

**PODKLADY:**

- Rekonštrukcia Spišského hradu - Románsky palác a Západné paláce, Štúdia – Návrh koncepcie pamiatkovej obnovy areálu, Štúdio J+J, s.r.o., 04 / 2011
- Rozpracovaný realizačný projekt stavby – architektonicko-stavebná časť

**LITERATÚRA:**

- STN 73 0002 - Navrhovanie nosných konštrukcií
- EN 1990 – EC0 - Statický výpočet (základné ustanovenia) – [STN 73 0031]
- EN 1991 – EC1 - Zaťaženie stavebných konštrukcií – [STN 73 0035]
- EN 1992 – EC2 - Navrhovanie betónových konštrukcií – [STN 73 1201]
- EN 1993 – EC3 - Navrhovanie oceľových konštrukcií – [STN 73 1401]
- EN 1996 – EC6 - Navrhovanie murovaných konštrukcií – [STN 73 1101]
- EN 1997 – EC7 - Základová pôda pod plošnými základmi – [STN 73 1001]

**OBSAH:**

**VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE K STATICKÉMU RIEŠENIU PROJEKTU**

**SO.02 – ZÁPADNÉ PALÁCE**

**DÔLEŽITÉ UPOZORNENIA**

**ZÁVER STATICKÉHO POSUDKU**

## VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE K STATICKÉMU RIEŠENIU PROJEKTU

### NÁVRH SANAČNÝCH OPATRENÍ MUROVANÝCH KONŠTRUKCIÍ

Vzhľadom na rôznu genézu a rozsah porúch jednotlivých konštrukcií hradu, je nutné k nim pristupovať diferencovane, aby sanačné zásahy boli čo najefektívnejšie. Z toho dôvodu je potrebné nielen opraviť porušené konštrukcie, ale aj odstrániť príčiny ich vzniku a negatívneho vývoja, prípadne aspoň čiastočne eliminovať ich vplyvy.

Z tohto dôvodu navrhovaný minimalizovaný konzervačný prístup stabilizácie murív – statickej sanácie treba chápať ako záchranný sanačný zásah, ktorý negatívne neovplyvní akékoľvek ďalšie zábery s predmetnými pamiatkovo chránenými objektmi, ale zabezpečí im zníženie vlhkosti, zvýšenie eróznej odolnosti a predĺženie životnosti.

K hlavným sanačným zásahom, ktoré navrhujem realizovať v rámci statického zabezpečenia predmetných objektov hradu, patrí najmä:

- odobratie úplne voľných kameňov z koruny muriva stien a hradieb
- vyčistenie škár a odstránenie eróziou narušenej malty z povrchu a líca muriva
- odstránenie náletových drevín vrátane ich koreňového systému
- škárovanie muriva, domurovanie výpadkov muriva, premurovanie koruny stien
- injektáž dutín a trhlín v murive, klinovanie lícných kameňov
- doplnenie všetkých porušených ostení, parapetov a nadpraží otvorov domurovaním
- domurovanie a aktivácia segmentových oblúkov nadpraží rozpínavou maltou
- výmena porušených kameňov klenby, škárovanie a aktivácia doplnených kameňov
- domurovanie porušených klenieb do symetrického tvaru pre obnovenie stability
- plombovanie múrov po výpadkoch, zamurovanie každej kaverny s aktiváciou plášťa
- premurovanie rozvoľnených častí stien a vzájomné spriahnutie plášťov stien väzbou
- domurovanie podmrznutej päty murovaných stien s aktiváciou podmurovky
- stabilizácia kamenných článkov portálov, vyplnenie styčných škár medzi nimi

Niektoré sanačné zásahy sa budú môcť technicky a technologicky upresniť až po odkrytí porušených konštrukcií objektov a zemných zásypov, resp. po doskúmaní.

Technológia sanačných zásahov musí v maximálnej miere rešpektovať odporúčacie zásady charty ICOMOS. Jedná sa nielen o metodiku, spôsob a rozsah obnovy pamiatky, ale aj o použitie konkrétnych stavebných materiálov pri sanácii.

Kameň treba používať najmä pôvodný – travertín a flyšový pieskovec. Dá sa získať zo sute po zrútených konštrukciách v areáli hradu. Veľmi pórovité a poškodené kamene treba vyradiť (napríklad penovec). V žiadnom prípade sa nesmú použiť kamene z erózne rozpadavých hornín s nízkou trvanlivosťou (s veľkou pórovitosťou). V prípade nedostatku stavebného kameňa treba zabezpečiť stavebný lomový kameň z regionálne blízkyh zdrojov, ktoré najviac zodpovedajú druhu a veľkosti pôvodných kameňov. Opracovanie kameňa musí byť podobné ako u pôvodného materiálu.

Pri použití malty treba uprednostniť spojivá na báze hydraulického vápna. Ako hydraulické prísady a prímеси možno použiť puzolány a tras. Ako plnivo treba použiť hrubozrnný piesok (frakcie 1÷4 mm) s prímесou drobného štrku (frakcie 4÷8 mm). Je vhodné uprednostniť riečne ťažené kamenivo (s prirodzene opracovanými oblými zrnami) pred drveným kamenivom s veľkým obsahom prachu. Pevnosť výslednej malty by sa mala pohybovať v rozmedzí 2÷5 MPa. V miestach konštrukcií s vyšším mechanickým namáhaním je možné do malty pridať okrem vápna aj biely cement, ale iba v kontrolovanom množstve. V mieste uloženia oceľových konštrukcií na murivo je potrebné aplikovať lôžko z polymerizovanej silikátovej malty vystuženej technickou syntetickou tkaninou alebo sieťkou. Návrh receptúr mált odporúčam konzultovať s odborným pracoviskom (napr. TSÚS). Kolorizácia novej malty by mala čo najviac zodpovedať pôvodnej malte, aby výsledný pohľadový efekt nebol narušený nežiaducim farebným odtieňom a následným neprirodzeným kontrastom.

Na aktiváciu veľkým tlakom namáhaných prvkov (klenby, segmentové oblúky nadpraží, plomby plášťa múrov) je vhodné použiť tzv. rozpínavú maltu (s obmedzeným expanzným účinkom počas tuhnutia). Túto maltu však treba použiť výhradne v odôvodnených prípadoch, aj to v prísne obmedzenom množstve (zvyčajne v poslednej styčnej – vrcholovej zvislej škáre klenby, resp. oblúka, alebo v poslednej vodorovnej ložnej škáre zamurovanej kaverny) a po konzultácii s projektantom statiky; určite ju nepoužiť do zvislých, roztvárajúcich sa trhlín.

Po oprave konštrukcií (domurovaní, škárovaní) nesmie byť malta vytlačená zo škár pred líce muriva, ale naopak – musí zostať vhlbená 1÷3 cm za lícom kameňov. Ak nedopatrením príde k takémuto prípadu, musí byť líce muriva ihneď (za čerstva) očistené a malta v škárach zatlačená alebo vyškrapaná do potrebnej hĺbky. Pri murovaní si treba pomôcť klinovaním kameňov muriva.

Taktiež je vhodné sanovať povrchové úpravy objektu – zvyšky omietok, aj keď to nie je z hľadiska statiky nevyhnutné. Koruny murív po oprave premurovaním je vhodné dôsledne vyškárovať alebo zatrávniť. Napriek tomu treba považovať takýto sanačný zásah za dočasný, ktorý bude nutné periodicky opakovať. Žiadne murivo trvalo vystavené poveternostnej erózii totiž nemôže dlhodobo odolávať reologickým zmenám a eróznemu rozpadu. Ide o reálny chemický a mechanicko-fyzikálny proces degradácie murovacieho materiálu, čo treba plne rešpektovať.

Pri realizácii na stavbe je potrebné dozorom dohliadnuť na spomínané navrhnuté opatrenia a stavebné úpravy. Taktiež treba rešpektovať aj ostatné výsledky meraní, prieskumov a diagnostiky a použiť ich ako rozhodujúce podklady pre realizáciu. PD statickej stabilizácie jednotlivých objektov hradu podlieha odsúhlaseniu KPÚ.

## NAVRHNUTÉ MATERIÁLY NOVÝCH NOSNÝCH KONŠTRUKCIÍ

Základný materiál kovových konštrukcií je oceľ S235 JRH – EN 10210.

Monolitický betón bude triedy C25/30 XC3 XF1 XA1 (SK) – STN EN 206-1.

Betonárska valcovaná hrebienková výstuž bude značky B 500 St – 10505 (R).

Náter oceľových konštrukcií: 2x základný + 2x vrchný polyuretánový (RAL 7042).

## STATICKÝ VÝPOČET NOVÝCH NOSNÝCH KONŠTRUKCIÍ

Výpočet bol vykonaný pomocou analytických a numerických metód stavebnej mechaniky počítačovými programami firmy FINE (číslo licencie MemoHasp/4780-1) – modulmi Fin EC. Na dimenzovanie bola použitá metóda medzných stavov v zmysle technických noriem STN – EN (EuroCode). Konštrukcie vzhľadom na svoju tvarovú jednoduchosť a statickú jednoznačnosť boli predbežne spočítané lineárne podľa teórie I. rádu. Charakteristické hodnoty zaťaženia boli vo výpočtoch pretransformované pomocou koeficientov na návrhové hodnoty v zmysle príslušných technických noriem.

Prestrešenie sklenou strechou navrhol výrobca vrstveného lepeného tvrdeného bezpečnostného skla a teda nie je súčasťou tohto statického posudku. Návrh a posúdenie prestropenia a prekrytia schodísk (podest a nástupníc) lamelovými roštami a plechmi z nerezovej ocele taktiež nie je predmetom tejto dokumentácie, nakoľko sa jedná o atypický zámočnícky výrobok.

### **SO.02 – ZÁPADNÉ PALÁCE**

V tejto časti hradu pôjde o viaceré samostatné zásahy po statickej stránke. K novým konštrukciám v západných palácoch patrí oceľové vretenové schodisko (medzi terasou a románskym palácom), roštové prekrytie otvoru v klenbe nad arkádou, prestrešenie sklenou strechou, predné oceľové schodisko (z nádvorja na terasu) a prístrešok TKO. K zmene príde v konštrukcii strechy gotickej kaplnky.

Oceľové vretenové schodisko je navrhnuté ako celozvarované z uzavretých hranatých (štvorcových a obdĺžnikových) profilov MSH. Nášľapnú vrstvu bude tvoriť rošt z nerezových lamiel, podesty budú prekryté nerezovým protišmykovým plechom. Založenie nosných stĺpikov schodiska je navrhnuté na krátkych vŕtaných pilótach, ktoré sú uvažované ako monolitické železobetónové. Kotvenie stĺpikov je navrhnuté privarením k zabetónovanej platni. Spojovací mostík na severnej strane bude privarený k oceľovej plošine pred románskym palácom. Nosníky podesty za posledným výstupným ramenom budú kotvené do čela terasy (do venca) nad arkádou.

Otvor v strope arkády pri veži bude prekrytý roštovou podlahou z nerezových lamiel, ktoré budú uložené na oceľových nosníkoch roštu. Konce nosníkov budú uložené v kapsách kamenného muriva po obvode otvoru v terase. Spôľahlivé uloženie lamelového roštu po obvode otvoru zabezpečí vymedzovací obvodový uholník.

Časť jednej neprekrytej miestnosti západných palácov sa dodatočne prekryje presklenou plytkou pultovou strechou. Oceľovú nosnú konštrukciu pod sklenými tabuľami budú tvoriť tri hlavné pozdĺžne nosníky (uložené na koncoch v kapsách muriva), z ktorých stredný bude väčší (vyšší) ako krajné, aby mali približne rovnaký priehyb a nespôsobovali tak krútenie sklenených tabuľ. Priečniky budú subtílnejšie a budú umiestnené pod styčnou škárou sklenených tabuľ. Oceľová konštrukcia bude celozvarovaná z uzavretých hranatých obdĺžnikových profilov MSH.

Predné schodisko z nádvorja na terasu bude vytvorené z troch oceľových zalomených schodníc, ktoré budú uložené okrem koncov aj na dvoch murovaných kamenných stenách v strede rozpätia (pred a za medzipodestou). Schodnice nástupného ramena budú uložené (a prikotvené) na železobetónový základový pás. Schodnice výstupného ramena budú uložené a kotvené do venca na murive terasy. V mieste medzipodesty budú schodnice vzájomne spriahnuté vovarenými profilmi, aby neprichádzalo k ich krúteniu vzhľadom na pôdorysne zalomený tvar. Schodisko bude celozvarované z uzavretých hranatých obdĺžnikových profilov MSH. Nášľapnú plochu medzipodesty bude tvoriť nerezový plech s protišmykovou úpravou povrchu a nástupnice schodísk na ramenách budú z nerezových lamiel.

Okrem spomenutých nových nosných konštrukcií budú na terasách západných palácov prespádované pochôdzne strechy. Pri búraní pôvodných dlažieb a podkladných vrstiev terás treba postupovať po celej ploche postupne do hĺbky, aby prišlo k rovnomernému odľahčovaniu murovaných klenieb. Pri spätných zásypoch je možné použiť pôvodnú zeminu, avšak počas deponovania treba zabezpečiť jej presušenie. Pri hutnení zásypov je nutné postupovať veľmi opatrne, aby neprišlo k porušeniu muriva klenieb vplyvom dynamických otrasov.

Po odstránení dažďových chrličov z terás je nutné vykonať dôslednú sanáciu erózne narušeného obvodového muriva stien pod chrličmi, ktoré je výrazne narušené eróziou vplyvom sústredeného pôsobenia stekajúcej dažďovej vody. Po odstránení náletových rastlín z povrchu a škár muriva treba voľné časti muriva premurovať a ostatné dôsledne vyškárovať, aby sa zamedzilo vnikaniu dažďovej vody do muriva a následnému presakovaniu do interiéru.

Prístrešok TKO je riešený ako jednoduchá prízemná oceľová konštrukcia z profilov MSH a je lichobežníkového pôdorysu. Hlavný nosný systém tvoria tri priečne rámy, na ktoré budú vejárovite uložené pozdĺžne stropnice. Stabilita objektu sa zabezpečí kotvením rámových rohov do vymedzujúcich murovaných stien v úrovni strechy. Stĺpiky budú excentricky uložené na betónových pätkách a na zadnom páse.

Gotická kaplnka nebude podrobená zásadnému statickému zásahu, ale príde k výmene strešných vrstiev. Z tohto dôvodu bola posúdená oceľová nosná konštrukcia strechy pochádzajúca z poslednej obnovy. Obhliadkou bol zistený rozdiel v použití oceľových profilov – I profily boli nahradené zdvojenými U profilmi (stojinami opretými k sebe). Daná konštrukcia vyhovuje navrhnutému zaťaženiu novej strechy. Po obvodě objektu sa vybetónuje monolitický veniec, ktorým sa spriahnu konce oceľových strešných nosníkov. Veniec bude vystužený bežnou betonárskou oceľou.

## DÔLEŽITÉ UPOZORNENIA

Vzhľadom na vysokú technickú náročnosť konštrukčných riešení (vrátane montáže nosných konštrukcií) a nutné zásahy do pamiatkovo chráneného objektu UNESCO, treba všetky stavebné úpravy vykonať veľmi opatrne a citlivo, aby neprišlo k nevratným poškodeniam pôvodných konštrukcií hradu. Z tohto dôvodu treba stavebnú realizáciu dôsledne sledovať a usmerňovať v rámci výkonu dozoru, čo sa javí ako kľúčové pre dosiahnutie požadovanej kvality. Všeobecne sa predpokladá, že práce budú realizované prevažne reštaurátorským spôsobom.

***Všetky rozmery je nutné priamo overovať na stavbe. Na všetky prvky po overení rozmerov je potrebné dodávateľom spracovať výrobnú (dielenskú) dokumentáciu a odsúhlasiť ju projektantom a investorom. Navrhnuté typy stavebných materiálov uvedené vo výkresovej dokumentácii sú prezentované z dôvodu vyšpecifikovania požadovaných technicko-fyzikálnych vlastností, ktoré je nutné bez ohľadu na typ materiálu dodržať. Prípadná zámena je možná len po odsúhlasení projektantom. Dielenská dokumentácia bude taktiež riešiť detaily kotvení, spojov, zvarov, atď.***

Počas realizácie je potrebné vykonať postupné spresnenie zamerania presných geometrických rozmerov a tvarov konštrukcií, aby bolo možné dodržať presnosť výroby konštrukcií a ich optimálnej montáže za dodržania štandardných tolerancií. Postupné domeriavanie rozmerov bude vykonané presnými geodetickými metódami po jednotlivých etapách realizácie (montáže konštrukcií). Takýmto postupom bude zabezpečené, aby zistené rozmerové anomálie sa vždy v rámci danej etapy eliminovali a neprenášali sa do ďalšej realizačnej etapy.

Podružné nosné konštrukcie – nerezové rošty a plechy (vrátane podkladných a kotevných prvkov) nie sú predmetom riešenia hlavných nosných konštrukcií, preto sú vykázané v stavebnej časti projektovej dokumentácie.

Okrem doskúmania niektorých murovaných nosných konštrukcií bude v rámci realizácie vykonaný aj archeologický prieskum ako súčasť odkryvacích a výkopových prác zemných navážok a sutí. Ak si nálezová situácia vyžiada zmenu technického riešenia a prispôbenie nosných konštrukcií, tieto je nutné odsúhlasiť projektantom.

Zvlášť opatrne treba postupovať pri realizácii nutných búracích prác (rozoberanie kamenného muriva), aby neprišlo k porušeniu zostávajúcich konštrukcií. Ide najmä o dočasné zabezpečenie (podopretie) nadpraží otvorov, pokiaľ nebudú definitívne podchytené (napr. murovanými oblúkovými záklenkami alebo prekladmi z kamenných článkov). V každom prípade treba zamedziť nadmerným dynamickým otrasom počas búracích prác, ktoré môžu spôsobiť rozsiahle škody na okolitých konštrukciách.

Z hľadiska bezpečnosti treba mimoriadnu pozornosť venovať leteckej preprave materiálu a leteckej montáži konštrukcií. Okrem dodržania bezpečnostných predpisov treba postupovať podľa vopred vypracovaného plánu leteckej prepravy a montáže.

Upozornenia sú uvedené aj v poznámkach na jednotlivých výkresoch statickej dokumentácie. V prípade nejakých nejasností alebo zistených rozdielov medzi návrhom v PD a reálnou skutočnosťou, je nutné konzultovať s projektantom a dozorom.

## **ZÁVER STATICKÉHO POSUDKU**

Zásahy do nosného systému pôvodných objektu hradu a pridávané nosné konštrukcie sú staticky riešené v zmysle EC-EN (STN) a pri dodržaní technológie realizácie a konštrukčných zásad bude garantovaná ich spoľahlivosť.

Na základe vykonaných podrobných statických výpočtov možno konštatovať, že navrhované nosné konštrukcie stavby vyhovujú všetkým kritériám spoľahlivosti v zmysle platných technických noriem.

Vypracoval: Ing. Jozef Závacký, st.

Dátum: 09 / 2011