

40 LET PROVOZU ÚPRAVNÝ VODY ŽELIVKA

Ing. Josef Parkán, Ing. Petr Pěkný

Pražské vodovody a kanalizace, a.s., Pařížská 11, Praha 1
josef.parkan@pvk.cz, petr.pekny@pvk.cz

Úvod

V letošním roce uplyne 40 let od doby, kdy byla uvedena do provozu největší úpravna vody v České republice – úpravna vody Želivka. Svým maximálním výkonem 7 000 l/s se řadí i k největším úpravnám v Evropě. Úpravnu vody Želivka provozuje akciová společnost Pražské vodovody a kanalizace, která vedle této úpravný provozuje rovněž úpravny vody v Káraném a v Praze - Podolí. Vlastníkem infrastrukturního majetku úpravný je společnost Úpravna vody Želivka, a.s. a správcem je Pražská vodohospodářská společnost a.s.

Investiční akce „**Zásobení hlavního města a středočeské oblasti pitnou vodou ze Želivky**“, jež byla zahájena v roce 1965, byla oficiálně ukončena v dubnu 1972 a slavnostní zahájení se konalo 25. května 1972, kdy byla uvedena do provozu první etapa souboru staveb - Vodní dílo Želivka. Pravidelné dodávky pitné vody byly zajišťovány od 1. února roku 1973.

Na výstavbě se podílely tyto organizace:

- investor stavby: Vodohospodářský rozvoj a výstavba Praha,
- generální projektant: Hydroprojekt Praha,
- dodavatel stavební části: Vodní stavby, o.p. Praha a Metrostav, n.p. Praha,
- dodavatel štolového přivaděče: Podzemní inženýrské stavby, n.p. Zbraslav,
- dodavatel technologické části: Sigma, n.p. Hranice.

Etapizace výstavby

Výstavba tohoto rozsáhlého díla probíhala po etapách. V rámci I. stavby v letech 1965 – 1972 byl realizován v plném rozsahu hydrotechnický komplex, který obsahoval přehradní hráz se všemi doprovodnými stavbami zabezpečujícími ochranu vodního zdroje a komplexní náhradní výstavbu. Dále vodárenský komplex skládající se z čerpací stanice surové vody, úpravný vody, štolového přivaděče pitné vody ze Želivky do vodojemu v Jesenici. Úpravna vody byla projektována na maximální kapacitu 3300 l/s surové vody.

Hráz : Přehrada je členěna na dva hlavní objekty, které na sebe bezprostředně navazují, a to na zemní hráz s návodním hliněným těsněním a objekt pro převedení velkých vod, odběr vody a vypouštění vody z nádrže. I. etapa stavby přehrady probíhala od roku 1965 do roku 1969, II. etapa byla dokončena koncem roku 1972.

Základní údaje o hydrotechnickém komplexu:

Přehradní profil je 4,4 km nad soutokem řek Želivky a Sázavy.

Koruna hráze	381,70 m n. m.
Výška hráze nad údolím	58,30 m
Max. šířka hráze v patě	385 m
Šířka hráze v koruně	7 m
Délka hráze v koruně	850 m
Objem tělesa hráze	2,342 mil. m ³
Délka vzdutí	38 km
Průměrná hloubka	18 m

Zatopená plocha	1432 ha
Celkový objem zdrže	266,5 mil. m ³
z toho objem zásob. prostoru	245 mil. m ³
Povolený průměrný roční odběr surové vody	5250 l/s
Q 1000	504 m ³ /s

Čerpací stanice surové vody : Výškové umístění úpravy vody, podmiňující přívod upravené vody gravitačním přivaděčem do vodojemu Jesenice a výškové umístění nádrže zabezpečující maximální využití Želivky, si vynutilo vybudování čerpací stanice surové vody. Z těchto požadavků vycházel také návrh I. a II. etapy výstavby čerpací stanice.

Úpravna vody : Výkonem 3300 l/s surové vody byla již v I. etapě největší úpravnou v tehdejší Československu. Bylo rozhodnuto o jejím umístění v minimální vzdálenosti od vodního zdroje a to z důvodu možného zhoršení kvality surové vody vlivem dlouhého zdržení v přivaděči. Dalším důvodem byla možnost zásobování středočeské oblasti ze štolového přivaděče. Výškové umístění bylo dáno optimálním vyústěním štolu a vhodným místem pro umístění objektů úpravy.

Štolový přivaděč : Realizace štolového přivaděče patřila k nejnáročnější stavbě celého komplexu a vzniklo tak dílo, které svými parametry patří k největším svého druhu ve světě. Úpravna vody je výškově situována tak, aby přes regulační vodojem bylo možné vést upravenou vodu gravitačně do tlakového štolového přivaděče a jím směrem do Prahy. Jeho výstavba byla zahájena v roce 1964 ražbou pokusné štolu u Štěpánovského potoka. Koncem roku 1965 začaly vlastní tunelářské práce na přírodní štolu. Z celkové délky 51,9 km bylo hornickým způsobem vyraženo 51,3 km. Štolový přivaděč je kruhového profilu o průměru 2640 mm s betonovou obezdívkou o tloušťce 200 až 350 mm. Maximální průtok přivaděčem je 6 700 l/s gravitačně přepravené vody a celkový objem je 280 850 m³.

Vodojem Jesenice : Jako nedílná součást komplexu vodního díla Želivka vznikl v této fázi výstavby vodojem Jesenice o objemu 100 000 m³ postavený na konci štolu. Zajišťuje akumulaci vody a její distribuci do zásobních vodojemů pražské vodovodní sítě.

III.a stavba - rozšíření úpravy vody : Narůstající potřeba pitné vody v hlavním městě Praze byla pokryta realizací III.a stavby úpravy vody na Želivce, která její výkon zvýšila více než dvojnásobně. Byla rozšířena čerpací stanice surové vody a byl postaven nový výtlačný řad, v úpravě vody byla vybudována nová hala filtrace s provozní čerpací stanicí, dávkování chemikálií, vápenné laguny, chlorovna, měrný objekt a další dvoukomorový vodojem v Jesenici o kapacitě 100 000 m³. Pro ukládání vodárenských kalů z praní rychlofiltrů byl v kalové nádrži Rýzmburk zvětšen užitný zásobní prostor zvýšením hráze o tři metry. Součástí rozšíření úpravy byly také investice na ochranu vodního zdroje a pro zásobování pitnou vodou nových lokalit, zejména podél štolového přivaděče.

Tato etapa výstavby byla uvedena do provozu 12. října 1987.

Objekt ozonizace : Hygienické zabezpečení pitné vody na ÚV Želivka bylo od roku 1991 doplněno linkou ozonizace s technologií od francouzské firmy Trailigaz, kde byl ozon vyráběn ze vzduchu a vnášen do upravované vody pomocí barbotážní vestavby. Ozonizace přispívá ke zlepšení kvality vody, odstraňuje bakterie a viry, snižuje obsah pesticidů a zlepšuje senzorické vlastnosti.

Popis technologie úpravy vody

Základní technologií úpravy vody ŽELIVKA je přímá filtrace zahrnující destabilizaci, agregaci a jednostupňovou separaci na otevřených pískových rychlofiltrech. Maximální výkon úpravy je 7000 l/s pitné vody. Z toho 1. linka má max. výkon 4000 l/s, 2. a 3. linka 3000 l/s pitné vody. Surová voda je odebírána z vodárenské nádrže ve sdruženém objektu ze dvou odběrných pilířů s možností pěti etážových odběrů. Odtud je vedena do čerpací stanice surové vody u paty hráze dvěma přívodními řady DN 1400. Řešení této čerpací stanice vychází ze základního požadavku minimalizace spotřeby elektrické energie. Doprava surové vody do úpravy vody je vyřešena dvěma výtlačnými řady DN 1400 a DN 1600, které jsou propojeny. Ústí v rozdělovacím objektu, odkud je voda přiváděna ke třem samostatným úpravárenským linkám.

Pro přípravu suspenze je na 1. lince použito dávkování padesátiprocentního síranu hlinitého, rychlé míchání v rychlomísíči a pomalé míchání ve flokulační nádrži s dobou zdržení až 17 min. Suspenze je odváděna na filtraci 1 s 32 filtračními jednotkami. Filtrační rychlost je max. 4,4 m/hod. Na 2. a 3. lince je destabilizace prováděna dávkováním síranu hlinitého ve formě desetiprocentního roztoku. Bezprostředně na destabilizaci navazuje agregace, která je zajištěna rychlým mícháním ve dvou rychlomísíčích. Po přípravě suspenze dochází k separaci na pískových otevřených rychlofiltrech. Každá linka má 12 rychlofiltrů, každý o ploše 99 m². Jako filtrační materiál je použit křemičitý písek o zrnitosti 1,1 až 1,6 mm. Regenerace pískové náplně se provádí praním vzduchem a vodou. Filtrační cyklus se pohybuje v rozmezí 24 až 72 hodin.

Po filtraci je voda z každé linky odváděna potrubím DN 1600 do přítokového kanálu ozonizace. Po ozonizaci je voda přiváděna do měrného objektu, kde se provádí měření množství upravené vody, doalkalizace vody vápenným hydrátem (Ca(OH)₂) a zdravotní zabezpečení chlorem (Cl₂). Pro mimořádné stavy v kvalitě surové vody je možné dávkování aktivního uhlí a odmanganování manganistanem draselným (KMnO₄). Úpravna vody má značné nároky na spotřebu prací vody. Ta je akumulována ve dvou vodojemech o celkovém objemu 17 000 m³.

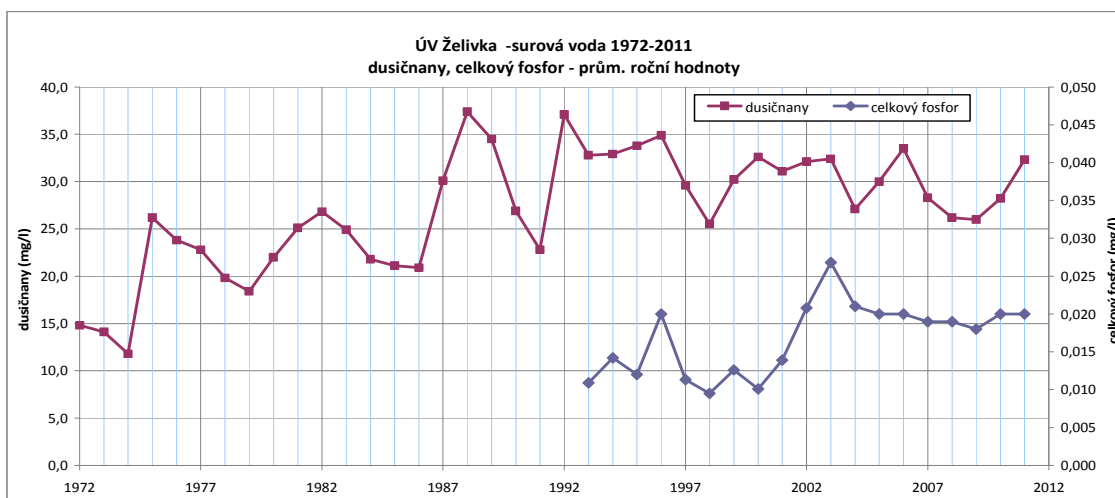
Z měrného objektu je upravená voda odváděna propojovacím kanálem do regulačních vodojemů o celkovém objemu 16 600 m³ a do štolového přivaděče. Ten je 51 972 m dlouhý a končí šachtou měření před vodojemem v Jesenici o celkovém objemu 200 000 m³. Provoz je tlakový, přetlak činí za klidu od 13,5 do 78 m. Štolový přivaděč je kruhového profilu o průměru 2640 mm s betonovou obezdívkou o tloušťce 20 až 35 cm a jeho kapacita je 6700 l/s gravitačně přepravené vody.

Jednotlivé technologické celky čerpací stanice surové vody, úpravy vody a štolového přivaděče jsou konstruovány tak, že umožňují automatický provoz v závislosti na průtoku a chemických či fyzikálních veličinách.

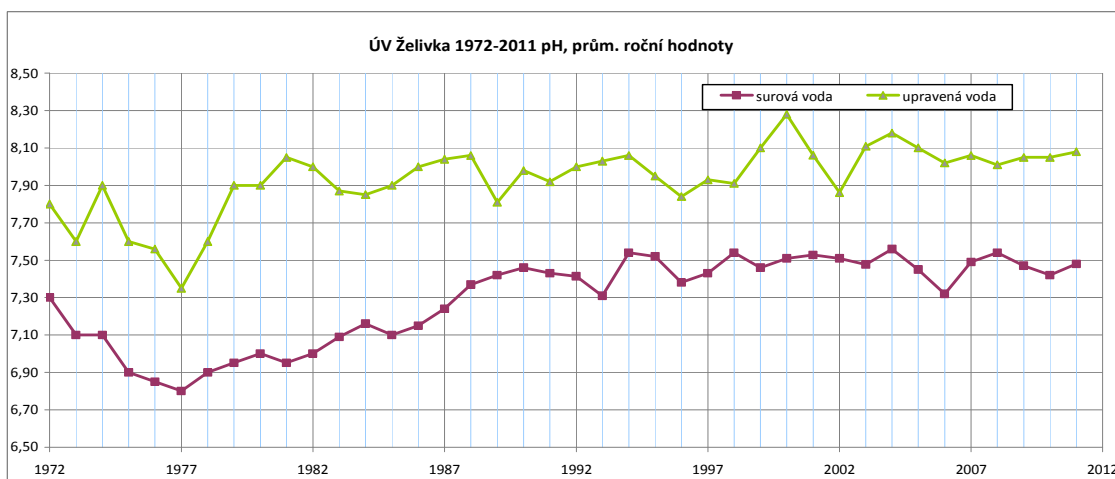
Kvalita surové a upravené vody

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody Želivka je vodárenská nádrž Švihov, která zachycuje vodu z celého povodí řeky Želivky. Morfologie koryta nádrže a zaústění převážné většiny hlavních přítoků na počátku vzduť je výhodná z hlediska sedimentace smyvů a odbourávání živin přinášených z povodí. Z tohoto pohledu vykonává nádrž funkci prvního stupně úpravy vody. Spotřebitelem nejčastěji požadované informace o kvalitě pitné vody se týkají celkové tvrdosti, hodnoty pH, obsahu železa, hliníku a dusičnanů. Hodnota celkové tvrdosti je ustálena (kolem 1,0 mmol/l). Železo se vyskytuje v hodnotách pod mezí stanovitelnosti, protože jej surová voda neobsahuje a technologie používá hlinité soli. Obsah zbytkového hliníku v upravené vodě se pohybuje trvale v hodnotách hluboko pod povoleným limitem. Zvýšený obsah dusičnanů je trvalým problémem povodí Želivky, který způsobuje, že z ní vyrobená voda není vhodná pro přípravu kojenecké stravy. V posledním desetiletí se koncentrace dusičnanů pohybuje kolem hodnoty 30 mg/l.

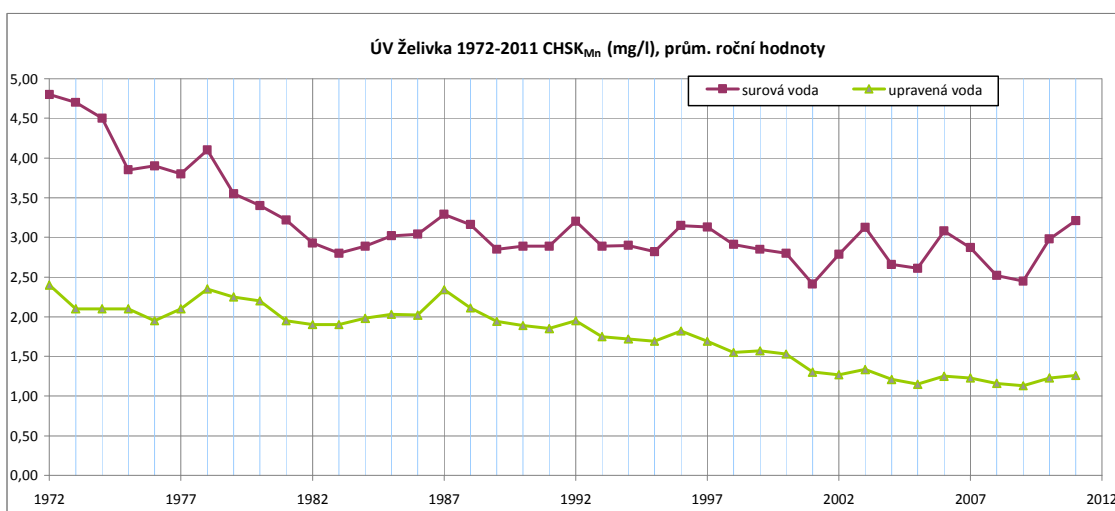
Následující grafy v obr. č. 1, 2 a 3 dokumentují vývoj charakteristických parametrů surové a upravené vody od roku 1972.



Obr. 1. Obsah dusičnanů a celkového fosforu v surové vodě



Obr. 2. Reakce vody – pH surové a upravené vody



Obr. 3. CHSK_{Mn} surové a upravené vody – průměrné roční hodnoty

Významné investiční akce v letech 2001 – 2011 a nově připravované

V rámci investiční činnosti realizované správcem - Pražskou vodohospodářskou společností a financované vlastníkem úpravy společností Úpravna vody Želivka, a.s. došlo v průběhu posledních deseti let k významným změnám v technologii úpravy:

- 2001 - Rekonstrukce VN rozvoden (22 kV a 6 kV),
- 2002 - Rekonstrukce ASŘ – přechod na procesní řízení a decentralizovaný systém,
- 2003 – Zdravotní zabezpečení vody pro obce zásobované z provozního vodojemu, dávkování NaClO,
- 2004 – Likvidace úniku chloru – chlorovna 2 (zvýšení bezpečnosti provozu ÚV),
- 2005 - Rekonstrukce hlavního velínu ÚV ŽELIVKA (*navázala na rekonstrukci ASŘ*), celkově nová dispozice hlavního velínu, použití velkoplošných obrazovek,
- 2005 - Likvidace úniku chloru - chlorovna 1 (zvýšení bezpečnosti provozu ÚV),
- 2006 - Rekonstrukce vápenného hospodářství I. etapa – změna skladování vápenného hydrátu a nové řešení přípravy vápenného mléka,
- 2006 - Rekonstrukce dávkování aktivního uhlí (v případě vysokých koncentrací pesticidů – možné najetí dávkování AU),
- 2007-2008 - Rekonstrukce vápenného hospodářství II. etapa – osazení nové technologie na výrobu vápenné vody,
- 2009-2010 – Rekonstrukce ozonizace; 2 nové linky (kapacita : 2 x 16 kg/hod O₃), nově - výroba ozonu z dováženého kapalného kyslíku, vnos ozonu do vody pomocí statických mísičů GDS (Gas Dispersion System), 2 GDS systémy na jednu směšovací nádrž, celkem 6 GDS systémů na 3 směšovací nádrže,
- 2011 – Sanace trhlin betonového ostění štolového přivaděče, která spočívala v namontování 16 ks nerezových ráků do problematického úseku přivaděče.

Plán investic je zpracován nejprve ve střednědobém investičním plánu (SIP) a pak dále detailně rozveden do ročního investičního plánu (RIP). Vedle toho probíhají jak na technologii, tak i na stavební části tzv. podlimitní a nadlimitní opravy.

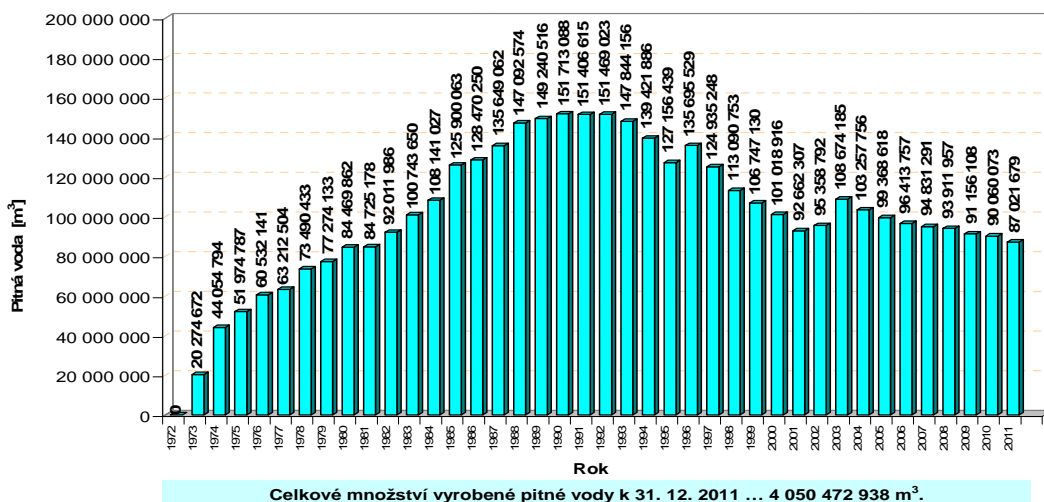
Je nutné zdůraznit, že veškeré investice i opravy se provádějí za plného provozu úpravy, protože ÚV Želivka jako zdroj pitné vody pro hlavní město Praha a ostatní regiony Středočeského kraje a kraje Vysočina je nenahraditelný.

Nově jsou připravovány tyto významné investice do technologie úpravy vody. Jedná se především o Rekonstrukci čerpací stanice surové vody. Potřeba rekonstrukce vyplývá ze dvou skutečností a to jako první je stáří zařízení ČSSV, jehož jedna část (ČSSV 1) byla uvedena do provozu v r. 1972, a druhá část (ČSSV 2) v roce 1986. S výjimkou vlastních čerpadel je ostatní zařízení na mezi životnosti. Druhou skutečností je změna výkonu ČSSV, kdy z důvodu poklesu spotřeby vody jsou čerpadla provozována mimo svoji optimální oblast s dopadem na energetickou účinnost. Další připravovanou akcí je Výstavba flotace a rekonstrukce filtrů na filtraci 2. V této stavbě je navržen vybudovat na filtraci 2 první stupeň separace suspenzí – flotaci a rekonstruovat filtry na dvouvrstvé s novým drenážním systémem. Nelze se nezmínit o další akci, kterou je Kalové hospodářství. Jedná se o realizaci strojního odvodňování kalů z flotace (prvního separačního stupně) a pracích vod z filtrů filtrace 2 a filtrace 1.

Přehled celkové výroby pitné vody od r. 1972

Vzhledem k intenzivnímu rozvoji hlavního města Prahy a stále stoupající spotřebě pitné vody byla nutnost zajistit další zdroj kvalitní pitné vody a to úpravnu vody Želivka. Od roku 1972, kdy byla uvedena do provozu, byl každý rok vyráběno větší množství pitné

vody – viz obr. 4. Tento trend se zastavil v roce 1990. Jedním z důvodů byla cena vody. Před rokem 1989 byla cena pitné vody dotována státem, takže neodrážela skutečné náklady, které musely státní vodohospodářské podniky vynaložit na její výrobu. Po roce 1990 dochází k poklesu spotřeby vody a tím i ke snížení výroby vody na Želivce. Dle obr. 4 je zaznamenán nárůst výroby po roce 2002, ale ten je způsoben odstavením úpravy vody Podolí a jejím přechodem do „studené rezervy“. Od roku 1972 do konce roku 2011 bylo na úpravně vody vyrobeno více jak 4 miliardy kubíků pitné vody, přesně 4 050 472 938 m³.



Obr. 4. Množství vyrobené pitné vody v úpravně vody Želivka 1972-2011

Úpravna vody Želivka zásobuje pitnou vodou vedle hlavního města Prahy (75%, 25% ÚV Káraný) tyto další regiony :

- zásobování přímo z ÚV – Zruč nad Sázavou, Ledec nad Sázavou, Světlá nad Sázavou, Havlíčkův Brod, Čechtice, Humpolec, Pelhřimov, Pacov,
- zásobování ze štolového přivaděče a VDJ Jesenice - Trhový Štěpánov, Vlašim, Divišov, Čerčany, Benešov, Velké Popovice, Jílové, Davle, Luka pod Medníkem, Týnec nad Sázavou, Jesenice, Průhonice,
- zásobování z pražské vodovodní sítě – Říčany, Roztoky, Beroun, Černošice a další obce středočeského regionu.

Obě úpravy vody – Želivka i Káraný zásobují v Praze a ve Středočeském kraji a kraji Vysočina více jak 1 500 000 obyvatel pitnou vodou.

Závěr

Úpravna vody Želivka je svou velikostí i důležitostí z hlediska zásobování obyvatelstva pitnou vodou významnou vodohospodářskou stavbou nejen v České republice, ale i ve střední Evropě a do dalších let si zaslouží vysokou pozornost a aplikaci nejmodernějších technologií do provozu úpravy surové vody na vodu pitnou.