

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

VYUŽITÍ GEOSYNTETIK V SILNIČNÍM STAVITELSTVÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

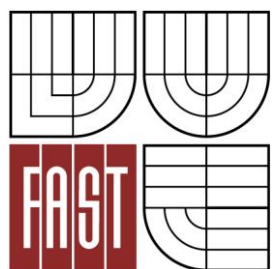
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Nela Kolková

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

VYUŽITÍ GEOSYNTETIK V SILNIČNÍM STAVITELSTVÍ

THE GEOSYNTHETICS FOR ROADS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Nela Kolková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DUŠAN STEHLÍK, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Nela Kolková
Název	Využití geosyntetik v silničním stavitelství
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2011
Datum odevzdání bakalářské práce	25. 5. 2012
V Brně dne 30. 11. 2011	

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Výzkumné zprávy z let 2000 až 2010

internetové odkazy na www.stranky.s s informacemi o využití geosyntetik v silničním stavitelství

sborníky zahraničních konferencí s popisem použití geosyntetik do technologických vrstev násypů pozemních komunikací atd.

Zásady pro vypracování

Základem práce je zpracování řešerše zaměřené na využití geosyntetik do konstrukce vozovky a podloží pozemní komunikace nejen v ČR, ale i v zahraničí. V praktické části je hlavním cílem prověřit možnost zkoušení zkušebních vzorků s aplikovaným geosyntetikem.

Předepsané přílohy

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Teoretická část
4. Praktická část
5. Zhodnocení práce
6. Závěr
7. Literatura

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce představuje materiál používaný pro výrobu geosyntetik, jednotlivé druhy běžně používaných geosyntetik a popisuje jejich specifické funkce a vlastnosti. Dále přibližuje procesy aplikace geosyntetik a typické chyby v těchto procesech, zahraniční zkušenosti s použitím geotextilií a produkty tuzemských výrobců. V praktické části práce porovnává návrhy geotextilií pro různá podloží. Včetně finančního vyhodnocení jednotlivých návrhů.

KLÍČOVÁ SLOVA

geosyntetikum, geotextilie, vlastnosti geosyntetik, funkce geosyntetik, polymer, analýza nákladů

ABSTRACT

Bachelor thesis presents the material used for production of geosynthetics, the various types of commonly used geosynthetics and describes their specific functions and properties. It shows the processes of applications of geosynthetics and typical errors in these processes, foreign experience with the use of geotextiles and products of domestic manufacturers. In the practical section thesis compares the various proposals of geotextiles for various bedrocks. Including financial evaluation of individual proposals.

KEYWORDS

geosynthetic, geotextile, properties of geosynthetics, function of geosynthetics, polymer, cost analysis

KOLKOVÁ, Nela *Využití geosyntetik v silničním stavitelství*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, 2012. 64 s. Vedoucí práce byl Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25.5.2012

.....
podpis autora
Nela Kolková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Dušanu Stehlíkovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Dále bych chtěla poděkovat celé své rodině za umožnění věnovat se studiu a také Lubkovi za psychickou podporu při studiu.

Brno

.....

(podpis autora)

OBSAH

1	Úvod	12
2	Historie a vývoj geosyntetických prvků	13
2.1	Pojem geosyntetikum a zakladatelé	13
2.2	Objevy syntetických polymerů	13
2.2.1	Rozdělení polymerů	14
2.2.2	Vlastnosti polymerů	14
2.2.3	Využití polymerů	15
3	Rozdělení geosyntetik	16
3.1	Geosyntetika podle tvaru	16
3.1.1	Jednorozměrná výztuž	16
3.1.2	Dvojrůzoměrná výztuž	16
3.1.3	Trojrůzoměrná výztuž	18
3.2	Geosyntetika podle technologie výroby	20
3.3	Geosyntetika podle funkce	23
4	Přehled vlastností geosyntetik	28
4.1	Vlastnosti geosyntetik dle TP 97	28
4.1.1	Popisné a indexové vlastnosti	28
4.1.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti geosyntetik	29
4.2	Technické požadavky na geosyntetika dle TP 147	31
5	Aplikace geosyntetik a její chyby	34
5.1	Proces pokládky geosyntetik	34
5.1.1	Přejímka a kontrola na stavbě	34
5.1.2	Skladování dodaného materiálu	35
5.1.3	Pokládka geosyntetik	35
5.2	Úpravy a požadavky na položené geosyntetika	37
5.3	Příklady technologie pokládky	38
5.3.1	Aplikace geosyntetik jako filtrační vrstvy	38
5.3.2	Prinicip opravy asfaltového krytu, kterou provádí firma TenCate	39
6	Zahraniční zkušenosti s geotextiliemi	40
6.1	Technické podmínky ministerstva dopravy TP 97	41
6.2	Německý systém GRK (Geotextilrobustheitsklassen)	41
6.3	Skandinávský systém NorGeoSpec (A Nordic system for specification and control for geotextiles)	42

6.4	Uvedení geosyntetik na trh	44
7	Geosyntetika v praxi	46
7.1	Výrobní produkty společnosti Juta a.s.	46
7.2	Výrobní produkty společnosti KORDÁRNA Plus, a.s.	48
7.3	Výrobní produkty společnosti GEOMAT s.r.o.	50
8	Návrh vhodného typu geotextilie pomocí návrhového programu Polyfelt	53
8.1	Návrh geotextilie na podloží ze zeminy nevhodné pro podloží vozovky	53
8.1.1	Odlišnosti návrhu v závislosti na změnách vlastností sypaniny při nevhodném podloží	55
8.1.2	Cenové porovnání výstavby násypu s použitím geotextilie a zlepšení aktivní zóny podloží	55
8.2	Návrh geotextilie na podloží ze zeminy vhodné pro podloží vozovky .	57
8.2.1	Odlišnosti návrhu v závislosti na změnách vlastností sypaniny při vhodném podloží	59
8.2.2	Zhodnocení využitelnosti geotextilie při únosném podloží . . .	59
8.3	Technická data Polyfelt TS	60
9	Závěr	61
	Literatura	62

SEZNAM OBRÁZKŮ

3.1	Jednoosá, dvouosá a trojosá geomřížka [27]	17
3.2	Georohož [5]	19
3.3	Geobuňka [6]	19
3.4	Geotextilie tkaná z řezaných pásků [15]	20
3.5	Pletená geotextilie - horní povrch [12]	20
3.6	Pletená geotextilie - spodní povrch [12]	21
3.7	Spojovaná geomříž [7]	21
3.8	Extrudovaná geomříž [7]	22
3.9	Mechanicky pojená netkaná geotextilie [11]	22
3.10	Tepelně pojená netkaná geotextilie [11]	22
3.11	Separční vrstva pod sypaninou [27]	23
3.12	Filtr při funkci odvodnění [27]	24
3.13	Geokompozit s drenážní funkcí [4]	25
3.14	Drenáž při funkci odvodnění [27]	25
3.15	Ochrana vrstev proti poškození [27]	26
3.16	Ochrana svahu proti erozi [27]	26
3.17	Vyztužení podkladních vrstev [27]	27
4.1	Rozklad polypropylenu vlivem UV záření [31]	31
4.2	Přesah geosyntetiky [37]	33
5.1	Nevhodné skladování geosyntetik na stavbě	35
5.2	Nevhodná přeprava geosyntetika na stavbu	35
5.3	Dopad nevhodného skladování na kvalitu geosyntetik	36
5.4	Pokládka geokompozitu speciálním strojním pokladačem [33]	36
5.5	Příklad odvodnění dlážděné vozovky a ochranné vrstvy s použitím filtrační geotextilie [24]	38
5.6	Schéma úpravy krycí vrstvy asfaltu [34]	39
7.1	Nopová fólie	47
7.2	Drenážní rohože PETEXDREN [17]	48
7.3	Geokompozit Armatex	49
7.4	Tkaná geotextilie vyrobená z PET vlákna - Kortex GT	49
7.5	Rozptýlená výztuž Textzem	50
7.6	Schéma zazubení zeminy pomocí geomříže Tensar SS	51
7.7	Drenážní geokompozit Interdrain	52
8.1	Návrh geotextilie pro podloží s nízkým CBR	54
8.2	Návrh geotextilie s maximální velikostí zrna 40 cm	55
8.3	Návrh geotextilie pro podloží s vysokým CBR	58
8.4	TenCate Polyfelt TS	60

SEZNAM TABULEK

2.1	Přehled polymerů	14
3.1	Přehled použití vhodných geosyntetik podle požadované funkce dle Ižvolta [27]	27
4.1	Požadavky na geomříž	31
4.2	Požadavky na geokompozit s geomříží ze skelných vláken	32
4.3	Požadavky na geokompozit s geomříží na bázi polymeru	32
6.1	Požadované vlastnosti geosyntetik podle funkce	41
6.2	Požadavky kladené na netkané geotextilie podle třídy GRK	42
6.3	Klasifikace dle volně loženého materiálu	42
6.4	Dělení dle instalace geotextilií	43
6.5	Závislost GRK na AS a AB	43
6.6	Požadované hodnoty odpovídající 95% intervalu spolehlivosti	44
8.1	Závislost počtu přejezdů na výšce násypu a návrhu geotextilie	54
8.2	Závislosti mezi počty přejezdů a návrhem geotextilie Polyfelt TS	56
8.3	Cenová kalkulace násyp + geotextilie	56
8.4	Cenová kalkulace násyp + zlepšení aktivní zóny	57
8.5	Závislost počtu přejezdů na výšce násypu a návrhu geotextilie, kdy tvoří podloží G-F.	58
8.6	Potřebné výšky násypu a typy geotextilií související s velikostí zrna sypaniny	59
8.7	Cenová kalkulace	60
8.8	Vybraná technická data	60

1 ÚVOD

Materiály používané ve stavitelství se neustále vyvíjí. Díky tomu lze používat materiály vykazující příznivější vlastnosti a tím dosáhnout např. prodloužení životnosti konstrukce nebo snížení nákladů na údržbu. Pokud jsou úspory v budoucnu navíc spojeny i se snížením nákladů na výstavbu, je použití takových materiálů velice atraktivní. Mezi tyto novodobé materiály patří také geosyntetika.

Geosyntetické materiály jsou výrobky vyrobené ze syntetických nebo přírodních polymerů používané na kontaktu se zemínou nebo s jinými stavebními materiály. Každý výrobek je vytvořen pro určitou funkci, kterou v konstrukci plní. V oblasti silničního stavitelství je to zejména funkce filtrační a separační. Použitím geosyntetik v konstrukci vozovek docílíme např. snížení reflexních trhlin, síťových trhlin nebo snížení hloubky vyjetých kolejí.

Bakalářská práce v teoretické části představuje materiál používaný pro výrobu geosyntetik, jednotlivé druhy běžně používaných geosyntetik a popisuje jejich specifické funkce a vlastnosti. V dalších kapitolách seznamuje čtenáře s procesy aplikace geosyntetik a s typickými chybami v těchto procesech. V závěru teoretické části práce jsou představeny zahraniční zkušenosti s použitím geotextilií a produkty tuzemských výrobců.

Cílem praktické části práce bylo porovnání návrhů geotextilií pro různá podloží s využitím vhodného softwarového nástroje. Součástí návrhů bylo také vyhodnocení finanční náročnosti jednotlivých řešení.

Výsledek práce se mírně odklonil od jednoho z původně stanovených cílů v zadání práce. Po konzultaci s vedoucím Dr. Stehlíkem v počátcích práce byl tento cíl změněn z důvodu nedostatečného technického vybavení laboratoře Ústavu pozemních komunikací pro provedení praktických zkoušek zkušebních vzorků s aplikovaným geosyntetikem.

2 HISTORIE A VÝVOJ GEOSYNTETICKÝCH PRVKŮ

2.1 Pojem geosyntetikum a zakladatelé

V průběhu druhé poloviny minulého století se ve stavebních oborech, které řešily především únosnost nosných vrstev v podloží a stabilitu zemních konstrukcí, rozšířilo využívání různých druhů textilií, mříží, matrací, sítí, které společně označujeme jako geosyntetické prvky. ČSN EN ISO 10318 Termíny a definice popisují geosyntetikum jako výrobek, u něhož je alespoň jedna složka vyrobená ze syntetického nebo přírodního polymeru ve formě pásu, pásku nebo trojrozměrné struktury, použitý ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály při zemních a stavebních pracích. Hlavní funkcí geosyntetických materiálů je redukovat velikost napětí a vznik deformací či poruch, zlepšit a zachovat dlouhodobou deformační odolnost vybudované podkladové vrstvy.

Aplikace myšlenky soustavné filtrace mezi dvěma konstrukčními vrstvami materiálu různé zrnitosti, která je známá ze 30. let minulého století (Karl Terzaghi a Arthur Casagrande), byla v roce 1940 uplatněná Bertramem (zemní filtr). Drenážní a těsnicí funkce v zemních konstrukcích se poprvé uplatnila v 30. letech minulého století, v souvislosti s výrobou syntetické gumy. Další vývoj a uplatnění geosyntetik souvisí s vývojem a objevy syntetických polymerů. [27]

2.2 Objevy syntetických polymerů

Pojem polymeru jako látky složené z většího počtu základních jednotek - merů - zavedl švédský vědec J. J. Berzelius v roce 1833. Zrození makromolekulární chemie nastalo až v roce 1861, objevem T. Grahama. K průmyslové výrobě došlo roku 1868 a to zahájením výroby nitrocelulózy. Syntetické polymery se však začaly vyrábět až o 40 let později. V období 1925 až 1950 došlo k zavedení velkého počtu syntetických produktů, jako jsou plasty a kaučuky. [10]

Polymery jsou makromolekulární látky. Makromolekuly tvoří velký počet atomů vázaných chemickými vazbami do dlouhých řetězců. V těch se pravidelně opakují tzv. monomery, základní stavební jednotky. Počet těchto stavebních jednotek je dán číslem n , které se nazývá polymerační stupeň. Sloučeniny s vyšším polymeračním stupněm ($n > 10$) jsou polymery.

Přehled vývoje polymerů používajících pro výrobu geosyntetických prvků dle L. Ižvolta lze vidět v tabulce 2.1.

Název polymeru	Označení	Rok objevu
Polyvinylchlorid	PVC	1927
Vysokohustotný polyethylen	HDPE	1941
Polyester	PET	1950
Expandovaný polystyrén	EPS	1950
Spojité nízko-hustotný polyetylén	LDPE	1956
Polypropylén	PP	1957
Chlórosulfidový polyetylén	CSPE	1965

Tab. 2.1: Přehled polymerů

2.2.1 Rozdělení polymerů

Podle původu:

- Přírodní - biopolymery (např. proteiny, polysacharidy), mohou být původní nebo chemicky upravené - modifikované.
- Syntetické (např. polyethylen, polypropylen).

Podle typu chemických reakcí:

- Polymery připravené polymerací.
- Polymery připravené polykondenzací.
- Polymery připravené polyadicií.

Podle tvaru molekul:

- Lineární (termoplasty).
- Rozvětvené (rozvětvený polyetylen).
- Zesíťované.

Podle chování při zvýšené teplotě:

- Termoplasty (po zahřátí se mohou tvarovat).
- Termosety (přechodně tvárné teplem, zahřátím se mění chemicky a tím ztrácejí plastičnost).

2.2.2 Vlastnosti polymerů

Vlastnosti makromolekulárních látek jsou závislé na jejich struktuře. Další hlediska, která jsou charakteristická pro polymery a která vysvětlují jejich specifické vlastnosti jsou:

- Velikost makromolekul - syntetický polymer je směs molekul s různým polymeračním stupněm, hodnoty fyzikálních konstant jsou proto udávány v určitém rozmezí. Polymery s nižším polymeračním stupněm jsou kapalné, lepkavé, rozpustné v organických rozpouštědlech a mají menší hustotu.

- Tvar molekul - výrazně ovlivňuje vlastnosti polymerů. Lineární polymery jsou termoplastické látky, rozvětvené mají omezenou rozpustnost, prostorově zesíťované jsou nerozpustné.
- Velikost atomů - chování polymeru rovněž ovlivňuje velikost atomů vázaných na hlavní řetězec.
- Energie chemické vazby - určuje vlastnosti a použitelnost. Má-li být polymer stabilní, musí mít co nejpevnější vazby mezi atomy v základním řetězci. Např. řetězce z atomů uhlíku jsou velmi pevné - energie vazby C-C je $348 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Charakter vazeb - přitažlivé mezimolekulární síly působící mezi řetězci zvyšují pevnost, odolnost proti rozpouštědlům, zvětšují teplotu tání.
- Nevýhodné vlastnosti - měkkost, bobtnání v rozpouštědlech, nenasákavost, hořlavost, rozklad na zdraví škodlivé produkty.

2.2.3 Využití polymerů

Syntetické materiály jsou díky svým převládajícím prakticky využitelným vlastnostem jako je lehkost, snadná opracovatelnost, odolnost vůči korozi, oděru, chemikáliím, schopností tepelné i elektrické izolace, neodmyslitelnou součástí dnešního života.

Přehled významných polymerů pro geosyntetické prvky a jejich další využití:

- Polyetylen (PE), polypropylen (PP): výroba textilních vláken, nádob, potrubí, folií.
- Polyvinylchlorid (PVC): výroba potrubí, výlisků, podlahových krytin, koženky.
- Polystyren (PS): výroba laminátů, nátěrových hmot a izolačních materiálů.
- Polyester (PES): výroba textilních vláken, pryskyřic a nátěrových hmot.

[29] [32]

Využití polymerů je charakterizováno trvalou tendencí vzestupu. Celosvětová spotřeba plastů byla v roce 1977 asi 45 milionů tun, v roce 1980 vzrostla na 60 milionů tun, v roce 1990 se tyto hodnoty spotřeby dostaly až k 166 milionům tun. Přibližně $\frac{3}{4}$ veškeré spotřeby všech konstrukčních hmot jsou kryty plasty. [10]

3 ROZDĚLENÍ GEOSYNTETIK

V následujících kapitolách bude přiblížena problematika výztuže konstrukčních vrstev v silničním stavitelství pomocí geosyntetik. Bude zde popsáno jejich rozdělení na základě níže uvedených hledisek, dále pak jejich charakteristické vlastnosti. Geosyntetika, která se v současnosti ve světě používají, jsou rozdělena pomocí několika aspektů. Ty hlavní jsou:

- Použitý materiál.
- Technologie výroby.
- Tvar.
- Funkce.

3.1 Geosyntetika podle tvaru

Kapitola popisuje jednotlivé druhy geosyntetik, jejich vlastnosti, rozdělení a typ použití. Podle tvaru dělíme geosyntetika do tří skupin, to jsou:

- Jednorozměrná (pásková) - geopásky, geovlákná.
- Dvojitá (plošná) - geotextilie, geomříže, geosítě.
- Trojrozměrná (prostorová) - geobuňky.

3.1.1 Jednorozměrná výztuž

Geopás (GST) je polymerní materiál ve tvaru pásky o šířce obvykle ne více než 200 mm, používaný ve styku se zemínou a/nebo jinými materiály při zemních a stavebních pracích. [9]

3.1.2 Dvojitá výztuž

Geosyntetika se uplatňuje při rekonstrukcích stávajících vozovek i při výstavbě nových. V případě nových vozovek se aplikují především z důvodu výztužné funkce, která je popsána v kapitole 3.3. U rekonstrukcí stávajících stavů se geosyntetika používá z důvodu snížení reflexních trhlin, pro snížení nárůstu hloubky vyjetých kolejí, dále pak během opravy vozovek nižších tříd, kdy se stávající vozovka, která je poškozená síťovými trhlinami, zesílí asfaltovou vrstvou o malé tloušťce.

Geosyntetika nám tedy mohou sloužit pro oddálení a za určitých podmínek i zabránění vzniku trhlin. Hlavní přínos je v přenášení a následného roznášení tahového napětí na větší plochu. Výztuha by měla být použita tehdy, kdy dodává vozovce vlastnosti, které postrádá nebo je jejich dosažení za použití jiných technologií neekonomické. Geosyntetika se zejména z tohoto důvodu používá především pro

rekonstrukce. Nově navržená vozovka by totiž měla splňovat požadavky kladené na celou její konstrukci. Při výstavbě nových vozovek je použití geosyntetik především lokálního charakteru (křižovatky, autobusové zastávky). [36]

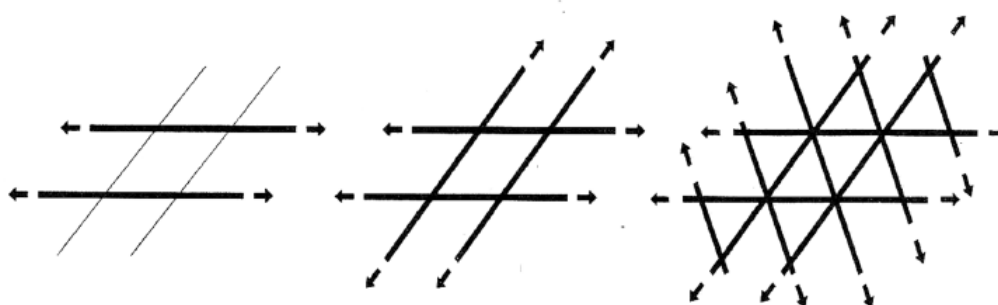
Druhy dvojrozměrných geosyntetik

Geotextilie (GTX) je dle normy EN ISO 10318 definována jako plošný, propustný, polymerní nebo přírodní textilní materiál používaný ve styku se zeminou nebo jinými materiály při zemních a stavebních pracích. Geotextilie může mít separační, výztužnou, filtrační, drenážní a ochrannou funkci. Představují nejvíce používaný geosyntetický materiál ve stavebnictví a v geotechnice. Používají se jako samostatný materiál anebo jako součást kompozitu.

Podle způsobu výroby, které jsou popsány v kapitole 3.2, rozdělujeme geotextilie na tkané s označením GTX - W (viz obrázek 3.4), netkané s označením GTX - N (viz obrázek 3.9), pletené s označením GTX - K (viz obrázek 3.5). [9]

Geomříž (GGR) je plošná polymerní struktura sestávající z pravidelné otevřené sítě, kterou tvoří vzájemně na sebe kolmé tahové podélné a příčné prvky, které jsou fixovány v místě protnutí kontinuálně svařením (extrudovaná mříž, viz obrázek 3.8), provazováním nebo lepením (viz obrázek 3.7), čímž se vytvoří otvory o velikosti 10 - 100 mm. Tyto otvory jsou většinou větší než částice zeminy, či horniny a tudíž mohou tyto částice pronikat skrz oka geomříže.

Geomříže patří mezi geosyntetika, která plní funkci výztužnou. Podle pevnosti převládající v daném směru rozeznáváme jednoosé geomříže, u kterých výrazně převládá pevnost v jednom směru výztuhy a dvouosá geomříž, kdy je pevnost v příčném i podélném směru srovnatelná. [8]



Obr. 3.1: Jednoosá, dvouosá a trojosá geomřížka [27]

Geokompozit (GCO) je sdružený materiál, který obsahuje mezi svými složkami nejméně jeden geosyntetický výrobek. Podle funkce, kterou bude v konstrukci vykonávat, dělíme geokompozity na:

- Geokompozit s drenážní funkcí (GCO - D) - je tvořen z drenážního prostorového jádra (geomatrace, geosít), které je obaleno z jedné nebo obou stran filtrační geotextilií.
- Geokompozit s protierozní funkcí (GCO - E) - protierozní prostorová geomatrace s geomříží, geotextilií nebo přírodním biodegradabilním materiálem.
- Geokompozit s ochrannou funkcí (GCO - P) - je tvořen dvěma vrstvami netkané a jednou vnitřní vrstvou tkané geotextilie. Spojení je prováděno mechanicky, tepelně nebo lepením.
- Geokompozit s výztužnou funkcí (GCO - R) - umožňuje při pokládce jedné vrstvy využít výhod netkané geotextilie a výztužné tkané či pletené geotextilie anebo geomříže, které prošíáním nebo tepelným spojením tvoří jediný celek. Používá se jak pro zeminy (separační a výztužná funkce) tak pro asfaltové vozovky (výztužná funkce) zejména při opravách. [9]

Podle TP 147 se rozlišují dva základní typy tohoto geokompozitu:

- Geokompozit s geomříží ze skelných vláken - geomřížka má obdobnou tloušťku jako geotextilie, je určena k zachycování vodorovných sil v konstrukci vozovky a pojivem nasycená geotextilie vytváří asfaltovou membránu a umožňuje správnou instalaci - přilepení k vrstvám vozovky.
- Geokompozit s geomříží na bázi polymeru - geomřížka má vyšší tloušťku než geotextilie. Z tohoto důvodu nám geomřížka umožňuje zaklínění větších zrn asfaltové směsi, díky tomu je možné předpokládat i zvýšení odolnosti hutněné asfaltové vrstvy proti tvorbě trvalých deformací. Geotextilie opět umožňuje správnou instalaci, tedy přilepení k vrstvám vozovky. [23]

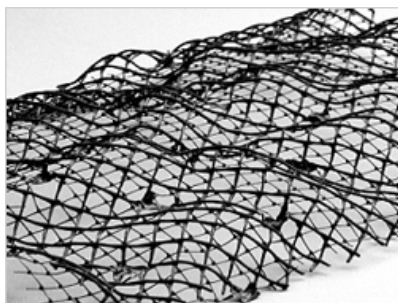
3.1.3 Trojrozměrná výztuž

Trojrozměrná (prostorová) geosyntetika mají největší zastoupení při zajištění protierozní ochrany, zejména svahů pozemních komunikací, říčních břehů, vodních příkopů a dalších. Trojrozměrná geosyntetika jsou pro tyto typy staveb nejlepší volbou z důvodu zajištění spolupůsobení s kořenovým systémem rostlin. K ochraně proti půdní erozi je tedy využito přirozené vegetace. Protierozní funkce bude podrobněji popsána v kapitole 3.3. V následující kapitole bych ráda přiblížila jednotlivé trojrozměrné výztužné prvky.

Druhy trojrozměrných geosyntetik

Georohož - Geomatrace (GMA) je trojrozměrná propustná struktura vyrobená z polymerních monofilamentů (vlasec neomezené délky, bez zákrutu, látkově homogenní s mikrorozměry zpravidla většími než 0,1 mm) nebo jiných prvků (syntetických nebo přírodních) mechanicky, tepelně, chemicky nebo jinak spojených. Tento druh geosyntetiky je používán např. pro zadržení částic zeminy při ohumusování svahů, kořenů nebo malých rostlin při zemních a stavebních pracích.

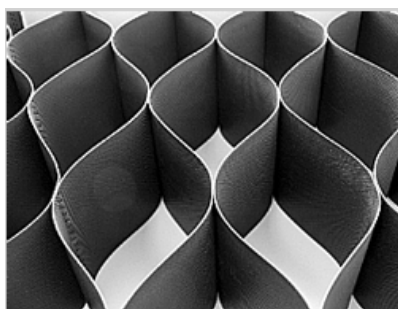
Detail vybrané geomatrace lze vidět na obrázku 3.2.



Obr. 3.2: Georohož [5]

Geobuňka (GCA) je trojrozměrná propustná polymerní (syntetická nebo přírodní) voštinová struktura nebo struktura ve tvaru včelího plástu, vyrobená jako prefabrikát nebo sestavená na stavbě z pásů geotextilie nebo geomembrány, spojená (sešitá, svázaná, svařená, slepená) střídavě, používaná jako protierozní prvek např. pro zadržení částic zeminy, kořenů nebo malých rostlin při zemních a stavebních pracích.

Detail vybrané geobuňky můžeme vidět na obrázku 3.3.



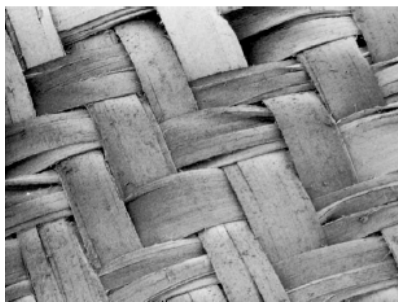
Obr. 3.3: Geobuňka [6]

Zemní distanční vložka (GSP) je trojrozměrná polymerní struktura navržená pro vytvoření vzduchového prostoru v zemině anebo jiných materiálech při zemních a stavebních pracích. [9]

3.2 Geosyntetika podle technologie výroby

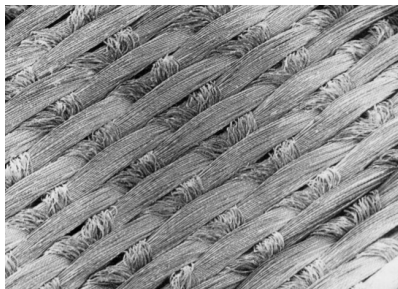
Níže budou blíže popsány výrobní technologie, které byly zmíněny již v předchozí kapitole. Technologie výroby je zvolena na základě požadavků kladených na funkce a vlastnosti geosyntetiky, také závisí na druhu použitého materiálu a na typu výrobku. Způsob výroby bývá patrný už z názvu geosyntetiky, např. tkaná geotextilie. [27] Tyto druhy i některé další, bych ráda uvedla a jednotlivé pojmy vysvětlila.

- Tkaní - jde o výrobu plošné textilie z jedné nebo více soustav v podélném směru a z jedné nebo více soustav ve směru příčném. Tyto soustavy jsou navzájem propleteny v kolmém směru na tkalcovském stavu. Detail vybrané tkané geotextilie je vidět na obrázku 3.4.



Obr. 3.4: Geotextilie tkaná z řezaných pásků [15]

- Pletení - výroba plošné textilie z nití, které jsou vytvarovány do oček a vzájemně propleteny. Při této technologii může být použito i dalších vazebných prvků uspořádaných do sloupků či řádků. Detail vybraných pletených geotextilií je vidět na obrázku 3.5 a 3.6.

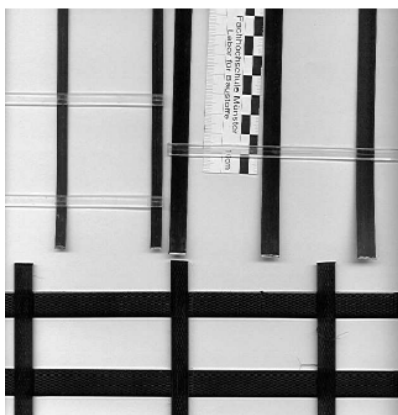


Obr. 3.5: Pletená geotextilie - horní povrch [12]



Obr. 3.6: Pletená geotextilie - spodní povrch [12]

- Spojování - technologie, při které jsou plošné nebo délkové útvary spojeny svařením (laser, ultrazvuk, tepelně) anebo lepením. Detail spojované geosyntetiky můžeme vidět na obrázku 3.7.

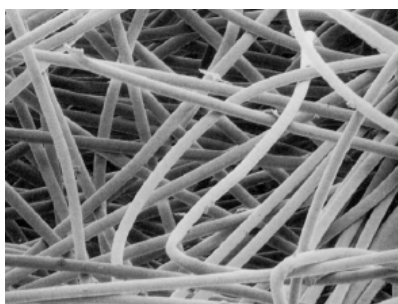


Obr. 3.7: Spojovaná geomříž [7]

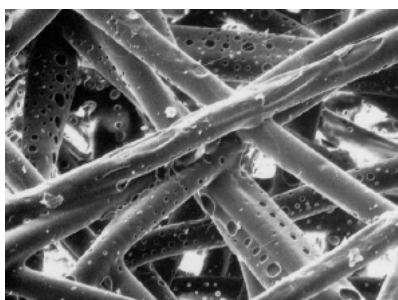
- Extrudování - protlačovaný pás z polyolefinů (což jsou fólie s výbornými vlastnostmi v tahu, s vysokými pevnostmi a odolnostmi proti průrazu) je perforován a následně, dle typu geomříže, natahován mechanicky nebo přes systém válců s narůstající rychlostí jejich otáčení. Detail vybrané extrudované geosyntetiky lze vidět na obrázku 3.8.
- Mechanické zpevnění - jde o zpevnění plošné textilie mechanickým zpevněním, jako je vpichování, proplétání anebo jejich kombinace. Detail vybrané mechanicky zpevněné plošné geotextilie je vyobrazen na obrázku 3.9.
- Termické zpevnění - technologie výroby, při které se plošná textilie zpevní pomocí tepla, které způsobí sražení nebo spojení v dotykových bodech působením teploty (viz. obrázek 3.10).
- Chemické spojení - plošná textilie je spojena pomocí pojiva, které slepením anebo rozpuštěním některých vláken vytvoří kompaktní výrobek. [9]



Obr. 3.8: Extrudovaná geomříž [7]



Obr. 3.9: Mechanicky pojená netkaná geotextilie [11]



Obr. 3.10: Tepelně pojená netkaná geotextilie [11]

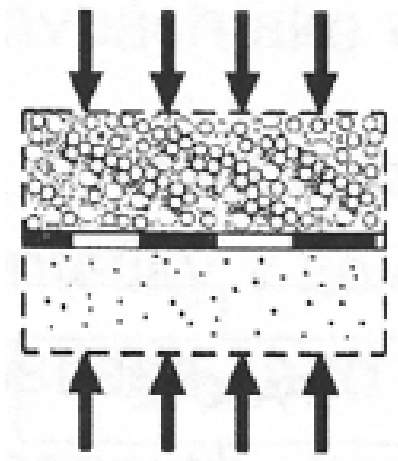
3.3 Geosyntetika podle funkce

Z hlediska funkce může geosyntetika plnit v konstrukcích prvotní (primární) anebo druhotnou (primární a sekundární, popřípadě i terciární) funkci. Všechny tyto možné funkce jsou popsány níže.

Separační funkce (S)

Základní funkce geosyntetiky s touto vlastností je oddělení dvou různých materiálů, mezi které byla vložena, aby bylo zabráněno vzájemnému promísení těchto materiálů a následnému znehodnocení jejich funkce v konstrukci stavby.

TP 97/2008 udává, že při návrhu geosyntetiky - geotextilie, která má podle požadavků splňovat separační funkci, je nutno uvážit především zrnitost a ostrohranost materiálu, který se má na geotextilii nasypat. Další hledisko, na které je třeba brát ohled při volbě geotextilie, je technologie ukládání, např. hrnutí materiálu buldozery či vyklápění z nákladních aut. Při ukládání hrubozrnnějšího a ostrohrannějšího materiálu a při větší výšce pádu při vyklápění by měla být zvolena robustnější geotextilie. U měkkého podloží by kromě robustnosti měla mít geotextilie i dostatečnou průtažnost při vyrovnávání deformací při zatlačování zrn sypaniny a následné konsolidaci. Schéma separační funkce je vidět na obrázku 3.11.



Obr. 3.11: Separační vrstva pod sypaninou [27]

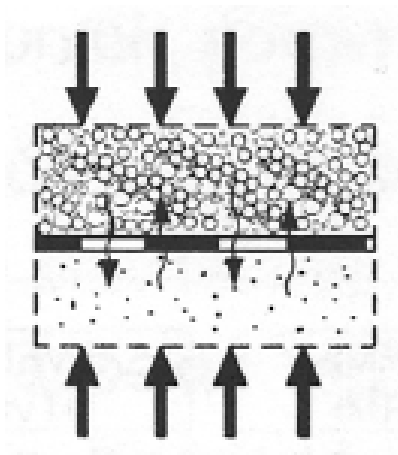
Filtrační funkce (F)

Filtrační funkce zamezuje vyplavování jemných částic z jedné vrstvy zeminy do druhé, přičemž umožňuje proudění kapaliny ve směru kolmém na geosyntetikum.

Správná funkce geosyntetiky, převážně geotextilie, jako filtru záleží na vytvoření minerálního filtru ze zrn zeminy. Správně navržený geotextilní filtr musí dle TP 97/2008 splňovat tři podmínky:

- Umožňovat průchod vody tak, aby nedocházelo ke zvýšení tlaku vody v pórech před filtrem - splňuje geotextilie s vysokou propustností.
- Zabraňovat pohybu částic chráněné zeminy - splňuje geotextilie s malými otvory.
- Nesmí dojít k ucpání filtru částicemi chráněné zeminy.

Mezi těmito podmínkami je třeba pro vhodný návrh geotextilního filtru hledat kompromisy. Pro správný návrh filtru slouží kritérium propustnosti a kritérium zadržení a zabránění ucpání. Schéma filtrační funkce je zřejmé z obrázku 3.12.



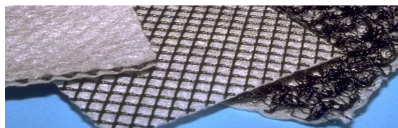
Obr. 3.12: Filtr při funkci odvodnění [27]

Drenážní funkce (D)

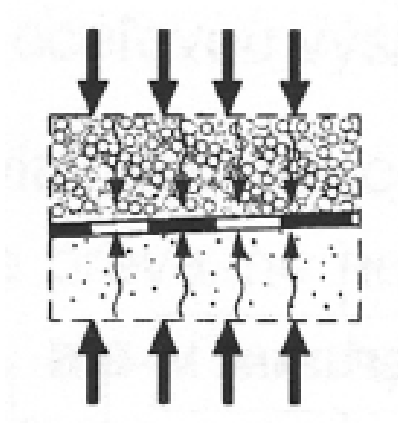
Cílem geosyntetiky s drenážní funkcí je shromáždit a odvést atmosférické srážky, podzemní vodu a jiné tekutiny ze zemní konstrukce v požadovaném množství po celou dobu životnosti konstrukce. Z hlediska drenážní funkce TP 97/2008 uvádí dva typy geosyntetik:

- Plošné drenážní kompozity složené z jedné nebo dvou vrstev netkané filtrační geotextilie a z jádra, které je tuhé nebo poddajné, tvořené geosítí nebo rounem.
- Pásové drenážní prvky (geodrény) obdobně složené jako plošné drenážní kompozity (vnější obal z netkané geotextilie a jádro mírně stlačitelné nebo tuhé).

Detail vybraného geokompozitu s jádrem z geosítě / geomatrace je možné vidět na obrázku 3.13, schéma drenážní funkce na obrázku 3.14.



Obr. 3.13: Geokompozit s drenážní funkcí [4]



Obr. 3.14: Drenáž při funkci odvodnění [27]

Ochranná funkce (P)

Geosyntetika s ochrannou funkcí chrání jinou geosyntetiku, jiné konstrukční prvky nebo materiály před mechanickým poškozením. Při volbě geosyntetiky s touto vlastností je třeba brát ohled na citlivost chráněné konstrukce na poškození, druh materiálu určeného k zásypu a také na schopnost geosyntetiky absorbovat účinky od zasypávané zeminy.

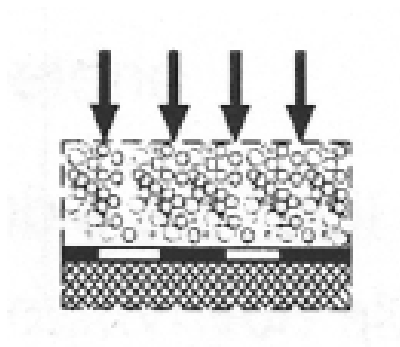
Podle TP 97/2008 jsou nejvhodnější volbou pro ochrannou funkci netkané geotextilie s plošnou hmotností vyšší než 400 g/m^2 nebo geokompozit o minimální tloušťce 4 mm. Kromě těchto typů můžeme použít i jiné druhy geosyntetiky, které musí splňovat následující požadavky:

- Pevnost v tahu $> 10 \text{ kN/m}$.
- Odolnost proti protlačení (CBR) $> 4 \text{ kN}$.
- Odolnost vůči proražení $< 3 \text{ mm}$.
- Tloušťka při zatížení $2 \text{ kPa} > 4 \text{ mm}$.

Schéma ochranné funkce lze vidět na obrázku 3.15.

Protierozní funkce (E)

Protierozní funkce geosyntetiky spočívá v zabránění pohybu zrn zeminy, chrání konstrukční vrstvu nebo jiné materiály před povětrnostními vlivy nebo poškozením

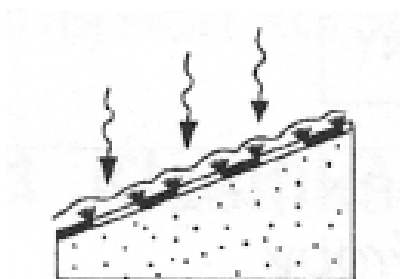


Obr. 3.15: Ochrana vrstev proti poškození [27]

vodou. Tato funkce bývá nejčastěji používána jako dočasná a to do doby, než dojde k uchycení přirozeného porostu.

K pohybu zrn zeminy dochází především na povrchu svahu násypu, na jeho sklon i výšku je důležité brát ohled při návrhu vhodného geosyntetika. Dalšími aspekty při dimenzování jsou charakter chráněné zemina a odolnost vůči UV záření.

Druhy geosyntetik, které se používají k zamezení povrchové eroze zeminy, jsou především kompozity. Protierozní geosyntetický kompozit se skládá z prostorové geomatrace v kombinaci s geomříží, geotextilií nebo přírodním biodegradabilním materiálem (sláma, kokos, len, doplněných případně i o travní semeno). Schéma protierozní funkce je možné vidět na obrázku 3.16.



Obr. 3.16: Ochrana svahu proti erozi [27]

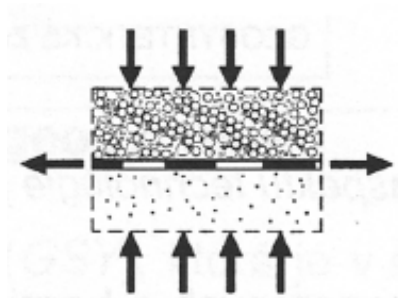
Výztužná funkce (R)

Výztužná geosyntetika vyznačovaná vysokou pevností v tahu a vzájemným spolupůsobením se zeminou umožňuje redukování možnosti vzniku deformací zemní konstrukce, resp. návrh hospodárnější konstrukce. Vyztužením zemního tělesa se dosáhne:

- Zvýšení stability.

- Snížení nerovnoměrných deformací.
- Možnosti použití podmíněčně vhodných a nevhodných zemin do násypů.
- Zmenšení záboru pozemků (zvýšení sklonu svahu).
- Zlepšení estetického působení a začlenění do krajiny.
- Snížení nákladu ve srovnání s tradičními konstrukcemi (opěrné zdi).

Schéma výztužné funkce lze vidět na obrázku 3.17. [25]



Obr. 3.17: Vyztužení podkladních vrstev [27]

Funkce	Typ vhodné geosyntetiky
Separační	geotextilie(GTX-N, GTX-W, GTX-K), geomembrána, geokompozit
Výztužná	geomříž
Filtrační	geotextilie(GTX-K, GTX-W), geokompozit drenážní
Drenážní	geokompozit drenážní
Těsnící	geomembrána, geokompozit
Ochranná	geotextilie(GTX-N), geokompozit drenážní

Tab. 3.1: Přehled použití vhodných geosyntetik podle požadované funkce dle Ižvolta [27]

4 PŘEHLED VLASTNOSTÍ GEOSYNTETIK

4.1 Vlastnosti geosyntetik dle TP 97

Základní vlastnosti geosyntetických materiálů požadované při výstavbě pozemních komunikací a jejich zkoušení udává ČSN EN 13249. TP 97 uvádí také další vlastnosti, které evropská norma nepožaduje. Ty můžeme rozdělit na dvě skupiny. První vyjadřuje popisné a indexové vlastnosti, např. tloušťku a do druhé skupiny řadíme fyzikálně mechanické vlastnosti, např. takovou pevnost nebo propustnost.

4.1.1 Popisné a indexové vlastnosti

Plošná hmotnost

Plošná hmotnost je důležitá veličina především u netkaných geotextilií. Plošné hmotnosti těchto geotextilií se pohybují od 70 do 1200 g/m², podle požadavků je možné dosáhnout i hodnot mimo uvedené rozmezí.

Plošná hmotnost se stanovuje zvážení vyříznutého čtverce s rozměry 100 x 100 mm. V případě, že se jedná o hrubší strukturu geotextilie, se vyřeže podle přesné šablony větší čtverec, např. 300 x 300 mm. Podle plošné hmotnosti rozhodujeme o použití dané geotextilie, hrubší použijeme k ochraně či drenáži, lehčí pro separaci a střední pro filtraci.

Doplňkovým údajem plošné hmotnosti je objemová hmotnost polymeru (větší nebo nižší než vody) a údaj o vlákně (pro 1 tex váží 1km vlákna 1g).

Plošná hmotnost slouží jako kontrolní zkouška plošného geosyntetika před zabudováním do konstrukce zemního tělesa, tedy geomříže, geosítě, geotextilie.

Tloušťka geosyntetika

Tloušťka se pro separační, filtrační a výztužné funkce pohybuje v řádu jednotek mm. Geosyntetika sloužící pro ochranu mohou mít tloušťku i v cm.

Pro plnění drenážní funkce se změna tloušťky definuje jako funkce zatížení. Zkouška tloušťky se provádí při zatížení svislým napětím 2,20 a 200 kPa.

Velikost charakteristické průliny

Rovnoměrné filtrační průliny (póry) nacházíme u tkaných geotextilií, pletených, u geomříží a geosít. Velikost těchto pórů se určuje přímým měřením.

Netkané geotextilie však vykazují nerovnoměrné póry. Jejich velikost závisí na průměru a hustotě vláken, na tloušťce geotextilie a typu propojení vláken.

Velikost charakteristické průliny, maximální a minimální průměr průlinového kanálu uvádí výrobce či dodavatel.

4.1.2 Fyzikálně-mechanické vlastnosti geosyntetik

Propustnost

Propustnost geotextilií je velmi vysoká. Filtrační součinitel se pohybuje řádově v rozsahu $1 \cdot 10^3$ do $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, to odpovídá propustnosti štěrků a písků. Pro stanovení rychlosti proudění vody se použije Darcyho zákon:

$$v = k_g \cdot i$$

kde v [m/s] je rychlost proudění vody, k_g [m/s] je filtrační součinitel a i [-] je hydraulický gradient.

Tahová pevnost a průtažnost a pevnost v tahu švů a spojů

Tahová pevnost závisí na mnoha faktorech, ty hlavní jsou:

- Typ zatížení - jednoosé či rovinné.
- Tvar zkoušeného vzorku.
- Velikost bočního zatížení.
- Rychlost provedení zkoušky.
- Upnutí vzorku a tvarování čelistí.
- Teplota ve zkušební místnosti.

Zkouška pevnosti se provádí na vzorcích o šířce pásu 200 mm, který nazýváme široký proužek.

Tkané geotextilie a pleteniny dosahují pevnosti více než 1 000 kN/m, rozsahy pevnosti jsou tedy značné. Hodnoty pevnosti netkaných geotextilií jsou nižší, pohybují se od 5 do 50 kN/m.

Vliv času na přetvárné charakteristiky - creep

Pro stanovení dlouhodobé funkce výztužných geosyntetik je znalost creepu (důsledek vnějšího zatížení a času) velmi důležitá. Pro pozemní komunikace a mosty je doba životnosti nejméně 100 let. Pro životnost konstrukce delší než 50 let musí výrobce geosyntetik doložit hodnoty creepového součinitele.

Podle úrovně napětí, tj. poměru konkrétního zatížení ku zatížení při porušení v tahu pro krátkodobou zkoušku, rozlišujeme creep ustálený (nízká úroveň - rychlost přetváření s časem klesá) a creep neustálený (vysoká úroveň - rychlost přetvoření s časem roste až k porušení).

Smykový odpor kontaktu geosyntetikum - zeminy

Smykový odpor kontaktu je nutné laboratorně prokázat v případě, kdy hraje významnou roli, např. při výztužné funkci.

Ověření je nutné pro:

- Možnost posouzení celkové stability zemního tělesa.
- Zjištění, zda smykový odpor bude schopný přenést požadovanou tahovou sílu při plnění výztužné funkce.

Zkoušení se provádí:

- Modifikovanou krabicovou smykovou zkouškou.
- Zkouškou na vytržení geosyntetika.
- Zkouškou na nakloněné rovině.

U geomříží, případně i u geokompozitů je smykový odpor příznivější než u geotextilií, a to z důvodu umožnění zaklínění zrn zeminy do otvorů těchto geosyntetik, čímž se zlepšuje odpor tohoto kontaktu. Je však nutné, aby byl průměr otvoru 2x až 3x větší než je průměr zrn d_{50} příslušející 50 % propadu zeminy.

Mechanická odolnost geosyntetik

Náchylnost geosyntetik na poškození se zvyšuje s velikostí zrn a ostrohranosti použité sypaniny. Drcené kamenivo obecně poškozují geosyntetické materiály více než jemnozrnná zemina. Tento účinek je ale vyvážen vyšší smykovou pevností.

Zkoušky mechanické odolnosti:

- Zkouška protlačování válcového razníku (CBR).
- Kuželová zkouška.
- Zhutňovací zkouška - ověření poškození geosyntetika při zabudování.
- Zkouška klouzavého bloku - poškození geosyntetika v důsledu oděru.

Zkoušky trvanlivosti

Geosyntetika mají vysokou odolnost vůči běžnému zemnímu prostředí, zejména proti působení vlhkosti, hnilobám, plísňovým organismům. Vyjímkou je prostředí obsahující látky působící na geosyntetika nepříznivě, jako je alkalické prostředí, které urychluje stárnutí polyethylenu nebo vysoké teploty.

Životnost geosyntetik je pod zemí téměř neomezená, avšak jednotlivé polymery mohou podléhat degradaci dlouhodobým účinkem světla, vody, povětrnostních vlivů, chemismu obklopujícího prostředí a zatížení. Největší degradace nastává dlouhodobým působením UV záření před zabudováním do zemní konstrukce nebo nesprávnou pokládkou do zemní konstrukce, vystupuje-li geosyntetika mimo.

Zkoušky trvanlivosti slouží k posouzení odolnosti vůči:

- UV záření (při obalování vrstev, u gabionových košů) viz obrázek 4.1.
- Chemické degradaci - zejména u geosyntetik používané na skládkách odpadů.
- Hydrolýze v alkalickém prostředí - zejména v případě, kde bylo použito vápno k úpravě zeminy, a kde geosyntetika nejsou chráněny proti působení tohoto prostředí (např. pastou z PVC).
- Oxidaci.
- Mikrobiologické degradaci. [25]



Obr. 4.1: Rozklad polypropylenu vlivem UV záření [31]

4.2 Technické požadavky na geosyntetika dle TP 147

Technické podmínky stanovují zásady pro použití asfaltových membrán a výztužných prvků při výstavbě, opravách a rekonstrukci vozovek pozemních komunikací.

Geosyntetika se kladou na postřík kationaktivní modifikovanou asfaltovou emulzí. Dávkované množství pod geosyntetika se pohybuje od 1,0 do 1,5 kg/m^2 zbytkového asfaltu. Množství postříku se liší, vždy závisí na místních podmínkách. Je dáno, že šířka postříku musí přesahovat šířku pásu geosyntetika o 100 mm.

Geosyntetika používaná v konstrukci vozovky se obvykle vyrábí z PES, PP, PVA, také z oceli a skla.

Vlastnost	Jednotka	min.	max.	Zkoušeno podle
Pevnost v tahu	kN	20	-	ČSN EN ISO 10319
Tažnost	procento	-	15	ČSN EN ISO 10319
Velikost oka	mm	60 x 60		

Tab. 4.1: Požadavky na geomříž

Požadavky na geokompozit s geomříží na bázi polymeru se od požadavků na geokompozit s geomříží ze skelných vláken uvedených v tabulce 4.2 liší v požadavcích na geomříž. Předepsané vlastnosti instalační geotextilie zůstávají neměnné.

Vlastnost	Jednotka	min.	max.	Zkoušeno podle
Geomříž				
Indexová pevnost	kN	50	-	ISO 3341
Indexová tažnost	kN	-	3	ISO 3341
Velikost oka	mm	30 x 30		
Instalační geotextilie				
Pevnost v tahu	kN	0,5	-	ČSN EN ISO 10319
Plošná hmotnost	g/m^2	100	-	ČSN EN 965

Tab. 4.2: Požadavky na geokompozit s geomříží ze skelných vláken

Vlastnost	Jednotka	min.	max.	Zkoušeno podle
Geomříž				
Indexová pevnost	kN	20	-	ČSN EN ISO 10319
Indexová tažnost	kN	-	15	ČSN EN ISO 10319
Velikost oka	mm	60 x 60		

Tab. 4.3: Požadavky na geokompozit s geomříží na bázi polymeru

Přípevnění geosyntetik

Přípevnění se liší podle druhu geosyntetik. Geosítě a geomříže většinou výrobci spojují tepelně nebo prošitím s netkanou geotextilií v jeden celek, a to z důvodu snadného přípevnění k podkladu. Geotextilie kompozitu po následném položení nasákne asfalt a po vyštěpení je geosít či geomříž pevně přípevněna k podkladu.

Dalším řešením je použití lepidla na spodní líc geosyntetika. Vrstva lepidla je chráněna fólií, která se při pokládce odstraňuje.

U geosyntetik, jejichž součástí není instalační geotextilie a není využito lepící vrstvy, se provádí přípevnění pomocí hřebů. Hřeby se osazují na začátku a konci pásu a po ploše min. 1 hřeb na ploše $2 m^2$, dále v místech příčných a podélných spojů.

Pokud provádíme pokládku celoplošně nebo pokládku na plochu, která převyšuje rozměr dodávaných geosyntetik, jednotlivé role je nutné spojit. Podle druhu geosyntetika rozlišujeme 4 druhy spojování:

- Na sraz bez přesahu.
- S přesahem.
- S přesahem s přípevněním hřeby.
- S přesahem s přípevněním speciálními sponami.

U spojování geosyntetik přesahem musí být šířka přesahu minimálně 150 mm (viz obrázek 4.2). Na příčných stycích dvou rolí je nutno použít pro připevnění hřeby s podložkami, ve vzdálenosti 0,5 m. Přesahy musí být navíc ještě opatřeny spojovacím postříkem. Další podmínkou pro spojování tímto způsobem je stykování maximálně 2 vrstev geosyntetik.

Při používání geosyntetik na omezených plochách nesmí být minimální kotevní délka geosyntetika (vzdálenost konce geosyntetika od opravované poruchy) menší než 0,75 m. V případě rozšiřování vozovky, velkých rýh a míst, kde se očekává vznik velkých trhlin, nemá být kotevní délka menší než 0,90 m.

Tloušťka krytu nad geosyntetikem musí odpovídat tloušťce, kterou udává výrobce. Tloušťka se obvykle pohybuje v rozmezí 40 - 70 mm. Pokud výška krytu neodpovídá doporučeným hodnotám, může dojít k poškození vozovky smykovými silami od dopravy. Při opravě reflexní trhliny je hloubka uložení geosyntetika od povrchu vozovky podle TP 115 minimálně 0,90 m.

V případě užití geosyntetik při výstavbě vozovek je příznivě ovlivněna životnost asfaltových vrstev. Díky geosyntetice je oddálena nutnost údržby a oprav. [23]



Obr. 4.2: Přesah geosyntetiky [37]

5 APLIKACE GEOSYNTETIK A JEJÍ CHYBY

5.1 Proces pokládky geosyntetika

Aplikování samostatné geosyntetiky je nejnáročnějším krokem celého procesu, který je započat průzkumem vozovky s následným sledováním chování vozovky při působení vnějších vlivů. Před vlastní pokládkou musí být geosyntetika dodána na stavbu se všemi potřebnými doklady, které udává Nařízení vlády č. 190/2002 Sb.:

- Certifikát systému řízení výroby vydaný autorizovanou/notifikovanou osobou.
- Výrobce vydané ES prohlášení o shodě.
- Označení výrobku značkou CE.

5.1.1 Přejímka a kontrola na stavbě

Materiál dodaný na stavbu musí být patřičně zkontrolován. Kontrolu provádí objednatel/správce stavby nebo osoba jím pověřená. Objednatel může požadovat výsledky počátečních zkoušek typu (ITT, výrobce zajišťuje před uvedením na trh) a kontrolní zkoušky provedené výrobcem (nesmí být starší než 6 měsíců).

Geosyntetický materiál musí být průběžně označen na okraji vodorovným způsobem. Ty výrobky, jež nelze přesně identifikovat a kterým toto označení chybí, nesmějí být pro výstavbu použity.

Kromě kontroly dodávky se na stavbě provádí také ověření dodaného materiálu, a to několika způsoby:

- Zhotovitel provede porovnání dodaného materiálu se vzorkem dříve dodaným, např. ukázkovým, za přítomnosti správce stavby. Pokud se tímto ověřením zjistí, že dodaný materiál vykazuje horší vlastnosti, než které jsou požadované projektantem, je nutné, aby byl ze stavby odstraněn. V případě opačného případu, tedy při dodání kvalitnějšího výrobku, projektant stanoví možnost a vhodnost jeho použití.
- Zhotovitel ověří, převážně vizuálně, stav dodaného materiálu, kontrolou vnějšího mechanického porušení (deformace role, porušení obalu) za přítomnosti správce stavby. V případě výskytu viditelného porušení geosyntetika nebo role, musí zhotovitel tento materiál nahradit nepoškozeným materiálem splňujícím požadavky dokumentace stavby.
- Zkušebna s příslušnou způsobilostí provede kontrolní zkoušky v závislosti na účelu použití. Tyto kontrolní zkoušky jsou pořízené na náklady zhotovitele.

5.1.2 Skladování dodaného materiálu

Po provedení kontroly dodaného materiálu na stavbu, je třeba tento materiál uskladnit, aby bylo zamezeno zhoršení mechanických vlastností před vlastním použitím. Z tohoto důvodu musí mít všechny sklady materiálu pro vyztuženou zemní konstrukci dostatečné rozměry. Ty by měly být dostačující pro manipulaci se skladovaným materiálem, tedy pro umožnění vykládky, nakládky a přemísťování materiálu bez jeho poškození a znečištění. Je třeba klást důraz především na vyloučení možnosti mechanického porušení geosyntetiky, např. při skládání nebo ukládání. Geotextilie je třeba chránit před deštěm, sněhem a znečištěním, které by mohlo snižovat filtrační schopnosti. [25] [37] Nevhodné zacházení při přepravě a skladování na staveništi lze vidět na obrázcích 5.1 a 5.2 převzatých z přednášky Ing. D. Grepla a Ing. V. Trávníčka na konferencích v Praze a Brně [37].



Obr. 5.1: Nevhodné skladování geosyntetik na stavbě



Obr. 5.2: Nevhodná přeprava geosyntetika na stavbu

5.1.3 Pokládka geosyntetik

Předtím než bude zemina položena na geosyntetiku je třeba zkontrolovat povrch, na který ji chceme uložit a odstranit veškeré ostré předměty. Při opravách vozovky se povrch odfrézuje frézou. Veškerá porušení odfrézovaného povrchu se vyspraví (tryskovou metodou, ručním provedením postřiku s podrťováním) a všechny trhliny se vyčistí a utěsní. V případě oprav cementobetonových krytů se nerovný povrch



Obr. 5.3: Dopad nevhodného skladování na kvalitu geosyntetik

vozovky, případně i narušený trhlinami, srovná co nejtenčí vyrovnávací vrstvou z asfaltového koberce na spojovací postřík. Všechny trhliny musí být vyčistěny a utěsněny.

Pokládka geokompozitu

Geokompozit je kladen ručně nebo speciálním strojním pokladačem (viz obrázek 5.4) rovnoběžně s podélnou osou vozovky do nevyštěpené emulze viz kapitola 4.2. Důraz musí být kladen také na správné provedení spojení jednotlivých rolí podle podmínek uvedených v kapitole 4.2.



Obr. 5.4: Pokládka geokompozitu speciálním strojním pokladačem [33]

Pokládka geomříže

Geomříž může být stejně jako geokompozit kladena ručně nebo strojně, rovnoběžně s podélnou osou vozovky do nevyštěpené emulze. Požaduje-li výrobce předepnutí při pokládce následné vrstvy, musí se každá role na začátku připevnit ocelovými hřeby. Aby nedošlo ke ztrátě napínací síly, je geomříž připevněna hřeby k podkladu po celé ploše. Pokud tento požadavek výrobce neuvádí, přichytí se geomříž ocelovými

hřeby s podložkou v příčném směru ve vzdálenosti 0,5 m, aby nedošlo ke zvlnění při následné pokládce asfaltové vrstvy.

Výrobce dále může požadovat vytvoření ochranné vrstvy, jež sestává z předobaleného drceného kameniva s frakcí 8/11 v množství 7 kg/m^2 . Tato vrstva se po pokládce zaválcuje lehkým válcem bez vibrace. [23]

5.2 Úpravy a požadavky na položené geosyntetika

Geosyntetikum musí být dokonale rozprostřeno tak, aby nedocházelo k jeho zvlnění nebo přehybům. Nesmí tedy chybět kotevní spoje ani dostačující fixace. Pro vytužování je velmi důležité vypnutí výztuže, čímž je dosaženo rychlejšího zapojení geosyntetiky do přenosu zatížení.

Při zatěžování výztuže zeminou tzv. čelním přesypem musí být prováděno zasypávání ve směru překrytí. V opačném případě dochází k právě zmiňovanému zvlnění. Dalším problémem vznikajícím při zatěžování geosyntetik je nebezpečí poškození se zvyšující se hrubozrnností a ostrohranností použité sypaniny.

Co se týče problematiky vhodné zeminy, byla už v kapitole 4.1.2 zmíněna podmínka pro výběr správného průměru zrn zeminy v případě geomříže. Nejvhodnější volbou sypaniny není tedy velmi hrubozrnný materiál, a to z důvodu nedokonalého zaklínění zrn do ok geomříže. Ve struktuře vyztužované vrstvy tak zůstává nevyplněný prostor, který negativně ovlivňuje funkci této geosyntetiky. V opačném případě, čili použití příliš jemného materiálu pro zásyp, nenastává efekt zaklínění zrn zeminy do výztuže vůbec.

S největší pravděpodobností dochází k významnému porušení geosyntetika při pokládce a následném zahrnutí. Po položeném geosyntetiku nesmí v žádném případě pojíždět stavební ani dopravní prostředky, mimo finišeru používaného při pokládce následné asfaltové vrstvy, vozidla s asfaltovou směsí a válce potřebného pro zhutnění pokládané vrstvy. Tyto vozidla nesmí však na geosyntetice prudce brzdit, zrychlovat ani se otáčet a nesmí být tlačena finišerem při jeho plnění. Při navážení zeminy musí vozidla pojíždět po již rozhrnuté vrstvě.

Podle Ing. Václava Trávníčka a Ing. Dalibora Grepla je pro eliminaci všech těchto možných zmíněných poruch důležité dbát na důslednou kontrolu při provádění prací. Lidský faktor je pro výslednou funkčnost a kvalitu geosyntetiky klíčový. Při správné aplikaci se o využití svých vlastností postrají geosyntetika sama. [37] [23]

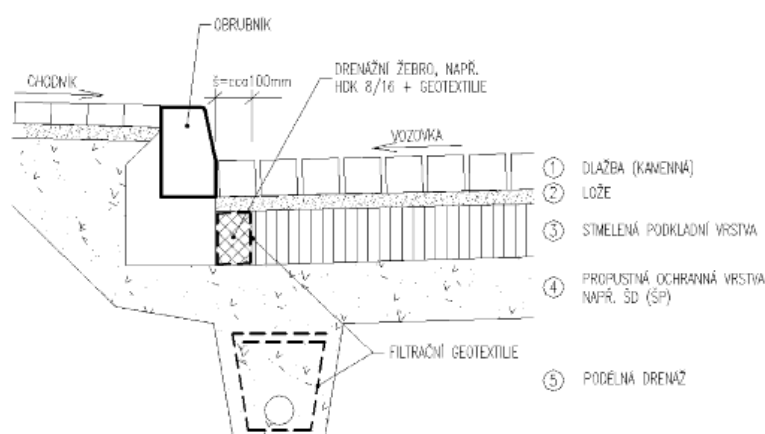
5.3 Příklady technologie pokládky

5.3.1 Aplikace geosyntetika jako filtrační vrstvy

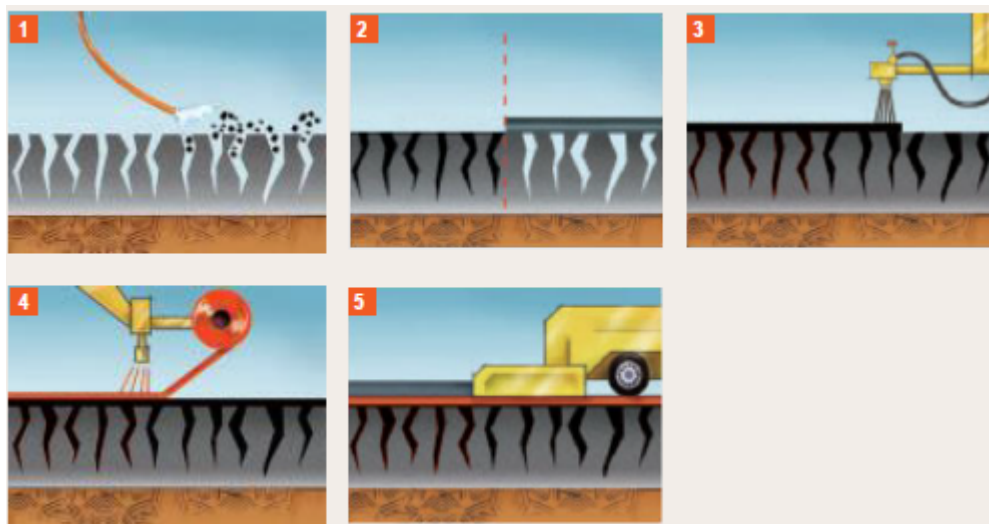
Doteď jsem se zabývala aplikací geosyntetika do jednotlivých vrstev konstrukce vozovky, avšak v oblasti dopravního stavitelství jsou využívány i k jiným účelům. Jednou z nich je vodorovné odvodnění násypů, plánů vozovek a jiných dopravních ploch. Pokud chceme dosáhnout správné funkce odvodnění je třeba dbát ohled na vlastnosti použité geotextilie, a to na hydraulickou propustnost a průměr průliny. V žádném případě by nemělo dojít k záměně s nepropustnou fólií, která je pro tyto účely naprosto nevhodná.

Geotextilie s filtrační schopností jsou určeny svou vysokou pórovitostí a propustností, při současném zabránění promíchání a prohnětení rozdílných zemin vlivem statických účinků. Dále zamezují vyplavování jemných částic zeminy prouděním vody.

V drenážních konstrukcích je lze použít s nebo i bez drenážních trubek v travivodech sloužících pro odvedení vody z vrstev vozovky. Geotextilie se používá na styku zeminy a zásypového drenážního materiálu nebo na styku drenážní trubky a zásypového materiálu, další možností je i aplikace do blízkého okolí drenážní trubky. Použití geotextilie na styku se zeminou je podmíněno dostatečnou šířkou, aby obsáhla celý průřez včetně přeložení, nesmí se totiž šířkově napojovat, a to z důvodu možného přerušení správné funkce filtrace. V podélném směru je možné geotextilii napojovat, v délce alespoň 200 mm. Detail aplikace filtrační geotextilie je zřejmý z obrázku, převzatého z Technických podmínek Ministerstva dopravy, kde je vidět použití s drenážní trubkou i bez ní. [30]



Obr. 5.5: Příklad odvodnění dlážděné vozovky a ochranné vrstvy s použitím filtrační geotextilie [24]



Obr. 5.6: Schéma úpravy krycí vrstvy asfaltu [34]

5.3.2 Princip opravy asfaltového krytu, kterou provádí firma TenCate

Tuto kapitolu bych ráda věnovala problematice geosyntetik pro údržbu vozovek. Informace jsem získala z publikace firmy TenCate, která vychází z dlouholeté zkušenosti. K údržbě asfaltových a betonových silnic používají jeden ze svých výrobků, geokompozit PGM z polypropylenu.

Instalace geosyntetiky do obrusné vrstvy krytu vozovky probíhá v pěti krocích. Nejdříve se očistí povrch vozovky, poté se vyplní trhliny a výtluky, popřípadě se aplikuje vyrovnávací vrstva. Na takto vyrovnaný povrch se rovnoměrně rozprostře základový nátěr, který musí přesahovat přes okraj instalovaného geokompozitu nejvýše 10 cm. Základový nátěr se volí dle klimatických podmínek a typu asfaltové krycí vrstvy, který bude nakonec nanesen. Do rozprostřeného nátěru se uloží geokompozit PGM pomocí speciálního pokladače. Upevňování, např. pomocí hřebíků, v tomto případě není nezbytné. A nakonec následuje pokládka asfaltu v tloušťce minimálně 40 mm. Jednotlivé fáze této metody jsou zobrazeny na obrázku 5.6.

Teplota asfaltové směsi během instalace nesmí překročit 160 °C, což odpovídá teplotě asi 190 °C při míchání.

Přínosem této úpravy je především vyztužení, izolace, trvanlivost, snadná instalace, možnost lokální bodové údržby, zpomalení šíření trhlin ze starého povrchu na novou krycí vrstvu a také odolnost proti silničním solím. [34]

6 ZAHRANIČNÍ ZKUŠENOSTI S GEOTEXTILIEMI

V následující kapitole se blíže zaměřím na rozdílnost některých zahraničních předpisů s naším předpisem TP 97.

Nejdelší historii, co se týče vývoje, zkoušení a tvorby systému pro geotextilie mají v Německu. Další důležitý vývoj proběhl ve skandinávských zemích (Finsko, Norsko, Švédsko), v Rakousku i ve Francii, nově i v pobaltských státech.

Technické textilie v Německu se začaly na stavbách pozemních komunikací objevovat v 70. letech minulého století, avšak nebyl zcela zřetelný důvod jejich použití a také požadavky, které by měly být kladeny na jejich funkci. Z tohoto důvodu začaly probíhat rozsáhlé testy těchto materiálů, jak na staveništích, tak i v laboratořích. Tyto testy vedly ke zjištění, že geotextilie by měly vykazovat separační funkci, tzn. zamezení promísení materiálu dvou vrstev a zároveň musí umožnit odvodnění kolmo k jejich rovině, při vyloučení zanášení jemných zrn do chráněné vrstvy.

Ve stejném období byly prováděny podobné testy pro přiblížení vlastností geotextilií ve skandinávských zemích. Výsledkem bylo zavedení systému pro geotextilie k zabudování do těles pozemních komunikací s funkcí separační a filtrační. Postupem času, se získáváním dalších zkušeností na základě výzkumu a vývoje, byl systém revidován a sladěn s předpisy EU, především v oblasti zkušebních norem.

Kromě objasnění jaké funkce mají geotextilie vykazovat, bylo důležité definovat okrajové podmínky, které na stavbách mohou nastat. V průběhu testování škály produktů s rozdílnými charakteristikami se jako stěžejní vlastnost jevila odolnost proti poškození během zabudování. Nejčastější chyby při pokládce byly zmíněny v předchozí kapitole (způsob pokládky a hutnění, druh zásypového materiálu). Aby tedy separační prvek vykazoval co nejlepší odolnost vůči těmto vlivům, bylo třeba definovat zkoušky, které by tuto mechanickou odolnost dostatečně popisovaly. Výsledné zkušební normy jsou v souladu s harmonizovanými evropskými normami, nedochází tak k rozporu v testování geotextilií pro možnost jejich uvádění na evropský trh a pro zabudování do konkrétních staveb v daných státech. [35]

6.1 Technické podmínky ministerstva dopravy TP 97

TP 97 Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací udává požadované vlastnosti podle funkce, která má geosyntetika vykazovat.

Jednotlivé požadavky již byly definovány v kapitole 4.1. Geosyntetika při zabudování musí vykazovat funkci separační i filtrační. Konkrétní hodnoty vybraných vlastností můžeme vidět v tab. 6.1.

Vlastnost	Jednotka	Fce. filtrační	Fce. separační
Plošná hmotnost	g/m^2	ndef.	≥ 100
Propustnost	m/s	$> 10^{-4}$	ndef.
Pevnost v tahu	kN/m	> 5	> 5
Průtažnost	%	> 10	$> 50^*$; $> 10^{**}$
Odolnost proti stat. protlačení (CBR)	kN	> 1	$> 3^*$; $> 2^{**}$
Odolnost proti protržení padajícím kuželem	mm	ndef.	$< 10^*$; $< 20^{**}$

Tab. 6.1: Požadované vlastnosti geosyntetik podle funkce

* - hrubozrnná sypanina na měkkém podloží

** - oddělení hrubozrnné sypaniny od jemnozrnné zeminy

6.2 Německý systém GRK (Geotextilrobustheitsklassen)

Tento systém řeší textilie netkané i tkané, jež jsou klasifikovány podle informace o uplatňování geosyntetik ve zpevňování podloží pozemních komunikací v pěti třídách podle robustnosti geotextilií. Jednotlivé třídy jsou charakterizovány prostřednictvím požadavků kladených na plošnou hmotnost, pevnost v tahu a na odolnost vůči protlačení. Tyto požadované hodnoty jsou udávány jako minimální, tzn. 95% interval spolehlivosti. Rozdělení netkaných textilií do tříd GRK dle požadovaných vlastností uvádí tabulka 6.2.

Kromě třídy GRK existují ještě další dvě dělení, podle kterých se vybírá geotextilie pro použití v daném prostředí. Požadovaná GRK třída vyplývá z přítomnosti sypkého materiálu (tab. 6.3) a očekávaného způsobu zabudování (tab. 6.4).

GRK	Síla k protlačení P [kN]	Plošná hmotnost m [g/m ²]
GRK 1	≥ 0.5	≥ 80
GRK 2	≥ 1.0	≥ 100
GRK 3	≥ 1.5	≥ 150
GRK 4	≥ 2.5	≥ 250
GRK 5	≥ 3.5	≥ 300

Tab. 6.2: Požadavky kladené na netkané geotextilie podle třídy GRK

Aplikace	Oblá zrna	Ostrohranná zrna
AS 1	Použití geotextilie, kdy mechan. namáhání kvůli sypkému materiálu nemá žádný vliv na výběr	Použití geotextilie, kdy mechan. namáhání kvůli sypkému materiálu nemá žádný vliv na výběr
AS 2	Hrubozrnné nebo smíšené zeminy podle DIN 18196	
AS 3	Hrubozrnné nebo smíšené zeminy až s 40 % kamenů	Hrubozrnné nebo smíšené zeminy podle DIN 18196
AS 4	Hrubozrnné nebo smíšené zeminy s více než 40 % kamenů	Hrubozrnné nebo smíšené zeminy až s 40 % kamenů
AS 5		Hrubozrnné nebo smíšené zeminy s více než 40 % kamenů

Tab. 6.3: Klasifikace dle volně loženého materiálu

(1) Pro snížení hloubky způsobené provozem je buď zvýšena tloušťka nebo se zlepší smyková pevnost sypkých materiálů.

V současnosti musí být v Německu všechny geotextilie určené pro výše uvedenou aplikaci certifikovány. Certifikace, která se koná dvakrát ročně, zahrnuje pravidelné audity ve výrobních závodech, odběry vzorků a jejich testování v nezávislých externích zkušebnách. [28]

6.3 Skandinávský systém NorGeoSpec (A Nordic system for specification and control for geotextiles)

NorGeoSpec je výsledkem projektu Nordisk Industrifond s finanční podporou silničních orgánů ve Finsku, Norsku a Švédsku a skupinou výrobců a distributorů

Použití	Instalace	Kompresa	Deformace způsobená provozem
AB 1	ručně	žádný vliv	bez provozu
AB 2	strojně	strojní	očekávaná hloubka <5cm
AB 3	strojně	strojní	očekávaná hloubka 5cm-15cm
AB 4	strojně	strojní	očekávaná hloubka 15cm-30cm
AB 5	strojně	strojní	očekávaná hloubka >30cm

Tab. 6.4: Dělení dle instalace geotextilií

	AB 1	AB 2	AB 3	AB 4	AB 5
AS 1	GRK 3				
AS 2	GRK 3	GRK 3	GRK 3	GRK 4	GRK 5
AS3	GRK 3	GRK 3	GRK 4	GRK 5	(1)
AS4	GRK 4	GRK 4	GRK 5	(1)	(1)
AS5	GRK 5	GRK 5	(1)	(1)	(1)

Tab. 6.5: Závislost GRK na AS a AB

geotextilií. Na tomto projektu spolupracují převážně správy silnic těchto zemí.

Cílem tohoto projektu je severský systém pro specifikaci a kontrolu geotextilií, který má pravděpodobně prospěšný vliv, jak ekonomicky, tak technicky. Tento systém je připraven především pro geotextilie s funkcí separační a filtrační, určené do pozemních komunikací. NorGeoSpec je založen na základě zkušeností z předchozích klasifikačních systémů skandinávských zemí a na nových poznatcích získaných z výzkumných projektů zahrnujících laboratorní a polní zkoušky geotextilií. Jak specifikace tak i zkušební metody musí být v souladu s evropskou harmonizovanou normou EN 13 249 "Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím - Vlastnosti požadované pro použití při stavbě pozemních komunikací a jiných dopravních ploch (kromě železnic a vyztužování asfaltových povrchů vozovek)".

NorGeoSpec zahrnuje:

- Obecné požadavky na geotextilie.
- Požadavky na vlastnosti, které musí být pro geotextilie deklarované výrobcem.
- Požadavky týkající se specifikace profilů.
- Pokyny pro výběr příslušného profilu.
- Systém pro kontrolu dodání geotextilie na místo.

Tento systém, podobně jako německý GRK, rozděluje geotextilie do pěti tříd. Jednotlivé třídy jsou specifikovány konkrétními požadavky pro určité vlastnosti, vyjadřované opět 95% intervalem spolehlivosti. Rozdělení tříd na základě vybraných

požadovaných vlastností blíže popisuje tabulka 6.6.

Vlastnost	Tolerance	1	2	3	4	5
Min. pevnost v tahu [kN/m]	-10 %	6	10	15	20	26
Min. deformace při max. zatížení [%]	-20 %	15	20	25	30	35
Max. kuželový pokles o průměru [mm]	+20 %	42	36	27	21	12
Max. char. velikost otvoru [mm]	±30%	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15

Tab. 6.6: Požadované hodnoty odpovídající 95% intervalu spolehlivosti

Splnění požadavků NorGeoSpec vyhláší pověřený NorGeoSpec certifikační orgán (NCB). Splnění požadavků lze dosáhnout dvěma různými postupy, to jsou certifikát kvality („Quality Certificate“, QC) nebo nezávislý produkt atestace („Independent Product Attestation“, IPA).

Četnost kontroly dodávek musí být u výrobků s QC minimálně každých 50 000 m^2 , ale nad 10 000 m^2 1 identifikační kontrola. Pokud v této kontrole produkt nevyhoví, rozhodne klient o dalším postupu, např. další testy pro ověření shody.

U výrobků s IPA dochází k prokazování shody každých 10 000 m^2 , ale minimálně 1 zkouška nad 1 000 m^2 . U těchto výrobků může být kontrola dodávek provedena jako zjednodušený postup (a Simplified Procedure) nebo jako rozšířená kontrola dodávek (an Extended Delivery Control). [1]

6.4 Uvedení geosyntetik na trh

Před uvedením geosyntetika na trh musí být provedeno posouzení shody (certifikace) podle postupu uvedeného v nařízení vlády. Výsledkem certifikace je Certifikát systému řízení výroby nebo Certifikát výrobku. Certifikát může být vydán jen autorizovanou osobou (AO), působí v rámci ČR nebo notifikovanou osobou (NO), v rámci EU. Platnost tohoto certifikátu je podmíněna pravidelným dohledem autorizované či notifikované osoby a je dokládána Kontrolními zprávami o dohledu (dohled provádí ČOI).

Výrobek je možné uvést na trh a do provozu pouze tehdy, pokud odpovídá ustanovením všech směrnic EU. Proto jsou veškerá geosyntetika na trh dodávána povinně s CE. Význam CE je Communauté Européenne, což znamená evropské společenství.

Označení CE na stanoveném výrobku vyjadřuje, že výrobek splňuje technické požadavky stanovené ve všech nařízeních vlády, které se na něj vztahují a které toto označení stanovují nebo umožňují, a že byl při posouzení jeho shody dodržen stanovený postup. CE se vztahuje na geosyntetika, pro které existují harmonizované normy (hEN). Tyto normy udávají jednotné požadavky na výrobky pohybující se na trhu EU, díky tomu není nutno geosyntetika opakovaně posuzovat v jiných zemích EU.

Pokud je stanovený výrobek opatřen označením CE, nesmí být souběžně označen českou značkou shody CCZ, nebo značkou, která by svým významem nebo podobou mohla vést k záměně s označením CE nebo s jiným stanoveným označením. [26] [22]

7 GEOSYNTETIKA V PRAXI

V následující kapitole bych ráda představila několik českých firem, které se zabývají výrobou a vývojem geosyntetických materiálů a některé jejich výrobky blíže charakterizovala. Hlediska, dle kterých jsem tyto společnosti pro svoji bakalářskou práci vybírala byly především historie společnosti, množství vyrobených produktů, projekty, na kterých se podíleli a také množství produkce vyváženého do zahraničí. Těmto aspektům nejlépe vyhovovali společnosti Juta a.s., Kordárna Plus, a.s., GEOMAT s.r.o.

7.1 Výrobní produkty společnosti Juta a.s.

Historie podniku sahá do druhé poloviny 19. století, kdy továrny v soukromém vlastnictví vyráběly příze, tkaniny, pytle, vázací motouzy a lana z přírodních materiálů.

Hlavní oblastí činnosti této společnosti dnes je výroba širokého sortimentu produktů z polypropylenů a polyethylenů, které jsou umístěny do oblasti stavebnictví a zemědělství a výroba technických materiálů z těchto surovin. V oblasti dopravních staveb jsou to především hydroizolační fólie Junifol, tkané geotextilie GeoJutex, netkané geotextilie geoNetex S, nopované fólie Junop, varovné pásy pro inženýrské sítě, drenážní geosyntetikum PetexDren.

Dle dokumentace, Výroční zpráva JUTA a.s., která je volně dostupná veřejnosti na webových stránkách Ministerstva spravedlnosti je právě podíl z tržeb v činnosti pro stavebnictví největší položkou. Náklady na výzkum a vývoj v rámci stanovených projektů za rok 2010 činily 13 mil. Kč. A co se týče odbytu, vývoz jednoznačně převažoval v roce 2010 nad odbytem v tuzemsku. Více než 80 % produkce je vyváženo do zemí celého světa. [19]

Izolační fólie JUNIFOL

Izolační fólie JUNIFOL se vyrábí ve dvou variantách, a to jako geosyntetické izolace (geomembrány) nebo hydroizolační fólie. V obou případech probíhá výroba v souladu s příslušnými harmonizovanými evropskými normami a výrobky nesou označení CE a je certifikován dle celé řady zahraničních předpisů.

Výrobky vykazují vynikající chemickou odolnost, mechanické a hydraulické vlastnosti. Jsou rovněž odolné vůči mikroorganismům, plísním, prorůstání kořenů a pronikání plynů (např. metan, radon). Izolační fólie jsou stabilizovány proti působení UV záření.

Tkané geotextilie GEOJUTEX

Výrobky jsou charakteristické vysokou pevností v tahu při současně malém prodloužení. Jsou vyráběny v pevnostech od 10 do 80 kN/m a lze je použít při realizaci širokého okruhu staveb (pozemní komunikace, letiště, parkoviště, železnice).

Geotextilie odolávají působení mikroorganismů, plísní a hub. Jsou rovněž odolné proti celé řadě chemikálií. Výrobky jsou stabilizovány proti působení UV záření.

Netkané geotextilie geoNETEX

Výrobky jsou dodávány s plošnými hmotnostmi od 90 do 1200 g/m², pro speciální aplikace (např. tunelové stavby) se sníženou hořlavostí. Opět jsou odolné vůči vnějším vlivům (chemikáliím, mikroorganismy), stejně jako prvky uvedené výše.

Nopové fólie JUNOP

Nopové fólie JUNOP jsou vyráběné z vysokohustotního polyetylenu (PE-HD) ve dvou základních variantách s výškou nopů 8 a 20 mm.

Použití nopových fólií ve stavebnictví je velmi široké, uplatnění nalezne zejména jako plošná drenáž v pozemních stavbách, ochrana hydroizolace, izolace proti vlhkosti.



Obr. 7.1: Nopová fólie

Drenážní rohože PETEXDREN

Vyrábí se v různých tloušťkách a plošných hmotnostech dle požadavků na kapacitu proudění vody v rovině výrobku. Drenážní rohože PETEXDREN 400 a PETEXDREN 900 jsou tvořeny pouze vlastním drenážním jádrem, naproti tomu výrobek PETEXDREN 900+300 je navíc jednostranně laminován filtrační netkanou geotextilií. Jsou charakteristické vysokou propustností vody jak kolmo k rovině výrobku, tak v jeho rovině. Ve stavbách výrobky plní zejména drenážní, ale také separační, filtrační, popř. ochrannou funkci. [17]



Obr. 7.2: Drenážní rohože PETEXDREN [17]

7.2 Výrobní produkty společnosti KORDÁRNA Plus, a.s.

Historie firmy Kordárna sahá až do roku 1948, kdy byla zahájena výstavba firmou Baťa Zlín, specializovala se na výrobu bavlněných kordových tkanin.

Výroba tkaných výztužných geosyntetik v Kordárně začala počátkem 90. let minulého století. V současné době vyrábí kompletní sortiment tkaných výztužných geomříží, geokompozitů a geotextilií, určených pro stabilizaci podloží, náspů a asfaltových povrchů.

Kromě geosyntetik se zabývá výrobou technických tkanin pro gumárenský průmysl. Ze struktury tržeb, kterou společnost uvádí ve své Výroční zprávě z roku 2010 jasně vyplývá, že tržby z distribuce geosyntetik jsou nižší než z ostatních produktů, avšak i v tomto případě export geosyntetik převyšuje nad tuzemskými dodávkami. [20]

Geokompozit Armatex

Armatex RSR (RSM) je geokompozit pletené geomříže, z vysokopevnostního PET vlákn, a netkané PP geotextilie (standardně 60 g/m^2). Používají se pro vyztužení asfaltových povrchů a zeminy.

Aplikace těchto geokompozitů při vyztužování asfaltových směsí je opodstatněna na místech, kde dochází k intenzivnímu brždění a prudkým rozjezdům vozidel (křižovatky, zastávky), při rekonstrukcích asfaltových povrchů silnic, dálnic, parkovišť atd. Kordárna uvádí řadu výhod jejich použití, jsou to např. zabránění vyjíždění a tvorbě kolejí na vozovkách, odolnost vůči teplotám až 220°C , vysoká odolnost materiálu vůči poškození při instalaci, jednoduchá instalace a další.

Armatex MRS je geokompozit tkané geomříže, z vysokopevnostního PVA vlákn a netkané PET geotextilie (150 g/m^2). Tento výrobek je aplikován v případech výstavby silnic, dálnic, letišť, parkovišť. Má vysoké hodnoty pevností při velmi nízkém protažení materiálu a nízké hodnoty creepu zajistí dlouhodobou stabilitu.



Obr. 7.3: Geokompozit Armatex



Obr. 7.4: Tkaná geotextilie vyrobená z PET vlákna - Kortex GT

Tkané geotextilie Kortex

Společnost Kordárna vyrábí několik druhů tkané geotextilie Kortex lišící se použitým vysokopevnostním vláknem (PET, PP, PVA) pro vyztužení, separaci a filtraci zemin. Dalším typem je geokompozit Kortex PEC, vyráběný z tkané a netkané geotextilie.

Tento produkt se používá pro vyztužení násypů komunikací, parkovišť, letišť, hal, průmyslových areálů. Výhody použití, které kordárna uvádí jsou např. vysoké hodnoty pevností při nízkém protažení, vysoká odolnost vůči působení mikroorganismů, odolnost proti poškození při instalaci.

Rozptýlená výztuž Texzem

Texzem je rozptýlená výztuž z polypropylenových pásků do zeminy a betonu. Použitím těchto PP vláken dosáhneme zvýšení úhlu smykového tření zeminy a celkové soudržnosti a stability zemního tělesa. Zvyšuje také odolnost proti namáhání tlakem, tahem, ohybem, stříhem, rázem a minimalizuje vznik smršťovacích trhlin.

Přidáním této výztuže do betonu vzniká tzv. vláknobeton. Zlepšení prostého betonu závisí na množství a délce vláken. Vláknobeton lze vyrábět v betonárnách

nebo na stavbě, a to přidáním vláken do míchačky, do koše s kamenivem nebo do autodomíchávače v průběhu anebo po naplnění betonem. [18]



Obr. 7.5: Rozptýlená výztuž Texzem

7.3 Výrobní produkty společnosti GEOMAT s.r.o.

Společnost GEOMAT s.r.o. byla založena počátkem roku 1998, kromě distribuce zajišťuje také servis od předběžných studií až po asistenci při realizaci. Geosyntetika v dopravním stavitelství rozděluje podle oblasti, kde je jejich využití nejefektivnější.

V oblasti vyztužování asfaltových vrstev vozovek se jedná o kompozity Tensar AR-G a Tensar Glasstex. Vyztužování asfaltových vrstev omezuje vznik a vývoj reflexních a únavových trhlin, trvalé deformace krytu a také zvyšuje životnost krytu.

Kompozit Tensar AR-G

Jedná se o kompozit tuhé monolitické geomříže s pevnými spoji a tkané textilie (pouze instalační funkce). Výztužná funkce je zajištěna zazubením zrn asfaltové směsi do otvorů geomříže. Síly, které vznikají při přejezdu vozidla nesmí překročit pevnost mříže. Použitím tohoto výrobku zvýšíme únosnost krytu, respektive životnost.

Kompozit Tensar Glasstex

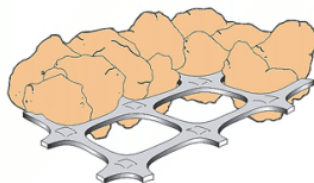
Jedná se o kompozit mříže ze skelného vlákna a tkané geotextilie (má opět pouze instalační funkci). Výztužná funkce je zajištěna spolupůsobením skelných vláken a asfaltové vrstvy. Tento výrobek přenáší tahová napětí vzniklé důsledkem promrzání nebo bobtnání zemin v podloží. [21]

Při navrhování silnic budovaných na měkkém nebo nehomogenním podloží tato firma nabízí produkt Tensar SS. Výhodou je finanční úspora a také jednoduchost v projekční i prováděcí fázi.

Dvouosé geomříže Tensar SS

Tensar SS je dvouosá monolitická geomříž z polypropylenu, používána pro stabilizaci nestmelených vrstev vozovek.

Přenos sil do podloží je zajištěn zazubněním zrnitého materiálu do ok této geomříže. Zhutněním zrn zeminy dojde k vklínění, které vede k vzniku silného a účinného zazubnění, tzv. interlocking. Díky tomuto jevu je omezen boční pohyb zrn kamenniva a jejich dilatace, což vede ke zvětšení efektivního úhlu tření a smykové pevnosti na rozhraní těchto dvou materiálů. Aby bylo toto zazubnění účinné, je nutné splnit podmínku pevného a dostatečně tuhého spoje. [13]



Obr. 7.6: Schéma zazubnění zeminy pomocí geomříže Tensar SS

Výztužná geotextilie Tensar Basetex

Tato geotextilie (100% PET) se vyrábí pletením, kdy přímo orientovaná struktura nosných pramenců vláken v podélném i příčném směru je spletena pomocnými vlákny. Je tak zajištěna naprostá přímota nosných pramenců, čímž je dosaženo minimálních hodnot počátečního přetvoření při zatížení.

Tensar Basetex je určena do zeminového prostředí z důvodu potřeby dočasně nebo trvale tahové síly (vysoké násypy se strmými svahy, poddolovaná území). Díky tomuto výrobku není nutné měnit zeminu v podloží zemního tělesa za kvalitní sypkou zeminu. [2]

Geokompozity Interdrain

Tyto výrobky jsou určené pro drenážní, separační, ochranou, izolační a filtrační funkci. Drenážní geokompozity Interdrain jsou tvořeny geosítí z vysokohustotního polyetylénu, jež je z jedné strany laminovaná polypropylenovou geotextilií a z druhé strany hydroizolační fólií. Geosít je vyrobena z vláken křížících se mezi sebou pod

úhlem 60 °C. Toto uspořádání vytváří kanálky s vysokou průtočností pod tlakem i při velmi nízkém spádu.



Obr. 7.7: Drenážní geokompozit Interdrain

Nejčastější použití těchto výrobků je v oblastech drenážních systémů, odvodnění konstrukcí (tunelů), vodorovných odvodnění násypů a plání vozovek (podélné trativody). [3]

8 NÁVRH VHODNÉHO TYPU GEOTEXTILIE POMOCÍ NÁVRHOVÉHO PROGRAMU POLYFELT

V praktické části mé bakalářské práce jsem se zabývala návrhem geosyntetiky do násypu při výstavbě pozemních komunikací. Tento návrh jsem posléze cenově porovnávala s dalšími alternativními metodami. K návrhu jsem používala návrhový program firmy TenCate s názvem Polyfelt, což zároveň představuje i jednu z jejich značek geosyntetik na evropském trhu. [14]

V oblasti dopravního stavitelství program umožňuje navrhovat vhodnou geotextilii a také potřebnou výšku nosné vrstvy. Výběr geotextilie Polyfelt závisí na únosnosti podloží, na dopravním zatížení, druhu násypového materiálu, dále na tloušťce první vrstvy násypu a uvažované výšce pádu sypaniny. Dimenzování potřebné výšky násypu je závislé na vstupních parametrech, kterými jsou dopravní zatížení a přípustná hloubka vyjetých kolejí.

Únosnost podloží je specifikována kalifornským poměrem únosnosti (CBR). Ten vyjadřuje odolnost ztuhlé země proti pronikání ocelového trnu $\varnothing 50$ mm rychlostí $(1,27 \pm 0,20)$ mm/min. Návrhový program dovoluje dosazovat CBR v konkrétních hodnotách pouze 0,5 %, 1,0 %, 2 % a 3 %, vyšší hodnoty jsou definovány pouze jako $\geq 3\%$. Podloží není definováno jinou vlastností než CBR.

Násyp je definovaný maximální velikostí zrna sypaniny d_{max} (10, 20, 30, 40, 50 cm) a úhlem smykové pevnosti φ (25, 30, 35, 40, 45 °).

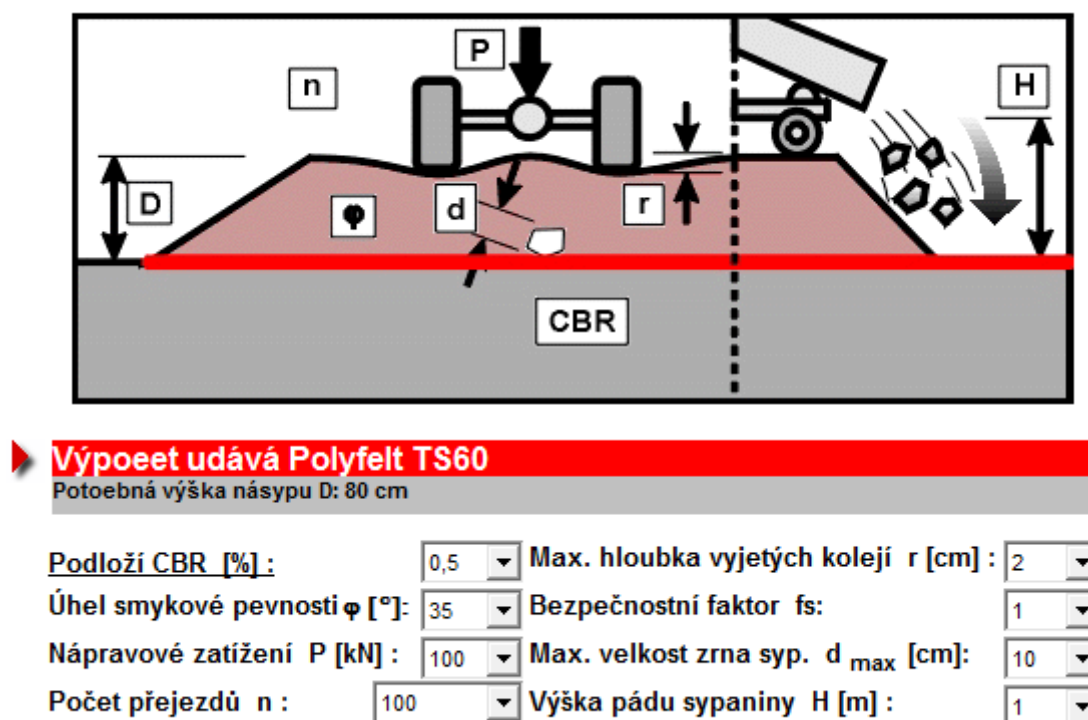
Jak již bylo řečeno výše, výška násypu závisí na dopravním zatížení, to je určeno nápravovým zatížením P , v hodnotách od 80 kN navyšujících se po 20 kN až do 140 kN, a počtem přejezdů n v hodnotách $100 \cdot 10^i$, kde $i = 0, 1, 2, 3$. Dalším parametrem pro násyp je maximální hloubka vyjetých kolejí r s možnostmi 2, 5, 10 a 15 cm.

Ve výpočtu se také vyskytuje bezpečnostní faktor f_s , ten jsem volila ve všech případech roven 1. V případě provádění průzkumu návrhu geotextilie v závislosti na různých parametrech není třeba, dle mého názoru, dbát na zvýšenou bezpečnost daného návrhu. Maximální hodnota tohoto faktoru je 1,6.

8.1 Návrh geotextilie na podloží ze země nevhodné pro podloží vozovky

Pro tento návrh jsem zvolila do podloží zeminu nevhodnou pro aktivní zónu, která je v programu vyznačena poměrem únosnosti CBR v nejnižší možné hodnotě 0,5

%. Tomu by mohla odpovídat zemina s vysokým obsahem jemnozrných částic $f > 65 \%$ a s poměrem únosnosti $\text{CBR} = 1 - 6 \%$, jedná se o jíl s extrémně vysokou plasticitou, který nelze pro zlepšení vlastností ani upravit. Parametry, které jsou v návrhovém programu určeny pro definování násypu, jsem volila v hodnotách - úhel smykové pevnosti 35° a maximální velikost zrna 10 cm. Náhled návrhu geotextilie Polyfelt TS, výšky násypu a dalších mnou zvolených hodnot umožňuje obrázek 8.1.



Obr. 8.1: Návrh geotextilie pro podloží s nízkým CBR

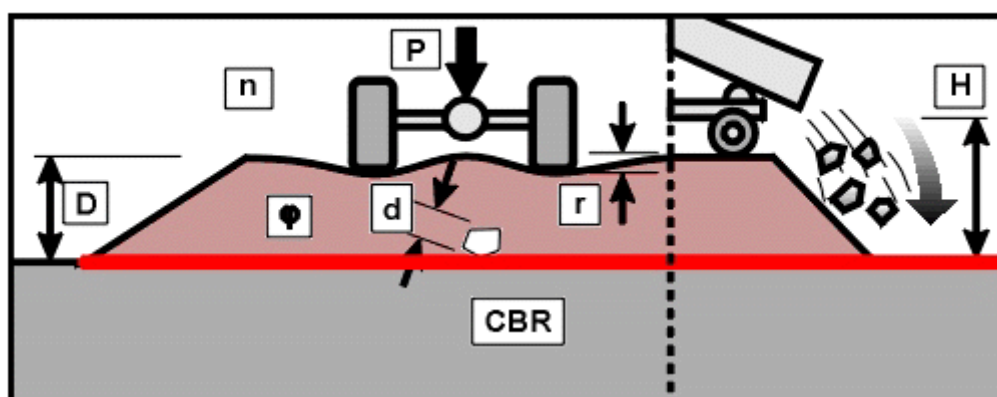
V dalším kroku jsem měnila počty přejezdů a sledovala jsem odlišnosti v návrhu generovaného programem. Změny v použití geotextilie a výšce násypu, které způsobily zvyšující se počty přejezdů znázorňuje tabulka 8.1.

Počet přejezdů n	Potřebná výška násypu D	Navrhovaná geotextilie
100	80 cm	Polyfelt TS60
1000	94 cm	Polyfelt TS40
10000	110 cm	Polyfelt TS40
100000	121 cm	Polyfelt TS40

Tab. 8.1: Závislost počtu přejezdů na výšce násypu a návrhu geotextilie

8.1.1 Odlišnosti návrhu v závislosti na změnách vlastností sypaniny při nevhodném podloží

Níže jsou uvedeny odlišnosti v návrhu geotextilie zapříčiněny změnou maximální velikosti zrna sypaniny d_{max} . Tento parametr jsem postupně zvyšovala a výsledkem byl totožný návrh popsáný výše, až do hodnoty $d_{max} = 40$ cm s výškou pádu sypaniny $H = 2$ m. Poslední možný návrh, který program vygeneroval je patrný z obrázku 8.2. Při velikosti zrna 40 cm a výšce pádu sypaniny 3 m nebyl již výpočet možný.



Výpočet udává Polyfelt TS60
Potřebná výška násypu D: 80 cm

Podloží CBR [%]:	0,5	Max. hloubka vyjetých kolejí r [cm]:	2
Úhel smykové pevnosti ϕ [°]:	35	Bezpečnostní faktor fs:	1
Nápravové zatížení P [kN]:	100	Max. velikost zrna syp. d_{max} [cm]:	40
Počet přejezdů n:	100	Výška pádu sypaniny H [m]:	2

Obr. 8.2: Návrh geotextilie s maximální velikostí zrna 40 cm

Následující tabulka 8.2 ukazuje změny vlivem zvyšujících se počtů přejezdů, při takto zvolené velikosti zrna sypaniny a výšce jejího pádu. Potřebné výšky násypu zůstávají neměnné, avšak požadavky na geotextilii se liší, a to v závislosti na výšce pádu sypaniny. Pokud volím výšku $H = 1$ m, pak je už návrh geotextilie totožný jako v předchozím případě a odpovídá mu tabulka 8.1.

8.1.2 Cenové porovnání výstavby násypu s použitím geotextilie a zlepšení aktivní zóny podloží

Dalším hlediskem, pro výhodu použití geosyntetiky při výstavbě vozovky pozemní komunikace, který je třeba při návrhu posoudit, je také cena. Nejdříve jsem se za-

Počet přejezdů n	Potřebná výška násypu D	Navrhovaná geotextilie
100	80 cm	Polyfelt TS60
1000	94 cm	Polyfelt TS50
10000	110 cm	Polyfelt TS50
100000	121 cm	Polyfelt TS50

Tab. 8.2: Závislosti mezi počty přejezdů a návrhem geotextilie Polyfelt TS

bývala cenou výstavby násypu s použitím geotextilie a posléze jsem zvolila jinou alternativu, a to zlepšení zeminy aktivní zóny v podloží.

Cena výstavby násypu s geotextilií dle návrhu programem Polyfelt

Pro výpočet kubatur zeminy násypu a potřebnou plochu geotextilie jsem uvažovala vozovku kategorie S 9,5 v délce 100 m a se sklonem svahu násypu 1:2. Výšku násypu jsem volila 110 cm, která odpovídá výpočtu programem Polyfelt při počtu přejezdů v hodnotě 10 000. Cenu zeminy pro násyp, kterou mi poskytl Dr. Stehlík, jsem volila $500 \text{ Kč}/\text{m}^3$, v níž je zahrnuto i zabudování a dovoz. Typ geotextilie je Polyfelt TS 40 s cenou $23,20 \text{ Kč}/\text{m}^2$ (bez DPH), kterou mi poskytla firma PVP Syntetik zabývající se prodejem geosyntetik firmy TenCate. Přehled výpočtu ceny takto zvolené metody zvýšení únosnosti je patrný z tabulky 8.3.

násyp		
objem zeminy	$(9,5 + 2,2) \cdot 1,1 \cdot 100$	$1\,287 \text{ m}^3$
cena	1 m^3	500 Kč
cena celkem	$1\,287 \text{ m}^3$	643 500 Kč
geotextilie		
plocha geotextilie	$13,9 \cdot 100$	$1\,390 \text{ m}^2$
cena	1 m^2	23,20 Kč
cena celkem bez DPH	$1\,390 \text{ m}^3$	32 248 Kč
cena celkem s DPH (20 %)	$1\,390 \text{ m}^3$	38 697,6 Kč
celková cena bez DPH		675 748 Kč
celková cena s DPH (20 %)		682 197,6 Kč

Tab. 8.3: Cenová kalkulace násyp + geotextilie

Cena výstavby násypu se zlepšením aktivní zóny podloží

Parametry násypu jsem v tomto případě uvažovala totožné jako v minulém případě, tedy i cena je neměnná, 643 500 Kč za 1 287 m^3 zeminy. Aktivní zónu podloží jsem po konzultaci s vedoucím své bakalářské práce zvolila v tloušťce 20 cm a s cenou 150 Kč za 1 m^2 . Pojivo je zastoupeno vápnem v množství 2 % hmotnosti zeminy v aktivní zóně s cenou pohybující se od 2000 Kč/t až do 2 500 Kč/t. Pro výpočet hmotnosti zeminy jsem volila objemovou hmotnost $\rho = 1850 \text{ kg/m}^3$. Výpočet celkové ceny zlepšení přibližuje tabulka 8.4.

násyp		
cena celkem	1 287 m^3	643 500 Kč
zlepšení		
plocha aktivní zóny	13,9 · 0,2	2,78 m^2
cena	1 m^2	150 Kč
cena celkem	2,78 [m^2] · 100 [m]	41 700 Kč
pojivo		
hmotnost pojiva	0,02 · 1,85 [t/m^3] · 278 [m^3]	10,286 t
cena pojiva	10,286 · 2250	23 143,5 Kč
celková cena		708 343,5 Kč

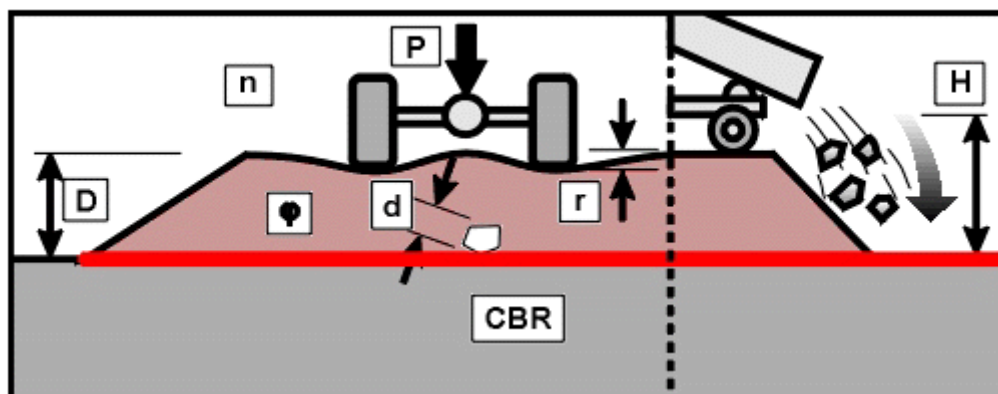
Tab. 8.4: Cenová kalkulace násyp + zlepšení aktivní zóny

Rozdílnost cen jednotlivých metod je patrný na první pohled. Cenu geotextilií jsem záměrně uváděla s a bez DPH z důvodu možné změny cen při vyšším odběru. Dle informací získaných od firmy PVP Syntetik se jejich slevy podle velikosti potávky pohybují od 20 % až do 30 %, což odpovídá DPH. Rozdíl cen je tedy ve výši 26 145,9 Kč, pokud neuvažuji množstevní slevu. Tento rozdíl není až tak vysoký, pokud se výsledná částka pohybuje stále kolem 700 000 Kč, avšak další výhodou geotextilie je také snadnější aplikace.

8.2 Návrh geotextilie na podloží ze zeminy vhodné pro podloží vozovky

Jako zeminu do podloží uvažuji štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy (G-F) s obsahem jemnozrnných částic $f = 5 - 15 \%$, který je definovaný dle vhodnosti zemin pro pozemní komunikace jako vhodný pro podloží (aktivní zónu). Poměr únosnosti CBR za optimální vlhkosti dosahuje hodnot 20 - 90 %. Do násypu budu uvažovat v tomto

případě taktéž zeminu s převahou hrubých částic. Do programu zadávám jedinou možnost a tou je minimální průměr zrna 10 cm.



Výpočet udává Polyfelt TS70

Podloží CBR [%]: Max. hloubka vyjetých kolejí r [cm]:

Úhel smykové pevnosti φ [°]: Bezpečnostní faktor fs:

Nápravové zatížení P [kN]: Max. velikost zrna syp. d_{max} [cm]:

Počet přejezdů n: Výška pádu sypaniny H [m]:

Výška násypu D [cm]:

Obr. 8.3: Návrh geotextilie pro podloží s vysokým CBR

S měnící se výškou pádu sypaniny se výpočet geotextilie ani výšky násypu neměnil. Pro takto navržené prostředí jsem dále měnila počty přejezdů. Hloubku vyjetých kolejí jsem volila ve všech případech konstantní, nejpřísnější hodnotu 2 cm a nápravové zatížení $P = 100$ kN. Závislost změny počtu přejezdů na výšce násypu a návrhu geotextilie je znázorněna v tabulce 8.5.

Počet přejezdů n	Potřebná výška násypu D	Navrhovaná geotextilie
100	20 cm	Polyfelt TS70
1000	23 cm	Polyfelt TS70
10000	26 cm	Polyfelt TS70
100000	29 cm	Polyfelt TS70

Tab. 8.5: Závislost počtu přejezdů na výšce násypu a návrhu geotextilie, kdy tvoří podloží G-F.

8.2.1 Odlišnosti návrhu v závislosti na změnách vlastností sypaniny při vhodném podloží

Tabulka 8.6 přibližuje změny a rozdílnosti na základě vlastností sypaniny. Z tabulky je zřejmé, že při větších velikostech zrna sypaniny zůstává potřebná výška násypu s určitým počtem přejezdů konstantní a mění se pouze typ geotextilie. Kdežto u velikosti zrna do 10 cm jsme mohli sledovat pravý opak, geotextilie zůstávala stejná a měnily se pouze výšky násypu.

U sypaniny s průměrem zrna 50 cm a výškou pádu sypaniny nad 1 m, nebylo již možné návrh geotextilie provést.

d_{max} [cm]	20	30	30	40	40	40	50
H [m]	1-3	1,2	3	1	2	3	1
n [-]	$100 \cdot 10^i$	$100 \cdot 10^i$	$100 \cdot 10^i$	$100 \cdot 10^i$	$100 \cdot 10^i$	$100 \cdot 10^i$	$100 \cdot 10^i$
D [cm]	30	45	45	60	60	-	75
Polyfelt TS	70	60	65	60	70	-	70

Tab. 8.6: Potřebné výšky násypu a typy geotextilií související s velikostí zrna sypaniny

8.2.2 Zhodnocení využitelnosti geotextilie při únosném podloží

Pokud se v podloží nachází zemina vhodná pro tuto funkci, což štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy je, a v násypu zemina s převahou štěrkové složky, kdy není třeba počítat se separační funkcí geotextilie, není použití geotextilie v tomto případě opodstatněné. Avšak návrh v takto zvolených zeminách použití geotextilie umožňuje, možná z ekonomického hlediska pro účely firmy. Je tedy pouze na projektantovi, aby zhodnotil situaci a určil zda je geotextilie potřebná a nedocházelo tak k prodražování stavby.

Pro ukázkou jsem stanovila cenu násypu a geotextilie Polyfelt TS 70 navrženou dle návrhového programu Polyfelt pro 10 000 přejezdů. Výška násypu, který tvoří zemina s maximální velikostí zrna 10 cm, byla stanovena na 26 cm, sklon svahu násypu jsem opět volila 1:2 a kategorii pozemní komunikace S 9,5. Výpočet ceny je znázorněn v tabulce 8.7.

Opět uvádím cenu i bez DPH, která by mohla představovat slevu v případě velkého odběru výrobku. Výsledná cena geotextilie dle ceníku PVP Syntetik pro tento případ činí 49 959,6 Kč. Tuto částku bychom ušetřili, pokud by došlo ke správnému vyhodnocení vlastností zemin, které představují dostatečně únosné podloží.

násyp		
objem zeminy	$(9,5 + 0,52) \cdot 0,26 \cdot 100$	$260,52 \text{ m}^3$
cena	1 m^3	500 Kč
cena celkem	$260,52 \text{ m}^3$	130 260 Kč
geotextilie		
plocha geotextilie	$10,54 \cdot 100$	$1\,054 \text{ m}^2$
cena	1 m^2	39,50 Kč
cena celkem bez DPH	$1\,054 \text{ m}^3$	41 633 Kč
cena celkem s DPH (20 %)	$1\,054 \text{ m}^3$	49 959,6 Kč
celková cena bez DPH		171 893 Kč
celková cena s DPH (20 %)		180 219,6 Kč

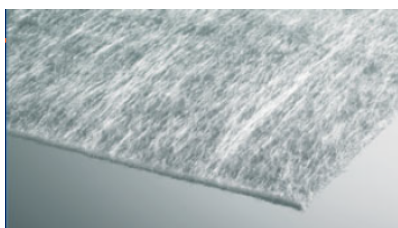
Tab. 8.7: Cenová kalkulace

8.3 Technická data Polyfelt TS

Polyfelt TS jsou netkané mechanicky zepvněné geotextilie z nekonečných PP vláken, plně UV stabilizovaných. Vyznačují se značnou odolností proti mechanickému namáhání, vysokou propustností a zvýšenou stabilitou. Detail této geotextilie vidíme na obrázku 8.4. [16]

Vlastnosti	TS 40	TS 50	TS 60	TS 65	TS 70
Pevnost v tahu [kn/m]	14	16	20	22	25
Odolnost vůči protlačení [N]	2100	2350	2900	3350	3850
Odolnost vůči proražení [mm]	25	22	19	17	15
Plošná hmotnost [g/m^2]	180	200	260	285	325

Tab. 8.8: Vybraná technická data



Obr. 8.4: TenCate Polyfelt TS

9 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem plnila zadání, které sestávalo z dvou hlavních částí. Proto je i práce pomyslně rozdělena na dvě části. První teoretická, ve které jsem popsala problematiku geosyntetik a praktická část, ve které jsem využila zjištěné teoretické poznatky pro vypracování a porovnání návrhu georextilií do konstrukce vozovky pozemní komunikace.

Cílem práce bylo v teoretické části popsat druhy běžně používaných geosyntetik, jejich vlastnosti, materiál, ze kterého se vyrábějí, postup aplikace do konstrukce vozovky při výstavbě a identifikace typických chyb v tomto procesu. Dalším cílem bylo prozkoumat zahraniční zkušenosti s výběrem vhodné geotextilie do specifických prostředí a provést průzkum tuzemského trhu s geosyntetiky a zmapovat produkci výrobců těchto materiálů v České republice.

Nastudované teoretické poznatky jsem využila v praktické části práce nejen při vypracování návrhu použití vhodného typu geotextilie, ale také pro zhodnocení a porovnání finančních nákladů při využití konkrétního typu geotextilie.

První návrh typu geotextilie, pomocí softwarového nástroje Polyfelt firmy Ten-Cate, jsem aplikovala na neúnosné podloží s použitím sypaniny s převahou šterkové složky. Výsledkem byla geotextilie Polyfelt TS 40 a potřebná výška násypu 110 cm. Pro toto řešení jsem provedla finanční analýzu nákladů pro pozemní komunikaci kategorie S9,5 na délce 100 m s konečným výsledkem 682 176,6 Kč. Pro posouzení finanční výhodnosti použití geotextilie pro zvýšení únosnosti podloží jsem jako druhý případ uvažovala zlepšení aktivní zóny podloží tloušťky 20 cm. Výsledná cena pro zlepšení podloží vápnem byla 708 343,5 Kč. V takto uvažovaném podloží a zvoleném násypu je aplikace geotextilie výhodnější nejen z hlediska finanční náročnosti, ale i z hlediska pracnosti pokládky.

Pro znázornění rozdílnosti dimenzování vhodného typu geotextilie jsem jako druhý případ volila únosné podloží a sypaninu opět s převahou šterkové složky. Použití geotextilie v takto zvoleném prostředí je neefektivní, jelikož funkce filtrační a separační, pro které se geosyntetika v silničním stavitelství využívají není potřebné. Analýza finančních nákladů pro výstavbu takto zvoleného zemního tělesa ukázala, že lze za nákup geotextilie ušetřit netriviální část nákladů. Při dimenzování a návrhu geosyntetik pro konkrétní projekty softwarovým nástrojem je tedy důležité, aby sám projektant, na základě laboratorních zkoušek a ze zmapování prostředí na staveništi zhodnotil, zda je použití geosyntetik vhodné a efektivní.

LITERATURA

- [1] A Nordic system for specification and control of geotextiles in roads and other trafficked areas. [online]. [cit. 2012-04-27].
URL <<http://www.norgeospec.org/NGS-revision1.pdf>>
- [2] Basetex. [online]. [cit. 2012-05-5].
URL <<http://www.geomat.cz/basetex/62>>
- [3] Geokompozity Interdrain. [online]. [cit. 2012-05-5].
URL <<http://www.geomat.cz/geokompozity-interdrain/64>>
- [4] Geokompozity s drenážní funkcí - přehled výrobků. [online]. [cit. 2012-04-22].
URL <<http://igs.cz/pdf/geokompozit-drenaz.pdf>>
- [5] GEOMAT s.r.o. [online]. [cit. 2012-04-10].
URL <<http://www.geomat.cz/tensar-mat/63>>
- [6] GEOMAT s.r.o. [online]. [cit. 2012-04-10].
URL <<http://www.geomat.cz/geobunky-multicell/80>>
- [7] Geomříže - přehled výrobků. [online]. [cit. 2012-04-22].
URL <<http://igs.cz/pdf/geomrize.pdf>>
- [8] Geomříže GGR. [online]. [cit. 2012-03-08].
URL <<http://geomrize.wz.cz/>>
- [9] Geosyntetické názvosloví. [online]. [cit. 2012-04-10].
URL <<http://igs.cz/geosynteticke-nazvoslovi.html>>
- [10] Historický vývoj chemie polymerů. [online]. [cit. 2012-04-08].
URL <<http://www.kch.zcu.cz/cz/kfs/Polymerace-provedeni.pdf>>
- [11] Netkané geotextilie - přehled výrobků. [online]. [cit. 2012-04-22].
URL <<http://igs.cz/pdf/netkana-geotextilie.pdf>>
- [12] Pletené geotextilie - přehled výrobků. [online]. [cit. 2012-04-22].
URL <<http://igs.cz/pdf/pletena-geotextilie.pdf>>
- [13] Stabilizace podkladních vrstev a podloží. [online]. [cit. 2012-05-5].
URL <<http://www.geomat.cz/stabilizace-podkladnich-vrstev-a-podlozi/106>>
- [14] TenCate Geosynthetics Europe - Company profile. [online]. [cit. 2012-05-7].
URL <<http://www.tencate.com>>

- [15] Tkané geotextilie - přehled výrobků. [online]. [cit. 2012-04-22].
URL <<http://igs.cz/pdf/tkana-geotextilie.pdf>>
- [16] TS - Separation and Filtration Nonwovens. [online]. [cit. 2012-05-10].
URL <http://www.tencate.com/TenCate/Geosynthetics/documents/Technical%20data/502644%20_%20Technical%20Data%20_%20TS%20_%20EN.pdf>
- [17] Výrobky. [online]. [cit. 2012-05-4].
URL <<http://www.juta.cz/vyrobní-programy/geosyntetika/vyroby.html>>
- [18] Výrobky. [online]. [cit. 2012-05-5].
URL <<http://www.kordarna.cz/cs/geosyntetika>>
- [19] Výroční zpráva JUTA a.s. za rok 2010. [online]. [cit. 2012-04-30].
URL <<https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl.pdf?subjektId=isor%3a132071&dokumentId=B+571%2fSL62%40KSHK&klic=oX0bY1xErbJsScNzIdUYFg%3d%3d>>
- [20] Výroční zpráva k 31.8.2010. [online]. [cit. 2012-05-5].
URL <<https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl.pdf?subjektId=isor%3a700023794&dokumentId=B+5264%2fSL25%40KSBR&klic=KJd7joukCvyTap7eW63AHA%3d%3d>>
- [21] Vyztužování asfaltových vrstev vozovek. [online]. [cit. 2012-05-5].
URL <<http://www.geomat.cz/vyztuzovani-asfaltovych-vrstev-vozovek/111>>
- [22] Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Ministerstvo vnitra, 1997.
- [23] TP 147 Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky. Ministerstvo dopravy, 2010.
- [24] TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací. Ministerstvo dopravy, 2010.
- [25] a.s., G.: TP 97 Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací. Ministerstvo dopravy, 2008.
- [26] Horáčková, S.: Geosyntetika ve stavbách z pohledu legislativy. [online]. [cit. 2012-04-27].
URL <<http://igs.cz/prednasky-konference-igs-cz.html>>

- [27] Ižvolt, L.: *Železniční spodok*. EDIS vydavatelstvo ŽU, 2008, ISBN 978-80- 8070-802-3.
- [28] Köhler, M.: Geotextilrobustheitsklassen: Eine praxisnahe Beschreibung der Robustheit von Vliesstoffen und Geweben gegenüber Einbaubeanspruchungen. [online]. [cit. 2012-04-31].
URL <http://www.geo-site.com/html/img/pool/52-54_GeotextrobustheitsklassenEndg_small.pdf>
- [29] Král, J.: *Základy chemie*. Praha: Vysoké učení technické v Brně, 1971.
- [30] Miroslav Kaun, F. L.: *Pozemní komunikace 30*. Vydavatelství ČVUT, 1998, ISBN 80-0-01410-X.
- [31] Pauzer, D.: Chyby při provádění izolací z geosyntetik. [online]. [cit. 2012-04-22].
URL <<http://igs.cz/igs-seminare/pauzar-2008.pdf>>
- [32] Pavla Rovnaníková, J. M.: *Stavební chemie*. Brno: Nakladatelství Olomouc, s r.o., 1994, ISBN 80-85867-37-7.
- [33] Pečenka, J.: Údržba vozovek a vyztužení asfaltových vrstev. [online]. [cit. 2012-04-29].
URL <<http://igs.cz/igs-seminare/pauzar-2008.pdf>>
- [34] TenCate: PGM and PGM-G Údržba vozovek. 2007, [online]. [cit. 2012-05-12].
URL <http://www.pvpsyntetik.cz/images/stories/tech_pdf/PGM.pdf>
- [35] Valášek, J.: Geotextilie ve stavbách pozemních komunikací. [online]. [cit. 2012-04-29].
URL <http://tvstav.cz/clanek/1569-geotextilie-ve-stavbach_pozemnich-komunikaci>
- [36] Vavříčka, J.: *Vlákna v asfaltových hutněných směsích: Vyztužení asfaltových směsí*. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2010.
- [37] Václav Trávníček, D. G.: Správná aplikace - maximální využitelnost. [online]. [cit. 2012-04-18].
URL <<http://www.igs.cz/igs-seminare/travnicek-grepl-2008.pdf>>