

ZNEČIŠTĚNÍ V AKVATICKÝCH EKOSYSTÉMECH

Klára Hilscherová

RECETOX

Přírodovědecká fakulta

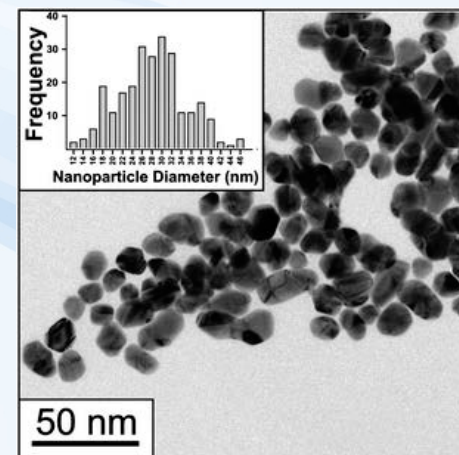
Masarykova universita, Brno

hilscherova@recetox.muni.cz



Znečištění - z celé řady lidských činností

- **Chemické látky** z průmyslu, zemědělství a služeb/domácností – možné poškození fyziologických funkcí akvatických organismů, endokrinní disrupce, lokální vymizení populací/druhů
- **Nanočástice** – antibakteriální účinky, koncentrace částic v organismu, bioakumulace, transport přidružených látek přes membrány, oxidativní stres
- **Mikro- a makroplasty** – často zaměněny za potravu, znemožňují/znesnadňují příjem skutečné potravu, uvolňují toxické látky do vod
- Splachy hnojiv s obsahem dusíku a fosforu – **eutrofizace**, masové rozvoje sinic



Znečištění toxickými látkami

Těžké kovy

- cca 40 prvků, specifická hmotnost vyšší než 5 g/m³: Hg, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu
- Stopové prvky – nezbytné pro organismy
- Součást přirozeného pozadí (liší podle místních podmínek).
- Vyšší koncentrace – toxické působení
- Zdroje: těžba a zpracování rud a uhlí, spalování fosilních paliv, průmysl, pesticidy

Kapitola 8. TOXICKÉ KOVY v ZÁKLADY VODNÍ EKOTOXIKOLOGIE (samostudium)

Ropné látky a uhlovodíky

Pesticidy a biocidy

Kapitola 7. TOXICKÉ POLUTANTY VE VODNÍCH EKOSYSTÉMECH v ZÁKLADY VODNÍ EKOTOXIKOLOGIE (samostudium)

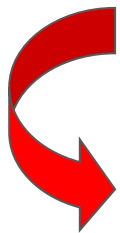


PBTs (Persistentní, bioakumulativní, toxické)

skupina organických sloučenin, jejichž dominantními fyzikálně-chemickými a environmentálně-chemickými vlastnostmi jsou:

1. odolnost vůči různým degradačním procesům
2. malá rozpustnost ve vodě
3. lipofilní charakter a z toho plynoucí výrazná tendence k bioakumulaci
4. polotěkavost umožňující globální atmosférický transport

Persistentní organické polutanty (POPs) - hydrofobní, lipofilní, akumulace v sedimentech, bioakumulace, biomagnifikace



chlorované pesticidy

polychlorované bifenyly (PCBs)

polychlorované dibenzodioxiny
a dibenzofurany

polycyklické aromatické uhlovodíky

**Kapitola 7. TOXICKÉ POLUTANTY VE VODNÍCH
EKOSYSTÉMECH v ZÁKLADY VODNÍ
EKOTOXIKOLOGIE (samostudium)**



NOVĚ DETEKOVANÉ (EMERGENTNÍ) POLUTANTY V AKVATICKÝCH EKOSYSTÉMECH

- Nově detekované (emergentní) neznamena, že jsou to nové chemické látky
 - Jsou uvolňovány do prostředí po dobu svého používání
 - Zahrnuje řadu skupin/typů polutantů rozšířených v různých typech vodních ekosystémů
 - Čistírny odpadních vod je často nedokáží zcela odstranit – zbytkové znečištění
 - Nemáme žádné nebo jen omezené informace ohledně jejich osudu v prostředí a toxických vlastností
- ↳ regulované polutanty představují jen velmi malou frakci z velkého množství chemických stresorů, kterým jsou vodní organismy běžně a kontinuálně vystaveny



Velmi široké spektrum znečišťujících látek a materiálů

Farmaceutické přípravky a látky používané pro osobní potřebu (PPCPs)



Detergenty a surfaktanty

Látky z kosmetických přípravků

Látky z čistících prostředků

Látky z desinfekčních prostředků



Látky z plastů

Zpomalovače hoření

Pesticidy a repelentní látky

Perfluorované látky

Nanomateriály



Makroplasty, Mikroplasty

Sinicové toxiny

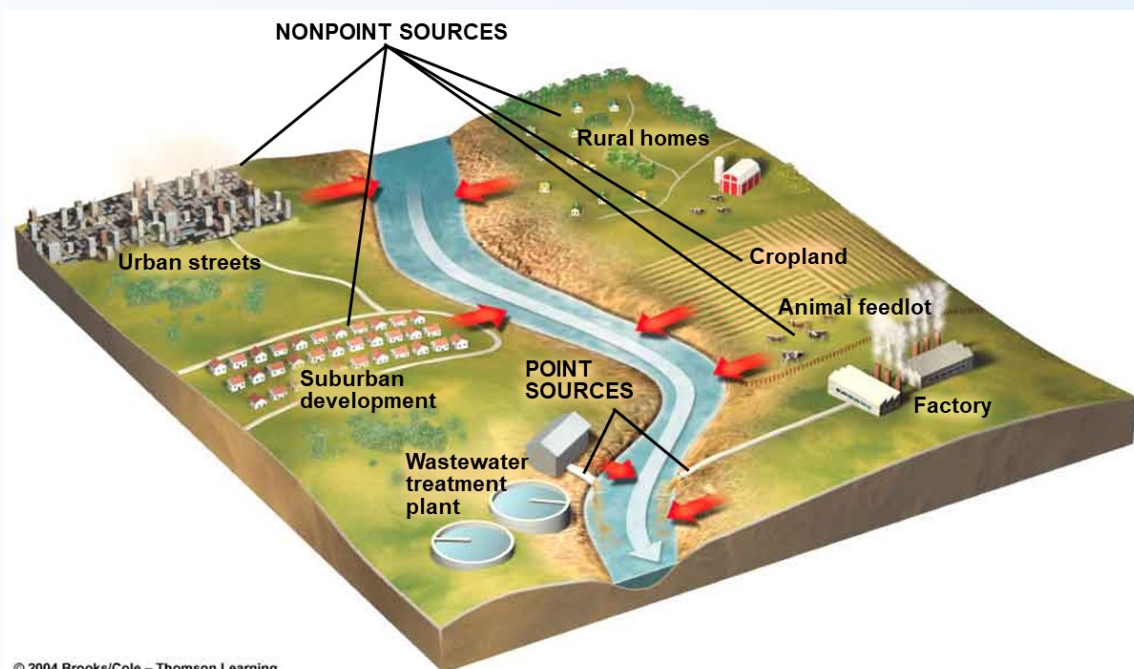
Kapitola 10. NOVÉ TYPY POLUTANTŮ, ENDOKRINNÍ DISRUPTORY, FARMAKA v ZÁKLADY VODNÍ EKOTOXIKOLOGIE (samostudium)



Expozice vodních organismů



- ↪ častým zdrojem odpadní vody, výpustě ČOV, čistírenský kal
 - zbytkové znečištění (míra odstranění záleží na konkrétní látce a čistírenské technologii) – komunální odpadní vody, papírny, farmaceutická výroba, průmysl
- ↪ splachy z urbanizovaných oblastí, dopravy, těžby
- ↪ splachy a odpadní vody ze zemědělství – farmy živočišné výroby, aplikace pesticidů, aplikace hnoje s obsahem látek z živočišné výroby na zemědělskou půdu, z pěstování, procesování a skladování plodin

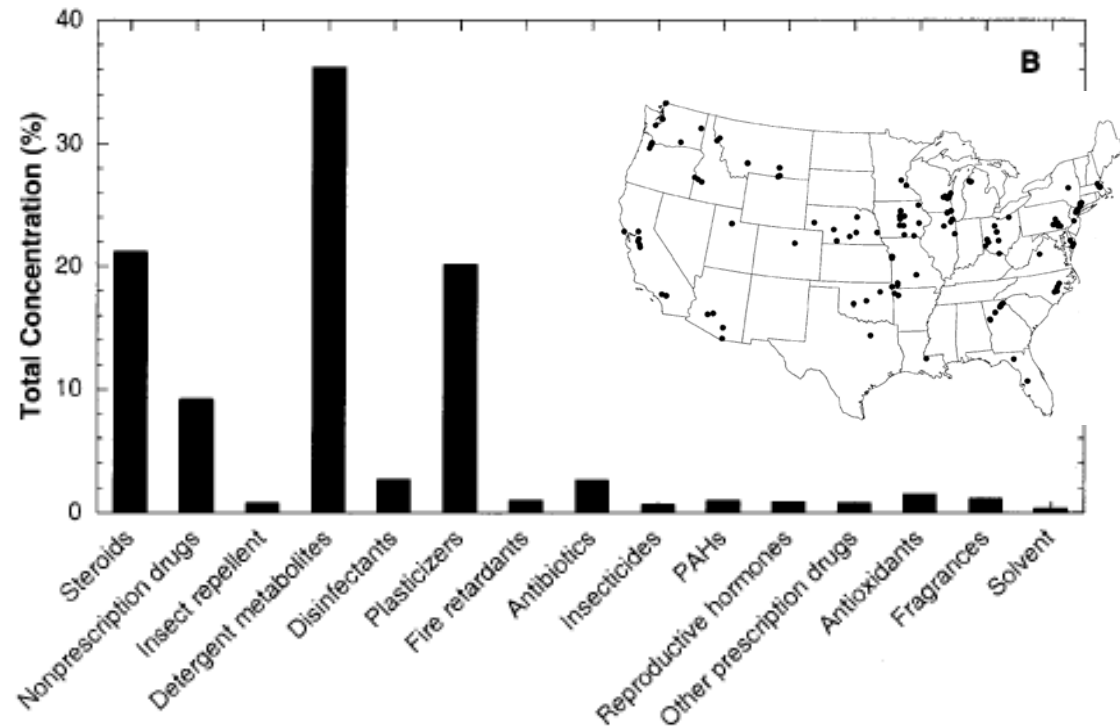
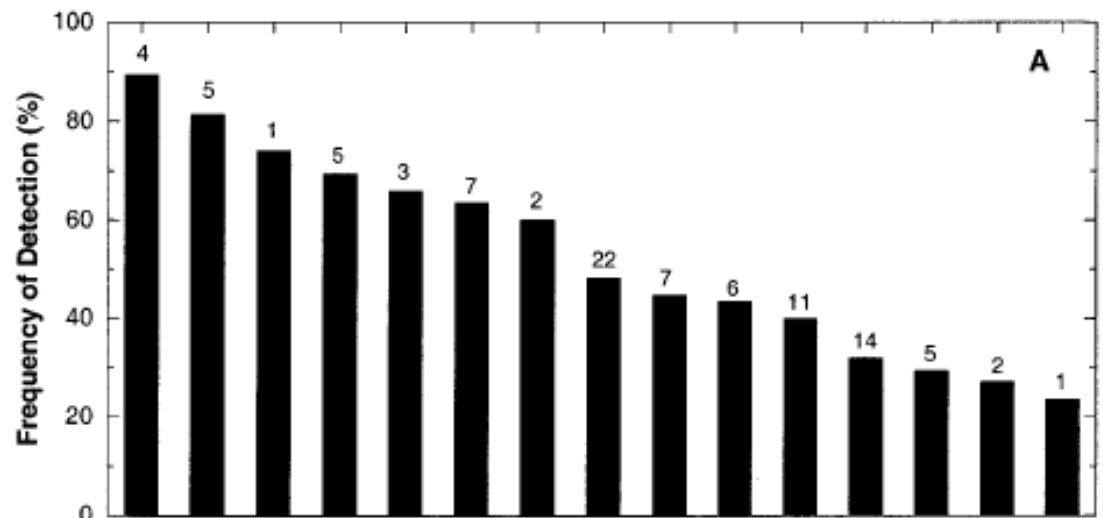


Směsi polutantů v povrchových vodách

Frekvence detekce
kontaminantů rozdělených
dle použití (A)

a jejich procentuální podíl
na celkové naměřené
koncentraci (B).

- 139 lokalit ve 30 státech USA (urbanizace, chov hospodářských zvířat)
- detekováno 82 z 95 stanovovaných kontaminantů (farmaka, hormony a další látky znečišťující vodní prostředí)



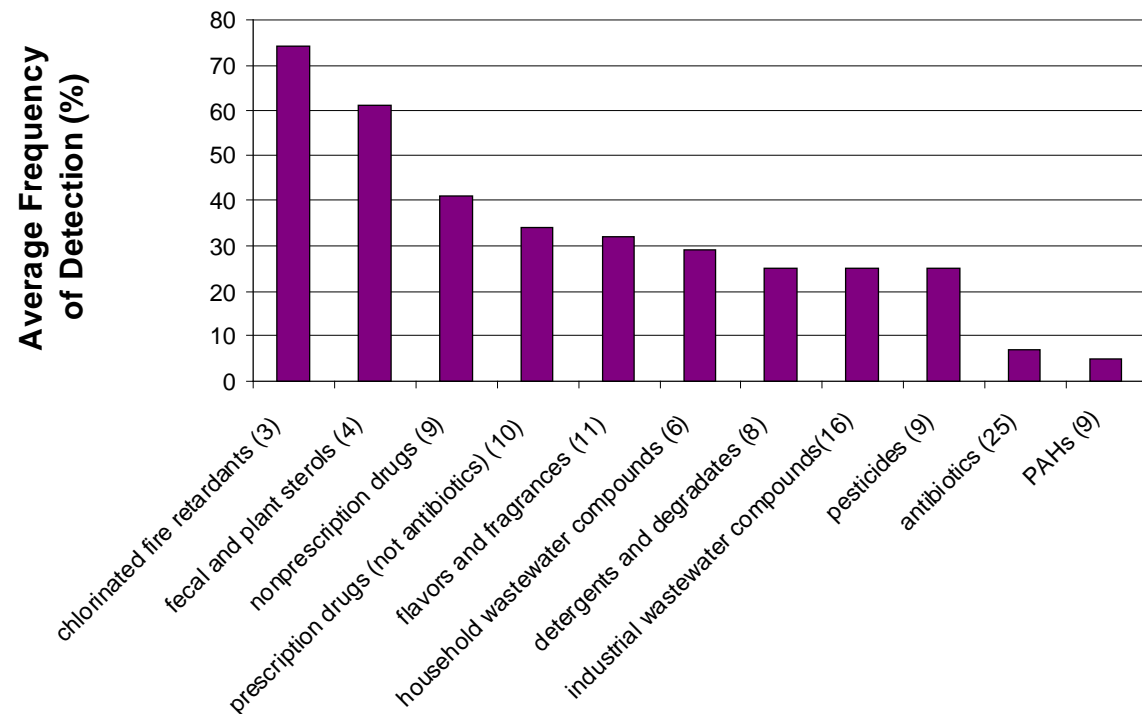
- nejčastěji detekované látky: koprostanol (fekální steroid), cholesterol (rostlinný a živočišný steroid), N,N-diethyltoluamid (repelent proti hmyzu), kofein (stimulant), triclosan (antimikrobiální dezinfekční prostředek), tri(2-chlorethyl)fosfát (retardanty hoření), 4-nonylfenol (metabolit detergentu)

Směsi polutantů v povrchových a odpadních vodách

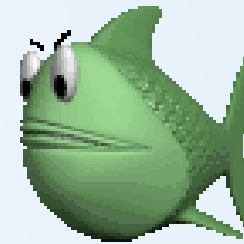
Závěry studie:

- farmaka a další chemikálie z odpadních vod projdou přes ČOV, míra jejich odstranění závisí na čistírenské technologii
- nedostatečné čištění zvyšuje přítomnost látek v prostředí
- koncentrace nad ČOV jsou většinou nízké – tzn. tyto látky nejsou běžně rozšířené
- koncentrace pod ČOV klesají se vzdáleností – ale s různou rychlostí pro různé látky

Frekvence detekce skupin látek klasifikovaných podle použití



Expozice vodních organismů



- ↳ expozice ve vodním prostředí – jakákoli chemikálie, která se dostane do vodního prostředí z odpadních vod nebo splachů, může vést k dlouhodobé trvající multigenerační expozici akvatických organismů
- ↳ látky, které kontinuálně vstupují do vodního prostředí, se v podstatě stávají „persistentními“ polutanty i pokud jsou jejich poločasy života relativně krátké – jejich zásoba je kontinuálně doplňována → **pseudo-persistentní** látky

Expozice mnoha xenobiotikům ve stopových množstvích pod známou hladinou účinku (NOEC)

Potenciální ekotoxikologická významnost

- Potenciální aditivní účinky řady látek působících stejným mechanismem. Kombinací koncentrací individuálních látek je překročena hladina pro účinek.
- Možné interakce působení, kde kombinovaný účinek překračuje sumu účinků individuálních látek.
- **rozdílná citlivost organismů**
- **toxickou látkou indukovaná ztráta tolerance**
- **nedostatek znalostí o toxických účincích ultra-stopových koncentrací**



Účinky na úrovni jedince a populace

při překročení detoxikační obranyschopnosti organismů

- biochemické změny - např. aktivita cholinesterázy (např. vliv organofosfát.insekticidů)
- fyziologické změny (např. spotřeba kyslíku u *Chironomus*)
- morfologické deformity (pakomáři)
- změny v chování (zvýšená pohybová nebo driftová aktivita)
- změny v životních cyklech (přežití, růst, mortalita, rozmnožování, vývoj a emergence)
- kumulace polutantů (viz sentinelové organismy)
- organické znečištění - snížení obsahu dostupného kyslíku (dušení,)
- zvýšená turbidita vody - redukce dostupného světla pro fotosyntetizující organismy

Narušení přenosu energie

Genotoxicita

Karcinogenita

Neurotoxicita

Endokrinní disrupce

Mortalita

Reprodukční neúspěšnost

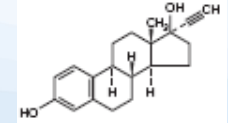
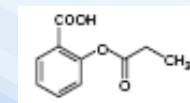
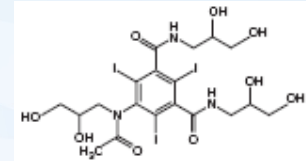
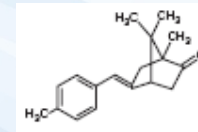
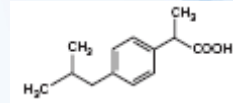
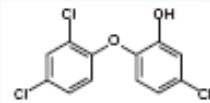
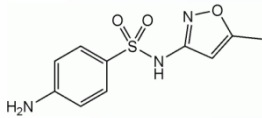
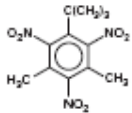


Farmaceutické přípravky a látky používané pro osobní potřebu (PPCPs)

↪ látky používané pro osobní zdraví nebo kosmetické účely a látky používané v zemědělství pro zlepšení růstu a zdraví hospodářských zvířat

↪ tisíce různých chemických látek

↪ mnoho z nich má **vysokou biologickou aktivitu**



➤ humánní a veterinární léčiva

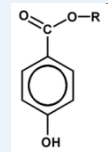
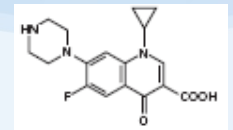
➤ diagnostické látky (např. kontrastní látky pro vyšetření)

➤ potravinové doplňky (např. vitamíny)

➤ chemikálie z přípravků osobní spotřeby jako voňavky (např. musky)

➤ látky do opalovacích krémů (např. 4-methylbenzyliden kafr, oktokrylen)

➤ “inertní” ingredience používané ve výrobě PPCPs (např. parabeny)



- často velmi hydrofilní
- často nese snadno rozložitelné
 - ➔ látky environmentálně zajímavé, potenciálně nebezpečné

Zdroje PPCPs v prostředí



- ↪ emise z výroby, přepravy, skladování (minimální)
- ↪ lidská aktivita (koupání, holení, plavání aj.)
- ↪ exkrece po aplikaci léčiv u lidí a zvířat (vylučování močí a výkaly)
- ↪ používání veterinárních léčiv (především antibiotika a steroidy)
- ↪ zemědělství

- ❖ **chov zvířat** (léčba, prevence, zkvalitňování produktů)
 - ❖ odtoky z chovů, z hnojišť a z polí hnojených mrvou, z továren na zpracování masa (antibiotika i rezist. bakterie)
- ❖ **akvakultury** (hl. intenzivní chovy ryb)
 - ❖ přímá aplikace antibiotik do vody, často nadměrná
- ❖ **pěstování rostlin** (proti bakteriálním infekcím ovoce)



- ↪ rezidua z nemocnic
- ↪ nezákonné drogy
- ↪ zvýšené užívání se stárnutím populace
- ↪ problém – nadužívání léčiv
- ↪ nesprávná likvidace léčiv



Ty červené jsou na nemoc, ty modré potlačují vedlejší účinky těch červených a ty zelené potlačují vedlejší účinky těch modrých



Účinky PPCPs v životním prostředí

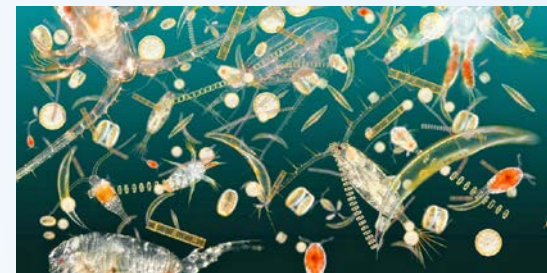
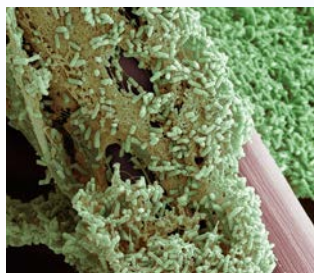
- **Farmaka jsou designována tak, aby měla určitou biologickou aktivitu.**
- Je známo velmi málo o účincích léčiv ve vodním prostředí.
- nedostatek znalostí o účincích léků na necílové receptory (organismy) – biochemické mechanismy studovány zejména pro terapeutický účinek
- působení farmak prostřednictvím buněčných receptorů již při nízkých koncentracích → nepříznivé účinky při interakci s necílovými receptory
- v ekotoxikologii stanovovány především akutní efekty PPCPs
- výskyt PPCPs v prostředí v nízkých koncentracích → mírné efekty → akumulace mírných efektů → výrazné efekty
 - účinky proti bakteriím, houbám, vyšším organismům
 - vliv na signální dráhy endogenních látek, inhibice enzymů
 - endokrinní disrupce
 - teratogenní, karcinogenní a embryotoxické účinky
 - ovlivnění chování
- dvě skupiny farmak, kterým byla věnována největší pozornost, jsou antibiotika (možný vývoj rezistence) a steroidní hormony (ED)
- pro množství ostatních skupin farmak a PCPs se ví velmi málo o jejich potenciálu negativního působení



ANTIBIOTIKA A ANTIBIOTICKÁ REZISTENCE VE VODNÍM PROSTŘEDÍ



- ❖ **nové typy polutantů** (*emerging pollutants, EPs*):
 - ❖ antibiotika
 - ❖ **bakterie rezistentní k antibiotikům**
 - ❖ **geny pro antibiotickou rezistenci**
- ❖ antibiotika – **ovlivnění vodních organismů** – zpětně pak terestrických, včetně lidí
 - ❖ přímo (akutní či chronická toxicita)
 - ❖ nepřímo (změny v druhovém složení společenstev, v koloběhu látek, potravní dostupnosti apod.)
- ❖ rezistentní bakterie se ve vodách vyskytují z důvodu:
 - ❖ vstupu antibiotik (vznik rezistence až ve vodě)
 - ❖ **vstupu rezistentních bakterií a genů** (vzniklých už při léčbě) – významnější zdroj
- ❖ vodní prostředí = rezervoár genů pro antibiotickou rezistenci (přenos z patogenních na volně žijící organismy) - **možnost přenosu genů pro antibiotickou rezistenci na patogeny**
– vliv na člověka – rybolov, odběr pitné vody, kontakt s vodou při rekreaci



OSUD A EFEKT: CO SE S NIMI STANE A CO MOHOU ZPŮSOBIT?

- ❖ **částečná eliminace** – nebiotickými procesy (sorpce, hydrolýza, termolýza, fotolýza), biotickými procesy (biodegradace)
- ❖ **efekt** zbylých antibiotik a rezistentních bakterií **v prostředí:**



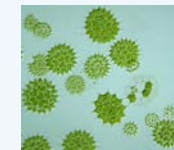
❖ odpadní vody a ČOV

- ❖ antibiotika: inhibice bakterií v aktivovaném kalu (ovlivnění procesů čištění vody)
- ❖ vhodné prostředí pro šíření genů podmiňujících antibiotickou rezistenci
- ❖ odbourání části látek a bakterií

❖ povrchové vody

- ❖ antibiotika: inhibice bakterií (a rozkladných procesů)
- ❖ inhibice procesů u řas, sinic a vyšších rostlin (problém - základ potravního řetězce)
- ❖ zelené řasy a vodní rostliny – snížení růstu, délky kořene, snížení suché hmotnosti
- ❖ toxické vlivy na živočichy – snížená míra přežívání larev *Daphnia magna*, *Artemia salina*, změna chování u *Daphnia magna*, vodní hmyz - poruchy reprodukce, malformace plodu, poruchy trávení a pokles příjmu potravin, změny koloběhu živin
- ❖ u ryb nepotvrzen přímý vliv (ale možné **snížení dostupnosti potravy**)

Test substance	EC ₅₀ (mg l ⁻¹)		
	<i>Daphnia</i>	<i>Desmodormus</i>	<i>Lemna</i>
Clofibric acid	72	115	125
Carbamazepine	> 100	74	25.5
Ibuprofen-Na	108	315	22
Diclofenac-Na	68	72	7.5
Naproxen-Na	174	> 320	24.2
Cytoprid	> 100	168	25
Melbinolol	64	> 320	110
Propranolol	7.5	5.8	114
Metoprolol	> 100	7.3	> 320



Endokrinní disrupce (ED)

narušení hormonální rovnováhy organismů s potenciálními negativními následky pro celkovou homeostázu, reprodukční, vývojové a behaviorálních funkce

Endokrinní disruptory = antropogenní i přírodní látky, které přímo nebo nepřímo ovlivňují hormonální systém a následně poškozují zdraví jedince, jeho potomstva či dalších generací

Endokrinní systém (ES)

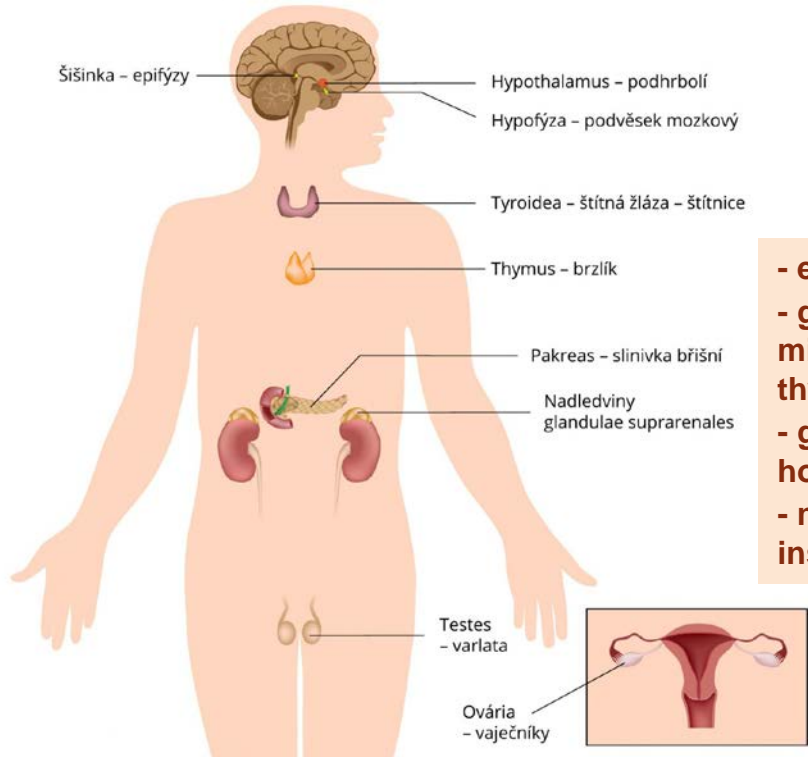
převádí širokou škálu vnějších podnětů na chemické signály – hormony – regulují řadu důležitých fyziologických procesů

Endokrinní Funkce

- Udržování vnitřní homeostázy
- Podpora růstu buněk
- Koordinace vývoje, reprodukce
- Kontrola metabolismu
- Interakce s nervovým systémem
- Zprostředkování odpovědi na vnější impulsy

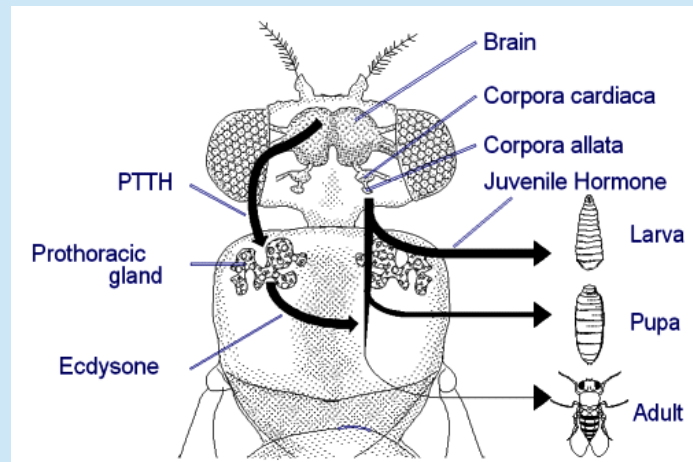


Endokrinní systém – systém žláz s vnitřní sekrecí



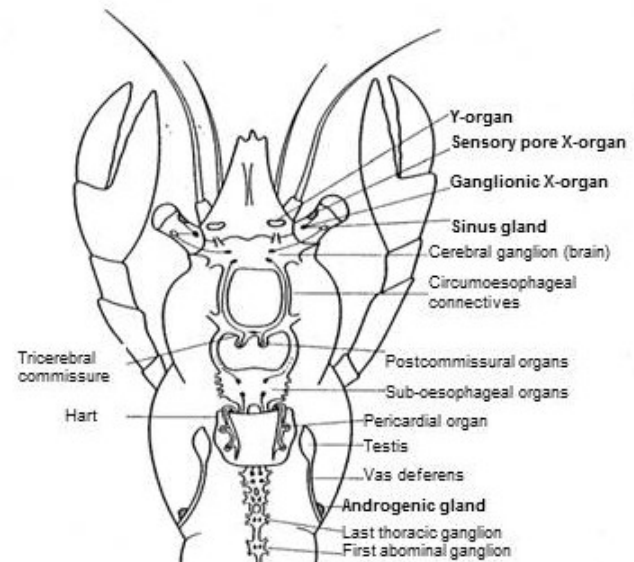
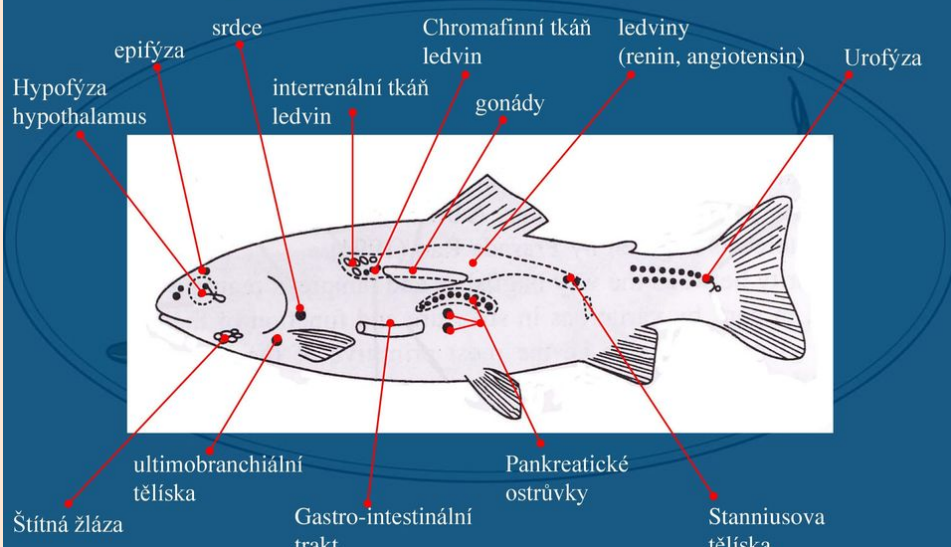
Hormonální regulace biologických procesů = společná charakteristika živočišného kmene – projevy ED u obratlovců i bezobratlých

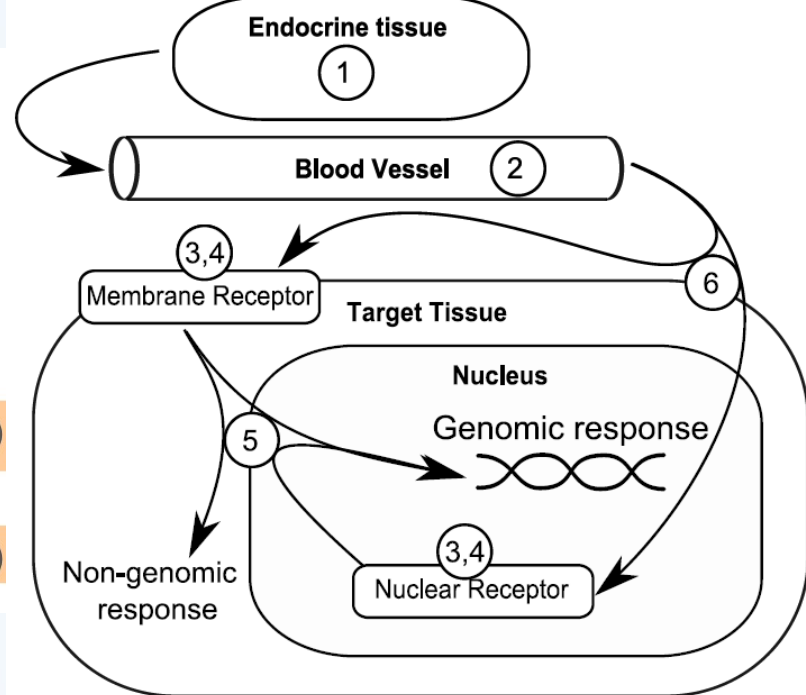
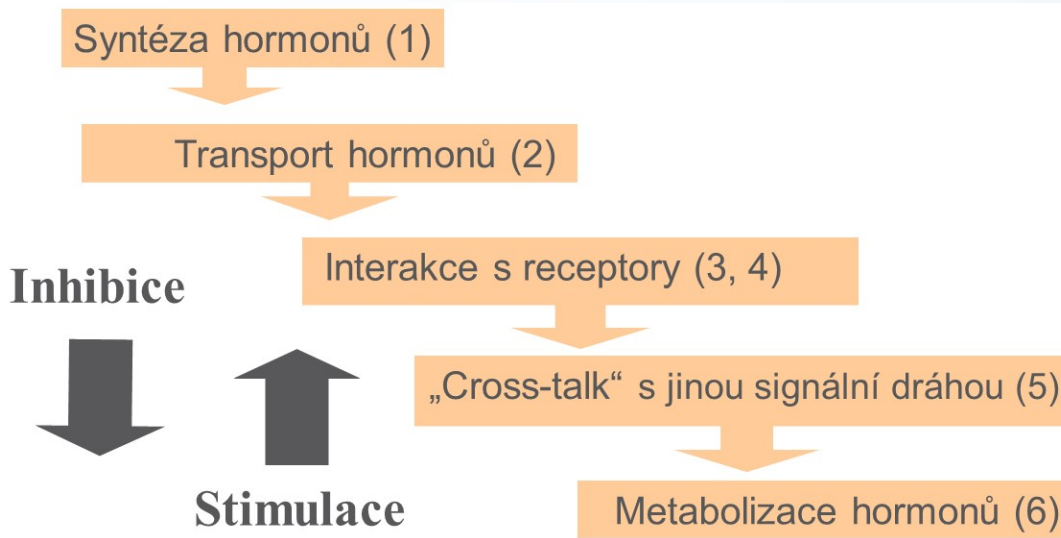
- estradiol, testosteron
- glukokortikoidy, mineralokortikoidy, thyroidy
- gonadotropin, růstový hormon
- melatonin, calcitonin, insulin ...



- neuropeptidy
- ekdysteroidy, juvenilní hormony
- pohlavní steroidy (androgen, estradiol, progesteron)

Endokrinní žlázy ryb - schema





Interakce s jadernými receptory – důležité mechanismy endokrinní disrupce

Anti/estrogenita

- Estrogenní receptor (ER)
- vývoj pohlaví, řízení reprodukce, karcinogeneze, ovlivňuje buněčnou proliferaci a diferenciaci, vývoj a homeostázu

Anti/androgenita

- Androgenní receptor (AR)
- vývoj pohlaví, zejména samčích pohlavních charakteristik, řízení reprodukce, karcinogeneze, ovlivňuje růst, spermatogenezi

Glukokortikoidní aktivita

- Glukokortikoidní receptor (GR)
- ovlivňuje vývoj, metabolismus, imunitní odpověď, reakci na stres

Anti/retinoidní aktivita

- Receptor kyseliny retinové (RAR)
- reguluje růst, morfogenezi, apoptozu a diferenciaci, ovlivňuje nervový a imunitní systém, vidění a embryonální vývoj

- Další receptory
- Sledování pomocí *in vitro* biotestů



Mechanismy účinku EDCs

EDCs mohou působit

- **přímo**

vazbou na receptory jako:

- **agonisté** – chovají se jako přirozené hormony (např. ethinylestradiol, nonylphenol)
- **antagonisté** – blokování receptorů pro přirozené hormony (např. tamoxifen, PCB 77, p,p'-DDE)

- **nepřímo**

ovlivněním biosyntézy, metabolismu, vylučování a/nebo biodostupnosti přirozených hormonů

Příklad:

- **inhibice aromatázy** – blokování přeměny androgenů na estrogeny



Endokrinní disruptory (EDCs)

- Přírodní i syntetické látky
- Široké spektrum látek, persistentní a „pseudo“- persistentní
- Identifikováno cca 1000 potenciálních EDC

Průmyslové chemikálie a vedlejší produkty
(PCBs, PCDD/Fs, PAHs)

Pesticidy (herbicidy, insecticidy, atraziny, DDT a jeho metabolity ...)

Změkčovače plastů (alkylfenoly, bisfenol A, ftaláty)

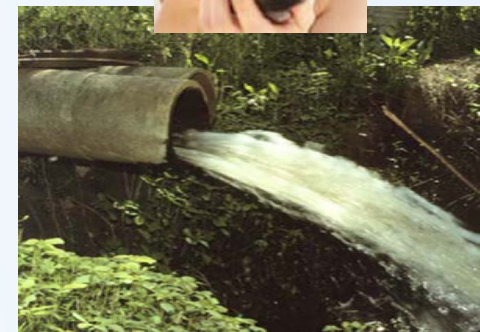
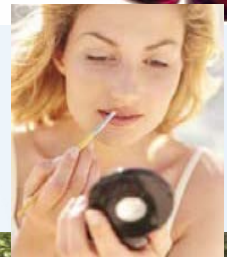
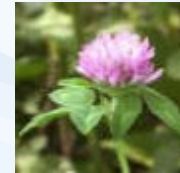
Farmaceutika, syntetické steroidy (antikoncepce,...)

Látky z detergentů, čistících prostředků,
kosmetických přípravků (cyklosiloxany, parabeny, triclosan)

Ochranné barvy (organocíny)

Rostlinné metabolity, fytoestrogeny – z OV z potravinářské výroby, z
přírodních materiálů

Mykoestrogeny – z pěstování, procesování a skladování plodin
kontaminovaných plísní *Fusarium* (kukuřice, obiloviny, seno)



Následky ED ve vodních živočiších

- Snížená plodnost, kvalita a kvantita spermatu
- Snížená líhnivost
- Změněný poměr pohlaví
- Demaskulinizace a feminizace samců
- Defeminizace a maskulinizace samic
- Narušení růstu a vývoje
- Malformace pohlavních orgánů, embryonální malformace
- Snížené přežívání mláďat
- Změna funkce imunitního systému
- Abnormální funkce a vzhled štítné žlázy
- Změny chování
- Poruchy svlékání a růstu
- Vymizení populací



⇒ **vliv na populaci**

⇒ **vliv na ekosystém**



Účinky ED ve volně žijících živočiších

- projevy po expozici i velmi malými dávkami potentních látek
- pravděpodobnější projevy v mláďatech, než v dospělciích
- velký vliv načasování expozice - stupeň vývoje, na kterém byl jedinec exponován
- **Kritická období vývoje** – v případě přesného načasování expozice korespondujícího např. s kritickým obdobím vývoje plodu výrazně jiný účinek (jak kvantitativně tak i kvalitativně) než mnohem vyšší koncentrace v jiném období
- Účinky odlišné během doby života organismu (fetus vs. embryo vs. dospělec)
- Účinky často opožděné
 - ke kompletním projevům nemusí dojít až do dospělosti
- **Opožděné účinky/ Doba latence** - účinky EDs se mohou projevit několik let až několik desítek let po expozici, expozice EDs v období prenatálního a raného postnatálního vývoje má zásadní vliv na zdravotní stav jedince v dospělosti



Endokrinní disrupce u plazů

- Samci aligátorů z jezera Apopka (Florida) demaskulinizováni
- p,p'- DDE – silný antagonist androgenních receptorů
- DDT – induktor cyt. P450 – vliv na metabolismus steroidních hormonů
- Výrazně zmenšené sekundární pohlavní znaky (1/3 až 1/2) proti normálním zdravým samcům
- Nízké hladiny testosteronu i estrogenu, ale více estrogenu
- Vylíhlá mláďata byla buďto samice s normálními vaječníky nebo samci s intersexem (žádní normální samci) a byla u nich zvýšená mortalita
- Byla snížena líhnivost v populaci

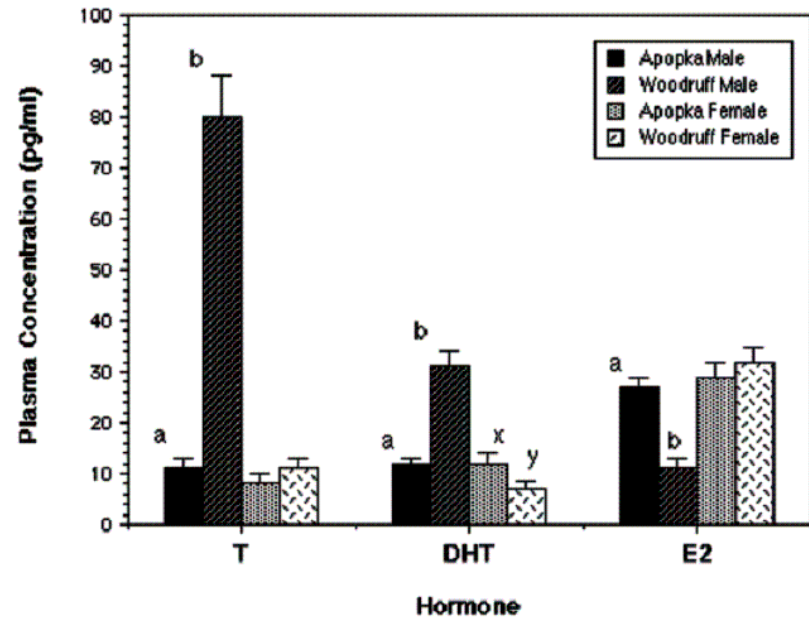
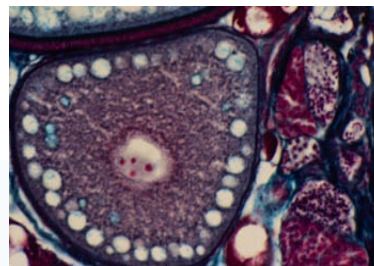


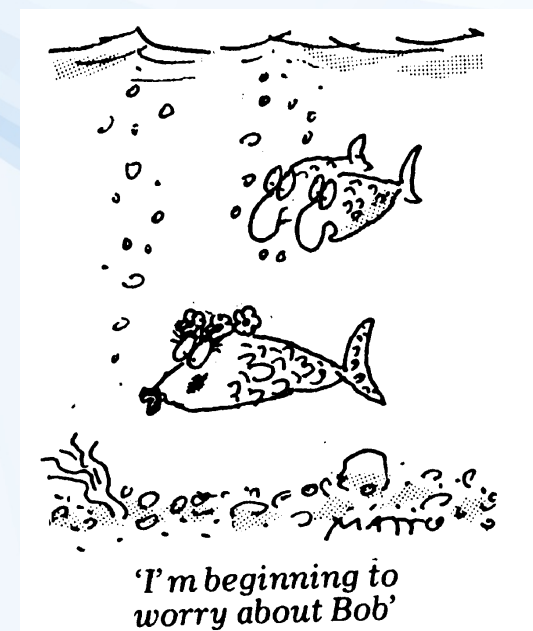
Fig. 2 Plasma concentration of three hormones, testosterone (T), dehydrotestosterone (DHT) and estradiol-17 β (E2) in juvenile alligators from two Florida lakes, Lake Apopka and Lake Woodruff. Within a sex, differing superscripts indicate a significant difference. If no superscript is present, no significant difference was observed. [Data from refs. 11,19.]

Guillette et al. *Gen. Comp. Endocrinol.* 116, 356–372 (1999).



Endokrinní disrupce v populacích ryb

- V závislosti na látce:
 - Feminizace samců
 - Maskulinizace samic
- Intersex
- Změněný poměr pohlaví
- Snížená plodnost, kvalita a kvantita spermatu
- Vymizení populací - jezerní pstruh v jezeře Ontario

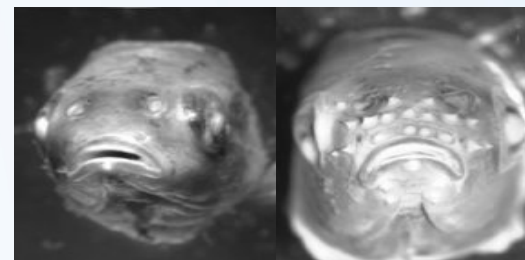


Feminizace samců ryb (ovotestes)

- v povrchových vodách znečištěných odpadními vodami v severní Americe a v Evropě

Maskulinizace samic ryb

- pod výpustěmi z papíren
- v tocích pod farmami živočišné výroby



Důvod intersexuality v rybách?

- Samci ryb jsou 'feminizováni' estrogeními látkami.
- Mnoho látek s **estrogenní aktivitou** je přítomno ve výpustích ČOV a tak uvolňováno do řek.

• Steroidní estrogeny, jak přírodní (např. estradiol, estrone) tak syntetické (např. ethynylestradiol) jsou pravděpodobně základní příčinou.

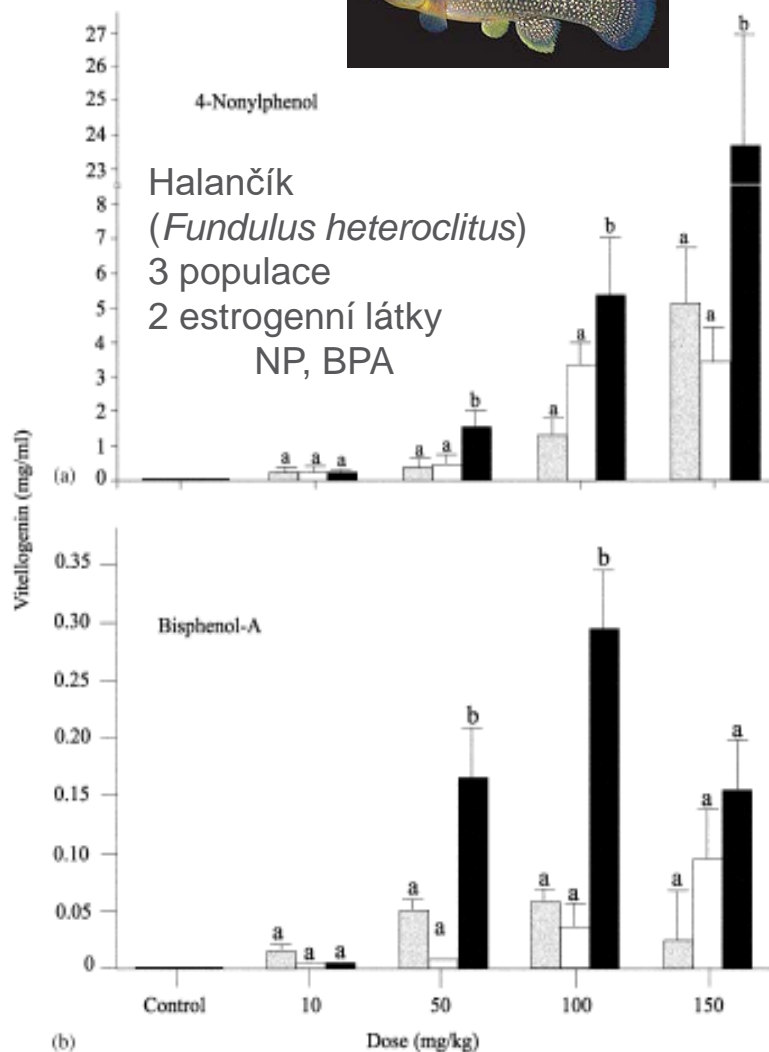
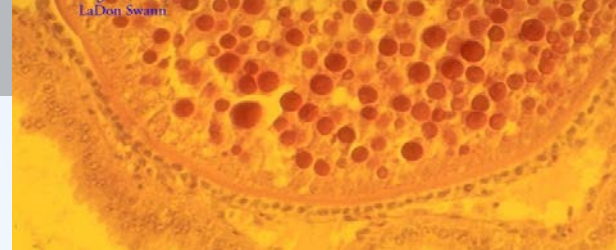
(Xeno)androgeny – papírny, pravděpodobně fytosteroly; nátěry lodí,

– maskulinizace ryb u dobytčích farem, růstový promotor 17 β -trenbolon

– v odpadních vodách vyšší konc. než estrogeny (vylučovány hl. obratlovci)

Antiandrogeny – hlavně v odpadních vodách, chlorované pesticidy (DDE), lindan, fungicidy („vinclozolin“), herbicidy (linuron, diuron), některé ftaláty

– pravděpodobně částečný podíl na feminizaci ryb pod ČOV



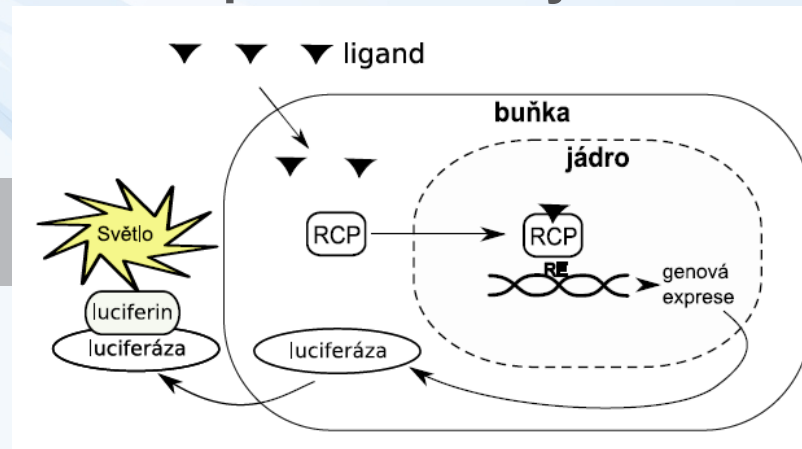
Hodnocení zatížení prostředí EDCs

- Sledování koncentrací jednotlivých chemických látek
- Sledování celkového potenciálu směsi látek působit určitým důležitým mechanismem ED
- Komplementární přístupy

Estrogenní potenciál látek a směsí

- Jednotlivé polutanty se liší svým estrogenním potenciálem (silou účinku).
- Lze ho vyjádřit pomocí EEF – estradiol ekvivalentní faktor
⇒ Ten se stanovuje většinou pomocí standardních *in vitro* testů (E-SCREEN, kvasinkový test...)

- Klíčový faktor vlivu xenoestrogenů na organismy!



17β-Estradiol	1
Ethynyl-estradiol	1.2
Estrone	1.6x10 ⁻²
Estriol	1.0
Genistin	2.6x10 ⁻⁴
Diadzein	1.3x10 ⁻⁴
o,p'-DDT	9.1x10 ⁻⁶
Dieldrin	2.4x10 ⁻⁷
4-nonylphenol (NP)	2.3x10 ⁻⁵
4-octylphenol (OP)	1.4x10 ⁻⁶
bisphenol A	7.8x10 ⁻⁶
diethylphthalate	3.2x10 ⁻⁸



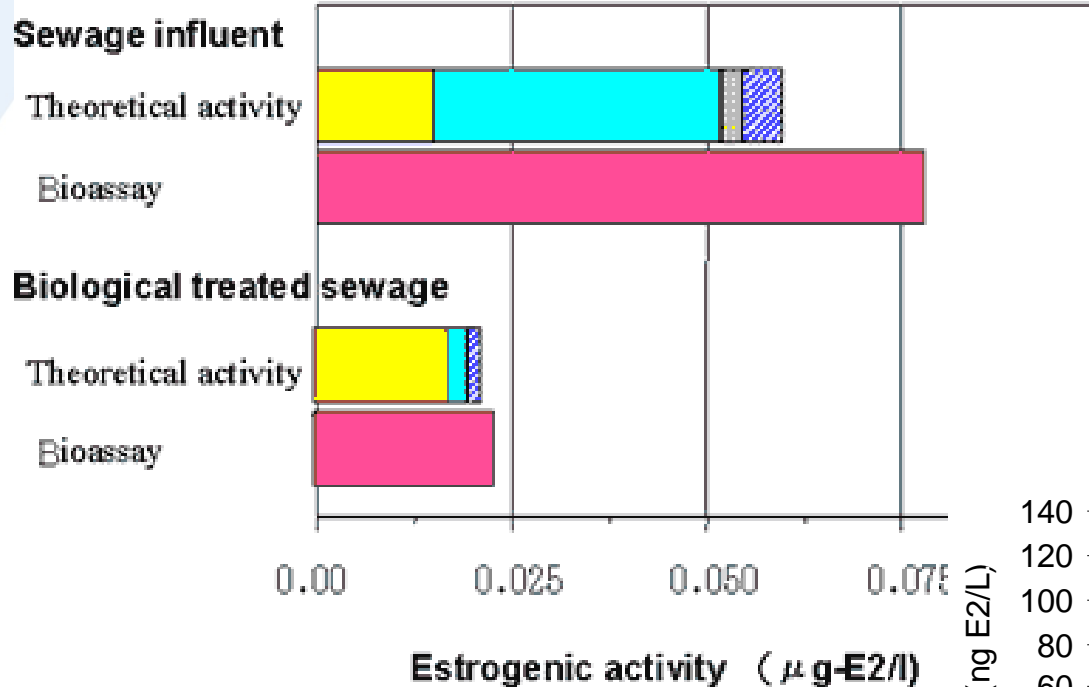
Estrogenní aktivita v ČOV

LC/MS/MS : ■ Estrone ■ 17β-Estradiol ■ Estriol
 GC/MS : ■ Nonylphenol ■ Bisphenol A
 Bioassay : ■ Estrogenic activity

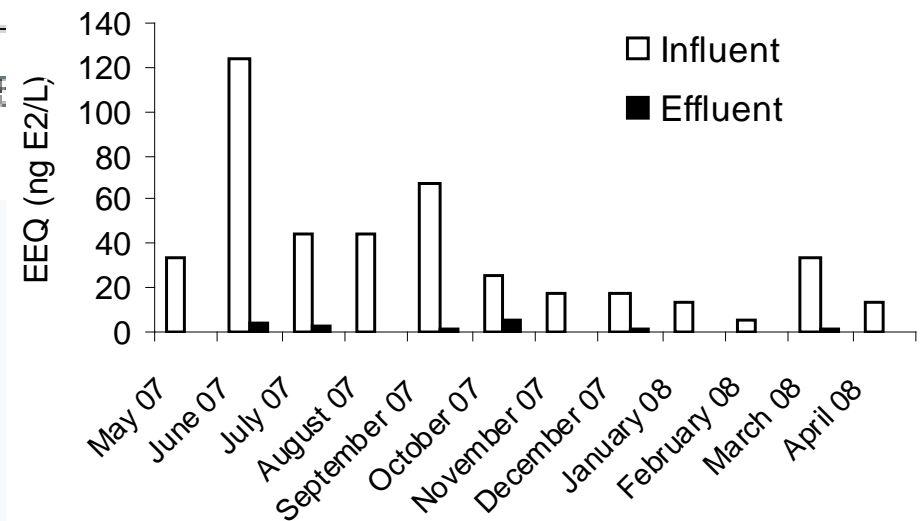
Estrogenní - Přítok
od 5 do 147 ng /l EEQ

Odtok
od 0,1 do 4 ng/l EEQ

Účinnost odstranění
81 - >99 %
(průměrně 96 %)



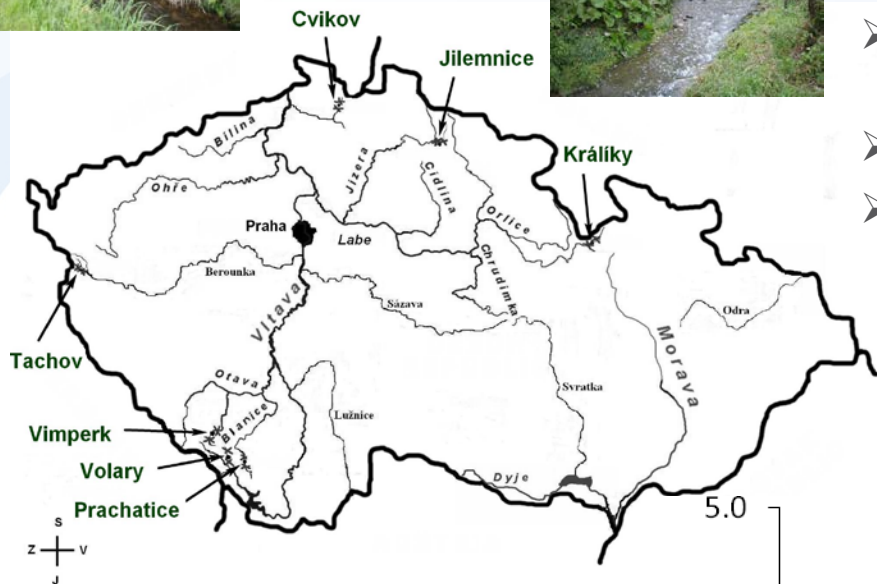
Odbourávání estrogenní aktivity v ČOV Brno



Hodnocení vlivu čistíren odpadních vod a malých sídel na kvalitu vody na horních tocích řek



- Říční voda nad a pod ČOV (obce 4000 až 13000 obyvatel)
- Menší vodní toky nezatížené dalšími většími zdroji znečištění
- První významnější zdroje na horních tocích
- malé toky – menší míra naředění vypouštěné vody

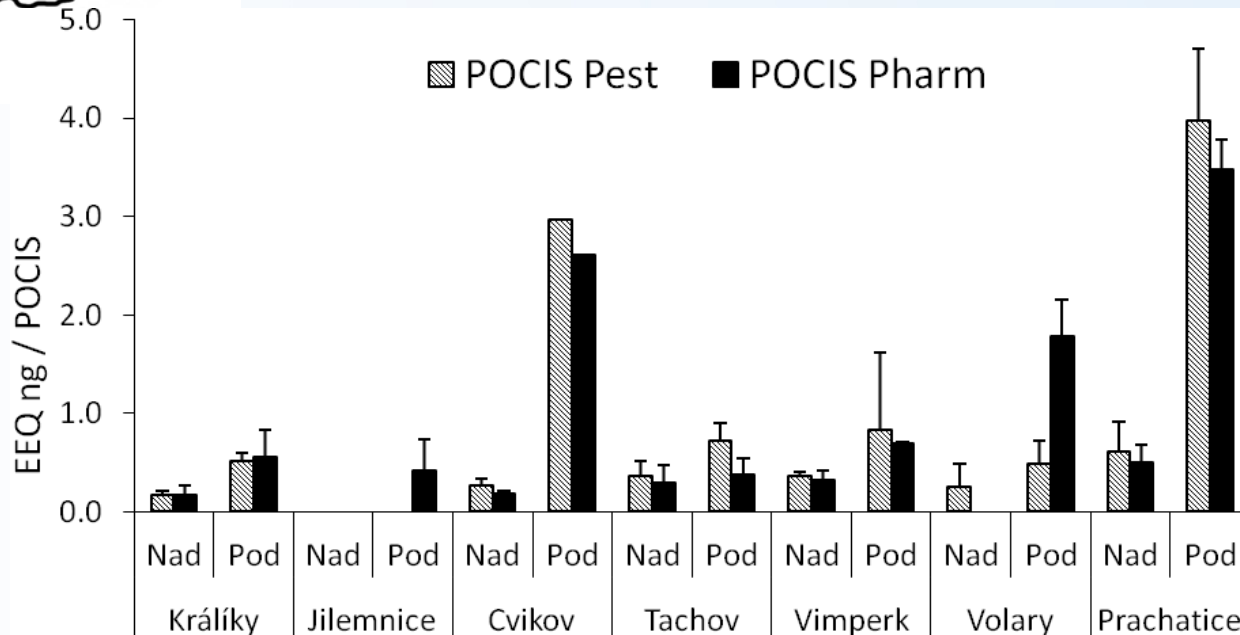


Pasivní vzorkovače POCIS

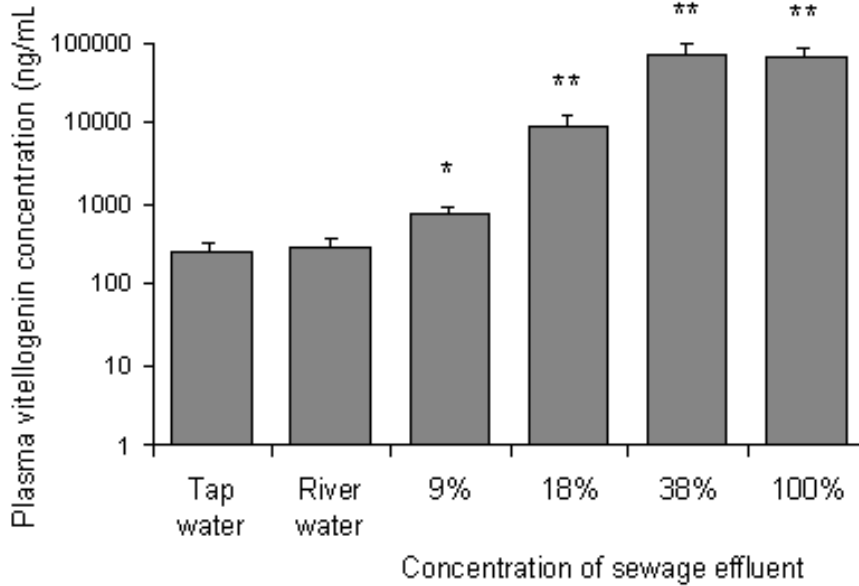
- Dlouhodobé vzorkování rozpuštěných látek (16–23 dní)

Estrogenita:

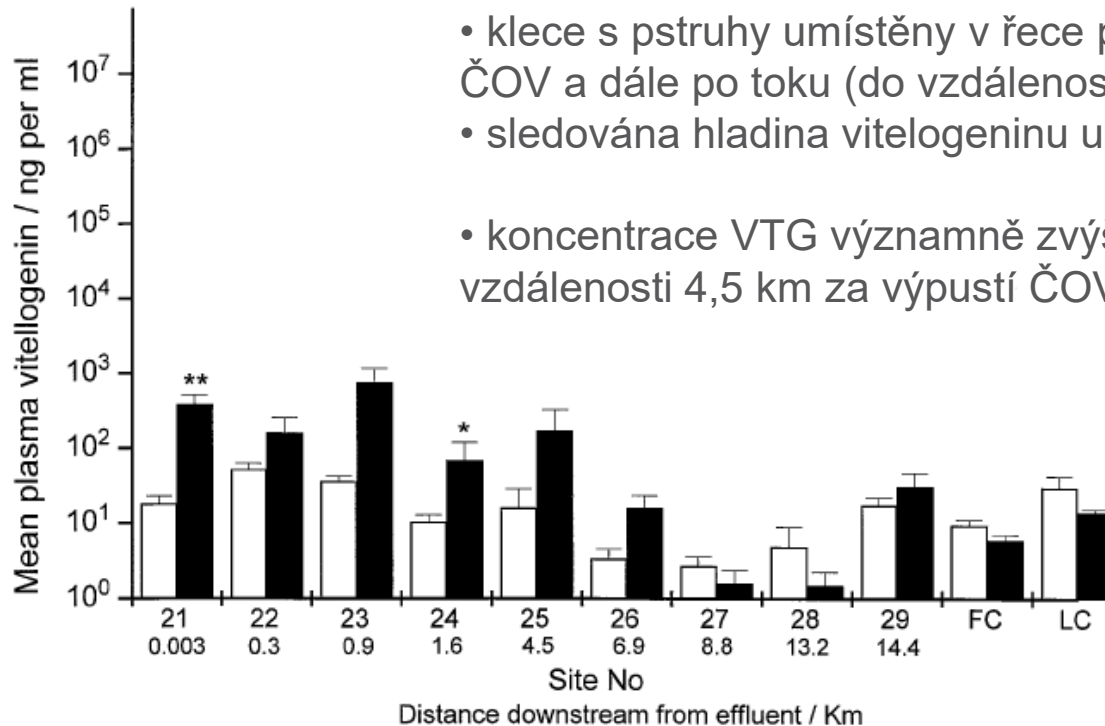
- Nad obcemi okolo 0.2 ng/l EEQ
- 1.3 – 14krát vyšší pod obcemi
- Maximální hodnoty okolo 2 ng/l EEQ



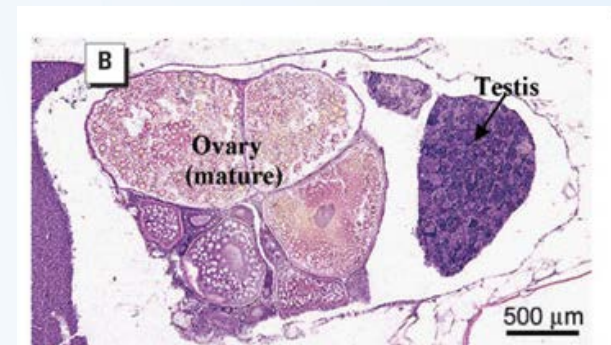
ČOV a endokrinní disrupce



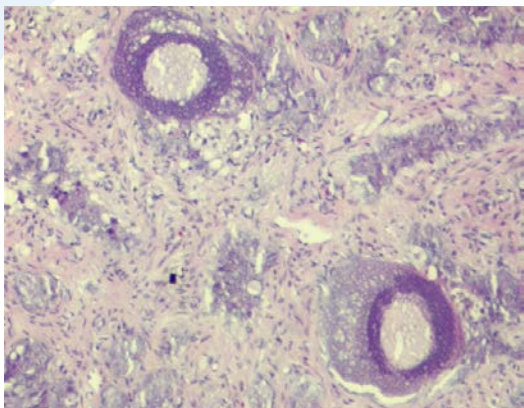
- Řada důkazů ED a narušení reprodukce
- v rybách v tocích pod výpustěmi ČOV:
 - Poměr pohlaví: velká převaha samic
 - Intersex: zvýšený výskyt
 - Neobvyklý vývoj ovárií
 - Zvýšené hladiny vitelogeninu (proteinu vaječného žloutku) v dospívajících samcích



- klece s pstruhy umístěny v řece pod výpustí ČOV a dále po toku (do vzdálenosti 14 km)
- sledována hladina vitelogeninu u samců
- koncentrace VTG významně zvýšena ještě ve vzdálenosti 4,5 km za výpustí ČOV

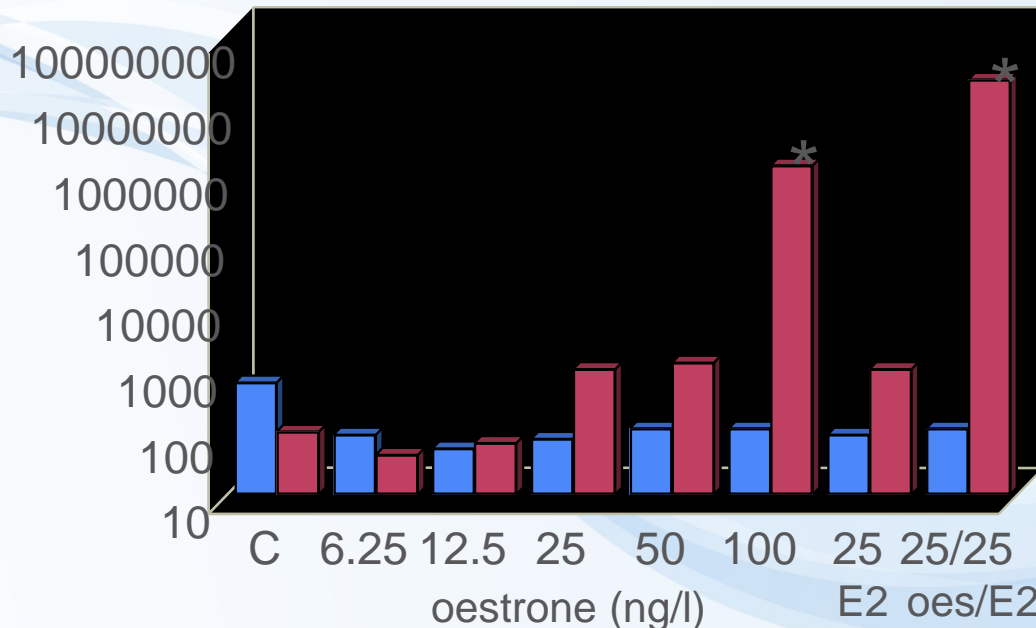


- Prvně identifikovány díky současnému výskytu samčích a samičích pohlavních buněk v gonádách – intersex u ryb v UK



- *Exponovaní samci pstruha*
- *Měření VTG (ng/ml)*

VTG (ng/ml)

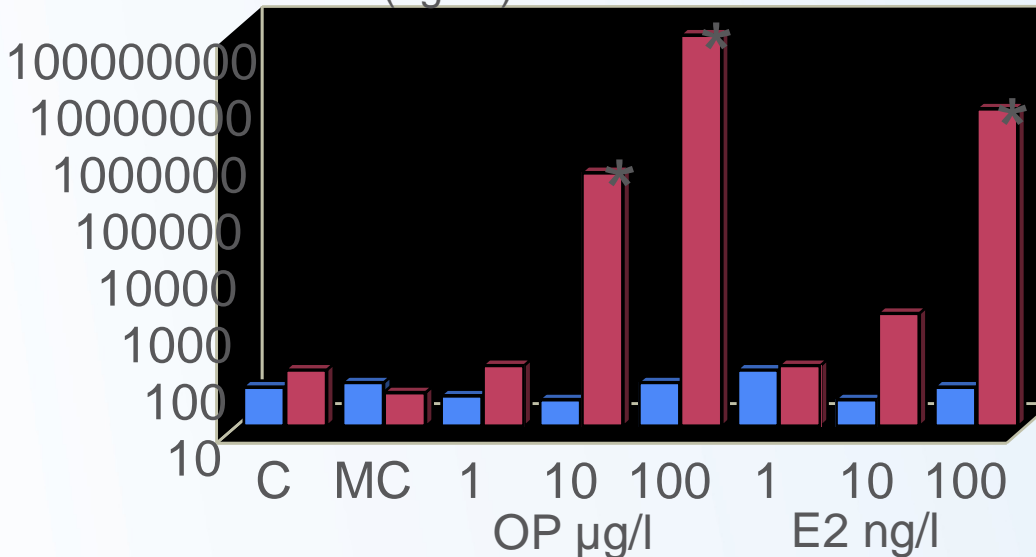


Oktylfenol (OP) a 17 β estradiol (E2)

Initial

Final

VTG (ng/ml)



Ekosystémová studie – Kanada

2000-2005

Estrogen (17 α -ethynylestradiol) aplikován do jezera – cílová konc. 5 ng/L

(v povrchových vodách v Evropě 0–23ng/L)

- poločas života 12 dní
- aplikován 3x týdně po 21 týdnů (jaro-podzim)
- 1. rok - nejvýznamnější účinky u ryb s kratší dobou života, které se třou jen 1x za sezonu (střevle) – **zvýšení hladin VTG 9000x u samců, zpoždění vývoje gonád**
- 2.,3. rok – vajíčka v samčích gonádách, pokles reprodukce, téměř žádná nová generace střevlí – **kolaps populace**
 - podobné, ale méně výrazné účinky u tlušťů - výskyt **intersexu** (delší doba života, více tření za sezonu)
- 3. rok pokles populací a méně mladých i u dravých ryb – pstruha jezerního – především díky nedostatku potravy
⇒ OVLIVNĚNÍ CELÉHO EKOSYSTÉMU
- Po ukončení aplikace – za 2 roky – **recovery** – znovubudování populací střevlí a tlušťů, zvýšení populačních hustot pstruha

(Kidd et al., 2006, 2007)



Organocíny



Stabilizátory plastů

Biocidy: Fungicidy

Insekticidy

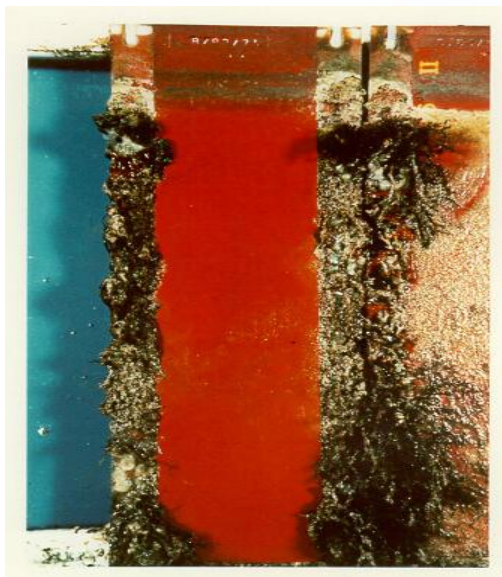
Bactericidy

Nátěry proti zarůstání a nánosům na trupech lodí (Anti-fouling paints)

ošetření papíru, kůže, textilu

TBT = tributylcín

Pomalá biodegradace



Akumulace ve vodě a sedimentu

Bioakumulace – ryby, měkkýši

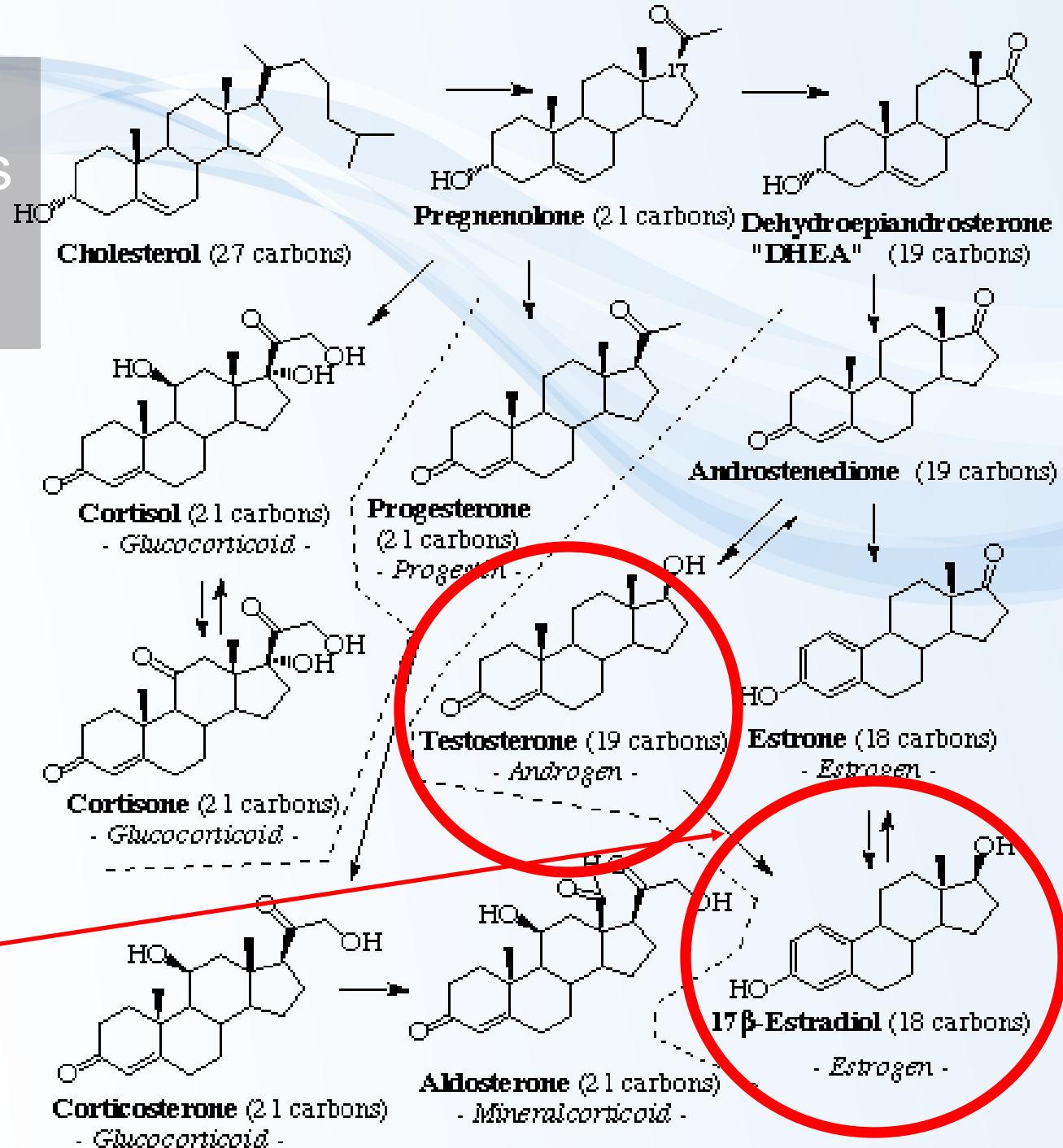
Maskulinizace ryb

Imposex u měkkýšů

TBT používán na lodě od 60. let
První efekty na měkkýších - 70. léta
Zákaz používání v EU – 2003



Vliv na metabolismus steroidních hormonů



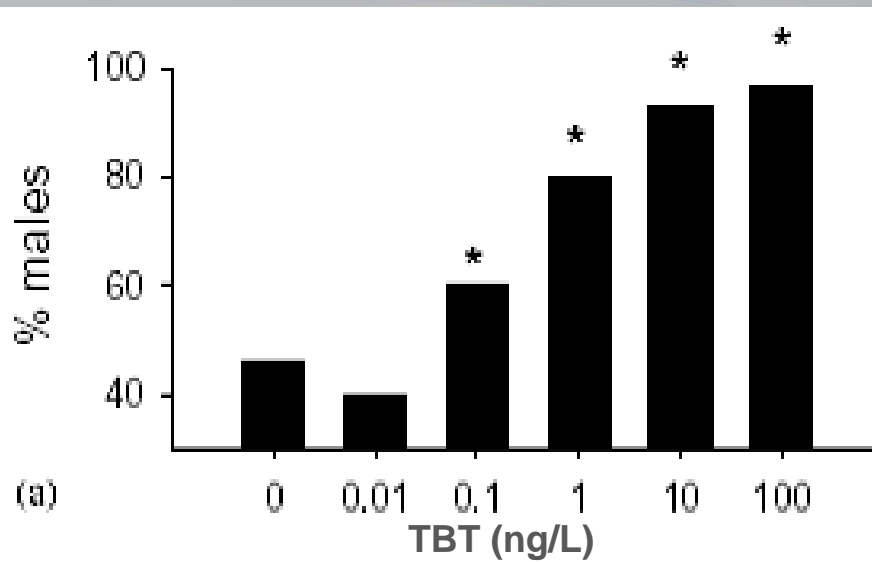
TBT



P450 aromatase

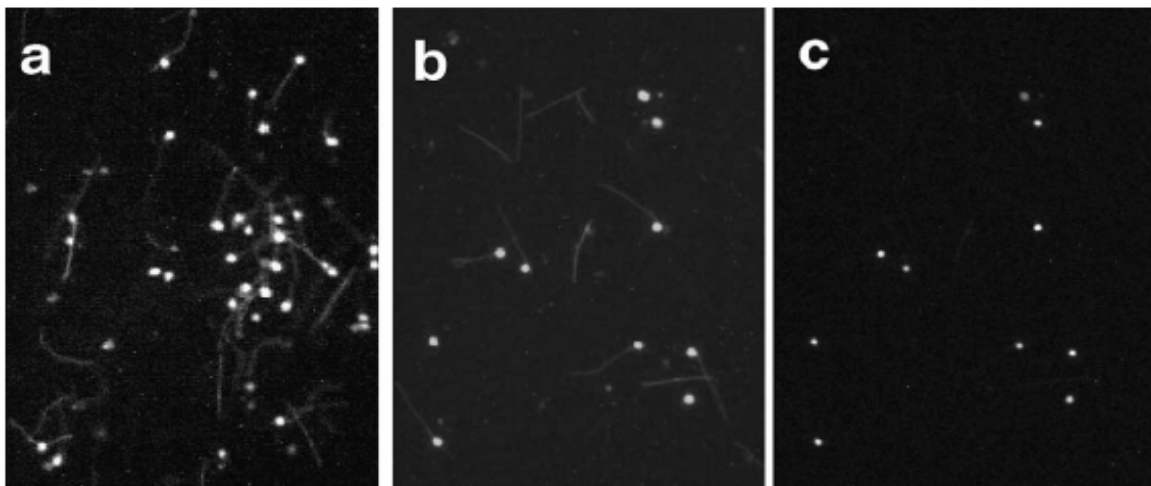


TBT způsobuje maskulinizaci ryb



Danio pruhované
(*Danio rerio*)

Ryby exponované TBT od vykolení po 70 dní



paví očka (*Poecilia reticulata*) -
expozice 0,01 až 0,02 ng.kg⁻¹
TBT po dobu 21 dní - pokles
spermatogeneze o 45 až 75%



Endokrinní systém u bezobratlých

mnohem méně prozkoumaný než u obratlovců

(široké spektrum druhů)

reguluje stejné procesy – vývoj, růst, reprodukci

specifické vývojové procesy – různá vývojová stadia (larva, kukla),

metamorfóza, komplexní životní cykly, diapauza

Projevy ED u bezobratlých:

Narušení reprodukce, rodivosti (fekundita)

Poruchy růstu, pohlavního dozrávání (maturace)

Narušení sexuálního dimorfismu

další procesy řízené hormony: pigmentace,

regenerace končetin, diapauza



Imposex

- Zkratka pro „superimposed sex“:
dodatečná tvorba samčích pohlavních znaků v samicích gonochoristických předožábřých plžů, která vede ke sterilitě
- Je indukován působením přírodních i syntetických androgenů
- Byl pozorován u více než 160 druhů na světě



Intersex

- Změna nebo nahrazení samicích pohlavních znaků u samic samčími znaky a naopak
- Postupná přeměna morfologie samicích pohlavních znaků k morfologické struktuře samčích znaků a naopak
- Je hodnocen jako Intersexový Index (ISI) = průměrná hodnota všech stupňů intersexu ve vzorku

Superfemale

- Abnormální velikost, počet nebo funkce samicích pohlavních orgánů
- Je indukován působením přírodních i syntetických estrogenů



Projevy intersexu u korýšů

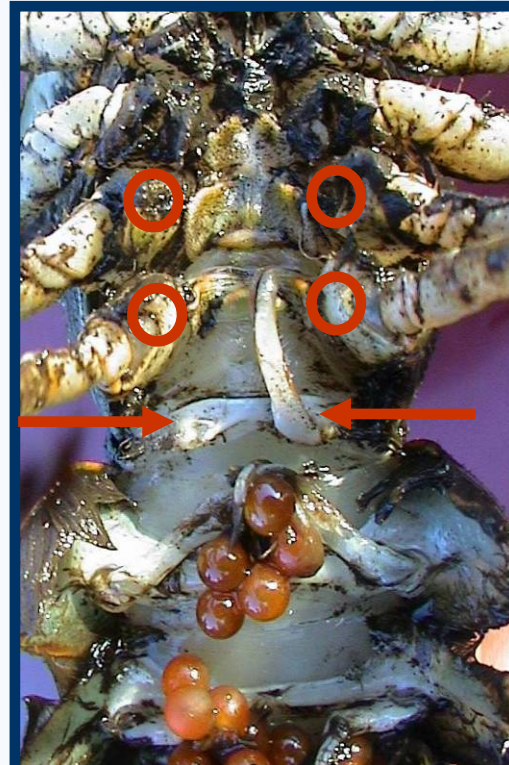
Blešivec potoční (*Gammarus fossarum*)



Intersex u přírodní populace raka bahenního (*Pontastacus leptodactylus*)

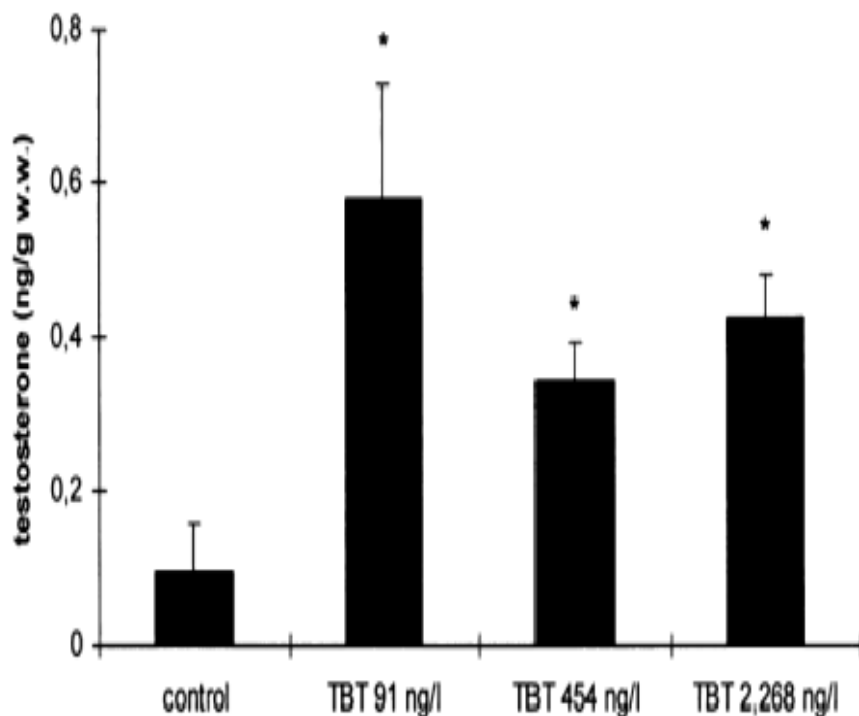
- Ostrava-Karviná
- zatopené poklesové plochy
- reflatce

- **Chráněný druh**

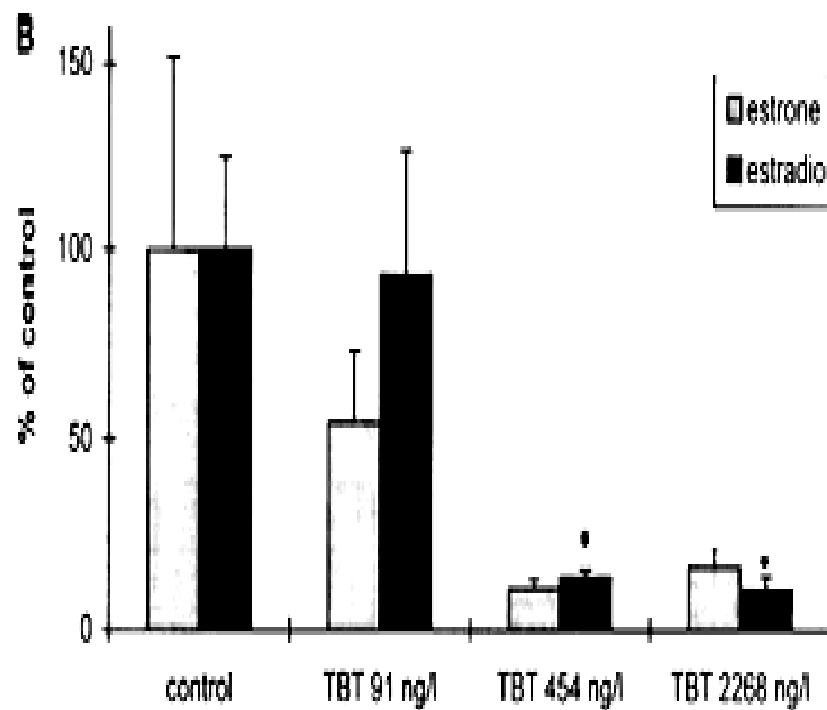


TBT narušuje hormonální rovnováhu u měkkýšů

Velká kobercová škeble (*Ruditapes decussatus*)



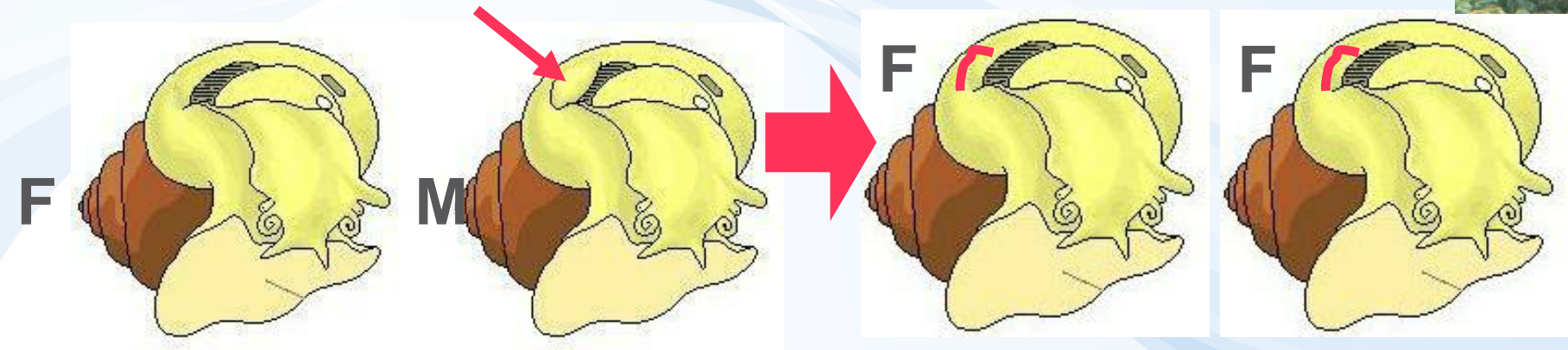
Hladina testosteronu



Hladina estrogenů



IMPOSEX u předožábřých plžů



- Nepřímý xeno-androgenní efekt organocínů (persistentní, používány na nátěry lodí)
- Efekt chronické expozice biocidu TBT u necílových organismů
 - Maskulinizace samic, zvýšený testosteron
 - Tvorba penisu a chámovodu u samic – uložení přes vaječníky – až sterilita
 - v závislosti na druhu a dávce TBT může být oogeneze úplně nahrazena spermatogenezí
 - nachovec obecný (*Nucella lapillus*) - kompletní potlačení oogeneze při koncentraci 0,003 -0,005 ng.kg⁻¹

Důsledek: lokální vymizení populací měkkýšů

Širší souvislosti kontaminace organocíny ve vodním prostředí

Kolaps populace měkkýšů



Snížení spásání řas a makrofyt



*Velký rozvoj populací vodních rostlin, zarůstání
vodních toků*



Pokles populací ryb

**Takto je dramaticky ovlivněn celý akvatický
ekosystém**

