

## WYNIKI STOSOWANIA GEOKOMPOZYTU MAGAZYNUJĄCEGO WODY OPADOWE

**Henryk ORZESZYNA, Daniel GARLIKOWSKI,  
Andrzej PAWŁOWSKI, Krzysztof LEJCUS**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska

*Słowa kluczowe: superabsorbenty, ubezpieczenia trawiaste*

### Streszczenie

Trwałość i bezpieczeństwo budowli ziemnych zależy od stanu ich ubezpieczeń trawiastych. Trudne warunki pogodowe w okresie letnim powodują, że roślinność źle się rozwija lub usycha i przestaje pełnić funkcje przeciwoerozyjne. W artykule przedstawiono obserwacje wzrostu i kondycji roślinności ubezpieczeń trawiastych wału przeciwpowodziowego z zastosowaniem geokompozytu sorbującego wodę. Geokompozyt ten składa się z geowłókniny tworzącej taśmę, wypełnioną superabsorbentem sorbującym wodę. Zastosowanie geokompozytu ogranicza skutki stresu wodnego roślin. Geokompozyt można w sposób kontrolowany wykorzystywać do zabezpieczeń przeciwoerozyjnych.

### WSTĘP

Odslonięte skarpy wykopów i nowo uformowanych nasypów, skłony oraz zbocza różnego rodzaju hałd i składowisk są erodowane przez wiatr, deszcz i spływające powierzchniowo wody opadowe. Namoknięte grunty drobnoziarniste na powierzchniach skarp mają skłonność do upłynniania się i powierzchniowych zsuwów, a przemarznęte grunty podczas tajania ulegają soliflukcji. Powszechnie stosowanym sposobem zabezpieczenia i stabilizacji powierzchni skarp są pokrycia biologiczne w postaci zwartej darni trawiastej lub płożącej się, krzewiastej roślinności okrywowej. Nadziemne części roślin chronią powierzchnię gruntu przed uderzeniami kropel deszczu, a ich systemy korzeniowe – przerastając humus i po-

---

Adres do korespondencji: dr inż. H. Orzeszyna, Uniwersytet Przyrodniczy, Instytut Inżynierii Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel. +48 (71) 320-55-77, e-mail: orzeszyna@iis.ar.wroc.pl

wierzchniową warstwę budowli ziemnej lub zbocza – tworzą strefę korzeniowo-gruntową o znacznej odporności erozyjnej i dosyć dużej wytrzymałości na ścinanie.

### UBEZPIECZENIA TRAWIASTE

Trawiaste ubezpieczenia nasypów stosuje się na gruntach wbudowanych w nasypy. Grunty te są odpowiednio zagęszczone w celu uzyskania dużej wytrzymałości i względnie małej przepuszczalności. Na odsłoniętych gruntach w wykopach – lub jak w przypadku dywanowych drenaży naskarpowych na podłożu silnie porowatym i bardzo przepuszczalnym – uformowane skarpy pokrywa się warstwą humusu i obsiewa odpowiednią mieszanką traw, aby stworzyć warunki do rozwoju roślinności.

Zakładając nowe ubezpieczenie, oczekujemy że zacznie ono pełnić swoją funkcję możliwie szybko. W przypadku ubezpieczeń biotechnicznych należy jednak uwzględnić początkowy okres rozwoju roślin. Największy przyrost masy korzeniowej obserwuje się w okresie wiosenno-letnim, gdy wilgotność gleby jest optymalna, a temperatura umiarkowana. Rozwój korzeni latem ograniczają zbyt wysoka temperatura i niedobór wody. Masa korzeni nie jest rozłożona równomiernie, a głębokość ich rozrastania się zależy głównie od wilgotności i żyzności gleby. W pierwszych dwóch latach od wysiewu traw masa korzeni jest mniejsza od masy części nadziemnej i dopiero później następuje pewne ich zrównoważenie [PRON-CZUK, 1982].

Stateczność ubezpieczeń zależy od wytrzymałości na ścinanie wzdłuż potencjalnej powierzchni poślizgu, która w przypadku powierzchniowych pokryć gruntowych przebiega na styku gruntu tworzącego skarpe z warstwą humusu, zalegającą na niej lub wewnątrz niej. Korzenie roślin mogą stabilizować tę warstwę, wiążąc ją z podłożem. Główną rolę w mechanizmie wzmacniania odgrywa wytrzymałość na rozciąganie i ścinanie samych korzeni. Niestety, systemy korzeniowe mają zmienne właściwości wytrzymałościowe w ciągu okresu wegetacyjnego.

Do rozwoju roślinności i pełnienia przez nią funkcji ochronnych konieczna jest – oprócz żyznego podłoża – dostateczna ilość wody przez cały okres wegetacyjny. Infiltrujące wody opadowe są magazynowane w warstwie humusu i w niewielkiej ilości w głębszej warstwie, w postaci wody kapilarnie zawieszanej i higroskopijnej. Podłoża ubezpieczeń, a szczególnie skarpy poniżej górnej krawędzi, gruntowe pokrycia drenaży zapór i wałów przeciwpowodziowych, gruntowy materiał hałd i składowisk różnego rodzaju odpadów pozostają poza zasięgiem podsiąku kapilarnego wód gruntowych. W przypadku braku wody roślinność nie rozwija się, często jest wypierana przez chwasty – niepożądane w składzie roślinności ubezpieczenia i mające mniejsze wymagania wodne. Jeśli w okresie wegetacyjnym rozkład opadów jest nierównomierny i wystąpi okres długotrwałej posuchy, roślinność trawia-

sta ubezpieczeń wysycha, a zamierając – przestaje pełnić funkcje ochronne. Sztucznych nawodnień budowli ziemnych i zrehabilitowanych składowisk, poza pojedynczymi przypadkami, się nie wykonuje.

W strefie korzeniowej roślin tworzących ubezpieczenia, które nie będą systematycznie nawożone, nawadniane i koszone, istnieje konieczność zatrzymania pewnej ilości wody, którą rośliny wykorzystają zgodnie ze swoimi aktualnymi potrzebami. Realizację takiego rozwiązania umożliwiają superabsorbenty, z których woda nie jest podnoszona kapilarnie ani nie odpływa pod wpływem sił grawitacji. Woda pobrana z superabsorbentu przez korzenie roślin może być uzupełniana w trakcie kolejnych opadów deszczu.

### **SUPERABSORBENTY, GEOKOMPOZYT „AQUATUBE”**

W latach 70. ubiegłego wieku w USA opracowano silnie pęczniący absorbent skrobiowy do zastosowań w leśnictwie, który z uwagi na szybką biodegradację nie znalazł, niestety, powszechnego zastosowania. Później, w związku z potrzebami produkcji artykułów higienicznych, wytworzono syntetyczne polimery – superabsorbenty (w skrócie SAP-y), absorbujące wodę w ilości od 10 : 1 do 1000 : 1 masy wyjściowej polimeru.

Dotychczasowe zastosowania SAP-ów w rolnictwie i ogrodnictwie umożliwiają stwierdzenie, że zapewniają one większą dostępność wody dla roślin, poprawiają gospodarowanie nią i w efekcie zmniejszają koszty produkcji roślinnej. Końcowymi produktami rozkładu SAP-ów są: woda, dwutlenek węgla i azot [ELLIOTT, 2004; FINLEY, 1993].

Każdy rodzaj gleby lub podłoża gruntowego charakteryzuje pewna zdolność przechwytywania i czasowego zatrzymywania określonej ilości opadów atmosferycznych. Wody opadowe infiltrują przez strefę nienasyconą ośrodka porowatego, a po osiągnięciu połowej pojemności wodnej zasilają wody gruntowe lub, gdy natężenie opadu przekracza zdolności infiltracyjne, rozpoczyna się spływ powierzchniowy. Zatrzymana woda z czasem odparowuje lub jest transpirowana przez rośliny. Najtrudniejsze dla roślin warunki wilgotnościowe występują na podłożach silnie przepuszczalnych lub mocno zagęszczonych i nieprzepuszczalnych. W okresie największego zapotrzebowania roślin na wodę występuje zwykle największy niedobór opadów.

Badania zdolności retencyjnych SAP-u Quik-Solid®, rozmieszczonego w profilu piaszczystym, umożliwiły stwierdzenie, że największą zdolność absorbowania wody podczas deszczu o natężeniu  $48 \text{ mm} \cdot 10 \text{ min}^{-1}$ , określonego przez RADOMSKIEGO [1977] jako nawalny, miał układ, w którym SAP rozmieszczono mijankowo na kilku poziomach. Sumaryczna ilość wody zatrzymanej w tym profilu była większa od ilości zatrzymanej przez profil bez SAP-u o 72% [GARLIKOWSKI, ORZESZYNA, PAWŁOWSKI, 2004]. Zauważono jednak, że grunt w warstwie, do

której zaaplikowano SAP, po zaabsorbowaniu wody niekorzystnie zmienia swoje właściwości wytrzymałościowe i filtracyjne. Bardzo znacznie zmniejsza się wartość kąta tarcia wewnętrznego, co w przypadku skarp, skłonów i pochyłości spowoduje niestateczność warstwy, do której zaaplikowano SAP. Spęczniałe żele SAP-u, wypełniając dużą część porów gruntu, zmniejszają możliwości infiltracyjne profilu glebowego.

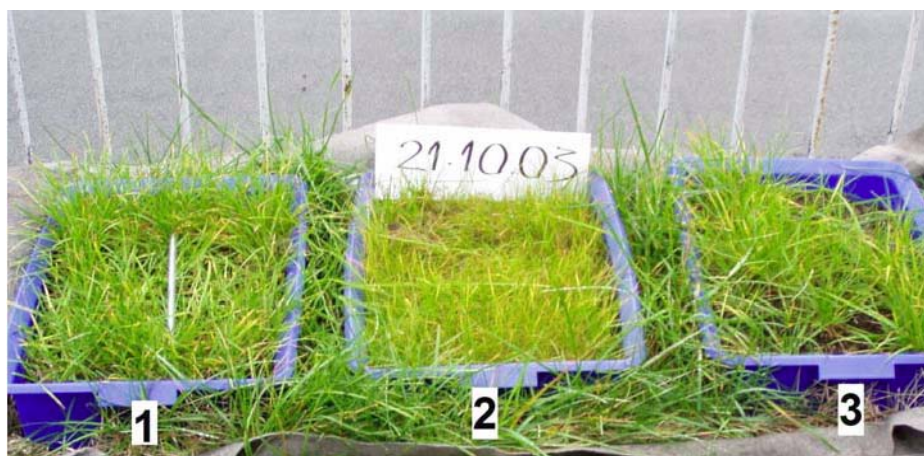
Chcąc wyeliminować opisane wyżej problemy, zaprojektowano geokompozyt, w którym superabsorbent umieszcza się między dwoma warstwami geowłókniny. Taśma geokompozytu długości 1,0 m może zaabsorbować w zależności od szerokości od 2,5 do 5,0 dm<sup>3</sup> wody. Wyprodukowano prototypową partię geokompozytu o roboczej nazwie „Aquatube” (fot. 1) [ORZESZYNA, GARLIKOWSKI, PAWŁOWSKI, 2004b]. Forma geokompozytu umożliwia jego wygodną aplikację do zagłębień, wykopów i otworów w glebie lub gruncie. Spęczniały SAP, zamknięty w geowłókninie, nie powoduje niekorzystnych zmian właściwości mechanicznych gruntu, w niewielkim stopniu ogranicza zdolności filtracyjne profilu, a geowłóknina umożliwia swobodny dostęp korzeni roślin do zaabsorbowanej przez SAP wody. Pojemność takiego „zbiornika” może być w pewnym zakresie regulowana ilością SAP-u zamkniętego w geokompozycie [ORZESZYNA, GARLIKOWSKI, PAWŁOWSKI, 2004a].



Fot. 1. Prototyp taśmy geokompozytu „Aquatube” oraz spęczniały odcinek geokompozytu z zaabsorbowaną przez SAP wodą (fot. H. Orzeszyna)

Photo 1. Prototype of „Aquatube” geocomposite. Nearby a piece of the swelled geocomposite with water absorbed by SAP is presented (photo H. Orzeszyna)

**Zastosowania geokompozytu „Aquatube”.** W 2003 r. przeprowadzono wstępne doświadczenia z pokryciem trawiastym na podłożu piaszczystym miąższości 30 cm, pokrytym warstwą humusu miąższości tylko 2 cm. W doświadczeniu użyto trzy pojemniki: z geokompozytem zaaplikowanym pionowo, z geokompozytem umieszczonym poziomo na głębokości 30 cm (w obu przypadkach geokompozyt w ilości 3 mb·m<sup>-2</sup> powierzchni pokrycia) oraz bez geokompozytu. Niczym nieosłonięte i nieocienione pojemniki, umieszczone na płaskim dachu wysokiego budynku w warunkach silnego przewiewu i nasłonecznienia, były zasilane wodą tylko z opadów. Pod koniec lata trawa we wszystkich pojemnikach wyschła i dopiero po serii jesiennych opadów odrosła, z tym że najslabiej w pojemniku bez geokompozytu (fot. 2).



Fot. 2. Doświadczalne pojemniki z trawami pod koniec okresu wegetacyjnego; 1 – z geokompozytem umieszczonym pionowo, 2 – z geokompozytem umieszczonym poziomo na głębokości 30 cm, 3 – bez geokompozytu (fot. H. Orzeszyna)

Photo 2. Test containers with grasses at the end of vegetation season; 1 – with vertically installed geocomposite, 2 – with geocomposite installed horizontally at a depth of 30 cm, 3 – without geocomposite (photo H. Orzeszyna)

Poniżej pokazano systemy korzeniowe poszczególnych układów darniowo-gruntowych, które po sezonie wegetacyjnym wyjęto z pojemników, a następnie usunięto niezwiązane z korzeniami cząstki gruntu (fot. 3–5).

Fot. 3. System korzeniowy traw rozwinięty na podłożu piaszczystym z geokompozytem założonym pionowo (fot. H. Orzeszyna)

Photo 3. Grass roots system developed on sandy subsoil with vertically installed geocomposite (photo H. Orzeszyna)



W ciągu sześciu miesięcy wegetacji, w trudnych warunkach siedliskowych, system korzeniowy traw w pojemniku 1. (bez geokompozytu) rozrósł się do głębokości 10 cm. W pojemnikach, w których zainstalowano geokompozyt, korzenie traw – aby dostać się do wody zmagazynowanej w geokompozycie – przerosły cały profil piaszczystego podłoża, tworząc zwarty profil korzeniowo-gruntowy miąższości 30 cm.



Fot. 4. System korzeniowy traw rozwinięty na podłożu piaszczystym z geokopozytem założonym poziomo na głębokości 30 cm (fot. H. Orzeszyna)

Photo 4. Root system of grasses developed on sandy substratum with geocomposite installed horizontally at a depth of 30 cm (photo H. Orzeszyna)

Fot. 5. System korzeniowy traw rozwinięty na podłożu piaszczystym (fot. H. Orzeszyna)

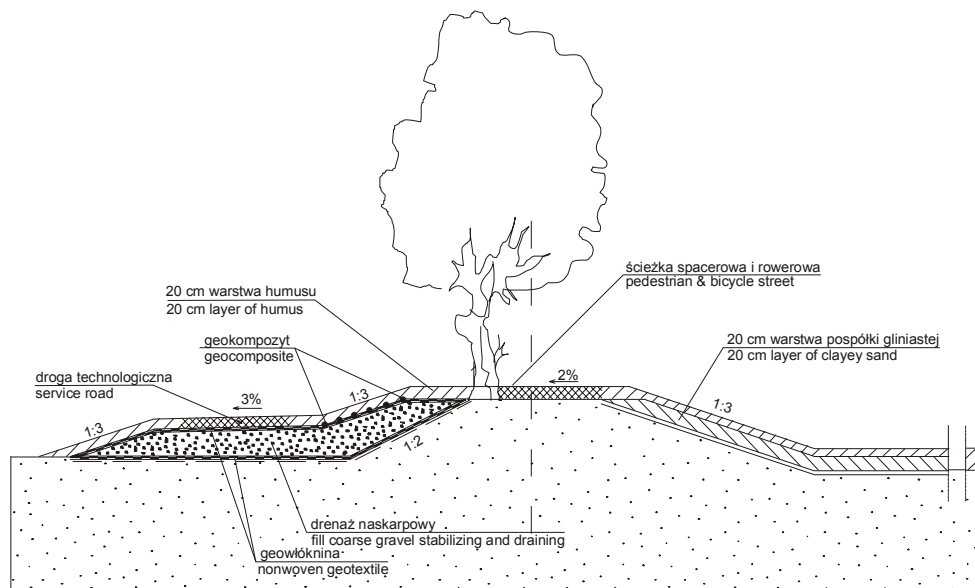
Photo 5. Root system of grasses developed on sandy substratum (photo H. Orzeszyna)



**Ubezpieczenie odpowietrznej skarpy wału przeciwpowodziowego.** Postanowiono doświadczalnie sprawdzić, czy zastosowanie geokompozytu może poprawić stan ubezpieczenia trawiastego na drenażu wału przeciwpowodziowego i na skarpie wyrobiska materiałów ziemnych.

Modernizowane we Wrocławskim Węźle Wodnym wały przeciwpowodziowe w latach 1905–1920 obsadzono drzewami, głównie dębami, które obecnie są 3–8-krotnie wyższe od wałów i stanowią realne zagrożenie ich stateczności. Podczas powodzi w lipcu 1997 r. we Wrocławiu na skutek długotrwałego namakania wałów, a także w wyniku przelania się wód powodziowych przez lokalne obniżenia wałowe wzdłuż koryta Starej Odry powstały wyrwy w wykrotach po powalonych dębach. Z uwagi na brak zgody na usunięcie drzew z wałów, część obwałowań, na których rosną drzewa, wzmocniono przez dobudowanie od strony odpowietrznej dociążenia, będącego jednocześnie drenażem dywanowym skarpy. Drenaż ten, o miąższości ok. 1,0 m, wykonany z kruszywa o średnicy zastępczej 20÷60 mm, został wyseparowany geowłókniną, a na zewnątrz pokryty 15-centymetrową warstwą humusu i obsiany mieszanką traw. Trawy tego ubezpieczenia już w pierwszym okresie letnim bardzo silnie przeschły i zostały wyparte przez chwasty. W tej sytuacji ubezpieczenie nie spełnia należycie swojej funkcji.

Pod koniec września 2003 r. na skarpie odpowietrznej wału przeciwpowodziowego o południowej wystawie, w pasie szerokości 2,0 m założono geokompozyt wg schematu pokazanego na rysunku 1.



Rys. 1. Usytuowanie geokompozytu na skarpie odpowietrznej wału przeciwpowodziowego

Fig. 1. Geocomposite position on a slope of the river embankment

W czerwcu 2004 r. na skarpie wału wydzielono trzy pasy obserwacyjne:

- 1 – odcinek z 2-letnią runią trawiastą,
  - 2 – odcinek z zaaplikowanym geokompozytem,
  - 3 – odcinek z 2-letnią runią trawiastą, uzupełnioną wsiewką traw (fot. 6).
- Odcinki 2. i 3. podlewano jedynie przez pierwsze dwa tygodnie od momentu wysiania nasion traw.

Widoczna jest wyraźna różnica między poszczególnymi odcinkami doświadczalnymi. Niemal całkowity zanik darni na odcinku 1. dyskwalifikuje to pokrycie trawiaste jako ubezpieczenie. Trawy na odcinku 2. – korzystając z wody gromadzonej w geokompozycie – rozwijają się bardziej równomiernie, niż na pozostałych odcinkach i tworzą darń o największej gęstości. Darń na odcinku 3. rozwija się mniej intensywnie niż na odcinku 2.



Fot. 6. Trawy na dywanowym drenażu naskarpowym wału przeciwpowodziowego we Wrocławiu; 1 – 2-letnia ruń trawiasta, 2 – odcinek wału z zaaplikowanym geokompozytem, 3 – 2-letnia ruń trawiasta, uzupełniona wsiewką traw, okresowo podlewana (fot. D. Garlikowski)

Photo 6. Grasses on a drainage system of the river embankment in Wrocław city; 1 – 2-years old grass sward, 2 – section of river embankment with installed geocomposite, 3 – 2-years old grass sward supplemented with intercropped grasses, periodically watered (photo D. Garlikowski)

## WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wskazują na korzystny wpływ geokompozytu na rozwój roślinności w miejscu zastosowania.
2. Stosowanie geokompozytu do ubezpieczeń trawiastych skarp spowodowało rozwój darni o większej gęstości i tym samym większej odporności erozyjnej niż w przypadku darni rozwijającej się bez geokompozytu.
3. Wprawdzie dotychczasowe badania dostarczyły bardzo obiecujących wyników, ale mają one charakter pilotażowy i wymagają kontynuacji. Dlatego na ich podstawie nie można jeszcze wyciągać ostatecznych wniosków o skuteczności zastosowanego geokompozytu.



## LITERATURA

- ELLIOTT M., 2004. Superabsorbent polymers. Product development scientist for SAP. BASF Aktiengesellschaft ss. 13.
- FINLEY K., 1993. History of soil bioengineering. 11th Ann. California Salmonid Rest. Feder. Conf, Eureka, CA.
- GARLIKOWSKI D., ORZESZYNA H., PAWŁOWSKI A., 2004. Superabsorbenty, polimery syntetyczne – realna możliwość kształtowania retencji wodnej gleb. W: Współczesne problemy inżynierii środowiska. Zesz. Nauk. AR Wroc. nr 482 Monogr. 35 s. 101–110.
- ORZESZYNA H., GARLIKOWSKI D., PAWŁOWSKI A., 2004a. Geokompozyt z superabsorbentem w ubezpieczeniach biotechnicznych. Mater. Bud. 8 s. 40–42.
- ORZESZYNA H., GARLIKOWSKI D., PAWŁOWSKI A., 2004b. Ubezpieczenia biotechniczne wspomagane geokompozytem sorbującym wodę. Zesz. Nauk. AR Wroc. nr 502 Inż. Środ. 13 s. 369–381.
- PRONCZUK J., 1982. Podstawy ekologii rolniczej. Warszawa: PWN s. 185–220.
- RADOMSKI CZ., 1977. Agrometeorologia. Warszawa: PWN ss. 214.

*Henryk ORZESZYNA, Daniel GARLIKOWSKI, Andrzej PAWŁOWSKI, Krzysztof LEJCUS*

## RESULTS OF APPLICATION OF WATER ABSORBING GEOCOMPOSITE

*Key words: grass cover, superabsorbents*

### S u m m a r y

Durability and safety of earth structures depends on the condition of their grass cover. Difficult weather conditions during summer negatively influence the growth of plants and cause vegetation to wilt. Therefore, it stops to protect earth structures. Geocomposite absorbing water is presented here. It is a tube made of geotextile and filled with superabsorbent. The geocomposite can be installed into anti-erosion systems. Observations of the growth and condition of grass cover on river embankment with and without water absorbing geocomposite are presented.

---

### Recenzenci:

*doc. dr hab. Magdalena Borys*

*prof. dr hab. Ryszard Kostuch*

Praca wpłynęła do Redakcji 17.10.2006 r.