00	827,7	0
2005-05-29 20:30	826,2	0
2005-05-29 21:00	823,6	0
2005-05-29 21:30	818,6	0
2005-05-29 22:00	818,7	0
2005-05-29 22:30	818,4	0
2005-05-29 23:00	813	0
2005-05-29 23:30	804,6	0
2005-05-30 00:00	807,7	0
2005-05-30 00:30	816,4	0
2005-05-30 01:00	820	0
2005-05-30 01:30	821,5	0
2005-05-30 02:00	824,3	0
2005-05-30 02:30	825,7	0
2005-05-30 03:00	825,6	0
2005-05-30 03:30	824,4	0
2005-05-30 04:00	822,6	0
2005-05-30 04:30	820	0
2005-05-30 05:00	818,1	0
2005-05-30 05:30	817,4	0
2005-05-30 06:00	818	0
2005-05-30 06:30	821	0
2005-05-30 07:00	824,5	0
2005-05-30 07:30	826,4	0
2005-05-30 08:00	826,9	0
2005-05-30 08:30	827,3	0
2005-05-30 09:00	827,7	0
2005-05-30 09:30	827,9	0
2005-05-30 10:00	828,1	0
2005-05-30 10:30	828,2	0
2005-05-30 11:00	828	0
2005-05-30 11:30	827,8	0
2005-05-30 12:00	827,7	0
2005-05-30 12:30	827,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-30 13:00	827,4	0
2005-05-30 13:30	827,7	0
2005-05-30 14:00	828,7	0
2005-05-30 14:30	829,3	0
2005-05-30 15:00	828,5	0
2005-05-30 15:30	827,8	0
2005-05-30 16:00	827,7	0
2005-05-30 16:30	828,3	0
2005-05-30 17:00	829,2	0
2005-05-30 17:30	829,6	0
2005-05-30 18:00	829,5	0
2005-05-30 18:30	829,5	0
2005-05-30 19:00	829,5	0
2005-05-30 19:30	829,3	0
2005-05-30 20:00	829,1	0
2005-05-30 20:30	828,5	0
2005-05-30 21:00	827,5	0
2005-05-30 21:30	825,9	0
2005-05-30 22:00	824,6	0
2005-05-30 22:30	824,6	0
2005-05-30 23:00	823,2	0
2005-05-30 23:30	817,9	0
2005-05-31 00:00	811,8	0
2005-05-31 00:30	806,3	0
2005-05-31 01:00	796	0
2005-05-31 01:30	778,8	0
2005-05-31 02:00	759,6	0
2005-05-31 02:30	613,1	0
2005-05-31 03:00	664,6	0
2005-05-31 03:30	683,7	0
2005-05-31 04:00	662,5	0
2005-05-31 04:30	689,3	0
2005-05-31 05:00	729,5	0
2005-05-31 05:30	722,4	0
2005-05-31 06:00	636,9	0
2005-05-31 06:30	702,8	0
2005-05-31 07:00	717,2	0
2005-05-31 07:30	463,6	86,4
2005-05-31 08:00	223,7	326,3
2005-05-31 08:30	399,3	150,7
2005-05-31 09:00	617,5	0
2005-05-31 09:30	499,6	50,4
2005-05-31 10:00	359,6	190,4
2005-05-31 10:30	592	0
2005-05-31 11:00	724,7	0
2005-05-31 11:30	788,8	0
2005-05-31 12:00	821,9	0
2005-05-31 12:30	822,5	0
2005-05-31 13:00	823,8	0
2005-05-31 13:30	808,5	0

Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową

ZAŁĄCZNIK 4

Pomiary intensywności opadu - Stacja Warszawa IBDiM w dniach 25 maja - 1 czerwca 2005		
Data i czas pomiaru	Zmierzona intensywność opadu	Przeliczona intensywność opadu
2005-05-31 14:00	816,8	0
2005-05-31 14:30	825,1	0
2005-05-31 15:00	825	0
2005-05-31 15:30	825,1	0
2005-05-31 16:00	825,2	0
2005-05-31 16:30	825,2	0
2005-05-31 17:00	825,4	0
2005-05-31 17:30	825,2	0
2005-05-31 18:00	825,1	0
2005-05-31 18:30	825	0
2005-05-31 19:00	824,8	0
2005-05-31 19:30	824,7	0
2005-05-31 20:00	824,5	0
2005-05-31 20:30	824,4	0
2005-05-31 21:00	824,1	0
2005-05-31 21:30	824,1	0
2005-05-31 22:00	823	0
2005-05-31 22:30	818,3	0
2005-05-31 23:00	816,9	0
2005-05-31 23:30	816	0
2005-06-01 00:00	812,4	0
2005-06-01 00:30	813,2	0
2005-06-01 01:00	794,4	0
2005-06-01 01:30	760,2	0
2005-06-01 02:00	734,4	0
2005-06-01 02:30	692,6	0
2005-06-01 03:00	677	0
2005-06-01 03:30	682,4	0
2005-06-01 04:00	757,3	0
2005-06-01 04:30	808,4	0
2005-06-01 05:00	818,5	0
2005-06-01 05:30	820,9	0
2005-06-01 06:00	821,8	0
2005-06-01 06:30	822	0
2005-06-01 07:00	822,1	0
2005-06-01 07:30	823	0