

# Horkovzdušná sanace krovové konstrukce rodinného domu



Ing. Olga Grossová, Ing. Andrea Nasswetrová, Ph.D., MBA, ThLic. PhDr. Marek Matějek, Ph.D., Th.D., Ing. Hynek Kundera

Horkovzdušná sanace dřeva je osvědčená a šetrná metoda likvidace dřevokazného hmyzu, známá již od 30. let 20. století. Řídí se německou normou pro ochranu dřeva DIN 68 800 [1]. Dlouhodobé působení biotických činitelů může zapříčinit neplnění funkce konstrukčního prvku, případně celé konstrukce. Rychlost destrukce a tím snížení pevnosti prvků je závislé na druhu dřevokazného hmyzu a jeho vývojové fázi (velikosti larvy). Degradace probíhá nejrychleji při 20% až 30% vlhkosti dřeva. Konstrukci lze chránit vůči dřevokaznému hmyzu pomocí vhodně zvolené sanace, nejčastěji prostřednictvím tepelné energie. Fyzikálním principem metody horkovzdušné sanace je komplexní zahřátí dřevěných prvků konstrukcí horkým vzduchem na dostatečnou teplotu v celém jejich průřezu, která zaručí úhyn těchto skrytých a nebezpečných škůdců.

## Souhrnné informace o objektu

Majitelé zvolili k záchraně napadeného krovu dřevokazným hmyzem horkovzdušnou sanaci z důvodu zachování autentičnosti krovu, který po ukončení rekonstrukce zůstane pohledový a celý prostor bude otevřený. Dalším důvodem byl i fakt, že destruktivní činnost dřevokazného hmyzu konkrétně tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus* L.) nebyla v takové fázi, že by dřevěné prvky krovu ztratily únosnost a muselo by dojít k jejich výměnám.

Rodinný dům má půdorys tvaru písmene L a je zděný a nepodsklepený. Jednoduchá sedlová střecha je tvořena čtrnácti vazbami hambalkového krovu. Nad průjezdem pro auta je dřevěný trámový strop složený z osmi nosných hraněných prvků.

Sanovaný objekt (obr. 1) se nachází v Jihomoravském kraji a celý proces horkovzdušné sanace včetně všech



Obr. 1 - Fotodokumentace objektu horkovzdušné sanace



Obr. 2- Fotodokumentace rozmístění skládaného hliníkového potrubí pod krovovou konstrukci



Obr. 3 - Fotodokumentace termoelektrických snímačů umístěných v sanovaném prostoru

přípravných a dokončovacích prací byl realizován v letních měsících za nejpříznivějším klimatických podmínek.

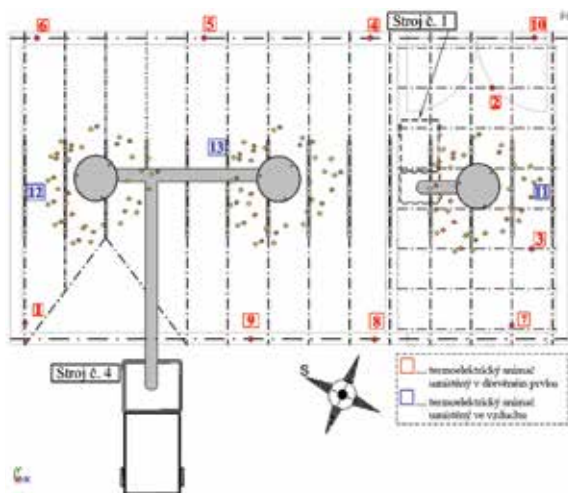
### Příprava objektu

Před započítím horkovzdušné sanace je nutné odstranit ze sanovaného prostoru všechny materiály a předměty, které nejsou schopny odolávat teplotám 100–120 °C. Vyhřívání prostor byl proto důkladně vyklizen. Pomocí ovčí vlny proběhla lokální izolace objektu z interiérové strany, aby se zamezilo nežádoucím únikům tepla z konstrukce. Následně proběhlo přistavení dvou horkovzdušných agregátů.

### Instalace potrubí a termoelektrických snímačů

Po ustavení dvou horkovzdušných agregátů proběhla instalace skládaného hliníkového potrubí pro přívod sterilizačního média - horkého vzduchu tak, aby docházelo k efektivnímu šíření tepla ke všem dřevěným prvkům konstrukce, obr. 2. V době sanace byla zeď do dvora již vybourána a připravena na prosklenou stěnu - z tohoto důvodu musela být vytvořena provizorní stěna z termoizolační folie, aby neunikal vháněný horký vzduch.

Celý proces sanace byl online monitorován v pravidelných intervalech každých 30 minut pomocí termoelektrických snímačů umístěných do vybraných dřevěných prvků a to v místech, kde byl předpoklad nejpomalejšího ohřívání dřevěných prvků, jako například spodní pozednice a prvky v nároží krovové



Obr. 4 - Náskres procesu sanace krovové konstrukce: rozmístění horkovzdušných agregátů s potrubím a umístění termoelektrických snímačů v sanovaném prostoru

konstrukce. Termoelektrické snímače byly umístěny do geometrických středů zvolených prvků. Pro zamezení zkreslení hodnot výsledných teplot byly otvory pro umístění termoelektrických snímačů řádně zaizolovány ovčí vlnou. Celkem zaznamenávalo teplotu uvnitř dřeva 10 termoelektrických snímačů. Pro monitorování teplot vzduchu v sanovaném prostoru byly použity 3 měřicí body, obr. 3 a 4.

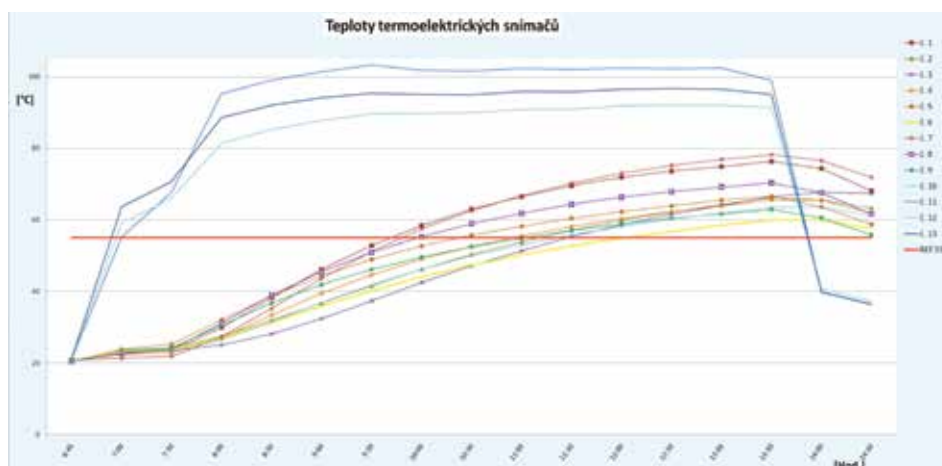
### Horkovzdušná sanace

Sterilizace dřevokazného hmyzu spočívá v kompletním prohřátí všech dřevěných prvků v celém jejich průřezu horkým vzduchem na teplotu 55 °C po dobu 60 minut. Tato sterilizační teplota a doba působení zaručí, že dojde k usmrcení všech vývojových stadií hmyzu, která se ve dřevě nacházejí (vajíčka, larvy, kukly i dospělí jedinci) [1]. Celková doba ohřevu objektu závisí na teplotě okolního prostředí, velikosti a členitosti vyhříváního prostoru, průřezu ohříváního prvků, druhu dřeviny ohříváního prvků, teplotě vháněného vzduchu, těsnosti obvodového nebo střešního pláště a dalších parametrech.

Graf (obr. 5) zobrazuje průběh teplot uvnitř dřevěných prvků a průběh teplot vzduchu v prostoru horkovzdušné sanace. Z grafu jsou patrné výkyvy teplot vzduchu, které jsou zapříčiněny spínáním a vypínáním pojistky tepelného čerpadla stroje, větší výkyv teploty vzduchu byl způsobem fyzickou kontrolou uvnitř sanovaného prostoru. Tyto výkyvy teplot vzduchu uvnitř nemají na průběh horkovzdušné sanace negativní vliv.

### Doplňující měření

Před samotnou horkovzdušnou sanací i po ní byly naměřeny doplňující parametry (tab. 1), které představují okrajové podmínky a jsou důležité při



Obr. 5 - Průběh teplot v čase pro termoelektrické snímače umístěné v konstrukčních prvcích objektu i měřících bodů pro monitoring teploty vzduchu uvnitř sanovaného prostoru. Červená přímková je konstantou a vyjadřuje referenční požadovanou teplotu 55 °C. Termoelektrické snímače č. 1–10 zobrazují teplotu dřevěných prvků ve středu jejich průřezu. Termoelektrické snímače č. 11–13 představují teplotu vzduchu v sanovaném prostoru

rozboru průběhu sanace horkým vzduchem. Kromě teploty dřevěných prvků je důležitá především jejich relativní vlhkost, která byla změřena dle ČSN 49 1016 [4] pomocí dielektrického vlhkoměru EX-TEH MO297 na všech místech, kde byly instalovány termoelektrické snímače měřící teplotu uvnitř dřevěného prvku. Pravidlem je rovněž monitorování současného stavu počasí i jeho předpovědi během horkovzdušné sanace. K tomuto účelu slouží meteoagramy pro příslušnou oblast.

Dalším doplňujícím měřením procesu horkovzdušné sanace je monitorování objektu termografickou kamerou (obr. 6). Snímání rozložení teplot v průběhu sanace na vnějším plášti objektu bylo prováděno pomocí infračervené termovizní kamery FLIR B425 s teplotní citlivostí 0,08 °C. Výsledky měření termografickou kamerou zobrazují rozložení teplot z vnější strany sanovaného objektu a pře-

devším odhalují nežádoucí únik horkého vzduchu. Tato místa mohou být následně operativně zaizolována pomocí ovčí vlny, případně termoizolační fólií.

### Preventivní chemická ochrana

Následující den po ukončení horkovzdušné sanace objektu, vyrovnání vlhkostních stavů v zahříváné konstrukci proběhla dodatečná preventivní chemická ochrana objektu. Preventivní chemická ochrana je prováděna bezprostředně po horkovzdušné sanaci jako prevence před novými nálety samiček, které kladou vajíčka (cca 160–400 vajíček), z nichž se líhnou larvy a ty poté způsobují destruktivní činnost v dřevěných prvcích. Preventivní ochranný (insekticidní i fungicidní) prostředek Bochemit QB Profi byl aplikován postřikem ve dvou vrstvách. Mezi jednotlivými nánosy byl dodržen čtyřhodinový rozestup, dle technického listu zvolené ochranné látky.

| Pozice termoelektrických snímačů a doplňující měřené parametry |                                  |                |       |              |       |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|-------|--------------|-------|
| Označení termoelektrických snímačů                             | Vyšetřované místo                | Počáteční stav |       | Konečný stav |       |
|                                                                |                                  | t [°C]         | w [%] | t [°C]       | w [%] |
| č. 1                                                           | Krokev 12 x 10 cm                | 20,7           | 10,9  | 68,1         | 10,6  |
| č. 2                                                           | Stropní trám 18 x 13 cm          | 20,6           | 12,1  | 63,3         | 10,9  |
| č. 3                                                           | Stropní trám 18 x 13 cm          | 20,6           | 12,2  | 67,4         | 10,6  |
| č. 4                                                           | Pozednice 14 x 13 cm             | 20,9           | 11,1  | 62,0         | 10,8  |
| č. 5                                                           | Pozednice 14 x 13 cm             | 20,6           | 12,1  | 58,8         | 11,4  |
| č. 6                                                           | Pozednice 14 x 13 cm             | 20,7           | 11,7  | 57,6         | 11,0  |
| č. 7                                                           | Krokev 12 x 10 cm                | 20,9           | 10,9  | 71,9         | 10,7  |
| č. 8                                                           | Pozednice 14 x 13 cm             | 20,5           | 10,8  | 61,6         | 10,3  |
| č. 9                                                           | Pozednice 14 x 13 cm             | 20,5           | 11,0  | 55,8         | 10,3  |
| č. 10                                                          | Pozednice 14 x 13 cm             | 20,7           | 11,5  | 61,1         | 10,8  |
| č. 11                                                          | Teplota vzduch v úrovni hambálku | 21,0           | -     | 36,4         | -     |
| č. 12                                                          | Teplota vzduch v úrovni hambálku | 20,9           | -     | 37,4         | -     |
| č. 13                                                          | Teplota vzduch v úrovni hambálku | 21,3           | -     | 36,4         | -     |

Tab. 1 - Doplňující měřené parametry před a po horkovzdušné sanaci objektu





Obr. 6 - Termografický snímek sanovaného prostoru



Obr. 10 - Fotodokumentace průběhu preventivní chemické ochrany dřevěných konstrukcí objektu

### Výsledky horkovzdušné sanace

Měření teplot uvnitř dřevěných prvků dokázalo, že bylo dosaženo referenční teploty 55 °C a vyšší po dobu minimálně 1 hodiny, a proto bylo možno prohlásit sanaci horkým vzduchem za ukončenou a veškerý přítomný dřevokazný hmyz ve všech jeho vývojových stádiích za uhynulý. Metoda horkovzdušné sanace má sterilizační charakter a nedokáže zabránit případnému opětovnému napadení dřevěných prvků konstrukce dřevokaznými škůdci vlivem zvýšené vlhkosti například při porušení střešního pláště apod. Z tohoto důvodu je nutné aplikovat preventivní chemickou ochranu. Proti opětovnému napadení ošetřené dřevěné konstrukce jsou majiteli v budoucnu doporučeny pravidelné kontroly stavu objektu (zejména střešního pláště), dostatečné větrání, zajištění proudění vzduchu kolem dřevěných prvků konstrukcí a zamezení kondenzace vzdušné vlhkosti. V případě konstrukčních změn provádět taková opatření, která povedou k ochraně dřeva před povětrnostními vlivy, zvýšením re-

lativní vlhkosti vzduchu ve stavbě a zatékáním do krovových konstrukcí.

Metoda horkovzdušné sanace dřeva nachází své uplatnění u památkově chráněných a historicky cenných objektů. Stále častěji se ale ukazuje, že i starší rodinné domy, usedlosti, chalupy, chaty nebo jiné rekreační objekty si zaslouží citlivý postup rekonstrukce a ochrany dřevěných prvků, který je ve výsledku finančně i technicky méně nákladný a současně zachovává specifika a originalitu původních detailů, tradičních výrobních postupů a užitých materiálů, které mohou nadále dobře plnit svoji funkci.

### Použité zdroje:

- [1] DIN 68 800, část 4, Ochrana dřeva - Likvidační opatření proti dřevokazným houbám a dřevokaznému hmyzu - 11/1992.
- [2] ČSN 49 1016 (491016) Řezivo. Způsoby stanovení vlhkosti.
- [3] KUNDERA, Hynek. Závěrečná zpráva o provedení horkovzdušné sanaci krovové konstrukce rodinného domu, 25 stran. ■