

C02F 1/00 (2006.01)
C02F 103/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

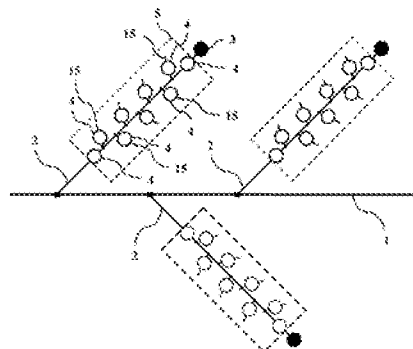


ÚŘAD
PRŮMYSLUVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2019-370
(22) Přihlášeno: 13.06.2019
(40) Zveřejněno: 05.08.2020
(Věstník č. 32/2020)
(47) Uděleno: 24.06.2020
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 05.08.2020
(Věstník č. 32/2020)

(56) Relevantní dokumenty:
GB 2560790; WO 2019084675; WO 2017203491.

(73) Majitel patentu:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverčí, CZ
(72) Původce:
Ing. Markéta Rajnochová, Smilovice, CZ
Ing. Tomáš Sucháček, Valašské Klobouky, CZ
Ing. Ondřej Andrš, Ph.D., Brno, Žabovřesky, CZ
Ing. Jan Ručka, Ph.D., Brno, Komín, CZ
(74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Okružní
2824, 370 01 České Budějovice, České Budějovice
3



(54) Název vynálezu:
Způsob a systém pro optimalizaci jakosti pitné vody

(57) Anotace:
Způsob a systém pro optimalizaci jakosti pitné vody ve známé vodovodní síti (1) je založen na elektronicky řízeném procesu kontroly jakosti vody v kritických částech vodovodního potrubí vodovodního řadu (2) za pomoci měřidel (4) jakosti vody. Na základě výsledků měření jednotlivých parametrů jakosti vody se za pomoci skupiny softwarových modulů (9, 10, 11, 12) provádí neustálá analýza stavu pitné vody ve vodovodní síti (1) s predikcí budoucího stavu jakosti vody v simulačním hydraulickém modelu stáří vody. V případě překročení stanovených limitních hodnot ukazatelů jakosti vody v některé části vodovodní sítě (1) řídicí jednotka (7) zajistí proplach této části a výměnu staré a nejakostní vody za novou.

Způsob a systém pro optimalizaci jakosti pitné vody

Oblast techniky

5

Vynález se týká oblasti služeb, konkrétněji vodního hospodářství, zásobování obyvatelstva pitnou vodou a řízení jakosti pitné vody, která je distribuována veřejnými vodovody.

10 Dosavadní stav techniky

Zásobování obyvatelstva pitnou vodou patří mezi jednu z hlavních strategických priorit státu. Z hlediska fungování společnosti a rozvoje ekonomiky patří systémy veřejného zásobování pitnou vodou mezi kritickou infrastrukturu státu. Dostupnost pitné vody v požadovaném množství a jakosti je základní podmínkou rozvoje společnosti a udržení ekonomického růstu. Samotná existence systému veřejného zásobování pitnou vodou, jakost dodávané pitné vody a spolehlivost zásobování pitnou vodou je vnímána jako měřítko vyspělosti společnosti. Prvním krokem při zásobování pitnou vodou je nalezení kvalitního a spolehlivého vodního zdroje, ze kterého je voda odebrána. Následně je obvykle nezbytné surovou vodu upravit na vodu pitnou a bezpečně ji akumulovat. Naprosto zásadní roli však následně hraje distribuční systém, kterým je voda dopravována ze zdroje, resp. z úpravy vody ke spotřebiteli. Velmi často voda do vodovodního potrubí vstupuje z úpravy vody ve vynikající bezchybné jakosti, bohužel však vlivem dlouhodobého kontaktu s vnitřními povrchy potrubí, které obvykle obsahují biofilm, sediment a produkty koroze, dochází ke zhoršení jejích vlastností. Během dopravy vody ke spotřebiteli je nutné zajistit, aby jakost vody v jednotlivých ukazatelích nepřekročila legislativně stanovené limity vlivem příliš dlouhého kontaktu se sedimentem v potrubí nebo se zkorodovaným vnitřním povrchem potrubí. Je nezbytné dbát na to, aby voda v potrubí v zimním období nezamrzla, resp. se v letních měsících nadměrně neohřála, aby nedošlo k akumulaci sedimentů uvnitř potrubí nebo k fyzickému poškození potrubí a následným únikům pitné vody do okolního prostředí ještě dříve, než je k odběrateli dodána.

Celková délka veřejných vodovodních sítí v České republice dosahuje zhruba 78 tisíc kilometrů. Podstatná část těchto potrubních systémů je již za hranici své životnosti z důvodu konce životnosti použitého potrubního materiálu, technologie výstavby či například způsobu provozování. Potrubí z kovových materiálů jsou velmi často zkorodované a inkrustované a zasluhující sanaci. Potrubí z kovových materiálů se velmi nepříznivě podílí na zvyšování ztrát vody vlivem netěsností a má největší podíl na celkovém počtu poruch vodovodní sítě v ČR. To má vliv i na zhoršování jakosti pitné vody v tomto potrubí.

Zhoršení senzorických vlastností pitné vody, kterými jsou pach, chuť, teplota, zákal a barva, má vliv i na její celkový vzhled. U odběratelů pak zhoršená chuť vody, chlorový pach anebo zvýšený zákal snižuje důvěru v její jakost jako takovou a v poskytovanou službu, jako celek. Voda se zvýšenou hodnotou zákalu, zabarvená či zapáchající voda působí dojmem, že není dostatečně kvalitní, zejména pokud jde o pitnou vodu, která je určena pro přímou lidskou spotřebu. Pitná voda musí být dostupná nejen v potřebném množství, ale i v požadované jakosti, což neznamená jen zdravotní nezávadnost, ale i její vyhovující chuť a další smyslově postižitelné vlastnosti (Drinking Water Directive (DWD), Council Directive 98/83/EC).

Z vodních zdrojů, respektive úpraven vody, vstupuje voda do vodovodního systému upravená, tedy ve vyhovující kvalitě. Bohužel vlivem nejen dlouhodobého kontaktu s vnitřními povrchy rozvodných vodovodních řadů dochází v průběhu dopravy od zdroje ke spotřebiteli ke zhoršování jakosti této pitné vody. Míra znečištění vnitřních povrchů inkrustací na stěnách potrubí, biofilm na potrubí a množství volných sedimentů v potrubí společně determinují rychlost zhoršování jednotlivých ukazatelů dopravované pitné vody. Zcela zásadním provozním problémem v každém vodovodním systému jsou ty části potrubí, kde dochází k dlouhodobě nízkému průtoku, který

způsobuje velmi nízké rychlosti proudění nebo dokonce stagnaci vody. Jedná se většinou o koncové části potrubí a odlehlá místa hydraulických okruhů, kde je připojeno jen málo odběratelů, je zde malý pohyb vody a jakost vody v potrubí se pak rychle zhoršuje. Existenci takových úseků potrubí ve svých systémech potvrzují všichni provozovatelé veřejných vodovodů. Jedná se o známý problém, který však dosud není uspokojivě systematicky řešen. Stávající provozní praxe je taková, že technici vodovodní sítě povětšinou tato místa znají a častěji u nich provádějí proplach, tedy řízenou obměnu objemu vody v potrubí. Proplachování těchto úseků však neprovádějí systematicky na základě měření hydraulických veličin, či ukazatelů jakosti vody, ale většinou nahodile, ručně a ve většině případů až na základě stížností odběratelů na nevyhovující jakost odebírané vody. To není z hlediska odběratelů vody, jako platících zákazníků, optimální způsob řešení.

Patentový spis CS 108000 „Automatický kapalinový ventil“ popisuje elektromagnetický uzavírací potrubní ventil, jako systém pro dálkové otvírání a zavírání zavlažovacích potrubních systémů nahrazující nepraktické a obsluhově náročné mechanické otvírací ventily nebo drahé ventily s otvíráním pomocí servopohonů. Ventil je možno řídit i vlastním tlakem vody v potrubí. Hlavní výhodou vynálezu je jeho ovladatelnost nízkými (bezpečnými) proudy, ovládání na dálku nebo automatické ovládání otvíracích proudů např. pomocí vlhkoměrů s elektrickým připojením. Patentový spis však neřeší otvírací systém jako takový nebo jeho automatizaci, ale konstrukci ventilu jako takového a uvádí některé možnosti jeho případného použití.

Z české přihlášky vynálezu CZ 2000-1777 „Zařízení pro proplach, odvzdušnění a drenáž impulsních potrubí a snímačů“ je známo mobilní přenosné zařízení pro potrubí relativně malých světlostí (průměrů), zejména impulsních potrubí a snímačů, kde proplachovací médium je ze zásobníku automaticky doplňováno do pracovního válce cestou odvzdušňovacího ventilu a vytlačováno do potrubí z nejméně jednoho pracovního válce za pomoci stlačeného plynného média, zejména vzduchu z tlakové láhve. Tento systém se jeví jako nevhodný pro proplach a čištění potrubí velkých objemů, kdy jako jediným vhodným tlakovým a čisticím médiem při klasickém provozu se jeví pouze sama transportovaná kapalina, tedy pitná voda. Jakékoli jiné médium by znamenalo odstávku vodovodního řadu a nutnost uzavření všech vodovodních přípojek, jeho další čištění a testování čistoty.

Z dokumentu CS 1971-8808 „Automatický odpouštěcí ventil“ je známo zařízení pro odpouštění, respektive přepouštění média z jednoho trubního systému do druhého na základě rozdílu tlaků před a za ventilem. Hlavním předmětem tohoto vynálezu je, že ventil funguje v binárních polohách (otevřeno/zavřeno) a nikoliv na principu spojitého otvírání v závislosti na vzrůstající/klesající diferenci tlaků. Vzhledem k námi předkládanému řešení se nejedná o způsob proplachu koncových částí vodovodních řadů ale o naprosto jiné technické provedení a jinou aplikaci. Toto zařízení je určeno pro vyrovnávání tlaků mezi dvěma trubními systémy či snižování tlaku v jednom ze systémů, přičemž řídicím parametrem jsou tlakové poměry. Z popisu vynálezu k autorskému osvědčení CS 155786 (k přihlášce vynálezu CS 1971-8808) „Automatický odpouštěcí ventil“ je znám ventil pracující v rázovém zavíracím režimu. Rychlá sekvence zavření má za následek téměř okamžité zastavení úniku zbylého média v tomto případě vzduchu ze zásobníku kompresoru. Konstrukce pístu je určena spíše pro plynná než kapalná média.

Z popisu vynálezu k autorskému osvědčení CS 167725 (k přihlášce vynálezu CS 1974-1041) „Vypouštěcí ventil“ je znám vypouštěcí ventil v pístovém provedení, který slouží zároveň jako filtrační člen pevných větších částic. Jeho použití se předpokládá především v chemickém průmyslu, kdy po ukončení např. procesu polymerizace je třeba oddělit pevné zbylé částice od vypouštěné tekutiny bez nutnosti umístění představeného filtračního členu.

Právě zanášení ventilu může být jeho hlavní nevýhodou. Ve vodovodních potrubích se nepředpokládá a ani není žádoucí usazování částic v některých částech, ale s výhodou je možné toto technické řešení použít jako odlučovač pevných částic u jiných systémech.

- V internetové databázi lze najít zařízení „Automatic flushing systems“, zajišťující po instalaci proplachovací sekvenci úseků vodovodních řadů na základě měření zbytkového obsahu desinfekčních látek, především chloru. Proplach probíhá za standardních tlaků ve vodovodním potrubí. Spouštění proplachu je buď na základě naměřených nízkých hodnot chlórů instalovanými senzory, nebo obsluhou, na základě stížností odběratelů na nízkou kvalitu vody. Tento systém neměří ostatní parametry kvality vody, jako teplotu, obsah bakterií apod. Nedostatkem tohoto systému je sledování pouze jednoho ukazatele jakosti vody, kterým je obsah chlórů, tedy desinfekčního činidla, který se do vody přidává uměle a samovolně během několika hodin až desítek hodin z vody postupně vyprchá. V následujících letech a dekáдах bude snaha provozovatelů veřejných vodovodů o přechod na zásobování pitnou vodou bez použití desinfekčního činidla, pro které nebude možné tento systém využít. Tento systém navíc nepočítá s tlakovým proplachem, který může odstranit z potrubí usazeniny, které by standardní proud vody nemohl zachytit a vyplavit.
- Korejský patentový spis KR 20160051324 (A) „IT based water pipe automatical flushing apparatus“ popisuje automatický proplachovací systém vodovodního potrubí s nízkým průtokem vody založený na počítačem řízených procesech. Na potrubí je instalováno vypouštěcí a monitorovací zařízení, které měří jakost vody. Automatická proplachovací jednotka má umístěno monitorovací zařízení před vypouštěcím zařízením ve směru toku. Monitorovací jednotka odesílá měření do centrální jednotky, která vyhodnocuje toto měření a na jeho základě provádí automatické spuštění vypouštěcího zařízení v částech potrubí, kde měření vykazuje nevyhovující jakost vody. K proplachu dané části potrubí dochází při vyšším naměřeném zákalu, než je nastavená hodnota. Centrální jednotka vyhodnocuje i množství vypouštěné vody tak, aby se zabránilo větším hmotným i nehmotným škodám způsobeným znečištěním (přílišným zakalením) proudící vody. Nedostatkem tohoto systému je sledování pouze jednoho ukazatele jakosti vody, kterým je zákal, tedy fyzikální ukazatel jakosti vody, který se měří optickou metodou. Tento systém navíc nepočítá s tlakovým proplachem, který může odstranit z potrubí usazeniny, které by standardní proud vody nemohl zachytit a vyplavit. Naprosto zásadní nevýhodou tohoto řešení je ale fakt, že ukazatel zákalu nelze v koncové části potrubí či v místě, kde voda stagnuje, využít pro automatické zahájení proplachovací procedury. Mnohými studiemi (např. Vreeburg, Jan, Discolouration in drinking water systems, ISBN10: 1843393751) bylo prokázáno, že ke vzniku zákalové události v potrubí dochází následkem zvýšení rychlosti proudící vody, kdy jemné částice sedimentu, které do té doby byly fixovány na stěnách potrubí, se dostanou do vlnosku a v proudu vody vytvoří zákalovou událost. Tak nastane resuspendace (rozvíření) jemných sedimentů. Po určité době, kdy je tato voda ponechána v klidu, dojde k opětovnému usazení na stěnách potrubí a voda je opět čirá. Tento proces sedimentace a resuspendace jemných sedimentů lze mnohokrát opakovat se stejným výsledkem. To však neznamená, že čirá voda bez zákalu je vyhovující z hlediska ostatních ukazatelů jakosti vody (mikrobiologické, biologické a senzorické ukazatele). Evidentně tedy je naprosto nesmyslné, aby v místě potrubí, kde voda stagnuje, byl automatický proplachovací systém spouštěn právě na základě zvýšeného zákalu, právě proto, že: 1) v takové části potrubí ke spontánnímu zvýšení zákalu nikdy nedojde, protože zde voda stagnuje, a 2) zákal vody v této konkrétní situaci nemá souvislost s ostatními ukazateli jakosti vody. I čirá voda může být mikrobiálně znečištěná, mít nevhodný zápach či pachut.
- Naprosto zásadním provozním problémem v každém vodovodním systému jsou ty části potrubí, kde dochází k dlouhému zdržení a stagnaci vody, což má prokazatelně za následek zhoršování její jakosti. Tato specifická místa vodovodních sítí, která jsou ohrožena stagnací vody, jsou pro kontrolu kvality vody prioritními, a právě tato místa by měla být prioritně osazena senzory kvality vody a systémy proplachu.
- Z dokumentu GB 2560790 je obecně znám způsob, resp. systém, monitorování jakosti pitné vody v potrubní vodovodní síti využívající výpočtový model s rozdělením vodovodní sítě na jednotlivé výpočtové úseky ohraničené měřidly a zvolené zjišťované parametry vody. Vypouštěním vody, jejíž stáří překročilo dovolenou mez, se zabývá dokument WO 2019084675. Oba v těchto dokumentech popisované systémy jsou založeny na principu strojového učení, např. použitím

- metody neuronových sítí. Vodovodní síť je dle obou řešení osazena určitým počtem senzorů, které kontinuálně snímají různé veličiny. Nadřazený informační systém tato měřená data průběžně zaznamenává, vyhodnocuje a s využitím matematického aparátu na bázi neuronových sítí provádí nastavení mezi rozsahů jednotlivých ukazatelů jakosti pitné vody. V rámci průběžného monitoringu pak běží současně proces vyhodnocení, zda některá měřená veličina nevybočuje ze statisticky nastavených mezí, a současně, na bázi sledování trendu a prosté predikce vývoje hodnoty dané veličiny v čase, je spouštěn systém varování, že by některá veličina mohla brzy překročit nastavenou limitní mez.
- 10 Hlavní nevýhodou řešení podle dokumentů GB 2560790 a WO 2019/084675 je, že je-li voda ve vodovodní síti trvale horší jakosti, např. vlivem nekvalitního vodního zdroje, systém se na tuto sníženou úroveň adaptuje a „akceptuje“ ji jako standardní stav. Další nevýhodou těchto řešení je, že ani jeden z dvou popsaných systémů není určen adresně pro osazení do koncových částí a předimenzovaných částí vodovodní sítě, kde dochází ke specifickým problémům postupného zhoršování jakosti vody zejména v mikrobiologických ukazatelích a následně i v ukazatelích senzorických. Obě řešení jsou primárně určena pro plošné řešení, pro plošné sledování vodovodních sítí a zejména pro včasnou detekci kontaminující látky ve vodovodní síti, kdy dojde k prudké změně některého sledovaného ukazatele, kdy řešení dle dokumentu WO 2019/084675 je určeno pro řízení procesů na úpravu vody. Nedostatkem obou dokumentů je problematika mikrobiálního znečištění pitné vody, která je v obou případech popsána velmi mlhavě a vágně. Nejsou specifikovány žádné přesnější metody, jak jsou určeny množství jednotlivých indikátorových organismů ve vodě. Hovoří se zde o bakteriích E.Coli, strobotococcus a cryptosporidium, ale není zřejmé, jakými metodami in situ se mají měřit. Tyto organismy se v pitné vodě v praxi zjišťují kultivačními metodami v laboratoři. To prakticky znamená odebrat vzorek, v laboratoři vyšetřit a cca za 3 až 5 dní je výsledek k dispozici, což je v zásadním rozporu se záměrem řešení dle dokumentů GB 2560790 i WO 2019/084675 a nepoužitelné pro automatizované řízení jakosti pitné vody v reálném čase. Přístup, který dokumenty popisují tak nelze v reálu aplikovat prakticky, resp. nelze jej využít v automatickém kontinuálním režimu. Stávající stav techniky tedy nedovoluje měřit konkrétní bakterie ve vodě in situ, instantně s okamžitým výsledkem.

- Úkolem vynálezu je navrhnout způsob, jak automaticky *in situ* měřit ukazatele jakosti vody ve vodovodní síti se specifickým použitím i pro osazení do koncových částí a předimenzovaných částí vodovodní sítě, naměřené hodnoty analyticky vyhodnocovat a ukládat jako základní prvky predikčního modelu řízení jakosti vody ve vodovodní síti pro predikci chování vody a její degradaci v rámci nižších odběrů nebo stagnace v určitých koncových částech vodovodní sítě. Na základě měření a hodnocení vývoje pak systém cestou řízených proplachovacích zařízení provede automatické propláchnutí nebo výměnu objemu vody v dané části vodovodního potrubí. Použitými ukazateli jakosti vody bude obsah biologických částic a zároveň musí metoda sledovat i teplotní parametry s eliminací stavů zamrzání vodovodního rozvodného potrubí. Vypouštění a proplach musí být účinný za normálních provozních stavů.

45 Podstata vynálezu

- Nedostatky známých řešení pro optimalizaci jakosti pitné vody ve vodovodních sítích řeší navrhovaný způsob a systém pro optimalizaci jakosti pitné vody kombinující použití vybraných senzorů, které měří ukazatele jakosti vody v předem vybraných místech vodovodního řádu, s výpočtovým modelem, predikujícím na základě topologie vodovodního řádu a sledovaných ukazatelů vývoj stáří vody, které má za následek zhoršení její jakosti, a sloužícím k vytvoření simulačního hydraulického modelu stáří vody ve vodovodní síti, podle kterého se určuje, kdy je nutné řízeným vypouštěním obměnit objem vody v jednotlivých úsecích vodovodního potrubí. Hlavním ukazatelem kvality vody je množství mikroorganismů ve vodě obsažených.

- Způsob optimalizace jakosti pitné vody v potrubí vodovodní sítě dle tohoto vynálezu slouží pro udržení jakosti vody ve vodovodních řadech vodovodní sítě, a to zejména v odlehlých vedlejších vodovodních řadech, kde díky malému odběru nedochází k pravidelné výměně vody ve vodovodním řadu a dochází ke stagnaci a stárnutí vody. Nejprve se získá informace o topologii vodovodních řadů vodovodní sítě a informace o rozmístění měřidel hydraulických veličin, kterými je vodovodní síť osazena, včetně informace o rozmístění vypouštěcích armatur vypouštějících vodu z jednotlivých vodovodních řadů vodovodní sítě a rozmístění vodovodních přípojek osazených vodoměry. Na základě těchto informací se vytvoří výpočtový model vodovodní sítě, ve kterém se podle rozmístění měřidel a vypouštěcích armatur rozdělí vodovodní řady vodovodní sítě na výpočtové úseky, přičemž na začátku a konci každého výpočtového úseku je měřidlo průtoku vody. Následně se vytvoří pro definovaný časový úsek časový snímek s informací o objemu vody vstupujícím do výpočtového úseku a o objemu vody vystupujícím z výpočtového úseku, načež se výsledky výpočtových úseků zpracují do mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě nesoucí informaci o stáří vody nacházející se v každém výpočtovém úseku dané vodovodní sítě. Ve vodovodních řadech, kde dojde k překročení limitní hodnoty stáří vody, se vydá instrukce k otevření vypouštěcích armatur, přičemž se pořízení časového snímku a navazující postupové kroky periodicky opakují a/nebo mohou být uskutečněny na základě přímé instrukce.
- 20 Ve výhodném provedení se do časového snímku zahrne informace o teplotě vody vstupující do výpočtových úseků a vystupující z výpočtových úseků. Do modelace mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody se pak započítá koeficient zrychlení nebo zpomalení stárnutí vody podle teploty. Mikroorganismy, zejména míra jejich reprodukce je ovlivněna teplotou prostředí, proto je výhodné, pokud se teplota vody bere v úvahu při analýze a modelování kvality vody ve vodovodní síti.
- 30 V dalším výhodném provedení se do časového snímku zahrne alespoň jeden typ informace ze skupiny, hodnota průtoku vody, chemické spotřeby kyslíku, koncentrace volného chloru, koncentrace železa, hodnota zákalu, hodnota pH, nebo hodnota elektrické vodivosti, pro vodu vstupující do výpočtových úseků a vystupující z výpočtových úseků. Do modelace mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody se pak započítá koeficient zrychlení nebo zpomalení stárnutí vody podle použitého typu informace. Kromě stáří vody a její teploty je výhodné do modelování kvality vody ve vodovodní síti zahrnout i další měřitelné parametry, které zpřesňují model, na jehož základě je s vodou hospodařeno. Čím přesnější hydraulické simulační modely jsou, tím efektivnější využití vody je v rámci proplachování a řízeného vypouštění dosaženo.
- 40 V jiném výhodném provedení se teplota vody v mozaikovitě složeném simulačním hydraulickém modelu stáří vody vyhodnocuje samostatně pro ochranu vodovodních řadů před zamrznutím. V tomto provedení je instrukce k proplachování pro ochranu před zamrznutím nadřazena instrukci k udržování přípustného stáří vody. Při mrazech je stagnující voda náchylná k zamrznutí, zejména v úsecích potrubí, kde je potrubí uloženo mělkěji a není kryto dostatečnou vrstvou zeminy, případně se jedná o snadno promrzající typ zeminy. Voda při tuhnutí zvětšuje svůj objem, což často vede k namáhání potrubí a může vést až k trvalému poškození vodovodních řadů. Je proto důležité chránit vodovodní řady před poškozením i za cenu, že bude odpouštěna kvalitní, ale příliš studená voda. Na druhou stranu je rovněž potřeba, zejména v horkých letních měsících, udržovat maximální teplotu vody v potrubí pod stanovenou mez, kvůli intenzivnějšímu množení mikroorganismů.
- 50 Systém optimalizace jakosti pitné vody v potrubní vodovodní síti pro udržení jakosti vody ve vodovodních řadech vodovodní sítě, zejména v odlehlých vedlejších vodovodních řadech, pracující podle uvedeného způsobu je tvořen řídicí jednotkou opatřenou alespoň jedním datovým úložištěm. Řídicí jednotka je rádiově propojena s alespoň jedním měřidlem vody osazeným na vodovodním řadu vodovodní sítě. Zároveň je rádiově propojena s alespoň jednou dálkově ovládanou elektrickou vypouštěcí armaturou. Datové úložiště tohoto systému obsahuje softwarový

- modul s popisem topologického rozvržení vodovodní sítě, s lokalizací měřidel a vypouštěcích armatur vodovodní sítě. Dále obsahuje softwarový modul s programem pro výpočet hydraulického modelu pohybu vody ve vodovodní síti známé topologie. Datové úložiště obsahuje i softwarový modul s programem pro vymodelování mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě známé topologie s informací o stáří vody a vyhodnocovací softwarový modul pro řízení dálkově ovládaných elektrických vypouštěcích armatur.
- V jiném výhodném provedení jsou měřidla vody opatřena alespoň jedním prostředkem pro měření parametru ze skupiny, objem průtoku vody, teplota vody, chemická spotřeba kyslíku, koncentrace volného chloru, koncentrace železa, zákal, pH, elektrická vodivost, neboť čím více měřených parametrů může systém použít ve svých modelech, tím přesnější model jakosti vody je možné vytvořit.
- V dalším výhodném provedení je systém opatřen alespoň jedním uživatelským vizualizačním prostředkem pro vyobrazení mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě a alespoň jedním uživatelským rozhraním pro ovládání řídicí jednotky. Operátor obsluhující systém potřebuje mít vizuální vyobrazení modelu, aby se mohl snáze rozhodovat při kontrole chodu a řízení systému.
- V následujícím výhodném provedení je řídicí jednotka opatřena záložním zdrojem napájení a autonomním počítadlem času. V případě přerušení napájení a ztráty údaje o času by systém přišel o simulační hydraulický model stáří vody, který byl propočítáván a upřesňován od spuštění. Taková ztráta přesnosti dat by byla velkým krokem zpět, který by přinesl ekonomické ztráty.
- Hlavní výhodou vynálezu je kombinace využití permanentního monitorování ukazatelů jakosti pitné vody ve vodovodních řadech a dlouhodobé analýzy takto naměřených dat s modelováním v hydraulickém simulačním modelu vodovodní sítě s informací o stáří vody v jednotlivých částech sítě, se systémem optimalizace jakosti vody, který na základě analýzy chování ukazatelů jakosti vody při změnách parametrů jednotlivých ukazatelů jakosti predikuje vývoj zhoršování jakosti této vody a okamžik, kdy je nutné vodu vyměnit, aby byla zajištěna potřebná jakost odebírané pitné vody, a přitom se eliminovalo zbytečné vypouštění vody dříve, než je to opravdu potřebné.

Objasnění výkresů

- Vynález bude blíže objasněn pomocí výkresů, které znázorňují:

- obr. 1 schématické znázornění části vodovodní sítě s vedlejšími vodovodními řadami a domovními vodovodními přípojkami včetně měřidel a vypouštěcích armatur;
- obr. 2 blokové schéma zapojení jednotlivých prvků systému optimalizace jakosti vody.

Příklady uskutečnění vynálezu

- Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění patentu jsou představovány pro ilustraci, nikoli jako omezení technického řešení na uvedené příklady. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zjistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním vynálezu, která jsou zde popsána.
- Způsob optimalizace jakosti pitné vody v potrubní vodovodní síti 1 pro udržení jakosti vody ve vodovodních řadech 2 vodovodní sítě 1, a to zejména v odlehlých vedlejších vodovodních řadech 2, je založen na podrobné znalosti vodovodní sítě 1. Základem je znalost o topologii vodovodních řadů 2 vodovodní sítě 1, o rozmístění měřidel vody 4, kterými je vodovodní síť 1

osazena a o rozmístění vypouštěcích armatur 3 pro vypuštění vody z jednotlivých vodovodních řadů 2 vodovodní sítě 1 s jednotlivými domovními vodovodními přípojkami 15.

Podle rozmístění měřidel 4 a vypouštěcích armatur 3 se dle obr. 1 vodovodní řady 2 vodovodní sítě 1 rozdělí na výpočtové úseky 5 ohraničené měřidly 4 vody. Na základě těchto dat se vytvoří výpočtový model vodovodní sítě 1, což je virtuální počítačový model, který rozděljuje vodovodní síť 1 na výpočtové úseky 5 s přihlédnutím k hydraulickému chování kapalin. Výpočtový úsek 5 je podle obr. 1 vybraný úsek vodovodního řadu 2, který začíná a končí místem se známým průtokem vody, kdy průtok je získán buď měřením díky měřidlům 4, nebo výpočtem. Pro definovaný časový úsek se následně vytvoří časový snímek s informací o objemu vody vstupujícím do výpočtového úseku 5 a o objemu vody vystupujícím z výpočtového úseku 5, načež se výsledky výpočtových úseků 5 zpracují do mozaikovitě simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě 1 s informací o stáří vody nacházející se ve vodovodní síti 1. Je-li stáří vody v některém z vodovodních řadů 2 mimo dovolenou mez, je vydána instrukce k otevření příslušných vypouštěcích armatur 3 vodovodních řadů 2 a nevyhovující voda se vypustí a nahradí čerstvou. Stárnutí vody neboli stagnace, se projevuje nárůstem počtu mikroorganismů, zákalem, nebo zápachem, přičemž rychlost stárnutí vody závisí na faktorech, jako jsou teplota vody, počáteční počty volných mikroorganismů a jejich typ, množství sedimentů atd. Pořízení časového snímku a navazující postupové kroky se buď periodicky opakují, a/nebo mohou být uskutečněny na základě přímé instrukce.

Pro modelaci a výpočet je do časového snímku zahrnuta informace o teplotě vody vstupující do výpočtových úseků 5 a vystupující z výpočtových úseků 5, a podle toho do modelace mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody započítáme koeficient zrychlení nebo zpomalení stárnutí vody podle příslušné naměřené teploty.

Dále se do časového snímku zahrne alespoň jeden typ informace ze skupiny měřených parametrů jakosti vody, kterými jsou, hodnota průtoku vody, hodnota chemické spotřeby kyslíku, koncentrace volného chloru, koncentrace železa, hodnota zákalu, hodnota pH, nebo hodnota elektrické vodivosti. Tato hodnota se měří jak pro vodu vstupující do výpočtových úseků 5, tak pro vodu vystupující z výpočtových úseků 5. Následně se do modelace mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody započítá koeficient zrychlení nebo zpomalení stárnutí vody podle použitého typu informace.

Teplota vody v mozaikovitě složeném simulačním hydraulickém modelu stáří vody vodovodní sítě se vyhodnocuje i samostatně, a to jako ukazatel pro ochranu před zamrznutím vodovodních řadů. V případě poklesu teploty vody pod kritickou mez dojde opět k otevření vypouštěcích armatur 3 příslušného vodovodního řadu 2 a voda o nízké teplotě se vypustí a nahradí vodou teplejší z vodovodní sítě 1. Instrukce k proplachování pro ochranu před zamrznutím je v tomto případě nadřazena instrukci k udržování přípustného stáří, tedy jakosti, vody.

Systém 7 optimalizace jakosti pitné vody v potrubní vodovodní síti 1 pro udržení jakosti vody ve vodovodních řadech 2 vodovodní sítě 1, zejména v odlehlých vedlejších vodovodních řadech 2 má za úkol shromažďovat a analyzovat naměřené parametry jakosti vody a řídit optimalizace jakosti pitné vody. Systém 6 pracující podle uvedeného způsobu je podle obr. 2 tvořen řídicí jednotkou 7 opatřenou alespoň jedním datovým úložištěm 8, přičemž řídicí jednotka 7 je rádiově propojena s alespoň jedním instalovaným měřidlem 4 vody osazeným na vodovodním řadu 2 vodovodní sítě 1. Řídicí jednotka 7 je rovněž rádiově propojena s alespoň jednou dálkově ovládanou elektrickou vypouštěcí armaturou 3, umožňující dálkové otevření této vypouštěcí armatury 3 a proplach vodovodního řadu 2. Datové úložiště 8 podle obr. 2 obsahuje softwarový modul 9 s popisem topologického rozvržení vodovodní sítě 1, s lokalizací měřidel 4 a vypouštěcích armatur 3 vodovodní sítě 1. Dále datové úložiště 8 obsahuje softwarový modul 10 s programem pro výpočet výpočtového modelu pohybu vody ve vodovodní síti 1 známé topologie a dále datové úložiště 8 obsahuje softwarový modul 11 s programem pro vymodelování mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě 1 známé

- topologie, s informací o stáří vody. Datové úložiště 8 podle obr. 2 obsahuje i vyhodnocovací softwarový modul 12 pro řízení dálkově ovládaných elektrických vypouštěcích armatur 3. Úkolem softwarových modulů 9, 10, 11, 12 je shromažďovat, analyzovat a vyhodnocovat data o jakosti vody ve vodovodní síti 1 a vodovodních řadech 2, na základě dat z výpočtových úseků 5. Na základě těchto operací provádí řídicí jednotka 7 své řídicí kroky tak, že predikuje brzké překročení limitní hodnoty ukazatelů jakosti vody v daném vodovodním řadu 2 a otevřením příslušných vypouštěcích armatur 3 provede vypuštění špatné vody a její nahrazení vodou čerstvou, jakostní.
- Měřidla 4, kterými je opatřena vodovodní síť 1, jsou opatřena alespoň jedním prostředkem měření některého ukazatele jakosti vody ze skupiny, objem průtoku vody, teplota vody, chemická spotřeba kyslíku, koncentrace volného chloru, koncentrace železa, zákal, pH, elektrická vodivost.
- Systém 6 optimalizace jakosti pitné vody je opatřen alespoň jedním uživatelským vizualizačním prostředkem pro vyobrazení mozaikovitě složeného virtuálního modelu vodovodní sítě a alespoň jedním uživatelským rozhraním pro ovládání řídicí jednotky 7.
- Řídicí jednotka 7 systému 6 optimalizace jakosti pitné vody je podle obr. 2 opatřena záložním zdrojem 13 napájení umožňujícím nepřetržitý provoz nezávislý na výpadcích napětí v centrální elektrické síti, a tedy použitelný i v krizových stavech, a autonomním počítadlem 14 času pro přidělení reálné a maximálně přesné časové hodnoty měření k naměřeným hodnotám jakosti vody.
- Způsob a systém 7 optimalizace jakosti pitné vody je tak kombinací permanentního monitorování jakostních parametrů vody ve vodovodních řadech 2 a vodovodní síti 1, dlouhodobé analýzy takto naměřených dat použitých pro složení simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě 1 nesoucí informaci o stáří vody v jednotlivých částech vodovodní sítě 1, se systémem optimalizace jakosti vody, který na základě analýzy chování jakostních parametrů vody, při změnách parametrů jednotlivých ukazatelů jakosti vody, predikuje vývoj zhoršování jakosti této vody a okamžik, kdy je nutné vodu vyměnit, aby byla zajištěna potřebná kvalita odebírané pitné vody, a přitom se eliminovalo zbytečné vypouštění vody dříve, než je to opravdu potřebné. Systém 6 optimalizace jakosti pitné vody tuto výměnu vody nejen řídí, ale i provádí.

Průmyslová využitelnost

- Vynález lze využít v oblasti vodního hospodářství při správě vodovodních sítí rozvodu pitné vody, pro kontrolu, hodnocení a řízení jakosti dodávané vody, ve všech částech této vodovodní sítě, a pro hospodárnější využití vodních zdrojů.

PATENTOVÉ NÁROKY

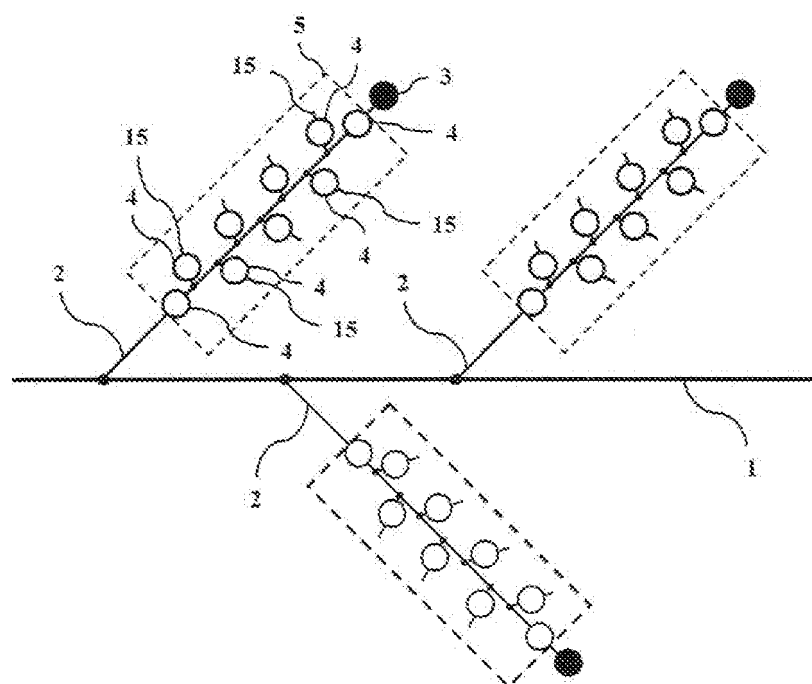
1. Způsob optimalizace jakosti pitné vody v potrubní vodovodní síti (1) pro udržení jakosti vody ve vodovodních řadech (2) vodovodní sítě (1), zejména v odlehlých vedlejších vodovodních řadech (2), v rámci kterého se nejprve získá informace o topologii vodovodních řadů (2) vodovodní sítě (1), dále se získá informace o rozmístění měřidel vody (4), kterými je vodovodní síť (1) osazena, a informace o rozmístění vypouštěcích armatur (3) pro vypuštění vody z jednotlivých vodovodních řadů (2) vodovodní sítě (1) s domovními vodovodními přípojkami (16), **vyznačující se tím**, že se vytvoří výpočtový model vodovodní sítě (1), ve kterém se podle rozmístění měřidel (4) a vypouštěcích armatur (3) rozdělí vodovodní řady (2), vodovodní síť (1) na výpočtové úseky (5) ohraničené měřidly (4) průtoku vody, poté se vytvoří pro definovaný časový úsek časový snímek s informací o objemu vody vstupujícím do výpočtového úseku (5) a o objemu vody vystupujícím z výpočtového úseku (5), načež se výsledky výpočtových úseků (5) zpracují do mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě (1) s informací o stáří vody ve vodovodní síti (1) se nacházející, načež se vydá instrukce k otevření vypouštěcích armatur (3) vodovodních řadů (2) se stářím vody mimo dovolenou mez, přičemž se pořízení časového snímku a navazující postupové kroky periodicky opakují a/nebo mohou být uskutečněny na základě přímé instrukce.
2. Způsob optimalizace jakosti pitné vody podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se do časového snímku zahrne informace o teplotě vody vstupující do výpočtových úseků (5) a vystupující z výpočtových úseků (5), načež se do výpočtů stáří vody ve výpočtových úsecích (5) započítá koeficient zrychlení nebo zpomalení stárnutí vody podle teploty.
3. Způsob optimalizace jakosti pitné vody podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že se do časového snímku zahrne alespoň jeden typ informace ze skupiny hodnota průtoku vody, chemické spotřeby kyslíku, koncentrace volného chloru, koncentrace železa, hodnota zákalu, hodnota pH, nebo hodnota elektrické vodivosti, pro vodu vstupující do výpočtových úseků (5) a vystupující z výpočtových úseků (5), načež se při skládání simulačního hydraulického modelu stáří vody vezme v úvahu koeficient zrychlení nebo zpomalení stárnutí vody podle použitého typu informace.
4. Způsob optimalizace jakosti pitné vody podle nároku 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že se teplota vody v mozaikovitě složeném simulačním hydraulickém modelu stáří vody vodovodní sítě (1) vyhodnocuje samostatně pro ochranu před zamrznutím vodovodních řadů (2) nebo pro ochranu před ztrátou jakosti vody ve vodovodních řadech (2) vlivem bujení mikroorganismů za zvýšené teploty vody, přičemž je instrukce k proplachování nadřazena instrukci k udržování přípustného stáří vody.
5. Systém (6) optimalizace jakosti pitné vody v potrubní vodovodní síti (1) pro udržení jakosti vody ve vodovodních řadech (2) vodovodní sítě (1), zejména v odlehlých vedlejších vodovodních řadech (2), pracující způsobem uvedeným v nárocích 1 až 4, tvořený řídicí jednotkou (7) opatřenou alespoň jedním datovým úložištěm (8), která je rádiově propojena s alespoň jedním měřidlem (4) vody osazeným na vodovodním řad (2) vodovodní sítě (1), a která je dále rádiově propojena s alespoň jednou dálkově ovládanou elektrickou vypouštěcí armaturou (3), **vyznačující se tím**, že datové úložiště (8) obsahuje softwarový modul (9) s popisem topologického rozvržení vodovodní sítě (1), s lokalizací měřidel (4) a vypouštěcích armatur (3) vodovodní sítě (1), že dále obsahuje softwarový modul (10) s programem pro výpočet výpočtového modelu pohybu vody ve vodovodní síti (1) známé topologie, dále softwarový modul (11) s programem pro vymodelování mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě (1) známé topologie s informací o stáří vody, a vyhodnocovací softwarový modul (12) pro řízení dálkově ovládaných elektrických vypouštěcích armatur (3).

6. Systém optimalizace jakosti pitné vody podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že měřidla (4) vody jsou opatřena alespoň jedním prostředkem měření parametru ze skupiny, objem průtoku vody, teplota vody, chemická spotřeba kyslíku, koncentrace volného chloru, koncentrace železa, zákal, pH, elektrická vodivost.
7. Systém optimalizace jakosti pitné vody podle nároku 5 nebo 6, **vyznačující se tím**, že je opatřen alespoň jedním uživatelským vizualizačním prostředkem pro vyobrazení mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě (1) a alespoň jedním uživatelským rozhraním pro ovládání řídicí jednotky (7).
8. Systém optimalizace jakosti pitné vody podle některého z nároků 5 až 7, **vyznačující se tím**, že je řídicí jednotka (7) opatřena záložním zdrojem (13) napájení a autonomním počítadlem (14) času.

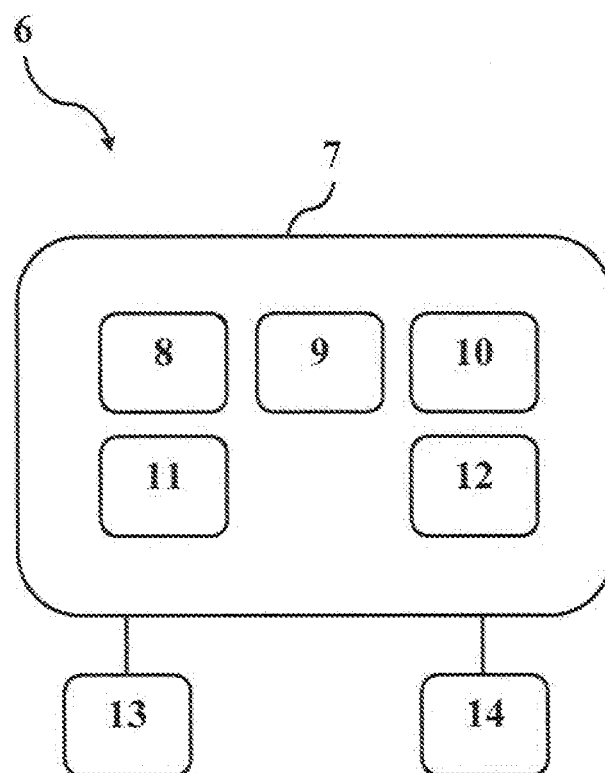
2 výkresy

Seznam vztahových značek

- 1 vodovodní síť
- 2 vodovodní řad
- 3 vypouštěcí armatura
- 4 měřidlo
- 5 výpočtový úsek
- 6 systém optimalizace jakosti pitné vody
- 7 řídicí jednotka
- 8 datové úložiště
- 9 softwarový modul s popisem topologického rozvržení vodovodní sítě
- 10 softwarový modul s programem pro výpočet modelu pohybu vody
- 11 softwarový modul s programem pro vymodelování mozaikovitě složeného simulačního hydraulického modelu stáří vody vodovodní sítě
- 12 vyhodnocovací softwarový modul
- 13 záložní zdroj napájení
- 14 autonomní počítadlo času
- 15 domovní vodovodní přípojka



Obr. 1



Obr. 2