

Oravecz Gyula

BAKTERIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK
EGY KISÉRLETI
SZENNYVIZELHELYEZŐ ÉS -HASZNOSÍTÓ RENDSZERBEN

Doktori értekezés

Bács-Kiskun megyei KÖJÁL Laboratóriuma
KECSKEMÉT, 1984.

TARTALOM

BEVEZETÉS	1
A TÉMÁHOZ TARTOZÓ SZAKIRODALOM	
RÖVID ÁTTEKINTÉSE	5
A szennyvizöntözés helyzete külföldön ...	5
A szennyvizöntözés helyzete hazánkban ...	11
A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer	13
A szennyvizöntözés hatása higiénés szempontból	17
ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	26
Szennyvizek bakteriológiai vizsgálata ...	26
1. Baktérium-szám meghatározása	27
2. Coliform-szám meghatározása	27
3. Fekál coliform-szám meghatározása .	28
4. Fekális streptococcusok számának meghatározása	28
5. Salmonellák kimutatása	29
Talajvizek bakteriológiai vizsgálata	30
Talajminták bakteriológiai vizsgálata ...	31
1. Baktérium-szám meghatározása	32
2. Coliform-szám és fekál coliform- -szám meghatározása	32
3. Fekális streptococcusok számának meghatározása	33
4. Salmonellák kimutatása	33



EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	34
A szennyvizminták bakteriológiai	
vizsgálatának eredménye	34
A talajvizek bakteriológiai vizsgálata ..	51
A talaj bakteriológiai vizsgálata	54
A Kecskemét Városi Szennyvizezhelyező és	
Hasznosító Rendszer működésének érté-	
kelése a közegészségügyi bakterioló-	
giai vizsgálatok alapján	63
ÖSSZEFOGLALÁS	71
IRODALOM	77
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	82

BEVEZETÉS

Hazánk az elmúlt harmincöt esztendőben az intenzív fejlődés időszakában volt. Az egyre fokozódó víztermelés és felhasználás következtében növekedett a különböző helyekről származó szennyvizek mennyisége. A lakosság, az ipar és a mezőgazdaság vízhasználata megháromszorozódott, a kibocsátott szennyvizek mértéke hasonló arányban növekedett.

Közismert, hogy az elmúlt évtizedekben a vízellátás nagymértékű fejlesztése mellett hazai csatornaellátottságunk jelentősen elmaradt, de az elvezetett és a tisztított szennyvizek között is jelentős mértékű aránytalanság alakult ki /a zárt csatornán elvezetett szennyvizeknek csak mintegy harmadát tisztítják elhelyezés előtt/.

Az eltérő fejlődés bizonyos határig szükségszerű és nem is negatív jelenség. Hazánkban az elmúlt évtizedekben a szocialista ipar és mezőgazdaság megteremtése és fejlesztése, valamint a lakosság életszínvonalának emelése volt a fő feladat és ehhez a közüzemi vízellátás kiterjesztése számított elsődleges feltételnek. A csatornázás-fejlesztés halasztásának sok indoka és magyarázata akadt, mint az anyagi lehe-

tőségek határa, technikai problémák, de olyanok is, hogy a hatékony hazai vízvéddelem esélyeit a külföldről érkező szennyezéstömeg /vizekészleteink 96 %-a külföldi eredetű/ eleve rontja.

A vízellátás dinamikus növekedésével párhuzamosan azonban olyan jelenségek erősödtek, amelyekkel most már nagyon komolyan számolni kell.

Egyrészt a vizekészletek gyakorlatilag minden vonatkozásban /felszínen és a mélységekben/ a minőségi romlás tendenciáit mutatják. A vizek minősége csakis komplexen értelmezhető: a szennyvisztisztítás hiánya előbb-utóbb törvényszerűen a vizek felhasználás előtti többlet kezelését kívánja. Arra a határra jutottunk, amikor a szennyvisztisztítás elhagyásából adódó látszatmegtakarítás elveszhet, sőt a vízkezelési többletkiadások meghaladhatják a szennyvisztisztítás költségeit.

Másrészt az ipari és mezőgazdasági termelés fokozódásával és a lakosság megváltozott életmódjával abszolút értelemben is jelentősen növekedett a szennyvizkibocsátás, de még szembetűnőbb a növekedés a kibocsátás koncentrációjában /Budapest szennyvizkibocsátása például már jelenleg 14-17 m³/sec, ami már a Duna vízhozamához képest is jelentős tényező. Ez a szennyvizmennyiség csak Budapesten napi 500-600 tonna kémiai oxigénigénnyel jellemezhető szervesanyagot, valamint 25-30 tonna zsiradékot, olajat juttat a Dunába/.

Korábban a szennyvizek ártalmait a vizek öntisztuló képessége miatt nem következ-

tek be. A természet ilyen értelemben is az ember szövetségeseként hatott, a vizekben végbe-
menő elkeveredés, oxidáció és ezt követő mine-
ralizálódás révén.

A szennyvizi tömeg és koncentráció nö-
vekedése, valamint összetételük veszélyesebbé
válása miatt a vizek öntisztuló képessége fo-
kozatosan romlik. Ebben a folyamatban csak az
ember közbeavatkozása, a szennyvizek tisztítá-
sa eredményezhet pozitív változást. Amennyiben
továbbra is csak a vizeket tekintenénk szenny-
vizbefogadónak, akkor szükségszerűen olyan kö-
vetkeztetésre kellene jutni, hogy a csökkenő
vagy megszűnő öntisztulás mellett csak maximá-
lisan tisztított szennyvizet szabad az élővi-
zekbe engedni. Könnyen belátható, hogy ilyen
követelmény teljesítése lehetetlen.

Felül kell tehát vizsgálni a befoga-
dó fogalmát és mérlegelni kell, hogy a talaj
és a növényzet - megfelelő térségekben és fel-
tételek esetén - nem biztosít-e jobb feltéte-
leket a szennyezés lebontásához, az ártalomve-
szélyek csökkentéséhez, mint vizeink.

Külföldi és hazai kedvező tapasza-
latok ellenére ma még nem tekinthető megoldott
feladatnak a szennyvizek - valamint szennyviz-
iszapok, higtrágyák - mezőgazdasági hasznosítá-
sa. Ennek oka egyrészt az, hogy még mindig ke-
vés és pontatlan ismeretünk van a veszélyfor-
rások tényleges tartalmáról; másrészt pedig
az, hogy az elhelyezés vagy hasznosítás számá-
ra kialakított ökológiai rendszerek működését,
főleg pedig terhelhetőségüket még nem ismerjük
elég pontosan ahhoz, hogy a szennyvizek - il-

letve szennyviziszapok, hígtrágyák - optimális mennyiségét, adagolási módját és elhelyezésük technikai megoldásait minden esetben kellő biztonsággal meghatározhatjuk.

A kutatók szerte a világon - így hazánkban is - különösen két problémakört igyekeznek tisztázni: az egyik a szennyvizekben és a szennyviziszapokban előforduló toxikus anyagok /pl. nehézfémek, egyes szerves vegyületek/ káros hatásainak felmérése és azok kiküszöbölése, a másik a kórokozók /vírusok, baktériumok, féregpeték/ terjedésének megakadályozása.

Dolgozatom ez utóbbi problémával foglalkozik, egy kísérleti szennyvizelhelyező és -hasznosító rendszerben az elmúlt hét év alatt végzett bakteriológiai vizsgálatok eredményeit és tapasztalatait összefoglalva és értékelve.

A TÉMÁHOZ TARTOZÓ SZAKIRODALOM RÖVID ÁTTEKINTÉSE

Az irodalmi anyagot – a hivatkozott szerzőkön kívül – módomban volt tanulmányozni a VITUKI által kiadott "Szántóföldi növények szennyvisszűrőkéességének vizsgálata" című nemzetközi szakirodalmi összefoglalójából, valamint a Vizügyi Dokumentációs és Továbbképző Intézet kiadásában megjelent, VERMES L. által szerkesztett "Szennyvizek és szennyviziszapok mezőgazdasági elhelyezése és hasznosítása" című kőtetből. Az irodalomjegyzékben fel nem tűntetett szerzők, kutatók megállapításai e két anyagból származnak.

A szennyvizőntőzés helyzete külföldön

A szennyvizek mezőgazdasági hasznosításának gondolata nem új keletű, már az ókorban is alkalmazott módszer volt az akkori nagy, vízvezetékekkel és csatornahálózáttal is ellátott városok környékén. A középkorban – mint a régi kultúrák annyi más eredményéről – erről is megfelerdekettek. Később az ipari fejlődés és a civilizáció előrehaladtával egyre több szennyviz

keletkezett és kezdett újra gyakorlattá válni a szennyviz öntözése is. Sürgette elterjedését az egyre belterjesebbé váló mezőgazdasági termelés állandóan növekvő trágya- és vízhiánya is. Először a 18. században a gyorsan iparosodó Angliában indultak próbálkozások, majd a múlt század közepén Nyugat-Európa minden országában meghonosodott. Legnagyobb mértékben Németországban terjedt el, ahol 1938-ban kézikönyvet adtak ki, amely részletesen foglalkozott a szennyvizöntözés minden kérdésével.

Kezdetben kezeletlen, vagy csak mechanikailag tisztított városi szennyvizeket használták öntözésre. Később kialakultak a szennyvizek tisztításának technológiái, a gyorsan és mindenre kiterjedően tért hódító technika a szennyvizkezelésben is uralkodóvá lett. A városok, települések sorra építették meg szennyviz-tisztító telepeiket és ezzel a technikai fejlődéssel egyidejűleg háttérbe szorultak a szennyvizkezelés természetes módszerei, a nagyarányú műtrágyatermelés és felhasználás pedig csökkentette a mezőgazdaság érdeklődését a szennyvizek, mint tápanyagforrások iránt.

Ugy látszott, hogy a technika segítségével megállítható az élővizek szennyeződésének folyamata is, de kiderült, hogy a mesterséges biológiai tisztítás általánossá válásával sem javult lényegesen a vizek minősége. A tisztítótelepek csökkentették ugyan a felszíni vizek szervesanyagokkal való terhelését, de a szennyezést alattomosabbá tették: az elfolyó vízben maradó növényi tápanyagok az eutrófikáció fokozásával továbbra is megmaradtak a víz-

minőséget rontó hatások közt a legveszélyesebbeknek. Érthető, hogy egyre nagyobb figyelmet keltettek azok a kutatók, akik már régóta bizonygatták a talajnak, mint "élő szűrő közegnek" a szerepét a szennyvizek teljes tisztításában, elhelyezésében és egyúttal hasznosításában. Napjainkban pedig az energiaválság újabb nyomatókat adott azoknak a törekvéseknek, amelyek zárt víz- és talajkultúrák segítségével, a természet erőinek felhasználásával, valamint a szennyvizekben levő hasznos anyagok minél nagyobb mértékű hasznosításával igyekeznek megoldani a szennyvizek ártalmatlanításának problémáját.

Ma már a Szovjetúnióban 300 000, az NDK-ban 45 000, Lengyelországban 17 000, Romániában 4 000 hektár területen öntöznek szennyvizzel.

A legrégibb, legsikerültebb és leg-híresebb telepek egyike Braunschweigben üzemel. A város első szennyvizelhelyező telepe 1895-ben létesült. Ezen a régi területen nagy terheléseket alkalmaztak /árasztással 4 000 mm-es évi adagokat is/. Napjainkban Braunschweig város napi szennyvizmennyisége átlagosan $45\,000\text{ m}^3$, amely napszakonként és évszakonként ingadozó. A város átlagosan $30\,000\text{ m}^3/\text{d}$ szennyvizet szállít mezőgazdasági felhasználásra és kereken $15\,000\text{ m}^3/\text{d}$ -t a felületi elszívárogtató telepre. A naponta felhasználásra kerülő szennyvizmennyiséget átlagosan 3 000 hektárra öntözik ki. Évi 300 napos öntözéssel számolva ez 300 mm vizadagot jelent.

Salzgitter környékén, Othfressen községben működik az a speciális szennyvizelhelyező telep, amely egyben a Göttingeni Egyetem kísérleti területe is. A község házi szennyvizét egyszerű mechanikai tisztítás után nyomócsövön keresztül juttatják ki az 1,7 km távolságban levő elhelyező területre, ahol egyenletesen szétterítik. A növényzettel — nád és káka — sűrűn benőtt talajon átszivárgó víz rövidesen megtisztul minden szennyeződéstől. A beadagolástól 80-100 m távolságra kialakított mintavételi helyeken végzett vizsgálatok igazolják, hogy az eredeti szennyviz 30 mg/l nitrogén tartalma 1,0 mg/l-re, 30 mg/l foszfor tartalma 0,1 mg/l-re csökken. A vizmintavételi helyen ásott kútban 1 m mélységben tiszta, eutróf víz található, amelyben a mikrobiológiai vizsgálatok csak nyomokban mutattak ki coli baktériumokat, illetve Salmonellákat.

Az Egyesült Államokban a szennyviz hasznosításának háromféle módszere alakult ki: az öntözés /irrigation/, a lejtőn való csörgesztetés /overland flow/ és a talajba szivárgtatás /infiltration/. Az egyes módszerek elnevezése a vizadagolás módjával és mértékével függ össze, de döntő hatással van az egyes módszerek alkalmazhatóságára a terep domborzata és a talaj minősége is.

Az öntözéssel történő szennyvizhasznosítás főként a sík, jó talajú, vagy kötöttebb talajú területeken terjedt el. A legtöbb helyen biológiailag tisztított vízzel öntöznek, túlnyomórészt takarmány és ipari növényeket /kukorica, gyep, gyapot, rostonvények/. A folya-

matban levő kísérletek egyik feladata az adott körzetben - adott ökoszisztémában - az optimális és maximális terhelés meghatározása. Erre vonatkozó intenzív munka folyik például Penn State Collegeben /Penn State University/, East Lansingben /Michigan State University/, Minneapolis-St. Paulban /University of Minnesota/.

A lejtőn való csörgedeztetés módszere a dombos, hullámos felszínű, vagy éppen hegyvidéki viszonyok között alkalmazható elsősorban, de szóbjáphet a kellő esésben tereprendezett sík vidékeken is. A módszer kidolgozása Vicksburg, Mississippi nevéhez fűződik, ahol a Fegyveres Erők Mérnöki és Hidraulikai Kísérleti Telepéhez kapcsolódó úgynevezett Környezeti Hatások Laboratóriuma /U. S. Army Corps of Engineers Water Ways Experimental Station, Environmental Effects Laboratory/ végez kísérleteket 2, 4 és 8 %-os lejtőkön a szennyvizterhelés, az adagolás módszere, a tisztulás és hasznosulás hatásfoka, főként a nitrogén- és foszfor-eltávolítás mértéke tekintetében. Eddigi eredmények szerint a legjobbnak a 2 %-os lejtőn való csörgedeztetés bizonyult. A vizsgálatok azt mutatják, hogy az előzetesen csepegtető testen tisztított szennyvizzel kiadagolt nitrogénnek durván 1/3 része elvész a denitrifikációs folyamatok révén, 1/3 része beépül a növényekbe /a kísérleteket gyepnövényekkel végzik/, 1/3 része pedig megkötődik a talajban.

A talajba szivárogtatás módszerét olyan helyen alkalmazzák, ahol nagyobb összefüggő sík területen és a hidrogeológiai adott-

ságok kedvező körülményei között /áteresztő talaj, mélyen elhelyezkedő és állandó, egyirányú mozgásban levő talajviz/ történhet a kezelt szennyviz elhelyezése és visszajuttatása a természetes vízforgalomba, egyben a még benne levő anyagok kiszűrése is megtörténik a talajon keresztül szivárgás révén. A módszert az arizonai Phoenix városban működő, a Mezőgazdasági Minisztériumhoz tartozó Vizügyi Felügyelőség Laboratóriuma /U. S. Department of Agriculture, Water Conservation Laboratory/ dolgozta ki a "Flushing Meadows" /árasztott mezők/ néven ismert korábbi kísérletek alapján és ma már nagyüzemi méretekben alkalmazzák is a város szennyvizeinek elhelyezésére, egyben a Salt River völgyében jelentkező és egyre növekvő vizigények, főként öntözőviz-igények kielégítésére szolgáló vízkészletek növelésére. Ez a módszer dolgozik a legnagyobb terheléssel: átlagosan 300-400 mm napi vízborítást, illetve 1 230 000 m³ évenkénti vizadagolást számítanak 1 hektár szivárogtató területre. A talajvizbe jutó szivárgó vizek minőségét 6 és 9 m mélységű ellenőrző kutakban vizsgálják. Az eredmények azt mutatják, hogy a tisztító hatás mind a maradék szervesanyagok, mind az ásványi anyagok, mind pedig a baktériumok tekintetében jelentős.

Kiemelten kell megemlíteni az East Lansingben /Michigan State University/ megvalósított, elsősorban kutatási és demonstrációs célokat szolgáló, de részben üzemi feladatokat is megoldó kombinált szennyvizhasznosító rendszert, amely másodfokú biológiai tisztítótelepet, tavi hasznosítást és mezőgazdasági, vala-

mint erdőgazdasági öntözéses hasznosítást egyaránt magába foglal. A rendkívül rugalmasan üzemeltethető, komplex rendszerben minden kérdés, amely a vízben és a talajban történő szennyviz-elhelyezéssel és -hasznosítással összefügg, itt elkülönítetten is, de összefüggéseiben is vizsgálható. A rendszer egészére kiterjedő és minden más kutatás alapvető részét képező vízminőség-vizsgálatokat a Michigan Állami Egyetem Vizgazdálkodási Intézete /Michigan State University, Institute of Water Research/ végzi, de a rendszerben folyó komplex kutatásba az egyetem különböző szakterületeket képviselő tanszékei is bekapcsolódnak.

A bemutatott külföldi példák nem jelentenek teljes körű felsorolást, csupán néhány részleteiben is ismert, hosszabb ideje jól működő, üzemi méretű szennyvizelhelyezést kívántak ismertetni.

A szennyvizöntözés helyzete hazánkban

Magyarországon is voltak a századforduló elején próbálkozások a szennyvizöntözés megindítására. Így például Arad, Pécs, Kaposvár, Eger szennyvizeinek egy részét mezőgazdasági területen helyezték el. A kezdeményezés azonban nem vezetett eredményre. A sikertelenség alapvetően három okra vezethető vissza:

- a telepeket hidraulikailag és szervesanyaggal egyaránt túlterhelték, amelynek a talajszerkezet káros elváltozása lett a követ-

kezménye,

- közvetlen emberi fogyasztásra kerülő növényeket öntözték nyers szennyvizzel, a táplálékláncba bekerült kórokozók betegségeket okoztak,

- a szennyvizzel közvetlenül érintkező üzemelő személyzet egészségügyi védelmét nem oldották meg, ami szintén fertőzőes megbetegedésekhez vezetett.

A kedvezőtlen tapasztalatok alapján az illetékes hatóságok betiltották a szennyviz mezőgazdasági hasznosítását.

Évtizedek múlva a külföldi kísérletek eredményei, kedvező üzemelési tapasztalatai a hazai szakemberek egy részét arra inspirálták, hogy felújítsák a szennyvizek természetes biológiai tisztításának és mezőgazdasági hasznosításának kutatását. Javaslatok és kezdeményezések nyomán 1959-ben megindult a szervezett kutatómunka. Ennek eredményeként 1963-ban Debrecenben 14 hektár területen kísérleti szennyvizöntöző telepet létesítettek. A Gyula város szennyvizét hasznosító öntözőtelep - amely kizárólag nyárfaültetvényen oldja meg a városi szennyviz elhelyezését - 1970-ben lépett üzembe.

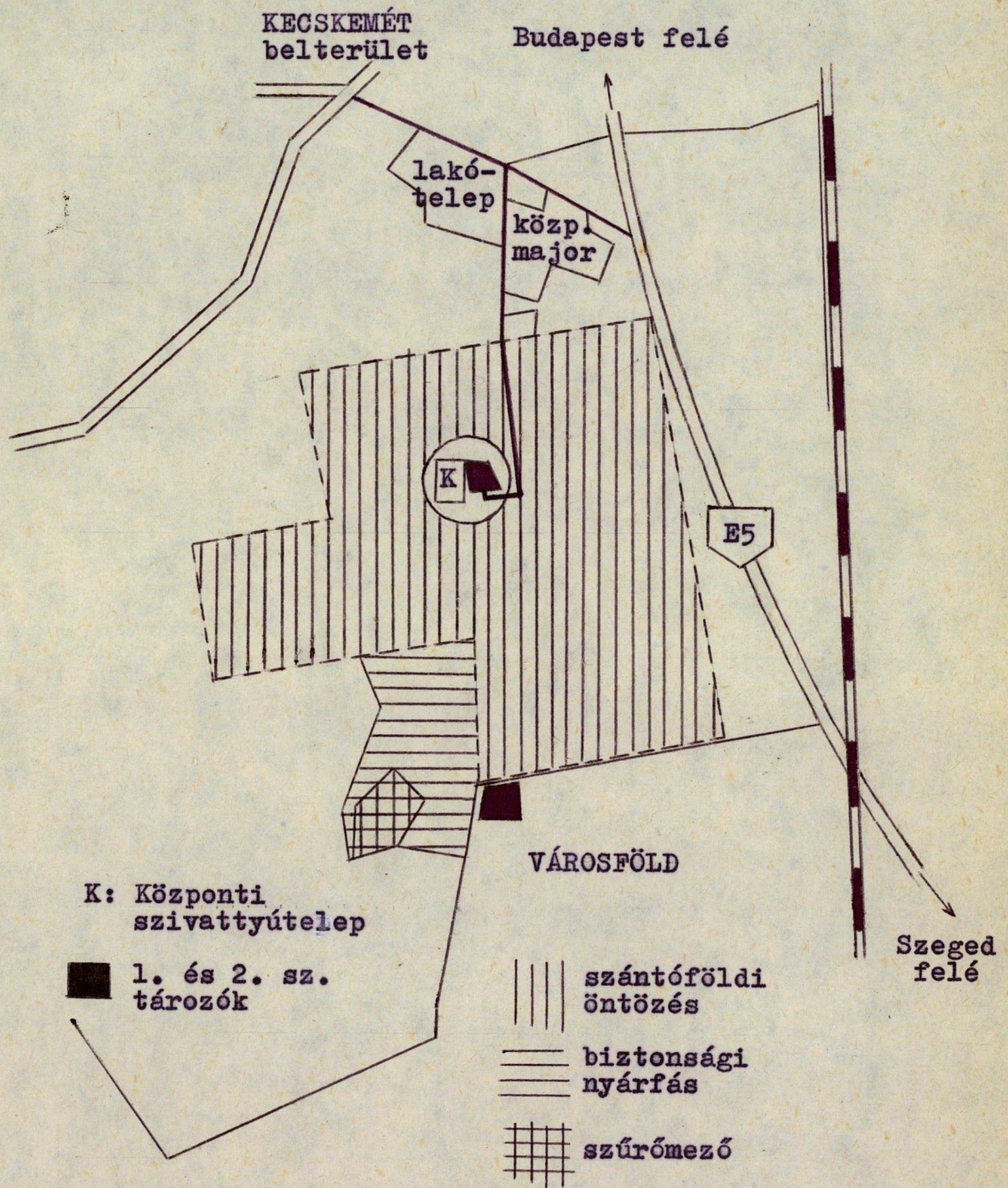
A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer 1976 tavasza óta üzemel folyamatosan.

A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer

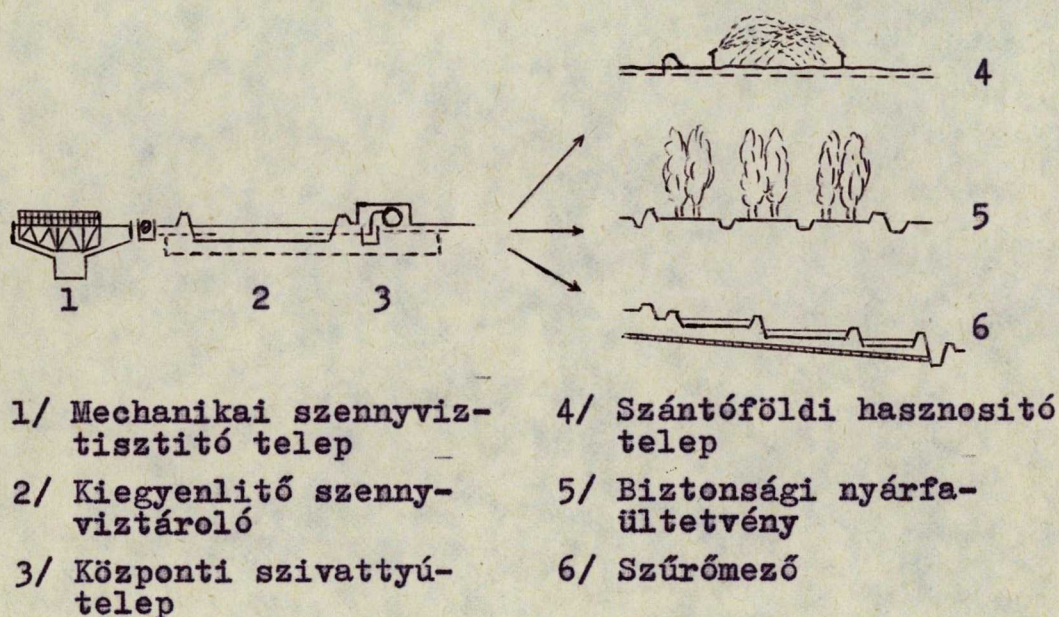
A rendszer alapvető célja annak megakadályozása, hogy a városban keletkező szennyvizek a vízfolyásokba jussanak és azokat szennyezzék. Ezen túlmenően cél az is, hogy az előzetesen tisztított szennyvizet mint víz- és tápanyagforrást a növények révén újrahasznosítsák, ezáltal a szennyvizelhelyezést a lehetőségekhez képest gazdaságosabbá tegyék.

Rendszernek két okból nevezik. Egyrészt azért, mert az egész elhelyezési-hasznosítási megoldás több, egymáshoz szervesen kapcsolódó részből tevődik össze, vagyis rendszert képez, amelynek bármely részét elhagyva, vagy elhanyagolva, az egésznek eredményes működését kockáztatnák. Másrészt azért is rendszer ez a megoldás, mert a szennyviz elhelyezésére, anyagának lebontására és egyben hasznosítására is zömmel egy természetes - bár körülhatárolt - ökológiai rendszerben kerül sor, amelynek legfőbb tagjai a talaj és a növények.

A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer a kecskeméti Magyar-Szovjet Barátság Mg. Termelőszövetkezet városföldi területén épült meg /1. ábra/ és a következő részekből tevődik össze: mechanikai szennyvиз-tisztító telep - felszín alatti nyomóvezeték-hálózat és nyomásközpont - szántóföldi öntözőtelep /hasznosítás/ - biztonsági nyárfaerdő /elhelyezés és hasznosítás/ - szűrőmező /elhelyezés/. Az utóbbi három rész képezi az elhe-



1. ábra. A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer helyszínrajza



2. ábra. A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer elvi folyamat ábrája

lyező és hasznosító telep hármas tagolódású, de szerves egységét /2. ábra/.

A városi csatornahálózat által összegyűjtött szennyvizek először a szennyvisztisztító telepre kerülnek, ahol – a tervek szerint – rács, homokfogó és ülepitőmedencék szolgálják az előtisztítást. A tisztított szennyviz csővezetéken a hasznosító telep közelében elhelyezett átmeneti tárolóba kerül, ahonnan vagy a szántóföldi öntözőtelepre, vagy a biztonsági erdőbe, vagy a szűrőmezőre adagolják, a mindenkori igények, illetve lehetőségek szerint.

Mivel a mechanikai tisztítótelep csak 1984-ben kezdheti el a próbaüzemelést, korábban olyan döntés született, hogy a tisztítótelep elkészültéig az 1. sz. tározó töltse be az ülepítő medence feladatát is. Ezt a gyakorlatban úgy valósítják meg, hogy a városból érkező szennyvizet a tárolómedence első rekeszébe vezetik, innen lassú mozgással gravitációsan kerül át a másik rekeszbe, amelyből a nyomásközpont vizkivételével történik az öntözéshez, vagy az elhelyező területekre - a biztonsági erdőre, szűrőmezőre - a szennyviz továbbítása.

A rendszer a tervek szerint az egyes kiépítési szakaszokban évente a következő szennyvizmennyiségeket képes fogadni:

	szántóra m ³	biztonsági erdőre m ³	szűrő- mezőre m ³	összesen m ³
I. szakaszban	460 000	820 000	320 000	1 600 000
II. szakaszban	940 000	1 560 000	700 000	3 200 000
III. szakaszban	1 420 000	2 120 000	1 190 000	4 730 000

A szántóterületen termesztett növények és a nyárfák öntözése révén az összes szennyviznek kb. fele közvetlenül hasznosul, a többi visszakerül a természetes vízforgalomba, s egy részének másodlagos hasznosítása is lehetséges /pl. az elfolyó vízzel végzett öntözéssel/.

A szántóföldi hasznosító telepen csak takarmány- és ipari növények termesztethetők. A terület nagyobb részén legelőnek és kaszálónak

egyaránt alkalmas gyepkeverék, szemes- és hibridkukorica /vetőmag céljára/, egyes években másodnövényként takarmánykeverék és napraforgó szerepelt eddig a szennyvizzel öntözött terület vetéstervében.

A szántóterületen esőztető módszerrel, az erdőben mélyárkok segítségével, a szűrőmezőn gravitációsan osztják szét az érkező szennyvizet. Télen és esős időben - de műszaki és agrotechnikai okokból esetleg máskor is - a szántóterületen el nem helyezhető szennyvizet a biztonsági erdőre, vagy a szűrőmezőre irányítják, ahol az minden időben elhelyezhető.

A rendszer területéről felszíni vízelvezetés nem történhet. A mélyebb területrészen nagyobb csapadékok után felgyülemelő vizeket az átmeneti tározómedencébe szivattyúzzák vissza és a szennyvizzel együtt újra kiöntözik. A rendszerből csak a talajon keresztül szivárgott, megszűrt víz távozik, amelyet a lecsapoló rendszer a 2. sz. tározóba, illetve onnan a fő vízgyűjtőcsatorna felé vezet el.

A szennyvizöntözés hatása higiénés szempontból

A szennyvizek - és szennyviziszapok - mezőgazdasági elhelyezésén lényegében a talajon keresztül történő biológiai körforgásba vitelét kell érteni. A városi szennyvizek esetében ez azt jelenti, hogy a kommunális és részben ipari hulladék a vízzel, mint oldó és szállító közeggel együtt a talajba jutva olyan biológiai áta-



lakuláson /mineralizáció/ megy keresztül, aminek fő folyamatai oxigén jelenlétében zajlanak le, a végterméke - hosszabb, vagy rövidebb idő függvényében - növényi tápanyag, illetve tartós geológiai kötésbe átment talajalkotórész.

Az ökológia szempontjából a termőtalajban csak olyan hulladékanyagok nem "talajidegenek", amelyek a talaj közegében és a táplálékláncban lejátszódó életjelenségek egyetlen fázisában sem zavarják tartósan a közvetlen és közvetett /talajban és talajon lejátszódó/ biológiai kölcsönhatások normális folyamatát.

A szennyvizek a növényi makrotápanyagok mellett általában olyan anyagokat is tartalmaznak, amelyeket bizonyos mennyiségen felül mérgező anyagokként tartunk nyilván: ezek közé tartoznak elsősorban a nehézfémek, valamint a peszticidek és a klórozott szénhidrogének. Mivel ezeknek az anyagoknak a vizsgálata világszerte csak a legutóbbi években kezdődött meg, igen kevés pontos adatunk van ezekről, még kevesebb megbízható ismeretünk ezek hatásairól, tényleges mérgező szerepéről. A káros anyagok veszélyessége a talajra nézve azért fokozott, mert mind a víznek, mind a levegőnek bizonyos mértékű cserélődése, vagy öntisztulása van, de a le nem bomló káros anyagokkal szennyezett talaj többé nem tisztítható meg.

A szakirodalomban a mezőgazdasági szennyvizelhelyezés és hasznosítás kérdései mellett a növényélettani és talajtani problémák kapnak fő hangsúlyt. Ez érthető, ha figyelembe vesszük, hogy a legtöbb helyen - az ismertetett külföldi példák esetében is - biológiailag tiszt-

titott vízzel öntöznek.

Kétségtelenül az lenne a legkedvezőbb, ha a keletkezett szennyvizeket kellően tisztítva helyeznék el a különböző újrahasznosítási területeken. Ez a következetes magatartás azonban ma még - az eddigiek során - nem tükröződik a végrehajtás gyakorlatában. Sokkal inkább különböző kényszer hatására került sor újrahasznosítási kísérletekre.

A mezőgazdasági elhelyezés öntözéses formáját tulajdonképpen a beruházási megtakarításra való törekvés tűzte napirendre. A gyulai szennyvisztisztító telep ülepitő földmedencéi után nem volt mód biológiai tisztítótelep építésére, az élővizek minősége pedig a csak ülepitett szennyvizek befogadóba vezetését nem teszi lehetővé. Ezért 1971-ben üzembe helyezték a nyárfaültetvényes szennyvízelhelyező telepet.

Kecskemét esetében szántóföldi hasznosítás volt tervezve úgy, hogy az mechanikailag tisztított szennyvizet fogad. Mivel a városi szennyvíztelep mechanikai fokozata különböző beruházási bizonytalanságok miatt a mai napig nem készült el, jelenleg földmedencékben részben kiülepitett szennyvizek hasznosítása történik.

Az ilyen szennyvizek nagy mennyiségben egész sor kórokozót tartalmaznak, a féregpetéktől kezdve a baktériumokon keresztül a vírusokig. Ezért a szennyviz - és szennyviziszap - mezőgazdasági hasznosítása az emberi egészséget kétféle úton károsíthatja: egyrészt közvetett úton, a mezőgazdasági termények által, másrészt közvetlenül, a mezőgazdaságban foglalkoztatott

személyek egészségének veszélyeztetése által.

Számos vizsgálat igazolja, hogy a kórokozók nem tudnak átjutni az egészséges növények leveleinek felületén. A sérült felületeken, törésekben és a levelek sérüléseiben azonban hosszabb időszakon keresztül is életben maradnak /22, 23, 29/. Hasonló a helyzet a talaj esetén is. Salmonella tennessee törzsszel végzett vizsgálatok során kiderült, hogy télen a felszínről 46 nappal az öntözés befejezése után nem volt Salmonella kimutatható. Nyáron a felszínről a 23., a talaj felszíne alól a 37. napon tűntek el a Salmonellák /22, 23/.

TAMÁSI G. és munkatársai az Állatorvostudományi Egyetem Állathigiéniai Tanszékén laboratóriumi körülmények között végeztek vizsgálatokat a talajba jutó mikroorganizmusok túlélési idejére vonatkozóan. Műanyagcsöveket /6x180 cm/ töltöttek meg különböző talajfélésekkel. Az oszlopokat fertőzött /E. coli és Salmonella typhi-murium/ higtrágyával megöntözték, majd különböző hőmérsékleteken tartották. Homokban az E. coli 8°C-on 131 napig, 20°C-on 102 napig volt kimutatható. A S. typhi-murium 131 napig őrizte meg életképességét 8 és 20°C-on. Kertiföldben az E. coli 8°C-on 108 napos, 20°C-on 54 napos túlélési időt mutatott. A S. typhi-muriumot 8°C-on 96 napig, 20°C-on 54 napig tudták kitenyészteni /33/.

B. M. KUDRYAVTSEVA ugyancsak laboratóriumi körülmények között végzett kísérletei alkalmával azt találta, hogy az enteropatogén E. coli 0408 szerotípusú baktérium túlélése homokban 3-3,5 hónapig tart /15/.

BERKY és többek ülepitési-, várakozási idővel kapcsolatos kísérleteinek adatai minimálisan a 7. naptól kezdődtek, de csak ennek többszöröse volt megnyugtató /1, 2, 10, 35, 36/.

UNGER és munkatársai 1967-ben min. 17 nap várakozási időt határoztak meg /1, 28/.

Az említett kísérletek arra utalnak, hogy a baktériumok túlélésére vonatkozó adatok igen széles határok között mozognak. Ennek számos oka van.

A mikroorganizmusok élettevékenysége a bonyolult összefüggések és kölcsönhatások végtelen során keresztül oly szoros kapcsolatban van természetes környezetükkel, hogy annak szerves részét képezi. Ezért a mikroorganizmusok igen érzékenyen reagálnak a környezet tényezőinek legcsekélyebb változására is. Ugyanakkor nagyfokú alkalmazkodóképességgel rendelkeznek, morfológiai jellemzőik, élettani sajátágaik viszonylag könnyen megváltoznak.

A mikroszervezetek elterjedése a talajban általában a talajtól, annak fizikai és kémiai tulajdonságaitól, a talaj nedvességtartalmától, valamint hőmérsékleti állapotától függ. Ez utóbbiak klimatikus és időszakos faktorok, amelyek az általános és évszaki mikroszervezeti tevékenységet határozzák meg a talajban.

Mindezek mellett a kórokozó baktériumokkal szemben a talaj szaprofita mikroorganizmusai erős antagonistá hatást fejtenek ki.

A vizsgálatokat egyrészt szabadföldön vett talajmintákból végezték, másrészt laboratóriumi körülmények között.

Mivel a laboratóriumi viszonyok között, in vitro végzett kísérletek során /például egy 6 x 180 cm-es műanyagcsőben/ nincsenek hőmérsékleti ingadozások és számos más, a szabadföldön a talajra ható tényező hiányzik, ezért az ilyen kísérletek értéke a gyakorlat szempontjából nagyon vitatható.

Minden bizonnyal a kísérleti körülmények különbözőségei /a vizsgált baktérium törzsektől kezdve a talajok minőségéig/, valamint a nemzetközileg egységes közegészségügyi talajvizsgálati módszerek hiánya az oka annak, hogy a baktériumok túlélésére vonatkozó vizsgálati eredmények igen széles határok között mozognak.

Az említett kísérletek - számos hasonló vizsgálattal együtt /7, 26, 29, 32, 34, 35, 36/ - mindenképpen azt bizonyítják, hogy a köröző mikroorganizmusok hosszú ideig élet- és fertőzőképesek maradnak a számukra "mostoha" körülmények között is. De más megfigyelések is alátámasztják azt, hogy a mezőgazdasági termények enterális betegségek terjesztői lehetnek. Így például az 1970-es jeruzsálemi kolerajárvány alkalmával a kolera vibriókat a termesztett zöldségek felületéről is kimutatták s az epidemiológiai vizsgálat során kiderült, hogy a fertőzést egyes zöldségtermelők által terjesztették, hogy engedély nélkül végeztek szennyvízzel öntözést /25/.

Azzal az elterjedt hittel szemben, amely szerint a Salmonellák csak az élő szervezetben tudnak szaporodni, a természetbe kijutva legfeljebb túlélnek, áll SCHAEEL megfigyelése, amely szerint a fehérjetartalmú szennyvizekben

a Salmonellák száma 100 000-szeresére is elszaporodhat /24, 25/. Ehhez nem kell több, mint 100 mg/dm³ fehérjetartalom a szennyvizben, ez pedig több, mint ami gyakran előfordul. Ilyen módon nem csodálatos, hogy a legtöbb európai folyó víze Salmonellával fertőzött és hogy például az NSZK-ban 4 év alatt a Salmonella gazdák száma 400 százalékkal nőtt.

Ami a mezőgazdaságban foglalkoztatott személyek egészségének veszélyeztetését illeti, az Egyesült Államokban nem találtak nagyobb enterális fertőzési arányt a szennyviztelepi dolgozóknál, mint más kontroll foglalkozási csoportnál. Ugyanakkor Indiából származó eredmények szerint az ottani szennyviztelepi dolgozók körében lényegesen gyakoribb az orsógilisztás fertőzöttség, mint más foglalkozásúak között /1, 32/. A két eredmény közötti eltérést nyilván a két országban fennálló higiénés színvonal közötti különbség okozza.

Mindezek alapján tulajdonképpen helyeselnünk kell a Kalifornia államban elfogadott biztonsági előírásokat, amelyek szerint az esőztető öntözésre felhasznált szennyvizet ugyanolyan módon kell fertőtleníteni, mint a közvetlen fogyasztásra szánt zöldségfélék öntözésére felhasznált szennyvizet, vagyis először biológiai úton kezelni, majd fertőtleníteni kell.

Míg hasonló szigorúságú előírások nem terjedhetnek el széles körben, fokozottan figyelniünk kell a kórokozók túlélésére természetes környezetben, illetve a fertőző hatás csökkentésének lehetőségeire.

A házi szennyviz ártalmatlanítása közegészségügyi érdek is, ilyen értelemben a feladat a szennyviz fertőzőképességének a megszüntetése.

Erre vonatkozó vizsgálatok a kecskeméti szennyvizelhelyező rendszerben is történnek. A telep nemcsak üzemi feladatokat lát el, hanem fontos kísérleti, kutatási bázis is egyben, ahol az érintett szakterületek mindegyike végezhet és végez vizsgálatokat. A vizsgálatok kiterjednek az időjárás és a vízháztartás legfontosabb elemeinek, a talajnak, a szennyviz és a talajban megszűrt víz minőségének, valamint a műszaki berendezések működésének ellenőrzésére. A nyomásközpont mellett kisparcellás és nem régen üzembe helyezett, liziméterrel felszerelt kísérleti telep működik a VITUKI irányításával, s próbálkoznak az altalajöntözési módszer alkalmazásával is. A programban közreműködők:

Agrártudományi Egyetem, Debrecen,

Agrártudományi Egyetem, Gödöllő,

ATIVIZIG, Szeged,

Bács-Kiskun megyei KÖJÁL Laboratóriuma, Kecskemét,

BME Vizgazdálkodási és Vízépitési Intézet,

BME Vizgazdálkodási Főiskolai Kar,
Baja,

Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron,
Észak-Bács-Kiskun megyei Vízű Vállalat, Kecskemét,

Kecskeméti Magyar-Szovjet Barátság Mg. Termelőszövetkezet,

MÉM NAK Budapesti Talajtani Osztály,

VITUKI IV. Műszaki-Fejlesztési Intézet, Budapest.

A közreműködők közül egyedül a Bács-Kiskun megyei KÖJÁL Laboratóriuma végez bakteriológiai vizsgálatokat. Ezen vizsgálatok eddigi eredményeit foglalja össze ez a dolgozat.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Mivel hangsúlyozottan közegészségügyi szempontból végeztük a vizsgálatainkat, ahol lehetett az érvényben levő szabványokban /MSZ 22901-71, MSZ 13690/2-78, MSZ 260/25-56/, valamint a "Járványügyi és klinikai bakteriologia" című módszertani útmutatóban /13, 20/ leírt és a közegészségügyi vizsgálatoknál kötelező érvényű táptalajokat és módszereket használtuk.

Szennyvizek bakteriológiai vizsgálata

1977-óta havi gyakorisággal vizsgáltuk az 1. sz. tározóba érkező nyers szennyviz, a szivattyútelepnél a tározóból kivett, üleptett szennyviz, valamint a talaj által megszűrt, a 2. sz. tározóból származó /a rendszerből távozó/ víz minőségét. A vizsgálatok kiterjedtek a 37°C-on és 20°C-on növő baktériumok, a coliformok, a fekál coliformok és a fekális streptococcusok számának meghatározására, valamint az enterális kórokozók - elsősorban Salmonellák - kimutatására.



A jelenleg érvényben levő "Szennyviz bakteriológiai vizsgálata" című szabvány /MSZ 260/25-56/ hatálybalépésének időpontja 1957. szeptember 1. Az azóta eltelt évtizedekben a vizsgálati módszerek jelentősen megváltoztak, ezért a szennyvizek higiénés bakteriológiai vizsgálatához a kísérletek kezdetétől az alábbi módszereket használjuk:

1. Baktériumszám meghatározása

A 37°C -on és a 20°C -on növő baktériumok számát a MSZ 22901-71 szerint, lemezöntéses módszerrel határoztuk meg. A baktériumok számát 1 ml vizmintára vonatkoztattuk.

2. Coliform-szám meghatározása

A vizsgálatokat a MSZ 22901-71 szerint végeztük az alábbi kiegészítéssel:

A vizsgált mintából, a víz feltehető szennyezettsége szerint, higitási sorozatot készítettünk. Az egyes higitásokból 1-1 ml-t lak-tóz-fenolvörös bouillont tartalmazó csövekbe mértünk, minden higitásból 5 csőbe. A beoltott csöveket 37°C -on 48 óráig inkubáltuk. A sav- és gázképződést mutató csövekből 24, illetve 48 ó-rás tenyésztés után 1,5 % agar tartalmú Endo táptalajra kioltásokat végeztünk és ezeket a le-mezeket 24 óráig 37°C -on inkubáltuk.

A sav- és gázképződést mutató csöveket akkor tekintettük pozitívnak, ha az Endo tápta-

lajra történt kioltás eredményes volt és a kinőtt telepek tipusos telepmorfológiát mutattak /sötétpiros, fémfényő/. Statisztikai táblázatok segítségével a pozitív csövek száma alapján állapítottuk meg az 1 ml vizmintára vonatkoztatott coliform-számot.

3. Fekál coliform-szám meghatározása

Az eljárás megegyezett a coliform-szám meghatározásánál leírtakkal avval a különbséggel, hogy a beoltott laktóz-fenolvörös bouillont tartalmazó csöveket 44°C-on inkubáltuk.

4. Fekális streptococcusok számának meghatározása

A vizsgálatokat a MSZ 13690/2-78 alapján végeztük az alábbi kiegészítéssel:

A vizsgált mintából a várható szennyezettségnek megfelelő higitásokat készítettünk, a higitott mintarészeket 10 ml /higitófolyadék + + minta/ végtérfogatban szűrtük át membránfilteren. A Slanetz-féle M-enterococcus agar táptalajra helyezett membránfiltereket 37°C-on 48 óráig inkubáltuk.

A membránfilteren kinőtt, szabadszemmel látható, rózsaszintől sötét bordóig terjedő piros színárnyalatú telepeket megszámoltuk és 1 ml-re vonatkoztattuk.

A nem tipusos telepmorfológiájú telepeknél - ellenőrzésként több, tipusos, de különböző színárnyalatú telepnél is - megerősítő reakciókat végeztünk. A telepekből membránfiltere-

renként néhányat E₆₇-es agar és véresagar táptalajokra oltottunk át, majd 37°C-on történő 24 órás inkubáció után a hazai közegészségügyi-járványtani módszerek alapján folytattuk a vizsgálatokat. Csak az ezek alapján a D szerológiai csoportba tartozó streptococcusok telepeit vettük figyelembe a kvantitatív eredményeknél.

5. Salmonellák kimutatása

A Salmonellák izolálása a MSZ 22901-71 szerint történt, avval a kiegészítéssel, hogy a szennyvizmintákból többnyire dúsítás nélkül, direkt tenyésztési módszerekkel /bizmut-szulfit, brillantzöld, dezoxicholát-citrát táptalajokra szélesztve/ is sikerült Salmonellát izolálnunk. Ennek ellenére minden vizmintát membránfilterekre szűrtünk és a filtereket dúsító táptalajokba helyeztük. Dúsításra szelenites, Preuss-féle kálium-tetrathionátos és Rappaport-féle táptalajokat használtunk. A dúsító táptalajokból 24 és 48 órás, 37°C-on történő inkubáció után bizmut-szulfit, brillantzöld és dezoxicholát-citrát lemezekre szélesztettünk.

A szelektív és differenciáló táptalajokon nőtt Salmonella-gyanús telepeket Russel agarra oltottuk és a törzseket a járványügyi bakteriológiában szokásos eljárás szerint biokémiaailag és szerológiaiailag identifikáltuk.

Talajvizek bakteriológiai vizsgálata

A minták a szántóföldi területre eső, a szántóföldi öntözés által befolyásolt kutakból, a biztonsági erdőterület peremére eső, az erdő öntözése által befolyásolt kutakból, valamint egy, a rendszeren kívül elhelyezkedő, a szennyvizöntözés által közvetlenül nem befolyásolt kútból származtak.

A mintavételek havi gyakorisággal történtek.

Minden vizmintából részletes bakteriológiai vizsgálatot végeztünk, ami kiterjedt a coli-csoportba tartozó baktériumok számának megállapítására, a kitenyésztett coli-csoportba tartozó törzs meghatározása /laktóz erjesztése sav- és gázképzéssel 37°C és 44°C hőmérsékleten, IMViC reakció: indol-képzés, metilvörös, Voges-Proskauer reakció és citrát felhasználás vizsgálata/, a baktériumok számának meghatározására 20°C és 37°C hőmérsékleten, a fekális streptococcusok számának meghatározására, valamint az enterális kórokozók kimutatására a MSZ 22901-71 előírásainak megfelelően.

A coliform baktériumok kvantitatív vizsgálatát membránfilteres eljárással végeztük, 50 és 100 ml víz átszűrésével.

A fekális streptococcusok kimutatása a MSZ 13690/2-78 szerint történt, avval a különbséggel, hogy a vizsgált vízből 50 és 100 ml-t szűrtünk át membránfilteren. A továbbiakban az eljárás megegyezett a szennyvizek bakteriológiai vizsgálatánál /28. old./ leírattal.

Talajminták bakteriológiai vizsgálata

A talajmintákat általában a talaj felső 5-10 cm-es rétegéből vettük. Néhány alkalommal mélységi talajminták feldolgozására is sor került; ezek a minták 10-20, 30-40, illetve 50-60 cm mélyről származtak.

A talajmintákból 5 g-ot 0,9 %-os NaCl oldatban rázógéppel 15 percen át ráztuk. A hígítófolyadékból annyit adtunk a talajmintákhoz, hogy a szuszpenziók térfogata 50 ml legyen. A szuszpenziókból a víz- és élelemegészségügyi bakteriológiában /17, 18/ az általános szennyezettség jellemzésére jól bevált paramétereket vizsgáltuk /baktériumok száma 20°C és 37°C hőmérsékleten, coliformok, fekál coliformok és fekális streptococcusok száma, enterális kórokozók/. Az eredményeket 1 g talajra vonatkoztattuk.

Míg az elmúlt évtizedek során a vízbakteriológiai és -kémiai metodikák eléggé egységesé váltak és ma már a laboratóriumok ezeket rutinszerűen alkalmazzák, addig a közegészségügyi talajvizsgálatokat illetően egységes módszerekkel és minősítési rendszerrel nem rendelkezünk. Ezért az általunk alkalmazott eljárások, amelyek a vízbakteriológiai vizsgálatok, valamint az általános járványtani bakteriológiai vizsgálatok adaptálásából alakultak ki, csupán egyfajta kísérlet a talaj bakteriális szennyezettségének meghatározására.

1. Baktériumszám meghatározása

A 37°C és 20°C hőmérsékleten növe baktériumok számát lemezöntéses módszerrel határoztuk meg. A tenyésztéshez marhahúskrém-agarttáptalajt /MSZ 22901-71/ használtunk.

2. Coliform-szám és fekál coliform-szám meghatározása

A témával foglalkozó egyes szerzők a vizbakteriológiában jól bevált Endo táptalajon kinőtt piros telepeket coliform-baktériumnak tekintik és a talaj fekális szennyeződésének indikátoraként értékelik anélkül, hogy akár a vizbakteriológiában használatos megerősítő reakciókat elvégeznék, vagy a talajmintát előzetes szelektív hatásnak tennék ki /11/.

A talajban accidentálisan jelenlevő coliform- és fekális eredetű coliform-baktériumok elkülönítésére kézenfekvőnek látszik a vizbakteriológiából ismert 44°C -os szelektív tenyésztési hőmérséklet alkalmazása a tejcukor bontásánál. Ennek alapján egyes szerzők /14/ 24 órás, 44°C -on történt inkubálás után a sárga színreakciót és gázképzést mutató csöveket fekál coliform pozitívként értékelik. Tapasztalataink szerint a gyakorlatban ez az eljárás is értékelhetetlen. A talajokban – és a szennyvizekben is – jelenlevő gazdag kísérő flóra hamis pozitív eredményeket adhat, ezért a vizbakteriológiában használatos megerősítő reakciók elvégzése nem nélkülözhető.



Laboratóriumunkban a fentiek miatt az ismertetett módon előkészített talajszuszpenziók feldolgozásánál a szennyvizek bakteriológiai vizsgálatánál használt eljárásokat alkalmaztuk /27-28. old./.

3. Fekális streptococcusok számának meghatározása

Eljárásunk megegyezett a szennyvizek bakteriológiai vizsgálatánál alkalmazott módszerrel /28. old./.

4. Salmonellák kimutatása

Talajmintaként kb. 10 g-ot dúsító táptalajba tettünk. Dúsításra szelenites, Preuss-féle kálium-tetrathionátos és Rappaport-féle táptalajokat használtunk /MSZ 22901-71/. A dúsító táptalajokból 24 és 48 órás inkubáció után bizmut-szulfid, brillantszöld és dezoxicholát-citrát lemezekre szélesztettünk.

A szelektív és differenciáló táptalajokon nőtt Salmonella-gyanús telepeket Russel agarra oltottuk és a törzseket a járványügyi bakteriológiában szokásos eljárás szerint biokémiailag és szerológiailag identifikáltuk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A szennyvizminták bakteriológiai vizsgálatának eredménye

A szennyvizek bakteriológiai vizsgálata a kvantitatív mikrobiológia sajátos területe. A szennyviztisztítás bonyolult fizikai, kémiai és biológiai folyamata, valamint a mikroflóra magas faj- és egyedszáma nagymértékben megnehezíti a higiénés vízbakteriológiai vizsgálatok egyszerű adaptálását. A szennyviztisztítás biológiai folyamatában résztvevő mikroorganizmusok meghatározása egyébként is meghaladja a közegészségügyi- és járványügyi laboratóriumok lehetőségeit. Mindazonáltal a biológiai folyamat vizsgálata értékes információkat adhat a tisztítás-technológia optimálistól eltérő állapotának meghatározásával a higiénikus számára is.

Az optimális állapot mikrobiológiai jellemzőit többségében tisztázták. BENEDICT, TOERIEH, EIKELBOOM és mások az aerob heterotrof baktériumokat vizsgálták, amelyek az elsődleges lebontásban vesznek részt. Ezen baktérium-fajok többsége természetesen nem tartozik az ún. "in-

dikátor baktériumok" közé /Acinetobacter, Alcaligenes, Brevibacterium, Caulobacter, Comomonas, Cytophaga, Flavobacterium, Hyphomicrobium, Microbacterium, Pseudomonas, Sphaerotilus/, ugyanakkor TOERIEEN azt találta, hogy a szervesanyagok másodlagos lebontásában olyan baktériumok is részt vesznek, mint a coliform baktériumok, Gram-pozitív coccusok, Pseudomonas aeruginosa és a Bacillus-fajok. Ismertek az anaerob bontásban résztvevő redukáló baktérium-fajok, valamint a szervesanyagok oxidálását végző autotróf baktériumok is /21, 34/.

A szennyviztisztítás egyes fázisainak "optimális állapotát" a felsorolt baktériumok mennyiségi és minőségi viszonyai egyértelműen meghatározzák, de vizsgálatuk a közegészségügyi ellenőrzésbe nem vihető ki.

A nehézségek ellenére a hazai és a külföldi tapasztalatok azt mutatják, hogy a vizbakteriológiában általánosan alkalmazott "indikátor baktériumok" kvantitatív vizsgálata a szennyviztisztítás hatásfokának jellemzésére alkalmas /3, 19/. Ilyenkor természetesen nem a biológiai tisztítás folyamatának vizsgálatáról van szó, hanem a nyers szennyvizben levő indikátor baktérium-típusok számszerű értékeinek csökkenéséről.

A befogadók védelme nem korlátozódhat csupán a szervesanyag-terhelés csökkentésére, hanem limitálni kell a fekális terheléssel együttjáró tetemes bakteriális szennyeződést is. Mint-hogy a szennyviztisztítás bármely formája e tekintetben korlátozott hatóképességű, a higiénés szennyvizbakteriológiai vizsgálatok jelentősége

nemcsak közegészségügyi szempontból elsőrendű, de környezetvédelmi és tisztítás-technológiai vonatkozásban is nélkülözhetetlen.

A fentiek figyelembevételével vizsgáltuk és értékeltük a Kecskemét Városi Szennyviz-elhelyező és Hasznosító Rendszer működését is.

A rendszeresen vizsgált kecskeméti városi szennyviz kémiai adatai azt mutatják, hogy az a szokásos városi szennyvizeknél higabb, a

Komponensek	Jellemző határértékek
Hőmérséklet	8,9 - 25,3 °C
O ₂ -fogyasztás /KOl/	200 - 430 mg/l
BOI ₅	160 - 370 mg/l
pH	6,9 - 8,4
Ammonia /NH ₄ /	17,2 - 84,0 mg/l
Összes N	21,3 - 86,0 mg/l
P ₂ O ₅	3,8 - 7,8 mg/l
K ₂ O	17,0 - 46,8 mg/l
Összes szerves anyag	212 - 450 mg/l
Összes ásványi anyag	412 - 880 mg/l
Oldott ásványi anyag	392 - 760 mg/l
Éter extrakt /olaj, zsír/	3,8 - 36,4 mg/l
Fenolok	0,022 - 0,080 mg/l
Anionaktiv detergenssek	0,76 - 2,20 mg/l
Na %	35 - 50

2. táblázat. A kecskeméti városi szennyviz kémiai jellemzői

talajra és a növényekre káros anyagokat nem tartalmaz. A legfontosabb minőségi összetevők jellemző adatait a 2. sz. táblázat mutatja. /Az adatok a Bács-Kiskun megyei KÜJÁL Telep- és Környezetegészségügyi Osztályának Vízkeimiai Laboratóriumában, dr. Égertz Péter vezetésével, valamint a VITUKI laboratóriumában végzett vizsgálatokból származnak/.

Az elmúlt évek bakteriológiai vizsgálatai alapján kapott jellemző értékeket a 3. sz. táblázatban tüntettük fel.

	minimum	medián	maximum
20°C-on növő baktériumok száma/1 ml	$2,1 \times 10^5$	$3,3 \times 10^6$	$8,2 \times 10^6$
37°C-on növő baktériumok száma/1 ml	$7,6 \times 10^4$	$1,5 \times 10^6$	$5,0 \times 10^6$
Coliform-szám/1 ml	$2,2 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$
Fekál coliform-szám/1 ml	$4,6 \times 10^3$	$7,3 \times 10^4$	$9,2 \times 10^5$
Fekális streptococcus/1 ml	$4,6 \times 10^2$	$2,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^5$

3. táblázat. A kezeletlen szennyvíz bakteriológiai jellemzői az elmúlt évek /1977-1983/ vizsgálatai alapján

Tekintettel arra, hogy a vizsgálatok csak ún. pont-mintából történhetnek, a mintavételek pillanatnyi jellege az eredményeket befolyásolhatja. Mivel mind a szennyvizbakteriológiai, mind pedig a talajbakteriológiai vizsgálatoknál az ismétlődő mérések során kapott baktérium-számok megoszlása olyan, hogy az átlagérték-számítás a valódi helyzetnek nem megfelelő képet adhat, a magunk részéről egy szennyezettségi állapot jellemzésére szerencsésebb megoldásnak tartjuk a gyakoriság figyelembevételével a mediánok /a kapott számok nagyságrendi sorrendbe állításával nyert középső érték/ alkalmazását.

Egy város szennyvizének mennyiségét és minőségét számos tényező befolyásolja, mint például a telepítés, a közintézmények és az ipar fejlettsége, a vízellátás és csatornázás mértéke. Emellett a nyers szennyviz a városból az ott lakók életritmusa szerint a nap huszonnégy óráján belül változó mennyiségben és minőséggel érkezik a szennyviz előkezelő telepre, sőt ma már a hét különböző napjain is számottevő különbségek mutatkoznak, mennyiségi és miniségi viszonylatban is. Hétvégeken a lakótelepülések nagymértékben kiürülnek, csökken a napi szennyvizhozam /ugyanakkor az üdülőtelepeken éppen a hétvégeken nő meg a szennyvizmennyiség és a koncentráció/. Mindezt még befolyásolja az adott területre jellemző meteorológiai adottság, azaz a hőmérséklet és az ugyancsak a városi csatornahálózat által összegyűjtött csapadék mennyisége.

A fenti okok miatt a szennyviz mi-

nősségi jellemzői - mind a bakteriológiai, mind pedig a kémiai paraméterek, amint az a közölt adatokból kitűnik - széles intervallumban mozognak.

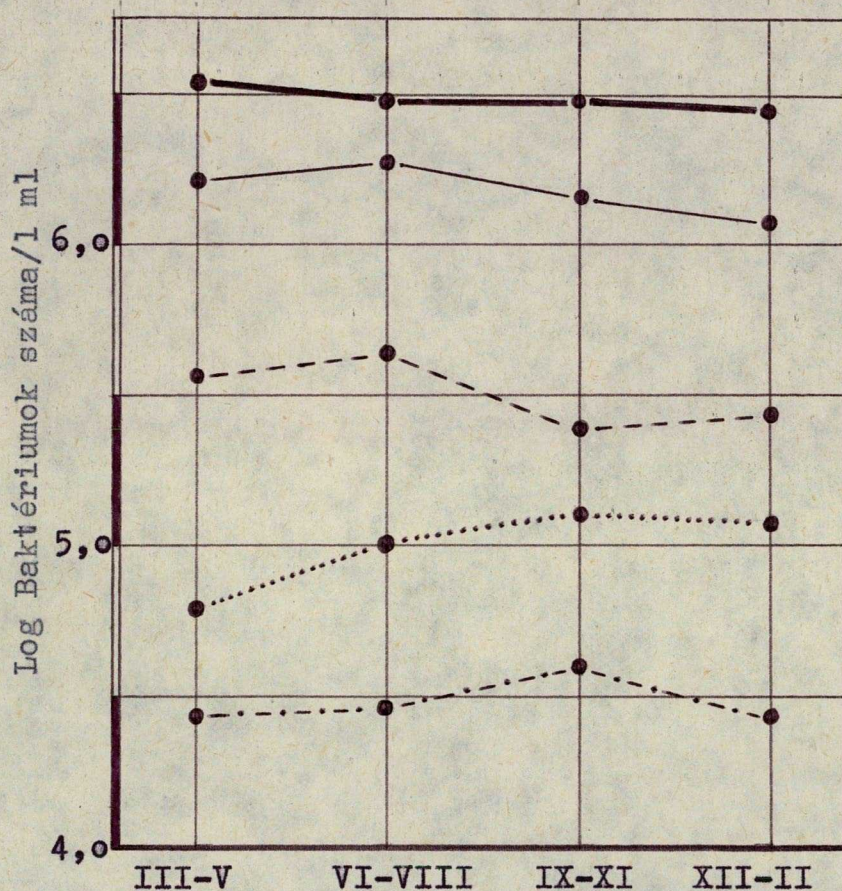
Az elmúlt hét év bakteriológiai vizsgálatainak adatait elemezve két jelenség szembetűnő.

Az egyik az, hogy a városból a rendszerbe érkező szennyviz kvantitatív mikrobiológiai jellemzőinek változása többé-kevésbé évszázkos ritmust mutat /3. ábra/. Viszonylag állandó egész éven át a 20°C hőmérsékleten növe baktériumok száma, ugyanakkor a 37°C hőmérsékleten tenyésztett baktériumok mennyisége tavasszal emelkedni kezd, majd egy nyári maximum után ősszel és télen csökken. Részletesebb elemzés azt mutatja, hogy a 37°C hőmérsékleten növe baktériumok száma egy májusi magas érték után /minimum: $2,6 \times 10^5$ /1 ml, medián: $2,2 \times 10^6$ /1 ml, maximum: $4,4 \times 10^6$ /1 ml/ a nyári hónapokban - június, július, augusztus - és még szeptemberben is viszonylag változatlan /a június, július, augusztus és szeptember hónapokra jellemző mediánok: $1,7 \times 10^6$, $1,8 \times 10^6$, $1,7 \times 10^6$, és $1,6 \times 10^6$ /1 ml/. Az erőteljes csökkenés novemberben következik be, míg az egész évi legalacsonyabb értékek a tél végén, februárban mutatkoznak /min.: $4,4 \times 10^5$ /1 ml, med.: $6,0 \times 10^5$ /1 ml, max.: $4,4 \times 10^6$ /1 ml/.

A coliformok száma is nyáron a legmagasabb, az évi maximum augusztusban mutatkozik /min.: $1,1 \times 10^5$ /1 ml, med.: $5,4 \times 10^5$ /1 ml, max.: $9,2 \times 10^5$ /1 ml/, de ettől kezdve novemberig erőteljesen csökken. Az év folyamán novemberben /med.:

1,8x10⁵/1 ml/ és januárban /med.: 2,0x10⁵/1 ml/ a legalacsonyabb a coliform baktériumok száma.

Méréseink szerint a környezeti tényezők változásaira érzékenyebben reagáló fekál coliform és fekális streptococcus csoportba tarto-



- 20°C-on növő baktériumok száma
— 37°C-on növő baktériumok száma
--- Coliform-szám Fekál coliform-szám
-.-.- Fekális streptococcusok száma

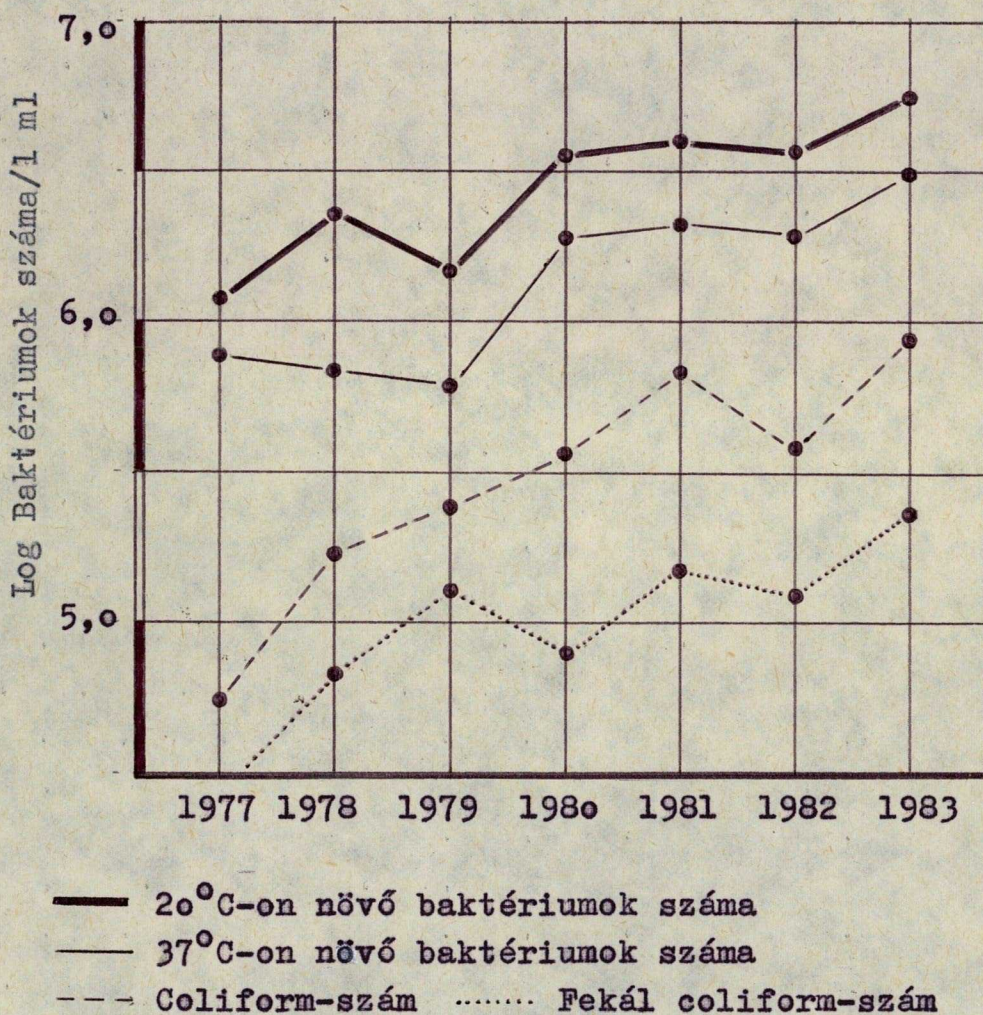
3. ábra. A kezeletlen szennyviz mikrobiológiai jellemzőinek évszakos változása

zó baktériumok száma a fentiektől némileg eltérő módon változik. Ezek a baktériumok legnagyobb számban az őszi hónapokban fordultak elő. A fekális coliformok évi maximuma szeptember /min.: $1,7 \times 10^4$ /1 ml, med.: $1,5 \times 10^5$ /1 ml, max.: $3,5 \times 10^5$ /1 ml/ és október /min.: $3,5 \times 10^4$ /1 ml, med.: $1,5 \times 10^5$ /1 ml, max.: $3,5 \times 10^5$ /1 ml/ hónapokra esik, legalacsonyabb a számuk március /min.: $4,5 \times 10^4$ /1 ml, med.: $5,4 \times 10^4$ /1 ml, max.: $2,4 \times 10^5$ /1 ml/ és május /min.: $2,2 \times 10^4$ /1 ml, med.: $3,7 \times 10^4$ /1 ml, max.: $4,6 \times 10^5$ /1 ml/ hónapokban. Hasonló évszakos ritmust mutat a fekális streptococcusok száma is.

A másik jelenség - amelyet a 4. ábra jól érzékeltet - az, hogy az 1 ml szennyvizben található baktériumok száma az évek során emelkedett. Míg 1977-ben a 37°C hőmérsékleten növvő baktériumok száma általában nem érte el a 10^6 értéket /min.: $7,6 \times 10^4$ /1 ml, med.: $8,5 \times 10^5$ /1 ml, max.: $1,8 \times 10^6$ /1 ml/, addig 1983-ban a mért minimum érték $1,3 \times 10^6$ /1 ml volt, a maximum $4,6 \times 10^6$ /1 ml, a medián érték $3,0 \times 10^6$ /1 ml. Hasonló módon növekedett a többi paraméter is, így például a coliformok száma egy nagyságrenddel magasabb volt 1983-ban, mint hét évvel korábban.

A vizsgált kezeletlen szennyvizminták 97,6 %-ából sikerült Salmonella csoportba tartozó baktériumot izolálni. A városi szennyvizek járványmentes időben is állandóan fertőzöttek Salmonellákkal - és egyéb kórokozókkal -, s hogy nem minden szennyvizmintából volt sikeres a Salmonellák kimutatása, az annak tulajdonítható, hogy az egyébként kitűnő szelektív és differenciáló táptalajok használata mellett sem könnyű

a gazdag kísérő flóra mellől a többnyire nagyságrendekkel kisebb mennyiségben jelenlevő kórokozókat izolálni. Az elmúlt évek alatt a kecskeméti városi szennyvizből kitenyésztett és identifikált *Salmonella* törzseket és sikeres izolálásuk gyakoriságát a 4. táblázatban foglaltuk össze.



4. ábra. A kezeletlen szennyviz mikrobiológiai jellemzőinek változása a vizsgálatok időszakában /1977-1983/

Szerotípus	Az előfordulás	
	száma	aránya a vizsgálatok %-ában
S. typhi-murium	21	24,1
S. infantis	18	20,1
S. anatum	16	18,4
S. glive	14	16,1
S. enteritidis	13	14,9
S. derby	11	12,6
S. panama	8	9,2
S. saint-paul	8	9,2
S. london	7	8,0
S. heidelberg	7	8,0
S. agona	6	6,9
S. bradford	5	5,7
S. thompson	5	5,7
S. stanley	4	4,6
S. brandenburg	3	3,4
S. manhattan	3	3,4
S. sendai	2	2,3
S. paratyphi-B	2	2,3
S. abony	2	2,3
S. bareilly	2	2,3
S. newport	1	1,1
S. essen	1	1,1
S. typhi	1	1,1
S. albani	1	1,1
S. montevideo	1	1,1
S. java	1	1,1

4. táblázat. A kecskeméti városi szennyvizből
az elmúlt években /1977-1983/
kitenyésztett Salmonella törzsek



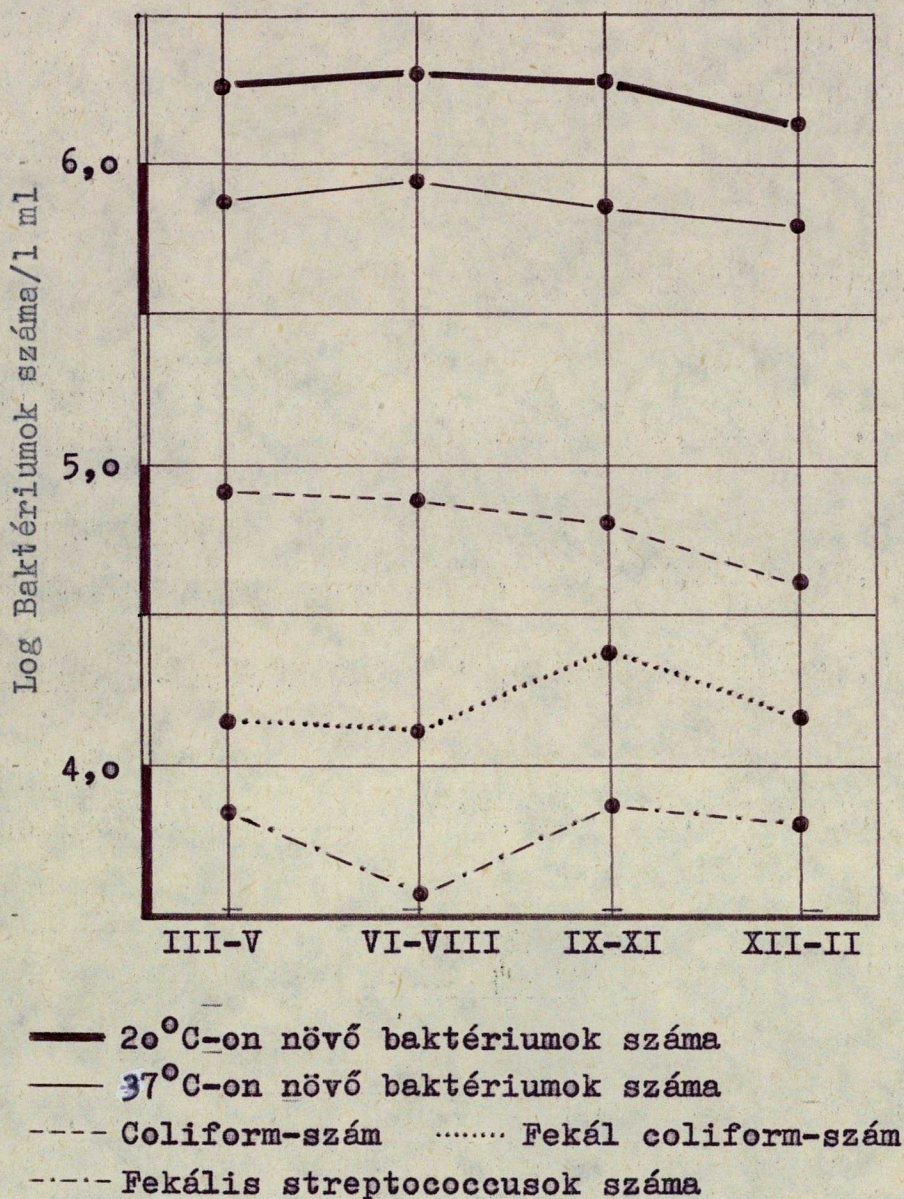
Az ülepitőmedencéből származó, kiöntésre kerülő szennyviz minősége, a nyers, kezeltlen szennyvizéhez hasonlóan, változó /5. táblázat/.

	minimum	medián	maximum
20°C-on növő baktériumok száma/1 ml	$7,0 \times 10^4$	$1,8 \times 10^6$	$5,8 \times 10^6$
37°C-on növő baktériumok száma/1 ml	$2,2 \times 10^4$	$7,9 \times 10^5$	$2,6 \times 10^6$
Coliform-szám/1 ml	$3,5 \times 10^3$	$4,5 \times 10^4$	$5,4 \times 10^5$
Fekál coliform-szám/1 ml	$2,4 \times 10^2$	$2,3 \times 10^4$	$3,5 \times 10^5$
Fekális streptococcusok/1 ml	$1,1 \times 10^2$	$7,2 \times 10^3$	$8,7 \times 10^4$

5. táblázat. Az ülepitett szennyviz bakteriológiai jellemzői az elmúlt évek /1977-1983/ vizsgálatai alapján

Az ülepitőből származó vízmintákra is jellemző, hogy minőségük havonként változik és e változatosság alapján évszakos ritmust mutatnak /5. ábra/.

A 20°C és 37°C hőmérsékleten növő baktériumok számai nyáron érik el a legmagasabb ér-



5. ábra. Az ülepitett szennyvíz mikrobiológiai jellemzőinek évszakos változása

tékeket; az évi maximumok júliusban mérhetők /mediánok: $2,4 \times 10^6$ /1 ml, illetve $1,3 \times 10^6$ /1 ml/, míg a minimumok január és február hónapokban

/mediánok: $8,0 \times 10^5$ /l ml és $9,0 \times 10^5$ /l ml, illetve $5,3 \times 10^5$ /l ml és $3,9 \times 10^5$ /l ml/.

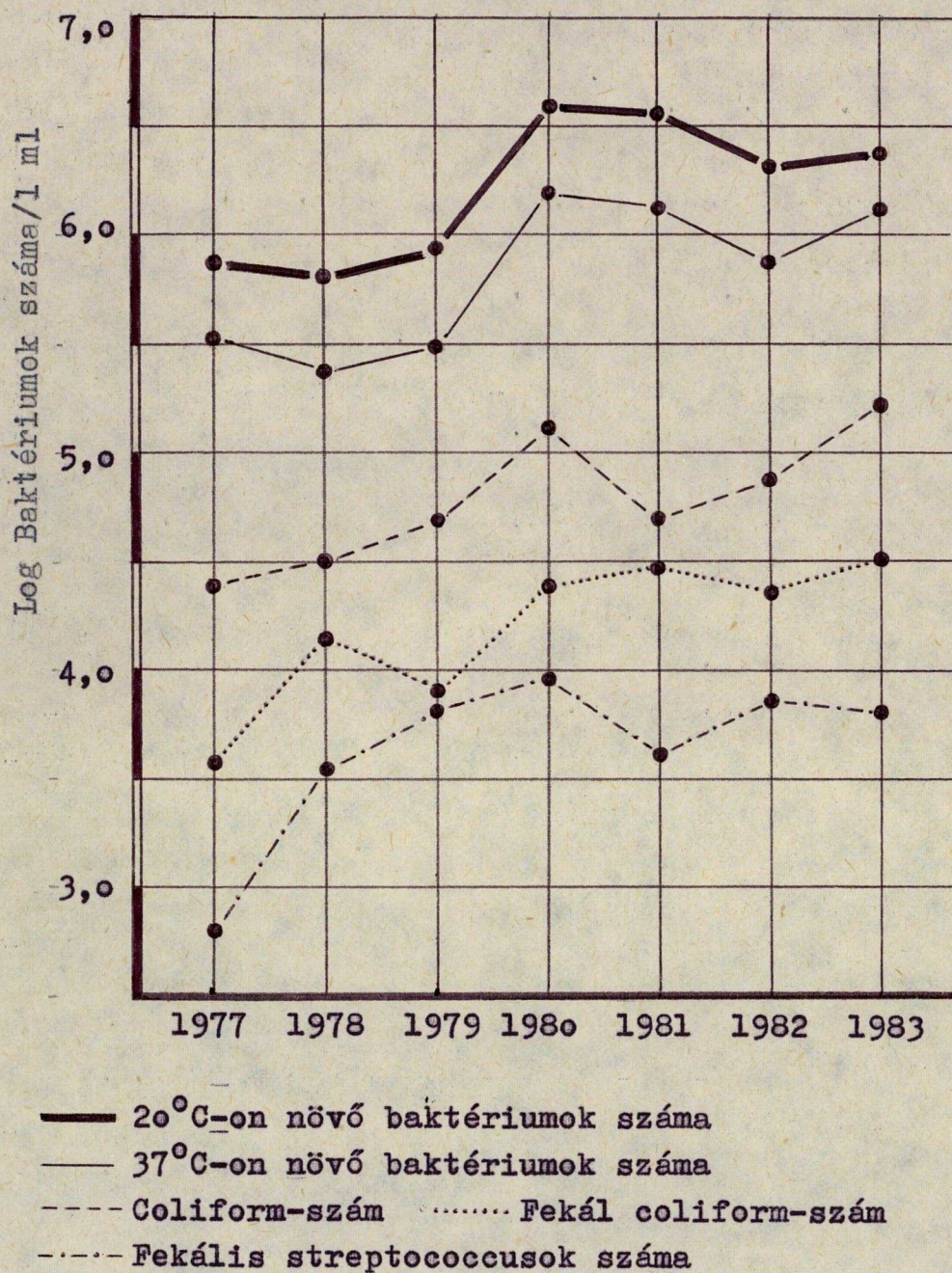
A coliform-szám tavasszal a legmagasabb, a maximumok május és június hónapokra esnek /mediánok: $9,2 \times 10^4$ /l ml, $9,5 \times 10^4$ /l ml/. Kiemelkedő értékeket mértünk augusztus /medián: $8,2 \times 10^4$ /l ml/ és november /medián: $7,0 \times 10^4$ /l ml/ hónapokban, de az általános tendencia az, hogy tavasztól a coliform-szám csökken. Az éves minimum decemberben jelentkezik /medián: $2,4 \times 10^4$ /l ml/.

Némileg eltérő a fekál coliform és a fekális streptococcusok számának változása. Ezek száma tavasszal és ősszel a legmagasabb, nyáron és télen alacsonyabb.

1977-óta az ülepitőből kikerülő víz minősége is – miként a nyers szennyvizé – változott /6. ábra/. Legrosszabb minőségű 1980-ban volt. Ennek oka az ülepitőmedence feliszapolódása volt. Tisztítására 1980-ban került sor, aminek hatása az ülepitett szennyviz minőségére csak mérsékelt volt, tekintettel arra, hogy az eltelt évek során a nyers szennyviz koncentrációja is növekedett.

Salmonella-csoportba tartozó baktériumot a vizsgált minták 86,4 %-ából sikerült izolálni /6. táblázat/.

A talajon keresztülszivárgott, megszárt vizet a lecsapoló rendszer a 2. sz. tározóba, illetve onnan a fő vízgyűjtőcsatorna felé vezeti el. A 2. sz. tározó vize tehát tulajdonképpen a megtisztított szennyviz, minősége – a kezeletlen szennyviz minőségével összehasonlítva – a szennyviztisztítás hatásfokát jellemzi.



6. ábra. Az ülepitett szennyviz mikrobiológiai jellemzőinek változása a vizsgálatok időszakában /1977-1983/

Szerotípus	Az előfordulás	
	száma	aránya a vizsgálatok %-ában
S. anatum	17	19,5
S. typhi-murium	14	16,1
S. derby	13	14,9
S. give	8	9,2
S. enteritidis	6	6,9
S. london	5	5,7
S. infantis	3	3,4
S. panama	3	3,4
S. saint-paul	2	2,3
S. heidelberg	2	2,3
S. agona	2	2,3
S. manhattan	2	2,3
S. bradford	1	1,1
S. thompson	1	1,1
S. stanley	1	1,1
S. sendai	1	1,1
S. essen	1	1,1
S. newport	1	1,1

6. táblázat. Az ülepített szennyvizből az elmúlt években /1977-1983/ kitenyésztett *Salmonella* törzsek

Az 1977 óta végzett vizsgálatok eredményeit a 7. sz. táblázat foglalja össze. Ezek az adatok jól jellemzik a 2. sz. tározó mindenkori minőségét, mert az elmúlt évek alatt lényeg-



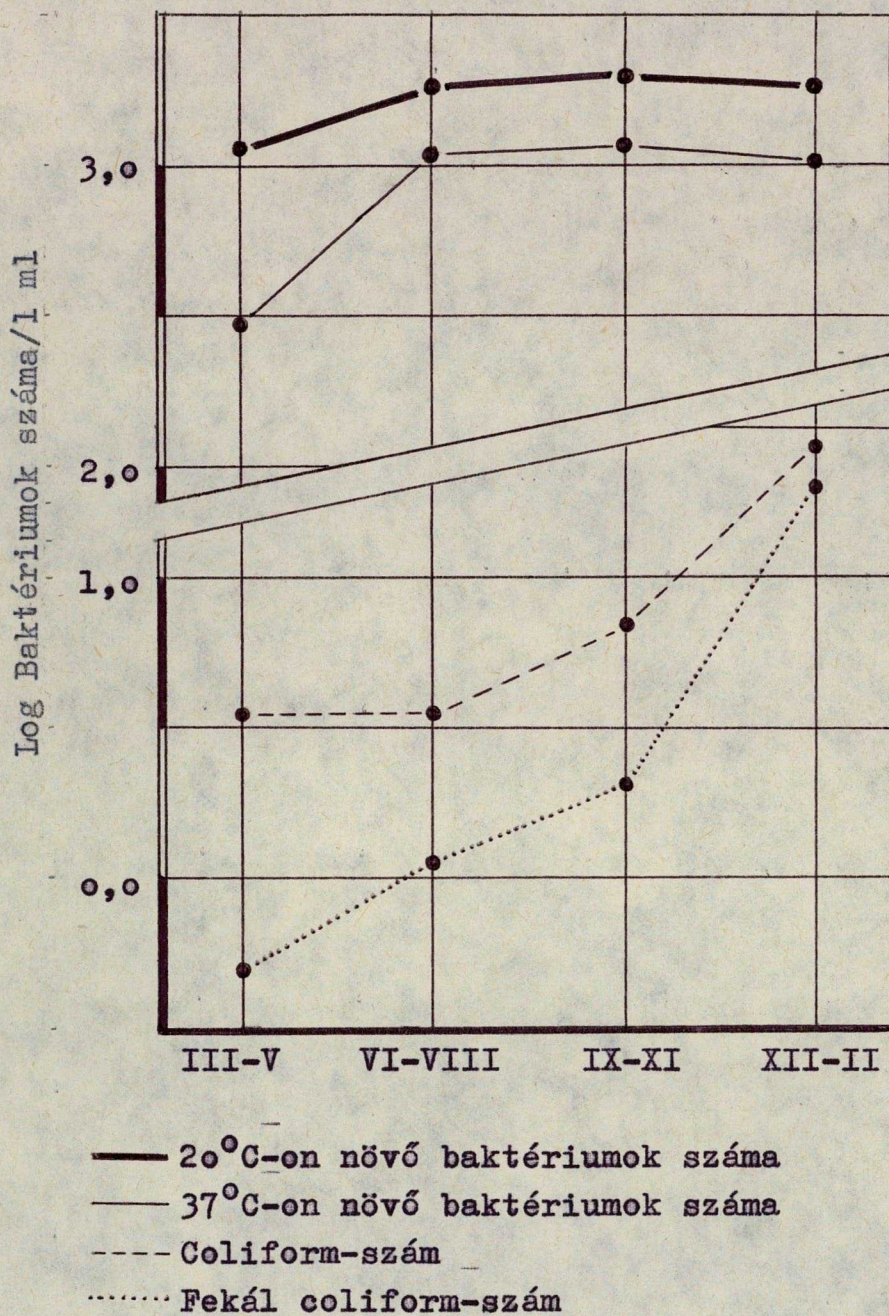
ges minőségi változást nem tapasztaltunk.

	min.	medián	max.
20°C-on növő baktériumok száma/1 ml	220	2500	$2,1 \times 10^5$
37°C-on növő baktériumok száma/1 ml	54	1200	$8,0 \times 10^4$
Coliform-szám/1 ml	0,0	7,0	5400
Fekál coliform-szám/1 ml	0,0	2,3	2400
Fekális streptococcus/1 ml	0,0	1,2	2000

7. táblázat. A 2. sz. tározó vizének mikrobiológiai jellemzői az elmúlt évek /1977-1983/ vizsgálatai alapján

Igen jellemző képet mutatnak a tározó vizében egy éven belül bekövetkező változások /7. ábra/.

Mind a 20°C, mind pedig a 37°C hőmérsékleten növő baktériumok száma a tavaszi hónapokban a legalacsonyabb. Az éves minimum márciusra esik /mediánok: 490/1 ml és 110/1 ml/. Augusztusig a baktériumok száma jelentős mérték-



7. ábra. A 2. sz. tározó vize mikrobiológiai jellemzőinek évszakos változása

ben emelkedik és az őszi hónapok átlaga a legmagasabb. Az év folyamán a 37°C-on növekvő baktériumok számának maximuma decemberben jelentkezik /min.: 1400/1 ml, med.: 3800/1 ml, max.: 76 000/1 ml/, de január és február hónapokra a baktériumok száma egy nagyságrenddel csökken.

A coliform és fekáli coliform baktériumok mennyisége tavasztól az ősz végéig, illetve a tél elejéig egyenletesen és nagymértékben növekszik. Az éves maximumok decemberben jelentkeznek /mediánok: 64/1 ml, illetve 9,2/1 ml/.

Salmonella csoportba tartozó baktériumot a vizsgált időszakban mindössze négy alkalommal sikerült izolálni. A kitenyésztett szerotípusok: S. anatum /2 alkalommal/, S. give, S. panama.

A talajvizek bakteriológiai vizsgálata

Csak röviden kell szólnunk a talajvizek bakteriológiai vizsgálatairól.

A talajvízszint helyzetének észlelésére 1980-ig 18 kút szolgált. Az egyes kutak talajvizjárásának értékelését számos egyedi domborzati és hidrogeológiai hatás befolyásolja /valamint terhelik a véletlen jellegű mintavételi és mérési hibák is/. Általánosítható következtetések levonására a kutakat két nagy csoportba sorolták:

— a szántóföldi területre, illetve annak szántófölddel érintkező peremére eső kutak

/1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17,
18 sz. kutak/,

- a biztonsági erdőterület peremére
eső, az erdő öntözése által befolyásolt kutak
/6, 10, 14, 15 sz. kutak/.

1980-ban 2 új kutat létesítettek a
biztonsági erdő területén belül, 1 kutat pedig
az alagsővezett szűrőmező dombján.

A talajviz a szennyvizöntöző telep
alatt mélyen, 3-4 m-re a felszíntől helyezkedik
el. A telep egyes tábláin belül több méteres
szintkülönbségek találhatók. A vízháztartási e-
lemek /csapadék, öntözőviz, párolgás/ hatására
a kutak függőleges szelvényében kialakuló talaj-
vízszintet a domborzati hatás következtében fel-
lépő vízszintes áramlások módosítják. Tovább za-
varja a vízháztartás közvetlen hatására kialaku-
ló talajvízszintet a talajszelvény hidrogeológiai
felépítése. A felszínhez közel helyenként vé-
kony, csaknem vízzáró, agyagos, mészköves réte-
gek helyezkednek el, amelyek a talajviznek a
felszíni csapadék, öntözőviz és párolgás hatásá-
ra bekövetkező szintváltozásait helyileg akadá-
lyozzák.

Meglepő eredményt szolgáltatott a kü-
lönböző mértékű szennyvizterhelést kapott terü-
letek alatti talajviz-járás összehasonlítása, A
szántóföldi kutaknál a természetes talajviz-já-
rás érvényesül. A téli félévben /amikor egyéb-
ként nincs öntözés/ a talajvízszint emelkedik,
a nyári félévben, az öntözés ellenére, süllyed.
Az erdőterület alatt a téli terhelés hatására a
talajvízszint emelkedése meghaladja a szántóföl-
di kutakban mért vízszint-emelkedést, nyáron vi-

szont a terhelés hiánya miatt a talajvízszint rohamosan csökken.

A téli félévi talajvízszint-emelkedés az öntözés nélküli időszakban jelentősen meghaladja a kevésbé terhelt táblák alatti vízszint-emelkedést. A terhelés idején /nyáron/ ugyanakkor a süllyedés nagyobb. Ez azt mutatja, hogy az öntözés hatása több hónapos eltolódással mutatkozik meg a talajvízszint járásában. Erre mutat a szeptember-október hónapokban újra meginduló talajvízszint-emelkedés.

A fenti okok - tehát a hidrogeológiai adottságok és a talajvíz-járás jellemzői - magyarázzák, hogy a szennyvízöntözés hatása a talajvíz mikrobiológiai jellemzőin nem mutatkozott a vizsgált időszakban. A talajvíz-minták sem egy-egy éven belül, sem az évek során nem mutattak változást a vizsgált bakteriológiai paraméterek tekintetében. Coliform és fekál coliform baktériumok, illetve fekális streptococcusok csak elvétve mutathatók ki, megjelenésük inkább véletlenszerű s a nagy számú vizsgálatot figyelembe véve, mintavételi hibának is tekinthető. A 20°C és 37°C hőmérsékleten növő baktériumok 10^2 - 10^3 nagyságrendben fordulnak elő általában. A különböző szennyvízterhelésű területeken elhelyezett, illetve az ugyanazon a területen levő különböző kutak vízminősége között eltérés nem volt tapasztalható a vizsgált időszakban.

A talaj bakteriológiai vizsgálata

A mikroszervezetek talajbeli tevékenységét teljes összefüggésében még alig ismerjük. Némely részfolyamatot laboratóriumi keretekben, tehát a nagy egészből kiemelve ismerhetünk meg jobban /ammonifikáció, nitrifikáció, denitrifikáció, egyes szerves vegyületek elbontása, anyagcseretermékek kimutatása stb.; az összes tevékenységet a jól átszellőztetett talajra vonatkoztatva a széndioxidnak időegységben mért és a hőmérséklettől függő termelődésével fejezhetjük ki/. A nehézségek ellenére a fokozódó mezőgazdasági igények és az antibiotikum-kutatás fellendítette a talajtani vizsgálatokat kémiai és biológiai vonatkozásban egyaránt. Ennek eredménye, hogy ma már a talajtan önálló tudomány. Módszerei és eredményei azonban elsősorban a mezőgazdaság részére adnak információkat.

A klasszikus talajtan a közegészségügy kérdéseire, hogy tartalmaz-e a vizsgált talaj emberre káros anyagokat, illetve szervezeteket, nem ad választ. Nem tisztázott az sem, hogy közegészségügyi szempontból mit minősítsünk a talajban szennyezésnek, illetve az emberre nézve károsnak és azt milyen mennyiségben. A szakirodalomban, a közegészségügyi szempontból végzett talajbakteriológiai vizsgálatokról szóló beszámolóknak - éppen az alapelvek különböző értelmezése következtében - különböző módszerek és minősítési elvek szerepelnek.

Talajszennyezettség alatt a hazai és nemzetközi irodalom mást és mást ért. Így beszélhetünk talajszennyezettségről környezetvédelmi,

mezőgazdasági és közegészségügyi értelemben /27/. Kézenfekvőnek tűnik, hogy a közegészségügyi gyakorlatban a bakteriológiai vizsgálatok eredményeinek értékelésénél kizárólag az emberre nézve obligát, vagy fakultatív kórokozó mikroorganizmusok jelenlétét kell talajszennyezettségnek tekinteni. Ilyen értelemben másodrendű szempont a talaj fizikai-kémiai szerkezete, illetve egyéb jellemzői. Természetesen a talaj minősége és állapota befolyásolja a mikroorganizmusok életfeltételeit. A mezőgazdaság igényei szerint vizsgált baktériumok általában szaprofiták. Annak a talajnak, amely természetes biotopjuk, szerkezeti ismerete nélkül elképzelhetetlen tevékenységük vizsgálata. A közegészségügyi vizsgálat mikroobjektumai azonban fakultatív vagy obligát paraziták, így bármilyen szerkezetű talaj ezek számára csak átmeneti tartozkodási hely, túlélési idejük diszkrét, szaporodásuk kétséges. Ez a szempont alapvetően meghatározza a vizsgálati módszereket is.

A mikroszervezetek talajbeli előfordulásának számszerű megismerésére a legegyszerűbb és legelterjedtebb módszer a lemezöntéses eljárás /30/. A 20°C és 37°C hőmérsékleten növő baktériumok számának meghatározása a víz- és élelmiszerbakteriológiában is jól bevált az általános szennyezettség jellemzésére. A talaj szennyezettségének megítélésénél azonban nem ilyen egyértelmű a helyzet. Míg az élelmiszereknél és a viznél elvileg elvárható a baktériummentesség, így a vizsgált minta térfogategységében levő baktériumok növekvő száma többé-kevésbé arányos a szennyezettséggel, a talaj esetében más a helyzet. A ta-

laj eleven, élő rendszer és baktériummentességet a legtisztább talajtól sem várhatunk. A talajban élő szaprofita baktériumok, melyeknek hőmérsékleti optimuma $20-28^{\circ}\text{C}$, 37°C -on is tenyésztethetők. A 37°C és 20°C hőmérsékleten növő baktériumok számának ismerete így csak arról nyújt felvilágosítást, hogy az adott talajban hozzávetőlegesen mennyi azoknak a baktériumoknak a száma, amelyek ezeken a hőmérsékleteken – és a használt táptalajon – is képesek szaporodni. Ennek az információnak lehet elméleti-biológiai jelentősége, de közegészségügyi szempontból a szennyezettség elbírálását bizonytalanná teszi. Az irodalom és tapasztalataink szerint sok olyan talajmintában fordul elő viszonylag magas 37°C -on növő baktérium-szám, ahol a többi paraméter alapján kizárható az állati vagy emberi eredetű szennyeződés. Egyes szerzők adatai alapján a bakteriológiailag erősen szennyezett fővárosi játszótéri homokozó, amelyben obligát patogén szervezet is kimutatható volt, a 37°C -on növő baktériumok száma alapján a közegészségügyileg teljesen tisztának bizonyult fenyves erdő homoktalajával kerülne azonos elbírálás alá. Hasonló a helyzet a lombos erdő talajával is /27/. Nyilvánvaló, hogy ezekben a talajokban élénk mikrobiológiai tevékenység folyik és az ott élő szaprofiták a 37°C -os tenyésztési hőmérsékleten kimutathatók.

Van ezenkívül más alapvető nehézség is, ami az ilyenféle számadatok értékét a módszertől függetlenül is erősen befolyásolja. Tudvalevő, hogy a talaj nem homogén közeg. Azonos mélységben helyenként jelenlevő szerves törmelék, a növényi és állati maradványok /pl. bogár hullája/



befolyásolják a számértéket. Éppen így befolyásolást jelent a talajban tenyésző növény gyökérzete, vagy az elhalt növény gyökérmaradványa, továbbá a talajlakó mikroszervezetek jelenléte.

A fentiek miatt a 37°C-on növő baktériumok számának talajhigiénés értéke kétséges, azt csak tájékoztató jellegű paraméternek tekinthetjük.

A coliform-szám használata és értelmezése ugyancsak a viz- és élelmiszer-bakteriológiából ismert /12, 16, 17, 18, 31/. Egyes szerzők e paramétert a talaj fekális szennyeződésének indikátoraként értékelik s módszerük meglehetősen leegyszerűsített /11, 14/. Figyelembe véve, hogy a coliform-csoport számos tagja a talaj normál lakója lehet, ott szaporodik, a coliform-szám sem lehet ilyen általános értelemben a közegészségügyi talajbakteriológia szennyezettségi indikátora. Ennek ellenére a szennyvízzel öntözött talajok szűrőképességének vizsgálatára e paraméter is használhatónak bizonyult.

Az említett okok alapján indokoltnak látszik, hogy a talajhigiénés bakteriológiai vizsgálatok során elsősorban a fekál coliform-számot vegyük figyelembe.

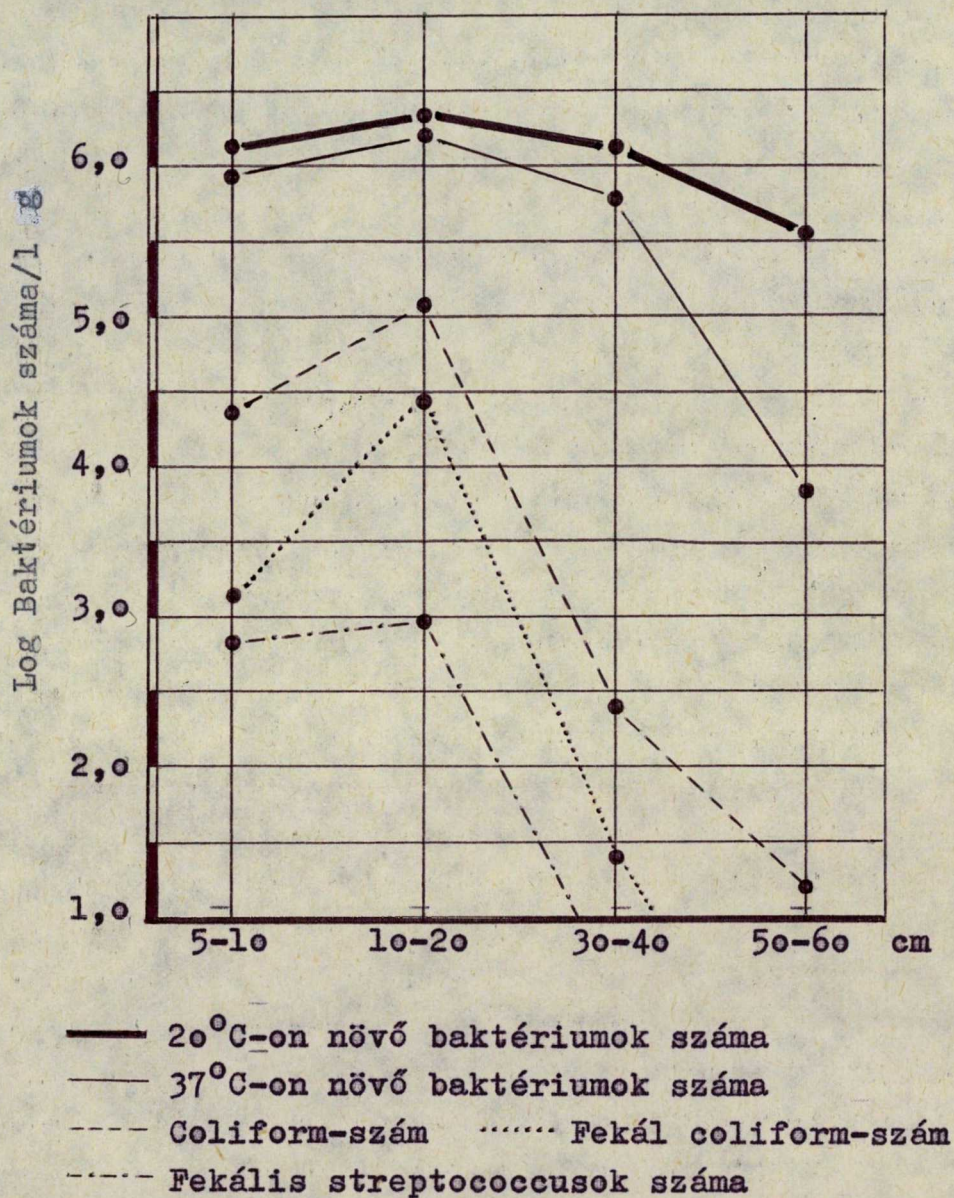
A fekális streptococcusok száma a fekál coliform-szám meghatározása mellett, mintegy annak megerősítéseként, ugyancsak jó indikátora lehet a talaj fekális eredetű szennyezettségének. Irodalmi adatok szerint a fekális streptococcusok általában nem szaporodnak a vizekben és a talajban, a környezeti hatásokkal szemben /napfény, kiszáradás/ azonban ellenállóbbak, mint a fekál coliform csoport fajai.

Nyilvánvaló, hogy a szennyvizzel kezelt talajok fekális szennyezettsége igen nagymértékű s az ilyen talajokból nem csak az említett baktériumok mutathatók ki nagy számban, de a kórokozók jelenléte is igen valószínű. A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszerben végzett talajbakteriológiai vizsgálataink során célunk elsősorban annak megítélése volt, hogy egy rutinvizsgálatokra berendezkedett laboratóriumban rendelkezésre álló viszonylag egyszerű és gyors módszerek alkalmasak-e a talaj szennyezettségének kimutatására, illetve a szennyezettség mértékének meghatározására.

Ezeket a vizsgálatokat 1979 óta végeztük. Havi gyakorisággal mintáztuk a talaj felső rétegeit s több alkalommal kb. 60 cm-ig terjedő mélységi mintákat is feldolgoztunk. A talajmintákat a talajviz-észlelő kutak környékéről gyűjtöttük, így a minták - a kutak elhelyezkedésének megfelelően - részben a szántóföldi területről, részben a biztonsági erdőből származtak.

Nem meglepő, hogy a talajvizsgálatok alkalmával kapott számszerű eredmények igen széles intervallumban mozognak.

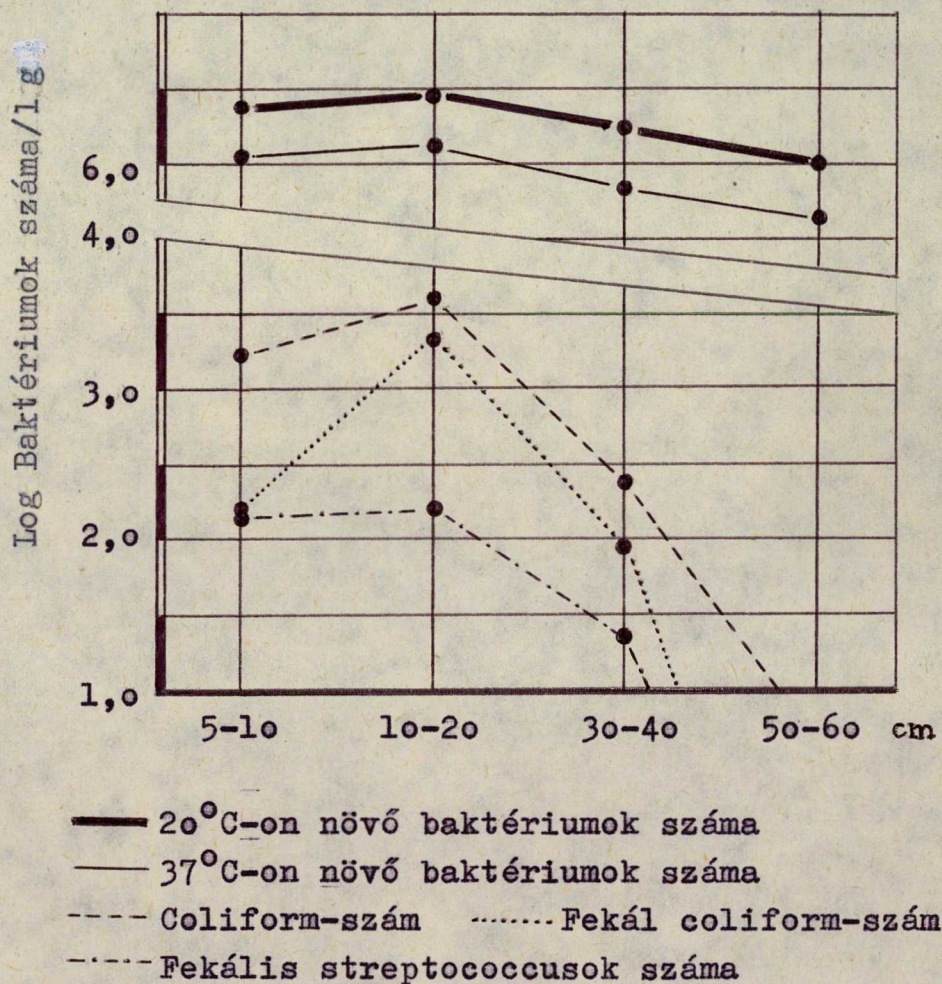
A legmagasabb baktérium-számok a felszín alatt 10-20 cm mélyen fordultak elő. A baktériumok mennyisége a mélység felé rohamosan csökkent. Különösen vonatkozik ez az ún. "indikátor baktériumok", a coliform, a fekál coliform és a fekális streptococcusok számára. Mint a 8. és 9. ábrákon látható, a baktériumok megoszlása némileg eltér az esőztető módszerrel öntözött szántóföldről származó és az árokrendszerrel öntözött biztonsági nyárfaerdőből származó talaj-



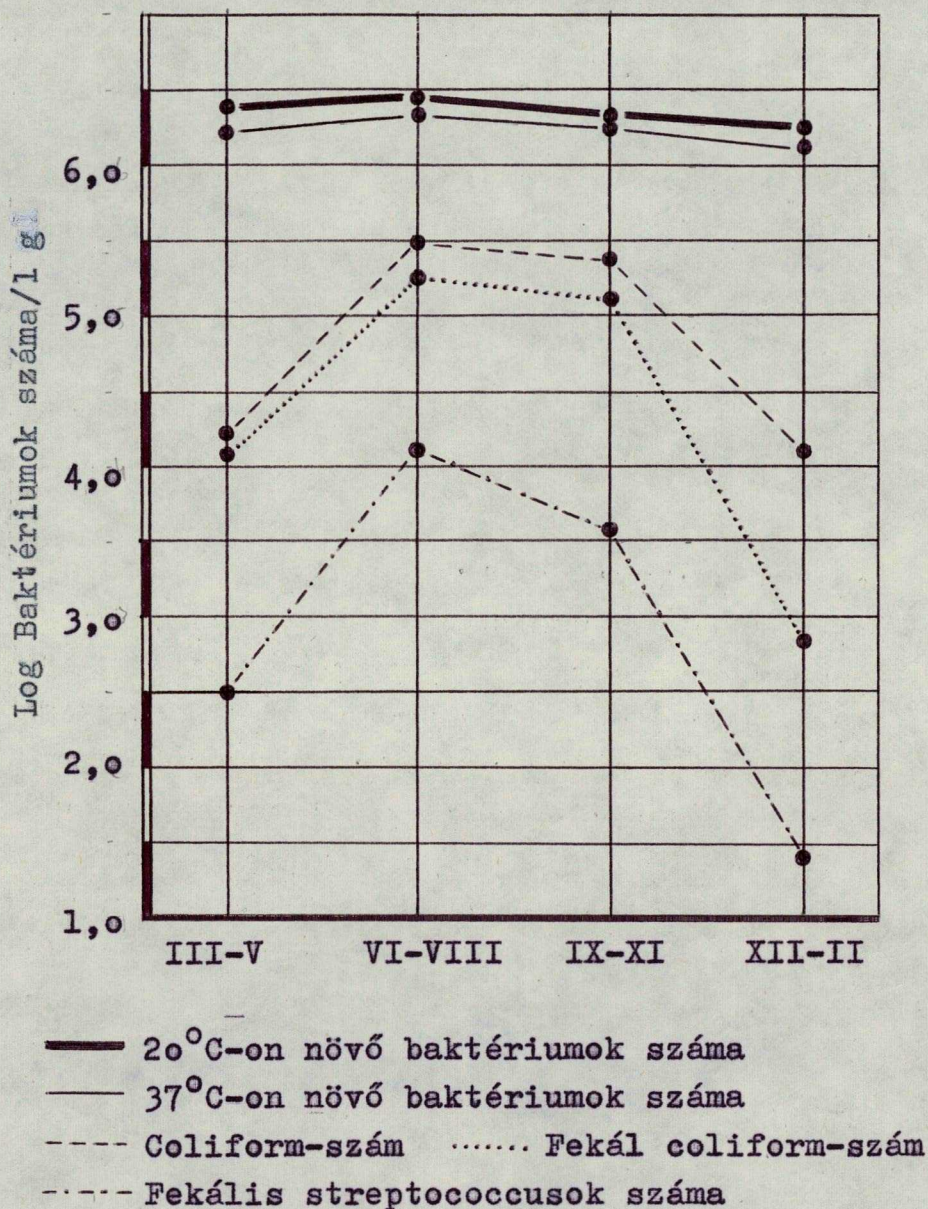
8. ábra. A szennyvizzel öntözött szántóföldi talajának mélységi bakteriológiai vizsgálatainak eredménye

mintákban. A szántóföldi talajmintáknál a 20°C és 37°C hőmérsékleten növő baktériumok száma a

mélység felé rohamosan csökken. Ugyancsak nagyságrendekkel lesz alacsonyabb az ún. "indikátor baktériumok" mennyisége. A biztonsági erdő talajában a 20°C és 37°C hőmérsékleten növény baktériumok száma kisebb mértékben változik a vizsgált mélységekben, viszont a coliform, fekál coliform és fekális streptococcusok mennyisége itt is nagy mértékben csökken.

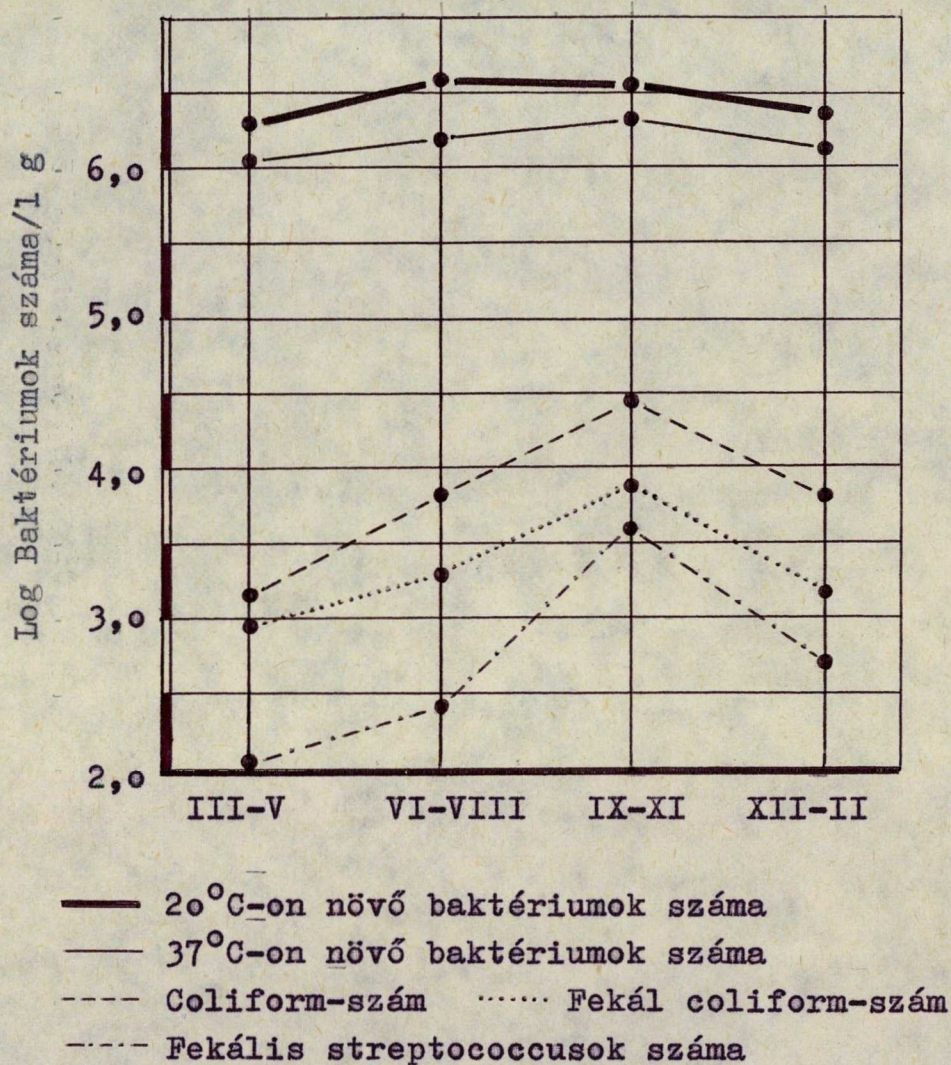


9. ábra. A biztonsági erdő talajának mélyégi bakteriológiai vizsgálatainak eredménye



10. ábra. A szántóföld talaja mikrobiológiai jellemzőinek évszakos változása

A két hely bakteriális szennyezettségének mértékében is különbségek mutatkoznak. Bár a 20°C és 37°C hőmérsékleten növő baktériumok száma a legszennyezettebbnek bizonyuló, a felszín alatt 10-20 cm mélyen levő rétegben közel azonos,



11. ábra. A biztonsági erdő talaja mikrobiológiai jellemzőinek évszakos változása

10^6 nagyságrendű, a coliformok, fekál coliformok és fekális streptococcusok mennyisége a szántóföldi talajban magasabb. Ez nyilvánvalóan az öntözés módjának és idejének eltéréseiből adódik. A különbség a két terület szennyezettségében a baktériumok számának évszakos ingadozásában is je-

lentkezik /10. és 11. ábra/. A legszennyezettebb réteg adatait figyelembe véve azt tapasztaltuk, hogy az indikátor baktériumok mennyisége a szántóföldi területen nyáron a legmagasabb, ősszel kisebb, télen nagyobb mértékben csökken. Ugyanezeknek a baktériumoknak a száma a biztonsági nyárfaerdőben ősszel emelkedik meg jelentős mértékben és a téli hónapokban sem csökken a nyáron jellemző értékek alá.

A talaj szűrőképességét illetően azt tapasztaltuk, hogy a vizsgált mélységig /50-60 cm/ az indikátor baktériumok túlnyomó része /több, mint 99 %-a/ nem jut le. Mint korábban láttuk, a talajviz több méter mélyen helyezkedik el. Így érthető, hogy coliform, illetve fekáli coliform baktériumot a talajvizből csak elvétve tudtunk kimutatni.

Salmonella csoportba tartozó baktériumot a szántóföldi minták 29,1 %-ából, a biztonsági erdőből származó mintáknak pedig 8,3 %-ából sikerült izolálnunk, minden esetben a felső, 0-20 cm-es rétegekből /8. táblázat/.

A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és
Hasznosító Rendszer működésének értékelése
a közegészségügyi bakteriológiai
vizsgálatok alapján

A szennyvisztisztítás célja az, hogy megvédjük a befogadó vízfolyásokat és állóvizet - közvetve tehát a vizet használó embert is - a szennyviz által okozott károsodásoktól.

Szerotípus	Az előfordulás száma
Szántóföldi talajokból	
S. derby	4
S. agona	2
S. give	2
S. typhi-murium	2
S. anatum	1
S. thompson	1
S. panama	1
S. brandenburg	1
A biztonsági erdő talajából	
S. derby	1
S. anatum	1
S. agona	1
S. give	1

8. táblázat. A talajmintákból izolált Salmonella törzsek

Laboratóriumunk rutinfeladatai közé tartozik a megyében üzemelő különböző típusú szennyviztisztító berendezések tisztítási hatásfokának rendszeres vizsgálata. Az évek óta szaporodó eredmények azt mutatják, hogy a szennyviztisztító berendezések még optimális feltételek esetén is korlátozott tisztítóképességgel rendelkeznek a baktériumok eltávolításában.

A szennyviztisztítás bakteriológiai szempontból mérsékelt hatásfoka érthető, hiszen

a szennyvisztisztítás általában nem specifikusan a baktériumok eltávolítását végzi. Sőt, az általunk vizsgált baktérium-típusok aerob heterotrof mikroorganizmusok, ezért az általánosan alkalmazott biológiai tisztítás során kedvező életfeltételekhez jutnak, a szervesanyagok lebontásában részt vehetnek, így számuk dinamikusan változik. E baktériumok számának csökkenése nagyobb rész az ülepitőknél történik, a biológiai tisztítás további lépéseiben a csökkenés már mérsékeltebb.

A bakteriológiai tisztítási hatások tekintetében a különböző típusú szennyvisztisztító berendezések vizsgálatánál irányadónak veszik CSANÁDY M. és DEÁK ZS. /3/ által közölt százalékos értékeket /a coliform-szám és a 37°C-on növő baktériumok száma 90, de legalább 85 %-kal csökkenjen/. Véleményünk szerint az általunk vizsgált különböző típusú szennyvisztisztító berendezések bakteriológiai tisztítási hatásfoka, illetve a hatásfokok összehasonlítása másodrendű szempont a maradék szennyezettséghez viszonyítva. Ez pedig valamennyi típusnál - függetlenül azok műszaki állapotától - igen magas és a befogadót közegészségügyi szempontból veszélyezteti. Ezért a szennyvisztisztítók bakteriológiai vizsgálata főleg a maradék bakteriológiai szennyezettség abszolút mértékének meghatározásában jelentős, beleértve a fertőzőképesség megállapítását.

Ebből a szempontból a Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer igen hatékonyan és kedvezően működik.

Mint láttuk, a baktériumok száma mind a kezeletlen városi szennyvizben, mind pedig a

tározókból származó mintákban igen változó. A változások irányát és mértékét számos tényező befolyásolja, így a keletkezés helyén bevitt bakteriológiai szennyeződésen túl jelentősen befolyásolhatja a hőmérséklet, a szervesanyag-tartalom, a tápanyag-tartalom, a szennyviz fiziko-kémiai tulajdonságai, a tartozkodási idő, inszoláció stb.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy az ülepitőben jelentős mértékű változások játszódnak le. A baktériumok mennyisége átlag 40-70 %-kal csökken. Az ülepitő bakteriológiai tisztítási hatásfoka ugyanúgy változott és változik az évek során, illetve egy-egy éven belül is, mint a nyers szennyviz kvantitatív bakteriológiai jellemzői és az ülepitőből kikerülő víz maradék szennyezettsége.

A tisztítás hatásfoka legkedvezőbb a nyári és a téli hónapokban /12. ábra/. A legjobb hatásfok augusztusban mutatkozik, Ekkor a coliform-szám 80, %-kal, a fekál coliform-szám 78 %-kal, a fekális streptococcusok száma 85 %-kal csökken, az elmúlt évek átlagait tekintve. Hasonlóan nagy mértékű a csökkenés január és február hónapokban. A 37°C hőmérsékleten növe baktériumok száma is ekkor a legalacsonyabb az ülepitőben a nyers szennyviz értékeihez hasonlítva, a csökkenés 57 %-os.

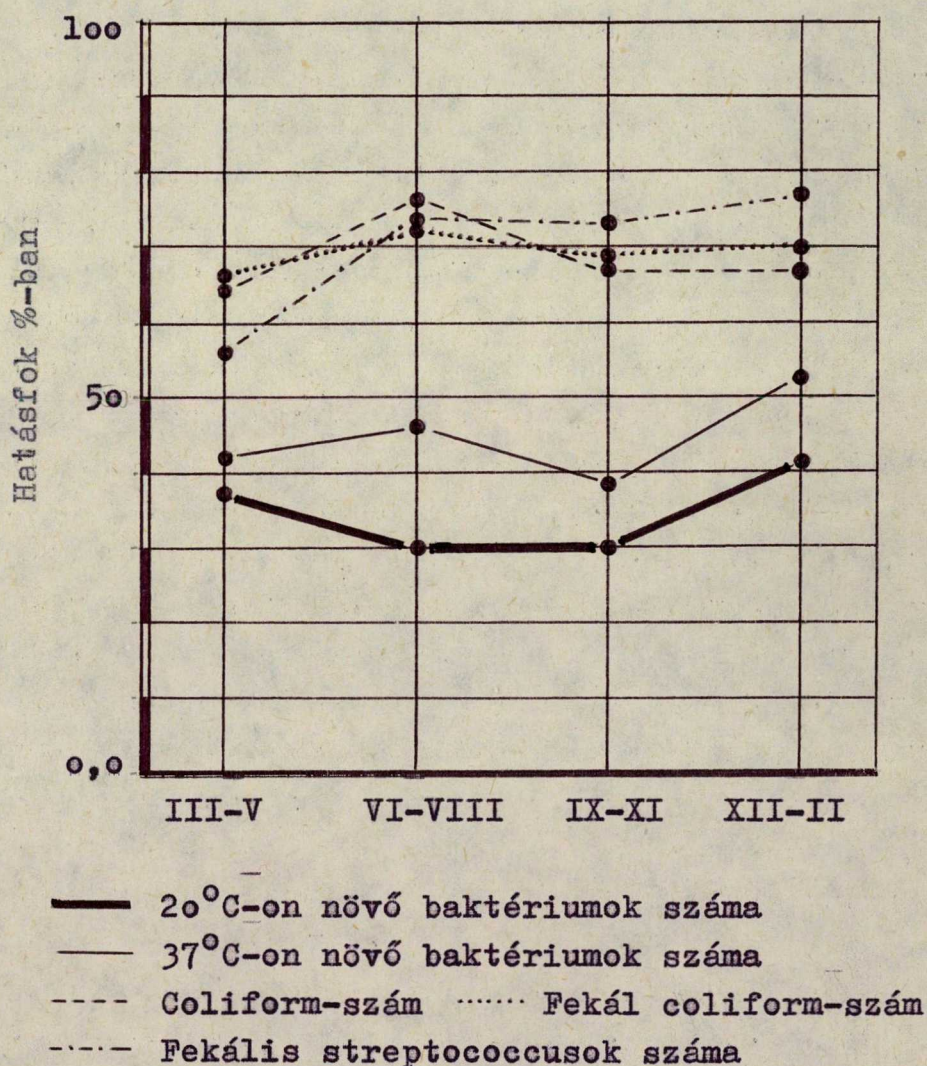
Az ülepitő tisztítási hatásfoka 1977 óta kedvezőtlenül változott /13. ábra/. Legrosszabb hatásfokkal 1980-ban működött. A feliszapolódott ülepitő tisztítása a hatásfok némi növekedését eredményezte, de ez nem jelentette az ülepitőből kiöntözésre kerülő víz maradék



szennyezettségének lényeges megváltozását.

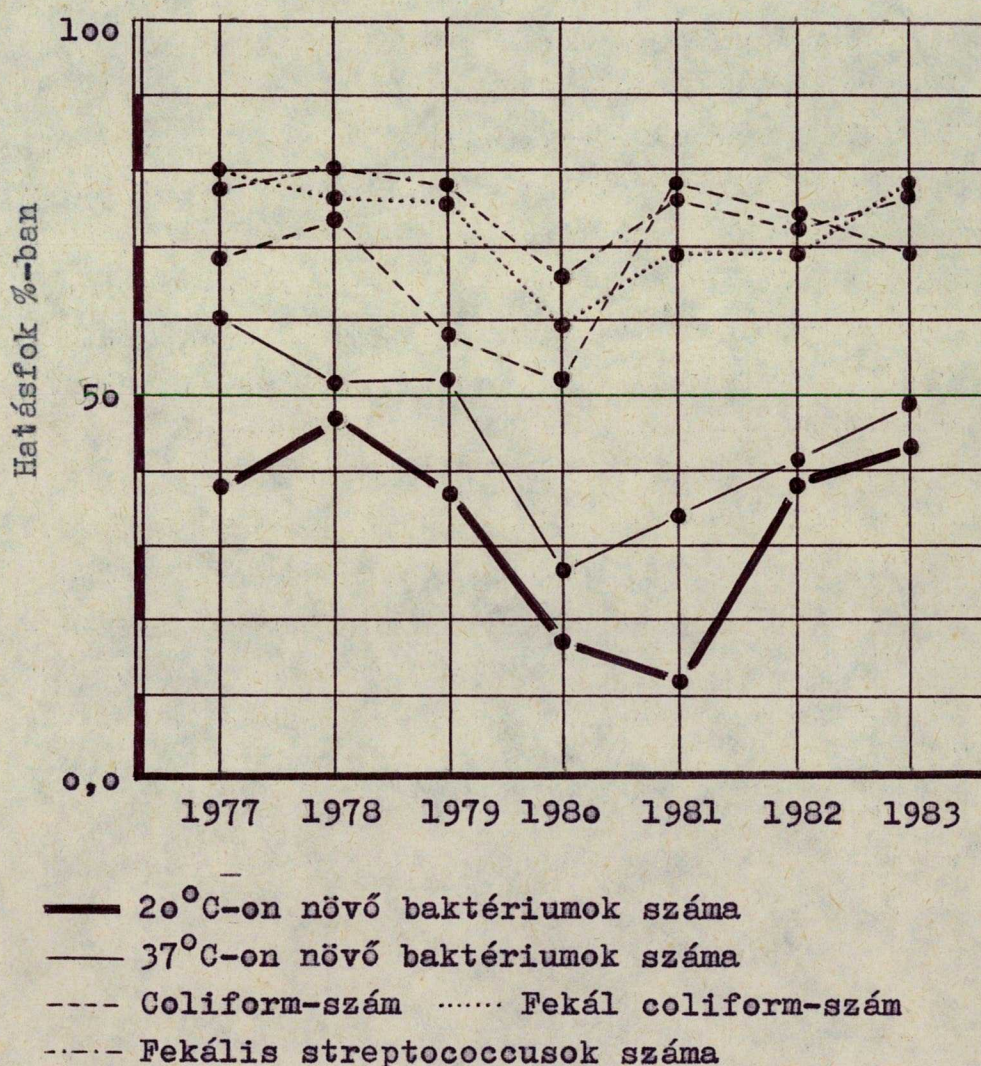
Az ülepitőből kikerülő szennyviz a talajba jut, a talaj által megszűrt vizet a lecsapoló rendszer a 2. sz. tározóba, illetve onnan a fő vízgyűjtőcsatorna felé vezeti el.

Egy jól működő biológiai tisztítóból — ahol a baktériumok száma esetleg 90-95 %-kal



12. ábra. Az ülepitő bakteriológiai tisztítási hatásfokának évszakos változása

is csökken - kikerülő tisztított szennyvíz maradék szennyezettsége csupán egy nagyságrenddel alacsonyabb, mint a nyers, kezeletlen szennyvízé, azaz a 37°C -on növe baktériumok száma 10^5 , a coliformok száma 10^4 , a fekál coliformok száma 10^3 nagyságrendű általában és a tisztított szennyvíz



13. ábra. Az ülepitő bakteriológiai tisztítási hatásfokának változása a vizsgált időszakban /1977-1983/

nagy valószínűséggel tartalmaz kórokozókat is. Ezzel szemben, mint láttuk, a talaj által megszűrt, tisztított víz 37°C-on növe baktériumainak száma 10^3 nagyságrendű, de ennél is kedvezőbb a coliform, fekáli coliform és fekáli streptococcusok mennyisége: ezek általában 10 alatt vannak.

A talaj természetszerűleg szennyezett a szennyvizben megtalálható baktériumoktól egész éven át, az évszaktól és az öntözés módjától függően, különböző mértékben. A talajba jutó baktériumok túlélési időtartama nem abszolút nagyság, hanem függ az adott talajrétegbe beszivárgó baktériumok mennyiségétől, a talaj számára idegen szervesanyagok egyidejű bemosódásától, melyek a baktériumoknak bizonyos életlehetőséget nyújtanak, a meteorológiai viszonyoktól, valamint az autochton talajflóra antagonisztikus hatásától. A baktériumoknak a talajban való terjedése is számos tényezőtől függ és ezek helyről-helyre változnak.

A legjobb tisztítóhatást általában a felső talajrétegek mutatják, itt megkötődik a talajba jutott baktériumok több, mint 90 %-a és a mélyen levő talajvizig gyakorlatilag nem jut el fakultatív vagy obligát parazita.

A szennyviztisztítás célja a befogadók védelme a kezeletlen szennyvizekben magas vagy veszélyes koncentrációban levő szennyező ágensektől. Ebből a szempontból a bakteriológiai vizsgálatok eredményeit a kémiai és fizikai vizsgálatokkal együtt, de önállóan kell értelmezni. Tapasztalataink szerint ugyanis nem várható szoros korreláció a kémiai és bakteriológiai vizsgálati

eredmények között. A kémiai és fizikai, valamint a bakteriológiai vizsgálati eredmények numerikus értékei nagyságrendekkel különböznek, így a százalékos hatásfok-értékek közvetlenül nem vehetők egybe. Ezért kívánjuk meg a biológiai tisztítóktól, hogy a bakteriológiai vizsgálatoknál a hatásfok 95, de legalább 90 % legyen, bár a maradék szennyezettség ebben az optimális esetben is igen magas. Viszont a maradék szennyezettség tekintetében a magas kémiai vagy fizikai szennyeződés a befogadó öntisztuló képességét jobban veszélyezteti, mint a magas bakteriológiai szennyezettség.

A bakteriológiai szennyezettség viszont közegészségügyi kockázatot jelent a befogadóban, különösen a távozó vízben levő kórokozó baktériumok jelenléte. Ebből a szempontból - azaz a bakteriológiai tisztítási hatásfok, illetve a maradék bakteriológiai szennyezettség tekintetében - a Kecskemét Városi Szennyvízelhelyező és Hasznosító Rendszer a vizsgált időszakban /1977-1983/ igen hatékonyan és kedvezően működött.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer alapvető célja annak megakadályozása, hogy a városban keletkező szennyvizek a vízfolyásokba jussanak és azokat szennyezzék. Ezen túlmenően cél az is, hogy az előzetesen tisztított szennyvizet mint víz- és tápanyagforrást a növények révén újrahasznosítsák, ezáltal a szennyvizelhelyezést a lehetőségekhez képest gazdaságosabbá tegyék.

Már a múlt század közepén próbálkoztak hasonló megoldásokkal hazánkban is, de azokban vagy a hasznosítási szándék uralkodott kizárólag, vagy a mindenáron való elhelyezés szempontjai domináltak.

Az itt alkalmazott szennyvizelhelyezési megoldás új is, régi is. Régi annyiban, hogy a szennyvizek talajba juttatása és mezőgazdasági hasznosítása az ókorig visszanyúló, ma is világszerte ismert és sok helyen megvalósított módszer. Új viszont abban, hogy a hasznosításra való törekvést ez a rendszer összekapcsolja a teljes elhelyezés igényével. Új továbbá azért is, mert ez az ország első ilyen rendszerű szennyvizkezelése, de az említett hármas tagolódását tekintve Közép-Európában is egyedülálló.

A Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer a következő részekből tevődik össze: mechanikai szennyvisztisztító telep - felszín alatti nyomóvezeték-hálózat és nyomásközpont - szántóföldi öntözőtelep /hasznosítás/ - biztonsági nyárfaerdő /elhelyezés és hasznosítás/ - szűrőmező /elhelyezés/. Az utóbbi három rész képezi az elhelyező és hasznosító telep hármas tagolódását, de szerves egységét.

A városi csatornahálózat által összegyűjtött szennyvizek először a szennyvisztisztító telepre kerülnek, ahol rács, homokfogó és üleptémedencék szolgálják az előtisztítást. /Mivel a szennyvisztisztító telep mechanikai fokozata különböző beruházási bizonytalanságok miatt nem készült el, jelenleg földmedencékben részben kiülepített szennyvizek hasznosítása történik./ A tisztított szennyviz csővezetéken a hasznosító telep közelében elhelyezett átmeneti tárolóba kerül, ahonnan vagy a szántóföldi öntözőtelepre, vagy a biztonsági erdőbe, vagy a szűrőmezőre adagolják, a mindenkori igények, illetve lehetőségek szerint.

A rendszer területéről felszíni vízfolyás nem történhet. A mélyebb területrészekben nagyobb csapadékok után felgyülemmlő vizeket az átmeneti tározómedencébe szivattyúzzák vissza és a szennyvizzel együtt újra kiöntözik. A rendszerből csak a talajon keresztül szivárgott, megszűrt víz távozhat, amelyet a lecsapoló rendszer a 2. sz. tározóba, illetve onnan a fő vizgyűjtőcsatorna felé vezet el.

A telep az ország egyik legkevesebb csapadékú /átlag: 542 mm/ tájrészéhez tartozik.

Napfénytartam az ország legmagasabb kategóriája /2026 óra/év/, átlaghőmérséklet $10,9^{\circ}\text{C}$, fagyos napok száma -5°C alatt/ 20-25 nap. Igen szeles vidéke az országnak, melyet az ún. Homokhátság a Duna vízszintjéhez viszonyított 40-50 m magassága okozza.

A kecskeméti szennyvizelhelyező rendszer nemcsak üzemi feladatokat lát el, hanem fontos kísérleti, kutatási bázis is egyben, ahol az érintett szakterületek mindegyike végezhet és végez vizsgálatokat. A vizsgálatok kiterjednek az időjárás és vízháztartás legfontosabb elemeinek, a talajnak, a szennyviz és a talajban megszűrt víz minőségének, bakteriológiai állapotának, továbbá a növények fejlődésének és a termékek minőségének, valamint a műszaki berendezések működésének ellenőrzésére.

A dolgozat célja, hogy a rendszerben az elmúlt hét év alatt /1977-1983/ végzett bakteriológiai vizsgálatok eredményeit és tapasztalatait összefoglaljuk és értékeljük.

1977 óta havi gyakorisággal vizsgáltuk az 1. sz. tározóba érkező nyers szennyviz, a szivattyútelepnél a tározóból kivett, ülepitett szennyviz, valamint a talaj által megszűrt, a 2. sz. tározóból származó - a rendszerből távozó - víz minőségét. Ugyancsak havi gyakorisággal mintáztuk a szántóföldi területre eső, a szántóföldi öntözés által befolyásolt talajvizes észlelőkutakat, valamint a biztonsági nyárfaerdő peremére eső, az erdő öntözése által befolyásolt kutakat. 1979-től talajvizsgálatokat is végeztünk. A talajminták az észlelőkutak környékéről származtak.

A bakteriológiai vizsgálatok minden minta esetében kiterjedtek a 20°C és 37°C hőmérsékleten növő baktériumok, a coliformok, a fekál coliformok és a fekális streptococcusok számának meghatározására, valamint az enterális kórokozók - elsősorban Salmonellák - kimutatására.

Mivel hangsúlyozottan közegészségügyi szempontból vizsgáltuk a szennyvizelhelyező és hasznosító rendszer működését, ahol lehetett, az érvényben levő vizvizsgálati szabványokban /12, 16, 31/, valamint a "Járványügyi és klinikai bakteriológia" c. módszertani útmutatóban /13, 20/ leírt és a közegészségügyi vizsgálatoknál kötelező érvényű táptalajokat és módszereket használtuk.

A rendszerbe érkező nyers szennyviz minősége a szokásos kommunális szennyvizekhez hasonló, bakteriológiai jellemzői tág határok közt változnak. Feltűnő, hogy az 1 ml-ben mérhető baktériumok száma 1977 óta az évek során emelkedett.

Az ülepitőből kikerülő, öntözésre használt szennyviz minőségét is számos tényező befolyásolja, így a nyers szennyviz minőségén kívül a meteorológiai viszonyok, a tartozkodási idő és nem utolsósorban az ülepitő állapota. Az ülepitett szennyviz baktériumainak száma is emelkedett az elmúlt évek során, a legnagyobb értékeket 1980-ban mértük. A feliszapolódott medence tisztítása után az ülepitő tisztítási hatásfoka némileg javult, illetve az utóbbi években lényegesen nem változott.

A talajon keresztülszivárgott, megszűrt vizet a 2. sz. tározó gyűjti össze. Ennek minősé-

ge az évek során alig változott. A felszíni vizek minőségi osztályozására jelenleg érvényben levő EÜSZ-OVHSZ. 141 T/72. ágazati szabványtervezet szerint értékelve, a rendszerből távozó víz többnyire I/b, vagy II. osztályba sorolható, azaz tiszta, vagy kissé szennyezett, vagyis jobb minőségű, mint természetes felszíni vizeink többsége.

A szennyvizzel öntözött talaj fekáli szennyezettsége természetesen igen nagymértékű, de vizsgálataink szerint jelentős különbségek mutatkoznak a szennyvizöntözés módjától és idejétől függően. A talaj szűrőképességének köszönhetően a felszín alatt több méter mélyen levő talajviz minőségére - a bakteriológiai vizsgálatok alapján - a szennyvizöntözés nincs lényeges hatással, a talajviz szintjéig fakultatív és obligát kórokozó baktériumok nem jutnak el.

Közegészségügyi szempontból a bakteriológiai tisztítási hatások, illetve a maradék bakteriológiai szennyezettség tekintetében a Kecskemét Városi Szennyvizelhelyező és Hasznosító Rendszer - összehasonlítva a napjainkban elterjedt különböző típusú szennyvitztisztító berendezésekkel - a vizsgált időszakban /1977-1983/ igen hatékonyan és kedvezően működött.

Véleményünk szerint az ismerttetett kedvező tapasztalatok ellenére továbbra is szükséges a rendszer működésének állandó ellenőrzése. Az egész rendszer, illetve egyes részeinek működése tulajdonképpen csak a kémiai és fizikai vizsgálatok adatsoraival együtt lesz megítélhető.

Természetesen az itt nyert tapasztalatok nem jelenthetik azt, hogy szolgai másolással máshol is megvalósítható a kecskeméti szennyviz-

elhelyező és hasznosító rendszer. Nyilvánvaló, hogy a talaj sem lehet a szennyvizek egyedüli befogadója; a környezeti és gazdasági feltételektől függően kell döntenie a talaj és az élővizek között. Valószínűtlen például, hogy belátható időn belül Szeged vagy Budapest szennyvizeit öntözés révén helyeznék el. Az adott közgazdasági és agroökológiai viszonyokra történő adaptálással, gondos előkészítő és szaktervezői munka eredményeként azonban sok Kecskeméthez hasonló nagyságú vagy kisebb városunk környékén létesíthető elhelyező és hasznosító rendszer a keletkező szennyvizek talajba juttatása számára.

Szószerinti értelemben gyakorlatilag ártalommentességet nem lehet a szennyvizek elhelyezésben elérni. Nemcsak az ipari és mezőgazdasági termelés hulladéktömege hordozza magában ezt a veszélyt, hanem a XX. század szinte minden emberi tevékenysége. Az ártalomveszély totális kizárása éppen ezért irreális célkitűzés lenne, annál fontosabb, hogy ezt a veszélyt az ember redukálja, a folyamatokat oly módon tartsa kézben, hogy az embert és az ember javait ne érhesse kár.

IRODALOM

1. A szennyviziszap elhelyezése és mezőgazdasági hasznosításának feltételei. /Szerk.: BENEDEK P./ Vizügyi Műszaki Gazdasági Tá-jékoztató 9o. sz. VIZDOK, Budapest /1977/
2. BOGNÁR GY., VERMES L.: A szennyvizek és hul-ladékok mezőgazdasági elhelyezésének, illetve hasznosításának hatása a mezőgazdasági vizgazdálkodásra. Hidr. Közl. 4, 145. /1980/
3. CSANÁDY M., DEÁK ZS.: Biológiai szennyviz-tisztító berendezések hatásfokának értéke-lése. Hidr. Közl. 9, 411. /1975/
4. DEÁK ZS.: Különböző Salmonella dúsitási el-járások alkalmazása a higiénés mikrobioló-gia területén. Egészségtudomány 14, 342. /1970/
5. DEÁK ZS., PÉNZES M.: A coliform baktériumok differenciálásának jelentősége. Egészségtu-domány 17, 264. /1973/
6. DEÁK ZS., KÁDÁR M.: A Salmonella vizből történő kimutatásának néhány módszertani kérdése. Egészségtudomány 25, 293. /1981/
7. FEHÉR GY., HORVÁTH A., GREGÁCS M., ORMAI L.: Természetes modellkísérlet szilárd szerves-

anyag-tartalmú hulladékok talajszennyező hatásának vizsgálatára. Egészségtudomány 15, 145. /1971/

8. GELDREICH, E. E.: Sanitary significance of fecal coliforms in the environment. Water Pollution Control Research Series, Publication WP-20-3. U. S. Department of the Interior /1966/
9. GELDREICH, E. E., KENNER, B. A.: Concepts of fecal streptococci in stream pollution. J. of Water Pollution Control Federation. p. R. 336. /1969/
10. HENDRICKS, CH. W.: Enteric bacterial degradation of stream detritus. Water Pollution Control Research Series. 16 o5o EQS 12. U. S. /1971/
11. HIRTE, W. F.: Zeitschr. f. gesamte Hyg. 15. 4. 247. /1969/
12. Ivóvíz bakteriológiai vizsgálata. MSZ 22901-71.
13. Járványügyi és klinikai bakteriológia. Módszertani útmutató /Szerk.: LÁNYI B./ OKI, Budapest /1980/
14. JENEY E., VÁCZI L.: Alkalmazott bakteriológia és elméleti alapjai. Medicina Könyvkiadó, Budapest /1966/
15. KUDRYAVTSEVA, B. M.: J. of Hygiene Epidemi-



ology, Microbiology and Immunology 16, 503.
/1972/

16. Mesterséges fürdők medencevizének bakteriológiai vizsgálata. MSZ 13690/2-78.
17. Mikrobiológiai vizsgálati módszerek az élelmiszeriparban. 1. Mennyiségi vizsgálatok.
/Szerk.: KISS I./ Mezőgazdasági Kiadó, Budapest /1977/
18. Mikrobiológiai vizsgálati módszerek az élelmiszeriparban. 2. Minőségi vizsgálatok.
/Szerk.: KISS I./ Mezőgazdasági Kiadó, Budapest /1978/
19. NÉMEDI L.: A szennyvisztisztítás bakteriológiai ellenőrzésének tapasztalatai. Budapesti Közegészségügy 4, 113. /1976/
20. Módszertani útmutató. OKI, Budapest /1969/
21. ROTMISZTROV, M. N., SZTAVSZKAJA, SZ. SZ., GVOZDJAK, P. I.: A szennyvisztisztítás mikrobiológiája. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest /1982/
22. RUDOLF, W., FALK, L. L., RAGOTZKIE, R. A.: Literature Review of the Occurrence and Survival of Enteric, Pathogenic and Related Organisms in Soil, Water, Sewage and Sludges and on Vegetation. Sewage, Industrial Wastes 22. /1950/

23. RUDOLF, W., FALK, L. L., RAGOTZKIE, R. A.: Contamination of Vegetables Grown in Polluted Soils. Sewage, Industrial Wastes 23. /1951/
24. SCHAAL, E.: Die Biologie der Salmonellen in eiweisshaltigem Abwasser. Berlin-München Tierärztliche W. 74. /1961/
25. SHUVAL, H. I.: Disinfection of Wastewater for Agricultural Utilization Advances in Water Pollution Research. Perg. Press. Oxford /1975/
26. STRASKRABOVA, V., LEGNER, M.: Advances in Water Pollution Research. Oxford /1971/
27. SZABÓ M., CSATAI L., NÉMEDI L.: A közegészségügyi talajmikrobiológia néhány gyakorlati kérdése a fővárosban. Budapesti Közegészségügy 4, 114. /1974/
28. SZAKÁCSI J.: Debrecen város szennyvizének üntözéses felhasználása. Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei, Debrecen /1962/
29. Szántóföldi növények szennyvigtűrőképességének vizsgálata. Nemzetközi szakirodalmi összefoglaló. VITUKI, Budapest /1972/
30. SZEGI J.: Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest /1979/

31. Szennyviz bakteriológiai vizsgálata.
MSZ 260/25-56.
32. Szennyvizek és szennyviziszapok mezőgazdasági elhelyezése és hasznosítása /Szerk.:
VERMES L./ Vizügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató 120. sz. VIZDOK, Budapest /1980/
33. TAMÁSI G.: A higtrágyával talajba jutó mikroorganizmusok túlélési idejének vizsgálata.
VITUKI Közlemények 16. 123., Budapest /1979/
34. UNZ, R. F.: Microbiology of waste treatment.
Journal WPCF Vol. 47. No 6 /1975/
35. VERMES L.: Szennyvizek mezőgazdasági hasznosításával kapcsolatos újabb kutatási eredmények. Hidrológiai Tájékoztató. VIZDOK, Budapest /1972/
36. WILEY, B. B., WESTERBERG, S. C.: Survival of human pathogens in composed sewage.
Applied Microbiology. Dec. 994. /1969/

Köszönetet mondok

Dr. FERENCZY LAJOSNAK

a József Attila Tudományegyetem

Természettudományi Kara

Mikrobiológiai Tanszéke

vezetőjének,

valamint

a Bács-Kiskun megyei KÖJÁL Laboratóriuma

egész kollektívájának

munkám messzemenő támogatásáért.