

A MIKROSKÓPOS BIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK SZEREPE ÉS BEÉPÍTÉSE AZ IVÓVÍZTERMELÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI RENDSZERÉBE

GALSI TAMÁS, DR. BANCSINÉ DR. TÓTH MÁRIA

Techno-Víz Kft.

A víz az ember számára nélkülözhetetlen elem. Fontossága elsősorban a közvetlen személyi fogyasztásnál érzékelhető, amikor ivóvízként és táplálékkal együtt fogyasztjuk, főzéshez, mosáshoz, tisztálkodáshoz használjuk. Ezen igény kielégítésére közműves ivóvízellátó rendszerek alakultak ki, mely során az ember a vízbázisokból vizet termel ki, amelyet (ha szükséges) tisztítási technológiáknak vet alá annak érdekében, hogy az emberi fogyasztásra alkalmassá váljon.

A közműves ivóvízellátó rendszerek üzemeltetőinek megfelelő minőségű ivóvizet kell előállítaniuk. Az ivóvízzel szemben támasztott követelményeket a 201/2001 (X.25.) és a 47/2005. (III.11.) Korm. rendeletek határozzák meg, melyek a minőségi követelményeken túl az ellenőrzés rendjét is tartalmazzák. A rendeletek kimondják, hogy a víz akkor felel meg az ivóvíz minőségnek, ha nem tartalmaz olyan mennyiségben vagy koncentrációban mikroorganizmust, parazitát, kémiai vagy fizikai anyagot, amely az emberi egészségre veszélyt jelenthet.

Az ivóvizet többféle szempontból vizsgáljuk: kémiai, bakteriológiai, toxikológiai, mikroszkópos biológiai, stb. A mikroszkópos biológiai vizsgálatok célja az ivóvízben előforduló, mikroszkóp segítségével azonosítható szervezetek által történő vízminősítés. Rendszeresen kell végezni mikroszkópos biológiai vizsgálatokat felszíni vízből előállított víz, sérülékeny vízbázisból nyert vizek, a külön jogszabályban meghatározott karszt-, talaj-, és partiszűrészű vízbázisokból származó vizek, valamint utószennyeződésre hajlamos (pl. >20 °C, sok ammóniumion – >0,5 mg/l, szerves anyag – >5,0 mg/l KOIps) vizek esetén. A hálózati rendszert ért szennyezés vagy szennyezés gyanúja (pl. csőtörés), illetve a hálózatot érintő beavatkozások (pl. új csőszakaszok használatba vétele, hálózatmosatás) esetén a probléma megszűnéséig soron kívül vizsgálni kell.

A vizsgálandó mikroszkópos biológiai paramétereket a 201/2001. (X.25.) és a 47/2005. (III.11.) rendeletek „E” táblázata (1. ábra), a minták feldolgozásának módját pedig az MSZ 448/36-1985 szabvány tartalmazza. A vizsgálandó paramétereket és határértékeiket 1 literre vonatkozóan határozták meg. A vizsgált mintában előforduló élőlényeket a táblázat meghatározott csoportjába írjuk be. Ha az ivóvíz a fent említett rendeletek 1.sz. mellékletének A) részében meghatározott határértékeknek megfelel, de az E) részében előírt valamely határértéknek nem felel meg, akkor a vizsgált vizet mikroszkópos biológiai szempontból kifogásoltnak kell tekinteni. A mikroszkópos biológiai kifogásoltság ellenére a víz fogyasztható, a kifogásoltság állapota üzemellenőrzésre és minőségjavító beavatkozásra szolgál. A víz ihatóságának eldöntése az ÁNTSZ jogköre, az akkreditált laboratóriumok csak a vizsgált minták minőségét értékelhetik a rendeletek és szabványok alapján.

Vízminőségi jellemző	Határérték	Egység
Üledék	0,1	ml/l
Véglények	0	szám/l
Férgék	0	szám/l
Baktériumok /szennyezettséget jelző baktériumok/	0	szám/l
Gombák	0	szám/l
Vas- és mangánbaktériumok	2 x 10⁴	szám/l
Egyéb baktériumok /Kénbaktériumok/	10²	szám/l
Algák és cianobaktériumok	10⁴	szám/l

1. ábra. Biológiai vízminőségi jellemzők és határértékeik

A vizsgálatok alapja az ökológia tudományában is megjelenő általános indikáció elve, mely szerint az élőlények populációi jelzik a létrejöttükben és viselkedésükben szerepet játszó ténylegesen ható tényezőket. Számatalan környezeti tényező (pl. pH, sótartalom, hőmérséklet, stb.) „bombázza” az élőlények tűrőképességi tartományainak meghatározott szakaszait. Nem minden tényezőre reagál egyformán egy szervezet, egyes tényezőkkel szemben érzékenyebb, míg másikkal szemben érzéketlenebb. Az a „jó” indikátorfaj, amely egy adott környezeti tényezővel szemben szűk tűrőképességű. A különböző élőlényeknek eltérő a tűrőképességi tartományuk egy adott tényezővel szemben. Biológiai szempontból a hálózati ivóvíz is potenciális élőhelynek tekinthető. Egy adott élőlény megjelenése illetve hiánya alapvető információt nyújt a vizsgált ivóvíz biológiai megítéléséhez.

Az élőlénycsoportok megjelenése a víz minőségének függvénye, és fordítva: meghatározott vízminőségi állapot meghatározott élőlénycsoport(ok) megjelenését vonhatja maga után. A mikroszkópos vizsgálatok során

nem minden élőlénycsoport minden képviselője jelenik meg, a nagyobb csoportok közül mindig vannak olyan fajok, amelyek az ivóvizek jellegzetes képviselői. A tapasztalat azt mutatja, hogy vannak gyakori előfordulású, több típusú ivóvízre is jellemző, azokban létfeltételeiket megtaláló „kozmpolita ivóvízlakó” fajok.

A mikroszkópos biológiai vizsgálatoknak számos előnye van. Míg a legtöbb vizsgálat csak pillanatnyi állapotokat jellemez, addig a vízben előforduló élőlények „történelmet” írnak: minőségi és mennyiségi eloszlásuk, ökológiai igényeik, egymáshoz való viszonyaik nemcsak a mintavétel időpontjában uralkodó állapotokat jelzik, hanem az ezek kialakulásához szükséges előfeltételeket is megmutatják számunkra. A megjelenő élőlények bonyolult anyag- és energiaforgalmi egységet képeznek, kölcsönösen hatnak egymásra. A vizsgálat másik nagy előnye, hogy gyors. A megvett minta a többi vizsgálathoz viszonyítva gyorsan feldolgozható, a laboratóriumba érkezése után 1–2 óra alatt vizsgálati eredményt adhat. Ez a gyors feldolgozás akut szennyezés vagy szennyezés gyanúja esetén döntő fontosságú. A kontaminációs problémákat is jól jelezhetik. Ha például poliszaprób, szennyezettséget jelző szervezetek fordulnak elő a vizsgálati mintákban, akkor valószínűsíthető a szennyvízzel való kontamináció.

A vizsgálatok hátrányai közül az egyik legfontosabb, hogy nem dolgozható ki pontos, egyértelmű módszer. A vizsgált mintában esetlegesen előforduló élőlények dinamikus rendszert alkotnak, mozognak, táplálkoznak. Az eltérő módszerek nagyságrendileg eltérő eredményeket adhatnak, például a Bürker-kamrás számlálás vagy a borítós módszer esetén. Az ilyen vizsgálatoknál a szubjektivitás nagyobb szerephez jut: a vizsgálatot végző szakmai felkészültsége, figyelmessége, tapasztalatai, elhivatottsága, stb. befolyásolhatja a vizsgálati eredményt.

A vízműveknek a hálózati ivóvíz vizsgálatára vonatkozó tervezetét az önellenőrzési terv tartalmazza. A 201/2001. (X.25.) és a 47/2005. (III.11.) rendeletek meghatározzák az ellenőrző vizsgálatokra vett minták számát. A rendeletek nem konkrét mintavételi számokat, hanem minimumkövetelményeket (ill. tartományokat) írnak elő. A mintavételi gyakoriságot elsősorban az egy ellátási körzetbe táplált napi vízmennyiség határozza meg. A vizsgált víz minőségének függvényében a mintavételi gyakoriság változhat (bizonyos paraméterekre), melyet az ÁNTSZ egyedi, az adott vízműre vonatkozó határozataiban rögzít. Biológiaiilag stabil vízbázisra épülő vizek esetében az összes mintaszám kb. 5%-a, de vízművenként legalább 4 minta/év legyen mikroszkópos biológiai vizsgálat. Sérülékeny vízbázisból származó vizek esetén ez az arány kb. 25% legyen.

A mintavételi helyek kijelölése a víziközművet üzemeltető és az ÁNTSZ feladata. A 201/2001. (X.25.) és a 47/2005. (III.11.) rendeletek csak a fogyasztási pontokon végzett vizsgálatokkal foglalkoznak, ennek ellenére az üzemeltetőnek más pontokon is kell mintáznia (lsd.: 21/2002. (IV.25.) KöViM rendelet). A hálózati betápláláshoz közeli helyen célszerű mintavételi helyet kijelölni, mivel az referencia-pont lehet a többi vizsgálathoz. Ha az innen vett minták mikroszkópos biológiaiilag kifogásoltak, akkor a hiba a víztisztítási-vízkezelési technológiában van. A mintavételi helyeket térben és időben is lehetőleg egyenletesen kell elosztani.



2. ábra. Korrodálódott közifolyó

A mintavételt úgy kell végezni, hogy a minta mindig az adott célnak megfelelően reprezentálja a víz minőségét. Ha nem a pangó vizsgálat a cél, akkor a mintavétel előtt legalább 5 perc kifolytatás szükséges.

Az ejektoros közkifolyóból vett minták esetében ezen felül a nyomókart erőteljesen lenyomva többszöri átöblítés szükséges, hogy a közkifolyó tárolóterében összegyűlt lerakódások, törmelék, stb. is eltávozzanak. A külső köpenyrész sérülése esetén talaj- illetve egyéb vizekkel keveredhet az ivóvíz, emiatt a laboratóriumi vizsgálat nem a hálózatban lévő ivóvíz minőségét fogja jellemezni (**2. ábra**).

A mikroszkópos biológiai kifogásoltság megszüntetésére számos megoldás lehetséges a vízművek részéről. Ha az ivóvízben kifogásoltságot okozó szervezetek száma nem magas, a legtöbb esetben a fertőtlenítőszer mennyiségének betáplálási ponton való megemelése elegendő. Ha ez nem vezet a probléma megszűnéséhez, akkor az adott hálózati szakasz mosatása nyújthat megoldást. A megfelelő mennyiségű fertőtlenítőszer-koncentráció és a megfelelő kontaktidő betartása alapvető fontosságú a mikroszkópos biológiai kifogásoltság megszüntetésében. Egyes kiszakasozható csőrészletek fertőtlenítőszeres vízzel való feltöltése és későbbi leeresztése azért segíthet jobban, mert az esetleg vastagabb élőbevonatot jobban átjárhatja a klór. A mosatások után fontos az alapos átöblítés, nehogy a leváló élőbevonat-részek a későbbiekben újra problémát okozzanak. Ha az átöblítés nem volt megfelelő, az ismétlődő minta rosszabb eredményt adhat a fellazult és a vízzel áramló élőbevonat-részek miatt.

Ha durvább lerakódású az élőbevonat, akkor például szivacsos mosatást lehet alkalmazni. Ezt célszerű lenne az egész hálózaton elvégezni az utófertőtlenítés elkerülése érdekében, bár tudjuk, hogy a vízművek pénzügyi lehetőségei végesek.

Az ivóvízhálózat azon részein, ahol a vízáramlás sebességének csökkenése miatt a pangó víz jelleg dominál, jobban kedvez az élőbevonat kialakulásának. Itt nagyobb valószínűséggel tudnak elszaporodni a mikroszkópikus szervezetek. Több mintavételi pont mintázásával a mikroszkópos biológiailag kifogásolt területek kiszűrhetőek, így a hálózattisztító beavatkozások kimondottan a problémás területekre irányulhatnak. A magyar vízhálózatokra a jelenleg szolgáltatott ivóvízmennyiséghez viszonyítva a túlméretezettség jellemző, emiatt lassabb a víz áramlása illetve a víz kicserélődése egy adott vezeték szakaszban. Előfordul, hogy az egyik település vízművében előállított víz több napot tartózkodik a csőrendszerben, mire a vízműhöz tartozó másik településre elér. Az ipari tevékenységek mindinkább a víztakarékos irányba mozdulnak el, amelyek ugyancsak az előbbi problémakört gerjesztik tovább. Fontosnak tartjuk, hogy a mintavételek időpontjában a vízkezelő-víz tisztító technológiákat ért változásokat (pl. bizonyos technológiai egységek karbantartása miatti üzemben kívül helyezése), illetve az utolsó mosatások, tisztítások időpontját is feljegyezzék a mintavételt végző kollégák, mert ezen háttérinformációk segítségével könnyebben megítélhető és jellemezhető a rendszer állapota.

A lakossági panaszok és kezelésük a vízszolgáltatók fontos feladatai közé tartoznak. A vízszolgáltató a vízminőség állapotáért a szolgáltatási határpontig (pl. (fő)vízmérőóraig) felel. Az épületek, házak, lakások belső hálózatának hibái, karbantartása nem a vízszolgáltató feladata. Speciális esetként értékelhető, ha a fogyasztási helyen a mikroszkópos biológiai kifogásoltság a hálózatban lévő utószennyeződésre hajlamos vízre vezethető vissza. Ebben az esetben az ÁNTSZ dönti el a vízszolgáltató felelősségét. Éppen ezért a lakossági panaszokhoz kapcsolt vizsgálatoknál célszerű referenciamintát venni a lakásokat ellátó hálózatból. Laboratóriumunk vizsgálatai során olyan eset is előfordult, hogy egy lakótelepi épület szinte minden lakásából panasz érkezett sárgás-vöröses üledékre, és kellemetlen szagú vízre. A minták mikroszkópos biológiailag kifogásoltak voltak, de az épület mellett elhelyezkedő közkifolyóból vett minta megfelelőnek adódott. Ebben az esetben elmondhatjuk, hogy a probléma a lakótelepi épület belső vízellátó rendszerében volt.

Ha már a vízműről a hálózatba betáplált víz is tartalmaz mikroszkópikusan kifogásoltságot okozó szervezeteket, akkor a hiba a vízkezelési-víz tisztítási technológiában keresendő. Ilyenkor az egyes technológiai fázisok be- és kimeneti pontjait célszerű megvizsgálni. A különböző szűrők visszamosató vizének vizsgálata sok mindent elárul a tisztítandó víz biológiai állapotáról. Ha új berendezést szándékoznak beépíteni, akkor a beépítés illetve üzemelés előtt (ha lehetséges) célszerű annak kicsinyített másával modellvizsgálatokat végezni (pl. ultraszűrő, fertőtlenítő berendezés).

A vízszolgáltatás egyik legkritikusabb pontja a fertőtlenítés. A fertőtlenítés folyamán csak olyan mennyiségű fertőtlenítőszer szabad használni, mely a mikrobiológiai és mikroszkópos biológiai biztonság megteremtéséhez feltétlenül szükséges. Hogyha a fertőtlenítőszer dózist a közegészségügyi szempontból biztonságos ivóvízellátás érdekében növeljük, akkor fertőtlenítési melléktermékek keletkezhetnek, melyek egy része bizonyított, hogy közegészségügyi szempontból kifogásolható. Elmondhatjuk, hogy a számos fertőtlenítőszer közül egyedül a klórvegyületek vízbe adagolásával érhető el mikrobiológiai biztonság a távoli pontokon. Az egyre inkább elterjedő ózonizálással és UV-kezeléssel csak a betáplált víz minősége állítható be (lokális megoldások), a klórvegyületeket (főleg nagyobb hálózatok esetében) jelenleg nem tudjuk mással kiváltani. Ezért a problémakör nagy kérdése: mikroszkópikus szervezetek vagy trihalogénmetán legyen-e az ivóvízben?

A fertőtlenítés problematikáját a fonálférgék (Nematoda) példáján keresztül elemezzük. A fonálférgék (**3. ábra**) egyszerű testfelépítésű, nem szelvényezett, hengeres, keresztmetszetben kör alakú szervezetek. Bőrizomtömlőjük csak hosszanti izomelemekből áll, emiatt mozgásuk igen jellegzetes. Kültakarójuk legfelső része több rétegből álló, erős kutikula. Gázcserejüket a kültakarón át végzik, oxigénigényük minimális. Váltivarúak, de szűznemződésre is képesek, magas regenerációs képességgel rendelkeznek. A testfelépítésükből

és a felsorolt tulajdonságaikból következik, hogy a fertőtlenítőszerrel szemben igen ellenállóak. A Techno-Víz Kft. 2005 évi vizsgálatai alapján a fonálférgek okozták a mikroszkópos biológiai kifogásoltság legnagyobb részét. Több minta esetében előfordult, hogy a kifogásoltságot egyszerre több szervezet (köztük a fonálférgek) okozta. Fertőtlenítés és mosatás után sokszor tapasztaltuk, hogy az ellenőrző mintában a fonálférgek még jelen voltak (igaz kisebb egyedszámmal), míg a többi szervezet eltűnt. A klór további adagolásával eltűnhettek, de ilyenkor általában a trihalometán vegyületek megemelkedett szintje miatt lett kifogásolt a minta. Vizsgálataink során olyan vízhálózattal is találkoztunk, amelynél több módszert kipróbálva sem sikerült a Nematoda-egyedszámot 5 ind./l alá csökkenteni. Ilyenkor felmerül a kérdés, hogy érdemes-e bolygatni egy stabil fonálféreg populációt, vagy időlegesen „eltüntetni” őket a hálózattól az esetlegesen határérték feletti trihalometán szint mellett?



3. ábra. *Nematoda* sp. egyed ivóvízben

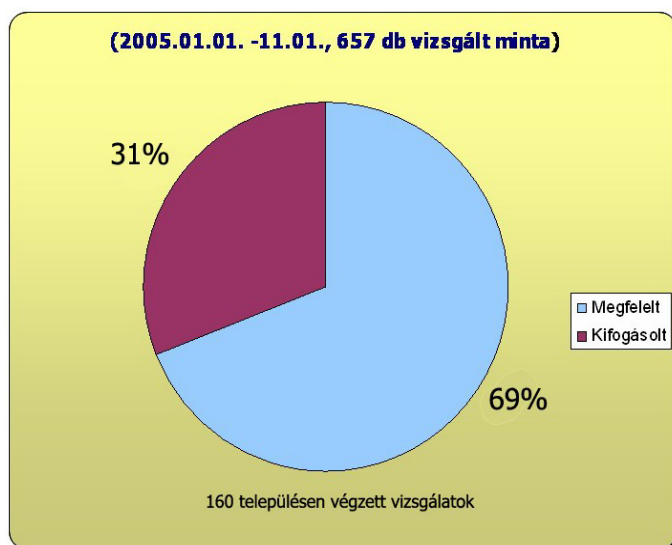
A problémát az is bonyolíthatja, hogy egyszerű, differenciálatlan sejtekből álló szervezet révén a klórral szembeni rezisztenciájuk megnőhet. A fertőtlenítésnek ugyanis mindig vannak „túlélői”. Az élőlények dinamikus rendszert alkotnak, nem lehet őket tökéletesen homogenizálni. Egyes egyedek többször túlélhetik a magasabb klóradagokat, emiatt a fertőtlenítőszerrel szembeni érzékenységük csökkenhet. Az ilyen egyedek szelekciós előnyre tehetnek szert, így jobb szaporodási képességet érhetnek el. A jobb szaporodási képesség miatt jobban elterjedhetnek ezek az adaptálódott egyedek. A folyamat végpontja a klórral szembeni érzékenység csökkenésének genetikai rögzülése, mely ilyen alacsonyabbrendű szervezeteknél (emberi léptékben) viszonylag hamar bekövetkezhet (gondoljunk például a burgonyabogár és a DDT esetére).

A férgek túlélését nagy mértékben segíti, hogy petéik még a kifejlett egyedeknél is nagyobb ellenállóképességgel rendelkeznek a fertőtlenítőszerrel szemben. A mikroszkópos mintákban gyakran látni elpusztult kerekférgeket, amelyek magukon hordozzák a kikelés előtti petéiket. A peték megtapadhatnak a különböző berendezésekben, élőbevonatokon. (4. ábra).



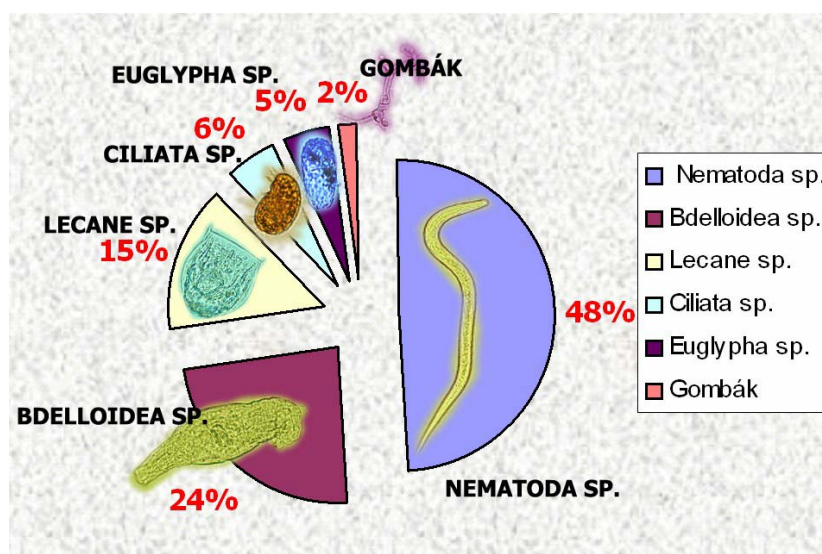
4. ábra. *Keratella* sp. egyed petéivel

Vizsgálataink alapján elmondható, hogy ha egy adott vízminta mikroszkópos biológiailag kifogásolt, a legtöbb esetben a bakteriológiai kifogásoltság is fennáll. Előfordul azonban olyan eset is, amikor a bakteriológia eredmények megfelelőek, a mikroszkópos biológiai eredmények viszont kifogásoltak. Valószínűleg a mikroszkópos biológiai kifogásoltságot okozó szervezetek elfogyasztották a baktériumokat. Ilyen esetekben a mikroszkópos biológiai eredmények döntő fontosságúak.



5. ábra. Mikroszkópos biológiai vizsgálatok eredményei 2005-ben

Laboratóriumunk 2005.01.01 és 11.01. között 657 db mikroszkópos biológiai mintát vett és elemzett. A minták 160 településről származtak. A vízbázisok nagy része felszín alatti, csekély része pedig felszíni vízből tisztított ivóvíz. A vizsgált minták 69%-a megfelelt, míg 29%-a mikroszkópos biológiai szempontból kifogásolt (5. ábra). Az összes minta 48%-ában Nematoda egyedek fordultak elő. Rajtuk kívül a Bdelloidea kerekcsőfereg rend tagjai, a Lecane sp. kerekcsőfereg, különböző csillósok (Ciliata sp.), valamint a házas amőbák közül Euglypha sp. egyedek voltak leginkább jellemzőek. A különböző taxonoknak a vizsgált mintákban való eloszlását a 6. ábra szemlélteti. A fent felsorolt csoportokon túl még az alábbi csoportokat illetve szervezeteket figyeltük meg a vizsgált mintákban (felsorolás szintjén): vasbaktériumok – Leptothrix sp., Crenothrix sp.; kénbaktériumok – Beggiatoa sp., Thiobacillus sp.; Zooflagellata sp.; csillósok – Colpoda sp., Aspidisca sp., Vorticella sp.; gyökérlábúak – Amoeba sp., Centropyxis sp., Difflugia sp.; kerekcsőférgek – Lepadella sp., Trichocerca sp., Colurella sp., Brachionus sp., Synchaeta sp., Polyarthra sp.; kevéssertéjűek – Styllaria sp.; Nauplius lárvatípus; árvaszúnyog – Chironomidae sp. larva.



6. ábra. A kifogásolt mintákban található taxonok megoszlása

A Techno-Víz Kft. vizsgálatai alapján elmondhatjuk, hogy a mikroszkópos biológiai vizsgálatok jól jellemzik a víznyerő-, tározó berendezések, vízvezetékek állapotát, hibáit. Az élőlényekkel, mint „mérőműszerekkel” jól

jellemezhetjük a víztisztítás és fertőtlenítés hatékonyságát, a másodlagos szennyeződéseket, a vízben lejátszódó folyamatokat. Egy adott, az ivóvízben megjelenő faj vagy csoport a víz minőségének más meghatározó komponenseire is utal. Ennek alapján fontosnak és elengedhetetlennek tartjuk a mikroszkópos biológiai vizsgálatokat a hálózatba táplált ivóvíz minőségéhez.