

# Súčasnosc' a budúcnosť stavebných objektov s gabionmi

## Abstract :

Kombinácia geosyntetiky ako geosyntetickej výstuže a kovových sietí vo forme dielcov alebo gabionových košov poskytuje množstvo možností. Výsledkom sú vystužené oporné múry (VOM) alebo vystužené strmé svahy (VSS) používané v pozemnom staviteľstve aj v dopravných stavbách. Na to, aby mohli byť tieto konštrukcie použité ako trvalé s dlhodobou životnosťou, jednotlivé časti konštrukcie musia spĺňať prísne požiadavky na trvanlivosť. Tieto technické požiadavky musia mať konkrétne kontrolovateľné hodnoty stanovené normovými skúškami, ktoré musia byť obsiahnuté v technických predpisoch, normách a musia sa uvádzať v projektoch a v súťažných podmienkach.

## 1. Úvod

Mnohé oporné konštrukcie sa zhotovujú ako vystužené horninové konštrukcie (VHK) z bloku vystuženej horniny s geosynteticou výstužou a poddajným lícovým opevnením z ocelevej siete vo forme dielcov alebo gabionových košov. Je to populárna konštrukcia, ktorá má prednosti, ale aj nedostatky. A práve problémy spojené s výberom zváraných sietí z hrubšieho galvanizovaného drôtu alebo pletených dvojjákrutových sietí z tenšieho galvanizovaného drôtu s poplastovaním PVC, PA6 alebo iným polymérom rozprúdili diskusiu o trvanlivosti týchto dvoch odlišných typov korozívnej ochrany a o životnosti týchto dvoch typov oceľových sietí vo VHK.

O tom, že diskusia je nepríjemná pre mnohé zainteresované osoby svedčí aj nezáujem štátnych inštitúcií odborne diskutovať o uvedenom probléme. Tento prístup, so snahou zakrývať fakty o korózii určitých typov oceľových sietí a zahmlievať budúce škody jednoznačne potvrdzuje skutočnosť, že trvanlivosť rôznych typov korozívnej ochrany je reálny problém, ktorý ohrozuje životnosť a bezpečnosť niektorých VHK konštrukcií.

Treba konštatovať, že na stanovenie trvanlivosti a dlhodobých pevnostne-deformačných charakteristík drôtov oceľových sietí neexistuje skúšobná STN EN (takými nie sú ani STN EN 10223-3 a 10 223-8), čo je rozdiel v porovnaní s geosyntetikou, kde sú poznatky o trvanlivosti a dlhodobých vlastnostiach oveľa podrobnejšie a rozsiahlejšie spracované. Preto sa v prípade oceľových sietí zohľadňujú teoretické a praktické skúsenosti na rôznej technickej úrovni a rôznej hodnovernosti a spoľahlivosti, podložené len marketingovou aktivitou.

Napriek dostupnosti sa v projektoch a na stavbách nestretneme s gabionmi zo zváraných sietí s prídavnou polymérou povrchovou ochranou. A naopak, v projektoch sa často objavujú konštrukcie z pletených sietí s poplastovaním, a to napriek nedostatočným informáciám a chýbajúcim praktickým skúsenostiam s odolnosťou poplastovania a trvanlivosťou drôtu a dvojjákrutovej pletenej siete.

Napriek našim dlhoročným skúsenostiam sme boli prekvapení niektorými skutočnosťami aj reakciami odborníkov a pracovníkov, ktorí pracujú s gabionmi a geosyntetikou. V článku sa prezentujú niektoré postrehy a poznatky zo súčasnej situácie, ktorá existuje na trhu.

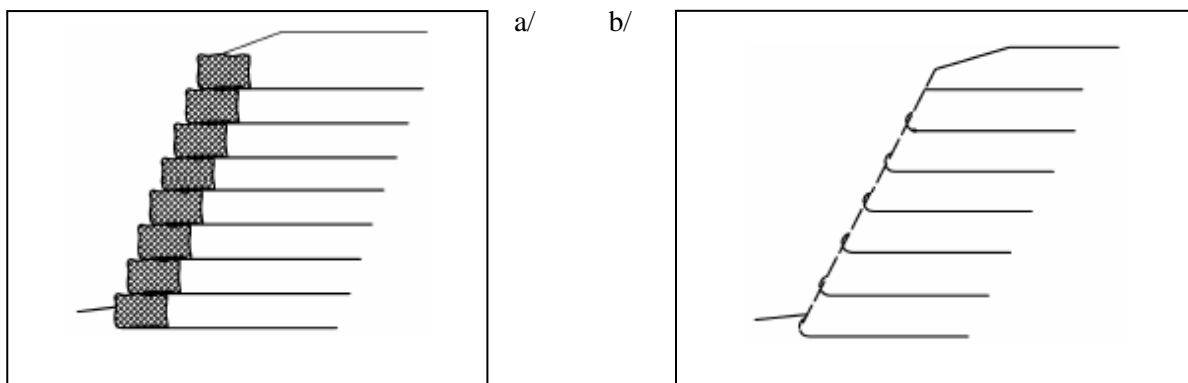
## 2. Obsah a hodnotenie dokumentov vydávaných k materiálom vo VHK

Vystužené horninové konštrukcie (VHK) z bloku vystuženej horniny s plošnou geosynteticou výstužou a poddajným lícovým opevnením z ocelevej siete vo forme dielcov z oceľových sietí alebo gabionových košov sa uvádzajú v STN EN 14 475 [1] ako vystužené oporné múry so sklonom líca 70° až 90° (VOM), obr.1a alebo vystužené strmé svahy so sklonom líca 45° až 70° (VSS), obr.1b. Tieto konštrukcie majú svoje prednosti, no nie sú univerzálne a bez problémov. Toto upozornenie je namieste, pretože je snaha používať tieto konštrukcie ako trvalé stavebné objekty so životnosťou viac ako 100 rokov bez dostatočných znalostí korozívnej odolnosti o trvanlivosti častí konštrukcie.

---

<sup>1</sup>Eduard Vašík, Ing., Gabion-Consult, Slovensko, tel.: +421 903 421 842, e-mail: eduard@vasik.sk

<sup>2</sup>Radovan Baslík, Ing., CSc., Slovensko, tel.: +421 905 643 589, e-mail: radobaslik@gmail.com,



Obr.1 Príklad - vystužený oporný múr (a) a vystužený strmý svah (b)

V trvalých VHK sa nachádza niekoľko častí, výrobkov, materiálov, a to:

- gabionové koše ( prázdne pre čelo VOM )
  - oceľový drôt ( z ktorého sa vyrábajú zvárané alebo pletené siete)
  - oceľová sieť ( z ktorej sa vyrábajú alebo zostavujú gabionové koše, alt. ako plošná výstuž)
- oceľové dielce ( úprava povrchu VSS )
  - oceľový drôt ( z ktorého sa vyrábajú zvárané alebo pletené siete)
  - oceľová sieť ( z ktorej sa vyrábajú dielce alt. ako plošná výstuž)
- kameň alebo kamenivo do gabionových košov,
- geosyntetika ( najčastejšie vo forme plošnej výstuže v bloku vystuženej zeminy)

Na jednotlivé časti gabionovej konštrukcie existujú rôzne systémy posudzovania parametrov a dokumenty s rôznym obsahom, tab.1

Tab. 1 Dokumenty vydávané na jednotlivé časti trvalých VHK

Výrobok	Systém posudzovania parametrov (SPP)	Dokument vydaný osobou na certifikáciu systému riadenia výroby a na certifikáciu výrobkov
Geosyntetika	2+ <sup>1/</sup>	Certifikát systému riadenia výroby podľa Nariadenia o stavebných výrobkoch - CPR
Siete na gabionové koše	III	Posúdenie parametrov výrobku
Gabionové koše	II+	SK certifikát systému riadenia, SK technické posúdenie (SK TP)
Kameň do gabionových košov	2+	Certifikát systému riadenia výroby podľa Nariadenia o stavebných výrobkoch - CPR
Dielce z oceľových sietí na povrchu VSS	III	Posúdenie parametrov výrobku

<sup>1/</sup> Posudzuje sa aj trieda reakcie na oheň (TRO)

Pokračovanie tab.1

Výrobok	Dokumenty vydávané výrobcom		
	Vyhlásenie o parametroch (DoP)	Označenie CE ( C <sub>SK</sub> )	Technický list
Geosyntetika	áno	áno	áno
Siete na gabionové koše	áno	áno	áno
Gabionové koše	áno	áno	áno
Kameň do gabionových košov	áno	áno	áno
Dielce z oceľových sietí na povrchu VSS	áno	áno	áno

Údaje v tabuľke 1 vyvolávajú dojem, že na všetky časti (gabionové koše, kameň, geosyntetika) VHK sú k dispozícii všetky potrebné dokumenty, ktoré ich umožňujú použiť v trvalej VHK. Podľa STN EN 1990 (Eurokód) je informatívna životnosť inžinierskych konštrukcií, tj. aj VHK, 100 rokov. Preto trvanlivosť jednotlivých nevymeniteľných častí VHK musí byť väčšia ako 100 rokov! Keď sa však na obsah uvedených dokumentov pozrieme podrobnejšie tak zistíme, že v prípade niektorých výrobkov, materiálov sú informácie o ich trvanlivosti absolútne nedostatočné.

Analyzovali sme dokumenty uvedené v tab.1. z pohľadu internej požiadavky NDS o 100-ročnej životnosti gabionových košov. Každý z uvedených dokumentov má menšie alebo väčšie nedostatky. Problémom je rozsah, obsah a hodnovernosť dokumentov a informácií poskytovaných výrobcami/distributérmi ku gabionom. Pri práci s týmito dokumentmi je nutná opatrnosť a mimoriadna dôslednosť, pretože sú často nekomplexné a niekedy zavádzajúce. Ani autorizované - akreditované organizácie nemajú možnosť a niekedy ani vedomosti posúdiť množstvo a hodnotu parametrov potrebných k aplikácii stavebného materiálu.

Certifikát systému riadenia vystavuje autorizovaná osoba podľa európskych harmonizovaných noriem (hEN), európskych technických posúdení (ETA) alebo Slovenského technického posúdenia (SK-TP). Je to základný dokument, no napriek tomu vykazuje určité nedostatky. Najčastejšie je to hodnotenie a posudzovanie kvalitatívnych parametrov, ktoré nie sú dostatočné na aplikáciu gabionov pre trvalé zvláštne zemné konštrukcie. Napríklad sú to chýbajúce hodnoty QUV odolnosti s presvedčivým potvrdením prevodu do reálneho času, požiarnej odolnosti a najmä chýbajúce posúdenie trvanlivosti a korozívnej odolnosti galvanizovanej vrstvy Zn+Al oceleového drôtu siete s poškodeným poplastovaním od ostrohranného kameňa v gabionoch a v hornine proti pôsobeniu chemického prostredia, UV žiarenia, mrazu a ohňa.

Vyhlásenie o parametroch a Označenie CE (C<sub>SK</sub>) sú dokumenty, ktoré nie sú určené primárne projektantom, ale slúžia pre zhotoviteľov a stavebný dozor k identifikácii výrobkov priamo na stavbe. Preto je nutné, aby stavebný dozor mal dostatočné odborné vedomosti o gabionoch a o problémoch spojených s použitím gabionov v danom type stavebnej konštrukcie, ktorá sa objavuje na jeho stavbe. Napriek tomu, že normy požadujú konkrétny rozsah a obsah informácií v týchto dokumentoch, výrobcovia to nedodržiavajú a možno vidieť rôzne variácie týchto dokumentov. V prípade gabionov je to ešte horšie, keďže výrobcovia sa snažia prispôsobiť nepodloženým a diskriminujúcim požiadavkám investorov (napr. 100-ročná životnosť gabionov).

Stretli sme sa s tým, že výrobca vystavil na rovnaký výrobok dve rozdielne Označenia CE a to podľa potreby a želania zhotoviteľa. Druhý, doplnený dokument, obsahoval nepravdivú informáciu, ktorá umožňovala použiť výrobok na účel, ktorý nebol možný podľa pôvodného dokumentu. Stáva sa, že zhotoviteľ použije do stavebnej konštrukcie lacnejšiu geosyntetiku s nevyhovujúcimi parametrami a potom dodatočne zháňa potrebný dokument na pôvodne navrhovaný výrobok. Alebo použije v projekte stanovený výrobok v minimálnom množstve a na zostávajúce väčšie množstvo (dodané bez sprievodného dokumentu) sa snaží neoprávnene použiť pôvodný dokument. Výrobca/distributér kvalitného geosyntetického výrobku sa bráni tým, že sprievodný dokument vystavuje s informáciou o presnom type a množstve dodaného výrobku na konkrétne určenú stavbu.

Pri identifikácii gabionového výrobku na stavbe, posudzovaní a schvaľovaní dodaných sprievodných dokumentov má rozhodujúce postavenie stavebný dozor. Bez jeho zodpovedného prístupu je dodržiavanie kvality stavebného diela problematické. Preto je nutné, aby stavebný dozor mal dostatočné odborné vedomosti o gabionoch a o obmedzeniach spojených s ich použitím a najmä odvahu nesúhlasiť s použitím nevhodného alebo problematického výrobku na jeho stavbe.

Samostatným a rozhodujúcim problémom je kvalifikácia a znalosti problematiky trvanlivosti a aplikácie gabionov zo strany projektantov. Je zarážajúce, ak projektant o vlastnostiach korozívnej ochrany drôtu siete a gabionu nevie takmer nič, neanalyzuje alebo nie je schopný analyzovať informácie poskytnuté výrobcom/distributérom a tak sa stane, že najdôležitejším parametrom uvedeným v projekte je šedá farba polyméru poplastovania. Vtedy je aj stavebný dozor bezradný a investor krčí ramenami hoci projekt schválil ku realizácii.

Technický list ( špecifikácie, parametre ) každého výrobku vo VHK zostavuje výrobca alebo distributér podľa svojho uváženia, marketingových zámerov a odborných schopností. Výsledok tomu zodpovedá a technický list neobsahuje vždy všetky potrebné a technicky korektné informácie pre projektanta a stavebný dozor.

Technické listy vystavované na gabionové výrobky sú prvotnými a najdôležitejšími dokumentmi

pre projektantov a statikov. Preto by títo odborníci mali mať vysoké nároky na tento typ dokumentu a mali by vyžadovať všetky informácie, ktoré potrebujú k výberu vhodného gabionového výrobku do svojho statického výpočtu a/alebo projektu. Väčšinou nepostačujú informácie, ktoré sa uvádzajú v oficiálne ponúkaných propagačných prospektoch pre zvláštne zemné konštrukcie, obzvlášť ak ich nevyžadujú ani TKP č.31 vydané Ministerstvom dopravy v gescii SSC.

Súčasne by sa mali informácie získané priamo od výrobcu/distributéra konfrontovať s informáciami z iných zdrojov a v prípade potreby a náročnej stavebnej konštrukcie uskutočniť priamu konfrontáciu technických informácií na osobnom stretnutí všetkých zainteresovaných na projekte. Je dôležité si uvedomiť, že technický list dodaný výrobcom/distributérom, okrem dlhodobu osvedčených a spoľahlivých výrobcov/distributérov, nemôže statik/projektant považovať za jediný dokument, ktorý použije pri návrhu gabionov. Ani renomovaní výrobcovia nemôžu vedieť, pri tvorbe technického listu, aké informácie bude projektant potrebovať v konkrétnej konštrukcii a TKP č. 31 to v potrebnom rozsahu taktiež nepredpisujú.

Výrobcovia gabionov štandardne neposkytujú komplexné informácie o svojich výrobkoch, pretože harmonizované európske normy na gabiony neexistujú. Vyhovuje to záujmom výrobcov/distributérov pri rôznej manipulácii s informáciami a pri argumentácii, keď sa snažia napríklad nahradiť gabiony s vyššími plošnými hmotnosťami korozívnej ochrany Zn+Al gabionmi zhotovenými z drôtu s nižšou plošnou hmotnosťou korozívnej ochrany kombinovanou s poplastovaním.

### 3. Vlastnosti drôtov sietí na výrobu gabionov

O životnosti gabionov vo VHK rozhoduje nielen trvanlivosť kameňa, ale najmä priemer drôtu ocelevej siete, tj. odolnosť protikoróznej ochrany (galvanizácia + alt. poplastovanie) a rýchlosť korózie jadra oceleového drôtu v konkrétnom prostredí. Preto sme sa na základe známych poznatkov venovali vlastnostiam drôtov sietí, ktoré majú podstatný vplyv na trvanlivosť gabionov.

V zemných konštrukciách sa podľa TKP č.31 používajú kovové siete v rôznej forme a na rôznych účel. Sú to odlišné výrobky v porovnaní s geosyntetikou, no domnievame sa, že vzhľadom k tomu, že sa použijú v rovnakej VHK ako geosyntetika zhotovená z polymérov, mali by sa posudzovať podobným spôsobom. Dôvodom je aj snaha používať plošné oceleové siete namiesto geosyntetickej výstuže v trvalých VHK a zľahčovanie existencie devastačného zaťaženia od kamennej výplne v gabionových košoch na čele VHK a ostrohranných častíc horniny v zásype VHK.

Drôt z nízokuhlíkovej ocele na zvarané alebo pletené siete môže byť bez ochrany alebo s povrchovou korozívnou ochranou. Tá môže byť kovová (galvanizácia Zn alebo zliatinou Zn+Al), polymérová (poplastovanie PVC, PA a iné) alebo kombinácia galvanická+polymérová. Dlhodobá trvanlivosť (životnosť) ocelevej siete v zemnej konštrukcii sa skladá z času celkovej spotreby galvanizovanej vrstvy a času straty únosnosti oceleového drôtu siete s polymérovou ochranou poškodenou horninou, kameňom a inými vplyvmi.

Galvanizovaný oceleový drôt môže byť potiahnutý polymérovou vrstvou (PVC, PA6, iné), pričom jednotlivé polyméry vykazujú podstatne odlišné vlastnosti, tab.2. Aby bola polymérová vrstva (poplastovanie) účinná, musí byť nepriepustná na plyny a vlhkosť a musí dokonale priliehať na povrch oceleového drôtu tak, aby medzi povrchom drôtu a poplastovaním nevznikla mikroskopická medzera, tj. aby adhézia podľa STN EN 10245-1 [2] bola na stupni 0 až 2.

Tab.2 Vlastnosti polymérov na povrchovú ochranu oceleového drôtu siete

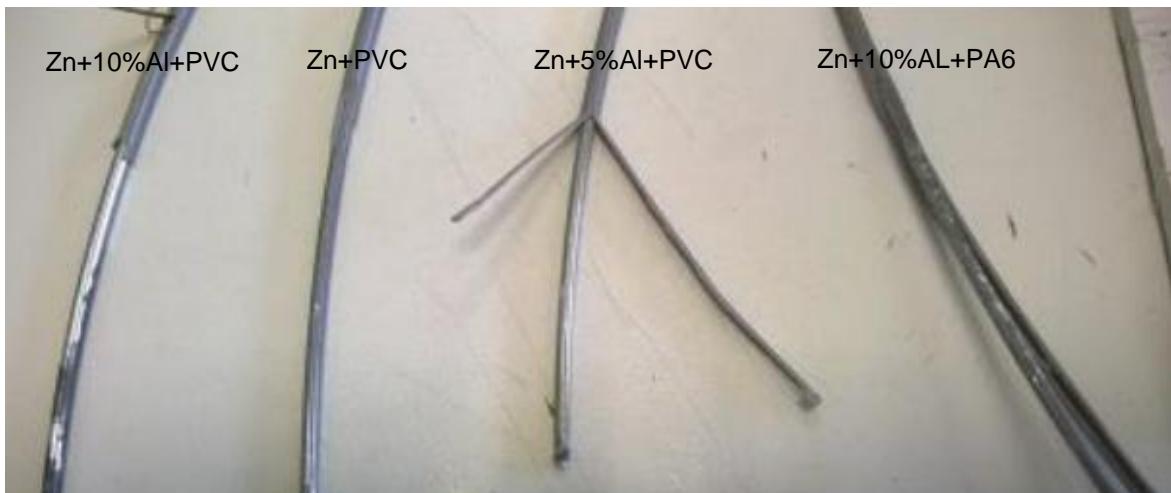
Polymér	Nasiakavosť	Vrubová húževnatosť - Charpy	Odolnosť proti nízkej teplote	Odolnosť proti krátkodobej vysokej teplote
	(%)	(kJ/m <sup>2</sup> )		
PVC	0,01	neuvádza sa (príliš mäkký materiál)	max. -20 °C	max. +60 °C
PA6	2,6 (na vzduchu) 9,0 (vo vode)	5,5	max. -40 °C	max. +160 °C

PA6 je síce tvrdší a odolnejší proti extrémnym teplotám ako PVC, no jeho vysoká nasiakavosť vodou ho diskvalifikuje na použitie ako povrchovej ochrany oceleových sietí v prostredí s vyššou vlhkosťou.

ťou alebo v kontakte s vodou. Zemná vlhkosť alebo voda preniká cez poplastovanie z PA 6, spôsobuje nekontrolované premrzanie poplastovania, odlupovanie poplastovania od povrchu ocelového drôtu a urýchľuje bielu koróziu na povrchu drôtu. Polymérna vrstva z PA6 stráca funkciu protikoróznej ochrany.

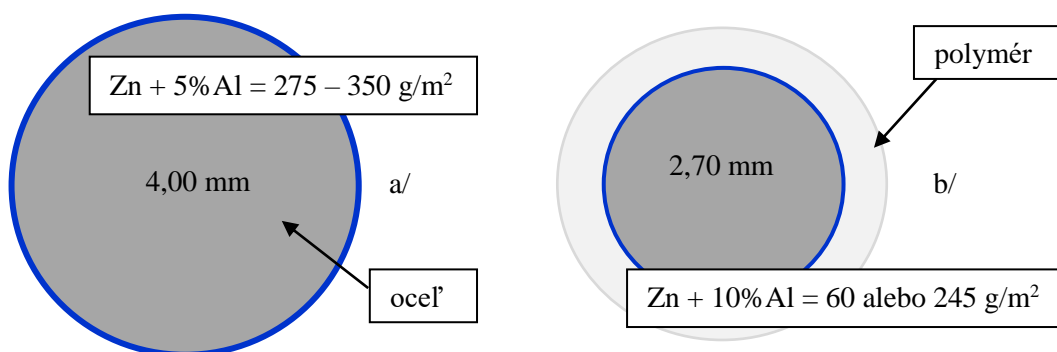
PVC je síce nenasiakavý, ale je príliš mäkký a je málo odolný proti extrémnym teplotám. Napriek týmto nedostatkom sa PVC používa ako polymérna vrstva na ocelových drôtoch. V kontakte s drvenou horninou (zásyp VHK) alebo ostrohranným kameňom (výplň gabionov) však musíme brať do úvahy jeho mäkkosť a nedostatočnú húževnatosť. Táto skutočnosť sa prejavuje nielen okamžitým mnohopočetným poškodením polymérnej vrstvy z PVC na povrchu ocelového drôtu siete pri jej zabudovaní do zemného telesa alebo pri zostavovaní gabionovej konštrukcie, ale aj pokračujúcim poškodzovaním pri dlhodobom lokálnom tlakovom namáhaní poplastovania od ostrých hrán častíc horniny alebo kameňa počas životnosti týchto konštrukcií.

Dokonalá dlhodobá adhézia – príľnavosť medzi ocelovým drôtom a nepoškodeným poplastovaním a odolnosť proti poškodeniu poplastovania horninou alebo kameňom je mimoriadne dôležitá, pretože od toho závisí rýchlosť korózie galvanizovaného povlaku a jadra ocelového drôtu, obr.2. Je to dôležité najmä vtedy, keď si uvedomíme rozdielny priemer a plochu jadra ocelového drôtu zvaranej a dvojzákrutovej siete, obr. 3, ako rozhodujúceho nositeľa pevnostne-deformačných parametrov. Na obr.2 je dôležité najmä to, že biela korózia vznikla pod nepoškodeným poplastovaním, a to na vzorkách uložených len 200 hodín v soľnej hmle (STN EN ISO 9227 [3]).



Obr. 2 Biela korózia pod poplastovaním (PVC, PA6) pri nedostatočnej adhézii a v dôsledku prieniku vlhkosti cez neporušené poplastovanie.

Výber vhodnej korozívnej ochrany a drôtu pre gabiony spočíva najskôr v stanovení požadovanej plošnej hmotnosti Zn+Al (podľa STN EN 10 244-2 trieda A [4]) a priemeru drôtu, obr. 3, ktorý sa určí na základe statickej-ťahovej odolnosti potrebnej pre objekt vrátane rovinatosti čela a typu materiálu, v ktorom je gabion uložený a z akého materiálu ( drveného, oblého ) je jeho výplň.



Obr.3 Nosná oceľ – zvaraná sieť (a/) a pletená sieť s poplastovaním (b/)

Za zmienku stojí i skutočnosť, že projektanti vyžadujú rozdielnu hmotnosť korozívnej ochrany pod PVC ( tr.A = 245 g/m<sup>2</sup>/2,7 mm) a pod PA6 ( tr.E = 60 g/m<sup>2</sup>/2,7 mm), podľa STN EN 10244-2. Voľba percentuálneho obsahu Al v korozívnej zliatine na ochranu oceleového drôtu je definovaná normami STN EN 10 223-3 [5] a STN EN 10223-8 [6] a to jednoznačne 10% (pletené siete) a 5% (zvárané siete) prímеси Al ku Zn, obr.3. Hliník okrem svojho druhotného účinku na odolnosť korozívnej ochrany plní hlavnú úlohu, a to, že zabráňuje praskaniu a odlupovaniu Zn z povrchu ocele u dvojzákrutových pletených sietí. U zváraných sietí je tento problém irelevantný.

Pri porovnaní korozívnej odolnosti a následne trvanlivosti zváranej siete z galvanizovaného oceleového drôtu s  $\phi=4,0$  mm a dvojzákrutovej siete z galvanizovaného oceleového drôtu s  $\phi=2,7$  mm s pridanou polymérnou vrstvou je, vzhľadom na podstatne menšiu plochu jadra oceleového drôtu, obr. 3, rozhodujúci stav a dlhodobá funkčnosť poškodeného poplastovania (PVC, PA6, iné) v korozívnom okolitom prostredí a v samotnom horninovom prostredí stavebnej konštrukcie. V horninovom prostredí alebo v gabionovej konštrukcii totiž vždy dochádza počas manipulácie, ukladání zeminy či kameniva k nekontrolovateľnému a menej či viacpočetnému poškodeniu polymérneho povlaku. Otázkou je, aká plocha a aké % plochy poplastovania sa poškodí. Určitou pomôckou môže byť v tomto prípade STN EN ISO 10722 [7]. Podľa tejto normy sa stanovuje odolnosť plošnej geosyntetiky proti poškodeniu pri ukladání do vrstvy horniny. Stanovuje sa zvyšková ťahová pevnosť a súčiniteľ mechanického poškodenia počas zabudovania výrobku do vrstvy horniny rôznej zrnitosti a so zrnami oblého tvaru alebo s ostrými hranami. Táto norma je pôvodne vypracovaná pre geosyntetiku, ale po určitej korekcii postupu sa použila na skúšku dvojzákrutovej oceleovej siete. Korekcia spočíva v tom, že na miestach, kde sa polymérna ochrana počas zhutňovania vrstvy horniny poškodila, sa drôt prestrihne. Uvažuje sa, že na poškodenom mieste nastane korózia a drôt prehrdzavie [8]. V certifikátoch BBA na dvojzákrutové oceleové siete sa uvádza redukčný čiastkový súčiniteľ poškodenia 1,25 pri zabudovaní do štrku fr. 2/60 [9] a do drveného kameniva fr. < 200 s hodnotou 1,22 [10]. Ak sa uvaží hodnota 1,25 znamená to, že ťahová pevnosť oceleovej siete s poplastovaním sa vplyvom poškodenia pri zabudovaní zníži o 25%. Je to významný pokles. Praktický to znamená, nielen že na min. 25% povrchu siete sa predpokladá vyčerpanie pevnosti drôtu vplyvom korózie, ale že aj v dôsledku šírenia korózie pod poplastovaním dochádza na nešpecifikovanej ploche ku korózii, k spotrebe zinku z galvanizovaného povlaku a k zmenšovaniu prierezu oceleového jadra drôtu, obr.3. Teda v čase domnelej ochrany vrstvou polyméru (PVC, PA6) môže dochádzať ku korózii drôtu, obr.2, a tak možno pochybovať o deklarovanej odolnosti drôtu podľa STN EN 9227 aj podľa STN EN 10223-3.

O šírení bielej korózie pod poplastovaním sú protichodné informácie. V literatúre [8] sa uvádza, že korózia neprenikne od exponovaného (tj. poškodeného) miesta viac ako 10 mm. Toto konštatovanie je však v rozpore s publikovanou informáciou [11], že povrchová hrdza sa od miesta poškodenia šíri pod poplastovaním až do vzdialenosti 43 mm (pravdepodobne nízka adhézia – stupeň 4). Z hľadiska poškodenia je kritickým miestom dvojzákrut, kde sú dva drôty priamo na sebe a preto sú vystavené zvýšenému namáhaniu od horninového prostredia. obr.4. Predpokladajme poškodené dva susedné dvojzákruty.



Obr.4 Dvojzákrutová šesťhranná sieť s poškodeným poplastovaním

Medzi nimi je v prípade oka 8x10 voľný drôt s dĺžkou približne 60 mm. Ak sa korózia rozšírila od poškodenia z každej strany 10 mm, potom je skorodovaných približne 33% dĺžky drôtu pletiva + skorodovaný dvojzákrut. Ak predpokladáme, že korózia sa rozšírila od poškodenia z každej strany 43 mm, potom je skorodovaný celý voľný drôt.

Korózia je elektrochemický jav, ktorý je zásadne odlišný na galvanizovanom povrchu bez poplastovania

(s voľným prístupom kyslíku a vlhkosti), na galvanizovanom povrchu s poplastovaním (bez prístupu kyslíku a vlhkosti) a na galvanizovanom povrchu s poškodeným poplastovaním ( s čiastočným prístupom kyslíku a vlhkosti), tab.7.

Tab.7 Korózia drôtov s rôznou protikoróznou ochranou

Typ protikoróznej povrchovej úpravy oceleového drôtu siete	Priebeh korózie v horninovom prostredí		Vplyv priebehu korózie na životnosť oceleovej siete
	Tvorba ochranej vrstvy oxidov zinku na galvanizovanom povrchu	Vznik bielej korózie (hrdze)	
Galvanizovaný povrch bez poplastovania	áno	čiastočne	čiastočné zníženie
Galvanizovaný povrch s nepoškodeným poplastovaním PVC (nenasiakavý)	nie	nie	bez vplyvu
Galvanizovaný povrch s nepoškodeným poplastovaním PA6 (nasiakavým)	nie	áno	áno
Galvanizovaný povrch s poškodeným poplastovaním	čiastočne	áno	výrazné zníženie

V súčasnosti nie je k dispozícii relevantná skúšobná STN EN, ktorá by umožňovala prepočítať výsledok krátkodobej laboratórnej skúšky odolnosti (aj proti UV žiareniu) a trvanlivosti na reálnu životnosť kovových sietí, obr. 5, v zemných konštrukciách, keď sú v kontakte s horninami alebo kameňom. Nie sú to ani STN EN 10223-3 a STN EN 10223-8 nevhodne a nedôsledne citované a použité v TKP č.31, čo potvrdila súčasná prax.



Obr.5 Prejav UV žiarenia v kombinácii s vplyvom mrazu

Hodnoty predpokladanej životnosti sietí, uvádzané v normách a v TKP č.31 [12], v rozsahu 10 až 120 rokov, nemajú oporu v žiadnej relevantnej metodike a ich pôvod je technicky nepodložený. Vzniká chaos, keď projektanti a investori požadujú podľa TKP č.31, napr. 120-ročnú životnosť kovovej siete v zeme alebo gabionovej konštrukcii, no dodávatelia sietí nemôžu mať k dispozícii technicky podložený doklad o takej trvanlivosti siete. Samotná požiadavka je z hľadiska posudzovania životnosti stavebných objektov nelogická a diskriminujúca. Napr. pri zámene bežného žb oporného múru so životnosťou 40 až 60 rokov (podľa JKSO 815-4) alebo 50 rokov (podľa Eurokódu STN EN 1990) za gabionový múr, sa požaduje bez akejkoľvek logiky a zákonného či technického podkladu životnosť gabionovej konštrukcie 100 rokov. Pritom požadovaná životnosť 100 rokov sa priamo nepreukazuje ani u samotnej siete ani u kameňa uloženého v gabionoch ani u betónu žb oporného múru (dokonca ani u mostnej konštrukcie).

U investorov (štátnych zamestnancov) odznel zaujímavý názor, že ak je toľko problémov s dokumentmi vydávanými na gabiony, tak ich radšej nebudeme používať. Môžeme to považovať za logický názor byrokratov, ktorí pracujú s množstvom stavebných materiálov (betón, oceľ, drevo,

a pod.) so známymi, časom overenými a certifikovanými vlastnosťami, o ktorých majú „spoľahlivé“ informácie. A také informácie očakávajú aj o gabionových výrobkoch a nechcú mať nepríjemnosti, ak také výrobky použijú vo svojej zverenej stavbe. A pritom je známe, že aj určité typy betónových mostov sú v havarijnom stave už po 50-tich rokoch.

Je vidieť, kam až môže viesť krátkozraký záujem nezodpovedných výrobcov/distribútorov gabionov a ich manipulácia s dokumentmi. Svojím správaním ohrozujú povedomie o celom sortimente gabionov a poškodzujú postavenie gabionových konštrukcií na trhu so stavebnými výrobkami.

Domnievame sa, že riešenie vzniknutej situácie existuje. Stačí na to seriózna verejná diskusia o všetkých dostupných technických podkladoch s prezentáciou doterajších praktických skúseností. Zdôrazňujeme vzájomnú diskusiu technikov o technických podkladoch, nie diskusiu obchodníkov o marketingových zámeroch. Súčasťou tejto diskusie by bolo očistenie priestoru od klamlivých (čiasťkových, nekompletných, neoverených) informácií. Je na rozhodnutí kompetentných, či je o takto nastavenú diskusiu záujem.

Neustále opomínaným kritériom použitia materiálu do VHK je odolnosť proti ohňu, tj. požiarne odolnosť. Uvedený parameter chýba ako v technických listoch, tak nie je predmetom adekvátneho posúdenia. Európska komisia radí polyméry (Smernica 96/603/EC) do skupiny materiálov s odolnosťou voči ohňu „F“, podľa STN EN 13 501-1 [13], sú ľahko horľavé bez nutnosti vykonať skúšku. To znamená podľa STN 73 0863 [14], že index šírenia ohňa pre skupinu „F“, je vyšší ako 100 mm/min (platí pre skupiny D, E, F) . Oproti tomu pre A1, kam patrí samotný oceľový drôt, je  $i_s = 0$  mm/min.

Svetová zdravotnícka organizácia označila za mimoriadne nebezpečné pre živý organizmus splodiny vznikajúce pri horení polymérov, a to vzhľadom na obsah rôznych stabilizátorov a iných prímiesí. Pri horení vznikajú splodiny ako kyselina chlorovodíková, etylén, vinylchlorid a podobne, ktoré sú mimoriadne toxické a majú rakovinotvorné účinky. Vznikajúce kyseliny majú mimoriadne korozívny účinok na základnú ochranu Zn+Al. Uvedeným sa zaoberá i Európska organizácia pre technické schvaľovanie (EOTA) v predpise ETAG 018-4 (Metodický pokyn pre EU schválenie ochrany stavebných výrobkov pred požiarom) .



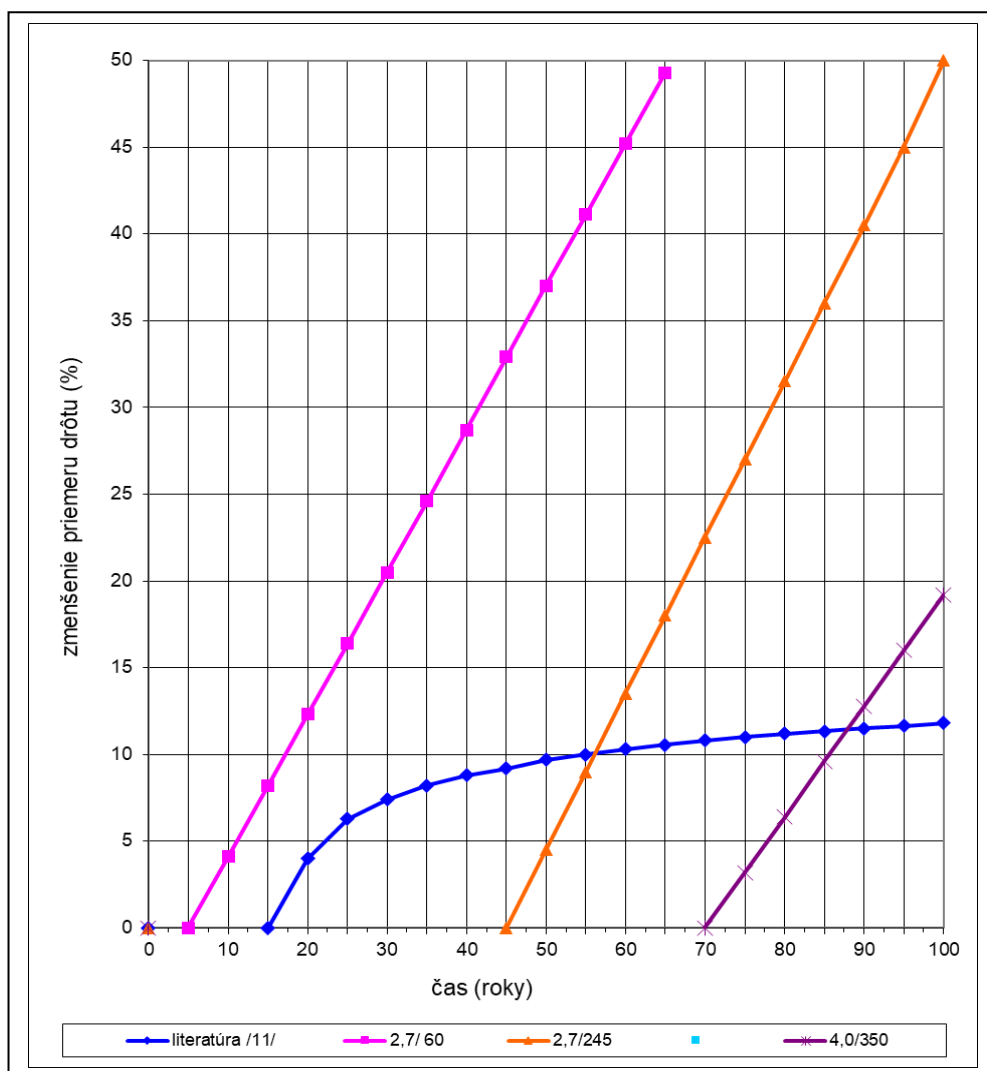
Obr.6 Požiar svahu cestnej komunikácie

Z uvedených dôvodov a hodnotiac situáciu pri cestách a železničiach sa domnievame, že aplikácia korozívnej ochrany z PVC, PA a iných polymérov na vzdušnej strane stavebných objektov, kde je veľká pravdepodobnosť vzniku ohňa pri havárii vozidla, obr.6, iskrou od bŕzd vlakovej súpravy alebo činnosťou ľudí, je nutné direktívne z pozície ministerstva zakázať použitie plastov na povrchu VHK tam, kde potenciálne hrozí nebezpečenstvo požiaru a v osídlených oblastiach pre stavebné objekty všeobecne. Uvedené sa týka geosyntetiky z polymérov aj gabionov či dielcov z oceľových sietí s polymérom povlakom.



Ďalším z argumentov pri ponuke rôznych korozívnych ochrán je ich domnelý cenový rozdiel. Je to však v trhovom systéme a pri extrémnom zdôrazňovaní najnižšej ceny diskutabilná informácia, pretože ak porovnáваме ich cenu pri rozdielnej plošnej hmotnosti a s/bez prídavnej polymérnej ochrany a rôznym priemerom drôtu možno jednoduchým spôsobom overiť, že cena je minimálne rovnaká ak nie v prospech variantu robustnejšieho priemeru drôtu/plošná hmotnosť Zn+Al bez polyméru. Takže ani cenové ani technické kritérium nie sú v prospech polymérnych ochrán pri ich výbere na uplatnenie v stavebných konštrukciách VHK s návrhovou 100-ročnou životnosťou. Samozrejme nesmieme zabudnúť na silu distributérov/výrobcov a ich schopnosti dumpingovať cenu.

Zaujímavé je porovnanie teoretického priebehu korózie drôtov rôzneho priemeru a s odlišnou hmotnosťou galvanizovaného povlaku, a to  $\phi=2,7\text{mm}/60\text{g/m}^2$ ,  $\phi=2,7\text{mm}/245\text{g/m}^2$   $\phi=4,0\text{mm}/350\text{g/m}^2$  vypočítaného podľa STN EN ISO 14713-1 [15] a FHWA-NHI-10-024 [16] pre korozívne prostredie C2 (horná hranica) a krivky úbytku priemeru drôtu stanovenej z terénnych pozorovaní [11] bez uvedenia prostredia, obr.7. Drôty s  $\phi=2,7\text{mm}$  boli bez poplastovania. Počiatočný bod kriviek na osi „x“ je čas spotreby zinkového povlaku, tj. čas objavenia sa 5% červenej korózie na povrchu drôtu.



Obr.7 Teoretická a praktická redukcia priemeru drôtu gabionovej siete v čase

#### 4. Porovnanie vlastností výrobkov do VHK

Pri posudzovaní jednotlivých zásadne odlišných výrobkov a materiálov vo VHK je potrebné zohľadniť ich funkcie v konštrukcii, pretože aj tie sú odlišné, tab.8.

Tab. 8 Funkcie jednotlivých výrobkov vo VHK

Výrobok	Funkcia výrobku, materiálu	Rozhodujúca vlastnosť z hľadiska trvalých VHK
Geosyntetika	výstuž	ťahová pevnosť a deformácia, kríp, trvanlivosť, odolnosť proti všetkým vonkajším účinkom prostredia
Siete (drôt) na gabionové koše a dielce z oceľových sietí	kotviaca, podporná	ťahová pevnosť a deformácia, tvarová stabilita, kríp, trvanlivosť, odolnosť proti všetkým vonkajším účinkom prostredia
Gabionové koše	podporná	tvarová stabilita, trvanlivosť, odolnosť proti všetkým vonkajším účinkom prostredia
Kameň do gabionových košov	objemová výplň	nemennosť objemu, integrita, trvanlivosť
Dielce z oceľových sietí na povrchu VSS	kotviaca, podporná	tvarová stabilita, trvanlivosť, odolnosť proti všetkým vonkajším účinkom prostredia

Z tab.8 je vidieť, že pre trvalé oporné konštrukcie sú rozhodujúce krátkodobé a dlhodobé pevnostne-deformačné charakteristiky a trvanlivosť. Tieto charakteristiky, najmä trvanlivosť, sa však pre geosyntetiku, oceľové siete a kamenivo stanovujú a posudzujú odlišne, aj keď sú v jednej konštrukcii. Preto sme zostavili tab.9, kde sa nachádzajú požadované vlastnosti výrobkov (okrem kameňa) použitých v trvalých VHK.

Tab. 9 Vlastnosti výrobkov do trvalých VHK

Výrobky (okrem kameňa)						
Požadované vlastnosti	jedn.	siete na gabiony			geosyntetická výstuž	norma, predpis
		drôt pre zvarované siete	drôt pre pletené dvojzákrutové siete bez poplastovania	poplastovanie drôtu pre pletené dvojzákrutové siete		
materiál		nízkouhlíková oceľ	nízkouhlíková oceľ	PVC, PA6	HDPE, PET	STN EN 16120-2
priemer drôtu	mm	4,0	2,7	x	x	TKP č.31
korozívny povlak drôtu		galvanizácia zliatinou Zn+5% Al+MM	galvanizácia zliatinou Zn+10% Al	x	x	STN EN 10 223-3 STN EN 10 223-8
hmotnosť povlaku drôtu siete	g/m <sup>2</sup>	275	≥ 245 (PVC) ≥ 60 (PA6)	x	x	STN EN 10 244-1
korozívna odolnosť povlaku	hod.	min. 2000	min. 2000	irelevantné	x	STN EN 9227
prilnavosť povlaku Zn	bez prasklín	d = 3D	d = 1D	d = 1D	x	STN EN 10 218-1
prilnavosť poplastovania	–	x	x	0 až 2	x	STN EN 10 245-1

nasiakavosť vody	%	x	x	0,01 (PVC) 2,6 - 9,0 (PA6)	x	STN EN ISO 62
táhová pevnosť drôtu	MPa (kN)	min. 500 ≈ 6,3	min. 350 ≈ 3,8	irelevantné	x	STN EN 10 223-3/8
táhová pevnosť (krátkodobá) sieť	kN/m	≥ 50,0 ± 5 oko 100x100 mm	50,0 ± 5 oko 80x100 mm	x	≥ 40,0	STN EN 10 223-3/8 STN EN ISO 10319
pomerne predĺženie siete	%	≤ 8%	neuvádza sa	x	≤ 12,0	STN EN 10 223-3/8 STN EN ISO 10319
sečnicová tuhosť pri ε=2%	kN/m	mala by sa stanoviť	mala by sa stanoviť	x	stanovuje sa	STN EN ISO 10319
odolnosť zvarov zvaranej siete	%	≥ 75% ťahovej pevnosti drôtu	x	x	x	STN EN 10223-8
plastické tečenie, dlhodobá ťahová pevnosť	kN/m	x	x	x	> 20,0	STN EN ISO 13431
odolnosť proti teplote prostredia	°C	vysoko nad zaťaženie		≥ + 60 ≥ - 40	x	klimatické podmienky
odolnosť proti UV žiareniu	hod.	x	x	≥ 4000	stanovuje sa	STN EN 10 223-3/8 STN EN 12224
Odolnosť proti poškodeniu pri ukladaní	%	zanedbateľné		mala by sa stanoviť		STN EN ISO 10722
Odolnosť proti vplyvom poveternosti	%	x	x			STN EN 12224
Odolnosť proti oxidácii	%	x	x	mala by sa stanoviť pre PA6		STN EN ISO 13438
Odolnosť proti vnútornej hydrolýze	%	x	x			STN EN 12447
Odolnosť proti mrazu	koef.	x	x			x
Odolnosť na oheň		A1	A1	F		F

Domnievame sa, že tabuľku 9 by mal mať pred sebou každý statik a projektant, ktorý navrhuje VHK. Veríme, že ďalší vývoj potvrdí nutnosť pracovať s podobnou tabuľkou a bude smerovať k doplneniu chýbajúcich údajov o niektorých dôležitých vlastnostiach, ktoré súvisia najmä s trvanlivosťou výrobkov a následne so životnosťou VHK.

## 5. Záver

Z hodnoteného spôsobu výberu gabionov podľa opísaných problémov pri výbere korozívnej ochrany je zrejmé, že aj najjednoduchšej aplikácii, akou je gabionový obklad v trvalej stavebnej konštrukcii, je nutné venovať náležitú pozornosť. Môže sa totiž stať, že ak sa použije nekvalitná korozívna ochrana, tak nebude plniť funkciu požadovaný časový úsek. Bude to napríklad aj preto, že už počas zabudovania a zhutňovania do konštrukcie bude veľmi poškodená (poplastovanie) a znížia sa jej

ochranné parametre nielen nízkou priľnavosťou, ale aj vzniknutou bielou koróziou, urýchleným starnutím v dôsledku pôsobenia UV žiarenia a mrazových cyklov.

Na základe súčasných poznatkov možno prijať pre VHK, s ohľadom na dlhodobú životnosť požadovanú napr. aj NDS na 100 rokov, tieto odporúčania:

- zvýšiť hmotnosť gabionov a dielcov oceleovej siete tým, že sa zvýši priemer drôtu, tj.  $\geq 4,0$  mm,
- zvýšiť hmotnosť gabionov použitím sietí s menším okom, napr. 50x100; 25x100 mm,
- požiadavka na korozívnu odolnosť oceleového drôtu bez poplastovania v soľnej komore min. 2000 hod.
- oceleové siete z drôtov s poplastovaním:
  - nepoužívať ako plošnú výstuž do VHK, ak je zásyp z drvenej horniny,
  - nepoužívať na gabiony a dielce, ak sú v kontakte s ostrohranným kameňom/kamenivom,
  - nepoužívať na povrchu VHK v dôsledku nekontrolovateľného starnutia vplyvom UV žiarenia,
  - nepoužívať na miestach, kde hrozí nebezpečenstvo vzniku ohňa a v blízkosti ľudských obydlií,
  - poplastovanie PVC (nízka mrazová odolnosť) aj PA6 (nasiakavosť a mrazová odolnosť) nepoužívať v lokalitách, kde teplota opakovane klesá pod  $-20$  °C,
- zakázať alebo obmedziť používanie drôtov menších priemerov ( $\leq 4,0$  mm) a „C“ krúžkov pri zostavovaní gabionov, nakoľko sú najslabšou a kritickou časťou gabionových konštrukcií (okrem výrobkov z nerez),
- do predpisov vložiť požiadavku na pravidelnú kontrolu a údržbu povrchu VHK.

## Literatúra

- [1] STN EN 14475 Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vystužené zemné konštrukcie.
- [2] STN EN 10245-1 Oceleový drôt a drôtené výrobky. Organické povlaky na oceleovom drôte.  
Časť 1: Všeobecné požiadavky
- [3] STN EN ISO 9227 Skúšky korózie v umelých atmosférach. Skúšky soľnou hmlou.
- [4] STN EN 10244-2 Oceleový drôt a drôtené výrobky. Neželezné kovové povlaky na oceleovom drôte. Časť 2: Povlaky zo zinku a zliatin zinku.
- [5] STN EN 10 223-3 Oceleový drôt a drôtené výrobky na ploty a siete. Časť 3: Výrobky zo sietí z oceleového drôtu so šesťuholníkovým okom určené na stavebné účely.
- [6] STN EN 10 223-8 Oceleový drôt a drôtené výrobky na ploty a siete. Časť 8: Zvárané siete na gabionové produkty.  
z oceleového drôtu so šesťuholníkovým okom určené na stavebné účely.
- [7] STN EN ISO 10722 Geosyntetika. Postupy indexových skúšok na vyhodnotenie mechanického poškodenia pri opakovanom zaťažení. Poškodenie spôsobené zrnitým materiálom.
- [8] J. Adamec, M. Vicari, Inovatívne povrchové ochrany výstužných prvkov tvorených oceleovou dvojzákrutovou sieťou – Polyamid PA6, Zb. 11. konf. Geosyntetika 2017, Žilina, 37-43.
- [9] BBA, Certificate No. 00/R119, Maccaferri Terramesh System for Reinforced soil embankments, 2000.
- [10] BBA, HAPAS Certificate, 16/H247, Maccaferri Terramesh System, 2016.
- [11] Durability of gabion structures, Officiene Maccaferri, 1994, 18 s.
- [12] TKP časť 31 Zvláštne zemné konštrukcie, MDVRR SR, 2014.
- [13] STN EN 13 501-1 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb.  
Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň
- [14] STN 73 0863 Požiarnotechnické vlastnosti hmôt. Stanovenie šírenia plameňa po povrchu stavebných hmôt
- [15] STN EN ISO 14713-1 Zinkové povlaky. Návody a odporúčania na protikoróziu ochranu oceleových konštrukcií. Časť 1: Všeobecné princípy navrhovania a odolnosti proti korózii
- [16] FHWA-NHI-10-024 Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Vol.I