

OCHRANA BETONU V ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD ■ PROTECTION OF CONCRETE IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Tomáš Plicka

Cílem článku je shrnout a popsat požadavky na ochranné systémy v trvalém styku s odpadní vodou, představit výhody minerálních ochranných systémů, které těmto požadavkům s technickou rezervou spolehlivě vyhoví, a podělit se s Vámi o jejich prokázanou dlouhodobou odolnost agresivnímu prostředí odpadních vod deklarovanou nezávislými studii zkušebních ústavů. ■ This paper is aimed to summarize and briefly describe requirements for protection systems in permanent contact with wastewater. Further, it seeks to introduce advantages of mineral protection systems, which can meet these demands with a technical reserve reliably. Finally, the author highlights their proven long-term resistance to aggressive environment of wastewater declared by independent studies of testing institutes.

BETONOVÉ KONSTRUKCE V PROSTŘEDÍ ODPADNÍCH VOD

Beton je bezpochyby hlavní stavební materiál minulého a také tohoto století. Má vysokou životnost, lehce se tvaruje a je cenově výhodný. 70 % poválečných staveb je postaveno z betonu. Také u stavebních konstrukcí v oblasti odpadních vod je beton nejvíce používaný stavební materiál, bez kterého by nebylo možné zkonstruovat čistírny odpadních vod (ČOV) tak, jak je známe dnes.

Všeobecně platí, že pokud je beton vyroben, uložen, ztuhnut a ošetřován „podle norem“, lze jej označit za „těsný“ stavební materiál s dlouhou životností. Beton je ale v prostředí odpadních vod vystaven celé řadě vlivů a působení, např. rozpouštějící vlivy (zatížení kyselinami), zvětšování objemu a vnitřní pnutí v betonu (síranová koroze), biologické vlivy, mechanické působení (oděr, kluzné valivé namáhání), fyzikální působení (mráz), koroze a působení na ocelovou výztuž (karbonatce, důlková koroze způsobená chloridy). Navíc odpadní voda na ČOV dosahuje v celé řadě kritické hodnoty pH-faktoru prostředí, tj. hodnot pod pH-faktor 5, kdy beton není schopen trvale tomuto zatížení odolávat.

Faktem je, že beton je pórovitý a propustný materiál a jeho odpor a necitlivost vůči vlivům životního prostředí závisí na jedné straně na druhu a intenzitě působení prostředí a na druhé straně na jeho vlastnostech.

Prakticky všechny podstatné destrukční jevy probíhající v betonu nebo na jeho povrchu mají co do činění s transportními procesy. Rozhodující roli přitom hraje transport vody. Voda však není jen transportním médiem škodlivých látek, nýbrž se také účastní reakce prakticky u všech škodlivých procesů. Kdyby se tedy podařilo zabránit pronikání vody do betonu, v důsledku toho by bylo možné zamezit téměř všem škodlivým procesům.

Jak působí póry, jejich velikost a celková pórovitost betonové struktury?

Absorpce vody stavebními materiály může probíhat pouze přes póry, přitom rozhodující vliv má celkový objem pórů (pórovitost). To platí vedle absorpce vody zvláště pro s tím spojenou absorpci škodlivých látek. Rozhodující význam v celkové pórovitosti přitom představují geometrie pórů a rozdělení velikosti pórů.

Póry se rozlišují podle jejich geometrického tvaru a mluvíme např. o vsakovacích pórech, průchozích pórech, pórech s úzkým hrdlem, uzavřených pórech, spojovacích pórech, vzduchových pórech a pórech vzniklých při ztuhnutí. Vsakovací póry např. mohou být plněny vodou jen podmíněně, jelikož v pórech je vzduch vytvářející protitlak, který zabraňuje dalšímu pronikání vody. Uzavřené póry jsou v zásadě přístupné pouze pro vodní páru a jsou důležité pro difúzní otevřenost systému vůči průniku vodních par. Nejmenší póry jsou póry gelové s velikostí 10^{-9} m, které jsou z hlediska transportních procesů bezpečné, neboť neumožňují transport. Průchozí póry (kapilární póry s velikostí 10^{-6} m) se plní vodou nejlépe a tudíž jsou v nejvyšší míře odpovědné za transportní jevy. Mikropóry (10^{-4} m) a póry vzniklé od ztuhnutí (10^{-2} m) lze z tohoto pohledu již považovat za „transportní dál-

nice“ pro škodlivé látky. Důsledkem všech těchto popsaných jevů je fakt, že sanace betonů v oblasti odpadních vod a jejich trvalá ochrana je nevyhnutelným procesem.

OCHRANA POVRCHŮ

V zásadě existují dvě možné cesty. Je možné používat vysoce kvalitní betony bez dodatečné povrchové ochrany, které jsou dlouhodobě odolné prostředí do pH 3,5, odolné vůči chloridům a jsou vyrobeny s co nejnižší možnou pórovitostí. Co je pro tyto betony kritické je biogenní koroze kyseliny sírové (BSK), probíhající v uzavřených nádržích odpadních vod, kdy v prostoru nad hladinou odpadní vody oxiduje sirovodík na kyselinu sírovou a prostředí dosahuje hodnot pH 1 až 2. Zde se dají pro ochranu betonů používat speciální silikátové systémy, např. systém Konusit.

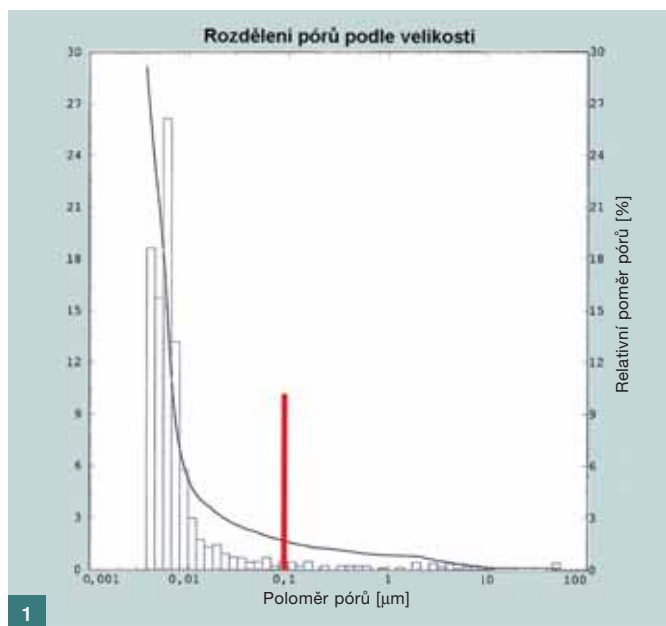
Další možností je konstrukce z normálního betonu opatřit sekundární povrchovou ochranou a použít buď systémy organické na bázi reakčních pryskyřic nebo anorganické na bázi minerálních. Naše řešení je již desítky let aplikace minerálních silnovrstvých ochranných systémů s vyváženou křivkou zrnitosti, velmi nízkou pórovitostí a maximální možnou odolností. Použití minerálních systémů v zařízeních pro zpracování odpadních vod vykazuje ve srovnání s ochrannými systémy na bázi epoxidových nebo polyuretanových pryskyřic značné výhody (tab. 1).

OCHRANNÝ SYSTÉM

Již více než dvacet let se používá pro ochranu betonů v oblasti odpadních vod ochranný systém MC-RIM. Jedná se o cementem pojený minerální ochranný systém s vysokou odolností vůči síranům pro ochranu vertikálních a stropních ploch, v posledních letech doplněný

Tab. 1 Srovnání minerálních systémů pojených cementem s ochrannými systémy na bázi epoxidových nebo polyuretanových pryskyřic při použití v zařízeních pro zpracování odpadních vod ■ Tab. 1 Comparison of mineral cement-bonded systems with protective systems based on epoxide or polyurethane resins when used in facilities for wastewater treatment

Minerální systémy pojené cementem	Systémy na bázi reakčních pryskyřic
otevřené difúzi vodních par	uzavřené difúzi vodních par
žádné riziko osmózy	ohrožené osmózou
zpětné provlhnutí není problematické	ztráta přidrženosti při zpětném provlhnutí
zbytková vlhkost podkladu není kritická	zohlednění zbytkové vlhkosti podkladu je nutností
mechanická odolnost	bez mechanické odolnosti



1



2

Obr. 1 Rozdělení poloměrů pórů ochranného systému

■ Fig.1 Division of radiuses of pores of the protective system

Obr. 2 Strojní nanášení systému ■ Fig. 2 Mechanical application of the system

o variantu MC-RIM H pro ochranu vodorovných a mírně skloněných ploch.

Ochranné systémy ale v žádném případě nesmí přejímat konstrukční úkoly betonu, jejich úkolem je chránit beton před pronikáním škodlivých látek rozpuštěných ve vodě. To znamená, že u sanovaných stávajících konstrukcí je v případě potřeby nutno původní degradované vrstvy betonu nejprve nahradit reprofilačními systémy. V oblasti odpadních vod speciálními reprofilačními systémy na bázi cementů bez obsahu trikalciinaluminátu (C_3A), které jsou odolné síranům rozpuštěným v odpadní vodě nebo síranům v podkladním kontaminovaném betonu a spolehlivě chrání nosnou konstrukci před síranovou korozi, na rozdíl od běžných reprofilačních systémů.

VLASTNOSTI OCHRANNÉHO SYSTÉMU

Ochranný systém je:

- odolný proti velmi silně agresivním vodám a půdám dle ČSN EN 206, tab. 2 pro expoziční třídy XA1 – XA3;
- dlouhodobě odolný v prostředí od pH 3,5 (hranice u XA3 je 4) do pH 14;
- vodonepropustný dle DIN 1048 do vodního tlaku 5 bar, tj. 50 m vodního sloupce;
- jeho celková pórovitost po 28 dnech dosahuje hodnot 4,2 objem. % – viz obr. 1 rozdělení pórů s vyznačenou kritickou hranicí velikosti pórů 0,1 μm ;
- difúzně otevřený pro vodní páry s difúzním odporem 2,4 m;
- difúzně uzavřený vůči prostupu CO_2 s difúzním odporem 60 m (v tloušťce vrstvy 10 mm) a tím zpomaluje proces karbonatce betonu;

- vysoce odolný síranům, neboť pojivem je cement bez obsahu C_3A ;
- vysoká těsnost vůči chloridům (migrační koeficientem $1,23 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. Pro srovnání: normální beton s CEM I 42,5 R a vodním součinitelem 0,5 vykazuje koeficient migrace chloridů $15,8 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, vysoce výkonný beton (CEM I 42,5 R s mikrosilikou ($k = 2$), efektivní vodní součinitel 0,4) vykazuje $4,8 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. To znamená, že uvedený ochranný systém vykazuje minimálně čtyřnásobně vyšší odpor proti pronikání chloridů než uvedený vysoce výkonný beton.

Systém je možné nanášet buď ručně (u malých ploch) nebo strojně technologji mokrého torkretu (obr. 2).

Ochranný systém je možné použít prakticky pro všechny betonové konstrukce na ČOV ve styku s odpadní vodou (předčišťovací nádrže, lapáky písku/lapáky tuků, šneková čerpadla, provzdušňovací nádrže, dosazovací nádrže, zahušťovače kalů, vyhnívací věže a nádrže, vstupní a výstupní objekty, záchytné nádrže na dešťovou vodu a havarijní nádrže).

TRVANLIVOST OCHRANNÉHO SYSTÉMU

Základní otázkou, velice často kladenou všemi zainteresovanými, od investorů a správců, přes projektanty až po samotné realizační firmy, je odolnost a životnost ochranných systémů v agresivním prostředí odpadních vod. Je to 5, 10, 15 let nebo snad ještě déle? Adekvátní odpověď Vám ale může dát jen ten, kdo své systémy používá úspěšně již řadu let, a také ten, kdo může

svá tvrzení doložit nezávislými studiemi a zkoumáním těchto systémů na provozovaných objektech. Jiná odpověď je čistým „věštěním ze skleněné koule“.

Následuje popis tří studií, při kterých byl posuzován ochranný systém MC-RIM po 13 až 14letém namáhání.

PROJEKT VIERNHEIM

Jedná se o nezávislou studii, průzkum ochranného systému po 13letém namáhání, kterou v roce 2008 zpracovala MBF – Gesellschaft für Materialprüfung und Baustofforschung mbH (společnost pro zkoušení materiálů a výzkum stavebních hmot) v Berlíně. Iniciátorem studie byla společnost MC-Bauchemie v Německu.

Zadání úkolu

V německém městě Viernheim mají na místní ČOV přepadovou nádrž na dešťovou vodu a zároveň havarijní nádrž rozměrů: délka 61 m; šířka 19,5 m; výška 6,8 m. Slouží jako vyrovnávací nádrž u přepadu kanalizace a jako vyrovnávací nádrž k dočasnému pojmání kontaminovaných kapalin (např. směsi olejů, kyseliny, benzinu apod.).

Důvodem stavebního zásahu/sanace v roce 1995 byla sanace betonu a provedení profylaktické ochrany betonové podzemní stavby. Dalším požadavkem byla preventivní ochrana pro případ havárie ve sběrném území města Viernheim.

Nanesený ochranný povlak měl tedy chránit beton stavebního díla před škodlivými vlivy z nejrůznějších znečištěných vod a přitom měl své ochranné vlastnosti měnit jen nevýznamně. Očekávala se pokud možno vysoká životnost.

Tab. 2 Odtrhová pevnost betonu ■
Tab. 2 Separation strength of concrete

Naměřené hodnoty [N/mm ²]	Vzhled odtrhu
1,4	povrch betonu
3,1	v betonu
3,2	v betonu
2,5	v betonu
1,1	v ochranném systému
2,9	v betonu
3,1	v betonu
1,6	v betonu

Tab. 3 Výsledky odtrhových zkoušek ■
Tab. 3 Results of separation tests

Naměřené hodnoty [N/mm ²]	Vzhled odtrhu
1,5	na povrchu ochranné vrstvy
1,8	v betonu
2,4	v betonu
1,5	na povrchu ochranné vrstvy

K posouzení trvanlivosti a životnosti byly v roce 2008 provedeny průzkumy konstrukce a četné průzkumy na vrtných jádrech v laboratořích. Výsledky jsou zdokumentovány v protokolu č. 105/08 (MBF Berlín).

Rozsah průzkumu:

- stanovení odtrhové pevnosti,
- stanovení hloubky karbonatace,
- průzkumy stereomikroskopem a polarizačním mikroskopem (posouzení matrice),
- elektronová rastrová mikroskopie (REM),
- analýza prvků (metoda EDAX).

Výsledky zkoušek – výběr

Zadavatel studie odebral osm jádrových vývrtů a vzorků pro odtrhovou pevnost z různých míst nádrže. Výsledky jsou uvedeny v tab. 2.

Pro stanovení hloubky karbonatace byl použit indikátorový roztok fenolftalein. Zkušební plochy vrtných jader byly odříznuty a asi po dobu pěti minut sušeny. Na čerstvou dělicí plochu byl nastříkán roztok indikátoru fenolftaleinu, který se při hodnotách pH < 9 nezbarví, při pH > 9 má růžové či fialové zbarvení. Hloubka karbonatace byla u všech zkoumaných vzorků stanovena v rozmezí 1 až 2 mm.

Mikroskopická zkoumání nábrusů ukázala hustou, pevnou minerální matici s homogenně rozdělenými drobnými minerálními příměsmi. Další zkoumání pomocí REM a EDAX navíc ukázalo, že póry matrice jsou jak na vzorcích odebraných přímo z nádrže, tak i na nových referenčních vzorcích vyrobených pro porovnání vyplněny nespolečným hydroxidem vápenatým.

Tab. 4 Stanovení anionů v nosném betonu ■
Tab. 4 Determination of anions in structural concrete

Ion	Oblast dlouhodobě pod vodou – hloubka profilu 0–10 mm [hmot. %]
chlorid	0,016
dusitan	0,004
dusičnan	0,015
síran	0,098

Tab. 5 Stanovení obsahu síranů a chloridů ■
Tab. 5 Determination of the content of sulphates and chlorides

Analýza	Číslo jádrového vývrtu	Stavební díl	Hmotnostní podíl [%]
Obsah chloridů (rozklad kyseliny dusičné)	2	Stěna dole	0,02
	9	Stěna nahoře	0,01
	4-1	Deska dna	0,02
Obsah síranů (rozklad kyseliny chlorovodíkové)	2	Stěna dole	1,44
	3		0,71
	7	Stěna nahoře	1,59
	9		0,55
	4-1		Deska dna

Výsledky stanovení pórovitosti a zde pak speciálně rozdělení poloměru pórů v rozsahu malých pórů jsou v korelaci s mikroskopickou, tj. vizuálně stanovitelnou těsností.

Závěry studie, vyhodnocení

Z výsledků lze odvodit závěr, že třináct let provozu přepadové dešťové nádrže plněné různými druhy vod v nejrůznějších intervalech nezpůsobilo žádnou změnu vlastností ochranné vrstvy. Proto lze usoudit, že tyto vlastnosti při dalším provozu za srovnatelných podmínek zůstanou zachovány nejméně dalších **20 let**.

PROJEKT ARA „MOOS“ AMRISWILL

Jedná se o nezávislou studii, průzkum ochranného systému po 14letém namáhání, kterou v roce 2008 zpracovala firma LPM AG – Labor für Prüfung und Materialtechnologie (Laboratoř pro zkoušení a technologie materiálů) ve Švýcarsku. Iniciátorem studie byla společnost MC-Bauchemie v Německu.

Zadání úkolu

V tomto případě se jednalo o aktivační nádrž kalu na místní ČOV. Plochy stěn aktivační nádrže kalu, aerobní části ARA „Moos“ Amriswill, byly v roce 1994 pro ochranu železobetonové konstrukce opatřeny vrstvou ochranného systému. K posouzení stavu kvality naneseného povlaku a jeho ochranné funkce po cca čtrnácti letech používání byly na povlaku ochranného systému a na betonu provedeny různé průzkumy. V létě 2008 bylo k posouzení ochranné vrstvy vyjmuta dvanáct vrtných jader z části nad vodou, oblasti kolísavé hladiny vody

a oblasti trvale pod hladinou vody. Pro srovnání byly zároveň prověřeny původní vzorky ochranné vrstvy.

Rozsah průzkumu:

- zkoušky odtrhových pevností,
- stanovení anionů v nosném betonu uvolněním horké vody,
- posouzení mikroskopické struktury na tenkých výbrusech,
- stanovení hloubky karbonatace.

Výsledky zkoušek – výběr

Zadavatel studie odebral dvanáct jádrových vývrtů a vzorků pro odtrhovou pevnost z různých míst nádrže. Naměřené hodnoty viz tab. 3 a 4.

Závěry studie, vyhodnocení

Celkově se zkoumané vzorky vrstvy ochranného systému vyznačují dobrou jakostí i po čtrnácti letech provozu.

Chemické stanovení anionů v povrchu nosného betonu – nebyly přitom zjištěny žádné zvýšené hodnoty chloridů, nitrátů, nitridů ani sulfátů – potvrzuje ochrannou funkci použitého systému pro nosný beton v plném rozsahu.

Naměřené hloubky karbonatace v betonu max. 1 mm jsou další indicií pro nedotčenou ochrannou funkci povlaku.

Lze předpokládat, že ochranná funkce zůstane při stávajícím způsobu provozu zachována ještě dalších **14 let**.

PROJEKT ČOV DRÁŽDANY KADITZ

Jedná se o nezávislou studii, průzkum ochranného systému po 13letém namáhání, kterou v roce 2006 provedla HTW – Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (Vysoká škola technická a hospodářská Drážďany). Iniciá-

torem studie nebyla v tomto případě společnost MC-Bauchemie, ale přímo město Drážďany. O to jsou závěry této studie pro nás důležitější.

Zadání úkolu

V souvislosti s plánováním změny provozní technologie na čistířce odpadních vod Drážďany-Kaditz bylo zapotřebí posoudit stavební stav jednotlivých nádrží zahušťování kalu.

Průzkum konstrukce zahušťovače kalu B 0202 A z roku 1995 měl poskytnout informace o stavebním stavu, včetně ochranného systému, a z nich odvodit doporučení k sanačním opatřením.

Rozsah průzkumu:

- zjištění hloubky karbonatace betonu,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku,
- zkoušky odtrhové pevnosti povrchu,
- stanovení obsahu chloridů,
- stanovení obsahu síranů.

Výsledky zkoušek – výběr

Stanovení obsahu chloridů a síranů je uvedeno v tab. 5.

Uvedené výsledky zkoušek se vztahují pouze na složení svrchní vrstvy. Materiálové složení ochranné vrstvy není známo. Stanovený obsah chloridů by nebyl kritický ani pro nechráněný beton. Obsah síranů by pro nechráněný povrch betonu odpovídal střednímu zatížení. Jelikož vizuální prohlídka povrchů nezjistila žádné stopy po poškození, nelze ani obsah síranů považovat za kritický.

Závěry studie, vyhodnocení

Hloubka karbonatace byla na všech zkušebních tělesech stanovena 0 mm, což se vztahuje na dodatečnou ochranu betonu pomocí ochranné vrstvy. Tím je i nadále poskytována ocelové výztuži dobrá protikorozi ochrana.

Zkoušky povrchové adhezí pevnosti v tahu dokázaly dobrou přilnavost ochranné vrstvy na beton, jakož i dobrou adhezi uvnitř ochranné vrstvy.

Stanovením obsahu chloridů byla na všech zkušebních místech prokázána množství pod hranicí rizika.

Obsah síranů v povlaku se ukazuje být trochu vyšší. Protože však již v nanášeném materiálu může být zvýšený obsah síranů a nijak nedochází k poškození betonu, neměla by se tato hodnota posuzovat kriticky. Rovněž je ale možné, že ochranná vrstva je tvořena materiálem odolným proti síranům a sírany pronikly z kalu z čistíčky a byly zastaveny.

Současný stav nevyžaduje žádná sanační opatření na železobetonové konstrukci.

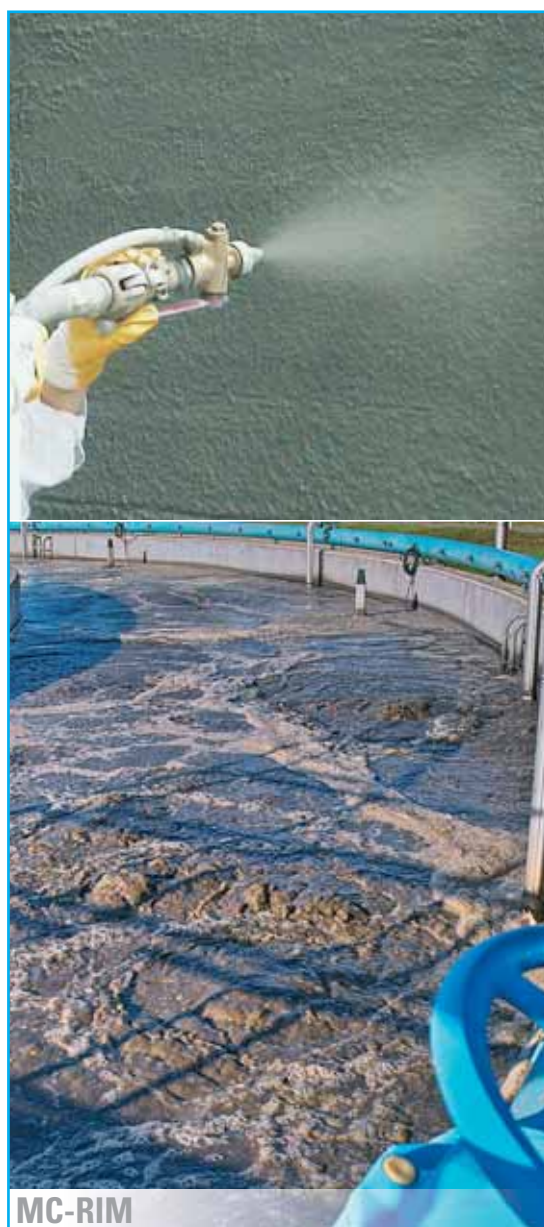
SHRNUTÍ

Naše odpověď na otázku „Jak dlouho vydrží takový ochranný systém?“ je na základě všech výše uvedených faktů podpořených i nezávislými studiemi jednoznačná. Popisovaný systém má prokazatelnou životnost cca 30 let. Nezávislé studie v plném znění jsou zájemcům kdykoliv k dispozici.

Ochranný systém MC-RIM byl jako univerzálně použitelný ochranný systém pro oblast odpadních vod vyhlášen na sympóziu SSBK v roce 2007 Sanačním materiálem roku 2006 v oboru vodohospodářských a hydrotechnických staveb.

Příspěvek na toto téma zazněl na konferenci Sanace 2010.

Ing. Tomáš Plicka
MC-Bauchemie, s. r. o., Skandinávská 990, 267 53 Žebrák
tel.: 311 545 155, fax: 311 537 118
e-mail: info@mc-bauchemie.cz, www.mc-bauchemie.cz



MC-RIM

Ochranný systém pro stavby v oblasti odpadních vod

Minerální ochranný systém MC-RIM, speciálně vyvinutý pro oblast odpadních vod, se vyznačuje velmi vysokou odolností. Účinná ochrana proti chemickému, biologickému, mechanickému a teplotnímu namáhání pomáhá prodloužit životnost stavebních konstrukcí. MC-RIM splňuje všechny požadavky, které má trvanlivý ochranný systém nabízet. – Oslovte nás!

MC-Bauchemie s.r.o.
Skandinávská 990
267 53 Žebrák
Tel: 311 545 155
info@mc-bauchemie.cz

