



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISFÜZETE

NAGY-KOVÁCS ZSUZSANNA

Az ivóvízellátás-biztonság összefüggéseinek vizsgálata a Duna vízminőség-változásának tükrében (a Fővárosi Vízművek szolgáltatási területén)

Témavezető: Dr Takácsné Prof. Dr. György Katalin

Tartalomjegyzék

1	Summary	3
2	A kutatás előzményei	4
3	Célkitűzések	5
4	Vizsgálati módszerek	6
5	Új tudományos eredmények.....	6
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége	9
7	Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék	10
8	Publikációk	18
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények	18
8.2	További tudományos közlemények (opcionális)	18

1 Summary

In the dissertation the effect of climate change on drinking water safety is assessed. To assure safe drinking water for a population of almost 1.8 million habitants is an operational challenge. It is therefore important to examine not only the risks related to them but also their interactions and change. By analysing river water level and temperature fluctuations and water quality changes the most important drivers are determined that influence river bank filtration which is the basis of water production in the Hungarian capital.

The trends of water level fluctuations and river temperature changes are statistically examined by determining the breakpoints in the datasets by *Pettitt*, *Standard normal homogeneity*, *Buishand* and *von Neumann* tests. Furthermore the trend analysis is brought about by Mann-Kendall test and the slope of the trend is determined by Sen's method.

Based on the results it can be concluded that the river water level has diminished between 1943-2021 by 1,0 cm per year, while more significant decrease was determined for the month of April and July 1,9 cm and 2,1 cm respectively. The river water temperature shows an increasing trend with 1,5 – 3°C change for both the annual and the monthly dataset between 1947-2021.

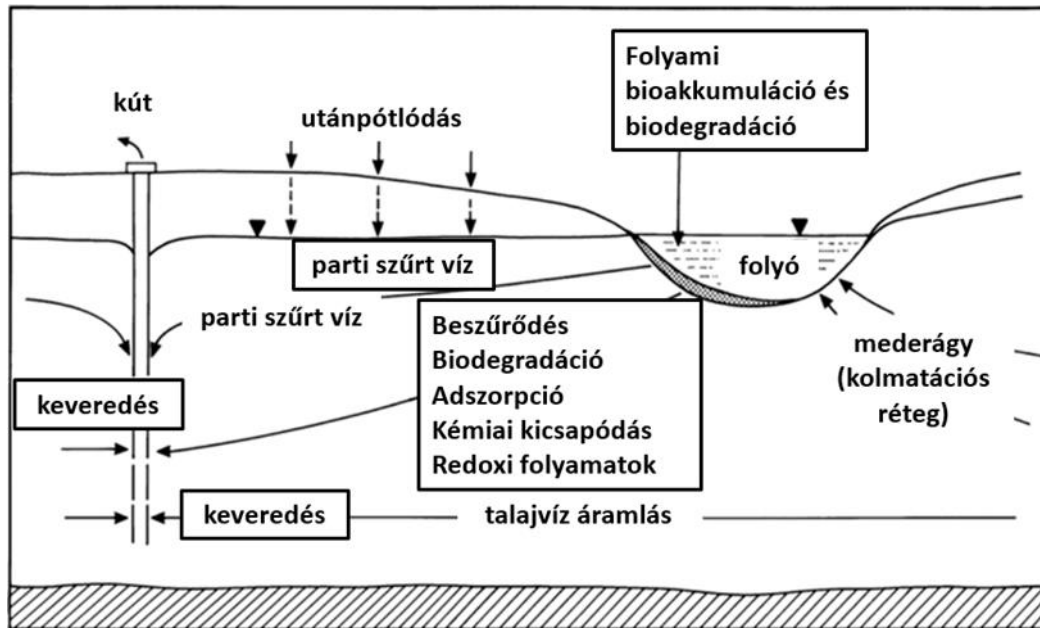
Also the extremities show a considerable shift where the threat of droughts and floods have increased both in frequency and severity in the recent decade.

Evaluating water quality changes in the Danube River and in the river bank filtrate are also primordial. Though droughts are becoming more and more challenging from the operational aspects based on water quality data it has been proven that water quality is not affected considerably by the monitored drought periods. Following the analysis of river bank filtrate temperature data it has been concluded that travel time is the most significant factor influencing river bank filtrate temperature. Whereas sulphate ion concentration does not increase considerably during drought periods neither in the Danube nor in the river bank filtrate with $t < 25$ days, while $t > 50$ days nitrate concentration increases regardless the Danube water level.

Based on the results summarized above it had been established that the most critical period of the year is therefore the mid-July – end August period of the year.

2 A kutatás előzményei

Az ivóvíz biztonsága kiemelt jelentőségű. Már a történelmi időkben nagy jelentőséggel bírt rendelkezésre állása, mintegy stratégiai eszköz jelent meg az emberiség fejlődése során. Rendelkezésre állását számos módon lehet biztosítani, melynek egyik speciális formája a parti szűrés folyamata.



A parti szűrés folyamata [Grisczek et al., 2002]

Budapest főváros ivóvízellátása, mely jelenleg mintegy 1,8 millió fogyasztó szükségleteit biztosítja, teljes mértékben parti szűrésen alapul. Ehhez a nyersvízforrást a Duna szolgáltatja, melynek vízszintjét, vízminőségét számos hatás befolyásolja, többek között a klímaváltozás. A klímaváltozással kapcsolatos kockázatok és veszélyek ismerete ezáltal elengedhetetlen az üzemeltetés biztonságának a fenntartásában, tekintve, hogy így valósíthatóak meg a megelőzést illetve helyesbítést szolgáló eljárások.

Ezáltal kiemelt jelentőséggel bír az ivóvízbiztonság fogalma, mely az ivóvíz minőségi és mennyiségi követelményein keresztül kerül bemutatásra, külön kitérve az ivóvíz-szolgáltatás, mint kritikus infrastruktúra területére.

Az ivóvíz-szolgáltatást biztosító rendszerek veszélyeit összefoglaló, az üzemeltetőt a veszélyek prioritizálásában és megelőzésében, illetve kezelésében támogató dokumentum a vízbiztonsági terv, melynek egyik legfontosabb eleme a kockázatértékelés. Ennek módszertana és felépítése, valamint a kockázatértékelés folyamata szintén bemutatásra kerül a HACCP rendszer illetve az EN ISO 22000:2018 szabványon keresztül.

3 Célkitűzések

Disszertációm célja a főváros vízellátását biztosító Duna víz és a hozzá kapcsolódó sérülékeny parti szűrt vízbázisra ható klimatikus tényezők változásának és hatásainak vizsgálata volt.

Ehhez egyfelől a rendelkezésre álló Duna vízszint és vízhőmérséklet adatok statisztikai elemzése volt célom, az 1943-2021 közötti időszakot véve, a vízszint adatok tekintetében a Vigadó téri vízmérce (Duna 1646,5 fkm, 94,97 mBf), a vízhőmérséklet adatok tekintetében az OVF adatszolgáltatásából származó adatok alapján. Másodsorban a Duna és a parti szűrt víz minőségváltozásainak elemzését tűztem ki célul, a Fővárosi Vízművek Zrt vízminőségi eredményeit felhasználva, a 2006-2021 közötti adatok értékelésével. Itt a Duna vízszint és a parti szűrt kutak elérési idejét vettem alapul az adatok részletesebb értékelését segítő. Az így kapott eredmények alapján a várható változásokat és azok kapcsolatrendszerét összegeztem és értékeltem. Ezen eredmények alapján célom volt egy javaslat megfogalmazása a jelenleg érvényes vízbiztonsági terv módosítására, beépítve az azonosított kockázatok ivóvízbiztonságot befolyásoló, időbeni hatásait elemezve a vizsgált termelő területen. Továbbá célom volt annak meghatározása, hogy a vízdíj mennyiben befolyásolja a vízfogyasztás mértékét az Európai Unió területének vonatkozásában.

Célkitűzések	
C1	A Duna vízszint 1943-2021 közötti adatok statisztikai elemzése
C2	A Duna vízhőmérséklet 1947-2021 közötti adatok statisztikai elemzése
C3	A Duna vízminőség 2006-2021 közötti adatainak elemzése
C4	A Duna és a parti szűrt vízbázis 2006-2021 közötti vízminőségi adatainak elemzése a Duna vízszint és az elérési idők függvényében
C5	A várható változások ivóvízbiztonsági vonatkozásainak összegzése és azok hatásmechanizmusainak feltárása, kapcsolódási modell (háló) felállítása
C6	A vízdíj vízfogyasztást befolyásoló hatásainak feltárása

A doktori disszertáció célkitűzései

4 Vizsgálati módszerek

Az elemzést a rendelkezésre álló vízszint adatok minimum, átlag, medián, maximum, valamint a percentilis értékek (p5, p10, p25, p75, p90, p95) meghatározásával és értékelésével végeztem el. Az idősor adatait a Pettitt, Standard normál homogenitás tesztet (SNHT), Buishand és Neumann tesztekkel vizsgáltam, annak megállapítására, hogy a vizsgált időszakban megfigyelhető-e töréspont az idősoros trendekben. Ezt követően a Mann-Kendall és a Sen-merevedéki vizsgálatokkal a trendek meglétét és irányát határoztam meg.

A vízminőségi eredmények kiértékelése során alkalmaztam az indukció és a dedukció módszerét.

Ezt követően az eddig, a parti szűrt vízbázis és a vízellátást biztosító rendszerben azonosított veszélyek újraértékelését végeztem el a statisztikai eredményeket szintetizálva.

Végezetül az azonosított változások alapján összevettem az eddig azonosított veszélyeket és az eredmények alapján kiegészítést, illetve módosítási javaslatot dolgoztam ki a veszélyelemzés aktualizálására.

5 Új tudományos eredmények

1. tézis

Tudományos módszerességgel igazoltam, hogy a Vigadó téri vízmércénél (Duna 1646,5 fkm, 94,97 mBf) a folyó átlagos éves és a február - augusztus hónapok közötti időszakban mért havi vízszintje az 1943-2021 közötti időszakban csökkenő tendenciát mutat, 5%-os szignifikancia szinten a Pettitt, Standard normál homogenitás és Buishand tesztek alapján.

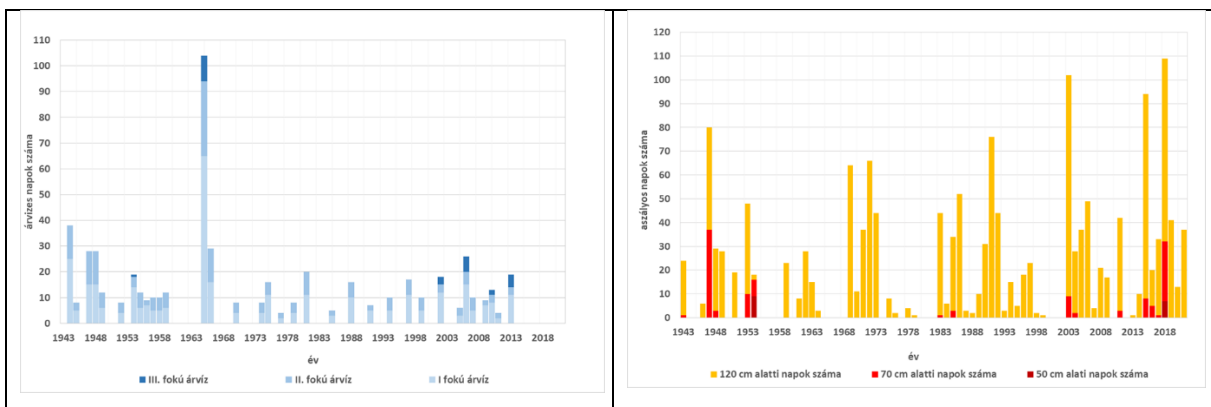
Ahol az éves idősor elemzése szerint szignifikáns csökkenés – töréspont – a fenti statisztikai próbák eredményei alapján 1971, illetve 1983 években voltak igazolhatóak. Mely mintegy 1,0 cm éves átlagos vízszintcsökkenést jelent a vizsgált időszakra vonatkozóan.

A havi idősoros bontás alapján töréspont elemzés szerint trendszerű csökkenés a február-augusztus hónapok esetében volt igazolható. A Sen merevedéki április illetve július hónapokban volt a legnagyobb mértékű – 1,9 cm illetve 2,1 cm.

2. tézis

Igazoltam, hogy a Duna szélsőséges vízállásai a vonatkozó kritikus szintek szerint meghatározva a vizsgált időszakban egyfelől egyre intenzívebben jelentkeznek, másfelől egyre hosszabb ideig álltak fenn.

A 2002-2013 közötti időszakban történelmi rekordokat döntő árvizek jelentkeztek 3-4 éves ciklusban, a 2000-es évek elejétől kezdődően jelentősen megnőtt az aszályos napok száma, a 2010-es évektől kezdődően pedig az aszály súlyossága is emelkedést mutat.



A Duna vízszint szélsőséges állapotainak (aszályok, árvizek) bemutatása 1943-2021 között

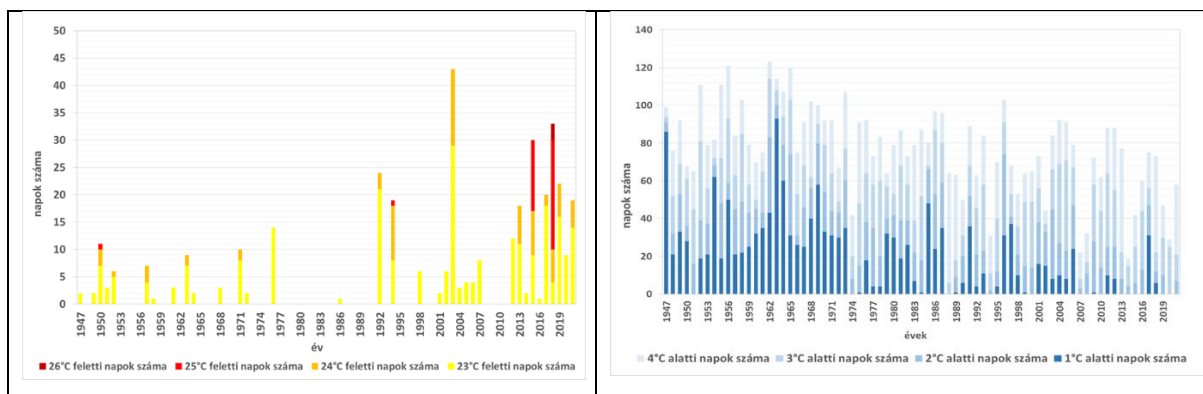
3. tézis

Igazoltam, hogy a Vigadó téri vízmércénél (Duna 1646,5 fkm, 94,97 mBf) a folyó átlagos vízhőmérséklete az 1947-2021 közötti időszakban emelkedő tendenciát mutat az éves átlag értékek, valamint minden hónapra vonatkozóan is 1,5-3 °C tartományban, 5%-os szignifikancia szinten a Pettitt, Standard normál homogenitás és Buishand tesztek alapján.

A statisztikai próbák eredményei alapján szignifikáns változás volt megfigyelhető az adatsorok tekintetében, ahol a töréspont az éves elemzés esetében 1990-2001 közötti időszakra tehető, a havi változások elemzése esetében a töréspontok eltérő időpontra tehetőek, jellemzően a 2000-es évek elején kerültek azonosításra.

4. tézis

Alátámasztottam, hogy a Duna vízhőmérséklete a szélsőségek tekintetében is változást mutat. A nyári időszakot érintő maximális vízhőmérsékletek egyre hosszabb ideig és egyre magasabb értékekkel jelentkeznek, míg a téli hónapokban a minimális vízhőmérséklet értékek emelkedő trendet mutatnak és egyre rövidebb ideig állnak fenn.



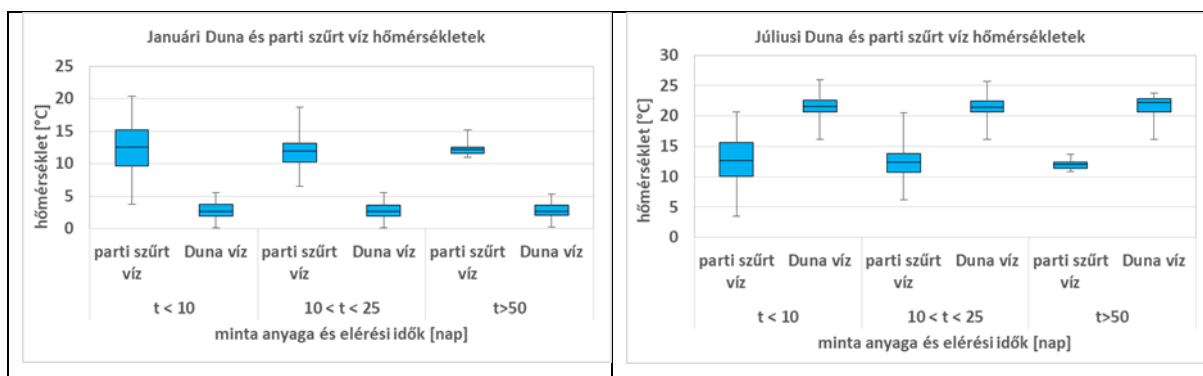
A Duna szélsőséges vízhőmérsékletű napjainak eloszlása 1947-2021 között

5. tézis

A vizsgált termelő terület parti szűrt vizének minőségére vonatkozóan, a kisvízi állapotok hatását elemezve, kimutattam, hogy a főbb ionok és a szerves anyag eltávolítás kapcsán a szélsőségesen alacsony Dunai vízszintek lényeges vízbiztonsági kockázatot a vizsgált időszakban nem okoztak. [NAGY-KOVÁCS (2019)]

6. tézis

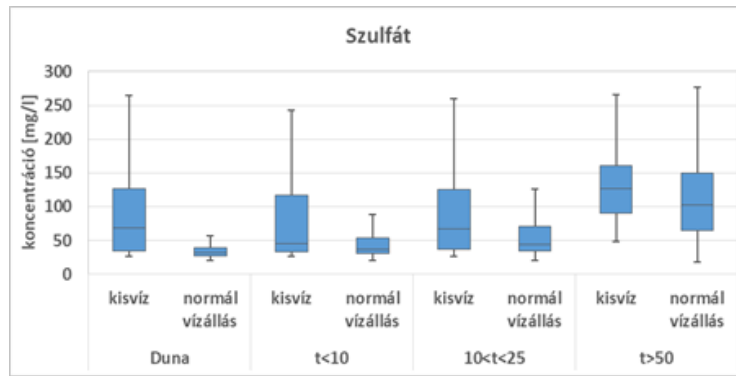
Igazoltam, hogy a vizsgált termelő terület kútjaiból kitermelt parti szűrt víz hőmérséklete elsősorban az elérési időktől függ, a szezonális változások elhanyagolhatóak a mérési eredmények alapján. [NAGY-KOVÁCS (2018)]



A Duna és a parti szűrt víz hőmérsékletváltozása a Duna vízszintje és az elérési idők függvényében január és július hónapban 2006-2021 között

7. tézis

A vizsgált parti szűrt rendszer kútadatai alapján a parti szűrt víz szulfáttartalma a kisvízi állapotok során szignifikánsan emelkedik, mely változás a folyóban, illetve a rövidebb elérési idejű kutak esetében nem figyelhető meg. [NAGY-KOVÁCS (2018)]



A Duna és a parti szűrt vízben található szulfátion koncentráció változása 2006-2021 között

6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

A téma különösen fontos, tekintetbe véve, hogy a terület Magyarország fővárosában, illetve a környező agglomerációs területen élő mintegy 1,8 millió fő vízellátását biztosítja. Másfelől, a vízbázis parti szűrésen alapuló ivóvízkezelést biztosít, mely egyfelől sérülékenysége okán közvetlenül kitett a környezeti ártalmaknak – így a klímaváltozásnak – másfelől, mérete okán, a maga 756 termelőkútjával és 1.000.000 m³/nap névleges kapacitásával kiemelkedő jelentőségű. Ezen túlmenően, földrajzi és társadalmi tekintetben a Duna, Európa egyik legjelentősebb folyója. Mindazon változások, melyek lokálisan megfigyelhetők, valójában a folyó teljes szakaszára vonatkoztatva is hatnak a víz minőségén és mennyiségén keresztül. Az ICPDR adatai alapján mintegy 20 millió ember ivóvízellátása függ a Dunától.

Ugyanakkor, mivel már nem csak a klímaváltozás, de annak antropogén eredete is [83] – ha nem is egyértelműen 100%-ban de legalább nagyrészt – tudományosan igazolt és elfogadott tény. Éppen ezért, fontos, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján értékeljük, mennyit változott a helyzet – jelen esetben az ivóvízbiztonság szempontjából. A továbbiakban fontosnak tartom a vízhőmérséklet-változás ivóvízbiztonságra gyakorolt általam feltárt hatásait szélesebb körben publikálni, mert fontosnak tartom, hogy a széles körű tájékoztatás révén tudatosítsuk a felhasználókban is mindennek a jelentőségét. [Nagy-Kovács (2022)] A biztonságos ivóvízhez való hozzáférés alapvető emberi jog, mert az ivóvíz-szolgáltatást biztosító infrastruktúra fenntartása és biztonságos üzemeltetése szélsőséges környezeti állapotokban kiemelt figyelmet és szaktudást igényel és legfőképpen azért, mert fontos látnunk azt, mekkora mértékű változások történtek a vizsgált időszakban, mennyi mozgásterünk van még: szakemberként a legfontosabb annak megállapítása, hogy a klímaváltozás objektív szempontból mennyiben érinti a szakterületemet és a mindennapi munkámat.

7 Irodalomjegyzék

- [1] *Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2020/2184 irányelve (2020. december 16.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről*
- [2] *5/2023. (I. 12.) kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről*
- [3] *JAGANMOHAN, M., Distribution of Earth's global water resources, <https://www.statista.com/statistics/564724/distribution-of-earths-water-resources/> (letöltve 2022.06.21)*
- [4] *Revision of World Population Prospects - 2022, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2022 <https://population.un.org/wpp/> (letöltve 2023.03.18.)*
- [5] *ROSER, M., RITCHIE, H., ORTIZ-OSPINA, E., RODÉS-GUIRAO, L., World Population Growth, 2013, <https://ourworldindata.org/world-population-growth> letöltve 2022.10.21.)*
- [6] *Az önkormányzatok integráló és koordináló szerepének megerősítése az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében, LIFE-MICACC projekt, LIFE16 CCA/HU/000115, <https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/hu> (letöltve 2022.09.28)*
- [7] *SZALAI J.: Fejezetek a talajvízszint-észleli hálózat kialakulásának és fejlődésének történetéből. Felszín Alatti Vizekért Alapítvány X. Konferenciájának kiadványa, Balatonfüred, 2003*
- [8] *PÁKOZDI J., A Kvassay Jenő Terv elkészítése és a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv felülvizsgálata, szakmai felelős referens <https://www.ovf.hu/hu/lezart-projektek/kvassay-jeno-terv> (letöltve 2022.09.28)*
- [9] *Magyarország vízyűjtő-gazdálkodási terve – második felülvizsgálat, 2022. április https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2022/05/VGT3_osszefoglalo_2021_elfogadott.pdf (letöltve 2022.09.28)*
- [10] *123/1997. (VII. 18.) kormányrendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről*
- [11] *HISCOCK, K. M., GRISCHEK, T., Attenuation of groundwater pollution by bank filtration, Journal of Hydrology, Volume 266, Issues 3–4, Pages 139-144, 15 September 2002*

- [12] *Guidelines for drinking water quality (IV edition)*
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950> (letöltve 2022.09.28)
- [13] *UN-Water Annual Report 2013*,
https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/UN_Water_Annual_Report_2013.pdf (letöltve 2022.09.28)
- [14] KUBINYI A., *Vízellátás a középkori Budán, História, XXXII. 6-7, 2020*
- [15] BIHARI D., *Egymillió embert ölt meg a kolera Magyarországon, 2016. 09. 14.*
<https://24.hu/tudomany/2016/09/14/egymillio-embert-olt-meg-a-kolera-magyarorszagon/#>
(letöltve 2022.09.20.)
- [16] SOÓS I., *„Isten öldöklő Angyala”: kolerajárvány Magyarországon, 2014. 08.28.*
https://mnl.gov.hu/mnl/ol/hirek/isten_oldoklo_angyala_kolerajarvany_magyarorszagon
(letöltve 2022. 12. 01.)
- [17] *Duna Múzeum, Vízellátás a kolera idején, 2020. március 23.*
https://vizmerce.blog.hu/2020/03/23/vizellatas_a_kolera_idejen (letöltve 2022. 12. 01.)
- [18] *International standards for drinking-water, 1st edition, 1 January 1958, Guideline,*
<https://www.who.int/publications/i/item/a91160> (letöltve 2022.09.28)
- [19] *Bonn Charter for safe drinking water, IWA publications, 2004*
- [20] *A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality, 2nd edition, WHO, Geneva, 16 December 2021, Technical document*
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240023642> (letöltve 2022.09.28)
- [21] *National Primary Drinking Water Regulations, EPA,* <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations> (letöltve 2022.09.28)
- [22] *The RIGHT2WATER Initiative, European Citizens’ Initiative Forum - Success Story, 2018*
https://europa.eu/citizens-initiative-forum/sites/default/files/2020-01/SEC-17-001_success_story_right2water_EN.pdf (letöltve 2022.09.28)
- [23] GLEICK, PH., *The human right to water, Water Policy 1(5): pp 487-503, 1998*
- [24] *World Bank, Washington (2016), “High and Dry: Climate Change, Water and the Economy.” Executive Summary. World Bank, Washington DC*
- [25] *[Water – the essence of growth, Nagy-Kovács 2017].*

- [26] *Philippines Environment Monitor, Water, World Bank, 2003*
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/144581468776089600/pdf/282970PH0Environment0monitor.pdf> (letöltve 2022.09.28)
- [27] *DÁVIDOVITS Zs., A lakossági ivóvízellátás környezetbiztonsági kockázatai csökkentésének lehetőségei és az ivóvízbiztonsági tervezés kapcsolatrendszere, Doktori értekezés, 2015*
- [28] *BATRAM, J., CORRALES, L., DAVIDSON, A., DEERE, D., DRURY, D., GORDON, B., HOWARD, G., RINEHOLD, A., STEVENS, M., Water safety plan manual – step-by-step risk management for drinking water suppliers. World Health Organization, Geneva, 2009*
- [29] *Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-1/1969 számú irányelv, A Veszélyelemzés, Kritikus Szabályozási Pontok (HACCP) rendszer és alkalmazásának útmutatója*
- [30] *MSZ EN ISO 22000 szabvány, Élelmiszerbiztonsági irányítási rendszerek. Az élelmiszerláncban résztvevő szervezetekre vonatkozó követelmények (ISO22000:2018)*
- [31] *Understanding the difference between PRP, oPRP and CCP*
<https://safefood360.com/insights/understanding-the-difference-between-prp-oprp-ccp-an-introduction/> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [32] *Xie, H., Li, D. & Xiong, L. Exploring the ability of the Pettitt method for detecting change point by Monte Carlo simulation. Stoch Environ Res Risk Assess 28, 1643–1655, 2014.*
<https://doi.org/10.1007/s00477-013-0814-y>
- [33] *BALATONYI L., Árvízvédelmi fokozatok, <https://www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-fokozatok>, (letöltve 2022.10.13.)*
- [34] *International Commission for the Protection of the Danube River, River Basin*
<https://www.icpdr.org/main/danube-basin/river-basin> (letöltve 2022.10.03.)
- [35] *Országos Meteorológiai Szolgálat, Magyarország éghajlata, https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/altalanos_leiras/ (letöltve 2022.11.30.)*
- [36] *River Danube water temperature measurements, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/river-danube-water-temperature-measurements> (letöltve 2022.10.03.)*

- [37] HASSAN, H., ARAMAKI, T., HANAKI, K., MATSUO, T. & WILBY, R. L. *Lake stratification and temperature profiles simulated using downscaled GCM output. J. Water Sci. Technol.* 38, 217–226., 1998
- [38] LÁNG I. et al., *A Globális Klímaváltozás: Hazai hatások és válaszok, KvVM – MTA „VAHAVA” projekt összefoglaló, Budapest, 2006*
- [39] PEKAROVA et al., *Is the Water Temperature of the Danube River at Bratislava, Slovakia, Rising? Journal of Hydrometeorology* 9(5), October 2008 , DOI:10.1175/2008JHM948.1 (letöltve 2022.10.03.)
- [40] LOVÁSZ Gy., *Water temperatures of the Danube and Tisza Rivers in Hungary, Hungarian Geographical Bulletin* 61(4):317-325, 2012 December
- [41] RÁCZ I., *Víz kémia II. Szent István Egyetem, 2011.,*
- [42] SCHEILI, A. et al., *Impact of Raw Water Quality and Climate Factors on the Variability of Drinking Water Quality in Small Systems, Water Resources Management, Issue 8, 2016*
- [43] DAVIDESZ J, DEBRECZENY L., *Partiszűrésű vízbázisok hosszú távú fenntarthatósága, rendelkezésre állás és kapacitások szempontjából, Víziközmű Konferencia, 2009. június 11-12. Sopron, előadás (belső dokumentum)*
- [44] WHITEHEAD P. G., WILBY R. L., BATTARBEE R. W., KERNAN M., WADE A. J., *A review of the potential impacts of climate change on surface water quality, Hydrological Sciences Journal*, 54:1, 101-123, 2009
- [45] ZWOLSMAN G., *Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - A preview of climate change? Water Science & Technology* 56(4):45-55, February 2007, DOI:10.2166/wst.2007.535 (letöltve 2022.10.03.)
- [46] FLEIT E., *A mikroszennyező anyagok víztest – lebegőanyag -üledék biológiai komponensek közötti megoszlása és viselkedése. Esettanulmány: a Duna főváros alatti szakasza, A KvVM és az MTA közötti környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi komplex kutatások, 3. témakör: A mikroszennyező anyagok minőségi kritériumai az EU Víz Keretirányelv hazai végrehajtásának elősegítésére, pp.1-42., 2005.*
- [47] EGRI Á., MÉSZÁROS Á., KRISKA Gy., *Spectral sensitivity transition in the compound eyes of a twilight-swarmer mayfly and its visual ecological implications Proc. R. Soc. B.* 2022 <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0318> (letöltve 2022.10.03.)

- [48] ECKERT; P. ET AL. *The impact of climate change on drinking water supply by riverbank filtration*, *Water Supply* (2008) 8 (3): 319–324.
- [49] SPRENGER C et al., *Science of The Total Environment*, Volume 409, Issue 4, 15 January 2011, Pages 655-663
- [50] KRISHAN, G. et al., *Assessment of Heavy Metals in Sediments from Exploratory Wells for Riverbank Filtration Sites Impacted by Extreme Environmental Conditions Using Principal Component Analysis*. In: Jha, R., Singh, V.P., Singh, V., Roy, L., Thendiyath, R. (eds) *Groundwater and Water Quality*. *Water Science and Technology Library*, vol 119. Springer, Cham. (2022). https://doi.org/10.1007/978-3-031-09551-1_3 (letöltve 2022. 12. 01.)
- [51] COVETTI et al., *Sources and behavior of ammonium during riverbank filtration*, *Water Research* 191(1):116788, December 2020
- [52] GRISCHEK T., *Coupling riverbank filtration and subsurface iron removal*, October 2013, *Conference: 8th International Symposium on Managed Aquifer Recharge (ISMAR8)At: Beijing – China*, DOI:10.13140/RG.2.1.3402.5689 (letöltve 2022. 12. 01.)
- [53] GRISCHEK T, PAUFLER S. *Prediction of Iron Release during Riverbank Filtration*. *Water*,9(5):317, 2017, <https://doi.org/10.3390/w9050317> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [54] SPRENGER C. et al., *Removal of indigenous coliphages and enteric viruses during riverbank filtration from highly polluted river water in Delhi (India)*, *Project: TECHNEAU*, *Journal of Water and Health*, 12(2):332-342, June 2014
- [55] HOCK, R., et al., *High Mountain Areas*. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 131–202. 2019, <https://doi.org/10.1017/9781009157964.004> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [56] ROUSI E. et al., *Accelerated western European heatwave trends linked to more-persistent double jets over Eurasia*, *Nature Communications* 13(1):3851, July 2022, DOI:10.1038/s41467-022-31432-y (letöltve 2022. 12. 01.)
- [57] ZIMMER A. et al., *The need for stewardship of lands exposed by deglaciation from climate change*, *WIREs*, Volume 13, Issue 2, 28 December 2021 <https://doi.org/10.1002/wcc.753> (letöltve 2022. 12. 01.)

- [58] DILLON, P., STUYFZAND, P., GRISCHEK, T. et al., *Sixty years of global progress in managed aquifer recharge*. *Hydrogeol J*, 27, 1–30 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1841-z> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [59] Országos Meteorológiai Szolgálat, *Éves és évszakos csapadékösszegek változása*, https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/homerseklet_es_csapadektrendek/csapadekosszegek/ (letöltve 2022.10.03.)
- [60] LÁSZLÓ B. et al., *WQ III Program, Parti szűrés hatékonyság ellenőrzése változó környezeti és üzemtani körülmények között (Zárótanulmány)*, Fővárosi Vízművek Zrt. belső dokumentum, 2013
- [61] WARD F.A. & MICHELSEN A.: *The economic value of water in Agriculture: concepts and policy applications*, *Water policy*, 4: 423-446, 2002
- [62] MALER K. G., *Environmental Economics: A theocratical enquiry*, John Hokins University Press for Resources for the Future, 2011, <https://doi.org/10.4324/9781315064123> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [63] BAUMANN, DD & BOLAND, JJ.: *Urban water demand management planning*. McGraw-Hill Professional; 1st edition, December 1, 1997
- [64] BARLOW et al. *Blue Gold: The fight to stop corporate theft of the World's Water*. The New Press, 2002
- [65] “High and Dry: ClimateChange, Water and the Economy.” *Executive Summary*. World Bank, Washington DC., World Bank, Washington, 2016, CC BY 3.0 IGO
- [66] GARRETT H., *The tragedy of the Commons*, *Science*, 13 Dec 1968, Vol 162, Issue 3859, pp. 1243-1248, 1968
- [67] GLEICK, *The human right to water*. *Water Policy* 1(5): pp487-503
- [68] HOEKSTRA, A. Y. (ed) *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, *Value of Water Research Report Series No 12*, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands, 12–13 December 2002, www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf (letöltve 2022. 12. 01.)

- [69] *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities. New York: United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2019.*
- [70] WALTON B., *Residential End Uses of Water, Version 2, Circle of Blue – www.circleofblue.org (letöltve 2022. 12. 01.)*
- [71] MCCARTHY N., *Where Europeans Consume The Most Tap Water, Oct 9, 2019, <https://www.statista.com/chart/19591/average-consumption-of-tap-water-per-person-in-the-eu/> (letöltve 2022. 12. 01.)*
- [72] *Indicator Fact Sheet Signals 2001 – Chapter Households, European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/household-energy-consumption/household-water-consumption>*
- [73] *Fővárosi Vízművek termelési adatsorok 1949-2020 között, belső dokumentum*
- [74] LUIS A. et al., *“Troubled Tariffs: Revisiting Water Pricing for Affordable and Sustainable Water Services.” World Bank, Washington, DC, 2021.*
- [75] HUTTON G., *Monitoring “Affordability” of water and sanitation services after 2015: Review of global indicator options, PhD thesis, 2012, March 20th*
- [76] *Safely managed drinking water - thematic report on drinking water, Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.*
- [77] DEVICIENTI, F.; KLYTCHNIKOVA, I; PATERNOSTRO, S. *Willingness to pay for water and energy: an introductory guide to contingent valuation and coping cost techniques (English). World Bank Group, 2004, Washington, D.C.*
- [78] WALTON B., *Rising Cost of Water in Michigan Leads to Affordability Problems, Circle of Blue, 2021,*
- [79] *Water ranking in Europe 2020, Smart Water Magazine, 04/08/2021, based on EurEau data, <https://smartwatermagazine.com/news/locken/water-ranking-europe-2020> (letöltve 2022. 12. 01.)*
- [80] *2000. október 23-i 2000/60/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv*

- [81] *UN Sustainable Development Goals – SDG 6 Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all* <https://sdgs.un.org/goals/goal6> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [82] PÖRTNER, H.-O. et al., In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 37–118, doi:10.1017/9781009325844.002 (letöltve 2022. 12. 01.)
- [83] *The Sustainable Development Goals Report, United Nations, 2022* <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf> (letöltve 2022.11.30.)
- [84] *Diarrhea; common illness, global killer, Centers for Disease Control and Prevention (U.S.), 2012*, <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/13557> (letöltve 2022. 12. 01.)
- [85] NAGY-KOVÁCS Zs, GYÖRGY-TAKÁCS K., *Water – the essence of growth, ERENET PROFILE, 2017, Vol. XII. No. 3. P36-42., ISSN 1789-624X, <http://www.erenet.org/publications/profile42.pdf>* (letöltve 2022. 12. 01.)
- [86] NAGY-KOVÁCS, Z.; LÁSZLÓ, B.; SIMON, E.; FLEIT, E. *Operational Strategies and Adaptation of RBF Well Construction to Cope with Climate Change Effects at Budapest, Hungary, Water, 2018, 10, 1751. <https://doi.org/10.3390/w10121751>* (letöltve 2022. 12. 01.)
- [87] PAPP M., RITVAYNÉ SZOMOLÁNYI M., SZALAY M., NAGY-KOVÁCS ZS., *Water Supply in Hungary, Hungarian Journal of Hydrology, Vol. 96. No. 3. page 16-24. (Aspect of sustainability fejezet), 2016, HU ISSN 25374*
- [88] NAGY R., *Az ivóvíz-ellátás egyes környezetbiztonsági szempontjai, Hadmérnök, 17 évf. 4 szám, 2023.*

8 Publikációk

8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

NAGY-KOVÁCS, Z., DAVIDESZ J., CZIHAT-MÁRTONNÉ K., TILL G., FLEIT E., and GRISCHEK T., “Water Quality Changes during Riverbank Filtration in Budapest, Hungary,” *Water*, vol. 11, no. 2, p. 302, 2019.

NAGY-KOVÁCS, Z.; LÁSZLÓ, B.; SIMON, E.; FLEIT, E. *Operational Strategies and Adaptation of RBF Well Construction to Cope with Climate Change Effects at Budapest, Hungary*, *Water*, 2018, 10, 1751. <https://doi.org/10.3390/w10121751> (letöltve 2022. 12. 01.)

8.2 További tudományos közlemények

NAGY-KOVÁCS, Z. “A Duna 1946-2019 közötti vízhőmérséklet-változásának bemutatása és ivóvízbiztonsági vonatkozása,” in *20th International Conference on Management, Enterprise, Benchmarking. Abstract Booklet (MEB 2022)*, pp. 57–57., 2022

ADOMAT Y., ORZECZOWSKI, G.-H., PELGER, M., HAAS R., BARTAK R., NAGY-KOVACS Z., APPELS J., AND GRISCHEK T., “New Methods for Microbiological Monitoring at Riverbank Filtration Sites,” *Water*, vol. 12, no. 2, 2020.

KRUĆ R., DRAGON K., GÓRSKI J., NAGY-KOVÁCS Z., AND GRISCHEK T., “Geohydraulic conditions and post-treatment at riverbank filtration sites in Eastern Europe,” *BALTICA*, vol. 33, no. 1, pp. 97–108, 2020.

NAGY-KOVÁCS, Z., FLEIT, E., LÁSZLÓ, B., AND MÁRTONNÉ, C.K., “Szerves mikroszennyező anyagok viselkedése a parti szűrés folyamatában,” *Hidrológiai Közlöny*, vol. 99, no. 2, pp. 47–55, 2019.

NAGY-KOVÁCS, Z., LÁSZLÓ, B., FLEIT, E., CZICHAT-MÁRTONNÉ, K., TILL, G., BÖRNICK, H., ADOMAT, Y., AND GRISCHEK, T., “Behavior of Organic Micropollutants During River Bank Filtration in Budapest, Hungary,” *Water*, vol. 10, no. 12, p. 1861, 2018.

NAGY-KOVÁCS, ZS. AND TAKÁCS-GYÖRGY, K., “Water – the Essence of Growth,” in *Management, Enterprise and Benchmarking in the 21st Century IV.*, pp. 277–286., 2017

NAGY-KOVÁCS, Z. Á., AND TAKÁCSNÉ, G. K., “A Duna vízszint-változásainak vizsgálata Nagymaros és Budapest vonatkozásában,” in Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki (IESB 2016), 2016, p. 50.

PAPP, M., RITVAYNÉ, S. M., SZALAY, M., AND NAGY-KOVÁCS, Z., “Water Supply in Hungary,” HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY, vol. 96, no. 3, pp. 16–24, 2016.