

Odpadní vody ze zdravotnických zařízení a analýza rizik



Státní zdravotní ústav

Ladislava Matějů,
Zdislava Drahošová
Taťána Halešová
Martina Wittlerová
Magdalena Zimová

ladislava.mateju@szu.cz

Znečištění odpadních vod

vody ze ZZ představují tři druhy rizik

- **toxické** - mikropolutanty, těžké kovy, zbytky léčiv a jejich metabolity, hormony, zbytky dezinfekcí, cytostatika, anestetika
- **infekční** - patogenní a potencionálně patogenní mikroorganismy, mikroorganismy rezistentní na antibiotika (salmonely, kampylobaktery, viry hepatitidy, polpolioviry atd)
- **radioaktivní** - zbytky kontrastních látek při rtg., např.jódované kontrastní látky- iopromid, iohexol

Řada mikropolutantů není účinně odstraněna ani během čištění odpadních vod a může se dostávat do vod povrchových a podzemních.

Vznik AOX - chlór reaguje s organickým znečištěním (rozpouštědla, čisticí a dezinfekční prostředky, léky obsahující chlór a rentgenové kontrastní látky) za vzniku halogenovaných organických sloučenin (AOX)

Právní rámec pro nakládání s odpadními vodami ze ZZ

obecné směrnice EU a WHO (2014) doporučuje sledovat nejběžnější parametry pro monitorování kvality vytékající vody jako jsou:

- teplota;
- pH;
- BSK5
- CHSK -chemická spotřeba kyslíku;
- dusičnany;
- celkový fosfor;
- obsah celkových nerozpuštěných látek;
- přítomnost a koncentrace *Escherichia coli*.

speciální pravidla pro zdravotnická zařízení založená na posouzení rizik US EPA, Austrálie .

Německo - Směrnice DWA-M775 pravidla pro čištění vod neupravuje specifickými parametry vypouštěných vod, ale pravidly, jak se musí nakládat s vodami z různých oddělení a různých pracovišť. Pro každé pracoviště uvádí charakteristiku odpadních vod, limitní hodnoty mikropolutantů a pokyny pro nakládání s nimi, způsoby dezinfekce a odkazy na platné legislativní předpisy. pacienti s vysoce nakažlivou infekcí bez možnosti dezinfekce výkalů (např. termické), jsou tyto odstraňovány zabalením do buničiny s dalšími infekčními odpady (LAGA-Mitteilung M18, září 2009).

Právní rámec pro nakládání s odpadními vodami ze ZZ

Dánsko

Regulace a standardy pro úpravu nemocničních odpadních vod jsou ve fázi příprav a jejich implementace se očekává v co nejbližší době, chybí standardy pro farmaka a patogeny obsažené v nemocničních odpadních vodách.

Cílem je decentralizace úpravy odpadních vod a jejich lokální čištění v blízkosti místa vzniku.

Švýcarsko

Zákon na ochranu vod 814.20 z 24. ledna 1991 (Water Protection act = WPA) v aktuálním znění z 1. ledna 2016 a dalšími úpravami platnými od 1. ledna 2017 zakazuje do vody vypouštět přímo nebo nepřímo jakékoli látky, které by ji mohly znečistit. Veškeré odpadní vody musí projít procesem čištění a do odpadního systému mohou být uvolněny pouze se souhlasem příslušného kantonního úřadu.

Zákon neurčuje limitní hodnoty polutantů, ale požaduje, aby jednotlivé kantony dbaly na využití moderních a nejúčinnějších technologií pro čištění odpadních vod.

Trendy: minimalizace produkce odpadních vod, probíhají studie a pilotní projekty na eliminaci znečištění buď cestou čištění odpadních vod nebo cestou odstraňování jako odpadů

Právní rámec pro nakládání s odpadními vodami ze ZZ

UK - Health Technical Memorandum HTM 07-01 (2013) příručka obsahuje návod pro nakládání s tekutým odpadem ze zdravotnictví. Vzhledem k různorodosti odpadu produkovaného při poskytování zdravotní péče je nutné posuzovat každé pracoviště zvlášť, a proto pravidla pro nakládání s odpadními vodami jsou určena pro jednotlivá oddělení a každé oddělení má jasné zařazení a popis jak s vodami nakládat.

Tekutý nemocniční a farmaceutický odpad musí být segregován podle složení a zdroje do jedné ze tří kategorií: cytotoxické a cytostatické medikamenty, farmaceuticky aktivní medikamenty a ne-farmaceuticky aktivní látky.

S využitím barevných kódů jsou tekuté odpady děleny na zelené, které mohou být vypouštěny do kanalizace, jantarové, jejichž vypouštění musí být posuzováno individuálně a červené, pro které platí přísný zákaz vypouštění do kanalizace.

Trendy: minimalizace produkce odpadních vod, probíhají studie a pilotní projekty na eliminaci znečištění buď cestou čištění odpadních vod nebo cestou odstraňování jako odpadů

Právní rámec pro nakládání s odpadními vodami ze ZZ

Česká republika - pro vypouštění vod ze ZZ norma z roku 1996 ČSN75 6406, „Odvádění a čištění odpadních vod ze zdravotnických zařízení“

Norma platila pro navrhování, výstavbu, sanaci a provoz samostatných čistíren odpadních vod, kanalizačních přípojek a stokových sítí pro zdravotnická zařízení produkující radioaktivní anebo infekční odpadní vody.

Odcházející odpadní vody ze zařízení I. kategorie je nutno čistit a dezinfikovat, i když jsou v souladu s kanalizačním řádem vypouštěny do veřejné stokové sítě napojené na ČOV. Odcházející odpadní vody ze zařízení II. kategorie mohou být v souladu s kanalizačním řádem vypouštěny přímo a bez čištění do veřejné stokové sítě napojené na ČOV. Není-li stoková síť napojena na ČOV, musí být pro odpadní vody vybudována samostatná čistírna.

neřeší současná rizika, která vyplývají z vypouštěním odpadních vod ze zdravotnických zařízení. Neřeší zbytky léčiv, a jiné organické polutanty, terminologie a předpisy neodpovídají současnému stavu

Právní rámec pro nakládání s odpadními vodami ze ZZ

norma ČSN 75 6406 (únor 2020)

Nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení (ZZ)
vypouštěnými do stokové sítě pro veřejnou potřebu

Tato norma platí pro nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení, která produkují odpadní vody se zvýšeným obsahem rizikových chemických látek, zejména léčiv a léčivých přípravků, infekční odpadní vody, radioaktivní odpadní vody.

Tato norma platí pro předčištění těchto odpadních vod před vypouštěním do kanalizace pro veřejnou potřebu, která je zakončena čistírnou odpadních vod (dále také ČOV).

Norma se nevztahuje na nakládání se srážkovými vodami.

Norma nezahrnuje čištění odpadních vod ze zdravotnických zařízení na vlastní čistírně s odtokem do vodního recipientu nebo se vsakováním vyčištěných vod do vod podzemních.

Norma definuje novou terminologii, uvádí informativní přílohu s limity pro chemické látky a fyzikální parametry a **požadavky na posouzení rizik**

Norma ČSN 75 6406

Na základě posouzení rizik musí být ve ZZ jasně identifikována oddělení, v nichž vzniká odpadní voda obsahující rizikové koncentrace znečištění, která musí být předčištěna a/nebo dekontaminována, a oddělení, v nichž vzniká odpadní voda neobsahující rizikové koncentrace znečištění, kterou lze vypouštět bez předčištění do kanalizace pro veřejnou potřebu.

Podkladem pro určení technologie předčištění odpadních vod je posouzení rizik (ČSN ISO 31000). Posouzení rizik musí brát v úvahu složení, vlastnosti a množství odpadních vod, spotřebu a druhy léčiv a dalších rizikových chemických látek používaných na odděleních.

Pro každý konkrétní případ vypouštěných odpadních vod je vždy nutné stanovit reprezentativní parametr typický pro skupiny rizikových chemických látek, biologických činitelů podle kategorie patogenity a/nebo úrovně radioaktivity. Posouzení rizik se provádí minimálně jedenkrát za rok a vždy při jakékoliv změně v léčebných postupech, které mají za následek jiná nebo další rizika pro znečištění odpadních vod ze ZZ.

Posouzení rizik

Posouzení rizik se zpracovává jako dokument, který popisuje průběh rizikové analýzy systému odvádění a úpravy odpadních vod a navrhuje nápravná a kontrolní opatření k ošetření nepřijatelných rizik.

Posouzení rizik všeobecně zahrnuje vždy několik kroků, které by měly být popsány a identifikovány.

- Krok 1: Závazek odpovědného využívání a řízení kvality vypouštěných odpadních vod, včetně ustanovení týmu odborníků pro vypracování posouzení rizik
- Krok 2: **Posouzení systému odpadních vod (analýza rizik - identifikace nebezpečí, charakterizace rizika)**
- Krok 3: Preventivní opatření pro nakládání s odpadní vodou
- Krok 4: Provozní postupy a řízení procesů
- Krok 5: **Ověření kvality odpadních vod (monitoring kritických bodů)**
- Krok 6: Řízení havárií a mimořádných událostí
- Krok 7: Povědomí provozovatelů, dodavatelů a koncových uživatelů a školení
- Krok 8: Zapojení a informovanost zainteresovaných stran (pracovníků ZZ, kanalizační sítě pod., servisní firmy)
- Krok 9: Validace, výzkum a vývoj (srovnání a interpretace s výsledky výzkumu a vývoje)
- Krok 10: Dokumentace a podávání zpráv
- Krok 11: Hodnocení a audit
- Krok 12: Přezkum a neustálé zlepšování

Posouzení rizik

Analýza rizik (AR) je jedním z kroků je posouzení rizik samotných odpadních vod a jejich zdrojů kontaminace.

Jedná se hlavně o chemické látky a mikroorganismy, které mohou být patogenní a rezistentní na antibiotika.

Zahrnuje:

Identifikaci nebezpečí

Charakterizaci rizika t.j. obsahuje odhalení zdrojů rizik, jejich příznivých a nepříznivých následků a možností, že se tyto následky přihodí.

Posouzení nebezpečnosti z hlediska pravděpodobnosti výskytu.

Stanovení míry rizika

Míra rizika poskytuje informaci o naléhavosti přijetí dalších opatření k ošetření daných rizik, je stanovena na základě posouzení pravděpodobnosti výskytu a závažnosti následků každého nebezpečí. Lze využít hodnotící matice.

Zpracovatel posouzení rizik na základě metodiky, která vhodným způsobem posoudí následky a pravděpodobnost výskytu zjištěných nebezpečí, rozdělí je podle míry rizika a určí nepřijatelná rizika.

Rizika se analyzují spojením následků a jejich pravděpodobností.

Posouzení rizik

K určení zdravotních rizik lze využít kvantitativní stanovení mikrobiálního rizika. Je současně nástrojem pro určení následku nebezpečí (výskyt patogenních mikroorganismů) (QMRA)

Charakterizace rizika bývá vyjadřována hodnotou DALY (ztracená léta života v důsledku nemoci), přičemž jako přijatelné mikrobiální riziko je brána hodnota Kvantitativní hodnocení rizika určuje pravděpodobnost infekce nebo nemoci. Parametr DALYs (Disability-Adjusted Life Years) mění tyto pravděpodobnosti na zátěž onemocnění.

DALY menší než 10^{-6} (Australské pokyny pro recyklaci vod, WHO Guidelines for drinking water quality).

DALY může být vypočítána jako pravděpodobnost onemocnění násobená váhou postižení (hodnoty dohledatelné v literatuře)

Při kvantitativním hodnocení mikrobiálních rizik je tedy nutné počítat s pravděpodobností onemocnění a vycházet z empirických hodnot infekčních dávek uvedených v dostupné literatuře.

Vždy se musí uvažovat cesty a doba expozice.

Posouzení rizik

Pro hodnocení environmentálního rizika odpadních vod se využívá ekotoxikologických testů pro vodní organismy.

Realizuje se jako výpočet tzv. rizikového kvocientu (RQ) $RQ = PEC / PNEC$

PEC předpokládaná koncentrace účinné látky u každé kategorie testovaného organismu

PNEC předpokládaná koncentrace látky v životním prostředí, která nezpůsobuje žádný efekt na sledovaných trofických úrovních v půdě a vodě

Predicted No Effect Concentration

Potřebná hodnota PEC může být odhadnuta na základě spotřeby léčiv v ZZ, nebo naměřena přímo na odtoku odpadních vod ze ZZ).

Hodnota PNEC vychází z výsledků ekotoxikologických testů, konkrétně z hodnot EC_{50} nebo LC_{50} nejcitlivějšího ze sledovaných organismů.

(<http://cfpub.epa.gov/ecotox/>)

$RQ > 1$ značí ekotoxikologické riziko pro vodní prostředí

$RQ < 1$ ekotoxikologické riziko pro vodní prostředí nehrozí

Je nutné si uvědomit, že RQ je možné spočítat pouze pro jednotlivé látky.

V případě směsi, kterou jsou nepochybně také odpadní vody ze ZZ, se rizika mohou sčítat a je riziko vždy vyšší.

Léčiva	EC50	Organismus	Reference
	[mg/l]		
Anastrozole	NA		
Atenolol	180	Daphnia magna (48h)	Tenormin tablets Safety data sheet 2015
Azathioprine	> 100	Daphnia magna	Fermion Safety Data Sheet 2015
Bezafibrate	30,3	Daphnia magna	Bezafibrate Safety Data Sheet 2013
Buprenorphine	NA		
Butorphanol	340,7 - 469,2	Daphnia magna	Butorphanol Tartrate Injection Safety Data Sheet 2016
Caffeine	182	vodní bezobratlí (48h)	Caffeine roti safety data sheet 2015
Capecitabine	> 850	vodní bezobratlí (48h)	XELODAR Safety data sheet 2017
Carbamazepine	92	Daphnia (24h)	Carbamazepime Safety data sheet 2013
Ciprofloxacin	0,005	M. aeruginosa	Halling-Sørensen a kol. (2000)
Ciprofloxacin	2,97	S. capricornutum	Halling-Sørensen a kol. (2000)
Clofibric Acid	86	Brachydanio rerio embryo	Henschel a kol. (1997)
Cyclophosphamide	> 987	Daphnia magna (48h)	Cyclophosphamide Safety Data sheet 2009
Enalapril	354	Daphnia magna (48h)	Enalapril Safety Data Sheet 2013
Iomeprol	NA		
Iopromide	> 10,000	Daphnia magna (48h)	Iopromide Safety Data Sheet 2014
Lincomycin	283,1	Artemia salina	Migliore a kol. (1997)
Propranolol	7,7	Daphnia magna (48h)	Propranolol Hydrochloride Safety Data Sheet 2016
Sertraline	2,14	Daphnia (1,25h)	Sertraline Hydrochloride Capsules Safety Data Sheet 2016
Trimethoprim	75	Daphnia (48h)	Sulfamethoxazole and Trimethoprim Oral Susp. SDS 2015
Valsartan	NA		
Warfarin	17	Daphnia	

veliká variabilita ekotoxicity léčiv přítomných v odpadních vodách ze zdravotnických zařízení.

ciproloxacin
0,005 mg/ml
cyclophospharnid
> 987 mg/ml

Monitoring odpadních vod ze ZZ

První přiblížení reálné situace jsme analyzovaly vody ze 7 ZZ (nemocnic) a 1 ČOV na léčiva a omamné psychotropní látky.

Všechna stanovení byla prováděna v laboratořích ALS Czech Republic, s.r.o. metodou vysoko-účinné kapalinové chromatografie ve spojení s tandemovou hmotnostní detekcí (UPLC-MS/MS).

vody ze dvou ZZ byly analyzovány opakovaně po roce

Bylo stanoveno 42 omamných a psychotropních látek a 55 léčivých látek a jejich Metabolitů

Ze 42 sledovaných omamných a psychotropních látek bylo 17 pod mezí Stanovitelnosti

Z 55 léčiv a jejich metabolitů bylo 33 pod mezí stanovitelnosti

Léčiva
koncentrace látek vyskytujících v odpadních vodách ze stejných ZZ po roce nezaznamenaly výrazné rozdíly, až na antibiotikum ciprofloxacin, lék na odvodnění furosemid a paracetamol

Monitoring odpadních vod ze ZZ

Léčiva

koncentrace látek vyskytujících v odpadních vodách ze stejných ZZ po roce nezaznamenaly výrazné rozdíly, až na antibiotikum ciprofloxacin, lék na odvodnění furosemid a paracetamol

Téměř ve všech odpadních vodách se vyskytoval lék na léčbu epilepsie a neuropatie gabapentin, nejvyšší koncentrace byly zaznamenány na výpusti městské komunální ČOV a nejnižší ve vodách z nemocnice, která neměla žádné předčištění.

Vyšší četnost výskytu byla zaznamenána u kontrastních látek (iopromidu a iohexolu – podávané např. při vyšetření CT).

Četnost výskytu paracetamolu, který je běžně užíván jako lék proti bolestem a zvýšené teplotě, byla velmi malá, nejvyšší koncentrace byly zaznamenána ve vodách ze ZZ bez předčištění

Monitoring odpadních vod ze ZZ

Omamné látky

koncentrace látek vyskytujících se v odpadních vodách ze stejných ZZ po roce nezaznamenaly výrazné rozdíly

Koncentrace látek se liší v odpadních vodách různých zařízení, ale vzhledem k tomu, že se jedná o předčištěné vody a není známa ani technologie předčištění ani množství dalších vod, které mohou koncentrace jednotlivých látek naředit, nelze výsledky diskutovat.

některé látky, např. efedrin, se vyskytují téměř ve stejné koncentraci ve vodách ze ZZ, které nemá předčištění a ve vodě na výpusti komunální městské ČOV a přitom ve vodách ze ZZ s předčištěním jsou koncentrace buď stejné anebo několikrát vyšší.

Vody ze zařízení, které nemělo předčištění, obsahovaly výrazně nižší koncentrace omamných látek než vody z ostatních ZZ (kromě klonazepamu a účinné látky analgetik buprenorphin-3-glucuronidu).

Závěr

- málo prací zabývajících se analýzou rizik ve smyslu navrhované normy pro ZZ,
- většina prací se zabývá pouze identifikací rizik (infekčnost, kontaminace léčivy, biocidy), ojediněle hodnocením účinností technologií na jejich odstranění
- studie zabývající se odpadními vodami ze ZZ jsou méně početné, než studie zaměřené na komunální odpadní vody
- ČOV nejsou navrženy pro čištění vod zatížených léčivy, kontrastními látkami a hormony, a proto mohou vyčištěné odpadní vody stále obsahovat látky, které jsou toxické a nepříjemné pro vodní ekosystém a ŽP
- přesto je třeba minimalizovat vnos zbytků léčiv a jejich metabolitů do ŽP
- je třeba se věnovat studiu se zaměřením na osud i minimálních koncentrací léčiv v ŽP
- je třeba se věnovat získávání podkladů pro posouzení rizik odpadních vod ze ZZ.
- je zásadní zpracování metodického postupu pro posouzení rizik dle požadavků ČSN75 6406, (2020): Nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení vypouštěnými do stokové sítě pro veřejnou potřebu.

Děkuji za pozornost

