







Kraj: Košický
Okres: Košice IV
Katastrálne územie: Krásna, Barca, Valaliky

Súradnicový systém: S-JTSK 03
Výškový systém: Bpv
Presnosť: STN 73 0422

100-00	Rýchlostná cesta R2	D.1
---------------	---------------------	------------

Objednávateľ:	 Národná diaľničná spoločnosť, a.s. Dúbravská cesta 14 841 04 Bratislava
---------------	--

Zhotoviteľ:	 Združenie „R2 Šaca - Košické Olšany“ Sídlo združenia: Valbek s.r.o., Kutuzovova 11, 831 03 Bratislava Vedúci člen združenia: Valbek s.r.o., Kutuzovova 11, 831 03 Bratislava Člen združenia: DOPRAVOPROJEKT, a.s., Kominárska 2,4, 832 03 Bratislava	HIP: Ing. Eduard Manco Zak. číslo15BA11008
-------------	--	--

 Valbek PRODEX PROJEKTOVANIE STAVIEB Rusovská cesta 16, 851 01 Bratislava	Vypracoval	ING. J. VANKO		Zak. číslo	15BA11008
	Zodp. projektant	ING. J. VANKO		Dátum	10/2018
	Tech. kontrola	ING. M. HUKEL		Stupeň	DRS
	Koordinátor	ING. E. MANCO		Mierka	-
	Stavba			Č. prílohy	Paré
Rýchlostná cesta R2 Šaca - Košické Olšany, II. ÚSEK			9		
Zhotoviteľ časti: Prodex spol. s r.o. Rusovská cesta 16 851 01 Bratislava	Príloha	Geotechnické výpočty			

1 GEOTECHNICKÉ OPATRENIA

Na základe preštudovania návrhu trasy rýchlostnej cesty R2 Šaca – Košické Olšany, II. úsek a podrobného inžinierskogeologického prieskumu (DPP Žilina, 04.2018), navrhujeme nasledovné geotechnické opatrenia:

R2 Šaca – Košické Olšany, II. etapa		
Geotechnické opatrenia		
Km	Opatrenia	Poznámky
9,350-10,650	Výmena podložia v hrúbke 1m, pozostávajúca z geodosky: štrkodra, 3x tuhá PP geomreža 40/40 kN/m, na okrajoch obalená, s presahmi 60 cm, spojená prepleteným PP lankom. Na rozhraní podložia a geodosky netkaná geotextília. Zhutnenie podložia vo výkope.	Fluviálne sedimenty nesúdržné G3, hrúbka 6m. Neogén. HPV – 1-3m.
10,650-12,900	Štrkodra 60cm. Vápenná stabilizácia hr. 40cm	Fluviálne súdržné sedimenty 0,8 až 1,9m. Fluviálne sedimenty nesúdržné G3, Neogén. HPV – 3m.
12,900-14,130 (rub opory)	Štrkodra 60 cm Vápenná stabilizácia hr. 40cm	F6 - 2 m, G3 – 6 m, Neogén, HPV – 4,0 m
14,400 (rub opory) – 14,540	Rozvinutie PP tuhej geomreže pevnosť 30kN/m, rozprestretie 20 cm vrstvy štrkodry. Položenie PP tuhej geomreže pevnosť 30 kN/m. Montáž geobunkovej konštrukcie, ktorá pozostáva z geosyntetickej výstuže zvislej HDPE krátkodobej pevnosti min. 80kN/m, výška 1,0 m. Postupné plnenie kamenivom frakcie 16 (32) – 125 mm. Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.: – Na okraji násypu zvislý inklinomer – Priečne pod násypom vodorovný deformeter – Geodetické sledovanie poklesu budovaných vrstiev	Kalové pole Pod podkladom G3 – G5 7m, mäkká konzistencia od hĺbky 4 m, Neogén
14,540 – 14,770	Vápenná stabilizácia hr. 40cm Štrkodra 60 cm	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8 m, Neogén, HPV – 4,0 m
14,770 – 14,850	Priečne štrkové rebrá 0,8 x 1,2 m, Vzdialenosť 8 m, 10 ks Štrkodra 60 cm Netkaná geotextília	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8m, Neogén, HPV – 4,0 m
14,850 – 14,910	Priečne štrkové rebrá 0,8 x 1,2 m, Vzdialenosť 6 m, 10 ks Štrkodra 60 cm Netkaná geotextília	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8m, Neogén, HPV – 4,0 m

14,910 – 14,950 (rub opory)	Priečne štrkové rebrá 0,8 x 1,2 m, Vzdialenosť 4 m, 10 ks Štrkodrava 60 cm Netkaná geotextília	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8m, Neogén, HPV – 4,0 m
15,025 (rub opory) – 15,065	Priečne štrkové rebrá 0,8 x 1,2 m, Vzdialenosť 4 m, 10 ks Štrkodrava 60 cm Netkaná geotextília	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8m, Neogén, HPV – 4,0 m
15,065 – 15,125 (rub opory)	Priečne štrkové rebrá 0,8 x 1,2 m, Vzdialenosť 6 m, 10 ks Štrkodrava 60 cm Netkaná geotextília	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8m, Neogén, HPV – 3,5 m
15,125 – 15,205	Priečne štrkové rebrá 0,8 x 1,2 m, Vzdialenosť 8 m, 10 ks Štrkodrava 60 cm Netkaná geotextília	F6 – 2 až 3 m, G3 – 8m, Neogén, HPV – 3,5 m
15,205 – 18,050 Od km 15,560 zmena nivelety	Vápenná stabilizácia hr. 40cm Štrkodrava 60 cm	F6 – 2 až 2,5 m, G3 – 4m, Neogén, HPV – 3,1 m. Zvýšením nivelety bude dosiahnutá nezámrazná hĺbka drenážnej ŠP vrstvy. V prípade nedostatočnej výšky násypu nad drenážnou vrstvou (min. 110 cm) musí byť ŠP vrstva umiestnená hlbšie pod pôvodný terén.
18,050 – 18,600	Geodiska hrúbky 60 cm, (štrkodrava, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília	F6 – 4 až 6 m, G3 – 2 až 3m, Neogén, HPV – 1,9 m
18,650 – 20,600	Geodiska hrúbky 60 cm, (štrkodrava, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Od km 18,650 po 19,875 priečne štrkopieskové rebrá 0,8 x 1,2 m, vzdialenosť 8 m – 154ks rebier Od km 19,900 po 20,050 priečne štrkopieskové rebrá 0,8 x 1,2 m, vzdialenosť 8 m – 19ks rebier Od km 20,050 po 20,350 geodiska hr. 60 cm Od km 20,350 po 20,600 vertikálne geodrény v trojuholníkovom rastru 1,2 m, dĺžky 8m. Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.: – Na okraji násypu zvislý inklinomer – Priečne pod násypom vodorovný deformeter – Geodetické sledovanie poklesu budovaných vrstiev	F6 – 3 až 4 m, G3 – 2 až 3m, Neogén, HPV – 1,1 m. Km 18,8 -19,1 bola niveleta vedená nevhodne nízko nad terénom min. 0,6 m. Zvýšením nivelety je dosiahnutá nezámrazná hĺbka drenážnej ŠP vrstvy (geodosky). V km 20,05 – 20,35 je niveleta tiež vedená v úrovni terénu. V tomto úseku je priaznivý vodný režim. V km 20,35 – 20,60 je trasa vedená násypom. Založenie násypu je navrhnuté na geodrénoch pre urýchlenie konsolidácie podložia.

20,600 – 21,000	Geodiska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Zhutnenie podložia	Zosuvné delúvium, G3 až G5 vystupujú až ku povrchu, Hrúbka 1,0 až 5,4 m, HPV pod 10m, používať pri hutnení nižšie vibrácie. Niveleta je vedená v úrovni terénu, nedochádza ku dodatočnému priťažaniu zosuvného delúvia násypom. Trasa je navyše vedená akumulačnou z
21,000-21,300	Geodiska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Štrkové vibrostĺpy vo štvorcovom rastru 2,2 m dĺžky 10 m. Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.: – Na okraji násypu zvislý inklinomer – Priečne pod násypom vodorovný deformeter – Geodetické sledovanie poklesu budovaných vrstiev	Zosuvné delúvium hrúbky 13 m dosahuje po neogén po km 21,300. HPV – 10m. Po 21,650 prolúviálne sedimenty, HPV narazená – 10 až 13 m, ustálená – 5,5m. Po km 21,950 deluviálne sedimenty 6m, fluviálne 6m, neogén. HPV nezistená. Trasa je vedená násypom v zosuvnom území.
21,300 – 21,525	Geodiska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Štrkové vibrostĺpy vo štvorcovom rastru 2,2 m dĺžky 8 m. Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.: – Na okraji násypu zvislý inklinomer – Priečne pod násypom vodorovný deformeter – Geodetické sledovanie poklesu budovaných vrstiev	Proluviálne sedimenty, HPV narazená – 10 až 13 m, ustálená – 5,5m. Po km 21,950 deluviálne sedimenty 6m, fluviálne 6m, neogén. HPV nezistená.
21,525 – 21,950	Geodiska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Vertikálne geodrény v trojuholníkovom rastru o strane 1,1m dĺžky 10 m. Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.: – Na okraji násypu zvislý inklinomer – Priečne pod násypom vodorovný deformeter Geodetické sledovanie poklesu budovaných vrstiev	Proluviálne sedimenty, HPV narazená – 9 až 12,2 m, ustálená – 9-12m. Po km 21,950 deluviálne sedimenty 6m, fluviálne 6m, neogén. HPV nezistená.

21,950 – 22,700	<p>Geodoska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília</p> <p>Obojstranné drény, perforované odvodňovacie rúry.</p> <p>Od 22,000 po koniec zárezu 22,225 odvodňovacie vrty dĺžka 30-50m, osová vzdialenosť 25m po 3ks (spolu 30ks).</p> <p>Od 22,425 po koniec zárezu 22,700 odvodňovacie vrty dĺžky 30-50m. Osová vzdialenosť 25m po 3ks (spolu 36ks)</p> <p>Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sledovanie svahových deformácií 	<p>Zárezy v prolúviálnych a fluviálnych sedimentoch. Zemnú pláň tvoria zeminy F2 až F6 resp. G3-G5, S3.</p> <p>HPV – 0,6 až 7,5 m pod niveletou.</p> <p>Riziková poloha najmä od 22,500 po koniec zárezu – nutné dôkladné odvodnenie</p>
22,700 – koniec úseku	<p>Geodoska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília</p> <p>Od 22,700 po 22,850 vertikálne geodrény v trojuholníkovom rastrí o strane 1,1 m, dĺžky 6 m.</p> <p>Od 22,850 po 23,700 vertikálne geodrény v trojuholníkovom rastrí o strane 1,2 m, dĺžky 6 m.</p> <p>Od 23,700 po koniec úseku vertikálne geodrény v trojuholníkovom rastrí o strane 1,1 m, dĺžky 6 m.</p> <p>Odporúčenie vybudovať geotechnický monitoring v rozsahu min.:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Na okraji násypu zvislý inklinomer – Prične pod násypom vodorovný deformeter – Geodetické sledovanie poklesu budovaných vrstiev 	<p>Fluviálne súdržné sedimenty hrúbky cca 5m, nesúdržné hrúbka 2,5 až 4 m, neogén.</p> <p>HPV – 1,5 až 5 m pod terénom.</p>
SSÚR Šebastovce	<p>Geodoska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília, zhutnenie podložia</p>	<p>Silt piesčitý 1,4m. Do 3,2m štrk G1, do 6m F6 (F4) tuho-pevné.</p> <p>HPV – 5m.</p>
Križovatka JUH – vetvy	<p>Zhutnenie zemnej pláne, netkaná geotextília, vrstva štrkodrvy hrúbky 40 cm.</p>	<p>Fluviálne sedimenty nesúdržné G3 siahajú až ku povrchu, hrúbka 6m. Neogén. HPV – 3m.</p>
Odpočívadlo Valaliky	<p>Dynamické hutnenie, zarovnanie vrstvou štrkodrvy hr. min. 30cm.</p>	<p>Fluviálne súdržné sedimenty F3, F5 0,8 až 1,9m. Fluviálne sedimenty nesúdržné G3 3 až 4m, Neogén. HPV - 3m.</p>
Nájazdy na most v km 11,900	<p>Štrkodrva 60cm</p> <p>Netkaná geotextília</p> <p><i>(stabilizácia podložia vápnením len v prípade problematického prístupu na stavbu – do 30 cm)</i></p>	<p>F5 – 1m, do 7m striedanie S5 a G3, Neogén. HPV – 3,65m</p>

Nájazdy na most v km 13,300	Štrkodrva 60cm Netkaná geotextília (stabilizácia podložia vápnením len v prípade problematického prístupu na stavbu – do 30 cm)	F4 – 1,7m, do 10m striedanie S5 a G3-G5, Neogén. HPV – 4,2m
Nájazdy na most v km 15,560	Geodoska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Za oboma oporami priečne štrkopieskové rebrá 0,8 x 1,2 m, vzdialenosť 6m – 8ks rebier	F6 – 2 až 2,5m, G3 – 4m, Neogén, HPV – 3,1m
Nájazdy na most v km 16,900	Vápenná stabilizácia hr. 40 cm Štrkodrva 60cm	F6 – 2 až 2,5m, G3 – 4m, Neogén, HPV – 3,1m
Nájazdy na most v km 18,650	Geodoska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Za oboma oporami priečne štrkopieskové rebrá 0,8 x 1,2 m, vzdialenosť 6m – 8ks rebier	F6 – 3 až 4m, G3 – 2 až 3m, Neogén, HPV – 1,1m
Mimoúrovňová križovatka Hrašovík	Geodoska hrúbky 60 cm, (štrkodrva, 2x tuhá PP geomreža), netkaná geotextília Vertikálne drény v trojuholníkovom rastri 1,1m a budovanie násypov po vrstvách max. 80 cm s prestávkami sypania dl. 5 dní	Fluviálne súdržné sedimenty hrúbky 6 až 7m nesúdržné hrúbky 1,5 až 2m, neogén. HPV 1,5 až 5m pod terénom.
Retenčná nádrž č. 11 a 12	Základová škára nádrže – zavalcovanie Retenčnú nádrž vykopať až po vybudovaní násypu. V opačnom prípade by došlo ku deformácií svahov retenčnej nádrže.	F1/MG do hĺbky 1,1 m, G3 až G5 do 5,5m. Neogén. HPV – 3,8-4,0m.
Retenčná nádrž č. 14 (km 15,600)	Základová škára nádrže – zavalcovanie Retenčnú nádrž vykopať až po vybudovaní násypu. V opačnom prípade by došlo ku deformácií svahov retenčnej nádrže.	F4 až F8 do hĺbky 2,2 až 2,8 m. Štrk ílovitý s prechodom do 9,7m, neogén. HPV 3,8m. Základová škára nádrže v štrkoch.

2 TYPY GEOTECHNICKÝCH ÚPRAV PODLOŽIA NÁSYPOV

2.1 TYP č.1: Výmena + geodoska

Výmena nevhodných zemín v podloží násypov spočíva v odhumusovaní a následnom odstránení 1,0 m hr. vrstvy nevhodných zemín. Na upravenú (zarovnanú a zhutnenú) zemnú pláň vo výkope sa rozprestrie separačná netkaná geotextília a zaťažá sa ochrannou vrstvou štrkodrvy hr. 50 mm, frakcie 4/8 mm. Na ochrannú vrstvu sa uloží viacosá (dvojosá, trojosá...) tuhá PP geomreža s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m. Geomreža presahuje okraje výkopu o 90 cm tak, aby po prisypaní a ohnutí geomreže vznikli presahy s ďalšou úrovňou geomreže dĺžky ≥ 60 cm. Výplň geodosky tvorí hutnená vrstva štrkodrvy hr. 30 cm, frakcie 0/63. Predpísaný deformačný modul po hutnení výplne geodosky je $E_{def2}=80$ MPa, pričom platí $E_{def2}/E_{def1} < 2,5$. Na takto zhotovenú prvú vrstvu geodosky nasleduje druhá a tretia vrstva s tým rozdielom, že posledná, tretia vrstva geomreže nepresahuje okraj výkopu. Pre dokonalé zaklinenie najvrchnejšej vrstvy hrubozrnného kameňa presahujúceho cez povrch geomreže a ako ochrana geomreže pred poškodením pojazdom mechanizmami počas sypania násypu a ako UV ochrana je navrhnutá uzatváracia vrstva zo štrkodrvy hrúbky 50 mm, frakcie 4/8 mm.

2.2 TYP č.2: Stabilizácia + Štrkodrva

Po odhumusovaní v trase rýchlostnej cesty za prítomnosti pomerne mocných vrstiev jemnozrnných zemín s nízkym modulom pretvárnosti E_{def2} , s vysokým číslom plasticity I_p , vysokou namázavosťou, kde by výmena podložia nebola ekonomická, je navrhnuté zlepšiť nevyhovujúce parametre zemín stabilizáciou - pridaním vápna v objeme 1 – 3 %. Jedná sa o hrúbku 0,40 mm, tzn. že je potrebné zapracovať 8-24 kg/m² hydraulického spojiva. Presnú receptúru a spotrebu spojiva určí vo svojom laboratóriu na stavenisku. Požadovaný deformačný modul po stabilizácii hydraulickým spojivom je min. $E_{def2} > 25$ MPa.

Na rozhraní medzi stabilizovaným podložíom a násypom bude vrstva štrkodrvy hr. 0,60 m frakcie 16/32 mm. Sypať a hutniť sa bude po vrstvách hr. 0,30 m. Predpísaný deformačný modul po hutnení je $E_{def2}=80$ MPa, pričom platí $E_{def2}/E_{def1} < 2,5$. Po uložení ŠP vrstvy je navrhnutá min. 10 dňová technologická prestávka pred samotným budovaním násypu. Dôvodom je postupný nábeh pevností stabilizovanej zeminy. Pucolánová reakcia prebieha aj niekoľko mesiacov.

2.3 TYP č.3: Rebrá + Štrkodrva

Po odhumusovaní v trase rýchlostnej cesty v blízkosti mostných opôr MÚK a na iných krátkych úsekoch, kde by nebolo vhodné použiť stabilizáciu hydraulickými spojivami sú navrhnuté priečne štrkopieskové rebrá. Neúnosná zemina v podloží násypov sa „stabilizuje“ inou zemínou. Priečne rebrá sú navrhnuté hl. 1,20 m a hr. 0,80 m. Obal rebier tvorí netkaná filtračno-separačná geotextília. Osová vzdialenosť rebier je navrhnutá 4 až 8 m podľa lokálnych okrajových podmienok použitia. Výplň rebier tvorí stavebné kamenivo vyrobené drevom frakcie 0/125 mm. Na rozhraní medzi priečnymi rebrami stabilizovaným podložíom a násypom sa rozprestrie netkaná filtračno-separačná geotextília a vrstva štrkodrvy hr. 0,60 m frakcie 16/32 mm. Sypať a hutniť sa bude po vrstvách hr. 0,30 m. Predpísaný deformačný modul po hutnení je $E_{def2}=80$ MPa, pričom platí $E_{def2}/E_{def1} < 2,5$.

2.4 TYP č.4: Geodoska

V prípade neúnosných zemín v podloží trasy rýchlostnej cesty, pri veľmi nízkych, resp. žiadnych násypoch je navrhnuté zvýšiť deformačný modul pod konštrukčnými vrstvami vozovky konštrukciou geodosky.

Na upravenú (zarovnanú a zhutnenú) zemnú pláň po odhumusovaní sa rozprestrie separačná netkaná geotextília a zaťažá sa ochrannou vrstvou štrkodrvy hr. 50 mm, frakcie 4/8 mm. Na ochrannú vrstvu sa uloží viacosá (dvojosá, trojosá...) tuhá PP geomreža s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m. Geomreža presahuje okraje výkopu o 90 cm tak, aby po prisypaní hr. 30 cm a ohnutí geomreže vznikli presahy s ďalšou úrovňou geomreže dĺžky ≥ 60 cm. Výplň geodosky tvorí hutnená vrstva štrkodrvy hr. 25 cm, frakcie 0/63. Predpísaný deformačný modul po hutnení výplne geodosky je $E_{def2}=80$ MPa, pričom platí $E_{def2}/E_{def1} < 2,5$. Na takto zhotovenú prvú vrstvu geodosky nasleduje druhá vrstva s tým rozdielom, že druhá vrstva geomreže nepresahuje okraj výkopu. Pre dokonalé zaklinenie a uzavretie pôrov najvrchnejšej vrstvy hrubozrnného kameňa je navrhnutá uzatváracia vrstva zo štrkodrvy hrúbky 50 mm, frakcie 4/8 mm.

2.5 TYP č.5: Rebrá + Geodoska

Po odhumusovaní v trase rýchlostnej cesty v blízkosti mostných opôr MÚK a na iných krátkych úsekoch, kde by nebolo vhodné použiť stabilizáciu hydraulickými spojivami sú navrhnuté priečne štrkopieskové rebrá. Neúnosná zemina v podloží násypov sa „stabilizuje“ inou zeminou. Priečne rebrá sú navrhnuté hl. 1,20 m a hr. 0,80 m. Obal rebier tvorí netkaná filtračno-separačná geotextília. Osová vzdialenosť rebier je navrhnutá 4 až 8 m podľa lokálnych okrajových podmienok použitia. Výplň rebier tvorí stavebné kamenivo vyrobené drvením frakcie 0/125 mm. Na rozhraní medzi priečnymi rebrami sa rozprestrie separačná netkaná geotextília a zaťaží sa ochrannou vrstvou štrkodrvy hr. 50 mm, frakcie 4/8 mm. Na ochrannú vrstvu sa uloží viacosá (dvojosá, trojosá...) tuhá PP geomreža s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m. Geomreža presahuje okraje výkopu o 90 cm tak, aby po prisýpaní hr. 25cm a ohnutí geomreže vznikli presahy s ďalšou úrovňou geomreže dĺžky ≥ 60 cm. Výplň geodosky tvorí hutnená vrstva štrkodrvy hr. 25 cm, frakcie 0/63. Predpísaný deformačný modul po hutnení výplne geodosky je $E_{def2}=80$ MPa, pričom platí $E_{def2}/E_{def1} < 2,5$. Na takto zhotovenú prvú vrstvu geodosky nasleduje druhá vrstva s tým rozdielom, že druhá vrstva geomreže nepresahuje okraj výkopu. Pre dokonalé zaklinenie a uzavretie pôrov najvrchnejšej vrstvy hrubozrnného kameňa je navrhnutá uzatváracia vrstva zo štrkodrvy hrúbky 50 mm, frakcie 4/8 mm.

2.6 TYP č.6: Geodrény + Geodoska

Účelom prefabrikovaných vertikálnych konsolidačných drénov je urýchlenie konsolidácie podložia zemného telesa a zvýšenie stability podložia zemného telesa. Stabilizácie (resp. zlepšovanie vlastností) zemín zvislými drénmi sa využíva v stlačitelných, vodou nasýtených zeminách ako sú íly, ílovité hliny, ílovité piesky, rašeliny. Tieto zeminy sú charakterizované mäkkou konzistenciou a vysokou pórovou kapacitou. V prípade zaťaženia týchto typov zemín, napríklad od násypu, dochádza k značnému sadaniu spôsobenému ich vysokou stlačitelnosťou. Vzniknuté sadanie spôsobuje následné konštrukčné problémy. Zaťaženie spôsobené priťažením od násypu je zo začiatku prenášané pórovou vodou, ale ak zemina nemá dostatočnú permeabilitu pórov, tlak bude klesať len postupne, pretože pórová voda je schopná prúdiť z prostredia veľmi pomaly. Zvýšením pórového tlaku môže vzniknúť nestabilita podložia, ktorá vedie ku vzniku šmykových plôch. Tieto nestability vedú k spomaleniu budovania násypu. Aplikácia vertikálnych drénov zvyšuje rýchlosť výstavby násypu bez rizika porušenia stability a urýchľuje proces konsolidácie nestabilného podložia.

Na zvýšenie procesu sadania a redukciu pórových tlakov je potrebné skrátiť cestu prúdenia pórovej vody. Inštalácia rovnomerne rozmiestnených drénov - v trojuholníkovom rastri, umožňuje tlakovej vode prúdiť horizontálne k najbližšiemu zvislému drénu a voľne odchádzať vertikálnym smerom. Použitím vertikálnych drénov môže byť doba konsolidácie redukovaná z priemerného času niekoľkých rokov až na niekoľko mesiacov alebo menej v závislosti na hustote aplikačného rastra.

Pri mäkkom podloží je potrebné naviezť konštrukčnú vrstvu vhodného kameniva. Podložie a konštrukčná vrstva musia byť oddelené separačnou geotextíliou. Konštrukčná vrstva spolu s podlozím musia byť dimenzované tak, aby boli schopné prenášať zaťaženia vznikajúce inštaláciou drénov ako aj od hmotnosti inštaláčného zariadenia. Hmotnosť stroja sa pohybuje od 60 – 90 t, v závislosti od potrebnej penetračnej sily. Na pripravenom podloží musí byť vytýčený projektom predpísaný inštaláčny raster. Drény sú inštalované do podložia statickým zatlačením ocelevej pažnice. Pred zahájením prác predloží zhotoviteľ objednávateľovi údaje o type výrobku spolu s CE a harmonizovanými technickými špecifikáciami.

Na pripravenú zemnú pláň po odhumusovaní sa rozprestrie separačná netkaná geotextília a zaťaží sa ochrannou vrstvou štrkodrvy hr. 50 mm, frakcie 4/8 mm. Na ochrannú vrstvu sa položí viacosá (dvojosá, trojosá...) tuhá PP geomreža s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m. Geomreža presahuje okraje výkopu o 90 cm tak, aby po prisýpaní hr. 25cm a ohnutí geomreže vznikli presahy s ďalšou úrovňou geomreže dĺžky ≥ 60 cm. Výplň geodosky tvorí hutnená vrstva štrkodrvy hr. 25 cm, frakcie 0/63. Na takto zhotovenú prvú vrstvu geodosky, po inštalácii geodrénov, nasleduje druhá vrstva s tým rozdielom, že druhá vrstva geomreže nepresahuje okraj výkopu. Pre dokonalé zaklinenie najvrchnejšej vrstvy hrubozrnného kameňa je navrhnutá uzatváracia vrstva zo štrkodrvy hrúbky 50 mm, frakcie 4/8 mm.

2.7 TYP č.7: Štrkové vibrostĺpy + Geodoska

Sanácia spočíva vo výmene neúnosných a do podložia násypov nevhodných zemín pomocou štrkových vibrostĺpov, dĺžky 8,0 m vo štvorcovom rastru, $a = 2,0$ m. Štrkové vibrostĺpy zvýšia statický deformačný modul na zemnej pláni pod násypom (znižia veľkosť sadania), redukovú dobu konsolidácie podložia zemného telesa a umožnia tým zrýchlenie výstavby násypu. Pre obmedzenie nepriaznivých účinkov vibrátorov na pôvodnú ílovitú zeminu v podloží (stekutenie ílov) navrhujeme „vibrostĺpy“ zhotoviť technológiou „replacement“ - predvŕtať a následne za súčasného hutnenia kompaktorom vyplniť po vrstvách štrkodrvou fr. 0/63.

Po realizácii štrkových vibrostĺpov sa na zarovnanú pláň rozprestrie separačná netkaná geotextília a zaťaží sa ochrannou vrstvou štrkodrvy hr. 50 mm, frakcie 4/8 mm. Na ochrannú vrstvu sa položí viacosá (dvojosá, trojosá...) tuhá PP geomreža s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m. Geomreža presahuje okraje výkopu o 90 cm tak, aby po prisýpaní hr. 25cm a ohnutí geomreže vznikli presahy s ďalšou úrovňou geomreže dĺžky ≥ 60 cm. Výplň geodosky tvorí hutnená vrstva štrkodrvy hr. 25 cm, frakcie 0/63. Na takto zhotovenú prvú vrstvu geodosky, nasleduje druhá vrstva s tým rozdielom, že druhá vrstva geomreže nepresahuje okraj výkopu. Pre dokonalé zaklinenie najvrchnejšej vrstvy hrubozrnného kameňa je navrhnutá uzatváracia vrstva zo štrkodrvy hrúbky 50 mm, frakcie 4/8 mm.

2.8 TYP č.8: Priestorová bunková konštrukcia

Pomocou výstužných a stabilizačných monolitických geomreží je možné postaviť bunkovú štruktúru umožňujúcu založenie stavby na veľmi neúnosnej vrstve (napríklad na kalovom poli). Geobunková štruktúra pretína prípadné plochy porušenia, pričom sú tieto plochy vďaka tuhému matracu posúvané hlbšie do pevných vrstiev. Kritickým mechanizmom porušenia sa potom stáva plastické tečenie mäkkej vrstvy pod bunkovým matracom. Drsný kontakt na báze geobunkovej platformy umožňuje maximálne využiť kapacitu šmykovej pevnosti základovej pôdy a významne zvýšiť stabilitu. Nerovnomerné sadanie a laterálny roznos sú minimalizované. Bunkové matrace umožňujú vyhnúť sa problémom a vysokým nákladom pri odťažovaní nevhodnej zeminy a navážania novej. Na stavbe sa rýchlo zostavujú do tvaru hlbokaj, otvorenej bunkovej štruktúry, ktorá je následne vyplnená zrnitým materiálom. Vyplnená geobunková platforma pôsobí ako tuhá, veľmi pevný základ násypu, či ako odvodňovacia vrstva.

Postup

Na podložie sa rozprestrie separačná netkaná geotextília a prvá vrstva tuhej viacosovej geomreže s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m, zásyp drveným kamenivom fr. 0/63 mm, hr. 20 cm. Hutnenie ľahkým valcom bez vibrácie (je potrebné vyhnúť sa stekutiu kalov).

Rozprestrie sa druhá vodorovná vrstva tuhej viacosovej geomreže s ťahovou pevnosťou MD/CMD min. 20 kN/m.

Ku tejto mreži sa s lankami z PP pripevňujú zvislé priame aj diagonálne jednoosové HDPE geomreže s pozdĺžnou ťahovou pevnosťou minimálne 90 kN/m.

Zasýpanie geobuniek kamenivom fr. 32/63 mm (resp. fr. 16/125 mm), musí prebiehať postupne. V prvom kroku sa zasýpa max. do 1/2 výšky buniek. Dosypať na celú výšku sa v 1. rade smie v prípade, keď nasledujúce dva rady (2. a 3.) sú zasýpané do 1/2 výšky.

Je potrebné postupovať podľa technologického predpisu pre budovanie geobunkovej konštrukcie. Technologický predpis určí dodávateľ geomreží. Zásyp geobuniek sa nezhotúva. Nad geobunkovou konštrukciou sa zriadi 200 mm hrubá vrstva zo zhutnenej štrkodrvy fr. 0/63 mm. Po tejto vrstve je možný pojazd stavebných mechanizmov použitých pri budovaní zemného telesa na bunkovej konštrukcii.

3 POSÚDENIE STABILITY SVAHOV NÁSYPOV A ZÁREZOV

Stabilitné posúdenia svahov v zárezových úsekoch trasy v km 21,980-22,250 a km 22,320-22,720, ako aj stabilitné posúdenie zosuvného územia v km 20,625-21,325 boli realizované v rámci podrobného inžinierskogeologického prieskumu (DPP Žilina, 04/2018).

Posúdenie ďalších úsekov hlavnej trasy R2, ako aj príslušných násypov mimoúrovňových krížení a vetiev boli vykonané v zmysle STN EN 1997-1.

Do násypov bolo uvažované použiť zeminu „vhodnú do násypov“ (podľa STN 73 6133), s nasledujúcimi minimálnymi pevnostnými parametrami: uhol vnútorného trenia zeminy $\varphi=33^\circ$, súdržnosť násypovej zeminy $c=0$ kPa.

V prípade, že by boli výrazne lepšie pevnostné parametre zemín do násypov od vybraného dodávateľa, je možné prehodnotiť návrh opatrení na zabezpečenie minimálnych požadovaných stupňov stability svahov. V prípade, že zeminy zabudovávané do násypov nebudú dosahovať predpokladané minimálne pevnostné parametre je posúdenie a návrh stabilizačných opatrení neplatný.

3.1 Stabilita svahov v hlavnej trase R2

Úsek hlavnej trasy	Posudzovaný priečný rez	Návrh opatrení
km 9,564 – 13,000	km 11,000	Bez opatrení, násypy do 0-8 m, mierne sklony svahov
km 13,000 – 14,400	km 14,100	Bez opatrení, násypy do 0-8 m, mierne sklony svahov
km 14,400 – 14,550 (kalové pole)	km 14,450	Jednoosé geomreže dl. 5 m, raster 1,0 m
km 14,550 – 15,000	km 14,900	Bez opatrení, násypy 6 - 8 m, mierne sklony svahov
km 15,000 – 17,475		Bez opatrení, násypy 6 - 8 m mierne sklony svahov
km 17,475 – 19,075	km 18,000	Jednoosé geomreže dl. 4 m, raster 1,0 m (vo svahoch násypov v sklone 1:1,5)
km 19,075 – 20,600	km 19,550	Bez opatrení, násypy 0 – 7 m, mierne sklony svahov
km 20,600 – 21,300 (zosuv)	km 20,850	Bez opatrení, násypy 0 - 8 m v akumuláčnej zóne, mierne sklony svahov
km 21,300 – 22,000	km 21,750	Bez opatrení, násypy 0 - 8 m, mierne sklony svahov
km 22,000 – 22,225 (zárez)	km 22,150	Zníženie hladiny vody vo svahu, odvodňovacie vrtý
km 22,425 – 22,700 (zárez)	km 22,575 km 22,675	Zníženie hladiny vody vo svahu, odvodňovacie vrtý
km 23,700 – MÚK Hrašovík	Vetva C Vetva D	Bez opatrení, mierne sklony svahov 1:2,0

Km 14,400-14,550 násyp nad kalovým poľom

Je potrebné vystužovať svahy násypov v sklone 1:1,75 piatimi úrovňami výstužných geomreží vo vertikálnom rasti 1,0 m. Prvá úroveň sa kladie na jazdnú vrstvu nad geobunkovou konštrukciou. Môžu sa použiť tkané geomreže vyrobené z polyesteru (PET), prípadne jednoosé monolitické geomreže z vysokohustotného polyetylénu (HDPE). Návrhová pevnosť v ťahu T_d je požadovaná minimálne 18,5 kN/m.

- súčiniteľ bezpečnosti vyjadrujúci nebezpečie creep-u :
 $F_{tc} = 2,0$ (PET),
 $F_{tc} = 4,0$ (HDPE)
- súčiniteľ bezpečnosti vyjadrujúci nebezpečie narušenia výstuh zhutňovaním
 $F_{comp} = 1,5$ (PET),
 $F_{comp} = 1,1$ (HDPE)
- súčiniteľ bezpečnosti vyjadrujúci nebezpečie zníženia pevnosti vplyvom chemickej odolnosti
 $F_{comp} = 1,1$ (PET),
 $F_{comp} = 1,1$ (HDPE)

Z uvedeného vyplýva, že požadovaná pevnosť v ťahu (maximálna pri porušení) podľa skúšky STN EN ISO 10319 by mala byť pre PET výstužné geomreže 3,3-krát a pre HDPE výstužné geomreže až 4,84-krát vyššia ako je požadovaná **návrhová** pevnosť v ťahu $T_d=18,4$ kN/m.

Pevnosť v ťahu (maximálna pri porušení): $T_{f,PET} > 60$ kN/m
 $T_{f,HDPE} > 90$ kN/m.

Pre konštrukcie so životnosťou viac ako 50 rokov musí dodávateľ geosyntetík predložiť výsledky dlhodobých creepových skúšok, z ktorých bude možné súčiniteľ creepu presnejšie vyhodnotiť. V prípade vyšších hodnôt súčiniteľa creepu ako 2,0 (PET) a 4,0 (HDPE) sa bude musieť prehodnotiť aj minimálna pevnosť v ťahu T_f .

Km 17,475 – 19,075 násyp nad kalovým poľom

Je potrebné vystužovať svahy násypov v sklone 1:1,5 úrovňami výstužných geomreží vo vertikálnom rasti 1,0 m. až po konštrukčné vrstvy vozovky (aktívnu zónu). Prvá úroveň sa kladie 0,7m nad sanačnú vrstvu pozostávajúcu z vápennej stabilizácie a vrstvy štrkodrvy. Môžu sa použiť tkané geomreže vyrobené z polyesteru (PET), prípadne jednoosé monolitické geomreže z vysokohustotného polyetylénu (HDPE). Návrhová pevnosť v ťahu T_d je požadovaná minimálne 18,5 kN/m.

Pevnosť v ťahu (maximálna pri porušení): $T_{f,PET} > 60$ kN/m
 $T_{f,HDPE} > 90$ kN/m.

Pre konštrukcie so životnosťou viac ako 50 rokov musí dodávateľ geosyntetík predložiť výsledky dlhodobých creepových skúšok, z ktorých bude možné súčiniteľ creepu presnejšie vyhodnotiť. V prípade vyšších hodnôt súčiniteľa creepu ako 2,0 (PET) a 4,0 (HDPE) sa bude musieť prehodnotiť aj minimálna pevnosť v ťahu T_f .

Km 22,000-22,225 (zárez)

Je potrebné znížiť hladinu podzemnej vody vo svahoch zárezu. Navrhnutá je sústava subhorizontálnych odvodňovacích vrtov priemernej dĺžky 40m. Výustné objekty sú navrhnuté pozdĺž trasy každých 25 m. Z jedného výustného objektu smeruje vejár trojice vrtov vystrojených perforovanými odvodňovacími rúrami. Spolu 30 ks vrtov.

Km 22,425-22,700 (zárez)

Je potrebné znížiť hladinu podzemnej vody vo svahoch zárezu. Navrhnutá je sústava subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Výustné objekty sú navrhnuté pozdĺž trasy každých 25 m. Z jedného výustného objektu smeruje vejár trojice vrtov vystrojených perforovanými odvodňovacími rúrami. Spolu 36 ks vrtov.

3.2 Stabilita svahov násypov MÚK

Miesto násypov	Posudzovaný priečny rez	Návrh opatrení
km 15,650 (MÚK Krásna)	km 0,375 km 0,400 vetva A vetva C	- pri sklone svahov násypov $\leq 1:2,00$ bez potreby vystuženia - pri sklone svahov násypov $\geq 1:1,75$ min. 3 úrovne 1-osových geomreží dĺ. 4m, raster 1,0 m - pri sklone svahov násypov $\leq 1:2,00$ bez potreby vystuženia - pri sklone svahov násypov $\leq 1:2,00$ bez potreby vystuženia
km 18,650 (most 216-00)	km 0,200	- pri sklone svahov násypov $\geq 1:1,75$ min. 6 úrovní 1-osových geomreží dĺ. 4m, raster 1,0 m
km 16,900 (most 214-00)	km 0,175 km 0,275	- pri sklone svahov násypov $\leq 1:2,00$ bez potreby vystuženia - pri sklone svahov násypov $\geq 1:1,75$ min. 5 úrovní 1-osových geomreží dĺ. 4m, raster 1,0 m
km 13,300 (SO 113-00)	km 0,168	- bez opatrení, mierne sklony svahov 1:2,0
km 11,900 (SO 112-00)	km 0,166	- bez opatrení, mierne sklony svahov 1:2,0
km 11,400 (SO 310-00)	vetva 1A vetva 2 vetva 3	- bez opatrení, mierne sklony svahov 1:2,0 - bez opatrení, mierne sklony svahov 1:2,0 - bez opatrení, mierne sklony svahov 1:2,0

Km 15,650 (MÚK Krásna)

Pri sklone svahov 1:1,75 je potrebné vystužovať svahy násypov výšky nad 4,0 m úrovňami výstužných geomreží vo vertikálnom rastru 1,0 m. To znamená, že do svahov násypov výšky 7,5 m vojdú tri úrovne geomreží a zhruba najvrchnejšie 4,0 m násypu nad treťou úrovňou geomreže môže ostať bez vystuženia. Pri znižujúcej sa výške násypu bude počet úrovní vystuženia klesať.

výška násypu 4,0 m – 5,5 m: 1 úroveň vystuženia

výška násypu 5,5 m – 6,5 m: 2 úrovne vystuženia

výška násypu 6,5 m – viac: 3 úrovne vystuženia

Návrhová pevnosť v ťahu T_d je požadovaná minimálne 18,5 kN/m.

Pevnosť v ťahu (maximálna pri porušení): $T_{f,PET} > 60$ kN/m

$T_{f,HDPE} > 90$ kN/m.

Pre konštrukcie so životnosťou viac ako 50 rokov musí dodávateľ geosyntetík predložiť výsledky dlhodobých creepových skúšok, z ktorých bude možné súčiniteľ creepu presnejšie vyhodnotiť. V prípade vyšších hodnôt súčiniteľa creepu ako 2,0 (PET) a 4,0 (HDPE) sa bude musieť prehodnotiť aj minimálna pevnosť v ťahu T_f .

Km 18,650 (Most 216-00)

Pri sklone svahov 1:1,75 je potrebné vystužovať svahy násypov výšky nad 2,0 m úrovňami výstužných geomreží vo vertikálnom rastru 1,0 m. To znamená, že do svahov násypov výšky 7,5 m vojde šesť úrovní geomreží a zhruba najvrchnejšie 2,0 m násypu nad šiestou geomrežou môže ostať bez vystuženia. Pri znižujúcej sa výške násypu bude počet úrovní vystuženia klesať.

výška násypu 2,0 m – 3,0 m: 1 úroveň vystuženia

výška násypu 3,0 m – 4,0 m: 2 úrovne vystuženia

výška násypu 4,0 m – 5,0 m: 3 úrovne vystuženia

výška násypu 5,0 m – 6,0 m: 4 úrovne vystuženia

výška násypu 6,0 m – 7,0 m: 5 úrovní vystuženia

výška násypu 7,0 m – 7,5 m: 6 úrovní vystuženia

Návrhová pevnosť v ťahu T_d je požadovaná minimálne 18,5 kN/m.

Pevnosť v ťahu (maximálna pri porušení): $T_{f,PET} > 60$ kN/m

$T_{f,HDPE} > 90$ kN/m.

Pre konštrukcie so životnosťou viac ako 50 rokov musí dodávateľ geosyntetík predložiť výsledky dlhodobých creepových skúšok, z ktorých bude možné súčiniteľ creepu presnejšie vyhodnotiť. V prípade vyšších hodnôt súčiniteľa creepu ako 2,0 (PET) a 4,0 (HDPE) sa bude musieť prehodnotiť aj minimálna pevnosť v ťahu T_f .

Km 16,900 (Most 214-00)

Pri sklone svahov 1:1,75 je potrebné vystužovať svahy násypov výšky nad 3,0 m úrovňami výstužných geomreží vo vertikálnom rastru 1,0 m. To znamená, že do svahov násypov výšky 7,5 m vojde 5 úrovní geomreží a najvrchnejšie 3,0 m násypu nad piatou geomrežou môže ostať bez vystuženia. Pri znižujúcej sa výške násypu bude počet úrovní vystuženia klesať.

výška násypu 3,0 m – 4,0 m: 1 úroveň vystuženia

výška násypu 4,0 m – 5,0 m: 2 úrovne vystuženia

výška násypu 5,0 m – 6,0 m: 3 úrovne vystuženia

výška násypu 6,0 m – 7,0 m: 4 úrovne vystuženia

výška násypu 7,0 m – viac: 5 úrovní vystuženia

Návrhová pevnosť v ťahu T_d je požadovaná minimálne 18,5 kN/m.

Pevnosť v ťahu (maximálna pri porušení): $T_{f,PET} > 60$ kN/m

$T_{f,HDPE} > 90$ kN/m.

Pre konštrukcie so životnosťou viac ako 50 rokov musí dodávateľ geosyntetík predložiť výsledky dlhodobých creepových skúšok, z ktorých bude možné súčiniteľ creepu presnejšie vyhodnotiť. V prípade vyšších hodnôt súčiniteľa creepu ako 2,0 (PET) a 4,0 (HDPE) sa bude musieť prehodnotiť aj minimálna pevnosť v ťahu T_f .

4 DRÔTOKAMENNÉ KOŠE

Z dôvodu obmedzených priestorových podmienok násypov sú v niektorých častiach navrhnuté oporné múry. Oporné múry sú navrhnuté ako konštrukcia z drôtokamenných košov - gabionov max. výšky 3m, kde spodný kôš je uložený na vyrovnávacom páse hr. 0,30 m zhutnenej štrkodrvy fr. 4/8mm. Predpísaná miera zhutnenia je $I_D \geq 0,90$. $E_{def2} \geq 80 \text{ MPa}$, $E_{def2}/E_{def1} \leq 2,6$.

Výstužná HDPE jednosá geomreža min. krátkodobej pevnosti 90 kN/m, resp. celkovej dĺžky 5,0 m bude ukladaná medzi veko a dno drôtokamenných košov, ako aj pod dno spodného koša. Pre dokonalosť spoja bude so sieťami spojená polypropylénovými spojkami.

Skladanie drôtokamenných košov

Objekt je navrhnutý z drôtokamenných košov (gabionov) pri celkovej výške do 3,0m. Gabionové koše sú dodávané na stavbu pred-pripravené ako celok v zlisovanej forme. Múr sa buduje postupným ukladáním drôtokamenných košov - gabionov na seba do navrhnutých úrovní.

Zásypový nenamrzavý materiál za rubom múru sa buduje po vrstvách spolu s konštrukciou gabionu. Gabiony sú voči zaneseniu jemnozrnným materiálom chránené na rubovej stene separačnou geotextíliou. Násyp za rubom múru bude vystužený jednoosou geomrežou. Geomreža bude ukladaná medzi gabionové koše. Ukladaná bude od čelnej hrany vyššie uloženého drôtokamenného koša. Na čelnú pohľadovú stranu sa pripevní pomocné dočasné debnenie (napríklad trubkové lešenie), ktoré sa po naplnení a zhutnení zásypu za múrom demontuje. Koše sú tvorené z dvojzákrutovej šesťuholníkovej oceľovej siete s povrchovou úpravou Galfan (Al+Zn+Ce+La). Priemer oceľového drôtu siete dna, čela a bočných stien je 3,9 mm. Jedine priečky a veko môžu byť pletené z drôtov priemeru 2,7 mm. Ťahová pevnosť drôtu použitého na výrobu siete musí byť 350 – 550 MPa. Drôtokamenné koše musia byť navzájom previazané. Jednotlivé koše sú medzi sebou spojené po všetkých hranách viazacími špirálami a s drôtom, pričom tvoria jeden kompaktný celok a tak nedôjde vyplavovaniu kamennej výplne košov z medzipriestoru spojov. Špirály sú zabezpečené po koncoch viazacím drôtom. Priestorová stabilita jednotlivých košov bude zabezpečená dištančnými tiahľami v počte min. 6 ks na pohľadovú plochu 1 m². Rozmiestnenie dištančných tiahel musí byť v súlade s dodanou technickou špecifikáciou dodávateľa. Výška gabionových košov je 1,0 m. Lícna strana múru je navrhnutá s odskokom po 0,20 m. Výplň drôtených košov musí byť kamenivo tvrdé, hranaté, alebo oblé, odolné a takej kvality, že nedôjde k jeho porušeniu, alebo zmenám pôsobením okolitého prostredia počas životnosti konštrukcie. Minimálny rozmer kameniva musí byť väčší ako 1,5 ÷ 2-násobok rozmeru oka siete koša, t.z. frakcia kameniva pre výplň košov zo sietí o veľkosti oka 80/100 mm je min. 120/150 mm. Odporúčame použiť lomový kameň rozmerov 120-500 mm.

Kamenivo je ukladané v 300 mm vrstvách pri 1,0m vysokých gabionoch. Výplňová vrstva nikdy nesmie byť vyššie ako 300 mm oproti vrstvám v príslušných jednotkách (košoch). Pri ukladaní kameniva treba zaručiť aby nebola porušená ochrana drôtu. Po vyplnení vrstvy kameniva sa vhodnou ručnou manipuláciou musí zabezpečiť minimalizácia výskytu medzier medzi kamenivom, tak aby bola zaručená čo najvyššia hustota kameniva. Kamenivo na čelnej strane musí byť uložené ručne, kvôli čo najvyššej redukcii medzier. Dištančné tiahla musia byť inštalované tak, že spájajú čelnú a zadnú stranu, alebo ktorúkoľvek podpornú alebo exponovanú stranu. Pri 1 m vysokom bloku sú inštalované vždy v 1/3 a 2/3 výšky bloku. Pre gabiony, ktoré majú dve exponované strany (ukončenia múrov), musí byť inštalovaný ďalší set dištančných tiahel, kolmo na exponované strany. Musí byť tiež zabezpečené, aby vrch deliacej priečky bol dostupný pre napojenie, preto povrch musí byť hladko vyrovnaný a medzerovitost minimalizovaná.

Jedno-osová výstužná mreža má rozdielne ťahové pevnosti v dvoch smeroch. Hlavná ťahová odolnosť je v smere navijania rolky.

Zásyp rubu múrov

Pre zásyp rubu múrov sa použije „zemina vhodná do násypov“ podľa STN 73 6133:2017-12. Hutnenie bude prebiehať po vrstvách maximálnej hrúbky 0,30 m a spôsobom, ktorý je závislý od druhu použitej zeminy:

- hrubozrnné zeminy: štrkovité $I_D = 0,75$
piesčité $I_D = 0,80$

5 TECHNICKÉ POŽIADAVKY GEOSYNTETICKÝCH MATERIÁLOV

Charakteristiky uvedené v tabuľkách stanovujú, ktoré funkcie a vlastnosti geosyntetiky sú dôležité pre daný účel použitia a musia sa dodržať (min. technická požiadavka podľa STN 73 3040). Charakteristiky uvedené tabuľkách v stĺpcoch „Návrh“ udávajú požiadavky projektanta. Základné požiadavky separačnej geotextílie – obal rebier, separácia geodosiek od zemnej pláne, ochrana rubu gabionov voči znečisteniu

Vlastnosť	Skúšobná metóda	min. Technická požiadavka	Návrh
Polymér		Prvotná surovina PP	PP, vpichovaný
Veľkosť otvoru O_{90}	STN EN ISO 12956	$<d_{50,z}$	$O_{90} < 0,1 \text{ mm}$
Ťahová pevnosť MD/CMD	STN EN ISO 10319	$>10/10 \text{ kN/m}$	$>15 \text{ kN/m}$
Porušujúca sila pri pretláčaní valcovým razníkom	STN EN ISO 12236	$>1,2 \text{ kN}$	$>2,5 \text{ kN}$
Veľkosť otvoru prerazeného kužeľom	STN EN ISO 13433	$\leq 15,0 \text{ mm}$	13,0 mm
Indexová rýchlosť V_{H50} Priepustnosť vody kolmo k rovine	STN EN ISO 11058	$\geq 70 \text{ mm/s}$	$\geq 80 \text{ l/m}^2/\text{s}$
Vlastnosť navrhnutého výrobku nepožadované			
Hmotnosť plošná			$\geq 250 \text{ g/m}^2$
Šírka rolky			

Základné požiadavky viacosovej monolitckej geomreže – stabilizačná vrstva pod geobunkový matrac

Vlastnosť	Skúšobná metóda	min. Technická požiadavka	Návrh
Polymér		PET, HDPE, PP	PP, viacosová monolitická geomreža
Ťahová pevnosť MD/CMD	STN EN ISO 10319	$>60 \text{ kN/m}$ $>15 \text{ kN/m}$	$\geq 20 \text{ kN/m}$
Pomerné predĺženie MD/CMD	STN EN ISO 10319	$<12\%$	$\leq 10\%$
Šírka rolky			
Veľkosť ok (pozdĺžne/priečne)			$< 65 \text{ mm}$

Základné požiadavky viacosovej monolitckej geomreže – zemná pláň, geodosky

Vlastnosť	Skúšobná metóda	min. Technická požiadavka	Návrh
Polymér		PET, HDPE, PP	PP, viacosová monolitická geomreža
Ťahová pevnosť MD/CMD	STN EN ISO 10319	>60 kN/m >15 kN/m	≥20 kN/m
Pomerné predĺženie MD/CMD	STN EN ISO 10319	<12%	<10%
Šírka rolky			
Veľkosť ok (pozdĺžne/priečne)			<65 mm

Základné požiadavky jednoosej monolitckej geomreže – geobunková konštrukcia, výstuha gabionov

Vlastnosť	Skúšobná metóda	min. Technická požiadavka	Návrh
Polymér		PET, HDPE, PP	HDPE (PET)
Ťahová pevnosť MD/CMD	STN EN ISO 10319	>40 kN/m >15 kN/m	>90 kN/m (>60kN/m)
Pomerné predĺženie MD/CMD	STN EN ISO 10319	<12%	
Zaťaženie pri $\varepsilon=2\%$ MD	STN EN ISO 10319	>8kNm ⁻¹	20 kN/m
Šírka rolky			
Veľkosť ok (pozdĺžne/priečne)			

Zoznam príloh:

- Príloha č. 1 - Stabilita – posudzované rezy
- Príloha č. 2 – Sadnutie násypov
- Príloha č. 3 – Návrh geobunkovej konštrukcie

Príloha č.1 – Stabilita – posudzované rezy

km 11,000

Nastavenie

Štandardné - EN 1997 - DA2 (13)

Stabilitné výpočty

Metodika posúdenia : výpočet podľa EN1997

Návrhový prístup : 3 - redukcia zaťaženia GEO, STR a materiálu




Súčinitele redukcie zaťaženia (F)							
Trvalá návrhová situácia							
		Stav STR			Stav GEO		
		Nepriaznivé		Priaznivé	Nepriaznivé		Priaznivé
Stále zaťaženie :	$\gamma_G =$	1,35	[–]	1,00	[–]	1,00	[–]
Premenné zaťaženie :	$\gamma_Q =$	1,50	[–]	0,00	[–]	1,30	[–]
Zaťaženie vodou :	$\gamma_w =$				1,00	[–]	

Súčinitele redukcie materiálu (M)			
Trvalá návrhová situácia			
Súčiniteľ redukcie uhla vnútorného trenia :	$\gamma_\phi =$	1,25	[–]
Súčiniteľ redukcie efektívnej súdržnosti :	$\gamma_c =$	1,25	[–]
Súčiniteľ redukcie neodv. šmykovej pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40	[–]



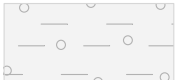
Súčinitele redukcie zaťaženia (F)					
Dočasná návrhová situácia					
		Stav STR		Stav GEO	
		Nepriaznivé		Priaznivé	Priaznivé
Stále zaťaženie :	$\gamma_G =$	1,35	[–]	1,00	[–]
Premenné zaťaženie :	$\gamma_Q =$	1,50	[–]	0,00	[–]
Zaťaženie vodou :	$\gamma_w =$			1,00	[–]

Súčinitele redukcie materiálu (M)			
Dočasná návrhová situácia			
Súčiniteľ redukcie uhla vnútorného trenia :	$\gamma_\phi =$	1,25	[–]
Súčiniteľ redukcie efektívnej súdržnosti :	$\gamma_c =$	1,25	[–]
Súčiniteľ redukcie neodv. šmykovej pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40	[–]

Parametre zemín - efektívna napätosť

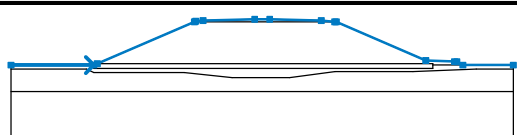
Číslo	Názov	Vzorka	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
1	zemina do násypu		32,00	0,10	19,50	20,50
2	podklad cesty		35,00	5,00	20,00	20,50
3	štrkopiesková stabilizácia		36,00	0,00	20,00	20,50

Príloha č.1 – Stabilita – posudzované rezy

Číslo	Názov	Vzorka	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
4	terasové íly		24,00	10,00	20,00	20,50
5	terasové štrkopiesky G-F		30,00	2,00	20,00	20,50
6	neogén		22,00	10,00	20,00	20,50

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-13,00	50,00	-13,00		

Prit'azenie

Číslo	Prit'azenie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m ²

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-47,25	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	13,53 [°]
	z =	50,70	[m]		$\alpha_2 =$	33,44 [°]
Polomer :	R =	61,34	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 100,18$ kN/m

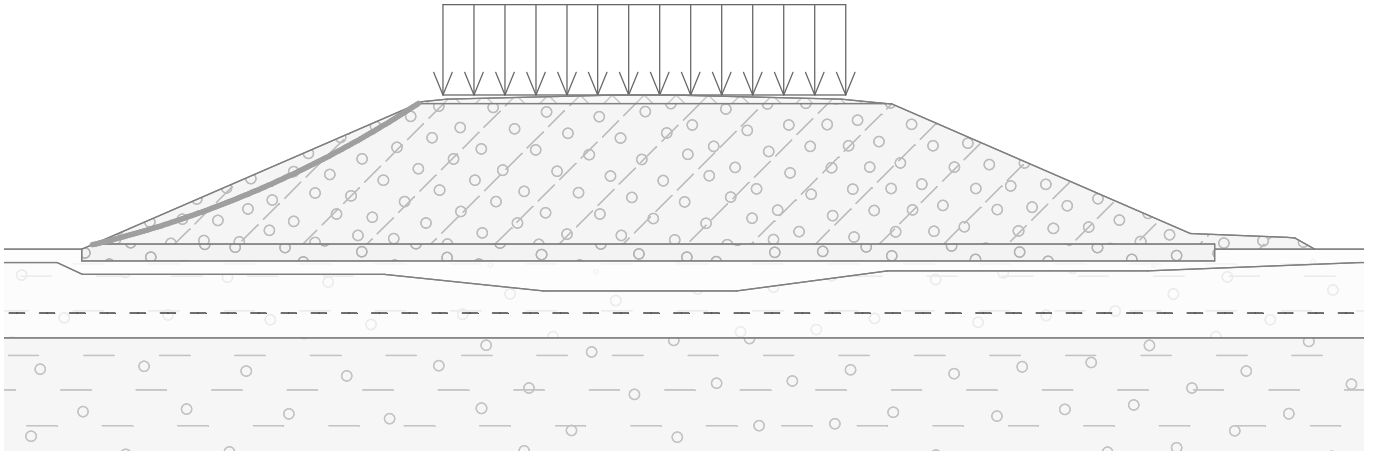
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 117,79$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 6144,75$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 7225,05$ kNm/m

Využitie : 85,0 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	44,71	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-33,76 [°]
	z =	44,36	[m]		$\alpha_2 =$	-13,11 [°]
Polomer :	R =	53,99	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

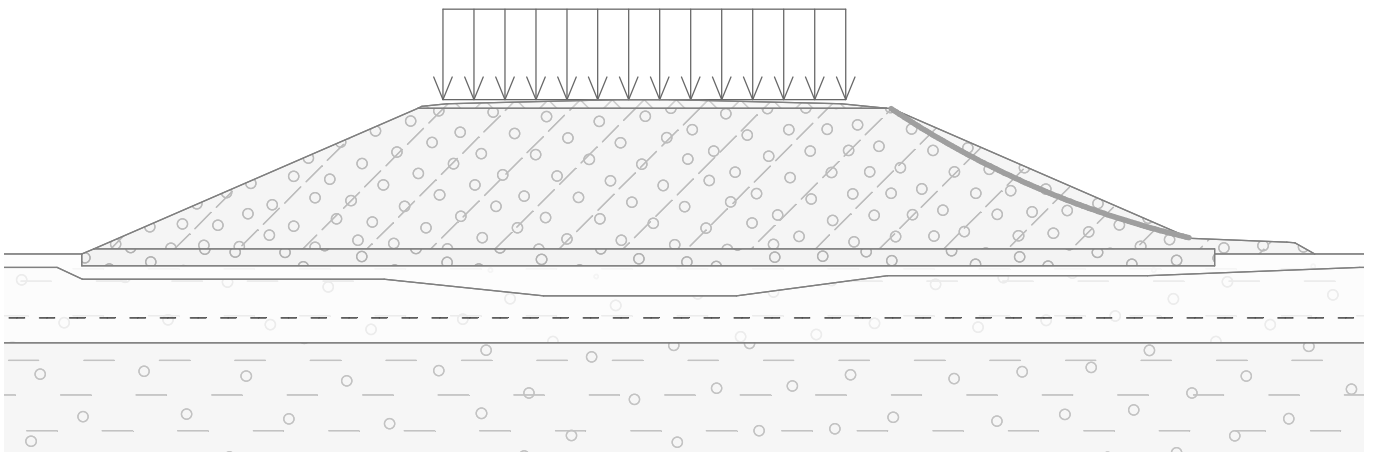
Sumácia aktívnych síl : $F_a = 87,53 \text{ kN/m}$

Sumácia pasívnych síl : $F_p = 103,10 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 4725,55 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 5566,40 \text{ kNm/m}$

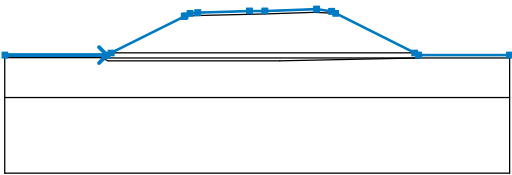
Využitie : 84,9 %



km 14,100

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-12,00	50,00	-12,00		

Príťaženie

Číslo	Príťaženie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m ²

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-42,85	[m]	Uhly :	α_1 =	16,42 [°]
	z =	37,13	[m]		α_2 =	36,86 [°]
Polomer :	R =	47,64	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 73,24$ kN/m

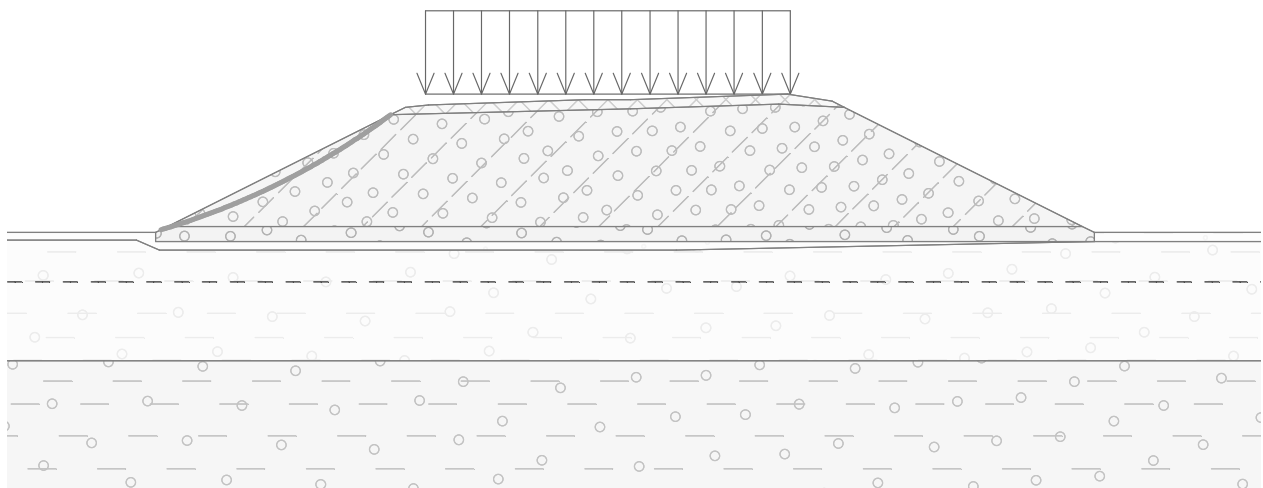
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 74,99$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 3489,21$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 3572,53$ kNm/m

Využitie : 97,7 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	45,19	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-37,10 [°]
	z =	38,65	[m]		$\alpha_2 =$	-16,17 [°]
Polomer :	R =	49,10	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 83,82$ kN/m

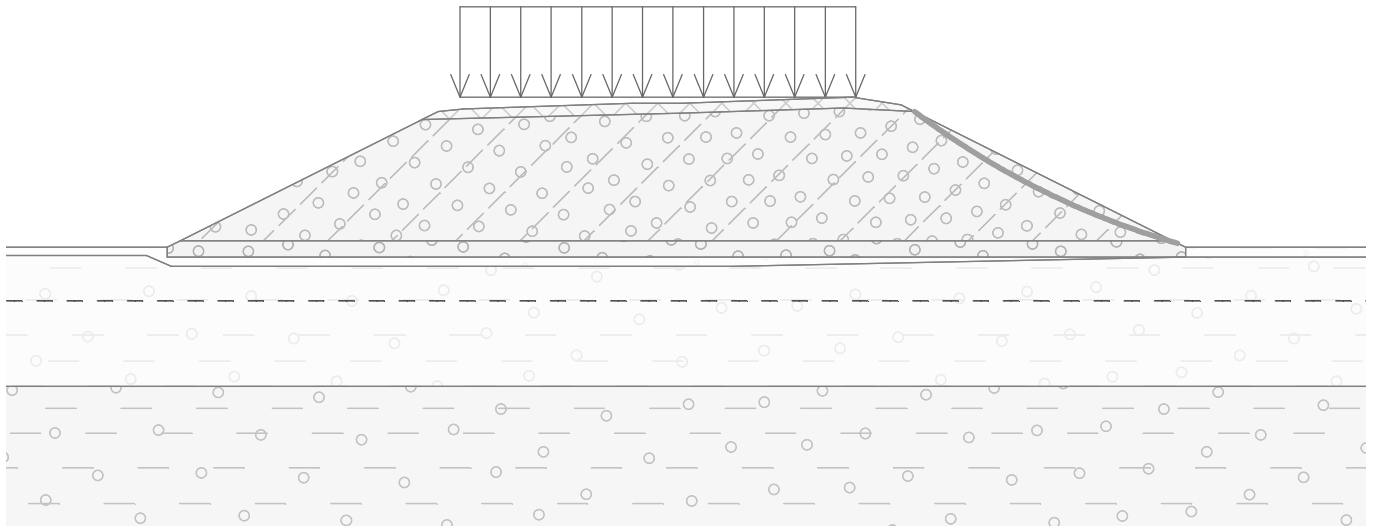
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 85,66$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 4115,36$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 4205,82$ kNm/m

Využitie : 97,8 %

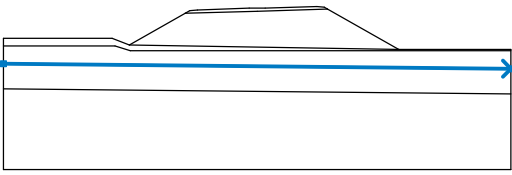
Stabilita svahu VYHOVUJE



km 14,450

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-11,00	50,00	-12,00		

Príťaženie

Číslo	Príťaženie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m ²

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-35,86	[m]	Uhly :	α_1 =	19,02 [°]
	z =	24,45	[m]		α_2 =	40,45 [°]
Polomer :	R =	33,44	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 46,10$ kN/m

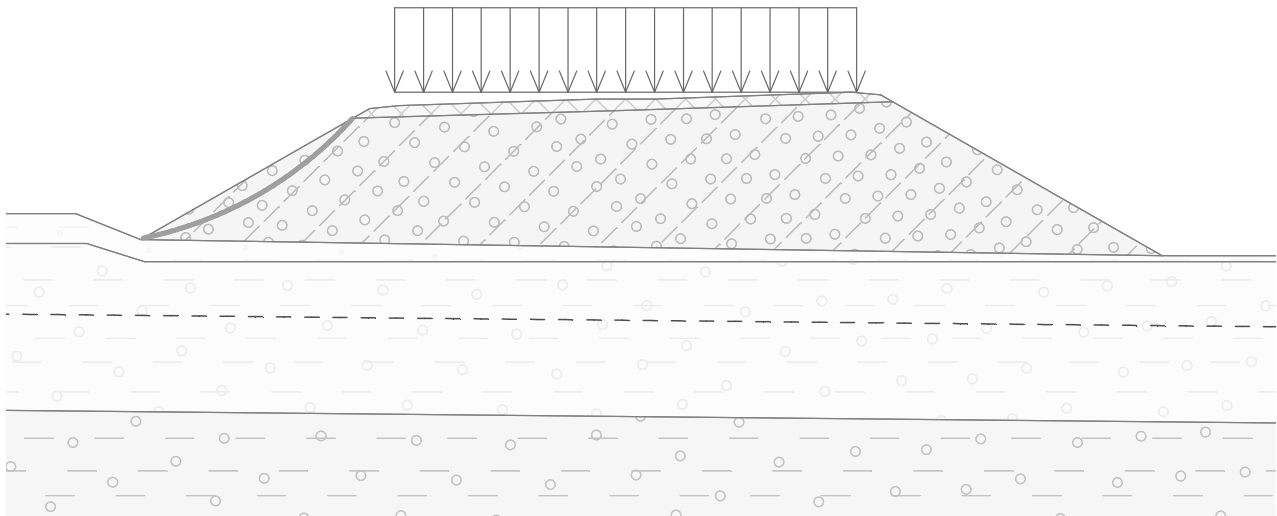
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 41,73$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 1541,63$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 1395,40$ kNm/m

Využitie : 110,5 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	42,06	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-40,18 [°]
	z =	33,19	[m]		$\alpha_2 =$	-19,31 [°]
Polomer :	R =	43,65	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 72,61$ kN/m

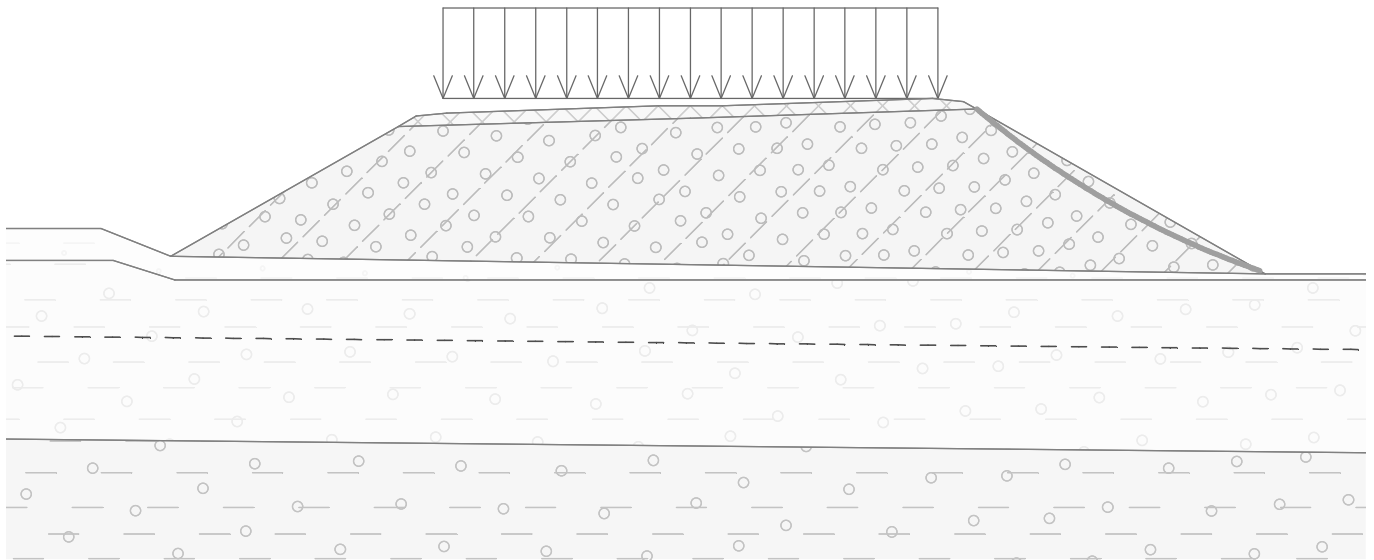
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 65,35$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 3169,25$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 2852,65$ kNm/m

Využitie : 111,1 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Pridané výstuhy

Číslo	Bod vľavo		Bod vpravo		Dĺžka L [m]	Pevnosť R_t [kN/m]	Ún. na vytrh.	Uloženie výstuhy
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]				
1	-22,47	-5,74	-17,47	-5,74	5,00	20,70	$T_p = 71,80$ kN/m ²	Pevné
2	-20,72	-4,74	-15,72	-4,74	5,00	20,70	$T_p = 59,38$ kN/m ²	Pevné
3	-18,97	-3,74	-13,97	-3,74	5,00	20,70	$T_p = 46,96$ kN/m ²	Pevné
4	-17,22	-2,74	-12,22	-2,74	5,00	20,70	$T_p = 34,54$ kN/m ²	Pevné
5	-15,47	-1,74	-10,47	-1,74	5,00	20,70	$T_p = 22,12$ kN/m ²	Pevné
6	18,66	-5,75	23,66	-5,75	5,00	20,70	$T_p = 71,80$ kN/m ²	Pevné
7	16,92	-4,75	21,92	-4,75	5,00	20,70	$T_p = 59,38$ kN/m ²	Pevné
8	15,17	-3,75	20,17	-3,75	5,00	20,70	$T_p = 46,96$ kN/m ²	Pevné
9	13,42	-2,75	18,42	-2,75	5,00	20,70	$T_p = 34,54$ kN/m ²	Pevné
10	11,66	-1,75	16,66	-1,75	5,00	20,70	$T_p = 22,12$ kN/m ²	Pevné

Výpočet 3

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-23,82	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-3,88 [°]
	z =	11,48	[m]		$\alpha_2 =$	51,26 [°]
Polomer :	R =	18,76	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Sily vo výstuľách

Výstuľ	Sila [kN/m]
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	1,11
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,00

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 361,08$ kN/m

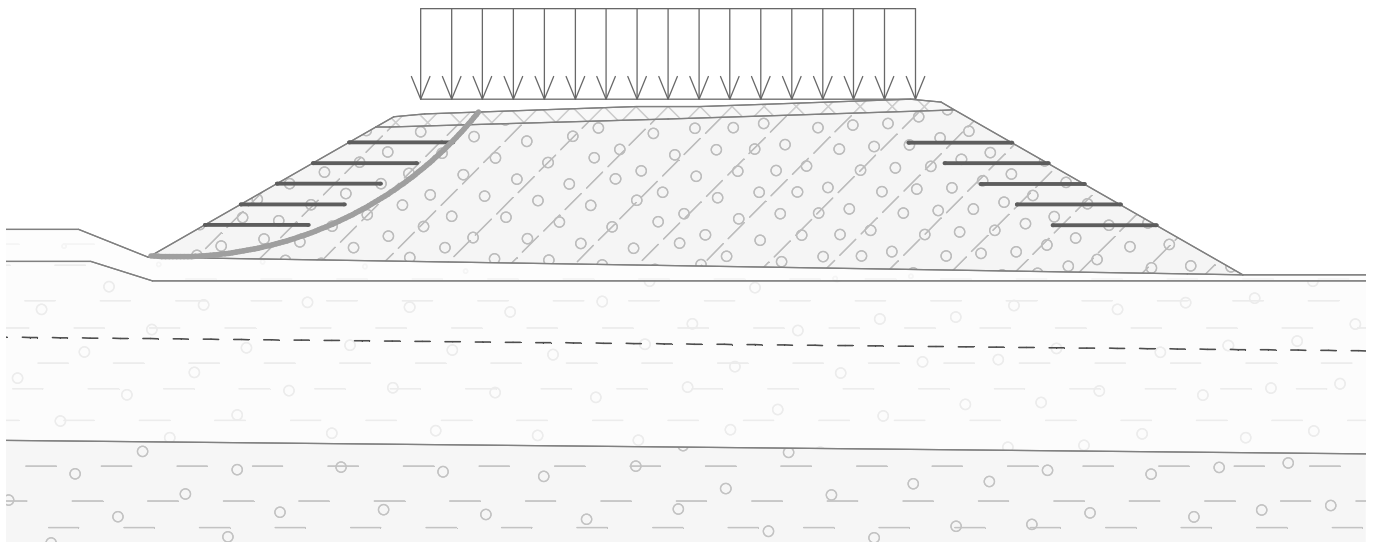
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 383,71$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 6773,87$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 7198,48$ kNm/m

Využitie : 94,1 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 4

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	27,22	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-51,55 [°]
	z =	14,09	[m]		$\alpha_2 =$	1,49 [°]
Polomer :	R =	22,20	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Sily vo výstuňách

Výstuha	Sila [kN/m]
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,17

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 426,10$ kN/m

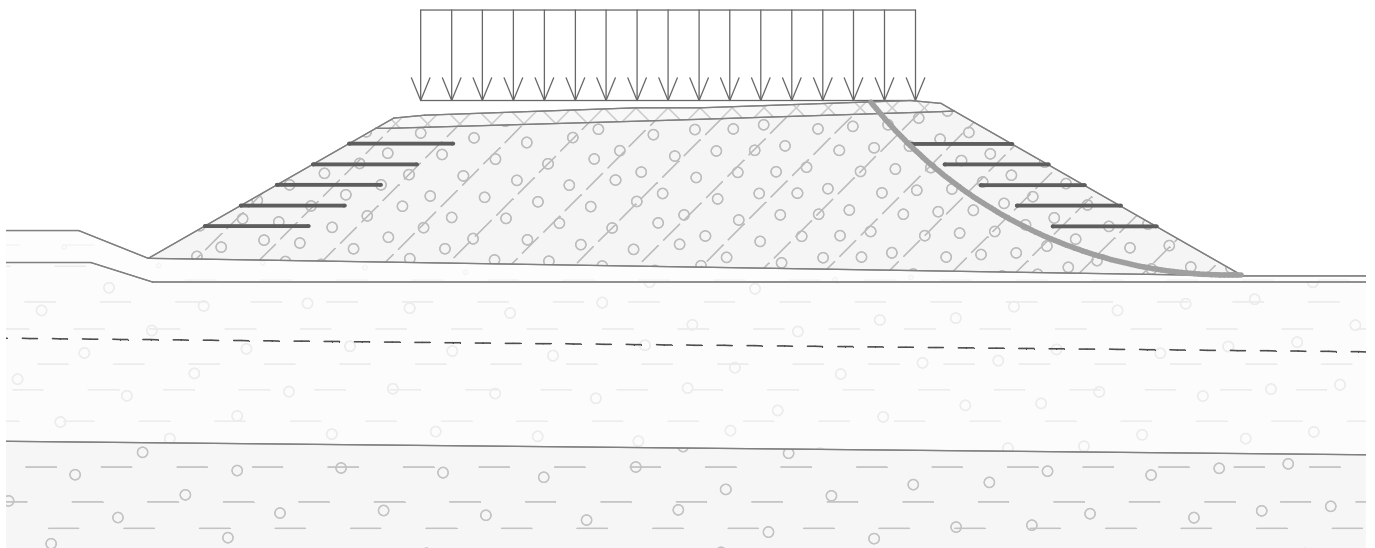
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 435,47$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 9459,45$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 9667,50$ kNm/m

Využitie : 97,8 %

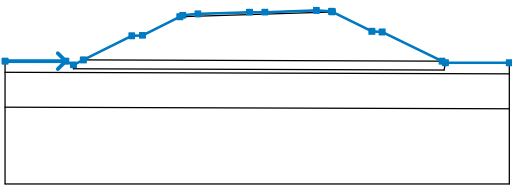
Stabilita svahu VYHOVUJE



km 14,900

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-14,00	50,00	-14,30		

Prit'azenie

Číslo	Prit'azenie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m ²

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy							
Stred :	x =	-26,23	[m]	Uhly :	α_1 =	12,15	[°]
	z =	11,67	[m]		α_2 =	40,98	[°]
Polomer :	R =	16,66	[m]				
Šmyková plocha po optimalizácii.							

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 24,75$ kN/m

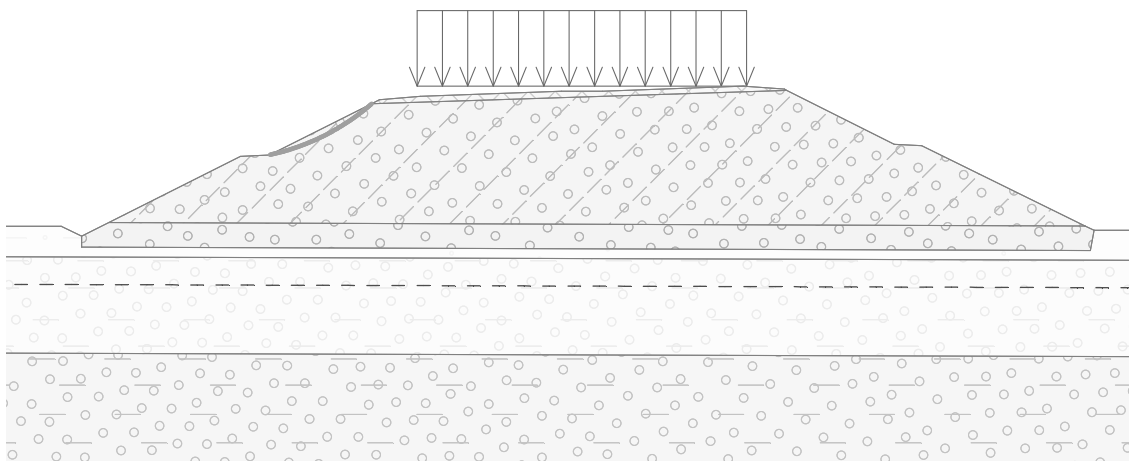
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 25,82$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 412,40$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 430,14$ kNm/m

Využitie : 95,9 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

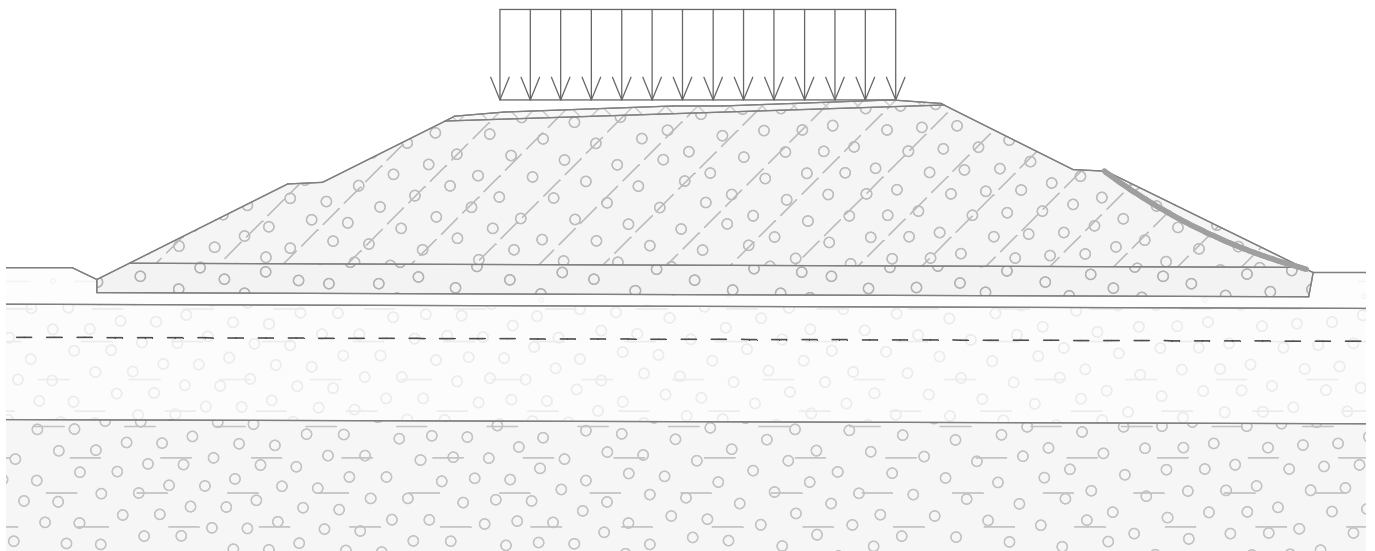


Výpočet 2**Kruhová šmyková plocha**

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	46,22	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-36,84 [°]
	z =	24,86	[m]		$\alpha_2 =$	-15,01 [°]
Polomer :	R =	35,99	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)Sumácia aktívnych síl : $F_a = 52,40$ kN/mSumácia pasívnych síl : $F_p = 55,07$ kN/mMoment zosúvajúci : $M_a = 1885,77$ kNm/mMoment vzdorujúci : $M_p = 1981,92$ kNm/m

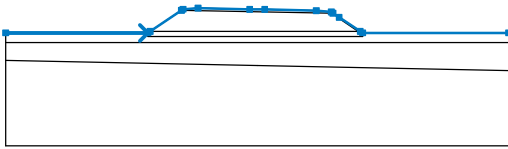
Využitie : 95,1 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

km 18,000

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-5,00	19,18	-5,00	19,18	-3,50
		50,00	-3,50				

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-28,37	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	21,56 [°]
	z =	12,49	[m]		$\alpha_2 =$	46,22 [°]
Polomer :	R =	18,38	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 23,68$ kN/m

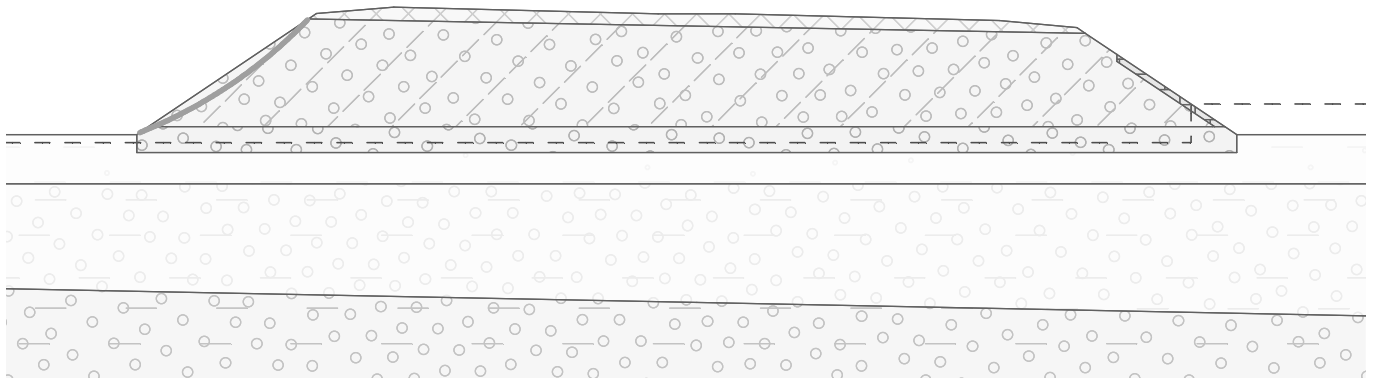
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 18,50$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 435,20$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 339,97$ kNm/m

Využitie : 128,0 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	23,61 [m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-52,22	[°]
	z =	5,23 [m]		$\alpha_2 =$	-15,37	[°]
Polomer :	R =	10,24 [m]				
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 22,80$ kN/m

Sumácia pasívnych síl : $F_p = 18,67$ kN/m

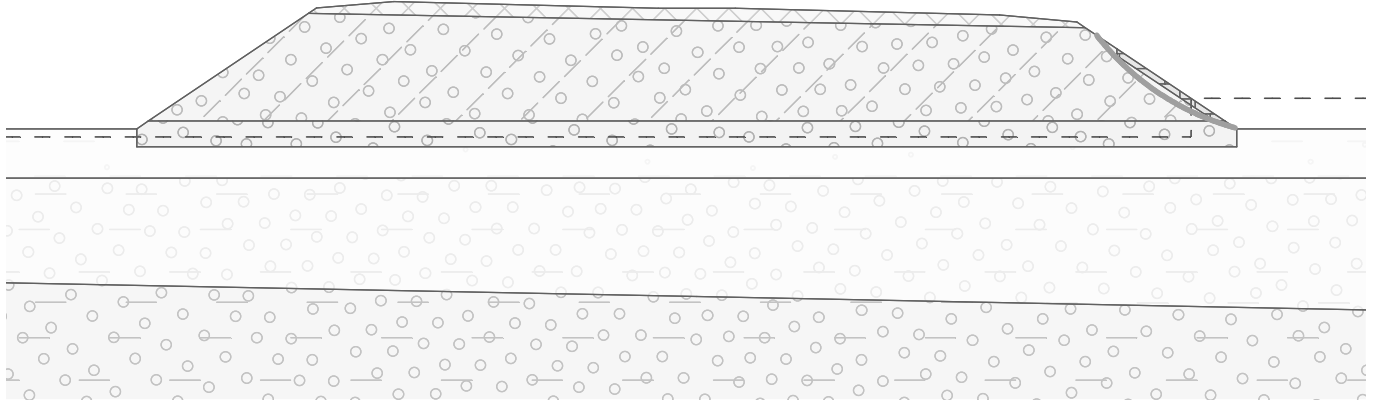
Príloha č.1 – Stabilita – posudzované rezy

Moment zosúvajúci : $M_a = 233,43 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 191,19 \text{ kNm/m}$

Využitie : 122,1 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Pridané výstuhy

Číslo	Výstuha nová	Bod vľavo		Bod vpravo		Dĺžka L [m]	Pevnosť R_t [kN/m]	Ún. na vytrh.	Uloženie výstuhy
		x [m]	z [m]	x [m]	z [m]				
1	Áno	-15,73	-0,67	-11,73	-0,67	4,00	20,70	$T_p = 8,82 \text{ kN/m}^2$	Pevné
2	Áno	-17,23	-1,67	-13,23	-1,67	4,00	20,70	$T_p = 21,25 \text{ kN/m}^2$	Pevné
3	Áno	-18,73	-2,67	-14,73	-2,67	4,00	20,70	$T_p = 33,67 \text{ kN/m}^2$	Pevné
4	Áno	-20,23	-3,67	-16,23	-3,67	4,00	20,70	$T_p = 46,09 \text{ kN/m}^2$	Pevné
5	Áno	12,46	-1,67	16,46	-1,67	4,00	20,70	$T_p = 21,25 \text{ kN/m}^2$	Pevné
6	Áno	13,96	-2,67	17,96	-2,67	4,00	20,70	$T_p = 33,67 \text{ kN/m}^2$	Pevné
7	Áno	15,46	-3,67	19,46	-3,67	4,00	20,70	$T_p = 46,09 \text{ kN/m}^2$	Pevné

Prit'azenie

Číslo	Prit'azenie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q1, f, F	q2	jednotka
1	Áno		pásové	stále	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m2

Výpočet 3

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy							
Stred :	x =	-20,24	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-4,90	[°]
	z =	7,21	[m]		$\alpha_2 =$	53,07	[°]
Polomer :	R =	11,60	[m]				
Šmyková plocha po optimalizácii.							

Sily vo výstuhash

Výstuha Sila [kN/m]

1	0,05
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00

Príloha č.1 – Stabilita – posudzované rezy

6 0,00
7 0,00

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 167,28 \text{ kN/m}$

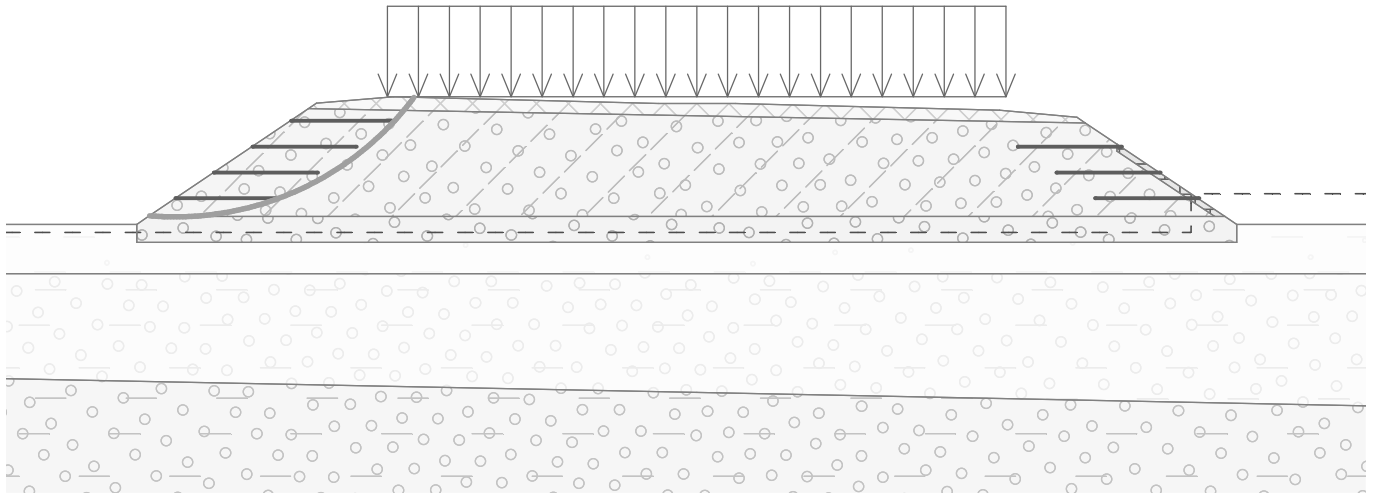
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 179,30 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 1940,47 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 2079,83 \text{ kNm/m}$

Využitie : 93,3 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 4

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	20,31	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-51,20 [°]
	z =	7,24	[m]		$\alpha_2 =$	3,32 [°]
Polomer :	R =	11,94	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Sily vo výstuhách

Výstuha Sila [kN/m]

1 0,00
2 0,00
3 0,00
4 0,00
5 0,00
6 0,00
7 0,00

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 144,77 \text{ kN/m}$

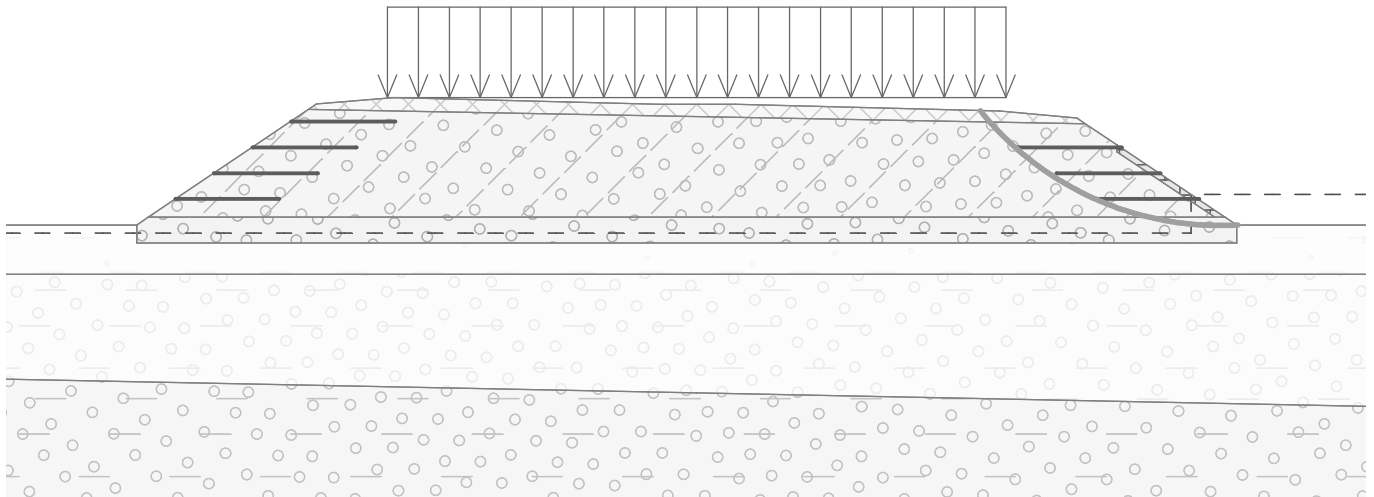
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 163,20 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 1728,59 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 1948,66 \text{ kNm/m}$

Využitie : 88,7 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



km 19,550

Parametre zemín - efektívna napätosť

Číslo	Názov	Vzorka	Φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
1	zemina do násypu		32,00	0,10	19,50	20,50
2	podklad cesty		35,00	5,00	20,00	20,50
3	geodoska		36,00	0,00	20,00	20,50
4	proluviálne sedimenty CI-CH		18,00	10,00	20,00	21,00
4	terasové piesky S-F		27,00	0,00	17,50	18,50
5	terasové štrky G-F		30,00	2,00	20,00	20,50
6	neogén		22,00	10,00	20,00	20,50

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-6,70	26,32	-6,70	26,32	-4,90
		50,00	-4,90				

Príťaženie

Číslo	Príťaženie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m ²

Názvy preťaženia

Číslo	Názov
1	doprava

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy					
Stred :	x =	-28,83	[m]	Uhly :	α_1 = 13,70 [°]
	z =	15,69	[m]		α_2 = 39,49 [°]
Polomer :	R =	21,34	[m]	Šmyková plocha po optimalizácii.	

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 29,26$ kN/m

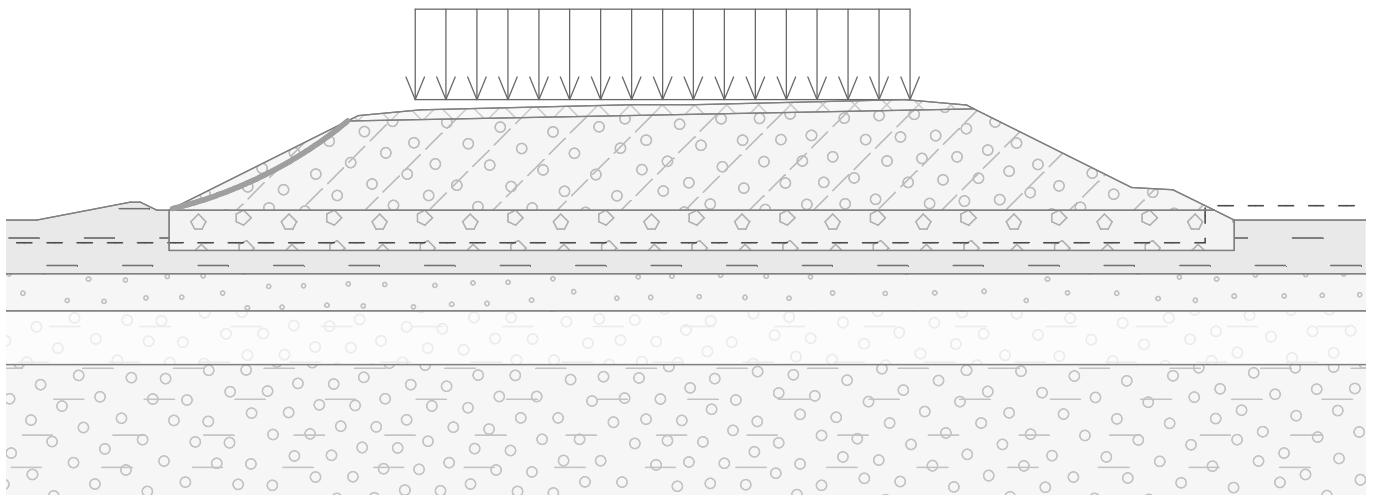
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 30,37$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 624,46$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 648,04$ kNm/m

Využitie : 96,4 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy					
Stred :	x =	26,87	[m]	Uhly :	α_1 = -39,90 [°]
	z =	13,85	[m]		α_2 = -13,23 [°]
Polomer :	R =	18,32	[m]	Šmyková plocha po optimalizácii.	

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 23,80 \text{ kN/m}$

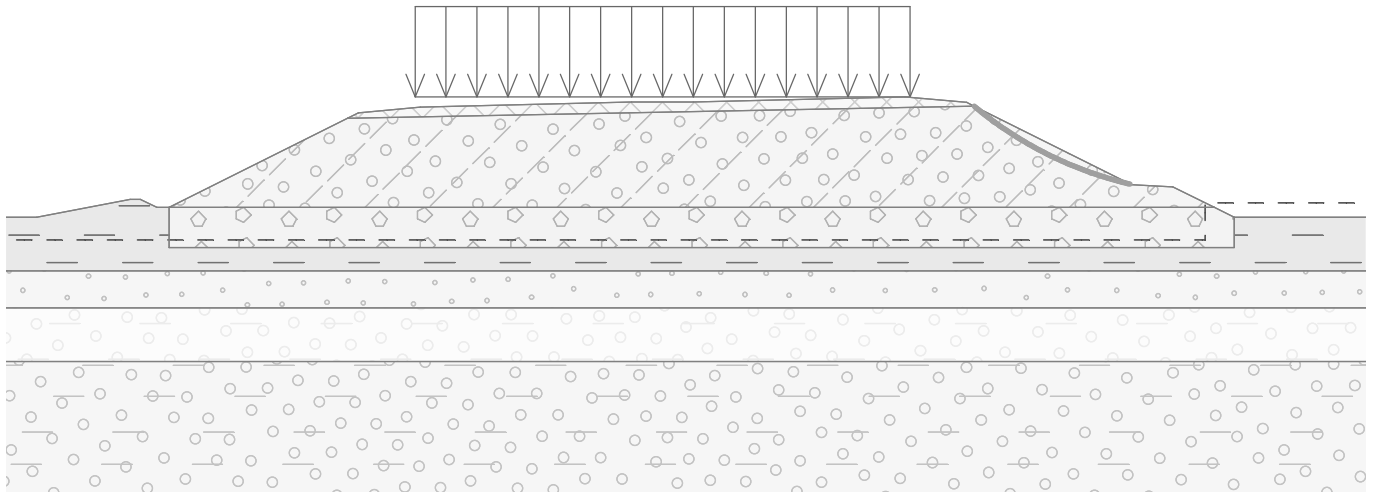
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 24,81 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 436,10 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 454,52 \text{ kNm/m}$

Využitie : 95,9 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



km 21,750

Parametre zemín - efektívna napätosť

Číslo	Názov	Vzorka	Φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
1	zemina do násypu		32,00	0,10	19,50	20,50
2	podklad cesty		35,00	5,00	20,00	20,50
3	geodoska		36,00	0,00	20,00	20,50
5	deluviálne íly ML-CL-CI-CH		26,00	7,00	20,00	21,00
6	neogén		22,00	10,00	20,00	20,50

Voda

Typ vody : Voda nie je

Príťaženie

Číslo	Príťaženie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 24,00		0,00	25,00		kN/m ²

Názvy preťaženia

Číslo	Názov
1	doprava

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy							
Stred :	x =	-26,13	[m]	Uhly :	α_1 =	12,39	[°]
	z =	11,35	[m]		α_2 =	40,80	[°]
Polomer :	R =	16,31	[m]				
Šmyková plocha po optimalizácii.							

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 22,75$ kN/m

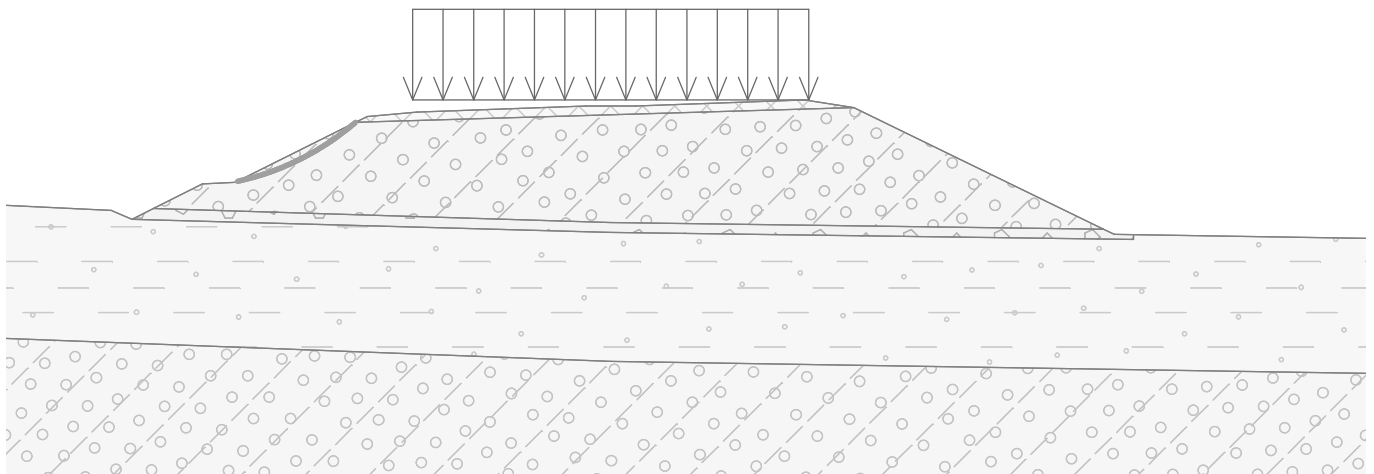
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 23,72$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 371,09$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 386,83$ kNm/m

Využitie : 95,9 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

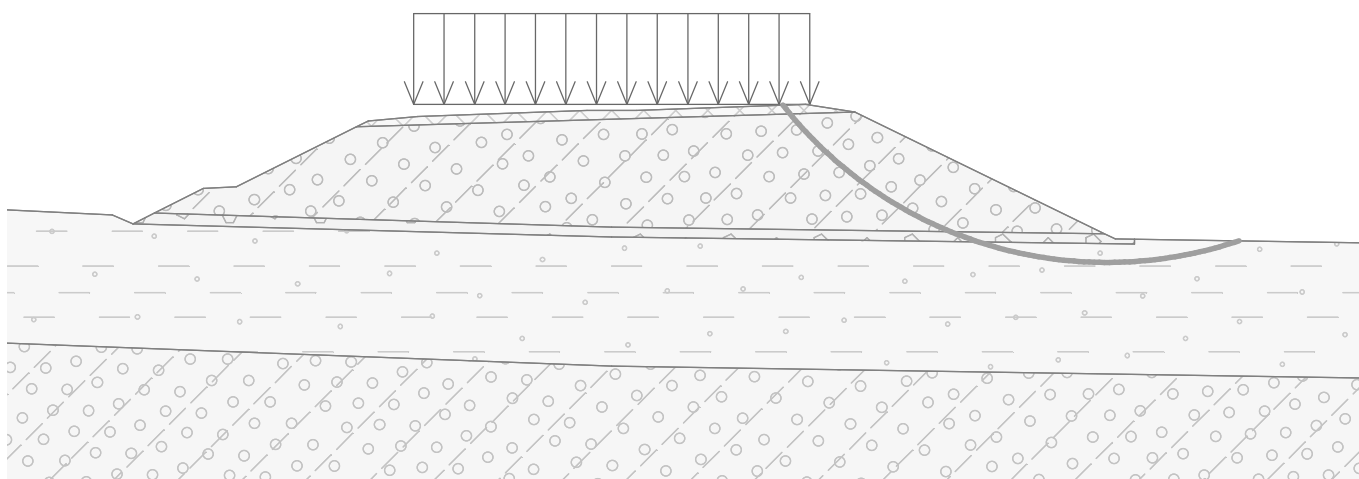
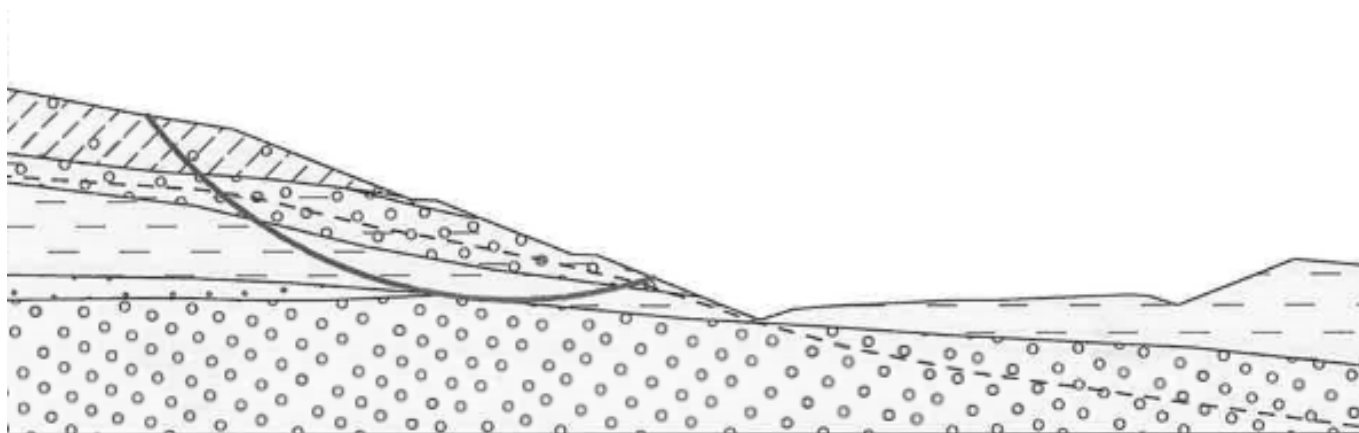


Výpočet 2**Kruhová šmyková plocha**

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	30,03	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-51,82 [°]
	z =	15,78	[m]		$\alpha_2 =$	18,67 [°]
Polomer :	R =	25,00	[m]			
Výpočet bez optimalizácie šmykovej plochy.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)Sumácia aktívnych síl : $F_a = 530,72 \text{ kN/m}$ Sumácia pasívnych síl : $F_p = 717,00 \text{ kN/m}$ Moment zosúvajúci : $M_a = 13267,90 \text{ kNm/m}$ Moment vzdorujúci : $M_p = 17924,98 \text{ kNm/m}$

Využitie : 74,0 %

Stabilita svahu VYHOVUJE**km 22,150**

Výsledné hodnoty stupňa stability F

Smyková plocha po optimalizácii.

Posouzení stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumace aktivních sil : $F_a = 1092,57 \text{ kN/m}$

Sumace pasivních sil : $F_p = 1392,63 \text{ kN/m}$

Moment sesouvající : $M_a = 37081,70 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 47265,83 \text{ kNm/m}$

Stupeň bezpečnosti = $1,27 < 1,50$

Stabilita svahu NEVYHOVUJE

Smyková plocha po optimalizácii.







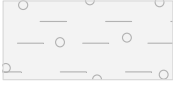
Posouzení stability svahu (Sarma)

Stupeň bezpečnosti = $1,30 < 1,50$

Stabilita svahu NEVYHOVUJE

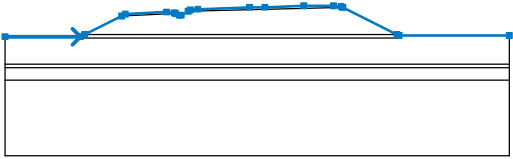
km 22,675

Parametre zemín - efektívna napätosť

Číslo	Názov	Vzorka	Φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
1	zemina do násypu		32,00	0,10	19,50	20,50
2	podklad cesty		35,00	5,00	20,00	20,50
3	geodoska		36,00	0,00	20,00	20,50
4	terasové íly		24,00	10,00	20,00	20,50
5	terasové piesky S-F		27,00	0,00	17,50	18,50
6	terasové štrky G-F		30,00	2,00	20,00	20,50
7	neogén		22,00	10,00	20,00	20,50

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-50,00	-9,30	50,00	-9,30		

Prit'azhenie

Číslo	Prit'azhenie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -12,00	l = 26,50		0,00	25,00		kN/m ²
2	Áno		pásové	premenné	na povrchu	x = -25,50	l = 8,50		0,00	25,00		kN/m ²

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy					
Stred :	x =	-38,77 [m]	Uhly :	α_1 =	13,68 [°]
	z =	12,45 [m]		α_2 =	39,63 [°]
Polomer :	R =	18,47 [m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.					

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 22,38$ kN/m

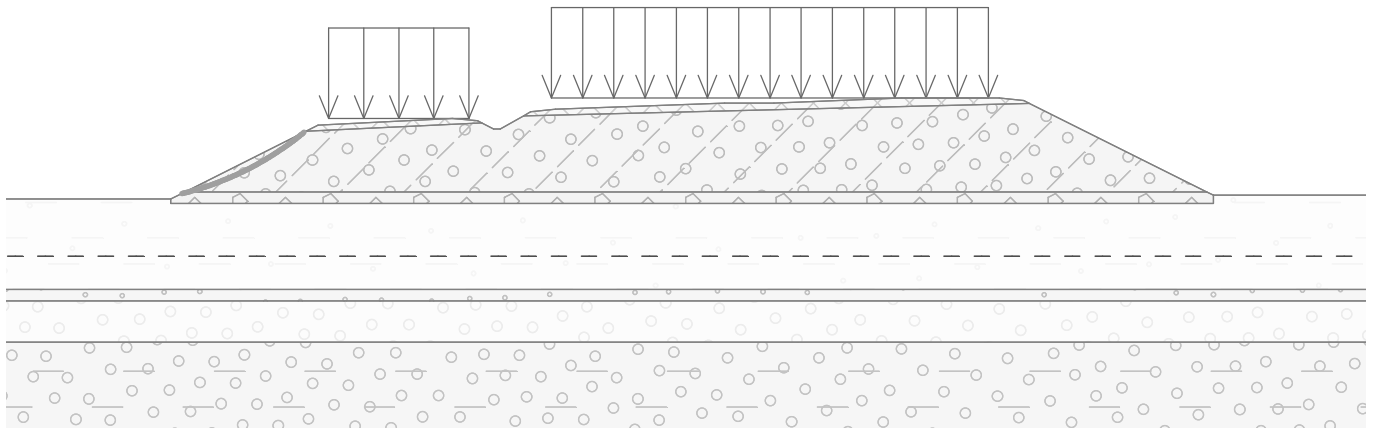
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 23,24$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 413,37$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 429,26$ kNm/m

Využitie : 96,3 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy					
Stred :	x =	36,46 [m]	Uhly :	α_1 =	-37,65 [°]
	z =	25,29 [m]		α_2 =	-15,48 [°]
Polomer :	R =	31,95 [m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.					

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 41,93$ kN/m

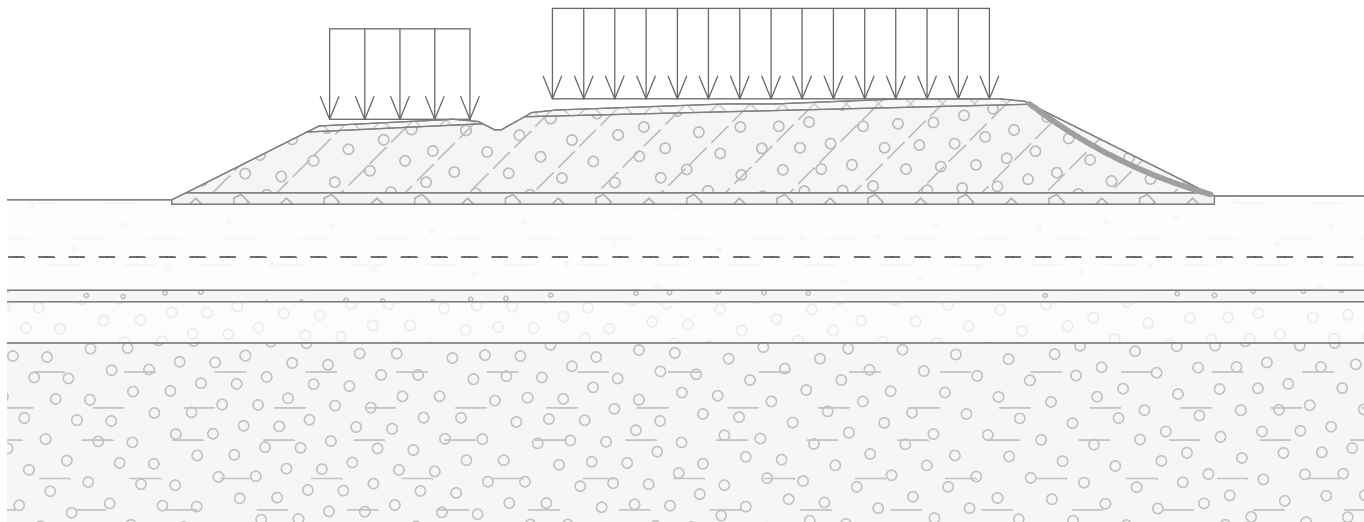
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 43,31 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 1339,77 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 1383,89 \text{ kNm/m}$

Využitie : 96,8 %

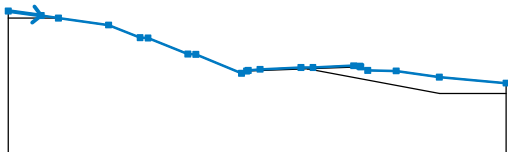
Stabilita svahu VYHOVUJE



zárez v km 23,750

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-75,00	13,90	-64,20	12,38	-16,55	-2,50
		50,00	-9,20				

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-31,01	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-61,30 [°]
	z =	27,58	[m]		$\alpha_2 =$	26,68 [°]
Polomer :	R =	32,49	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 1680,35 \text{ kN/m}$

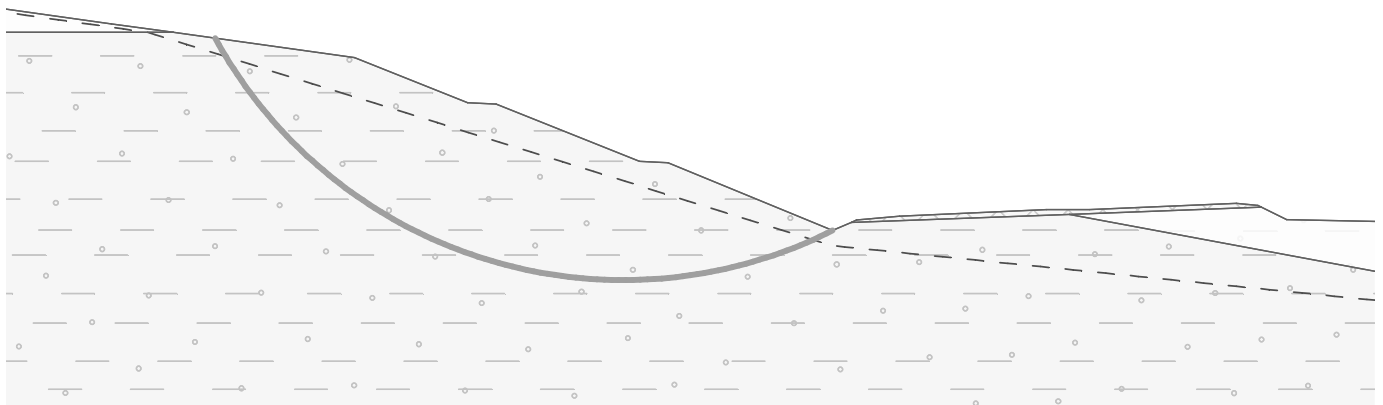
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 1675,70 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 54594,62 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 54443,34 \text{ kNm/m}$

Využitie : 100,3 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Úprava hladiny podzemnej vody

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-75,00	12,19	-64,20	9,38	-16,55	-3,00
		50,00	-9,28				

Výpočet 2

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-30,62	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-65,68 [°]
	z =	23,36	[m]		$\alpha_2 =$	29,85 [°]
Polomer :	R =	28,59	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 1553,35 \text{ kN/m}$

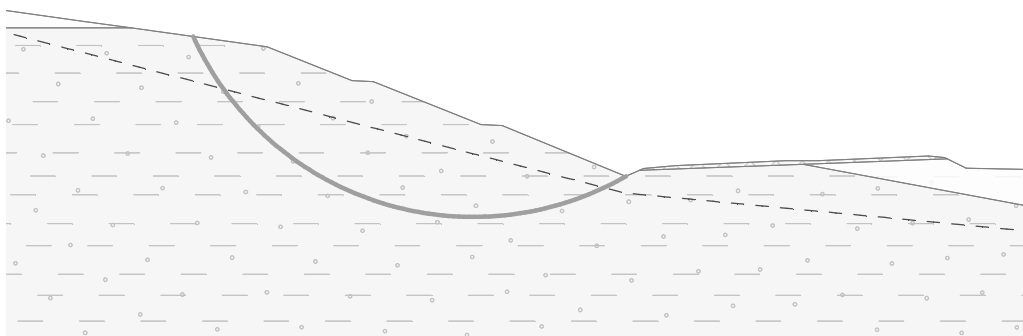
Sumácia pasívnych síl : $F_p = 1709,14 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 44410,33 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 48864,41 \text{ kNm/m}$

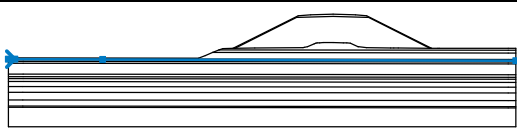
Využitie : 90,9 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



km 15,650 (MÚK Krásna) - km 0,375

Typ vody : HPV

Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	13.09	1.70	13.08	25.19	13.01
		135.73	12.68				

Výsledky

Výpočet 4

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy							
Stred :	x =	56.19	[m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	7.48	[°]
	z =	46.89	[m]		$\alpha_2 =$	44.61	[°]
Polomer :	R =	31.12	[m]				
Šmyková plocha po optimalizácii.							

Posúdenie stability svahu (Bishop)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 183.71$ kN/m

Sumácia pasívnych síl : $F_p = 213.09$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 5716.91$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 6631.29$ kNm/m

Využitie : 86.2 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

km 15,650 (MÚK Krásna) - km 0,400

Vstupné údaje (Fáza budovania 5)

Výstupy

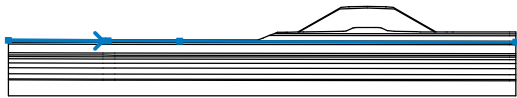
Číslo	Výstuha nová	Bod vľavo		Bod vpravo		Dĺžka L [m]	Pevnosť R_t [kN/m]	Ún. na vytrh.	Uloženie výstupy
		x [m]	z [m]	x [m]	z [m]				
1	Áno	64.97	16.50	68.97	16.50	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
2	Áno	66.72	17.50	70.72	17.50	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
3	Áno	68.47	18.50	72.47	18.50	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné

Priťaženie

Číslo	Priťaženie		Typ	Pôsobenie	Umiestnenie z [m]	Začiatok x [m]	Dĺžka l [m]	Šírka b [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
	nové	zmena								q, q1, f, F	q2	jednotka
1	Nie	Áno	pásové	stále	na povrchu	x = 80.75	l = 12.10		0.00	25.00		kN/m ²

Voda

Typ vody : HPV

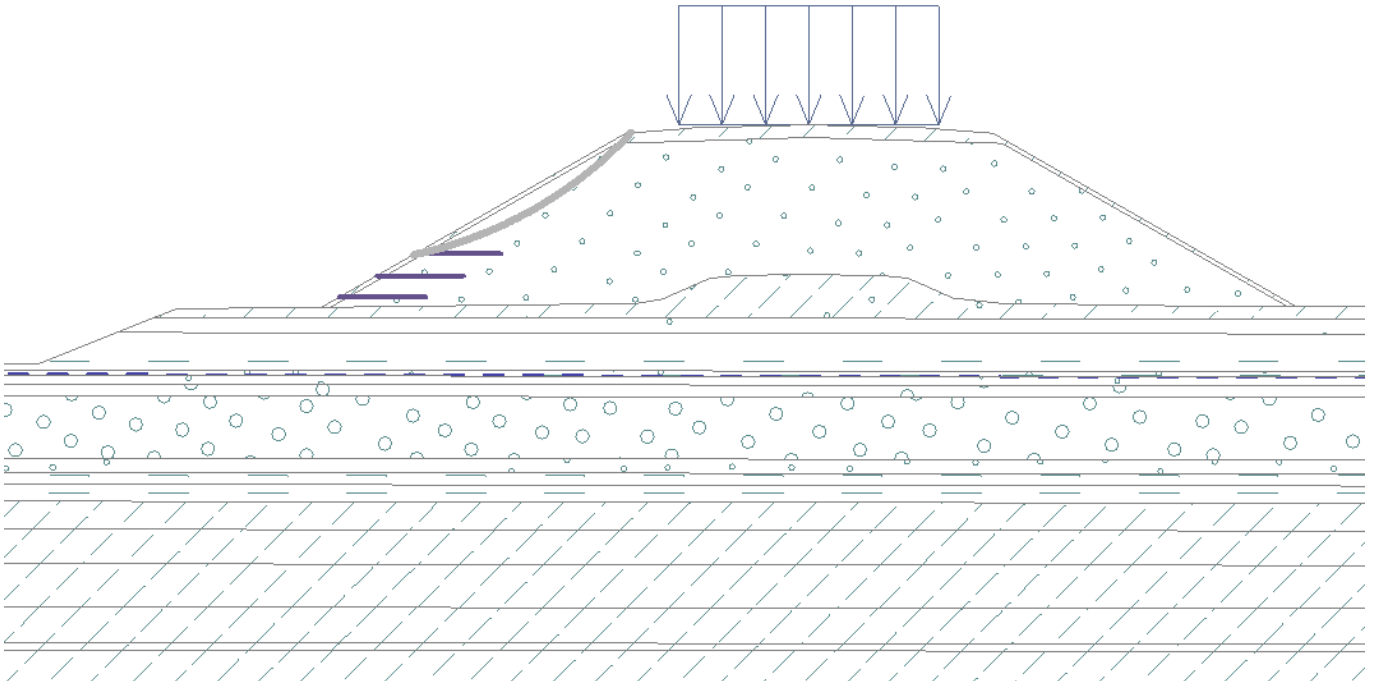
Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-31.10	13.27	0.00	13.09	1.70	13.08
		25.19	13.01	135.73	12.68		

Výsledky (Fáza budovania 5)

Výpočet 1 (fáza 5)

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	64.46 [m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	11.80	[°]
	z =	37.39 [m]		$\alpha_2 =$	46.68	[°]
Polomer :	R =	19.33 [m]				
Šmyková plocha po optimalizácii.						



Sily vo výstuhách

Výstuha	Sila [kN/m]
1	0.00
2	0.00
3	0.02

Posúdenie stability svahu (Bishop)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 66.72$ kN/m

Sumácia pasívnych síl : $F_p = 69.07$ kN/m

Moment zosúvajúci : $M_a = 1289.65$ kNm/m

Moment vzdorujúci : $M_p = 1335.05$ kNm/m

Využitie : 96.6 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

km 18,650 (most 216-00) - km 0,200

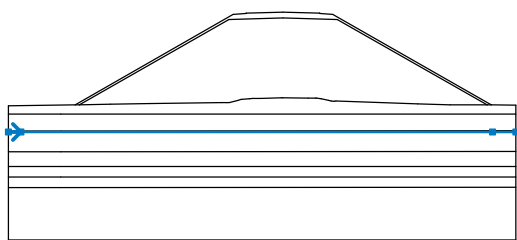
Vstupné údaje (Fáza budovania 4)

Výstupy

Číslo	Výstuha nová	Bod vľavo		Bod vpravo		Dĺžka L [m]	Pevnosť R_t [kN/m]	Ún. na vytrh.	Uloženie výstupy
x [m]	z [m]	x [m]	z [m]						
1	Áno	-19.60	-8.70	-15.60	-8.70	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
2	Áno	-17.85	-7.70	-13.85	-7.70	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
3	Áno	-16.10	-6.70	-12.10	-6.70	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
4	Áno	-14.35	-5.70	-10.35	-5.70	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
5	Áno	-12.60	-4.70	-8.60	-4.70	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné
6	Áno	-10.85	-3.70	-6.85	-3.70	4.00	60.00	C = 0.80	Voľné

Voda

Typ vody : HPV

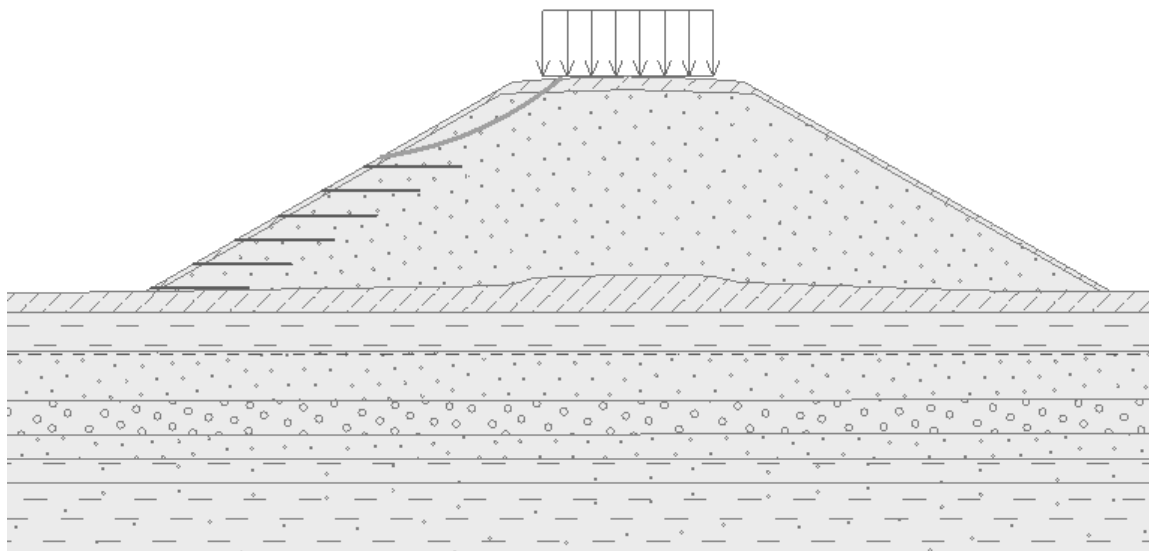
Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-26.19	-11.42	-25.00	-11.42	20.00	-11.42
		22.22	-11.42				

Výsledky (Fáza budovania 4)

Výpočet 1 (fáza 4)

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-12.08	[m]	Uhly :	α_1 =	7.69 [°]
	z =	11.20	[m]		α_2 =	39.56 [°]
Polomer :	R =	14.62	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						



Sily vo výstuhách

Výstuha	Sila [kN/m]
1	0.00
2	0.00
3	0.00
4	0.00
5	0.00
6	0.00

Posúdenie stability svahu (Bishop)

Sumácia aktívnych síl : $F_a = 60.00 \text{ kN/m}$

Sumácia pasívnych síl : $F_p = 62.67 \text{ kN/m}$

Moment zosúvajúci : $M_a = 877.15 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorujúci : $M_p = 916.28 \text{ kNm/m}$

Využitie : 95.7 %

Stabilita svahu VYHOVUJE


km 16,900 (most 214-00) - km 0,275

Výstupy

Číslo	Výstuha nová	Bod vľavo		Bod vpravo		Dĺžka L [m]	Pevnosť R _t [kN/m]	Ún. na vytrh.	Uloženie výstuhy
		x [m]	z [m]	x [m]	z [m]				
1	Áno	-18.46	-8.00	-14.46	-8.00	4.00	18.40	C = 0.80	Voľné
2	Áno	-16.70	-7.00	-12.70	-7.00	4.00	18.40	C = 0.80	Voľné
3	Áno	-14.94	-6.00	-10.94	-6.00	4.00	18.40	C = 0.80	Voľné
4	Áno	-13.18	-5.00	-9.18	-5.00	4.00	18.40	C = 0.80	Voľné
5	Áno	-11.43	-4.00	-7.43	-4.00	4.00	18.40	C = 0.80	Voľné

Voda

Typ vody : HPV

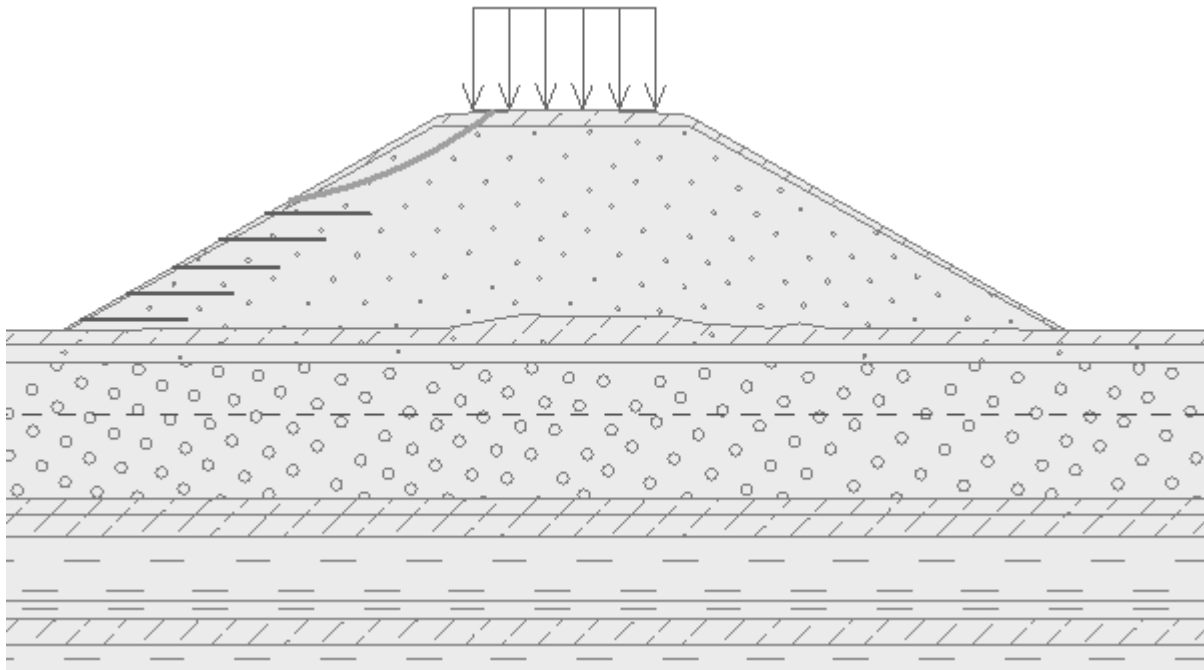
Číslo	Umiestnenie HPV	Súradnice bodov HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-40.00	-11.67	40.00	-11.67		

Výsledky (Fáza budovania 3)

Výpočet 1 (fáza 3)

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy						
Stred :	x =	-13.17	[m]	Uhly :	α_1 =	9.21 [°]
	z =	13.25	[m]		α_2 =	38.07 [°]
Polomer :	R =	16.92	[m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.						

**Sily vo výstuhách**

Výstuha	Sila [kN/m]
1	0.00
2	0.00
3	0.00
4	0.00
5	0.00

Posúdenie stability svahu (Bishop)Sumácia aktívnych síl : $F_a = 62.21 \text{ kN/m}$ Sumácia pasívnych síl : $F_p = 65.18 \text{ kN/m}$ Moment zosúvajúci : $M_a = 1052.60 \text{ kNm/m}$ Moment vzdorujúci : $M_p = 1102.80 \text{ kNm/m}$

Využitie : 95.4 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Vypracované v Bratislave 11.2018

Ing. Ján Vanko

Ing. Eduard Biloveský

Príloha č.2 – Sadnutie násypov

Príloha č.2 – Sadnutie násypov

V predchádzajúcom stupni PD bol vyčíslený predpokladaný rozptyl sadnutia násypov.

	Vypočítané sadnutie		Rozptyl výsledkov E _{def}	Rozsah sadnutia		Rozsah sadnutia		Výška násypu
	bez dopravy	s dopravou		Bez dopravy		S dopravou		
	(mm)	(mm)		-/+	od	do	od	
km 11,000	244	261	45%	134	354	144	378	10,00
km 14,100	104	112		57	151	62	162	9,00
km 14,900	109	117		60	158	64	170	10,66
km 19,700	66	75		36	96	41	109	6,50
km 21,200	195	220		107	283	121	319	6,00
km 21,700	238	260		130	345	143	377	7,70

Úlohou v tomto stupni PD bolo odhadnúť veľkosť sadnutia v pozícii uloženia plynovodu v miestach križovania s cestným telesom.

	Odhadnuté sadnutie	Rozptyl výsledkov E _{def}	Odhad rozsahu sadnutia		Výška násypu	Uloženie plynovodu pod pláňou násypu	Odhadnutý rozptyl sadnutia v pozícii plynovodu
	s dopravou		s dopravou				
	(mm)	-/+	od	do	(m)	(m)	(cm)
712-00 x 100-00	204	45%	112	296	9,06	1,1	10,0 - 26,6
713-00 x 100-00	80		44	116	6,20	0,8	4,4 - 11,6
714-00 x 100-00	40		22	58	1,50	1,7	1,8 - 4,6
716-00 x 100-00	130		72	189	10,50	1,0	6,5 - 17,0
717-00 x 100-00	60		33	87	3,50	1,1	3,0 - 7,8
718-00 x 100-00	70		39	102	4,30	1,0	3,5 - 9,2
719-00 x 100-00	80		44	116	6,30	1,1	3,9 - 10,4
721-00 x 100-00	50		27	73	2,15	1,4	2,3 - 6,2
713-00 x 112-00	80		44	116	6,20	0,8	4,4 - 11,6
714-00 x 114-02	30		16	43	1,00	1,8	1,3 - 3,5
715-01 x 114-03	15		8	22	0,30	1,0	0,7 - 2,0
715-01 x 113-00	15		8	22	0,30	0,8	0,8 - 2,2
715-02 x 113-00	20		11	29	0,40	1,1	1,0 - 2,6
715-03 x 113-00	10		5	15	0,15	1,1	0,4 - 13,5

Príloha č.3 – Návrh geobunkovej konštrukcie

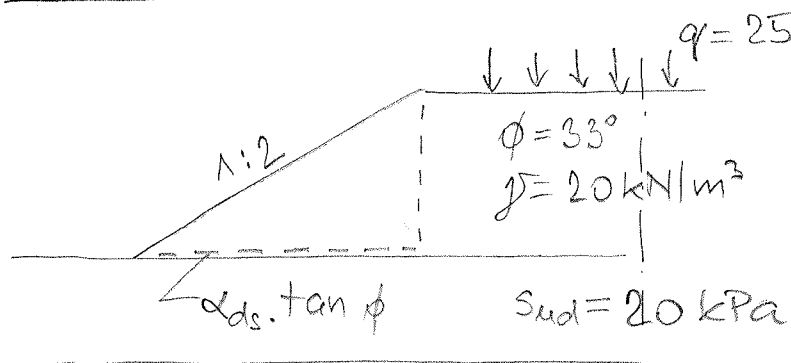
Posídeme násypu v oblasti kakového poľa

1

(podľa CIRIA, Special Publication 123, Soil reinforcement with geotextiles)

V základovej staré násypu bude umiestnená geobunková konštrukcia, ktorá v zmysle metodiky predstavuje "rough" vystuženie, so súčiniteľom vystuženia $\alpha = +1$ (nevystužený násyp $\alpha = -0,5$ až -1). (Terminológia použitá podľa dokumentu Ciria 123)

1, Kontrola sklonu svahu



$$K_{ad} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 33^\circ}{1 + \sin 33^\circ} = 0,2948$$

$H = 7m$
 $D = 3m$
tuhá geomreža $\alpha_{ds} = 0,95$

Min. sklon svahu

$$n_{min} = \frac{K_{ad}}{\alpha_{ds} \cdot \tan \phi} \left(1 + \frac{2 \cdot q}{\gamma \cdot H} \right) = \frac{0,2948}{0,95 \cdot \tan 33^\circ} \left(1 + \frac{2 \cdot 25}{20 \cdot 7} \right) = 0,65 < n = 2 \Rightarrow \text{sklon svahu vyhovuje}$$

2, Celková stabilita

2.1, Ťmyková plocha pozdĺž základovej steny

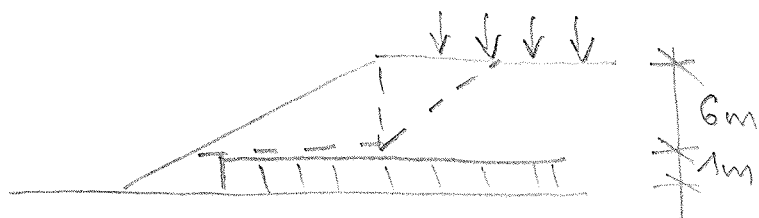


$$n_{min} = \frac{K_{ad}}{2} \cdot \frac{\gamma \cdot H}{S_{ud}} \left(1 + \frac{2 \cdot q}{\gamma \cdot H} \right) =$$

$$= \frac{0,2948}{2} \cdot \frac{20,7}{20} \left(1 + \frac{2,25}{20,7}\right) = 1,14 < n = 2,0$$

⇒ sklon svahu vyhovuje

2.2, smyková plocha na hornom okraji geobunkovej konštrukcie



$$n_{\min} = \frac{0,2948}{0,95 \cdot \tan \phi} \left(1 + \frac{2,25}{20,6}\right) =$$

$$= 2,96 > n = 2,0 \quad \text{sklon nevyhovuje}$$

⇒ nad geobunkovú konštrukciu je potrebné navrhnuť geosyntetickú (PET) výstuž

$$P_E = \gamma \cdot H^2 \left(\frac{\alpha \cdot n \cdot D}{4D + (1 + \alpha) \cdot n \cdot H} + \frac{K_{ad}}{2} \right) = \swarrow \begin{matrix} \text{DLhodobá} \\ \text{sila} \end{matrix}$$

$$= 20,6^2 \left(\frac{0,5 \cdot 2,3}{4,3 + (1 + 0,5) \cdot 2,6} + \frac{0,2948}{2} \right) =$$

$$= 179 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{kráthodobá sila vo výstuži} =$$

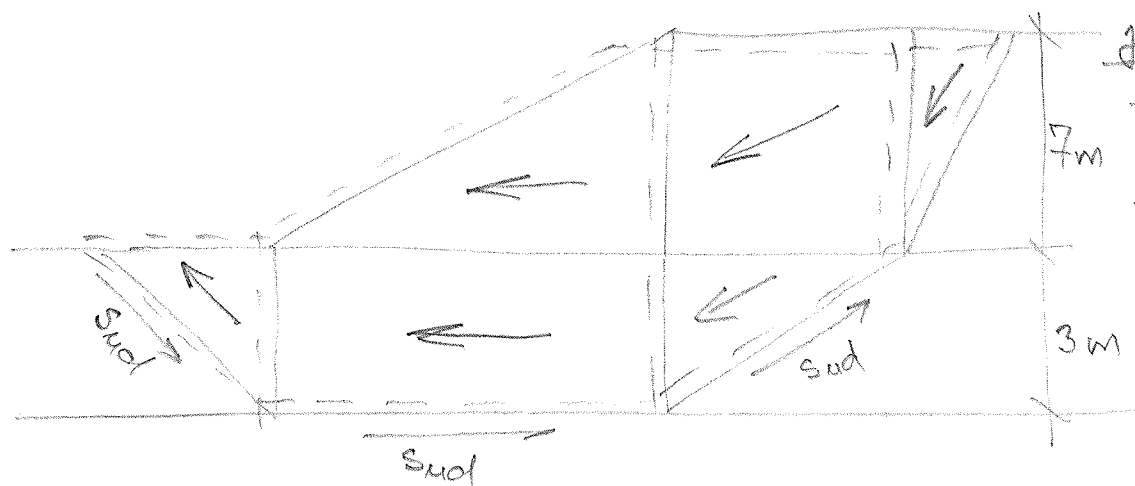
$$= T_{kr} = \frac{179 \cdot 1,67 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{1} = 345 \text{ kN/m}$$

Dĺžka výstuže: pod celým svahom +5,0m



Material: Ohybná polyesterová geomreža (PET).

2.3, Šmyková plocha na spodnom okraji mäkkej vrstvy



Plati za podmienky

$$\frac{\gamma \cdot H}{s_{ud}} > 5$$

$$\frac{20.7}{20} = 1.035 > 5$$

plati

$$\tau_{max} = s_{ud} = 20 \text{ kPa} \quad G = \frac{\tau}{\sigma} = \frac{20}{20} = 1.0$$

Šmyková permost' v horizontálnej rovine je mobilizovaná do medznej roviny dĺžky pri sklone

$$n = \frac{\gamma \cdot D}{s_{ud}} - \frac{4D}{H} = \frac{20.7}{20} - \frac{4 \cdot 3}{7} = 5.128 > n = 2$$

nerovnosť

stabilita pri tomto stave je

$$F_s = \frac{s_{ud}}{\gamma \cdot H} \left(\frac{8D + 2 \cdot n \cdot H}{2D + k_{ad} \cdot H} \right) = \frac{20}{20.7} \left(\frac{8 \cdot 3 + 2 \cdot 2 \cdot 7}{2 \cdot 3 + 0.2948 \cdot 7} \right) =$$

$$= 0.738 !$$

Problematika stability aj šmykovej rovinovej únosnosti bude vyriešená geobunkovou konštrukciou. Zvyšovaním konsolidácie podložia sa bude zvyšovať stabilita a znižovať nárok na permost' geobunkovej konštrukcie.

3, Geobunková konštrukcia

Výška geobunkovej konštrukcie 10m. Vyplň bude tvoriť zdsyp z drveného štrku frakcie ~~63-125 resp. 32-125mm~~ 32-63mm (resp. 16-125mm). Pod geobunkovou konštrukciou bude zriadená geodoska z tuhej geomreže TX160 - polypropylén (PP)

Plastizácia mäkkej vrstvy začína zhruba pri výške näsypu 2m. Dotedy bude potrebná vodorovná sila vo výstuži

$$P_R = 20 \cdot 2^2 \left(\frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{4 \cdot 3 + (1+1) \cdot 2 \cdot 2} + \frac{0,2948}{2} \right) = 35,8 \text{ kN/m}$$

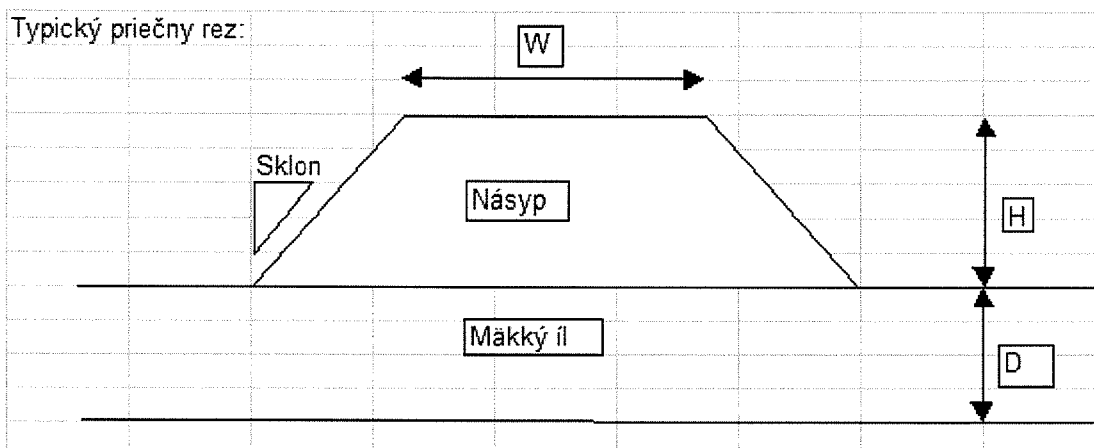
Výstavba näsypu bude prebiehať po vrstvách max. hrúbky 60cm s prestávkami v sypaní min. 3-10 dm. Zabudovaný monitoring bude sledovať nárast a poklesy pôrových tlakov.

Postup:

Na podložie sa rozprestrie netkaná geotextília a 1 vrstva tuhej geomreže, zdsyp drveným kamenivom frakcie 0-63mm. Hutmene ľahkým valcom bez vibrácie !!! (Je potrebné sa vyhnúť steknutiu kalov.) Rozprestrie sa 2 vodorovné vrstvy tuhej geomreže. Ku tejto mreži s lankami z PP pripernujú zvisle jednovosové geomreže.

TENSAR GEOCELL MATTRACE

Hĺbka mäkkej vrstvy $D = 3\text{m}$



Lit.: Johnson and Mellor: Engineering plasticity

Vstupné údaje

Vlastnosti zemín :

Násyp : $\gamma := 20.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$\phi := 32 \cdot \text{deg}$

Mäkký íl :

$c_u := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Geometria :

$W := 26.5 \cdot \text{m}$

$H := 7.0 \cdot \text{m}$

$D := 3 \cdot \text{m}$

$\text{Sklon } v := 1 \cdot \text{m} \quad (\text{vertical})$

$h := 2 \cdot \text{m} \quad (\text{horizontal})$

Príťaženie násypu (náhodilé zaťaženie) : $p := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

1. Kontrola únosnosti podložia násypu

Šírka násypu v základni $B_1 := W + 2 \cdot H \cdot \frac{h}{1 \cdot \text{m}} \quad B_1 = 54.5 \text{ m}$

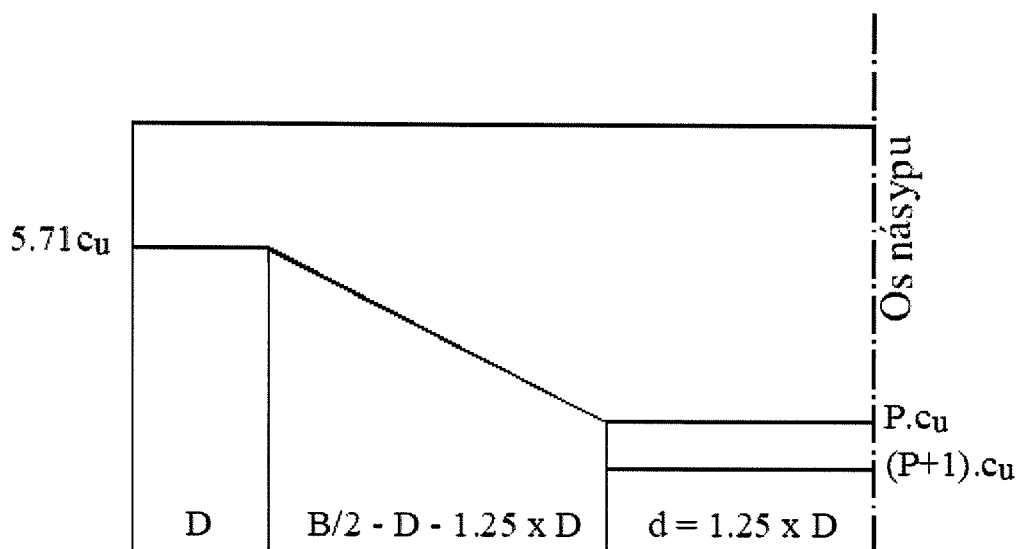
Šírka geobunkového matracu $B := W + 2 \cdot H \cdot \frac{h}{1 \cdot \text{m}} - 5.25 \cdot \text{m} \quad B = 49.25 \text{ m}$

Pomer šírky matracu a hĺbky mäkkej vrstvy : $k_1 := \frac{B}{D} \quad k_1 = 16.42$

Z priebehu napätí je hodnota P/c_u pod rigid head daná :

$$k_2 := 16$$

potom : $P := k_2 \cdot c_u \quad P = 320 \text{ kPa}$



$$D = 3 \text{ m} \quad \frac{B}{2} - D - 1.25 \cdot D = 17.88 \text{ m} \quad 1.25 \cdot D = 3.75 \text{ m}$$

Výpočet pre polovicu násypu

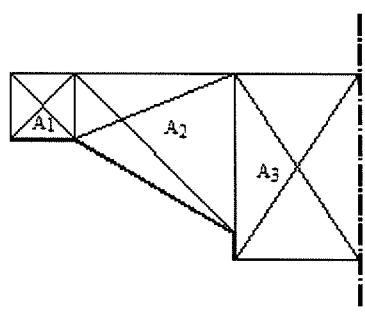
Zaťaženie matracu násypom $Q_1 := \frac{1}{2} \cdot \frac{(W+B)}{2} \cdot H \cdot \gamma \quad Q_1 = 2651.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Náhodilé zaťaženie $Q_2 := p \cdot \frac{W}{2} \quad Q_2 = 331.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Celkové zaťaženie $Q := Q_1 + Q_2 \quad Q = 2982.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \frac{Q}{c_u} = 149.125 \text{ m}$

Priťaženie v základovej škáre $q := \frac{Q}{B} \quad q = 60.56 \text{ kPa}$

Únosnosť podložia = Plocha diagramu napätí A :



$$A_1 := 5.71 \cdot c_u \cdot D \quad A_1 = 342.60 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_2 := \frac{(5.71 \cdot c_u + P)}{2} \cdot \left(\frac{B}{2} - D - 1.25 \cdot D \right)$$

$$A_2 = 3880.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_3 := 1.25 \cdot D \cdot (P + 1 \cdot c_u) \quad A_3 = 1275.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$R_d := A_1 + A_2 + A_3 \quad R_d = 5498.26 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Výsledný stupeň bezpečnosti} \quad FoS := \frac{R_d}{Q} \quad FoS = 1.844$$

STABILITA = "VYHOVUJE"

2. Výpočet požadovanej pevnosti geobunkového matracu

Požadovaná hodnota c_u pre dosiahnutie rovnováhy - $FoS = 1$

$$c_{ul} := \frac{Q}{R_d} \cdot c_u \quad c_{ul} = 10.85 \text{ kPa}$$

$$\text{Šmykové napätie na povrchu pre stabilitu } FoS = 1: \quad \tau := c_{ul} \quad \tau = 10.85 \text{ kPa}$$

Pri najväčšom zaťažení je normálové (zvislé) napätie :

$$\sigma_n := \gamma \cdot H + p \quad \sigma_n = 165.00 \text{ kPa}$$

Súčiniteľ χ :

$$\chi := \frac{2 \cdot \sigma_n \cdot \sin(\phi)^2 - \left(4 \cdot \sigma_n^2 \cdot \sin(\phi)^4 - 4 \cdot \left(\sin(\phi)^2 - 1 \right) \cdot \left(\sigma_n^2 \cdot \sin(\phi)^2 - \tau^2 \right) \right)^{0.5}}{2 \cdot \left(\sin(\phi)^2 - 1 \right)}$$

$$\chi = 56.48 \text{ kPa}$$

Pre element zeminy násypu v kontakte s podložíom je vodorovné napätie podľa Mohrovej kružnice dané vzťahom :

$$\sigma_h := \sigma_n - 2 \cdot \chi \quad \sigma_h = 52.05 \text{ kPa}$$

Požadovaná sila, ktorú musí preniesť geobunková konštrukcia :

$$T_p := \sigma_h \cdot 1 \cdot m^2 \quad T_p = 52.05 \text{ kN}$$

$T_p = 52.048 \text{ kN}$ je viac ako požadovaná sila pri výške násypu 2m : 35,8 kN/m

Do výpočtu sa zadáva dlhodobá pevnosť geomreží :

Označovanie : Dlhodobá pevnosť zvislých geomreží - P_{cv}
Dlhodobá pevnosť vodorovnej geomreže - P_{ch}
Únosnosť geobunkovej konštrukcie - R

Pre zvislé (rovné a diagonálne) geomreže typu RE vstupuje do výpočtu súčiniteľ ...: $\gamma_{mRE} := 1.05$

Pre vodorovné geomreže typu TR160 vstupuje do výpočtu súčiniteľ ...: $\gamma_{mSS} := 1.1$

$$\text{RE560 + TR160} \quad P_{cv} := 45.93 \cdot kN \quad P_{ch} := 10 \cdot kN$$

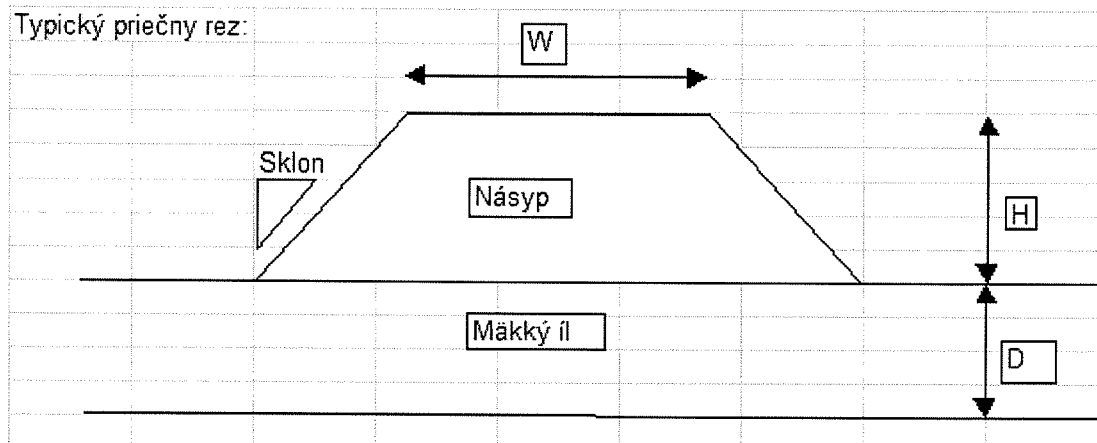
$$R := \left(\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \cdot \frac{P_{cv}}{\gamma_{mRE}} \right) + \frac{P_{ch}}{\gamma_{mSS}} \quad R = 83.76 \text{ kN}$$

VYSLEDOK = "VYHOVUJE"

TENSAR GEOCELL MATTRACE

Hĺbka mäkkej vrstvy $D = 4\text{ m}$

Typický priečny rez:



Vstupné údaje

Vlastnosti zemín :

Násyp : $\gamma := 20.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$\phi := 32 \cdot \text{deg}$

Mäkký íl :

$c_u := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Geometria :

$W := 26.5 \cdot \text{m}$

$H := 7.0 \cdot \text{m}$

$D := 4 \cdot \text{m}$

Sklon $v := 1 \cdot \text{m}$ (vertical)

$h := 2 \cdot \text{m}$ (horizontal)

Príťaženie násypu (náhodilé zaťaženie) : $p := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

1. Kontrola únosnosti podložia násypu

Šírka násypu v základni $B_1 := W + 2 \cdot H \cdot \frac{h}{1 \cdot \text{m}}$ $B_1 = 54.5 \text{ m}$

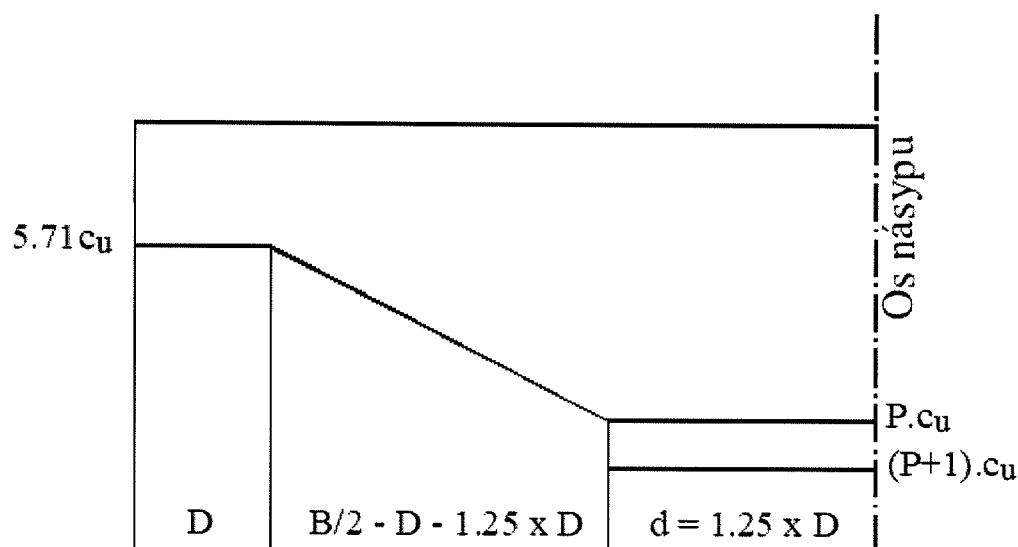
Šírka geobunkového matracu $B := W + 2 \cdot H \cdot \frac{h}{1 \cdot \text{m}} - 5.25 \cdot \text{m}$ $B = 49.25 \text{ m}$

Pomer šírky matracu a hĺbky mäkkej vrstvy : $k_1 := \frac{B}{D}$ $k_1 = 12.31$

Z priebehu napätí je hodnota P/c_u pod rigid head daná :

$$k_2 := 13$$

potom : $P := k_2 \cdot c_u \quad P = 260 \text{ kPa}$



$$D = 4 \text{ m} \quad \frac{B}{2} - D - 1.25 \cdot D = 15.63 \text{ m} \quad 1.25 \cdot D = 5.00 \text{ m}$$

Výpočet pre polovicu násypu

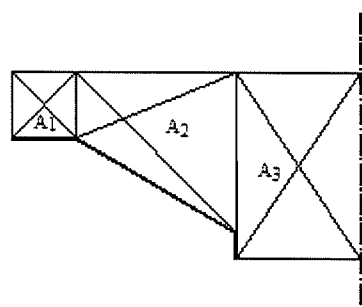
Zaťaženie matracu násypom $Q_1 := \frac{1}{2} \cdot \frac{(W+B)}{2} \cdot H \cdot \gamma \quad Q_1 = 2651.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Náhodilé zaťaženie $Q_2 := p \cdot \frac{W}{2} \quad Q_2 = 331.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Celkové zaťaženie $Q := Q_1 + Q_2 \quad Q = 2982.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \frac{Q}{c_u} = 149.125 \text{ m}$

Priťaženie v základovej škáre $q := \frac{Q}{B} \quad q = 60.56 \text{ kPa}$

Únosnosť podložia = Plocha diagramu napätí A :



$$A_1 := 5.71 \cdot c_u \cdot D \quad A_1 = 456.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_2 := \frac{(5.71 \cdot c_u + P)}{2} \cdot \left(\frac{B}{2} - D - 1.25 \cdot D \right)$$

$$A_2 = 2923.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_3 := 1.25 \cdot D \cdot (P + 1 \cdot c_u) \quad A_3 = 1400.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$R_d := A_1 + A_2 + A_3 \quad R_d = 4780.24 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Výsledný stupeň bezpečnosti} \quad FoS := \frac{R_d}{Q} \quad FoS = 1.603$$

STABILITA = "VYHOVUJE"

2. Výpočet požadovanej pevnosti geobunkového matracu

Požadovaná hodnota cu pre dosiahnutie rovnováhy - FoS = 1

$$c_{ul} := \frac{Q}{R_d} \cdot c_u \quad c_{ul} = 12.48 \text{ kPa}$$

$$\text{Šmykové napätie na povrchu pre stabilitu FoS = 1:} \quad \tau := c_{ul} \quad \tau = 12.48 \text{ kPa}$$

Pri najväčšom zaťažení je normálové (zvislé) napätie :

$$\sigma_n := \gamma \cdot H + p \quad \sigma_n = 165.00 \text{ kPa}$$

Súčiniteľ χ :

$$\chi := \frac{2 \cdot \sigma_n \cdot \sin(\phi)^2 - \left(4 \cdot \sigma_n^2 \cdot \sin(\phi)^4 - 4 \cdot (\sin(\phi)^2 - 1) \cdot (\sigma_n^2 \cdot \sin(\phi)^2 - \tau^2) \right)^{0.5}}{2 \cdot (\sin(\phi)^2 - 1)}$$

$$\chi = 56.26 \text{ kPa}$$

Pre element zeminy násypu v kontakte s podložíom je vodorovné napätie podľa Mohrovej kružnice dané vzťahom :

$$\sigma_h := \sigma_n - 2 \cdot \chi \quad \sigma_h = 52.49 \text{ kPa}$$

Požadovaná sila, ktorú musí preniesť geobunková konštrukcia :

$$T_p := \sigma_h \cdot 1 \cdot m^2 \quad T_p = 52.49 \text{ kN}$$

$$T_p = 52.485 \text{ kN} \text{ je viac ako požadovaná sila pri výške násypu 2m : 35,8 kN/m}$$

Do výpočtu sa zadáva dlhodobá pevnosť geomreží :

Označovanie : Dlhodobá pevnosť zvislých geomreží - P_{cv}
Dlhodobá pevnosť vodorovnej geomreže - P_{ch}
Únosnosť geobunkovej konštrukcie - R

Pre zvislé (rovné a diagonálne) geomreže typu RE vstupuje do výpočtu súčiniteľ ...: $\gamma_{mRE} := 1.05$

Pre vodorovné geomreže typu TR160 vstupuje do výpočtu súčiniteľ ...: $\gamma_{mSS} := 1.1$

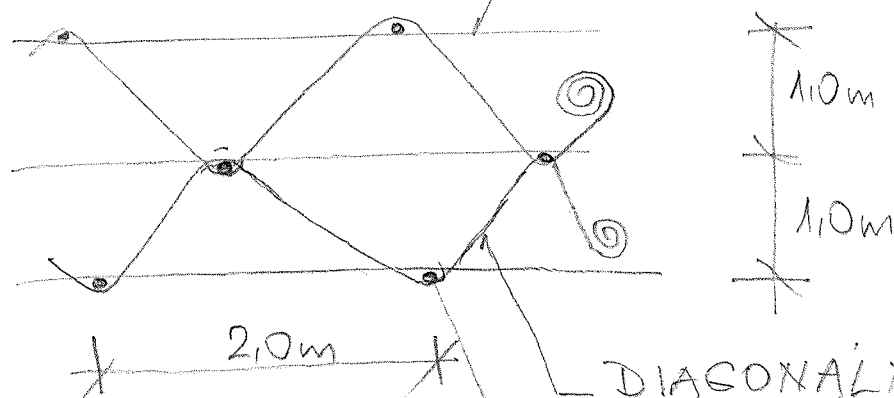
$$\text{RE560 + TR160} \quad P_{cv} := 45.93 \cdot kN \quad P_{ch} := 10 \cdot kN$$

$$R := \left(\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \cdot \frac{P_{cv}}{\gamma_{mRE}} \right) + \frac{P_{ch}}{\gamma_{mSS}} \quad R = 83.76 \text{ kN}$$

VYSLEDOK = "VYHOVUJE"

4) Záver

Podorysná schéma

ZVISLA' PRIAMA
GEOMREŽA RE560DIAGONÁLNA ZVISLA'
GEOMREŽA RE560SPOJOVACIA TYČ (BODKIN)
Z MATERIÁLU HDPE alebo
RET. VÝSTUŽ ϕ 10-12mm

Min. dĺžka spojovacej
tyče 1,0m. Vhodnejšia
dĺžka 1,15-1,2m pre
zapichnutie do geodary.

Zvislé priame aj diagonálne geomreže sa pripo-
jajú lanom alebo páskami (PP) ku vodorovnej
mreži TR160.

Zасыпаніе геобуніт канонівом мусі преліекаі
поступне, в ідзі 2 ряды мусіа быі засыпані до
1/2 в іšky, а і 3 ряд засып на целі в ішку (потребне
поступоваі подліа технологічелю предпісу пре
будованіе геобуніт = учіі до д а в а т е л ь геомрежі.
Засып геобуніт са не зм і т н і ю є !

Над геобуніт са з і а д і 200mm х і а б а'
в і с т р а' зо з м і т н е н е ї і т р і а д і в і ф і а к і а 0-63mm.
По тейто в і с т р е і є м о ж л і в ь п о ї а з д с т а в е б н ь о ї
м е c h a н і з м о в.

výplň a hutnění
 vrstev s předčekaním
 a 0,6m
 3-10(15)dm

Ohybná PET geomreža
 $T_{kR} = \text{min. } 345 \text{ kN/m - pozdĺž}$
 $\text{min. } 40 \text{ kN/m - priečne}$



TR160 tuhá geomreža
 Nettara geotextilia
 $O_{90} \leq 110 \mu\text{m}$