

Trendy v chlorovém hospodářství, aneb plynný chlor versus chlornan sodný

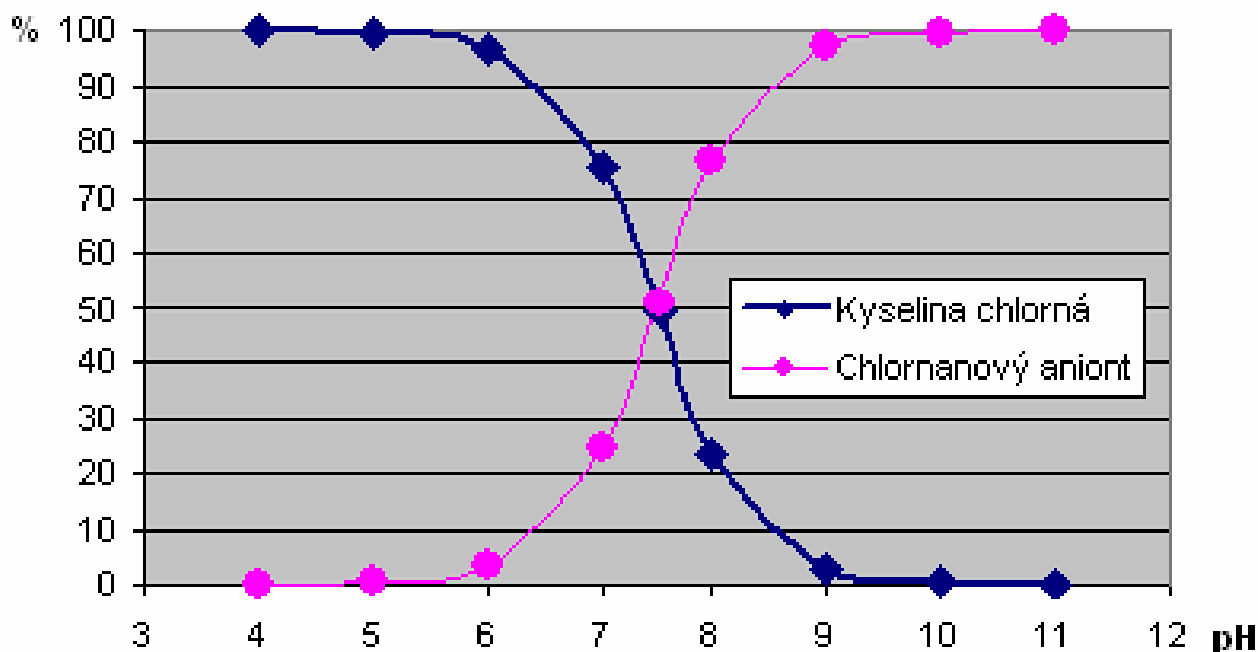
Plynný chlor (Cl_2) byl objeven a poprvé připraven roku 1774 a pro desinfekci vody byl poprvé použit roku 1850. Díky svým výrazným biocidním vlastnostem i při nízkých koncentracích se jako účinné desinfekční činidlo používá při úpravě vody všeobecně již sto let. Plynný nebo ve stlačené formě kapalný chlor představuje i v současnosti nejefektivnější a ekonomicky nejvýhodnější způsob chemické úpravy vody. Jediné úskalí spojené s dodávkami a dávkováním chloru je vlastně jeho vysoká účinnost a tedy i značná toxicita pro člověka. V chlorových provozech je tedy nutné vždy na prvním místě řešit problematiku bezpečného uchovávání, transportu, vlastního odebrání a dávkování chloru.

Chlornan sodný (NaClO) se dodává ve formě vodného roztoku. Jedná se o nažloutlou kapalinu, která obsahuje cca 13% aktivního Cl_2 u čerstvého produktu. Chlornan je významné oxidační činidlo, které se používá k úpravě bazénové vody a mimo jiné i k desinfekci pitné vody. Jeho baktericidní účinnost je sice nižší než u Cl_2 , vlivem nižšího obsahu (pouze 13%), ale přesto dostatečná pro efektivní úpravu a desinfekci i většího množství vody. Vodný roztok chlornanu je silně zásaditý ($\text{pH} > 7$), a proto je nutné hodnotu pH upravované vody dodatečně snižovat přidáváním kyselých chemikálií, na rozdíl od plynného chloru, který ve vodě reaguje mírně kyselé díky vzniku kyseliny chlorovodíkové (HCl) při jeho rozpouštění ve vodě. Při úpravě vody musí být kladen velký důraz na hodnotu pH tak, aby výsledná upravená voda měla pokud možno neutrální $\text{pH}=7$, při kterém je také účinnost desinfekce nejvyšší.

Desinfekční účinnost

Pokud se podíváme na proces chlorace vody chemicky, zjistíme, že **plynný chlor** při rozpouštění ve vodě vytváří kyselinu chlornou a kyselinu chlorovodíkovou, $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$. **Chlornan sodný** nám při rozpouštění ve vodě vytváří také kyselinu chlornou a dále hydroxid sodný, $\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{NaOH}$. Hlavní účinná složka, kyselina chlorná (HClO) je tedy u plynného chloru i u chlornanu totožná a představuje pro nás známý a neustále měřený volný (aktivní) chlor. Aby byla desinfekce vody účinná, je nutné, aby se kyselina chlorná ve vodě co nejméně disociovala. V závislosti na pH se totiž HClO ve vodě disociuje (rozkládá) na ionty $\text{HClO} \rightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}^-$. Mezi těmito dvěma formami chloru ve vodě – kyselina chlorná (HClO) x chlornanový aniont (ClO^-) nastává rovnováha v závislosti na pH (viz. graf). Ovšem desinfekční účinnost těchto dvou forem chloru ve vodě je diametrálně odlišná.

Výskyt kyseliny chlorné a chlornanového aniontu v závislosti na pH vody



Z grafu je zřejmé, že při zvyšování pH nad hodnotu 7 prudce klesá poměr kyseliny chlorné k chlornanovému aniontu a tím i klesá desinfekční účinnost. Pro správnou desinfekci vody je tedy nutné udržovat hodnotu pH vody takovou, aby co nejvíce aktivního chloru se vyskytovalo ve formě kyseliny chlorné, tj. v dolní polovině rozmezí daného vyhláškou (pH 6,5 – 7). Efektivita usmrčení běžně se vyskytující bakterie *Escherichia coli* je totiž u kyseliny chlorné (HClO) 80x vyšší než u chlornanového aniontu (ClO⁻). U některých mikroorganismů se jedná až o 300x nižší účinnost usmrčení při „použití“ chlornanového aniontu než u kyseliny chlorné.

Jak nám desinfekce ovlivňuje pH?

Jak jsme si již popsali výše, chlornan sodný nám při reakci s vodou vytváří jako vedlejší produkt hydroxid sodný (NaOH), který silně zvyšuje pH. K tomu připočteme, že napouštěcí voda je velmi často (pro značnou část území ČR) alkalická, tedy s vyšším pH než 7. Nezapomínejme, že pokud se nám pH blíží k hodnotě 8, začíná se daleko rychleji tvořit vázaný chlor, který je nežádoucí (dráždivost, pachy atd.)

Naopak při používání plynného chloru dochází k snižování pH a je snazší zachovat rovnováhu pH, aby nedocházelo k jeho výkyvům. Z hlediska chemického můžeme říct, že při používání chlornanu sodného na desinfekci bazénové vody je to věčný boj o správnou hodnotu pH.

Bezpečnost

Samotný plynný chlor je samozřejmě nebezpečnější než chlornan sodný, protože se ale všeobecně o tomto riziku ví, jsou pro manipulaci a uskladnění chloru jasná a respektovaná pravidla. Pro jeho dávkování jsou vyvíjeny a dodávány bezpečné systémy, které zabraňují jeho úniku. Celý systém rozvodu dávkování chloru je podtlakový (proud vody si sám chlor nasává). Lahve s chlorem jsou uskladněny v samostatných, čidly kontrolovaných a odvětrávaných místnostech. Chlorové lahve jsou pravidelně kontrolovány a mají moderní bezpečné ventily. Obsluha je pravidelně a profesionálně školená.

Chlornan sodný sám o sobě je mnohem méně toxický než plynný chlor, ale paradoxně právě k více nehodám dochází při používání chlornanu sodného než plynného chloru. Chlornan sodný jako běžná chemikálie je obsluhou dost často podceňován a nevěnuje se mu z hlediska bezpečnosti velká pozornost. Obsluha není mnohde nikterak školená, a jelikož je chlornan skladován i s ostatními chemikáliemi, může dojít k záměně, smíchání apod. Chlornan sodný je však vysoce reaktivní chemikálie. „Chlor“ je ve chlornanu sodném držen chemickou vazbou na základě vysoké zásaditosti (vysoké pH). Pokud je tato zásaditost porušena – zneutralizována - kyselou látkou (kyseliny, vložkovače), dochází k okamžitému a nekontrolovanému uvolnění chloru ve formě plynu a navíc k silné exotermické reakci, která může vést až k explozi barelu s chlornanem sodným. Obsluha ve strojovně nemá v takovýchto případech často žádné ochranné pomůcky, není na toto překvapení připravena a vlastně vůbec neví, jak situaci řešit. Na uskladnění, manipulaci a systémy dávkování není žádný přísný dohled a speciální předpisy.

Ekonomické aspekty

Pokud si na modelovém příkladě orientačně porovnáme roční náklady na desinfekci vody v běžném aquaparku, který desinfikuje přibližně 1.000 m³ vody, zjistíme, že **plynného chloru** (Cl₂) bylo ročně spotřebováno 1.040 kg a celkové náklady na chloraci dosahují cca 60 tis. Kč. U stejného aquaparku, který používal **chlornan sodný** (NaClO) činila roční spotřeba chlornanu 14.980 kg a k tomu nezanedbatelně stoupla spotřeba chemikálií pro úpravu pH. Celkové náklady na desinfekci chlornanem byly v porovnání o cca 30 tis. Kč vyšší.

Shrnutí

Výhodou **plynného chloru** je, že obsahuje 99,8% Cl_2 , je neomezeně trvanlivý a může se dlouhodobě skladovat, při jeho používání nedochází k navyšování hodnoty pH vody. Mnohem méně se s ním manipuluje a vysokou bezpečnost zajišťuje moderní technika, která má systém dávkování neustále pod kontrolou. Není nutné se starat o chlorové lahve, které jsou majetkem dodavatele. Plynný chlor je také Světovou zdravotnickou organizací doporučený prostředek k desinfekci pitné a bazénové vody. Jedinou nevýhodou je počáteční investice na vybudování chlorovny a vyšší náklady na instalaci dávkovacího zařízení než při použití chlornanu sodného. Používání plynného chloru je ovšem provozně méně finančně náročné než používání chlornanu sodného a počáteční investice se tak během několika let vrátí. Závěrem tedy můžeme říci, že plynný chlor je při ošetřování vody účinnější, šetrnější k technologii z hlediska provozu a výhodnější z hlediska dopravy, manipulace a skladování.

Chlornan sodný je snadno dostupný v různých obalech a lze počítat s nižšími investičními náklady na dávkovací zařízení. Nevýhodou jsou vyšší náklady na desinfekci, nutnost poměrně časté manipulace s nádobami a pružného zásobování. Další negativa jsou výrazné zvyšování pH bazénové vody, které vede k tvorbě nežádoucího vázaného chloru a zároveň dochází k usazování vápenných usazenin v celém systému technologie bazénu, které se podepisuje na životnosti. Také automatická regulace desinfekce je komplikovanější vzhledem k měnícímu se obsahu aktivního chloru v chlornanu sodném. V závislosti na teplotě a okolním světle totiž dochází k výraznému snižování obsahu aktivního chloru a „životnost“ chlornanu je max. 3-4 týdny od výroby.

Kdy používat jaké desinfekční činidlo

Pro desinfekci v soukromých bazénech a v malých veřejných bazénech (lázeňské, rehabilitační, školní) je vhodné používat chlornan sodný, pro desinfekci ve veřejných bazénech s větším objemem upravované vody, venkovních koupalištích nebo aquaparcích je vhodné používat plynný chlor.

Martin Hynouš

chemický specialista společnosti GHC Invest, s.r.o.