

1. Objekt SO.06 Sanácia hradného brala

Po metodickej stránke, ťažisko práce spočíva v hodnotení skalného podložia tak in situ, ako i na základe štúdia a vyhodnotenia snímok „mračna bodov“ získaných z laserového skenovania skalného brala, ktoré tvorí bezprostredné skalné podložie objektu severnej časti hradného jadra, ktoré sú predmetom riešenia tejto etapy prác a to: SO.01 – Románsky palác, SO.05 (úpravy plôch nádvorí) a SO.02 (západné paláce s kaplnkou). Pri terénnom prieskume, ako aj pri vyhodnotení laserových snímok sme sa zamerali na opis a zisťovanie kvantitatívnych parametrov štruktúrnych prvkov podmieňujúcich stabilitu skalného brala, charakter a priestorový rozsah širokootvorených a gravitačne i krasovo rozšírených puklín, ako aj na kaverny v murive, najmä tie, ktoré sú na kontakte so skalným podložíom. Všetky študované aspekty mali cieľ zistiť rozsah a typ sanačných prác, ktoré bude potrebné realizovať s cieľom zabezpečenia stability predovšetkým hradného brala, avšak tým aj stabilitu objektov hradu riešených v tejto etape.

2. Hodnotenie horninového masívu hradného brala v podloží Románskeho paláca

Z hľadiska morfológického, geologického a inžinierskogeologického patrí tento úsek medzi najexponovanejšie a najohrozenejšie v rámci celého hradného komplexu. Vysoké skalné steny dosahujúce miestami výšku až 22 m lemuju v rozsahu asi 90 m podložie Románskeho paláca, vrátane východných vonkajších hradobných múrov. Na západnej strane skalného brala na styku s objektom SO.05 je výrazné geo-štruktúrne rozhranie tvorené výraznou tektonickou zlomovou líniou (230/60), na ktorej vznikli jaskynné systémy a početné previsy. Tieto staticky oslabené časti skalnej steny boli hrubo a necitlivo zabetónované, vchod do jaskyne je vyzmáhaný, opäť hrubým betónovým múrom. Týmito zásahmi sa sčasti zmenila pôvodná konfigurácia skalného travertínového bloku, čo je v rozpore s najzákladnejšími postupmi sanácie prírodného masívu, obzvlášť, ak je súčasťou svetového dedičstva UNESCO. V celom úseku je viacero výrazných diskontinuít, ktoré staticky oslabujú podložie Románskeho paláca. Ich priebeh je orientovaný smerom do travertínovej kopy, v ojedinelých prípadoch prechádzajú celým masívom hradnej skaly, ako napr. diskontinuita s orientáciou 204/80, pozdĺž ktorej vznikli krasové priestory, ale aj 30-60 cm široké drvené pásma.

V ďalšej časti má skalná stena oblúkovitý tvar a tvorí podzákladie S časti Románskeho paláca. Táto časť je porušená výraznou trhlinou smeru 160/85, podľa ktorej sa oddelil menší blok tvoriaci vežičkovitý útvar. Po celej výške je skalná stena tvorená lavicami relatívne zdravých travertínov, tvoriacich polohy s hrúbkou 1,5-2 m. Tieto polohy sa striedajú s drobnovrstevnými travertínmi s vysokou pórovitosťou. Skalná stena je výraznou mierou porušená diskontinuitami, v ktorých prevládajú systémy 280/80. Tieto diskontinuity sú však relatívne uzavreté a nie sú priebežné po celej výške skalnej steny.

V predpolí pred hradnou skalnou stenou sa nachádzajú výrazné travertínové bloky vežičkovitého tvaru, ktoré sú od materského masívu odseparované systémom širokých, tektonicky podmienených diskontinuít. Pozdĺž nich došlo k odseparovaniu mohutných travertínových blokov a k ich podkĺznutiu po svahu. Bloky dosahujú výšku 35-38 m. Ich pôdorysné rozmery sú približne 8 x 6 m. Sú tvorené porušeným travertínom s vrstevnatou, resp. fluidálnou textúrou. Systém trhlín je nepravidelný, odlučnosť polyedrická. Najviac sú porušené horné časti skalných ihiel. Vzhľadom na fyzický stav skalných blokov nie je možné aplikovať invazívne techniky na báze vŕtania (kotvenie, príp. klincovanie), pretože by mohlo prísť k ich úplnej deštrukcii, čo by narušilo jednu z dominánt hradu, resp. hradného komplexu. Z estetického hľadiska, u najvyššej skalnej ihly, prichádza do úvahy využitie klincovanej sieťoviny (výkres č.2). Ostatné skalné bloky odporúčame ponechať v súčasnom stave. Navrhujeme však ich monitoring s trhlinomerom s kontinuálnym zberom dát, aby bol prehľad o ich dynamike.

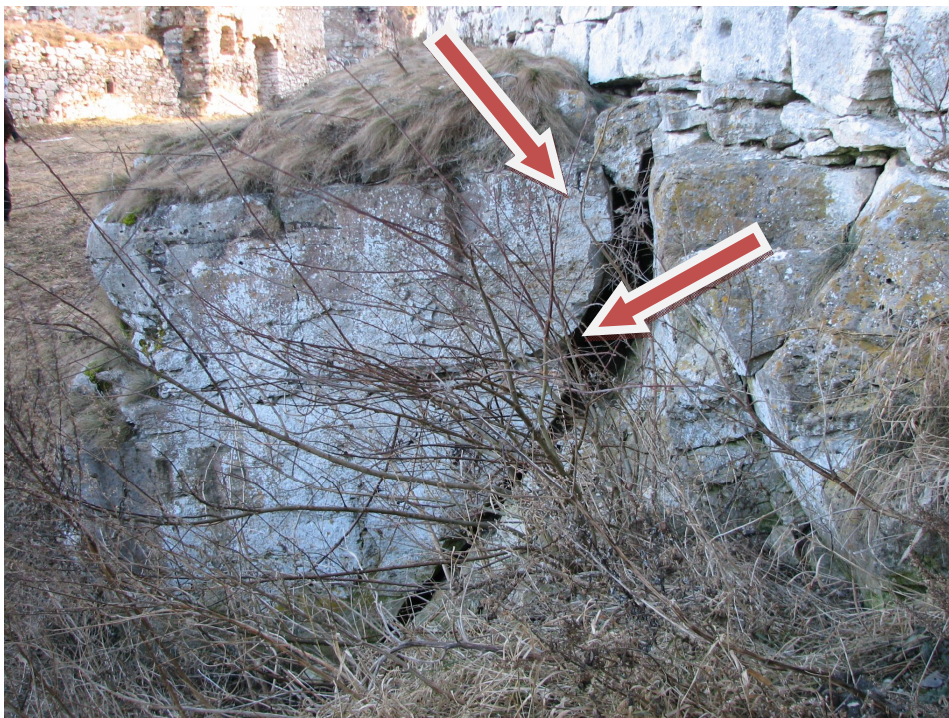


Obr. 1 Vysoké skalné steny dosahujúce miestami výšku až 22 m lemujúce podložie Románskeho paláca Sú súčasťou hradného brala, preto ich odporúčame zachovať v pôvodnom stave. Z hľadiska dlhodobej stability je potrebné ich monitorovať meradlom s kontinuálnym zberom dát.



Obr. 2 Vysoké skalné ihly v predpolí Románskeho paláca tvoria morfológickú dominantu hradu. Sú porušené výrazným systémom diskontinuit, i keď nevykazujú v súčasnosti výraznú mobilitu, bude potrebný ich monitoring. Z hľadiska ich stability navrhujeme ponechať v prirodzenom stave

Pri východnej stene Románskeho paláca v areáli horného hradu sa nachádza skalný blok, ktorý bol pôvodne súčasťou základov, v súčasnosti je odseparovaný, sčasti odklonený. Medzi pôvodnou materskou horninou a obvodovými múrmi paláca je téměř 20 cm široká trhlinka, ktorú odporúčame vyplniť blokmi kameňa s cementovou zálievkou (obr.3, výkres č.4).



Obr.3 Odseparovaný blok na východnej strane Románskeho paláca

2.1 Návrh sanačných opatrení

Celé **hradné jadro s Románskym palácom** je postavené na relatívne málo porušenej blokovej rozpadline. Významnejšie poklesy okrajových blokov nastávajú až pozdĺž tektonickej línie SZ-JV smeru, na ktorú je naviazaná skalná stena oddeľujúca hradné jadro od Románskeho nádvorja, ako aj v predpolí Románskeho paláca zo SZ a S strany.

Najsevernejšia časť Románskeho paláca je založená na tektonicky rozdrvenom travertínovom brale, ktoré je podťaté planárnou líniou smeru 340/45, na ktorej vznikol previs s výškou asi 3 m.

Románsky palác predstavuje z hľadiska inžinierskogeologického a statického najťažiskovejšiu oblasť. Napriek tomu, že v minulosti sa na viacerých miestach realizovali geotechnické stabilizačné práce (orientačné údaje podľa návrhu spočívali v sanácii 4 m svorníkovými kotvami v počte asi 70 ks), ktoré boli aplikované relatívne celoplošne, nie je známe ich predpätie ani typ zálievky. Realizácia a estetická stránka týchto prác však zanechala stopy na hradnej skale v podobe zátekov oxidov železa a neestetického vizuálneho vnemu (viditeľné oceľové podložky, v niektorých miestach i hlavy kotiev), ba na jednom mieste zostali prichytené (zabetónované) v skalnom masíve aj lešenárske trubky (výkres č.2). Napriek tomu, že z dnešného pohľadu je tento stav najmä z estetického hľadiska neuspokojivý, z hľadiska stabilizácie podložia hradnej skaly, ho môžeme považovať za dostatočný. Tento aspekt sme premietli aj do návrhu nášho projektu sanácie. Vychádzajúc z našich poznaní, ako aj na základe už vykonaných prác zameraných na sanáciu hradnej skaly navrhujeme podložie hradného brala sanovať týmito opatreniami:

- očistenie od zvetralín a náletovej zelene v celom rozsahu
- hĺbkové škárovanie po celej výške (podľa výkresu č.1 a 2).

Z observačných opatrení navrhujeme monitoring pohybov vybraných skalných blokov.

3. Skalná stena pod západnými palácmi (SO.02)

Skalná stena je tvorená z travertínového telesa, jej výška je asi 8 m, dĺžka asi 58 m.

Skalnú stenu tvoria zväčša masívne travertíny s výraznou vrstevnatosťou smeru sklonu 68/12. Travertíny sú na trhlínach intenzívne skrasovatené, miestami rozpadavé, charakteru brekcií.

V skalnom defilé sú viditeľné viaceré systémy diskontinuity. Najvýraznejšie sa prejavuje diagonálna diskontinuita so smerom sklonu 192/80-84. Diskontinuita má nerovný priebeh s meniacim sa smerom sklonu od 12 do 192°. Je otvorená, šírky 2-10 cm, veľmi podobnú orientáciu (166/74) má ďalšia otvorená trhlinka, šírky max. 10 cm, má rovnako nerovný priebeh, je skrasovatená, miestami vyplnená hlinito-piesčitým materiálom, prebieha po výške celej steny až po základovú škáru obvodového múra západných palácov hradného jadra.

Okrem nej sú tu výrazné ďalšie systémy, najmä však ten, ktorý korešponduje s orientáciou skalnej steny (smer sklonu 264/64).

Z hľadiska stability tejto časti skalnej steny sú veľmi nebezpečné línie so smerom sklonu 220/74 a smerom sklonu 260/65. Pozdĺž týchto trhlín v kombinácii s vrstevnatosťou dochádza k vy padávaniu čiastkových blokov travertínov a k tvorbe previsov. Skalná stena, smerom na sever má monolitologický charakter, orientácia diskontinuit sa opakuje i charakter porušenia je identický. V poslednej štvrtine úseku je výrazne vyvinutá diskontinuita s orientáciou 186/85, ktorá má výrazne nerovný povrch, je otvorená a pretína celý masív travertínov a končí v podzákladi objektov západných palácov. V tejto časti hradného brala je v travertínovej stene vytesaná pivnička, zrejme na bývalej otvorenej diskontinuite, resp. kaverne. Na jej stenách a strope je výrazne vyvinutý priebeh jednotlivých diskontinuit. Pred vchodom je nebezpečný previs tvorený z horizontálne uložených travertínov, sčasti podmúraný. Podmurovanie je orientované v smere na relikť múra niektorého z pôvodných hradných objektov.

V závere tohto skalného defilé, pred jeho napojením na objekt podkovovitej veže sa nachádza výrazný samostatný blok travertínov, ktorý je od skalnej steny oddelený roztvorenými trhlínami (270/85) a (216/72). Orientácia oboch diskontinuit vytvára predpoklady pre skalné zrútenie typu „wedge failure“ – klinový typ porušenia (obr.8). Obe diagonálne línie pretína línia so smerom sklonu 188/85. Kritická situácia je na diskontinuite 216/72, ktorá je otvorená so šírkou 20 cm a prebieha po celej stene až do hradného múru. Pozdĺž nej a pozdĺž diskontinuity 270/85, v kombinácii s vrstevnatosťou sa vytvárajú previsy a hrozí tiež zrútenie celého úseku a porušenie muriva západných palácov.

3.1 Návrh sanačných opatrení

Sanácia skalnej steny bola vykonaná len v jej jednej časti (celkom na juhu vyplombovaním priečnej trhlíny 92/78. Celkový pohľad na skalné defilé s vyznačením sanačných opatrení je vo výkrese č.3, ako aj na obr. 4 až 9.

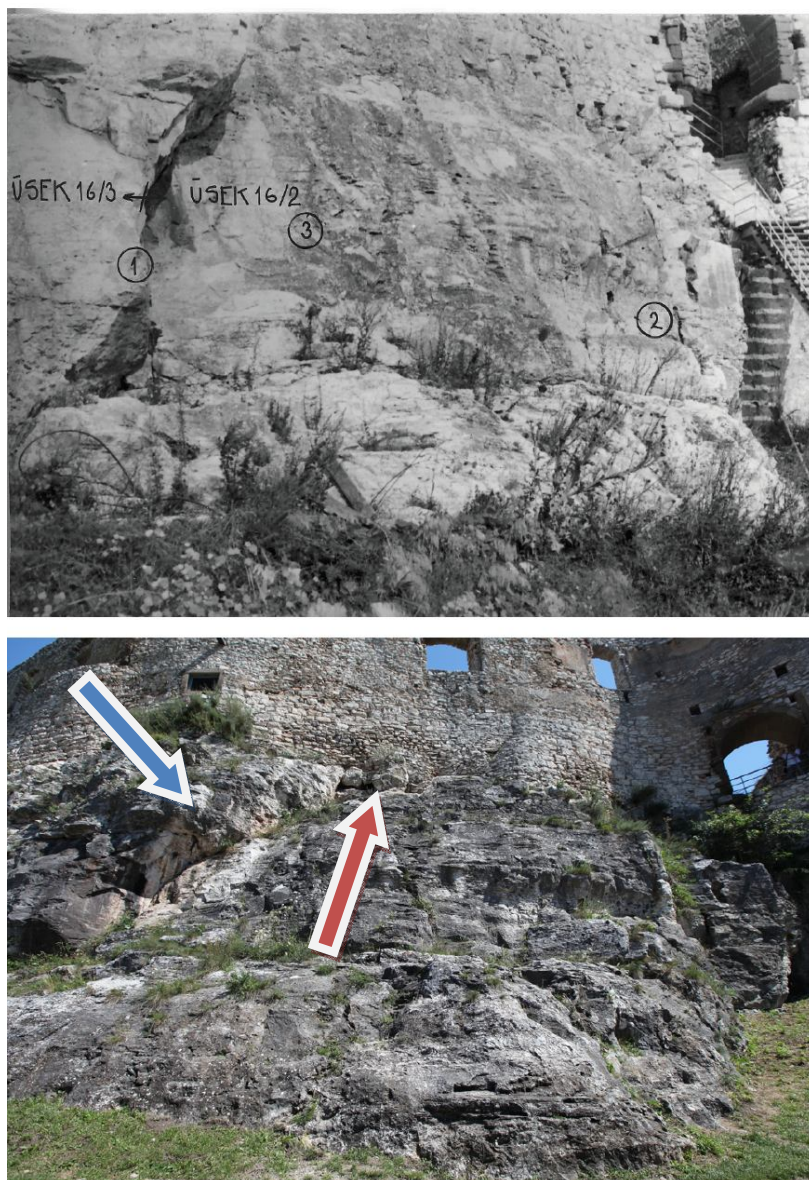
V celom úseku sa nachádza niekoľko skalných previsov, ktoré by bolo účelné využitím lokálneho materiálu podmurovať. Otvorené ťahové trhlíny odporúčame vyškárovať, pretože ich dosah na základy je výrazný.

Na menej stabilné časti skalného masívu s prevahou previsov. resp. v miestach s výskytom plôch podmieňujúcich planárny typ porušenia ako ztužujúci prvok je potrebné realizovať kotviace práce s využitím krátkych svorníkových kotiev. V rozsahu celej skalnej steny však je nevyhnutné odstrániť náletovú vegetáciu, očistenie skalnej steny od zvetralín, spod základov postupne povyberať uvoľnené skalné bloky a spevniť ich opätovným vložením a domurovaním, príp. v rozšírených puklinách základ preklenúť klenákovým oblúkom.

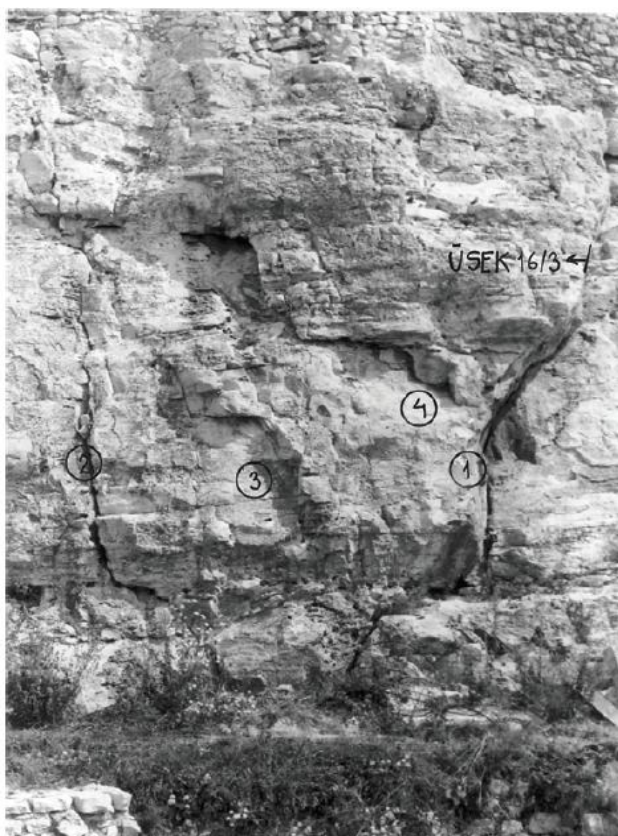
Osobitnú pozornosť treba venovať časti oválneho tvaru múra, ktorá je založená na silne zvetraných travertínoch porušených otvorenými paralelnými trhlinami systému 270/85. Tieto ťahové trhliny nie je možné kotviť kotvami nasmerovanými kolmo. Z toho dôvodu treba pristúpiť k orientácii kotiev 50° (SV). Celkový počet kotiev asi 10-15 ks.

Návrh sanačných opatrení je graficky vyjadrený vo výkrese č.3.

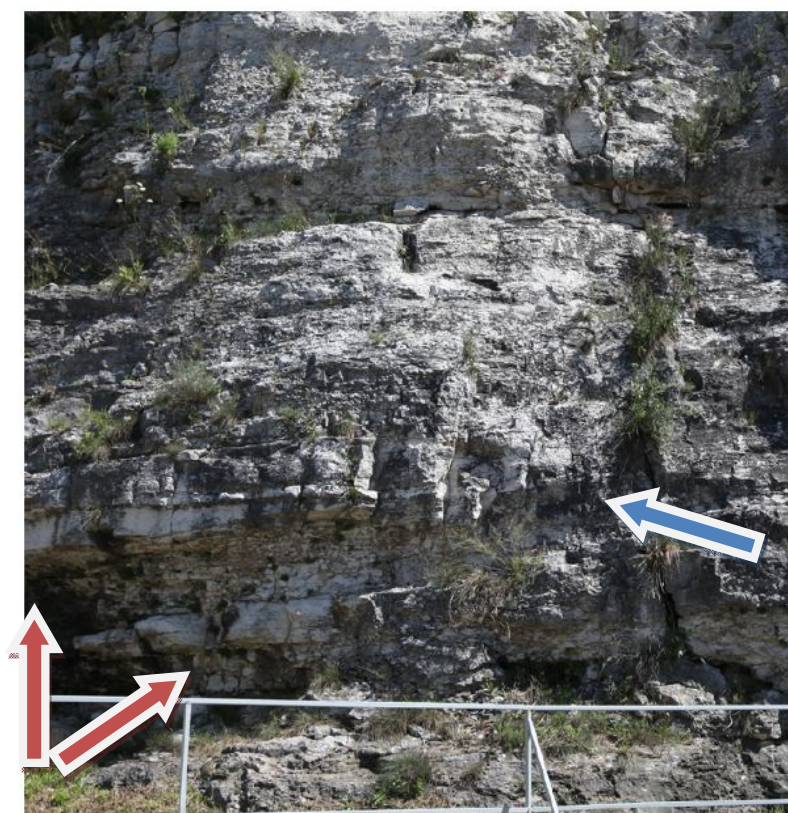
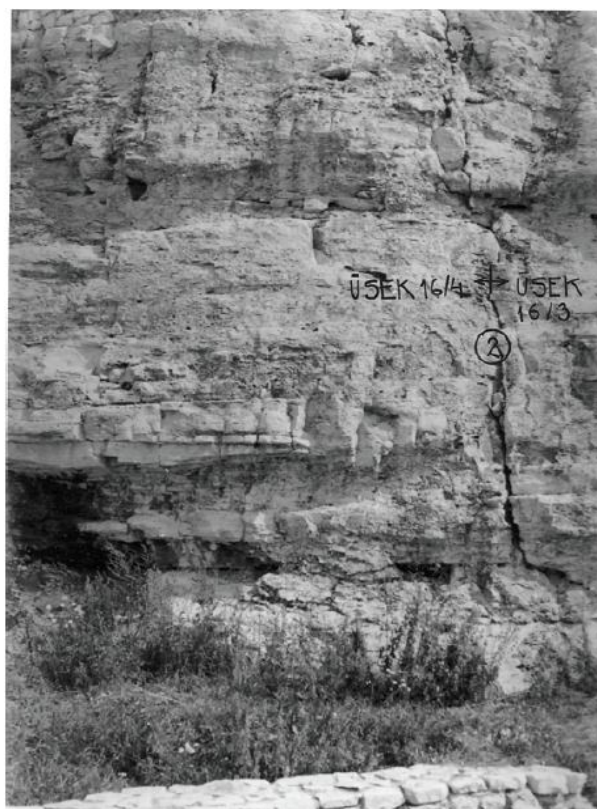
Na skalnú stenu sú zo západných palácov vyvedené odvodňovacie žľaby. Tieto je nutné vyriešiť iným spôsobom, pretože vytekajúca voda podporuje zvetrávacie procesy v skalnej stene.



Obr. 4 Detail zo skalného defilé pod západnými palácmi. Na snímke je viditeľný prejav diskontinuity prechádzajúcej až do základov muriva, čo spôsobilo uvoľnenie horninových blokov základového muriva. Murivo je potrebné podmurovať (červená šípka). Vedľa je rozvolnený skalný blok s predisponovanou plochou na planárne zrútenie, ktorý je potrebné prikotviť, krátkymi svorníkovými kotvami. V výkrese 14 m^3 .



Obr.5 Detail skalného brala z obr. 4. Skalný previs po planárnej šmykovej ploche, bude potrebné sanovať krátkymi kotvami dĺžky 5 m, príp. v niektorých častiach kombinovať s podmurovaním



Obr.6 Sčasti navetrané a skrasovatené travertíny, horizontálne uložené, vytvárajúce skalný previs, najmä v úrovni terénu bude potrebné vykonať jeho stabilizáciu podmurovaním (označené červenou šípkou, modrá šípka označuje výraznú priebežnú trhlinu na celú výšku skalnej steny, ktorú je potrebné vyškárovať (vyplombovať))



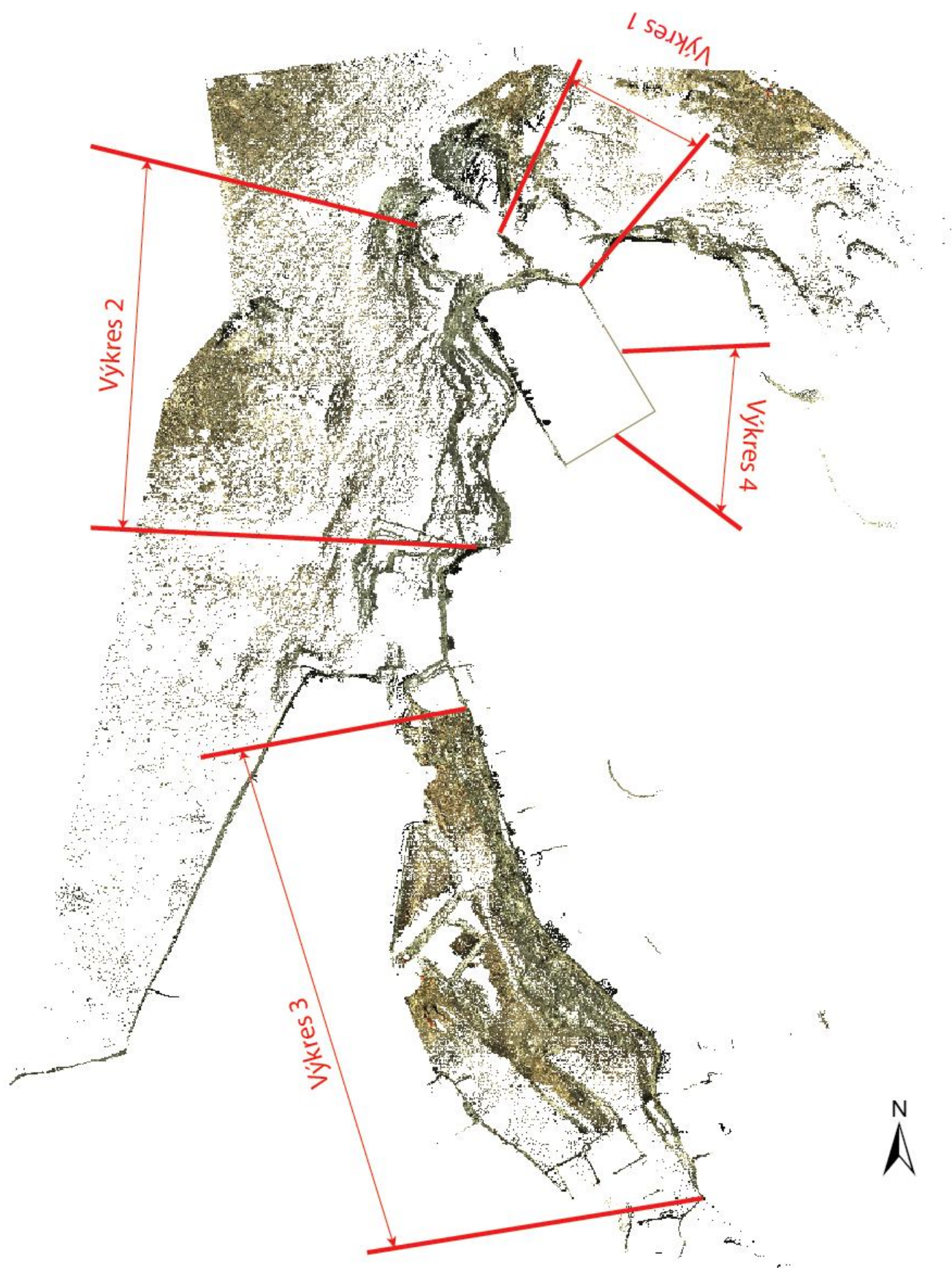
Obr.7 Záver skalnej steny, v dôsledku zvetrania travertínov je na skalnej stene hustý porast náletovej vegetácie, ktorý treba odstrániť, rovnako aj zvetraliny z povrchu skalnej steny. Miesto vyznačené šípkou treba podmurovať.



Obr.8 V popredí, šípkou označený uvoľnený skalný blok v dôsledku porušenia typu „wedge failure“, klinovitého porušenia pozdĺž dvoch do masívu zabiehajúcich diskontinuit. Uvoľnený blok nepredstavuje zníženie stability skalnej steny a odporúčame ho ponechať v súčasnom stave. Ako možné sanačné opatrenie prichádza do úvahy nedeštruktívna fixácia krátkymi klincami a vyplnenie ťahovej rozsadliny travertínovými blokmi do vápennocementovej zálievky.



Obr. 9 Nedostatočné naviazanie základového muriva na skalné bloky v jeho podloží. Dokumentuje to zvýšenú kavernóznosť v murive (označené šípkou). Uvoľnené bloky treba spevniť vápennou maltou, doplniť chýbajúce bloky a v časti skalnej steny, kde je previs treba vykonať podmurovanie túto sanáciu



Obr. 10 Pohľad na Spišský hrad zo severu (výstup z laserového skenera) s vyznačením orientácie jednotlivých výkresov

4. Záver

Sanačné opatrenia, ktoré navrhujeme predstavujú v prevažnej miere neinvazívne metódy, keď ich cieľom je zachovať estetickú stránku prírodných skalných útvarov, súčasne však zabrániť prírodným deštruktívnym procesom. Situačné miesta a typ sanačných opatrení sú súčasťou prílohovej časti – výkresov, detaily sú zohľadnené na fotografiách v texte.

Sanačné opatrenia musí realizovať profesionálny dodávateľ, ktorý má skúsenosti/referencie, oprávňujúce ho vykonávať práce, ktoré sú limitované viacerými objektívnymi podmienkami:

- v prvom rade sa jedná o špecifické práce v zložitom sklonitom prostredí, kde bez zabezpečovacej techniky a horolezeckej techniky (vrátane lešenia) nie sú niektoré práce realizovateľné,
- ďalej musí mať skúsenosti so stabilizačnými prácami na historických stavbách, ale aj príslušné technické vybavenie a vzhľadom na osobitosť NKP Spišský hrad treba prihliadať tieto fakty.

Spišský hrad je :

- **Národnou kultúrnou pamiatkou** (NKP) zapísanou v ÚZPF pod č. 830/1-43, od r. 1993 na **zozname Svetového dedičstva UNESCO** - ako súčasť zápisu „**Levoča, Spišský hrad a pamiatky okolia**“, pod č. WH List ref: 620,

- **Národnou prírodnou pamiatkou** (NPP) – Spišský hradný vrch v zmysle zákona NR SR č. 543/2002 Z.z., vykonávacej vyhl. MŽP SR č. 24/2003 o Ochrane prírody a krajiny zaradený do 4. stupňa ochrany

Spišský hrad je súčasťou územia európskeho významu „**Travertíny pri Spišskom Podhradí**“ – SKUEV 0105 (NATURA 2000).

S prihliadnutím na vysoký stupeň ochrany záujmovej lokality budú realizované práce pod mimoriadnou kontrolou zodpovedných orgánov, ako aj autorského dozoru.

Bratislava, september 2011

Ján Vlčko, zodp. riešiteľ

Vladimír Greif, spoluriešiteľ

Prílohová časť:

Výkresy

Výkaz výmer

SO.06