

**Rekonstrukce násypu v km 72,250 – 72,320
v úseku Blíževedly – Česká Lípa**

SO 01-11-01 Železniční spodek

OBSAH

1	Identifikační údaje	3
2	Úvod	3
3	Podklady	3
4	Inženýrskogeologické podmínky lokality.....	4
5	Geotechnické podmínky předmětného úseku	4
6	Zdůvodnění sanace násypu v předmětném úseku	5
7	Návrh technického řešení.....	5
	7.1 Sanace podloží.....	6
	7.2 Konstrukce nového násypového tělesa.....	7
	7.3 Odvodnění	8
	7.4 Monitoring.....	8
8	Výpočet stability sanovaného násypového tělesa	8
	8.1 Předpoklady výpočtu	8
	8.2 Výsledky výpočtu	9

1 Identifikační údaje

Úsek trati: Blíževedly – Česká Lípa

Staničení trati: km 72,250 – 72,320

Název objektu: Železniční spodek

Číslo objektu: SO 01-11-01

2 Úvod

V této části dokumentace je předložen návrh sanace násypového tělesa a jeho podloží v km 72,250 – 72,320 trati. V tomto úseku jsou dlouhodobě pozorovány poruchy tělesa, projevující se změnami GPK (poklesy v niveletě trasy i směrové změny), případně svahovými nestabilitami.

3 Podklady

Normy

- ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí
- ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy
- ČSN 73 1004 Navrhování základových konstrukcí – Stanovení požadavků pro výpočetní metody
- ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

Předpisy, směrnice

- SŽ S4 Železniční spodek (účinnost od 1.1. 2020)
- Vzorové listy, Ž 2: Ž 2.11 Zemní těleso v náspu (účinnost od 1.4. 2002)

Projekční podklady

- Revitalizace trati Lovosice – Česká Lípa (PDPS, Strabag Rail a.s., 08/2020):
 - Souhrnná technická zpráva [1];
 - Koordinační situace [2]
 - Kolejový svršek a spodek, část D.2.1.1.6, SO 12-10-01 Blíževedly – Zahradky u Č. Lípy, žel. svršek a SO 12-11-01 žel. spodek [3];
- Rekonstrukce náspu v km (72,300 – 72,350) v úseku Blíževedly – Česká Lípa, Zvláštní technické podmínky (ZTP) – DUSP+EH+AD (Správa železnic, 1.6. 2021) [4];
- Inženýrsko-geologický průzkum pro rekonstrukci náspu v km 72,250 – 72,320 v úseku Blíževedly – Česká Lípa (Projekce iGEO s.r.o., 09/2021) [5];
- závěry z místního šetření ze dne 3.8. 2021;
- informace od správce trati.

Archivní podklady

- Sanace žel. tělesa v km 72,200 - 72,350, Lovosice – Liberec (Kravaře):
 - Projekt inženýrsko-geologického průzkumu (Geoindustria, 09/1972);
 - Závěrečná zpráva inženýrsko-geologického průzkumu (Geoindustria, 04/1973);
 - Projekt sanace žel. tělesa v km 72,200 - 72,350 (Geoindustria, 10/1973);
 - Kravaře, sanace žel. tělesa v km (Dokumentace při předání stavby, 1974);

- Lovosice – Liberec, Sesuv násypového tělesa 72,250 zpráva ze dne 31. 5. 1986;
- Zmínka o plánovaném IG průzkumu v km 71,280 - 72,360 ze dne 22. 7. 1988;
- Žel. trať Česká Lípa – Litoměřice, sesuv násypu v km 71,650 - 71,750:
 - Závěrečná zpráva IG průzkumu (GEO-ING Jihlava s.r.o., 06/2003);
 - Realizační technická zpráva „Oprava železničního násypu km 71,650 - 71,750“ (GEO-ING Jihlava s.r.o., 10-11/2003);
 - Oprava železničního násypu km 71,650 - 71,750, SO 01 – Povrchové odvodnění (H-PRO s.r.o., 10/2005)

Literatura

- Bažant, Z.: Metody zakládání staveb (Praha, 1973)
- Vaníček, I.: Mechanika zemin (Vydavatelství ČVUT, 1996)
- Lamboj, L, Štěpánek, Z.: Mechanika zemin a zakládání staveb (Vydavatelství ČVUT, 2005)
- Turček, P. a kol.: Zakládání staveb (JAGA, 2005)
- Pýcha, M.: Příčné řezy železničních tratí – širá trať (ČVUT v Praze, FSv, 3. 4. 2013)
- Broms, B, Boman, P.: Stabilisation of soil with lime columns (příspěvek do Ground Engineering, 05/1979)

Software pro ověření návrhu

- GEO5 – Stabilita svahu, verze 2021.29

4 Inženýrskogeologické podmínky lokality

Inženýrskogeologické (IG) a geotechnické (GT) poměry v zájmové lokalitě jsou podrobně popsány v [1] a [5].

Zájmové území se nachází v západní části České křídové tabule (celek Ralská pahorkatina). Území je budováno středoturanskými pískovci, méně písčitémi slínovci, vápnitými jílovci a třetihorními vulkanity. Vlastní území leží při severním úbočí neovulkanického suku Ronov. V předmětném úseku trati se terén výrazně zvedá cca k jihu.

Předkvartérní podklad je tvořen sedimenty svrchní křídly prorážené vulkanickými horninami terciéru. Zastoupeny jsou převážně slabě zpevněné šedé vápnité jílovce, při povrchu zcela až silně zvětralé, rozpadavé na jílovité zeminy. Pískovce jsou jemnozrnné, mírně až silně zvětralé. Terciární horniny jsou zastoupeny alkalickými bazalty.

Kvartérní pokryv tvoří deluviální, eolicko-deluviální a fluviální sedimenty. V případě deluvií se jedná především o transportované produkty zvětrávání předkvartérních hornin (mocnost v řádu prvních metrů). Eolické sedimenty jsou zastoupeny sprašemi a sprašovými hlínami, jílovitými až jílovito-písčitémi zeminami. Fluviální sedimenty (v okolí vodoteče) jsou různorodého charakteru – povodňové hlíny, jíly, šterky či šterkovité zeminy.

V území se nachází mělká hladina podzemní vody vázaná na propustné vrstvy šterkovité zemin (v okolí vodoteče), či mělké nespojitě zvodně v kvartérních pokryvných útvech. Vyskytují se především v mělkých terénních depresích se špatnými odtokovými poměry. Povrch území je zde alespoň po část roku zamokřený a podmáčený.

Předmětná část trati se nachází v území potenciálně ohroženým sesuvnými jevy a svahovými deformacemi (dočasně uklidněné svahové nestability, vrch Ronov) [5].

5 Geotechnické podmínky předmětného úseku

Násypové těleso v km 72,250 – 72,320 dosahuje výšky cca 6,0 m. Dle [5] tvoří jádro násypu jemnozrnné zeminy – jíly a jíly písčité (F4, F6, případně F8) tuhé, místy i měkké konzistence. Zeminy jsou podmienečně vhodné až nevhodné do násypu bez úpravy. Penetračním sondováním byly zjištěny oslabené polohy kyprých šterkovitých materiálů, z nichž mohlo dojít k odplavení jemnozrnné frakce a vzniku menších kaveren. Na

rozhraní násypového tělesa a jeho podloží byly zjištěny degradované jemnozrnné zeminy měkké až tuhé konzistence. Tato degradace zřejmě souvisí s nedostatečným odváděním vody neudržovaným a zaneseným odvodňovacím příkopem vpravo trati.

Přímé podloží násypu tvoří deluviální jílovité zeminy (F6, místy až F8), které se vzhledem k mineralogickému složení vyznačují objemovou nestálostí a rozpínavostí. Při kontaktu s vodou tyto materiály bobtnají a rozbídnají. Dle archivních jádrových vrtů s hloubkou dochází ke zlepšování vlastností materiálů, v hloubce cca 5 – 6 m pod původním terénem lze očekávat již materiály vlastností poloskalních hornin.

Dle IGP [5] lze očekávat hladinu podzemní vody v těsné blízkosti základové spáry stávajícího násypu.

Dle archivních podkladů byla ustálená hladina podzemní vody v předmětném úseku zdokumentována cca 0,50 m pod původním terénem.

6 Zdůvodnění sanace násypu v předmětném úseku

Trať v předmětném úseku byla vybudována před cca 120 lety (úsek Litoměřice – Česká Lípa dokončen roku 1898). Dle zjištění z archivních podkladů dochází k problémům násypového tělesa dlouhodobě.

Dostupné informace o problémech drážního tělesa sahají až k počátku 70. let 20. století. V průběhu období od tohoto data až do současnosti jsou popsány opakovaně nestability a změny geometrické polohy koleje (GPK), a to jak směrově, tak i výškově. Častá je potřeba podbíjení koleje, dle informací z archivních pokladů došlo v km 71,650 – 71,750 v průběhu jediného roku (2002) k poklesu koleje až o 500 mm. Zároveň jsou z archivních podkladů (70., 80. léta a též období po roce 2000) k dispozici informace o nestabilitách násypového tělesa, zejména v km 72,200 – 72,350, dále km 71,650 - 71,750 a km 71,280 – 71,360. V popsáných případech se jednalo o sesuvy po hlubokých kruhových smykových plochách, které zasahovaly hluboko do podložních vrstev. Doložené statické výpočty z km 72,200 – 72,350 ukazují na polohu nestabilní kritické smykové plochy cca 4 m pod bází násypu. Projevy poruch byly patrné též na terénu v pásu přilehlém k násypu šířky cca 15 m vlevo násypu ve směru staničení (akumulační pasivní zóna sesuvu). Z tehdy provedených IG průzkumů se ukazuje jako příčina těchto jevů kromě charakteru zemin v podloží především vysoko položená hladina podzemní vody. Technickým řešením uvedených problémů v tehdejší době bylo provedení soustavy subhorizontálních vrtů (sklon 3 deg) délky až 80 m, s cílem odvodnění hlubších poloh podloží násypu. Vrt vyústí do šachet propojených kanalizačním sběračem vlevo trati. Všechny tyto sanační práce bylo možno provést bez vyloučení provozu na trati.

V průběhu doby soustava vrtů ztratila ve velké míře svoji funkci. Ocelové perforované trubky D89mm jsou zřejmě zaneseny či zkorodovány, případně mohlo dojít přímo k zavalení vrtů. Následkem tohoto mohlo dojít k opětovnému vzestupu hladiny podzemní vody a k následným dalším opakovaným haváriím násypového tělesa.

Z těchto dostupných informací je s vysokou mírou pravděpodobnosti možno identifikovat příčiny problémů. Lze je spatřovat již v podloží násypových těles, tvořené jemnozrnnými zeminami, saturevanými vodou, hladina podzemní vody je cca 0,50 m pod původním terénem (archivní podklady). Dle IG průzkumu [5] jílovité materiály díky mineralogickému vykazují bobtnavost a rozbídnost v kontaktu s vodou. Tyto vlastnosti způsobují v závislosti na dotacích vodou, střídání suchých a mokřích období objemovou nestálost, která se může projevit zjišťovanými poruchami jak v GPK, tak v samotném násypovém tělese (sedání, svahové nestability). Celkově situaci nepříznivě ovlivňují nefunkční neudržované a zanesené příkopy podél trati na straně přilehlé ke svahu a nefunkční propustky.

7 Návrh technického řešení

Na základě dostupných informací je předložen návrh technického řešení, jehož cílem je zajištění dlouhodobé stability drážního násypového tělesa situovaného v nepříznivých geotechnických podmínkách.

Problematika násypového tělesa je z hlediska IGP zařazena do 3. geotechnické kategorie (S4, čl. 37) z důvodu problematického podloží, sedání tělesa a lokálních stabilitních problémů.

Po vyhodnocení dostupných aktuálních i archivních informací je řešení navrženo jako kombinace tří zásadních opatření:

- sanace podložních vrstev;
- konstrukce nového násypového tělesa;
- systém odvodnění, odvedení podzemních i povrchových vod.

Níže popsané navržené technické řešení je zdokumentováno ve výkresové části.

7.1 Sanace podloží

Opatření, která jsou navržena v rámci sanace podloží, jsou zacílena na následující aspekty:

- snížení hladiny podzemní vody, snížení stupně saturace jílovitých materiálů, snížení jejich vlhkosti a zlepšení konzistence;
- zlepšení smykových parametrů na potenciálních smykových plochách;
- zvýšení tuhosti prostředí podložních vrstev;
- zamezení kapilární vztlakovosti z podloží do vrstev násypového tělesa.

Sanace podloží bude navazovat na snesení kolejového svršku a odstranění původního násypového tělesa v předmětném úseku. Stabilizace podložních vrstev spočívá ve zřízení systému pravidelně rozmístěných vápenných pilot, hlubokého trativodního systému a geobuňkové matrace umístěné ve svrchní vrstvě podloží.

Po odstranění degradovaného materiálu podloží do hloubky cca 0,80 m pod úroveň původního terénu bude z dosažené úrovně proveden systém trativodů:

- podélné trativody umístěné pod patami budoucího násypového tělesa. Hloubka cca 2,0 m pod úroveň původního terénu (1,20 m pod úroveň pracovní plochy). Šířka rýhy 0,90 m. Osazeno trativodní plastové potrubí D250 mm (vpravo trati), resp. D400 mm (vlevo trati);
- příčné trativody ve vzdálenostech á 15 m. Dimenze rýhy 0,60 m, trativodní plastové trubky D250 mm.
- v křížení podélných a příčných trativodů budou zřízeny plastové kontrolní a čisticí šachty vnitřního průměru D = 600 mm.

Vyústění trativodů bude realizováno na terén na vhodném místě vlevo trati v dostatečné vzdálenosti od paty násypového svahu (např. pozemek p. č. 1047). Řešení viz výkresová dokumentace železničního spodku.

Trativodní systém snižuje hladinu podzemní vody (HPV) v podloží násypu, zmírňuje hydrodynamický tlak proudící podzemní vody ve směru ze svahu Ronov. Odpovídajícím způsobem nahrazuje účinek odvodňovacích vrtů realizovaných v minulosti.

Po zasypání a zhuštění trativodů bude proveden systém vápenných pilot metodou DSM (Deep Soil Mixing). Základní rastr pilot šachovnicově 2x2 m, průměr pilot D = 0,60 m, délka Lp = 5,0 m pod úroveň pracovní plochy (cca 5,8 m pod úroveň původního terénu). Předpokládaná příměs vápna je 3 – 8 % objemu zeminy. Dle údajů v archivních IGP bude v hloubce 5 – 6 m pod původním terénem dosažen kvalitnější materiál pevné až tvrdé konzistence při přechodu do poloskalních hornin (pískovce, jílovce). Prvky vápenných pilot v dostatečně hustém rastru snižují vlhkost prostředí jílovitých zemin, vylepšují přetvárné vlastnosti zemin a jejich pevnostní charakteristiky. Svým působením účinně nahrazují vertikální drény či štěrkopískové piloty (Turček, str. 198). Vzhledem k navržené délce přetínají potenciální smykové plochy a vylepšují parametry

smykové pevnosti na těchto plochách. Na plášti přenáší zatížení do hlubších poloh a společně s opřením do kvalitnějšího prostředí tak plní částečně i statickou funkci.

Pro návrh optimálního množství příměsi vápenného pojiva v metodě DSM je potřeba provést zkoušky před realizací. Namísto odstraněné svrchní vrstvy podloží bude zřízena geobuňková matrace tloušťky 0,80 m. Je navržen její příčný sklon 8 % ve směru klesajícího původního terénu (vlevo koleje po staničení). Bude postupně vrstvena z perforovaných plastových pásů (HDPE), vytvářejících prostorové uzavřené buňky, a šterkové výplně. Po zřízení jednotlivých vrstev bude hutněna. Uzavření buněk zabraňuje příčným deformacím (bočnímu roztlačování) šterkové výplně, tím je vytvořena tuhá a zároveň propustná deska. Takto vytvořená deska plní funkci statickou jakožto základová deska násypového tělesa, současně plní též funkci drenážní. Odvodněna bude do systému hlubokých trativodů. Jejím prostřednictvím je odváděna zbytková voda z přímého podloží násypu a je přerušena dráha kapilárního vztlínání z podloží do násypového tělesa. Geobuňková matrace je na dolním i horním líci opatřena geotextilií (gramáž 400 g/m²) se separační a filtrační funkcí proti pronikání a vplavování jemných frakcí z podloží i násypového tělesa do hrubé frakce desky. Základovým konstrukčním prvkem pro vytvoření matrace je jednoosá monolitická HDPE geomříž, která je uložena ve spodní části skladby. Nosný směr je orientován příčně ke koleji. Předpokládaná skladba matrace tl. 800 mm je následující - odspodu:

- zemní pláš;
- separační a filtrační geotextilie;
- hutněná šterkodrt tl. 100 mm;
- geomříž;
- hutněná šterkodrt tl. 100 mm;
- geobuňkový pás výšky 200 mm;
- hutněná šterkodrt tl. 100 mm;
- geobuňkový pás výšky 200 mm;
- hutněná šterkodrt tl. 100 mm;
- separační a filtrační geotextilie.

7.2 Konstrukce nového násypového tělesa

Konstrukce násypu v navržených rozměrech nebude způsobovat přírůstek zatížení oproti stávajícímu stavu. Předpokladem je, že opatření navržená v podloží zajistí spolehlivé podmínky pro bezpečnou funkci násypového tělesa.

Konstrukce násypového tělesa je navržena dle zásad předpisu S4, vzorových listů SŽ a dalších souvisejících předpisů.

Funkci základové desky násypu a základového polštáře přebírá geobuňková deska (matrace) provedená ve svrchní vrstvě podloží. Je oddělena od podložních vrstev i od konstrukčních vrstev násypu separační a filtrační geotextilií.

Ke zřízení jádra násypového tělesa se předpokládá využití alespoň části objemů jílových materiálů vyskytujících se ve stávajícím násypovém tělese. Musí být vyloučeny materiály vykazující bobtnavost a objemovou nestálost (zejména jíly zatřídění F8). Ostatní jílové materiály (např. F4-F6) mohou být pro použití zlepšeny např. smícháním s jinou vhodnou zeminou (šterkovitých frakcí). Pro návrh optimální receptury je nutno provést předem odpovídající laboratorní zkoušky. Vlastnosti výsledné směsi pak ověřovat kontrolními zkouškami a případně optimalizovat během výstavby. Jádro násypového tělesa bude zřizováno ze soudržných zemin (předpoklad F4 – F6 + příměs G2) a hutněno po vrstvách max. 300 mm. Materiál jádra je klasifikován jako použitelný po úpravě (nepropustný a namrzavý). Z těchto důvodů je navržena konstrukční vrstva

v koruně násypu tloušťky 250 mm, vyspádovaná v jednostranném sklonu 5 % vlevo po směru staničení. Svahy jsou opatřeny ochrannou vrstvou proti promrzání zemin, mocnost min. 600 mm, a dále vegetační úpravou.

Svahy násypového tělesa jsou navrženy ve sklonu 1 : 1,75 na základě statického výpočtu stability tělesa včetně zatížení dopravou (dále viz kap. 8). Vyhovující je posouzení jak na kruhové smykové ploše procházející soudržnými materiály jádra, tak i sklonu ochranné vrstvy ze štěrkovitého materiálu.

V podélném směru bude napojení nového tělesa na stávající násypy provedeno stupňovitým zazubením v souladu s předpisem S4. Parametry hutnění a únosnosti tělesa:

- hutnění základové spáry (soudržné zeminy pod geobuňkovou deskou) min. $D = 95 \% PS$ (S4, Příl. 4, Tab. 1);
- hutnění povrchu geobuňkové matrace, nesoudržná zemina, parametr $I_d = 0,80$ (S4, Příl. 4, Tab. 2);
- hutnění jádra během výstavby po vrstvách max. 300 mm, hutnění soudržných zemin na parametr min. $D = 98 \% PS$ (S4, Příl. 4, Tab. 1);
- zemní pláň, sklon 5 %, soudržné zeminy, hutnění na parametr min. $D = 100 \% PS$ (S4, Příl. 4, Tab. 1), únosnost zemní pláně min. $E_{def,zp} = 20 MPa$ (Příl. 6, Tab. 1, ř. 2);
- konstrukční vrstva v koruně násypu, nesoudržné zeminy, hutnění na min. $I_d = 0,90$, (S4, Příl. 4, Tab. 2), únosnost pláně žel. spodku min. $E_{def,pl} = 40 MPa$ (S4, Příl. 6, tab. 1, ř. 2).

7.3 Odvodnění

Snížení hladiny podzemní vody pomocí hlubokých trativodů v oblasti podloží násypových těles je popsáno v textu výše. Toto opatření musí být doplněno i obnovením, pročištěním odvodňovacích rigolů, odvádějících povrchové vody, podél trati vpravo koleje (strana přivrácená ke svahu).

Tento systém zahrnující odvedení podzemních i povrchových vod bude začleněn do systému odvodnění v rámci celého předmětného úseku trati. Systém zahrnuje i odvodnění povrchových vod pomocí tvárnic či rigolů podél násypů a pomocí obnovených či nově konstruovaných propustků.

7.4 Monitoring

Pro kontrolu dlouhodobého deformačního chování násypového tělesa a jeho podloží je navrženo zřízení měřicího profilu v km 72,280.

Navržený profil je osazen 1 kusem vodorovného inklinometru do podloží násypu a značkami pro geodetické sledování v koruně a v patách násypu. Inklinometr bude osazen ve vodorovné rýze napříč trati do báze násypu v úrovni horní plochy geobuňkové matrace. Geodetické značky v patách násypu budou sdruženy s konci inklinometrické pažnice. Pomocí profilu bude možno během provozu na trati dlouhodobě sledovat absolutní i relativní deformace, a tím ověřit funkčnost navržených opatření.

8 Výpočet stability sanovaného násypového tělesa

Součástí předloženého návrhu je výpočet stability svahu sanovaného násypového tělesa.

8.1 Předpoklady výpočtu

Výpočetní model je vytvořen na základě příčného řezu v km 72,290, který odpovídá nejnepríznivější konfiguraci v sanovaných úsecích trati (km 71,250 – 71,280; km 72,250 - 72,320). Celková výška svahu v

modelu je 6,0 m a navržený sklon je **1:1,75**. Tento model pokrývá i násypové těleso výšky cca 3,0 m v úseku km 71,250 – 71,280.

Geotechnický výpočetní profil je zjednodušen pro potřeby modelu. Nové násypové těleso ve výpočtu je tvořeno zeminami tříd F4 - F6 (+ příměs G2) s minimálními předepsanými smykovými parametry, které bude třeba zajistit a kontrolovat na stavbě během realizace násypu. Pro zeminy v tělese nového násypu je předpokládán efektivní úhel vnitřního tření $\phi_{\text{Hlef}} = 25 \text{ deg}$ a efektivní soudržnost $c_{\text{ef}} = 10 \text{ kPa}$. Ve svrchní vrstvě podloží násypu je uvažována konsolidační ztužující vrstva ze zemin třídy G2 s vyztužením geobuňkami. Hluběji je v modelu zlepšené podloží, které reprezentuje příznivý efekt vápenných pilot. Uvažované geotechnické parametry jsou obsaženy v Příloze 1.

Vliv podzemní vody není ve výpočtu uvažován z důvodu navržených odvodňovacích opatření v podloží násypového tělesa.

Předložený stabilitní výpočet obsahuje dvě fáze. První fáze představuje příznivější stav bez zatížení železniční dopravou a druhá fáze reprezentuje stav se zatížením železniční dopravou. Železniční doprava je uvažována jako proměnné zatížení, které je odvozeno z Modelu zatížení 71 dle ČSN EN 1991-2, Čl. 6.3.2. Převod na klasifikovanou hodnotu zatížení je proveden pomocí součinitele $ALFA = 1,10$ (NA 2.53, tratě 3. třídy dle kategorie železničních tratí z hlediska mostů). Zatížení je rozneseno na šířku v příčném směru $B = 3,0 \text{ m}$. Výsledná přepočtená charakteristická hodnota plošného přetížení je $q_{k,kl} = 57 \text{ kPa}$. Převod na návrhovou hodnotu je proveden součinitelem $\gamma_{\text{maQ}} = 1,5$.

Pro vlastní výpočet stability svahu je využita Bishopova proužková metoda s kruhovou smykovou plochou. Výpočet je proveden s optimalizací pro vyhledání nejméně příznivého průběhu smykové plochy.

8.2 Výsledky výpočtu

Výsledkem výpočtu je průběh nejnejpříznivější smykové plochy pro danou konfiguraci. Z vypočtených výsledků je patrné, že nejméně příznivá smyková plocha nezasahuje pod násypové těleso. Důvodem je příznivý efekt zlepšených vlastností podloží násypu.

Bezpečnost navržené konstrukce je prokázána v mezním stavu únosnosti (MSÚ) dle ČSN EN 1997-1 pro návrhový přístup DA3 (redukce zatížení a geotechnických parametrů). V MSÚ dosahuje vypočtené využití navržené konstrukce **90 %**.

Dle Směrnice S4, Čl. 31 (2) je možné stabilitu svahu zemního tělesa v násypu posoudit také na základě ČSN 73 6133, tzn. metodou stupně bezpečnosti. Vypočtený stupeň bezpečnosti navržené konstrukce je **SF = 1,52 > 1,30**. Nejmenší požadovaný stupeň bezpečnosti násypového tělesa z jemnozrnné sypaniny $SF_{\text{min}} = 1,30$ je uveden v ČSN 73 6133, Příloha B.

Detailní informace o vstupních parametrech a výsledcích výpočtu se nacházejí v Příloze 1, která obsahuje podrobný výpis ze softwaru GEO 5 – Stabilita svahu.

Dle vypočtených výsledků stabilita sanovaného násypového tělesa **vyhovuje**.

V Praze, říjen 2021

Vypracovali: Ing. Jiří Hořejší

Ing. Martin Baláž

Přílohy:

1. Výpočet stability sanovaného násypu dle profilu v km 72,290 (výstup GEO 5)

Výpočet stability svahu

Vstupní data

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA3

Stabilitní výpočty

Výpočet zemětřesení : Standard

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Stav STR		Stav GEO	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$			1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,25 [-]	
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,25 [-]	
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40 [-]	

Parametry zemín

NOVÝ NÁSYN (F4+F6+G2)

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 25,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

KONS. VRSTVA (G2+vyztužení)

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 38,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

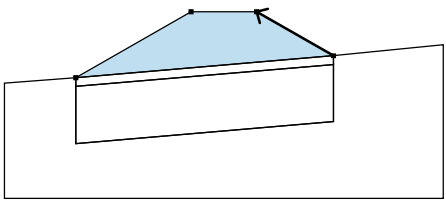
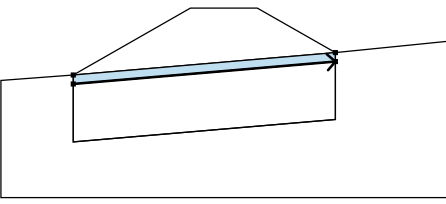
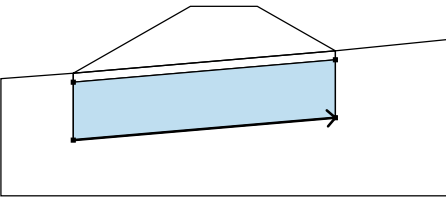
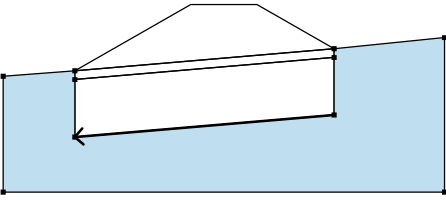
ZLEPŠENÉ PODLOŽÍ (F6-F8, tuhý - pevný)

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 21,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

PODLOŽÍ (F6-F8, tuhý)

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 21,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		10,00	-4,00	3,00	0,00	NOVÝ NÁSYP (F4+F6+G2)
		-3,00	0,00	-13,50	-6,00	
2		-13,50	-6,80	10,00	-4,80	KONS. VRSTVA (G2+vyztužení)
		10,00	-4,00	-13,50	-6,00	
3		-13,50	-12,00	10,00	-10,00	ZLEPŠENÉ PODLOŽÍ (F6-F8, tuhý - pevný)
		10,00	-4,80	-13,50	-6,80	
4		10,00	-10,00	-13,50	-12,00	PODLOŽÍ (F6-F8, tuhý)
		-13,50	-6,80	-13,50	-6,00	
		-20,00	-6,50	-20,00	-17,00	
		20,00	-17,00	20,00	-3,00	
		10,00	-4,00	10,00	-4,80	

Voda

Typ vody : Voda není

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1 (fáze 1)

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	-13,33 [m]	Úhly :	α_1 =	-0,63 [°]
	z =	9,34 [m]		α_2 =	52,49 [°]
Poloměr :	R =	15,34 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 175,70$ kN/m

Sumace pasivních sil : $F_p = 253,51$ kN/m

Moment sesouvající : $M_a = 2695,19$ kNm/m

Moment vzdorující : $M_p = 3888,78$ kNm/m

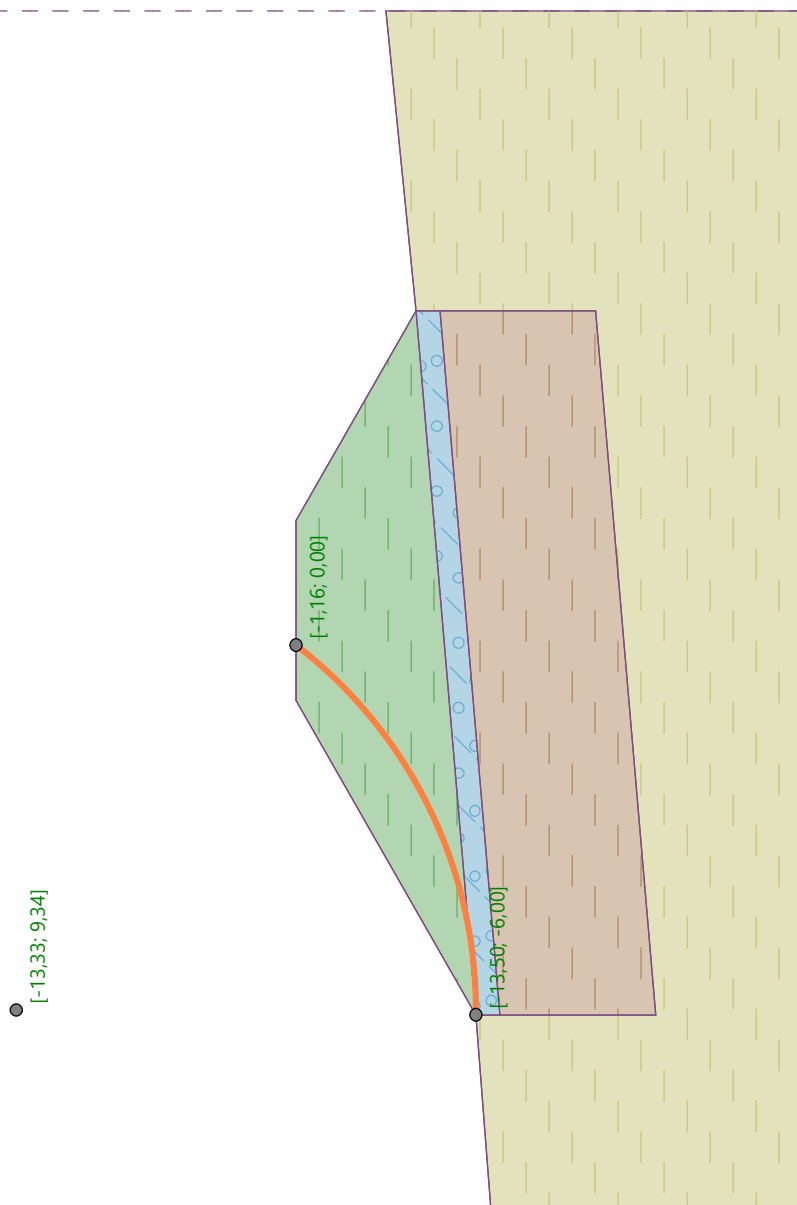
Využití : 69,3 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Název : OPTIMALIZOVANÁ SMYKOVÁ PLOCHA

Fáze - výpočet : 1 - 1

Popis : BEZ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY



Vstupní data (Fáze budování 2)

Přetížení

Číslo	Přetížení		Typ	Působení	Místění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost		
	nové	změna								q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	jednotka
1	Ano		pásové	proměnné	na povrchu	x = -1,50	l = 3,00		0,00	57,00		kN/m ²

Názvy přetížení

Číslo	Název
1	ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA - MODEL ZATÍŽENÍ 71

Voda

Typ vody : Voda není

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet 1 (fáze 2)

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy							
Střed :	x =	-11,33	[m]	Úhly :	α_1 =	-5,45	[°]
	z =	11,24	[m]		α_2 =	48,61	[°]
Poloměr :	R =	17,00	[m]				
Výpočet bez optimalizace smykové plochy.							

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 394,58$ kN/m

Sumace pasivních sil : $F_p = 440,28$ kN/m

Moment sesouvající : $M_a = 6707,80$ kNm/m

Moment vzdorující : $M_p = 7484,74$ kNm/m

Využití : 89,6 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Fáze - výpočet : 2 - 1

