

E.1.5.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA SO.01 - SANACE SKALNÍCH SVAHŮ U VJEZDOVÉHO A VÝJEZDOVÉHO PORTÁLU DOUBRAVNICKÉHO TUNELU V KM 85,150 - 85,405

Ochrana trati před pádem horniny – lokalita Prudká



**Praha
Březen 2017**

Název zakázky: **Ochrana trati před pádem horniny – lokalita Prudká**

Odpovědný řešitel: **Ing. Ondřej Holý, 724 562 173, holy@geotechnikaholy.cz**
ČKAIT pro obor geotechnika: 0012237

Číslo zakázky: E 617-S-182/2017

E.1.5.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA - SO.01

OBSAH:

E.1.5.1.1 Odstranění vzrostlého náletu	3
E.1.5.1.2 Skalní stěna	3
E.1.5.1.3 Odtěžení nestabilních bloků	3
E.1.5.1.4 Obnova akumulčního prostoru	4
E.1.5.1.5 Lokální kotvení skalních bloků	4
E.1.5.1.6 Dynamické bariéry	4
E.1.5.1.7 Ochranný plot	5
E.1.5.1.8 Obnova odvodňovacího systému	6
E.1.5.1.9 Závěrečné zhodnocení a doporučení	6
Příloha 01 Přehled sanačních prací na objektu SO.01	7
Příloha 02 Fotodokumentace	8
Příloha 03 Statické a dynamické posouzení	11
DB1	15
DB2	16

PŘÍLOHA:

01 Přehled souborů prací na objektu SO.01

02 Fotodokumentace 03 Statické a dynamické posouzení

Praha, Březen 2017

E.1.5.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA - SO.01

V rámci stavby budou provedeny níže uvedené sanační opatření, které jsou rozdělené do příslušných souborů prací. Při realizaci stavby bude v souladu s čl. 50 dílu X, předpisu SŽDC S3 ochráněno kolejové lože před znečištěním, a to překrytím ochrannou geotextilií.

E.1.5.1.1 Odstranění vzrostlého náletu

Po provedení zajištění prostoru, budou zahájeny práce na odstranění vegetace ve vymezeném rozsahu. Bude odstraněna vegetace, křoviny, náletové dřeviny a vzrostlé stromy tam, kde dochází k silnému narušení skalního masívu a tam, kde brání provedení sanačních prací. Vegetace bude na skalních stěnách a strmých svazích odstraněna s použitím horolezecké techniky. Během realizace bude dřevní hmota na místě zpracovávána štěpkováním anebo rozřezáním na manipulační díly a odvezena na skládku odpadu nebo na místo trvalého uložení.

Ve vymezené ploše dojde také k odstranění travin a náletu, včetně kořenového systému. Náletem jsou míněny dřeviny do průměru kmene cca 150 mm. K odstranění kořenů bude použito mechanických prostředků.

E.1.5.1.2 Skalní stěna

Současně s pracemi určenými pro odstranění vegetace bude probíhat práce na skalním svahu. Rozsah těchto prací bude na místě řízen geotechnikem dle aktuálně zjištěného stavu zvětrání. Práce musí být vedeny tak, aby nedošlo k necitelnému a hloubkovému zásahu do skalního masívu. Předmětem prací není odstranění veškerého zvětralého materiálu, ale jen takových částí, které jsou zcela odděleny od mateřského masívu. Práce na skalní stěně bude provedeno pomocí horolezecké techniky a ručního nářadí, ve vybraných partiích svahů také pomocí pneumatického nářadí. Odtěžené hmoty skalního svahu budou odvezeny na skládku odpadů.

V rámci těchto prací na skalních stěnách budou odstraněny svahové pokryvy a povrchově narušené partie uvedených ploch. Práce na vybraných plochách budou provedeny v mocnosti zásahu do hloubky 0,35 m. Práce není nutné chápat tak, že celé vymezené plochy budou odstraněny v mocnosti 0,35 m. V místech kde bude zastiženo málo narušený masív, tam k významnému odtěžení nebude docházet a naopak v maloplošných partiích bude provedeno odstranění v mocnosti větší než 0,35 m.

E.1.5.1.3 Odtěžení nestabilních bloků

Jedná se především o oddělené struktury od mateřského masívu a bloky s potenciální nestabilitou a mírou rizika skalního řícení.

I zde je třeba zdůraznit, že práce smí být prováděny pouze nad zajištěným prostorem a pod realizovanou částí objektu nesmí probíhat pohyb osob ani jiná realizace. Odtěžení nestabilních bloků do objemu 1,5 m³ bude provedeno s použitím ručního nářadí, popř. pomocí pneumatického nářadí. Odtěžené hmoty skalního svahu budou odvezeny na skládku odpadů.

Odtěžování bude na místě řídit geotechnický dozor stavby. Odtěžování bude prováděno jen u těch bloků, které jsou výrazně postiženy zvětřením a plochami odlučnosti.

E.1.5.1.4 Obnova akumulčního prostoru

Z prostoru paty skalního svahu a z prostoru za ochrannými prvky bude odtěžena napadaná suť, a to jak stávající, tak ta z odtěžení během sanačních prací. Dojde tak k výraznému a nutnému obnovení a zvýšení kapacity akumulčního prostoru. Odtěžení bude provedeno jak strojní odkopávkou s naložením na dopravní prostředek, tak manuálně. Odtěžený materiál bude přesunut na skládku. Mocnost a rozsah odtěžení na místě řídí geotechnik stavby či projektant.

E.1.5.1.5 Lokální kotvení skalních bloků

Skalní struktury, oddělené od skalního masivu plochami odlučnosti, budou stabilizovány systémem svorníků. Jedná se o kotvení bloků s přerušením rizikových kluzných ploch či zabránění vyklánění bloku ze svahu, čímž dojde k trvalé stabilizaci pohybu bloku. Při realizaci svorníků je třeba dbát na geologickou stavbu masivu tak, aby svorníky nebyly upevňovány v otevřených puklinách nebo plochách diskontinuit.

V určených partiích budou použity celozávitové kotevní tyče $\varnothing 25$ mm, délky 2,7 m. Tyče budou vyrobeny z oceli S 670 H (800 MPa). Přesná specifikace polohy prvků je možná až po provedení prací na odstranění náletu, odstanění zvětřalých částí a odtěžení nestabilních bloků. Přesnou polohu prvků a jejich sklon určí na místě stavby geotechnický dozor.

Kotevní prvky budou osazené do vrtu $\varnothing 38$ mm a následně se zainjektují cementovou směsí, či směsí na bázi cementu. Kotevní prvky budou aktivovány osazením ocelových podložek o rozměru 200 x 200 x 10 mm a typových matek na hlavy kotevních prvků. Ty se na závěr natrou antikoročním nátěrem.

E.1.5.1.6 Dynamické bariéry

Dynamické bariéry představují konstrukci, která je schopná zachytit padající skalní blok. V rámci tohoto stavebního objektu SO.01 je navržena dynamická bariéra DB1 o kinetické energii 500 kJ a dynamická bariéra DB2 o kinetické energii 2000 kJ. Dynamická bariéra DB1 bude složená ze dvou polí o celkové délce 16,0 m a výšce 3,0 m. Použito bude ocelové pletivo s velikostí oka 102 x 177 mm a průměrem drátu 4 mm.

Dynamická bariéra DB2 bude složená ze dvou polí o celkové délce 24,0 m a výšce 8,0 m. Použito bude kruhové ocelové pletivo o průměru 350 mm a průměru drátu 3 mm. Jako doplňkové pletivo bude použito ocelové pletivo s velikostí oka 101 x 175 mm a průměrem drátu 2 mm.

Poloha bariér je určena vytyčovacími souřadnicemi jednotlivých patek sloupů, viz *1.2 Vytyčovací výkres*. Rozmístění pomocného kotvení se řídí instalačním manuálem dodávaných bariér.

Vlastní práce na vybudování dynamických bariér budou zahájeny vrty pro kotvení sloupků. Na kotvení budou použity 2 ks svorníků průměru 28 mm, osazených do vrtů průměru 38 mm. Napnuty budou momentovým klíčem na 30 kN. Vrty pro kotvy dynamických bariér (deviační kotvení atd.) budou provedeny bezjádrovým vrtáním o průměru do 156 mm se vzduchovým výplachem.

Projekt předpokládá použití mobilní hydraulické vrtací soupravy s odděleným hydraulickým agregátem (např. Permonem apod.), nebo pro menší průměry použití pneumatických vrtacích kladiv.

Úvodní 1 m vrtu bude dle potřeby zapažen pracovní pažnicí. Injektáž - zálivka kotev s centrátory bude provedena v celé jejich délce cementovou injekční směsí. Pro stavbu je navrženo použití cementu CEMII/B-M (V-LL) 32,5R.

V projektu stanovených místech bude provedeno odtěžení bloků skalního masívu, které by kolidovaly s budovanou konstrukcí. Skalní hornina bude rozpojena pomocí sbíjecích kladiv, případně hydraulických klínů. Zemina či skalní hornina musí být v trasách navržených bariér odstraněna všude tam, kde by docházelo při vypnutí spodního podélného lana k jeho zdvihu o terén - lano musí mezi ocelovými patkami procházet volně položené na terénu.

Jednotlivé sloupky dynamické bariéry a všechna ocelová lana budou instalovány dle instalačního manuálu výrobce bariéry. Spodní podélné lano a ukončovací lano by měla procházet mezi sloupky případně mezi sloupkem a okrajovou kotvou přímo, bez zdvihu na terénních nerovnostech. Sloupky bariér budou instalovány ve sklonech specifikovaných v dokumentacích jednotlivých objektů s upřesněním dle pokynů geotechnického dozoru na místě stavby.

Všechny ocelové prvky dodávaných dynamických bariér musí být opatřeny antikorozní úpravou, která bude splňovat minimálně požadavky EN ISO 1461 a EN 10244-2.

E.1.5.1.7 Ochranný plot

Ochranné ploty budou liniově instalovány na skalních svazích pro zajištění opadů padajících úlomků ze skalní stěny. Ochranný plot OP1 bude mít délku 36,0 m a výšku 4,0 m, ochranný plot OP2 bude dlouhý 48,0 m a vysoký 3,0 m a ochranný plot OP4 bude mít délku 16,0 m a výšku 3,0 m. Všechny ochranné ploty budou složeny z modifikovaných sloupků z ocelových trubek \varnothing 89/10 mm. Sloupky plotů budou osazeny do vrtů či základových patek, a to dle místních podmínek realizace jednotlivých sloupků v osově vzdálenosti 4,0 m. Po osazení sloupku a vycentrování bude vrt zalit cementovou zálivkou. Realizace sloupku bude provedena kombinací vrtu a patky.

Na sloupky ochranného plotu bude nataženo ocelové pletivo - dvojzákrutová síť s antikorozní úpravou a s rozměrem oka 60 x 80 mm. Pás pletiva plotu bude osazen tak, aby pletivo nebylo plně napnuté s maximálním průvěsem 100 mm. Podélně bude pletivo mezi sloupky zpevněno 5 nosnými lany o \varnothing 10 mm.

Sloupky plotu budou kotveny kolmo ke skalnímu svahu tyčí s kovaným okem \varnothing 25 mm o délce 1,5 m. Ke svahu budou kotveny krajní sloupky a poté každý druhý sloupek. V místech změny vedení plotu, či v místech s výrazněji porušenou tektonikou svahu budou sloupky kotveny jednotlivě. Tyče s kovaným okem budou v případě skalního podkladu v podloží osazeny do vrtů. V případě zemního svahu či hlubšího horizontu skalního podkladu bude tyč s kovaným okem zabetonována do základové patky. Vrt pro osazení tyče bude zalit cementovou zálivkou. Vlastní kotvení plotu ke skalnímu svahu bude provedeno napnutím ocelového lana přes upevňovací spojky. Bude použito ocelového lana \varnothing 10 mm.

Minimálně jednou za 2 roky je nutné provést revizi ochranných plotů a provést odtěžení napadené suti a vegetace pro zajištění funkce plotů. Všechny použité prvky ochranných plotů musí mít antikorozní úpravu.

Všechny ocelové prvky ochranného plotu musí být opatřeny antikorozní úpravou, která bude splňovat minimálně požadavky EN ISO 1461 a EN 10244-2.

E.1.5.1.8 Obnova odvodňovacího systému

V objektu SO.01 u výjezdového portálu P2 Doubravnického tunelu došlo k vyvalení několika kamenů z vyzdřeného koryta odvodňovacího systému, čímž prakticky přestal tento systém fungovat. V těchto místech dochází ke vsakování vody do železničního spodku. V rámci sanačních prací bude provedeno zpětné vyzdění koryta. Bude použit kvalitní lokální lomový kámen a zdění bude provedeno na maltu M25 XF3 s přísadou zvyšující přilnavost směsi k materiálu kamene. Dojde také k pročištění celého žlabu od akumulovaného materiálu.

E.1.5.1.9 Závěrečné zhodnocení a doporučení

Provedením navržených opatření budou ze skalního svahu odstraněny nestabilní části, čím se výrazně eliminuje riziko skalního řícení do prostoru paty předmětného svahu. Opad menších částí navětralé horniny bude však probíhat přirozenou cestou i nadále.

Trvalá funkce sanačních opatření se neobejde bez pravidelné údržby a revize. Doporučujeme min. 1x ročně prohlídku skalního svahu geotechnikem se zhodnocením stavu ochranných opatření. Pravidelná údržba ochranných opatření min. 1x za dva roky.

V Praze, dne 2. 3. 2017

Zpracoval:

ING. ONDŘEJ HOLÝ
Autorizovaný inženýr pro geotechniku

Příloha 01 Přehled sanačních prací na objektu SO.01

Odstranění vzrostlého náletu: 2773,4 m²

Odklizení skalní stěny: 5035,5 m²

Odtěžení nestabilních bloků: 127,0 m³

Obnova akumulčního prostoru: 186 m³

Lokální kotvení skalních bloků: 25 ks

Dynamické bariéry: 320,9 m²

Ochranný plot: 386,4 m²

Obnova odvodňovacího systému: 2,0 m³

Příloha 02 Fotodokumentace



SO.01 - Pohled na vjezdový portál P1, nad kterým budou instalovány dynamické bariéry DB1 a DB2



SO.01

—



Ochranná palisáda, která bude v rámci sanačních prací nahrazena dynamickou bariérou
SO.01 – Pohled na výjezdový portál P2 Doubravského tunelu

Příloha 03 Statické a dynamické posouzení

Kotvení bloků

Cílem statického výpočtu je posouzení kotevního systému konkrétního (nejrozměrnějšího) horninového bloku. Kotvy – svorníky slouží jako protismykové opatření.

Ve výpočtu je uvažováno pouze s takovým zatížením, které má na horninový blok destabilizující vliv. Jedná se o stálé zatížení od vlastní tíhy bloku s třením podél diskontinuity a zatížení proměnné způsobené hydrostatickým tlakem (extrémním) v diskontinuitě.

Konkrétní účinky zatížení byly stanoveny výpočtem – silovou metodou. To umožňuje norma ČSN 73 0037, čl. 23 b) a 25. Při takovém postupu nemusí být (v souladu s čl. 27 normy ČSN 73 0037) v plném rozsahu dodrženo ustanovení norem ČSN 73 0031 a ČSN 73 0033 a výsledky řešení je možné vyhodnotit individuálně. Není tedy vhodné použít redukci vstupních parametrů zemin. Individuálním vyhodnocením je pak myšleno, že metodika mezních stavů musí být zavedena alternativním způsobem nebo musí být použit jiný systém posouzení spolehlivosti konzistentní s výsledky výpočtu (např. dovolená namáhání nebo stupně bezpečnosti).

Ve výpočtu byly všechny vstupní veličiny uvažovány svými normovými hodnotami ve smyslu ČSN 73 0035 a ČSN 73 0037, respektive charakteristickými hodnotami ve smyslu ČSN EN 1990 a ČSN EN 1997-1. Výsledné účinky zatížení pak byly individuálním způsobem posouzeny následovně:

- pro dimenzování kotevního systému byly získané účinky zatížení převedeny na výpočtové účinky (ve smyslu ČSN EN 1990) pomocí koeficientů z normy ČSN EN 1997-1, návrhový přístup 2, poznámka 1.

1) Vstupní parametry:

Hornina: $\gamma =$ 26,2 kN/m³

	$\varphi =$	55,4	$^{\circ}$	
	$R_{hs} =$	7,20	MPa	
Zemina:	$\varphi =$	18,0	$^{\circ}$	
(výplň puklin)	$c =$	5,0	kPa	
	orientace =	255	66	$^{\circ}$
Blok:	$H =$	4,0	m	
	$\check{S} =$	2,2	m	
	$TL =$	1,6	m	
Kotva:	$A =$	804,2	mm ²	
	$R =$	800,0	MPa	
	$n =$	1	ks	
	$d_1 =$	32,0	mm	
	$R_{\tau a} =$	2,5	MPa	
	$R_{\tau b} =$	0,9	MPa	
Únosnost táhla na mezi pevnosti	$F =$	$A \times R =$	280,0	MPa
		$S_{bmin} =$	1,75	
Únosnost táhla na mezi kluzu	$F =$	$A \times R =$	230,0	MPa
		$S_{bmin} =$	1,55	
Únosnost kořen x hornina		$S_{bmin} =$	1,60	
Únosnost kořen x ocel		$S_{bmin} =$	1,60	

2) Stanovení účinků zatížení dle EC7:

Zatížení stálé				
Tíha bloku	$G =$	$TL \times H \times \check{S} \times \gamma =$	368,90	kN/m
Třecí síla	$T_c =$	$H \times c =$	20,00	kN/m
Zatížení proměnné				
Hydrostatický tlak	$U =$	$0,5 \times \gamma_w \times H \times (H/\sin\alpha) =$	87,57	kN/m

Kotevní síla	N =	$G \times \sin(90^\circ - \alpha) =$	150,04	kN/m
	T =	$G \times \cos(90^\circ - \alpha) =$	337,00	kN/m
	T_f =	$N \times \tan \varphi =$	48,75	kN/m
	N_k =	$F_k \times \cos \omega =$	0,914	F _k
	T_k =	$F_k \times \sin \omega =$	0,407	F _k
	T_{fk} =	$N_k \times \tan \varphi =$	0,297	F _k
	T_w =	$U \times \sin \omega =$	35,62	kN/m
	$T - T_f - T_c - T_k - T_{fk} + T_w = 0$			
	F_{kd} =	431,90	kN/m	

Kotevní síla dle ČSN EN 1997-1, návrhový přístup 2, poznámka 1

	F_{kEd} =	$F_{kd} \times q_M =$	583,06	kN/m
		Síla na 1 kotvu (4 ks) = $(0,22 \times n \times A \times R/R_{hs})^{0,5}$	145,77	kN/m
Kotevní délka	l_{u1} =	$=$	0,14	m
Délka kořene	l_{u2} =	$F_k \times s_{bmin} / n \times R_{ta} \times \pi \times d_1 =$	0,93	m
Průměr kořene	d₂ =	$F_k \times s_{bmin} / l_{u3} \times R_{tb} \times \pi =$	82	mm
Délka kotvy	l_k =	$l + l_{u1} + l_{u2} =$	2,67	m

Posouzení kotvy

Únosnost táhla na mezi pevnosti	F =	$R \times A =$	280,00	kN
			> S _{bmin}	
Únosnost táhla na mezi kluzu	S_b =	$F/F_{kEd} =$	1,92	= 1,75
	F =	$R_{0,2} \times A =$	230,00	kN
			> S _{bmin}	
	S_b =	$F/F_{kEd} =$	1,58	= 1,55
Únosnost kořen x hornina	F =	$l_{u3} \times n \times R_{tb} \times \pi \times d_2 =$	233,23	kN
			> S _{bmin}	
Únosnost kořen x ocel	S_b =	$F/F_{kEd} =$	1,60	= 1,60
	F =	$l_{u2} \times n \times R_{ta} \times \pi \times d_1 =$	233,23	kN
			> S _{bmin}	
	S_b =	$F/F_{kEd} =$	1,60	= 1,60

3) Dimenze kotev

4 ks injektovatelných kotevních tyčí na 14 m³; pr. 32 mm; ocel S 670 H; dl. 2,7 m; cem. zálivka, pr. vrtu 82 mm

Dynamické bariéry

Dynamický posudek používá k výpočtu pádové simulace metodu CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program, Pfeiffer&Bowen 1989) a umožňuje modelovat pády horninových bloků na předem definovaném reliéfu ve 2D řezu. Modelovanému prostředí jsou v řezu přiřazeny materiálové

konstanty, které vyjadřují drsnost a typ povrchu. Pro jednotlivé bloky je možné zadat jejich objemovou tíhu a počáteční rychlost. Jednotlivé parabolické trajektorie jsou následně během modelového impaktu ovlivněny rotací bloku, jeho tíhou a drsností svahu (koeficienty restituce). Model uvažuje všechny tři možné pohyby bloku (volný pád, odskoky, rotace). Výpočet je možný jak statistickým přístupem, tak v tomto případě deterministicky (pro každý odraz byly počítány parametry přímo ze zadaných hodnot koeficientů restituce) dle základního kvadratického vztahu průsečíku přímky a paraboly:

$$g t^2 - V_{y0} - q V_{x0} t = Y_0 - Y_1 + q(X_1 - X_0) = 0$$

kde q – směrový parametr; t - čas; V – rychlost, X, Y – poloha hmotného bodu a g – gravitační konstanta. Pro stanovení konkrétních účinků impaktu byl použit strojový výpočet pomocí SW RocFall. Konkrétní účinky zatížení byly stanoveny výpočtem – silovou metodou dle dopadové kinetické energie. To umožňuje norma ČSN 73 0037, čl. 23 b) a 25. Při takovém postupu nemusí být (v souladu s čl. 27 normy ČSN 73 0037) v plném rozsahu dodrženo ustanovení norem ČSN 73 0031 a ČSN 73 0033 a výsledky řešení je možné vyhodnotit individuálně. Není tedy vhodné použít redukci vstupních parametrů hornin. Individuálním vyhodnocením je pak myšleno, že metodika mezních stavů musí být zavedena alternativním způsobem nebo musí být použit jiný systém posouzení spolehlivosti konzistentní s výsledky výpočtu (např. dovolená namáhání nebo stupně bezpečnosti).

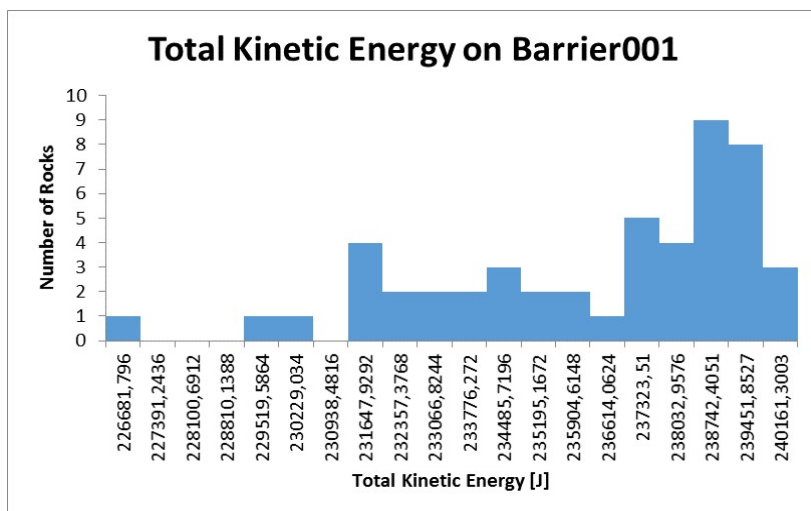
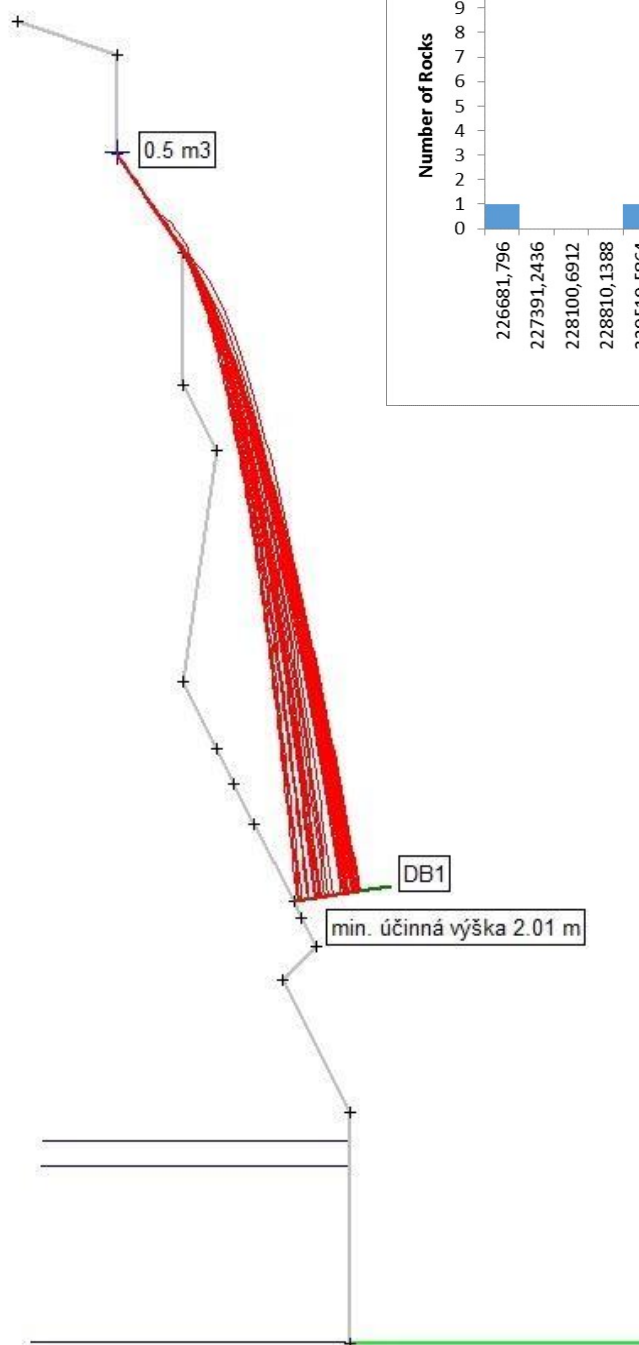
Ve výpočtu byly všechny vstupní veličiny uvažovány svými normovými hodnotami ve smyslu ČSN 73 0035 a ČSN 73 0037, respektive charakteristickými hodnotami ve smyslu ČSN EN 1990 a ČSN EN 1997-1. Výsledné účinky zatížení pak byly individuálním způsobem posouzeny následovně:

- pro dimenzování nominální energetické účinnosti byly získané účinky zatížení převedeny na výpočtové účinky (ve smyslu ČSN EN 1990) pomocí koeficientů z normy ČSN EN 1997-1, návrhový přístup 2, poznámka 1.
- pro dimenzování nominální záchytné výšky bylo použito stupně bezpečnosti 1,5

	Min. účinná výška	Min. energetická účinnost	Nominální výška	Nominální energie
DB1	2,01 m	240 kJ	3,02 m	324 kJ
DB2	5,03 m	1023 kJ	7,55 m	1381 kJ

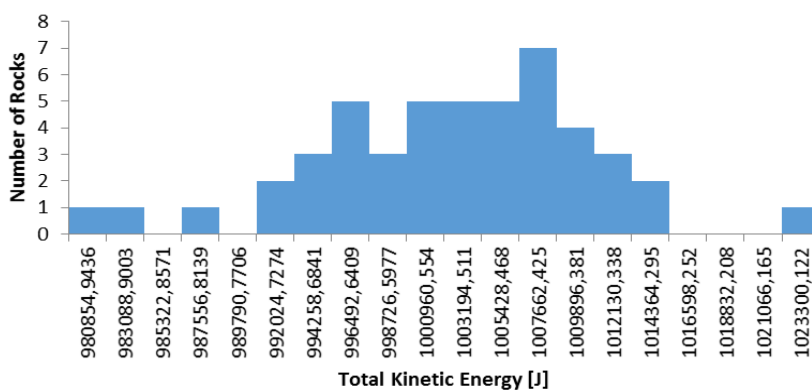
Tab.1 Získané výpočtové hodnoty dimenzování DB

- získané trajektorie s podrobnými výsledky jsou vyjádřeny graficky následovně:



Total Kinetic Energy [J]	Number of Rocks
226681,796	1
227391,2436	0
228100,6912	0
228810,1388	0
229519,5864	1
230229,034	1
230938,4816	0
231647,9292	4
232357,3768	2
233066,8244	2
233776,272	2
234485,7196	3
235195,1672	2
235904,6148	2
236614,0624	1
237323,51	5
238032,9576	4
238742,4051	9
239451,8527	8
240161,3003	3

Total Kinetic Energy on Collector002



Total Kinetic Energy [J]	Number of Rocks
980854,9436	1
983088,9003	1
985322,8571	0
987556,8139	1
989790,7706	0
992024,7274	2
994258,6841	3
996492,6409	5
998726,5977	3
1000960,554	5
1003194,511	5
1005428,468	5
1007662,425	7
1009896,381	4
1012130,338	3
1014364,295	2
1016598,252	0
1018832,208	0
1021066,165	0
1023300,122	1
1023300,122	1381455,165

