

# NEJLEPŠÍ VÝSLEDKY ZÍSKÁME Z ULTRAČISTÉ VODY

Ultračistá voda (Ultra pure water) Typ I je zdaleka nejčistší látka používaná v laboratoři. Tento článek pojednává o vysoké úrovni čistoty ultračisté vody připravené systémem ELGA, důležitosti této čistoty a jak udržet tento standard během normálního laboratorního použití.

## Úvod

V dnešních laboratořích je dostupnost čisté vody pro výzkum a analytické aplikace základním požadavkem. Prvky a sloučeniny přítomné v koncentraci ppb nebo nižší mohou negativně ovlivnit analytické výsledky interakcí se vzorky, aktivními látkami nebo součástmi systému.

100% čistá voda se skládá pouze z molekul vody s hydroxylovými a vodíkovými ionty v rovnováze ( $10^{-7}$  M při 25 °C). Toto složení dává specifický elektrický odpor (rezistivitu) 18,2 MOhm.cm. Voda má unikátní schopnost do jisté míry rozpouštět téměř všechny chemické sloučeniny a podporovat prakticky všechny formy života, což znamená, že tato čistota je neustále v ohrožení pěti typy kontaminantů. Těmi jsou suspendované částice, anorganické sloučeniny, organické látky, rozpuštěné plyny a mikroorganismy, včetně biomolekul s nimi spojenými. Připravit vysoce čistou vodu pro laboratorní účely znamená upravit pitnou vodu sérií purifikačních kroků, které odstraňují různé typy nečistot.

Tab. 1 – Porovnání přítomnosti elementárních kontaminantů ultračisté vody připravené systémem Purelab Flex a nejčistších běžných rozpouštědel

	Methanol (Semiconductor grade Puranol™)	Acetonitrile (TraceSELECT® Ultra)	Acetic acid (Trace SELECT®)	Ultra pure Water (PURELAB flex)
Aluminium	<1,000	<1,000	<200	<1
Antimony	<500	<500	<50	<0,2
Arsenic	<1,000	<1,000	<500	<2
Cadmium	<500	<500	<10	<0,5
Calcium	<30,000	<20,000	<1,000	<2
Chromium	<1,000	<1,000	<100	<1
Copper	<1,000	<1,000	<200	<2
Iron	<1,000	<1,000	<500	<2
Lead	<500	<500	<10	<0,2
Magnesium	<5,000	<1,000	<100	<1
Manganese	<500	<500	<20	<0,5
Mercury	<200	<1,000	<1,000	<5
Nickel	<1,000	<1,000	<100	<2
Potassium	<10,000	<10,000	<500	<5
Sodium	<20,000	<20,000	<1,000	<2
Tin	<500	<1	<100	<0,5
Titanium	<1,000	<1,000	<50	<0,5
Vanadium	<500	<500	<10	<0,2
Zinc	<10,000	<1,000	<200	<2
Bromide	<1,000	<2		<20
Chloride	<25,000	<25,000		<20
Fluoride	<10,000	<5		<30
Nitrate	<25,000	<25,000		<20

## Čistota ultračisté vody

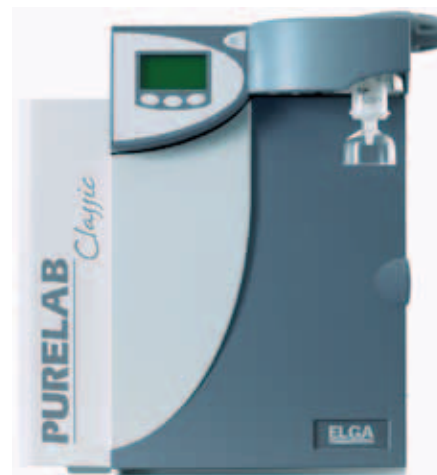
Zaznamenané množství nečistot v ultračisté vodě je dáno především citlivostí dostupných měřicích technik a prostředím, ve kterém je měření prováděno. Na základě dnešních ultrastopových metod stanovení je maximální hladina neplynných nečistot přítomných v ultračisté vodě <1,5 µg/l (ppb) organických látek a <1,0 µg/l pro jiné prvky a ionty. To znamená, že ultračistá voda je téměř z 99,99999975 % čistá.

Přítomnost elementárních nečistot v ultračisté vodě připravené systémem PURELAB Flex se třemi nejčistšími, komerčně dostupnými rozpouštědly běžně používanými v analytických aplikacích: metanol, acetonitril a kyselina octová porovnává tabulka 1. Použitím techniky ICP-MS se ukázalo, že jsou z ultračisté vody efektivně odstraněny všechny neplynné prvky, většinou na hranici detekčního limitu méně než 1 ng/l (ppt). Tato úroveň kontaminace je o několik řádů nižší, než u všech ostatních testovaných rozpouštědel. Většina ostatních laboratorních činidel má mnohem vyšší hladinu nečistot než tato rozpouštědla, nejčastěji v rozsahu mg/l.

Metodami Purge and Trap GC-MS a thermal desorption GC-MS byla stanovována koncentrace těkavých a semitěkavých organických látek v ultračisté vodě připravené systémem na přípravu ultračisté vody ELGA. Typicky jsou všechny kon-

centrace nečistot pod detekčním limitem <0,05 µg/l pro těkavé organické sloučeniny a <0,025 µg/l pro semitěkavé organické sloučeniny. Tyto koncentrace odpovídají celkovému organickému uhlíku (TOC) v koncentraci pod 1 µg/l (ppb), kde TOC je často uváděný celkový indikátor organické kontaminace pro ultračistou vodu.

Obr. 1 – Systém pro přípravu ultračisté vody Typu I – ELGA PURELAB Classic



Ultračistá voda obsahuje rozpuštěný kyslík a dusík okolo 9 ppm a 14 ppm při 25 °C a atmosférickém tlaku 1 bar. Ty mohou být z větší části odstraněny vakuovým odplyněním, ale pro většinu laboratorních aplikací to není nutné. V momentě, kdy ultračistá voda přijde do kontaktu se vzduchem, kyslík a dusík se ve vodě rozpustí do rovnovážné koncentrace s atmosférou.

Částice a bakterie z ultračisté vody lze odstranit reverzní osmózou a submikronovou filtrací a/nebo ultrafiltrací. Endotoxiny se odstraňují iontovou výměnou a nabitým médiem nebo ultrafiltrací. Mikrobiální rozborů ukazují, že ultračistá voda připravená systémem ELGA obsahuje <1 cfu (colony forming units)/ 10 ml, což je ekvivalent k <0,1 µg/l TOC.

## Proč používat ultračistou vodu?

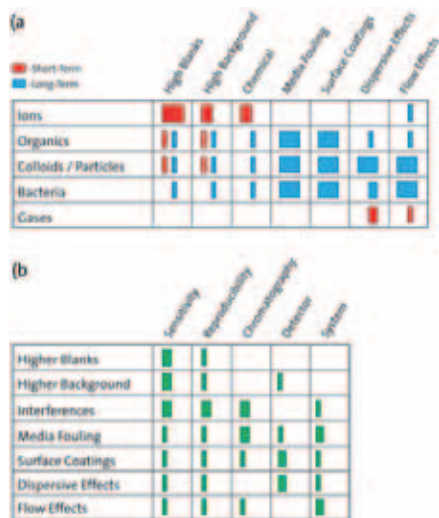
Ultračistá voda, má-li být použita napříč celou škálou analytických a experimentálních aplikací, musí být zbavena všech nečistot. Naštěstí, z ekonomického hlediska, litr ultračisté vody může stát pouze kolem 3 Kč, včetně investičních a provozních nákladů.

Voda se používá v mnoha krocích analýzy – k přípravě vzorků, standardů a slepých vzorků, k ředění, na eluční činidla, k proplachům přístrojů, a proto přítomnost některého z kontaminantů může ovlivnit výsledky. Obrázek 2 ukazuje několik způsobů, jak různé nečistoty mohou ovlivnit spolehlivost a reprodukovatelnost iontové

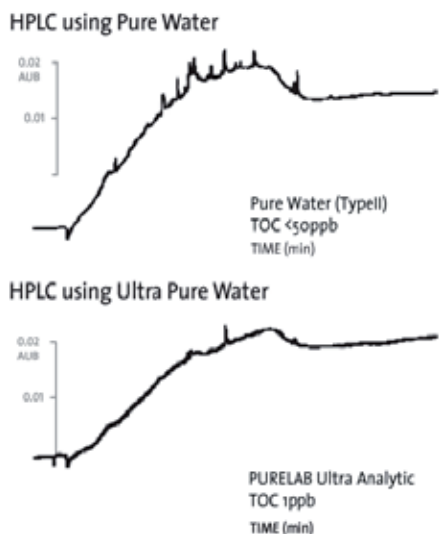
Dokončení na další straně

chromatografie z krátkodobého a dlouhodobého hlediska.

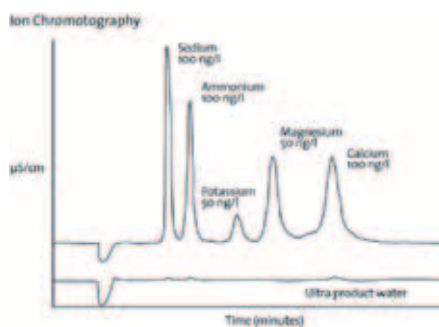
**Obr. 2 – Vliv nečistot ve vodě na iontovou chromatografii: a) vliv na systém a b) následující potenciální vliv na výsledky experimentů. Velikost vyznačuje význam vlivu (kvalitativní)**



**Obr. 3 – Zlepšení pozadí pro HPLC s UV detekcí při 210 nm při použití ultračisté vody s velmi nízkým TOC připravené systémem PURELAB Ultra Analytic**



**Obr. 4 – Ultrastopová kationtová analýza předkoncentrování 20 ml vzorků**



Vysoká citlivost analýz vyžaduje vysokou čistotu vody, zvláště při měření velmi nízkých koncentrací nebo ředění velmi malého množství vzorku před analýzou. Použití ultračisté vody minimalizuje šum pozadí a umožňuje vědcům dosáhnout vysoce přes-

ných výsledků při stopové analýze, např. u HPLC [1], viz obrázek 3, nebo iontové chromatografie, viz obrázek 4.

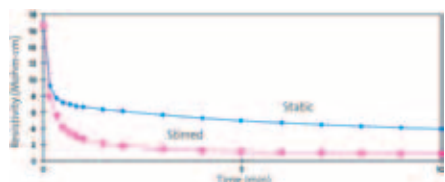
**Udržení čistoty**

Pracovníci používající ultračistou vodu v laboratoři musí mít na paměti, že čistota ultračisté vody může být snadno ohrožena, jestliže je systém produkující ultračistou vodu neadekvátně udržován nebo je s vodou nesprávně zacházeno během odběru a použití.

Prvořadý význam má udržování systému na přípravu ultračisté vody. Doporučuje se ochránit zásobník na vodu před externí kontaminací použitím kompozitního vent filtru, periodickou recirkulací vody přes finální purifikační technologii, jako je UV fotooxidace, adsorpce a iontová výměna, a pravidelnou sanitací systému k omezení růstu bakterií [2].

V laboratoři je při běžném použití voda odebírána z přístroje na úpravu vody, kterým je např. PURELAB Flex, do příslušné nádoby. Voda okamžitě začíná absorbovat oxid uhličitý ze vzduchu, tvořit kyselinu uhličitou a snižovat svoji rezistivitu z 18,2 MOhm.cm na minimum kolem 1,3 MOhm.cm, viz obrázek 5. Vysoká vodivost vodíkových iontů kyseliny umožňuje tuto velkou změnu při dosažení koncentrace CO<sub>2</sub> již 0,5 mg/l. Ačkoli oxid uhličitý pro většinu aplikací vodu nezhoršuje, jeho vliv na snižování rezistivity může maskovat kontaminaci vody jinými ionty.

**Obr. 5 – Působení vzduchu na rezistivitu ultračisté vody**

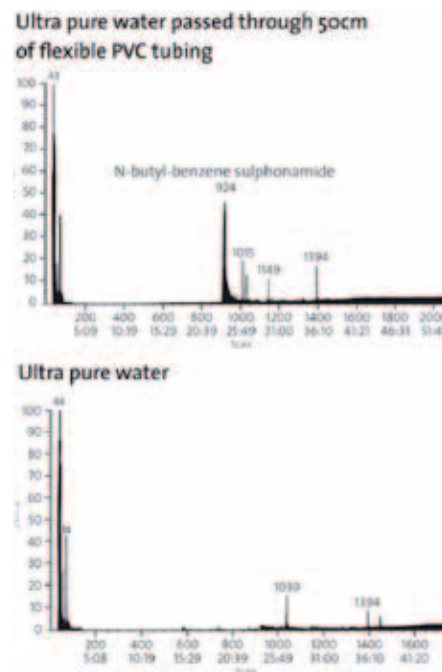


Mnohem významnější pro většinu aplikací je riziko kontaminace vody během odběru. Např. nasazení pružné plastové hadičky na odběrové místo úpravny vody kvůli snazšímu plnění kanystrů nebo větších nádob může způsobit zpětnou kontaminaci. Obrázek 6 ukazuje, jak se organické látky nebo změkčovadla z hadičky mohou vyluhovat do vody. GC-MS chromatogramy ukazují, že ultračistá voda prošlá pružnou PVC hadičkou může být kontaminována změkčovadlem N-butylbenzen sulfonamidem. Průzkum mezi uživateli z farmaceutických firem také ukazuje, že průměrný počet životaschopných bakterií (TVC) ve vodě z 22 úpravny vody bez připojené hadičky byl 0,7 cfu/ml, ale vzrostl na 26 cfu/ml u sedmi přístrojů s hadičkou připojenou na odběrové místo.

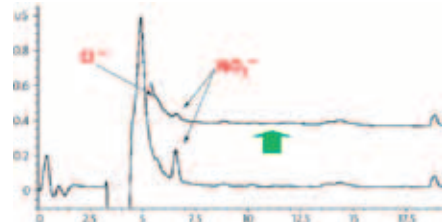
Rovněž je důležité, aby bylo při odběru vody minimalizováno strhávání vzduchu, protože nečistoty ve vzduchu mohou také snížit kvalitu vody. Obrázek 7 porovnává

kontaminaci z okolního vzduchu mezi vzorky vody odebírané s rozstříkem (spodní linka a) a stékáním po stěně nádoby (horní linka b) [3]. Analýzy pomocí iontové chromatografie jasně ukazují, že anionty, zejména dusitaný, byly detekovány ve vyšších koncentracích při odběru s rozstříkem.

**Obr. 6 – GC-MS ultračisté vody – vliv kontaminace změkčovadly z hadiček**

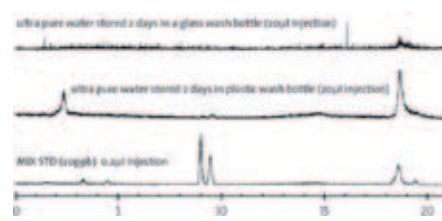


**Obr. 7 – Aniontová chromatografie – příklad kontaminace vzduchem při různých způsobech odběru vody: (a) voda je odebírána s rozstříkem; (b) voda je odebírána po stěně nádoby**



Aby byla zachována maximální čistota, musí být ultračistá voda použita co nejdříve po odběru. Kuroki [4] při průzkumu promývaček zjistil, že více jak 80 % uživatelů neplní své promývačky ultračistou vodou každý den. Výsledky Horikiho [5] také dokazují, že skleněné lahve jsou upřednostňovány před plastovými lahvičkami. LC-MS analýzy ukazují, že po dvou dnech skladování v různých typech nádob byl kromě jiných nečistot přítomen di-n-oktylfthalát z plastových nádob v hladinách ppb. Ze skleněných

**Obr. 8 – Příklad kontaminace estery ftalátů z promývaček**



nádob byl v mnohem menších koncentracích, viz obrázek 8. Spodní linie je z ultračisté vody injektované směsným standardem šesti typů esterů ftalátů. Podobný problém s kontaminací se může vyskytnout, když je voda pro velmi citlivé analýzy skladována v uzavřených nádobách a po otevření opětovně používána.

### Závěr

Extrémně vysoká čistota ultračisté vody umožňuje pracovníkům v laboratoři dosáhnout přesných výsledků vysoce citlivých analýz. Tato analytická přesnost je mimo jiné závislá na dobře postaveném přístroji na úpravu vody. Systém musí udržovat a monitorovat kvalitu vody, odběr vody musí být snadný a během odběru vody a jejího použití musí být dodržena správná laboratorní praxe. To vše splňují systémy na přípravu ultračisté vody firmy ELGA.

### Literatura

- [1] Suzuki, Kawaguchi, Enami and Kuroki: *Abstract of Proceedings of 15th Environmental Chemistry Forum*, 2006, 182–183 (3)
- [2] Clinical and Laboratory Standards Institute. *Preparation and Testing of Reagent Water in the Clinical Laboratory; Approved Guideline—Fourth Edition. CLSI document C3-A4* (2006)
- [3] Kuroki: *Chromatography*, 27(3), 125–9 (2006)
- [4] Kuroki: *Industrial Water*, 2003, 541, 24–30. (2)
- [5] Horikiri S., Fujita N., Kuroki Y. and Enami T. *Abstracts of Proceedings of 54th Mass Spectrometry Analysis General Forum*, 2006, 458–459.

Všechna ostatní nepřidělená experimentální data byla získána v R&D ELGA.

#### O ELGA LabWater

ELGA se specializuje na systémy na přípravu čisté až ultračisté vody pro laboratoře, výzkum, zdravotnictví a klinickou diagnostiku. ELGA má více jak 50 let zkušeností ve vývoji a výrobě vysoce kvalitních produktů a důkladné porozumění požadavkům aplikací a laboratoří.

ELGA je interní částí Veolia Water Solutions and Technologies. Veolia Water Solutions & Technologies (VWS), dceřiná společnost firmy Veolia Water, je vedoucí firmou v oblasti navrhování, výstavby a specializovaný poskytovatel technologických řešení v úpravě vody.

*Autor: Dr. Paul WHITEHEAD,  
CChem, FRSC Laboratory Manager,  
ELGA R&D Facility*

*Překlad: Mgr. Radka ŠETKOVÁ,  
VWS Memsep,  
radka.setkova@veoliawater.com*