

Az előtisztítás és a csapadékvíz-kezelés jelentősége a biológiai szennyvíztisztításban



**JUHÁSZ
JÁNOS***

JURA-
Mérnökiroda



**DR. OLÁH
JÓZSEF****

nyugdíjas



**MOLNÁR
GYÖRGY**

csatornázási
főmérnök,
DMRV Zrt.

janos.juhaszev@gmail.com
olah39@t-online.hu

KIVONAT A kommunális szennyvíz kezelése során az elsődleges előtisztítási folyamatok eltávolítják a szerves terhelés körülbelül 25-30 százalékát és gyakorlatilag az összes szerves szilárd anyagot. Az elő-ülepítéssel 33-35%-os KOI és BOI eltávolítást lehet elérni. A kis- és közepes szennyvíztisztító telepek előtisztítási technológiájának fejlesztése területén az előmechanikai tisztításnál a hagyományos rácsot követően a finom-dobszűrő (20-25%-os lebegőanyag eltávolítás) és uszadék-üledékleválasztó hidrociklonműtárgyak (25%-os KOI-eltávolítás) alkalmazása javasolható. A megnevezett műtárgyak alkalmazásánál az előülepítés elmarad, és az előtisztított szennyvizet közvetlenül az eleveniszapos biológiára vezetik. A hagyományos beépített műtárgyakhoz képest az új előmechanikai tisztítási sor beruházási költsége 25-30%-kal, az üzemeltetési költség pedig 25%-kal alacsonyabb. A zöld infrastruktúra alkalmazása kirekeszti az esővíz egy részét a városi csapadékrendszerből és csökkenti a csatornarendszerbe befolyó csapadékvíz mennyiségét. Az egyesített csatornarendszernél a zöld felületek alkalmazása nem oldja meg a nagy betonfelületekről lezúduló csapadék elvezetési és tisztítási kérdését, de nagymértékben segítheti. Az egyesített csatornarendszernél a csapadékvíz kezelésére eredményesen alkalmazható a nagy szűrőkapacitású, hagyományos dobszűrő (Ø 3,0 mm palástfuratú), amely az alakosanyag (rácsszemét, csatornaüledék) hulladék 90%-os leválasztását biztosítja.

KULCSSZAVAK rács, homokfogó, előülepítés, dobszűrő, uszadékleválasztó hidrociklon, egyesített csatornarendszer, csapadékvíz kezelése, zöld felületek alkalmazása

1. A MECHANIKAI ELŐTISZTÍTÁS IGÉNYE

A tolózárok, szivattyúk, iszapszállító vezetékek eltömődése, a különböző tisztítóberendezések felesleges terhelése, az ülepítők iszapkaparó berendezéseinek meghibásodása stb. – tipikus problémák az olyan szennyvíztisztító telepeken, ahol a megfelelő előtisztító berendezések hiányoznak vagy rosszul funkcionálnak. Az előtisztító lépcső lehet kőfogó, rács és homokfogó. Ezek az anyagok biológiai lebontást nem igényelnek, de közös vonásuk, hogy a tisztítótelep üzemét zavarják, súlyos üzemelési, fenntartási és hatásfokcsökkenést okoznak. A durva szennyező anyagok eltávolítása a szennyvíztisztító üzembiztonsága szempontjából alapvető feladat.

2. AZ ELŐTISZTÍTÁS LÉPÉSEI

A mechanikai tisztítás célja:

- a nagyobb méretű szennyező anyagok (rongy, fonalak, műanyag hulladék stb.) eltávolítása,
- a további tisztítási technológia, mint a homokfogó, zsír- és olajfogó, előülepítő gépi berendezések (szivattyúk, levegőztetők) védelmét szolgálja,
- a szennyvíz előkészítése az előmechanikai tisztítást követő biológiai fokozatokra (pelyhesítés, ülepítés, zsír- és olajleválasztás).

A biológiai szennyvíztisztító telepek előtisztítási lépcsőit az 1. ábra szemlélteti. A kommunális szennyvízben szennyező anyagok jelentős része oldott, lebegő anyag és kolloid állapotban jelenik meg. Az elő-ko-

agulációs lecsapatással és ülepítéssel a lebegő és kolloid anyagok jelentős része eltávolítható. Ha az oldott fázis további kezelésénél a lebegő és kolloid anyagok jelentős részét eltávolítottuk, akkor az oxidációs folyamatban a lebegő anyagok oxidálására nem kell vagy elegendő minimális energiát fordítani.

Az egyes műveleti egységek a technológiai sorrendet követik. Az 1. ábra szinte valamennyi technológiai megoldást szemlélteti. Természetesen a nagy (Q = 100 000 m³/d) vagy közepes (Q = 20 000 m³/d) méretű szennyvíztisztítóknál nem található meg valamennyi előtisztítási elem. Ez függ a helyi körülményektől és az előtisztítási követelményétől. Az új szennyvíztisztítási követelmények és az üzemeltetés biztonsága miatt a kőfogó, durva és/vagy finom rács, homokfogó és zsír-olaj fogó műtárgyak kiépítése ma már a kis- és nagyobb szennyvíztelepeken egyaránt szükségszerű. A kőfogó műtárgy kiépítése még ma sem általánosan elfogadott koncepció, pedig a rács és homokfogó védelme miatt nagy jelentőséggel bír. Az ábrán vastag kerettel jelölt műtárgyakat és hozzá tartozó műveleti módokat csak ipari szennyvizek tisztítása vagy különleges követelmények és adottságok esetében építik ki.

Durva szennyező anyagok felosztása (méretük és fizikai tulajdonságaik alapján):

- görgetett (kavicsok, kötőrmelékek),
 - úszó durva szennyeződés (például faág, textilmaradványok, műanyag stb.),
 - lebegőanyag (finomabb lebegőanyagok).
- A kő- és kavicsfogó berendezések fő célja az egyesített csatornahá-

lőzattól bekerülő hordalék (5-20 cm nagyságú) visszatartása. A nagy-méretű durva szennyeződések (úszó és lebegő anyagok) eltávolítása a szűrőhatás révén történik. A kisebb- és közepes hazai kommunális szennyvíztisztító telepeknél a zsír- és olajfogók alkalmazása nem általános. Ennek következtében az elő- és utóülepítők felszínén gyakori a habos uszadék felúzása, az ülepítők felületén pedig nagyon gyakori az úszókéreg kialakulása.

Az előmechanikai tisztító berendezések típusait, azok kialakítását, méretezését nem tárgyaljuk, hiszen a magyar (Öllös, 1994) és angol nyelvű (Metcalf & Eddy, 2006; internet 1.) szakirodalom e kérdésekkel részletesen foglalkozik. Az alábbiakban csak azokkal az előtisztító mű-

tárgyakkal foglalkozunk röviden, melyek beépítése ipari szennyvizek tisztításánál, vagy a tisztító rendszer egyedi kialakításánál kerül szóba.

Az előmechanikai tisztító berendezéseknél alkalmazott fontosabb kiegészítő berendezések:

KIEGYENLÍTÉS

Kiegészítő levegőztetési módszereket gyakran alkalmaznak kiegyenlítő medencénél is. A kiegyenlítő-medence levegőztetése elősegíti a jobb keverést, a redukált vegyületek kémiai oxidációját, a biológiai oxidációt is javítja és megakadályozza a lebegő szilárd anyagok leülepedését. A kiegyenlítést általában ipari szennyvizek előtisztításánál alkalmazzák. A kiegyenlítés hatására a pH, a BOI5 és az egyéb paraméterek széles ingadozása olyan szintre csökken, hogy a biológia rendszer hatékonyabban és gazdaságosabban működik. A megfelelő kiegyenlítés minimálisra csökkenti az üzemeltetési zavarokat és egyenletesebb elfolyó szennyvízminőséget biztosít.

PH-SZABÁLYOZÁS

A kiegyenlítéshez hasonlóan a pH-szabályozás alkalmazása előzetes kezelési lépésként általában az ipari szennyvizek tisztításánál alkalmazzák. A pH-t szabályozni kell, mivel a kezelési folyamatokat a nem megfelelő pH túlságosan savas vagy bázikus értéke károsíthatja.

FLOTÁLÁS

Előkezelésnél a flotálást olyan hulladékok vagy szennyvizek kezelésénél használják, amelyek nagy mennyiségű zsírt, olajat és finom eloszlású lebegőanyagot tartalmaznak. A flotáló berendezéseket elsősorban ipari szennyvizek tisztításánál alkalmazzák. Ebben az esetben előülepítő műtárgyra nincs szükség. A flotációs berendezések működése is a sűrűségkülönbség elvén alapul, azonban a szennyezőanyag-részecske felúszási sebességének növelésére „flotációs segédanyagot”, leggyakrabban (a szennyvíztisztításban kizárólag) levegőt használnak. A flotálással a zsírok, olajok és szerves lebegő anyagok nagy része eltávolítható. A flotáló medencében a tartózkodási idő 20-30 perc, ezért az ülepítőkhöz képest a műtárgy mérete kisebb. A rövidebb tartózkodási idő miatt a szaghatás nagyon kicsi. A szennyvízből flotálással a zsír-olaj 85-95, a lebegőanyag 70-90, a KOI 20-90 és a BOI5 20-80%-os hatás-

fokkal távolítható el. Az oldott fázis szennyezőanyag-összetétele alapvetően nem változik, a minimális KOI- és BOI-csökkenés a kialakuló flokk-rendszer adszorpciójának köszönhető (internet 3.).

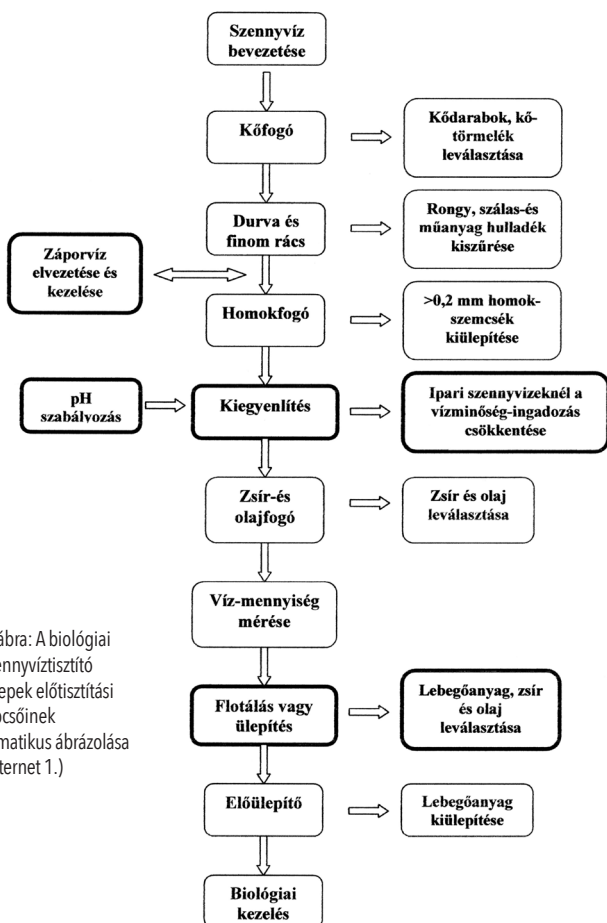
3. A MECHANIKAI ELŐTISZTÍTÁS HATÁSFOKA

A szennyvíz mechanikai előtisztítása általában azokat a folyamatokat foglalja magában, amelyek a törmeléket és a durva, biológiailag lebomló anyagokat eltávolítja a szennyvízáramból és/vagy stabilizálja a szennyvizet kiegyenlítéssel vagy kémiai eredetű vegyszerek hozzáadásával. A mechanikai előtisztítást általában a biológiai kezelés előtt egy előülepítési folyamat követi. A kommunális szennyvíz kezelése során az elsődleges előtisztítási folyamatok eltávolítják a szerves terhelés körülbelül 25-30%-át és gyakorlatilag az összes szerves szilárd anyagot. Az ipari hulladékkezelés során az előzetes vagy elsődleges kezelés magába foglalhatja a szennyvíz minőségi és mennyiségi kiegyenlítését és a pH-beállítást is. Az ipari szennyvizeknél az előkezelés magába foglalja a vegyszeradagolást is, ami a biológiai kezelést hatékonyra teszi. A 1. táblázat tartalmazza a tipikusan kommunális szennyvíznél a különböző tisztítási fokozatokkal elérhető vízminőségi értékeket.

Vizsgált paraméter (mg/L)	Nyers szennyvíz	Szennyvíz kezelése	
		Előülepítő után (1)	Utóülepítő után (2)
BOI ₅	300	195 (35%)	30
KOI	600	400 (33%)	150
Lebegőanyag	300	120 (60%)	30
Ammónia (N)	25	25 (0%)	28
Foszfát (P)	20	18 (10%)	14
pH (-)	7	6-9	6-9

1. táblázat: Egy átlagos házi szennyvíz különböző tisztítási fokozatokkal elért tisztítási eredményei (forrás: internet 1.). Jelmagyarázat: (1) a tisztítási fokozatnál a zárójelben megadott érték elért hatásfokot jelent

Az 1. táblázat mutatja, hogy az előülepítővel 33-35% KOI- és BOI-eltávolítást lehet elérni. Ezek az adatok jó egyezést mutatnak Kárpáti és Vermes (2008) adataival. A gyakorlat azt mutatja, hogy az 1 mm-nél



1. ábra: A biológiai szennyvíztisztító telepek előtisztítási lépéseinek sematikus ábrázolása (internet 1.)

nagyobb darabos szennyező részek hányada a szennyvízben jelentős. A mérhető lebegőanyag-mennyiség mintegy 60%-a másfél óras üleptéssel a vizes fázistól elkülöníthető. Ismeretes, hogy az így eltávolított anyaghányad a KOI mintegy 30%-os, a TKN 10%-os csökkenését eredményezi (Kárpáti és Vermes, 2008).

A 2. táblázat (Orgoványi et al., 2020) a különböző előmechanikai műtárgyak üleptethető anyag, lebegőanyag, BOI- és KOI- eltávolítási hatásfok értékeit mutatja. Természetesen a rács, homokfogó esetében csak a nagyobb, makroszkopikus anyagok kifogása jöhet szóba és ez a frakció KOI-értéket nem képvisel. A finomabb szerkezetű szerves lebegőanyag és kolloid anyag gravitációs üleptéssel 40-50, illetve 15-25%-os hatásfokkal eltávolítható.

Műtárgy megnevezése	Üleptethető anyagok [%]	Összes lebegőanyag [%]	Kolloid lebegőanyag [%]	BOI ₅ [%]	KOI [%]
rács	5-10	2-5	–	–	–
homokfogó	20-30	10-20	–	–	–
ülepítés	85-95	40-50	10-20	20-30	15-25

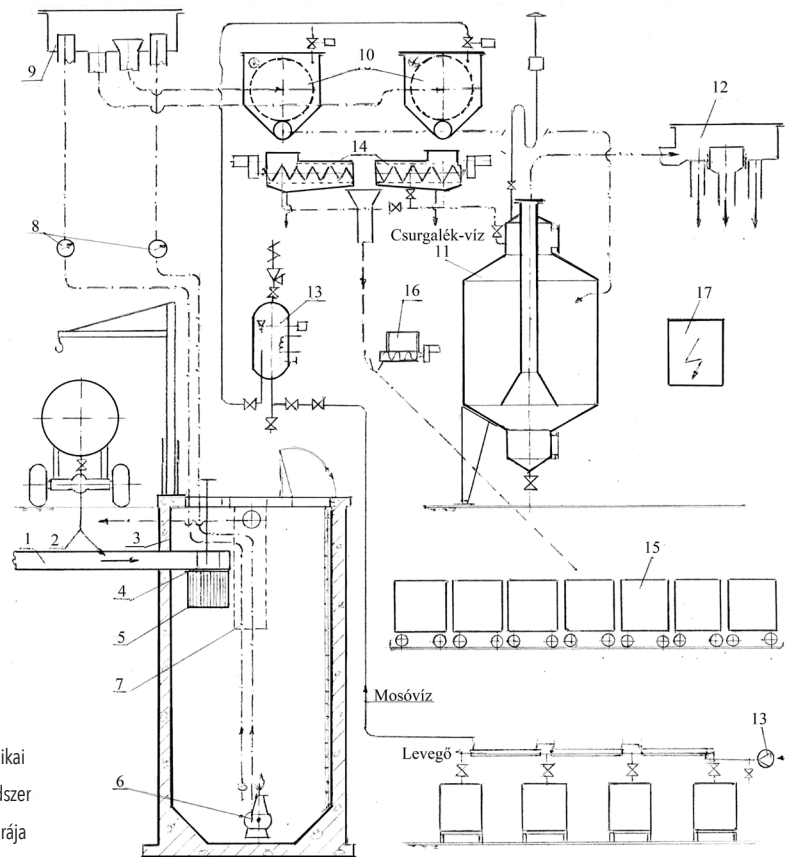
2. táblázat: A különböző előtisztító műtárgyak szennyezőanyag-eltávolító hatásfokértékei (Orgoványi et al., 2020)

A fentiekben bemutatott példák egyértelműen bizonyítják, hogy az előülepítő műtárgynak a biológia rendszer szervesanyag-terhelés csökkentésében (30-50%) meghatározó szerepe van.

4. A KIS- ÉS KÖZEPES SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK ELŐTISZTÍTÁS ÉS ZÁPORVÍZKEZELÉSÉNEK FEJLESZTÉSE

Az alábbi ismertetőben az előtisztítás és a csapadékvíz-kezelés területén az elmúlt 50 év alatt szerzett tapasztalatok alapján kifejlesztett megoldásait mutatjuk be. Az új fejlesztések célja, hogy a létesítési, üzemeltetési költségeket, energia- és területigényt 15-20%-kal mérsékeljük. További cél a záporvízkezelés egyszerűsítése és az üzembiztonság javítása. Feltételezzük, hogy a beérkező szennyvíz paraméterei a csatorna-határértéknek megfelel, és a szűrendő záporvízárám a névleges vízárám háromszorosát nem lépi túl. Ha ennél nagyobb a bejövő, felhígult nyersvízárám, vagy egyéb ok miatt a feladószivattyúk leállnak, akkor a térszintelőntés megelőzésére feladóaknába telepített, nagy felületű, külső necchálós vészűzfolyón keresztül a durva alakos anyagokat

kat visszatartva a tisztítatlan nyersvíz a befogadóba vagy az ideiglenes tározóba folyhat. Alaphelyzetben az átemelőbe egyesített csatornán érkező minden szennyvízből a 4 cm-nél nagyobb alakos anyagok – ami nem teszi ki a vízárám fél ezrelékét – a felszínen üríthető rácskosárral kifoghatók. A durva szennyeződés kifogása a szivattyúk védelmét szolgálja. Ez a rendszervédelem lehetővé teszi a nagyméretű vészűzfolyók és ezzel járó üzemeltetési gondok elhagyását. A bejövő vízárám mérése is elmaradhat, mert elégséges az elmenő, csillapított, tisztított vízárám paramétereinek nyilvántartása. A kellő élettartam biztosítása céljából valamennyi vizes felületet nemesacélból érdemes elkészíteni. A helyigény és a vízúthossz minimalizálás érdekében a gépházat a két, nyitott biológiai medence közé kell telepíteni.



2. ábra:
Előmechanikai
tisztító rendszer
folyamatábrája

4.1. A JAVASOLT ELŐMECHANIKAI TISZTÍTÓ RENDSZER MŰKÖDÉSÉNEK ISMERTETÉSE

Az alábbiakban ismertetendő előtisztítási műtárgyaknak és technológiának feladata teljesen megegyezik a bevezető részben már ismertetett előtisztítást végző műtárgyak céljával és feladataival, azonban ezek a gépi berendezések és a tisztítási technológia alapvetően különbözik a hagyományos előmechanika gépészetétől és technológiájától. Az előmechanikai tisztító rendszer folyamatábráját a 2. ábra (Juhász, J., 2021) szemlélteti.

Az egyesített 1 gyűjtőcsatornán, a rátelepített 2 szippantott-szennyvíz leeresztőn szennyvíz általában 1,5 m/s sebességgel érkezik a filtrációmentes, KORABETON falszerkezetű, növelt méretű, 3 átemelő-aknába. A bevezetőcsonk csatlakozik a 4 nyersvíz-kormányzóhoz, ami a kijelölt, vagy mindkét, belsőhálózott 5 rácskosárba tereli a vízárámot, ahol a rendszert károsítani tudó alakos, szálas durva szennyeződések kifogásra kerülnek. A 3 átemelőakna

fenéksíkjára telepített a névleges vízárám 60-150%-ot feladni tudó 2 (4) db, üzemelés közben is cserélhető, nyersvízfeladó 6 zagyszivattyú kerül elhelyezésre, ami a szűrőház magaspontján telepített, fix bevezetéssel, áthelyezhető elfolyó-bukóval rendelkező 9 szűrőosztóba adja fel a nyersvizet 1-2 m/s sebességgel. Külön igényre a 8 vízárammérők is beszerelhetők. Ha áramszünet vagy egyéb vészhelyzet áll be, akkor kap szerepet a vészűzfolyó, külső-necchálós, üzemelés közben is kiemelhető, feszínközeli kivezetésű 7 havárirács. Normál üzemben egy 6 zagyszivattyú, 10 dobszűrő, 13 mosó, 14 rácsszemétprés üzemel 110-120%-os névleges vízárámig. Ha ezt az értéket a bejövő nyersvízárám tartósan meghaladja, akkor a 3 átemelőaknában a vízszint eléri a 2/3-os szintet és beindul a második feladó szivattyú, a szűrő, rácsszemétprés vonal, s addig üzemel, míg a vízszint le nem apad 3 átemelőaknában 50%-ra.

A 10 dobszűrő palástfurata membrántechnológiánál 1, hagyományos rendszereknél 2 mm. Ezt követően a közepes méretű alakos szennyezőktől is mentesített elfolyó víz, mely homokot, nehezen bontható olajat, uszadékot, zsírt tartalmaz a leválasztó, állóhengeres, alacsony túlnyomású kézi nyitású és zárású 11 örvénykádba gravitációsan érkezik. Ebből a műtárgyból műszakonként az üledék (homok) a 15 rácsszemétkonténerbe, az előtisztított víz gravitációsan a 12 utóosztóba, az uszadék a 14 rácsszemétprésbe, a szabad gázok a nyomásnövelő vízzáron keresztül a légtérbe jutnak. A 10 dobszűrőből kieső, elővíztelenített szemét gravitációsan a szabad tengelyvéges 14 rácsszemétprésbe esik le, ahonnan a víztelenítés után, a 16 fertőtlenítőszert adagolás után a kocszított 15 konténerbe esik le, majd elszállítják a kijelölt lerakóba. A 15 jelű konténer a szeméjtejtőcső alá tolnak, ahol a szállítójárműre le- és felrakodás feltételei biztosítottak. A keletkező présvíz a csurgalékvíz-csatornán keresztül visszafolyik a 3 átemelő aknába. Normál üzemben a 12 utóosztóból 140-150%-os névleges vízáramig közel egyenlő vízmennyiség jut a két önálló biológiai sorra.

A kialakított technológiai sor jellemzése:

- kompakt, kis helyigényű rácsszemét, homok és a zsír-olaj eltávolítását egy gépészeti technológiai sor oldja meg,
- nincs szükség különálló beton műtárgyakra,
- a leválasztás (lebegőanyagra vonatk.) hatásfoka ~60%,
- kicsiny a helyigény és alacsonyabb létesítési költség,
- az előmechanikai rendszer minden beérkező vízáramnál több órán át tudja biztosítani az előtétmentességet,
- a rácsosár alkalmazása minimalizálja a nagy értékű felemelő szivattyúk meghibásodását, kopását,
- a szerves hordalékok, hosszú lebontási idejű uszadékok elvételeivel jelentősen csökken a biológiai levegőigény, továbbá a habzashajlam és az utóülepítőn az úszókéreg kialakulásának esélye,
- a biológiai terek takarítási, karbantartási időigénye és költsége csökken,
- a rácsszeméttel kapcsolatos műveletek temperált térben zajlanak, nincs a kezelés közben fagyásveszély,
- a nagyfokú előregyárthatóság csökkenti a helyszíni szerelés időigényét,
- a nemesacél szerkezetek súlya a 60%-a szénacélból készüteknek, az élettartam pedig közel kétszerese lesz.

4.1.1. FINOMSZŰRŐ ISMERTETÉS

A finomszűrők technológiai kapcsolatát a 2. ábra szemlélteti. A finomszűrők feladata a 16 órás biológiai tartózkodási idő mellett sem bontható szerves és a bonthatatlan szerves szennyeződések leválasztása. A szűrőket a két biológiai sor közé a kétszintes gépházban telepítik. A magaspontra telepített 9 osztóműből gravitációsan érkezik a szennyvíz a 10 jelű forgó dobszűrőkre. A dobszűrőben az alakos anyag 1-3 perces atmosféris és tartózkodási idővel, a belső falon csúszó, gördülő mozgással haladva szabad vizét elveszti, majd beesik a 14 rácsszemétprés garatjába, majd a víztelenített rácsszemét a garaton a tároló konténerbe esik. A dobszűrőben mozgó rácsszemétre közben ráakad a homok, az olaj és a zsír jelentős hányada is. A 10 dobszűrőkből kifolyó víz gravitációsan érkezik a 11 hidrociklonba, ahol a víznél könnyebb uszadék a domban és alul a nehezebb komponensek (homok) koncentrálnak, majd ezek az anyagok elvételre kerülnek. Közben a biológiailag nehezen bontható anyagoktól megszabadított nyersvíz átfolyik a 12 biológia-osztóműre. Az osztómű előtt vegyszeradagoló beépítése is lehetséges, mely a víz pH-ját 6,5 és 8,0 között tartja. A vegyszeradagolásra csak ipari szennyvizek biológiai tisztítása esetében van szükség. A dobszűrőről a rácsszemét és a 11 hidrociklonból távozó zsíros-hab uszadék 80%-os víztartalmát a 14 prés 30%-ra csökkenti. A présvíz vagy csurgalékvíz a rendszeren keresztül visszajut a 3 felemelő-aknába, a kipréselt hulladék pedig a közös ejtőcsövön leesik a 15 mozgatható konténerbe. Az ejtőcsőre telepített 16 méshidrátdagolóval a rovarfertőzés csökkenthető. A 10 dobszűrők elektropolírozott, perforált palástján belül a tisztítást elvégzi a súrlódva haladó rácsszemét. Kívül a lerakódásokat forgókefével és 50°C-os vízzel, szakaszos mosással lehet eltávolítani. Az utóbbi feladatot oldja meg a 13 mosórendszer (lásd 2. ábra). Amikor a bejövő vízáram meghaladja a névleges vízáramot, akkor lép be a második, eddig álló, tartalékszerepet játszó szűrővonal, mely addig üzemel, míg az 3 átemelői vízszint 30%-ra esik. A két összeépített finomszűrőt az 1. fénykép mutatja. A veresegyházi szennyvíztisztító telep mérései azt mutatják, hogy a finomszűrő lebegőanyag eltávolítási hatásfoka 20-25% körül mozog.

1. fénykép: Ikresített finomszűrő

4.1.2. ZAGYVÍZTELENÍTŐ CSIGAPRÉS

Az élelmiszergazdaságban és a szennyvíztisztítási technológiában gyakori feladat a nagy víztartalmú zagyok fázisbontása. Ide tartozik a szennyvíztisztítási dobszűrőről lekerülő rácsszemét is. Az említett zagyok víztelenítését végzi el a tipizált csigaprés. A kellő élettartam, a higiéniai elvárások biztosítására a zaggal érintkező felületek nemesacélból készülnek. A szennyvízből leválasztott, szivárgásmentesre préselt rácsszemét fertőtlenítése szakaszosan méshidráttal, hipóval, vagy egyéb alkalmas vegyszer adagolásával lehetséges. A vegyszeradagolás a rovarinváziót megelőzi. Az 50 m³/h alatti szennyvízáram alatt a prés helyett 3 db szikkasztófalas, 1 m³-es mobil konténer is alkalmazható.

4.1.3. SZENNYVÍZUSZADÉK- ÉS ÜLEDÉKLEVÁLASZTÓ HIDROCIKLON

A mechanikai tisztítás után a szűrt vízzel együtt távozik a nehezen, hosszú tartózkodási idő alatt lebomló hordalékok, növényi-magvak, rostok, papírfoszlányok, olajok, oldószerek, zsírok, továbbá biológiailag bonthatatlan fémoxidok, finomhomok, stb. Az uszadék habzást, kemény kéreg kialakulását, az üledék (homok) a biológiai terek feltöltődését, összességében a biológiai folyamatban zavarokat okoz, ezen túlmenően növekvő gépészeti és karbantartási költséget. A jelenleg általánosan használt, nagy tér- és költségigényű megoldás (előülepítő) kiváltását javasoljuk a következőkben ismertetésre kerülő uszadék- és üledékleválasztó hidrociklon (3. ábra; Juhász, J., 2021) alkalmazásával. Szerkezeti kialakítását, méretválasztékát az alábbi rajz, illetve táblázat mutatja. A



durva alakos anyagoktól mentesített nyersvíz a dobszűrőből gravitációsan a C1 csakon kerül érintősen bevezetve a 2 készüléktestbe. A víz mozgási energiája a töltetet enyhe forgásban tartja, közben az uszadék felfelé, a homokos vízáram lefelé halad, a 3 búvárcső szívóhatása miatt. Az alacsony vízsebesség miatt az üledék az 4 üledékzsombba csúszik le, a továbbtisztított fővízár C2 búvárcsőn távozik a biológiai sorok osztója felé, az uszadék és a gázok pedig az 5 uszadék-dómban sűrűsödnek össze. A 4 zsomp és az 5 dóm palástján nagyméretű 6 néző-üveget telepítenek, ahol a kezelő látja a leválasztott zagyok szintjét. A 75%-os telítettség felett a 7 csigaszivattyú indításával, illetve a 8 pillangószelep nyitásával a zagyokat a rácsszemétprésre adják fel 2-4 perces üzemidő gyakorisággal. A 2 készüléktestben a lefelé haladás sebessége névleges vízáramnál 0,001-0,015 m/s. A fővízár be és elvezetésénél ez az érték 0,8 m/s. Záporvíznél a vízsebességek duplázódnak.

4.2. A CSATORNAHÁLÓZAT ÉS A CSAPADÉKVÍZ KEZELÉS KAPCSOLATA (RÖVID SZAKIRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ)

Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a csatornahálózat és a csapadékvíz-kezelés kapcsolatát. Napjaink rendkívüli időjárása, a hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadék komoly problémákat okoz a csapadékvíz-elvezetés területén. A felhasználók közül sokan nincsenek tisztában azzal, hogy a csapadékvíz és a szennyvízelvezetés nem ugyanaz a feladat. Példaként megemlítjük, hogy a Nyírséggvíz Zrt. (internet 4.) ellátási területén a szennyvízelvezető rendszer elválasztó rendszerű, kizárólag a szennyvíz elvezetésére szolgál, így a beáramló csapadékvizet a szennyvízcsatorna és az átemelő szivattyúk nem képesek elszállítani. A jogszabály ugyan előírja, hogy az elválasztott rendszerű csatorna-rendszerbe csapadékot bevezetni tilos, főleg felhőszakadások idején előfordul, hogy az összegyűlt nagy mennyiségű csapadék-

víz – más megoldást nem találván – az ott élők egyszerűen belevezetik a csatornába, ami egy másik, mélyebben fekvő területen kiáramlik, de már szennyvízzel keveredve. Ilyenkor előntés formájában a térszint alatt, a pincékben, szuteréneknél kialakított és a szennyvízelvezető csatornába gravitációsan bekötött helyiségeknél komoly károk jelentkezhetnek. Természetesen minden vízművállalat, ahol elválasztó csatornarendszer üzemel, hasonló gondokkal küzd.

A következőkben Gayer és Ligetvári „Települési Vízgazdálkodás, Csapadékvíz-elhelyezés” (2007) c. tanulmánya alapján röviden a csapadékvíz-gazdálkodás és -elhelyezés kérdését foglaljuk össze. A fenntartható városi vízgazdálkodás célja nem csupán a felesleges vizek biztonságos és hatékony elvezetése és a vízminőség szabályozása, hanem egyúttal rekreációs, ökológiai és gazdasági előnyök

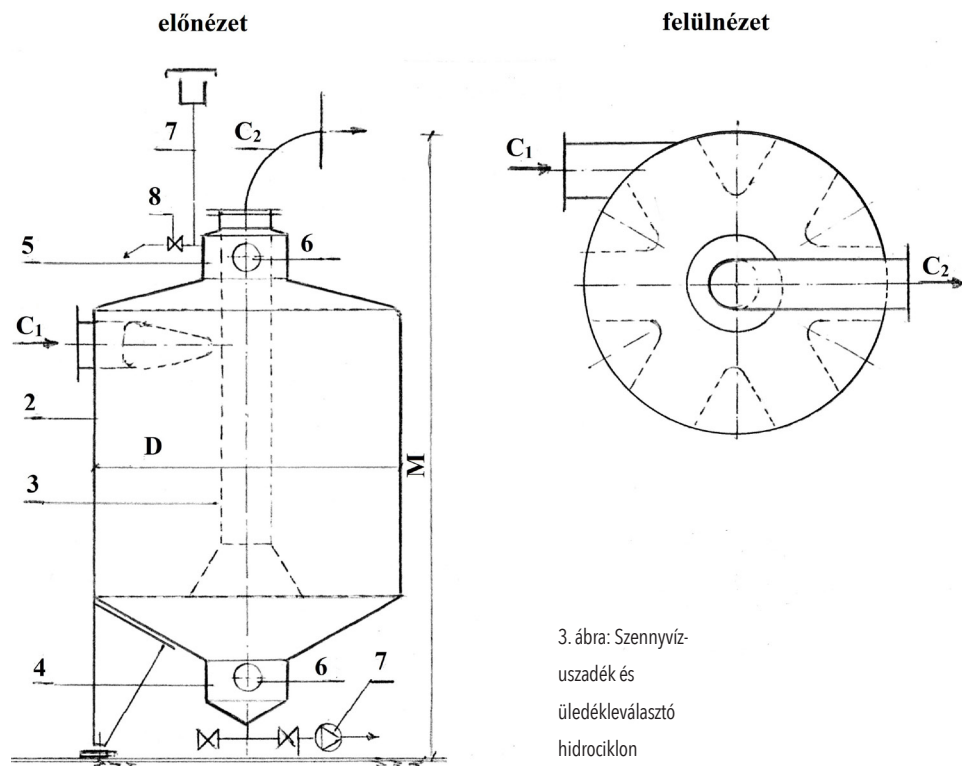
érvényesítése is. A célokat a következőkben foglalhatjuk össze:

- a városi lefolyás csökkentése a csúcsvízhozam, illetve a szennyezés csökkentése a városi vízgyűjtőkön keletkező szennyező anyagok összegyűjtése és kezelése révén,
- a csapadékvíz visszatartása és lehetőség szerinti maximális felhasználása a helyszínen vagy annak közelében,
- a városkép javítása a víz megjelenítésével és beillesztésével a funkcionális zöldövezetekbe,
- a csatornázási beruházás csökkentése, például a csapadékvíznek zöld felületekre vezetésével, csökkentve a költségeket.

A csapadékvíz a területhasználattól függően toxikus lehet (közlekedési utak, elsősorban télen, illetve ipari területek), de a hótakaróban akkumulálódott szennyező anyag ugyancsak jelentős minőségi változást idézhet elő. Ehhez járul hozzá az atmoszférikus eredetű szennyező anyagok gyors nedves kiülepedése. A hagyományos egyesített csatornarendszer hátránya a befogadó terhelése a záporkiömlőkön keresztül, míg az elválasztott rendszer ellen a magas költség (két párhuzamos csatornavezeték) szól. A javított rendszerek előnye, hogy a szétválasztás után lehetővé teszik a tisztítást nem igénylő csapadékvíz felhasználását, illetve a szennyezettebb csapadékvíz kezelését.

A csapadékvíz minőségi kezelésére számos fizikai, kémiai és biológiai eljárás létezik. Az első fokozatban a domináns folyamat a darabos szennyezés fizikai szűrése, illetve a gyors üleptetés. Ez eltávolítja a beérkező szemetet és durva hordalékot. A második fokozatban az üleptetés és a szűrés dominál. Ez javítja a lebegőanyag eltávolítását, és bizonyos mennyiségű tápanyagot és kicsapódott fém-hidroxid vegyületeket is eltávolít. A lebegő anyag, vagy a hozzá kötődő szennyezés esetén a fizikai üleptetés vagy szűrés hatékony mint elsőfokú kezelési módszer. A csapadékvízben jelenlévő oldott szennyeződések eltávolítása a nagy költség miatt gyakorlatilag megoldhatatlan. Az egyesített rendszer esetében a csapadékvíz oldott szennyezésének jelentékeny része a biológiai szennyvíztisztítóra kerül és ott nagy része biológiai úton lebontható. A szennyvíz és csapadékvíz keverék másik része, melyet a szennyvíztisztító telep nem képes fogadni, záporvíztározóba vagy a közvetlenül a befogadó jut.

A túlfolyásból eredő szennyezés a nagy mennyiség miatt lökésszerű terhelést jelent a befogadó számára. Az első szennyezéshullám koncentrációja nagyban függ attól, hogy a hálózatban mennyi az a koráb-



3. ábra: Szennyvíz-uszadék és üledékleválasztó hidrociklon

ban leülepedett hordalék, ami az áramló víz által könnyen felvehető. Ha ez nagy mennyiségű, akkor a szennyezőhullám csúcskoncentrációja időben megelőzi a vízhozamcsúcsot. Nagy általánosságban a lefolyás első 40%-a tartalmazza a szennyezés 60%-át.

A csapadékvíz kezelésénél az alábbi főbb szempontokat célszerű figyelembe venni:

- A városi/települési csapadékvíz elhelyezésének, kezelésének kérdésköre a hazai döntéshozók részéről nagyobb szakmai figyelmet érdemel.
- A városi/települési csapadékvízkezelés a vízgazdálkodás integrált része, és egyben a városgazdálkodás egyik olyan eleme, mely a település szerkezetét, az ott lakók életminőségét és a mindennapi életvitelét érinti.
- A városi vízhasználatnál a csapadékvizet és esetenként a szennyvizet is be kell vonni a hasznosítás-újrahasznosítás folyamatába.
- A csapadékvíz szennyezettsége esetenként (ipari szennyezés) jelentősebb mértékű lehet, mint a kommunális szennyvízé, ez súlyos hatással lehet a befogadóra, ezért a csapadékvíz kezelése mennyiségi és minőségi szempontból egyaránt szükséges.
- A hosszú távon megbízhatóan működő csatornarendszerek építése érdekében mértékadó csapadékszámítási mód alkalmazására van szükség.

Egy kutatás során a hirtelen nagy hidraulikai terhelés megjelenésekor a biofilmes (MBBR) és az eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia hatásfokát hasonlították össze (Karches et al., 2017). A kutatók az eleveniszapos és a fixfilmes rendszerek csapadék okozta többletterhelésre való reagálását két és félszeres hidraulikai túlterhelésnél vizsgálták. Az elvégzett szimulációk eredménye azt mutatta, hogy a fixfilmes rendszer a csapadékos időben jobban „elviseli” a vízhozam ingadozását, kevésbé mosódik ki a biomassza. Az eleveniszapos esetben a kimosódás 45%-os, fixfilmesnél 20%-os, és a fixfilmes rendszernél a biomassza regenerálódása is gyorsabb. Az eredeti biomassza-mennyiség 90%-át az eleveniszapos 20 napon túl, a fixfilmes rendszer 6 napon belül elérte. Az elfolyó KOI-t vizsgálva az eleveniszapos rendszer jóval túllépte a 125 mg/l-es határértéket, míg fixfilmes esetben nem haladta meg.

Mrekva (2017) tanulmánya szerint a zöld infrastruktúra kialakítása a városi csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából egy költséghatékony,

fenntartható és környezetbarát megoldás. A zöld infrastruktúra megoldások összegyűjtik, szűrik, adszorbeálják, párologtatják, újrahasznosítják és tisztítják a városi felszínen lefolyó csapadékvizeket. A zöld infrastruktúra alkalmazása kirekeszti az esővíz egy részét a városi csapadékrendszerekből, megakadályozva azok túlterhelődését és csökkenti az áthatolhatatlan városi felületeken képződő, tisztítás nélkül a csatornarendszerbe befolyó csapadékvíz mennyiségét. Alkalmazásuk hatására bizonyítottan csökken a városi árvíz kockázat, javul a levegő minősége, kialakul egy esztétikusabb városi tájkép. A zöld infrastruktúra kialakításával különösen a skandináv államokban eredményesen próbálkoznak. Nyilvánvaló, hogy az egyesített csatornarendszernél a zöld felületek alkalmazása nem oldja meg a nagy betonfelületekről lezúduló csapadék elvezetési és tisztítási kérdését, de nagymértékben segítheti. A cél, hogy megóvjuk ezeket a többfunkciós városi zöld területeket, mivel:

- a megnövekedett infiltrációnak és evapotranspirációnak köszönhetően csökken a felszíni lefolyás,
- az intercepció (a növényzet vízfelfogó képessége) révén visszatartják a vizet,
- megszűrik az átszivárgott vizet,
- visszafogják a talajvízkészletet,
- csökkentik a légszennyezést, miközben javítják a városi mikroklimát, és rekreációs célokat is szolgálnak.

Dulovics Dezsőné (2017) és Török S. (2011) tanulmánya a települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásait tárgyalja. A 3. táblázat a csatorna- és csapadékgyűjtő rendszerek összefoglaló értékelését mutatja. A klasszikus csatornarendszerekkel (egyesített és

A rendszer típusa	Előnyök	Hátrányok
Egyesített	<ul style="list-style-type: none"> – a gyakori alkalmazásnak, történelmi múltja van, – a rendszer üzemeltetése a hidraulikai viszonyok miatt egyszerűbb, – az egyetlen vezeték helyigénye kisebb, – az épületbekötés kedvezőbb, – az egy csatorna nyilvántartása, üzemeltetése, fenntartása egyszerűbb, és a beruházási költség összességében általában kisebb. 	<ul style="list-style-type: none"> – a befogadó és a telep lökésszerű terhelése, a talajból beszivárgó idegenvizek, szennyezett és kevert vizek „lökésszerű” megjelenése, a szennyvíztisztító telep terhelése kiegyenlíthetetlen, a csapadékvizek miatt időszakosan jelentősen túlterhelés jelentkezik, – az elvezetendő nagy vízmennyiség miatt a rendszerben gyakran előállhat visszaduzzasztás (nem megfelelő lejtés), – kedvezőtlen hidraulikai viszonyok létrejötté esetén a lefolyási idő növekedése miatt a szennyvíz berohadásának és a csatornában a leülepedés veszélye nő, – a hidraulikai kapacitás (szelvényméret) miatt a rendszer új területek bekapcsolására korlátozottan alkalmas.
Elválasztott	<ul style="list-style-type: none"> – a két hálózat vízkormányzása egyszerűbb, a csapadékcsonk már több vízfajta fogadhat, de minőségi differenciálás nélkül, – a szennyvíztisztító telep terhelése kiegyenlítettebb (mivel a csapadékvíz nem terheli), – gazdaságosabb szelvényméretek alkalmazhatók, – a csatornahálózat hidraulikai szempontból kedvezőbb, – a szennyvízcsatornák közműalagútban is vezethetők, – a szennyvíz- és csapadékvíz-csatornák helyszínrajzilag általában a bekötési helyekhez közelebb fektethetők, – rendszer a helyi adottságokhoz jobban képes alkalmazkodni (bővíthető). 	<ul style="list-style-type: none"> – alkalmazási feltétel, hogy egy időben épüljön ki a két elválasztott elvezető rendszer, – a szennyvízcsatornákat az öblítő hatásfok fenntartása miatt nagyobb lejtéssel kell építeni, – az átemelés, nyomás alatti csatornazakaszok beiktatási igénye fokozottabb, – a csapadékvíz a befogadóba tisztítatlanul jut (a befogadó szennyeződése azonban csapadékvíz-tározó létesítésével mérsékelhető), – a kétféle csatorna szűk utcában nehezebben helyezhető el, nyilvántartásuk, üzemeltetésük, fenntartásuk költségesebb és munkaerő-igényesebb.

3. táblázat: Az egyesített és elválasztott csatornarendszerek összehasonlítása előnyök és hátrányok alapján (internet S.: Török, S., 2011; Dulovics D.-né, 2017)

elválasztó) csak részben biztosíthatók a fenntartó csapadékvíz-gazdálkodási elvek, melyek az újrahasználatra épülnek. A javított rendszerek a fokozott elválasztási elvet alkalmazva jobban közelítik a „hulladékszegény” technológiák elvét, mind mennyiségi, mind pedig minőségi értelemben. A korszerű csapadékvíz-gazdálkodás elvét szem előtt tartva nagyszámú, megbízható mérési eredményre lenne szükség mind mennyiségi, mind pedig minőségi adatok tekintetében. A hazai viszonyokat

alapul véve csapadékvíz-gazdálkodás területén az egyik legfontosabb feladat az egyesített és az elválasztó rendszerű csatornahálózatot alkalmas szennyvíztisztító telepek záporvízkezelésének megoldása.

A városi szennyvízelvezetésből, csapadékvíztől és a szennyvízelvezető csatornákból származó szennyezőanyag-terhelés csökkentése lényegesen nagyobb kihívást jelent, és potenciálisan költségesebb is, mint a szennyező anyagok eltávolítása a települési és ipari szennyvizekből. A szennyvíztisztítási eljárásokat viszonylag állandó és folyamatos szennyvízhozam kezelésére tervezik, és rossz hatásfokkal üzemelnek, ha a csapadékvíz-áramlásokra jellemző szélsőséges ingadozásoknak vannak kitéve. Viszonylag kevés erőfeszítés történt azonban a csapadékvíz és a szennyvízelvezető csatornák kezelési és ellenőrzési technológiáinak fejlesztésére. Először is az esőzés okozta terhelés nem állandó, hanem időszakos, pulzáló terhelés. A szennyezőanyag-koncentrációk ezekben az áramlásokban nagymértékben változnak a lefolyási esemény során, és a teljes szennyezési terhelés bármely viharból az eső intenzitásától és területi változékonyságától, valamint az utolsó esőzés óta eltelt időtől függ. Általában a szennyező anyagok legnagyobb koncentrációja a csapadékvíz első lefolyásában található, és a vihar előrehaladásával a legtöbb szennyező anyag koncentrációja csökken. Ezenkívül a csapadék sok területen szezonális jellegű, így a városi lefolyás és a csatornavezetékek egyes évszakokban nagyobb hatással lehetnek a befogadó vizekre, mint máskor (internet 6.).

Figyelmet érdemlő Oelberg, G. (2019) tanulmánya, melyben a szerző röviden összefoglalja a német nyelvterületen (Svájc, Ausztria, Németország) gyakran alkalmazott és jól bevált csapadékvíz-tárolási módokat. A zöld növényzettel beültetett területekre hulló csapadékvíz töredéke, éves átlagban kb. 5-10%-a folyik le a felszínen. A csapadék nagy része beszivárog a talajba, ennek nagyobb része ott elraktározódik, a növények felveszik és elpárologtatják. A burkolt felület ténylegesen elszigeteli a talaj felé való vízáramlást, ezzel lényegében megszünteti a talajba való beszivárgást.

A csapadékvíz „helyben” tartására az alábbi fontosabb megoldások lehetségesek:

1. A csapadékvíz elszikkasztása. A csapadékvizet a kert kevésbé frekvenciált részére, vagy kerti tavacskába vezetik, de a földbe helyezett geotextiliás szikkasztó elemek is alkalmasak az elvezetésre és az elszikkasztásra.

2. A kevésbé vízáteresztő talajok esetében a lehulló csapadékvizet a burkolat alatt tárolják, míg lassan a talaj mélyebb rétegeibe nem szivárog. Hazánkban is jól ismert a gyephézagos betonlap, és annak műanyag változata is ide sorolható.
3. Vízvisszatartás esetén a lehulló csapadék nem folyik le közvetlenül a területről, hanem tárolják, ennek jellemző példája a zöldtető. Melegebb időben a növényzet a vizet elpárologtatja. A zöldtetős megoldás kimondottan a nagyvárosok jellemzője, ahol némi zöld foltot visz az egyébként sivatag környezetbe.
4. Késleltetett lefolyásról akkor beszélünk, ha megfelelő létesítménnyel megakadályozzuk, hogy a víz lefolyjon és egy részét betároljuk. A tározók építése költséges, ezért egy településnek elengedhetetlen megkeresni azt a területet, ami erre a célra felhasználható. Mindenképpen a település mélyebben fekvő területei jöhetnek szóba, ideális lehet egy széles patakmeder vagy egy halastó.
5. A csapadékvíz háztartási célra is hasznosítható. Az esővíz óriási előnye, hogy lágy és kevés oldott sót tartalmaz. Jó példa az összegyűjtött csapadékvíz locsolásra való felhasználása.

4.3. A CSAPADÉKVÍZ-KEZELÉS FEJLESZTÉSE

A közműves szennyvízkezelés általános problémája a hóolvadáskor jelentkező – a névleges vízáram 2-3 szorosát kitevő – csapadékvíz. Az évente 5-10 esetben jelentkező 1-2 órát kitevő záporvíz általában a végátemelőbe érkezik. Innen az eleveniszapos biológiai sorra – iszapkihordási veszély miatt – a névleges vízáramot 20-25%-kal növelő nyersvíz kerülhet fel. A felesleget költséges vész tározóba („szűnyogtényesztő”) vagy finomszűrés után a tisztított víz befogadóba lehet elvezetni. A jelenlegi gyakorlat szerinti az élővíz befogadóra történő bevezetés minden szempontból káros, a javasolt új megoldás a finomszűrés és ezt követően a csapadékvíz tározóba vezetése.

A népességnövekedés és a városi/urbanizált területek fejlődése nagyban hozzájárul a lefolyó, szennyező csapadékvizek mennyiségének növekedéséhez, emellett a betonfelületekről származó lefolyó vizek is növelik a csapadékvíz mennyiségét. Ezek együttesen olyan változásokat okozhatnak a környezetben és a vízminőségben, amelyek az élőhelyek megváltozását és elvesztését, fokozott árvizeket, a biológiai sokféleség csökkenését, valamint fokozott üledékképződést és eróziót eredményezhetnek. A hatékony csapadékvíz-elvezetés kezelésének

előnyei a következők lehetnek:

- a vizes élőhelyek és a vízi ökoszisztémák védelme,
- a befogadó víztestek minőségének javulása,
- a vízkészletek megőrzése,
- a közegészség védelme és
- árvízvédelem.

A hagyományos csapadékvíz-gazdálkodási megközelítések, amelyek a csúcsvízhozam-adatokra támaszkodnak, általában nem foglalkoznak a csapadékvizek szennyező anyagainak csökkentésével. A vízszennyezés nem pontszerű forrásai diffúzjellegűek és nehezen meghatározhatók. A nem pontszerű forrásból származó szennyezés általánosságban úgy határozható meg, mint a vizek olyan szennyezése, amelyet a talajon keresztül, a talajon áthaladó csapadék vagy hóolvadás okoz. Ahogy a víz a talajon keresztül halad, természetes szennyeződéseket és emberi tevékenységgel kapcsolatos szennyeződéseket vesz fel és visz magával, és végül a szennyeződéseket a tavakba, folyókba, vizes élőhelyekre, partmenti vizekbe és talajvizekbe juttatja. A csapadékvizek szennyezettsége szintén nem pontszerű diffúz szennyezésnek tekinthető.

Az egyesített csatornarendszerek olyan csatornák, amelyek az esővíz, a háztartási szennyvíz és az ipari szennyvíz összegyűjtésére szolgálnak. Az egyesített csatornarendszerek a szennyvizüket egy szennyvíztisztítóba szállítják, ahol kezelik, majd a tisztított szennyvizet egy befogadóba (folyó, tó, patak) vezetik. Az erős csapadék vagy hóolvadás idején azonban az egyesített csatornarendszerben a szennyvíz mennyisége meghaladhatja a csatornarendszer vagy a szennyvíztisztító telep kapacitását. Ezért az egyesített csatornarendszereket úgy tervezik, hogy alkalmanként „túlcserüljenek”, és a felesleges szennyvizet közvetlenül a befogadóba engedjék.

Ezek az úgynevezett egyesített szennyvízcsatorna-túlfolyók nemcsak csapadékvizet, hanem kezeletlen kommunális és ipari szennyvizet, darabos hulladékot (rács-szemét jellegű), zsírt, törmelékét és homokot is a befogadóba vezetnek.

A hagyományos, egyesített rendszerű csatornák a szennyvizet és az időszakos, lényegesen nagyobb mennyiségű csapadékvizet ugyanazon csatornarendszerben vezetik le. A rendszer főgyűjtő vezetékeit viszonylag nagy keresztmetszetű csatornaelemek alkotják, melyeket a túlterhelés megakadályozása, illetve mérséklése céljából bizonyos

távolságokban ún. csatornahálózati túlfolyóval (záporkiömlővel) megcsapolják, és a kiömlő keverékszennyvizet közvetlenül (esetleg ülepítés után) a befogadóba vezetik. Az egyesített csatornarendszerben ideális esetben duzzasztás és túlfolyás nincs. Az egyesített rendszerű csatornahálózatok csak gravitációs üzeműek lehetnek.

Az egyesített csatornarendszer kiépítésére legjobb példa a főváros csatornahálózata. Ezt a XIX. század végén, a XX. század első felében úgy építették meg, hogy a szennyvíz és a csapadékvíz egy rendszeren keresztül folyik, nincs egymástól elkülönítve. Ez azt jelenti, hogy esős időben a közterületeken keletkező, valamint az egyesített csatornarendszerbe bekötött ingatlanokról elvezett csapadékvizek is a tisztítótelepek irányába kerülnek elvezetésre. A tisztítótelepek kiépített biológiai kapacitása meghaladja a várható szennyvízmennyiséget, ezáltal biztonságot nyújt a száraz időben érkező szennyvizek előírt mértékű, jó hatásfokú tisztításához. Általában a kiépített szennyvíztisztító-kapacitás lehetővé teszi, hogy a csapadékvízzel terhelt szennyvízmennyiség tekintélyes részét is kezelje. Ha még nagyobb tömegben érkezik csapadékvíz, az a záportározó műtárgyba folyik, ahonnan a csapadék megszűnését követően biológiai tisztításra vezetik. Amennyiben az érkező vizek mennyisége felhőszakadások esetén ennél a mértéknél is nagyobb, az érkező vizek a szennyvíztelepet megkerülik, hogy a tisztítást végző, több hét alatt kitenyészthető mikroorganizmusok a reaktorból ne mosódjanak ki.

Az elmúlt évtizedekben a beépített, lebetonozott, burkolt felületek nagysága rohamosan nőtt, ami miatt csökkent a városban a zöld felület, és ezért kevesebb víz tud beszívroggni a talajba, ugyanakkor a csapadékok intenzitása és gyakorisága is jelentősen megnőtt. Ennek következményeként nagy záporok esetén a tisztítóművek túlterhelte válnak. A tisztítótelepek folyamatos és biztonságos működtetése érdekében a tisztítótelep – az üzemeltetési engedélyében foglaltaknak megfelelően – a telep által már be nem fogadható, a szennyvizet is tartalmazó csapadékvíz megkerülő ágon közvetlenül a befogadóba kénytelen kivezetni. Amennyiben ezt nem tenné és a többletvizeket is bevezetné a telepre, a teljes biológiai tisztítótelepi rendszer összeomlana és hónapokig használhatatlanná válna.

Hazánkban a vidéki városoknál a csatornarendszerek zöme egye-
sített rendszerű. A 20. század közepén urbanizált városok általában külön rendszereket építettek szennyvíz (szennyvízcsatornák) és a csapa-

dékvíz elvezetése számára, mivel a csapadékvíz mennyiségváltozásai nagymértékben csökkentik a szennyvíztisztító telepek hatékonyságát. Az elmúlt 30 évben Magyarországon nyomás alatti és vákuumos szennyvízcsatorna-rendszerek is épültek, sőt ezek kombinációja is.

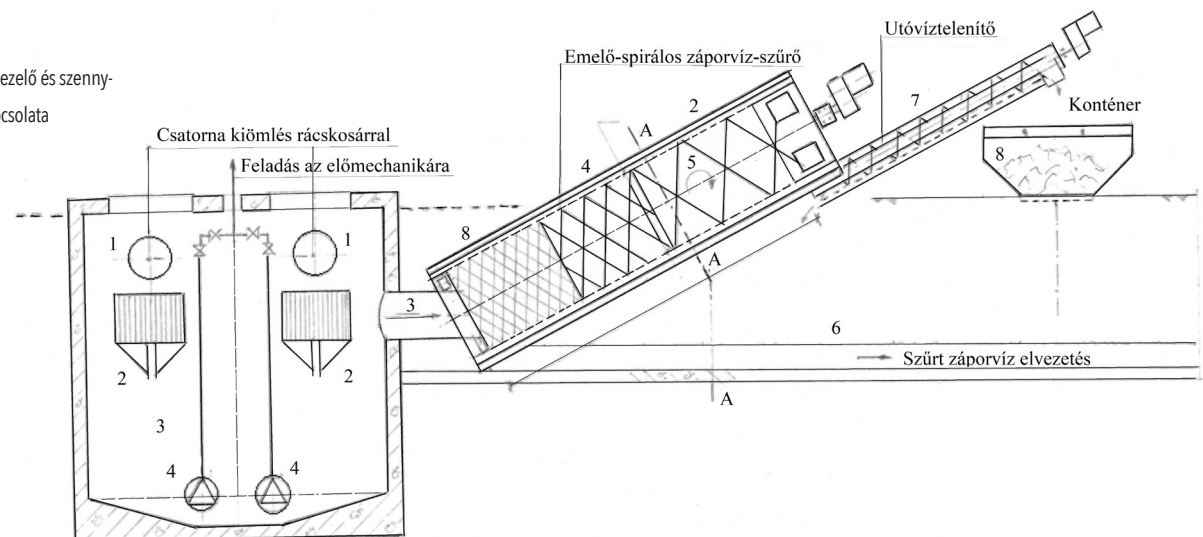
Németországban a záporvízkezelés (viharesemények) következtében – becslések szerint – évente a szennyvíznek mintegy 2,6%-a a felszíni vizeket terheli, és a csatornarendszerek mintegy 40%-a elválasztó rendszerű. Míg az ország északi részén a csatornarendszerek legfeljebb 80%-a különálló (elválasztott), az ország egyes nyugati és déli területein a vegyes rendszer típusai a csatornák 100%-át teszik ki. A 2008. évi adatok alapján Franciaországban a különböző csatornarendszerek közötti megoszlás a következő: 97 000 km (24,7%) egyesített, 200 000 km (51%) az elválasztott rendszerű és az esővizet elvezető csatornák hossza 95 000 km (24%) (internet 7.).

4.3.1. AZ EGYESÍTETT CSATORNARENSZERNÉL A CSAPADÉKVÍZ-KEZELÉSI TECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSE

Az üzemelő szennyvíztisztítók ritka, de súlyos vészhelyzete a névleges vízáramot többszörösen meghaladó, rövid ideig tartó, kiszámíthatatlan záporvíz megjelenése és ennek kezelése. Az egyesített csatornarendszernél kialakuló súlyos problémák megoldására szóba jöhető berendezés elvi sémáját a 4. ábra (Juhász J., 2021) mutatja be.

A technológiát röviden az alábbiakban ismertetjük:

4. ábra: A záporvízkezelő és szennyvízfogadó akna kapcsolata



- A záporvízzel tekintélyes mennyiségű csatornaüledék is érkezik az átemelőbe. Az előkezelő mindig az uszadékos, (olajos, rongyok, zsíros-uszadék stb.) nyersvizet emeli ki a rendszerből a csapadékvíz-kezelőre. A nagy vízárám és a kis emelőmagasság miatt a berendezés alacsony energiaigényű, telepítése védőtető mellett ajánlott. A keletkező rácsszemetet a záporvíz megszűnéskor el kell szállítani.
- Az átemelő szivattyúk védelmére szalaszanyag-fogó kosárpárt is célszerű beépíteni. A kisebb tisztítóknál – feltételezve, hogy a szivattyúvédelem és a záporvízi átemelő kapacitás megfelelően kiépített – a szennyvíztisztító magas pontjára a névleges kapacitás háromszorosát biztosító bukó-éles osztót, kétszeres vízárámú, Ø 3,0 mm palástfuratú dobszűrőt, innen a kimenő víz elvezetésére túlfolyóvezetékét célszerű kiépíteni.
- A berendezés legfontosabb alapegysége a kis vízemelésű, nagy szűrőkapacitású, hosszabbított palástú, hagyományos finom-dob-szűrő, amely a meglévő végátemelő mellé telepíthető. Amikor az érkező szennyvíz a kritikus magasságot 0,5 m-re megközelíti, akkor a 15°-os hajlásszöggel telepített, vízemelési és szűrési feladatot ellátó, a névleges vízárám négyszeresére méretezett vésszűrő elindul. Felemeli a szemetes vizet a szűrőfelültre, amin a 3 mm alatti részek vízzel együtt leesnek az elvezető árokba kormányzó műtárgyba, a rácsszemet pedig vízvesztés mellett beesik a kitérő csigába, ami enyhe préselés mellett felemeli a szűrőfalas konténerbe.

- A záporvízzel növelt nyersvíz az 1 csatornán (csatornákon) érkezik a 2 durvarácson keresztül a 3 vég-átemelőbe. Innen a 4 szivattyú adja fel az engedélyezett vízáramot a tisztítóműi előmechanikára, a felesleg pedig 3/1 átvezetésen keresztül a víz- és rácsszemét emelést, fázisbontást megvalósító, hosszabbított dobú, perforált falú 5 dob-szűrőre ereszti rá. Ez a vezérberendezés első szakaszban csigaszivattyús, középen elővíztelenítős, felül szabadvíz-leválasztós forgó dob, mely a szűrt vizet az 6 elvezető árokba, a rácsszemetet pedig a 7 préscsigába juttatja. A megszűrt záporvíz az elvezető árkon a véstározóba vagy befogadóba jut.
- A dob-szűrő kidobó nyílása alá elhelyezett, víztelenítő funkciót is ellátó, felemelő kitaroló csiga 7 a rácsszemetet a térszint felett elhelyezett konténerbe 8 szállítja.
- A rendszer előnye a kisköltségű és az alakos-anyag (rác-szemét, faágak, levelek, csatornaüledék), hulladék leválasztása és a gyors telepíthetőség.
- A záporvízkezelő létesítési költsége és helyigénye viszonylag csekély. A berendezés megvalósítási idő igénye rövid, az üzembiztonság és a tisztítási hatások jónak mondható.

ÖSSZEFOGLALÁS

A mechanikai tisztítás célja:

- a nagyobb méretű durva szennyező anyagok (kódarabok, rongy- és fonalas szerkezetű anyagok, műanyag hulladék stb.) eltávolítása. Ezen anyagok zöme biológiai lebontást nem igényel, de közös vonásuk, hogy eltávolítás nélkül a tisztítótelep üzemét zavarnák, súlyos üzemelési, fenntartási gondokat okoznának,
- a további tisztítási technológia (homokfogó, zsír- és olajfogó, előüleptítők) a gépi berendezések (szivattyúk) védelmét szolgálja,
- a szennyvíz előkészítése az előmechanikai tisztítást követő biológiai tisztításra (pehelyesítés, üleptetés, zsír- és olajleválasztás).

Az új szennyvíztisztítási követelmények és üzemeltetés biztonsága miatt a kőfogó, durva és/vagy finom rác, homokfogó és zsír-olaj fogó műtárgyak kiépítése ma már a kis- és nagyobb szennyvíztelepeken egyaránt szükséges. A kőfogó műtárgy kiépítésének szükségessége még ma sem általánosan elfogadott, pedig a rác és homokfogó védelme miatt nagy jelentőséggel bír.

A kommunális szennyvíz kezelése során az elsődleges előtisztítási folyamatok eltávolítják a szerves terhelés körülbelül 25-30%-át és gyakorlatilag az összes szerves szilárd anyagot. Az összes lebegőanyag a rác 2-5, a homokfogó 10-20 és az előüleptetés 40-50%-át távolítja el. Az előüleptetéssel 33-35% KOI- és BOI-eltávolítást lehet elérni. A kommunális szennyvízben szennyező anyagok jelentős része oldott, lebegő anyag és kolloid állapotban jelenik meg. Vegyszeres lecsapatással és üleptetéssel, illetve flotálással a lebegő és kolloid anyagok jelentős része eltávolítható. A vegyszeradagolás mellett flotálással a lebegőanyag 70-90, KOI 20-90 és a BOI 20-80%-os hatásokkal távolítható el. Ha az előkezelés során a lebegő anyag és kolloid anyagok jelentős részét eltávolítottuk, akkor a biológiai oxidációs folyamatban ezen anyagok oxidálására nem kell vagy csak minimális energiát kell fordítani.

A kis- és közepes szennyvíztisztító telepek előtisztítási technológiájának fejlesztése céljából a következő műtárgy- és szennyvízgépeszeti berendezések telepítése lehet indokolt: átemelőakna, szűrő-vízelosztó, finom dob-szűrő, uszadék- és üledékleválasztó hidrociklon és utó-vízelosztó. Az utó-vízelosztót követően a szennyvizet közvetlenül (előüleptetés nélkül) az eleveniszapos biológiára vezetik. A dob-szűrőről lekerülő „finomabb” szerkezetű rácsszemetet (>2–4 cm) és az üledékleválasztó hidrociklon dómjában összegyűlt zsíros uszadékot rácsszemétpréssel víztelenítik. Az előmechanikai tisztítás alapvetően két gépi berendezésre, a finom dob-szűrőre és az uszadék- és üledékleválasztó hidrociklonra épül. Az üledékleválasztó hidrociklon szétválasztja a zsíros uszadékot és homokot.

A fentiekben ismertetett előmechanikai tisztító rendszer előnyei:

- a rendszer könnyen automatizálható,
- a berendezés beruházási költsége a hagyományos beépített műtárgyakhoz képest 25-30%-kal alacsonyabb,
- nincs szükség különálló beton műtárgyak építésére,
- a finom szűrők leválasztási (lebegőanyagra) hatásfoka 20-25%,
- alacsony helyigény a hagyományos beton műtárgyakhoz képest (a helyigény 50%-kal kisebb),
- az üzemeltetési költség kb. 25%-kal alacsonyabb, mint a hagyományos előtisztítási technológiánál,
- a biológiailag nehezen bontható uszadék- és habzasképződésre hajlamos anyagok mennyisége jelentősen csökken,
- a nagyfokú előregyárthatóság csökkenti a helyszíni szerelés időigényét.

A hazai viszonyokat alapul véve a csapadékvíz-gazdálkodás területén az egyik legfontosabb feladat az egyesített és az elválasztó rendszerű csatornahálózatot használó szennyvíztisztító telepek záporvíz-kezelésének megoldása. A zöld növényzettel beültetett területekről távozó csapadékvíz mennyiség csak töredéke a betonozott felületekről távozó vízmennyiségnek. A zöld területekről éves átlagban a csapadékvíznek kb. 5-10%-a folyik le a felszínen. A zöld infrastruktúra alkalmazása kirekeszti az esővíz egy részét a városi csapadékrendszerből és csökkenti a városi felületeken képződő, tisztítás nélkül a csatornarendszerbe befolyó csapadékvíz mennyiségét. Belátható, hogy az egyesített csatornarendszernél a zöld felületek alkalmazása nem oldja meg a nagy betonfelületekről lezúduló csapadék elvezetési és tisztítási kérdését, de nagymértékben segítheti.

Az egyesített csatornarendszernél a csapadékvíz kezelésére eredményesen alkalmazható a nagy szűrőkapacitású, hagyományos dob-szűrő (Ø 3,0 mm palástfuratú), amely az alakos-anyag (rác-szemét, csatorna-üledék) hulladék 90%-os leválasztását biztosítja.

SUMMARY

The purpose of mechanical cleaning:

- to remove coarse contaminants of larger size (stone fragments, rag and thread-like materials, plastic waste, etc.). Most of these materials do not require biodegradation, but they have in common that without removal they would disrupt the operation of the treatment plant and cause serious operational, maintenance and other problems.
- the additional cleaning technology (sand traps, grease and oil traps, pre-settling tanks) is designed to protect the mechanical equipment (pumps),
- the preparation of waste water for biological treatment (flocking, sedimentation, grease and oil separation) following pre-mechanical treatment.

Due to new treatment requirements and operational safety, the construction of stone traps, coarse and/or fine screening, sand traps and grease-oil traps is now required for both small and large wastewater treatment plants. The need for a stone trap is not yet generally accepted, although it is of great importance for the protection of the screening and sand trap.

In the treatment of municipal wastewater, primary pre-treatment processes remove about 25 to 30 percent of the organic load and virtually all inorganic solids. Of the total suspended solids, the screening removes 2 to 5 %, the grit trap 10 to 20 % and the pre-sedimentation 40 to 50 %. Pre-settling can achieve 33 - 35 % COD and BOI removal. The majority of pollutants in municipal wastewater are present in dissolved, suspended and colloidal form. A significant amount of suspended and colloidal matter can be removed by chemical flocculation and sedimentation or flotation. In addition to chemical dosing, flotation removes suspended solids with an efficiency of 70 - 90 %, COD 20 - 90 % and BOI 20 - 80 %. If a significant proportion of the suspended solids and colloids are removed during pre-treatment, no or minimal energy is required to oxidize them in the bio-oxidation process.

In order to improve the pre-treatment technology for small and medium wastewater treatment plants, JURA-Engineering proposes the following plant and wastewater engineering equipment in technological order: pump-station, water distribution, fine drum filter, float- and sediment separator hydrocyclone, and final water distribution.

Downstream of the final effluent distributor, the effluent is discharged directly (without pre-sedimentation) to the sludge biology. The 'finer' textured grit (>2-4 cm) that is removed from the drum screen and the fatty sludge collected in the hydrocyclone dome of the sediment separator is dewatered by grit pressing. Pre-mechanical cleaning is essentially based on two pieces of mechanical equipment, the fine drum filter (slate funnel 1-2 mm) and the sludge- and sediment separator hydrocyclone. The sedimentation hydrocyclone separates the greasy sludge and sand. The advantages of the pre-mechanical cleaning system described above are:

- the system is easy to automate,
- the investment cost of the equipment is 25 to 30% lower than for conventional built-in equipment,
- no need to build separate concrete structures,
- the separation efficiency of the fine filters (for suspended solids) is 20 - 25 %,
- low space requirements compared to conventional concrete structures (space requirements are 50 % less),
- operating costs about 25% lower than conventional pre-cleaning technology,

- significantly reduces the amount of difficult-to-biodegrade precipitates and foam-forming materials,
- the high degree of prefabrication reduces the time required for on-site installation.

In the field of storm-water management, one of the most important challenges in the domestic context is the treatment of storm-water from separating and combined sewer-system. The amount of storm-water runoff from green vegetated areas is only a fraction of the amount of runoff from paved surfaces. On average, around 5-10% of the rainwater run-off from green areas reaches the surface each year. The use of green infrastructure removes a proportion of rainwater from the urban storm-water system and reduces the amount of storm-water runoff from urban surfaces, that enters the sewer system without treatment. Obviously, the use of green surfaces in the combined sewer system will not solve the issue of drainage and treatment of storm-water runoff from large concrete surfaces, but it can greatly help.

For the treatment of stormwater in combined sewer systems, a conventional drum filter (Ø 3.0 mm with a slotted hole) with a large filter capacity is an effective solution, which ensures 90% separation of deformed material (grit, sewer sludge) waste.

IRODALOMJEGYZÉK

internet 1.: 6-1. Preliminary and Primary Wastewater Treatment Processes. TM 5-814-8.

<http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/c-6.pdf> (letöltés ideje: 2021.03.11.)

internet 2.: Olaj- és zsírleválasztók

<https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2014/november/3503-olaj-es-zsirlevalasztok> (letöltés ideje: 2021.03.16.)

internet 3.: DISSOLVED AIR FLOTATION

<https://www.makwater.com.au/products/dissolved-air-flotation/> (letöltés ideje: 2021.03.11.)

internet 4.: <http://www.nyirsegviz.hu/csapadekviz-ne-keruljon-szennyvizcsatornákba> (letöltés ideje: 2021.04.12.); NYIRSEGVÍZ (Nyíregyháza és Térsége Vízes-csatornamű Zrt.)

internet 5.: Török Sándor (2011): Közműrendszerek, 3. fejezet; Vízi közművek, csatornázás. Szent István Egyetem – https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Kozmuarendszerek/ch03.html#id515619 (letöltés: 2019.06.01.)

internet 6.: <https://www.nap.edu/read/2049/chapter/4#55> (letöltés: 2021.04.15.); STORMWATER AND COMBINED SEWER OVERFLOWS. Managing Wastewater in Coastal Urban Areas (1993). Chapter: 2 KEY ISSUES RELATING TO WASTEWATER AND STORMWATER MANAGEMENT

internet 7.: The assessment of direct emission to surface water in urban areas (PT 6.2/6.3and 7-10)

https://echa.europa.eu/documents/10162/16908203/pt_6_7_8_9_10_assessment_of_direct_emission_surface_water_urban_areas_en.pdf/56073606-24c6-4b77-89ea-bfeec98d5943 (letöltés: 2021.04.02.)

Dulovics Dezsőné (2017): A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai

Stormwater management of settlements are closely intertwined with those of drain- and sewer systems

(166 - 199). In: Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai. Kézirat (Szerk.: Bíró Tibor). Baja, 2017. november 14-15. https://vtk.uni-nke.hu/document/vtk-uni-nke-hu/K%C3%A9zik%C3%B6nyv_csapad%C3%A9k.pdf (letöltés ideje: 2021.04.22.)

Gayer József – Ligetvári Ferenc: Települési Vízgazdálkodás Csapadékvíz-elhelyezés. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 2007, 16-18; 52-58; 90-105; 124-134; 141

Juhász János (2021): a JURA-Mérnökiroda által rendelkezésre bocsátott rajzok és leírások

Karches Tamás, Mátrai Ildikó, Orgoványi Péter, Vadkerti Edit: Csapadékesemény hatása a mozgó ágyas biofilm reaktorokat alkalmazó szennyvízkezelési technológiára. Effect of Stormwater Runoff on Moving Bed Biofilm Reactors in Wastewater Treatment (90-97). In: Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai. Kézirat (Szerk.: Bíró Tibor). Baja, 2017. november 14-15. https://vtk.uni-nke.hu/document/vtk-uni-nke-hu/K%C3%A9zik%C3%B6nyv_csapad%C3%A9k.pdf (letöltés ideje: 2021.04.22.)

Kárpáti Árpád: Vízgazdálkodás – Szennyvíztisztítás, 10. kötet, 2008, 40-43. In: Környezetmérnöki Tudástár (szerk.: Dr. Domokos Endre). A HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 azonosítójú „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” című pályázat keretében. Konzorciumvezető: Pannon Egyetem

Metcalf & Eddy: Wastewater Engineering (Treatment and Reuse). Mc Graw Hill, 2003, 311-326; 384-392.

Mrekva László: A zöld infrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyás-szabályozásában /2. rész/. Role of the green infrastructures in stormwater management and urban runoff control, 142-155 In: Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai. Kézirat (Szerk.: Bíró Tibor). Baja, 2017. november 14-15. https://vtk.uni-nke.hu/document/vtk-uni-nke-hu/K%C3%A9zik%C3%B6nyv_csapad%C3%A9k.pdf (letöltés ideje: 2021.04.22.)

Oelberg Gusztáv (2019): A csapadékvíz-gazdálkodás hazai helyzete és a német nyelvetület gyakorlata. VízműPanoráma, 2019/6, 18-21

Orgoványi, P., Dalkó, I., Vadkerti, E., Bognár, F.: A szennyvíztisztítás alapjai. In: Kis kapacitású szennyvíztisztító létesítmények (szerk.: Karches Tamás), LUDOVIKA Egyetemi Kiadó, 2020, 13-25

Öllös Géza: Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I. Akadémiai Kiadó, 31-69, 1994