

GASPAR, L., Institut für Verkehrswissenschaften (KTI), Ungarn

OROSZLAN, M., SCHNEIDER, A., TEMAFORG, Ungarn

UNGARISCHE ERFAHRUNGEN MIT DER VERWENDUNG VON GEOTEXILIEN IM STRASSENBAU

HUNGARIAN EXPERIENCES WITH GEOTEXTILES IN HIGHWAY CONSTRUCTION

EXPERIENCES HONGROISES AVEC DES GEOTEXTILES POUR LA CONSTRUCTION ROUTIERE

In Ungarn verwenden wir seit 1972 Geotextilien im Strassenbau - hauptsächlich für Dammgründung und vorläufige Wege auf Boden mit geringer Tragfähigkeit. Die diesbezüglichen Erfahrungen sind im ersten Kapitel zusammengefasst. Im zweiten Kapitel sind die ungarischen vorläufigen Richtlinien des Verfahrens bekannt gemacht. Das dritte Kapitel gibt eine Information über die neuen ungarischen Produkte und Verfahren, namentlich: TEMISOL-Grundplatten, billige Geotextilien aus regenerierten Textilabfälle, TEMADRÁN mit Spiralgefuge, biologischer Böschungsschutz und der Textilcontainer für Pflanzen.

Since 1972 geotextiles have been used in Hungarian highway construction mainly for the foundation of embankments and for temporary roads on subgrade with low bearing capacity. Chapter 1. summarizes the experiences connected with the forementioned topics. While chapter 2. describes the Hungarian Temporary Directives compiled above the actual method. Chapter 3. supplies information about new Hungarian products and procedures, namely: TEMISOL-plates, cheap geotextiles produced of regenerated textile cuttings, TEMADRÁIN with spiral skeleton, biological slope protection, textile container for plants.

1. DIE UNGARISCHEN ERFAHRUNGEN

1.1. Die Dammgründungen

Die höhere Dämme auf zusammendruckbarem Untergrund sind in Ungarn meistens mit Zwischenlage von Geotextilien gebaut (1).

So wurde - unter anderen - die 2 km lange Korrektur der Hauptstrasse No 71., am nördlichen Ufer des Plattensees, auf 1,6-4,6 m dicken, durchgenässten Torf mit einer Verlegung von 36000 m² französischem BIDIM gebaut. Die untere 1,2 m dicke Schicht des max. 4,6 m hohen Dammes wurde aus sandigem Kies, der übrige Teil aus örtlichem Schluffboden hergestellt. Die Setzungen wurden in drei Querschnitten - mit der Verlegung und Sondierung von 3-3 Platten - regelmässig gemessen. Die Abbildung 1. zeigt, dass die Setzungen proportional mit der Masse des Dammes wuchsen.

(Abbildung 1. Die Lage der Platten für Setzungsmessungen in der Zeitpunkten der Messungen)

Am Ende des Dammbaus, nach etwa 2-3 Monaten hörte die schnelle Setzung von etwa 100 cm praktisch auf: die Konsolidierungskurve wurde flach. Die vorausgerechneten und die gemessenen Setzungen stimmten verhältnismässig gut überein.

Die Werte der langsamen Setzungen zwischen 17. und 37. Monate des Baues - in Abhängigkeit der Dammhöhe und der Torfdicke - wurden die Folgenden:

Dammhöhe	Torfdicke	Setzungen
1,0-1,8 m	4,7 m	10,0 cm
1,8-2,9 m	3,5 m	7,2 cm
2,9-3,7 m	2,8 m	6,5 cm
3,7-4,6 m	3,7 m	10,9 cm

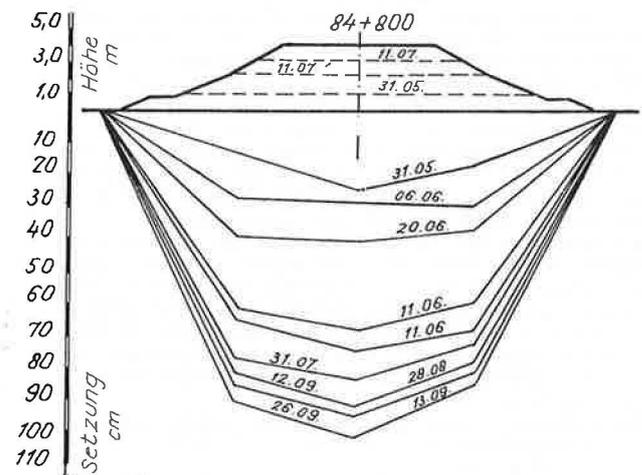


Abb.1. Die Lage der Platten für Setzungsmessungen im Laufe der durchgeführten Messungen

Bei einer Brücke von 15 m Öffnung und Pfahlgründung betrug die Setzung des anschliessenden Dammes nach einem Jahr 15 cm, nach zwei Jahren weitere 7 cm. Der Niveauunterschied wurde bisher schon mehrmal, mit Aufasphaltierung korrigiert. Der Zustand der Strassenstrecke war übrigens auch heute günstig. Laut 7 nachträglicher Erschliessungen in zwei Jahren verminderte sich der Wassergehalt des Torfes von den originellen 285-560 % auf 205-345 % der Winkel der effektiven inneren Reibung erhöhte sich von 0-2° auf 4-11°, der Kompressionsmodul wuchs von 7-10 kPa auf 14-30 kPa.

Auf dem sumpfigen Gelände des neuen Betriebsbahnhofs der Budapester Stadtverkehrsunternehmens wurde 60.000 m² ungarische Geotextilien F 601 und TERFIL I gelegt.

Damit wurde die vorgesehene Bauzeit halbiert, und die Kostenersparungen waren erheblich.

Ebenfalls wurden in den letzten Jahren Geotextilien TERFIL auf die durchgenässten Tonschichten von mehreren Einschnitten der Autobahnen M 1 und M 3 verwendet und damit grosse Untergrundaustausche vermieden (2). Eine längere Korrektur der Hauptstrasse No 36 führt auf einem sumpfigen Gelände. Die Blöcke der ausgehackten Weiden und Pappeln wurden zuerst mit einem schluffigen Grobsandschicht bedeckt und darüber die Geotextilie verlegt. Hernach folgt eine Drainschicht und der Damm aus Flugasche.

1.2. Andere Anwendungsmöglichkeiten

Es wurde mit weiteren Versuchen bestätigt, dass die Textilien nicht nur für Dammgründungen geeignet sind, sondern sie können anderswo vorteilhaft benützt werden. Also, zum Beispiel, für:

- Bau von provisorischen Baustellen- und Transportwegen,
- Gründung von Asphaltdecken,
- Verstärkung schwacher Fahrbahnbefestigungen,
- Ausbreitung schmaler Fahrbahnbefestigungen,
- Entwässerung von Eisenbahnunterbettungen,
- Ersetzen der Filterschicht in Entwässerungsdränen,
- Erosionsschutz,
- Erhöhung der Stabilität der Bodenböschungen,
- Gründung von Sport-, bzw. Parkplätzen usw.

Einige ungarische Beispiele:

Die oberste 60-70 cm dicke Schicht des Torfes in Hanság ist ein organischer schwarzer Ton. Die forstwirtschaftlichen Wege wurden hier ursprünglich mit 2x30 cm dicken Kieschichten gebaut. Im Oktober 1973 baute man nach Verlegung von LINZ PP-VLIESS mit einer um 20 cm dünneren Kiesschicht eine tragfähigere Strassendecke.

Neben Kápolnásnyék sollte man in 1975 für einen Autokran, die die vorgefertigten Bauteile einer grossen Brücke beförderte, einen provisorischen Weg und eine Stellung auf sumpfigem Boden bauen. Die Gründung mit FIBERTEX-Textilien erwies sich am günstigsten aus dem Gesichtspunkt der Bauzeit und den Baukosten. Nach den Bauarbeiten wurde die Textilie zurückgewonnen.

Bei Apátfalva hat man in 1975 auf einer beinahe 3 km langen Strecke einer Nationalstrasse und eines landwirtschaftlichen Weges - statt der vorgesehenen Schutzschicht aus sandigem Kies und der unteren Schottertragschicht - mit Bitumenemulsion getränkte FIBERTEX verlegt. Darauf wurde die bituminöse Tragschicht und die Asphaltdecke gebaut. Der Zustand dieser Strecken ist auch heute günstig.

Bei Dombóvár, Sávoly und Szentlőrinc wurden unter die Eisenbahnunterbettung Textilien aus FIBERTEX, BIDIM, bzw. F 601 eingebaut.

An der Strecke zwischen 6,7-6,9 km der Hauptstrasse No 74 wurde der geplante Tiefdrän auf dem sumpfigen-schluffigen Gelände durch Einbauen von 2900 m² BIDIM, 20 cm Sand und 80 cm Sandkies ersetzt.

Im Komitat Csongrád wurde FIBERTEX unter die Asphaltdecke von vier Sportplätzen auf den kaum verdichteten Boden verlegt.

2. DIE UNGARISCHEN TECHNISCHEN RICHTLINIEN

Auf Grund der günstigen Ergebnissen wurden in 1979 die provisorischen Richtlinien "Dammbau mit Geotextilien" ausgearbeitet.

Die Masse pro Flächeneinheit und die untere Grenze der Zugfestigkeit der vier Geotextilien-Typen - die die vorgesehene Beanspruchungen befriedigen - sind die folgenden:

Typ	Masse pro Fl.	Zugfestigkeit
GT-100	100-170 g/m ²	200 N/5 cm Breite
GT-200	200-270 "	300 " "
GT-300	300-400 "	700 " "
GT-400	450-550 "	900 " "

Die untere Grenze der Dehnung in Längsrichtung ist 50 %. In Abhängigkeit der voraussichtlichen Setzung sind die Geotextilien-Typen und minimale Dicke der körnigen Schicht laut Folgendem auszuwählen:

Setzung	Typ	Schichtdicke
unter 20 cm	GT-100	min. 30 cm
20-40 cm	GT-100	35-55 cm
41-70 cm	GT-200	55-85 cm
71-120 cm	GT-300	90-140 cm
über 120 cm	GT-400	min 140 cm

Im Falle von Böden mit grosser Kompressibilität und kleiner Scherfestigkeit /Torf, organischer bindiger Boden/ sollen die höheren Dämme stufenweise /z.B. mit Aufhöhungen von 1-2 m/ gebaut werden. Zwischen den Belastungsstufen sollen nach Bedarf einige Tage - evtl. einige Wochen - lange Baupausen eingehalten werden, damit die durch die Belastung hervorgerufenen neutralen Spannungen abnehmen und die Scherfestigkeit des Bodens genügend erhöht, weil er so die Last der neueren Dammaufhöhung mit Sicherheit tragen kann.

Nach der Verlegung der Geotextilie folgt die Ausbreitung und Verebnung mit Kopfablagerung der ersten, mindestens 25 cm dicken körnigen Schicht. Die erste Schicht soll man mit entsprechend leitenden/verteilten Transportfahrzeugen und Gummivielradwalzungen verdichten.

Die weiteren Schichten kann man von anderen, zum Dammbau geeigneten Bödensorten, laut den bekannten Vorschriften bauen. Die Setzungen sind grösser in der Dammachse als an den Rändern, deshalb soll die Querneigung um etwa 10 % erhöht werden /siehe Abb. 1/.

Im Laufe des Dammbaues soll man die Setzungen ständig messen. Im Falle einer raschen Setzung soll der Bau provisorisch aufhören.

Besondere Sorgfalt ist notwendig bei den Kunstbauten der Dämme auf kompressiblem Untergrund. Im Vergleich mit den tiefgegründeten Brücken setzt sich der Damm bedeutend. Eine wiederkehrende Verminderung der auftretenden Stufen /Aufspaltung/ ist technisch und wirtschaftlich nachteilhaft. Wenn eine solche Kunstbaute unvermeidbar notwendig wird, ist es zweckmässig, die anschliessenden Dämme um die erwarteten Setzungswerten höher zu bauen, weil so in einigen Jahren die Niveaudifferenzen sich ausgleichen können.

Eine günstigere Lösung ist da einen flexiblen /aus vorgefertigten Elementen bestehenden/ Durchlass oder Kunstbaute auf den weichen Untergrund zu legen.

Bei Projektierung vorläufiger Wege ist es ratsam den Geotextilientyp und die Dicke der körnigen Schicht laut den Vorschriften der Tabelle 1 zu bestimmen - abhängig von der Tragfähigkeit des Terrains, bzw. des Untergrundes und von der zu erwartenden Verkehrsbelastung der Strasse.

Beim Bauen vorläufiger Wege kann man die Oberfläche der nicht verkehrsbeständigen - in feinen Fraktionen armen - körnigen Schicht durch Aufstreuen von Sand, Splitt, Grus oder ähnlichem Material mechanisch stabilisieren, damit die Befahrbarkeit besser wird.

Nach der Beendigung der Beförderungen können die eingebauten körnigen Materialien und Geotextilien zurückgewonnen und später wieder benutzt werden.

Tabelle 1.

Projektierung vorläufiger Wege

Vorgesehene Belastung /Beförderung/ Grösse und Zeitdauer	Tragfähigkeit des Terrains					
	CBR~5 (bindiger Boden)		CBR~2 (nasser bindiger Boden)		Sehr schwacher, torfiger Boden	
	GT	Dicke	GT	Dicke	GT	Dicke
Max. 10 000 Mg max. 1 Monat	100	20 cm	100	25 cm	300	30 cm
10 000-100 000 Tonnen /max. 10 Mg Achslast/ mehrere Monate	200	30 cm	200	35 cm	450 (300)	40 cm (50 cm)
Über 100 000 Mg /auch sehr schwe- re Fahrzeuge/ mehrere Monate	300	40 cm	300	45 cm	450	60 cm

3. NEUE UNGARISCHE PRODUKTE

Das Unternehmen für Textilien-Wiederverwendung TEMAFORG - das Geotextilien TERFIL I-II-III seit 1976 herstellt - hat in den letzten Jahren die folgenden neuen Produkte entwickelt und patentiert.

3.1. Die TEMISOL-Platte

Diese Platte ist aus thermoplastischen Kunststoffabfällen - vor allem Polyäthylen-, Polypropylen- und Polyamidfolie -hergestelltes Produkt. Die gemischten Abfällen sind auf Streifen geschnitten, gereinigt und plattenförmig gepresst, und inzwischen durch auf 300-600 °C Temperatur beheizte Nadeln (mit einem Durchmesser von 3,5 mm) in einem Abstand von 15 mm hohlraumartig durchgeschmolzt (gesteppt). Die Schmelze gewährleistet - ohne Klebstoffe - eine feste und bleibende Bindung.

Die wichtigsten technischen Kennwerte des Produktes: Breite: 1000 mm, Länge: 1-50 m, Dicke: 10-15-20 mm ($\pm 10\%$), Masse pro Flächeneinheit: 20-200 g/m², Zugfestigkeit: 70-160 kPa und Druckfestigkeit: 28 kPa, ferner: gegen Chemikalien beständig, gegen Pilzbefall und Schimmelpilzeinsatz nicht anfällig.

Die TEMISOL-Platten können in der Ebene 2,610⁻⁴ m/s pro Laufmeter Wasser durchlassen. Diese grosse Sickerwasserermenge ermöglicht es, die Platten direkt als Dränmaterial zu verwenden: für die Beschleunigung der vertikalen Sickerung, die Einstromung des Grundwassers in den Banddränge. Solche Lösung zeigt die Abbildung 2/a.

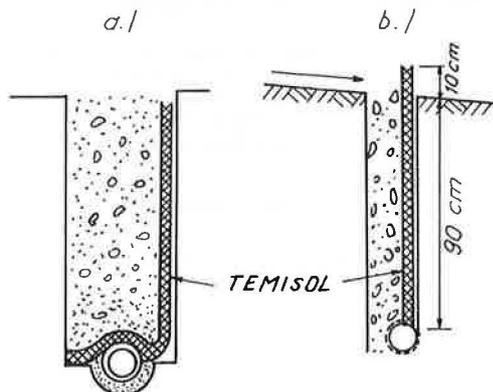


Abb.2. Sicker (a.) und wasserableitender Einschnitt (b.) mit TEMISOL

Die TEMISOL-Platten können hinter den Stütz- und Kunstwerkmauern gesetzt werden, wo das Wasser abgeleitet wird.

Die Wasserdurchlässigkeit der Varianten - die auch PVC-Granulat, Yutafasern oder Folienstroh enthalten - ist noch grösser.

In den schweren Böden (mit schlechter Wasserhaushalt) gesetzte, vertikale Platten leiten das Oberflächenwasser in den tieferen Schichten und damit die Innenwasser verhindern. Die 15-22 cm breiten Einschnitten mit vertikalen Wänden können mit Kabelleger oder Grabmaschine ausgebildet werden. Die Wasserschluckfähigkeit der zurückgefüllten, bindigen Böden wird durch Zumischung von behandelten Abfallfetzen vergrössert. Auf den Abhänge die TEMISOL-Platten überragen das Gelände mit 10 cm und damit verhindern sie die Erosionsschäden. Die überflüssige Wassermenge wird durch unter der Platte angebrachte Bodenrohr abgeführt, wie auch die Abbildung 2/b zeigt.

Die Erdwege und Lagergeländen mit geringer Verkehr - vor allem in der Landwirtschaft - werden im ganzen Jahr befahrbar, wenn auf dem groben Planum TEMISOL-Platten und darauf eine etwa 20 cm dicke schluffige, grobkörnige Materialschicht (mechanische Stabilisierung) angebracht sind. Die Platten nicht nur als eine lastverteilende und bodentrennende Schicht dienen, sondern leiten das Niederschlagwasser in Längs- und Querrichtung ab.

Die TEMISOL-Platten, mit guter Thermoisolationseigenschaft können die Frostschutzschicht der Fahrbahnbefestigungen zum Teil oder voll ersetzen (sie sind mit einer sandigen Kiesschicht von 15-20 cm dicke gleichwertig). Sie können auch zur Thermoisolation des frischen Betons verwendet werden. In der Bauindustrie sind hauptsächlich die Wärme-, Schall- und Klopfschalldämpfungseigenschaften der TEMISOL-Platten ausgenutzt werden. Der Preis dieses Materials ist ähnlich, wie im Falle der TERFIL-Geotextilien.

3.2. Billige Geotextilien aus regenerierten Textilabfälle

Zwecks der Verminderung des Herstellungspreises produziert man Geotextilien aus verschiedenen Textilabfällen. Die TERFIL F-55 und F-56 sind durch die Garnettierung (in Fäden gerissen) der Polypropylenabfälle hergestellt mit einer Masse pro Flächeneinheit 250 g/m² und mit einer Wasserdurchlassfähigkeit von 10 Liter/s. (F-56 ist auch kalandriert, zwischen Zilindern verdichtet).

Das Material von TERFIL F-21 ist in 80 % gerissten Akrylabfall und in 20 % Polypropylen produziert, mit einer Nennkörperdichte von 300 g/m^2 .

Diese Produkte sind mit 30-40 % billiger, als die aus neuen Fäden hergestellten Geotextilien und sie sind hauptsächlich für Filterzwecke geeignet.

Die Filterwirkung kann mit der Menge der eingewaschenen Bodenkörner charakterisiert werden: bis diese Menge bei der drei billigen Geotextilien nur 0,65-0,94 g ist, solange in einem Dränrohr ohne Filter 53,8 g und in TEMISOL 24,8 g beträgt. Für eine feinere Filtrieren kann der F-21 verwendet werden.

3.3. Der TEMADRÄN mit Spiralgefüge

Die Beförderungskosten der traditionellen Dränröhre sind hoch und sie fordern oft ihre Umhüllung mit einem Filterstoff. Die Gefüge des vom TEMAFORG entwickelten TEMADRÄN ist eine Spiralstruktur aus Kunststoffdraht, darauf die Polypropylenfiltertextilie mit einem Porenvolum von 86 Volumprozent im Legeort fixiert wird. Die Beförderungskosten dieser Materialien betragen nur 20 % der im Falle der üblichen Dränröhren. Ihre wichtigsten technischen Kennwerte: innerer, bzw. ausserer Durchmesser 60, bzw. 70 mm, die Länge, bzw. die Menge einer Rolle: 150 m, bzw. 53,7 kg, die Wasserdurchlässigkeit ist 2,5-mal grösser, als die traditionellen Dränröhren mit einem Durchmesser von 65 mm.

Der TEMADRÄN kann mit der traditionellen Maschinen oder ohne Grabenerschliessung gelegt werden.

3.4. Biologischer Böschungsschutz

Die Erosionsschäden der Erdböschungen können durch die Benutzung von speziellen Geotextilien geschützt werden.

Die Textilie A-5 ist aus Naturfasern, mit etwa 15 % synthetischen Fasern - mit einer Nennkörperdichte von 250 g/m^2 - hergestellt, die langsam zerfällt und deckt die Oberfläche stufenweise zu.

Die Textilie F-200 - die nur aus synthetischen Fasern besteht - schützt die Böschung dauerhaft vor Erosionsschäden, und zerfällt erst nach einer längeren Zeitdauer, möglicherweise durch die Einwirkung von UV-Strahlen.

Beide Schutzstoffe fügen sich, dank ihrer dunkeln, bräunlicher Farbe, in die Landschaft ein und verderben das ästhetische Bild derselben nicht. Sie gewährleisten, infolge ihrer Porosität, die Wasseraufnahme-, bzw. Wasserfassungskraft, sowie auch die Unkrautrückhalterkraft des Bodens.

Der aufgerollte Stoff ist vom höchsten Punkte der schon vorbereiteten Erdböschung ausgehend, niederzulegen. In gleichen 3 m Abständen ist der Stoff, durch Abstecken von Holzstäben, ggf. ausschlagfähigen Zweigstecklingen, zu befestigen. In die Textilie sind kleine Fenster zu schneiden, wo das Fortpflanzungsmaterial (wie Setzlinge, ausschlagfähige Reiser, Wurzelstecklinge) unterzubringen sind, wie es die Abbildung 3 zeigt.

Der Textilgut mit Grassamen ist zur Vergrasung von Böschungen und anderen Oberflächen geeignet. Die Grassamen werden in einem Textilmantel mit hohem Zelluloseinhalt gelegt und der Mantel selbst wird durch Nadelverfilzung verstärkt. Einige technische Kennwerte: Breite 2,4 m Stärke: 5 mm, Rollenlänge: 30 m, Rollengewicht 30 kg, Masse pro Flächeneinheit: 300 g/m^2 .

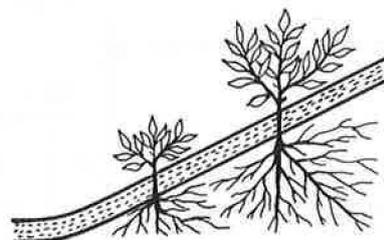


Abb.3. Biologischer Böschungsschutz mit Geotextile

Die Mischung der Grassamen und deren Menge je Quadratmeter kann dem Anwendungszweck, bzw. dem Wunsche des Bestellers entsprechend, variiert werden.

Über die vorbereitete Oberfläche die Ackerkrume sollte mindestens 8-10 cm stark sein und das Textilgut mit Grassamen mit einer weiteren, 1-2 cm starken Ackerkrumen - oder Humusschicht bedeckt werden. Eine schöne Rasenoberfläche entsteht nur, wenn das Gras regelmässig gepflegt wird.

Die herkömmlichen Begrasung gleich ist die Ansiedlung im März-April oder im August-September vorzunehmen. Steht jedoch eine angemessene Bewässerungsmöglichkeit zur Verfügung, so kann die Ansiedlung jederzeit - äusser der Periode der Winterfröste - stattfinden, da das Textilgut die Grassamen, bzw. den Bewuchs vor nachteiligen Kälteeinwirkungen und einer raschen Austrocknung bewahrt. Die Abbildung 4 zeigt den Zustand nach 2 Monate nach der Ansiedlung.

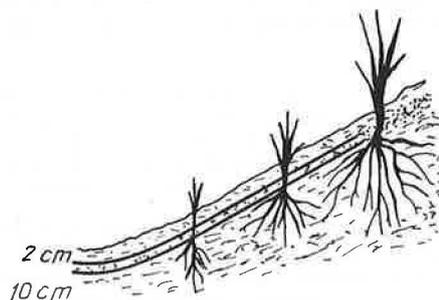


Abb.4. Textilgut mit Grassamen: 2 Monate nach der Ansiedlung

3.5. Der Textilcontainer für Pflanzen

Der Container kann zur Züchtung, zum Transport, sowie zur Verpflanzung der Pflanzen verwendet werden. Der Grundstoff des Textilcontainers - 85 % Naturfasern (vorwiegend Zellulose) und 15 % Kunststoff, eine Kettenwirkware - ist nicht bodenfremd, verursacht keine Umweltverschmutzung, zerfällt in kurzer Zeit und ist humidifikationsfähig.

Sie sind in fünf Abmassvariationen hergestellt, deren Volumen zwischen 0,6 und 3,6 Liter sind. Die kleinste und die grösste Abmasse sind in der Abbildung 5 dargestellt.

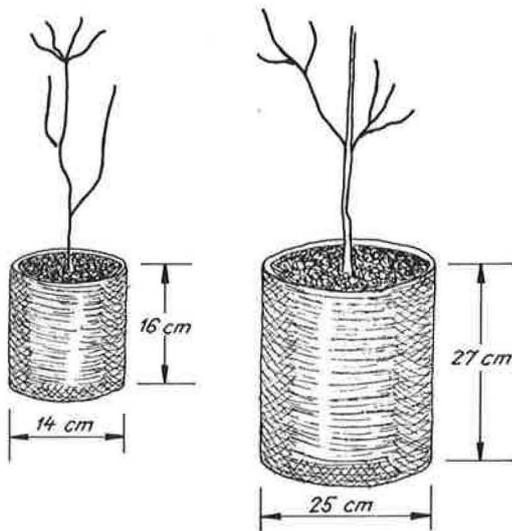


Abb.5. Der kleinste und der grösste Textilcontainer

- (1) Gáspár L., "Dammgründung mit Geotextilien auf Böden mit geringer Tragfähigkeit, "Sixth Danube-European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Section 1/a. Varna, 1980
- (2) Question I. Earthworks - Drainage - Subgrade, Hungarian Report. XVIIth World Road Congress, Sydney, 1983