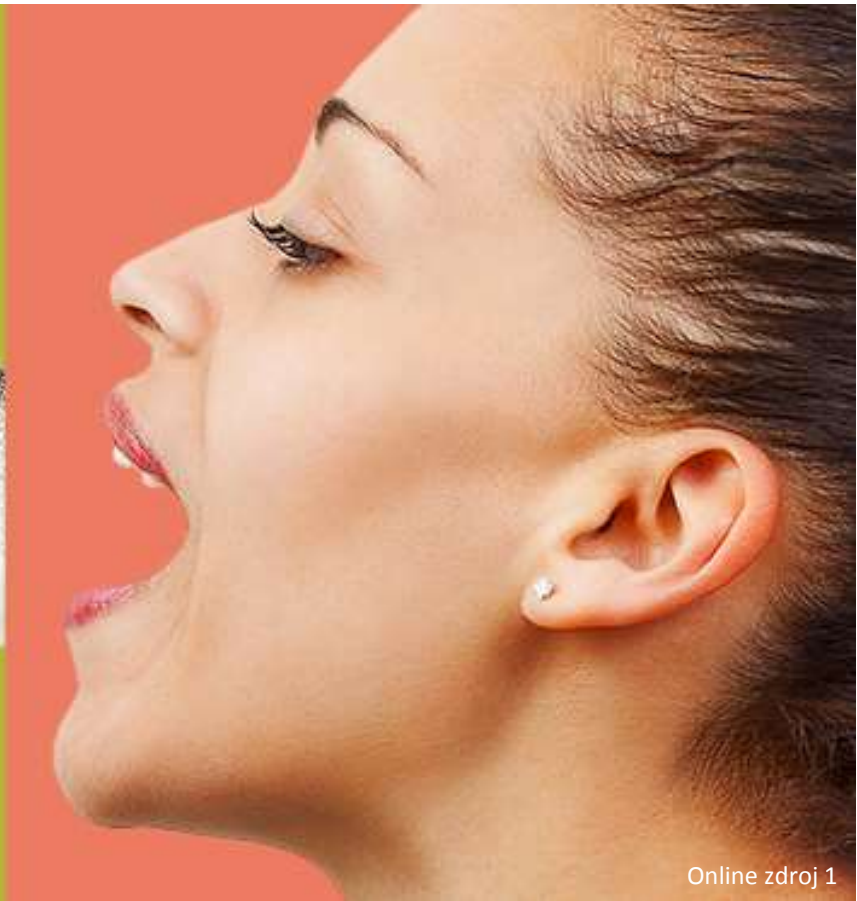


Mikropolutanty jako neviditelná invaze



Mikropolutanty

- S přibývajícím populací roste poptávka po dodávkách pitné vody
- **Některé látky vstupující do organismů jsou biodegradovatelné, jiné nikoliv**
- V posledních letech se do popředí zájmu dostávají např.:
 - 1. Mikro/nano částice**
 - 2. Léčiva a hormony**
 - 3. Umělá sladidla**



Mikro/nano částice

- **Plast** – syntetický polymer, celosvětově roční produkce je cca 350 milionů tun
- Pouze 9% se recykluje, 12% se likviduje spalováním, zbytek se ukládá na skládky nebo zůstává v prostředí
- Persistence plastů v prostředí se řádově pohybuje od několika měsíců po tisíce let
- Většina plastů se nevhodným skládkováním rozpadá účinkem ultrafialového záření na menší částice, tzv. mikroplasty (polymerní částice o velikosti menší než 5 mm)
- Další zdroje mikroplastů – zubní pasty, kosmetika, čisticí prostředky, textilní průmysl, odpadní vody domácností i průmyslu



Mikro/nano částice

- Mikroplasty kontaminují všechny terestrické i vodní ekosystémy
- **Problém není jen v dlouhodobé persistenci, ale také v obsažených látkách**
- Při výrobě plastů se používají např. ionty mědi, které zvyšují odolnost, bisfenol a ftaláty jako změkčovadla a zpomalovače hoření, které zlepšují tepelnou odolnost materiálu
- **Tyto látky se akumulují v organismech, způsobují narušení endokrinního systému, jsou karcinogenní, mutagenní, způsobují poruchy reprodukce**



Mikro/nano částice

- Mikroplasty mají tendenci vázat těžké kovy (10 až 100x vyšší koncentrace oproti okolním látkám) a některé organické sloučeniny:
 - Arsen, měď, železo, kobalt, zinek, olovo, chrom, hliník, titan, nikl
 - Bisfenol (BPA), polychlorované bifenyly (PCB), dichlordifenyltrichlorethan (DDT), alifatické uhlovodíky, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), perfluorované sloučeniny (PFC)
- Schopnost ČOV odstranit mikroplasty se pohybuje mezi 80 až 90 %

Mikro/nano částice

- Odtokem z povrchu a odpadními vodami infikují mikroplasty pitnou vodu, půdu, podzemní vody i oceány
- Z půdy jsou mikroplasty vstřebávány rostlinami a dochází ke kontaminaci agrosystému, hospodářských zvířat až k člověku
- Při rozkladu UV zářením se uvolňují skleníkové plyny, zejm. metan
- Při spalování dochází k emisím oxidu uhličitého, oxidů dusíku a síry, uvolňují se pevné částice a mnoho dalších sloučenin s neznámou toxicitou



Mikro/nano částice

- Živočichové přijímají mikroplasty s potravou – slávka středomořská (*Mytilus galoprovincialis*) – prokázána genotoxicita, změny na žaberní tkáni a trávicím ústrojí
- **Žížala obecná (*Lumbricus terrestris*) – mikroplasty přijímané s potravou zpomalují růst a zvyšují mortalitu**
- V žaludcích komerčně lovených ryb jsou obsaženy mikroplasty – vliv na člověka



Slávka středomořská (*Mytilus galoprovincialis*)
Online zdroj 4

Mikro/nano částice

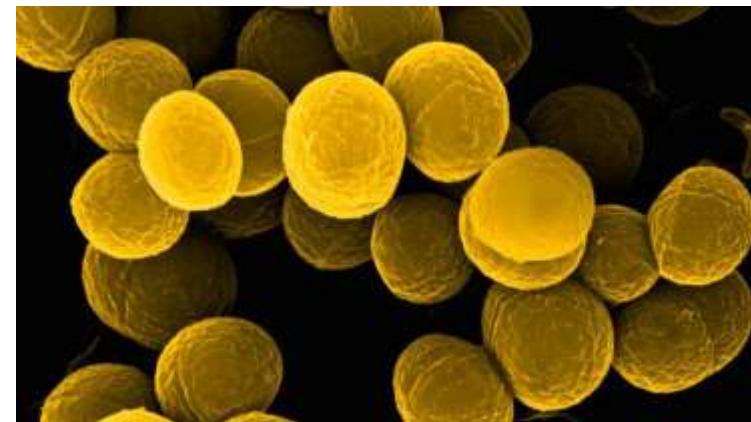
- Nanotechnologie v dnešní době chrlí sloučeniny používané v medicíně, farmacii, kosmetice, chovu zvířat, rostlinné výrobě, v potravinářském stavebním a textilním průmyslu, při zpracování plastů
- Nanočástice – látka, jejíž alespoň jedna velikost nepřesahuje 10^{-9} , výhodou je relativně velký povrch
- Roční produkce nanomateriálů je celosvětově asi 11 miliónů tun
- Vznikají nanočástice stříbra, zlata, mědi a platiny



Nanostříbro je používáno v celé řadě kosmetických a léčivých přípravků

Mikro/nano částice

- **Stříbro** – již v antice byly kuličky stříbra přidávány do nádob s vodou, aby se nezkazila
- **Dnes je nanostříbro variantou k řešení rezistence bakterií vůči antibiotikům**
- Inhibuje také replikaci virů – herpes, influenza, HIV-1
- **Vykazuje antimykotické účinky – ničí plísně např. *Aspergillus*, *Candida*, *Saccharomyces***



Staphylococcus aureus – prokázána rezistence vůči ATB
Online zdroj 5

Mikro/nano částice

- Při výrobě nanostříbra jsou používány toxické látky jako: formaldehyd, hydrazin hydrát, borohydrid sodný nebo ethylenglykol
- Ke kontaminaci vody dochází při praní, hygieně, úklidu. Nanostříbro může být součástí mýdel, zubních past, ústních vod, rtěnek, očních stínů
- Nanočástice stříbra pronikají do půdních ekosystémů vyplavováním ze stavebních materiálů (střešní krytina, izolace, čalounění, nátěry)
- Vzduchové filtry klimatizací jsou impregnovány nanostříbrem – využití v masokombinátech, kde hrozí kontaminace vzduchu, avšak nanočástice stříbra mohou být vdechovány



Nátěry fasád mohou obsahovat nanostříbro – ochrana proti nárůstu řas

Mikro/nano částice

- Účinky nanostříbra o různých velikostech byly zkoumány na hrotnatkách (*Daphnia*), u nichž způsobovaly poruchy plavání a úhyn
- **Dánio pruhované (*Danio rerio*) – účinky nanostříbra na embrya – snížení srdeční frekvence, fyzické malformace, úhyn**
- Expozice nanostříbrem po dobu 3 dní způsobila snížení spotřeby kyslíku u okouna říčního (*Perca fluviatilis*) až o 67 % - snižuje toleranci k hypoxii



Hrotnatka velká (*Daphnia magna*)
B. Havelková

Mikro/nano částice

- Brojlerová kuřata hromadí nanostříbro v hepatocytech - po 42 dnech překrvení, ztluštění centrální žíly, tuková degenerace, nekróza hepatocytů
- **Na laboratorních myších byly zkoumány:**
 - Účinky obvazů s nanostříbrem – po 14 dnech expozice byly zaznamenány změny na jaterní tkáni
 - Vdechování aerosolu s nanostříbrem (4h po dobu 10 dní) způsobilo zánět plic



Online zdroj 6

Léčiva a hormony

- SÚKL ČR registruje v současné době více než **58 tisíc léčivých přípravků** vázaných na lékařský předpis a přes **4 tisíce volně prodejných léčiv**
- Léčiva mohou být částečně metabolizována organismy, s močí a stolicí se dostávají do ČOV, léky s proslou trvanlivostí průsakem ze skládek
- Ke kontaminaci půdy dochází používáním hnoje hospodářských zvířat nebo kalu z ČOV jako hnojiva
- I přes modernizaci čistících procesů jsou ve vodě z ČOV nacházena rezidua zejména citalopramu, gabapentinu, karbamazepinu, paracetamolu, ibuprofenu, diclofenacu, kys. acetylsalicylové

Léčiva a hormony

- Látky podléhají fotolýze, biodegradaci, hydrolýze a do prostředí se mohou dostávat jejich sloučeniny, které mohou být toxičtější než původní látky
- **Spotřeba některých léčiv v ČR cca tun/rok:**
 - Diclofenac 20
 - Ibuprofen 200
 - Kys.acetylsalicylová 600
 - Karbamazepin 7,5



Léčiva a hormony

Účinnost odstraňování léčiv v ČOV je odlišná:

	celosvětově	v ČR
• Kys. acetylsalicylová		92-98 %
• Ibuprofen	72-100 %	98 %
• Karbamazepin	7-23 %	27%
• Diclofenac	0-90 %	33 %
• Paracetamol	99%	
• Sulfamethazin	13%	
• Kokain a morfium	72-100 %	
• THC a jeho deriváty	11-99 %	
• Extáze	44-57 %	



Léčiva a hormony

Různé organismy reagují různě:

- **Paracetamol** je vysoce toxický pro *Daphnia magna*, pro *Vibrio fischeri* vykazuje nízkou toxicitu
- **Naproxen** – nízká toxicita pro *Daphnia magna*, vysoká pro nezmara obecného (*Hydra attenuata*)



Vibrio fischeri – G- bakterie se schopností bioluminiscence, žije v symbióze v tělech mořských živočichů

Online zdroj 9



Nezmar obecný (*Hydra attenuata*)

Online zdroj 10

Léčiva a hormony

- **Ivermektin** – vysoce toxický pro *Daphnia magna*, řádově nižší u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*)
- **Enrofloxacin** – stejné modelové druhy jen s opačnou účinností – hrotnatka je méně citlivá než pstruh



Pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*)

L. Šlapanský

Léčiva a hormony

- **Endokrinní disruptory** – dle WHO jsou to látky, které mají schopnost napodobit nebo měnit funkci endokrinního systému s negativními následky pro orgány, potomstvo a subpopulace
- **Mezi tyto látky patří zejména** – PCB, ftaláty, pesticidy, bromované retardanty hoření a estrogeny a jeho deriváty (17α -ethinylestradiol, 17β -ethinylestradiol)

Léčiva a hormony

- **Retardanty hoření** – látky, které fyzikální či chemickou cestou snižují hořlavost materiálu
- **Celosvětová spotřeba je asi 2 miliony tun ročně**
- Ovlivňují štítnou žlázu, vaječníky, androgenní funkce, imunotoxicita, neurotoxicita
- **U samců laboratorních myší prokázána hypertyreóza a hepatotoxicita**

Léčiva a hormony

- V ČR se může nacházet množství 6-100 ng/l různých metabolitů **estrogenu**
- **ČOV odstraní cca 60-99 %**
- **Danio pruhované** (*Danio rerio*) – velmi citlivé na nízké koncentrace estradiolu (0,2ng/l)
- **Střevle potoční** (*Phoxinus phoxinus*) – 17 β -ethinylestradiol (5ng/l) snižuje reprodukční schopnost samic a změna pohlaví u samců nastala již po 2 letech



Střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) – výrazně zbarvený samec s třecí vyrážkou

L. Šlapanský

Umělá sladidla

- Evolučně dáváme přednost sladké chuti, protože v minulosti znamenala nutričně bohaté jídlo
- V současné době trpí obezitou celosvětově cca 40 % populace, v ČR je to asi 18,5 %
- **Umělá sladidla** – látky, které napodobují sladkou chuť, ale trávicí trakt je nedokáže vstřebat, mají proto velmi nízký kalorický index
- **K hlavním látkám dodávaným na trh patří:** Aspartam, acesulfam-K, sacharin, sukralóza, cyklamát

Typy umělých sladidel (Aspartam)

- **Aspartam** – asi 180 krát sladší než sacharóza
- **Využívá se ke slazení nápojů, ve žvýkačkách, snídaňových cereáliích a suchých produktech**
- Je teplotně nestabilní, nelze jej využít při vaření a pečení
- **Vysoký podíl kyseliny fenylalaninové – problém u lidí trpících fenylketonurií**
- Označení v potravinách: E951



Typy umělých sladidel (Aspartam)

- Studie na laboratorních myších prokázaly negativní vlivy užívání aspartamu
- U samic byl pozorován zvýšený výskyt leukémie a lymfomů
- Nicméně expoziční dávky byly podávány po dlouhou dobu a ve velmi vysokých dávkách (v přepočtu 80 kg člověk by 9 měsíců pil denně 2000 plechovek dietní coly)
- U zvířat se navíc aspartam metabolizuje jiným způsobem než u člověka
- Bezpečnost byla testována na dětech, diabetících, kojících ženách

Typy umělých sladidel (Neotam)

- **Neotam** – podobný aspartamu, ale jeho sladivost je 7-13 tisíckrát silnější než sacharózy
- **Schválen teprve v roce 2002**
- Neuvoľňuje fenylalanin – mohou jej užívat lidé trpící fenylketonurií
- **Dobře rozpustný v alkoholu, slabě ve vodě**
- Označení v potravinách: E 961



Typy umělých sladidel (Acesulfam-K)

- **Acesulfam-K** – asi 120-200 krát sladší než sacharóza
- **Obsahuje draslík, který se ale do těla nevstřebává**
- **Vysoce rozpustný ve vodě, tepelně stabilní**
- **Ke slazení jídla a nápojů se často mísí s jiným umělým sladidlem (aspartam nebo sukralóza)**
- **Odstranění v ČOV: 20-97 % (většinou jen do 30 %)**
- **Využívá se ke slazení suchých potravin a alkoholu**
- **Označení v potravinách: E950**



Typy umělých sladidel (Sukralóza)

- **Sukralóza** – 450-650 krát sladší než sacharóza, z níž se také vyrábí
- **Velmi dobře rozpustná ve vodě, teplotně stabilní**
- 95 % požitá sukralóza se vylučuje močí, 2 % se odbourává v ČOV, některé zdroje uvádějí, že množství sukralózy se může během čistících procesů zvyšovat
- **Nebyly zaznamenány žádné negativní účinky na lidi ani zvířata**
- Označení v potravinách: E 955



Typy umělých sladidel (Sacharin)

- **Sacharin** – 300-400 krát sladší než sacharóza, kvůli mírně nahořklé chuti s používá ve směsích
- **Velmi dobře rozpustná ve vodě**
- Studie na myších prokázaly zvýšený výskyt rakoviny u samců, nicméně byl zřejmě způsoben jinou stavbou vylučovacího ústrojí (oproti lidem)
- **V ČOV se odbourá cca 93 %**
- Označení v potravinách: E 954



Typy umělých sladidel (Cyklamát)

- **Cyklamát** – 30-50 krát sladší než sacharóza
- **Používá se v kombinaci se sacharinem**
- U myši potvrzen zvýšený výskyt rakoviny močového měchýře (opět vysoké dávky v přepočtu na člověka 550 plechovek dia coly denně)
- **U některých lidí částečně metabolizován za vzniku cyklohexylaminu (látka toxická při vdechnutí i požití, žíravá)**
- V USA zakázán, ve 140 zemích včetně ČR povolen
- **V ČOV se odbourá až 99 %**
- Označení v potravinách: E 952



Umělá sladidla

- Aspartam a sacharin ve spojení s kofeinem vykazuje vývojovou toxicitu a chování podobné úzkosti u medaky japonské (halančík rýžovištní) *Oryzias latipes*
- Acesulfam – K může způsobit poškození DNA v buňkách kostní dřeně u myši
- Působením UV záření na acesulfam – K vzniká volný radikál OH-, který poškozuje játra u karase obecného (*Carassius auratus*)



Mikro/nano částice

- I když jsou některé látky bezpečné pro člověka, neznamená to, že jsou bezpečné pro jiné živočichy nebo prostředí
- Přesto, že daná látka nevykazuje akutní toxicitu, může být toxická v chronicky – dlouhodobý příjem nízké dávky
- V prostředí se látky vyskytují ve sloučeninách – neznáme dopad na životní prostředí

Mikro/nano částice

- Některé látky se mohou účinkem UV záření změnit a výsledné látky mohou být ještě toxičtější než ty původní
- Řešením by byly necílové studie – identifikace všech látek obsažených v daném vzorku (např. plynovou či kapalinovou chromatografií spojenou s hmotnostní spektrometrií)
- Koncentrační limity mnoha látek nejsou upraveny zákonem

Otázky a úkoly

- Popište rozklad plastů a jejich působení v půdním a vodním ekosystému
- **Které látky se mohou vázat na mikroplasty?**
- Jakým způsobem pronikají nanočástice stříbra do vodního ekosystému?
- **Co jsou endokrinní disruptory?**
- Které skryté hrozby souvisí s vnášením mikro/nano částic do ekosystémů?

Online zdroje:

1. <https://www.miwa.eu/cs/blog/miniturni-invaze>
2. <https://www.nextech.sk/a/Mikroplasty-sa-uz-nasli-v-najhlbsej-casti-ludskych-pluc>
3. https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/spolecnost/mikroplasty-plasty-znecisteni-jidlo-pivo-voda_1906170851_och
4. <https://www.inaturalist.org/observations/114769181>
5. <https://www.dzif.de/en/bright-spot-microbiological-diagnostics>
6. <http://akvaristika-horovice.eu/hlodavci/109-mys-laboratorni.html>
7. <https://www.kompava.cz/umela-sladidla-jaky-maji-vliv-na-zdravi>
8. <https://urbancentrum.brno.cz/den-otevrenych-dveri-v-cistirne-odpadnich-vod-modrice/>
9. <https://www.sciencephoto.com/media/798562/view/vibrio-fischeri-symbiotic-bacterium-sem>
10. https://www.hlasek.com/hydra_attenuata_bt4870.html
11. <https://www.vitar.cz/irbis-aspartam-tablety/>
12. <https://www.ellisaromen.de/neotam>
13. <https://fansladidla.cz/vyroby/fan-aspartam-acesulfam-160-tablet>
14. <https://www.chytralekarna.cz/zdrava-vyziva-caje-a-bylinky/sladidla-a-medy/irbis-sukraloza-s-chromem-tbl-110-davkovac-volne-8595011131994>
15. https://www.drmax.cz/fan-umele-sladidlo?gclid=CjwKCAjw-rOaBhA9EiwAUkLV4oO4DIcb1_m7lhthCZtd_QGo66zlyDj53-HZrrR2hHzfnAYWaP6_5hoCefYQAvD_BwE
16. <https://fansladidla.cz/vyroby/fan-cyklamat-sacharin-160-tablet>
17. [http://akvapedie.cz/halancik-ryzovistni-\(medaka-japonska,-halancik-japonsky\)_oryzias-latipes/](http://akvapedie.cz/halancik-ryzovistni-(medaka-japonska,-halancik-japonsky)_oryzias-latipes/)

Literární zdroje:

- Eriksson Wiklund, A. K., Adolfsson-Erici, M., Liewenborg, B., & Gorokhova, E. (2014). Sucralose induces biochemical responses in *Daphnia magna*. *PLoS one*, 9(4), e92771.
- Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2014). Artificial sweeteners—a review. *Journal of food science and technology*, 51(4), 611-621.
- Kasmuri, N., Tarmizi, N. A. A., & Mojiri, A. (2022). Occurrence, impact, toxicity, and degradation methods of microplastics in environment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-17.
- Kolářová, E. (2014). *Studium účinků veterinárních farmak ve vodním prostředí* (Doctoral dissertation, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta).
- Lee, W., & Wang, Y. C. (2015). Assessing developmental toxicity of caffeine and sweeteners in medaka (*Oryzias latipes*). *SpringerPlus*, 4(1), 1-10.
- Li, S., Ren, Y., Fu, Y., Gao, X., Jiang, C., Wu, G., ... & Geng, J. (2018). Fate of artificial sweeteners through wastewater treatment plants and water treatment processes. *PLoS one*, 13(1), e0189867.
- Petrová, Š., Soudek, P., & Vaněk, T. (2015). Retardanty hoření, jejich použití a vliv na životní prostředí. *Chemické listy*, 109(9), 679-686.
- Pulit-Prociak, J., Stokłosa, K., & Banach, M. (2015). Nanosilver products and toxicity. *Environmental chemistry letters*, 13(1), 59-68.
- Ren, Y., Geng, J., Li, F., Ren, H., Ding, L., & Xu, K. (2016). The oxidative stress in the liver of *Carassius auratus* exposed to acesulfame and its UV irradiance products. *Science of the Total Environment*, 571, 755-762.
- Renwick, A. G., Thompson, J. P., O'shaughnessy, M., & Walter, E. J. (2004). The metabolism of cyclamate to cyclohexylamine in humans during long-term administration. *Toxicology and applied pharmacology*, 196(3), 367-380.
- Rogowska, J., Cieszyńska-Semenowicz, M., Ratajczyk, W., & Wolska, L. (2020). Micropollutants in treated wastewater. *Ambio*, 49(2), 487-503.
- Schröder, P., Helmreich, B., Škrbić, B., Carballa, M., Papa, M., Pastore, C., ... & Mascolo, G. (2016). Status of hormones and painkillers in wastewater effluents across several European states—considerations for the EU watch list concerning estradiols and diclofenac. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(13), 12835-12866.
- Soffritti, M., Belpoggi, F., Degli Esposti, D., & Lambertini, L. (2005). Aspartame induces lymphomas and leukaemias in rats. L'aspartame induce linfomi e leucemie nei ratti. *Eur. J. Oncol*, 10(2), 107-116.
- Šrot, M. (2013). Problematika léků v povrchových a podzemních vodách.
- www.sukl.cz