

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0772****Trvanlivosť prvkov dopravnej infraštruktúry**Zodpovedný riešiteľ **doc., Ing. Peter Koteš, PhD.**Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline - Stavebná fakulta****Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený**Žilinská univerzita v Žiline,
Stavebná fakulta,
Katedra stavebných konštrukcií a mostov**Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení**

Žiadne zahraničné pracovisko nespolupracovalo.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Žiadne

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

[1] (ADC) Koteš, P. – Brodňan, M. – Bahleda, F.: Diagnostics of Corrosion on a Real Bridge Structure /Diagnostika korózie na reálnej mostnej konštrukcii/. Advances in Materials Science and Engineering, Volume 2016 (2016), Article: ID 2125604, 10 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2125604>, Academic Editor: Gianluca Cicala, Copyright © 2016, <https://www.hindawi.com/journals/amse/2016/2125604/>. (IF 1,01)

Článok je zaradený v databáze WOS a SCOPUS.

[2] (ADC) MINÁRIK, P. – JABLONSKÁ, E. – KRÁL, R. – LIPOV, J. – RUMML, T. – BLAWERT, C. – HADZIMA, B. – CHMELÍK, F. 2016. Effect of equal channel angular pressing on in vitro degradation of LAE442 magnesium alloy. In Materials Science and Engineering: C. Vol. 73, p. 736–742. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2016.12.120>. (opublikovaný, ešte však nie je v CC databáze).

[3] (ADC) PASTOREK, F. – BORKO, K. – FINTOVA, S. – KAJANEK, D. – HADZIMA, B. 2016, Effect of Surface Pretreatment on Quality and Electrochemical Corrosion Properties of Manganese Phosphate on S355J2 HSLA Steel, In Coatings 2016, 6(4), 46; doi:10.3390/coatings6040046. (opublikovaný, ešte však nie je v CC databáze).

[4] (ADN) Vičan, J. - Koteš, P. - Spiewak, A. - Ulewicz, M.: Durability of bridge structural elements (Trvanlivosť mostných konštrukčných prvkov). Communications-Scientific Letters of the University of Zilina, Volume 18, No. 4/2016, Journal is excerpted in Compendex and Scopus. It is published by the University of Zilina in EDIS-Publishing Institution of Zilina University, Registered No: EV 3672/09, ISSN 1335-4205, p. 61-67. (SCOPUS)

[5] (ADN) Vican, J. - Odrobinak, J. - Gocal, J.: Analysis of out-of-plane stability of bow-string

- arches. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, vol. 18, 4/2016, University of Žilina, p. 3-9. (SCOPUS)
- [6] (ADE) Vičan, J. - Gocál, J. - Odrobiňák, J. - Koteš, P.: Existing steel railway bridges evaluation /Hodnotenie existujúcich železničných oceľových mostov/. Civil and Environmental Engineering /CEE/, Volume 12, Issue 2, Pages: 103-110, ISSN (Online) 2199-6512, ISSN (Print) 1336-5835, DOI: <https://doi.org/10.1515/cee-2016-0014>, December 2016. Príspevok je zaradený v databáze De Gruyter.
- [7] (ADM) DRABIKOVÁ, J. – PASTOREK, F. – FINTOVÁ, S. – DOLEŽAL, P. – WASSERBAUER, J. 2016, Zvýšenie koróznej odolnosti bio-kompatibilnej horčíkovej zliatiny AZ61 pomocou fluoridového konverzného povlaku. In Koroze a ochrana materiálu.60(5), 132-138 DOI: 10.1515/kom-2016-0021. (opublikovaný, ale ešte nie je v Scopuse).
- [8] (ADM) PASTOREK, F. - BORKO, K. – DUNDEKOVA, S. - FINTOVA, S. – HADZIMA, B. 2016, Elektrochemické korózne charakteristiky fosfátovanej ocele S355J2 v prostredí síranov. In Koroze a ochrana materiálu.60(4) 107-113 DOI: 10.1515/kom-2016-0017 (opublikovaný, ale ešte nie je v Scopuse).
- [9] (ADN) Kajánek, D., Hadzima, B., Pastorek, F., Neslušan-Jacková, M.: Electrochemical impedance spectroscopy characterization of ZW3 magnesium alloy coated by DCPD using LASV deposition technique. Acta Metallurgica Slovaca, 23(2), 147-154. (SCOPUS) .
- [10] (ADM) Borko, K., Pastorek, F., Fintová, S., Hadzima, B. Study of phosphate formation on S355J2 HSLA steel /Štúdia rastu fosfátovej vrstvy na HSLA oceli S355J2/. In: Manufacturing technology: journal for science, research and production. - ISSN 1213-2489. - Vol. 17, no. 1 (2017), s. 8-14. (SCOPUS)
- [11] (ADM) Koteš, P. - Brodňan, M. - Chandoga, M. - Bacíková, T. - Kubissa, W.: The Zlatné bridge - condition survey, temporary remedial works required due to dangerous condition and bridge restoration project /Most Zlatné - prieskum stavu, dočasné riešenie stavu v dôsledku mimoriadneho stavu a projekt obnovy mostu/. Roads and Bridges - Drogi i Mosty, Vol. 16, No. 3, Pages 177-190, September 2017, a quarterly journal, ISSN: 1643-1618, eISSN: 2449-769X, Copyright © Road and Bridge Research Institute (IBDiM), <http://www.rabdim.pl/index.php/rb/article/view/v16n3p177>, DOI: 10.7409/rabdim.017.012. Článok je zaradený v databáze SCOPUS a WOS.
- [12] (ADM) Brodňan, M. - Koteš, P. - Bahleda, F. - Šebök, M. - Kučera, M. - Kubissa, W.: Using non-destructive methods for measurement of reinforcement corrosion in practice /Použitie nedeštruktívnych metód na meranie korózie výstuže v praxi/. Vedecko-odborný časopis „Ochrona przed korozją“, vol. 60, nr 3/2017, wydawateľ: Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT Spółka z o.o., ul. Ratuszowa 11, 00-950 Warszawa, Poland, skr. poczt. 1004, ISSN 0473-7733, e-ISSN 2449-9501, DOI: 10.15199/40.2017.3.1, p. 55-58.
- [13] (ADM) Brodňan, M. – Bahleda, F. – Koteš, P. – Kubissa, W. – Strieška, M.: Diagnostic and repair of sewage treatment plant tanks in Žilina /Diagnostika a sanácia nádrží čistiarnie odpadových vôd v Žiline/. Vedecko-odborný recenzovaný časopis z oblasti stavebníctva – Materiały Budowlane, mesačník, 7/2017, wydawateľ: Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o., Warszawa, Poland, ISSN 0137-2971, e-ISSN 2449-951X, p. 58-60.
- [14] (ADN) Kajánek, D. - Hadzima, B. - Pastorek, F.: Electrochemical characterization of AZ31 magnesium alloy treated by Ultrasonic Impact Peening (UIP). Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 2018, 20(3), 24-29. (SCOPUS)
- [15] (ADF) Koteš, P. - Strieška, M. - Vičan, J. - Brodňan, M. - Bahleda, F. - Jošt, J.: Vplyv znečistenia prostredia na zmenu odolnosti ŽB prierezu a na korózne mapy uhlíkovej ocele na Slovensku /Influence of environmental pollution on change of resistance RC cross section and on corrosion maps of carbon steel in Slovanka/. Inžinierske stavby /vedecko-odborný recenzovaný časopis/, ročník 66, číslo 4/2018, ISSN 1335-0846, s. 124-129, www.inzinierskestavby.sk.
- [15] (ADM) Strieška, M. - Koteš, P.: Corrosion map of zinc in Slovakia /Korózne mapy zinku na Slovensku/. Journal - Pollack Periodica, Volume 13, Issue 2, 2018, p. 129-136, Publisher: Akademiai Kiado Rt., Copyright © 2018 Elsevier B.V., ISSN: 17881994, DOI: 10.1556/606.2018.13.2.13, (SCOPUS)
- [16] (ADE) Odrobiňák, J. - Gocál, J. - Jošt, J.: NSS test of structural steel corrosion. Roczniki Inżynierii Budowlanej, Vol. 17, 2017, p. 7-14.

Uplatnenie výsledkov projektu

Odberateľom výstupov projektu je firma ZIN, s.r.o so sídlom v Hronskom Beňadíku, ktorá sa zaoberá povrchovými ochranami kovových materiálov proti korózii. Prevzaté výsledky projektu sa použijú pri navrhovaní technologických procesov povrchových úprav kovov – konštrukčnej ocele a betonárskej výstuže, ktorá sa čoraz viac začína používať v stavebníctve vzhľadom na vyššiu trvanlivosť.

Výsledky sú súčasne použiteľné aj pre aktualizáciu európskych noriem pre navrhovanie oceľových a betónových konštrukcií a mostov s rešpektovaním implementácie fenoménu trvanlivosti do procesu navrhovania nových prierezov alebo posudzovania existujúcich prierezov a prvkov stavebných konštrukcií a mostov. Zaistiť trvanlivosť stavebných konštrukcií je jednou zo základných požiadaviek pri návrhu a údržbe konštrukcií. Na trvanlivosť nových objektov, ale aj existujúcich objektov, má najväčší vplyv agresivita prostredia – environmentálne zaťaženie. Takže výsledky projektu – ako premietnuť agresivitu prostredia do zaistenia trvanlivosti a výpočtu zvyškovej životnosti existujúcich stavebných konštrukcií a mostov – je možné uplatniť pri diagnostikách a prepočtoch existujúcich objektov, prípadne zohľadniť pri návrhu nových objektov.

Sekundárnym odberateľom výsledkov projektu, ako aj pozitívnych efektov projektu, je v konečnom dôsledku finálny zákazník dopravnej infraštruktúry (prepravcovia osôb a tovarov, a tiež súkromný užívateľia), ktorému bezpečnejšie a trvanlivejšie konštrukcie prinesú najmä vyššiu bezpečnosť dopravy, vyššiu cestovnú rýchlosť, ako aj väčšie pohodlie a komfort počas jazdy.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Za celé obdobie riešenia projektu (07/15 až 12/18) boli podľa názoru riešiteľov splnené všetky stanovené ciele:

- Bola mapovaná agresivita prostredia na Slovensku z hľadiska environmentálneho zaťaženia, pomocou získaných vstupných dát boli vytvorené mapy agresivity v prostredí SR (za obdobie 2004 až 2017).
- Mapy agresivity prostredia slúžili na vytváranie máp korózných úbytkov uhlíkovej ocele a zinku v závislosti od znečistenia prostredia a klimatických parametrov (za obdobie 2004 až 2017). Uvedené mapy je možné zohľadniť pri návrhu ochrany materiálov nových konštrukcií, alebo existujúcich konštrukcií za účelom predĺženia zvyškovej životnosti a stanovenia zaťažiteľnosti.
- Boli vykonané citlivostné analýzy vstupných dát do dose-response funkcií. Z nich vyplýva, že najväčší vplyv na korózne úbytky má teplota okolitého prostredia a v prípade mostov je to hlavne obsah chloridov v ovzduší. Z toho vyplýva odporúčanie zhustiť sieť meracích staníc, ktoré by merali obsah chloridov v ovzduší, pretože na Slovensku je takých staníc iba 6, čo je nedostatočné množstvo.
- Boli rozmiestnené vzorky pre strednodobé a dlhodobé merania degradácie povrchov a povrchových vrstiev pre overenie dose-response funkcií a skutočnej korózie v prostredí Slovenska. Jedná sa o vzorky konštrukčnej ocele a betonárskej ocele umiestnené na meracích staniciach -stojany (ako napr. Žilina, Hronský Beňadik, Bytča, Liptovský Mikuláš ... celkom 10 staníc) a vzorky umiestnené ku mostným objektom, kde sa vyskytuje zvýšený obsah chloridov v ovzduší.
- Boli vykonané merania korózie (korózných úbytkov) na skutočných konštrukciách v prevádzke (mosty, lávky).
- Boli urobené merania korózie v laboratóriu (zrýchlené testy v koróznej komore) na vzorkách z konštrukčnej ocele a betonárskych výstuží. Z výsledkov je možné odporučiť skôr lineárny model korózie ako mocninový model korózie.
- Boli vykonané analýzy vplyvu korózie betonárskej výstuže a konštrukčnej ocele na odolnosť, trvanlivosť a zaťažiteľnosť prvkov mostných objektov - oceľových a železobetónových.
- Boli urobené numerické simulácie vplyvu korózie na odolnosť prierezu v ohybe, šmyku a vplyv na vznik a šírenie trhlin v betónovom priereze.
- Boli kreované mechanické modely stanovenia odolnosti prierezov a prvkov mostných objektov s ohľadom na trvanlivosť pre základné prípady namáhania.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

For the whole project solution period (07/15 to 12/18), all planned aims and objectives were realised and fulfilled in the opinion of the researchers:

- The environmental aggression in Slovakia was mapped from the point of view of the environmental load, the maps of aggressiveness in SR environment (from 2004 to 2017) were created using acquired input data.
- Environmental aggressive maps have been used to create a map of corrosion of carbon steel and zinc depending on environmental and climatic parameters (from 2004 to 2017). These maps can be taken into account for design of materials' protection for new structures or existing structures in order to extend the remaining lifetime and determine the load-carrying capacity.
- Sensitivity analyses of input data of dose-response functions were performed. From analyses follows that the greatest influence on corrosion is the ambient temperature and, in the case of bridges, it is mainly the content of chloride ions in the air. This suggests that the network of measurement stations measuring the chlorides content in the air should be densified because only 6 stations in Slovakia are insufficient.
- Samples were distributed for medium and long-term measurements of surface layer and surface degradation to verify dose-response functions and real corrosion in the Slovak environment. These are samples of structural steel and concrete steel placed on measuring stations - racks (such as Žilina, Hronský Beňadik, Bytča, Liptovský Mikuláš ... total 10 stations) and samples placed on bridges where there is an increased content of chlorides in the air.
- Corrosion measurements (corrosion discharges) have been performed on actual structures in operation (bridges, pedestrian bridges).
- Corrosion measurements in the laboratory (accelerated corrosion tests) have been done on structural steel and concrete reinforcement samples. From the results it is possible to recommend a linear model of corrosion as a power model of corrosion.
- Corrosion analysis of concrete reinforcement and structural steel for the resistance, durability and load-carrying capacity of the elements of the bridge structures - steel and reinforced concrete were performed.
- Numerical simulations of the influence of corrosion on resistance in bending, shear and impact on the formation and development of cracks in the concrete cross section have been made.
- Mechanical models for determining the resistance of cross-sections and bridge elements to durability for underlying stresses.