A CSAPADÉKVÍZZEL SZÁLLÍTOTT TELEPÜLÉSI ANYAGÁRAMOK MEGHATÁROZÁSA

Vállalkozási szerződés a VKl monitoring KEHOP-1.1.0-15-2016-00002 azonosítószámú projekt keretében kutatási - módszerfejlesztő - adatgyűjtő program kialakítására

K7.1 feladat zárójelentés

Beszámolási időszak: 2019. január 1 – 2020. március 31.

Budai Péter, Knolmár Marcell, Kardos Máté Krisztián és Clement Adrienne

Budapest

2020. március 31.

Tartalom

Előzmények 2
A mérési eredmények feldolgozásának módszere 4
Koncentráció számítások 4
Terhelés számítások 6
Mintaterületek és mérési eredmények bemutatása 7
1. Gödöllő, Rákos-patak 7
2. Budapest, Ördög-árok 18
3. Salgótarján, Tarján-patak 29
4. Budapest, Ipacsfa utcai csapadékcsatorna 37
5. Székesfehérvár, Jancsár-árok 45
6. Pomáz, Álmos utcai csapadékcsatorna 54
7. Törökbálint, tükörhegyi csapadékcsatorna 59
8. Zsámbék, Zsámbéki-patak 67
9. Szeged, Zápor-tó 71
10. Budapest, Dózsa György út – Podmaniczky utcai csapadékátemelő 75
11. Veszprém, Aranyos-völgyi csapadékcsatorna 80
Összefoglalás és következtetések 85
A különböző helyszínekről származó esemény átlagkoncentrációk összevetése 85
A lemosott szennyezőanyagok eseményenkénti mennyisége 90
Fajlagos (egységnyi felületről lemosódó) terhelések 94
Felszínborítás és jellemző terhelések kapcsolata 94
Csapadékjellemzők és a terhelés kapcsolata 102
Többváltozós regresszió 103
Mellékletek 106

Előzmények

A projekt keretében a vállalkozó feladata a belterületről lefolyó vizekkel szállított anyagáramok meghatározására alkalmas eljárás kidolgozása és belterületi mintavételi program végrehajtása. A módszertan dokumentációja a 2018. december 31-i előrehaladási jelentésben leadásra került. A mintavételi és mérési program időszaka az ütemterv szerint 2018 novemberétől 2020 márciusáig tartott.

Jelen beszámolóban a mintavételi és mérési program során nyert eredményeket és tapasztalatokat mutatjuk be. A feladatot sikerült a tervezett ütemezés szerint elvégezni, bár a kezdeti időszakban fennálló csapadékhiány miatt jelentős késéssel kezdődhetett el az érdemi munka. Emiatt időközben az eredeti tervekhez képest bővíteni kellett az automata mintavételhez használt eszközparkot, hogy minél több helyen lehessen egy időben mintázni. Az ily módon kibővített szimultán mérési program kézben tartása komoly szervezést és időnként megfeszített munkarendet igényelt, ezért a csapat 2019 elejétől egy új technikus munkatárssal egészült ki.

A mintaterületeket széles körű előzetes feltárómunkát követően választottuk ki, törekedve arra, hogy a helyszínek országos viszonylatban reprezentatívak legyenek. Az érintett önkormányzatokkal, illetve üzemeltetőkkel folytatott egyeztetések és engedélyeztetések után végül összesen 11 településről vettünk rendszeresen mintákat, egy helyszín (Zsámbék) kivételével automata eszköz segítségével. A mintavételi pontok az ország különböző részein, változatos települési adottságok között, az alábbi helyszíneken találhatók (zárójelben a mintázott vízfolyás neve):

- Gödöllő, Fürdő utca (Rákos-patak)
- Budapest, II. kerület, Rezeda utca (Ördög-árok)
- Salgótarján, Vásártér u. (Tarján-patak)
- Budapest XVIII. kerület, Ipacsfa utca (csapadékvíz csatorna)
- Székesfehérvár, Bakony utca (Jancsár-árok)
- Pomáz, Álmos utca (csapadékvíz csatorna)
- Törökbálint, Tükörhegy (csapadékvíz csatorna)
- Budapest, VI./XIII. kerület, Dózsa György út – Podmaniczky utca (csapadékvíz átemelő)
- Szeged, Zápor-tó (csapadékvíz átemelő)
- Zsámbék, Etyeki utca (Zsámbéki-patak)
- Veszprém (Aranyos-völgyi csapadékvíz csatorna)

Az automata mintavevővel felszerelt helyszínek közül a veszprémit a Pannon Egyetem munkatársai üzemeltették. A többi 9 helyszínből 7 db esetében állandó vagy időszakos vízfolyásokra telepített, saját fejlesztésű vízhozamarányos mintázóeszköz szolgáltatta a csapadék lefolyásból vett vízmintákat (ennek részletes felépítését és működési elvét a mellékletek között található dokumentum taglalja). A fennmaradó 2 helyszínen pedig csapadékvíz átemelők mellé telepített automata vízmintavevőket alkalmaztunk, melyek az átemelők szivattyúival egyidejűleg dolgoztak.

A saját mintaterületeink közül 3 helyszínen (Gödöllő, Salgótarján és Budapest - Rezeda utca) kiterjedt és részletes vizsgálatokat végeztünk (20 db feletti automata mintaszám, amit szintén nagyszámú kézi

mintavétel egészített ki). Ezen fókuszterületek mellett a többi helyszínt kiegészítő mintaterületekként kezeltük, ahonnan külön-külön 10 db körüli automata mintaszám és kevesebb kézi minta vételét hajtottuk végre. Egy mintaterületen (Zsámbék) a helyszíni körülmények megváltozása miatt végül nem sikerült automata mintavevőt beüzemelnünk, ezért innen csak kézzel vett pontminták álltak rendelkezésünkre.

A terepi munkavégzéshez rendelkezésre álló személyi kapacitás növelésével 2019 márciusától kezdődően lehetőség nyílt a mintavételi program kiterjesztésére az emisszió leltárt segítő modellezés (K7.3 projektelem) mintaterületeire is, annak érdekében, hogy a modell validálásához a vízgyűjtő meghatározó szelvényeiben adatsorok álljanak majd rendelkezésre. Ehhez áttekintettük a korábbi kormányhivatali (FEVISZ) monitoring keretében végzett mérések eredményeit (hol, mely komponenseket vizsgáltak 2013-2017 között), ami alapján 9 mintavételi helyet jelöltünk ki a Zagyva vízgyűjtőn. Ezeken a ponton havi gyakorisággal kezdtünk rendszeres – kézi – mintavételt, egészen 2020 márciusáig.

A helyszíni vízmintákat homogenizálást követően a Bálint Analitika által biztosított mintavételi edényekbe töltve, az egyeztetett kódolással ellátva a laboratóriumi feldolgozásra átadtuk. Összesen 339 db belterületi (ez a szám magába foglalja a tájékozódó jellegű, illetve ellenőrzés céljából végzett kézi mintavételeket is) és további 193 db külterületi (Zagyva-vízgyűjtő) vízminta gyűjtése történt a teljes mintavételi időszakban.

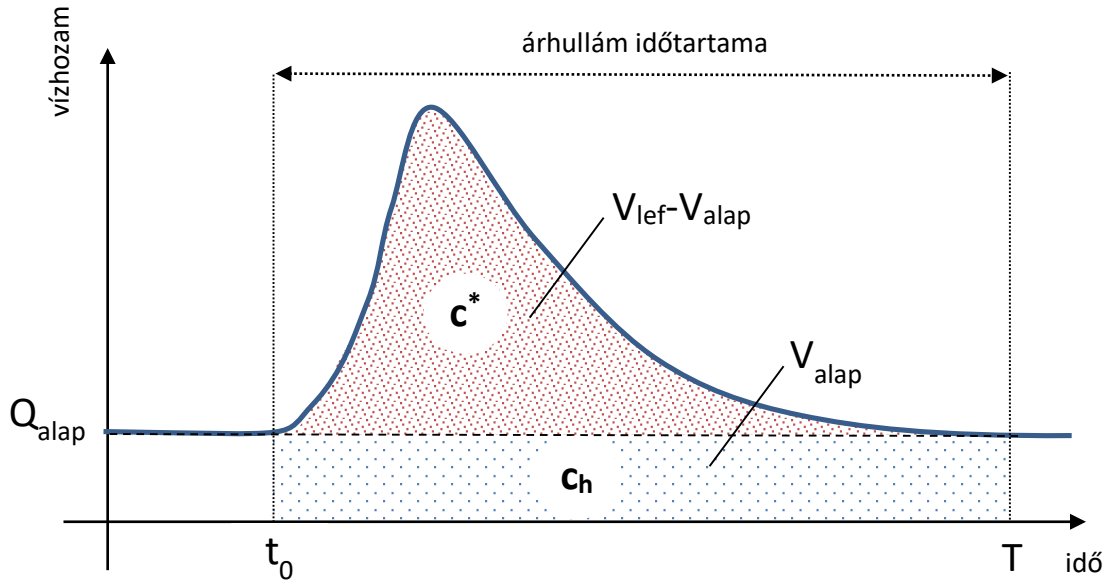
Az eredmények kiértékeléséhez szükséges csapadék adatokat két különböző helyről szereztük be. Egyik forrásunk az *idokep.hu* automata meteorológiai mérőhálózatának grafikus formában Interneten megjelenített adatai voltak (24 órás intenzitás és csapadékmagasság). Ezek közül kikerestük a mintaterületekre vagy azok közelébe eső azon állomásokat, melyek csapadék adatokat is rögzítettek. A másik felhasznált adatbázis a konzorciumvezető által rendelkezésünkre bocsátott, hivatalos forrásból származó kompozit, korrelált radaradatok voltak, melyek 2 km-es felbontású rácshálóban tartalmaztak órás csapadékmagasság értékeket. Időbeli kontinuitás és térbeli közelség szempontjából az utóbbi bizonyult számunkra átfogóbbnak, ezért alapesetben ennek adatait használtuk fel, mintegy ellenőrzésképpen alkalmazva az előzőt.

A jelentés további részében az esemény átlagkoncentrációk és a terhelések számításának módszerét mutatjuk be. Ezután mintavételi helyszínenként mutatjuk be a vizsgálatok eredményeit. Végül kísérletet teszünk általános jellegű következtetések levonására.

A mérési eredmények feldolgozásának módszere

Koncentráció számítások

A vízhozamarányosan begyűjtött mintákból kimért szennyezőanyag koncentrációk reprezentativitása a lefolyásra nézve függ attól, hogy a mintavétel állandó vízfolyásból (mely a száraz időszakokban is rendelkezik alaphozammal), vagy csapadékcsatornából (melyben kizárólag csapadékos időben folyik víz) történt. Utóbbinál a lefolyásbeli esemény-átlagkoncentráció (**c***) közvetlenül megfeleltethető a mintából kimértnek, az előbbi esetben azonban figyelembe kell venni azt az anyagáramot is, ami az alaphozami háttér koncentrációhoz (**c_h**) köthető és független a csapadékeseményektől (0.1. ábra).



0.1. ábra. Csapadékvíz lefolyásból származó árhullám összetevői egy állandó vízfolyás esetében.

Az 0.1. ábrán vázolt esetben az alábbi mérlegegyenlet írható fel a mintázás során a mintavételi ponton átfolyt összes szennyezőanyag mennyiségére:

$$c_{mért} \times V_{lef} = c^* \times \left(V_{lef} - V_{alap}\right) + c_h \times V_{alap}$$

ahol (az alaphozamot a mintázás ideje alatt állandónak véve):

$$V_{alap} = Q_{alap} \times (T - t_0)$$

$$V_{lef} = \int_{t_o}^{T} Q(t) \times dt$$

Az egyenletet átrendezve a lefolyásbeli átlagkoncentráció kifejezhető az alábbiak szerint:

$$c^* = \frac{c_{mért} \times V_{lef} - c_h \times V_{alap}}{V_{lef} - V_{alap}} = \frac{c_{mért} \times \frac{V_{lef}}{V_{alap}} - c_h}{\frac{V_{lef}}{V_{alap}} - 1} = \frac{c_{mért} \times R_V - c_h}{R_V - 1} = c_{mért} \times \frac{R_V - \frac{1}{R_C}}{R_V - 1}$$

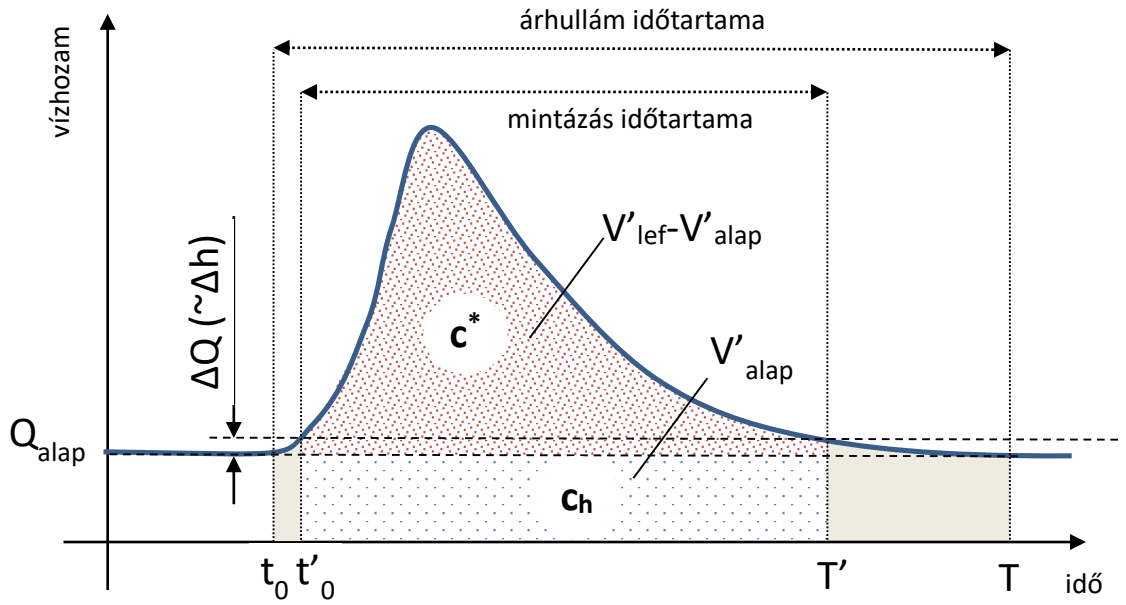
ahol

$$R_V = \frac{V_{lef}}{V_{alap}}$$

$$R_C = \frac{c_{mért}}{c_{háttér}}$$

A mért és a lefolyásbeli koncentrációk közötti összefüggést tehát két arányszám határozza meg: a csapadékesemény által kiváltott árhullám során lefolyt összes víz és az ugyanennyi idő alatt lefolyó alaphozami vízmennyiség aránya, valamint a mintából kimért és az alaphozami háttérkoncentráció hányadosa.

Az imént vázolt „ideális" esettől a valóság két körülményben különbözött az állandó vízfolyásoknál. Egyrészt a többnyire minimális alaphozami vízszint-ingadozások miatt minden esetben szükség volt egy viszonylag szűk „biztonsági sáv" (**Δh**) meghagyására (annak érdekében, hogy a mintázás csak valódi árhullám érkezése esetén induljon el). Emiatt a fenti összefüggésekben az árhullám helyett a mintázás időtartamára vonatkozó vízmennyiségekkel (**V'_{lef}** és **V'_{alap}**) és időintervallummal (**T'–t'_0**) számoltunk (0.2. ábra).



0.2. ábra. Csapadékvíz lefolyás mintázása során bekövetkező eltérések az ideális esettől.

Másrészt figyelembe kellett venni az „élesített” mintavevő eszköz csövezésében tárolt (alaphozami vízminőséggel jellemezhető) víz mennyiségét, amely minden mintának részét képezte, változó arányban (attól függően, hogy a lefolyásból vett minta mekkora volt). Ugyanezen körülmény miatt az árhullám lecsengő ágának végéből származó (szintén az eszközbeli tározásnak megfelelő mennyiségű) vízminta nem kerül bele a mintagyűjtő edénybe. Mivel azonban a lefolyásnak ezen része szennyezőanyag koncentrációk tekintetében feltételezhetően már nem különbözik számottevően az alaphozami háttérkoncentrációktól, a begyűjtött vízmintákból mért koncentrációkat nem korrigáltuk.

További nehezítő körülményként lépett fel, ha különböző okokból kifolyólag (pl. késő esti és az azt követő kora hajnali esők, vagy szorosan egymást követő csapadékok, melyek árhullámai egymásra szuperponálódtak) nem sikerült elkülöníteni egymástól az eseményeket. Ezekben az esetekben, amikor egy-egy minta egynél több árhullámból származott, a koncentráció számítás az események átlagát adta ki; a kapcsolódó tényezők (pl. csapadékjellemzők) közül pedig a dominánsnak ítélt esemény(ek)hez tartozó paramétereket vettük figyelembe a további elemzésekben. Többször előfordult ugyanakkor, hogy az elméleti és a ténylegesen begyűjtött mintamennyiség összevetése alapján feltételezhető volt, hogy egy-egy árhullám – bár elvileg a minta részét képezte volna – mégsem került mintázásra (pl. eltömődés miatt). Ilyenkor csak azokat az eseményeket vettük figyelembe, amelyek valószínűsíthetően érdemi részét képezték a mintának.

Terhelés számítások

Az egyes mintákhoz tartozó terhelések számítása a fenti megfontolások alapján átszámolt esemény-átlagkoncentrációk (EÁK) alapján történt (amennyiben szükség volt korrekcióra – ellenkező esetben az EÁK megegyezett a mintákból mért eredményekkel). Ezeket az értékeket a mintázás során lefolyt csapadékvíz mennyiségével (**V'_{lef}**) összeszorozva megkaptuk az egyes események által a vízgyűjtőkről lemosott szennyezőanyagok tömegét.

$$M_i = c_i^* \times V'_{lef,i} \qquad \text{(állandó vízfolyások esetén)}$$

$$M_i = c_{mért,i} \times V'_{lef,i} \qquad \text{(csapadékelvezető csatornák esetén)}$$

Terheléseket természetesen csak azon minták esetében tudtunk számolni, amelyeknél a mintázás teljes időtartamára vonatkozóan rendelkezésre álltak vízszint, illetve átemelő szivattyú adatok (ezek hiányában a mintákat csak a koncentráció értékek statisztikai elemzéséhez tudtuk felhasználni).

Mintaterületek és mérési eredmények bemutatása

1. Gödöllő, Rákos-patak

Gödöllő 32.792 fős lakosságú, városi rangú település Pest megyében, Budapesttől 30 kilométerre északkeletre, 207 m tengerszint feletti magasságban. Közigazgatási területe 6192 ha, átlagos népsűrűsége 5,3 fő/ha. Dombvidéki jellegű település, a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 4,84%. Fontos térségi és közlekedési központ, a főbb közúti és vasúti pályákat az 1.1 ábra térképvázlata mutatja be.

***1.1 ábra**. Gödöllő kiterjedése és fő közlekedési folyosói (piros: autópálya, sárga: fontos közút, fekete: vasút)*

A város burkolt felületeiről lefolyó csapadékvizek többségét (Blaha, Csanak, Kertváros, Egyetem, Haraszt, Alvég, Nagyfenyves városrészek) elválasztott rendszerben a település felett eredő Rákos-patakba vezetik, több becsatlakozási ponton. A domborzati adottságokból kifolyólag (1.2 ábra) a település kisebbik, keleti feléről (Antalhegy, Királytelep, Fenyves, Marikatelep, Máriabesnyő) nem ide kerül a csapadékvíz. Reprezentativitás szempontjából a Rákos-patakra eső vízgyűjtő megfelelőbb választás, mivel a lakosság és a közúti forgalom nagyobb része is ezen a területen koncentrálódik.

***1.2 ábra**. A mintavételi pont elhelyezkedése és a Rákos-patak hozzá tartozó vízgyűjtője (alaptérkép: OpenStreetMap)*

A számos csapadékvíz bevezetési pont miatt, valamint hogy minél nagyobb terület lefolyásának összegzett hatása legyen vizsgálható, a mintavételi pontot a pataknak egy olyan pontján jelöltük ki, amely a városmag és a szennyvíztisztító telep közé esik, továbbá jól megközelíthető, ugyanakkor megoldható volt az értékesebb eszközök magánterületen történő elhelyezése is. Ezen feltételeknek a Fürdő utcától délre eső patakszakasz felelt meg leginkább (1.2 ábra).

A Rákos-patak medre ezen a szakaszon ismét természetes, burkolat nélküli, aprókavicsos aljzatú (a felvízi szakasz városon átvezető része nagyrészt betonozott mederburkolattal rendelkezik – 1.3 ábra). A patak meredek partvonalát füves-fás növényzet szegélyezi (1.4 ábra). A vízfolyásba helyezett eszközök (vízhozammérő, vízszint távadó és a mintázó bemeneti szűrője) karbantartása megoldható volt a lakók zavarása nélkül, az adatrögzítő és vezérlő egységek, valamint a begyűjtött vízminta viszont védettebb helyen, az ingatlanon belül kapott helyet (1.5 ábra).

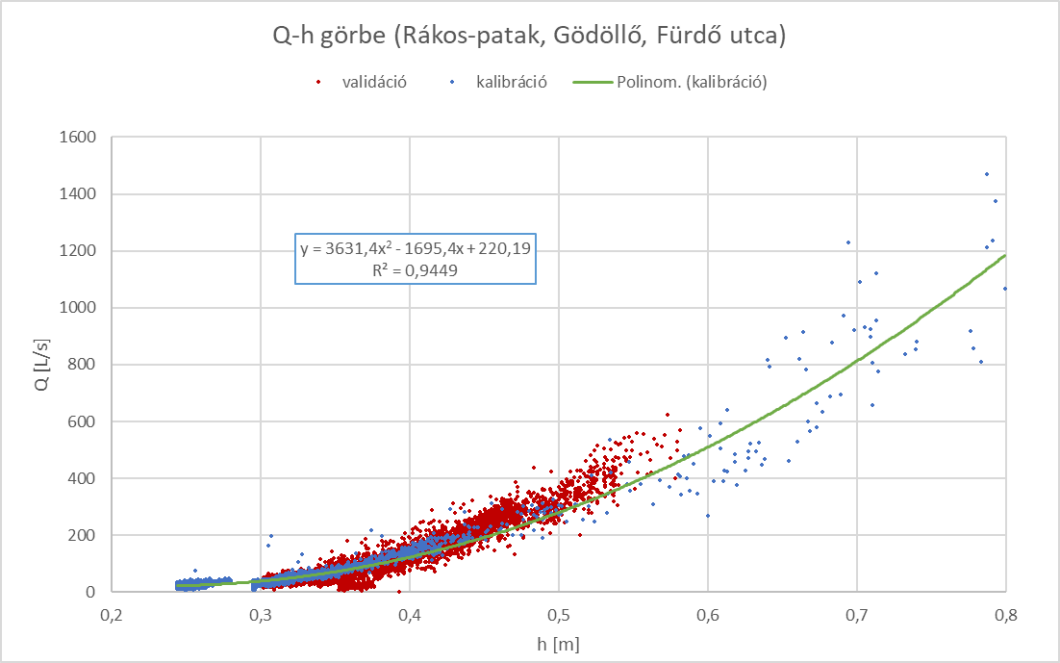
***1.3 ábra**. A mintavételi pont feletti szakasz a Fürdő utca közúti hídjával*

***1.4 ábra**. A kiépített mintavételi pont és az alvizi szakasz*

***1.5 ábra**. A mintavételező egység helyszíni telepítése*

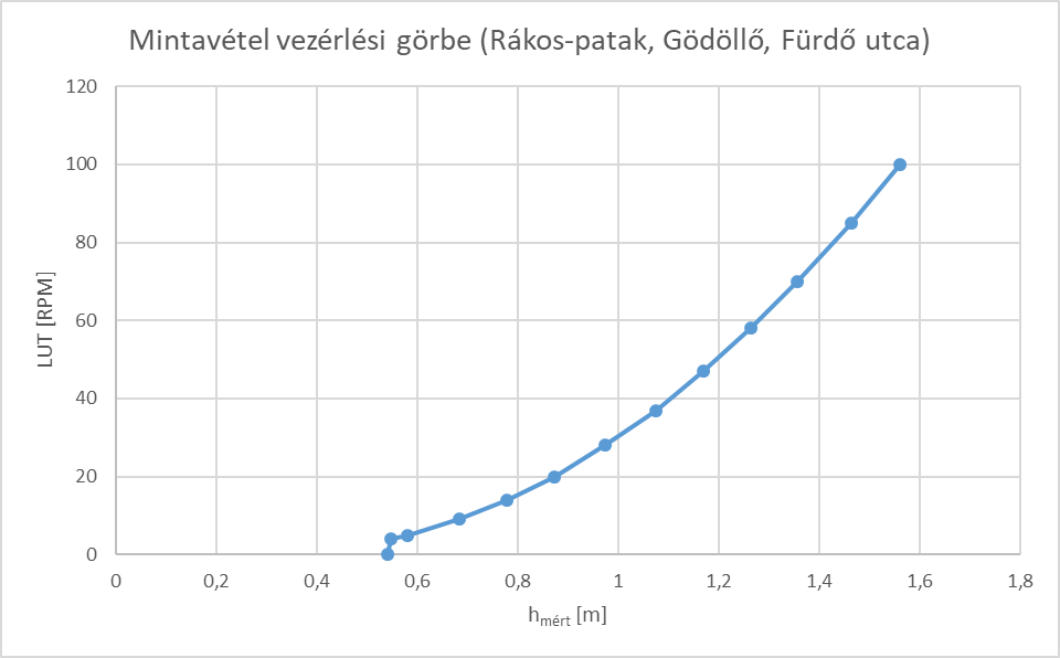
A helyszín kiépítése két fázisban történt meg. Elsőként egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozammérő eszközt telepítettünk le a kiválasztott szelvénybe (1.6 ábra), melynek segítségével a 2018.08.16. és 2019.02.26. közötti időszakban figyelemmel kísértük a vízszint (h) és vízhozam (Q) értékeket (az adatok rögzítése 2 perces gyakoriséggal történt, két rendbeli akkumulátor lemerülést leszámítva folyamatosan). A mérés célja a mintavételi ponton érvényes Q-h összefüggés (1.7 ábra) meghatározása volt (ehhez az első hónap adatait használtuk fel), melyből megalkothattuk a mintázás során felhasználandó vezérlő függvényt. Az összefüggés validálásához az időszak hátralévő részében rögzített csapadékesemények lefolyásainak adatpárjai szolgáltattak alapot.

***1.6 ábra**. A Nivus vízhozammérő műszer elhelyezése a patakmeder medrében*



***1.7 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe*

A második lépésben meghatároztuk az vízhozamarányos mintázó szivattyújának vezérlőgörbéjét (vízszint-fordulatszám pontpárok – 1.8 ábra), majd még az ősz folyamán a helyszínre telepítettük a mintázó eszköz prototípusát és tartozékait, melyeket az első fagyok beköszöntéig hagytunk kint. Ebben az évszakhoz képest igencsak száraz időszakban mindössze 1 db minta gyűlt, viszont értékes tapasztalatokat szereztünk a mintázó terepi működésével kapcsolatban, ami irányt szabott a további fejlesztéseknek.



***1.8 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

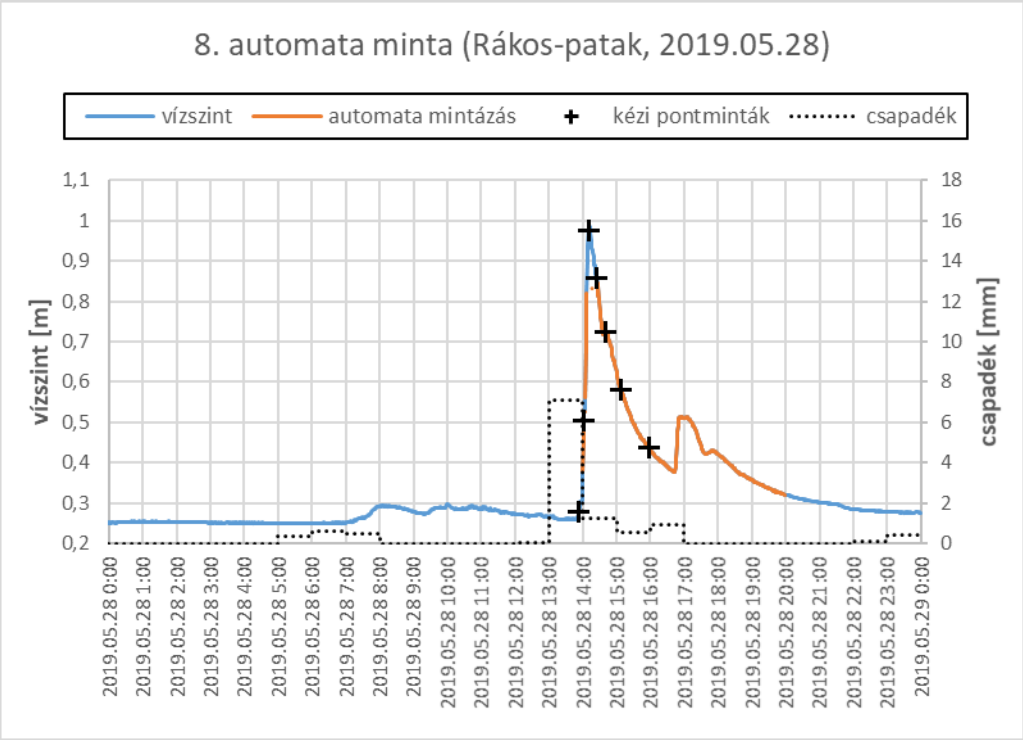
A viszonylag enyhébb időjárás beköszöntével 2019 február végén újra kitelepítettük a mintavételező összeállítást (1.9/a-b. ábrák). Időközben a vízszintérzékelő egységet egy a korábbinál precízebb és megbízhatóbb távadóra cseréltük, amit egy furatolt KG-PVC védőcső belsejében helyeztünk el (1.9/b. ábra), rögzített magasságban. Fejlesztések történtek továbbá az eszköz szoftveres hátterét biztosító firmware és felhasználói PC programokban egyaránt.

***1.9/a ábra**. A gyűjtőedény és a vezérlődoboz*

***1.9/b ábra**. A vízszint távadó és a szívófej*

Az újratelepítést követően 2019. november 29-ig – néhány kisebb kihagyást leszámítva (jellemzően akkumulátor lemerülés miatt) – folyamatosan működtettük ezt az állomást, melynek során 23 sikeres automata mintavétel történt. Erről a helyszínről a teljes vizsgálati időszak során több alkalommal vettünk kézi pontmintákat is, részben a háttérhozamra jellemző szennyezőanyag koncentrációk meghatározása céljából (4 db minta, különböző évszakokban), részben pedig csapadékesemények során (összesen 23 db minta). Utóbbiak közül 7 db egy árhullám különböző szakaszait reprezentálja (1.10 ábra). A teljes időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját, valamint a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „GD_monitoring_coredata.slsx" Excel állomány tartalmazza.

A mintázó összeállításban a második időszak során két kisebb módosítást hajtottunk végre. Egyrészt a mintavételi cső szívófején cseréltük le a kezdetben alkalmazott kisméretű perforált szűrődobot egy félig nyitott, szintén perforált tölcsérre (1.11/a ábra), ugyanis a patak a csapadékesemények lefolyása alatt nagy mennyiségű homokot szállít, ami zavartalanabb áramlási viszonyok közé érve kiülepedett és ezáltal sorozatosan eltömítette az eredeti szűrőfejet a kezdeti időszakban. Másrészt kibővítettük az eszköz áramellátásának kapacitását külső akkumulátor egységekkel, melyeket a vezérlődobozzal és a szivattyúval együtt egy nagyobb zárható dobozba helyeztünk el (1.11 b ábra).



***1.10 ábra**. Automata és kézi mintavételek egy konkrét csapadékesemény lefolyása során*

***1.11/a ábra**. Az új mintavételi szívófej*

***1.11/b ábra**. A bedobozolt mechanikai egység*

Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen az 1.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig az 1.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen

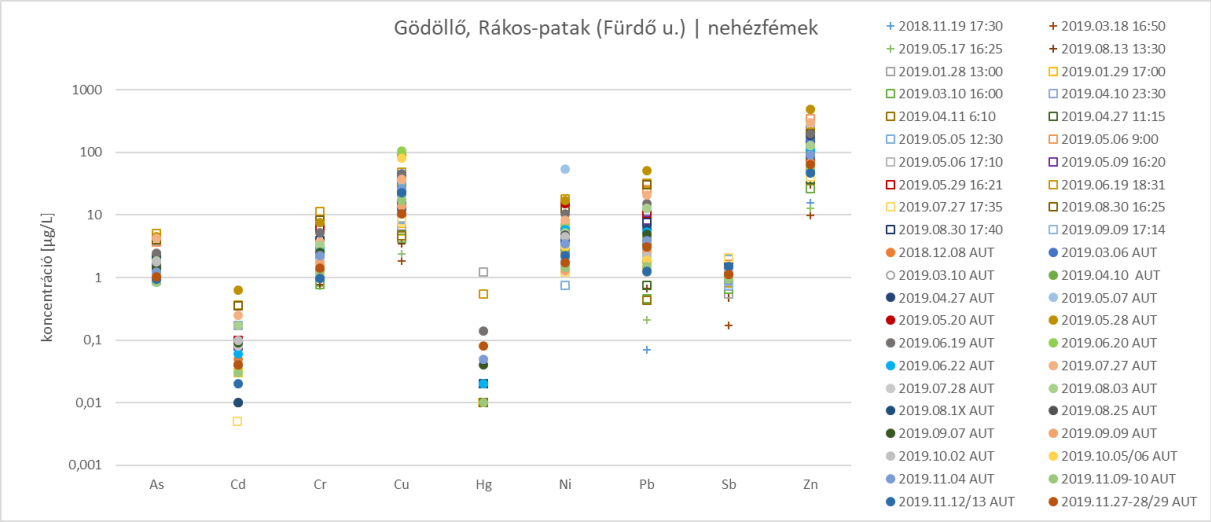
és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit az 1.12 és 1.13 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑ N	InorgN	OrgN	∑ P	C5-12	C13-40	TPH	∑ PAH	∑ naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
BGD-1	1,29	0,02	1,74	3,43	0,01	3,63	0,07	0,96	15,7	4,1			0,54	1,9	15,3	**17,2**	**0,091**	**0,07**	**0,021**
BGD-2	1,36	0,005	0,88	1,85	0,01	2,31	0,01	0,17	9,73	11,4	10,9	0,5	0,11	0,6	26	**26,6**	**0,042**	**0,035**	**0,007**
BGD-3	1,55	0,01	0,73	2,37	0,01	1,54	0,21	0,79	12,6	8,3	7,8	0,5	0,12	5,6	32,9	**38,5**	**0,011**	**0,011**	**nd**
BGD-4	2,41	0,02	0,77	3,52	0,01	3,22	0,66	0,47	30,6	16,4	16,4	0	0,2	1,4	7,5	**8,9**	**0,07**	**0,031**	**0,039**
MAN-1	1,23	0,005	1,6	6,79	1,23	3,21	1,58	0,54	65,4	10,5	9,5	1	0,1	0,7	139	**140**	**0,174**	**0,018**	**0,156**
MAN-2	1,21	0,03	1,54	5,45	0,05	2,35	1,4	1,17	70,1	8,1	7,6	0,5	0,11	0,6	13,6	**14,2**	**0,019**	**0,011**	**0,008**
MAN-3	0,99	0,005	0,78	4,28	0,01	3,01	0,46	0,64	26,7	1,9	1,5	0,4	0,12	nd	33,6	**33,6**	**0,018**	**0,006**	**0,012**
MAN-4	3,87	0,17	5,92	27,1	0,01	5,74	11,6	1,41	235	6,6	2	4,6	0,65		462	**462**	**2,87**	**0,219**	**2,65**
MAN-5	1,37	0,005	1,14	4,7	0,01	1,6	0,43	1,22	36,4	8,7	7,2	1,5	0,17		49,9	**49,9**	**0,094**	**0,03**	**0,064**
MAN-6	1,19	0,005	1,05	6,53	0,01	1,65	0,75	1,18	37,3	11,3	4,7	6,6	0,14	nd	34,4	**34,4**	**0,055**	**0,034**	**0,021**
MAN-7	0,98	0,005	2,39	8,5	0,01	0,76	2,65	1,96	52,6	3	2	1	0,16	nd	197	**197**	**0,221**	**0,054**	**0,167**
MAN-8	3,71	0,35	6,51	42,5	0,01	6,32	25,8	1,62	345	3	0,5	2,5	0,75	nd	830	**830**	**0,999**	**0,077**	**0,922**
MAN-9	1,24	0,005	1,98	6,81	0,01	1,72	2,39	1,51	55,5				0,11	0,8	107	**108**	**0,109**	**0,012**	**0,097**
MAN-10	1,67	0,08	3,52	22,6	0,01	3,19	8,21	1,42	141				0,28	1,3	671	**672**	**0,825**	**0,037**	**0,788**
MAN-11	2,06	0,1	6,28	32,9	0,01	5,37	10,5	1,16	103		11,9		0,2	0,7	139	**140**	**0,337**	**0,051**	**0,286**
MAN-12	5,03	0,36	11,3	47,9	0,54	18,1	32,3	0,82	214	5,1	1,1	4	1,04	0,9	284	**285**	**1,27**	**0,073**	**1,2**
MAN-13	1,38	0,005	1,61	8,12	0,01	1,22	1,87	2,08	40,8	5,2	3,6	1,6	0,14	2	47,9	**49,9**	**0,15**	**0,075**	**0,075**
MAN-14	4,01	0,35	8,24	40,6	0,01	12,3	30,2	1,04	197	5	1,2	3,8	0,65	0,6	1300	**1300**	**1,4**	**0,063**	**1,34**
MAN-15	2,06	0,09	3,88	15,1	0,02	4,33	7,49	1,46	75,4	4,9	2,2	2,7	0,29	1,4	273	**274**	**0,311**	**0,044**	**0,267**
MAN-16	0,88	0,005	2,92	12,6	0,01	2,02	4,04	0,74	67,6	1,5	0,6	0,9	0,13	3,6	246	**250**	**0,287**	**0,046**	**0,241**
AUT-1	1,46	0,05	2,58	14,8	0,01	2,46	4,29	1,03	102	4			0,29						
AUT-2	1,49	0,005	2,44	45	0,01	3,89	5,23	0,9	157				0,23	2,7	333	**336**	**0,186**	**0,021**	**0,165**
AUT-3	0,91	0,005	3,73	26	0,01	3,35	1,21	1,09	102				0,08						
AUT-4	2,39	0,04	2,88	30,4	0,01	2,76	4,16	1,21	108	6,9	4,4	2,5	0,36		166	**166**	**0,242**	**0,02**	**0,222**
AUT-5	2,12	0,09	2,07	25,3	0,01	3,65	6,06	1,11	189			0	0,43	nd	328	**328**	**0,303**	**0,053**	**0,25**
AUT-6	1,19	0,005	1,23	35,6	0,01	54,3	3,29	1,51	59,9				0,38	nd	33,9	**33,9**	**0,041**	**0,013**	**0,028**
AUT-7	1,47	0,01	1,25	14,9	0,01	15,1	3,51	1,4	71,6				0,63		136	**136**	**0,022**	**nd**	**0,022**
AUT-8	4,48	0,63	7,57	92,3	0,01	16,9	51,9	1,41	489	7			1,19	3	1640	**1640**	**2,58**	**0,146**	**2,43**
AUT-9	2,49	0,17	5,26	44,3	0,14	10,3	15,4	1,29	197		2,1		0,36		536	**536**	**0,589**	**0,061**	**0,528**
AUT-10	1,85	0,04	2,51	106	0,02	6,82	3,44	1,18	116				0,09	nd	210	**210**	**0,141**	**0,057**	**0,084**
AUT-11	1,58	0,06	2,9	21,8	0,02	5,83	5,41	0,87	109			1,4	0,15		228	**228**	**0,206**	**0,054**	**0,152**
AUT-13	4,26	0,25	3,73	37	0,01	8,3	20,6	1,32	302				0,45	1,4	458	**459**	**0,751**	**0,082**	**0,669**
AUT-14	1,82	0,08	1,93	22	0,01	3,22	12,6	0,86	131	6,1	1,8	4,3	0,26	1,9	256	**258**	**0,517**	**0,066**	**0,451**
AUT-15	1,84	0,17	3,3	25,6	0,01	5,2	12,6	1,08	129				0,28		258	**258**	**0,284**	**0,035**	**0,249**
AUT-16	0,88	0,01	1,22	12,9	0,01	3,27	1,82	1,31	54,1	3,7	2,5	1,2	0,06	1,1	90,1	**91,2**	**0,03**	**0,024**	**0,006**
AUT-17	1,61	0,04	0,99	23,2	0,01	4,75	3,27	1,11	61,7				0,54						
AUT-18	1,39	0,09	2,56	20,8	0,04	3,16	4,85	1,01	88,6	4,5	1,5	3	0,17	2,6	331	**334**	**0,185**	**0,045**	**0,14**
AUT-19	0,96	0,005	1,69	14	0,01	1,3	2,53	0,88	68,6	2,9	2,5	0,4	0,09	4,3	543	**547**	**0,164**	**0,05**	**0,114**
AUT-20	1,77	0,1	1,23	19,8	0,01	4,45	2,2	1,3	63,2				0,4		147	**147**	**0,103**	**0,041**	**0,062**
AUT-21	1,06	0,03	1,08	82,1	0,01	3,11	1,9	0,98	64,4				0,13		103	**103**	**0,085**	**0,048**	**0,037**
AUT-22	1,21	0,04	2,24	26,4	0,05	3,45	3,88	0,88	90,2	1,9	1,4	0,5	0,5	1,9	312	**314**	**0,14**	**0,038**	**0,102**
AUT-23	0,85	0,03	1,22	17,1	0,01	1,45	1,5	0,95	55,4	2,1	2,1	0	0,41	3,4	221	**224**	**0,115**	**0,035**	**0,08**
AUT-24	0,95	0,02	0,97	22,7	0,01	2,23	1,28	1,5	46,7				0,4		39,7	**39,7**	**0,017**	**0,014**	**0,003**
AUT-25	1,03	0,04	1,41	10,3	0,08	1,73	3,11	1,11	65,2	2,4	1,3	1,1	0,45	0,9	34,2	**35,1**	**0,117**	**0,059**	**0,058**
TSR-1/1	1,43	0,02	0,81	4,26	0,01	1,99	0,87	1,63	26,4	8,4	7,9	0,5	0,15		62,6	**62,6**	**0,045**	**0,014**	**0,031**
TSR-1/2	4,98	0,56	7,48	51	0,01	9,33	43,3	1,53	305	6,2	4,9	1,3	1,01	2,4	1830	**1830**	**7,06**	**0,402**	**6,66**
TSR-1/3	5,39	1,03	12,8	128	0,01	15,8	84,4	1,41	827	6,1	0,7	5,4	1,86	2,8	2580	**2580**	**4,5**	**0,318**	**4,18**
TSR-1/4	4,14	0,72	8,06	65,5	0,01	15,7	53,1	0,88	399	5,5	1,8	3,7	1,2	1,8	1490	**1490**	**3,94**	**0,237**	**3,7**
TSR-1/5	4,81	0,81	8,85	75,6	0,01	34,7	56,9	0,88	480	3	0,9	2,1	1,38	1,3	1480	**1480**	**4,03**	**0,235**	**3,79**
TSR-1/6	2,4	0,41	4,81	35	0,01	7,82	21,3	1,57	290	3	1	2	0,52	3,4	1110	**1110**	**1,42**	**0,075**	**1,34**
TSR-1/7	2,44	0,24	3,84	30,2	0,01	10	15,8	1,75	179	2	1,5	0,5	0,46	3,7	872	**876**	**0,952**	**0,052**	**0,9**

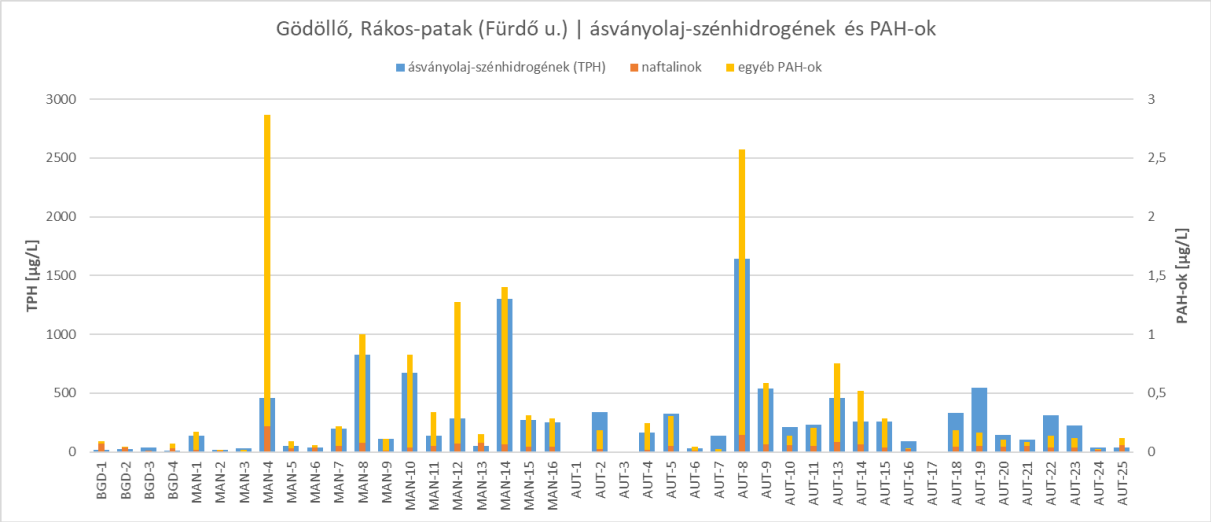
***1.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: BGD=kézi háttér pontminta, AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta, TSR=kézi csapadék lefolyás idősor pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
***N** háttér*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*3*	*2*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*3*
átlag	1,65	0,01	1,03	2,8	0,01	2,7	0,2	0,60	17	10,1	11,7	0,3	0,24	2,4	20	23	0,05	0,04	0,02
medián	1,46	0,02	0,83	2,9	0,01	2,8	0,1	0,63	14	9,9	10,9	0,5	0,16	1,7	21	22	0,06	0,03	0,02
min	1,29	0,01	0,73	1,9	0,01	1,5	0,0	0,17	10	4,1	7,8	0,0	0,11	0,6	8	9	0,01	0,01	0,01
max	2,41	0,02	1,74	3,5	0,01	3,6	0,7	0,96	31	16,4	16,4	0,5	0,54	5,6	33	39	0,09	0,07	0,04
szórás	0,52	0,01	0,48	0,8	0,00	0,9	0,3	0,35	9	5,2	4,4	0,3	0,20	2,2	11	13	0,03	0,02	0,02
rel. sz.	31%	55%	46%	29%	0%	35%	124%	59%	54%	52%	37%	87%	83%	93%	55%	56%	65%	67%	77%
***N** kézi*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*	*13*	*14*	*13*	*16*	*10*	*16*	*16*	*16*	*16*	*16*
átlag	2,06	0,10	3,79	18,3	0,12	4,6	8,9	1,25	110	5,8	4,0	2,4	0,32	1,3	302	303	0,57	0,05	0,52
medián	1,38	0,02	2,66	10,6	0,01	3,1	3,3	1,20	69	5,1	2,1	1,6	0,17	0,9	168	169	0,25	0,05	0,20
min	0,88	0,01	0,78	4,3	0,01	0,8	0,4	0,54	27	1,5	0,5	0,4	0,10	0,6	14	14	0,02	0,01	0,01
max	5,03	0,36	11,30	47,9	1,23	18,1	32,3	2,08	345	11,3	11,9	6,6	1,04	3,6	1300	1300	2,87	0,22	2,65
szórás	1,32	0,14	3,04	15,2	0,32	4,6	10,9	0,44	91	3,1	3,7	1,9	0,29	1,0	356	356	0,76	0,05	0,72
rel. sz.	64%	138%	80%	83%	264%	101%	123%	35%	83%	55%	92%	79%	92%	78%	118%	118%	133%	94%	138%
***N** auto*	*24*	*24*	*24*	*24*	*24*	*24*	*24*	*24*	*24*	*10*	*9*	*8*	*24*	*10*	*21*	*21*	*21*	*20*	*21*
átlag	1,71	0,08	2,42	32,9	0,02	7,1	7,3	1,14	122	4,2	2,2	1,4	0,35	2,3	305	306	0,32	0,05	0,28
medián	1,48	0,04	2,16	24,3	0,01	3,6	3,7	1,11	96	3,9	2,1	1,2	0,36	2,3	228	228	0,16	0,05	0,11
min	0,85	0,01	0,97	10,3	0,01	1,3	1,2	0,86	47	1,9	1,3	0,0	0,06	0,9	34	34	0,02	0,01	0,00
max	4,48	0,63	7,57	106,0	0,14	54,3	51,9	1,51	489	7,0	4,4	4,3	1,19	4,3	1640	1640	2,58	0,15	2,43
szórás	0,94	0,13	1,54	25,3	0,03	10,8	10,7	0,20	98	1,9	0,9	1,4	0,24	1,4	341	341	0,55	0,03	0,52
rel. sz.	55%	157%	64%	77%	137%	152%	146%	18%	80%	47%	43%	98%	69%	60%	112%	111%	170%	64%	188%
***N** idősor*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*6*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*
átlag	3,66	0,54	6,66	55,7	0,01	13,6	39,4	1,38	358	4,9	2,7	2,2	0,94	2,6	1346	1347	3,14	0,19	2,94
medián	4,14	0,56	7,48	51,0	0,01	10,0	43,3	1,53	305	5,5	1,5	2,0	1,01	2,6	1480	1480	3,94	0,24	3,70
min	1,43	0,02	0,81	4,3	0,01	2,0	0,9	0,88	26	2,0	0,7	0,5	0,15	1,3	63	63	0,05	0,01	0,03
max	5,39	1,03	12,80	128,0	0,01	34,7	84,4	1,75	827	8,4	7,9	5,4	1,86	3,7	2580	2580	7,06	0,40	6,66
szórás	1,55	0,35	3,89	39,7	0,00	10,4	28,6	0,36	254	2,3	2,7	1,8	0,60	0,9	788	787	2,45	0,15	2,30
rel. sz.	42%	64%	58%	71%	0%	77%	73%	26%	71%	47%	102%	81%	64%	36%	59%	58%	78%	77%	78%

***1.2 táblázat**. Az 1.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*

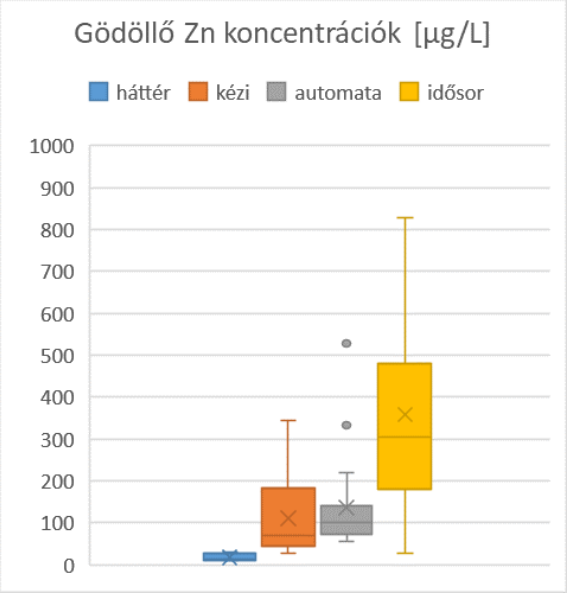


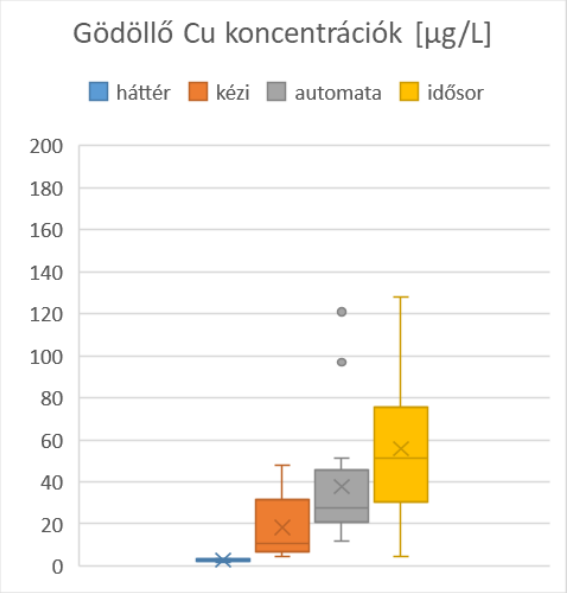
***1.12 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (kereszt: háttér, üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

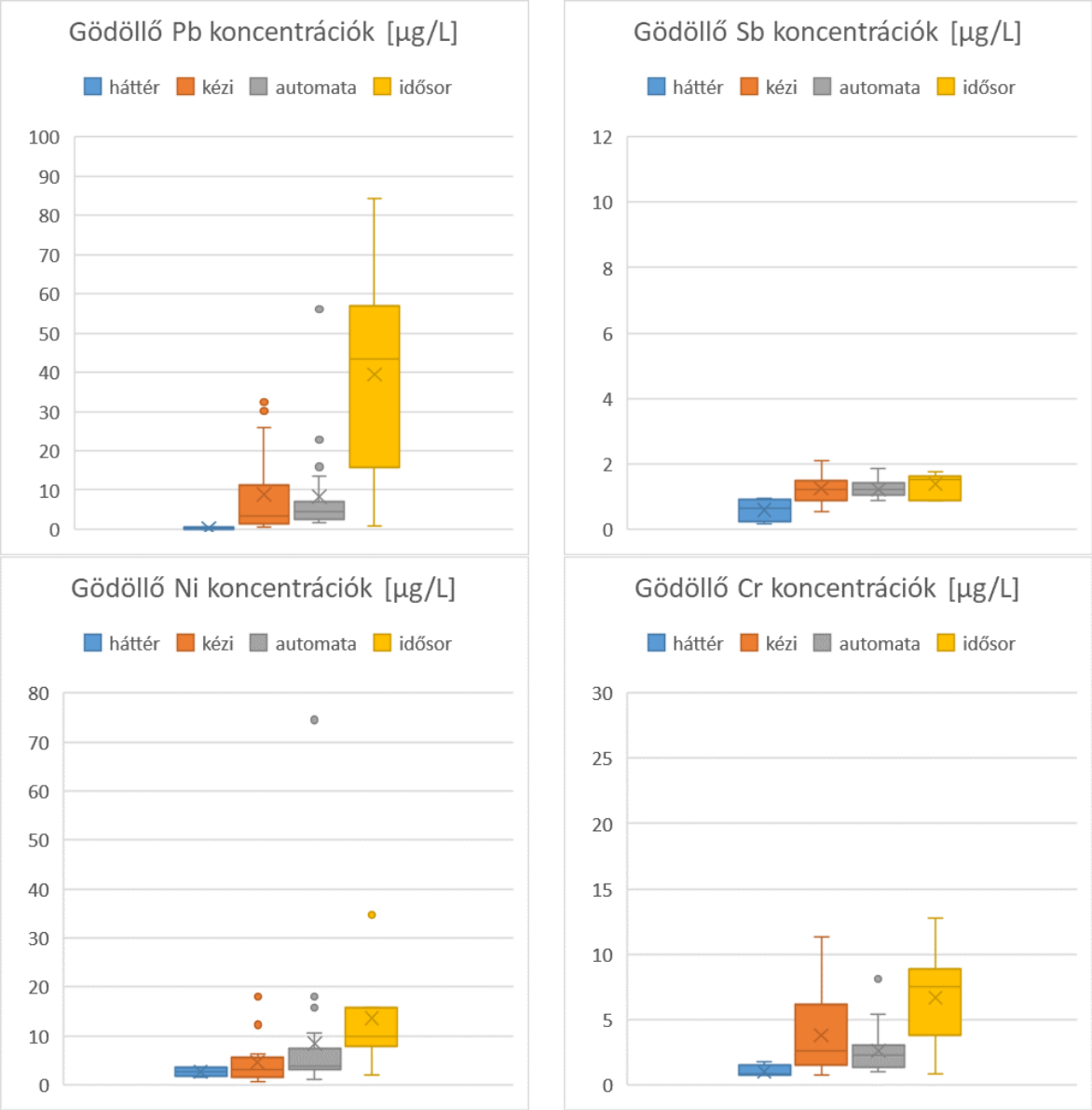


***1.13 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése az 1.1 táblázat szerint).*

Az egyes mintacsoportok koncentrációinak egymáshoz képesti eloszlásai a legtöbb vizsgált szennyező esetében hasonló tendenciát mutatnak (példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be az 1.14/a-f ábrák, a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). Megfigyelhető, hogy a háttérhez viszonyítva a csapadékesemények során vett minták jellemzően szignifikánsan magasabb koncentrációkkal jellemezhetők, a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban tehát egyértelműen kimutatható.





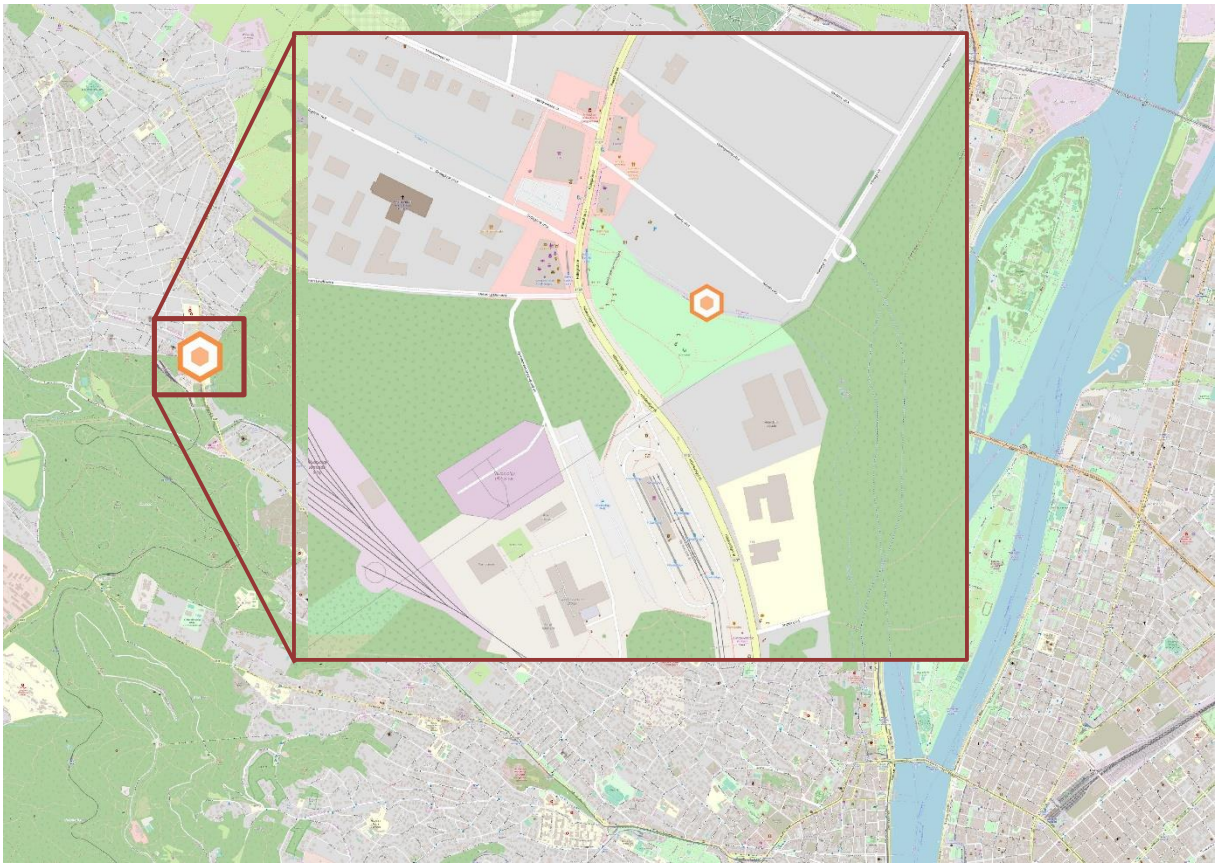


***1.14/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok mintacsoportok szerinti csoportosításban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

A vízhozamarányos automata minták (melyek a csapadékvíz lefolyás adott eseményre vonatkoztatott átlagos szennyezőanyag koncentrációit reprezentálják) tartományai az egy-két kiugró érték ellenére jellemzően szűkebbek a kézi pontminták csoportjainál. Különösen igaz ez az esemény-idősor minták csoportjával összehasonlítva, melyek között egyaránt megtalálhatók a mindössze rövid ideig fennálló maximálishoz, illetve a háttérhez közeli értékek (ami magyarázatot ad arra, hogy miért fog át olyan széles értéktartományt e mintacsoport). Ez egyrészt alátámasztja a hozamarányos eseményátlag-minta módszertani előnyét a kézi mintákhoz képest (pontosabb információt nyerhetünk az utóbbiakkal összevetve), másrészt megmutatja, hogy amennyiben mégis csak kézi mintázásra adódik lehetőség egy helyszínen, akkor elég nagyszámú pontmintával közelítőleg megbecsülhető a jellemző koncentráció értékek eloszlása.

2. Budapest, Ördög-árok

Budapest 1.735.711 fős lakosságával és változatos, összetett domborzatával az országban egyedülálló különleges mintaterületet képez. Közigazgatási területe 52.514 ha, átlagos népsűrűsége 33 fő/ha. A budai oldal, míg a pesti oldal síkvidéki jelleget ölt, a település egészét tekintve a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 3,53%. Az ország fővárosaként forgalmi viszonyai rendkívül sokrétűek és változatosak. A domborzati és forgalmi, valamint beépítettségi viszonyok inhomogenitása több mintavételi helyszín kijelölését is indokolttá teszi. Ezek közül elsőként egy hegyvidéki fekvésű, kevésbé városias, ám viszonylag sűrűn lakott, forgalmas településrészt (Máriaremete) választottunk (2.1 ábra).



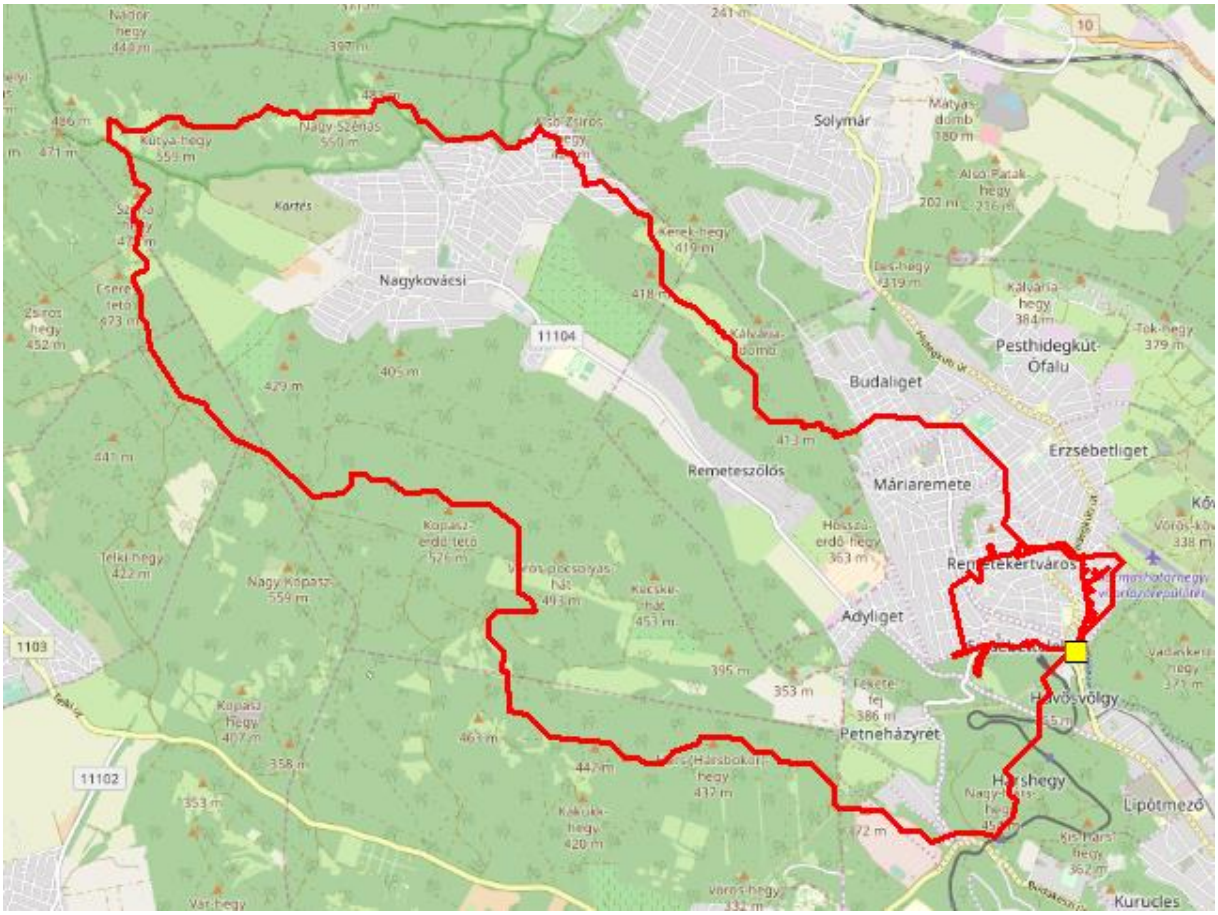
***2.1 ábra**. A mintaterület elhelyezkedése Budapesten belül*
(a vízgyűjtőhöz tartozó mintavételi pontot hatszögletű jelzés reprezentálja).

A csapadékvizek elvezetését a mintaterületen a burkolt közterületek (utcák, közterek, összesen 26 ha felszíni kiterjedéssel) lefolyását összegyűjtő zárt csapadékvíz csatornarendszer végzi el (a csatornák összes hossza 4140 m), melynek befogadója az Ördög-árok. A vízfolyás a mintaterületre nyílt árokban futó patakként érkezik, majd maga is zárt szelvényben folyik tovább a föld alatt (ahol időközben becsatlakoznak a csapadékvíz-elvezető csatornák), míg végül a Rezeda utcánál újra nyílt árkos, természetes medrű patakként folytatja útját Hűvösvölgy felé (2.2 és 2.3 ábrák). Az Ördög-árok felső, nyitott szakasza, valamint a Kis-Ördög-árok egy-egy hordalékfogós bukó műtárggyal csatlakoznak a zárt csapadékcsatornákhoz.

2.2 ábra. A máriaremetei mintaterület beépítettsége műholdfelvétel alapján (forrás: Google Föld) - a mintaterülethez tartozó burkolt közterületek felülete szürke színnel kiemelve, a nyílt szelvényű patakokat kék, a zárt szelvényű csapadékvíz csatornákat lila vonalak jelzik

***2.3 ábra**. A máriaremetei mintaterület domborzati viszonyai (egyéb jelölések a 2.2 ábra szerint)*

A későbbiek során a vízszint idősorokat a részletes térbeli felbontású csapadék (radar) adatokkal összevetve kimutatható volt, hogy a mintázott csapadékesemények többségénél a lefolyás két hullámban jelentkezett, melyek közül csak az első származott a 2.2-2.3 ábrákon bemutatott területről, a második (elnyújtottabb) részlet pedig a 2.4 ábrán bemutatott topográfiai vízgyűjtőnek a hordalékfogó műtárgy feletti részéről származott, valószínűsíthetőleg Nagykovácsi és Remeteszőlős települések csapadékvíz lefolyásából.



***2.4 ábra**. Az Ördög-árok Rezeda utcai mintavételi pontjához tartozó teljes topográfiai vízgyűjtő, benne a 2.2-2.3 ábrákon szereplő részvízgyűjtővel (alaptérkép: OpenStreetMap)*

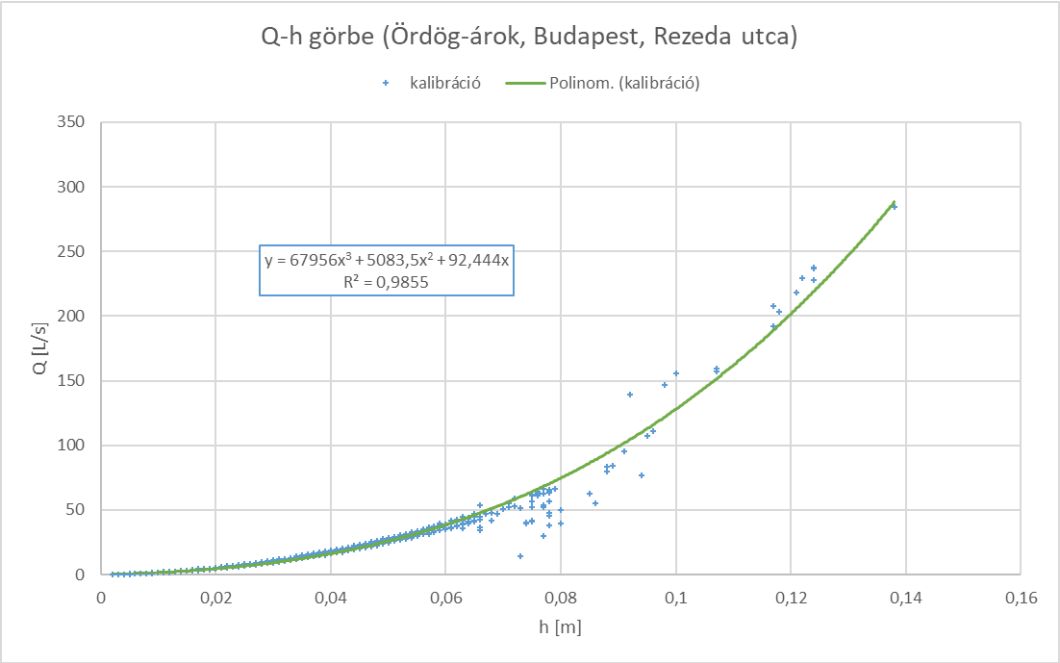
Mintavételi pontunkat az Ördög-árok zárt szelvényből való kilépési pontjánál alakítottuk ki, de még a zárt csatornán belül. A helyszín közterületről megközelíthető, emellett az értékesebb eszközök magánterületen történő elhelyezése szerencsére megoldható. A csatornában (mely ezen a szakaszon 290/285 szelvényméretű, nyomott tojás belső fókusszal) kényelmesen el lehet férni, valamint a hőmérsékletingadozás is kisebb, mint a szabadban, ami különösen a téli időszakban jelent előnyt (fagynak kevéssé kitett helyen folyamatos üzemben dolgozhat a mintázó). A vízfolyásba helyezett eszközök (vízhozammérő, vízszint távadó és a mintázó bemeneti szűrője) karbantartása, továbbá a begyűjtött vízminta begyűjtése a lakók zavarása nélkül elvégezhető, az adatrögzítő és vezérlő egységek, valamint viszont védettebb helyen, az ingatlanon belül kapott helyet (2.5, 2.6 és 2.7 ábrák).

***2.5/a-c ábrák**. A mintavételi összeállítás helyszíni kihelyezése*

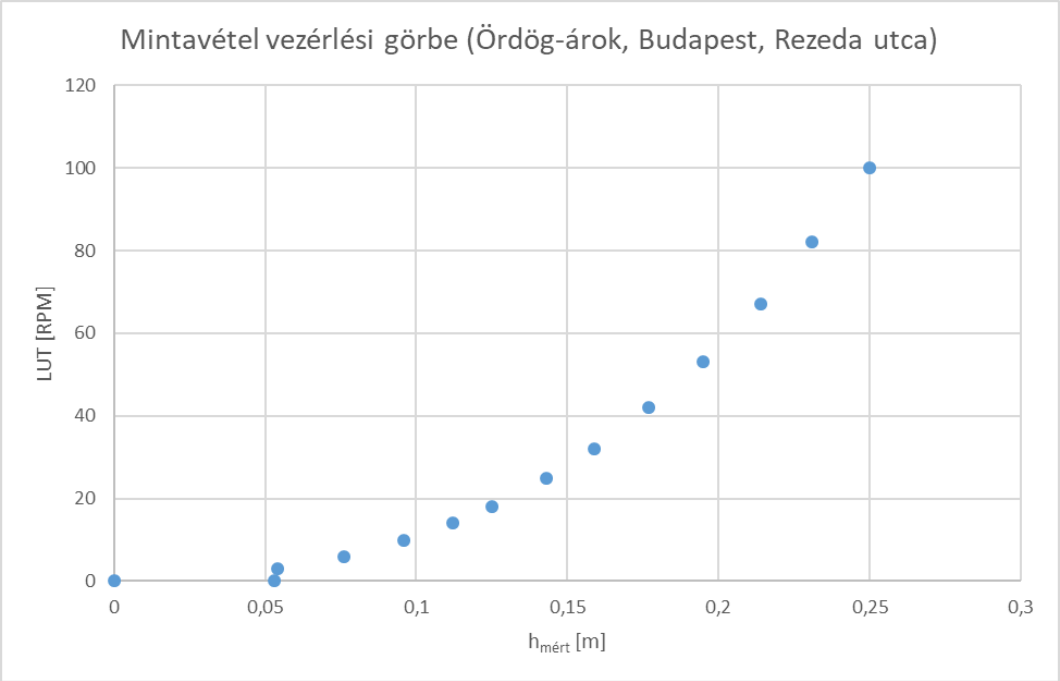
***2.6/a-c ábrák**. A mintavételi összeállítás helyszíni kihelyezése*

***2.7 ábra**. A mintavételi helyszín képe kiépítés után*

A kiépítés ezen a helyszínen is két lépésben történt meg. A Q-h görbéhez (2.8 ábra) szükséges adatok rögzítése itt is egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozammérő eszközzel történt (a gödöllői helyszínhez hasonlóan itt is kétpercenként), a 2018.09.04 és 2018.12.22 közötti időszakban. Ennek eredménye alapján elkészítettük a mintázás során felhasználandó vezérlő függvényt (2.9 ábra).



***2.8 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe*



***2.9 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

Erre a helyszínre 2018. december 4-én telepítettük ki az automata mintázó eszköz prototípusát, amit 2019. április 10-én cseréltünk le az időközben itt, valamint Gödöllőn begyűjtött tapasztalatok alapján továbbfejlesztett változatra. Az első időszakban 3 db automata és 6 db kézi csapadék lefolyás mintát sikerült gyűjteni. A második időszak kisebb-nagyobb megszakításokkal 2019. december 10-ig tartott, ezalatt további 25 db automata és 5 db kézi csapadék lefolyás mintára tettünk szert (adatrögzítési problémák miatt sajnos 4 automata mintához nem áll rendelkezésünkre vízszint idősor, egy esetben pedig csak felerészben). 2019 augusztusában itt is kibővítettük a mintázó eszközt külső akkumulátor egységekkel (melyeket a gödöllői helyszínnél bemutatottal megegyező módon helyeztünk el). A teljes vizsgálati időszak során ezen a helyszínen is 4 alkalommal vettünk kézi háttér pontmintákat száraz időben (Gödöllőhöz hasonlóan szintén különböző évszakokban). A teljes időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját, valamint a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „OA_monitoring_coredata.slsx” Excel állomány tartalmazza.

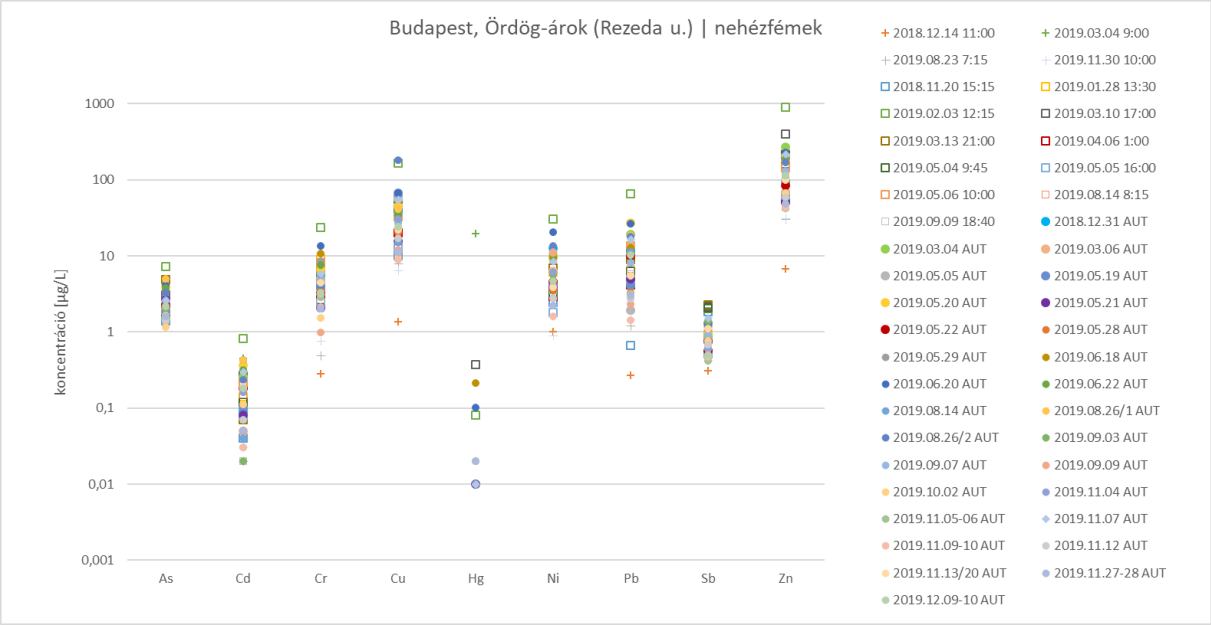
Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 2.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 2.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 2.10 és 2.11 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑ N	InorgN	OrgN	∑ P	C5-12	C13-40	TPH	∑ PAH	∑ naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
BGD-1	1,8	0,005	0,28	1,35	0,01	1	0,27	0,31	6,68	1			0,14						
BGD-2	4,88	0,45	2,97	15,4	19,6	6,2	13,7	0,42	94,7	4,6	3,6	1	0,41	1	154	**155**	**5,47**	**0,033**	**5,44**
BGD-3	1,9	0,02	0,49	7,88	0,01	2,85	1,21	0,59	30,1	7,5	3,5	4	0,29	1,4	58,5	**59,9**	**0,155**	**0,064**	**0,091**
BGD-4	1,63	0,03	0,75	6,44	0,01	0,89	1,46	0,42	31	3,2	3	0,2	0,86	3,7	161	**165**	**0,204**	**0,08**	**0,124**
MAN-1	1,4	0,04	4,08	10	0,01	2,44	0,66	1,86	60,1	2,4			0,55	2	949	**951**	**1,06**	**0,144**	**0,917**
MAN-2	0,01	0,14	9,15	39,2	0,05	6,23	11,1	2,17	218	4,9	3,3	1,6	0,42	1,1	17,2	**18,3**	**0,212**	**0,018**	**0,194**
MAN-3	7,19	0,82	23,6	165	0,08	30,2	66,1	2,04	900	12,6	1,4	11,2	1,55	1,3	3770	**3770**	**67,3**	**0,499**	**66,8**
MAN-4	3,1	0,27	7,17	56,2	0,37	6,88	12,9	2,16	399	8,8	4,7	4,1	0,65	0,6	3180	**3180**	**47,6**	**0,095**	**47,5**
MAN-5	4,9	0,07	5,06	33,2	0,01	6,97	8,95	2,29	160	15,9	14,9	1	0,48	5,6	2870	**2880**	**1,23**	**0,07**	**1,16**
MAN-6	1,71	0,005	2,65	20,1	0,01	2,9	4,11	0,88	54,8	7,9	6,7	1,2	0,28	0,7	362	**363**	**0,452**	**0,058**	**0,394**
MAN-7	2,14	0,12	6,26	41,1	0,01	3,2	6,35	2,06	215	6,2	4,8	1,4	0,61	nd	1060	**1060**	**1,6**	**0,034**	**1,57**
MAN-8	1,95	0,08	2,46	12,6	0,01	1,81	4,77	0,52	61,3	2,7	1,2	1,5	0,29	nd	150	**150**	**0,459**	**0,037**	**0,422**
MAN-9	1,97	0,22	8,21	32,5	0,01	4,12	13,5	0,89	143	3,9	3,4	0,5	0,41	nd	817	**817**	**1,93**	**0,084**	**1,85**
MAN-10	2,61	0,15	3,08	10,2	0,01	6,18	6,71	0,49	43,2	1,7	1,7	0	0,36	1,2	47,1	**48,3**	**0,154**	**0,07**	**0,084**
MAN-11	2,49	0,02	2,66	19,1	0,01	3,48	5,63	0,76	86,5	4	2,1	1,9	0,33	4,8	468	**473**	**0,488**	**0,069**	**0,419**
AUT-1	1,54	0,09	5,34	38,3	0,05	12,5	11,9	1,02	186	2,8			0,21						
AUT-2	1,54	0,26	6,12	56,3	0,01	9,48	19,1	0,92	272				0,32	0,9	1160	**1160**	**5,52**	**0,062**	**5,46**
AUT-3	2,01	0,05	5,04	58,5	0,01	6,25	13,4	1,2	207				0,43	nd	1170	**1170**	**5,09**	**0,105**	**4,98**
AUT-4	2	0,005	4,53	56,9	0,01	4,22	1,93	1,29	68				0,09	5	215	**220**	**0,308**	**0,021**	**0,287**
AUT-5	1,89	0,1	3,84	66,9	0,01	4,03	4,1	1,3	95,7				0,17		286	**286**	**0,417**	**0,088**	**0,329**
AUT-6	3,93	0,36	6,75	44,3	0,01	10,7	27,1	1,01	178	3,1	0,9	2,2	0,59	nd	427	**427**	**1,28**	**0,173**	**1,11**
AUT-7	2,69	0,08	2,06	15,7	0,01	3,87	4,97	0,74	51,4	3,7	1,8	1,9	0,28	1,4	132	**133**	**0,296**	**0,101**	**0,195**
AUT-8	2,2	0,18	3,26	19,4	0,01	4,57	9,97	0,56	84,6	2,4	1,1	1,3	0,32	1,1	229	**230**	**0,512**	**0,111**	**0,401**
AUT-9	0,01	0,05	3,51	20	0,01	3,48	3,26	1,05	65,6				0,15		190	**190**	**0,278**	**0,037**	**0,241**
AUT-10	0,01	0,17	8,48	36,2	0,01	8,41	12,1	0,67	121	3,9	0,9	3	0,29	1,6	273	**275**	**0,886**	**0,067**	**0,819**
AUT-11	3,45	0,19	10,5	39,8	0,21	9,44	12,8	1,28	103				0,35		328	**328**	**1,59**	**0,08**	**1,51**
AUT-12	4,13	0,42	13,3	66,1	0,1	20,2	26,4	1,22	229		2,1		0,75	nd	591	**591**	**3,75**	**0,089**	**3,66**
AUT-13	3,78	0,31	7,43	33,6	0,01	10,3	18,6	0,72	184	6,7	1,3	5,4	0,58	nd	310	**310**	**2,89**	**0,675**	**2,21**
AUT-14	2,17	0,04	2	15,1	0,01	4,12	11	0,6	46,7	0,5	0,5	0	0,17	1,1	94,7	**95,8**	**0,063**	**0,044**	**0,019**
AUT-15	4,97	0,42	4,47	40,7	0,01	10,9	18,5	0,65	124	4,3	1,8	2,5	0,72	1,1	218	**219**	**0,813**	**0,067**	**0,746**
AUT-16	3,28	0,23	4,06	180	0,01	13,5	17,5	1,18	169				0,86						
AUT-17	1,96	0,02	2,87	26,7	0,01	5,52	3,13	1,37	101				0,2						
AUT-18	1,46	0,17	4,68	27,6	0,02	6,08	8,1	0,92	131	3,9	0,8	3,1	0,3	2,2	817	**819**	**0,935**	**0,077**	**0,858**
AUT-19	1,36	0,005	0,97	11,9	0,01	11	2,29	0,68	47,2				0,11		95,3	**95,3**	**0,175**	**0,05**	**0,125**
AUT-20	1,14	0,11	1,51	23,1	0,01	6,25	3,13	0,75	66,8				0,87						
AUT-21	2,56	0,16	5,6	29,9	0,01	6,1	10,7	0,58	110	1,2	1,2	0	0,94	1,6	596	**598**	**0,702**	**0,057**	**0,645**
AUT-22	1,55	0,03	2,85	10,8	0,02	2,79	3,04	0,41	41,3	0,9	0,9	0	0,48	1,5	195	**197**	**0,191**	**0,036**	**0,155**
AUT-23	2,61	0,3	5,85	54,8	0,01	8,51	16,4	1,53	218				1,05						
AUT-24	1,4	0,03	2,11	8,89	0,01	1,6	1,42	0,46	42,7	2,1	1	1,1	0,49	2,6	194	**197**	**0,239**	**0,043**	**0,196**
AUT-25	1,42	0,07	3,2	17	0,01	2,69	2,71	0,67	57,5				0,53	0,7	56,2	**56,9**	**0,054**	**0,035**	**0,019**
AUT-26	1,61	0,19	4,42	21,9	0,01	3,85	5,45	1,09	97,4				0,39	3,8	661	**665**	**0,571**	**0,061**	**0,51**
AUT-27	1,58	0,05	1,98	11	0,02	2,19	2,99	0,5	48,3	1,2	1,2	0	0,44	1	28	**29**	**0,143**	**0,066**	**0,077**
AUT-28	2,14	0,18	3,23	23,9	0,01	4,57	10,1	0,49	114	1,8	1,4	0,4	1,01	0,6	1290	**1290**	**2,4**	**0,13**	**2,27**

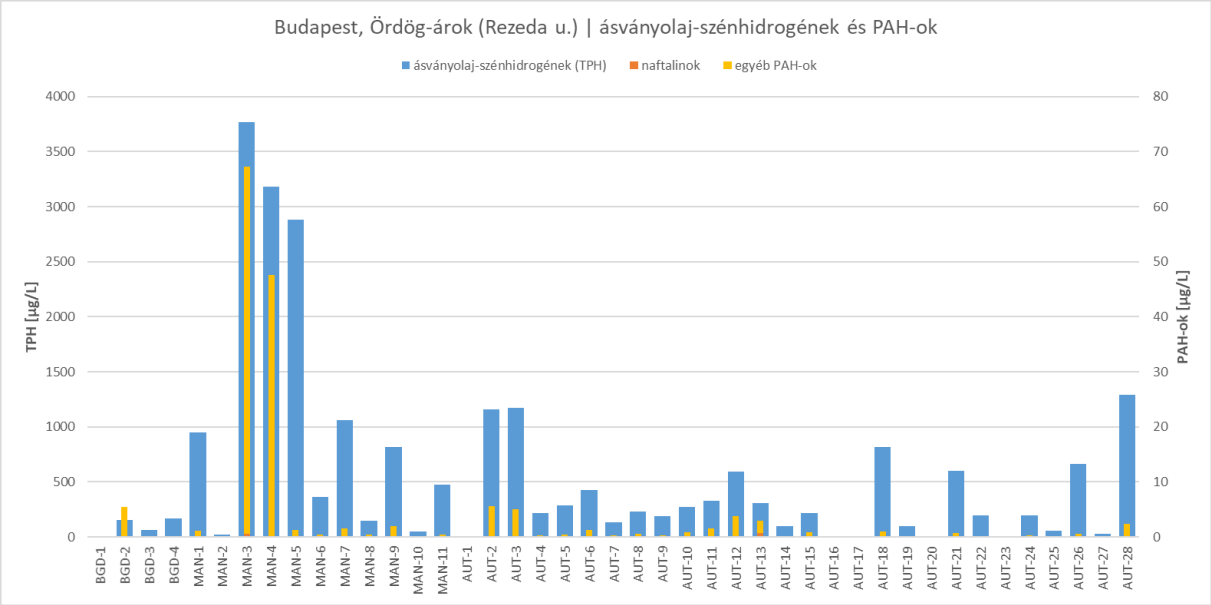
***2.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: BGD=kézi háttér pontminta, AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
N háttér	***4***	***4***	***4***	***4***	***4***	***4***	***4***	***4***	***4***	***4***	***3***	***3***	***4***	***3***	***3***	***3***	***3***	***3***	***3***
átlag	2,55	0,13	1,12	7,8	4,91	2,7	4,2	0,44	41	4,1	3,4	1,7	0,43	2,0	125	127	1,94	0,06	1,89
medián	1,85	0,03	0,62	7,2	0,01	1,9	1,3	0,42	31	3,9	3,5	1,0	0,35	1,4	154	155	0,20	0,06	0,12
min	1,63	0,01	0,28	1,4	0,01	0,9	0,3	0,31	7	1,0	3,0	0,2	0,14	1,0	59	60	0,16	0,03	0,09
max	4,88	0,45	2,97	15,4	19,60	6,2	13,7	0,59	95	7,5	3,6	4,0	0,86	3,7	161	165	5,47	0,08	5,44
szórás	1,56	0,22	1,25	5,8	9,80	2,5	6,4	0,12	38	2,7	0,3	2,0	0,31	1,5	57	58	3,05	0,02	3,08
rel. sz.	61%	171%	111%	75%	200%	91%	153%	27%	93%	67%	10%	116%	73%	72%	46%	46%	157%	41%	163%
N kézi	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***10***	***9***	***11***	***8***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***
átlag	2,68	0,18	6,76	39,9	0,05	6,8	12,8	1,47	213	6,5	4,4	2,4	0,54	2,2	1245	1246	11,14	0,11	11,03
medián	2,14	0,12	5,06	32,5	0,01	4,1	6,7	1,86	143	4,9	3,4	1,5	0,42	1,3	817	817	1,06	0,07	0,92
min	0,01	0,01	2,46	10,0	0,01	1,8	0,7	0,49	43	1,7	1,2	0,0	0,28	0,6	17	18	0,15	0,02	0,08
max	7,19	0,82	23,60	165,0	0,37	30,2	66,1	2,29	900	15,9	14,9	11,2	1,55	5,6	3770	3770	67,30	0,50	66,80
szórás	1,91	0,23	6,06	44,0	0,11	8,0	18,1	0,74	251	4,5	4,1	3,3	0,36	1,9	1363	1364	23,33	0,13	23,21
rel. sz.	71%	130%	90%	110%	204%	118%	141%	51%	118%	70%	92%	134%	66%	88%	110%	109%	209%	125%	211%
N auto	***28***	***28***	***28***	***28***	***28***	***28***	***28***	***28***	***28***	***14***	***14***	***9***	***28***	***15***	***23***	***23***	***23***	***23***	***23***
átlag	2,16	0,15	4,64	37,7	0,02	7,0	10,1	0,89	116	2,8	1,2	1,6	0,47	1,7	415	417	1,27	0,10	1,17
medián	1,98	0,14	4,24	28,8	0,01	6,1	10,0	0,84	102	2,6	1,2	1,3	0,41	1,4	273	275	0,57	0,07	0,51
min	0,01	0,01	0,97	8,9	0,01	1,6	1,4	0,41	41	0,5	0,5	0,0	0,09	0,6	28	29	0,05	0,02	0,02
max	4,97	0,42	13,30	180,0	0,21	20,2	27,1	1,53	272	6,7	2,1	5,4	1,05	5,0	1290	1290	5,52	0,68	5,46
szórás	1,15	0,12	2,77	33,0	0,04	4,2	7,4	0,32	65	1,7	0,4	1,6	0,29	1,3	373	373	1,59	0,13	1,56
rel. sz.	53%	81%	60%	88%	179%	60%	74%	36%	56%	61%	37%	101%	61%	75%	90%	89%	126%	132%	134%

***2.2 táblázat**. A 2.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*

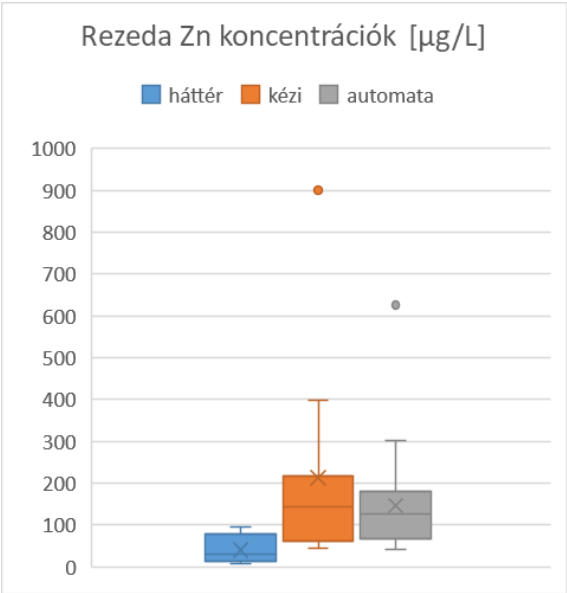


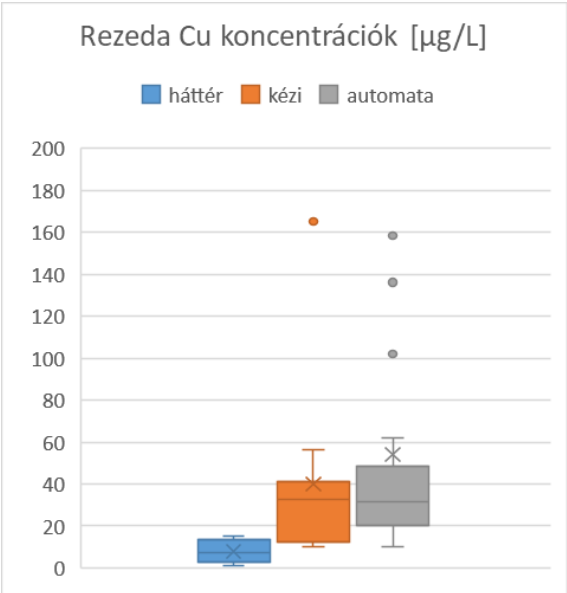
***2.10 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (kereszt: háttér, üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

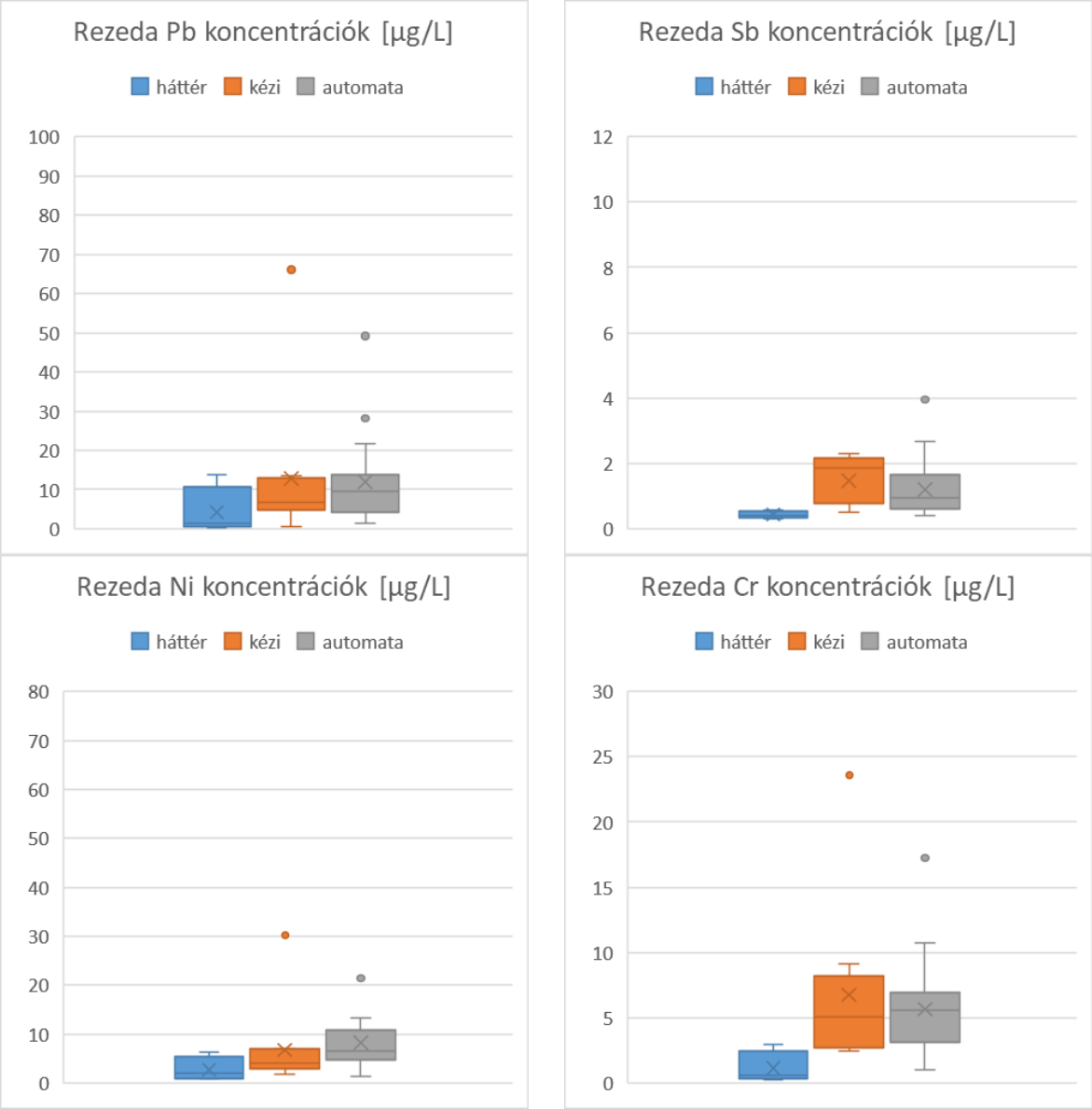


***2.11 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 2.1 táblázat szerint).*

Az egyes mintacsoportok koncentrációinak egymáshoz képesti eloszlásai a legtöbb vizsgált szennyező esetében itt is hasonló tendenciát mutatnak (példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be a 2.12/a-f ábrák, a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). Megfigyelhető, hogy a háttérhez viszonyítva a csapadékesemények során vett minták jellemzően szignifikánsan magasabb koncentrációkkal jellemezhetők (a bemutatott példák közül kivétel az ólom esete), a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban tehát ezen a helyszínen is egyértelműen kimutatható.





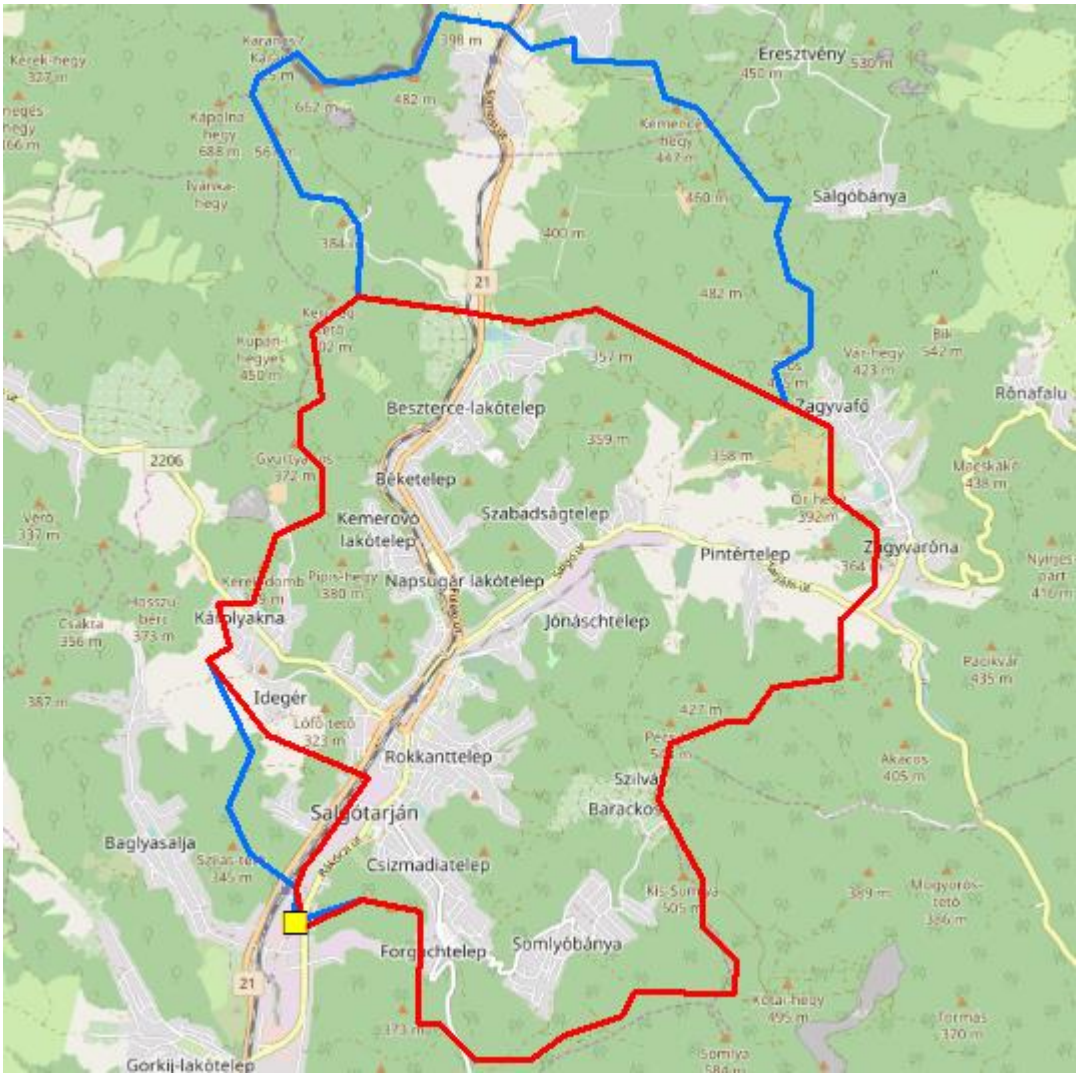


***2.12/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok mintacsoportok szerinti csoportosításban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

A vízhozamarányos automata minták eloszlásai ezen a helyszínen többnyire hasonló értéktartományt fognak át, mint a kézi pontminták csoportjai. Ez fakadhat talán a csapadékvíz lefolyás pillanatnyi szennyezettségének kisebb mértékű változékonyságból, de ugyancsak lehet a véletlen műve (vagyis hogy arányaiban kisebb számban kaptunk el magas pillanatnyi koncentrációkat a kézi mintázás során, mint ahányszor Gödöllőn). Az okot nem tudjuk minden kétséget kizáróan beazonosítani, ugyanakkor a gödöllői helyszínnél leírt következtetések a mintázási módszertanra vonatkozóan itt is érvényesnek tekinthetők.

3. Salgótarján, Tarján-patak

Salgótarján 37.199 lakossal rendelkező város, Nógrád megye székhelye. Közigazgatási területe 10.083 ha, átlagos népsűrűsége 3,69 fő/ha. A hegyvidéki településen a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 8,96%, csapadékvizeit a Tarján-patak és az azt tápláló vízfolyások vezetik le a Zagyva folyóba. Domborzati viszonyai ellenére a település az ország viszonylag szárazabb területei közé tartozik. Áthalad rajta a Szlovákia felé vezető, nagy forgalmat lebonyolító 21-es számú főút, de a különböző városrészek közötti belső gépjárműforgalom szintén jelentős. A mintaterület áttekintő térképét a 3.1 ábra mutatja be.



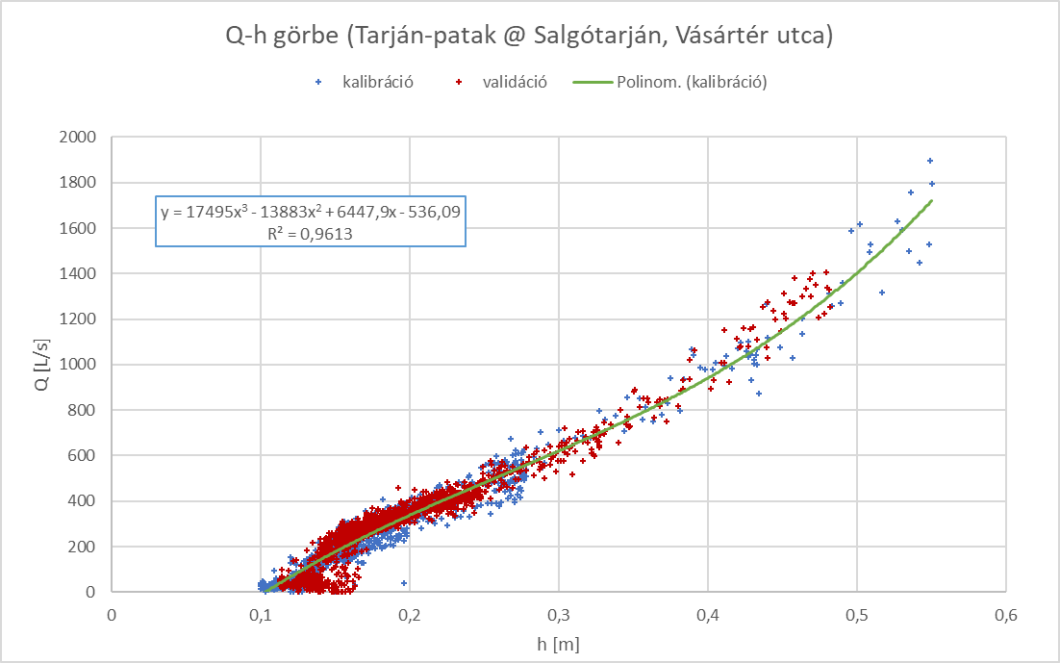
***3.1 ábra**. A salgótarjáni mintavételi ponthoz tartozó topográfiai vízgyűjtő (kék határvonal) és a kiépített csapadékcsatornák alapján ebből lehatárolt városi vízgyűjtő (piros határvonal)*

A mintavételi pontot a városközpont és az egyik ipari terület alatt, a patak Vásártér utcai szakaszán jelöltük ki, ahol a meder trapéz alakban kikövezett, egyik oldalán felhalmozódott hordalékkal (3.2 ábra). Az alaphozami vízszint viszonylag alacsony, kicsivel 10 cm feletti. A helyszín közterületről, a lakók zavarása nélkül megközelíthető, ugyanakkor az értékesebb eszközök magánterületen történő elhelyezését itt is meg lehetett oldani. A helyszínre 2019 március 4-én telepítettünk ki egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozam regisztráló eszközt (3.3 ábra) amivel 2019 május 13-ig

gyűjtöttük az adatokat (az előző két helyszínhez hasonlóan itt is kétpercenként). Az első hónap adatait a Q-h összefüggés felállításához, a másodikat pedig a validálásához használtuk fel (3.4 ábra).

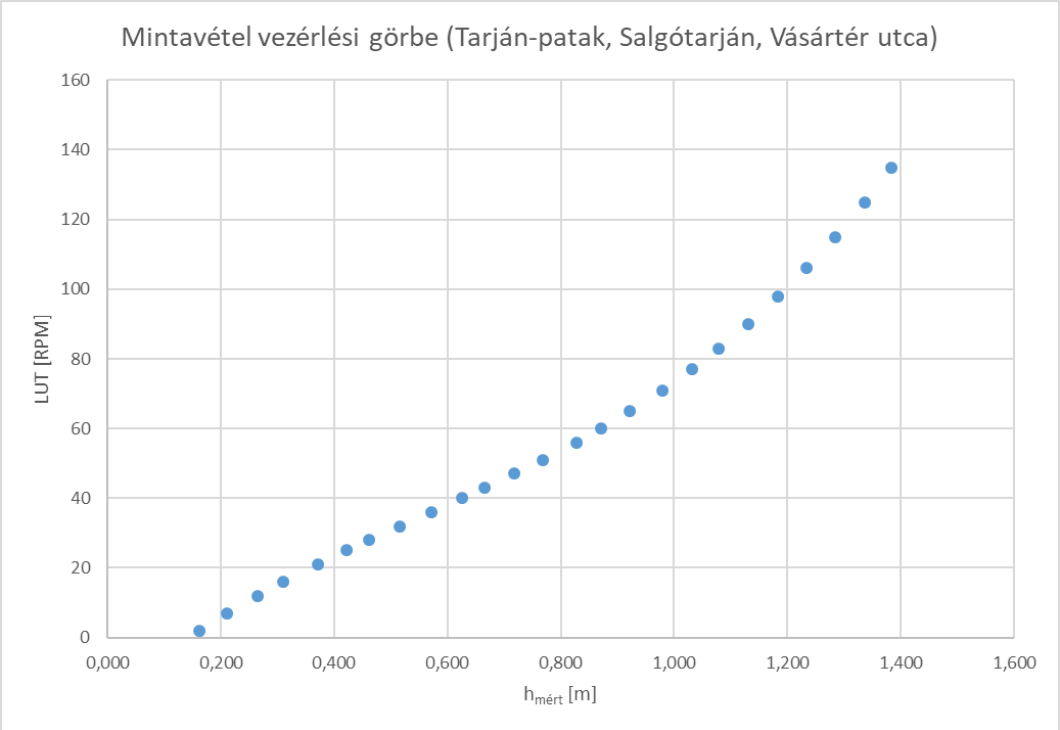
***3.2 ábra**. A mintavételi helyszín képe*

***3.3 ábra**. A patak sodorvonalában mederbe rögzített vízhozammérő*



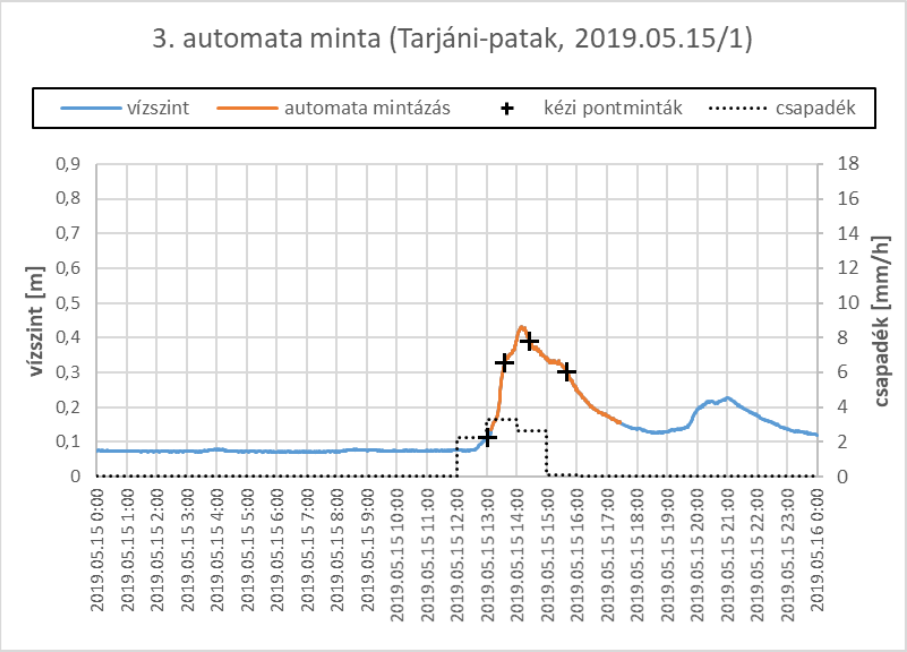
***3.4 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe*

A kapott Q-h összefüggés alapján meghatároztuk az automata mintázó vezérléséhez felhasználandó függvényt (3.5 ábra). Az eszközt április 23-án telepítettük ki a helyszínre, ami ezt követően kisebb-nagyobb szünetekkel folyamatosan működött 2019 november 30-ig. Időközben, 2019 július 23-án itt is kibővítettük a mintázó eszközt külső akkumulátor egységekkel (melyeket a gödöllői helyszínnél bemutatottal megegyező módon helyeztünk el).

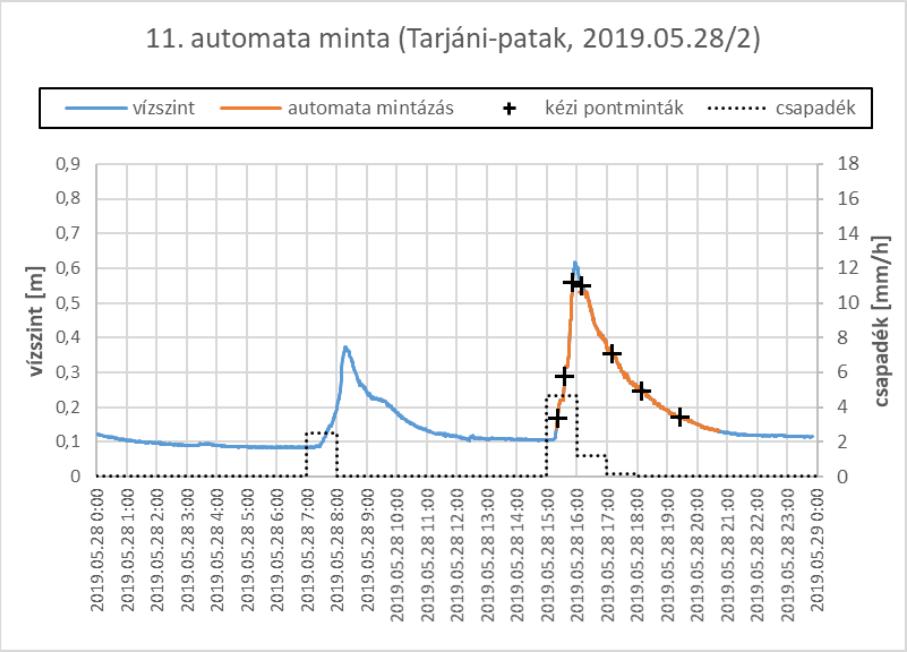


***3.5 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

A mintavételi időszak során összesen 30 db automata mintát sikerült begyűjteni. Emellett több ízben vettünk kézi pontmintákat is: 5 db-ot a száraz idei háttérhozamból (különböző évszakokban), 22 db-ot pedig csapadékesemények során. Utóbbiak közül 21 db négy különböző csapadékesemény lefolyás árhullámának különböző szakaszait reprezentálja (ebből két példát mutatnak be a 3.6 és 3.7 ábrák).



***3.6 ábra**. Automata és kézi mintavételek egy konkrét csapadékesemény lefolyása során*



***3.7 ábra**. Automata és kézi mintavételek egy konkrét csapadékesemény lefolyása során*

A teljes vizsgálati időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját, valamint a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „ST_monitoring_coredata.slsx” Excel állomány tartalmazza.

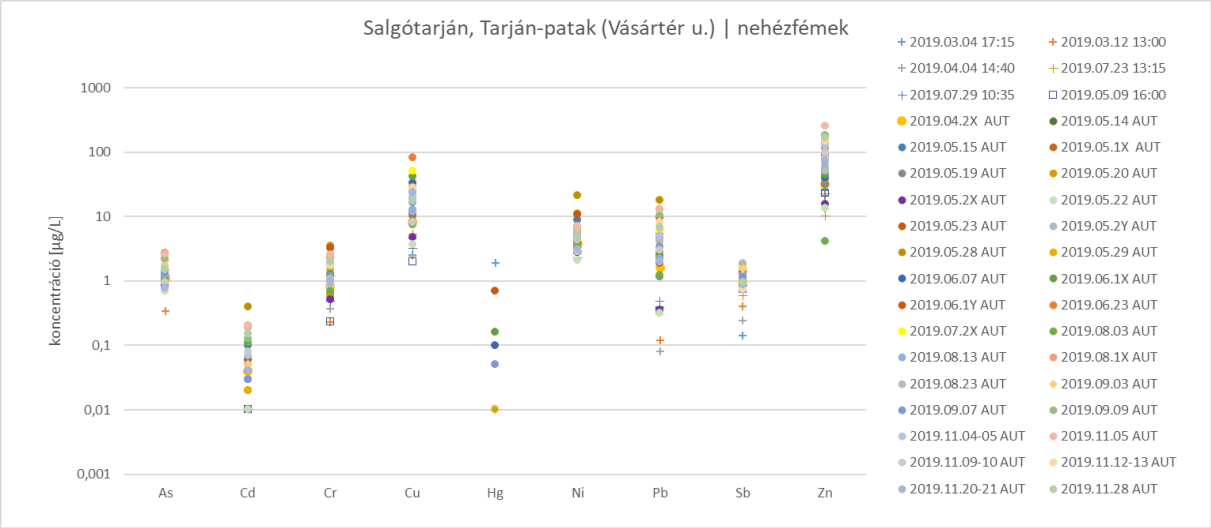
Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 3.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 3.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 3.8 és 3.9 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑ N	InorgN	OrgN	∑ P	C5-12	C13-40	TPH	∑ PAH	∑ naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
BGD-1	1,08	0,005	0,8	2,5	1,92	4,02	0,08	0,14	25,7	2,6	2,6	0	0,05	0,7	24	**24,7**	**0,014**	**0,008**	**0,006**
BGD-2	0,34	0,005	0,23	4,57	0,01	3,31	0,12	0,4	21,1	3,7	3,3	0,4	0,07	nd	15,2	**15,2**	**0,015**	**0,012**	**0,003**
BGD-3	1,07	0,005	0,37	2,42	0,01	2,9	0,08	0,24	13,2	4,1	3,6	0,5	0,24	0,5	19,1	**19,6**	**0,068**	**0,05**	**0,018**
BGD-4	1,48	0,01	1,21	5,26	0,01	2,71	0,39	0,59	10,2	3,85	2,9	0,95	0,08	1,6	18,7	**20,3**	**0,034**	**0,026**	**0,008**
BGD-5	1,23	0,005	0,49	3,22	0,01	2,31	0,49	0,86	22,2	4,6	1,7	2,9	0,08	1,9	15,8	**17,7**	**0,1**	**0,07**	**0,03**
MAN-1	0,94	0,01	0,23	2,01	0,01	3,07	0,34	0,73	23,1	5,9	2,8	3,1	0,08	1,3	51,7	**53**	**0,012**	**0,007**	**0,005**
AUT-1	1,08	0,04	0,79	8,23	0,01	3,77	1,59	0,96	31,8	4,2	1,7	2,5	0,09	nd	122	**122**	**0,09**	**0,046**	**0,044**
AUT-2	1,21	0,06	1,13	12,5	0,01	6,96	2,81	1,14	95,3	2,2	1,7	0,5	0,17	1,7	144	**146**	**0,058**	**nd**	**0,058**
AUT-3	1,56	0,1	1,94	11,5	0,01	8,77	5,4	1,3	88,2	1,8	1,3	0,5	0,19	4,1	126	**130**	**0,14**	**0,016**	**0,124**
AUT-4	0,81	0,02	0,58	10,2	0,01	5,01	1,88	1,36	31,5	1,6	1,1	0,5	0,07	3,1	60,1	**63,2**	**0,012**	**0,012**	**nd**
AUT-5	0,89	0,03	0,65	11,2	0,01	4,73	1,17	1,73	32	2,2	1,7	0,5	0,11	6,6	26,9	**33,5**	**nd**	**nd**	**nd**
AUT-6	0,98	0,06	0,6	8,31	0,01	5,28	2,4	1,84	50,6	1,6	1,1	0,5	0,11	nd	36,7	**36,7**	**0,011**	**0,011**	**nd**
AUT-7	0,8	0,01	0,51	4,75	0,01	2,75	0,35	1,33	15,5	2,9	1,1	1,8	0,06	nd	401	**401**	**0,588**	**0,032**	**0,556**
AUT-8	0,69	0,01	0,76	3,72	0,01	2,07	0,32	1,14	13,7	3,4	1,3	2,1	0,06	nd	261	**261**	**0,197**	**nd**	**0,197**
AUT-9	1,01	0,06	1,16	19,4	0,01	4,01	2,34	1,18	54,6	2,3	1,8	0,5	0,11	nd	147	**147**	**0,047**	**nd**	**0,047**
AUT-10	1,62	0,11	1,17	12,1	0,01	7,14	4,14	1,53	62,6	3,3	1,6	1,7	0,14	2,4	266	**268**	**0,214**	**0,056**	**0,158**
AUT-11	2,71	0,4	3,44	25,2	0,01	21,4	17,9	1,61	179	3,8	1,1	2,7	0,39	2,3	510	**512**	**0,834**	**0,07**	**0,764**
AUT-12	0,99	0,02	1,45	7,81	0,01	11	2,73	1,14	38,1	2,4	1,3	1,1	0,06	1,8	60,6	**62,4**	**0,096**	**0,057**	**0,039**
AUT-13	1,05	0,03	1,26	33,2	0,1	6,67	2,25	1,14	39,5				0,12		131	**131**	**0,098**	**0,075**	**0,023**
AUT-14	1,32	0,04	1,26	42,2	0,16	6,49	2,46	1,28	44,2		2,4		0,08		21,2	**21,2**	**0,068**	**0,053**	**0,015**
AUT-15	2,63	0,2	3,18	29,1	0,7	10,9	9,63	1,27	139	10,1	2,4	7,7	0,28	nd	135	**135**	**0,22**	**0,091**	**0,129**
AUT-16	1,2	0,04	2,4	81,9	0,01	5,29	4,61	1,15	116	3,4	1,9	1,5	0,18	nd	64,2	**64,2**	**0,097**	**0,061**	**0,036**
AUT-17	1,47	0,03	1,17	51,3	0,01	4,99	5,82	1,68	73,8	4,9	2,7	2,2	0,17	1,4	141	**142**	**0,179**	**0,084**	**0,095**
AUT-18	1,05	0,11	0,7	7,38	0,01	3,61	1,23	0,96	4,15				0,02		26,2	**26,2**	**0,045**	**0,035**	**0,01**
AUT-19	1,28	0,05	1,01	12,6	0,01	6,88	2,22	1,23	54,2				0,08	1	64,6	**65,6**	**0,047**	**0,04**	**0,007**
AUT-20	2,15	0,19	2,28	18,3	0,01	6,59	12,7	0,99	142	1,5	1,5	0	0,28	1,5	267	**269**	**0,46**	**0,054**	**0,406**
AUT-21	1,68	0,03	0,9	17,9	0,01	5,95	4,31	1,86	51,3				0,55		51,4	**51,4**	**0,12**	**0,048**	**0,072**
AUT-22	2,05	0,05	1,75	25,8	0,01	6,67	6,37	1,56	85,7	5,2	2,2	3	0,3	2	176	**178**	**0,108**	**0,047**	**0,061**
AUT-23	1,33	0,03	1,21	16,7	0,05	4,7	3,38	1,13	74,2	4,1	1,5	2,6	0,19	2,3	210	**212**	**0,128**	**0,048**	**0,08**
AUT-24	2,19	0,13	2,54	22,8	0,01	4,85	10,5	0,75	182	2,7	1	1,7	0,29	1,6	598	**600**	**0,66**	**0,158**	**0,502**
AUT-25	1,5	0,07	1,72	20	0,01	4,94	4,98	0,96	126	5,1	4,7	0,4	0,56	1,7	245	**247**	**0,177**	**0,042**	**0,135**
AUT-26	2,62	0,2	2,55	28	0,01	6,97	13,1	0,75	256	1,1	0,6	0,5	0,71	4,3	731	**735**	**0,552**	**0,06**	**0,492**
AUT-27	0,96	0,08	1,08	8,11	0,01	2,89	3,03	0,72	98,4	1,6	1	0,6	0,4	1,9	202	**204**	**0,103**	**0,031**	**0,072**
AUT-28	1,6	0,15	1,76	27,4	0,01	4,35	8,23	0,76	148	2,6	1,1	1,5	0,61	0,6	41,6	**42,2**	**0,043**	**0,031**	**0,012**
AUT-29	0,78	0,04	1,01	23,5	0,01	3,15	1,97	0,88	75,9	2,4			0,25	1,8	167	**169**	**0,111**	**0,064**	**0,047**
AUT-30	1,54	0,15	1,96	17,2	0,01	4,45	6,89	0,96	166	2,2	2,2	0	0,46	0,7	581	**582**	**0,493**	**0,114**	**0,379**
TSR-1/1	1,79	0,1	2,01	12,7	0,01	5,19	7,16	1,06	87,7	3,3	2,2	1,1	0,25	3,2	574	**577**	**0,497**	**0,028**	**0,469**
TSR-1/2	4,51	0,61	5,58	42,4	0,01	33,9	25,3	2,41	307	3,9	1,4	2,5	0,72	3,7	616	**620**	**0,882**	**0,06**	**0,822**
TSR-1/3	3,55	0,4	4,92	36,3	0,01	14,8	23,7	1,2	360	2,6	0,8	1,8	0,72	2,1	963	**965**	**1,11**	**0,05**	**1,06**
TSR-1/4	1,81	0,13	2,26	13,8	0,01	5,03	8,67	0,85	160	1,8	0,8	1	0,29	4,3	274	**278**	**0,296**	**0,024**	**0,272**
TSR-2/1	2,33	0,19	3,74	22,8	0,01	6,69	12	1,48	132				0,43	3,5	748	**751**	**0,502**	**0,026**	**0,476**
TSR-2/2	1,57	0,1	1,88	10,8	0,01	4,83	5,06	1,37	73				0,25	6,1	199	**205**	**0,11**	**0,022**	**0,088**
TSR-2/3	3,91	0,35	4,1	46,1	0,01	48	16,9	5,92	229				0,62	5,4	383	**388**	**0,391**	**0,037**	**0,354**
TSR-2/4	8,12	1,18	14,8	79,4	0,01	103	41,7	3,87	528				1,29	1,8	1420	**1420**	**1,61**	**0,185**	**1,42**
TSR-2/5	5,34	0,71	7,74	51,1	0,01	22,2	29,8	1,76	435				1,06	51,5	2060	**2110**	**2,25**	**0,13**	**2,12**
TSR-2/6	2	0,16	2,61	20,2	0,01	5,36	9,02	1,21	126				0,38	4,1	410	**414**	**0,389**	**0,035**	**0,354**
TSR-3/1	1,32	0,06	1,17	7,8	0,01	5,58	2,51	1,83	45,1				0,12	nd	149	**149**	**0,071**	**0,014**	**0,057**
TSR-3/2	1,75	0,14	2,05	11,1	0,01	8,13	5,8	1,69	82,5				0,2	47,4	266	**313**	**0,238**	**0,017**	**0,221**
TSR-3/3	1,62	0,13	1,69	9,18	0,01	5,73	4,82	1,24	73,1				0,19	nd	211	**211**	**0,201**	**0,015**	**0,186**
TSR-3/4	1,22	0,09	1,89	10,4	0,01	3,58	4,36	1,12	70,3				0,17	57	355	**412**	**0,238**	**0,014**	**0,224**
TSR-4/1	4,01	0,54	7,92	52,9	0,01	14,3	36	1,47	295	7,5			1	1,2	4650	**4650**	**4,43**	**0,264**	**4,17**
TSR-4/2	2,85	0,36	4,57	31,4	0,01	20,2	21,2	1,3	191	5,2			0,55	2,1	1100	**1100**	**1,72**	**0,143**	**1,58**
TSR-4/3	8,62	2,13	19,2	136	0,01	206	96,6	4,78	710	5,6			1,68	4,3	2670	**2670**	**5,88**	**0,4**	**5,48**
TSR-4/4	6,45	1,02	9,24	66	0,01	37,1	58,7	1,6	536	0,5			1,45	7,3	2200	**2200**	**3,58**	**0,281**	**3,3**
TSR-4/5	3,01	0,31	3,39	23,9	0,01	7,8	17,9	0,96	285	4,3			0,52	7,6	673	**681**	**0,893**	**0,053**	**0,84**
TSR-4/6	2,19	0,16	2,41	13,4	0,01	5,66	9,68	0,91	128	2,5			0,33	8,7	355	**364**	**0,39**	**0,038**	**0,352**
TSR-4/7	1,43	0,08	1,3	7,58	0,01	6,05	4,47	0,87	66	1,2			0,18	9	192	**201**	**0,171**	**0,019**	**0,152**

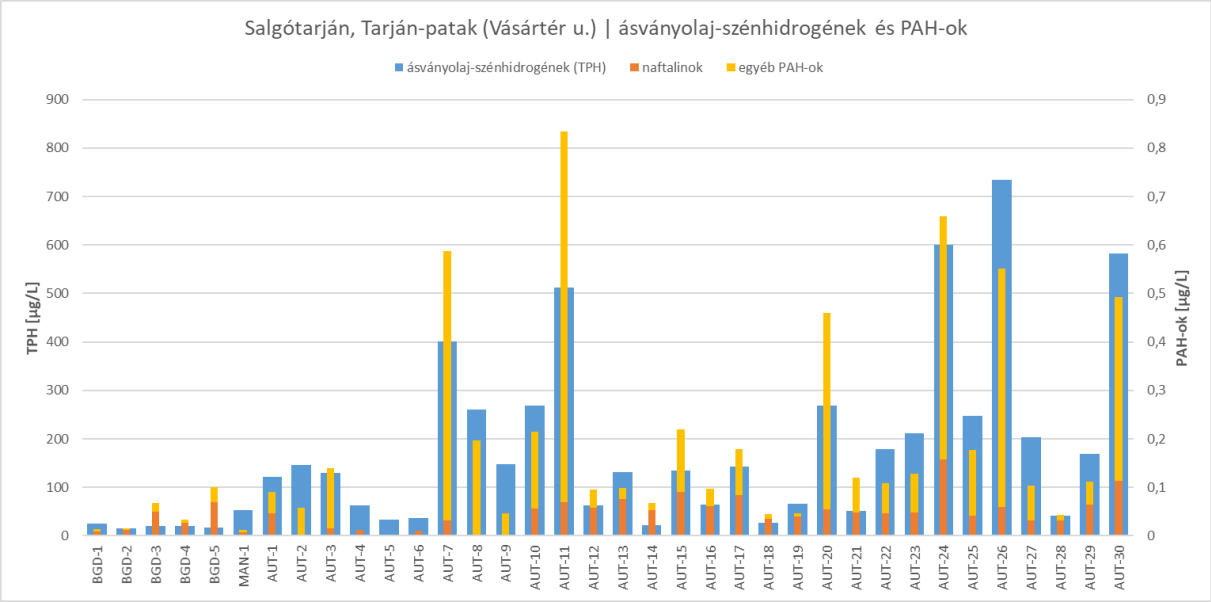
***3.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: BGD=kézi háttér pontminta, AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta, TSR=kézi csapadék lefolyás idősor pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
N háttér	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*4*	*5*	*4*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*
átlag	1,04	0,01	0,62	3,6	0,39	3,1	0,2	0,45	18	3,8	2,8	1,0	0,10	1,2	19	20	0,05	0,03	0,01
medián	1,08	0,01	0,49	3,2	0,01	2,9	0,1	0,40	21	3,9	2,9	0,5	0,08	1,2	19	20	0,03	0,03	0,01
min	0,34	0,01	0,23	2,4	0,01	2,3	0,1	0,14	10	2,6	1,7	0,0	0,05	0,5	15	15	0,01	0,01	0,00
max	1,48	0,01	1,21	5,3	1,92	4,0	0,5	0,86	26	4,6	3,6	2,9	0,24	1,9	24	25	0,10	0,07	0,03
szórás	0,42	0,00	0,39	1,3	0,85	0,7	0,2	0,29	7	0,7	0,7	1,1	0,08	0,8	3	4	0,04	0,03	0,01
rel. sz.	41%	37%	63%	35%	218%	21%	84%	64%	35%	20%	26%	120%	74%	67%	19%	18%	80%	79%	85%
N auto	*30*	*30*	*30*	*30*	*30*	*30*	*30*	*30*	*30*	*25*	*25*	*22*	*30*	*19*	*30*	*30*	*29*	*26*	*27*
átlag	1,43	0,08	1,46	20,6	0,04	6,1	4,9	1,21	86	3,1	1,7	1,5	0,24	2,3	200	202	0,21	0,06	0,17
medián	1,30	0,06	1,19	17,6	0,01	5,1	3,2	1,15	74	2,6	1,5	1,3	0,18	1,8	143	144	0,11	0,05	0,07
min	0,69	0,01	0,51	3,7	0,01	2,1	0,3	0,72	4	1,1	0,6	0,0	0,02	0,6	21	21	0,01	0,01	0,01
max	2,71	0,40	3,44	81,9	0,70	21,4	17,9	1,86	256	10,1	4,7	7,7	0,71	6,6	731	735	0,83	0,16	0,76
szórás	0,57	0,08	0,78	16,0	0,13	3,6	4,2	0,32	60	1,9	0,8	1,6	0,19	1,6	187	187	0,22	0,04	0,20
rel. sz.	40%	97%	53%	78%	303%	59%	86%	27%	70%	59%	49%	105%	79%	70%	93%	93%	105%	63%	118%
N idősor	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*
átlag	3,30	0,43	4,97	33,6	0,01	27,1	21,0	1,85	234	3,5	1,3	1,6	0,59	12,1	975	985	1,23	0,09	1,14
medián	2,33	0,19	3,39	22,8	0,01	7,8	12,0	1,37	160	3,3	1,1	1,5	0,43	4,3	574	577	0,50	0,04	0,47
min	1,22	0,06	1,17	7,6	0,01	3,6	2,5	0,85	45	0,5	0,8	1,0	0,12	1,2	149	149	0,07	0,01	0,06
max	8,62	2,13	19,20	136,0	0,01	206,0	96,6	5,92	710	7,5	2,2	2,5	1,68	57,0	4650	4650	5,88	0,40	5,48
szórás	2,20	0,50	4,66	31,4	0,00	47,0	22,6	1,35	187	2,1	0,7	0,7	0,46	17,4	1109	1108	1,58	0,11	1,47
rel. sz.	67%	117%	94%	93%	0%	173%	108%	73%	80%	59%	51%	44%	77%	144%	114%	112%	128%	122%	129%

***3.2 táblázat**. A 3.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*

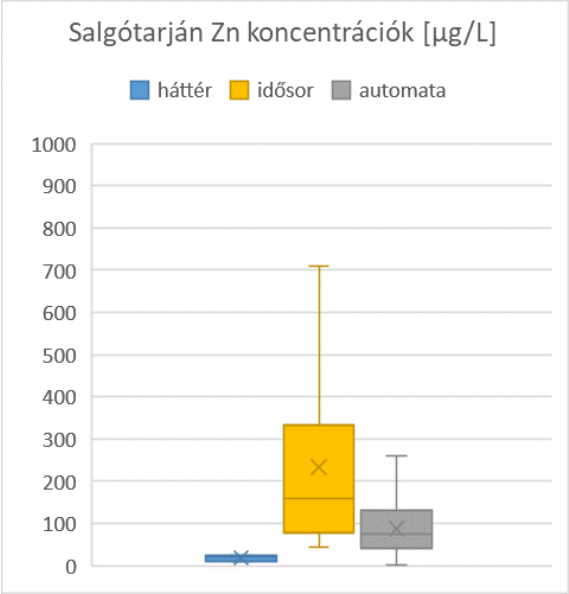


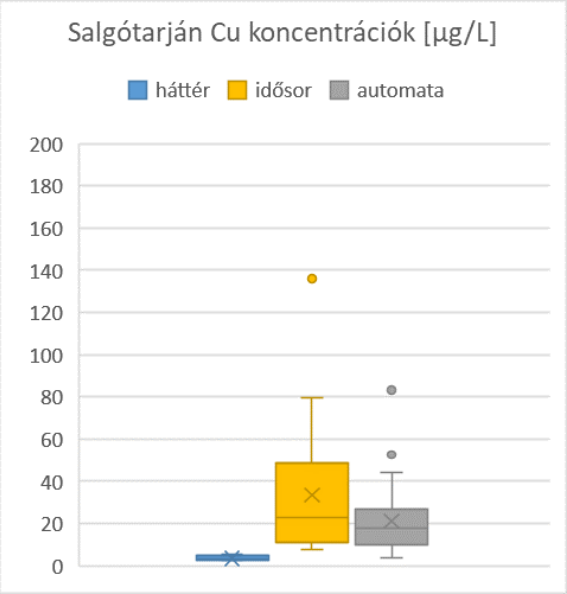
***3.8 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (kereszt: háttér, üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

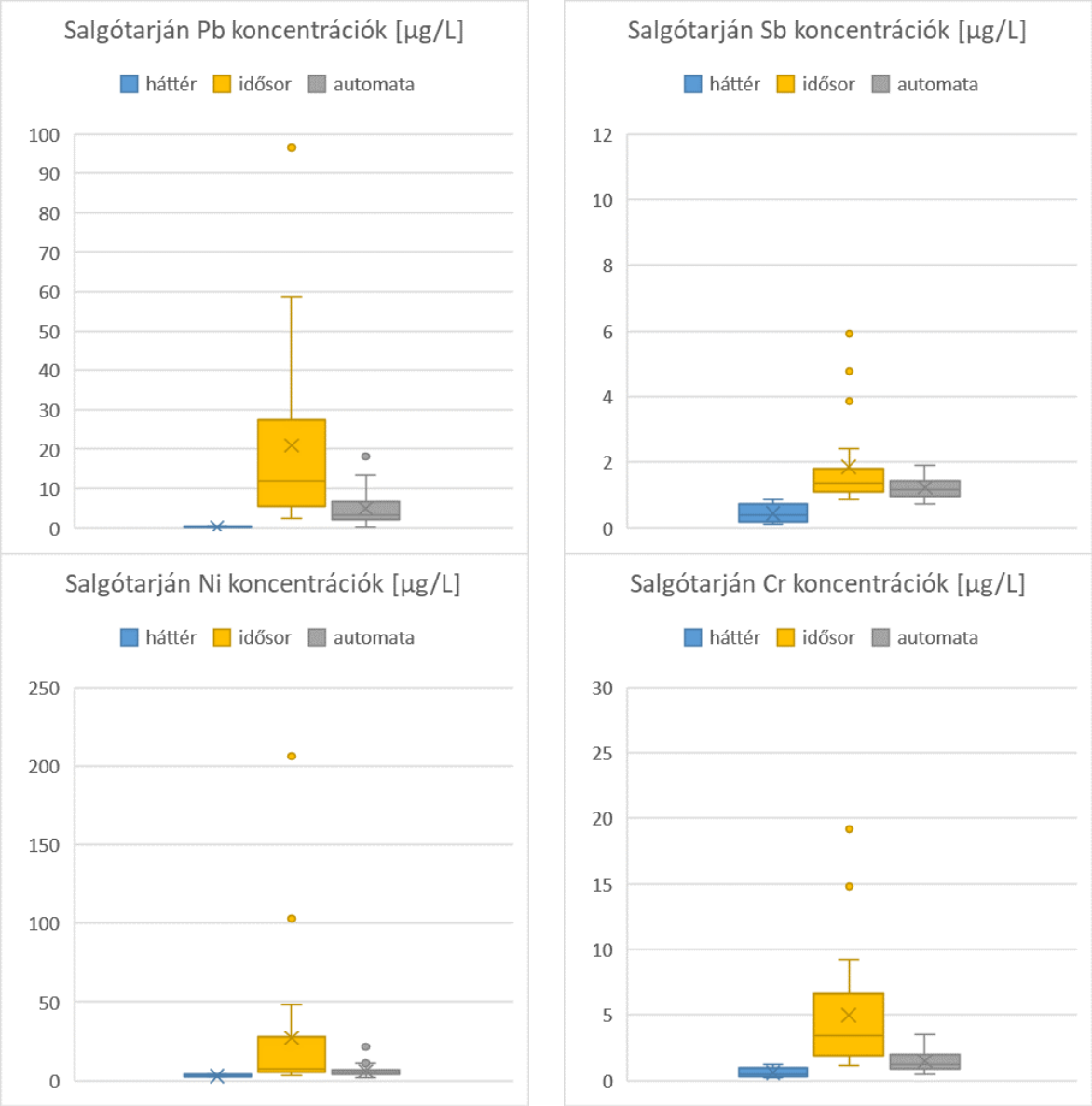


***3.9 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 3.1 táblázat szerint).*

Az egyes mintacsoportok koncentrációinak egymáshoz képesti eloszlásai a legtöbb vizsgált szennyező esetében hasonló tendenciát mutatnak (példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be a 3.10/a-f ábrák, a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). Megfigyelhető, hogy a háttérhez viszonyítva a csapadékesemények során vett minták jellemzően szignifikánsan magasabb koncentrációkkal jellemezhetők, a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban tehát itt is egyértelműen kimutatható.





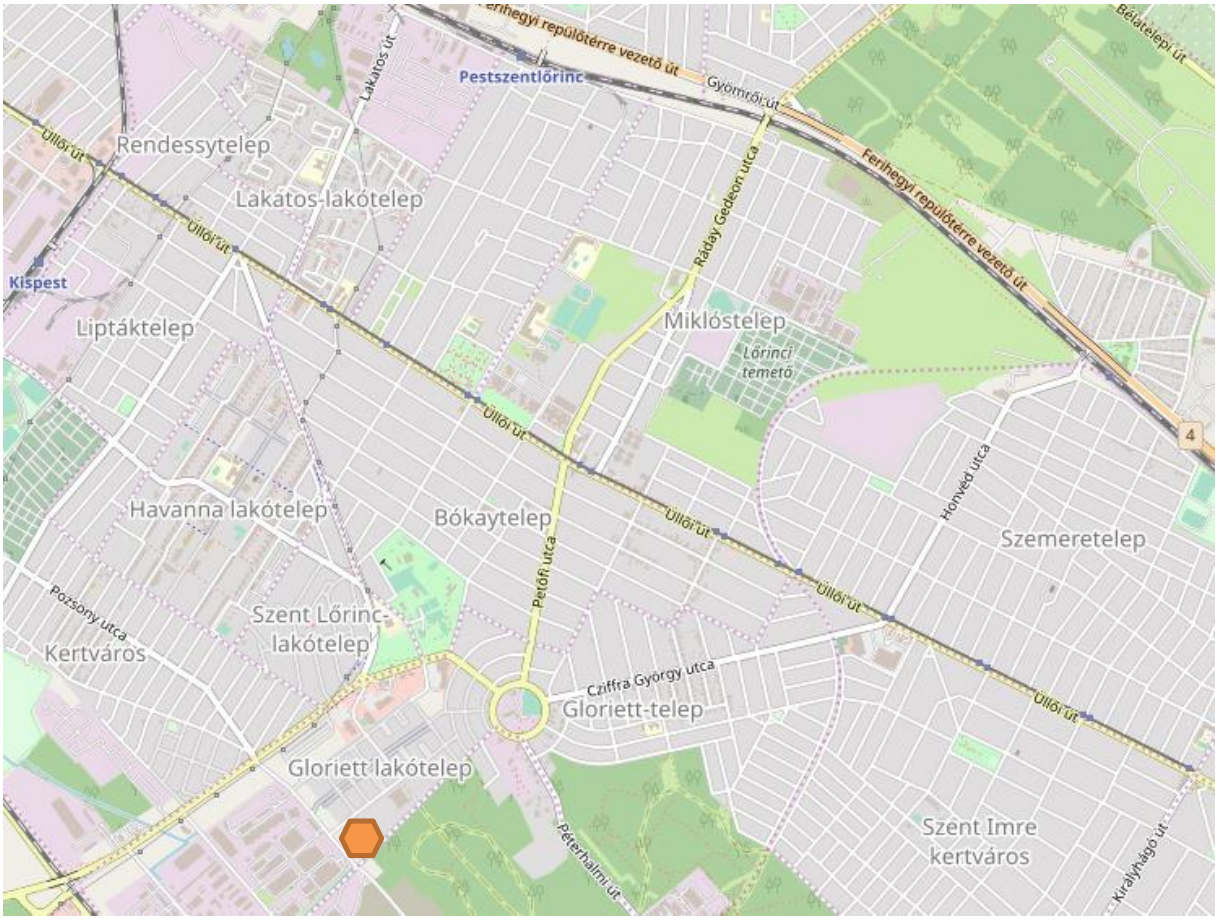


***3.10/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok mintacsoportok szerinti csoportosításban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

A vízhozamarányos automata minták (melyek a csapadékvíz lefolyás adott eseményre vonatkoztatott átlagos szennyezőanyag koncentrációit reprezentálják) tartományai a gödöllői helyszínhez hasonlóan jóval szűkebbek az esemény-idősor kézi pontminták csoportjával összehasonlítva (melyek között egyaránt megtalálhatók a mindössze rövid ideig fennálló maximálishoz, illetve a háttérhez közeli értékek, ami magyarázatot ad arra, hogy miért fog át olyan széles értéktartományt e mintacsoport). Bár ezen a helyszínen csak 1 db „magányos” kézi csapadék lefolyás pontmintát gyűjtöttünk (így ez a mintacsoport hiányzik az összehasonlításból), az esemény-idősor kézi pontminták csoportjával való összehasonlítás alapján a gödöllői helyszínnél leírt általános jellegű következtetések a mintázási módszertanra vonatkozóan itt is érvényesnek tekinthetők.

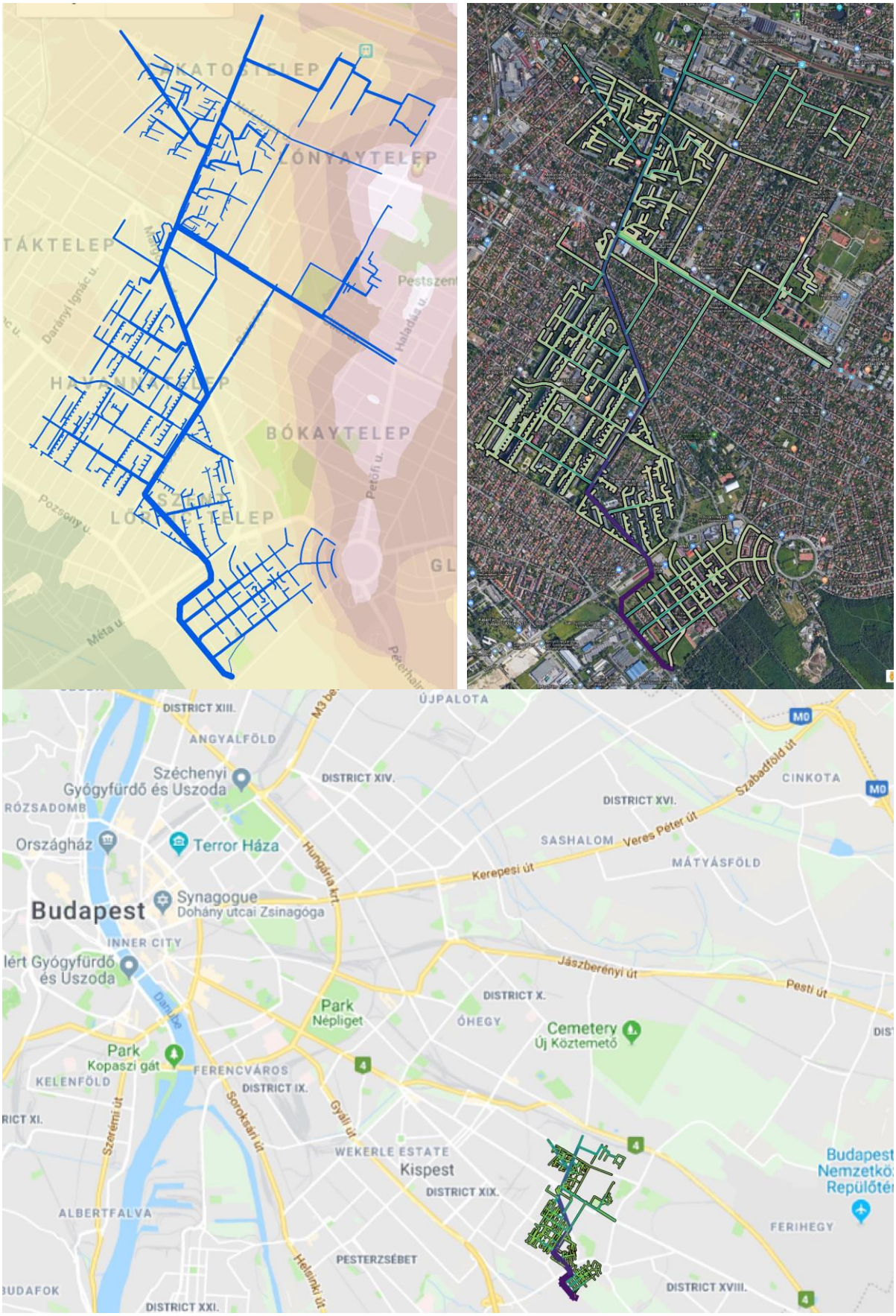
4. Budapest, Ipacsfa utcai csapadékcsatorna

A főváros pesti oldalán a XVIII. kerület nagy részének csapadékvíz elvezetését szolgáló zárt csatornahálózat egyik pontján jelöltük ki a második budapesti mintaterületet. A vízgyűjtő síkvidéki, vegyesen lakótelepi és kertvárosias beépítésű – a terület északi határát a Ferihegyi repülőtérre vezető gyorsforgalmi út képezi (4.1 ábra).



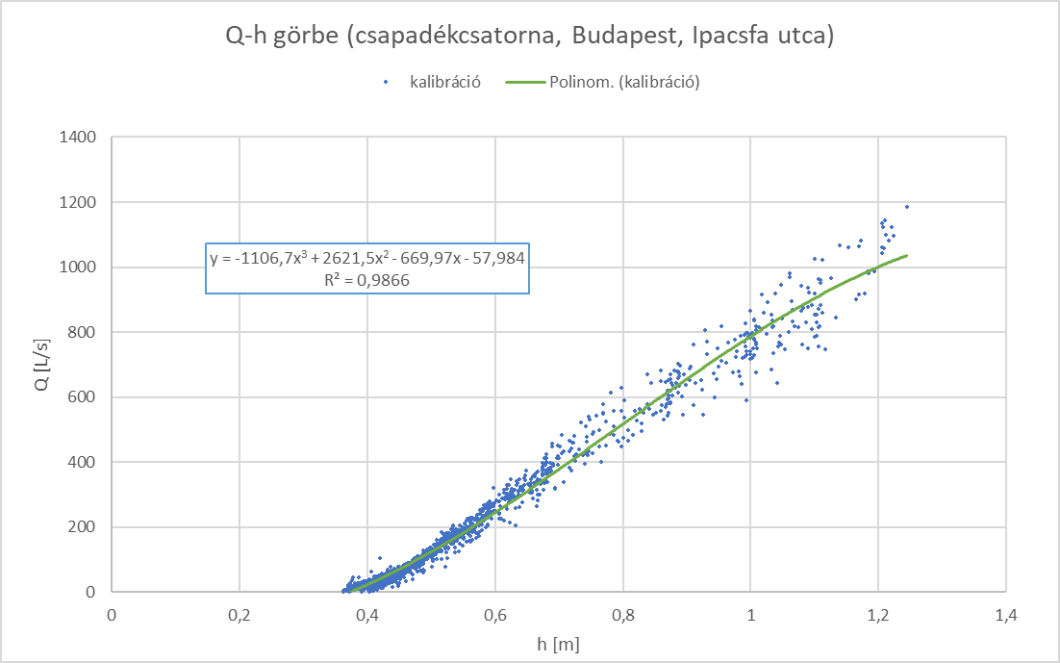
***4.1 ábra**. Az Ipacsfa utcai mintavételi pont elhelyezkedése (alaptérkép: OpenStreetMap).*

A mintaterület csapadékvizeit zárt csatornarendszer gyűjti össze (4.2 ábra). Vizsgálati pontunkat ennek alsó részén alakítottuk ki, egy akna fenekén (4.3 ábra). A csatornában alaphozami vízszint van, amit a tapasztalatok szerint csak nagyobb csapadékok emelnek meg (a domborzati viszonyok miatt a kisebb csapadékok nem okoznak felszíni lefolyást). A helyszínre 2019 március 4-én telepítettünk ki egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozammérő eszközt, amivel 2019 május 14-ig regisztráltuk folyamatosan az adatokat (az előző helyszínekhez hasonlóan 2 perces gyakorisággal) a Q-h összefüggés felállításához (4.4 ábra). A hosszú időszak ellenére csak az április végétől május elejéig tartó intervallumban voltak értékelhető csapadék lefolyás események, így az összes adatot a kalibrációhoz használtuk fel.



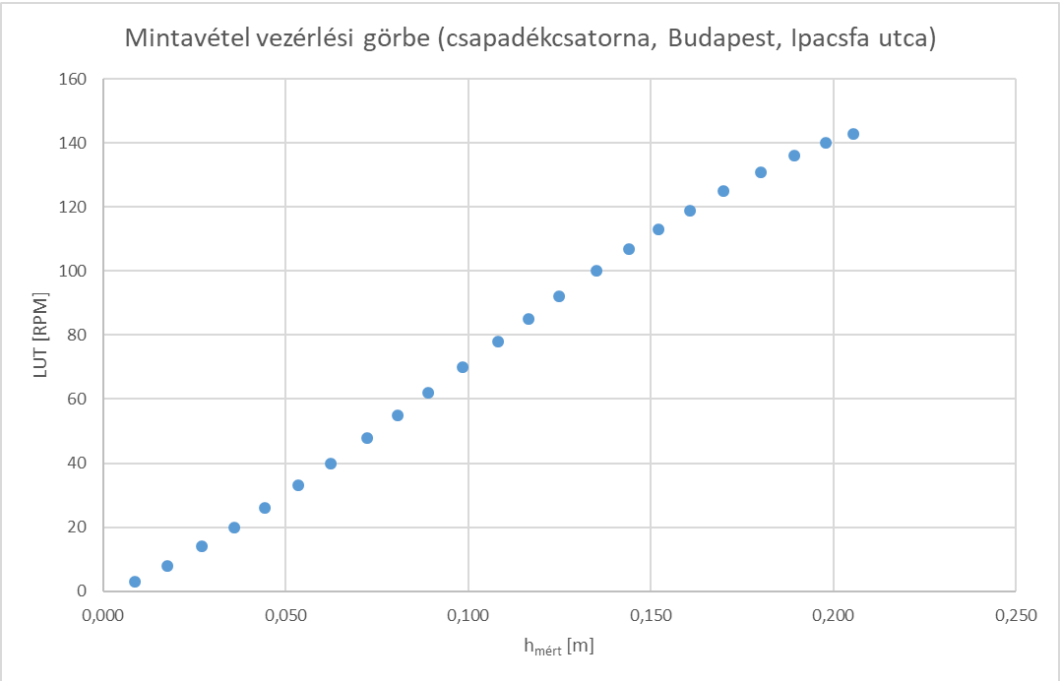
***4.2 ábra**. A mintavételi helyszínhez tartozó hálózat kiterjedése, domborzati és beépítettségi viszonyai.*

***4.3 ábra**. A mintavételi helyszín és a vízhozammérő kihelyezése.*



***4.4 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe.*

A kapott Q-h összefüggés alapján meghatároztuk az automata mintázó vezérléséhez felhasználandó függvényt (4.5 ábra). Az eszközt 2019 május 25-én telepítettük ki a helyszínre, ami ezt követően rövidebb-hosszabb szünetekkel 2019 december 10-ig működött.



***4.5 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

A mintavételi időszak során összesen 13 db automata mintát sikerült begyűjteni. Az előzőekben tárgyalt helyszínekhez képest alacsonyabb mintaszámnak részben az az oka, hogy itt több csapadék szükséges az értékelhető lefolyáshoz, valamint az, hogy a július elejétől augusztus közepéig tartó időszakban (amikor több jelentős csapadékesemény történt) a mintázó szervizelés alatt volt.

Az automata mintákon felül a bevett gyakorlat szerint kézi pontmintákat is vettünk ezen a helyszínen: összesen 5 db-ot a száraz idei háttérhozamból (különböző évszakokban), további 5 db-ot pedig különböző csapadékesemények lefolyásából. A teljes vizsgálati időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját, valamint a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „IF_monitoring_coredata.slsx" Excel állomány tartalmazza.

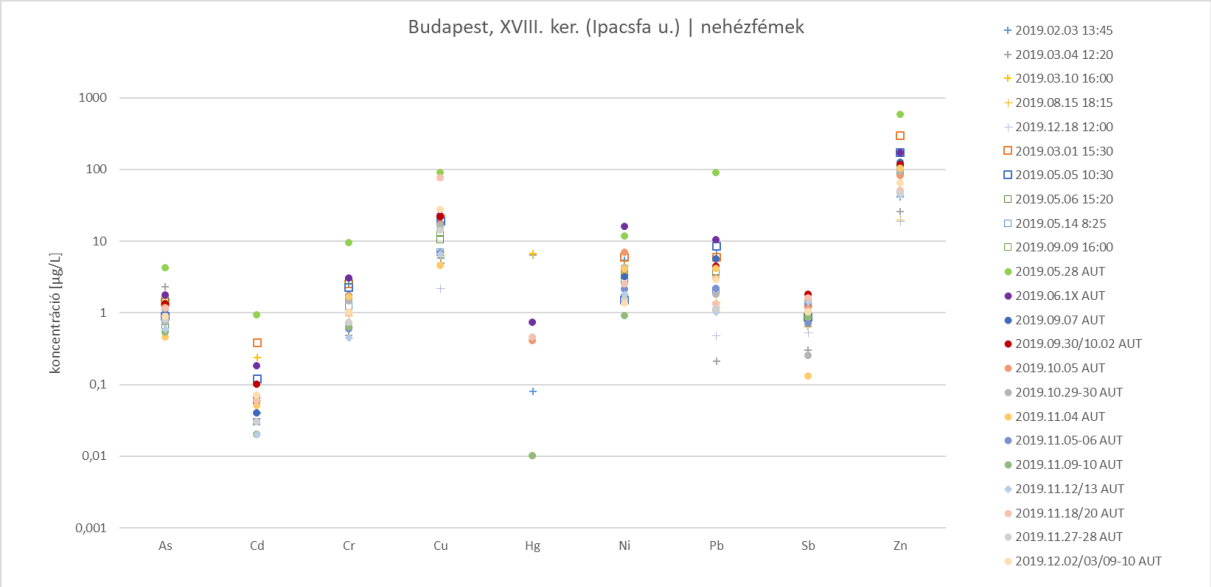
Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 4.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 4.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 4.6 és 4.7 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑ N	InorgN	OrgN	∑ P	C5-12	C13-40	TPH	∑ PAH	∑ naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
BGD-1	1,23	0,04	2,55	5,87	0,08	5,35	6,72	0,64	41,7	7,8	7,2	0,6	0,2	1	23,6	**24,6**	**0,075**	**0,038**	**0,037**
BGD-2	2,32	0,005	0,48	4,95	6,32	3,6	0,21	0,3	25,9	8,2	7,8	0,4	0,25	1,3	46,4	**47,7**	**0,012**	**0,007**	**0,005**
BGD-3	1,19	0,24	0,7	6,24	6,71	3,64	1,18	0,65	82,8	8,4	6,8	1,6	0,35	0,7	82,8	**83,5**	**0,06**	**nd**	**0,06**
BGD-4	1,49	0,06	0,91	6,99	0,01	4,61	1,39	1,23	19,6	14,1	10,1	4	0,17	1,2	5,6	**6,8**	**0,106**	**0,051**	**0,055**
BGD-5	1,32	0,07	0,62	2,19	0,01	3,44	0,48	0,52	18,9	11,9	11,9	0	0,29	6,4	17,5	**23,9**	**0,124**	**0,082**	**0,042**
MAN-1	1,41	0,38	2,53	20,2	0,01	5,9	5,94	0,01	295	24	7,2	16,8	2,9	1,1	887	**888**	**0,513**	**0,041**	**0,472**
MAN-2	0,9	0,12	2,25	19	0,01	1,51	8,47	0,87	170	2,1	1	1,1	0,25	nd	614	**614**	**0,678**	**0,03**	**0,648**
MAN-3	1,49	0,06	2,84	10,3	0,01	2,73	3,72	0,82	105	**2,3**	**1**	**1,3**	0,33	0,8	218	**219**	**0,409**	**0,018**	**0,391**
MAN-4	0,75	0,03	1,23	6,9	0,01	1,62	2,04	0,95	90,4	3,4	2,3	1,1	0,15	4,4	115	**119**	**0,132**	**0,013**	**0,119**
MAN-5	0,67	0,005	1,61	13,1	0,01	3,62	3,68	0,9	94,1	3,2	1,5	1,7	0,1	2,6	314	**317**	**0,378**	**0,068**	**0,31**
AUT-1	4,19	0,92	9,47	90,1	0,01	11,8	89,1	1,53	587	3,7	0,7	3	0,88	1,6	1350	**1350**	**4,8**	**0,114**	**4,69**
AUT-2	1,75	0,18	3	22,5	0,73	15,8	10,5	1,24	169		2,2		0,33		188	**188**	**0,422**	**0,122**	**0,3**
AUT-3	1,11	0,04	1,73	17,6	0,01	3,15	5,67	1,37	125	6	1,8	4,2	0,34	2,6	433	**436**	**0,22**	**0,056**	**0,164**
AUT-4	1,32	0,1	1,68	21,8	0,01	4,02	4,44	1,82	116				0,96		205	**205**	**0,208**	**0,037**	**0,171**
AUT-5	1,17	0,06	1,59	17,2	0,4	6,87	3,01	1,18	80,7				0,57		76,5	**76,5**	**0,096**	**0,063**	**0,033**
AUT-6	0,73	0,03	1,46	16,3	0,01	4,24	1,82	0,25	92,9	33	33	0	2,78	2,3	300	**302**	**0,076**	**0,045**	**0,031**
AUT-7	0,46	0,05	1,67	4,55	0,01	4,05	4,14	0,13	103	39	38	1	3,48	4,5	745	**750**	**0,084**	**0,048**	**0,036**
AUT-8	0,54	0,02	0,59	6,82	0,01	2,14	2,19	0,72	46,9	1,9	1,8	0,1	0,63	1,7	148	**150**	**0,096**	**0,041**	**0,055**
AUT-9	0,54	0,02	0,64	14,6	0,01	0,9	1,09	0,86	47	3,9	2,2	1,7	0,53	1,5	133	**135**	**0,088**	**0,039**	**0,049**
AUT-10	0,59	0,02	0,45	6,63	0,01	1,78	1,01	1,42	43,5				0,5	0,7	30	**30,7**	**0,042**	**0,03**	**0,012**
AUT-11	1,14	0,06	0,98	75,9	0,46	2,51	1,32	1,6	51,3				0,6		120	**120**	**0,123**	**0,037**	**0,086**
AUT-12	0,81	0,03	0,73	14,2	0,01	1,54	1,12	1,05	46,2	3	2,9	0,1	0,49	0,8	128	**129**	**0,196**	**0,064**	**0,132**
AUT-13	0,89	0,07	1,02	27,5	0,01	1,36	2,92	1,01	64,8	3,5	2,8	0,7	0,37	0,7	479	**480**	**0,762**	**0,082**	**0,68**

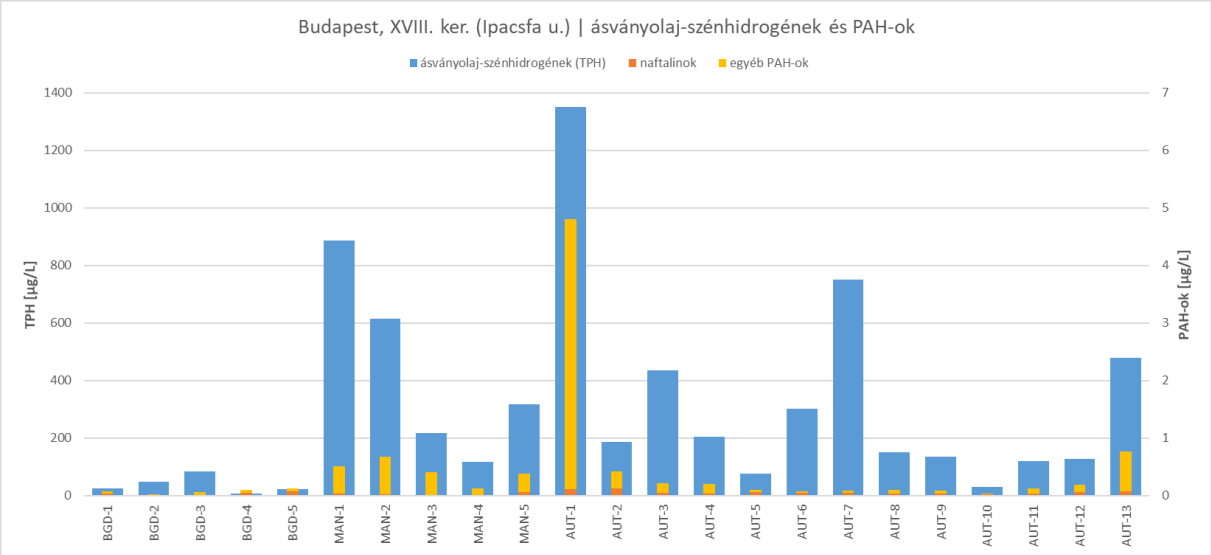
***4.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: BGD=kézi háttér pontminta, AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
N háttér	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***4***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***4***	***5***
átlag	1,51	0,08	1,05	5,2	2,63	4,1	2,0	0,67	38	10,1	8,8	1,3	0,25	2,1	35	37	0,08	0,04	0,04
medián	1,32	0,06	0,70	5,9	0,08	3,6	1,2	0,64	26	8,4	7,8	0,6	0,25	1,2	24	25	0,08	0,04	0,04
min	1,19	0,01	0,48	2,2	0,01	3,4	0,2	0,30	19	7,8	6,8	0,0	0,17	0,7	6	7	0,01	0,01	0,01
max	2,32	0,24	2,55	7,0	6,71	5,4	6,7	1,23	83	14,1	11,9	4,0	0,35	6,4	83	84	0,12	0,08	0,06
szórás	0,47	0,09	0,85	1,9	3,55	0,8	2,7	0,34	27	2,8	2,2	1,6	0,07	2,4	30	30	0,04	0,03	0,02
rel. sz.	31%	110%	81%	35%	135%	20%	135%	52%	71%	28%	25%	122%	28%	113%	87%	79%	58%	75%	54%
N kézi	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***	***4***	***5***	***5***	***5***	***5***	***5***
átlag	1,04	0,12	2,09	13,9	0,01	3,1	4,8	0,71	151	7,0	2,6	4,4	0,75	2,2	430	431	0,42	0,03	0,39
medián	0,90	0,06	2,25	13,1	0,01	2,7	3,7	0,87	105	3,2	1,5	1,3	0,25	1,9	314	317	0,41	0,03	0,39
min	0,67	0,01	1,23	6,9	0,01	1,5	2,0	0,01	90	2,1	1,0	1,1	0,10	0,8	115	119	0,13	0,01	0,12
max	1,49	0,38	2,84	20,2	0,01	5,9	8,5	0,95	295	24,0	7,2	16,8	2,90	4,4	887	888	0,68	0,07	0,65
szórás	0,38	0,15	0,66	5,7	0,00	1,8	2,5	0,39	87	9,5	2,6	6,9	1,21	1,7	316	315	0,20	0,02	0,20
rel. sz.	36%	128%	32%	41%	0%	59%	52%	56%	58%	136%	101%	158%	162%	78%	74%	73%	47%	64%	50%
N auto	***13***	***13***	***13***	***13***	***13***	***13***	***13***	***13***	***13***	***8***	***9***	***7***	***13***	***9***	***13***	***13***	***13***	***13***	***13***
átlag	1,17	0,12	1,92	25,8	0,13	4,6	9,9	1,09	121	11,8	9,5	1,4	0,96	1,8	334	335	0,55	0,06	0,50
medián	0,89	0,05	1,46	17,2	0,01	3,2	2,9	1,18	81	3,8	2,2	0,9	0,57	1,6	188	188	0,12	0,05	0,09
min	0,46	0,02	0,45	4,6	0,01	0,9	1,0	0,13	44	1,9	0,7	0,0	0,33	0,7	30	31	0,04	0,03	0,01
max	4,19	0,92	9,47	90,1	0,73	15,8	89,1	1,82	587	39,0	38,0	4,2	3,48	4,5	1350	1350	4,80	0,12	4,69
szórás	0,98	0,24	2,37	26,4	0,24	4,4	23,9	0,50	145	15,1	14,8	1,5	0,99	1,2	364	365	1,29	0,03	1,27
rel. sz.	84%	198%	123%	102%	184%	96%	243%	46%	120%	128%	156%	114%	103%	66%	109%	109%	233%	49%	257%

***4.2 táblázat**. A 4.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*

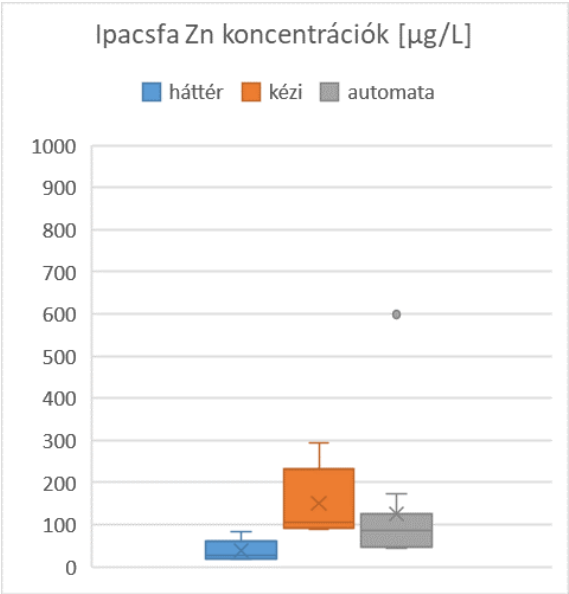


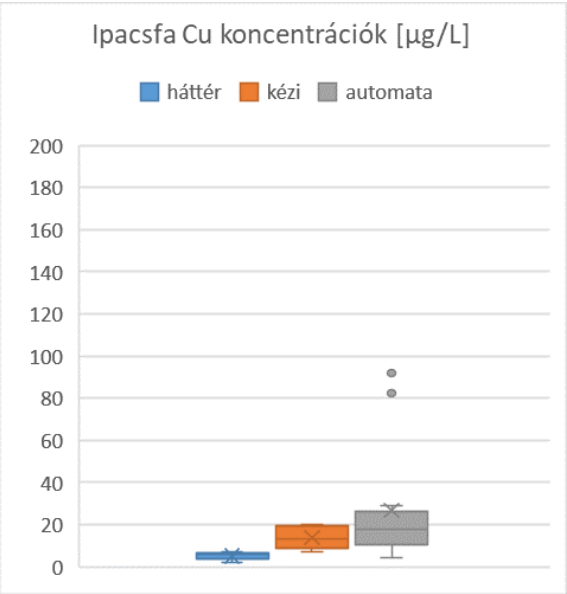
***4.6 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (kereszt: háttér, üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

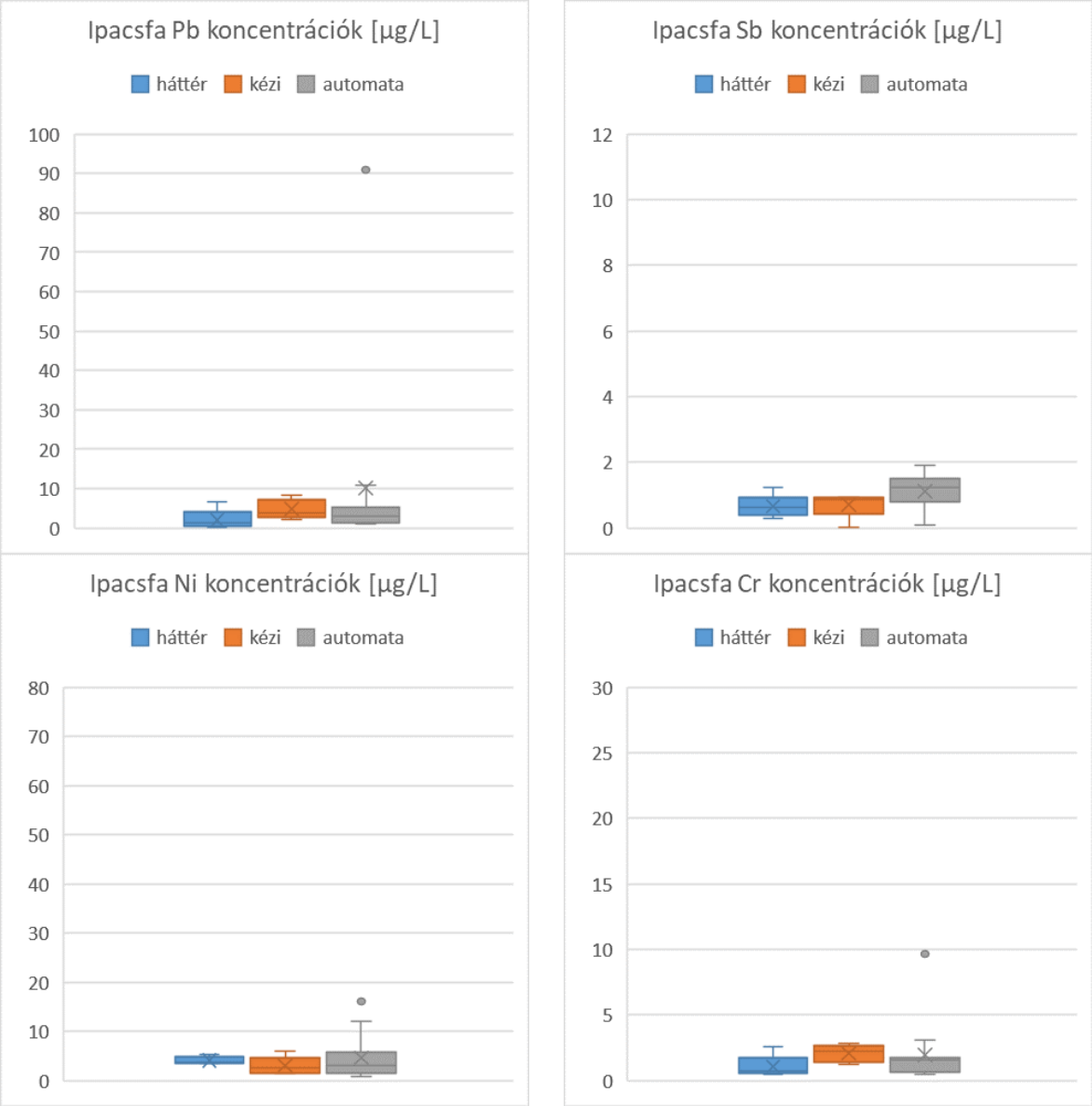


***4.7 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 4.1 táblázat szerint).*

Az egyes mintacsoportok koncentrációinak egymáshoz képesti eloszlásai több vizsgált szennyező esetében hasonló tendenciát mutatnak, ugyanakkor néhány szennyezőre nem igaz ez a megállapítás (példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be a 4.8/a-f ábrák, a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). A nehézfémek közül a Zn, Cu és részben az Sb koncentrációknál, a többi szennyező esetében pedig a TPH, PAH és ÖP koncentrációknál figyelhető meg, hogy a csapadékesemények során vett minták a háttér értékekhez viszonyítva jellemzően szignifikánsan magasabb koncentrációkkal jellemezhetők; míg a Ni, Cr, Pb koncentrációk a többi helyszínnél tapasztaltaktól eltérően nem különböznek számottevően. Ám annak ellenére, hogy az eltérő mintacsoportok eloszlásai közelebb esnek egymáshoz, a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban ezen a helyszínen is megmutatkozik.





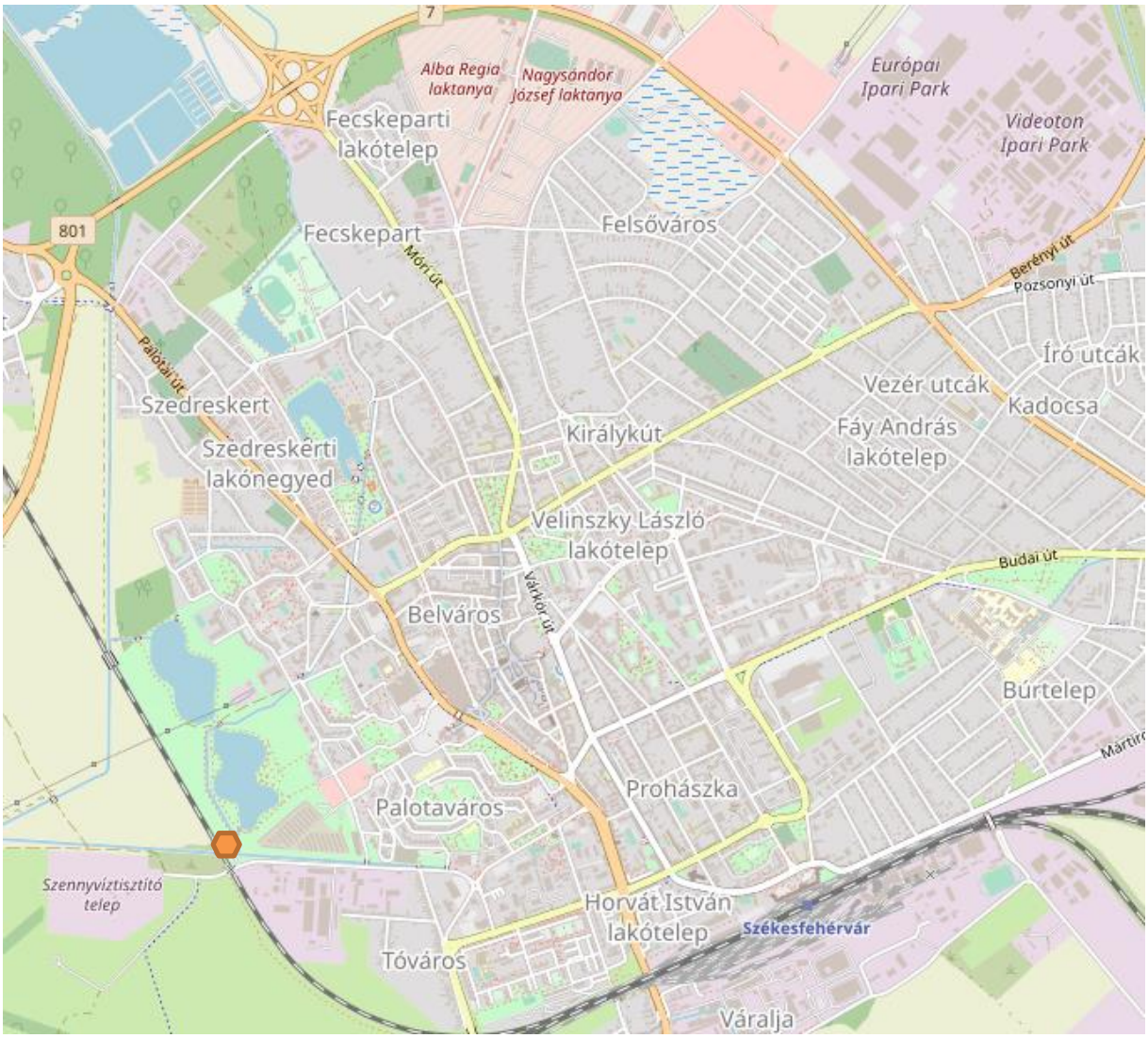


***4.8/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok mintacsoportok szerinti csoportosításban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

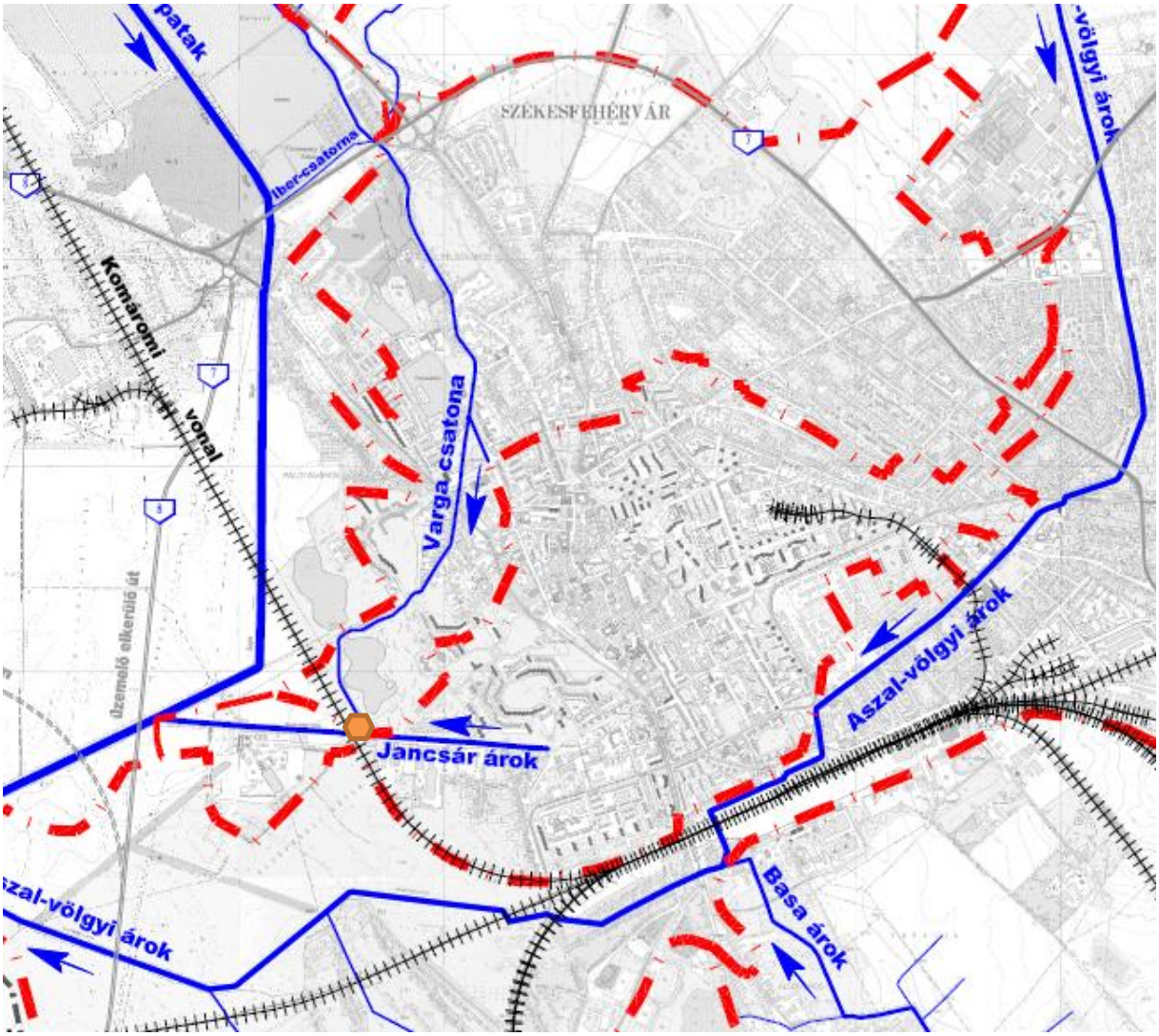
A vízhozamarányos automata minták, illetve a kézi pontminták csoportjainak eloszlásai közötti viszony ezen a helyszínen többnyire az Ördög-árokban tapasztalt viselkedéshez hasonlít. A mintázási módszertanra vonatkozóan ott leírt következtetések valószínűleg itt is érvényesnek tekinthetők.

5. Székesfehérvár, Jancsár-árok

Székesfehérvár 99.257 fős város, Fejér megye székhelye. Közigazgatási területe 17.089 ha, átlagos népsűrűsége 5,81 fő/ha. A Mezőföld északi határmezsgyéjén kiépült síkvidéki településen a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 1,32%. A város területéről lefolyó csapadékvizeket nagyobb részben a Jancsár-árok és a belé torkolló Varga-csatorna, kisebb részben az Aszal-völgyi-árok közvetíti a Gaja-patakba (előbbiek vízgyűjtőjéhez tartozik a teljes városközpont is). Évi 550 mm körüli átlagos csapadékmennyiségével a település az ország viszonylag szárazabb területei közé tartozik. Forgalmi viszonyaira egyaránt jellemző az intenzív belső és a többirányú átmenő gépjárműforgalom. A mintaterület utcaszerkezeti képét az 5.1 ábra, csapadékvíz vízgyűjtőinek áttekintését pedig az 5.2 ábra mutatja be.



***5.1 ábra**. A székesfehérvári mintavételi pont elhelyezkedése (alaptérkép: OpenStreetMap)*



***5.2 ábra**. Székesfehérvár csapadékvíz vízgyűjtői (forrás: Polgármesteri Hivatal) és a mintavételi pont*

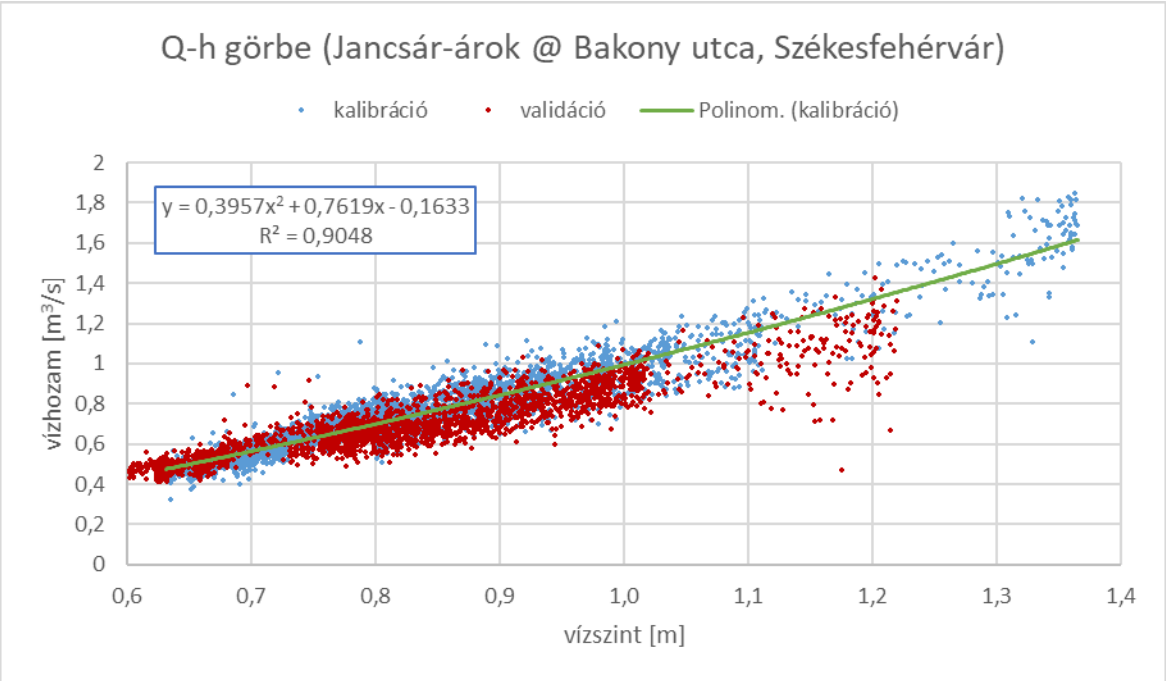
A mintavételi pontot a Jancsár-árok és a Varga-csatorna összefolyása alatt, egy átemelő zsilip műtárgy szelvényében jelöltük ki, a komáromi vasútvonal hídjának közelében (5.3 ábra). A mérési pont külterületi jellegű részen fekszik, így szabadon hozzáférhető, ugyanakkor az eszközök egy részének elhelyezése megoldható volt a zárható zsilipházban és annak kerítéssel körbevett üzemi területén, ami a székesfehérvári városgondnokság munkatársainak kezelésében van.

A helyszínre 2019 február 22-én telepítettünk ki egy *Greyline Stingray 2.0* típusú vízszint és áramlási sebesség regisztráló eszközt. Feladatunkat nehezítette az a körülmény, hogy a viszonylag mély (ekkor 45 cm) meder alján kisebb, a zsilip északi oldalán azonban már jelentős mértékű iszapfelhalmozódás volt tapasztalható (5.4 ábra). Műszerünket ezért az alaphozami vízszint alatt kifeszített vaslemezre rögzítettük, a sodorvonalban (5.5 ábra). Később az alvízi szakaszon időközben végrehajtott kotrási műveletekből fakadóan a nyugalmi vízszint többször is megváltozott, ami szükségessé tette a szenzor újrapozícionálását és a mérések újraindítását. Az eszközzel 2019. június 5-ig folyamatosan gyűjtöttük az adatokat a Q-h összefüggés felállításához és validálásához (5.6 ábra).

***5.3 ábra**. A mintavételi helyszín képe a Jancsár-árokkal (lent) és a Varga-csatornával (fent)*

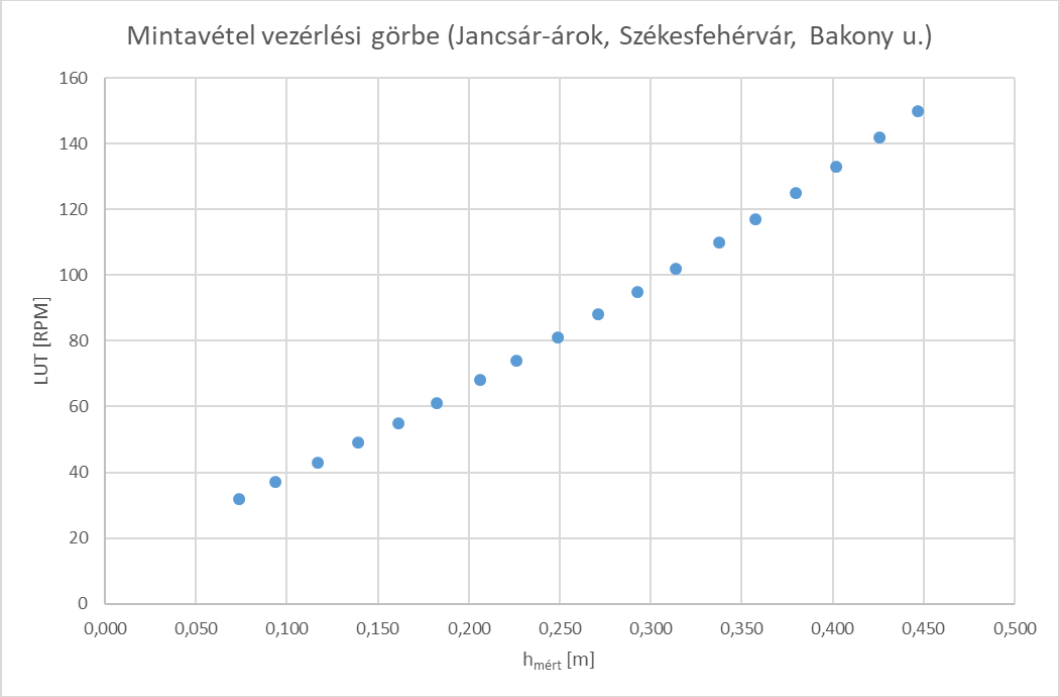
***5.4 ábra**. A vízhozammérés helyszíne (érzékelő a sodorvonalban, keresztben kifeszített vaslemezen)*

***5.5 ábra**. A vízhozammérő érzékelőjét hordozó vaslemez rögzítése a zsilip falához*



***5.6 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe.*

A kapott Q-h összefüggés alapján meghatároztuk az automata mintázó vezérléséhez felhasználandó függvényt (5.7 ábra). Az eszközt 2019 augusztus 28-án telepítettük ki a helyszínre, ami ezt követően 2019 november 29-ig folyamatos üzemben működött. A székesfehérvári városgondnokság jóvoltából ezen a helyszínen biztosítottak számunkra hálózati áramforrást is, így nem volt szükség kiegészítő akkumulátor kapacitásra a mintázó működtetéséhez.



***5.7 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

A mintavételi időszak során összesen 11 db automata mintát sikerült begyűjteni, azonban ezek közül 2 db egyértelműen nem csapadék lefolyásból származott. Ennek oka, hogy a vízfolyás alaphozami vízszintje időközben többször is jelentősen megváltozott (mint utóbb kiderült, a felvízi részen egy építkezés miatt víztelenítési célú szivattyúzást végeztek egy ideig, később pedig újabb mederkotrási műveletek miatt állt be változás). Így – bár az indítási vízszintet folyamatosan az aktuálisan tapasztalt helyzethez igyekeztünk igazítani – előfordult, hogy a következő csapadékesemény helyett az eszköz a megemelkedett alaphozamot mintázta meg. Ezeket végül háttérmintákaként hasznosítottuk.

Az automata mintákon felül a bevett gyakorlat szerint kézi pontmintákat is vettünk ezen a helyszínen: összesen 4 db-ot a száraz idei háttérhozamból (különböző évszakokban), további 7 db-ot pedig egy csapadékesemény lefolyásából (ennél egy idősor felvétele volt a cél a két befolyó ág párhuzamos mintázásával, azonban a meteorológiai előrejelzésekhez képest kevesebb csapadék esett, így nem alakult ki számottevő árhullám). A teljes vizsgálati időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját, valamint a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „FV_monitoring_coredata.slsx” Excel állomány tartalmazza.

Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen az 5.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig az 5.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen

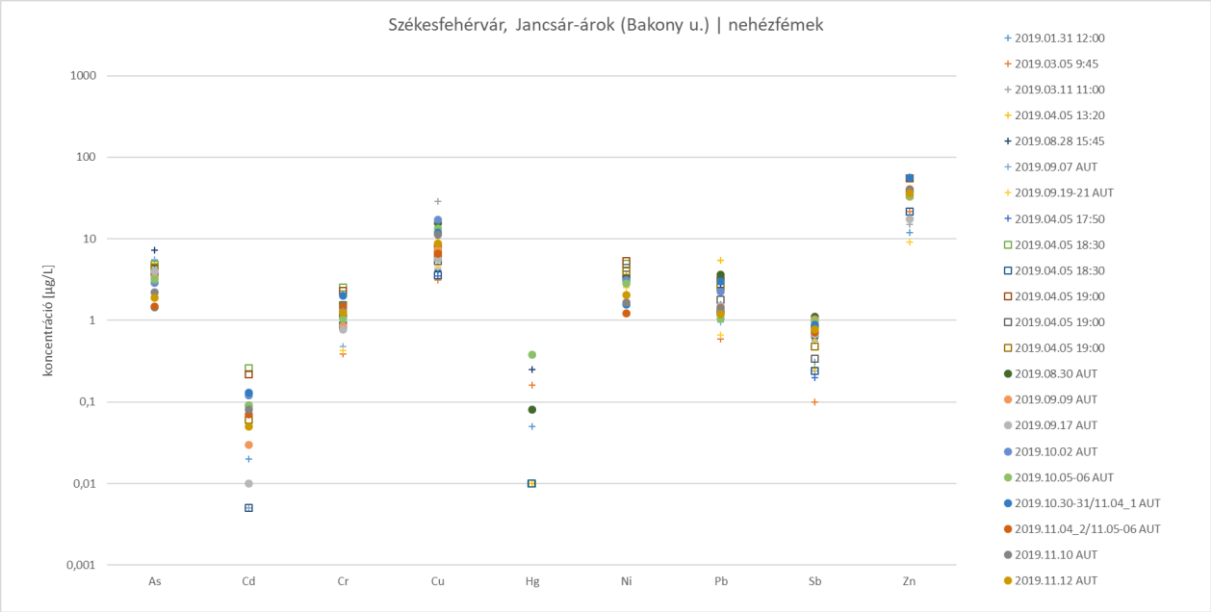
és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit az 5.8 és 5.9 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑N	InorgN	OrgN	∑P	C5-12	C13-40	TPH	∑PAH	∑naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
BGD-1	2,84	0,02	1,02	3,49	0,05	2,69	1,04	0,31	11,9	2,5	2,3	0,2	0,21	0,6	9,5	**10,1**	**0,048**	**0,023**	**0,025**
BGD-2	3,29	0,005	0,39	3,14	0,16	2,77	0,59	0,1	21,5	3,7	2,1	1,6	0,21	0,6	15,1	**15,7**	**0,031**	**0,015**	**0,016**
BGD-3	2,89	0,005	0,8	28,6	0,01	2,8	1,34	0,24	15,1	4	2,2	1,8	0,32	0,9	39,6	**40,5**	**0,035**	**0,012**	**0,023**
BGD-4|TSR-1/0	5,08	0,12	2,03	9,33	0,01	3,6	5,47	0,26	36,5	2,8	1,6	1,2	0,48	0,5	73,4	**73,9**	**0,159**	**0,028**	**0,131**
BGD-5	7,18	0,05	1,28	4,05	0,25	3,17	2,55	0,6	38,2	3,3	1,1	2,2	0,24	1,3	34,5	**35,8**	**0,072**	**0,044**	**0,028**
BGD-6|AUT-2	5,55	0,005	0,48	4,31	0,01	3,08	0,96	0,56	18,2	2,8	0,8	2	0,25	2,8	85,6	**88,4**	**0,045**	**0,035**	**0,01**
BGD-7|AUT-5	3,93	0,05	0,43	4,62	0,01	2,55	0,66	0,58	9,2	1,4	0,5	1,4	0,3	nd	36,2	**36,2**	**0,05**	**0,035**	**0,015**
TSR-1/1	4,3	0,005	0,89	3,49	0,01	2,88	1,57	0,2	17	2,1	1,6	0,5	0,42	0,6	31,2	**31,8**	**0,075**	**0,025**	**0,05**
TSR-1/2	4,88	0,26	2,51	6,82	0,01	4,92	3,11	0,69	37,9	4,3	3,3	1	0,89	0,7	72,9	**73,6**	**0,131**	**0,028**	**0,103**
TSR-1/3	4,21	0,005	0,86	3,56	0,01	3,24	1,28	0,24	21,4	2,8	1,8	1	0,41	0,6	28,5	**29,1**	**0,065**	**0,033**	**0,032**
TSR-1/4	4,38	0,22	2,28	7,96	0,01	5,35	3,05	0,8	54,6	5,6	3,8	1,8	0,9	1,2	66,8	**68**	**0,14**	**0,016**	**0,124**
TSR-1/5	4,36	0,005	1,2	5,38	0,01	4,43	1,79	0,34	34,9	3,4	2,4	1	0,43	0,6	56,8	**57,4**	**0,127**	**0,036**	**0,091**
TSR-1/6	4,39	0,06	1,54	6,59	0,01	4,04	2,57	0,48	35,8	3,9	2,9	1	0,52	1	64,3	**65,3**	**0,119**	**0,038**	**0,081**
AUT-1	3,65	0,09	1,55	15,6	0,08	3,22	3,62	1,12	37,8	5,5	2,5	3	0,38	1,7	137	**139**	**0,088**	**0,048**	**0,04**
AUT-3	3,35	0,03	0,86	7,55	0,01	2,96	1,36	1,03	32,9	2,8	1,3	1,5	0,31	3,7	101	**105**	**0,054**	**0,036**	**0,018**
AUT-4	3,99	0,01	0,77	5,68	0,01	2,97	1,51	0,68	17,4	1,7	1,7	0	0,38	1,1	43,5	**44,6**	**0,053**	**0,028**	**0,025**
AUT-6	2,9	0,12	1,52	17	0,01	3,12	2,27	0,98	36,1	2,5	1,4	1,1	0,44	nd	165	**165**	**0,065**	**0,026**	**0,039**
AUT-7	3,2	0,09	1,05	13,4	0,38	2,84	1,05	0,99	33,5	1,5			0,4	1,5	81,7	**83,2**	**0,081**	**0,055**	**0,026**
AUT-8	1,46	0,13	2,02	12	0,01	1,58	3,03	0,88	56,3	3,7	2	1,7	0,61	2,7	195	**198**	**0,179**	**0,051**	**0,128**
AUT-9	1,47	0,07	1,49	6,57	0,01	1,22	1,42	0,71	40,5	1,8	0,9	0,9	0,5	1,5	125	**127**	**0,162**	**0,041**	**0,121**
AUT-10	2,2	0,08	1,3	11,2	0,01	1,67	1,41	0,79	39,8	2,8	2	0,8	0,55	2,1	153	**155**	**0,114**	**0,044**	**0,07**
AUT-11	1,9	0,05	1,24	8,82	0,01	2,06	1,2	0,77	36,3	1,9	1,1	0,8	0,48	1,2	73,7	**74,9**	**0,04**	**0,033**	**0,007**

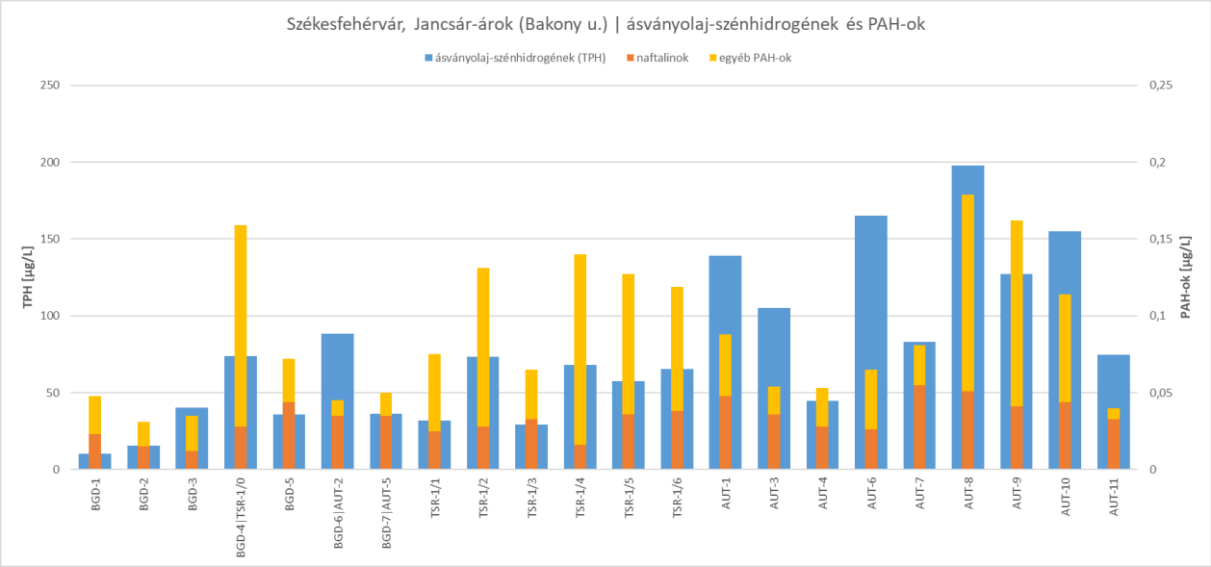
***5.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: BGD=kézi háttér pontminta, AUT=automata csapadék lefolyás minta, TSR=kézi csapadék lefolyás idősor pontminta.*

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑N	InorgN	OrgN	∑P	C5-12	C13-40	TPH	∑PAH	∑naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
$N_{háttér}$	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***	***6***	***7***	***7***	***7***	***7***	***7***
átlag	4,39	0,04	0,92	8,22	0,07	2,95	1,80	0,38	21,5	2,9	1,5	1,5	0,29	1,1	42,0	42,9	0,063	0,027	0,035
medián	3,93	0,02	0,80	4,31	0,01	2,80	1,04	0,31	18,2	2,8	1,6	1,6	0,25	0,8	36,2	36,2	0,048	0,028	0,023
min	2,84	0,01	0,39	3,14	0,01	2,55	0,59	0,10	9,2	1,4	0,5	0,2	0,21	0,5	9,5	10,1	0,031	0,012	0,010
max	7,18	0,12	2,03	28,60	0,25	3,60	5,47	0,60	38,2	4,0	2,3	2,2	0,48	2,8	85,6	88,4	0,159	0,044	0,131
szórás	1,62	0,04	0,59	9,22	0,10	0,36	1,75	0,20	11,5	0,9	0,7	0,7	0,09	0,9	28,2	28,7	0,044	0,012	0,043
rel. sz.	37%	115%	64%	112%	134%	12%	97%	53%	54%	29%	48%	45%	33%	81%	67%	67%	71%	42%	120%
$N_{idősor}$	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***
átlag	4,42	0,09	1,55	5,63	0,01	4,14	2,23	0,46	33,6	3,7	2,6	1,1	0,60	0,8	53,4	54,2	0,110	0,029	0,080
medián	4,37	0,03	1,37	5,99	0,01	4,24	2,18	0,41	35,4	3,7	2,7	1,0	0,48	0,7	60,6	61,4	0,123	0,031	0,086
min	4,21	0,01	0,86	3,49	0,01	2,88	1,28	0,20	17,0	2,1	1,6	0,5	0,41	0,6	28,5	29,1	0,065	0,016	0,032
max	4,88	0,26	2,51	7,96	0,01	5,35	3,11	0,80	54,6	5,6	3,8	1,8	0,90	1,2	72,9	73,6	0,140	0,038	0,124
szórás	0,24	0,12	0,71	1,83	0,00	0,96	0,79	0,24	13,3	1,2	0,9	0,4	0,24	0,3	19,0	19,1	0,031	0,008	0,034
rel. sz.	5%	126%	46%	32%	0%	23%	35%	53%	40%	33%	33%	40%	40%	33%	36%	35%	29%	28%	42%
N_{auto}	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***	***8***	***7***	***9***	***8***	***9***	***9***	***9***	***9***	***9***
átlag	2,68	0,07	1,31	10,87	0,06	2,40	1,87	0,88	36,7	2,7	1,6	1,2	0,45	1,9	119,4	121,3	0,093	0,040	0,053
medián	2,90	0,08	1,30	11,20	0,01	2,84	1,42	0,88	36,3	2,5	1,6	1,0	0,44	1,6	125,0	127,0	0,081	0,041	0,039
min	1,46	0,01	0,77	5,68	0,01	1,22	1,05	0,68	17,4	1,5	0,9	0,0	0,31	1,1	43,5	44,6	0,040	0,026	0,007
max	3,99	0,13	2,02	17,00	0,38	3,22	3,62	1,12	56,3	5,5	2,5	3,0	0,61	3,7	195,0	198,0	0,179	0,055	0,128
szórás	0,95	0,04	0,39	4,01	0,12	0,77	0,90	0,15	10,0	1,3	0,5	0,9	0,09	1,0	48,6	48,8	0,049	0,010	0,044
rel. sz.	35%	53%	30%	37%	208%	32%	48%	18%	27%	47%	33%	72%	21%	54%	41%	40%	53%	25%	84%

***5.2 táblázat**. Az 5.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*



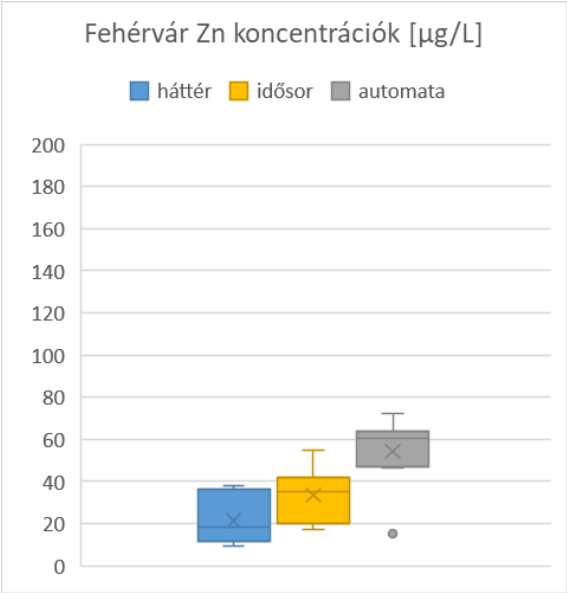
***5.8 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (kereszt: háttér, üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

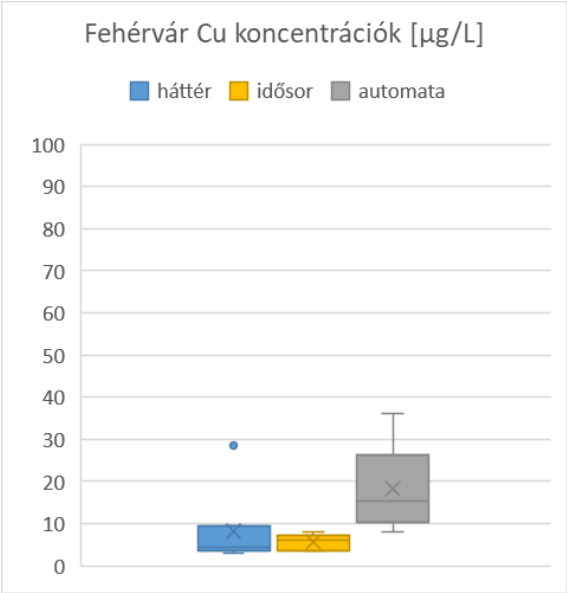


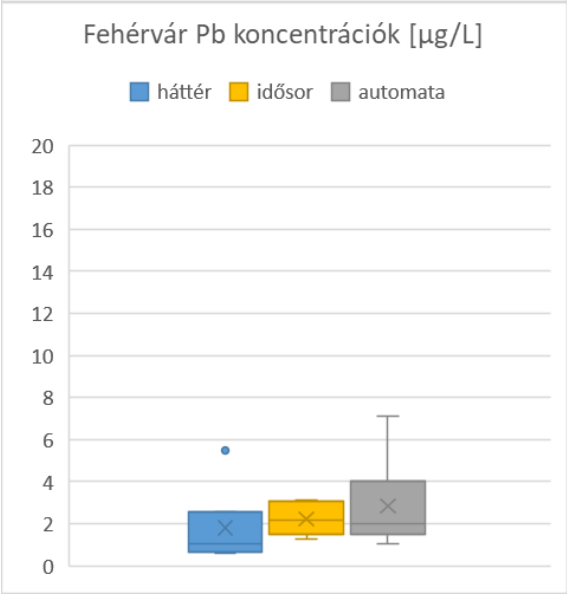
***5.9 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése az 5.1 táblázat szerint).*

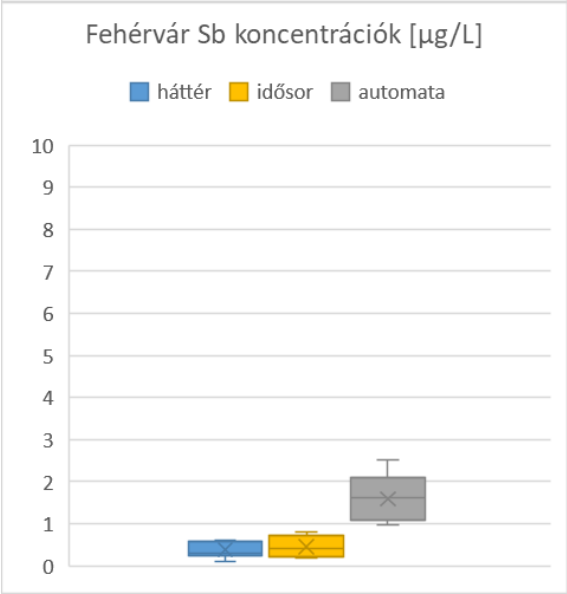
Az egyes mintacsoportok koncentráció-tartományainak összevetéséhez első lépésben ki kellett számítani, hogy az automata minták szennyezőanyag-tartalmának mekkora hányadát tette ki a városi lefolyás és mennyi származott a háttérterhelésből (mivel ezen a helyszínen jelentős az alaphozam, ami a lefolyással keveredve adja ki a mért koncentrációkat). A mellékletben részletezett számítási eljárást egyébként minden háttérhozammal rendelkező helyszín esetén elvégeztük, de csak ebben az esetben hozott számottevő változást a koncentráció adatokban.

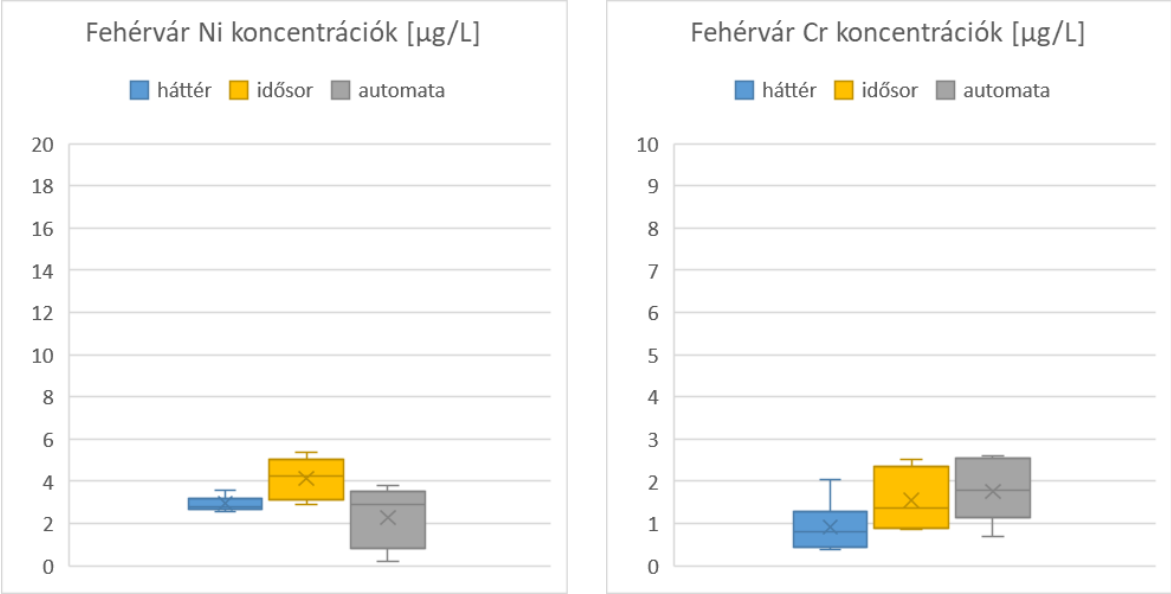
Az eredményekből példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be az 5.10/a-f ábrák (a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). Az automata (alapterheléssel korrigált), illetve „tiszta” háttér minták koncentráció tartományainak összehasonlítása alapján a vizsgált szennyezőanyagok többségénél Székesfehérvár esetében is egyértelműen kimutatható a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban. Ugyanakkor megállapítható, hogy a szennyezettség mértéke érzékelhetően kisebb, mint az eddig tárgyalt többi mintaterületen tapasztaltunk. Szintén érdekesség, hogy az egyszeri kézi idősor pontminták jellemzően a háttérértékek felé húztak, amit az épp csak meginduló, majd utánpótlás híján leálló csapadék lefolyás árhullámmal, illetve a csapadékvíz elvezető rendszernek a terület síkvidéki jellegéből fakadó viszonylag nagy tehetetlenségével lehet magyarázni.











***5.10/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok mintacsoportok szerinti csoportosításban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

6. Pomáz, Álmos utcai csapadékcsatorna

Pomáz 16.445 lakossal rendelkező város Budapest és Szentedre között, a Pilis-hegység keleti lábánál. Közigazgatási területe 4.903 ha, átlagos népsűrűsége 3,35 fő/ha. A dombvidéki jellegű településen a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 6,59%, csapadékvizeit a Dera-patak vezeti le a Duna felé. Évi 600 mm átlagos csapadékmennyiségével az ország közepesen csapadékos területei közé tartozik. Forgalmi viszonyait elsősorban a budapesti agglomerációhoz való tartozása határozza meg.

Az eredeti elképzelés szerint a településen átfolyó Dera-patakot terveztük vizsgálni a Bihari utca magasságában, mivel itt gyakorlatilag a teljes település csapadékvíz lefolyását meg lehet mérni. Azonban a Q-h görbe felvétele során (amire a 20219.05.14 és 2019.06.11 közötti időszakban került sor) kiderült, hogy a vízgyűjtő felső, erdő borította részéről egy-egy csapadék után akár napokig tartó ellapított másodlagos árhullám jelentkezik (a települési lefolyást követően). Emellett arról a tervről is értesültünk, hogy az önkormányzat 2019 nyarán kotrási munkálatokkal járó mederrendezést kíván végrehajtani a patak települést érintő teljes hosszában. Így végül amellett döntöttünk, hogy egy kisebb terület csapadékvizeit összegyűjtő csapadékcsatornát keresünk a településen.

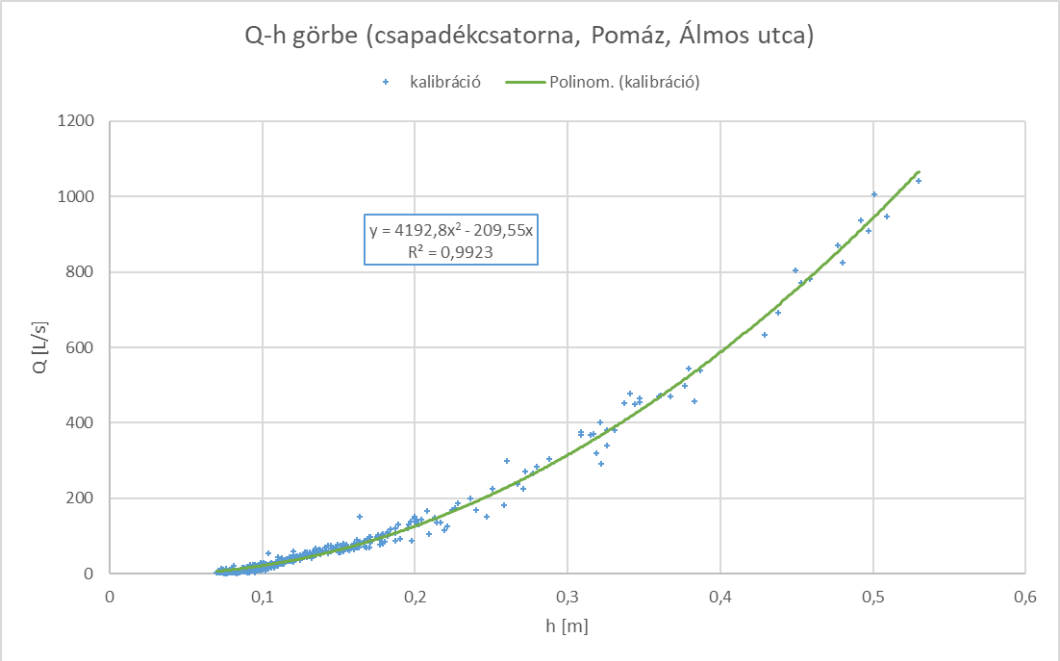
Az új mintaterület az Álmos és Huszár utcák találkozási pontjában található csapadékvíz elvezető csatorna kiömlőhöz tartozó részvízgyűjtő lett, melynek lehatárolását a 6.1 ábra mutatja be.

***6.1 ábra**. A pomázi Álmos utcai mintavételi pontjához tartozó topográfiai vízgyűjtő (alaptérkép: OpenStreetMap)*

Az új helyszín vízszint-vízhozam összefüggésének felállításához 2019. június 14-én telepítettünk egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozammérő eszközt a csapadékcsatorna belsejébe, kiküszöbölendő a patak általi visszaduzzasztás hatását, illetve hogy ne legyen szem előtt az eszköz az egyébként forgalmas helyszínen (6.2 ábra). A 2019 július 19-ig tartó időszak során gyűjtött adatokból

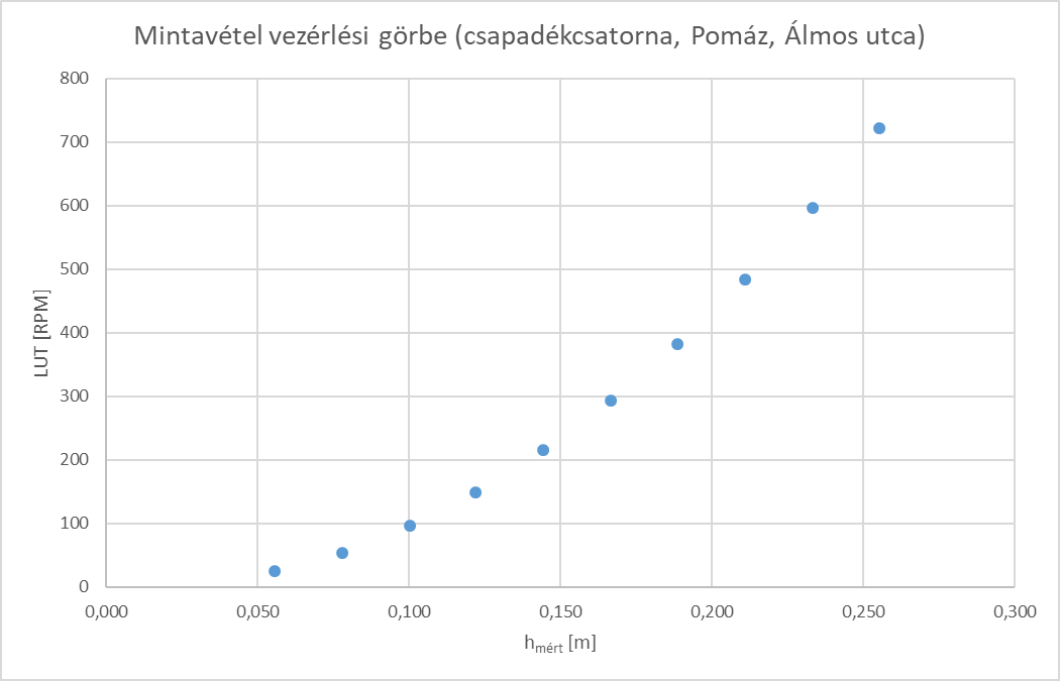
(melyeket az előző helyszínekhez hasonlóan 2 perces gyakorisággal regisztrált a műszer) megalkottuk a helyszínre érvényes Q-h függvényt (6.3 ábra).

***6.2 ábra**. A mintavételi helyszín és a vízhozammérő kihelyezése.*



***6.3 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe.*

Az ily módon előállított Q-h összefüggés alapján meghatároztuk az automata mintázó vezérléséhez felhasználandó függvényt (6.4 ábra). Az eszközt 2019 augusztus 26-án telepítettük ki a helyszínre, ami ezt követően 2019 december 23-ig folyamatos üzemben működött.



***6.4 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

A mintavételi időszak során összesen 11 alkalommal gyűjtött automata mintát az eszköz. A helyszín sajátossága, hogy a meredek tereplejtés miatt a vízhozamok skálája széles tartományt fed le, amit a mintázó eszköz kapacitásának át kellett tudni fognia. Ebből fakadóan a mintamennyiségek jellemzően 1 liter körül alakultak (a kevésbé intenzív csapadékok lefolyásából jóval kevesebb minta gyűlt össze, mint a vízhozamarányosságra történő méretezés szempontjából szintén figyelembe veendő, ám ritkábban előforduló intenzív csapadékok esetében), ami több esetben is jelentősen korlátozta a vízanalitika lehetőségeit. Az automata mintákon felül összesen 3 db kézi pontmintát is vettünk ezen a helyszínen, melyekből 1 db a száraz időben meglévő minimális háttérhozam jellemzésére szolgált (egyszeri tájékozódásképpen), 2 db pedig egy-egy csapadékesemény lefolyásából származott. A teljes vizsgálati időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját és a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „PM_monitoring_coredata.slsx" Excel állomány tartalmazza.

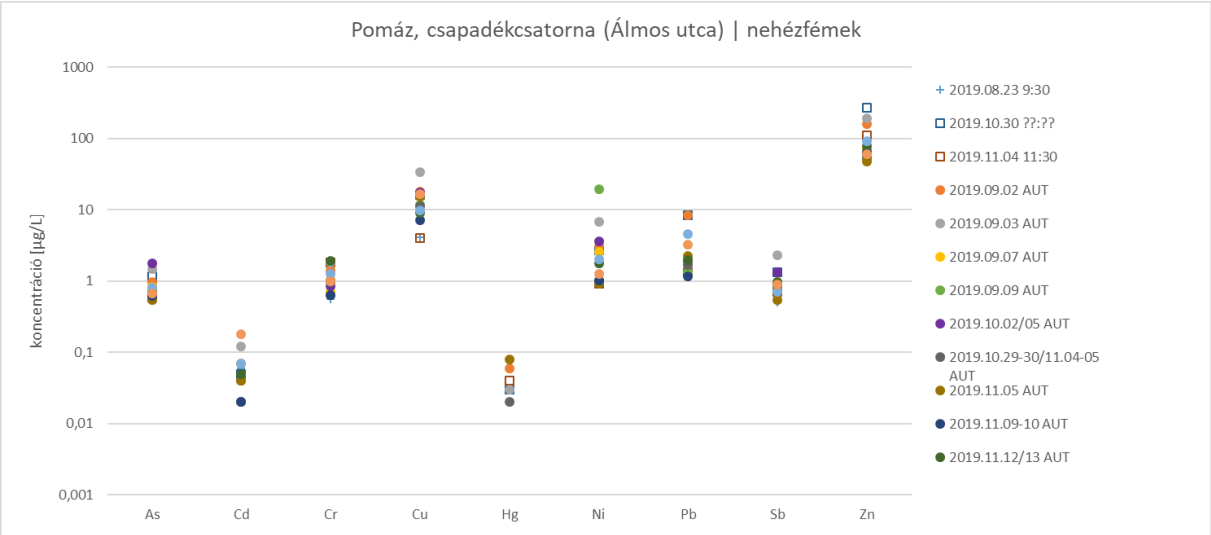
Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 6.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 6.2 táblázatban szerepelnek (ennél a helyszínnél csak az automata minták száma volt elegendően nagy). A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 6.5 és 6.6 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
BGD-1	0,9	0,06	0,55	4,14	0,01	2,48	2,29	0,5	181	9	8,4	0,6	0,04	1,4	10,5	**11,9**	**0,101**	**0,066**	**0,035**
MAN-1	1,17	0,05	1,84	16,3	0,03	2,66	8,3	1,32	267	2,2	2,2	0	0,52	1,9	431	**433**	**0,512**	**0,03**	**0,482**
MAN-2	0,58	0,005	1,8	4,03	0,04	0,92	1,31	0,71	110	1,3	1,3	0	0,32	1,9	89,1	**91**	**0,137**	**0,027**	**0,11**
AUT-1	0,97	0,07	1,41	17,7	0,06	3,07	8,44	0,74	158				0,24		78,7	**78,7**	**0,165**	**0,033**	**0,132**
AUT-2	1,47	0,12	1,83	33,7	0,03	6,82	1550	2,33	193				0,06						
AUT-3	0,83	0,005	0,7	15,9	0,01	2,55	1,68	0,97	71,7				0,03						
AUT-4	0,65	0,005	0,63	11,8	0,01	19,6	1,34	0,76	52,8				0,02						
AUT-5	1,78	0,04	0,85	17,5	0,01	3,6	1,93	1,34	61,8				0,06						
AUT-6	0,56	0,02	0,97	11,2	0,02	1	1,67	0,71	53,6	3,7	3,6	0,1	0,28	1,9	111	**113**	**0,093**	**0,034**	**0,059**
AUT-7	0,54	0,04	1,03	15,4	0,08	0,92	2,22	0,54	47,1				0,34		86,4	**86,4**	**0,086**	**0,026**	**0,06**
AUT-8	0,61	0,02	0,64	7,22	0,01	1,02	1,17	0,86	64,4				0,43		149	**149**			
AUT-9	0,7	0,05	1,89	9,07	0,01	1,75	1,99	0,96	77				0,23						
AUT-10	0,8	0,07	1,27	9,65	0,01	2,02	4,6	0,7	90,8				0,36		220	**220**			
AUT-11	0,67	0,18	0,99	16,4	0,01	1,27	3,25	0,9	59,2				0,11	4,5	82,6	**87,1**	**0,301**	**0,079**	**0,222**

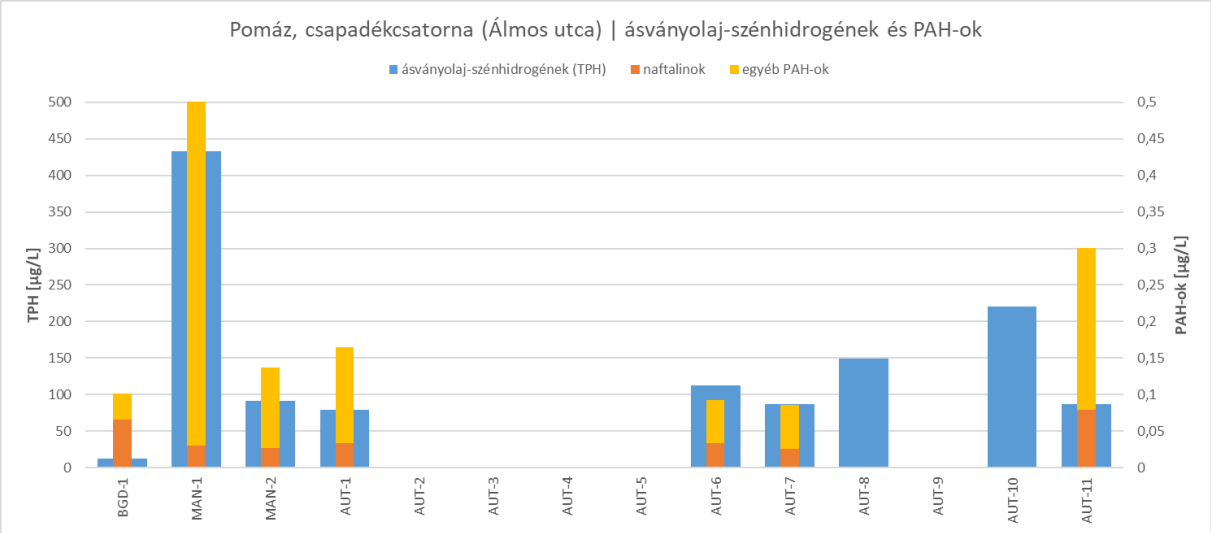
***6.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével); 3) a feketével kiemelt cella irreálisan magas érték. Mintacsoportok: BGD=kézi háttér pontminta, AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
N_{auto}	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***11***	***1***	***1***	***1***	***11***	***2***	***6***	***6***	***4***	***4***	***4***
átlag	0,87	0,06	1,11	15,0	0,02	4,0	143,5	0,98	84	-	-	-	0,20	3,2	121	122	0,16	0,04	0,12
medián	0,70	0,04	0,99	15,4	0,01	2,0	2,0	0,86	64	-	-	-	0,23	3,2	99	100	0,13	0,03	0,10
min	0,54	0,01	0,63	7,2	0,01	0,9	1,2	0,54	47	-	-	-	0,02	1,9	79	79	0,09	0,03	0,06
max	1,78	0,18	1,89	33,7	0,08	19,6	1550,0	2,33	193	-	-	-	0,43	4,5	220	220	0,30	0,08	0,22
szórás	0,40	0,05	0,44	7,2	0,02	5,5	466,5	0,49	47	-	-	-	0,15	1,8	55	54	0,10	0,02	0,08
rel. sz.	46%	94%	40%	48%	102%	138%	325%	50%	56%	-	-	-	75%	57%	45%	44%	62%	56%	65%

***6.2 táblázat**. A 6.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői az automata minták csoportjára (a mintaszámot a szürkével kiemelt sor tünteti fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*



***6.5 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (kereszt: háttér, üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*



***6.6 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 6.1 táblázat szerint).*

A kézi pontminták alacsony száma miatt az egyes mintacsoportok koncentrációinak összevetésére itt nem volt mód, ugyanakkor az automata minták koncentráció tartományait a többi helyszín automata mintacsoportjaihoz hasonlítva kimondhatjuk, hogy a szennyezőanyagok nagy többségére igaz, hogy azonos nagyságrendbe esnek (a vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). A megfigyelt mintázat arra utal, hogy ezen a helyszínen is kimutatható a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban.

7. Törökbálint, tükörhegyi csapadékcsatorna

Törökbálint Budapest tőszomszédságában, attól mintegy 15km-re található város. Teljes népessége 14.297 fő, közigazgatási területe 2.940 ha, átlagos népsűrűsége 4,86 fő/ha. A Budai-hegység déli előterében elhelyezkedő, erdővel borított dombok által övezett településen a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 5,82%, csapadékvizeit a Hosszúréti-patak vezeti le a Duna felé (melyen duzzasztott horgásztavat is létesítettek). Évi 600 mm körüli átlagos csapadékmennyiségével az ország közepesen csapadékos területei közé tartozik. Forgalmi viszonyait elsősorban a fővárosihoz való közelsége határozza meg, Budapesttel közvetlenül autópálya köti össze.

Telepítésre alkalmas elválaszott csapadékvíz elvezetésű helyet a Tükörhegy városrészen találtunk. A Tükörhegy, Téglagyár és a Hosszúréti-patak környezete területrészen van a város egyik legrégebbi és az egyik napjaink legjobban fejlődő városrésze. A tükörhegyi lakóterület a város egyik legnívósabb és legkeresettebb kertvárosias jellegű lakóterülete, melynek azonban kereskedelmi és szolgáltatási ellátottsága jelenleg még hiányos, a közeljövőben várható fejlesztés ezen a területen. A kiválasztott mintavételezési helyet a jól meghatározható vízgyűjtő területhasználat, az egyszerűen hozzáférhető hálózat és a viszonylag nagyarányú beépítettség indokolta. Az első törökbálinti telepítési helyszínünk a tükörhegyi csapadékvíz tározóba becsatlakozó vezeték volt (7.1 ábra). Ide érkezik a tükörhegyi felső, régebbi lakóövezet csapadékvize.

7.1 ábra. Törökbálint-Tükörhegy mérőhely telepítési helyek és kacsolódó vízgyűjtők

Az első helyszínre telepített vízhozammérőt (8.2.ábra) több, mint 2 hónapig működtettük. Ugyanezen a helyszínen a helyi vízmű szennyvízátemelő telepén csapadékmérőt is telepítettünk. Mivel a mért vízhozam adatok nem követték megbízhatóan a csapadék eredményeket, ezért másik telepítési helyet kerestünk.

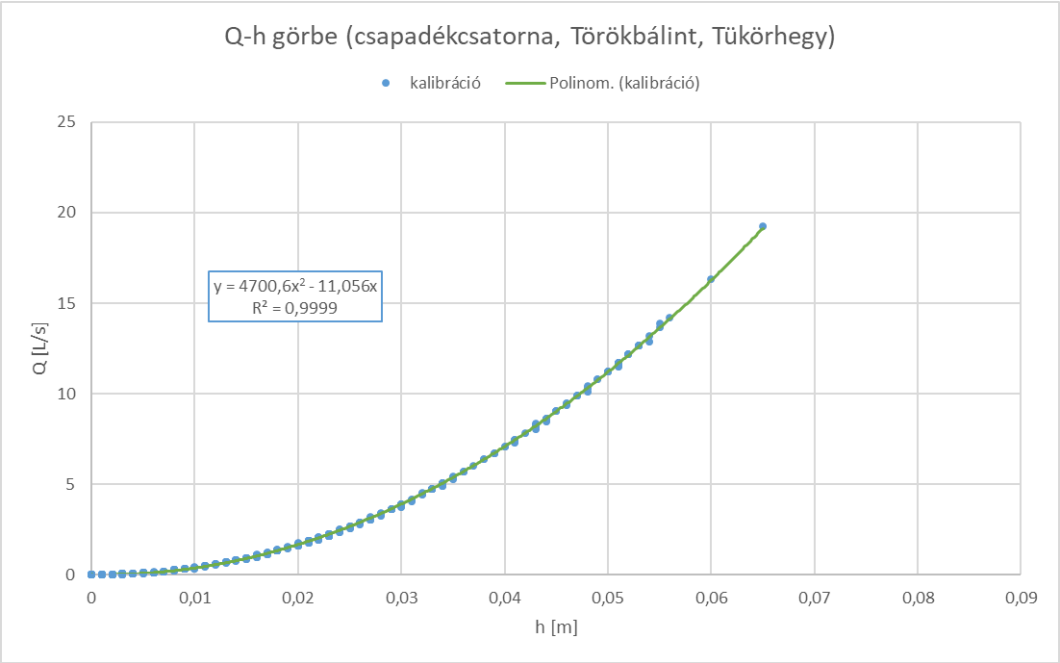
***7.2 ábra**. Törökbálint-Tükörhegy csapadékvíz tározó és a vízhozammérő első telepítési aknája*

A második, véglegesnek bizonyult telepítési helyünket a Tükörhegy alsó, új beépítésű vízgyűjtőjénél alakítottuk ki. Ezt a telepítési helyet a Hosszúréti-patakba befolyó, a Depo felett található kaszkádos tározórendszerbe csatlakozás előtti csapadék Ø110cm csatorna egyik aknájában építettük ki (7.3 ábra). A mintavételi ponthoz tartozó vízgyűjtő alapvetően kertvárosi jellegű lakóövezet (7.4 ábra). A forgalom a vízgyűjtő szélein átmenő jellegű, közöségi (autóbusz) forgalommal terhelt. A belső utakat alapvetően csak az itt lakók használják. A mérési időszak alatt ugyanakkor folyamatosan építkezések zajlottak, ennek megfelelően a forgalom egy része jelentős mértékben az építkezésekhez kötődött.

***7.3 ábra**. Törökbálint-Tükörhegy végleges telepítési aknája*

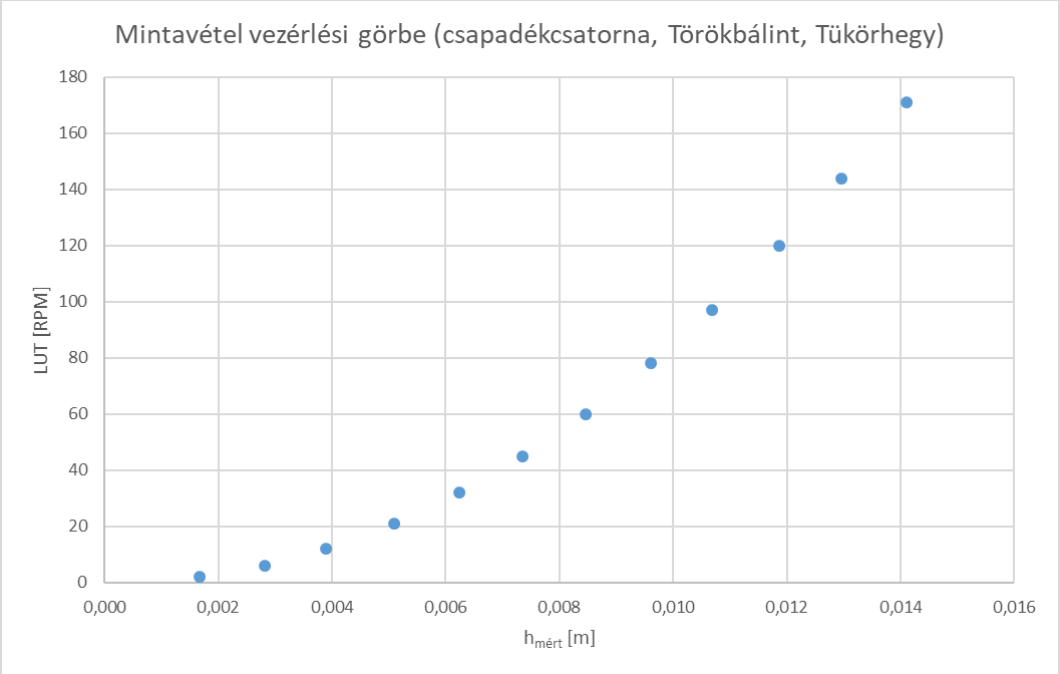
***7.4 ábra**. Törökbálint-Tükörhegy mintaterület távlati képe a még beépítetlen rész felől*

A vízszint-vízhozam összefüggésének felállításához az általánosan alkalmazott módszerünk szerint 2019. május 14-én telepítettünk egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozamméró eszközt a csapadékcsatorna aknájába. A 2019. június 5-ig tartó időszak során gyűjtött adatokból megalkottuk a helyszínre érvényes Q-h függvényt (7.5 ábra).



***7.5 ábra**. A vízhozammérések eredményeként kapott vízszint-vízhozam görbe.*

A Q-h összefüggés alapján a szokásos metódussal meghatároztuk az automata mintázó vezérléséhez felhasználandó függvényt (7.6 ábra). Az eszközt a nyári és őszi időszakban többször is kiszereltük a helyszínre, de sorozatos meghibásodások miatt végül csak 2019 november 12-től vette ténylegesen kezdetét a mintázás, ami ezt követően 2020 február 12-ig folyamatos üzemben működött.



***7.6 ábra**. A mintavétel sebességét vezérlő vízszint-fordulatszám görbe*

A mintavételi időszak során összesen 10 alkalommal gyűjtött automata mintát az eszköz. A helyszín egyik sajátossága a kisméretű vízgyűjtő és az ebből fakadó kis mennyiségű lefolyás, ugyanakkor az is megfigyelhető volt, hogy a lefolyás már elenyésző csapadék (0,5 mm) esetén megindult. Az előzőkből kifolyólag további jellemző tulajdonság, hogy a vízhozamok (és ebből fakadóan a vízszintek) igen szűk skálán mozogtak és a lefolyás időtartama is általában rövid volt, a mintázás indítási vízszintjét emiatt igen alacsonyra (5 mm alá) kellett beállítani. A fenti nehezítő körülmények ellenére eseményenként átlagosan 2 liter mintát sikerült vennünk (az egyes mintamennyiségek 0,7-6,7 liter között mozogtak).

Az automata mintákat kiegészítendő, összesen 6 db kézi pontmintát is vettünk ezen a helyszínen, különböző csapadékesemények lefolyásaiból. A teljes vizsgálati időszak eseményeinek (mintavételek, csapadékok, egyéb fontos történések) részletes kronológiáját és a pontos vezérlési beállításokat és a vízhozamarányos automata mintákhoz tartozó paramétereket e jelentés mellékleteként leadott „TB_monitoring_coredata.slsx” Excel állomány tartalmazza.

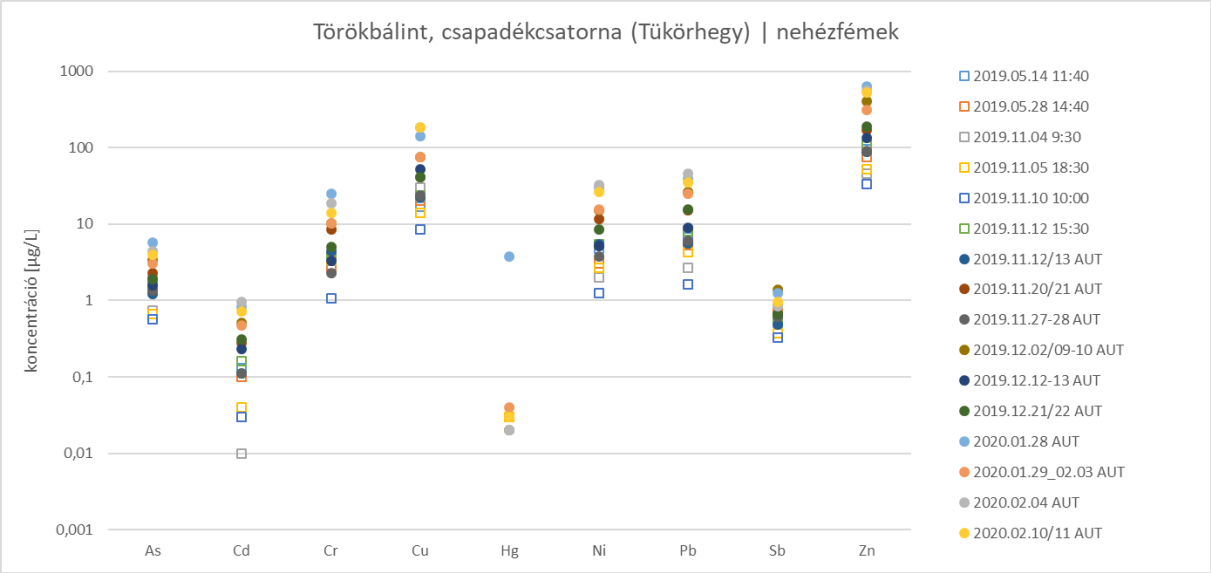
Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 7.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 7.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 7.7 és 7.8 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑ N	InorgN	OrgN	∑ P	C5-12	C13-40	TPH	∑ PAH	∑ naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
MAN-1	1,8	0,13	2,89	16,8	0,01	4,72	6,66	0,71	96,8	2,1	0,7	1,4	0,16	3,9	602	**606**	**0,319**	**0,025**	**0,294**
MAN-2	1,4	0,1	2,68	20,1	0,01	3,07	5,29	0,71	74,6	2,4	0,7	1,7	0,18	1,8	255	**257**	**0,425**	**0,102**	**0,323**
MAN-3	0,74	0,01	3,29	30	0,01	1,98	2,65	0,51	46,1	0,5	0,5	0	0,42	1,4	327	**328**	**0,226**	**0,042**	**0,184**
MAN-4	0,67	0,04	3,43	14	0,03	2,71	4,31	0,37	52,5	0,5	0,5	0	0,52	2,2	376	**378**	**0,34**	**0,053**	**0,287**
MAN-5	0,57	0,03	1,06	8,41	0,01	1,25	1,64	0,33	33,3	0,9	0,9	0	0,42	1,8	150	**152**	**0,181**	**0,054**	**0,127**
MAN-6	1,42	0,16	3,83	24	0,01	5,47	8,14	0,56	108	0,9	0,5	0,9	0,85	2,3	738	**740**	**0,849**	**0,088**	**0,761**
AUT-1	1,22	0,11	4,39	22,6	0,01	5,4	5,56	0,49	88,2				0,38		955	**955**	**4,16**	**0,146**	**4,01**
AUT-2	2,27	0,28	8,43	41	0,01	11,7	15,1	0,67	172				0,67	2,5	1860	**1860**	**4,81**	**0,195**	**4,61**
AUT-3	1,36	0,11	2,29	23,9	0,01	3,8	6,06	0,62	91,6	0,8	0,8	0	0,51	3,4	598	**601**	**1,68**	**0,104**	**1,58**
AUT-4	3,38	0,51	10,3	75,4	0,02	15	26,2	1,39	404	0,9			1,25	1,2	3350	**3350**	**5,32**	**0,209**	**5,11**
AUT-5	1,57	0,23	3,34	52,6	0,01	5,11	9,06	0,67	133				0,36	3,3	696	**699**	**3,23**	**0,16**	**3,07**
AUT-6	1,89	0,31	5,05	41,1	0,01	8,54	15,5	0,67	189	0,68	0,68	0	0,76	2,8	1290	**1290**	**2,46**	**0,159**	**2,3**
AUT-7	5,78	0,81	25,3	141	3,76	30,1	39,1	1,24	641	2,8	1,9	0,9	1,76	2,6	4370	**4370**	**7,19**	**0,279**	**6,91**
AUT-8	3,09	0,47	10,2	74,6	0,04	15,4	24,7	0,87	310				1,38	1,8	1870	**1870**	**5,81**	**0,26**	**5,55**
AUT-9	4,44	0,96	18,9	183	0,02	32,9	46,2	0,84	562				2,37		6370	**6370**	**13,6**	**0,433**	**13,2**
AUT-10	3,96	0,71	14,2	186	0,03	26,4	35,4	0,96	529	3,1	3,1	0	1,68	0,8	5220	**5220**	**6,49**	**0,287**	**6,2**

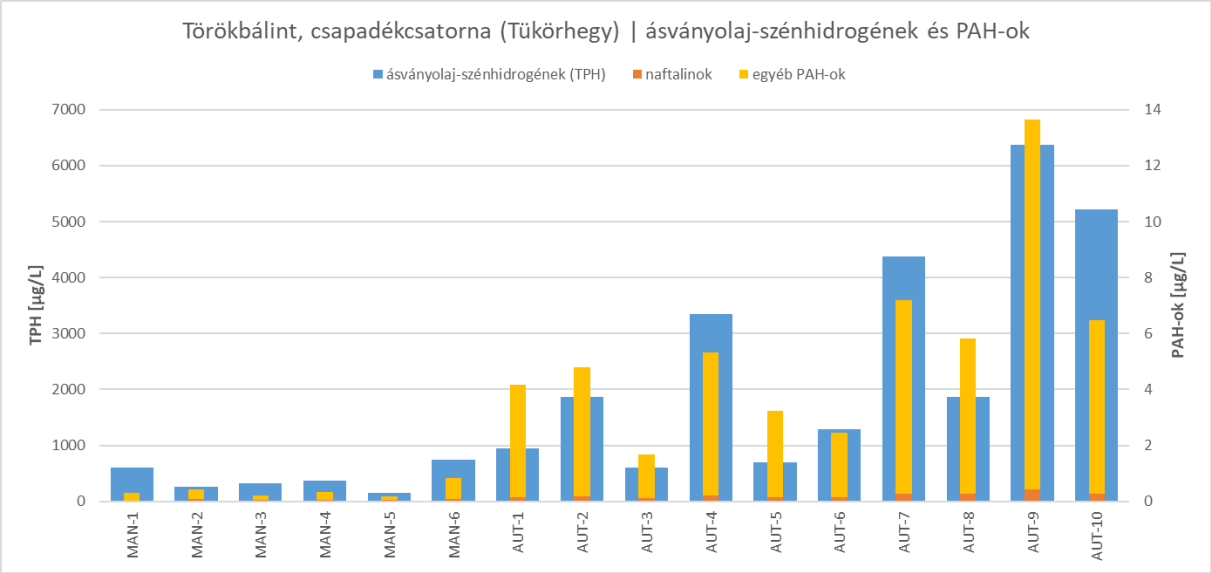
***7.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével); 3) a feketével kiemelt cella irreálisan magas érték. Mintacsoportok: AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta.*

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	∑ N	InorgN	OrgN	∑ P	C5-12	C13-40	TPH	∑ PAH	∑ naftalin	∑ egyéb PAH
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
$N_{kézi}$	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***3***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***
átlag	1,10	0,08	2,86	18,89	0,01	3,20	4,78	0,53	68,6	1,2	0,6	0,7	0,43	2,2	408,0	410,2	0,390	0,061	0,329
medián	1,07	0,07	3,09	18,45	0,01	2,89	4,80	0,54	63,6	0,9	0,6	0,5	0,42	2,0	351,5	353,0	0,330	0,054	0,291
min	0,57	0,01	1,06	8,41	0,01	1,25	1,64	0,33	33,3	0,5	0,5	0,0	0,16	1,4	150,0	152,0	0,181	0,025	0,127
max	1,80	0,16	3,83	30,00	0,03	5,47	8,14	0,71	108,0	2,4	0,9	1,7	0,85	3,9	738,0	740,0	0,849	0,102	0,761
szórás	0,51	0,06	0,97	7,60	0,01	1,61	2,44	0,16	29,6	0,8	0,2	0,8	0,25	0,9	220,9	221,4	0,241	0,029	0,224
rel. sz.	46%	77%	34%	40%	61%	50%	51%	31%	43%	68%	26%	116%	60%	39%	54%	54%	62%	48%	68%
N_{auto}	***10***	***10***	***10***	***10***	***10***	***10***	***10***	***10***	***10***	***5***	***4***	***1***	***10***	***8***	***10***	***10***	***10***	***10***	***10***
átlag	2,90	0,45	10,24	84,12	0,39	15,44	22,29	0,84	312,0	1,7	1,6	-	1,11	2,3	2657,9	2658,5	5,475	0,223	5,254
medián	2,68	0,39	9,32	63,60	0,02	13,35	20,10	0,76	249,5	0,9	1,4	-	1,01	2,6	1865,0	1865,0	5,065	0,202	4,860
min	1,22	0,11	2,29	22,60	0,01	3,80	5,56	0,49	88,2	0,7	0,7	-	0,36	0,8	598,0	601,0	1,680	0,104	1,580
max	5,78	0,96	25,30	186,00	3,76	32,90	46,20	1,39	641,0	3,1	3,1	-	2,37	3,4	6370,0	6370,0	13,600	0,433	13,200
szórás	1,51	0,30	7,40	62,96	1,18	10,77	14,39	0,29	208,6	1,2	1,1	-	0,68	0,9	2051,4	2050,8	3,347	0,095	3,263
rel. sz.	52%	66%	72%	75%	302%	70%	65%	34%	67%	72%	70%	-	61%	41%	77%	77%	61%	43%	62%

***7.2 táblázat**. A 7.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*



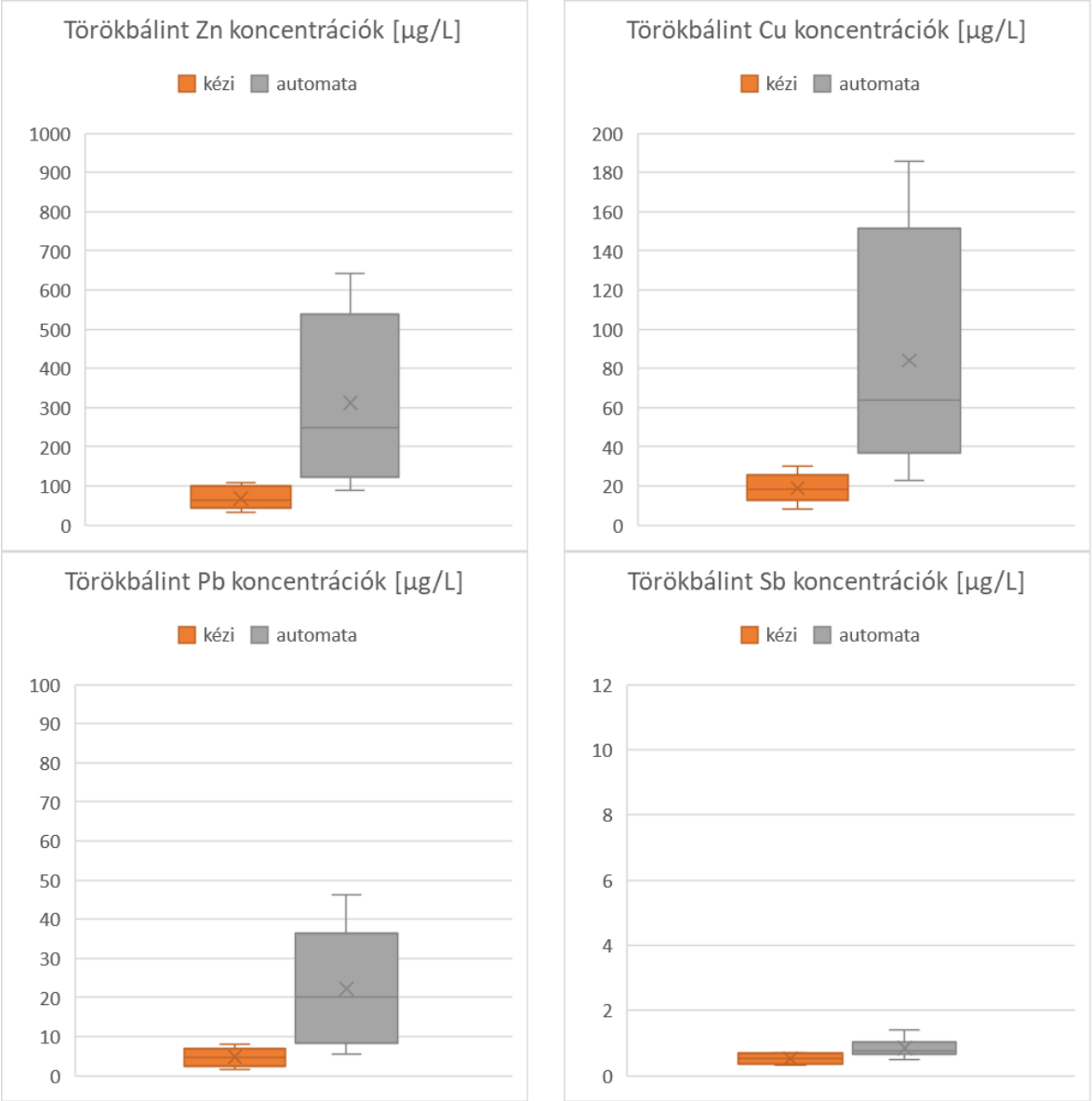
***7.7 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

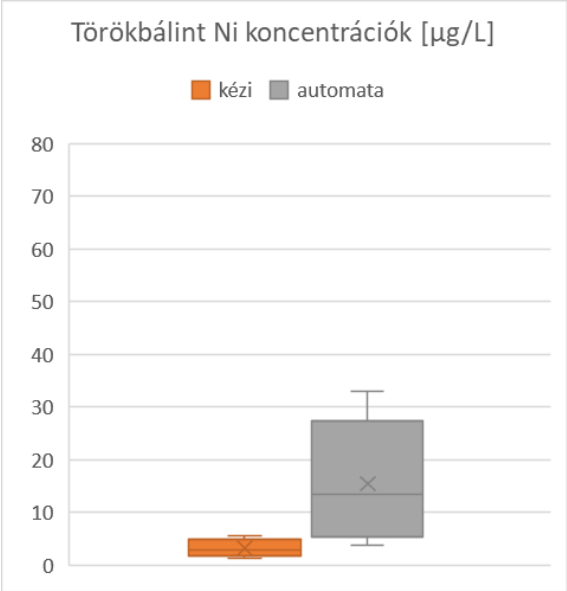


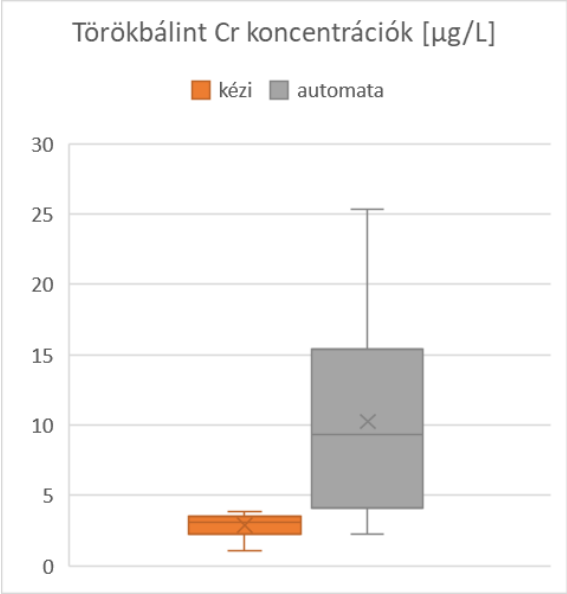
***7.8 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 7.1 táblázat szerint).*

A kétféle mintacsoport koncentrációinak egymáshoz képesti eloszlásai az Sb és az összes nitrogén kivételével minden vizsgált szennyező esetében hasonló tendenciát mutatnak, ugyanakkor a többi helyszín értékeivel összevetve az automata minták rendre szignifikánsan magasabb értéktartományt vesznek fel ezen a mintaterületen (példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be a 7.9/a-f ábrák, a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák pedig az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg). Az előzetes várakozásoknak ellentmondó, a mintaterület jellegének látszólag nehezen megfeleltethető mintázat magyarázatául szolgálhat, hogy a vízgyűjtő északkeleti

részén nagy volumenű építkezési munkálatok (csoportos sorház beépítések) folytak a mintavételi időszakban, az ezt kiszolgáló nehézgépjármű forgalom pedig kiugróan magas fajlagos kibocsátásokkal jellemezhető a vizsgált szennyezők vonatkozásában. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a vízgyűjtőről már a kisebb csapadékok is eredményeznek lefolyást, viszont általánosságban kevés víz folyik le, feltételezhető, hogy felszíni lefolyás tekintetében mindössze az útfelületek lehetnek aktívak. Nagy valószínűséggel tehát a helyszín jellegéhez képest szokatlanul erős átmeneti teherjármű forgalom hatása mutatkozik meg a tendenciózusan kiemelkedő koncentrációkban. Ennek ellenőrzésére érdemes lenne a későbbiekben egy kontroll méréssorozatot indítani egy olyan időszakban, amikor már nem lesznek építkezések. A megfigyelések mindenesetre arra utalnak, hogy a települési felületek (és az ott keletkező csapadékvíz lefolyások) szennyezettségének mértékében meghatározó szerepe van a közúti forgalomnak és járműösszetételének.







***7.9/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok mintacsoportok szerinti csoportosításban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

8. Zsámbék, Zsámbéki-patak

Zsámbék 5.199 lakossal rendelkező város Pest megye nyugati határán, Budapesttől 35 km távolságra. Közigazgatási területe 3.366 ha, átlagos népsűrűsége 1,54 fő/ha. A Zsámbéki-medence északnyugati szélén elhelyezkedő dombvidéki településen a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 4,38%, csapadékvizeit szinte teljes egészében a Zsámbéki-patak vezeti le a Benta-patakon keresztül a Duna felé. Évi 550 mm átlagos csapadékmennyiségével az ország viszonylag szárazabb területei közé tartozik. Forgalmi viszonyait elsősorban a budapesti agglomerációhoz való tartozása határozza meg. A mintaterület domborzati és utcaszerkezeti áttekintését a 8.1 és 8.2 ábrák szolgálják.

***8.1 ábra**. A zsámbéki mintavételi pont elhelyezkedése (alaptérkép: Google Maps)*

A város csapadékvizeit elválasztott rendszerű hálózaton gyűjtik össze és zárt szelvényben vezetik a nyílt keresztszelvényű Zsámbéki-patakba (melynek gyakorlatilag forrásvidékét fedi le a település területe). A zárt szelvényű rendszer kilépési pontjához közel, de még a csatornában alakítottuk ki a mintavételi helyszínt (8.3 ábra), egy összefolyási pont alatti szakaszon. A helyszínen a karakterisztikus vízszint-vízhozam (Q-h) görbe felvételéhez szükséges adatrögzítés céljából 2018 szeptember végén telepítettünk egy *Nivus PCM Pro* típusú hordozható ultrahangos vízhozammérő eszközt (a műanyag csatornacső épségének megóvása miatt az áramlásérzékelőt hosszú fémlemezre erősítettük, amit az összefolyó akna beton falához rögzítettünk).

***8.2 ábra**. A mintaterület beépítettsége műholdfelvétel alapján (forrás: Google Föld) - a mintavételi pontot sárga jelölő mutatja*

***8.3 ábra**. Vízhozammérő telepítés a mintavételi helyszínen*

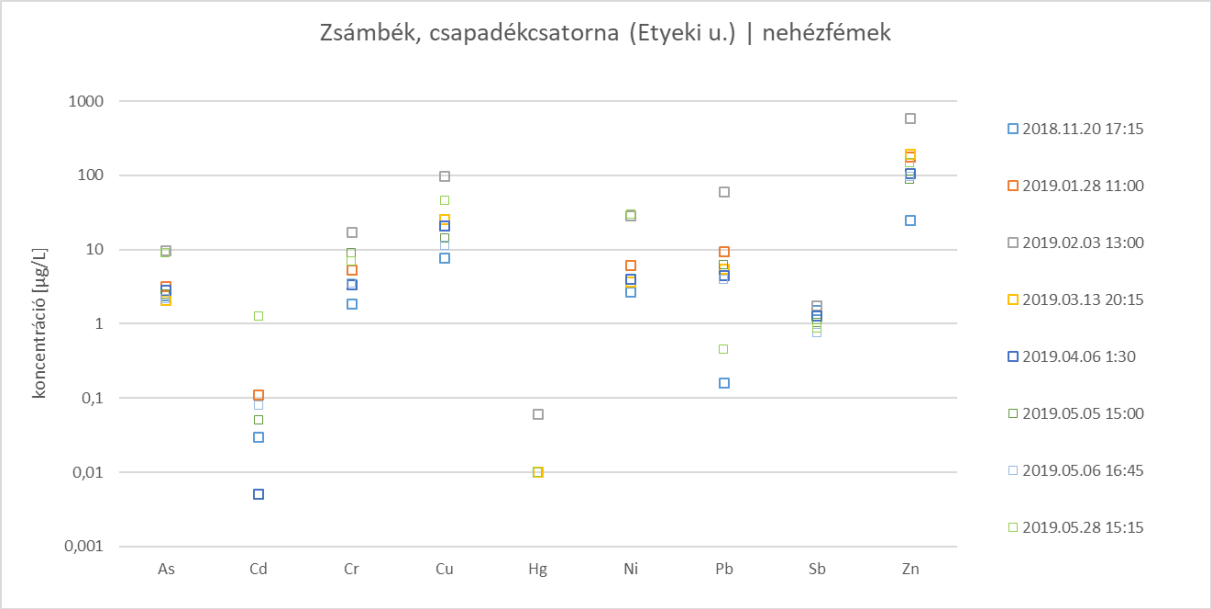
Mivel hosszú ideig nem volt értékelhető csapadék lefolyás ezen a helyszínen, az áramlásmérőt ideiglenesen áthelyeztük máshová és kézi pontminták vételére tértünk át, ezekből végül összesen 8 db gyűlt össze, különböző eseményekből. A későbbiek folyamán visszatérve azt tapasztaltuk, hogy az időközben bekövetkezett csapadékok olyan nagy mennyiségű hordalékot raktak le, ami gyakorlatilag visszaduzzasztotta a csőből kifelé tartó víz útját, így mederkotrás nélkül nem volt értelme tovább folytatni a méréseket. A kézi mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 8.1 táblázat mutatja be, az ehhez tartozó főbb statisztikai értékei pedig a 8.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 8.4 és 8.5 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑PAH [µg/L]	∑naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
MAN-1	2,41	0,03	1,84	7,68	0,01	2,67	0,16	1,53	24,6	4,6	-	-	0,66	1,4	173	**174**	**0,281**	**0,108**	**0,173**
MAN-2	3,2	0,11	5,26	25,5	0,05	6,1	9,22	1,75	176	4,8	2,9	1,9	0,48	40,4	37,1	**77,5**	**0,042**	**0,011**	**0,031**
MAN-3	9,58	0,97	17,2	95,6	0,06	28	59,3	1,76	574	6,2	1,2	5	1,9	1,2	1570	**1570**	**2,53**	**0,166**	**2,36**
MAN-4	2,05	0,005	3,36	25,4	0,01	3,65	5,51	1,26	194	16,6	8,5	8,1	0,65	nd	961	**961**	**2,71**	**0,043**	**2,67**
MAN-5	2,79	0,005	3,38	21	0,01	3,94	4,44	1,27	104	8	6,7	1,3	0,36	0,6	731	**732**	**0,462**	**0,037**	**0,425**
MAN-6	2,48	0,05	9,06	14	0,01	2,4	6,26	1,04	86,7	3	1,8	1,2	0,45	nd	585	**585**	**0,343**	**0,04**	**0,303**
MAN-7	2,13	0,08	3,49	11,3	0,01	3,33	3,97	0,76	95,8	7,2	2,6	4,6	0,51	nd	150	**150**	**0,116**	**0,017**	**0,099**
MAN-8	9	1,25	6,86	45,3	0,01	30	0,45	0,87	147	15,1	2,4	12,7	2,21	2,5	47,9	**50,4**	**0,349**	**0,088**	**0,261**

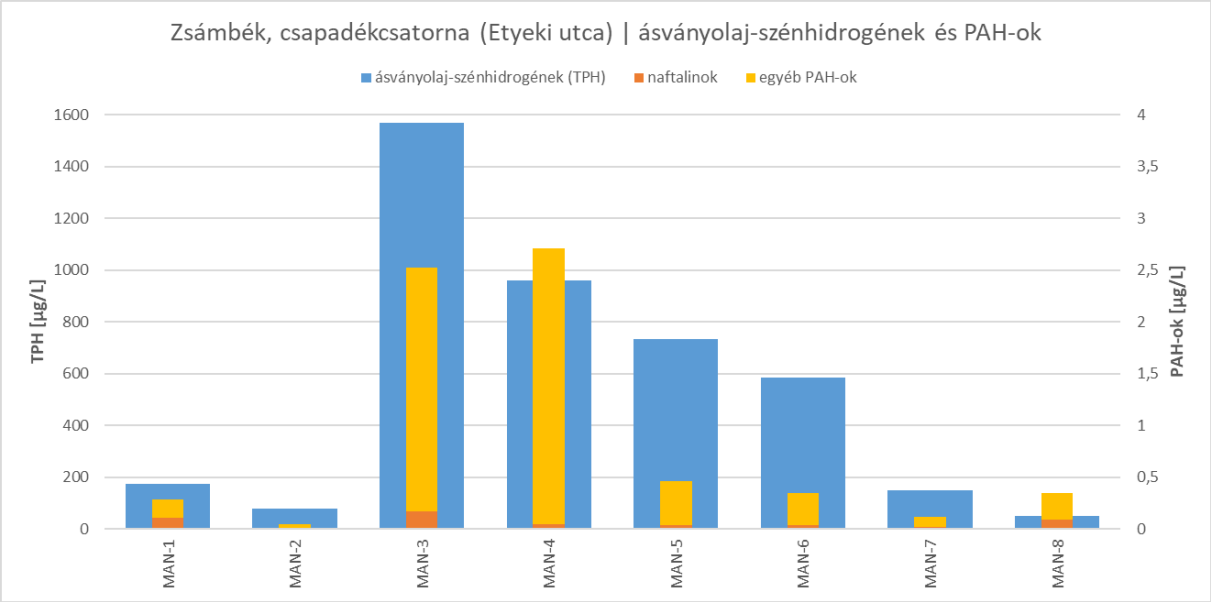
***8.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑PAH [µg/L]	∑naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
$N_{kézi}$	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*7*	*7*	*8*	*5*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*
átlag	4,21	0,31	6,31	30,72	0,02	10,01	11,16	1,28	175,3	8,2	3,7	5,0	0,90	9,2	531,9	537,5	0,854	0,064	0,790
medián	2,64	0,07	4,38	23,20	0,01	3,80	4,98	1,27	125,5	6,7	2,6	4,6	0,58	1,4	379,0	379,5	0,346	0,042	0,282
min	2,05	0,01	1,84	7,68	0,01	2,40	0,16	0,76	24,6	3,0	1,2	1,2	0,36	0,6	37,1	50,4	0,042	0,011	0,031
max	9,58	1,25	17,20	95,60	0,06	30,00	59,30	1,76	574,0	16,6	8,5	12,7	2,21	40,4	1570,0	1570,0	2,710	0,166	2,670
szórás	3,16	0,50	4,97	28,68	0,02	11,79	19,67	0,38	169,9	5,0	2,9	4,3	0,72	14,0	542,2	536,7	1,099	0,053	1,075
rel. sz.	75%	160%	79%	93%	99%	118%	176%	30%	97%	61%	77%	86%	80%	152%	102%	100%	129%	83%	136%

***8.2 táblázat**. A 8.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői a kézi pontminták csoportjára (a mintaszámot a szürkével kiemelt sor tünteti fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*



***8.4 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta).*



***8.5 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 6.1 táblázat szerint).*

A vizsgált szennyezőanyagok koncentrációinak tartománya az 1-4. helyszínek kézi pontmintáinál tapasztaltakhoz hasonlít (a vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg), így ez esetben is azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a települési eredetű szennyezés megjelenik a csapadékvíz lefolyásban.

9. Szeged, Zápor-tó

Szeged megyei jogú város, Csongrád megye székhelye, Magyarország harmadik legnagyobb városa. A Tisza és a Maros találkozásánál, az Alföld déli részén, az országhatárhoz közel található. Az ország legmélyebben fekvő városa, alapvetően sík, csak pár méter szintkülönbség van a városon belül (a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 0,52%). Éghajlata szubmediterrán, a csapadék éves mennyisége átlagosan 520 mm. Teljes népessége 161.837 fő, területe 28.100 ha, népsűrűsége 5,76 fő/ha.

Szegeden a Zápor-tó (9.1/a-b ábrák) nevéhez méltóan csapadékvíz tározóként működik. A tavat a várható csapadékesemények előtt szivattyúzással leürítik a körtöltésen átemelve, a csapadékok során pedig a vízgyűjtőről lefolyó csapadékvizet elválasztott rendszerű csatornák vezetik be a tóba (az átemelő szivattyúk szintvezérelten fokozatosan kapcsolnak be). A Zápor-tó puffer kapacitása segítségével az átemelők megakadályozzák még hevesebb záporok esetén is a helyi, városi elöntéseket. Száraz időszakban pedig a tó pedig hozzájárul a zöld környezet kialakításához (9.2 ábra).

***9.1/a ábra**. Szeged műholdképe a város határaival (vastag fekete)*

***9.1/b ábra**. A Zápor-tó (kék) és vízgyűjtője (sárga) a mintavételi hellyel*

***9.2 ábra**. Szeged, Zápor-tó környezete*

A Zápor-tó vízgyűjtő területe 32 ha, beépítettsége alapvetően magasházas lakóövezet jellegű. A vízgyűjtőt egy nagyobb forgalmú út (a Budapesti körút) szeli át. A többi, belső utat alapvetően csak az itt lakók használják.

Az automata mintavevőt a Szegedi Vízmű Zápor-tavi átemelő szivattyú gépházába telepítettük (9.3 ábra). A mintavevő fejet egy úszó segítségével pozícionáltuk a vízszint alá kb. 15-20 cm-rel, az átemelők szívóterében. A gyűjtőedénybe egy perisztaltikus mintavevő szivattyú szívta fel a mintát. A mintavételi szivattyú hasonló volt a máshol alkalmazott fordulatszámvezérlős szivattyúinkhoz, de az itt alkalmazott egységnek állandó volt a fordulatszáma. A be és kikapcsolás az átemelő szivattyúkkal egyidejűleg történt, a vezérlést (ki-be kapcsolást) az átemelők tápvezetékére csatlakozó, megfelelő áramerősségre beállított áramfigyelő relé végezte.

***9.3 ábra**. Gyűjtőedény, tetején szivattyúval és mintavevő fej szűrővel, sárga súllyal és piros úszóval*

Az átemelőhöz telepített automata mintavevő a 2019. október közepétől 2019. december közepéig tartó mintavételi időszakban végig megbízhatóan működött, az egyszerű kialakítás és vezérlés nem igényelt karbantartást. A mérés bizonytalanságát okozta viszont többek között az átemelő szivattyúk kissé bizonytalan működése és a szárazidei automatikus átemelés a tó kutakból történő vízpótlása miatt. Az átemelő szivattyúk működése azért sem pontosan feleltethető meg a csapadékesemény hatására a vízgyűjtőről lefolyt vízmennyiségnek, mert az üzemidők is csak becsülhetők az átemelők vezérlői PLC-inek adatsoraiból. Általános jellemzésre azonban felhasználható adatokat nyertünk ezen a helyszínen.

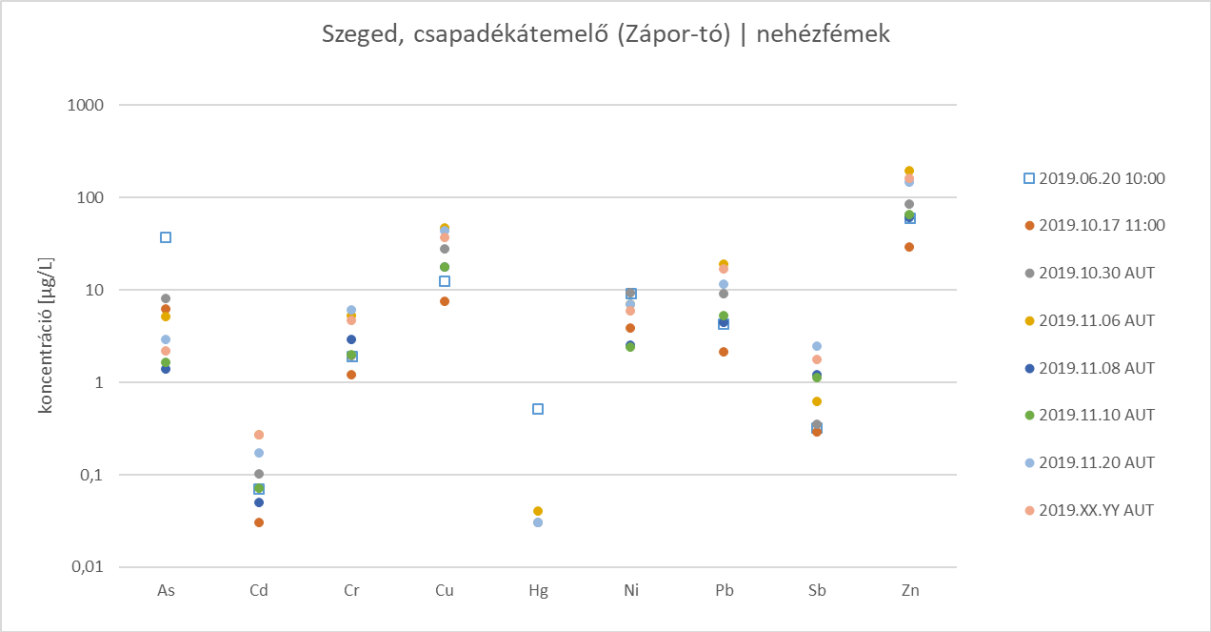
Az egyes mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 9.1 táblázat mutatja be, a különböző mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 9.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 9.4 és 9.5 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
MAN-1	36,9	0,07	1,91	12,5	0,51	8,98	4,22	0,32	59,7	4,1	1,3	2,8	0,34	1,1	123	**124**	**0,805**	**0,652**	**0,153**
AUT-1	6,12	0,03	1,18	7,39	0,01	3,79	2,12	0,29	28,4	6,7	4,4	2,3	0,54	1	7,4	**8,4**	**0,021**	**0,021**	**nd**
AUT-2	8,02	0,1	1,91	27,1	0,03	9,14	8,97	0,35	83,7	3,3	2,7	0,6	0,88	2,1	212	**214**	**0,252**	**0,051**	**0,201**
AUT-3	5,02	0,27	5,14	46,5	0,04	6,92	18,9	0,62	191	1,7	0,5	1,2	1,04	1,7	1210	**1210**	**0,919**	**0,103**	**0,816**
AUT-4	1,39	0,05	2,87	17,3	0,01	2,52	4,45	1,2	59,3	1,6	0,7	0,9	0,6	0,6	46,1	**46,7**	**0,049**	**0,034**	**0,015**
AUT-5	1,63	0,07	1,97	17,5	0,01	2,39	5,22	1,12	63,9	2,1	1	1,1	0,64	0,5	17,8	**18,3**	**0,03**	**0,021**	**0,009**
AUT-6	2,87	0,17	5,95	42,6	0,03	6,94	11,5	2,41	144				0,69	2,9	1230	**1230**	**0,861**	**0,08**	**0,781**
AUT-7	2,18	0,27	4,64	36	0,01	5,85	16,6	1,73	159	3,1	2,3	0,8	0,67	4,1	1160	**1160**	**1,16**	**0,143**	**1,02**

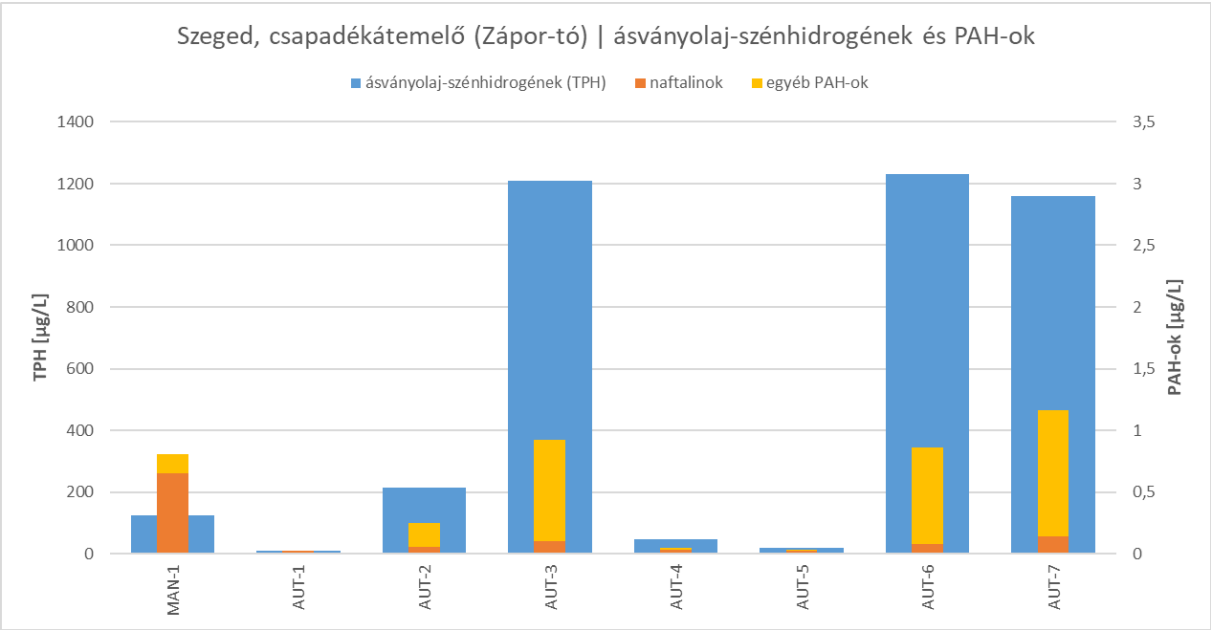
***9.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egy esetben a korlátozott mintamennyiség miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: AUT=automata csapadék lefolyás minta, MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
N_{auto}	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***5***	***5***	***5***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***	***6***
átlag	3,52	0,16	3,75	31,17	0,02	5,63	10,94	1,24	116,8	2,4	1,4	0,9	0,75	2,0	646	647	0,55	0,07	0,47
medián	2,53	0,14	3,76	31,55	0,02	6,39	10,24	1,16	113,9	2,1	1,0	0,9	0,68	1,9	686	687	0,56	0,07	0,49
min	1,39	0,05	1,91	17,30	0,01	2,39	4,45	0,35	59,3	1,6	0,5	0,6	0,60	0,5	18	18	0,03	0,02	0,01
max	8,02	0,27	5,95	46,50	0,04	9,14	18,90	2,41	191,0	3,3	2,7	1,2	1,04	4,1	1230	1230	1,16	0,14	1,02
szórás	2,56	0,10	1,73	12,53	0,01	2,68	5,91	0,75	55,2	0,8	1,0	0,2	0,17	1,4	611	610	0,49	0,05	0,45
rel. sz.	73%	63%	46%	40%	61%	48%	54%	60%	47%	34%	69%	26%	23%	70%	95%	94%	90%	64%	95%

***9.2 táblázat**. A 9.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői az automata minták csoportjában (a mintaszámot a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként). Megjegyzés: az összesen 7 db automata minta közül az első valójában nem csapadékhoz köthető, ezért azt nem vettük figyelembe.*



***9.4 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta, teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

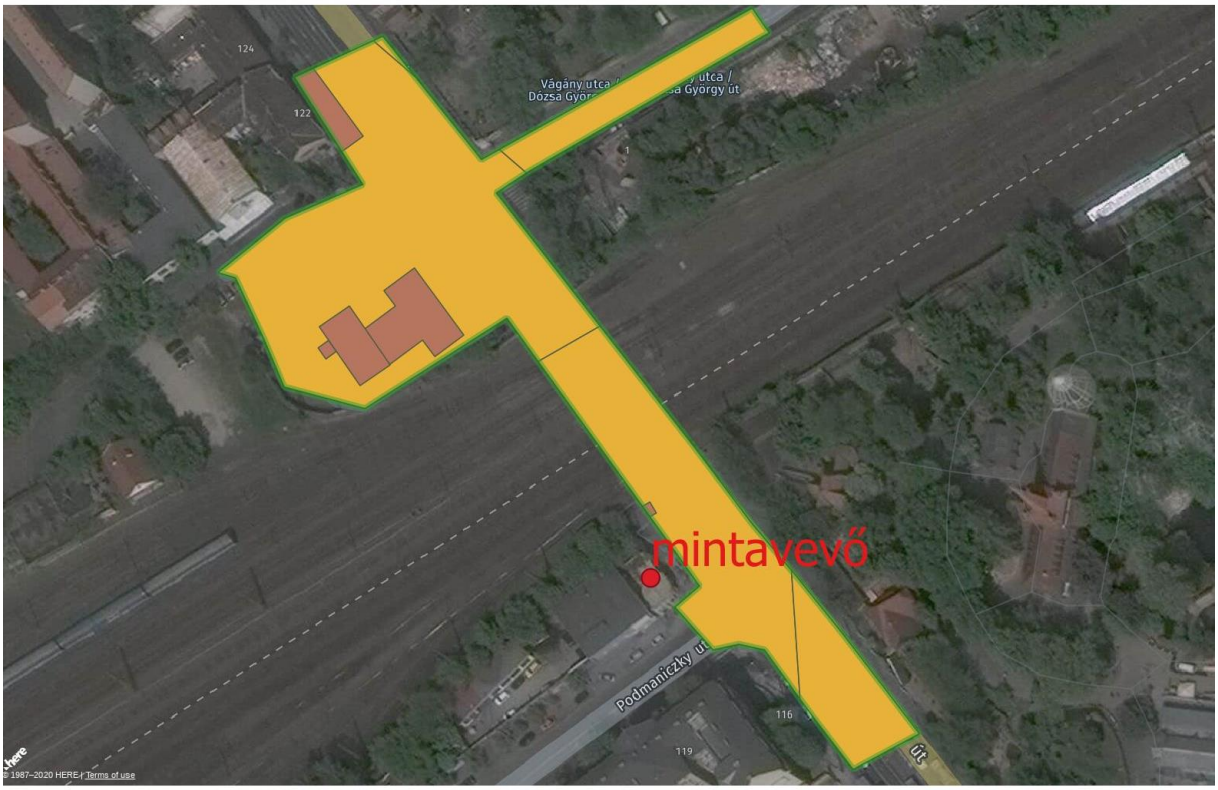


***9.5 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 9.1 táblázat szerint).*

A vizsgált szennyezőanyagok koncentrációinak tartományai az előzőekben tárgyalt többi helyszín (Törökbálint kivételével) automata mintáinál tapasztaltakhoz hasonlítanak (a vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg), így itt is levonható az a következtetés, hogy a települési eredetű szennyezés megjelenik a csapadékvíz lefolyásban.

10. Budapest, Dózsa György út – Podmaniczky utcai csapadékátemelő

Budapesten egy belvárosi jellegű, forgalmas területet is kiválasztottunk célzott mintavételezésre: a Vágány utcai vasút alatti közúti aluljáró környékét. Budapesten az FCSM Zrt. működtet csapadékvíz átemelőket, jellemzően aluljárók víztelenítése céljából. Az átemelő szivattyúk vezérlése lehetőséget nyújtott a mintavételi szivattyú automatikus vezérlésére. A 0,8 ha nagyságú mintaterület vízgyűjtője jól lehatárolható, zömében intenzív forgalmat lebonyolító útfelületekből áll. Kisebb bizonytalanságot jelent az itt található benzinkútról vagy más ingatlanról esetlegesen illegálisan beengedett szennyvíz mennyisége, ilyen jelenségre utaló nyomot azonban a begyűjtött mintákban nem észleltünk.



***10.1 ábra**. Mintavevő helye és vízgyűjtője a Dózsa György út – Podmaniczky utcai átemelőnél*

A szegedi Zápor-tavi telepítéshez hasonló kiépítésre volt itt is lehetőség (10.2. ábra), a vízmintavevő perisztaltikus szivattyúnkat az átemelő szivattyúk tápellátására szerelt áramfigyelő relé kapcsolta be-ki, a mintavevő fejet pedig egy úszó tartotta a felszín alatt állandó mélységben. Ez a kialakítás is kevés karbantartást igényelt és 2019. október elejétől 2019. november végéig folyamatosan, megbízhatóan működött (összesen 8 db automata minta gyűlt össze ezalatt), a regisztrált átemelt vízmennyiségek pedig felhasználhatók voltak a csapadékvízzel lemosott szennyezőanyag terhelések számításához. Sajnos a méréseket a tervezettnél korábban be kellett fejezni, mert a vízgyűjtőn építési munkálatok kezdődtek, és száraz időszakban is jelentős víz gyűlt össze, amire beindultak az átemelők.

***10.2 ábra**. Mintavevő telepítése a Dózsa György út – Podmaniczky utcai átemelőnél*

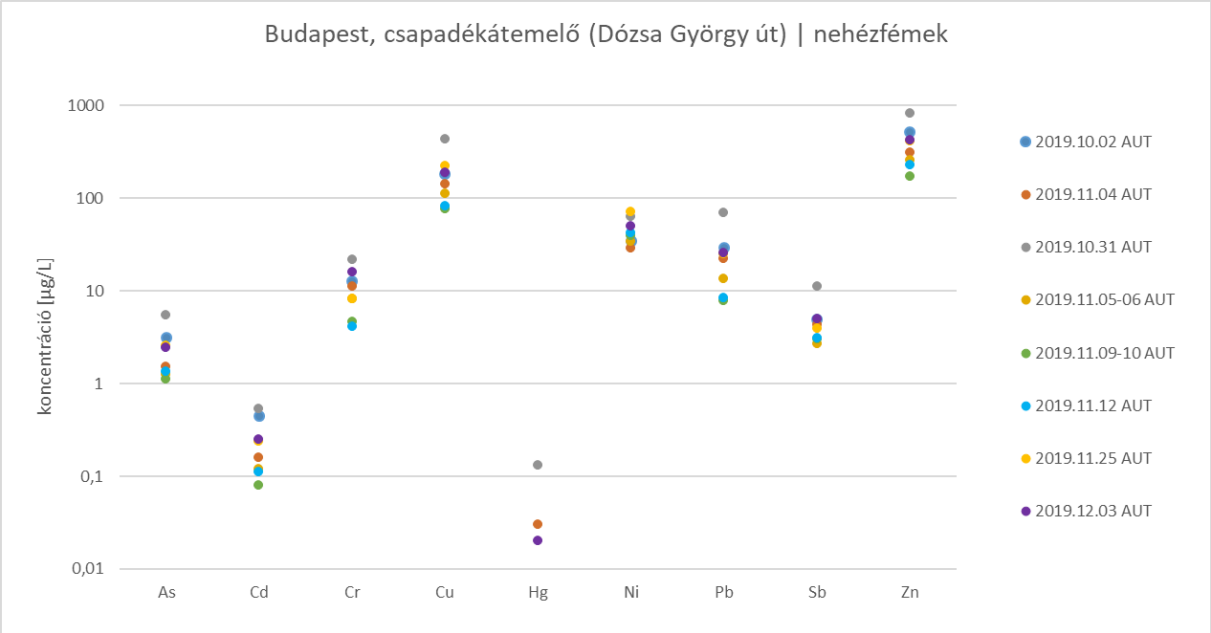
Az automata mintákhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 10.1 táblázat mutatja be, a mintacsoport főbb statisztikai értékei pedig a 10.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 10.3 és 10.4 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑PAH [µg/L]	∑naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
AUT-1	3,15	0,45	12,7	181	0,01	34,4	29,2	4,91	514				3,25		4260	**4260**	**2,37**	**0,133**	**2,24**
AUT-2	1,52	0,16	11	141	0,03	28,8	21,9	4,32	312	4,7	4,3	0,4	0,95	1,9	3150	**3150**	**2,81**	**0,124**	**2,69**
AUT-3	5,51	0,53	21,4	433	0,13	63,6	68,4	11	809				4,14	2,4	11400	**11400**	**5,41**	**0,239**	**5,17**
AUT-4	1,25	0,12	8,16	111	0,01	33,6	13,6	2,69	258	4,1	2	2,1	0,63	1,5	2090	**2090**	**2,93**	**0,078**	**2,85**
AUT-5	1,11	0,08	4,59	75,8	0,01	39,5	7,72	3,01	171	4,9	3,2	1,7	0,63	2,1	1460	**1460**	**1,19**	**0,116**	**1,07**
AUT-6	1,35	0,11	4,11	81,5	0,01	42,3	8,32	3,11	225				0,7		163	**163**	**0,104**	**0,026**	**0,078**
AUT-7	2,58	0,24	8,23	221	0,01	71,4	24,7	3,92	409				1,39		3830	**3830**	**4,86**	**0,19**	**4,67**
AUT-8	2,45	0,25	16	186	0,02	49,2	25,8	4,95	421	4,6	4,6	0	1,33	1,1	5240	**5240**	**4,84**	**0,163**	**4,68**

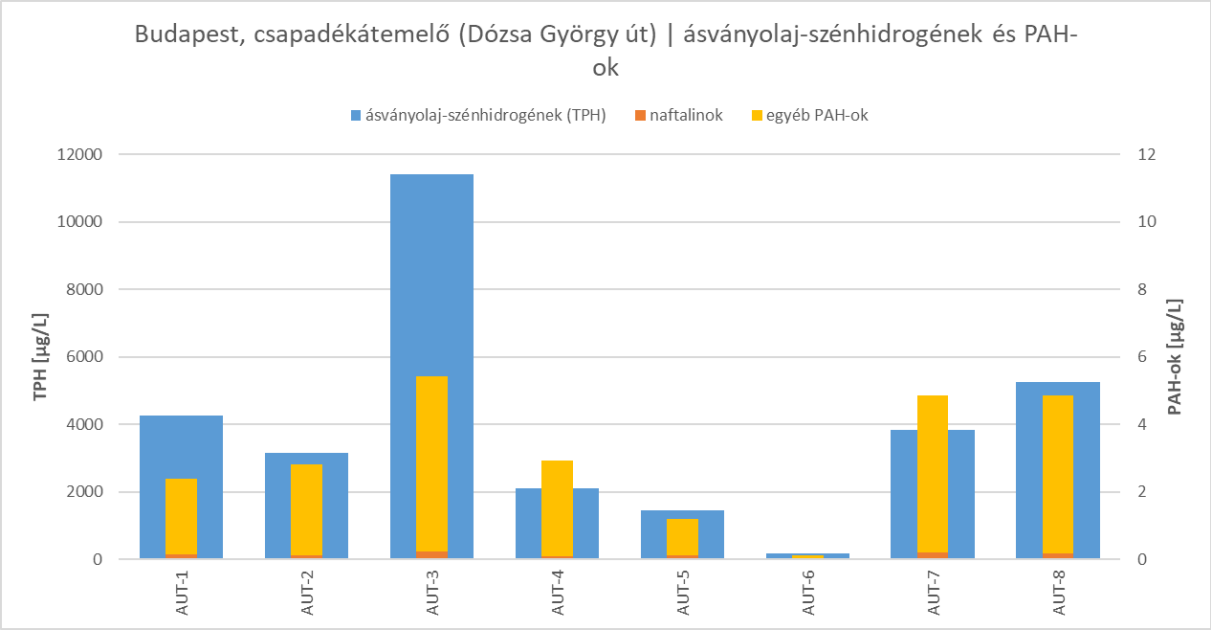
***10.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiségek miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: AUT=automata csapadék lefolyás minta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑PAH [µg/L]	∑naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
N_{auto}	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*4*	*4*	*3*	*8*	*5*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*
átlag	2,37	0,24	10,77	178,79	0,03	45,35	24,96	4,74	389,9	4,6	3,5	1,1	1,63	1,8	3949	3949	3,06	0,13	2,93
medián	1,99	0,20	9,62	161,00	0,01	40,90	23,30	4,12	360,5	4,7	3,8	1,1	1,14	1,9	3490	3490	2,87	0,13	2,77
min	1,11	0,08	4,11	75,80	0,01	28,80	7,72	2,69	171,0	4,1	2,0	0,0	0,63	1,1	163	163	0,10	0,03	0,08
max	5,51	0,53	21,40	433,00	0,13	71,40	68,40	11,00	809,0	4,9	4,6	2,1	4,14	2,4	11400	11400	5,41	0,24	5,17
szórás	1,47	0,17	5,85	114,99	0,04	15,13	19,34	2,67	203,9	0,3	1,2	1,0	1,33	0,5	3421	3421	1,88	0,07	1,82
rel. sz.	62%	68%	54%	64%	145%	33%	78%	56%	52%	7%	34%	96%	82%	28%	87%	87%	61%	49%	62%

***10.2 táblázat**. A 10.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői az automata minták csoportjában (a mintaszámot a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*

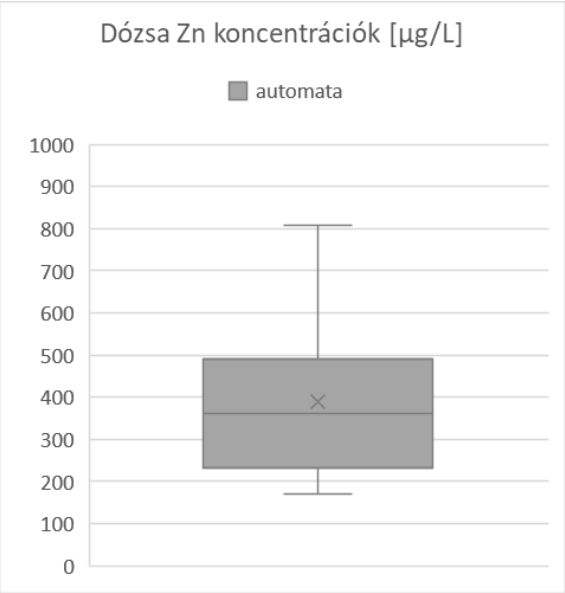


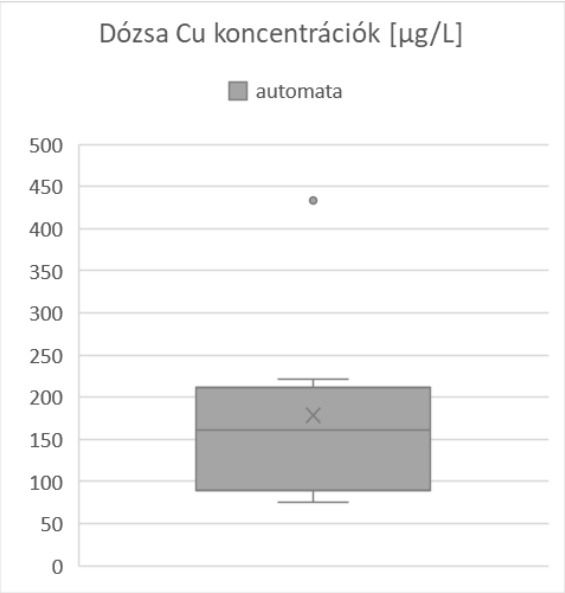
***10.3 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*

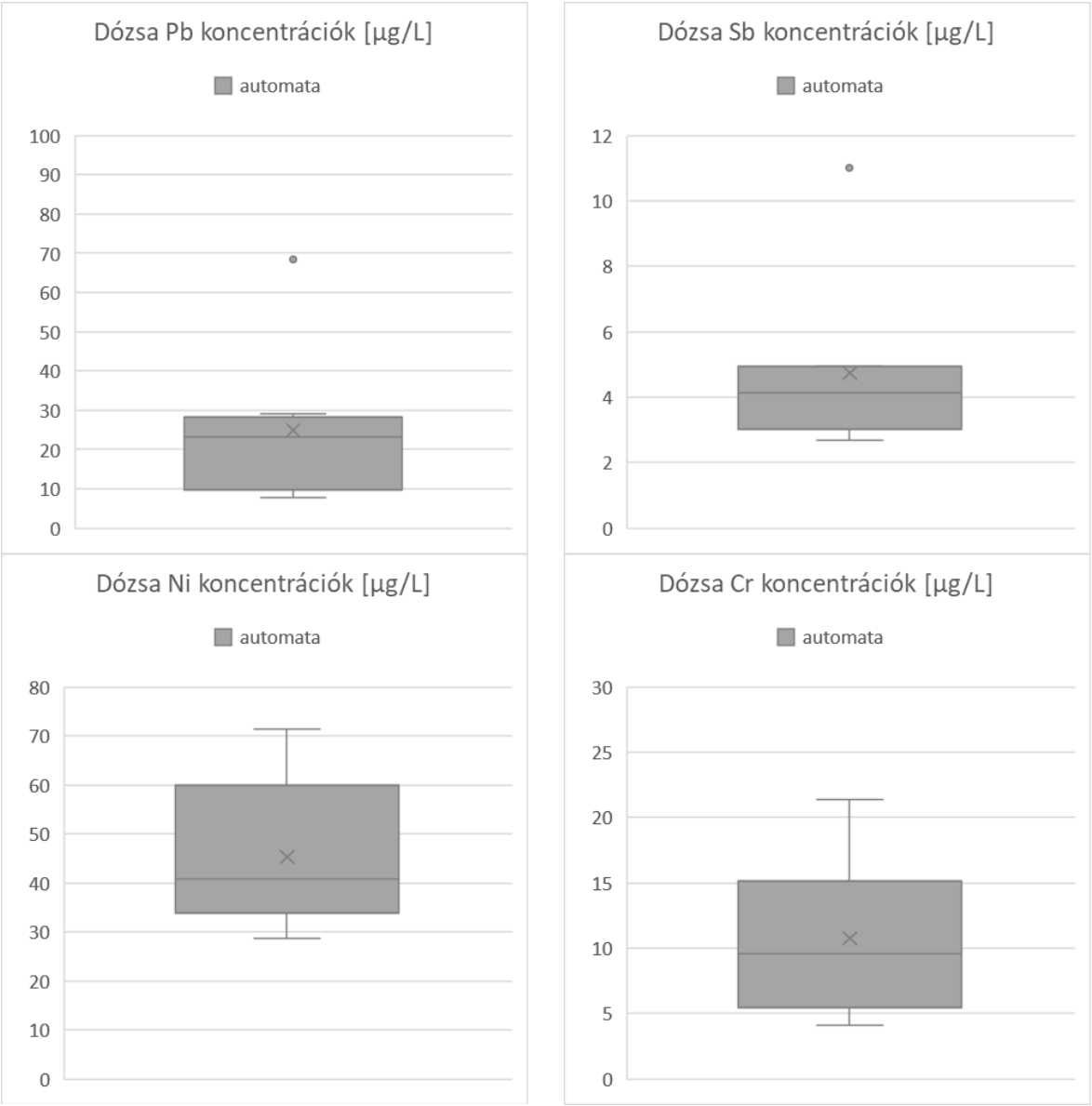


***10.4 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 10.1 táblázat szerint).*

A vizsgált szennyezőanyagok koncentrációinak tartományai túlnyomórészt jelentően magasabbnak adódtak az előzőekben tárgyalt mintaterületek többségének automata mintáinál tapasztaltaknál, ellenben nagyfokú hasonlóságot mutattak a törökbálinti helyszín eredményeivel (példaképpen 6 nehézfém esetét mutatják be a 10.5/a-f ábrák, a többi vizsgált szennyezőre vonatkozó ábrák az eredmények kiértékelését tartalmazó Excel-fájl mellékletben találhatók meg).





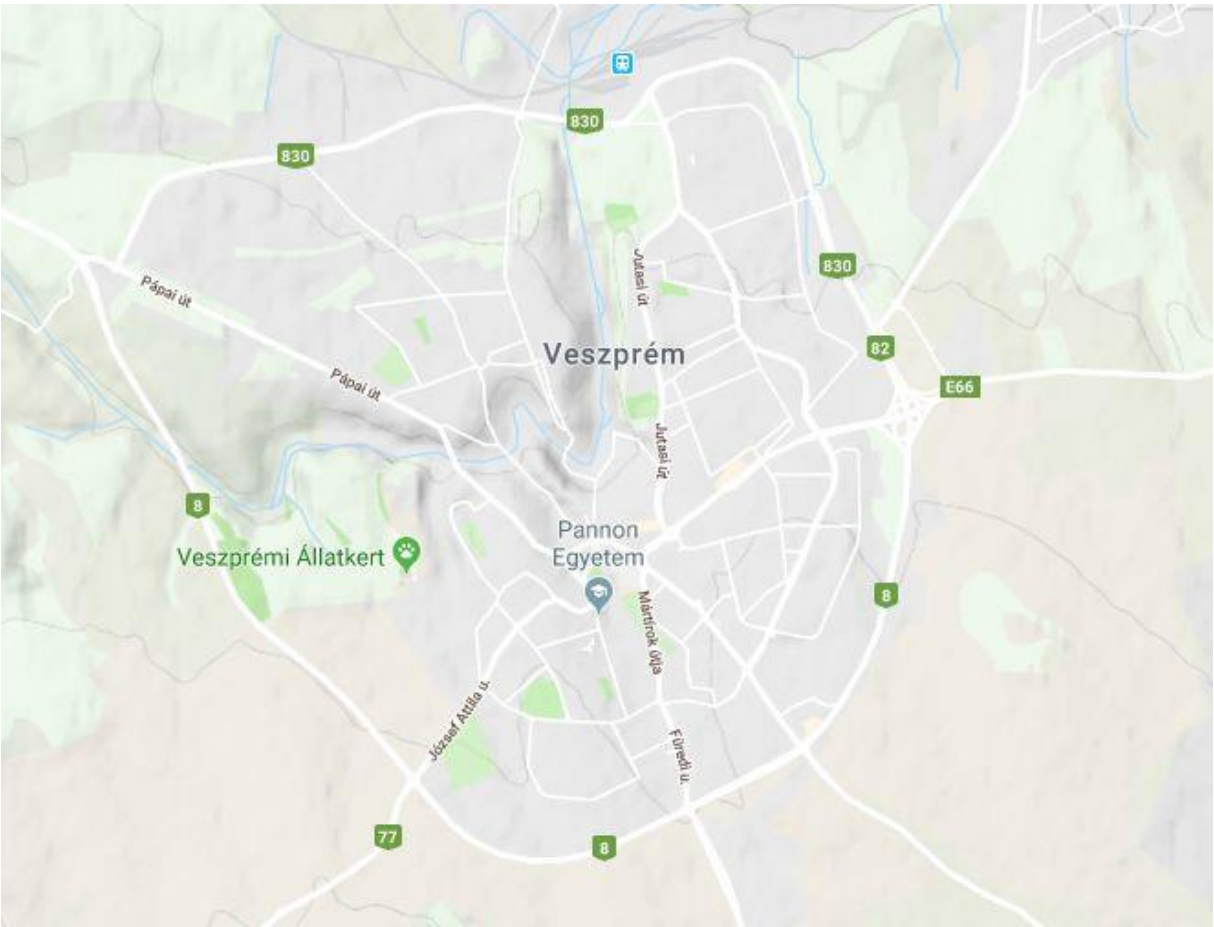


***10.5/a-f ábrák**. Adott nehézfémek mért koncentrációinak eloszlását szemléltető dobozdiagrammok az automata mintacsoportban (dobozok: centrális kvartilisek, vízszintes osztóval a medián értéknél, kilógó vonalak: alsó és felső kvartilisek, X: átlagérték, pontok: kiugró értékek).*

Az itt megfigyelt kiugróan magas szennyezőanyag koncentrációk okát a vízgyűjtő sajátossága miatt egyértelműen az intenzív közúti gépjárműforgalomban kereshetjük. A törökbálinti eredményekkel való hasonlóság pedig azt a feltételezést erősíti, hogy azon a helyszínen a területhasználat alapján elvárthoz képest erősebb forgalmi terhelés (méghozzá nagyarányú tehergépjármű forgalom) volt tapasztalható a mintavételi időszakban.

11. Veszprém, Aranyos-völgyi csapadékcsatorna

Veszprém megye székhelye 60.876 lakosú város a Bakony déli előterében, melyet a Veszprémi-Séd mélyen bevágódott völgye oszt két részre. Közigazgatási területe 12.690 ha, átlagos népsűrűsége 4,8 fő/ha. Dombvidéki település lévén a terep átlagos lejtése 100 méteres rácshálón mérve 4,45%-ra adódik. Csapadék szempontjából az országos átlag jellemzi. Forgalmi viszonyait tekintve megállapítható, hogy az átmenő forgalom a várost körbeölelő elkerülő utakon (8-as, 830-as) zajlik, mindazonáltal térségi központ szerepéből fakadóan jelentős a környékből napi szinten ingázók száma is. A város domborzati és utcaszerkezeti áttekintését a 11.1 és 11.2 ábrák szolgálják.



***11.1 ábra**. Veszprém átnézeti térképe a Séddel (alaptérkép: Google Maps)*

A város területén egy ideje elválasztott csapadékvízelvezető rendszer működik (11.3 ábra), ami zárt csapadék csatornákból, nyílt árkokból és záportározókból áll. A belvárost is magába foglaló városrész csapadékvizeit az Aranyos-völgyi csapadékvízelvezető csatorna vezeti a Sédbe, mintavételi pontként ezért ezt a helyszínt választottuk. A csapadékelvezető csatorna utolsó szakasza nyílt szelvényű árok, mely hordalékfogó műtárgyon keresztül fogadja a zárt szelvényből kifolyó csapadékvizeket (11.4 és 11.5 ábrák).

***11.2 ábra**. A mintaterület beépítettsége műholdfelvétel alapján (forrás: Google Föld) - a mintavételi pontot sárga jelölő mutatja*

***11.3 ábra**. Veszprém város csapadékcsatornái (forrás: Veszprém MJV Önkormányzata)*

***11.4 ábra**. Az Aranyos-völgyi csapadékcsatorna torkolata a Veszprémi-Sédbe*

***11.5 ábra**. Az Aranyos-völgyi csapadékcsatorna zárt szelvényének végpontja a hordalékfogóval*

A helyszínről sajnos nem állt rendelkezésünkre sem a megmintázott csapadékeseményekhez tartozó vízszint adatsor, sem pedig vízhozam-vízszint összefüggés, így az adatok teljes értékű kielemzése (mért koncentrációk alaphozami háttérterheléssel történő korrekciója, illetve terhelések számítása) szükségszerűen elmaradt. Általánosságban annyi megállapítható, hogy a lefolyásbeli szennyezőanyag koncentrációk értéktartományai ezen a helyszínen is a többihez hasonlóan alakultak – a települési eredetű szennyezés megjelenése a csapadékvíz lefolyásban tehát itt is kimutatható.

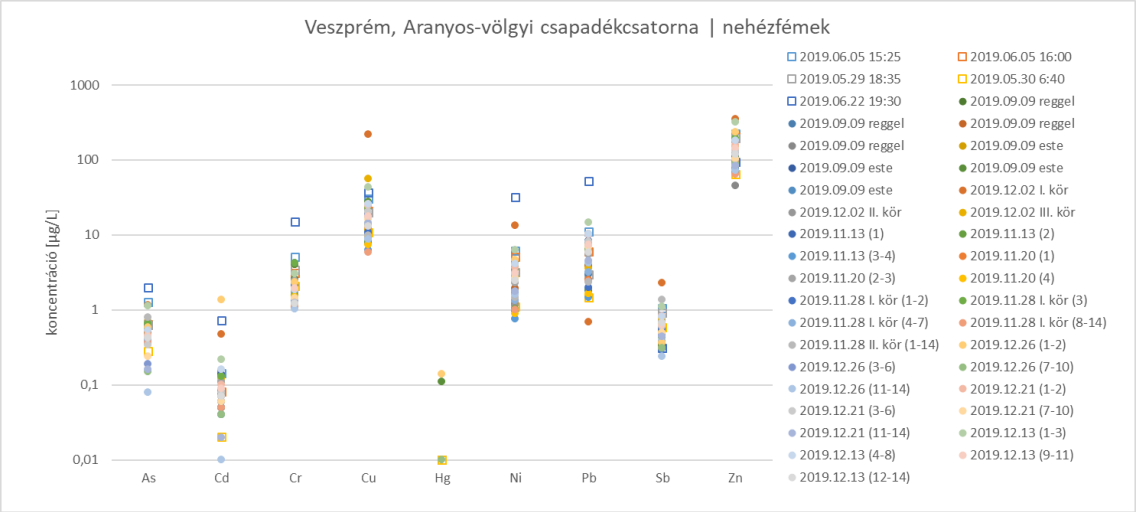
Az egyes mintacsoportokhoz tartozó vízanalitikai elemzés eredményeit tételesen a 11.1 táblázat mutatja be, a mintacsoportok főbb statisztikai értékei pedig a 11.2 táblázatban szerepelnek. A szervetlen és szerves települési mikroszennyezők (nehézfémek és ásványolaj-eredetű, valamint policiklusos aromás szénhidrogének) koncentrációit a 11.6 és 11.7 grafikonok mutatják be.

C_{minta}	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑PAH [µg/L]	∑naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
MAN-1	1,26	0,14	5,08	30,3	0,01	6,04	10,9	1,03	224	2,5	0,7	1,8	0,51	nd	667	**667**	**0,789**	**0,092**	**0,697**
MAN-2	0,63	0,08	3,04	20,8	0,01	4,98	5,93	0,92	200	1,5	1	0,5	0,17	nd	293	**293**	**0,39**	**0,076**	**0,314**
MAN-3	0,62	0,05	3,38	19,8	0,01	3,12	2,95	0,9	192	2,5	1	1,5	0,2	nd	178	**178**	**0,191**	**0,058**	**0,133**
MAN-4	0,28	0,02	2,05	10,6	0,01	1,09	1,45	0,58	64,5	1,1	<0,5	1,1	0,09	nd	66,1	**66,1**	**0,091**	**0,051**	**0,04**
MAN-5	1,96	0,72	14,8	36,5	0,03	31,7	51,7	0,31	92,5	2,41	0,81	1,6	0,55	2,7	55,4	**58,1**	**0,526**	**0,03**	**0,496**
TSR-1/1	0,47	0,08	2,6	13	0,01	2,44	3,96	0,62	68,1	-	-	-	0,11	-	225	**225**	**0,281**	**0,088**	**0,193**
TSR-1/2	0,42	0,08	2,18	11	0,01	1,75	2,95	0,54	73,4	-	-	-	0,1	2,1	208	**210**	**0,213**	**0,076**	**0,137**
TSR-1/3	0,45	0,06	2,12	10,7	0,01	1,93	3,86	0,59	67,4	-	-	-	0,11	1,8	205	**207**	**0,254**	**0,074**	**0,18**
TSR-1/4	0,45	0,05	2,16	8	0,01	1,22	2,47	0,56	45,5	-	-	-	0,09	-	233	**233**	**0,268**	**0,098**	**0,17**
TSR-2/1	0,57	0,11	4,06	11,5	0,01	3,48	7,32	0,34	66,4	-	-	-	0,17	3,8	182	**186**	**0,33**	**0,081**	**0,249**
TSR-2/2	0,61	0,14	4,13	10,6	0,01	3,67	8,41	0,44	70,2	-	-	-	0,19	4,4	200	**204**	**0,313**	**0,077**	**0,236**
TSR-2/3	0,57	0,13	3,98	27,6	0,11	4,18	7,66	0,33	111	-	-	-	0,17	2,7	339	**339**	**0,319**	**0,087**	**0,232**
TSR-2/4	0,6	0,13	4,2	10,1	0,01	3,58	8,09	0,3	67,6	-	-	-	0,19	2,5	184	**186**	**0,306**	**0,077**	**0,229**
TSR-3/1	1,15	0,47	1,07	218	0,01	13,4	0,69	2,27	352	-	-	-	0,84	-	-	-	-	-	-
TSR-3/2	0,36	0,05	1,74	7,62	0,01	1,15	2,49	0,37	67,9	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
TSR-3/3	0,71	0,12	2,36	56,4	0,01	2,91	3,56	0,74	150	-	-	-	0,32	-	-	-	-	-	-
TSR-4/1	0,43	0,05	1,48	7,82	0,01	0,98	1,81	0,66	81,3	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
TSR-4/2	0,47	0,04	1,58	8,06	0,01	1,02	1,9	0,64	72,7	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-
TSR-4/3-4	0,38	0,04	1,19	6,24	0,01	0,76	1,45	0,61	76,3	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-
TSR-5/1	0,51	0,07	1,9	12,7	0,01	1,32	2,49	0,65	96,3	-	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-
TSR-5/2-3	0,69	0,11	2,43	17,7	0,01	2,28	5,49	0,69	123	-	-	-	0,37	-	-	-	-	-	-
TSR-5/4	0,42	0,05	1,51	7,38	0,01	0,89	1,66	0,65	83,9	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
TSR-6/1-2	0,42	0,05	2,13	10,7	0,01	1,63	2	0,56	103	-	-	-	0,27	-	-	-	-	-	-
TSR-6/3	0,66	0,13	4,25	22,9	0,01	3,66	6,55	0,43	196	-	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-
TSR-6/4-7	0,39	0,07	1,2	8,94	0,01	1,32	3,15	0,38	85,3	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-
TSR-6/8-14	0,37	0,05	1,17	5,89	0,01	1,01	2,41	0,31	64,6	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-
TSR-7	0,79	0,06	2,28	9,85	0,01	1,46	2,35	1,37	99,8	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-
TSR-8/1-2	0,58	1,37	2,32	26	0,14	4,69	10,3	0,37	236	15,4	-	-	2,49	-	-	-	-	-	-
TSR-8/3-6	0,19	0,06	1,34	18,7	0,01	2,54	6,87	0,47	119	1,3	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-
TSR-8/7-10	0,15	0,04	1,25	14,4	0,01	2,51	6,19	0,31	90,3	0,9	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-
TSR-8/11-14	0,08	0,01	1,04	8,78	0,01	1,6	4,19	0,24	72,6	0,8	-	-	0,57	-	-	-	-	-	-
TSR-9/1-2	0,46	0,1	1,94	24,5	0,01	3,63	10,1	0,84	157	2,3	-	-	0,87	-	-	-	-	-	-
TSR-9/3-6	0,34	0,08	1,43	20,6	0,01	2,94	8,23	0,6	133	4,6	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-
TSR-9/7-10	0,24	0,06	1,43	16,3	0,01	2,64	6,9	0,5	103	1,9	-	-	0,78	-	-	-	-	-	-
TSR-9/11-14	0,16	0,02	1,24	14,3	0,01	1,75	4,54	0,44	82,7	1,8	-	-	0,64	-	-	-	-	-	-
TSR-10/1-3	1,14	0,22	3,07	43,2	0,01	6,31	14,7	1,11	317	5,4	-	-	1,16	-	-	-	-	-	-
TSR-10/4-8	0,53	0,16	1,87	26	0,01	4,16	10,4	0,82	183	3,3	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
TSR-10/9-11	0,44	0,09	1,96	17,9	0,01	3,1	7,44	0,63	145	3,6	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-
TSR-10/12-14	0,42	0,07	1,2	13	0,01	2,43	5,86	0,67	119	2,8	-	-	0,54	-	-	-	-	-	-

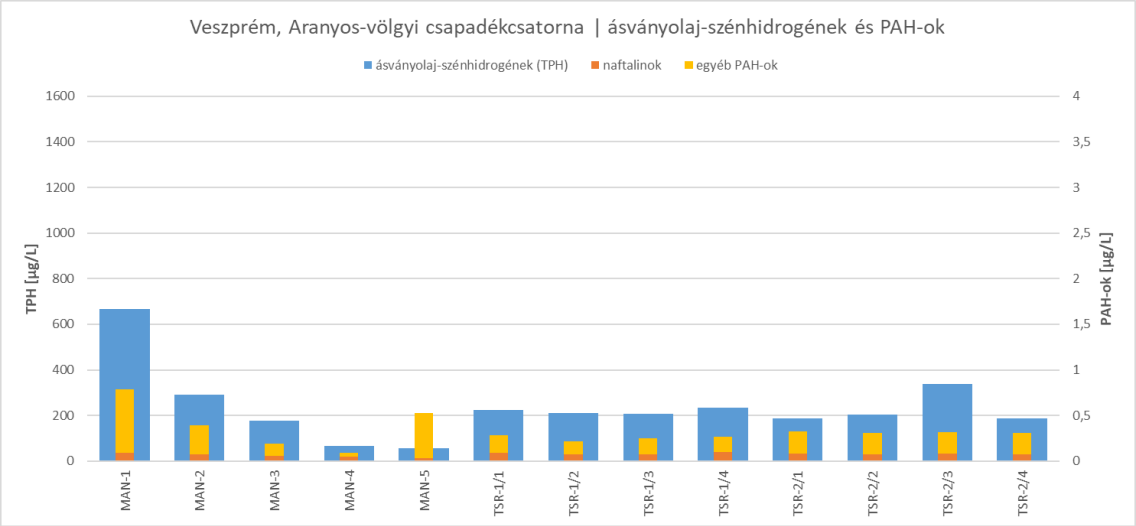
***11.1 táblázat**. Vízanalitikai eredmények 9 db nehézfém (partikulált+oldott formák összesen), nitrogén formák (összes, szervetlen és szerves), összes foszfor, ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) vonatkozásában. Megjegyzések: 1) egyes esetekben a korlátozott mintamennyiségek miatt nem lehetett minden komponenst vizsgálni (üres cellák); 2) nehézfémeknél a kimutatási határ alatti eredményeket fehér hátterű piros cellák jelzik (a kimutatási határ értékének feltüntetésével). Mintacsoportok: MAN=kézi csapadék lefolyás pontminta, TSR=kézi csapadék lefolyás idősor pontminta.*

	As [µg/L]	Cd [µg/L]	Cr [µg/L]	Cu [µg/L]	Hg [µg/L]	Ni [µg/L]	Pb [µg/L]	Sb [µg/L]	Zn [µg/L]	∑ N [mg/L]	InorgN [mg/L]	OrgN [mg/L]	∑ P [mg/L]	C5-12 [µg/L]	C13-40 [µg/L]	TPH [µg/L]	∑ PAH [µg/L]	∑ naftalin [µg/L]	∑ egyéb PAH [µg/L]
***N** kézi*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*	*4*	*5*	*5*	*1*	*5*	*5*	*5*	*5*	*5*
átlag	0,95	0,20	5,67	23,60	0,01	9,39	14,59	0,75	154,6	2,0	0,9	1,3	0,30	2,7	251,9	252,4	0,397	0,061	0,336
medián	0,63	0,08	3,38	20,80	0,01	4,98	5,93	0,90	192,0	2,4	0,9	1,5	0,20	2,7	178,0	178,0	0,390	0,058	0,314
min	0,28	0,02	2,05	10,60	0,01	1,09	1,45	0,31	64,5	1,1	0,7	0,5	0,09	2,7	55,4	58,1	0,091	0,030	0,040
max	1,96	0,72	14,80	36,50	0,03	31,70	51,70	1,03	224,0	2,5	1,0	1,8	0,55	2,7	667,0	667,0	0,789	0,092	0,697
szórás	0,67	0,29	5,22	10,03	0,01	12,62	21,06	0,30	71,2	0,7	0,4	0,5	0,21	1,2	251,3	250,8	0,277	0,024	0,267
rel. sz.	70%	145%	92%	43%	64%	134%	144%	40%	46%	33%	47%	40%	69%	45%	100%	99%	70%	39%	79%
***N** időtor*	*34*	*34*	*34*	*34*	*34*	*34*	*34*	*34*	*34*	*12*	*0*	*0*	*34*	*6*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*
átlag	0,49	0,13	2,11	21,95	0,02	2,77	5,25	0,62	117,0	3,7	-	-	0,50	2,9	222,0	223,8	0,286	0,082	0,203
medián	0,45	0,07	1,92	12,85	0,01	2,44	4,37	0,58	93,3	2,6	-	-	0,33	2,6	206,5	208,5	0,294	0,079	0,211
min	0,08	0,01	1,04	5,89	0,01	0,76	0,69	0,24	45,5	0,8	-	-	0,09	1,8	182,0	186,0	0,213	0,074	0,137
max	1,15	1,37	4,25	218,00	0,14	13,40	14,70	2,27	352,0	15,4	-	-	2,49	4,4	339,0	339,0	0,330	0,098	0,249
szórás	0,23	0,23	0,98	36,24	0,03	2,27	3,28	0,37	69,6	2,9	-	-	0,46	1,2	98,4	99,0	0,124	0,036	0,089
rel. sz.	47%	179%	46%	165%	165%	82%	62%	60%	59%	79%	-	-	92%	41%	44%	44%	44%	43%	44%

***11.2 táblázat**. A 11.1 táblázat értékeinek főbb statisztikai jellemzői mintacsoportonként (az egyes csoportok mintaszámát a szürkével kiemelt sorok tüntetik fel, vizsgált szennyezőanyagonként).*



***11.6 ábra**. Nehézfém koncentrációk tapasztalati tartományai a begyűjtött mintákban (üres négyzet: kézi csapadék lefolyás pontminta; teli kör: automata csapadék lefolyás minta).*



***11.7 ábra**. Ásványolaj jellegű szénhidrogének (TPH) és policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) mért koncentrációi a begyűjtött mintákban (mintacsoportok jelölése a 11.1 táblázat szerint).*

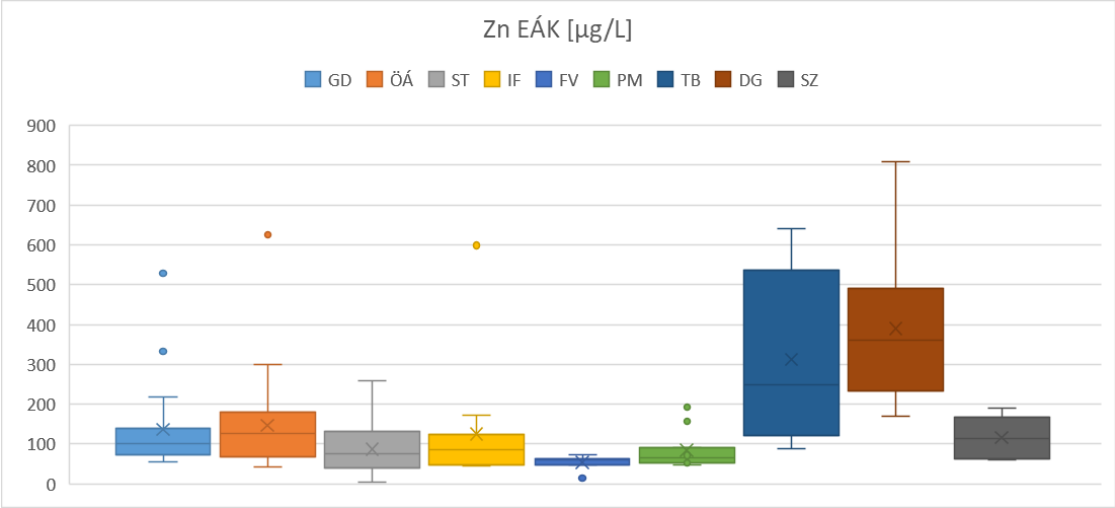
Összefoglalás és következtetések

A csapadékvízzel szállított települési anyagáramok meghatározása céljából folytatott kiterjedt mérési kampányunk során 11 különböző városi vízgyűjtőt vizsgáltunk, melyek méret, beépítettség, területhasználat és domborzati jelleg szempontjából meglehetősen változatos jelleget öltöttek. A mintaterületek többségének kiválasztása során fő szempont volt, hogy a gyűjtött adatok országos szempontból is reprezentatívak legyenek, egy-egy esetben viszont éppen a specifikusság volt vonzó.

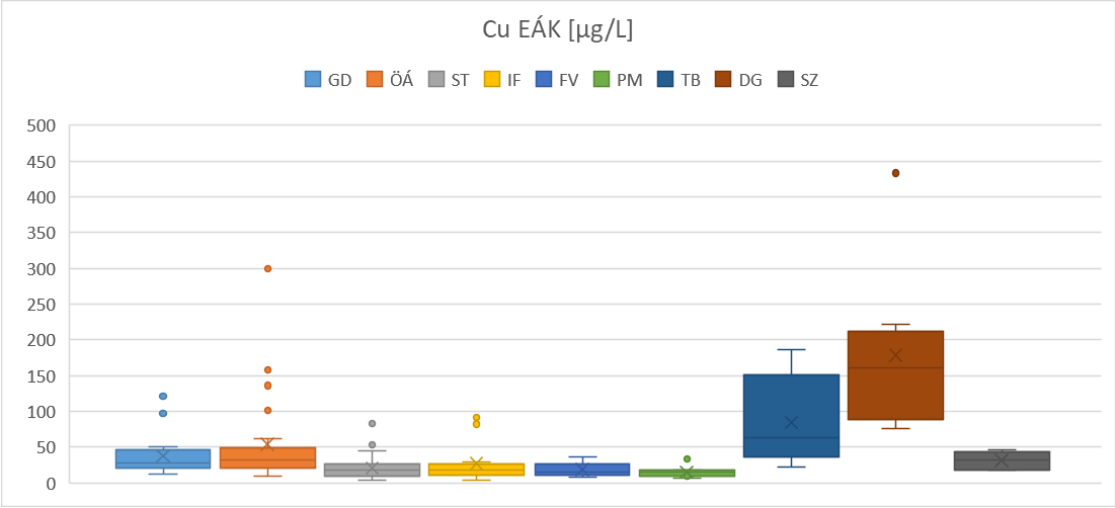
A különböző helyszínekről származó esemény átlagkoncentrációk (EÁK) összevetése

Helyszíneinkről több hónapon át gyűjtöttünk csapadékvíz lefolyás mintákat, különböző évszakokban, változatos csapadékjellemzők mellett. A lefolyásban mért szennyezőanyag koncentrációk tartománya egyértelműen alátámasztotta, hogy a települési felszínről és a forgalomban csapadékos időben részt vevő gépjárművekről szignifikáns nehézfém és ásványolaj eredetű szénhidrogén emisszió érkezik a befogadó vízfolyásokba. Az egyes csapadékeseményekre vonatkozó áltagos koncentrációk értékei – az ún. esemény-átlagkoncentrációk (EÁK) – természetesen minden vizsgált szennyezőnél esetről esetre változnak, jellemző tartományuk azonban a mérések alapján meghatározható volt. Az egyes helyszínek adatait szennyezőanyagonként összevetve hasznos megállapításokat tehetünk.

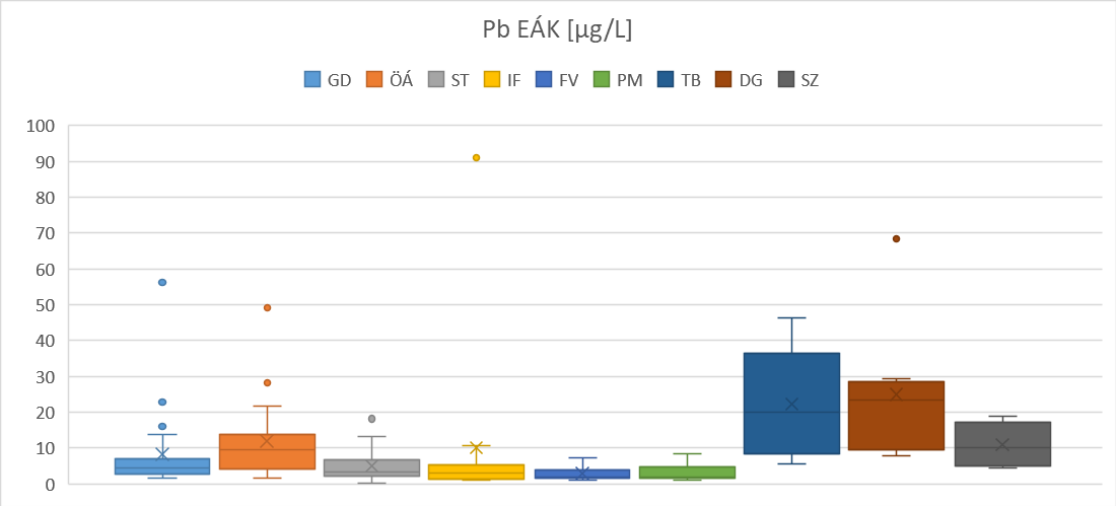
Mint az a 12.1 – 12.12 ábrákon végigkövethető, a mintaterületek többségénél a szennyezőanyag EÁK értékek tapasztalati tartományai jól lehatárolható intervallumba esnek, melyből csak egy-két helyszín jellemző értékei lógnak ki. Szennyezőanyagtól függően más-más mintaterület viselkedik eltérőképpen, de ebben is megfigyelhetünk szabályszerűségeket: a közepes, illetve nagy kiterjedésű, vegyes területhasználatú mintavízgyűjtők szinte minden esetben együtt mozognak (egyetlen markáns kivételt az Ipacsfa utcai helyszín összes nitrogén koncentrációi képeznek, ahol érzékszervi tapasztalás útján magunk is megbizonyosodhattunk arról, hogy esetenként kommunális szennyvíz is megjelenik ebben a konkrét csapadékvíz csatornában). A kisebb, specifikusabb területhasználattal jellemezhető mintaterületek viszont nagyobb változatosságot mutatnak. Az ábrákról hiányzó két helyszín adatai módszertani eltérések miatt nem szerepelnek, erről bővebben az eredmények bemutatásánál írtunk.



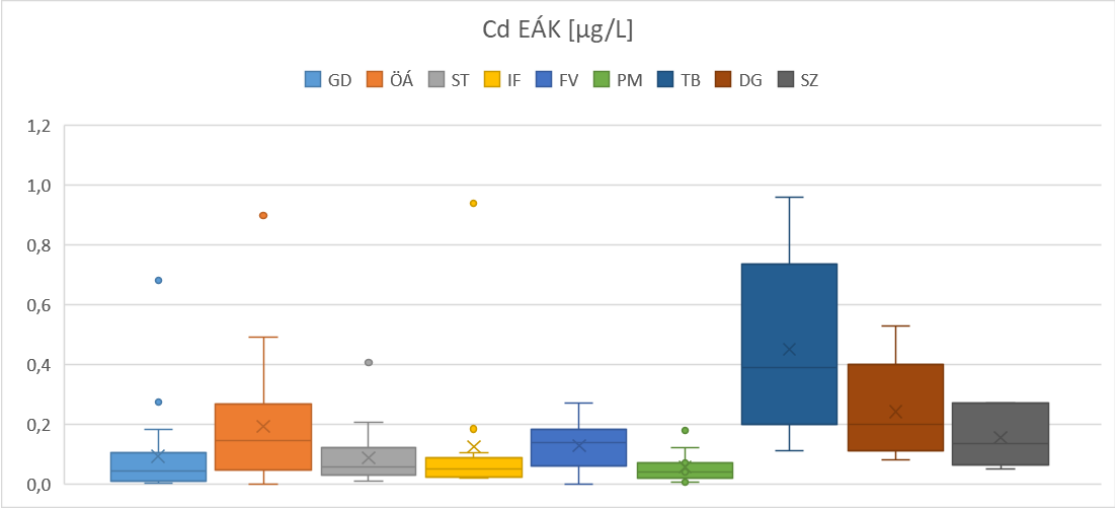
12.1 ábra. Az egyes mintaterületek Zn esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



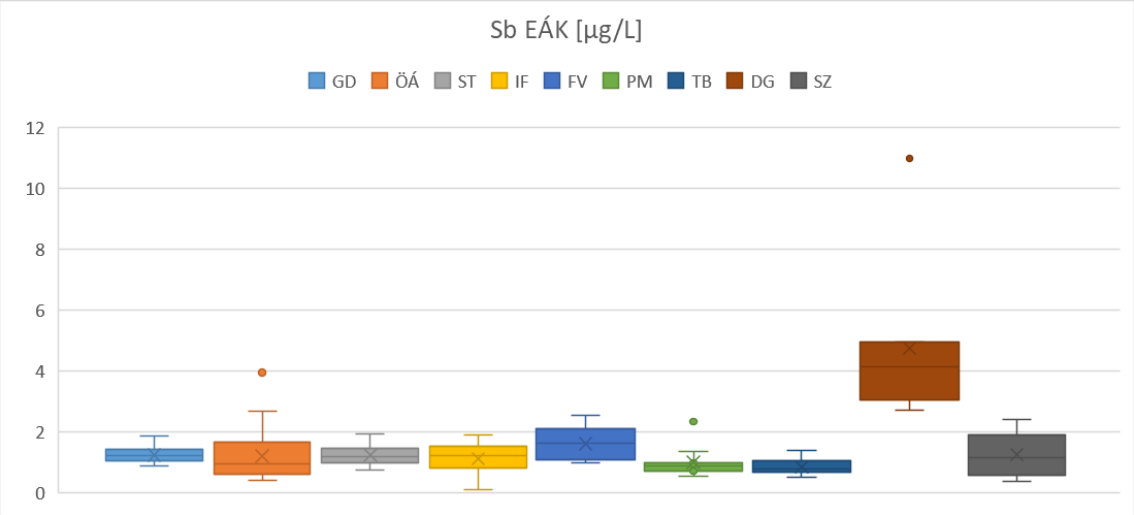
12.2 ábra. Az egyes mintaterületek Cu esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



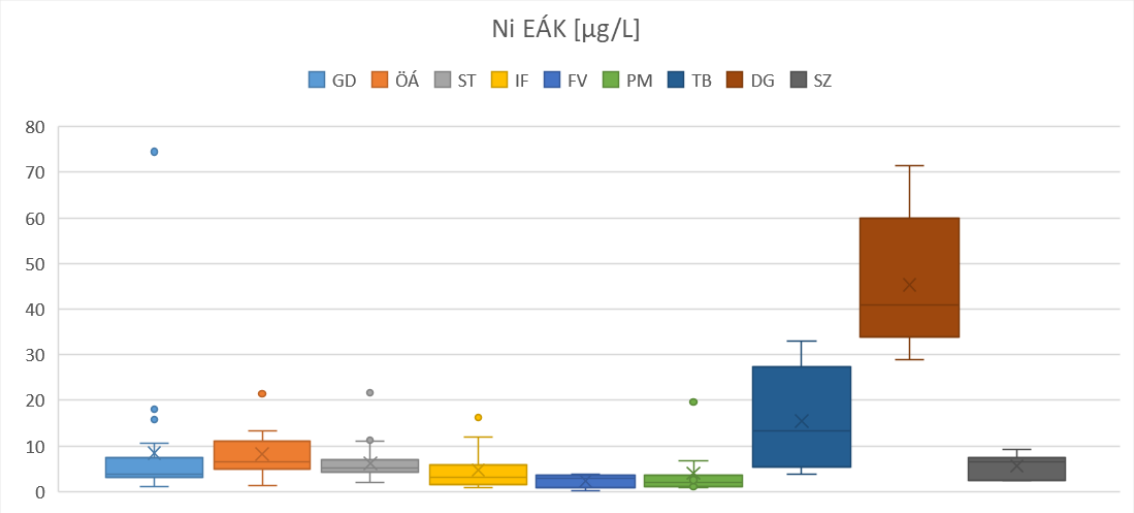
12.3 ábra. Az egyes mintaterületek Pb esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



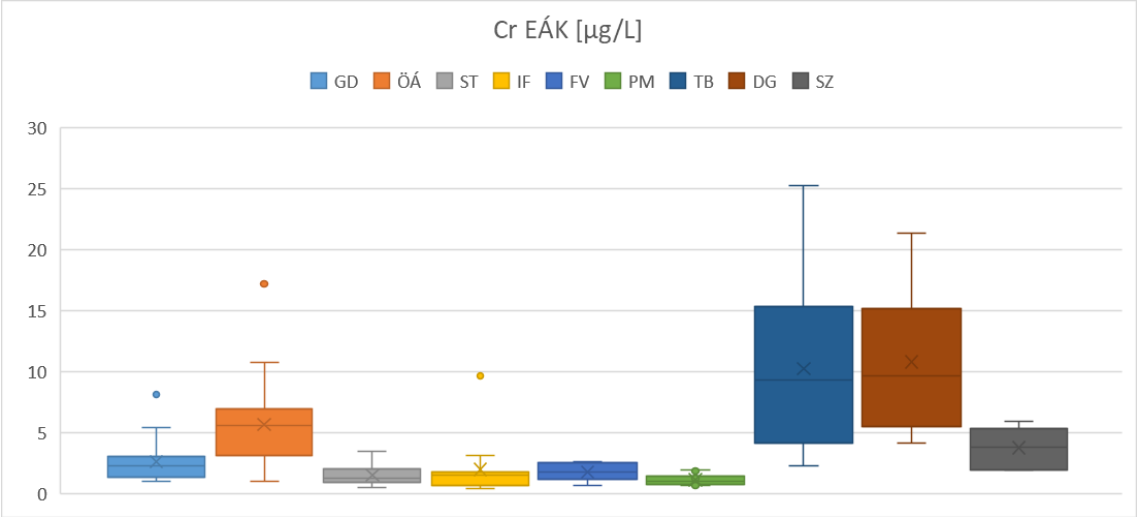
12.4 ábra. Az egyes mintaterületek Cd esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



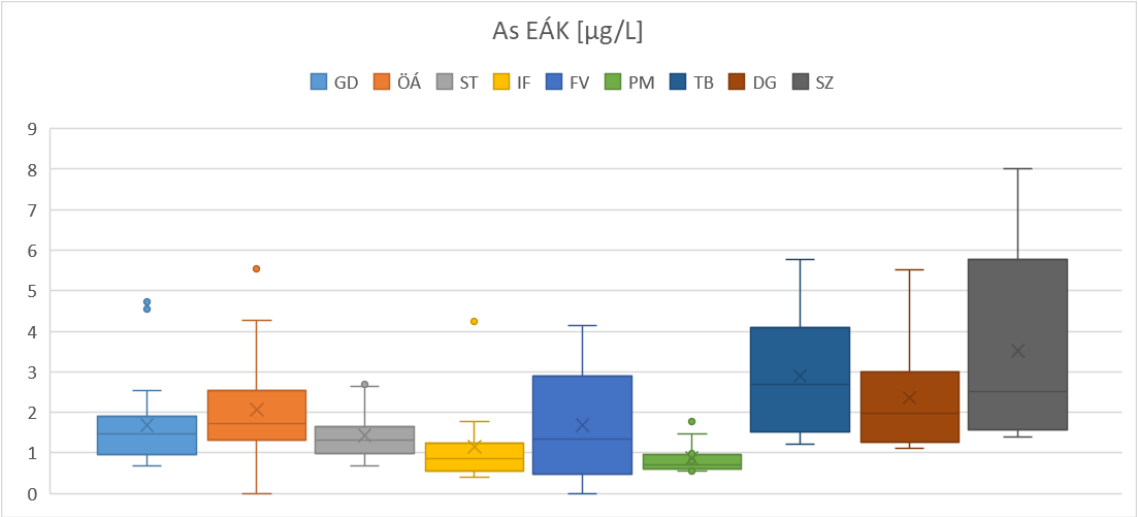
12.5 ábra. Az egyes mintaterületek Sb esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



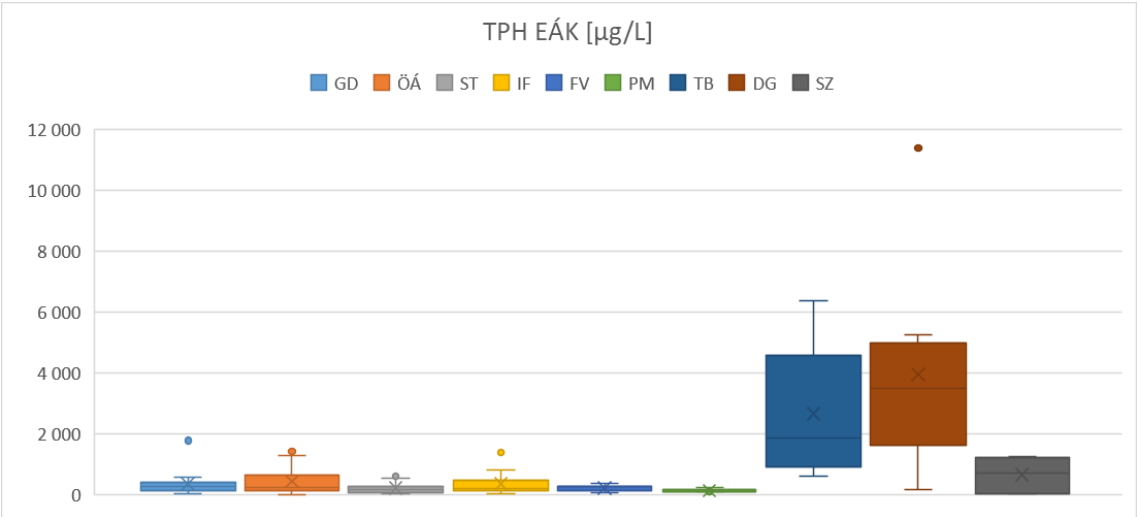
12.6 ábra. Az egyes mintaterületek Ni esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



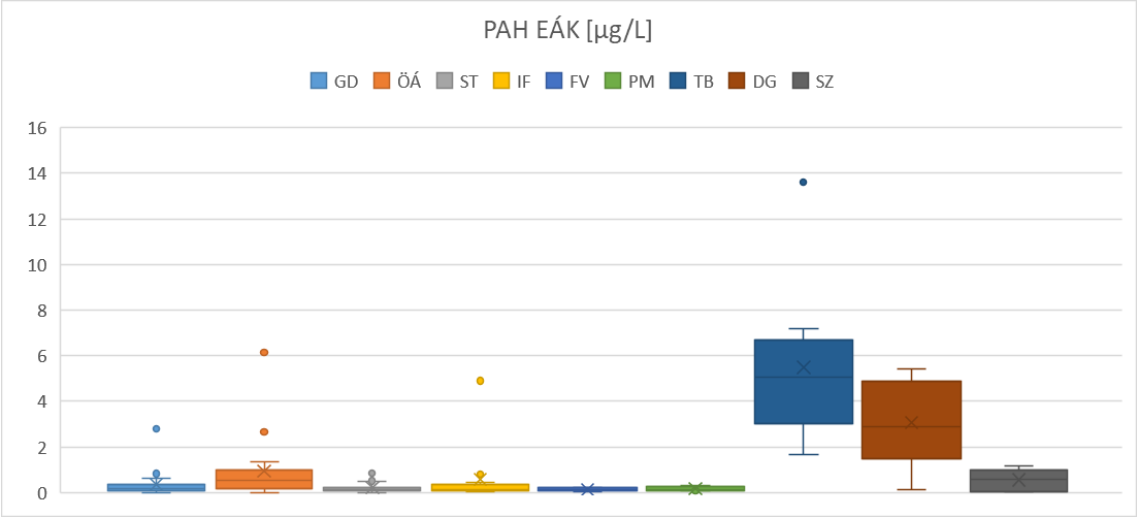
12.7 ábra. Az egyes mintaterületek Cr esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



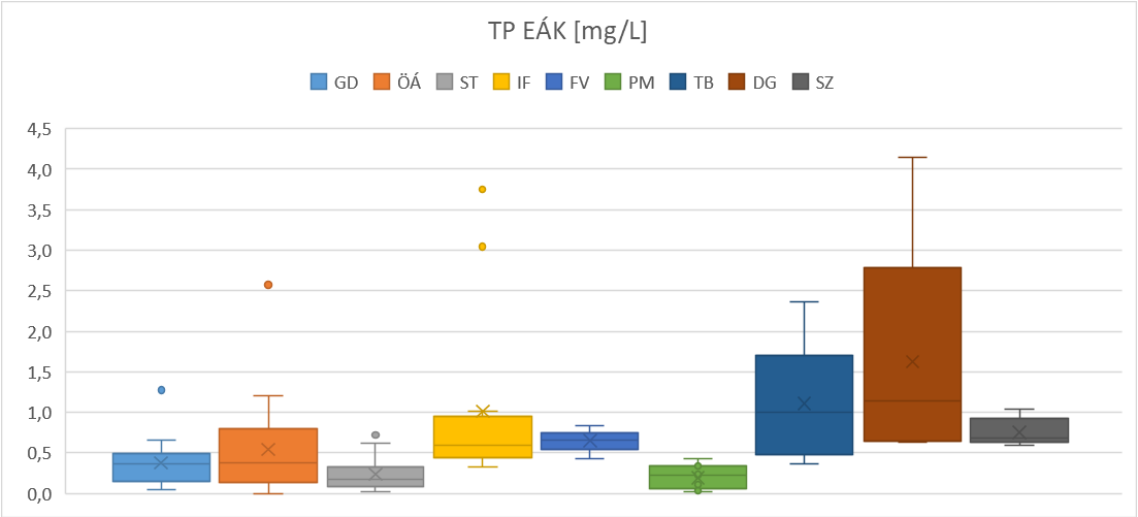
12.8 ábra. Az egyes mintaterületek As esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



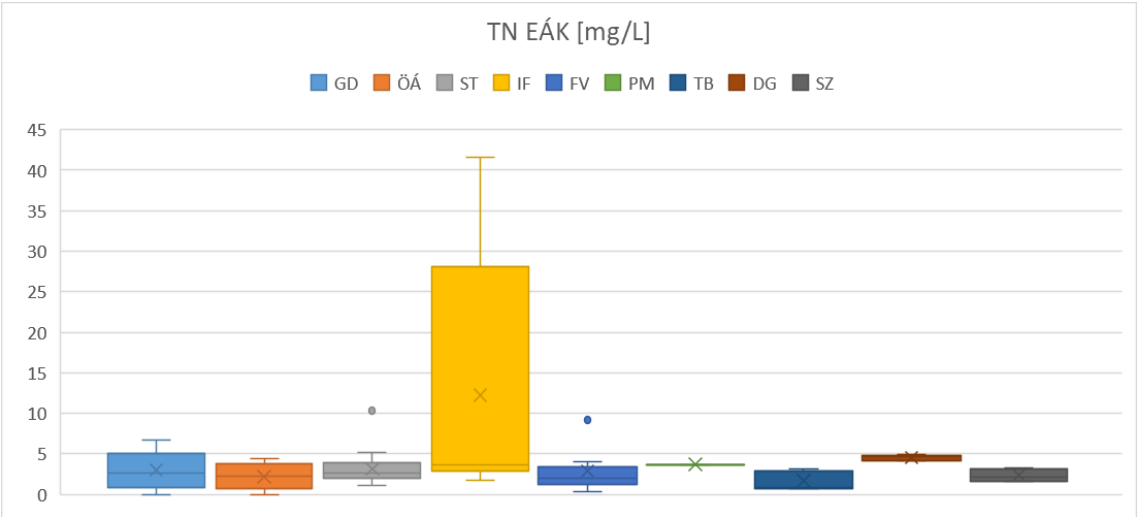
12.9 ábra. Az egyes mintaterületek TPH esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



12.10 ábra. Az egyes mintaterületek PAH esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.



12.11 ábra. Az egyes mintaterületek össz-P esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.

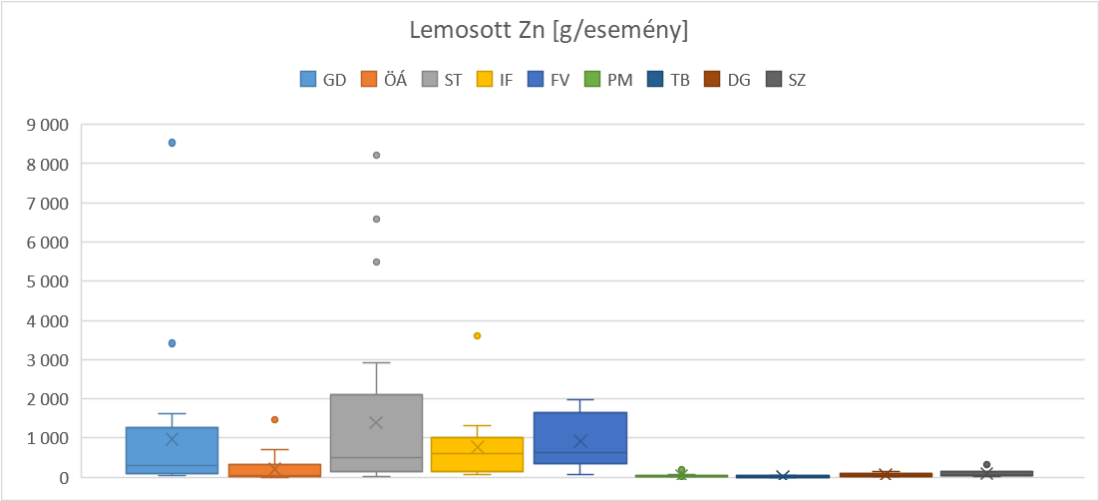


***12.12 ábra**. Az egyes mintaterületek össz-N esemény-átlagkoncentráció tartományainak összevetése.*

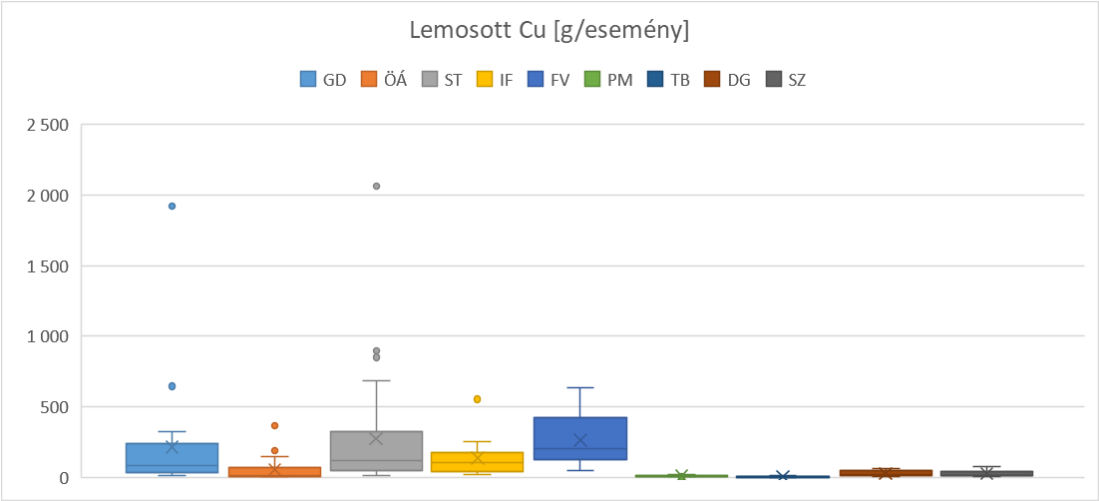
Az esemény-átlagkoncentrációkat tekintve a többitől leginkább elütő két mintaterület a Budapest, Dózsa György út; illetve a Törökbálint, Tükörhegy volt, ezek több szennyezőanyag tekintetében is jóval magasabb értékeket produkáltak, mint más helyszínek. Mindkét esetben kis méretű vízgyűjtőről van szó, melyek általánosságban (Dózsa György út) vagy átmenetileg (Tükörhegy) intenzív gépjármű forgalomnak vannak/voltak kitéve. A jelenségre magyarázatot ad, hogy a vizsgált szennyezőanyagok elsődleges forrása városi környezetben a motorizált közlekedés.

A lemosott szennyezőanyagok eseményenkénti mennyisége

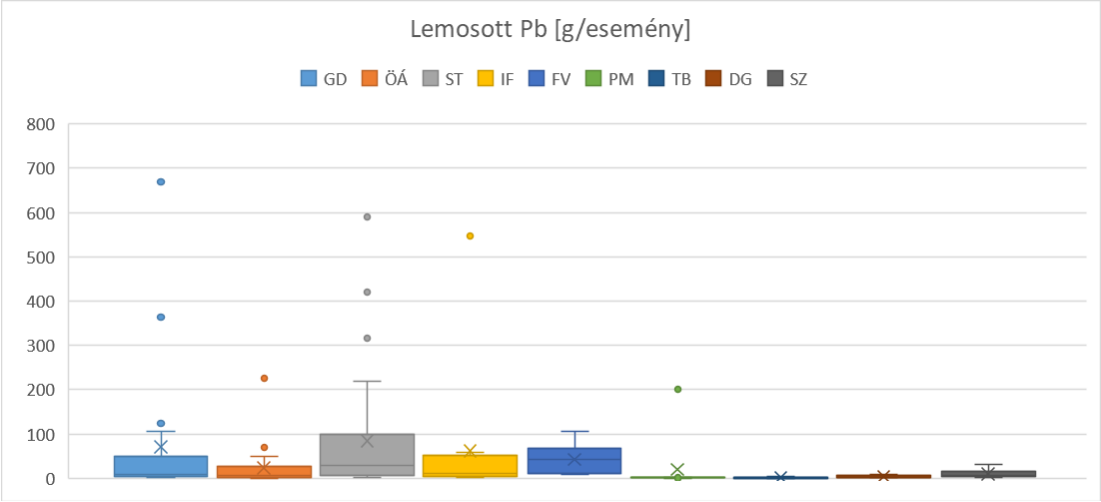
A továbbiakban megvizsgáltuk az eseményenként lemosott szennyezőanyag mennyiségeket. Ebben a tekintetben megállapítható, hogy a vízgyűjtők mérete határozza meg a végeredményt: a nagyobb kiterjedésű mintaterületekről minden esetben számottevően több szennyezőanyag mosódott le, mint a kisebbekről, tekintet nélkül az EÁK értékek esetleges különbözőségeire (12.13 – 12.24 ábrák).



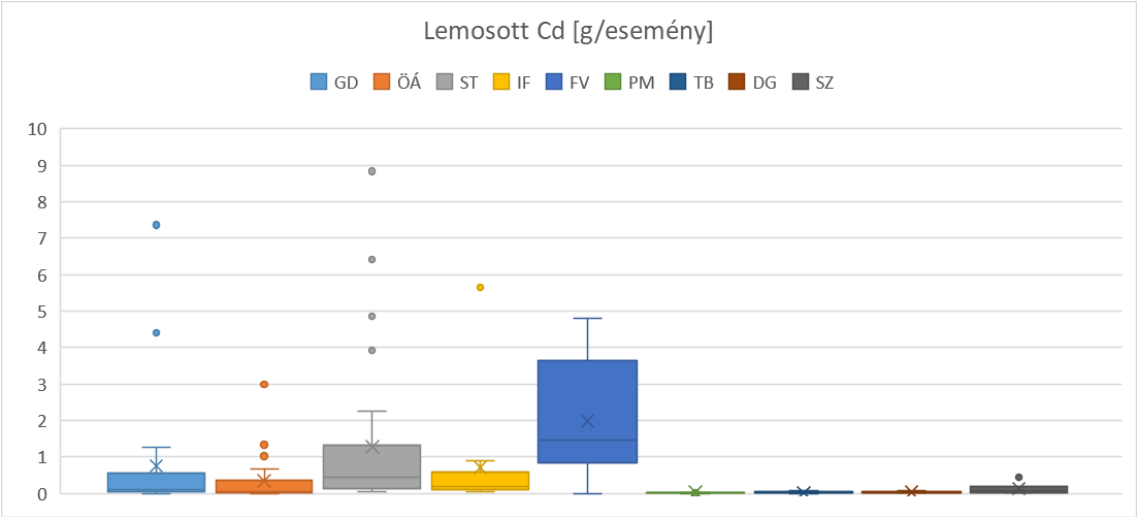
12.13 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Zn terhelések tartományainak összevetése.



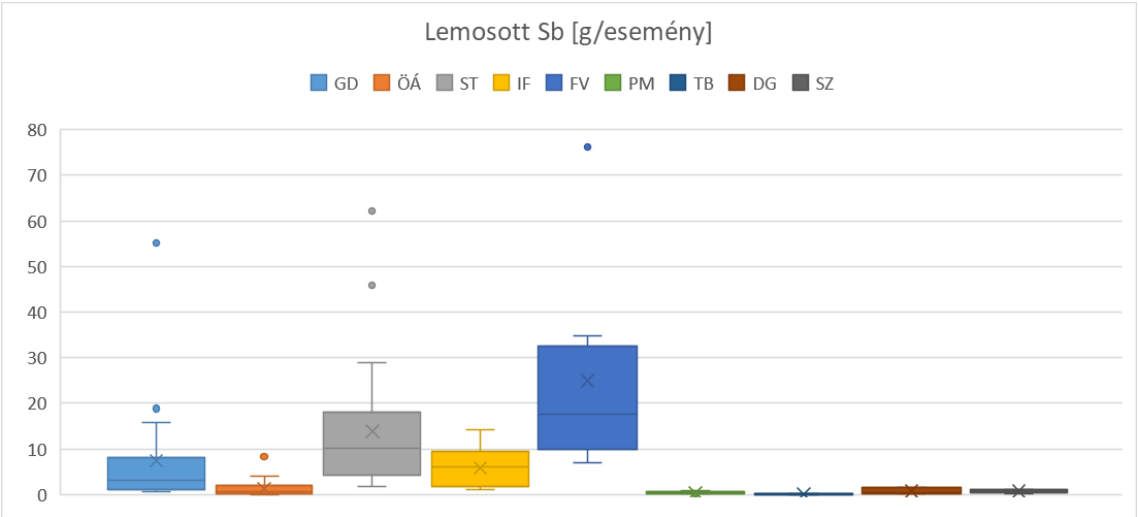
12.14 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Cu terhelések tartományainak összevetése.



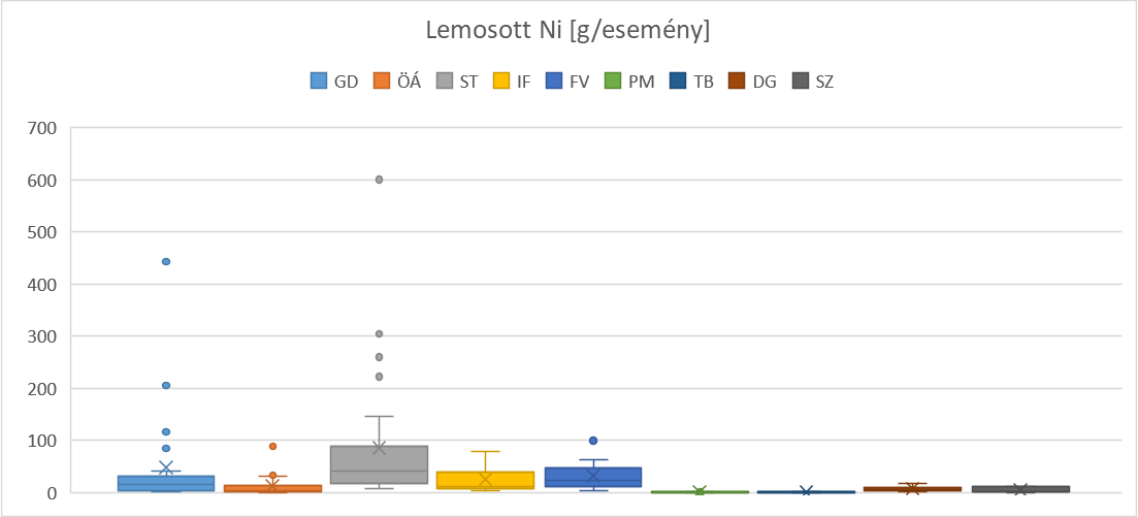
12.15 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Pb terhelések tartományainak összevetése.



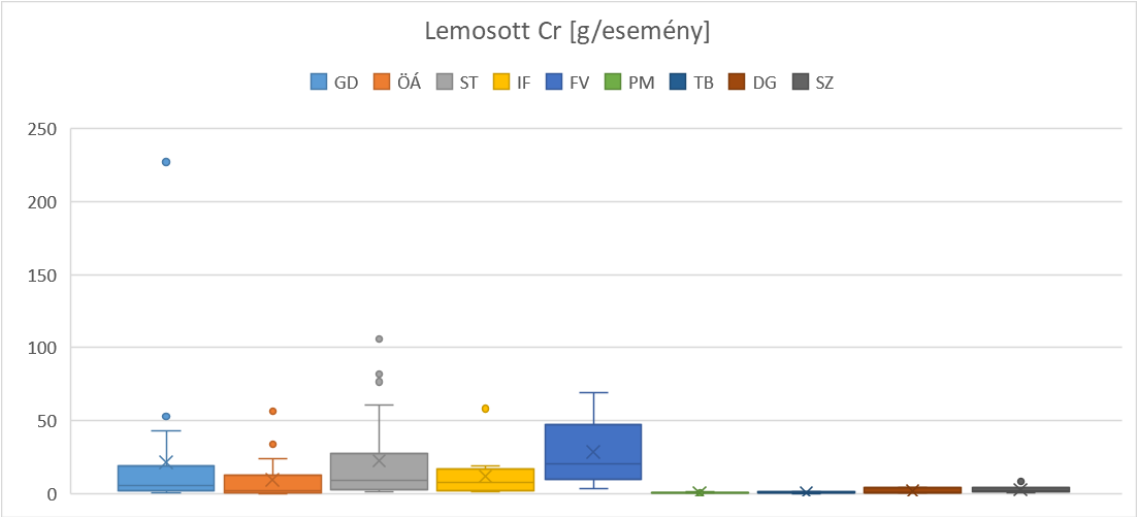
12.16 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Cd terhelések tartományainak összevetése.



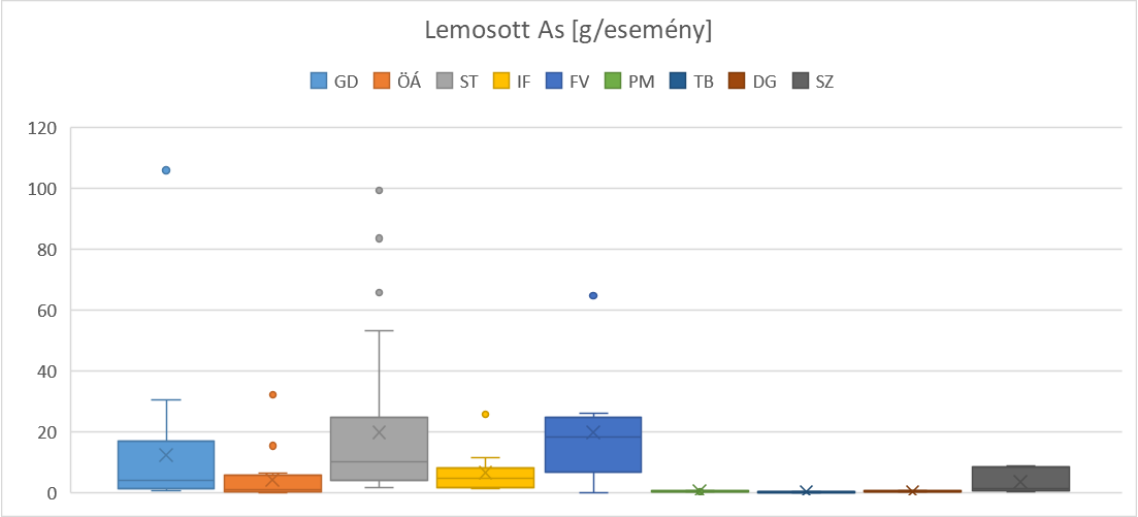
12.17 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Sb terhelések tartományainak összevetése.



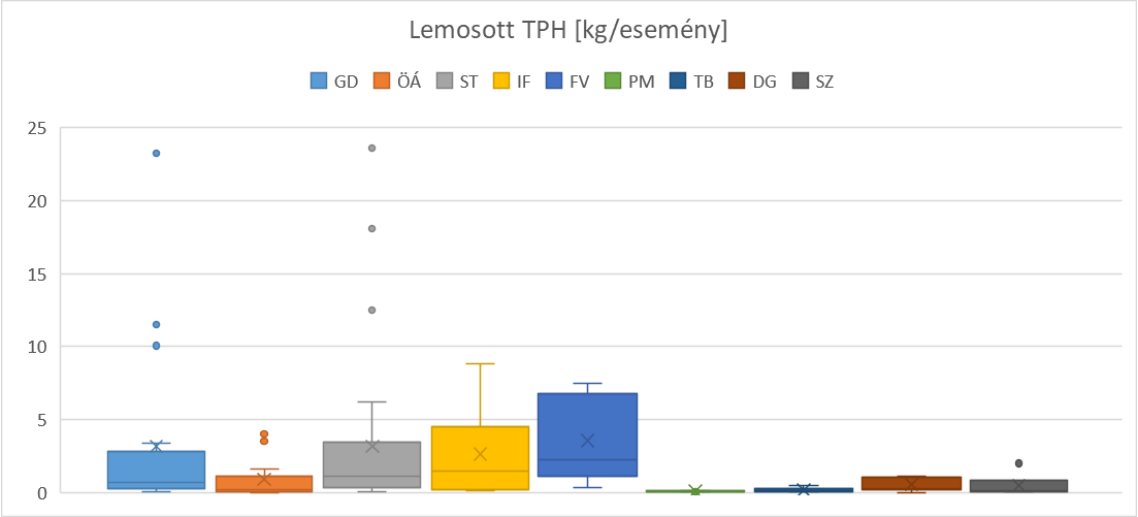
12.18 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Ni terhelések tartományainak összevetése.



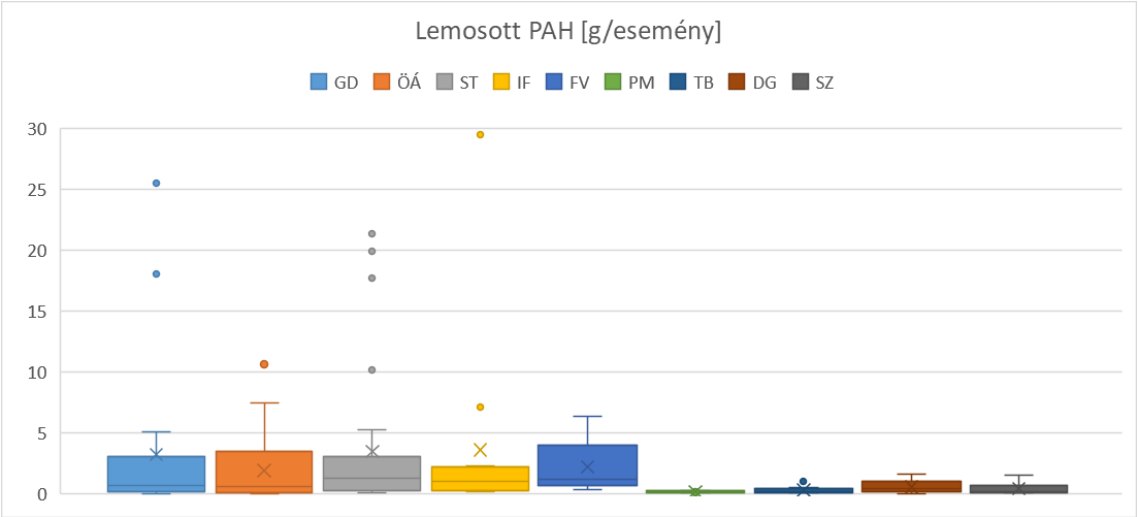
12.19 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott Cr terhelések tartományainak összevetése.



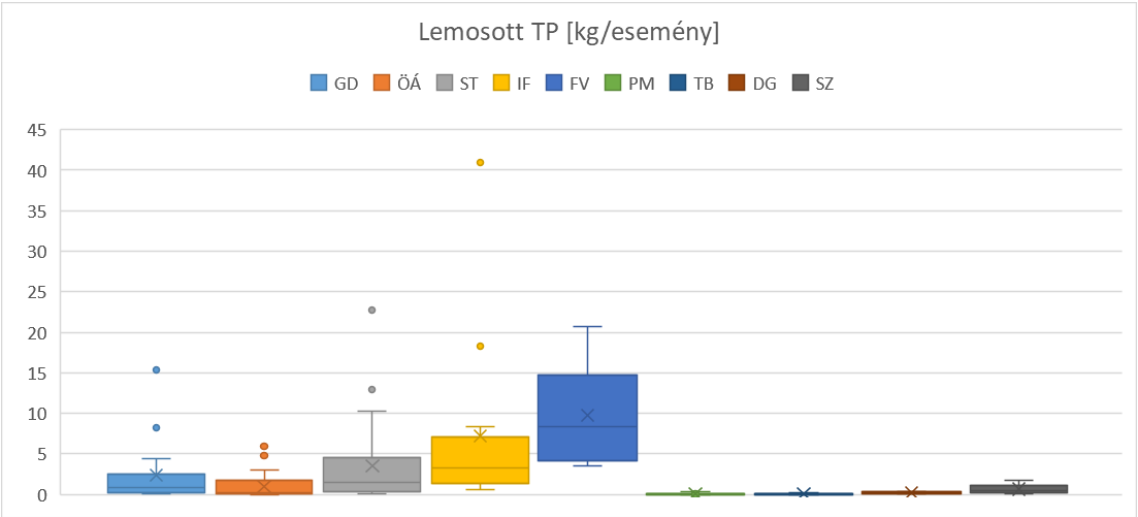
12.20 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott As terhelések tartományainak összevetése.



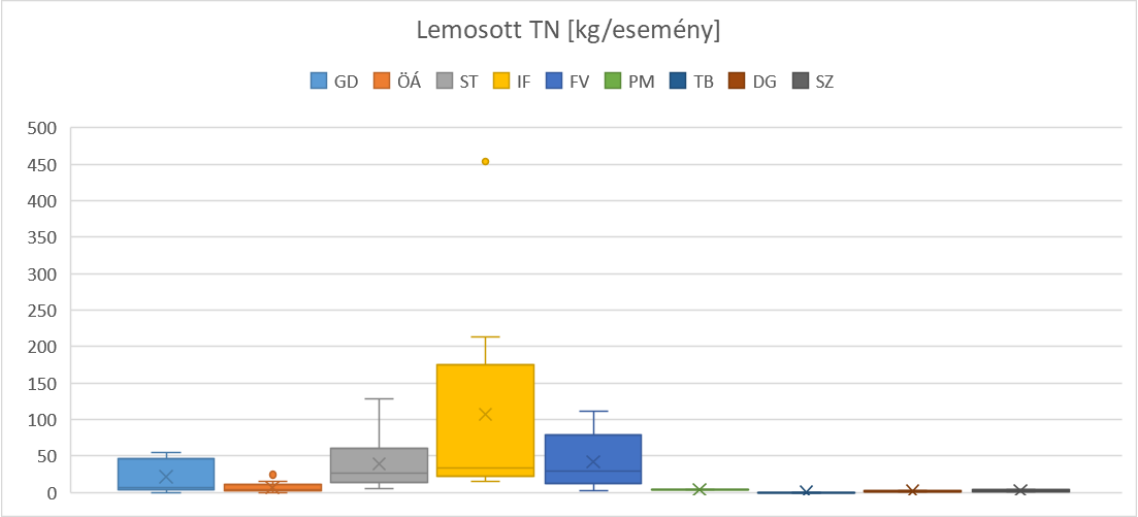
12.21 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott TPH terhelések tartományainak összevetése.



12.22 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott PAH terhelések tartományainak összevetése.



12.23 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott össz-P terhelések tartományainak összevetése.



12.24 ábra. Az egyes mintaterületekről lemosott össz-N terhelések tartományainak összevetése.

Felszínborítás és jellemző terhelések kapcsolata

Mint korábban ismertettük: digitális domborzatmodell, a csapadékvízelvezető hálózat adatai és a helyszíni ismereteink alapján minden helyszínhez lehatároltuk a vízgyűjtőt. Szintén a domborzatmodell ad lehetőséget a vízgyűjtőterület átlagos esésének számításásra. A következőkben a szállított anyagáramok és felszínborítás közötti kapcsolatokat vizsgáljuk.

Ehhez meg kellett határozni a vízgyűjtők lefolyásképző hányadát. Több országos, illetve Európai kiterjedésű adatbázis állt rendelkezésünkre a vízgyűjtőn folytatott területhasználatok meghatározására. A legismertebb az Európai Unió Copernicus Intézete által gondozott Corine Land Cover adatbázis. Ez az EU teljes területére egységes módszertannal, 100 m felbontással 44 kategóriába soroltan adja meg a területhasználatokat, hatévente kerül frissítésre; legutóbbi verziója 2018-as dátumú, 2015-18-as felmérések adatait tartalmazza. Mivel ez több országra kiterjedő, és nem kifejezetten belterületi célú, nem éri el a vizsgálataink által megkívánt részletességet. Nagyobb agglomerációkra azonban rendelkezésre áll ugyanezen intézet által gondozott továbbfejlesztett változata („Urban Atlas”). Mintaterületeink közül ez azonban Salgótarján területére nem tartalmaz adatot.

Választásunk végül a Nemzeti Biodivezitás Program „Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés” (NÖSZTÉP) projektje keretében készült Nemzeti Ökoszisztéma Szolgáltatási Alaptérképre esett (DOI:10.34811/osz.alapterkep.dokumentum). Ez a jelenlegi ismereteink szerinti legrészletesebb (20 méteres térbeli felbontású), az országot teljesen lefedő területbesorolás modell. A hierarchia harmadik szintjén 57 kategóriába soroltan tartalmazza a felszínborításokat; ezen belül szempontunkból igen kedvező módon differenciálja a településeken belüli eltérő kategóriákat (12.1. táblázat).

2. szint	3. szint
11 Épületek	1110 Alacsony épület
	1120 Magas épület
12 Utak és vasutak	1210 Szilárd burkolatú utak

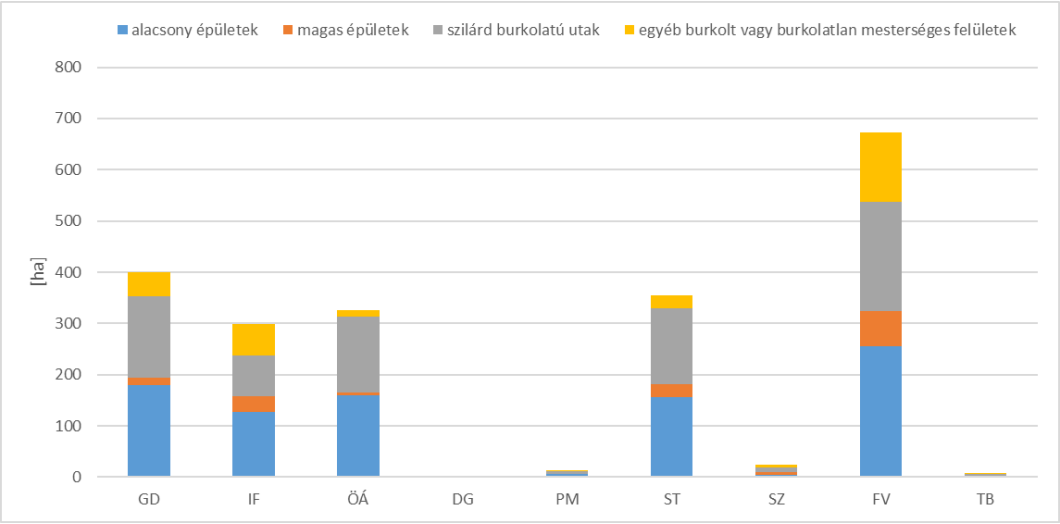
2. szint	3. szint
	1220 Földutak
	1230 Vasutak
13 Egyéb burkolt vagy burkolatlan felületek	1310 Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek
14 Zöldfelületek mesterséges környezetben	1410 Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal
	1420 Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül

12.1. táblázat. *Mesterséges felszínborítási kategóriák a NÖSZTÉP alaptérképen.*

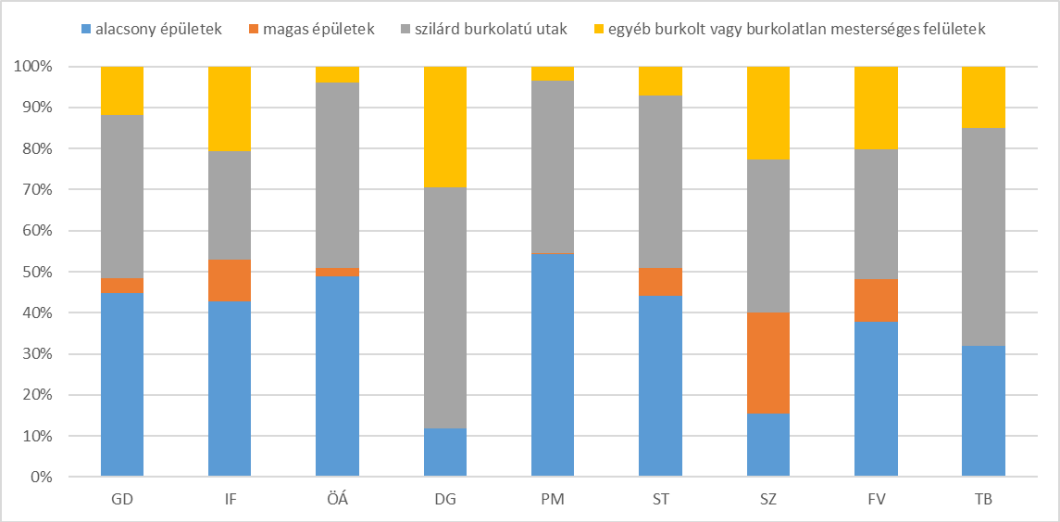
Esetünkben az épületek és a szilárd burkolatú utak, valamint az „egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek" kategóriák voltak elsősorban érdekesek, ugyanis ezekről a zömében vízzáró felületekről eredeztethető az általunk mintázott települési csapadékvíz lefolyás döntő hányada. Ezek mintavízgyűjtőnkénti területét mutatja be a 12.2. táblázat. Itt a másik érdekes adat a burkolt és a teljes vízgyűjtő aránya. A négy lefolyásképző kategória abszolút értékeit és egymáshoz viszonyított arányát mutatják be a 12.25 és 12.26 ábrák.

[ha]	GD	IF	ÖÁ	DG	PM	ST	SZ	FV	TB
alacsony épület (1110)	178,68	127,88	158,96	0,08	6,68	156,64	3,76	254,84	2,32
magas épület (1120)	14,76	29,88	6,96	0	0,04	24,68	6,04	68,8	0
szilárd burkolatú út (1210)	158,68	79,16	146,96	0,4	5,16	148,8	9,12	213,64	3,84
összes vízzáró terület	**352,12**	**236,92**	**312,88**	**0,48**	**11,88**	**330,12**	**18,92**	**537,28**	**6,16**
teljes vízgyűjtő	1213,2	443,1	3264,5	0,8	37,7	2478,0	32,3	1053,3	18,2
burkolt hányad	*29%*	*53%*	*10%*	*60%*	*31%*	*13%*	*58%*	*51%*	*34%*

12.2. táblázat. *A fajlagos területi terhelések számításához figyelembe vett vízzáró területek méretei [ha] mértékegységben (adatforrás: Magyarország Ökoszisztéma alaptérképére, 2019).*



12.25 ábra. Az egyes mintaterületeken belüli részben vagy egészben vízzáró területek méretei (adatforrás: Magyarország Ökoszisztéma alaptérképére, 2019).



***12.26 ábra**. Az egyes mintaterületeken belüli részben vagy egészben vízzáró területek relatív arányai (adatforrás: Magyarország Ökoszisztéma alaptérképe, 2019).*

Mintaterületenként, mediánt számoltunk a megbízhatóan, pontosan mintázott árhullámok által közvetített terhelésből. Végül páronként kiszámoltuk az egyes területhasználati kategóriák és a terhelések közötti korrelációt. A 12.3. táblázatban a nehézfémekre, a 12.4. táblázatban a szénhidrogénekre adjuk meg a korrelációt és szignifikanciaszintet.

Felszínborítási kategória	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
1110 alacsony épület	0,73*	0,69*	0,78*	0,66*	0,47*	0,5*	0,75*	0,61*
1120 magas épület	0,87**	0,86**	0,9**	0,73*	0,45*	0,45*	0,91**	0,64*
1210 szilárd burkolatú út	0,73*	0,69*	0,76*	0,62*	0,51*	0,54*	0,7*	0,58*
1310 Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	0,75*	0,74*	0,81**	0,63*	0,28*	0,3*	0,82**	0,51*
1410 Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal	0,31*	0,28*	0,31*	0,29*	0,39*	0,37*	0,26*	0,34*
1420 Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül	0,54*	0,47*	0,59*	0,51*	0,5*	0,58*	0,48*	0,5*
1100 épületek	0,78*	0,74*	0,83**	0,69*	0,49*	0,51*	0,8*	0,63*
1200 utak	0,75*	0,71*	0,78*	0,65*	0,56*	0,59*	0,71*	0,62*
1300 Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	0,75*	0,74*	0,81**	0,63*	0,28*	0,3*	0,82**	0,51*
1400 Zöldfelületek mesterséges környezetben	0,6*	0,55*	0,64*	0,55*	0,52*	0,55*	0,56*	0,55*

***12.3. táblázat.** Felszínborítási kategóriák és nehézfém anyagáramok közötti korreláció. Szignifikancia: *** < 0,001 < ** < 0,01 < * <0,05 < x < 0,01 < f*

Felszínborítási kategória	C5-12	C13-40	TPH	PAH	naftalin	egyéb PAH
1110 alacsony épület	0,64*	0,5*	0,51*	0,54*	0,71*	0,2*
1120 magas épület	0,73*	0,67*	0,67*	0,62*	0,9**	0,18*
1210 szilárd burkolatú út	0,64*	0,43*	0,43*	0,5*	0,65*	0,17*
1310 Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	0,58*	0,57*	0,58*	0,51*	0,81**	0,06*

Felszínborítási kategória	C5-12	C13-40	TPH	PAH	naftalin	egyéb PAH
1410 Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal	0,35*	0,13*	0,13*	0,24*	0,24*	0,17*
1420 Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül	0,5*	0,26*	0,26*	0,42*	0,4*	0,21*
1100 épületek	0,68*	0,55*	0,55*	0,57*	0,77*	0,2*
1200 utak	0,68*	0,45*	0,45*	0,54*	0,66*	0,22*
1300 Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	0,58*	0,57*	0,58*	0,51*	0,81**	0,06*
1400 Zöldfelületek mesterséges környezetben	0,57*	0,34*	0,34*	0,46*	0,51*	0,22*

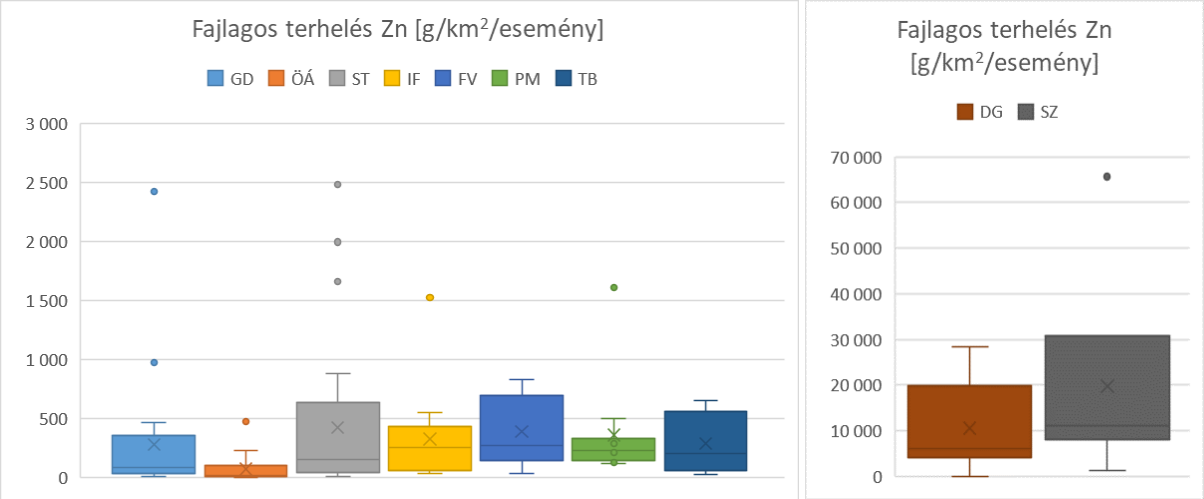
12.4. táblázat. *Felszínborítási kategóriák és szénhidrogén anyagáramok közötti korreláció. Szignifikancia: *** < 0,001 < ** < 0,01 < * <0,05 < x < 0,01 < f*

Láthatjuk, hogy az anyagáramok valamennyi mesterséges kategóriával szignifikáns korrelációt mutatnak. A burkolt felületekkel erősebb, míg a mesterséges belterületi zöldfelületekkel gyengébb a korreláció. A legerősebb a korreláció a magas épületekkel, ennek vélhető oka, hogy a magas épületek területén található a legtöbb forgalom is (a mintaterületeken a sétálóutcák nem jellemzők). A nehézfémek közül a króm és az antimon mutatja a legerősebb korrelációkat, a szénhidrogének közül pedig a naftalin.

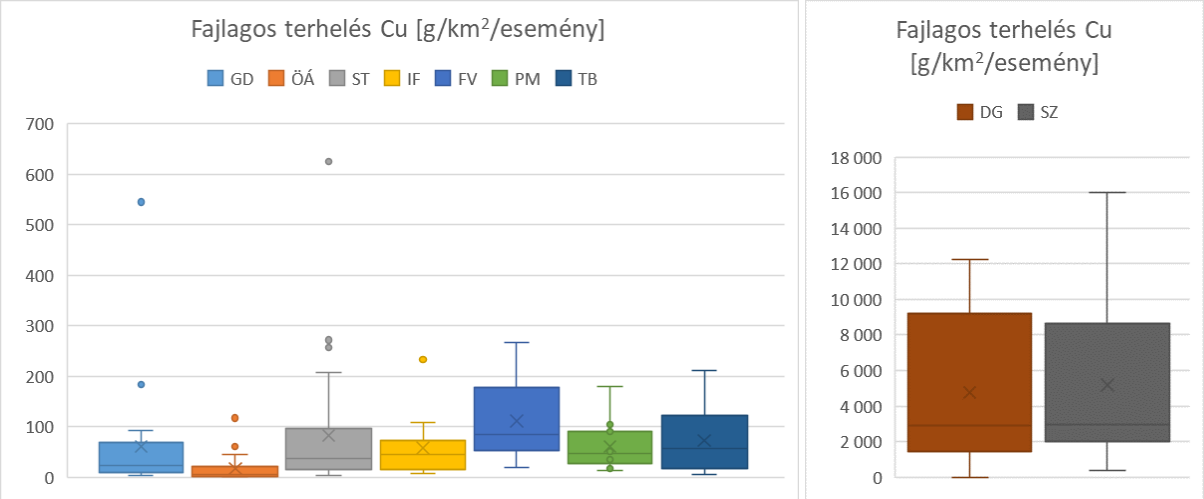
Fajlagos (egységnyi felületről lemosódó) terhelések

A következő logikus lépés az általánosítás felé a fajlagos felületi terhelések kiszámítása. A számítások célja szempontjából vízzáróság tekintetében bizonytalan besorolású „1310 egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek” kategóriát végül nem vettük figyelembe. A fajlagos területi terheléseket a 12.2. táblázatban bemutatott összes vízzáró területtel számoltuk.

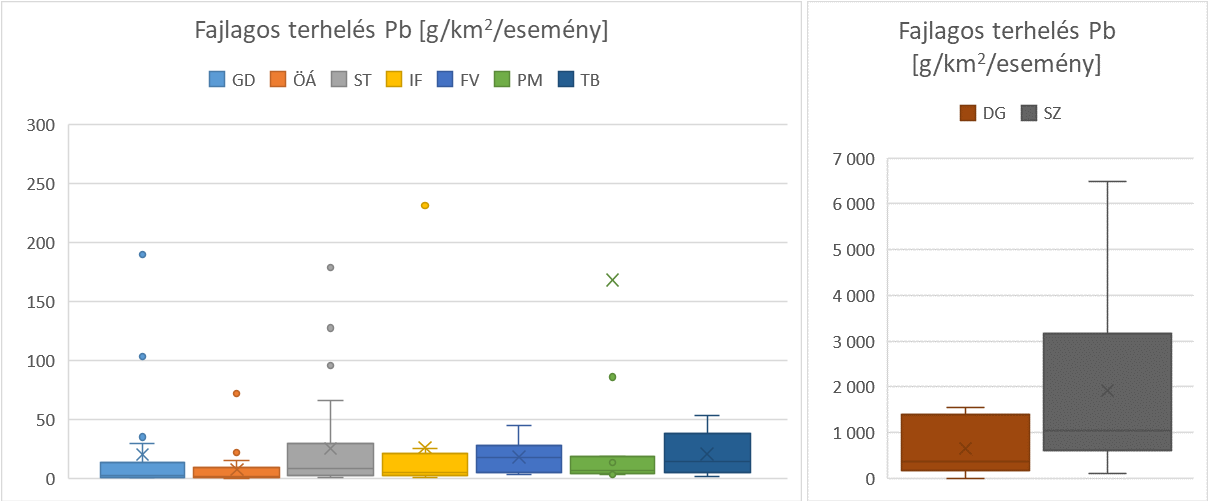
A számítások eredményeit a 12.27 – 12.38 ábrák mutatják be. Néhány kivételtől (Székesfehérvár Cd, Sb, Cr, össz-P tekintetében; Törökbálint Cd, TPH, PAH tekintetében; Budapest–Ipacsfa pedig össz-N tekintetében) eltekintve az első 7 helyszín fajlagos területi terhelései közel azonos értéktartományba esnek, de a kivételek sem mutatnak kirívó eltérést. A Budapest–Dózsa György úti helyszínen viszont gyakorlatilag minden vizsgált szennyező esetében mintegy két nagyságrenddel nagyobb értékek adódtak, csakúgy mint a Szeged–Zápor-tó helyszínen. Mindkét mintaterületen magas volt a burkolt területek hányada, ugyanakkor ez a megállapítás több másik helyszínre is igaz, tehát ezzel nem magyarázható az eltérés. A Budapest–Dózsa György úti mintaterület intenzív gépjárműforgalmával indokolhatók az extrém magas értékek, ám Szeged Zápor-tó mintaterület esetében ez az érvelés nem támasztható alá. Utóbbinál a tározótó jellegből fakadó sajátosságok és az átemelések rendezetlensége, illetve a rendszeren belüli esetleges közbenső kiülepedések adhatnak magyarázatot az eltérő viselkedésre.



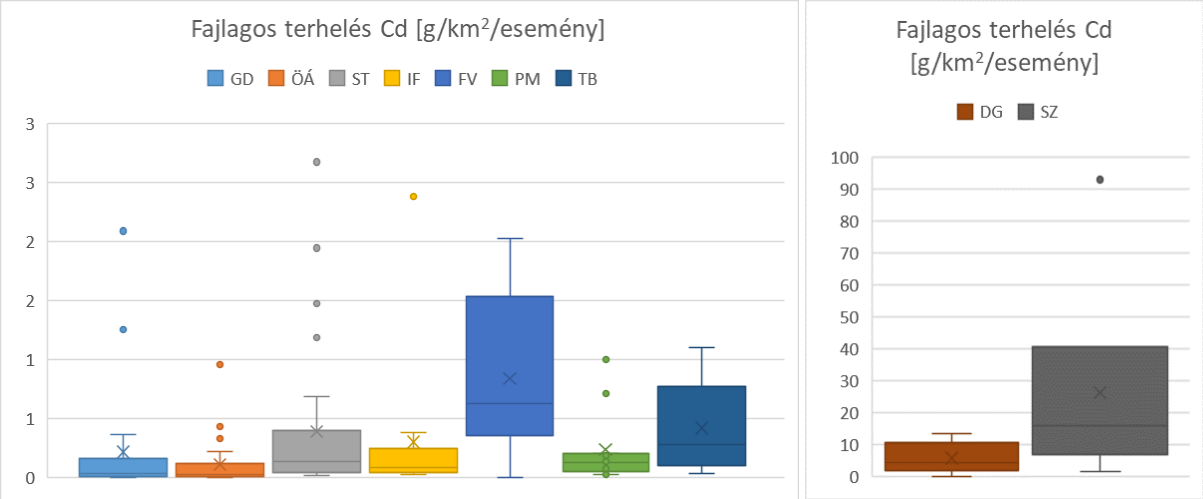
12.27 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Zn terhelés tartományainak összevetése.



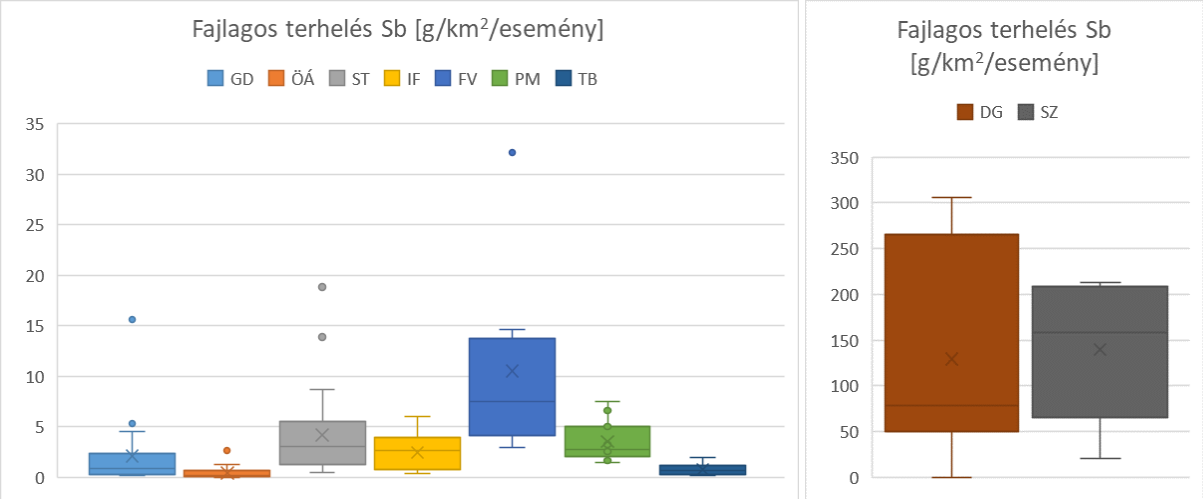
12.28 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Cu terhelés tartományainak összevetése.



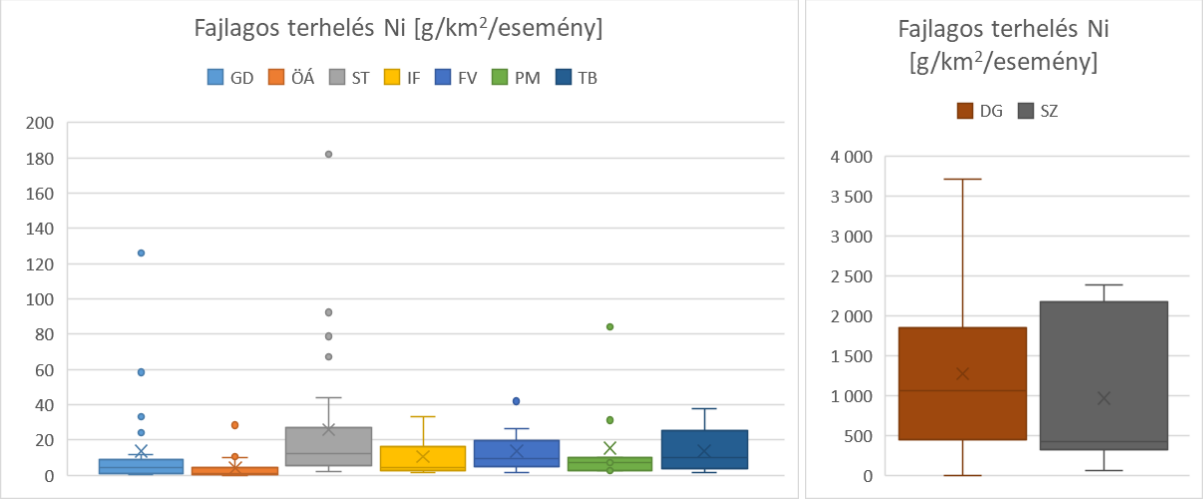
12.29 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Pb terhelés tartományainak összevetése.



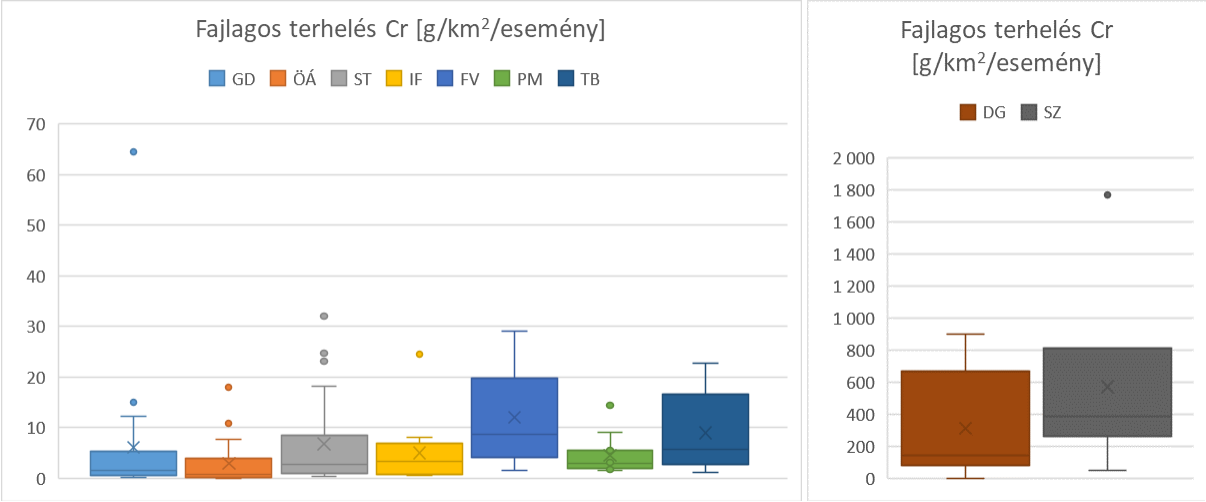
12.30 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Cd terhelés tartományainak összevetése.



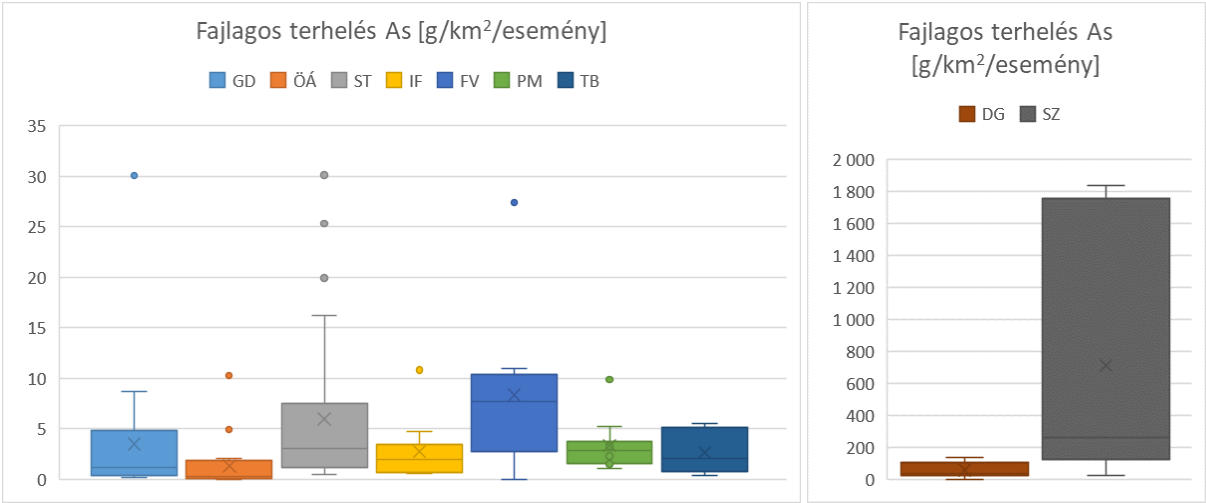
12.31 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Sb terhelés tartományainak összevetése.



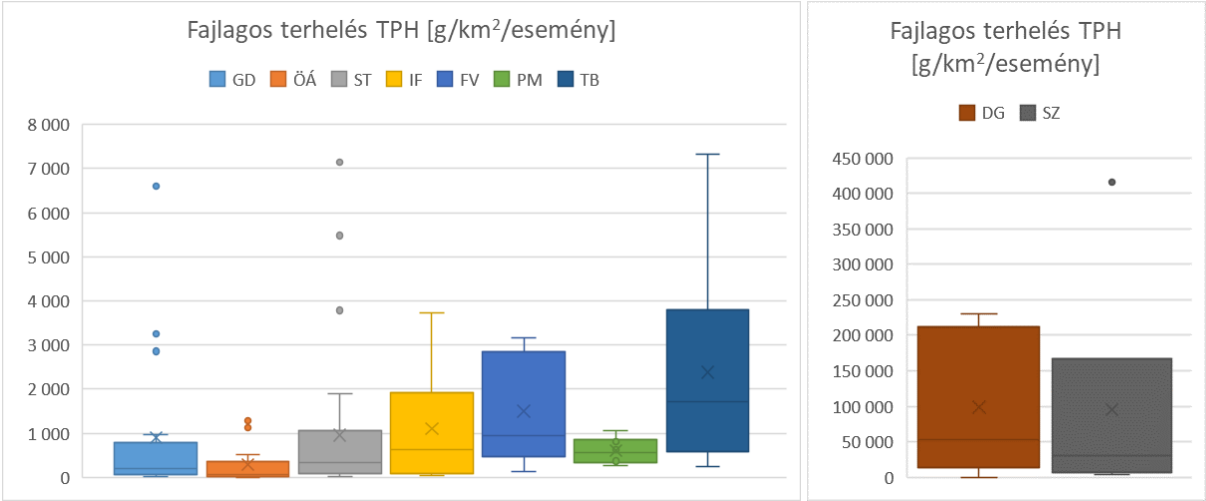
12.32 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Ni terhelés tartományainak összevetése.



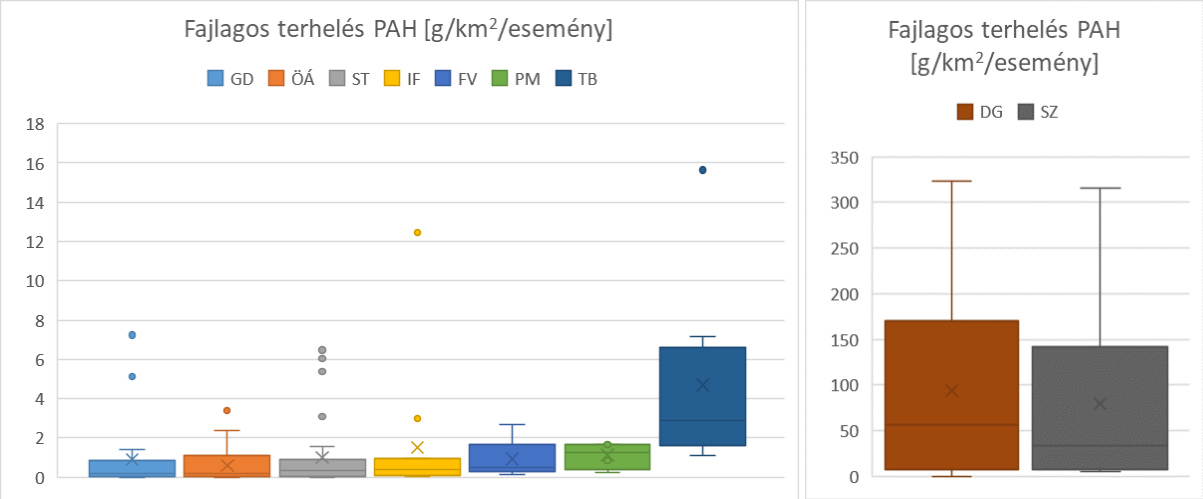
12.33 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi Cr terhelés tartományainak összevetése.



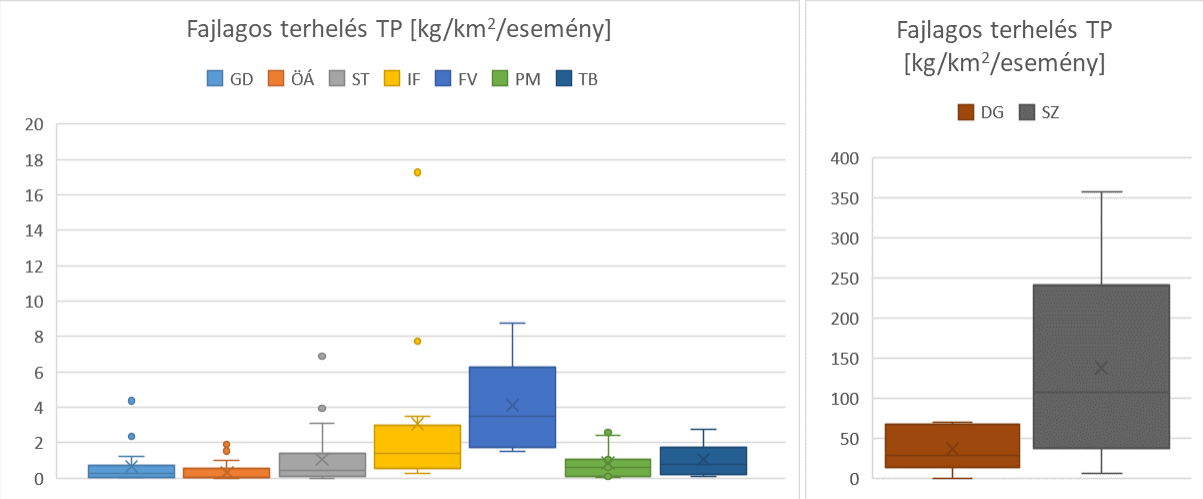
12.34 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi As terhelés tartományainak összevetése.



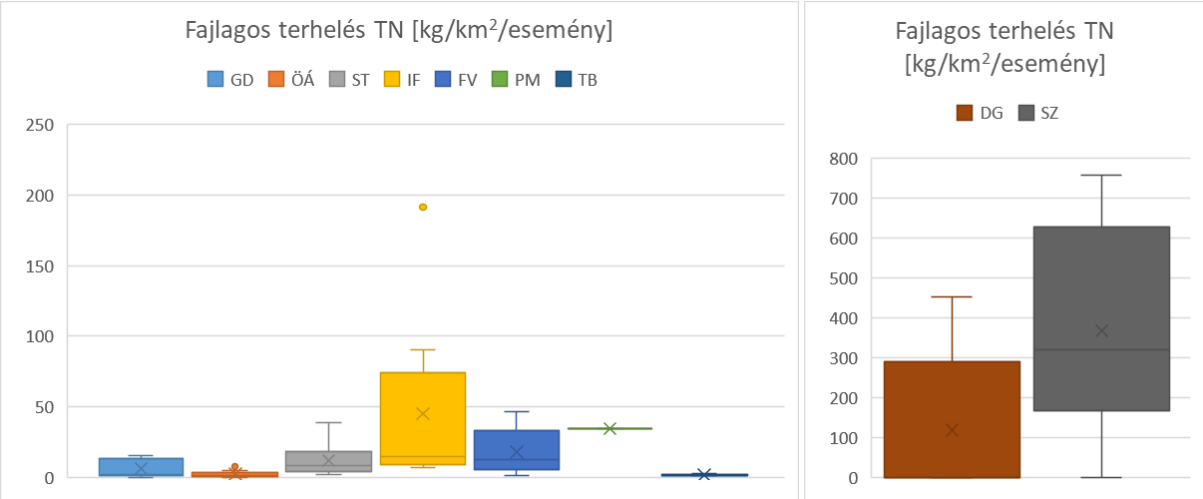
12.35 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi TPH terhelés tartományainak összevetése.



12.36 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi PAH terhelés tartományainak összevetése.



12.37 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi össz-P terhelés tartományainak összevetése.



12.38 ábra. Az egyes mintaterületek fajlagos területi össz-N terhelés tartományainak összevetése.

A fajlagos területi terhelés eredmények elemzése alapján a Dózsa György úti és a szegedi helyszín értékeit országos szempontból kevésbé tekinthetjük reprezentatívnak (megjegyezve, hogy lokális vonatkozásban érdekes és értékes eredmények születtek ezeken a helyszíneken is). A többi hét mintaterületről rendelkezésre álló adatok alapján viszont kidolgozhatóvá vált egy rendkívül egyszerű, robusztus terhelésbecslő módszer. Ehhez szennyezőanyagonként kiválasztottunk egy-egy jellemző értéket minden mintaterületről (választásunk a mediánokra esett, mivel így kiküszöbölhető a néhány kilógó érték átlagokra gyakorolt torzító hatása) és meghatároztuk ezeknek a burkolt területek nagyságával súlyozott átlagát, illetve szórását a helyszínek között (12.5. táblázat). Az így megkapott értékek segítségével tetszőleges településre vagy nagyobb területre közelítő terhelésbecslés tehető a vízzáró felületeket és a csapadékeseményeinek számát alapul véve. Ez a módszer természetesen csak első közelítésben alkalmazandó, hiszen nem vesz figyelembe fontos tényezőket (pl. csapadékjellemzők, forgalom), amelyek befolyásolják az egyes események során lemosódó anyagmennyiségeket.

		GD	IF	ÖÁ	PM	ST	FV	TB	súly.átlag	súly.szórás
As	[g/km²]	1,1	1,9	0,3	2,8	3,1	7,7	2,0	**3,4**	**3,2**
Cd	[g/km²]	0,03	0,08	0,02	0,12	0,13	0,62	0,28	**0,23**	**0,28**
Cr	[g/km²]	1,6	3,2	0,7	2,8	2,8	8,6	5,7	**4,0**	**3,4**
Cu	[g/km²]	22	44	5	47	36	84	56	**44**	**32**
Ni	[g/km²]	4,2	4,5	1,2	7,3	12,5	9,4	9,8	**6,9**	**4,3**
Pb	[g/km²]	2,6	4,9	1,6	6,7	8,6	17,5	14,1	**8,4**	**7,0**
Sb	[g/km²]	0,9	2,6	0,2	2,7	3,1	7,5	0,7	**3,4**	**3,1**
Zn	[g/km²]	82	250	14	227	154	268	197	**163**	**106**
∑ N	[kg/km²]	1,9	14,3	1,4	34,4	8,1	12,4	1,5	**8,0**	**6,0**
∑ P	[kg/km²]	0,2	1,4	0,1	0,6	0,5	3,5	0,8	**1,4**	**1,6**
TPH	[g/km²]	197	631	58	556	343	936	1703	**487**	**376**
∑ PAH	[g/km²]	0,18	0,40	0,17	1,27	0,33	0,48	2,87	**0,34**	**0,23**

12.5. táblázat. *Az országosan reprezentatívnak ítélt mintavízgyűjtők medián fajlagos területi terhelés értékei és ezeknek az egyes helyszínek vízzáró felületeivel súlyozott átlagai, illetve szórásai a vizsgált szennyezőanyagokra.*

Csapadékjellemzők és a terhelés kapcsolata

A mintával legjobban ellátott öt helyszín tekintetében egyesével végeztünk a fentihez hasonló vizsgálatot; a becslő változók ezúttal nem a területhasználati jellemzők voltak (hiszen azok mintaterületen belül nem változnak), hanem a csapadékesemény jellemzői:

- a lefolyt vízmennyiség (V'_{lef}) [m³],
- a csapadékeseményt megelőző száraz időszak (MSZI) [nap],
- az eseményt jellemző csapadékmagasság (h) [mm],
- átlagos és maximális intenzitás ($i_{átl}$, $i_{csúcs}$) [mm/h],
- illetve a lefolyási esemény időtartama („$t_{aktív}$”) [h].

A korrelációs mátrixok helyszínenként hasonlóak. Példaként itt a gödöllői helyszín korrelációs mátrixát mutatjuk be: a **12.6. táblázat**ban nehézfémekre, a **12.7. táblázat**ban pedig szénhidrogénekre. A többi helyszín hasonló táblázata a függelékben található („Korrelációs mátrixok.xlsx”).

	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
V_{lef}	0,65**	0,23f	0,7**	0,52*	0,34f	0,35f	0,97***	0,54*
MSZI	-0,19f	-0,08f	-0,25f	-0,32f	-0,19f	-0,14f	-0,32f	-0,17f
h	0,52*	0,21f	0,6**	0,46*	0,31f	0,3f	0,87***	0,46*
i_{atlag}	0,79***	0,56*	0,64**	0,67**	0,61**	0,66**	0,6**	0,71**
i_{csucs}	0,85***	0,7**	0,82***	0,78***	0,74***	0,82***	0,73***	0,84***
t_{aktiv}	0,31f	0,14f	0,37f	0,28f	0,18f	0,17f	0,59**	0,28f

12.6. táblázat. *Nehézfém terhelések és csapadékjellemzők közötti korreláció a gödöllői mintavételi hely esetében. Szignifikancia: *** < 0,001 < ** < 0,01 < * <0,05 < x < 0,01 < f.*

	C5-12	C13-40	TPH	PAH	naftalin	egyéb PAH
V_{lef}	0,91***	0,73***	0,73***	0,36f	0,84***	0,32f
MSZI	-0,35f	-0,26f	-0,26f	-0,15f	-0,27f	-0,14f
h	0,68**	0,58**	0,58**	0,31f	0,74***	0,27f
i_{atlag}	0,38f	0,53*	0,53*	0,62**	0,72**	0,6**
i_{csucs}	0,5*	0,74***	0,74***	0,81***	0,89***	0,79***
t_{aktiv}	0,25f	0,24f	0,24f	0,16f	0,45x	0,13f

12.7. táblázat. *Szénhidrogén terhelések és csapadékjellemzők közötti korreláció a gödöllői mintavételi hely esetében. Szignifikancia: *** < 0,001 < ** < 0,01 < * <0,05 < x < 0,01 < f.*

Látható, hogy a megelőző száraz időszak nem korrelál a lefolyt terhelésekkel. Úgy tűnik, hogy a száraz időszak alatt kirakódott anyagok nem halmozódnak fel a mesterséges felületeken. Legerősebb a korreláció a lefolyt vízmennyiséggel, hiszen ez az anyagáram egyik szorzótényezője. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az esemény átlagkoncentrációknak viszonylag kicsi a szórásuk egy helyszínen belül. A szoros értelemben vett csapadékjellemzők közül a csúcsintenzitás a legerősebb becslő változó.

Többváltozós kapcsolatok

Ebben a fejezetben azt vizsgáljuk, hogy a fent felsorolt néhány változó (területhasználatok, csapadékjellemzők), mint becslő (független) változók mekkora bizonyossággal jósolható egy-egy komponens anyagárama. Konkrétan kétféle lineáris regressziós modellt vizsgálunk. Mindegyik három becslő változót tartalmaz:

- Épületek területaránya a vízgyűjtőn (NÖSZTÉP 1100-as kategória)
- Szilárd burkolatú utak területének aránya a vízgyűjtőn (NÖSZTÉP 1210-es kategória)
- Csapadékjellemző: csapadékmagasság (h) vagy csúcsintenzitás ($i_{csúcs}$).

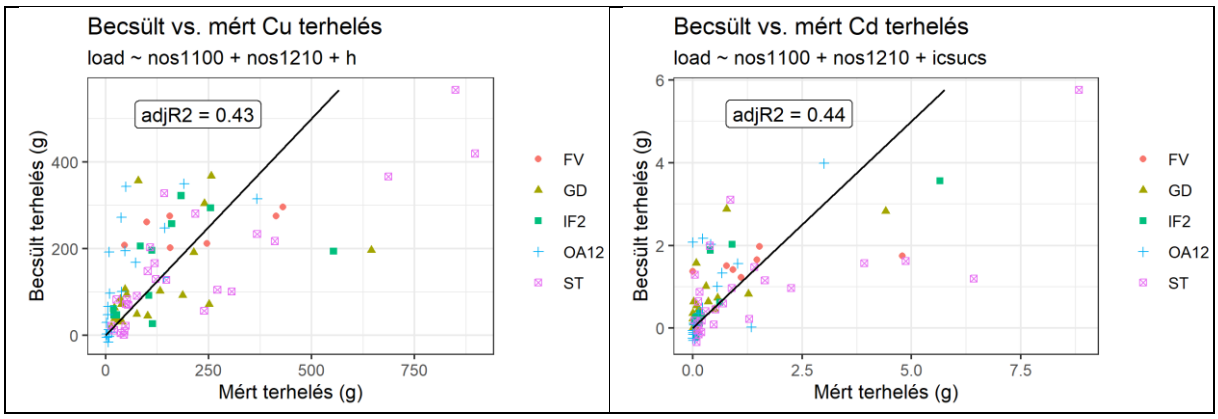
A két modell tehát csak a harmadik becslő változó tekintetében különbözik. Mindkét modellel becsüljük valamennyi vizsgált szennyezőanyag (komponens) terhelését. A modellek illeszkedését az ún. igazított R^2-tel („adjusted R-squared”) jellemezzük. Ez a Pearson-korrelációval analóg mutatószám,

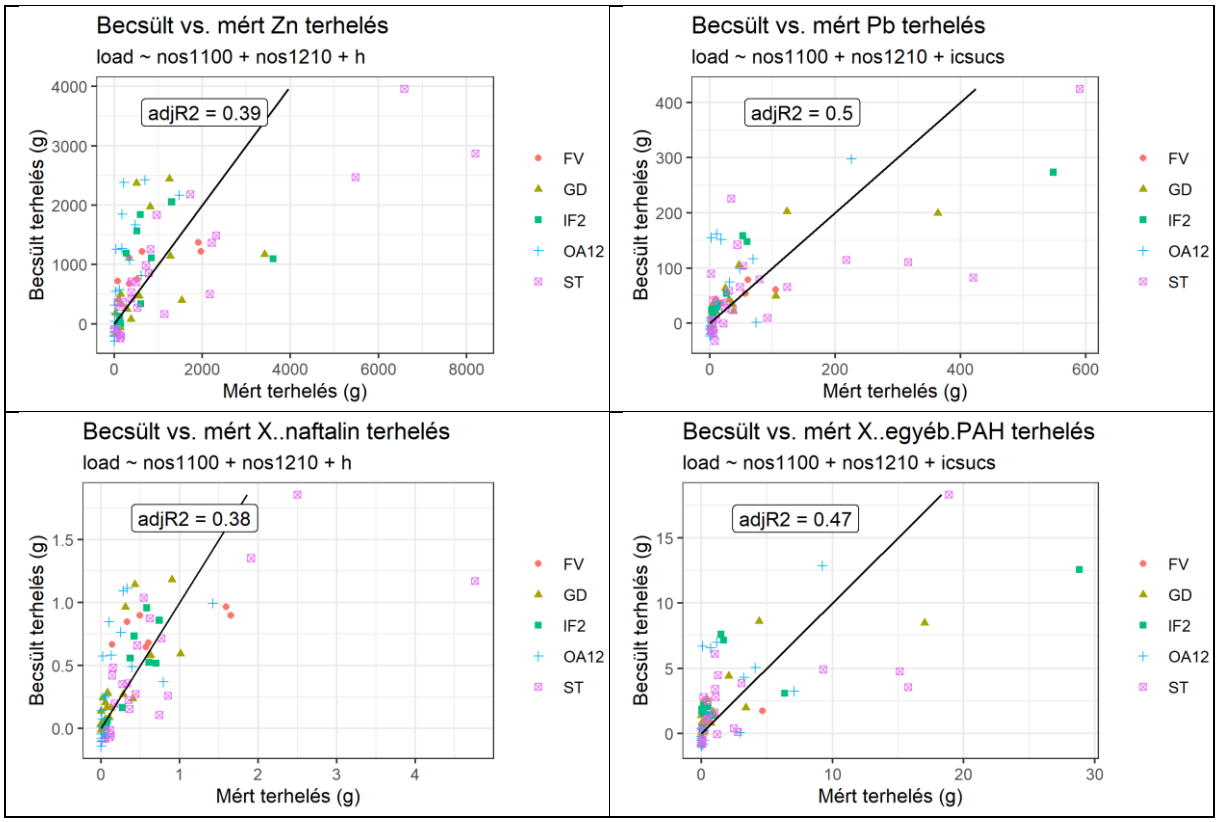
maximális értéke egy. Az igazított azt jelenti, hogy a becslő változók számának megfelelően korrigálva van. Az R^2 értékeket a 12.8. táblázat tartalmazza.

Becslő változók: / komponens	épület, út, csapadékmagasság	épület, út, csúcsintenzitás
As	0,42	0,39
Cd	0,29	**0,44**
Cr	0,48	0,47
Cu	**0,43**	0,39
Hg	0,05	0,06
Ni	0,27	0,38
Pb	0,28	**0,50**
Sb	0,42	0,41
Zn	**0,39**	0,31
C5-12	0,28	0,21
C13-40	**0,37**	0,22
TPH	**0,37**	0,22
PAH	0,26	**0,43**
naftalin	**0,38**	0,25
egyéb PAH	0,23	**0,47**

12.8. táblázat. *Illesztett R^2 a kétféle modell esetén.*

A komponensek többségénél a kétfajta modell hasonlóan szerepel. Azonban a csapadékmagassággal becslő modell hatékonyabb a réz, a cink és néhány szénhidrogén esetében; ezen anyagok forrása az épületek, háztetők, ereszcsatornák. A csúcsintenzitással becslő modell pedig a kadmium az ólom és egyes szénhidrogének esetében hatékony – ezek forrása inkább az útfelület. A 12.39/a-f ábrákon néhány jellemző modell működését mutatjuk be – valamennyi hasonló ábra megtalálható a mellékletben („regresszios_abrak.zip”).





***12.39/a-f ábrák**. Néhány komponens becslése háromváltozós lineáris regressziós modellel.*

A modellek meglepően jól illeszkednek a változók alacsony száma ellenére. Az anyagáramokat ugyanakkor jelentősen befolyásolja az eseményt közvetlenül megelőző, illetve az esemény alatti időszakot jellemző forgalom. A kutatás további fázisában erre vonatkozó változók bevonása szükséges. További lehetőség a lineáris mellett más, magasabb fokú függvények illesztése, amelyek az ábrák egy részén látható görbét le tudják írni. Érdemes lehet a kiugró értékek felülvizsgálata: van-e mintavételi vagy mérési hibára utaló jel.

Mellékletek

Vízhozamarányos automata mintavevők Excel dokumentációja

- GD_monitoring_coredata.xlsx
- OA_monitoring_coredata.xlsx
- ST_monitoring_coredata.xlsx
- IF_monitoring_coredata.xlsx
- FV_monitoring_coredata.xlsx
- PM_monitoring_coredata.xlsx
- TB_monitoring_coredata.xlsx

WaterCollector vízhozamarányos automata mintavevő műszer leírása

- vizmintavevo_muszerleiras_ver2.docx

Vízanalitikai eredmények és kiértékelésük

- Vízminta eredmények kiértékelés.xlsx
- Korrelacios_matrixok.xlsx
- Regresszios_abrak.zip