

Chování látek PPCP po infiltraci vyčištěných odpadních vod do horninového prostředí

Projekt TACR ZUMBO
Zadržování vody v krajině pomocí UMělé infiltrace jako nástroj
v BOji proti suchu

Zbyněk Hrkal

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka

EMERGING POLLUTANTS

EU definice

Tzv. contaminants of emerging concern, CECs, jsou definovány jako skupina většinou organických sloučenin, které byly detekovány ve vodě, půdě a vzduchu ve velmi malých koncentracích, ale dosud nepodléhají žádným omezením.

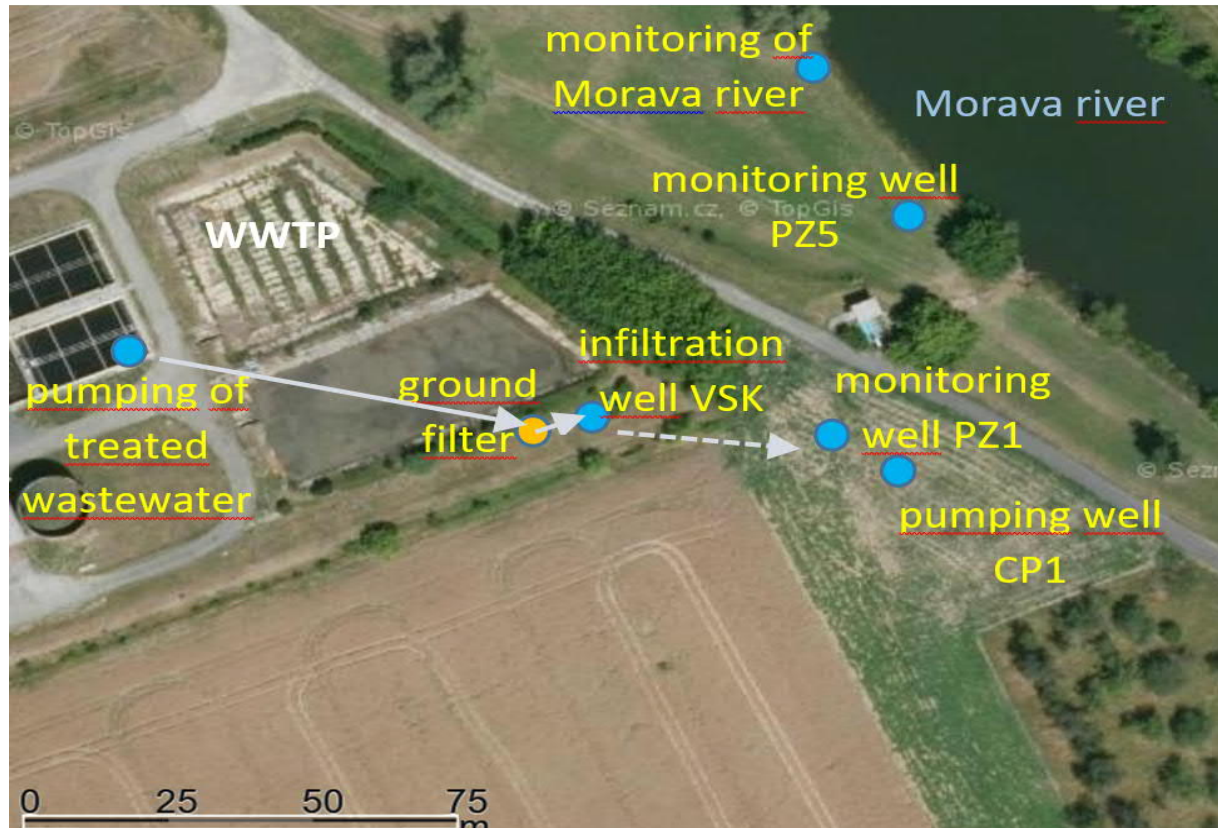
US EAP definice:

Jakákoli syntetická nebo přirozeně se vyskytující chemická látka nebo mikroorganismus, který není běžně monitorován v životním prostředí, ale má potenciál vstoupit do životního prostředí a způsobovat známé nebo podezřelé nepříznivé účinky na ekologické a / nebo lidské zdraví.

Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)



System monitoringu



V průběhu 36 dní bylo zasáknuto 2366 m³ přečištěné odpadní vody a z vrtu CP1 bylo odčerpáno 4332 m³ podzemní vody

Průtočná nádoba simulující funkci zemního filtru



Odběr z vrtu CP1 byl udržován přibližně o 0,5 l/s větší než zasakované množství

Informace o přítomnosti látek PPCP v monitorovacích objektech (černá pole – hodnoty nad mezí detekce, bílá pole hodnoty pod mezí detekce)

Zelené období „požadové“ data před experimentem

Žluté období data v průběhu experimentu

No	PPCP	Date of sampling	20.11.2021	7.11.2022	20.11.2022	24.11.2022	30.11.2022	8.12.2022	12.12.2022	average	ng/l	ng/l
			WWTP outflow								average	ng/l
1	Carbamazepine									274	273	
2	4-bmylaninoantipyr									289	261	
3	Valisartan acid									1 166	1 280	
4	Acesulfame									128	119	
5	Gabapentin									690	680	
6	Lamotrigine									1 050	921	
7	Diclofenac									1 651	1 580	
8	Telmisartan									7 250	7 060	
9	Valisartan									38	33	
10	Tramadol									1 673	1 380	
11	Oxypurinol									13 903	13 400	
12	Benzothiazol									4 834	5 620	
13	Benzothiazol 5-methy									475	474	
14	Sulfapyridin									264	269	
15	Hydrochlorothiazide									1 553	1 600	
16	Metoprolol									794	789	
17	Clarithromycin									303	281	
18	Acetubolol									169	191	
19	Venlafaxine									222	225	
20	Sulfamethoxazol									968	1 050	
21	Celiprolol									268	284	
22	Fexofenadine									60	59	
23	Fluconazole									79	65	
24	Ibuprofen									109	127	
25	Sotalol									289	189	
26	Metformin									652	147	
27	Venlafaxine O-desmet									642	557	
28	Sucralose									8 450	9 610	
29	Bisoprolol									144	138	
30	Diclofenac-4-hydroxy									711	639	
31	Trimetoprim									222	203	
32	Atenolol									40	36	
33	Phenazone									40	34	
34	Furosemide									789	786	
35	Azithromycin									809	653	
36	Carbamazepine-E									26	25	
37	Carbamazepine-DHH									33	34	
38	Oxcarbazepine									77	81	
39	Sertraline									22	23	
40	Carbamazepine-2-hydr.									55	59	
41	Citalopram									118	122	
42	Mirtazapine									57	50	
43	Benzothiazol 1-methy									136	137	
44	Ketoprofen									43	42	
45	Sulfanilamide									144	81	
46	Ibuprofen									491	94	
47	4-acetamidooantipyrin									760	816	
48	Cefixime									387	422	
49	Statins									275	281	
50	Primidone									60	71	
51	Climbazole									33	39	
52	Clindamycin									36	37	
53	Naproxene-O-desmeth.									31	42	
54	Ibuprofen									385	74	
55	Verapamil									11	12	
56	Losartan									12	14	
57	Warfarin									8	10	
58	Erythromycin											
59	Cyclamate											
60	DEET											
61	PFOS											
62	Cyclophosphamide											
63	Paracetamol											
64	Ibuprofen									81	46	
65	Naproxene											
66	Saccharin									145	142	
67	Paracetamol									25	19	
68	Iohexol											
69	Ibuprofen-2-hydroxy									130	99	
70	Ibuprofen-carboxy									30	30	
71	Alluzosin									19	16	
72	Sulfamethazin											
73	Caffeine											
74	Diazepam											
75	Methylparaben											
76	Bisphenol S											
77	Cocaine											
78	Ethylparaben											
79	Propylparaben											
80	Amphetamine											

No	PPCP	Date of sampling	20.11.2021	7.11.2022	20.11.2022	24.11.2022	30.11.2022	8.12.2022	12.12.2022	average	ng/l	ng/l
			Morava River								average	ng/l
1	Carbamazepine									42	44	
2	4-bmylaninoantipyr									158	151	
3	Valisartan acid									190	195	
4	Acesulfame									242	220	
5	Gabapentin									218	209	
6	Lamotrigine									114	109	
7	Diclofenac									139	140	
8	Telmisartan									494	492	
9	Valisartan									35	28	
10	Tramadol									109	103	
11	Oxypurinol									1 911	1 960	
12	Benzothiazol									563	498	
13	Benzothiazol 5-methy									170	153	
14	Sulfapyridin									23	22	
15	Hydrochlorothiazide									117	104	
16	Metoprolol									69	54	
17	Clarithromycin									42	42	
18	Acetubolol									14	13	
19	Venlafaxine									23	21	
20	Sulfamethoxazol									59	57	
21	Cefprozil									14	15	
22	Fexofenadine									22	22	
23	Fluconazole									21	21	
24	Ibuprofen									25	24	
25	Sotalol									46	49	
26	Metformin									635	551	
27	Venlafaxine O-desmet									97	94	
28	Sucralose									1 801	2 030	
29	Bisoprolol									13	13	
30	Diclofenac-4-hydroxy									21	25	
31	Trimetoprim									8	10	
32	Atorvastatin											
33	Phenazone											
34	Furosemide											
35	Azithromycin											
36	Carbamazepine-E											
37	Carbamazepine-DHH											
38	Oxcarbazepine											
39	Sertraline											
40	Carbamazepine-2-hydr.											
41	Citalopram											
42	Mirtazapine											
43	Benzothiazol 1-methy											
44	Ketoprofen											
45	Sulfanilamide									60	65	
46	Ibuprofen									585	520	
47	4-acetamidooantipyrin									193	180	
48	Cefixime									44	43	
49	Statins									97	97	
50	Primidone									33	29	
51	Climbazole											
52	Clindamycin									24	22	
53	Naproxene-O-desmeth.											
54	Ibuprofen											
55	Verapamil									289	244	
56	Losartan									13	16	
57	Warfarin											
58	Erythromycin											
59	Cyclamate											
60	DEET									34	16	
61	PFOS											
62	Cyclophosphamide											
63	Paracetamol											
64	Ibuprofen									81	46	
65	Naproxene											
66	Saccharin									145	142	
67	Paracetamol									25	19	
68	Iohexol											
69	Ibuprofen-2-hydroxy									130	99	
70	Ibuprofen-carboxy									30	30	
71	Alluzosin									19	16	
72	Sulfamethazin											
73	Caffeine											
74	Diazepam											
75	Methylparaben											
76	Bisphenol S											
77	Cocaine											
78	Ethylparaben											
79	Propylparaben											
80	Amphetamine											

No	PPCP	Date of sampling	20.11.2021	7.11.2022	20.11.2022	24.11.2022	30.11.22
----	------	------------------	------------	-----------	------------	------------	----------

Srovnání přítomnosti látek PPCP v povodí střeoevropských řek (číselné hodnoty představují medián dvouletého monitoring v rámci projektu BoDEREC v ng/L)

Barva vyjadřuje frekvenci výskytu: červená ve všech řekách, oranžová – látka chyběla v jenom z toků, žlutá - látka chyběla ve dvou tocích, olivová - látka chyběla ve třech řekách

	Labe	Isar	Jizera	Po	Sava	Brynica
Metformin	501	94	479	257	104	21
DEET	26	26	44	10	10	63
Telmisartan	195	53	223	36	10	191
Valsartan	16	98	20	26	21	376
Valsartan acid	65	38	45	44	10	15
Benzotriazol methyl	97	160	42	48	26	152
Diclofenac	20	78	25	10	10	10
Iopromide	25	25	25	68	160	5
Irbesartan	5	34	10	16	24	25
Paracetamol		5	11	5	17	76
Gabapentin	119	82	110	35	9	
Benzotriazol	256	348	210	93	45	
Caffeine	141	155	120	50	50	
Iohexol	25	206	25	25		5
Oxypurinol	526	370	362	204	25	
Acesulfam	164	66	284	85	25	
Lamotrigine	39	58	38	5	5	
Saccharin	76	25	74	25	25	
Paraxanthine	145	50	160	50	50	
Iomeprol	233	182	123	104	140	
Ibuprofen	10	10	26	10		
Clarithromycin	5	5	5		5	
4-formylaminoantipyr	73	114	53		27	
Peniciline G	5	5	5			57
Tramadol	37	21	41			49
Carbamazepine	21	23	23	5		
Metoprolol	23	43	17			5
PFOS	5	3	12		3	
Fexofenadine	5	30		5	5	
Hydrochlorothiazide	25	75	25		25	
Bisphenol S	25	25			25	
Carbamazepine-DHH		23		5		5
Erythromycin		5	5			79
Celiprolol	10		11			29
Cotinine	10	10	10			
Iopamidol		25		941		170
Methylparaben	50	15	43			
Primidone	5	5	17			
Venlafaxine	13	24	5			
Venlafaxine O-desmethyl	29	59		5		
Sulfamethoxazole	16	23	17			

Generalizace chování látek PPCP

A/ Látky s nahodilým výskytem ve velmi nízkých koncentracích a proto s nedetekovatelným původem

Látky detekované v monitorovacích objektech bez vazby na ČOV

B/ Látky s prokázaným negativním dopadem ČOV na kvartérní kolektor

Vyznačují se vysokou koncentrací v přečištěné vodě z ČOV, a následně ve vrtech PZ1 a CP1v nichž před zahájením experimentu nebyly přítomné (Oxypurinol, Sucralosa, Hydrochlorothiazide, Diclofenac-4-hydroxy, benzotriazol)

C/ Látky persistentní, zřejmě bez zásadního kontextu s ČOV

Vyznačují se koncentrací ve vrtech vyšší než v zasakované vodě z ČOV. Acesulfam (koncentrace v řece dvojnásobně překračují průměrné hodnoty vody odcházející z ČOV) dále DEET a Sulfamenthazin.

D/ Látky s vysokou přirozenou atenuační schopností

Velká skupina látek, které odcházejí z ČOV a ale v monitoringu nejsou přítomné.

acebutolol, atenolol, azithromycin, benzotriazol 1-methyl, bisoprolol, celiprolol, cetirizine, citalopram, clarithromycin, climbazole, clindamycin, cyclophosphamide, erythromycin, fexofenadine, fluconazole, irbesartan, karbamazepin-2-hydr., karbamazepin-DHH, karbamazepin-E, lamotrigine, losartan, metoprolol, mirtazapine, naproxene, naproxene-O-desmeth., oxcarbazepine, PFOS, sertraline, sitagliptin, sotalol, sulfamethoxazol, telmisartan, tramadol, trimetoprim, venlafaxine, venlafaxine O-desmet, verapamil a warfarin.

Zdravotní dopady

- V situaci, kdy je v pitné vodě přítomno více než jedna látka PPCP je nemožné předvídat zdravotní riziko způsobené jednotlivými kontaminanty, protože mohou působit nezávisle na sobě nebo synergicky
- Obsahy detekovaných látek PPCP ve vyrobené pitné vodě jsou tak nízké, že odborná literatura se všeobecně shoduje na to, že se nejedná o fenomén, který by přímo ohrožoval lidské zdraví.



- Zjištěné obsahy látek PPCP v pitných vodách není možno vytrhnout z širšího kontextu, protože tyto látky lidé běžně dostávají do těla i v dalších produktech, jako je maso nebo ovoce a zelenina

Závěry

- Ze 113 sledovaných látek PPCP bylo na pilotní lokalitě detekováno 80 látek na výstupu z ČOV 69 látek.
- Na pilotní lokalitě bylo přítomno před zahájením experimentu celkem 15 látek PPCP, které představují „pozadové“ hodnoty. Zdrojem je břehová infiltrace z řeky Moravy.
- Vliv zasakovacího experimentu se projevil změnami chemismu na vrtech PZ1 a CP1 se zpožděním 8 – 12 dnů.
- Ze sledovaných látek PPCP přítomných na výstupu z ČOV zhruba polovina se vůbec neobjevila v podzemních vodách.
- Skupina látek jako je například oxypurinol, sucralosa nebo benzotriazol se do podzemní vody dostávají přesto, že v pozadových hodnotách nefigurují. Přes poměrně intenzivní sorpci, degradaci a ředění jejich koncentrace zůstávají v hodnotách řádově ve stovkách ng/l.
- Z důvodu neexistujících dlouhodobých lékařských studií, které by dokumentovaly případný negativní dopad zjištěných látek na lidské zdraví, nezbyvá než použít princip předběžné opatrnosti. I přes velmi dobrou atenuační schopnost horninového prostředí zůstává infiltrace vyčištěných odpadních vod i nadále problematickou otázkou.