

2511.1. Charakteristika vzorového listu

2511.1.1. Způsob použití

Vzorový list **VL 2511** je součástí skupiny vzorových listů znázorňujících úpravy povrchů profilu vodních cest. Vzorový list znázorňuje různé druhy opevnění šikmých svahů příčného profilu dráhy vodní cesty, jejich konstrukční uspořádání a založení. Výkresová část dále obsahuje znázorněné příklady kombinací těžkých a lehkých typů opevnění břehů vodních cest. Součástí vzorového listu jsou rovněž příklady vegetačního opevnění horních částí svahů břehů vodních cest.

Vzorový list má sloužit jako univerzální příklad řešení opevnění trasy vodní cesty vedené říčním úsekem, popřípadě průplavem. Předkládaná řešení jsou univerzální, nezávislá na třídě vodní cesty. Dimenze, způsob založení opevnění, popřípadě konstrukční řešení opevnění musí být předmětem individuálního návrhu.

2511.1.2. Zásady návrhu

Zásady návrhu opevnění příčného profilu vodní cesty vycházejí z intenzity zatížení břehů vodní cesty, z místních podmínek a ekonomické výhodnosti daného opevnění. Břehové opevnění má chránit svahy koryta vodní cesty vedené říčním úsekem nebo průplavem. Opevnění se umísťuje do prostoru mezi patou svahu a korunou hráze , přičemž dosahuje minimálně do výšky 1.0 m nad maximální plavební hladinu. V prostoru paty se opevnění opírá o dostatečně velkou a odolnou patku a nahoře je zakončeno zavazovacím klínem. Opevnění se zpravidla skládá ze dvou vrstev, z nichž spodní je filtrační a horní krycí.

Typ opevnění břehů vodní cesty se volí v individuálním návrhu na základě místních podmínek, podle intenzity namáhání a zatížení břehů hydrostatickými a hydrodynamickými vlivy vyvolanými působením vody, větru a účinky proplouvajících plavidel. Obecně lze doporučit těžké typy opevnění do spodních částí svahů vodních cest vyšších kvalifikačních tříd. Těžké opevnění celého šikmého svahu vodní cesty se používá v případech silného zatížení břehů unášecími rychlostmi toku, kombinovanými se silnými účinky translačních vln vyvolaných proplouvajícími plavidly a účinky větru při vyšších rozkmitech hladin. Naopak k použití lehkých typů opevnění nebo vegetačního opevnění se přistupuje v úsecích s nižším rozkmitem hladin, popřípadě s menšími ničivými účinky translačních vln.

2511.1.3. Popis značení

Vzorový list **VL 2511** zahrnuje textovou část, příklad opevnění svahu vodní cesty kamenným záhozem v měřítku 1 : 200, příčný řez opevněním svahu kamenným záhozem v kombinaci s kamennou dlažbou uloženou do betonového lože v měřítku 1 : 200, příčný řez opevnění kamenným záhozem kombinovaným s vegetační dlažbou a zatravněním v měřítku 1 : 200, příklad horního vegetačního opevnění opřené do spodní záhozové patky v měřítku 1 : 200 a příklad kombinace záhozové patky s kamennou rovinou a vegetačním opevněním v měřítku 1 : 200.

Veškeré kóty a rozměry vykreslených typů opevnění, způsob založení i sklonu svahů jsou znázorněny jako bezrozměrné veličiny, jejichž návrh musí být předmětem konkrétní projektové dokumentace.

2511.2. Popis technického řešení

2511.2.1. Opevnění kamenným záhozem

Opevnění kamenným záhozem se používá v případech velmi silného namáhání břehů vodní cesty. Příčné profily vodní cesty opevněné tímto způsobem jsou většinou lichoběžníkové, složené nebo kombinované. Kamenným záhozem se opevňuje šikmý svah profilu vodní cesty v celé jeho výšce nebo pouze jeho spodní část. Při větším rozkmitu hladin v profilu vodní cesty nemusí být kamenný zához vytažen až nad úroveň maximální plavební hladiny.

Kamenné záhozy se zřizují tam, kde je nutno vytvořit záhozové těleso zapuštěné nebo částečně vystupující z linie břehu nebo dna vodní cesty. Kámen se urovnává do předepsaného profilu s vyplněním dutin tak, aby zához vytvořil hutné těleso. Velikost kamenů záhozu se navrhuje na základě výpočtu maximálních unášecích rychlostí v profilu vodní cesty. Návrh velikosti kamenů je vázán na velikost marže předepsanou pro daný úsek vodní cesty. V případě menších marží se navrhuje kamenné záhozy o velikosti cca 300 mm. Při větších maržích mohou být zhotoveny kamenné záhozy z kamenů přesahujících 500 mm. Pohledové plochy je možno upravit urovnáním líce kamenného záhozu. Těleso kamenného záhozu je šikmá, postupně se rozšiřující konstrukce ve směru od koruny po patu svahu. Sufozi drobných částic ze základových zemin do konstrukce záhozu se zabraňuje vrstvou textilie uložené na rozhraní obou materiálů, případně vhodně zkonstruovaným zemním filtrem. Odolnost a výška opevnění kamenným záhozem musí být ověřeny výpočtem.

Při patě svahu se kamenný zához opírá do záhozové patky. Patka zajišťuje opevnění svahů proti sesunutí a proti podezletí. Zřízení záhozové patky je nutné zejména v těch případech, kdy je odolnost dna vodní cesty nižší než odolnost svahů nebo kdy není dno opevněno. Záhozové patky lze dle umístění v patě svahu rozdělit na patky zapuštěné polozapuštěné a nasazené. Záhozová patka plní svoji stabilizační funkci i v případě částečného porušení vlivem podezletí, neboť její konstrukce je poddajná.

Hloubka založení a tvar patky se navrhuje tak, aby byla patka stabilní oporou svahu a aby její funkce nemohla být porušena případným prohloubením dna. Rozměry patek dále závisejí na druhu použitého mechanismu a velikosti záhozového kamene. Největší rozměr jednotlivého kusu kamene má být menší než trojnásobek nejmenšího rozměru. Sklon líce záhozu nemá být strmější než 1 : 2.



ÚPRAVY POVRCHŮ PROFILU VODNÍ CESTY OPEVNĚNÍ BŘEHŮ VODNÍ CESTY	ŘEDITELSTVÍ VODNÍCH CEST ČR	VL2511  2 / 6
VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY OPEVNĚNÍM VODNÍ CESTY		VZOROVÉ LISTY  7 / 2007

Záhozy lze zřizovat z lomového kamene nebo z prefabrikovaných betonových prvků. Dle odolnosti materiálu kamenného záhozu proti vymílacím rychlostem proudící vody lze kamenné záhozy rozdělit do těchto hmotnostních tříd:

- ❑ kamenný zához lomovým kamenem o hmotnosti 50 – 200 kg
- ❑ kamenný zához lomovým kamenem o hmotnosti 200 – 500 kg
- ❑ kamenný zához lomovým kamenem o hmotnosti vyšší než 500 kg

#### 2511.2.2. Opevnění kamennou dlažbou

V případech vysokého namáhání svahů vodní cesty se používá opevnění kamennou dlažbou. Opevnění může být zkonstruováno jako tuhé nebo poddajné.

Tuhé opevnění tvoří kamenná dlažba kladená do betonového lože opřená v patě svahu do patky. V případě těchto dlažeb se doporučuje tloušťka betonového lože rovna nejméně  $\frac{1}{2}$  tloušťky dlažby. Nejmenší rozměr dlažebních kamenů pro opevnění břehů vodních cest činí 0.20 m. Betonové lože se urovná do požadovaného sklonu na srovnané vrstvě zemního materiálu násypu nebo se pod lože klade štěrkopísková vrstva, kterou se základová spára dlažby odvodňuje. Spáry mezi jednotlivými kameny se po uložení vyčistí a vyplní cementovou maltou tak, aby byl povrch malty zatlačen asi 5 mm pod povrchem kamenů.

Kamennou dlažbu lze rovněž klást v případech menšího namáhání svahů nebo ve výše položených částech svahů na tenkou vrstvu cementové malty. U dlažeb na cementovou maltu se malta rozprostře v síle vrstvy 30 mm na umělý, případně štěrkopískový podklad. Jednotlivé kameny se pak kladou do malty a spáry se vyplní rovněž cementovou maltou. Malta se řádně zadusá a na povrchu se vypálí.

Poddajné konstrukce kamenných dlažeb se kladou na sucho do vhodného zemního materiálu, nejčastěji do štěrkopísku. Podkladem dlažby musí být nejméně 100 mm silná vrstva přirozeného štěrkopísku. V případě, že je přirozený materiál vhodné zrnitosti, je možno od podkladní štěrkopískové vrstvy upustit. Umělý i přirozený podklad dlažby je nutno řádně urovnat a zajistit jeho odvodnění. Jednotlivé kameny se kladou do urovnaného lože tak, aby byly spáry mezi kameny široké průměrně 20 mm. Kameny dlažby musejí vytvářet vazbu bez průběžných spár. Po uložení dlažby se spáry vyklínují kamennými štěpinami nebo drny a vyplní hrubým pískem, který se zapěchuje a prolíje vodou.

Kamennou dlažbou se opevňují břehy vodních cest v celé výši nebo jen část šikmého svahu. Velmi často se kamenné dlažby používá v horní části složeného profilu vodní cesty, kdy nad lavičkou navazuje na spodní opevnění kamenným záhozem. V případě opevnění celého svahu kamennou dlažbou se konstrukce musí opírat do patky. Patka může být provedena jako záhozová, záhozová s prolitím betonovou směsí, betonová nebo patka na pilotách, popřípadě štetovnicích.

#### 2511.2.3. Opevnění betonovou dlažbou nebo deskami

Opevnění betonovou dlažbou nebo deskami lze považovat z hlediska odolnosti a stability za rovnocenné s kamennou dlažbou. Podkladní vrstvy i konstrukční zásady jsou shodné s opevněním kamennou dlažbou. Konstrukce se provádějí z tvárnic kladených do betonového nebo štěrkopískového lože, popřípadě se betonují přímo na svahu s vynecháváním dilatačních spár. Nejmenší tloušťka takto prováděného opevnění činí 100 mm a nejmenší dlaždice mají rozměry 400x400 mm.

Zvýšení odolnosti opevnění se v případě tohoto typu opevnění docílí zvětšováním váhy a tím i rozměrů jednotlivých nebo dilatačních polí. Toto je však omezeno nebezpečím dotváření konstrukcí a sedáním násypů. Volba mezi betonovou dlažbou a kamennou dlažbou je zpravidla ovlivněna blízkostí materiálového zdroje, kvalitou vody v toku a pohybem splavenin. V případě větší agresivity vody a většího pohybu splavenin je vhodné přikročit k opevnění svahů vodní cesty dlažbou kamennou.

#### 2511.2.4. Opevnění vegetační dlažbou

Opevnění vegetační dlažbou je možno použít v horních partiích svahů nalézajících se nad maximální plavební hladinou. Velmi často se tímto způsobem opevňují horní svahy nad lavičkou složeného profilu. Tato konstrukce se opírá o dolní záhozovou nebo dlážděnou konstrukci.

Prvky opevnění vytvářejí zpravidla betonové tvárnice ukládané na urovnaný přirozený podklad a kotvené díky otvorům uprostřed dlaždic ke svahu. Prorůstající travní porost a oživené vrbové kolíky s hloubkovým kořenovým systémem umožňují vhodnější začlenění konstrukce opevnění do krajiny.

#### 2511.2.5. Opevnění rohožemi

Účinnou hmotnost betonové dlažby, jíž se zvedá odolnost opevnění, je možno zvýšit spojováním tvárnic v rozích nebo na stranách drátěnými oky. Tímto způsobem se vytvoří opevnění souvislými rohožemi. Tloušťka rohoží je omezena pouze nebezpečím mechanického nebo chemického poškození a činí minimálně 100 mm.



ÚPRAVY POVRCHŮ PROFILU VODNÍ CESTY OPEVNĚNÍ BŘEHŮ VODNÍ CESTY	ŘEDITELSTVÍ VODNÍCH CEST ČR  VZOROVÉ LISTY	VL2511  3 / 6
VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY OPEVNĚNÍM VODNÍ CESTY		7 / 2007

2511.2.6. Opevnění pohozelem svahů

Horní partie šikmých svahů vodních cest lze rovněž opevnit vrstvou kamenného pohoze. Tento druh opevnění bývá kombinován s odolnějším opevněním dolních oddílů profilu vodní cesty. Velikost štěrku nebo pohozevého kamene je závislá na rychlosti vody a sklonu svahů koryta. Sклон líce pohoze nemá být strmější než 1 : 2.5, v odůvodněných případech 1 : 2. Tloušťka vrstvy pohoze je závislá na zrnitosti přirozeného materiálu svahu. Minimální tloušťka pohoze činí 150 mm, přičemž má být alespoň trojnásobně větší než střední zrno pohoze. V případě jemnozrnného nebo hlinitého materiálu podloží je vhodné provést pod kamenný pohoze podsypovou vrstvu.

2511.2.7. Opevnění štěrkovými koberci

Opevnění štěrkovými koberci představuje zpevněnou variantu opevnění pohozelem. Používá se na stejných oddílech profilu vodní cesty jako kamenné pohoze. Koberec představuje kamenný pohoze hutněný válcováním. Válcování se provádí podélné nebo po svahu. Sклон líce pohoze nemá být v tomto případě strmější než 1 : 2. Tloušťka jednotlivých vrstev při válcování má činit minimálně 200 mm. Koberec může být před hutněním pokryt humózní zeminou a oset travním semenem.

2511.2.8. Opevnění kamennou rovinou

Opevnění svahů kamennou rovinou se používá zejména v kombinaci s kamenným záhozem u velmi namáhaných svahů vodních cest. Provádí se v lici konstrukce kamenného záhoze z neopracovaných kamenů nebo betonových prvků. Jednotlivé kameny se kladou na sucho, s vazbou ve směru podélném i příčném. Dutiny se vyplní a vyklínují menšími kameny. Velikost kamene nebo betonových prvků nemá být menší než 250 mm. Sклон líce kamenné rovnaniny může činit maximálně 1 : 2.

2511.2.9. Opevnění vegetační

Vegetační opevnění svahů vodních cest se používá v případech částí svahů nalézajících se nad úrovní plavebních hladin. Vegetační opevnění zajišťuje začlenění vodní cesty od okolní krajiny a oživení břehů toku. Pásky vegetačního opevnění vytvářejí v souběhu s vodními cestami biokoridory propojující jednotlivá biologická centra.

Toto opevnění se používá nejčastěji v kombinaci s odolnějšími typy opevnění na spodních partiích svahů. Vegetačním opevněním bývají opevněny zejména horní části složeného příčného profilu vodní cesty. Lavička příčného profilu je například ve vhodných úsecích rozšířena a oseta vodomilnými a pobřežními rostlinami. Na navazující horní svah profilu se umístí keřové vrby s hloubkovým kořenovým systémem. Keřovitý charakter těchto rostlin musí být vzhledem k nutnosti převádění zvýšených průtoků zachován trvale. Do koruny profilu se osadí stromové dřeviny, jež vytvářejí, kromě biologického oživení koryta, i zábranu proti negativním účinkům větrů na vodní cestu.

Vegetační opevnění lze rovněž kombinovat s opevněním kamenným pohozelem a kamenným záhozem. Vzorem tohoto řešení je kamenný záhoze s patkou ve spodní části svahu profilu, na nějž navazuje kamenný pohoze dosahující až nad úroveň plavební hladiny. Kamenný pohoze je oživen porostem mělkovodních rostlin. Navazující horní svah je opevněn keřovými porosty a zakončen linií stromových dřevin.

2511.3. Závaznost vzorového listu

Konstrukční a rozměrové řešení opevnění příčného profilu vodní cesty musí být předmětem individuálního technického návrhu. Příklady opevnění příčného profilu jsou ve vzorovém listu znázorněny jako bezrozměrné veličiny s udanými minimálními předepsanými hodnotami jednotlivých parametrů.

Závazné údaje, vyplývající ze znění zákonů a vyhlášek, se k návrhům opevnění vodních cest nevztahují, a proto nejsou ve výkresové části vzorového listu znázorněny.

Doporučené údaje představují rozměry, které jsou v předkládaném vzorovém listu použity z důvodů technických, provozních, ekonomických a z důvodu návaznosti na ostatní části vodních cest. Doporučené údaje nejsou pro individuální návrh závazné, avšak jejich použití je pro danou konstrukci vhodné a v praxi se osvědčily. Doporučené kóty jsou ve výkresové části rozlišeny zesíleným a ohraničeným typem písma. K doporučeným údajům znázorněným ve vzorovém listu lze přiřadit rozměry koruny hráze s obslužnou komunikací probíhající podél trasy vodní cesty. Doporučujícími údaji jsou rovněž minimální rozměry prvků a konstrukcí opevnění uvedené v textové části vzorového listu.

Volné údaje představují ve výkresové části vzorových listů rozměry, které byly použity pouze v předkládaném návrhu. V konkrétním projektovém řešení mohou být tyto údaje volně nahrazeny nebo změněny dle úsudku zpracovatele. Volné kóty jsou ve výkresové části vzorových listů uvedeny bez zvýraznění.

2511.4. Srovnání původních a nových vzorových listů

Typy opevnění příčných profilů nebyly v původních vzorových listech řešeny. Předkládané řešení je zcela nové a čerpá z nejnovějších požadavků na konstrukci a tvar plavební dráhy vodních cest.

2511.5. Variantní řešení

Jednotlivé varianty opevnění břehů vodních cest jsou ve výkresové i textové části vzorového listu popsány s uvedením konstrukčních zásad a doporučených řešení. Typy opevnění profilu je možno kombinovat dle konkrétních podmínek, v nichž je vodní cesta realizována. Kromě břehů je možno v závislosti na místních podmínkách provádět rovněž opevnění dna, popřípadě vzdušného svahu hráze profilu vodní cesty, což představuje variantu řešení opevnění vodní cesty.



ÚPRAVY POVRCHŮ PROFILU VODNÍ CESTY OPEVNĚNÍ BŘEHŮ VODNÍ CESTY	ŘEDITELSTVÍ VODNÍCH CEST ČR	VL2511 4 / 6
VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY OPEVNĚNÍM VODNÍ CESTY		VZOROVÉ LISTY 7 / 2007



ÚPRAVY POVRCHŮ PROFILU VODNÍ CESTY OPEVNĚNÍ BŘEHŮ VODNÍ CESTY	ŘEDITELSTVÍ VODNÍCH CEST ČR  VZOROVÉ LISTY	VL2511  1 / 6  7 / 2007
VZOROVÉ PŘÍČNÉ ŘEZY OPEVNĚNÍM VODNÍ CESTY		

