

**Ministerstvo dopravy SR**  
**Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

**TKP 31**

**TECHNICKO-KVALITATÍVNE PODMIENKY**  
**ZVLÁŠTNE ZEMNÉ KONŠTRUKCIE**

účinnosť od: 01. 02. 2023

## OBSAH

1	Úvodná kapitola .....	5
1.1	Vzájomné uznávanie .....	5
1.2	Predmet technicko-kvalitatívnych podmienok (TKP).....	5
1.3	Účel TKP.....	5
1.4	Použitie TKP .....	5
1.5	Vypracovanie TKP .....	5
1.6	Distribúcia TKP .....	5
1.7	Účinnosť TKP .....	5
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov .....	6
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy .....	6
1.10	Súvisiace a citované normy.....	6
1.11	Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu .....	8
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy .....	8
1.13	Použitá literatúra.....	9
1.14	Použité skratky .....	9
1.15	Terminológia .....	10
2	Všeobecne .....	11
2.1	Projekčné a konštrukčné požiadavky .....	11
2.2	Odborná spôsobilosť .....	11
3	Vystužené horninové konštrukcie .....	12
3.1	Vystužené násypy .....	13
3.1.1	Sypanina.....	13
3.1.2	Výstužné prvky .....	14
3.1.3	Systém lícového opevnenia.....	16
3.1.4	Vykonávanie prác .....	16
3.1.5	Preberanie a kontrola kvality materiálov .....	16
3.1.6	Skladovanie a manipulácia .....	17
3.1.7	Príprava staveniska .....	17
3.1.8	Ukladanie výstužných prvkov .....	17
3.1.9	Navážanie a zhutňovanie sypaniny .....	18
3.1.10	Úprava povrchu svahu násypu .....	19
3.2	Vystužené strmé svahy .....	19
3.2.1	Sypanina.....	20
3.2.2	Výstužné prvky .....	20
3.2.3	Systém lícového opevnenia.....	20
3.2.4	Vykonávanie prác .....	22
3.2.5	Preberanie a kontrola kvality materiálov .....	22
3.2.6	Skladovanie a manipulácia .....	22
3.2.7	Príprava staveniska .....	22
3.2.8	Ukladanie výstužných prvkov .....	22
3.2.9	Navážanie a zhutňovanie sypaniny .....	22

3.2.10	Úprava povrchu svahu násypu .....	22
3.3	Vystužené oporné múry a vystužené mostné opory a krídla .....	23
3.3.1	Sypanina .....	23
3.3.2	Výstužné prvky .....	23
3.3.3	Systém lícového opevnenia .....	23
3.3.4	Vykonávanie prác .....	25
3.3.5	Preberanie a kontrola kvality materiálov .....	25
3.3.6	Skladovanie a manipulácia .....	25
3.3.7	Príprava staveniska .....	25
3.3.8	Ukladanie výstužných prvkov a lícového opevnenia .....	26
3.3.9	Navázanie a zhutňovanie sypaniny .....	26
3.3.10	Úprava povrchu vystuženého múru a mostných opôr .....	26
3.4	Preukazné skúšky a kontrola .....	27
3.4.1	Sypanina .....	27
3.4.2	Výstužné prvky .....	27
3.4.3	Odber vzoriek a kontrolné skúšky .....	28
3.4.4	Prípustné odchýlky .....	28
3.4.5	Meranie výmer .....	29
3.5	Odsúhlasenie a prevzatie prác .....	29
4	Vystužené podkladové vrstvy a vystužené bázy násypových telies .....	29
4.1	Sypanina .....	30
4.2	Výstužné prvky – geosyntetická výstuž v podkladnej vrstve .....	30
4.3	Výstužné prvky – geosyntetická výstuž v báze násypov .....	30
5	Klincované svahy .....	31
5.1	Materiál pre klincované svahy .....	31
5.1.1	Zemina .....	31
5.1.2	Klince - výstužné prvky .....	31
5.1.3	Injektážne zmesi .....	32
5.1.4	Mechanické zemné kotvy .....	32
5.1.5	Lícové opevnenie povrchu klincovaných zemín .....	32
5.1.6	Lícové prvky 3D vyplnené kamenivom .....	33
5.1.7	Drenážny systém .....	34
5.2	Konštrukčné zásady realizácie .....	34
5.3	Technologický postup realizácie .....	34
5.3.1	Výkop zeminy .....	34
5.3.2	Hĺbenie vrtov pre klince .....	35
5.3.3	Zarážanie klincov .....	35
5.3.4	Vyplnenie vrtov a osadenie klincov .....	35
5.3.5	Lícové opevnenie .....	36
5.3.6	Odvodnenie klincovanej zemnej konštrukcie .....	37
5.4	Dodávka, skladovanie a preukazné skúšky .....	38
5.4.1	Dodávka a skladovanie materiálu .....	38

5.4.2	Kontrolné skúšky, odoberanie vzoriek.....	39
5.4.3	Dovolené tolerancie.....	39
5.4.4	Klimatické obmedzenia.....	39
5.4.5	Kontrolné merania, merania posunov a deformácií.....	39
6	Gabiónové (drôtokamenné) konštrukcie.....	40
6.1	Gabiónové konštrukcie.....	41
6.1.1	Drôtené koše.....	41
6.1.2	Výplňový materiál.....	45
6.1.3	Spojovací materiál.....	46
6.1.4	Základné konštrukčné zásady.....	47
6.1.5	Technologický postup zhotovenia.....	47
6.1.6	Skúšky materiálov a kontroly zhotovenia.....	50
6.2	Gabiónové obklady.....	52
6.2.1	Materiál.....	52
6.2.2	Technologický postup.....	52
6.3	Gabiónové matrace.....	53
7	Geobunky.....	53
7.1	Vlastnosti materiálov.....	54
7.1.1	Materiál geobunky.....	54
7.1.2	Materiál plošného geosyntetického výrobku.....	54
7.1.3	Výplňový materiál.....	55
7.1.4	Spojovací materiál.....	55
7.2	Použitie geobuniek.....	55
7.3	Konštrukčné zásady pri použití geobuniek.....	56
7.4	Preukazné skúšky a kontrola geobuniek.....	57
7.5	Skladovanie a manipulácia s geobunkami.....	57
7.6	Recyklácia geobuniek.....	57
7.7	Stanovenie zásad pre technicko-ekonomické vyhodnotenie použitia geobuniek.....	57
8	Bunková štruktúra s výškou 1,0 m.....	58
8.1	Materiály pre bunkovú štruktúru s výškou 1,0 m.....	58
8.1.1	Tuhá monolitická dvojsová geomreža.....	58
8.1.2	Tuhé monolitické jednoosové geomreže.....	59
8.1.3	Spojovacie tyče.....	59
8.1.4	Výplňový materiál.....	60
8.2	Technologický postup realizácie bunkovej štruktúry.....	60
8.3	Preukazné skúšky a kontrola kvality geosyntetických výrobkov.....	62
8.4	Manipulácia a skladovanie geosyntetických výrobkov.....	63
8.5	Recyklácia geomreže a spojovacích prvkov.....	63
8.6	Stanovenie zásad pre technicko-ekonomické vyhodnotenie použitia priestorovej bunkovej štruktúry.....	63
9	Geotechnický monitoring zvláštnych zemných konštrukcií.....	63

## 1 Úvodná kapitola

Tieto Technicko-kvalitatívne podmienky (TKP) nadväzujú na ustanovenia, pokyny a odporúčania uvedené v TKP 0.

### 1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS v platnom znení.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti.

„Štát EHP“ znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

„Slovenská norma“ ("Slovenská technická norma") predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych, medzinárodných alebo zahraničných noriem.

### 1.2 Predmet technicko-kvalitatívnych podmienok (TKP)

Predmetom týchto TKP je stanovenie jednotných všeobecných podmienok a pravidiel pre projektovanie, realizáciu a kontrolu zvláštnych zemných konštrukcií.

### 1.3 Účel TKP

Účelom týchto TKP je definovať základné technické požiadavky, ktoré priamo súvisia s funkčnosťou geosyntetiky, kovových a iných materiálov počas celej životnosti konštrukcií vystužených násypov, vystužených oporných múrov, vystužených mostných opôr, vystužených mostných krídiel, vystužených strmých svahov, vystužených podkladových vrstiev, klincovaných svahov a gabiónových konštrukcií.

### 1.4 Použitie TKP

TKP sú určené projektantom, objednávateľom, stavebnému dozoru, zhotoviteľom, správcom, ktorí sa zúčastňujú na príprave, realizácii, kontrole a preberaní stavebného diela.

### 1.5 Vypracovanie TKP

Tieto TKP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala Stavebná fakulta Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina.

Zodpovedný riešiteľ – prof. Ing. Marián Drusa, PhD., tel. +421 41 5135500, drusa@uniza.sk.

### 1.6 Distribúcia TKP

Elektronická verzia TKP sa po schválení zverejní na webovom sídle SSC: [www.ssc.sk](http://www.ssc.sk) (Technické predpisy rezortu).

### 1.7 Účinnosť TKP

Tieto TKP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

## 1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TKP nahrádzajú v plnom rozsahu TKP 31 Zvláštne zemné konštrukcie, MDVRR SR:2014 a Dodatok č. 1/2019 k TKP 31, MDV SR: 2019 v celom rozsahu.

## 1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. Zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov
- [Z2] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z3] Zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí, v znení neskorších predpisov;
- [Z4] Zákon č. 223/2001 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov;
- [Z5] Zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny, v znení neskorších predpisov;
- [Z6] Zákon č. 133/2013 Z.z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z7] Vyhláška MDVRR SR č. 162/2013, ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov;
- [Z8] Nariadenie európskeho parlamentu a rady (EÚ) č. 305/2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS.

## 1.10 Súvisiace a citované normy

STN 72 1001	Klasifikácia zemín a skalných hornín
STN 72 1018	Laboratórne stanovenie relatívnej uľahlosti nesúdržných zemín
STN 73 1010	Názvoslovie a značky v geotechnike
STN 73 3040	Geosyntetika. Základné ustanovenia a technické požiadavky
STN 73 3041	Horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou. Technické požiadavky
STN 73 3050	Zemné práce. Všeobecné ustanovenia
STN 73 6133	Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
STN EN 10079 (42 0044)	Definície oceľových výrobkov
STN EN 10080 (42 1039)	Oceľ na vystuženie betónu. Zvariteľná oceľová výstuž. Všeobecne
STN EN 10025-1 (42 0904)	Výrobky valcované za tepla z konštrukčných ocelí. Časť 1: Všeobecné technické dodacie podmienky
STN EN 10210-1 (42 1051)	Duté konštrukčné profily z nelegovaných a jemnozrnných ocelí vyrobené za tepla. Časť 1: Technické dodacie podmienky
STN EN 10210-2 (42 1051)	Duté konštrukčné profily z nelegovaných a jemnozrnných ocelí vyrobené za tepla. Časť 2: Tolerancie, rozmery a vlastnosti profilu
STN EN 10219-1 (42 1052)	Zvárané duté konštrukčné profily z nelegovaných a jemnozrnných ocelí tvárnené za studena. Časť 1: Technické dodacie podmienky
STN EN 10223-3 (15 3160)	Oceľový drôt a drôtené výrobky na ploty a siete. Časť 3: Výrobky zo sietí z oceľového drôtu so šesťuholníkovým okom určené na stavebné účely
STN EN 10223-8 (15 3160)	Oceľové drôty a drôtené výrobky na ploty a siete. Časť 8: Zvárané siete na gabiónové produkty
STN EN 10244-2 (42 6470)	Oceľový drôt a drôtené výrobky. Neželezné kovové povlaky na oceľovom drôte. Časť 2: Povlaky zo zinku a zliatin zinku
STN EN 10318 (03 8532)	Stanovenie hrúbky a chemického zloženia kovových povlakov na báze zinku a hliníka. Rutinná metóda
STN EN 1097-1 (72 1187)	Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva. Časť 1: Stanovenie odolnosti proti obrusovaniu (mikro-Deval)
STN EN 13242+A1 (72 1504)	Kamenivo do nestmelených a hydraulicky stmelených materiálov používaných v inžinierskom staviteľstve a pri výstavbe ciest (Konsolidovaný text)
STN EN 13249 (80 6104)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované pri stavbe pozemných komunikácií a iných dopravných plôch (okrem železníc a vystužovania asfaltových povrchov vozoviek)
STN EN 13251 (80 6106)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované v zemných stavbách, základoch a podperných konštrukciách

STN EN 13383-1 (72 1507)	Kameň na vodné stavby. Časť 1: Požiadavky
STN EN 13383-2 (72 1507)	Kameň na vodné stavby. Časť 2: Skúšobné metódy
STN EN 14475 (73 1009)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vystužené zemné konštrukcie
STN EN 14487-1 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 1: Definície, špecifikácia a zhoda
STN EN 14487-2 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 2: Zhotovovanie
STN EN 14488-1 (73 1305)	Skúšanie striekaného betónu. Časť 1: Odber vzoriek čerstvého a zatvrdnutého betónu
STN EN 14490 (73 1025)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Klincovanie zemín
STN EN 1926 (72 1163)	Skúšky prírodného kameňa. Stanovenie jednoosej pevnosti v tlaku
STN EN 197-1 (72 2101)	Cement. Časť 1: Zloženie, špecifikácie a kritériá na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie
STN EN 1990 (73 0031)	Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií
STN EN 1992-1 (73 1201)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií
STN EN 1997-1 (73 0091)	Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 1: Všeobecné pravidlá
STN EN 206+A2 (73 2403)	Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN EN 445 (72 2455)	Injektážna malta na predpínaciu výstuž. Skúšobné metódy
STN EN 446 (72 2432)	Injektážna malta na predpínaciu výstuž. Injektovanie
STN EN 447 (72 2431)	Injektážna malta na predpínaciu výstuž. Základné požiadavky
STN EN 50122-1 (34 1505)	Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie. Elektrická bezpečnosť, uzemňovanie a spätné vedenie. Časť 1: Ochranné opatrenia proti zásahu elektrickým prúdom
STN EN 50122-2 (34 1505)	Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie. Elektrická bezpečnosť, uzemňovanie a spätné vedenie. Časť 2: Opatrenia proti účinkom blúdnych prúdov vytváraných trakčnými sieťami jednosmerného prúdu
STN EN 50122-3 (34 1505)	Dráhové aplikácie. Pevné inštalácie. Elektrická bezpečnosť, uzemňovanie a spätné vedenie. Časť 3: Vzájomné pôsobenie trakčných sietí striedavého a jednosmerného prúdu
STN EN 932-1 (72 1185)	Skúšky na stanovenie všeobecných vlastností kameniva. Časť 1: Spôsoby vzorkovania
STN EN 934-1 (72 2324)	Prísady do betónu, mált a zálievok. Časť 1: Spoločné požiadavky
STN EN 934-4 (72 2324)	Prísady do betónu, mált a zálievok. Časť 4: Prísady do injektážnej malty na predpínaciu výstuž. Definície, požiadavky, zhoda, označovanie a etiketovanie
STN EN 934-5 (72 2324)	Prísady do betónu, mált a zálievok. Časť 5: Prísady do striekaného betónu. Definície, požiadavky, zhoda, označovanie a etiketovanie
STN EN 934-6 (72 2324)	Prísady do betónu, mált a zálievok. Časť 6: Odber vzoriek, posudzovanie a overovanie nemennosti parametrov
STN EN ISO 9223	Korózia kovov a zliatin. Korózna agresivita atmosfér. Klasifikácia, stanovenie a odhad
STN EN ISO 10318 (80 6100)	Geosyntetika. Termíny a definície
STN EN ISO 10319 (80 6124)	Geosyntetika. Ťahová skúška pevnosti širokej vzorky
STN EN ISO 10321 (80 6125)	Geosyntetika. Ťahová skúška pevnosti spojov/švov metódou Strip na širokých vzorkách

STN EN ISO 10722 (80 6146)	Geosyntetika. Postup indexových skúšok na vyhodnotenie mechanického poškodenia pri opakovanom zaťažení. Poškodenie spôsobené zrnitým materiálom
STN EN ISO 12236 (80 6126)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Skúška pretláčaním valcovým razníkom (skúška CBR)
STN EN ISO 13426-1 (80 6181)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Pevnosť vnútorných štruktúrnych spojov. Časť 1: Geobunky
STN EN ISO 13431 (80 6128)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Stanovenie ťahového plastického tečenia a porušenia pri ťahovom plastickom tečení
STN EN ISO 13438 (80 6140)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Skúšobná metóda na zisťovanie odolnosti proti oxidácii
STN EN ISO 1461 (03 8558)	Zinkové povlaky na železných a ocelových výrobkoch vytvorené ponorným žiarovým zinkovaním. Požiadavky a skúšobné metódy
STN EN ISO 14713-1 (03 8261)	Zinkové povlaky. Návod a odporúčania na protikoróznú ochranu ocelových konštrukcií. Časť 1: Všeobecné princípy navrhovania a odolnosti proti korózii
STN EN ISO 9223 (03 8202)	Korózia kovov a zliatin. Korózna agresivita atmosfér. Klasifikácia, stanovenie odhad
STN EN ISO 9227 (03 8132)	Skúšky korózie v umelých atmosférach. Skúšky soľnou hmlou
STN EN ISO 9862 (80 6121)	Geosyntetika. Odber a príprava skúšobných vzoriek

*Poznámka:* Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh

### 1.11 Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu

[T1]	TP 019	Dokumentácia stavieb ciest
[T2]	TP 035	Vegetačné úpravy pri pozemných komunikáciách
[T3]	TP 068	Protikorózna ochrana ocelových konštrukcií mostov
[T4]	TP 081	Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií
[T5]	TP 114	Ochranné a stabilizujúce konštrukcie skalných svahov a zárezov na dopravných stavbách
[T6]	TKP 0	Všeobecne
[T7]	TKP 2	Zemné práce
[T8]	TKP 5	Podkladové vrstvy z nestmelených a hydraulicky stmelených zmesí
[T9]	TKP 15	Betónové konštrukcie všeobecne
[T10]	TKP 18	Betón na konštrukcie
[T11]	TKP 35	Geotechnický monitoring pre objekty líniových častí pozemných komunikácií
[T12]	KLK 1/2021	Katalógové listy kameniva
[T13]	KLHS 1/2016	Katalógové listy hydraulických spojív

*Poznámka:* Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu v platnom znení vrátane dodatkov.

### 1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

[ZP1]	TKP Kapitola 30	Speciální zemní konstrukce Ministerstvo dopravy ČR, Odbor pozemných komunikácií
[ZP2]	NF P94-325-1	Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Ouvrages en gabions en grillage métallique à maille hexagonale double torsion - Partie 1 : ouvrages hors site aquatique [Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác – gabiónové konštrukcie z šesťhranného dvozákrutového pletiva - Časť 1: Konštrukcie mimo vodné plochy]
[ZP3]	NF P94-325-2	Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Ouvrages en gabions en grillage métallique à maille hexagonale double torsion - Partie 2 : ouvrages en site aquatique, [Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác – gabiónové konštrukcie z šesťhranného dvozákrutového pletiva - Časť 2: Konštrukcie v kontakte s vodnými plochami]

- [ZP4] ASTM A 975 11 Standard Specification for Double–Twisted Hexagonal Mesh Gabions and Revet Mattresses (Metallic-Coated Steel Wire or Metallic-Coated Steel Wire With PolyVinylChloride (PVC) Coating), [Štandardná špecifikácia pre dvojzákrutové šesťuholníkové gabióny a obkladové matrace (oceľový drôt s kovovým povlakom alebo oceľový drôt s kovovým povlakom s polyvinylchloridovým (PVC) povlakom]
- [ZP5] ASTM D6711-15e1 Standard Practice for Specifying Rock to Fill Gabions, Revet Mattresses, and Gabion Mattresses, [Štandardná prax pre špecifikáciu kameňa na vyplnenie gabiónov, matracov a obkladových a gabiónov]
- [ZP6] ASTM D7014-18e1 Standard Practice for Installation of Double-Twisted Wire Mesh Gabions and Revet Mattresses, [Štandardná prax pre inštaláciu gabiónov s dvojzákrutového drôtu a obkladových matracov]
- [ZP7] BS 8006-1:2010 +A1:2016 Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills [Zásady navrhovania zosilnených/vystužených zemín a iných násypových materiálov]
- [ZP8] ISO/TR 20432:2007 Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement [Smernice pre stanovenie dlhodobej pevnosti geosyntetík pre vystužovanie zemín]
- [ZP9] TP 97 Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR, Odbor infraštruktúry
- [ZP10] EBGEO:2011 Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements EBGEO, vol. 2. [Odporúčania pre návrh a analýzu zemných konštrukcií s použitím geosyntetickej výstuže]
- [ZP11] CUR 226:2016 Ontwerprichtlijn paalmatrasystemen [Pokyny pre návrh násypov podoprených pilótami]

### 1.13 Použitá literatúra

- [L1] Drusa M., Vlček J., Gago F., Bulko R.: Moderné metódy navrhovania geotechnických konštrukcií, Žilinská univerzita v Žiline, (2019). ISBN 978-80-554-1640-3
- [L2] Drusa M., Decký M. a kol., Navrhovanie a kontrola zemných konštrukcií dopravných stavieb, Edis Žilinskej univerzity, (2013), p. 522 ISBN 978-80-554-0823-1;
- [L3] Petro, L. - Frankovská, J. - Matys, M. - Wagner, P. A Kolektív. (2008). Inžinierskogeologický a geotechnický terminologický slovník, ŠGÚDŠ Bratislava, ISBN 978-80-88974-99-4;
- [L4] Zedník, P.: Doporučení pro využívání gabiónových konstrukcí v dopravním stavitelství. Centrum dopravního výzkumu Brno (2005), ISBN 80-86502-22-8.

### 1.14 Použité skratky

CMD	priečny smer
ETA	európske technické osvedčenie
GCE	geobunka
GCO	geokompozit
GGR	geomreža
GTX-N	geotextília netkaná
GTX-W	geotextília tkaná
HDPE	vysokohustotný polyetylén
LLDPE	lineárny nízko-hustotný polyetylén
MD	pozdĺžny smer
MDV SR	Ministerstvo dopravy a výstavby SR
PA	polyamid
PD	projektová dokumentácia
PES	polyester
PET	polyetylén-tereftalát

PK	pozemné komunikácie
PP	polypropylén
PVC	polyvinylchlorid
ŠD	štrkodrvina
ŠP	štrkopiesok
TDZ	trieda dopravného zaťaženia
TK	technická komisia
TKP	technicko-kvalitatívne podmienky
TP	technické podmienky
TPR	technické predpisy rezortu
ZTKP	zvláštne technicko-kvalitatívne podmienky

### 1.15 Terminológia

Pre potrebu týchto TKP platia vybrané najpoužívanejšie termíny a definície uvedené v STN EN 14475, STN 73 1010, STN 73 3040, STN 73 3041, STN EN 14490:

<b>sypanina (angl. fill)</b>	prírodný alebo umelý materiál tvorený pevnými časticami vrátane hornín, používaný pre stavbu horninovej konštrukcie;
<b>výstuž/vystuženie (angl. reinforcement)</b>	všeobecný názov pre výstužne prvky umiestnené vo vystuženej horninovej konštrukcii;
<b>zemná (horninová) konštrukcia (angl. engineered fill)</b>	konštrukcia, pri ktorej sú podmienky vrstvenia a zhutňovania sypaniny kontrolované;
<b>lícové opevnenie (angl. facing)</b>	kryt exponovaného líca vystuženej horninovej konštrukcie, ktorý zadržiava sypaninu medzi vrstvami výstuže a chráni ju pred eróziou;
<b>základ (angl. foundation)</b>	základ vystuženej horninovej konštrukcie je plocha, na ktorú sa ukladá prvá vrstva výstuží;
<b>systém lícového opevnenia (angl. facing system)</b>	zostava lícových prvkov použitých na vytvorenie konečného tvaru vystuženej horninovej konštrukcie;
<b>zelené lícové opevnenie (angl. green facing)</b>	vegetačné pokrytie alebo výplň používané bez lícových prvkov alebo ako doplnok k vystuženej horninovej konštrukcii s povrchom z lícových prvkov;
<b>návrhová životnosť (angl. design life)</b>	projektom požadovaná životnosť konštrukcie v rokoch;
<b>vystužená hornina (angl. reinforced soil)</b>	časť horninovej konštrukcie spevnenej počas sypania a zhutňovania násypového materiálu vkladáním ťahovej výstuže, ktorej úlohou je podieľať sa na prenose ťahových a/alebo šmykových síl, a tým zvyšovať stabilitu alebo únosnosť konštrukcie;
<b>gabión</b>	konštrukčný prvok zhotovený uložením prevažne hrubozrnej zeminy do drôteného alebo geosyntetického koša; skladaním košov na seba sa vytvorí konštrukcia stenového typu rôzneho uplatnenia;
<b>roznášacia platňa (angl. bearing plate)</b>	platňa pripevnená k hlave zemného klinca na prenášanie zložiek zaťaženia z líca alebo priamo z povrchu zeminy do zemného klinca;
<b>drenážny systém (angl. drainage system)</b>	séria drénov, odvodnenie vrstiev alebo iné prostriedky na kontrolu a dovádzanie povrchovej alebo podzemnej vody;
<b>povrchová úprava (angl. facing)</b>	prekrytie obnaženého povrchu vystuženej zeminy, ktorá môže mať stabilizačnú funkciu na podopretie zeminy medzi zemnými klincami, protieroznu a estetickú funkciu;
<b>skúšobný klinec (test nail)</b>	zemný klinec zhotovený rovnakým spôsobom ako systémové klince, zhotovený iba na vyťahovaciu skúšku, nevytvárajúci časť klincovanej konštrukcie;

<b>kotvená hornina (angl. anchored rock)</b>	forma vystuženej horniny, ktorá je stabilizovaná účinkami horninových kotiev, pričom odolnosť na vytiahnutie je daná pasívnym odporom kotvy a trením na povrchu kotvy;
<b>zemný klinec (angl. soil nail)</b>	výstužný prvok zabudovaný do zemin, obyčajne v subhorizontálnom sklone, ktorý mobilizuje odolnosť zemin pozdĺž celej dĺžky;
<b>klincovaná konštrukcia (angl. soil nail construction)</b>	každá konštrukcia, ktorá obsahuje zemné klintce a môže mať povrchovú úpravu a/alebo drenážny systém;
<b>skúšobné zaťaženie (angl. proof load)</b>	zaťaženie aplikované počas skúšania.

## 2 Všeobecne

### 2.1 Projekčné a konštrukčné požiadavky

Základné konštrukčné požiadavky na vystužené násypy, vystužené oporné múry, vystužené mostné opory, vystužené mostné krídla, vystužené strmé svahy, vystužené podkladové vrstvy, mechanicky stabilizované podkladové vrstvy, klincované svahy a gabiónové konštrukcie určuje PD.

PD musí byť spracovaná na úrovni a v rozsahu podľa etapy projekčnej činnosti predpísanej podmienkami definovanými v [T1]. PD zvláštnych zemných konštrukcií je súčasťou objektov inžinierskych konštrukcií – geotechnických konštrukcií.

Ak PD stavby predpíše alebo zhotoviteľ navrhne iné pracovné postupy, konštrukčné systémy, materiály a netradičné technológie, ako sú uvedené v týchto TKP, projektant musí vypracovať kvalifikované zdôvodnenie zvláštnych technicko-kvalitatívnych podmienok (ďalej ZTKP).

Podrobné technicko-kvalifikačné požiadavky, ktoré priamo súvisia s funkčnosťou a účinnosťou geosyntetiky a jednotlivých geosyntetických materiálov alebo kovových materiálov počas celej životnosti vystužených násypov, vystužených oporných múrov, vystužených mostných opôr, vystužených mostných krídiel, vystužených strmých svahov, vystužených podkladových vrstiev, mechanicky stabilizovaných podkladových vrstiev, klincovaných svahov a gabiónových konštrukcií musia byť uvedené v PD a musia byť v súlade s [T1] a týmito TKP pokiaľ PD neobsahuje ZTKP.

V PD sa tiež musia uviesť technické požiadavky, ktoré charakterizujú jednotlivé komponenty výstužných konštrukčných systémov, napr. dlhodobá ťahová pevnosť a životnosť výstužného prvku a spojov medzi výstužným prvkom a lícovým opevnením a vlastnosti lícového opevnenia.

V PD sa uvádzajú požiadavky na realizáciu geosyntetiky drenážne a filtračné účely, oddeľovanie, vystužovanie a ochranu zemin proti erózii a požiadavky na realizáciu lícnych prvkov a obkladových konštrukcií vo vystužených násypoch, vystužených oporných múroch, vystužených mostných oporách, vystužených mostných krídlach, vystužených strmých svahoch, klincovaných svahoch a gabiónových konštrukcií.

O vhodnosti jednotlivých typov vystužených oporných konštrukcií v telese pozemných komunikácií z hľadiska trvanlivosti a tvarovej stálosti rozhodujú charakteristiky a ich tolerancie uvedené v kapitole 3.4.4 týchto TKP.

### 2.2 Odborná spôsobilosť

Zhotoviteľ špeciálnych zemných konštrukcií podľa týchto TKP musí preukázať spôsobilosť na zaistenie kvality a dlhobehkej funkčnosti počas celej životnosti:

- vystužených násypov,
- vystužených oporných múrov,
- vystužených mostných opôr,
- vystužených mostných krídiel,
- vystužených strmých svahov,
- vystužených konštrukčných vrstiev a podložia násypov,
- klincovaných svahov,
- gabiónových konštrukcií.

Musí sa preukázať spôsobilosť realizačných pracovníkov, strojných zariadení, skladovania, dopravy, skúšobní, kontrolného systému a ďalších činností, ktoré môžu ovplyvniť dlhodobú kvalitu a funkčnosť vystužených násypov, vystužených oporných múrov, vystužených mostných opôr, vystužených mostných krídel, vystužených strmých svahov, vystužených podkladových vrstiev, mechanicky stabilizovaných podkladových vrstiev, klincovaných svahov a gabiónových konštrukcií.

Spôsobilosť realizačných montážnych pracovníkov je povinné preukázať písomne (certifikátom, potvrdením), zaškolením u výrobcu základného materiálu (výstužný systém, gabión, geobunka a iné) pre daný typ konštrukcie. Zaškolenie výrobcom môže byť nahradené autorizovaným zástupcom výrobcu, ktorý má oprávnenie poskytovať i spolu súčinnosť kontroly na stavbe.

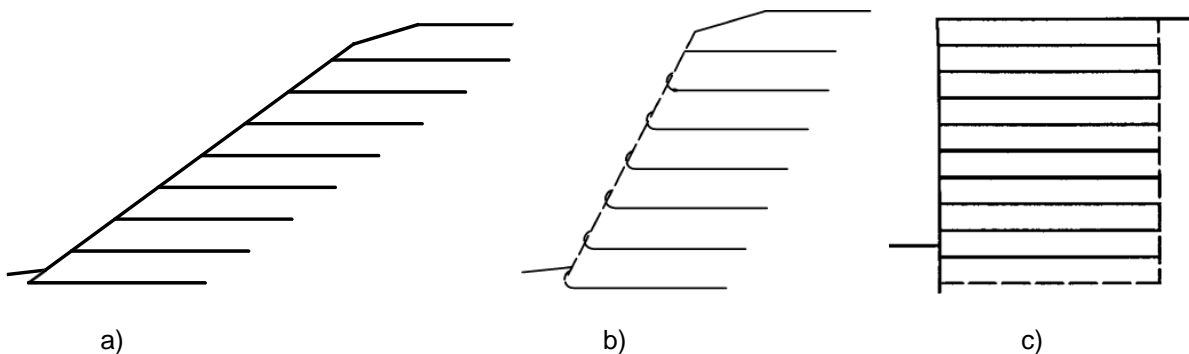
### 3 Vystužené horninové konštrukcie

Vystužené horninové konštrukcie sa skladajú z týchto hlavných prvkov:

- sypaniny,
- výstužných prvkov,
- systému lícového opevnenia (ak je potrebné),
- spojovacieho prvku, ktorý spája výstužný prvok a lícové opevnenie (ak je potrebné).

Podľa sklonu lícovej časti sa vystužené horninové konštrukcie delia na:

- vystužené násypy – sklon do 45°,
- vystužené strmé svahy – sklon 45° - 70°,
- vystužené oporné múry a vystužené mostné opory a krídla – sklon 70° - 90°.



Obrázok 1 - Príklady aplikácií vystužených horninových konštrukcií  
a) vystužený násyp, b) vystužený strmý svah, c) vystužený oporný múr

Všetky komponenty vystuženej horninovej konštrukcie musia mať životnosť, ktorú má samotné teleso násypu a príslušné konštrukcie. Návrhová životnosť konštrukcií je definovaná v tabuľke 2.1 STN EN 1990, prípadne definovaná objednávateľom. Pre trvalé konštrukcie platí návrhová životnosť 100 rokov (kategória návrhovej životnosti 5).

Všetky konštrukcie vzdialené horizontálne do 6 m od komunikácie, na ktorej sa vykonáva zimná údržba prostredníctvom rozmrazovacích prostriedkov sa musia posudzovať ako konštrukcie vystavené silným účinkom rozmrazovacích solí (chloridom) min. prostredie C4 podľa STN EN ISO 9223.

Všetky vystužené horninové konštrukcie sklonu 1:1 (45°) a strmšie sa v prípade priaznivých priestorových podmienok odporúčajú realizovať pri výške konštrukcie **viac ako 6 m** odstupňované svahovými lavičkami šírky min. 0,75 m pre zlepšenie statického pôsobenia a prístupu personálu údržby. Povrch takejto lavičky sa navrhne zo štrkodrviny  $f=16/32$  mm s plynulou krivkou zrnitosti, so separačno-filtračnou geotextíliou v súlade s STN 73 3040.

Pri návrhu vystužených horninových konštrukcií je potrebné brať do úvahy aj všetky súvisiace objekty umiestnené v korune a v telese vystuženej horninovej konštrukcie a ich prípadné opravy, rekonštrukcie potrebné počas životnosti konštrukcie (napr. kanalizácia, prípojky uličných vpustov, uličné vpuste, vedenia informačných systémov ciest a diaľnic a pod.). Znamená to, že musia byť umožnené prípadné opravy bez zásahu do telesa vystuženej horninovej konštrukcie a narušenia jej stability.

**Návrh vystužených horninových konštrukcií** musí rešpektovať STN 73 3041 a obsahuje:

- stanovenie geometrického tvaru a rozmerov,
- stanovenie úpravy líca konštrukcie,

- vyhodnotenie podložia, zostavenie geologického profilu a stanovenie potrebných charakteristík zemín,
- návrh a posúdenie vnútornej stability s uvažovaním dlhodobých pevnostno-deformačných parametrov (posúdenie výstužných prvkov na roztrhnutie a vytiahnutie zo spätného zásypu, posúdenie spoja výstuha/lícový prvok),
- návrh a posúdenie vonkajšej stability (únosnosť podložia, posunutie a preklopenie bloku, posúdenie globálnej stability konštrukcie s okolitým horninovým prostredím,
- posúdenie sadania a konsolidácie.

### 3.1 Vystužené násypy

Ak projektová dokumentácia nestanovuje inak, vystužené násypy do sklonu 1:1,5 (33,7°) sa budujú obyčajne bez lícového opevnenia. Výstužné prvky sa umiestňujú vodorovne, líce svahu sa nimi môže obaliť, prípadne sa ukončia pri čele svahu. Povrch svahu sa vzhľadom na riziko zosunutia vrstvy humusu po svahu násypu následne zabezpečuje protieróznou ochranou. Na protieróznou ochranu vystužených svahov sa používajú polymérne georochože, geokompozity alebo geobunky, prípadne biodegradovateľné rochože na báze slamy, juty, kokosových vlákien alebo iných prírodných produktov v zmysle STN 73 3040. Pri sklonoch menších ako 1:1,5 (33,7°) sa môžu ako protierózna ochrana použiť biodegradovateľné georochože; pri väčších sklonoch je potrebné použitie trvalej protieróznej ochrany. V prípade potreby ochrany pred prívalovými vodami a povodňami sa môže pätá násypu ochrániť drôtokamenými matracmi s kamennou výplňou (alebo zmesi kameňa a zeminy).

Vystužené násypy sa skladajú z týchto hlavných prvkov:

- sypaniny,
- výstužných prvkov,
- systému lícového opevnenia (ak je potrebné).

Vzhľadom na význam trvanlivosti a životnosti, každá vystužená horninová konštrukcia musí byť uceleným konštrukčným certifikovaným systémom navrhnutým a posúdeným autorizovaným projektantom. Pod termínom certifikovaný systém sa rozumie ucelený systém, v ktorom sú definované parametre výstužných a lícových prvkov ako aj ich vzájomné spojenie, a ktorý je možné navrhnuť na základe posúdenia krátkodobých a dlhodobých návrhových parametrov s ohľadom na účel, umiestnenie, význam a životnosť konštrukcie ako celku.

Certifikácia systému musí byť spracovaná na základe harmonizovaných technických noriem, Európskeho hodnotiaceho dokumentu EAD alebo Slovenského technického posúdenia spracovaného nezávislou akreditovanou inštitúciou.

Návrh konštrukcie a statický posudok musí byť súčasťou PD. Dodávateľ musí deklarovateľ parametre výstužných a lícových prvkov v zmysle požiadaviek príslušných predpisov a noriem. Taktiež je dodávateľ povinný deklarovateľ parametre pevnosti spoja výstuže a lícového prvku, tak aby mal použitý systém preukázateľné a overiteľné pevnostné parametre s ohľadom na životnosť a okrajové podmienky.

#### 3.1.1 Sypanina

Násypové teleso sa buduje v súlade s projektovou dokumentáciou a vzorovými priečnymi rezmí. Typ použitej zeminy, spôsob ťažby, doprava, prípadné skladovanie na depónii a spracovanie zemín do zemného telesa sa riadia zásadami stanovenými v [T7], STN 72 1001, STN 73 6133 a STN EN 14475. Na zabudovanie zemín do nevystuženej aj vystuženej časti násypu spracúva zhotoviteľ technologický postup, ktorý autorizuje projektant a schvaľuje objedávateľ.

Prvú a druhú triedu sypaniny je možné použiť do všetkých typov vystužených horninových konštrukcií. Pre triedu sypaniny 3 je potrebné deklarovateľ jej vlastnosti skúškami (skúšky spolupôsobenia sypanina-výstuž, deformačné skúšky, meranie pórových tlakov a iné). Trieda 4 sa používa do nízko namáhaných konštrukcií (napr. protihlukové valy a iné).

Do vystužených horninových konštrukcií sa nesmú používať tieto zeminy:

- zeminy s obsahom organických látok väčším ako 5 %, ako sú napr. humus, ornica, rašelina, bahno, uholné odpady a pod.;
- odpady, ktoré je treba posudzovať podľa [Z4] a príslušných vyhlášok;
- zeminy s obsahom rozpustných a oxidujúcich látok negatívne pôsobiacich na výstužné prvky (napr. alkalické prostredie nepriaznivo pôsobí na polyesterové materiály).

Tabuľka 1 - Zatriedenie sypaniny do tried podľa geomechanických charakteristík podľa STN EN 14475.

Geomechanické charakteristiky	Trieda sypaniny					
	1	2		3		4
	Hrubozrnná priepustná (S, G)	Piesčitá (štrkovitá) s jemnozrnnou prímесou		Jemnozrnná s prímесou piesčitej (štrkovitej) frakcie		Ílovitá
2a		2b	3a	3b		
% prepadu cez sito 80 µm	< 5 %	< 12 %	12 % až 35 %	12 % až 35 %	35 % až 100 %	35 % až 100 %
% prepadu cez sito 20 µm	-	-	< 10 %	> 10 %	< 40 %	> 40 %
Index plasticity	-	-	-	< 25	< 25	> 25

*Poznámka:* S – piesčitá sypanina, G- štrkovitá sypanina

Vhodnosť materiálu závisí od viacerých faktorov, ktoré sa musia vziať do úvahy pri výbere materiálu:

- spracovateľnosť sypaniny,
- funkcia a prostredie konštrukcie a jej dlhodobé správanie,
- hrúbka vrstvy sypaniny a maximálna veľkosť zŕn,
- technológia lícového opevnenia,
- vegetácia,
- drenážne vlastnosti,
- agresivita sypaniny,
- interakcia sypaniny – výstuž,
- geotechnické parametre sypaniny,
- náchylnosť na namŕzanie.

Druhotné materiály, napr. popolček, popolčekový stabilizát, škvara, troska, stavebná sutina, výsyvky, hlušiny, recyklované materiály z vozoviek a pod., sa môžu použiť do vystužených násypov pokiaľ mechanické vlastnosti výstužných prvkov nebudú ich pôsobením nepriaznivo znížené. Podmienky použitia druhotných materiálov musí obsahovať dokumentácia stavby. Ak nie sú v dokumentácii stavby, musia byť vypracované ZTKP.

Pre sypaninu je nutné stanoviť:

- presný popis materiálu, jeho pôvod, podiel jednotlivých frakcií a pod.,
- projektové fyzikálno-mechanické vlastnosti,
- vplyv na geosyntetickú a kovovú výstuž,
- neškodnosť pre životné prostredie,
- vylúhovateľnosť a jej zmeny v čase (podľa [Z4]),
- technológie spracovania,
- spôsob kontroly.

Kovová výstuž je náchylná na koróziu, a preto sú dôležité elektrochemické vlastnosti sypaniny použitej do bloku zeminy vystuženej kovovou výstužou. Ak sa použije kovová výstuž, musí sa overiť elektrochemická, chemická a biologická agresivita sypaniny a sypanina do bloku vystuženej zeminy.

### 3.1.2 Výstužné prvky

Výstužné prvky v telese násypu pôsobia väčšinou ako ťahová výstuž a zvyšujú aj zabezpečujú stabilitu násypu. Na kontakte zemina - výstuž vznikajú šmykové napätia, ktoré znižujú aktívne sily spôsobujúce porušenie zemného telesa a zvyšujú pasívne sily, ktoré bránia porušeniu. Prenos síl na kontakte zemina - výstuž sa pri pohybe horniny po výstuži uskutočňuje v dôsledku trenia. Pri pohybe zeminy po povrchu výstuže vznikajú vo výstuži ťahové sily, čím začne výstuha uplatňovať svoju výstužnú funkciu. Výstuž spolu so sypaninou tvorí blok vystuženej zeminy, ktorý musí mať dostatočnú šírku a tvar, aby bol stabilný a preniesol všetky vonkajšie zaťaženia.

Vodorovné výstužné prvky sa umiestňujú:

- v základovej škáre násypu,
- v spodnej časti násypu,
- na svahoch násypu,
- kombinujú sa predchádzajúce možnosti,
- v celom telese násypu.

Na vystužovanie násypov sa zvyčajne používajú jednoosové výstužné prvky na báze polyméru ako sú geomreže, geopásky, geotextílie a iné geokompozity, alebo prvky na báze ocele ako sú oceľové pásy, siete. Všetky výstužné materiály musia mať primárnu výstužnú funkciu, a tomu zodpovedať ich pevnostné a deformačné vlastnosti. Výrobca musí pri dodávke deklarovať overené certifikované hodnoty návrhovej ťahovej pevnosti náležiacej danej životnosti, prevádzkovej teplote a typu sypaniny vystuženej zemnej konštrukcie.

Všetky parametre a hodnoty redukčných súčiniteľov geosyntetických a oceľových materiálov vstupujúce do statického výpočtu musia byť preukázateľné na základe hodnôt uvedených vo Vyhlásení o parametroch výrobku alebo protokolmi zo skúšok vydanými nezávislými akreditovanými inštitúciami. Materiály bez overiteľných parametrov nie je možné použiť v trvalých konštrukciách.

V PD musia byť uvedené dlhodobé návrhové ťahové pevnosti  $T_D$  geosyntetických a oceľových výstužných prvkov so zohľadnením redukčných súčiniteľov od krípu (*creep*), vplyvu prostredia, poškodenia pri inštalácii a kvality výroby podľa STN 73 3041:

$$T_d = T / (\gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4} \cdot \gamma_n) \text{ alebo } T_d = T_{ke} / (\gamma_{m11} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4} \cdot \gamma_n) \quad (1)$$

kde:	$T$	je krátkodobá ťahová pevnosť geosyntetickej výstuže,
	$T_{ke}$	extrapolovaná dlhodobá ťahová pevnosť geosyntetickej výstuže,
	$\gamma_{m1}$	čiasťkový súčiniteľ pre plastické tečenie - kríp,
	$\gamma_{m11}$	čiasťkový súčiniteľ extrapolácie výsledkov dlhodobých ťahových skúšok,
	$\gamma_{m2}$	čiasťkový súčiniteľ kvality výrobku,
	$\gamma_{m3}$	čiasťkový súčiniteľ poškodenia výstuže pri zabudovaní do horninovej konštrukcie,
	$\gamma_{m4}$	čiasťkový súčiniteľ vplyvu prostredia (teplota, žiarenie UV, chemizmus),
	$\gamma_n$	čiasťkový súčiniteľ dôležitosti konštrukcie podľa STN 1997-1.

alebo aj podľa [ZP8] prípadne [ZP7].

$$T_D = \frac{T}{RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_{CH} \cdot RF_M}; \quad (2)$$

kde:

- $RF_{CR}$  – redukčný faktor pre kríp,
- $RF_{ID}$  – redukčný faktor pre poškodenie pri inštalácii,
- $RF_{CH}$  – redukčný faktor pre chemizmus prostredia,
- $RF_M$  – redukčný faktor materiálu (kontrola kvality výroby, dostupnosť dát).

### 3.1.2.1 Geosyntetická polymérová výstuž

Polymérové výstuže sa najčastejšie vyskytujú vo forme lineárnych, plošných alebo priestorových prvkov. Najbežnejšími lineárnymi a plošnými sú geomreže, geopásky, geotextílie a geompozity. Hlavnou požiadavkou na polymérové výstužné prvky je, aby vykazovali vysokú pevnosť v ťahu pri nízkom pomernom pretvorení. Na vlastnosti geosyntetických výrobkov majú vplyv hlavne materiály použité na ich výrobu, spôsob výroby a ich štruktúra. Štandardne sa na vystužovanie používajú geomreže na báze polyesteru - PES, polyetyléntereftalátu – PET, polyetylénu - HDPE, LLDPE, polyamidu – PA, polypropylénu – PP. Geosyntetické výrobky používané vo vystužených horninových konštrukciách musia byť vyrobené iba z primárnych surovín, čo musí byť jednoznačne preukázateľné z priložených dokumentov [L2].

Použitie nechránených výrobkov z polyesteru bez prídavného ochranného polymérneho povlaku v zemi alebo v dosahu pôsobenia vody s pH viac než 9 je zakázané. Nechránené polyesterové výrobky sa nemôžu používať v miestach, kde prichádzajú do styku s vápnom alebo hydraulickými spojivami, ktoré sa používajú pre úpravu zemín. Nechránené polyesterové materiály sa taktiež nemôžu používať v kontakte s betónom. V prípade, ak majú polyesterové geomreže ochranný povlak (napr. PVC alebo

PE), je možné ich použitie aj v alkalickom prostredí za podmienky, že dodávateľ preukáže odolnosť uvedených materiálov na základe protokolov o skúškach vydaných nezávislou akreditovanou inštitúciou. Materiály bez overiteľných parametrov, nie je možné zabudovať do trvalých konštrukcií.

### 3.1.2.2 Oceľové výstuže

Oceľová výstuž môže byť v tvare pásov, tyčí, prútov alebo sietí. Oceľová výstuž musí byť opatrená povrchovou úpravou a/alebo ochranným povlakom na obmedzenie pôsobenia elektrochemickej korózie. Požiadavkám na povrchové ochrany vzhľadom na požadovanú životnosť oceľovej výstuže sa podrobne venuje kapitola 6.1.1 týchto TKP.

Vzhľadom na obmedzenú korozívnu odolnosť metalických povrchových ochrán v horninovom prostredí sa pre trvalé konštrukcie požaduje použitie oceľových výstužných sietí len s prídavnou polymérou ochranou. Materiály bez prídavnej polymérnej ochrany nie je možné zabudovať do trvalých konštrukcií ako výstuhy.

### 3.1.3 Systém lícového opevnenia

Ako je opísané v kapitole 3.1, ak PD nestanovuje inak, vystužené násypy do sklonu 1:1,5 (33,7°), sa budujú zvyčajne bez lícového opevnenia. Prípadne sa môže použiť mäkký lícový prvok tvorený oceľovou alebo polymérovou výstuhou, ktorá sa ukončí pri líci násypu, alebo sa obalí čelo svahu. Výstužné prvky sa umiestňujú vodorovne. Povrch svahu sa vzhľadom na riziko zosunutia vrstvy humusu následne zabezpečuje trvalou alebo biodegradovateľnou protieróznou ochranou ako je uvedené v kapitole 3.1.

V PD musí byť uvedený faktor ochrany svahu protieróznou rohožou podľa ASTM D 6459 a STN EN 13251, ktorý charakterizuje schopnosť protieróznej ochrany zvýšiť povrchovú odolnosť chráneného svahu.

Pri systémoch vystužených násypov so sklonom vyšším ako 1:1,5 (33,7°) sa používajú len systémy s lícovým prvkom alebo obaľovaným lícom. Z dôvodu zabezpečenia potrebnej tuhosti líca, dodržania predpísaných tolerancií a dobrého estetického vzhľadu, sa pri výstavbe používa dočasné debnenie, ktoré môže byť externé, alebo sa použije stratené debnenie, ktoré je zabudované v líci konštrukcie.

### 3.1.4 Vykonávanie prác

Zhotoviteľ na základe skúšok, znalostí, skúseností a podkladov od dodávateľa výstužných prvkov vypracuje technologický postup, ktorý autorizuje projektant a schvaľuje objednávateľ. Faktory ovplyvňujúce výstavbu a splnenie TKP vystužených horninových konštrukcií, zhotoviteľ zohľadní v technologickom postupe. Ide najmä o:

- preberanie a kontrolu materiálov a výrobkov,
- skladovanie a manipuláciu s materiálmi a výrobkami,
- prípravu a odvodnenie staveniska,
- úpravu podložia násypu,
- výber, dopravu, navážanie a zhutňovanie násypového materiálu,
- ukladanie a zabudovanie výstuže,
- odvodnenie násypu,
- úpravu povrchu svahov násypu,
- miestne podmienky výstavby,
- rýchlosť výstavby,
- klimatické podmienky.

### 3.1.5 Preberanie a kontrola kvality materiálov

Na vystužovanie násypov sa štandardne používa geosyntetika a to geomreže, ojedinele geotextílie a geokompozity. Na vystužovanie násypov sa môže použiť aj kovová výstuž. Všetky výstužné materiály musia mať primárnu výstužnú funkciu a tomu zodpovedajú ich pevnostné deformačné vlastnosti.

Vzhľadom na význam, dôležitosť a vplyv výstužného prvku na dlhodobú spoľahlivú funkčnosť vystužených násypov, každá rolka geosyntetiky dodaná na stavbu musí mať na štítku tieto informácie:

- dátum výroby,
- číslo rolky,
- číslo série (dávky),

aby sa v prípade potreby mohli dodatočne zistiť výsledky kontrolných skúšok materiálu vykonaných v rámci systému kontroly kvality výrobcu geosyntetiky. Uvedená požiadavka platí aj pre kovovú výstuž.

Dodávateľ prikladá ku každej dodávke výstužných materiálov do zvláštnych zemných konštrukcií sprievodné dokumenty - SK vyhlásenie o parametroch s údajmi podľa príslušných európskych noriem alebo technických špecifikácií (ETA) a certifikát o zhode systému riadenia výroby u výrobcu.

Dodací list ku každej dodávke musí obsahovať minimálne nasledovné údaje:

- číslo a dátum vystavenia,
- názov a adresa výrobcu/dovozcu alebo distribútora,
- názov a sídlo odberateľa,
- miesto určenia dodávky,
- predmet dodávky,
- hmotnosť dodávky, počet roliek, paliet.

Dodávateľ výstužných prvkov musí mať k dispozícii výsledky interných skúšok výrobkov dodaných na stavbu a predkladá ich na požiadanie zhotoviteľa alebo investora.

### 3.1.6 Skladovanie a manipulácia

Všetky sklady a depónie materiálu pre vystuženú zemnú konštrukciu musia mať dostatočné rozmery pre umožnenie vykládky, nakládky a premiestňovanie materiálu bez jeho poškodenia a znečistenia.

Podrobnosti manipulácie a skladovania výstužných prvkov sa líšia podľa výrobku a stanoví ich výrobca a musia byť uvedené v sprievodnej dokumentácii alebo technologickom postupe s cieľom minimalizovať možné poškodenie prvkov. Výstužné prvky sa musia skladovať tak, aby boli chránené pred priamym slnečným žiarením, dažďovými zrážkami a zemnou vlhkosťou v prípadoch, ak nepovoľujú inštrukcie výrobcu niečo iné.

### 3.1.7 Príprava staveniska

Povrch terénu musí byť pred výstavbou odhumusovaný, urovnaný a zhutnený v súlade s dokumentáciou stavby a požiadavkami podľa [T7]. Úprava podlažia navrhnutá na základe výsledkov geotechnického prieskumu je uvedená a podrobne rozpracovaná v PD. Ak sa vyskytne nutnosť ďalších úprav podlažia navrhne zhotoviteľ riešenie, ktoré po odsúhlasení projektantom predloží objednávateľovi na schválenie. Vrstva, na ktorú sa ukladajú výstužné prvky sa starostlivo urovná, zhutní a skontroluje. Pri použití priepustného materiálu sa povrch vrstvy upraví vodorovne. V prípade, ak sa pri výstavbe použijú jemnozrnné zeminy, povrch vrstvy sa upraví do mierneho sklonu (cca 3 %), aby sa umožnil odtok zrážkovej vody a zamedzilo jej znehodnocovanie. Na povrchu zhutnenej vrstvy, na ktorú sa položia výstužné prvky sa nesmú vyskytovať vystupujúce ostrohranné úlomky hornín, ktoré by mohli ukladaný materiál poškodiť.

Neúnosné vrstvy treba upraviť (napr. odvodnením, konsolidáciou, kamenitým materiálom, spojivami, dynamickou konsolidáciou, vystužením), prípadne vymeniť. Najbežnejšie úpravy neúnosnej základovej škáry zahŕňajú použitie sanačných vrstiev z lomového kameňa a kameniva v kombinácii s drenážnymi vrstvami a geosyntetickou výstužou. Podrobnejšie sa tejto problematike venuje kapitola 4 týchto TKP. Na urýchlenie konsolidácie mäkkých vrstiev v podlaží sa používa sieť zvislých drenážnych prvkov (geodrény, pieskové pilóty, štrkové piliere).

Na zabezpečenie stability násypu na málo únosnom podlaží bez možnosti konsolidácie (časový faktor) možno použiť vystuženú roznášaciu vrstvu položenú na betónové pilóty. Vibrované štrkové piliere v podlaží násypu sa použijú len v prípade, keď sa touto technológiou nezvýšia pórové tlaky v zeminách podlažia, ktoré môžu ohroziť stabilitu násypu.

Každá vystužená horninová konštrukcia musí mať vybudované bezpečné odvedenie povrchových, zrážkových a podzemných vôd mimo konštrukciu. Spôsob odvodnenia rieši dokumentácia. V prípade výskytu neočakávaných vyvieraní vody navrhne zhotoviteľ riešenie, ktoré sa po odsúhlasení projektantom predloží objednávateľovi na schválenie. V priebehu výstavby musí zhotoviteľ zaistiť provizórne odvodnenie staveniska, aby sa nenamáhala nedokončená vystužená konštrukcia (licové opevnenie) tlakom vody.

### 3.1.8 Ukladanie výstužných prvkov

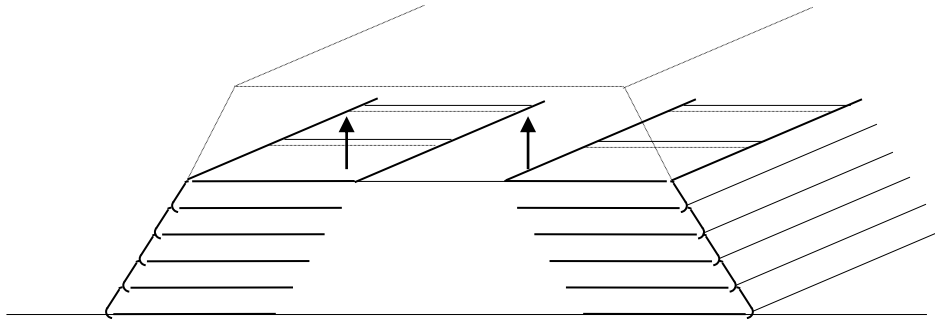
Výstužný prvok sa uloží podľa PD, najčastejšie v smere pôsobenia hlavných napätí, t.j. pri dodaní v roľkách sa rozvinie kolmo na pozdĺžnu os násypu. Výstuž sa v prípade potreby mechanicky dočasne pripevní k podkladu, aby sa eliminovali záhyby a vlny pri realizácii spätného zásypu. Fixáciu je možné

realizovať buď pomocou oceľových kolíkov (len v prípade, ak sa neočakáva pohyb výstuže po podklade), prítažením sypaninou alebo väčšími kusmi kameniva.

Na rezanie geosyntetických materiálov sa použije nôž alebo nožnice. Materiály, ktoré sa strapkajú a je nebezpečenstvo ich rozpletenia, sa musia na reze ošetriť tepelne, lepidlom alebo adhéznu páskou.

Polymérové výstuže môžu degradovať pôsobením slnečného žiarenia, a preto by mali byť v čase stanovenom výrobcou od polozenia zakryté sypaninou. Ak nie je tento čas stanovený, mala by byť výstuž zakrytá do 24 h od polozenia.

Spôsob ukladania výstužných prvkov v okrajových častiach telesa násypu je na obrázku 2.



Obrázok 2 - Schéma vystužovania okrajových častí telesa násypu

Nadstavovanie výstužných prvkov v smere, kde nepôsobia hlavné ťahové napätia (obvykle v smere staničenia osi komunikácie), sa vykonáva spravidla presahom. Bočné presahy jednotlivých pásov musia byť minimálne 300 mm pre geotextílie a minimálne 150 mm pre geomreže, resp. v súlade s aplikačným manuálom výrobcu. Pri vystužovaní kontaktu násypu a podložia v stlačiteľných zeminách, musí byť bočný presah výstužných prvkov minimálne 500 mm. V prípade, ak sú susedné pásy konštrukčne spojené alebo zošité, môže sa požadovaný presah znížiť na technologické minimum. Spôsob bočného napojenia musí byť v súlade s aplikačným manuálom výrobcu, schvaľuje ho projektant, odsúhlasuje objednávatel' a musí sa popísať v technologickom postupe prác.

Nadstavovanie výstužných prvkov v smere pôsobenia hlavných ťahových síl sa realizuje výnimočne a to zošitím, použitím spojovacieho prvku alebo presahom. Minimálna dĺžka presahu sa musí doložiť výpočtom na základe realizovaných skúšok a musí byť dostatočná na to, aby sa zabezpečil prenos ťahových síl. Ak zvolený druh výstužného materiálu nie je dodávaný v roľkách dostatočnej dĺžky musí zhotoviteľ v spolupráci s projektantom vykonať nový výpočet vystuženia so zavedením pevnosti zvoleného typu spoja. Pevnosť spoja sa preukáže výpočtom podľa použitého systému spájania výstužných prvkov alebo ťahovou skúškou.

Opravy, lokálne spevňovanie a nastavovanie poškodenej výstuže sú neprípustné. Rozsah potrebnej výmeny poškodeného materiálu odsúhlasuje projektant a schvaľuje objednávatel'.

Výstuž sa ukončuje na svahu (spája alebo nespája s lícovým opevnením), alebo sa vytvorí obalované líce s obalením zeminy na povrchu svahu so zakončením výstuže v nasledujúcej vrstve vo vzdialenosti stanovenej projektovou dokumentáciou. Ak sa obalené líce použije bez lícového opevnenia, pri jeho výstavbe sa použije dočasné posuvné debnenie. Ak sa výstuž spája s lícovým opevnením, musí to byť spôsobom odporúčaným dodávateľom oporného systému a uvedeným v PD.

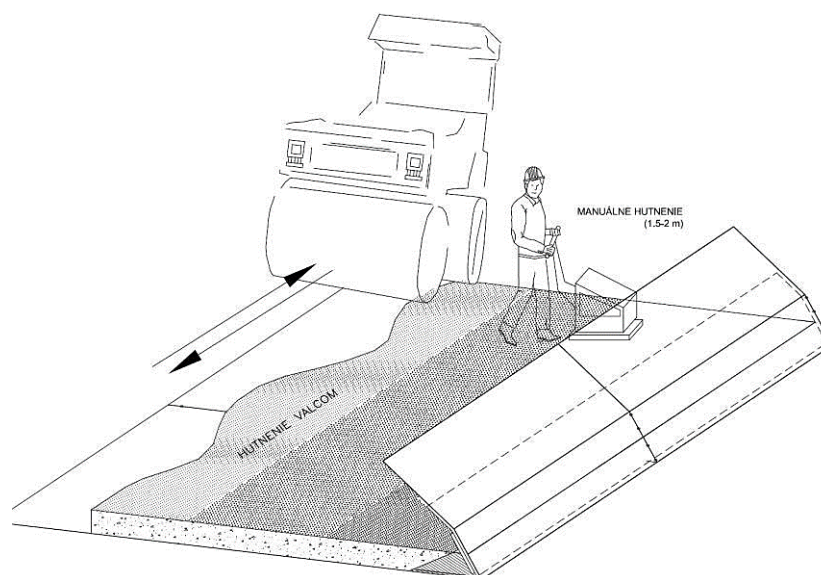
Ak sa objavia prekážky ako sú potrubné vedenia, stĺpy, šachty a pod., je potrebné položiť výstuž šikmo alebo ju posunúť z navrhnutého umiestnenia. Pri plošných vystuženiach sa môže vyskytnúť potreba vyrezať otvor do výstuží. Výstužný prvok sa musí v priestore pilóty vynechať, aby nemohlo dôjsť k jeho poškodeniu pri samotnom vŕtaní, narážaní a pod., resp. v prípade geomreží, ktoré je možné nainštalovať a následne prevítať je nutné definovať výrobcou povolený typ vŕtania. Ak nie sú tieto úpravy v dokumentácii povolené, musia byť potvrdené projektantom.

### 3.1.9 Navázanie a zhutňovanie sypaniny

Zemina sa nasypáva a opatrne sa rozhrňuje na položenú výstuž. Na jazdenie po vrstve musí byť zaistená minimálna hrúbka zeminy nad výstužou – 100 mm, odporúča sa až 150 mm. Pri sypaní

a rozhrňaní sypaniny na veľkej ploche sa volí taký postup, aby nevznikla na výstuži vlna, aby sa výstuž neposunula alebo neporušila.

Navážanie, rozhrňovanie a zhutňovanie sypaniny sa vykonáva opatrne a presne podľa požiadaviek projektu a odporúčaní dodávateľa výstuže. Nesmú sa poškodiť lícové prvky, ani rozprestretá výstuž. Navážanie, rozhrňovanie, urovnávanie a hutnenie sypaniny sa musí vykonávať rovnobežne s lícom konštrukcie, nikdy nie v smere kolmo na líce konštrukcie. Spätný zásyp sa musí rozhrňať kolmo na presahy jednotlivých výstužných prvkov, aby sa eliminovalo ich posunutie a poškodenie.



Obrázok 3 - Schéma spôsobu zhutnenia sypaniny vystuženej horninovej konštrukcie

Spôsob zhutnenia sypaniny sa stanoví zhutňovacím pokusom realizovaným podľa [T7]. Sypanina dodávaná na stavbu sa musí priebežne kontrolovať. Osobitná starostlivosť sa venuje zhutneniu sypaniny vo vzdialenosti 2,0 m od lícovej časti vystuženej horninovej konštrukcie. Na tejto šírke sa môže pohybovať len ľahký zhutňovací prostriedok, vozidlá a stavebné stroje vážiace menej ako 1,5 t ako je znázornené na obrázku 3. Na každom mieste zásypu sa musí dosiahnuť projektom stanovený stupeň zhutnenia. Materiál vo vystuženom bloku a sypanina za vystuženým blokom sa navážajú a zhutňujú súčasne.

### 3.1.10 Úprava povrchu svahu násypu

Vrstva humusu sa na svahu násypu zhotovuje vždy, ak sa požaduje „zelený“ povrch svahu v súlade s dokumentáciou stavby a požiadavkami v [T2]. V prípade, ak sa požaduje súvislý zelený vegetačný kryt svahu, na povrch sa v prípade potreby inštalujú časti zavlažovacieho systému podľa pokynov dodávateľa systému a PD. Požiadavka na „zelený“ povrch svahu bez nainštalovaného zavlažovacieho systému je spojená automaticky s predpísaným dodatočným zavlažovaním svahu tesne po ukončení výstavby až po nárast minimálnej výšky súvislej vegetácie.

Povrch svahu, vzhľadom na riziko zosunutia vrstvy humusu po svahu násypu sa zabezpečuje protieróznou ochranou. Ako protierózne opatrenie sa najčastejšie používa trvalá alebo biodegradovateľná protierózna ochrana ako je uvedené v kapitole 3.1. Pri návrhu vegetačného krytu sa musia brať do úvahy klimatické a miestne podmienky (ako sú umiestnenie stavby, svetové strany, orientácia, nadmorská výška, množstvo a frekvencia zrážok) spoločne so sklonom svahu, pretože tieto údaje môžu ovplyvniť voľbu:

- vhodnej zeminy na líci svahu,
- vhodného osiva alebo druhu rastlín,
- vhodnej metódy výsadby zelene alebo nutnosť umelého zavlažovania.

## 3.2 Vystužené strmé svahy

Vystužené strmé svahy sú vystužené horninové konštrukcie v sklone 45° až 70°. Na zabezpečenie líca konštrukcie sa vodorovné výstuhy kombinujú väčšinou s poddajným lícovým prvkom.

Vystužené strmé svahy sa skladajú z týchto hlavných prvkov:

- sypaniny,
- výstužných prvkov,
- systému lícového opevnenia,
- spojovacieho prvku, ktorý spája výstužný prvok a lícové opevnenie (ak je potrebný).

Vzhľadom na význam, trvanlivosť a životnosť, každá vystužená horninová konštrukcia musí byť uceleným konštrukčným certifikovaným systémom navrhnutým a posúdeným autorizovaným projektantom. Pod termínom certifikovaný systém sa rozumie ucelený systém, v ktorom sú definované parametre výstužných a lícových prvkov ako aj ich vzájomné spojenie, a ktorý je možné navrhnuť na základe posúdenia krátkodobých a dlhodobých návrhových parametrov s ohľadom na účel, umiestnenie, význam a životnosť konštrukcie ako celku.

Certifikácia systému musí byť spracovaná na základe harmonizovaných technických noriem, Európskeho hodnotiaceho dokumentu EAD alebo Slovenského technického posúdenia spracovaného nezávislou akreditovanou inštitúciou.

Návrh konštrukcie a statický posudok musí byť súčasťou PD. Dodávateľ musí deklarovateľ parametre výstužných a lícových prvkov v zmysle požiadaviek príslušných predpisov a noriem. Taktiež je dodávateľ povinný deklarovateľ parametre pevnosti spoja výstuže a lícového prvku, tak aby mal použitý systém preukázateľné a overiteľné pevnostné parametre s ohľadom na životnosť a okrajové podmienky.

### 3.2.1 Sypanina

Sypanina je podrobne opísaná v kapitole 3.1.1 týchto TKP.

### 3.2.2 Výstužné prvky

Výstužné prvky sú podrobne opísané v kapitole 3.1.2 týchto TKP.

### 3.2.3 Systém lícového opevnenia

Lícové opevnenie vystuženého strmého svahu slúži na zadržanie zeminy medzi vodorovnými výstužnými prvkami, má nosnú, estetickú hodnotu a slúži na protieróziu ochranu povrchu konštrukcie. Všetky komponenty vystuženej horninovej konštrukcie so statickou funkciou musia mať životnosť, ktorú má samotné teleso násypu a príslušné konštrukcie. Návrhová životnosť konštrukcií je definovaná v zmysle STN EN 1990, prípadne definovaná objednávateľom.

Prvky lícového opevnenia pre vystužené strmé svahy sú najčastejšie tvorené poddajnými prvkami ako sú drôtokamenné koše alebo obalované čelo v kombinácii s oceľovou zváranou sieťou v zmysle STN EN 14475.

Mäkké lícové prvky (obalované čelo bez zvárannej siete v čele) vykazujú vysokú stlačiteľnosť (>10 %), preto je možné ich navrhovať iba pre I. geotechnickú kategóriu v zmysle STN EN 1997-1, pri ich budovaní sa odporúča používať externé debnenie.

Spojovací prvok vo vystuženom strmom svahu s poddajným šikmým lícom slúži na spojenie výstuže a lícového opevnenia v prípade, ak sú to dve samostatné časti, ktoré sa majú spojiť. Lícový prvok a vodorovná výstuž môžu byť bez alebo so spojovacím prvkom:

- bez spojovacieho prvku:
  - líce je „obalené“ a výstuž sa spája presahom v nasledujúcej vrstve násypu,
  - vodorovná výstuž sa s lícovým prvkom spája pomocou presahu,
  - vodorovná výstuž a lícový prvok tvoria jeden prefabrikovaný kus.
- so spojovacím prvkom:
  - vodorovná výstuž sa spája s lícovým opevnením.

Systém spojenia medzi lícovým opevnením a výstužnými prvkami musí byť súčasťou certifikovaného systému. Dodávateľ je povinný deklarovateľ parametre krátkodobej a dlhodobej ťahovej pevnosti spoja výstuže a lícového prvku, tak aby mal použitý systém preukázateľné a overiteľné pevnostné parametre s ohľadom na životnosť a okrajové podmienky.

#### 3.2.3.1 Vertikálny lícový prvok

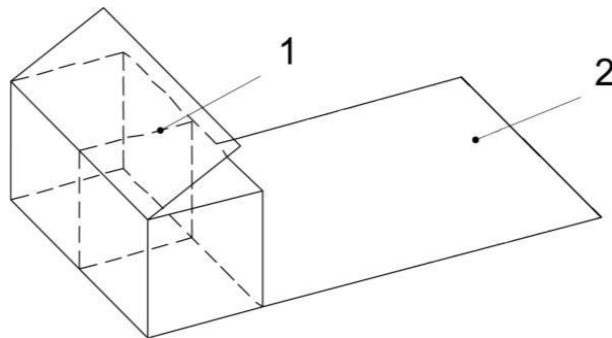
Vertikálny lícový prvok je tvorený z dvojzákrutovej oceľovej siete alebo zo zváraných sietí, ktoré sa naplnia kamenivom. Tým sa vytvoria gabiónové (drôtokamenné) koše. Výška týchto košov je obvyčajne (0,5 až 1,0) m, dĺžka (1,0 až 3,0) m a šírka (0,5 až 1,0) m.

Minimálny priemer drôtu vertikálnych prvkov z dvojzákrutovej siete je 2,7 mm, požaduje sa aby bol v čele doplnený zváranou sieťou bez statickej funkcie min. 5,0 mm s povrchovou ochranou Zn90%/Al10% alebo ekvivalentnou progresívnou povrchovou ochranou nánosu Triedy A.

Minimálny priemer drôtu vertikálnych prvkov zo zváraných panelov je 4,0 mm, sieť v líci min. priemeru 5,0 mm. Zváraná sieť v líci musí byť s okom nie väčším ako 5 x 10 cm. Požiadavky na materiálové charakteristiky a povrchovú ochranu oceleového drôtu vzhľadom na návrhovú životnosť sú definované v kapitole 6.1.1 týchto TKP.

Súčasťou vertikálneho lícového prvku môže byť výstužný prvok z ocelevej siete, ktorá spolu s lícovým prvkom tvorí jeden prefabrikovaný kus alebo je spojená s vertikálnym lícovým prvkom certifikovaným spojom, ako je znázornené na obrázku 4. Spoj s dodatočnými výstužnými prvkami sa následne vytvára pomocou presahu alebo certifikovaného spoja. Dodávateľ výstužného systému musí deklarovvať pevnosť a životnosť spoja realizovanými skúškami.

Lícové prvky z ocelevej siete sa kombinujú s geosyntetickou alebo oceľovou výstužou. Lícové prvky realizované zo zváraných sietí predstavujú polotuhé konštrukcie s malou toleranciou voči deformáciám. Z toho dôvodu sa môžu navrhovať a realizovať len pri konštrukciách, kde je zabezpečené veľmi malé nerovnomerné sadnutie (založenie na skalnom podloží, alebo hĺbkovom základe).



Obrázok 4 Schéma prvku s vertikálnym lícovým prvkom (1) a výstužou (2)

Požiadavkám na materiálové charakteristiky sietí, ich spôsob ochrany a typ výplňového kameňa sa bližšie venuje kapitola 6 týchto TKP.

### 3.2.3.2 Naklonený prvok s vegetačným lícom

Lícové opevnenie je vytvorené:

- **obalením sypaniny** - prostredníctvom geosyntetickej výstuže alebo dvojzákrutovou sieťou, ktorá obalí líce každej vrstvy násypu a spojí sa presahom v nasledujúcej vrstve násypu. Pre dosiahnutie nízkych pretvorení konštrukcie a dodržaniu predpísaných tolerancií sa v lícovej časti umiestňuje oceľová zváraná sieť vopred vytvarovaná do požadovaného sklonu, prípadne zostavená na stavbe. Oceľová zváraná sieť plní len funkciu debnenia počas výstavby a zvyčajne býva z čiernej ocele bez povrchovej ochrany. Minimálny priemer drôtu zváranej siete z čiernej ocele je 8 mm. Za lícové prvky sa umiestňuje protierózna georož, aby sa zabránilo vypadávaniu materiálu sypaniny z násypu. Jednotlivé komponenty môžu byť na stavbu dodávané jednotlivo, prípadne ako prefabrikovaný systém. Vzhľadom na fakt, že nie je možné zabezpečiť úplnú ochranu geosyntetickej výstuže tvoriacej obalované čelo pred poveternostnými podmienkami, musí dodávateľ preukázať jej odolnosť voči UV žiareniu a poveternostným podmienkam pre návrhovú životnosť podľa STN EN 12224.
- **bez obalenia líca** - oceľovou zváranou sieťou zostavenou na stavbe do požadovaného sklonu, prípadne vopred vytvarovanou. Zváraná sieť tvorí nosnú statickú časť vystuženej horninovej konštrukcie. Vodorovné výstuže sú spojené s lícovým prvkom certifikovaným spojom. Dodávateľ musí dokladovať pevnosť a životnosť spoja realizovanými skúškami. Minimálny priemer drôtu zváranej siete lícového prvku je 5 mm. Požiadavky na materiálové charakteristiky a povrchovú ochranu oceleového drôtu vzhľadom na návrhovú životnosť sú definované v kapitole 6.1.1 týchto TKP. Za lícové prvky sa umiestňuje protierózna rohož, aby sa zabránilo vypadávaniu materiálu násypu.

### 3.2.3.3 Naklonený prvok s kamenným lícom

Lícové opevnenie je vytvorené:

- **obalením sypaniny** - prostredníctvom výstuže, ktorá obalí líce každej vrstvy násypu a spojí sa presahom v nasledujúcej vrstve násypu. Pre obalenie líca pri konštrukciách s kamenným lícom sa môžu vzhľadom na ich stálu expozíciu pod UV žiarením a ostatnými poveternostnými podmienkami použiť len prvky z ocelových dvojzákrutových sietí. Geosyntetické výstuže obalujúce líce nie je možné do trvalých konštrukcií zabudovať. Pre dosiahnutie nízkych pretvorení konštrukcie a dodržaniu predpísaných tolerancií sa v lícovej časti umiestňuje ocelová zváraná sieť vopred vytvarovaná do požadovaného sklonu, prípadne zostavená na stavbe. Minimálny priemer drôtu zvárannej siete je 5 mm, povrchová ochrana Zn90%/Al10% alebo ekvivalentná progresívna povrchová ochrana nános Trieda A. Za lícové prvky sa umiestňuje kamenná výplň. Požiadavky na kamennú výplň sú uvedené v tabuľke 8. Jednotlivé komponenty môžu byť na stavbu dodávané jednotlivo, prípadne ako prefabrikovaný systém.
- **bez obalenia líca** - ocelovou zváranou sieťou zostavenou na stavbe do požadovaného sklonu, prípadne vopred vytvarovanou. Zváraná sieť tvorí nosnú statickú časť vystuženej horninovej konštrukcie. Vodorovné výstuže sú spojené s lícovým prvkom certifikovaným spojom. Dodávateľ musí dokladovať pevnosť a životnosť spoja realizovanými skúškami. Minimálny priemer drôtu zvárannej siete lícového prvku je 5 mm. Požiadavky na materiálové charakteristiky a povrchovú ochranu ocelového drôtu vzhľadom na návrhovú životnosť sú definované v kapitole 6.1.1 týchto TKP.

### 3.2.4 Vykonávanie prác

Vykonávanie prác je podrobne opísané v kapitole 3.1.4 týchto TKP.

### 3.2.5 Preberanie a kontrola kvality materiálov

Preberanie a kontrola kvality materiálov je podrobne opísaná v kapitole 3.1.5 týchto TKP. Vertikálny lícový prvok alebo naklonený prvok s vegetačným a kamenným lícom musí mať povrchovú ochranu v takom rozsahu, aby spĺňal požiadavky projektu na životnosť a trvanlivosť konštrukcie.

### 3.2.6 Skladovanie a manipulácia

Skladovanie a manipulácia je podrobne opísaná v kapitole 3.1.6 týchto TKP.

### 3.2.7 Príprava staveniska

Príprava staveniska je podrobne opísaná v kapitole 3.1.7 týchto TKP.

### 3.2.8 Ukladanie výstužných prvkov

Ukladanie vodorovných výstužných prvkov je podrobne opísané v kapitole 3.1.8 týchto TKP.

Stabilita lícových prvkov v každej fáze výstavby musí byť zaistená pri navázaní a hutnení ďalších vrstiev sypaniny za lícom. V prípade potreby na zaistenie lícového opevnenia sa musia zabezpečiť dočasné podporné konštrukcie.

V každej fáze výstavby je potrebné zaistiť, aby bol konečný tvar konštrukcie v predpísaných medziach v súlade s projektovou dokumentáciou. Montáž a plnenie lícových gabiónových košov je opísané v kapitole 6 týchto TKP. Montáž ostatných typov lícového opevnenia musí byť vykonaná v súlade s PD a technologickým postupom výrobcu.

### 3.2.9 Navážanie a zhutňovanie sypaniny

Navážanie a zhutňovanie zeminy je podrobne opísané v kapitole 3.1.9 týchto TKP.

### 3.2.10 Úprava povrchu svahu násypu

Konštrukčný systém strmých svahov musí poskytovať vhodné podmienky na založenie, rast a dlhodobé udržiavanie „zelenej“ vegetácie v súlade s dokumentáciou stavby a požiadavkami v [T2]. V miestach kde je nedostatok slnečného žiarenia (oblasti pod mostami a pod.) sa môže líce vyplniť kameňom.

Pri návrhu vegetačného krytu sa musia brať do úvahy klimatické a miestne podmienky (ako sú umiestnenie stavby, svetové strany, orientácia, nadmorská výška, množstvo a frekvencia zrážok) spoločne so sklonom svahu, pretože tieto údaje môžu ovplyvniť voľbu:

- vhodnej zeminy na líci svahu,
- vhodného osiva alebo druhu rastlín,
- vhodnej metódy výsadby zelene alebo nutnosť umelého zavlažovania.

V prípade vystužených strmých svahov s kamenným lícom je čelo bezúdržbové.

### 3.3 Vystužené oporné múry a vystužené mostné opory a krídla

Vystužené múry sú vystužené horninové konštrukcie tvorené tuhým, polotuhým alebo poddajným lícom v sklone 70° až 90°. Vystužené mostné opory a krídla sú tvorené ako oporné múry s obvykle tuhým alebo polotuhým lícom v sklone 70° až 90° od horizontály a tvoria nosnú konštrukciu mostných prahov krajných mostných opôr alebo ich krídla.

Výstuž vo vystuženej mostnej opore pôsobí primárne ako kotva. Je ukotvená v bloku vystuženej zeminy za potenciálnou šmykovou plochou. Výstuž spolu so sypaninou tvorí blok vystuženej zeminy, ktorý musí mať dostatočnú šírku a tvar, aby bol stabilný a preniesol všetky vonkajšie zaťaženia, najmä od mostného prahu.

Vystužené múry, mostné opory a krídla patria medzi náročné vystužené horninové konštrukcie. Skladajú sa zo 4 hlavných prvkov:

- sypaniny,
- výstužných prvkov,
- pohľadových prvkov na povrchu konštrukcie – lícového opevnenia,
- spojovacieho prvku, ktorý spája výstužný prvok a lícové opevnenie.

Vzhľadom na význam, trvanlivosť a životnosť, každá vystužená horninová konštrukcia musí byť uceleným konštrukčným certifikovaným systémom navrhnutým a posúdeným autorizovaným projektantom. Pod termínom certifikovaný systém sa rozumie ucelený systém, v ktorom sú definované parametre výstužných a lícových prvkov ako aj ich vzájomné spojenie, a ktorý je možné navrhnuť na základe posúdenia krátkodobých a dlhodobých návrhových parametrov s ohľadom na účel, umiestnenie, význam a životnosť konštrukcie ako celku.

Certifikácia systému musí byť spracovaná na základe harmonizovaných technických noriem, Európskeho hodnotiaceho dokumentu EAD alebo Slovenského technického posúdenia spracovaného nezávislou akreditovanou inštitúciou.

Návrh konštrukcie a statický posudok musí byť súčasťou PD. Dodávateľ musí deklarovať parametre výstužných a lícových prvkov v zmysle požiadaviek príslušných predpisov a noriem, ktoré sú definované pre jednotlivé komponenty týchto konštrukcií v týchto TKP. Taktiež je dodávateľ povinný deklarovať parametre pevnosti spoja výstuže a lícového prvku, tak aby mal použitý systém preukázateľné a overiteľné pevnostné parametre s ohľadom na životnosť a okrajové podmienky.

#### 3.3.1 Sypanina

Sypanina je podrobne opísaná v kapitole 3.1.1 týchto TKP. Vzhľadom na náročnosť a vysoké namáhanie tohto typu konštrukcií v kombinácii s tuhým alebo polotuhým lícom sa do vystuženej oblasti môžu použiť len sypaniny typu 1 a 2 uvedené v tabuľke 1.

#### 3.3.2 Výstužné prvky

Výstužné prvky sú podrobne opísané v kapitole 3.1.2 týchto TKP.

#### 3.3.3 Systém lícového opevnenia

Lícové opevnenie slúži na zadržanie zeminy medzi vodorovnými výstužnými prvkami, má nosnú, estetickú hodnotu a slúži na protieróziu ochranu povrchu konštrukcie. Všetky komponenty vystuženej horninovej konštrukcie so statickou funkciou musia mať životnosť, ktorú má samotné teleso násypu a príslušné konštrukcie. Návrhová životnosť konštrukcií je definovaná v zmysle STN EN 1990, prípadne definovaná objednávateľom.

Prvky lícového opevnenia musia byť v súlade s STN EN 14475 a požiadavkami PD.

V závislosti od poddajnosti lícových prvkov sa delia lícové opevnenia na:

- tuhé - betónové panely na plnú výšku, betónové tvarovky,
- polotuhé - betónové panely na čiastočnú výšku, so stlačiteľnými podložkami a kĺbovými spojmi, vytvárajúce polotuhé konštrukcie lícového opevnenia,
- poddajné - gabiónový koš, naklonený prvok s kamenným lícom.

Pri betónových prvkoch je pri spracovaní projektovej dokumentácie stavby nutné dodržať požiadavky vyplývajúce z hodnotenia stupňa agresivity prostredia vo vzťahu k podmienkam prostredia podľa [T10], [T8] a STN EN 206+A2 klasifikujúcej chemické agresívne prostredia. Vzhľadom na toto hodnotenie sa určí spôsob primárnej ochrany betónových konštrukcií proti korózii, spočívajúcej v zabezpečení trvanlivosti betónu podľa STN EN 206+A2 a vhodnými konštrukčnými úpravami alebo v prípade chemického agresívneho prostredia aj o následnej sekundárnej ochrane, spočívajúcej vo vytvorení ochrannej povrchovej úpravy betónu (ochrannou impregnáciou, ochrannými nástrekmi, nátermi, povlakmi, obkladmi a pod.).

Náter rubu lícového opevnenia z prefabrikovaných betónových prvkov hydrofóbnymi nátermi sa neodporúča, pretože môže dôjsť k negatívnemu účinku na geosyntetické výstužné prvky.

Pri vertikálnych lícových prvkoch z dvojjákrutovej alebo zváratej siete (gabiónov) je pri spracovaní projektovej PD stavby nutné dodržať požiadavky vyplývajúce z hodnotenia stupňa agresivity vzdušného a horninového prostredia a požiadavky na životnosť vo vzťahu k podmienkam prostredia podrobne opísanými v kapitole 6.1.1 týchto TKP.

### 3.3.3.1 Tuhé lícové prvky

Tuhé lícové prvky sú obyčajne vyrobené z nevystužených alebo vystužených betónových prefabrikátov.

Medzi tuhé lícové prvky patria:

- **panely na plnú výšku**, sú vyrobené na požadovanú celkovú výšku, šírka je obyčajne v rozsahu 1 m až 3 m, hrúbka je v rozsahu 100 mm až 200 mm. Na vystuženie sa používajú geomreže, prípadne geopásky. Väčšinou sa používajú pre zvislé steny, priame alebo zakrivené mostné opory. Vysoký pomer výšky a šírky dáva panelu malú toleranciu k rozdielnemu sadaniu v priečnom a pozdĺžnom smere, preto tieto konštrukcie nie sú vhodné pre múry väčších dĺžok a v lokalitách s nehomogénnym podložím. Veľké rozmery panelov umožňujú dosiahnuť vysokú rýchlosť výstavby.
- **betónové tvarovky**, taktiež nazývané segmentové bloky. Tvarovky môžu byť plné alebo s dutým jadrom, výšky od 150 mm do 250 mm, lícová strana má obyčajne dĺžku od 200 mm do 500 mm. Bloky sú kladené vo vodorovných vrstvách v usporiadaní tehlového muriva bez stlačiteľnej výplne na vodorovných stykoch. Výstuž je umiestnená medzi jednotlivými blokmi a uchytená pomocou spojovacieho prvku tvoreného polymérovým konektorom, ktorý sa vkladá do drážky alebo otvoru v tvarovke.

Tieto prvky sa väčšinou používajú pre priame alebo zakrivené zvislé alebo mierne uklonené steny s možnosťou členenia a mostné opory. Vzhľadom na malú veľkosť tvaroviek sú vhodné predovšetkým pre múry so zložitým geometrickým tvarom. Odolnosť systému betónových tvaroviek proti rozdielom sadania v pozdĺžnom smere je obmedzená, čo spôsobuje malá veľkosť tvaroviek a absencia stlačiteľných podložiek medzi nimi.

Z toho dôvodu sa môžu navrhovať a realizovať len pri konštrukciách, kde je zabezpečené veľmi malé nerovnomerné sadanie (založenie na skalnom podklade, alebo hĺbkovom základe). Taktiež je potrebné aby projektant v PD posúdil nerovnomerné sadanie líca a vystuženého násypu v priečnom smere.

### 3.3.3.2 Polotuhé lícové prvky

Polotuhé lícové prvky sú podobne ako tuhé prvky vyrobené z betónových prefabrikátov. Medzi polotuhé panely patria hlavne panely na čiastočnú výšku.

Panely na čiastočnú výšku majú rôznu výšku v rozmedzí od 1 m do 2 m a hrúbku od 100 mm do 200 mm. Panely môžu mať rôzne tvary, na vystuženie sa najčastejšie používajú polymérové alebo oceľové geopásky, geomreže, ktoré sú spojené s panelom pomocou úchytu ukotveného v zadnej strane panelu alebo sú zabetónované priamo v panely. Okraje sú obyčajne opatrené perom a drážkou, jednotlivé panely sú vo vodorovnom smere navzájom oddelené gumovými podložkami.

Tieto panely sa väčšinou používajú pre priame alebo zakrivené zvislé steny s možnosťou členenia a mostné opory. Pomer výšky a šírky panelu v kombinácii s gumovými podložkami dáva systému dobré kĺbové usporiadanie. Z toho vyplýva významná tolerancia k rozdielnemu sadaniu v pozdĺžnom smere zvlášť, ak pomer výšky a šírky panelu je blízky jednej.

### 3.3.3.3 Poddajné lícové prvky

Medzi poddajné lícové prvky oporných vystužených múrov patria vertikálne lícové prvky z dvojzákrutovej alebo zvaranej siete (gabiónov). Vlastnosti a typy materiálov sú podrobne opísané v kapitole 3.2.3.1 týchto TKP.

### 3.3.3.4 Spojovacie prvky

Spojovací prvok trvalej vystuženej opornej konštrukcie s tuhým alebo polotuhým zvislým lícom slúži na spojenie výstuže a lícového opevnenia. Spojovací prvok sa používa vtedy, keď sú lícové opevnenie a výstuž oddelené a je nutné ich spojiť.

Môže byť umiestnený napr.:

- v drážke alebo otvore tvarovky (polymérový pozdĺžny konektor, kolík),
- v zadnej strane prefabrikátu (polymérový alebo oceľový úchyt),
- kombinácie uvedených typov.

Spoj medzi vodorovnými výstuhami a lícovým prvkom musí byť dostatočne únosný v zmysle požiadaviek PD. Dodávateľ alebo výrobca výstužného systému musí deklarovat' pevnosť a životnosť spoja realizovanými skúškami. Systém spojenia medzi lícovým opevnením a výstužnými prvkami musí byť súčasťou certifikovaného systému.

### 3.3.4 Vykonávanie prác

Zhotoviteľ na základe vlastných skúšok, znalostí, skúseností a podkladov od dodávateľa výstužného systému vypracuje technologický postup, ktorý autorizuje projektant a schvaľuje objednávateľ. Faktory ovplyvňujúce výstavbu a splnenie TKP vystužených horninových konštrukcií, zhotoviteľ zohľadní v technologickom postupe. Ide najmä o:

- preberanie a kontrolu materiálov a výrobkov,
- skladovanie a manipuláciu s materiálmi a výrobkami,
- prípravu a odvodnenie staveniska,
- úpravu podložia násypu,
- realizáciu základu pod lícovým opevnením,
- spôsob inštalácie lícového opevnenia,
- kontrolu tvaru líca konštrukcie,
- výber, dopravu, navážanie a zhutňovanie násypového materiálu,
- ukladanie a zabudovanie výstuže,
- odvodnenie násypu,
- miestne podmienky výstavby,
- rýchlosť výstavby,
- klimatické podmienky.

### 3.3.5 Preberanie a kontrola kvality materiálov

Preberanie a kontrola kvality geosyntetických a kovových materiálov je podrobne opísaná v kapitole 3.1.5 týchto TKP. Vystužené oporné múry a mostné opory s tuhými a polotuhými lícovými prvkami musia byť certifikované ako systém, ktorý zahŕňa lícové prvky, výstuž a spoj výstuže a príslušného lícového prvku.

### 3.3.6 Skladovanie a manipulácia

Skladovanie a manipulácia je podrobne opísaná v kapitole 3.1.6 týchto TKP.

### 3.3.7 Príprava staveniska

Príprava staveniska je podrobne opísaná v kapitole 3.1.7 týchto TKP.

Pri vystuženej horninovej konštrukcii s tuhým alebo polotuhým lícovým prvkom sa vyhlíbi rovná alebo stupňovitá ryha na úrovni základov na vytvorenie vyrovnávacieho podkladu pod lícové opevnenie. Tento

vyrovnávací podklad nemá statickú funkciu, ale ide iba o vyrovnávací podklad na zjednodušenie uloženia a montáže lícových prvkov. Zvyčajne sa používa tenká vrstva nevystuženého betónu umiestneného v nezámrznej hĺbke. Vzhľadom na nerovnomerné sadanie lícového opevnenia a násypovej časti vystuženej konštrukcie sa lícové opevnenie nesmie zakladať priamo na tuhom základovom prvku (napr. pilóty, kotvený múr).

### 3.3.8 Ukladanie výstužných prvkov a lícového opevnenia

Ukladanie vodorovných plošných výstužných prvkov je podrobne opísané v kapitole 3.1.8 týchto TKP.

Lineárne výstužné prvky – geopásky sa obvykle navzájom spájajú s cieľom vytvoriť nekonečný pás. Ten sa následne prevlieka cez úchyty umiestnené v rubovej časti lícového opevnenia. Na druhej strane vystuženej oblasti sa geopás prevlieka cez konštrukčný úchyt, ktorý slúži na zabezpečenie polohy geopásky a jeho napnutie. Geopásky sa prípadne kotvia samostatne bez použitia konštrukčného úchyty. Pre tuhé a polotuhé lícové opevnenia sa musia zabezpečiť dočasné podporné konštrukcie, ako sú opory, klíny, svorky, debnenie a pod. V každej fáze výstavby musí byť zaistená stabilita novej vrstvy lícových prvkov pri navázaní a hutnení ďalších vrstiev sypaniny za lícom.

Prefabrikáty na plnú výšku sa podopierajú dočasnou podpornou konštrukciou. Montáž, umiestnenie a demontáž jednotlivých prvkov podpornej konštrukcie sa vykonáva presne podľa inštrukcií dodávateľa oporného systému. Panely na čiastočnú výšku a malé tvarovky sa ukladajú väčšinou bez vonkajšej podpernej konštrukcie. Ukladajú sa po etážach na výšku stanovenú dodávateľom oporného systému. Pri ukladaní menších tvaroviek sa prísne dodržiava poloha výstuže a zvislá vzdialenosť medzi výstužami.

V každej fáze výstavby je potrebné zaistiť, aby bol konečný tvar konštrukcie v predpísaných medziach v súlade s PD. Pri stavbe sa preto upravujú prvky lícového opevnenia do požadovaného vodorovného a zvislého usporiadania vrátane mierneho sklonu smerom do konštrukcie, ktorý ma kompenzovať očakávanú postupnú deformáciu samotnej vystuženej horninovej konštrukcie pri aktivácii ťahových síl vo výstuži.

Rímsovú a iné pomocné betónové konštrukcie v korune vystužených múrov a opôr je možné realizovať až po prebehnutí konsolidácie násypového telesa. Zábradelné zvodidlá, protihlukové steny a iné zabezpečovacie prvky cestného telesa musia byť založené na samostatnom základe, ktorý je posudzovaný ako nezávislá konštrukcia. Montáž a plnenie lícových gabiónových košov je opísané v kapitole 6 týchto TKP. Montáž jednotlivých typov lícového opevnenia musí byť vykonaná v súlade s PD a technologickým postupom výrobcu.

### 3.3.9 Naváhanie a zhutňovanie sypaniny

Naváhanie a zhutňovanie sypaniny je podrobne opísané v kapitole 3.1.9 týchto TKP.

Na vystužené mostné opory sú kladené prísnejšie požiadavky ako na vystužené oporné múry, a preto sa musí rešpektovať niekoľko odlišností. Na zásyp bloku vystuženej zeminy sa použije vysokokvalitné drvené kamenivo, ktorého kvalita sa musí prísne kontrolovať a dodržať. Zvýšená úroveň kontroly, dozoru, monitoringu a skúšania musí byť v súlade s týmto typom opornej konštrukcie a požiadaviek dokumentácie.

Za rubom tuhých a polotuhých lícových prvkov vystužených oporných konštrukcií je potrebné zrealizovať súvislú vertikálnu drenážnu vrstvu zo štrku frakcie (8-16) mm alebo (16-32) mm s minimálnou hrúbkou 0,3 m, optimálne 0,5 m. Drenážna vrstva sa zriaďuje aj za blokom vystuženej konštrukcie a pôvodným terénom. Drenážne vrstvy slúžia na rýchle odvedenie vody z telesa násypu a zabezpečujú optimálne zhutnenie sypaniny za rubom lícových prvkov.

Ak sa požaduje úprava škáry medzi lícovými prvkami, musí byť jeho špecifikácia v dokumentácii alebo ZTKP. Obvykle sa používajú pásy geotextílie upevnené na zadnú stranu škáry, pásy z polyuretánovej peny a pod.

### 3.3.10 Úprava povrchu vystuženého múru a mostných opôr

Systémy tuhých a polotuhých betónových lícových prvkov je možné vyhotoviť v rôznych povrchových prevedeniach. Do foriem pri výrobe panelov je možné vložiť matrice, ktoré dajú jednotlivým panelom špecifický vzhľad, prípadne sa môžu panely nechať hladké. Do foriem môžu byť taktiež vložené štiepané obkladové kamene.

Betónové tvarovky sa najčastejšie robia so štiepanou povrchovou úpravou v rôznych farebných prevedeniach. Jednotlivé povrchové úpravy musia byť vyrobené v súlade s PD a odsúhlasené objednávateľom.

### 3.4 Preukazné skúšky a kontrola

Preukazné skúšky sa delia na skúšky jednotlivých materiálov, t.j. skúšky sypanín a geosyntetických, prípadne ocelových výstuží a skúšky spojenia výstuž/lícové opevnenie.

#### 3.4.1 Sypanina

Pred začatím zemných prác musia byť zistené kvalitatívne charakteristiky sypaniny s cieľom preukázania vhodnosti ich použitia v stavebnej konštrukcii. Preukazné skúšky musí vykonávať laboratórium s príslušnou spôsobilosťou, podľa zákona [Z6]. V súlade s [T8] sa preukazné skúšky zemín a hornín vykonávajú pri geotechnickom prieskume pre dokumentáciu stavby. Zhotoviteľ je povinný overiť si vlastnosti zemín a hornín a ich využiteľné množstvo pre stavbu pri spracovaní DRS.

Podmienky odberu vzoriek a kontrolné skúšky zemín, kamenitej sypaniny a druhotných materiálov sú definované v [T7]. Na spresnenie požiadaviek na skúšanie druhotných materiálov (popolček, troska, výsypky, a pod.) sa musia vypracovať ZTKP. Pokiaľ PD alebo ZTKP nestanovujú inak, v zmysle STN 73 6133 a [T7] sa vykoná na každej zhutnenej výstužnej vrstve zeminy kontrolná zaťažovacia skúška na určenie miery zhutnenia vrstvy. Pre kontrolu miery zhutnenia sa použijú priame alebo nepriame metódy (dynamická alebo statická zaťažovacia skúška, rádiometrické metódy a iné). Početnosť skúšok je uvedená v tabuľke 1 [T7] a parametre zhutnenia podľa STN 73 6133 tabuľky 10.

Pri vystužených strmých svahoch a oporných múroch sa spolupôsobenie zeminy a výstužného prvku zisťuje krabicovými šmykovými skúškami. Pre každý druh sypaniny sa musí vykonať minimálne 1 skúška, ktorou sa overia geomechanické charakteristiky sypaniny (uhol vnútorného trenia, kohézia, objemová hmotnosť, deformačné charakteristiky a iné). Charakteristiky výstuže v kontakte s rôznymi horninami sa extrapolujú z údajov, ktoré poskytuje dodávateľ výstuže.

Požiadavka na vykonanie monitoringu vystuženej horninovej konštrukcie musí byť zakotvená v PD stavby, vrátane návrhu alebo odporúčania metódy sledovania deformácií v súlade s [T11]. Pri vystužených horninových konštrukciách sa meria hlavne sadanie podložia, pohyb vystuženého telesa vo vodorovnom a zvislom smere. Výsledky meraní slúžia najmä na prijatie príslušných opatrení v priebehu sypania násypu, na zabezpečenie stability alebo použiteľnosti násypu. Slúžia tiež na posúdenie presnosti výpočtu, správnosti použitej metódy a vstupných parametrov.

#### 3.4.2 Výstužné prvky

Skúšky typu sa delia na skúšky jednotlivých materiálov, t. j. skúšky zemín a geosyntetických, prípadne ocelových výstuží, skúšky spojenia výstuž/lícové opevnenie. Preukazné skúšky musí vykonávať laboratórium s príslušnou spôsobilosťou, podľa [Z6].

Geosyntetické výstužné prvky musia byť z materiálov, ktoré nepodliehajú degradácii v zemnom prostredí. Použitie výrobkov z nechráneného polyesteru v zemine alebo v dosahu pôsobenia vody s pH vyšším ako 9 je treba vylúčiť. Polyesterové výrobky sa neodporúča používať na miestach, kde prichádzajú do styku s vápnom alebo hydraulickými spojivami, ktoré sa používajú na zlepšovanie zemín (stabilizáciu). Polyesterové materiály sa tiež nemajú používať pri kontakte s betónom a nesmú sa zabetónovať do betónových prvkov. Pri spájaní výrobkov z polyetylénu a polypropylénu treba uvážiť negatívny účinok ocelových spôn, lebo v miestach spojov dochádza k oxidácii.

Pred zahájením prác predloží zhotoviteľ objednávateľovi údaje o druhu výrobku spolu s výsledkami preukazných skúšok výstužných materiálov. Skúšky typu geosyntetických výrobkov do vystužených horninových oporných konštrukcií sú v tabuľke 2. Všetky skúšky musia byť vykonané na vzorke z jedného kusu (rolky). Protokol o skúške nesmie byť starší ako 2 roky.

Pre ocelové výstužné prvky platia ustanovenia v kapitole 6.1.6.1 týchto TKP.

Prvky lícového opevnenia musia kvalitou materiálu zodpovedať príslušným normám, technickým špecifikáciám a predpisom. Na betónové prvky platia príslušné ustanovenia [T10] a STN EN 206+A2, na gabiónové lícové opevnenia a zvárané panely v čele vystužených strmých svahov platia ustanovenia v kapitole 6.1.1. týchto TKP.

Tabuľka 2 - Skúšky typu geosyntetických výstuží do vystužených horninových oporných konštrukcií

Charakteristika	Skúšobná norma
Ťahová pevnosť	STN EN ISO 10319
Pomerné predĺženie	STN EN ISO 10319
Ťahové plastické tečenie ( <i>creep</i> )	STN EN ISO 13431
Odolnosť proti statickému pretláčaniu (hodnota CBR) - geotextílie	STN EN ISO 12236
Skúška pevnosti v ťahu spojov v zmysle (pre tuhé geomreže)	STN EN ISO 10321
Poškodenie pri ukladaní	STN EN ISO 10722
Trvanlivosť	STN EN ISO 13438

V prípade použitia iných prvkov sa musia požiadavky na materiál uviesť v dokumentácii alebo ZTKP.

### 3.4.3 Odber vzoriek a kontrolné skúšky

Odbery vzoriek geosyntetickej výstuže na kontrolné skúšky sa riadia zásadami v STN EN ISO 9862 a týchto TKP. Každý súbor kontrolných skúšok podľa tabuľky 3 sa musí vykonať na vzorke odobratej z jednej roľky. Výber roľky pre odber vzorky materiálu môže spresniť stavebný dozor. Kontrolné skúšky sa vykonávajú podľa noriem a predpisov uvedených v tabuľke 2. Počet skúšok uvádza tabuľka 3. Požadované minimálne hodnoty sú stanovené v PD.

Tabuľka 3 - Kontrolné skúšky výstužných materiálov do vystužených oporných konštrukcií a geosyntetiky do vystužených podkladových vrstiev.

Skúška	Počet meraní
Pevnosť v ťahu a pomerné predĺženie	5 x pozdĺžne na 10 000 m <sup>2</sup> 5 x priečne na 10 000 m <sup>2</sup>
<i>Poznámka:</i> Uvedené počty skúšok platia pri ploche zabudovaných výstuží väčšej ako 20 000 m <sup>2</sup> . Ak je celková plocha zabudovaných výstuží menšia ako 20 000 m <sup>2</sup> , je množstvo kontrolných skúšok minimálne dvojnásobné pre plochy uvedené v tabuľke 3.	

Ak PD alebo ZTKP nestanoví inak, vykoná sa na každých 5 000 m<sup>2</sup> zhutnenej vrstvy vystuženej zeminy 1 kontrolná skúška statickou zaťažovacou doskou podľa STN 73 6133.

Pri jednoosových geomrežiach je postačujúce dokladovať skúšky v hlavnom smere namáhania.

### 3.4.4 Prípustné odchýlky

Tolerance vybraných charakteristík jednotlivých vystužených oporných horninových konštrukcií sú tabuľke 4 v zmysle STN EN 14475.

Tabuľka 4 - Tolerance vybraných charakteristík aplikované na vystužené oporné systémy

Vystužená horninová konštrukcia	Opis lícového opevnenia	Rovnosť povrchu konštrukcie	Nerovnomerné sadanie v pozdĺžnom smere	Zvislá stlačiteľnosť
		(mm)	%	%
Vystužený oporný múr, vystužená mostná opora	Panely na plnú výšku	± 25	≤ 0,5	0
	Panely na čiastočnú výšku	± 25	~ 1	~ 1
	Tvarovky	± 50	~ 0,5	0
	Gabiónové koše	± 100	~ 2	~ 5

Vystužený strmý svah	Obaľované čelo s oceleovou zväranou sieťou	$\pm 100$	$\sim 2$	$\sim 5$
Vystužený strmý svah Vystužený násyp	Obaľované čelo bez debnenia	$\pm 100$	$\sim 5$	$> 10$
<p><i>Poznámka:</i> Rovinatosť pri meraní 4 m dlhou latou prikladanou na vonkajšiu stranu líca steny, nerovnomerné sadanie vypočítané vzťahom: <math>\Delta s/\Delta l</math>; zvislá stlačiteľnosť vypočítaná vzťahom: <math>\Delta h/h</math>.</p>				

Konštrukcie z vystužených hornín sú do určitej miery poddajné a je bežné, že sa počas výstavby a dokončení stavby môžu čiastočne dotvarovať. Miera dotvarovania je ovplyvnená typom a tuhosťou lícového prvku, druhom sypaniny, spôsobom hutnenia, sadaním podložja, poveternostnými podmienkami počas výstavby konštrukcie a inými.

V každej fáze výstavby je potrebné priebežne monitorovať a zaistiť, aby bol konečný tvar konštrukcie v predpísaných medziach v súlade s návrhom. Pri prekročení stanovených deformácií líca konštrukcie je potrebné stanoviť pôvod deformácie a zvýšiť frekvenciu monitorovania aby bolo možné stanoviť, či sú deformácie konštrukcie ustálené a konštrukcia je zo stabilného hľadiska v poriadku.

### 3.4.5 Meranie výmer

- Jednotkou na meranie množstva výkopu v trase a v zemníku je  $m^3$ ; zmenu kubatúry oproti PD odsúhlasuje objednávateľ na základe zamerania existujúceho stavu terénu rozdielneho oproti predpokladom,
- objem požadovanej vystuženej horninovej konštrukcie v  $m^3$ ,
- ako prostý betón sa uvažuje taktiež betón, v ktorom je zabudovaná len pomocná výstuž (nie konštrukčne alebo staticky nutná),
- hmotnosť konštrukčnej a staticky potrebnej betonárskej výstuže v tonách,
- počet kusov roliek výstuže a plocha výstuže v  $m^2$ ,
- počet kusov lícových prefabrikátov, dielcov, prvkov alebo tvaroviek a plocha v  $m^2$ ,
- počet kusov spojovacích konektorov,
- objem požadovanej gabiónovej konštrukcie v  $m^3$ ,
- počet kusov odsúhlasených iných prvkov podľa dokumentácie.

### 3.5 Odsúhlasenie a prevzatie prác

Po dokončení jednotlivých úsekov vystužených horninových konštrukcií vykoná zhotoviteľ ich konečné geodetické zameranie v nadväznosti na odovzdané vytyčenie. Odsúhlasenie a prevzatie dokončených úsekov vystužených horninových konštrukcií presne podľa vopred odsúhlasenej PD sa vykonáva podľa [T7]. Okrem toho musí zhotoviteľ zhromaždiť doklady o dodaných výstužných prvkoch, výmere a výškových úrovniach zabudovaných výstužových prvkov, spôsobe spájania jednotlivých pásov, smeru ukladania, presahu a pod., vrátane všetkých dokladov kvality a protokolov o prevedených skúškach. So žiadosťou o zahájenie preberacieho konania zhotoviteľ vypracuje, na základe všetkých horeuvedených dokumentov, správu o hodnotení kvality diela a dokumentáciu skutočného zhotovenia. Jednu sadu pripraví na odovzdanie.

Pri konečnom prevzatí sa zhodnotí skutočné vyhotovenie a porovná sa s požiadavkami dokumentácie, TKP, ZTKP a inštrukciami stavebného dozoru. O konečnom prevzatí sa spíše protokol o odovzdaní a prevzatí prác s prípadným návrhom na zrážky z ceny, predĺžení záruky alebo iné opatrenia.

## 4 Vystužené podkladové vrstvy a vystužené bázy násypových telies

Skladajú sa zvyčajne z dvoch komponentov:

- sypaniny,
- geosyntetiky.

Vystužené podkladové vrstvy sú vodorovné, relatívne tenké vrstvy v rôznych typoch stavieb vystužené alebo stabilizované geosyntetikou. V cestných komunikáciách (diaľnice, cesty, miestne a mestské komunikácie) ako aj spevnených plochách vylepšujú vystužené podkladové vrstvy málo únosné podložja. Geosyntetická výstuž musí nielen zabezpečiť požadovanú vyššiu deformačnú odolnosť na povrchu vystuženej alebo stabilizovanej podkladovej vrstvy, ale aj zabrániť jej nerovnomernému sadaniu. Geosyntetická výstuž má zabrániť vodorovnému a zvislému pohybu častíc sypaniny

v podkladovej vrstve vplyvom zaťaženia od cestných vozidiel, a preto by mala pôsobiť ako spriahnutá výstuž, kde funkčnosť zabezpečuje zaklínenie sypaniny do otvorov plošnej geosyntetiky (geomreže) a v bunkách priestorovej geosyntetiky (geobunky).

Vystužené bázy násypových telies (základne) prevažne vyšších násypov, zakladaných na málo únosných podlahách sú konštrukcie, kde geosyntetická výstuž zabezpečuje kontrolu nerovnomerného sadania a dlhodobú stabilitu konštrukcie. Násyp môže byť zakladaný iba s výstužnou geosyntetikou v báze, alebo v kombinácii výstužnej geosyntetiky a zvislých nosných prvkov (pilóty, štrkové pilóty a iné).

#### 4.1 Sypanina

Do vystuženej podkladovej vrstvy sa používa sypký materiál bez hlinitých, ílovitých alebo organických častíc. Materiál má mať plynulú krivku zrnitosti a musí vyhovovať požiadavkám uvedeným v [T8].

#### 4.2 Výstužné prvky – geosyntetická výstuž v podkladnej vrstve

Do tenkých vystužených podkladových vrstiev sa používa geosyntetika, a to dvojsové geomreže (so štvorcovým, šesťuholníkovým prípadne iným tvarom oka), geotextílie alebo geokompozity. Obojsmerná ťahová pevnosť geosyntetiky zabezpečuje dosiahnutie požadovaných pevnostných a deformačných charakteristík podkladnej vrstvy predpísanej projektom. Pevnosť a počet vrstiev určuje statický výpočet a požadovaná únosnosť na podkladnej vrstve.

Geosyntetika v tenkej podkladovej vrstve má odlišnú účinnosť a táto účinnosť a stanovené požiadavky na životnosť, funkčnosť, trvanlivosť a deformačnú odolnosť vystuženej podkladovej vrstvy sa berú do úvahy pri výbere geosyntetiky. Pri návrhu vystuženia podkladných vrstiev geosyntetickými materiálmi sa odporúča použitie tuhých extrudovaných PP geomreží pred zváranými geomrežami na báze polyesteru, ktoré sú náchylnejšie na poškodenie pri zabudovaní a vplyvom chemizmu prostredia (hlavne v kombinácii s cementovou alebo vápennou stabilizáciou).

Min. pevnosť výstužných geomreží musí byť 30/30 kN/m, požaduje sa použitie geomreží s pretvorením väčším ako 7 %.

Na vystužovanie podkladnej vrstvy násypového telesa, ale aj na vystužovanie podlahy vozovky, ochrannej a podkladnej vrstvy vozovky je možné použiť geobunky, ktorých štandardný rozsah pevností je (10 – 25) kN/m. Pevnosť a počet vrstiev sa určuje na základe statického výpočtu a požadovaných parametrov vrstvy. Materiálovým charakteristikám a požiadavkám na inštaláciu, skladovanie a kontrolu sa bližšie venuje článok 7.

Na geosyntetickú výstuž do vystužených podkladových vrstiev platia ustanovenia kapitole 3.1.5 týchto TKP o označovaní geosyntetiky dodávanej na stavbu a o povinnosti dodávateľa geosyntetiky poskytovať uvedenú dokumentáciu ku každej dodávke geosyntetiky vrátane výsledkov kontrolných skúšok.

#### 4.3 Výstužné prvky – geosyntetická výstuž v báze násypov

Do vystužených vrstiev položených na betónové pilóty alebo štrkové a kamenné piliere sa ukladá jedna, dve, maximálne tri vrstvy geomreže, ktoré prenášajú zaťaženie od násypu a na násype do vertikálnych prvkov. V závislosti od parametrov podlahy, výšky násypu a rastra zvislých prvkov je navrhovaná pevnosť geomreží. Návrh konštrukcie násypových telies zakladaných na málo únosných podlahách sa navrhuje v zmysle metodiky normy [ZP7] alebo [ZP10].

Dodávateľ výstuže musí deklarovat' parametre výstužných prvkov a deklarovat' parametre krátkodobej a dlhodobej ťahovej pevnosti výstuže, tak aby bolo možné overiť pevnostné parametre výstuží s ohľadom na návrhovú životnosť a okrajové podmienky v zmysle [ZP7] alebo [ZP10] a [ZP11].

Dlhodobá ťahová pevnosť výstužných prvkov vrátane deklarovania čiastkových redukčných súčiniteľov sa stanovuje v zmysle STN 73 3041 alebo aj [ZP8], detailne viď. podkapitola 3.1.2.

V prípade, ak výška násypu a mocnosť neúnosného podlahy to dovoľuje, je možný návrh vysokopevnostnej geosyntetiky aj bez zvislých nosných prvkov. Do základovej škáry násypu sa zvyčajne používajú vysokopevné PET geotextílie, tkané alebo spájané geomreže alebo výstužné geokompozity. Táto geosyntetická výstuž sa ukladá v jednej alebo v niekoľkých vrstvách. Počet vrstiev, zvislú vzdialenosť medzi vrstvami a pevnosť geosyntetiky stanovuje stabilitný výpočet, ktorý je súčasťou PD.

## 5 Klincované svahy

Klincovanie je technický spôsob zaistenia stability zárezového svahu v zeminách alebo poloskalných horninách. Klincovaný svah sa zvyčajne zhotovuje postupne s odkopávaním (tvarovaním) líca svahu. Konštrukcia klincovaného svahu pozostáva z krátkych spravidla ocelových, ťahových prvkov – výstuže, nazývané klince, prípadne cementovej zálievky týchto klincov a zaistenia líca svahu proti vypadávaniu zeminy, zvyčajne striekaným betónom a výstužnou ocelovou sieťou. Povrch svahu je možné upravovať napr. obkladom z betónových prefabrikátov, gabiónov a pod.

Klincovaním sa taktiež zaisťuje stabilita výrubu tunela, prípadne čelba tunela. Klinec je vystužený prvok osadzovaný do horninového masívu zvyčajne subhorizontálne, prípadne kolmo ku sklonu svahu, ktorý mobilizuje odpor zeminy po celej svojej dĺžke. Klince sa osádzajú buď do predvrtaného vrtu a nainjektujú cementovou zmesou, alebo sa klince osadzujú zarážaním, zavibrovaním a pod. Ich sklon je väčšinou kolmý k povrchu svahu. V prípade zvislého výkopu sa vrty pre klince uskutočňujú v sklone 5° až 10° od vodorovnej roviny smerom dole, aby bolo možné vyplniť vrt zálievkou.

Klincované zemné / horninové teleso sa skladá z:

- klincov,
- lícového opevnenia,
- odvodnenia.

Vytvorené výstužné zemné teleso vzdoruje zemnému tlaku, vonkajšiemu zaťaženiu aj povrchovej erózii. V statickom návrhu klincovaného svahu musia byť posúdené medzné stavy konštrukcie.

### 5.1 Materiál pre klincované svahy

#### 5.1.1 Zemina

Klincovaný svah je možné zhotoviť v horninovom prostredí s vhodnými vlastnosťami. Pre klincovanie nie sú vhodné štrkovité a balvanité sedimenty, ílovité zeminy s vysokou plasticitou, mäkkej až tuhej konzistencie, kypré a rovnozrné piesky a spraše. Za nevhodné geologické prostredie sa považuje i veľmi priepustná zemina s vysokou hladinou podzemnej vody a iné nestabilné zeminy s prúdovým tlakom spodnej vody. Spevnenie klincami je možné realizovať i v poloskalných a zvetraných horninách (ílovce, slieňovce, bridlice). Kvalita zemného masívu je posudzovaná podľa výsledkov geologického prieskumu. Ten musí stanoviť podmienky pre vŕtanie (zarážanie) klincov, hydraulické pomery pre návrh hustoty a dĺžky odvodňovacích vrtov.

#### 5.1.2 Klince - výstužné prvky

Klince sú relatívne krátke výstužné zvyčajne ocelové prvky. Majú tvar plných tyčí, rúrok, alebo prútov. Antikorózna ochrana musí zaručiť spoľahlivú funkciu celého systému po celú dobu životnosti stanovenej PD. Použitie iných materiálov ako ocele (napr. laminátov, polymérov, uhlíkových vlákien, atď.) musí byť uvedené v PD stavby, alebo ZTKP. Všetky použité materiály musia byť s ohľadom na predpokladanú trvanlivosť chránené vhodným spôsobom proti korózii. Vyžadované vlastnosti klincov z iných materiálov sa musia vopred definovať v PD. Pevnostné charakteristiky, trvanlivosť spojovacích prvkov a ich ochrana musia byť kompatibilné s výstužovými prvkami. Ochrana proti korózii kovových prvkov musí zohľadňovať agresivitu prostredia, typ klinca, spôsob zaťažovania, druh ocele a vyžadovanú návrhovú životnosť. Kvalita klincov musí byť doložená dokladmi, ktoré predkladá zhotoviteľ stavby objednávateľovi/správčovi stavby pri schvaľovaní dodávateľa klincov. Požiadavky na kvalitu sú určené dokumentáciou stavby a musia spĺňať podmienky týchto TKP a súvisiacich STN.

Bežne sa používa betonárska oceľ, kotevné tyče a pod. V prípade, ak sú ocelové výstužné prvky v priamom kontakte so zeminou (zarážané klince), musia byť odolné voči korózii. Spôsob antikoróznej ochrany, ktorá musí zaručiť spoľahlivú funkciu výstuže po celú dobu životnosti konštrukcie určuje PD stavby.

Plné ocelové tyčové výstužné prvky majú zodpovedať požiadavkám uvedeným v STN EN 10080. Ocelová výstuž tvaru rúrky má zodpovedať požiadavkám uvedeným v súbore STN EN 10210 a v STN EN 10219-1. Za tepla tvarovaná ocelová výstuž má zodpovedať požiadavkám STN EN 10025-1. Výstužný prvok galvanizovaný za tepla, musí spĺňať požiadavky STN EN ISO 1461.

V prípade, ak sa klincovaná konštrukcia nachádza v agresívnom prostredí (účinky rozmrazovacích solí - prostredie C4 a vyššie, agresívna podzemná voda alebo hornina) a nie je možné zabezpečiť dostatočné krytie klincov, resp. klince a platne sú exponované na povrchu (skalné a zemné zárezy

s oceľovými ochrannými sieťami) je pre trvalé konštrukcie požadovaná povrchová ochrana klincov, platní a ostatného príslušenstva formou žiarového zinkovania a prídavným organickým povlakom.

Minimálna lokálna hrúbka zinkovania je 70  $\mu\text{m}$  podľa STN EN ISO 1461 a minimálna lokálna hrúbka poplastovania je 60  $\mu\text{m}$  podľa STN EN 13438. Alternatívne je možné použiť prvky z nehrdzavejúcej ocele v zmysle STN EN 10008-1 alebo materiály z čadičových alebo uhlíkových vlákien.

### 5.1.3 Injektážne zmesi

Injektážne zmesi môžu byť na báze cementu alebo iných materiálov. Výber cementu a zloženie injektážnej zmesi majú zohľadňovať agresivitu prostredia, priepustnosť prostredia a návrhovú životnosť klinca. Cement musí vyhovovať katalógovým listom hydraulických spojív [T13]. Agresivita prostredia sa má stanoviť podľa STN EN 206+A2. Cementové injektážne zmesi majú byť v súlade s STN EN 445, STN EN 446, STN EN 934-1, STN EN 934-4, STN EN 934-5, STN EN 934-6, pričom vodný súčiniteľ sa má zvoliť taký, aby vyhovoval podmienkam horninového prostredia, metóde zhotovovania, trvanlivosti a požiadavke na pevnosť.

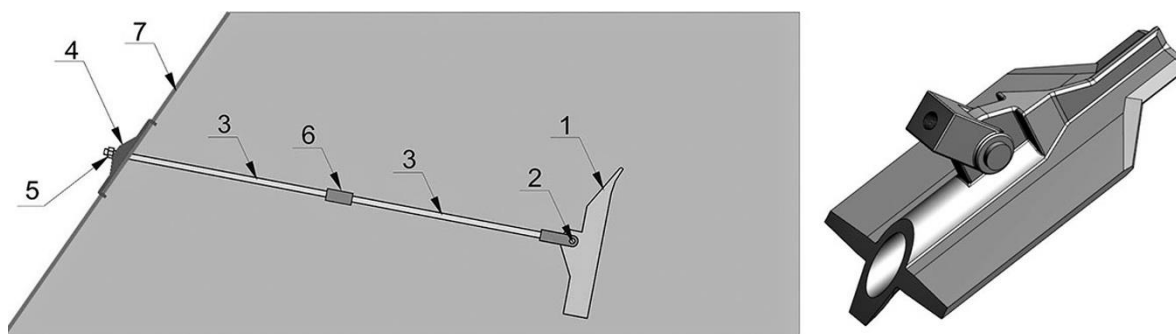
V prípade použitia prísad nesmie dôjsť k negatívnemu vplyvu na výstužný prvok alebo vlastnosti injektážnej zmesi. Prísady nesmú obsahovať viac ako 0,1 % chloridov, síranov alebo dusičnanov. Bežná injektážna zmes musí mať pevnosť v tlaku minimálne 5 MPa pred zaťažením klinca, pričom pevnosť injektážnej zmesi po 28 dňoch musí byť minimálne 15 MPa, ak PD nepredpíše inak. Požiadavky na kontrolu tlakovej pevnosti injektážnej zmesi pri zvolenom tvare skúšobných vzoriek musia byť súčasťou PD.

### 5.1.4 Mechanické zemné kotvy

Úsporu času pri realizácii stabilizácie svahov a fixovania konštrukčných prvkov môžeme doceliť použitím zarážaných mechanických zemných kotiev – príklad je na obrázku 5.

Mechanické kotvy môžeme použiť v prípadoch, kde to geologické pomery dovoľujú. Zarážané sú ručne, alebo pneumatickými kladivami. Ich inštalácia je možná až do dĺžky 15 m v závislosti od odporu prostredia. Sú vyrobené z ťažnej tyče, ktorá je kĺbovo spojená s kotviacou hlavou z žiarovo pozinkovanej ocele. Kĺbové pripojenie kotviacej hlavy s tyčou je realizované cez liatinový spoj so závitom, spojený skrutkou s kotviacou hlavou. Ťažná tyč je závitová priemeru 20 mm s metrickým závitom po celej dĺžke a do kotviacej hlavy je zaskrutkovaná cez liatinový spoj. Kotevnou hlavou je prítlačná doska s maticou. Dĺžka kotiev môže byť ľubovoľná – od 2,0 do 15,0 m. Všetky komponenty mechanickej kotvy musia mať povrchovú ochranu podľa agresivity prostredia a návrhovej životnosti v zmysle STN EN ISO 1461.

Mechanické kotvy sa používajú pri stabilizácii svahov v kombinácii s flexibilným opevnením (napr. vysokopevnostná sieť, príp. geokompozity z oceľovej siete). Ďalšie možnosti použitia predstavuje kotvenie gabiónových konštrukcií, štetovnicových stien, kotvenie nestabilných oporných konštrukcií atď.



Obrázok 5 – Príklad mechanickej zemnej kotvy – kotviaca hlava, 2 – kĺb, 3 – závitová tyč M20, 4 – roznášacia platňa, 5 – poistná matica M20, 6 – konektor M20, 7 – flexibilný obklad (napr. sieť)

### 5.1.5 Líčové opevnenie povrchu klincovaných zemín

Líčové opevnenie svahu je tvorené materiálmi a/alebo prvkami definovanými v PD. Spojenie medzi líčovým opevnením a klincami musí spoľahlivo zaisťovať prenášanie napätia z líca na klince a tolerovať rozdiely v sadaní medzi líčovým opevnením a zeminou.

Najbežnejšie typy lícových opevnení sú panely a bloky, striekaný betón s kamenným obkladom, na mieste vybetónovaná stena, sieť (oceľové alebo geosyntetické). V prípade použitia oceľových a geosyntetických sietí platia ustanovenia kapitoly 3.2.3.

Kvalita lícového opevnenia musí byť doložená dokladmi, ktoré predkladá zhotoviteľ stavby objednávateľovi/správcovi stavby pri schvaľovaní dodávateľa lícového opevnenia. Požiadavky na kvalitu sú určené dokumentáciou stavby a musia spĺňať podmienky súvisiacich STN.

Podľa tuhosti sa rozlišuje lícové opevnenie:

- mäkké, ktoré je tvorené napr. oceľovou sieťou alebo geomrežou, prípadne iba vegetačným pokryvom (má iba protieróznú funkciu),
- poddajné, pre ktoré sa najčastejšie používa oceľová mreža o dostatočnej tuhosti (prenáša osovú a šmykové sily),
- tuhé, ktoré sa robí buď ako:
  - striekaný betón bez oceľovej siete,
  - striekaný betón vystužený oceľovou sieťou,
  - na mieste vytvorená betónová stena alebo stena z betónových prefabrikátov.

Ak sa na úpravu povrchu klincovaného svahu použijú iné materiály (napr. prírodné materiály), majú zodpovedať príslušným predpisom, ak takéto predpisy existujú.

#### 5.1.5.1 Striekaný betón

Zloženie zmesi pre striekaný betón musí byť v zmysle STN EN 14487–1 a súvisiacich článkov [T10]. Minimálna hrúbka vrstvy striekaného betónu pre dočasné konštrukcie je 100 mm. V prípade trvalých konštrukcií sa striekaný betón vystužuje oceľovou sieťou a jeho minimálna hrúbka je 150 mm. Striekaný betón sa nanáša v jednej alebo viacerých vrstvách. Realizácia striekaného betónu musí byť v zmysle STN EN 14487–2.

#### 5.1.5.2 Lícové betónové panely a bloky

Betónové panely majú vyhovovať STN EN 206+A2 a [T10]. Prefabrikované panely majú byť zhotovené z betónu triedy C 30/37. Oceľ pre vystužené betónové panely musí spĺňať požiadavky STN EN 10080. Líce panelu v kontakte so zemnou upraviť v zmysle STN EN 1992-1 pre vlhké prostredie.

#### 5.1.5.3 Oceľové siete

Oceľové zvarané siete použité ako výstuž do striekaného betónu musia spĺňať požiadavky dokumentácie, STN EN 10079, STN EN 10080 a [T10].

Na stabilizáciu skalných svahov a zárezov sa používajú systémové riešenia tvorené z vysokopevnostných oceľových geokompozitných sietí so systémovými platňami a kotvami. Požiadavky na materiálovo – technické požiadavky sú uvedené v [T5]. Protikoročná úprava oceľových sietí musí byť v súlade s STN EN 10223-3 a tabuľkou 7.

#### 5.1.5.4 Geosyntetické siete a protierózne georochože

Na stabilizáciu skalných svahov a svahov zárezov v zeminách sa používajú systémové riešenia tvorené z vystuženého geokompozitu - georochože vyrobenej z polypropylénovej trojrozmernej rohože extrudovanej na vysokopevnostnú oceľovú sieť so systémovými platňami a kotvami. Požiadavky na materiálovo – technické požiadavky sú uvedené v [T5]. Požiadavky na povrchovú ochranu oceľových drôtov sú definované podľa STN EN 10223-3 a tabuľkou 7. Pri použití ochranných sietí s protieróznou rohožou je potrebné definovať okrem pevnostných charakteristík oceľových sietí aj faktor ochrany svahu podľa STN EN 13251, alebo ASTM D 6459, ktoré charakterizujú schopnosť protieróznej ochrany zvýšiť povrchovú odolnosť chráneného svahu.

#### 5.1.6 Lícové prvky 3D vyplnené kamenivom

Ďalším prvkom používajúcim sa pre lícové opevnenie sú 3D oceľové drôtené panely zvyčajne hrúbky 80 mm, vyplnené kamenivom. V prípade aplikácii na strmé svahy je na líci umiestnená doplnková napr. dvojzákrutová sieť 6 x 8 s priemerom drôtu 2,2 mm pre zachytenie vypadávajúcich zŕn. Požiadavky na povrchovú ochranu sú podľa prostredia v zmysle tabuľky 7.

Oceľové 3D panely sú vzájomne previazané viazacími slučkami a vystužené v jednom alebo dvoch diagonálnych smeroch pomocou oceľových distribučných tyčí  $\varnothing$  10 mm, resp.  $\varnothing$  12 mm.

Oceľový systém je kotvený na svahu pomocou T-profilových zemných klincov, kotevných tyčí, resp. ho možno upevniť aj na existujúce klince/kotvy.

3D systém je vyplnený drveným kamenivom (bez údržbové riešenie) ale môže byť na povrchu aj s vegetačnou úpravou (hydroosev pri zelenom riešení). Vysokú životnosť systému zabezpečuje povrchová úprava žiarovým zinkovaním, príp. poplastovaním. Priestorový oceľový systém možno aplikovať na pôvodný terén a takisto aj na striekaný betón. Veľkosť frakcie štrkodrviny výplne, spôsob a hustota kotvenia, požiadavky na ochranu, závisia od geometrie svahu, miesta inštalácie, charakteru horninového prostredia a sú predmetom PD. Minimálne parametre sú popísané v [T5].

### 5.1.7 Drenážny systém

Používajú sa obvykle perforované oceľové alebo plastové rúrky, drenážne kompozity a iné materiály. Rozmery a dĺžku rieši dokumentácia na základe výsledkov geotechnického prieskumu.

Drenážne geokompozity sú tvorené drenážnym jadrom s filtračnou geotextíliou na vrchnej strane a nepriepustnou membránou na spodnej strane v zmysle STN 73 3040. Minimálna drenážna kapacita pre dané aplikácie je 2,0 l/m.s (gradient 1 pri tlaku 20 kPa, kontakt tuhý/poddajný povrch (R/S)), prípadne vyššia ak je to projektom požadované.

V projekte musí byť uvedený aj celkový redukčný súčiniteľ prietochnosti, ktorý závisí od súčiniteľa dotvarovania geokompozitu v tlaku pre navrhovanú životnosť v zmysle ISO/TR 18228-4.

## 5.2 Konštrukčné zásady realizácie

Pred zahájením prác musí zhotoviteľ vypracovať technologický postup, ktorý predloží objednávateľovi/správci stavby k odsúhlaseniu.

Klincovaná horninová konštrukcia s tvrdým lícovým opevnením (striekaný betón) sa zvyčajne vytvára opakovaním nasledujúcich pracovných krokov pri hĺbení zárezového svahu zhora nadol:

- A. odkopanie vrstvy zeminy na výšku 1 m až 2 m podľa dokumentácie stavby, stability alebo ZTKP,
- B. vyhĺbenie vrto v rozstupe a do hĺbky predpísanej v dokumentácii,
- C. vyplnenie vrto cementovou zálievkou,
- D. osadenie výstuží (klincov) do vrto,
- E. vytvorenie povrchovej vrstvy zo striekaného betónu, hrúbka a vystuženie podľa dokumentácie.

Osadenie klincov môže nasledovať po vyhĺbení vrto, ako bod C. Zaplnenie vrto zálievkou potom nasleduje ako bod D. Vo vrtoch sú klince chránené zálievkou z cementovej malty s vodným súčiniteľom 0,4 – 0,5 a hustoty (1 930 až 1 800) kg/m<sup>3</sup>. V prípade zarážania vystužených prvkov do zemného masívu bez predvrtania, odpadá hĺbenie a zaplňovanie vrto, body B a C. Bod E môže v prípadoch hrubozrnných nesúdržných zemín nasledovať za bodom A.

Klincované zemné konštrukcie s pružným (oceľové mreže) alebo mäkkým lícovým opevnením (oceľové siete, geosyntetická protierózna rohož a pod.) sa úprava povrchu zvyčajne uskutočňuje až po osadení klincov na celú výšku svahu. Lícové opevnenie z betónových panelov sa realizuje až po zabezpečení predmetného svahu klincami, v prípade potreby i striekaným betónom.

## 5.3 Technologický postup realizácie

### 5.3.1 Výkop zeminy

Prípravné práce si môžu vyžadovať ochranu líca svahu a existujúcej vegetácie, vytýčenie zárezu, inštalovanie drenáže na kontrolu odtoku povrchovej a podzemnej vody, v prípade potreby zhotovenie a testovanie skúšobných klincov, zhotovenie geotechnického monitorovacieho systému.

Celý pracovný cyklus uvedený v kapitole 5.2 body A až E musí byť u klincovaného svahu s tuhým lícovým opevnením ukončený v jednej zmene. Typický postup je znázornený na obrázku 5. Nie je dovolené ponechať odkopanú stenu bez vystuženia a povrchové vrstvy zo striekaného betónu do nasledujúceho dňa, výnimku povoľuje v opodstatnených prípadoch po konzultácii s geotechnikom objednávateľ/správca stavby. Časový interval medzi odľážením zeminy (vytvorením svahu/steny) a inštalácie klincov musí byť čo najkratší, aby sa obmedzilo riziko vypadávania zeminy zo svahu, prípadne jeho zosunutie.

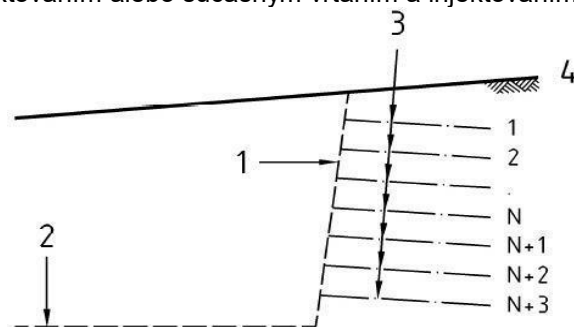
Povrch odkopanej steny musí byť prevedený v sklone podľa dokumentácie v toleranciách podľa kapitole 5.6 týchto TKP. Pri výkopových prácach musí zhotoviteľ postupovať takým spôsobom a voľiť také prostriedky, aby nedochádzalo k preťaženiu a nadvýlomom. Rozvoľnenú zeminu je potrebné odstrániť a jej objem nahradiť striekaným betónom. V spodnej časti pracovnej etáže sa ponecháva cca 0,5 m výstužnej siete nezastriekanej betónom pre umožnenie napojenia presahom v ďalšej etáži. Počas výkopových prác sa porovnáva kvalita obnaženého svahu s predpokladmi geologického prieskumu. V prípade nepriaznivejších vlastností hornín je potrebné zvážiť nevyhnutnosť uskutočnenia doplnkových prác. Najmä ak je ohrozená stabilita obnaženej steny, je poradie pracovných úkonov zmenené: po odkopaní svahu na výšku pracovnej etáže sa urýchlene zabezpečí obnažená stena striekaným betónom spolu s vystužením sieťovinou. Až potom nasleduje hĺbenie vrtov pre klince, osadzovanie klincov do vrtu vyplneného cementovou zálievkou, resp. osadenie klincov s následným injektovaním vrtu.

Pre svahy s celistvým povrchom, kde lícové opevnenie má hlavne protieróznou funkciu, môže byť konečná úprava realizovaná až po dokončení osadenia klincov v pracovnej sekcii. Presné podmienky stanoví dokumentácia, prípadne ZTKP.

### 5.3.2 Hĺbenie vrtov pre klince

Vrt sa zhotovuje kolmo k povrchu steny alebo maximálne 10° uklonený od kolmice smerom dole (u zvislých stien pre uľahčenie vyplnenia zálievkou). Vrtanie sa realizuje rotačným, prípadne rotačne príklepovým spôsobom so vzduchovým výplachom. V prípade jemnozrnných zemín je možné použiť špirálové vrtanie. Použitie vodného výplachu sa neodporúča, lebo v jemnozrnných zeminách mení ich konzistenciu a tým aj únosnosť klincov. V prípade, ak nie je vrt dostatočne stabilný do doby inštalácie klincov, je nutné uskutočniť úpravu technológie (napr. použiť pažnice, dutý špirálový vrták prípadne výplach). Minimálny priemer vrtu v mm musí byť súčtom priemeru klinca a 2-násobku hrúbky potrebného krytia výstuže cementovou zálievkou. Dĺžka vrtu je stanovená v PD. Ak to dokumentácia nestanovuje, je v hornej časti svahu dĺžka vrtov minimálne 0,6 x H (H je celková výška svahu). Pri päte svahu môže byť dĺžka vrtov kratšia. V prípade dokázanej existencie plochy oslabenia v horninovom masíve (zlomy, pukliny, šmykové zóny) musí byť dĺžka klincov navrhnutá tak, aby bola zaistená dostatočná stabilita svahu pozdĺž tejto plochy.

Na umiestnenie klincov do horninového prostredia počas rotačného vrtania sa používajú samozávrtné duté tyče. Ide o výstužné prvky prichytené k vrtacej korunkke. Inštalácia je možná rotačným vrtaním s použitím výplachu s injektovaním alebo súčasným vrtaním a injektovaním.



Obrázok 6 - Typický postup zhotovenia klincovaného svahu

Legenda: 1-svah stabilizovaného výkopu, 2- úroveň odkopu, 3-klince, 4- pôvodný terén

### 5.3.3 Zarážanie klincov

Niektoré typy klincov môžu byť inštalované do zeminy príklepom, vibráciou, alebo nastrelením (balisticky). Výstužový prvok je v priamom kontakte so zeminou. Niektoré typy týchto klincov umožňujú následnú injektáž. Pre vylúčenie prípadnej deformácie pri inštalácii musia mať zarážané klince dostatočnú tuhosť a pri osadzovaní môžu byť vedené. Pri inštalácii sa zaznamená čas nutný k zarazeniu a dosiahnutá hĺbka.

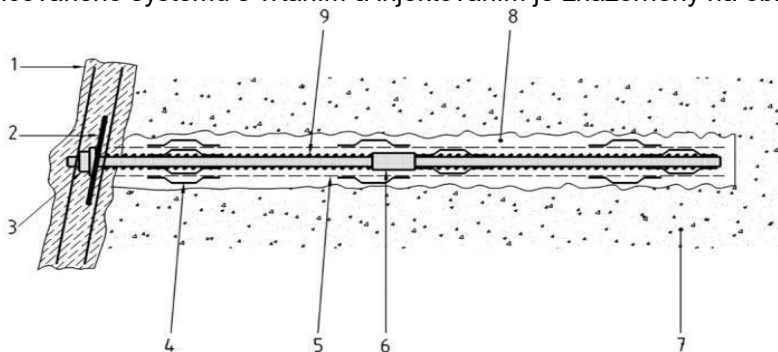
### 5.3.4 Vyplnenie vrtov a osadenie klincov

Vyplnenie vrtu cementovou zmesou je možné vykonať v priebehu vrtania cez výstužný prvok, po skončení vrtania alebo po inštalácii výstuže pomocou injektážnej rúrky. Zvyčajne sa po dokončení a vyčistení vrt vyplní vzostupne (odo dna vrtu smerom hore) cementovou zálievkou.

Ihneď po vyplnení vrtu zálievkou sa osadí klincová výstuž. Dĺžka klinca je minimálne o 50 mm väčšia ako je dĺžka vrtu, aby bolo umožnené napojenie výstužového prvku na lícové opevnenie. Dĺžka vonkajšieho presahu musí byť dostačujúca pre bezpečné spojenie klincov s lícovým opevnením a musí byť stanovená v dokumentácii.

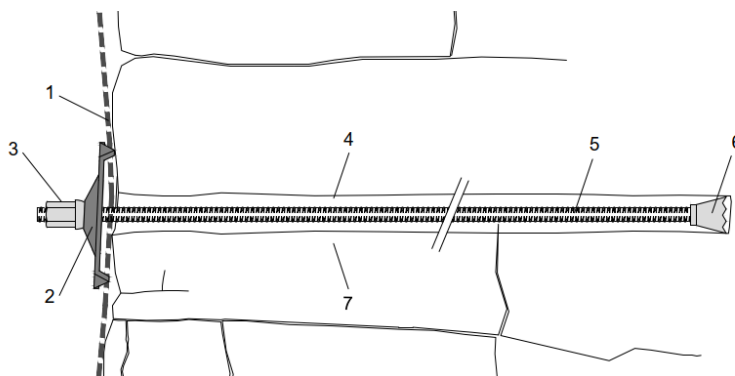
Pre zaistenie dostatočného a rovnomerného krytia výstuže zálievkou je nutné na vystužené prvky pri inštalácii upevniť distančné prvky. Zálievka musí byť realizovaná až k lícu svahu.

Príklad prvkov klincovaného systému s vŕtaním a injektovaním je znázornený na obrázku 7.



Obrázok 7 - Príklad prvkov klincovaného systému s vŕtaním a injektovaním

Vysvetlivky: 1 – líce povrchovej úpravy, 2 – podložka pod hlavou klinca, 3 – matica, 4 – distančná vložka (centrátor), 5 – ochranná rúrka, 6 – spojka, 7 – okolitá hornina, 8 – injektážna výplň vrtu, 9 – kliniec



Obrázok 8 - Príklad prvkov klincovaného systému so samozávrtnými klincami a ochrannou sieťou

Vysvetlivky: 1 – ochranná sieť, 2 – systémová platňa, 3 – matica, 4 – injektážna zmes, 5 – samozávrtný kliniec, 6 – vŕtacia korunka, 7 – okolitá hornina

### 5.3.5 Lícové opevnenie

Pri aplikácii striekaného betónu je nutné dočasne prekryť vyústenie drenážnych vrtov, aby nedošlo k ich upchaniu. Jednovrstvový striekaný betón má zvyčajne iba protieróznou funkciu. Konštrukčnú funkciu má striekaný betón vo viac vrstvách. Pokiaľ dochádza počas prác k lokálnym prejavom nestability, je vhodné uskutočňovať práce po menších sekciách, prípadne nainštalovať klince pred odťažením zeminy. Príklady definitívnej úpravy klincovaného svahu sú znázornené na obrázku 10.

Pre poddajné líce je nutné použiť ocelové siete s rovnakou trvanlivosťou ako sú vlastné klince. Mäkké lícové opevnenie tvoria zvyčajne ocelové pletené siete spolu s protieróznymi georochožami kombinované s rôznou vegetačnou úpravou alebo biodegradovateľnými geosynstetikami. Vzhľadom k tomu, že klincové svahy sú strmé, je nutné pri návrhu vegetácie vziať do úvahy orientáciu svahu k svetovým stranám (oslňenie) a hydrologické pomery. Spôsob spojenia musí byť uvedený v dokumentácii stavby. Po osadení klincov sa uskutoční úprava povrchu podľa dokumentácie. Pre trvalé konštrukcie sa povrch zo striekaného betónu zvyčajne obloží pohľadovými panelmi podľa dokumentácie stavby.

### 5.3.6 Odvodnenie klinkovanej zemnej konštrukcie

Odvodnenie klinkovanej konštrukcie sa realizuje v súlade s PD stavby. Ak sa v priebehu výstavby objavia neočakávané vývery alebo prietoky vody, navrhne zhotoviteľ spôsob odvodnenia a predloží ho objednávateľovi/správcovi stavby k schváleniu.

#### 5.3.6.1 Povrchové odvodnenie

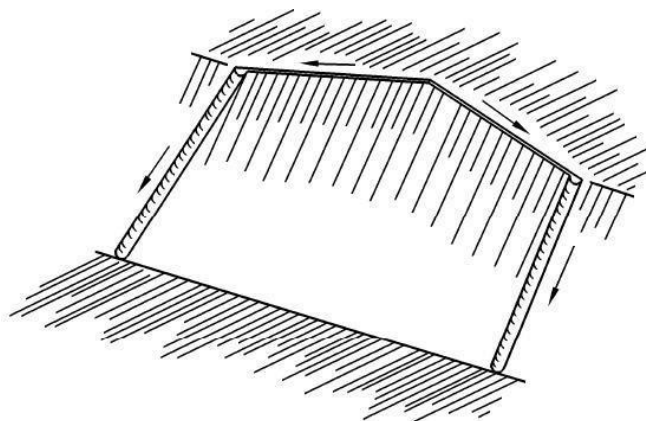
Zachytáva a odvádza povrchovo tečúcu vodu, zvyčajne formou nadzárezovej priekopy so spevneným povrchom, mimo zárezový svah. Rovnako v päte svahu sa realizuje odvodnenie vo forme priekopy alebo drenáže ako je znázornené na obrázku 11.

#### 5.3.6.2 Hĺbkové odvodnenie horninového masívu

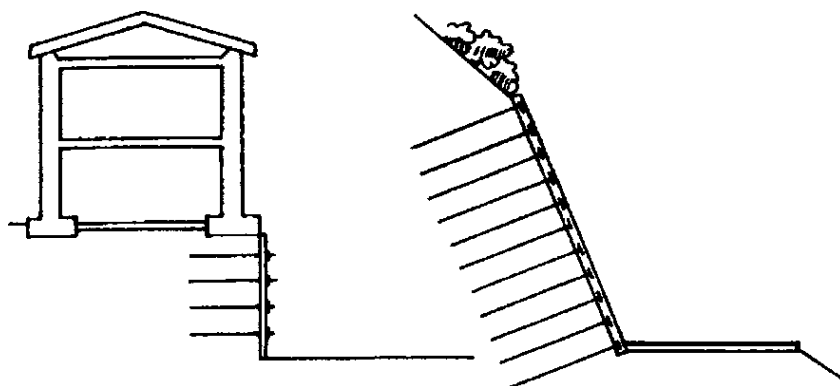
Znižuje tlak podzemnej vody na klinkovanú horninovú konštrukciu a odvádza túto vodu k povrchu svahu. Zvyčajne sa realizuje subhorizontálnymi drenážnymi vrtmi uklonenými minimálne 5° nahor od vodorovnej roviny. Vnútorňný priemer vrtov musí byť minimálne 40 mm, najčastejšie je to cca 100 mm. Vrty pre odvodnenie masívu za klinkovanou konštrukciou musia byť dlhšie ako je dĺžka klinkov. Zvláštnu pozornosť odvodneniu treba venovať v prostredí tvorenom potrhými filmi. Realizuje sa 1 odvodňovací vrt na 25 m<sup>2</sup> líca svahu, ak dokumentácia neurčuje iný počet a spôsob odvodnenia horninového masívu.

#### 5.3.6.3 Drenáž za obkladovým lícom

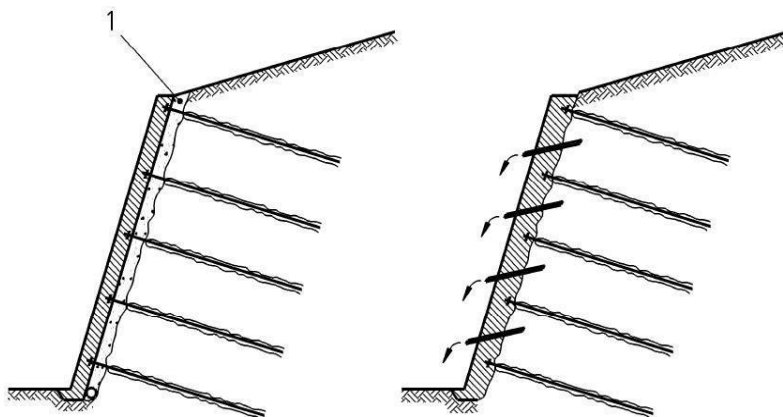
Drenáž za obkladovým lícom (pozri obrázok 11) odvádza vodu z hĺbkového odvodnenia, prípadne vodu presiaknutú z vnútra horninového masívu k povrchu svahu do drenážnych prvkov za lícom a ďalej do zvodného drénu v päte svahu (steny). Realizuje sa buď z drenážnych pásov (geodrénov) alebo ako plošný geosyntetický drén pomocou drenážneho geokompozitu. Plošná drenáž musí byť spoľahlivo upevnená na povrch svahu. Plošné drenážne geokompozity sa umiestňujú medzi vrstvu striekaného betónu a lícové opevnenie.



Obrázok 9 - Príklad usporiadania povrchovej drenáže



Obrázok 10 - Príklady definitívnej úpravy klinkovaného svahu



Obrázok 11 - Variantná úprava tuhého povrchu a drenáže  
Vysvetlivky: 1 – pórovitý betón vo funkcii drenáže

## 5.4 Dodávka, skladovanie a preukazné skúšky

### 5.4.1 Dodávka a skladovanie materiálu

Zhotoviteľ je povinný zaistiť riadne prevzatie všetkých dodávaných materiálov (klincov, oceľových sietí, drenážnych filtrov, geosyntetík, a pod.) tak, aby na stavenisku boli k dispozícii len materiály, ktoré zodpovedajú požiadavkám zmluvy o dielo.

Súčasťou dodávky musí byť dodací list, v ktorom musí byť hlavne:

- certifikát výrobcu,
- vyhlásenie o parametroch,
- číslo a dátum vystavenia,
- názov a adresa výrobcu/dovozcu alebo distribútora,
- názov a sídlo odberateľa,
- miesto určenia dodávky,
- predmet dodávky a trieda kvality,
- hmotnosť dodávky, počet roliek, paliet a pod.,
- poprípade ďalšie požadované údaje.

Pri preberaní materiálu sa zisťuje či dodávka nie je poškodená alebo neúplná a či dodané množstvo, druh a kvalita súhlasí s údajmi uvedenými v dodacom liste. Ak pre klince, siete, panely, výstužné prvky a ďalšie materiály neboli vopred dodané požadované doklady, musia byť dodané najneskôr s dodacími listami prvej dodávky. Za preukazné skúšky v zmysle tejto kapitoly TKP sa považujú taktiež skúšky typu: skúška klincov, zálievky a betónu. Skúšky drenážnych geosyntetických materiálov, prvkov mäkkého a poddajného lícového opevnenia sa uskutočňujú v zmysle platných STN podľa konkrétneho konštrukčného prvku, definovaného v jednotlivých kapitolách týchto TKP.

Skúšky striekaného betónu a betónových obkladov sa realizujú podľa [T10]. Skúšky typu pre výroby a preukazné skúšky materiálov musia byť uskutočnené laboratóriom s príslušnou spôsobilosťou.

Manipuláciou s klincami, lícovým opevnením a ďalšími materiálmi počas dodávky, skladovania a zabudovania do zemného telesa je nutné realizovať v súlade s odporúčením výrobcu a technologickým predpisom tak, aby bola možnosť poškodenia obmedzená na minimum. Materiál pre klincové výstuže sa prepravuje a skladuje spôsobom ako určí výrobca.

#### 5.4.1.1 Klince

Oceľové klince musia byť pri manipulácii a skladovaní chránené pred poškodením, znečistením a proti korózii. V sklade musí byť každý druh výstuže zreteľne označený, prípadne oddelený podľa dodávky. Klince z iných materiálov musia byť skladované podľa pokynov výrobcu.

#### 5.4.1.2 Cement

Pre voľne uskladnený cement platí ustanovenie STN EN 197-1. Dĺžku skladovania je nutné obmedziť na max. 1 mesiac. Silá musia byť umiestnené tak, aby pri prevládajúcom vetre nebola prevádzka na stavbe alebo v obývanej oblasti obťažovaná zvýšenou prašnosťou. Vrecový cement sa skladuje v suchých skladoch, najvyššie v ôsmich vrstvách oddelene podľa dodávky a druhu.

### 5.4.1.3 Preukazné skúšky

Preukazné skúšky zabezpečuje zhotoviteľ. Preukazné skúšky môže uskutočniť iba laboratórium s príslušnou spôsobilosťou. V zásade je nutné odlíšiť preukazné skúšky (prvkov klinec, injektážnej zmesi, striekaného betónu, ocelových a geosyntetických materiálov, odvodňovacích rúr a pod.) od preukazných skúšok systému klinecovej svahu, kvality klinec, ocelových sietí, drenážnych geokompozitov a odvodňovacích rúr.

Preukazné skúšky injektážnej zmesi pre zálievky klinec ako aj zloženie injektážnej zmesi sú súčasťou PD. Preukazné skúšky striekaného betónu sa uskutočňujú podľa STN EN 14488-1 a podľa [T10]. Preukázanie únosnosti klinec v horninovom masíve sa pred zahájením prác zisťuje ťahovou skúškou uskutočnenou v reálnych podmienkach s navrhnutým typom a dĺžkou klinca podľa PD. Po zabudovaní klinec a vytvrdnutí zálievky (netýka sa samokotviacich klinec) je kliniec zaťažovaný ťahovou silou postupne v krátkych intervaloch až na medzu porušenia. Postup skúšky je v STN EN 14490, Príloha C. Klinecovaná horninová konštrukcia patrí v zmysle STN EN 1997-1 do druhej alebo tretej geotechnickej kategórie. Pre konštrukciu v 2. geotechnickej kategórii zhotoviteľ zrealizuje 1 ťahovú skúšku klinca pre každý typ zeminy avšak minimálne 3 skúšky celkom. Pre konštrukciu v 3. geotechnickej kategórii, v ktorej budú inštalované klinec sa uskutočnia 2 skúšky, minimálne 5 skúšok. Výsledky skúšok predloží zhotoviteľ objednávateľovi/správčovi stavby. Skúšky sa realizujú do porušenia alebo do hodnoty navrhutej sily. Pokiaľ výsledky skúšok budú nižšie ako projektované hodnoty únosnosti, zabezpečí objednávateľ/správca stavby posúdenie výsledkov odbornou firmou, ktorá rozhodne o opakovaní skúšok, prípadne o prepracovaní statického návrhu.

### 5.4.2 Kontrolné skúšky, odoberanie vzoriek

Počas realizácie prác vedie zhotoviteľ záznamy o priebehu vŕtania a kontroluje dosiahnutú dĺžku vrtu. Na požiadanie objednávateľa stavby zrealizuje premeranie priemeru, hĺbky a sklonu vrtu.

Kontrolné skúšky klinec realizuje zhotoviteľ len v rámci vybudovaného systému. Systémové klinec sa kontrolujú skúškami podľa STN EN 14490. Pre klinecované zemné konštrukcie v 2. geotechnickej kategórii v rozsahu 2 % z celkového počtu klinec, minimálne 3 skúšky. Pre konštrukcie v 3. geotechnickej kategórii v množstve 3 %, minimálne 5 skúšok.

Výsledky skúšok sú považované za vyhovujúce, ak nedôjde pri žiadnej skúške k porušeniu (vytrhnutiu) klinca. Kontrolné skúšky betónu, striekaného betónu, obkladových betónových panelov a iných betónových a ocelových prvkov zhotoviteľ vykoná v zmysle STN EN 14488-1 a [T10]. Laboratórium pre kontrolné skúšky musí byť spôsobilé a odsúhlasené objednávateľom.

K overeniu kvality všetkých materiálov je objednávateľ oprávnený vykonať skúšky podľa vlastného systému kontroly kvality. Tieto skúšky vykoná vo vlastnom laboratóriu alebo v nezávislom laboratóriu.

### 5.4.3 Dovolené tolerancie

- Smerová a výšková odchýlka osi klinca v mieste zavŕtania  $\pm 100$  mm.
- Hĺbka vrtu  $\pm 100$  mm.
- Orientácia/sklon vrtu  $\pm 5^\circ$ .
- Dĺžka klinca  $\pm 50$  mm.

V blízkosti podzemných sietí môže dokumentácia požadovať prísnejšie tolerancie.

### 5.4.4 Klimatické obmedzenia

Odťažovanie zeminy, vŕtanie a osadzovanie klinec je možné realizovať i pri teplotách pod  $0^\circ\text{C}$ . Pri používaní cementovej zálievky na vyplnenie vrtov je nutné pri práci udržiavať jej teplotu nad  $5^\circ\text{C}$ .

Ak sa povrch svahu zabezpečuje striekaným betónom, môžu sa tieto práce vykonávať bez doplnkových opatrení do teploty  $+5^\circ\text{C}$ . Pri nižších teplotách je nevyhnutné vykonať príslušné opatrenia na zaistenie podmienok hydratácie betónu (zateplenie pracoviska, ohrievaná zmes) alebo práce prerušiť.

Lícové opevnenie z betónových prefabrikátov, ocelových sietí, geosyntetických materiálov je možné pokladať i pri teplotách pod bodom mrazu.

### 5.4.5 Kontrolné merania, merania posunov a deformácií

V priebehu odťažovania sleduje zhotoviteľ geodeticky vertikálne a horizontálne posuny hornej hrany svahu. Na značne exponovaných stavbách a na svahoch výšky nad 6 m so strmým alebo zvislým sklonom sa predpisuje sledovať zmenu zemného telesa v záreze presnou inklinometriou vo vrtoch. Počet vrtov a ich rozmiestnenie sa musí uviesť v dokumentácii. Interval meraní závisí od rýchlosti

postupu odťažovania. Horizontálne deformácie zemného/horninového masívu v súvislosti s aktiváciou trenia na povrchu klincov je možné sledovať pomocou viacstupňových extenzometrov.

Ak sa nad hranou svahu v dosahu prípadnej deformačnej zóny vyskytujú stavebné objekty, musí zhotoviteľ pred zahájením odťažovania previesť pasportizáciu týchto objektov.

V prípade funkcie klincovaného svahu ako trvalej konštrukcie (ak sa jedná o konštrukciu druhej alebo tretej geotechnickej kategórie), je potrebné dlhodobo monitorovať:

- úroveň koruny (minimálny interval 20 m);
- úroveň päty (minimálny interval 20 m);
- líniu koruny (minimálny interval 20 m);
- líniu a úroveň čiastkového výkopu (odporúča sa pre oporné konštrukcie vyššie ako 5 m);
- zabudovať inklinometre vo vzájomných vzdialenostiach, ktoré preukážu spoľahlivý vývoj deformácií obnažovaného svahu;
- hladinu podzemnej vody;
- prietok vody cez odvodňovacie rúrky;
- kontrolovať koróziu drôtov na prekrytí povrchu.

Norma STN EN 14490 ustanovuje všeobecné zásady na zhotovovanie, skúšanie a monitoring klincovanej zeminy, ostatné náležitosti sú uvedené aj v [T1].

## 6 Gabiónové (drôtokamenné) konštrukcie

Gabión je drôtokamenný prvok v tvare kocky alebo kvádra vyrobený zo šesťhranného dvojzákrutového oceľového pletiva alebo zostavený z dielcov zo zvárannej oceľovej siete vyplnený prírodným alebo lomovým kameňom, poprípade vhodným recyklátom. Gabión je zostavený z dna, bočných stien, veka a deliacich priečok spojených vo výrobe alebo zostavených na stavbe v jeden prvok. Gabióny sa používajú na stavbu oporných a zárubných múrov, protieróznych konštrukcií, protihlukových stien, obkladov múrov a pod. (pozri obrázok 12). Gabióny sú priepustné konštrukcie, preto často plnia drenážnu funkciu v päte svahu. V prípade, ak môže v rube konštrukcie dochádzať k vyplavovaniu jemnozrnnej frakcie zo zeminy do gabiónu, vkladá sa medzi gabión a zeminu filter (napr. filtračná geotextília).

Podľa statickej funkcie sa gabióny delia na:

- **gabióny so statickou funkciou** - oporné alebo zárubné múry, lícové prvky vystužených horninových konštrukcií (pozri článok 3.2.3.1). Tieto konštrukcie sa navrhujú podľa zásad STN EN 1997-1,
- **gabióny s pohľadovou a ochrannou funkciou** (obklad) sa posudzujú spolu s nosnou konštrukciou.

Podľa rozmeru sa gabióny delia na:

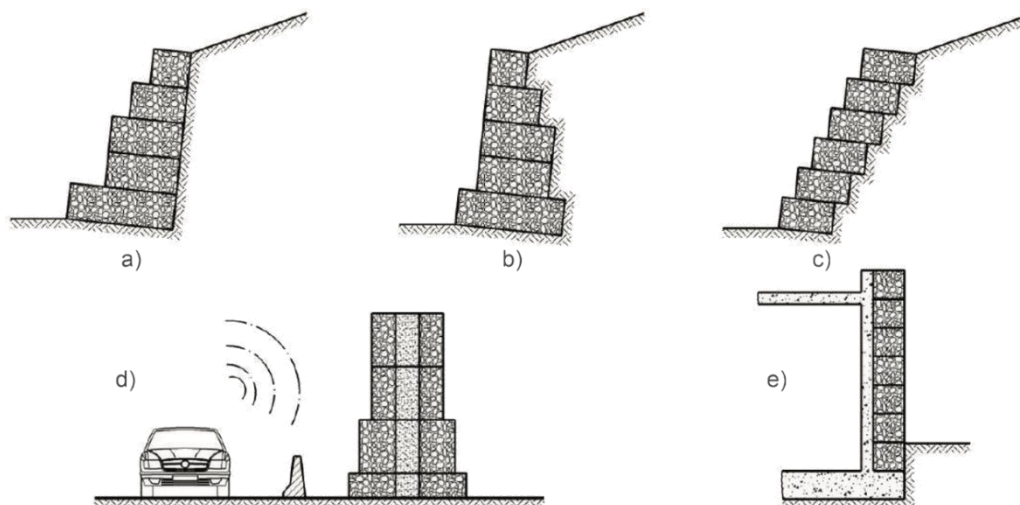
- koše,
- matrace (veľkoplošné kvádre s výškou menšou ako 500 mm).

Všetky komponenty gabiónových konštrukcií musia spĺňať požiadavky na minimálnu návrhovú životnosť v zmysle STN EN 1990, prípadne definovanú objednávateľom. Pre trvalé konštrukcie je návrhová životnosť 100 rokov (kategória návrhovej životnosti 5). Pre gabiónové obklady je návrhová životnosť 50 rokov (kategória návrhovej životnosti 4) alebo aj viac ak je súčasťou významnej stavby.

Všetky konštrukcie vzdialené horizontálne do 6 m od komunikácie, na ktorej sa vykonáva zimná údržba prostredníctvom rozmrazovacích prostriedkov sa musia posudzovať ako konštrukcie vystavené silným účinkom rozmrazovacích solí (chloridom) min. prostredie C4 podľa STN EN ISO 9223.

Vzhľadom na význam a trvanlivosť, každá gabiónová konštrukcia musí byť uceleným konštrukčným systémom navrhnutým a posúdeným autorizovaným projektantom. Návrh konštrukcie a statický posudok musí byť súčasťou PD. Dodávateľ musí deklarovvať parametre jednotlivých komponentov v zmysle požiadaviek príslušných predpisov a noriem citovaných v jednotlivých kapitolách týchto TKP. V prípade ak sú gabióny súčasťou vystuženej horninovej konštrukcie musí sa jednať o ucelený konštrukčný certifikovaný systém, v ktorom sú okrem lícových gabiónových prvkov definované aj parametre výstužných prvkov ako aj ich vzájomné spojenie. Systém je možné navrhnuť na základe posúdenia krátkodobých a dlhodobých návrhových parametrov s ohľadom na účel, umiestnenie, význam a životnosť konštrukcie ako celku. Dodávateľ je povinný deklarovvať parametre krátkodobej a dlhodobej ťahovej pevnosti spoja výstuže a lícového prvku, tak aby mal použitý systém preukázateľné

a overiteľné pevnostné parametre s ohľadom na životnosť a okrajové podmienky. Možné spôsoby protikoróznej ochrany sú definované v norme STN EN 10223-3, resp. STN EN 10223-8.



Obrázok 12 - Príklad použitia gabiónov

a) oporný múr s odsakovaným lícom, b) oporný múr s neodskakovaným lícom c) opevnenie svahu  
d) protihluková stena, e) gabiónový obklad betónovej konštrukcie

## 6.1 Gabiónové konštrukcie

Návrh gabiónových múrov musí spĺňať všetky kritériá gravitačných múrov. Gravitačné konštrukcie z gabiónov sa budujú jednoduchým stavebníkovým spôsobom, plnia sa priamo na stavbe vhodným výplňovým kameňom alebo sú dodané na stavbu prefabrikované gabióny z robustného drôtu naplnené vhodným kameňom. Súčasťou prefabrikovaných gabiónov je úchyt slúžiaci na manipuláciu s košmi vhodnou mechanizáciou.

Gabióny sa skladajú z troch zložiek:

- drôtené koše,
- výplňový kameň,
- spojovací materiál.

### 6.1.1 Drôtené koše

Gabión je zostavený z dna, bočných stien, veka a deliacich priečok v prípade dvojzákrutovej siete spojených vo výrobe v jeden prvok, alebo v prípade zváratej siete priamo na stavbe. Drôtené koše môžu byť vyrobené z dvojzákrutovej oceľovej siete alebo zo zváraných sietí.

#### 6.1.1.1 Drôtené koše z dvojzákrutovej šesťhrannej oceľovej siete

Sieť je vyrobená v zmysle STN EN 10223-3 z drôtu s pevnosťou v ťahu minimálne 450 MPa, ostatné parametre musia byť v súlade s parametrami v tabuľke 9. Menovitá pevnosť siete v ťahu je priamo závislá od typu oka siete a priemeru drôtu. Typy ôk pletených sietí sú uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka 5 - Typ oka siete a priemer drôtu dvojzákrutovej oceľovej siete

Typ oka siete	Priemer drôtu [mm]	Minimálna pevnosť siete v ťahu [kN/m]
6 x 8	2,20	37
	2,70	55
8 x 10	2,70	50
	3,00	60
	3,40	80
	3,90	95

Schéma gabiónu z pletenej siete je zobrazená obrázku 13. Menovitá pevnosť v ťahu šesťhranej dvojjákrutovej oceleovej siete skúšaná podľa postupu kapitoly 9.3 normy STN EN 10223-3 musí byť deklarovaná výrobcom.

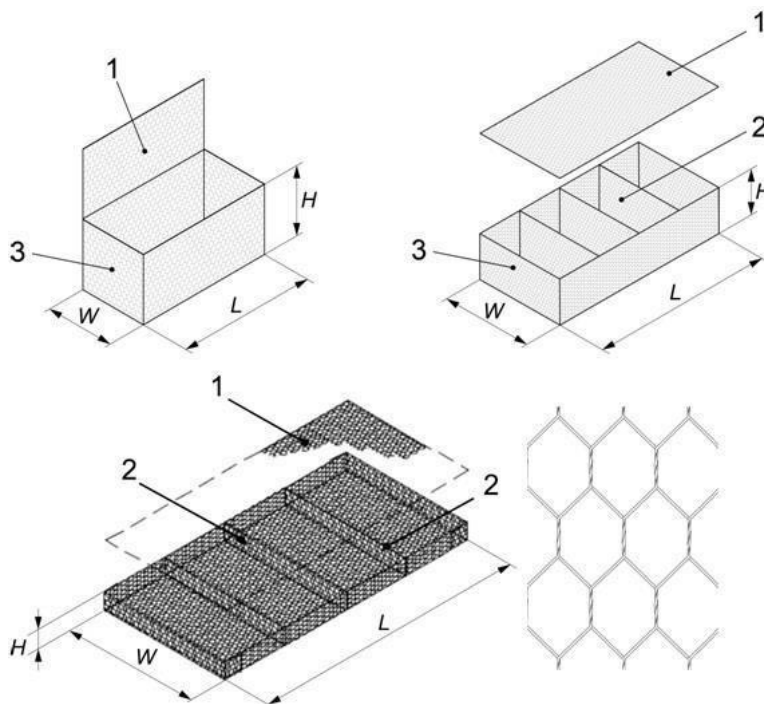
Minimálny priemer drôtu vertikálnych prvkov z dvojjákrutovej siete je 2,7 mm, požaduje sa aby bol v čele doplnený zváranou sieťou bez statickej funkcie priemeru min. 5,0 mm, s okom nie väčším ako 5 x 10 cm, s povrchovou ochranou Zn90%/Al10% alebo ekvivalentnou progresívnou povrchovou ochranou nánosu Triedy A.

Sieť sa vyrába s povrchovou úpravou v týchto variantoch:

- galvanizácia zinkom,
- galvanizácia zliatinou Zn95%/Al5%,
- galvanizácia zliatinou Zn90%/Al10% alebo ekvivalentnou progresívnou povrchovou ochranou,
- galvanizácia zliatinou Zn95%/Al5% s organickým polymérom povlakom PVC,
- galvanizácia zliatinou Zn95%/Al5% s organickým polymérom povlakom PA6,
- galvanizácia zliatinou Zn95%/Al5% s organickým polymérom povlakom so zvýšenou odolnosťou voči abrázii (mechanickému poškodeniu) <sup>P1</sup>.

*Poznámka:*

*P<sub>1</sub>: Organický polymérny povlak so zvýšenou odolnosťou voči abrázii - polymérna ochrana na skúšanej vzorke drôtu sa nesmie porušiť po menej ako 300 cykloch podľa ASTM A975-21.*



Obrázok 13 - Príklad gabiónov a matracov zo šesťhranej dvojjákrutovej oceleovej siete  
Vysvetlivky: W-šírka, L-dĺžka, H-výška, 1-veko, 2-priečka 3-stena

Projektant gabiónovej konštrukcie navrhuje priemer drôtu a povrchovú úpravu drôtených košov z dvojjákrutovej šesťhranej siete v zmysle STN EN 10223-3 a tabuľky 7 pre prostredie, v ktorom bude konštrukcia situovaná a návrhovú životnosť.

#### 6.1.1.2 Drôtené koše zo zváranej siete

Sieť je vyrobená v zmysle STN EN 10223-8 z drôtu priemeru minimálne 4,0 mm s pevnosťou v ťahu minimálne 500 MPa. Typy oka zváraných sietí sú uvedené v tabuľke 6. Menovitá pevnosť siete v ťahu má byť minimálne 40 kN/m, pričom je závislá od typu oka siete a priemeru drôtu.

V ľici konštrukcie sa požaduje použitie zvárannej siete s priemerom drôtu min. 5,0 mm a okom minimálne 5 x 10 cm.

Schéma gabiónu zo zváratej siete je zobrazená na obrázku 14. Pevnosť zvaru musí byť minimálne 75 % medznej pevnosti drôtu.

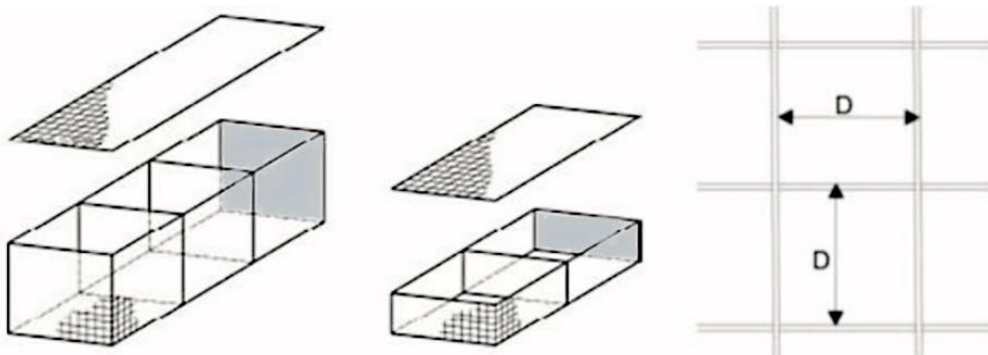
Tabuľka 6 - Typy oka zváratej siete a priemery drôtov

Typ oka siete [cm]	Priemer drôtu [mm]
5x5	4; 4,5; 5
2,5x10	4; 4,5; 5
5x10	4; 4,5; 5
10x10	4; 4,5; 5

Sieť sa vyrába v s povrchovou úpravou v týchto variantoch:

- galvanizácia zinkom,
- galvanizácia zliatinou Zn95%/Al5%,
- galvanizácia zliatinou Zn90%/Al10% alebo ekvivalentnou progresívnou povrchovou ochranou.

Projektant gabiónovej konštrukcie navrhuje povrchovú úpravu drôtených košov zo zváraných panelov v zmysle STN EN 10 223-8 a tabuľky 7 pre prostredie, v ktorom bude konštrukcia situovaná a návrhovou životnosť.



Obrázok 14 - Príklad gabiónov zo zváratej siete

### 6.1.1.3 Požiadavky na povrchovú úpravu oceľových drôtov

Tabuľka 7 - Popis prostredia v mieste inštalácie a požiadavky na povrchovú úpravu

Stupeň korózneho agresivity (v súlade s STN EN ISO 9223:2012, Tabuľka 1)	Organický povlak (STN EN 10245-1)	Metalická povrchová úprava	Trieda nánosu (STN EN 10244-2)	Predpokladaná životnosť výrobku (v rokoch)
<b>Nízka (C2)</b> Suché podmienky Mierne pásmo, atmosférické prostredie s malým znečistením, napr. mestské oblasti, malé mestá Suché alebo studené pásma, atmosférické prostredie s krátkodobým pôsobením vlhkosti, napr. púšte, subarktické oblasti	-	Zinok	A	25
	-	Zn95%/Al5% zliatiny	A	> 50
	-	Zn90%/Al10% zliatiny alebo ekvivalentná progresívna povrchová ochrana P1)	A	> 120
<b>Stredná (C3)</b>	-	Zinok	A	10

Stupeň koróznej agresivity (v súlade s STN EN ISO 9223:2012, Tabuľka 1)	Organický povlak (STN EN 10245-1)	Metalická povrchová úprava	Trieda nánosu (STN EN 10244-2)	Predpokladaná životnosť výrobku (v rokoch)
Suché podmienky Mierne pásmo, atmosférické prostredie so stredným znečistením alebo určitým účinkom chloridov, napr. mestské oblasti, pobrežné oblasti s malou depozíciou chloridov Subtropické a tropické pásma, atmosféra s malým znečistením	-	Zn95%/Al5% zliatiny	A	25
	-	Zn90%/Al10% Triedy A alebo ekvivalentná progressívna povrchová ochrana P1)	A	> 50
	-	Zn90%/Al10% Triedy A alebo ekvivalentná progressívna povrchová ochrana P2)	> 350 g/m <sup>2</sup>	100
	áno	Zn95%/Al5% zliatiny	A	> 120
	áno	Zn90%/Al10% zliatiny	A	> 120
<b>Vysoko agresívne (C4)</b> Mokré podmienky Mierne pásmo, atmosférické prostredie s vysokým znečistením alebo silným účinkom chloridov, napr. znečistené mestské oblasti, priemyselné oblasti, pobrežné oblasti bez ostrekov morskej vody alebo vystavenie silnému účinku rozmrazovacích solí Subtropické a tropické pásma, atmosféra so stredným znečistením, napr. priemyselné oblasti, pobrežné oblasti, kryté miesta na pobreží	-	Zn95%/Al5% zliatina	A	10
	-	Zn90%/Al10% Triedy A alebo ekvivalentná progressívna povrchová ochrana P1)	A	25
	-	Zn90%/Al10% Triedy A alebo ekvivalentná progressívna povrchová ochrana P2)	> 350 g/m <sup>2</sup>	50
	áno	Zn95%/Al5% zliatiny	A	120
	áno	Zn90%/Al10% zliatiny	A	>120
<b>Veľmi vysoká (C5)</b> Mokré podmienky Mierne a subtropické pásmo, atmosférické prostredie s veľmi vysokým znečistením a (alebo) významným účinkom chloridov, napr. priemyselné oblasti, pobrežné oblasti, chránené miesta na pobreží	áno	Zn95%/Al5% zliatiny	A	120
	áno	Zn90%/Al10% Triedy A alebo ekvivalentná progressívna povrchová ochrana P1)	A	> 120
<b>Extrémna (CX)</b> Subtropické a tropické pásmo (s veľmi dlhodobým pôsobením vlhkosti), atmosférické prostredie s veľmi vysokým znečistením SO <sub>2</sub> (vyššie ako 250 µg/m <sup>3</sup> ) vrátane	áno	Zn90%/Al10% Triedy A alebo ekvivalentná progressívna povrchová ochrana P1)	A	> 120

Stupeň korózneho agresivity (v súlade s STN EN ISO 9223:2012, Tabuľka 1)	Organický povlak (STN EN 10245-1)	Metalická povrchová úprava	Trieda nános (STN EN 10244-2)	Predpokladaná životnosť výrobku (v rokoch)
sprievodných a výrobných faktorov a (alebo) silným účinkom chloridov, napr. extrémne priemyselné oblasti, pobrežné oblasti a hrádze, príležitostný kontakt so slanou spřškou				
<p><b>Poznámky:</b>  P<sub>1</sub>: Zn90%/Al10% alebo ekvivalentná progresívna povrchová ochrana nános Trieda A – sieť nesmie vykazovať v skúške v soľnej hmle podľa STN EN ISO 9227 známky hrdze na viac ako 5% svojho povrchu po expozícii 2000 hodín.  P<sub>2</sub>: Zn90%/Al10% alebo ekvivalentná progresívna povrchová ochrana nános 350 g/m<sup>2</sup> – sieť nesmie vykazovať v skúške v soľnej hmle podľa STN EN ISO 9227 známky hrdze na viac ako 5% svojho povrchu po expozícii 4000 hodín.  Dodávateľ je povinný dokladovať výsledky skúšok v soľnej hmle protokolom vystaveným nezávislou akreditovanou inštitúciou nie starším ako 2 roky.</p>				

## 6.1.2 Výplňový materiál

### 6.1.2.1 Kameň pre gabióny so statickou funkciou

Všeobecné konštrukčné a technologické zásady:

- Ako kamennú výplň drôtokamenných konštrukcií je možné použiť iba pevné úlomky horniny, ktoré nepodliehajú poveternostným vplyvom, neobsahujú vodou rozpustné soli a nie sú namázavé a krehké; napr. vyvreté a niektoré usadené typy hornín.
- Požiadavky na kamennú výplň sú uvedené v tabuľke 8.
- Prednosť majú horniny s vyššou mernou hmotnosťou a nízkou pórovitosťou.
- Rozmery kameniva po obvode gabiónu (rub, líce a bočné steny) musia byť väčšie, než je priemer oka siete, aby nedochádzalo k jeho vypadávaniu. odporúčaná veľkosť jednotlivých kusov kameňa je 1,5 - 2,0 násobok priemeru oka siete, minimálne však 90 mm. Kamene väčšie ako 200 mm sa môžu vyskytovať iba ojedinele a ich celkový objem nesmie presiahnuť 15 % z celkového objemu.
- Kusy a úlomky menšie ako priemer oka siete sa môžu použiť na výplň medzier a zaklinovanie väčších kameňov vo vnútri gabiónu (mimo líca) a ich podiel nesmie prekročiť 10% z celkového objemu.
- Kameň na výplň gabiónu nemá obsahovať žiadne cudzorodé látky, ktoré môžu spôsobiť porušenie diela alebo prostredia, v ktorom sú osadené.

Požiadavky na kvalitu kameňa sú uvedené v tabuľke 8. Celková životnosť a funkčnosť kameniva musí byť rovnaká po celú dobu návrhovej životnosti stavby a musí presahovať životnosť sietí gabiónov.

Tabuľka 8 - Požiadavky na kamennú výplň gabiónov

Vlastnosť	Skúšobná metodika	Požiadavka
Trieda zrnitosti	STN EN 13383-2	$f = 63/200$ <sup>P1</sup> ( $f = 63/125$ pre matrace) <sup>P2</sup>
Odolnosť proti lámaniu	STN EN 1926	Kategória: $CS_{80}$
Odolnosť proti obrusovaniu	STN EN 1097-1	$M_{DE} \leq 30$ <sup>P3</sup>
Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu	STN EN 13383-2	Kategória $FT_A$
Objemová hmotnosť	STN EN 13383-2	$\geq 2\ 300\ \text{kg/m}^3$
Tvar	STN EN 13383-2	$LT_A$
Nasiakavosť	STN EN 13383-2	$\leq 0,5\%$ hmot. <sup>P4</sup>

**Poznámky:**

P<sub>1</sub>: Uvedená frakcia stanovuje min. a max. veľkosť kamennej výplne pre budovanie drôtokamenných konštrukcií. Konkrétna frakcia kamennej výplne sa volí v závislosti od veľkosti oka použitej siete v zmysle zásad uvedených nad tabuľkou.

P<sub>2</sub>: Pre sypané gabióny, alebo naklonené prvky s kamenným lícom môže byť použitá menšia frakcia v závislosti od veľkosti oka siete, minimálne však  $f = 32/63$ .

P<sub>3</sub>: Deklarovanie odolnosti proti obrusovaniu sa vyžaduje len pre konštrukcie na vodné stavby s občasným vlnením, alebo pre bežné pôsobenie naplavenín.

P<sub>4</sub>: Ak nasiakavosť nepresiahne 0,5 % nie je potrebná skúška odolnosti proti účinkom mrazu.

### 6.1.2.2 Kameň pre obkladové gabióny

Kameň použitý do gabiónu, ktorý nemá statickú funkciu (protihlukové steny, bariéry, gabiónové obklady) musí splniť požiadavky uvedené v kapitole 6.1.2.1 týchto TKP. Požadovaná trieda zrnitosti  $f = 63/125$ . Za lícovou vrstvou kameňa je možné použiť i iný materiál rovnakej zrnitosti, ktorý musí byť autorizovaný projektantom objektu a odsúhlasený objednávatelom (napr. úlomky betónu, recyklovaný štrk a pod.).

### 6.1.3 Spojovací materiál

Obvodové hrany gabiónu sa musia bezpečne spevniť okrajovým drôtom alebo špirálou. Všetky spoje musia dosahovať minimálne takú pevnosť ako vlastná sieť. Siete sa spájajú spojovacími špirálami, spojovacími drôťmi alebo C-sponami do košov alebo matracov žiadaného tvaru a rozmerov. Počas montáže a plnenia sa gabiónové koše musia vystužovať dištančnými tiahkami v súlade s projektovou dokumentáciou alebo technologickým postupom výrobcu.

#### 6.1.3.1 Spájanie pomocou spojovacieho drôtu

Pri použití spojovacieho drôtu sa pripraví drôt dĺžky približne 1,5 násobku dĺžky hrany, ktorá bude spájaná. Maximálna dĺžka hrany, ktorá bude spájaná na jedenkrát nemá presahovať dĺžku 1 m. Dlhšie hrany sú spájané niekoľkými kusmi spojovacieho drôtu. Spojovací drôt zabezpečuje spoje pomocou navíjania a vytvárania slučiek okolo spájanej hrany. Proces navíjania je striedanie jednoduchej a dvojitej slučky. Dvojité slučky musia byť robené v maximálnej vzdialenosti 150 mm od seba. Počas procesu spájania musia byť všetky panely pevne pospájané. Na vytvorenie pevných spojov môžu byť použité kliešte. Koniec spojovacieho drôtu musí byť zabezpečený slučkou a navinutím drôtu okolo svojej osi. Pri používaní spojovacieho drôtu musí byť venovaná zvýšená pozornosť spôsobu spájania, aby sa zabránilo porušeniu ochrany drôtu.

#### 6.1.3.2 Spájanie pomocou špirál

Špirály sa používajú prevažne na montáž sietí do gabiónových košov a matracov zo zvárannej siete. Na spájanie panelov slúžia špirály dĺžky 50 cm, 100 cm alebo 150 cm, ktoré sa natáčajú cez oká dvoch, troch alebo štyroch panelov sietí na hrane ich styku. Stúpanie špirál býva 5 cm alebo 10 cm. Vnútorňý priemer špirál obvykle býva 17 mm a 24 mm pre možnosť spevnenia spoja. Priemer drôtu špirál a korozívna ochrana musí byť minimálne na úrovni drôtu z ktorého je vyrobená základná sieť gabiónu.

### 6.1.3.3 Spájanie pomocou C-spony

Pri použití oceľových C-spôn je požadované použitie manuálnych alebo pneumatických spojovacích klieští. Spojovacie C-spony musia byť nainštalované pozdĺž všetkých spojov, hrán koša a deliacej priečky v maximálnej vzdialenosti 200 mm od seba. V prípade potreby menších vzdialeností spojovacích C-spôn tieto definuje PD. Spojovacie oceľové C-spony majú priemer 3,0 mm sú vyrobené z patentovaného drôtu s povrchovou úpravou zliatiny Zn+Al pevnosti minimálne 1 720 MPa s odporom proti roztvoreniu minimálne 2 kN. Nerezové spojovacie C-spony majú priemer 3,0 mm a sú vyrobené s drôtu pevnosti 1 550 MPa s odporom proti roztvoreniu min 2,0 kN.

### 6.1.3.4 Dištančné tiahla

Dištančné tiahla spájajú čelnú a zadnú stranu alebo ktorúkoľvek podpornú alebo exponovanú stranu. Tiahla sú tvorené z drôtu priemeru 4 mm so zahnutými koncami alebo z viazacieho drôtu priemeru 2,2 mm, prípadne iné v súlade s technickým osvedčením výrobcu. Pri 1 m vysokom bloku sú inštalované vždy v 1/3 a 2/3 výšky koša.

Pre koše výšky 0,50 m sú dištančné tiahla inštalované v 1/2 výšky. Detailné usporiadanie tiahel je súčasťou realizačného projektu a metodických technologických predpisov výrobcov drôtených košov. Povrchová ochrana tiahla musí mať rovnakú povrchovú ochranu ako materiál použitých košov. Odporúčané minimálne množstvá sú 6 ks tiahla na 1 m<sup>2</sup> pohľadovej plochy líca konštrukcie.

### 6.1.4 Základné konštrukčné zásady

- náklon oporných gravitačných múrov do svahu, odporúčaný je sklon 6° (cca 10:1),
- úprava a zhutnenie podložia,
- umiestnenie tiahel v požadovanom množstve a úrovniach,
- vybudovanie filtra v rube múrov, klasický, alebo použitím filtračnej geotextílie,
- používanie dočasného debnenia počas plnenia košov kamenivom.

Pre použitie gabiónov zo zváraných panelov je dôležité posúdenie stability drieku konštrukcie. Projektant pri posúdení musí v zmysle STN EN 10223-8 zväžiť použitie dvojitých stien (dná, veká a bočné panely), alebo použitie vyššieho priemeru drôtu, prípadne menší rozmer oka siete (pozri tabuľku 6 týchto TKP).

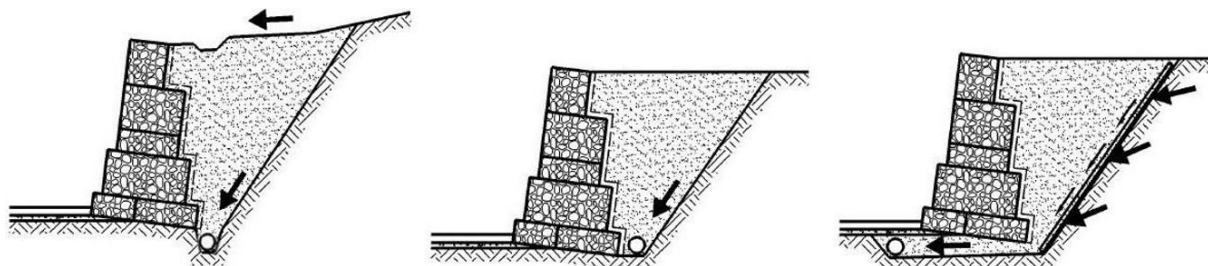
### 6.1.5 Technologický postup zhotovenia

Gabióny sa zostavujú priamo na mieste stavby v rozmeroch určených PD. Technologický postup výstavby stavebného objektu musí pred zahájením prác autorizovať projektant objektu a odsúhlasiť objednávateľ.

#### 6.1.5.1 Základová škára

Základová škára sa musí urovnať a zhutniť a odsúhlasiť dozorom/objednávateľom v zmysle [T7]. Nevhodné zeminy podľa STN 73 6133 sa musia zo základovej škáry odstrániť, upraviť alebo nahradiť vhodnejším materiálom na základe spracovanej PD. Minimálny požadovaný deformačný modul na upravenom podloží je  $E_{def2} = 45 \text{ MPa}$ ,  $E_{def2}/E_{def1} < 2,6$ . Uvedené parametre je nutné overiť zaťažovacou skúškou. V prípade zakladania gabiónovej konštrukcie na skalnom podloží, zhotoviteľ riadne vyčistí základovú škáru a prípadné nerovnosti vyplní štrkovým podsypom alebo chudobným betónom. Škáru preberá a spôsob vyplnenia odsúhlasuje projektant. Hĺbka založenia gabiónovej konštrukcie je určená PD na základe statického výpočtu. Nepožaduje sa zakladanie v nezamfzajúcej hĺbke, ak to neurčuje PD.

Základová škára musí byť upravená tak, aby umožnila prirodzený odtok vody z priestoru za gabiónové konštrukciou (pozri obrázok 15). Pri sklone základovej škáry do svahu je nutné bezodtokový priestor odvodniť pomocou drenáže. Základovú škáru preberá a odsúhlasuje objednávateľ/dozor stavby.



Obrázok 15 - Príklad umiestnenia drenáže

Gabióny realizované zo zváraných sietí predstavujú polotuhé konštrukcie s malou toleranciou voči deformáciám. Z toho dôvodu sa môžu navrhovať a realizovať len pri konštrukciách, kde je zabezpečené veľmi malé nerovnomerné sadnutie (tzn. založenie na skalnom podloží alebo hĺbkovom základe).

### 6.1.5.2 Montáž gabiónu

Montáž je závislá od zvoleného typu gabiónu a použitého typu materiálu. Vykoná sa v zmysle inštaláčného manuálu zvoleného typu. Po príprave podložia sa gabiónové koše realizujú na pripravenom podklade. Gabiónové koše postavené do svojej projektovanej polohy v objekte sú medzi sebou spojené pozdĺž všetkých kontaktných hrán tak, aby vytvárali kontinuálne spojenú monolitickú konštrukciu. Montáž gabiónových múrov môže vykonávať len zhotoviteľ s potrebnou odbornou spôsobilosťou.

### 6.1.5.3 Plnenie gabiónu

Na čelnú pohľadovú stranu sa viazacím drôtom pripevní pomocné dočasné debnenie, napr. oceľové alebo drevené rámy, prípadne lešenárske rúry alebo hranoly. Tieto spôsoby plnenia čela zabezpečia priestorovú stabilitu bez vytvárania deformácií. Po naplnení sa debnenie demontuje.

Plnenie drôtokamených konštrukcií je možné vykonávať ručným alebo strojným spôsobom:

- **ručné plnenie v celom objeme** sa musí realizovať vždy ak je výška konštrukcie nad 5 m, alebo je konštrukcia v priamom kontakte s vodným tokom. Ručné plnenie je postup, kedy môže byť do koša kameň voľne nasypávaný (pomocou mechanizácie) a následne ručne uložený do celého objemu pre docielenie minimálnej medzerovitosti, tak aby sa v celom koši vytvorila väzba na sucho. Voľné sypanie kameňa musí byť vykonávané po vrstvách max. výšky zodpovedajúcej 1/3 výšky drôtokameného prvku,
- **kombinované plnenie** môže byť použité v prípade, ak je výška drôtokamennej konštrukcie do 5 m. Pri tomto spôsobe ukladania kameňa musí byť obvod (rub, líce a bočné steny) každého koša vyskladané ručne kameňmi frakcie > 90 mm v min. hrúbke 250 mm. Vnútrotný priestor gabiónového koša môže byť vyplnený strojne po vrstvách frakciou  $f = 63/125$ .
- **strojné plnenie** môže byť použité pri použití zváraných sietí pre konštrukcie do výšky maximálne 2,5 m pri použití zváranej siete s okom 25x100 mm alebo 50x50 mm a minimálnym počtom 8 ks výstužných tiahel na 1 m<sup>2</sup>. Sypaný kameň je potrebné v košoch ručne rozhrňovať tak, aby vyplnil všetky voľné medzery v rohoch konštrukcie a pod výstužnými tiahľami. Strojne je možné plniť aj drôtokamené matrace.

Požiadavky na ručné a kombinované plnenie platia len pre líčnu časť drôtokamennej konštrukcie v šírke 1,0 m. Ostatná časť drôtokamennej konštrukcie môže byť plnená strojne po vrstvách frakciou  $f = 63/125$ .

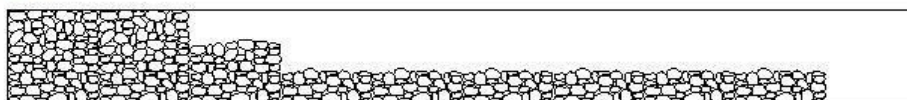
Gabióny je možné na miesto zabudovania dodať už predvyplnené kameňom. Plnenie sa realizuje na špeciálnom vibračnom stole strojne z kameňa frakcie  $f = 63/200$ . Kameň sa počas plnenia priebežne vibruje za účelom minimalizácie medzerovitosti. Do gabiónu sú pred plnením zabudované certifikované zdvíhacie úchyty. Gabiónové koše sú v tomto prípade tvorené z dvojzákrutovej siete typu 8x10 s priemerom drôtu min. 3,4 mm, alebo zo zváraných panelov s okom typu 5x10 priemer drôtu min. 4,5 mm, alebo okom typu 5x5 s priemerom drôtu 4 mm. Dno gabiónov zo zváraných panelov je tvorené panelom typu 5x5 s priemerom min. 5 mm.

Kamene v košoch nesmú byť ukladané na stojato, ale vždy väčšou plochou vodorovne so zachovaním požiadavky na rovinatosť líca. Postupuje sa po 30 cm vrstvách u 1 m vysokých drôtokamených konštrukcií a 25 cm vrstvách pre 0,5 m vysoké koše.

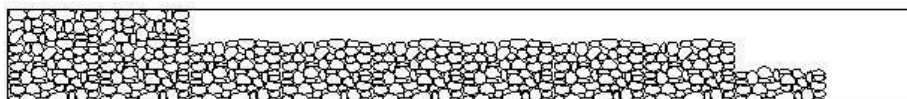
Pri múroch, kde je inštalovaná viac ako jedna rada gabiónov, je potrebné presypať každú radu vrstvou štrkodrviny frakcie 16/32 tak, aby sa vytvoril vyrovnaný povrch pre budovanie ďalšej rady gabiónov. Povrch musí byť hladko vyrovnaný, medzerovitosť minimalizovaná. Musí byť zabezpečené, aby vrch deliacej priečky bol dostupný pre napojenie. Po tom, čo bol kameň upravený a medzerovitosť minimalizovaná, uzavrie sa veko koša.

Dištančné tiahla musia byť inštalujú v zmysle kapitoly 6.1.3.4. Po naplnení kameňom a minimalizovaní medzerovitosti sa uzavrie veko koša. Ak je to potrebné môže sa použiť ľahké pritiahnutie veka ku košu pomocou vhodného uzatváracieho nástroja. Pri uzatváraní musí byť zabezpečené, že nedôjde k deformácii drôtu alebo k poškodeniu ochrany. Veko je spojené pozdĺž všetkých hrán a pozdĺž hrán deliacej priečky. Prilahlé veká môžu byť spojené súčasne. Všetky vyskytujúce sa ostré konce alebo hrany musia byť natočené smerom do gabiónovej konštrukcie.

Fáza 1



Fáza 2



Fáza 3



Obrázok 16 - Postup plnenia gabiónovej konštrukcie kameňom v pozdĺžnom smere po tretinách výšky

#### 6.1.5.4 Spätný zásyp

Realizácia spätného zásypu za objektom musí prebiehať súčasne so stavbou objektu. Robí sa po maximálne 30 cm vrstvách, ktoré sa ihneď hutnia vibračným zariadením. Je nutné zaistiť, aby zemina do zásypu bola vhodná, nebola zamrznutá alebo neobsahovala nevhodné prímеси v zmysle [T7]. V rube gabiónových konštrukcií sa umiestňuje separačno-filtračná geotextília triedy robustnosti TRG 3 v zmysle STN 73 3040. Geotextília plní filtračnú funkciu proti vyplavovaniu jemných a drobných častíc a zároveň funkciu separačnú.

Do **vzdialenosti 2,0 m** od rubu gabiónovej konštrukcie sa môžu k hutneniu použiť len ľahké zhutňovacie mechanizmy (vibračná doska atď.) v zmysle obrázku 17. Potrebu filtra v rube konštrukcie autorizuje projektant.

#### 6.1.5.5 Ochrana proti bludným prúdom

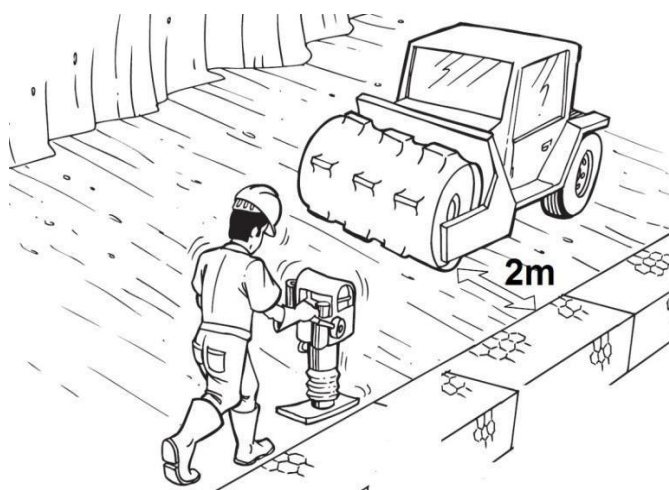
V oblastiach s možným výskytom bludných prúdov (blízkosť elektrizovanej železničnej a električkovej trate, transformátora a pod.) na základe vyhodnotenia výsledkov korózneho prieskumu PD stavebného objektu predpíše a zhotoviteľ podľa nej vykoná príslušné opatrenia na obmedzenie účinkov bludných prúdov na gabiónovú konštrukciu. Prednostne sa odporúča používať konštrukcie gabiónov z nevodivých alebo izolovaných materiálov s dopĺňujúcou polymérnou ochranou. Medzi ďalšie opatrenia patria:

- vrstva štrkodrviny v základovej škáre,
- dôsledné vodivé spojenie jednotlivých gabiónov,
- úplne naplnenie košov kameňom tak, aby sa dosiahla minimálna medzerovitosť bez jemnozrnných prímеси,
- vybudovanie izolačných vrstiev na spodnej a zásypovej strane gabiónovej konštrukcie zo štrkopiesku, prípadne v kombinácii s geosyntetickými materiálmi,
- rozdelenie gabiónovej konštrukcie dlhšej ako 100 m na úseky, medzi ktoré sa vloží priečna izolácia, použitie aktívnej protikorózneho ochrany proti bludným prúdom.

Navrhované obmedzenia musia byť v zmysle [T4] a v prípade blízkosti železničných tratí STN EN 50122-1, STN EN 50122-2, STN EN 50122-3.

### 6.1.6 Skúšky materiálov a kontroly zhotovenia

Pred začatím prác musia byť zistené kvalitatívne charakteristiky výplňového kameňa a drôtených košov a ostatných materiálov s cieľom preukázania vhodnosti ich použitia v stavebnej konštrukcii. Podmienky odberu vzoriek a kontrolné skúšky zemín, kamenitej sypaniny a ostatných materiálov sú definované v [T7]. Na spresnenie požiadaviek na skúšanie ostatných materiálov (popolček, troska, výsycky, apod.) sa musia vypracovať ZTKP. Pokiaľ PD alebo ZTKP nestanovujú inak, v zmysle STN 73 6133 a [T7] sa vykoná na každej zhutnenej vrstve zeminy kontrolná zaťažovacia skúška na určenie miery zhutnenia vrstvy. Pre kontrolu miery zhutnenia sa použijú priame alebo nepriame metódy (dynamická alebo statická zaťažovacia skúška, rádiometrické metódy a iné). Početnosť skúšok je uvedená v tabuľke 2 a požadované kritériá v tabuľkách 5 a 6 predpisu [T7].



Obrázok 17 - Zhutnenie v rube gabiónu

Požiadavka na monitoring musí byť zakotvená v PD stavby, vrátane návrhu alebo odporúčania metódy sledovania deformácií v súlade s [T11]. Výsledky meraní slúžia na posúdenie presnosti výpočtu, správnosti použitej metódy a vstupných parametrov. Tolerancie zrealizovanej gabiónovej konštrukcie určuje PD na základe predpokladaných deformácií podložia, účelu objektu. Gabiónová konštrukcia musí mať primeranú rovinatosť, nesmie vykazovať nadmerné deformácie líca, potrhávanie siete a vypadávanie kameňa. U gabiónových konštrukcií, ktoré plnia statickú funkciu je požadovaná rovinatosť povrchu maximálne 100 mm pri meraní 4,0 m latou. U pohľadových gabiónových obkladoch nesmie rovinatosť prekročiť 50 mm pri meraní 4,0 m latou. Dokumentácia predmetného objektu môže stanoviť prísnejšie požiadavky vzhľadom na význam konštrukcie. V miestach, kde gabiónová konštrukcia zaisťuje stabilitu svahu proti zosúvaniu, určí dokumentácia stavby metodiku, rozsah a kritériá kontrolného sledovania.

#### 6.1.6.1 Skúšky drôtených košov

Pred zahájením prác predloží zhotoviteľ objednávateľovi údaje o druhu výrobku spolu s výsledkami preukazných skúšok použitých materiálov. Preukazné skúšky výrobkov do gabiónových konštrukcií sú v tabuľke 9 a 10. Protokol o skúške nesmie byť starší ako 2 roky. Všetky skúšky realizuje nezávislé laboratórium. Počas realizácie vykonáva zhotoviteľ kontrolné skúšky, ktoré schvaľuje objednávateľ prác, zoznam kontrolných skúšok a ich početnosť je uvedená v tabuľke 11.

Tabuľka 9 – Preukazné skúšky drôtu a dvojzákrutovej siete

Skúška	Metodika	Kritérium
Ťahová pevnosť drôtu	STN EN 10223-3	min. 450 MPa
Ťažnosť drôtu	STN EN 10223-3	min. 8 %
Ťahová pevnosť siete	STN EN 10223-3	podľa tabuľky 7
Hmotnosť kovového povlaku	STN EN 10244-2	Trieda A, prípadne 350 g/m <sup>2</sup>
Odolnosť polymérnej ochrany proti UV	STN EN 10223-10; STN EN ISO 4892-3	Predĺženie a pevnosť v ťahu sa nesmie zmeniť o viac ako 25% od počiatočných parametrov
Odolnosť polymérnej ochrany v soľnej hmle	STN EN ISO 9227	min. 6 000 hodín
Odolnosť polymérnej ochrany voči abrázii / mechanickému poškodeniu P <sub>1</sub>	ASTM A975-21	min. 300 cyklov
<p><i>Poznámky:</i>  P<sub>1</sub>: Odolnosť polymérnej ochrany voči abrázii/mechanickému poškodeniu je požadované deklarovať pre konštrukcie, kde dochádza k nadmernej abrázii/oderu (konštrukcie v kontakte s vodnými tokmi, výstužné siete zabudované v spätnom zásype)</p>		

Tabuľka 10 – Preukazné skúšky drôtu a zvaranej siete

Skúška	Metodika	Kritérium
Ťahová pevnosť drôtu	STN EN 10223-8	min. 500 MPa
Ťažnosť drôtu	STN EN 10223-8	min. 8 %
Šmyková pevnosť zvaru	STN EN 10223-8	min. 75 % pevnosti v ťahu drôtu
Hmotnosť kovového povlaku	STN EN 10244-2	Trieda A, prípadne 350g/m <sup>2</sup>
Odolnosť v soľnej hmle (Zn90%/Al10% alebo ekvivalentná progresívna povrchová ochrana – nános Trieda A)	STN EN ISO 9227	min. 2 000 hodín
Odolnosť v soľnej hmle (Zn90%/Al10% alebo ekvivalentná progresívna povrchová ochrana – nános 350 g/m <sup>2</sup> )	STN EN ISO 9227	min. 4 000 hodín

### 6.1.6.2 Kamenná výplň

Podľa [Z7] je kameň na gabióny ako stavebný výrobok zaradený do skupiny 0302 s určeným systémom posudzovania parametrov 2+. V tomto systéme vydá výrobca Vyhlásenie o parametroch na základe týchto činností:

- výrobca má zavedený a vykonáva systém riadenia výroby,
- určil typ výrobku na základe skúšok typu na vzorkách výrobku odobratých z výroby,
- autorizovaná osoba (notifikovaná) osoba vydala výrobcovi certifikát zhody systému riadenia výroby na základe počiatočnej inšpekcie výroby a vykonávania priebežného dohľadu nad systémom riadenia výroby.

Z uvedeného vyplýva, že v jednotlivých etapách zhotoviteľ gabiónovej konštrukcie predkladá objednávateľovi nasledovné dokumenty o kvalite kameňa:

- Vyhlásenie o parametroch, ako súčasť dokladov k ponuke na zhotovenie diela.
- Skúšku typu výrobku, na odsúhlasenie objednávateľovi pred zahájením prác.
- Protokoly o vykonaní plánovaných skúšok výrobku, počas realizácie prác v rozsahu a početnosti stanovenom v pláne kvality, ktorý je súčasťou systému riadenia výroby (tieto skúšky vykonáva výrobca kameňa).

Zhotoviteľ priebežne počas výstavby gabiónovej konštrukcie kontroluje veľkosť kameňa, množstvo menších úlomkov na výplň medzier a vyklinovanie väčších kameňov. Kontroluje spôsob ukladania kameňa do košov, rovinatosť líca gabiónu, napnutie siete a pod.

Najmenšiu početnosť plánovaných skúšok kameňa definuje STN EN 13383-1 a tabuľka 11 týchto TKP. Pri nižšej početnosti plánovaných skúšok, uvedené protokoly predloží zhotoviteľ objednávateľovi minimálne jedenkrát za stavbu.

Tabuľka 11 - Kontrolné skúšky gabiónovej konštrukcie

Skúška	Metodika	Počet meraní
Ťahová pevnosť drôtu	STN EN 10223-3/8	1 x na 5 000 m <sup>2</sup>
Ťažnosť drôtu, priemer drôtu	STN EN 10223-3/8	1 x na 5 000 m <sup>2</sup>
Ťahová pevnosť siete	STN EN 10223-3/8	1 x na 5 000 m <sup>2</sup>
Hmotnosť kovového povlaku	STN EN 10244-2	1 x na 5 000 m <sup>2</sup>
Odolnosť proti lámaniu kameňa	STN EN 1926	1 x na 1 000 m <sup>3</sup>
Objemová hmotnosť kameňa	STN EN 13383-2	1 x na 1 000 m <sup>3</sup>
Nasiakavosť kameňa	STN EN 13383-2	1 x na 1 000 m <sup>3</sup>

Pre budovanie konštrukcií z gabiónov nie sú klimatické obmedzenia, ak je vyhovujúca základová škára. Pri kamennej výplni gabiónov z vhodného kameňa je možné realizovať práce i v daždi alebo mínusových teplotách. Kamene nesmú byť omrznuté s nánosmi snehu, ľadu, zeminy. Zásypový materiál nesmie byť premrznutý a zhutnenie musí zodpovedať týmto TKP a požiadavkám autorizovaného statika.

## 6.2 Gabiónové obklady

Gabiónové obklady sú navrhované ako architektonický prvok bez vedľajšej statickej funkcie. Konštrukcie obkladov sú z pohľadu spolupôsobenia s ostatnými konštrukciami samonosné, pričom ich celá vlastná tiaž sa prenáša do základového pásu, na ktorom sú založené. Stabilita obkladu je pri ich pomerne veľkej štíhlosti zabezpečovaná kotvením do nosnej konštrukcie (napr. železobetónová pilótovej stena, železobetónový múr). Hlavnou požiadavkou na základ gabiónov je ich povrch bez nerovností. Prípadný odklon od projektovaných výšok a sklonov by negatívne ovplyvnili presnosť gabiónového obkladu. Návrh konštrukcie obkladu musí byť podložený autorizovaným statickým výpočtom (zohľadňujúcim zaťaženie vetrom, zaťaženie seizmicitou a pod.)

### 6.2.1 Materiál

#### 6.2.1.1 Drôtené panely obkladu

Sieť použitá na výrobu drôtených panelov pre budovanie obkladu musí spĺňať charakteristiky uvedené v článkoch 6.1.1.1 a 6.1.1.2 týchto TKP podľa zvoleného typu siete.

#### 6.2.1.2 Spojovací materiál

Spojovací materiál je podrobne špecifikovaný v kapitole 6.1.3 týchto TKP.

#### 6.2.1.3 Kotviace prvky gabiónového obkladu

Nosný kotviaci systém je navrhovaný obvykle z oceľových prvkov (napr. IPE, UPE a pod.) alebo kompozitných materiálov s parametrami min. takými, aké sa požadujú aj pre oceľové prvky. Povrchová ochrana týchto prvkov musí spĺňať požiadavky definované v [T3]. Na kotvenie nosných prvkov alebo samotných gabiónových obkladov sa väčšinou používajú kotviace prvky (závitové tyče, podložky, matice, atď.) osadené pomocou chemických zmesí, alebo iných technológií. Vlastnosti kotevných prvkov a ich ochrana určuje PD podľa požadovaných parametrov zvoleného gabiónového materiálu a obkladanej konštrukcie.

#### 6.2.1.4 Výplňový kameň

Možnosti použitia pre kameň sú uvedené v kapitole 6.1.2.2 týchto TKP. Vlastnosti výplňového kameniva sú definované v tabuľke 8. Používa sa kameň frakcie vhodnej pre použitie do matracov.

### 6.2.2 Technologický postup

Gabióny sa realizujú v rozmeroch a kvalite určených PD. Zhotoviteľ musí pred zahájením prác odsúhlasiť s objednávateľom alebo dozorom stavby technologický postup a kamennú výplň na návrhovú životnosť konštrukcie. Stabilita štíhlych gabiónových obkladov je prevažne zabezpečená systémom vertikálnych a horizontálnych ocelových prvkov, ktoré sú pomocou kotevných prvkov uchytené do nosnej časti obkladanej konštrukcie.

Pre gabiónový obklad sa bežne použité profily rôznych výšok podľa výšky obkladu v danom úseku. Na vertikálnych ocelových prvkoch sú prevažne navarené ocelové príruby s otvormi pre závitové tyče. V prvom kroku je vytýčená poloha kotevných prvkov v zmysle dokumentácie. Po vytýčení sa navrtávajú diery do obkladanej konštrukcie pre budúce umiestnenie kotevných prvkov. Kotevné prvky sa osadia pomocou kotevných zmesí. Na základový pás sa v rade ukladajú gabiónové panely, ktoré budú tvoriť dno gabiónového obkladu. O dná gabiónového obkladu sa pri ich ukladaní upevnia zadné čelá obkladu a priečky obkladu, ktoré sú uchytené o dná predpísaným počtom spojovacieho materiálu. Ocelové profily osadia na kotviace prvky. Pripevnia sa predné čelá obkladu. Pred začatím sypania kameniva do gabiónových obkladov bude povrch ocelových prvkov chránený pred mechanickým poškodením povrchovej úpravy obalením do vrstvy geotextílie a pod. Týmto postupom sú budované bunky plnené kameňom.

Požiadavka na monitoring musí byť zakotvená v PD stavby, vrátane návrhu alebo odporúčania metódy sledovania deformácií v súlade s [T11]. Realizáciu gabiónových obkladov môže vykonávať iba zhotoviteľ s potrebnou odbornou spôsobilosťou.

### 6.3 Gabiónové matrace

Gabiónové matrace sú plošné drôtokamenné prvky s výškou do 0,50 m. Používajú sa na ochranu brehov riek, obloženia kanálov, priepustov, alebo protieróznou ochranu násypov v kontakte s vodným tokom, povodňami alebo prívalovými vodami, ochranu mostných kuželov, prípadne spevnenia svahov pod celým obrysom mostných objektov, alebo proti mrazová ochrana stabilizovaných zárezov.

Matrace sú vyrobené z dvojjákrutovej šesťuholníkovej ocelevej siete v zmysle kapitoly 6.1.1.1 alebo zváraných sietí v zmysle 6.1.1.2.

Matrace z dvojjákrutovej šesťuholníkovej ocelevej siete sú vyrobené z typu siete 6 x 8 s priemerom drôtu 2,2 mm. Požaduje sa, aby matrace boli vyrobené bez nevyhnutných spojov a dno matraca, predná, zadná, bočné strany boli vyrobené z jedného kontinuálneho kusu ocelevej siete. Priečky, ktoré rozdeľujú matrac na bunky a zabezpečujú jeho stabilitu a funkčnosť sú umiestnené vo vzdialenosti maximálne 1,0 m. Priečky môžu byť tvorené z jedného kusu, alebo zdvojené (súčasť spodnej siete). Matrace sú vyplnené kameňom zodpovedajúcich rozmerov a kvality podľa tabuľky 8 a následne sú uzavreté vekom alebo sieťou v roľkách. Dná sa s vekami spájajú tiahlymi alebo pretvarovanými sponami.

Matrace zo zváraných sietí sú vyrobené zo sietí s okom min. 5x10 cm s priemerom drôtu min. 4 mm.

Povrchová úprava drôtov ocelevej siete sa volí v zmysle tabuľky 7 pre prostredie, v ktorom bude konštrukcia situovaná a návrhovú životnosť. Matrace sa štandardne vyrábajú v hrúbkach 0,17 - 0,30 m.

V prípade kontaktu matracov s vodným tokom sa vzhľadom na dynamické namáhanie konštrukcie požaduje použitie matracov z dvojjákrutových sietí. Dodávateľ musí pre zvolenú konfiguráciu matraca deklarovvať medzné šmykové napätia vytvorené vodným prúdom, ktoré musia byť preukázané testami vykonanými v akreditovanom laboratóriu podľa metodiky ASTM D 6460.

Matrace sa ukladajú na upravený povrch bez alebo s použitím kotevných prvkov v závislosti od sklonu a výšky svahu. Optimálny sklon svahu je do 1:1,5. V päte sa realizuje päťka z gabiónov alebo betónu. Pod matrace sa umiestňuje separačno-filtračná geotextília triedy robustnosti TRG 3 v zmysle STN 73 3040. Matrace môžu byť umiestnené aj na tesniacej membráne, v tom prípade sa používa geotextília robustnosti TRG 5.

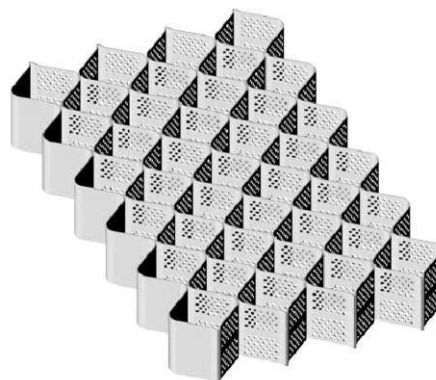
## 7 Geobunky

Geobunky (GCE) sú priestorový geosyntetický výrobok. Je to priepustná, polymérna bunková štruktúra vyrobená z niekoľkých navzájom striedavo pospájaných pásov štandardne s výškou do 200 mm

za účelom vystuženia a zadržiavania zeminy. Svojim priestorovým tvarom, geometriou buniek (obrázok 18) a vzájomnou interakciou steny bunky a zeminy (sypaniny) umožňuje po zhutnení výplne dlhodobé vystuženie vrstvy a zvýšenie jej ohybovej tuhosti a vytvorenie tuhej roznášacej vrstvy. Geobunky po nainštalovaní (obrázok 19) majú výstužnú, drenážnu, ochrannú a protieroznú funkciu v zmysle STN EN ISO 10318-2. V zemnej konštrukcii sa geobunky v zmysle výsledkov statického výpočtu aplikujú bez alebo s plošným geosyntetickým výrobkom. Spolu vytvárajú geobunkový systém s jednou alebo s niekoľkými vrstvami geobuniek.



Obrázok 18 - Geobunka - tvar, výška, povrch steny



Obrázok 19 – Geobunkový pás

## 7.1 Vlastnosti materiálov

### 7.1.1 Materiál geobunky

Geobunky, vhodné pre použitie v cestnom stavitelstve, sú vyrábané z polymérnych textúrovaných a perforovaných pásov z polypropylénu, polyetylénu, iného polyméru obdobných vlastností alebo z kompozitného materiálu, navzájom striedavo spojených najčastejšie zvaráním. Požadované minimálne vlastnosti geobunky definuje tabuľka 12.

Tabuľka 12 - Požiadavky na vlastnosti geobunky

Vlastnosť	Jednotka	Technická požiadavka	Skúšobná metóda
Polymérny materiál	-	HDPE, PP, kompozit	-
Kvalita	-	100% primárna surovina (bez podielu odpadu PCM, PIM)	-
Stena geobunky	-	tuhá s textúrovaným a perforovaným povrchom	-
Koeficient účinnosti trenia zemina-stena geobunky	-	0,95	ASTM D 5321
Rozmerová stálosť geobunky (koeficient tepelnej rozťažnosti CTE)	ppm/1°C	≤ 140	ISO 11359-2 (TMA)
Maximálna ťahová pevnosť (perforovaná stena geobunky)	kN/m	≥ 13	STN EN ISO 10319
Odtŕhová pevnosť zvaraného spoja geobunky	kN/m	≥ 13	STN EN ISO 13426-1 (metóda C)
Dlhodobá plastická deformácia geobunky (kríповá odolnosť)	%	≤ 6,0 (kumulovane)	ASTM D 6992 (SIM)
Odolnosť proti UV žiareniu a oxidácii	minúty	> 400	ASTM D 5885 (HPOIT@150°C)
Dynamický modul tuhosti pri: +30° C +45° C +60° C	MPa	> 725 > 625 > 425	STN EN ISO 6721-1 ASTM E2254 (DMA)

### 7.1.2 Materiál plošného geosyntetického výrobku

Plošný geosyntetický výrobok (geotextília, geomreža, geokompozit) sa použije pre zabránenie migrácie výplne geobuniek do pôvodného podložía počas hutnenia, na zabránenie infiltrácie jemných častíc pôvodného podložía do vrstvy zásypu geobuniek alebo na zvýšenie výstužného účinku. Požiadavky na plošný geosyntetický výrobok (geotextília) použitý primárne na oddeľovanie sú v tabuľke 13. Požiadavky na plošný geosyntetický výrobok (geomreža, geokompozit) použitý primárne na vystužovanie sú v tabuľke 14.

Tabuľka 13 - Požiadavky na plošný geosyntetický výrobok na oddeľovanie

Vlastnosť	Jednotka	Technická požiadavka	Skúšobná metóda
Polymérny materiál	-	PP, PET	-
Kvalita	-	100% primárna surovina (bez podielu odpadu PCM, PIM)	-
Ťahová pevnosť MD/CMD geosyntetiky pre oddeľovanie	kN/m	≥ 14	STN EN ISO 10319
Porušujúca sila pri pretláčaní valcovým razníkom	kN	≥ 2,1	STN EN ISO 12236
Veľkosť otvoru prerazeného kužeľom	mm	≤ 15,0	STN EN ISO 13433
Veľkosť otvoru $O_{90}$	μm	< 100	STN EN ISO 12956

Tabuľka 14 - Požiadavky na plošný geosyntetický výrobok na vystužovanie

Vlastnosť	Jednotka	Technická požiadavka	Skúšobná metóda
Polymérny materiál	-	HDPE, PP, PET, kompozit	-
Kvalita	-	100% primárna surovina (bez podielu odpadu PCM, PIM)	-
Ťahová pevnosť MD/CMD geosyntetiky pre vystužovanie	kN/m	≥ 30 / 30	STN EN ISO 10319
Pomerné predĺženie MD/CMD	%	≤ 12 / 12	STN EN ISO 10319

### 7.1.3 Výplňový materiál

Geobunka poskytuje variabilitu pri použití výplňového materiálu. Umožňuje použiť jemne zrnitý i hrubozrný výplňový materiál. U jemne zrnitého materiálu geobunka výrazne zvýši modul deformácie vrstvy. Pre výplň geobunky sa musí použiť materiál vyhovujúci STN 73 3041, STN EN 13242+A1, STN 73 6126, STN 73 6133, [T7] a [T12].

### 7.1.4 Spojovací materiál

Sekcie geobuniek rozprestreté na podklad sa navzájom spájajú spôsobom predpísaným výrobcom. Pre dokonalé spojenie buniek susedných sekcií sa štandardne používajú oceľové galvanizované 13 mm sponky, ktoré sa aplikujú pomocou pneumatických klieští.

## 7.2 Použitie geobuniek

Geobunky sa používajú na:

- vystuženie podložía vozovky,
- vystuženie pláne železničného spodku,
- ochranej a podkladnej vrstvy vozovky,
- vystuženie podkladových vrstiev podláh, parkovísk, terminálov, skladových plôch,
- vystuženie podložía a telesa násypov,
- lícové opevnenie vystužených oporných múrov,
- výstavbu oporných konštrukcií,
- protieróznu ochranu svahov a brehov vodných tokov.

Odporúčané rozmery geobuniek pre jednotlivé oblasti použitia sú uvedené v tabuľke 15. Ak sa v podloží nachádzajú zeminy s nízkou šmykovou pevnosťou alebo stlačiteľné zeminy použitie geobuniek:

- zvyšuje únosnosť konštrukčnej vrstvy,
- znižuje napätie v stlačiteľnej vrstve a eliminuje deformácie podložia,
- znižuje potrebnú hrúbku výmeny podložia, alebo ju eliminuje,
- znižuje sadanie a nerovnomerné sadanie zemnej konštrukcie,
- zvyšujú stabilitu zemnej konštrukcie,
- vytvára drenážnu vrstvu.

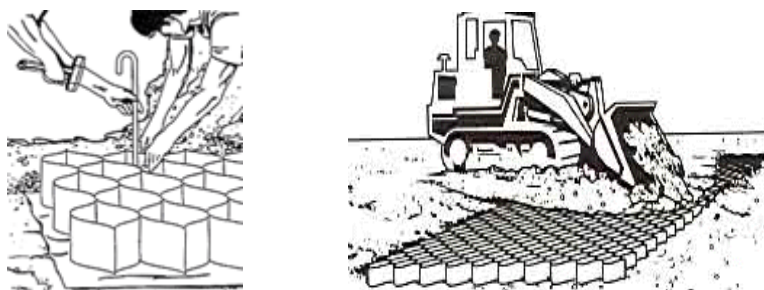
Tabuľka 15 - Odporúčané rozmery geobuniek a oblasť použitia

Parameter	Jednotka	Rozmer	Poznámka
Vzdialenosť spojov	mm	320 – 360	úprava podložia, ochranná a podkladová vrstva vozovky
Vzdialenosť spojov	mm	320 – 460	násypy, svahy, oporné múry a pod.
Vzdialenosť spojov	mm	320 – 680	terminály, odstavné a skladové plochy, parkoviská a pod.
Výška bunky	mm	50 – 200	max. 250 mm (limit pre zhutnenie konštrukčnej vrstvy)
Množstvo buniek v geobunkovej sekcii	počet/m <sup>2</sup>		10 - 40
Šírka sekcie	m		2,50 - 2,80
Dĺžka sekcie	m		7,40 - 24,00
Plocha sekcie	m <sup>2</sup>		20 - 60

### 7.3 Konštrukčné zásady pri použití geobuniek

Technologický postup realizácie geobuniek musí byť súčasťou dokumentácie, ktorú odovzdáva výrobca/dodávateľ zhotoviteľovi. Geobunky vo vrstvách sa inštalujú v súlade s PD a s dodaným technologickým postupom.

Pred aplikáciou geobunky je potrebné vyrovnať, upraviť a čiastočne zhutniť podklad, na ktorý sa budú geobunky aplikovať. Na takto pripravený podklad sa rozprestrie geotextília bez záhybov s preložením susedných pásov v šírke definovanej v technologickom postupe. Geobunka sa rozprestiera priamo na geotextíliu alebo na vrstvu zeminy na geotextílii. Pri podložiach s veľmi nízkou únosnosťou sa spolu s geotextíliou aplikuje geomreža alebo sa použije separačno-výstužný geokompozit. Pre správnu funkciu geobunky v konštrukcii sa jednotlivé sekcie geobuniek pevne fixujú k podkladu (obrázok 20) tak, aby nedošlo k ich zboršteniu počas vyplňania materiálom. Pri spájaní buniek susedných sekcií počet sponiek na jeden spoj závisí od výšky geobunky a je určený dodávateľom. Je zakázaný vjazd stavebných mechanizmov a ostatných dopravných zariadení na rozloženú a nevyplnenú geobunku. Použitie konkrétneho typu geobunky vychádza z návrhu konštrukcie a z jej statického posúdenia.



Obrázok 20 - Fixovanie k podkladu a postup vyplnenia geobuniek zásypovým materiálom

Pri oporných konštrukciách sa pre správnu funkčnosť konštrukcie musí geobunka správne rozprestrieť a fixovať so zachovaním geometrie bunky uvádzanej výrobcem v technickej špecifikácii. Oporné konštrukcie je možné budovať zo samotných geobuniek, prípadne ako vystužené oporné konštrukcie v kombinácii s ďalšími geosyntetickými výrobkami. V prípade vystužených oporných múrov vrstvy geobuniek kladených vertikálne na seba tvoria lícovú časť múru s tým, že jednotlivé vrstvy geobuniek sa kladú po celej hĺbke múru, alebo len do stanovnej hĺbky.

Geobunky umožňuje využiť lokálnu zemínu ako výplňový materiál. Výstužným prvkom vystuženej opornej konštrukcie je jednoosová alebo viacosová geomreža samostatne alebo v kombinácii

s geobunkou položenou po celej hĺbke opornej konštrukcie. Kotvenie výstužných prvkov sa realizuje ich vloženie medzi dve vrstvy geobuniek realizované do stanovenej hĺbky múru v zmysle statického výpočtu konštrukcie.

Na protieróziu ochranu svahov sa predpisuje použitie vždy v kombinácii - geobunka a netkaná geotextília. Na upravený a zarovnaný svah sa zafixuje geotextília kovovými U/J kolíkmi. Na korune svahu sa vytvorí ryha, do ktorej sa kovovými J kolíkmi zafixujú krajné geobunky. V prípade vysokých a strmých svahov je možné použiť spolu s kovovými U kolíkmi aj závesné polyesterové laná, zabezpečujúce dodatočnú fixáciu geobunky k svahu. V prípade, ak sa nedajú použiť kovové kolíky alebo sú geobunky inštalované na izolačnú fóliu, na fixáciu geobuniek k svahu použiť len závesné laná. Počet kovových kolíkov, ako aj počet a priemer lán sa použije podľa konštrukčného návrhu. Výplň geobuniek sa realizuje postupne od koruny svahu k jeho päte (ak je to technicky možné) alebo od päty svahu ku korune pomocou zodpovedajúcej techniky.

#### 7.4 Preukazné skúšky a kontrola geobuniek

Preberanie geobuniek na stavbe sa uskutoční v nasledovných krokoch:

- vizuálna kontrola dodaných geobuniek,
- kontrola celistvosti dodávky,
- identifikácia geobuniek podľa identifikačného štítku výrobcu,
- rozmerová kontrola geobunky,
- v prípade zistenia nezhody, vrátiť dodané geobunky a požadovať dodanie geobuniek zodpovedajúcej kvality.

Kontrolu kvality geobuniek, interval a počet odberu vzoriek na preberacie skúšky sa vykonáva podľa STN 73 3040.

#### 7.5 Skladovanie a manipulácia s geobunkami

Geobunky sa dodávajú v sekciách rôznej veľkosti a hmotnosti uložené na paletách. Geobunky sa skladujú v bežných skladoch. V letných mesiacoch sa môžu geobunky krátkodobo skladovať aj na voľnom priestranstve pri teplote okolia. Pri skladovaní alebo pri manipulácii dbať, aby sa geobunky nezdeformovali alebo mechanicky nepoškodili. Manipuláciu s paletami vykonávať len vhodným strojným zariadením. Pre úsporu miesta pri skladovaní sa palety môžu stohovať do výšky max. 2,50 m. Geobunky neskladovať v blízkosti tepelného zdroja.

#### 7.6 Recyklácia geobuniek

Nakoľko materiál geobunky je polymér, jeho recyklácia si nevyžaduje žiadne špeciálne postupy a technológie. Recyklácia a následné spracovanie je rovnaké ako pri bežných plastových výrobkoch. Zabudovaním geobunky do zemných konštrukcií nedochádza k znečisťovaniu životného prostredia. Vystužovanie zemín geobunkami je technológia, ktorá je ekologická a priateľská k životnému prostrediu. Použitím lokálnych alebo recyklovaných výplňových materiálov geobuniek sa šetria prírodné zdroje a prispievajú k trvale udržateľnému rozvoju a k ochrane životného prostredia.

#### 7.7 Stanovenie zásad pre technicko-ekonomické vyhodnotenie použitia geobuniek

Technicko-ekonomické zhodnotenie výhodnosti použitia geobuniek sa vykonáva na základe porovnania s pôvodným alebo alternatívnym riešením. Pri vyhodnotení sa musia zohľadniť nasledujúce parametre:

- účel a funkcia konštrukcie,
- návrhová životnosť konštrukcie,
- stabilita a sadanie konštrukcie,
- lokalita (materiálová dostupnosť),
- rýchlosť výstavby,
- náklady na prepravu zabudovaných materiálov,
- náklady na inštaláciu materiálov,
- náklady na údržbu konštrukcie, cyklus údržby,
- výška CO<sub>2</sub> emisií počas realizácie konštrukcie.

## 8 Bunková štruktúra s výškou 1,0 m

Bunková štruktúra s výškou 1,0 m je osobitý priestorový konštrukčný systém - špecifický typ bunkového matraca vytvoreného priamo na stavbe zo zvislo priečne a diagonálne postavených a vzájomne spojených pásov tuhých monolitických jednoosových geomreží a vodorovne položených pásov tuhých geomreží, spravidla výšky 1,0 m (obrázok 21). Bunková štruktúra po vyplnení kamenivom tvorí kompaktnú tuhú roznášaciu vrstvu umiestnenú najčastejšie v základovej škáre násypového telesa dopravnej stavby, alebo iného zemného telesa. Bunková štruktúra s výškou 1,0 m sa používa na neupravenom málo únosnom podloží, no významné je aj použitie bunkovej štruktúry v kombinácii so zvislými nosnými prvkami (štrkové piliere) alebo geodréni v prechodovej oblasti na kontakte násypového telesa a mostného objektu.

Bunková štruktúra sa môže použiť aj pod iným stavebným objektom (napr. pracovné plochy pre ťažké žeriavy atď.). Použitie bunkovej štruktúry s výškou 1,0 m je odôvodnené v prípadoch, keď sa v podloží nachádza vrstva málo únosnej zeminy s nízkou šmykovou pevnosťou a vysokou stlačiteľnosťou.

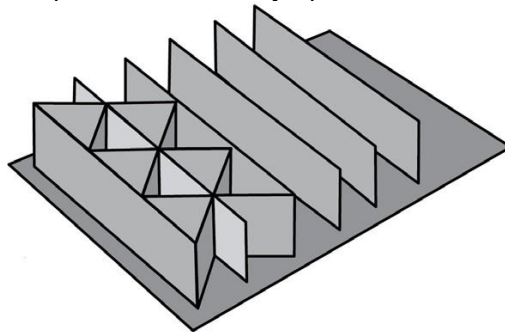
Bunková štruktúra:

- zvyšuje stabilitu podložia a stabilitu násypového telesa,
- môže znížiť alebo odstrániť nutnosť výmeny zemín v podloží,
- vytvára drenážnu vrstvu v základovej škáre násypového telesa,
- vytvorí únosnú pracovnú plochu pre výstavbu násypového telesa,
- zníži celkové a najmä nerovnomerné sadanie násypu.

Podľa potreby sa bunková štruktúra môže kombinovať s plošnou geosyntetickou výstužou, ktorá sa ukladá na bunkovú štruktúru a/alebo do telesa násypu. V prípade požiadavky na urýchlenie konsolidácie málo únosných zemín v podloží sa bunková štruktúra môže kombinovať so zvislými geodréni. Bunková štruktúra s výškou 1,0 m je špecifická aj tým, že si vyžaduje špeciálnu metodiku výpočtu (zohľadňujúcu výšku a tvar násypu, charakteristiky materiálu v násype, hrúbku málo únosnej vrstvy a šmykovú pevnosť zeminy v málo únosnej vrstve) na zistenie potrebných ťahových pevností tuhých monolitických geomreží a určenie požadovaných typov geomreží.

Bunková štruktúra s výškou 1,0 m sa nesmie zamieňať s geobunkami uvedenými v kapitole 7, ktoré majú štandardnú výšku do 250 mm. Rovnako nie je možné zamieňať priestorovú bunkovú štruktúru s výškou 1,0 m vrstvením nízkych geobuniek.

Alternatívne riešenie za bunkovú štruktúru výšky 1,0 m je vystužená podkladová vrstva definovaná v kapitole 4.2 ktorej funkčnosť a spoľahlivosť musí byť preukázaná statickým výpočtom.



Obrázok 21 - Schéma bunkovej štruktúry s výškou 1,0 m

### 8.1 Materiály pre bunkovú štruktúru s výškou 1,0 m

Komponenty používané na výstavbu bunkovej štruktúry zahŕňajú tuhé monolitické jednoosové alebo dvojosové geomreže (so štvorcovým, šesťuholníkovým, prípadne iným tvarom oka), pomocné komponenty a výplňový materiál, ktoré musia byť v súlade s ustanoveniami tohto predpisu a v súlade s požiadavkami PD.

#### 8.1.1 Tuhá monolitická dvojosová geomreža

Tuhá monolitická dvojsová geomreža (so štvorcovým, šesťuholníkovým, prípadne iným tvarom oka) je položená vodorovne pod zvislo postavenými pásmi tuhej monolitckej jednoosovej geomreže a je nutnou súčasťou priestorovej bunkovej štruktúry. Pre daný konštrukčný systém sa na základe dlhodobých skúseností môže použiť jeden pevnostný typ geomreže. Charakteristiky s požadovanými hodnotami sú v tabuľke 16.

Tabuľka 16 - Charakteristiky tuhej monolitckej dvojsovej geomreže do priestorovej bunkovej štruktúry

Charakteristika	Jednotka	Hodnota	Technická norma
Ťahová pevnosť MD/CMD	kN/m	≥ 30	STN EN ISO 10319
Ťahová pevnosť pri predĺžení 2% MD/CMD	kN/m	≥ 10,5	STN EN ISO 10319
Predĺženie pri pretrhnutí MD/CMD	kN/m	≤ 11	STN EN ISO 10319
Poškodenie pri inštalácii – zostatková pevnosť	%	>90	STN EN ISO 10722
Veľkosť oka	mm	≥ 39 x 39	x

Na plochu pod zvislo postavenými pásmi tuhej monolitckej jednoosovej geomreže možno použiť aj iné tuhé monolitcké geomreže dvojsové (so štvorcovým, šesťuholníkovým prípadne iným tvarom oka), pričom vhodnosť ich použitia je nutné doložiť statickým výpočtom bunkovej štruktúry.

### 8.1.2 Tuhé monolitcké jednoosové geomreže

Pásky tuhej monolitckej jednoosovej geomreže postavené na zvislo, ukladané priečne a diagonálne sú nutnou súčasťou priestorovej bunkovej štruktúry, obr. 19. V danom konštrukčnom systéme sa na základe dlhodobých skúseností používa typ geomreže stanovený výpočtom. Charakteristiky vhodných geomreží s požadovanými hodnotami sú v tabuľke 17.

Tabuľka 17 - Charakteristiky tuhej monolitckej jednoosovej geomreže do priestorovej štruktúry 1,0 m

Charakteristika	Jednotka	Hodnota	Technická norma
<b>Typ 1, 2 a 3</b>			
Šírka pásu	m	1,0 (štandardne)	x
Pomerné predĺženie pri max. zaťaženi, MD	%	≤ 11,0	STN EN ISO 10319
<b>Typ 1</b>			
Plastické tečenie (návrhová životnosť 120 rokov, pri 10° C)	kN/m	≥ 45,0	STN EN ISO 13431
<b>Typ 2</b>			
Plastické tečenie (návrhová životnosť 120 rokov, pri 10° C)	kN/m	≥ 60,0	STN EN ISO 13431
<b>Typ 3</b>			
Plastické tečenie (návrhová životnosť 120 rokov, pri 10° C)	kN/m	≥ 70,0	STN EN ISO 13431

V bunkovej štruktúre sa použije na priečne aj diagonálne prvky vždy len jeden typ geomreže, podľa statického výpočtu. Pri zmene výšky násypu a/alebo únosnosti podlažia sa v plošne súvislej bunkovej štruktúre môže zmeniť aj typ geomreže uvedenej v tabuľke. Zmenu typu geomreže definuje statický výpočet.

### 8.1.3 Spojovacie tyče

Priečne a diagonálne pásky jednoosových geomreží sa vzájomne spájajú syntetickou spojovacou tyčou s kruhovým prierezom  $\varnothing$  13 mm vyrobenou z vysokohustotného polyetylénu (HDPE). Z dôvodu UV stabilizácie je obsah uhlíkových častí 2 %. Medza klzu spojovacej tyče je 22 MPa. Uvedené spojovacie tyče sú nutnou súčasťou priestorovej bunkovej štruktúry.

### 8.1.4 Výplňový materiál

Sypanina je podrobne opísaná v kapitole 3.1.1. týchto TKP. Postavená prázdna priestorová bunková štruktúra sa plní nesúdržným sypkým materiálom. Materiál do bunkovej štruktúry musí byť definovaný v projektovej dokumentácii. Odporúča sa hrubé, drvené kamenivo. Možno použiť aj štrk, štrkopiesok alebo drvený betón, ktoré musia spĺňať stanovené požiadavky na pevnosť, trvanlivosť a zrnitosť. Optimálny materiál má mať číslo nerovnozrnosti  $C_u > 5$  a zrnitosť podľa tabuľky 18.

Tabuľka 18 - Zrnitosť materiálu do bunkovej štruktúry

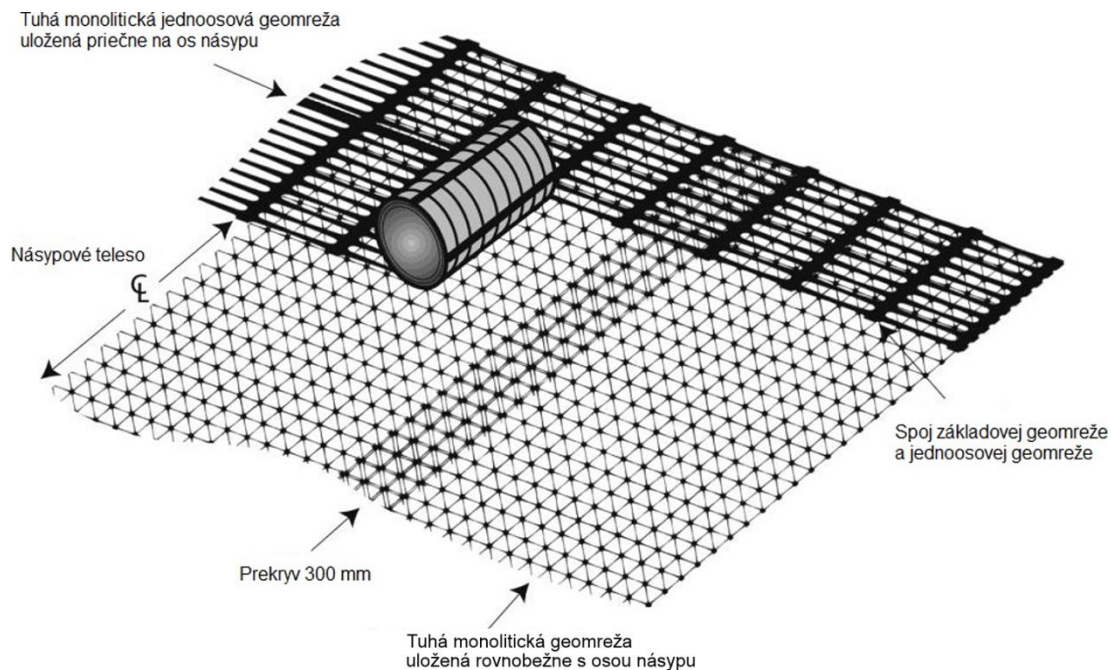
Veľkosť otvorov sít (mm)	Celkový prepad na sít (% hmotnosti)
80	100
63	80 - 100
31,5	75 - 100
16	50 - 80
8	35 - 65
4	25 - 45
0,063	0 - 10

### 8.2 Technologický postup realizácie bunkovej štruktúry

Technologický postup realizácie bunkovej štruktúry musí byť súčasťou dokumentácie, ktorú odovzdáva výrobca/dodávateľ zhotoviteľovi. Bunková štruktúra musí byť realizovaná v súlade s PD a s dodaným technologickým postupom.

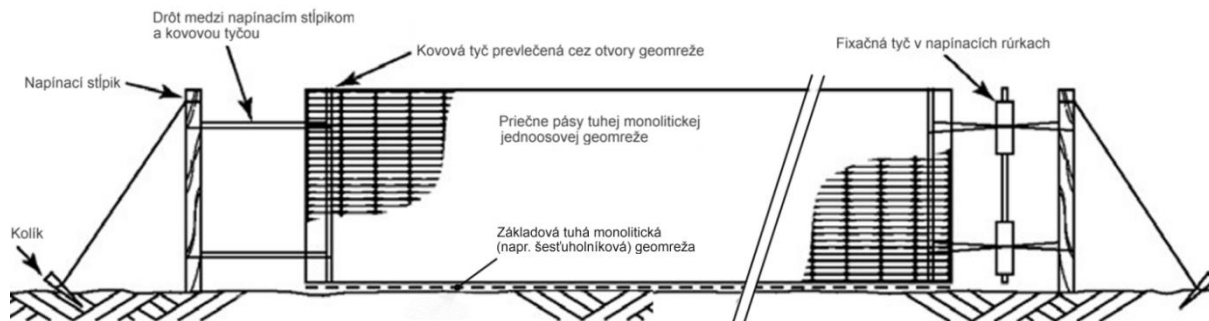
Na upravenej zemnej pláni sa vytýčia okraje bunkovej štruktúry. Na túto plochu sa rovnobežne s osou násypového telesa položia pásy tuhej dvojsovej monolitckej geomreže. Minimálne presahy pásov geomreže sú 300 mm. Na plochu z tuhej monolitckej geomreže sa položia vedľa seba na doraz, kolmo na os násypu, na celú šírku bunkovej štruktúry priečne pásy tuhej monolitckej jednoosovej geomreže s parametrami podľa statického výpočtu tak, ako je to uvedené na obrázku 22. Pomocou vhodných plastových sťahovacích pásov sa spája okraj každého priečneho pásu jednoosovej geomreže so základovou geomrežou. Priečne pásy jednoosovej geomreže sa postavajú do zvislej polohy otočením okolo pripevneného okraja. Zvislé pásy sú vzájomne rovnobežné, pričom vzdialenosť medzi zvislými pásmi geomreží je 1,0 m, čo je šírka jednotlivých pásov.

Priečne pásy sa v dvoch úrovniach, cez zvislú kovovú tyč navlečenú do geomreže, na oboch koncoch upevnia pomocou drôtu k vhodným fixačným bodom podľa obrázku 23. Priečne geomreže sa musia napnúť.



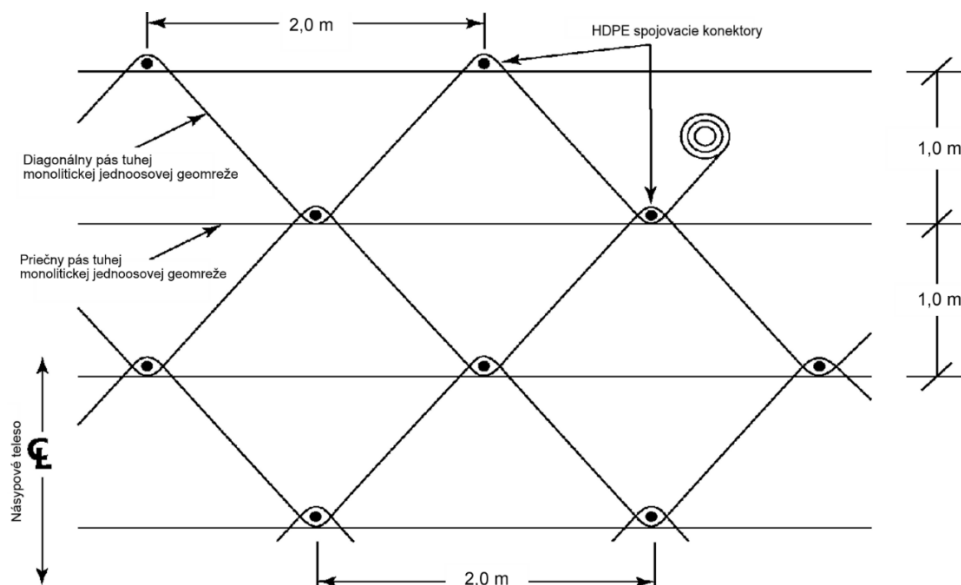
Obrázok 22 – Príklad ukladanie priečných pásov tuhej monolitickéj jednoosovej geomreže na položené tuhé monolitické geomreže

Pásky geomreží sa napínajú pomocou kovových rúrok prestrčených cez oká drôtov, ako je to znázornené na obrázku 23, napravo. Na udržanie dosiahnutého napnutia sa môže použiť závitová tyč, ktorá sa prevlečie cez dvojicu rúrok. V prípade, ak napnutie z jedného konca bude nedostatočné, je potrebné aplikovať napnutie aj na opačnom konci pásu geomreže.



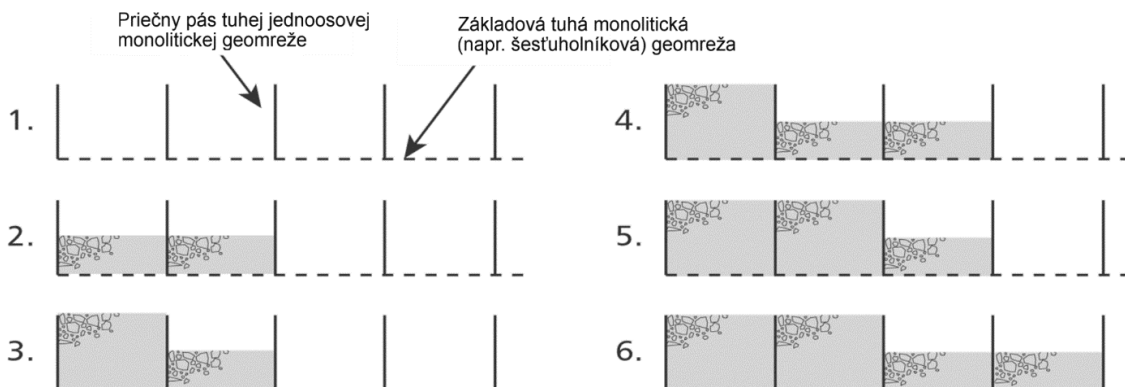
Obrázok 23 - Zafixovanie a napínanie priečných pásov geomreže

Hotová bunková štruktúra má v pôdoryse tzv. „diamantový tvar“, obrázok 24. Na pásoch priečných geomreží sa na hornom okraji urobia každé 2,0 m značky. Značky na dvoch susediacich priečných pásoch sú posunuté o 1 m. Medzi dva priľahlé priečne pásky geomreží sa vkladá zvislý diagonálny pás jednoosovej geomreže rovnakého typu. Vytvárajú sa trojuholníkové bunky. Každá diagonálna geomreža sa spája s priečnou geomrežou každé 2 m pomocou HDPE spojovacích tyčí.



Obrázok 24 - Pôdorys diamantového typu priestorovej bunkovej štruktúry

Na obrázku 25 je znázornené postupné plnenie jednotlivých buniek bunkovej štruktúry v projekte stanoveným materiálom. Najskôr sa plnia dva rady buniek do polovice výšky.



Obrázok 25 - Postup plnenia bunkovej štruktúry

Následne sa vyplní prvý rad na plnú výšku. Plnenie buniek pokračuje podľa schémy, pričom je potrebné dbať na to, aby čelný rad bol vždy vyplnený do polovice skôr ako sa zadný rad vyplní na plnú výšku. Vyplňovanie bunkovej štruktúry sa uskutočňuje v smere osi násypového telesa a môže sa realizovať pomocou strojového zariadenia. Bežným postupom je, že výplň bunkovej štruktúry sa ukladá bez použitia priameho zhutňovania. Skôr ako sa po bunkovej štruktúre budú pohybovať dopravné mechanizmy musí byť nad bunkami rozprestretá zhutnená vrstva štrkodrviny s minimálnou hrúbkou 150 mm.

Po naplnení bunkovej štruktúry sa môžu odstrániť napínacie stĺpiky. Vyššie uvedený technologický postup realizácie platí pre výšku bunkovej štruktúry 1,0 m. V prípade, ak projekt vyžaduje výšku bunkovej štruktúry z tuhých monolitckých jednoosových geomreží 0,5 m, postup výstavby je rovnaký, len rozstup priečných geomreží bude 0,5 m.

### 8.3 Preukazné skúšky a kontrola kvality geosyntetických výrobkov

Preukazné skúšky a kontrola kvality geosyntetických výrobkov je podrobne opísaná v kapitole 3.1.5 týchto TKP. Kontrola kvality geosyntetických výrobkov dodaných na stavbu do bunkovej štruktúry sa vykonáva v súlade s týmto článkom a podľa STN 73 3040. Interval odberu vzoriek a ich minimálny počet na preberacie skúšky stanovuje STN 73 3040.

## 8.4 Manipulácia a skladovanie geosyntetických výrobkov

Počas skladovania a manipulácie s geosyntetickými výrobkami sa musia dodržiavať pokyny a inštrukcie stanovené výrobcom. Všetky sklady a depónie materiálov pre bunkovú štruktúru musia mať dostatočné rozmery, ktoré umožňujú vykládku, nakládku a premiestňovanie materiálov bez jeho poškodenia. Geosyntetické materiály musia byť skladované tak, aby nedošlo k ich deformácii a ku zhoršeniu ich trvanlivosti a mechanických vlastností ešte pred ich použitím v stavebnej konštrukcii. Geosyntetické výrobky sa nesmú počas manipulácie mechanicky poškodiť. Poškodené časti geomreží alebo poškodené spojovacie tyče sa nesmú zabudovať do bunkovej štruktúry a musia sa odstrániť.

## 8.5 Recyklácia geomreže a spojovacích prvkov

Materiály, z ktorých sa buduje bunková štruktúra sa vyrábajú z polymérnych materiálov. Ich recyklácia nevyžaduje žiadne špeciálne postupy a technológie. Recyklácia geosyntetických výrobkov a ich následné spracovanie je rovnaké ako u bežných plastových výrobkov. Zabudovaním geosyntetických materiálov a výplňového materiálu do bunkovej štruktúry a jej použitím v zemných konštrukciách nedochádza k znečisťovaniu životného prostredia.

## 8.6 Stanovenie zásad pre technicko-ekonomické vyhodnotenie použitia priestorovej bunkovej štruktúry

Technicko-ekonomické vyhodnotenie použitia priestorovej bunkovej štruktúry možno vypracovať na základe porovnania s alternatívnym riešením, ktorým sa docieli požadovaná stabilita, únosnosť, celkové sadanie a nerovnomerné sadanie násypového telesa. Do vyhodnotenia alternatív okrem technických parametrov a ceny je potrebné uvažovať aj náročnosť na zhotovenie konštrukcie, dobu výstavby a dostupnosť materiálov na stavebnom trhu.

Pre technicko-ekonomické vyhodnotenie je potrebné zohľadniť nasledujúce parametre:

- náklady na prepravu odťažených a zabudovaných materiálov,
- dostupnosť vhodných materiálov pre konštrukciu,
- náklady na inštaláciu a rýchlosť výstavby,
- náklady na údržbu,
- výška emisií CO<sub>2</sub> počas realizácie konštrukcie.

Na základe vypracovaného výkazu výmer a zohľadnenia hore uvedených vstupov pri daných okrajových podmienkach je možné zhodnotiť ekonomickú efektívnosť navrhnutého riešenia.

## 9 Geotechnický monitoring zvláštnych zemných konštrukcií

Zvláštne zemné konštrukcie tak ako aj ostatné špeciálne geotechnické konštrukcie si vyžadujú na významných stavbách alebo v náročných inžinierskogeologických pomeroch pozorovanie a kontrolu vývoja deformácií počas výstavby, ale aj po dobu svojej návrhovej životnosti.

Ak sú súčasťou objektov líniových dopravných stavieb program monitoringu a použité metódy sú popísané v [T11], alebo aj v [T5], základné náležitosti sú predpísané v [T1].

Metódy monitorovania zvláštnych zemných konštrukcií možno rozdeliť na:

- geodetické – meranie vonkajších prejavov deformácií, posunov, premiestnení,
- geotechnické – meranie síl, napätí na výstužných prvkoch zemných konštrukcií, meranie náklonov, vonkajších deformácií ako aj podpovrchových deformácií zemných konštrukcií,
- diaľkové snímanie – meranie vonkajších deformácií konštrukcií.

Detailné odporúčania k monitorovaniu jednotlivých typov zvláštnych zemných konštrukcií sú popísané aj v jednotlivých kapitolách 3.3.9; 3.4.1; 5.4.5 a 6.1.6.