

TP 97

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

GEOSYNTETIKA V ZEMNÍM TĚLESE POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ



Ministerstvo dopravy



ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR

Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem liniových staveb a silničního správního úřadu pod č. j. MD/31741/2021/930 ze dne 1. listopadu 2021 s účinností od 15. listopadu 2021, se současným zrušením TP 97 „Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací“ schválené Ministerstvem dopravy, Odborem infrastruktury pod č. j. 1003/08-910-IPK/1 ze dne 21. listopadu 2008 s účinností od 1. prosince 2008.

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

Distribuce pouze v elektronické podobě na webu pjkp.cz.

Obsah

1	ÚVOD	6
1.1	Předmět technických podmínek	6
1.2	Změny oproti předchozí verzi	7
1.3	Související právní předpisy	7
1.4	Související technické normy	8
1.5	Související technické předpisy Ministerstva dopravy	9
1.6	Související zahraniční předpisy	10
1.7	Použitá literatura	10
1.8	Termíny a definice	10
1.8.1	Termíny a definice vztahující se k druhům geosyntetik	11
1.8.2	Termíny a definice vztahující se k funkcím geosyntetik	11
1.8.3	Ostatní termíny a definice	12
1.9	Značky	14
2	ODDĚLOVÁNÍ	15
2.1	Obecně	15
2.2	Návrh separační geotextilie	15
2.2.1	Okrajové podmínky pro návrh separační geotextilie	16
2.2.1.1	Vlastnosti zeminy	16
2.2.1.2	Maximální velikost zrna sypaniny	16
2.2.2	Návrh separační geotextilie podle okrajových podmínek	17
2.2.3	Požadavky na separační geotextilie	17
2.3	Požadavky na technické specifikace separační geotextilie	18
2.4	Související technické normy, technické předpisy a literatura	18
3	FILTRACE	18
3.1	Obecně	19
3.2	Návrh filtrační geotextilie	19
3.2.1	Okrajové podmínky pro návrh filtrační geotextilie	19
3.2.2	Požadavky na filtrační geotextilie	19
3.2.2.1	Případy s nevýznamnou filtrací	19
3.2.2.2	Případy s významnou filtrací	20
3.2.2.3	Případy s kritickou filtrací	20
3.2.2.3.1	Vstupní data pro návrh filtrační geotextilie	21
3.2.2.3.2	Návrh filtrační geotextilie	21
3.2.2.3.3	Stanovení maximální velikosti otvoru geotextilie pomocí kritéria zadržení	21
3.3	Požadavky na technické specifikace filtrační geotextilie	22
3.4	Související technické normy, technické předpisy a literatura	23
4	ODVODŇOVÁNÍ	24
4.1	Obecně	24
4.2	Návrh	25

4.2.1	Vstupní parametry	25
4.2.2	Krátkodobá drenážní kapacita	26
4.2.2.1	Působící tlak	26
4.2.2.2	Hydraulický gradient	27
4.2.2.3	Tvrdost kontaktních povrchů	27
4.2.2.4	Kinematická viskozita	28
4.2.2.4.1	Návrhová teplota pro vyhodnocení vlivu kinematické viskozity	28
4.2.3	Dlouhodobá drenážní kapacita	28
4.2.3.1	Tlakový creep jádra	29
4.2.3.1.1	Návrhová teplota pro vyhodnocení vlivu tlakového creepu jádra	29
4.2.3.2	Vtlačení geotextilie do jádra, chemické a biologické ucpávání	29
4.2.4	Ekvivalentní drenážní vrstva	29
4.2.5	Spolehlivost návrhu	30
4.2.6	Doporučení pro volbu drenážního geokompozitu	30
4.3	Požadavky na technické specifikace drenážního geokompozitu	31
4.4	Související technické normy, technické předpisy a literatura	32
5	IZOLACE	32
5.1	Obecně	32
5.2	Návrh geosyntetické izolace	33
5.2.1	Požadavky na geosyntetické izolace pro aplikace v rámci zemního tělesa	34
5.3	Požadavky na technické specifikace geosyntetických izolací	34
5.4	Související technické normy, technické předpisy a literatura	35
6	OCHRANA	36
6.1	Obecně	36
6.2	Návrh ochranné geotextilie	36
6.2.1	Krycí vrstva sypaniny	37
6.3	Požadavky na technické specifikace ochranné geotextilie	37
6.4	Související technické normy, technické předpisy a literatura	38
7	VYZTUŽOVÁNÍ	38
7.1	Obecně	39
7.1.1	Výpočetní model	39
7.1.2	Geotechnické kategorie	40
7.1.3	Zatížení	40
7.1.4	Vlivy prostředí	41
7.1.4.1	Krátkodobé vlivy prostředí	42
7.1.4.1.1	Zvětrávání	42
7.1.4.1.2	Poškození při zabudování	42
7.1.4.2	Dlouhodobé vlivy prostředí	42
7.1.4.2.1	Teplota prostředí	42
7.1.4.2.2	Chemické a biologické vlivy	42
7.1.5	Parametry zemin	42

7.1.5.1	Základová půda	42
7.1.5.2	Sypanina ve vyztuženém bloku	42
7.1.5.3	Sypanina za vyztuženým blokem	43
7.1.6	Geosyntetické výztuže	43
7.1.6.1	Reprezentativní odpor výztuže	43
7.1.6.1.1	Reprezentativní odpor v tahu	43
7.1.6.1.2	Reprezentativní odpor proti vytržení	43
7.1.6.1.3	Charakteristický odpor ve spoji nebo spojení	44
7.1.6.2	Odpor v přímém smyku	44
7.1.6.3	Výpočtový odpor výztuže	45
7.1.6.3.1	Výpočtový odpor v tahu	45
7.1.6.3.2	Výpočtový odpor proti vytržení	45
7.1.6.3.3	Výpočtový odpor v přímém smyku	45
7.1.6.3.4	Výpočtový odpor ve spoji nebo spojení	45
7.1.6.4	Dílčí faktory	46
7.2	Vyztužené zemní konstrukce	46
7.2.1	Rozměry vyztužené zemní konstrukce	46
7.2.2	Mezní stavy	47
7.2.3	Mezní stavy únosnosti	47
7.2.3.1	Posouzení líce	48
7.2.4	Mezní stavy použitelnosti	49
7.2.4.1	Stanovení deformací vyztužené zemní konstrukce	50
7.3	Založení násypů na měkkém podloží	51
7.3.1	Bazální výztuha	51
7.3.1.1	Bazální matrace	51
7.3.2	Roznášecí platforma	52
7.4	Požadavky na technické specifikace geosyntetické výztuže	52
7.5	Související technické normy, technické předpisy a literatura	53
8	STABILIZACE	53
9	OCHRANA PROTI EROZI POVRCHU	53
10	TABULKA OSVĚDČENÝCH KOMBINACÍ	54
11	KONTROLA KVALITY	55
11.1	Obecně	55
11.2	Identifikace geosyntetik na stavbě	55
11.3	Trvanlivost geosyntetik	56
11.3.1	Životnost geosyntetik	56
11.3.2	Vlivy povětrnosti	56
11.3.3	Vliv prostředí	56
11.4	Zkoušky geosyntetik	57
11.4.1	Požadavky na zkoušky geosyntetik	57

11.4.2	Průkazní zkoušky	57
11.4.3	Kontrolní zkoušky.....	58
11.4.3.1	Odborná způsobilost zkušebních laboratoří.....	58
11.4.3.2	Vyhodnocování kontrolních zkoušek.....	58
11.4.3.3	Odběr vzorků	58
11.4.3.4	Seznam kontrolních zkoušek	59
11.5	Související technické normy, technické předpisy a literatura.....	60
12	OBEČNÉ TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY INSTALACE GEOSYNTETIK.....	61
12.1	Skladování a manipulace.....	61
12.2	Zabudování geosyntetik do zemního tělesa	62
12.2.1	Krycí vrstva geosyntetik	62
12.2.2	Spoje geosyntetik.....	62
12.2.3	Klimatické podmínky.....	64
12.2.4	Znečištění cizorodými látkami	64
12.2.5	Lokální porušení geosyntetik	65
12.3	Bezpečnostní a ochranné pásmo konstrukcí s geosyntetiky	65

1 Úvod

V rámci navrhování konstrukcí s použitím geosyntetických materiálů se zohledňují funkce geosyntetik a jejich využití v různých aplikacích. V projektové praxi je možné se setkat s normativními předpisy, případně s jejich národními přílohami (BS 8006-1:2010, EBGEO+DIN 1054, aj.), se zahraničními rezortními předpisy (NorGeoSpec 2012, TL Geok E-StB, GRI-GC8, FHWA-NHI-00-043) a českými předpisy, ke kterým se řadí TP 97. Ke dni zpracování revize tohoto předpisu je v přípravě série technických zpráv ISO/TR 18228, jejichž každá část se podrobně věnuje dané funkci geosyntetik, přípravou prochází Eurokód 7, jehož 2. generace bude nově obsahovat část zaměřenou na navrhování geosyntetik v geotechnických konstrukcích.

Provádění speciálních zemních konstrukcí s geosyntetiky se řídí evropskou normou EN 14475, v České republice u staveb pozemních komunikací Ministerstva dopravy ČR dále předpisem TKP 30.

1.1 Předmět technických podmínek

Tyto TP se zabývají způsobem návrhu geosyntetik v rámci zemního tělesa pozemních komunikací a technickými specifikacemi ve vztahu k dané aplikaci a funkci. Zemní těleso je ve smyslu těchto TP vymezeno úrovní zemní pláně (včetně) a podložím ve smyslu základové půdy (vyjímaje).

Předmětem těchto TP je

- vymezení jednotlivých funkcí geosyntetik a jejich úlohy v zemním tělese pozemních komunikací,
- způsob návrhu geosyntetik v dané funkci podle daných kritérií,
- identifikace vlastností geosyntetik, které jsou pro jednotlivé funkce klíčové, jejich specifikace,
- vyjmenování postupů nutných k zabezpečení požadované kvality geosyntetik,
- stanovení požadavků na průkazní a kontrolní zkoušky geosyntetik,
- shrnutí zásad pro manipulaci a skladování geosyntetik tak, aby nedošlo k jejich poškození před zabudováním.

Předmětem těchto TP není

- technické řešení konstrukčních vrstev vozovek, které je obsahem TP 115, TP 147 a TP 170,
- zlepšování podloží, které se řídí standardními postupy dle ČSN EN 1997-1,
- ochrana skal,
- použití ocelových sítí pro jakékoliv aplikace,
- ochrana proti erozi povrchu, která je obsahem TP 53,
- použití prefabrikovaných vertikálních drénů, které jsou obsahem ČSN EN 15237.

Hodnoty technických parametrů jsou v těchto TP stanoveny jako minimální požadované, dle podmínek uvedených v dané kapitole.

Pokud není výslovně uvedeno jinak, jsou všechny hodnoty technických parametrů uvedených v těchto TP uvažovány včetně výrobní odchylky (tolerance). Příznivější hodnota požadovaných parametrů ve smyslu návrhu je vždy indikována znaménkem nerovnosti, nebo je příslušný parametr vymezen intervalem.

Odkazy na kapitoly, tabulky a obrázky externích zdrojů jsou uvedeny /v lomítkách/, odkazy v rámci těchto TP jsou křížové a jsou uvedeny v (kulatých závorkách).

Tyto TP jsou určeny projektantům, investorům a správcům pozemních komunikací, výrobcům/dodavatelům geosyntetik a zhotovitelům zemních těles pozemních komunikací, stejně jako zaměstnancům státní správy.

1.2 Změny oproti předchozí verzi

Předpis TP 97 doznal oproti předchozí verzi zásadních změn po obsahové stránce. Změny oproti původní verzi TP 97:2008 obsahuje Tabulka 1.

Tabulka 1 – Změny oproti předchozí verzi TP 97

Položka TP 97:2008	Změna v TP 97:2021
Kapitola 2	Obsažena v podkapitolách kapitoly 1
Kapitola 3	Obsažena v kapitole 1
Kapitola 4	Vypuštěna; k vlastnostem geosyntetik jsou uvedeny základní informace v příslušných kapitolách, pokud je to pro pochopení problematiky nutné
Kapitola 5	Podrobně rozpracována do kapitol 2 – 9 (funkce geosyntetik)
Kapitola 6	Vypuštěna; tato problematika je podrobně obsažena v normách ČSN 73 6133, ČSN EN 14475 a v předpisech TKP 4, TKP 30
Kapitola 7	Rozdělena do kapitol 11 a 12
Kapitola 8	Obsažena v kapitole 11
Kapitola 9	Obsažena v podkapitolách kapitoly 1
Příloha 1	Obsažena v kapitole 10
Příloha 2	Podrobně rozpracována do kapitol 2 – 9 (funkce geosyntetik) a do kapitoly 11 (kontroly kvality)
Příloha 3	Obsažena v kapitole 7

1.3 Související právní předpisy

- [1] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS, Oprava Úřední věstník L 103, 12. 4. 2013, s. 10 (305/2011), ve znění Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 568/2014 ze dne 18. února 2014, ve znění Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 574/2014 ze dne 21. února 2014
- [2] Zákon č. 17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí
- [3] Zákon č. 22/1997 Sb. Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů
- [4] Zákon č. 90/2016 Sb. Zákon o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh
- [5] Zákon č. 100/2001 Sb. Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)
- [6] Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [7] Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [8] Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech
- [9] Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky

1.4 Související technické normy

- | | | |
|------|-------------------|---|
| [10] | ČSN 73 6126-1 | Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 1: Provádění a kontrola shody |
| [11] | ČSN 73 6133 | Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací |
| [12] | ČSN 75 2310 | Sypané hráze |
| [13] | ČSN 75 2410 | Malé vodní nádrže |
| [14] | ČSN EN 12224 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování odolnosti proti povětrnostním vlivům |
| [15] | ČSN EN 12225 | Geosyntetika – Zjišťování odolnosti proti mikroorganismům pomocí zkoušky zahrabáním do zeminy |
| [16] | ČSN EN 12226 | Geosyntetika – Všeobecné zkoušky pro následné hodnocení po zkoušení odolnosti |
| [17] | ČSN EN 12447 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zkušební metoda pro zjišťování odolnosti vůči hydrolýze ve vodě |
| [18] | ČSN EN ISO 12960 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zkušební metoda pro stanovení odolnosti vůči kyselinám a zásaditým kapalinám |
| [19] | ČSN EN 13249 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při stavbě pozemních komunikací a jiných dopravních ploch (kromě železnic a vyztužování asfaltových vozovek) |
| [20] | ČSN EN 13251 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při zemních pracích, v základových a opěrných konstrukcích |
| [21] | ČSN EN 13252 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití v odvodňovacích systémech |
| [22] | ČSN EN 13256 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití při stavbě tunelů a podzemních staveb |
| [23] | ČSN EN 13265 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití v projektech zadržování kapalných odpadů |
| [24] | ČSN EN 14475 | Provádění speciálních geotechnických prací – Vyztužené zemní konstrukce |
| [25] | ČSN EN 15237 | Provádění speciálních geotechnických prací – Svislé drény |
| [26] | ČSN EN 15382 ed.2 | Geosyntetické izolace – Vlastnosti požadované pro použití v dopravní infrastruktuře |
| [27] | ČSN EN 16907-1 | Zemní práce – Část 1: Zásady a obecná pravidla |
| [28] | ČSN EN 16907-2 | Zemní práce – Část 2: Klasifikace materiálů |
| [29] | ČSN EN 16907-3 | Zemní práce – Část 3: Stavební postupy |
| [30] | ČSN EN 16907-4 | Zemní práce – Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy |
| [31] | ČSN EN 16907-5 | Zemní práce – Část 5: Kontrola kvality |
| [32] | ČSN EN 16907-6 | Zemní práce – Část 6: Rekultivace terénu materiálem těženým z vody |
| [33] | ČSN EN 1990 | Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí |

- | | | |
|------|--------------------|---|
| [34] | ČSN EN 1991-1-1 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb |
| [35] | ČSN EN 1991-1-4 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem |
| [36] | ČSN EN 1991-1-6 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění |
| [37] | ČSN EN 1991-1-7 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení |
| [38] | ČSN EN 1991-2 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou |
| [39] | ČSN EN 1997-1 | Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla |
| [40] | ČSN EN 1997-2 | Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy |
| [41] | ČSN EN 1998-1 | Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby |
| [42] | ČSN EN 1998-5 | Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 5: Základy, opěrné a zárubní zdi a geotechnická hlediska |
| [43] | ČSN P ISO/TS 13434 | Geosyntetika – Pokyny pro hodnocení odolnosti |
| [44] | ČSN EN ISO 10318-1 | Geosyntetika – Část 1: Termíny a definice |
| [45] | ČSN EN ISO 10318-2 | Geosyntetika – Část 2: Symboly a piktogramy |
| [46] | ČSN EN ISO 13431 | Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování chování při tečení v tahu a přetrhu při tečení v tahu |
| [47] | ČSN EN ISO 13437 | Geosyntetika – Instalace a extrakce vzorků v půdě pro posouzení trvanlivosti |
| [48] | ČSN EN ISO 13438 | Geosyntetika – Zkušební metoda pro stanovení odolnosti geotextilií a výrobků podobných geotextiliím vůči oxidaci |
| [49] | ČSN EN ISO 14688-1 | Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 1: Pojmenování a popis |
| [50] | ČSN EN ISO 14688-2 | Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 2: Zásady pro zatřídování |
| [51] | ČSN EN ISO 25619-1 | Geosyntetika – Zjišťování chování při stlačování – Část 1: Vlastnosti tečení při stlačování |

Další související technické normy a předpisy jsou uvedeny vždy na konci příslušné kapitoly.

1.5 Související technické předpisy Ministerstva dopravy

- | | |
|------|---|
| [52] | TP 115 – Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem |
| [53] | TP 147 – Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky |
| [54] | TP 170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací |
| [55] | TKP 1 – Všeobecně |

- [56] TKP 4 – Zemní práce
- [57] TKP 30 – Speciální zemní konstrukce
- [58] Metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací: Část II/3

Další související technické předpisy Ministerstva dopravy jsou uvedeny vždy na konci příslušné kapitoly.

1.6 Související zahraniční předpisy

- | | | |
|------|---------------------------------|--|
| [59] | prEN 1997-1 | Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules |
| [60] | prEN 1997-2 | Eurocode 7: Geotechnical design — Part 2: Ground properties |
| [61] | prEN 1997-3 | Eurocode 7: Geotechnical design — Part 3: Geotechnical structures |
| [62] | ISO/TR 18228-1:2020 | Design using geosynthetics — Part 1: General |
| [63] | ISO/DTR 18228-2.2 | Design using geosynthetics — Part 2: Separation |
| [64] | ISO/TR 18228-3:2021 | Design using geosynthetics — Part 3: Filtration |
| [65] | ISO/DTR 18228-4 ^{*)} | Design using geosynthetics — Part 4: Drainage |
| [66] | ISO/WD TR 18228-5 ^{*)} | Design using geosynthetics — Part 5: Stabilization |
| [67] | ISO/WD TR 18228-6 ^{*)} | Design using geosynthetics — Part 6: Protection |
| [68] | ISO/TR 18228-7:2021 | Design using geosynthetics — Part 7: Reinforcement |
| [69] | ISO/DTR 18228-8 ^{*)} | Design using geosynthetics — Part 8: Surface erosion control |
| [70] | ISO/DTR 18228-9 ^{*)} | Design using geosynthetics — Part 9: Barriers |
| [71] | ASTM D1987 | Standard Test Method for Biological Clogging of Geotextile or Soil/Geotextile Filters |
| [72] | ASTM D4603 | Standard Test Method for Determining Inherent Viscosity of Poly(Ethylene Terephthalate) (PET) by Glass Capillary Viscometer |
| [73] | ASTM D6364 | Standard Test Method for Determining Short-Term Compression Behavior of Geosynthetics |
| [74] | ASTM D7361 | Standard Test Method for Accelerated Compressive Creep of Geosynthetic Materials Based on Time-Temperature Superposition Using the Stepped Isothermal Method |
| [75] | ASTM D7409 | Standard Test Method For Carboxyl End Group Content Of Polyethylene Terephthalate (PET) Yarns |

Další související zahraniční předpisy jsou uvedeny vždy na konci příslušné kapitoly.

^{*)} Normy jsou v době vydání TP 97 různém stadiu tvorby a schvalování, podrobné informace jsou dostupné na webu Mezinárodní organizace pro standardizaci (International Organization for Standardization - ISO).

1.7 Použitá literatura

Použitá literatura je uvedena vždy na konci příslušné kapitoly.

1.8 Termíny a definice

Termíny a definice uvedené v podkapitolách 1.8.1 a 1.8.2 jsou v kontextu TP 97 klíčové a jsou doplněny nebo zjednodušeny nad rámec zdrojové normy ČSN EN ISO 10318-1, při zachování jejich původního významu.

1.8.1 Termíny a definice vztahující se k druhům geosyntetik

geosyntetikum

druhový termín pro výrobek, jehož alespoň jedna složka je vyrobená ze syntetického nebo přírodního polymeru, přicházející do styku se zemínou

geotextilie (GTX)

plošný, makroskopicky celistvý systém polymerních vláken, která jsou vzájemně spojená různou výrobní technologií; otvory (průliny) mezi vlákny jsou nepravidelné a okem málo viditelné až neviditelné; vodopustná

geotextilie netkaná (GTX-NW)

geotextilie, kterou tvoří systém nahodile uspořádaných polymerních vláken, spojených mechanicky, tepelně nebo chemicky; má plošně izotropní vlastnosti

geotextilie tkaná (GTX-W)

geotextilie, kterou tvoří systém pravidelně protkaných polymerních vláken; má plošně ortotropní vlastnosti

geotextilie pletená (GTX-K)

geotextilie, kterou tvoří systém pravidelně proplétaných polymerních vláken; má plošně anizotropní vlastnosti

geomříž (GGR)

plošná, pravidelná síť tahových prvků (žebér), které zřetelně vymezují otvory (oka); žebra jsou v uzlech vzájemně spojená různou výrobní technologií, oka zaujímají více než 50 % plochy geomříže

geomříž jednoosá

geomříž s anizotropními vlastnostmi

geomříž dvouosá

geomříž s ortotropními vlastnostmi

geokompozit (GCO)

kompozit, jehož alespoň jednu složku tvoří geosyntetikum

geosyntetická izolace (GBR)

plošný prvek, jehož struktura výrazně limituje nebo zcela znemožňuje průchod kapaliny kolmo k rovině tohoto prvku

polymerní geosyntetická izolace (GBR-P)

geomembrána; geosyntetická izolace na bázi polymeru

jílová geosyntetická izolace (GBR-C)

geosyntetická jílová vložka (bentonitová rohož); geosyntetická izolace na bázi jílu, ve své podstatě geokompozit

1.8.2 Termíny a definice vztahující se k funkcím geosyntetik

oddělování (S)

zamezení smísení dvou zemín s výrazně odlišnou zrnitostí

filtrace (F)

zamezení neřízeného průchodu zrn zeminy skrze rovinu geosyntetika za současného umožnění průtoku vody

odvodňování (D)

sběr a odvádění vody rovinou geosyntetika

izolace (B)

zamezení průtoku vody skrze rovinu geosyntetika

ochrana (P)

absorpce energie vnějších činitelů, které mají potenciál poškodit chráněný výrobek, chráněnou konstrukci nebo její část

vyztužování (R)

příspěvek do rovnováhy sil a momentů na potenciální smykové ploše

stabilizace (X)

ve smyslu těchto TP se jedná o zamezení progresivní ztráty mechanických vlastností nestmelené vrstvy použitím geosyntetika; nesmí se zaměňovat s termínem stabilizace (zemín poživ) dle ČSN EN 16907-4

ochrana proti erozi povrchu (E)

použití geosyntetických materiálů k zabránění nebo omezení pohybů zeminy nebo jiných částic, například na povrchu svahu

1.8.3 Ostatní termíny a definice

aplikační norma

souhrnný termín pro řadu norem, které definují požadavky na geotextilie a výrobky podobné geotextiliím pro určité použití

ČSN EN 13249, ČSN EN 13251, ČSN EN 13252, ČSN EN 13256, ČSN EN 13265

dlouhodobá drenážní kapacita

krátkodobá drenážní kapacita snižovaná redukčními faktory, které zohledňují nepříznivé působení dlouhodobých vlivů

doprovodný dokument

legislativní dokument vydávaný výrobcem při uvádění výrobku na trh (pro uvádění výrobku na trh podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011 je doprovodným dokumentem Prohlášení o vlastnostech)

ekvivalentní drenážní kapacita

objem vody, který může za daných okrajových podmínek proudit jednotkou průřezové plochy nestmelené vrstvy za jednotku času

horizontální deformace líce

deformace způsobená protažením a/nebo posunutím geosyntetických výztuží (krátkodobým a dlouhodobým)

hydraulický gradient

poměr rozdílu hydraulických výšek ku dráze odtoku; ve smyslu těchto TP vyjadřuje sklon drenážního geokompozitu

zemina před filtrem

zemina, odkud proudí přes filtrační geotextilii voda, tj. zemina, kterou je nutné chránit před sufozí (odnosem drobných částic); v případě neznámého směru proudění se uvažuje zemina v kontaktu s filtrační geotextilií, která obsahuje větší obsah jemnozrnných částic

zemina za filtrem

zemina, která je filtrační geotextilií chráněna proti jejímu zanášení jemnozrnnými částicemi

kinematická viskozita

fyzikální vlastnost charakterizující vnitřní tření kapaliny, závislá na přitažlivých silách mezi částicemi

krátkodobá drenážní kapacita

termín používaný ve smyslu těchto TP pro vlastnost „schopnost proudění v rovině“ dle ČSN EN ISO 10318-1

návrhová intenzita průtoku

objem vody, který v důsledku vnějších vlivů proudí danou částí konstrukce a který má být z této části bezpečně odveden; vnějšími vlivy se rozumí srážky, průsaky a jiné zdroje vody

návrhová životnost

doba určená projektantem, během které výrobek (nebo jeho část) plní (nebo překračuje) funkční požadavky

poddajné drenážní jádro

systém polymerních vláken s makroskopicky neuspořádanou strukturou, tloušťek řádu až několik cm; relativně snadno se stlačuje pod působícím tlakem

polotuhé drenážní jádro

protlačovaný polymerní pás, tloušťek řádu několik mm až cm; za určitých podmínek působícího tlaku může dojít k náhlému stlačení

působící tlak

síla na jednotku plochy, suma stálých a dlouhodobých proměnných zatížení, která působí kolmo na rovinu drenážního geokompozitu

redukční faktor

faktor zohledňující dlouhodobý nepříznivý vliv vnějších činitelů na danou vlastnost geosyntetika

smyková deformace v koruně

svislá deformace koruny vyztužené zemní konstrukce způsobená navozením rovnovážného stavu vyztužené zeminy

trvanlivost

schopnost výrobku zachovávat požadované vlastnosti při působení předvídatelných vlivů a schopnost odolávat degradaci působené těmito vlivy

tuhé drenážní jádro

extrudovaná mřížka tvořená dvěma až třemi rovinami rovnoběžně kladených extrudovaných polymerních žebířů, tloušťek řádu jednotek mm; odolné proti stlačení pod působícím tlakem

vnitřní sedání sypaniny

zbytková svislá deformace mechanicky hutněné sypaniny

vyztužená mostní opěra

vyztužená zemní konstrukce, na které je přímo umístěn úložný práh mostu

vyztužená zeď

vyztužená zemní konstrukce se sklonem líce $> 70^\circ$ od vodorovné roviny

vyztužený mírný svah

vyztužená zemní konstrukce se sklonem líce $\leq 45^\circ$ od vodorovné roviny

vyztužený svah

vyztužená zemní konstrukce se sklonem líce $\leq 70^\circ$ a $> 45^\circ$ od vodorovné roviny

životnost

dobu, po kterou splňuje výrobek základní technické a právní požadavky, jedná se o výslednici trvanlivosti výrobku (nebo jeho části), závisí na údržbě výrobku

Dále platí termíny a definice uvedené v ČSN 73 6133, ČSN EN 14475, ČSN EN 16907-1 až -6, ČSN EN ISO 10318-1, TKP 4 a TKP 30.

1.9 Značky

AR	aramid
CMD	cross-machine direction (směr kolmý ke směru výroby)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
GK	geotechnická kategorie
HDPE	polyethylen s vysokou hustotou (vysokohustotní polyethylen)
LLDPE	polyethylen lineární s nízkou hustotou
MD	machine direction (směr výroby)
PDPS	projektová dokumentace pro provádění stavby
PE	polyethylen (podskupina polyolefinů)
PET	polyethylentereftalát (podskupina polyesterů); ve stavební praxi označení <i>polyesteru</i>
PP	polypropylen (podskupina polyolefinů)
PVC	polyvinylchlorid
PVA	polyvinylalkohol
RDS	realizační dokumentace stavby
TKP	technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací
TP	technické podmínky
UV	ultrafialové

Další značky jsou uvedeny vždy v jednotlivých kapitolách za příslušnou tabulkou, příslušným obrázkem nebo matematickým vztahem.

2 Oddělování

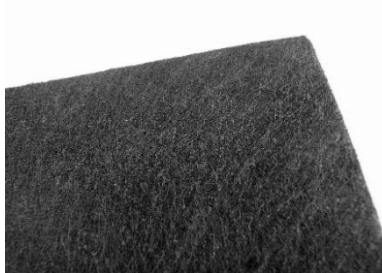
V těchto TP se funkce oddělování dále vyskytuje pod termínem funkce separační nebo také separace.

Separace je jednou z hlavních funkcí, které geosyntetika při stavbě pozemních komunikací plní. Separace slouží k zabránění smísení sousedních zemin s odlišnou zrnitostí, typicky jemnozrnná a hrubozrnná zemina. K tomuto účelu se používají geosyntetika se separační funkcí, a to zejména geotextilie, které budou dále v této souvislosti uvažovány. Použití jiného typu geosyntetika na separaci není vyloučeno, budou-li splněny níže uvedené požadavky.

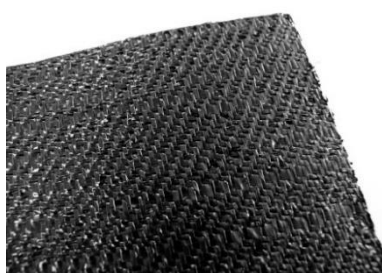
Pro separaci ve smyslu těchto TP lze v zemním tělese použít pouze geosyntetické výrobky, které mají v doprovodném dokumentu uvedeno zamýšlené použití (funkci) separace (ČSN EN 13249, ČSN EN 13251, ČSN EN 13252).

2.1 Obecně

Pro separaci se nejčastěji používají netkané, tkané, případně pletené geotextilie (Obrázek 1, Obrázek 2 a Obrázek 3).



Obrázek 1 – Netkaná geotextilie



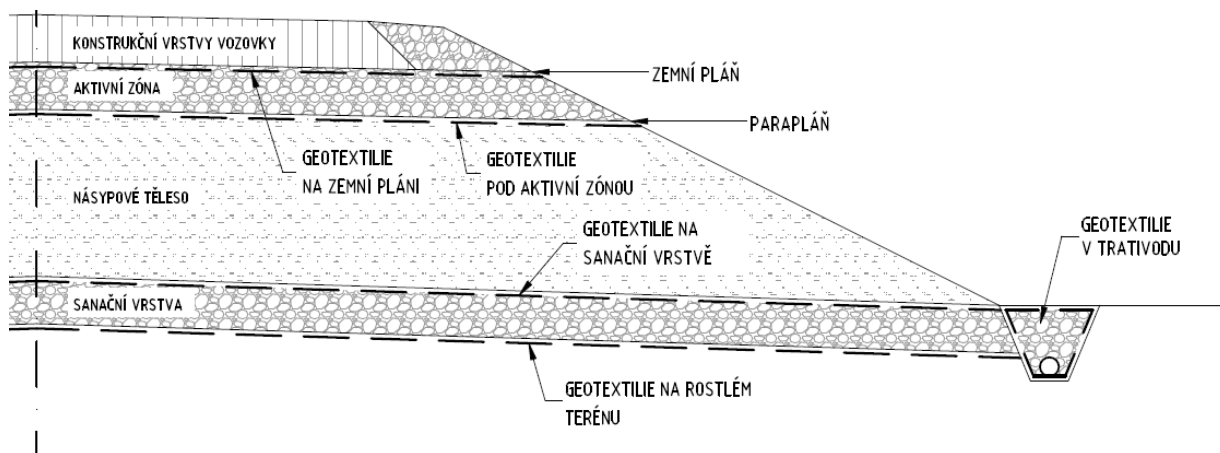
Obrázek 2 – Tkaná geotextilie



Obrázek 3 – Pletená geotextilie

2.2 Návrh separační geotextilie

Separací geotextilie zabraňuje mísení zemin zemního tělesa se zeminou v podloží nebo mezi zeminami zemního tělesa navzájem, čímž chrání kvalitnější zeminy před kontaminací jemnými částicemi a zabraňuje snížení jejich kvality (smykové pevnosti) při zachování jejich funkce (drenážní funkce, ochrana proti účinkům promrzání atd.), viz také příklady použití (Obrázek 4).



Obrázek 4 – Příklady použití separační geotextilie v konstrukci tělesa pozemních komunikací

V rámci návrhu separační geotextilie je nutné posoudit filtrační kritéria pro zamezení vzájemné infiltrace vrstev dle ČSN 73 6126-1, viz vztahy (1) a (2).

$$\frac{D_{15} \text{ hrubší zeminy}}{D_{85} \text{ jemnozrné zeminy}} \leq 5 \quad (1)$$

$$\frac{D_{50} \text{ hrubší zeminy}}{D_{50} \text{ jemnozrné zeminy}} \leq 25 \quad (2)$$

kde je D_{15} velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 15 % [mm]
 D_{50} velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 50 % [mm]
 D_{85} velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 85 % [mm]

Pokud posuzované zeminy nevyhoví některému z výše uvedených filtračních kritérií, je nutné na rozhraní vrstev vložit separační geotextilii.

V případě, že nejsou k dispozici vstupní data pro výše uvedené posouzení, je nutné vždy navrhnout separační geotextilii.

Navržené separační geotextilie je nutné společně se separační funkcí posoudit vždy i na funkci filtrační, podrobněji viz kapitulu 3.2.

2.2.1 Okrajové podmínky pro návrh separační geotextilie

Návrh geotextilie vychází z vlastností jemnozrné zeminy v kontaktu s geotextilií a z velikosti maximálního zrna sypaniny¹.

2.2.1.1 Vlastnosti zeminy

Zeminy jsou rozděleny do 3 skupin dle neodvodněné smykové pevnosti c_u (Tabulka 2)^{2, 3}.

Tabulka 2 – Pevnost zemin

Pevnost zeminy	Neodvodněná smyková pevnost c_u [kPa]
Extrémně až velmi nízká	$c_u \leq 25$ kPa
Nízká až střední	$25 \text{ kPa} < c_u \leq 75$ kPa
Vysoká až velmi vysoká	$c_u > 75$ kPa

2.2.1.2 Maximální velikost zrna sypaniny

Pro účely tohoto předpisu a aplikace se zemina zasypu dělí podle zrnitosti na 2 skupiny (Tabulka 3):

Tabulka 3 – Zrnitost zeminy zasypu

Označení	Maximální velikost zrna
D_{63}	$d_{\max} \leq 63$ mm
D_x	$63 \text{ mm} < d_{\max} \leq 200$ mm

Tloušťka hutněné vrstvy musí vyhovět požadavkům na minimální tloušťku krycí vrstvy dle kapitoly 12. Pro sypaninu se zrnitostí $d_{\max} > 200$ mm musí být proveden individuální návrh.

¹ pro podmínky, které nejsou zahrnuty v tomto předpisu, je možné postupovat dle [63].

² laboratorně se stanovuje v triaxiálním přístroji, příp. prostou tlakovou zkouškou, v terénních podmínkách se používají zkoušky vrtulkové, čelistní nebo penetrační.

³ neodvodněná smyková pevnost zemin je převzata z ČSN EN ISO 14688-2:2018 /Tabulka 6/.

2.2.2 Návrh separační geotextilie podle okrajových podmínek

Návrh separační geotextilie se na základě okrajových podmínek řídí tabulkou (Tabulka 4).

Tabulka 4 – Stanovení typu separační geotextilie

Pevnost zeminy (dle Tabulka 2) ⁴	Maximální velikost zrna (dle Tabulka 3)	
	D_{63}	D_x
Extrémně až velmi nízká	S2	
Nízká až střední	S1	S2
Vysoká až velmi vysoká	S1	

2.2.3 Požadavky na separační geotextilie

Předepsané hodnoty vlastností pro separační geotextilii typu S1 a S2 jsou uvedeny v tabulkách (Tabulka 5 pro netkané geotextilie a Tabulka 6 pro tkané a pletené geotextilie).

Tabulka 5 – Požadavky na mechanické vlastnosti netkaných geotextilií

Vlastnost	Norma	Jednotka	Hodnota	
			S1	S2
Pevnost v tahu*	ČSN EN ISO 10319	kN/m	≥ 13	≥ 20
Odolnost proti statickému protržení (CBR)**	ČSN EN ISO 12236	kN	≥ 2	≥ 3
Odolnost proti dynamickému protržení***	ČSN EN ISO 13433	mm	≤ 25	≤ 15
* menší z hodnot obou směrů deklarovaných v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky				
** minimální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky				
*** maximální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky				

Tabulka 6 – Požadavky na mechanické vlastnosti tkaných a pletených geotextilií

Vlastnost	Norma	Jednotka	Hodnota	
			S1	S2
Pevnost v tahu*	ČSN EN ISO 10319	kN/m	≥ 26	≥ 40
Odolnost proti statickému protržení (CBR)**	ČSN EN ISO 12236	kN	≥ 4	≥ 6
Odolnost proti dynamickému protržení ***	ČSN EN ISO 13433	mm	≤ 20	≤ 15
* menší z hodnot obou směrů deklarovaných v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky				
** minimální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky				
*** maximální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky				

Pokud nejsou okrajové podmínky pro posouzení a návrh separační geotextilie známe, použije se geotextilie s vlastnostmi odpovídajícími geotextilii typu S2 nebo lepšími (Tabulka 5 a Tabulka 6).

⁴ v návrhu se uvažují vždy parametry zeminy horších vlastností (dle Tabulka 2) na kontaktu se separační geotextilií (tj. nad nebo pod separační geotextilií).

2.3 Požadavky na technické specifikace separační geotextilie

Pro všechny separační geotextilie musí být v projektu vždy definovány následující povinné údaje dle tabulky (Tabulka 7) **nebo** musí být v projektu definován typ geotextilie S1 nebo S2 dle těchto TP podle příslušné tabulky (Tabulka 5 nebo Tabulka 6).

Tabulka 7 – Požadavky na technické specifikace separační geotextilie

Vlastnost	Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce	ČSN EN ISO 10318-1	-	oddělování
Pevnost v tahu*	ČSN EN ISO 10319	kN/m	≥
Odolnost proti statickému protržení (CBR)**	ČSN EN ISO 12236	kN	≥
Odolnost proti dynamickému protržení***	ČSN EN ISO 13433	mm	≤
* <i>menší z hodnot obou směrů deklarovaných v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky</i>			
** <i>minimální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky</i>			
*** <i>maximální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky</i>			

V odůvodněných případech mohou být projektem definovány další důležité vlastnosti požadované nad rámec těchto TP. Zdůvodnění těchto dodatečných vlastností musí být obsaženo v technické zprávě dokumentace spolu s požadovaným množstvím a typem kontrolních zkoušek, které budou také součástí kontrolního a zkušebního plánu.

2.4 Související technické normy, technické předpisy a literatura

- [76] BS 8661:2019 Geotextiles. Guidance for specification for basic separation and filtration functions
- [77] NorGeoSpec 2012 A Nordic system for the certification and specification of geosynthetics and geosynthetic-related products (2016)
- [78] TL Geok E-StB Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus (2019)

3 Filtrace

Geotextilie ve většině případů plní v tělese pozemních komunikací kromě funkce separační i funkci filtrační. Geotextilie s filtrační funkcí zajišťují, aby částice zeminy, na které působí hydrodynamické síly, nebyly nekontrolovaně transportovány do vrstvy za filtrem. Současně musí filtrační geotextilie umožnit dostatečný průchod vody skrze rovinu geotextilie.

Požadavky na filtrační geotextilii platí i pro použití geotextilie za rubem gabionových konstrukcí.

Pro filtraci ve smyslu těchto TP lze v zemním tělese použít pouze geosyntetické výrobky, které mají v doprovodném dokumentu uvedeno zamýšlené použití (funkci) filtrace (ČSN EN 13249, ČSN EN 13251, ČSN EN 13252).

3.1 Obecně

Stejně jako pro separaci se pro filtraci používají netkané, tkané nebo pletené geotextilie (Obrázek 1, Obrázek 2 a Obrázek 3).

3.2 Návrh filtrační geotextilie

Návrh a posouzení filtrační geotextilie dle těchto TP platí pro filtraci vody.

Společně s filtrační funkcí je nutné geotextilii vždy posoudit i na podmínky podle funkce separace dle kapitoly 2.2.

3.2.1 Okrajové podmínky pro návrh filtrační geotextilie

Návrh filtrační geotextilie závisí na typu oddělované zeminy, přítomnosti vody v konstrukci, jejím chování a směru proudění. Geotextilie musí zabránit pohybu jemnozrnných částic zeminy před filtrem, současně nesmí dojít k zanesení zeminy za filtrem, resp. nesmí dojít k významnějšímu snížení schopnosti filtru propouštět vodu.

Hlavní kritéria pro určení zeminy před filtrem jsou:

- předpokládaný směr proudění vody, přičemž zemina před filtrem leží ve směru toku vody před geotextilií;
- v případě neznámého směru proudění vody rozhoduje o zemině před filtrem větší podíl jemnozrnných částic v oddělovaných zeminách.

Návrh filtrační geotextilie vychází z následujících okrajových podmínek:

Filtrace nevýznamná (viz 3.2.2.1)

- Geotextilie plní zejména funkci separační v prostředí s obsahem jemných částic $f < 15 \%$ a prostup vody není významným návrhovým faktorem⁵.

Filtrace významná (viz 3.2.2.2)

- Geotextilie zajišťuje významným způsobem funkci separační i funkci filtrační v podmínkách, kde je ve styku s geotextilií zemina s obsahem jemných částic $f \geq 15 \%$ a prostup vody je důležitým faktorem návrhu⁶.

Filtrace kritická (viz 3.2.2.3)

- Geotextilie zajišťuje významným způsobem zejména funkci filtrační v podmínkách vysokého a proměnlivého průtoku vody, kde by porucha filtrační kapacity významně ovlivnila výkon přidružených nebo souvisejících konstrukcí.

3.2.2 Požadavky na filtrační geotextilie

3.2.2.1 Případy s nevýznamnou filtrací

Pro tuto aplikaci se používají geotextilie, které musejí kromě mechanických parametrů uvedených v kapitole 2 splňovat hydraulické požadavky uvedené v tabulce (Tabulka 8).

⁵ zpravidla se jedná o zeminy tříd G1 až G3, S1 až S3 s orientační hydraulickou vodivostí v řádu 10^{-4} až 10^{-6} m/s.

⁶ zpravidla se jedná o zeminy s orientační hydraulickou vodivostí řádově menší než 10^{-6} m/s s výjimkou podmínek kritické filtrace.

Prostředím s nevýznamnou filtrací v konstrukci tělesa pozemních komunikací je míněno:

- suché prostředí s občasnými přítoky vody,
- separace dvou hrubozrnných zemin s obsahem jemnozrnných částic menším než 15 % a s rozdílnou zrnitostí.

Tabulka 8 – Požadavky na hydraulické vlastnosti geotextilií pro nevýznamnou filtraci

Vlastnost	Norma	Jednotka	Hodnota
Propustnost pro vodu kolmo k rovině*	ČSN EN ISO 11058	$l/(m^2 \cdot s)$	≥ 7
Charakteristická velikost otvorů O_{90} *	ČSN EN ISO 12956	μm	$50 \leq O_{90} \leq 350$
* minimální a maximální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení a přičtení odchylky			

3.2.2.2 Případy s významnou filtrací

Pro tuto aplikaci se používají geotextilie, které musí kromě mechanických parametrů uvedených v kapitole 2. Separace splňovat také hydraulické požadavky uvedené v tabulce (Tabulka 9).

Prostředím s významnou filtrací v konstrukci tělesa pozemních komunikací je míněno:

- prostředí s jednosměrným prouděním vody,
- drenážní vrstvy a trativody,
- prostředí, ve kterém dochází k separaci jemnozrnných a hrubozrnných zemin,
- prostředí, ve kterém se nachází nebo může nacházet hladina podzemní vody.

Tabulka 9 – Požadavky na hydraulické vlastnosti geotextilií pro významnou filtraci

Vlastnost	Norma	Jednotky	Hodnota
Propustnost pro vodu kolmo k rovině*	ČSN EN ISO 11058	$l/(m^2 \cdot s)$	≥ 27
Charakteristická velikost otvorů O_{90} *	ČSN EN ISO 12956	μm	$50 \leq O_{90} \leq 150$
* minimální a maximální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení a přičtení odchylky			

3.2.2.3 Případy s kritickou filtrací

Hodnoty v tabulkách (Tabulka 8 a Tabulka 9) jsou uvedeny pro většinu podmínek, které v geologickém prostředí České republiky nastávají.

Pokud je potřeba navrhnout geotextilii se separační funkcí zajišťující kritickou filtraci, musí být proveden individuální návrh ověřující kritéria filtrace, zadržení a propustnosti.

Prostředí s kritickou filtrací v konstrukci tělesa pozemní komunikace je:

- prostředí s obousměrným prouděním vody (např. v blízkosti vodního toku, kde dochází ke kolísání hladiny a geotextilie je touto změnou přímo dotčena),
- hrubozrnné zeminy s hydraulickou vodivostí $k > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$,
- jemnozrnné zeminy s obsahem prachové složky $> 60 \%$ hmotnosti suché zeminy.

3.2.2.3.1 Vstupní data pro návrh filtrační geotextilie

Pro posouzení vhodnosti geotextilie pro kritickou filtraci je nutné znát vlastnosti zeminy před filtrem a navrhované geotextilie (Tabulka 10).

Tabulka 10 – Vstupní data pro návrh filtrační geotextilie

Vlastnosti zeminy před filtrem	
$D_{10}, D_{15}, D_{30}, D_{50}, D_{60}, D_{85}$	velikost zrna odpovídající propadu 10, 15, 30, 50, 60 a 85 % určené z křivky zrnitosti
$C_u = D_{60}/D_{10}$	číslo nestejnozrnnosti
I_p	index plasticity v případě jemnozrnných zemín
k_s	koeficient hydraulické vodivosti
Vlastnosti navrhované geotextilie	
O_{90}	charakteristická velikost otvorů
V_{H50}	index rychlosti při poklesu hydrostatické výšky o 50 mm

3.2.2.3.2 Návrh filtrační geotextilie

Navrhovaná geotextilie musí současně vyhovět 3 kritériím (Tabulka 11).

Tabulka 11 – Filtrační kritéria

Filtrační kritérium	Doplňující charakteristika zeminy před filtrem	Podmínka splnění filtračního kritéria
Zadržení	-	$O_{90} \leq O_{90,ret}$
Ucpání	$C_u > 3$ a $D_{15} < 0,020 \text{ mm}$	$O_{90} \geq 3 \cdot D_{15}$
	$C_u > 3$ a $D_{15} \geq 0,020 \text{ mm}$	$O_{90} \geq 0,063 \text{ mm}$
	$C_u \leq 3$	neposuzuje se
Propustnosti	-	$V_{H50} \geq 10 \cdot k_s \cdot i_s$

kde je	C_u	číslo nestejnozrnnosti	[–]
		$= D_{60}/D_{10}$	
	D_{15}	velikost zrna odpovídající na křivce zrnitosti propadu 15 %	[mm]
	O_{90}	charakteristická velikost otvorů geotextilie	[mm]
	$O_{90,ret}$	maximální velikost otvorů geotextilie stanovená pomocí kritéria zadržení viz kapitulu 3.2.2.3.3	[mm]
	V_{H50}	index rychlosti při poklesu hydrostatické výšky o 50 mm	[m/s]
	k_s	koeficient hydraulické vodivosti zeminy před filtrem	[m/s]
	i_s	hydraulický gradient převažující v zemině v blízkosti geotextilie (obvykle 1,0)	[–]
a dále	D_{10}	velikost zrna odpovídající na křivce zrnitosti propadu 10 %	[mm]
	D_{60}	velikost zrna odpovídající na křivce zrnitosti propadu 60 %	[mm]

3.2.2.3.3 Stanovení maximální velikosti otvoru geotextilie pomocí kritéria zadržení

Maximální velikost otvoru geotextilie $O_{90,ret}$ se stanoví dle tabulky (Tabulka 12).

Tabulka 12 – Stanovení maximální velikosti otvoru geotextilie

Charakteristika zeminy před filtrem	$O_{90,ret}$ [mm]	Doplňující podmínka	
		$I_p \leq 5 \%$	$I_p > 5 \%$
$D_{50} \geq 0,075 \text{ mm}$	$O_{90,ret} = B \cdot D_i$	-	-
$D_{50} < 0,075 \text{ mm}$	$O_{90,ret} = D_{85}$	$O_{90} \leq 0,300 \text{ mm}$	$O_{90} \leq 0,080 \text{ mm}$

Faktor zohledňující aplikaci, vlastnosti zemin a hydraulické podmínky (B) a velikost zrna odpovídající propadu i % (D_i) se stanoví dle tabulky (Tabulka 13).

Tabulka 13 – Stanovení faktoru B a zrna D_i

Charakteristika zeminy před filtrem	Faktor B [-]	Charakter křivky zrnitosti	Velikost zrna D_i [mm]
$C_u < 2$	1	-	D_{85}
$2 \leq C_u < 4$	$0,5 \cdot C_u$	-	
$4 \leq C_u \leq 8$	$8/C_u$	-	
$C_u > 2$	1	lineární	D_{50}
		konkávní	D_{30}
		mezerovitá	D_G

kde je	C_u	číslo nestejnozrnnosti	[-]
		$= D_{60}/D_{10}$	
	I_p	index plasticity	[%]
	O_{90}	charakteristická velikost otvorů geotextilie	[mm]
	$O_{90,ret}$	maximální velikost otvorů geotextilie stanovená pomocí kritéria zadržení	[mm]
	B	faktor zohledňující aplikaci, vlastnosti zemin a hydraulické podmínky	[-]
	D_i	velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu i %	[mm]
	D_{85}	velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 85 %	[mm]
	D_{50}	velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 50 %	[mm]
	D_{30}	velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 30 %	[mm]
	D_G	velikost zrna odpovídající spodní hranici chybějící frakce	[mm]
a dále	D_{10}	velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 10 %	[mm]
	D_{60}	velikost zrna odpovídající na čáře zrnitosti propadu 60 %	[mm]

3.3 Požadavky na technické specifikace filtrační geotextilie

Pro všechny filtrační geotextilie musí být v projektu vždy definován typ geotextilie dle kapitoly separace a následující povinné údaje dle tabulky (Tabulka 14).

Tabulka 14 – Požadavky na technické specifikace filtrační geotextilie

Vlastnost	Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce	ČSN EN ISO 10318-1	-	filtrace ⁷
Propustnost pro vodu kolmo k rovině*	ČSN EN ISO 11058	$l/(m^2 \cdot s)$	\geq
Charakteristická velikost otvorů O_{90} **	ČSN EN ISO 12956	μm	$\leq O_{90} \leq$
* minimální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			
** minimální/maximální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení/přičtení odchylky			

⁷ v projektové dokumentaci musí být uvedeno, zda se jedná v rámci návrhu o filtraci nevýznamnou, významnou nebo kritickou.

V odůvodněných případech mohou být projektem definovány další důležité vlastnosti požadované nad rámec těchto TP. Zdůvodnění těchto dodatečných vlastností musí být obsaženo v technické zprávě dokumentace spolu s požadovaným množstvím a typem kontrolních zkoušek, které budou také součástí kontrolního a zkušebního plánu.

3.4 Související technické normy, technické předpisy a literatura

Viz [76].

4 Odvodňování

V těchto TP se funkce odvodňování dále vyskytuje pod termínem funkce drenážní.

Vedle konvenčních systémů odvodňování, jako jsou drenážní vrstvy z nestmelených směsí, se v zemním tělese pozemních komunikací uplatňují drenážní geosyntetika. Nejčastěji se k tomuto účelu používají drenážní geokompozity, které jsou v rámci této kapitoly dále uvažovány.

Použití jiného druhu geosyntetika (historicky např. netkané geotextilie) není vyloučeno, v dokumentaci však musí být prokázána vhodnost daného geosyntetika pro zamýšlené použití v konstrukci.

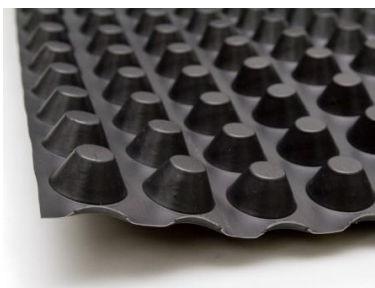
Pro odvodňování ve smyslu těchto TP lze v zemním tělese použít pouze geosyntetické výrobky, které mají v doprovodném dokumentu uvedeno zamýšlené použití (funkci) odvodňování (ČSN EN 13252).

4.1 Obecně

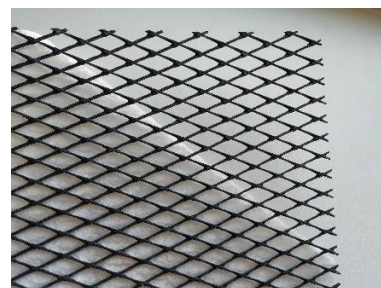
Drenážní geokompozit se sestává z dílčích částí: z drenážního jádra, z oboustranných filtrů tvořených stejnou nebo různou netkanou geotextilií, případně z fólie nahrazující jeden z filtrů. Drenážní jádro je nositelem funkce odvodňování a podle technologie výroby se vyznačuje různými vlastnostmi, z nichž nejdůležitější je dlouhodobá odolnost proti působícímu tlaku (viz Obrázek 5 až Obrázek 7).



Obrázek 5 – Poddajné drenážní jádro

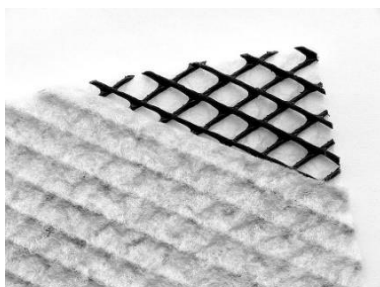


Obrázek 6 – Polotuhé drenážní jádro

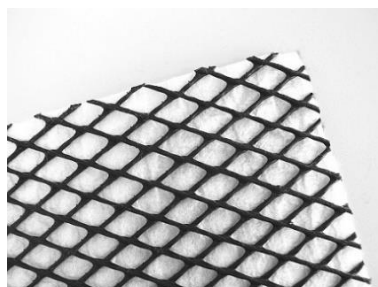


Obrázek 7 – Tuhé drenážní jádro

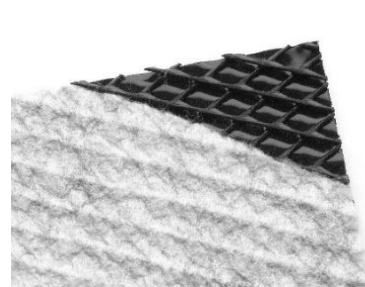
Geotextilie zamezuje zanesení jádra jemnými částicemi zeminy (plní funkci filtrace dle kapitoly 3), fólie⁸ zabráňuje přímému styku vody proudící v rovině drenážního geokompozitu s danou částí konstrukce (viz Obrázek 8 až Obrázek 10).



Obrázek 8 – Oboustranný filtr z netkané geotextilie



Obrázek 9 – Jednostranný filtr z netkané geotextilie



Obrázek 10 – Filtr z netkané geotextilie a fólie

⁸ fólie v případě drenážních geokompozitů **neplní** funkci izolace, není-li uvedeno doprovodným dokumentem jinak.

Pro drenážní funkci je klíčové stanovit *dlouhodobou* drenážní kapacitu drenážního geokompozitu, která vychází z vlastnosti nazývané *krátkodobá* drenážní kapacita.

Pro účely těchto TP se pojmem „krátkodobá drenážní kapacita“ rozumí „schopnost proudění v rovině“ uváděná v doprovodném dokumentu.

4.2 Návrh

Cílem návrhu je stanovit minimální dlouhodobou drenážní kapacitu $q_{d,lt}$, která se stanoví dle postupů kapitoly 4.2.5.

Ve stupni PDPS a/nebo RDS je minimální dlouhodobá drenážní kapacita $q_{d,lt}$ stanovena na základě postupů kapitol 4.2.1 – 4.2.3⁹.

Norma předepisuje stanovovat drenážní kapacitu výrobku při kombinaci vybraných okrajových podmínek¹⁰. Při výpočtu je potřeba volit takové okrajové podmínky, které nejvíce odpovídají skutečnosti. U drenážní funkce je nutné posoudit krátkodobé hledisko (kapitola 4.2.2) a dlouhodobé hledisko (kapitola 4.2.3).

4.2.1 Vstupní parametry

V tabulce (Tabulka 15) je uveden souhrn vstupních parametrů potřebných pro návrh.

Tabulka 15 – Vstupní parametry potřebné pro výpočet

Parametr	Symbol	Zdroj
Krátkodobá drenážní kapacita	$q_{k,st}$	doprovodný dokument

Okrajové podmínky pro přepočet krátkodobé drenážní kapacity dle kapitoly 4.2.2		
Působící tlak	σ	tyto TP
Hydraulický gradient	i	tyto TP
Tvrdość povrchů	-	tyto TP
Kinematická viskozita (teplota vody)	ν	literatura, tyto TP

Parametry nutné pro výpočet dlouhodobé drenážní kapacity dle kapitoly 4.2.3		
Redukční faktor pro vtažení geotextilie do jádra	RF_{IN}	literatura, tyto TP
Redukční faktor pro tlakový creep	RF_{CR-c}	technická data výrobku, výpočet
Redukční faktor pro chemické ucpávání	RF_{CC}	literatura, tyto TP
Redukční faktor pro biologické ucpávání	RF_{BC}	literatura, tyto TP

Parametry nutné pro návrh dle kapitol 4.2.4 a 4.2.5		
Návrhová intenzita průtoku	$q_{e,rqd}$	hydrolog, hydrogeolog
Ekvivalentní drenážní kapacita	$q_{d,eq}$	tyto TP
Spolehlivost návrhu	Γ	tyto TP

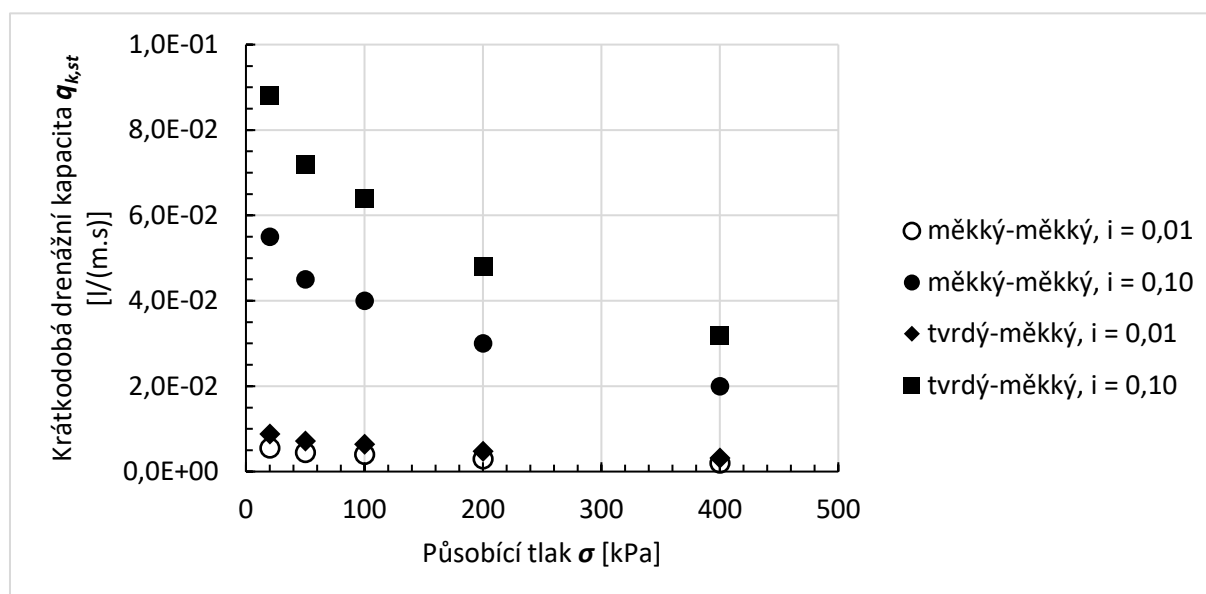
⁹ postup výpočtu obsahuje certifikovaná metodika Ministerstva dopravy [79] /4.4/, <https://www.shopcdv.cz/cs/metodika-geokompozitni-drenaz>.

¹⁰ dle ČSN EN 13252 (Tabulka 1, Tabulka ZA.1.2) je doprovodný dokument povinen uvádět schopnost proudění vody v rovině „(...) za **nominálního tlaku 20 kPa** a **hydraulickým gradientu 1** (...) ve směru výroby. Ve všech případech musí být uvedeno **měkký/měkký**. (...)“.

4.2.2 Krátkodobá drenážní kapacita

Krátkodobá drenážní kapacita $q_{k,st}$ je vztažená na konkrétní výrobek při konkrétních krátkodobých vlivech. Jedná se o diskrétní veličinu ve zobrazení $\sigma - q_{k,st}$, rozčleněnou na datové řady dle tvrdosti povrchů a dle hydraulického gradientu. Ilustrativní graf (Obrázek 11) znázorňuje hodnoty drenážní kapacity¹¹ pro vybrané krátkodobé vlivy.

Hodnoty krátkodobé drenážní kapacity jsou stanoveny na základě laboratorních zkoušek¹². Přepočet se řídí kapitolami 4.2.2.1 – 4.2.2.4.



Obrázek 11 – Příklad závislosti krátkodobé drenážní kapacity na krátkodobých vlivech

4.2.2.1 Působící tlak

Působící tlak se stanoví jako složka síly působící *kolmo* na rovinu drenážního geokompozitu, u svislých konstrukcí se uvažuje zemní tlak. Pokud je drenážní geokompozit vystaven proměnlivým podmínkám působícího tlaku, musí se brát v úvahu nejhorší případ¹³.

Interpolace krátkodobé drenážní kapacity mezi působícími tlaky je lineární, viz vztah (3):

$$q_{k,st,\sigma} = q_{k,st,\sigma U} + (q_{k,st,\sigma L} - q_{k,st,\sigma U}) \times \frac{\sigma_U - \sigma_\sigma}{\sigma_U - \sigma_L} \quad (3)$$

kde je	$q_{k,st,\sigma}$	krátkodobá drenážní kapacita pro uvažovaný tlak	$[l/(m \cdot s)]$
	$q_{k,st,\sigma L}$	krátkodobá drenážní kapacita pro nižší tlak	$[l/(m \cdot s)]$
	$q_{k,st,\sigma U}$	krátkodobá drenážní kapacita pro vyšší tlak	$[l/(m \cdot s)]$
	σ_σ	uvažovaný tlak	$[kPa]$
	σ_L	(nejbližší) nižší tlak	$[kPa]$
	σ_U	(nejbližší) vyšší tlak	$[kPa]$

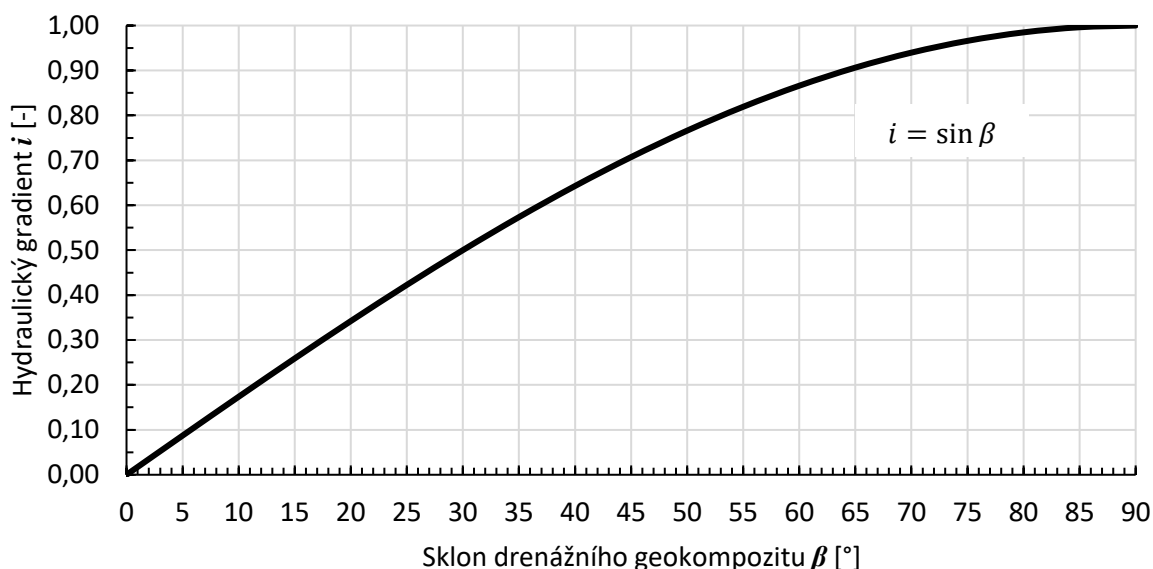
¹¹ různé zdroje uvádí různý zápis téže jednotky, platí ekvivalence $\{X\} [l/(m \cdot s)] = \{X \times 10^{-3}\} [m^2/s]$.

¹² zkušební metoda ČSN EN ISO 12958.

¹³ např. zemní tlak roste úměrně s hloubkou.

4.2.2.2 Hydraulický gradient

Pro hydraulický gradient i platí vztah $i = \sin \beta$, kde β je sklon, ve kterém je uložen drenážní geokompozit, viz také graf (Obrázek 12).



Obrázek 12 – Převod sklonu drenážního geokompozitu na hydraulický gradient

Interpolace krátkodobé drenážní kapacity mezi hydraulickými gradienty se řídí Cancelli-Rimoldiho vzorcem (1989), viz vztah (4).

$$q_{k,st,i} = q_{k,st,iU} \times \sqrt{\frac{i}{i_U}} \quad (4)$$

kde je

$q_{k,st,i}$	krátkodobá drenážní kapacita pro uvažovaný gradient	$[l/(m \cdot s)]$
$q_{k,st,iU}$	krátkodobá drenážní kapacita pro vyšší gradient	$[l/(m \cdot s)]$
i	uvažovaný gradient	$[-]$
i_U	(nejbližší) vyšší gradient	$[-]$

4.2.2.3 Tvrdost kontaktních povrchů

Při volbě tvrdosti povrchu se vychází z tabulky (Tabulka 16). Interpolace krátkodobé drenážní kapacity mezi tvrdostmi povrchů není možná, mezilehlé polohy neexistují.

Tabulka 16 – Tvrdost kontaktních povrchů přiléhajících ke geokompozitu (demonstrativní výčet)

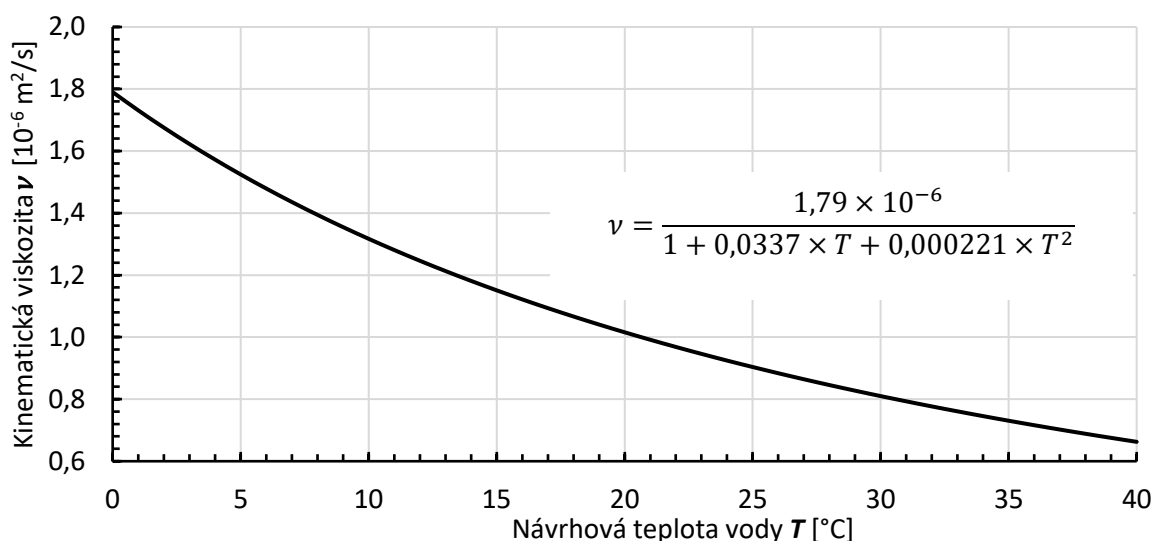
Povrch	Tvrdý (hard)	Měkký (soft)
Zhutněné směsi (šterkodrt, mechanicky zpevněné kamenivo)	✓ ¹⁴	✓
Zhutněné zeminy upravené pojivy		
Ostatní zeminy a sypaniny, bez ohledu na původ a zpracování		✓
Čerstvý cementový beton		✓
Tvrdý cementový beton	✓	
Geosyntetické izolace	✓ ¹⁵	✓

¹⁴ pouze pokud se geokompozit pokládá na již takto utvořený povrch.

¹⁵ pouze geomembrány s tloušťkou více jak 0,5 mm.

4.2.2.4 Kinematická viskozita

Krátkodobá drenážní kapacita je vztažena k podmínkám laboratorní teploty vody T (standardně pro $T = 20\text{ °C}$). Teplota vody ovlivňuje její kinematickou viskozitu, viz graf (Obrázek 13).



Obrázek 13 – Závislost kinematické viskozity vody na její teplotě

Změna krátkodobé drenážní kapacity v závislosti na teplotě vody se spočítá dle vztahu (5).

$$q_{k,st,T} = q_{k,st,20} \times \frac{\nu_{20}}{\nu_T} \quad (5)$$

kde je	$q_{k,st,T}$	krátkodobá drenážní kapacita pro návrhovou teplotu	$[l/(m \cdot s)]$
	$q_{k,st,20}$	krátkodobá drenážní kapacita pro teplotu 20 °C	$[l/(m \cdot s)]$
	ν_{20}	kinematická viskozita vody pro teplotu 20 °C	$[m^2/s]$
	ν_T	kinematická viskozita vody pro návrhovou teplotu T	$[m^2/s]$

4.2.2.4.1 Návrhová teplota pro vyhodnocení vlivu kinematické viskozity

Návrhová teplota vody T se zvolí ekvivalentní průměrné roční teplotě v daném regionu¹⁶. Pokud nejsou k dispozici relevantní data pro vyhodnocení návrhové teploty vody, zvolí se $T = 10\text{ °C}$.

4.2.3 Dlouhodobá drenážní kapacita

Dlouhodobá drenážní kapacita $q_{d,lt}$ se vypočítá dle vztahu (6).

$$q_{d,lt} = q_{k,st} \times \left(\frac{1}{RF_{CR-c} \times RF_{IN} \times RF_{CC} \times RF_{BC}} \right) \quad (6)$$

kde je	$q_{d,lt}$	dlouhodobá drenážní kapacita	$[l/(m \cdot s)]$
	$q_{k,st}$	krátkodobá drenážní kapacita	$[l/(m \cdot s)]$
	RF_{CR-c}	redukční faktor tlakového creepu	$[-]$
	RF_{IN}	redukční faktor vtlačení geotextilie do jádra	$[-]$
	RF_{CC}	redukční faktor chemického ucpávání	$[-]$
	RF_{BC}	redukční faktor biologického ucpávání	$[-]$

¹⁶ údaje o průměrných teplotách uvádí ČHMÚ.

4.2.3.1 Tlakový creep jádra

Redukční faktor tlakového creepu se vypočítá ze vztahu (7) na základě zkoušek.

$$RF_{CR-c} = \left[\frac{(t_{CO}/t_{ori}) - (1 - n_{ori})}{(t_{CR}/t_{ori}) - (1 - n_{ori})} \right]^3 \quad (7)$$

kde je	RF_{CR-c}	redukční faktor tlakového creepu	$[-]$
	t_{CO}	tloušťka drenážního jádra v čase $t = 100 h$	$[mm]$
	t_{CR}	tloušťka drenážního jádra v čase t_{∞}	$[mm]$
	t_{ori}	jmenovitá tloušťka drenážního jádra	$[mm]$
	n_{ori}	jmenovitá pórovitost drenážního jádra	$[-]$

Jmenovitá pórovitost drenážního jádra se vypočítá ze vztahu (8).

$$n_{ori} = 1 - \frac{\mu}{\rho \times t_{ori}} \quad (8)$$

kde je	n_{ori}	jmenovitá pórovitost drenážního jádra	$[-]$
	μ	plošná hmotnost drenážního jádra	$[kg/m^2]$
	ρ	objemová hmotnost suroviny drenážního jádra	$[kg/m^3]$
	t_{ori}	jmenovitá tloušťka drenážního jádra	$[m]$

4.2.3.1.1 Návrhová teplota pro vyhodnocení vlivu tlakového creepu jádra

Creepové chování drenážního jádra je závislé na návrhové¹⁷ teplotě ϑ , která je ekvivalentní $\vartheta = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2.3.2 Vtlačení geotextilie do jádra, chemické a biologické ucpávání

Ostatní redukční faktory se zvolí dle tabulky (Tabulka 17)¹⁸.

Tabulka 17 – Redukční faktory pro zohlednění dlouhodobých vlivů

RF_{CR-c}	RF_{IN} ¹⁹	RF_{CC} ²⁰	RF_{BC}
viz 4.2.3.1	1,5	1,5	1,3

4.2.4 Ekvivalentní drenážní vrstva

Drenážní kapacita ekvivalentní nestmelené vrstvy se řídí Darcyho zákonem, viz vztah (9).

$$q_d = k \times i \times A \quad (9)$$

kde je	q_d	drenážní kapacita	$[m^3/s]$
	k	koeficient hydraulické vodivosti	$[m/s]$
	i	hydraulický gradient	$[-]$
	A	průřezová plocha nestmelené vrstvy	$[m^2]$

Ekvivalentní drenážní kapacita je vztažena na jednotku šířky w nestmelené vrstvy, uvažuje se $w = 1 m$, aby bylo možné porovnat ekvivalentní drenážní kapacitu s drenážní kapacitou geokompozitů.

¹⁷ uvedená návrhová teplota platí pouze pro drenážní geokompozity uložené v zemním tělese pozemních komunikací, nelze ji uvažovat v jiných oblastech, např. skládkách odpadů.

¹⁸ ucpávání drenážního jádra se označuje anglickým termínem „clogging“.

¹⁹ pro kontaktní povrchy tvrdý/tvrký se uvažuje $RF_{IN} = 1,0$.

²⁰ v oblastech, kde je zvýšené riziko chemického ucpávání (např. krasové oblasti), se hodnota RF_{CC} adekvátně zvýší.

Obecný Darcyho zákon se upraví dle vztahu (10):

$$q_{d,eq} = k \times i \times t \times 10^3 \quad (10)$$

kde je	$q_{d,eq}$	ekvivalentní drenážní kapacita	$[l/(m \cdot s)]$
	k	koeficient hydraulické vodivosti	$[m/s]$
	i	hydraulický gradient	$[-]$
	t	průřezová tloušťka nestmelené vrstvy	$[m]$

Krátkodobé vlivy (s výjimkou hydraulického gradientu, který je přímo zastoupen v rovnici) ani redukční faktory se ve výpočtu neuplatňují.

4.2.5 Spolehlivost návrhu

Obecně se spolehlivost návrhu drenážního geokompozitu stanoví ze základního vztahu (11).

$$\Gamma = \frac{q_{d,lt}}{q_{e,rqd}} \quad (11)$$

kde je	Γ	spolehlivost návrhu	$[-]$
	$q_{d,lt}$	dlouhodobá drenážní kapacita	$[l/(m \cdot s)]$
	$q_{e,rqd}$	návrhová intenzita průtoků ²¹	$[l/(m \cdot s)]$

Pokud slouží drenážní geokompozit jako alternativa k drenážní nestmelené vrstvě, upraví se vztah pro spolehlivost návrhu drenážního geokompozitu na vztah (12).

$$\Gamma = \frac{q_{d,lt}}{q_{d,eq}} \quad (12)$$

kde je	Γ	spolehlivost návrhu	$[-]$
	$q_{d,lt}$	dlouhodobá drenážní kapacita	$[l/(m \cdot s)]$
	$q_{d,eq}$	ekvivalentní drenážní kapacita	$[l/(m \cdot s)]$

Minimální úroveň spolehlivosti návrhu je stanovena vztahem (13).

$$\Gamma = FS_{min} \times \gamma_q \quad (13)$$

kde je	Γ	spolehlivost návrhu	$[-]$
	FS_{min}	stupeň bezpečnosti dle [79]	$[-]$
	γ_q	faktor spolehlivosti	$[-]$

Hodnoty součinitelů pro stanovení spolehlivosti návrhu uvádí Tabulka 18.

Tabulka 18 – Součinitelé pro stanovení spolehlivosti návrhu

Součinitel	Symbol	Hodnota
Stupeň bezpečnosti	FS_{min}	1,30
Faktor spolehlivosti	γ_q	1,50

4.2.6 Doporučení pro volbu drenážního geokompozitu

Předběžnou volbu lze učinit na základě doporučení uvedeného v tabulce (Tabulka 19). U jednoho parametru může být označeno více možností jako variantně vhodných.

²¹ závisí na zdroji vody a jeho vydatnosti (srážky, průsaky), stanoví příslušný odborník v oboru (hydrolog, hydrogeolog).

Tabulka 19 – Doporučení pro volbu drenážního geokompozitu

Aplikace	Jádro			Povrch 1					Povrch 2				
	T	P	D	tvrdý	měkký	X	G	F	tvrdý	měkký	X	G	F
Zemní pláň	●			*	pláň			●		k.v.		●	
Podloží násypu	●	●			podloží		●			násyp		●	
Rub zdi	●	●	●	zeď	**	●		●		zásyp		●	
Povrch svahu	●		●		svah		●			zásyp		●	
* pouze v opodstatněném případě (podrobněji viz tabulku (Tabulka 16))													
** pouze v případě, že geokompozit je součástí bednění pro čerstvý beton													
k.v. konstrukční vrstvy													
X bez geosyntetika					T tuhé (jádro)								
G geotextilie					P polotuhé (jádro)								
F fólie					D poddajné (jádro)								

4.3 Požadavky na technické specifikace drenážního geokompozitu

Pro všechny drenážní geokompozity musí být v projektu vždy definovány následující povinné údaje dle tabulky (Tabulka 20). Geotextilie připevněná k drenážnímu jádru plní funkci filtrace a musí splňovat požadavky kapitoly 3²².

Tabulka 20 – Požadavky na technické specifikace drenážního geokompozitu

Vlastnost	Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce	ČSN EN ISO 10318-1	-	odvodňování
Dlouhodobá drenážní kapacita ^{23 24}	-	l/(m·s)	≥
Působící tlak	-	kPa	=
Hydraulický gradient	-	-	=
Tvrdost kontaktních povrchů	-	-	dle povrchů
Návrhová teplota T (viskozita)	-	°C	=
Návrhová teplota ϑ (creep)	-	°C	= 20
Návrhová životnost	-	rok	≥
Uvažovaný RF_{CR-C} ²⁵	-	-	=
Uvažovaný RF_{IN}	-	-	=
Uvažovaný RF_{CC}	-	-	=
Uvažovaný RF_{BC}	-	-	=

V odůvodněných případech mohou být projektem definovány další důležité vlastnosti požadované nad rámec těchto TP. Zdůvodnění těchto dodatečných vlastností musí být obsaženo v technické

²² ve smyslu kapitoly 3 se jedná o případ nevýznamné nebo významné filtrace.

²³ doprovodný dokument drenážních geokompozitů deklaruje pouze schopnost proudění vody v rovině dle ČSN EN ISO 12958; pro konkrétní podmínky stavby se musí postupem dle 4.2.2 a 4.2.3 prokázat dostatečná dlouhodobá drenážní kapacita.

²⁴ redukční faktor tlakového creepu RF_{CR-C} musí být doložen certifikátem nebo výpočtem na základě zkoušek, ostatní redukční faktory se zvolí dle tabulky (Tabulka 17).

²⁵ specifikuje se pouze tehdy, pokud se v návrhu uvažuje konkrétní hodnota ve vazbě na konkrétní výrobek.

zprávě dokumentace spolu s požadovaným množstvím a typem kontrolních zkoušek, které budou také součástí kontrolního a zkušebního plánu.

4.4 Související technické normy, technické předpisy a literatura

- [79] MACAN, Tomáš, Petr ZEDNÍK, Josef STRYK, Ondřej VODÁČEK, Martin KAŠPAR a Petr HUBÍK. *Geokompozitní drenáž pro účely odvodnění na objektech dopravní infrastruktury: certifikovaná metodika*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2019. Metodika (Centrum dopravního výzkumu). ISBN 978-80-88074-74-8.
- [80] GEOSYNTHETIC RESEARCH INSTITUTE. GRI Standard GC8: *Determination of the Allowable Flow Rate of a Drainage Geocomposite*. 2013. 2. Folsom: Geosynthetic Institute, 2013.
- [81] Landfill Engineering. In: *Geosynthetics in Civil and Environmental Engineering: Geosynthetics Asia 2008: Proceedings of the 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics in Shanghai, China*. 1. Berlin, Germany: Zhejiang University Press, 2008, p. 469-470. ISBN 978-3-540-69312-3. ISSN 978-3-540-69312-0.

5 Izolace

Geosyntetické izolace zadržují a usměrňují průsak nebo tok vod v zemním tělese pozemních komunikací, případně v jeho podloží. Postupy a požadavky v této kapitole se vztahují na aplikace v rámci zemního tělesa. Nelze je aplikovat na retenční nádrže a další umělé objekty umístěné do zemního tělesa, jako jsou např. izolace potrubí, propustků, mostů, zdí, tunelů apod., které jsou řešeny samostatnými předpisy²⁶.

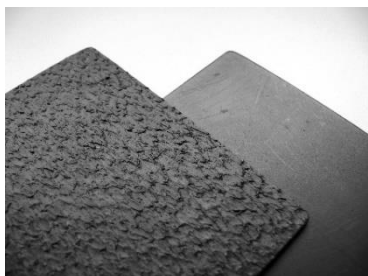
Pro izolaci ve smyslu těchto TP lze v zemním tělese použít pouze geosyntetické výrobky, které mají v doprovodném dokumentu uvedeno zamýšlené použití (funkci) izolace (ČSN EN 15382).

5.1 Obecně

Pro izolaci se v zemním tělese používají

- polymerní geosyntetické izolace (geomembrány) – Obrázek 14,
- jílové geosyntetické izolace (geosyntetické jílové vložky, bentonitové rohože) – Obrázek 15.

Polymerní geosyntetickou izolaci lze navrhovat z vysokohustotního nebo lineárního nízkohustotního polyetyleny (HDPE, LLDPE) s povrchem hladkým nebo oboustranně zdrsňeným.



Obrázek 14 – Polymerní geosyntetická izolace (zdrsňená, hladká)

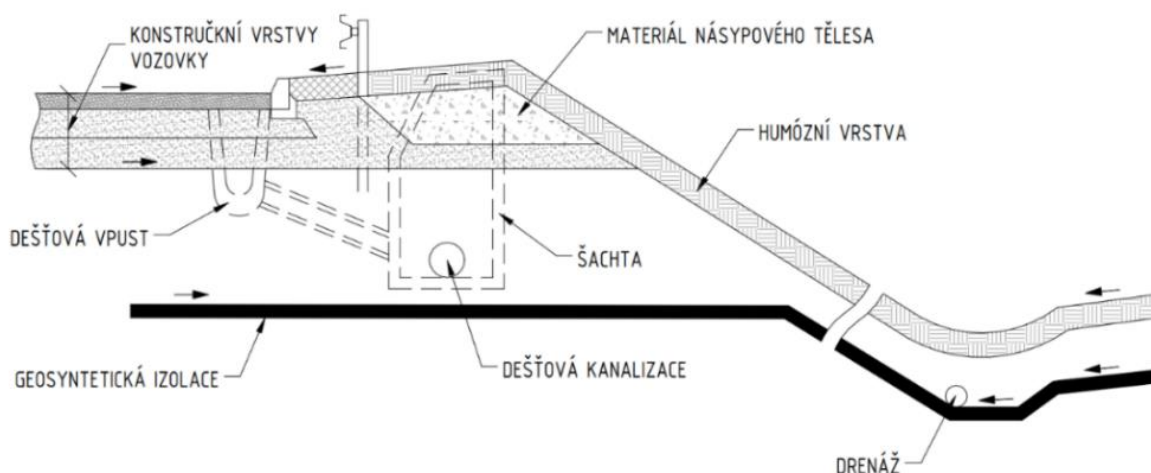


Obrázek 15 – Jílová geosyntetická izolace

²⁶izolační (těsnicí) vrstva v přechodové oblasti mostů (ČSN 73 6244 + VL 4), odvodnění pozemních komunikací (TP 83).

5.2 Návrh geosyntetické izolace

Typické použití geosyntetické izolace pro ochranu podzemních vod je znázorněno na příčném řezu na obrázku (Obrázek 16). V závislosti na okrajových podmínkách daného objektu a podmínkách použití je obvykle geosyntetická izolace na kontaktu se zemínou chráněna proti poškození, nejčastěji geotextilií s ochrannou funkcí (dle kapitoly 6) nebo jiným vhodným způsobem navrženým na základě provedených zkoušek (např. vrstva písku).



Obrázek 16 – Schéma typického použití geosyntetické izolace v tělese pozemních komunikací

Pro polymerní i jílovou geosyntetickou izolaci platí omezení použití konkrétních typů, sklonů uložení a provedení spoje podle tabulky (Tabulka 21). Sклон uložení je výsledný sklon (sklon měřený po spádnicí).

Tabulka 21 – Použití geosyntetické izolace podle sklonu uložení

Skлон uložení	Druh geosyntetické izolace		Typ spoje (Tabulka 45)
0 ° – 5 °	polymerní	hladká	dvojitý svar
		oboustranně zdrsňená	
	jílové		přesah ≥ 350 mm
5 ° – 15 °	polymerní	hladká	poznámka ²⁷
		oboustranně zdrsňená	dvojitý svar
	jílové		přesah ≥ 350 mm
> 15 °	polymerní	hladká	poznámka ²⁷
		oboustranně zdrsňená	dvojitý svar
	jílové		přesah ≥ 500 mm

Geosyntetická izolace působí v konstrukci jako predisponovaná smyková plocha pro porušení zemního tělesa smykem. Při použití geosyntetické izolace musí projektant vždy provést a doložit výpočet stability izolačního souvrství (rozhraní zemina-geotextilie, geomembrána-geotextilie případně geomembrána-zemina dle návrhu). Pro posouzení stability zemního tělesa musí být provedeny smykové zkoušky na kontaktu jednotlivých vrstev izolačního souvrství dle ČSN EN ISO 12957-1, okrajové podmínky zkoušky pro každé jednotlivé rozhraní definuje projektant.

Projektová dokumentace musí vždy stanovit způsob spojení jednotlivých pásů geosyntetických izolací.

²⁷ použití hladké polymerní geosyntetické izolace se v tomto sklonu nepřipouští.

5.2.1 Požadavky na geosyntetické izolace pro aplikace v rámci zemního tělesa

Požadavky na polymerní geosyntetické izolace z HDPE a LLDPE uvádí Tabulka 22, pro jílové geosyntetické izolace Tabulka 23.

Tabulka 22 – Požadavky na polymerní geosyntetické izolace z HDPE a LLDPE

Vlastnost	Norma	Jednotka	Hodnota	
			Hladký povrch	Zdrsněný povrch
Tloušťka*	ČSN EN ISO 9863-1 (ČSN EN 1849-2)	mm	≥ 1,5	
Pevnost v tahu ^{28**}	ČSN EN ISO 527-3	MPa	≥ 15	≥ 10
Odolnost proti statickému protržení (CBR)*	ČSN EN ISO 12236	kN	≥ 2,5	
Odolnost vůči trhlinám (pouze pro HDPE)*	ČSN EN 14576	h	≥ 336	
* minimální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky				
** menší z hodnot obou směrů deklarovaných v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky				

Tabulka 23 – Požadavky na jílové geosyntetické izolace

Vlastnost	Norma	Jednotka	Hodnota
Minimální plošná hmotnost*	ČSN EN 14196	g/m ²	≥ 4000
Minimální plošná hmotnost jílové výplně*	ČSN EN 14196	g/m ²	≥ 3700
Index vodního toku ^{29**}	ČSN EN 16416	m ³ /(m ² ·s)	$\leq 1 \times 10^{-8}$
* minimální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			
** maximální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky			

5.3 Požadavky na technické specifikace geosyntetických izolací

Pro všechny polymerní geosyntetické izolace musí být v projektu vždy definovány následující povinné údaje dle tabulky (Tabulka 24).

²⁸ dle ČSN EN ISO 527-1 a -3 se jedná o mez pevnosti.

²⁹ po krácení zlomku má jednotka tvar m/s.

Tabulka 24 – Požadavky na technické specifikace polymerní geosyntetické izolace

Vlastnost	Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce	ČSN EN ISO 10318-1	-	izolace
Tloušťka*	ČSN EN ISO 9863-1 (ČSN EN 1849-2)	mm	≥
Pevnost v tahu**	ČSN EN ISO 527-3	MPa	≥
Odolnost proti statickému protržení CBR*	ČSN EN ISO 12236	kN	≥
Odolnost vůči trhlinám* (udává se pouze pro HDPE)	ČSN EN 14576	h	≥
* minimální hodnota deklarovaná v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			
** menší z hodnot obou směrů deklarovaných v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			

Pro všechny jílové geosyntetické izolace musí být v projektu vždy definovány následující povinné údaje dle tabulky (Tabulka 25).

Tabulka 25 – Požadavky na technické specifikace jílové geosyntetické izolace

Vlastnost	Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce	ČSN EN ISO 10318-1	-	izolace
Minimální plošná hmotnost*	ČSN EN 14196	g/m ²	≥
Minimální plošná hmotnost jílové výplně*	ČSN EN 14196	g/m ²	≥
Index vodního toku ^{29**}	ČSN EN 16416	m ³ /(m ² ·s)	≤
* minimální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			
** maximální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky			

V odůvodněných případech mohou být projektem definovány další důležité vlastnosti požadované nad rámec těchto TP. Zdůvodnění těchto dodatečných vlastností musí být obsaženo v technické zprávě dokumentace spolu s požadovaným množstvím a typem kontrolních zkoušek, které budou také součástí kontrolního a zkušebního plánu.

5.4 Související technické normy, technické předpisy a literatura

- [82] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- [83] ČSN 73 6244 Přechody mostů pozemních komunikací
- [84] TNŽ 73 6280 Navrhování a provádění vodotěsných izolací železničních mostních objektů
- [85] UNE 104425 Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad.
- [86] TP 83 – Odvodnění pozemních komunikací
- [87] VL 4 – Vzorové listy staveb pozemních komunikací - Mosty

- [88] GRI-GCL3, Test Methods, Required Properties, and Testing Frequencies of Geosynthetic Clay Liners (GCLs)", Rev 5, 2019
- [89] GRI-GM13, "Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembranes", Rev 15, 2019
- [90] GRI-GM17, "Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes", Rev 13, 2019
- [91] ZANZINGER, Helmut. Good-better-best HDPE Geomembranes in Engineered Geoenvironmental Applications, Conference on Geosynthetic Lining Solutions and Related Issues, 2012.
- [92] Kent P. von Maubeuge: Geosynthetic barriers in regulations and recommendations in line with the ISO design guide, Springer Nature Switzerland AG 2018.

6 Ochrana

V zemním tělese užívaná geosyntetika s ochrannou funkcí zabráňují poškození geosyntetických izolací zemínou. Nejčastěji se k tomuto účelu používají netkané geotextilie. V případě použití jiných druhů geosyntetik musí být splněny minimální požadavky, které jsou v této kapitole uvedeny.

Pro ochranu ve smyslu těchto TP lze v zemním tělese použít pouze geosyntetické výrobky, které mají v doprovodném dokumentu uvedeno zamýšlené použití (funkci) ochrana (ČSN EN 13265, ČSN EN 13256).

6.1 Obecně

Ochrana pomocí geotextilií se v zemním tělese dle těchto TP aplikuje zejména v kombinaci s výrobky s izolační funkcí. Na ochranu umělých objektů³⁰ (mosty, tunely, propustky, chráničky, vodovody, ropovody, parovody apod.) umístěných v zemním tělese lze ochranné geotextilie použít pouze za podmínky, že budou použity ve dvou vzájemně nespojených vrstvách, pokud není v projektu příslušného umělého objektu specifikován jiný požadavek na jeho ochranu.

6.2 Návrh ochranné geotextilie

Návrh ochrany se provádí v závislosti na okrajových podmínkách konkrétní konstrukce. Požadavky uvedené v tabulce (Tabulka 26) zajistí ochranu geosyntetické izolace v zemním tělese pozemních komunikací při splnění následujících okrajových podmínek:

- maximální zatížení ochranné geotextilie je 300 kN/m² (zatížení vlastní tíhou sypaniny, tlakem od vozidel a jinými stálými a proměnnými zatíženími, pokud přicházejí v úvahu),
- maximální velikost zrna sypaniny v kontaktu s ochrannou geotextilií do 32 mm.

³⁰ ochranu hydroizolačního souvrství betonových mostů, propustků a železobetonových opěrných zdí řeší ČSN 73 6201 (odkaz na odvětvovou normu TNŽ 73 6280); kladení kabelů řeší PNE 34 1050; plynovody řeší ČSN EN 1594 a ČSN EN 12007-1 až 4; ocelová potrubí, dálkové plynovody, ropovody, produktovody, příváděcí řady vodovodů a ocelové sítě v zastavěných územích řeší ČSN 03 8376.

Tabulka 26 – Požadavky na ochranné geotextilie

Vlastnost	Norma	Jednotka	Hodnota
Odolnost proti dynamickému protržení**	ČSN EN ISO 13433	mm	≤ 10
Odolnost proti proražení jehlanem*	ČSN EN 14574	N	≥ 400
Účinnost ochrany** (300 kN/m ²)	ČSN EN 13719	%	≤ 2,3
* minimální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			
** maximální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky			

V případě, že jsou okrajové podmínky v projektu nepříznivější ve smyslu vyššího namáhání ochranné geotextilie (větší velikost zrna zásypu, vyšší zatížení), musí být projektantem objektu proveden individuální návrh. Takový individuální návrh musí vycházet z výsledků testů odpovídajících podmínkám návrhu. V odůvodněných případech, zejména v oblastech s vysokým rizikem negativního dopadu porušení izolačního souvrství v souvislosti s kontaminací vod či negativního dopadu na životní prostředí (např. ochranné pásmo vodních zdrojů), je kromě individuálního návrhu nutné provést ověření navrhované skladby na zkušebním poli. Výsledkem návrhu jsou požadavky na vlastnosti ochranné geotextilie dle tabulky (Tabulka 27).

6.2.1 Krycí vrstva sypaniny

Na ochrannou geotextilii musí být před pojezdem stavební techniky vždy umístěna krycí vrstva sypaniny, jejíž minimální tloušťku určí dokumentace. Při stanovení minimální tloušťky krycí vrstvy se vychází z dotykové plochy vozidla (kolového, pásového), z tlaku na této dotykové ploše a z mechanických parametrů sypaniny, které ovlivňují roznos napětí přes tloušťku krycí vrstvy. V úrovni ochranné geotextilie nesmí být překročena hodnota tlaku, ke které je v dokumentaci vztažena účinnost ochrany dle ČSN EN 13719 (300 kN/m², není-li v dokumentaci stanoveno jinak). Při vyhodnocování tlaku v úrovni ochranné geotextilie se uvaží roznesený tlak od vozidla, vlastní tíha krycí vrstvy a jiná stálá a proměnná zatížení, pokud přicházejí v úvahu.

6.3 Požadavky na technické specifikace ochranné geotextilie

Pro ochranné geotextilie musí být v projektu vždy definovány následující povinné údaje (Tabulka 27).

Tabulka 27 – Požadavky na technické specifikace ochranné geotextilie

Vlastnost	Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce	ČSN EN ISO 10318-1	-	ochrana
Odolnost proti dynamickému protržení**	ČSN EN ISO 13433	mm	≤
Odolnost proti proražení jehlanem*	ČSN EN 14574	N	≥
Účinnost ochrany** (300 kN/m ²)	ČSN EN 13719	%	≤
* minimální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po odečtení odchylky			
** maximální hodnoty deklarované v doprovodném dokumentu výrobku po přičtení odchylky			

V odůvodněných případech mohou být projektem definovány další důležité vlastnosti požadované nad rámec těchto TP. Zdůvodnění těchto dodatečných vlastností musí být obsaženo v technické zprávě dokumentace spolu s požadovaným množstvím a typem kontrolních zkoušek, které budou také součástí kontrolního a zkušebního plánu.

6.4 Související technické normy, technické předpisy a literatura

- [93] ČSN 03 8376 Zásady pro stavbu ocelových potrubí uložených v zemi.
Kontrolní měření z hlediska ochrany před korozi
- [94] ČSN EN 12007 (části 1 až 4) Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším
provozním tlakem do 16 bar včetně (části 1 až 4)
- [95] ČSN EN 1594 Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším
provozním tlakem nad 16 bar – Funkční požadavky
- [96] TNŽ 73 6280 Navrhování a provádění vodotěsných izolací železničních
mostních objektů
- [97] PNE 34 1050 Kladení kabelů nn, vn a 110 kV v distribučních sítích energetiky
- [98] *Guide to the Specification of Geosynthetics*. South Carolina, U.S.A: International Geosynthetics
Society, 2006.
- [99] ATMATZIDIS, D.K., D.A. CHRYSIKOS, T.N. BLANTZOUKAS a A.T. KONDYLI. *Long-term protection
efficiency of nonwoven polypropylene geotextiles*. In: Geosynthetics in Civil and Environmental
Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008, s. 5. ISBN 978-3-540-69313-0.
- [100] ATMATZIDIS, D.K. a D.A. CHRYSIKOS. *Protection efficiency of nonwoven polypropylene
geotextiles against impact damage*. In: Geosynthetics in Civil and Environmental Engineering.
Berlin, Heidelberg: Springer, 2008, s. 5. ISBN 978-3-540-69313-0.

7 Vyztužování

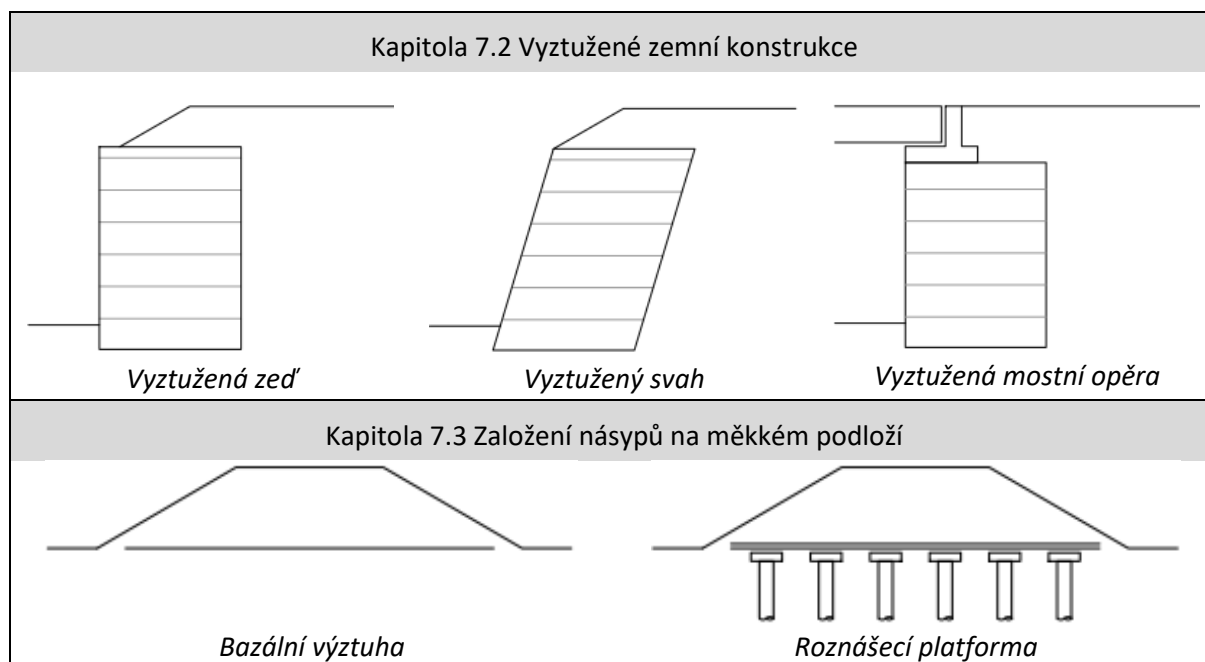
Aplikací geosyntetika s výztužnou funkcí do zemního tělesa dochází k zásadním změnám ve způsobu distribuce sil v konstrukci. Zemina a geosyntetická výztuž mezi sebou vzájemně spolupůsobí, a to v důsledku zaklínění, tření a/nebo adheze, díky čemuž je umožněn vzájemný přenos napětí.

Návrh geosyntetické výztuže v zemním tělese je podmíněn řadou faktorů, mezi které se řadí interakce na rozmezí zeminy a výztuže, tahová pevnost výztuže ve vztahu k mezním stavům únosnosti a osová tuhost výztuže ve vztahu k mezním stavům použitelnosti.

Rámec aplikace této kapitoly uvádí Tabulka 28.

Pro vyztužování ve smyslu těchto TP lze v zemním tělese použít pouze geosyntetické výrobky, které mají v doprovodném dokumentu uvedeno zamýšlené použití (funkci) vyztužování (ČSN EN 13249, ČSN EN 13251), typicky geomříže, geopásky nebo geotextilie.

Tabulka 28 – Rámec aplikace kapitoly Vyztužování



7.1 Obecně

Při návrhu a posouzení se postupuje v souladu s Eurokódy, zejména ČSN EN 1997-1, prEN 1997-1, 2 a prEN 1997-3.

Ve stupních projektové dokumentace Studie a DÚR je možné stanovit návrhovou sílu geosyntetické výztuže $T_{d,gs}$, nutnou k zabezpečení stability konstrukce. V navazujících stupních dokumentace je následně nutné ověřit, že výpočtový odpor geosyntetické výztuže $R_{d,gs}$ je vyšší nebo roven návrhové síle $T_{d,gs}$.

Návrhová síla $T_{d,gs}$ se stanoví na základě posouzení mezních stavů dané konstrukce, přičemž v tomto případě není nutné znát mechanické parametry geosyntetické výztuže ani odpovídající redukční faktory. V tomto smyslu je návrhová síla $T_{d,gs}$ **výsledkem** posouzení mezních stavů.

Ve stupních projektové dokumentace DSP, PDPS a RDS je nutné stanovit výpočtový odpor geosyntetické výztuže $R_{d,gs}$ a výpočtem ověřit, že nebude dosažen nebo překročen žádný mezní stav dané konstrukce. Ve stupních dokumentace PDPS a RDS je dovoleno tímto postupem doložit vhodnost jiné geosyntetické výztuže, než která byla navržena v předchozích stupních dokumentace³¹.

Výpočtový odpor $R_{d,gs}$ se stanoví dle postupů kapitoly 7.1.6, přičemž je nutné znát konkrétní mechanické parametry geosyntetické výztuže a odpovídající redukční faktory. V tomto smyslu je výpočtový odpor $R_{d,gs}$ **vstupním údajem** pro posouzení mezních stavů.

7.1.1 Výpočetní model

Výpočetní model se v souladu s prEN 1997-1 zvolí dle tabulky (Tabulka 29), adekvátně posuzovaným mezním stavům.

³¹ jinak řečeno, v rámci dodávky alternativní geosyntetické výztuže je nutné vždy doložit posouzení dané konstrukce na relevantní mezní stavy ve smyslu těchto TP a prokázat tak dostatečný výpočtový odpor alternativní geosyntetické výztuže.

Tabulka 29 – Výpočetní modely

Výpočetní model	Ověření pro
Empirický	Mezní stavy
Analytický	Mezní stavy
Numerický	Mezní stavy, poruchy a pohyby základové půdy
Cyklický a dynamický	Účinky dynamických zatížení

Pokud je v rámci výpočetního modelu implicitně zahrnuto posouzení jednoho nebo více mezních stavů a je prokázáno, že tyto mezní stavy nebudou dosaženy ani překročeny, musí být tento postup uveden v dokumentaci, společně s vyjmenováním příslušných mezních stavů³².

Empirický výpočetní model je dovoleno použít ve stupních dokumentace Studie a DÚR.

Dynamická zatížení se v zemním tělese pozemních komunikací obvykle neuplatňují, seismická zatížení se do výpočtu zavedou jako kvazistatická zatížení pomocí seismických součinitelů k_n , k_v . Cyklický a dynamický výpočetní model se ve smyslu těchto TP neuplatní a místo něj se zvolí příslušný výpočetní model empirický, analytický nebo numerický.

Úroveň validace výpočetního modelu určuje prEN 1997-1 v návaznosti na geotechnickou kategorii.

7.1.2 Geotechnické kategorie

Konstrukce se začlení do geotechnické kategorie (GK) dle prEN 1997-1, s ohledem na složitost základových podmínek a třídu následků, nebo dle ČSN 73 6133 /5.2/. Uváží se i další hlediska, jako např. sklon líce. Indikativní začlenění do geotechnické kategorie uvádí Tabulka 30³³. Výška H se zhodnotí dle kapitoly 7.2.1.

Tabulka 30 – Začlenění konstrukce do geotechnické kategorie (indikativní)

Konstrukce	GK 1	GK 2	GK 3
Vyztužená zeď	$H < 3 \text{ m}$	$3 \text{ m} \leq H < 9 \text{ m}$	$H \geq 9 \text{ m}$
Vyztužený svah			
Vyztužená mostní opěra	-	$H < 2 \text{ m}$	$H \geq 2 \text{ m}$
Založení násypu na měkkém podloží	-	Bazální výztuha	
	-	Roznášecí platforma	

7.1.3 Zatížení

Uváží se všechna svislá i vodorovná zatížení a jejich kombinace dle pravidel Eurokódů, viz tabulky (Tabulka 31 a Tabulka 32). V případě posuzování globálních účinků zatížení lze zatěžovací model LM 1³⁴ nahradit nad rámec ČSN EN 1991-2 rovnoměrným zatížením dle tabulky (Tabulka 33). V případě posuzování lokálních účinků zatížení se uváží zatěžovací model LM 1 adekvátně konkrétnímu konstrukčnímu uspořádání.

³² např. posunutí vyztuženého bloku v základové spáře v numerickém výpočetním modelu.

³³ údaje v tabulce (Tabulka 30) jsou přejaté z EBGE0.

³⁴ LM 1 je model zatížení dle ČSN EN 1991-2 /4.3.2/.

Tabulka 31 – Běžně se vyskytující zatížení na zemním tělese (demonstrativní)

Proměnlivost v čase	Zatížení	Norma/předpis
Stálé	Vlastní tíhy	ČSN EN 1991-1-1
	Tlak vody, průsaky	ČSN EN 1997-1 /2.4.2/ prEN 1997-1 /6/
Proměnné	Doprava	ČSN EN 1991-2 /6.9/ prEN 1997-1 Tabulka 33
	Vítr	ČSN EN 1991-1-4
	Během provádění	ČSN EN 1991-1-6
Mimořádné	-	ČSN EN 1991-1-7
	Náraz do svodidla	ČSN EN 1991-2 /4.7.3.3/ TP 114
Seismické	Seismicita	ČSN EN 1998-1
		ČSN EN 1998-5

Mimořádná návrhová situace je předmětem posouzení pouze v případě, vznese-li objednatel takový požadavek a zadá-li mimořádné zatížení. Svodidlo musí být umístěno tak, aby byla dodržena krajnice a svodidlo mělo dostatečný odpor proti nárazu, adekvátně tomuto odporu se zvolí vhodné konstrukční řešení.

Tabulka 32 – Kombinace zatížení

	Návrhová situace	Kombinační vztah (ČSN EN 1990)
Mezní stavy únosnosti	Trvalá	6.10, 6.10a, 6.10b
	Mimořádná	6.11b
	Seismická	6.12b
Mezní stavy použitelnosti	-	6.14b, 6.15b, 6.16b

Tabulka 33 – Proměnná zatížení od dopravy

Typ konstrukce	Náhradní intenzita za LM 1 ³⁵ [kPa]		Plochy pro pohyb údržby [kPa]
	Pruh 1	Ostatní pruhy	
Násypy a svahy	12	12	5
Opěrné konstrukce	20	9	5

7.1.4 Vlivy prostředí

Vlivy prostředí se do výpočtu zavedou redukčními faktory. Způsob zavedení redukčních faktorů do výpočtu obsahuje kapitola 7.1.6.1, hodnoty redukčních faktorů musí stanovit nezávislá zkušební instituce nebo expertní posudek³⁶.

Na jiné relevantní vlivy prostředí se usoudí dle prEN 1997-1.

³⁵ hodnoty uvedené v tabulce (Tabulka 33) vycházejí z prEN 1997-1, jedná se o statická zatížení.

³⁶ výjimkou je redukční faktor η_{cr} , který se stanovuje z tečení v tahu; tečení v tahu může být pro zvláštní podmínky použití uvedeno v doprovodném dokumentu (vlastnost označená „S“ v příslušné aplikační normě).

7.1.4.1 Krátkodobé vlivy prostředí

7.1.4.1.1 Zvětrávání

Vliv zvětrávání polymerů³⁷ v důsledku působení UV záření se do výpočtu zavede redukčním faktorem η_w , kterým je zohledněno období do okamžiku zabudování geosyntetické výztuže.

7.1.4.1.2 Poškození při zabudování

Vliv poškození geosyntetické výztuže sypaninou se do výpočtu zavede redukčním faktorem η_{id} , kterým je zohledněn okamžik zabudování geosyntetické výztuže.

7.1.4.2 Dlouhodobé vlivy prostředí

7.1.4.2.1 Teplota prostředí

Vliv teploty prostředí se do výpočtu zavede

- redukčním faktorem η_{cr} pro zohlednění creepu geosyntetických výztuží,
- redukčním faktorem η_{ch} pro zohlednění chemické a biologické degradace geosyntetických výztuží.

Redukčními faktory η_{cr} , η_{ch} je zohledněno období návrhové životnosti geosyntetické výztuže.

Návrhová teplota ϑ se zvolí ekvivalentní $\vartheta = 20\text{ °C}$, nebo po dohodě zúčastněných stran (objednatel, zpracovatel dokumentace aj.), jako aritmetický průměr mezi průměrnou roční teplotou a průměrnou denní teplotou nejteplejšího měsíce v roce, vztaženo k danému regionu³⁸.

7.1.4.2.2 Chemické a biologické vlivy

Vliv chemické a biologické degradace polymerů se do výpočtu zavede redukčním faktorem η_{ch} , kterým je zohledněno období návrhové životnosti geosyntetické výztuže.

7.1.5 Parametry zemin

Rozlišují se dvě základní oblasti zemin, kterými jsou základová půda a sypanina. U vyztužených zemních konstrukcí se sypanina dále dělí na sypaninu ve vyztuženém bloku a sypaninu za vyztuženým blokem.

Sypaniny musejí být v souladu s ČSN EN 16907-2.

7.1.5.1 Základová půda

Základová půda a její vlastnosti jsou určeny inženýrskogeologickým průzkumem, který se řídí normou ČSN EN 1997-2 a TP 76. Jeho rozsah a obsah je vázaný na geotechnickou kategorii.

7.1.5.2 Sypanina ve vyztuženém bloku

Požadavky na sypaninu ve vyztuženém bloku stanovuje norma ČSN EN 14475 /6.2, Tabulka A.1/ a předpis TKP 30 /30.A.2.1/. Dokumentace dále musí definovat:

- objemovou tíhu, její vazbu na vlhkost a míru zhutnění na základě zkoušky zhutnitelnosti,
- parametry smykové pevnosti³⁹.

³⁷ výrobní surovina geosyntetických výztuží.

³⁸ údaje o průměrných teplotách uvádí ČHMÚ, nejteplejším měsícem v ČR je měsíc červenec.

³⁹ vrcholové parametry smykové pevnosti se zkoušejí na zhutněném zkušebním vzorku.

7.1.5.3 Sypanina za vyztuženým blokem

Požadavky na sypaninu za vyztuženým blokem stanovuje norma ČSN 73 6133 /4/ a předpis TKP 4 /4.2/. Dokumentace dále musí definovat:

- objemovou tíhu, její vazbu na vlhkost a míru zhutnění na základě zkoušky zhutnitelnosti,
- parametry smykové pevnosti.

7.1.6 Geosyntetické výztuže

7.1.6.1 Reprezentativní odpor výztuže

Reprezentativní odpor výztuže se stanoví dle vztahu (14):

$$R_{t,rep} = \min(R_{t,rep,el}; R_{rep,po}; R_{k,con}) \quad (14)$$

kde je	$R_{t,rep,el}$	reprezentativní odpor v tahu	[kN/m]
	$R_{rep,po}$	reprezentativní odpor proti vytržení	[kN/m]
	$R_{k,con}$	charakteristický odpor ve spoji nebo spojení	[kN/m]

7.1.6.1.1 Reprezentativní odpor v tahu

Reprezentativní odpor v tahu se spočítá dle vztahu (15):

$$R_{t,rep,el} = \eta_{gs} \times T_k = (\eta_{cr} \times \eta_{dmg} \times \eta_w \times \eta_{ch} \times \eta_{dyn}) \times T_k \quad (15)$$

kde je	$R_{t,rep,el}$	reprezentativní odpor v tahu	[kN/m]
	η_{gs}	redukční faktor očekávané ztráty pevnosti v čase	[–]
	T_k	charakteristická tahová pevnost ⁴⁰	[kN/m]
	η_{cr}	redukční faktor pro umožnění vlivu trvalého statického zatížení ⁴¹	[–]
	η_{id}	redukční faktor pro umožnění vlivu mechanického poškození	[–]
	η_w	redukční faktor pro umožnění vlivu zvětrávání	[–]
	η_{ch}	redukční faktor pro umožnění vlivu chemické a biologické degradace	[–]
	η_{dyn}	redukční faktor dynamického (únavového) namáhání ⁴²	[–]

Redukční faktor η_{dyn} se v zemním tělese pozemních komunikací uvažuje ekvivalentní $\eta_{dyn} = 1,0$.

7.1.6.1.2 Reprezentativní odpor proti vytržení

Reprezentativní odpor proti vytržení (Obrázek 17) se spočítá dle vztahu (16):

$$R_{rep,po} = P \int_0^{L_{po}} \tau_{po}(x) \times dx \quad (16)$$

kde je	$R_{rep,po}$	reprezentativní odpor proti vytržení	[kN/m]
	P	délka obvodu výztuže	[m]
	τ_{po}	reprezentativní smykový odpor na rozmezí sypanina-výztuž ⁴³	[–]
	L_{po}	kotevní délka výztuže v pasivní zóně	[m]

⁴⁰ zkušební metoda ČSN EN ISO 10319; 95% dolní interval spolehlivosti (ISO/TR 20432).

⁴¹ faktory η_{cr} , η_{id} , η_w a η_{ch} jsou převrácené hodnoty k faktorům RF_{CR} , RF_{ID} , RF_W a RF_{CH} dle ISO/TR 20432.

⁴² faktor η_{dyn} je převrácenou hodnotou k faktoru A_5 dle EBGE0.

⁴³ zkušební metoda ČSN EN 13738.

Reprezentativní smykový odpor na rozmezí sypanina-výztuž se spočítá dle vztahu (17)⁴⁴ nebo (18)⁴⁵:

$$\tau_{po}(x) = k_{po} \times \tan \varphi_{rep} \times \sigma_n'(x) \quad (17)$$

$$\tau_{po}(x) = \mu_{po} \times \sigma_n'(x) \quad (18)$$

kde je	τ_{po}	reprezentativní smykový odpor na rozmezí sypanina-výztuž	[kPa]
	k_{po}	faktor vytržení dle laboratorní nebo polní zkoušky	[–]
	φ_{rep}	reprezentativní úhel vnitřního tření sypaniny	[°]
	μ_{po}	koeficient interakce dle laboratorní nebo polní zkoušky	[–]
	σ_n'	normálové efektivní napětí působící na výztuž	[kPa]

7.1.6.1.3 Charakteristický odpor ve spoji nebo spojení

Charakteristický odpor ve spoji nebo spojení se spočítá dle vztahu (19):

$$R_{k,con} = \eta_{el,con} \times T_k = (\eta_{gs} \times \eta_{con}) \times T_k \quad (19)$$

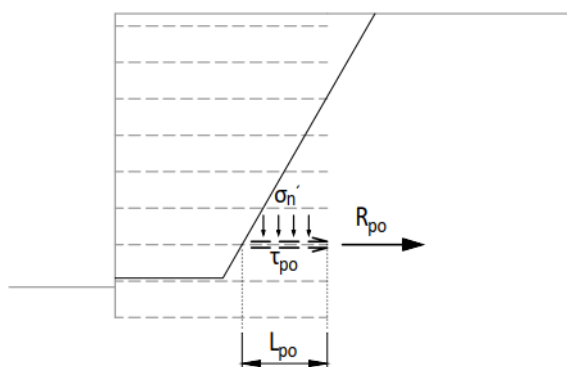
kde je	$R_{k,con}$	charakteristický odpor ve spoji nebo spojení	[kN/m]
	$\eta_{el,con}$	redukční faktor očekávané ztráty pevnosti v čase ve spoji nebo spojení	[–]
	T_k	charakteristická tahová pevnost	[kN/m]
	η_{gs}	redukční faktor očekávané ztráty pevnosti v čase	[–]
	η_{con}	redukční faktor redukce odporu ve spoji nebo spojení ⁴⁶	[–]

7.1.6.2 Odpor v přímém smyku

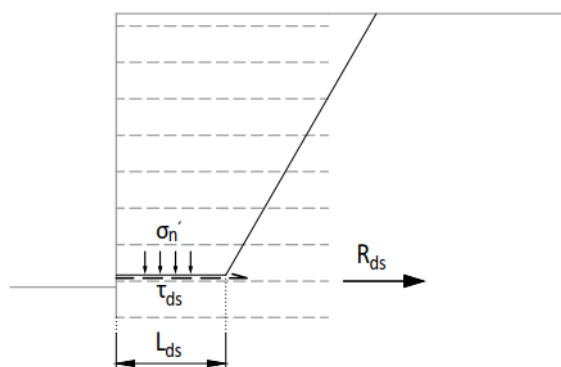
Charakteristický odpor v přímém smyku (Obrázek 18) se spočítá dle vztahu (20):

$$R_{k,ds} = B \int_0^{L_{ds}} \tau_{ds}(x) \times dx = B \int_0^{L_{ds}} f_{ds} \times \sigma_n'(x) \times dx \quad (20)$$

kde je	$R_{k,ds}$	charakteristický odpor v přímém smyku	[kN/m]
	B	šířka výztuže	[m]
	τ_{ds}	odpor v přímém smyku na rozmezí sypanina-výztuž ⁴⁷	[–]
	f_{ds}	faktor přímého smyku dle laboratorní nebo polní zkoušky	[–]
	σ_n'	normálové efektivní napětí působící na výztuž	[kPa]
	L_{ds}	délka výztuže vystavená přímému smyku	[m]



Obrázek 17 – Odpor proti vytržení



Obrázek 18 – Odpor v přímém smyku

⁴⁴ platí pro geomříže a geotextilie.

⁴⁵ platí pro geopásky.

⁴⁶ faktor η_{con} je převrácenou hodnotou k faktoru A_3 dle EBGeo, zkušební metoda ČSN EN ISO 10321.

⁴⁷ zkušební metoda ČSN EN ISO 12957-1.

7.1.6.3 Výpočtový odpor výztuže

Výpočtový odpor výztuže se stanoví dle vztahu (21):

$$R_{d,gs} = \min(R_{td,el}; R_{d,po}; R_{d,ds}; R_{d,con}) \quad (21)$$

kde je	$R_{d,gs}$	výpočtový odpor výztuže	[kN/m]
	$R_{td,el}$	výpočtový odpor v tahu	[kN/m]
	$R_{d,po}$	výpočtový odpor proti vytržení	[kN/m]
	$R_{d,ds}$	výpočtový odpor v přímém smyku	[kN/m]
	$R_{d,con}$	výpočtový odpor ve spoji nebo spojení	[kN/m]

7.1.6.3.1 Výpočtový odpor v tahu

Výpočtový odpor v tahu se spočítá dle vztahu (22):

$$R_{td,el} = \frac{R_{t,rep,el}}{\gamma_{Rd,re} \times \gamma_{M,re}} \quad (22)$$

kde je	$R_{td,el}$	výpočtový odpor v tahu	[kN/m]
	$R_{t,rep,el}$	reprezentativní odpor v tahu	[kN/m]
	$\gamma_{Rd,re}$	modelový faktor nejistoty extrapolace dat na návrh. životnost ⁴⁸	[–]
	$\gamma_{M,re}$	dílčí faktor	[–]

7.1.6.3.2 Výpočtový odpor proti vytržení

Výpočtový odpor proti vytržení se spočítá dle vztahu (23):

$$R_{d,po} = \frac{R_{rep,po}}{\gamma_{R,po}} \quad (23)$$

kde je	$R_{d,po}$	výpočtový odpor proti vytržení	[kN/m]
	$R_{rep,po}$	reprezentativní odpor proti vytržení	[kN/m]
	$\gamma_{R,po}$	dílčí faktor	[–]

7.1.6.3.3 Výpočtový odpor v přímém smyku

Výpočtový odpor v přímém smyku se spočítá dle vztahu (24):

$$R_{d,ds} = \frac{R_{k,ds}}{\gamma_{R,ds}} \quad (24)$$

kde je	$R_{d,ds}$	výpočtový odpor v přímém smyku	[kN/m]
	$R_{k,ds}$	charakteristický odpor v přímém smyku	[kN/m]
	$\gamma_{R,ds}$	dílčí faktor	[–]

7.1.6.3.4 Výpočtový odpor ve spoji nebo spojení

Výpočtový odpor ve spoji nebo spojení se spočítá dle vztahu (25):

$$R_{d,con} = \frac{R_{k,con}}{\gamma_{R,con}} \quad (25)$$

kde je	$R_{d,con}$	výpočtový odpor ve spoji nebo spojení	[kN/m]
	$R_{k,con}$	charakteristický odpor ve spoji nebo spojení	[kN/m]
	$\gamma_{R,con}$	dílčí faktor	[–]

⁴⁸ postup stanovení dle ISO/TR 20432, kde je označený jako f_s .

7.1.6.4 Dílčí faktory

Dílčí faktory se v souladu s prEN 1997-3 zvolí dle tabulky (Tabulka 34).

Tabulka 34 – Dílčí faktory pro geosyntetické výztuhy

Dílčí faktor	Symbol	Hodnota
Odpor v tahu	$\gamma_{M,re}$	1,10
Odpor proti vytržení	$\gamma_{R,po}$	1,25
Odpor v přímém smyku	$\gamma_{R,ds}$	1,25
Odpor ve spoji nebo spojení	$\gamma_{R,con}$	1,35

7.2 Vyztužené zemní konstrukce

Ve smyslu těchto TP se vyztužené zemní konstrukce dělí dle tabulky (Tabulka 35). Typy lícových opevnění a jejich prvky stanovuje norma ČSN EN 14475 /Příloha C/.

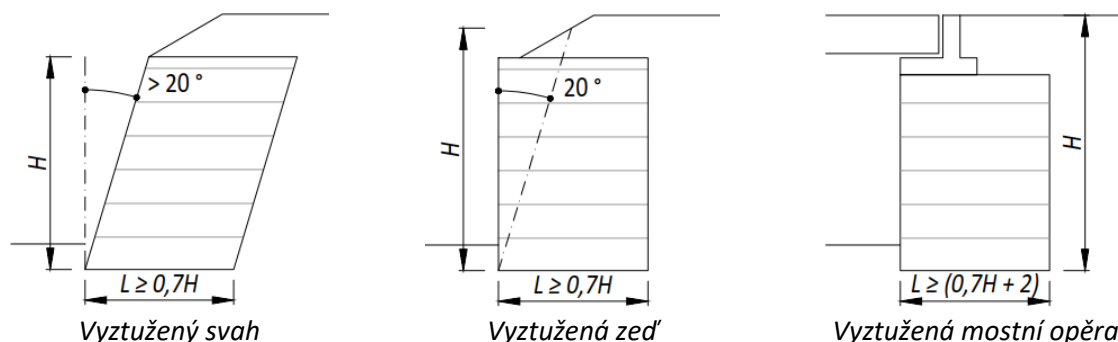
Tabulka 35 – Dělení vyztužených zemních konstrukcí

Typ konstrukce (dle Tabulka 33)	Druh vyztužené zemní konstrukce	Sklon líce od vodorovné	Typické lícové prvky (ČSN EN 14475)
Násypy a svahy	Vyztužený mírný svah	$\leq 45^\circ$	Zelený líc Měkký lícový prvek
Opěrné konstrukce	Vyztužený svah	$45^\circ - 70^\circ$	Měkký lícový prvek Poddajný lícový prvek
	Vyztužená zeď	$70^\circ - 90^\circ$	Poddajný lícový prvek Tuhý lícový prvek Měkký lícový prvek
-	Vyztužená mostní opěra	Kterákoliv z výše uvedených konstrukcí, na které je přímo umístěn úložný práh mostu	

7.2.1 Rozměry vyztužené zemní konstrukce

Předběžná volba rozměrů vyztužené zemní konstrukce se provede dle obrázku (Obrázek 19), svislá rozteč výztuží musí být zvolena ve vazbě na modulární výšku lícového opevnění.

Volba rozměrů vyztužené zemní konstrukce (včetně svislé rozteče výztuží) nenahrazuje její návrh, který musí být vždy proveden podle výsledků posouzení příslušných mezních stavů.



Obrázek 19 – Předběžné rozměry vyztužených zemních konstrukcí

7.2.2 Mezní stavy

Musejí se posoudit mezní stavy (Tabulka 36). Pokud je sklon líce konstrukce proměnlivý, odstupňovaný, nebo je konstrukce jinak rozdělená na dílčí celky (např. délkou výztuží), je nutné konstrukci posoudit jako celek i jako jednotlivé dílčí části dle pravidel této kapitoly.

Tabulka 36 – Mezní stavy vyztužené zemní konstrukce

	Mezní stav
Mezní stavy únosnosti	Ztráta stability na smykové ploše, která prochází mimo vyztužený blok
	Ztráta stability na smykové ploše, která částečně nebo zcela prochází vyztuženým blokem (kombinovaná stabilita)
	Poloha výslednice sil v základové spáře pod vyztuženým blokem
	Posunutí vyztuženého bloku v základové spáře
	Únosnost základové půdy pod vyztuženým blokem
	Přetržení výztuže
	Porucha spojení výztuže s lícem nebo spoje výztuže s výztuží
	Vytržení výztuže z (pasivní) zóny za předpokládanou smykovou plochou
	Usmýknutí po výztuži (přímý smyk)
	Vnitřní porucha prvku líce
	Porucha spoje mezi prvky líce
Mezní stavy použitelnosti	Deformace vyztužené zemní konstrukce
	Nerovnoměrné sedání základové půdy v podélném směru líce
	Rozdílné sedání líce a vyztuženého bloku
	Vliv deformací vyztužené zemní konstrukce na okolní konstrukce a jejich mezní stavy
	Boulení a deformace lícového opevnění
	Štípání a praskání betonových lícních prvků (panelů, tvárnic)

7.2.3 Mezní stavy únosnosti

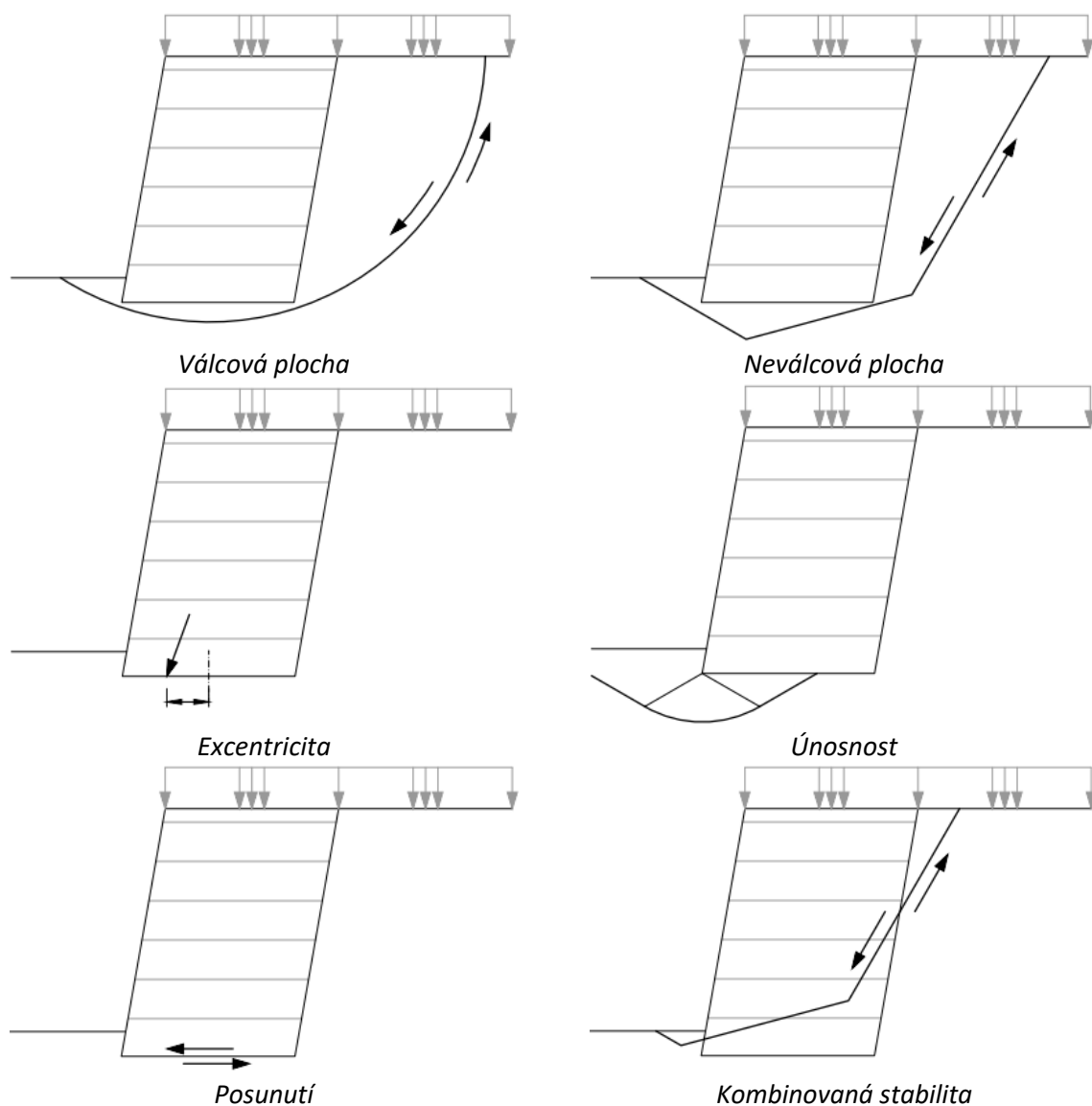
Při návrhu vyztužené zemní konstrukce je nutné zvážit všechny faktory dle prEN 1997-3, které mají vliv na její návrh a posouzení.

Zejména se nesmí opomenout vlastnosti základové půdy, vlastnosti sypaniny ve vyztuženém bloku, vlastnosti sypaniny za vyztuženým blokem, poloha hladiny podzemní vody a její kolísání, účinky vody v konstrukci, sklon terénu v patě a koruně konstrukce, výška a sklon líce konstrukce a jeho členění, lícové opevnění, návrhová životnost, zatížení konstrukce, vliv přírodní a technické seismicity, přípustné deformace a jejich vliv na související konstrukce.

Musejí se posoudit mezní stavy podle pravidel pro svahy, násypy, gravitační zdi a plošné základy dle ČSN EN 1997-1 a prEN 1997-3, jak znázorňuje obrázek (Obrázek 20).

Musí se posoudit kombinovaná stabilita⁴⁹.

⁴⁹ angl. compound stability.



Obrázek 20 – Mezní stavy únosnosti vyztužené zemní konstrukce (demonstrativní)

7.2.3.1 Posouzení líce

Druhy líců, jejich poddajnost vůči působícím silám, tolerance k nerovnoměrným deformacím v různých směrech a další charakteristické vlastnosti uvádí ČSN EN 14475 /Příloha C/.

Musí být splněna podmínka (26):

$$E_{face,i} \leq \min(R_{td,el}; R_{d,con}) \quad (26)$$

kde je	$E_{face,i}$	návrhová síla do líce	[kN/m]
	$R_{td,el}$	návrhový odpor v tahu	[kN/m]
	$R_{d,con}$	výpočtový odpor ve spoji nebo spojení ⁵⁰	[kN/m]

⁵⁰ norma ČSN EN ISO 10318-1 rozlišuje termín **spojení** (geosyntetika s jiným prvkem nebo dvou rozdílných geosyntetik) a **spoj** (dvou obdobných geosyntetik).

Návrhová síla do líce se spočte dle vztahu (27):

$$E_{face,i} = e_{face,i} \times s_v \quad (27)$$

kde je	$E_{face,i}$	návrhová síla do líce	$[kN/m]$
	$e_{face,i}$	návrhový tlak do líce	$[kPa]$
	s_v	svislá rozteč výztuží	$[m]$

Návrhový tlak do líce se spočte dle vztahu (28):

$$e_{face,i} = K_{a,h} \times (\eta_g \times \gamma_s \times z_i \times \gamma_G + \eta_q \times p \times \gamma_Q) \quad (28)$$

kde je	$e_{face,i}$	návrhový tlak do líce	$[kN/m]$
	$K_{a,h}$	horizontální složka součinitele aktivního zemního tlaku $= K_a \times \cos \delta$	$[-]$
	γ_s	objemová tíha sypaniny	$[kN/m^3]$
	z_i	posuzovaná hloubka od koruny konstrukce	$[m]$
	p	proměnné zatížení v koruně konstrukce	$[kPa]$
	γ_G, γ_Q	dílčí součinitele pro stálé/proměnné zatížení	$[-]$
	η_g, η_q	kalibrační faktory pro stálé/proměnné zatížení (Tabulka 37)	$[-]$

Tabulka 37 – Kalibrační faktory

Lícové prvky (ČSN EN 14475)	$\eta_g [-]$		$\eta_q [-]$
	$0 < z_i \leq 0,4 H$	$0,4 H < z_i \leq H$	
Tuhé	0,80	0,80	1,0
Poddajné	0,50	0,35	1,0
Měkké	0,25	0,10	1,0
pozn.: v základové spáře $z_i = H$			

Pokud nejsou k dispozici výsledky zkoušek, stanoví se výpočtový odpor ve spojení $R_{d,con}$ výpočtem na základě tření mezi výztužemi a lícovými prvky.

U specifických druhů lícových prvků (betonových tvárnic na suché zdění) je nutné posoudit lokální účinky zemního tlaku na stabilitu líce (překlopení, posunutí), která může být limitující pro stanovení maximální volné výšky líce.

7.2.4 Mezní stavy použitelnosti

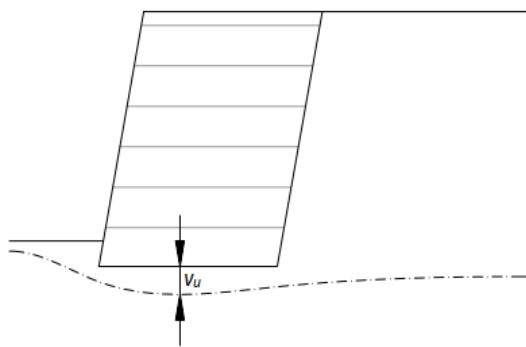
Při návrhu vyztužené zemní konstrukce je nutné definovat, jaké deformace jsou z hlediska použitelnosti přípustné, a to pro vlastní konstrukci z vyztužené zeminy i pro bezprostředně ovlivněné a související konstrukce.

Musí se posoudit vliv sedání základové půdy (Obrázek 21), jeho časového průběhu a nerovnoměrnosti na vyztuženou zemní konstrukci, zejména s ohledem na:

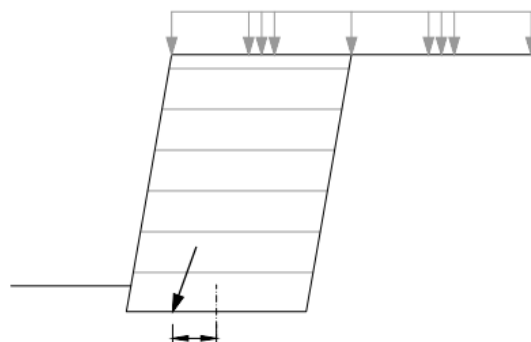
- rozdílné sedání líce a vyztuženého bloku, které obecně nesmí nastat, např. v důsledku rozdílného způsobu založení líce a vyztuženého bloku, nedostatečného hutnění sypaniny apod.,
- nerovnoměrné sedání základové půdy pod lícem vyztužené zemní konstrukce⁵¹.

Musí se posoudit excentricita (Obrázek 22), pokud je toto posouzení pro danou konstrukci relevantní.

⁵¹ na toleranci lícového opevnění k nerovnoměrnému sedání se usoudí dle ČSN EN 14475 /Příloha C/.



Obrázek 21 – Sedání základové půdy



Obrázek 22 – Excentricita

7.2.4.1 Stanovení deformací vyztužené zemní konstrukce

Posouzení mezního stavu použitelnosti se provede na základě deformací vyztužené zemní konstrukce.

Pokud nejsou deformacemi vyztužené zemní konstrukce ovlivněny jiné navazující konstrukce a nehrozí tím u nich dosažení některého z mezních stavů, nemusí se hodnoty deformací stanovit výpočtem. Při použití sypanin dle kapitoly 7.1.5.2 a při technologických postupech v souladu s příslušnými předpisy, zejména TKP 4 a TKP 30, se stanoví hodnoty deformací dle ČSN EN 14475 /Přílohy C/ a dle indikativních rozmezí (Tabulka 38).

Tabulka 38 – Indikativní rozmezí deformací vyztužené zemní konstrukce (EBGEO)

Složka deformace	Symbol	Indikativní rozmezí	
Horizontální deformace líce	v_h	1,0 % – 2,0 % výšky konstrukce H	
Sedání základové půdy	v_u	dle výpočtu sedání	
Vnitřní sedání sypaniny	v_e	0,2 % – 1,0 % výšky technologické vrstvy	
Smyková deformace v koruně	v_s	30 % – 50 % horizontální deformace v_h	

V případech, kdy jsou deformacemi vyztužené zemní konstrukce ovlivněny jiné navazující konstrukce a hrozí tím u nich dosažení některého z mezních stavů a v ostatních případech, ve kterých objednatel z jiného důvodu určí limitní deformaci vyztužené zemní konstrukce, se stanoví hodnoty deformací výpočtem⁵², včetně varovných stavů.

Vybrané případy, ve kterých je stanovení hodnot deformací výpočtem nutné, jsou

- vyztužené mostní opěry,
- vyztužené zdi, jejichž vykloněním (nebo vyboulením) hrozí zásah mimo trvalý zábor pozemků (zpravidla konstrukce s tuhým lícovým opevněním),
- konstrukce, u kterých je z jiného důvodu určena limitní deformace.

Vzhledem k horizontálním deformacím líce se doporučuje navrhovat vyztužené zemní konstrukce v maximálním sklonu líce menším než svislém (např. 85 ° od vodorovné).

⁵² doporučuje se použít numerický výpočetní model.

7.3 Založení násypů na měkkém podloží

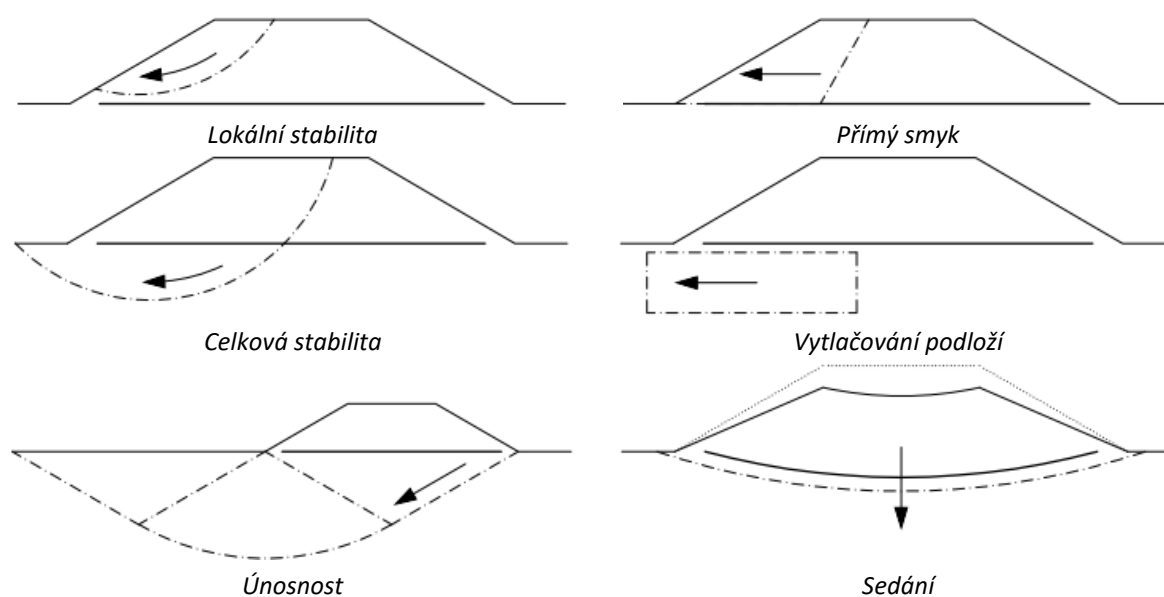
Volba metody založení násypu na měkkém podloží je odvislá od rizik, která mohou v dané situaci potenciálně nastat, těmito jsou: stabilita, únosnost základové půdy a sedání základové půdy. Míru potlačení jednotlivých rizik vybranými metodami založení uvádí tabulka (Tabulka 39).

Tabulka 39 – Míra potlačení rizik při zakládání násypů na měkkém podloží

	Stabilita	Únosnost základové půdy	Sedání základové půdy	
			Velikost	Rovnoměrnost
Bazální výztuha	✓✓	✓	×	×
Bazální matrace	✓✓	✓✓	✓	✓
Roznášecí platforma	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
✓✓ významná míra potlačení rizik ✓ středně významná míra potlačení rizik × nevýznamná míra potlačení rizik				

7.3.1 Bazální výztuha

Bazální výztuhu tvoří jedna nebo více vrstev výztuží, které mohou být vloženy ve šterkovém polštáři. Je nutné posoudit mezní stavy (Obrázek 23), a dle rozhodujícího z nich stanovit návrhovou sílu výztuže $T_{d,gs}$, resp. zvolit výztuž s dostatečným výpočtovým odporem $R_{d,gs}$ ^{53, 54}. Podrobněji viz prEN 1997-3, nebo BS 8006-1:2010 /8.3.2/, EBGEO /4/ aj.



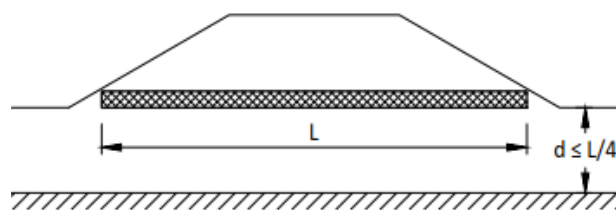
Obrázek 23 – Bazální výztuha – mezní stavy

7.3.1.1 Bazální matrace

Bazální matrace (výztuže vzájemně propojené do voštinové struktury a vyplněné sypaninou) tvoří relativně tuhou kompozitní desku, typicky vyšší 1,0 m, která umožňuje rovnoměrnou distribuci napětí do podloží. Bazální matraci lze aplikovat při mocnosti měkké vrstvy $d \leq L/4$ (viz Obrázek 24) o neodvodněné smykové pevnosti $c_u \leq 30 \text{ kPa}$. Podrobněji viz BS 8006-1:2010 /8.3.2.9/.

⁵³ návrhová síla (výpočtový odpor) výztuže se uplatní pouze u některých z uvedených mezních stavů.

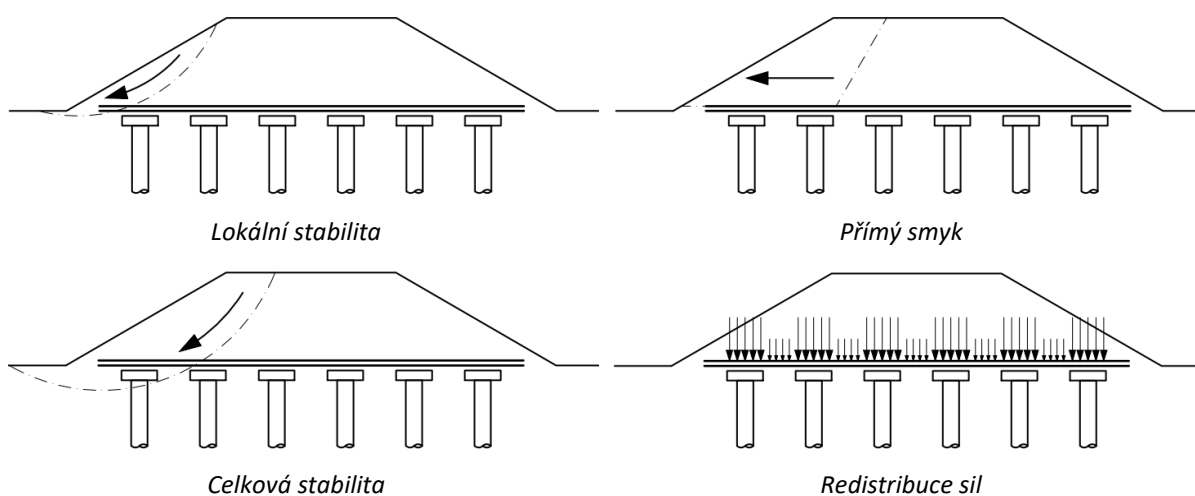
⁵⁴ v závislosti na výšce násypu a vlastnostech základové půdy se výpočtový odpor v tahu $R_{td,el}$ výztuží pohybuje v řádu až stovek kN/m.



Obrázek 24 – Poměr šířky bazální matrace k mocnosti měkké vrstvy

7.3.2 Roznášecí platforma

Roznášecí platformu tvoří jedna nebo více vrstev výztuží ve štěrkovém polštáři přes rastr prvků hlubinného zakládání. Prvky hlubinného zakládání mohou být libovolného charakteru (piloty, štěrkové pilíře, hloubkové zlepšování aj.). Návrh hlubinných prvků se řídí standardními postupy pro posouzení mezních stavů, včetně zohlednění skupinového účinku, mezní stavy znázorňuje Obrázek 25. Podrobněji viz prEN 1997-3 nebo CUR 221, BS 8006-1:2010 /8.3.3/, EBGEO /9/ aj.



Obrázek 25 – Roznášecí platforma – mezní stavy (výběr)

7.4 Požadavky na technické specifikace geosyntetické výztuže

Pro všechny geosyntetické výztuže musí být v dokumentaci vždy definovány následující povinné údaje dle tabulky (Tabulka 40). V případě použití geotextilií musí být zároveň splněny požadavky kapitoly 2.

Tabulka 40 – Požadavky na technické specifikace geosyntetické výztuže

Vlastnost		Norma	Jednotka	Technický požadavek
Funkce		ČSN EN ISO 10318-1	-	vyztužování
Dle stupně dokumentace:	Návrhová síla výztuže	-	kN/m	≥
	Výpočtový odpor výztuže ⁵⁵	-	kN/m	≥
Návrhová životnost		-	rok	≥
Návrhová teplota		-	°C	=

⁵⁵ doprovodný dokument zpravidla deklaruje pouze pevnost v tahu při porušení dle ČSN EN ISO 10319; pro konkrétní podmínky stavby se musí postupem dle 7.1.6 prokázat dostatečný výpočtový odpor výztuže.

V rámci dodávky alternativní geosyntetické výztuže je nutné vždy doložit posouzení dané konstrukce na relevantní mezní stavy ve smyslu těchto TP a prokázat tak dostatečný výpočtový odpor alternativní geosyntetické výztuže.

V odůvodněných případech mohou být projektem definovány další důležité vlastnosti požadované nad rámec těchto TP. V tomto případě musí projekt vždy definovat požadavky na množství a typ kontrolních zkoušek, které budou součástí kontrolního a zkušebního plánu.

7.5 Související technické normy, technické předpisy a literatura

- [101] ISO/TR 20432:2007 Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement
- [102] BS 8006-1:2010+A1 Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills
- [103] FHWA-HIF-00-004. Limit Equilibrium Design Framework for MSE Structures with Extensible Reinforcement. 1. Washington D.C.: National Highway Institute, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 2016.
- [104] FHWA-NHI-00-043. Mechanically Stabilised Earth Walls and Reinforced Soil Slopes: Design & Construction Guidelines. 1. Washington D.C.: National Highway Institute, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 2001.
- [105] Recommendations for design and analysis of earth structures using geosynthetic reinforcements – EBGeo. 1. Berlin: Ernst, 2011. ISBN 978-3-433-02983-1.
- [106] CUR Rapport 221 Folieconstructies. Voor verdiept aangelegde infrastructuur. 1 Inleiding. Netherlands (BRIS B.V.), 2020.

8 Stabilizace

Termín „*stabilizace*“ je definovaný v ČSN EN ISO 10318-1:2015 + A1:2018.

Tyto TP nestanovují žádné podmínky ani požadavky pro návrh a aplikaci geosyntetik s funkcí stabilizace.

Ve smyslu těchto TP se geosyntetika s funkcí stabilizace v zemním tělese pozemních komunikací neuplatňují.

9 Ochrana proti erozi povrchu

Termín „*ochrana proti erozi povrchu*“ je definovaný v ČSN EN ISO 10318-1:2015 + A1:2018.

Tyto TP nestanovují žádné podmínky ani požadavky pro návrh a aplikaci geosyntetik s funkcí ochrany proti erozi povrchu.

Podmínky pro návrh a aplikaci geosyntetik s funkcí ochrana proti erozi povrchu jsou obsaženy v TP 53.

10 Tabulka osvědčených kombinací

Tabulka 41 představuje indikativní ukazatel pro volbu druhu geosyntetika, od kterého se v zemním tělese očekává daná funkce.

Tabulka 41 – Tabulka osvědčených kombinací funkce – geosyntetikum

	Geotextilie			Geomříž		Drenážní geokompozit	Geosyntetická izolace
	Netkaná	Tkaná	Pletená	1osá	2osá		
Oddělování	✓✓	✓✓	✓✓	○	○	○	○
Filtrace	✓✓	✓	✓	X	X	○	X
Odvodňování	✓	X	X	X	X	✓✓	X
Izolace	X	X	X	X	X	X	✓✓
Ochrana	✓✓	X	X	X	X	○	X
Vyztužování	○	✓	✓	✓✓	✓✓	X	X
✓✓ <i>velmi vhodné</i> ✓ <i>vhodné</i> ○ <i>obvykle se nepoužívá</i> X <i>nevhodné</i>							

O volbě druhu geosyntetika pro danou funkci v dané aplikaci rozhoduje projektant. Pokud použije pro určitou funkci geosyntetický výrobek, který je v tabulce (Tabulka 41) indikován jako „obvykle se nepoužívá“ nebo „nevhodný“ nebo není kombinace v tabulce (Tabulka 41) uvedena, musí vhodnost daného druhu geosyntetika pro zamýšlené použití v konstrukci věrohodným způsobem prokázat.

V odůvodněných případech je možné postupovat v nesouladu s tabulkou (Tabulka 41), budou-li splněny požadavky uvedené v tomto předpise a bude-li doprovodným dokumentem toto použití deklarováno.

Zdůvodnění požadovaných vlastností musí být obsaženo v technické zprávě dokumentace spolu s požadovaným množstvím a typem kontrolních zkoušek, které budou také součástí kontrolního a zkušebního plánu. Přitom musí být splněny minimální požadavky pro jednotlivé funkce geosyntetika podle příslušných kapitol těchto TP.

11 Kontrola kvality

Kontrola kvality geosyntetik navržených pro zabudování do zemního tělesa pozemních komunikací zahrnuje soubor činností zhotovitele a/nebo objednatele/správce stavby vedoucí k dosažení vlastností zabudovaných geosyntetik a odpovídající požadavkům projektové dokumentace.

11.1 Obecně

Před zabudováním geosyntetika do zemního tělesa, případně v průběhu prací, je nutné:

- identifikovat geosyntetika na stavbě dle ČSN EN ISO 10320,
- vyhovět požadavkům na trvanlivost geosyntetik dle Přílohy B jednotlivých aplikačních norem,
- provést průkazní zkoušky geosyntetik (11.4.2),
- provést kontrolní zkoušky geosyntetik (11.4.3).

Uvedené činnosti zajišťuje zhotovitel za přítomnosti objednatele/správce stavby nebo jeho pověřeného zástupce.

11.2 Identifikace geosyntetik na stavbě

Identifikace geosyntetik na stavbě se provádí dle ČSN EN ISO 10320, a to na základě štítku připojeného k výrobkové jednotce. Štítek musí obsahovat tyto informace⁵⁶:

- výrobce a/nebo dodavatel;
- název výrobku;
- druh výrobku;
- identifikaci výrobkové jednotky;
- jmenovitou hmotnost výrobkové jednotky [kg];
- rozměry výrobkové jednotky (v rozbaleném stavu);
 - výrobkové jednotky balené v rolích:
 - délka × šířka [m],
 - výrobkové jednotky v jiné formě balení:
 - počet kusů (např. pláty, prefabrikované pytle nebo rukávce) × délka × šířka [m], nebo
 - plocha, kterou je možné jednou výrobkovou jednotkou pokrýt;
- klasifikaci výrobku dle ČSN EN ISO 10318-1 a ČSN EN ISO 10318-2;
- primární výrobní surovinu ve vztahu k funkci výrobku;
- barevný identifikátor unikátní pro daný název a typ výrobku (pouze u výrobků identifikovaných barevným značením).

Dále je nutné, aby byla geosyntetika na stavbě

- opatřená značkou CE dle kapitoly ZA.3 příslušné aplikační normy,
- opatřená doprovodným dokumentem dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011.

Pokud je výrobek rozbalením a/nebo rozdělením na menší části zbaven identifikačních znaků, musí být dodatečně označen takovým způsobem, aby jeho jednoznačná identifikace byla možná až do okamžiku zabudování, a to včetně směru jeho výroby. Pokud nelze geosyntetický výrobek na stavbě prokazatelně identifikovat, nesmí být do konstrukce zabudován.

⁵⁶ překlad z ČSN EN ISO 10320.

11.3 Trvanlivost geosyntetik

Pravidla pro ověřování trvanlivosti geosyntetik obsahuje příloha B příslušné aplikační normy, s odkazem na požadované zkušební postupy v závislosti na výrobní surovině.

11.3.1 Životnost geosyntetik

Požadovaná životnost geosyntetik pro všechny aplikace v rámci zemního tělesa pozemních komunikací je pro účely těchto TP minimálně 50 let.

Životnost geosyntetik musí být doložena doprovodným dokumentem, případně zkouškami ve smyslu požadavků přílohy B aplikačních norem.

11.3.2 Vlivy povětrnosti

Po vyjmutí geosyntetického výrobku z ochranného obalu může být tento výrobek vystaven vlivům povětrnosti maximálně po dobu uvedenou v doprovodném dokumentu k výrobku, kde je vždy uvedeno:

„Výrobek se musí zakrýt do (doba) po uložení.“ Výrobek, který nebyl podroben urychlené zkoušce stárnutí dle ČSN EN 12224, se musí zakrýt v den uložení.

Pokud existuje riziko překročení povolené doby maximální expozice uvedené v doprovodném dokumentu, je nutné geosyntetika ochránit zakrytím odpovídajícím svou povahou ochraně originálním obalem, se kterým je dodáván od výrobce.

Pokud dojde k překročení doby maximální expozice⁵⁷ dle doprovodného dokumentu, výrobek nesmí být do konstrukce zabudován a musí být nahrazen.

11.3.3 Vliv prostředí

Předpokládaná trvanlivost geosyntetického výrobku je ovlivněna okolním prostředím, v němž je výrobek zabudován.

Doprovodný dokument výrobku uvádí v souladu s přílohou B příslušné aplikační normy trvanlivost geosyntetik v přírodních zeminách s hodnotou $4 \leq \text{pH} \leq 9$ ⁵⁸ a při teplotách zeminy $\leq 25^\circ\text{C}$.

V případě doložení trvanlivosti doprovodným dokumentem výrobku je v tomto dokumentu vždy uvedeno: *„Předpokládá se trvanlivost po dobu (specifikuje se životnost) v přírodních zeminách s hodnotou $4 \leq \text{pH} \leq 9$ a při teplotách zeminy $\leq 25^\circ\text{C}$ na základě výsledků zkušební metody (odkaz na příslušný oddíl a dobu zkoušky dle Přílohy B aplikačních norem).“*

Pro jiné podmínky, než je uvedeno v doprovodném dokumentu (nižší/vyšší pH, vyšší teplota), musí být trvanlivost vždy doložena příslušnou zkouškou.

Pokud nelze trvanlivost výrobku doložit výše uvedeným způsobem, výrobek nesmí být do konstrukce zabudován.

⁵⁷ maximální doba expozice začíná okamžikem, kdy je výrobek vystaven přímým účinkům povětrnosti, tedy např. ve chvíli jeho vyjmutí z výrobního obalu.

⁵⁸ technicky je možné dosáhnout odolnosti výrobku vůči agresivnějším prostředím, tedy s $\text{pH} > 9$ nebo $\text{pH} < 4$.

11.4 Zkoušky geosyntetik

11.4.1 Požadavky na zkoušky geosyntetik

Požadavky na průkazní zkoušky obsahuje kapitola 11.4.2, požadavky na kontrolní zkoušky obsahuje kapitola 11.4.3.

V odůvodněných případech mohou být v dokumentaci definovány další důležité vlastnosti geosyntetik požadované nad rámec požadavků těchto TP. V takovém případě musí projekt vždy definovat požadavky na příslušné zkoušky (zkouška průkazní/kontrolní, počet zkoušek, zkušební postup), které budou součástí Kontrolního a zkušebního plánu stavby⁵⁹.

11.4.2 Průkazní zkoušky

Za průkazní zkoušky výrobků se považují doprovodné dokumenty výrobku v souladu s platnými předpisy v rozsahu dle tabulky (Tabulka 42). V případě požadovaných parametrů nad rámec doprovodného dokumentu jsou tyto doloženy příslušnou zkouškou.

Tabulka 42 – Průkazní zkoušky dle požadavků kapitol TP 97

Vlastnost	Norma	Funkce						
		S	F	D	B-P	B-C	P	R
Pevnost v tahu při porušení	ČSN EN ISO 10319	A						A
Tažnost	ČSN EN ISO 10319							A
Odolnost proti statickému protržení CBR	ČSN EN ISO 12236	A			A			A ^{a)}
Odolnost proti dynamickému protržení	ČSN EN ISO 13433	A					A	A ^{a)}
Odolnost proti proražení jehlanem	ČSN EN 14574						A	
Propustnost pro vodu kolmo k rovině	ČSN EN ISO 11058		A					
Charakteristická velikost průřeliny	ČSN EN ISO 12956		A					
Schopnost proudění v rovině	ČSN EN ISO 12958			A				
Plošná hmotnost	ČSN EN ISO 9863-1					A		
Tloušťka	ČSN EN ISO 9863-1				A			
Pevnost v tahu	ČSN EN ISO 527-3				A			
Index vodního toku	ČSN EN 16416					A		
Odolnost vůči trhlinám	ČSN EN 14576				A ^{b)}			

⁵⁹ tento postup se uplatní např. při specifikování **tuhosti (případně pevnosti) při X %** pro vyhodnocení přetvoření konstrukce, kde se za X dosadí příslušná hodnota protažení (standardně 2 %, 5 %, 10 %); zkušební postup ČSN EN ISO 10319.

Vlastnost	Norma	Funkce						
		S	F	D	B-P	B-C	P	R
Účinnost ochrany	ČSN EN 13719						A	
Interakce sypanina-výztuž (vytržení)	ČSN EN 13738							A*
Interakce sypanina-výztuž (přímý smyk)	ČSN EN ISO 12957-1							A*
Redukční faktor tlakového creepu	ČSN EN ISO 25619-1			A*				
Redukční faktor tahového creepu	ČSN EN ISO 13431							A*
Redukční faktor mechanického poškození	ČSN EN ISO 13437							A*
Redukční faktor chemických vlivů	ČSN EN ISO 12960							A*
Redukční faktor biologických vlivů	ČSN EN 12225							A*
Redukční faktor vlivu zvětrávání	ČSN EN 12224							A*
S – oddělování; F – filtrace; D – odvodňování; B-P – izolace polymerní; B-C – izolace jílová; P – ochrana; R – vyztužování								
A doložení doprovodného dokumentu k výrobku								
A* doložení dokumentem vydaným třetí stranou (certifikát)								
a) pouze pro geotextilie								
b) pouze pro geosyntetické polymerní izolace z HDPE								

11.4.3 Kontrolní zkoušky

Požadavky na kontrolní zkoušky geosyntetik stanovuje ČSN 73 6133 /Tabulka 12/, požadavky normy jsou doplněny těmito TP, jak uvádí tabulky (Tabulka 43 a Tabulka 44).

11.4.3.1 Odborná způsobilost zkušebních laboratoří

Kontrolní zkoušky zajišťuje a hradí zhotovitel, a to v laboratoři s příslušnou způsobilostí v souladu se zvláštními předpisy⁶⁰.

11.4.3.2 Vyhodnocování kontrolních zkoušek

Výsledky kontrolních zkoušek musí zhotovitel předkládat objednateli/správci stavby ve shodě s TKP 1. Při vyhodnocování shody/neshody kontrolních zkoušek s hodnotou specifikovanou v dokumentaci se vyhodnocuje každá zkouška dané vlastnosti geosyntetika dle dané zkušební normy⁶¹ samostatně, tj. nevyhodnocuje se průměr více zkoušek a neprovádí se statistické zhodnocení více zkoušek.

11.4.3.3 Odběr vzorků

Z každého druhu výrobku, zabudovaného do stavby v množství **M**, se odeberou vzorky pro kontrolní zkoušky. Odběr vzorků se řídí normou ČSN EN ISO 9862. Požadovaný počet kontrolních zkoušek

⁶⁰ TKP 1 [52] a Metodický pokyn [58].

⁶¹ provedení a vyhodnocení zkoušky včetně počtu vzorků (počtu opakování) stanovuje daná zkušební norma.

stanovuje Tabulka 43. Počet vzorků (počet opakování) pro jednu zkoušku stanovuje příslušná zkušební norma.

Tabulka 43 – Požadované počty kontrolních zkoušek dle těchto TP

Zkoušená vlastnost (dle Tabulka 44)	Zabudované množství (<i>M</i>)	Funkce				
		R	D, F	S	P, B-P, B-C	
Pevnost v tahu, Tažnost ⁶²	$M \leq 20\,000\text{ m}^2$	2× na 10 000 m ²	-	2× na 20 000 m ²	-	
	$M > 20\,000\text{ m}^2$	1× na 10 000 m ²		1× na 20 000 m ²		
Odolnost proti statickému protržení CBR*, odolnost proti dynamickému protržení*	$M \leq 20\,000\text{ m}^2$	2× na 5 000 m ²	-	2× na 5 000 m ²		
	$M > 20\,000\text{ m}^2$	1× na 5 000 m ²		1× na 5 000 m ²		
Propustnost pro vodu kolmo k rovině, schopnost proudění v rovině	$M \leq 20\,000\text{ m}^2$	-	2× na 5 000 m ²	-		
	$M > 20\,000\text{ m}^2$		1× na 5 000 m ²			
Interakce sypanina-výztuž (vytržení)	nezávisí na zabudovaném množství (<i>M</i>)	1× pro každý druh sypaniny a každý druh geosyntetika				
Interakce sypanina-výztuž (přímý smyk)						
Redukční faktor mechanického poškození						
Všechny ostatní (dle Tabulka 44)	$M \leq 20\,000\text{ m}^2$	2× na 10 000 m ²				
	$M > 20\,000\text{ m}^2$	1× na 10 000 m ²				
S – oddělování; F – filtrace; D – odvodňování; B-P – izolace polymerní; B-C – izolace jílová; P – ochrana; R – vyztužování						
* <i>pouze pro geotextilie</i>						

11.4.3.4 Seznam kontrolních zkoušek

Seznam požadovaných kontrolních zkoušek ve vazbě na funkci geosyntetika uvádí Tabulka 44.

Tabulka 44 – Kontrolní zkoušky dle požadavků kapitol těchto TP

Vlastnost	Norma	Funkce						
		S	F	D	B-P	B-C	P	R
Pevnost v tahu při porušení	ČSN EN ISO 10319	✓						✓
Tažnost	ČSN EN ISO 10319	✓						✓
Odolnost proti statickému protržení CBR	ČSN EN ISO 12236	✓			✓			✓ ^{a)}
Odolnost proti dynamickému protržení	ČSN EN ISO 13433	✓					✓	✓ ^{a)}

⁶² pro Pevnost v tahu a Tažnost se provádějí zkoušky v příslušném množství jak ve směru výroby (angl. machine direction, MD), tak ve směru kolmém ke směru výroby (angl. cross-machine direction, CMD).

Vlastnost	Norma	Funkce						
		S	F	D	B-P	B-C	P	R
Odolnost proti proražení jehlanem	ČSN EN 14574						✓	
Propustnost pro vodu kolmo k rovině	ČSN EN ISO 11058		✓					
Charakteristická velikost průliny	ČSN EN ISO 12956		✓					
Schopnost proudění v rovině	ČSN EN ISO 12958			✓				
Plošná hmotnost	ČSN EN ISO 9863-1					✓		
Tloušťka	ČSN EN ISO 9863-1				✓			
Pevnost v tahu	ČSN EN ISO 527-3				✓			
Index vodního toku	ČSN EN 16416					✓		
Odolnost vůči trhlinám	ČSN EN 14576				✓ ^{b)}			
Účinnost ochrany	ČSN EN 13719						✓	
Interakce sypanina-výztuž (vytržení)	ČSN EN 13738							✓
Interakce sypanina-výztuž (přímý smyk)	ČSN EN ISO 12957-1							✓
Redukční faktor mechanického poškození	ČSN EN ISO 13437							✓ ^{c)}
S – oddělování; F – filtrace; D – odvodňování; B-P – izolace polymerní; B-C – izolace jílová; P – ochrana; R – vyztužování								
a) <i>pouze pro geotextilie</i>								
b) <i>pouze pro geosyntetické polymerní izolace z HDPE</i>								
c) <i>doporučuje se provést v rámci zhutňovací zkoušky</i>								

11.5 Související technické normy, technické předpisy a literatura

- [107] ČSN EN 13719 Geosyntetika – Zjišťování dlouhodobé ochranné účinnosti geosyntetik v kontaktu s geosyntetickými zábranami
- [108] ČSN EN 13738 Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování odolnosti proti vytažení ze zeminy
- [109] ČSN EN 14574 Geosyntetika – Zjišťování odolnosti podložených geosyntetik proti proražení jehlanem
- [110] ČSN EN 14576 Geosyntetika – Metoda zkoušení pro zjišťování odolnosti polymerních geosyntetických izolací vůči trhlinám způsobeným napětím okolního prostředí
- [111] ČSN EN 16416 Geosyntetické jílové izolace – Zjišťování indexu vodního toku – Metoda za použití přístroje s pružnou stěnou na měření propustnosti při konstantním tlaku

[112] ČSN EN ISO 10320	Geosyntetika – Identifikace na staveništi
[113] ČSN EN ISO 9862	Geosyntetika – Odběr a příprava vzorků ke zkouškám
[114] ČSN EN ISO 527-3	Plasty – Stanovení tahových vlastností – Část 3: Zkušební podmínky pro fólie a desky
[115] ČSN EN ISO 9863-1	Geosyntetika – Zjišťování tloušťky specifickými tlaky - Část 1: Jednotlivé vrstvy
[116] ČSN EN ISO 10319	Geosyntetika – Tahová zkouška na širokém proužku
[117] ČSN EN ISO 11058	Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristik propustnosti pro vodu kolmo k rovině, bez zatížení
[118] ČSN EN ISO 12236	Geosyntetika – Statická zkouška protržení (zkouška CBR)
[119] ČSN EN ISO 12956	Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristické velikosti otvorů
[120] ČSN EN ISO 12957-1	Geosyntetika – Stanovení třecích vlastností – Část 1: Přímá smyková zkouška
[121] ČSN EN ISO 12958	Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování schopnosti pro proudění vody v jejich rovině
[122] ČSN EN ISO 13433	Geosyntetika – Zkouška dynamickým protržením (zkouška padajícím kuželem)
[123] ČSN EN ISO 134370	Geosyntetika – Instalace a extrakce vzorků v půdě pro posouzení trvanlivosti

12 Obecné technologické požadavky instalace geosyntetik

Technologickými požadavky při pokládání a instalaci geosyntetik se podrobně zabývá předpis TKP 30:2020.

V těchto TP jsou dále uvedeny obecné technologické požadavky a zásady, které se uplatňují v rámci zpracování projektové dokumentace a návrhu geosyntetik v zemním tělese pozemních komunikací.

12.1 Skladování a manipulace

Skladování a manipulace s geosyntetiky musí být vždy v souladu s požadavky výrobce.

Obecně platí, že geosyntetika musí být skladována tak, aby nemohlo dojít ke zhoršení jejich vlastností

- mechanických, v důsledku manipulace, skládání a pokládání,
- hydraulických a fyzikálních, v důsledku působení klimatických vlivů.

Obecně dále platí, že s geosyntetiky je nutné manipulovat tak, aby nedošlo k jejich mechanickému poškození, nesmí se

- tahat, vláčet, smýkat,
- bodově zvedat a podpírat (vede na lámání role).

12.2 Zabudování geosyntetik do zemního tělesa

Úprava podkladu pod geosyntetikem musí být v souladu s předpisem TKP 30 a normou ČSN 73 6133.

Způsob pokládky geosyntetik musí být vždy upraven projektem, a to v souladu s požadavky uvedenými v TKP 30, v případě realizační a výrobně technické dokumentace i v souladu s doprovodným dokumentem navrhovaného výrobku.

12.2.1 Krycí vrstva geosyntetik

Po geosyntetických výrobcích není možné přímo pojíždět.

Položená geosyntetika musí být před pojezdem mechanizace zasypana krycí vrstvou sypaniny o minimální tloušťce:

- technologického minima 150 mm, proti účinkům pojezdů stavební techniky bez vibrací;
- 250 mm proti dynamickým účinkům (vibrační válce aj.), není-li v projektu určeno jinak.

U geosyntetik s funkcí ochrannou musí být tloušťka krycí vrstvy sypaniny stanovena v rámci zpracování dokumentace individuálně (podrobněji viz 6.2.1).

12.2.2 Spoje geosyntetik

Spoje geosyntetik musí být vždy specifikovány v dokumentaci.

Provedení spoje je závislé na aplikaci a funkci, minimální požadavky uvádí Tabulka 45.

Tabulka 45 – Požadavky na provedení spojů geosyntetik

Funkce	Typ spoje	Požadavky na provedení spoje
Oddělování	přesah	<ul style="list-style-type: none">– ≥ 300 mm– v odůvodněných případech lze požadavek na šířku přesahu zvýšit (např. o hodnotu prokluzu vlivem deformací) nebo zvolit jiný typ spoje
Filtrace		
Ochrana		
Izolace	různý	geosyntetické: <ul style="list-style-type: none">– dvojitý svar, přesah pásů 50 mm za okrajem svaru, případně dle technologických možností svářecího zařízení jílové: <ul style="list-style-type: none">– přesah (dle Tabulka 21)
Odvodňování	různý	ve směru spádnice ⁶³ : <ul style="list-style-type: none">– přesah ≥ 500 mm + prokluz vlivem deformací kolmo ke spádnicí: <ul style="list-style-type: none">– dle pokynů výrobce/dodavatele⁶⁴
Výztužování	různý	dle Tabulka 46

Pokud je požadováno použití geosyntetika pro oddělování a použije se geosyntetikum, které má kromě oddělovací funkce i funkci výztužnou, musí být kladení geosyntetika prováděno v souladu s podmínkami pro výztužnou funkci.

⁶³ je nutné specifikovat i napojení na podélnou drenáž (trativod).

⁶⁴ standardně se drenážní jádra spojí na sraz (bez mezery), filtrační geotextilie/fólie přesahem min. 100 mm.

Tabulka 46 – Požadavky na provedení spojů geosyntetik s funkcí Vyztužování

Namáhání spoje	Aplikace	Požadavky na provedení spoje
Ve směru tahových napětí	všechny	<ul style="list-style-type: none"> – Spoj se provádí u zemních konstrukcí spadajících do 3. GK pouze v případě, že jde o certifikovaný systém, který deklaruje únosnost spoje, jinak se spoje nesmí provádět. – U konstrukcí zařazených do 2. GK lze provádět spoje, pevnost spoje se vždy doloží zkouškou⁶⁵ nebo výpočtem. – U konstrukcí zařazených do 1. GK lze provést spoj přesahem, přesah na kotevní délku musí být prokázán výpočtem.
Kolmo na směr tahových napětí	vyztužené zemní konstrukce	<ul style="list-style-type: none"> – Na sraz (bez mezery), s výjimkou pro balenou zeminu⁶⁶ – S mezerou (typické pro lícové systémy s panely)
	založení násypu na měkkém podloží	Přesahem dle pravidel pro funkce Oddělování, Filtrace, Ochrana (dle Tabulka 45)
<p>Směr tahových napětí je zpravidla kolmý</p> <ul style="list-style-type: none"> – k ose líce vyztužené zemní konstrukce, nebo – k ose násypu (při založení násypu na měkkém podloží). <p>U geosyntetik dodávaných v rolích se obvykle jedná o směr návinu role⁶⁷.</p>		

Pokud je výrobek rozbalením a/nebo rozdělením na menší části zbaven identifikačních znaků, musí být dodatečně označen takovým způsobem, aby jeho jednoznačná identifikace byla možná až do okamžiku zabudování, a to včetně směru jeho výroby. Pokud nelze geosyntetický výrobek na stavbě prokazatelně identifikovat včetně směru návinu role, nesmí být do konstrukce zabudován.

V případě spojování geosyntetik přesahem musí být přesah orientovaný dle pravidel uvedených v tabulce (Tabulka 47).

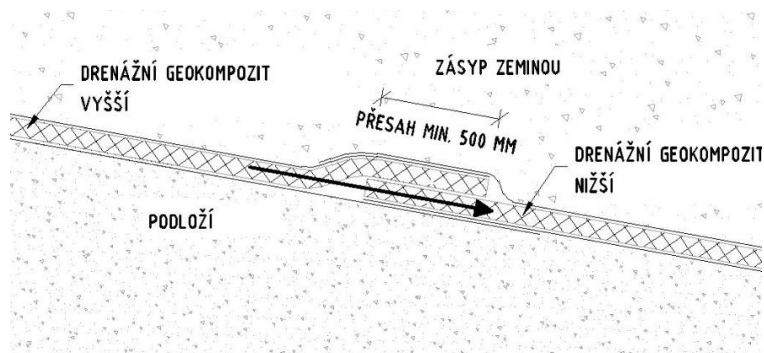
Tabulka 47 – Pravidla pro orientaci přesahů geosyntetik

Funkce	Orientace přesahu
Oddělování	Geosyntetika se kladou tak, aby při rozhrnování sypaniny nedošlo k odhrnutí jejich vzájemného přesahu
Filtrace	
Ochrana	
Izolace	Způsob pokládky musí být určen projektovou dokumentací. Obvykle se role rozvíjejí po spádnici.
Odvodňování	Geosyntetika se kladou tak, aby výše položený pás přesahoval přes níže položený pás (viz Obrázek 26)
Vyztužování	Přesah je přípustný pouze ve vybraných případech (Tabulka 46)

⁶⁵ zkušební metoda ČSN EN ISO 10321.

⁶⁶ pro balenou zeminu dle ČSN EN 14475 /Příloha C/ spoj přesahem ≥ 150 mm (dle TKP 30).

⁶⁷ směr výroby, angl. machine direction (MD).



Obrázek 26 – Přesahy pásů geosyntetik s funkcí odvodňování

12.2.3 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky jsou limitující pro zpracování zemin a sypanin, případně pro další technologická hlediska výstavby zemního tělesa dle TKP 4.

Pokládka a instalace geosyntetik je omezená klimatickými podmínkami dle tabulky (Tabulka 48).

Tabulka 48 – Omezení pokládky a instalace geosyntetik klimatickými vlivy

Klimatický vliv	Omezení
Vítr	Riziko změny polohy volně položených geosyntetik větrem. Geosyntetika je nutné během pokládky a instalace zatížit (sypaninou nebo jinými břemeny) a/nebo jinak pevně přichytit k zemi.
Děšť	Zvýšení hmotnosti geosyntetik v případě, že jsou schopna absorbovat vodu (netkané geotextilie, bentonitové rohože aj.), a tím zhoršení podmínek pro jejich manipulaci během instalace za vytrvalého deště. Líce vyztužených zemních konstrukcí, u kterých během výstavby hrozí povrchová eroze v důsledku vody stékající po technologické vrstvě vyspádované směrem k líci, je nutné proti této erozi konstrukci chránit pomocí hrázky, která na hraně svahu usměřňuje tok vody a řízeně ji odvádí.
Sníh	Geosyntetika nelze pokládat ani instalovat.
Mráz	Geosyntetika nelze pokládat ani instalovat při teplotách nižších -10 °C.
Náledí	Geosyntetika nelze pokládat ani instalovat.
Teplota	Svařování polymerních geosyntetických izolací při teplotách fólie a vzduchu minimálně +5 °C (a dle dalších doplňujících pokynů výrobce).

12.2.4 Znečištění cizorodými látkami

Cizorodé látky, jako například hydrofobní nátěry, barvy, ředidla, rozpouštědla, oleje, pohonné hmoty, provozní kapaliny a další, jsou vůči geosyntetikám agresivní a nesmí s nimi přijít do styku, pokud není výrobcem geosyntetika deklarována netečnost daného geosyntetika k dané cizorodé látce.

Geosyntetika, která přijde do kontaktu s cizorodou látkou a nejsou k ní prokazatelně netečná, nesmí být do konstrukce zabudována nebo musí být v konstrukci nahrazena.

12.2.5 Lokální porušení geosyntetik

Při návrhu geosyntetik je nutné zohlednit jejich ochranu před případným lokálním porušením.

Může se jednat například o kolizi s kořenovým systémem rostlin, poškození geosyntetika vlivem prorážení sloupků svodidel nebo provrtáním geosyntetika při realizaci pilot.

Případům, kdy hrozí poškození geosyntetika výše zmíněnými vlivy společně se snížením nebo ztrátou funkčnosti, je nutné předcházet vhodnými opatřeními v projektové dokumentaci, např. vhodným návrhem vegetace a její pravidelnou údržbou.

V případě konstrukcí v kolizi s geosyntetikem je možné geosyntetika lokálně vynechat, prostříhnout, nebo zvolit jinou vhodnou technologii, aby nedošlo k jejich poškození⁶⁸, s uvažováním vlivu na zachování požadované funkce geosyntetika.

V případě geosyntetik s funkcí vyztužování je toto lokální oslabení nutné zohlednit v rámci posouzení mezních stavů konstrukce.

12.3 Bezpečnostní a ochranné pásmo konstrukcí s geosyntetiky

Dokumentace musí vždy definovat bezpečnostní a ochranné pásmo konstrukce, v němž nesmí během provozu či údržby dojít k žádnému stavebnímu zásahu, který by poškodil zabudovaná geosyntetika a ohrozil tak spolehlivost konstrukce.

Pokud je v konstrukci zabudováno geosyntetikum s funkcí vyztužování nebo izolace nacházející se v hloubce menší než 1,5 m od upraveného terénu, musí být ve výšce 30 cm nad tímto geosyntetikem umístěna výstražná signalizační síť červené nebo oranžové barvy obdobně jako nad podzemními sítěmi.

Pokud se v bezpečnostním a ochranném pásmu vykonávají takové stavební nebo udržovací činnosti, kterými by mohlo dojít k porušení celistvosti geosyntetik (např. vrtné a pilotážní práce, pokládka inženýrských sítí, osazování protihlukových stěn, sloupků svodidel nebo zábradlí apod.), musí být tyto stavební činnosti prováděny pouze na základě předchozího souhlasu a za podmínek stanovených projektantem/správcem stavby. Totéž platí pro činnosti v bezprostředním okolí konstrukcí, jimiž by mohlo dojít k narušení stability konstrukce (podélné výkopy pod konstrukcemi, dodatečná zatížení na povrchu atd.).

⁶⁸ např. použití zavrtávacích patek u sloupků svodidel.

TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 97 GEOSYNTETIKA V ZEMNÍM TĚLESE POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Schválilo:	Ministerstvo dopravy
Zpracovatel:	GEOMAT s.r.o. Ing. Petr Hubík, Ing. Martin Kašpar
Vydání:	čtvrté
Počet stran:	66
Tech. redakční rada:	Ing. Jiří Šmíd, Ph.D. (Ministerstvo dopravy) RNDr. Vladimír Köllner (ŘSD ČR) Ing. Dana Legut, Ph.D. (ŘSD ČR) Ing. Miroslav Veverka (ŘSD ČR) Ing. Jiří Jachan (VALBEK, s.r.o.) doc. RNDr. František Krešta Ph.D. (SG Geotechnika, a.s.) doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D. (VUT v Brně, Fakulta stavební) Mgr. David Relich, Ph.D. (Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.) Ing. Stanislav Štábl (SG-GEOPROJEKT, spol. s r.o.) Ing. Jan Valášek (JUTA a.s.) Ing. Martin Vaníček, PhD. (IGS.CZ) Ing. Jan Zajíček (Sdružení pro výstavbu silnic)
Zástupce koordinátora:	Ing. Alena Nimrichtrová (ŘSD ČR)