

DR. BUDAI PÉTER adjunktus, BME Vízi Közmű
és Környezetmérnöki TanszékDR. FÜLÖP ROLAND adjunktus, BME Vízi Közmű
és Környezetmérnöki Tanszék

VARGA ZOLTÁN ügyvezető, Agriapipe Kft.

Csőrekonstrukciós karbonkalkulátor fejlesztése

A klímavédelem és a közmű-rekonstrukció kapcsolata

A vízi közmű szektorban az elkövetkezendő évtizedek nagy feladata az elhasználódott infrastruktúra rekonstrukciója lesz. A munka ütemezését, végrehajtását időben jól elő kell készíteni, hogy a szűkös anyagi forrásokat a leghatékonyabban lehessen felhasználni, megfelelő rekonstrukciós technológia alkalmazásával. A közművek elhelyezkedése miatt környezetvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni. Ezek egyike a klímavédelem kérdéskörében igen fontos CO₂-lábnyom, melynek meghatározását munkánkban víziközmű-rekonstrukciós technológiák esetére adaptáltuk.

Rekonstrukcióigény

Hazánk víziközmű-ellátottsága jónak mondható, a vízellátás tekintetében az ingatlanok 95% fölött ellátottak ivóvízzel (KSH, 2016). A szennyvízelvezető rendszerek nagy része szintén kiépült, azokban az agglomerációkban, ahol még gazdaságosan megvalósítható a szennyvíz vezetékes gyűjtése, ott várhatóan 2019-ig megtörténik a KEHOP-2.2. program keretében. Ezek az agglomerációk 2000 lakosegyenérték (LE) felettiek, és derogációs kötelezettségük van. Egyedi szennyvízkezelés kiépítésére a 2000 LE alatti települések, településcsoportok esetén a VP6-7.2.1.2-16 program keretében van lehetőség, amely várhatóan 2021-re befejeződik. Kijelenthetjük, hogy a jelenlegi ismereteink alapján az elkövetkező négy évben a szennyvízhálózatok elérik végleges hosszukat. Eddig az időpontig a kitakarásos építési módok volumene dominálni fog a kivitelezési munkákban.

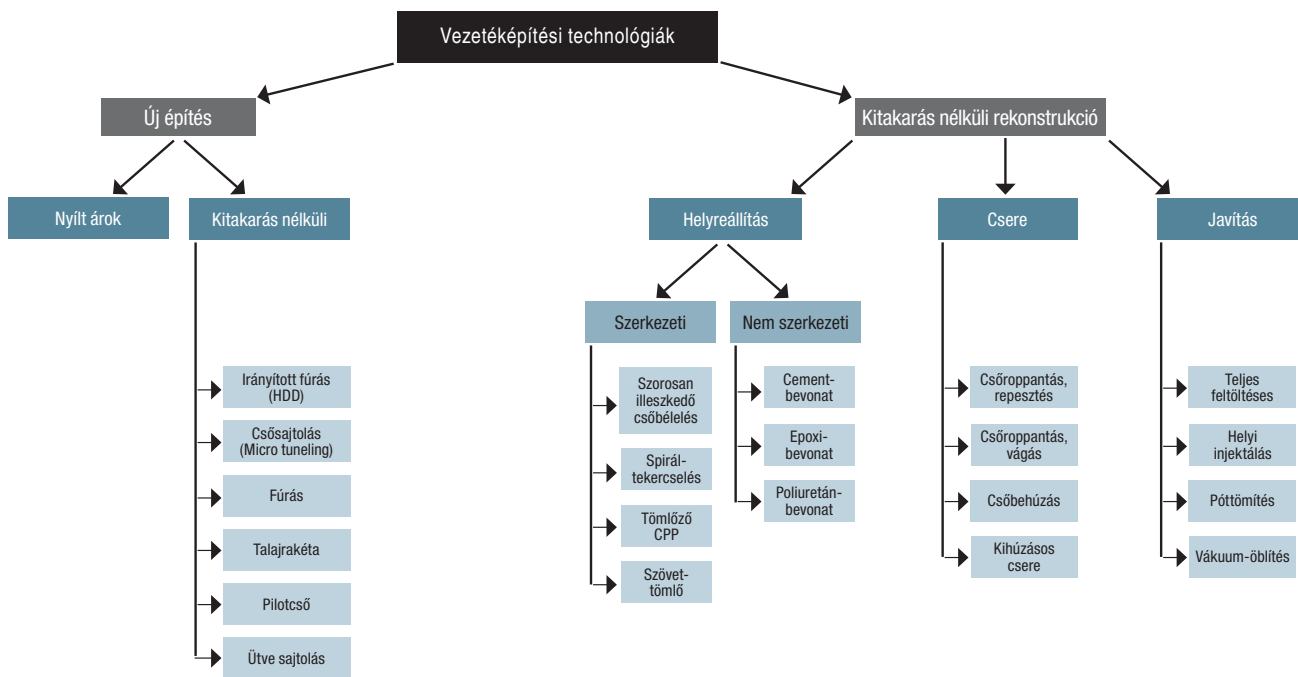
A vízellátó rendszereket mindinkább a túlhasznátság jellemzi, aminek oka az elmaradt rekonstrukció. Ennek következtében egyre öregebb, magas meghibásodási rátájú hálózatokat kell üzemeltetni, ami a cégeket nagy kihívás elé állítja. Emellett a vízellátó rendszerek döntő többségét az alulterheltség jellemzi, ami másodlagos vízminőségi problémához vezethet. Az ivóvízminőség-javító program keretében megépült vezetékszakaszok minősége a szolgáltatók jelzései alapján sokszor megkérdőjelezhető, ennek oka az európai uniós források felhasználására vonatkozó határidőkben keresendő. A vízelvezető rendszereket illetően annyival jobb a helyzet, hogy vezetékosszra vetítve fiatalabbak a rendszerek. Sok esetben azonban az utóbbi húsz évben megépült vízelvezető rendszerek – az építési előírások be nem tartása

miatt – már átadásuk után hamarosan rekonstrukcióra szorulnak. A keletkező folytonossági hibák miatt idegenvíz-problémák is nehezítik az üzemeltetést, továbbá szennyvízminőségi problémák is károsítják a hálózat elemeit (a regionális rendszereken a tartózkodási idők növekedése és a fogyasztói szokások megváltozása a szennyvíz berothadását okozza, korrozív körülményeket teremtve). Az egyesített elvezető rendszereken a klímaváltozás miatt növekvő gyakorisággal előforduló szélsőséges csapadékesemények okoznak túlterheléseket, elöntéseket.

A víziközmű-hálózatok rekonstrukciós igénye folyamatosan nő. A rekonstrukciós igényre vonatkozó becslések 3000 milliárd forint körüliek (Inforádió, 2017), azonban a pontos értéket nem lehet egyértelműen megállapítani, mivel ezek meghatározása döntő mértékben közgazdasági alapú megközelítésre épül (vagyonértékelések, OSAP 1376). Ezeket a rekonstrukciós igényeket a vízdíjba épített értékcsökkenésből kellene fedezni, ám az említett összeg nagyságrendje – akár több évre elosztva is – már nemzetgazdasági kérdéseket generál. Az üzemeltetők döntő többségénél a felújítási ráták 0,4% alattiak, ezzel hallgatólagosan azt feltételezik, hogy a vezetékek 250 évig fognak üzemelni, miközben a csőgyártók is legfeljebb 100 évig mernek üzemelési élettartamot jósolni – természetesen tökéletes beépítési körülmények között. A jelenleg is nagy számban előforduló azbesztcement csövekre 50-60 év élettartamot prognosztizáltak, ennek lejáratát most kezdődik. Az üzemeltetők az elmaradt rekonstrukciót a megnövekedett üzemeltetési, fenntartási költségekben fizetik meg.

Az ismertetett állapot nem hazai specialitás. A miénknél fejlettebb országokban is komoly gond a forráshiány. Az elvárt 2%-os felújítási ráta ott sem érvényesül maradéktalanul, de ezzel együtt kedvezőbb a helyzet.

1. ábra. Építési technológiák csoportosítása



Forrás: ISTT

Rekonstrukciós technológiák

A rekonstrukció kivitelezésére a klasszikus nyílt árkos módszer mellett a kitarakás nélküli, úgynevezett No-dig technológiák is rendelkezésre állnak. Utóbbiak idehaza több mint 50 éves múltra tekintenek vissza; a kivitelezők a vezetékekben jelentkező problémák széles spektrumára kínálnak minden szempontból hatékony műszaki megoldást. Az elmúlt évtizedekben végbement fejlesztések közti eligazodás megkönnyítésére a Nemzetközi Kitarakásnélküli Technológiákért Társaság (ISTT) rendszerezte a fellelhető vezetéképítési technológiákat (1. ábra).

A megvalósítandó rekonstrukciós technológia kiválasztásakor a költségek mellett azokat a környezetre gyakorolt hatásokat is érdemes vizsgálni, amelyek közvetett költségekként (externális gazdasági hatások) jelentkeznek az élet más területein (táblázat).

a beépítésig – jelentős CO₂-kibocsátónak számít. A rekonstrukciós technológiákat illetően több megoldás közül választhatnak a döntéshozók, a lehetséges alternatívák között pedig jelentős különbségek lehetnek a CO₂-vonzatuk („karbonlábnyomuk”) tekintetében.

Rekonstrukciós technológiák karbonlábnyoma

Az építőipari tevékenységek CO₂-vonzatának kiszámítása az életciklus-elemzések módszertanát követi, így azokhoz hasonló buktatókkal jár. Mivel általánosan alkalmazott, szenderd eljárás jelenleg nem létezik, a szakirodalomban fellelhető adatok értelmezése és alkalmazása nagyfokú körültekintést és elővigyázatosságot igényel. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a módszertannal kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat.

Közműépítési technológiák externális hatásai

Szennyezőanyag-kibocsátások	Nem anyagi jellegű környezetterhelés	Gazdasági-társadalmi hatások
szálló por/PM10 (földmunka, motorok)	zajhatások	forgalomterelés által okozott kellemetlenségek
NO _x , C _x H _y (motorok, kapcsolt emissziók)	rezgések, vibráció	elérhetőség korlátozása (üzletek, közintézmények)
üvegházhatású gázok (CO ₂ , CH ₄ stb.)	talajmechanikai változások	

Az elmúlt évtizedek kutatásai rávilágítottak arra a tényre, hogy a klímaváltozás egyik fő oka az üvegházhatású gázok (ÜHG) felhalmozódása a légkörben, ezen belül is kitüntetett figyelmet érdemel a CO₂-koncentráció folyamatos növekedése. Becslések szerint az ebből származó károk éves szinten az EU-ban meghaladják a 60 milliárd eurót (EEA, 2011). Ennek okán, illetve a kiotói jegyzőkönyvben és a párizsi éghajlatvédelmi egyezményben vállaltakhoz híven, a fejlett világ országainak nagy része a kibocsátás csökkentésében érdekelt. Mint a legtöbb termelő ágazat, az építőipari tevékenység is – a gyártástól

A vizsgált rendszer az alábbi elemeket foglalhatja magában:

1. felhasznált építőanyagok előállítása nyersanyagaikból;
2. felhasznált építőanyagok kivitelezési helyszínre szállítása;
3. beépítéshez kapcsolódó munkafolyamatok;
4. üzemeltetés;
5. felhagyás (hasznos élettartam vége).

A közmű-rekonstrukció témakörében eddig közzétett elemzések jellemzően az 1. és 3. pontoknál határolják le a vizsgálatot, bár céltól és tárgytól függően esetenként kiterjednek a 4. és az 5. pontra is, ami

természetesen igen eltérő eredményekhez vezet. Az egyes pontokhoz kapcsolódó CO₂-kibocsátások elsősorban a gyártás (nyersanyag-kitermelés, szállítás és feldolgozás), a késztermék építkezési helyszínre szállítása, valamint a beépítési munkálatok *energiaigényéhez* (üzemanyag, illetve villamosenergia-felhasználás) köthetők, de előfordulhat *gyártástechnológiai* eredetű emisszió is. A számításhoz felhasznált fajlagos CO₂-kibocsátási adatok jellemzően iparági életciklus-elemzésekből és/vagy az ezekre alapozott különféle adatbázisokból (másodlagos adatforrások) származhatnak. Ezen a ponton több bizonytalansági tényező is nehezíti a tisztánlátást. Jelentős különbségekre vezethet a nyersanyag-összetétel változatossága (pl. hulladékanyag újrafelhasználása révén), az alkalmazott gyártástechnológiák közötti eltérések (elsősorban energiaigényük miatt), valamint a villamos energia előállításának módja (ami országonként igen különböző lehet, akár Európán belül is). Szintén bonyolítja a helyzetet, hogy egyes adatforrások csak szén-dioxid-emisszióra vonatkoznak, mások viszont több ÜHG együttes kibocsátását fejezik ki CO₂ ekvivalens értékben; ezeken felül pedig energiavonzat alapú kimutatások is léteznek.

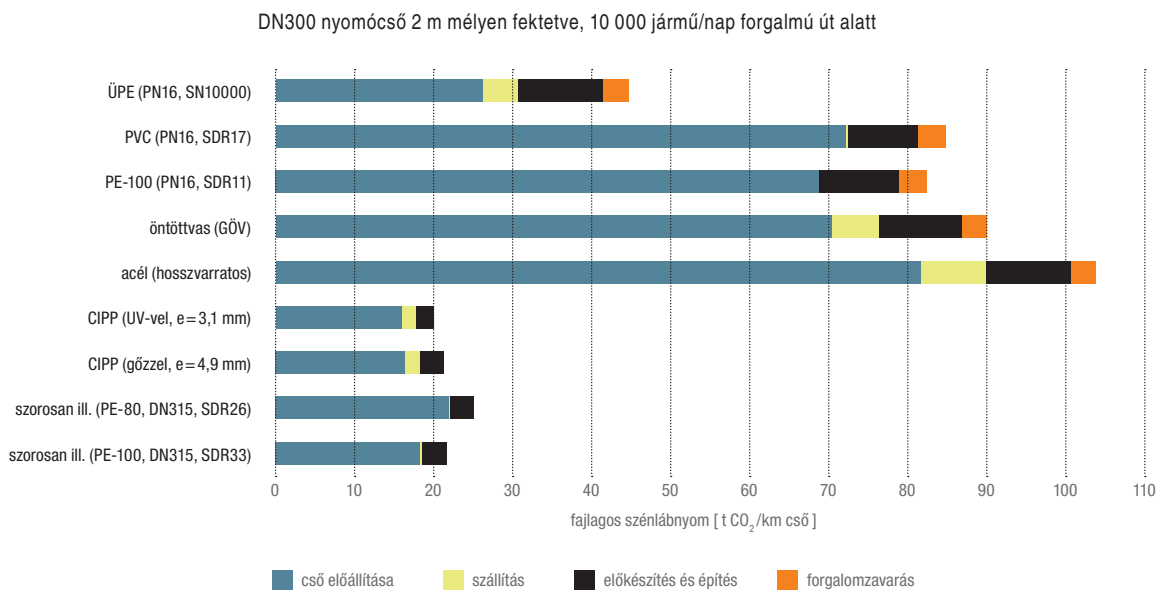
A vázolt nehézségek (a hatósági előírások hiányával tetézve) gyakran a klímavédelmi szempontú vizsgálatok elmaradásához, esetleg felületes elemzésekhez vezetnek, kétes értékű eredményekkel. Ezt a hiányosságot felismerve nemrég egy hazai viszonylatokra adaptált, egyszerűen használható döntéstámogató alkalmazás fejlesztésébe kezdtünk, melynek célja a küszöbön álló széles körű víziközmű-rekonstrukció tervezése során felmerülő klímavédelmi szempontú értékelés szakmai támogatása. A most még tesztfázisban lévő eszköz képességeit egy hipotetikus esetvizsgálat eredményein keresztül mutatjuk be az alábbiakban.

et al. 2018). Különösen nagy gondot okoz az AC gerinc-, illetve távvezetékek meghibásodása, ami településrészek vagy egész települések vízhiányát okozhatja. Az AC csövek felhagyása kapcsán további probléma a veszélyes hulladékként jelentkező vezetékmaradványok ártalmatlanítása, és ez a környezeti kockázat mellett költségnövelő tényező is a rekonstrukcióban. Példánkban ezért NA300 és NA400 méretű, 2 m mélységben fektetett AC gerincvezetékek rekonstrukcióját vizsgáltuk (csőkötések, aknákn és bekötések nélkül).

Az elemzés során a „bölcstől az átadásig” (1–3. pontok a fenti felsorolásban) rendszermodellt alkalmaztunk, kitakarásos építési mód esetén kiegészítve a gépjárműforgalom zavarásából adódó becsült járulékos szén-dioxid-emissziókkal (feltételezve, hogy a rekonstrukció belterületen zajlik, és egy 10 000 jármű/nap átlagos forgalomterheléssel jellemezhető útszakaszt érint). Az egyszerűség kedvéért feltételeztük, hogy kitakarásos építés esetén nincs szükség a munkaárok víztelenítésére (ami a folyamatos szivattyúzás miatt jelentene többlet CO₂-vonzatot); továbbá azt is, hogy az érintett terület fogyasztóinak vízellátása megoldható a rekonstrukcióval nem érintett vezeték szakaszokról, így többletterhelést az sem okoz (hosszabb vezeték szakaszok esetében ez nehezen teljesíthető, a felújítás idejére alternatív módon kell biztosítani a vízellátást). A számításnál figyelembe vett fajlagos kibocsátásokat, beszerzési forrásokat és gyártástechnológiát a lehetőségeinkhez képest igyekeztünk a hazai körülményekre szabni.

Eredményeinket a 2. és 3. ábra mutatja. A várakozásoknak megfelelően – az árkolásból és a forgalomzavarásból kifolyólag – különbségek adódtak a kitakarásos és a No-dig rekonstrukciós eljárások között. Ugyanakkor az is jól megmutatkozik, hogy az összegzett CO₂-vonzatot

2. ábra. Rekonstrukciós technológiák fajlagos szénlábnyoma NA300 átmérő esetén

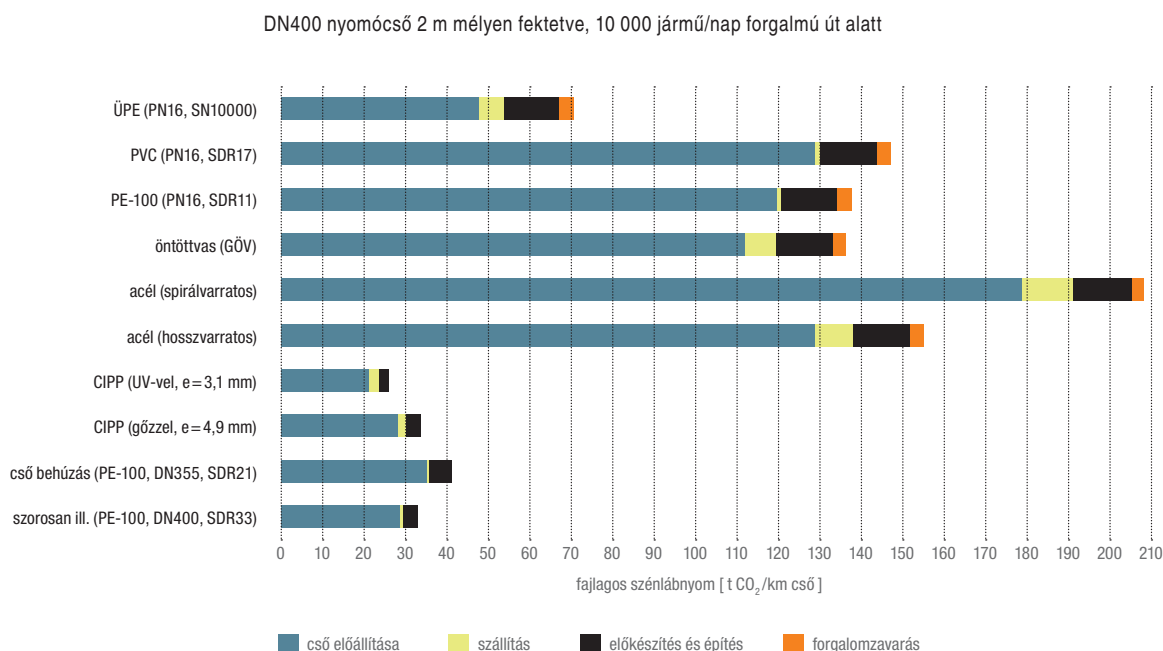


Demonstratív esettanulmány

A hazai ivóvízellátó vezetékek közel fele még mindig azbesztcement (AC) anyagú. Életkoruk lassan eléri műszaki élettartamuk végét, amelyet meghibásodásrátajuk is igazol. Ezek a túlhasznált csövek 10-15 év múlva az üzemeltetésben komoly ellátási kockázatot jelenthetnek (Várszegi

legfőképpen a felhasznált anyagok „beépített szénlábnyoma” határozza meg (egyértelműen a szakirodalomban fellelhető hasonló elemzésekkel). A kitakarásos és No-dig technológiák között ebben a szegmensben megfigyelhető markáns különbség arra vezethető vissza, hogy utóbbiak esetében a meglévő régi cső helyreállításához felhasznált új csőanyagok kisebb falvastagságúak, mint teljes csőcsere esetén (a vizsgálatban sze-

3. ábra. Rekonstrukciós technológiák fajlagos szénlábnyoma NA400 átmérő esetén



replő kitakarás nélküli technológiák alkalmazásának szükséges feltétele, hogy a meglévő cső szerkezeti szempontból csak kismértékben szoruljon megerősítésre). Fontos megjegyezni, hogy az öntöttvas és acéltermékek előállításához tartozó szénlábnyomot erőteljesen befolyásolja a hulladékfém felhasználásának aránya a gyártástechnológiában (amennyiben 100%-ban új nyersanyagokat feltételezünk, az itt bemutatott értékek akár 50%-kal is megnöhetnek). Általánosságban is megállapítható, hogy a számítások legérzékenyebb pontja a termék-előállításához kapcsolódó fajlagos CO₂-emisszió, ezért a kalkulátor további fejlesztése során ennek érzékeltesítésére nagy figyelmet kell szentelni.

A 2. és 3. ábrán látható eredmények alapján 300-as átmérő esetén a választott csőanyagtól és technológiától függően kilométerenként 20–85 t CO₂-különbség adódik (jellemzően 70 t körüli értékekkel) a kitakarásos, illetve a No-dig megoldások között, míg 400-as átmérő esetében 29–182 t CO₂ a differencia (jellemzően 120 t körüli értékekkel). A szénlábnyomok közötti különbség szemléltetésére a magyarországi erdőterületek éves léptékű átlagos nettó CO₂-megkötő képességét használjuk, ami **Haszpra** (2011) szerint 4 t/ha. Ez alapján a vizsgált átmérből 100 km rekonstrukcióra eső megtakarítás a Budapesti közgazdasági területén található erdőterület (~6000 ha) éves CO₂-megkötő képességének harmadára-felére tehető. Ha csak az ország vízellátó hálózatában közel 30 000 km AC nyilvántartott vezeték vesszük (**Várszegi**, 2014) – hozzátevé, hogy ez az állomány az általunk vizsgált átmérből szélesebb mérettartományt ölel fel –, belátható, hogy a gazdasági vonatkozások mellett a klímavédelmi szempontok figyelembevétele a jövőbeli csőrekonstrukciós projektek során indokolt lenne.

Összefoglalás

A hazai víziközmű-rekonstrukciós igények tekintélyes volumenének tükrében a döntéshozatal során a fontos műszaki-gazdasági szempontok mellett vizsgálatra érdemes tényezőnek tartjuk a klímavédelmi vonatkozásokat is. A módszertani buktatók elkerülése, valamint az

egységes értékelés támogatása céljából folyamatban van egy „cső-rekonstrukciós karbonkalkulátor” fejlesztése, melynek segítségével két konkrét scenárió példáján bemutattuk az üvegházhatású gázok kibocsátásában várható megtakarítások nagyságrendjét. A kapott eredményekből arra következtethetünk, hogy azokban az esetekben, ahol a meglévő csövek műszaki paraméterei megengedik az alkalmazásukat, a kitakarás nélküli rekonstrukciós technológiák klímavédelmi szempontból előnyösebbek. Mindemellett szeretnénk hangsúlyozni, hogy minden egyes eset külön elemzést igényel – egyrészt a szénlábnyomszámítás eredményének csőátmérőtől és nyomásviszonyoktól való erőteljes függése miatt, másrészt a csövekkel szemben támasztott esetleges egyedi igényekre való tekintettel. ▲

Irodalom

KSH, 2016, Közüzemek ivóvízzel ellátott települések és lakások (1990–) web: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zrk001.html (2018.01.28.)

KSH, 2016, Közüzemek szennyvízgyűjtő-hálózattal rendelkező települések és lakások (1990–) web: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zrk002.html (2018.01.28.)

Inforádió, 2017, Bajban a vízellátásunk – tízezer milliárd forintra lenne szükség, web: http://inforadio.hu/belfold/2017/07/31/hiaba_zarjuk_el_a_csapokat_a_viz_negyede_mar_a_csovekbol_elfolyik/ (2017.12.10.)

European Environment Agency (EEA), 2011, Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe, doi:10.2800/84800

Várszegi Cs., Csuhan G., Kakuk A., Koza G.: Halad-e az azbesztcement csövek cseréje Magyarországon? Vízű Panoráma, XXVI/2018.

Haszpra L. (szerk.) (2011): Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective. Springer, ISBN 978-90-481-9950-1.

Várszegi Cs., (2014): Azbesztcement cső probléma az ivóvízellátásban. Magyar Hidrológiai Társaság XXXII. Országos Vándorgyűlése, Szeged, 2014. július 2–4.