Restaurátorský korozní průzkum ocelové konstrukce perónní haly Hlavního nádraží v Praze

Restoration corrosion survey of the steel structure of peron hall of the Main railway station in Prague

Pokorný P.¹, Hrabánek M.¹, Geiplová H.²

¹ ČVUT v Praze Kloknerův ústav

² SVÚOM s.r.o.

E-mail: petr.pokorny@cvut.cz

V tomto článku jsou uvedeny výsledky korozního průzkumu nosné konstrukce perónní haly Hlavního nádraží v Praze. Hodnoceno bylo chemické složení a skladba použité kovové slitiny, aktuální stav protikorozní ochrany nátěrovým systémem a rovněž jeho skladba. Uvedena je také míra korozního poškození plechů a výztuh jednotlivých sloupů perónní haly. Korozní poškození plechů i výztuh je lokálně velmi významné a souvisí se zatékáním srážkové vody z poškozené střešní části konstrukce. Obnova je nezbytná i pro ochranný nátěrový systém. Článek uzavírá restaurátorský záměr, který plně respektuje historickou podobu konstrukce z počátku dvacátého století s minimálním množstvím kompromisů.

This article presents the results of the corrosion survey of the load-bearing structure of the main hall of the Main railway station in Prague. The chemical composition and microscopy view of the metal alloy has been explored, the current state of the anti-corrosion protection system as well as its composition were also evaluated. The corrosion damage of sheets and reinforcements of individual columns of the peron hall is also reported. The corrosion damage of the plates and reinforcements is locally very significant and is related to the drainage of rain water from the damaged roof structure. Renovation is also necessary for the protective coating system. The article concludes a restoration project that fully respects the historical form of the construction of the early twentieth century with minimal compromise.

ÚVOD

Mnoho technických konstrukcí v současné době ztrácí svůj účel a stávají se součástí technického kulturního dědictví. Historie železniční dopravy na našem území se začala psát od 20. let 19. století. Železnice byly budovány primárně pro nákladní dopravu a až později pro přepravu osob. Současně s tím byly budovány nádražní budovy. Česká republika má jednu z nej hustějších železničních sítí a řada železničních staveb se stala součástí technického kulturního dědictví [1].

Hlavní nádraží v Praze je v provozu od 14. prosince 1871, kdy z něj byl zahájen železniční provoz Dráhy císaře Františka Josefa na jih do Benešova, Tábora a Vídně. Konstrukce se skládá z nástupištní haly (Fantova budova) a perónní (odbavovací) haly. Hlavní nádraží v Praze je velmi důležitým železničním uzlem České republiky a s Masarykovým nádražím tvoří historickou železniční dominantu hlavního města [2].

Tento článek stručně seznamuje s architektonickým vývojem budovy Hlavního nádraží v Praze a s výsledky korozního průzkumu ocelové konstrukce perónní (odba-

vovací) haly. V poslední části článku je uveden rovněž i návrh restaurátorského postupu. Restaurátorské práce byly na této konstrukci realizovány v letech 2014-2017. Výsledky korozního průzkumu mohou zobecnit aktuální stav historických ocelových konstrukcí ze svárkového železa (oceli), které jsou proti atmosférické formě korozního poškození chráněny obnovovaně aplikovanými organickými povlaky.

Obvyklý postup hodnocení konstrukce byl rozdělený do 4 fází: předběžný průzkum, podrobné hodnocení, odborný průzkum a restaurování podle technologických předpisů. První fáze rekonstrukce proběhla už v roce 2008, kdy byl poprvé lokálně opraven odtokový systém na střeše, aby nedocházelo k zatékání na nástupiště. Další fáze byla realizována v letech 2015-2017.

Architektonický vývoj budovy Hlavního nádraží v Praze

Na místě současného Hlavního nádraží byla vybudována nádražní budova v letech 1869 (srpen) až 1871 (prosinec), a to původně v novorenesančním slohu.

Původně se architektonické dílo v tomto obvyklém dobovém slohu nazývalo Nádraží císaře Františka Josefa I (Obr. 1). Autory návrhu byli pražští architekti Antonín V. Barvitiuss a Ignác V. Ullmann a budova byla koncipována v katastru obce Královské Vinohrady [3-5].

Novorenesanční budova nádraží byla dlouhá 150 metrů a byla tvořena hlavní budovou se dvěma rizalitovými nárožními věžemi o výšce 29 metrů (středový koncept realizace). Dvě symetricky umístěné věže dělily hlavní budovu od přízemních bočních křídel, které byly ukončeny loubím s dórskými sloupy [3, 5-7]. Za budovou bylo vybudováno nástupiště po celé délce budovy a šířce 6,5 metru. Za budovou se dále nacházelo kolejiště, a to původně o devíti kolejích. Kolejiště bylo původně nekryté a k vlakům se přicházelo přímo přes koleje (Obr. 2). Kolejiště bylo dále postupně rozšiřováno a tato prostora nabyla zásadních stavebních změn, neboť původní koncept nestačil rostoucím nárokům na železniční dopravu [3, 6, 7].

Vlastní stavební realizace budovy byla v té době s ohledem na ostatní pražská nádraží nejmodernější a sloužila svému účelu třicet let [2].

S koncem 19. století se podstatně zvyšují nároky na kapacitu tohoto nádraží a je zřejmé, že novorenesan-

ční budova musí být nahrazena, proto roku 1899 byla vyhlášena architektonická soutěž na přestavbu Nádraží císaře Františka Josefa I. V soutěži zvítězil návrh nové budovy od architekta Josefa Fanty. Finální architektonické pojetí budovy bylo v té době zcela novátorské, tj. secesní [3, 4, 8-10].

Výstavba nové budovy nádraží započala v roce 1901 (červen) a práce byly ukončeny v roce 1909. Stavba nové secesní budovy probíhala za plného provozu, kdy byla postupně bourána stará budova a nahrazována jedna část za druhou [11, 12].

Celý objekt byl realizován do celkem pěti jednotek. Dominantu tvoří mohutná ústřední budova (Fantova budova; podkovitý půdorys; viz Obr. 3), na níž navazují dvě jednotky po obou stranách. Jednotky přímo sousedící s ústřední budovou jsou výrazně nižší, pouze jednopatrové, naopak jednotky boční jsou opatřené věžemi a jsou třípatrové. Oproti původní realizaci byla nová budova značně prodloužena (především severním směrem), dosahovala délky 214 m a hloubky 28 m [3, 6, 7].

Obr. 1. Pohled na novorenesanční budovu Nádraží císaře Františka Josefa I. z roku 1871 [3]

Fig. 1. View of the neorenaissance building the Train station of the emperor Franz Joseph I of 1871 [3]

Obr. 2. Pohled na zadní část budovy nádraží a kolejiště z roku 1899 [3]

Fig. 2. View of the rear part of the railway station and railway station from 1899 [3]

Obr. 3. Pohled na jižní křídlo secesní budovy Hlavního nádraží v Praze v roce 1908 [3]

Fig. 3. View of the southern wing of the art nouveau building of the Main railway station in Prague in 1908 [3]

Obr. 4. Konstrukce perónní haly Hlavního nádraží v Praze byla vybudována strojírnou Samuela Bondyho

Fig. 4. The construction of the peron hall of the Main railway station in Prague was built by Samuel Bondy's manufactory

Součástí budování nového nádraží byla kromě Fantovy budovy rovněž samozřejmě zcela nová nástupištní (perónní) hala. Soutěž na konstrukční řešení, dodávku a montáž této haly vyhrála pražská strojírna Samuela Bondyho (Obr. 4) [6, 7, 13]. Konstrukce byla vztyčena za nádražní budovou v letech 1905-1906 (navrhli ji J. Marjanko a R. Kornfeld) [14]. Vzniklá ocelová velkorozponová hala byla vytvořena s obloukovou klenbou o dvou polích (Obr. 5 a Obr. 6) a kryla celkem 4 nástupiště s kolejemi, zavazadlové peróny a dva podzemní podchody.

Dvouoblouková hala má celkem dvacet polí s délkou 230 m, šířkou 77 m, s rozpětím oblouku 33 m a výškou 18 m (Obr. 7). Celou konstrukci tvoří 63 sloupů ve 3 řadách po 21 sloupech. Plocha konstrukce je přibližně 60 000 m². Na konstrukci bylo použito 2 tisíce tun svárkové oceli a milion dvě stě tisíc nýtů [3, 5].

Obr. 5. Boční pohled na Fantovu budovu a řez nástupištní halou Hlavního nádraží v Praze vytvořený v roce 1906 [3]
Fig. 5. Side view of Fantov's building and section of the main hall of the Main railway station in Prague created in 1906 [3]

Obr. 6. Pohled na novou nástupištní halu Hlavního nádraží v Praze z roku 1925 [3]
Fig. 6. View at the new main hall of the Main railway station in Prague from 1925 [3]

Ve dvacátém století proběhly další stavební práce, které se více (přestavba odbavovací haly), či méně (zavedení severojižní magistrály) dotkly architektonické hodnoty celého objektu Hlavního nádraží v Praze.

Hodnocení stávající konstrukce perónní haly

Během 110 let nebyla provedena žádná zásadní rekonstrukce nebo oprava této konstrukce (Obr. 8) s výjimkou obnovy nátěrového systému na částech konstrukce provedenou v 80. letech minulého století (Obr. 9). Rovněž se nedochovaly žádné záznamy o původních tloušťkách jednotlivých konstrukčních prvků (nosníků, výztuh, plechů, apod.).

U konstrukce docházelo k zatékání z poškozené střešní krytiny a nefunkčních odtokových okapů.

Obr. 7. Zobrazení majestátnosti jednoho oblouku perónní haly na soudobé fotografii
Fig. 7. The majesty of one arc of a peron hall in contemporary photography

Obr. 8. Pohled na zastřešení perónní haly Hlavního nádraží v Praze – 2013
Fig. 8. View of the peron hall roof of the Main railway station in Prague – 2013

Obr. 9. Dva fotografické doklady o provedení poslední vrstvy ochranného organického povlaku konstrukce před přibližně 30 lety
Fig. 9. Two photographic documents on the last layer of the organic protective coating of the structure before about 30 years ago

Obr. 10. Příklady sloupů, výztuh a plechů konstrukce perónní haly
Fig. 10. Examples of columns, reinforcements and sheet metal construction of peronal hall

a)

b)

Obr. 11. Snímky z optické mikroskopie příčných řezů výztuhy (a) a nýtu (b) – leptáno Nitalem 5 %
Fig. 11. Optical microscopy images of cross sections of reinforcement (a) and rivet (b) – etched with Nitale 5%

Tab. 1. Výsledky jiskrové spektrometrie oceli z plechu, výztuhy a nýtu odebraných z perónní haly v hm. % / Results of spectro-metry analysis of sheet steel, reinforcements and rivets taken from the peron hall in wt. %

Konstrukční prvek	C	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	N
plech	0,04	0,32	0,04	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
výztuha	0,02	0,40	0,02	0,01	0,12	0,05	0,02	<0,01	0,01	–
nýt	0,02	0,42	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	<0,01	0,01	–

Obr. 12. Příklady korozního napadení plechů a výztuh ze svářkového železa (oceli)
Fig. 12. Examples of corrosion of sheets and reinforcement from wrought iron (steel)

Charakteristickým prvkem konstrukce je spojení dekorativních a zároveň i technických parametrů díla. Celá konstrukce, tj. Fantova budova i perónní hala, jsou součástí historické památky Hlavní nádraží Praha.

Obvyklý postup hodnocení konstrukce byl rozdělený do 4 fází: předběžný průzkum, podrobné hodnocení, odborný průzkum a restaurování podle technologických předpisů.

V rámci diagnostických prací byla provedena vizuální kontrola vnitřních povrchů a výztuh uzavřených částí sloupů (viz Obr. 10) i pomocí fibroskopu, dále byl proveden rozsáhlý soubor měření korozních úbytků ocelových prvků, byly zjištěny rozměry a dimenze příčných průřezů sloupů a hodnocení korozních úbytků. První fáze rekonstrukce proběhla v r. 2008, kdy byl opraven odtokový systém na střeše, aby nedocházelo k zatékání na nástupiště. Další fáze byla realizována v letech 2015-2017.

Výsledky restaurátorského korozního průzkumu

Prvotně byla odebírána ocel z plechu, výztuhy a nýtu k chemické a metalografické analýze (pouze výztuha a nýt) složení a skladby materiálu. K analýze chemického složení byla využita metoda jiskrové spektrometrie a v rámci metalografické analýzy byl

snímkován příčný řez oceli na optickém mikroskopu. Výsledky jiskrové spektrometrie oceli plechu, výztuhy a nýtu shrnuje Tab. 1. Snímky z optické mikroskopie příčných řezů z odebrané výztuhy a nýtu jsou zobrazeny na Obr. 11.

Nízký obsah uhlíku ve slitině (Tab. 1) a její lamelární mikrostruktura (obsahuje strusku; Obr. 11), jednoznačně prokazují, že všechny konstrukční prvky perónní haly Hlavního nádraží v Praze byly vyrobeny ze svárkového železa (oceli).

Na konstrukci ze svárkového železa (oceli) bylo identifikováno korozní poškození v různém rozsahu a intenzitě, a to samozřejmě v přímé závislosti na poloze a orientaci jednotlivých dílů konstrukce (Obr. 12. a 13). Původní ochranný nátěr na některých částech zcela chybí, nebo je velmi významně podkorodovaný (Obr. 14). Lokálně je zřejmá koroze pod úsadami korozních produktů či případně delaminace nátěru. Nejvíce byly poškozeny konstrukční prvky vystavené průsakům srážek z poškozeného zastřešení, tj. plochy pod zastřešením a části sloupů nad nástupiště zakryté plechy (výztuhy především na spodních částech sloupů a také krycí plechy). Byla měřena zbytková tloušťka profilů nedestruktivní metodou UTG (ultrazvuk, revize posuvným měřítkem) a měření probíhalo na celkem 63 sloupech ve třech řadách (A – Obr. 15, B – Obr. 16 a C – Obr. 17). Shrnutí výsledků je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2. Výsledky měření zbytkové tloušťky konstrukčních prvků perónní haly / Results of the measurement of the residual thickness of the perimeter hall structural elements

Konstrukční prvek	Počet měření	Minimální / maximální naměřená hodnota	Průměrné hodnoty	Směrodatná odchylka
plechy	123	0,0 / 10,0 mm	8,7 mm	1,4
výztuha	120	0,0 / 9,2 mm	6,7 mm	2,2

Obr. 13. Odlupek korozních produktů na jednom ze sloupů konstrukce

Fig. 13. Peeling of corrosion products on one of the columns of the structure

Obr. 14. Významné korozní poškození (odprýskávání) ochranného nátěru z bočního plechu

Fig. 14. Significant corrosion damage (peeling) of the protective coating from the side sheet

Dále byla v rámci korozního průzkumu provedena analýza korozních produktů pomocí rentgenové fluorescence (XRF; prvková analýza) a rentgenové difrakce (XRD; fázová analýza) precipitovaných korozních produktů na vzorku jedné z vnitřních výztuh sloupu (Obr. 18.) a na vzorku pantu světlíku ze zastřešení perónní haly (Obr. 19.). Vzorek pantu světlíku byl odebrán z míst, kde bylo možné očekávat zachovalý původní nátěrový systém (tj. souvrství). Na tomto vzorku byla provedena stratigrafie vrstev nátěrů prostřednictvím optické mikroskopie.

Výsledky XRF prvkové analýzy vzorků precipitovaných korozních produktů shrnuje Tab. 3 (vzorek vnitřní výztuhy sloupu), respektive Tab. 4 (vzorek pantu světlíku) a výsledky XRD analýzy potom Obr. 20 (vzorek vnitřní výztuhy sloupu) a Obr. 21 (vzorek pantu světlíku). Tabulky výsledků XRF prvkové analýzy uvádí pouze poměry zastoupení prvků detekovatelných metodou XRF (není započten obsah kyslíku a uhlíku). Korozní poškození vnitřní výztuhy sloupu bylo více stimulováno chloridovými ionty, než tomu

bylo v případě pantu světlíku. Krystalická skladba korozních produktů vnitřní výztuhy je dle očekávání z $\text{FeO}(\text{OH})$ (polymorfni modifikace goethit a lepidocrocit, akaganeit není přítomen), Fe_3O_4 (magnetit) a Pb_3O_4 (minium, suřík). Minium bylo pravděpodobně obsaženo v základním nátěru na povrchu konstrukce ze svářkového železa (oceli). Protože odebrané korozní produkty ze vzorku pantu světlíku obsahovaly větší množství původního nátěrového systému, detekované fáze obsahují krystalické podíly pigmentů a plniv z těchto organických povlaků. Zastoupen je baryt (BaSO_4 ; časté plnivo nátěrových hmot), zinková běloba (ZnO ; bílý pigment, v současnosti nahrazen stabilnější sloučeninou TiO_2 [14]), čistý hliník (Al; spíše plnivo) a minium (Pb_3O_4 ; antikorozní pigment). Protože kromě běžných fází (viz Obr. 20.) je přítomen i ve významném

Obr. 15. Projekce výsledků měření zbytkové tloušťky výztuh (■) a plechů (■) sloupů řady A

Fig. 15. Projection of the results of the measurement of the residual thickness of the reinforcements (■) and the sheets (■) of the column A

Obr. 16. Projekce výsledků měření zbytkové tloušťky výztuh (■) a plechů (■) sloupů řady B

Fig. 16. Projection of the results of the measurement of the residual thickness of the reinforcements (■) and the sheets (■) of the column B

Obr. 17. Projekce výsledků měření zbytkové tloušťky výztuh (■) a plechů (■) sloupů řady C
Fig. 17. Projection of the results of the measurement of the residual thickness of the reinforcements (■) and the sheets (■) of the column C

Obr. 18. Lokalizace místa odběru korozních produktů na vzorku vnitřní výztuhy sloupu
Fig. 18. Location the corrosion product site on the column's internal stiffness sample

Obr. 19. Lokalizace místa odběru korozních produktů na vzorku pantu světlíku
Fig. 19. Location the corrosion product site on the skylight hatch sample

Obr. 20. Difraktogram korozních produktů z místa odběru vzorku vnitřní výztuhy sloupu
Fig. 20. Diffraction pattern of corrosion products from the site of the internal column stiffness sample

Obr. 21. Difraktogram korozních produktů z místa odběru vzorku pantu světlíku
Fig. 21. Diffraction pattern of corrosion products from the site of the internal column skylight hatch sample

Obr. 22. Příčný řez nátěrovým systémem aplikovaným na vzorku pantu světlíku – menší zvětšení; optická mikroskopie
Fig. 22. Cross-section of coating system applied to the skylight hatch sample – smaller magnification; optical microscopy

Obr. 23. Příčný řez nátěrovým systémem aplikovaným na vzorku pantu světlíku – větší zvětšení; optická mikroskopie
Fig. 23. Cross-section of coating system applied to the skylight hatch sample – larger magnification; optical microscopy

množství hematit (Fe_2O_3) lze očekávat, že se svářkové železo (ocel) povlakovala na zokujený povrch (hematit tvoří vnější vrstvu okují na oceli [15]), případně suříkový (miniový) základní nátěr obsahoval plnivo na bázi Fe_2O_3 .

Tab. 3. Výsledky XRF prvkové analýzy korozních produktů precipitovaných na vzorku vnitřní výztuhy sloupu / *Results of XRF elemental analysis of corrosion products precipitated on the sample of internal column stiffeners*

Prvek	Zastoupení [hm. %]
Na	–
Mg	0,1
Al	1,2
Si	0,7
S	0,9
P	–
Ca	0,3
Cl	1,8
Ti	0,8
Mn	0,3
Fe	89,0
Cu	0,2
Zn	2,5
Ba	0,4
Pb	1,6

Tab. 4. Výsledky XRF prvkové analýzy korozních produktů z místa odběru vzorku pantu světlíku / *Results of XRF elemental analysis of corrosion products precipitated on the sample of skylight hatch*

Prvek	Zastoupení [hm. %]
Na	–
Mg	1,9
Al	23,9
Si	5,3
S	3,5
P	0,3
Ca	1,6
Cl	0,5
Ti	0,2
Mn	0,2
Fe	41,3
Cu	0,1
Zn	5,2
Ba	7,1
Pb	8,3

Výsledky stratigrafie aplikovaných organických povlaků (nátěrový systém) na vzorku pantu světlíku jsou zobrazeny na Obr. 22 a Obr. 23. Detailně je stratigrafie nátěrových systémů popsána v navazujícím článku – „Restaurátorský průzkum nátěrových systémů ocelové konstrukce Hlavního nádraží Praha“ [16]. Z příčného řezu nátěrovým systémem (stratigrafie) je zřejmé, že základní nátěr na svářkovém železe (oceli) byl na suříkové bázi (Pb_3O_4 ; oranžová barva), následuje v několika vrstvách aplikovaný nátěr světlého odstínu (pravděpodobně s přídavkem ZnO) a dále epoxidový nátěr s pigmentem na bázi hliníku (Al).

Restaurátorský záměr

S ohledem na uvedený restaurátorský korozní průzkum ocelové konstrukce perónní haly Hlavního nádraží v Praze lze v rámci restaurátorského záměru doporučit následující úpravy:

- vyměnit plechy a ostatní ocelové profily s nejintenzivnějším korozním napadením, především na sloupech vystavených zatékání ze střechy
- jako náhradu svářkového železa (oceli) použít konvenční konstrukční uhlíkovou ocel pro svařované konstrukce
- jednotlivé ocelové profily spojovat se segmenty původní konstrukce svařováním
- výztuže příhradové konstrukce je vhodné spojovat šroubováním, šrouby s půlkulatou hlavou (lze dosáhnout vzhledu podobného původně použitým nýtům)
- vlnitý plech ze zastřešení je možno nahradit dostupným trapézovým plechem

Popis vhodné náhrady nátěrových systémů na povrchu konstrukce je uveden v [16].

ZÁVĚR

Korozní poškození nosných částí (výztuh a plechů) perónní haly Hlavního nádraží v Praze bylo významné především v oblastech průsaků srážkové vody z lokálně poškozeného zastřešení. Původní systém protikorozní ochrany byl založen na aplikaci více vrstev organických povlaků (nátěrů) na povrch svářkového železa (oceli). Základní nátěr byl na suříkové bázi (Pb_3O_4), vrchní nátěry byly spíše světlých odstínů s přídavkem ZnO (TiO_2), Al. V oblastech zatékání bylo zřejmé značné podkorodování původního nátěru s lokálním odprýskáváním vrstevnatých korozních produktů.

Návrh restaurátorského postupu uvedený v tomto článku plně respektoval historickou podobu konstrukce z počátku dvacátého století a zahrnuje minimální množství kompromisů.

Poděkování

Príspevek byl vypracován v rámci řešení projektu DG16P02M050 Optimalizace sledování a hodnocení informací o památkových stavbách podporovaném Ministerstvem kultury ČR.

LITERATURA

1. Matěj, M., Rysková, M., Gustafsson, U.I., Technical monuments in Norway and the Czech Republic, Národní památkový ústav – územní odborné pracoviště v Ostravě, Ostrava 2016.
2. Bečková, K., Zmizelá Praha. Nádraží a železniční tratě. Zaniklé, proměněné a ohrožené stavby, Paseka: Praha, 2009.
3. Semrádová, M., Architektonický vývoj budovy Hlavního nádraží v Praze, Bakalářská práce – Univerzita Karlova v Praze, Praha 2015.
4. Vybíral J., Česká architektura na prahu moderní doby, Argo: Praha, 2002.
5. Polák, M., Praha a železnice, Nádraží, nádražička, zastávky, Milpo Media: Praha, 2005.
6. Krejčířík, M., Česká nádraží, 1. díl Vydavatelství dopravní literatury: Litoměřice, 2003.
7. Krejčířík, M., Česká nádraží, 2. díl Vydavatelství dopravní literatury: Litoměřice, 2005.
8. Herout, J., Staletí kolem nás (Přehled stavebních slohů), Paseka: Praha-Litomyšl, 2001.
9. Hájek, V., Architektura-klíč k architektonickým slohům, Grada: Praha, 2005.
10. Wittlich, P., Praha secesní, Karolinum: Praha, 2017.
11. Baťková, R., a kol., Umělecké památky Prahy, Nové Město, Vyšehrad, Academia: Praha, 1998.
12. Píjoan, J., Dějiny umění 9, Odeon: Praha, 1983.
13. Šudová, J., Rekonstrukce zastřešení v žst. Praha hlavní nádraží, Silnice Železnice 2017.
14. Lhotka, M., a kol., Úvod do anorganické technologie, VŠCHT Praha, 2012.
15. Krejčík, V., Povrchová úprava kovů I, SNTL: Praha, 1987.
16. Geiplová H., Mindoš L., Mrázek J., Majtás D., Macová P., Pokorný P., Restaurátorský průzkum nátěrových systémů ocelové konstrukce Hlavního nádraží Praha, *Koroze a ochrana materiálu* **2019**, 63 (1), 11-18.