

● ● ● **ING. STANISLAV ŠTÁBL**

GEOTECHNICKÝ POSUDEK



**STAV SKALNÍHO MASIVU
V PROSTORU BÝVALÉ DĚLOSTŘELECKÉ VEŽE
KOZÍ HRÁDEK, MIKULOV**

BRNO, DUBEN 2025

Název zakázky: **Mikulov – Kozí hrádek**
Odpovědný řešitel: **Ing. Stanislav Štábl**
Číslo zakázky: **S25–001**

STAV SKALNÍHO MASIVU V PROSTORU BÝVALÉ DĚLOSTŘELECKÉ VĚŽE KOZÍ HRÁDEK, MIKULOV

GEOTECHNICKÝ POSUDEK

OBSAH:

1. Základní informace	3
2. Popis stávajících podmínek a geomorfologie	4
3. Vstupní podklady	5
4. Stavebně geotechnický popis.....	5
4.1 Sektor SEVER	5
4.2 Sektor JIH.....	6
4.3 Sektor VÝCHOD.....	6
4.4 Sektor VĚŽ	7
5. Hodnocení stavu skalního masivu	8
5.1 Základní popis metodiky RSR.....	9
5.2 Hodnocení míry rizika skalních svahů.....	9
5.3 Hodnocení sektorů Kozí hrádek.....	10
6. Riziková dlouhodobá prognóza.....	10
7. Doporučený postup řešení stavu masivu	11
7.1 Dlouhodobý přístup údržby skalních masivů.....	11
7.2 Vliv terénních úprav v rámci revitalizace návrší Kozího hrádku	11
7.3 Sektor VĚŽ	12
7.4 Vhodné stabilizační postupy sektoru VĚŽ.....	12
7.5 Omezení využitelnosti objektu Kozího hrádku.....	13
8. Závěrečné zhodnocení.....	13

PŘÍLOHY:

Příloha 1 – Vyhodnocení stavu masivu systémem NEMETON 2013

Příloha 2 – Fotodokumentace

BRNO, Duben 2025

Zpracoval:

Ing. Stanislav Štábl
ČKAIT pro obor geotechnika: 1004356



1. Základní informace

Předložený geotechnický posudek je zpracován na základě objednávky města Mikulova č. OBJ 250086, a řeší zhodnocení stavu skalního masivu v prostoru bývalé dělostřelecké věže Kozí hrádek.

V současné době v předmětné oblasti probíhají stavební práce v rámci Revitalizace návrší Kozího hrádku v Mikulově.

Potřeba zhodnocení stavu skalního masivu je vyvolána předpokládanými zásahy do blízkosti skalního masivu a také dokumentovaným rozvojem puklin a trhlin v masivu, na kterém stojí vlastní historická část bývalé dělostřelecké věže.

Po dokončení stavby revitalizace návrší se očekává zvýšený pohyb osob v blízkosti masivu a je tak vyvolána potřeba dokumentace a kvantifikace rizika skalního řícení či potřeby stabilizovat části masivu.

Kozí hrádek patří k jedné ze tří skalnatých dominant města Mikulova. Tato lokalita se stala vhodným volně přístupným odpočinkovým centrem. Kozí hrádek se odedávna podílel na strategické kontrole cest spojujících Brno s Vídní a tak spoluzabezpečoval náležitou ochranu. Na vrcholu Kozího vrchu byla v 15. století vybudována dvoupatrová dělostřelecká věž s ochozem, prolomená střelnami. Dodnes se dochovalo toto pozdně gotické předsunuté opevnění s břitem. Kozí hrádek tak zůstává mimořádným stavebním dílem patřícím do součásti mikulovského stavebního jádra.

V minulosti jsou dokumentovány opady bloků z masivu v rozsahu 0,6 – 0,85 m³. K opadu došlo z vysoké lokace. Potenciálně tak mohlo dojít k ohrožení života osob využívajících tento prostor.

Přímo pod objektem dělostřelecké věže, nyní vyhlídkového objektu, jsou dokumentovány strukturní změny bloků masivu a pohyby bloků. Tyto procesy se promítají také do rozvoje trhlin ve vlastním zdivu věže Kozího hrádku. Předmětná hodnocená lokalita se nachází na pozemcích parc. č. 628 a 3332/1 v katastrálním území Mikulov.



Obrázek 1: snímek mapového podkladu se zákresem hodnocené oblasti skalního masivu
Kozí hrádek, mapový podklad: www.mapy.cz

2. Popis stávajících podmínek a geomorfologie

Oblast Kozího hrádku představuje vrcholový výchoz masivu tzv. ernsbrunských vápenců. Jedná se o nejtypičtější druh horniny Pálavských vrchů. Vlastní struktura masivu Pálavských vrchů je tvořena bradlovými strukturami až 120 m mocných vrstev vápenců svrchní jury až spodní křídý. Tento masiv je jako celek velmi významný z krajinného hlediska, ale také významným pro výskyt rostlinných a živočišných druhů. Z geologického hlediska se jedná o belošedé organodetritické – brekciovité vápence.

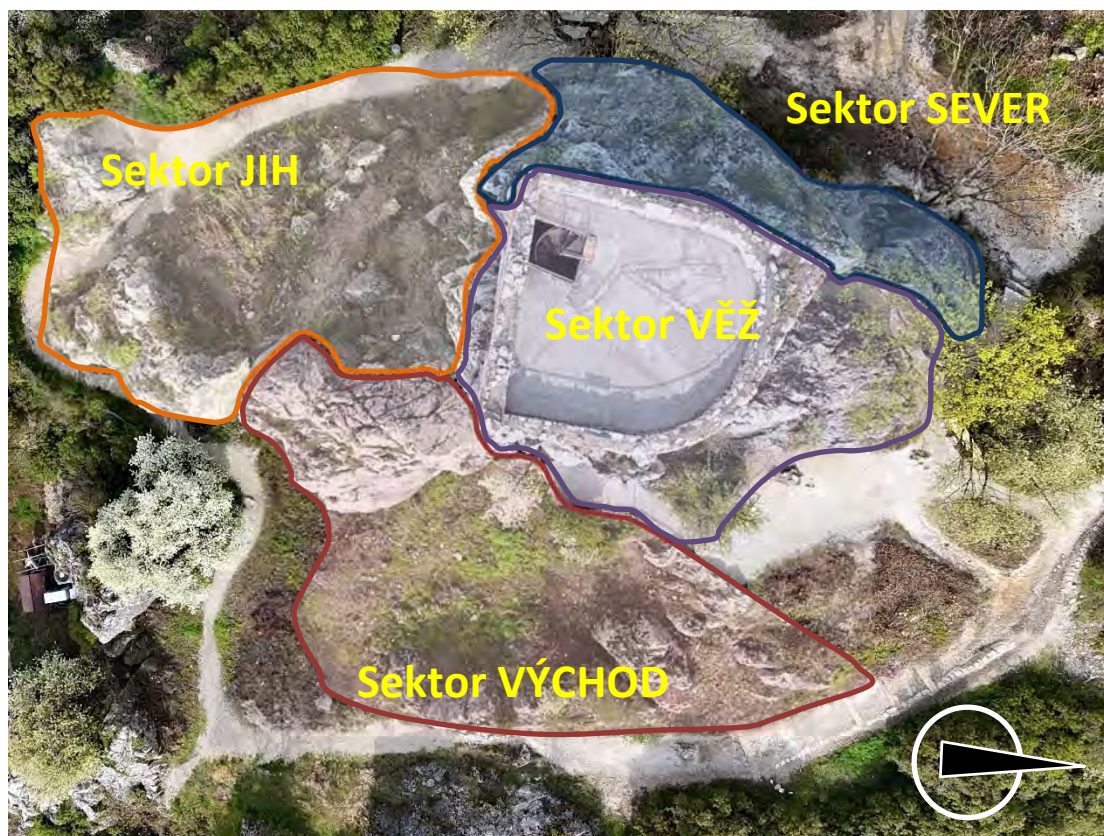
Geologický vývoj této oblasti znamenal významný transport a porušení masivu. V předmětné oblasti je možné dokumentovat výstup bradlových bloků se strukturálním oddělením vápenců. Prohlubně a terénní prvky jsou vyplněny většinou kvartérními a antropogenními zeminami.

V masivu nelze definovat hlavní či podružný systém ploch odlučnosti. Masiv je charakteristický v podstatě všesměrným systémem ploch odlučnosti. Ty jsou velmi často spíše tvořeny strukturálními poruchami tektonického původu či procesy chemického a tepelného zvětrávání, na které jsou tyto vápence velmi citlivé.

Celý masiv má převážně severojižní orientaci. Od jihu postupně vystupují solitérní bloky vápenců velikosti 150 – 400 m³, hlavní partie jsou tvořeny skupinou bloků, na kterých je zbudován Kozí hrádek. Mezi bloky v jižní a východní části areálu jsou vedeny stezky pro volný pohyb osob v přímé blízkosti blokových struktur. Tyto struktury vystupují nad stávající terén 2 – 5,5 m. Často kolmých či velmi strmých sklonů.

V puklinách a dílčích prohlubních těchto bloků je náletová vegetace bylinného a křovinného pásma. V prostoru Kozího hrádku je v puklinách i významný vzrůst náletu stromového pásma. Tyto dřeviny mají průměr kmene 135 – 180 mm a svou polohou a vzrůstem již velmi negativně působí na stav masivu. Negativní vliv se hlavně projevuje pákovým namáháním puklin od těchto vzrostlých dřevin. U západní paty masivu je významný vzrostlý strom, který však je bez vlivu na předmětný skalní masiv.

Masiv je významně exponován. Je vystaven celodennímu slunečnímu svitu. Tento stav způsobuje velmi významné množství akumulované tepelné energie a s tím spojené cyklické namáhání horniny.



Obrázek 2: horní pohled na předmětnou lokalitu a členění na sektory pro potřeby dokumentace a hodnocení stavu masivu

U vápenců se velmi četný výskyt pseudokrasových a krasových jevů. V místě je možné tyto projevy sledovat v sektoru SEVER na kontaktu se sektorem JIH. Pod vlastní věží by se, dle činnosti speleologů a dalších geofyzikálních projevů, mohly či spíše měly vyskytovat prostory dotvářené krasovou činností srážkové vody, která je dlouhodobě soustředěně infiltrována ze stavby a blízkého okolí. Tuto činnost není ani možné technicky omezit. Stavba masivu těmito procesům velmi napomáhá.

3. Vstupní podklady

- [1] Fotodokumentace a místní terénní rekognoskace geotechnikem, duben 2025,
- [2] ČSN EN 1997–1–2, Eurokód 7: navrhování geotechnických konstrukcí;
- [3] Sesuvy a zabezpečování svahů, Quido Záruba – Vojtěch Mencl, Academia, Praha 1987;
- [4] Inženýrská geologie, Quido Záruba – Vojtěch Mencl, Academia, Praha 1974;
- [5] Metodika Rock Slope Rating – Risk Classification, Štábl, Brno 2013;
- [6] Revitalizace návrší Kozího hrádku v Mikulově, DSP, desk architekti s.r.o., Praha 06/2022;

4. Stavebně geotechnický popis

Na základě dokumentace místních podmínek a geomorfologické stavby je předmětná lokalita Kozího hrádku členěna na čtyři sektory. Každý sektor představuje jiný charakter a chování masivu. Sektor VĚŽ je vlastní objekt bývalé dělostřelecké věže, významné historické stavební památky zřízené na centrálním bradlovém výchozu vápencového masivu.

4.1 Sektor SEVER

Tento sektor tvoří výhradně západní a severní blokové partie přímo pod objektem věže Kozího hrádku. Je tvořen masivem výšky 3 – 8,5 m s velmi strmým sklonem cca 70° – 75°, kdy v nejvyšších partiích přechází do převisu. Spodní a střední partie masivu jsou poměrně kompaktní, bez výskytu výrazných rizikových partií. U paty masivu rostou dva stromy, které svou polohou nejsou rušivé pro nadzemní část masivu. V sektoru SEVER je také chráněný vstup do podzemní části objektu s probíhajícím amatérským speleologickým průzkumem.

Rizikové partie se však nacházejí v nejvyšších lokacích sektoru a tvoří přímé základové podmínky věže. Masiv je zde formován dvěma hlavními systémy poruch a ploch odlučnosti, které jsou ve sklonu cca 60° – 68° do svahu – vyvábí tak převislé části. Jsou zde poruchové partie s rozevřeným puklinovým systémem od 1 – 75 mm. Jedná se tak o velmi proměnlivé podmínky s rizikovým vývojem v tvorbě uvolněných bloků a struktur. Tyto struktury mohou potenciálně ohrozit bezpečnost pohybu osob pod objektem, z dlouhodobého hlediska narušení a rozpad masivu mlže přímo ohrozit i statiku vlastního objektu věže Kozího hrádku. V současné době je možné dokumentovat rozvolněné a rizikové fragmenty velikosti krabičky od sirek až velkého grepu (cca 100 g – 6 kg).



Obrázek 3: zákres vymezení sektoru SEVER u objektu Kozího hrádku

4.2 Sektor JIH

Prostorově významný sektor členité morfologie se stopami významné antropogenní činnosti a významným množstvím hlinitých navážek v centrální části sektoru. Jedná se převážně o blokové struktury s výchozy do výšky cca 3,5 m nad stávající terén. Nejvyšší partie tohoto sektoru jsou tvořeny jižní stranou výchozu blokového masivu věže Kozího hrádku.

Blokové struktury mimo objekt hrádku jsou tvořeny strukturně narušenými bloky vápenců s velmi hustou sítí puklin s všesměrnou orientací ploch odlučnosti. Tyto bloky jsou lokálně v puklinách vyplněny křovinatou náletovou vegetací. Většina tohoto sektoru vykazuje jen omezený výskyt potenciálně rizikových bloků velikosti do pomeranče. Tyto uvolněné fragmenty však nejsou v rizikové pozici pro pohyb osob a budoucí využití tohoto prostoru.

Centrální strmé partie sektoru jsou většinou vyplněny heterogenní navážkou hlinitého charakteru se zbytky vegetace a stavební suti pocházející z předchozí stavební činnosti v místě.

Nejvýraznější partie sektoru jsou přímou součástí masivu, na němž je situován objekt bývalé dělostřelecké věže. Výrazná puklina – prostor mezi dvěma samostatnými bradlovými objekty byl vyplněn kombinovanou vyzdívkou ukončenou cihelnou klenbou. V levostranné části vyzdívky je patrné odvětrávání masivu a rozšiřování trhliny – kontaktní mezery mezi vyzdívkou a blokem masivu. Části vyzdívky jsou uvolněny, avšak nepředstavují riziko pro pohyb osob a statiku objektu v současném krátkodobém výhledu.

Strukturní změny a rozvoj puklin v hlavní části bradlových bloků pod objektem věže Kozího hrádku však poukazují na dlouhodobý proces degradace masivu, který bude mít významný vliv na statické působení objektu Kozího hrádku.



Obrázek 4: vymezení sektoru JIH v dokumentovaném prostoru Kozího hrádku

4.3 Sektor VÝCHOD

Východní sektor dokumentovaného území představuje nejproblematictější sektor. V tomto sektoru došlo v minulosti k výraznému skalnímu řízení a jsou zde dokumentovány největší změny stavu masivu a narušení struktury bloků vápence, které tvoří celek pod objektem Kozího hrádku.

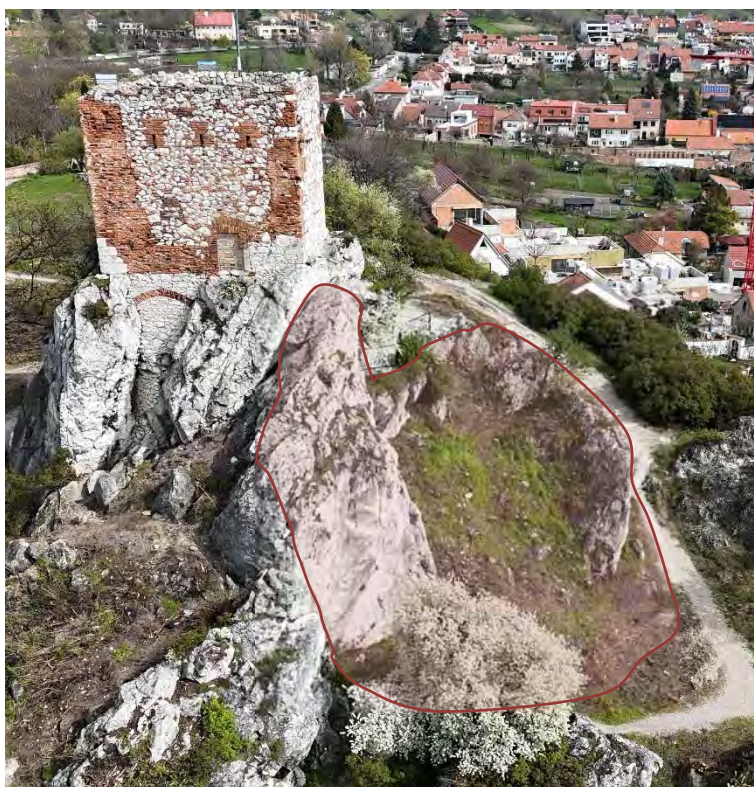
I tento sektor nese stopy předchozí urbanistické a stavební činnosti ve vrstvách hlinito kamenitých navážek, které vyplňují strmý svah v centrální části tohoto sektoru. Tyto navážky významně kryjí bradlové bloky masivu a jsou podkladem pro bujný růst náletové a křovinaté vegetace. Mocnost navážek je 0,15 – 1,25 m, lokálně mohou vyplňovat i mocnější prohlubně.

Bloky vystupující na nejvýchodnější části sektoru nejsou z dlouhodobého hlediska rizikové a v rámci procesů dlouhodobého zvětrávání lze u nich očekávat opad pouze malých úlomků a fragmentů. Tento vývoj je tak bez zvýšeného rizika pro pohyb osob v dotčeném prostoru.

Blokový masiv tvořící hranici se sektorem VĚŽ, je postižen výrazným otevřeným puklinovým systémem. Ten je vyplněn hlinitou sutí a dochází zde ke vzrůstu náletové vegetace, která svou polohou a působením částečně stav masivu dlouhodobě narušuje. Jedná se o křovinaté porosty šeríku a dalšího křovinatého porostu. Sektor je v této části vymezen ochranným ocelovým zábradlím.

Bloková struktura masivu na rozhraní sektorů VÝCHOD a JIH tvoří místně významnou dominantu a jedná o největší monolitický blok celé bradlové blokové struktury masivu pod Kozím hrádkem. Výška bloku je 3,5 – 6 m a jedná se o strmě formovaný blok do podoby bříty. Od sousedních bloků tvořících podloží věže hrádku je oddělen masivní puklinou šířky 15 – 45 cm.

Ve vysokých partiích je možné dokumentovat dlouhodobý rozvoj zvětrání a odlučování bloků, které mohou být potenciálně rizikové. V současné době však u tohoto bloku jsou dokumentovány labilní a částečně uvolněné bloky do velikosti cca 10 – 15 cm (pomeranč či grep). Tyto fragmenty nemají potenciál ohrozit zdraví a životy osob pohybujících se v blízkosti bloku.



Obrázek 5: vymezení sektoru VÝCHOD v dokumentovaném prostoru Kozího hrádku

4.4 Sektor VĚŽ

Tento sektor představuje jak vlastní objekt Kozího hrádku, tak i dokumentované blokové struktury přímo pod tímto historickým objektem. Díky charakteru vývoje stavby a podložních vápenců se tak jedná o poměrně složitou strukturu, která se již velmi významně vzájemně ovlivňuje.

Klíčovým faktorem je povaha systému poruchových zón. U bloků pod vlastním objektem Kozího hrádku je možné dokumentovat hlavní systém orientace zón jihozápad – severovýchod ($28^\circ - 33^\circ$ SV). Tento systém tak diagonálně probíhá pod celým objektem bývalé věže. Ta je založena na celkem pěti samostatných masivních blocích. Tyto bloky jsou dále postiženy rozvojem trhlin a puklin šířky 0,2 mm – 15 cm s orientací ($100^\circ - 105^\circ$ V).

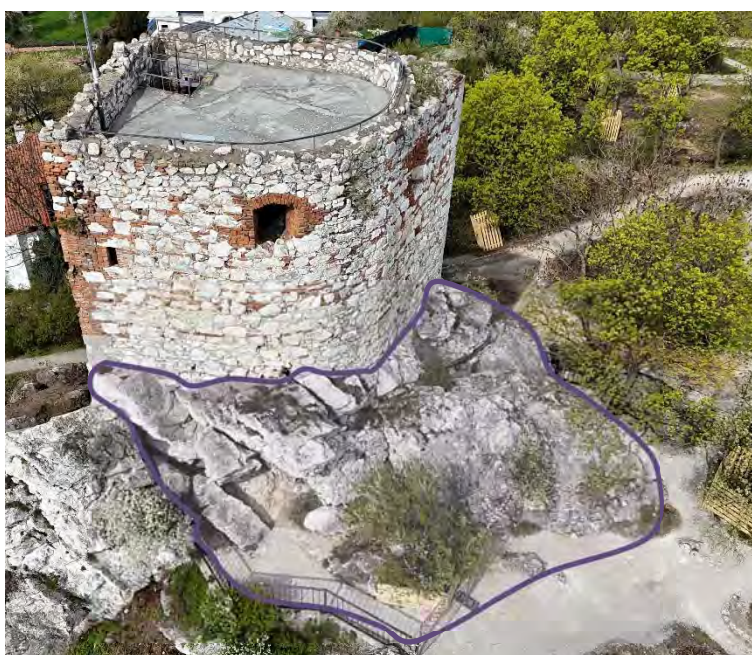
Vlivem postupného zvětrávání masivu dochází dlouhodobě k rozvoji šířek trhlin a postupnému pohybu klínovitých bloků a k jejich vzájemnému oddalování. To se projevuje výrazným otvíráním puklin, kdy např hlavní porucha pod východní zdí měla před 30 lety cca 5 mm, nyní je šíře trhliny cca 35 cm! U části těchto otevřených puklin je možné dokumentovat postupné prvky vyzdívek a výplní puklin. Toto bylo prováděno jak z vnitřní strany objektu, tak ve významném rozsahu také z vnější strany masivu. Jedná se o dílčí podezdívky objemu $0,05 \text{ m}^3 - 0,75 \text{ m}^3$. Ve vnitřní části objektu došlo před více jak 15 lety k odloučení bloku v rozsahu cca

0,4 m³. Dle správce objektu se velmi často z puklinového systému projevuje kondenzace vodní mlhy, při vhodných podmínkách je možné přímo pozorovat stoupající sloupce kondenzované vlhkosti. Jedná se o proces vztlínání a kondenzace vzdušné vlhkosti z hlubokých partií masivu. Proto se předpokládá výskyt krasových jevů.

Ve vnější puklině oddělující sektor VĚŽ a VÝCHOD roste mladý náletový strom. Jeho růst je ovlivněn stísněnými a chudými podmínkami pro růst. I tak jeho kmen má průměr cca 150 mm a působí velmi negativně na puklinu, ze které vyrůstá.

Rozvoj poruch masivu tak na této části značně ovlivňuje i statický stav horní stavby Kozího hrádku. Na vnějším zdivu je možné pozorovat rozvoj trhlin zdiva od průběžných a rozvírajících se puklin a poruch bloků, na kterých je objekt založen.

V současné době v tomto sektoru nejsou lokalizovány bloky a fragmenty, které by byly rizikové pro pohyb osob a volnočasové využití tohoto objektu. Proces degradace masivu je však již významný a velmi dlouhodobý a bude mít významný vliv na statiku objektu.



Obrázek 6: vymezení sektoru VĚŽ pod objektem bývalé věže, vlastní objekt je i součástí tohoto sektoru

5. Hodnocení stavu skalního masivu

Hlavní hodnocení a kvantifikace geotechnických rizik je provedena dle systému NEMETON 2013 a jeho navazujících rozšíření a aktualizace.

Programový projekt NEMETON 2013 – MPO FR–TI1/546, SG–GEOPROJEKT, spol. s r.o., Ing. Stanislav Štábl, Brno – Chomutov 2008 – 2013 a metodika Rock Slope Rating – Risk Classification [5] specifikují nezbytný rozsah průzkumných a rekognoskovačích prací pro sanace skalních svahů a definují závazná hodnotící kritéria pro hodnocení stavu stability skalních svahů a přípustné míry rizika. Metoda a systém se pro tyto účely již více jak 10 let využívají na území ČR a jedním z hlavních uživatelů je Česká geologická služba.

V rámci výzkumného projektu FR–TI1/546 – „Systematizace v přístupu sanace skalních svahů“ byla specifikována kritéria a základní filosofie pro hodnocení stavu skalních svahů. Stávající metodické přístupy velmi úzce spojují hodnocení stavu skalních svahů a hodnocení míry rizika – dopadů na charakter ohroženého prostoru. Skalní řízení však může například na dálnici způsobit výraznější hospodářské škody a újmy na životech účastníků provozu, než modelově stejné skalní řízení, ke kterému hypoteticky dojde u účelové místní komunikace. Míra rizika a hodnocení stavu skalního svahu je tak nutné vyšetřovat zvlášť, avšak v konečném důsledku hodnotit jako jeden celek.

Stav stability skalních svahů je hodnocen na základě základních hodnotících geotechnických kritérií, která popisují stav a míru narušení skalního svahu. Hodnotící kritéria jsou definována a strukturována metodikou hodnocení stavu stability RSR – Rock Slope Rating, která byla pro potřeby kategorizace vytvořena pro podmínky České republiky v rámci programového projektu NEMETON 2013.

5.1 Základní popis metodiky RSR

Hodnocení stavu stability hodnotí náchylnost – potenciál skalního svahu ke skalnímu řícení. Nejde však o hodnocení rizika. Riziko je nutno brát jako míru ohrožení zdraví a majetku osob. Základní geotechnická kritéria jsou dokumentována na místě v rámci geotechnického průzkumu, geologického mapování a rekognoskace lokality skalního svahu. Hodnocení stavu stability je provedeno pro řešený morfologicky podobný celek. Metodika hodnocení stavu stability není použitelná pro řešení stavu hodnocení jednotlivých bloků a částí ve skalním svahu. Hodnocení stavu stability je uvedeno slovní stupnicí dle stavu stability viz. Tabulka 1.

RSR (hodnocení stavu stability)
Stabilní stav
Stav bdělosti
Stav podmíněčně labilní
Kriticky labilní stav
Havarijní stav

Tabulka 1: Hodnocení stavu stability skalních svahů dle RSR

5.2 Hodnocení míry rizika skalních svahů

K hodnocení stavu skalního svahu patří také vyhodnocení reálné míry rizika. Míra rizika souvisí se stavem stability, ale stav stability a stav rizika nelze slučovat. Příkladně kriticky nestabilní skalní svah u lesní cesty bude méně rizikový, než krajně nestabilní skalní svah u železničního koridoru. Míra rizika vyjadřuje potenciál ohrožení lidského zdraví, majetku v ohroženém prostoru a to formou rizikových faktorů. Hodnocení míry rizika bylo sestaveno na základě statistického hodnocení rizikových případů, hodnocení míry ohrožení a újmy na zdraví a majetku u všech typů staveb a skalních svahů řešených na území České republiky v rámci.

Předmětné řešené skalní svahy jsou popsány v systému NEMETON 2013, který na základě vyhodnocení provede specifikaci hodnocení míry rizika – reálného předpokladu resp. pravděpodobnosti inicializace skalního řícení s dopadem na ohrožený prostor.

Hodnocení míry rizika u řešených úseků stavby je provedeno na základě popsaných rizikových faktorů, které jsou specifické pro každý řešený sektor.

Na základě zadaných a zdokumentovaných rizikových faktorů je vyhodnocován celkový rizikový stav. Tento stav hodnotí reálnost ohrožení prostoru a možnou újmu na majetku a zdraví osob se specifikací přístupu pro snížení stavu rizika a zvýšení bezpečnosti, případně snížení pravděpodobnosti výskytu rizikového jevu.

Klasifikace rizika	Popis hodnoty rizika
Nepřijatelné riziko	Míra ohrožení a poškození ohroženého prostoru skalním řícením je vysoce pravděpodobná. Skalní řícení může být inicializováno mnoha faktory prakticky kdykoli. Může dojít k závažné újmě na zdraví osob a závažných hospodářských a materiálních škodách. Musí být přistoupeno k neodkladnému řešení stavu pro snížení míry rizika a to s ohledem na stav stability a typ ohroženého prostoru a možnosti zásahu.
Velmi vysoké riziko	Riziko skalního řícení je pravděpodobné na základě kombinace rizikových faktorů či v případě nenadálého zhoršení podmínek. Může dojít k významnému dotčení zdraví osob a k závažným hospodářským a materiálním škodám. Mělo by být přistoupeno k plánovitému a dlouhodobě neodkladnému řešení stavu pro snížení míry rizika a to s ohledem na stav stability a typ ohroženého prostoru a možnosti zásahu.

Střední riziko	Riziko skalního řízení je málo pravděpodobné na základě kombinace rizikových faktorů či v případě nenadálého zhoršení podmínek. Může dojít ke středně závažnému dotčení zdraví osob a k významným nikoli však závažným hospodářským a materiálním škodám. Mělo by být přistoupeno k plánovitému a dlouhodobě neodkladnému řešení stavu pro snížení míry rizika a to s ohledem na stav stability a typ ohroženého prostoru a možnosti zásahu či by měla probíhat pravidelná údržba skalního svahu a případně i stávajících zajišťovacích opatření.
Nízké riziko	Riziko skalního řízení je omezeně pravděpodobné to pouze v případě nenadálého zhoršení podmínek. Měla by probíhat pravidelná údržba skalního svahu a případně i stávajících zajišťovacích opatření či by měla být prováděna pravidelná revize stavu.

Tabulka 2: Klasifikace reálné míry rizika

5.3 Hodnocení sektorů Kozí hrádek

Hodnocení stavu skalních masivu dle členění sektorů stavby je podrobně uvedeno v příloze č. 1.

Sektor	Stav RSR	Míra rizika
SEVER	Stav podmíněčně labilní	Střední riziko
JIH	Stav podmíněčně labilní	Střední riziko
VÝCHOD	Stav podmíněčně labilní	Střední riziko
VĚŽ	Stav podmíněčně labilní	Velmi vysoké riziko

Tabulka 3: vyhodnocení stavu masivu dle RSR–RC oblasti Kozího hrádku

Z vyhodnocení stavu skalního masivu pro dokumentované sektory je zřejmé, že stav masivu nevyžaduje v současné době provedení specifického sanačního zásahu ve skalním masivu, jelikož u všech sektorů byl vyhodnocen stav podmíněčně labilní. Metodika RSR postihuje hodnocením skalní masiv jako celek, nemůže však vyhodnotit lokální problematická místa.

Z dokumentace místa je nutné uvést, že v sektoru SEVER, VÝCHOD a VĚŽ je možné dokumentovat solitérní blokové partie, které mohou být potenciálně rizikové a náchylné k uvolnění a pádu. Jedná o částečně uvolněné bloky velikosti do 0,15 m³, které však mohou v krátkodobém měřítku znamenat zvýšené a nepřijatelné riziko pro pohyb osob pod masivem předmětných sektorů.

6. Riziková dlouhodobá prognóza

U hodnocených sektorů SEVER, JIH a VÝCHOD byly dokumentovány rizikové partie, které možné efektivně řešit dlouhodobým přístupem v rámci pravidelné údržby stavu masivu a to formou lokální stabilizaci či řízením odstraňování rizikových bloků. U těchto sektorů se nepředpokládá nutnost realizace plošných či významných opatření pro zajištění stabilního a nízkorizikového stavu masivu. Pravidelný stav geotechnické revize s provedením lokálních nezbytných specializovaných zásahů zajistí z dlouhodobého hlediska efektivní a ekonomicky velmi přijatelný způsob zajištění bezpečnosti pohybu osob v dané lokalitě. U uvedených úseků tak není nutné nasazovat i z dlouhodobého hlediska plošné či výrazně systematické technické prvky zajištění či systém monitoringu stavu masivu.

U sektoru VĚŽ je však situace z dlouhodobého hlediska zcela odlišná. Proces degradace a pohyby bloků pod vlastním objektem věže Kozího hrádku bude mít významný vliv na statické působení konstrukce a vlastní stability bloků, zvláště ve vazbě na východní straně tohoto sektoru. Jsou patrné známky předchozích pokusů masiv stabilizovat vyzdívkou. Další rozvoj degradace a pohybu bloků s sebou přinese lokální uvolnění bloků a také narušení statiky obvodových zdí hrádku. Částečný rozvoj trhlin ve zdivu je již plně dokumentovatelný. V současné době však nelze odpovědně navrhnout trvalá opatření pro stabilizaci a snížení dopadů procesů zvětvávání a pohybu jednotlivých bloků masivu. Rozvoj poruch masivu povede v konečném důsledku

k závažnému nasušení stability bloků a horní zděné konstrukce věže a dojde tak ke znehodnocení kulturní stavebně historické památky. Tento proces může bez přijatých opatření představovat období cca 10 – 25 let. Obdobný osud postupné degradace a úplného poškození památky je možné dokumentovat na rozpadu masivu pod hradem Jestřebí na Českolipsku.

Proces chemického zvětrávání – vápence jsou horniny velmi náchylné na chemické zvětrávání dlouhodobým působením vody, a také procesy teplotních změn masivu mají za dlouhodobý vliv postupný rozpad a změny struktury masivu. Puklinový systém bloků se tak bude dále více rozvírat o souvisejícího uvolnění a řízení. Na této blokové struktuře je založen objekt Kozího hrádku a je tak přímo dlouhodobě ohrožen. V současné době však nejsou známy přímé a relevantní podklady a fakta pro optimální, odpovědný a trvale bezpečný návrh stabilizace.

7. Doporučený postup řešení stavu masivu

Na základě zhodnocení stavu masivu v prostoru bývalé dělostřelecké věže Kozí hrádek je doporučen postup pro zajištění bezpečnosti, stability a také kulturní hodnoty tohoto území pro volnočasové využití.

7.1 Dlouhodobý přístup údržby skalních masivů

Pro zajištění stavu skalního masivu u hodnocených sektorů oblasti Kozí hrádek není v tuto dobu nezbytná realizace speciálních technických ochranných opatření. Není ani předmětná dlouhodobá realizace plošných ochranných prvků jako jsou ploty či ocelové sítě. **V tomto řešení území je z dlouhodobého hlediska nejefektivnější provádět základní sanační údržbu v rozsahu pravidelné prořezávky náletové vegetace v ploše skalního masivu a v odstraňování zvětralých a odloučených částí masivu.**

V současné době se tak připouští přijatelná míra rizika v úrovni 5% s vymezeným pásmem hodnocení v rozsahu pravděpodobného vývoje 0,97 – 0,075. U této hladiny tak je tak přijatelné riziko opadu drobného množství do velikosti cca krabice od bot a málo pravděpodobný vývoj řízení blokových struktur nad 2,5 m³.

Aktivaci skalního řízení jakéhokoli rozsahu v sektorech SEVER, JIH, VÝCHOD, se dá v předmětné lokalitě efektivně předcházet pravidelným sanačním zásahem a pravidelnou geotechnickou revizí stavu skalního svahu. Realizace plošných technických ochranných opatření je ve vazbě na ochranu majetku a přírodního celku velmi neefektivní, i z hlediska krajinného rázu a ekonomického rozsahu. Navíc skalním řízením nejsou přímo ohroženy obytné části, ale turisticky využívané volné prostory u nichž nelze přímo stanovit odhadovaný dopad skalního řízení.

V přílohové části jsou specifikovány pozice bloků u kterých je vhodný lokální zásah základní sanační údržby očištění masivu s případným provedením lokální stabilizace bloku krátkými kotevními prvky pr. do 20 mm.

7.2 Vliv terénních úprav v rámci revitalizace návrší Kozího hrádku

V době zpracování tohoto posudku je předmětná oblast dotčena stavbou „Revitalizace“. Jedná se o systematické zásahy pro úpravu a zpřístupnění území pro veřejnost. Práce se týkají celého uvedeného prostoru vyjma vlastního objektu Kozího hrádku.

Z hlediska povahy řešení stavu skalního masivu se vyjadřují pouze k těm činnostem, které by mohly jakkoli ovlivnit z krátkodobého i dlouhodobého hlediska stav dokumentovaného skalního masivu.

V rámci této stavby se předpokládá dílčí odtěžení heterogenních navážek z prostoru sektoru JIH a VÝCHOD a dále realizace pochůzích chodníků z mechanicky zpevněného kameniva.

U sektoru JIH je možné provést odstranění hlinitých navážek a následné výsadby dle rozsahu daným projektovou dokumentací [6]. U sektoru VÝCHOD je z geotechnického hlediska možné významné odtěžení, avšak do určené linie dle přílohy č. 2. Zemními pracemi nesmí být významně obnaženy blokové struktury masivu pod objektem věže hrádku. Postup prací na odstranění hlinitých a kamenitých navážek u sektoru

VÝCHOD je vhodné koordinovat s geotechnikem a autorským dozorem za [6]. Tento postup však není včetně navazující výsadby problematický z hlediska dlouhodobého řešení stavu masivu v tomto sektoru.

Při realizaci povrchu chodníků z kameniva bude nutné nasadit hutnící techniku. Hutnící proces obecně způsobuje vibrace drobné seismické účinky v blízkosti realizace prací. V předmětné lokalitě může mít nasazení příliš výkonné hutnící techniky nežádoucí vliv, zejména na sektor VĚŽ. Prostoru dokumentovaných sektorů tak **doporučujeme hutnění povrchu technikou do maximální hmotnosti 250 kg**, kdy takové stroje budou vyvolávat vhodné hutnící účinky na MZK, ale nezpůsobí nežádoucí působení na masiv. Nasazení hutnící techniky do 250 kg by tak mělo mít jen minimální vliv na stav masivu a vlastního objektu Kozího hrádku.

Z hlediska nové výsadby a ponechání stromů dle [6] je nutné doporučit omezení výsadby a údržby vzrostlých stromů. Doporučení omezení se týká pouze sektoru VĚŽ a jeho bezprostřední blízkosti. Stávající vegetace je vázána na puklinový systém a dochází tak k nežádoucímu zatěžování masivu jak působením růstu vegetace, a tak i mechanickým namáháním vlivem působení větru. V sektoru VĚŽ tak doporučujeme stávající vegetaci zcela odstranit a novou nevysazovat. Případně novou výsadbu posunout a orientovat dále od sektoru VĚŽ k sektoru VÝCHOD. Bude ale spíše vhodnější koordinace prací AD stavby a geotechnika pro doporučení vhodné pozice nové výsadby, aby došlo k minimalizaci vlivu na stabilitu masivu sektoru VĚŽ.

7.3 Sektor VĚŽ

U sektoru VĚŽ jsou dokumentovány strukturní změny masivu. Pro návrh specifických, dlouhodobě účinných a místně vhodných způsobů stabilizace masivu a objektu Kozího hrádku je nutné mít podrobné informace o chování bloků masivu a také horní stavby hrádku.

Pro dokumentaci pohybů bloků v závislosti na teplotě a případně i vlhkosti je doporučena instalace dlouhodobého monitoringu a následným vyhodnocením a návrhem optimálních postupů stabilizace.

Dlouhodobým monitoringem se míní soustavné a nepřerušované měření změny polohy a šířky puklin a dalších parametrů po dobu min. 14 – 18 měsíců. Klíčovým výstupem takového monitoringu je popsání závislosti pohybu bloků dle teploty a dalších faktorů a hlavně stanovení křivky pružné a nevratné deformace. Pružná deformace má vliv například na charakter a rozsahu vyzdívek, ale také i na kotevní prvky stabilizace bloků. Dlouhodobý monitoring obvykle i vyšetří vektory pohybu bloků. Tento typ monitoringu je v dnešní době možné plně automatizovat, bez nutnosti četné přítomnosti specialisté v místě. Je také možné průběžně již sledovat stav a vývoj deformací masivu přes specifické webové rozhraní.

Pro realizaci dlouhodobého monitoringu je nutné zpracovat podrobný projekt monitoringu včetně podrobného zmapování a zákresu blokových struktur a puklinového systému masivu, aby bylo možné optimalizovat návrh metodiky a prvků monitoringu, účel a přesnost. Teprve projekt monitoringu může definovat předpoklady a cenu prací tohoto typu dlouhodobého sledování stavu masivu. Rámcově se dle může jednat o částky cca 500 tis. Kč až 1,6 mil. Kč, kdy vlastní cena stabilizace může být rámcově 1,5 – 6 mil Kč. Jedná se však obecně odhadované ceny dle srovnání s podobnými případy řešení, zvláště v památkově či historicky exponovaných lokalitách.

Součástí vyhodnocení dlouhodobého monitoringu může být návrh a projekční řešení stabilizace masivu a také pravidelná geotechnická revize stavu skalního masivu dle bodu 7.1.

7.4 Vhodné stabilizační postupy sektoru VĚŽ

U popsáných blokových struktur a navazující věže objektu Kozího hrádku se mohou nasadit prvky lokální blokové stabilizace specifickými kotevními prvky, výplně puklin a stabilizační kamenné vyzdívky bloků pro zajištění jejich pohybu a destabilizace, dále je také nutné řešit ochranu proti vlivu chemického zvětrávání a další specifické postupy speciální sanace skal dle charakteru území a blokového masivu.

Uvedené metody nejsou běžně realizované stavebními postupy, ale vyžadují specializovaný, odborně způsobilý přístup. Zvláště u objektů s vysokou kulturně historickou hodnotou.

7.5 Omezení využitelnosti objektu Kozího hrádku

Na základě provedeného hodnocení stavu masivu v prostoru bývalé dělostřelecké věže Kozí hrádek není nutné přijímat opatření pro omezení pohybu veřejnosti v této lokalitě a ani není nutné měnit stávající návštěvní režim objektu Kozího hrádku.

Předpokládá se, že drobná omezení budou nutná v době zpracování projektu monitoringu a instalace monitoringu, avšak nebude se jednat o významné či dlouhodobé omezení.

Charakter stávajícího využití objektu a lokality Kozího hrádku jako takové, nemá narušující vliv na skalní masiv a statiku objektu. Proto nejsou jakákoli opatření v současném výhledu relevantní a potřebná.

8. Závěrečné zhodnocení

Dokumentací a vyhodnocením stavu skalního masivu v prostoru bývalé dělostřelecké věže Kozí hrádek v Mikulově byly popsány čtyři hlavní sektory u kterých byl dokumentován vyhovující **podmínečně labilní stav**. Jedná se o stav, který nevyvolává nutnost bezprostředního zásahu ve skalním masivu a nevyvolává potřebu přijímání nutných bezpečnostních opatření či souvisejících investičních nároků.

Z hlediska rizikovosti vývoje bylo v předmětné oblasti vyhodnocena reálná míra **středního rizika**. Pouze u sektoru VĚŽ bylo vyhodnoceno velmi vysoké riziko, tento stav ale souvisí s mírou narušení masivu a vazbou na možné škody na navazujícím objektu věže Kozího hrádku.

V řešeném území není nutné realizovat technické prvky stabilizace masivu. Pro zajištění stavu a bezpečnosti je přistoupení v provádění pravidelné dlouhodobé údržby v rozsahu pravidelné geotechnické revize stavu s případným prováděním nezbytného zásahu do narušující náletové vegetace a v zásahu v očištění náletové vegetace. Jedná se o náletovou vegetaci, která působí rušivě v hlavních puklinových partiích masivu. Nejedná se o vegetaci bylinného a křovinného pásma. Tento proces pravidelné údržby je doporučeno provádět v četnosti min. 1x za dva roky v rozsahu geotechnické revize masivu a v předpokládaném rozsahu 1x za cca 5 let v rozsahu nezbytného zásahu ve skalním masivu. Obdobný postup se již od roku 2014 využívá u řešení stavu masivu Olivetské hory nad ulicí Novokopečnou.

Proces degradace a strukturních změn masivu však z dlouhodobého hlediska přímo ohrožuje stabilitu bradlového celku pod objektem Kozího hrádku, jakož i jeho statiku a celistvost. Je doporučen postup zpracování podrobného projektu dlouhodobého monitoringu masivu a objektu Kozího hrádku, provádění a vyhodnocení monitoringu po dobu min. 16 měsíců v závislosti na měření teploty a vlhkosti. Na základě vyhodnocení dlouhodobého monitoringu návazně provést optimalizovaný specifický stabilizační a záchranný zásah v masivu a spodní části zdiva objektu Kozího hrádku.

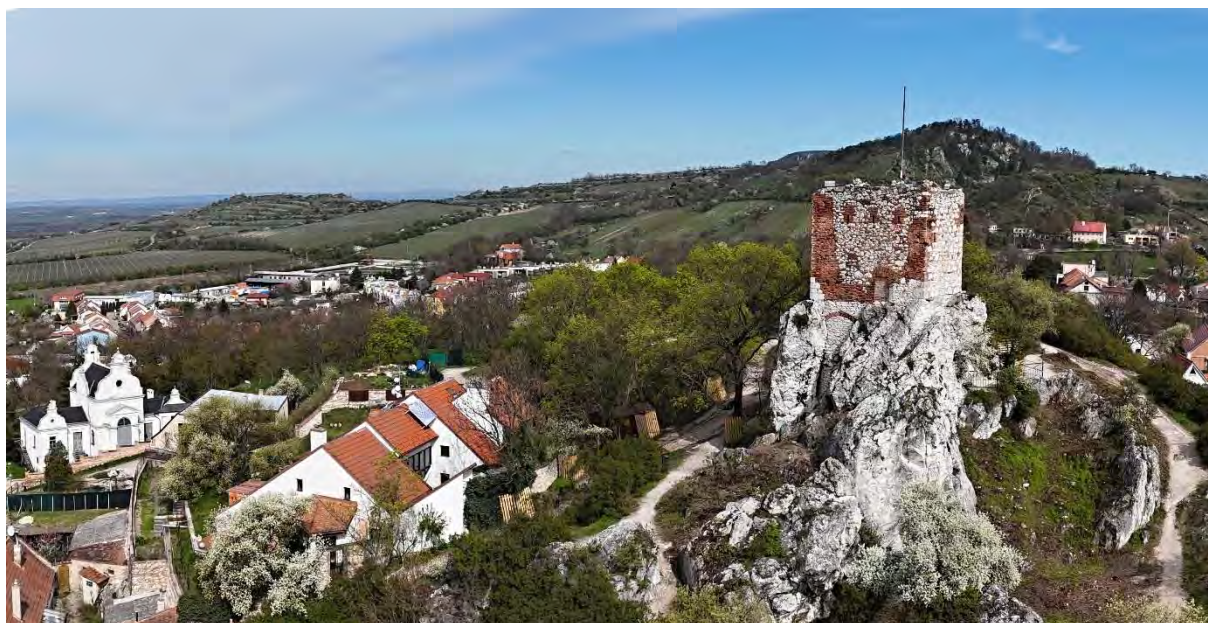
Posudek také řešení doporučení pro návazný provoz a revitalizaci území s jen drobnými technologickými doporučeními a **bez definice omezení provozu a využití předmětného území** z povahy stavu skalního masivu a rizikovosti řešeného území, za podmínky dlouhodobé údržby a geotechnické revize stavu masivu.

Příloha 1 – Vyhodnocení stavu masivu systémem NEMETON 2013

Příloha 2 – Fotodokumentace



Obrázek 7: celkový pohled na oblast Kozího hrádku s pozadím historického centra města Mikulov a zámku Mikulov



Obrázek 8: pohled na Kozí hrádek směrem na Pálavské vrchy

SEKTOR SEVER



Obrázek 9: celkový pohled na sektor SEVER, na snímku zachyceny i vzrostlé stromy v patě masivu pod Kozím hrádkem



Obrázek 10: pohled na založení objektu věže na skalní masivu



Obrázek 11: detail horní lokace masivu sektoru SEVER s výraznými poruchami masivu a pohled na celkovou stavbu horní rizikové partie masivu



Obrázek 12: detailní pohled na rizikové partie sektoru SEVER, vyznačená riziková oblast s pozicí částečně oddělených od masivu a s potenciálem uvolnění a řízení, vyznačená oblast je v převisu masivu



Obrázek 13: pohled na převíslé části masivu s výrazným rozevřením puklinového systému masivu 5 – 75 mm



Obrázek 14: detail poruchové horní partie masivu s otevřeným systémem masivu



Obrázek 15: pohled na stěnu masivu sektoru SEVER, chráněný vstup do podzemí objektu, vstup se nachází v narušeném masivu s rozevřeným systémem puklin, který umožňuje infiltraci srážkové vody do nitra masivu



Obrázek 16: pohled na spodní partie masivu sektoru SEVER s projevy krasové činnosti (za dřevěným posezením) a odvětrávání masivu podél ploch odlučnosti

SEKTOR JIH



Obrázek 17: celkový pohled na sektor JIH a velmi proměnnou stavbu tohoto sektoru



Obrázek 18: pohled na střední partii sektoru s mocnými hlinito kamenitými pokrývky a stávající nezpevněným povrchem stezky



Obrázek 19: pohled na hlavní parte sektoru JIH, vlevo masiv s výplní původní vyzdívky masivu, na pravé straně možné vidět masivní břit oddělující sektory JIH a VÝCHOD. Mezi bloky je zastíženo souvrství hlinito kamenitých navážek



Obrázek 20: celkový pohled na centrální partie sektoru JIH s hlinito kamenitými navážkami, kde se předpokládá revitalizace odstraněním a nahrazením vhodné zeminy a náhradní výsadbou



Obrázek 21: detail levé horní partie sektoru s vazbou na vyzdívku masivu s patrným rozvíráním průběžné spáry díky strukturním změnám masivu



Obrázek 22: pravostranná část jižní stěny věže založené na masivu, možné sledovat i mírně rozvinutý puklinový systém, na pravé straně strukturně oddělený blok sektoru VÝCHOD



Obrázek 23: celkový pohled na vyzdívku masivu jižní stěny objektu Kozího hrádku, je možné sledovat strukturní systém diskontinuit masivu



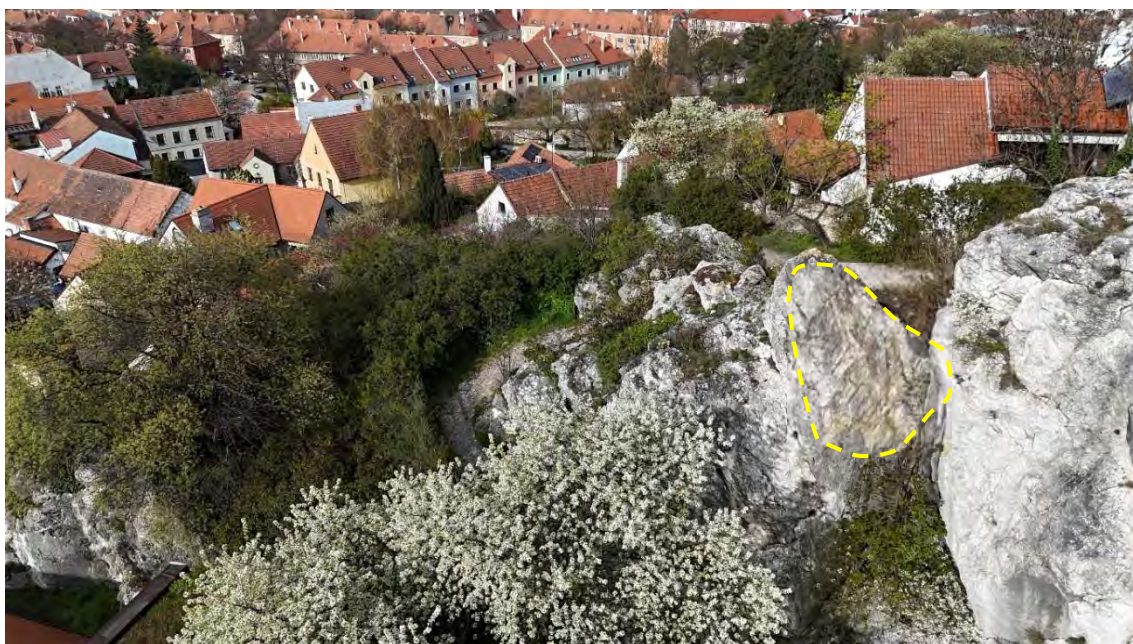
Obrázek 24: pohled na vyzdívku hlavní strukturní poruchy masivu, vyzdívkou vyplněná porucha je průběžná k severní straně – ke vstupu do objektu



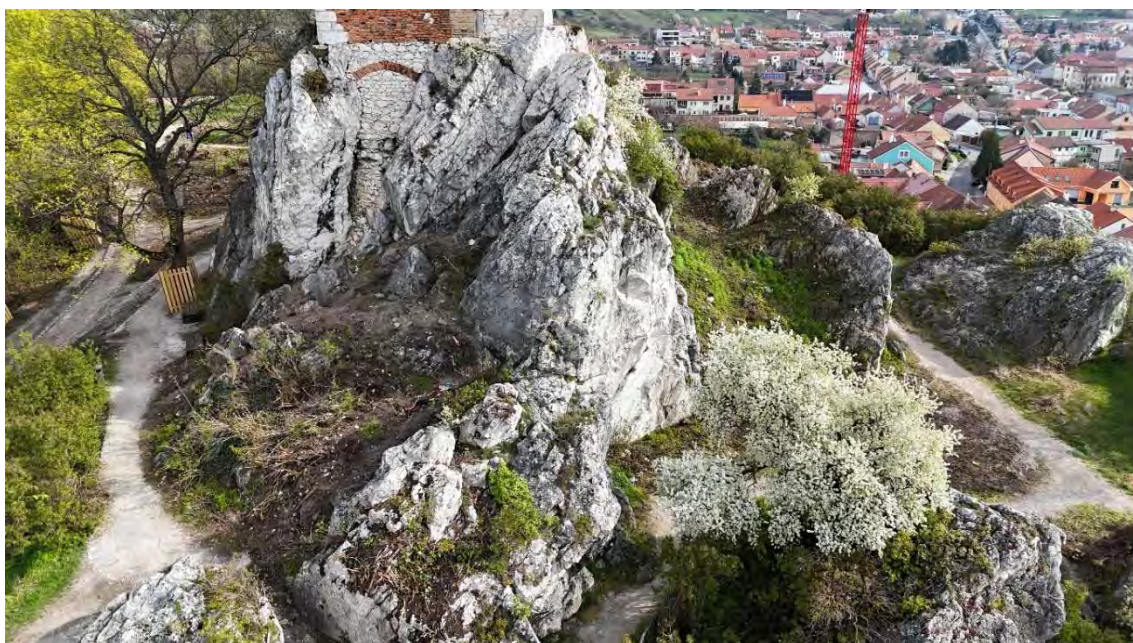
Obrázek 25: příklad narušených partií masivu v sektoru JIH ve výšce cca 2,7 m nad stezkou procházející po okraji sektoru, potenciálně rizikové místo



Obrázek 26: detail paty masivu s rozevřeným puklinovým systémem, který částečně sleduje i plochy sedimentace

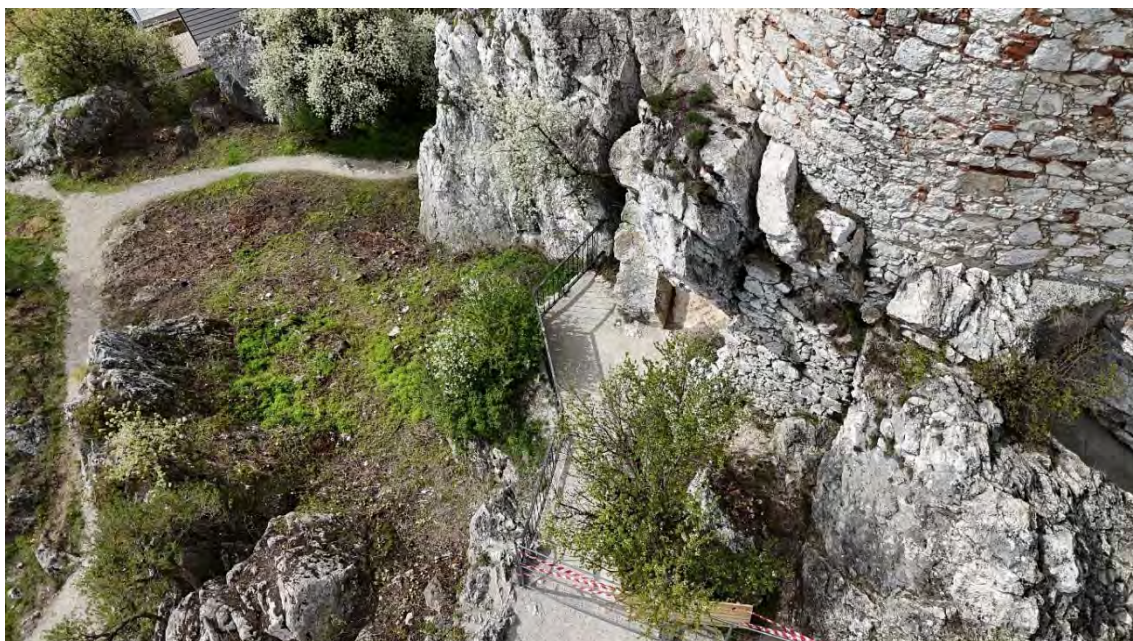


Obrázek 27: pohled na jižní partie sektoru JIH se zvýrazněnou pozicí, ze které došlo k minulému masivnímu řízení bloku, vyznačena odlučná oblast



Obrázek 28: pohled na sektory JIH a VÝCHOD s výrazným oddělujícím blokem masivu tvaru bříty jihovýchodního rohu věže, fotky je zřejmá složitá struktura ploch odlučnosti masivu

SEKTOR VÝCHOD



Obrázek 29: pohled na hlavní pasáž sektoru VÝCHOD, který je vymezen zábradlím od sektoru VĚŽ



Obrázek 30: největší masivní blok bradlové soustavy Kozího hrádku, tvoří bříť mezi sektory JIH a VÝCHOD, od ostatních bloků a sektorů je oddělen výraznou poruchou šířky 15 – 105 cm



Obrázek 31: detail oddělující pukliny masivu, na kterém stojí věž a bloku břitu, je zřejmé i sekundární zvětrání masivu a systém poruch všesměrným uspořádáním



Obrázek 32: pohled na krajní partii sektoru VÝCHOD s pokryvem z hlinito kamenitých navážek, tyto navážky tvoří mocné podloží křovinatého porostu



Obrázek 33: pohled na nejvýznamnější partie sektoru VÝCHOD a navazující pochůzí stezky, které budou revitalizovány, na snímku je velmi výrazně zřetelná porucha přímo pod objektem věže Kozího hrádku šířky cca 25 cm



Obrázek 34: stávající hlinitokamenité navážky v sektoru VÝCHOD, vyznačená linie vymezuje určený rozsah zemní prací na odtěžení navážek, pod tuto linie již není doporučeno odtěžovat bez souhlasu geotechnika a zhodnocení skutečných podmínek

SEKTOR VĚŽ



Obrázek 35: jihovýchodní pohled na dokumentovanou oblast a zvláště sektor VĚŽ



Obrázek 36: východní strana sektoru VĚŽ s nejvíce narušeným masivem, kde jsou dokumentovány největší strukturní změny



Obrázek 37: detail zdiva východní stěny objektu věže s vyznačenou linií trhliny zdiva, která je vázána na níže položené strukturní poruchy masivu a rozvírání puklinového systému



Obrázek 38: pohled na hlavní poruchu struktury bradlového masivu pod objektem věže, linií je vyznačeno rozdělení sektoru VÝCHOD a VĚŽ,



Obrázek 39: horní partie masivu v sektoru VĚŽ, který tvoří základové podloží pro obvodové nosné zdivo bývalé dělostřelecké věže, je možné sledovat velmi proměnný charakter bloků a jejich vzájemnou pozici a také předchozí postupy při stabilizaci masivu vyzdívkami.



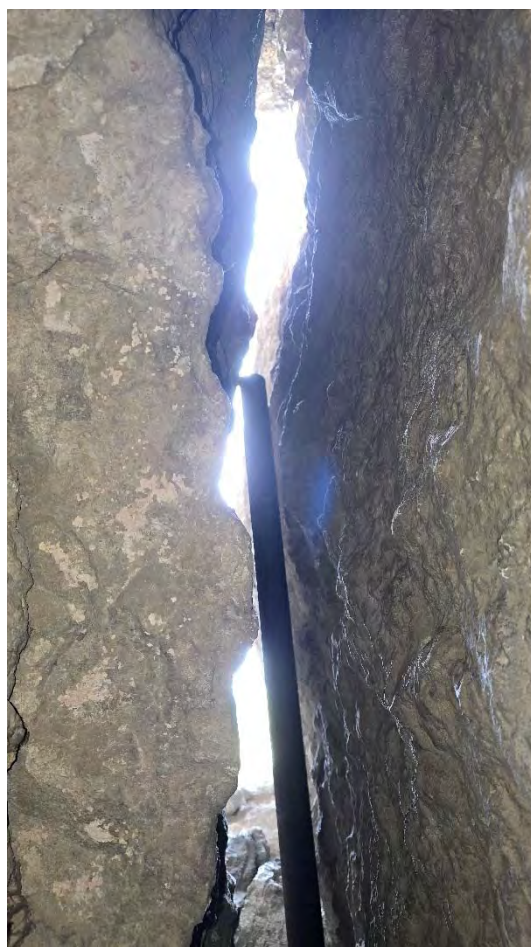
Obrázek 40: detailní pohled hlavní poruchové partie východní části masivu sektoru VĚŽ, s výrazně narušující náletovou vegetací a celkově strukturně narušenými bloky, vpravo zbytky předchozích postupů stabilizace vyzdívkami, některé pukliny jsou již takřka na hranici průleznosti (pouze pro velmi zdatné speleology či děti)



Obrázek 41: spodní partie blokové struktury východní stěny sektoru VĚŽ, zbytky silně narušeného zdiva v centrální části snímku s navazující vyzdívkou, která je patrná na vzrostlou vegetaci, napravo od středu snímku



Obrázek 42: vnitřní část masivu pod objektem věže, pohled na severní vnitřní stěnu, jedná se o odlučnou oblast předchozího staršího uvolnění bloku, na snímku je zřejmá přímé základová linie obvodového zdiva věže



Obrázek 43: porucha na východní straně objektu, nejvýraznější porucha masivu, nyní oddělení na úrovni cca 15 – 30 cm, před 30 lety do 5 mm!



Obrázek 44: detail starší stabilizační vyzdívky masivu, východní stěna



Obrázek 45: pohled na vnitřní strukturu masivu, vyznačena puklina, která před 30 lety byla do 5 mm, strukturní dlouhodobý pohyb bloků masivu je již hraniční, puklina vyznačena



Obrázek 46: pohled na puklinu, která odděluje sektory
VÝCHOD a VĚŽ, šířka lokálně i přes 25 cm



Obrázek 47: celkový pohled na stav spodní části východní stěny masivu sektoru VĚŽ se staršími vyzdívkami mezi bloky, bloky jsou stále v pomalém pohybu



Obrázek 48: horní pohled na objekt věže Kozího hrádku s vyznačenou zónou nestabilních partií masivu a narušené obvodové zdi



Obrázek 49: detail stavu zdiva východní stěny věže ve vazbě na skalní masiv a jeho poruchy, u zdiva jsou zřetelné stopy po přechozích opravách zdiva po jeho narušení vlivem pohybem bloků a zvětrání masivu



Obrázek 50: ze stavebně technického hlediska se jedná o nehomogenní smíšené zdivo, které je náchylné na změny a smykové poruchy vlivem poruch únosnosti v základové spáře, část zdiva je narušována vegetací