

Techniky a skúsenosti pri použití gabionov a matracov v environmentálnom inžinierstve

Zvyšujúce sa estetické a environmentálne požiadavky na konštrukcie vyžadujú od projektantov, aby našli spôsob kombinácie takzvaných živých a neživých materiálov. Začlenenie vegetácie (živých materiálov) použitím techník environmentálneho inžinierstva zlepšuje stabilitu a stálosť povrchu svahov vytvorením koreňového systému, je však nutné, aby neživé materiály zabezpečili dostatočnú pevnosť a odolnosť v počiatočnej fáze realizovania projektu, pretože vegetácia potrebuje na zosilnenie čas.

Pri výbere najvhodnejšieho riešenia treba identifikovať systém, ktorý je schopný poskytnúť požadovanú únosnosť v šmyku a ktorý umožňuje jeho začlenenie do daného prostredia. Výrobky z dvojzákrutovej ocelevej siete preukazujú mimoriadnu schopnosť regenerácie prírodného prostredia, pretože gabiony a matrace naplnené kameňmi, zeminou a koreňmi časom vytvárajú podmienky priaznivé na vývoj zelene. Vegetácia využíva tieto konštrukcie ako úkryt počas počiatočnej fázy rastu, čo umožňuje tomuto spôsobu realizácie poskytnúť adekvátne konštrukčné a hydraulické výkony, aj keď rastliny nie sú úplne vyvinuté. Nedávna štúdia preukázala, že okrem integrácie týchto aspektov znižuje použitie gabionov a matracov Reno aj nepriaznivý vplyv na zmenu klímy. Z hľadiska množstva CO₂ majú totiž nižšiu uhlíkovú stopu ako rovnocenné tradičné

technické riešenia. V článku sa uvádzajú realizované technické riešenia a upozorňuje sa na nový návrhový prístup súvisiaci s revitalizáciou vodných tokov a stabilizáciou brehov.

Otázka ochrany brehov vodných tokov v oblasti prirodzených a antropogénne pozmenených tokov bola historicky vždy doménou technických profesií (hydrotechnických, vodohospodárskych a geotechnických), pričom ich cieľom bolo interpretovať štatistické údaje a poskytovať bezpečné a spoľahlivé riešenia daného vrcholu povodňovej udalosti. Nedávno sa však prístup navrhovania zásadne zmenil. V súčasnosti je okrem iného významná a dôležitá otázka životného prostredia a vplyv navrhovaného riešenia na životné prostredie. Pri ochrane vodných tokov proti erózii sa používajú rôzne techniky – od jednoduchých protieróznych georohoží až po zložitejšie masívne betónové, gabio-

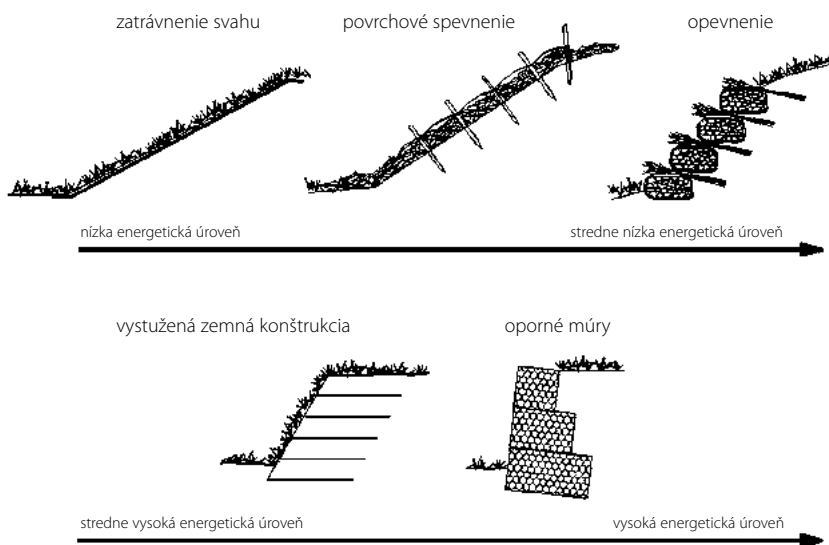
nové alebo mechanicky stabilizované systémy oporných múrov. K správne výberu prispieva niekoľko faktorov, ktoré sú priamo závislé od geotechnických, hydraulických a environmentálnych aspektov, od vzťahu k hodnote krajiny a vodných tokov. Dôležité je, aby odborná verejnosť správne pochopila a navrhovala kombináciu živých a neživých materiálov ako jedného celku. Skutočnou výzvou je spojiť to najlepšie z oboch typov materiálov tak, aby bolo možné predpovedať, ako sa novovytvorené prostredie bude správať a ako časom zlepši stabilitu brehu. Najvhodnejším riešením je stanoviť minimálnu energetickú úroveň, ktorá je všeobecne definovaná ako minimálne množstvo zásahov do životného prostredia, nevyhnutných na vyriešenie problému (AIPIN 1997). Na obr. 1 sa energetická úroveň pohybuje od najnižšej bez zásahu až po najvyššiu, čo môže predstavovať masívnu gravitačnú konštrukciu.

Uhlíková stopa výrobkov z dvojzákrutovej ocelevej siete verus tradičné riešenia

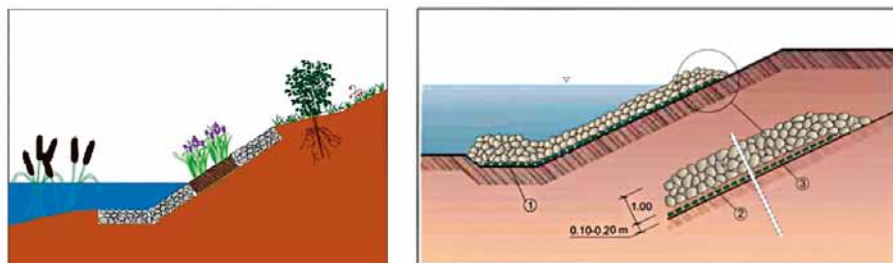
Uhlíková stopa je podmnožina ekologickej stopy, teda súčasť vyjadrenia celkového dosahu ľudských činností na životné prostredie. Vo všeobecnosti sa pod uhlíkovou stopou rozumie objem emisií takých plynov, ktoré majú dosah na podnebie zeme, pričom tieto emisie spôsobil človek. Matrace Reno a gabiony sú produkty šetrné k životnému prostrediu. Ich splynutie s prostredím je rýchle a prirodzené, medzery kamennej výplne sa postupne zanesú jemnozrnnou zeminou a podporujú rast vegetácie nevyhnutnej na zachovanie a udržiavanie ekologickej rovnováhy okolitého prostredia. V nedávnej štúdii (APMC 2012) sa použitie gabionov a matracov ukazuje ako na ideálne riešenie zníženia emisií vplyvajúcich na životné prostredie.

V štúdii sa porovnávali dve realizácie:

- ochrana brehu:
 - použitím matracov Reno s hrúbkou 0,30 m (obr. 2) vyplnených lokálnymi riečnymi okruhliakmi ($d = 70 - 100$ mm),
 - kamennou nahádzkou s hrúbkou 1,0 m ($d = 500 - 700$ mm),
- oporný múr:
 - gravitačná oporná konštrukcia vysoká 8 m, realizovaná z gabionov (obr. 3),
 - betónová gravitačná konštrukcia (C35/45) realizovaná in-situ.



Obr. 1 Koncept minimálnej energetickej úrovne



Obr. 2 Ochrana brehu analyzovaná pri porovnaní uhlíkovej stopy

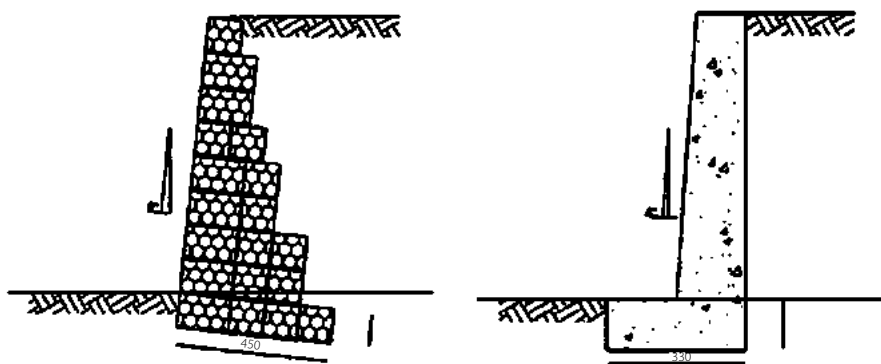
Štúdia zohľadňuje celý postup realizácie jednotlivých konštrukcií vrátane výroby základných materiálov, dopravy na stavenisko a postupov inštalácie a potrebných mechanizmov a zariadení.

Výsledné emisné faktory sú vypočítané v tonách CO₂ na štvorcový meter povrchu riešenia (svahu alebo múra). Konštrukcie z produktov z dvojzákrutovej oceľovej siete sú z hľadiska emisií a uhlíkovej stopy citeľne lepšie ako tradičné konštrukcie (obr. 4). Množstvo emisií pri použití matracov Reno na ochranu svahov je 15 t CO₂/m², čo je približne polovičné množstvo oproti 29 t CO₂/m² emisií, ktoré sa uvoľňujú pri klasickom riešení (kamennej nahádzke). Pri použití lokálne dostupnej kamennej výplne matracov (t. j. vzdialenosť do 100 km od staveniska, ktorá je bežná vzhľadom na malé D50) klesne uhlíková stopa, teda množstvo emisií CO₂, na 5,4 t CO₂/m². Pre múry z gabionových košov je charakteristické množstvo emisií 95 t CO₂/m², kým pri betónových múroch je to 665 t CO₂/m². Pri použití miestne dostupnej kamennej výplne klesne uhlíková stopa gabionových konštrukcií na len 58 t CO₂/m².

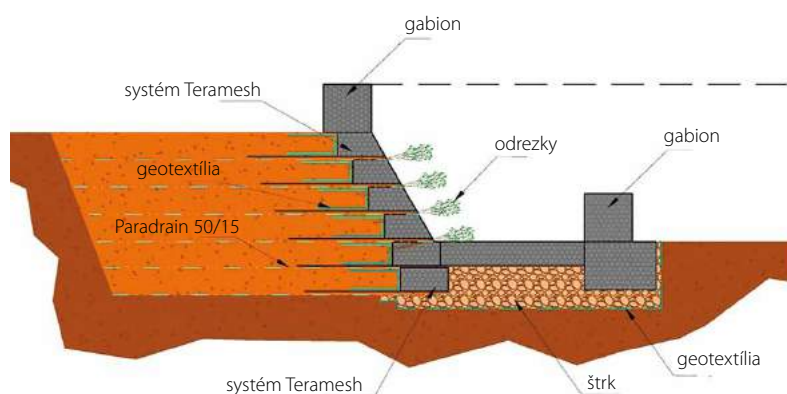
Referenčná štúdia – vegetačné gabionové hate

Vybudovanie nového supermarketu v meste Exeter v štáte New Hampshire v USA si vyžiadalo rozšírenie existujúcej obchodnej zóny a zmenu príľahlého vodného toku (Brunet & Shue, 2006). Predchádzajúce pokusy o stabilizáciu tohto potoka sa realizovali pomocou nahádzky v strmších oblastiach. V počiatočných fázach spracovania projektu rozšírenia sa zistilo, že kamenné nahádzky realizované pred ôsmimi rokmi sú porušené. Navrhované zlepšenia majú pomôcť stabilizovať túto časť súčasného toku, zabezpečiť ochranu proti povodňam a vytvoriť prírodnú zelenú plochu v obchodnej zóne. Zvolené riešenie na zmiernenie erózie toku sa skladá z týchto postupov:

- nové usporiadanie existujúceho toku – zníži eróziu brehov a eliminuje zmeny smeru toku,
- zmiernenie sklonu toku,



Obr. 3 Oporné múry analyzované pri porovnaní uhlíkovej stopy



Obr. 5 Prierez vegetačnou hatou

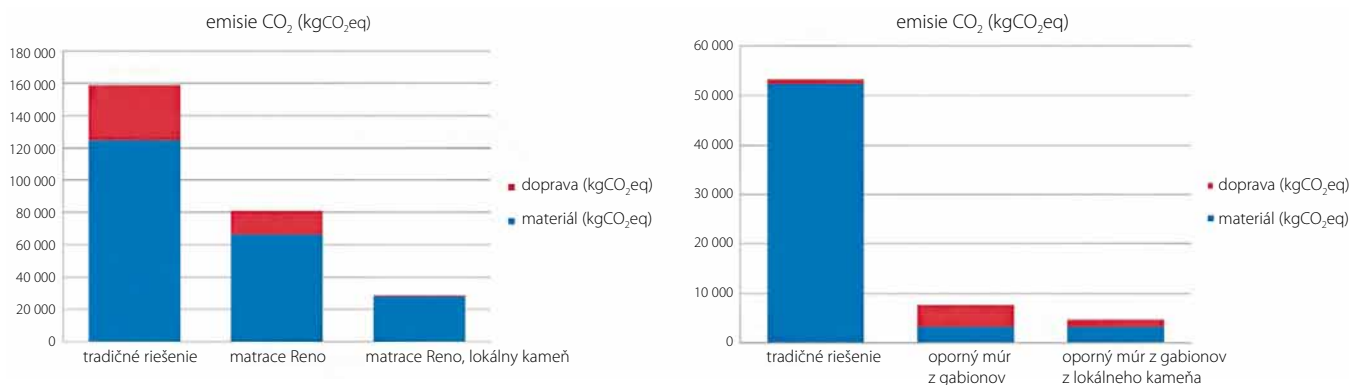
- realizácia gabionových hatí na rozptýlenie energie v miestach výškových zmien toku,
- realizácia žľabu širokého 1,5 až 3 m pri nízkych úrovniach hladiny vody.

Na konštrukciu hate sa použil systém Terramesh v kombinácii s geomrežami a gabionovými košmi. Systém Terramesh predstavuje lícový gabionový prvok vystužený horizontálnym panelom zo šesťuholníkovej dvojzákrutovej oceľovej siete. Výrobky (Terramesh a gabion) sú povrchovo upravené Galmacom (zliatina Zn, 5 % Al) a PVC. Geomreže spolupôsobia s prefabrikovanými prvkami Terramesh na

báze trenia v mieste presahu s dĺžkou 3,0 m. Výhodou je jednoduché spájanie lícových prvkov vystuženej zemnej konštrukcie s gabionovými košmi na vytvorenie monolitckej konštrukcie. Lícové prvky sa upravili do tvaru lichobežníka na zlepšenie podmienok rastu vegetácie. Pri stavbe hate sa medzi vrstvy lícových gabionov vkladali vrbové odrezky.

Návrh, posúdenie, realizácia

Na hydraulické výpočty sa použil program Macra2 a na posúdenie stability program Macstars spoločnosti Officine Maccaferri. Stavebné práce sa začali na jeseň 2004, v nečin-



Obr. 4 Uhlíková stopa gabionu v porovnaní s tradičným riešením



Obr. 6 Odrezky vložené medzi gabionové vrstvy



Obr. 7 Hať po dokončení stavby za jedno vegetačné obdobie

nom vegetačnom období, a dokončili sa na jar 2005. Postup výstavby bol takýto:

- vyhlbenie na požadovanú úroveň a odstránenie veľkých úlomkov, ktoré by mohli poškodiť geomrežu alebo oceľovú sieť počas zhutňovania;
- zásyp geomreží a oceľovej siete; spoj medzi prvkami Terramesh a geomrežami je vytvorený trením v mieste presahu s dĺžkou 3,0 m; separačno-filtračná geotextília na rubovej strane zabraňuje vyplavovaniu jemných častíc zeminy;
- prvé dva rady systému Terramesh tvorili štandardné prvky plnené kamenivom bez

vegetácie, pretože boli umiestnené pod nízkou hladinou vody;

- horné prvky systému Terramesh sa upravili na lichobežníkový tvar. Živé vřbové odrezky sa umiestňovali medzi líčové prvky vo vzdialenosti 15 cm od seba (obr. 6). Koše sa vyplnili kameňom a následne orniceou. Množstvo ornice predstavovalo maximálne 30 až 35 % objemu lichobežníkového koša. Ornica mala dve funkcie – vytvorí vhodnú pôdu na koreňový systém a udržiavať vyššiu vlhkosť v gabionom koši. Odrezky boli dlhé najmenej 1,2 m. Počas prvého roka sa konštrukcia zavlažovala.

Hate veľmi dobre spĺňajú svoju funkciu (obr. 7). Po jednom vegetačnom období bola vegetácia dobre vyvinutá. Všetky konštrukcie boli od inštalácie zatažené početnými búrkami vrátane 100-ročnej vody. Počas tohto stavu bola celá konštrukcia zaplavená. Po ústupe búrky kontrola konštrukcií aj vegetácie ukázala, že celý systém fungoval podľa návrhu.

Záver

Produkty spoločnosti MACCAFERRI vyrobené zo šesťhranej dvozákrutovej oceľovej siete, ako sú gabiony a matrace prvýkrát použité pri opevnení brehov rieky v roku 1894 (Casalecchio v Taliansku), sa vďaka svojim prirodzeným vlastnostiam (flexibilita, permeabilita, začlenenie do životného prostredia, jednoduchosť inštalácie) rozšírili najmä vo vodohospodárskych stavbách, keďže ponúkajú technické, ekonomické a estetické alternatívy ku klasickým riešeniam, ako sú kamenná nahádzka alebo betónové steny. Realizované výskumy pletených gabionov a matracov v testoch s mierkou 1 : 1 definujú ich hydraulické vlastnosti, čo umožňuje projektantom navrhnuť bezpečné a spoľahlivé úpravy brehov vodných tokov. V neposlednom rade si gabiony a matrace Reno zvyčajne vyžadujú minimálnu údržbu. Úspešné realizácie výrobkov z dvozákrutovej oceľovej siete ako inertného materiálu v kombinácii s vegetáciou preukazujú ich vhodnosť pri obnovení prirodzeného ekosystému. Navyše, konštrukcie budované výrobkami z dvozákrutovej siete sú ekologické, majú nižšiu uhlíkovú stopu ako zodpovedajúce tradičné konštrukcie a minimalizujú škodlivé emisie vplývajúce na životné prostredie.

TEXT: Marco Vicari, Officine Maccaferri

FOTO: Officine Maccaferri

Marco Vicari je technický manažér v spoločnosti Officine Maccaferri v Taliansku.

Technics and Experiences with Using Gabions and Reno Mattresses in Environmental Engineering

The development of sound engineering practices combined with aesthetically pleasing and environmentally enhancing solutions requires the designers to understand how to design using living and inert materials together by best combining both types of materials. The incorporation of vegetation through the use of soil bioengineering techniques improves the surface stability through the vegetative rooting system, however it is essential that the materials provide adequate strength and resistance during the initial stage of recovery of the project, as the vegetation will grow stronger over time.