

Кафедра біології та хімії

Реєстраційний № _____

Кваліфікаційна робота

**ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОСТІ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА
ТЕРИТОРІЇ С. ТИСАБИКЕНЬ (БЕРЕГІВСЬКИЙ РАЙОН)
ТА М. ФЕГИРДЬЯРМАТ (УГОРЩИНА)**

ДУДИЧ НАТАЛІЯ ЗОЛТАНІВНА

Студентка IV-го курсу

Освітня програма 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Тема затверджена Вченою радою ЗУІ

Протокол №__від _____2022 р.

Науковий керівник:

Гаднадь Іштван Іштванович

доктор філософії, доцент

Завідувач кафедру біології та хімії:

Когут Ержебет Імріївна

доктор філософії, доцент

Робота захищена на оцінку _____, „___” _____2023 р.

Протокол № _____ / 2023 р.

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

Кафедра біології та хімії

Кваліфікаційна робота
ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОСТІ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА
ТЕРИТОРІЇ С. ТИСАБИКЕНЬ (БЕРЕГІВСЬКИЙ РАЙОН)
ТА М. ФЕГИРДЬЯРМАТ (УГОРЩИНА)

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Виконала: студентка IV-го курсу

Дудич Наталія Золтанівна

Освітня програма 014 Середня освіта

(Біологія та здоров'я людини)

Науковий керівник: **Гаднадь Іштван Іштванович**

доктор філософії, доцент

Рецензент: **Чома Золтан Золтановіч**

доктор філософії, доцент

Берегово
2023

II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola

Biológia és Kémia Tanszék

A LÉGKÖRI CSAPADÉK KÉMHATÁSÁNAK VIZSGÁLATA TISZABÖKÉNY (BEREGSZÁSZI JÁRÁS) ÉS FEHÉRGYARMAT (MAGYARORSZÁG) TERÜLETÉN

Szakdolgozat

Képzési szint: alapképzés

Készítette: **Dudics Natália**

IV. évfolyamos hallgató

Képzési program: 014 Középfokú oktatás

(Biológia és az ember egészsége)

Témavezető: **Hadnagy István**

PhD, docens

Recenzens: **Csoma Zoltán**

PhD, docens

Beregszász
2023

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
I. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
1.1. A csapadék, mint természetes és biokémiai jelenség	6
1.2. Légköri lerakódás - száraz és nedves ülepedés folyamata	7
1.3. Emisszió, transzmisszió és az immisszió	8
1.4. A savas csapadék fogalma	10
1.4.1. Felszíni vizekre gyakorolt hatás	12
1.4.2. Erdős- és hegyvidéki területekre gyakorolt hatás	13
1.4.3. A savas csapadék faunára gyakorolt hatása	15
1.4.4. A savas csapadék és utóhatásainak hatása az emberi szervezetre	16
1.5. A szmog és típusai mint a magas károsanyag koncentráció közvetlen eredménye .	17
II. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN	20
2.1. A vizsgált területek bemutatása	20
2.2. A csapadékvíz gyűjtése és kémhatásának meghatározása	22
2.3. A felhasznált csapadékszennyezettségi adatbázisok bemutatása	25
III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	29
3.1. A csapadékvíz-minőségi mutatói 2014-2022 között	29
3.1.1. A csapadékvíz minőségi mutatóinak változása	29
3.1.2. A kén nedves ülepedésének értékeinek jellemzése	32
3.1.3. A nitrogén nedves ülepedésének értékeinek jellemzése	34
3.2. A csapadékvíz-minőségi mutatói saját mérések alapján	37
3.2.1. A csapadékvíz pH mutatóinak változása Tiszabökényben	37
3.2.2. A csapadékvíz vezetőképességének változása Tiszabökényben	38
3.2.4. A csapadékvíz vezetőképességének változása Fehérgyarmaton	39
3.3. Az eredmények összehasonlítása	40
ÖSSZEFOGLALÁS	41
PEZIOME	42
FELHASZNÁLT IRODALOM	43
ÁBRAJEGYZÉK	46
MELLÉKLETEK	47

ЗМІСТ

ВСТУП	5
I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	6
1.1. Опад як природно-біохімічне явище	6
1.2. Атмосферне осадження - процес сухого та мокрого осадження	7
1.3. Емісія, трансмісія та імісія	8
1.4. Про кислотні опади	10
1.4.1. Вплив на поверхневі води	12
1.4.2. Вплив на лісисті та гірські райони	13
1.4.3. Вплив кислотних опадів на фауну	15
1.4.4. Вплив кислотних дощів та їх наслідки на організм людини	16
1.5. Смог та його види є прямим результатом високої концентрації забруднюючих речовин.....	17
II. МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ.....	20
2.1. Презентація досліджених територій.....	20
2.2. Метод збору та аналізу дощової води	22
2.3. Презентація використовуваних баз даних якості опадів.....	25
III. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	29
3.1. Показники якості дощової води за 2014-2022 рр	29
3.1.1. Зміна показників рН дощової води.....	29
3.1.2. Характеристика величин мокрого осадження сірки	32
3.1.3. Характеристика значень мокрого осадження нітрогену	34
3.2. Показники якості дощової води за власними вимірюваннями	37
3.2.1. Зміна показників рН дощової води у с. Тисобикень.....	37
3.2.2. Зміна електропровідності дощової води у с.Тисобикень	38
3.2.4. Зміна електропровідності дощової води в м. Фегердярат	29
3.3. Порівняння результатами	40
ВИСНОВОК	41
РЕЗЮМЕ УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	43
СПИСОК РИСУНКІВ	46
ДОДАТКИ.....	47

BEVEZETÉS

A nehézipar létezése óta az ember különféle módon juttat káros anyagokat a levegőbe. A levegőszennyezés állandó és jelentős környezeti kockázati tényező, amely mindenkit érint az alacsony-, közepes- és magas jövedelmű országokban, s egyre nagyobb figyelmet kap a politikai döntéshozóktól, kik megpróbálják mérsékelni és leküzdeni a környezetre és az emberi egészségre gyakorolt negatív hatásait. A State of Global Air (Világ Levegőjének Állapota), a WHO (World Health Organisation, azaz Egészségügyi Világszervezet egy légszennyezéssel foglalkozó szárnya) 2021-es jelentése szerint a légszennyezettség az 5. vezető közvetett elhalálzási tényező világszerte (Pant et al., 2021),

Hozzájárul olyasmikhez, mint az alultápláltság, az alkoholfogyasztás és a fizikai inaktivitás, ráadásul minden évben több halál van meg levegő által közvetlen okozott betegségekben szennyezésben, mint a közúti sérülésekben.

E munka célja, hogy részletesen megvizsgálja a csapadékkémiai összetételét az Tiszabökény- és Fehérgyarmaton, beleértve a főbb ionkoncentrációkat, a pH-értékek változását, a csapadékvíz savasító és semlegesítő képességét, a nedves lerakódást és a különböző szennyező források hatását, a különböző területek közötti tér-időbeli különbségek és kölcsönhatások jellemzése a földrajzi elhelyezkedés, az éghajlat és a gazdasági fejlettség szempontjából.

I. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. A csapadék, mint természetes és biokémiai jelenség

A részecskék és a csapadék közötti kémiai kapcsolat az elmúlt évtizedekben intenzív kutatás tárgyát képezte, mivel az esővíz kémiai összetétele nagymértékben függ a légszennyező anyagok és a légkörből származó részecskék koncentrációjától, ami a levegő minőségének mutatója, és segít megérteni a különböző légköri szennyezők forrásainak relatív hozzájárulását (KOVÁCS, 2015).

A légszennyező anyagok kiválnak a légkörből **nedves üleptéssel** (nedves depozíció) csapadék útján, valamint **száraz üleptéssel** (száraz depozíció), gázok és szennyező részecskék folytán (Ludányi, 2015, 14. old.). A csapadéknak jelentős szerepe van a légkörben lebegő aeroszol részecskék megkötésében, fenntartva az egyensúlyt a légköri aeroszol részecskék forrásai és nyelői között. Mivel a légköri kémiai lerakódás folyamatosan érinti az érzékeny szárazföldi és vízi ökoszisztémákat, savasodást és a tápanyag-egyensúly megváltozását okozva, a csapadék és a nedves ülepedés kémiai összetételének értékelése nagyon fontos a természettudományok szempontjából (KOVÁCS ET AL., 2012).

Tanulmányok kimutatták, hogy a nitrogén lerakódása megváltoztathatja a tápanyag-egyensúlyt, valamint hozzájárulhat a savas lerakódáshoz, míg az ammónium pozitív és negatív hatással is járhat a termő növények növekedést, illetve az őshonos növénykultúrák szerkezetének. A kén egy fő savanyítószerként ismert, amely erősen befolyásolja a savérzékeny ökoszisztémákat, emellett a kén (S) hozzájárul a higany metilációjához, amely könnyen bejuthat a táplálékláncba, és így bioakkumulációjához vezet. Másrészt a szárazföldi elemek, mint a kalcium (Ca^{2+}), magnézium (Mg^{2+}) és kálium (K^{+}) lerakódása kiegyenlítheti a savasodás negatív hatásait, a talajok és a vízi rendszerek puffer-képességének köszönhetően (GALBÁCS ET AL., 2008).

Az esővíz kémiája intenzív kutatás tárgyát képezte az elmúlt három évtizedben. A légköri csapadék, beleértve az esőt, a harmatot és a havat, a leghatékonyabb módja a szennyezőanyagok eltávolításának a légkörből, melyek a különféle vegyi anyagok, légköri aeroszolak és oldható gázok. A csapadékvíz vegyi anyag-tartalmának és a köztük lévő kölcsönhatásoknak a felmérése betekintést nyújthat a szennyező forrásokba, a szennyező anyagok helyi és regionális

terjedésébe, valamint a környezetre gyakorolt hatásaiba, ezeknek a tanulmányozása segít megérteni a különböző szennyező források (kéreg, tengeri, antropogén (emberi tevékenységből származó), természetes) relatív hozzájárulását a légköri kémiához.

1.2. Légköri lerakódás - száraz és nedves ülepedés folyamata

A légköri lerakódás egy fontos folyamat, amely eltávolítja a gázokat és a részecskéket a légkörből, ugyanakkor a világ számos részén jelentős környezetvédelmi probléma is a természetes ökoszisztémák savasodása és eutrofizációja, a mérgező anyagok és fémek biológiai felhalmozódása, a biológiai sokféleségre, az emberi egészségre és a globális éghajlatváltozásra gyakorolt hatások miatt. Az emberi tevékenység következtében megnövekedett szennyező anyagok koncentrációja a légkörben a szennyező anyagok több légköri lerakódását eredményezi, ami negatív hatással van az emberi egészségre, a terméshozamra, valamint a szárazföldi és tengeri ökoszisztémákra (BEJER, 2011).

Az atmoszférikus alkotórészek, mint az ózon, nitrogén- és kéntartalmú vegyületek és részecskék a természetben előforduló száraz és nedves lerakódási folyamatok révén eljuthatnak a talajba, tengeri és édesvízi testekbe, valamint növényi és állati szövetekbe (LÁZÁR, 2018). A száraz lerakódás a légköri nyomokban lévő gázok és részecskék szabad esése a Földre közvetlenül a légkörből. A nedves lerakódás az a folyamat, amelynek során a légköri gázok a légkörben lebegő vízzel keverednek, majd eső, hó vagy köd által kimosódnak. A savas eső a nedves lerakódás egyik példája, amely károsítja az erdőket, elpusztítja a rovarokat, és a festék leválását, az acélszerkezetek korrózióját, a kőépületek és szobrok időjárását okozza (LUDÁNYI, 2015).

A légköri szennyező anyagok teljes (nedves és száraz) lerakódásának területi eloszlásának és nagyságának megértése globális szinten kritikus fontosságú annak meghatározásához, hogy mely területek, populációk, ökoszisztémák és mezőgazdasági területek a legsérülékenyebbek a negatív hatásaival szemben, és amelyek a leginkább hasznot húznának intézkedések a túlzott szennyezőanyag-terhelés szabályozására (BENCS, 2017).

A Meteorológiai Világszervezet a légköri lerakódások modellezésével és megfigyeléseivel foglalkozó szakértők világméretű közösségét bevonja a teljes légköri lerakódás globális térképeinek kidolgozására, hogy azonosítsa azokat a területeket, amelyek a leginkább veszélyeztetettek, és amelyek számára a legnagyobb hasznot hoznák a túlzott szennyezőanyag-

terhelés szabályozására irányuló intézkedések. Az ökoszisztéma feltérképezésén vagy az élelmezésbiztonságon dolgozó közösségek részt vesznek a felhasználó által kódolt termékek fejlesztésében. A WMO Global Atmosphere Watch (GAW) programjában számos helyen végeznek lerakódási kémiai megfigyeléseket.

1.3. Emisszió, transzmisszió és az immisszió

Emisszió (ε, “kibocsátás”) - az emisszió, azaz kibocsátás kifejezés a levegőbe kerülő vagy különböző forrásokból kibocsátott gázok és részecskék leírására szolgál. A kibocsátások mennyisége és fajtái évről évre változik. Ezeket a változásokat az ország gazdaságában bekövetkezett változások, az ipari tevékenység, a technológiai fejlesztések, a közlekedés és sok más tényező okozza. Az ország légszennyezési szabályozásnak és a kibocsátás-szabályozásnak is van hatása ezekre, többnyire szintjeire (SALMA ET AL., 2012).

A KSH (Magyarország Központi Statisztikai Hivatala) 2020-as “15.1.1.18. Légszennyező anyagok és üvegházhatású gázok kibocsátása [ezer tonna]*”-ról szóló jelentése összefoglalja a légszennyező anyagok kibocsátásának hosszú távú tendenciáit, és mélyreható elemzést ad a folyó évi kibocsátásokról. A jelentés a kibocsátásértékelési és előrejelzési módszereket is tárgyalja. Ez az Európai standartoknak megfelelően főként az emberekre káros kibocsátásokkal foglalkozik. Az emberekre káros szennyező anyagok:

- szén-monoxid (**CO**);
- ólom (**Pb**);
- nitrogén-dioxid (**NO₂**);
- ózon (**O₃**);
- szálló por (PM - *particulate matter*);
- kén-dioxid (**SO₂**).

A kibocsátásnak számos forrása van. Ezeket négy kategóriába sorolták: **pont, mobil, biogén és terület**. A pontforrások közé tartoznak például a gyárak és az elektromos erőművek. A mobil források közé tartoznak természetesen az autók és teherautók, de a fűnyírók, a repülőgépek és minden más, ami mozog és szennyezi a levegőt (GALBÁCS ET AL., 2013).

Transzmisszió (t, “továbbítás”) - a transzmisszió a légkör molekulák- és mikrobák továbbítóképességét jelzi (ZELLES, 2019), ami most a 21. században, a SARS-CoV-2 miatt

rendkívül fontos téma. A WHO világjárványnak nyilvánította egy újszerű koronavírus-betegséget 2019-ben, ami súlyos akut légúti betegségeket okoz. A SARS-CoV-2, COVID-19 vagy csak röviden “koronavírus”, az emberre terjedésének egyik mechanizmusa a cseppek közvetlen kilökődése tüszögés, köhögés és egyéb ember általi biológiai “emisszió” útján, mely légköri-transzmisszió. Általánosan a fertőző vírusok élettelen felületeken több órától néhány napig is fennmaradnak, emiatt a légköri viszonyok transzmisszív képessége fontos.

A jelenlegi szakirodalom kritikai áttekintése, valamint a SARS-CoV-2 terjedése és az érintett régiókban a légszennyezettség közötti kapcsolat előzetes elemzése révén azt a perspektívát kínáljuk, hogy a szennyezett környezet növelheti az ilyen halálos vírusok terjedési arányát mérsékelt vagy mérsékelt területeken. - magas páratartalom. A vizes atmoszférikus aeroszolok kedvező felületet biztosítanak a szerves molekulák és vírusok adszorpciójához/abszorpciójához, kedvező környezeti feltételek mellett elősegítve a nagyobb átviteli sebességet. Ez a mechanizmus részben megmagyarázza a szennyezett levegő szerepét a krónikus légúti betegségek súlyosbodása mellett a vírus gyors terjedésében a lakosság körében (TAMÁS ET AL., 2020).

Immisszió - egy adott időpontban jelen lévő szennyező anyag különböző mértékegységekben mért mennyisége, olyan érték, amelynek határértékét a tudományos ismeretek határozzák meg. Az atmoszféra kulcsszerepet játszik az immisszióban, mivel egy szennyezőanyag kibocsátása során a levegőben fizikai és kémiai átalakulások sorozatán megy keresztül (pl. transzport és diszperzió), amelyek következtében az emisszióknak és az immisszióknak nincs közvetlen kapcsolata (PÁSZTOHY, 2010). A kibocsátások a környezettel való érintkezés eredményeként keletkeznek, ami a talajban, a növényekben és a szervezetekben való tároláshoz vezet. Koncentrációjuk alacsonyabb, mint a kibocsátások koncentrációja, és figyelik az immisszió koncentrációját a városokban.

1.4. A savas csapadék fogalma

Savas csapadék, más néven savas eső vagy savas lerakódás, 5,2-es vagy az alatti pH-értékű csapadék, amely elsősorban az emberi tevékenységből származó kén-dioxid (SO₂) és nitrogén-oxidok (NO_x, NO és NO₂ kombinációja) kibocsátásából származik, fosszilis tüzelőanyagok elégetésével. A sav érzékeny tájakon a savas lerakódás csökkentheti a felszíni vizek pH-értékét és csökkentheti a biodiverzitást. Gyengíti a flórát, és növeli az egyéb stressz

tényezőket, például a szárazságot, a szélsőséges hideget és a kártevők által okozott károokra való hajlamukat. A sav érzékeny területeken a savas esők kimerítik a talajban a fontos növényi tápanyagokat és puffereket, például a kalciumot (Ca) és a magnéziumot (Mg), és a talajrészecskékhez és a közethez kötődő alumíniumot mérgező oldott formában felszabadíthatják. A savas eső hozzájárul a levegőszennyezésnek kitett felületek korróziójához, és felelős a mészkő- és márványépületek, műemlékek leromlásáért (PAPP, 2018).

A savas csapadékot csak az 1970-es évek elején kezdték el elismerni regionális környezeti problémaként, amely Nyugat-Európa és Észak-Amerika nagyobb, iparilag élénk területeit érinti. Savas eső Ázsiában és Afrika egyes részein, Dél-Amerikában és Ausztráliában is előfordul. Globális környezeti problémaként gyakran háttérbe szorul az éghajlatváltozás. Bár a savas esők problémája egyes területeken jelentősen csökkent, továbbra is fontos környezetvédelmi probléma a világ fő ipari és ipari mezőgazdasági régióiban, illetve onnan lefelé (HORVÁTH, 1986).

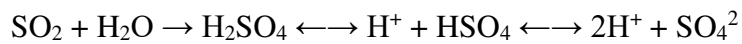
A savas eső népszerű kifejezés a tudományosabb savas lerakódás kifejezésre, amely arra utal, hogy a savasság sokféle módon tud eljutni a légkörből a Föld felszínére. A savas lerakódás magában foglalja a savas esőt, valamint a savas nedves lerakódás egyéb formáit – például havat, ónos esőt, jégesőt és ködöt (vagy felhővizet). A savas lerakódás magában foglalja a savas részecskék és gázok száraz lerakódását is, amelyek száraz időszakokban hatással lehetnek a tájra. Így a savas lerakódás akkor is képes a tájakra és a bennük élő élőlényekre hatni, amikor csapadék nem esik (LAROUSSE, 1993).

A savasság az oldatban lévő hidrogénionok (H^+) koncentrációjának mértéke. A **pH-skála** azt méri, hogy az oldat savas vagy bázikus (DOMOKOS, 2013). Az anyagokat 7-es pH-érték alatt savasnak tekintjük, és minden 7-es pH-értékegység 10-szer savasabb, vagy 10-szer több H^+ -t tartalmaz, mint a felette lévő egység. Például az 5,0-s pH esővíz literenként 10 mikro ekvivalens H^+ -t tartalmaz, míg a 4,0-s pH esővíz literenként 100 mikro ekvivalens H^+ -t tartalmaz.

A normál esővíz gyengén savas, mivel a szén-dioxidot (CO_2) abszorbeálja a légkörből – ez a folyamat szénsavat termel – és a biológiai tevékenység során keletkező szerves savakból. Ezenkívül a vulkáni tevékenység kénsavat (H_2SO_4), salétromsavat (HNO_3) és sósavat (HCl) termelhet az adott vulkánokhoz kapcsolódó kibocsátás függvényében. A savasodás további természetes forrásai közé tartozik a légköri molekuláris nitrogén (N_2) villámcsapás általi konverziójából származó nitrogén-oxidok termelése, valamint a szerves nitrogén erdőtüzek

általi átalakulása. Bármely természetes savasodási forrás földrajzi kiterjedése azonban kicsi, és a legtöbb esetben a csapadék pH-ját legfeljebb körülbelül 5,2-re csökkenti (NUN, 2020).

Az antropogén tevékenységek, különösen a fosszilis tüzelőanyagok (szén, olaj, földgáz) elégetése és a fémércvek olvasztása a savas lerakódás fő okai. Az Egyesült Államokban az elektromos közművek a kén-dioxid közel 70 százalékát és az NO_x-kibocsátás körülbelül 20 százalékát állítják elő. A járművek által elégetett fosszilis tüzelőanyagok a NO_x-kibocsátás közel 60 százalékáért felelősek az Egyesült Államokban. A légkörben kénsav és salétromsav keletkezik, amikor SO₂, illetve NO_x reagál a vízzel. A legegyszerűbb reakciók a következők:



Ezek a reakciók a vizes fázisban (például felhővízben) nedves lerakódási termékeket hoznak létre. Gázfázisban savas száraz lerakódást tudnak előidézni. Savképződés a légkörben lévő részecskéken is előfordulhat (BODONYI ET AL., 2022).

Ahol nagy a fosszilis tüzelőanyag-fogyasztás, és nincs kibocsátás-ellenőrzés s erőfeszítés a SO₂ és NO_x kibocsátás csökkentésére, ott savlerakódások fordulnak elő a kibocsátóforrásoktól hátszélben lévő területeken, gyakran több száz-ezer kilométerre (TÓTH ET AL., 2021). Az ilyen területeken a csapadék pH-értéke évente átlagosan 4,0-4,5, az egyes esőzések pH-ja esetenként 3,0 alá is csökkenhet. Ezenkívül a felhőzet és a köd a szennyezett területeken sokszor savasabb lehet, mint az ugyanazon a területen hulló eső.

Számos légszennyezési és légköri lerakódási probléma összefonódik egymással, és ezek a problémák gyakran ugyanabból az okból, nevezetesen a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből erednek. A savas lerakódás mellett az NO_x- kibocsátás és a szénhidrogén-kibocsátás kulcsfontosságú összetevői a talaj közeli ózon (fotokémiai szmog) képződésének, amely a légszennyezés egyik legelterjedtebb formája. Az SO₂ és NO_x kibocsátás finom részecskéket képezhet, amelyek károsak az emberi légző rendszerre. A szénégetés a légköri higany vezető forrása, amely nedves és száraz ülepedéssel is bejut az ökoszisztémákba. Számos más nehézfém, például ólom és kadmium, valamint különféle részecskék szintén a fosszilis tüzelőanyagok szabályozatlan égetésének termékei. A NO_x- kibocsátásból származó nitrogén savas lerakódása további környezeti problémákat okoz. Például sok tó, torkolat és part menti tengeri rendszer túl sok nitrogént kap a légköri lerakódásból és a szárazföldi lefolyásból. Ez az eutrofizáció (vagy túldúsulás) a növények és algák túlszaporodását okozza. Amikor ezek az organizmusok elpusztulnak és lebomlanak, kimerítik a víztestekben a legtöbb vízi élőlény

számára szükséges oldott oxigénellátást. Az eutrofizációt a tavak, a part menti tengerek és a torkolati ökoszisztémák egyik legnagyobb környezeti problémájának tekintik világszerte (TÓTH ET AL., 2021).

1.4.1. Felszíni vizekre gyakorolt hatás

A savas lerakódás regionális hatásait először Nyugat-Európa és Észak-Amerika keleti részén figyelték meg az 1960-as évek végén s 1970-es évek elején, amikor a folyók és tavak kémiai állapotának változásai - gyakran ipari környezettől távoli helyeken - tagadhatatlanul összefüggésbe hozhatókká váltak a vízi élőlények egészségi állapotának romlásával. mint például a honos hal- és egyéb vízi élet populációjának csökkenésével (KIRCSI, 2020).

Az érzékeny területeken a növekvő mennyiségű savas lerakódás következtében Európában és Észak-Amerikában tavak és patakok tízezrei váltak sokkal savasabbá, mint a korábbi évtizedekben. Sav érzékeny területek azok, amelyek hajlamosak a savasodásra, mivel a régió talajainak puffer kapacitása alacsony, vagy alacsony savsemlegesítési kapacitása (ANC). Emellett a savanyítás során a talajhoz kötött alumínium szabadulhat fel, amely oldott formában a növényi és állati életre egyaránt mérgező lehet (DEMKÓ, 2015).

A talajból nagy koncentrációban felszabaduló oldott alumínium gyakran patakokba és tavakba kerül. A vízi környezetben a savasság növekedésével együtt az alumínium károsíthatja a halak kopolyúit, és ezáltal a légzést. 1970-ről 2015-re több területen is megfigyelték, hogy majd 30%-al csökkent érintetlen vadonok pH értéke (DEMKÓ, 2015).

A magas savasság, különösen a kénlerakódás miatt, felgyorsíthatja az elemi higany átalakulását leghalálosabb formájába: metil-higanyba, amely egy neurológiai toxin (MÜLLER, 2012). Ez az átalakulás leggyakrabban vizes élőhelyeken és vízzel telített talajokon megy végbe, ahol az alacsony oxigéntartalmú környezet ideális feltételeket biztosít a baktériumok általi metil-higany képződéséhez. A metil-higany a táplálékláncban felfelé haladva koncentrációzik az élőlényekben, ezt a jelenséget bioakkumulációnak nevezik.

A fitoplanktonban és zooplanktonban jelenlévő metil-higany kis koncentrációban halmozódik fel az azokat fogyasztó állatok zsírszövetjeiben. Mivel a tápláléklánc magasabb szintjein lévő állatoknak mindig nagyszámú élőlényt kell fogyasztaniuk az alacsonyabbakból, a metil-higany koncentrációja a csúcsragadozóknál, amelyek között gyakran az ember is előfordul, olyan szintre emelkedik, amely káros lehet. A metil-higany biológiai felhalmozódása

a halak szöveteiben a vezető oka a kormány egészségügyi tanácsainak, amelyek az édes- és tengeri vizekből származó halfogyasztás csökkentését javasolják (BORICS, 2015).

Ezen túlmenően a víz savasodása epizodikus lehet, különösen hidegebb éghajlaton. A hótakaróban felhalmozódó kén- és salétromsav gyorsan kimosódhat a kezdeti hóolvadás során, és savas olvadékvíz impulzust eredményezhet. Az ilyen hüvelyesek sokkal savasabbak lehetnek, mint bármely egyedi havazás a tél folyamán, és ezek az események halálosak lehetnek a savra érzékeny vízi szervezetekre az egész táplálékhálózaton.

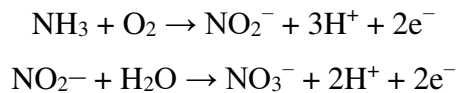
1.4.2. Erdős- és hegyvidéki területekre gyakorolt hatás

Egy 1993-ban, 27 európai országban végzett felmérés a 100 000 vizsgált fa 23 százalékánál tárt fel levegőszennyezetttség károsodást, ami bizonyos esetekben halálozáshoz vezetett. Valószínű, hogy a pusztulás számos tényező eredménye volt, beleértve a savas lerakódást (például a talaj elsavasodása és a pufferkapacitás elvesztése, a mérgező alumínium mobilizálása, a savnak a lombzatra gyakorolt közvetlen hatása), a talaj közeli ózon hatásának, az esetleges túlzott műtrágyázásnak, a nitrogénvegyületek (például nitrátok, ammónium- és ammóniavegyületek) lerakódása, valamint az e tényezők kombinációja által okozott általános stressz. Ha egy fa legyengült állapotba kerül, nagyobb valószínűséggel hódol más környezeti stressz hatásoknak, például a szárazságnak, a rovarfertőzésnek és a kórokozók által okozott fertőzéseknek. Az erdőpusztulás területei gyakran olyan alacsony pufferkapacitású régiókhoz kapcsolódnak, ahol a vízi ökoszisztémák a savas lerakódások miatt is károsodtak (LIKENS - BUTLER, 2020).

A savas lerakódás közvetlen és közvetett módon is szerepet játszik a talaj kémiájának megváltozásában és számos fafaj hanyatlásában. A gyengén pufferolt talajok különösen érzékenyek a savasodásra, mivel jelentős mennyiségű bázikus kation (pozitív töltésű ion) hiányzik belőlük, amelyek semlegesítik a savasságot. A kalcium, magnézium, nátrium és kálium, amelyek a talaj savsemlegesítő képességének legnagyobb részét biztosító bázis kationok, a kőzetek mállásából, valamint a nedves és száraz lerakódásból származnak. Ezen alap kationok némelyike (mint például a kalcium és a magnézium) egyben másodlagos növényi tápanyag is, amelyek szükségesek a megfelelő növényi növekedéshez. Ezeknek a bázis kationoknak a kínálata csökken, mivel semlegesítik a nedves és száraz lerakódásban jelenlévő savakat, és kimosódnak a talajból. Így a korábban bázis kationokban gazdag táj akkor válhat

savérzékenység, ha a talajképződési folyamatok lassúak, és a bázis kationok mállási vagy lerakódási folyamatok révén nem cserélődnek ki (KUGLER, 2014).

A talaj savasodása ott is előfordulhat, ahol magas az ammónia (NH₃) és az ammónium (NH₄⁺) lerakódása. Az ammónia és az ammónium lerakódása H⁺ képződéséhez vezet (ami savasodást eredményez), amikor ezeket a vegyi anyagokat a baktériumok nitráttá (NO₃⁻) alakítják át a nitrifikációnak nevezett folyamat során:



(PAPP, 2008)

Az NH₃ és NH₄⁺ forrásai nagyrészt mezőgazdasági tevékenységek, különösen az állattenyésztés (csirke, sertés és szarvasmarha) termelése. Európában és az Amerikai kontinensen az NH₃-kibocsátás mintegy 80% a mezőgazdaságból származik. Az állati hulladékok párolgása vagy elpárolgása NH₃-t bocsát ki a légkörbe. Ez a folyamat gyakran ammónia lerakódását eredményezi a kibocsátó forrás közelében. Az NH₃ azonban átalakítható szemcsés ammóniummá, amely nedves és száraz lerakódásként szállítható és rakódik le több száz kilométerre a kibocsátó forrástól (KONTSCHÁN, 2010).

A savas lerakódás a talaj kémiájának negatív megváltoztatása mellett kimutatták, hogy néhány fafajt közvetlenül is érint. Egy Egyesült Államokbeli savas eső környezeti hatásáról tett tanulmány szerint az ország keleti részén magasan található vörös lucfenyőfákat (*Picea rubens*) károsítják a savak, amelyek kimossák a kalciumot a tűik sejtmembránjából, így a tűlevelek érzékenyebbek a téli fagyás okozta károkra. A károk gyakran a hegyvidéki régiókban a legnagyobbak, mivel ezeken a területeken gyakran több savas lerakódás történik, mint az alacsonyabban fekvő területeken, és a téli környezet szélsőségesebb. A hegyvidéki régiók erősen savas felhő- és ködvíznek vannak kitéve, más környezeti terhelésekkel együtt. Ráadásul a vörös lucfenyőt károsíthatja a talajban megnövekedett mérgező alumínium koncentráció. Ezek a folyamatok csökkenthetik a fa gyökereinek tápanyagfelvételét. A cukorjuhar (*Acer saccharum*) populációja is csökken az Egyesült Államok északkeleti részén és Kanada keleti részén. Ebben a csökkenésben szerepet játszik a savas lerakódásból származó magas talaj alumínium- és alacsony talajkalcium-koncentrációja. Ezen a területen a savas lerakódás negatívan befolyásolja a nyárfát (*Populus*), a nyírt (*Betula*) és a kőris (*Fraxinus*) (LIKENS - BUTLER, 2020).

Egyes tudósok azzal érvelnek, hogy a savas lerakódás befolyásolhatja egyes régiók geológiáját. Egy 2018-as tanulmány, amely a 2009-es délnyugat-kínai Jiweishan földcsuszamlást vizsgálta, azt feltételezte, hogy a savas eső gyengítette azt a palaréteget, amely elválasztotta a fent vízadó réteget tartalmazó kőzetrétegeket az alatta lévő bányát tartalmazó kőzetrétegektől, ami miatt nagy mennyiségű kőzet csúszott le a hegyoldalba, és 74 embert megölt (CAPERTON, 2018).

1.4.3. A savas csapadék faunára gyakorolt hatása

A savas eső olyan körülményeket teremt, amelyek veszélyeztetik a vízi élőlények túlélését. Az ízeltlábúak és a halak elpusztulnak olyan vízben, amelynek pH-ja 5-nél kisebb. A kétélűi tojások savasságra való érzékenysége hozzájárul ezek csökkenéséhez. Míg a normál tavak 9-16 zooplanktonfajnak adnak otthont, a savas tavak csak 1-7 fajt tartanak fenn (NUN, 2020). Az alacsony pH víz kopoltyúkárosodást is okoz a halakban, és elpusztítja a halembriókat. Wolosz szerint a reprodukciós kudarc az elsődleges módja annak, hogy a savas eső az állatok kihalását okozza a vízi rendszerekben. Egyes érintett halak kalciumszintje alacsony, ami befolyásolja a szaporodási fiziológiát, és néhány nőtény nem is bocsát ki petesejteket a párzási időszakban, a savas tavakban. Továbbá, mivel a savas vízben megemelkedik a szén-dioxid szintje, a vér szén-dioxid szintje is növekszik; így az oxigénfogyasztás nő és a növekedés üteme csökken az állatfajokban. Ezenkívül a csontok vízkötelenednek a megnövekedett szén-dioxid miatt, ami az állatokban deformációt okoz (PÉTER, 2016).

A savas esők közvetve komoly hatással vannak szárazföldi állatokra, például emlősökre, amelyek táplálékforrásaik az állatoktól, például a halaktól függenek. Tanulmányok megállapításai szerint a talajértékek változása a savas esők miatt szárazföldi állatok sorának populáció-csökkenését okozzák, és néha teljesen kiiktatják a fajokat, ami viszont csökkenti a biodiverzitást. Ha a tápláléklánc egy része megzavarodik, az kihat a lánc többi részére is. A biológiai sokféleség csökkenése más fajokat is érint, amelyek táplálékforrásként ezekre az állatokra támaszkodnak. Például amikor a halpopulációk kimerülnek bizonyos tavakban, az emlősöknek, mint a medvék, vagy akár az embereknek, akik ezeket a halakat eszik, alternatív táplálékforrást kell találniuk; a jelenlegi környezetükben már nem tudnak túlélni (MÉSZÁROS - SCHWEITZER, 2002).

Gyakrabban tapasztalható, hogy radikális betegségeket és immunproblémák lépnek fel, amennyiben állatok, akár háziállatok is vadonban, nem kontrollált területen étkeznek vagy csak akár szabadban játszani a háziállatok számára manapság.

1.4.4. A savas csapadék és utóhatásainak hatása az emberi szervezetre

- **A savas eső közvetlen hatása az emberre**

Míg a sav hajlamos a fémeket és más anyagokat feloldó korrozív vegyszerek képzetét idézni, a savas kicsapódásnak nincs közvetlen hatása az emberi egészségre. A savas eső pH nem elég savas ahhoz, hogy megégesse az emberi bőrt. Bár a savas eső nem égeti meg a bőrt, számos közvetett egészségügyi hatással jár (LÓNYI, 2016).

- **A savas eső közvetett hatásai**

Minden összefügg a levegő minőségével. Míg a savas eső nem károsíthatja közvetlenül az embert, az azt létrehozó kén-dioxid (CO₂) egészségügyi problémákat okozhat. Pontosabban, a levegőben lévő CO₂ részecskék krónikus tüdő problémákat, például asztmát vagy hörghurutot okozhatnak. Ezenkívül a savas esőt létrehozó nitrogén-oxidok elősegítik a talaj közeli ózon képződését. Míg a magasan lévő, földfeletti ózon segít blokkolni az ultraibolya sugárzást, a talajszintű ózon súlyos tüdőproblémákat, például krónikus tüdőgyulladást vagy tüdőtágulást okoz (MÉSZÁROS - SCHWEITZER, 2002).

Amikor savas eső hullik tengerszint feletti magasságban, a savas eső sűrű savas ködhez vezetnek, amely alacsonyan lóg, befolyásolja a láthatóságot, és irritálja a szemet és az orrot. A savas esők levegőminőségre gyakorolt hatásai mellett a savas esők a környezet egyensúlyát is nagymértékben befolyásolják. A közvetlenül a fákra és növényekre hulló savas eső károsíthatja őket. A savas esők lefolyása kioldja a talajból az ásványi anyagokat, például az alumíniumot, ezáltal csökkenti a pH-t és savassá teszi a talajt. A savas talaj káros a növények növekedésére, és káros betakarítást eredményez.

Amikor a savas lefolyás tavakba, folyókba és tengerekbe áramlik, megzavarja ezeknek a vízi ökoszisztémáknak az egyensúlyát, és a vízi szervezetek sérülését vagy akár halálát okozza. Emberi szemszögből a vízi ökoszisztémák egyensúly-hiánya káros hatással van a halászati ágazatra, az ivóvízre és más, emberileg nélkülözhetetlen vízzel kapcsolatos tényezőkre, de ugyanakkor egyes országokban olyan súlyos lehet a víz-savasság problémája, hogy tisztító

intézkedések nélkül ember számára abszolút használhatatlan bármilyen interakcióra (HORVÁTH, 1986).

1.5. A szmog és típusai, mint a magas káros anyag koncentráció közvetlen eredménye

A szmog olyan légszennyeződési jelenség, amely ködféleként csökkenti a láthatóságot. A "szmog" kifejezést először az 1900-as évek elején használták a füst és a köd keverékének leírására. A füst általában szénégetésből származott. A szmog gyakori volt az ipari területeken és nagyvárosokban.

Ma az általunk látott szmog nagy része "fotokémiai" szmog. Fotokémiai szmog akkor keletkezik, amikor a napfény nitrogén-oxidokkal és legalább egy illékony szerves vegyülettel (VOC - *volatile organic compound*) reagál a légkörben. A nitrogén-oxidok az autók kipufogógázaiból, a szén erőművekből és az egyéb gyári kibocsátásokból származnak, VOC pedig benzinből, festékekből és számos tisztító oldószerből szabadulnak fel. Amikor a napfény eléri ezeket a vegyi anyagokat, levegőben lévő részecskéket és talaj közeli ózont vagy szmogot képeznek.

A szmog egészségtelen az emberek- és állatok szervezetére, valamint egyes növény típusokra egyenesen pusztulás-veszélyes, illetve jellemzően a szmog barnává vagy szürkévé teszi az eget. A szmog gyakori a nagyvárosokban, ahol nagy az ipar és a forgalom, ezáltal magas a nitrogén-oxid emisszió. Természeti domborulatokkal körülvett medencékben található városoknak különösen szmog problémái lehetnek, mivel a szmog a csak szél által tud szétterjedni, ezáltal ha nem tud szétterjedni, egy helyben reked.

A szmog egy olyan jelenség, amely több tényező eredménye, és ezért meglehetősen kiszámíthatatlan lehet. Annak ellenére, hogy az ismerete az elmúlt néhány évtizedben megnövekedett, nem ritka, hogy összetévesztik a szokásos köddel. A szennyező részecskéket érzékszerveink nem mindig érzékelik, mivel lehetnek általános érzékszervek számára néhol megkülönböztethetetlen, szagtalanok és színtelenek. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ez nem befolyásolja az egészségünket. Valójában ennek súlyos következményei lehetnek, a légúti problémáktól a szívbetegségekig.

A WHO statisztikái szerint 1998 óta növekvő trendben évente több mint 6,5 millió ember hal meg a levegőszennyezéssel összefüggő egészségügyi problémák következtében. Ez jól mutatja a probléma nagyságát, és megmagyarázza, hogy a levegőminőség javítására irányuló

lépéseket miért kell prioritásként kezelniük a kormányoknak. Szükséges továbbá az állampolgárok oktatása és személyes intézkedések megtételére való ösztönzése.

A szmog fajtái:

- **Kénes szmog (London szmog)**

Eredetileg a szmog maga London városának légszennyeződésének jellemzésére lett kitalálva. A kifejezés maga az angol *smoke* (füst) és *fog* (köd) szavakból származik. A kifejezést először 1905-ben, Harold Antoine Des Voeux használta, hogy leírja a légköri viszonyokat számos brit város felett, 1911-ben. Des Voeux és Sir Samuel Squire Sprigge a Nagy-Britannia Füstcsökkentő Liga Manchesteri Konferenciájának készített jelentése tette népszerűvé az 1909 őszen Glasgow-ban és Edinburgh-ban bekövetkezett több mint 1000 "füstködös" haláleset hatására. Ez a fajta légszennyezés a szén elégetése, az ipari tevékenységből származó részecskék felhalmozódása és a hőmérséklet csökkenése következtében alakul ki. A szennyező részecskék a hideg levegővel keveredve sűrű ködöt képeznek, amely jelentősen rontja az általános levegőminőséget. A kénes szmogot a kén-dioxid, a nitrogén-dioxid és a por magas koncentrációja jellemzi. A londoni szmog általában a hidegebb hónapokban jelenik meg, amikor a kén koncentrációja a levegőben.

- **Fotokémiai szmog (Los Angeles szmog)**

Ez a fajta szmog a szubtrópusi szférára jellemző, de van néhány kivétel. Érdekes módon gyakran megjelenik olyan lengyel városokban, mint Krakkó és Varsó, amelyekről ismert, hogy kéntartalmú szmogtól szenvednek. Főleg a nyári hónapokban alakul ki, amikor a hőmérséklet eléri a magas szintet. A Los Angeles-i szmog főként szén-oxidokból, nitrogén-oxidokból és szénhidrogénekből áll.

A légszennyezés e két típusát okozó tényezők eltérőek. Éppen ezért a megelőzési stratégiákat az adott város sajátosságaihoz kell igazítani. Mindazonáltal néhány intézkedés univerzális, és mind a levegőminőség, mind a városlakók kényelmét szolgálja. A tömegközlekedés fejlesztése, a kerékpárút-beruházás, az elektromos járművek bevezetése, a központi zónák autók előtti lezárása olyan döntések, amelyek utat nyithatnak a tisztább levegő felé (MÜLLER, 2015).

II. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

2.1. A vizsgált területek bemutatása

Tiszabökény Nagyszőlőstől 20 km-re délnyugatra, Beregszásztól 25 km-re délkeletre, a Tisza bal partján fekszik. 1971-ben Tiszafarkasfalvával egyesítették, korábban Tiszapéterfalvához tartozott. Tiszabökény jelenleg még négy faluval egyetemben – Forgolány, Tivadar, Tiszafarkasfalva, Péterfalva – a Péterfalvai Polgármesteri Hivatal közigazgatása alá tartozik. Lakosainak száma összesen 5200 körüli a friss adatok szerint.

A falu nevét 1230-ban Buken néven említette először oklevél. A falu a Tiszahát egyik legrégebbinek tartott települése, melyet az írásos adatok elsőként említettek Ugocsa megye kishemesi falvai közül. A 15. században a falu birtokosai a Bökényiek voltak, majd a Bay család birtoka lett a falu. A falut 1717-ben a tatárok pusztították el, ezután ruszinokkal telepítették be. Fényes Elek leírása 1851-ből: "Bökény, magyar falu, Bereg-Ugocsa vármegyében, közel a Tiszához, 64 római, 292 görögkatolikus, 186 református, 11 zsidó lakja, református és görögkatolikus anyatemplommal, fekete termékeny határral. Erdeje nincs, csak bokros helyei... Út. p. Nagy-Szőlős." 1910-ben 866, túlnyomórészt magyar lakosa volt. A trianoni békeszerződésig Ugocsa vármegye Tiszántúli járásához tartozott 2600 lakosából 2550 magyar nemzetiségű.

Kárpátalja klímája mérsékelt övi, nedves kontinentális, azonban a domborzati viszonyok miatt eléggé változatos, mely folytán az éghajlati viszonyok változó minőségben jelennek meg az egyes területeken. A Kárpátaljai-alföldön és a hegyvidéki folyóvölgyek alsó szakaszán a mérsékelt kontinentális hatás érvényesül, viszonylag nagy mennyiségű csapadékkal, a hegyvidéken pedig hűvösebb, nedvesebb, változékonyabb hegyvidéki klíma a jellemző.

A hőmérséklet a tengerszint feletti magasságtól függően változik. Sík területeken, a vulkáni zóna nyugati lejtőin, az Ung és a Latorca völgyében az átlaghőmérséklet 9,5°C, 1000 méteres magasságban ~5°C, 2000 méteres magasságban pedig ~0°C, fagyáspont körül ingadozik. A legmelegebb hónap a július, az átlaghőmérséklet a síkságon és a völgyekben 20-24°C, a hegyekben 8-19 °C. A leghidegebb a január, a Tisza szintjén -3-4°C, a hegyvidéken -5 és -6°C az átlaghőmérséklet. Abszolút maximumok 36 és 41°C, abszolút minimumok -32°C. Az abszolút hőmérséklet-ingadozás a teljes területen 68-70°C.

A hegyekben naponta ingadozik a hőmérséklet (10-15°C). A hőmérséklet különbség nyáron sokkal nagyobb, mint télen. Nyáron- s ősszel a szokásos reggeli hőmérséklet 6-8°C, s tavakon, folyókon harmat helyett gyakran szikrázó havat lehet látni a fűvön. Nem túl ritka nagy hőmérséklet-ingadozások is, mint akár 10 °C eltérés is, de előfordul, hogy a nagy melegben (26-27°C) hirtelen beborul, gyorsan esik az eső, és néhány percre cseppszerűen csökken a hőmérséklet, akár 15-20°C-kal lejjebb. Mély völgyek és mélyedések szélesednek ki a hegyekben, állati a hideg praver miatt a beléjük jutó trisvom városai alatt. A meleg évszak több mint 9 hónapig tart. A sarki eredetű függő légtömegek fagyokat okoznak, az ősz általában meleg, száraz és napos.

A csapadék mennyisége nyugatról keletre nő az időjárási viszonyoknak megfelelően. A Kárpátaljai-alföld peremén 600-700 mm-re, a felvidéken 1000-1500 mm-re esett le az éves csapadék. A belső völgyekben 700-800 mm csapadék hullik. Az éves csapadékmennyiséget a nyári maximum és a téli minimum jellemzi. A hótakarós napok száma a hegyekben 80-160 között változik, a síkvidékeken azonban csak 25-30 körül mozog. A hótakaró vastagsága a vulkáni zónától nyugatra 30-40 cm, a hegyekben jóval vastagabb. A legtöbb helyen meghaladja az 1 métert, a homokos zóna legmagasabb pontjain eléri a 150-200 cm vastagságot is.

Fehérgyarmat város Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, a Fehérgyarmati járás székhelye. Fehérgyarmat a Szamos hat tradicionális központja, a Szamos keleti partján fekszik a járás nyugati részében.

A települési hierarchia szerint Fehérgyarmat mezocentrumnak minősül, városkategória alapján kisváros, azonban megyei viszonylatban véve is középvárosként azonosítható (a megye 9. legnagyobb lélekszámú települése). A város megyei jelentőségét mutatja, hogy Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területfejlesztési koncepciója a települést járásközpontként definiálja. Fehérgyarmat járási székhely és a járási igazgatási, oktatási, kulturális és gazdasági központi szerepből adódóan, népességszámához képest, rendkívül funkciógazdag település Szabolcs-Szatmár-Bereg megye keleti részén, a Szatmári-síkságon, a Szamos folyó jobb partjához közel fekszik. A szomszédos települések: észak felől Kisar [bár a két település területe nem érintkezik], északkelet felől Nagyar, kelet felől Penyige, délkelet felől Cégénydányád, délnyugat felől Fülpsödaróc és Géberjén, nyugat felől Tunyogmatolcs és Nábrád. A környék fontosabb települései közül Tiszabecs 28,5, Penyige 4, Tarpa 11, Tunyogmatolcs 5, Cégénydányád 6,5, Zsarolyán pedig 7,5 kilométer távolságra található.

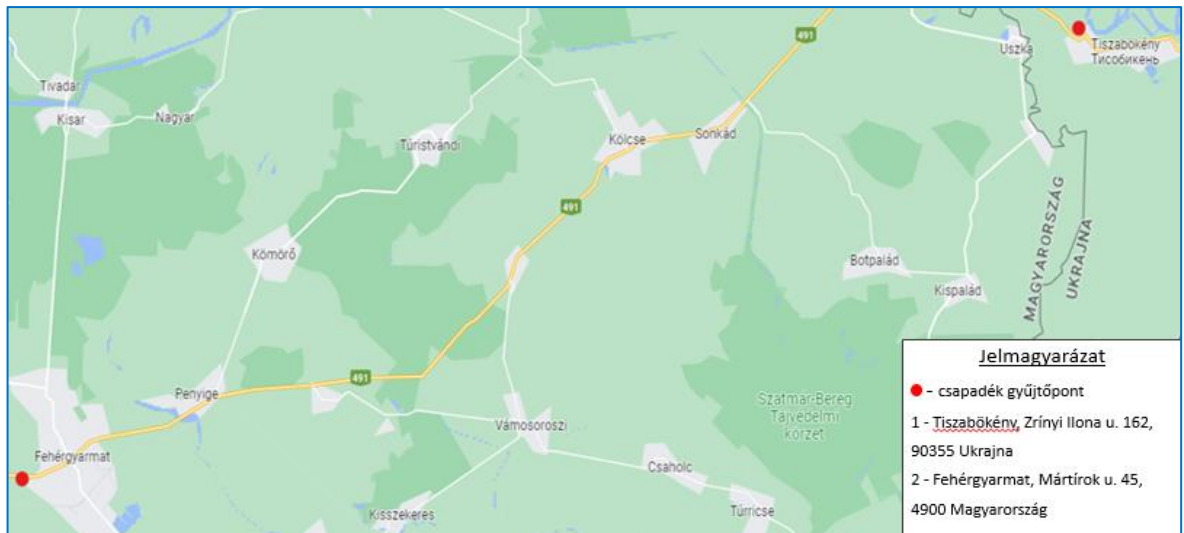
Fehérgyarmatot honfoglaló magyarság Gyarmat törzsének harcosai alapították, feltehetően a XI. században. Nevét a XIV. század első harmadában említették először írott forrásban. Már első birtokosai uradalmuk gazdasági központjává fejlesztették.

A város lakóinak jelentős része a XVIII. századra kollektív kiváltságot élvező nemes ember volt. 1850-től járási székhely lett, aminek eredményeképpen megindult a polgári fejlődés útján. 1898-ban megépült a Fehérgyarmatot Szatmárnémetivel összekötő vasútvonal. A település mai képe is ekkor kezdett kialakulni, s fejlődése töretlenül tartott egészen a trianoni békeszerződésig, amikor Erdéllyel és Kárpátaljával megszakadtak a kapcsolatai. 1978-ban kapott városi rangot az 1970-es árvíz során jelentős károkat szenvedett település. Ennek az árvíznek "köszönheti" az utána következő újjáépítést és a beköltözések révén bekövetkezett népességgyarapodást is.

2.2. A csapadékvíz gyűjtése és kémhatásának meghatározása

2022 novembere és 2023 február között 72 esővízmintát gyűjtöttem Fehérgyarmat és Tiszabökény területén. Ezen esővízminták pH értéke és az elektromos vezetőképessége meghatározásra került, vizsgálva, hogy az utóbbi években ezen adatok mennyit változtak, s ezeknek potenciális okát is szemügyre veszem. A következőkben bemutatásra kerülnek a mintavételek helyszínei.

Terület kiválasztása érdekében sok befolyásoló tényező van, melyet érdemes figyelem venni. A csapadék-mintavételt a következő paraméterek befolyásolják: a szél iránya és sebessége, a levegő hőmérséklete és páratartalma, valamint a mintavételi hely topográfiai és geológiai adottságai. A csapadékgyűjtő edények elhelyezése (2. ábra), ezek folyamatos ürítése és tisztán tartása sok feladatot igényel.



1. ábra. A csapadék vízminták gyűjtőhelyei (saját szerkesztés)

- A mintavételt 150 cm magasságban kell végezni.
- A mintavétel időtartama igen gyakran néhány órától egy napig terjed.
- A begyűjtött csapadékminta pH értékének meghatározása (KOLOZSVÁRI ET AL., 2020).

A csapadékvíz gyűjtése során megoldandó feladatok alábbiak:

- Gyűjtés
- Tárolás
- Szállítás
- Kémhatásának meghatározása
- Vezetőképesség meghatározása
- Adatok feljegyzése



2 ábra. Csapadékgyűjtés (saját készítésű kép)

A lehulló csapadékot minél hamarabb ki kell üríteni a gyűjtőedényből. Tárolása és szállítása érdekében másik edénybe (3. ábra) (csavarós kisebb üveg, műanyag palack) való át tévése, melyet előtte fertőteleintettünk és desztillált vízzel többször is ki öblítettünk. A gyűjtőedények fertőteleintése és desztillált vízzel való többszeri öblítés egy fontos procedúra a pontosabb eredmények érdekében. Majd a gyűjtőedény vissza tettele amennyiben ez szükséges, hiszen az időjárás előrejelzések által ez könnyen kivitelezhető.



3. ábra. Begyűjtött csapadékvíz tárolása (saját készítésű kép)

A begyűjtött csapadék pontosabb eredmény érdekében ajánlatos minél hamarabb végez vinni. Ehhez a folyamathoz a Multi 9620 IDS (4. ábra) eszközt használtuk.



4. ábra. Csapadék pH és vezetőképesség mérése (saját készítésű kép)

Minden pH-mérőnek van egy elektródja. Az elektród belsejében található úgynevezett referencia cella. Az elektród elektromos áramot generál, a pH mérés az elektród hegyén történik meg mért töltésmennyiség és a referencia oldat közötti különbség meghatározásán alapszik. Az elektródot, általában évente cserélni kell a pontosabb mérés és hiba elkerülése végett. A mérőműszer felelős a mérőcella által mért feszültségérték feldolgozásáért, ez alapján határozza meg a pH-értékként kifejezett mérési eredményt. A vizsgált minta fontos mivel ez biztosítja a kapcsolatot az érzékelő elektród és a referencia között. Ez a kapcsolat az egész mérőrendszer működésének alapja (HANNA INSTRUMENTS, 2023).

2.3. A felhasznált csapadékszennyezettség adatbázisok bemutatása

Vizet gyűjteni, laboratóriumba elvégezni a csapadék minták pH mérését, de ezeken kívül szükséges egy viszonyítási pont, amiből megtudjuk állapítani, hogy a jelenlegi, 2022-es adatok mennyivel eltérők korábbi évek adataitól, megvizsgálva a trendeket, illetve lehetséges okokat.

Szerencsére, a modern korban a fejlődő országok vezetnek országos kémiai-meteorológiai statisztikákat, hasonló tényezőkről, mint a csapadékvíz gyakorisága, kémiai összetétele, stb. Ezen kormány portálok tipikusan publikusan elérhetőek, s ezeket felhasználva viszonyítási pontot nyerünk egyes tényezők történelmi mivoltáról.

Évfolyammunkám változtatott illetve jóváhagyott célja az OMSZ teljes nevén Országos Meteorológia Szolgálat által feltüntetett adatok összegyűjtése. Ezeknek az adatoknak az összegyűjtésre három mérőállomás értékeit foglaltam össze Excel táblázat segítségével.

Az OMSZ meteorológiai adat-, információgyűjtő és elemző szervezet, amely az utóbbi évtizedekben egyre inkább információszolgáltató szervezetté is vált. Ennek megfelelően a Szolgálat Magyarország területén jelenleg ezeknek a rendszerek működtetését végzik:

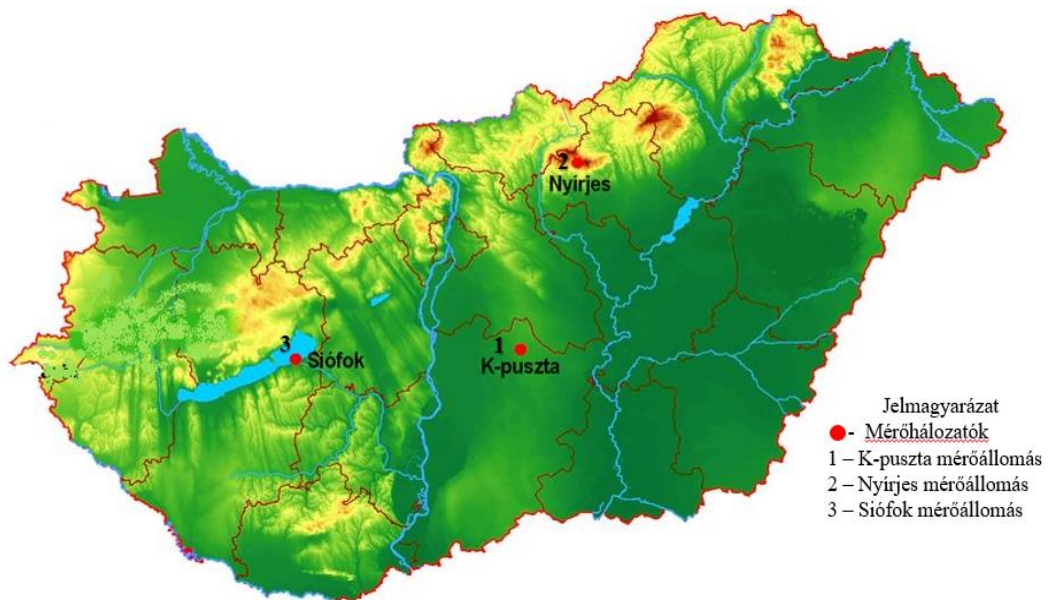
- Szinoptikus mérő- és észlelő hálózatot
- Magas légköri rádiószondás mérések
- Meteorológiai radarhálózatot
- Villámlokalizációs-rendszer

Az intézet biztosítja ezen információk begyűjtését, ellenőrzését, feldolgozását, a meteorológiai adatbázis fenntartását, folyamatos feltöltését. Időjárási elemző és előrejelző tevékenységet is végez, amelyhez nemzetközi előrejelzési központokban elérhető legkorszerűbb előrejelzési produktumokat és saját futtatású előrejelzési modelleket használ fel

a hiteles és helyes információ közlésében. Tevékenységek eredményes végzéséhez szükséges az információk cserélésére, aminek következtében fenntartja és fejleszti a Meteorológiai Világszervezet (WMO) és a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) által koordinált telekommunikációs csatornák magyar szakaszát is.

Valamint az OMSZ gondoskodik Magyarország meteorológiai adatainak a nemzetközi távközlési rendszerbe való beadásáról és a Magyarországot érintő adatok elvételéről és annak feldolgozásáról. A felsorolt feladatok magas szintű ellátások érdekében, valamint a helyes információ közlései miatt az OMSZ kutató-fejlesztő tevékenységet is végez. Az intézet élet-és vagyonvédelmi tevékenységeket lát el: időjárás-katasztrófa - előrejelzés, balatoni és velencei-tavi viharjelzés, vegyi- és nukleáris szennyeződés terjedésének előrejelzése, biztosítja az együttműködését a meteorológiai kiszolgálását (polgári repülés, vízűgy, katasztrófavédelem) intézetekkel. Valamint ezeken kívül kereskedelmi jellegű szolgáltatási tevékenységet is végeznek.

Évfolyammunkám jövőbeli célja az OMSZ által begyűjtött adatok összehasonlítása a saját adataimmal. Az OMSZ három mérőpontjának elhelyezkedése az alábbi ábrán látható.



5. ábra. Az OMSZ légszennyezettség mérőállomásainak elhelyezkedése

K-puszt mérőhálózat Magyarországon található Beregszásztól 311 km-re. Ez a mérőállomás adatai alapján teljesítik a nemzetközi adatszolgáltatási kötelezettségeket. Valamint a mérőhely tagja a Meteorológiai Világszervezet és az EMEP hálózatának.

Nyíres mérőhálózat Magyarországon található Beregszászt tekintve körülbelül 85-95 km-re helyezkedik. Az Északi-középhegység légszennyezettségéről ad képet.

A siófoki meteorológiai állomás Magyarországon található és körülbelül 435 km-re található Beregszásztól. Ezen a területen csapadékminta-vételek folynak, elsősorban a Balatonba történő ülepedés megfigyelése céljából.

Az évfolyammunka feldolgozása a következő részekben alapult. Az irodalmi részt, könyvek illetve internetes források alapján dolgoztam ki. Az adatokhoz az OMSZ weboldal feltüntetett diagramjai alapján jutottam hozzá. Az intervallum a 2014-2022 évig terjed. Az alábbi adatokat vettem szempontul:

- Csapadékvíz pH értéke - különböző átlagainak az értékelése K-pusztá, Nyíres és Siófok területén.
- Kén nedves ülepedése - különböző átlagainak az értékelése (mg/m^2) K-pusztá, Nyíres és Siófok területén.
- Nitrogén nedves ülepedése - különböző átlagainak az értékelése (mg/m^2) K-pusztá, Nyíres és Siófok területén.
- Az eredmények feldolgozása érdekében ezeket a módszereket használtam: Microsoft Excel program segítségével készítettem el a szükséges ábrákat az adatok értékeléséhez, melyek a következők lettek:
 - A csapadékvíz minőségének változása 2014 és 2022 között;
 - A csapadékvíz pH évi átlagainak a változása 2014 és 2022 között (K-pusztán, Nyíresen és Siófokon);
 - A csapadékvíz pH havi átlagainak változása 2014-2022 között K-pusztán, Nyíresen és Siófokon);
 - Kén nedves ülepedése (mg/m^2) változása 2014 és 2022 között;
 - Kén nedves ülepedése (mg/m^2) évi átlagainak a változása 2014 és 2022 között (K-pusztán, Nyíresen és Siófokon);
 - Kén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak változása 2014-2022 között K-pusztán, Nyíresen és Siófokon);
 - Nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2) változása 2014 és 2022 között;
 - Nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2) évi átlagainak a változása 2014 és 2022 között (K-pusztán, Nyíresen és Siófokon);

- Nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak változása 2014-2022 között K-pusztán, Nyíresen és Siófokon);

Magyarország kormánya extenzív környezetvédelmi programot vezet, melyben az adatok egy központosított számítógépes adatbázisba kerülnek úgy, hogy a méréseket végző és a jelentett adatokat feldolgozó Környezetvédelmi és Természetvédelmi Felügyelőségek közvetlenül továbbítják az adatokat a Földművelésügyi Minisztérium által üzemeltetett központi adatbázisba. Ez a rendszer az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, azaz "OKIR" rövidítve. A környezetvédelmi, természetvédelmi, vízvédelmi intézkedéseket és feladatokat ellátó közigazgatási szervek bőséges környezeti adatot halmoztak fel a környezet terhelésére és a környezet állapotára vonatkozóan. Ezek egy része a területi felügyelőségek saját mérési adatai, más része pedig a környezethasználók jogszabályi előírás szerinti adataiból származik.

III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1. A csapadékvíz-minőségi mutatói 2014-2022 között

3.1.1. A csapadékvíz minőségi mutatóinak változása

Az OMSZ meteorológiai adat-, információgyűjtő és elemző szervezet, amely az utóbbi évtizedekben egyre inkább információszolgáltató szervezetté is vált. Ennek megfelelően a Szolgálat Magyarország területén jelenleg ezeknek a rendszerek működtetését végzik:

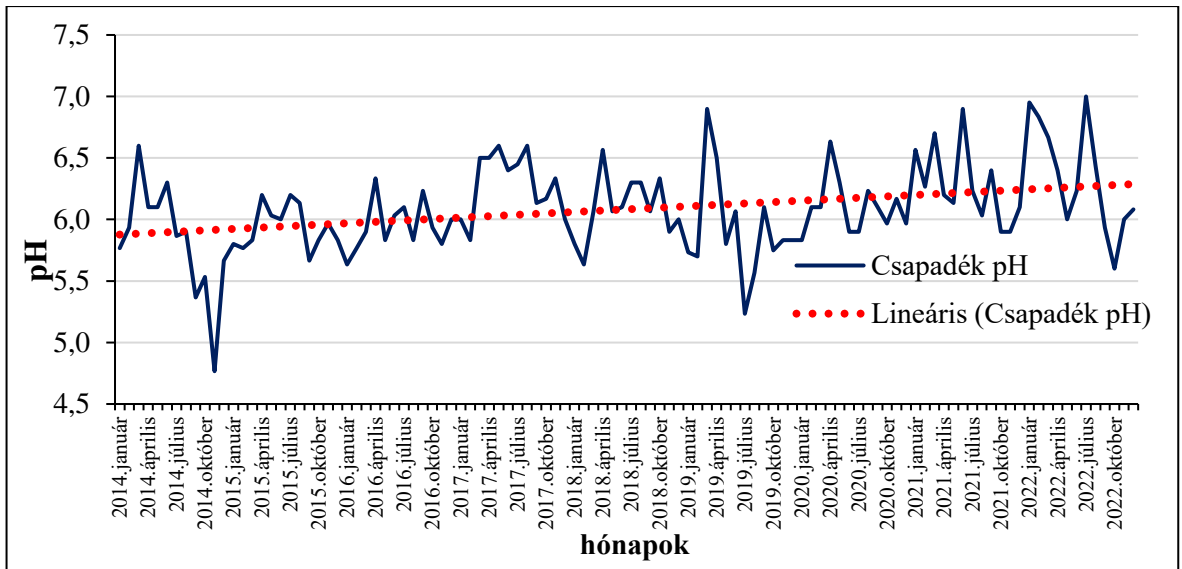
- Szinoptikus mérő- és észlelő hálózatot
- Magas légköri rádiószondás mérések
- Meteorológiai radarhálózatot
- Villámlokalizációs-rendszer

A következő részben feldolgozásra kerül K-pusztai, Nyíresi és a Siófoki mérőállomások adatai. Az intervallum 2014- 2022 időszak, ahol táblázatok segítségével részletesebb leírását kaphatunk a csapadékvíz állapotáról.

3.1.1. A csapadékvíz pH mutatóinak változása

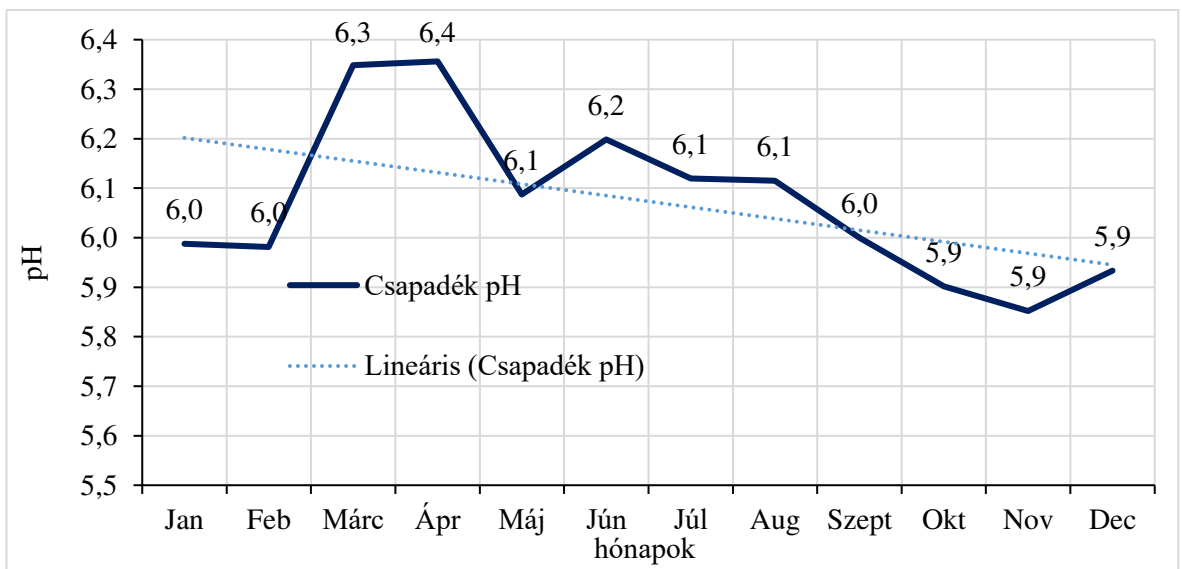
Látható a három mérőállomásnak a csapadékvíz pH értékének grafikonja (6. ábra) a 2014-2022 időszak között hónapokra lebontva. Megfigyelhető 2014-es évtől kezdve a csapadék víz változása kisebb emelkedése. Az adott intervallumban a csapadékvizek: átlaga: 6,0; minimuma: 4,8 pH érték (2014. november); maximuma: 6,9 pH érték (2019. március).

A növekvő trendvonal a 7,0-ás pH értékhez közelít, mely azt jelenti, hogy országosan a csapadékvíz havi átlagai egészségesebb esővizet produkál, mely egészségesebb környezetet is.



6. ábra A csapadékvíz pH havi átlagos értékeinek sokéves menete 2014-2022 között

A 7. ábrán látható a 8 éves összevont pH érték-alakulások. Ezt nézve a trendvonal egy nagyon enyhe csökkenő trendet mutat, de tényleg csak enyhét. Ez más képet mutat, mint a 6. ábrán lévő növekvő trendvonal, viszont ez magyarázható egy



7. ábra A csapadékvíz pH havi átlagos értékei 2014-2022 között

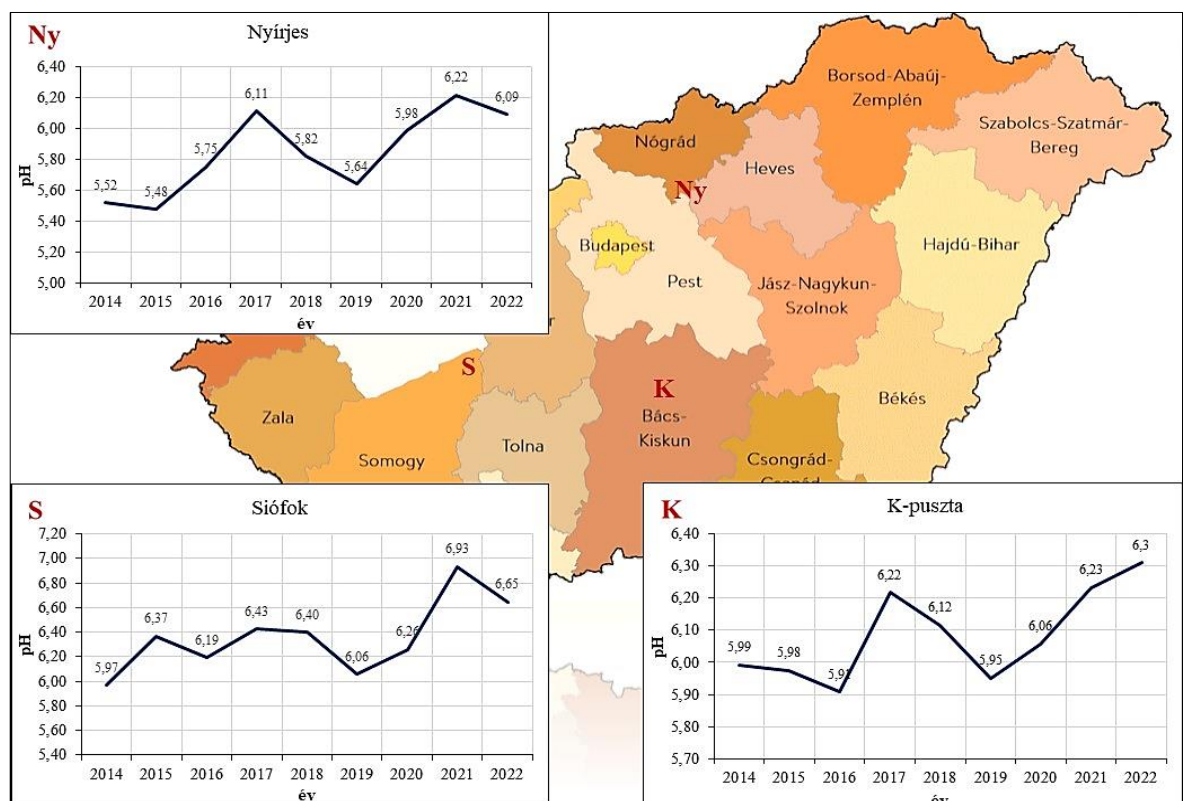
A 8. ábra összehasonlítja a 3 terület eredményeit, s radikálisan változó értékeket kapunk. Siófok adja a legstabilabb érték-hullámot, de Nyírjes és K-pusztá egy hullámvasút, radikálisan

csökkent majd felugró értékekkel, melyből arra lehet következtetni, hogy a Közép-Dunántúl a legstabilabb régió a három között.

A következő ábrán pedig az adatok alapján K-pusztán a pH 7 alatt van, ami a csapadék savasságára utal. K-pusztá mérőállomás csapadékvíz pH évi értéke: átlaga: 6,0; minimuma: 5,9 (2016); maximuma: 6,2 (2017).

Nyíresen a pH 7 alatt van, ami a csapadék savasságára utal. K-pusztá mérőállomás és Nyíres mérőállomás grafikonja sok hasonlóságot mutat elemben Siófoki adatokkal. Nyíres mérőállomás csapadékvíz pH évi értéke: átlaga: 5,7; minimuma: 5,4 (2015); maximuma: 6,1 (2017).

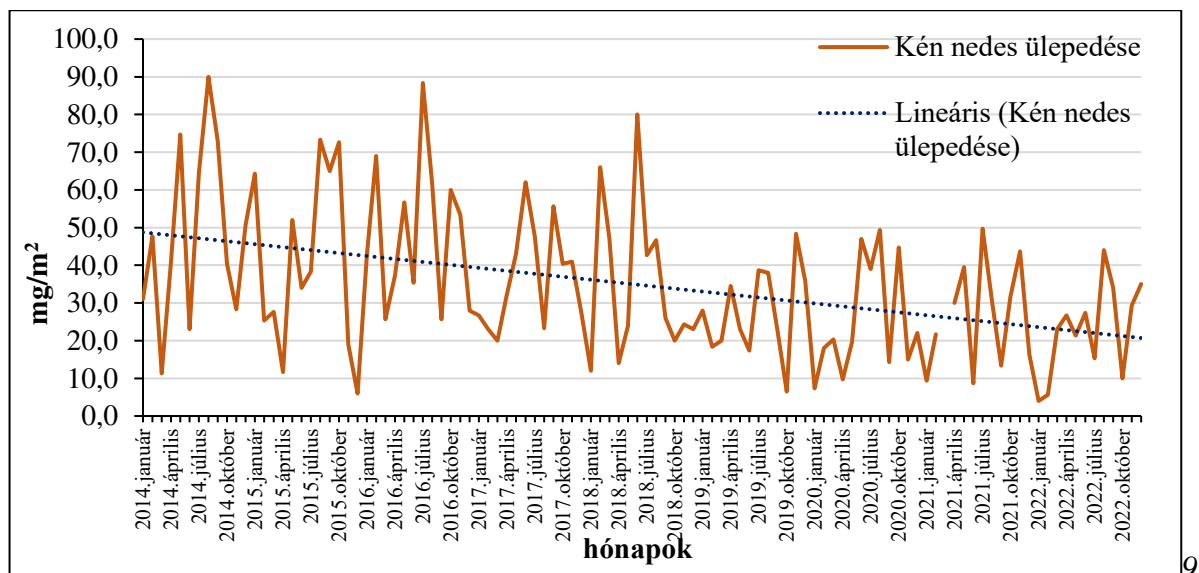
Siófoki mérőállomás csapadék pH évi átlagát dolgozza fel. Megfigyelhető hogy a pH 7 feletti értéke, ami a lúgosságra utal. Siófok mérőállomás csapadékvíz pH évi értéke: átlaga: 6,3; minimuma: 5,9 (2014); maximuma: 7,4 (2021).



8. ábra A csapadékvíz pH átlagos éves értékeinek területi eloszlása

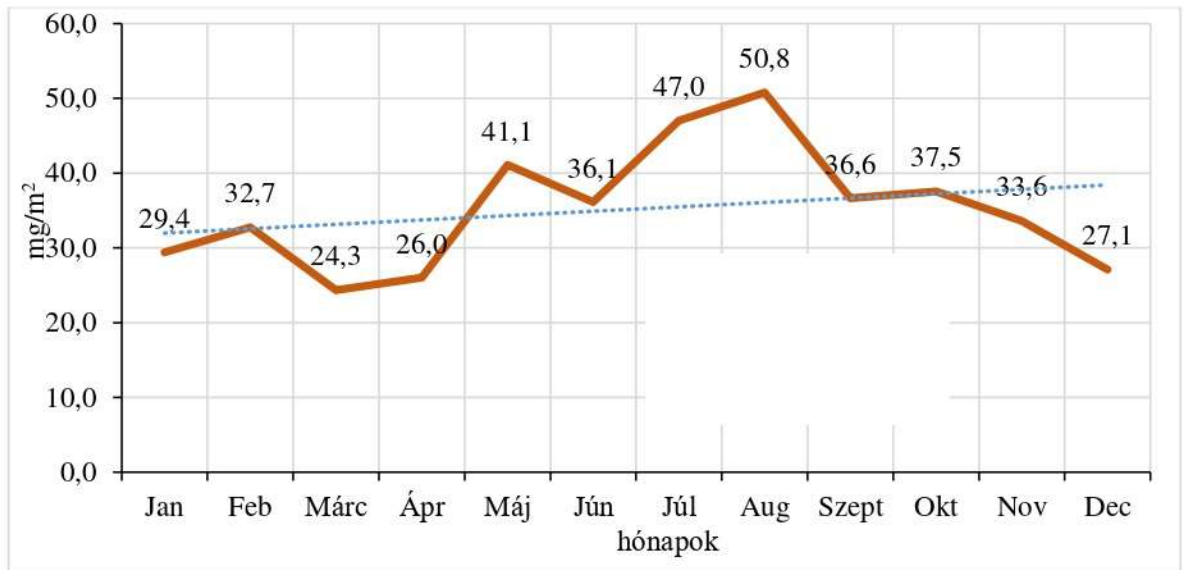
3.1.2. A kén nedves ülepedésének értékeinek jellemzése

A 9. ábrán a kén nedves ülepedésének változása látható. Az adatok három mérőállomás hónapjainak az átlagát mutatja a 2014-2022 időszakban: átlaga: 48,3 mg/m²; minimuma: 9,3 mg/m² (2016.december); maximuma: 154,0 mg/m² (2014.agusztus). A kén nedves ülepedése egész időszakra (mindhárom pont havi átlagai az egész időszakra).



9. ábra A csapadékvíz kén nedves ülepedése havi átlagos értékeinek sokéves menete 2014-2022 között

A csapadékvíz kén nedves ülepedése átlagos értékei 2014-2022 között csökkenő trendet mutat (10. ábra). Az alacsony mg/m² érték szeptembertől áprilisig jellemző, ugyanis nitrogén koncentráció a talajba való ülepedése folyamat, melyet az esőzés megzavar, ezért olyan hónapokban, melyekben jellemző az esőzés, a nitrogén-koncentráció alacsonyabb.



10. ábra A kén nedves ülepedése havi átlagos értékei 2014-2022 között

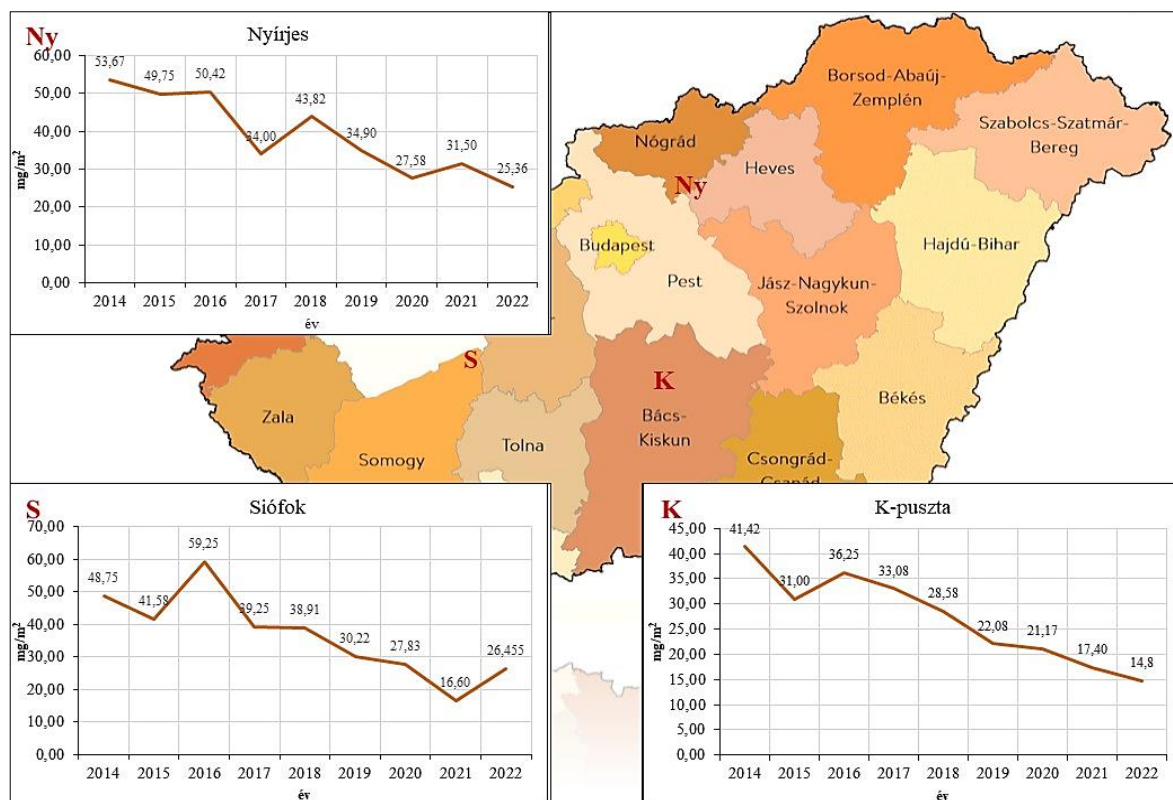
A csapadékvíz kén nedves ülepedése átlagos éves értékeinek területi eloszlásán (11. ábra) látható, hogy csökkenő trendet mutat minden területen, de leginkább K-pusztán. Azt is meg lehet figyelni, hogy 2016-ban kiugró kén koncentrációt tapasztalt minden terület.

A K- pusztai mérőállomáson a kén nedves ülepedésének (mg/m²) évi átlagait. K-pusztai mérőállomás kén nedves ülepedése (mg/m²): átlaga: 28,7 mg/m²; minimuma: 11,0 mg/m² (2021); maximuma: 41,42 mg/m² (2014).

A Nyíresi mérőállomáson a kén nedves ülepedésének (mg/m²) évi átlagait. K-pusztai mérőállomás kén nedves ülepedése (mg/m²): átlaga: 39,9 mg/m²; minimuma: 25,0 mg/m² (2021); maximuma: 53,7mg/m² (2014).

A változás radikálisan pozitív, ugyanis az alacsony kén koncentráció a vegetációt elősegíti, mely kombinálva a terület nitrogén és ammónia mutatóival a légköri által befolyásolt talaj-minőséget és annak változásait ismeretjük meg.

Siófoki mérőállomáson a kén nedves ülepedésének (mg/m²) évi átlagait. K-pusztai mérőállomás kén nedves ülepedése (mg/m²): átlaga: 37,4 mg/m²; minimuma: 10,50 mg/m² (2021); maximuma: 59,25 mg/m² (2016).



11. ábra A csapadékvíz kén nedves ülepedésének átlagos éves értékeinek területi eloszlása

3.1.3. A nitrogén nedves ülepedésének értékeinek jellemzése

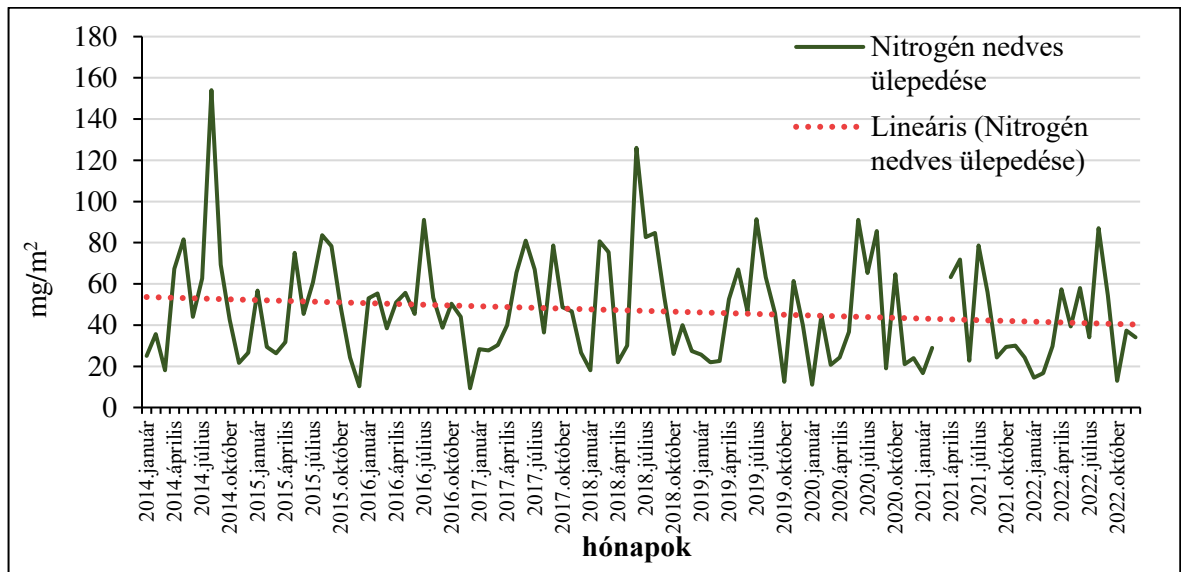
A nitrogén nedves ülepedésének a grafikonja (12. ábra) a 2014-2022 időszakban havi átlagai az egész időszakra lebontva. Az adott intervallumban megfigyelhető a nitrogén nedves ülepedésének a folyamatos csökkenése az évek során: átlaga: 37,0 mg/m²; minimuma: 6,0 mg/m² (2015 decembere); maximuma: 90,0 mg/m² (2014 augusztusa).

A csökkenő trend kedvező, ugyanis az egészséges levegő- és talajminőség megfelelő rátája termőföldek számára 48-60 mg/m², erdők 30-40 mg/m², sportgyepek 20-35 mg/m², házi kertek 10-25 mg/m², ezáltal a Magyarországi értékek megfelelőek.

Két talaj-nitrogén probléma jelentkezhet:

- Kimosódás - a talaj és talajvíz mozgás eltávolítja a még fel-nem használt nátriumot az adott terület talajából;
- Denitrifikáció - A denitrifikáció akkor történik, ha nagy mennyiségű nitrogén jut a talajba, általában esővíz folytán, 60% víztelítettség felett, 3,9 - 9-es pH érték mellett. A

folyamata következőképpen zajlik: *nitrát* → *nitrit* → *dinitrogén-oxid* → *nitrogén molekula*.
Emiatt a nitrogén nem kerül felhasználásra, s kipárolog.



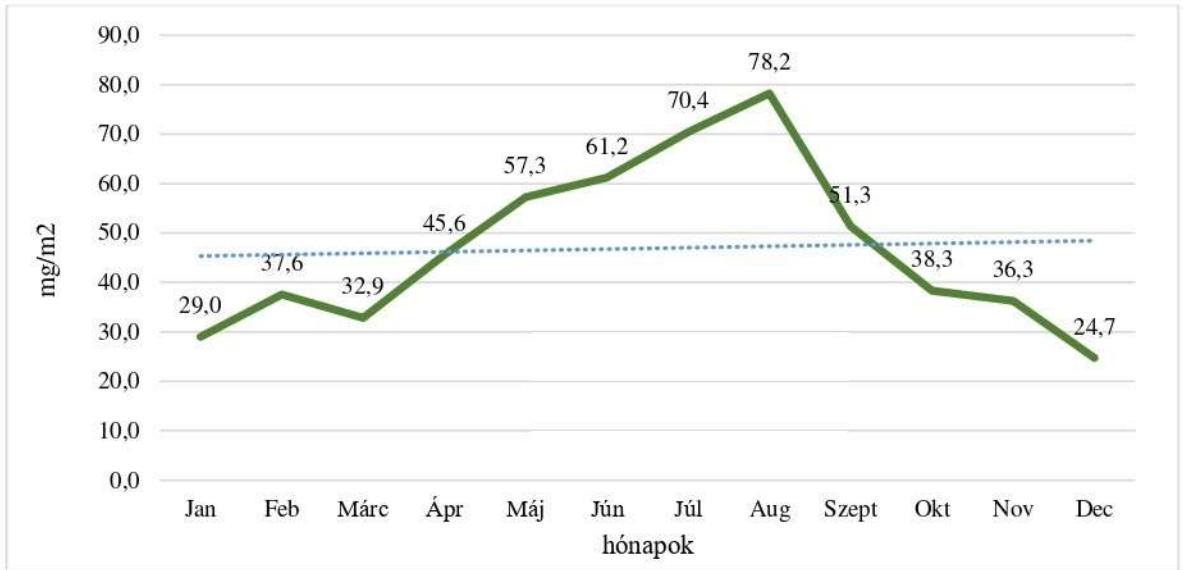
12. ábra A csapadékvíz nitrogén nedves ülepedése havi átlagos értékeinek sokéves menete 2014-2022 között

A 13. ábrán látható nitrogén nedves ülepedésének havi átlagos értékei a K- pusztai mérőállomáson a nitrogén nedves ülepedésének (mg/m^2) évi átlagait. K-puszta mérőállomás nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2): átlaga: $41,9 \text{ mg}/\text{m}^2$; minimuma: $18,50 \text{ mg}/\text{m}^2$ (2021); maximuma: $49,67 \text{ mg}/\text{m}^2$ (2017).

Nyíresi mérőállomáson a nitrogén nedves ülepedésének (mg/m^2) évi átlagait. Nyíresi mérőállomás nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2): átlaga: $46,6 \text{ mg}/\text{m}^2$; minimuma: $26,0 \text{ mg}/\text{m}^2$ (2021); maximuma: $60,82 \text{ mg}/\text{m}^2$ (2018).

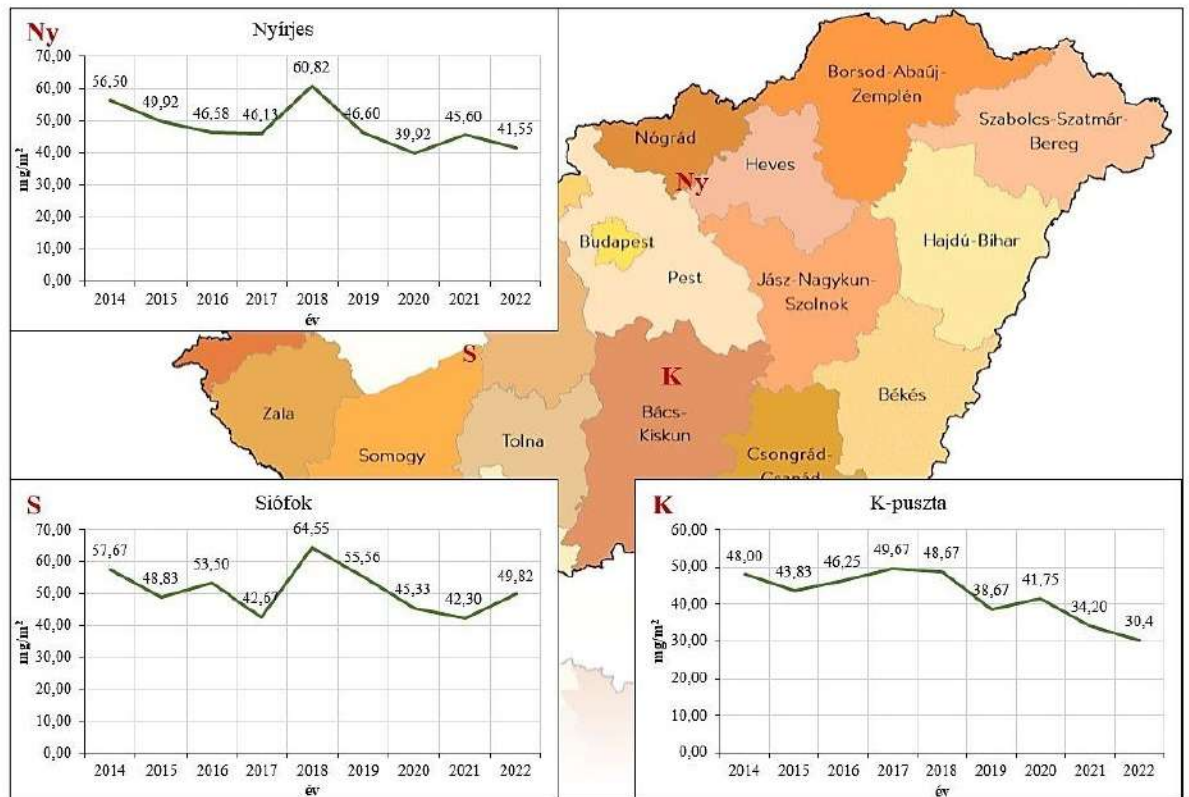
Siófoki mérőállomáson a nitrogén nedves ülepedésének (mg/m^2) évi átlagait. Siófoki mérőállomás nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2): átlaga: $49,1 \text{ mg}/\text{m}^2$; minimuma: $24,00 \text{ mg}/\text{m}^2$ (2021); maximuma: $64,55 \text{ mg}/\text{m}^2$ (2018).

A csapadékvíz nitrogén nedves ülepedése átlagos értékei 2014-2022 között csökkenő trendet mutat. Összehasonlítván a 12. ábra éves és hónapos lebontását s a 13. ábra havi átlagos lebontását egy kevésbé meredek, de ugyanúgy csökkenő trendet kapunk, azaz a NO_2 tartalom csökken. Ez potenciálisan veszélyezteti a vegetációt, mert bár termő szezonban megfelelő értékű a nitrogén tartalom, a csökkenő trend miatt egy ponton elégtelen lesz az NO_2 tartalom.



13. ábra A nitrogén nedves ülepedése havi átlagos értékei 2014-2022 között

A csapadékvíz nitrogén nedves ülepedése átlagos éves értékeinek területi eloszlásában (14. ábra) kitűnik, hogy Nyírjes és Siófoki mérések valamelyest hasonló eredményeket adtak, addig a Dél-Alföld és Alsó- Dunántúl található K-pusztán a nitrogén koncentráció felettebb alacsony.



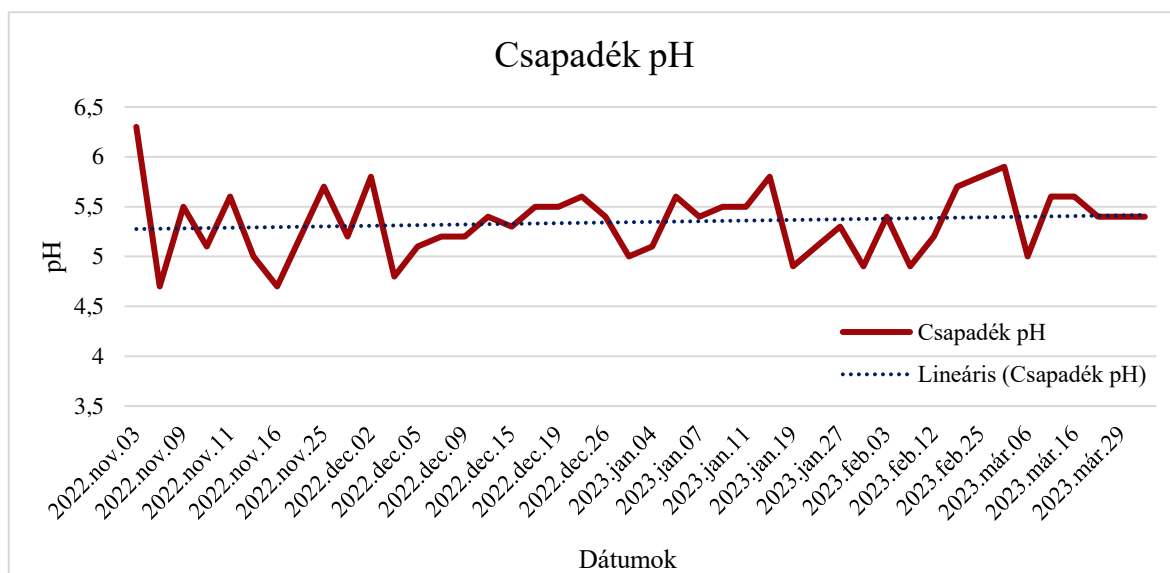
14. ábra A csapadékvíz nitrogén nedves ülepedésének átlagos éves értékeinek területi eloszlása

Az alacsony nitrogén tartalom jellemző a sztyeppére. Az éghajlatváltozásra is rendkívül érzékeny, mivel a NO₂ és a víz egyaránt korlátozza a növények növekedését. Mivel a növekvő NO₂ növelheti a növény NO₂-tartalmát, serkentheti a fotoszintetikus aktivitást, majd gyors vegetáció-forgalmat eredményezhet, feltételezzük, hogy a vegetáció élettartama csökkenni fog. Mivel a víz hozzáadása szintén elősegítheti a növényzet metabolikus aktivitását, és ezáltal felgyorsíthatja a növényzet öregedését, feltételezzük, hogy a vegetáció élettartama csökken a megnövekedett vízellátás mellett.

3.2. A csapadékvíz-minőségi mutatói saját mérések alapján

A dolgozat fő része az egyéni munkavégzés, mely a tárgy területek, Tiszabökény és Fehérgyarmat csapadékvíz minták begyűjtése és elemzése.

3.2.1. A csapadékvíz pH mutatóinak változása Tiszabökényben

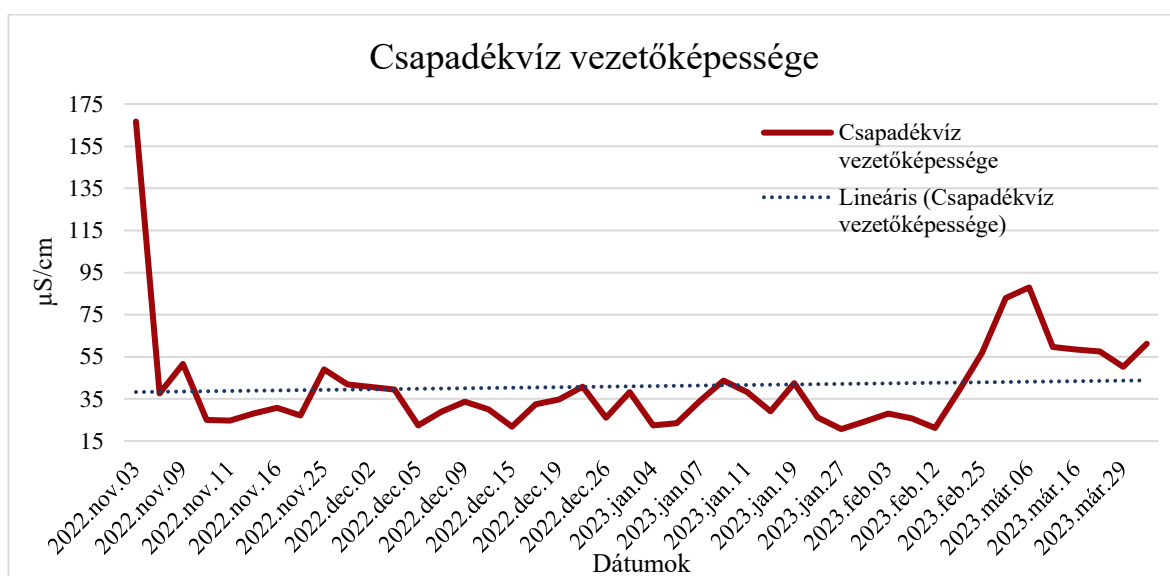


15. ábra A csapadékvíz pH időszakos menete Tiszabökényben

A Tiszabökényi esővíz begyűjtése 2022 november elejétől egészen 2023 áprilisáig tartott, s 44 minta került elemzésre. Az elemzés eredménye a pH érték terében egy többnyire átlagos, de néhol meglepő eredményt mutatott. A legmagasabb érték a vizsgált periódusban 2022 november 03.-án volt, 6,3 pH érték. Legalacsonyabb 4,7 volt november 06-án és november 16.-án. A vizsgált periódus pH érték átlaga Tiszabökényben 5,3.

3.2.2. A csapadékvíz vezetőképességének változása Tiszabökényben

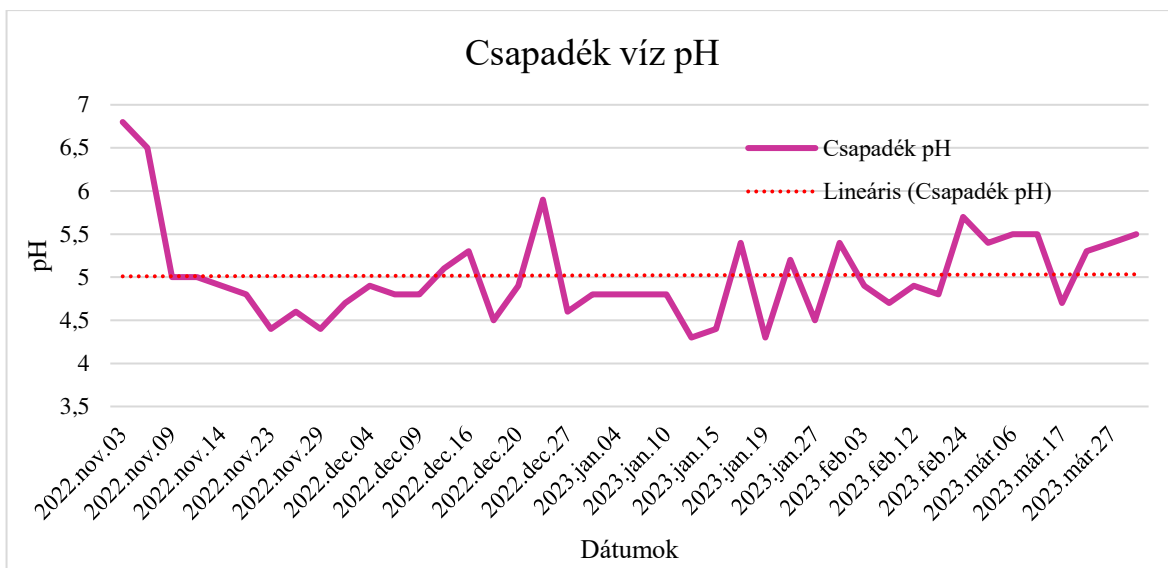
A csapadékvíz vezetőképessége általánosan 41,04 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ám 2022. november 03.-án kimagasló magas eredményt kaptunk ami 166,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ezenkívül 2022 november 06.-ka és 2023 február 12.-e között volt a legalacsonyabb a minta átlagosan 31,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 2023 február 19.-től megnövekedett az átlag, 61,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Az általános trendvonal növekvő a vizsgált periódusban.



16. ábra Csapadékvíz vezetőképességének időszakos menete Tiszabökényben

3.2.3. A csapadékvíz pH mutatóinak változása Fehérgyarmat

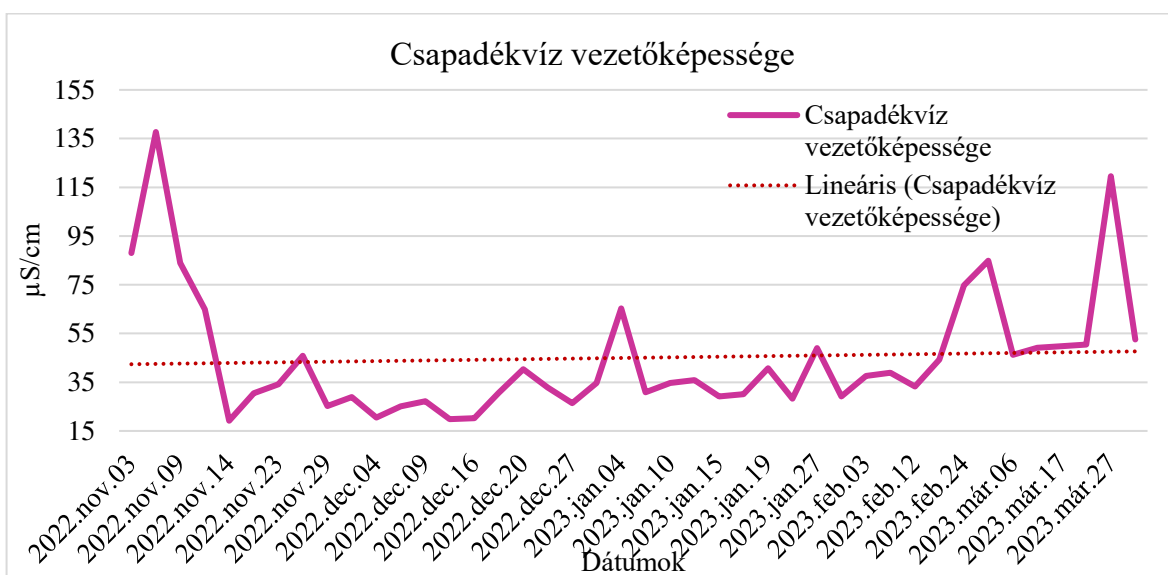
A Fehérgyarmati mintagyűjtés ugyanazon periódusban történt, mint a Tiszabökényi mintagyűjtés, 2022 november 03.-tól 2023 április 06.-ig. 42 minta került elemzésre, 6,8-as pH érték a legmagasabb, 2022 november 03.-an, s 4,3-as érték a legalacsonyabb 2023. január 19.-én. A vizsgált periódusban 5-ös pH érték volt az átlag. A trendvonal emiatt az 5-ös értéket követően semleges, nem mutat a periódusban sem növekedést, se csökkenést.



17. ábra A csapadékvíz pH időszakos menete Fehérgyarmaton

3.2.4. A csapadékvíz vezetőképességének változása Fehérgyarmaton

A víz vezetőképessége Fehérgyarmaton hasonlóan átlagos a Tiszabökényi eredményekhez. A vizsgált periódus maximum értéke 2022 november 06.-án volt, 137,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, míg a legalacsonyabb 19,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 2022 november 14.-én. Az átlag 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ám ha újfent kihagyjuk a kiugró 2022 november 06-ai értéket, 2022 november 09-től 2023 március 21.-ig az átlag 39,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 2023 március 27.-én egy újabb kiugró értéket figyelhettünk meg 119,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mely 2023 április 06.-ra visszaesett 52,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



18. ábra Csapadékvíz vezetőképességének időszakos menete Fehérgyarmaton

3.3. Az eredmények összehasonlítása

2022 novembere és decembere az a mérési periódus, melyben összehasonlítható az OMSZ adatai és a saját méréseim. Tiszabökény Ukrajnában van, és azon belül is Kárpátalja déli részén, ezért nem lehet számítani arra, hogy az OMSZ legkeletibb mérőállomása, a Nyírjesi, vagy a legdélibb, K-puszta, hasonló adatokat mutatnak.

Tiszabökény és Fehérgyarmat relatív közelsége miatt természetes, hogy a kettő között hasonlóak az értékek. Nyírjes és Fehérgyarmat között itt minimális a különbség, viszont érdemes megemlíteni, hogy Fehérgyarmat síksági terület, míg a Nyírjesi állomás magas domborzatú.

2022 decemberében ismét hasonló eltérések tapasztalhatók, mint novemberben. Fehérgyarmat Szabolcs-Szatmár-Bereg megye dél-keleti csücskében egészen más értékekkel mutat, mint a többi.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Föld légkörének összetétele és kémiája több okból is fontos, de elsősorban a légkör és az élő szervezetek közötti kölcsönhatások miatt. A Föld légkörének összetétele megváltozik olyan természetes folyamatok eredményeként, mint a vulkáni kibocsátás, a villámcsapások együtthatása az adott légkörre vagy a nap részecskesugárzása. Az emberi tevékenység is befolyásolja, és e változások egy része káros az emberi egészségre, a növényekre és az ökoszisztémákra. Ezek mind előidéznek olyan problémákat, mint például a savas eső, az ózonréteg csökkenése, a fotokémiai szmog, az üvegházhatású gázok és a globális felmelegedés.

A kutatás során sikerült megismerkedni a természetes és ember alkotta légkör-kémiai problémákkal, azok forrásaival és relatív megoldásukkal. A kutatómunkánk során vizsgáltuk a légköri csapadék savasodásának mértékét a Kárpátalján elhelyezkedő Tiszabökény és a magyarországi Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Fehérgyarmat településeken. A saját méréseink 2022 november – 2023 április közötti időszakra vonatkoznak.

A magyarországi Országos Meteorológiai Szolgálat levegőminőségi adatbázisát felhasználva meghatározásra került a 2014-2022-es időszakra a Kárpát-medence alföldi részének levegőminőségi viszonyai. A 2014-2022 közötti időszakban a csapadékvíz átlagos pH értéke 6,0 volt és emelkedő trendet mutat. Az SO₂ eső általi ülepedését tekintve meredeken csökkenő trend jelentkezett, amely azt jelenti a talajra és flórára negatívan ható savas eső mértéke csökken – 2014 januárjában az országos átlag 49,9 mg/m² volt, amely 2022-re 25,7 mg/m²-re csökkent. A nitrogén ülepedése valamelyest stagnál, 55 mg/m² volt az országos átlag 2014 januárjában, s 2022 decemberében 52,5 mg/m²

Tiszabökény átlagos pH értéke a vizsgált periódusban 5,3 volt, mely enyhén savas csapadékminőséget jelent. A csapadékvíz vezetőképessége 41,04 µS/cm volt. A Fehérgyarmati pH érték-átlaga 5,0 volt a vizsgált periódusban, mely savasságot jelent, a víz vezetőképessége pedig 52,6 µS/cm. Összességében a vizsgált területek, bár alig 31,5 km-re vannak egymástól, mégis eltérő eredményeket mutatnak, ezzel is jelezvén a legkisebb részlet fontosságát is széles-e világ ökoszisztémájában, melynek fontos eleme a légkör egészsége.

РЕЗЮМЕ

Загальний і хімічний склад атмосфери Землі важливий з кількох причин, але насамперед через взаємодію між атмосферою та живими організмами. Склад атмосфери Землі змінюється в результаті природних процесів, таких як вулканічні викиди, сумарний вплив ударів блискавки на атмосферу або сонячне випромінювання часток. Діяльність людини також впливає на нього, і деякі з цих змін завдають шкоди здоров'ю людини, рослинам і екосистемам. Усе це сприяє таким проблемам, як кислотні дощі, виснаження озонового шару, фотохімічний смог, парникові гази та глобальне потепління.

Під час дослідження ми дізналися про природні та техногенні проблеми атмосфери та про їхні джерела. У ході нашої дослідницької роботи ми досліджували ступінь підкислення атмосферних опадів у населених пунктах Тисобикень на Закарпатті та Фехердьярмат у Саболч-Сатмар-Берегському повіті в Угорщині. Наші власні вимірювання стосуються періоду з листопада 2022 року по квітня 2023 року.

За допомогою бази даних якості повітря Національної Метеорологічної Служби Угорщини визначено стан якості повітря низинної частини Карпатського басейну за період 2014-2022 рр. У період 2014-2022 рр. середнє рН дощової води становило 6,0 і демонструє тенденцію до зростання. Що стосується осадження SO_2 опадами, спостерігається різка тенденція до зменшення, тобто кількість кислотних дощів, які негативно впливають на ґрунт і флору, зменшується – у січні 2014 року середній показник становив $49,9 \text{ мг/м}^2$, що до 2022 року зменшився на $25,7 \text{ мг/м}^2$. Осадження нітрогену майже не змінювався, середній показник по країні становив 55 мг/м^2 у січні 2014 року та $52,5 \text{ мг/м}^2$ у грудні 2022 року.

Середнє значення рН дощових вод у с. Тисобикень в досліджуваний період становило 5,3, що означає слабокислу якість опадів. Електропровідність дощової води становив $41,04 \text{ мкСм/см}$. Значення показують менш сприятливі значення в досліджуваний період. Середнє значення рН опадів у м. Фехердьярматі становило 5,0 у досліджуваний період, що означає кислотність, а електропровідність води становив $52,6 \text{ мкСм/см}$. Загалом досліджувані території, хоча вони знаходяться лише на відстані 31,5 км одна від одної, все ж демонструють різні результати, що свідчить про важливість навіть найменших деталей в екосистемі всього світу, важливим елементом якої є здоров'я атмосфери.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Amar, N. (1993): Larousse - A Természet Enciklopédiája - Földünk, az élő bolygó. Glória Kiadó, Budapest.
2. Babarczy, B.- Biró, K.- Bobek, I.- Bognár, Zs. - Bogos K. – Dánielisz, Á. - Deutschman-Horváth, Zs. – Elek, J. – Farkas, F. B. – Gercsák, M. – Gopcsa, L. – Gődény, M. – Grmela, G. – Hajdu, Á. - Kerpel-Fronius, A. – Kovács, P. – Kurcz, A. – Lakatos, B. – Madurka, I. E. – Markóczy, Zs. - Molnár, Zs. – Müller, C. - Pápai-Székely, Zs. – Reményi, P. – Sárosi, V.- Sebestyén, B. – Sinkó, J. – Surján, O. – Szabó, B. – Széll, E. Á. – Szlávik, J. – Temesi, G. - Vályi-Nagy, I. (2020): A 2020. évben azonosított új koronavírus (SARS-CoV-2) okozta fertőzések (COVID-19) megelőzésének és terápiájának kézikönyve. Magyarország Emberi Erőforrások Minisztériuma Budapest, p. 38-41.
3. Barkács, K. - Bartholy, J. - Kiss, T.- Nagy, M. - Pongrácz, R. – Salma, I. - Sohár, P. - Tóth, B. (2012): Környezetkémia. - Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet, Budapest, p. 11-12.
4. Bejer, B. (2011): A légköri aeroszol koromtartalmának mérése optikai módszerrel. Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet, Budapest, p. 4-10.
5. Bencs, L. (2017): Beltéri és kültéri légköri aeroszolok összetételének és forrásának vizsgálata. MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, p. 14-16.
6. Domokos, E. (2013): Környezetmérnöki kémia. Környezetmérnöki Tudástár 9. kötet. Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, p. 81-83.
7. Galbács, G. - Galbács, Z. - Sipos Pál (2008): Műszeres analitikai kémiai gyakorlatok. Jatepress Kiadó, Szeged, p.105-106.
8. Horváth, L. (1986): Savas eső. Gondolat kiadó, Budapest.
9. Kolozsvári, I.- Hadnagy, I.-Csoma, Z. - Kohut, E. (2020): Módszertani kézikönyv kárpátaljai környezettudományi terepgyakorlatokhoz, Beregszász, p.105-107
10. Kovács, A. (2015): Természetes eredetű por terjedésének modellezése a WRF-Chem modellel. Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet, Budapest, p. 10-12.

11. Kovács, I. - Nyulászi, L. - Fekete, Cs. - Könczöl, L. - Terlezky, P. (2012): Általános kémiai laboratóriumi gyakorlatok. Typotex Kiadó, Budapest, 115 pp.
12. Ludányi, E. L. (2015): Légszennyező anyagok ülepedésének modellezése városi környezetben. - Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet, Budapest, p. 178-180.
13. Mészáros, E. - Schweitzer, F. (2002): Föld, Víz, Levegő. Kossuth kiadó, Budapest.

Online források:

1. Borics, G.(2015): Felszíni vizek fitoplankton alapú ökológiai állapotértékelése.
Internet: http://real-d.mtak.hu/908/10/dc_1135_15_doktori_mu.pdf
2. Caperton Morton, M. (2018): Acid rain triggered deadly Chinese landslide.
Internet: <https://www.earthmagazine.org/article/acid-rain-triggered-deadly-chinese-landslide/>
3. Demkó, Cs. (2010): Környezetvédelmi mérés technika VI: hulladék vizsgálatok.
Internet:https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/14_1214_036_101215.pdf
4. Eurogreen (2021): Talajmintavétel fontossága és az eredmények kiértékelése
Internet: <https://www.eurogreen.hu/talajmintavetel-fontossaga/>
5. Ferenczi, Z. – Tóth, A. – Lázár, K.(2021): Az Országos Levegőterhelés-csökkentési Programban meghatározott intézkedések hatásának vizsgálata. Országos Meteorológiai Szolgálat
Internet:https://legszenyezettseg.met.hu/storage/media/modellezesoldalok/OLP_jelent%C3%A9s_OMSZ_2021.pdf
6. Haszpra, T.- Homonnai, V.- Ivády, A.- Sepsi, P. (2012): A savas eső, prezentáció
Internet: <https://www.slideserve.com/magdalen/a-savas-eso>
7. Keglevich, K.(2019): Szervetlen kémia.
Internet: http://kemia.fazekas.hu/Anyagok/diadmunkak/szervetlen_kemia_11.pdf
8. Kontschán, J. (2010): Az ammónia toxikus hatása a növényekre.
Internet: http://novi.atk.hu/hu/kut_prog_az_ammonia_toxikus_hatasa_a_novenyekre
- Kugler, Sz. K. (2014): Balaton és légkör közötti nitrogénforgalom meghatározása.
Internet: http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2014/kugler_sz.pdf

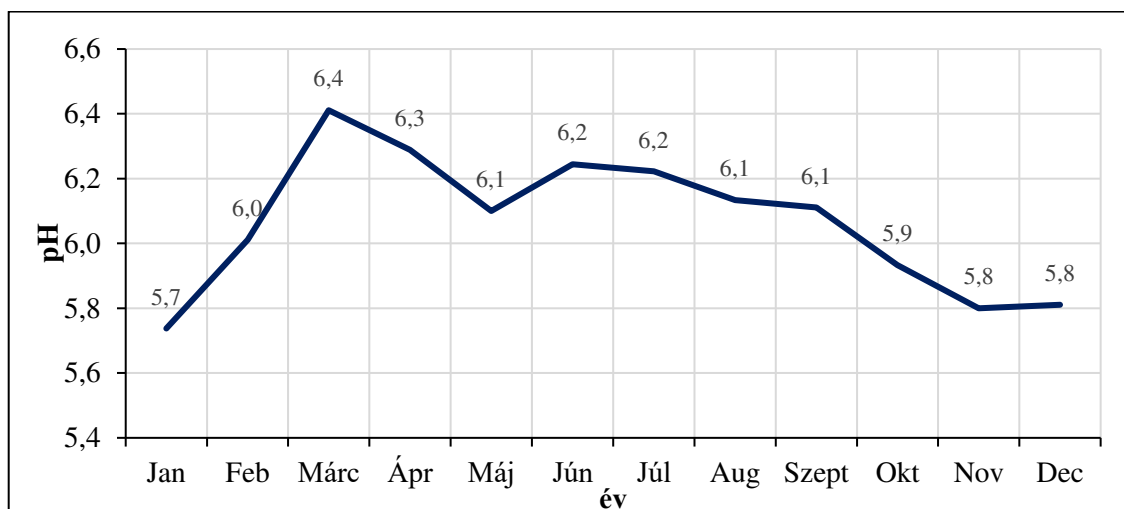
9. Lányi, F. (2016): Katalitikusan aktív centrumok zeolitokban: szerkezet és aktivitás.
Internet: http://real-d.mtak.hu/929/1/dc_1207_16_tezisek.pdf
10. Likens, G. E. - Butler T. J. (2012): Modern anthropogenic acid deposition.
Internet: <https://www.britannica.com/science/acid-rain/History>
11. Lányi, F. (2016): Katalitikusan aktív centrumok zeolitokban: szerkezet és aktivitás.
Internet: http://real-d.mtak.hu/929/1/dc_1207_16_tezisek.pdf
12. Müller, Á. (2012): Higany.
Internet: http://etk.pte.hu/protected/OktatasiAnyagok/Polas_Es_Betegellatas_Alapszak/KornyezetiRizikotenyezok/Korny_Riz_12.pdf
13. Papp, R.(2018): Savas eső.
Internet: <https://greendex.hu/savas-eso>
14. Papp, S.(2008): Környezeti kémia.
Internet: <https://doksi.net/hu/get.php?lid=22385>
15. Pásztóhy, B. (2017): Kibocsátás (emisszió) és levegőterheltség (immisszió) mérése.
Internet: http://levegovedelem.hu/cikk/Kibocsatas_emisszio_es_levegoterheltség_immiszió_merese
16. Péter, O. A. (2016): Dr. Mercola: Ha bedől a "vízdivatnak" - komoly károkat okozhat magának.
Internet: <https://www.tenyek-tevhitek.hu/csaktagoknak/lugos-viz-artalmassaga.php>

ÁBRÁK JEGYZÉKE

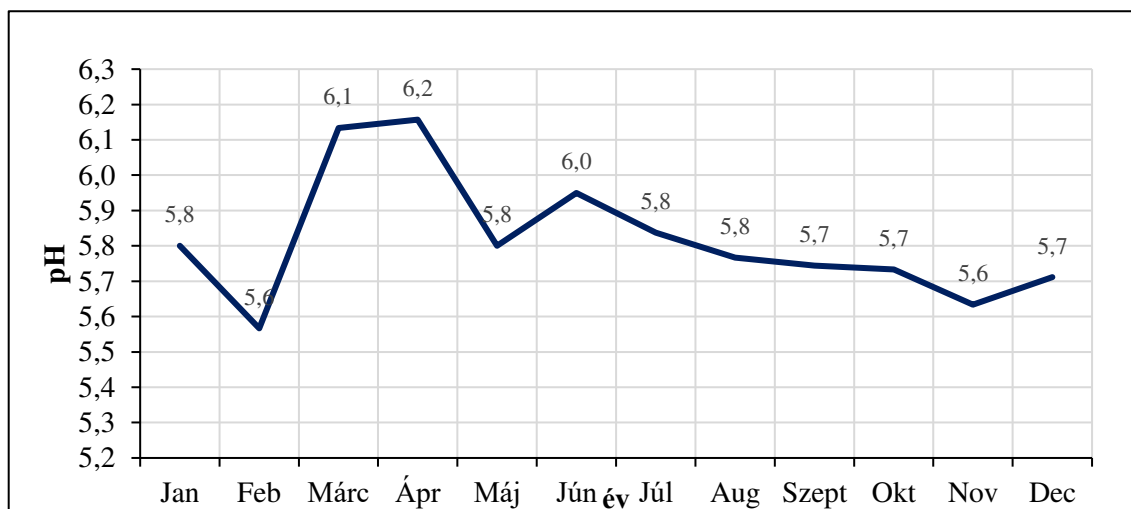
1. ábra. A csapadék vízminták gyűjtőhelyei (saját szerkesztés)	22
2. ábra. Csapadékgyűjtés (saját készítésű kép)	23
3. ábra. Begyűjtött csapadékvíz tárolása (saját készítésű kép)	24
4. ábra. Csapadék pH és vezetőképesség mérése (saját készítésű kép)	24
5. ábra. Az OMSZ légszennyezettség mérőállomásainak elhelyezkedése	26
6. ábra A csapadékvíz pH havi átlagos értékeinek sokéves menete 2014-2022 között	28
7. ábra A csapadékvíz pH havi átlagos értékei 2014-2022 között	29
8. ábra A csapadékvíz pH átlagos éves értékeinek területi eloszlása	30
9. ábra A csapadékvíz kén nedves ülepedése havi átlagos értékeinek sokéves menete 2014-2022 között	30
10. ábra A kén nedves ülepedése havi átlagos értékei 2014-2022 között	31
11. ábra A csapadékvíz kén nedves ülepedésének átlagos éves értékeinek területi eloszlása	32
12. ábra A csapadékvíz nitrogén nedves ülepedése havi átlagos értékeinek sokéves menete 2014-2022 között.....	33
13. ábra A nitrogén nedves ülepedése havi átlagos értékei 2014-2022 között	34
14. ábra A csapadékvíz nitrogén nedves ülepedésének átlagos éves értékeinek területi eloszlása	34
15. ábra A csapadékvíz pH időszakos menete Tiszabökényben	35
16. ábra Csapadékvíz vezetőképességének időszakos menete Tiszabökényben	36
17. ábra A csapadékvíz pH időszakos menete Fehérgyarmaton	36
18. ábra Csapadékvíz vezetőképességének időszakos menete Fehérgyarmaton	37

MELLÉKLETEK

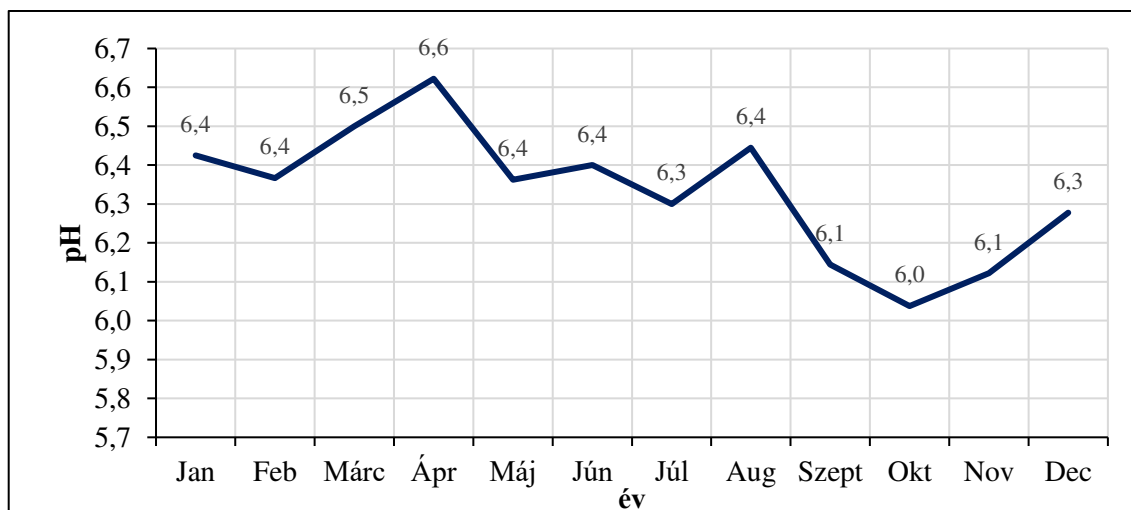
1. melléklet A csapadékvíz pH értékeinek havi átlagának változása K-pusztán



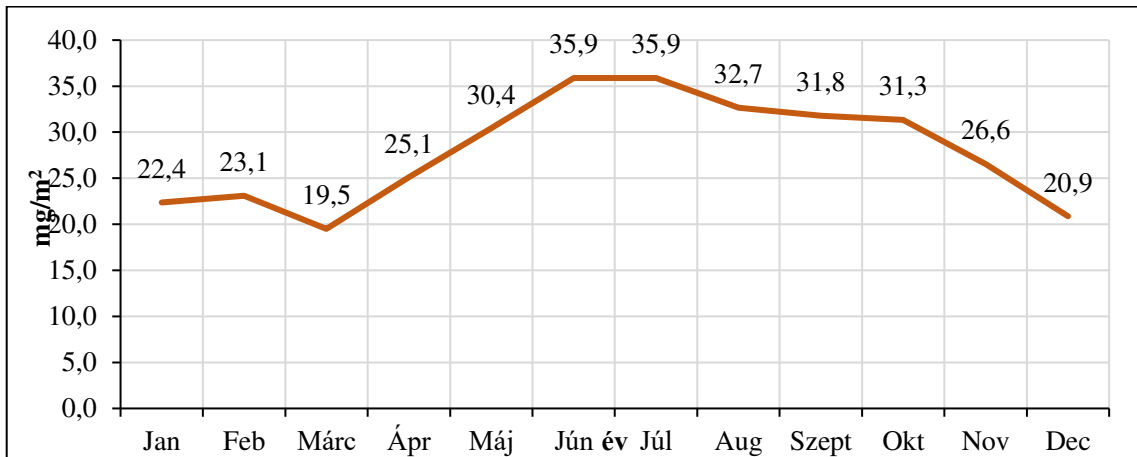
2. melléklet A csapadékvíz pH értékeinek havi átlagának változása Nyírjes



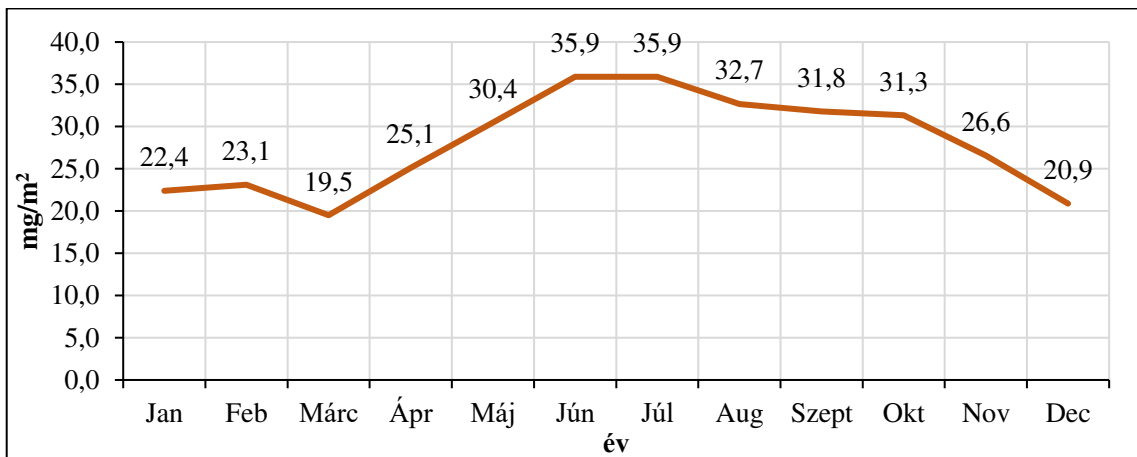
3. melléklet A csapadékvíz pH értékeinek havi átlagának változása Siófok



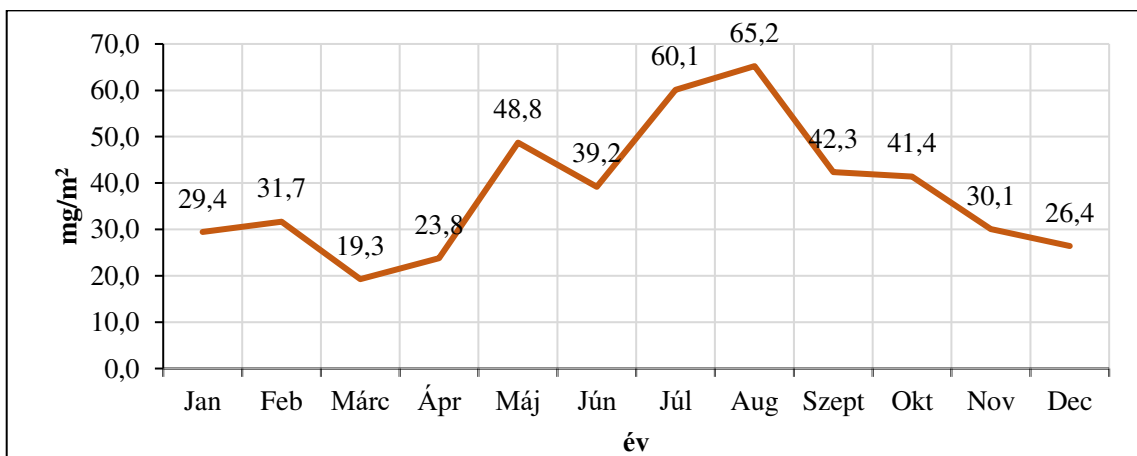
4. melléklet A kén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak a változása 2014 és 2022 között



5. melléklet A kén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak a változása 2014 és 2022 között Nyíresen



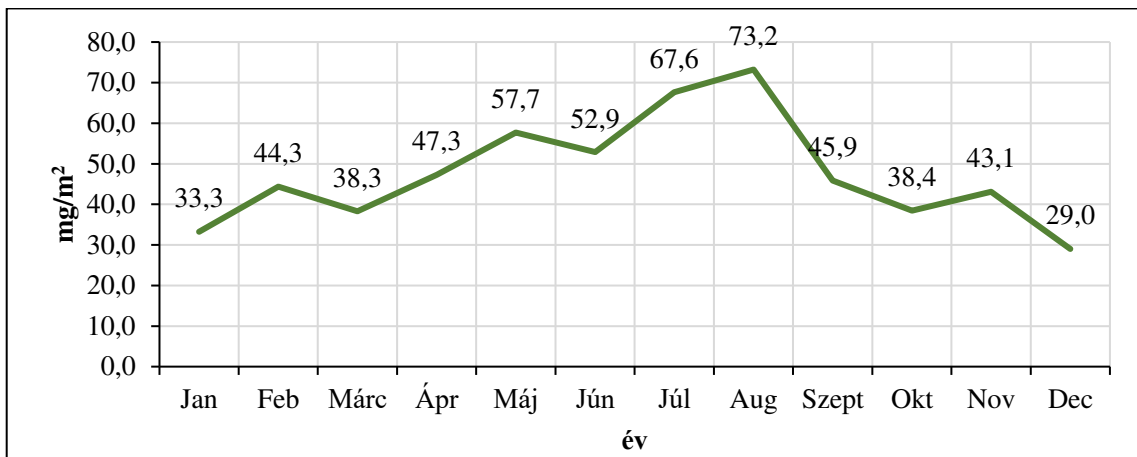
6. melléklet A kén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak a változása 2014 és 2022 között



7. melléklet A nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak a változása 2014 és 2022 között K-pusztá



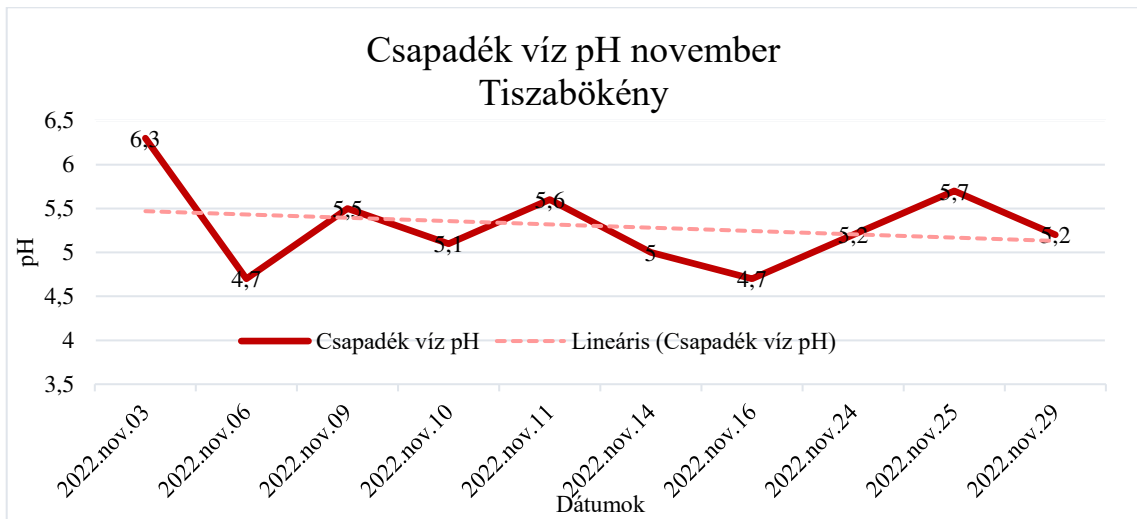
8. melléklet A nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak a változása 2014 és 2022 között Nyírjes



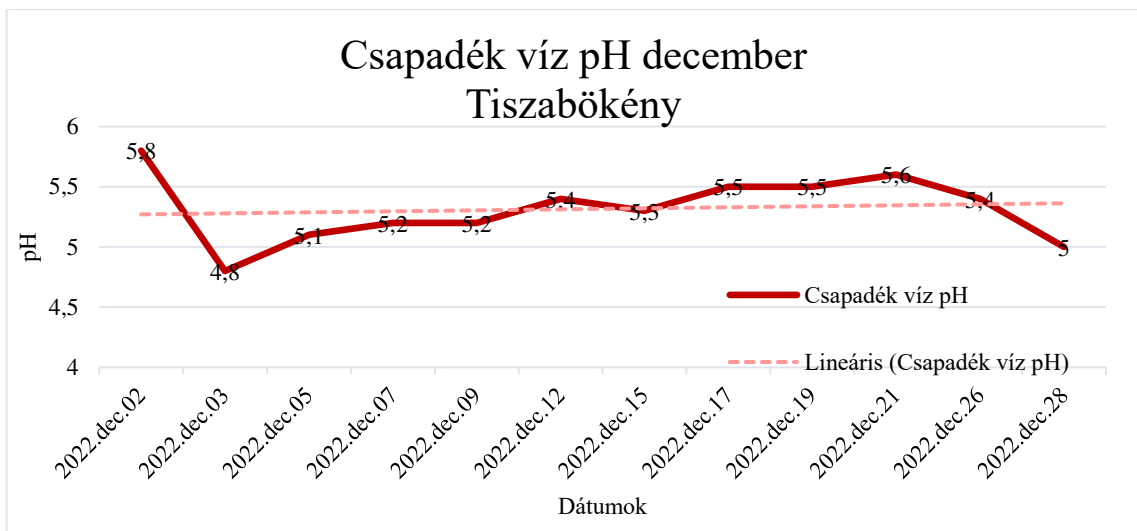
9. melléklet A nitrogén nedves ülepedése (mg/m^2) havi átlagainak a változása 2014 és 2022 között



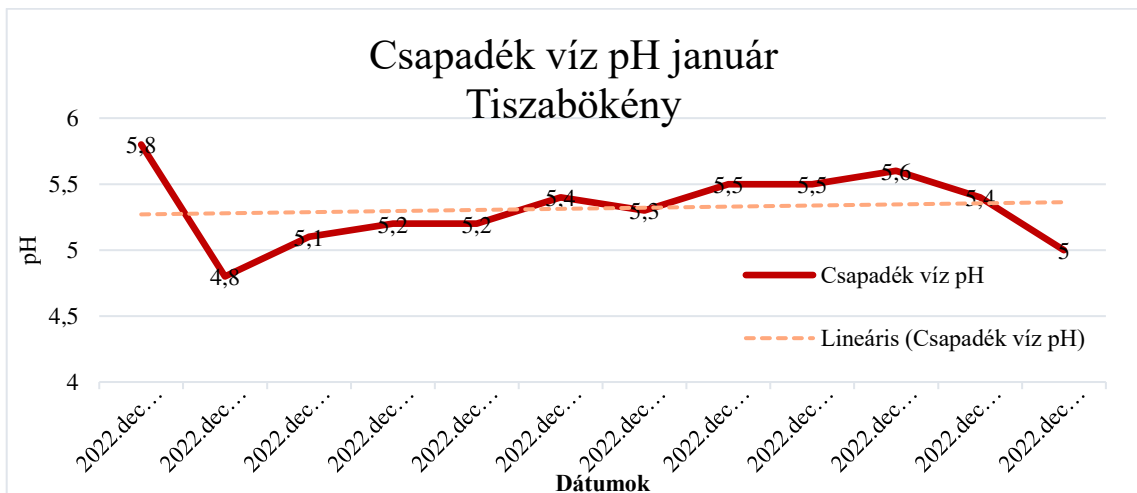
10. melléklet Csapadék víz pH november Tiszabökény



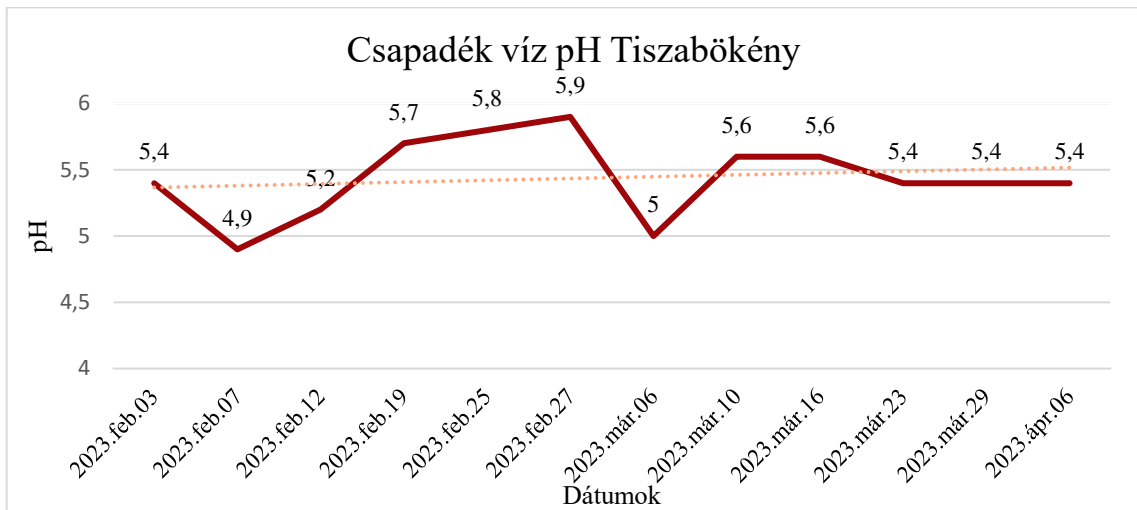
11. melléklet Csapadék víz pH december Tiszabökény



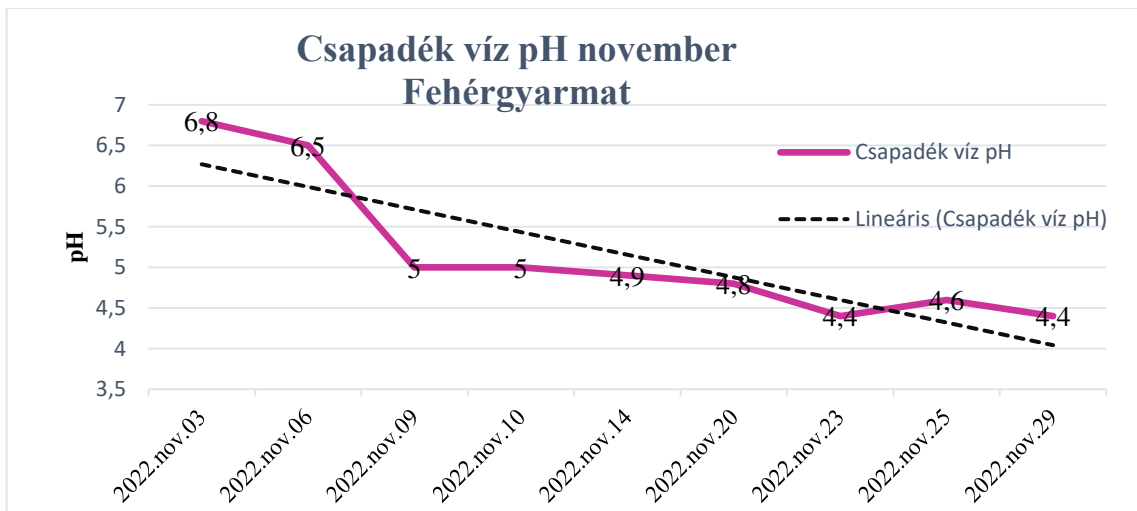
12. melléklet Csapadék víz pH január Tiszabökény



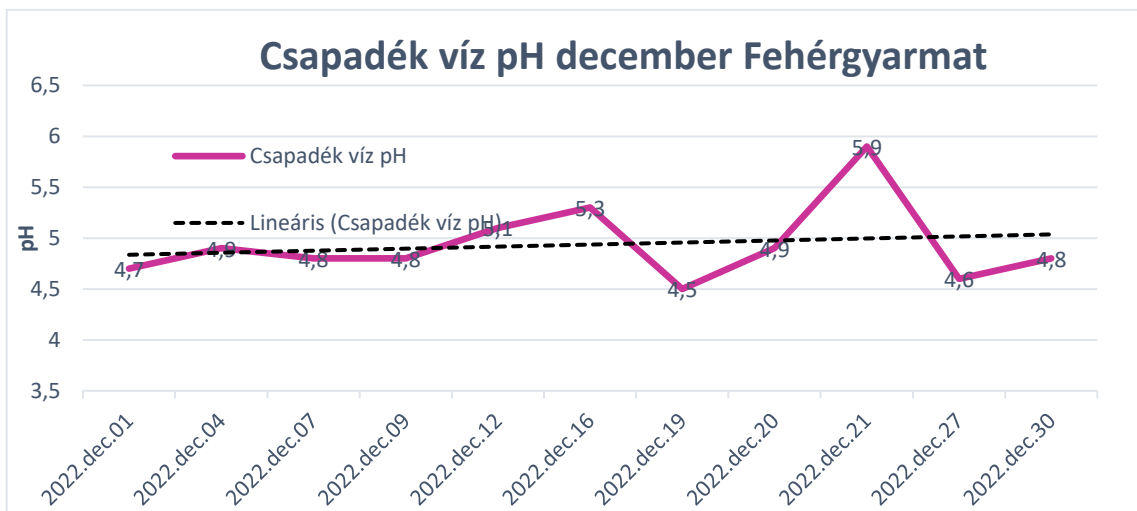
13. melléklet Csapadék víz pH Tiszabökény



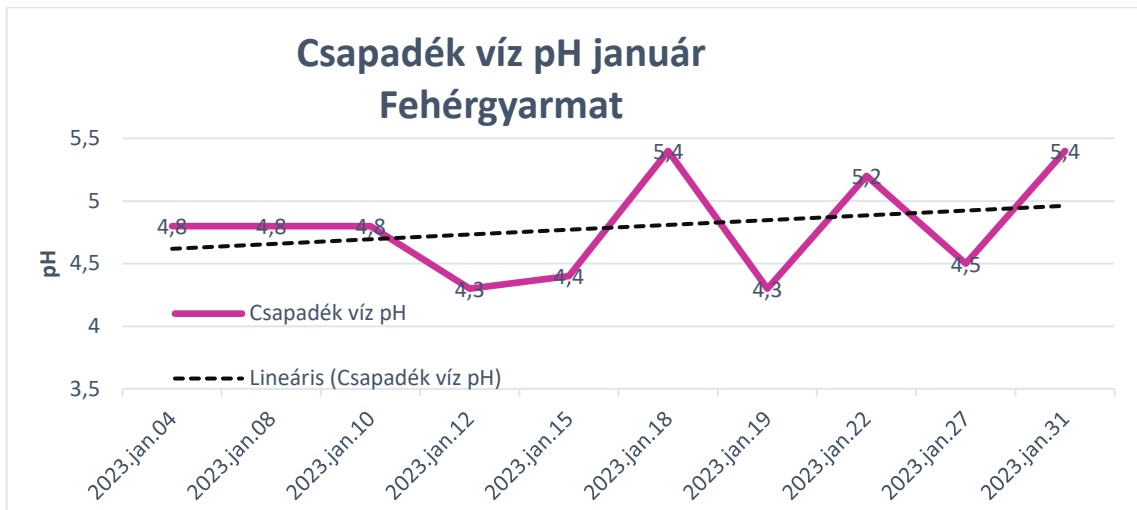
14. melléklet Csapadék víz pH november Fehérgyarmat



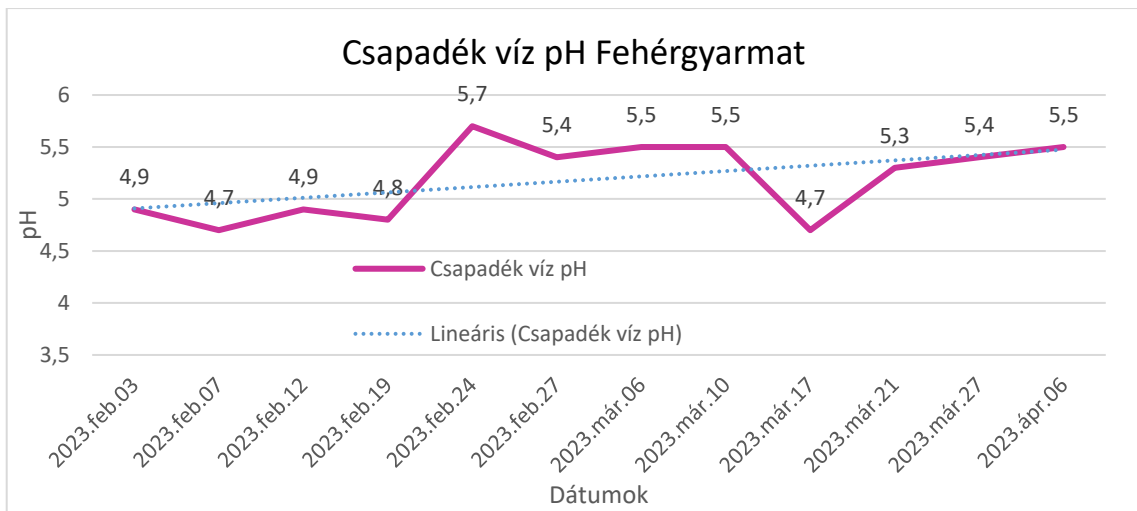
15. melléklet Csapadék víz pH december Fehérgyarmat



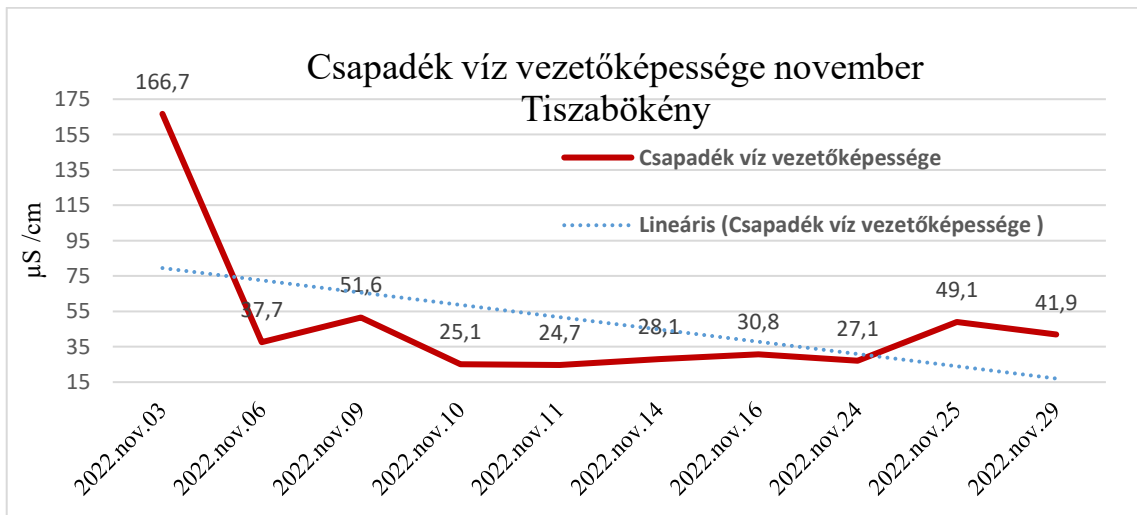
16. melléklet Csapadék víz pH január Fehérgyarmat



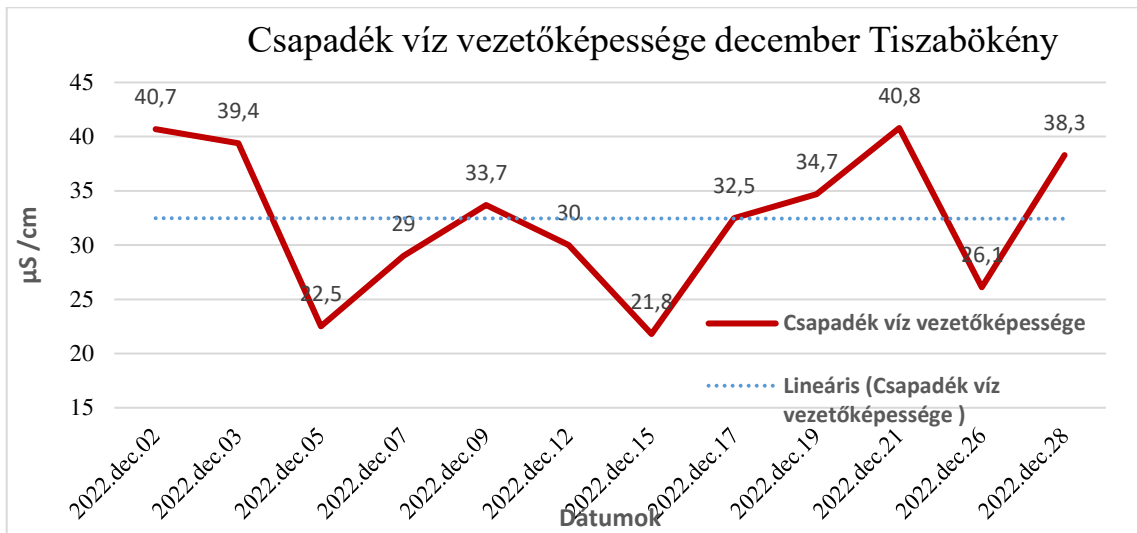
17. melléklet Csapadék víz pH Fehérgyarmat



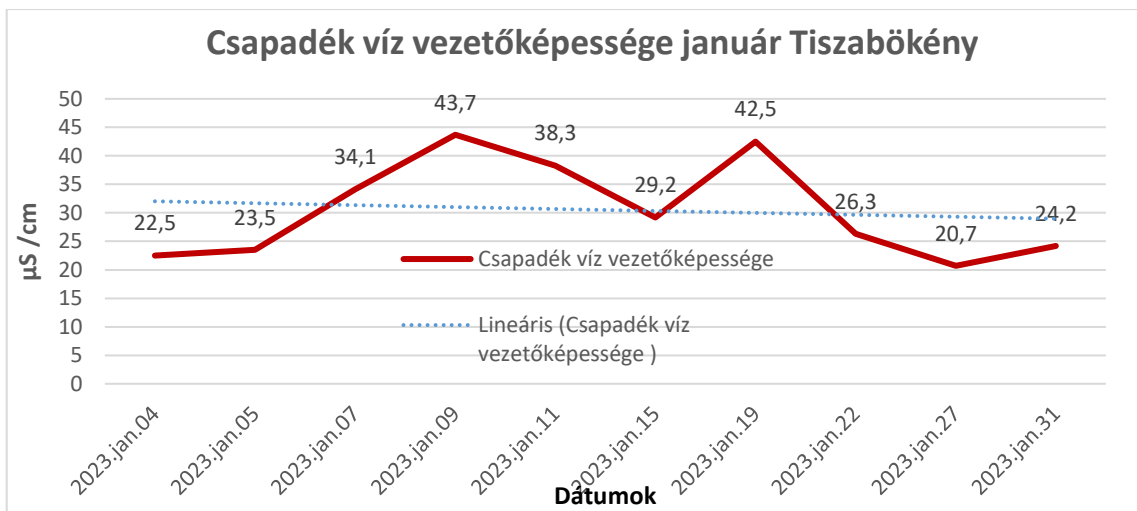
18. melléklet Csapadék víz vezetőképessége november Tiszabökény



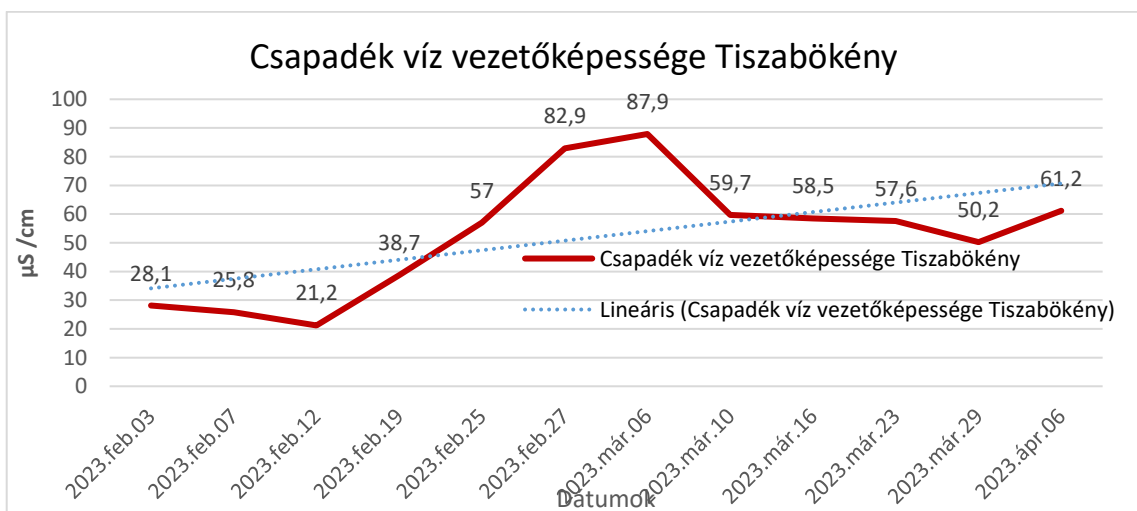
18. melléklet Csapadék víz vezetőképessége december Tiszabökény



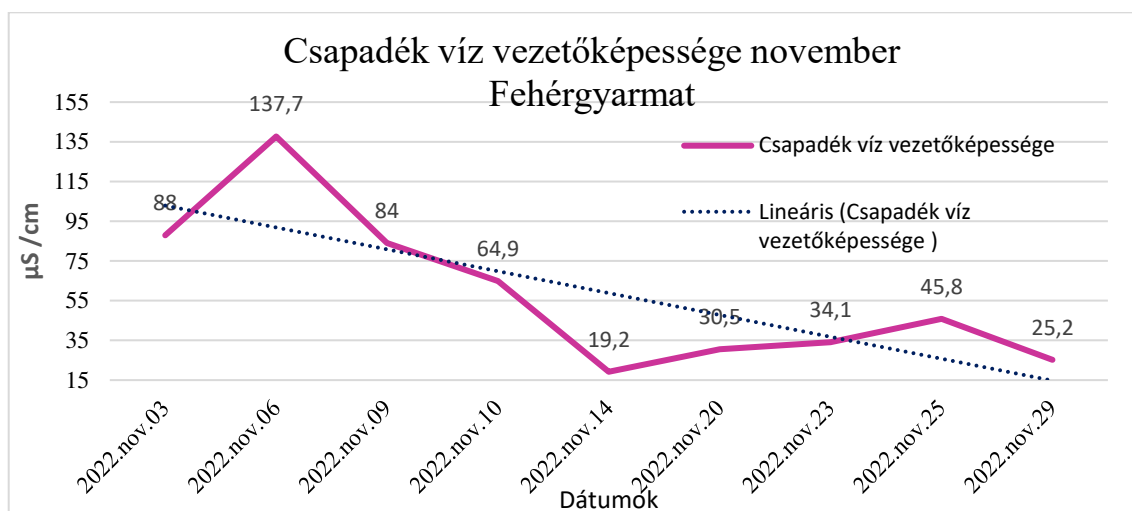
19. melléklet Csapadék víz vezetőképessége január Tiszabökény



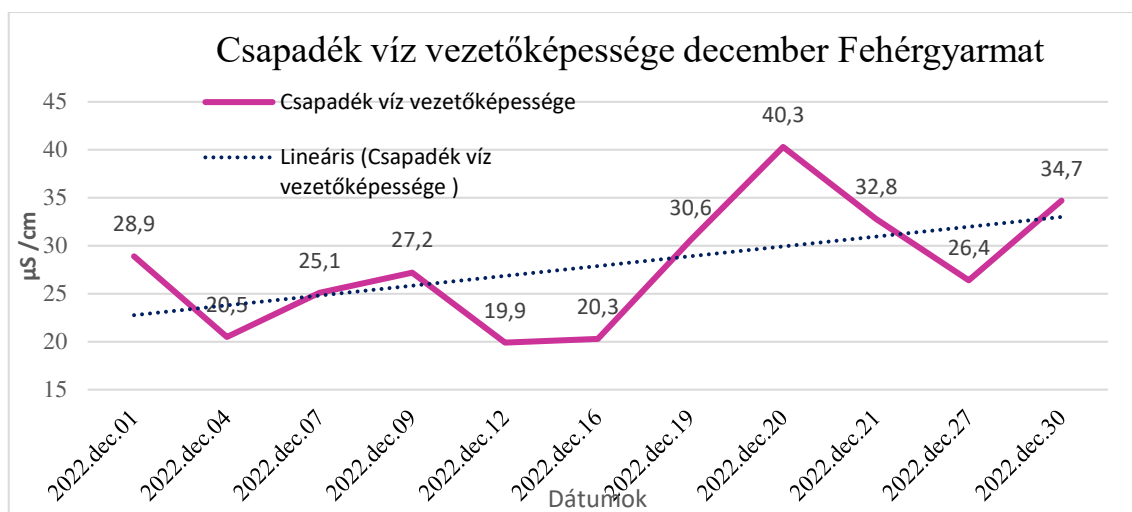
20. melléklet Csapadék víz vezetőképessége Tiszabökény



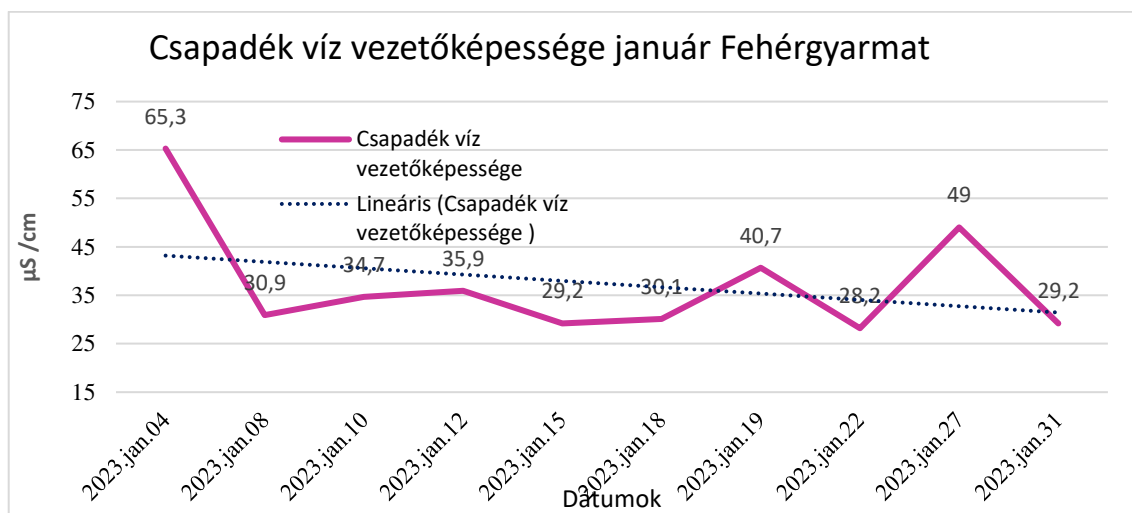
21. melléklet Csapadék víz vezetőképessége november Fehérgyarmat



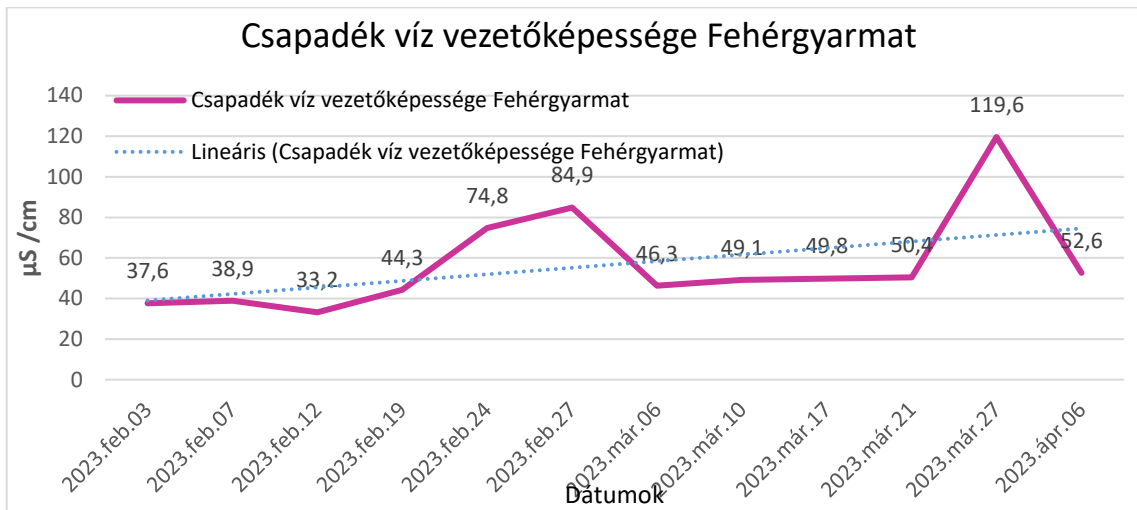
22. melléklet Csapadék víz vezetőképessége december Fehérgyarmat



23. melléklet Csapadék víz vezetőképessége január Fehérgyarmat



24. melléklet Csapadék víz vezetőképessége Fehérgyarmat



Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015144291

Дата перевірки:
19.05.2023 08:02:51 CEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
19.05.2023 08:30:33 CEST

ID користувача:
100011757

Назва документа: Dudics Natália_szakdolgozat_2023

Кількість сторінок: 55 Кількість слів: 11808 Кількість символів: 93046 Розмір файлу: 2.15 MB ID файлу: 1014822663

9.33% Схожість

Найбільша схожість: 2.2% з Інтернет-джерелом (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Feh%C3%A9rgyarmat>)

9.21% Джерела з Інтернету

351

Сторінка 57

2.83% Джерела з Бібліотеки

157

Сторінка 59

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

14