

mgr inż. Jacek AJDUKIEWICZ  
członek:



## DRENAŻE FRANCUSKIE – ZASADY KONSTRUKCJI, DOBÓR GEOSYNTETYKÓW, MOŻLIWE ZAGROŻENIA DLA PROJEKTANTA

### 0. Przed wprowadzeniem

Zajmując się od ponad dziesięciu lat geosyntetykami, ich aplikacjami, a także obliczaniem konstrukcji inżynierskich z wykorzystaniem szczególnych właściwości GEOSYNTETYKÓW autor wielokrotnie omawiał rozwiązania i zastosowania tzw. „DRENÓW FRANCUSKICH”, skutkiem, czego m.in. - po uprzednim przetestowaniu zalecanych przez autora zasad doboru włókien i wypełnień mineralnych tego typu drenów na terenie Nadrenii - Westfalii (RFN) – zagadnienie to znalazło swoje miejsce w wydany przez WKŁ w Polsce podręczniku napisanym przez niemieckiego autora Pana Romana EDELA pt. „Odwodnienie dróg” [1].

Nie oznacza to jednak, że należy zaprzestawać popularyzacji tego typu rozwiązań.

Oprócz bowiem szeregu dobrze spełniających swe funkcje, właściwie zaprojektowanych i wykonanych systemów drenażowych tego typu – mnożą się aplikacje oparte o „knowledge free” projekty, względnie wynikające z lekceważącego zasady techniki, charakterystycznego i jakże polskiego „jakoś tam się zrobi – co za różnica z czego, byleby tylko było: tanio i szybko”. Dochodzą do tego jeszcze rozwiązania, o których konstrukcji autor pisał i mówił w czasie XVII Dni Technika w Wadowicach (vide tekst i rysunki w 105 Zeszyście Naukowo-Technicznym SiTKOM Kraków; 2003 [2]), a potwierdził spełnienie się jak najgorszych przypuszczeń na następnych, XVIII – tych, w Limanowej – rozwiązania sprzeczne nie tylko z wiedzą inżynierską, ale wręcz partackie, przeczące elementarnym zasadom fizyki. Również następne realizacje tego rodzaju projektów już skutkują stanami awaryjnymi, oby nie katastrofami!

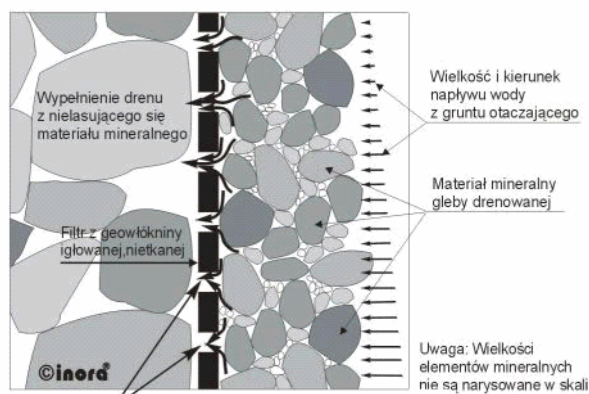
Nadszedł więc czas, aby „wyłożyć kawę na ławę” i omówić zagadnienie DRENÓW FRANCUSKICH zgodnie z tytułem niniejszego opracowania.

Dla zmniejszenia jego objętości, w dalszej treści używany będzie skrót „D.F.” w miejsce pełnej nazwy *drenaż francuski* względnie *dren francuski*.

### 1. Wprowadzenie

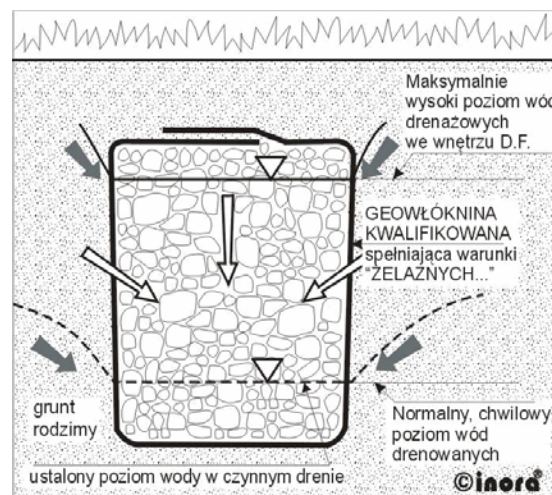
Przez pojęcie „DREN FRANCUSKI - D.F.” rozumie się rozwiązanie, w którym funkcję tkaniny filtracyjnej filtra spełniają GEOWŁÓKNINY, zaś funkcję wewnętrznego wypełnienia D.F., odtransportowującego przefiltrowaną wodę, spełnia MATERIAŁ MINERALNY, korzystnie i najlepiej jeżeli POCHODZENIA NATURALNEGO (Rys. 1).

Można przyjąć, że teoretycznie do tych celów nadaje się niezliczona ilość przedstawicieli obydwu grup materiałowych nazwanych powyżej – lecz de facto najistotniejszym jest uzyskanie efektu celu wykonywania drenów - PEŁNEJ TECHNICZNEJ SPRAWNOŚCI I ZDATNOŚCI DO PRACY (SPEŁNIANIA SWEJ FUNKCJI) PRZEZ WIELE DZIESIĄTKÓW LAT – do 100 lat włącznie!!!



- 1) Maksymalna duża ilość porów na 1cm<sup>2</sup>
- 2) Minimalna prędkość przepływu wody przez poszczególne pory (powinno być jedynie sączenie się wody przez nieskończenie dużą ilość porów)

Rys. 1. Zasada drenowania gruntu przy zastosowaniu D.F.



Rys. 2. Zasada stosowania D.F. oparta o owijanie GEOWŁÓKNINAMI KWALIFIKOWANYMI naturalnego, nielasującego się mineralnego materiału gruboziarnistego.

Stąd też, wychodząc z założenia przewagi celu nad prymitywną ekonomiką wykonawstwa – do podstawowych zadań projektanta należy uświadomienie: w okresie projektowania – INWESTOROWI, zaś w okresie wykonawstwa – WYKONAWCY i reprezentującemu Inwestora – NADZOROWI INWESTORSKIEMU o konieczności zachowania w całym cyklu prac budowlanych WSZYSTKICH ZASAD PRAWIDŁOWEGO WYKONANIA DŁUGOWIECZNYCH I SPRAWNYCH AŻ DO KOŃCA ŻYWOTNOŚCI DANEGO OBIEKTU D.F..

W sposób szczególnie należy ELIMINOWAĆ wszelkie próby ZAMIAN, PODMIAN, POTANIEN, UPROSZCZEN, etc. w zakresie samych, używanych do budowy tego typu drenaży, materiałów, co jest jeszcze szczególnie ważne - w odniesieniu do GEOWŁÓKNIN.

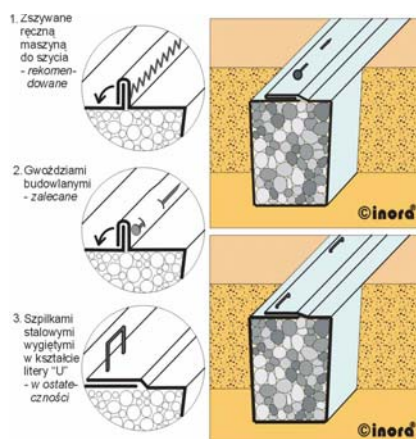
Z podanych powyżej przyczyn, do konstrukcji i budowy D.F. O ŻYWOTNOŚCI WIELU DZIESIĄTKÓW LAT NIE UŻYWA SIĘ:

- włóknin tkanych, przeplatanych; geotkanin i geokompozytów - z powodu: zbyt dużych (na ogół) porów pomiędzy wątkiem a osnową, niemożności uzyskania bardzo szczelnych połączeń pomiędzy pasmami tych materiałów oraz braku (też na ogół) zdolności do przepływu wody wewnątrz struktury tych wyrobów, wzdłuż płaszczyzny GEOSYNTETYKU. Z tego też powodu, w krajach położonych w identycznej jak Polska strefie klimatycznej (Kanada, USA, Skandynawia) w bardzo ograniczonym zakresie dopuszcza się stosowanie włóknin zgrzewanych termicznie wykonanych z poliestru, tym bardziej, że surowiec ten wykazuje stosunkowo dobrą odporność chemiczną jedynie w zakresie styku z cieczami o  $4,0 < \text{pH} < 9,0$ , zaś np. w drogownictwie mamy do czynienia nie tylko z solą, ale i z kwasami humusowymi, jak też i z zasadami, stosowanymi np. do stabilizacji gruntów (wapno, cement), w styku z którymi poliestry ulegają bardzo szybko rozkładowi;
- różnego typu zamienników dla materiałów mineralnych pochodzenia naturalnego, takich jak np.: odpadowe żużle i spieki z hut i kopalń oraz zakładów chemicznych, kruszywa z betonów i z odpadów szklarskich, syntetyczne piaski uzyskiwane z przemiału żużli z przemysłu metali nieżelaznych;
- materiałów mineralnych pochodzenia naturalnego o niskiej i średniej odporności na destrukcję wodną – a więc różnego typu minerałów wapienno-magnezowych;

- jw., lecz zawierających więcej jak 3% części drobnych – o średnicach  $0 \div 8$  mm. Z zasady przyjmuje się bowiem, że najmniejsza średnica zastępcza wypełnienia mineralnego **D.F.** to  $\varnothing = 8$  mm.

Natomiast w **DŁUGOWIECZNIE PRACUJĄCYCH D.F.** (Rys. 2) STOSUJE SIĘ:

- **GEOWŁÓKNINY NIETKANE – IGŁOWANE (NON-WOVEN)**, o określonej konstrukcji w procesie ich produkcji a zwłaszcza te, które spełniają tzw. „Żelazne, niepodważalne warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać geowłókniny nietkane igłowane stosowane do odwodnień obiektów inżynierskich”;
- **MATERIAŁY MINERALNE POCHODZENIA NATURALNEGO, NIELASUJĄCE SIĘ**, o możliwie jednorodnych wielkościach ziaren (części, kawałków) i to w granicach od  $\varnothing 8$  mm przez 12, 16, 32, 40 - aż do 63 i więcej milimetrów;
- różnego typu materiały pomocnicze, służące tak do uzyskiwania szczelnych połączeń geowłóknin (procesy szycia, zszczipiania i szpilkowania) (Rys. 3), jak też i do uzyskiwania maksymalnych możliwych oszczędności w zużyciu materiałów mineralnych (różnego typu systemy szalunków i ograniczników, używanych w procesie budowy tego typu drenów).



Rys. 3. Zalecane Projektantom sposoby zamykania **D.F.**

Dane na temat wodoprzewodności różnych naturalnych materiałów mineralnych zawarto w Tabeli nr 1. Wielkości charakterystyczne, dotyczące materiałów, jakie powinny i mogą być używane w **D.F.**, zostały wytluszczone.

Rodzaj wypełnienia:	Przepływ [dm <sup>3</sup> /godz. x m <sup>2</sup> ]	Przepływ [l/sec x m <sup>2</sup> ]	Szybkość filtracji	
			[m/sec]	[m/dobę]
(Gлина)	(0,000 001)	$2,77 \times 10^{-10}$	$2,77 \times 10^{-13}$	$2,40 \times 10^{-7}$
(Pył kwarcowy)	(0,001)	$2,77 \times 10^{-7}$	$2,77 \times 10^{-10}$	$2,40 \times 10^{-5}$
Piasek drobnoziarnisty	1,1	$3,05 \times 10^{-4}$	$3,05 \times 10^{-7}$	$2,60 \times 10^{-2}$
Piasek gruboziarnisty	110	0,031	$3,10 \times 10^{-5}$	2,64
Żwir o średnicy od 8 do 12 mm	880	0,244	$2,44 \times 10^{-4}$	21,1
<b>Żwir o średnicy od 12 do 25 mm</b>	<b>5 600</b>	<b>1,556</b>	<b><math>1,56 \times 10^{-2}</math></b>	<b>134,4</b>
<b>Tłuczeń o ziarnach od 25 do 40 mm</b>	<b>16 650</b>	<b>4,625</b>	<b><math>4,63 \times 10^{-2}</math></b>	<b>400,0</b>
<b>Tłuczeń o ziarnach od 31,5 do 63 mm</b>	<b>58 275</b>	<b>16, 187</b>	<b><math>1,62 \times 10^{-1}</math></b>	<b>1400,0</b>

Tabela 1. Teoretyczna zdolność przepływu wody przez 1m<sup>2</sup> przekroju pionowego drenu francuskiego (bez uwzględnienia oporów przepływu wzdłuż długości drenu).

## 2. Zasady projektowania i konstrukcji D.F. o długotrwałej sprawności technicznej.

Omawiane w tym opracowaniu systemy drenarskie można podzielić na dwie oddzielne grupy konstrukcyjne:

- dreny pionowe, których zasadniczymi pracującymi filtracyjnie płaszczyznami są płaszczyzny pionowe; powierzchnia górna tj. obszar zamknięcia drenów, pracuje tylko w pewnych, określonych sytuacjach – np., kiedy dren ten zastępuje rów, kiedy zbieramy do tego typu drenu wody z odwadnianych płaszczyzn (tj. dreny zbiorcze) czy kiedy dren ma za zadanie zbierać głównie wody powierzchniowe i wody wgłębne (infiltracyjne); dreny takie prezentowane są w niniejszym opracowaniu na rysunkach i fotografiach. Na ogół od dna drenu pionowego nie oczekuje się spełniania funkcji odwodnieniowych - za wyjątkiem sytuacji, kiedy napięte zwierciadło wód gruntowych ma takie ciśnienie, że jest ono w stanie wprowadzić wodę poprzez dno do wnętrza drenu;
- dreny powierzchniowe, których przeznaczeniem jest odwadnianie górnych powierzchni i zbieranie w swej grubości tak wód wsiąkowych (pochodzących z dołu drenu), jak i wód przenikających przez górną powierzchnię (geowłókninę) tej konstrukcji. Przykłady tego typu drenu obrazują fotografie (Fot. 1K i 2K).

Ponieważ na wysokości drenu wpływająca doń woda posiada zróżnicowane ciśnienie, przeto przyjęto tu dokonywać obliczeń hydraulicznych chłonności takiego drenu z przyjęciem założenia, że słup wody jest wyniesiony na 0,1 m powyżej górnej płaszczyzny drenu.

Przykłady wyników takich obliczeń dla szeregu pewnych konkretnych, posiadających pełne wyniki badań parametrów (czyli KWALIFIKOWANYCH) geowłóknin zawarte są w pracach [1] i [2]. Bardzo często zdarza się wszakże, że producenci w udostępnianych projektantom charakterystykach technicznych geowłóknin nie podają wszystkich parametrów technicznych i wyników badań przeprowadzonych przez niezależne, uprawnione do badań atestacyjno-certyfikacyjnych jednostki badawcze (np. EMPA Szwajcaria, tBU – Niemcy, BBA – Wielka Brytania), a w szczególności nie podają charakterystycznych wielkości przepuszczalności wody w płaszczyźnie geowłókniny pod znormalizowanymi obciążeniami 2, 20 i 200 kPa. W zasadzie takie NIEKWALIFIKOWANE materiały powinny być przez projektanta eliminowane z dalszych rozważań.

Pożądane jest również przeanalizowanie danych na temat zachowania danej rozpatrywanej geowłókniny w czasie długotrwałej eksploatacji drenu – tj. przez okres kilkudziesięciu lat (20, 40, 60, 80, 100 lat), jako że żywotność drenu powinna być co najmniej taka sama, jak zakładany czas eksploatacji obiektu drogowego. I to zagadnienie powinno być zagadnieniem wiodącym dla projektanta. Cóż z tego, że jakaś włóknina jest tańsza w zakupie od KWALIFIKOWANEJ, jeżeli już po 2-ach, 5-ciu czy nawet 10-ciu latach jej funkcja filtracyjna zaniknie, grubość pod stałym obciążeniem zmniejszy się do ułamka grubości w chwili zabudowy, a sama geowłóknina przekształci się w szczelną i wodonieprzepuszczalną membranę!

Autor, obserwując w dobie współczesnej, absolutną niefrasobliwość wykonawców w zakupach geosyntetyków i bardzo rzadką reakcję nadzoru inwestorskiego na stosowanie najtańszych, NIEKWALIFIKOWANYCH geosyntetyków, a zwłaszcza uzyskiwanych w procesie produkcji strumieniem wody; tj. nieposiadających struktury warstwowej a gąbczastą – może tylko ubolewać nad przyszłymi kosztami renowacji np. drenów wykonywanych obecnie z tego typu materiałów. I głośno o tych sprawach mówić!

Zakładając wszakże, że projektant chce wykonać dobrze swoją pracę – powinien wykonać bilans przepływowy dla obszaru, który ma być zdrenowany. Znaczy to, że powinien (podobnie i identycznie jak dla drenów rurowych) określić wydatek wody drenowanego gruntu oraz

wielkość napływu do drenu ewentualnych wód powierzchniowych, w tym opadowych, z projektowanej wielkości obszaru zlewni danego obiektu (odcinka drenu) - odniesionych do jednostki czasu (doba, godzina, minuta, sekunda).

Następnie powinien (z grubsza) oszacować wielkość przekroju drenu - dla uzyskania możliwości oszacowania wstępnych parametrów hydraulicznych dla wypełnienia mineralnego drenu oraz takich samych parametrów dla geowłókniny.

Wykonując taką analizę projektant musi pamiętać, że zasadniczymi celami zastosowania geowłókniny są:

- osiągnięcie odprowadzenia napływających w gruncie z boków drenu wód przy możliwie najmniejszym spadku ciśnienia;
- uniknięcie wnikania drobnych cząsteczek przyległego gruntu do rdzenia płaszczyzny drenu, przepuszczającej wodę wzdłuż długości drenu;
- skuteczne pełnienie funkcji przez geowłókninę, poprzez wystarczającą jej wytrzymałość mechaniczną, zapewniającą uniknięcie powstawania uszkodzeń (pęknięć, rys, fałd, dziur) w czasie zabudowy;
- zapewnienie stabilnej wodoprzepuszczalności – prostopadłej i w płaszczyźnie geowłókniny - przez cały okres użytkowania obiektu.

Po wykonaniu powyższych szacunków następuje etap uściślonego doboru parametrów względnie wymiarów.

Dla **D.F.** podstawową zasadą jest, ażeby wodoprzepuszczalność geowłóknin, zastosowanych do konstrukcji była dobrana po dokonaniu całego szeregu, poprzedzających dobór, operacji badawczych i analitycznych, takich jak np.:

- ustalenie minimalnego oraz maksymalnego stanu wód gruntowych na obszarze, na którym planuje się budowę **D.F.** oraz ustalenie kierunku spadków (spływów) tych wód;
- zbadanie i określenie ziarnistości gruntu rodzimego;
- poddanie tegoż gruntu kwalifikacji w zakresie podatności na sufozję;
- zdefiniowanie agresywności – zarówno samego gruntu, jak i wód gruntowych;
- ustalenie współczynnika (-ów) filtracji podłoża gruntowego, zaś w przypadku gruntów, w których spotyka się laminacje - należy określić współczynniki filtracji: " $k_v$ " i " $k_h$ " - zarówno pionowy, jak i poziomy;
- jako ostatnią datę, określaną z dużą dokładnością, należy wyznaczyć łączną wielkość średniego liniowego dopływu wody do drenu, określaną jako " $q_{dopl}$ " i zdefiniowaną na ogół w [ $m^3/s \times m$ ]. Zaznaczyć tu należy, iż dla ustalenia tej wielkości muszą być już znane wymiary geometryczne planowanego przekroju drenu oraz jego długości, liczone pomiędzy wypływami z poszczególnych odcinków danego drenu, a także oddzielnie jednostkowe:
  - średni liniowy dopływ wód infiltracyjnych,
  - średni liniowy dopływ wód od strony powierzchni, tj. z obszaru, z którego ewentualnie, po przefiltrowaniu na górnej powierzchni geowłókniny okalającej **D.F.**, wody opadowe, roztopowe i ewentualnie inne z obszaru zakładanej zlewni również powinny być zbierane przez dany odcinek **D.F.**

Po dokonaniu powyższych określeń i analiz należy dokonać ostatecznego doboru geosyntetyku, przeznaczonego na przegrodę filtracyjno-separacyjną, oddzielającą wypełnienie mineralne **D.F.** od otaczającego go gruntu. W ramach tego doboru należy również zapewnić

zgodność własności materiału konstrukcyjnego geosyntetyku z agresywnością tak gruntu macierzystego, jak również i drenowanych wód.

Na podstawie danych o przepływach obydwu rodzajach zbieranych przez dren wód można i należy zdecydować się co do geometrycznych wymiarów **D.F.**

Należy pamiętać, że w **D.F.** w praktyce chłonna jest jedynie ta część wysokości drenu, która pozostaje wypełniona powietrzem, część dolna, z utworzonym w niej słupem przepływających ku odbiornikowi wód drenarskich, swym ciśnieniem zmniejsza dopływ wód drenarskich, od strony gruntu wskroś geowłókniny, a przy niewielkim ciśnieniu po stronie napływu – może go wręcz zahamować. Stąd wygodnie jest przyjąć założenie do projektowania, iż ciąg liczb wielkości szybkości przepływu przez grunt, przez geowłókninę i przez wypełnienie drenu powinien układać się w szereg, jak:

$$1: (5 \div 50) : (10 \times 5 \div 100 \times 50),$$

co zapewnia zarówno zjawisko sączenia się przez geowłókninę, jak i niski poziom wody wewnątrz **D.F.**, a zatem bardzo dobre warunki przyjęcia wód z otoczenia **D.F.**

Tak się składa, że występujące w kraju grunty i ich zdolność do wydatku wody, jak i stosowane przez autora geowłókniny oraz możliwie do stosowania przez wykonawców typowe narzędzia – zapewniają łącznie bardzo dobre warunki dla uzyskiwania długowiecznych i wysoko - sprawnych **D.F.**

Na ogół zresztą należy również w zakresie szerokości drenu brać pod uwagę narzędziowe możliwości przyszłego wykonawcy – i one głównie w praktyce decydują o rozmiarach transzei dla wykonywanego drenu. Istnieje co prawda np. możliwość posługiwania się technologią „frezu bez końca”, importowanego w minionym okresie z terenu ZSRR (frezy na podwoziu traktorów „Białoruś”), lecz nie występują już one zbyt często (a miały szerokość frezu: 120 względnie 150 mm) z racji braku importu i zużycia się uprzednio sprowadzonych – tak, że najwęższe obecnie transzeje można uzyskać jedynie za pomocą mini-koparek produkcji japońskiej, które z kolei zazwyczaj mają zbyt mały wysięg kubelka, ażeby móc wykonać transzeję np. o głębokości 1,6 metra. Zagadnienie to jest jednym z wielu, nad którym projektant musi się zastanowić, na ile realne jest wykonanie zaprojektowanego przezeń **D.F.**

Znając geometrię drenu i sumaryczną wielkość napływu wód należy oszacować wielkość strumienia przepływu wód przez przekrój **D.F.** biorąc pod uwagę podstawową zasadę dobrej i długosprawnej (20 – 100 lat) jego pracy, w myśl której wodoprzepuszczalność geowłókniny w kierunku prostopadłym do jej powierzchni powinna być od 10 do nawet 100 razy większa od wartości współczynnika filtracji dla gruntu a co najmniej 10 razy mniejsza od jednostkowego dopływu do drenu wód powierzchniowych (współczynnik opóźnienia  $\mu < 10$ ), tak ażeby 15 – to minutowy deszcz nawalny miał być przyjęty w czasie nie dłuższym jak 150 minut przez **D.F.** przy spiętrzeniu wód nad powierzchnią górną drenu o  $\Delta h = 100$  mm. Autor korzysta ze współczynnika  $\mu = 5$ , co daje jeszcze lepsze wyniki jeżeli chodzi o prędkość osuszania terenu drenowanego i w zasadzie charakterystyki stosowanych przezeń geowłóknin powalają na uzyskiwanie nawet współczynnika  $\mu = 0,2 \div 0,25$ , ale w początkowym okresie pracy drenu. Chcąc zapewnić układowi drenarskiemu maksymalnie dużą żywotność, należy dążyć do stosowania w projektowaniu, dla KWALIFIKOWANYCH i spełniających „Żelazne, niepodważalne warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać geowłókniny nietkane igłowane stosowane do odwodnień obiektów inżynierskich”, geowłóknin nietkanych, igłowanych (non-woven) takich prędkości przenikania wód przez przekrój prostopadły geowłókniny, aby samo zjawisko przepływu wody było SĄCZENIEM się jej a nie PRZEPŁYWEM z pomierzalną szybkością.

Doboru wypełnienia drenu dokonać można w dwojaki sposób:

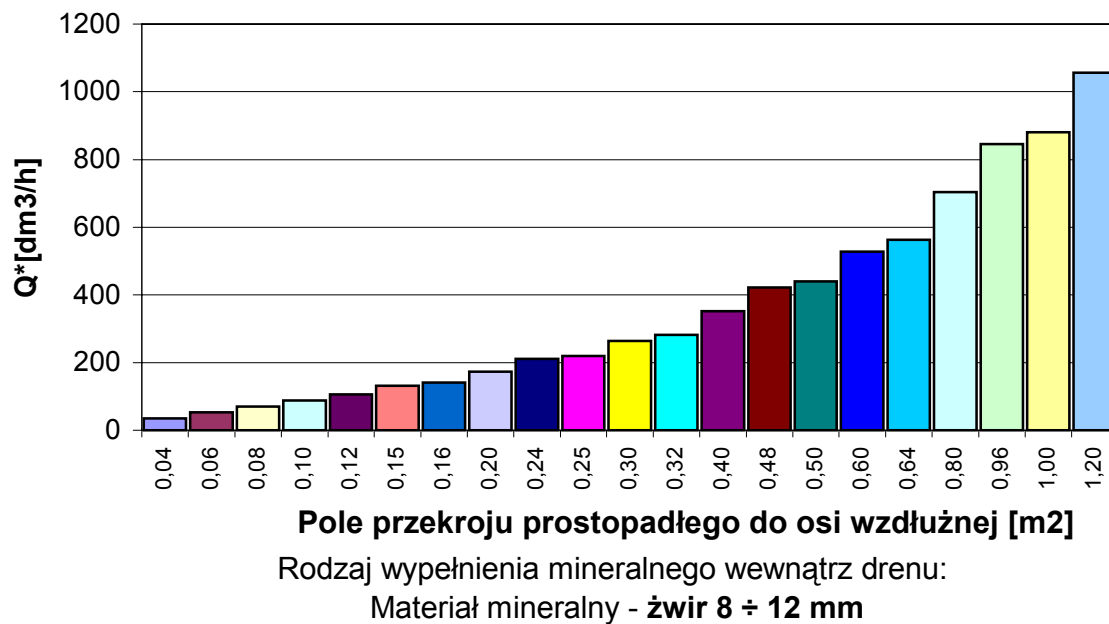
- 1) Poprzez dokonanie założenia, co do czasu przebywania wód drenarskich wewnątrz drenu o znanej długości (wynikającej z możliwości wyprowadzenia określonej długości drenu do odbiornika zewnętrznego lub urządzenia kanalizacyjnego). Przyjmując założenie, że zadaniem **D.F.** jest jak najszybsze i najefektywniejsze ODWODNIENIE OBSZARU jego działania, wówczas należy zaniechać posługiwania się wielkościami prędkości przepływu wody wewnątrz **D.F.** na poziomie 1,2,5,10, czy nawet 30 i 50 metrów na dobę, a z góry założyć, iż minimalna teoretyczna (nieuwzględniająca wpływów oporów przepływów wody pomiędzy elementami wypełniającymi **D.F.**) prędkość przepływu będzie zaczynać się od 100 a kończyć na 1500 m na dobę! Realnie wartości te będą mniejsze, gdyż w zależności od: gradientu hydraulicznego, stopnia zajętości objętości wypełnienia **D.F.** przez materiał mineralny, parametrów kształtów samego wypełnienia, a także, oczywiście, bezwzględnej wartości samej rzeczywistej prędkości przepływu wody przez dren (opory przepływu rosną proporcjonalnie do kwadratu prędkości) – swobodny przepływ wody będzie nieco zdławiony, a rzeczywista prędkość liniowa przepływu wody pomiędzy wypełnieniem **D.F.** nie powinna być mniejsza, jak wystarczająca do realizacji spływu wody wzdłuż całej długości drenu w przeciągu od 1 do 6 godzin. Oczywiście, w drenach długich na 500, 1000 czy nawet 3000 mb czas ten może być dłuższy, lecz mimo wszystko nie powinien przekraczać  $2 \div 4$  dób.
- 2) Poprzez sprawdzenie wodoprzepuszczalności dobieranego przez projektanta mineralnego naturalnego wypełnienia wnętrza **D.F.** Bardzo często w określonych rejonach kraju decydującym dla Inwestora (a wskutek tego i dla Projektanta) faktorem jest dostępność i związana z nią CENA wypełnienia. Wówczas, kierując się założeniem nie technicznym, a ekonomicznym, Projektant powinien posłużyć się takim materiałem (lecz niekoniecznie najtańszym), sprawdzając w co najmniej jednym charakterystycznym przekroju drenu (najkorzystniej – w 1/3 długości drenu, od strony odbiornika), czy i w jakim czasie możliwy jest przepływ dostarczonej do wcześniejszego odcinka **D.F.** łącznej ilości wód drenarskich. Bilansując ilości wód dopływających do ustroju drenarskiego powinien też sprawdzić, czy będą one w stanie przeniknąć (przepłynąć) poprzez powierzchnie geowłóknin oddzielających wnętrze drenu od otaczającego gruntu. Projektant może, w odniesieniu do materiałów którymi posługuje się autor, skorzystać z tabel zawartych w [1] względnie z przedstawionych poniżej wykresów 1a, 1b i 1c; dla innych typów, rodzajów i konkretnych produktów geosyntetycznych w stosowne tabele powinni Projektanta wyposażyć ich producenci i dostawcy.

Reasumując:

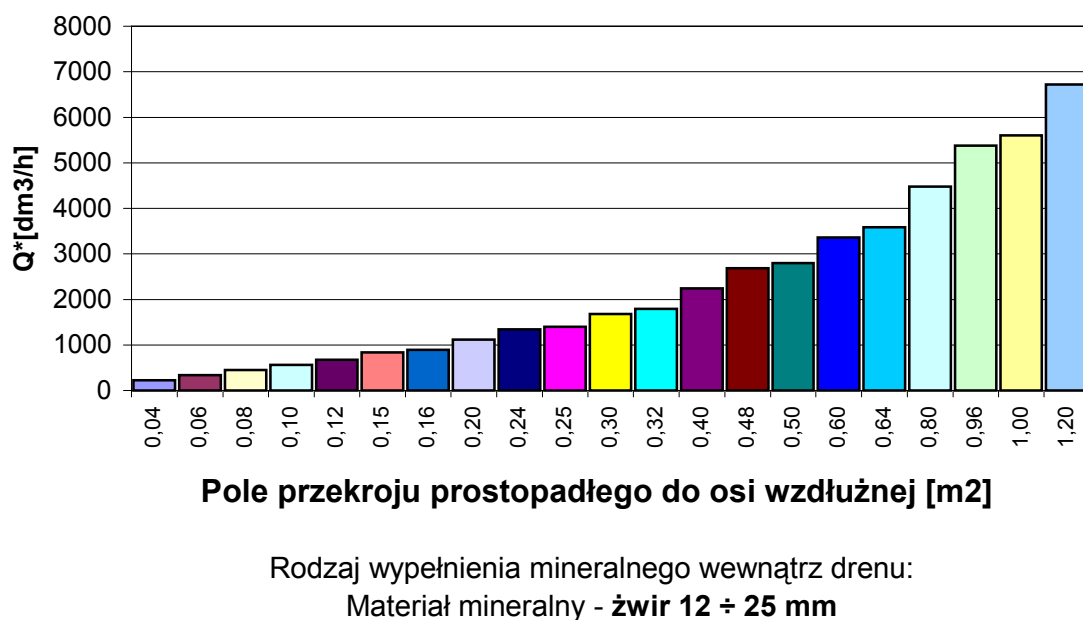
Projektowanie **D.F.** związane jest również z analizą projektową zagadnienia długowieczności sprawnego działania projektowanego obiektu. Stąd specyfikacje typu:

„Geowłóknina 300 g/m<sup>2</sup>;  $k > 5$  m/dobę”

są kpiną z pracy i wiedzy inżynierskiej – a prowadzą do niewyobrażalnych (niestety) skutków i konsekwencji – od powstawania tzw. „kartoffelfeld’ów” (nawierzchni o charakterze pola ziemniaczanego) do nieustającego ciągu remontów, a stałej niesprawności konstrukcji drogowych.

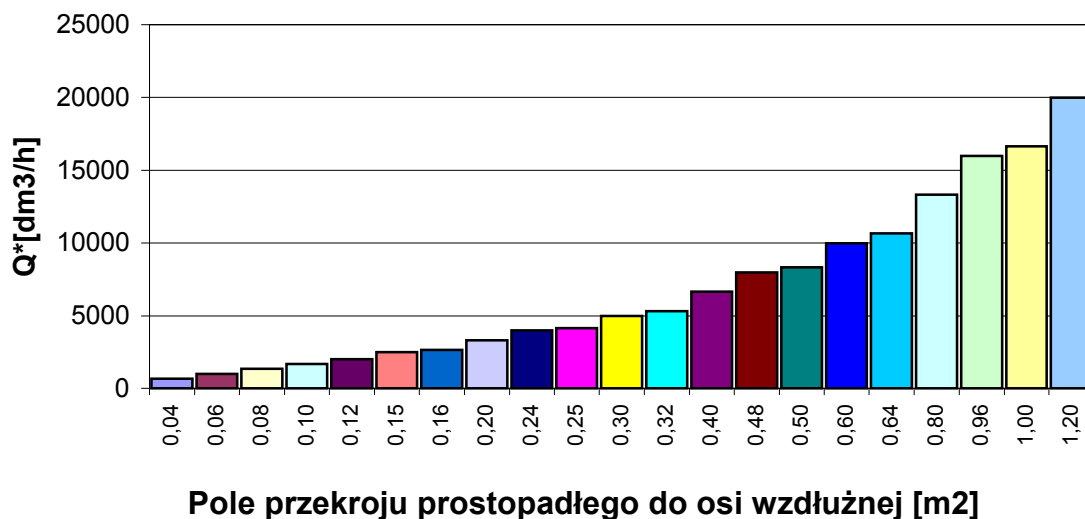


Wykres 1a. Zdolność odprowadzenia wody przez D.F. w [dm³/godz i przekrój drenu]



Wykres 1b. Zdolność odprowadzenia wody przez D.F. w [dm³/godz i przekrój drenu]





Rodzaj wypełnienia mineralnego wewnątrz drenu:  
Materiał mineralny - żwir 25 ÷ 40 mm

Wykres 1c. Zdolność odprowadzenia wody przez D.F. w [dm<sup>3</sup>/godz i przekrój drenu]

### 3. Żelazne, niepodważalne warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać geowłókniny nietkane, igłowane, stosowane do długowiecznych odwodnień obiektów inżynierskich

Bardzo bogata literatura [3 ÷ 6 i 8 ÷ 12] dotycząca geosyntetyków w zastosowaniu do drenaży na ogół dotyczy rozpatrywania zagadnień analizy sitowej gruntu i jego wodoprzewodności i realnie możliwych wydatków wodnych z przekroju tranzei drenarskiej do wnętrza drenu wskroś geowłókniny, względnie rozpatruje zagadnienia kolmatacji i sufozji cząstek gruntu wewnątrz struktury geowłókniny, w jej porach. Jedynie niewielka ilość pozycji literaturowych, w tym opracowania autorów kanadyjskich, amerykańskich i szwajcarskich zwraca uwagę na fundamentalne zasady projektowania i wykonywania sprawnego przez wiele dziesiątków lat drenażu.

Na bazie tych właśnie opracowań i przemysłów oraz po przeniesieniu dat liczbowych z układu anglosaskiego do obowiązującego w tej części Europy, w Polsce, układu metrycznego przedstawione niniejszym zostają bazowe zasady, obowiązujące przy dokonywaniu doboru geowłókniny do rozwiązań **D.F.** Jest to z praktycznego punktu widzenia o tyle istotne, że samo zróżnicowanie rodzajów gruntów występujących w Polsce, brak rozwiniętego systemu badań gruntów przed rozpoczęciem procesu projektowania, brak laboratoriów polowych w procesie wykonawstwa, zasady rządzące przetargami w ramach zamówień publicznych czy wreszcie znikomo małe różnice pomiędzy poszczególnymi, zdatnymi i kwalifikującymi się do stosowania do konstrukcji drenaży typu **D.F.**, geowłókninami w stosunku do ponoszonych kosztów robót ziemnych – fizycznie powodują, że naukowe recepty wychodzące z analiz sitowych gruntu, poprzez badanie proporcji pomiędzy np. charakterystyczną wielkością porów geowłókniny a wielkościami charakterystycznymi dla danego gruntu, takimi jak  $d_{85}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{15}$ ,  $d_{10}$  a także ich wzajemnymi stosunkami liczbowymi (np.  $d_{60}/d_{10}$ ) – w zasadzie uniemożliwiają prosty i co ważniejsze – **NIEZAWODNY** dobór danych charakterystycznych geowłókniny do danego, konkretnego i dokładnie przebadanego gruntu!

Stąd też, inżynierowie–praktycy wespół z naukowcami posiadającymi praktyczne wdrożenia wyników swoich prac badawczych i naukowych – doprowadzili po długich dyskusjach i sporach do w miarę prostego, a jednocześnie w pełni sprawdzającego się w życiu, systemu doboru włókien nietkanych, igłowanych do instalacji odwodnieniowych i drenazowych.

SYSTEM TEN, W FORMIE „ŻELAZNYCH, NIEPODWAŻALNYCH WARUNKÓW TECHNICZNYCH, JAKIM POWINNY ODPOWIADĄĆ GEOWŁÓKNINY NIETKANE, IGŁOWANE, STOSOWANE DO ODWODNIEŃ OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH” PREZENTOWANY JEST NA ODDZIELNEJ STRONIE NINIEJSZEGO OPRACOWANIA.

Punktem wyjścia do doboru właściwych włókien jest sprawdzenie, czy dana włóknina pod obciążeniem 20 kPa ma wodoprzepuszczalność poziomą co najmniej  $k_h > 15 \times 10^{-4}$  [m/s] przy gradiencie hydraulicznym  $i = 1$ . Jeżeli „nie” to taki materiał odrzuca się. Jeżeli „tak” to bada się dalsze współzależności parametrów, zaczynając od stwierdzenia, czy grubość analizowanego wyrobu pod obciążeniem 20 kPa mieści się w granicach (w przeliczeniu na milimetry) pomiędzy 1,4 a 3,2 mm. Jeżeli „nie” – wyrób odrzuca się, jeżeli „tak” bada się z kolei zależności proporcji wodoprzepuszczalności poziomej, wewnątrz przekroju danej włókniny – dla 200; 20 i 2 kPa. To samo oblicza się dla parametru grubości.

GEOWŁÓKNINA KWALIFIKUJE SIĘ DO PRACY W DŁUGOWIECZNYM D.F. JEŻELI POSZCZEGÓLNE PROPORCJE PARAMETRÓW MIESZCZĄ SIĘ W GRANICACH UJĘTYCH W TREŚCI „ŻELAZNYCH, NIEPODWAŻALNYCH WARUNKÓW TECHNICZNYCH, JAKIM POWINNY ODPOWIADĄĆ GEOWŁÓKNINY NIETKANE, IGŁOWANE, STOSOWANE DO ODWODNIEŃ OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH”.

Tak dokonany dobór geowłókniny gwarantuje, że w normalnym środowisku gruntowym, przy  $4,0 < \text{pH} < 9,0$  oraz przy normalnie spotykanych w praktyce gruntach, dana włóknina pracować będzie długowiecznie: do 100 lat - w gruntach piaszczystych, piaszczysto – żwirowych i podobnych; do 40 lat - w gruntach gliniastych, ilastych oraz piaszczysto – gliniastych z przewagą cząstek gliniastych i gliniasto - ilastych.

Dla gruntów organicznych – gytii i tym podobnych zasady powyższe nie w pełni stosują się, aczkolwiek tak dobrane włókniny również i w tego typu gruntach pracują dłużej aniżeli jakiegokolwiek inne geosyntetyki.

Proszę zwrócić uwagę, w jakiej kapitalnej sprzeczności z tymi zasadami jest np. treść skierowanej do przetargu publicznego „Specyfikacji Technicznej nr D.03.05.01” dla Budowy Autostrady A – 2; odcinek Konin – Stryków, kontrakt: WARTKOWICE – EMILIA:

(cyt.): „2.2. Geowłóknina filtracyjna.

Geowłóknina filtracyjna użyta do wykonania przekładki ochronnej powinna posiadać Aprobatę Techniczną wydaną przez IBDiM.

Wymagane właściwości geowłókniny:

- grubość 3mm;

- gramatura 350 g/m<sup>2</sup>.

Wykonawca przedstawi Inżynierowi do zaaprobowania, wybrany przez siebie typ geowłókniny” (koniec cytatu).

I jak tu się nie oburzać? Boże chroń nas przed tak specyfikowanymi autostradami!

Załączona Tabela nr 2 przedstawia pewną ilość geowłókien posiadających AT IBDiM o gramaturze 300 i 400 g/m<sup>2</sup> – autor prosi zainteresowane P.T. osoby, aby zechciały same przeprowadzić analizę umysłową zawartych w niej danych i na podstawie treści niniejszego opracowania wybrały spośród nich swój „typ”.

## Żelazne, niepodważalne warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać geowłókniny nietkane, igłowane, stosowane do odwodnień obiektów inżynierskich:

1. Wynikiem wykorzystania inżynierii materiałowej w technologii produkcji geowłóknin jest ich idealne sprawowanie się w aplikacjach:
  - drenaże, a w szczególności drenaże francuskie,
  - spełnianie funkcji rozdziału, separacji i filtracji, jak również rozpraszania naprężeń i transportu poziomego wody w obiektach budownictwa ziemnego
  - drenaże i zabezpieczenia pod- i nadmembranowe.
2. Woda w geowłókninach powinna poruszać się poprzez ogromną ilość porów, lecz ze znikomą prędkością w każdym z nich.
3. Stosunek wartości wodoprzepuszczalności w kierunku poziomym geowłókniny do wodoprzepuszczalności w kierunku prostym nie powinien (odpowiednio, przy identycznym obciążeniu: **2, 20** czy **200 kPa**) być nigdy mniejszy, aniżeli:

$$\frac{k_h}{k_v} \min. > 1,2,$$

korzystnie, jeżeli powyższy stosunek wynosić będzie **1,5**, a bardzo dobrze, jeżeli  $\geq 2,0$

4. Przyjmując wodoprzepuszczalność równoległą do płaszczyzny geowłókniny przy obciążeniu **20 kPa** za **1,0**, po wstępnym doborze, jak w pkt. 3, należy sprawdzić, czy dla danego wyrobu wartości wodoprzepuszczalności poziomej mieszczą się w granicach, jak poniżej:

Dla gradientu hydraulicznego  $i=1$  i przy obciążeniu **2, 20 i 200 kPa** wartości powinny mieścić się w przedziałach proporcji:

**pod obciążeniami:**

	2 kPa	20 kPa	200 kPa
Wodoprzepuszczalność w kierunku poziomym [ $m/s \times 10^{-4}$ ]:	( 1,80 ÷ 1,33 ) do 1,00 do ( 0,40 ÷ 0,25 )		

**a jednocześnie:**

Grubość geowłókniny, igłowanej, nietkanej [mm]:	( 1,40 ÷ 1,08 ) do 1,00 do ( 0,80 ÷ 0,55 )
---	--

Powyższe jest zasadą dla wyrobów KWALIFIKOWANYCH przy ich, dla wielkości mierzonych pod obciążeniem 20 kPa:

- ☐ przewodności  $k_H \geq 15 \times 10^{-4} m/s$  przy  $i=1$  oraz
- ☐ grubości co najmniej 1,4 ÷ 3,2mm.

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3	Produkt 4	Produkt 5	Produkt 6	Produkt 7	Produkt 8	Produkt 9	Produkt 10	Produkt 11
	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent krajowy	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny	Producent zagraniczny
WŁASNOŚCI MECHANICZNE											
Wytrzymałość na wgniatanie – próba statyczna CBR – test											
- wytrzymałość na wgniatanie próba CBR X	[N]	3080	X	X	3033	X	X	X	X	X	4300
- wytrzymałość na wgniatanie – próba CBR X-s	[N]	2800	4250	1500	2400	2200	1800	3100	2700	4000	4000
- deformacja przy wgnieceniu max	[%]	50	X	50	45	X	X	X	X	X	60
- wytrzymałość na rozciąganie (wzdłuż pasma wyrobu)	[kN/m]	>13,0	>27,0	8,0	10,0	10,0	10,0	23,0	13,0	21,0	24,0
- wytrzymałość na rozciąganie (wszerz pasma wyrobu)	[kN/m]	>17,0	>27,0	12,0	18,0	21,0	15,0	17,0	30,0	28,0	25,0
- wydłużenie przy zerwaniu (wzdłuż pasma wyrobu)	[%]	60,0	60,0	80,0	100,0	130,0	140,0	65,0	160,0	65,0	70,0
- wydłużenie przy zerwaniu (wszerz pasma wyrobu)	[%]	60,0	60,0	50,0	60,0	100,0	120,0	80,0	105,0	65,0	80,0
- wytrzymałość na wyrywanie (Grab test)	[N]	900	X	X	X	X	X	X	X	X	1100
WŁASNOŚCI HYDRAULICZNE											
Wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny geotekstylu $k_v$ z $h_{wody}=100$ [mm]											
- przy obciążeniu 2 [kPa]	[m/s x 10 <sup>-1</sup> ]	15,0	21,0	50,0	8,1	35,0	10,1	35,0	15,0	25,0	23,0
- przy obciążeniu 20 [kPa]	[m/s x 10 <sup>-1</sup> ]	8,0	12,0	30,0	6,9	X	7,0	27,0	X	X	15,0
- przy obciążeniu 200 [kPa]	[m/s x 10 <sup>-1</sup> ]	4,0	3,0	10,0	3,2	X	2,3	4,0	X	3,0	6,0
Wodoprzepuszczalność w płaszczyźnie geotekstylu $k_h$ z $h_{wody}=100$ [mm]											
- przy obciążeniu 2 [kPa]	[m/s x 10 <sup>-1</sup> ]	20,0	X	100,0	X	30,0	X	41,0	59,0	X	31,0
- przy obciążeniu 20 [kPa]	[m/s x 10 <sup>-1</sup> ]	13,0	X	30,0	X	X	X	26,0	22,0	X	23,0
- przy obciążeniu 200 [kPa]	[m/s x 10 <sup>-1</sup> ]	5,0	X	10,0	X	X	X	12,0	7,0	X	8,0
- wskaźnik wodoprzepuszczalności (przy 10 cm słupa wody)	[l/s/m <sup>2</sup> ]	75	X	X	41,7	X	X	X	X	X	80
- umowny wymiar porów $O_{90\%}$	[μm]	70	100	130	50	73	63	80+100	86	100	70
WŁASNOŚCI FIZYCZNE											
- masa powierzchniowa	[g/m <sup>2</sup> ]	300	400	400	400	400	400	400	400	400	400
- grubość przy obciążeniu 2 kPa	[mm]	2,0	3,5	4,0	3,8	4,1	3,7	3,3	3,8	2,7	3,5
- grubość przy obciążeniu 20 kPa	[mm]	1,4	2,8	2,6	3,4	3,3	2,8	2,8	2,7	X	2,5
- grubość przy obciążeniu 200 kPa	[mm]	0,9	1,8	2,2	1,9	1,9	1,7	2,1	1,6	X	1,7
PARAMETRY ZAOPATRZENIOWE											
- szerokość	[m]	5,0	6,0	5,8	4,0	6,0	3,2	X	3,2	6,0	5,0
- długość	[m]	100	60	100	100	100	50	X	100	100	100
- materiał		PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP
Dane źródłowe											
X – producent nie ujawnia w A.T. danych											
Wszystkie dane zostały zaczerpnięte z odpowiednich, polskich Aprobat Technicznych											

Tabela 2. Analiza techniczna geowłóknin igłowanych, nietkanych – teoretycznie możliwych do zastosowania w D.F. kierunku zastosowania: analiza przydatności do wbudowania w D.F. oraz zobrazowania ogromnych różnic w parametrach technicznych przy dwóch charakterystycznych gramaturach 300 oraz 400 g/m<sup>2</sup>.

#### 4. Komentarz Autora:

Autor, przedstawiając zasady i reguły projektowania długowiecznych układów drenarskich o charakterze **D.F.** nie deprecjonuje ani nie dyskwalifikuje tych wyrobów geosyntetycznych, które są:

- geowłókninami tkanymi ze splotu długich, dłuższych względnie jeszcze dłuższych włókien względnie z pasemek lub innych form ukształtowania materiału włókienniczego;
- tkaninami;
- wyrobami geosyntetycznymi ze zgrzewanych ze sobą włókien, przez co współczynnik wodoprzewodności wewnątrz i wzdłuż grubości takich wyrobów jest bliski zera;
- wyrobami typu non-woven, ale uzyskiwanymi technologiami kształtującymi wewnątrz przekroju takiego wyrobu w formie GĄBKI, a więc nie posiadającymi w swej technologii produkcji procesów kolejnego, następującego bezpośrednio po sobie igłowania i zdwajania względnie zwielokrotnienia pasm produkowanych w głowicach filierowych włókien z tworzyw poliolefinowych (PE i PP).

Powyższe wyroby posiadają niewątpliwie w pierwszym okresie po zabudowie określone parametry i zdolności filtracyjne. Problem tylko w tym, że okresy te są stosunkowo krótkie – od kilku dni (a czasem nawet godzin) do kilkudziesięciu miesięcy; na ogół nie przekraczają dwóch lat swej sprawności technicznej.

Autor przedstawia wyniki swych dziesięcioletnich doświadczeń i aplikacji, w szeregu których, dla celów porównawczych, wykorzystywał oprócz preferowanych przez siebie typów geowłóknin także cały szereg innych wyrobów geosyntetycznych – o różnej budowie i technologiach ich produkcji. Załączone do niniejszego opracowania kolorowe fotografie obrazują przykładowo skalę trudności technicznych i zakres rodzajów drenowanych gruntów.

Autor nie neguje możliwości stosowania różnych innych wyrobów, twierdzi wszakże, że jego osobiste doświadczenie pozwala na wysnucie finalnego wniosku o pełnej przydatności GEOWŁÓKNIN nietkanych, igłowanych, wykonanych z włókien polipropylenowych w procesie produkcji, w którym igłowanie i zdwajanie względnie zwielokrotnienie są podstawą uzyskiwania a'la labiryntowej struktury porów, wytrzymałej na siły ściskające (po zabudowie w gruncie), przez co wyroby te nie tracą więcej jak 20% swych własności filtracyjnych w gruntach normalnych w okresie do 100 lat, a w gruntach drobnocząstkowych przez okres do 40 lat.

Każdy z projektantów może z tej wiedzy skorzystać lub nie – tego autor nie narzuca.

Autor wszakże opracowanie niniejsze przeznacza dla tych, którzy CHCĄ PODRÓŻOWAĆ PO POLSCE DOBRYMI I TRWAŁYMI AUTOSTRADAMI, DROGAMI EKSPRESOWYMI, KRAJOWYMI, MIEJSKIMI, WOJEWÓDZKIMI, POWIATOWYMI, - GMINNYMI WRESZCIE – a nie tymi, na których zerową jakość skazuje nas: przysłowiowa bylejakość, brak wiedzy, źle pojęta „oszczędnościowość”, czy wreszcie indolencja i po prostu – głupota. Dedykuje zaś decydentom, nadzorcom, autorom „Specyfikacji”, a wreszcie – Projektantom, od których woli wiedzy zależy przede wszystkim jakie będą przyszłe POLSKIE DROGI.

#### 5. Najczęściej popełniane błędy w zakresie D.F.

- w zakresie managementu:

- 1) Kierownicy jednostek wykonawczych względnie ich techniczni zastępcy wyrażają zainteresowanie zakupem tańszych od przewidywanych w projektach włókien dla

drenażu – na ogół jedynie w oparciu o deklarację osób handlujących włókninami, że oferują takie same wyroby jak przewidziane w projekcie, lecz tańsze o kilkanaście groszy za metr kwadratowy. Trudno żeby tego typu „decydenci” wypytywali się o szczegółowe parametry techniczne różnych wyrobów, stąd łatwo później podległym osobom (np. pracownikom zaopatrzenia) zakupywać „byle co”, na zasadzie: „Dyrektor – (prezes, szef, etc.) polecił”.

- 2) Nowa technika, nowa technologia, nowe materiały. Nie każdy chce się uczyć – więc niektóre osoby uważają, że lepiej nie wgłębiać się w szczegóły, a kupić ten wyrób, który jest najtańszy. Byleby się gramatura zgadzała! Nic bardziej złudnego, tą samą gramaturę mogą mieć tak różne włókniny (vide Tabela 2), tak bardzo różniące się samymi charakterystykami technicznymi, że jedne będą sprawne w wykonanym drenażu przez 100 lat, a drugie już po 3 – 4 dniach będą zupełnie zakolmatowane!
- 3) Inna, lecz niestety typowa sytuacja. Przychodzi handlarz do decydenta i mówi: w tej ulotce jest napisane, że to są wyroby do drenaży. Jak Pan to kupi, to otrzyma Pan gratyfikację – extra. Na ogół pochodną tej gratyfikacji jest bardzo szybko niesprawny układ drenarski - jak dotąd najkrótszy, znany autorowi czas do „zatkania” takich oferowanych włóknin, to był okres czterech dni.

- w zakresie projektowania:

- 1) Brak detalicznej wiedzy wśród projektantów w zakresie kryteriów dobrego doboru długosprawnych w **D.F.** geowłóknin. Stąd w tym opracowaniu zamieszcza się szereg podstawowych zasad, których zadaniem jest przekazanie projektantom wiedzy w tym zakresie.
  - 2) Preferowanie układów drenaży rurowych, jako od lat funkcjonujących w budownictwie drogowym. Autor przedstawia na załączonych fotografiach (Fot. 1 i 2) pewną nowinkę techniczną w tym zakresie, jako że znane były dotąd określone mankamenty drenaży rurowych, takie jak:
    - bardzo niski stosunek pól powierzchni otworów perforacji do powierzchni rury drenarskiej ogółem (np. w przeliczaniu na 1 mb rury), skutkiem czego były: stosunkowo bardzo duża prędkość przepływu strumieni wody przez przekrój poszczególnych otworków, a co za tym idzie – z dużym ładunkiem energii przepływających strumieni, skutkujących porywaniem cząsteczek małych, średnich i dużych gruntu macierzystego, wypełnianiem tymi cząsteczkami obszaru zasypki, podsypki i obsypki w rejonie otworków – aż do utworzenia nieprzepuszczalnej warstwy litego placka filtracyjnego w rejonie otworków;
    - stosunkowo duża łatwość zatykania się otworków perforacji karbowanych rur drenarskich większymi ( $\varnothing = 2 \div 7$  mm) kawałkami materiałów mineralnych;
    - szybka, w przeciągu zaledwie kilku lat, podatność tego typu drenów na zamulanie się ich wnętrza – powodującego w efekcie ustanie funkcji drenarskich;
    - ograniczony zasięg oddziaływania na otaczający grunt, sięgający w zależności od uziarnienia gruntu i kształtu jego krzywej przesiewu od kilkudziesięciu do nawet tylko kilkunastu centymetrów długości promienia odwodnienia
- W ostatnim czasie okazało się, że nieznanym dotąd czynnikiem, pogarszającym lub wręcz likwidującym wodoprzewodność przewodów drenarskich są korzenie roślin, a w szczególności traw. Fot. 1 i 2 prezentują to zjawisko.



Fot. 1 i 2. Dren rurowy zatkany korzeniami roślin.

Zostały one wykonane po 1,5 roku od daty oddania drenażu do użytku, przy czym rura drenarska zainstalowana była na poziomie – 1,5 metra od powierzchni gruntu obsianego trawą. Jako ciekawostkę podaje się, że korzenie pospolitego perzu polnego potrafiły penetrować za źródłem wody (a takim są przecież drenaże) na poziom aż minus 4,5 metra od powierzchni!

- 1) Jednym z charakterystycznych błędów pewnej grupy projektantów jest lekkomyślne upraszczanie zagadnienia doboru materiałów do wykonywania **D.F.**, a zwłaszcza dotyczy to większości autorów tzw. „Specyfikacji technicznych”.

Typowym tego przykładem są liczne specyfikacje, w których autorzy specyfikują, że potrzebna jest: „Geowłóknina o gramaturze 200g/m<sup>2</sup> (względnie 300 czy 400);

Kruszywo mineralne (czyli naturalne) Ø 0 ÷ 40 mm;

$k = 5,0$  m/dobę;  $W_p = 35$ ”

To jest pogrzeb drenażu francuskiego! I w przeważającej ilości realnych sytuacji wykonanie nieprzepuszczalnej dla wody „belki” wewnątrz gruntu.

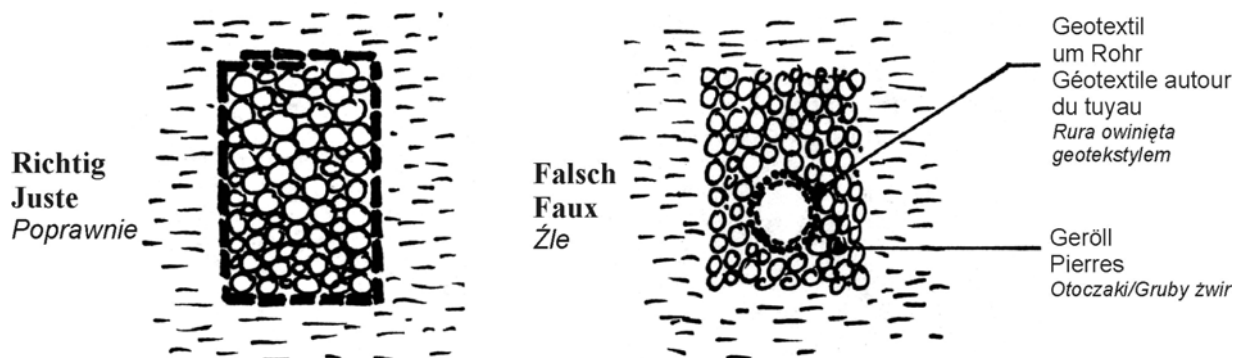
- 2) Do niedawna jako „postępową” formą stosowania geowłóknin w projektowaniu uważano owijanie włókniną sączków drenarskich (czasem owijanie ich kokonem z włókien kokosowych). Liczne wszakże doświadczenia wykazały, że tego typu konstrukcje również stosunkowo szybko ulegały zamuleniowi oraz kolmatacji porów. Dlatego też najnowsza norma szwajcarska z roku 2000 eliminuje tego typu rozwiązania, wskazując jako prawdziwe jedynie omawiane w nin. opracowaniu **D.F.** – co najwyżej dopuszczał w pewnych, uzasadnionych wypadkach umieszczanie wewnątrz **D.F.** tzw. drenokolektorów w celu sprawnego wyprowadzenia do odbiorników dużych ilości wód drenarskich (Rys. 4).



Rys. 4. Sposób umieszczenia drenokolektora w **D.F.**

Dla dotychczasowych zwolenników drenaży rurowych, w tym również z rur perforowanych owijanych geowłókninami, względnie otulinami z włókien kokosowych, a także tych wszystkich, którzy w swoich opracowaniach powołują się na normę szwajcarską [3] autor przetacza reprint z tego dzieła, w krótkich słowach klasyfikujący poprawną i niepoprawną konstrukcję drenów:





Rys. 5. Poprawna i niepoprawna technicznie konstrukcja francuskich drenaży liniowych (wg [3]; rys. 7.14 i 7.15; rozdz. 7; punkt 7.6.2, str. 7.14)

- 3) Nadawanie spadków **D.F.** – jako kontynuacja przyzwyczajeń ze stosowania systemów rurowych. **D.F.** doskonale obchodzą się bez spadków w terenie – oczywiście nic nie przeszkadza, jeżeli **D.F.** posiada stałą głębokość i posiada spadek zgodny ze spadkiem terenu.

Proszę pamiętać, że jedynym modułem napędowym przepływu wody wewnątrz **D.F.** jest różnica jej poziomów pomiędzy każdym z punktów **D.F.** a poziomem wypływu wody z niego, z czego wynika, że najniższy poziom dna **D.F.** powinien być w miejscu odbioru wody z niego i skierowania jej do odbiornika.

- 4) Sporadycznie spotykane, zazwyczaj w projektach wykonywanych przez samych wykonawców, obsypywanie zewnętrznych powierzchni **D.F.** zasypką piaskową z piasku o bardzo dużej ilości cząstek ilastych i pylastych. Autor spotkał w swej praktyce tzw. „piasek syntetyczny” - pochodzący z przemiału odpadu z jednej z krajowych hut metali nieżelaznych, który w sposób niemal idealny oblepia powierzchnie **D.F.**, zamieniając je w geomembrany!

Inne, zadziwiające wprost błędy autor wskazał w [2]. Życie wszakże przynosi coraz to nowe niespodzianki i niewątpliwie w przyszłości pojawią się następne „genialne” błędy!

- w zakresie podejścia wykonawców robót:

- 1) Nagminnymi błędami, występującymi powszechnie, są zakupy materiałów najtańszych, na ogół nie kwalifikujących się w ogóle do wykonywania **D.F.** Zwłaszcza „ulubionym” przedmiotem zamian są geowłókniny. Ponadto szereg handlarzy, krążących po wykonawcach, przekonuje, iż oferowane przez nich TANIE GEOWŁÓKNINY pomogą wykonawcy wykonać dany obiekt z pozytywnym efektem ekonomicznym.

Autor dysponuje dziesiątkami zdjęć z obiektów, na których tego typu operacji dokonano i bez wyjątku może mieć jedynie negatywną satysfakcję, że życie w pełni potwierdza starą prawdę, że „tanie mięso psi zjedli”. Jako swojego rodzaju kuriozum podać można handlarza obwoźnego, który w Przedsiębiorstwo Budowy Dróg wmówił zakup bardzo taniej, bo kosztującej 7 zł za 1 kilogram (!) *włókniny meblowej*, stosowanej w meblarstwie pod tkaniny tapicerskie - w miejsce KWALIFIKOWANEJ GEOWŁÓKNINY!!!

- 2) Nie mniej częstymi „grzechami” jest wypełnianie wnętrza **D.F.** materiałami:
- lasującymi się w kontakcie z wodą;
  - ulegającymi po pewnym okresie czasu rozpadowi na drobne cząsteczki;



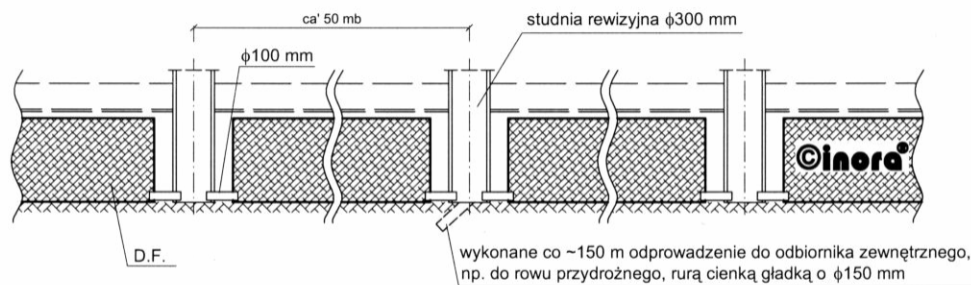
- zawierającymi dużą względnie bardzo dużą ilość ziarna o średnicach od 0 do 8 mm;
- niejednorodnymi, różnymi na długości drenu, powodującymi miejscowe spiętrzenia poziomu wody we wnętrzu **D.F.**;

co powoduje negatywne konsekwencje dla sprawnej pracy **D.F.** – aż do doprowadzenia do ich pełnej niesprawności.

3) Sporadycznie spotyka się niechlujstwo w wyłożeniu transzei **D.F.** geowłókniną, polegające na:

- nie przestrzeganiu kierunku zakładki wykonywanych podczas umieszczania w transzei kolejnych brytów włókniny, dociętych na placu budowy na potrzebny wymiar. Zakładki zawsze powinny być wykonywane w kierunku „z prądem”, tak ażeby woda nie mogła, płynąc z określoną prędkością wewnątrz **D.F.** – wypływać pomiędzy włókniną a grunt macierzysty;
- wykonywaniu zbyt małych zakładki:  
w gruntach normalnych zakładki nie powinny być mniejsze jak 0,3 metra; w gruntach gliniastych, ilastych i podobnych – nie mniej jak 0,5 metra;
- nie osłanianiu podgięciem (vide Fot. 6K) ku górze skraju pierwszego brytu włókniny (licząc od strony kierunku, w którym wykonywane są roboty), dzięki czemu do wnętrza **D.F.** wpływa woda zawierająca bardzo duże ilości drobnych cząsteczek gruntu, przez co następuje częściowe zamulenie wnętrza drenu. Sprzyja temu na ogół brak skutecznego bezpośredniego nadzoru nad wykonującymi ten rodzaj drenów brygadami. Zapobiegać można tylko poprzez szkolenie robotników oraz zapewnienie stosownego, w miarę stałego, nadzoru;
- rozpoczynaniu wykonywania transzei drenu oraz wykładania jej geowłókniną i napełniania wnętrza drenu materiałem mineralnym w najwyższym wysokościowo miejscu zamiast w najniższym, położonym w punkcie wypływu wód drenarskich do odbiornika. Powoduje to wypełnianie się transzei wodą i konieczność pracy w środowisku „mętnej wody”. Rozpoczynanie prac w punkcie najniższym zapewnia stały odpływ wody z wnętrza drenu i nie zagraża zamuleniem się wypełnienia mineralnego.

Sposób kontroli jakości prac Wykonawcy (w sytuacjach, w których można liczyć się z zaistnieniem ze strony Wykonawcy błędu nr 2): można już w projekcie (Rys. 6) przewidzieć kontrolny wlew dużej ilości wody ( $4 \div 8 \text{ m}^3$ ) do wnętrza już wykonanego **D.F.** Taka próba pozwala na optyczną – czasową kontrolę jakości wykonanej pracy - poprzez obserwację czasu przepływu, natężenia wypływu i czasu wypływu wlanej porcji wody – kontroli wykonywanej w punkcie odbioru wody do odbiornika. Koszt takiej próby powinien być przez projektantów przewidywany w kosztorysach inwestorskich, natomiast w przypadku niezadowolających wyników próby – koszt przemyścia całości systemu **D.F.** powinien, oczywiście, obciążać koszty wykonawcy.

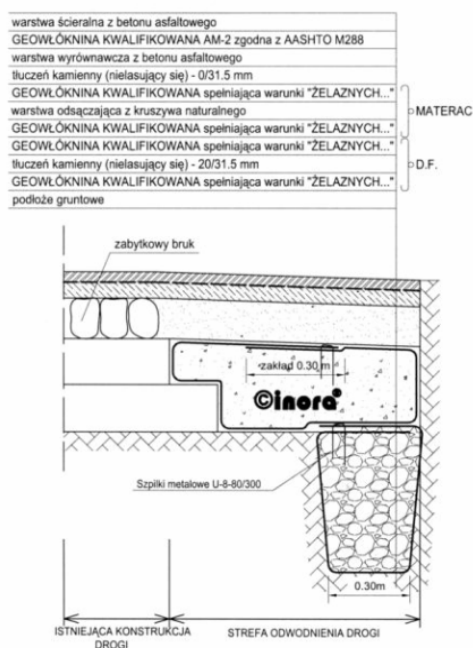


Rys. 6. Schematycznie przedstawiony system studzienek kontrolnych, zastosowany w **D.F.**, zainstalowanym w pasie rozdziału dwupasmowej drogi krajowej, dla uzyskania możliwości bieżącego sprawdzania działania D.F.

## 6. Niektóre aplikacje D.F.:

### 6.1. D.F. a warstwy odwadniające w podbudowach drogowych (Rys. 1K i 2K).

Badania uczonych kanadyjskich, wykonane w skali technicznej na długich, kilkusetmetrowych odcinkach dróg w tym kraju (należy przypomnieć, że jest to najlepszy porównawczy klimat do klimatu polskiego, przy czym w Kanadzie ilość okresów przejściowych od temp  $+5^{\circ}\text{C}$  do  $-5^{\circ}\text{C}$  i odwrotnie jest o kilkadziesiąt procent większa jak w Polsce), wykazały pełną zastępowalność stosowanej w Polsce piaskowej warstwy odwadniającej spełniającym warunki „ŻELAZNYCH, NIEPODWAŻALNYCH WARUNKÓW TECHNICZNYCH, JAKIM POWINNY ODPOWIEDAĆ GEOWŁÓKNINY NIETKANE, IGŁOWANE, STOSOWANE DO ODWODNIENIA OBIEKTÓW INŻYNIERYJNYCH” geosyntetykiem w formie geowłókniny nietkanej igłowanej (non-woven) czwartej i piątej klasy CBR (Rys. 7.).



Rys. 7. Przykład poszerzenia rewitalizacji nawierzchni i jednocześnie odwodnienia ulicy miejskiej, wykonanej uprzednio z zabytkowego bruku.

Autor od szeregu lat z pełnym powodzeniem stosując wyroby duńskiego producenta, firmy FIBERTEX® A/S typu F-4M i F-45M (Fot. 3K i 4K) dla realizacji tego zadania, eliminuje warstwy piaskowe, a w szczególnie trudnych warunkach gruntowych (i sytuacjach występowania wysokiego poziomu wód gruntowych, w gruntach słabonośnych oraz przy występowaniu napiętych zwierciadeł wód), dodatkowo stosuje ponad tymi włókninami poziome warstwy mineralne z kruszyw czy też żwirów o ziarnach  $\varnothing > 16$  mm, do 63 mm, na których zamieszcza warstwy geowłókniny separacyjnej typów: F-330, F-320, F-32M. Dopiero nad takimi warstwami odwodnienia poziomego stosowane są niesorty, względnie dobrze zagęszczalne kruszywa mineralne o zróżnicowanych uziarnieniach. Z pełną odpowiedzialnością autor może przekazać, że we wszystkich bez wyjątku aplikacjach rozwiązania te W PEŁNI ZDAJĄ EGZAMIN, zaś ich skojarzenie z jednocześnie budowanymi na krańcach odwadnianych obszarów PIONOWYMI **D.F.**, charakteryzuje się każdorazowo sprawnym i działającym z dużą skutecznością wypływem wód z połączonych systemów.

Niedowiarkom może być zaprezentowany, wykonany w roku 2000 tzw. „Węzeł Mikołowski”, na przebiegu którego, w wyniku nakładania się ruchów drogowych: wschód-zachód i v/v (DK-44) oraz północ-południe i v/v (DK-93), występuje jedno z największych w Polsce płd. obciążenie jezdni ruchem drogowym. Na węźle tym gdzie krakowskie KPRD S.A., we współpracy z autorem i jego zespołem dokonało dużego wysiłku – drenując cały, położony na obszarze kurzawki piaskowej oraz poddany dużemu napływowi znajdujących się pod wysokim ciśnieniem wód gruntowych, obszar podbudów dwóch równoległych jezdni i to na odcinku prawie 800 metrów bieżących każda. Obydwie jezdnie nawet w najmniejszym stopniu dotąd nie zostały ani zdeformowane ani też nie wystąpiły na ich nawierzchniach żadne uszkodzenia czy też odkształcenia. W ten sposób zabudowa łącznie 5-ciu równoległych **D.F.** [po obu stronach jezdni pod nawierzchnią każdej z dwóch jezdni + 1 dren odcinający pod (oraz na pewnym odcinku przebiegu - zamiast) rowem, znajdującym się obok jezdni płd. – płn., od strony kierunku napływu wód gruntowych z obszaru ok. 3 km<sup>2</sup>], skolektorowanych w najniższym punkcie przebiegu trasy drogowej – bez przerwy wykazuje się odprowadzeniem wód drenarskich do systemu kanalizacji wód opadowych, wypływających niemal pełnym przekrojem rury  $\varnothing$  400 mm.

Z kolei, w innym przypadku, Wykonawca wykonał **D.F.** korzystając z tańszej, lecz podobno (tak zachwalał przedstawiciel jej producenta) identycznej jak F-4M geowłókniny non-woven. Na całe szczęście - tylko po jednej stronie jezdni. Efektu pozytywnego nie było. Na pytanie Wykonawcy, co ma zrobić, dowiedział się od autora, żeby drugi, po drugiej stronie jezdni dren zrobić jednak z materiału F-4M. Wykonał. Dren natychmiast zadziałał, pozwalając wykonać położoną obok niego połowę szerokości podbudowy. Po demontażu tego pierwszego drenu, zeskładowaniu odzyskanego kruszywa (i przemyciu go strumieniem bieżącej wody) oraz zabudowania wyrobu F-4M i odtworzeniu z tego samego kruszywa **D.F.** – ten pierwszy dren oczywiście też zadziałał i już po 4-ech dniach całość podbudowy mogła być zakończona. Dla autora i jego zespołu inżynierów był to najoczywistszy sprawdzian znaczenia WŁAŚCIWEGO DOBORU TYPU GEOWŁÓKNINY dla budowy skutecznego **D.F.**

## 6.2. **D.F.** a stan krajowych nawierzchni bitumicznych

Jednym z głównych czynników powodujących destrukcję nawierzchni asfaltowych jest znajdująca się względnie dopływająca, tak od pasa rozdziału, jak i od poboczy, woda. Woda również przenika do podbudów poprzez tworzące się w obszarze nawierzchni bitumicznych różnego typu i kształtu spękania.

Umieszczana pod podbudową tzw. piaskowa warstwa odsączająca zdaniem autora jest de facto magazynem wody z racji pokrewieństwa napięć powierzchniowych  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oraz wody. Stąd jest pewne, że w obszarze podbudowy praktycznie cały czas utrzymuje się duża ilość wody w formie cieczy, powiększająca się w okresach przejściowych dodatkowo o wykraplający się na dolnej powierzchni nawierzchni kondensat pary wodnej.

Przeprowadzony cały szereg zamieszczeń **D.F.** w obszarach podbudów, a także obok krawędzi jezdni, potwierdziły słuszność wyników różnego rodzaju prac badawczych, wskazujących na celowość wykorzystania skojarzonych drenów pionowych – tak dla odbioru wód spływających, jak i dla odwadniania podbudów (Rys. 8a. – dla nowobudowanych, Rys. 8b. – dla istniejących; Fot. 5K i 6K).

Zrealizowane zostało jako pierwsze tego rodzaju odwodnienie przy pomocy **D.F.** po powodzi w 1997 roku w obszarze drogi wojewódzkiej nr 457 Brzeg-Popielów, gdzie zdeformowana została o rząd 0,30 m nawierzchnia, co nastąpiło po powodzi na skutek zawodnienia warstwy gliny, oddzielonej od nawierzchni jedynie bardzo cienką podbudową (rzędu 0,20÷0,30 m grubości). Po wykonaniu **D.F.** tuż przy obu krawędziach jezdni tej drogi oraz ich podłączeniu do położonych o 0,9 m poniżej odbiorników zewnętrznych - już po ok. trzech tygodniach nawierzchnia powróciła do swojej poprzedniej formy i niwelety i taką pozostaje do chwili obecnej.

Ponieważ na terenie kraju przeważająca większość jezdni sąsiaduje z już nieczynnymi (zamulonymi względnie przeciętymi, niedrożnymi) układami odwodnień rurowych, przeto wydaje się ważnym i celowym zastosowanie **D.F.** do odwodnień pasów jezdni i obszarów podbudów, które to dreny można wykonywać nawet przy jedynie miejscowym wyłączeniu części jezdni spod ruchu pojazdów.

### 6.3. Pas drogowy, jezdni, rowy i życie ludzkie.

Bardzo często, szczególnie w obszarach zaludnionych, od biegnących przez nie dróg wykonuje się niezliczoną ilość indywidualnych wjazdów do poszczególnych posesji – usytuowanych co kilkadziesiąt metrów od siebie. Pomiedzy utwardzonymi wjazdami pozostają rowy. Same wjazdy, po obu stronach na ogół kończone są betonowymi głowicami, prostopadłymi do osi drogi, łącznymi pod obszarami wjazdów rurami, mającymi na celu umożliwienie transportu wód zbieranych w rowach w kierunku odbiornika (-ów). Przy niewielkiej odległości pomiędzy głowicami dwóch sąsiadujących z sobą wjazdów rów zamienia się w otwarty grób dla kierowców i pasażerów (Fot. 7K i 8K), zaś same głowice są ścianami śmierci.

Czy można zaproponować inne rozwiązania?

Można, oczywiście. Wystarczy obszar rowu zamienić na **D.F.** (a nawet i cały obszar, łącznie z poszczególnymi wjazdami<sup>1</sup> – dbając tylko o to, aby górna powierzchnia drenu miała dostateczne wymiary szerokościowe - rzędu 1,5 – 2,0 metra i była ukształtowana (łącznie z wysypanym na nią materiałem mineralnym o grubości warstwy rzędu 0,1 ÷ 0,15 metra) poniżej niwelety krawędzi jezdni (Fot. 9K, Fot. 10K i Rys. 9).

Na terenie obszarów zabudowanych powierzchnia ta może być podstawą chodników dla pieszych – pod warunkiem *luźnego* ułożenia na niej płytek chodnikowych (Rys. 9), względnie perforowanych płyt betonowych (np. typu Jumbo), z perforacjami wypełnionymi materiałem mineralnym o jednolitych średnicach 16, 20 czy też 25 mm. Najlepiej w tym celu jest stosować żwir płukany.

---

<sup>1</sup>Wówczas wzmacnia się jedynie obszar samego wjazdu (np. płyty betonowej) likwidując jednocześnie obie głowice pionowe i rury układane dotąd pod wjazdami.

Szereg dotąd tak wykonywanych zamian – rowów na chodniki dla pieszych, usytuowane nad **D.F.**, pozwoliło w co najmniej kilkunastu przypadkach (znanych z autopsji) zachować życie ludziom – tak pieszym, jak i kierującym i podróżującym pojazdami mechanicznymi.

#### 6.4. **D.F.** w budownictwie nasypów drogowych oraz najazdów na mosty i wiadukty.

Od szeregu lat z powodzeniem zastępowane są rowy odwadniające podłoże u podstawy nasypów na podnasypowe **D.F.**. W przypadku występowania gruntów, z których może występować wyciek wody o wysokim ciśnieniu do drenażu, drenaże są wykonywane dodatkowo pod samym nasypem i łączone w kształcie „drabiny” (Fot. 11K ÷ 14K).

Wdrożono konstrukcje wspierania płyt przejściowych o **D.F.**, w których starannie zagęszczono wypełnienie mineralne i połączono go również usytuowanymi na głębokości > 1,0 m **D.F.** usytuowanymi wewnątrz skarp nasypów, a służącymi do sprowadzenia zbieranych w poziomych (pod płytami przejściowymi) **D.F.** wód z korony nasypu do obszaru położonego w podstawie nasypu (Rys. 10), wykazały, że nie tylko, iż otrzymuje się wydajne wzmocnienie podpory pod oparte o nasyp końcówki płyt przejściowych, ale i jednocześnie likwiduje się problemy z odwodnieniami tak obszaru zabudowy płyt przejściowych, jak też (po wykonaniu odpowiednich połączeń) można nimi również wyprowadzać wody z drenaży usytuowanych na połączonych czy też wiaduktów. Sytuowanie odpływów z **D.F.** pod powierzchniami skarp i na głębokościach większych jak głębokości przemarzania likwiduje groźbę zamarzania wód drenarskich w obszarze nasypów.

#### 6.5. Multifunkcyjność **D.F.**

Aczkolwiek **D.F.** przeznaczone są z zasady do bardzo dobrego i na pełnej swej wysokości zdrenowania otaczającego obszaru, tym niemniej praktyka wykazała, że są elementami budowlanymi, które spełniają, względnie mogą spełniać dodatkowe funkcje.

Spośród nich na pierwszym miejscu postawić należy funkcję zabudowanego wewnątrz gruntu MURU OPOROWEGO (Fot. 15K), przeciwdziałającego oddziaływaniu sił rozporowych od np.: konstrukcji nawierzchni i podbudowy jezdni drogowych, nasypów – zwłaszcza, gdy przebiegają one po obszarach gruntów słabo- i niskonośnych.

Z kolei – wewnątrz wypełnienia **D.F.** można umieszczać cały szereg różnego typu PRZEWODÓW MEDIALNYCH (Fot. 16K i 17K), takich jak np.: rury kanalizacyjne, odprowadzenie wód z rynien, rury wodociągowe, kable elektryczne zasilania i sterowania, przewody telekomunikacyjne, sieci komputerowe i przewody gazowe, czy wreszcie kable monitoringu i pomiarów. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby tego typu przewody medialne umieszczać WEWNĄTRZ **D.F.**! Należy jedynie właściwie rozmieszczać i uszczelniać miejsca (punkty, obszary) przejścia przewodów poprzez GEOSYNTETYK tworzący otoczkę **D.F.** Ale jest to już temat szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych.

**D.F.** mogą być również z powodzeniem używane do NAWADNIANIA obszarów zagrożonych erozją wiatrową względnie mogą być stosowane w innych, wymagających tego typu operacji, sytuacjach.

Istnieje również możliwość odcięcia połączenia systemów **D.F.** od strony odbiorników groźących możliwością znacznego podniesienia w nich poziomu wody (np. w stanach powodziowych) poprzez zabudowę na końcach systemów **D.F.** tzw. „klap zwrotnych”, eliminujących groźbę transferu zwiększonego ciśnienia (i poziomu) wody z odbiornika do systemu drenarskiego.

## 7. Szczególne przypadki stosowania D.F.

Pewnymi szczególnymi sytuacjami są konstrukcje **D.F.** dla:

- odwodnienia powierzchni polaci mostowych. Konstrukcje tego typu zostały wielokrotnie w kraju wykonane, lecz z zastosowaniem innych, jak dla **D.F.** umieszczonych w gruncie, materiałów: geosyntetycznych i mineralnych;
- odwodnień obszarów, na których występują duże ilości związków żelaza, a zwłaszcza związków żelazosiarkowych i żelazoorganicznych. W sytuacjach tych występować może, i na ogół występuje, zabudowywanie się tego typu związków w strukturze przestrzennej geosyntetyków i przeciwdziałać skutkom tego zjawiska można jedynie stosując właściwe rozwiązania konstrukcyjne **D.F.** Jest to sprawa dobrze już rozpoznana i znana, stąd istnieje możliwość konsultacji dla projektantów, którzy z tego typu wodami zażelazionymi się spotykają;
- odwodnień w obszarach ciekłych glin czy też ilów. Również i dla takich przypadków wykonanych zostało w kraju cały szereg (Fot. 18K ÷ 21K oraz 22K i 23K) systemów **D.F.**, zakończonych pełnym powodzeniem i pracujących już nieprzerwanie od szeregu lat. Przy okazji takich aplikacji zaistniała sposobność i możliwość wypróbowania w krótkim czasie przydatności całego szeregu oferowanych przez różnych producentów i dostawców (a zwłaszcza przez osoby jedynie handlujące geowłókninami) wyrobów geosyntetycznych. Te próby już po nawet kilku godzinach, a najdalej kilku – lub co najwyżej kilkunastu dniach dawały negatywne efekty aplikacyjne, czym bez wyjątku potwierdzały pełną słuszność przedstawionych w niniejszym opracowaniu „Żelaznych niepodważalnych warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać geowłókniny nietkane, igłowane, stosowane do odwodnień obiektów inżynierskich”. Zresztą podobnie negatywne efekty odnotowało cały szereg P.T. Inspektorów Nadzoru w ramach nadzorowanych na różnych drogach krajowych kontraktów, co łącznie w pełni potwierdza słuszność poświęcenia doborowi geowłóknin oraz materiałów mineralnych wypełnienia **D.F.** szczególnej uwagi ze strony wszystkich, po kolei biorących udział w procesie inwestycyjnym, osób.

Reasumując:

Biorąc pod uwagę stosunkowo mały udział kosztów zakupu geowłóknin stosowanych do budowy **D.F.** w całości kosztów inwestycji względnie remontów drogowych – BEZSENSEM jest szukanie oszczędności w nakładach przeznaczonych na ten cel. Zdaniem autora, kiedy chodzi o miesięczną, kwartalną, roczną, kilkuletnią pracę tych konstrukcji **D.F.** w przeciwstawieniu do 40-letniej (w obszarach glin, pyłów i ilów – Fot. 24K i 25K) czy też nawet 100-letniej pracy prawidłowo zaprojektowanych i wybudowanych (z właściwych jakościowo materiałów) **D.F.** – zawsze powinny zwyciężyć to ostatnie. Po prostu – dobre i długo sprawne.

## 8. D.F. a ekologia

Odbywający się na całej czynnej, zewnętrznej powierzchni geowłókniny (okalającej z czterech stron przekroju **D.F.** tworzące jego jądro wypełnienie mineralne), proces filtracji zawiesiny ciała stałego z dopływających do **D.F.** wód (Fot. 26K i 27K) – tak powierzchniowych, jak i wgłębnych powoduje, że poprzez pory włókniny do wnętrza **D.F.** mają szansę wnikać jedynie bardzo niewielkiej średnicy cząsteczki ciała stałego.

Nie wdając się w szczegóły procesu inżynierii, jakim jest proces filtracji, można, zgodnie z obowiązującą teorią filtracji, udowodnić, że największa średnica cząsteczek gruntu, jaka może wnikać do wnętrza **D.F.**, mieć będzie maksymalną średnicę równą zaledwie 1/10 średnicy porów włókniny. Stosując zatem włókniny, spełniające „ŻELAZNE, NIEPODWAŻALNE WARUNKI TECHNICZNE, JAKIM POWINNY ODPOWIADAĆ GEOWŁÓKNINY NIETKANE, IGŁOWANE, STOSOWANE DO ODWODNIEŃ OBIEKTÓW INŻYNIERYJNYCH” uzyskuje się we wnętrzu **D.F.** cząsteczki gruntu o średnicach rzędu  $4 \div 7$  mikrometrów. Tej wielkości cząsteczki stanowią trwałą, nie sedymentującą zawiesinę w wodach drenarskich i ich obecność nie dyskwalifikuje tych wód jako zanieczyszczonych. Stąd można realnie wszystkie wody drenażowe opuszczające prawidłowo zaprojektowany i wykonany układ drenarski – z właściwych materiałów i z zapewnieniem szczelności połączeń pasm względnie brytów geowłóknin z sobą – śmiało i bez narażania się na nieprzyjemności ze strony ochrony środowiska kierować zarówno do otwartych odbiorników, jak i do ogólnospławnych sieci wód deszczowych względnie burzowych. A zatem w żadnym przypadku pochodzące z **D.F.** wody nie stanowią zagrożenia ekologicznego i nie muszą być klarowane, podczyszczane, czyszczone ani odstawane.

Drugim zjawiskiem, towarzyszącym pracy **D.F.** w warunkach drogowych, jest wysoce prawdopodobna (lecz jak dotąd brak jest miarodajnych wyników badań certyfikowanej w tym zakresie Państwowej Jednostki Badawczej) zdolność do powierzchniowego wiązania się z materiałami, z których wykonywane są nietkane, igłowane geowłókniny, tj. z poliolefinami, cząsteczek (molekuł) produktów ropopochodnych: nafty, benzyn, ropy naftowej, olejów oraz smarów, tworzących z wodami spływającymi z połaci jezdni i z poboczy tzw. emulsje wodno-organiczne. Ponieważ w górnej części przekroju **D.F.** praktycznie jedynie sporadycznie następuje napełnienie wodą a więc znajduje się tam praktycznie zawsze powietrze z tlenem atmosferycznym, – przeto istnieją idealne warunki dla egzystencji bakterii. Poważna grupa bakterii jako pożywki używa właśnie produktów ropopochodnych. Następuje więc biodegradacja zatrzymanych molekuł wyrobów ropopochodnych, a tym samym oczyszczenie dopływającego do wnętrza **D.F.** strumienia wód od zagrażających środowisku naturalnemu węglowodorów.

Jak wspomniano uprzednio – nie było dotąd w dziedzinie **D.F.** badań naukowych nad tym zagadnieniem. Nic zatem nie stoi na przeszkodzie, aby krajowe jednostki naukowo-badawcze zgłębiły to zagadnienie.

Stwierdzić w tym miejscu wypada wszakże, że w praktyce proces ten (osiadanie węglowodorów ropopochodnych na powierzchni włóknin polipropylenowych (PP) nietkanych, igłowanych) został stwierdzony i udowodniony w pracy tzw. osadników produktów ropopochodnych, zainstalowanych na szeregu stacji benzynowych, gdzie włókniny takie stosowane są w formie zawieszonych na odpowiednich konstrukcjach „falban”, poprzez powierzchnie, których filtrowane są spływy wód z terenów stacji. Analizy wykonywane przez PIOŚ na wypływach z tych osadników (o ile autorowi wiadomo) nie wykazały nigdy na odpływach z dobrze działających tzw. separatorów taśmowych zawartości produktów ropopochodnych.

Jeżeliby zostały przeprowadzone odpowiednie prace badawcze i rozpowszechnione zostałyby na szeroką skalę prawidłowo skonstruowane i zbudowane **D.F.** jako przyjezdniowe systemy odwodnień, względnie dreny takie stosowane byłyby jako zamienniki rowów – wówczas nie tylko lepiej chronione byłoby życie ludzkie – pasażerów i kierowców poruszających się po polskich drogach, ale również lepiej chronione byłoby środowisko naturalne, przy jednocześnie dużych oszczędnościach na budowie wszelkiego typu osadników i separatorów przydrożnych.

## 9. Tytułem zakończenia – w odniesieniu nie tylko do tematu DRENÓW FRANCUSKICH.

Autor, wdrażając w krajowej technice budownictwa obiektowego nowoczesne z nazwy i o najwyższej europejskiej jakości (z własnego wyboru) typy i gatunki GEOSYNTETYKÓW, mając za sobą w chwili pisania tych słów ponad 1815 (jeden tysiąc osiemset piętnaście) obiektów, w których KWALIFIKOWANE GEOSYNTETYKI zostały zastosowane według rozwiązań projektowych zespołu inżynierów autora i przy jego osobistym względnie jego inżynierów udziale - w formie co najmniej jednego pobytu na każdym z nich w okresie budowy – może sobie pozwolić na następujące reasumee:

1. Celem stosowania geosyntetyków jest zapewnienie nie tylko nowoczesnej konstrukcji dla samej nazwy, ale z tytułu:
  - długowieczności i długotrwałej niezawodności konstrukcji;
  - eliminacji możliwych awarii, uszkodzeń oraz niesprawności technicznych w okresie eksploatacji budowanych obecnie obiektów przez wiele dziesiętków lat;
  - maksymalnego wykorzystania technicznych możliwości stosowanych geosyntetyków poprzez dążenie do jak najlepszego wykorzystania ich parametrów technicznych.
2. Kierowanie się przy doborze względnie zakupie GEOSYNTETYKÓW kryteriami samej ceny, czy też quasiparametrami - w rodzaju gramatury włóknin - jest równoznaczne z decyzjami o budowie obiektów o krótkim lub bardzo krótkim resursie żywotności obiektu.

I tu przykłady:

Jeżeli uczeni holenderscy stwierdzają w wyniku badań, że stosowane w zbrojeniu nawierzchni asfaltowych geosiatki z włókien szklanych mają stukrotnie (!) mniejszą szczepność z warstwami bitumicznymi aniżeli geosiatki z poliestrów; jeżeli uczeni ukraińscy stwierdzają w wyniku pełnego cyklu badań, że geosiatki bazaltowe mają wskaźnik długotrwałości zbrojenia 2,2 razy mniejszy od konkretnego typu geosiatki z poliestru zespolonej z mikrowłókniną - dla dróg o małych naprężeniach rozciągających tj. o małym obciążeniu ruchem ciężkim i aż 13 razy (!) gorszy dla dróg o znacznych naprężeniach rozciągających tj. dla dróg o dużym i bardzo dużym obciążeniu ruchem ciężkim, zaś w konkretnym mieście w Polsce, na drodze krajowej nr 1 dwa sąsiadujące skrzyżowania, wyłożone przez jedno i to samo przedsiębiorstwo robót drogowych dwoma, różnej produkcji geosiatkami z poliestru – jedną z mikrowłókniną a drugą z włókniną nie spełniającą normy AASHTO-M288 wykazują, że obszar wyłożony tą drugą siatką zamienia się w „drobną kaszkę” (określenie Zarządcy drogi), zaś pierwszy – już przez kilka lat nie wykazuje żadnych, najmniejszych nawet zmian, uszczerbków czy uszkodzeń – to autor zawsze będzie namawiał P.T. Zainteresowanych do stosowania tej siatki poliestrowej z mikrowłókniną, będąc pewnym z doświadczeń z prawie 870.000 m<sup>2</sup> dokonanych jej wyłożeń z kraju, jak też i z kilkunastu milionów metrów kwadratowych jej wyłożeń w innych krajach i to od tropiku po np. lotniska w Omsku czy też również w Magadanie, Jakucku, Murmańsku czy Anadyrze, czyli aplikacji na obszarach i miejscach, znajdujących się na obszarach wiecznej zmarzliny - że rozpowszechniając w kraju tę właśnie geosiatkę - pracuje na rzecz DOBRA KRAJU.

Z drugiej strony, czytając o „genialnych” geosiatkach, 35 - krotnie przedłużających żywotność nawierzchni asfaltowych ma odwagę zapytać: a komu jest potrzebna sama geosiatka bez asfaltu? Bo jeżeli przyjąć resurs i żywotność nawierzchni asfaltowej



jedynie i tylko na 7 lat – to genialna siatka wystarczy na 245 (dwieście czterdzieści pięć) lat! Niech wbudowana poliestrowa siatka wystarczy na 17-20 lat. Chwatit ! !

Taką właśnie poliestrową geosiatkę do stosowania w kraju preferuje autor i ma nadzieję, że inne krajowe autorytety potwierdzą słuszność jego wyboru.

Z trzeciej strony, słysząc o zamiarze układania na terenie Małopolski starczającej na 245 lat „genialnej” siatki pod dwucentymetrową warstwą masy SMA, autor oczyma wyobraźni widzi konstruktora płyt żelbetonowych, który zbrojenie ich umieszcza pod górną powierzchnią płyt, w obszarze ściskania, pozostawiając obszar rozciągany bez zbrojenia! Byłoby to niesamowite kuriozum - nie pozwólmy też zatem na tego typu „naukowe” eksperymenty na polskich drogach. Chyba już same przesztetynione nawierzchnie, zalecane onegdaj do powszechnego użycia przez specjalistów od materiałów nawierzchniowych, powinny nam „wystarczyć”!!!

3. Podobne jak opisane powyżej sytuacje zaistniały i w dziedzinie „drenaży francuskich”, a raczej pseudofrancuskich. Nieznajomość realnych zasad konstrukcji i doboru włókien i materiałów wypełniających dreny, chęć zabłyśnięcia własną, nieskalaną myślą i wiedzą z elementarnego zakresu fizyki i inżynierii procesowej, innowacyjnością „twórczą”, wyrządziły jak sądzę już dosyć szkód, aby zacząć powszechnie stosować przytoczone w niniejszym opracowaniu zasady i wiedzę.

Jeżeli nadal będzie trwała „radosna twórczość” i priorytet będzie należał do materiałów TANICH A NIEWIELE WARTYCH - to w kraju naszym nigdy nie wystarczy pieniędzy na naprawy tego, co już zdążono bezmyślnością zepsuć. Ponieważ autor miał okazję usłyszeć od jednego z bardzo prominentnych budowniczych dróg takie motto: „Mnie interesuje, żeby ten obiekt wytrzymał rok i jeden dzień, bo ja na niego daję roczną gwarancję – a jak Pan sądzi, co moje przedsiębiorstwo będzie później remontować?” przeto chce się wierzyć, że tego rodzaju filozofia Kalego, jak zły sen, zniknie z realnej praktyki drogowniczej, a kosztorys inwestorski i uznane w całej Europie dopuszczalne odchyłki w przetargach publicznych od kwoty kosztorysowej: -5 %; +10% staną się w realizacji zamówień publicznych praktyką dnia codziennego.

Oby to jak najszybciej nastąpiło.

## **Literatura:**

1. R. Edel; „Odwodnienie dróg”; wyd. WKŁ Warszawa; 2002; rozdz. 6.2.5; str. 132-144;
2. J. Ajdukiewicz; “Niektóre aspekty stosowania geosyntetyków w Polsce”; XVIII Dni Technika w GDDKiA w Krakowie; wyd. OSITKom w Krakowie; Zeszyt 105; Seria: Materiały Konferencyjne nr 55; Kraków 2003;
3. R. Rüegger; R. Hufenus; „Bauen mit Geokunststoffen”; SVG; St Gallen; 2000; Szwajcaria;
4. S.K. Bhatia; L.D. Suits; „Geotextile Filters and Prefabricated Drainage Geocomposites”; Edition ASTM; V. 1996; USA;
5. L.D. Suits; J.B. Goddard; J.S. Baldwin; “Geosynthetics in Subsurface Drainage”; Edition ASTM; III. 2000; USA;
6. R.M. Koerner; “Geosynthetics in Filtration, Drainage and Erosion Control”; Elsevier Applied Science; 1992; London; Wlk. Brytania;
7. W. Wolski; J. Młynarek; “Filters and Drainage in Geotechnical and Environmental Engineering”; BALKEMA; 2000; Rotterdam; Holandia;
8. R.M. Koerner; “Designing with Geosynthetics”; Prentice Hall; 1998; USA;

9. G. Lombard; J. Młynarek; "Significance of Percent Open Area (POA) in the Design of Woven Geotextile Filters"; Geosynthetics Conference Proceedings '97; Long Beach; California; 1997; USA;
10. J. Młynarek; O. Vermeersch; "Designing Geotextile Filters for Soil Filtration"; 51st Canadian Geotechnical Conference; 1998; Edmonton; Alberta; Kanada;
11. J. Młynarek; "Designing Geotextile Filters For Leachate Filtration"; 51st Canadian Geotechnical Conference; 1998; Edmonton; Alberta; Kanada;
12. E. Blond; M. Brodeur; J. Młynarek; "Improvement of Roadway Foundation Functioning by Geosynthetics Application: Martineau Roadway Test Site in St-Hyacinthe"; Quebec; 1999; Kanada;
13. J. Ajdukiewicz; "Poradnik Projektanta, Inwestora i Wykonawcy. Geotekstyli"; wyd. Przedsiębiorstwo Realizacyjne \*INORA\*; 1994; Gliwice;

#### Streszczenie

DRENAŻE FRANCUSKIE – ZASADY KONSTRUKCJI, DOBÓR GEOSYNTETYKÓW, MOŻLIWE ZAGROŻENIA DLA PROJEKTANTA.

W artykule (opracowaniu) omówiono zasady konstrukcji i pracy drenów francuskich, doboru do nich geowłóknin i wypełnienia mineralnego, a także podano przykłady zastosowań i korzyści z wykorzystania tej technologii. Zwrócono uwagę na możliwe pomyłki i warunki, w których urządzenia te mogą okazać się nie w pełni sprawnymi. Zagadnienie zilustrowano licznymi rysunkami oraz fotografiami (zdjęciami) z aplikacji tej technologii w Polsce autorstwa inżyniersko – eksperckiego przedsiębiorstwa \*INORA\*.

#### Summary

"FRENCH" (TRENCH) DRAINAGE – PRINCIPLES OF CONSTRUCTING, SELECTION OF GEOSYNTHETIC MATERIALS, POSSIBLE THREATS/TRAPS FOR DESIGNERS.

The paper ponders upon the principles of constructing and functioning of "French" (trench) drainage, selection of geo-textile materials and mineral filling for their construction, as well as provides examples of applications and advantages of using that technology. Attention has been drawn to errors that may be made and conditions, upon which such installations may prove not to be fully efficient. The issue presented has been illustrated with numerous drawings and photographs of the applications of the technology in Poland, prepared by engineers and experts from the enterprise \*INORA\*.

#### Zusammenfassung

„FRANZÖSISCHE“ DRAINAGEN – PRINZIP DER KONSTRUKTION, AUSWAHL VON GEOKUNSTSTOFFEN UND MÖGLICHE GEFÄHRDUNGEN FÜR PROJEKTANTEN

In der Publikation werden sowohl das Prinzip der Konstruktion derartiger Drainagen präsentiert als auch Hinweise zur Auswahl von Geovliesen und Mineralfüllstoffen gegeben. Beispiele von derartigen Anwendungen werden auch vorgestellt sowie Vorteile von diesen Lösungen aufgezeigt.

In dem Vortrag werden auch Bemerkungen zu möglichen Projektfehler und ungünstigen lokalen Bodenbedingungen gemacht, die die Wirksamkeit einer derartigen Drainage gefährden oder zum Ausfall der Funktionalität führen können.

Die Problematik wird mit einer reichen Menge an Zeichnungen und Fotos von der in Polen unter Mitwirkung von Ingenieuren des Unternehmens \*INORA\* ausgeführten Anwendungen dieser Technologie illustriert.