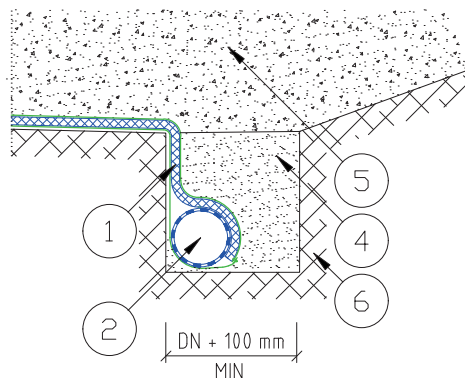
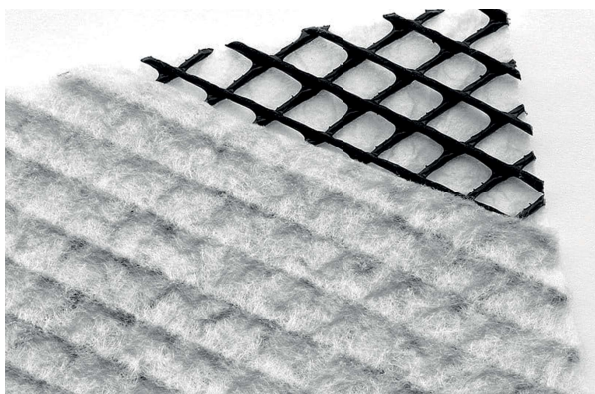


Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

METODIKA

GOKOMPOZITNÍ DRENÁŽ PRO ÚČELY ODVODNĚNÍ NA OBJEKTECH DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY



Název: Geokompozitní drenáž pro účely odvodnění na objektech dopravní infrastruktury

Zpracovatel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Autoři: Ing. Tomáš Macan, Ing. Petr Zedník, Ing. Josef Stryk, Ph.D.
Ing. Ondřej Vodáček, Ing. Martin Kašpar, Ing. Petr Hubík (GEOMAT s.r.o.)

Oponenti: Ing. Vít Černý, Ph.D., Sweco Hydroprojekt a.s., ředitel divize Morava
RNDr. Dalibor Dvořák, Ředitelství silnic a dálnic ČR

Výstup projektu: TE01020168 Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)

Certifikační orgán: Ministerstvo dopravy

Datum certifikace: XX. X. 2020

Vydavatel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

ISBN 978-80-88074-74-8

Anotace

Název:

Geokompozitní drenáž pro účely odvodnění na objektech dopravní infrastruktury

Autoři:

Ing. Tomáš Macan, Ing. Petr Zedník, Ing. Josef Stryk, Ph.D., Ing. Ondřej Vodáček, Ing. Martin Kašpar, Ing. Petr Hubík

Abstrakt:

Tato metodika podrobně popisuje návrh, dimenzování a způsob uplatnění geokompozitní drenáže pro účely odvodnění na objektech dopravní infrastruktury.

Vedle konvenčních systémů, jako jsou drenážní vrstvy tvořené nestmelenými, propustnými materiály, se na stavbách stále častěji setkáváme s geokompozity.

Drenážní geokompozit je geosyntetikum s funkcí odvodňování, schopné díky své kompozitní skladbě odvádět vodu v rovině, ve které je pro tento účel osazené. Tvoří ho drenážní jádro a ochrana jádra.

V českých normách i technických předpisech je drenážním geokompozitům věnováno pouze velmi málo prostoru. Proto se tato metodika zabývá podrobněji návrhem a uplatněním drenážních geokompozitů, shrnuje poznatky a postupy z různých, především zahraničních, zdrojů a má napomoci jejich širšímu a technicky správnému použití v praxi. Uvádí detaily, vzorové listy a konkrétní příklady provedení, které doplňují informace uvedené v technických předpisech zaměřených na odvodnění.

Metodika byla zpracována v rámci projektu TE01020168 – Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu Centra kompetence. Tato metodika je určena především pro vlastníky a správce dopravní infrastruktury, projektanty a zhotovitele dopravních staveb.

Klíčová slova:

Geokompozitní drenáž, geosyntetikum, odvodnění, dimenzování

Certifikační orgán:

Ministerstvo dopravy

Annotation

Title:

Geocomposite drainage for the purpose of drainage on transport infrastructure objects

Authors:

Tomáš Macan, Petr Zedník, Josef Stryk, Ondřej Vodáček, Martin Kašpar, Petr Hubík

Abstract:

This methodology describes in detail the design, dimensioning and application of geocomposite drainage for the purpose of drainage on transport infrastructure objects.

In addition to conventional systems, such as drainage layers made up of unbound, permeable materials, geocomposites are increasingly encountered on construction sites.

Drainage geocomposite is a geosynthetic with drainage function, able to drain water in the plane in which it is installed for this purpose due to its composite structure. It consists of a drainage core and core protection.

Very little space is devoted to drainage geocomposites in Czech standards and technical regulations. Therefore, this methodology deals in more detail with the design and application of drainage geocomposites, summarizes knowledge and procedures from various, mainly foreign, sources and is intended to help their wider and technically correct use in practice. It gives details, sample sheets and specific examples of implementation that supplement the information given in the technical regulations for drainage.

The methodology was prepared within project TE01020168 - Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI), with state support of the Czech Technology Agency within the Centre of Competence Program. This methodology is intended primarily for the transport infrastructure owners and administrators, designers and contractors of transport infrastructure objects.

Keywords:

Geocomposite drainage, geosynthetic, drainage, dimensioning

Certification Authority:

Ministry of Transport

Obsah

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 2. POUŽITÉ POJMY A DEFINICE | 3 |
| 3. SYSTÉM ODVODNĚNÍ S VYUŽITÍM DRENÁŽNÍCH GEOKOMPOZITŮ | 4 |
| 3.1 Aplikace v dopravní infrastruktuře | 4 |
| 3.2 Skladba geokompozitu | 6 |
| 3.3 Materiál pro jádro geokompozitní drenáže | 7 |
| 3.4 Materiál pro ochranu jádra geokompozitní drenáže | 8 |
| 3.5 Materiál pro odvodní potrubí | 9 |
| 4. NÁVRH DRENÁŽNÍHO GEOKOMPOZITU | 10 |
| 4.1 Vstupní parametry | 10 |
| 4.2 Stanovení krátkodobé drenážní kapacity | 10 |
| 4.3 Výpočet dlouhodobé drenážní kapacity | 13 |
| 4.4 Vzorový postup návrhu | 16 |
| 4.5 Posouzení tahového namáhání | 20 |
| 4.6 Doporučení pro volbu geokompozitu v různých aplikacích | 22 |
| 4.7 Specifikace drenážního geokompozitu | 22 |
| 4.8 Dimenzování odvodního potrubí | 22 |
| 5. TECHNOLOGICKÁ HLEDISKA..... | 23 |
| 5.1 Zásady manipulace s drenážními geokompozity | 23 |
| 5.2 Pravidla instalace | 23 |
| 6. DETAILS A VZOROVÝ LIST | 25 |
| 7. NOVOST POSTUPŮ, ZPŮSOB UPLATNĚNÍ A EKONOMICKÉ ASPEKTY..... | 26 |
| 8. SEZNAM POUŽITÉ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURY | 27 |
| 9. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE | 28 |
| PŘÍLOHA 1: Detaily - geokompozitní drenáž | |
| PŘÍLOHA 2: Vzorový list - geokompozitní drenáž | |
| PŘÍLOHA 3: Fotografie z realizací dopravních staveb s uplatněním geokompozitní drenáže | |

1. Úvod

Odvodnění stavebních konstrukcí je nedílnou součástí každého návrhu a u objektů dopravní infrastruktury tomu není jinak.

Srážkové vody výrazně snižují protismykové vlastnosti povrchu vozovek pozemních komunikací, při nedostatečném odvodnění mohou způsobit aquaplaning a v zimním období i náledí.

Z hlediska podpovrchového odvodnění mají srážkové vody daleko zásadnější dopad u železničních staveb, kde prosakují konstrukčními vrstvami železničního svršku a část z nich se vsakuje do zemní pláň. Tam následně způsobují změnu konzistenčních mezí, přetvárně deformačních charakteristik a dalších parametrů.

Stejný negativní dopad mají vody průsakové, v oblasti aktivní zóny vozovek, nebo zemní pláň železničních komunikací, v zimních obdobích navíc hrozí mrazové zdvihy.

Z výše popsaných důvodů je nutné drénovat jak konstrukční vrstvy, tak zemní pláň, aktivní zónu a pražcová podloží. To platí zejména pro stavby v zářezech, či nízkých násypch, ale i pro jiné dopravní plochy, např. parkoviště.

U zemních násypů na měkkém zvodnělém podloží dochází k vytlačování vody z podloží v důsledku primární konsolidace. Zda a jak rychle konsolidace probíhá závisí na rychlosti zatěžování a na hydraulické vodivosti dané zeminy. Je-li hydraulická vodivost zeminy nízká, což je typické pro jíly, napjatá voda, obsažená v pórech zeminy, se přirozeně tlačí na povrch, směrem k násypu. Tím dochází k jeho saturaci a ke zhoršení odporu na potenciálních smykových plochách, což může v konečném důsledku vést až např. ke ztrátě stability. Báze násypu se proto běžně drénuje, aby k prostupu vody z podloží do násypu nedocházelo.

Rub opěrných i zárubních zdí je typicky drénovaný, to z důvodu dimenzí konstrukce, protože satureovaná zemina způsobuje o ca 100 % vyšší horizontální namáhání oproti zemině odvodněné, a to v důsledku působení hydrostatického (případně i hydrodynamického) tlaku vody. Obdobně se odvodňují ostění mělkých tunelů.

Odvodnění objektů dopravní infrastruktury je zkrátka neodmyslitelně spjaté s jejich bezproblémovou funkčností a dlouhou životností.

Vedle konvenčních systémů, jako jsou drenážní vrstvy tvořené nestmelenými, propustnými materiály, se na stavbách stále častěji setkáváme s geokompozity.

V českých normách i technických předpisech je drenážním geokompozitům věnováno pouze velmi málo prostoru.

Proto se tato metodika zabývá podrobněji návrhem a uplatněním drenážních geokompozitů, shrnuje poznatky a postupy z různých, především zahraničních, zdrojů a má napomoci jejich širšímu a technicky správnému použití v praxi.

1.1 Cíl metodiky

Cílem metodiky je:

- popsat geokompozitní drenáže, jejich skladbu a použité materiály,
- upřesnit návrh, dimenzování a způsob instalace geokompozitní drenáže,
- prezentovat možnosti uplatnění geokompozitní drenáže na objektech dopravní infrastruktury,
- uvést detaily, vzorové listy a konkrétní příklady provedení.

Metodika platí pro:

- silnice a dálnice,
- další objekty dopravní infrastruktury, např. na železnici.

Je určena především pro:

- vlastníky a správce dopravní infrastruktury,
- projektanty dopravních staveb,
- zhotovitele.

1.2 Řešený výzkumný projekt

Tato metodika byla vypracována se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu Centra kompetence, projektu CESTI (TE01020168: Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu, pracovní skupiny WP1: Pozemní komunikace – inteligentní a trvanlivá technologická řešení s vysokou technickou účinností) na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

2. Použité pojmy a definice

drenážní geokompozit: geosyntetikum s funkcí odvodňování, schopné díky své kompozitní skladbě odvádět vodu v rovině, ve které je pro tento účel osazené; tvoří ho drenážní jádro a ochrana jádra

drenážní jádro: nositel funkce odvodňování, dle struktury se dělí na poddajné, polotuhé a tuhé

poddajné (drenážní jádro): systém polymerních vláken s makroskopicky neuspořádanou strukturou, tloušťek řádu až několik cm; relativně snadno se stlačuje pod působícím tlakem, čímž se snižuje drenážní kapacita

polotuhé (drenážní jádro): protlačovaný polymerní pás typu „nopová fólie“, tloušťek řádu několik mm až cm; za určitých podmínek působícího tlaku může dojít k náhlému prolomení struktury a k dramatickému snížení drenážní kapacity

tuhé (drenážní jádro): extrudovaná mřížka tvořená dvěma až třemi rovinami rovnoběžně kladených extrudovaných polymerních vláken, tloušťek řádu jednotek mm; málo citlivé na působící tlak

(ochrana jádra) geotextilie: zpravidla netkaná geotextilie, tepelně spojená s drenážním jádrem; chrání drenážní jádro před mechanickým zanášením jemnými částicemi zeminy, z níž migruje kapalina; musí splňovat filtrační kritéria

(ochrana jádra) fólie: geomembrána, tepelně spojená s drenážním jádrem; zamezuje styku kapaliny proudící drenážním jádrem s povrchem odvodňované konstrukce

drenážní kapacita: objem vody, který může za daných okrajových podmínek protéct jednotkovým profilem drenážního geokompozitu za jednotku času, ve směru přirozeného spádu; dělí se na krátkodobou a dlouhodobou

krátkodobá (drenážní kapacita): drenážní kapacita se zohledněním krátkodobých vlivů, které se dělí na působící tlak, tuhost povrchů, hydraulický gradient, kinematickou viskozitu (resp. teplotu prostředí); zkouší se dle ČSN EN ISO 12958, ASTM D4716, $\{q_{k,st}\}$

působící tlak: tíha na jednotku plochy, suma stálých a dlouhodobých proměnných zatížení, která působí kolmo na rovinu geokompozitu, $\{\sigma\}$

tuhost povrchů: zohlednění charakteru povrchu, se kterým je drenážní geokompozit v kontaktu, ve smyslu vtlačení ochrany do jádra, čímž se snižuje drenážní kapacita; dělí se na tuhé a měkké

tuhý (povrch): míra vtlačení ochrany do jádra je nízká (povrch nemá tendenci kopírovat strukturu jádra), např. beton, *angl. -hard-*

měkký (povrch): míra vtlačení ochrany do jádra je vysoká (povrch má tendenci kopírovat strukturu jádra), např. zemina, *angl. -soft-*

hydraulický gradient: poměr dráhy odtoku ku rozdílu hydraulických výšek; vyjadřuje sklon drenážního geokompozitu, $\{i\}$

kinematická viskozita: fyzikální vlastnost charakterizující vnitřní tření kapaliny, závislá na přitažlivých silách mezi částicemi, $\{\nu\}$

dlouhodobá (drenážní kapacita): drenážní kapacita se zohledněním dlouhodobých vlivů, které se dělí na vtlačení ochrany do jádra, tlakový creep jádra, chemické zarůstání, biologické zarůstání, $\{q_{d,lt}\}$

vtlačení ochrany do jádra: snížení drenážní kapacity vlivem vtlačení ochrany (geotextilie, fólie) do prostoru drenážního jádra, zohledňuje se redukčním faktorem, $\{RF_{IN}\}$

tlakový creep: časově závislá deformace drenážního jádra, které je vystaveno působení konstantního tlaku, zohledňuje se redukčním faktorem, zkouší se dle ASTM D7361, ASTM D7406, $\{RF_{CR}\}$

chemické zarůstání: ucpávání drenážního jádra minerály, které jsou transportovány proudící kapalinou, je závislé na charakteru kapaliny; zohledňuje se redukčním faktorem, $\{RF_{CC}\}$

biologické zarůstání: ucpávání drenážního jádra mikroorganismy, kterých růst je podpořen prostředím drenážního jádra (teplota, vlhkost, absence UV, aj.); zohledňuje se redukčním faktorem, $\{RF_{BC}\}$

ekvivalentní drenážní kapacita: objem vody, který může za daných okrajových podmínek protéct jednotkovým profilem nestmelené vrstvy za jednotku času, ve směru přirozeného spádu; vztaženo zpravidla k pískové nebo štěrkové drenážní vrstvě dané tloušťky, $\{q_{d,eq}\}$

návrhová intenzita průtoku: objem vody, který v důsledku vnějších vlivů protéká danou částí konstrukce a který má být z této části bezpečně odveden; vnějšími vlivy se rozumí srážky, průsaky a jiné zdroje vody, $\{q_{e,rqd}\}$

návrhová životnost: doba trvalého zabudování drenážního geokompozitu v konstrukci, ke které jsou vztaženy redukční faktory dlouhodobých vlivů, zejména tlakového creepu, $\{t_{\infty}\}$

3. Systém odvodnění s využitím drenážních geokompozitů

3.1 Aplikace v dopravní infrastruktuře

Na objektech dopravní infrastruktury se při sběru a odvádění srážkových a průsakových vod účelně kombinuje plošné a podélné odvodnění, především proto, že konstrukce mají typicky liniový charakter (zářez, násyp, pozemní komunikace, železnice, tunel, opěrná/zárubní zeď apod.), viz obr. 1.

Příkladem plošné drenáže je např. odvodnění zemní pláně od středu vozovky směrem ke krajnici, nebo odvodnění rubu zdí od koruny směrem k jejich patě. Pro plošné odvodnění se využívají právě drenážní geokompozity.

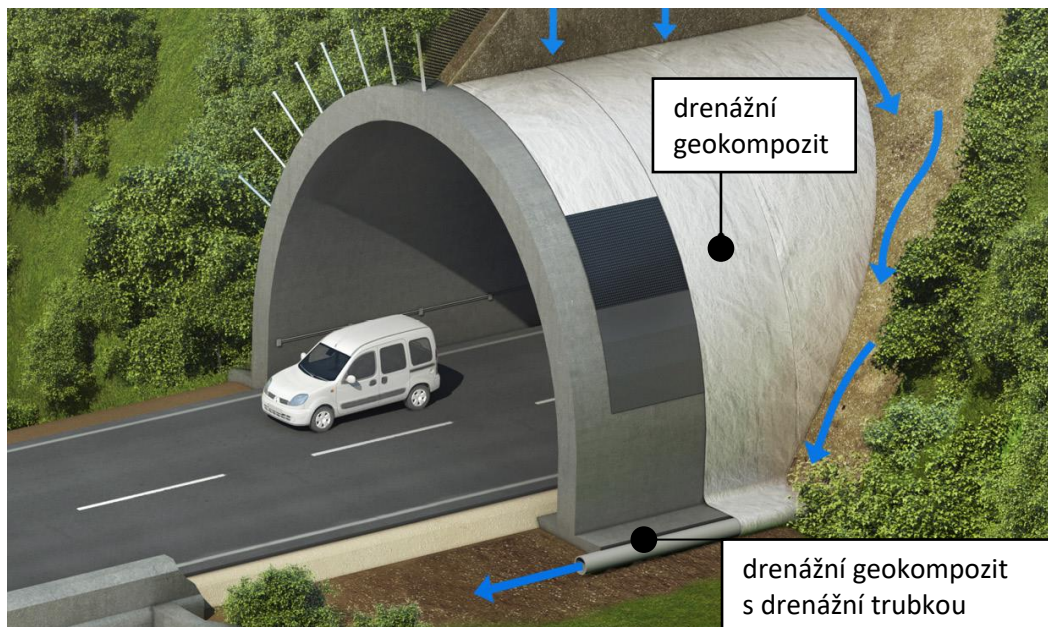
Pokud není plošné odvodnění svedeno přímo do retence nebo např. na povrch zemního tělesa, přechází do odvodnění podélného, které má liniový charakter a slouží jako kolektor. Typicky

se jedná o tradiční drenážní trubky provlečené geotextilním rukávem na okraji geokompozitu, čímž je tvořen jeden celek.

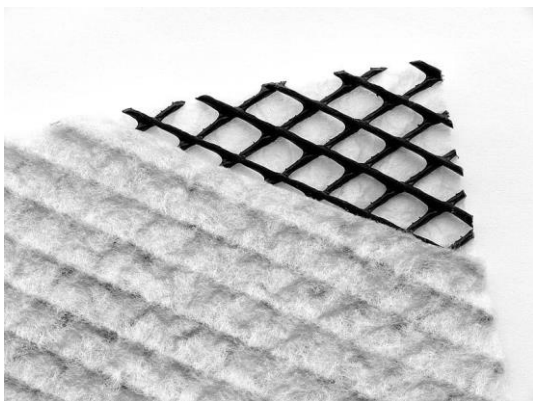
Ve smyslu normy ČSN EN ISO 10318-1 je drenážní geokompozit pouze ta část výše popsaného systému, zabezpečující plošné odvodnění. Podrobněji uplatnění geokompozitu při plošném a podélném odvodnění prezentuje obr. 2 až 4.



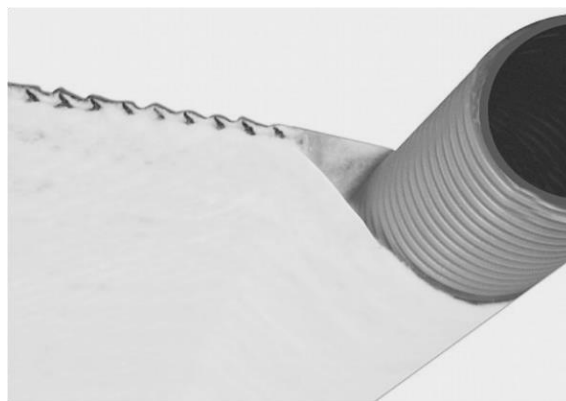
Obr. 1: Vybrané oblasti aplikace drenážních geokompozitů v dopravní infrastruktuře, zdroj: Intermas Nets S.A.



Obr. 2: Příklad kombinace plošného a podélného odvodnění při ostění tunelu, zdroj: Intermas Nets S.A.



Obr. 3: Drenážní geokompozit (plošné odvodnění), zdroj: GEOMAT s.r.o.



Obr. 4: Drenážní geokompozit s drenážní trubicou (plošné + podélné odvodnění), zdroj: GEOMAT s.r.o.

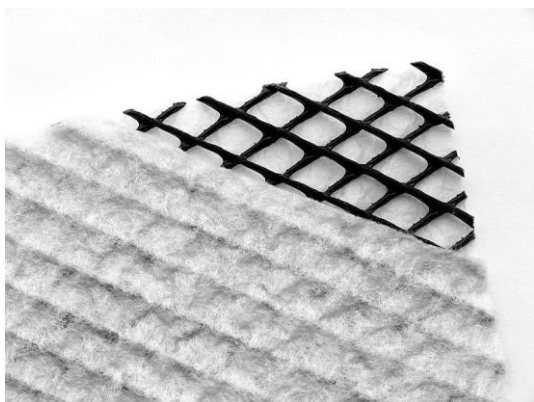
3.2 Skladba geokompozitu

Geokompozit je ve smyslu ČSN EN ISO 10318-1 výrobek, který sestává z minimálně dvou dílčích částí spojených v celek, z nichž alespoň jedna je tvořena geosyntetikem libovolného druhu.

Drenážní geokompozit plní ve smyslu ČSN EN ISO 10318-1 funkci odvodňování, sbírá a odvádí kapalinu z různých zdrojů (srážky, průsaky aj.) ve své rovině.

Drenážní geokompozit sestává z dílčích geosyntetik, tj. z drenážního jádra, z ochrany drenážního jádra, případně z fólie. Drenážní jádro je nositelem funkce odvodňování, je vyráběno různou technologií, což mu dává unikátní vlastnosti. Ochrana drenážního jádra zamezuje jeho zanesení jemnými částicemi zeminy, pokud migrují společně s kapalinou, a/nebo chrání danou část odvodňované konstrukce před přímým stykem s kapalinou proudící v rovině drenážního geokompozitu.

Ve smyslu této Metodiky se drenážním geokompozitem dále rozumí takový výrobek, který plní funkci odvodňování bez ohledu na to, jakým způsobem je natočen v rámci své roviny, tj. struktura výrobku není pro funkci odvodňování limitujícím faktorem.



Obr. 5: Výrobky v rámci této Metodiky, zdroj: GEOMAT s.r.o.



Obr. 6: Výrobky mimo rámec této Metodiky, zdroj: Afitexinov

3.3 Materiál pro jádro geokompozitní drenáže

Výrobní surovinou drenážního jádra je zpravidla vysokohustotní polyetylén (HDPE) nebo polypropylén (PP), a to z důvodu relativně vysoké odolnosti vůči kyselinám, alkáliím a působení mikroorganismů, ve vztahu k jiným polymerům. Do struktury polymeru se nejčastěji přidávají aditiva na bázi uhlíku v řádu prvních jednotek procent objemu, díky čemuž se stává polymer UV stabilní. Geokompozit je tak možné vystavit účinkům UV záření, aniž by došlo ke zhoršení jeho mechanických a fyzikálních vlastností, a to po dobu deklarovanou výrobcem; typicky během instalace.

3.3.1 Poddajná jádra

Poddajná drenážní jádra jsou tvořena neuspořádaným systémem extrudovaných polymerních vláken, viz obr. 7. Tloušťka poddajného jádra se po působícím tlakem rychle snižuje a s ní se snižuje i drenážní kapacita. Z tohoto důvodu dosahují jmenovité tloušťky řádu až několik cm. Poddajná drenážní jádra jsou obecně citlivá na působící tlak.

3.3.2 Polotuhá jádra

Polotuhá drenážní jádra jsou tvořena protlačovanou extrudovanou fólií, viz obr. 8. Struktura jádra je dostatečně tuhá, takže dokáže odolávat i vyšším tlakům, při překročení kritického tlaku však může dojít k náhlému prolomení struktury jádra a k dramatickému snížení drenážní kapacity. Jmenovitá tloušťka jádra zpravidla osciluje kolem 1 cm. Odolnost polotuhého jádra vůči působícímu tlaku je přímo podmíněna výrobní tloušťkou fólie, a dále hustotou a mírou jejího protlačení.

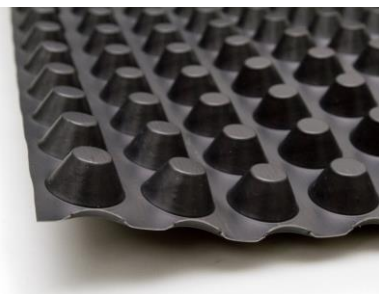
3.3.3 Tuhá jádra

Tuhá drenážní jádra jsou tvořena dvěma až třemi rovinami rovnoběžně kladených extrudovaných polymerních vláken, což dává za vznik pravidelné mřížce, viz obr. 9. Jmenovitá tloušťka tuhého jádra je relativně malá, zpravidla méně než 1 cm, ale pod působícím tlakem se stlačuje relativně málo vzhledem k tloušťce jádra; citlivost tuhých jader na působící tlak je obecně velmi nízká.

Charakteristiky a chování jednotlivých typů drenážních jader uvádí tab. 1 a obr. 10.



Obr. 7: Příklad poddajného jádra



Obr. 8: Příklad polotuhého jádra

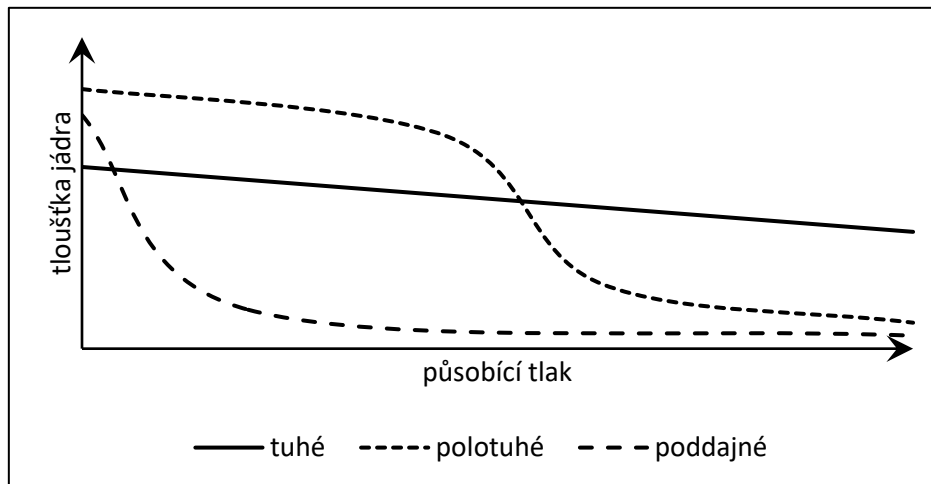


Obr. 9: Příklad tuhého jádra

zdroj: GEOMAT s.r.o.

Tab. 1: Typy drenážních jader a jejich charakteristiky

| Typ jádra | Struktura | Jmenovitá tloušťka | Citlivost na působící tlak |
|-----------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| Poddajné | Neuspořádaný systém vláken | Velká | Vysoká |
| Polotuhé | Protlačovaná fólie | Střední | Nízká až do prolomení |
| Tuhé | Mřížka | Malá | Nízká |



Obr. 10: Relativní chování drenážních jader dle typu, ilustrativní, zdroj: GEOMAT s.r.o.

3.4 Materiál pro ochranu jádra geokompozitní drenáže

Jádro drenážního geokompozitu je nutné chránit před mechanickým zanesením částicemi zeminy, z níž migruje kapalina. Ochrana musí spolehlivě zadržet částice zeminy, ale zároveň musí propustit kapalinu do roviny drenážního jádra, a to dlouhodobě. Zpravidla se používají netkané geotextilie, s funkcí oddělování a filtrace (dle ČSN EN ISO 10318-1). Geotextilie je s drenážním jádrem pevně spojena, oboustranně nebo jednostranně, v závislosti na aplikaci.

Geotextilie musí splňovat filtrační kritéria:

- zadržení: musí zadržet stabilní částice zeminy k vytvoření přirozeného filtru,
- propustnost: musí propustit nestabilní částice zeminy, aby se jimi nezanesla,
- pórovitost: po dobu pracovního života zachovat dvě výše uvedená kritéria.

Návrh geotextilního filtru spočívá v posouzení výše uvedených kritérií, na základě kterých se navrhne vhodná geotextilie.

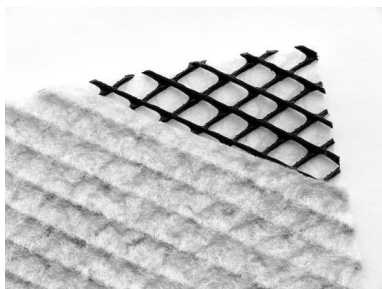
3.4.1 Oboustranná ochrana

Oboustrannou ochranu je nutné použít v případě, že je drenážní geokompozit uložen mezi dvěma prostředími, která mají potenciál mechanicky zanešit drenážní jádro. Typicky se jedná o geokompozity mezi dvěma zeminami, např. v podloží náspů, na zemní pláni, v podélném příkopu apod., viz obr. 11.

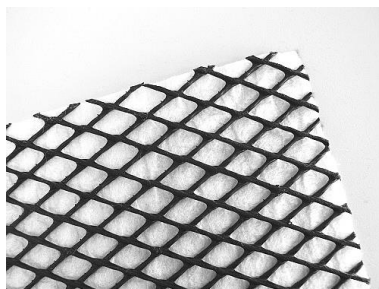
3.4.2 Jednostranná ochrana

Jednostranná ochrana se používá v případech, kdy je drenážní geokompozit jednou svojí stranou v kontaktu s prostředím, z něhož nehrozí mechanické zanesení jádra. Typicky se jedná o rub opěrných a zárubních zdí, mostních opěr nebo vnější povrch ostění tunelů apod., viz obr. 12.

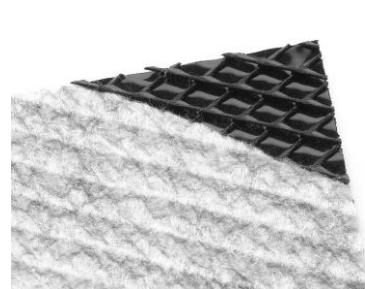
V případech, kdy je potřeba zabránit přímému styku proudící kapaliny s povrchem odvodňované konstrukce, opatří se nechráněná strana drenážního jádra fólií, po které kapalina stéká, viz obr. 13. Zpravidla se tímto způsobem chrání betonové povrchy.



Obr. 11: Oboustranná ochrana



Obr. 12: Jednostranná ochrana



Obr. 13: Jednostranná ochrana s fólií

zdroj: GEOMAT s.r.o.

Ojedinele se jednostranná ochrana drenážního jádra v kombinaci s fólií použije i v případě, že je nutné striktně přeměřovat přirozený tok kapaliny do roviny drenážního geokompozitu. Může se jednat např. o ochranu zemní pláně před srážkovou vodou prosakující kolejovým ložem, nebo přerušení kapilární vzlinavosti na bázi náspu.

***Poznámka:** Primární funkcí drenážního geokompozitu je odvodňování, nikoliv ochrana. K tomuto účelu se používají netkané geotextilie s příslušnými parametry (tloušťka, odolnost, CBR aj.). Neplní ani funkci izolace (varianta geokompozitu s jednostrannou ochranou v kombinaci s fólií), k tomuto účelu se používají polymerní a jílové geosyntetické izolace (tj. geomembrány, jílové vložky).*

3.5 Materiál pro odvodní potrubí

Vhodným materiálem pro odvodní potrubí jsou plasty. Jedná se především o vysokohustotní polyetylen (HDPE), anebo polypropylen (PP). Pro trouby z plastických hmot platí požadavky ČSN EN 13 476 a zásady uvedené v TP 83 kap. 8.5.4: Trouby z plastických hmot.



Obr. 14: Příklad odvodní trubky

4. Návrh drenážního geokompozitu

4.1 Vstupní parametry

Návrh drenážního geokompozitu pro konkrétní konstrukci probíhá v několika krocích, a to v závislosti na charakteru a návrhové životnosti konstrukce, ale také v závislosti na tom, zda se jedná o návrh originální, nebo o alternativu ke konvenčnímu drenážnímu systému. V tab. 2 je uveden souhrn vstupních parametrů, které jsou potřebné pro výpočet drenážní kapacity v různých fázích návrhu.

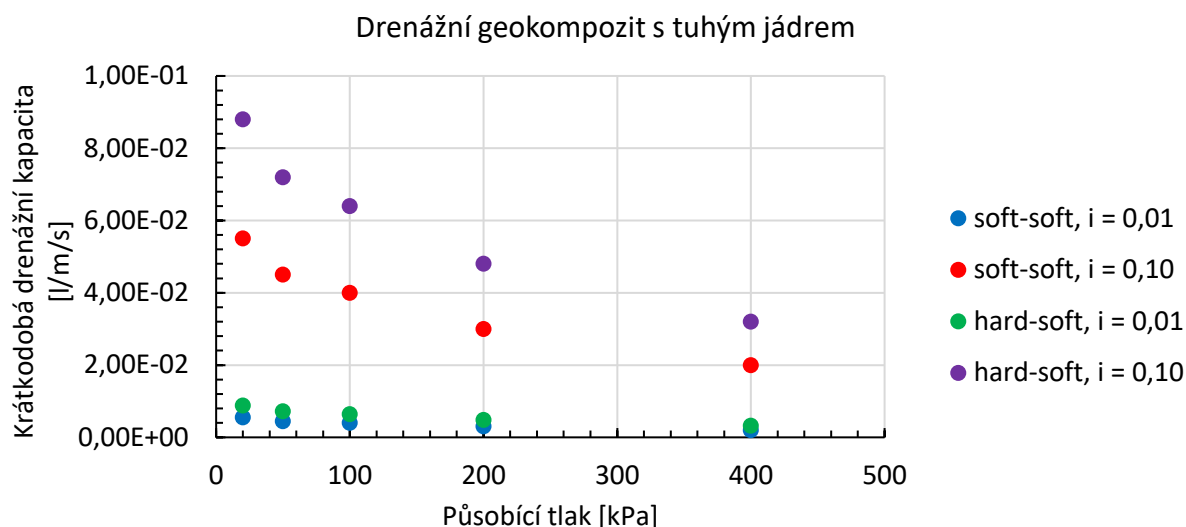
Tab. 2: Vstupní parametry potřebné pro kvalifikovaný návrh

| Parametr | Symbol | Zdroj |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| krátkodobá (deklarovaná) drenážní kapacita | $q_{k,st}$ | výrobce drenážního geokompozitu |
| <i>parametry nutné pro přepočet deklarované drenážní kapacity pro podmínky konkrétní úlohy</i> | | |
| působící tlak | σ | tato metodika |
| hydraulický gradient | i | tato metodika |
| tuhost povrchů | – | tato metodika |
| kinematická viskozita (teplota prostředí) | ν | literatura, tato metodika |
| <i>parametry nutné pro výpočet dlouhodobé drenážní kapacity</i> | | |
| redukční faktor pro vtažení ochrany do jádra | RF_{IN} | literatura, tato metodika |
| redukční faktor pro tlakový creep | RF_{CR} | výrobce drenážního geokompozitu |
| redukční faktor pro chemické zarůstání | RF_{CC} | literatura, tato metodika |
| redukční faktor pro biologické zarůstání | RF_{BC} | literatura, tato metodika |
| <i>parametry nutné pro vyhodnocení alternativního návrhu</i> | | |
| návrhová intenzita průtoku | $q_{e,rqd}$ | hydrolog, hydrogeolog |
| ekvivalentní drenážní kapacita | $q_{d,eq}$ | tato metodika |
| požadovaný stupeň bezpečnosti | FS | tato metodika |

4.2 Stanovení krátkodobé drenážní kapacity

Krátkodobá drenážní kapacita $q_{k,st}$ je deklarovaná výrobcem drenážního geokompozitu, vždy pro konkrétní krátkodobé vlivy. Zpravidla se jedná o diskrétní veličinu v prostoru $\sigma - q_{k,st}$, rozčleněnou na datové řady dle tuhosti povrchů a dle hydraulického gradientu.

Ilustrativní příklad na obr. 15. znázorňuje diskrétní hodnoty drenážní kapacity pro vybrané krátkodobé vlivy (hydraulický gradient $i = 0,01$ a $i = 0,10$, tuhost povrchů *soft – soft* a *hard – soft*, teplota $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tato data jsou stanovená na základě laboratorních zkoušek prováděných výrobcem a slouží jako výchozí parametr pro výpočet krátkodobé drenážní kapacity v dané konkrétní aplikaci.



Obr. 15: Příklad závislosti krátkodobé drenážní kapacity na krátkodobých vlivech, jak ji zkouší a deklaruje výrobce Intermas Nets S.A.

Pozn.: zdroje uvádí dvojí fyzikální zápis jednotky drenážní kapacity, platí $[l/m/s] = 10^{-3}[m^2/s]$

4.2.1 Působící tlak

Působící tlak se stanoví jako složka tíhy působící kolmo na rovinu drenážního geokompozitu. Vždy se uplatní rozklad sil pro konkrétní podmínky, u svislých konstrukcí se uvažuje příslušný zemní tlak. Pokud je drenážní geokompozit vystaven proměnlivým podmínkám působícího tlaku, musí se brát v úvahu nejhorší případ (např. zemní tlak roste úměrně s hloubkou).

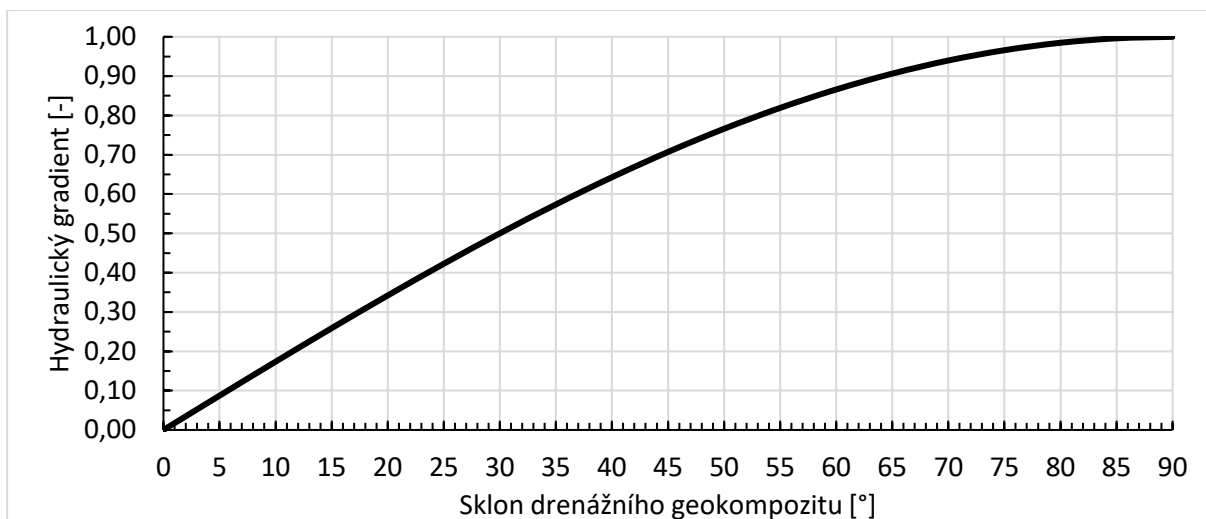
Interpolace krátkodobé drenážní kapacity mezi působícími tlaky je lineární, viz rovnice 1:

$$q_{k,st,\sigma} = q_{k,st,\sigma U} + (q_{k,st,\sigma L} - q_{k,st,\sigma U}) \times \frac{\sigma_U - \sigma_\sigma}{\sigma_U - \sigma_L} \quad (1)$$

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

4.2.2 Hydraulický gradient

Pro hydraulický gradient i platí vztah $i = \sin \beta$, kde β je sklon, ve kterém je uložen drenážní geokompozit, viz také graf na obr. 16.



Obr. 16: Převod sklonu drenážního geokompozitu na hydraulický gradient

Interpolace krátkodobé drenážní kapacity mezi hydraulickými gradienty se řídí formulí Cancelli-Rimoldi (1989), viz rovnice 2 [Cancelli A. & Rimoldi P.]:

$$q_{k,st,i} = q_{k,st,iU} \times \sqrt{\frac{i}{i_U}} \quad (2)$$

kde je $q_{k,st,i}$ krátkodobá drenážní kapacita pro hledaný gradient [l/m/s]
 $q_{k,st,iU}$ krátkodobá drenážní kapacita pro vyšší gradient [l/m/s]
 i hledaný gradient [kPa]
 i_U nejbližší vyšší gradient [kPa]

4.2.3 Tuhost povrchů

Při volbě tuhosti povrchu lze vycházet z tab. 3.

Tab. 3: Doporučení pro tuhost povrchů (demonstrativní výčet)

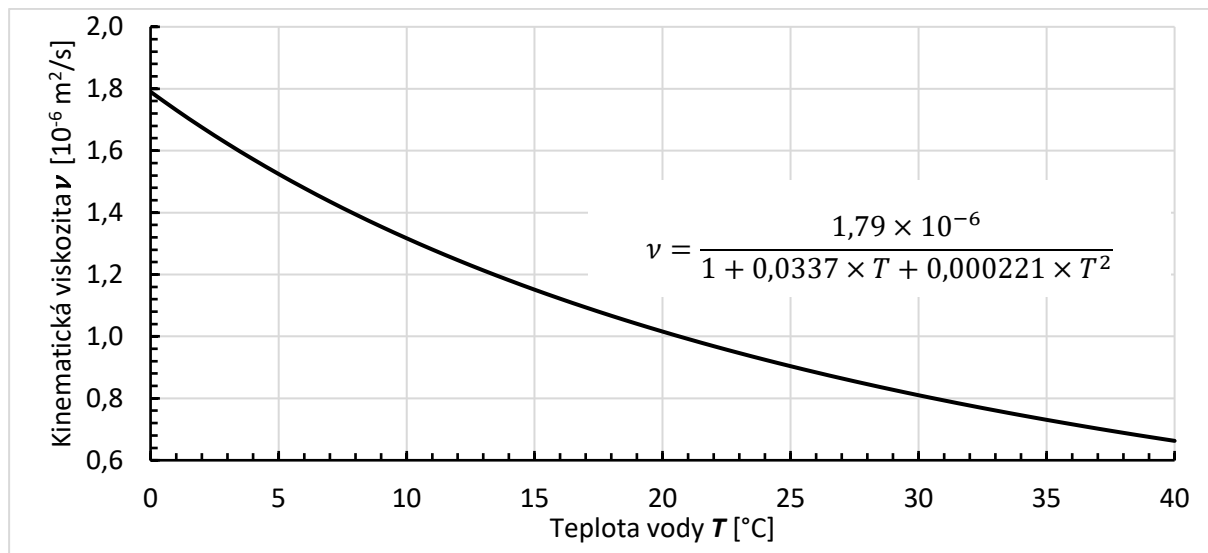
| Povrch | tuhý (hard) | měkký (soft) |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| zhuťněné směsi ŠD _A , MZK | * | ✓ |
| chemicky stabilizované a následně zhuťněné zeminy | * | ✓ |
| ostatní zeminy a sypké materiály, bez ohledu na původ a zpracování | | ✓ |
| čerstvý cementový beton | | ✓ |
| tuhý cementový beton | ✓ | |
| geomembrány | ✓ | |

* pouze pokud se geokompozit pokládá na již takto utvořený povrch

Interpolace krátkodobé drenážní kapacity mezi tuhostmi povrchů není možná, mezilehlé polohy neexistují.

4.2.4 Teplota prostředí

Výrobce deklarovaná drenážní kapacita geokompozitů je zpravidla vztažena k podmínkám laboratorní teploty $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota kapaliny, konkrétně vody, přímo ovlivňuje její kinematickou viskozitu, viz graf na obr. 17.



Obr. 17: Závislost kinematické viskozity vody na její teplotě,

zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Viskozita>

U většiny konstrukcí dopravní infrastruktury lze návrhovou teplotu uvažovat jako průměrnou roční teplotu daného regionu.

Změna kinematické viskozity ν v závislosti na teplotě kapaliny v konstrukci se spočítá dle rovnice 3 [Rimoldi P.]:

$$q_{k,st,T} = q_{k,st,20} \times \frac{\nu_{20}}{\nu_T} \quad (3)$$

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

Poznámka: Je-li výrobcem deklarovaná drenážní kapacita zkoušená při jiné teplotě, než $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, upraví se adekvátně vstupní kinematická viskozita ν_{20}

4.3 Výpočet dlouhodobé drenážní kapacity

Dlouhodobá drenážní kapacita $q_{d,lt}$ se spočte dle rovnice 4 [GRI-GC8]:

$$q_{d,lt} = q_{k,st} \times \left(\frac{1}{RF_{IN} \times RF_{CR} \times RF_{CC} \times RF_{BC}} \right) \quad (4)$$

| | | |
|-------------------|------------------------------|---------|
| kde je $q_{d,lt}$ | dlouhodobá drenážní kapacita | [l/m/s] |
| $q_{k,st}$ | krátkodobá drenážní kapacita | [l/m/s] |

| | | |
|-----------|-------------------------------------------|-----|
| RF_{IN} | redukční faktor vtlačení ochrany do jádra | [–] |
| RF_{CR} | redukční faktor tlakového creepu | [–] |
| RF_{CC} | redukční faktor chemického zarůstání | [–] |
| RF_{BC} | redukční faktor biologického zarůstání | [–] |

Redukční faktory se doporučuje volit dle tab. 4.

Tab. 4: Redukční faktory pro zohlednění dlouhodobých vlivů [GRI-GC8]

| Aplikace | RF_{IN} | RF_{CR} | RF_{CC} | RF_{BC} |
|------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kapilární zábrana | 1,1 – 1,3 | viz dále | 1,0 – 1,2 | 1,1 – 1,3 |
| Odvodnění veřejných ploch a prostranství | 1,0 – 1,2 | | | |
| Rub opěrných a zárubních zdí | 1,3 – 1,5 | | 1,1 – 1,5 | 1,0 – 1,2 |
| Zemní svahy | | | | |
| Svahy těles dopravní infrastruktury | 1,0 – 1,2 | | 1,0 – 1,2 | |

Redukční faktor tlakového creepu se spočte dle rovnice 5 [GRI-GC8]:

$$RF_{CR} = \left[\frac{(t_{CO}/t_{ori}) - (1 - n_{ori})}{(t_{CR}/t_{ori}) - (1 - n_{ori})} \right]^3 \quad (5)$$

| | | |
|------------------|-----------------------------------------------|------|
| kde je RF_{CR} | 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 spočte dle rovnice 6 [GRI-GC8]:

$$n_{ori} = 1 - \frac{\mu}{\rho \times t_{ori}} \quad (6)$$

| | | |
|------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| 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] |

4.3.1 Výpočet ekvivalentní drenážní kapacity

Drenážní kapacita nestmelené vrstvy, zpravidla písku nebo štěrku, se řídí Darcyho zákonem, viz rovnice 7:

$$q_d = k \times i \times A \quad (7)$$

| | | |
|--------------|------------------------------------|---------------------|
| 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 $w = 1 \text{ m}$, aby bylo možné porovnat ekvivalentní drenážní kapacitu s (dlouhodobou) drenážní kapacitou geokompozitů. Obecný Darcyho zákon se upraví dle rovnice 8 [GRI-GC8]:

$$q_{d,eq} = k \times i \times t \times 10^3 \quad (8)$$

| | | |
|--------------|--------------------------------------|---------|
| kde je q_d | ekvivalentní drenážní kapacita | [l/m/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.

4.3.2 Stupeň bezpečnosti návrhu

Obecně se stupeň bezpečnosti návrhu drenážního geokompozitu stanoví ze základního vztahu 9 [GRI-GC8]:

$$FS = \frac{q_{d,lt}}{q_{e,rqd}} \quad (9)$$

| | | |
|-------------------|------------------------------|---------|
| kde je $q_{d,lt}$ | dlouhodobá drenážní kapacita | [l/m/s] |
| $q_{e,rqd}$ | návrhová intenzita průtoku | [l/m/s] |

Návrhová intenzita průtoku je veličina, která závisí na zdroji vody a jeho vydatnosti, tj. např. četnost srážek, a musí ji stanovit příslušný odborník v oboru (hydrolog, hydrogeolog).

Často slouží drenážní geokompozit jako alternativa k drenážní nestmelené vrstvě, v takovém případě se vztah pro stupeň bezpečnosti návrhu drenáž. geokompozitu upraví dle rovnice 10:

$$FS = \frac{q_{d,lt}}{q_{d,eq}} \quad (10)$$

| | | |
|-------------------|--------------------------------|---------|
| kde je $q_{d,lt}$ | dlouhodobá drenážní kapacita | [l/m/s] |
| $q_{d,eq}$ | ekvivalentní drenážní kapacita | [l/m/s] |

Hodnota minimálního stupně bezpečnosti FS_{min} je závislá na mnoha faktorech, roli hraje statistická pravděpodobnost správnosti vstupních dat, zkušenost projektanta, třída rizik/význam stavby, požadavky zúčastněných stran a další.

Pokud není řečeno jinak, tato metodika stanovuje:

$$FS_{min} = 1,30$$

4.4 Vzorový postup návrhu

Příklad 1

Zadání:

Úkolem je stanovit krátkodobou drenážní kapacitu geokompozitu, který je uložený v konstantním sklonu 4° pod 9 metrovým násypem o objemové tíze 19 kN/m^3 . K dispozici jsou data výrobce dle obr. 15. Geokompozit je z obou stran v kontaktu se zemínou o teplotě 10°C .

Vstupní data:

| | |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| objemová tíha | $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ |
| výška násypu | $h = 9 \text{ m}$ |
| sklon geokompozitu | $\beta = 4^\circ$ |
| působící tlak | $\sigma = \gamma \times h \times \cos \beta = 19 \times 9 \times \cos 4 = 170,5 \text{ kPa}$ |
| hydraulický gradient | $i = \sin \beta = \sin 4 = 0,070$ |
| teplota prostředí | $T = 10^\circ\text{C}$ |

Relevantní data výrobce ve vztahu k zadání (dle obr. 15):

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| nejbližší nižší tlak | $\sigma_L = 100 \text{ kPa}$ |
| nejbližší vyšší tlak | $\sigma_U = 200 \text{ kPa}$ |
| nejbližší vyšší gradient | $i_U = 0,10$ |
| tuhost povrchů | soft – soft (S/S) |
| odečteno z obr. 15: | |

| σ_L [kPa] | σ_U [kPa] | i_U [-] | povrchy | $q_{k,st,iU}$ [l/m/s] |
|------------------|------------------|-----------|---------|-----------------------|
| 100 | | 0,10 | S/S | 0,04 |
| | 200 | | | 0,03 |

Stanovení krátkodobé drenážní kapacity:

krátkodobá drenážní kapacita pro nejbližší vyšší a nejbližší nižší působící tlak se získá interpolací mezi gradienty dle rovnice č. 2:

pro $\sigma_L = 100 \text{ kPa}$:

$$q_{k,st,i} = q_{k,st,iU} \times \sqrt{\frac{i}{i_U}}$$
$$q_{k,st,0,07} = 0,04 \times \sqrt{\frac{0,07}{0,10}} = 0,033 \text{ l/m/s}$$

pro $\sigma_U = 200 \text{ kPa}$:

$$q_{k,st,i} = q_{k,st,iU} \times \sqrt{\frac{i}{i_U}}$$
$$q_{k,st,0,07} = 0,03 \times \sqrt{\frac{0,07}{0,10}} = 0,025 \text{ l/m/s}$$

převod značení – krátkodobá drenážní kapacita pro nejbližší nižší a nejbližší vyšší působící tlak:

$$q_{k,st,\sigma L} = 0,033 \text{ l/m/s}$$

$$q_{k,st,\sigma U} = 0,025 \text{ l/m/s}$$

krátkodobá drenážní kapacita interpolovaná mezi tlaky se získá dle rovnice č. 1:

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

$$q_{k,st,170,5} = 0,025 + (0,033 - 0,025) \times \frac{200 - 170,5}{200 - 100} = 0,0274 \text{ l/m/s}$$

převod značení – krátkodobá drenážní kapacita pro laboratorní teplotu 20 °C:

$$q_{k,st,20} = 0,0274 \text{ l/m/s}$$

vliv kinematické viskozity se spočítá dle rovnice č. 3 a dle hodnot z grafu na obr. 17:

$$q_{k,st,T} = q_{k,st,20} \times \frac{\nu_{20}}{\nu_T}$$

$$q_{k,st,10} = 0,0274 \times \frac{1,016}{1,317} = 0,0211 \text{ l/m/s}$$

Závěr:

Při zohlednění krátkodobých vlivů, uvedených v zadání příkladu, bude drenážní geokompozit poskytovat krátkodobou drenážní kapacitu $q_{k,st} = 0,0211 \text{ l/m/s}$.

Příklad 2 [GRI-GC8]

Zadání:

Tuhé drenážní jádro geokompozitu z Příkladu 1 má jmenovitou tloušťku 8,55 mm a plošnou hmotnost 1216 g/m². Jádro je vyrobené z HDPE o objemové hmotnosti 950 kg/m³.

Jádro bylo podrobena zkoušce drenážní kapacity při zájmovém tlaku, a po 100 h trvání zkoušky se jeho tloušťka zmenšila na 7,14 mm. Následná zkouška tlakového creepu pro $t_\infty = 10\,000 \text{ h}$ došlo k další redukci tloušťky drenážního jádra, a to na 6,30 mm.

Úkolem je vypočítat redukční faktor tlakového creepu RF_{CR} pro čas $t_\infty = 10\,000 \text{ h}$.

Vstupní data:

$$t_{ori} = 8,55 \text{ mm} = 0,00855 \text{ m}$$

$$t_{CO} = 7,14 \text{ mm}$$

$$t_{CR} = 6,30 \text{ mm}$$

$$\mu = 1,216 \text{ kg/m}^2$$

$$\rho = 950 \text{ kg/m}^3$$

Výpočet redukčního faktoru tlakového creepu:

výpočet jmenovité pórovitosti dle rovnice č. 6:

$$n_{ori} = 1 - \frac{\mu}{\rho \times t_{ori}}$$

$$n_{ori} = 1 - \frac{1,260}{950 \times 0,00855} = 0,845 (= 84,5 \%)$$

výpočet redukčního faktoru tlakového creepu dle rovnice č. 5:

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

$$RF_{CR} = \left[\frac{(7,14/8,55) - (1 - 0,845)}{(6,30/8,55) - (1 - 0,845)} \right]^3 = 1,597$$

Závěr:

Redukční faktor tlakového creepu pro čas $t_{\infty} = 10\,000\text{ h}$ je $RF_{CR} = 1,597$.

Příklad 3

Zadání:

Úkolem je vypočítat dlouhodobou drenážní kapacitu geokompozitu z Příkladu 1 pro návrhovou životnost dle Příkladu 2, tj. $t_{\infty} = 10\,000\text{ h}$. Výsledek bude prezentovaný jako interval vymezený ekonomickým a konzervativním výpočtem.

Vstupní data pro výpočet ekonomický (konzervativní):

uvažuje se přerušení kapilární vzlinavosti, odečteno z tab. 3 a Příkladu 2:

| | |
|-------------------------------------------|----------------------------------|
| krátkodobá drenážní kapacita | $q_{k,st} = 0,0211\text{ l/m/s}$ |
| redukční faktor vtlačení ochrany do jádra | $RF_{IN} = 1,1\ (1,3)$ |
| redukční faktor tlakového creepu | $RF_{CR} = 1,597$ |
| redukční faktor chemického zarůstání | $RF_{CC} = 1,0\ (1,2)$ |
| redukční faktor biologického zarůstání | $RF_{BC} = 1,1\ (1,3)$ |

Výpočet dlouhodobé drenážní kapacity dle rovnice č. 4:

$$q_{d,it} = q_{k,st} \times \left(\frac{1}{RF_{IN} \times RF_{CR} \times RF_{CC} \times RF_{BC}} \right)$$

výpočet ekonomický:

$$q_{d,it} = 0,0211 \times \left(\frac{1}{1,1 \times 1,597 \times 1,0 \times 1,1} \right) = 0,0109\text{ l/m/s}$$

výpočet konzervativní:

$$q_{d,it} = 0,0211 \times \left(\frac{1}{1,3 \times 1,597 \times 1,2 \times 1,3} \right) = 0,0065\text{ l/m/s}$$

Závěr: V závislosti na dalších podmínkách konkrétní stavby lze do návrhu drenážního geokompozitu uvažovat s dlouhodobou drenážní kapacitou $q_{d,it} \in (0,0065; 0,0109)\text{ l/m/s}$ pro návrhovou životnost $t_{\infty} = 10\,000\text{ h} \approx 1\text{ rok}$.

Příklad 4

Zadání:

Drenážní geokompozit z Příkladu 1 – 3 má sloužit jako alternativa k drenážní vrstvě štěrkodrti tl. 250 mm s koeficientem hydraulické vodivosti $3,5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Úkolem je ověřit, zda se jedná o vhodnou alternativu, má-li být návrh konzervativní. Bezpečnost návrhu se řídí touto metodikou.

Vstupní data při uvažování konzervativního návrhu:

| | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| sklon vrstvy | $\beta = 4^\circ$ |
| hydraulický gradient | $i = \sin \beta = \sin 4 = 0,070$ |
| hydraulická vodivost vrstvy | $k = 3,5 \cdot 10^{-4}$ m/s |
| tloušťka vrstvy | $t = 0,25$ m |
| dlouhodobá drenážní kapacita | $q_{d,lt} = 0,0065$ l/m/s |

Výpočet ekvivalentní drenážní kapacity dle rovnice č. 8:

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

$$q_{d,eq} = 3,5 \cdot 10^{-4} \times 0,070 \times 0,25 \times 10^3 = 0,0061 \text{ l/m/s}$$

Výpočet stupně bezpečnosti dle rovnice č. 10:

$$FS = \frac{q_{d,lt}}{q_{d,eq}}$$

$$FS = \frac{0,0065}{0,0061} = 1,07 < FS_{min} = 1,30$$

Závěr:

Zvolený drenážní geokompozit nespĺňuje požadavek konzervativního návrhu a nelze ho použít jako alternativu k dané vrstvě štěrkodrti.

Příklad 5

Zadání:

Úkolem je stanovit krátkodobou drenážní kapacitu geokompozitu tak, aby vyhověl požadavkům Příkladu 4. Vstupní data se nemění.

Vstupní data:

| | |
|-------------------------------------------|---------------------------|
| ekvivalentní drenážní kapacita | $q_{d,eq} = 0,0061$ l/m/s |
| stupeň bezpečnosti | $FS = FS_{min} = 1,3$ |
| redukční faktor vtlačení ochrany do jádra | $RF_{IN} = 1,3$ |
| redukční faktor tlakového creepu | $RF_{CR} = 1,597$ |
| redukční faktor chemického zarůstání | $RF_{CC} = 1,2$ |
| redukční faktor biologického zarůstání | $RF_{BC} = 1,3$ |

Výpočet minimální dlouhodobé drenážní kapacity:

přeskupením rovnice č. 9 pro výpočet stupně bezpečnosti získáme:

$$q_{d,lt,min} = q_{d,eq} \times FS_{min}$$

$$q_{d,lt,min} = 0,0061 \times 1,30 = 0,0079 \text{ l/m/s}$$

Výpočet minimální krátkodobé drenážní kapacity:

přeskupením rovnice č. 3 pro výpočet dlouhodobé drenážní kapacity získáme:

$$q_{k,st,min} = q_{d,lt,min} \times (RF_{IN} \times RF_{CR} \times RF_{CC} \times RF_{BC})$$

$$q_{k,st,min} = 0,0079 \times (1,3 \times 1,597 \times 1,2 \times 1,3) = 0,0256 \text{ l/m/s}$$

Závěr:

Drenážní vrstvu štěrku v bázi násypu lze nahradit drenážním geokompozitem s minimální krátkodobou drenážní kapacitou $q_{k,st} = 0,0256 \text{ l/m/s}$ při gradientu $i = 0,07$, teplotě 10 °C a působícím tlaku $\sigma = 170,5 \text{ kPa}$.

To je o ca 21 % vyšší drenážní kapacita oproti původní $q_{k,st} = 0,0211 \text{ l/m/s}$.

4.5 Posouzení tahového namáhání

Geokompozity uložené na povrchu svahů a přesýpané vrstvou zeminy jsou vystavené smykovému namáhání, které v nich vyvolá vývoj tahových sil. Tyto tahové síly je nutné stanovit a posoudit, protože geokompozity mají obecně nízkou tahovou pevnost.

Rámec aplikace je velmi úzký a nastává spíše výjimečně, níže je proto prezentován pouze zjednodušený model, vycházející z rozkladu sil na nekonečně dlouhé nakloněné rovině, viz rovnice 11:

$$T_{Ed} = h \cdot L_s \cdot \left(\gamma_{sat} \cdot \sin \beta - \frac{\gamma_{su} \cdot \cos \beta \cdot \mu}{FS} \right) \quad (11)$$

| | | |
|-----------------|-------------------------------------------------|----------------------|
| kde je T_{Ed} | návrhová tahová síla v geokompozitu | [kN/m] |
| h | mocnost překrytí geokompozitu zemínou | [m] |
| L_s | celková délka svahu | [m] |
| γ_{sat} | objemová tíha satureované zeminy | [kN/m ³] |
| β | sklon geokompozitu | [°] |
| γ_{su} | objemová tíha zeminy pod hladinou vody | [kN/m ³] |
| μ | koeficient tření na kritickém smykovém rozhraní | [–] |
| FS | stupeň bezpečnosti návrhu | [–] |

Koeficient tření se vypočítá dle rovnice 12:

$$\mu = \alpha \cdot \tan \varphi \quad (12)$$

| | | |
|--------------|-------------------------------------------------|-----|
| kde je μ | koeficient tření na kritickém smykovém rozhraní | [–] |
| α | oslabení smykového odporu zemina-geosyntetikum | [–] |
| φ | úhel smykového odporu | [°] |

Úhel smykového odporu se doporučuje volit dle UNE 104425:2001 (tab. 5).

Tab. 5: Úhel smykového odporu (výběr z UNE 104425:2001)

| φ [°] | Jíl | Písek | Štěrk | GTX-N | GTX-W | HDPE drsněný | HDPE hladký |
|---------------|-----|-------|-------|-------|-------|--------------|-------------|
| Jíl | 18 | | | | | | |
| Písek | 22 | 26 | | | | | |
| Štěrk | 24 | 30 | 35 | | | | |
| GTX-N | 23 | 26 | 28 | 21 | | | |
| GTX-W | 21 | 22 | 24 | 20 | 18 | | |
| HDPE drsněný | 22 | 25 | 30 | 26 | 24 | 30 | |
| HDPE hladký | 15 | 18 | 18 | 9 | 8 | 24 | 15 |

Oslabení smykového odporu se doporučuje volit dle tab. 6, není-li řečeno jinak.

Tab. 6: Oslabení smykového odporu

| Rozhraní | α |
|-------------------------------|----------|
| geosyntetikum – geosyntetikum | 1,0 |
| geosyntetikum – zemina | 0,7 |

Pro neodvodněné podmínky platí:

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

| | | |
|----------------------|----------------------------------------|----------------------|
| kde je γ_{su} | objemová tíha zeminy pod hladinou vody | [kN/m ³] |
| γ_{sat} | objemová tíha saturované zeminy | [kN/m ³] |
| γ_w | objemová tíha vody | [kN/m ³] |

Pro odvodněné podmínky se uvažuje:

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} = \gamma$$

| | | |
|----------------------|-------------------------------------------|----------------------|
| kde je γ_{su} | objemová tíha zeminy pod hladinou vody | [kN/m ³] |
| γ_{sat} | objemová tíha saturované zeminy | [kN/m ³] |
| γ | objemová tíha zeminy v přirozeném uložení | [kN/m ³] |

Pokud není řečeno jinak, tato metodika stanovuje minimální stupeň bezpečnosti následovně:

$$FS_{min} = 1,30$$

Aby byla uspokojena podmínka rovnováhy, musí platit:

$$T_{Ed} < \min(T_d; T_{po})$$

| | | |
|-----------------|----------------------------------------------|--------|
| kde je T_{Ed} | návrhová tahová síla v geokompozitu | [kN/m] |
| T_d | návrhová tahová pevnost geokompozitu | [kN/m] |
| T_{po} | návrhový odpor proti vytažení v koruně svahu | [kN/m] |

4.6 Doporučení pro volbu geokompozitu v různých aplikacích

Prvním krokem při návrhu drenážního geokompozitu je zhodnocení krátkodobých a dlouhodobých vlivů konkrétní aplikace, na základě kterých se předběžně zvolí:

- vhodná konfigurace geokompozitu a
- vhodné drenážní jádro, z hlediska technologie výroby.

Tento předběžný odhad lze učinit na základě doporučení uvedeného v tab. 7. U jednoho parametru může být označeno více možností jako variantně vhodných.

Tab. 7: Doporučení pro volbu geokompozitu

| Aplikace | Jádro | | | Povrch 1 | | Ochr. 1 | | | Povrch 2 | | Ochr. 2 | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|---|----------|---------|----------|------------------|---|----------|-------|---------|---|---|--|
| | T | P | D | tuhý | měkký | X | G | F | tuhý | měkký | X | G | F | |
| Zemní pláň | ● | | | * | pláň | | | ● | | k.v. | | ● | | |
| Podloží násypu | ● | ● | | | podloží | | ● | | | násyp | | ● | ● | |
| Ostění tunelu | ● | ● | ● | ostění | | ● | | ● | | zásyp | | ● | | |
| Rub zdí | ● | ● | ● | zeď | ** | ● | | ● | | zásyp | | ● | | |
| Povrch svahu | ● | | ● | | svah | | ● | | | zásyp | | ● | | |
| * pouze v opodstatněném případě (podrobněji viz tab. 3) | | | | | | | | | | | | | | |
| ** pouze v případě, že geokompozit je součástí bednění pro čerstvý beton | | | | | | | | | | | | | | |
| k.v. konstrukční vrstvy | | | | | | | | | | | | | | |
| X | žádná (ochrana) | | | | | T | tuhé (jádro) | | | | | | | |
| G | geotextilie (ochrana) | | | | | P | polotuhé (jádro) | | | | | | | |
| F | fólie (ochrana) | | | | | D | poddajné (jádro) | | | | | | | |

4.7 Specifikace drenážního geokompozitu

Drenážní geokompozit je nutné v projektu, ale i v následujících vývojových stádiích stavebního procesu (obchodní poptávka), specifikovat úměrně jeho primární funkci, tj. odvodňování.

Zároveň je nutné specifikovat takové parametry, které je výrobce/dodavatel schopný, resp. povinný deklarovat z hlediska harmonizovaných evropských norem, a které také dokládá příslušným doprovodným dokumentem (Prohlášení o vlastnostech).

Každá **specifikace musí obsahovat** požadavek na **krátkodobou drenážní kapacitu při daných krátkodobých vlivech** (tlak, gradient, tuhost povrchů, teplota) a dále **způsob ochrany jádra**.

4.8 Dimenzování odvodního potrubí

Odvodní potrubí musí být navrženo tak, aby bylo schopno odvést veškerou vodu propuštěnou drenážním geokompozitem. Maximální propuštěné množství vody vychází z drenážní kapacity geokompozitu. Samotná dimenze odvodního potrubí je volena na základě parametrů deklarovaných výrobcem.

Postupuje se v souladu s TP 83, TP 107 a VL 2.2.

5. Technologická hlediska

5.1 Zásady manipulace s drenážními geokompozity

5.1.1 Obecné zásady

Geokompozity jsou obvykle dodávány v rolích. Při skladování geokompozitů je třeba počínat si tak, aby nedošlo k jejich poškození v důsledku vnějších vlivů, klimatu a v důsledku vlastní tíhy geokompozitu. Je třeba se vyvarovat přímému styku geokompozitů s extrémními podmínkami (otevřený oheň, sníh, stojatá a tekoucí voda aj.)

Geokompozity je nutné skladovat:

- systematicky a organizovaným způsobem, je nepřípustné skladovat geokompozity na neuspořádaných hromadách,
- na rovném, suchém a bezprašném místě, bez přítomnosti cizích předmětů, které by mohly geokompozit poškodit,
- tak, aby celou svojí plochou ležely v celé délce role na podkladu; není např. možné geokompozit v roli podložit bodově (dřevěnými hranoly aj.).

Při skladování je nutné zabránit kontaktu geokompozitu s biologickými vlivy, které by jej mohly poškodit (vegetace, bakterie, hlodavci aj.).

5.1.2 Klimatické vlivy

Geokompozity je nutné skladovat ve výrobních obalech bezprostředně do chvíle jejich instalace. U geokompozitů si můžou klimatické podmínky žádat speciální nebo dodatečná opatření, jako např. skladování v interiéru, pod provizorním přístřeškem aj. Je nutné je chránit před UV zářením, srážkami, mrazem, nadměrným teplem.

5.2 Pravidla instalace

Níže jsou ve stručnosti shrnuta základní pravidla k jednotlivým bodům souvisejícím s instalací geokompozitní drenáže:

a) Transport geokompozitu

- provádí se pomocí trubky provlečené jádrem role,
- plynulé zvedání a pokládání se provádí ručně nebo mechanismy,
- je nutné se vyvarovat vláčení a táhnutí, při čemž hrozí poškození.

b) Stříhání, dělení role geokompozitu

- na stříhání se používají nůžky na plech, zahradnické nůžky, nebo jiné vhodné pomůcky,
- dělení role se provádí úhlovou bruskou, elektrickou pilou apod.

c) Příprava povrchu

- povrch přírodní (zemina) vyžaduje:

- očištění od cizích předmětů (kamení, balvany, dřevo, sklo, kov apod.),
- srovnání povrchu (vyrovnání prohlubní),
- zhutnění povrchu.
- povrch umělý (beton) musí být:
 - čistý, bezprašný, suchý,
 - pokud je opatřen izolačním nátěrem, musí být tento vyzrálý.

d) Pokládka geokompozitu

- zemní pláň, podloží násypu:
 - bezprostředně na připravený povrch,
 - rozvíjení role v příčném směru (kolmo na osu objektu),
 - lokální přitížení zeminou zásypu, pro zamezení změny polohy.
- svahy:
 - bezprostředně na připravený povrch,
 - rozvíjení role po spádnici svahu, od koruny k patě,
 - v koruně ukotvení do zemního zámku,
 - v patě ukotvení do zemního zámku,
 - lokální přitížení zeminou zásypu, pro zamezení změny polohy.
- rub zdí, ostění tunelů:
 - bezprostředně na připravený povrch,
 - rozvíjení role od koruny (zdi, tunelu) k patě (zdi, tunelu),
 - v koruně lokální ukotvení (přitížení zeminou zásypu, eventuálně hřeby),
 - v patě lokální ukotvení (přitížení zeminou zásypu).

e) Vzájemné spojování sousedních pásů geokompozitu

- podle detailů a vzorového listu, viz příloha 1 a 2.

f) Napínání geokompozitu

- napnutí se provede po celé šířce pásu,
- při napínání je nutné odstranit veškeré manipulační a výrobní nerovnosti, záhyby, přehyby, vlny apod.,
- do geokompozitu se nevnaší aktivní síla (nepředepíná se).

g) Pohyb stavebních strojů

- žádné stavební mechanismy nesmí přímo pojíždět položené geokompozity,
- minimální tloušťka ochranné vrstvy činí 150 mm (po zhutnění),
- stavební mechanismy ani na ochranné vrstvě nesmí:
 - náhle zrychlovat, nebo brzdit,
 - zatáčet v prudkých obloucích,

- otáčet koly, když vozidlo stojí (vozidla s koly),
- otáčet se na místě (pásová vozidla).

h) Zásyp

- zásyp drenážního prostoru se provádí zeminou, vytěženým místním materiálem, případně jiným materiálem (zemina podmíněčně vhodná do násypu dle ČSN 73 6133),
- v případě ostrohranného zásypu (např. štěrkodrti) je nutné dbát zvýšené opatrnosti při zasypávání geokompozitu, aby nedošlo k jeho poškození (šetrné strojní práce, jejich minimalizace atd.),
- zásyp nesmí obsahovat ostrohranné složky, které by mohly poškodit geokompozit (netříděný stavební odpad, stavební suť apod.).

i) Manipulace se zásypem

- složení zásypového materiálu z korby automobilu mimo položené geokompozity,
- rovnoměrné rozmístění zásypového materiálu na položené geokompozity:
 - rozmístění se provede pomocí rypadla nebo nakladače,
 - materiál nesmí padat na geokompozity z výšky, hrozí jejich poškození (max. 1,0 – 1,5 m),
 - rozhrnutí materiálu z dílčích hromad se provede pomocí lžice rypadla, nebo nakladače,
 - použití dozeru na větší vzdálenosti je nepřípustné, zásyp se segreguje, dochází k vlnění geokompozitů.

j) Hutnění

- zásypový materiál se hutní ve vrstvách dle zhutňovací zkoušky.

k) Předpisy

- během provádění je třeba dbát projektové dokumentace a prováděcích předpisů, zejména TKP kap. 4 a 30.

6. Detaily a vzorový list

V příloze 1 této metodiky jsou uvedeny následující detaily:

- plošná drenáž + její odvodnění do příkopu, drenážní geokompozit typu: geotextilie-jádro-geotextilie,
- podélná svislá drenáž, drenážní geokompozit typu: geotextilie-jádro-geotextilie,
- odvodnění rubu opěrné konstrukce, drenážní geokompozit typu:
 - jádro-geotextilie,
 - geotextilie-jádro-geotextilie,
 - fólie-jádro-geotextilie.

V příloze 2 této metodiky je uveden vzorový list: Geokompozitní drenáž pro účely odvodnění na objektech dopravní infrastruktury.

V příloze 3 této metodiky jsou uvedeny fotografie z realizací staveb s uplatněním geokompozitní drenáže.

7. Novost postupů, způsob uplatnění a ekonomické aspekty

7.1 Srovnání novosti postupů

Tato metodika podrobně popisuje návrh, dimenzování a způsob uplatnění geokompozitní drenáže pro účely odvodnění na objektech dopravní infrastruktury. Uvádí detaily, vzorové listy a konkrétní příklady provedení, které doplňují informace uvedené v technických předpisech zaměřených na odvodnění. Navazuje na metodiku Drenážní systémy vozovek a mostních objektů z roku 2014, kde bylo toto řešení zmíněno.

Metodika vychází ze zkušeností:

- účastníků projektu CESTI: Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu http://www.cesti.cz/index.php?page=ucast_prij,
- praktických zkušeností firmy GEOMAT s.r.o. s navrhováním a aplikací geokompozitní drenáže <https://www.geomat.cz/>,
- praktických zkušeností firmy Intermas Nets S.A.

7.2 Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je určena především pro:

- vlastníky a správce dopravní infrastruktury,
- projektanty dopravních staveb,
- zhotovitele.

Bude uplatněna výše uvedenými subjekty v souvislosti s návrhem, dimenzováním a vlastním uplatněním geokompozitní drenáže.

7.3 Ekonomické aspekty

Jde o alternativu ke konvenčním systémům odvodnění, jako jsou drenážní vrstvy tvořené nestmelenými, propustnými materiály. Geokompozitní drenáž se zpravidla navrhuje v podstatně nižších tloušťkách, než tyto vrstvy. Je možné je aplikovat i v prostorově omezených podmínkách, zejména v případech podélné drenáže. Toto řešení je z toho důvodu vhodné také při opravách a rekonstrukcích staveb.

Díky tomu je možná úspora finančních nákladů ve srovnání s konvenčními metodami řešení a rychlejší je také doba výstavby.

Uplatnění geokompozitní drenáže není omezeno pouze na dopravní stavby. V poslední době se hodně využívá např. pro účely plošného odvodnění skládek.

8. Seznam použité a související literatury

Normy a technické předpisy:

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN EN 13 476: Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi - Potrubní systémy se strukturovanou stěnou z neměkčeného polyvinylchloridu (PVC-U), polypropylenu (PP) a polyethylenu (PE)

ČSN EN ISO 10318-1: Geosyntetika - Část 1: Termíny a definice

ČSN EN ISO 12958: Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím - Zjišťování schopnosti pro proudění vody v jejich rovině

ISO/TR 18228-4: Design using geosynthetics – Part 4: Drainage, ve fázi zpracování

TP 83: Odvodnění pozemních komunikací

TP 97: Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací

TP 107: Odvodnění mostů pozemních komunikací

TKP kap. 3: Odvodnění a chráničky pro inženýrské sítě

TKP kap. 4: Zemní práce

TKP kap. 30: Speciální zemní konstrukce

VL 2.2: Odvodnění

UNE 104425:2001. Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad. 1. España: UNE, 2001

GRI Standard GC8 (GRI-GC8): Determination of the Allowable Flow Rate of a Drainage Geocomposite. 2. Folsom, USA: Geosynthetic Research Institute, 2013

ASTM D4716: Standard Test Method for Determining the (In-plane) Flow Rate per Unit Width and Hydraulic Transmissivity of a Geosynthetic Using a Constant Head

ASTM D7361: Standard Test Method for Accelerated Compressive Creep of Geosynthetic Materials Based on Time-Temperature Superposition Using the Stepped Isothermal Method

ASTM D7406: Standard Test Method for Time-Dependent (Creep) Deformation Under Constant Pressure for Geosynthetic Drainage Products

Ostatní:

Cancelli A., Rimoldi P. (1989) Design criteria for geosynthetic drainage system in waste disposal. Proc. Sardinia '89. 2nd International Landfill Symposium, Porto Conte, Sassari, Italy: XXIII 1-27

Rimoldi, P. ISO/TR 18228-4: Design Using Geosynthetics - Part 4: Drainage. Technical Committee on Hydraulics (TC-H). Workshop. Prague, 13. 12. 2019.

Intermas Nets S.A. <https://www.intermasgroup.com/about-us/our-locations/spain/intermas-nets.html>

AFITEXINOV. <http://www.afitex.com/en/applications/b%C3%A2timent/horizontal-applications/drainage-of-polluted-sites-and-soils>

9. Seznam publikací, které předcházely metodice

Metodiky a výzkumné zprávy:

Katalog poruch odvodnění na pozemních komunikacích, výzkumná zpráva projektu CESTI, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 35 s., 2017

Drenážní systémy vozovek a mostních objektů, certifikovaná metodika Ministerstva dopravy, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 52 s., 2014

Drenážní systémy vozovek, mostních objektů a tunelů, výzkumná zpráva projektu č. CG711-082-910, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 59 s., 2010

Geosyntetika a lehké materiály v zemním tělese pozemních komunikací, výzkumná zpráva projektu č. 1F45B/025/120, SG Geotechnika a.s., Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 80 s., 2007

Články:

Pospíšil K., Zedník P. Geosynthetic impact on subgrade bearing capacity and their possible improvement. In: *Proceedings of the 10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (BCRRA 2017)*, Athens (Řecko), June 28-30, 2017. p. 1061-1068.

Zedník P., Matula R. Full Scale testování dílčích konstrukcí vozovek – podkladních vrstev a podloží vozovek. In: *Podkladní vrstvy a podloží vozovek: sborník příspěvků*, Brno, 22. 11. 2016, s. 142-147.

Zedník P. Full Scale testování konstrukcí či prvků dopravních staveb. *Silnice železnice*, 2016, č. 5, s. 116-117.

Zedník P., Matula R., Pospíšil K. Parameters for Evaluating Bearing Capacity of Subgrade and Base Forest Road Layers. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2015, vol. 24, no. 2, p. 809-815.

Matula R., Zedník P. Výběr metod hodnocení únosnosti podloží a konstrukčních vrstev nízkokapacitních vozovek modelováním jejich různých skladeb v Laboratorním geotechnickém zkušebním poli (LGZP). In: *Podkladní vrstvy a podloží vozovek: sborník příspěvků*, Brno, 27. 11. 2012, s. 104-111.

Zedník P., Huzlík J. Odvodnění - důležitý, leč málo doceňovaný prvek stavby pozemních komunikací. *Silniční obzor*, 2010, roč. 71, č. 1, s. 3-8.

Herle V., Zedník P. Geosyntetika a lehké materiály v zemním tělese pozemních komunikací : 1. díl. *Silniční obzor*, 2007, roč. 68, č. 8, s. 217-225.

Herle V., Zedník P. Geosyntetika a lehké materiály v zemním tělese pozemních komunikací : 2. část. *Silniční obzor*, 2007, roč. 68, č. 9, s. 242-246.

Zedník P. Účinnost výztužných geosyntetik s jejich limity. *Geochnika*, 2007, č. 3, s. 26-31.

Zedník P. Umíme věrohodně a jednoznačně stanovit přínos geosyntetik v podkladních vrstvách vozovek? *Silniční obzor*, 2006, roč. 67, č. 2, s. 48-54.

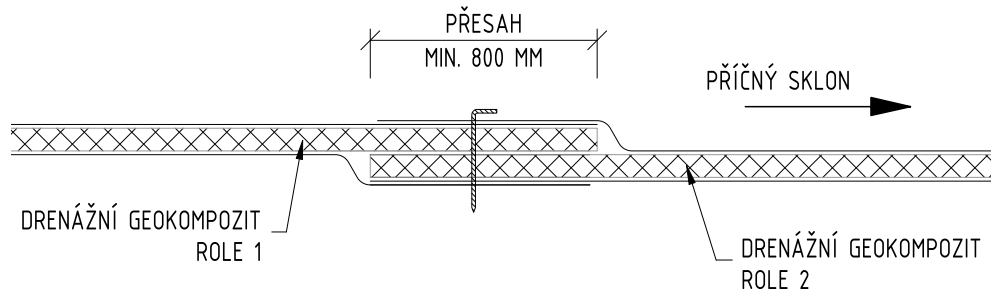
Zedník P., Kuřímská P. Hodnocení výztužného účinku geosyntetik v konstrukčních vrstvách vozovek, In: *33. konference Zakládání staveb: sborník příspěvků*, Brno, 7. - 8. 11. 2005, s.157-164.

Pospíšil K., Zedník P. Geosynthetics Limitations for Bearing Capacity Increase. In: *7th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*, Trondheim (Norway), 27. - 29 .6. 2005 [CD-ROM]. 10 p.

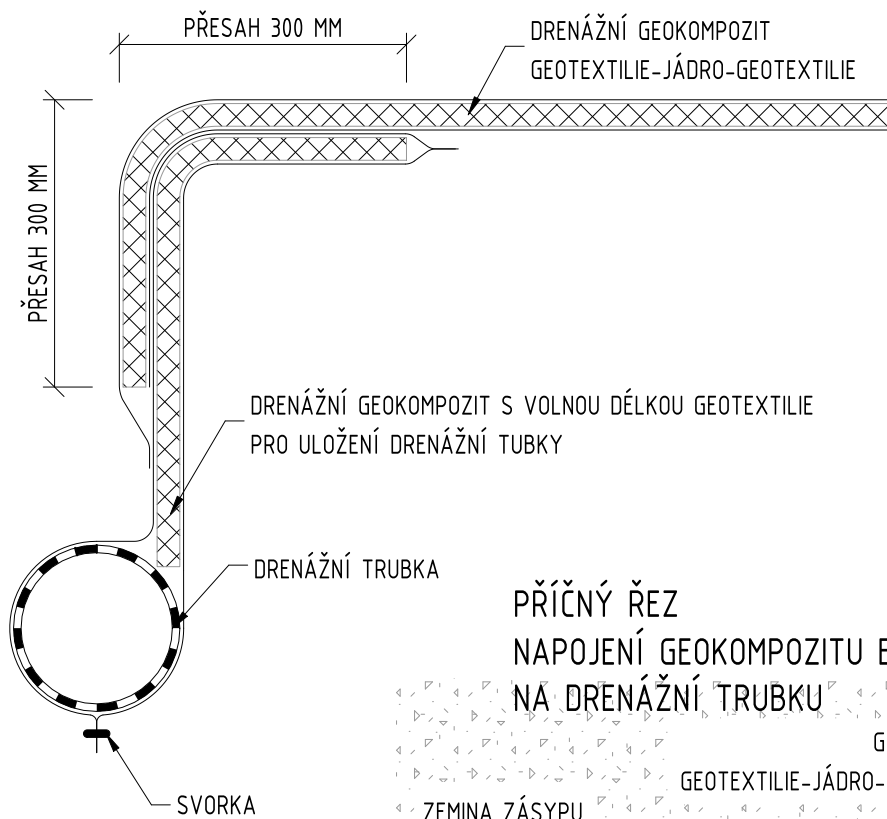
PŘÍLOHA 1: Detaily - geokompozitní drenáže

PLOŠNÁ DRENÁŽ + JEJÍ ODVEDENÍ DO PŘÍKOPU DRENÁŽNÍ GEOKOMPOZIT: GEOTEXTILIE-JÁDRO-GEOTEXTILIE M 1:10

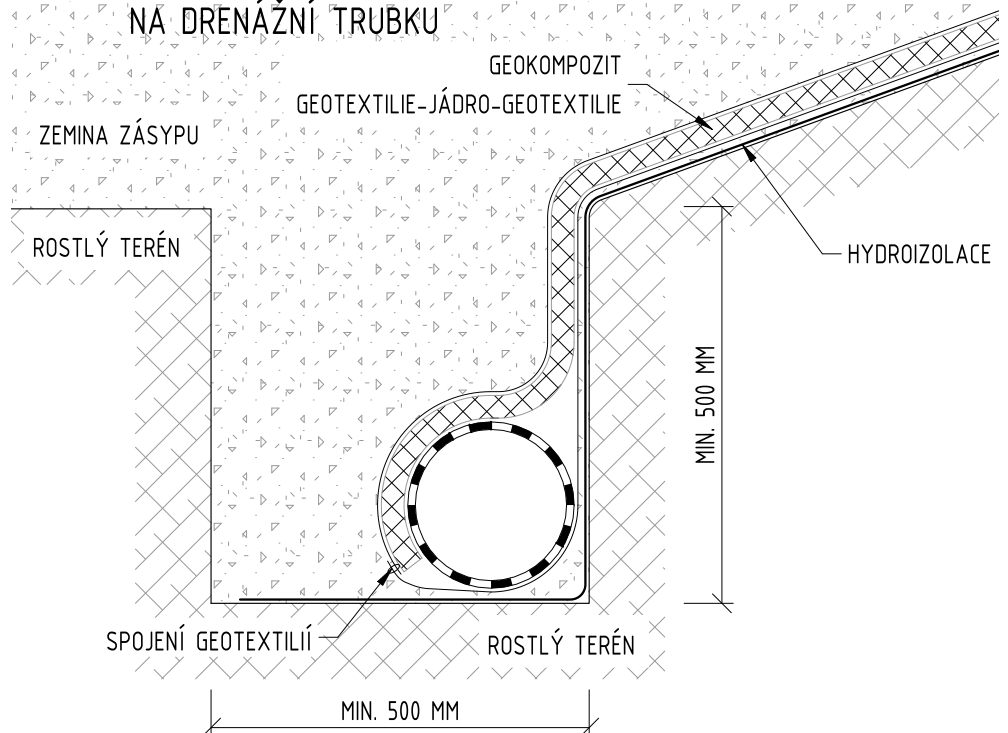
PŘÍČNÝ ŘEZ
PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ



PŘÍČNÝ ŘEZ
NAPOJENÍ GEOKOMPOZITU S VOLNOU DÉLKOU GEOTEXTILIE NA DRENÁŽNÍ TRUBKU



PŘÍČNÝ ŘEZ
NAPOJENÍ GEOKOMPOZITU BEZ VOLNÉ DÉLKY GEOTEXTILIE
NA DRENÁŽNÍ TRUBKU

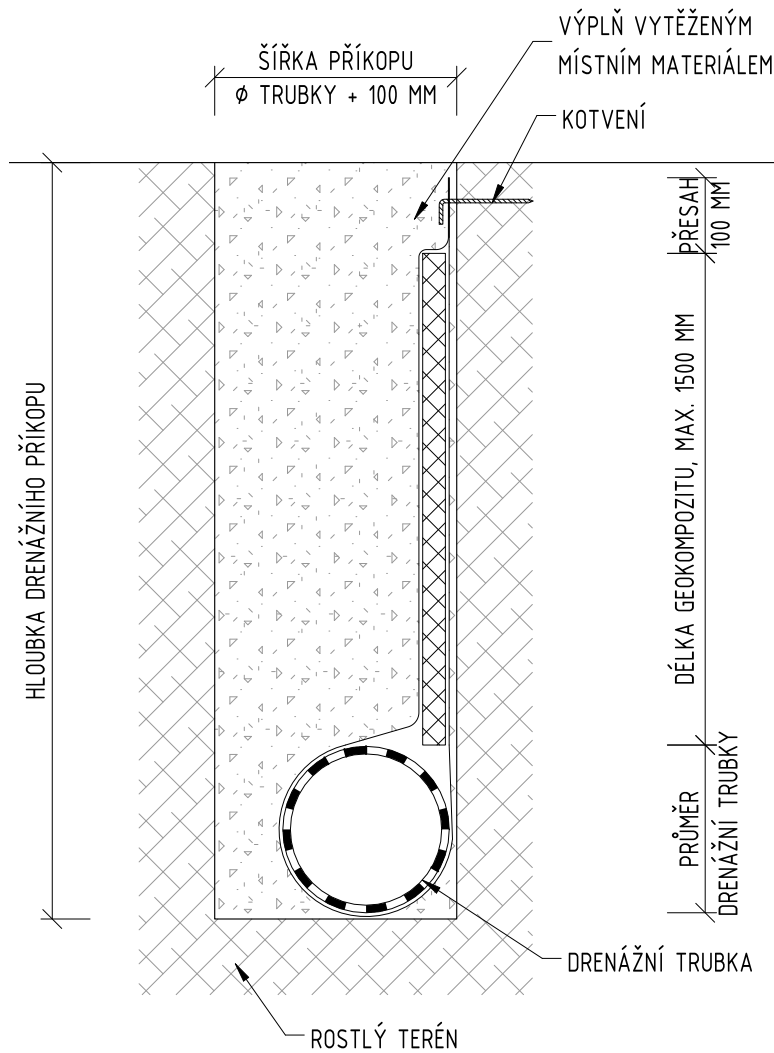


PODÉLNÁ SVISLÁ DRENÁŽ

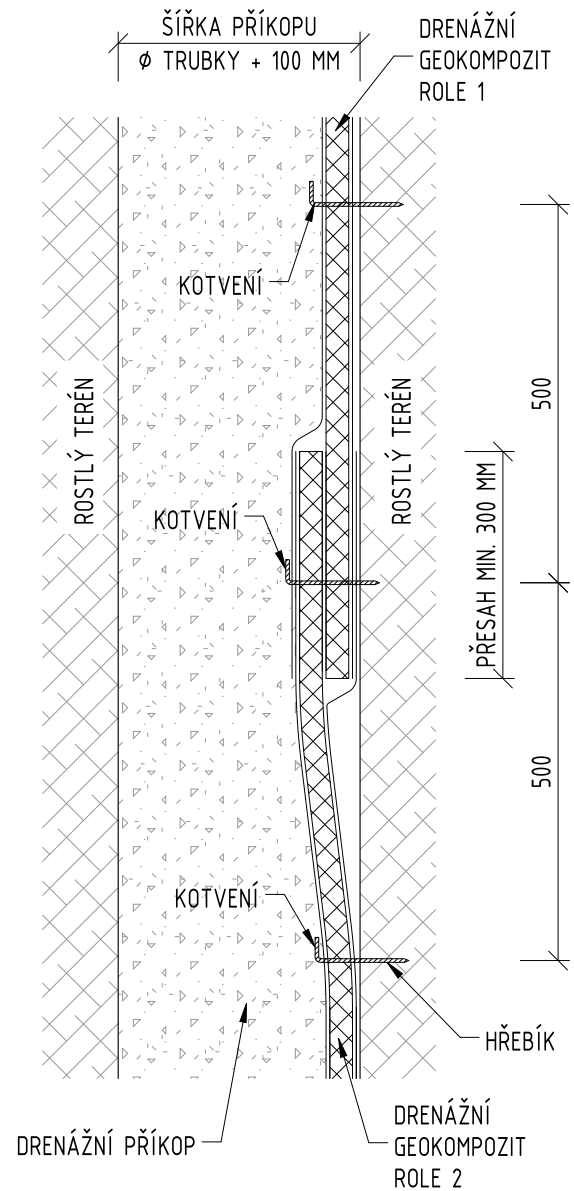
DRENÁŽNÍ GEOKOMPOZIT: GEOTEXTILIE-JÁDRO-GEOTEXTILIE

M 1:10

PŘÍČNÝ ŘEZ



PŮDORYS

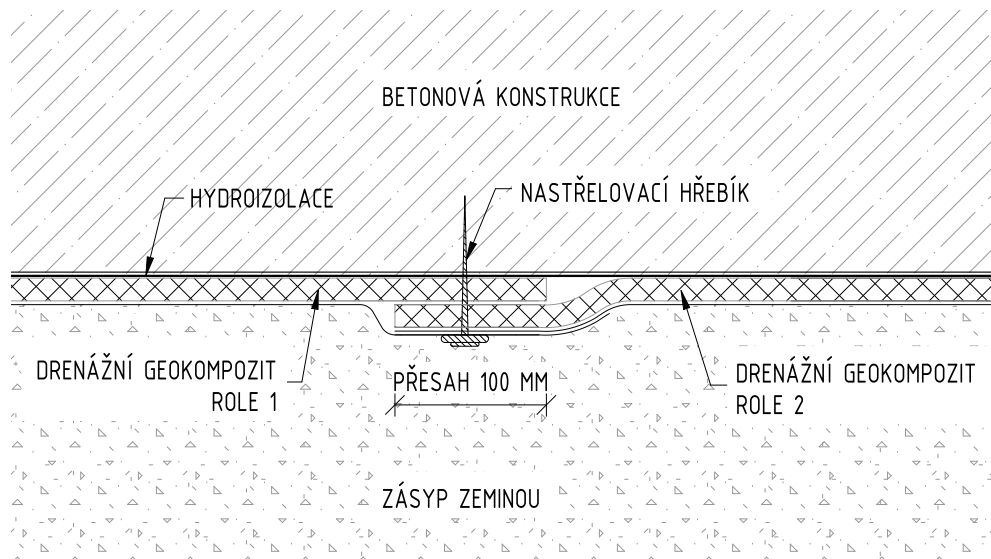


ODVODNĚNÍ RUBU OPĚRNÉ KONSTRUKCE DRENÁŽNÍ GEOKOMPOZIT: JÁDRO-GEOTEXTILIE

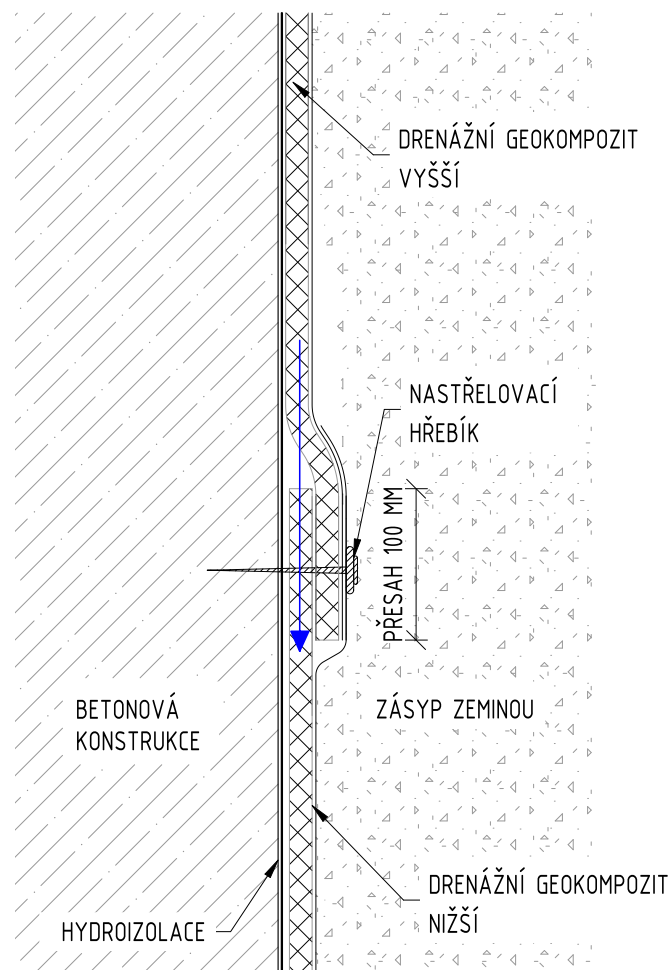
M 1:10

PŮDORYS

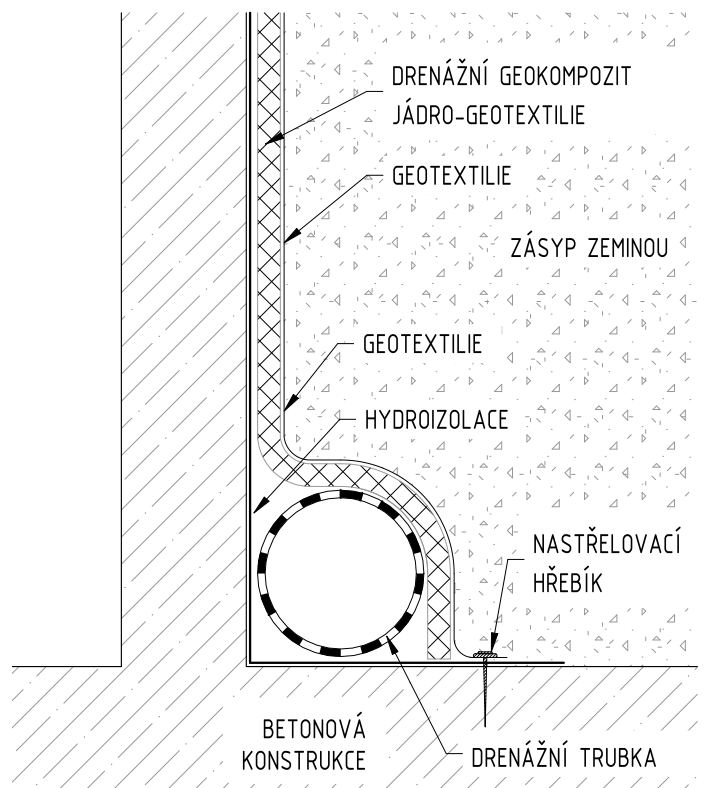
BOČNÍ PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ



PŘÍČNÝ ŘEZ
PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ VE SVISLÉM SMĚRU



PŘÍČNÝ ŘEZ
DETAIL U DRENÁŽNÍ TRUBKY V PATĚ

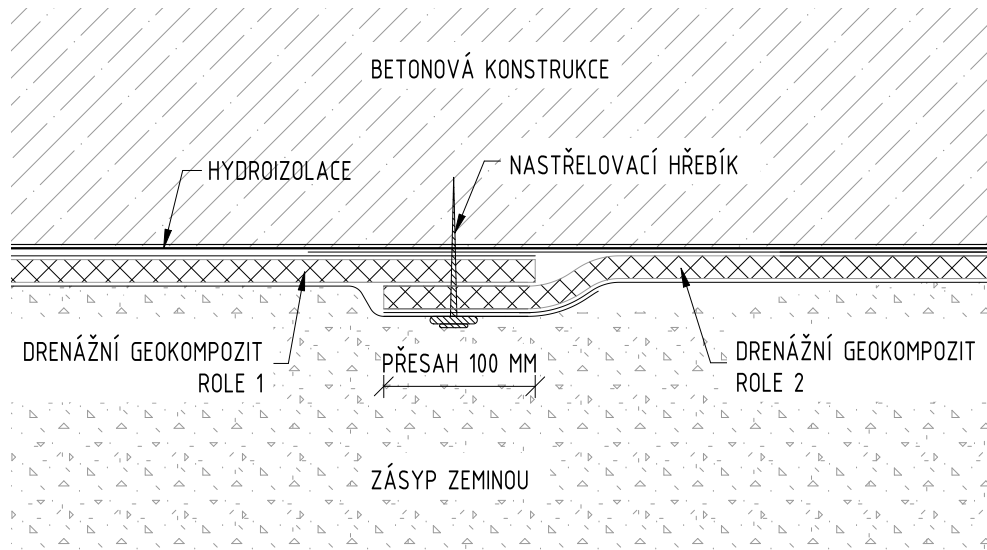


ODVODNĚNÍ RUBU OPĚRNÉ KONSTRUKCE DRENÁŽNÍ GEOKOMPOZIT: GEOTEXTILIE-JÁDRO-GEOTEXTILIE

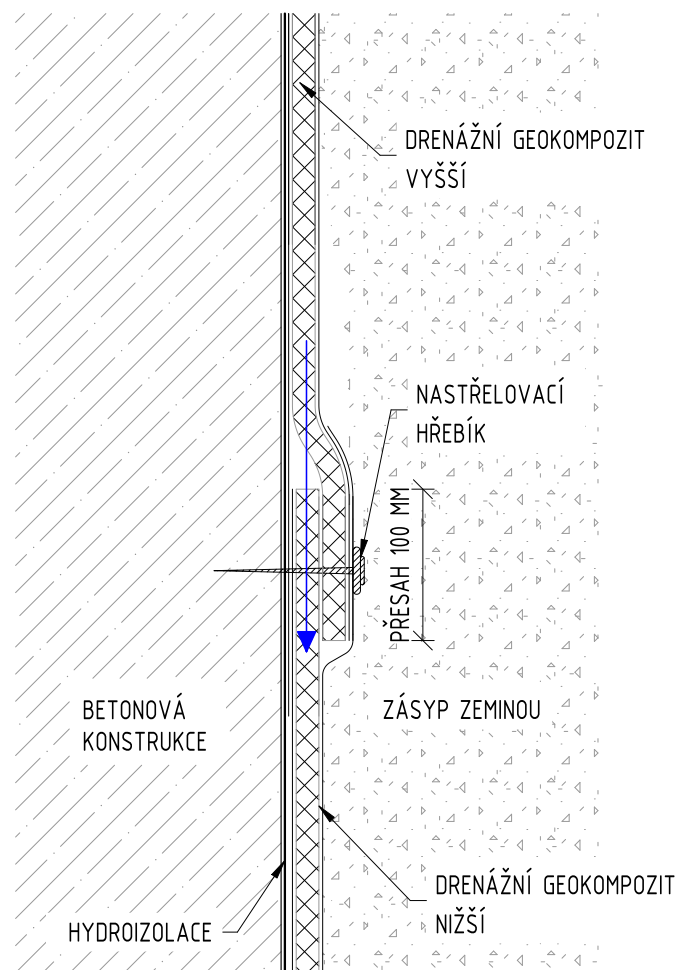
M 1:10

PŮDORYS

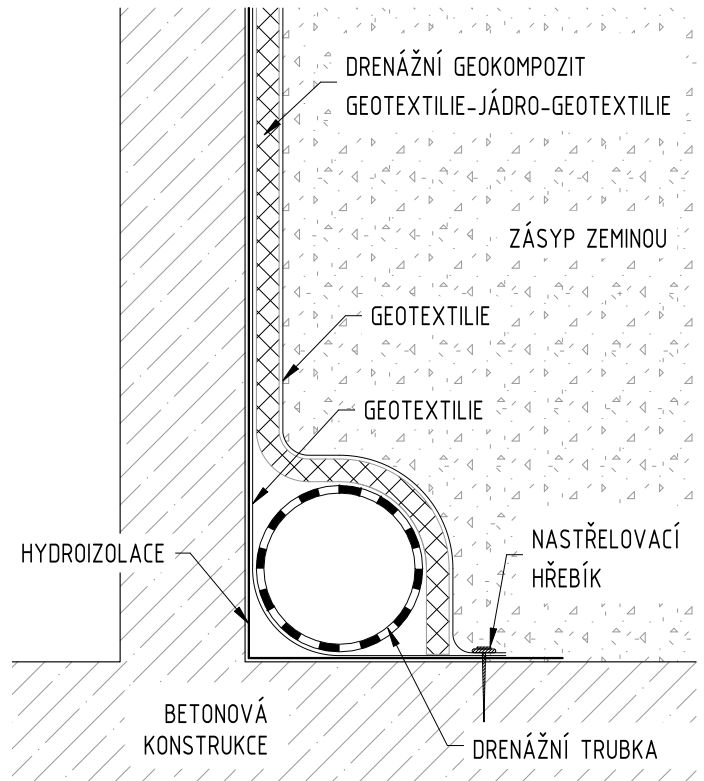
BOČNÍ PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ



PŘÍČNÝ ŘEZ
PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ VE SVISLÉM SMĚRU



PŘÍČNÝ ŘEZ
DETAIL U DRENÁŽNÍ TRUBKY V PATĚ

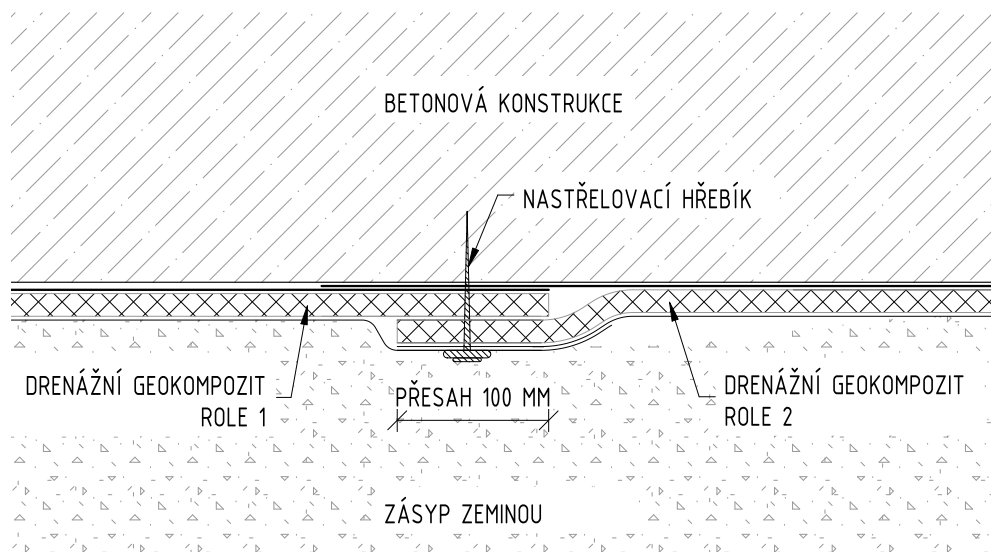


ODVODNĚNÍ RUBU OPĚRNÉ KONSTRUKCE DRENÁŽNÍ GEOKOMPOZIT: FÓLIE-JÁDRO-GEOTEXTILIE

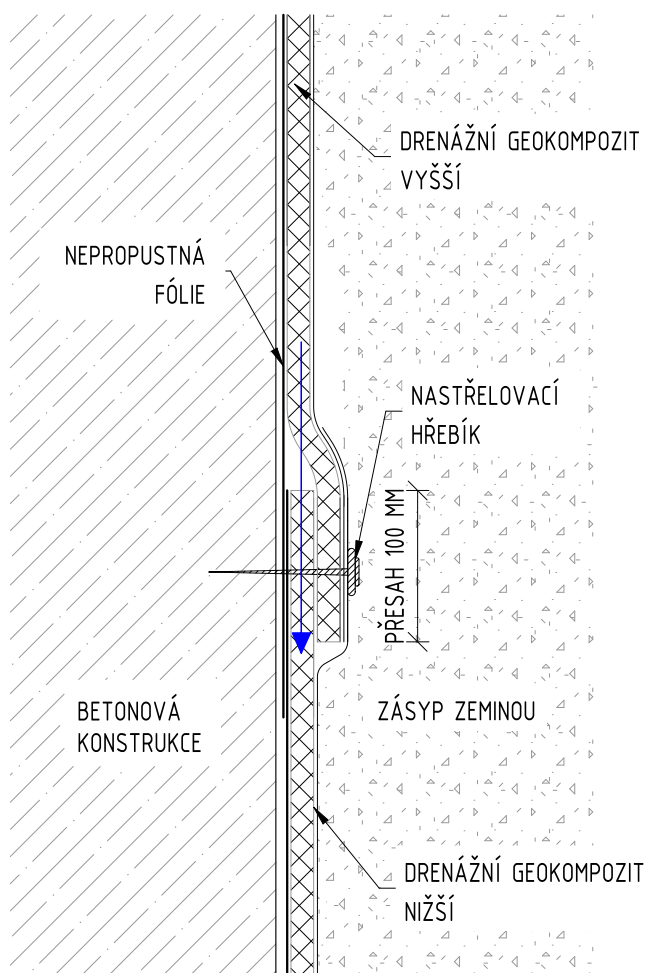
M 1:10

PŮDORYS

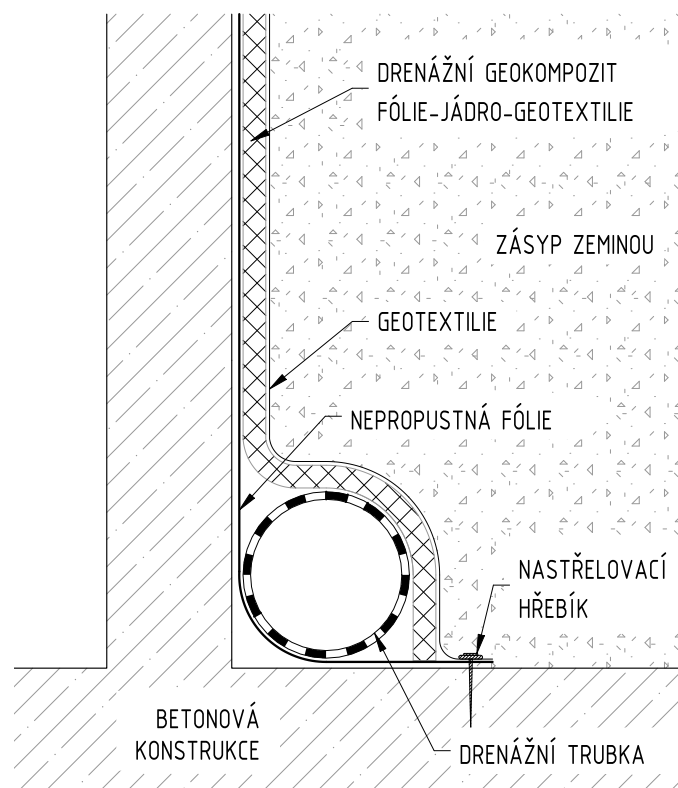
BOČNÍ PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ



PŘÍČNÝ ŘEZ
PŘESAHY PÁSŮ ROLÍ VE SVISLÉM SMĚRU

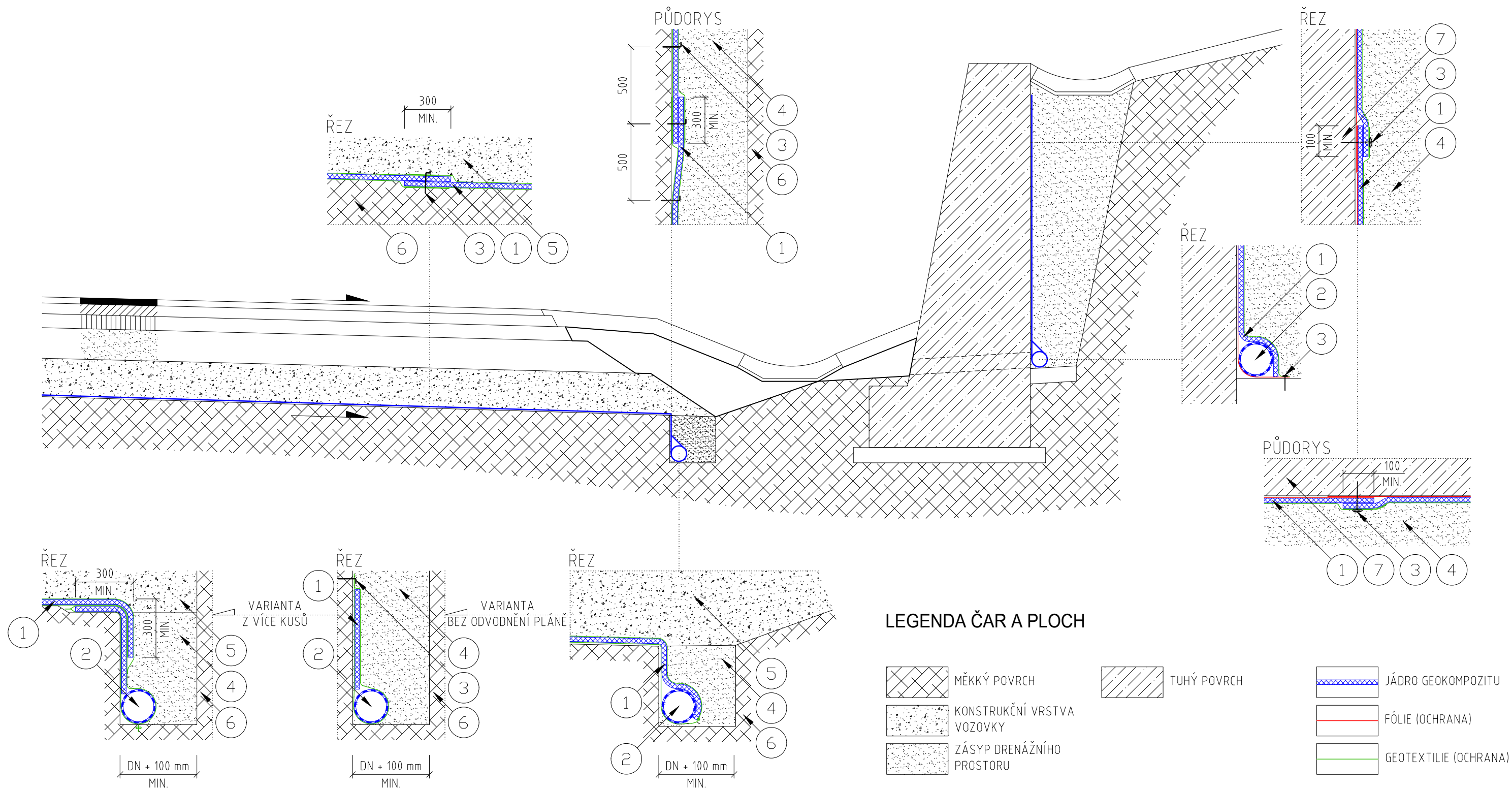


PŘÍČNÝ ŘEZ
DETAIL U DRENÁŽNÍ TRUBKY V PATĚ



PŘÍLOHA 2: Vzorový list - geokompozitní drenáže

VZOROVÝ LIST



LEGENDA PRVKŮ

- 1 DRENÁŽNÍ GEOKOMPOZIT
- 2 DRENÁŽNÍ TRUBKA
- 3 KOTVENÍ
- 4 ZÁSYP DRENÁŽNÍHO PROSTORU
- 5 KONSTRUKČNÍ VRSTVA VOZOVKY
- 6 MĚKKÝ POVRCH
- 7 TUHÝ POVRCH

| | | | |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| ZADAVATEL | DOPLNIT | GEOMAT s.r.o. Pražákova 1008/69, 639 00 Brno Tel: +420 548 217 047 | |
| ZPRACOVATEL | CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU, v.v.i. | | |
| PROGRAM | C E S T I | | |
| METODIKA | GEOKOMPOZITNÍ DRENÁŽ PRO ÚČELY ODVODNĚNÍ NA OBJEKTECH DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY | | |
| PŘÍLOHA | | VYDÁNÍ | ČÍSLO PŘÍLOHY |
| VZOROVÝ LIST | | 2020-1 | VL 1 |

**PŘÍLOHA 3: Fotografie z realizací dopravních staveb s uplatněním
geokompozitní drenáže**



Drenážní geokompozit uložený na pláni tělesa železničního spodku



Úspora při podélných výkopech při odvodnění komunikace pomocí drenážního geokompozitu



Odvodnění násypového tělesa, geokompozit na bázi náspu



Odvodnění komunikace pomocí drenážního geokompozitu

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Líšeňská 33a
636 00 Brno
www.cdv.cz

