

SZAKDOLGOZAT

Szigeti Veronika

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Kert- és Szabadtértervezési Tanszék

Tájrendező és kertépítő mérnöki alapképzési szak

**A szürkevíz hasznosításának tájépítészeti vonatkozásai kertes,
családi házas környezetben**

Belső konzulens:	Vajda Szabolcs PhD egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet; Kertművészeti és Kertépítészeti Tanszék
Készítette:	Szigeti Veronika

**Budai Campus
2024**

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	4
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS, VIZSGÁLAT.....	6
2.1	Fogalommeghatározás	6
	Az ivóvíz és a használati víz.	6
	<i>A használati víz fogalma</i>	6
	Szennyvíz és szürkevíz.	7
	<i>A szürkevíz fogalma</i>	7
2.2	A háztartási szürkevíz helyben történő hasznosítására vonatkozó szabványok és jogszabályok	7
2.2.1	Kitekintés	7
2.2.2	A tisztított szürkevíz hasznosítására vonatkozó európai uniós szabványsorozat ...	9
2.2.3	A szennyvízre (kommunális szürkevízre) vonatkozó szabályozás Magyarországon	11
2.3	A szennyvíztisztítási technológiák alkalmazása a szürkevíz hasznosításban	19
2.3.1	A természetes víztisztulás.....	19
2.3.2	A kommunális szennyvíztisztítás négy fázisa	20
2.3.3	Természetközeli módszerek (NBS) a szennyvíztisztításban.....	21
2.3.4	Az épített szűrőmező	22
2.3.5	A hosszanti átfolyású (HF) szűrőmező alkalmazása a háztartásokban keletkező szürke szennyvíz kezelésében	24
2.4	A szürkevíz hasznosításának céljai és lehetőségei családi házas, kertes lakókörnyezetben	26
2.4.1	Öntözés.....	26
2.4.2	A szürkevíz visszaforgatása WC-öblítésre és ruhák mosására	28
2.4.3	Esővíz-hasznosításával kombinált rendszer	29
2.4.4	FWS mint utótisztító tó, szépítő tó, látványtó. Esztétikai érték.....	29
2.4.5	A komposzt-WC-vel kiegészített szennyvíz-és szürkevíz-hasznosító rendszer	29

2.4.6	Növényalkalmazás. A nádgyökeres szennyvíztisztítástól a waste water garden irányzatig	30
2.5	A megvalósítás feltételei, tervezési szempontok bemutatása - a szürkevíz hasznosítása természetközeli, épített szűrőmezőn keresztül	32
2.5.1	Adottságok vizsgálata	33
2.6	Esettanulmányok	36
3.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	40
3.1	Költségek és megtérülés	40
3.1.1	A lakossági szürkevíz-kezelő rendszerek megtérülése	42
3.2	A szürkevíz-hasznosítás mennyiségi korlátai - Vízmérleg	46
4.	ÖSSZEFOGLALÁS	49
5.	FELHASZNÁLT IRODALOM	51
5.1	Rövidítések jegyzéke	53
6.	TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE	54
7.	MELLÉKLETEK	56
8.	HALLGATÓI NYILATKOZAT	65
9.	KONZULENSI NYILATKOZAT	66

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A klímaváltozás és a túlnépesedés következtében fellépő környezeti változások kezelésében a fenntartható vízgazdálkodási stratégiák kidolgozása és alkalmazása megkerülhetetlenné vált. A vízkészlet szűkössége, illetve az egyre gyakrabban jelentkező szélsőséges csapadékeloszlás miatt kiemelkedően fontos az erőforrással való észszerűbb gazdálkodás, olyan területein is a világnak, ahol ez pár évtizeddel korábban nem volt még szempont.

A fenntarthatóságot előtérbe helyező vízgazdálkodási gyakorlatok léptékük és céljuk szerint széles skálán mozognak. Tárgya lehet az ivóvízzel való takarékoskodás, a gyűjtés, tárolás és újrafelhasználás (pl. esővíz- és szürkevíz-hasznosítás), a települési és tájléptékű vízviisszatartás, az öntözés kérdése, vagy a kommunális, az ipari és a mezőgazdasági szennyvizek tisztítása. A környezetkímélő módszerek azon túl, hogy rendszerben gondolkodva, a körforgásra építve hatékonyabban hasznosítják a vízkészletet, környezet-és természetvédelmi célok eléréséhez is hozzásegítenek.

Megállapítható, hogy a fenntartható vízgazdálkodási módszerek közös vonása a víz helyben tartása, a lefolyás lassítása és a természetben megtalálható folyamatok imitálása kontrollált körülmények között. Gyakran ezek a módszerek technológiai egyszerűséggel és költséghatékonysággal is párosulnak. A természetközeli megoldások alapvető elemei a talaj, a növényzet, valamint a mikroorganizmusok. Példaként hozható fel erre a szennyvíztisztítási technológiából ismert (és a csapadékvíz- és szürkevíz hasznosításban is alkalmazott) „épített szűrőmezős” technológia.

A fenntartható megoldások miközben integrált szemlélettel, rendszerben gondolkozva igyekeznek a problémát megérteni, ugyanakkor a rendszert rugalmasan is kezelik és decentralizálják azt. Ez a megközelítés érvényesül a kommunális szennyvíz felhasználásának újragondolásakor is. A kommunális szennyvíz szelektív gyűjtésével, a fekete szennyvíz és a kevésbé szennyezett szürkevíz szétválasztásával a tisztított szürke szennyvíz újrahasznosítható. Ennek eredményeként csökkenthető az ivóvíz minőségű víz használati vízként történő elpazarlása, illetve csökkenthető a csatornarendszer, a szennyvíztisztítók, valamint a felszíni vizek terhelése is.

Szakdolgozatomban szakirodalmi források és szóbeli közlés alapján, illetve két megvalósult magyarországi példán keresztül azt vizsgáltam meg, hogy a háztartásokban keletkező szürke szennyvíznek milyen hasznosítási lehetőségei vannak. Azokat a megoldásokat helyeztem

fókuszba, ahol a kommunális szürkevíz kezelése a ház környezetében épített szűrőmezőn keresztül, növények alkalmazásával történik. A hasznosításnak igyekeztem a jogi környezetét is bemutatni. A dolgozat záró részében arra kerestem választ, hogy miért találkozunk kevés megvalósult projekttel. A dolgozatom az ipari szürkevizekkel nem foglalkozik. A dolgozat megállapítási kiterjeszthető minden olyan létesítményre, intézményre, lakóközösségre, ahol csak kommunális szennyvíz keletkezik, mivel a hasznosítás célja és technológiája megegyezik, eltérések csak a méretezésben jelentkeznek.

Szennyvíz és szürkevíz.

A szürkevíz fogalma

Napjainkban az egyes szennyvíz típusok megnevezése nem egységes. Az alábbi táblázatban összefoglaltuk a szennyvíz típusok leggyakoribb megnevezéseit, a vizek jellegét, forrását és jellemző minőségét.

2. ábra A háztartásokban keletkező szennyvizek jellemzői és megnevezéseik. (Saját szerkesztés.)

MEGNEVEZÉS	JELLEGE	FORRÁS	MINŐSÉGE	IRODALOM
sárga szennyvíz	vizelet, illetve az öblítővízzel kevert vizelet	Speciális WC	patogén vírus tápanyagok (N, P, szervesanyag)	-
barna szennyvíz	fekália és öblítővize	Speciális WC,	patogén vírus tápanyagok (N, P, szervesanyag)	-
fekete szennyvíz	sárga és a barna szennyvíz együtt	hagyományos WC	patogén vírus tápanyagok (N, P, szervesanyag)	-
szürkevíz	mosása, zuhanyzás-fürdés, kézmosás, mosogatás vizelet	mosógép, fürdőkád, zuhanyzó, mosdó, mosogató, mosogatógép	szervesanyag (zsír, olaj, ételmaradék, haj-és szőrszálak, szövetszálak háztartási tisztítószeres sampon, szappan	-
híg szürkevíz	fürdőkád, zuhanyzó, kézmosó	fürdőkád, zuhanyzó, kézmosó vize	szervesanyagot (haj-és szőrszálak, szövetszálak, háztartási tisztítószeres sampon, szappan	EN 16941-2:2021 európai-magyar szabvány
csapadékvíz	esőzéskor lefolyó víz	tető, út	tápanyagok (N, P, szervesanyag) olaj	-

Azokban az országokban, ahol a szürkevíz felhasználására már született jogi szabályozás, és van a hasznosítására gyakorlat, ott pontosan definiált a fogalom és a határértékek is (pl. BOI₅, KOI, összes lebegő szilárd részecske, nitrogén, foszfor), illetve az engedélyezett felhasználási lehetőségek. A szabályozásokban közös, hogy az egészségügyi kockázat elkerülése érdekében a felhasználó és a szürkevíz közvetlen érintkezésének lehetőségét igyekeznek kizárni vagy annak minimalizálására törekednek, mivel a szürkevízben a mikroorganizmusok jelenléte nem zárható ki.

2.2 A háztartási szürkevíz helyben történő hasznosítására vonatkozó szabványok és jogszabályok

2.2.1 Kitekintés

Világszerte gyűjtik és hasznosítják a szürkevizet. A klímaváltozás következménye, hogy a szárazság által leginkább érintett országokban a szürkevízre mint *értékre és erőforrásra*

(*resource value*) tekintenek (OARD 340-053-0070 2011). Ennek nyomán a 2010-es évektől kezdve számos ország jogalkotásában megjelentek a szürkevízre vonatkozó jogszabályok. A szabályalkotást világszerte közegészségügyi és vízvédelmi megfontolások is ösztönözték, mivel a fizikai vízhiányból fakadóan a lakosság gyakran maga kezdte el ellenőrizhetetlen keretek között hasznosítani a szürkevizet.)

Az USA-ban a 90-es évek óta fokozottan jelentkező vízhiány miatt egyre több tagállam szabályozza a kommunális szürkevíz hasznosítást. A legátfogóbb, - helyben történő hasznosításra vonatkozó - szennyvíz és szürkevíz irányelvekkel (CA-Policy 2011) és előírásokkal a legszárazabb dél-nyugati régió államai (Arizona, Új-Mexikó, Kalifornia és Texas) rendelkeznek, ahol a szabályozás előtt általános volt a szürkevíz öntözési célú, illegális felhasználása.

Florida állam előírásai a szürkevíz felhasználása tekintetében szigorúbbak, – a szűrést és fertőtlenítést követően – a használati víz csak WC-és piszoár öblítésére használható fel, valamint azt növényi alapú színező festékkel is jelölni kell.

Példaként említem Oregon és Kalifornia állam szürkevíz-szabályozását, amelyek közérthető és gyakorlatias útmutatást nyújtanak mind a hatóságok, mind a tervezők, kivitelezők, és a tulajdonosok számára, illetve lépésről lépésre támogatják a teljes tervezési és engedélyezési folyamat végigvitelét. A szabályozások meghatározzák a szennyvízkezelő rendszerek építésének, módosításának, javításának, üzemeltetésének és karbantartásának követelményeit. Ennek illusztrálására az oregoni szabályozás néhány elemét mutatom be. Az oregoni szabályozásban egy-egy részletesen kidolgozott és világosan megfogalmazott jogszabály-csomag vonatkozik az „egyedi szennyvízkezelő rendszerekre” és a „szürkevíz hasznosító és elhelyező rendszerekre”¹. A jogszabályi melléklet műszaki adatai hasznos tervezési segédletként is szolgálnak². A szürkevíz szabályozásába olyan új fogalmak is bekerültek, mint például a *mulcs* vagy a *landscape pond*, ami lehet egy *golfpálya épített tava* vagy egy akár egy *halastó* is. Az oregoni előírások a tisztított szürkevizet három minőségi osztályba sorolják, ami összhangban áll a jelenlegi „hasznosítási trenddel”, hiszen a felhasználási céltól függően a használati víz minőségi követelményei is eltérhetnek.

¹ Oregon Administrative Code: Division 340-071 - ONSITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS (OAR 340-071, é. n.) és Oregon Administrative Code: Division 340-053 - GRAYWATER REUSE AND DISPOSAL SYSTEMS (OAR 340-053, é. n.)
California Plumbing Code Ch.15. ALTERNATE WATER SOURCES FOR NONPOTABLE APPLICATIONS (CPC 2022)
Caloifornia Green Building Standards Code, Ch.5, Division 5.3.

² Mellékletek (OAR 340-071-0800 Tables, é. n.)

Az oregoni és kaliforniai tervezési, engedélyeztetési és megvalósítási eljárások kapcsán szembetűnő, hogy a szabályozás mennyire pontosan igazodik a valós igényekhez, valamint, hogy milyen erős intézményi és adminisztratív támogatás segíti a projektek létrejöttét és fenntartását. Mindez hozzájárul ahhoz, hogy gyakorlatban jól működő, biztonságos és hosszú távon fenntartható megoldások szülessenek. Ennek része a feladatok nevesítése és szereplőkhöz rendelése, a kommunikáció, a szereplők összekötése, az útmutatók készítése, frissítése és edukáció. Oregon szürkevíz-szabályozásának jogszabályban megfogalmazott célja, hogy előmozdítsa (*encourage*) a szürkevíz hasznos felhasználását (*for beneficial use*), ezáltal csökkentve az ivóvízkészletre nehezedő nyomást, valamint óvva ezzel a felszíni és felszín alatti vizeket³. A jogszabályokban ez a konstruktív szemlélet tükröződik vissza.

3. ábra Szürkevíz típusok. Oregon állam szürkevíz-osztályozása .Forrás:(DEQ 2024)

Szürkevíz-típusok (Oregon)	1.típusú szürkevíz	2.típusú szürkevíz	3.típusú szürkevíz
Kezelési fokozat	Kezeletlen vagy elsőfokú kezelés: mechanikai tisztítás a (zsírok, olajok, szilárd részecskék eltávolítására). A mosogatóvizet tisztítani kell első fokon.	Elsőfokú mechanikai tisztítás után biológiai (pl szűrőmező) vagy kémiai tisztítás.	Fertőtlenített 2.típusú szürkevíz.
Választott felhasználási cél	Felszín alatti öntözés. Felszíni öntözés csak mulcs vagy kavicsstakarással (min. 5cm vastag réteg alatt).	felszín alatti öntözés csepegtető öntözés kerti tó komposzt nedvesítése	Szórófejes öntözés vagy portalánított
Vízhozam	<300 gallon/ nap	<1200 a gallon/ nap	<1200 a gallon/ nap
Tárolás	maximum 24 óra		
Élelmezésegészségügyi követelmények	Öntözött területen a gyökérnövényeket ne fogyasszuk.	Öntözött területre hullott gyümölcsöt, gyökérzöldséget ne fogyasszuk.	
Területi adottságok, lejtés, talaj, vegetáció szomszéd	maximum 45 fok	maximum 45 fok	

2.2.2 A tisztított szürkevíz hasznosítására vonatkozó európai uniós szabványsorozat

AZ EURÓPAI PARLAMENT és a TANÁCS 2021/741 rendelete a mezőgazdasági öntözés céljából visszanyert víz integrált vízgazdálkodás keretében megvalósuló biztonságos felhasználása érdekében a víz minőségére és ellenőrzésére vonatkozó minimumkövetelményeket, valamint kockázatkezelésre vonatkozó rendelkezéseket állapít meg. Itt kerül definiálásra:

³ OAR 340-053-0070

viSSZanyert víz fogalma, amely a jövőben alapot jelenthet a szürkevíz hasznosításának szabályozásához.

Az Európai Unió a közelmúltban alkotta meg a kommunális felhasználású használati vizekre vonatkozó szabványokat:

EN 16941-1:2018 (2015) On-site non-potable water systems – Part 1: Systems for the use of rainwater

EN 16941-2:2021 (2017) On-site non-potable water systems - Part 2: Systems for the use of treated greywater

Az első rész az esővíz-hasznosítással foglalkozik, a második rész a szürkevíz hasznosítását szabályozza. A szabványok hivatalos magyar fordítása jelenleg még nem készült el, a 2. rész címe nem hivatalosan: *A keletkezés helyén hasznosított használati víz-ellátó rendszerek – 2. rész: Tisztított szürkevíz-hasznosító rendszerek (EN 16941-2, 2021)*

Az EN 16941-2:2021 szabvány a fogalmak tisztázását kövözően a *kezelt (tisztított) szürkevíz* helyben történő hasznosításának alapvető minimális műszaki követelményeit fekteti le. Kitér a rendszerek tervezésére, méretezésére, létesítésére és fenntartására.

A szabványnak nem tárgya a mezőgazdasági és ipari célú hasznosítás, az ivóvíz minőségű tisztított szürkevíz előállítása, valamint a hűtési célú és a hőszivattyús energiaújrahasznosítás.

A szabvány a szürkevíz-hasznosítást elsősorban a WC-öblítésre, kertöntözésre, mosásra és egyéb tisztítási célokra javasolja.

A szabványok minden használati víz hasznosító rendszert négy, fő működési funkció alapján ír le:

- gyűjtés (collection),
- tisztítás (treatment),
- tárolás (storage),
- elosztás (distribution).

A felsorolt négy eljárás közül legalább egyet alkalmazni kell. A tisztítási fokozat kiválasztása a gyűjtött szürkevíz minőségétől és annak a felhasználási céljától függ.

- a) ülepités/flotálás, pl. ülepitő medencékben;
- b) szűrés, pl. nagyobb szemcseméretű, szilárd anyagok;
- c) mechanikai finomszűrés, pl. membránszűrés;
- d) biológiai tisztítás pl. levegőztetés;
- e) kémiai kezelés, pl. kicsapatas;

f) fertőtlenítés, pl UV-fény.

A szabvány D.1-4 táblázatai a szürkevízzel szemben támasztott minimális minőségi követelményeket tartalmazzák. Felszín feletti, spray típusú vízhasználatok esetén a bakteriológiai vizsgálatot a *Legionella pneumophila* baktériumra is el kell végezni. Más vízfelhasználás esetében (locsolás, WC-öblítés, mosógépben való mosás) kiemelten vizsgálandók a coliformok.

A szürkevíz-hasznosító rendszer semmilyen módon nem köthető össze a közműves vízhálózattal.

2.2.3 A szennyvízre (kommunális szürkevízre) vonatkozó szabályozás Magyarországon

A magyar állami szabályozásból hiányoznak a szürkevízre vonatkozó jogszabályok, valamint a differenciát szennyvízgyűjtésre és hasznosítására vonatkozó előírások, ezért a hazai jogi környezet megnehezíti a háztartási szürkevíz hasznosítását.

A jogszabályok nem határozzák meg a szürkevíz fogalmát, emiatt a háztartásokban keletkező szürkevízre a kommunális szennyvízkezelés előírásai vonatkoznak. Ugyanakkor léteznek rendelkezések az egyedi, decentralizált szennyvízkezeléssel kapcsolatban. Amennyiben a szürkevizet szelektíven szeretnénk gyűjteni, tárolni és hasznosítani, ezekből a decentralizált szennyvízkezelésre vonatkozó jogszabályokból érdemes kiindulnunk.

A magyar jogszabályban jelenleg a mezőgazdasági hasznosítás kontextusában jelenik meg: az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályait rögzíti.

A 147/2010. (IV. 21.) Korm. rendelet több alapvető fogalmat definiál az egyedi szennyvízkezeléssel kapcsolatban, például: *egyedi szennyvíztisztítás, egyedi szennyvíztisztító berendezés, egyedi zárt szennyvíztároló, szennyvíz-befogadó, természetközeli szennyvíztisztítás, valamint tisztítómezővel ellátott oldómedencés létesítmény.*

Szintén előrelépés, hogy települési viszonylatban is megjelennek az új fogalmak, a 30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet 2023-as módosításába szintén bekerült a *visszanyert víz, illetve a tisztított víz fogalma, és hasznosításuk elvi, nem meghatározott célú lehetősége.*

A 7/2023. (I.12) Korm. rendelet a tisztított szennyvíz öntözési célú felhasználásának minimumkövetelményeit állapítja meg.

Szennyvízelvezetési agglomerációk:

Az Európai Közösség 91/271/EGK irányelve (*Szennyvíz Irányelv*) a települési szennyvizek kezelését szabályozza. A Szennyvíz Irányelv 2000 lakosegyenérték (LE) szennyezőanyag-terhelés felett kötelező feladatként írja elő a tagállamok részére a települések szennyvizeinek gyűjtését és tisztítását, és a szennyvíz kezelési agglomerációk kijelölését. 2000 LE feletti településeken a lehatárolt agglomeráción belül előírás a csatornahálózat kiépítése és a rákötés, míg az agglomerációs határon kívül eső településrészekben a gyűjtőhálózat kiépítése nem kötelező, és egyedi szennyvízkezelési módszerek is javasoltak. Az 91/271/EGK Irányelv *Nemzeti Megvalósítási Programjáról* két évente érhető el frissített Tájékoztató (Belügym. 2024).

„Az Irányelv „kimondja egyúttal, hogy a nagyobb települések esetében is figyelembe kell venni, hogy a központi szennyvízcsatorna rendszer kiépítése indokolt-e környezeti és anyagi szempontokkal, és ha nem, akkor más megoldást kell alkalmazni, mellyel hasonló szinten valósul meg a környezet védelme. A tisztított vizet lehetőség szerint az adott területen újra felhasználhatóvá kell tenni” (ÖkoTEch 2012, 6).

Az *Irányelv*hez kapcsolódik a 26/2002. (II.27.) Korm.r. a Megvalósítási Programmal összefüggő szennyvízelvezetési agglomerációk lehatárolásáról. „Szennyvízelvezetési agglomerációnak számít alapértelmezésben minden 2000 LE nagyobb település. Azonban ezek esetében is igaz, hogy szennyvízelvezető csatornarendszert *csak a gazdaságossági határig kell kiépíteni*” (ÖkoTEch 2012, 8).

26/2002.Korm.r.(II. 27.) 4. *Műszaki, gazdasági szempontok és követelmények*

4.1.alapján a szennyvízelvezetési agglomeráción belül alapvetően vizsgálni kell a laksűrűséget annak érdekében, hogy csak azokon a területeken valósuljon meg a szennyvizek szennyvízcsatornával történő összegyűjtése, ahol a népesség, illetve a gazdasági tevékenység kellő mértékben koncentrált. Ahol a szennyvízcsatornázás túlzott költséggel járna, vagy nem járna különösebb környezeti haszonnal, ott egyéb, költségkímélő megoldásokat kell alkalmazni. A későbbiekben ezek az *egyedi szennyvíztisztításra lehatárolt területek*. A lehatárolás módszertana a fenti kormányrendeletben található.

A Víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény 55. § (1) és (2) bekezdése alapján *rákötési kötelezettség áll fenn* annál az ingatlantulajdonosnál, akinél az ingatlan használata rendszeres emberi tartózkodáshoz kötődik és a közműves szennyvízelvezetés és -tisztítás biztosításához szükséges víziközmű-rendszer a közterületen az ingatlanról műszakilag elérhető módon kiépült és műszakilag rendelkezésre áll (Belügym. 2024, 7).” azaz ahol adott a rákötési

lehetőség, ott a kötelezettség a 2000 LE alatti ingatlanokra is vonatkozik, lsd. alább részletesen: egyedi szennyvíztisztítás 147/2010. (IV. 21.) Korm.r. III.13., 24.§.

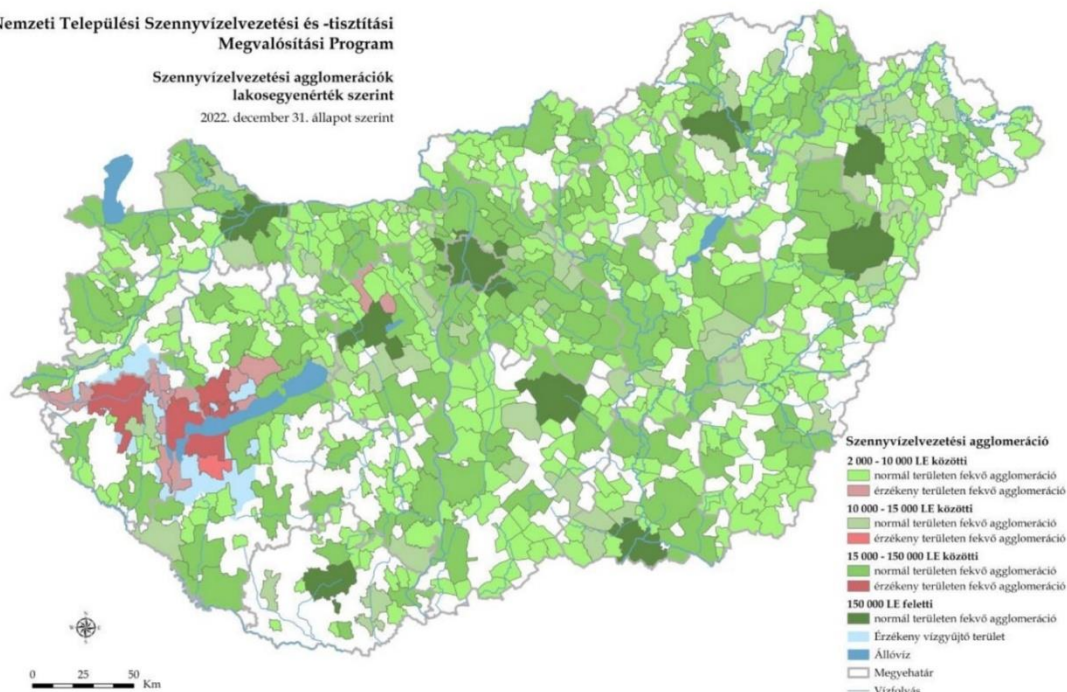
„A rákötések elősegítésére irányul a környezetterhelési díjról szóló 2003. évi LXXXIX. törvény 11.§ (1) bekezdése, mely alapján a *talajterhelési díjfizetési kötelezettség* terheli azt a kibocsátót, aki a műszakilag rendelkezésre álló közcsatornára nem köt rá és helyi vízgazdálkodási hatósági, illetve vízjogi engedélyezés hatálya alá tartozó szennyvízelhelyezést - ideértve az egyedi zárt szennyvíztárolót is – alkalmaz” (Belügym. 2024, 7).

2003. évi LXXXIX. törvény 11.§ (2) szerint „*Nem terheli díjfizetési kötelezettség* azt a kibocsátót, aki külön jogszabályok szerint egyedi szennyvízelhelyezési kislétesítményt, illetve egyedi szennyvíztisztító kisberendezést alkalmaz és a kibocsátás közvetlen környezetében a kibocsátó által létesített megfigyelő objektumban a talajjal kapcsolatban lévő felszín alatti vízben a kibocsátó által *évente vizsgált nitrát, ammónium, szulfát, klorid tartalom* egyik komponens tekintetében sem haladja meg 20%-kal a 2005. évben, illetve a közcsatorna üzembe helyezését követő hónapban végzett alapállapot felmérés keretében mért értékeket”.

Az évenkénti kötelező (statisztikai) *adatszolgáltatással* kapcsolatos információkat a 379/2015. (XII. 8.) Korm. rendelet 2. sz. melléklete tartalmazza („Adatszolgáltatás a települések szennyvízelvezetéséről, a szennyvíztisztításáról, az egyedi zárt szennyvíztárolókról és az egyedi szennyvíztisztító létesítményekről”). Az évenkénti ellenőrzés jegyzői vagy vízügyi hatósági jogkör. „Az adatok regisztrációja „a TSONline információs rendszeren keresztül történik” (Belügym. 2024, 8).

379/2015.(XII.8.) Korm.rendelet rendelkezik arról, hogy mely esetekben alkalmazhatók alternatív tisztítási módok (egyedi vagy programszerű): „ahol a szennyvízcsatornázás túlzott költséggel járna, vagy az előírt vagy kívánatos környezetvédelmi paraméterek egyéb műszaki megoldással is biztosíthatóak, ott egyéb, költségkímélő megoldásokat is lehet alkalmazni”.

Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási
Megvalósítási Program
Szennyvízelvezetési agglomerációk
lakosegyenérték szerint
2022. december 31. állapot szerint



4. ábrát. A térkép Magyarország szennyvízelvezetési agglomerációit mutatja be LE besorolás szerint. (Belügym. 2024, 12). A 2000 LE alatti, EU-s kötelezettség nélkül agglomerációk száma 238 db, a települési szennyvíz-agglomerációk összes szennyvízterhelésének 1,6%-ot jelentik. (Belügym. 2024, 8).

Az egyedi szennyvíztisztításra vonatkozó szabályozás:

Az egyedi szennyvíztisztításra vonatkozó szabályozást a települési szennyvízkezelési programon belül a 147/2010. (IV. 21.) Korm.r. rendelet tartalmazza, amelyet 2016-ban módosítottak.

24. § (1) (2016). Az egyedi szennyvíztisztításra lehatárolt területek közé tartoznak:

- a) az agglomerációba [...] *nem tartozó települések*, illetve *településrészek, lakott területek*,
- b) az agglomerációba tartozó települések azon részei, ahol közműves szennyvízelvezető művek létesítése a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programmal összefüggő szennyvízelvezetési agglomerációk lehatárolásáról szóló kormányrendelet szerint nem indokolt.

(2) (2016). Az egyedi szennyvíztisztításra lehatárolt területeken a szennyvíz keletkezésével érintett ingatlan tulajdonosa köteles gondoskodni a szennyvíz egyedi tisztításáról és ártalommentes elhelyezéséről olyan módon, hogy a szennyvíz elhelyezése ellenőrizhetően nem eredményezheti a felszíni és a felszín alatti vizek minőségi és mennyiségi állapotának romlását.

(3) (2016). *Ha az ingatlant határoló közterületen a szennyvízelvezető mű műszakilag elérhető és rendelkezésre áll a megfelelő szennyvíztisztító-telepi kapacitás, akkor*

a) *jelen rendelkezés hatálybalépésétől számítva új szennyvízkezelő berendezés nem telepíthető;*
b) *a jelen rendelkezés hatálybalépését megelőzően telepített hatósági engedéllyel rendelkező egyedi szennyvízkezelő berendezés engedélye érvényességi idejének lejártát követően a mű üzemeltetője köteles a vízközmű-szolgáltatást igénybe venni.*

a 72/1996.(V.22.) sz. vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról szóló Korm.rendelet szintén rendelkezik arról, hogy a kizárólag háztartási szennyvíz tisztítását és a tisztított szennyvíz elszikkasztását szolgáló vízilétesítmény telepítése mely esetekben engedélyezhető:

- az ingatlan mentén a szennyvízelvezető törzshálózat még nem épült ki
- *az ingatlannak a megvalósított közműbe történő bekötése – a megvalósítás műszaki költségeihez képest – aránytalanul nagy költséggel jár*
- a szikkasztásra a talaj alkalmas, a talajvízháztartást kedvezőtlenül nem befolyásolja a talajt, a talajvizet, egyéb felszín alatti vizet vagy más befogadót károsan nem szennyez, és elszennyeződéssel nem veszélyeztet
- a szennyvíz elhelyezése vízgazdálkodási, közegészségügyi, környezetvédelmi vagy egyéb érdeket nem sért, és megfelel az építmények kialakítására és elhelyezésére vonatkozó jogszabályoknak.

Az *egyedi szennyvíztisztítás* fogalma (147/2010. (IV.21.) Korm.r.endelt: olyan egyedi szennyvíztisztító létesítmények alkalmazása, amelyek legalább 1, legfeljebb 50 lakosegyenérték szennyvízterhelésnek megfelelő települési szennyvíz tisztítását, végső elhelyezését, illetve átmeneti gyűjtését, tárolását szolgálják.

Az *egyedi szennyvíztisztító létesítmények* típusai:

-*Tisztítómezővel ellátott oldómedencés létesítmény:* olyan oldómedencéből és tisztítómezőből álló vízilétesítmény, amely a települési szennyvizek nem közműves elvezetésére és elhelyezésére szolgál, és amely a szennyezőanyagok anaerob lebontását energiabevitel nélkül végzi,

- *Egyedi szennyvíztisztító berendezés:* olyan vízilétesítmény, amely a települési szennyvizek nem közműves, biológiai tisztítását energiabevitel segítségével végzi.

Létesítésük történhet:egyedileg vagy programszerűen (amennyiben a települési önkormányzat által elfogadott és a vízügyi hatóság által jóváhagyott TSZP (Települési Szennyvíz Program) azt lehetővé teszi.

Programszerűen telepített egyedi szennyvíztisztításra lehatárolt területek:

- olyan települések, amelyek a 91/271/EGK Irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjának nem részei, illetve nem rendelkeznek a 379/2015 Korm.r. agglomerációs jóváhagyásával.
- az agglomerációba tartozó *települések azon részei*, ahol közműves szennyvízelvezető művek létesítése nem indokolt (EU-előírás szerint nem az agglomeráció része) 379/2015.(XII.8.)

Az egyedi szennyvíztisztító létesítmények üzemeltetése:

Az egyedi szennyvíztisztítók üzemeltetésével kapcsolatos szabályozást a 147/2010. (IV. 21.) Korm.rendelet . III.13.(27-28.§) tartalmazza. A jogszabály rendelkezik az üzemeltető tulajdonos (vagy a működtető felelős szolgáltató) üzemeltetési felelősségéről, az üzemeltetési szabályzatról, a rendszeres helyszíni szemléről, a szükséges karbantartási munkák elvégzéséről, üzemnapló vezetéséről, valamint a mintavételi és analitikai vizsgálat rendjéről.

Az analitikai vizsgálat rendje: egyedi telepítésnél, ha a kibocsátás meghaladja az 500 m³/év mennyiséget, évente mintavételt és analitikai vizsgálatot kell végezni. „Programszerű telepítés esetén évente legalább az egyedi szennyvíztisztító létesítmények 20%-ánál a mintavételt és az analitikai vizsgálatot el kell végezni úgy, hogy valamennyi létesítmény legalább 5 évente bekerüljön a mintavételi és analitikai és vizsgálati elemzésbe.” Egyedi szennyvíztisztító berendezések egyedi telepítése esetében 500 m³/év alatti kibocsátás esetén háromévente kötelező az analitikai vizsgálat, amit a tulajdonos a települési önkormányzat jegyzőjének átadni köteles. Egyedi telepítésnél, 500 m³/év felett az évenkénti vizsgálat kötelező.

Határértékek:

A 30/2008. KvVM rendelet 4.sz mellékletben (2012) található az egyedi szennyvízkezelő létesítmények által kibocsátott tisztított szennyvíz határértékei. A rendelet nem terjed ki a szürkevíz és szennyvíz minőség-ellenőrzésében általánosan elfogadott BOI₅ (biológiai oxigénigény) vizsgálatára, amely a vízben található biológiailag bontható anyagok mennyiségének mérésére szolgáló paraméter.

A 30/2008 KvVM rendelet 16. § (4) alapján a nem közművel összegyűjtött háztartási szennyvíz fogadása során annak mennyiségét, minőségét és származási helyét dokumentálni kell.

6/A. § (1) [...] egyedi szennyvízkezelő létesítményt akkor lehet létesíteni, ha az biztosítja, hogy a tisztított szennyvíz szennyezőanyag-tartalma nem haladja meg a 4. számú mellékletben meghatározott mértéket.

4. számú melléklet a 30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelethez *

Az egyedi szennyvízkezelő létesítmény által kibocsátott tisztított szennyvíz határértékei

1. Egyedi szennyvízkezelő berendezésből felszíni vízbe történő bevezetés

Sorszám	Szennyezőanyagok	Mértékegység	Mintavétel típusa	Felszíni vízbe történő bevezetés esetén határérték
1.	Dikromátos oxigénfogyás KOI_k	mg/l	minősített pontminta	150
2.	Ammónia-ammónium-nitrogén NH_4-N	mg/l	minősített pontminta	40

2. Egyedi szennyvízkezelő létesítményből földtani közegbe történő bevezetés

Sorszám	Szennyezőanyagok	Mértékegység	Mintavétel típusa	Földtani közegbe történő bevezetés esetén határérték felszín alatti víz szempontjából	
				fokozottan érzékeny és magas talajvízállású területen	nem fokozottan érzékeny területen ⁽¹⁾
1.	Dikromátos oxigén-fogyasztás KOI_k	mg/l	minősített pontminta	–	150
			24 órás átlagminta	75	100
2.	Ammónia-ammónium-nitrogén NH_4-N	mg/l	minősített pontminta	–	–
			24 órás átlagminta	10	–
3.	Összes szerves nitrogén ON_{asv}	mg/l	minősített pontminta	–	–
			24 órás átlagminta	25	–

(1) A mintavétel típusa vagylagosan írható elő, egy-egy paraméterre mindkettő együtt nem alkalmazható.

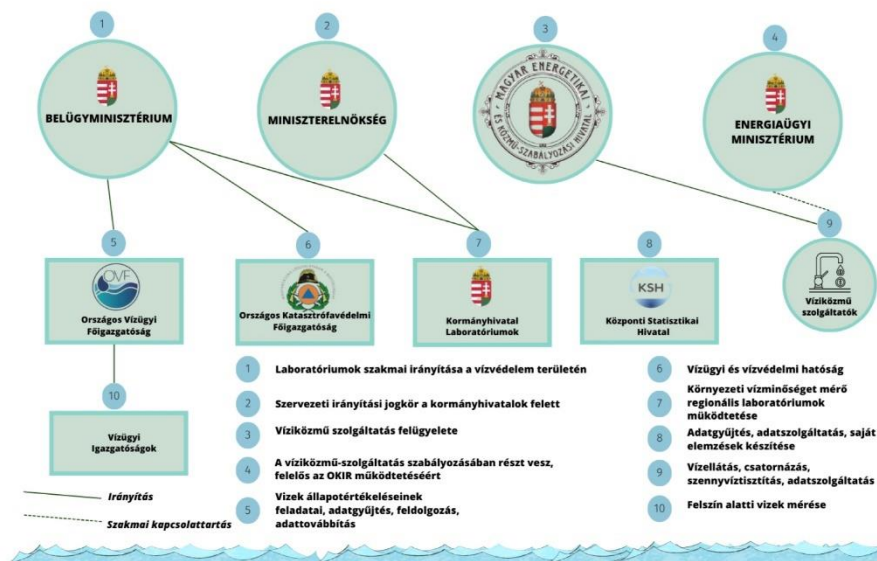
ábra5. tábl6. ábra 30/2008. KvVM rendelet 4.sz melléklete: az egyedi szennyvízkezelő létesítmény által kibocsátott tisztított szennyvíz határértékei

A tisztított szennyvíz szennyezőanyag-határértékeit egy másik jogszabály, a 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet is szabályozza. A paraméterek között szerepel a BOI_5 , a KOI és az $ÖP$ (össz.foszfor) is azonban ennek a rendeletnek hatálya nem terjed ki az egyedi házi szennyvízkibocsátásra, 30. .

Vízminőség ellenőrzése:

A magyar vízügyi monitoringrendszer szétagolt. „A vízügy korábban egységes irányítása jelenleg több minisztérium; így az Energiaügyi Minisztérium és az Agrárminisztérium kompetenciájába tartozik, a laboratóriumi hálózat a kormányhivatalok alá rendelten a Miniszterelnökség fenntartásában működik. Az intézményi szétagoltság hátráltathatja a vízminőségi monitoring rendszer optimális működését” A laboratóriumok erőforráshiányosak (ÁSZ 2023, 6). A víz-monitoring intézményrendszeri felépítését a 7. ábra illusztrálja, a közelmúlttól az OVF már az Energiaügyi Minisztérium alá tartozik.

közelmúlttól az OVF már az Energiaügyi Minisztérium alá tartozik.
A monitoring tevékenységben érintett szervezetek



7. ábra A magyar vízmonitoring-rendszer. Az ábra jól illusztrálja az intézményrendszer szétagoltságát. Az OVF jelenleg már az Energiaügy alá tartozik. Forrás: (ÁSZ 2023, 19).

Engedélyezés. A vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlása:

A vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlását a 72/1996. (V. 22.) Korm. rendelet szabályozza. A vízgazdálkodásról szóló törvényben (a továbbiakban: Vgtv.), valamint az e rendeletben meghatározott, vízgazdálkodással összefüggő vízügyi hatósági jogkört – ha törvény vagy kormányrendelet eltérően nem rendelkezik – a *területi vízügyi hatóság* gyakorolja (2024.X.1-től hatályos módosítás).

A helyi vízgazdálkodási hatósági jogkört első fokon a települési önkormányzat *jegyzője*, másodfokon a fővárosi és vármegyei kormányhivatal gyakorolja. Felügyeleti szervként a fővárosi és vármegyei kormányhivatal jár el. A települési önkormányzat jegyzőjének engedélye szükséges:

24. § (1c) az $500 \text{ m}^3/\text{év}$ mennyiséget meg nem haladó, kizárólag háztartási szennyvíz tisztítását és a tisztított szennyvíz elszikkasztását szolgáló vízilétesítmény létesítéséhez, üzemeltetéséhez, fennmaradásához, átalakításához és megszüntetéséhez, kivéve, ha a vízilétesítmény telepítése európai uniós vagy hazai költségvetési forrásból programszerűen, vízvédelmi célú beruházás keretében valósul meg a szennyvízkezelő berendezés CE megfelelőségi jelöléssel rendelkezik.

2.3 A szennyvíztisztítási technológiák alkalmazása a szürkevíz hasznosításban

A szürkevíz tisztítása a szennyvíztisztítási technológiák alapelveire épül. Az alábbiakban röviden ismertetem a kommunális szennyvíztisztítás főbb szakaszait, kiemelve a másodfokú biológiai tisztításon alapuló természetközeli módszereket, melyeket az foglal össze. A természetközeli eljárásokon belül az épített szűrűmezős (gyökérzónás) megoldások azok, amelyek családi házas, kertes környezetben a magyarországi klimatikus viszonyok között a szürkevíz hasznosítása során leginkább alkalmazhatók.

A kommunális szennyvíztisztítás célja a befogadóba (élővízbe vagy talajba) bocsájtható minőségű víz előállítása. A szürkevíz tisztítása során szintén nem az ivóvíz minőségű víz előállítása a cél, hanem meghatározott hasznosítási célnak megfelelő vízminőség előállítása.

2.3.1 A természetes víztisztulás

Természetes víztisztulás során az aerob és anaerob körülményeket kedvelő heterotróf baktériumok bontják le és hasznosítják a szerves anyagot. A szerves anyagot oxidáló aerob baktériumok az anyagcseréjük révén CO_2 -t szabadítanak fel. A CO_2 -t az algák fotoszintézishez használják fel, miközben oxigént termelnek. A magasabb rendű makrofita növények élőhelyet, közeget biztosítanak a baktériumoknak, illetve a gyökerek kis mértékben további oxigént is szállítanak az aerob oxidációs folyamatokhoz a talajba. A mikrobiális lebontás mellett a szerves anyag egy részét a növények hasznosítják, nitrogént és foszfort kötnek meg, és beépítik saját szöveteikbe.

Oxigénhiányos állapotú közegben az anaerob baktériumok veszik át a szerepet, amelyek többek között a nitrogént bontják le (nitrifikáció és denitrifikáció). Az alacsony hőmérséklet nem kedvez a lebontási folyamatnak, továbbá az anaerob lebontás kellemetlen szaggal jár. Ezeket a természetes víztisztulás folyamatokat használja a települési szennyvíztisztítási technológia biológiai tisztítási fázisba, olyan eljárásokat alkalmazva, melyek során mikroorganizmusok (baktériumok, algák stb.) végzik a szervesanyag lebontást, „ásványiasítják, élő sejtanyaggá alakítják a szennyvíz szerves anyagait” (Vermes 2001, 353).

2.3.2 A kommunális szennyvíztisztítás négy fázisa

I. Az elsőfokú vagy mechanikai tisztítás során a fizikailag elkülöníthető, nagyobb lebegő részecskéket választják le szűréssel, ülepitéssel (rácsok, szűrők, kőfogó, homokfogó, ülepitő eljárások alkalmazásával).

II. A másodfokú, biológiai tisztítás lehet természetközeli és mesterséges biológiai tisztítás. Mindkét módszer a természetes víztisztulás biológiai, kémiai folyamatain nyugszik, de területigényben, energiafelhasználásban, speciális szaktudás-igényben, telepítési és üzemeltetési költségek tekintetében eltérnek. A mesterséges biológiai szennyvíztisztítás során „intenzifikált rendszerekben speciális reaktorterekben (medencék), mesterséges levegőbevitellel, iszaprecirkulációval, a nem levegőztetett iszapterek gépi keverésével és esetlegesen vegyszerek adagolásával csökkentik a tápanyagok eltávolításához szükséges kezelőtérfigatigényt” (Pásztor 2004, 1). A természetközeli szennyvízkezelési megoldásokra jellemző a vegyszermentesség és a gravitáció alkalmazása. „Elsősorban megújuló energiákat (napsugárzás, szél) hasznosítanak a levegőztetés (oxigénellátás) biztosítására, így nagyobb kezelőtérfigatigatot igényelnek. Kialakításuknál beton- és acéltartályok helyett természetes tavakat, vagy minimális mennyiségű műanyaggal (HDPE fólia) vízzáróvá tett földmedencéket használnak fel. Betont és vasszerkezetet csak elhanyagolható részarányban a fogadó, előkezelő, valamint a vízelosztó részei igényelnek” (Pásztor 2004, 1) .

1. mesterséges biológiai tisztítási módszerek: fixfilmes (csepegtetőtestes, fluidágyas), eleveniszapos vagy kevert rendszerű szennyvíztisztítás
2. természetes biológiai tisztítási módszerek: tavas szennyvíztisztítás, épített szűrőmezős szennyvíz tisztítási módok, (amelyek mező- vagy erdőgazdasági hasznosítással is összekapcsolhatók, pl. nyárfás vagy fűzfás öntözéses szennyvízhasznosítás), illetve egyéb alternatív szennyvíztisztítási eljárások

I. A harmadfokú, kémiai tisztítás célja a szennyvízben maradt, oldott ásványi anyagok, a foszfor és a nitrogén eltávolítása (Vermes 2001, 353).

II. A legújabb, negyedfokú, kísérleti szakaszban lévő víztisztítási fázis célja a mikroszennyezők, elsősorban a hormonok, gyógyszermaradványok és mikroműanyagok eltávolítása, mely széles körben nem került alkalmazásra.

2.3.3 Természetközeli módszerek (NBS) a szennyvíztisztításban

A természetközeli szennyvíztisztítási módszerek a természetben meglévő folyamatokat másolják, rekonstruálják és teszik hatékonyabbá ellenőrzött, mesterséges körülmények között. A természetközeli módszerek elsődlegesen aszerint csoportosíthatók, hogy a biológiai lebontás közege a víz vagy pedig valamilyen szubsztrátum (szűrőközeg, zúzalék, termőközeg, talaj) (Cross és mtsai. 2021, 16), azaz „vízalapú”, akvatikus vagy „szilárd hordozó alapú”, teresztris-, talaj-rendszerek (Kárpáti és Vermes 2011, 236), (Vermes 2001, 360). A természetközeli tisztítási eljárások széles skálán mozognak, és közöttük találhatók meg azok a megoldások, amelyeket a szürkevíz hasznosításban is alkalmaznak (Cross és mtsai. 2021).

A szilárd hordozó alapú rendszerek a szennyvízszikkasztás, lassú beszivárogtatás (talajszűrés vagy homokszűrés), gyors beszivárogtatás, szennyvízöntözés, gyökérszénás tisztítás. „Az eljárásoknál az üzemi vízszint a felszín alatt van, a tisztítást a hordozón megtelepedett baktériumok végzik” (Kárpáti és Vermes 2011, 237).

„Amint látható, a két fő csoport között folyamatos az átmenet, a vízszintemeléssel eljuthatunk a szilárd hordozójú eljárásoktól a vízalapú eljárásokig. A tisztított szennyvíz minőségének javítása érdekében a tiszta típusok helyett gyakran alkalmaznak kombinált rendszereket (Kárpáti és Vermes 2011, 236–37).”

8. ábra A természetközeli, biológiai szennyvíztisztítási folyamatok csoportosítása aszerint, hogy a tisztítási folyamat a vízben vagy a szűrőközegben megy végbe. Az ábra angol nyelvű előzménye: (Cross és mtsai. 2021). A fordítás Dr. Major Veronika szakmai segítségével készült.

Vízalapú rendszerek (Water-based Systems)				Szubsztrát alapú rendszerek (Substrate-based systems)				
TAVAK (Pondos)	Folyami rehabilitáció (In-Stream Restoration)	Felszíni áramlású gyökérszénás rendszerek (Surface Flow wetlands)	Ponikus technológiák (Ponics technologies)	Talajinfiltrációs rendszerek (Soil-infiltration systems)	Épületalapú rendszerek (Building-based systems)	Zéró-kibocsátású rendszerek (Zero-discharge systems)	Felszín alatti áramlású gyökérszénás rendszerek (Subsurface flow wetlands)	Iszapkezelő gyökérszénás rendszerek Sludge Treatment Reed Beds)
Anaerob (Anaerobic)		Természetes (Natural)	Hidroponikus (Hydroponics)	Lassú áramlású (Slow-rate)	Tetőre telepített gyökérszénás rendszerek (Rooftop TW)	Nyárfás rendszerek (Willow systems)	Függőleges áramlású gyökérszénás rendszerek (Vertical-flow TW)	
Klasszikus (Classical)							Függőleges áramlású VF Vertical-flow(WF)	
Intenzív (High-rate)							Francia VFTW French VFTW CS-TW	
Intenzifikált (Intensified)		Úszó (Floatig)	Akvaponikus (Aquaponics)	Gyors áramlású (Rapid-rate)	Élőfalak (Living Walls)		Vízszintes áramlású gyökérszénás rendszerek (Horizontal-flow TW)	
Felszíni levegőztetett (Surface aerated)								
Aerob (Aerobic)		Szabad vízfelszín (Free water surface)					Intenzifikált nedves területek (Intensified)	
Fakultatív (Facultative)							Levegőztetett (Aerated)	
Érlelő (Maturation)								

							Váltakozó áramlású (Reciprocated) Reaktív közeggel rendelkező gyökérzónás rendszerek (Reactive media in TW)	
--	--	--	--	--	--	--	---	--

2.3.4 Az épített szűrőmező

Az épített szűrőmezős eljárásokban a szennyvíztisztítást növények, mikroorganizmusok és a talaj, közeg természetes biológiai, kémiai és fizikai folyamatai végzik.

A természetközeli szennyvíztisztításban az épített szűrőmezők (constructed wetland vagy treatment wetland) három alapvető típusa különíthető el (Dittrich 2024).

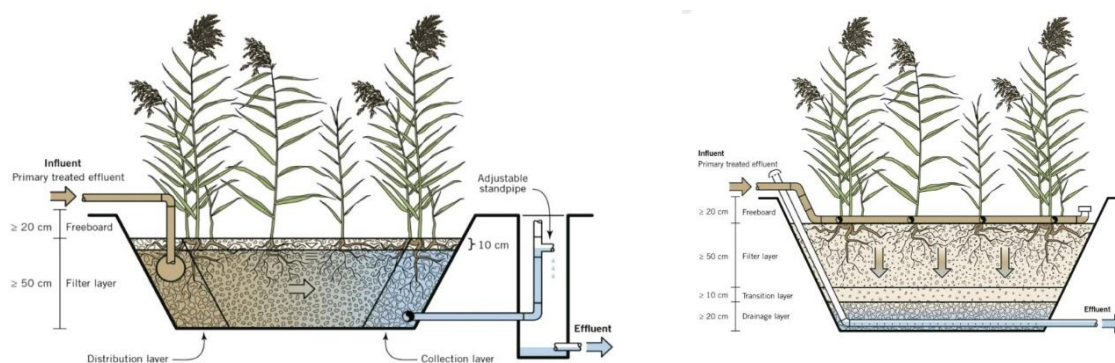
1. *felszíni átfolyású rendszer, (surface flow system), illetve*

2.a. *felszín alatti, hosszanti (subsurface horizontal flow system) átfolyású rendszer és*

2.b. *felszín alatti, vertikális átfolyású rendszer (subsurface vertical flow system).*

A felszíni átfolyású szűrőmező vagy „nádasztó” épített változata a „szabad (nyílt) vízfelszínű szűrőmező FWS (free water surface constructed wetland)” (Pásztor 2004, 4), ami lényegében egy vízinövénnyel erősen benőtt nádas tó. A felszíni átfolyású tisztítási mód a magyarországi hőmérsékleti viszonyoknak nem felel meg, mivel télen, alacsony hőmérsékleten a mikrobiális szennyvíztisztítási folyamatok lelassulnak, ezért csak időszakos tisztítóként lenne működtethető. Így a hazai viszonyok között a felszín alatti átfolyású épített szűrőmezők alkalmazhatók (hosszanti és függőleges átfolyású), melyeknek magyar elnevezése a gyökérzónás, gyökérteresz vagy gyökérmezős szennyvíztisztító.

A felszíni és a felszín alatti átfolyású „csoport között folyamatos az átmenet, a vízszintemeléssel eljuthatunk a szilárd hordozójú eljárásoktól a vízalapú eljárásokig” (Kárpáti és Vermes 2011, 237).



9. ábra Horizontális (HF) és vertikális (VF) átfolyású épített szűrőmező-típusok. Forrás: (Dotro és mtsai. 2017, 50, 70).

A hosszanti (HF) és a függőleges átfolyású (VF) szűrőmezők sokféleképpen kombinálhatók a kívánt tisztítási cél elérése érdekében

- ami például lehet a szerves anyag, foszfor, nitrogén vagy nehézfém eltávolítása. A függőleges átfolyást alapvetően nitrifikációra és jelentős szervesanyag- lebontásra használják.

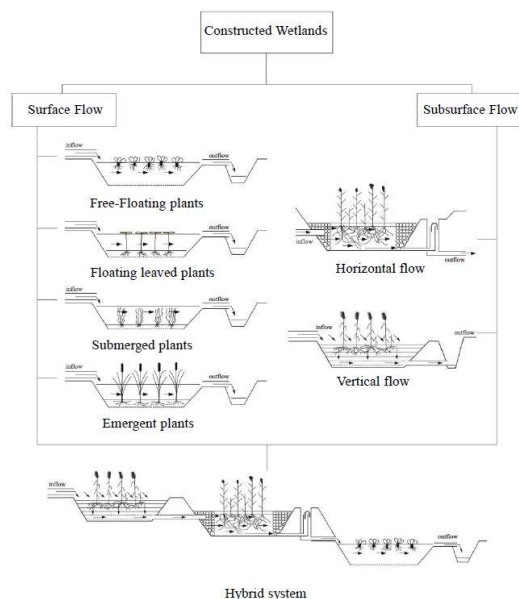
A felszín alatti átfolyású (gyökérmezős) szennyvíztisztítás az egyik legelterjedtebb természetközeli, szennyvíztisztítási technológia, amelyet számos európai országban, az Egyesült Államokban, Ausztráliában, illetve a világnak jelenleg már más tájain is alkalmaznak, illetve folyamatosan fejlesztenek az 1960-as évek vége óta. A több évtized alatt összegyűlt tapasztalatok alapján az állapítható meg, hogy a kommunális szennyvíztisztításban a vertikális átfolyású szűrőmező, és azok kombinációi (VFTW) és az ún. francia vertikális felszín alatti átfolyású szűrőmező (French VFTW) nyújtják a legjobb tisztítási teljesítményt (Nivala és mtsai. 2018, 2415). Nyugat-Európában az önkormányzatok részéről növekvő érdeklődés tapasztalható a gyökérzónás szennyvíztisztítók iránt, mivel megbízhatóan működő, gyorsan telepíthető és könnyen üzemeltethető technológia, az üzemeltetési és karbantartási költségek alacsonyak, valamint az iszapkezelést jelentősen megkönnyítik (különösen a VFTW esetében), nem érzékenyek a terhelésingadozásra, és emellett a tájba is jól illeszthetők.

A hagyományos szennyvíztisztítókkal szemben, ahol a szennyezőanyagokat egy optimalizált műveleti sorrendben célzottan távolítják el, a gyökérzónás tisztítóknál egyidőben zajlik számos lebontási folyamat. A gyökérzónás szennyvíztisztító rendszerek erőssége és egyedisége abban rejlik, hogy egy rendkívül komplex és heterogén „mikroorganizmus-társulás” számára nyújtanak élőhelyet, lehetővé téve az aerob, fakultatív és anaerob lebontási folyamatok egyidejű zajlását.

1. A fizikai folyamatok révén (ülededés, szűrés, adszorpció): nagymértékben csökken a lebegőanyag (TSS) és a kolloid tartalom, és kismértékben a szennyvíz-szerves anyag, a növényi szerves anyag (BOI) és a nehézfém tartalom.
2. A biológiai, biokémiai folyamatok (növényi és bakteriális anyagcsere, enzimatikus reakciók) és kémiai folyamatok (abszorpció, kicsapódás, bomlás) „révén jelentős mértékben csökken a tisztítandó szennyvíz szervesanyag, kolloid, mikroszennyező, nehézfém, illetve növényi tápanyag tartalma, valamint a vírusok és baktériumok mennyisége” (HC, é. n., 4).

Az épített szűrőmezős szennyvíztisztítási eljárások hatékonyan alkalmazhatók különböző szennyvíz-minőségek kezelésére: kommunális szennyvíztisztítás (települési és egyedi), szürke

szennyvíz tisztítás, ipari és mezőgazdasági szennyvizek tisztítása, belterületi csapadékvizek



10. ábra Szűrőmező-kombinációk. Forrás: (Hiraishi és mtsai. 2014, Ch.6.6).

táblázatokban még nem szerepel), **patogének**, Ph.

Main mechanisms for pollutant and pathogen removal in treatment wetlands.	
Parameter	Main removal mechanisms
Suspended solids	Sedimentation, filtration
Organic matter	Sedimentation and filtration for the removal of particulate organic matter, biological degradation (aerobic and/or anaerobic) for the removal of dissolved organic matter
Nitrogen	Ammonification and subsequent nitrification and denitrification, plant uptake and export through biomass harvesting
Phosphorus	Adsorption-precipitation reactions driven by filter media properties, plant uptake and export through biomass harvesting
Pathogens	Sedimentation, filtration, natural die-off, predation (carried out by protozoa and metazoa)

11. ábra Szennyezőanyag-eltávolítási folyamatok a főbb vizsgált indikátorokkal/ paraméterekkel. Forrás:(Dotro és mtsai. 2017, 6).

Typical removal efficiencies of main treatment wetland types.				
Parameters	HF	VF ^a	French VF	FWS
Treatment step (main application)	Secondary	Secondary	Combined primary and secondary	Tertiary
Total Suspended Solids	> 80%	> 90%	> 90%	> 80%
Organic matter (measured as oxygen demand)	> 80%	> 90%	> 90%	> 80%
Ammonia nitrogen	20 – 30%	> 90%	> 90%	> 80%
Total nitrogen	30 – 50%	< 20%	< 20%	30 – 50%
Total phosphorus (long term)	10 – 20%	10 – 20%	10 – 20%	10 – 20%
Coliforms	2 log ₁₀	2 – 4 log ₁₀	1 – 3 log ₁₀	1 log ₁₀

^a Single-stage VF bed, main layer of sand (grain size 0.06 – 4 mm)

12. ábra A főbb szűrőmező-típusok szennyezőanyag-eltávolítási hatékonysága aszennyvízre vizsgálva. Forrás: (Dotro és mtsai. 2017, 4).

2.3.5 A hosszanti átfolyású (HF) szűrőmező alkalmazása a háztartásokban keletkező szürke szennyvíz kezelésében

Mivel a szürkevíz szennyezőanyag-tartalma a kommunális szennyvízhez képest lényegesen alacsonyabb, ezért annak tisztítására a kommunális természetközeli szennyvíztisztítási technológiák megfelelnek. A szürkevíz kezelésében leggyakrabban az I és II. szennyvíztisztítási fokozatok eljárásait (mechanikai és biológiai tisztítási módszereket) alkalmazzák.

Az természetközeli, házi szennyvízkezelésben használt leggyakoribb szűrőmező-típusok:

1. a felszín alatti hosszanti (horizontális) átfolyású rendszerek (HF), illetve a
2. felszín alatti vertikális átfolyású rendszerek (VF).

A függőleges átfolyást alapvetően nitrifikációra és jelentős szervesanyag- lebontásra használják, ezért a kommunális, háztartási szürke szennyvíz tisztítására az egyenes átfolyás is megfelelő, ami olcsóbb és egyszerűbb megoldás a függőleges átfolyásúnál (Dittrich 2024). A háztartásokban keletkező szürkevíz tisztítása kapcsán ezért csak a HF rendszerről írok a továbbiakban.

A 2006-ban megjelent német DWA-A-262 szabvány volt az első Európában, amely a kommunális szennyvíztisztítás gyökérzónás szűrőmezős eljárásainak tervezési irányelveit rögzítette. Az irányelvek frissítésére 2017-ben került sor. A hosszanti átfolyású szűrőmező (HF) a frissített szabványnak már nem tárgya (DWA-A-262 2017). Az új szabványban bemutatott vertikális átfolyású szűrőmező-kombinációk (VF) bizonyítottan jobb kifolyó vízminőséget biztosítanak (Nivala és mtsai. 2018, 2415), ezért a német a kommunális szennyvíztisztításhoz kifejezetten a vertikális szűrőmezők használatát javasolja. A HF szűrőmezőket várhatóan a jövőben is alkalmazni fogják a kevésbé szennyezett vizek, például a szürke- és csapadékvizek kezelésére, illetve háztartási szennyvíz másodfokú biológiai tisztítására vagy utótisztításra a VF szűrőmező után.

A háztartási szennyvíztisztítás során a biológiai szennyvíztisztítás technológiai sorának az egyik fontos eleme a szűrőmező, amely lehet természetközeli vagy művi kialakítású rendszer.

Az alábbi táblázat ismerteti a természetközeli gyökérzónás, illetve a művi szennyvízkezelő kisberendezések előnyeit és hátrányait:

ábra13. táblázatban szereplő információk (forrása: (HC, é. n., 2))

Biológiai szennyvíztisztító rendszerek a háztartási szennyvízkezelésében (Egyedi szennyvízelhelyezési kislétesítmények)	
Korszerű, egyedi (gyökérzónás) közműpótló, egyedi szennyvízelhelyezési kislétesítmény, azaz <i>Tisztítómezővel ellátott oldómedencés létesítmény</i> (147/210 (IV.29) Korm.r.)	Korszerű, egyedi művi közműpótló berendezés, azaz <i>Egyedi szennyvízkezelő berendezés</i> 147/210 (IV.29) Korm.r.)
Előnyök: „- az építési munkák jó részét akár a tulajdonos is el tudja végezni, ezzel csökkenthető a kivitelezés költsége - a kivitelezés egy-két speciális résztől eltekintve nem igényel mély szakmai hozzáértést - az építés helyi, természetes anyagokból történik - vasbeton igény: csak az előkezelő, valamint a vízelosztó részei	Előnyök: - kis helyigény - egyszerű telepítés - környezetkímélő - az oldómedencében kevés szennyvíziszap képződik, ezért ritkán kell szippantani - a visszamaradt, víztelenített iszap komposztálható -zárt rendszer aerob és anaerob kamrákkal: ellenőrizhető, kontrollált folyamat

- nem zavarja a terhelésingadozás: a szakaszos terheltség vagy a tartós alulterheltség - minimális az üzemköltség - kismértékű üzemfelügyeletet igényel - szagmentes - jól illeszthető a helyi környezetbe - megfelelő telepítési körülmények esetén áram és vegyszermentes az üzeme - hosszú élettartam - minimális amortizáció - természetes élőhelyet biztosít - hasznosítja a szennyvíz egyes alkotóit - ökotudatos megoldás" - az oldómedencében kevés szennyvíziszap képződik, ezért több évente kell szippantani	- az újrahasznosítás könnyebben tervezhető
<i>Hátrányok:</i> - nagyobb helyigény - a hagyományos szennyvíz technológiai ismeretektől eltérő speciális know-how-t igényel a tervezésük és kivitelezésük" - a hagyományos szennyvíz technológiai ismeretektől eltérő speciális know-how-t igényel a fenntartásuk (előülepitőben szűrő tisztítás, gyakori monitorozás, vízszintszabályozó-állítás, gyomlálás stb.)	<i>Hátrányok:</i> - „általában komoly gépészeti berendezések segítségével tisztítják a szennyvizet - jelentős mértékű amortizáció - rendszeres karbantartás (pl. baktériumkultúra havonkénti frissítése az oldómedencében) - üzemeltetési költségek: jelentős áramköltség, vegyszerköltség - időszakos alulterheltség esetén nem megfelelő működés: folyamatosan közel azonos mennyiségű és minőségű szennyvíz-ellátás szükséges"

2.4 A szürkevíz hasznosításának céljai és lehetőségei családi házas, kertes lakókörnyezetben

A gyűjtött szürkevíz összetétele, szennyezettsége és az újrahasznosítás célja határozza meg, hogy melyik tisztítási módszert (fizikai, kémiai vagy biológiai) célszerű alkalmazni. A tisztítás fokozatának ismeretében megállapítható, hogy a szürkevíz tárolható-e. A megtisztított szürkevizet minőségétől függően felhasználhatjuk háztartási célokra, öntözésre, WC-öblítésre. A tisztított szürkevizet gravitációs úton vagy szivattyú segítségével juttatjuk el a felhasználás helyére. („EN 16941-2:2021 - On-Site Non-Potable Water Systems - Part 2: Systems for the Use of Treated Greywater”, é. n.) A szürkevíz gyűjtéséhez és házon belüli újrahasznosításához kettős vízgyűjtési és vízellátási rendszert szükséges kiépíteni. A hasznosítás négy fő lépése: gyűjtés, tisztítás, tárolás, elosztás.

2.4.1 Öntözés

A szürkevíz hasznosításának leggyakoribb célja az öntözés. A tápelemekben és nyomelemekben gazdag szürkevíz megfelelő kezelés után kiöntözhető. Ha a tisztított szürkevízben fertőtlenítőszer-maradványok vagy annak melléktermékei vannak jelen, akkor a szürkevíz nem feltétlenül javasolt mosásra vagy öntözésre. A vízlágyítót, öblítőszer tartalmazó

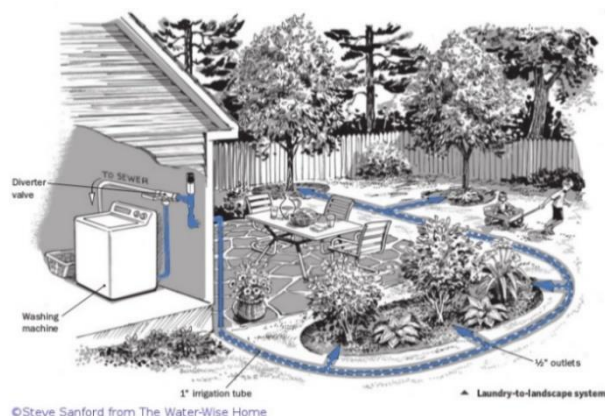
szürkevíz a kevésbé sótűrő növények és érzékenyebb talajok öntözésére szintén nem javasolt (EN 16941-2 2021, 5.1.c). A szürkevíz egyaránt alkalmazható felületi és felszín alatti öntözésre, azonban a legtöbb közegészségügyi előírás rendkívül óvatos a felszíni öntözéssel kapcsolatban, és igyekszik minimalizálni a tisztítatlan szürkevíz és a felhasználók közvetlen érintkezését, ezért a nyers szürkevíz esetében a felszín alatti öntözést engedélyezik. A felszín feletti szürkevíz hasznosítás csak megfelelő kezelés után engedélyezett. Az EN 16941-2 európai uniós szabvány a felszíni vízhasznosítás terén különbséget tesz a permetezéssel (spray) és a locsolásos öntözés között, és eltérő vízminőségi követelményeket határoz meg. Permetezéssel való felhasználás esetén a *Legionella* baktérium jelenlétét is vizsgálni kell. A szürkevíz esetében a feketevízzel szemben a coliform baktériumok fertőzési kockázata lényegesen alacsonyabb, hiszen a szürkevíz csak minimális mennyiségű fertőző ágenszt tartalmazhat – ezek főként fogmosás, kézmosás, fürdés és egyéb higiéniai tevékenységek során kerülhetnek bele. Amennyiben hosszanti átfolyású gyökérzónás rendszert alkalmazunk a másodfokú biológiai tisztításhoz, és a tartózkodási idő kellően hosszú, a szürkevízben lévő fertőző ágensek 99%-a megsemmisül a tisztítás során. Bár technikailag előfordulhat benne minimális mennyiségű baktérium vagy vírus, ezek jelenléte elhanyagolható kockázatot jelent. Azok számára, akik még ezt a csekély kockázatot is el szeretnék kerülni, egyszerű és költséghatékony megoldás lehet egy UV-lámpás fertőtlenítés. Ez a sterilizáló eszköz nem jelent számottevő beruházást, és a maradék vírusokat és baktériumokat teljes biztonsággal elpusztítja (Dittrich 2024).

Felszín alatti mikró öntözésnél – kis lejtés mellett – a tisztított víz a gyökérzónából a drénrendszerbe folyik, majd elszívárog a talajban. Ha a vizet kizárólag ilyen módon szeretnénk hasznosítani, akkor a gyökérzónás műtárgy sem szükséges, elegendő csupán egy szálfogó akna és egy előülepítő, amelyből a víz közvetlenül a drénbe jut. Ebben az esetben a föld alatti talajmátrix végzi el a tisztítást, és a szűrőmező felesleges. Ha viszont a tisztított vizet tárolnunk kell, mert szeretnénk eljuttatni további felhasználásra – például csepegtető öntözésre, autómosásra, vagy WC-öblítésre –, akkor szükség van a másodfokú biológiai tisztításra.

„Loundry to Landscape” (L2L) vagy „Loundry to Garden” rendszer:

A „mosógépből a kertbe” típusú vízhasznosítási megoldás a mosógépből érkező tisztítatlan (nyers) szürkevizet közvetlenül juttatja a talajba, felszín alatti öntözésre. A megoldások között különféle módszereket különböztetnek meg, például a „mulcs-ágyas öntözést” (*mulch-basin irrigation system*). A L2L direkt öntözési-mód a világ száraz régióiban terjedt el, valamint az Egyesült Államok dél-nyugati vidékén is szívesen alkalmazzák. A *Clothes Washer System* (CWS)

„mosógépes öntözési rendszer” a kaliforniai szabályozásban nem engedélyköteles, azonban szivattyú használata nem engedélyezett (CPC 2022, 1503.1.1). Fontos követelmény, hogy a felhasználó egy váltószelep segítségével irányítani tudja, hogy a kifolyó szürkevizet a szennyvízhálózatba vagy öntözésre juttatja. Az öntözővizet talajban elhelyezett drénrendszeren keresztül kell elszívárogtatni; felszíni öntözés csak legalább 5 cm vastagságú mulcs, kavics vagy más fedőréteg alatt engedélyezett. A felszíni vízfolyás és vízösszegyűlekezés rendszerhibát jelez. Az öntözőrendszer zónákra osztható⁴; a megfelelő védőtávolságok betartása kötelező.



14. ábra "Loundry to Landsape" öntözési mód. Forrás: (L2L, é. n.)



15. ábra Mulcstakarásos öntözési workshop Tucson (Watershed Management Group), Arizona

2.4.2 A szürkevíz visszaforgatása WC-öblítésre és ruhák mosására

Az öntözés mellett célszerű a szürkevizet olyan háztartási felhasználási célra visszaforgatni, amelyek jelentős mennyiségű vizet igényelnek és nem szükséges hozzá ivóvíz minőségű víz – tipikusan ilyen vízhasználat a WC-öblítés. Egy átlagos háztartás ivóvízfelhasználásának 27%-át teszi ki a WC-öblítés, 12%-át pedig a mosás (Wilke 2013). Az EN 16941-2:2021 uniós szabvány iránymutató adatai szerint⁵ egy WC-öblítés 3-8 liter vizet, egy piszoár-öblítés 1-2 liter, egy mosási ciklus pedig 30-60 liter vizet fogyaszt. A szabvány szerint a használati víz elosztása a prioritás alapján a következő sorrendben javasolt: 1.WC-öblítés, 2. kültéri felhasználás (nem szórófejes), 3. ruhák mosása, 4. kültéri szórófejes használat⁶. A szürkevíz-ellátó rendszer tervezése során – a WC-öblítés és a mosás esetében.

⁴ Mo-on a 80-as években már léteztek ajánlások a kerti haszonnövények (gyümölcsfák) tisztított szennyvízzel való öntözésére drénes, „fürtökre” osztott szennyvízadagolással (Gerencsér Árpád 1987, 52).

⁵ Table A.3

⁶ 6.2.2 Demand and yield hierarchyissituatio

2.4.3 Esővíz-hasznosításával kombinált rendszer

A megfelelően tisztított szürkevíz az esővízzel együtt gyűjthető és tárolható. A tárolás alapvető követelményeit az EN 16941-2 európai szabvány is tárgyalja (EN 16941-2 2021, 5.4). Az esővízzel kombinált gyűjtés előnye a rendelkezésre álló nagyobb vízmennyiség, amellyel egyszerre több vízhasználati cél is megvalósítható. A nagyobb épületek esetében a szürkevíz-hasznosító rendszerek terület-, tárolási térfogat-, energia- és szivattyúkapacitás-igénye is jelentősebb. Ilyen helyeken a biológiai tisztítást (amennyiben a folyamat része), általában, de nem kizárólagosan, művi tisztító-berendezéssel végzik. A Roof-Water Farm (RWF) egy újabb kísérlet az eső- és szürkevíz-hasznosítás kreatív, komplex megoldására.

2.4.4 FWS mint utótisztító tó, szépítő tó, látványtó. Esztétikai érték

Ha elegendő mennyiségű szürkevíz áll rendelkezésre, a szűrőmezős tisztítást követően kialakíthatunk egy dekoratív utótisztító tavat, amely friss, vizes élőhelyet és jó klímát biztosít a kertben. Ez nemcsak esztétikai élményt nyújt, hanem a „közérzetet is javítja”, és sokkal változatosabb növénytelepítést tesz lehetővé, mint amit a szigorúan funkcionális gyökérszűrő szűrőmezők kínálnak. A szépítő (utótisztító) tó fogalma a tavas szennyvíztisztítási technológiából ered. A szabad vízfelszínű szűrőmező (FWS) a kommunális szennyvíztisztításban általában a harmadlagos tápa nyageltávolítást, a feljebb elhelyezkedő kezelőegységekben keletkező algák vagy egyéb szilárd anyagok ülepedését, az áramlási sebesség és a szennyezőanyag-koncentráció ingadozásainak kiegyenlítését, illetve a kezelt szennyvíz talajvízbe történő visszatöltését szolgálja (Dotro és mtsai. 2017, 113). „Feladata a legalább biológiailag tisztított szennyvíz minőségének javítása. A várható minőségjavulás a megelőző fokozatokban nem eliminálható szerves anyagokat reprezentáló maradék BOI és KOI, a vízinnövények által felvehető növényi tápanyagok és a zavarosságot okozó szűrhető lebegőanyagok csökkenésével jellemezhető (Török 2020, 56)”.

A szépítő tavak nagyobb felületű, ám sekély tavak, lényeges, hogy a napfény a tó vizét átjárja.

2.4.5 A komposzt-WC-vel kiegészített szennyvíz-és szürkevíz-hasznosító rendszer

Ha komposzt-WC-t (száraz toalett, alomszék stb.) használunk, akkor a szennyvizet mentesítettük a feketevíztől, és csak a maradék, leválasztott szennyvizet, ami lényegében a szürke szennyvíz - kell az oldómedencén és a szűrőmezőn keresztül kezelnünk. A szakdolgozat 1. sz. esettanulmánya egy ilyen rendszert mutatott be.

A komposzt WC használatával a háztartásban keletkezett szennyvíz 100%-át helyben bonthatjuk le természetes biológiai folyamatok útján, és végtermékként kiváló minőségű komposzt keletkezik. Eközben nem terheljük a csatornarendszert és a befogadókat. A technológia mindehhez rendelkezésre áll. Szakértői vélemény szerint az ökológikus épület-vízgazdálkodásnak nem csak csapadékvizek és szürkevizek helyben tartása és hasznosítása a része, hanem az lenne az ésszerű, ha a társadalom tömegesen átállna a komposzt WC használatára. Mindez a mezőgazdaságban jelentkező szerves trágya hiányra is megoldást jelenthetne (Dittrich 2024).

2.4.6 Növényalkalmazás. A nádgyökeres szennyvíztisztítástól a waste water garden irányzatig

A szűrőmezőn a növényzet elsődleges szerepe az, hogy a gyökerek és a rizómák tapadási felületet biztosítanak a mikrobiális biofilmnek ezzel növelve a biológiai aktivitást egységnyi területen. Emellett a gyökereken keresztül történő folyadékáramlás elősegíti a talaj vízvezetőképességének megőrzését, így gátolva a szűrőmező pórusterének eltömődését (DeOreo és mtsai. 2016, 4). Jellemző féleértés, hogy a nitrogént a növények távolítják el, a növényzet tápanyagfelvétel útján történő szennyezőanyag-eltávolító folyamata a mikrobiális eltávolításhoz képest nem jelentős. A vegetáció jótékony szerepe, hogy a hidegebb és kontinentális hőmérsékleti viszonyok között az elhalt növényi részek télen jól szigetelik a szűrőmezőt.

A szennyvíztisztításban a gyökérszónás műtárgyakban általában tiszta állományban telepítik a makrofita növényeket. A közép-európai, kontinentális klímán a nád (*Phragmites australis*) a legáltalánosabb faj. Mellette gyakori a széleslevelű gyékény (*Typha latifolia*), mocsári sás (*Carex acutiformis*), tavi káka (*Scirpus lacustris*). Kiegészítő növény lehet a mocsári nőszirm (*Iris pseudacorus*), vízi menta (*Mentha aquatica*), békaszittyó (*Juncus effusus*) stb. Az Egyesült Államokban *Phragmites australis* inváziós faj, továbbá bevált a *Schoenoplectus acutus* és *validus* és a *Sagittaria latifolia* stb.

Melegebb, trópusi éghajlaton fontos faj a *Canna Indica* (kánya), illetve jellemző a *Heliconia Psitticorum* (papgájvirág), a *Cyperus* fajok, (*Cyperus Alternifolius* -vízipálma), a *Typha* fajok, stb. Szürke- és esővíz tisztítása esetén, valamint utótisztító medencékben ezek a növények nem csak funkcionálisak, hanem esztétikai értéket is képviselnek, és lehetőség van általuk a változatosabb növény-, dísnövény-alkalmazásra. A fagy miatt a vízszint felett legalább 10 cm

vastag kavicsréteg javasolt, amelybe nem csak makrofita növények ültethetők. A szürkevíz szintje gyakorlatilag megfelel a talajvíz szintjének, így a fedőréteg növelésével olyan gyökérzóna alakítható ki, amelyet a pangó vizet kevésbé tűrő növények is jól viselnek. Egy 15-20 cm-es kavicsrétegben akár levendula is telepíthető (Dittrich 2024).

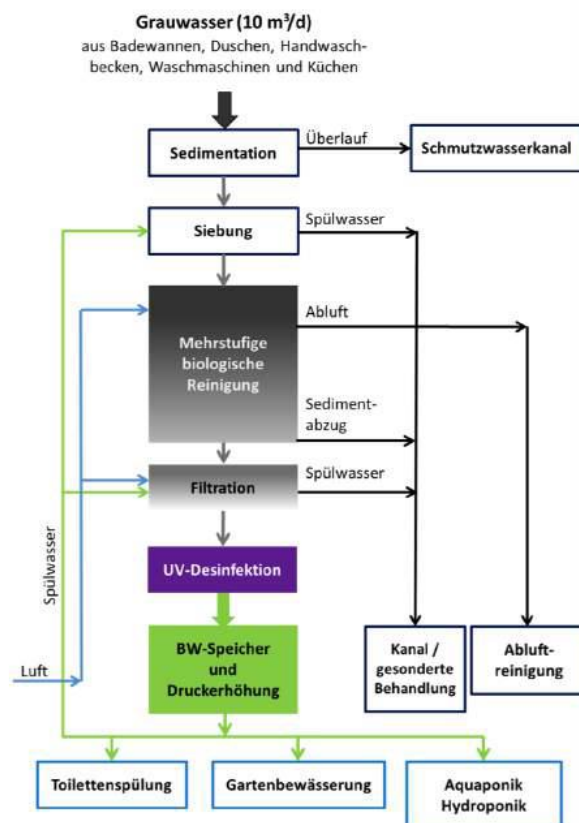
Az Egyesült Államokban *Waste Water Gardennek* nevezik azt az irányzatot, amely kifejezetten kertészkedésre és növénytermesztésre használja fel a tisztított szürke vizet.

Roof Water-Farm (RWF)

A keletkezés helyén történő szürkevíz-hasznosításra az épületek maguk is teret kínálnak. A zöldtetős csapadékkezelési célon túl – növekvő igény jelentkezik a körforgásos városi hulladékhasznosításra, melynek része a szennyvíz-és esővíz-hasznosítás. Az épületekben és az épületek tetején is létesíthetők különféle szubsztrát-és víz-alapú természetközeli szennyvízhasznosítási megoldások, így például épített szűrőmező (Rooftop Treatment Wetland), valamint akvakultúrás hasznosítások (hidropónia és akvapónia). A berlini Roof-Water Farm kísérleti projektben két intenzív élelmiszertermelési rendszer – a recirkulációs haltenyésztés és a hidropóniás növénytermesztés – az épület vízgazdálkodásának része. A Német Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium (BMBF) támogatásával megvalósult pilotprojekt (2013–2017) azt vizsgálta, hogy a lakóépületen belüli esővíz- és szürkevíz-hasznosítás hogyan kapcsolható össze az élelmiszertermeléssel, és mindez hogyan integrálható egy városi körforgásos modellbe. Az eredmények alapján tanulmánytervek készültek további épülettípusokra (Million és mtsai. 2018). A szürkevíz akvakultúrás hasznosítása kisebb lakóközösségek számára, illetve családi házas lakókörnyezetben ígéretes projekt lehet.



16. ábra. Balra: Feketevíz-tisztító berendezés NPK folyékony műtrágya előállításához, RWF pilot berendezés. Jobbra: (jobbról balra haladva), szürkevíz, üzemvíz (kezelt szürkevíz), aranyvíz (feketevíz-tisztításból származó folyékony műtrágya). Forrás: (Million és mtsai. 2018, 28)



17. ábra. A szürkevíz-hasznosítás elvi sémája a RWF-projektben (Million és mtsai. 2018, 35)

Egyéb hasznosítások:

A háztartási szürkevíz - magasabb hőmérséklete miatt - alkalmas hőszivattyús energia-újrahasznosításra és hűtésre. A szakdolgozatnak ez a viszonylag új alkalmazás nem tárgya.

2.5 A megvalósítás feltételei, tervezési szempontok bemutatása - a szürkevíz hasznosítása természetközeli, épített szűrőmezőn keresztül

A felszín alatti átfolyású szűrőmezők mindegyik típusa alkalmas a háztartásokban keletkezett szürkevíz tisztítására. A kerti megoldásokban érdemes előnyben részesíteni a hosszanti átfolyású gyökérszűrőt, mert:

- a szürkevíz estében csak enyhén szennyezett vizet kell kezelni
- a medencét nem kell energiaigényes művi úton levegőztetni
- a víz gravitációs úton halad végig a rendszeren
- alkalmazhatjuk különböző kombinációkban másodfokú biológiai tisztítóként vagy utótisztítóként (Anglia)
- egyszerűen telepíthető és fenntartható
- a legolcsóbb szűrőmezős megoldás

- vegyszermentes

2.5.1 Adottságok vizsgálata

Minden *használati víz-ellátó rendszert* (csapadékvíz- és szürkevíz-hasznosítás esetében is) négy alapeladatra kell megtervezni: gyűjtés, tisztítás, tárolás, elosztás. A tisztított víz hasznosítása esetén meg kell oldani a kettős vízellátást (ivóvíz és használati víz), illetve a kettős szennyvízgyűjtést (szürkevíz és fekete víz), ami épületgépészeti feladat és plusz költségként jelentkezik.

A gyökérvíz, épített szűrőmezős szürkevíz-hasznosító rendszerek megvalósításának egyik legnagyobb akadálya a *helyhiány*. (Dittrich 2024).

Helyigény: A szűrőmezők helyigényét (m^2/LE) az alábbi 18. összegzi, illetve átfogóbb információval a korábbi 29. szolgál. A két táblázatban nem egyezik minden adat, de a HF-szűrőmezőre egybehangzó a 3-10 m^2/LE ajánlás. Szóbeli közlés alapján szürkevíz esetében a HF szűrőmező helyigénye 2 m^2/LE (Dittrich 2024).

Treatment technology	Treatment area requirement
	(m^2/PE)
Facultative pond ^a	2.0 – 6.0
Anaerobic + facultative pond ^a	1.2 – 3.0
UASB reactor ^a	0.03 – 0.10
Activated sludge, SBR ^a	0.12 – 0.30
Trickling filter ^a	0.15 – 0.40
HF wetlands ^b	3.0 – 10.0
VF wetlands ^b	1.2 – 5.0
French VF wetlands ^c	2.0 – 2.5

^a (von Sperling, 2007a)
^b for warm (Hoffmann *et al.*, 2011) and temperate climates (Kadlec and Wallace, 2009)
^c for temperate climates (Molle *et al.*, 2005)

18. ábra. A specifikus szűrőmező-típusok területigénye (m^2/LE) a trópusitól a mérsékelt éghajlati öv felé haladva.
 Forrás: (Dotro és mtsai. 2017, 4)

Egy nagyobb lakóépület vagy intézmény szürkevíz-hasznosításának tervezésekor hamar kiderül, hogy a szűrőmezők jelentős területet igényelnek. Ha 2 m^2/LE alapon számolunk, egy 500 LE-s ingatlan szürkevizének hasznosításához körülbelül 1000 m^2 terület szükséges. Ha ehhez a csapadékvizet is hozzávesszük költséghatékonysági szempontból, akkor a területigény 2000-3000 m^2 -re nőhet. A helyszűke gyakran komoly kihívást jelent a tájépítészet számára. (Dittrich 2024).

Terepi és talaj adottságok vizsgálata: A tervezést megelőzően elengedhetetlen a terepi és talajviszonyok alapos vizsgálata. (Az oregoni és kaliforniai szürkevíz hasznosítási szabályozás például rendkívül részletesen ismerteti, illetve a jogszabály alapján készült gyakorlati

útmutatókkal segítik az előzetes tervezési folyamat vizsgálatainak tulajdonosok általi elvégzését.)

Vizsgált szempontok:

- domborzat, lejtés,
- talaj: összetétel, szerkezet, szín, rétegződés, telítetlen réteg mélysége
- talaj részletes helyszíni vizsgálata: a talaj osztályozása az anyagösszetétel alapján és helyszíni szivárogtatási kísérlet végzése
- védőtávolságok ellenőrzése (szomszéd telek, felszíni és felszín alatti vizek stb.)

Tervezés: előzetes vízhozam-vízigény kalkulálás.

A gyakorlati megvalósulásban nem találunk két egyforma rendszert, mivel két egyforma adottságú telek, ház sincsen. Ha hasznosítani akarjuk a szürkevizet, előzetesen ki kell számolnunk a vízhozamot és a vízigényt, meg kell állapítani, hogy milyen használatra nyújt ez lehetőséget. Egy átlagos háztartásban keletkező szürkevízmennyiség általában egy célra elegendő, például vagy WC-öblítésre hasznosítjuk, vagy egy kerti utótisztító tavat táplálunk vele, de két vízhasználatra már nem elegendő.

Szennyezőanyag-kibocsátási terhelések számolása: a gyökérszénész szűrőmezők területigényét a szerves anyag terheléstől és az éves legalacsonyabb minimum hőmérséklettől teszik függővé (Gensch és mtsai., é. n.) A határértékeket az adott jogszabályok állapítják meg. A magyar jogszabály a 330/2008 KVM-rendelet, azonban abban nincs határérték megadva BOI-ra, lásd korábban ábra5. .

Anyaghasználat:

- a szűrőmezőt alapvetően a helyben elérhető anyagok felhasználásával kell megépíteni
- homok és kavics (a szükséges szemcseeloszlással és tisztasággal)
- vízzáró réteg (HDPE-fólia) vagy agyag
- makrofita növények
- előülepitő betonból: az emésztő elkészítése, min. 4,5 m³ (kiásás, zsaluzás, betonozás).
- puffer tartály, ha kell a hasznosításhoz szürkevizet gyűjteni
- szivattyú (ha nem drénes öntözésre hasznosítják a vizet)
- PVC-csövek

Fenntartás:

A HF szűrőmezők fenntartás-igénye alacsony. Az előülepítőben minimális lebegő anyag (TSS) gyűlik csak össze, továbbá a detergens vékony réteget képez a tetején, ezért 10-20 évente kell kiszippantani. Egy szálfogót érdemes betenni, és a perforált szűrőt hetente, kéthetente egyszer kitisztítani. A szűrőmezőből időnként el kell távolítani a gyomokat, gyomfákat. Szürkevíz-hasznosítás esetén a szivattyú az egyetlen elem, amely meghibásodhat. Mivel a szivattyú tiszta vizet szállít, és nem tartalmaz durva szennyeződések, ezért 10-20 évre tervezhető. Ha a rendszer megfelelően van méretezve és az anyaghasználat is megfelelő, akkor a tisztító rendszer zökkenőmentesen működtethető (Dittrich 2024). A szakirodalom nem egységes az előülepítő szippantásának gyakoriságával kapcsolatban. Az előülepítő nem megfelelő karbantartása vagy a rendszer alulméretezése következtében a szűrőközeg pórusterében eltömődés fordulhat elő, (amit szerves anyagok, lebegő szilárd részecskék vagy biofilm felhalmozódása okozhat). Javasolt a belépő és a kilépő víz szakaszán az elosztóvezeték rendszeres átöblítése. Fontos a vízszint rendszeres ellenőrzése: a vízszintet a fedő kavicsréteg felszíne alatt kell tartani 5–10 cm-rel. A vízszint a vízszint-szabályozó kifolyócső magasságának változtatásával módosítható. Üzemeltetési naplót kell vezetni (Dotro és mtsai. 2017, 50–51), valamint a jogszabályi kötelezettségeknek megfelelően a kifolyó víz minőségét laboratóriumban be kell vizsgáltatni. A növényeket csak tavasszal szabad visszavágni.

Téli üzem:

A tisztítási teljesítmény a baktériumok aktivitásával függ össze, az aktivitás alacsonyabb hőmérsékleten csökken. A tisztító méretezése téli üzemmódra történik. Mérsékelt éghajlatokon a növényi hulladék extra szigetelést biztosít télen. Egybehangzó tapasztalatok alapján, a felszín alatti átfolyású rendszerek télen is biztonsággal üzemeltethetők. (Dotro és mtsai. 2017, 51).

Minden esetben a siker kulcsa a baktériumok növekedésének stabil környezetének megteremtése és a mocsár megfelelő méretezése, hogy figyelembe vegye a téli vízhőmérsékletéhez kapcsolódó lassabb baktériumos eltávolítási sebességeket.

Sokan éppen attól tartva idegenkednek a természet-közeli szennyvíztisztítástól, mert félnek a téli időszakban feltételezett eltávolítás csökkenéstől. A téli szervesanyag eltávolítás csökkenés azonban nem mondható nagynak. Brix (1987a) öt dániai telepen vizsgálta a gyökérszónás szennyvíztisztítók hatásfokának szezonális változását. A téli üzemeltetés idején a BOI5

hatásfoka alig változott, vagy 10-20 %-kal csökkent. A öN esetében a hatásfok csökkenés kissé nagyobb volt, a öP eltávolítási hatásfoka alig változott a nyári üzemeléshez képest (Kárpáti és Vermes 2011, 246).

2.6 Esettanulmányok

Esettanulmány 1. Magánház, Pest megye

A Közép-magyarországi régióban elhelyezkedő telken nincsen kommunális szennyvízelvezetés, az összes szennyvizet természetközeli eljárással kezelik. A második fokozatú, biológiai tisztítót a Kickuth-féle nádgyökérteres technológia alapján tervezték. A telek több, mint 1500 m²-es, a szomszédoktól távol helyezkedik el, és 10–15%-os lejtéssel rendelkezik. A tisztítórendszernek nem része szivattyú, a víz kizárólag gravitációs úton áramlik. A terület talajvízben szegény, a talajvizet sehol sem érték el 2m mély mintavétellel. Az épület vízfogyasztását 6 állandó lakóra és 2 vendégre tervezték, napi 125 liter/fő vízfogyasztással. A tisztítórendszer egyéves próbaüzeme 2005-ben sikeresen lezárult, azóta folyamatosan és problémamentesen üzemel. Az eredeti terv szerint, az elsőfokú tisztítást követően, a kétmedencés hosszanti átfolyású, összesen 40 m² területű gyökérszűrő szűrőmező tisztította volna a háztartás összes szennyvizét, 31. . A terv időközben módosult, és a fekete szennyvíz kezelésére komposzt WC-t építettek, a szűrőmezők méretét viszont nem csökkentették. A kislétesítménynek – a fekete szennyvíz nélkül - már csak a szürkevizet kellett tisztítani.

Az elsőfokú mechanikai kezelés egy három kamrás, összesen 6 m³-es oldómedencében történik. Innen a víz az elosztó aknán keresztül két ágon szivárog tovább a két gyökérszűrő szűrőmezőbe, amelyek 0,5 méter mélyek, lejtésük 1%-os. A náddal beültetett gyökérszűrő szűrőmezőn átszűrt tisztított szürkevizet eredetileg kétféleképpen tervezték hasznosítani. Az elképzelések közül azonban csak az egyik valósult meg: megépült a felszín alatti elszívárogató drénrendszer, míg az 50 m²-es kerti párologtató tó kivitelezése elmaradt. A szikkasztó négy párhuzamos, 0,9 méter széles és 14 méter hosszú árokból áll.

Jelenleg a családi háznak mindössze két állandó lakója van. Így az általuk kibocsátott szennyvíz hozam messze elmarad a rendszer teljes kapacitásától. Amikor a háztartásban korábban többen éltek, a tulajdonosok akkor is azt tapasztalták, hogy a drén-rendszerbe alig jut tisztított víz. Az öntözött drénes terület természetes növényzete és a mellette lévő, nem öntözött terület növénytakarója között pedig az évek során semmilyen észrevehető különbséget nem érzékeltek. A szennyvíz és szürkevíz-kezelő rendszer mellett a ház teljes tetőfelülete zöldtető.



3 kamrás oldómedence (6m²)



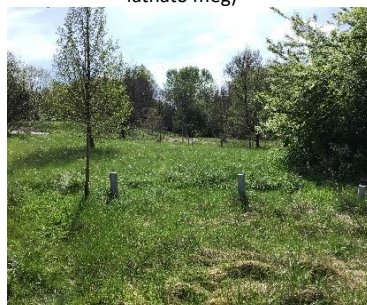
Az egyik szűrőmező képe (a téli állapot látható még)



A képen a két szűrőmező együtt látható. Jobb oldalon az oldómedence fedlapja.



Tisztítatlan szűrőmező Az oldómedence tartalma és felszíne a felúszó detergensszel, zsíradékkal.



Levegőztető nyílások az öntöző dréncső hálózat felett (háttérben a telek folytatása a lejtés irányában).



A szűrőmező HDPE-fólia szigetelése.



Ellenőrző és mintavételi akna a két szűrőmező két vízszintszabályozójával. A középső cső a nem megvalósult kerti tó tisztított szűrkevíz csatlakozása lett volna.



Komposzt vécé



Komposzt vécé

19. ábra A helyszíni bejárás képei (Forrás: saját képek)

Esettanulmány 2. Hétszínvirág Óvoda, Zugló

Az óvoda szűrkevíz hasznosítása a „Körforgásos városi vízgazdálkodás” (vagy „Városi Vízkör”) - City Water Circle (CWC) projektet keretében európai uniós pályázati támogatással jött létre (CWC 2022). A pályázat célja a vízhatékonyság és az újrahasznosítás fokozása közép-európai funkcionális városi területeken. Az óvoda fenntartója XIV. kerület, Zugló Önkormányzata. A pilot-projekt a csapadék-és a szűrkevizet együtt gyűjti és hasznosítja. A szűrkevíz hasznosító rendszer az óvoda nagy kertjében került kiépítésre (Zoborhegyi és Kála utca) sarka. A gyűjtött víz hasznosításának célja a WC-öblítés, az udvar öntözése és a locsolás. A gyűjtés után a víz tisztítása gyökérzónás szűrőmezőn keresztül történik. A bejövő, gyűjtött víz forrása: 9 darab

mosdó, 2 darab zuhanyzó, valamint 5 darab esővíz csatornán 100m² tetőről érkező víz. A vízigény: 8 darab WC-tartály öblítése. A szürke szennyvíz és a csapadékvíz tisztító- és tároló-rendszer műtárgyait az udvaron a földbe süllyesztve telepítették. A tárolás 2 db 7m³-es műanyag tartályban történik. A csapadék vagy a szürke szennyvíz hiányában a tartályok automatikus utántöltődnek ivóvízzel. Túltöltés esetén az extra víz vésztúlfolyón keresztül távozik a közműves szennyvízelvezetésbe. A 32. a hasznosító rendszer fedvénytervét tartalmazza

A helyszíni bejárás tanulságai: A bejárás 2024 szeptember 29-én történt. Két év elteltével üzemeltetési, karbantartási gondok jelentkeztek, amelyet az óvoda a megfelelő szaktudás hiányában nem tud megnyugtatóan megoldani, és úgy érzik, hogy a problémájukkal egyedül maradtak. Az óvoda korábbi karbantartója már nem dolgozik az intézményben, az egykori óvodavezető szintén nem. A helyszíni bejárás során azt az információt kaptam, hogy az óvoda dolgozói a rendszerhez nem értenek, a megfelelő műszaki ismeretek hiányában nem tudják a működési anomáliákat megoldani, az önkormányzattól kapott segítséggel nem elégedettek, ezért a rendszert szeretnék megszüntetni. A működési anomáliák:

- Szürkevíz-hiány esetén a tárolótartály ivóvízzel való utántöltése bizonytalan, a szivattyú nem mindig működik, így az óvodai dolgozóknak ilyenkor maguknak kell feltölteni a WC-tartályokat.
- A WC-tartályok belül feketék.
- Az csepegtetőtestes öntöző-rendszer, amely szintén a szürkevíz-hasznosító rendszer része, nem működik.

A WC-tartályok belső elszíneződésére van magyarázat. Az eső mikrobiológiai vizsgálat során, hogy a mechanikai és biológiai fokozaton kezelt használati víz minősége nem felel meg az ivóvíz minőség követelményének. A szürkevíz hasznosítás esetén nem cél az ivóvíz minőségű víz előállítása, hanem az a cél, hogy az adott használatnak megfelelően a víz minősége(CWC 2022). Az óvoda esete megmutatja azt a problémát, hogy bár megvalósulhatnak előremutató projektek, azonban az szürkevíz-hasznosító rendszerek fenntartása problematikus, különösen egy intézmény esetében, ahol változik a személyzet, az üzemeltetők, és egyszer csak elárul a projekt, hiába van a létesítménynek tulajdonosa. Emögött meghúzódik az is, hogy a kis számú megvalósult projekt miatt kevés a rendelkezésre álló tapasztalat, a technológiának nincsen se szakmai, se intézményi, sem pedig jogszabályi beágyazottsága. A tervezésében és telepítésében a kivitelezők és a helyi hatóságok tapasztalata és tudása gyakran hiányos, de

szükség lenne „program adminisztrátorokra”, jó gyakorlatokra is ahhoz, hogy a megvalósulást követően a létesítmény „életben maradjon”.



Építési képek. (Forrás: Hidro-Consulting Kft)



Szűrőmező (Forrás: saját kép)



Az öltöző mosdója. Forrás: (CWC 2022)



Szűrőmező kialakítása az elosztó és gyűjtő részen nagyobb szemcseméretű zúzalékkal. (Forrás: Hidro-Consulting Kft)



2 db 14 m³ esővíz tartály Forrás: (CWC 2022)



Az óvoda udvara kertrendezés után a szűrőmezővel. Forrás: (CWC 2022)



A képek 2024.09. 27-én készültek. A szűrőmező a tornaterem épülete előtt, a fakorlát által elhatárolt területen helyezkedik el. Az épület tetejéről összegyűjtött csapadékvizet a szürkevízzel együtt gyűjtik. (Forrás: saját kép)



Az öltöző WC-helyisége a 6 db WC-tartállyal, amelyeket az egy rendszerben gyűjtött szürkevízzel és esővízzel töltenek. Ha nem áll rendelkezésre készenléi víz, akkor a tartályokat a hálózati víz tölti. (Forrás: saját kép)

20. ábra Az építéskori képek és a helyszíni bejárás képei a zuglói Hétszínvirág Óvodában (saját képek és Forrás: CWC)

3. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

3.1 Költségek és megtérülés

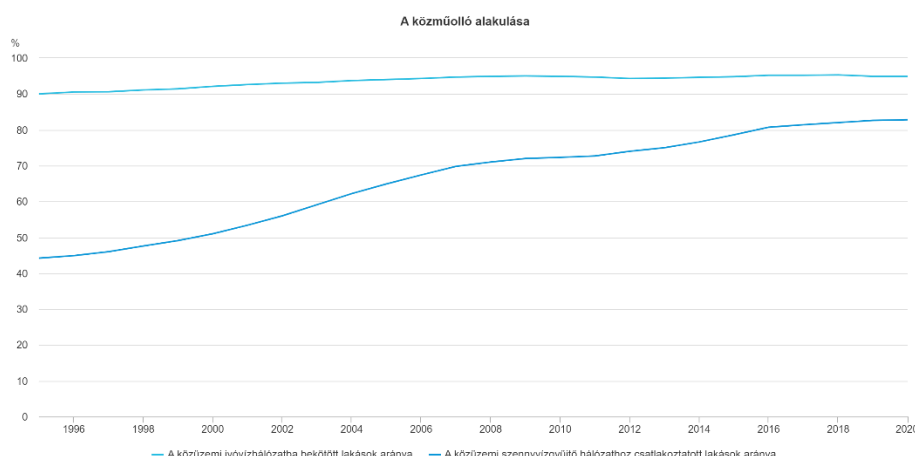
A szürkevíz-hasznosítás elsősorban új építésű épületeknél jöhet szóba. Meglévő házaknál a szennyvízelvezetés kettős körének utólagos kiépítése olyan jelentő építési és épületgépészeti átalakítással jár, amit kevesen vállalnak. Új épületek esetében viszont a természetközeli szürkevíz-kezelés megvalósításának két fő akadálya lehet: a helyhiány és a hosszú megtérülési idő. A háztartási szürkevíz-hasznosítás hazai lehetőségeinek megértéséhez és a megtérülés vizsgálatához fontos az egyedi szennyvíztisztítás és természetközeli szennyvízkezelés hazai előzményeihez visszanyúlni, elemezni költség-haszon kérdéseket, - és vizsgálni a vízhasználók vízzel kapcsolatos értékrendjét.

Az egyedi természetközeli szennyvízkezelés hazai előzményei

A kezdetek:

Az 1990-es évek közepétől a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, a 2000-es évek elején pedig a Környezetvédelmi Minisztérium támogatta az alternatív szennyvíztisztítási és szennyvíz-elhelyezési megoldásokat. A szennyvízelhelyezés kérdése ekkor azért is volt kiemelt fontosságú, mert 1995-ben a közüzemű szennyvízhálózatba bekapcsolt lakások aránya 46%-kal alulmaradt a közüzemű vízhálózatba bekapcsolt lakások százalékos arányától. A közműolló 2020-ra zárult, a különbség 2020 végén már csak 12 százalékpont volt (21.).

A közműves szennyvízelvezetéssel rendelkező lakosok aránya országos szinten 82% ⁷.



21. ábra A közműolló Magyarországon 1996 és 2020 között. Forrás: KSH

⁷ (Eurostat 2022)

A 90-es években a szennyvízközmű jövőbeli finanszírozásával kapcsolatban teret nyert az az elgondolás, hogy annak majd piaci alapon kell működnie, és a díjbevételeknek fedezni kell az üzemeltetés teljes költségét, a felújítás és az amortizációs alapok képzésével együtt (Gruiz és mtsai. 1995, 9). Gruiz és mtsai szerint, „abban az esetben, ha alkalmazni kívánjuk azt az elvet, hogy a kommunális szolgáltatásoknak hosszútávú, szolid, de biztos üzletté kell válniuk, azaz a díjaknak kell fedezetet nyújtaniuk a szolgáltatás fejlesztéséhez és működtetéséhez, olyan mértékű díjemelést válna szükségessé, amelyet a fogyasztók képtelenek megfizetni. Előtérbe kerülnek tehát a takarékoság és hatékonyság szempontjai, ahogy annak eddig is lennie kellett volna”(Gruiz és mtsai. 1995, iii). Mivel kisebb lakos szám, speciális domborzati viszonyok és nagy utazási idő esetén az alternatív természetközeli szennyvíztisztítási eljárások fajlagosan olcsóbbak, mint a szennyvízkezelési technológiák, és létesítésük, fenntartásuk relatíve egyszerű, ezért a 90-es évek fejlesztési céljai között a decentralizált, környezetkímélő technológiák népszerűsítése is szerepelt.

Települési léptékű, alternatív, természetkímélő szennyvíztisztítási eljárások mellett a Környezetvédelmi Minisztérium a 2000-es évek elején elvi síkon támogatta a településinél kisebb léptékű (házi, intézményi, lakóparki) természetközeli megoldásokat is. Az egyedi, „korszerű és költségkímélő” házi szennyvízelhelyezési kislétesítmények építéshez és engedélyezéséhez kiadványokban is segítséget nyújtott, amelyek kezdetben oldómedencés-homoksűrős (növények nélküli), szivattyús szennyvízelhelyezési megoldások voltak, egyelőre a szennyvíz további hasznosításának és szelektív gyűjtésének igénye nélkül (KVM 2002).

Az intézményi háttér részeként a (KVM 2002) a fenti kiadványban 2002-ben a Környezetvédelmi Minisztérium Egyedi Szennyvízelhelyezési Társaságok (ESZT) létrehozását szorgalmazta, azonban ez a működési forma nem valósult meg.

A jelen:

Napjainkban egyre nagyobb figyelem irányul a differenciált szennyvízgyűjtésre és a használati víz hasznosítására, amit egyrészt az ivóvízkészletek korlátozott rendelkezésre állása, másrészt gazdasági megfontolások indokolnak. „Mivel a szigorú vízminőségi követelményt a vízkészletből való kitermeléstől a fogyasztóig való eljuttatásig biztosítani kell, „ezért az ivóvízellátó rendszerben azok tisztítására fordított költségek jelentős többletként merülnek fel, és így többletként terhelik az ivóvízellátásra fordított anyagi költségeket” (Dulovics 2017, 40).

3.1.1 A lakossági szürkevíz-kezelő rendszerek megtérülése

Lakossági oldalról nézve, a differenciált szennyvíztisztítás megvalósítása a jelenleg árak mellett nem kifizetődő. A differenciált szennyvíztisztítás és -elhelyezés fajlagos kiépítési költségei Magyarországon jelenleg magasabbak, mint egy kiépített, központi, közüzemű rendszerre történő csatlakozás során felmerülő építési költségek és fizetendő közüzemi díjak, így egy lakossági szürkevíz-hasznosító rendszer létesítése esetén rendkívül hosszú megtérülési idővel kell számolni. Ennek egyik alapvető – de nem kizárólagos oka -, hogy a közüzemi díjak (lásd alább 22. .) messze a tényleges költségeket magában foglaló ár alatt vannak, ami hosszú távon nem fenntartható (Dittrich 2024). A rezsicsökkentéssel befagyasztott víz-és csatornadíj 2,5-3x-os áron lenne nullszaldós (Dittrich 2024), más forrás szerint is minimum kétszeres áron (Dubniczky 2023, 18). Reálértéken nézve, a "2013-as értékhez képest a díjak 30-40%-on vannak"(Dubniczky 2023, 18).

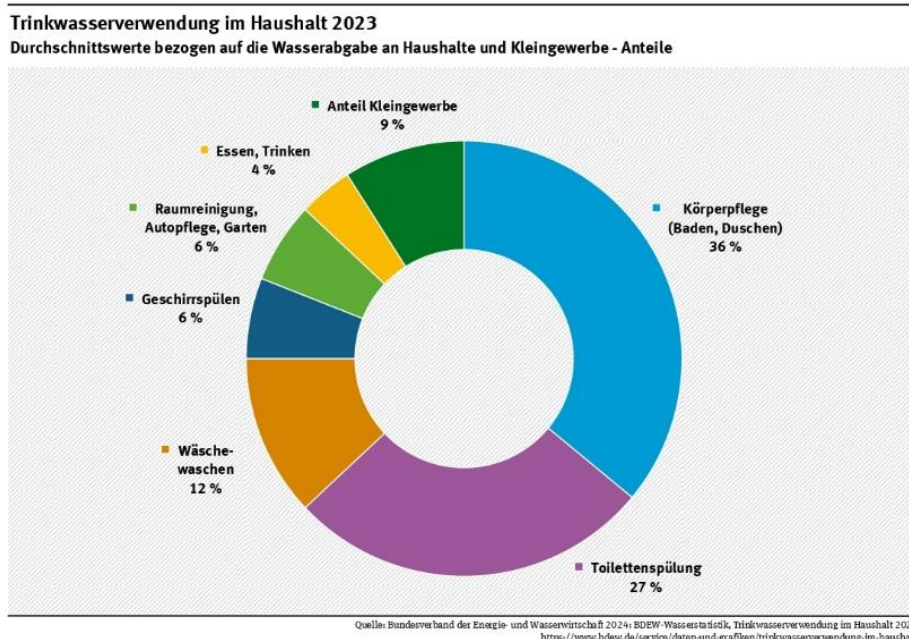
22. ábra. Víz-és csatornadíj Budapesten 2024-ben. Forrás: saját szerkesztés

LAKOSSÁGI VÍZ- ÉS CSATORNADÍJ MAGYARORSZÁGON (2024)			
VÍZDÍJ 0,37%	Lakossági vízdíj nettó (Ft/m ³) 172,40 Ft	Áfa (27%) 46,54 Ft	Lakossági vízdíj bruttó (Ft/m ³) 218,95 Ft
CSATORNADÍJ 0,63%	Lakossági csatornadíj nettó ára (Ft/m ³) 295,75 Ft	Áfa (27%) 79,85 Ft	Lakossági csatornadíj bruttó ára (Ft/m ³) 375,60 Ft
VÍZ & CSATORNADÍJ 100%	Víz-és csatornadíj összesen nettó ára (Ft/m ³) 468,15 Ft	Áfa (27%) 126,40 Ft	Víz-és csatornadíj összesen bruttó ára (Ft/m ³) 594,55 Ft

Egy természetközeli, lakossági szürkevíz-kezelő rendszer létesítése – beleértve az oldómedencét, nyomásfokozót, puffer tartályt és egy 8 m²-es szűrőmező kialakítását, a jelenlegi árak mellett - minimum 1,5-2 millió forintba kerül. Amennyiben a házban gépészeti átalakításokra is szükség van, az további 1 millió forintot jelenthet, így az összköltség bruttó 2,5-3 millió forintra tehető (Dittrich 2024).

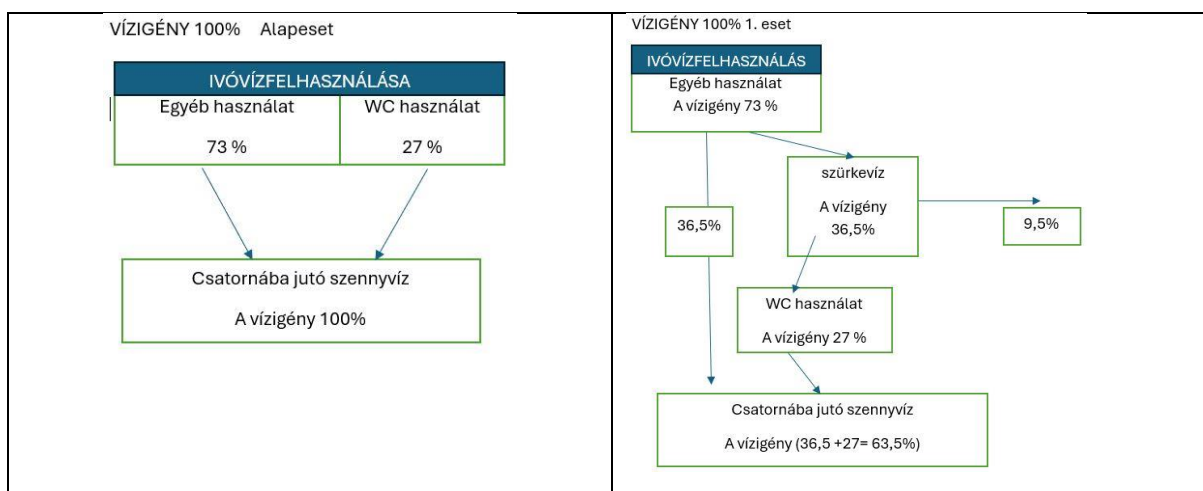
Az alábbiakban a lakossági természetközeli szürkevíz-hasznosító rendszer által elérhető víz- és csatornadíj megtakarítást és a megtérülési időt fogom megvizsgálni.

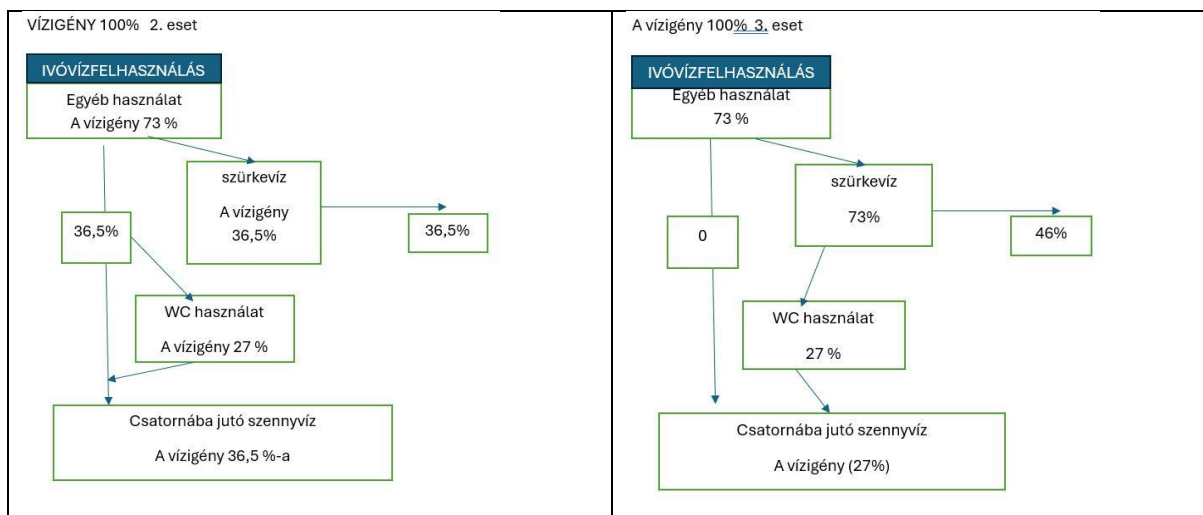
A jelenlegi budapesti díjszabás szerint a vízdíj - szennyvíz díj aránya 37% : 63%. Az egyes vízhasználatok százalékos eloszlását a 33. mutatja.



23. ábra: Ivóvízfelhasználás a háztartásban Forrás: BDEW (Német Szövetségi Energia- és Vízgazdálkodási Szövetség), (Wilke 2013). 36% tisztálkodás, fürdés, zuhanyzás, 27% véceöblítés, 12% mosás, %, 6% mosogatás, 6% tisztítás, autómosás, locsolás, 9% egyéb tevékenységek

Az **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** háromféle szürkevíz gyűjtési, és szürkevíz hasznosítási lehetőséget mutat be. Azt szeretnénk megtudni, hogy a három esetben hány év lesz a beruházás megtérülési ideje.





24. ábra A csatornába jutó szennyvíz mennyiségét mutatja a vízigény százalékos arányában négy felhasználási szituációban. Az Alapesetben nem történik szelektív szennyvízgyűjtés és hasznosítás. Az 1-3. felhasználási szituációban differenciáltan gyűjtjük a szennyvizet, és a WC-öblítést mindhárom esetben kizárólag a visszaforgatott szürkevíz biztosítja. A WC-öblítés vízigénye az Alapeset ivóvízfogyasztásának 27%-a, ez mindegyik szituációban változatlan.

Az Alapesetben nem gyűjtjük szelektíven a szürkevizet, hanem a háztartás minden felhasznált vizét a csatornába juttatjuk. Az 1-3. esetekben a kiindulópontunk az, hogy differenciáltan szeretnénk gyűjteni a szennyvizet, és a WC-öblítést minden további esetben kizárólag az így gyűjtött szürkevízzel akarjuk megoldani. Egyúttal az is megtörténik, hogy az 1-3. szituációkban az Alapeset 100%-os ivóvíz-felhasználáshoz képest 27%-kal lecsökkentettük a háztartásunk kiindulási ivóvíz-igényét, vagyis az alapest ivóvízdíjfogyasztásának és díjának 27%-át az 1-3. esetekben mindig megspóroljuk, 73%-át pedig felhasználtuk. A számolások során a WC-öblítés vízigénye konstans. Az 1. és 2. esetben a használt vizet fele-fele arányban osztottuk el. Az 1. esetben a hasznosított szürkevíz WC-öblítési vízmennyisége a csatornába jut, a másik 36,5%-ot eleve a csatornába juttattuk, azaz összesen az Alapeset $36,5\% + 27\% = 63,5\%$ a csatornába jutó szennyvíz. A 2. esetben megnőtt az igényünk az újrahasznosításra: a rendelkezésre álló vízmennyiség felét használati vízként hasznosítjuk, pl. öntözése fordítjuk, a másik feléből, mielőtt még a csatornába menne, mint az 1. esetben, biztosítjuk a WC-öblítést, és csak ezután engedjük a csatornába. Ebben az esetben már csak 36,5% vizet juttattunk a csatornába. A 3. esetben különböző módszerekkel minden vizet (73%) hasznosítunk, így csak a WC-öblítésre használt 27%-nyi vizet engedjük a csatornába.

A szürkevíz-hasznosító kislétesítmény megtérülési idejének számoláshoz példaként vettük egy átlagos 4 fős család vízfogyasztását, havi 10m^3 -rel számolva, ami éves szinten 120m^3 vízfogyasztást jelent. Az ezután fizetendő éves víz- és csatornadíj bruttó 71338 Ft. A jelenlegi víz- és csatornadíjak mellett a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** mutatja az 1-3 esetek

víz- és csatornadíj megtakarítását. A példában szereplő szürkevíz-tisztító rendszer létesítési költsége bruttó 2,5 millió Ft, a beruházás megtérülési ideje:

$$\text{Megtérülési idő} = \frac{\text{Beruházási költség}}{\text{Éves megtakarítás}} = \frac{\text{brutto 2 500 000 Ft}}{\text{Ft/év}} = \text{év.}$$

25. ábra a példában szereplő, természetközeli szürkevíz-tisztító rendszer létesítési költségének megtérülési idejét mutatja három különböző szürkevíz-hasznosítási szituációban, évi 120 m³ ivóvízfogyasztást feltételezve.)

				1. eset		2.eset		3. eset	
		Nincs visszaforgatás		50 %-os visszaforgatás				Teljes visszaforgatás	
		Ivóvíz	Szennyvíz		Ivóvíz	Ivóvíz	Szennyvíz	Ivóvíz	Szennyvíz
		120,0	120,0	87,6	76,2	87,6	43,8	87,6	32,4
		172,4	295,7	172,4	295,7	172,4	295,7	172,4	295,7
Költség	Ft	20 688,0	35 484,0	15 102,2	22 532,3	15 102,2	12 951,7	15 102,2	9 580,7
nettó össz költség	Ft	56 172,0		37 634,6		28 053,9		24 682,9	
bruttó össz költség	Ft	71 338,4		47 795,9		35 628,5		31 347,3	
nettó megtakarítás	Ft			18 537,4		28 118,1		31 489,1	
bruttó megtakarítás	Ft			23 542,5		35 710,0		39 991,1	
Beruházási költség	Ft			2 500 000,0		2 500 000,0		2 500 000,0	
Megtérülési idő	év			134,9		70,0		62,5	

A mai gazdasági értéken számolva a vizet, nem éri meg befektetni a lakossági szürkevíz hasznosításba, ezért nem sok magánszemély vállalja a beruházást. Ugyanakkor vízügyi szakemberek arra figyelmeztetnek, hogy a víz jelenlegi ára nem tükrözi annak hosszú távú gazdasági és ökológiai értékét. A klímaváltozás várható hatásai – például a vízkészletek csökkenése és a vízdíjak emelkedése – miatt nem fenntartható a jelenlegi árpolitika. A szakértők ezért legalább 10 éves távlatban várható reális áron javasolják a megtérülés vizsgálatát, hiszen a víz értéke és ára várhatóan jelentősen növekedni fog (Dittrich 2024). A hazai vízdíj európai viszonylatban a legolcsóbbak közé tartozik, lásd 35. .

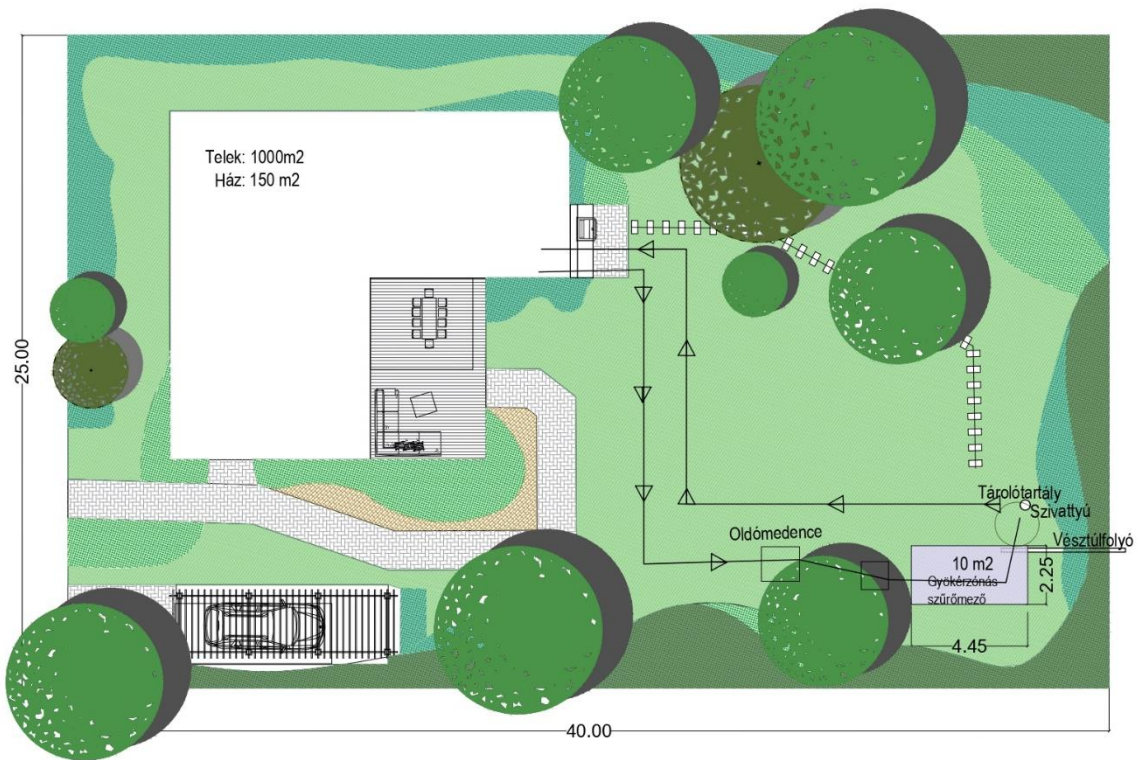
Ahhoz, hogy a lakossági természetközeli szürkevíz hasznosítás lakossági szinten szóba jöhessen, le kell csökkenteni a beruházás megtérülési idejét, ennek hiányában nem fognak ezek a rendszerek tömegesen megvalósulni

Mindehhez szükség lenne:

1. A közüzemi víz és csatornadíjak újragondolására és újra szabályozására tekintettel a megváltozott felhasználói igényekre
- 2.víztakarékossági programok ösztönzőkkel, szubvenció

3. egyedi vízhasználati megállapodások kötése a szolgáltatókkal azok számára, akik gyűjtik és hasznosítják a házukban, telkükön keletkezett szürke vizet, és nem juttatják azt a csatornába.

3.2 A szürkevíz-hasznosítás mennyiségi korlátai - Vízmérleg



26. ábra Illusztráció a számolási példához (forrás:saját szerkesztés)

Az alábbiakban azt vizsgálom meg, hogy egy családi ház kertjében

- a gyökérzónás szürkevíz-hasznosító rendszernek mekkora a helyigénye, valamint azt, hogy
- a hasznosítható szürkevíz mennyisége elegendő-e a tervezett vízigények kielégítésére.

A szürkevíz-hasznosítás lehetőségeit elsősorban az ingatlanban keletkező szürkevíz napi mennyisége szabja meg. A példában elsődlegesen a WC-öblítésre szeretnénk a tisztított szürkevizet felhasználni. A fennmaradó mennyiséget öntözésre fordítjuk.

A rendszer része az elsőfokú mechanikai kezelés. Az ülepítő a föld alatt található. A másodfokú biológiai kezelés gyökérzónás, hosszanti átfolyású (HF) szűrőmezőn keresztül történik. Az összegyűjtött tisztított szürkevizet a föld alá helyezett 2m³-es tárolótartályban gyűjtjük, és szivattyúval juttatjuk vissza a házba WC-öblítésre.

A telek mérete: 1000 m³

A ház alapterülete 150 m³

Az oldómedence helyigénye: 4,6-6 m²

A puffer helyigénye: kb.2.2,5

I: A szűrőmező helyigénye az ökölszabály szűrkevíz esetében (Dittrich 2024): 2m²/fő

A szűrőmező területe 5 főre tervezve: $A_{cw} = 5 \times 2\text{m}^2/\text{fő} = 10\text{ m}^2$

A szűrőmező szélesség: hosszúság aránya = 1:2 = 2,25 m: 4,45 m

I. A rendszer vízkezelési kapacitása:

Az 5 fő egyhavi ivóvízfogyasztása 20 m³/hó, éves vízfogyasztása: $Q_{össz}=240\text{ m}^3$

A tisztítandó/ hasznosítandó szűrkevíz mennyisége:

$Q_{in\text{ greywater}} = Q_{mosógép} + Q_{fürdés} = Q_{össz} \times (0,12 + 0,36) \approx Q_{össz} \times 0,5 = 240\text{ m}^3 \times 0,5 = 120\text{ m}^3$

$P = \text{éves csapadékhozam (mm)}: P_{évi} = A_{cw} \times P_{évi} = 10\text{ m}^2 \times 0,52\text{ m}^3 = 5,2\text{ m}^3$

$ET = \text{Evapotranszpiráció: (mm)}: ET_{évi} = A_{cw} \times ET_{napi} \times 365\text{ nap} = 10\text{ m}^2 \times 0,01\text{ m}^3 \times 365\text{ nap} = 36,5\text{ m}^3$

$Q_{mosógép} = Q_{össz} \times 0,12$

$Q_{fürdés} = Q_{össz} \times 0,36$

Szűrkevíz igény:

$WC_{évi} = \text{a háztartás WC-öblítéséhez szükséges víz (m}^3/\text{év)} = 240\text{ m}^3 \times 0,27 = 64,8\text{ m}^3$

$WC_{nap} = \text{a háztartás WC-öblítéséhez szükséges víz (m}^3/\text{nap)} = 240\text{ m}^3 / 365 \times 0,27 = 0,18\text{ m}^3$

WC-használat arány az ivóvízfogyasztásban: 27%

A tisztított szűrkevíz mennyisége, egyszerűsített vízmérleg:

Constructed Wetland EGYSZERŰSÍTETT VÍZMÉRLEG	$Q_{össz}$ A háztartás éves ivóvíz felhasználása (m ³)	Szűrkevíz mennyiség, ami a szűrőmezőre megy (Ivóvíz 50%-a) $Q_{in\text{ greywater}}$ (m ³)	ET_{napi} (mm)	ET_{napi} (m ³)	A_{cw} (m ²) 2m ² /fő	$A \times ET_{napi}$ (m ³)	$A \times ET_{évi}$ (m ³)	Csapadék $P_{évi}$ (mm/év)	Csapadék $P_{évi}$ (m ³ /év)	$A \times P_{évi}$ (m ³)	Rendelkezésre álló tisztított szűrke víz $Q_{out\text{ greywater}}$ (m ³)
	240	120	10	0,01	10	0,1	36,5	520	0,52	5,2	88,7
$Q_{out\text{ greywater}} = Q_{in} + (P_{évi} \times A_{cw}) - (ET_{évi} \times A_{cw})$											

27. ábra. A példában a rendelkezésre álló tisztított szűrkevíz éves mennyiségének ($Q_{out\text{ greywater}}$) kiszámítása az egyszerűsített vízmérleg-képlet alapján. Forrás: saját készítés

$Q_{out\text{ greywater}} = Q_{in} + (P_{évi} \times A_{cw}) - (ET_{évi} \times A_{cw}) = 120\text{m}^3 + 5,2\text{ m}^3 - 36,5\text{ m}^3 = 88,7\text{ m}^3$

$Q_{out\text{ greywater}} > WC_{évi} \Rightarrow 88,7\text{ m}^3 > 64,8\text{ m}^3$

Válasz arra a kérdésre, hogy a WC-öblítés megoldható-e helyben gyűjtött és kezelt szűrkevízből: **igen.**

Öntözésre megmaradt víz/ év = $Q_{out\text{ greywater}} - WC_{évi} = 88,7\text{ m}^3 - 64,8\text{ m}^3 = 23,9\text{ m}^3/\text{év}$

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban olyan természetközeli szürkevíz gyűjtési, kezelési, valamint hasznosítási lehetőségeket vizsgáltam, amelyek alkalmas megoldásokat kínálnak a szürkevíz-hasznosításra családi házas, kertes vagy többlakásos lakókörnyezetben, valamint intézményi környezetben is, és ezáltal tájépítészeti vonatkozásuk is van. A szürkevíz a háztartásokban keletkező, kommunális szennyvíznek az a része, amely szelektíven gyűjthető, és megfelelő kezelési eljárás után felhasználható különféle vízhasználati célokra, ezzel helyettesítve az ivóvíz használatát. A természetközeli szürkevíz-tisztítási eljárások a természetközeli biológiai szennyvízkezelési technológiákból származnak, és olyan megoldásokat alkalmaznak, amelyeket az élő rendszerek és a természetes környezet működése inspirált.

Miközben kommunális szürkevízzel beszélünk, az ivóvízről és a szennyvízről is beszélünk. A világban egyre inkább komplex, körforgásos rendszerekben kell gondolkodnunk, ha a túlnépesedés és a klímaváltozás okozta válságokat kezelni szeretnénk. A víz egy ilyen komplex rendszer, és bármelyik átalakulási formájában értéknek és erőforrásnak tekinthetjük – legyen szó biomasszáról, komposztról, biogázzal, energiáról, vagy éppen visszanyert vízzel, mint a szürkevíz. A szürkevíz és a tisztított szennyvíz a tájépítészet számára is jelentős vízforrást jelenthet, a természetközeli szürkevíz-tisztítás pedig egy olyan vizes élőhelyet hozhat létre, amely a kertben látványt formál és gazdagítja a környezetet. A szürkevíz hasznosításának nem csak a gazdaságossági elvárás a mozgatórugója, hanem az ivóvízkészletek védelme is lényeges szempont.

A dolgozatban megvizsgáltam, hogy nagyságrendileg milyen költségekkel jár egy lakossági természetközeli szürkevíz- vagy szennyvíztisztító rendszer kialakítása. Az eredmények azt mutatták, hogy ennek megtérülési ideje 135-62 év. Európai uniós pályázatok és mintaprojektek egyre inkább részesítik előnyben a csapadék- és szürkevíz-hasznosítást, ezért elképzelhető, hogy a jövőben több pályázati projekt valósul meg, mint magánberuházás.

A lakossági érdeklődés hiányának egyik oka a hatóságilag alacsony víz- és csatornadíjakban keresendő, amelyek messze elmaradnak a piaci áraktól, és hosszú távon nem fenntarthatók. Magyarországon a vízdíjak az egyik legalacsonyabbak Európában, ami nem ösztönöz a víz takarékos használatára, és azt az illúziót kelti, hogy az ivóvíz előállítás olcsó, valamint a legigényesebb vízminőség is korlátlanul rendelkezésre áll. A megvalósult projektek száma alacsony, továbbá a jogszabályi környezet hiányos, és a magyar nyelven elérhető

információk is korlátozottak. Mindezek fényében érthető, hogy egy természetközeli szürkevíz-hasznosító rendszer létesítése és működtetése számos kihívás elé állítja a szereplőket. A természetközeli szürkevíz-tisztítási megoldások azokban az esetekben jelenthetnek fenntartható és praktikus alternatívát, ahol nincs közműves szennyvízelvezetés, vagy annak kiépítése gazdaságilag nem indokolt. Ezen kívül azok a környezettudatos felhasználók fogják alkalmazni, akik rendelkeznek a szükséges anyagi háttérrel, és akik számára a hosszú távú megtérülés nem jelent problémát.

A szakdolgozat elkészítése során azt tapasztaltam, hogy szükség lenne a differenciált szennyvízgyűjtésre és a szürkevíz-hasznosításra vonatkozó speciális jogszabály-csomag megalkotására. A megfelelő szakmai támogatás, jogi szabályozás és anyagi ösztönzők révén a szürkevíz-hasznosítás hosszú távon fenntartható és hasznos alternatívává válhatna a települési vízgazdálkodásban.

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- ÁSZ. 2023. „Elemzés. Szennyvíz és vízszennyezés - társadalmi és környezeti fenntarthatóság az ENSZ 6. Fenntartható Fejlődési Célja fényében”.
https://www.asz.hu/dokumentumok/Elemzes_szennyviz-es-vizszennyezés.pdf.
- Belügym. 2024. „TÁJÉKOZTATÓ Magyarország településeinek szennyvízelvezetési és –tisztítási helyzetéről, a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjáról Időszak: 2021. január 1. – 2022. december 31.”
Belügyminisztérium Közfoglalkoztatási és Vízügyi Helyettes Államtitkárság.
<https://cdn.kormany.hu/uploads/document/d/d3/d3d/d3d5c00640ef32431ebd5b7f4069a11115b10538.pdf>.
- CA-Policy. 2011. „California - Onsite Wastewater Treatment System Policy. Preliminary Substitute Environmental Document.” State Water Resources Control Board.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=45ba1d357125edd8328f7e99fd0c66160f2f9b85>.
- CPC. 2022. „2022 California Plumbing Code”. 2022. <https://epubs.iapmo.org/2022/CPC/>.
- Cross, Katharine, Katharina Tondera, Anacleto Rizzo, Lisa Andrews, Bernhard Pucher, Darja Istenič, Nathan Karres, és Robert McDonald, szerk. 2021. *Nature-Based Solutions for Wastewater Treatment: A Series of Factsheets and Case Studies*. IWA Publishing.
<https://doi.org/10.2166/9781789062267>.
- CWC. 2022. „Eső- És Szürkevíz Hasznosítás a Zuglói Hétszínvirág Óvodában”. NetworkNature. 2022. <https://networknature.eu/casestudy/26958>.
- DeOreo, William B, Peter Mayer, Benedykt Dziegielewski, és Jack Kiefer. 2016. „Residential End Uses of Water, Version 2: Executive Report”. *Water Research Foundation*.
- DEQ. 2024. „Graywater Water Quality Programs. State of Oregon”. 2024.
<https://www.oregon.gov/deq/wq/programs/Pages/Water-Reuse-Graywater.aspx>.
- Dittrich, Ernő. 2024. Interjú Dr. Dittrich Ernővel (Hidro-Consulting Kft. és Pécsi Mélyépítő Iroda Tervező és Szolgáltató Kft., tulajdonos, cégvezető.) Szóbeli közlés.
- Dotro, Gabriela, Günter Langergraber, Pascal Molle, Jaime Nivala, Jaume Puigagut, Otto Stein, és Marcos Von Sperling. 2017. *Treatment Wetlands*. Biological Wastewater Treatment Series 7. London: IWA Publishing.
- Dubniczky, Miklós. 2023. „A csőd szélén. Helyzetkép a hazai vízközmű szektorról.” *Mérnök Újság*, sz. 5, 18–21.
- Dulovics, Dezsőné. 2017. „Megjelenés előtt. »A keletkezés helyén hasznosító, „nem ivóvíz” (használati víz) ellátó rendszerek - 2. rész Tisztított szürkevíz hasznosító rendszerek« című európai-magyar szabvány”, sz. 5., 40–51.
- DWA-A-262. 2017. *DWA-A 262E: Principles for Dimensioning, Construction and Operation of Wastewater Treatment Plants with Planted and Unplanted Filters for Treatment of Domestic and Municipal Wastewater*. German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef, Germany.
- EN 16941-2. 2021. *CEN - EN 16941-2. On-Site Non-Potable Water Systems - Part 2: Systems for the Use of Treated Greywater*.
- „EN 16941-2:2021 - On-Site Non-Potable Water Systems - Part 2: Systems for the Use of Treated Greywater”. é. n. iTeh Standards. Elérés 2024. június 16.
<https://standards.itih.ai/catalog/standards/cen/1cc128b6-6dd8-4e58-8dc9-df0cdc5e1a18/en-16941-2-2021>.

- Eurostat. 2022. „Share of the Population Connected to at Least Secondary Urban Wastewater Treatment, 2000-2022 (%)”. 2022. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_the_population_connected_to_at_least_secondary_urban_wastewater_treatment,_2000-2022_\(%25\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_the_population_connected_to_at_least_secondary_urban_wastewater_treatment,_2000-2022_(%25).png).
- . é. n. „Water Statistics”. Elérés 2024. november 7. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics.
- Gensch, Robert, Amy Jennings, Samuel Renggli, és Raymond Reymond. é. n. „eCompendium of Sanitation Technologies in Emergencies”. Sanitation Technologies for Emergencies. Elérés 2024. november 4. https://www.emersan-compendium.org/images/promo/ecompendium_screen_en-GB.gif.
- Gerencsér Árpád, szerk. 1987. *Mit csináljunk a szennyvízzel Életünk és a víz*. Budapest: Vízügyi Dokumentációs Szolgáltató Leányvállalat.
- Gruiz, Katalin, Károly Jókay, Sándor Jobbágy, és Lajos Somló, szerk. 1995. „Környezetkímélő és természetközeli szennyvíz-tisztítási eljárások alkalmazásának, elterjesztésének lehetőségei Magyarországon”. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium Kiadványa.
- HC. é. n. „Műszaki ismertető. HC-GYE/EU és HC-GY/OL típusú gyökérzónás közműpótló berendezésekhez.” Hidro-Consulting Kft. <https://www.hidroconsulting.hu/application/files/4916/1791/2095/muszaki-ismerteto.pdf>.
- Kárpáti Árpád, és Vermes László. 2011. *Vízgazdálkodás - szennyvíztisztítás*. Környezetmérnöki Tudástár 10. Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet.
- KVM. 2002. *Korszerű környezet-és költségkímélő, egyedi házi szennyvízelhelyezési kísérletismertvények. Bemutató album*. A Környezetvédelmi Minisztérium kiadványa.
- L2L. é. n. „Laundry to Landscape”. Greywater Corps. Elérés 2024. november 5. <https://www.greywatercorps.com/laundry-to-landscape>.
- Million, Angela, Grit Bürgow, Anja Steglich, Gisela Prystav, és Vivien Franck. 2018. *Roof water-farm: Urbanes Wasser für urbane Landwirtschaft*. Universitätsverlag der TU Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-6663>.
- Nivala, Jaime, Manfred Van Afferden, Ralf Hasselbach, Guenter Langergraber, Pascal Molle, Heribert Rustige, és Jens Nowak. 2018. „The New German Standard on Constructed Wetland Systems for Treatment of Domestic and Municipal Wastewater”. *Water Science and Technology* 78 (11): 2414–26. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.530>.
- OAR 340-053. é. n. „Oregon Administrative Code: Division 340-053 - Graywater Reuse and Disposal Systems”. Elérés 2024. november 5. <https://casetext.com/regulation/oregon-administrative-code/chapter-340-department-of-environmental-quality/division-53-graywater-reuse-and-disposal-systems>.
- OAR 340-071. é. n. „Oregon Administrative Code: Division 340-071 - Onsite wastewater Treatment Systems”. Elérés 2024. november 5. <https://casetext.com/regulation/oregon-administrative-code/chapter-340-department-of-environmental-quality/division-71-onsite-wastewater-treatment-systems>.
- OAR 340-071-0800 Tables. é. n. „Oregon - Onsite Wastewater Treatment Systems: Tables.” Oregon, DEQ. <https://www.oregon.gov/deq/wq/Documents/340-071-0800.pdf>.
- OARD 340-053-0070. 2011. *340-053-0070 Graywater Reuse and Disposal Systems. ORS (Oregon Administrative Rules Database)*.

- <https://secure.sos.state.or.us/oard/displayDivisionRules.action?selectedDivision=1470>.
- ÖkoTEch. 2012. „Az egyedi szennyvíztisztító berendezésekre vonatkozó jogi környezet”: ÖkoTEch Home Kft. <https://okotechhome.hu/wp-content/uploads/2017/04/jogszabalyok-okotechhome-hu-2012-majus.pdf>.
- „Pacific Horticulture | Welcome, Greywater, to the Garden”. é. n. *Pacific Horticulture* (blog). Elérés 2024. november 12. <https://pacifichorticulture.org/articles/welcome-greywater-to-the-garden/>.
- Pásztor István. 2004. „Gyökérmezős szennyvíztisztítás, 1. rész”.
- Pecson, Brian, és Brie Post. 2020. „Onsite Non-Potable Water System: Guidance Manual”. The Water Research Foundation. <https://watereuse.org/wp-content/uploads/2020/12/DRPT-4909.pdf>.
- Török László. 2020. „Szennyvíztisztító kisberendezések, szennyvízelhelyező kislétesítmények”. In *Kis kapacitású szennyvíztisztító létesítmények*, szerkesztette Karches Tamás. Budapest: Ludovia Egyetemi Kiadó.
- Vermes, László, szerk. 2001. *Vízgazdálkodás. Mezőgazdasági, kertész-, tájépítész- és erdőmérnök-hallgatók részére*. Javított utánnyomás. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó.
- waternewseurope.com. 2021. „Water Prices Compared in 36 EU-Cities • Water News Europe”. *Water News Europe* (blog). 2021. március 19. <https://www.waternewseurope.com/water-prices-compared-in-36-eu-cities/>.
- Wilke, Sibylle. 2013. „Wassernutzung privater Haushalte 2023”. Text. Umweltbundesamt. 2013. november 21. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wassernutzung-privater-haushalte>.

5.1 Rövidítések jegyzéke

BOI ₅	- biokémiai oxigénigény (BOD ₅ – Biochemical Oxygen Demand)
FWS szűrőmező	- felszíni átfolyású szűrőmező, épített nádas (Free Water Surface Wetland)
HF szűrőmező	- a felszín alatti hosszanti átfolyású gyökérzónás szűrőmező (Horizontal Flow Treatment Wetland)
KOI	- kémiai oxigénigény (COI -Chemical Oxygen Demand)
NBS	- természetalapú megoldások (Nature-Based Solutions)
LE	- lakos egyenérték (PE -Personal Equivalent)
L2L	- „Loundry to Landscape” öntözési módszer
öN	- összes nitrogén (összes oxidált nitrogén: ammónium-nitrogén, nitrát, nitrit)
öF	- összes foszfor
RWF	- Roof-Water Farm
TW	- épített szűrőmező (Treatment Wetland)

6. TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. táblázat A háztartásokban keletkező szennyvizek jellemzői és megnevezéseik. (Saját szerkesztés.)	7
2. táblázat Szürkevíz típusok. Oregon állam szürkevíz-osztályozása .Forrás:(DEQ 2024)	9
3. táblázatban szereplő információk forrása: (HC, é. n., 2).....	25
4. táblázat. Víz-és csatornadíj Budapesten 2024-ben. Forrás: saját szerkesztés	42
5. táblázat a példában szereplő, természetközeli szürkevíz-tisztító rendszer létesítési költségének megtérülési idejét mutatja három különböző szürkevíz-hasznosítási szituációban, évi 120 m ³ ivóvízfogyasztást feltételezve.)	45
6. táblázat. A példában a rendelkezésre álló tisztított szürkevíz éves mennyiségének ($Q_{out\ greywater}$) kiszámítása az egyszerűsített vízmérleg-képlet alapján. Forrás: saját készítés	47
7. táblázat. Az ivóvíz ára (m ³ /Euro) 36 európai nagyvárosban 2021-ben (waternewseurope.com 2021).	63
8. táblázat. Szürkevíz igény számítása a részletes módszerrel (többlakásos lakóépületek, intézmények esetében) (EN 16941-2 2021).	64
9. táblázat. Szürkevíz hozam számítása a részletes módszerrel (többlakásos lakóépületek, intézmények esetében) (EN 16941-2 2021).	64
1. ábra Differenciált szennyvízgyűjtés. (Szennyvíztisztítás és szürkevíz hasznosítás. (V Németh, 2024 nyomán saját szerkesztés.....	6
2. ábra. A térkép Magyarország szennyvízelvezetési agglomerációit mutatja be LE besorolás szerint. (Belügm. 2024, 12). A 2000 LE alatti, EU-s kötelezettség nélkül agglomerációk száma 238 db, a települési szennyvíz-agglomerációk összes szennyvízterhelésének 1,6%-ot jelentik.(Belügm. 2024, 8).	14
3. ábra 30/2008. KvVM rendelet 4.sz melléklete: az egyedi szennyvízkezelő létesítmény által kibocsátott tisztított szennyvíz határértékei.....	17
4. ábra. A magyar vízmonitoring-rendszer. Az ábra jól illusztrálja az intézményrendszer széttagságát. AzOvF jelenleg már az Energiaügy alá tartozik. Forrás: (ÁSZ 2023, 19).....	18
5. ábra A természetközeli, biológiai szennyvíztisztítási folyamatok csoportosítása aszerint, hogy a tisztítási folyamat a vízben vagy a szűrőközegben megy végbe.	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
6. ábra Horizontális (HF) és vertikális (VF) átfolyású épített szűrőmező-típusok. Forrás: (Dotro és mtsai. 2017, 50, 70).	22
7. ábra Szűrőmező-kombinációk. Forrás: (Hiraishi és mtsai. 2014, Ch.6.6).	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
8. ábra Szennyezőanyag-eltávolítási folyamatok a főbb vizsgált indikátorokkal/ paraméterekkel. Forrás:(Dotro és mtsai. 2017, 6).....	24
9. ábra A főbb szűrőmező-típusok szennyezőanyag-eltávolítási hatékonysága aszennyvízre vizsgálva. Forrás: (Dotro és mtsai. 2017, 4).	24
10. ábra „Loundry to Landscape” öntözési mód, Kalifornia. Forrás: („Pacific Horticulture Welcome, Greywater, to the Garden”, é. n.)	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
11. ábra "Loundry to Landsape" öntözési mód. bal oldali kép. Forrás: (L2L, é. n.)	28

12. ábra Mulcstakarásos öntözési workshop Tucson (Watershed Management Group), Arizona	28
13. ábra. Balra: Feketevíz-tisztító berendezés NPK folyékony műtrágya előállításához, RWF pilot berendezés. Jobbra: (jobbról balra haladva), szürkevíz, üzemvíz (kezelt szürkevíz), aranyvíz (feketevíz-tisztításból származó folyékony műtrágya). Forrás: (Million és mtsai. 2018, 28)	31
14. ábra. A szürkevíz-hasznosítás elvi sémája a RWF-projektben (Million és mtsai. 2018, 35).....	32
15. ábra. A specifikus szűrőmező-típusok területigénye (m ² /LE) a trópusitól a mérsékelt éghajlati öv felé haladva. Forrás: (Dotro és mtsai. 2017, 4).....	33
16. ábra A közműolló Magyarországon 1996 és 2020 között. Forrás: KSH	40
17. ábra: Ivóvízfelhasználás a háztartásban Forrás: BDEW (Német Szövetségi Energia- és Vízgazdálkodási Szövetség), (Wilke 2013). 36% tisztálkodás, fürdés, zuhanyzás, 27% vécéöblítés, 12% mosás, %, 6% mosogatás, 6% tisztítás, autómosás, locsolás, 9% egyéb tevékenységek.....	43
18. ábra a csatornába jutó szennyvíz mennyiségét mutatja a vízigény százalékos arányában négy felhasználási szituációban. Az Alapesetben nem történik szelektív szennyvízgyűjtés és hasznosítás. Az 1-3. felhasználási szituációban differenciáltan gyűjtjük a szennyvizet, és a WC-öblítést mindhárom esetben kizárólag a visszaforgatott szürkevíz biztosítja. A WC-öblítés vízigénye az Alapeset ivóvízfogyasztásának 27%-a, ez mindegyik szituációban változatlan.	44
19. ábra A táblázat azt mutatja be, hogy a különböző szennyvizek milyen típusú természetközeli tisztítási módszerrel kezelhetők. Forrás:(Cross és mtsai. 2021, 17–18).	56
20. ábra Az ábra a természetközeli tisztítási eljárások szennyező anyag eltávolítási hatékonyságát mutatja be, és az épített szűrőmezőkre vonatkozó értékeket is tartalmazza.	57
21. ábra. 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet C.4.táblázata: a közművel összegyűjtött tisztított települési szennyvíz kibocsátási határértékekre 600 LE felett.a befogadóba történő bevezetés előtti helyen.	58
22. ábra Esettanulmány 1. A magánház szürke szennyvíz tisztító rendszerének terve - hosszmetset. A terven látható 50m ² felületű kerti tó nem valósult meg (A szerző engedélyével).	58
23. ábra. A háztartások közüzemi ivóvíz felhasználása Európában 1990 és 2022 között m ³ /lakos értékben megadva. Magyarország középmezőnyben van, 2020-tól újból nőtt a fogyasztás.Forrás: (Eurostat, é. n.)	60
24. ábra. Az EN16941-2:2017 európai uniós szabvány D.1-4 táblázatai a szürkevízzel szemben támasztott minimális minőségi követelményeket tartalmazzák. Felszín feletti szórófejes öntözés vízhasználatok esetén a bakterológiai vizsgálatot a Legionella pneumophila baktériumra is el kell végezni.	62

7. MELLÉKLETEK

Table 4. Summary of types of influent wastewater that can be treated by various NBS

NBS TYPE	RAW	GREYWATER	PRIMARY TREATED	SECONDARY TREATED	RIVER DILUTED	SPECIAL APPLICATION
Slow-rate soil infiltration system		X	X	X		
Rapid-rate soil infiltration system		X	X	X	X	
Willow systems		X	X	X		
Surface aerated ponds	X		X	X		
Facultative ponds	X		X			
Maturation ponds				X		
Anaerobic ponds	X		X			
High-rate anaerobic ponds						
Vertical-flow TWs		X	X			
French vertical-flow TWs	X					
TWs for combined sewer overflows (CSO-TWs)						CSO
Horizontal-flow TWs		X	X	X		
Aerated TWs		X	X			
Reciprocating (tidal flow) TWs			X			
NBS TYPE	RAW	GREYWATER	PRIMARY TREATED	SECONDARY TREATED	RIVER DILUTED	SPECIAL APPLICATION
Reactive media in TWs						Phosphorus elimination
Free water surface TWs		X		X		
Natural wetlands				X		
Floating TWs		X	X			
Multi-stage TWs	X		X	X		X
Sludge treatment reed beds						Sludge treatment
Living walls		X				
Rooftop TWs		X	X			
Hydroponics				X	X	X
Aquaponics				X	X	X
In-stream restoration				X	X	CSO discharge

28. ábra A táblázat azt mutatja be, hogy a különböző szennyvizek milyen típusú természetközeli tisztítási módszerrel kezelhetők. Forrás:(Cross és mtsai. 2021, 17–18).

NBS TYPE	SIZE REQUIREMENTS PER P.E.	HOUSEHOLD SOLUTION	COD (%)	BOD (%)	TN (%)	NH ₄ -N (%)	TP (%)	TSS (%)	FECAL COLIFORMS	E. COLI
Slow-rate soil infiltration system	60–740	Yes	~94–99	90–99	50–90	~80	80–99	90–99		
Rapid-rate soil infiltration system		Yes	~78	95–99	25–90	~77	0–99	95–99		
Willow systems	30–75	Yes	92–100	98–100	85–100	90–100	~100	~100		<1,000 CFU/100mL
Surface aerated ponds	1–5		50–85	~77	20–90	50–95	30–45	53–90	$\leq 1-2 \log_{10}$	
Facultative ponds	1–3		~34	40+56	20–39	~44	1–25	27	$\leq 1-2 \log_{10}$	
Maturation ponds	3–10		~16	~33	15–50	20–80	20–50	~16	$\leq 1-3 \log_{10}$	
Anaerobic ponds	0.2		~50	50–70	10–23		10–23	44–70	$\leq 1-1.5 \log_{10}$	
Vertical-flow TWs	4	Yes	70–90	~83	20–40	80–90	10–35	80–90	$\leq 2-4 \log_{10}$	
French vertical-flow TWs	2	Yes	>90	~93	20–60	60–90	10–22	>90		
CSO-TWs			>60	~94	n/a	10–50	15–50	>80		$\leq 1-3 \log_{10}$
Horizontal-flow TWs	3–10	Yes	60–80	~65	30–50	20–40	10–50	>75	n/a	
Aerated TWs	0.5–1	Yes	>90		15–60	>90	20–30	80–95	$\leq 2-3 \log_{10}$	

NBS TYPE	SIZE REQUIREMENTS PER P.E.	HOUSEHOLD SOLUTION	COD (%)	BOD (%)	TN (%)	NH ₄ -N (%)	TP (%)	TSS (%)	FECAL COLIFORMS	E. COLI
Reciprocating (tidal flow) TWs	3	Yes	~89	86–99	47–70	83–94	20–43	90–99	$\leq 2-3 \log_{10}$	
Reactive media in TWs	0.2–1	Yes	n/a	n/a	n/a	n/a	50–99	n/a	n/a	
Free water surface TWs	3–5		41–90	~54	30–80	~73	27–60			
Natural wetlands	–		53–76	65–75	66–80	~17	40–53	65–76		
Living walls (values are for greywater)	1–2	Yes	15–99	~42	15–95	~19	3–61	15–93	$\leq 2-3 \log_{10}$	
Rooftop TWs	170	Yes	~80	>90	70–90	86	80–97	85–90		
Hydroponics	Not applicable	Yes	~50		~66	~50	~30	~84		
Aquaponics	Not applicable	Yes	>73		62–90	~34	60–90	>90		
In-stream restoration					20 – 27	10 – 26	0.08			

29. ábra Az ábra a természetközeli tisztítási eljárások szennyező anyag eltávolítási hatékonyságát mutatja be, és az épített szűrőmezőkre vonatkozó értékeket is tartalmazza.

A táblázat feltünteti azokat a természetközeli szennyvíztisztítási eljárásokat, amelyek családi házas környezetben alkalmazhatók egyedi szennyvíz-, illetve szürkevíz tisztításra, valamint ezek területigényét is megadja m²/LE-ben. A területigény a szennyvízre vonatkozik. (Cross és mtsai. 2021, 19–20).

Kiépített terhelési kapacitás [Le]	Szennyező komponensek határértékei ⁽¹⁾ koncentrációban (mg/l) vagy minimális eltávolítási hatásokban (%) megadva							
	Dikromátos oxigénfogyasztás (KOI _k) ⁽³⁾		Biokémiai oxigénigény ^{(2) (3)} (BOI ₅)		Összes lebegőanyag (öLA) ⁽³⁾		Összes foszfor (öP) *	Összes nitrogén (öN) *
								V. 1-jétől XI. 15-ig
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	XI. 16-tól IV. 30-ig
<600	300	70	80	75	100	–	_(4)	_(4)
601–2000	200	75	50	80	75	–	_(4)	_(4)
2001– 10 000	125	75	25	70–90	35	90	_(4)	_(4)
10 001– 100 000	125	75	25	70–90	35	90	2 ⁽⁵⁾	15 ⁽⁵⁾
>100 000	125	75	25	70–90	35	90	1 ⁽⁵⁾	10 ⁽⁵⁾

(1) A koncentrációban megadott határérték (napi átlag érték) és az eltávolítási hatások alapján meghatározott határérték közül az engedélyben előírt csak az egyik kritériumnak kell megfelelni. A százalékos csökkentést a tisztítótelepre bevezetett nyers szennyvíz koncentrációjához képest kell értelmezni.

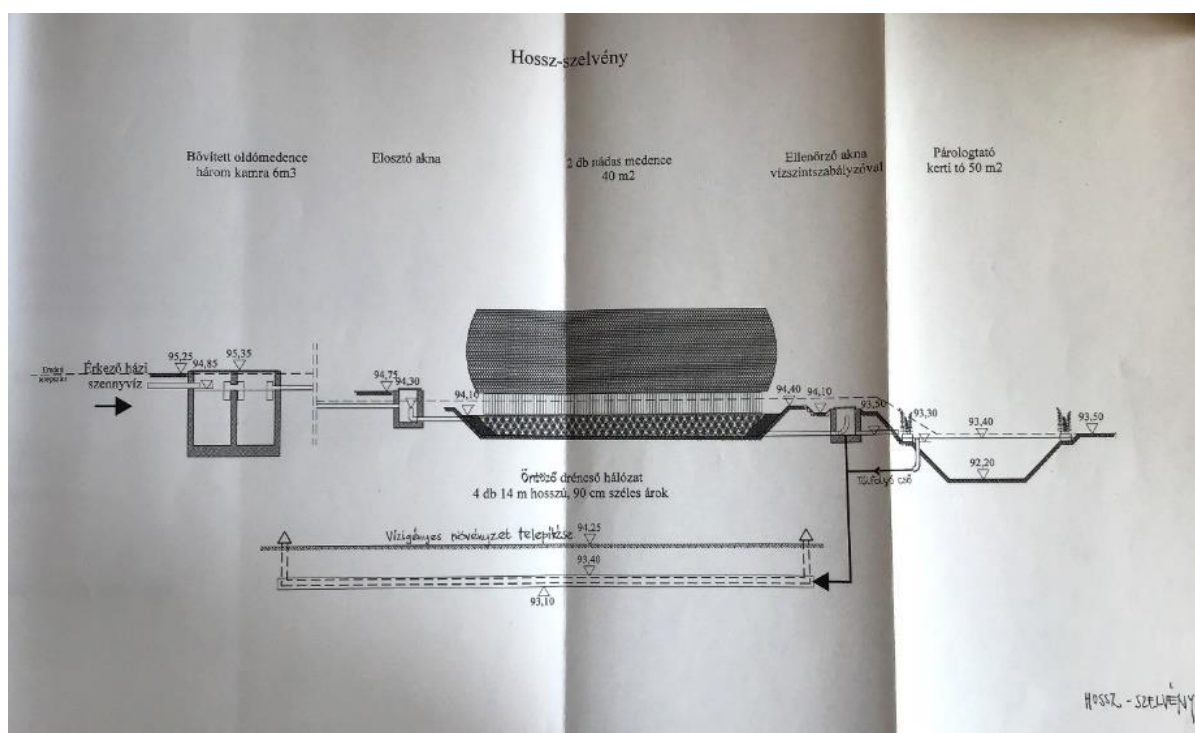
(2) A BOI₅ más paraméterrel helyettesíthető: összes szerves szén (TOC) vagy teljes oxigénigény (TOD), ha összefüggés állapítható meg a BOI₅ és a helyettesítő paraméter között.

(3) Tavasz szennyvíztisztítás után vett vízmintákat – KOI_k, BOI₅ komponensekre – a vízminőségi vizsgálatokat megelőzően szűrni kell, azonban a szűretlen víz összes lebegőanyag koncentrációja nem haladhatja meg a 150 mg/l-t.

(4) A hatóság vízvédelmi érdekek alapján egyedi határértéket állapíthat meg.

(5) A határértékeket a 240/2000. (XII. 25.) Korm. rendelet szerinti érzékeny és a 49/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet szerinti nitrátérzékeny területeken kell betartani, 10 ezer LE terhelés felett.

30. ábra. 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet C.4.táblázata: a közművel összegyűjtött tisztított települési szennyvíz kibocsátási határértékekre 600 LE felett.a befogadóba történő bevezetés előtti helyen.



31. ábra Esettanulmány 1. A magánház szürke szennyvíz tisztító rendszerének terve - hosszmetset. A terven látható 50m² felületű kerti tó nem valósult meg (A szerző engedélyével).

Household water use from public water supply, 1990-2022

(m³ per inhabitant)

	1990	2000	2010	2020	2021	2022
Belgium ^(*)	:	32	35	32	32	:
Bulgaria	48	36	36	37	37	:
Czechia	53	34	31	32	33	31
Denmark ^(*)	66	47	42	43	42	40
Germany ^(*)	52	46	44	46	:	:
Estonia	:	:	:	:	:	:
Ireland	:	:	:	:	:	:
Greece ^(*)	:	32	:	107	109	110
Spain	:	61	59	47	:	:
France	:	:	:	:	:	:
Croatia	:	41	44	42	43	45
Italy ^(*)	78	74	:	:	:	:
Cyprus	:	69	96	98	105	:
Latvia	:	37	38	38	20	18
Lithuania	:	:	19	27	28	27
Luxembourg	:	:	:	:	:	:
Hungary	56	38	34	37	38	39
Malta	:	37	41	43	42	41
Netherlands	47	51	47	49	46	:
Austria	46	44	46	43	44	44
Poland	50	36	31	34	35	35
Portugal ^(*)	38	67	59	:	:	:
Romania	52	49	:	31	30	32
Slovenia	43	44	41	40	40	41
Slovakia	:	:	:	:	:	:
Finland ^(*)	85	78	:	:	:	:
Sweden	63	59	52	48	:	:
Iceland ^(*)	:	108	:	:	:	:
Norway	71	66	73	66	66	65
Switzerland	95	92	72	61	59	59
Bosnia and Herzegovina	:	:	31	:	:	:
Montenegro	:	:	:	55	55	55
North Macedonia ^(*)	34	36	:	:	:	:
Albania	:	:	:	49	40	40
Serbia	:	48	45	47	48	49
Türkiye	:	:	33	44	:	44
Kosovo ^(*) ^(*)	:	:	21	27	:	:
United Kingdom ^(*)	:	:	46	:	:	:

(-) not available

(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

(*) Partly neighbouring reference years if not available

Source: Eurostat (online data codes: env_wat_cat and demo_gind)

eurostat 

33. ábra. A háztartások közüzemi ivóvíz felhasználása Európában 1990 és 2022 között m³/lakos értékben megadva. Magyarország középmezőnyben van, 2020-tól újból nőtt a fogyasztás. Forrás: (Eurostat, é. n.)

Annex D
(informative)

Example for water quality requirements

Table D.1 — Example of guideline values for bacteriological monitoring according BS 8525:2010

Parameter CFU/100 ml	Spray application pressure washing, garden sprinkler use and car wash	Non-spray application			Test method		System type
		WC flushing	Garden watering ^a	Laundry, i. e. washing machine use	Spray application	Non-spray application	
<i>Escherichia coli</i>	Not detected	250	250	250	EN ISO 9308-1	EN ISO 9308-3	Single site and communal domestic systems
Intestinal enterococci	Not detected	100	100	100	EN ISO 7899-2 or EN ISO 7899-1	EN ISO 7899-1	Single site and communal domestic systems
<i>Legionella pneumophila</i>	10	N/A	N/A	N/A	EN ISO 11731	N/A	Where analysis is necessary as indicated by risk assessment (see 5.10)
Total coliforms ^b	10	1 000	1 000	1 000	EN ISO 9308-1	EN ISO 9308-3	Single site and communal domestic systems

^a If treated greywater is to be used in kitchen gardens on domestic crops, information regarding the preparation of these crops prior to consumption (e. g. boiling, peeling or thorough washing in potable water) should be provided for the user in the handover documentation.

^b "Total coliforms" is an indicator parameter for operational interpretation. The bacteriological guideline values given for treated greywater reflect the need to control the quality of treated water for supply and use.

Table D.2 — Example of values for general system monitoring according BS 8525:2010

Parameter Number/100 ml	Spray application pressure washing, garden sprinkler use and car wash	Non-spray application			Test Method	System type
		WC flushing	Garden watering	Laundry, i. e. washing machine use		
Dissolved oxygen in stored rainwater	> 10 % saturation or > 1 mg/l O ₂ (whichever is least) for all uses				EN ISO 5814	All systems
Suspended solids	Visually clear and free from floating debris for all uses				EN 872	All systems
Colour	Not objectionable for all uses				EN ISO 7887	All systems
Turbidity (NTU)	< 10 NTU for all uses (< 1 NTU if UV disinfection is used)				EN ISO 7027	All systems
pH	5 to 9,5	5 to 9,5	5 to 9,5	5 to 9,5	EN ISO 10523	Single site and communal domestic systems
Residual chlorine (mg/l)	< 2 mg/l	< 2 mg/l	< 0,5 mg/l	< 2 mg/l	EN ISO 7393-2	All systems, where used ^a
Residual bromine (mg/l)	< 2 mg/l	< 2 mg/l	< 2 mg/l	< 2 mg/l	EN ISO 10304-1	All systems, where used ^a

^a Testing for chlorine and bromine residues is only necessary when used as disinfectants.

Table D.3 — Example for the interpretation of results from bacteriological monitoring according BS 8525:2010

Sample result ^a	Status	Interpretation
< G	green	System under control
G to 10 G	amber	Re-sample to confirm result and investigate system operation
> 10 G ^b	red	Suspend use of greywater until problem is solved

^a G = Guideline value see Table D.1

^b In the absence of *E.coli*, Intestinal enterococci and *Legionella*, where relevant, there is no need to suspend use of the system if levels of coliforms exceed 10 times the guideline value and has to be resampled to confirm the results.

Table D.4 — Example for the interpretation of results from system monitoring according BS 8525:2010

Sample result ^a	Status	Interpretation
< G	green	System under control
> G	amber	Re-sample to confirm result and investigate system operation

NOTE When monitoring pH, the system is considered to be under control ("green" status) when levels are within the range recommended in Table D.3. If levels are outside this range, the system status becomes "amber" and re-sampling is necessary. Where colour or suspended solids are present at levels which are objectionable, it is essential to investigate the system operation to resolve the problem.

^a G = Guideline value see Table D.2

34. ábra. Az EN16941-2:2017 európai uniós szabvány D.1-4 táblázatai a szürkevízzel szemben támasztott minimális minőségi követelményeket tartalmazzák. Felszín feletti szórófejes öntözés vízhasználatok esetén a bakterológiai vizsgálatot a *Legionella pneumophila* baktériumra is el kell végezni.

1.	Norway	Oslo	5.51
2.	Germany	Stuttgart	4.67
3.	Denmark	Kopenhagen	4.37
4.	Netherlands	Rotterdam	3.99
5.	Netherlands	Amsterdam	3.65
6.	Sweden	Stockholm	3.60
7.	France	Lyon	3.57
8.	Germany	Hamburg	3.49
9.	Belgium	Brussels	3.49
10.	Germany	Munich	3.45
11.	Germany	Frankfurt	3.33
12.	Switzerland	Geneva	3.20
13.	Czechia	Prague	3.09
14.	Germany	Cologne	3.00
15.	Germany	Berlin	2.85
16.	Austria	Vienna	2.85
17.	France	Marseille	2.76
18.	Austria	Innsbruck	2.74
19.	Finland	Helsinki	2.52
20.	Switzerland	Zürich	2.39
21.	France	Paris	2.14
22.	Spain	Barcelona	2.00
23.	Spain	Almeria	1.95
24.	Italy	Florence	1.90
25.	Ireland	Dublin	1.85
26.	Croatia	Zagreb	1.68
27.	Portugal	Porto	1.68
28.	Spain	Madrid	1.65
29.	Portugal	Lisbon	1.63
30.	Poland	Warsaw	1.42
31.	Italy	Naples	1.29
32.	Hungary	Budapest	1.23
33.	Greece	Athens	1.16
34.	Italy	Rome	1.05
35.	Estland	Tallinn	0.82
36.	Italy	Milan	0.40

35. ábra. Az ivóvíz ára (m³/Euro) 36 európai nagyvárosban 2021-ben (waternewseurope.com 2021).

$$D_G = n \cdot \{V_T \cdot u_T + V_U \cdot u_U + V_{WM} \cdot u_{WM}\} + V_{misc} \quad (2)$$

where

- D_G is the demand of greywater in litres per day (l/d);
- n is the number of person (p);
- V_T is the volume of water for WC flushing per flush in litres (l);
- u_T is the usage rate of WC per person and day (1/(p · d));
- V_U is the volume of water for urinal flushing per flush in litres (l);
- u_U is the usage rate of urinal per person and day (1/(p · d));
- V_{WM} is the volume of water for washing machine per operation cycle in litres (l);
- u_{WM} is the operation cycles of washing machine per person and day (1/(p · d));
- V_{misc} is the volume of water for other purposes (e. g. garden watering, cleaning) in litres per day (l/d).

36. ábra. Szürkevíz igény számítása a részletes módszerrel (többlakásos lakóépületek, intézmények esetében) (EN 16941-2 2021).

The following formula (1) should be used to determine the greywater yield, Y_G , in litres per day (l/day):

$$Y_G = n \cdot \{Q_S \cdot t_S \cdot u_S + V_{BT} \cdot u_{BT} + Q_{HWB} \cdot t_{HWB} \cdot u_{HWB} + V_{WM} \cdot u_{WM} + Q_{KS} \cdot t_{KS} \cdot u_{KS} + V_{DW} \cdot u_{DW}\} \quad (1)$$

where

- Y_G is the yield of greywater in litres per day (l/d);
- n is the number of person (p);
- Q_S is the volume flow of shower in litres per minute (l/min);
- t_S is the duration per usage of shower in minutes (min);
- u_S is the shower usage rate per person and day (1/(d · p));
- V_{BT} is the volume of water per usage of the bathtub in litres (l) (not maximum filling volume);
- u_{BT} is the usage rate of bathtub per person and day (1/(p · d));
- Q_{HWB} is the volume flow of handwash basin in litres per minute (l/min);
- t_{HWB} is the duration per usage of handwash basin in minutes (min);
- u_{HWB} is the handwash usage rate per person and day (1/(d · p));
- V_{WM} is the volume of water for washing machine per operation cycle in litres (l);
- u_{WM} is the operation cycles of washing machine per person and day (1/(p · d));
- Q_{KS} is the volume flow of taps (warm and cold water) at kitchen sink in litres per minute (l/min);
- t_{KS} is the duration per usage of kitchen sink in minutes (min);
- u_{KS} is the usage rate of tap at kitchen sink per person and day (1/(p · d));
- V_{DW} is the volume of water for dishwater per operation cycle in litres (l);
- u_{DW} is the operation cycles of dish washer per person and day (1/(p · d)).

NOTE European Community energy labels for washing machines either for sale or hire are required to display efficiency data based on a standard 60 °C cotton wash. For washing machines, this includes information on water consumption (W) and load capacity (l). Where the performance of the washing machine is unknown, the ratio may be approx. 8 litres per kilogram.

6.2.4.3 Greywater demand (WC flushing and laundry use)

37. ábra. Szürkevíz hozam számítása a részletes módszerrel (többlakásos lakóépületek, intézmények esetében) (EN 16941-2 2021).

8. HALLGATÓI NYILATKOZAT

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szigeti Veronika
A Hallgató Neptun kódja: LQ1ZIM
A dolgozat címe: A SZÜRKÉVÍZ HASZNOSÍTTASÁNAK
A megjelenés éve: 2024 TÁJÉPÍTÉSZETI VONATKOZÁSAI
A konzulens intézetének neve: Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti KERTES-GALÁDI HÁZAS KÖRNYEZET-
Intézet BEN
A konzulens tanszékének a neve: Kertművészeti és Kertépítészeti Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

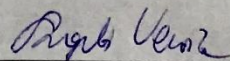
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év 11 hó 07 nap



Hallgató aláírása

9. KONZULENSI NYILATKOZAT

NYILATKOZAT

SZIFETI VERONIKA (név) (hallgató Neptun azonosítója: LQ12IM)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2024 év 11 hó 7 nap

Ujvári Hajdu Szabolcs
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.