

ÚV Kněžpole

Návrh filtračního stupně

Zpracoval: Ing. Adam Fendrych

1 Úvod

Současná úprava vody Kněžpole není vybavena technologií separace pesticidních látek, které se vyskytují ve zdrojích pitné vody a úpravou procházejí takřka beze změny. Z toho důvodu je nezbytné vyrobenou vodu ředit ve vhodném poměru na síti/vodojemu, aby byly splněny limity dané vyhláškou č. 252/2004 Sb. v aktuálním znění. Za tohoto stavu musí však úprava pracovat za sníženého výkonu a technicky vzato neplní kvalitativní limity u vody vyrobené. Proto bylo rozhodnuto, že bude doplněn separační stupeň, a to filtrace na granulovaném aktivním uhlí (GAU). Rozsah rekonstrukce filtračního stupně počítá s využitím dvouvrstvé filtrace namísto stávajících odželezňovacích filtrů a s GAU filtrací namísto 4 odmanganovacích filtrů. U všech 14 rekonstruovaných filtrů se počítá s výměnou tryskového dna za drenážní systém bez mezidna. Zbývajících 6 odmanganovacích filtrů bude využito jako akumulace nechlorované prací vody pro praní GAU filtrů.

1.1 Výkonové parametry

Projektovaný výkon úpravy je následující:

- $Q_{\min} = 22 \text{ l/s}$
- $Q_{\text{nom}} = 50 \text{ l/s}$
- $Q_{\max} = 80 \text{ l/s}$

1.2 Surová voda

Zdrojem surové vody je jímací území Kněžpole se třemi zdroji podzemní vody v kvartéru řeky Moravy.

Surová podzemní voda je jímána soustavou vrtů, které jsou násoskovým systémem sváděny do pěti sběrných studní (S1, S2, S2a, S3, S4), jejichž průměr se pohybuje v rozsahu 3 – 5 m. Voda ze sběrných studní je čerpána horizontálními čerpadly umístěnými v jednotlivých čerpacích stanicích do úpravy vody Kněžpole.

Surová voda je čerpána jedním výtlačným řadem z jímacího území I a II a druhým výtlačným řadem z jímacího území III.

1.2.1 Jakost surové vody

Jímána voda se jako většina podzemních vod z kvartérních sedimentů vyznačuje vysokou mineralizací s převládajícím obsahem hydrogenuhličitanů a vápníku, vyšší koncentrací síranových iontů a nadlimitní koncentrací železa, manganu a amonných iontů.

Tab. 1: Kvalita směsné surové vody 2016 – 2021: fyzikálně-chemické ukazatele

ukazatel	jednotka	min	max	průměr
A254	cm-1	0,066	0,247	0,113
barva	mg/l Pt	5	50	30
zákal	ZF(t)	0,4	242,8	57
nerozpuštěné látky	mg/l	2	7,8	4,6
teplota	°C	6,9	14	10,6
pH		6,6	7,8	6,8
konduktivita	mS/m	86,2	104	95
KNK 4,5	mmol/l	5,3	6,7	5,9
ZNK 8,3	mmol/l	0,2	3,2	2,1
vápník	mg/l	121	172	140
hořčík	mg/l	7	40	24,5
tvrdost	mmol/l	4	5,2	4,5
CHSK-Mn	mg/l	0,6	2,3	1,4
huminové látky	mg/l	<1	1	<1
železo celkové	mg/l	0,8	25,2	7,4
mangan	mg/l	0,4	1,3	0,7
amonné ionty	mg/l	0,1	1,1	0,6
dusičnany	mg/l	<2	4,8	2,9
dusitany	mg/l	<0,02	0,1	<0,02
fosforečnany	mg/l	<0,04	0,1	<0,04
chloridy	mg/l	38	58	50
sírany	mg/l	130	214	158

* červeně označené hodnoty nesplňují limit na pitnou vodu dle vyhl. č. 252/2004 Sb.

Z pesticidních látek (PL) jsou nalézány především metabolity, primární látky pouze výjimečně:

- Acetochlor ESA
- Acetochlor OA
- Alachlor ESA
- Chloridazon suma metabolitů
- dimethachlor ESA
- dimethachlor OA
- Metolachlor ESA
- Metolachlor OA
- Metazachlor ESA
- Metazachlor OA

Každé prameniště se vyznačuje odlišnými koncentracemi a zastoupením jednotlivých PL. Není však možné řaděm jednotlivých pramenišť dosáhnout podlimitní koncentrace PL a současně

dostatečného množství surové vody. Přestože je použití některých pesticidů více než 13 let zakázáno, jejich metabolity se stále nalézají v nadlimitních koncentracích a bohužel nic nenasvědčuje tomu, že by se měla v blízké době jejich koncentrace snižovat.

Tab. 2: Výskyt pesticidních látek v prameništi 2015 -2021 - průměr

ukazatel	jednotka	limit PV	Sběrna I	Sběrna Ia	Sběrna II	Sběrna III
Acetochlor ESA	µg/l	0,1	0,38	0,173	0,187	<0,02
Acetochlor OA	µg/l	0,1	0,259	0,124	0,139	<0,02
Chloridazon desphenyl	µg/l		2,8	3,35	1,27	1,99
Chloridazon-methyl- desfenyl	µg/l		0,868	1,87	0,596	0,37
suma chloridazon- desfenylu a chl. methyl desfenylu	µg/l	6	3,64	5,23	1,86	2,36
suma pesticidních látek a relev. metabolitů	µg/l	0,5	0,72	0,37	0,41	0,11

1.3 Odželezňovací/odmanganovací filtry

Pro odželezňování a odmanganování poslouží 10 gravitačních pískových filtrů v horní galerii. Stávající tryskové mezidno bude vybouráno a nahrazeno celonerezovým drenážním systémem. Využitím dvouvrstvé náplně s principem filtrace *coarse to fine* dojde k navýšení kalové kapacity filtrů. Jako dvouvrstvá náplň bude sloužit poloprovozně odzkoušená kombinace antracit (1,4 – 2,5 mm) + písek (0,5 - 1 mm). Výška filtrační náplně činí 1,6 m (80 + 80 cm) s výškou vody nad náplní 120 cm.

Tab. 3: Výkonové parametry 1. stupně filtrace

Počet provozu	filtrů	v	n	n-1	n-2	n-3
Filtrační rychlost (m/h)						
Q min			0,5	0,6	0,7	0,7
Q nom			1,2	1,3	1,5	1,7
Q max			1,9	2,1	2,4	2,7

Jak je vidět z tabulky 1, maximální filtrační rychlosti jsou nízké a je zde výkonová rezerva. Z hlediska provozu je problematictější spíše minimální filtrační rychlost, kdy by za takto nízkých rychlostí mohlo hrozit kanálikování. Z toho důvodu bude možné při nízkém výkonu úpravny určitý počet odželezňovacích filtrů dočasně odstavit provozu, aby nedocházelo ke kanálikování ve filtrační náplni. Poloprovozně ověřená maximální filtrační rychlost vhodná pro zvolenou skladbu filtrační náplně je pak 3 m/h.

1.4 GAU filtrace

Z důvodu nutnosti odstranění pesticidních látek ze surové vody je zařazena filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Pro GAU bude vyhrazena čtveřice odmanganovacích filtrů v dolní galerii. Zbývajících 6 filtrů poslouží jako akumulace nechlorované prací vody pro GAU (270 m³). Na základě zkušeností

projektanta a výsledkům laboratorních zkoušek srovnání různých typů GAU pro odstranění acetochloru ESA a OA z jiných projektů, je navrženo aglomerované granulované aktivní uhlí vyrobené z černého uhlí s následujícími parametry:

parametr	jednotka	hodnota
jodové číslo	mg/g	min 1000
methylenová modř	mg/g	min 245
otěr (abrasion number dle AWWA B604)		min 75
obsah vody při balení	%	max 3
velikost částic	mesh	10x20

Toto uhlí vyjma sorpčních vlastností vyniká i filtračními vlastnostmi. Při případném úniku suspenze z odželezňovacích/odmanganovacích filtrů bude GAU fungovat jako další separační stupeň. Návrhová doba kontaktu vyjádřená jako Empty Bed Contact Time (EBCT) je u těchto aplikací 15 – 20 minut. Výška náplně činí 1,6 m, což zajistí dobu kontaktu (EBCT) 20 min i při maximálním výkonu úpravy. Při nižším výkonu doba kontaktu narůstá, což bude mít pozitivní vliv na životnost uhlí a na délky intervalů regenerace. Z provozního hlediska je nezbytné, aby byly GAU filtry provozovány všechny a s minimálními odstávkami, které mají negativní vliv na vlastnosti GAU. Dlouhodobé odstávky GAU v zavodněném stavu mohou vést k nevratnému vyčerpání jejich sorpční kapacity.

Tab. 4: Výkonové parametry GAU filtrace

Výkon ÚV	Filtrační rychlost (m/h)	EBCT (min)
Q min	1,3	74
Q nom	3,0	32
Q max	4,7	20

1.5 Praní filtrů

Pro praní odželezňovacích/odmanganovacích filtrů a GAU filtrů budou sloužit společná prací čerpadla a dmychadla. Z toho důvodu je třeba osadit prací čerpadla schopna regulovat v požadovaném rozsahu průtoků viz tabulky níže.

Tab. 5: Návrhové hodnoty praní filtrů písek + antracit

fáze praní	intenzita praní	průtok při praní	doba praní
vzduch	50 Nm/h	761 Nm ³ /h	2 min
vzduch + voda	50 Nm/h +10 m/h	761 Nm ³ /h + 152 m ³ /h	5 min (10 cm pod žlab)
voda	35 m/h	532 m ³ /h	5 – 10 min

fáze praní	intenzita praní	průtok při praní	doba praní
vzduch	60 Nm/h	913 Nm ³ /h	2-3 min
vzduch + voda	45 Nm/h +15 m/h	684 Nm ³ /h + 228 m ³ /h	3 min (10 cm pod žlab)
voda	30 m/h	456 m ³ /h	10 min

V běžném provozu bude u varianty písek + antracit dopíraní vodou probíhat při rychlosti 35 m/h. **Periodicky dle stanovených intervalů bude dopíraní probíhat při intenzitě 35-40 m/h (532-608 m³/h),**

aby bylo zajištěno, že náplň bude dokonale rozvrstvená. Po ukončení praní se počítá ze zafiltrováním po dobu 5 lépe však 10 minut.

Spotřeba vody na jedno praní je 90 m^3 . Pro rozvrstvení při vyšší intenzitě je spotřeba vody na jedno praní 120 m^3 . Ověřená délka filtračního cyklu L_f (daná podílem množstvím upravené vody během cyklu a filtrační plochou filtru po odečtení spotřeby prací vody) pro použitou filtrační náplň je zde 540-1190 m. To by při znamenalo dobu filtrace 7 dní (při max možném průtoku 1 filtrem 13 l/s) a až 42 dní (při průtoku 1 filtrem 5 l/s). S takto dlouhými intervaly se však v reálném provozu nepočítá. Při průměrném výkonu úpravný se počítá s praním jednoho filtru denně.

Tab. 6: Návrhové hodnoty praní GAU filtrů

fáze praní	intenzita praní	průtok při praní	dobu praní
vzduch	50 Nm/h	761 Nm ³ /h	2 min
voda	30 m/h	456 m ³ /h	5 – 10 min

Zatížení GAU filtrů nerozpuštěnými látkami bude minimální. Praní filtrů bude sloužit především pro načechrání náplně a délka intervalů praní bude ovlivněna spíše mikrobiálním oživením GAU. Interval praní GAU filtrů se očekává 14 dní/filtr. Spotřeba vody na jedno praní bude $40 - 80 \text{ m}^3$. Zásoba nechlorované prací vody (270 m^3) je tedy naprosto dostačující.