

Aktivní odstraňování vybraných iontů toxických kovů ze srážkových vod

Jiří Hendrych



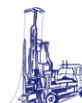
VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE




VODOVODY-KANALIZACE

Pavel Špaček
chemcomex

division of geology and remediation
156 00 praha 5, elišky přemyslovny 379



A photograph of a bus stop shelter on a rainy day. The shelter has a dark metal frame and a curved roof. The glass panels are covered in raindrops. Several people are waiting inside the shelter, their figures slightly blurred. In the background, a wet street and some buildings are visible under a grey, overcast sky. A black sign with white text is attached to the left side of the shelter.

**Zákon č.
254/2001 Sb.
o vodách**

**ČSN 751090
Vsakovací zařízení
srážkových vod**

**TNV 759011
Hospodaření se
srážkovými vodami**

- Legislativní vývoj**
- Vstupní data výzkumu**
- Technické řešení**

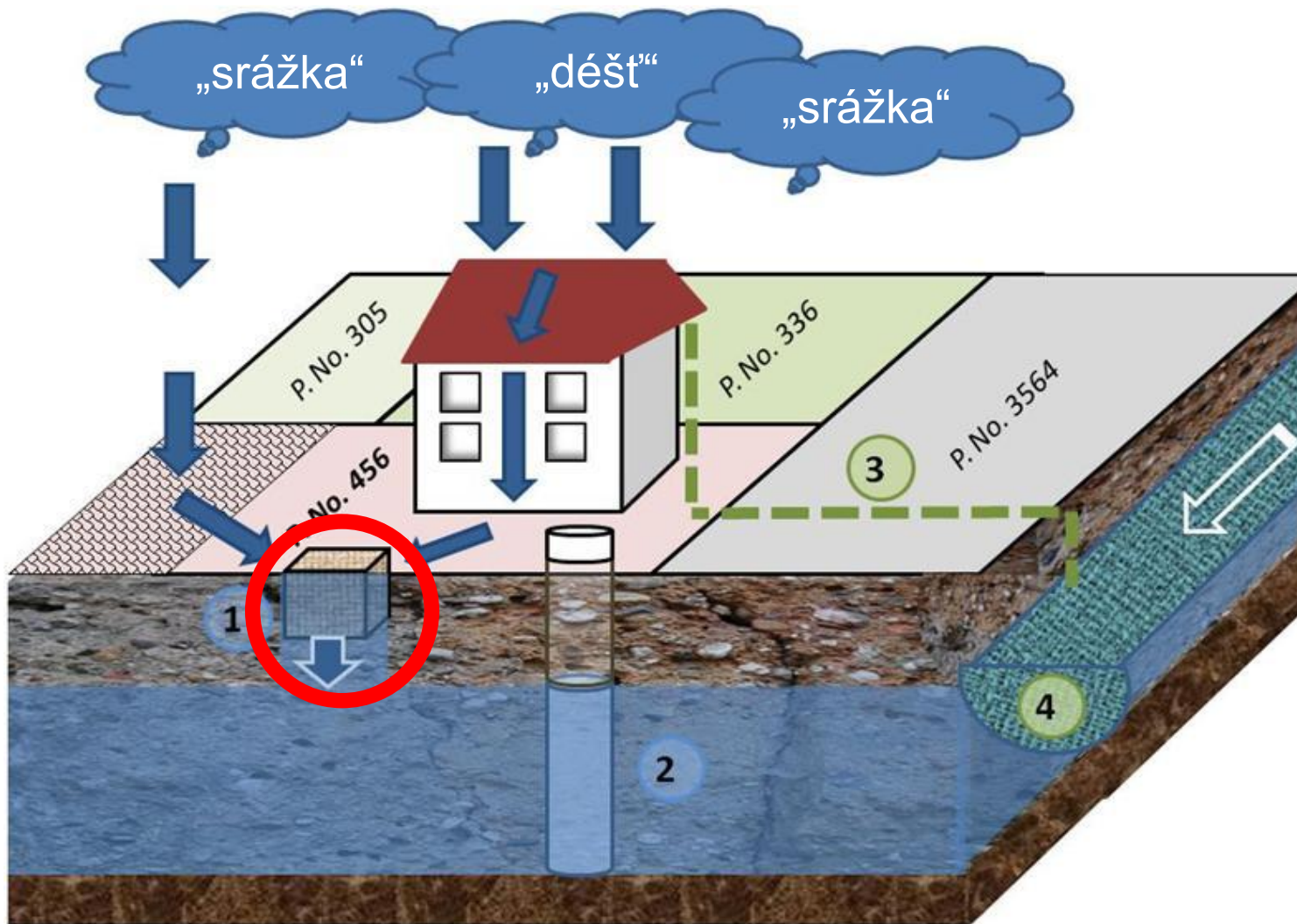
Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách

NOVELA 2012



§ 5

(1) Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem. Stavební úřad nesmí bez splnění těchto podmínek vydat stavební povolení nebo rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o povolení změn stavby před jejím dokončením, popřípadě kolaudační souhlas ani rozhodnutí o změně užívání stavby.



- 1 Retence + vsakovací zařízení
- 2 Kolektor podzemní vody



- 3 Kanalizační systém
- 4 Recipient povrchové vody



ČSN 751090 Vsakovací zařízení srážkových vod

5. Kvalitativní principy návrhu

5.1 Jakost srážkových povrchových vod

srážkové povrchové vody přípustné

zatravněné plochy, střechy do 200 m²,
terasy, komunikace pro pěší apod.

srážkové povrchové vody podmíněčně přípustné

střechy nad 200 m², komunikace pro
motorová vozidla, parkoviště do 3,5 t,
letišť, komunikace průmyslových areálů
apod.

TNV 759011 Hospodaření se srážkovými vodami

Odvětвовá norma TNV 75 9011 vydaná v roce 2013 se zabývá způsoby nakládání se srážkovými vodami odtékajícími z povrchů v urbanizovaném území.

5.1.2.3 Vody podmínečně přípustné smí být vsakovány povrchově přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo v podzemních vsakovacích zařízeních po předčištění.

5.1.2.7 Při možnosti akumulace znečištění v půdě v důsledku vsakování je nutno půdu vsakovacích zařízení považovat za součást vsakovacího zařízení; nesmí se na ní pěstovat plodiny určené ke konzumaci.

TNV 759011 Hospodaření se srážkovými vodami

5.2.2.4 Podle očekávané míry znečištění srážkových vod z pozemních komunikací a parkovišť se doporučuje alespoň jednoduché či náročnější mechanické předčištění a zadržení či odloučení lehkých kapalin. Při vyšším znečištění nebo u povrchových vod, u nichž je nutná vyšší ochrana, jsou vhodné retenční půdní filtry, popř. filtrace přes adsorpční materiál pro zachycení těžkých kovů.

5.2.2.5 Srážkové vody ze střech s neošetřenými kovovými částmi o ploše větší než 500 m² je před zaústěním do povrchových recipientů nutno **předčistit v zařízení s adsorpcí těžkých kovů**.

Tab. 1. Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Težké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK ₅	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	○	○	○	○	○	○	○	○
	vegetační intenzivní	○	○	○	○	●	●	○	○
	inertní	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí do 50 m ²	●	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetřených kovových částí 50 m ² až 500 m ²	●	●	●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ²	●	●	●●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○	
Zatrávněné plochy		●/●●●	●/●●●	○	○	●	●	○/●	○
Komunikace pro chodce a cyklisty		●●	●	○/●	○/●	●	●	●	○/●
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	nákladní auta ^d	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●
Pozemní komunikace	málo frekventované ^a (příjezdy k domům)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	středně frekventované ^b	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	vysoce frekventované ^c	●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●●
Plochy u skladů, manipulační plochy		●/●●●	●/●●●	●/●●●	●/●●●	●	●	●	●/●●
Komunikace zemědělských areálů		●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	○/●
○		neznečištěná srážková voda							
●		mírně znečištěná srážková voda							
●●		středně znečištěná srážková voda							
●●●		vysoce znečištěná srážková voda							
/		až							
^a		< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě							
^b		300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h							
^c		nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice							
^d		parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací							

TNV 759011 Hospodaření se srážkovými vodami

A.6 Jakost vody odtékající ze střech ovlivňuje kromě lokálních suchých a mokrých depozic také typ střechy (ploché či šikmé) a její materiál.

Při použití neošetřených kovových plechů z mědi, zinku či olova se do odtékající vody dostává značné množství příslušného těžkého kovu. Průměrné koncentrace kovů jsou zvýšené, i když jsou z kovu zhotoveny pouze klempířské výrobky.

V případě celokovových střech a fasád jsou koncentrace kovů velmi vysoké, a to zejména na počátku srážkového odtoku (tzv. první splach).

„první splach“

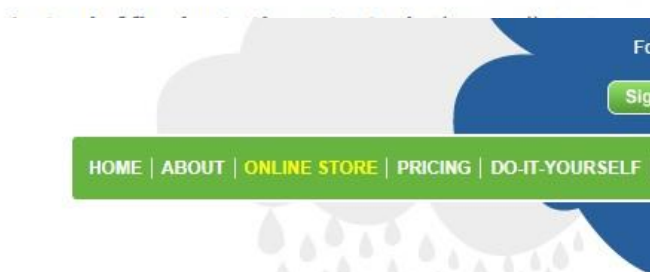
- intenzita srážky
- velikost a tvar střechy
- materiál střechy

Vliv prvního splachu na koncentrace Cu



FIRST FLUSH DIVERTER

When it rains, water slowly build up in the roof gutter system before it exits through the downpipe. The first flush of water from the roof can contain amounts of bacteria from decomposed insects, lizards, bird and animal droppings and concentrated tannic acid. It may also contain sediments, water borne heavy metals and chemical residues.



home » blogs » to first flush, or not to first flush

To First Flush, or not to First Flush

An exploration of the first flush diverter by Jesse Savou, ARCSA A.P., Founder of BlueBarrel Rainwater Catchment Systems

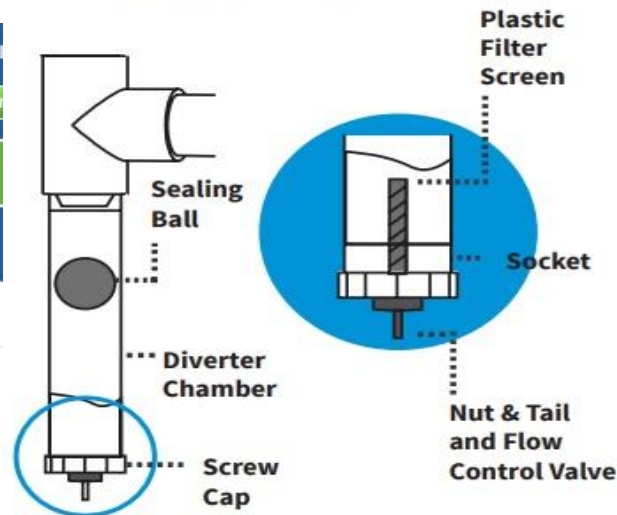
To First Flush, or not to First Flush?

It's a topic of much discussion in the rainwater harvesting world.

A *first flush diverter* (also known as a *roof washer*) is a simple contraption that diverts the first flow of water away from a rainwater catchment system. The first pass of water in any storm essentially washes your roof of all the sediments that have collected since the last rain. The idea is that diverting the first flush can help ensure cleaner water in your rain tanks or barrels.

Sounds like a good idea, right?

It turns out many rainwater harvesting professionals don't think so.



Rain Harvesting First Flush Downpipe Water Diverter 90mm, Australian Brand

Condition: **New**

Quantity:

8 available
36 sold / See feedback

Price: **AU \$72.95**
Approximately 1,174.67 CZK

Buy it Now

Add to cart

[Add to watch list](#)

100% buyer satisfaction

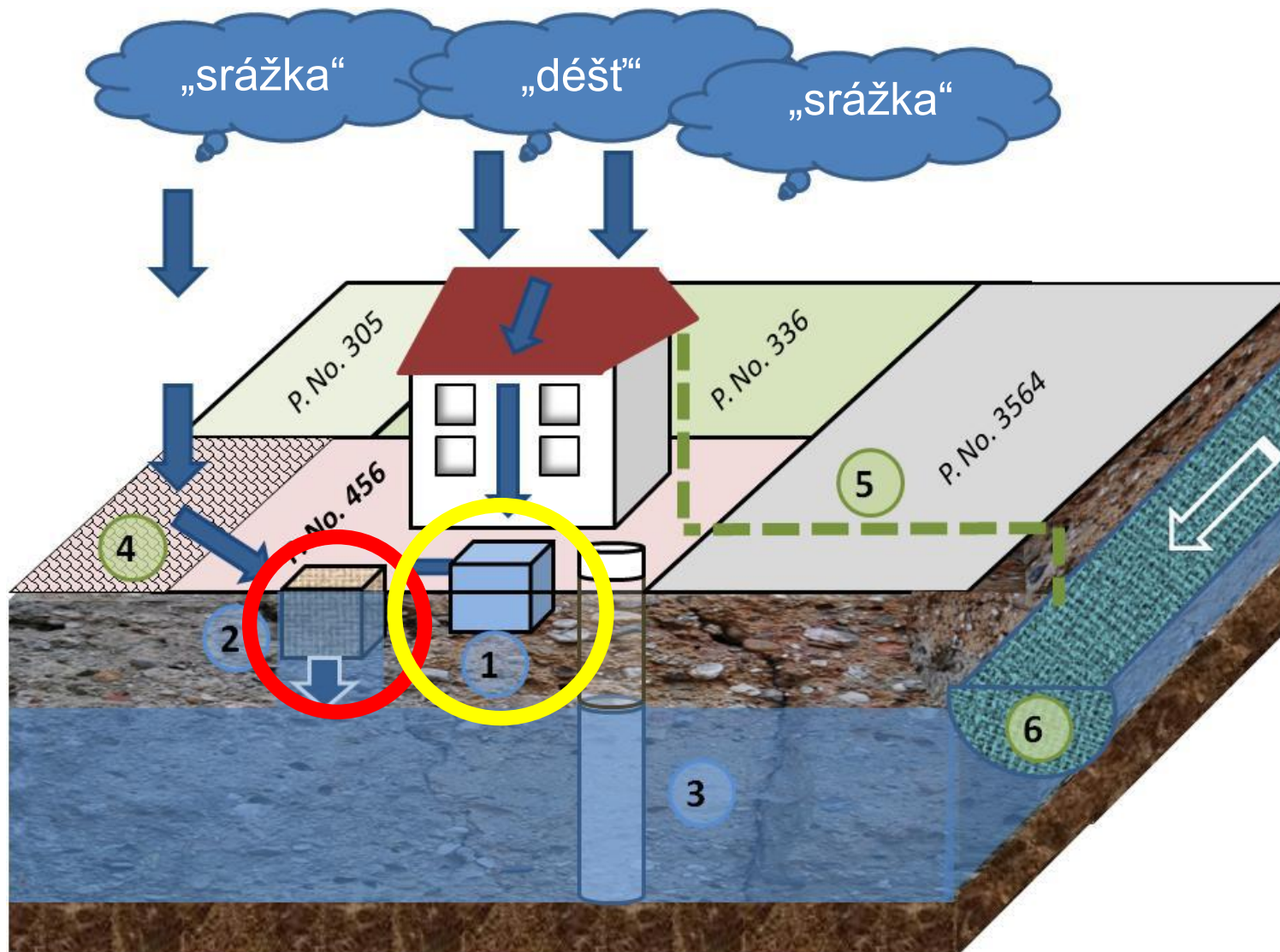
36 Sold

More than 81% Sold

5 First Flush Diverter

Long term build-up of foreign matter on the roof is often washed into the tank in the first heavy rain. The First Flush Diverter is critical for reducing pollution of tank water by diverting this first flush of contaminated water away from the tank. Available in 90mm or 300mm kits.





- | | | | | | |
|---|--------------------|---|---------------|---|------------|
| 1 | Retenční objekt | 3 | Jímací objekt | 5 | Kanalizace |
| 2 | Infiltrační objekt | 4 | Parkoviště | 6 | Recipient |

Dotační titul Dešťovka

II. Výzva - stále probíhá příjem žádostí o dotaci SFŽP (stav ke dni 26.4.2019)

Ministerstvo životního prostředí

Připravte se na sucho,
využívejte efektivně dešťovou vodu

Je to snadné! Zrealizujte s námi některý ze systémů na využití dešťové vody.

[Poptat nezávaznou nabídku](#)

Zařídíme za
7.000,- Kč
z toho 50 % zpět

Zařídíme za
9.000,- Kč
z toho 50 % zpět

Zařídíme za
20.000,- Kč
z toho 50 % zpět

í šedé
vody

00,- Kč

(Kč/m³)

středem využívání
předčištěné odpadní
vody k dalšímu využití
(splachování WC).



kvalita srážkové vody

Měsíční analýza atmosférických srážek

Rok	2015
Kraj	Středočeský
Okres	Příbram
Měřicí program	SLI1B, Litavka1
Typ měřicího programu	Bulk (srážky s prašným spadem)
Organizace	ČGS

Látka	Jednotka	Metoda	2014		Měsíční koncentrace									
			11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RAIN	mm	VOL	30,3	32,0	72,3	0,0	55,8	38,9	60,8	57,4	53,6	31,0	29,9	66,3
vodivost	μS/cm	EC metr	4,0	19,9	9,7		25,1	13,1	12,5	12,1	11,5	12,3	16,3	12,9
pH	-	pH metr	5,18	4,94	5,40		5,15	5,65	5,33	5,30	5,43	5,08	4,90	4,68
Na ⁺	ug/l	FAAS	60	150	220		710	180	90	90	40	60	200	30
K ⁺	ug/l	FAAS	50	80	90		110	200	640	220	260	210	510	70
NH ₄ ⁺	ug/l	PMT	640	640	270		1 490	900	280	460	630	260	920	350
Mg ²⁺	ug/l	FAAS	50	40	40		100	70	60	70	80	90	30	20
Ca ²⁺	ug/l	FAAS	340	370	130		380	440	240	490	390	460	270	90
Mn	ug/l	FAAS	2,5	8,0	2,5		9,0	8,0	7,0	2,5	14,0	18,0	12,0	8,0
Zn	ug/l	FAAS	37,0	37,0	15,0		8,0	22,0	6,0	2,5	13,0	6,0	9,0	7,0
Pb	ug/l	GF-AAS	0,2	0,8	0,6		1,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6
Cd	ug/l	GF-AAS	0,07	0,05	0,02		0,04	0,06	0,02	0,08	0,06	0,06	0,02	0,02
Ni	ug/l	GF-AAS	0,2	0,9	0,2		0,2	0,2	0,2	2,0	0,2	0,2	0,2	0,2
F ⁻	ug/l	ISE	10	10	10		28	10	24	22	10	10	10	10
Cl ⁻	ug/l	HPLC	90	290	260		700	280	250	190	70	60	380	25
NO ₃ ⁻	ug/l	HPLC	1 380	2 530	690		3 420	2 410	1 870	1 490	1 610	610	2 010	1 360
SO ₄ ²⁻	ug/l	HPLC	1 390	1 860	350		1 470	930	1 010	700	1 370	930	2 840	400

Měsíční analýza atmosférických srážek - členění podle krajů a okresů, tabelární přehledy ČHMÚ

Průměrné koncentrace škodlivin ze silnic a střech (první splach)

Ukazatel	Průměrné (hm. vážené) koncentrace ze silnic	Rozměr	Průměrné (hm. vážené) koncentrace ze střech	Rozměr
NL	240	mg/l	-	-
pH	7,4	-	5,5-7,7	-
TOC	16	mg/l	5-10	mg/l
DOC	7	mg/l	2-15	mg/l
Cl ⁻	150	mg/l	0,3-1	mg/l
SO ₄ ²⁻	40	mg/l	2-6	mg/l
P	0,7	mg/l	0,08-0,15	mg/l
NH ₄ ⁺	1,2	mg/l	0,4-2	mg/l*
NO ₂ ⁻	0,4	mg/l	0,05-0,1	mg/l*
NO ₃ ⁻	6	mg/l	0,3-0,7	mg/l*
Al	19	mg/l	-	-
Fe	6	mg/l	90-1000	µg/l
Pb	0,3	mg/l	10-300	µg/l
Cd	4,5	mg/l	0,1-0,5	mg/l
Cr	15	mg/l	0,5-0,8	µg/l
Cu	150	mg/l	15-300	µg/l
Zn	500	mg/l	20-200	µg/l
Ni	40	mg/l	-	-
PAU	3	mg/l	-	-
minerální oleje	8	mg/l	-	-

V SRN se mezi lety 1950 - 2000 spotřebovalo **888 000 t mědi** na stavbu střech, což představuje plochu cca 100 milionů m². Pokud jsou tyto střechy konfrontovány s deštěm, za předpokladu průměrného ročního vymývání mědi 1,3 g/m², dochází k produkci **90 tun mědi za rok**, která skončí v životním prostředí.



Ve **Švýcarsku**, kde je měď nejčastějším materiálem používaným na vnějších částech domů, vyprodukuje takto vybavená střecha s plochou větší než 500 m² při dešti vodu s koncentrací **mědi 0,7 - 50 mg/l**



kvalita srážkové vody

vlastní monitoring

Lokality Zbraslav a Velké Popovice


2015	mg/l	Zn	Cd	Cu	Ni	Pb	Mn	Cr	Na	K	Mg	Ca	Fe
26.4.	V1	0,039	<0,01	0,446	<0,01	0,010	0,042	<0,01	0,740	0,780	1,21	4,88	<0,01
15.5.	V2	8,44	<0,01	0,170	<0,01	0,019	0,138	<0,01	0,360	0,760	0,720	5,02	0,420
30.5.	V3	0,048	<0,01	0,276	<0,01	0,011	0,042	<0,01	0,220	1,10	0,430	1,75	<0,01
8.7.	V4	0,339	<0,01	0,224	<0,01	0,011	0,035	<0,01	0,200	0,410	0,350	2,16	<0,01
20.7.	V5	0,038	<0,01	0,400	<0,01	0,013	0,066	<0,01	0,830	0,820	1,95	6,38	<0,01
25.7.	V6	0,029	<0,01	0,540	<0,01	0,013	0,064	<0,01	0,910	0,890	1,96	6,15	<0,01
15.8.	V7	0,047	<0,01	0,835	<0,01	0,015	0,133	<0,01	0,810	1,84	2,30	10,3	<0,01
26.-28.6.	Z1	1,65	<0,01	0,012	<0,01	0,013	0,748	<0,01	0,870	0,810	0,440	6,95	<0,01
4.-6.7.	Z2	2,16	<0,01	<0,01	<0,01	0,016	1,72	<0,01	0,360	1,86	0,580	11,7	<0,01
8.7.	Z3	0,793	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	0,743	<0,01	0,150	0,790	0,300	6,87	<0,01
9.7.	Z4	0,316	<0,01	<0,01	<0,01	0,012	0,922	<0,01	0,410	0,990	1,09	3,75	<0,01
13.7.	Z5	0,673	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	1,19	<0,01	0,740	1,280	1,38	9,14	<0,01
14.7.	Z6	0,040	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	0,447	<0,01	0,420	0,480	0,660	1,26	<0,01
15.7.	Z7	0,695	<0,01	0,01	<0,01	0,012	0,713	<0,01	0,440	0,770	1,45	7,09	<0,01

Lokalita Zbraslav



2015	mg/l	Zn	Cu	Pb	NEL
26.6.	Z1	1,65	<0,01	0,01	< 0,5
6.7.	Z2	2,16	<0,01	0,02	< 0,5
8.7.	Z3	0,79	<0,01	0,01	< 0,5
9.7.	Z4	0,32	<0,01	0,01	-
13.7.	Z5	0,67	<0,01	0,01	-
14.7.	Z6	0,04	<0,01	0,01	-
15.7.	Z7	0,70	<0,01	0,01	-

Lokalita Velké Popovice



2015	mg/l	Zn	Cu	Pb	NEL
26.4.	V1	0,04	0,45	0,01	< 0,5
15.5.	V2	8,44	0,17	0,02	< 0,5
30.5.	V3	0,05	0,28	0,01	< 0,5
8.7.	V4	0,34	0,22	0,01	-
20.7.	V5	0,04	0,40	0,01	-
25.7.	V6	0,03	0,54	0,01	-
15.8.	V7	0,05	0,84	0,02	-

Kvalita vody využívané pro závlahu je definována v platné **ČSN 75 7143 Jakost vod: Jakost vody pro závlahu.**

Koncentrace Cu a Zn při prvním splachu

ČSN 757143 mg/l	Jakost vody pro závlahu			První splach	
	vhodná	podmínečně vhodná	nevhodná	lokalita Zbraslav	lokalita Velké Popovice
Cu	0,5	2	> 2	0,01	0,83
Zn	1	2	> 2	1,65	0,34
Pb	0,05	0,1	> 0,1	0,01	0,01

Dle ČSN 75 7143 *Jakost vod*. Jakost vody pro závlahu jsou vody podmínečně vhodné použitelné pro závlahu za předpokladu stanovení zvláštních podmínek, v závislosti na stupni a charakteru znečištění, místních podmínkách, způsobu závlahy apod. Uvedená data ukazují, že zvláště v průmyslově exponovaných územích, eventuelně při využití měděných klempířských výrobků jako na lokalitě Velké Popovice, může být problematika kvality srážkových vod pro závlahu tématem k řešení.

**TA04020432 Systém aktivního zachytu
polutantů srážkových vod jako odpověď na
požadavky ČSN 759010 a TNV 759011**



2015 - 2017



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**



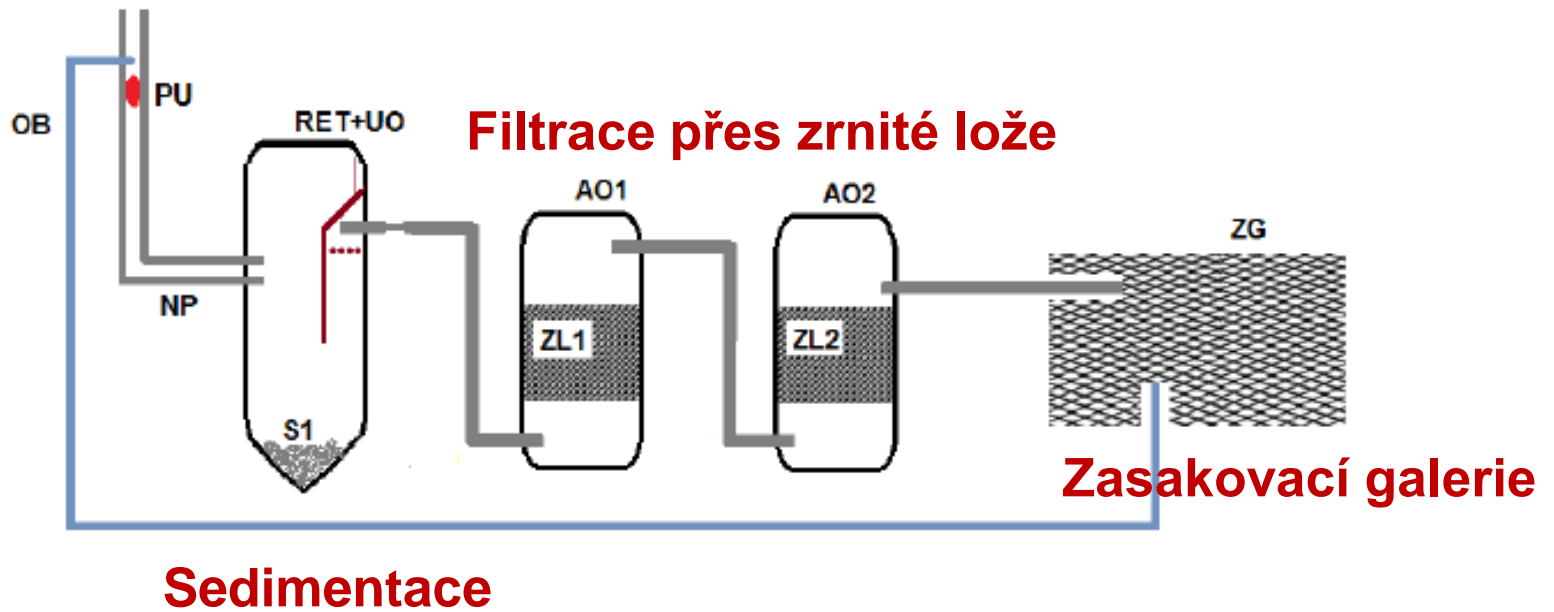
SORBHEND[®]

- ✓ jednoduchost, malé prostorové nároky
- ✓ lokální použití - RD
- ✓ nízká nákladovost řešení
- ✓ bezobslužnost v rámci funkční periody
- ✓ manipulační hledisko při obměně náplní a čištění

Koncept – princip



Separace prvního splachu

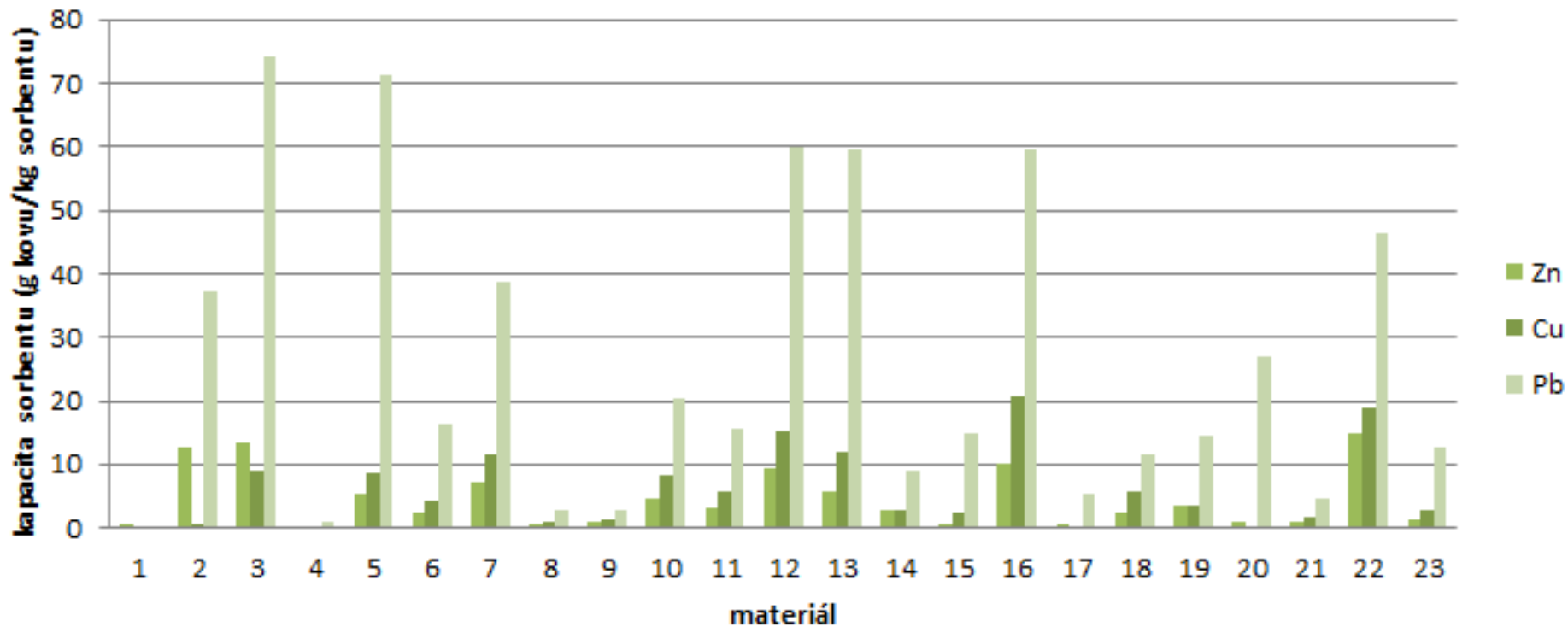


Selekce a charakterizace náplňových materiálů



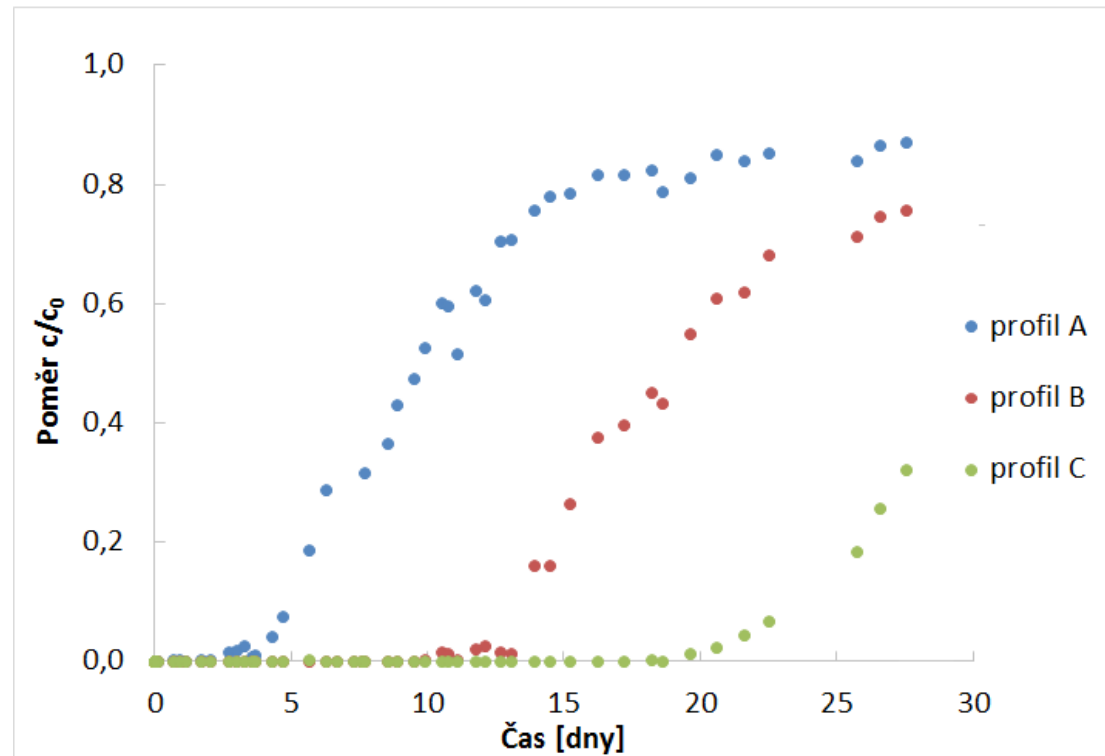
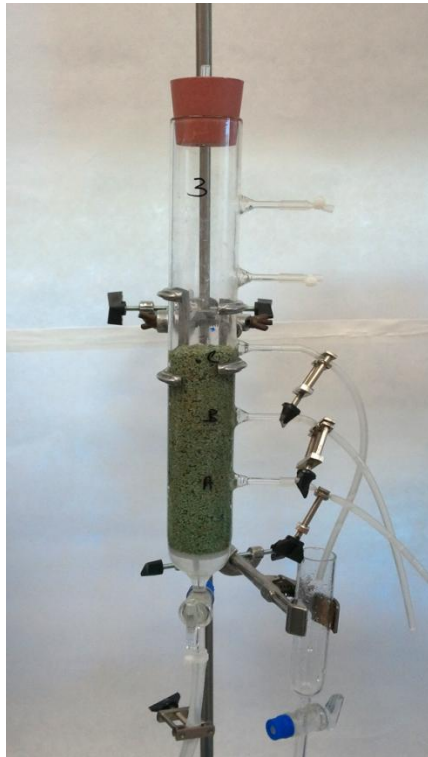
- ekonomické hledisko
- imobilizační kapacita

Kapacita sorbentu - hmotnostně



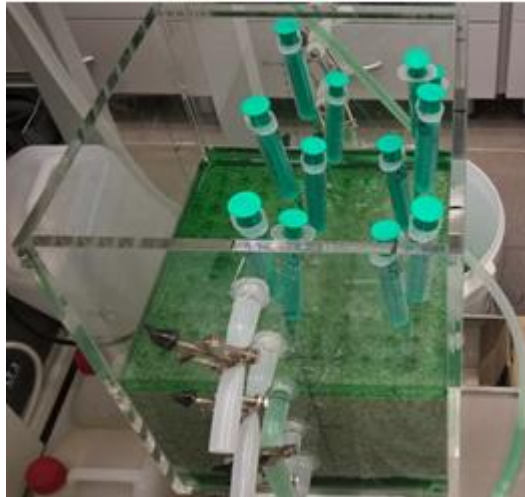
Imobilizační experimenty

- Cu, Zn, Pb
- vsádkové třepací zkoušky, analýza kovů, bilance
- Zjištění imobilizační kapacity pro každý z materiálů
- Průtočné experimenty – kolony – dynamické uspořádání
- Koncentrační profily, průřez, kapacita v průtočném systému



Imobilizační experimenty

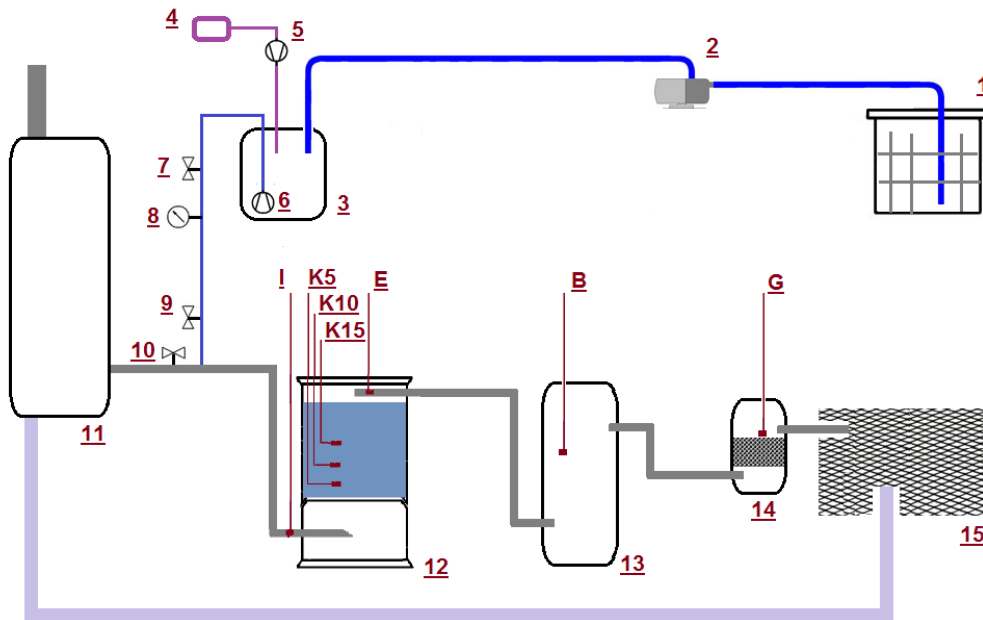
- Ověření v dynamickém uspořádání ve větším měřítku – různá granulometrie
- Koncentrační profily, průřaz, kapacita v průtočném systému
- Efekty proudění, kolmatace
- Umístění nátoky, řazení komor,
- Tvorba biofilmu, usazování, zanášení





Testovací polygon

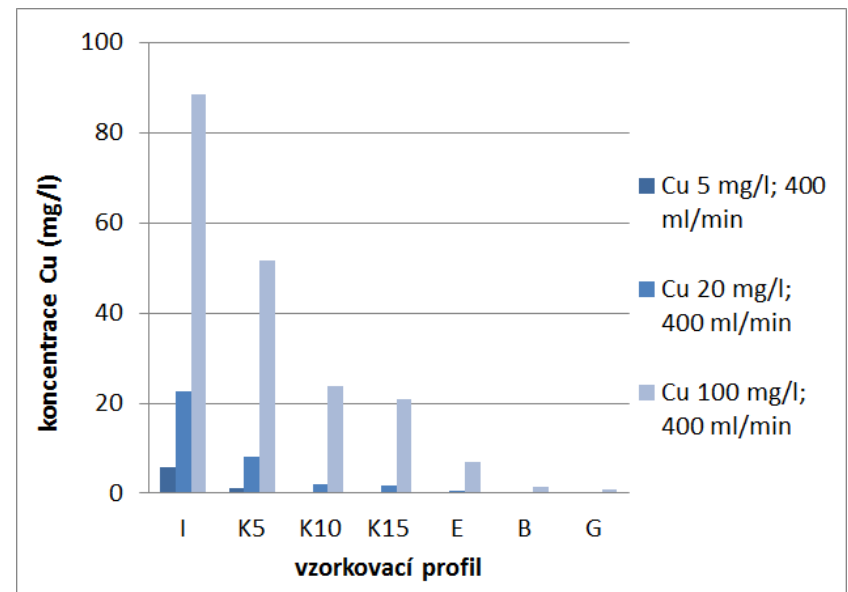
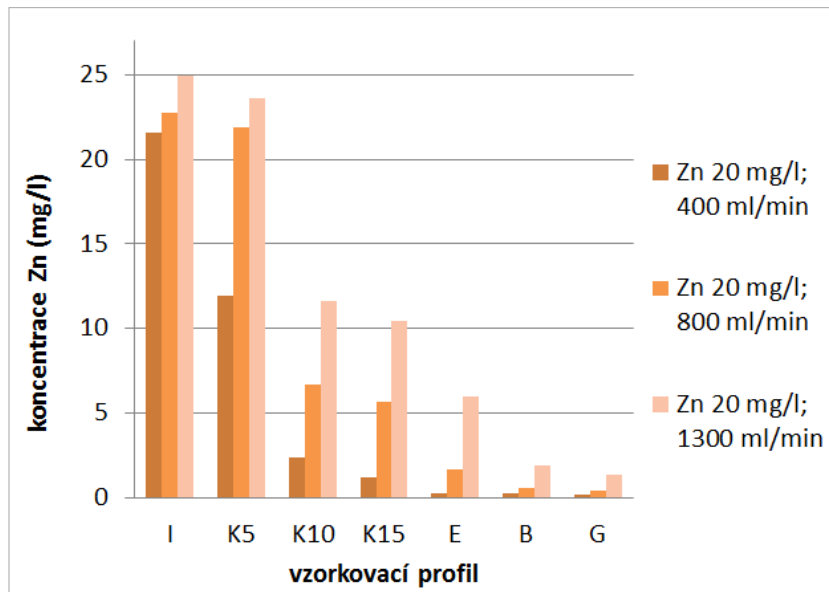
- Ověření v reálných podmínkách
- Zátěžové testování
- Dlouhodobá funkce a vyhodnocení
- Stanovení kapacity/doby životnosti a kolorimetrická indikace poklesu účinnosti



1 – IBC kontejner s jímanou srážkovou vodou, 2 – podávací čerpadlo, 3 – zásobní nádrž, 4 – zásobník koncentrátu s modulační látkou, 5 – dávkovací čerpadlo, 6 – ponorné čerpadlo, 7 – regulační prvek průtoku, 8 – průtokoměr, 9 – uzavírací ventil, 10 – uzavírací ventil, 11 – separátor prvního smyvu, 12 – objekt s vloženou funkční náplní, 13 – objekt s akumulační a vyrovnávací funkcí, 14 – pojistná nádoba, 15 – zasakovací galerie, K1, K5, K10, I, E, B, G – vzorkovací profily

Testovací polygon

- Vliv průtoku média
- Vliv koncentrace kovu
- Preferenční sorpce/vytěšňování
- Opakovaná a střídaná zátěž
- Chování v zimním období – zámrná hloubka, izolace,...

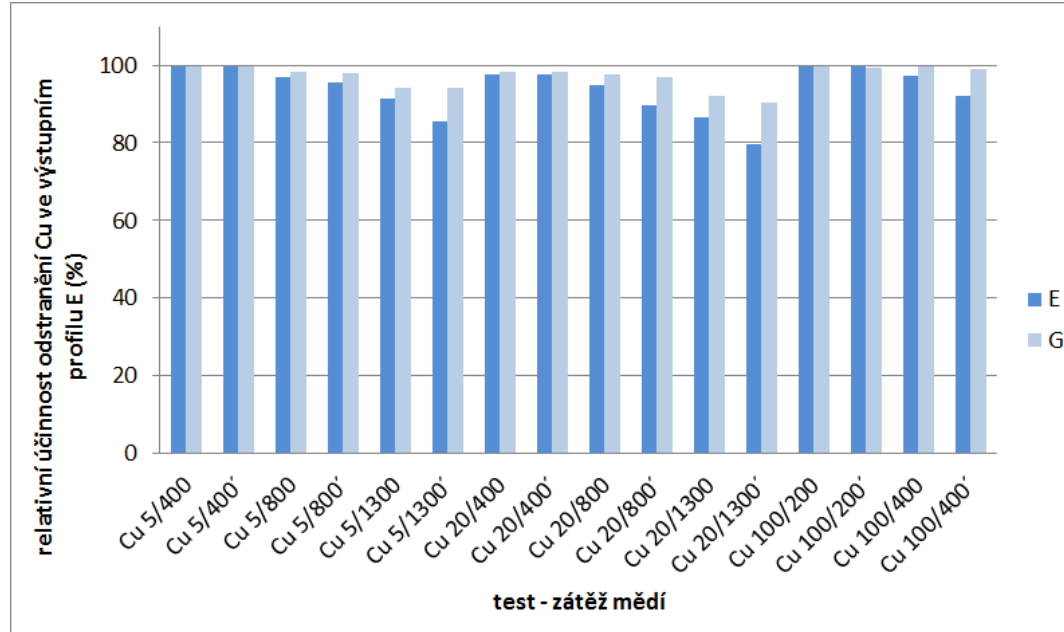


Testovací polygon

- Bilance množství kovů při zátěžových testech
- Účinnost

Vnášená látka	Celkové množství kovů na vstupu a výstupu (mg)	
	vstup (zátěž)	výstup (emise)
Zinek	13400	300
Měď	12000	290

- **Nezachycený podíl kovů** při skupinách testů se zinkem a mědí se pohyboval do hodnoty **2,5 %**
- Příklad – Cu – účinnost při různých podmínkách – koncentrace/průtok

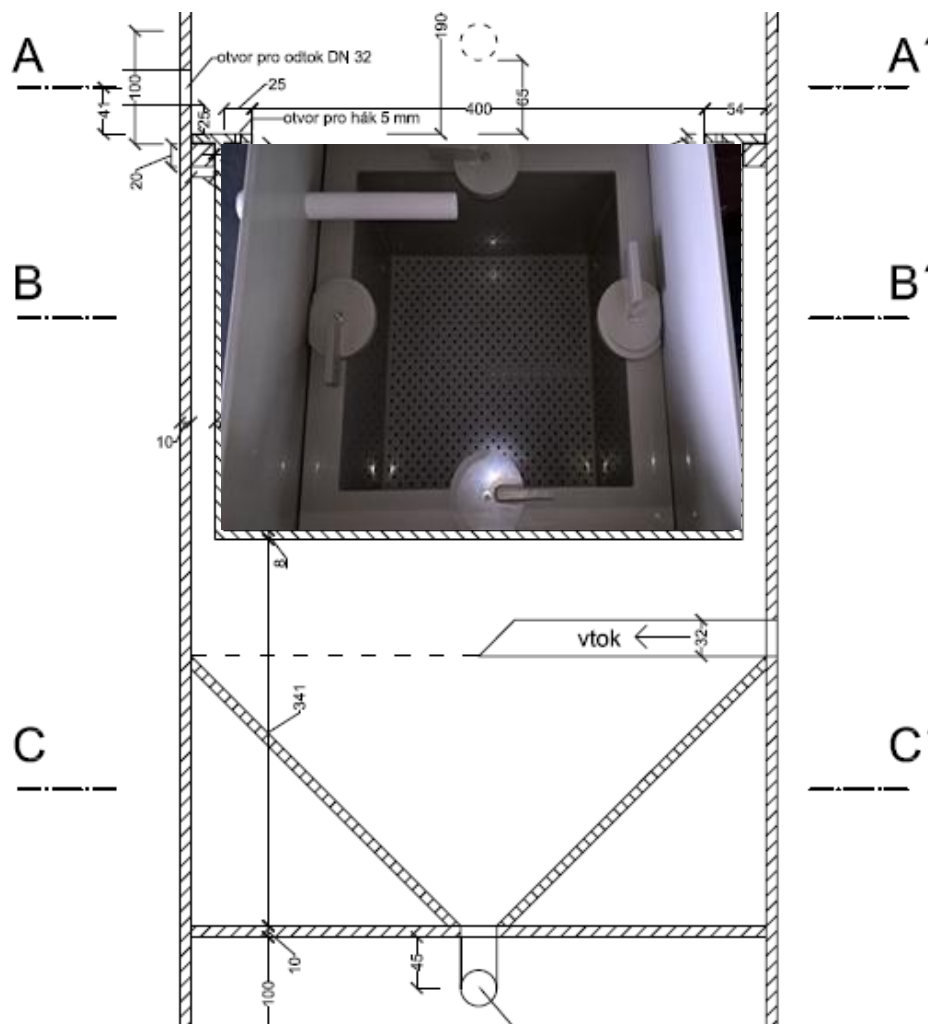


Finální vyvinuté řešení

- vhodná hydraulika, účinnost, dlouhodobá funkce
- snadná obměna sorbčního materiálu



SORBHEND®



**Užitný vzor CZ 31015 Zařízení pro
odstraňování kontaminantů ze srážkových vod**



Děkuji za pozornost