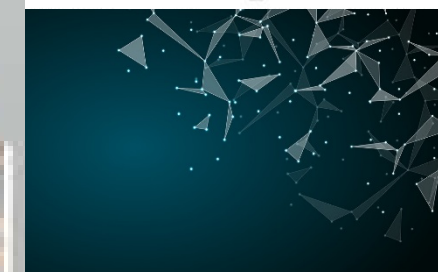
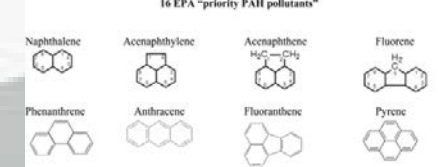
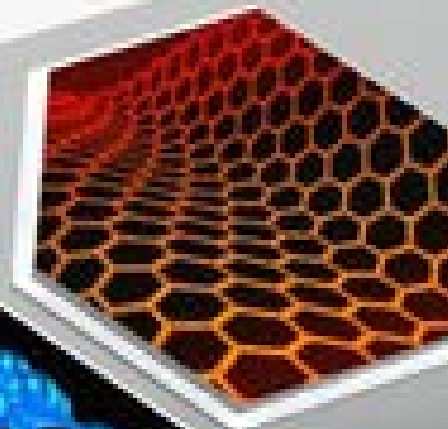
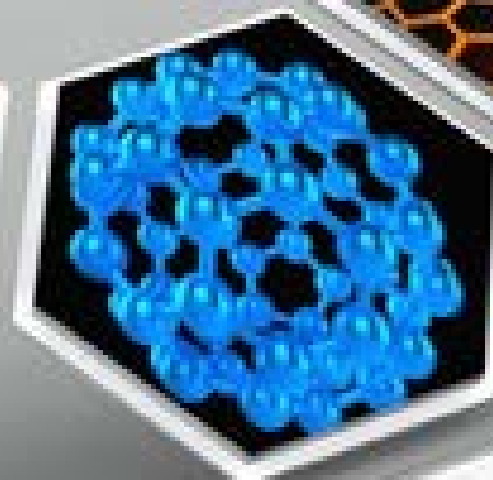
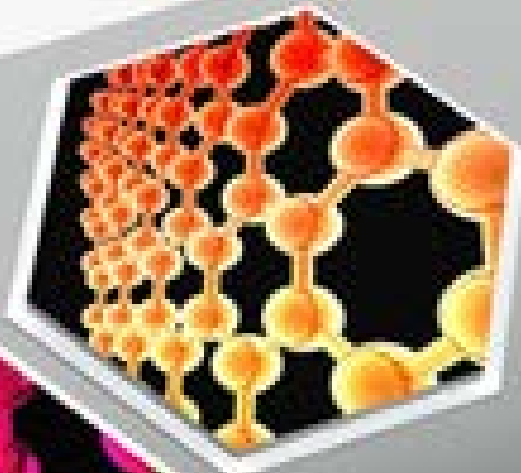
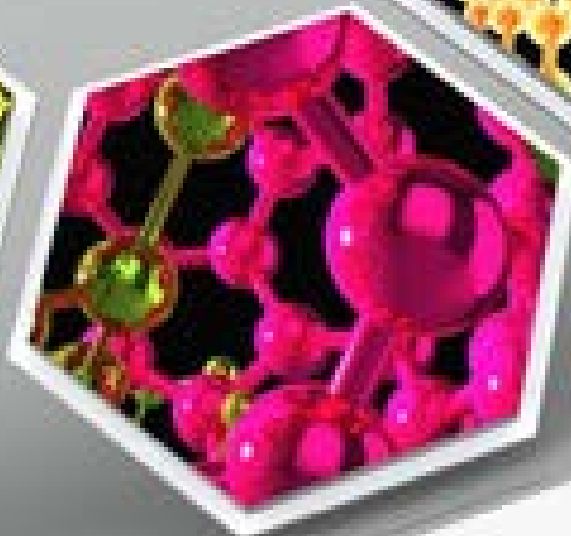
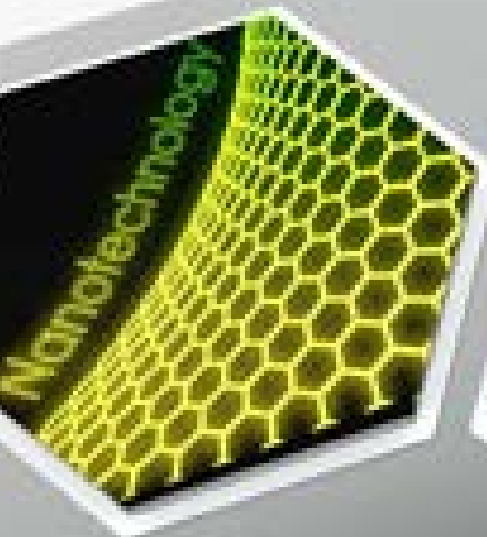



Mikroszennyezők a mezőgazdaságban - a használt vizek öntözéses újrahasznosításának aktuális kérdései

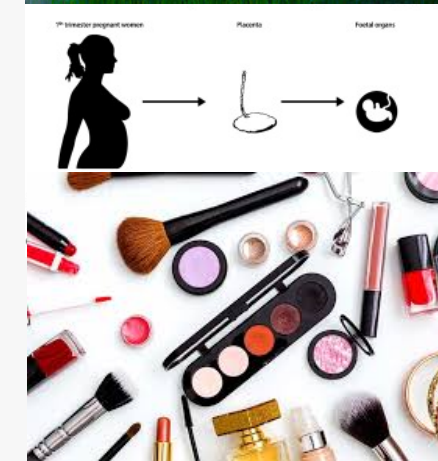


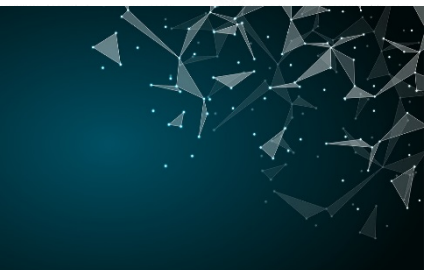
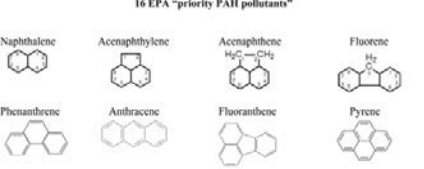
Dr. Kun Ágnes

 **NAIK** Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs
Központ (NAIK)

 **ÖVKI** Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet
(ÖVKI)

Budapest, 2019.04.17.





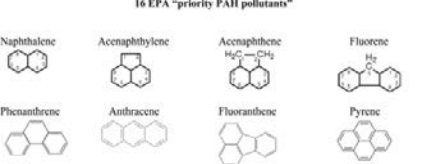
Globális vízhiány – használtvíz újrahazsnosítás

Becslések szerint 2025-re :

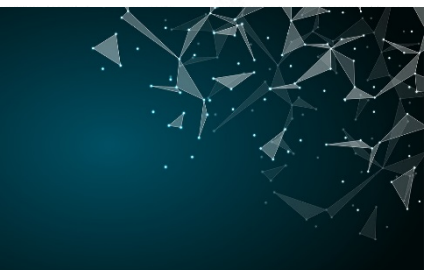
- 1,8 milliárd ember fog olyan vidéken vagy országban élni, amelyet **abszolút vízhiány** jellemez és
- a lakosság kétharmadát fogja valamilyen **víz konfliktus** érinteni a klímaváltozás következtében

Szennyvizek öntözéses felhasználása széleskörűen elterjedt megoldás a vízhiány enyhítésére

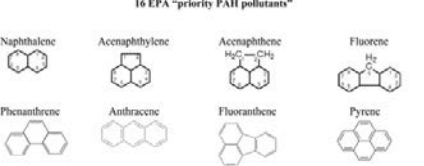
A használt vizek újrafeldolgozása és újra hasznosítása azok az eszközök, amelyek növelhetik az öntözésre elérhető víz mennyiségét



Mikroszennyezők vs. contaminants of emerging concern (CEC)

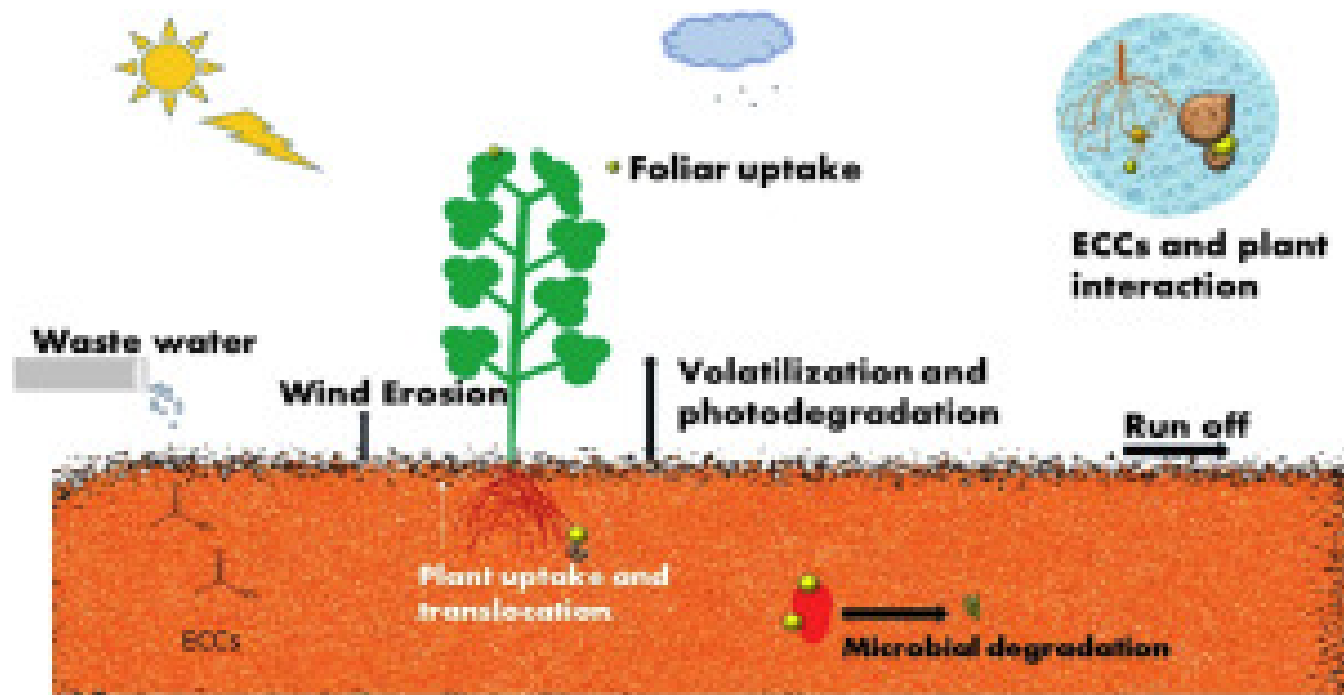
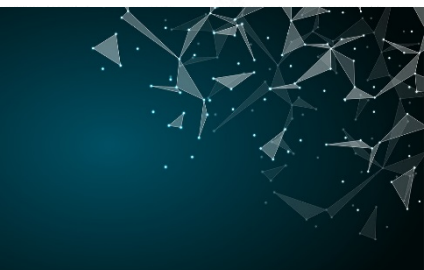


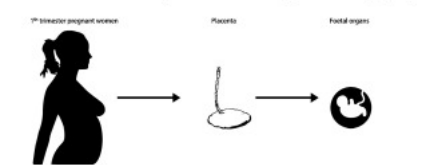
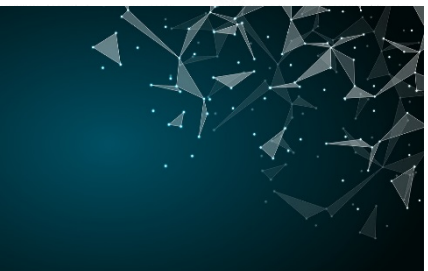
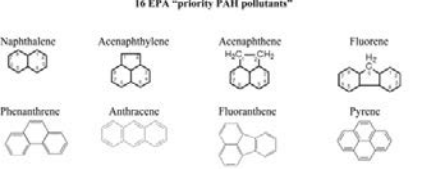
- „Mikroszennyezők” definícióiban általában közös:
 - Kis mennyiségben jelenlévő anyagok
 - Antropogén eredetűek
 - Élő szervezetben zavarják az életfolyamatokat
 - Főbb csoportjai (Láng 2007): *nehézfémek, cianidok, kőolaj és származékai, fenolok, növényvédő szerek, felületaktív anyagok, klórozott szerves vegyületek*
- Nemzetközi szinonima fogalom: contaminants of emerging concern (~feltörekvő szennyezőanyagok/ aggodalomra okot adó szennyező anyagok):
 - Most megjelent új antropogén anyagok
 - Olyan anyagok, amelyek már egy ideje a környezetbe kerültek, de napjainkban került a figyelem középpontjába a hatásuk vizsgálata
 - A mikroszennyezőknél felsorolt csoportokon túl leggyakoribb további kategóriái (Sauvé 2014): *gyógyszermaradványok, kozmetikai termékek szermaradványai, mesterséges nanoanyagok...*



Szennyezőanyagok mozgása a talajban

- párolgás-párolgtatás
- mikrobiális lebomlás
- fotodegradáció
- felszíni lemosódás
- talajerózió
- a növények elemfelvétele

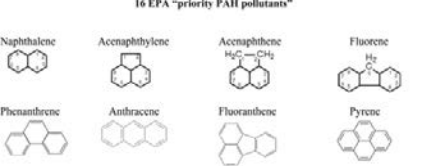




Abiotikus tényezők, amelyek befolyásolják a CEC szennyezőanyagok növényi felvételét

A talaj

- humusztartalma (biológiai felvehetőség, adszorbensként viselkednek)
- agyagtartalma (kolloidális részecskék szállítófunkció – gyógyszer és kozmetikaiszermaradványok)
- pH értéke (lúgos pH - biodegradáció, savas pH – adszorpció)
- hidraulikai vezetőképessége (kilúgozódás lehetősége)
- Az szennyezőanyagok mobilitása és kora a talajban
- Égövi elhelyezkedés (trópus, szubtrópus > mérsékelt öv)
- Globális klímaváltozás (fotolízis, metabolitok képződése)



Perfluorozott vegyületek (PFCs)

- Teflon edények bevonatában, textilben, tisztítószerekben található meg.
- Széleskörben elterjedt szennyezőanyag, ami megtalálható a talajban, levegőben, talajvízben, települési hulladékgyűjtők csurgalékvizében.

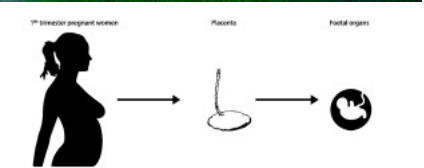
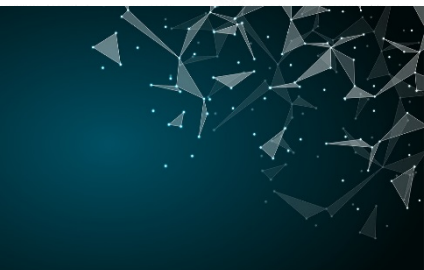
0,2-4 mg/l koncentráció tartomány mellett

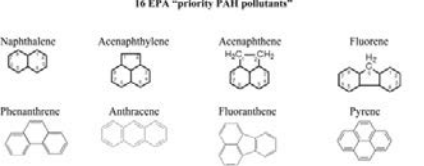
különböző perfluorozott alkilát vegyületet megvizsgálva igazolták az akkumulációját

de a vegyületben lévő szénatomok számától függött a felvételük:

>11 C atom (nagyobb akkumuláció)

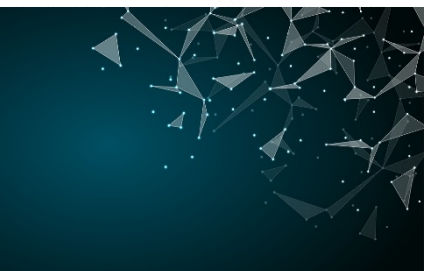
de <11 C atom (az ehető részekben nagyobb arányban akk.)





Mesterséges nanoanyagok (engineered nanomaterials, ENMs)

- A levegőben lévő nanorészecskéket a növénybe gázcsere nyíláson keresztül, légzés során direkt módon beépülhet.
- A gyökérből xilém transzporton keresztül jut a növény többi részébe.



Ti-alapú

- gyökéren keresztül veszi fel a növény és a levélbe, termésbe is eljut, biotranszformáción nem megy keresztül

Ce-alapú

- cérium nanoanyagok ezzel szemben cérium ionokká transzformálódnak és a növény szerves alkotóival interakcióba lépnek.

Cu-alapú

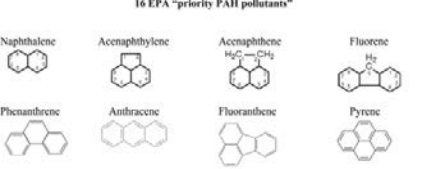
- befolyásolják a csírázást és növények növekedését, azáltal, hogy stressz enzimeket aktiválnak

C-alapú

- a sejtekben oxidatív károsodást mutattak lóbab növényen

Si-alapú

- kedvező hatással voltak a csírázásra, a növények növekedésére és a patogénekkal szembeni ellenállóságukat fokozta



Policiklusos aromás szénhidrogének (PAH)

A növények gyökerében előforduló PAH vegyületek a gyökérhez tapadt talajszemcsékből származnak, míg a szárban lévők a transzspirációs árammal kerültek a szövetekbe.



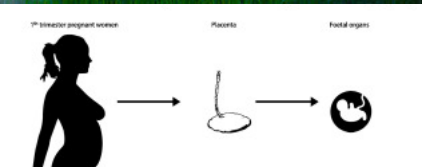
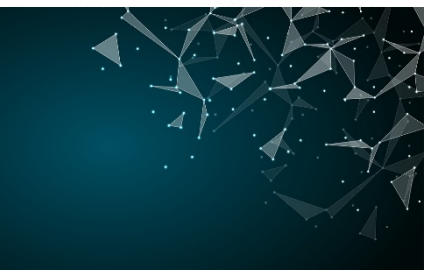
A talaj **tápanyagellátása** is befolyásolja a PAH vegyületek felvehetőségét, pl. a N ammónium formában akadályozta a búza és saláta fenantrén felvételét, míg a nitrát hozzájárul a PAH vegyületek felvételéhez a növényekben.

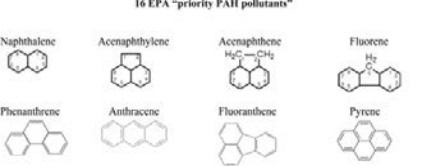


Kukoricában kimutatható volt hogy a felvett PAH vegyület mennyisége arányos volt a **lipid tartalommal**.

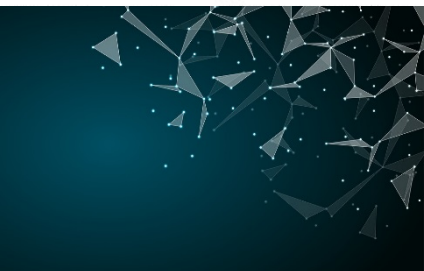


A növények **fenológiai fázisai**, növekedési ciklusai szintén meghatározzák a felvett PAH vegyületek mennyiségét. A cukkini az első fenológiai fázisában, a kezdeti növekedési szakaszában 85%-kal több PAH vegyületet tartalmazott, mint az uborka vagy a tök.





Gyógyszer- és kozmetikai termékek maradványai (Pharmaceutical and personal care products, PPCPs)



Klórtetraciklin, enrofloxacin,
szulfatiazol

- retekben akumulálódott és a növény növekedését csökkentette.



Tetraciklin

- borsóban megváltoztatta a fehérje összetételt, struktúráját



Sulfadiazine

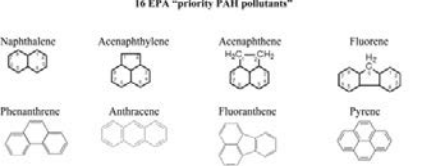
- mogyoró transzspirációját és fotoszintetizálást befolyásolta



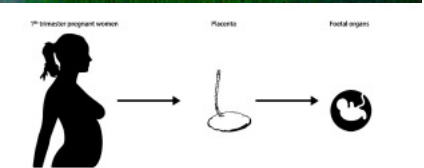
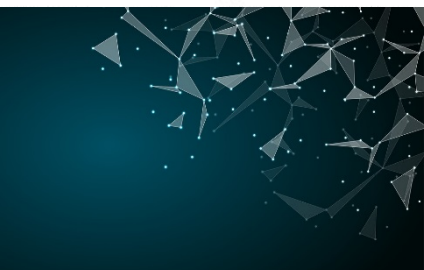
Nitrofurán

- nitrofurán átalakulása utána hidrazin-tartalmú metabolitok keletkeztek, amelyeket újhagymában fedeztek fel





Gyógyszermaradvány vizsgálat öntözővízben, Kibuye et al. (2019)

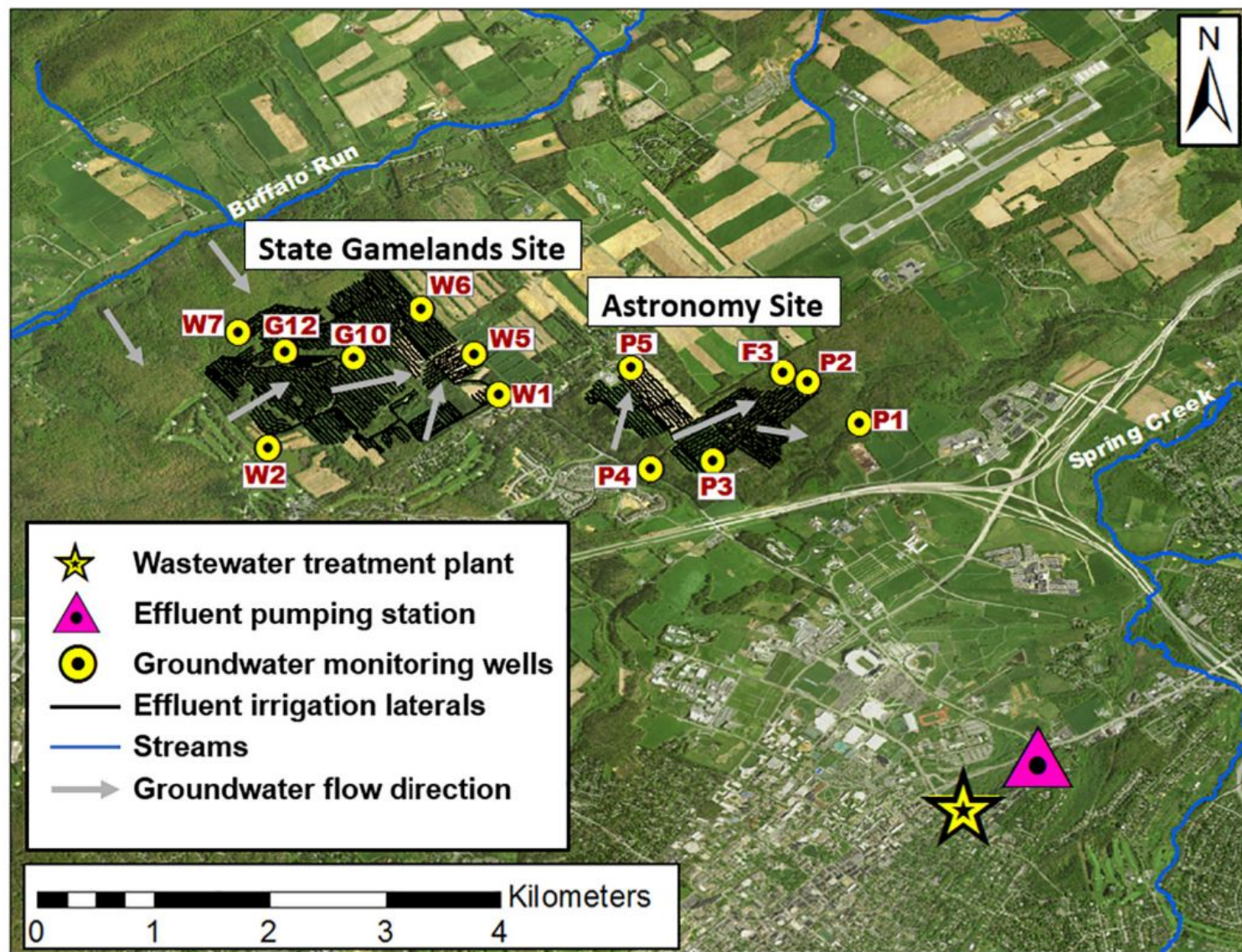


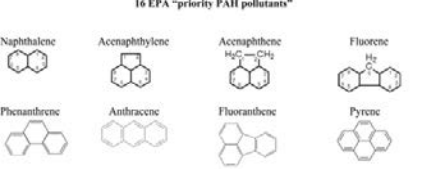
USA, 18000 m³/nap

7-féle
gyógyszermaradvány

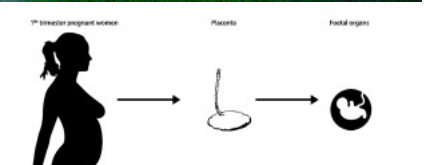
keletkező szennyvíz,
tisztított elfolyóvíz,
+
öntözött terület és
környéke
talajvízkút
minőségének
vizsgálata

40 év, 245 ha,
14 hónap, alapkőzet:
mészke és dolomit





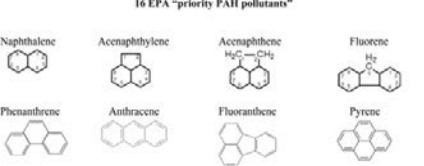
Gyógyszermaradvány vizsgálat öntözővízben, Kibuye et al. (2019)



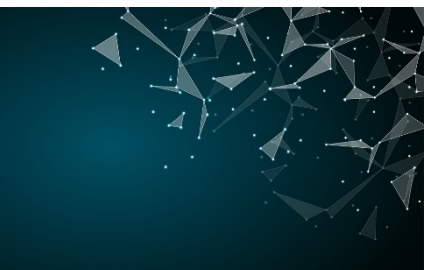
- A szennyvízben a leggyakrabban kimutatott gyógyszermaradványok a paracetamol és trimethoprim antibiotikumok voltak (93%), majd a caffeine és sulfamethoxazole (antibiotikum) (80% és 70%).
- Évszakos változást mutatott a vizsgált anyagok koncentrációja a keletkező szennyvízben.
- Az üzem eltávolítási hatékonysága a paracetamol esetében volt a legjobb, 80% feletti, míg a naproxen és a sulfamethoxazole esetében a legkisebb <50%.
- Évszakos változást mutatott az üzem eltávolítási hatékonysága is.
- A talajvízben a legtöbb gyógyszermaradvány alacsonyabb koncentrációban volt mérhető, mint az elfolyóvízben.
- Sulfamethoxazole, naproxen esetében a tisztított elfolyóvízben nagyobb koncentrációt mértek
- A talajvízáramlás iránya és a területhasználat egyaránt befolyásolta a koncentráció értékeket

Σ Következtetések szerint jelentős kockázata van a szennyező anyagoknak a talajvízben való jelenlétre.

Az öntözéses hasznosítást hatékonyabb kezelési gyakorlatnak tartják, mint a felszíni vizekbe való elengedést.



Gyökérzöldség öntözése tisztított szennyvízzel – gyógyszermaradvány akkumuláció vizsgálat, Malchi et al. (2014)

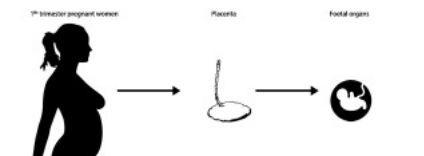


14-féle gyógyszermaradvány (PCs)

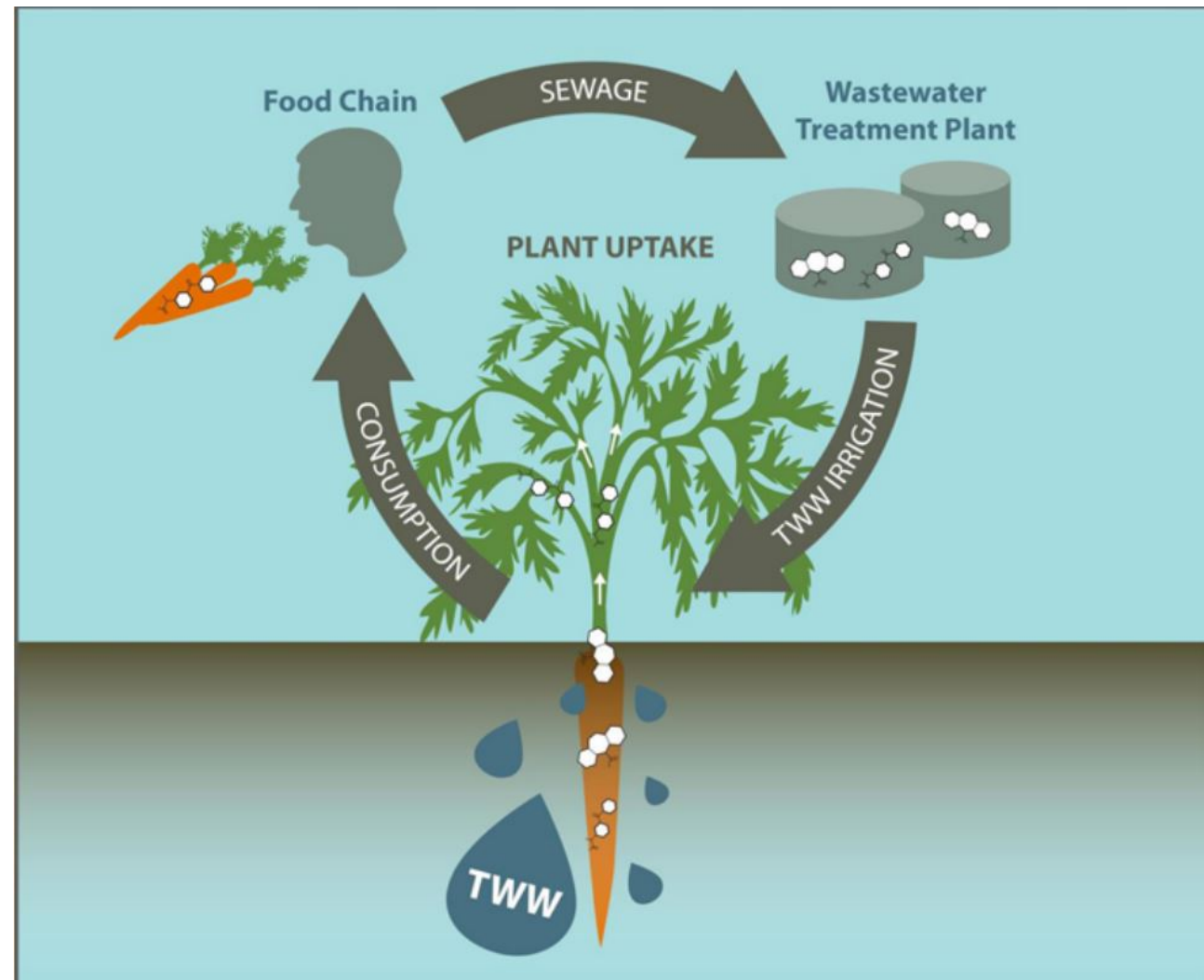


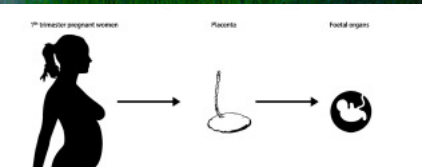
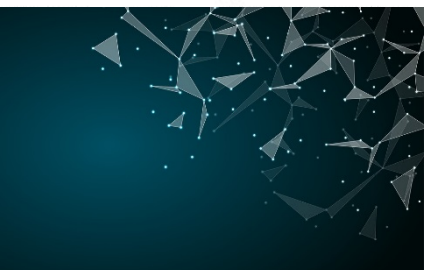
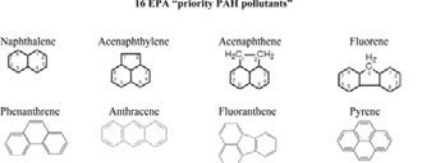
Liziméteres kísérlet, Negev-régió talaja

Répa és édesburgonya



Öntözővízzel ismert koncentrációban kijuttatott gyógyszer-hatóanyag

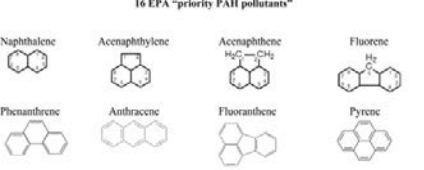




Gyökérzöldség öntözése tisztított szennyvízzel – gyógyszermaradvány akkumuláció vizsgálat, Malchi et al. (2014)

- Két hatóanyag kivételével az összes vizsgált anyag a levélben halmozódott fel nagyobb koncentrációban.
- A nem ionos hatóanyagok nagyobb koncentrációban voltak jelen, mint az ionos anyagok a levélben és a gyökérben egyaránt.
- A talajban a betakarítás ideje alatt 14-ből 8 anyag volt kimutatható (ionos nem volt jelen, kivéve a sulfamethoxazole)
- A talajban mérhető koncentráció nagyobb volt, mint a növényben mért. A növények, a talajban akkumulálódott mennyiségnek maximum a 3,5%-kát akkumulálták.
- Potenciális kockázat humán-egészségre:
 - lamotriginnek : napi fél répa elfogyasztása kockázatot jelent egy 25 kg tömegű gyermek számára, felnőttél két darab.
 - karbamazepin egyik metabolitjának (10,11-epoxycarbamazepine): 90 gramm édesburgonya levél elfogyasztása okozhat kockázatot
- Hámozás nem mérsékli hatékonyan a toxikus anyagok bevitelét.
- Homokos, szerves anyagban szegény talajon nagyobb a PCs akkumuláció kockázata szennyvízöntözés mellett.

Σ Vizsgált hatóanyagoknak a növények ehető részében lévő koncentrációját toxikusság szempontjából kategorizálni szükséges!

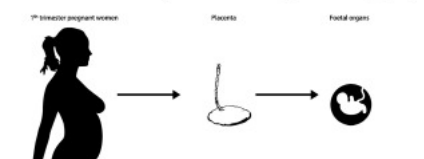
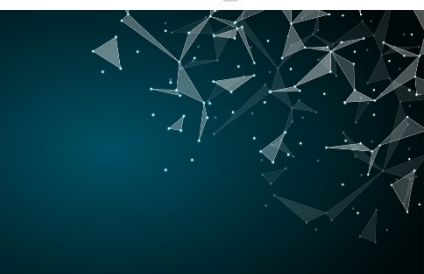
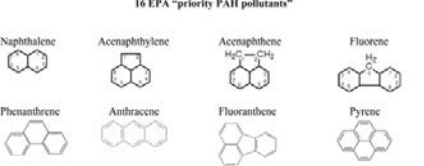


Gyógyszermaradványok vizsgálata a Körös vízgyűjtő területén (2012), NAIK HAKI



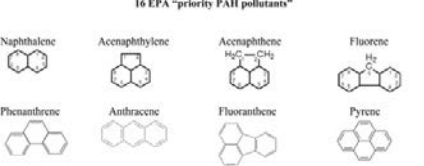
microgramm/l	Berettyó (Szeghalomnál)	Sebes-Körös (Körösladányban)	Fekete-Körös (Gyulán)	Hármas-Körös (Szarvason)
Szulfametazin	2,8	nem volt kimutatható	nem volt kimutatható	9,6
Nem-szteroid fájdalomcsillapító	nem volt kimutatható	0,003-0,08	nem volt kimutatható	0,12-0,21

- A Körösök és a Berettyó folyó élővilágának és üledékének antibiotikum szennyezettsége az állattenyésztésben mért értékekhez képest alacsony.
- Vizük gyógyszermaradvány tartalma kisebb mértékű, mint néhány sűrűbben lakott körzetben lévő folyóvízé.
- Adataik szerint az antibiotikumok jelentős mennyiségben tapadnak a folyóvízi üledékhez és ott anaerob körülmények között kevésbé bomlanak, mint a vízben.

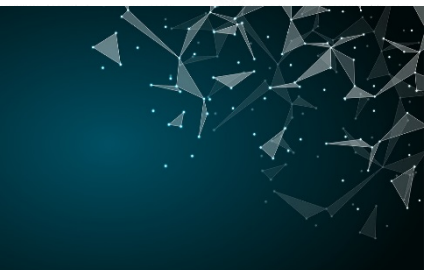


Hogyan és mikor fogjuk a mikroszennyezők által okozott problémát kezelni?

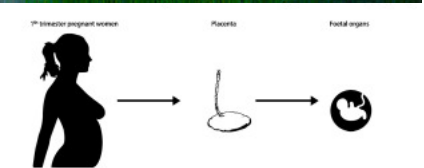
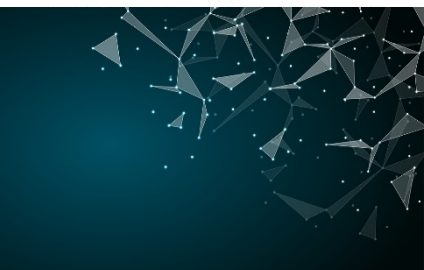
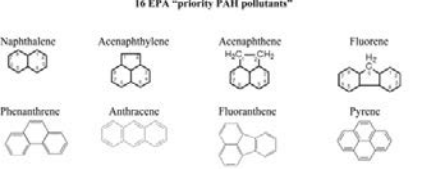




Az Európai Parlament és a Tanács rendelete – a víz újrafelhasználására vonatkozó minimumkövetelményekről II. melléklet

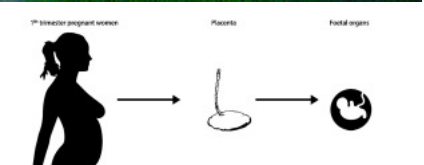
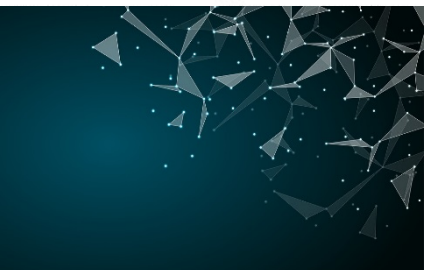
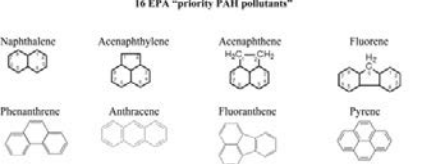


- 4. pont. „Alapvető kockázatkezelési feladatok (...) a környezetet, illetve az emberek és az állatok egészségét fenyegető kockázatok értékelése (...)”
- 5. pont. Amennyiben szükséges és célszerű a környezet és az emberi egészség megfelelő védelmének biztosításához, olyan vízminőségi és ellenőrzési követelmények meghatározása, amelyek kiegészítik az I. mellékletben meghatározott követelményeket és/vagy szigorúbbak azoknál.
- A 4. pontban említett kockázatértékelés eredményétől függően az ilyen további követelmények különösen az alábbiakra vonatkozhatnak:
 - a)nehézfémek;
 - b)növényvédő szerek;
 - c)fertőtlenítési melléktermékek;
 - d)gyógyszerek;
 - e)egyéb aggodalomra okot adó anyagok;
 - f)antimikrobiális rezisztencia.”



Növényi felvétel mérséklésének lehetőségei talajjavító anyagokkal

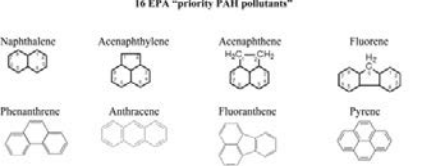
- Felületaktív anyag alkalmazásával a fenantrén és pirén 62% és 71% -kal volt kevesebb a káposztában, 34% és 53%-kal a salátában
- Bioszén (ionizáció és szorpció folyamatok által) hatással van ezen anyagok mozgékonyására és felvehetőségére.
 - kísérletben bizonyított, hogy saláta növényben a sulfametozin felvételét csökkentette
 - retek és a répa ehető részeiben a 85,4% és 89,3% -kal csökkentette a triclosan felvételét.
- Trágyázás megállította a sulfamethazine felvételét, kukorica, saláta és paradicsom növényekben
- (Talajjavító anyagok: bioszén, zeolit, perlit, hamu, nanoszilikát... stb)



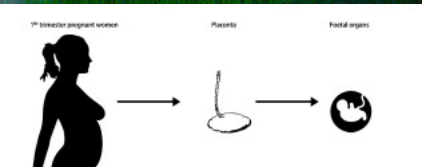
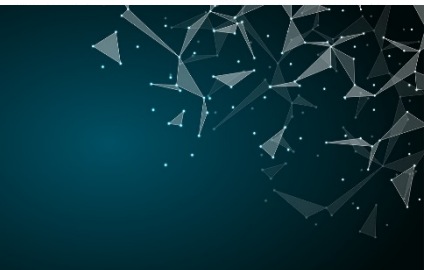
Jellemző trendek és jövőbeli kihívások (Pullagurala et al. 2018)

A CEC anyagok megfordíthatatlan változásokat okoznak a talaj tulajdonságokban. A CEC kockázata függ a kémiai jellemzőitől, növényfajtától, biotikus és abiotikus faktoroktól.

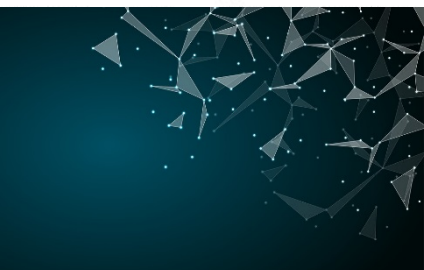
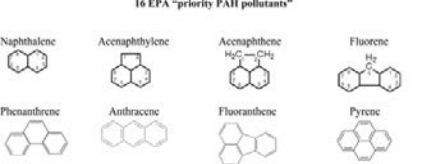
- Kockázatbecslés
- CEC anyagok bevitelére vonatkozó toxikus határértékeket kell megállapítani
- Az analitikai módszerek fejlesztése a toxikus szint kimutatásának érdekében
- CEC anyagok ellenőrzése az élelmiszernövényekben
- Élelmiszerekre vonatkozó határértékek rögzítése



Irodalom

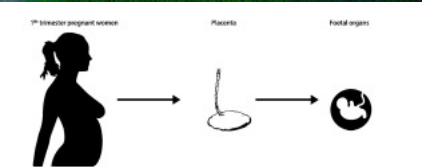
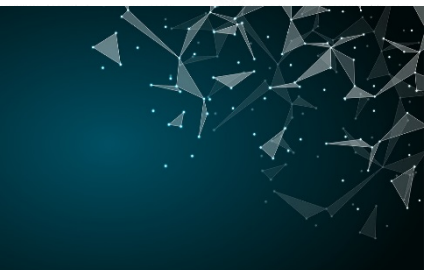
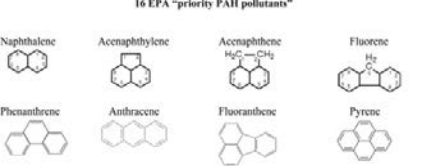


- Biel Maeso M. – Corada-Fernández C. – Lara-Martín P. A. (2018): Monitoring the occurrence of pharmaceuticals in soils irrigated with reclaimed wastewater. *Environmental Pollution* 235: 312-321. DOI: [10.1016/j.envpol.2017.12.085](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.085)
- Kibuye F. A. – Gall H. E. – Elkin K. R. – Ayers B. – Veith T. L. – Miller M. – Jacob S. – Hayden K. R. Watson J. E. – Elliott H. A. (2019): Fate of pharmaceuticals in a spray-irrigation system: From wastewater to groundwater. *Science of Total Environment*, 654: 197-208. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.442>
- Lu L. – Zhu L. (2009): Reducing plant uptake of PAHs by cationic surfactant-enhanced soil retention. *Environmental Pollution*, 157: 1794-1799. DOI: [10.1016/j.envpol.2009.01.028](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.01.028)
- Malchi T. – Maor Y. – Tadmor G. – Shenker M. – Chefetz B. (2014): Irrigation of root vegetables with treated wastewater: evaluating uptake of pharmaceuticals and the associated human health risks. *Environmental Science & Technology*, 48: 9325-9333. DOI: [10.1021/es5017894](https://doi.org/10.1021/es5017894)
- Pullagurala V.R. – Rawat S. – Adisa I.O. – Hernandez-Viezcas J.A. – Peralta Videa J.R. – Gardea-Torresdey J.G. (2018): Plant uptake and translocation of contaminants of emerging concern in soil. *Science of the Total Environment*, 636:1585-1596. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.375>
- Sauv e S. – Desrosiers M. (2014): A review of what is an emerging contaminant. *Chemistry Central Journal*, 8:15. DOI: [10.1186/1752-153X-8-15](https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-15)



Képek forrása

- <https://wwwFOUNDATIONSRECOVERYNETWORK.com/bad-mix-drugs/>
- <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pesticides/index.cfm>
- <http://www.eurekaselect.com/146766/article>
- <https://ohsonline.com/articles/2013/11/11/niosh-releases-new-nanomaterial-control-recommendations.aspx?admgarea=news&m=1>
- <https://www.asyouow.org/our-work/environmental-health/nanomaterials>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717308926>
- <https://www.cosmeticsalliance.ca/event/cosmetic-outstanding-service-awards/>
- <http://www.nanesa.com/en-US/Applications/Nanomaterials-Applications>
- <https://www.gyulaihirlap.hu/7264-a-cukkini>
- <https://bonnieplants.com/how-to-grow/growing-corn/>
- <https://www.hazipatika.com/taplalkozas/egeszseg-es-gasztronomia/cikkek/az-elteto-buza/20120823204916>
- <https://www.chefmarket.hu/termek/3933/paradicsom-iosztaly-1kg>
- <http://www.egeszsegkalauz.hu/életmod/taplalkozas/kaposzta-teli-egeszsegbomba/sevrnr>
- <http://www.eshop-gyorsan.hu/miskolcizoldkosar/Bio-fejes-salata-300-350g-Erdodi-Biokerteszet-d543.htm?tab=description>
- <https://webshop.hillvital.hu/gyogynoveny-hatarozo-szamoca>
- <http://www.vidékfigyelő.hu/retek-egy-egyszeru-vitaminbomba/>
- <https://petikert.hu/webshop/professzionalis-vetomagok-agrosel/zoldborso-redondo-500-agrosel.html>
- <http://babaindex.hu/szoftatas/etkezesi-valtozasok/mikor-ehet-mogyorot-a-baba>
- <http://inyenckredenc.hu/termek/ujhagyma-3/>
- <https://premiumshop.hu/webaruhaz/sztetoszkopok/>
- <https://www.facebook.com/naikovki/>



Köszönöm a figyelmet.

kun.agnes@ovki.naik.hu

<https://www.facebook.com/naikovki/>



Nemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ (NAIK)
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet (ÖVKI)



5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.