

Doc. Dr. Ing. Ivana Kabelková

BILANCE BODOVÝCH ZDROJŮ ZNEČIŠTĚNÍ Z PILOTNÍHO URBANIZOVANÉHO POVODÍ

Odborný garant:

Ministerstvo životního prostředí

Financováno:



Vedoucí projektu:



Partneři



Obsah



- Pilotní povodí
- Zajímavosti z monitoringu
- Simulace látkových toků
- Látkové bilance zdrojů znečištění

Bodové zdroje vnosu znečištění z urbanizovaných povodí



- vypouštění z ČOV
- přepady z odlehčovacích komor (OK) jednotné kanalizace (JK)
- odtoky z oddílné dešťové kanalizace (DK)

Pilotní povodí

Pečky

7 000 EO



CentrumVoda

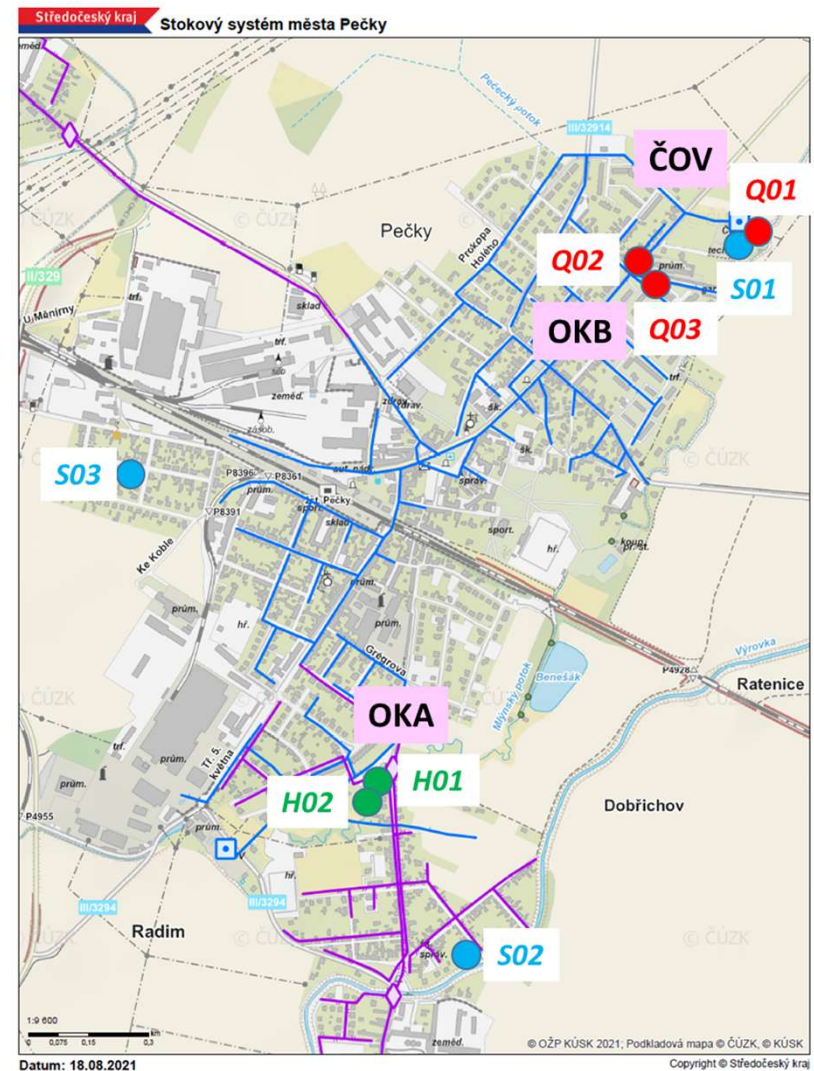


Monitoring



On-line (05/2021 - 11/2023)

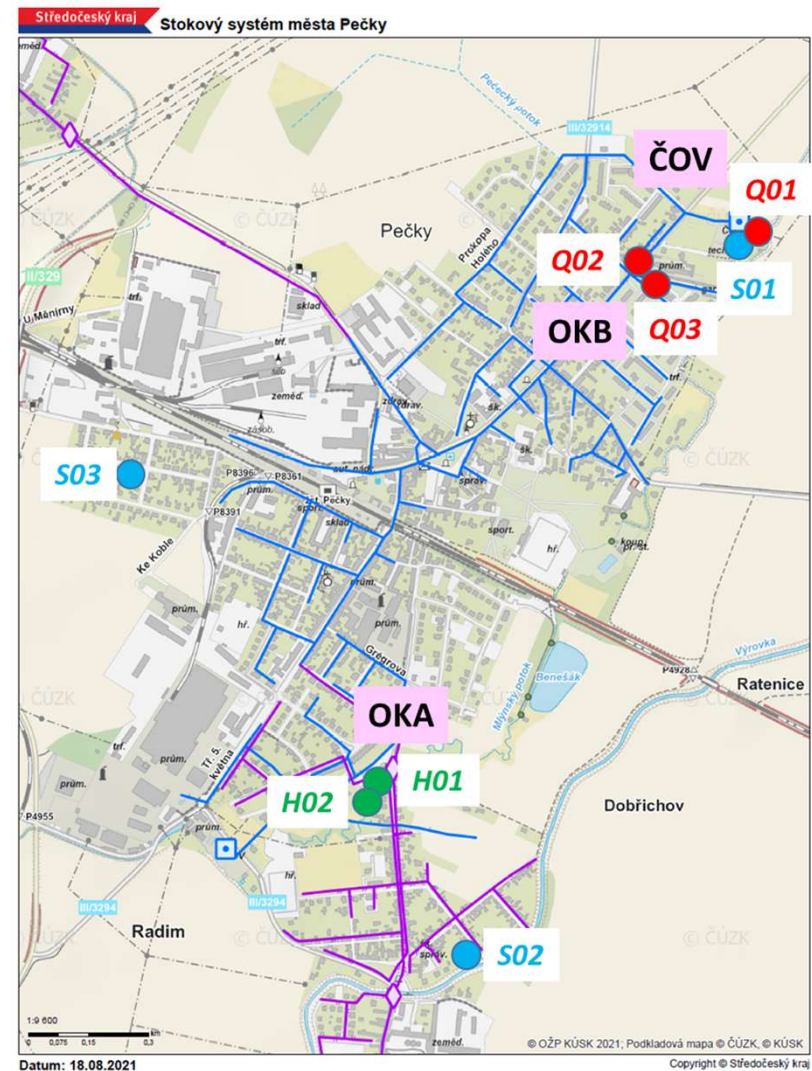
- Srážky (3 srážkoměry)
- Průtoky a hladiny ve stokové síti (u 2 OK) a na obtoku ČOV
- Využita provozní měření na ČOV



Monitoring

Kampaně jakosti vody

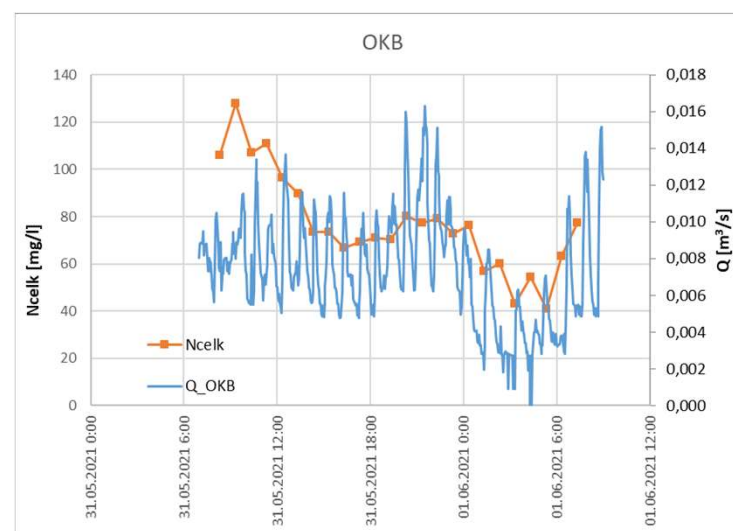
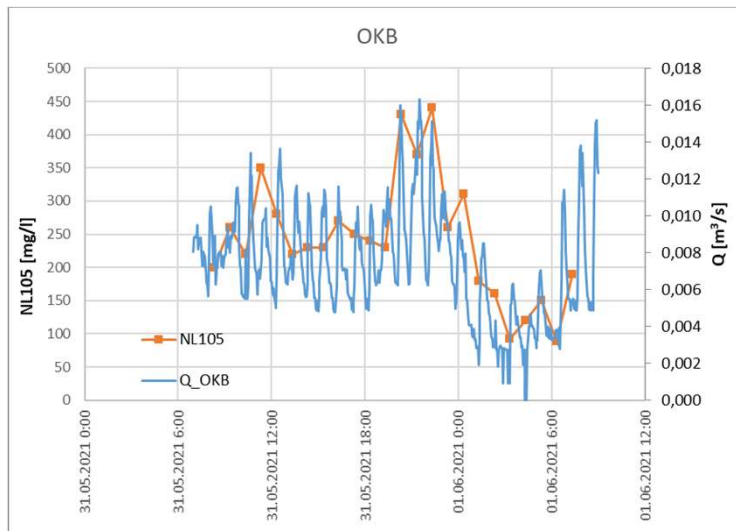
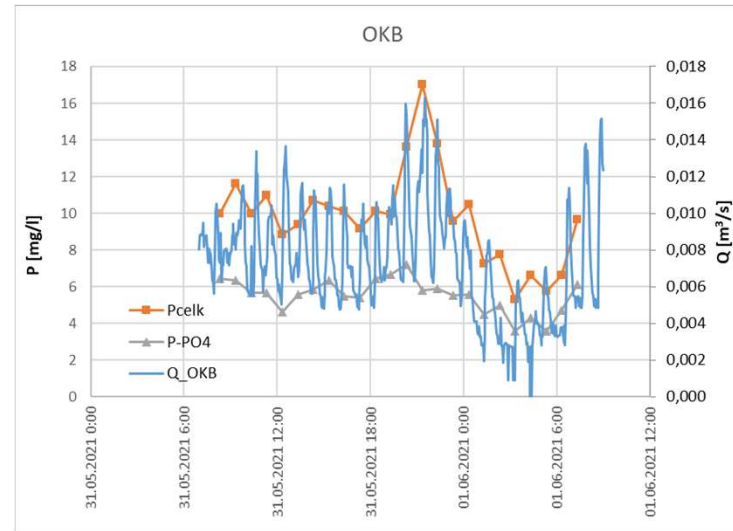
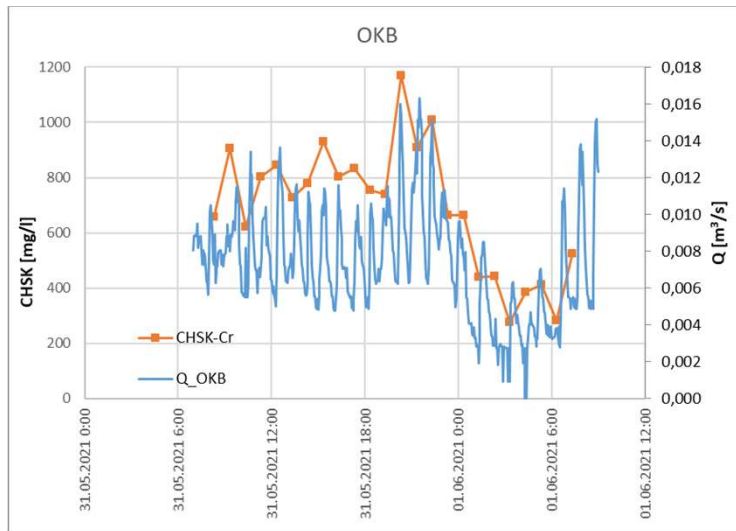
- koncentrace bezdeštného odtoku stokovou sítí a jeho variabilita,
- účinnost odstraňování znečištění na ČOV a odtokové koncentrace za běžných i nepříznivých podmínek,
- koncentrace v dešti a v povrchovém odtoku (splach z různě frekventovaných ulic a odtok v dešťové kanalizaci),
- koncentrace v přepadech z OK a v obtoku ČOV pro více srážkových událostí.



Výstupy z monitoringu

Odpadní voda bezdeštná

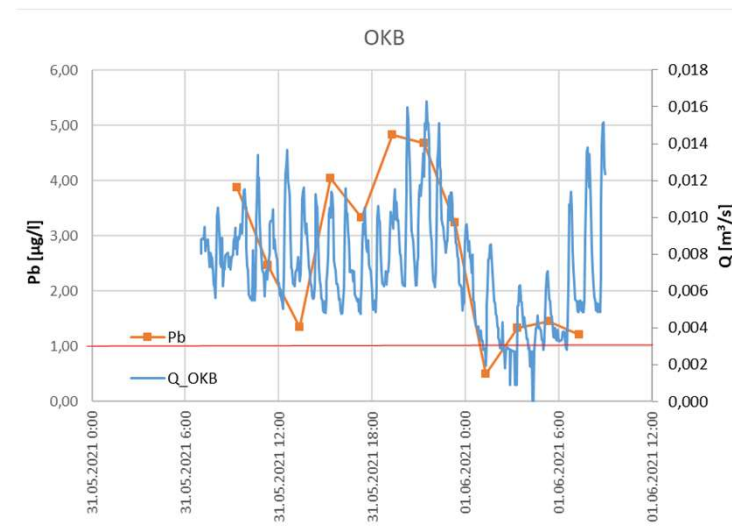
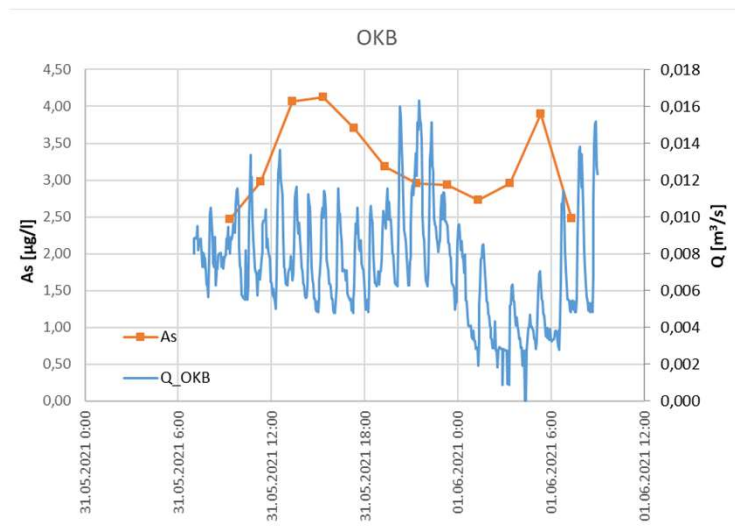
- Charakteristické průběhy ZCHR



Výstupy z monitoringu

Odpadní voda bezdeštná

- TK - vyskytují se všechny TK (Hg neanalyzována)

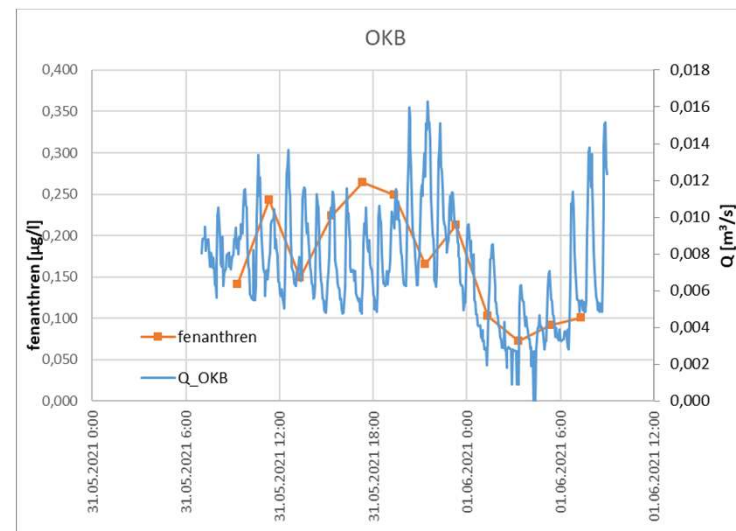
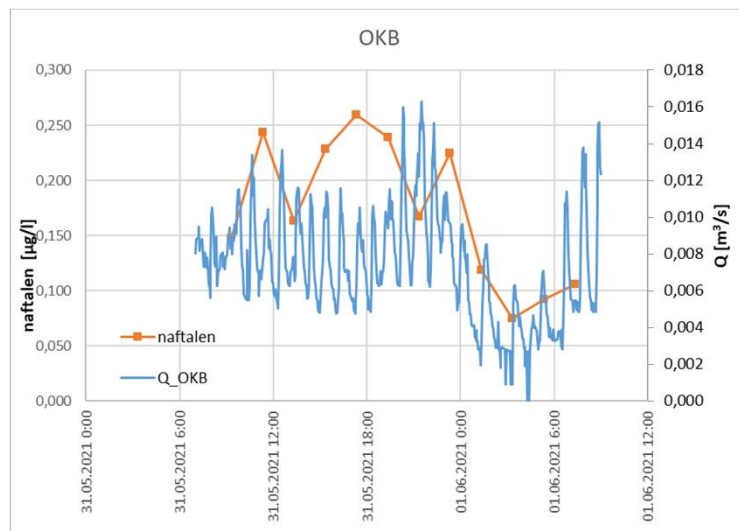


Výstupy z monitoringu



Odpadní voda bezdeštná

- PAU - vždy přítomno 7 z 15 PAU (naftalen, fenanthren, fluoranthen, pyren, benzo(a)anthracen, benzo(b)fluoranthen, benzo(g,h,i)perylen); ostatní jen v některých vzorcích



Výstupy z monitoringu



Účinnost ČOV

- Živiny

odvodňování kalu

běžné podmínky

		Kalová voda	Přítok ČOV		Odtok ČOV		Účinnost odstraňování	
			14.2.23	31.5.21	14.2.23	1.6.21	15.2.23	31.5.21
CHSK-Cr	mg/l	223	581	678	49	104	91,5	84,7
Pcelk	mg/l	151	12,2	25,9	1,25	2,03	89,7	92,2
P-PO4	mg/l	136	8,7	22,6	0,58	3,69	93,4	83,7
Ncelk	mg/l	205	69,7	85,7	27,9	47,0	60,0	45,2
NL105	mg/l	83	237	190	15	47	93,8	75,3
NL550	mg/l	30	16	18	2	11	89,8	38,9

Min cca 16 dní v roce jsou koncentrace živin v odtoku ČOV vyšší než reportováno

Výstupy z monitoringu



Účinnost ČOV

- TK

As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
10 %	x	46 %	> 42 %	> 86 %	> 89 %

Formy TK na odtoku ČOV

		Přítok ČOV			Odtok ČOV		
		Celkové	Filtrované	% rozpuštěných	Celkové	Filtrované	% rozpuštěných
As	µg/l	2,41	2,37	98,3	2,81	2,68	95,4
Cd	µg/l	0,15	<0,1	>66,7	<0,1	<0,1	x
Cu	µg/l	16,8	4,41	26,3	6,52	3,3	50,6
Ni	µg/l	9,82	5,37	54,7	4,94	4,34	87,9
Pb	µg/l	11,8	1,58	13,4	2,57	<1	38,9
Zn	µg/l	113	11	9,7	15	<5	33,3

Výstupy z monitoringu

Účinnost ČOV



- PAU

fenanthren	fluoranthen	pyren	ostatní PAU
75 %	83 %	62 %	x

Výstupy z monitoringu



Déšť



Výstupy z monitoringu



Déšť

		topná sezóna										
		4.6.22		14.5.23						2.11.23		
		1.	2.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.
CHSK-Cr	mg/l	11,5	9,91	9,87	<7,00	<7,00	<7,00	<7,00	<7,00	8,35	<7,00	<7,00
Pcelk	mg/l	<0,025	0,043	0,027	0,028	0,051	0,059	0,068	0,058	0,025	<0,025	<0,025
P-PO4	mg/l	<0,025	0,035	<0,025	0,025	0,040	0,048	0,055	0,049	<0,025	<0,025	<0,025
Ncelk	mg/l	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,42	<1,00	<1,00
NL105	mg/l	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
NL550	mg/l	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
As	µg/l	1,18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cu	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,74	2,81
Ni	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Pb	µg/l	3,10	2,95	<1	<1	1,74	1,43	1,34	<1	<1	<1	<1
Zn	µg/l	13	133	<5	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5	34
naftalen	µg/l	0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,041	<0,030	<0,030
acenaften	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
fluoren	µg/l	0,006	0,006	<0,005	<0,005	0,006	0,005	0,006	0,005	0,011	<0,005	0,007
fenanthren	µg/l	0,026	0,036	0,017	0,026	0,034	0,026	0,024	0,012	0,045	0,024	0,049
anthracen	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	<0,002	<0,002	0,010	<0,002	<0,002
fluoranthren	µg/l	0,009	0,008	0,011	0,017	0,066	0,032	0,021	0,010	0,057	0,016	0,025
pyren	µg/l	0,004	0,003	0,010	0,013	0,046	0,022	0,014	0,006	0,049	0,012	0,039
benzo(a)-anthracen	µg/l	<0,002	<0,002	0,002	0,007	0,039	0,020	0,010	0,005	0,039	0,008	0,007
chrysen	µg/l	<0,002	<0,002	0,003	0,006	0,031	0,015	0,009	0,005	0,029	0,006	0,007
benzo(b)-fluoranthren	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	0,004	0,033	0,016	0,008	0,003	0,023	0,002	0,002
benzo(k)-fluoranthren	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,015	0,008	0,004	0,002	0,014	<0,002	<0,002
benzo(a)-pyren	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	0,022	0,012	0,005	0,002	0,024	0,002	<0,002
benzo(g,h,i)perylen	µg/l	<0,002	<0,002	0,005	0,002	0,021	0,011	0,005	0,002	0,024	<0,002	<0,002
dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,005	0,002	<0,002	<0,002	0,008	<0,002	<0,002
indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,028	0,015	0,007	<0,005	0,029	<0,005	<0,005

Výstupy z monitoringu



Povrchový odtok

Povrchový odtok
značně znečištěn:

- TK, PAU, CHSK, NL

ČOV vyšší
koncentrace jen:

- živiny, As

		FU		OZ		DK		Odtok ČOV
		11/21	06/22	11/21	06/22	11/21	06/22	06/21
CHSK _{Cr}	mg/l	109	239	38	124	19	52	50,2
P _{celk}	mg/l	0,44	0,52	0,13	0,27	0,23	0,36	1,32
P-PO ₄	mg/l	0,18	0,17	0,06	0,06	0,19	0,24	0,61
N _{celk}	mg/l	1,52	3,85	0,73	2,07	1,37	3,44	27,88
NL ₁₀₅	mg/l	47	84	21	79	8	32	15,5
NL ₅₅₀	mg/l	26	48	12	50	5	20	1,6
As	µg/l	1,66	2,68	x	1,86	2,01	1,89	2,80
Cd	µg/l	x	0,17	x	0,12	x	x	0,05
Cu	µg/l	19,5	47,8	5,3	10,3	4,4	7,4	5,1
Ni	µg/l	3,22	5,56	x	3,72	1,33	x	2,05
Pb	µg/l	37,7	71,0	3,5	17,5	2,1	3,7	1,3
Zn	µg/l	88	274	25	94	20	73	12
naftalen	µg/l	0,050	0,077	0,045	x	0,047	x	x
acenaften	µg/l	x	0,013	x	x	x	x	x
fluoren	µg/l	0,017	0,017	x	0,006	x	x	x
fenanthren	µg/l	0,125	0,154	0,052	0,032	0,043	0,031	0,033
anthracen	µg/l	x	0,007	x	x	x	x	x
fluoranthen	µg/l	0,141	0,206	0,065	0,035	0,036	0,018	0,011
pyren	µg/l	0,140	0,200	0,054	0,026	0,032	0,014	0,014
benzo(a)anthracen	µg/l	0,126	0,064	0,071	0,011	0,035	0,008	x
chrysen	µg/l	0,047	0,058	0,034	0,012	0,016	0,007	x
benzo(b)fluoranthen	µg/l	0,046	0,059	0,037	0,010	0,018	0,006	x
benzo(k)fluoranthen	µg/l	0,025	0,027	0,018	0,005	0,009	0,004	x
benzo(a)pyren	µg/l	0,042	0,058	0,033	0,009	0,018	0,007	x
benzo(g,h,i)perylene	µg/l	0,059	0,058	0,048	0,019	0,022	0,008	x
dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	0,008	0,012	0,005	x	x	x	x
indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,058	0,038	0,053	0,008	0,027	0,007	x

Výstupy z monitoringu

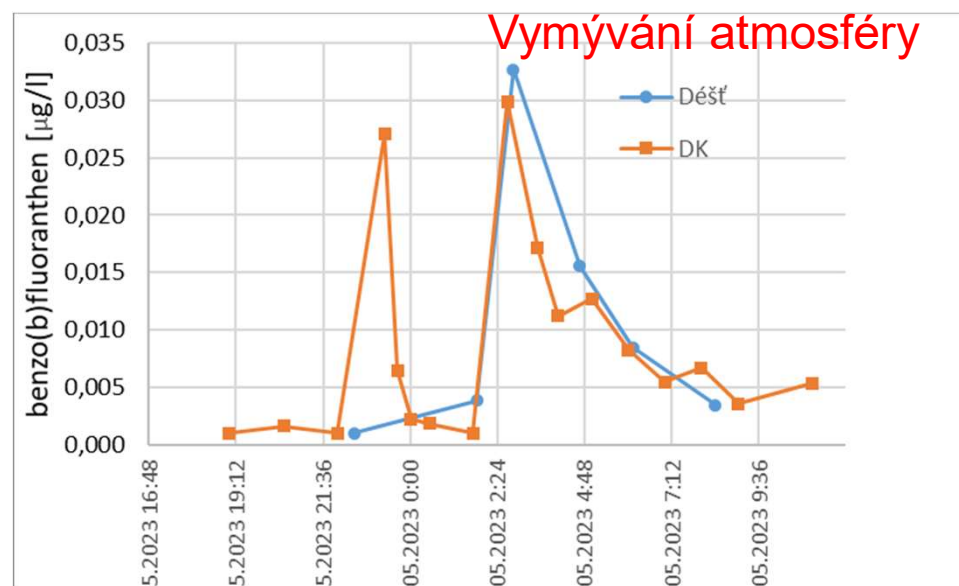
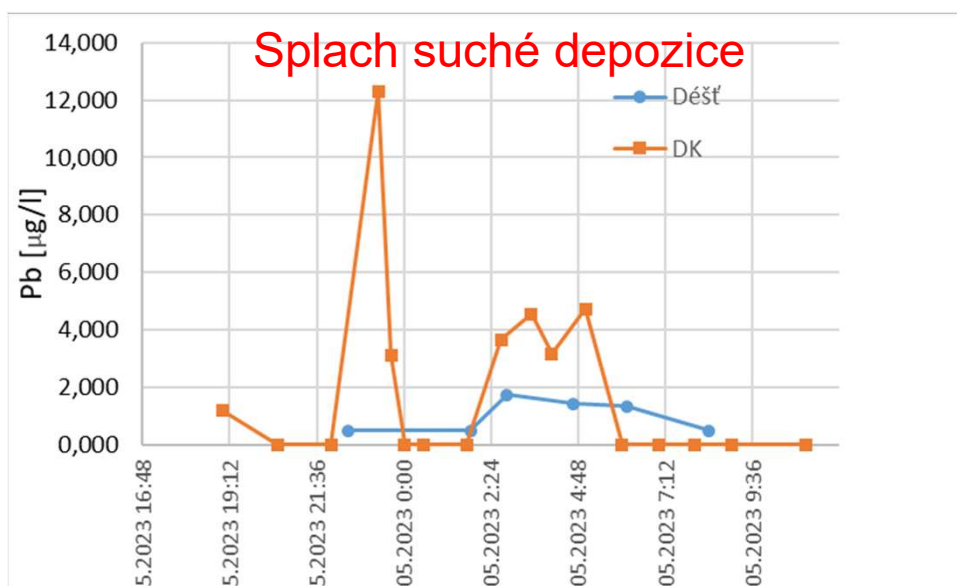
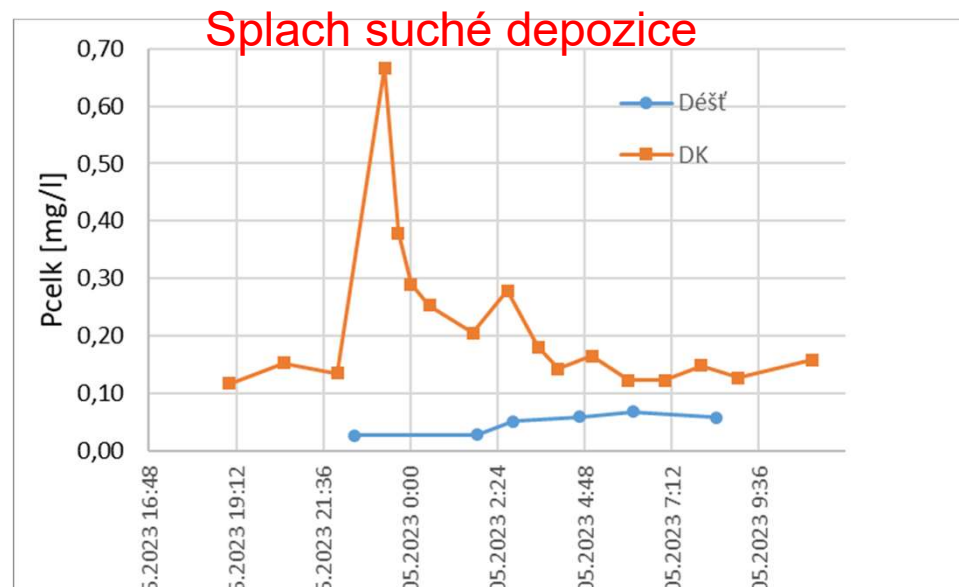
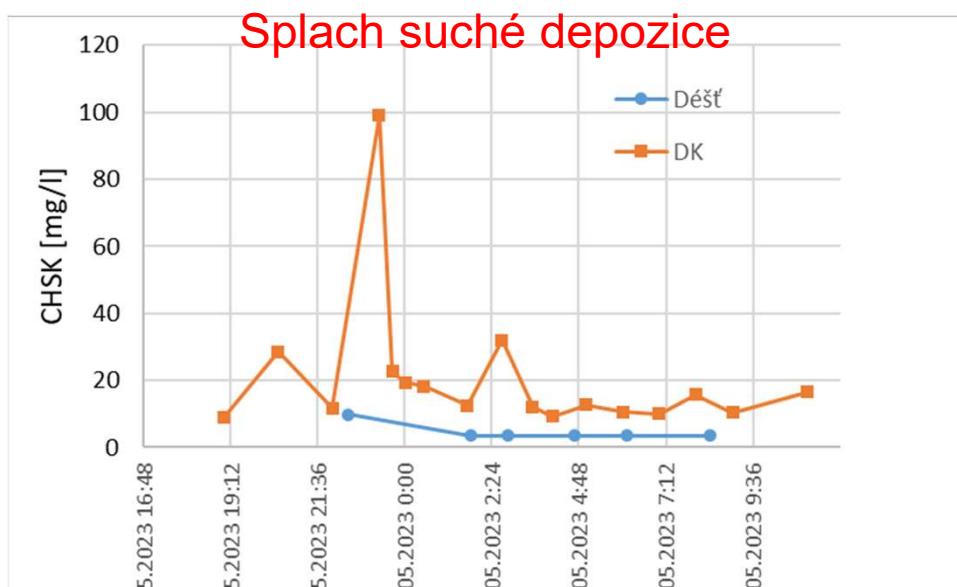
Povrchový odtok

- 1. splach



Výstupy z monitoringu

Déšť a povrchový odtok



Výstupy z monitoringu

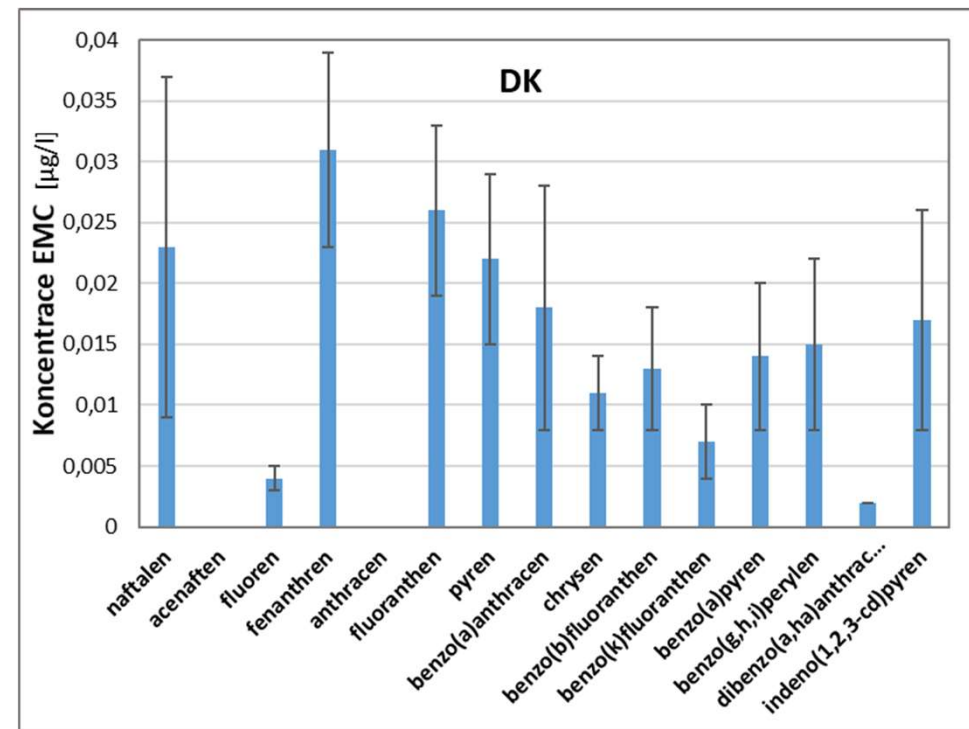
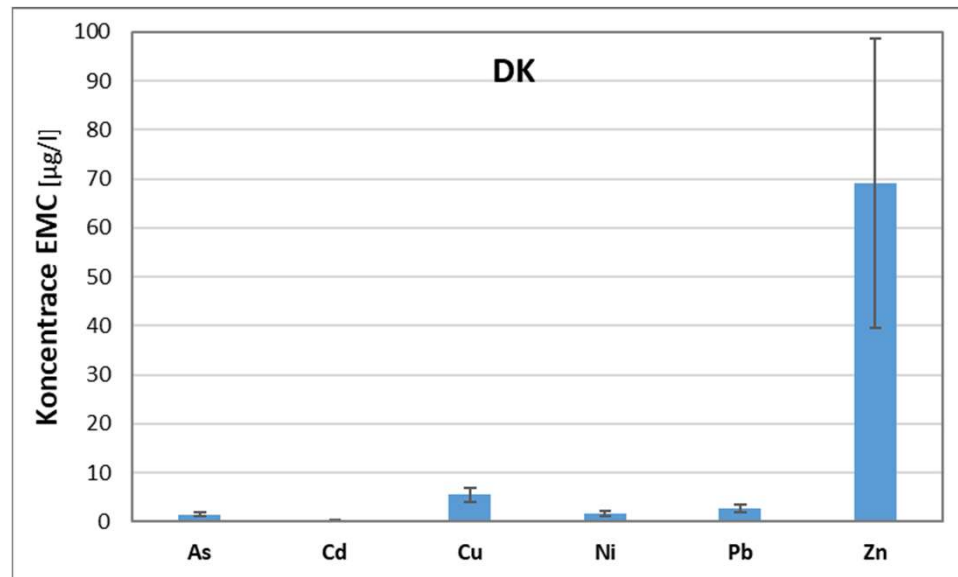
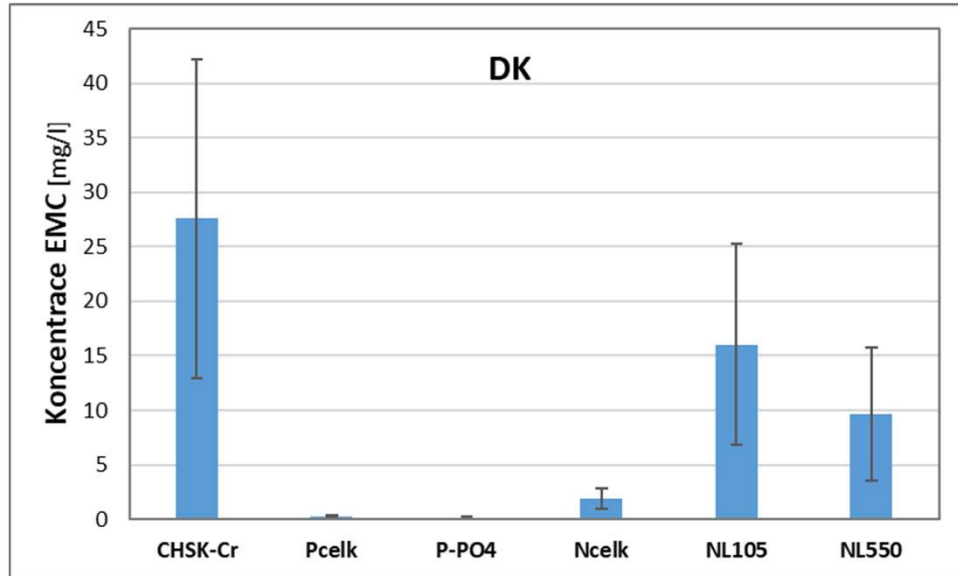


Déšť a povrchový odtok

		max déšť	max povrchový odtok	max povrchový odtok/max déšť
CHSK-Cr	mg/l	9,87	99	10,03
Pcelk	mg/l	0,068	0,666	9,79
P-PO4	mg/l	0,055	0,418	7,60
Ncelk	mg/l	<1,00	7,58	7,58
NL105	mg/l	<2,0	88	44,00
NL550	mg/l	<2,0	69	34,50
As	µg/l	<1	3,68	3,68
Cd	µg/l	<0,1	0,12	1,20
Cu	µg/l	<2	13,5	6,75
Ni	µg/l	<2	4,18	2,09
Pb	µg/l	1,74	12,3	7,07
Zn	µg/l	10	547	54,70
naftalen	µg/l	<0,03	<0,03	x
acenaften	µg/l	<0,005	<0,005	x
fluoren	µg/l	0,006	0,008	1,33
fenanthren	µg/l	0,034	0,025	0,74
anthracen	µg/l	0,002	0,003	1,50
fluoranthren	µg/l	0,066	0,057	0,86
pyren	µg/l	0,046	0,043	0,93
benzo(a)anthracen	µg/l	0,039	0,031	0,79
chrysen	µg/l	0,031	0,026	0,84
benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,033	0,03	0,91
benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,015	0,021	1,40
benzo(a)pyren	µg/l	0,022	0,032	1,45
benzo(g,h,i)perylene	µg/l	0,021	0,028	1,33
dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	0,005	0,009	1,80
indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,028	0,029	1,04

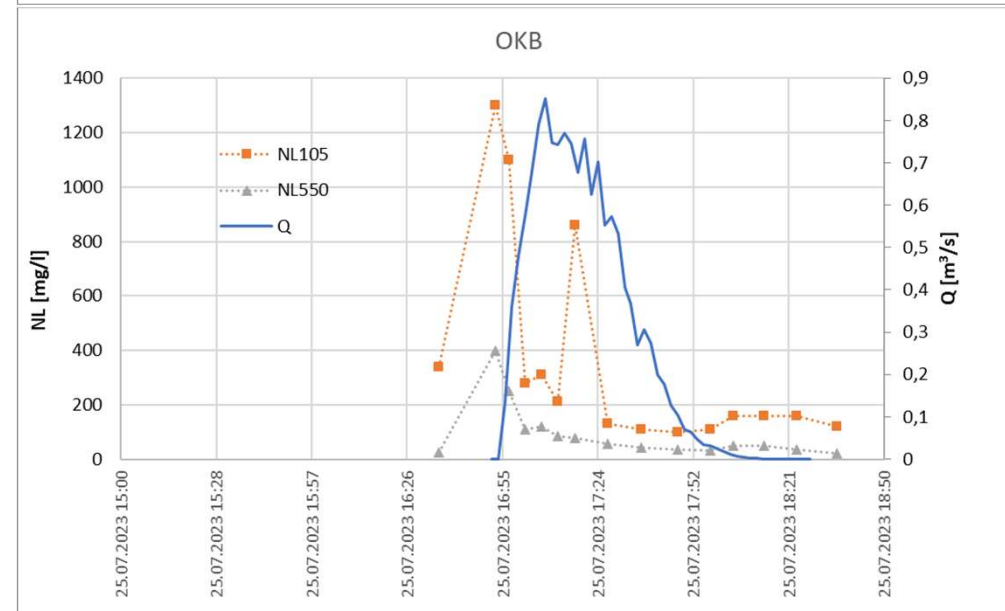
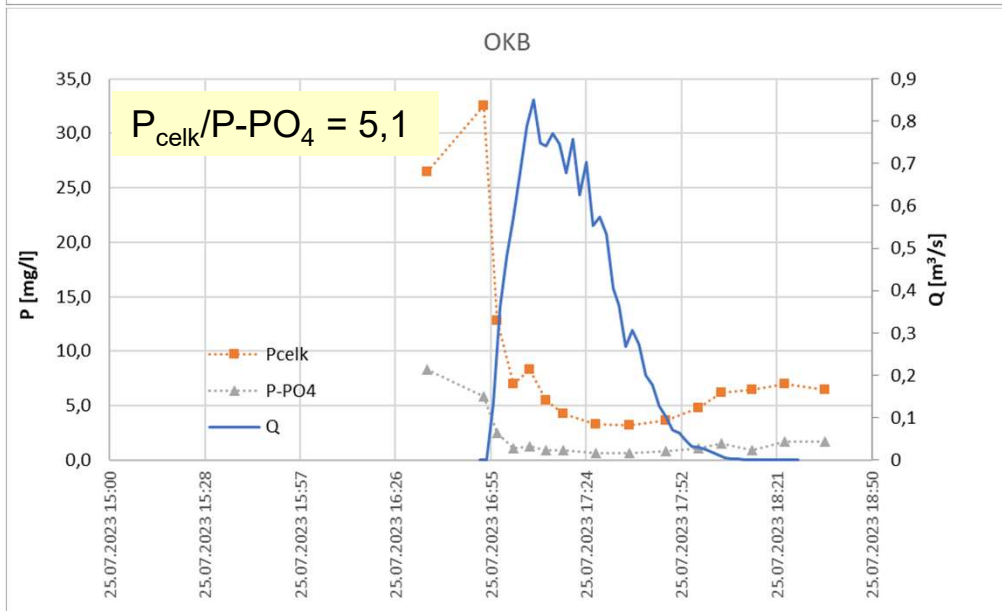
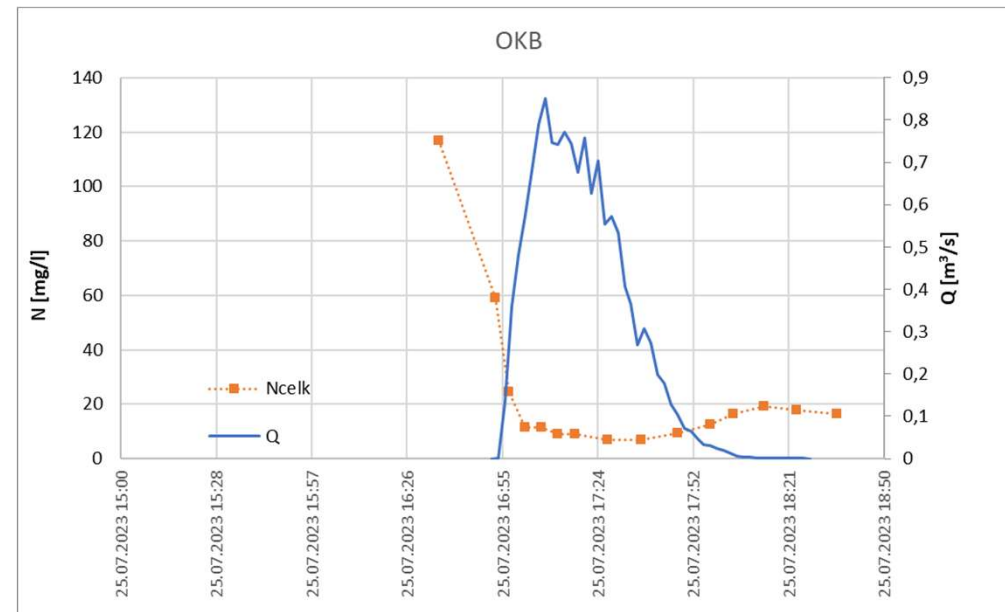
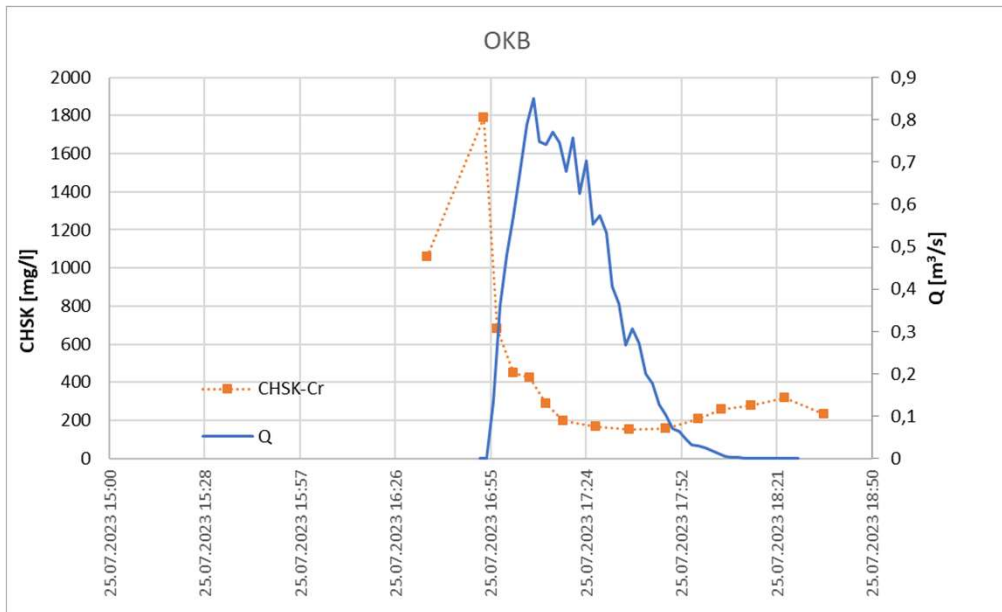
Výstupy z monitoringu

Povrchový odtok z DK (EMC 4 událostí)



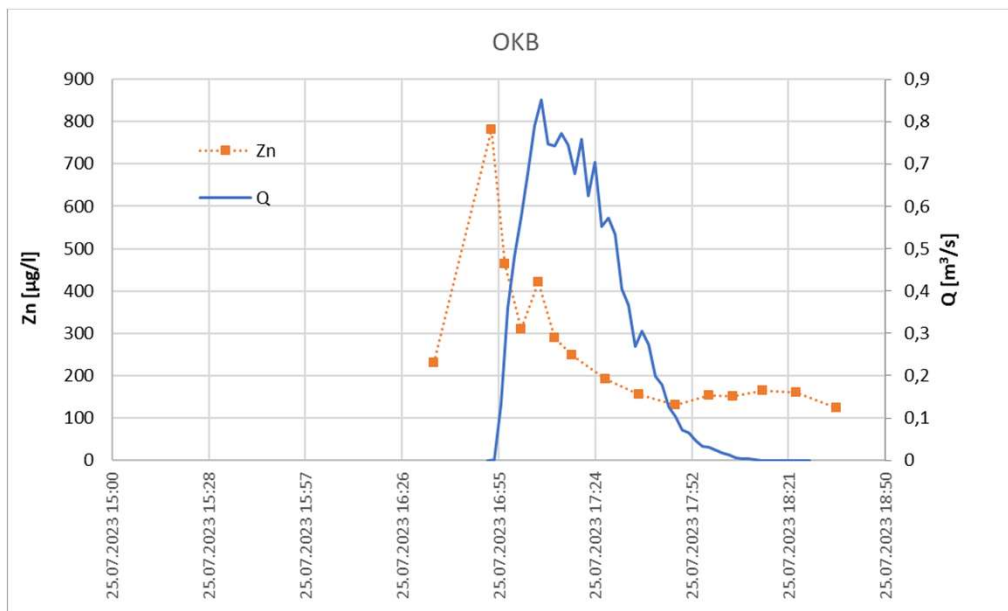
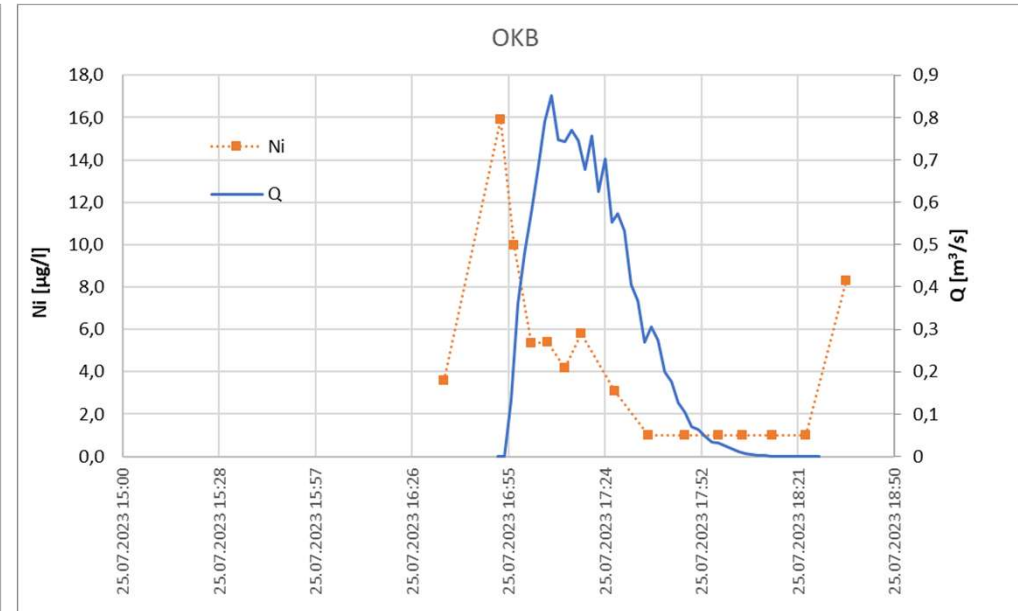
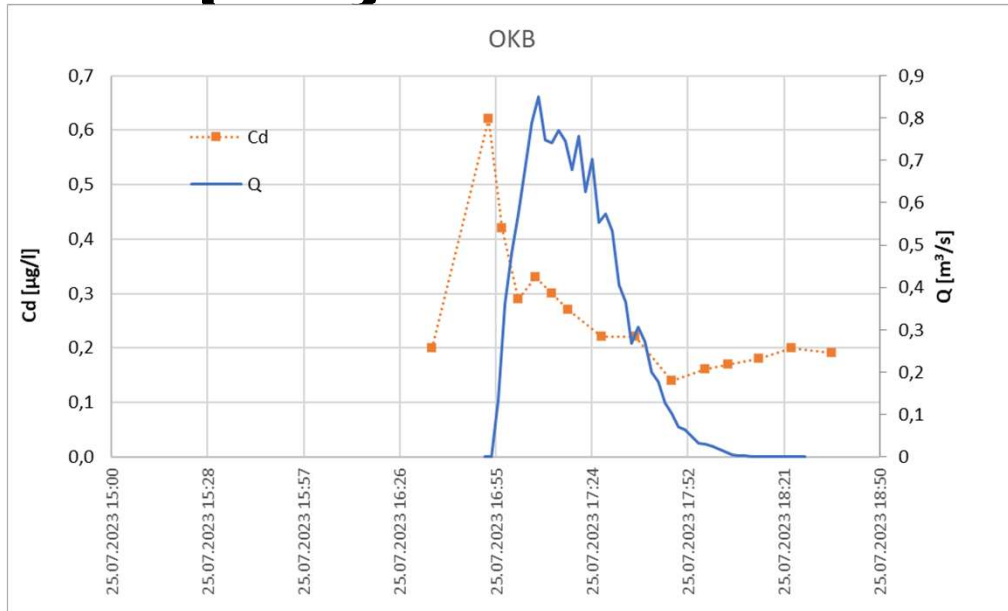
Výstupy z monitoringu

Přepady z OK na JK



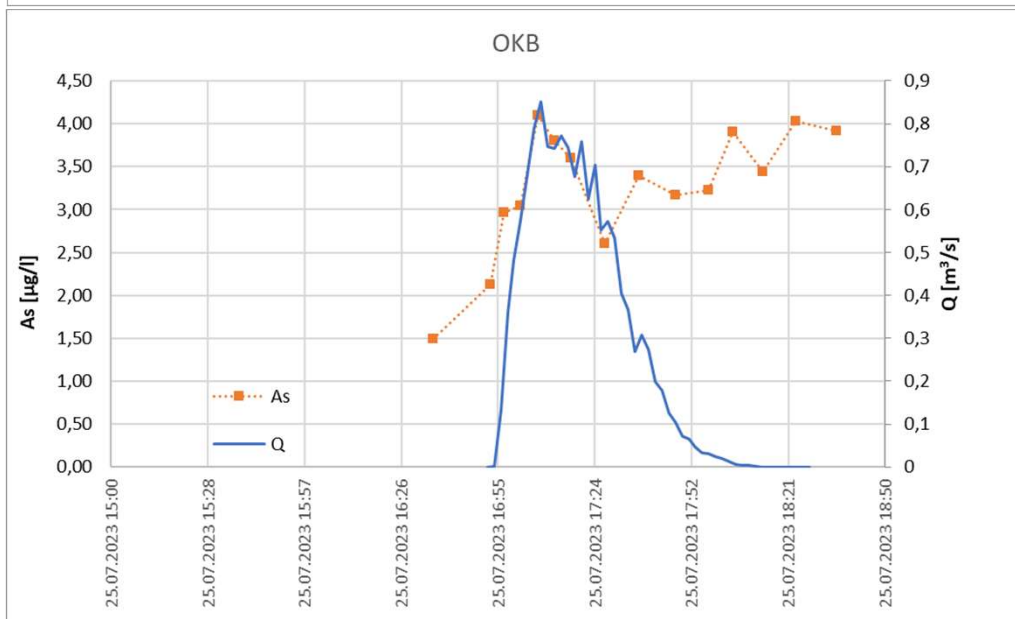
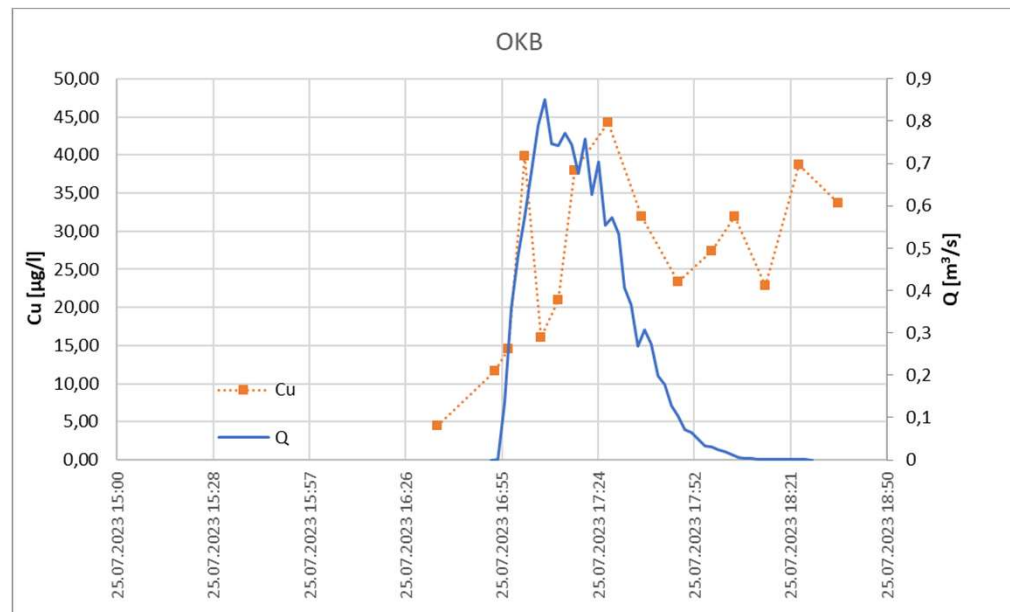
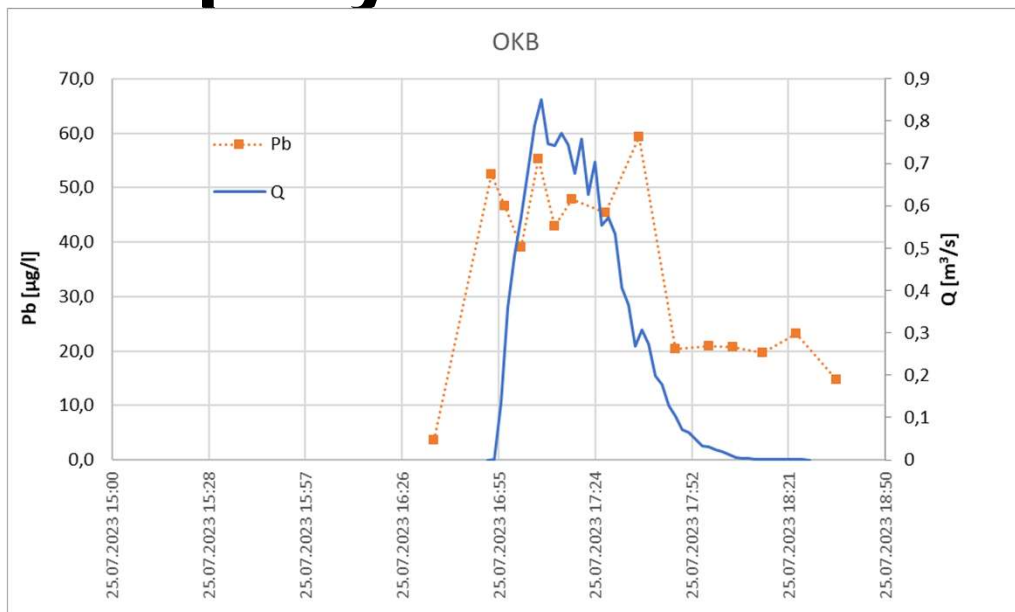
Výstupy z monitoringu

Přepady z OK na JK



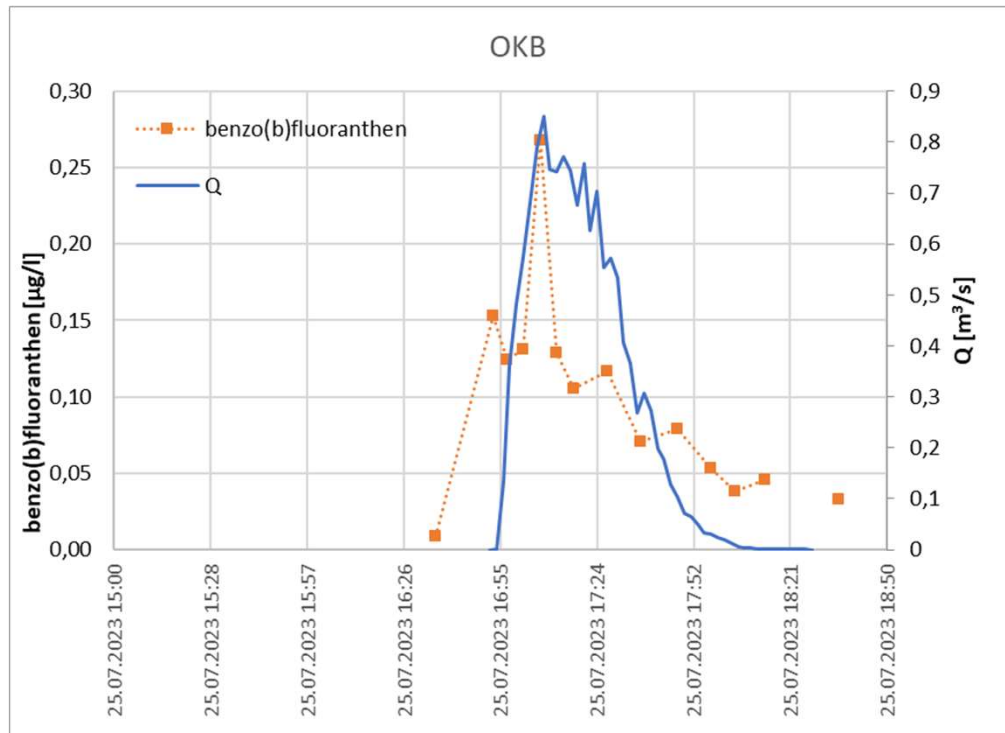
Výstupy z monitoringu

Přepady z OK na JK



Výstupy z monitoringu

Přepady z OK na JK



Výstupy z monitoringu



Přepady z OK na JK

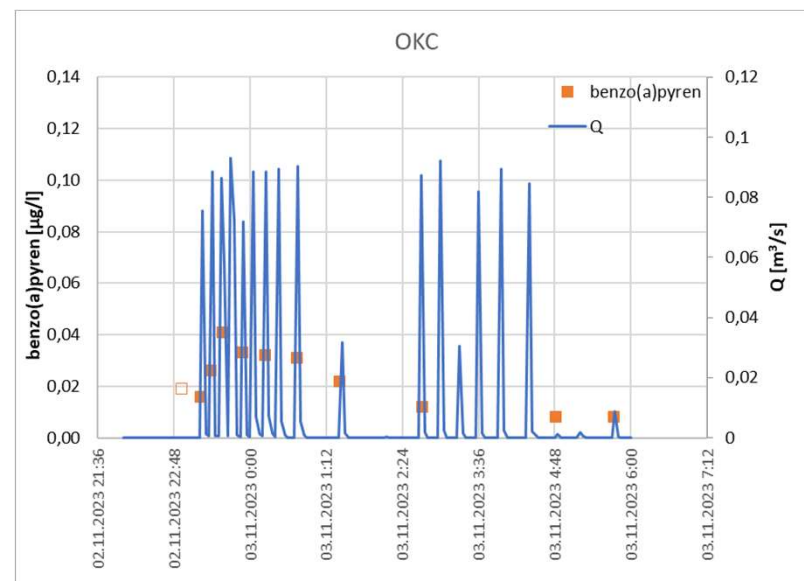
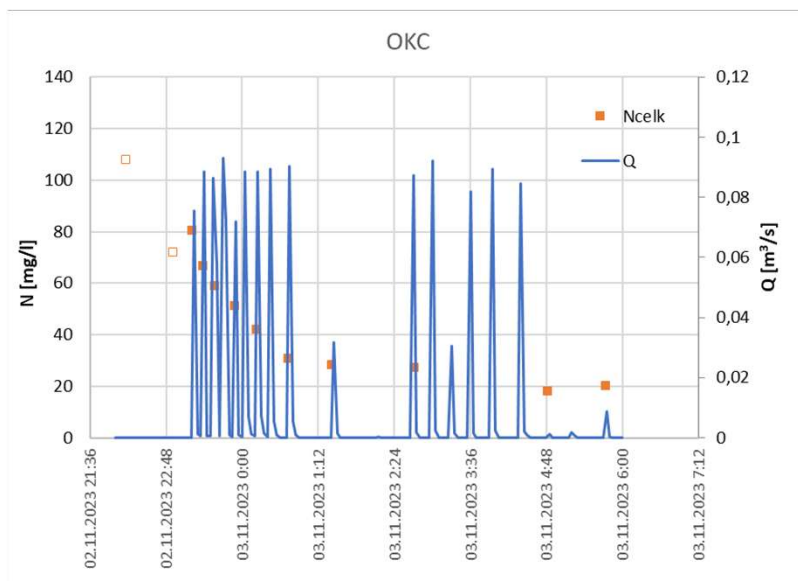
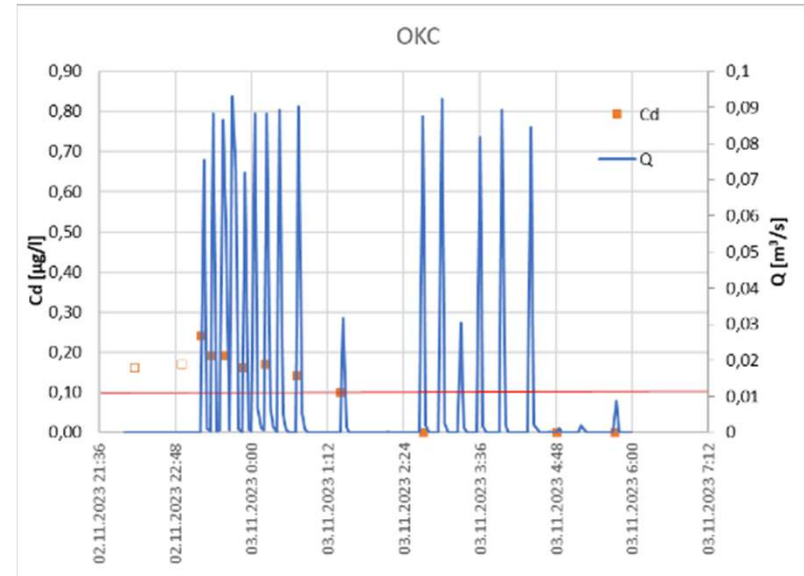
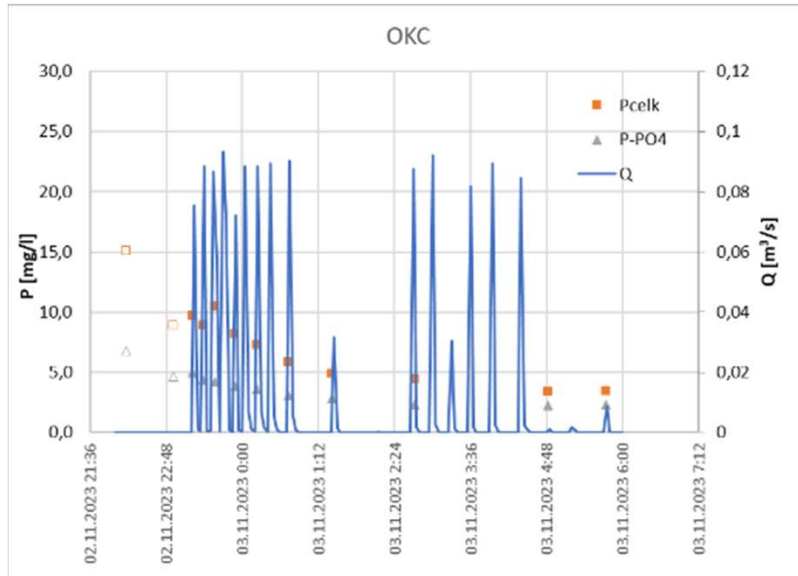
Vnos 25.7.2023

m3	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Voda	CHSK	Pcelk	P-PO4	Ncelk	NL105	NL550	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1661,53	429,8	8,3	1,6	15,5	484,5	127,6	0,006	0,0004	0,052	0,006	0,076	0,415

g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
naftalen	acenaften	fluoren	fenanthren	anthracen	fluoranthen	pyren	benzo(a)anthracen	chrysen	benzo(b)fluoranthen	benzo(k)fluoranthen	benzo(a)pyren	benzo(g,h,i)perylene	dibenzo(a,h)anthracen	indeno(1,2,3-cd)pyren
0,02	x	0,05	0,21	0,02	0,40	0,23	0,28	0,20	0,21	0,12	0,20	0,14	0,04	0,19

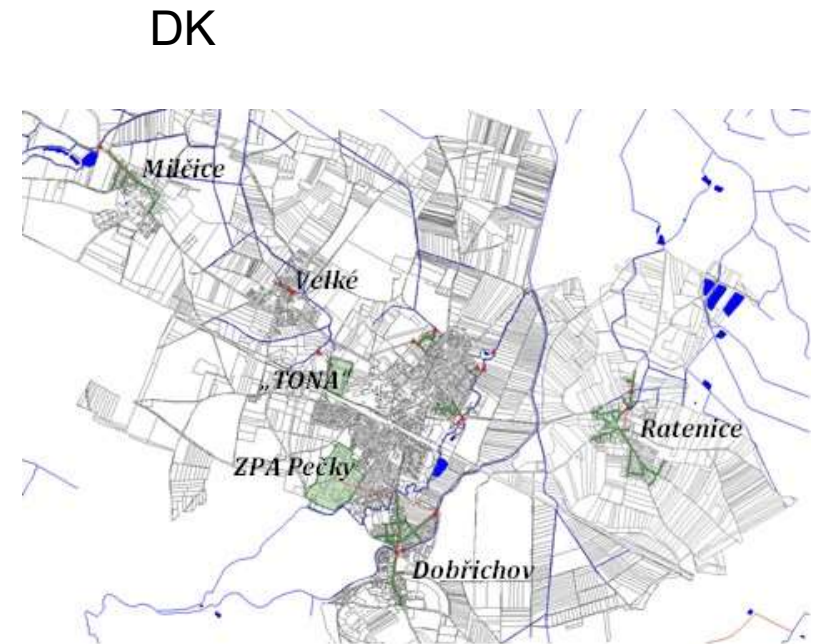
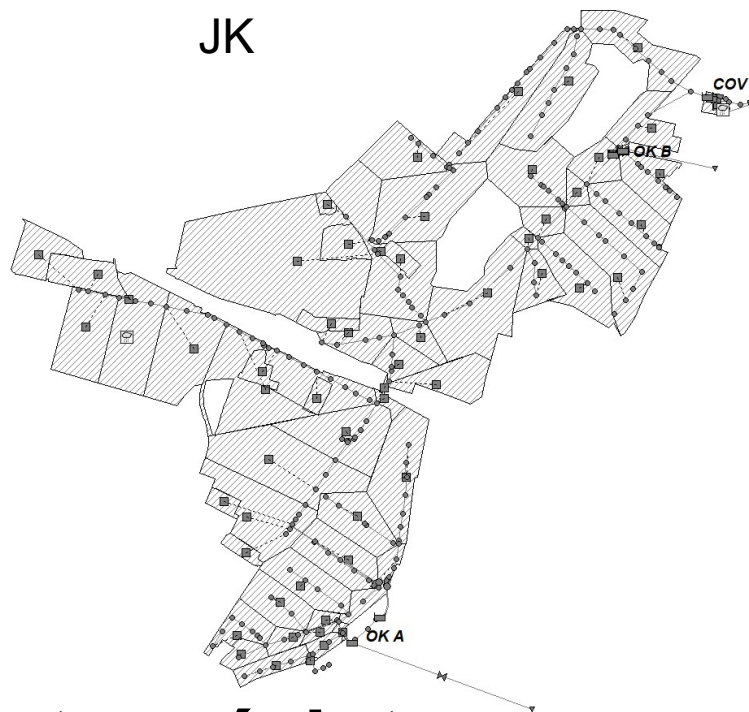
Výstupy z monitoringu

Přepady z OK – obtok ČOV



Simulace

Schematizace stokové sítě



Vstupní data

- Bezdeštné průtoky a koncentrace v JK
- Dešťová data (r. 2021 a 2022; vlastní dešťová řada z Dobřichova, doplněna data dešťoměru na ČOV Pečky)
- Koncentrace v povrchovém odtoku

Kalibrace a verifikace modelu JK

- na vybrané srážkové události získané vlastním monitoringem v povodí
- bilančně i na základě měřeného průtoku vody na ČOV

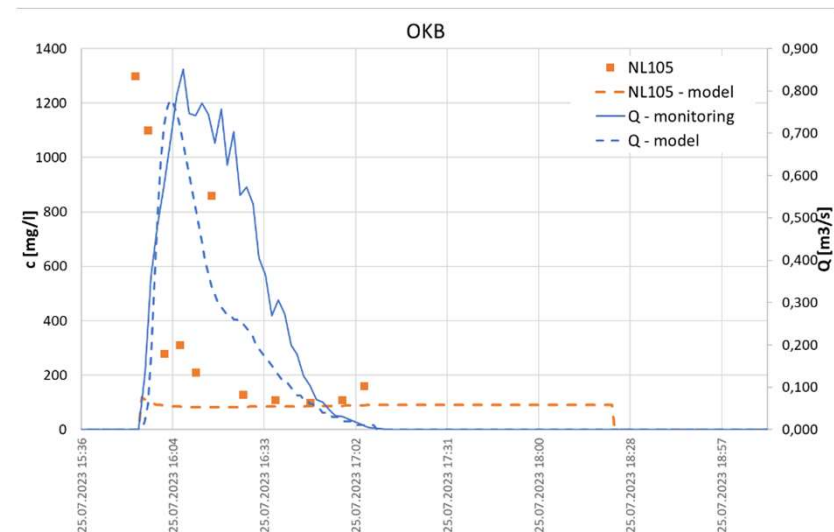
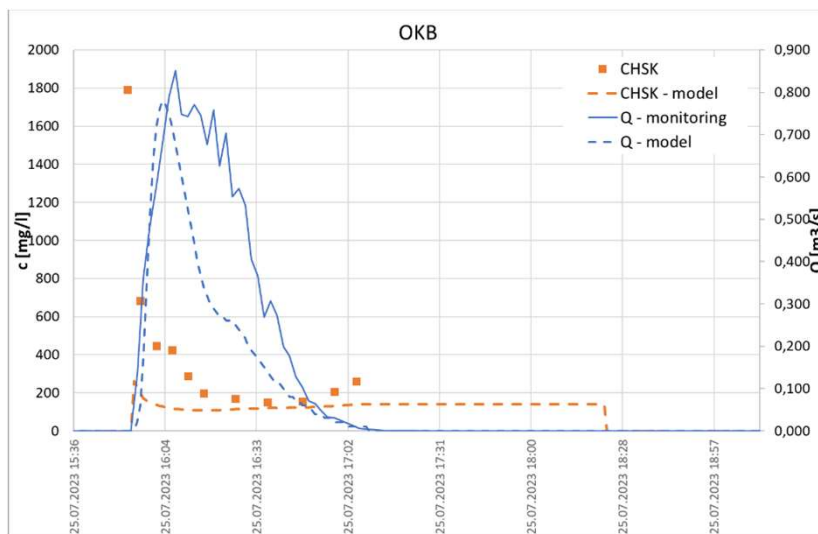
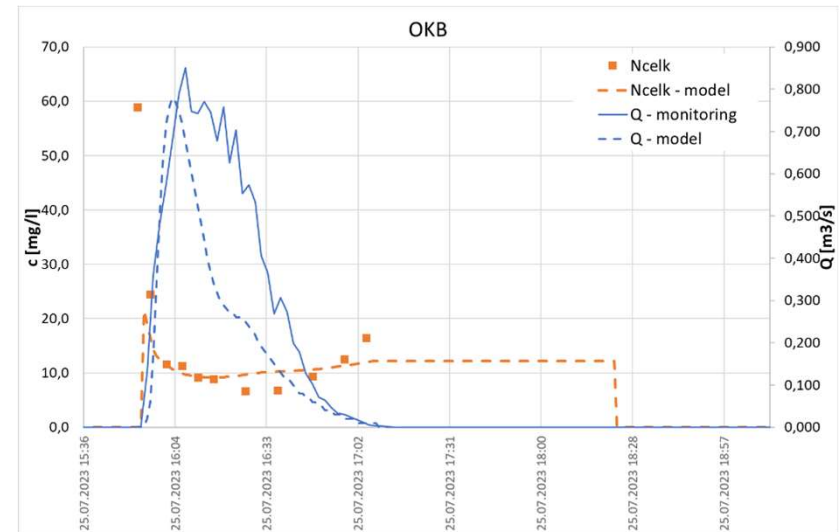
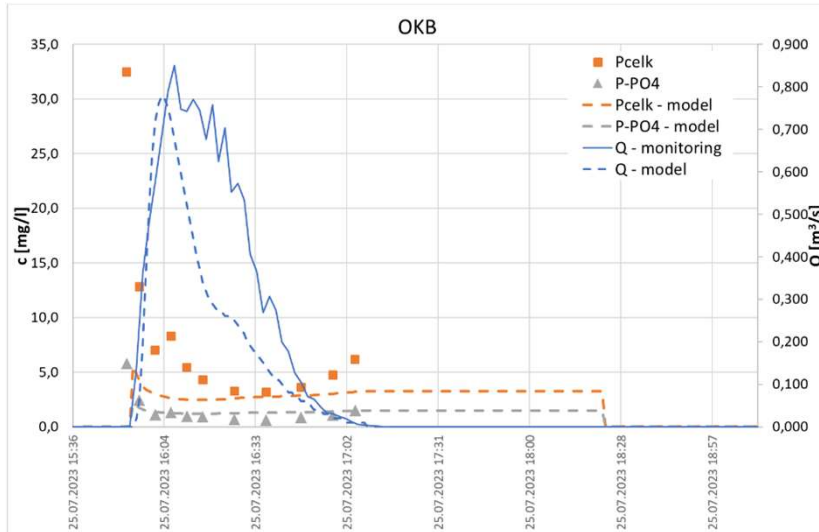
		2021		2022	
		Model	VUPE	Model	VUPE
Voda	m3/rok	284 288	300 815	245 793	250 391

-5 %

-2 %

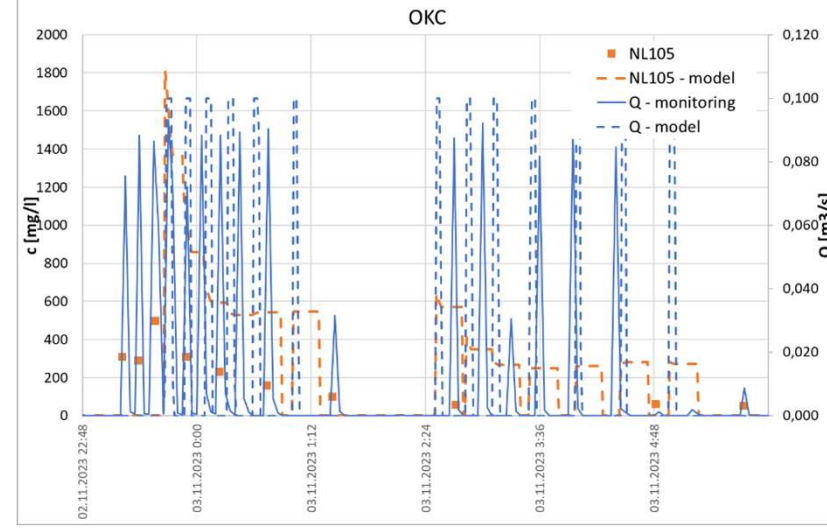
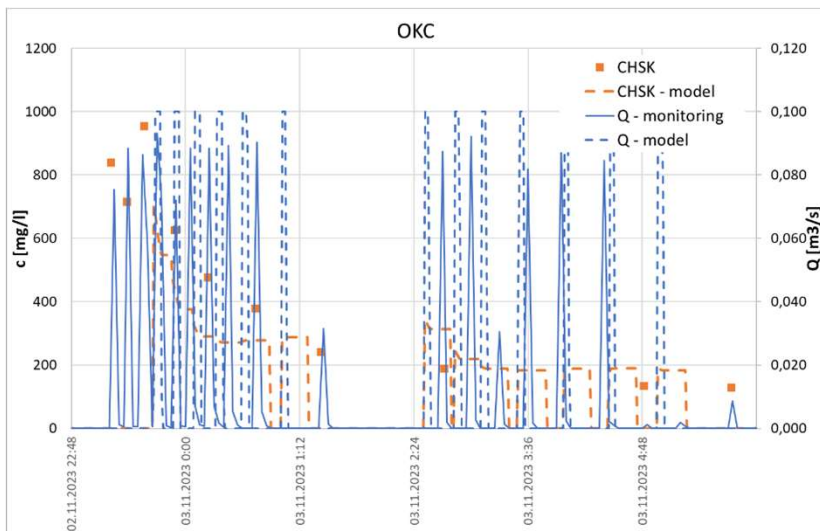
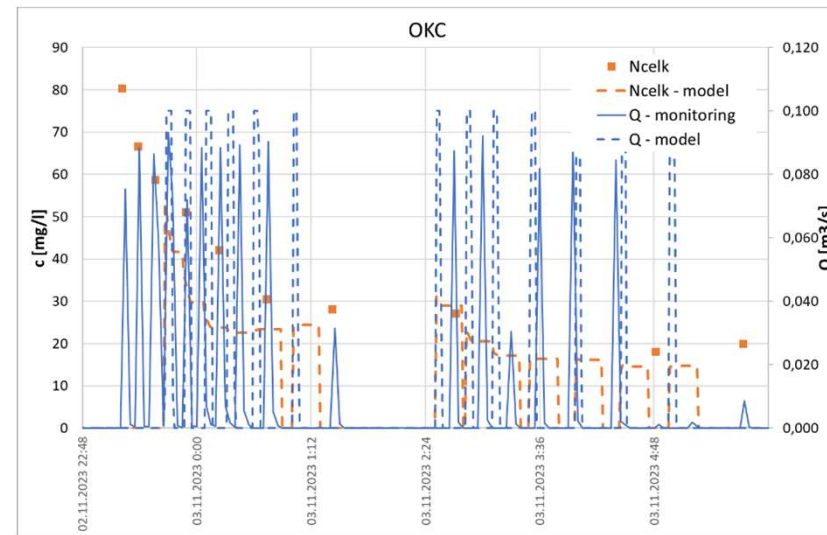
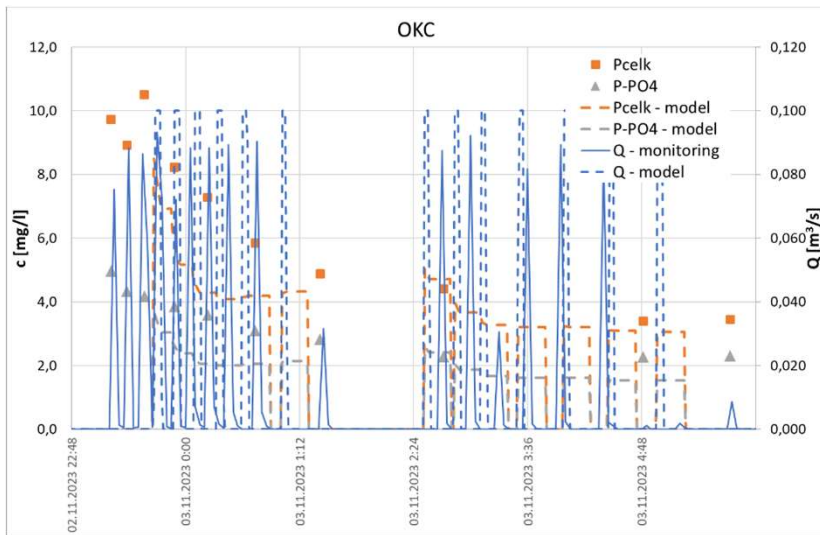
Simulace

Kalibrace a verifikace modelu JK



Simulace

Kalibrace a verifikace modelu JK



Výpočet látkových toků z OK a ČOV

Zákl. ukazatele (CHSK, P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, N_{celk} a NL_{105})

- vnos z OK a ČOV simulován srážko-odtokovým modelem zahrnujícím modelování jakosti vody a účinnosti odstraňování na ČOV

Ukazatel	CHSK-Cr	P_{celk}	$P\text{-PO}_4$	N_{celk}	NL105
Účinnost odstraňování (%)	91,5	90	90	52,6	92

- ČOV: zahrnuto i zvýšené zatížení CHSK a živinami obsaženými v kalové vodě 16 dní v roce
- OK: navýšení vnosu o nerozp. formy (o 20 % pro P_{celk} , 25 % pro CHSK a 30 % pro NL_{105})

Simulace



Výpočet látkových toků z ČOV x VUPE

		2021		2022	
		Model	VUPE	Model	VUPE
Voda	m3/rok	284 288	300 815	245 793	250 391
CHSK-Cr	kg/rok	15 847	12 322	17 540	10 580
Pcelk	kg/rok	281	257	307	160
P-PO4	kg/rok	166		180	
Ncelk	kg/rok	10 005	9 328	11 067	9 170
NL105	kg/rok	5 187	2 245	5 747	2 150

Výpočet látkových toků z OK, ČOV a DK

		OKA	OKB	OKC	Odtok ČOV	Dešťová kanalizace
CHSK-Cr	mg/l	Počítány simulačním modelem				27,58
Pcelk	mg/l					0,24
P-PO4	mg/l					0,17
Ncelk	mg/l					1,84
NL105	mg/l					16,03
NL550	mg/l					9,66
As	µg/l	3,18	3,18	2,47	2,81	1,53
Cd	µg/l	0,43	0,43	0,27	x	0,16
Cu	µg/l	20,8	20,8	16,1	5,85	5,55
Ni	µg/l	11,0	11,0	7,0	3,50	1,71
Pb	µg/l	Vnos = objem vody * průměr EMC				
Zn	µg/l					
naftalen	µg/l	0,123	0,123	0,107	0,033*	0,023
acenaften	µg/l	0,009	0,009	0,010	x	x
fluoren	µg/l	0,037	0,037	0,040	0,009*	0,004
fenanthren	µg/l	0,216	0,216	0,166	0,026	0,031
anthracen	µg/l	0,025	0,025	0,012	x	x
fluoranthren	µg/l	0,283	0,283	0,147	0,013	0,026
pyren	µg/l	0,157	0,157	0,095	0,014	0,022
benzo(a)anthracen	µg/l	0,145	0,145	0,063	x	0,018
chrysen	µg/l	0,103	0,103	0,047	x	0,011
benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,108	0,108	0,044	x	0,013
benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,065	0,065	0,026	x	0,007
benzo(a)pyren	µg/l	0,115	0,115	0,046	x	0,014
benzo(g,h,i)perylene	µg/l	0,083	0,083	0,038	x	0,015
dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	0,026	0,026	0,008	x	0,002
indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,088	0,088	0,037	x	0,017

Látkové bilance



% zastoupení OK - odtok ČOV

		OKA	OKB	OKC	Suma OK	Odtok ČOV
voda	%	0,2	4,1	13,2	17,6	82,4
CHSK-Cr	%	0,4	7,5	33,3	41,3	58,7
Pcelk	%	0,5	8,4	33,2	42,1	57,9
P-PO4	%	0,4	6,8	27,7	34,9	65,1
Ncelk	%	0,1	1,4	6,6	8,0	92,0
NL105	%	0,8	11,9	44,1	56,9	43,1
NL550	%	-	-	-	-	-
As	%	0,2	4,7	11,7	16,7	83,3
Cd	%	0,0	33,3	66,7	100,0	0,0
Cu	%	0,6	10,9	27,1	38,6	61,4
Ni	%	0,7	10,5	21,6	32,8	67,2
Pb	%	1,3	22,7	51,0	75,1	24,9
Zn	%	1,7	28,1	58,4	88,1	11,9
naftalen	%	0,7	10,7	30,7	42,0	58,0
acenaften	%	0,0	16,7	66,7	100,0	0,0
fluoren	%	0,0	11,1	37,8	48,9	51,1
fenanthren	%	1,2	17,2	42,0	59,8	40,2
anthracen	%	0,0	37,5	62,5	100,0	0,0
fluoranthren	%	1,5	27,2	46,3	75,0	25,0
pyren	%	1,0	21,2	41,4	62,6	37,4
benzo(a)anthracen	%	2,1	40,4	57,4	100,0	0,0
chrysen	%	2,9	40,0	57,1	100,0	0,0
benzo(b)fluoranthren	%	2,9	41,2	55,9	100,0	0,0
benzo(k)fluoranthren	%	5,0	45,0	55,0	100,0	0,0
benzo(a)pyren	%	2,8	41,7	55,6	100,0	0,0
benzo(g,h,i)perylene	%	3,6	39,3	57,1	100,0	0,0
dibenzo(a,h)anthracen	%	0,0	42,9	57,1	100,0	0,0
indeno(1,2,3-cd)pyren	%	3,6	42,9	57,1	100,0	0,0

Látkové bilance



% zastoupení OK - odtok ČOV - DK

		OKA	OKB	OKC	Suma OK	Odtok ČOV	Dešťová kanalizace
voda	%	0,2	3,3	10,6	14,1	66,3	19,6
CHSK-Cr	%	0,4	7,0	31,0	38,4	54,6	7,1
Pcelk	%	0,5	8,1	32,0	40,5	55,8	3,6
P-PO4	%	0,4	6,5	26,4	33,3	62,0	4,7
Ncelk	%	0,1	1,4	6,5	7,9	90,8	1,2
NL105	%	0,7	10,9	40,1	51,7	39,3	9,0
NL550	%	-	-	-	-	-	-
As	%	0,2	4,1	10,4	14,7	73,5	11,8
Cd	%	0,0	19,4	38,7	58,1	0,0	41,9
Cu	%	0,5	9,3	23,1	32,9	52,4	14,7
Ni	%	0,6	9,6	19,7	29,9	61,3	8,9
Pb	%	1,2	20,5	46,0	67,7	22,5	9,8
Zn	%	1,4	23,6	49,1	74,1	10,0	15,9
naftalen	%	0,6	9,5	27,4	37,5	51,8	10,7
acenaften	%	0,0	16,7	66,7	100,0	0,0	0,0
fluoren	%	0,0	10,4	35,4	45,8	47,9	6,3
fenanthren	%	1,0	15,0	36,8	52,3	35,2	12,4
anthracen	%	0,0	37,5	62,5	100,0	0,0	0,0
fluoranthren	%	1,3	23,7	40,4	65,4	21,8	12,8
pyren	%	0,9	18,1	35,3	53,4	31,9	14,7
benzo(a)anthracen	%	1,6	31,1	44,3	77,0	0,0	23,0
chrysen	%	2,3	31,8	45,5	79,5	0,0	20,5
benzo(b)fluoranthren	%	2,3	31,8	43,2	77,3	0,0	22,7
benzo(k)fluoranthren	%	4,0	36,0	44,0	80,0	0,0	20,0
benzo(a)pyren	%	2,1	31,9	42,6	76,6	0,0	23,4
benzo(g,h,i)perylene	%	2,5	27,5	40,0	70,0	0,0	30,0
dibenzo(a,h)anthracen	%	0,0	33,3	44,4	77,8	0,0	22,2
indeno(1,2,3-cd)pyren	%	2,4	29,3	39,0	68,3	0,0	31,7

Závěr



- Pro bilance:
 - Nutný rozsáhlý monitoring
 - Často nedostatek informací (zejm. DK)
 - Látkové toky zatíženy nejistotami
- ale
- Výpovědi jasné:
 - Čím lépe dané znečištění odstraňováno na ČOV, tím významnějším zdrojem OK (zejm. TK, PAU, NL, CHSK, P_{celk})
 - DK – vysoké koncentrace TK a PAU; významnost zdroje záleží na odvodňované ploše

Děkuji za pozornost

Odborný garant:

Ministerstvo životního prostředí

Financováno:



Vedoucí projektu:



Partneři

