

doc. Ing. František KUDA, CSc.
Ing. Marek TEICHMANN
VŠB – Technická univerzita
Ostrava, Fakulta stavební,
Katedra městského inženýrství

Údržba infrastrukturálních staveb s využitím moderních technologií

Maintenance of Infrastructural Constructions with use of Modern Technologies

Recenzent
Ing. Jiří Frýba

Článek je určen především facility manažerům a dalším odborníkům, kteří nesou zodpovědnost za správu infrastrukturálních a dalších staveb. Zabývá se aplikací moderních technologií na správu a údržbu zmíněných objektů a způsoby jejich využití. V první části příspěvku je definována údržba ve vazbě na stavební zákon, povinnost vlastníka stavby svůj majetek udržovat a rovněž jsou zde definovány druhy údržby staveb. Ve druhé části jsou popsány moderní technologie aplikovatelné na údržbu nemovitého majetku s využitím bezpilotních leteckých prostředků s mobilním monitorovacím systémem a zařízení pro analýzu prvkového složení látek. V článku je dále poukázáno i na různorodé oblasti využití těchto technologií společně s praktickými ukázkami uplatnění.

Klíčová slova: moderní technologie, správa infrastrukturálních staveb, druhy údržby, mobilní monitorování, drony, UAV, analýza látek

The article is primarily targeting facility managers and other specialists, who are responsible for managing infrastructural and other constructions. It deals with the application of modern technologies for the management and maintenance of these facilities and methods of their use. The first part of the article defines relation of the maintenance to the building law, the obligation of the building owner to maintain the property and also the types of building maintenance. The second part describes modern technologies applicable for maintenance of properties using unmanned aerial vehicles with a mobile monitoring system and equipment for analysis of elemental composition of substances. The article also points out diverse areas of application of these technologies, along with practical examples of their use.

Keywords: advanced technologies, management of building infrastructure, maintenance types, mobile monitoring, drones, UAV, analysis of substances

ÚVOD

Nové moderní technologie nacházejí uplatnění ve správě a údržbě stavebních objektů, kde usnadňují a zjednodušují činnosti doposud prováděné jen člověkem. Umožňují vykonávat práce ve velmi krátkých časových lhůtách a významně snižují rizika, která se při daných činnostech vyskytují, ať už se jedná o práce ve výškách nebo v místech s omezenou dostupností, či o jiné pracovní činnosti, u nichž může mít lidský faktor negativní dopad.

Není pochyb, že řada standardně prováděných činností, které dnes vykonávají lidé, bude v budoucnu kompletně nahrazena moderními technologiemi a člověk již bude mít na starosti pouze kontrolu nad prováděnými pracemi [1].

ÚDRŽBA STAVEBNÍCH OBJEKTŮ

Údržba stavebních objektů je velmi důležitou činností, které se každý vlastník musí zodpovědně věnovat. Cílenými a plánovanými zásahy údržby je možné prodlužovat technickou životnost nemovitého majetku. Stavební zákon č. 186/2006 Sb., v platném znění, se v § 139 Údržba stavby zmiňuje o povinnosti, kterou na sobě nesou vlastníci staveb, kteří jsou povinni udržovat stavbu po celou dobu její existence, a to tak, aby se zabezpečil její dobrý stavební stav a nedocházelo k jejímu znehodnocení, ale naopak se prodloužila její užitelnost.

Údržbu lze definovat jako činnost, při které dochází k revizím, technickým prohlídkám a úklidu stavebních konstrukcí, technických systémů, přístrojů a součástí.

Zkušenosti s údržbou z minulosti či přítomnosti v soukromém i státním

sektoru by mohly napovídat, že se jedná o činnost související s opravou zařízení či budov poté, kdy se objekt či zařízení stane nefunkčním. Přijetím principů facility managementu se toto pojetí údržby mění – pozornost se již neupírá na reaktivní údržbu, ale na předcházení poruch. Plánovaná údržba slouží k předcházení provozních výpadků. Obecně můžeme rozdělit údržbu do několika kategorií [4, 8].

Úkolem údržby infrastrukturálních staveb je zpravidla kontrola zajištění a dodržení jednotlivých hodnot jakosti provozu těchto staveb. Při těchto kontrolách je obvykle vizuálně kontrolován stav jednotlivých dílčích částí stavby, jsou odebírány vzorky, provádějí se zkoušky a kontroly daných zařízení, čištění jejich mechanických částí, případně další kontroly a úpravy pro zajištění kvality jejich provozuschopnosti a dlouhodobé životnosti. Při nedodržení těchto důležitých zásad a kontrol může dojít k ohrožení zdraví osob nebo znečištění životního prostředí.

Činnosti údržby jsou v současné době prováděny pracovníky a jejich plnění je většinou časově, ale i finančně náročné. Navíc je v mnoha případech zapotřebí, aby se z důvodu bezpečnosti údržby účastnilo více pracovníků. V dnešní době jsme však díky technickému pokroku schopni velkou část údržbových prací pokrýt vhodným nasazením moderních technologických systémů a zařízení.

MOBILNÍ MONITOROVÁNÍ MÍST SE ŠPATNOU NEBO OMEZENOU DOSTUPNOSTÍ

Drony neboli bezpilotní letecké prostředky (dále jen UAV – unmanned aerial vehicles) jsou letecké prostředky, které mohou být řízeny na dálku pomocí dálkového ovládání anebo jsou schopny létat samostatně pomocí předem naprogramovaných letových plánů, případně pomocí dynamických autonomních systémů. Jedná se

Tab. 1 Druhy údržby [5]

Tab. 1 Maintenance types [5]

Druhy údržby	Popis údržby	Klady	Zápory
Reaktivní	Jedná se o nejčastější typ údržby, kdy dochází ke korekci poruchy, až když nastane. Tato údržba není vhodná pro zajištění dostatečné životnosti a provozuschopnosti objektu či zařízení.	Vynaložení nulové činnosti pro opravy a revize.	Nedosažení minimální životnosti objektů či zařízení, pozastavení nebo vyřazení provozuschopnosti, vynaložení větších finančních prostředků.
Preventivní	Jedná se o údržbu dle časového harmonogramu, kdy se provádí tzv. preventivní prohlídky a kontroly pro zjištění degradace. Směřuje k zabránění degradace či jejímu zpomalení.	Prodloužení životnosti zařízení a delší provozuschopnost objektů, ve výsledku o 12-18 % menší náklady na údržbu oproti reaktivní údržbě.	Časově náročnější než reaktivní údržba, nutné dodržování časového harmonogramu oprav.
Prediktivní	Jedná se o údržbu fungující na principu předvídání budoucí degradace v dostatečném časovém předstihu, kdy je možné zajistit, aby nedošlo k poruše zařízení či objektu.	Desetinásobná návratnost investice, úspora nákladů na údržbu 25-30 %, snížení poruchovosti o 70-75 %, snížení odstávky technologií o 35-45 %, úspora výdajů oproti preventivní údržbě činí 8-12 %.	Značně větší pořizovací náklady na tento typ údržby (např. nákup a montáž měřicích a diagnostických zařízení, školení personálu apod.).

o moderní stroje, které jsou schopny v mnoha ohledech nahradit mnohé činnosti prováděné člověkem. Tato zařízení se mohou využívat ve stavebnictví hned několika způsoby, od skenování a monitorování pro člověka těžce dostupných míst až po přenášení materiálů na daná místa. Jedná se o moderní monitorovací zařízení, skládající se z několika aktivních prvků, které vytváří tzv. mobilní monitorovací systém (dále jen MMS – mobile monitoring systems). Tento systém se skládá především ze samotného mobilního UAV a monitorovacího zařízení, které je tvořeno buď HD kamerou, nebo jinými zařízeními zjišťujícími potřebné parametry, tedy různými druhy senzorů, termovizních zařízení apod., s možností odesílání dat prostřednictvím

Tab. 2 Klady a zápory spojení UAV a MMS

Tab. 2 Pros and cons of the UAV and MMS interconnection

Klady	Zápory
Snížení rizik poškození zdraví pracovníků při kontrolních prohlídkách	Pořizovací náklady
Úspora času	
Dostupnost těžce dosažitelných míst	
Rychlá lokalizace závad a problémů	
Sledování míst prostřednictvím živého přenosu	
Zpětná kontrola pomocí archivované foto- a videodokumentace	

bezdrátové komunikační sítě, ovládacího zařízení nebo systému a sledovacího softwaru [2, 7].

V dnešní době vyžaduje správa a údržba staveb přesná a aktuální data dokladující stav a kvalitu jednotlivých dílčích částí daného objektu. Funkcí tohoto moderního zařízení je především usnadnit provádění daných činností a snížení rizik při vykonávání prohlídek.

Využitelnost UAV a MMS při správě a údržbě infrastrukturálních staveb

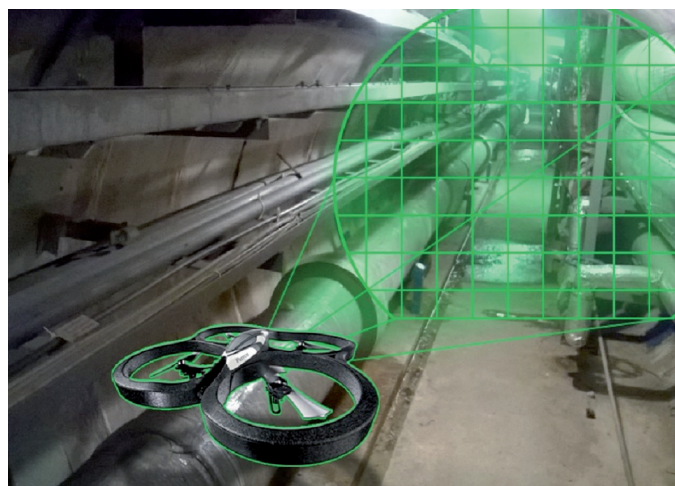
Aplikace UAV a MMS při správě a údržbě lze využít pro širokou škálu konkrétních problémů, ať už celých provozních celků staveb, nebo jejich částí. Využití těchto systémů lze výhodně uplatnit u rozsáhlých liniových staveb technické infrastruktury, jako jsou elektrické rozvodné sítě, telekomunikační sítě, distribuce pitné vody, tepla apod. V případě absence UAV a MMS systémů jsou v tomto odvětví zapotřebí často zdoluhavé a náročné kontroly, které zpravidla vyžadují, aby byl během nich z důvodu bezpečnosti pracovníků provoz dané inženýrské sítě omezen. Naopak s pomocí UAV a MMS, kdy samotnou údržbu či kontrolu jednotlivých dílčích částí nebo celého objektu neprovádí přímo pracovník, ale dálkově řízené UAV, není nutné jakkoliv provoz daného objektu omezovat.

Aplikaci UAV by bylo vhodné využívat pro kontroly a monitorování vodovodu, parovodu a dalších sítí vedených v místech se špatnou dostupností nebo v místech, jako jsou kolektory, kde je z bezpečnostních důvodů zapotřebí minimálně dvou pracovníků pro provádění kontrol-



Obr. 1 UAV monitorující okolí a schéma MMS

Fig. 1 UAV monitoring the surrounding and the MMS diagram



Obr. 2 Aplikace UAV v kolektoru

Fig. 2 Use of the UAV in a collector channel

ních prohlídek. V případě aplikace MMS by odpadla nutnost kontroly kolektoru prostřednictvím člověka, tím by došlo k výraznému snížení nebo úplné eliminaci rizik vzniklých při provádění kontrolních prohlídek. Pracovníci by se však aktivně podíleli na kontrole prostřednictvím živého přenosu videodat odesílaných z kamery upevněné na UAV, monitorujícího celý kolektor, a to i v místech, kam by se zaměstnanci obtížně dostávali. Monitorování a skenování prostředí by bylo prováděno pomocí moderní 360° HD kamery, která by odesílala a zároveň ukládala videodata. Data by se pro zpětnou kontrolu a potvrzení provedené prohlídky archivovala. V případě nálezu vady (např. unikající voda z potrubí, pára aj.), by pracovníci analyzovali škody a jejich rozsah a na základě tohoto krátkého vyhodnocení buď vadu sami opravili, nebo ohlásili příslušné organizaci, která by následně opravu provedla.

Jedním z dalších způsobů uplatnění může být provádění kontrol stavu dílčích částí elektrické rozvodné sítě, zejména pak rozvody ultra vysokého, zvláště vysokého, velmi vysokého a vysokého napětí, kdy je potřeba v pravidelných intervalech kontrolovat stav stožárů vedení, izolace vodičů a jejich stav, zavěšení, izolátory, svorky nebo spojky. Dnes tyto kontroly probíhají velmi komplikovaně a je potřeba tzv. lezeckých revizí, kdy je nutné celý kontrolovaný úsek vyřadit z provozu, aby bylo možné pomocí pracovníků – lezců stav rozvodné sítě vizuálně zblízka zkontrolovat. Nutnost odstávky je však velkým omezením, a tak se lezecké revize často nahrazují jen revizemi pochůzkovými, kdy je stav vedení kontrolován ze země pomocí dalekohledu. Pomocí těchto pochůzkových revizí však zpravidla nelze odhalit všechny vady a poruchy. Při aplikaci UAV může tato kontrola vedení probíhat za plného provozu, bez ohrožení lidského zdraví a hlavně kvalitně, jelikož se UAV zařízení dokáže dostat do míst, kam se nedostanou ani pracovníci při lezecké revizi.

Dalším způsobem využití UAV je jeho propojení s termovizním systémem, respektive termovizní kamerou, která umožňuje bezdotykové měření teplot povrchů v těžce přístupných místech, nebo na velmi rozsáhlých územích. Tyto termovizní systémy lze snadno využít například pro kontroly a zjištění případných vad a poruch na horkovodech a parovodech, dále takto lze diagnostikovat i další oblasti, jako jsou rozvody elektrického napětí, fotovoltaické elektrárny apod.

ZAŘÍZENÍ PRO ANALÝZU A MONITOROVÁNÍ PRVKOVÉHO SLOŽENÍ LÁTEK

Zařízení pro analýzu prvkového složení látek (dále jen EAEC – equipment for analysis of elemental composition) je zařízení umožňující identifikovat chemické složení zkoumané látky, v kapalném, plynném nebo pevném skupenství. Tato zařízení lze aplikovat v mnoha oblastech od chemického nebo potravinářského průmyslu až po monitoring



Obr. 3 Kontrolér, sondy a schéma EAEC

Fig. 3 Controller, probes and the EAEC diagram

znečištění ovzduší, vodních toků apod. EAEC může v široké míře nahradit náročné rozbor, dnes běžně vykonávané pracovníky v laboratořích. Přidanou hodnotou je dále zejména rychlost rozboru dané látky, automatické ukládání a archivace výsledků, přesnost a možnost zkoumané prostředí monitorovat prakticky neustále [3].

Samotný systém EAEC tvoří sonda, případně sestava na sebe nezávislých sond. Existuje široká řada sond, z nichž každá je zaměřena na analýzu určitého prvku v dané látce. Sonda má za úkol detekovat hledaný prvek společně s mírou jeho koncentrace. Tyto informace jsou odesílány do tzv. kontroléru, který zpracovává naměřené hodnoty a automaticky data pomocí bezdrátové sítě odesílá na centrálu, kde jsou naměřené hodnoty prostřednictvím softwaru podrobně analyzovány a archivovány pro možnost pozdějších kontrol. Výhodou tohoto systému je především objektivita naměřených hodnot, kdy jsou eliminovány chyby vzniklé lidským faktorem, a dále možnost zpětného ověření naměřených dat. Nejmodernější EAEC systémy se skládají z kontroléru, ke kterému může být připojeno až šest sond, z nichž každá dokáže detekovat až šest chemických prvků a sloučenin, což znamená, že jeden kontrolér dokáže v látce detekovat až 36 různých prvků či sloučenin. Tato skutečnost je zároveň největším omezením celého systému, jelikož připojené sondy musí být pečlivě vybrány a naprogramovány na vyhledávání přesně specifikovaného prvku či sloučeniny [6, 9].

Systém EAEC je tedy vhodný všude tam, kde je zapotřebí v pravidelných intervalech provádět kontroly a revize v oblasti detekce znečištění a hlídání minimálních, nebo naopak maximálních koncentrací různých prvků v zájmových látkách. S využitím systému EAEC tedy odpadá nutnost odebrání vzorků a jejich zpracování a zdlouhavé zkoumání v laboratoři.

Tab. 3 Klady a zápory vyhodnocovacího systému odpadních vod

Tab. 3 Pros and cons of the waste waters evaluating system

Klady	Zápory
Modulárnost	Pořizovací náklady
Automatizovaná kontrola vzorků	Omezený počet sledovaných prvků
Objektivnější vyhodnocení vzorků	
Ukládání a archivace naměřených dat	

Využitelnost EAEC při správě a údržbě infrastrukturálních staveb

Systém EAEC má široké možnosti uplatnění. Využití najde také u technické infrastruktury, zejména pak při analýze a rozboru vod určených k úpravě na vodu pitnou, nebo naopak při kontrole a rozboru vod odpadních. Díky modernímu zařízení tak lze aktivně sledovat stavy a různé potřebné hodnoty, např. odpadních vod na přítoku nebo odtoku z čistírny odpadních vod, a rovněž tak i v samotném procesu čištění.

Teoretickým příkladem využití by mohla být aplikace systému EAEC pro monitorování stavu radioaktivních vod v čistírně odpadních vod Fakultní nemocnice Olomouc, kde se nyní vzorky odebírají manuálně a následně se provádí analýza v laboratořích. Tento způsob je časově náročný a vlivem lidského faktoru nemusí být dosaženo objektivních výsledků (např. chyby při odběru a měření). S využitím systému EAEC by bylo možné nepřetržitě monitorovat potřebné parametry a hodnoty zkoumané odpadní vody z vymíracích nádrží pro odpadní radioaktivní vodu. Systémem získané hodnoty o výši radiace a chemickém složení odpadních vod by byly zaznamenávány v kontroléru, který by data následně přeposílal pomocí bezdrátové sítě na centrálu. Zde by byla naměřená data ukládána a prostřednictvím softwaru podrobně vyhod-



Obr. 4 Napojení kontroléru na vymírací nádrže

Fig. 4 Controller wiring to the decay tanks

nocena v potřebných časových intervalech. Záznamy o provedených měřeních by následně byly dále archivovány pro pozdější kontroly a revize.

Další možností využití systému EAEC je např. aplikace u zdrojů tepla, např. vytopen či tepláren nebo tepelných elektráren, kde je při výrobě tepla nebo elektrické energie spalováno palivo. Spalováním obecně se do ovzduší uvolňuje mnoho škodlivých látek, jejichž množství je nutno snižovat na přijatelnou, zákonem stanovenou úroveň. Tuto úroveň lze na výstupu z komínového tělesa pomocí systému EAEC nepřetržitě monitorovat. Využití by bezpochyby našlo také vzájemné propojení systému EAEC se zařízením UAV. V tomto případě by bylo možné monitorovat množství škodlivin v ovzduší na velmi rozsáhlých územích či jejich zájmových částí, jako jsou čistírny odpadních vod, kde lze monitorovat množství dusíku odcházejícího do atmosféry při denitrifikaci. Dalším místem uplatnění mohou být skládky odpadu, které jsou významným zdrojem emisí skleníkových plynů. Zde se opět jedná o aplikaci systémů EAEC na zařízení UAV, které má za úkol monitorovat množství těchto skleníkových plynů odcházejících do atmosféry.

ZÁVĚR

Provádění údržby stavebních objektů je v současnosti často velmi zdoluhavá a časově náročná činnost, kterou nyní v převážné většině musejí vykonávat lidé. Využití moderních technologií pro správu a údržbu staveb a zařízení s sebou přináší řadu možností, jak celý proces správy a údržby zefektivnit, urychlit a zkvalitnit. Další nespornou výhodou je, že člověk již nemusí být přímo fyzicky přítomen na stavbě či zařízení, kde údržba probíhá, ale vše dokáže stejně kvalitně, mnohdy i kvalitněji zajistit z centrály, odkud celý proces řídí, sleduje a vyhodnocuje.

Systémy UAV v posledních letech zažily obrovský rozmach v celé škále odvětví, od průmyslu, složek IZS, až po zcela obyčejnou dětskou hračku.

Tyto systémy v sobě skrývají obrovský potenciál, díky kterému můžeme mnohanásobně zlepšit nejen kvalitu, ale hlavně kvantitu dat, s jejichž pomocí lze zefektivnit využívání GIS aplikací a procesy rozvoje i údržby infrastrukturálních sítí.

Podobně jsou na tom také systémy EAEC monitorující prvkové složení látek. Využitím těchto nástrojů je možné v obrovské míře omezit zdlouhavé rozbor, které dodnes v převážné míře musejí probíhat v laboratořích. S využitím tohoto modulárního systému, který lze různě kombinovat, můžeme velmi rychle, nepřetržitě a hlavně s velmi vysokou přesností monitorovat výskyt široké škály prvků a sloučenin obsažených v dané látce. Výhodou celého systému je také okamžité vyhodnocení stavu zkoumané látky a archivace naměřených hodnot pro případnou zpětnou kontrolu.

Moderní technologie nacházejí čím dál více využití nejen ve stavebnictví, ale i ve správě a údržbě staveb a zařízení. Těmto technologiím by tedy zejména do budoucna měla být věnována velká pozornost.

Kontakt na autory: frantisek.kuda@vsb.cz; marek.teichmann@vsb.cz

Práce byly podporovány z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2016/117.

Použité zdroje:

- [1] EMINGR, L. Moderní metodiky facility managementu část 2: Commissioning – základní oblasti pro využití. *Vytápění, větrání, instalace*. 2015, č. 3, s. 112–113. ISSN 1210-1389.
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ. Drony a mapování kritické infrastruktury [online]. 2016. Dostupné z: <http://www.securitymagazin.cz/technologie/drony-a-mapovani-kriticke-infrastruktury-1404043392.html>
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. Procesní přístroje pro analýzu vody [online]. 2016. Dostupné z: https://sk.hach.com/cms-portals/hach_sk/cms/documents/proces.pdf
- [4] KUDA, F., BERÁNKOVÁ, E. *Facility management v technické správě a údržbě budov*. Professional Publishing, 1. Vydání, 2012. ISBN 978-80-7431-114-7.
- [5] KUDA, F., SVOBODOVÁ, P. *Základy správy majetku: 1. Vydání*. Ostrava, 2012. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-2821-3.
- [6] PETROVIC, M., GROS M., BARCELO, D. Multi-residue analysis of pharmaceuticals in wastewater by ultra-performance liquid chromatography–quadrupole–time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 2006, 1124(1-2), 68–81. DOI: 10.1016/j.chroma.2006.05.024. ISSN 00219673.
- [7] SIEBERT, S., TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction*. 2014, 41, 1–14. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.01.004. ISSN 09265805.
- [8] ŠTRUP, O. *Základy Facility managementu*, 1. Vyd. 2014, 156 s. ISBN 978-80-7431-143-7.
- [9] VAPEK, Z. Možnosti měření oxidu uhličitého – měřicí přístroje a čidla. *Vytápění, větrání, instalace*. 2015, č. 2, s. 62–65. ISSN 1210-1389.

