



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

**Németország
Baden-Württemberg tartomány
Környezetvédelmi, Klíma és Energiaügyi Minisztériuma
megbízásából készült**



Kutatási jelentés

**A MAGYARORSZÁGI
KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK
ENERGIAHATÉKONYSÁGI VIZSGÁLATÁNAK
MÓDSZERTANI MEGALAPOZÁSÁHOZ**

Magyarországi koordinátor :
Belügyminisztérium, Magyarország

2019. február



BELÜGYMINISZTERIUM

Készült :
Németország
Baden-Württemberg tartomány
Környezetvédelmi, Klima és Energiaügyi Minisztériuma
megbízásából

2019. február

Kutatási jelentés

a magyarországi
kommunális szennyvíztisztító telepek energiahatékonysági
vizsgálatának módszertani megalapozásához

Magyarországi koordinátor :
Belügyminisztérium, Magyarország

ISBN 978-963-490-135-8

Projekt partnerek:

ISWA, Universität Stuttgart
Dr.-Ing. H. Schönberger, C. Meyer

HFT Hochschule für Technik Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. P. Baumann

iat-Ingenieurberatung GmbH, Stuttgart
Dr.-Ing. W. Maier, Sabine Schmid

Debreceni Egyetem, Víz és Környezetgazdálkodási Intézet
Prof. Dr- Tamás János Intézet igazgató

A projektben együttműködő szennyvíztisztító telepek:

Debreceni Vízmű ZRt.
Ányos József vezérigazgató

Nyírségvíz ZRt.
Szabó Istvánné vezérigazgató

Tiszamenti Regionális Vízművek ZRt.
Bakondi Patrik vezérigazgató

Tartalomjegyzék

Ábrajegyzék.....	ix
Táblázatok jegyzéke.....	xv
Rövidítések jegyzéke.....	xix
1 Bevezetés.....	1
1.1 Háttérinformációk.....	1
1.2 Projektcélok.....	3
1.3 Megvalósítás és munkaterv.....	4
2 Kiválasztott magyarországi tisztítótelepek.....	7
2.1 Módszertan - a kiválasztott magyarországi tisztítótelepek adatainak kiértékelése.....	7
2.1.1 Módszertan - üzemeltetők által szolgáltatott információk.....	7
2.1.2 Módszertan - üzemi naplók kiértékelése.....	7
2.2 Debreceni szennyvíztisztító telep.....	9
2.2.1 Üzemeltető által szolgáltatott információk.....	9
2.2.2 Üzemi napló kiértékelése 2015 és 2017 között.....	14
2.3 Nyíregyházi szennyvíztisztító telep.....	29
2.3.1 Üzemeltető által szolgáltatott információk.....	29
2.3.2 Üzemi napló kiértékelése 2015 és 2017 között.....	33
2.4 Karcagi szennyvíztisztító telep.....	45
3 Kiválasztott magyarországi szennyvíztisztító telepek energetikai összehasonlítása a németországi és a baden-württembergi szennyvíztisztító telepekkel.....	47
3.1 A magyarországi létesítmények energetikai ellenőrzése a DWA-A 216 tükrében....	47
3.1.1 Módszertan - az energetikai ellenőrzés energetikai mutatói.....	47
3.2 Referencia- vagy összehasonlító adatok.....	51
3.2.1 Baden-württembergi tisztítótelepek referenciaadatai.....	51
3.2.2 A németországi tisztítótelepek referenciaadatai.....	55
3.3 Az energetikai összehasonlítás eredményei.....	55
3.3.1 Teljes villamosenergia-fogyasztás (e_{ges}).....	55
3.3.2 Fajlagos villamosenergia-fogyasztás a levegőztetésnél (e_{Bel}).....	57
3.3.3 Fajlagos biogáz-termelés (e_{FG}).....	58
3.3.4 Biogáz átalakítása villamos energiává (N_2).....	59
3.3.5 Elektromos önellátás aránya (V_e).....	61
3.4 Összegzés és javaslatok.....	63
3.4.1 Az energetikai ellenőrzés összegzése.....	63

3.4.2	Javaslat további intézkedésekhez	64
4	Energiapotenciálok	69
4.1	Általános	69
4.2	Energiamegtakarítás potenciáljai	69
4.2.1	Általános információk	69
4.2.2	Levegőtetés.....	72
4.2.3	Az eleveniszapos medence keringtetése	74
4.2.4	A technológiai eljárások változtatása.....	74
4.3	Energiatermelés potenciáljai	75
4.3.1	Általános információk	75
4.3.2	A nyersiszap energiatartalma.....	76
4.3.3	Extra szubsztrátok (együttes rothasztás).....	77
4.3.4	A nyersiszap előkezelése.....	78
4.3.5	A rothasztás folyamata.....	78
4.3.6	A technológia átalakítása anaerob iszapstabilizációra.....	80
4.3.7	Rothasztás az iszapkompozitban	81
4.3.8	A biogáz kihasználásának optimalizálása	83
4.3.9	További megújuló energiák	84
4.4	Javaslatok konzorciális projektekhez az új építésű telepeknél	85
4.5	Átültethetőség	86
5	Irodalomjegyzék	87
	Melléklet.....	89
A	Diagramok - Debrecen szennyvíztisztító telep.....	91
B	Diagramok Nyíregyháza szennyvíztisztító telep	131
C	Kérdőívek.....	167
C.1	Kérdőív adatgyűjtéshez - Debrecen	167
C.2	Kérdőív adatgyűjtéshez - Nyíregyháza.....	168
C.3	Kérdőív adatgyűjtéshez - Karcag	169

Ábrajegyzék

1.1: Egy németországi kommunális szennyvíztisztító tipikus eljárási lépéseinek átlagos részese- dése a teljes villamosenergia-szükséglet (áramszükséglet) tükrében (Umweltbundesamt 2009).....	2
2.1: A debreceni szennyvíztisztító telep látképe	9
2.2: Finomszűrő berendezés MEVA ráccsal, Debrecen.....	10
2.3: Mélylégbefúvós biológiai medence, Debrecen	12
2.4: Rothasztó tornyok, Debrecen	13
2.5: Csőszivattyúk a befolyó területen és az előülepítő, Nyíregyháza	30
2.6: Biológiai fokozat (a háttérben a rothasztó berendezés), Nyíregyháza.....	31
2.7: Fúvóberendezés és tányéros diffúzorok, Nyíregyháza.....	32
2.8: Centrifugaállomás a szennyvíziszap víztelenítéséhez, Nyíregyháza.....	33
2.9: Szűrőberendezés és levegőztetett körformájú homokfogó, Karcag.....	46
2.10: Biológiai fokozat N- és DN-zónákkal, Karcag.....	46
2.11: Szalagszűrő prés szállítókonténerrel, Karcag	48
3.1: A szennyvíztisztító telepek Baden-Württembergben a nagyságuk szerinti osztályozás függvényében (DWA-teljesítményösszehasonlítás BW 2013).....	53
3.2: Fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás e_{ges} (Steinmetz, et al., 2015) (BW energetikai elemzések adatsora)	54
3.3: Fajlagos villamosenergia-fogyasztás e_{ges} (összehasonlítás a BW energetikai elemzések adatsora dokumentummal)	56
3.4: Fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás a tisztítási eljárás függvényében (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból).....	57
3.5: Fajlagos villamosenergia-fogyasztás a levegőztetésnél (e_{Bel}) (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból).....	58
3.6: Fajlagos biogáz-termelés (e_{FG}) (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból).....	59
3.7: Biogáz átalakításának aránya erőbe/elektromosságba (N_2) (összehasonlítás a BW energetikai elemzések adatsora dokumentummal)	60
3.8: Biogáz átalakításának aránya erőbe/elektromosságba (N_2) (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból).....	61
3.9: Önellátás aránya elektromosság.....	62
3.10: Önellátás aránya (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból).....	62
4.1: Kiindulási pontok a kommunális szennyvíztisztító telepek energiahatékonyságának növeléséhez (Steinmetz et al. 2015b).....	70

4.2: Kommunális szennyvíztisztító telepek energiahasznosításának javítására szolgáló optimalizációs intézkedések (áttekintés)	76
A.1: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2015)	91
A.2: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2015).....	91
A.3: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2016)	92
A.4: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2016).....	92
A.5: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2017)	93
A.6: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2017).....	93
A.7: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	94
A.8: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	94
A.9: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016).....	95
A.10: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)	95
A.11: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	96
A.12: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017).....	96
A.13: NH ₄ -N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	97
A.14: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	97
A.15: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016).....	98
A.16: NH ₄ -N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)	98
A.17: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	99
A.18: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017).....	99
A.19: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	100
A.20: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	100
A.21: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016).....	101
A.22: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)	101
A.23: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	102
A.24: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017).....	102
A.25: KOI terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyóvizében (2015)	103
A.26: KOI terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyóvizében (2015).	103
A.27: KOI terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015).....	104
A.28: KOI terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016) ...	104
A.29: KOI terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)	105
A.30: KOI terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016).....	105
A.31: KOI terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017) ...	106
A.32: KOI terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)	106

A.33: KOI terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017).....	107
A.34: NH ₄ -N terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)	107
A.35: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015).....	108
A.36: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015).....	108
A.37: NH ₄ -N terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)	109
A.38: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016).....	109
A.39: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016).....	110
A.40: NH ₄ -N terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)	110
A.41: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017).....	111
A.42: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017).....	111
A.43: Összes P terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015).....	112
A.44: Összes P terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015).....	112
A.45: Összes P terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015).....	113
A.46: Összes P terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016).....	113
A.47: Összes P terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016).....	114
A.48: Összes P terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016).....	114
A.49: Összes P terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017).....	115
A.50: Összes P terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017).....	115
A.51: Összes P terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017).....	116
A.52: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015).....	116
A.53: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016).....	117

A.54: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017).....	117
A.55: NH ₄ -N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015).....	118
A.56: NH ₄ -N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016).....	118
A.57: NH ₄ -N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017).....	119
A.58: szerves N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015).....	119
A.59: szerves N-koncentráció éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	120
A.60: szerves N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017).....	120
A.61: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)	121
A.62: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)	121
A.63: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)	122
A.64: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2015).....	122
A.65: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2016).....	123
A.66: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2017).....	123
A.67: Biogáz-termelés éves értéke (2015)	124
A.68: Biogáz-termelés éves értéke (2016)	124
A.69: Biogáz-termelés éves értéke (2017)	125
A.70: Energia-termelés gázmotor (2015)	125
A.71: Villamosenergia-termelés gázmotor (2016).....	126
A.72: Villamosenergia-termelés gázmotor (2017).....	126
A.73: Kapott villamos energia éves értéke (2015)	127
A.74: Kapott villamos energia éves értéke (2016)	127
A.75: Kapott villamos energia éves értéke (2017)	128
A.76: Villamosenergia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2015)	128
A.77: Villamosenergia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2016)	129
A.78: Villamosenergia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2017)	129
B.1: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2015)	131
B.2: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2015).....	131
B.3: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2016)	132
B.4: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2016).....	132
B.5: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2017)	133
B.6: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2017).....	133
B.7: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)	134
B.8: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015).....	134
B.9: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015).....	135
B.10: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	135
B.11: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	136
B.12: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016).....	136

B.13: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)	137
B.14: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	137
B.15: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017).....	138
B.16: NH ₄ -N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)	138
B.17: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015).....	139
B.18: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015).....	139
B.19: NH ₄ -N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	140
B.20: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	140
B.21: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016).....	141
B.22: NH ₄ -N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)	141
B.23: NH ₄ -N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	142
B.24: NH ₄ -N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017).....	142
B.25: Összes nitrogén terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)	143
B.26: Összes nitrogén terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015)	143
B.27: Összes nitrogén terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015) ...	144
B.28: Összes nitrogén terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	144
B.29: Összes nitrogén terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)	145
B.30: Összes nitrogén terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016) ...	145
B.31: Összes nitrogén terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	146
B.32: Összes nitrogén terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)	146
B.33: Összes nitrogén terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017) ...	147
B.34: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)	147
B.35: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015).....	148
B.36: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015).....	148
B.37: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)	149
B.38: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016).....	149
B.39: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016).....	150
B.40: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)	150
B.41: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	151
B.42: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017).....	151
B.43: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015).....	152
B.44: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016).....	152
B.45: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017).....	153
B.46: NH ₄ -N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015).....	153
B.47: NH ₄ -N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016).....	154
B.48: NH ₄ -N koncentráció éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017).....	154
B.49: Szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)	155

B.50: Szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)	155
B.51: Szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)	156
B.52: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)	156
B.53: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyóm vízben (2016)	157
B.54: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)	157
B.55: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2015).....	158
B.56: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2016).....	158
B.57: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2017).....	159
B.58: Biogáz-termelés éves értéke (2015)	159
B.59: Biogáz-termelés éves értéke (2016)	160
B.60: Biogáz-termelés éves értéke (2017)	160
B.61: Villamosenergia-termelés gázmotor (2015).....	161
B.62: Villamosenergia-termelés gázmotor (2016).....	161
B.63: Villamosenergia-termelés gázmotor (2017).....	162
B.64: Kapott villamos energia éves értéke (2015)	162
B.65: Kapott villamos energia éves értéke (2016)	163
B.66: Kapott villamos energia éves értéke (2017)	163
B.67: Villamos energia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2015)	164
B.68: Villamos energia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2016)	164
B.69: Villamos energia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2017)	165

C.1 Kérdőív adatgyűjtéshez - Debrecen

C.2 Kérdőív adatgyűjtéshez – Nyíregyháza

C.3 Kérdőív adatgyűjtéshez – Karcag

Táblázatok jegyzéke

2.1: A debreceni szennyvíztisztító telep be- és elfolyó koncentrációi.....	9
2.2: Kezelt szennyvíz-mennyiség - Debrecen.....	15
2.3: KOI terhelés a befolyásnál - Debrecen.....	16
2.4: KOI terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Debrecen.....	16
2.5: NH ₄ -N terhelés a befolyásnál - Debrecen.....	16
2.6: NH ₄ -N terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Debrecen.....	17
2.7: Összes P terhelés a befolyásnál - Debrecen.....	17
2.8: Összes P terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Debrecen.....	17
2.9: Befolyó terhelések összefoglalása - Debrecen.....	18
2.10: KOI terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - Debrecen.....	19
2.11: KOI terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - százalékos értékek - Debrecen.....	19
2.12: NH ₄ -N terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - Debrecen.....	19
2.13: NH ₄ -N terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - százalékos értékek - Debrecen.....	20
2.14: Összes P terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - Debrecen.....	20
2.15: Összes P terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - százalékos értékek - Debrecen.....	21
2.16: Terhelések összefoglalása az eleveniszapos medence befolyásában - Debrecen.....	21
2.17: KOI elfolyó értékek - Debrecen.....	22
2.18: NH ₄ -N elfolyó értékek - Debrecen.....	22
2.19: Szervetlen nitrogén (szervetlen N) elfolyó értékek - Debrecen.....	23
2.20: Foszfortartalom az elfolyó vízben - Debrecen.....	23
2.21: Biogáz-termelés - Debrecen.....	23
2.22: Villamosenergia-termelés fűtőerőmű - Debrecen.....	24
2.23: Vásárolt villamos energia - Debrecen.....	24
2.24: Villamosenergia-fogyasztás a létesítmény egészében - Debrecen.....	25
2.25: Befolyó értékek összefoglalása - Debrecen.....	26
2.26: Eleveniszapos műtárgy - befolyás összefoglalása - Debrecen.....	27
2.27: Elfolyó értékek összefoglalása - Debrecen.....	28
2.28: Gáztermelés és villamosenergia-fogyasztás összefoglalása - Debrecen.....	28
2.29: A nyíregyházi szennyvíztisztító telep be- és elfolyó üzemértékei.....	29
2.30: Szennyvíztisztító telep energetikai mérlege - Nyíregyháza.....	32
2.31: Tisztított szennyvíz-mennyiség - Nyíregyháza.....	35
2.32: KOI terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza.....	35

2.33: KOI terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Nyíregyháza.....	36
2.34: NH ₄ -N terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza.....	36
2.35: NH ₄ -N terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Nyíregyháza.....	36
2.36: Összes N terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza	37
2.37: Összes N terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Nyíregyháza	37
2.38: Összes P terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza.....	38
2.39: Összes P terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Nyíregyháza.....	38
2.40: Befolyó terhelések összefoglalása - Nyíregyháza.....	39
2.41: KOI elfolyó értékek - Nyíregyháza	40
2.42: NH ₄ -N az elfolyó vízben - Nyíregyháza.....	40
2.43: Szervetlen nitrogén (szervetlen N) az elfolyó vízben - Nyíregyháza	40
2.44: Foszfortartalom az elfolyó vízben - Nyíregyháza	41
2.45: Biogáz-termelés - Nyíregyháza.....	41
2.46: Villamosenergia-termelés gázmotor - Nyíregyháza.....	42
2.47: Kapott villamos energia - Nyíregyháza	42
2.48: Villamosenergia-fogyasztás a létesítmény egészében- Nyíregyháza.....	42
2.49: Befolyó értékek összefoglalása - Nyíregyháza	43
2.50: Elfolyó értékek összefoglalása - Nyíregyháza.....	44
2.51: Gáztermelés és villamosenergia-fogyasztás összefoglalása Nyíregyháza.....	44
2.52: Befolyó koncentrációk és ellenőrző értékek a karcagi szennyvíztisztító telepen	45
3.1: Az energetikai ellenőrzés végrehajtásának mutatói (DWA 2015).....	49
3.2: Mutatók a telepek, a tisztítási fokozatok energetikai besorolásához (az energetikai vizsgálat kiértékelése alapján)	67

Rövidítések jegyzéke

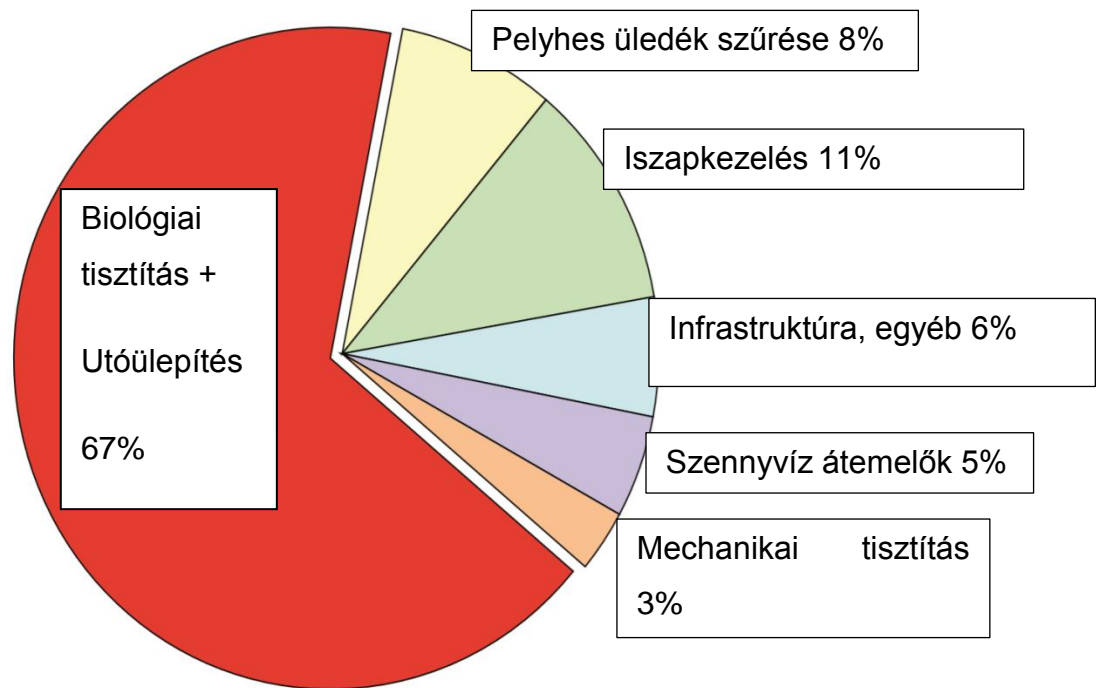
$B_{d,OTM,aM}$	A bejuttatott szerves szárazanyag éves középértéke
e_{Bel}	Az eleveniszapos medencék levegőztetésének fajlagos villamosenergia-fogyasztása
E_{be}	Az eleveniszapos medencék levegőztetésének villamosenergia-fogyasztása
e_{FG}	Fajlagos biogáz-termelés
e_{ges}	Fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás
E_{ges}	Teljes villamosenergia-fogyasztás
E_{KWK}	Éves villamosenergia-termelés a kapcsolt energiatermelésű erőművekből (CHP) plusz az aggregátókból származó közvetlen meghajtás energiaekvivalenséből
e_{PW}	Szivattyúk (PW) fajlagos villamosenergia-fogyasztása
E_{PW}	Szivattyúk villamosenergia-fogyasztása
$e_{th,ext}$	Fajlagos külső hőforrás
$E_{th,ext}$	Külső energia hőellátás céljából (fosszilis tüzelőanyagok)
EV_{el} vagy V_e	Elektromos önellátás aránya a biogáz használatára vonatkozóan a kapcsolt energiatermelésű erőművekben valamint aggregátókból származó közvetlen meghajtásnál
LE_{KOI}	Lakosegyenérték a KOI alapján 120 g /LE/·d fajlagos terhelésnél
g_{CH4}	Metán térfogatrésze a biogáztérfogaton
h_{man}	Manométeres szállítómagasság
N_{FG} vagy N_2	Biogáz villamosenergiává történő átalakításának aránya
$Q_{FG,a}$	Biogáz-termelés éves összesített eredménye szabványos körülmények mellett
$Q_{FG,d,aM}$	Biogáz-termelés éves átlaga szabványos körülmények mellett
Q_{PW}	Szivattyúk szállított mennyisége
Y_{FG}	Fajlagos biogáz-termelés a szerves szárazanyagra vonatkoztatva

1 Bevezetés

1.1 Háttérinformációk

Németországban a szennyvíztisztító telepek általában a legnagyobb kommunális energiafelhasználók. A Németországban található több mint 10.000 kommunális szennyvíztisztító telep átlagosan az összes kommunális létesítmény villamosenergia-fogyasztásának csaknem 20%-át teszi ki. Ennek megfelelően a kommunális szennyvíztisztító telepeken magas az energiatamegtakarítás lehetősége, amely átfogó kutatások témája volt Németországban, az utóbbi öt évben. 2015-ben a Német Víz- és Szennyvíz Szövetség (DWA) technikai szabályokat is publikált ebben a témában (DWA 2015).

Ábra 1.1 egy németországi kommunális szennyvíztisztító tipikus tisztítási eljárásainak részarányait mutatja a teljes villamosenergia-szükséglet tükrében (áramszükséglet). Általában egyértelmű, hogy az összes eljárási lépés közül a levegőztetés jár a legnagyobb energiaigénnyel egy kommunális szennyvíztisztító telepen. Anaerob iszapstabilizálással rendelkező telepeken, azaz olyan telepeken, amelyek késleltetett szennyvíziszap-rothasztással és biogáz-termeléssel rendelkeznek, a levegőztetés áramszüksége átlagosan 50%-át teszi ki a teljes áramszükségletnek. Kisebb, anaerob iszapstabilizálással működő telepeken a levegőztetés a szennyvíztisztító telep teljes áramszükségletének 60-80%-át teszi ki (Umweltbundesamt 2009).



Ábra 1.1: Egy németországi kommunális szennyvíztisztító tipikus villamosenergia-szükségleti arányai (Umweltbundesamt 2009)

Vitathatatlan, hogy a szennyvíztisztító telepek energetikai optimalizálásával (átemelő, keverő, levegőztetés stb.) szignifikánsan lehetne csökkenteni a szennyvíztisztító telepek energiafogyasztását anélkül, hogy a tisztítási teljesítményében veszteségekkel kellene számolni. Az energetikai optimalizálás gyakran már csekély befektetéssel is megvalósítható.

Az anaerob iszapstabilizációval működő szennyvíztisztító telepeken a szennyvíz-iszap rothasztásával energiahordozóként funkcionáló biogáz termelhető, amit például fűtőberendezésben hasznosítható energiaformává lehet alakítani. Ezáltal a tisztító telepen időszakosan és részlegesen energia- vagy fűtési önállóság biztosítható. Az úgynevezett energia-autarkia, azaz a külső energiaszállítótól történő komplett függetlenség azonban nem reális cél.

Németországgal szemben, ahol - a relatív magas népsűrűségnek köszönhetően - a lakosság 98%-a központi szennyvízelvezető hálózatokra vagy szennyvíztisztító létesítményekhez kötött, Magyarország túlnyomóan ritkán lakott ország. Pontosan 109 LE/km²-rel, így fele olyan sűrűn lakott, mint Németország (227 LE/km²). A 100.000 LE feletti 9 városban lakik a lakosság 30%-a, Pest megye pedig a legnépesebb közigazgatási egység. Eddig csupán a lakosság 82%-a kötött rá a közüzemi szennyvíz-

elvezető hálózatra (Ligetvári et al. 2015). Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2009-es adatai 640 szennyvíztisztító telepet tüntetnek fel Magyarországon. A ritkán lakott településeken a jövőben decentralizált létesítmények segítségével kell, vagy kellene a szennyvíztisztítást ellátni (Tamás és Fehér, 2009). Az új építésű tisztítótelepek létesítésére is készültek már különböző koncepciók. Míg Németországban a tervezést szokásosan különválasztják az építéskivitelezéstől, Magyarországon inkább konzorciális projektek vannak, amelyeket közgazdasági és műszaki szempontok alapján ítélnek oda egy-egy vállalkozónak. Üzemgazdasági és energetikai szempontok ezidáig inkább elhanyagolható jelentőséggel bírtak.

1.2 Projektcélok

A következőkben bemutatásra kerülő projekt alapvető célja annak felülvizsgálata, hogyan és milyen formában lehetne a Németországban, és különösképpen a Baden-Württemberg tartományban szerzett ismereteket és eljárásokat az adott helyzethez alkalmazkodva és Magyarországgal együttműködésben a helyi kommunális szennyvíztisztító telepek helyzetére alkalmazni a következő feladatok megoldásához:

- a) a kommunális szennyvíztisztító telepek energetikai helyzetének elemzéséhez
- b) a kommunális szennyvíztisztító telepek energiatakarékossági és -termelési potenciáljainak feltárásához.

A megvalósítás során kihívást jelentett az alternatív eljárási lehetőségek feltárása, mivel a Németországban és Baden-Württembergben kifejlesztett megoldások nagy valószínűséggel nem ültethetőek át közvetlenül a magyarországi gyakorlatba.

Mindenekelőtt szükség volt azokra az adatokra és információkra, amelyek létfontosságúak a magyarországi tisztítótelepek energiahelyzetének elemzéséhez, bizonyos körülmények között ezeket részben újra kellett gyűjteni és megszerezni. Át kellett tekinteni az ismert vizsgálati módszerek és mutatók alapján összeállított értékelési rendszerek alkalmazhatóságát és ezeket a helyi körülményekhez kellett igazítani.

Az adatok kiértékelését követően ki kellett választani három reprezentatív és konkrét szennyvíztisztító telepet, ahol energetikai ellenőrzést kellett végrehajtani. Ehhez a helyi körülményekre szabott eljárást kellett kifejleszteni. Adott esetben javasolt volt egy hosszú távú megfigyelés egy egyszerű, manuális dokumentációs rendszer felépítésével, amelyet a tisztítótelep üzemeltetői is megvalósíthattak. Ezen kiértékelés

alapján változatokat lehetett kidolgozni az adott telepek energiahatékonyságának növelésére.

A projekt tehát a következő lényegi feladatokat foglalta magába:

- Németországi és baden-württembergi szennyvíztisztító telepek energia-helyzetének bemutatása
- Magyarországi szennyvíztisztító telepek energetikai szempontból releváns adatainak gyűjtése, rendszerezése, előkészítése (lefordítása) és kiértékelése (amennyiben elérhető)
- Magyarországi szennyvíztisztító telepek energiapotenciáljának megítélése, intézkedési javaslatok megfogalmazása az energiahatékonyság növelése érdekében (energiatakarékosság és energiatermelés)
- Energetikai ellenőrzés végrehajtása a három kiválasztott magyarországi szennyvíztisztító telepen tapasztalt szakmérnökök helyszíni szemléje segítségével
- Az eljárások átvihetőségével kapcsolatos javaslatok a Duna régió további országaiban
- A projekt eredményeinek dokumentációja további feldolgozás, vagy publikációs lehetőség céljából

1.3 Megvalósítás és munkaterv

A projekt több munkacsomagra oszlott, amelyeket a következőkben röviden felvázolunk.

0. munkacsomag: Projektkoordináció:

A projektet az Universität Stuttgart koordinálja.

1. munkacsomag: Kick-off workshop (Budapest)

A Magyarország Belügyminisztériuma koordinálásával megtartott kick-off workshop keretében általános bevezetést nyújtottak az Universität Stuttgart professzorai az általuk használt tematikába. Bemutatták a németországi szennyvíztisztító telepek energioptimalizáló eljárásait és a baden-württembergi útmutató eredményeit (Baumann et al. 2014). A Debreceni Egyetem, a Debreceni Vízmű Zrt., a Nyírségvíz Zrt., valamint a Tiszamenti Regionális Vízművek Zrt. munkatársai bemutatták a szenny-

vízisztítás magyarországi helyzetét és a résztvevők meghatározták a projekthez kapcsolódó feladatokat..

2. munkacsomag: Adatgyűjtés a magyarországi kommunális szennyvíztisztító telepektől

Adatok gyűjtése, rendszerezése, feldolgozása és továbbítása. Az adatok nem tartalmazták a hazai telephelyek földrajzi beazoníthatóságát, mivel azok a vizsgálat szempontjából nem voltak relevánsak.

3. munkacsomag: Az energiapotenciál vizsgálata a magyarországi kommunális szennyvíztisztító telepek adatainak kimutatása és értékelése alapján

A 3. munkacsomagban összefoglalt magyar adatokat mutatószámok segítségével a német partnerek értékelték. Az adatlekérdezés a következő adatokra terjedt ki: a tisztítóképesség, a teljes villamosenergia-fogyasztás, a hidraulikus terhelés (m³/év) és a szervesanyag-terheléssel kapcsolatban (BOI₅, KOI), szerencsés esetben a biológiai fokozat áramfogyasztásával kapcsolatban is, valamint a levegőtető berendezések, átemelő, iszapkezelés, víztelenítő berendezések és a gáztermelési értékek. Továbbá segítség az iszapstabilizáció üzemmódjával és az iszapkezeléssel kapcsolatos ismeretek köre is. Előreláthatóan nem kell gyűjteni új adatokat és nem kell folytatni új méréseket sem, viszont fontos az adatok egységes szemléletű struktúrált rendszerezésének elvégzése. Fontos egy módosított és testreszabott értékelési rendszer kidolgozása a telepek energetikai teljesítményének („performance”-ának) méréséhez.

4. munkacsomag: Kiválasztott magyarországi referenciatelepek energetikai ellenőrzése/energetikai elemzése

A kiválasztott tisztítótelepeken az energetikai ellenőrzés végrehajtásához szükséges feladatok:

- Három magyarországi tisztítótelep kiválasztása adott cégcsoporton belül.
- A szennyvíztisztító telepek helyszíni megtekintése teljeskörű bejárással.
- A DWA-A 216 munkalap helyi körülményekre szabott változatának segítségével az energetikai ellenőrzés végrehajtása a telepeken.
- Intézkedési javaslatok az energiahatékonyság növelésére ezen telepeken.

Ehhez olyan szennyvíztisztító telepeket kellett kiválasztani, amelyek a szennyvíztisztítási technológiájukkal, méretükkel, üzemi peremfeltételeikkel legalább részben rep-

reprezentatívnek tekintethetők számos magyarországi szennyvíztisztító telepre vonatkozóan. Ezáltal kellett biztosítani, hogy a kapott eredmények és az ehhez kapcsolódó intézkedési javaslatok számos telep számára számszerűsíthetők (szignifikánsak) és ezáltal adaptálhatók legyenek.

Adott körülmények között a szennyvíztisztító üzemeltetője vagy az üzemeltetők szövetségének segítségével (új) adatokat kellett gyűjteni, vagy méréseket kell folytatni. Ezen felül szükséges a projekt tagok helyszíni bejárása a három kiválasztott szennyvíztisztító telepen.

5. munkacsomag: Záró workshop (Budapest)

A partnerek bemutatják a magyarországi tisztítótelepek megállapított és becsült energiapotenciálját, amely egy energetikailag optimalizált szennyvíztisztító üzemeltetése során elméletileg feltárható lenne (energiatakarékossági és -termelési intézkedések). Ezen felül olyan intézkedési javaslatokat is bemutatnak, amelyek a három referenciatelep részletes energetikai elemzésén alapulnak. Ezen túl a következő szempontokat is részletesen megvizsgálták:

- Az optimalizáció határai, például az energia-autarkia kritikus értékelése (energiatakarékosság és -termelés a költségekkel szembeállítva)
- Jövőbeni fejlesztések.

6. munkacsomag: Jelentés készítése

A fent említett munkacsomagok eredményeit egy rövid, német nyelvű összefoglalóban mutatják be. Ennek a jelentésnek a magyar nyelvű adaptációját tartalmazza jelen kiadvány. Az érintettekkel szoros együttműködésben felmerül a nemzetközi publikáció lehetősége is.

2 Kiválasztott magyarországi tisztítótelepek

2.1 Módszertan - a kiválasztott magyarországi tisztítótelepek adatainak kiértékelése

2.1.1 Módszertan - üzemeltetők által szolgáltatott információk

Az adatokat, amelyeket az üzemeltetők által szolgáltatott információk megjelölés alatt tüntetünk fel, közvetlenül a tisztítótelepek helyszínén gyűjtöttük. A tisztítótelepeket megtekintettük és beszélgetéseket folytattunk az üzemeltető szakembereivel, hogy megismerjük a tisztítótelepet és megértsük a folyamatokat.

2.1.2 Módszertan - üzemi naplók kiértékelése

Ezen túl a debreceni és nyíregyházi szennyvíztisztítótelep üzemeltetői üzemi naplókat bocsátottak rendelkezésünkre. Az így rendelkezésünkre bocsátott adatokat rendszereztük és kiértékeljük.

Az üzemi adatok értelmezéséhez továbbá a következő megjegyzést fűzzük hozzá:

Mérések gyakorisága:

A vizsgált paramétereknél fel van tüntetve a mérések száma (n).

Terhelés megállapítása:

A terhelés megállapításához [kg/d] az egyedi értékeket [mg/l] megszorozzuk a mintavétel napján mért szennyvíz-mennyiséggel [m³/d]. A befolyó terhelések mutatják meg a szennyvíztisztító telep pillanatnyi terhelési állapotát.

Összesített gyakoriság:

Egy tisztítóüzem terhelésének napi értéke általánosan logaritmikusan normál eloszlású. Az átlagos terhelést így mediánként vagy 50%-os értéként is megadhatjuk. Ez a terhelés az esetek 50%-ban, tehát az év napjainak felén ennél alacsonyabb mértékű. Az év további napjain a terhelés ennél nagyobb mértékű.

Egy magasabb megbízhatósági intervallum megjelölésére a 85%-os valószínűségi értéket adjuk meg. Ezt az értéket kapjuk az év napjainak 85%-án, és csak a fennmaradó 15%-ban kapunk ennél magasabb értéket.

Amennyiben egy szennyvíztisztító telep terhelését értékeljük, indokolt a 85%-os értékkel dolgozni. Ha az érték megegyezik a tervezési értékkel, akkor az eleveniszapos berendezés hibátlanul működik.

2.2 Debreceni szennyvíztisztító telep

2.2.1 Üzemeltető által szolgáltatott információk

A szennyvíztisztító vízgyűjtő területe magába foglalja Debrecen városát és 4 települést a környéken. A telepet először az 1960-as években helyezték üzembe és az 1980-as években egy biológiai fokozattal bővítették, amelyet 2001-ben és 2012-ben az új kibocsájtási határértékek miatt fejlesztettek. A telepen már 1988-ban megvalósult az anaerob iszapstabilizáció. A tisztítóműben villamos- és hőenergiát állítanak elő, amelyet annak környezetében hasznosítanak.



Ábra 2.1: A debreceni szennyvíztisztító telep látképe

A telepre be- és elfolyó átlagos szennyvíz koncentrációk a következők:

Táblázat 2.1: A debreceni szennyvíztisztító telep átlagos be- és elfolyó koncentrációi

Paraméter	Érkező értékek	Elfolyóértékek	Megjegyzések
KOI	800 mg/l	< 60 mg/l	
Összes N	95 mg/l		
NH ₄ -N		< 0,01 mg/l	
NO ₃ -N	Csekély	< 20 mg/l, < 10 mg/l nyáron	Limit 10 mg/l Összes N
Összes lebegő anyag		< 20 mg/l	
Foszfor	14 mg/l	< 0,5 mg/l	Limit 1,0 mg/l Összes F

A telep terhelése az üzemi adatok szerint gyakran az üzem kapacitásának 50%-án mozog (300.000 LE), nyáron az élelmiszerfeldolgozó üzemek hatása miatt (csemege kukorica feldolgozás) szignifikánsan megnő a terhelés (akár az

üzemi kapacitás 100%-ig). Az adatok kiértékelése azonban ezt nem tudta megerősíteni (lsd. bekezdés 2.2.2).

A napi és éves vízfogyasztás értéke 45.000. m³/d (nyár) és 13.000.000 m³/év, a tisztítótelepre érkező mennyiség átlagosan 35.000 - 40.000 m³/d. A tisztító telephez csatlakozó csatornarendszer kb. 1.000 km hosszú, az átlagos lejtése 3‰. Általában gravitációs szennyvízelvezetést alkalmaznak, közbenső átemelővel.

A tisztító telep egy hagyományos egyszintes szennyvíztisztító telep durvarácsokkal (15 mm), átemelő szivattyúval (5 db. búvár szivattyúval (Flygt), valamint két száraz aknás csapadék átemelő szivattyúval 5.000 – 10.000 m³/h kapacitással). Ezek után két fedett térben felállított MEVA finomrács (3 mm) szűri a szennyvizet, a hozzátartozó temperáló fűtéssel, továbbá rendelkezésre áll egy megkerülő csatorna vészhelyzet esetére. A levegőztetett homokfogóban leválasztott szilárd anyagot homokmosóban kezelik és végül depóban tárolják.



Ábra 2.2: Finomszűrő berendezés MEVA ráccsal, Debrecen

Ezután következnek két előülepítő medence (mindegyik $D = 40$ m, $T = 3 - 4$ m, $V = 3.000$ m³), amelyekben 2015 óta a foszforeltávolítás érdekében FeCl₃-al előkicsapatásra is sor kerül. A telep energetikai teljesítményének javításával kapcsolatos célkitűzés volt a biogáz-termelés növelése. A biogáz termelés során a primer iszapot az iszapkezelés után a rothasztó tornyokba vezetik. A látogatás időpontjában felújítás miatt csak egy előülepítő medence üzemelt. Az anaerob iszapkezelésből a csurgalékvizet az előülepítő medencéről elfolyó szennyvízhez vezetik.

A biológiai tisztítási fokozat a biológiai foszforeltávolítással és az elődenitrifikációval két kb. 30.000 m³-es medencesorból áll, amelyekből a látogatás idején egy sor üzemelt. Az üzemelő sor négy biológiai medencével és négy utóülepítő medencével ($D = 40$ m) rendelkezik. (Az aktuálisan nem üzemelő sor négy biológiai medencéből és két utóülepítőből ($D = 55$ m) áll.). Az iszap recirkulációt 2 x 3 (a nem üzemelő soron 5) szivattyúval valósítják meg. Az eleveniszap keringtetése egy körön történik (kb. 14.500 m³) a következő zónákban:

- Anaerob 1 medence: 500 m³ – egy keverő
- Anaerob medence 2: 1.000 m³ – két keverő
- Denitrifikáló medencék 1/2: 2 × 2.500 m³ – két keverő medencénként
- Oxikus medencék 1/2: 2 × 4.000 m³ – nincs keverő

A nem levegőztetett zónák aránya a teljes biológiai térfogathoz képest így 6.500 m³/ 14.500 m³ = 0,45.



Ábra 2.3: Mélylégbefúvós biológiai medence, Debrecen

A nitrifikációs medencék oxigénellátását szolgálják a régi medencesoron a HV-Turbo cég által gyártott oxigénszabályozott turbófúvók (3 + 1 db), az új soron az Aerzener cég által gyártott forgódugattyús fúvók (Delta Blower, 6 + 1 db). A biológia működése évszak és terhelés függvényében 3 – 5 g/l iszapkoncentrációval történik.

A biológiai fokozat automatizálásának koncepciója egy sor folyamatos mérést vesz tervbe ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, KOI, szárazanyag, foszfát és oxikus-zónánként egy-egy O_2 -mérőszonda). A nitrát visszavezetését a nitráttartalom mérésén keresztül szabályozzák, a levegőztetés névleges O_2 -értéke 1-2 mg/l, ahol a nyári időszakban a telep nagy terhelése miatt a tényleges érték akár 0,8 mg/l O_2 is lehet. A nitrogéneltávolítás javítása érdekében időnként szerves anyag koncentrátumot adagolnak a denitrifikációs zónákba külső szénforrásként.

Izsapkezelés céljából négy sűrítő medence (ebből kettőt utósűrítéshez, egyet szűrt víz tárolására, egyet fölösizap sűrítésre használnak), valamint 2 db sűrítő

centrifuga áll rendelkezésre a fölősiszap és 1 db a nyersiszap számára (kb. 4-5 %-os szárazanyag tartalom a rothasztás előtt).

Az anaerob iszapstabilizációhoz szükséges rothasztó tornyok összességében 15.000 m³ ösztérfogatúak. A telep adatai szerint itt esetenként habképződés következik be. A keverés a 2x4.500 m³-es rothasztó tornyokban szivattyúkkal történik, a 6.000m³-es rothasztó toronyban Halberg típusú keverővel. A biogáz-termelés mértéke átlagosan kb. 6.000 - 10.000 m³/d, amelyet négy gázmotoros generátorral (2 × 215 kW, 625 kW és 659 kW) hasznosítanak. A gáztároló létesítmény térfogata 2 x 1.000 m³.A rothasztott iszap víztelenítését három centrifugával oldják meg kb. 20-25 % szárazanyag-tartalomra. A víztelenített iszapot komposztáló üzembe szállítják. A telep maga csak kis mennyiségben fogad idegen iszapot (kb. 10 m³/d) a gyógyszeriparból.



Ábra 2.4: Rothasztó tornyok , Debrecen

A telep különlegessége a záportározó, mely az egyesített csatornahálózaton érkező többletvizeket fogadja be a telep túlterheléses időszakában. (a záportározó térfogata:15.000 m³). A medencék tisztítására egy mini kotró áll rendelkezésre.

zésre a kiszáradt iszap eltávolítására. Az iszapot ezután konténerek segítségével egy depóba szállítják.

A referencia villamosenergia-ár 10 - 12 Cent/kWh nagyságban mozog. A telepre 150 kW teljesítményű napelemet is telepítettek, amely a telep villamosenergia-szükségletének kb. 2 %-át tudja fedezni.

Alkalmanként fellépő üzemi problémákról számoltak be a magas sótartalmú szennyvízzel kapcsolatban, valamint a denitrifikáció során fellépő szénhiánnyal kapcsolatban a megemelkedett NO₃-N-érték következtében az elfolyó vízben. A csatornahálózat vízgyűjtő területéna helyszíni látogatáskor kapott információ szerint nemvárhatóak fejlesztések.

2.2.2 Üzemi napló kiértékelése 2015 és 2017 között

A debreceni szennyvíztisztító telep mutatói a következők

- Kapacitás: 675.000 LE
- Elődenitrifikáció
- Biológiai és kémiai foszforeltávolítás
- Anaerob stabilizáció

2.2.2.1 Általános információk

A következő adatokat értékelték ki a 2015-2017-es üzemi naplóból:

Befolyó a szennyvíztisztító telepre

- Szennyvíz-mennyiség
- Kémiai oxigénigény (KOI)
- Ammónium-nitrogén (NH₄-N)
- Összes foszfor (összes P)

Befolyó az eleveniszapos medencékbe

- Kémiai oxigénigény (KOI)
- Ammónium-nitrogén (NH₄-N)
- Összes foszfor (összes P)

Elfolyó víz a szennyvíztisztító telepről

- Kémiai oxigénigény (KOI)
- Ammónium-nitrogén (NH₄-N)
- Szervetlen nitrogén (szervetlen N)
- Összes foszfor (összes P)

Egyéb:

- Biogáz-termelés
- Villamosenergia-termelés erőmű
- Vásárolt villamos energia
- Villamosenergia-fogyasztás komplett létesítmény

2.2.2.2 Kezelt szennyvízmennyiség

A napi szennyvíz mennyiségét 2015 és 2017 között az évek folyamán az A.1-A.6 közötti ábrák mutatják az A mellékletben egyes számadat és havi átlagérték formájában.

Kb. 38.000 m³/d mennyiségű szennyvíz jut a szennyvíztisztító telepre. A szennyvíz mennyisége meglehetősen egyenletes, felmerülnek azonban kiugró értékek egészen 75.000 m³/d mennyiségben is. Évente kb. 14.000.000 m³ szennyvizet tisztítanak meg a telepen.

Táblázat 2.2: Kezelt szennyvízmennyiség - Debrecen

Szennyvíz-mennyiség	Min. [m³/d]	Max. [m³/d]	Közép [m³/d]	Éves mennyiség [m³/év]
2015 (n = 245)	27 294	74 918	37 176	9.108.204 (május - december)
2016 (n = 366)	21 952	67 303	39 857	14 487 621
2017 (n = 365)	29 392	63 220	38 027	13 879 818

2.2.2.3 Napi terhelés a befolyásnál

KOI terhelés a befolyó szennyvízben

A kémiai oxigénigény (KOI) tájékoztatást ad a szennyvíz szerves szennyezettségéről. A KOI terhelés megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a 2016- és 2017-es évre az A.7-A.12 ábrákon találjuk az A mellékletben. A 2015-ös évre nem állnak rendelkezésre adatok. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze. A havi átlagértékeken jól látszik, hogy augusztusban van a legmagasabb a KOI terhelés az év folyamán.

Táblázat 2.3: KOI terhelés a befolyásnál - Debrecen

KOI [kg/d]	Min.	Max.	Középérték
2016 (n = 207)	6 396	67 932	26 982
2017 (n = 210)	7 065	68 276	27 260

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal. A lakosegyenértékre vetített szennyezési terhelés a KOI esetében 0,12 kg/LE/d. Az f faktor a 85%-os és 50%-os érték közötti ingadozási sávot mutatja.

Táblázat 2.4: KOI terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Debrecen

KOI [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2016 (n = 207)	25 875 (215.623 LE)	1,34	34 666 (288.886 LE)
2017 (n = 210)	25 969 (216.412 LE)	1,38	35 867 (298.893 LE)

NH₄-N terhelés a befolyó szennyvízben

Az NH₄-N terhelés megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a 2016- és 2017-es évre grafikusán az A.13-A.16 ábrákon találjuk. A 2015-ös évre nem állnak rendelkezésre mért értékek. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.5: NH₄-N terhelés a befolyó szennyvízben - Debrecen

NH ₄ -N [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2016 (n = 208)	170	2 953	1 690
2017 (n = 211)	728	3 586	1 716

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal (lakosegyenértékre átszámítás 0,008 kg/LE/d-vel):

Táblázat 2.6: NH₄-N terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Debrecen

NH ₄ -N [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2016 (n = 208)	1 701 (212.592 LE)	1,17	1 988 (248.481 LE)
2017 (n = 211)	1 755 (219.330 LE)	1,13	1 991 (248.882 LE)

Összes P terhelés a befolyó szennyvízben

A foszfor napi terhelésének megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a 2016- és 2017-es évre az A.19-A.24 ábrákon találjuk. A 2015-ös évre nem állnak rendelkezésre mért értékek. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.7: Összes P terhelés a befolyásnál - Debrecen

Összes P [kg/d]	Min.	Max.	Középtérték
2016 (n = 205)	122	1 009	397
2017 (n = 210)	106	1 170	440

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal (lakosegyenértékre átszámítás 0,0018 kg/LE,d-vel):

Táblázat 2.8: Összes P terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Debrecen

Összes P [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2016 (n = 205)	384 (213.415 LE)	1,26	484 (268.665 LE)
2017 (n = 210)	418 (232.085 LE)	1,30	544 (302.435 LE)

2.2.2.4 Összefoglalás befolyó terhelések

A következő táblázatban a kapott lakosegyenértékeket foglaltuk össze:

Táblázat 2.9: Befolyó terhelések összefoglalása- Debrecen

A kapott lakosegyenértékek (LE) összetétele Befolyás a szennyvíztisztító telepre			
Üzemév	Paraméter	50%-os érték	85%-os érték
2016	KOI	215 623	288 886
	NH ₄ -N	212 592	248 481
	Összes P	213 413	268 665
2017	KOI	216 412	298 893
	NH ₄ -N	219 330	248 882
	Összes P	232 085	302 435
Összes paraméter középértéke		218 243	276 435
Csatlakoztatott lakosok száma		233 333	-
A szennyvíztisztító telep tisztító teljesítménye		-	675 000

Az 50%-os érték terhelésének középértéke 218.243 LE, a 85%-os érték terhelésének a középértéke pedig 276.435 LE. A debreceni szennyvíztisztító telep kapacitása 675.000 LE és kb. 233.333 számú lakos van a telepre csatlakoztatva.

A 85%-os és az 50%-os értékek közötti ingadozási sáv 1,17 és 1,38 között mozog, azaz a megszokott mértékű.

2.2.2.5 Terhelések az eleveniszapos medencékben

KOI terhelés az eleveniszapos medence befolyásában

A KOI terhelés megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit az eleveniszapos berendezés befolyásában a 2015 és 2017 közötti évekre az A.25-A.33 ábrákon találjuk az A mellékletben. A 2015-ös és 2016-os évre nem áll rendelkezésre az összes mért érték. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.10: KOI terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - Debrecen

KOI [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 136)	6 230	34 377	13 392
2016 (n = 48)	5 508	34 333	15 403
2017 (n = 219)	6 106	50 908	17 736

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal. A lakosegyenértékre kivetített szennyezési terhelés a KOI esetében 0,09 kg/LE/d. Az f faktor a 85%-os és 50%-os érték közötti ingadozási sávot mutatja.

Táblázat 2.11: KOI terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - százalékos értékek - Debrecen

KOI [kg/d]	50%-os érték	← f-	85%-os érték
2015 (n = 136)	12 827 (142.522 LE)	1,24	16 026 (178.067 LE)
2016 (n = 48)	15 738 (174.867 LE)	1,28	20 234 (224.822 LE)
2017 (n = 219)	14 907 (165.633 LE)	1,87	27 738 (308.200 LE)

NH₄-N terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában

Az NH₄-N terhelés megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit az A.34-A.42 ábrákon találjuk az A mellékletben. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.12: NH₄-N terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - Debrecen

NH ₄ -N [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 135)	833	3 694	1 841
2016 (n = 49)	1 139	3 479	1 886
2017 (n = 220)	929	3 696	2 009

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal (lakosegyenértékre átszámítás 0,010 kg/LE/d-vel):

Táblázat 2.13: NH_4-N terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - százalékos értékek - Debrecen

NH_4-N [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2015 (n = 135)	1 803 (180.300 LE)	1,16	2 094 (209.400 LE)
2016 (n = 49)	1 905 (190.500 LE)	1,11	2 121 (212.100 LE)
2017 (n = 220)	1 996 (199.600 LE)	1,16	2 309 (230.900 LE)

Összes P terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában

A foszfor napi terhelésének megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a 2015-ös évre az A.43-A.51 ábrákon találjuk. Részben nem áll rendelkezésre az összes mért érték. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.14: Összes P terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - Debrecen

Összes P [kg/d]	Min.	Max.	Középérték
2015 (n = 135)	127	597	268
2016 (n = 47)	122	650	254
2017 (n = 219)	100	722	328

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal (lakosegyenértékre átszámítás 0,0016 kg/LEd-vel):

Táblázat 2.15: Összes P terhelés az eleveniszapos berendezés befolyásában - százalékos értékek - Debrecen

Összes P [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2015 (n = 135)	259 (161.875 LE)	1,32	344 (215.000 LE)
2016 (n = 47)	236 (147.500 LE)	1,41	332 (207.500 LE)
2017 (n = 219)	273 (170.625 LE)	1,82	498 (311.250 LE)

2.2.2.6 Összefoglalás terhelések az eleveniszapos medence befolyásában

A következő táblázatban a kapott lakosegyenértékeket foglaltuk össze:

Táblázat 2.16: Terhelések összefoglalás az eleveniszapos medence befolyásában - Debrecen

3 A kapott lakosegyenértékek (LE) összetétele Befolyás az eleveniszapos berendezésbe			
Üzemév	Paraméter	50%-os érték	85%-os érték
2015	KOI	142 522	178 067
	NH ₄ -N	180 300	209 400
	Összes P	161 875	215 000
2016	KOI	174 867	224 822
	NH ₄ -N	190 500	212 100
	Összes P	147 500	207 500
2017	KOI	165 633	308 200
	NH ₄ -N	199 600	230 900
	Összes P	170 625	311 250
Összes paraméter középértéke		170 380	233 027
Csatlakoztatott lakosok száma		233 333	-
A szennyvíztisztító telep tisztító-teljesítménye		-	675 000

2.2.2.7 A szennyvíztisztító telep tisztítóteljesítménye

KOI elfolyó értékek

Az A.52-A54. ábrák a KOI értékeket mutatják a telep elfolyó vizében a 2015 és 2017 közötti évek folyamán. A 2015-ös évre nem áll rendelkezésre az összes mért érték. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.17: KOI elfolyó értékek - Debrecen

KOI [mg/l]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 140)	45	77	48
2016 (n = 219)	45	90	50
2017 (n = 233)	44	107	51

NH₄-N elfolyó értékek

Az NH₄-N elfolyó értékeit az A.55-A.57 ábrákon találjuk. A 2015-ös évre nem áll rendelkezésre az összes mért érték. Az ammónium értéke a nitrifikáció minőségéről ad tájékoztatást. Az eredményeket a következő táblázatban foglaltuk össze:

Táblázat 2.18: NH₄-N elfolyó értékek - Debrecen

NH ₄ -N [mg/l]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 137)	0,01	14,69	1,55
2016 (n = 223)	0,01	15,56	1,01
2017 (n = 236)	0,01	20,32	2,46

Szervetlen nitrogén (szervetlen N) elfolyó értékek

A szervetlen nitrogént a NH₄-N + NO₃-N + NO₂-N paraméterek összegéből kapjuk. A számításban eltekintettünk az NO₂-N paraméter kiszámításától. Az A.58-A60 ábrákon a szervetlen nitrogén elfolyó értékét látjuk a vizsgált időszakban. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.19: Szervetlen nitrogén (szervetlen N) elfolyó értékek - Debrecen

Szervetlen N [mg/l]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 137)	5,8	23,5	14,4
2016 (n = 223)	3,7	25,4	12,5
2017 (n = 234)	2,1	28,5	14,1

Foszfortartalom az elfolyó vízben

Az A.61-A.66 ábrákon az összes P paraméter egyes számadatait és havi átlagértékeit találjuk az elfolyó vízben 2015 és 2017 között. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.20: Foszfortartalom az elfolyó vízben - Debrecen

Összes P [mg/l]	Min.	Max.	Közép	Határérték
2015 (n = 138)	0,05	4,16	0,7	0,5
2016 (n = 220)	0,15	2,4	0,68	
2017 (n = 234)	0,02	5,17	1,07	

2.2.2.8 Biogáz-termelés

A megtermelt biogáz értékét az A.67-A.69 ábrák mutatják. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.21: Biogáz-termelés - Debrecen

Biogáz-termelés	Min. [m ³ /d]	Max. [m ³ /d]	Közép [m ³ /d]	Éves mennyiség [m ³ /év]
2015 (n = 245)	2 616	9 381	5 974	1 464 529 (május - december)
2016 (n = 366)	4 027	10 867	6 788	2 484 285
2017 (n = 365)	3 075	13 157	6 464	2 359 195

2.2.2.9 Villamosenergia-termelés - gázmotor

A szennyvíztisztító telep számára 4 gázmotoros generátor áll rendelkezésre villamosenergia-termelés céljából (2 x 215 kW, 625 kW és 658 kW). A megtermelt villamosenergia-mennyiséget a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.22: Villamosenergia-termelés fűtőerőmű - Debrecen

Villamosenergia-termelés Erőmű	Min. [kWh/d]	Max. [kWh/d]	Közép [kWh/d]	Éves mennyiség [kWh/év]
2015 (n = 245)	5 230	19 180	13 558	3 321 722 (május - december)
2016 (n = 366)	9 250	23 128	15 829	5 793 562
2017 (n = 365)	4 640	24 338	15 473	5 647 573

2.2.2.10 Vásárolt villamos energia

A vásárolt villamos energiát az A.73-A.75 ábrák mutatják a vizsgált időszakra vonatkoztatva. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.1: Kapott villamos energia - Debrecen

Kapott villamos energia	Min. [kWh/d]	Max. [kWh/d]	Közép [kWh/d]	Éves mennyiség [kWh/év]
2015 (n = 241)	200	13 250	4 880	1 176 030 (május - december)
2016 (n = 366)	0	11 110	2 606	953 875
2017 (n = 365)	75	16 870	4 976	1 816 248

2.2.2.11 Villamosenergia-fogyasztás komplett létesítmény

Az utóbbi évek villamosenergia-fogyasztását (kWh) az A.76-A.78 ábrák mutatják és az alábbi táblázatok foglalják össze.

Táblázat 1.1: Villamosenergia-fogyasztás a létesítmény egészében- Debrecen

Villamosenergia-fogyasztás	Min. [kWh/d]	Max. [kWh/d]	Közép [kWh/d]	Éves mennyiség [kWh/év]
2015 (n = 245)	11 806	23 985	17 796	4 359 964
2016 (n = 366)	13 415	22 774	17 757	6 499 232
2017 (n = 365)	13 295	30 270	19 691	7 187 166

2.2.2.12 Összefoglalás

Táblázat 7.1: Befolyó értékek összefoglalása - Debrecen

Befolyó értékek				
Paraméter		2015	2016	2017
8 Éves szennyvíz-mennyiség [m ³ /a]		9.108.204 (május-tól)	14 487 621	13 879 818
KOI terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	-	25 875 (215.623 LE)	25 969 (216.412 LE)
	85%-os érték	-	34 666 (288.886 LE)	35 867 (298.893 LE)
NH ₄ -N terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	-	1 701 (212.592 LE)	1 755 (219.330 LE)
	85%-os érték	-	1 988 (248.481 LE)	1 991 (248.882 LE)
Összes P terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	-	384 (213.415 LE)	418 (232.085 LE)
	85%-os érték	-	484 (268.665 LE)	544 (302.435 LE)

Lakosegyenértékre számított szennyezési terhelés a befolyásnál:

- KOI: 0,12 kg/LE/d
- NH₄-N: 0,008 kg/LE/d
- Összes P: 0,0018 kg/LE/d

Táblázat 7.2: Eleveniszapos műtárgy – befolyás összefoglalása - Debrecen

Befolyás eleveniszapos berendezés				
Paraméter	%	2015	2016	2017
KOl terhelés befolyó. ele- veniszapos berendezés [kg/d]	50%-os érték	12 827 (142.522 LE)	15 738 (174.867 LE)	14 907 (165.633 LE)
	85%-os érték	16 026 (178.067 LE)	20 234 (224.822 LE)	27 738 (308.200 LE)
NH ₄ -N ter- helés befolyó. ele- veniszapos berendezés [kg/d]	50%-os érték	1 803 (180.300 LE)	1 905 (190.500 LE)	1 996 (199.600 LE)
	85%-os érték	2 094 (209.400 LE)	2 121 (212.100 LE)	2 309 (230.900 LE)
Összes P terhelés befolyó. ele- veniszapos berendezés [kg/d]	50%-os érték	259 (161.875 LE)	236 (147.500 LE)	273 (170.625 LE)
	85%-os érték	344 (215.000 LE)	332 (207.500 LE)	498 (311.250 LE)

Lakosegyenértékre számított szennyezési terhelés a befolyásnál:

- KOI: 0,09 kg/LE/d
- NH₄-N: 0,010 kg/LE/d
- Összes P: 0,0016 kg/LE/d

Táblázat 7.3: Elfolyó értékek összefoglalása - Debrecen

Elfolyó értékek [mg/l]							
Paraméter	2015		2016		2017		Határérték
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
KOI	45	77	45	90	44	107	75
NH ₄ -N	0,01	14,69	0,01	15,56	0,01	20,32	5
Szervetlen N	5,8	23,5	3,7	25,4	2,1	28,5	nincs adat
Össze+s P	0,05	4,16	0,15	2,4	0,02	5,17	1,0

Táblázat 7.4: Gáztermelés és villamosenergia-fogyasztás összefoglalása- Debrecen

Gáztermelés és villamosenergia-fogyasztás			
Paraméter	2015 (május - december)	2016	2017
Biogáz-termelés (m ³ /év)	1 464 529	2 484 285	2 359 195
9 Villamosenergia-termelés - Erőmű [kWh/év]	3 321 722	5 793 562	5 647 573
Vásárolt villamos energia [kWh/év]	1 176 030	953 875	1 816 248
Villamosenergia-fogyasztás [kWh/év]	4 359 964	6 499 232	7 187 166

2.3 Nyíregyházi szennyvíztisztító telep

2.3.1 Üzemeltető által szolgáltatott információk

A tisztítóüzemet 1966-ban helyezték üzembe és 1999-2001 között átfogóan, egy teljesen új biológiai szennyvíztisztító teleppé alakították át anaerob iszapstabilizációval. A kapacitás nagysága a megadott érték szerint 133.000 LE, a maximális átfolyás 17.000 m³/d. A kihasználtság a megadott érték szerint kb. 80.000 LE továbbá az ipari részarány (kb. 20.000 LE).

A szokásos, a telepre be- és elfolyó üzemértékeit a következőképpen határozták meg:

Táblázat 7.1: A nyíregyházi szennyvíztisztító telep be- és elfolyó üzemértékei Nyíregyháza

Paraméter	Befolyó értékek	Elfolyó értékek	Megjegyzések
KOI	900 mg/l	30 - 40 mg/l	Limit 120 mg/l (üzemeltetői adat!)
BOI ₅	480 mg/l	< 10 mg/l	Limit 25 mg/l
Összes N	-	10 – 12 mg/l	Limit 25 mg/l
NH ₄ -N	70	< 0,01 mg/l	Limit 10 mg/l
NO ₃ -N	Csekély	8 < 20 mg/l / < 10 mg/l nyáron	-
Összes lebegő anyag	-	-	Limit 35 mg/l
Foszfor	16 - 20 mg/l	0 - 1 mg/l	Limit 10 mg/l (üzemeltetői adat!)

A telep rendelkezik egy átemelővel a rácsberendezés után, továbbá a denitrifikációs medence után egy közbenső átemeléssel (4 + 1), nagy csőszivattyúval. A rácsberendezés, homokfogó- és az előülepítők két egymással párhuzamos tisztósora után a biológiai tisztítás következik.



Ábra 7.1: Csőszivattyúk a befolyó területen és az előülepítő, Nyíregyháza

Ez három előülepítőből áll egy elő-DN zónával (5.000 m^3 4 db 3,0 kW keverővel) és három párhuzamosan működő medencéből álló N zónával (6.000 m^3 , (N1 - N3).



Ábra 7.2: *Biológiai fokozat (a háttérben a rothasztó berendezés), Nyíregyháza*

Az N1/2 és N3 medencecsoportok eltérő mélyek, így két fúvócsoport (összesen 4 + 1 légfúvó) is rendelkezésre áll. Az ND zóna (3 + 1) fúvóval opcionálisan levegőztethető. 1,8 mg/l oxigénszintnél a helyszíni látogatás során 456-490 mbar (N1/2) valamint 370-396 mbar (N3) nyomásvesztést regisztráltak a fúvóknál valamint a medence szélénél. A levegőztetőket 2006-2009 között felújították és a medencék fenéksíkjában tányéros diffúzorokat építettek be.



Ábra 7.3: Fúvóberendezés és tányéros diffúzorok, Nyíregyháza

A belső recirkuláció, valamint az iszap visszavezetése az utóülepítőből gravitációs módon történik.

A foszfátelimináció szimultán kicsapatással történik 200-300 l/d FeCl_3 alkalmazásával.

A rothasztásból származó biogázt három gázmotorban (144 kW/db villamosenergia, és 213 kW/db hőenergia) hasznosítják. A termelt hőenergia teljes mértékben kielégíti a telep technológiai és szociális fűtési igényét. Nappali időszakban 55-72 kWh villamosenergia vásárlása szükséges. Az üzemi adatok alapján azonban az 500 m³-es gáztároló ellenére nem tudják az összes keletkezett biogázt hasznosítani, részben csaknem 500 m³/d mennyiséget ebből el kell égetni (éjjelente nagyon csekély a szükséges villamosenergia igény). A villamosenergia-termelés energetikai mérlegében a rothasztó berendezésnek köszönhetően, magas a megtermelt villamosenergia aránya. Ez azonban arra is visszavezethető, hogy 8 t/d szárazanyag saját termelése esetén kb. 6 t szárazanyag/d (35 t nedves) idegen iszapból származik, amelyet szintén a telepen kezelnek. A rothasztók terhelése tehát 14 t szárazanyag/d. Esetenként még fogadnak kiegészítő idegen anyagokat, hogy a biogáz-termelést tovább növeljék.

Táblázat 5.2: Szennyvíztisztító telep energetikai mérlege - Nyíregyháza

	2014	2015	2016
Fogyasztás	7.146 kWh/d	7.474 kWh/d	6.816 kWh/d
Biogáz	5.625 kWh/d	5.744 kWh/d	5.478 kWh/d
Kapott hálózat	1.521 kWh/d	1.730 kWh/d	1.338 kWh/d
kWh/m ³	0,446	0,494	0,4559

Az iszap víztelenítése két centrifugával történik, amelynek üzemideje 7.00 - 14.30/17.00 óra 5 - 7 napon keresztül hetente. Az ebből kifolyó csurgalékvizet az előtisztításhoz vezetik.



Ábra 7.4: Centrifugaállomás a szennyvíziszap víztelenítéséhez, Nyíregyháza

Tisztítás céljából kb. 400 m³/d tisztított szennyvizet használnak fel.

A látogatáskor üzemelt az üzemépület fűtése, valószínűleg ennek oka a fűtés-szabályozó valamilyen meghibásodása volt.

2.3.2 Üzemi napló kiértékelése 2015 és 2017 között

A nyíregyházi tisztítótelep mutatói a következők:

- Kapacitás: 133.000 LE
- Biológiai és kémiai foszforelimináció
- Elődenitrifikáció
- Anaerob iszapstabilizáció

2.3.2.1 Általános információk

A következő üzemadatokat értékelték ki a 2015-2017-es üzemi naplóból:

Befolyó víz a szennyvíztisztító telepre

- Szennyvíz-mennyiség
- Kémiai oxigénigény (KOI)
- Ammónium-nitrogén (NH₄-N)
- Összes nitrogén (TN)
- Összes foszfor (összes P)

Elfolyó víz a szennyvíztisztító telepről

- Kémiai oxigénigény (KOI)
- Ammónium-nitrogén (NH₄-N)
- Szervetlen nitrogén (szervetlen N)
- Összes foszfor (összes P)

Egyéb:

- Biogáz-termelés
- Villamosenergia-termelés fűtőerőmű
- Vásárolt villamos energia
- Villamosenergia-fogyasztás komplett mérleg

2.3.2.2 Kezelt szennyvíz-mennyiség

A napi szennyvíz-mennyiségét 2015 és 2017 között az évek folyamán a B.1-B.6 közötti ábrák mutatják a B mellékletben egyes számadat és havi átlagérték formájában.

A telepen tisztított szennyvíz mennyiségének értéke kb. 15.000 m³/d és ez az érték meglehetősen egyenletes. Megfigyelhetők kiemelkedő mennyiségek, amelyek 48.000 m³/d értéket is elérhetnek (az elválasztott csatornahálózat ellenére esetenként jelentős mennyiségű csapadékvíz érkezik a telepre). Évente kb. 5.580.000 m³ szennyvizet tisztítanak meg a telepen.

A szennyvíz-mennyiség statisztikai kiértékelésének eredményeit (egyres szám-
adatok) az utóbbi évekre vonatkoztatva a következő táblázat foglalja össze.

Táblázat 7.3: Tisztított szennyvíz-mennyiség - Nyíregyháza

Szennyvíz-mennyiség	Min. [m ³ /d]	Max. [m ³ /d]	Közép [m ³ /d]	Éves mennyiség [m ³ /év]
2015 (n = 365)	10 319	34 805	15 124	5 520 392
2016 (n = 366)	8 578	35 485	14 909	5 456 587
2017 (n = 365)	10 450	48 835	15 772	5 756 914

2.3.2.3 Napi terhelés a telep befolyásában

KOI terhelés a befolyásnál

A kémiai oxigénigény (KOI) tájékoztatást ad a szennyvíz szerves szennyezettségéről. A KOI terhelés egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a 2015- és 2017-es évre a B.7-B.15 ábrákon mutatjuk be a B mellékletben. Az értékeket a következő táblázatban foglaltuk össze. Feltűnő, hogy minden év augusztusában/szeptemberében/októberében különösen magas KOI terhelést állapíthatunk meg a befolyásnál, amely jól látható a havi átlagértékeken.

Táblázat 5.1: KOI terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza

KOI [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 49)	5 652	27 060	12 451
2016 (n = 50)	5 043	31 749	13 581
2017 (n = 50)	587	87 654	16 249

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkel. A lakosegyenértékre kivetített szennyezési terhelés a KOI esetében 0,12 kg/[LE/d]. Az f faktor a 85%-os és 50%-os érték közötti ingadozási sávot mutatja.

Táblázat 5.2: KOI terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Nyíregyháza

KOI [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2015 (n = 49)	10 570 (88.086 LE)	1,80	19 019 (158.494 LE)
2016 (n = 50)	11 808 (98.396 LE)	1,74	20 555 (171.294 LE)
2017 (n = 50)	13 656 (113.800 LE)	1,72	23 554 (196.285 LE)

NH₄-N terhelés a befolyásnál

Az NH₄-N-terhelés megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a 2015- és 2017-es évre grafikusán a B.15-B.24 ábrákon találjuk. Az eredményeket a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.3: NH₄-N terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza

NH ₄ -N [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 49)	501	1 381	794
2016 (n = 50)	464	2 074	864
2017 (n = 50)	36	2 733	822

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértékkal (lakosegyenértékre átszámítás 0,008 kg/LE/d-vel):

Táblázat 5.4: NH₄-N terhelés a befolyásnál - százalékos értékek - Nyíregyháza

NH ₄ -N [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2015 (n = 49)	775 (96.917 LE)	1,21	941 (117.558 LE)
2016 (n = 50)	807 (100.820 LE)	1,35	1 088 (135.974 LE)
2017 (n = 50)	795 (99.330 LE)	1,48	1 173 (146.660 LE)

Összes N terhelés a befolyásnál

Az összes N terhelés megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a B.25-B.33 ábrákon találjuk. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.5: Összes N terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza

Összes N [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 49)	521	1 980	1 075
2016 (n = 50)	711	2 891	1 302
2017 (n = 50)	737	3 483	1 575

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértéssel (lakosegyenértékre átszámítás 0,011 kg/LE/d-vel):

Táblázat 5.6: Összes N terhelés a befolyásnál százalékosértékek - Nyíregyháza

Összes N [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2015 (n = 50)	1 046 (95.053 LE)	1,33	1 394 (126.714 LE)
2016 (n = 50)	1 242 (112.933 LE)	1,34	1 669 (151.738 LE)
2017 (n = 50)	1 488 (135.250 LE)	1,52	2 258 (205.281 LE)

Összes P terhelés a befolyásnál

A foszfor napi terhelésének megfelelő egyes számértékeit, havi átlagértékeit és az összesített gyakoriság értékeit a B.34-B.42 ábrákon találjuk. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze. Feltűnő, hogy a 2018-as terhelési értékek nagyon magasak voltak az előző évek értékeihez képest.

Táblázat 5.7: Összes P terhelés a befolyásnál - Nyíregyháza

Összes P [kg/d]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 49)	61	537	231
2016 (n = 50)	103	762	270
2017 (n = 50)	135	840	340

A következő táblázatban az 50%-os és 85%-os értékeket foglaltuk össze a megfelelő lakosegyenértéssel (lakosegyenértékre átszámítás 0,0018 kg/LE/d-vel):

Táblázat 5.8: Összes P terhelés a befolyásnál - százalékosértékek - Nyíregyháza

Összes P [kg/d]	50%-os érték	←f-	85%-os érték
2015 (n = 49)	216 (119.788 LE)	1,38	298 (165.666 LE)
2016 (n = 50)	235 (130.342 LE)	1,66	389 (216.164 LE)
2017 (n = 50)	269 (149.237 LE)	2,12	571 (316.965 LE)

2.3.2.4 Összefoglalás befolyó terhelések

A következő táblázatban a kapott lakosegyenértékeket foglaltuk össze:

Táblázat 5.9: Befolyó terhelések összefoglalása - Nyíregyháza

A kapott lakosegyenértékek (LE) összetétele Befolyás a szennyvíztisztító telepre			
Üzemév	Paraméter	50%-os érték	85%-os érték
2015	KOI	88 086	158 494
	NH ₄ -N	96 917	117 558
	Összes N	95 053	126 714
	Összes P	119 788	165 666
2016	KOI	98 396	171 294
	NH ₄ -N	100 820	135 974
	Összes N	112 933	151 738
	Összes P	130 342	216 164
2017	KOI	113 800	196 285
	NH ₄ -N	99 330	146 660
	Összes N	135 250	205 281
	Összes P	149 237	316 965
Összes paraméter középértéke		111 663	175 733
Csatlakoztatott lakosok száma beleértve az ipart		100 000	-
A szennyvíztisztító telep tisztító- teljesítménye		-	133 000

Az 50%-os érték középértéke 111.663 LE, a 85%-os érték terhelésnek a középértéke pedig 175.733 LE. A nyíregyházi szennyvíztisztító telep kapacitása 133.000 LE és kb. az iparral együtt 100.000 számú lakos van a telepre csatlakoztatva.

A 85%-os és az 50%-os értékek közötti ingadozási sáv 1,21 és 2,12 között mozog, azaz meglehetősen magas.

2.3.2.5 A szennyvíztisztító telep tisztítóteljesítménye

KOI elfolyó értékek

A B.43-B.45. ábrák a KOI értékeket mutatják a telep elfolyó vízében az évek folyamán. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.10: KOI elfolyó értékek - Nyíregyháza

KOI [mg/l]	Min.	Max.	Közép
2015 (n = 49)	1	44	18
2016 (n = 50)	5	43	23
2017 (n = 50)	6	68	29

NH₄-N az elfolyó vízben

Az NH₄-N elfolyó értékeit a B.46-B.48 ábrákon találjuk. A nitrifikáció minőségéről adnak tájékoztatást. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.11: NH₄-N az elfolyó vízben - Nyíregyháza

NH ₄ -N [mg/l]	Min.	Max.	Közép	Határérték
2015 (n = 49)	0,00	0,90	0,23	10
2016 (n = 50)	0,00	0,93	0,16	
2017 (n = 50)	0,00	0,65	0,15	

Szervetlen nitrogén (szervetlen N) az elfolyó vízben

A szervetlen nitrogén (N_{anorg}) elfolyó értékét a NH₄-N + NO₃-N + NO₂-N paraméterek összegéből kapjuk és a B.49-B.51 ábrákon találjuk. Az eredményeket a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.12: Szervetlen nitrogén (szervetlen N) az elfolyó vízben - Nyíregyháza

Szervetlen N [mg/l]	Min.	Max.	Közép	Határérték
2015 (n = 49)	2,1	15,5	10,1	-
2016 (n = 50)	5,2	22,4	10,4	
2017 (n = 50)	0,3	22,8	12,8	

Foszfortartalom az elfolyó vízben

Az összes foszfortartalom egyes számadatait, havi átlagértékeit az elfolyó koncentrációban a B.52-B.57 ábrák mutatják be. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 5.13: Foszfortartalom az elfolyó vízben - Nyíregyháza

Összes P [mg/l]	Min.	Max.	Közép	Határérték
2015 (n = 49)	0,00	1,84	0,39	10
2016 (n = 50)	0,01	1,00	0,28	
2017 (n = 50)	0,08	1,77	0,42	

2.3.2.6 Biogáz-termelés

A biogáz-termelés mennyiségét a 2015-2017-es megfigyelési időszakban a B.58-B.60 ábrák mutatják a B mellékletben. A kiértékelés eredményeit a következő táblázat tartalmazza:

Táblázat 5.14: Biogáz-termelés - Nyíregyháza

Biogáz-termelés	Min. [m3/d]	Max. [m3/d]	Közép [m3/d]	Éves mennyiség [m3/év]
2015 (n = 365)	1 676	5 330	3 041	1 110 046
2016 (n = 366)	1 658	4 938	3 146	1 151 341
2017 (n = 365)	144	5 329	2 767	1 009 989

2.3.2.7 Villamosenergia-termelés - gázmotor

A tisztítótelep számára az üzemeltető adatai szerint három egyenként, 144 kW kapacitású gázmotor áll rendelkezésre. A 2015-2017-es időszakban termelt villamos-energia mennyiségét a B.61-B.63 ábrák mutatják. Az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 1.1: Villamosenergia-termelés fűtőerőmű - Nyíregyháza

Villamosenergia-termelés Fűtőerőmű	Min. [kWh/d]	Max. [kWh/d]	Közép [kWh/d]	Éves mennyiség [kWh/év]
2015 (n = 365)	2 794	8 767	5 744	2 096 628
2016 (n = 366)	2 864	7 352	5 463	1 999 588
2017 (n = 365)	3 256	9 506	5 981	2 182 906

2.3.2.8 Vásárolt villamos energia

A hálózatról vásárolt villamos energia értékét a B.64-B.66 ábrák mutatják, az értékelés eredményét a következő táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 2.1: Kapott villamos energia - Nyíregyháza

Vásároltvillamos energia	Min. [kWh/d]	Max. [kWh/d]	Közép [kWh/d]	Éves mennyiség [kWh/év]
2015 (n = 365)	476	4 835	1 731	631 878
2016 (n = 366)	296	5 884	1 334	488 339
2017 (n = 365)	177	4 891	1 442	526 4

2.3.2.9. Villamosenergia-fogyasztás komplett mérleg

A 2015-2017 közötti időszak villamosenergia-fogyasztását (kWh) a B.67-B.69 ábrák mutatják be. Az értékelés eredményét az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

Táblázat 526.1: Villamosenergia-fogyasztás a létesítmény egészében - Nyíregyháza

Villamosenergia-fogyasztás	Min. [kWh/d]	Max. [kWh/d]	Közép [kWh/d]	Éves mennyiség [kWh/év]
2015 (n = 365)	4 355	10 665	7 475	2 728 506
2016 (n = 366)	5 137	10 018	6 798	2 487 927
2017 (n = 365)	5 058	11 440	7 423	2 709 280

2.3.2.10 Összefoglalás

Táblázat 2.1: Befolyó értékek összefoglalása - Nyíregyháza

Befolyó értékek				
Paraméter		2015	2016	2017
3 Éves szennyvíz-mennyiség [m ³ /a]		5 520 392	5 456 587	5 756 914
KOI terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	10 570 (88.086 LE)	11 808 (98.396 LE)	13 656 (113.800 LE)
	85%-os érték	19 019 (158.494 LE)	20 555 (171.294 LE)	23 554 (196.285 LE)
NH ₄ -N terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	775 (96.917 LE)	807 (100.820 LE)	795 (99.330 LE)
	85%-os érték	941 (117.558 LE)	1 088 (135.974 LE)	1 173 (146.660 LE)
Összes N terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	1 046 (95.053 LE)	1 242 (112.933 LE)	1 488 (135.250 LE)
	85%-os érték	1 394 (126.714 LE)	1 669 (151.738 LE)	2 258 (205.281 LE)
Összes P terhelés befolyásnál [kg/d]	50%-os érték	216 (119.788 LE)	235 (130.342 LE)	269 (149.237 LE)
	85%-os érték	298 (165.666 LE)	389 (216.164 LE)	571 (316.965 LE)

Lakosegyenértékre számított szennyezési terhelés a befolyásnál:

- KOI: 0,12 kg/LE/d
- NH₄-N: 0,008 kg/LE/d
- Összes N: 0,011 kg/LE/d
- Összes P: 0,0018 kg/LE/d

Táblázat 2.2: Elfolyó értékek összefoglalása - Nyíregyháza

Elfolyó értékek [mg/l]							
Paraméter	2015		2016		2017		Határérték
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
KOI	1	44	5	43	6	68	120
NH ₄ -N	0,00	0,90	0,00	0,93	0,00	0,65	10
Szervetlen N	2,1	15,5	5,2	22,4	0,3	22,8	-
Összes P	0,00	1,84	0,01	1,00	0,08	1,77	10

Táblázat 2.3: Gáztermelés és villamosenergia-fogyasztás összefoglalása - Nyíregyháza

Gáztermelés és villamosenergia-fogyasztás			
Paraméter	2015	2016	2017
Biogáz-termelés (m ³ /év)	1 110 046	1 151 341	1 009 989
Villamosenergia-termelés gázmotor [kWh/év]	2 096 628	1 999 588	2 182 906
Vásárolt villamos energia [kWh/év]	631 878	488 339	526 474
Összes villamosenergia-fogyasztás [kWh/év]	2 728 506	2 487 927	2 709 280

2.4 Karcagi szennyvíztisztító telep

2011-ben újították fel a tisztítótelepet, a maximális befolyás így kb. 3.000 m³/d-ről 4.000 m³/d-re emelkedett. A kapacitás nagyságának értéke 26.600 LE, amelyből kb. 20.000 LE van lekötve. Az utóbbi évek villamosenergia-fogyasztása az előszivattyú nélkül 959.146 kWh/év volt.

A befolyó koncentrációk értékét kb. 10 évvel ezelőtt vették fel és ezek ma is nagyon hasonlóak, az ellenőrző értékek a következők:

Táblázat 2.1: Befolyó koncentrációk és ellenőrző értékek a karcagi szennyvíztisztító telepen

3	Befolyó koncentráció	Ellenőrző érték
KOI	800 mg/l	75 mg/l
BOI ₅	400 mg/l	25 mg/l
Összes N	70 mg/l (TKN)	25 mg/l
NH ₄ -N	66 mg/l	5 mg/l
Összes lebegő anyag	400 mg/l	5 mg/l
Összes P	15 mg/l	5 mg/l

A vízgyűjtő területről a szennyvíz elvezetése túlnyomó részben elválasztott rendszerrel működik. A tisztítótelep előtt egy szivattyú (Flygt) helyezkedik el, a szivattyú kb. 500 m-re fekszik a teleptől. Az (első) rácsberendezés viszonylag régi és egy MEVA rácsból áll (3 mm). A rácsberendezés előtt és után lehetséges a kevert víz csökkentése. A rácsberendezés elfolyását egy levegőztetett tangenciális homokfogóba vezetik. Azt ezt követő membránszűrés védelme érdekében a homokfogó után egy hengerpalást finomrács következik (1 mm rácssűrűség) szállítócsigával. A visszamaradt anyagot hetente 2-3-szor rendszeresen elszállítják. A finomrácsra képződött zsírréteget kb. 40 C hőmérsékletű meleg vízzel távolítják el.



Ábra 2.1: Szűrőberendezés és levegőztetett körformájú homokfogó, Karcag

A biológiai fokozat is egy régi műtárgy. A négy ANOX - AEROB - ANOX - AEROB sorrendben felállított kaszkád felszínét a látogatás napján úszóiszap fedte. A nem levegőztetett zónák keringtetése keverővel történik. A változó vízszint miatt (annak következtében, hogy a biológiát előtisztító fokozatnak használják az utólagos membránszűrés számára) a kaszkád falain túlfolyó küszöbök a falakban, a vízfelszín alatt pedig megfelelő nyílások találhatóak. A telep hidraulikus vesztesége szemrevételezéssel meglehetősen nagyra becsülhető.



Ábra 2.2: Biológiai fokozat N- és DN-zónákkal, Karcag

A levegőztetés a 2005-ben beépített tányéros diffúzorokkal történik, amelyeket eddig külön nem tisztítottak. A levegőztetéshez három fúvó áll rendelkezésre. Itt egy fúvó konstans fordulatszámmal (35 kW a membránszűrés levegőztetéséhez és 75 kW a biológia levegőztetéséhez) és két az eleveniszapos medence oxigénigénye szerint működtetett fúvó szabályozott fordulatszámmal (2 × 75 kW) működik. Azonban szokásosan csak egy fúvó van üzemben. Mindkét levegőztetett zónában található egy O₂-mérőelektróda. A helyszíni látogatás alkalmával a fúvó (G1) nyomásvesztése a biológiában kb. 400 mbar volt.

A nitrát visszavezetés belső recirkulációját szokásosan a második anoxikus zónában oldják meg, majd a befolyást a mennyiség csaknem 50%-val szintén a második anoxikus zónába vezetik (240 - 360 m³/h). A bypassok működése az első két kaszkád körül szintén függ a víztükör helyzetétől a biológiai fokozatban.

A foszfáteliminációra FeCl₃-dal kerül sor a biológiai fokozat levegőztetett részében.

Utótisztítás helyett membránszűrős technológiára (ZENON) kerül sor, négy sorral három állványon (azaz 12 egység) a szilárdanyag elválasztása céljából. Így a biológiai fokozat szilárdanyag-tartalmát be lehet állítani 10 - 12 g/l értékre. A membrán fokozat levegőellátása két fúvóval történik, a helyszíni látogatáskor a fúvók (G3/G4) nyomásvesztése kb. 320, valamint 200 mbar volt. Ezen túl rendelkezésre áll egy vákuumszivattyú a visszaöblítéshez és egy mosóvíz-szivattyú (a tisztított szennyvíz továbbításához).

A membránszűrésből történik az iszapvisszavezetés az első anoxikus zónába. A membránszűrős berendezés adagolására a biológiai fokozatból átvezetett két szivattyút alkalmaznak. A fölösiszap víztelenítésre történő eltávolítását közvetlenül a membránkamrából valósítják meg.

A membrán tisztítására 10 percenként kerül sor egy Cl-öblítéssel (egy perc), minden héten pedig kivesznek egy membránszűrős egységet és megtisztítják azt (klorid- vagy citromsavoldat). Három havonta ezen felül visszaöblítik a membránokat citromsavval vagy sósavval.

Az elfolyásban opcionálisan lehetőség van a tüzivíz tárolókban klór hozzáadásával lehetővé tenni a szennyvíz fertőtlenítését. A szennyvizet innen egy vezetékén keresztül élővíz befogadóba vezetik. Az elfolyás áramlásmérésekor (Venturi cső) a magassági szintmérés a Venturi csőhöz túl közelinek tűnik, a mérési eredmények (alacsonyabb értékek) pontatlanok lehetnek.

Az aerob (rész)stabilizált iszap víztelenítése szalagszűrő préssel történik. A víztelenített tisztított iszapot egy nyitott konténerbe helyezik és a depóba szállítják időszakosan a telepen tárolják. A jövőben tervezik egy nyitott komposztáló berendezés létesítését.



Ábra 2.3: Szalagszűrő prés szállítókonténerrel, Karcag

Megjegyzés: A karcagi szennyvíztisztító telepen további üzemadatok (a debreceni vagy nyíregyházi tisztítótelep analógiájára) a kiértékelés céljából nem álltak a rendelkezésünkre.

3. A kiválasztott magyarországi szennyvíztisztító telepek energetikai összehasonlítása a németországi és a baden-württembergi szennyvíztisztító telepekkel

A projekt keretén belül három kiválasztott magyarországi szennyvíztisztító telep adatait gyűjtöttük össze és értékeltük ki (ld. 2 fejezet). Ehhez egy speciális kérdőívet állítottunk össze az alapadatok összegyűjtése céljából, amelyet a magyar szennyvíztisztítók üzemeltetőinek adtunk át, hogy ők kitöltsék és visszaküldjék azt. Az így kapott információk és adatok alapján, és a DWA-A 216 munkalapjára támaszkodva egy energetikai ellenőrzést állítottunk össze a három szennyvíztisztító telep számára. Végezetül az energetikai ellenőrzésből szerzett mutatókat összehasonlítottuk mind a baden-württembergi, mind a németországi szennyvíztisztító telepek referenciaértékével.

A projekt során további kérdőív használata az adatállomány bővítése céljából sajnos nem volt megoldható .

3.1 A magyarországi létesítmények energetikai ellenőrzése a DWA-A 216 tükrében

3.1.1 Módszertan - az energetikai ellenőrzés energetikai mutatói

Az energetikai ellenőrzés a szennyvíztisztító telep állapotának energetikai vizsgálata néhány mutató alapján. Az energetikai ellenőrzés alapján meg lehet becsülni az energiafogyasztást, az energiatermelést és bizonyos esetben a tisztítótelep energetikai optimalizációjának lehetőségéről is kapunk egy első képet. Az energetikai ellenőrzéshez szükséges mutatókat az üzemeltető maga is megvizsgálhatja. Azáltal, hogy a kapott értékeket rendszerezük más, hasonló eljárás módú (pl. osztott anaerob iszapstabilizáció) telepek mutatóinak (referenciaadatainak) megfelelő méretű adatbázisába, meg tudjuk állapítani az egyes tisztítótelepek energetikai helyzetét. Például megállapítható egy bizonyos tisztítótelep mutatójának túllépési vagy alulteljesítési gyakorisága vagy annak a teljes sokaság mediánjától való eltérése. Döntő fontosságú a kapott értékek és referenciaadatok statisztikai sokaságának minősége, valamint a rendszerhatárok megállapítása. Általában az energetikai ellenőrzés megfigyelési időtartama egy évet vesz igénybe, és ezt évente meg kellene ismételni.

Csak így lehet a mutatók időbeni alakulásából a telep energetikai változására következtetni. Továbbá így levezethető az energetikai elemzés szükségessége is (DWA 2015). Mindig figyelembe kell azonban venni a szennyvíztisztító telep sajátosságait vagy kényszerű peremfeltételeit, amelyek például a terep topográfiájából vagy a nagy távolságokon átemelt szennyvíz-mennyiségből adódnak, és ennek megfelelően kell értékelni a kapott adatokat.

Az energetikai elemzést (az energetikai ellenőrzéssel szemben) általában külső szakemberek végzik (pl. szakértői irodák), akik nagy tapasztalattal rendelkeznek a tervezés és a szennyvíztisztító telepek üzem-optimalizációja területén. A megbízás odaítélésekor figyelembe kellene venni a tapasztalatot, az elvárt minőséget (referenciák) és a díjazást is (költségek/teljesítmény). Az energetikai elemzéskor az összes műszaki egységet (pl. > 1 kW_{el}) technológiai eljárási csoport szerint kell megszerezni és egy fogyasztási mátrixban az energiafogyasztásukkal összevetni. A villamosenergia-fogyasztás értékei az átlagos lakosegyenérték terhelésre vonatkoznak és az energetikai vizsgálat során a DWA-A 216 alapján a szennyvíztisztító-üzemspecifikus ideális értékekkel hasonlítják össze ezeket. Ezek alapján lehetséges optimalizációs intézkedéseket fogantatni, amelyeket meg kell vizsgálni a technológiai megvalósíthatóság és a gazdasági átültethetőség szempontjából. A szennyvíztisztító üzemeltetőinek feladata az üzemi adatok és a dokumentumok átfogó rendelkezésre bocsátása, esetenként a szükséges teljesítménymérések nyomon követése és az ajánlott intézkedési csomag megvalósításának segítése. Az energetikai vizsgálatban megállapított optimalizációs javaslatokat végezetül az intézkedésnek megfelelően vagy az üzemeltetőnek vagy külső megbízottnak kell megvalósítania.

A szakirodalom az elmúlt években számos mutatót vezetett be a szennyvíztisztító telepek energiahatékonyágának nyomon követésére, rögzítésére és értékelésére, és ezeket cselekvési javaslatokban rögzítették. Egy lényegi eleme ennek az egész telep lakosegyenértékre vetített fajlagos villamosenergia-fogyasztásának, valamint az egyes részterületek összehasonlítása ezekkel a mutatókkal kWh/(LE, év) értékben kifejezve. Így a lakosegyenértékre vetített- fajlagos villamosenergia-fogyasztás a ténylegesen csatlakoztatott lakosegyenértékre mérve adja meg a villamosenergia-fogyasztást. Figyelembe kell venni, hogy a mutatók egy közelítőleg összehasonlítható szintet jelölnek meg, azonban különbözőképpen lehet ezeket az értékeket leve-

zetni, mint például statisztikai elemzésekből, egy modell-tisztítótelep eljárás technikai számításaiból, vagy akár az ún. legjobb elérhető gyakorlat elvéből is (DWA 2015).

Az energetikai ellenőrzés végrehajtásához csak néhány energiatechnológiai mutatót határoztunk meg (3.1. táblázat). Ebben a tanulmányban az adott kérdőívet dolgoztuk ki adatgyűjtés céljából (ld. 52. old.), amelyet a szöveg lefordítása után a három magyarországi szennyvíztisztító üzemeltetőjének küldtünk el.

Táblázat 3.1: Az energetikai ellenőrzés végrehajtásának mutatói (DWA 2015)

	Egység	A meghatározás képlete	Megnevezés
Tisztítótelep			
e_{ges}	kWh/(LE, év)	$e_{ges} = E_{ges} / LE_{KOI}$	Fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás
e_{Bel}	kWh/(LE, év)	$e_{Bel} = E_{Bel} / LE_{KOI}$	Levegőztetés fajlagos villamosenergia-fogyasztása
Tisztítótelepek rothasztóval			
e_{FG}	l/(LE, ·d)	$e_{FG} = Q_{FG,d,aM} / LE_{KOI}$	Fajl. biogáz-termelés a lakosegyenértékre vonatkoztatva
Y_{FG}	l/kg	$Y_{FG} = Q_{FG,d,aM} / B_{d,oTM,aM}$	Fajl. biogáz-termelés a szerves szárazanyagra vonatkoztatva
N_{FG} vagy N_2	%	$N_{FG} = (E_{KWK} \cdot 100) / (Q_{FG,a} \cdot g_{CH_4} \cdot 10)$	Biogáz villamos energiává történő átalakításának aránya
EV_{el} vagy V_e	%	$EV_{el} = (E_{KWK} / E_{ges}) \cdot 100$	Önellátás aránya elektromosság
$e_{th,ext}$	kWh/(LE, ·d)	$e_{th,ext} = E_{th,ext} / LE_{KOI}$	Fajl. külső hőforrás
Szivattyú			
e_{PW}	Wh/(m ³ ·m)	$e_{PW} = (E_{PW} \cdot 1000) / (Q_{PW} \cdot h_{man})$	Szivattyúk fajlagos villamosenergia-fogyasztása

Adatgyűjtési kérdőív az energetikai ellenőrzéshez

Általános információk (adatok)		
Telep neve		
Cím		
Kapcsolattartó személy (név; e-mail)		
Állományadatok		
Bemeneti szivattyú	-	igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>
Biológiai szint / megemelt (h) vagy a földbe süllyesztett (t) utótisztító medence	-	h <input type="checkbox"/> t <input type="checkbox"/>
Iszap víztelenítése	-	Statikus sűrítő <input type="checkbox"/> ; kamrás szűrőprések <input type="checkbox"/> Szalagos szűrőprések <input type="checkbox"/> ; centrifugák <input type="checkbox"/> Nincsen (iszapleadás) <input type="checkbox"/>
Szezonális üzemű légkondicionáló berendezés	-	igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/> időszak:
Üzemadatok		
Kapacitás (tisztítóteljesítmény)	[LE]	
Csatlakoztatott terhelés értéke (tényleges LE)	[LE]	
Teljes szennyvíz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	
Szennyvíz-mennyiség, <u>naponta</u>	[m ³ /d]	Éves középérték: Minimális: Maximális:
KOI-koncentráció, befolyás tisztítótelep	[mg/L]	Éves középérték: Minimális: Maximális:
KOI terhelés, befolyás a szennyvíztisztító telepre, <u>naponta</u>	[kg/d]	Éves középérték: Minimális: Maximális:
Teljes villamosenergia-fogyasztás, <u>évente</u>	[kWh/év]	
Saját villamosenergia-termelés, <u>évente</u>	[kWh/év]	
Villamosenergia-fogyasztás, <u>csak levegőztetés, évente</u>	[kWh/év]	
Megtisztított összes iszapmennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	
..... ebből idegen iszap-mennyiség	[m ³ /év]	
Száraz maradék a megtisztított iszapban	[%]	
Biogáz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	
Tisztítóeljárás		
Biológiai szint (eljárési mód)	Eleveniszapos berendezés <u>aerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input type="checkbox"/> Eleveniszapos berendezés <u>anaerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input type="checkbox"/> Csepegtető szűrőberendezés vagy rotációs merülőtest <input type="checkbox"/> Membránszűrés, biológia <input type="checkbox"/> SBR rendszerű berendezés (duzzasztóüzem) <input type="checkbox"/> Mesterséges tó <input type="checkbox"/>	
Nitrogéneliminációs eljárás	Nitrifikáció <input type="checkbox"/> Elődénitrifikáció <input type="checkbox"/>	

	Denitrifikáció, szakaszos	<input type="checkbox"/>
Foszforeliminációs eljárás	Kémiai P-elimináció (kicsapatás)	<input type="checkbox"/>
	Biológiai P-elimináció (Bio-P)	<input type="checkbox"/>
	Biológiai (Bio-P) és kémiai P-elimináció (kicsapatás)	<input type="checkbox"/>
	Szűrés	<input type="checkbox"/>

3.2 Referencia- vagy összehasonlító adatok

3.2.1 Baden-württembergi tisztítótelepek referenciaadatai

A baden-württembergi energetikai helyzet bemutatására szolgáló adatállományként a 10.000 LE-nél nagyobb baden-württembergi tisztító telepek 2007-2012 időszakra vonatkozó részletes energetikai vizsgálatait használtuk, amelyeket az üzemeltetők anonim formában készséggel a rendelkezésünkre bocsátottak (n=62). A 62 db baden-württembergi tisztítótelep esetében 50 szennyvíztisztító telep külön anaerob stabilizációval működik (iszaprothasztás), 7 szimultán aerob iszapstabilizációval és 5 tisztítótelep pedig a tisztított iszapot a szomszédos tisztítótelepre vagy közvetlenül egy szennyvíziszap-égetőbe szállítja. A következőkben ezeket a referenciaértékeket „BW energetikai elemzések adatsora” elnevezéssel jelöljük.

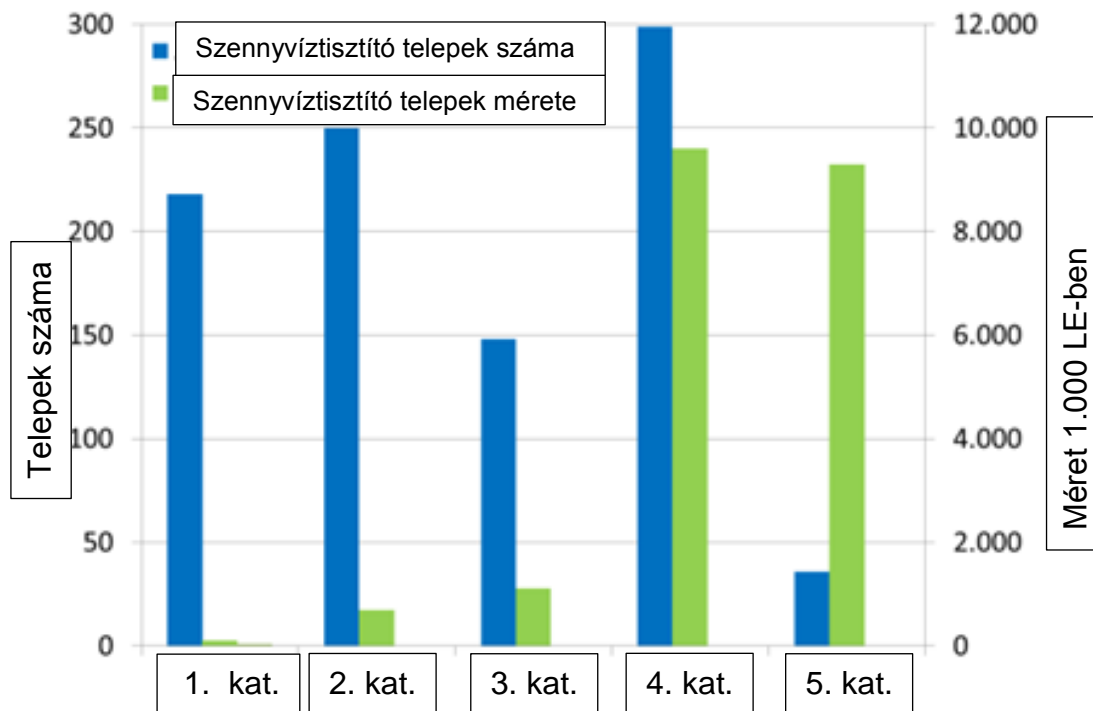
A DWA-teljesítményösszehasonlításban csupán a teljes villamosenergia-fogyasztás és a teljes villamosenergia-termelést kérdezték, mint energetikailag releváns adatot, miközben az energetikai elemzések ennél részletesebbek, és így többek között kiértékelik az egyes fogyasztók (pl. a levegőztetés) vagy fogyasztócsoportok (pl. eleveniszapos eljárás) villamosenergia-fogyasztásait. Ezen felül az energetikai elemzések keretén belül folyamatosan javasolnak konkrét intézkedéseket az energiamegtakarítás és az energiatermelés céljából, beleértve a konkrét tisztítótelepek gazdaságossági szempontjait is (Steinmetz et al. 2015b).

Ahhoz, hogy az energetikai mutatók összehasonlíthatók legyenek, a szennyvíztisztító telep „átlagterhelését” (csatlakoztatott lakosegyenérték (LE)), valamint a fajlagos lakosegyenértékre vetített villamosenergia-fogyasztást használjuk kWh/(LE·év) értékben. Ebben az esetben a DWA-A 216 értelmében az átlagterhelést (LE) a szennyvíztisztító telep átlagos KOI terheléséből a befolyásnál [kg KOI/d], és a DWA-A 198 egyezménynek megfelelően a 0,12 kg KOI (LE·d) lakosságspecifikus napi terhelésből számítjuk ki egy átlagos napi KOI terhelés értelmében.

Mindenesetre a DWA és a BW energetikai elemzések adatsorainak teljesítményösszehasonlító adataiból nem lehetséges a fajlagos villamosenergia-fogyasztás közvetlen összehasonlítása, hiszen az „átlagterhelést” a DWA-teljesítményösszehasonlításban másképp számolják, mint az energetikai elemzésekben (BW energetikai elemzések adatsora). Mialatt a DWA-teljesítményösszehasonlítás a KOI-koncentráció éves középértékeit és éves szennyvízmennyiséget használ, addig az energetikai elemzések leginkább az átlagos napi KOI-terhelésre hivatkoznak. Alapvetővel a DWA-teljesítményösszehasonlítás magasabb lakosegyenértékeket szolgáltat és ezáltal csaknem 10%-kal alacsonyabb energetikai mutatókat is (Steinmetz et al. 2015b).

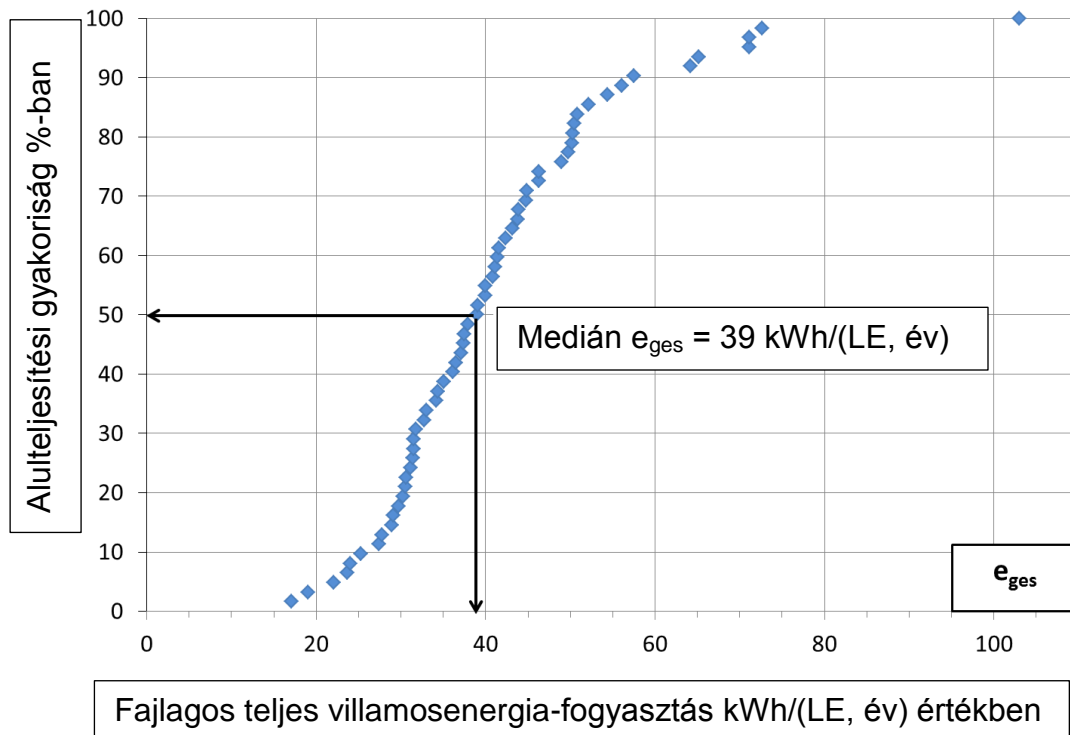
A baden-württembergi szennyvíztisztító telepek energetikai helyzete

2013-ban Baden-Württembergben 951 szennyvíztisztító telep üzemelt 20,8 millió. LE összkapacitással (2017: összesen 913 tisztítóüzem 21,6 millió. LE összkapacitással). Az 1990-es évek kezdetétől megállapíthatjuk, hogy a kisebb tisztítótelepek összevonása miatt a tisztítótelepek száma folyamatosan csökken. Ezzel egyidőben pedig javult a tisztítótelepek minőségi felszereltsége a tápanyageltávolítása, továbbá a tisztítási eljárások területén, és ez az állapot csak néhány éve stagnál. Baden-Württembergben a 951 db tisztítótelep a teljes villamosenergia-fogyasztásnak kb. 0,7%-át használja (75.795 GWh/év), amely összességében kb. 521,8 GWh/év áramnak felel meg. A kommunális szennyvíz nagy részét 4-es és 5-ös osztályba sorolt nagy, központi szennyvíztisztító telepeken tisztítják (Ábra 3.1). Ezért itt a legnagyobb a szennyvíztisztító telepek összességére vetített abszolút potenciál az energiatakarékosság és energiatermelés területén. Csaknem 94%-kal járulnak hozzá a 3-5-ös osztályba sorolt, 95%-ban eleveniszap eljárással működő kommunális szennyvíztisztító telepek a kommunális szennyvíztisztító telepek teljes villamosenergia-szükségletébe (Steinmetz et al. 2015b).



Ábra 3.1: Szennyvíztisztító telepek Baden-Württembergben a méretkategóriák szerinti osztályozás függvényében (DWA-teljesítményösszehasonlítás BW 2013)

Az 3-5-ös osztályba sorolt telepek közül összesen 62 energetikai elemzés volt kiértékelhető. Ezek 4,31 millió LE kapacitást fednek le, ami megfelel Baden-Württembergben az összes csatlakozott érték 21%-nak. Ábra 3.2 összegzőbéként mutatja ezen telepek fajlagos villamosenergia-fogyasztását (e_{ges}).



Ábra 3.2: Fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás e_{ges} (Steinmetz, et al., 2015) (BW energetikai elemzések adatsora)

A fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás medián értéke a 62 db, az energetikai elemzés során vizsgált tisztítótelepen 39 kWh/(LE, év) és folyamatosan csökken a tisztítótelep kapacitásának növekedésével. Mindeközben a „Villamosenergia-fogyasztás csökkentése a tisztítótelepeken” című gyakorlati útmutató szerint az 5-ös osztályba sorolt eleveniszapos telepek fajlagos villamosenergia-fogyasztásának túréhatára és célértéke 30 és 20 kWh/(LE, év) (Baumann et al. 2014), az energetikai ellenőrzésből származó adatokhoz képest tehát inkább alacsony. Ez többek között az energetikai mutatók meghatározásának módszertanára vezethető vissza.

Ha a villamosenergia-termelést figyeljük, akkor a növekedési lehetőség inkább behatárolt, hiszen a gázmotorok elterjedése az anaerob iszapstabilizációval működő kommunális szennyvíztisztító telepeknél már messzemenően előrehaladott. Mindezenre a kiértékelt energetikai elemzésben javasolt intézkedések foganatosításával bármilyen nagyobb befektetés nélkül, azaz az energiafogyasztás és a saját energia-termelés optimalizálásán keresztül, a hálózatról vásárolt áram mennyiségét átlagosan egy negyedével lehet csökkenteni. Ezáltal kb. 68 GWh/év energia takarítható meg, ez a baden-württembergi szennyvíztisztító telepek teljes villamosenergia-fogyasztása 14%-nak felel meg. Csak a saját energiatermelés esetében az energeti-

kai elemzés adatai alapján egy kb. 10 GWh/év értékű növekedési potenciálra lehet így következtetni (Steinmetz et al. 2015b).

3.2.2 A németországi tisztítótelepek referenciaadatai

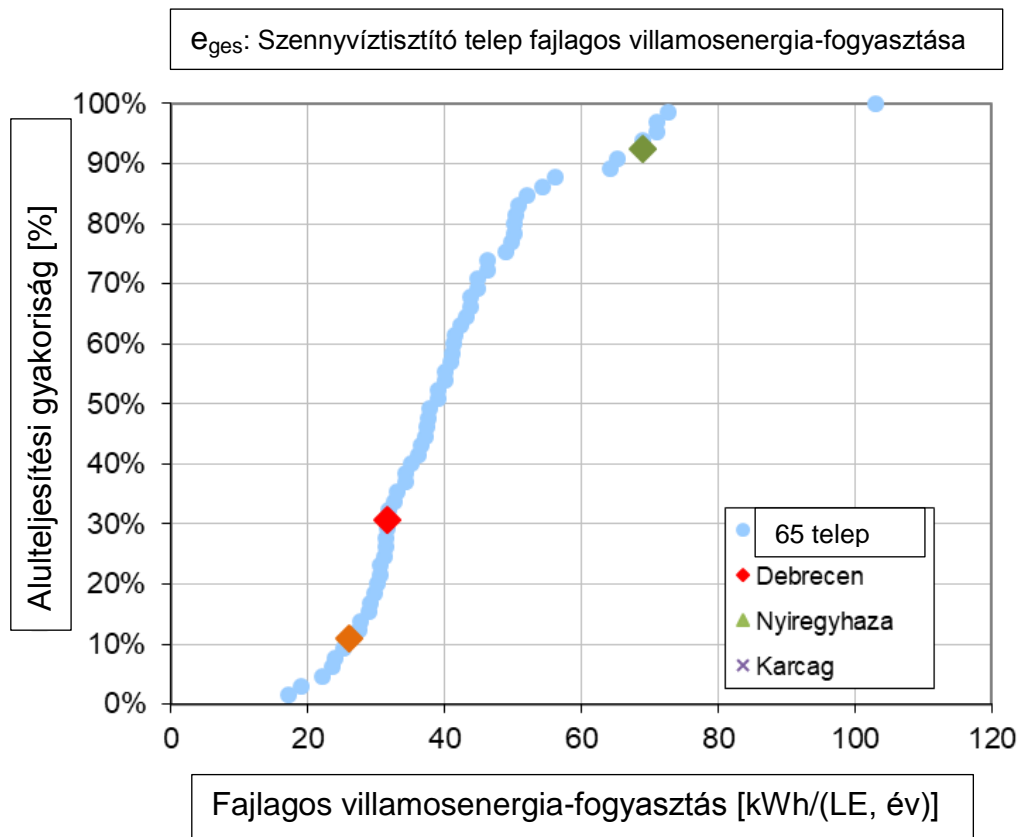
A három magyarországi tisztítótelep energetikai ellenőrzése során kapott mutatókat is összehasonlították a DWA-A 216 munkalap referencia-értékeivel. A következőkben ezek az adatok „adatsorok a DWA-A 216 munkalapból” megjelölést kapják. Az utóbbi esetben a fajlagos villamosenergia-fogyasztásra vonatkozóan a DWA németországi, országos szintű teljesítmény összehasonlító adatmennyiségéről van szó, míg a levegőztetésre (e_{Bel}), fajlagos biogáz-termelésre (e_{FG}), a biogáz elektromossággá történő átalakításának fokára (N_{FG}), valamint az elektromos energiával történő önellátás fokára (EV_{el}) vonatkozó mérőadatok a Hamburg, Berlin, Schleswig-Holstein, Baden-Württemberg, Brandenburg és Bajorország tartományok adatgyűjtésén, valamint a különböző városok szennyvíztisztítással foglalkozó egyesületek üzemi adatain nyugszanak (DWA 2015).

3.3 Az energetikai összehasonlítás eredményei

3.3.1 Teljes villamosenergia-fogyasztás (e_{ges})

Az Ábra 3.310.3 az egyes magyar tisztítótelepek fajlagos villamosenergia-fogyasztását ábrázolja a Baden-Württembergben vizsgált telepek fajlagos villamosenergia-fogyasztásával összehasonlítva. A tisztítótelepek összességének fajlagos villamosenergia-fogyasztása közötti nagy eltérés a különböző tisztítótechnológiákra és eljárási módokra, valamint a helyi peremfeltételekre vezethető vissza. Alapvetően függ a helyzet a tisztítótelep méretétől is, amennyiben a fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás csökken a növekvő méretek függvényében. A magyarországi debreceni és nyíregyházi szennyvíztisztító telepek referencia diagramba sorolásakor felismerhető, hogy ezen telepek fajlagos villamosenergia-fogyasztása 32 kWh/(LE, év) valamint 26 kWh/(LE, év) értékekkel a BW energetikai elemzés adatsorának tükrében relatív alacsony. A debreceni szennyvíztisztító telepnél jobban teljesítő baden-württembergi telepek aránya 30%, a nyíregyházi szennyvíztisztító telepnél pedig 10%. Ez azt jelenti, hogy a kiértékelt baden-württembergi szennyvíztisztító telepek csupán 30%-ánál, valamint 10%-ánál mutatható ki alacsonyabb fajla-

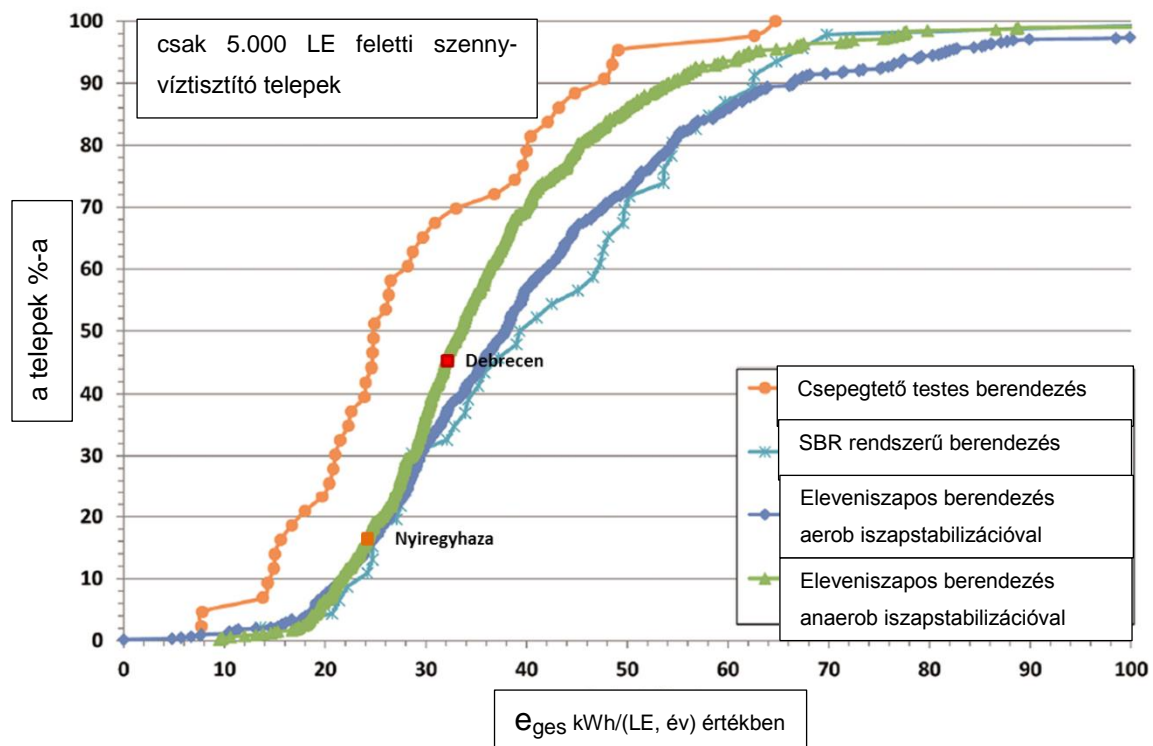
gos villamosenergia-szükséglet, mint a debreceni vagy nyíregyházi szennyvíztisztító telep esetében.



Ábra 3.3: Fajlagos villamosenergia-fogyasztás e_{ges} (összehasonlítás a BW energetikai elemzések adatsora dokumentummal)

A karcagi szennyvíztisztító telep összehasonlítása a Baden-Württembergben vizsgált telepekkel csak korlátozottan lehetséges, mivel a karcagi telep esetében egy membránszűrős technológiával működő telepről van szó. Egyértelműen látszik a 69kWh/(LE, év) értékű, a többi tisztítótelephez képest magas fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás egy 91%-os alulteljesítési gyakorisággal.

Ábra 3.4 összehasonlítja a debreceni és nyíregyházi tisztítótelep fajlagos villamosenergia-fogyasztását a DWA-A 216 munkalap adataival. Az itt megállapított összesített gyakoriságon túl a tisztítás eljárását is figyelembe veszik. A karcagi tisztítótelepet itt nem lehetett figyelembe venni, mivel a DWA-A 216 munkalap nem tartalmaz összeggörbét membránszűrős technológiávaltechnológiával működő tisztítótelepekhez.



Ábra 3.4: Fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztás a tisztítási eljárás függvényében (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból)

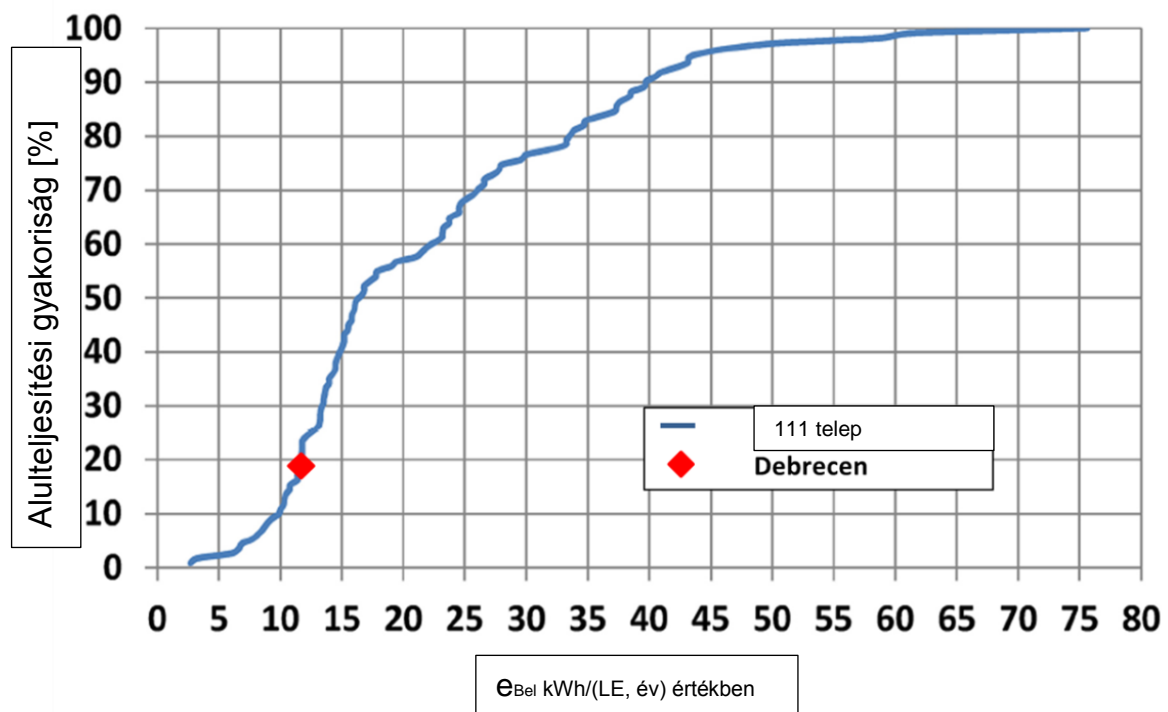
A baden-württembergi referenciaadatokkal összehasonlítva itt az alulteljesítési gyakoriság alacsonyabb. Így a debreceni tisztítóüzem fajlagos villamosenergia-fogyasztásának értéke alacsonyabb az adatbázisban található tisztítótelepek 45%-nál (eleveniszapos berendezések anaerob iszapstabilizációval). A nyíregyházi tisztítótelep esetében az alulteljesítési érték kb. 18%. Felismerhető, hogy a kapott alulteljesítési gyakorisági értékek a választott összehasonlítási adatbázistól függenek. Ez azt mutatja, hogy az egyes telepek objektív értékeléséhez állandóan szükséges a megfelelően nagy és homogén összehasonlítási adatok összessége (kezelési technikák, nagyság, régió/ország stb.).

3.3.2 Fajlagos villamosenergia-fogyasztás a levegőztetésnél (e_{Bel})

A szennyvíztisztító telepek energiahatékonyságára vonatkozó útmutató szerint átlagosan a teljes villamosenergia-fogyasztás 53% szükséges a biológiai fokozatnál. Ha átemelőket, továbbá szivattyúzást és szeparáló berendezéseket, szűrő fokozatokat is beleszámítunk, akkor a teljes villamosenergia-fogyasztás kb. 67%. A biológiai fokozat legnagyobb egyéni fogyasztója ebben az esetben 69%-kal a levegőztető rendszer (Steinmetz et al. 2015b).

A levegőztetés fajlagos villamosenergia-fogyasztásának kapott mutatói információt szolgálnak ahhoz, amennyiben ezeket rendszeresen meghatározzák, hogy egy fűvő teljesítménye csökken-e, és ezt esetleg ennek következtében ki kellene-e tisztítani, vagy szükséges lehet-e a felújítása.

A levegőztetés fajlagos villamosenergia-fogyasztását a hiányzó adatok miatt csak a debreceni szennyvíztisztító telep esetén tudtunk vizsgálni, ennek értéke kb. 12 kWh/(LE, év). A DWA-A 216 munkalap referenciaadainak tükrében ez a villamosenergia-fogyasztás inkább alacsonynak tűnik, és a 111 szennyvíztisztító telep csupán 19%-a mutat még ennél is alacsonyabb értéket.

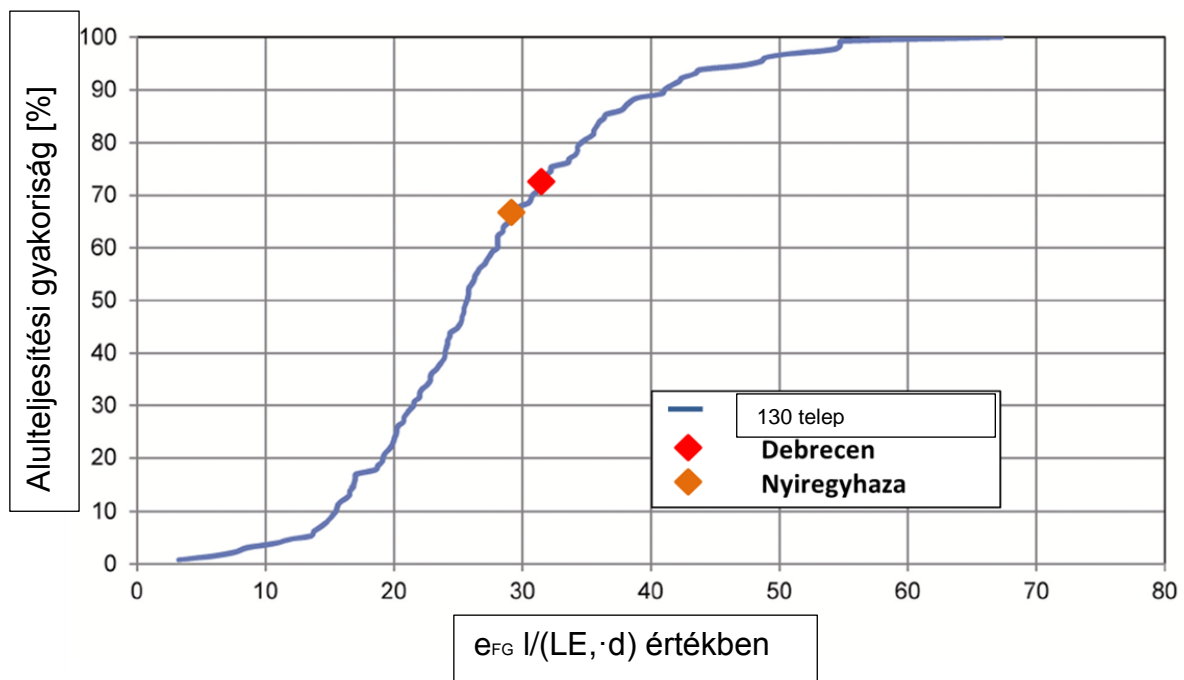


Ábra 3.5: Fajlagos villamosenergia-fogyasztás a levegőztetésnél (e_{Bel}) (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapról)

3.3.3 Fajlagos biogáz-termelés (e_{FG})

Az anaerob iszapstabilizációs technológiát használó tisztítótelepek biogáz-termelését a lakosegyenértékre vetített fajlagos biogáz-termelés (e_{FG}) segítségével írjuk le. Ez a debreceni tisztítótelep esetében 32,4 l/(LE, ·d) és a nyíregyházi telep esetében pedig 29,9 l/(LE, ·d), és így a DWA-A 216 munkalap 130 tisztítótelepet magába foglaló adatbázisának tükrében meglehetősen magas. Így a debreceni tisztítótelep esetében

az alulteljesítés gyakorisága kb. 72%, a nyíregyházi tisztítótelep esetében pedig kb. 68%.



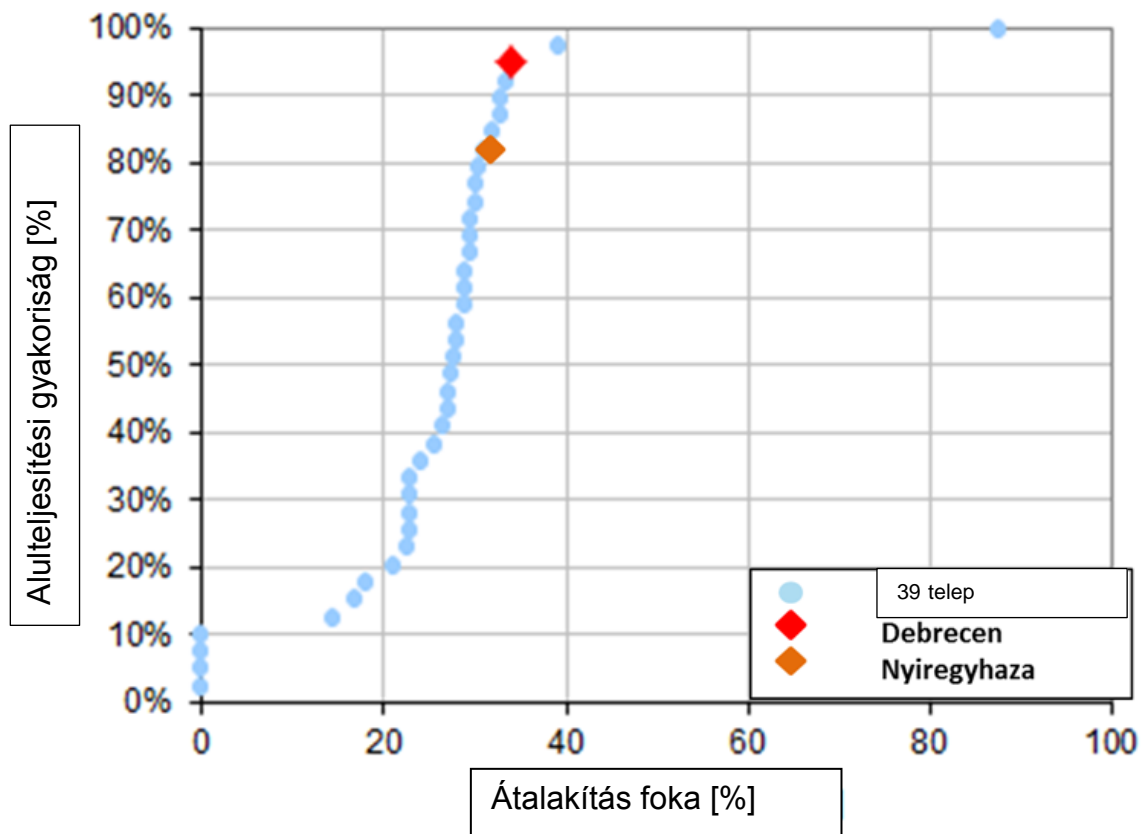
Ábra 3.6: Fajlagos biogáz-termelés (e_{FG}) (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból)

3.3.4 Biogáz átalakítása villamos energiává (N_2)

Ideális esetben az összes előállított biogázt villamosenergia-termelésre hasznosítják. A valóságban azonban ennek felhasználása sokszor behatárolt a nem egyenletes gáztermelés miatt, amihez kapcsolódnak továbbá a hiányzó, vagy túl kicsi gáztároló kapacitási hiányok vagy az erőmű felújítási és karbantartási munkái is. Biogáz átalakításának aránya villamos energiába tehát azt írja le, hogy mekkora a biogázban található energia, amelyet egy kapcsolt energiatermeléses erőmű elektromossággá alakít (DWA 2015). Itt törekedni kell egy 30% feletti értékre.

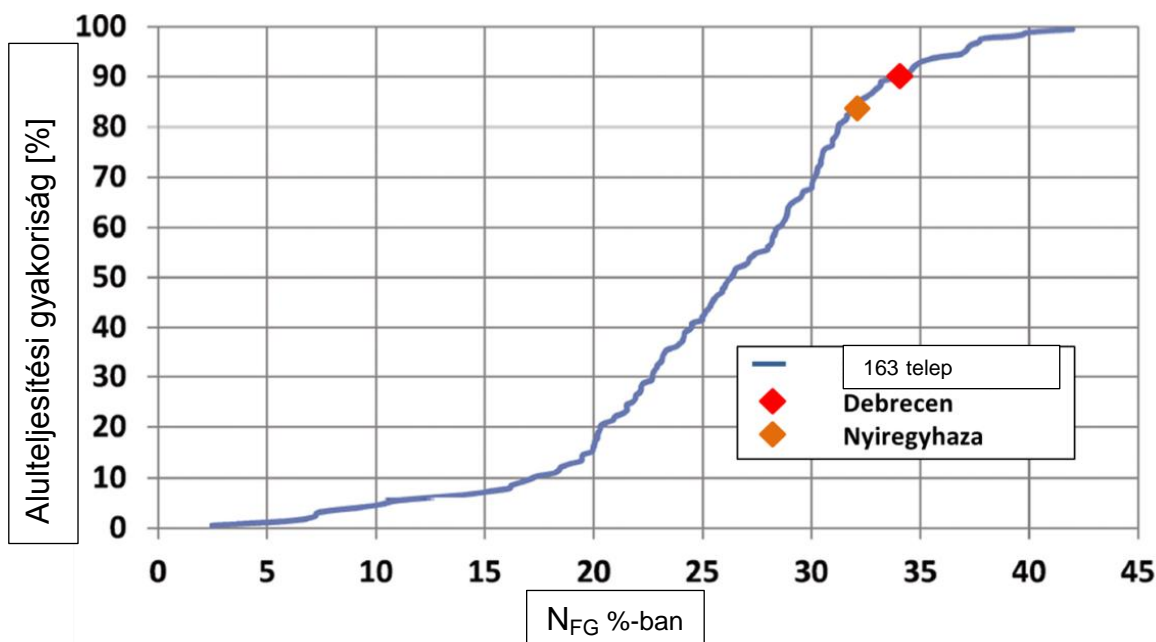
A vizsgált szennyvíztisztító telepek hiányzó adatai miatt csak a debreceni tisztítótelepen tudtuk a biogáz hasznosítását villamos energiában megállapítani, ez az érték 34%, 95%-os alulteljesítési gyakorisággal.

Ha a nyíregyházi telep esetében a biogáz metán arányát 60%-ra becsülnénk, akkor a biogáz-hasznosítás aránya itt 32% lenne kb. 81%-os alulteljesítési gyakorisággal.



Ábra. 3.7: Biogáz átalakításának aránya erőbe/elektromosságba (N_2) (összehasonlítás a BW energetikai elemzések adatsora dokumentummal)

A DWA-A 216 munkalap adatsorának tükrében is nagyon jónak értékelhető a debreceni tisztítótelep biogáz-átalakítása, az alulteljesítési gyakoriság ugyanis alig 90%-nál van. A nyíregyházi tisztítótelep csaknem 85%-kal nagyon jó értéket mutat.



Ábra. 3.8: Biogáz átalakításának aránya villamos energiába (N_{FG}) (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapból)

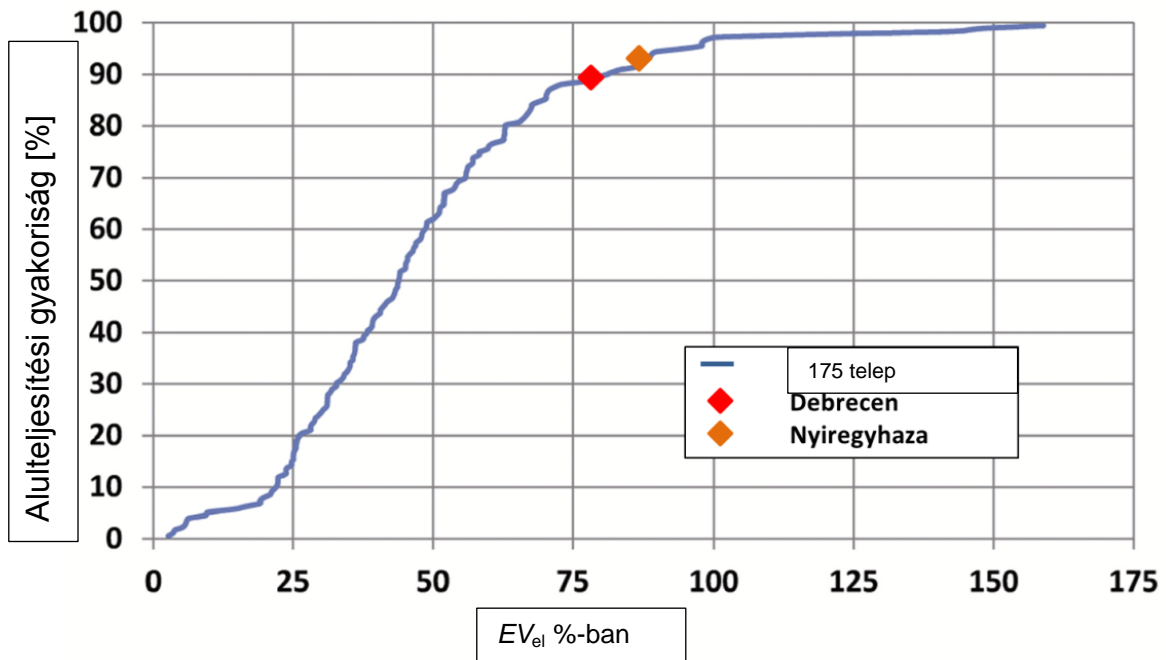
3.3.5 Az elektromos önellátás aránya (V_e)

Az elektromos önellátás fokát az éves villamosenergia-termelés és a teljes villamosenergia-fogyasztás hányadosából kapjuk. A cél az energiaszükséglet messzemenő lefedése a rendelkezésre álló biogáz mennyiségének teljes kihasználásával. A debreceni tisztítótelep önellátásának aránya elektromosság tekintetében 78,6%, az alulteljesítési gyakoriság 97% a BW energetikai ellenőrzésének adatsorával összehasonlítva, a DWA-A 216 munkalap adatsorával összehasonlítva az alulteljesítési gyakoriság alig 89%.

A nyíregyházi tisztítótelep önellátásának aránya elektromosság tekintetében 81%, az alulteljesítési gyakoriság 98% a BW energetikai ellenőrzésének adatsorával összehasonlítva, a DWA-A 216 munkalap adatsorával összehasonlítva az alulteljesítési gyakoriság pedig alig 92%.



Ábra 3.9: Önellátás aránya elektromosság



Ábra 3.10: Önellátás aránya (összehasonlítás az adatsorral a DWA-A 216 munkalapról)

3.4 Összegzés és javaslatok

3.4.1 Az energetikai ellenőrzés összegzése

A három magyar tisztítótelep adatainak kiértékelése megmutatta, hogy legalább két tisztítótelep (a debreceni és a nyíregyházi szennyvíztisztító üzem) viszonylag csekély fajlagos teljes villamosenergia-fogyasztással bír. Mindkét tisztítótelepen ez az érték jelentős mértékben a baden-württembergi referenciaérték mediánja, azaz 39 kWh/(LE, év) alatt van. A rendelkezésre álló adatokból azonban ismert, hogy a három vizsgált szennyvíztisztító telep nem reprezentatív a magyarországi szennyvíztisztító telepek összességére.

A debreceni szennyvíztisztító telep csekély teljes villamosenergia-fogyasztásának egyik fontos aspektusa, hogy alacsony a fajlagos villamosenergia-fogyasztás a levegőztetésnél, ami általában a teljes villamosenergia-fogyasztás jelentős részét képezi. A nyíregyházi szennyvíztisztító teleppel kapcsolatban ugyan nem áll rendelkezésünkre adat a levegőztetéssel kapcsolatban, azonban tudjuk, hogy ezt 2006-2009 között felújították és a medencébe medence fenéksíkján tányéros diffúzorokat telepítettek. Tehát itt is abból indulhatunk ki, hogy a levegőztetés inkább csekélyebb villamosenergia-fogyasztást mutat, és így az hozzájárul az alacsonyabb teljes villamosenergia-fogyasztáshoz. A levegőztető alacsony villamosenergia-fogyasztásának egyik lehetséges oka a relatív magas szennyvíz-hőmérséklet Magyarországon (Debrecenben az éves középérték kb. 20 °C, a legalacsonyabb hőmérséklet kb. 12 °C), aminek hatására a németországgal szemben itt rövidebb az iszapkor.

A karcagi membránszűrős technológiával működő telepet érthető módon nem lehet beszámítani az összehasonlításba, hiszen a fajlagos villamosenergia-fogyasztás a membránszűrős technológia miatt sokkal magasabb. Általában a membrános bioreaktoros telepek teljes energiaszükséglete kétszer, de akár négyszer akkora is lehet, mint a hagyományos telepek esetében, ami átlagosan 40-200 kWh/(LE, év) között van (Bolle und Pinnekamp 2011). Downstream membránberendezések a járulékos szilárdanyag maradék és az elfolyó víz fertőtlenítése céljából az áramfogyasztás tekintetében 13 kWh/(LE, év) értékkel már jóval előnyösebbek (Haber Kern et al. 2008), azonban fogyasztásuk még így is magasabb a hagyományos berendezésénél.

A fajlagos biogáz-termelésre vonatkozóan a debreceni és a nyíregyházi tisztítótelepek is nagyon jók az értékei. A nyíregyházi telepen ez bizonyosan arra vezethető vissza, hogy itt nagy mennyiségben kezelnek idegen iszapot is. Esetenként még átvesznek kiegészítő idegen anyagokat, hogy a biogáz-termelést tovább növeljék. Mindkét telep esetében előnyös értéket mutat a biogáz villamos energiába történő átalakításának aránya, hiszen ez mindkét esetben $> 30\%$. Így mindkét telep csaknem 80%-os önellátási fokról számolhat be.

Azonban figyelembe kell venni, hogy a fajlagos villamosenergia-fogyasztás valószínűleg nőne, ha a tisztítótelep tovább törekedne az elfolyó értékeinek javítására, főleg a nitrifikációs teljesítmény tekintetében. Ha a jövőben terveznek további szennyvíztisztítási fokozatot, akkor a tapasztalatok szerint számítani lehet kb. $2,5-6 \text{ kWh}/(\text{LE} \cdot \text{a})$ további fogyasztásra a szűrő üzemeltetéséhez. Az aktív szén porral történő mikroszennyező eltávolításnál további $1,3-4 \text{ kWh}/(\text{LE}, \text{év})$ értékkel kellene számolni (Steinmetz et al. 2015b).

A magyar telepeken a DWA-A 216 munkalap szerint energetikai ellenőrzést folytattunk és arra az eredményre jutottunk, hogy mindkét értékelhető telep nagyon jó mutatókkal rendelkezik. A két telep tényleges energiafogyasztása alapján nincs optimalizációs igény, és lehetőség.

A DWA-A 216 munkalap az energetikai optimalizáció második lépésének az energetikai vizsgálat megvalósítását írja elő. Egy ilyen energetikai elemzés célja az „energetikai helyzet szisztematikus és részletes felmérése és kiértékelése”.

Az energetikai ellenőrzés során kapott helyzet alapján nem várható jelentős energetikai optimalizáció, amelyet az energetikai vizsgálat mutathatna ki. Egy ilyen energetikai vizsgálat megvalósítása az adott telepeken tehát nem javasolt.

3.4.2 Javaslat további intézkedésekhez

Ahhoz, hogy a magyarországi szennyvíztisztító telepek energetikai helyzetéről egy összbenyomást kaphassunk, valamint, hogy a telepeket egymás közt összehasonlíthassuk, sok üzem - ideális esetben az összes telep - esetében össze kellene gyűjteni vagy bizonyos esetekben újra kellene mérni azokat az adatokat és információkat, amelyekre az energetikai helyzet vizsgálatához szükség van. Itt, a már ebben a munkában is bemutatott „Adatgyűjtés az energetikai ellenőrzéshez” című kérdőívet

lehetőleg sok teleppel ki kellene tölteni. Ideális esetben még ki kellene egészíteni az adatgyűjtéshez szükséges kérdőívet a rothasztóba kerülő szerves szárazanyaggal [kg/d] kapcsolatban.

Lehetőség szerint financiális ösztönzőkkel motiválhatók az üzemeltetők a részvételre egy ilyen akcióban, például állami pénzügyi támogatással adott esetben további energiavizsgálatok végzéséhez.

A kapott adatok segítségével előállítható egy gyakorisági görbe a magyarországi tisztítótelepekre vonatkozóan, és ehhez kapcsolódóan ki lehet értékelni az egyes telepek energiahatékonyságát ténylegesen, mégpedig magyar keretfeltételek mellett. Ahhoz, hogy a telepek egymás közötti összehasonlítása még pontosabb legyen, szükségeltetik a tisztítótelepek nagyság szerinti és használt eljárás szerinti csoportosítása. Az egyes telepek objektív értékeléséhez állandóan szükséges a megfelelően nagy és homogén összehasonlítási adatok összessége (kezelési technikák, nagyság, régió/ország stb.).

A továbbiakban javasolunk egy kiértékelési rendszert, amely a medián értéket és a 25%-os tartományokat határozza meg összesen négy értékelési osztály határáként. Az összes tisztítótelep összes adatát itt egy adatsorban foglaljuk össze, hogy növeljük az adatösszességet. A kapott összesített gyakorisági görbe alapján megállapítható a medián értéke, valamint a 25%-os és 75%-os értékek is. Ha a telep nem éri el a 25%-os értéket, úgy a telepet nagyon alacsony energiafogyasztású üzemként rangsorolhatjuk. Részletes mutatók esetén, amelyeket az energiavizsgálatból kapunk, még az egyes eljárási szintek és lépések is külön értékelhetők. Egy ilyen koncepció lehetővé teszi a részletes értékelést az energetikai mutatókra alapozott energetikaiellenőrzés kiegészítéseként.

A++ osztály: energetikailag optimalizált

Olyan tisztítótelepek, vagy üzemrészek, amelyek mutatói vagy fajlagos fogyasztási értékei

≤ a 25%-os értéknek, energetikailag optimálisnak rangsorolandók. Ez nem azt jelenti, hogy ezen telepek összességében, vagy egyes eljárási lépések esetében nem mutatnának semminemű optimalizációs potenciált. Azonban a jelenlegi gyakorlatban

megvalósítható energiafogyasztást jelölik. A további optimalizálás céljából a DWA-A 216 (2015) értelmében évente energetikai ellenőrzést kellene itt megvalósítani.

A+ osztály: energetikailag előnyös

A medián érték alatti energiafogyasztású telepeket és üzemrészeket energetikailag előnyösnek rangsoroljuk. Azonban ajánlott a DWA-A 216 (2015) értelmében egy energiavizsgálat, hiszen valószínűleg fennáll még optimalizációs potenciál. Ismert intézkedéseket rendszeres időközönként meg kell vizsgálni a gazdaságosságuk szempontjából. Az intézkedések fogantatását dokumentálni kell, hogy a kapott energia megtakarítást utólagosan ki lehessen értékelni.

A osztály: energetikailag kevésbé előnyös

Olyan tisztítótelepek, vagy üzemrészek, amelyek fogyasztási értékei **a 75%-os érték alatt állnak**, energetikailag kevésbé előnyösnek rangsorolandók, és időszerű az energetikai vizsgálat megvalósítása. Nagy az optimalizációs potenciál értéke. A befolyás sűrített mintavétele lenne ajánlott a releváns lakosság felülvizsgálatához az átlag KOI terhelés alapján. A nagyobb, esetleg akár frekvenciaváltós üzemű felhasználóknál, mint fűvók és szivattyúk esetében, az árammérő eszközöket korszerűsíteni kell. Az intézkedések fogantatását dokumentálni kell, hogy a kapott energiamegtakarítást utólagosan ki lehessen értékelni.

B osztály: energetikailag nem előnyös

Olyan telepek vagy üzemrészek, amelyeknek a fogyasztási értékei a 75%-os érték felett vannak, energetikailag nem előnyös kategóriába tartoznak és sürgősen meg kell valósítani a teljes körű eljárás technológiára vonatkozó, valamint energetikai átvizsgálást, ahhoz, hogy ki lehessen mutatni a szignifikánsan magas energiafogyasztás okát.

Az értékelési koncepció tekintetében mutatunk egy példát a Baden-Württemberg és Észak-Rajna-Vesztfália tartományok energetikai vizsgálatának statisztikai kiértékeléséből (ld. 5. táblázat).

Táblázat 3.2: Mutatók a telepek, a tisztítási fokozatok energetikai besorolásához (az energetikai vizsgálat kiértékelése alapján)

Eljárási csoport	Mennyiség	Fajl. villamosenergia-fogyasztás kWh/(LE-a)		
		Százalékos érték		
		25%	50%	75%
Összes telep az energetikai elemzésből	156	31,7	41,0	51,8
Bemeneti átemelő	80	1,9	3,1	4,6
Mechanika	129	1,0	1,7	3,7
Rács	116	0,1	0,2	0,3
Homokfogó	123	0,5	1,1	2,1
Előülepítés	98	0,1	0,2	0,4
Kicsapatószer adagolása	83	0,03	0,05	0,11
Biológiai fokozat	88	18,1	24,4	31,3
Levegőztetés	115	11,4	14,8	19,0
Keringtetés	108	1,9	3,4	5,9
Recirkuláció	73	0,6	1,4	2,2
Visszafolyó iszap	97	1,7	2,6	4,4
Utóülepítés	98	0,4	0,8	1,6
Iszapkezelés	122	2,8	4,6	6,8
Elősűrítés	64	0,1	0,3	1,0
Iszapstabilizáció/rothasztás	84	1,7	2,7	4,7
Utósűrítés	35	0,04	0,15	0,33
Iszap víztelenítése	97	0,8	1,4	2,2
Infrastruktúra	129	1,2	2,4	5,0
Energetikailag optimalizált tisztítótelep		≤ 25,4		

Ha a 25%-os értéket alkalmazzuk a kiválasztott fő felhasználó csoportokra, revégátemelő szivattyúkra, mechanikára (teljes), biológiai fokozatra, iszapkezelésre (teljes), infrastruktúrára és utóülepítésre, akkor megkapjuk a teljes elektromos fogyasztást egy 25,4 kWh/(LE, év) értékű energetikailag optimalizált tisztítótelep számára. Ha az 50%-os értéket alkalmazzuk, akkor a 37,0 kWh/(LE, év) értékű teljes fogyasztást kapunk.

A valós teljes fogyasztási adatok kiértékeléséből megkapjuk a 31,7 kWh/(LE, év) fogyasztási értéket (25%-os érték) valamint a 41 kWh/(LE, év) értéket (medián),

úgy, hogy fennáll egy 10-20%-os energetikai optimalizációs potenciál a jelenlegi állapot tükrében. Az ilyen jellegű leegyszerűsített szemléletnél figyelembe kell venni az eltérő számú adatsorokat és az eljárási csoportok eloszlását. Alapvetően bebizonyosodnak azonban az eredmények az energetikai vizsgálatok során a villamos energiafogyasztásra vonatkozó általánosan megállapított 20-30%-os optimalizációs potenciálok segítségével, amelyek az ideális értékre vonatkoznak.

Megfelelőek lennének ehhez támogatások, hogy az üzemeltetők számára vonzóvá tegyék az energetikai vizsgálat lehetőségét. Baden-Württemberg tartományban például a „Förderrichtlinien Wasserwirtschaft – FrWw 2015“ (támogatási irányelvek a vízgazdálkodásban) értelmében 50%-os támogatást adnak a felmerülő költségekre olyan „kiadások értelmében, amelyek az energiahatékonyság javítását szolgáló szakvéleményekre vonatkoznak a szennyvízkezelés és vízellátás területeken”.

4 Energiapotenciálok

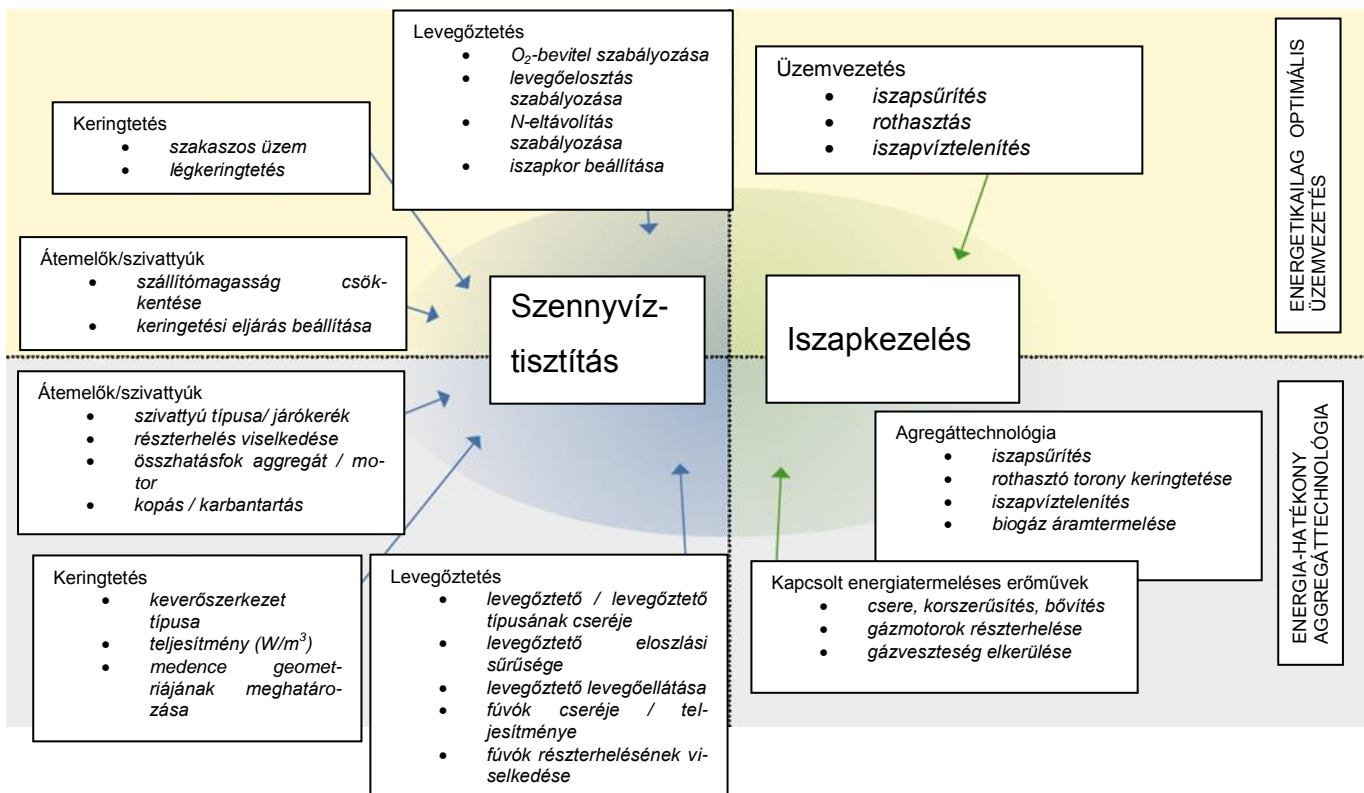
4.1 Általános

Ahhoz, hogy a kommunális tisztítótelepek áramfogyasztását csökkentsük, jó eszköznek tűnnek a professzionális energetikai vizsgálatok. A vizsgálatok keretén belül felismerik az energetikailag nem előnyös aggregátokat és üzemmódokat, és megfelelő optimalizációs intézkedéseket javasolnak. Ebből nem csak a környezetünk, hanem az üzemeltetők is profitálhatnak, hiszen ilyen módon csökkennek az üzemi költségek is. Fontos azonban, hogy a szennyvíztisztító telepre vonatkozó energetikai optimalizációs intézkedéseknél mindig a vízvédelem kell, hogy a legfontosabb szempont legyen.

4.2 Energia megtakarítás potenciáljai

4.2.1 Általános információk

Ábra 4.1 összefoglalja az energiahatékonyság növeléséhez szükséges mérvadó kiindulópontokat. Egyértelműen látszik, hogy az energiafogyasztás csökkentéséhez szükség van energetikailag optimális üzemvezetésre és energia-hatékony aggregátechológiákra is (Kolisch et al. 2010). A következőkben bemutatjuk a legfontosabb beavatkozási lehetőségeket az energia-hatékonyság növelése érdekében.



Ábra 4.1: Célterületek a kommunális szennyvíztisztító telepek energiahatékonyságának növeléséhez (Steinmetz et al. 2015b)

Bizonyos fogyasztási pontok villamosenergia-fogyasztásának értékeléséhez meg kell vizsgálni ezeket külön-külön egy reprezentatív időtartamon át. A kisebb tisztítótelepek szokásosan csak egy primer fogyasztásmérővel rendelkeznek és nagyobb tisztítótelepek esetében is gyakran csak egyes csoportos mérőket installáltak kiegészítő jelleggel, ezért tehát kiegészítő mérésekre és számításokra van szükség. Alapvetően a következő eljárásokhoz lehet folyamodni, amelyek a vizsgálandóval szemben különböző követelményeket állítanak, szükséges segédeszközöket nyújtanak és az eredmények pontossága szempontjából különböznek:

- Egyes meghajtások vagy fogyasztói csoportok **villamosenergia-fogyasztásának direkt mérése** egy átmenetileg installált fogyasztásmérő segítségével. Alternatív megoldásként használható egy elektronikus számláló, amely a fogyasztás mellett a teljesítményt, és a $\cos \varphi$ értéket is méri, valamint mutatja ezek maximum és minimum értékét. A primer villamosenergia-fogyasztó folyamatos ellenőrzéséhez ajánlott azonban egy saját villamosenergia-fogyasztásmérő állandó beépítése (elosztó központtal rendelkező telepeknél olyan mérővel, amely folyamatosan rögzíti az értékeket). Ahhoz, hogy a

villamosenergia-fogyasztást össze lehessen hasonlítani az EVU referencia számlálójával, az állandó üzemi mérőt meddő- és hasznos áram mérővel kell felszerelni, hogy a kompenzációt is kimutathassa. Ha a referenciamérőt a transzformátor elé installálták, akkor a transzformátor kb. 10%-os veszteségét is bele kell számolni.

- Háromfázisú váltakozó áramú **elektromos áramfelvétel rövid távú mérései** (P_w) árammérő vizsgálófogóval. A kW-ban mért hatásos teljesítmény a mérvadó. A villamosenergia-fogyasztás (W) kWh értékben a következőkből áll össze:

$$W = P_w \cdot t_B$$

t_B : üzemórák száma Bh/év értékben

Létező üzemóra-mérő esetében a megfelelő mérési eredményekből kell az üzemórák számát kimutatni, valamint célzott leolvasással kimutatni, más esetben pedig meg kell becsülni.

Relatív pontos fogyasztói értékek következnek a folyamatos háromfázisú váltakozó áramú vagy fokozatosan szabályozható háromfázisú áramú motor esetében (több pólusszámra átkapcsolható motoroknál), ha az adott üzemidőket külön figyelembefigyelmebe veszik. Háromfázisú motoroknál csak akkor érvényes a becslés, ha mindhárom fázis egyenletesen terhelt.

Fokozatmentesen szabályozható motoroknál az átlag elektromos áramfelvételt kell meghatározni. Ehhez nélkülözhetetlenek az ismételt mérések egy adott hosszú időszakon keresztül és különösképpen nagy figyelmet kell fordítani a teljes terhelési spektrumra. Ha az árammérő vizsgálófogó rendelkezik egy adatrögzítő berendezéssel, akkor nagyobb mennyiségű adatot lehet rögzíteni. Interfész-adapter segítségével az értékeket át lehet vinni egy számítógépre.

Hálózatelemző segítségével pedig a hatásos teljesítmény és más villamos energetikai paramétereket is fel lehet jegyezni folyamatosan, egy adott hosszú időszakon keresztül. A szükséges drága műszerek beszerzése azonban csak nagy tisztítótelepek esetében érdemes, és ott is csak teljesítménycsúcsok elemzéséhez elektromos terhelést csökkentő rendszerek használatával összefüggésben.

- Az állandó fordulatszámú háromfázisú motorok **villamosenergia-fogyasztásának hozzávetőleges kiszámítása** (elektromos munka) azzal a felvétellel, hogy az I áramerősséget mérjük:

$$W = P_w \cdot t_B = [U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi] \cdot t_B$$

t_B : üzemórák száma Bh/év értékben
 U : feszültség kV-ban
 I : áramerősség A-ban
 $\cos\varphi$: teljesítménytényező

Figyelembe kell venni, hogy a fenti egyenletet nem szabad használni frekvenciaváltós üzemnél (FU), ha a frekvenciaváltó és a motor között mérünk, hiszen a feszültség egy frekvenciaváltós üzemnél nem konstans és nagyon nagy ingadozások állnak fenn. A mérést itt a frekvenciaváltó előtt kell végezni, a frekvenciaváltó és motor ebben az esetben „egységet” képeznek. A frekvenciaváltó elektromos áramfelvételének valamint -veszteségének értékét így pontosan lehet ezzel együtt mérni. Ebben az esetben oda kell figyelni arra, hogy a frekvenciaváltó ugyancsak veszteségeket okoz. Általában ez 5%-os nagyságú (ingadozás tartománya: 2-8%). Többé-kevésbé pontos eredmények azonban ezen eljárás után csak akkor várhatók, ha az említett meghajtók a névleges teljesítményen belül működnek, amelyre a $\cos \varphi$ adattábla-megjelölés vonatkozik. A részterheléses üzemnél a ténylegesen meglévő teljesítménytényező többé-kevésbé egyértelműen eltér kedvezőtlen irányba a névleges teljesítménytényezőtől.

Fokozatos vagy fokozatmentesen szabályozható fordulatszámmal rendelkező meghajtásnál az átlag áramfelvételt egy adott hosszú időszakon keresztül kell meghatározni. Ezt az ampermérő alapos megfigyelésével vagy rendszeres áramfogyó-mérésekkel végezhetjük. Jobb azonban az áramfelvétel folyamatos rögzítése egy adatregisztráló berendezés segítségével vagy az elosztó-központra keresztül. Egy belső átlagolási művelet ebben az esetben előfeltétel. Hasonló odafigyeléssel kell az ehhez tartozó üzemórákat is rögzíteni.

4.2.2 Levegőztetés

A hatékony levegőztetés, a gondosan szabályozott levegőellátás és az egész levegőztető rendszer lelkiismeretes karbantartása rejti a legnagyobb potenciált a villamosenergia-megtakarítás szempontjából a kommunális szennyvíztisztító telepeken. Energetikai célként pedig a levegőellátás minimális szintre történő csökkentését kell kitűzni, mégpedig a lehető legjobb minőségű elfolyó víz és magas folyamatstabilizáció mellett.

O₂-bevitel szabályozása

Számos tisztítótelepen az oxigénbevitel optimalizált szabályozása a legegyszerűbb és legrealizálhatóbb energia megtakarítási potenciál. Az oxigénkoncentráció szokásosan 1,5 és 2,0 mg/l között kellene, hogy legyen a nitrifikációs medencékben. Magas oxigénkoncentráció a szükséges oxigénellátás jelentős növekedéséhez vezet. Magas oxigéntartalom esetén az eleveniszapos medencékben az oxigénérték fokozatos csökkentése mellett fennáll a lehetősége az energiahatékonyság növelésének, úgymint vizsgáló és direkt beavatkozási lehetőségeken keresztül.

Iszapkor

Sok esetben az eleveniszapos berendezésben nincs mindig optimálisan beállítva az iszapkor. Az eleveniszapos medencékben a szükségtelenül magas szárazanyag-tartalom miatt az eleveniszap extra alaplégzése alapján egy ennek megfelelően magasabb oxigénigény alakul ki; ez minden g/l szárazanyag_{BB} esetén csaknem 10%-os többletfogyasztást jelent. Ilyenkor feleslegesen fogyasztunk elektromos energiát anélkül, hogy a tisztítás teljesítménye láthatóan javulna. Továbbá, a túl magas iszapkor az anaerob iszapstabilizációs eleveniszapos telepeken túl alacsony szerves szárazanyag-tartalomhoz vezet, aminek a következménye az alacsonyabb gázhozam. Ezen felül a túl magas szárazanyag-tartalom esetén fennáll a veszélye az az iszapelfolyásnak az utóülepítésnél.

Levegőztető elemek

Gyakran jelentősebb energia megtakarítást segíthet elő a levegőztető elemek cseréje magasabb hatásfokú, azaz magasabb fajlagos oxigénhozamú elemre. Magas hatásfokú levegőztető elemek nagyrészt EPDM, TPU, PU, szilikon vagy kerámiából készülnek. Általában a kerámiaelemeknek alacsonyabb a nyomásvesztése és ezáltal egyes esetekben energetikailag előnyösebbek. Hátrányuk azonban a hiányzó eltömődés elleni védelem. A visszafordíthatatlan eltömődés elkerülése érdekében állandó minimális levegőellátást kell biztosítani a kerámia levegőztetők esetében, ami által az időszakos nitrifikáció/denitrifikáció során általában nem szükséges majd további beavatkozás.

Sűrített levegő előállítása

Az alacsony hatásfokú sűrítő aggregátok cseréjében, vagy a fűvételjesítmény jobb fokozatának megállapításában rejlik a további energia megtakarítási potenciál a sűrített levegős rendszeren belül.

4.2.3 Az eleveniszapos medence keringtetése

Ahhoz, hogy az eleveniszapot lebegésben tartsuk és a lerakódást elkerüljük, az iszap és szennyvíz keverékét keringetni kell.

Keverőrendszerek

Hatékony keverőrendszert már találunk kevesebb, mint 2 W/m^3 fajlagos hozamteljesítménnyel medence térfogatonként (VSA 2010). A keverőszerkezet aránytalanul magas fogyasztási értékei a keverőszerkezet és a medencegeometria közötti rossz beállításra utalnak. Az aggregát túldimenzionált, nem igazodik a medence formájához, alacsony a kapacitása vagy rossz helyen van felállítva. Egy megvizsgálandó beavatkozási lehetőség a túl gyorsan futó, nem szabályozható keverőszerkezeteknél abban áll, hogy felszerelünk egy frekvenciaváltót vagy egy cserehajtóművet a fordulatszám beállításának megfelelő méretben.

Keverő berendezés működése

Bizonyos esetekben már rövid időn belül is elérhető a keringtetés energetikai optimalizációja, amennyiben sikerül a keverőszerkezetet legalább időnként kikapcsolni. Az eleveniszap hosszabb szétválasztása vagy leülepedése elkerülendő. Nem kerülhet sor tartós lerakódásra vagy a denitrifikációs kapacitás bármilyen jellegű csorbítására.

4.2.4 Az eljárási módok változtatása

Előzetes nitrifikációs üzemekben felmerülhet az időszakos nitrifikáció/denitrifikáció eljárasmódra történő átállás vizsgálata. Ilyenkor a legjobb esetben el lehet kerülni a keverőszerkezetek használatát és a belső keringéstámogatást. A mérési és szabályozási technológia megnövekedett ráfordításait az ebből adódó energiaköltségmegtakarítással kell szembeállítani (gazdaságossági szemlélet). Továbbá el kell végezni ezután egy új eljárás technológiai számítást a szükséges biológiai térfogat kiutatására.

4.3 Energiatermelés potenciáljai

4.3.1 Általános információk

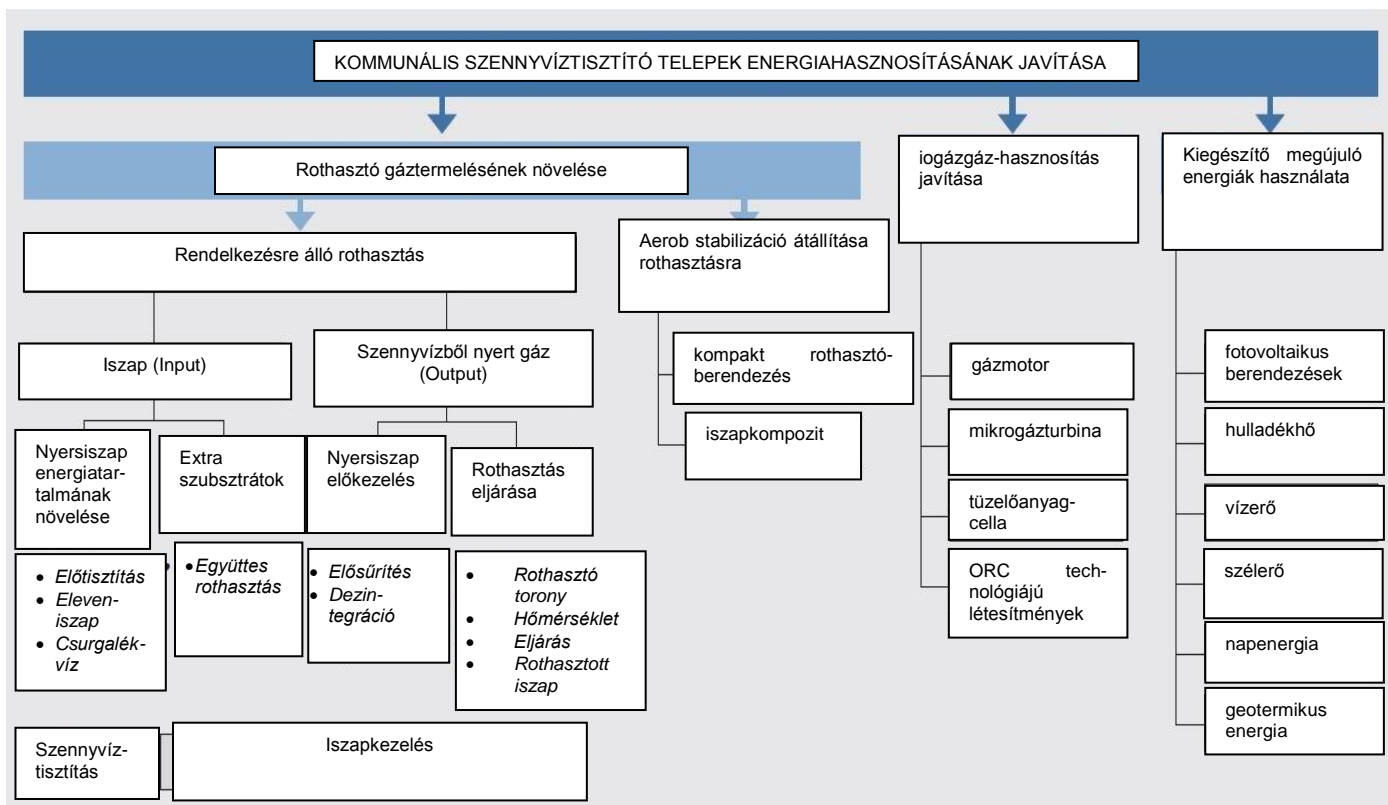
Az eljárás- vagy üzemtechnológiai optimalizációval elért villamosenergia-megtakarítás mellett saját áram előállításával is csökkenthető a kapott villamos energia mértéke.

A saját villamosenergia-termeléshez saját energiaforrásként a biogáz áll rendelkezésre, kiegészülve számos megújuló energiaforrással, mint például a napenergia vagy a vízerő. A villamosenergia-termelés növekedését segítő lehetséges intézkedéseket az Ábra 4.2 mutatja be összefoglalóan.

A kommunális tisztítótelepek energiatermelésének növelése

- a biogáztermelés növelésével
- további biogáz-hasznosítás jobb hatásfokával
- további megújuló energiaforrások bevonásával

érhető el. Ebben a fejezetben a baden-württembergi kommunális szennyvíztisztító telepek példáján mutatuk be és vitatjuk meg ezen energiaforrások hasznos, és gazdaságos felhasználásának lehetőségeit.



Ábra 4.2: Kommunális szennyvíztisztító telepek energiahasznosításának javítására szolgáló optimalizációs intézkedések (áttekintés)

4.3.2 A nyersiszap energiatar-talma

A szennyvíztisztításkor keletkezett nyersiszap mennyiségét és energiatar-talmát befo-lyásolhatja az

- előtisztításban töltött tartózkodási idő (t_{VK}) valamint annak nagysága,
- az iszapkor az eleveniszapos berendezésben (t_{TS})
- és a csurgalékvíz kezelése technológiaifolyamatvíz PW, elfolyó víz TW)

(LANUV 2014).

Megnövekedett primer iszaplevonás (előtisztítás)

Az előülepítésből lerakódott anyagok nagy arányú szerves szilárdanyag tartalommal általában biológiailag jól lebomlók, és a rothasztás során jó gázhozamuk van. A gázhozam optimalizációja céljából ezért oda kell figyelni az előülepítés jó lhatásfokára. Az előülepítés hatékonysági aránya az előülepítőben töltött tartózkodási időtől is függ (t_{VK}). Az előülepítő tartózkodási idejének megemelésével ugyan jelentősen növelhető a primer iszapmennyiség, azonban fokozott odafigyelésre van szükség. Ha túl ma-

gas a primer iszap elvételi aránya, akkor mind a szennyvíztisztításban, mind az iszapkezelésben problémák merülhetnek fel. Ha túl sok KOI-t vagy foszfort vannak ki a szennyvízből a primer iszappal, akkor ez hátrányosan befolyásolhatja a további folyamatokat.

Csökkentett iszapkor (eleveniszapos medencék)

A fölősiszapban található szerves arány és az ehhez kapcsolódó lehetséges biogáz hozam közvetlenül az eleveniszapos medencékben található iszapkorral függ össze. Magas iszapkor esetén az eleveniszap mikroorganizmusai arra kényszerülnek, hogy a saját biomasszájuk árán tartsák fenn magukat (endogén lebomlás). Ez egy előrehaladott ásványosodáshoz vezet már az eleveniszapos medencében.

4.3.3 Extra szubsztrátok (együttes erjesztés)

A külső, szerves szubsztrátok bekerülése a rothasztásba jelentősen növelheti a biogáz-termelést. A kiegészítő szubsztrátok kezelésének alapfeltétele az elegendő tárolási kapacitás a rothasztó tornyokban és az eleveniszapos részen (extra csurgalékvíz terhelés). A rothasztók terhelése és a rothasztóban töltött tartózkodási idő általában nem jelenthet hátráltató tényezőt (Haber Kern et al. 2008).

Lehetséges további szubsztrátok találhatóak a következő területeken:

- mezőgazdasági feldolgozó ipari hulladék anyagok (pl. almacefre, sörtörköly, sörélesztő, gyümölcspép)
- kommunális hulladék anyagok (pl. biohulladék, zsír zsírleválasztókból, étkezési hulladék nagyüzemi konyhákból)

Az iszap víztelenítéskor keletkezett csurgalékvíz visszaterheli az eleveniszapos berendezést, amelynél mindenképpen ügyelni kell a további szubsztrátok alacsony nitrogéntartalmára.

A zsírok alapvetően érdekesek a nagy gázképző-potenciáljuk miatt. Mindenesetre problémákat okozhatnak a rothasztóban a lebegő iszap tetején, ha hajlamosak a zsírgömbök képződésére.

Ahhoz, hogy ne veszélyeztessük tartósan a rothasztást, a további szubsztrátot mindenképpen meg kellene vizsgálni az alkalmasság szempontjából már az elővizsgálatok során.

Továbbá sürgősen ajánljuk, hogy vonják be az illetékes jóváhagyó hatóságot még időben a további szubsztrátok fogadásának tervezésébe, hogy még időben és már előre figyelembe lehessen venni a jogi kérdéseket a hulladék, a víz, és az elfolyó vízminőségi követelmények kapcsán.

4.3.4 A nyersiszap előkezelése

A biogáztermelést növelni lehet az iszapkezelés területén többek között a nyersiszap jobb sűrítése vagy jobb feltárása segítségével.

Elősűrités

A jobb sűrítés az iszaptérfogat csökkenéséhez vezet, így kevesebb iszapot kell felmelegíteni és rövidebb a tartózkodási idő a rothasztásban is.

Előnyös körülmények között a primer iszapot statikus elősűrités segítségével már az előtisztítás során 5%-os szárazanyag-tartalomra lehet sűríteni.

A gépi fölősiszap-sűritésnek azonban jelentősen nagyobb a potenciálja. A felmelegítendő iszaptérfogatot kb. egy ötödére tudjuk csökkenteni a fölősiszap gépi elősűritésével, tehát kb. 1,0-1,5%-ról 6-8% szárazanyagra.

Eljárás technológiai szempontok alapján figyelembe kell venni, hogy a nyersiszap kezelése (szivattyúk, átkeverés, fűtés) a növekvő szárazanyag-tartalom hatására nehezebbé válik, hiszen az iszap viszkozitása a szilárdanyag tartalommal együtt aránytalanul megnő. Ezért a gyakorlatban a nyersiszap szárazanyag-tartalma nem emelkedhetne 8% felé.

4.3.5 A rothasztás folyamata

A biogáz hozam optimalizálását a rothasztás területén különösképpen üzemi intézkedések segítségével a telep maga is el tudja érni. A gázhozam ebben az esetben számos tényező függvénye:

- dimenzionálás (rothasztó torony nagysága/rothasztás ideje)
- hőmérséklet (termofil/mezofil)
- rothasztó átkeverése
- eljárás (egylépcsős/kétlépcsős)
- utórothasztás/gáztalanítás.

Rothasztás időtartama:

Roediger et al. (1990) szerint a rothasztás folyamata már kb. 15 nap után messze-
menően lezártnak tekinthető, mivel a gáztermelés, a szerves savtartalom és a szer-
ves szárazmaradék lebomlása nem változik már szignifikánsan. Ennek értelmében
meg kellene vizsgálni, hogy a már meglévő rothasztó üzemben rendelkezésre állnak-
e jelentős tárolási kapacitások az idegen iszap és további szubsztrátok kezelésére.

Hőmérséklet

A biogáz-termelés általában nagyon hőmérsékletfüggő, mivel az anyagcsere aktivitá-
sa az anaerob, lassan növekvő mikroorganizmusoknál a növekvő hőmérséklettel
együtt nő. Mivel a szerves iszapban különböző mikroorganizmusok biocönózisa ho-
nosul meg különböző optimális hőmérsékletekkel, lényegében két rothasztást külön-
bözthetünk meg:

- mezofil rothasztás 34-40 °C-on
- termofil rothasztás 50-55 °C-on

A múltban a két hőmérsékleti optimum területei között egy csökkenést feltételeztek a
gáztermelés területén, amely a legújabb ismereteink szerint nem igazolódott be
(LANUV 2014). Ennek okán a rothasztás hőmérsékletének emelése 40 °C-ra lehetsé-
ges és ajánlott a gáztermelés növelésének érdekében. Egy ilyen hőmérsékletemelést
mindenekelőtt a nyári hónapokban kell megvizsgálni, hogy a kapcsolt energiaterme-
léses erőművek hőtöbbletét ne vezessék le a vészűtésen keresztül, hanem a
biogáztermelés növelésére használják fel.

Átkeverés

A teljes rothasztótérfogat kihasználásának egyik alapvető feltétele a szerves iszap jó
átkeverése hatékony keringtetés segítségével. Elégtelen keringtetés esetén a szilárdanyag-tartalom lerakódhat a rothasztó torony alsó részén (leülepedés). A
arothasztó torony lerakódásai a rothasztó térfogatának rothasztótérfogat 40%-át is
elérhetik (LANUV 2014).

4.3.6 Az eljárás átalakítása anaerob iszapstabilizációra

A legnagyobb energetikai potenciál kétség nélkül az aerob iszapstabilizációról iszaprothasztásra (anaerob stabilizáció) történő átállással érhető el az szennyvíztisztító telepen.

Az anaerob iszapstabilizáció előnyei a következők:

- csekély úrtartalomigény az eleveniszapos medencékben és így energia megtakarítás lehetősége az energiaigényes levegőztető- és keverőteljesítményben
- a szennyvíziszap mértékének csökkentése a szerves tápanyag megnövelt lebontása által
- a szerves iszap jobb vízteleníthetősége és így az elszállítás költségeinek csökkentése
- metántartalmú biogázok (biogáz) előállítása energetikai hasznosítás céljából.

A szennyvíztisztító telep átállása anaerob iszapstabilizációra azonban szükségessé tesz jelentős átépítési és új építési intézkedéseket. Az új eljárási szint a tisztítótelep működésének komplexitását is jelentősen megnöveli.

Az eleveniszapos medence redukált térfogatát az ezzel egyidejűen, a rothasztástól megemelkedett nitrogén visszaterhelés miatt mindenképp az eleveniszapos berendezés működésében érzékenyebben kell ellenőrizni és irányítani. Ebben az összefüggésben különösen nagy figyelmet kell szentelni a tisztítótelepen a nitrogén elfolyó értékeire, amelyek romolhatnak az aerob iszapstabilizációs robusztusabb szennyvíztisztító telep értékeivel szemben.

A megnövekedett üzemi ráfordítások nem utolsó sorban pedig nagyobb elvárásokat támasztanak a telep személyzetének képzettségével szemben.

A szennyvíztisztító telep átállása anaerob iszapstabilizációra szükségessé teszi a következő extra tisztítási fokozatokat:

- előülepítés
- rothasztó
- gáztároló
- gázmotor az energetikai biogáz-hasznosításhoz
- csurgalékvíz kezelő.

A tényállás akkor lesz különösen problémás, ha az eleveniszapos rendszer egy tisztítósoron történik és az eleveniszapos medence térfogatának csökkentése építési szempontból nehezen megvalósítható.

4.3.7 Rothasztás az iszapkompozitban

Aerob rendszer anaerob stabilizációra történő átállása csak az iszapkompozitban történő rothasztással valósítható meg új építési intézkedésekre fordított költségek nélkül.

A megfelelő variáció vizsgálatokor külön meg kell figyelni egyrészt az *iszap-átadó telepek*, másrészt az *iszap-átvevő telepek* hatásait. Mindkét tisztítótelep esetében tisztázni kell, hogyan változik a terhelés helyzete, továbbá meg kell vizsgálni a DWA-A 131 értelmében a biológiai tisztító fokozatfokozat utólagos értékeléseit (MLUV MV 2009).

Iszap-átadó tisztítótelep

Az iszap-átadó tisztítótelepen az iszapot nem stabilizálják teljes mértékben aerob eljárással, mivel csökkentik az iszapkort. A csupán részben stabilizált nyersiszapot kb. 4% szárazmaradék-tartalomra sűrítik, és nedves iszapként átszállítják a szomszédos rothasztó üzembe.

Az iszapkor csökkentésével megváltozik az eleveniszapos berendezés terhelése és így a levegőztetés működése is. Alapvetően csökken az oxigénigény és ezzel együtt az eleveniszapos berendezés energiafogyasztása, valamint újra megnő az eleveniszapos berendezés kapacitása. Ezáltal ez az átállás ésszerű bővítési intézkedésnek tűnik a tisztítótelep túlterheltsége esetén, valamint további háztartások bekapcsolásának szükségessége esetén.

A nyersiszap rothasztása során csökken a tisztított iszapmennyiség, így jelentősen csökkenek az ártalmatlanítási költségek is.

Egyes esetekben az iszap-átadó tisztítótelepnél a következő pontokat kell megvizsgálni (MLUV MV 2009):

- a már meglévő medencék hasznosításának lehetőségei
- az eleveniszapos medence struktúrája csökkentett iszapkornál

-
- a redukált oxigénigény fedezése a már rendelkezésre álló levegőztetőkkel (fúvóteljesítmény, fúvóüzem, levegőztető elemek, a medenceterek felosztása zonációja)
 - a megnövekedett iszapmennyiség hatásai
 - vagy iszapsűrítés szükségessége

Iszap-átvevő tisztítótelep

Idegen iszap átvételéhez vagy létre kell hozni egy átvevőállomást, vagy lehetővé kell tenni a hozzáadást a tisztítótelep saját elősűrítőjében.

Idegen iszap kezelésekor megnő a biogáz-mennyisége az iszap-átvevő telepen és ezzel együtt a saját áramtermelés is. Ha a már létező gázmotor nem képes feldolgozni a megnövekedett biogáz mennyiséget, akkor ezt bővíteni kell.

Az eleveniszapos berendezésben az iszapkezelésből származó megemelkedett nitrogén visszaterhelés gondoskodik a megemelkedett oxigénigényről. Ahhoz, hogy a nitrogén eltávolítás ezáltal ne legyen hátrányos helyzetben, az iszapkort ehhez kell igazítani az eleveniszapos berendezésben. Amennyiben deficitek merülnek fel az utólagos mérések során a nitrogén eltávolítás területén, akkor meg kell vizsgálni a csurgalékvíz bevezetés lehetőségét is.

Az iszapvíztelenítés területén is tisztázni kell a járulékos szennyvíziszap kezelésének megfelelő kapacitásait.

Az iszap-átvevő telepeknél külön-külön a következő pontokat kell megvizsgálni (MLUV MV 2009):

- rothasztás kapacitása (rothasztás ideje, tér terhelése)
- gázellenőrzés és -tárolás
- gázmotor kapacitása
- hőhasznosítás
- iszap víztelenítésének kapacitása
- eleveniszapos berendezés csurgalékvíz terhelése (nitrogéneltávolítás)

Iszapszállítás

Az anaerob stabilizációnál az iszapkeverékben a nyersiszap kezelésének direkt költségei mellett (felvétel, rothasztás energiaszükséglete, iszapvíztelenítés energiaszükséglete) a szállítás költségei is döntő szerepet játszanak.

Mivel a szállítás költségei több tényező összességéből (szállítás távolsága, szállítás volumene, üzemanyagárak, szállítási költségek) állnak össze, és ezt csak kellő időben lehet kalkulálni, így a kritikus szállítási távolság megállapítása csak egyes esetben lehetséges. A helyi körülmények és az emelkedő üzemanyag árak függvényében a nyomócsöveken keresztül történő iszapszállítás lehetőségét is figyelembe kellene venni, és ezt gazdaságossági szempontból megvizsgálni.

A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az iszapkompozit akkor nyújt gazdasági előnyöket, ha

- a kompozit területileg koncentrált
- a megtakarított ártalmatlanítási költségek a megnövekedett tömegcsökkenés segítségével további költségek fedezésére szolgálhatnak
- a szállítás költségei lehetőleg egy szennyvíziszap-nyomócső installációjával (semmi szállítás tehergépjárművekkel) minimálisra csökkenthetők
- a felvevő tisztítótelep megfelelő mennyiségű kezelőkapacitással rendelkezik az eleveniszapos szinten (nitrogén és foszfor visszaterhelés)
- a fogadó tisztítótelep már üzemeltet meglévő kiegészítő kezelést az iszap további előkészítésére (pl. szárítás, égetés).

Iszap eltávolítása

- Az iszapkompozit iszapkezelését meg kell vizsgálni az ártalmatlanítás biztonságának szempontjából is.

4.3.8 Biogáz kihasználásának optimalizálása

Biogázt vagy tisztán termikusan (kazán), vagy kombináltan elektromos/termikus (gázmotor, mikro gázturbina, tüzelőanyag-cella, Stirling motor) formában lehet hasznosítani.

Napjainkban a hasznosítás csaknem kizárólagosan kapcsolt energiatermeléses erőművekben történik (CHP-létesítmény). A kapcsolt energiatermeléses üzemek előnye,

hogy a tüzelőanyag-energia (itt biogáz) egy időben elektromos energiává és hasznos hővé is alakítható.

Ehhez különböző aggregátok állnak rendelkezésre:

- gázmotor
- mikrogázturbina
- tüzelőanyag-cella
- ORC-technológiájú telepek

A már meglévő gázmotorok modernizációja is jelentős potenciálokat jelenthet.

4.3.9 További megújuló energiák

Továbbá számos különböző berendezés áll rendelkezésre a megújuló energiaforrások hasznosításához:

- fotovoltaikus berendezések (PV)
- hulladékhő hasznosítása
- vízerő
- szélérő
- napenergia
- geotermikus energia.

Mindig külön kell megvizsgálni, hogy az ilyen jellegű áramforrás használható-e gazdaságossági szempontok értelmében is. Az utóbbi években bekövetkezett költségcsökkenés a fotovoltaikus berendezések területén egyre gazdaságosabbá teszi ezek használatát a szennyvíztisztító telepeken, mivel a megtermelt áramot csaknem teljes egészében fel lehet használni a telepen (saját áram), és ezáltal közvetlenül csökkenthetők a vásárolt áramra költött kiadások.

4.4 Javaslatok konzorciális projektekhez az új építésű telepeknél

Ajánlatos az új építésű telepek esetében a műszaki értékelés során az energia szükségletet is figyelembe venni. Ilyenkor a kiírásban a következő pontokat lehetne lekérdézni:

- Az összes villanymotor csatlakozási teljesítménye [kW] a szennyvíz áramában
- Az összes villanymotor csatlakozási teljesítménye [kW] a iszapkezelésben
- A tisztítótelep összcsatlakozási teljesítménye [kW]-ban
- A telep várt villamosenergia-szükséglete teljes terheltség mellett a mérés esetében kWh/év-ben)
- A telep várt villamosenergia-szükséglete teljes terheltség mellett a mérés esetében kWh/(LE·év)-ben az [E] értéken, mint a kapacitás KOI_{120} értéke
- A levegőztetés várt villamosenergia-szükséglete teljes terheltség mellett a mérés esetében kWh/(LE·év)-ben az [E] értéken, mint a kapacitás KOI_{120} értéke
- A saját villamosenergia-termelés várt aránya a mérés esetében kW/a és kWh/(LE, év)-ben
- A víztükör különbségének adata $Q_{T,aM}$ esetében a rácsberendezés és a elfolyás szintje között [cm]-ben, amennyiben nincsen közékapcsolva semmilyen szivattyú.

Így legalább lehetséges az ajánlattevők összehasonlítása. A garanciaértékek levezetése a későbbi üzemi felülvizsgálatoknál és a kártérítési igények végrehajtása esetén azonban meglehetősen nehéznek tűnik.

Továbbá egyértelműen meg kell nevezni az energiamérleg határát tekintettel átemelőkre a például a végátemelő szivattyúkra (adott esetben a tulajdonképpeni telepterületen kívül).

Alternatív lehetőségként elő lehet írni a maximált értékeket a telep energiaszükségletének szempontjából (például kWh/(LE, év) értékben) az egész telepre vonatkozóan, vagy csak a levegőztetésre vonatkozóan. Itt figyelembe kell venni a tényleges peremfeltételek problematikáját (mint például a telep kapacitása, tényleges technikai megvalósítás a tervezéshez képest) a kártérítési igények fogatosításával kapcsolatban abban az esetben, ha teljesítésre nem kerül sor.

Egy szintén kizárólagos fókusz a befektetési költségekre a szennyvíztisztító telep létrehozásának fővállalkozói kiadásakor az erőforrás és így a fenntarthatóság védelme értelmében nem tűnik célravezetőnek.

4.5 Átültethetőség

A három kiválasztott szennyvíztisztító telep vizsgálatai azt mutatják, hogy

- A szennyvíz összetételének tekintetében a tápanyag-arányok KOI/N és KOI/P a DWA-A 131 szokásos tartományában
- az alkalmazott eljárási technológiák az elvárásainknak megfelelően ténylegesen nem különböznek a németországi telepek eljárásaitól. A Dél-Európa országában (gyakran a tengerparton) az elfolyó víznél gyakran alkalmazott UV-készülékes fertőtlenítés Magyarországon alig van jelen.
- A magyarországi szennyvíztisztító telepek, hasonlóan a dél-európaiakhoz, „magasra” épültek, hogy így a földmunka és a víztelenítés költségeit megtakarítsák. Ez azt feltételezi a bevezetési ponton, hogy a beérkező szennyvizet egy magasabb szintre emelik, és így általában le lehet mondani átemelő szivattyúkról és köztes átemelőszivattyúállomások használatáról.
- A befolyásnál található szivattyúkat - mint Németország vidéki részein - távolabb is el lehet helyezni a tulajdonképpeni tisztítótelepi területtől, az energetikai ráfordításokat azonban ennek ellenére is figyelembe kellene venni.

Ezekből az állításokból kiindulva, mind a Németországban érvényes mutatók, mind az energetikai felülvizsgálathoz és becsléshez használt eljárások átültethetők a magyarországi szennyvíztisztító telepek gyakorlatára.

5 Irodalomjegyzék

Baumann, Peter; Maurer, Peter; Roth, Manfred (2014): Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen. Systematisches Vorgehen zur Steigerung der Energieeffizienz durch Nutzung des Einsparpotenzials. 3. Aufl. Stuttgart: DWA-Landesverband Baden-Württemberg (Leitfaden für das Betriebspersonal, 4).

Bolle, F.-W.; Pinnekamp, J. (2011): Energiamegtakarítás a membrános eleveniszapos be-
rendezésnél - 1. fázis rövid jelentés. Aktenzeichen IV-7-042 600 003 I. Hg. v. MKULNV
NRW.

DWA (2015): Arbeitsblatt DWA-A 216. Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur
Energieoptimierung von Abwasseranlagen. Hennef.

Haberkern, B.; Maier, W.; Schneider, U. (2008): Steigerung der Energieeffizienz auf
kommunalen Kläranlagen. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Forschungsbericht 205 26
307, UBA-FB 001075).

Kolisch, G.; Osthoff, T.; Hobus, I.; Hansen, J. (2010): Steigerung der Energieeffizienz auf
kommunalen Kläranlagen. Eine Energiebetrachtung zu durchgeführten Energieanalysen. In:
Korrespondenz Abwasser, Abfall 57 (10), S. 1028–1032.

LANUV (Hg.) (2014): Verbesserung der Klärgasnutzung, Steigerung der Energieausbeute
auf kommunalen Kläranlagen (TP2). Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Energie
und Klimaschutz“. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter
http://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/2014_Abschlussbericht_TP2.pdf,
zuletzt geprüft am 20.10.2015.

Ligetvári, Ferenc; Zsabokorszky, Ferenc; Kovács, Károly; Zsirai, István (2015): Wastewater
Treatment and Sludge Utilisation in Hungary. In: *JESE-B* 4 (3). DOI: 10.17265/2162-
5263/2015.03.005.

MLUV MV (Hg.) (2009): Energieeinsatz auf Kläranlagen in Mecklenburg-Vorpommern.
Leitfaden zur Optimierung.

Steinmetz, H.; Reinhardt, T.; Gasse, J.; Meyer, C.; Maier, W.; Poppe, B. et al. (2015a):
Energiepotenzialstudie für die kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg. Hg. v.
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. Stuttgart.

Steinmetz, H.; Reinhardt, T.; Gasse, J.; Meyer, C.; Maier, W.; Poppe, B. et al. (2015b):
Leitfaden Energieeffizienz auf Kläranlagen. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.

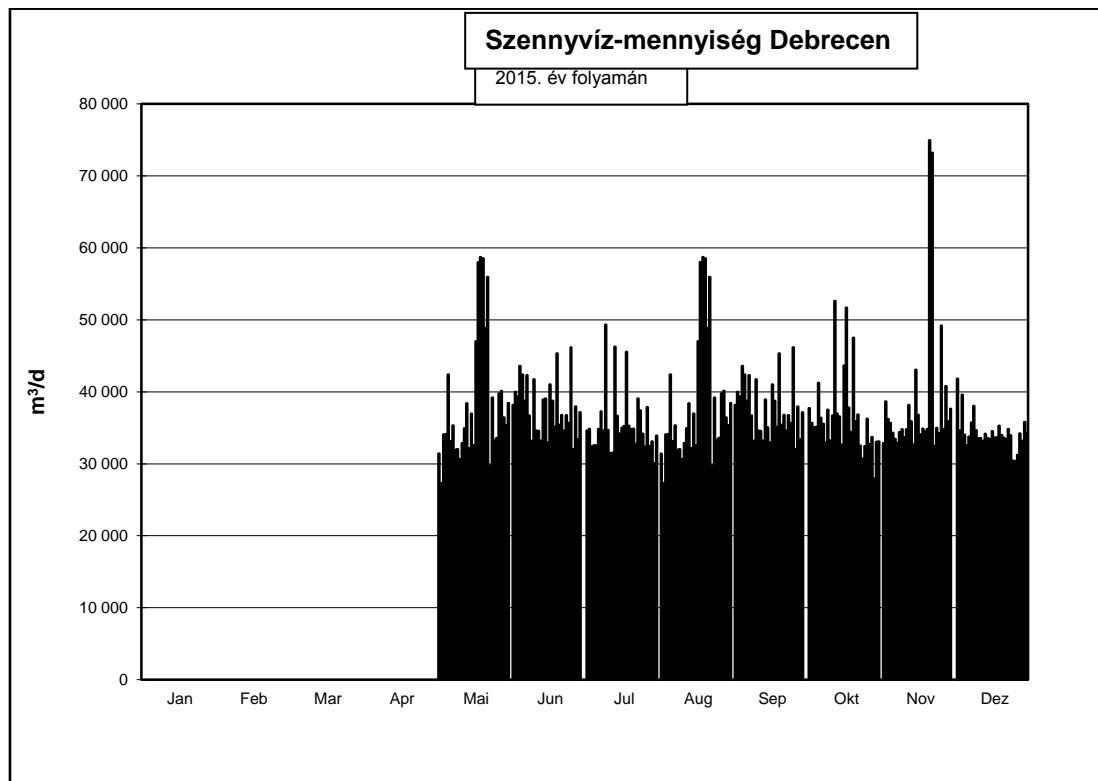
Tamás, J., Fehér, J. (2009). Solution for urban and regional water resources management
conflicts – a Hungarian case, Singapore International Water Week 2009, Water Convention
2009. Planning for Sustainable Water Solutions, 1-12.

Umweltbundesamt (2009): Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen.

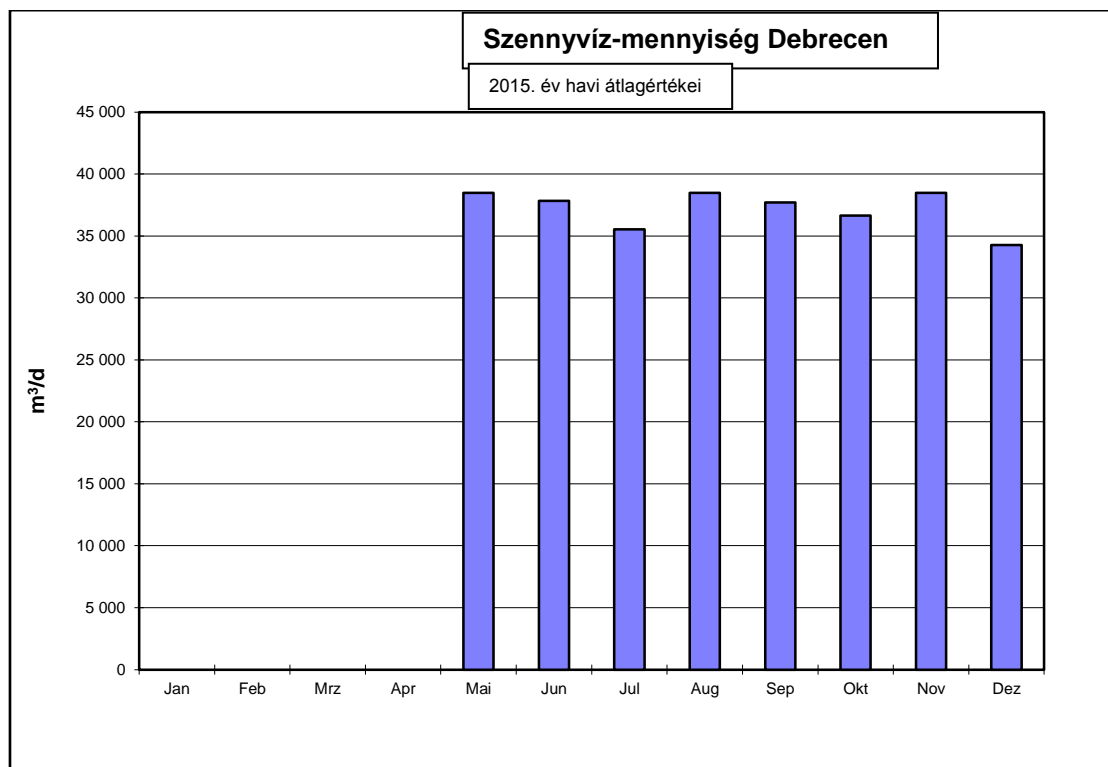
VSA (2010): Handbuch Energie in ARA. Neuauflage des Handbuchs Energie in ARA von 1994.

Melléklet

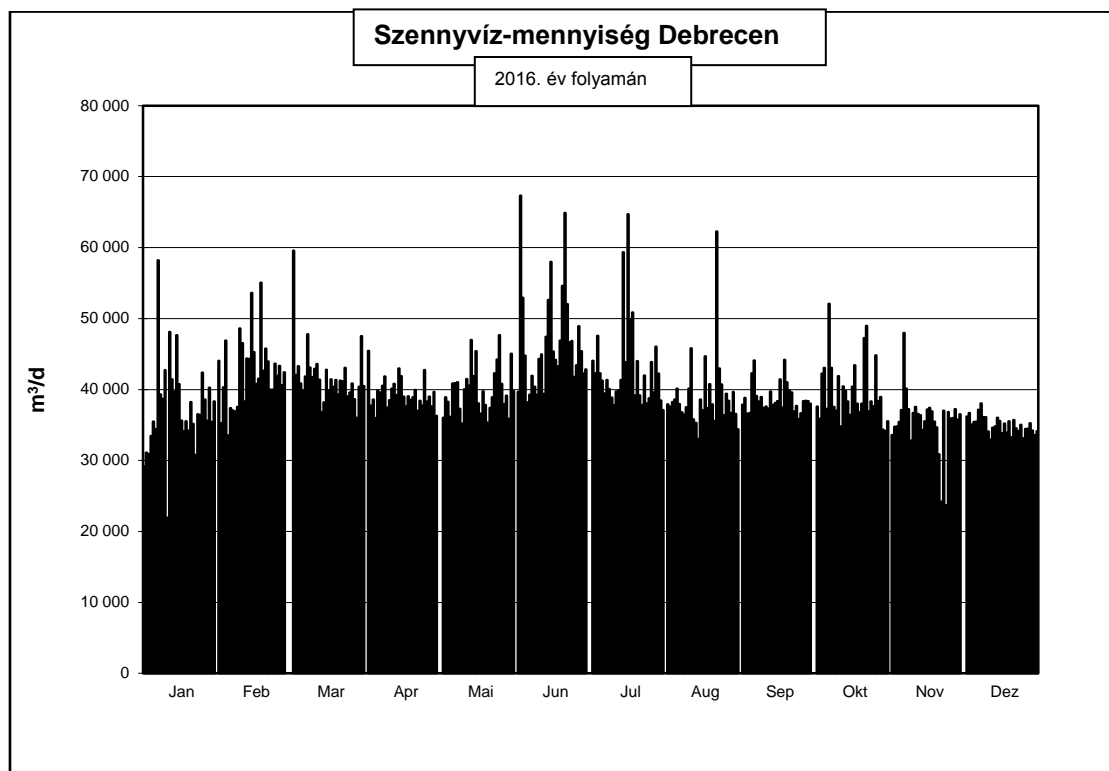
A Diagramok - Debrecen szennyvíztisztító telep



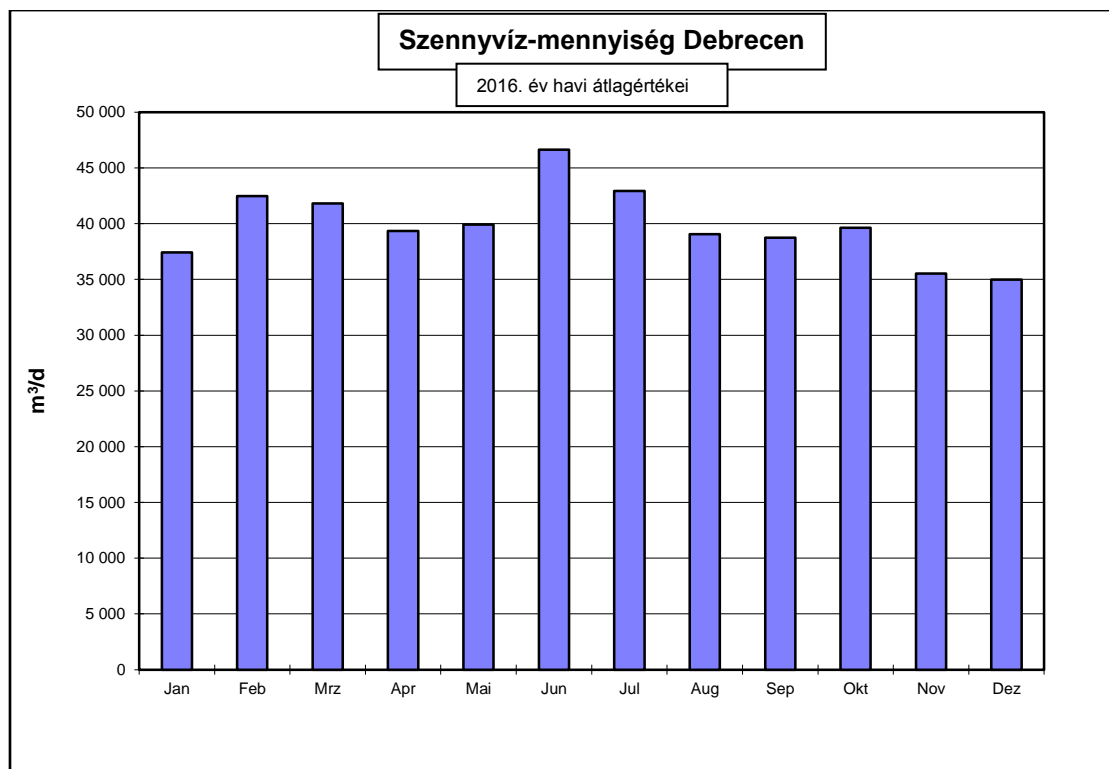
Ábra A.1: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2015)



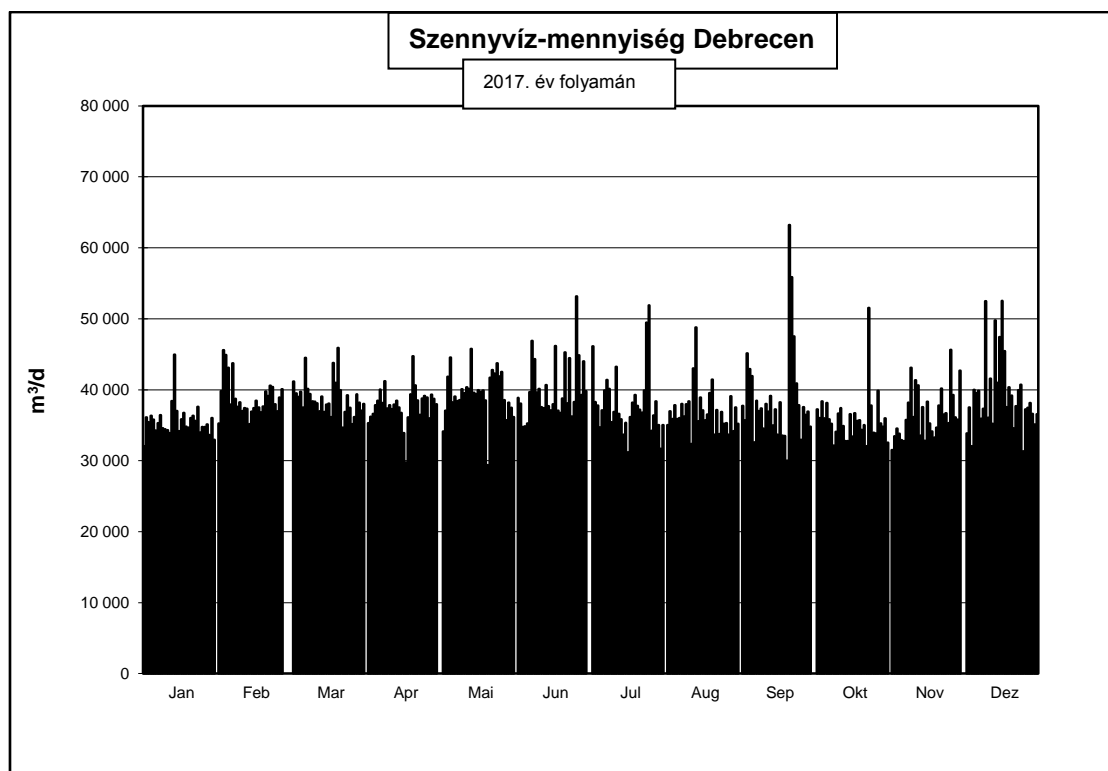
Ábra A.2: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2015)



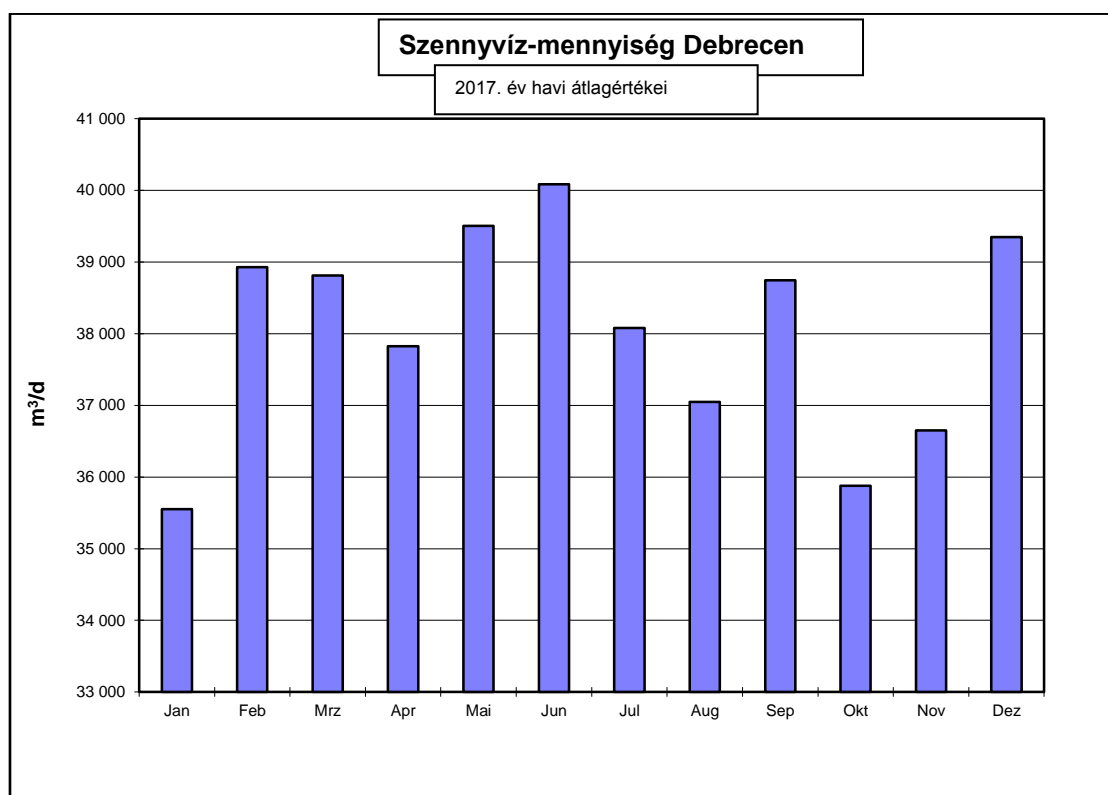
Ábra A.3: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2016)



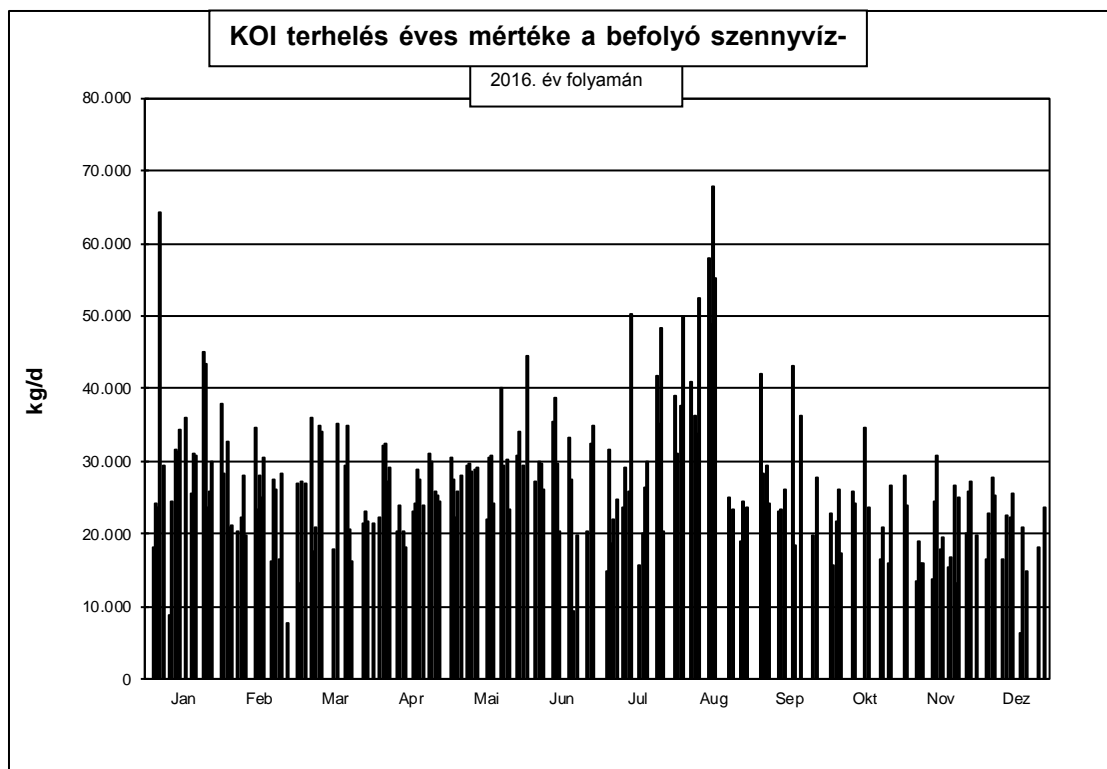
Ábra A.4: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2016)



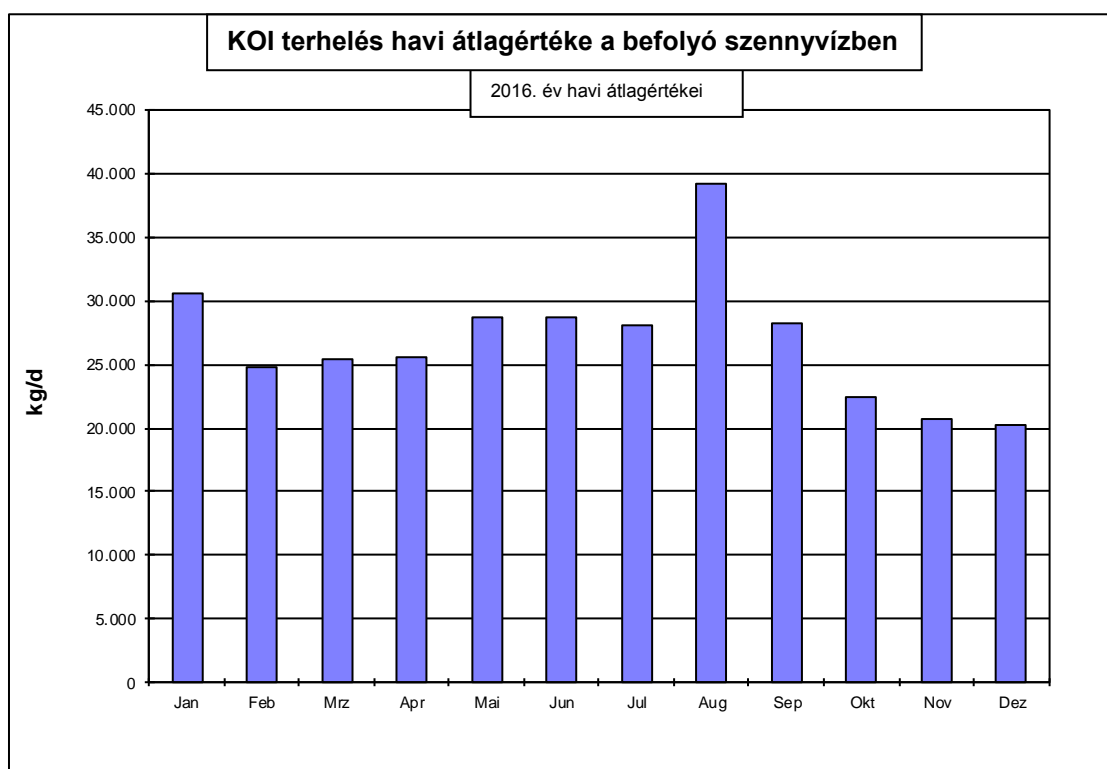
Ábra A.5: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2017)



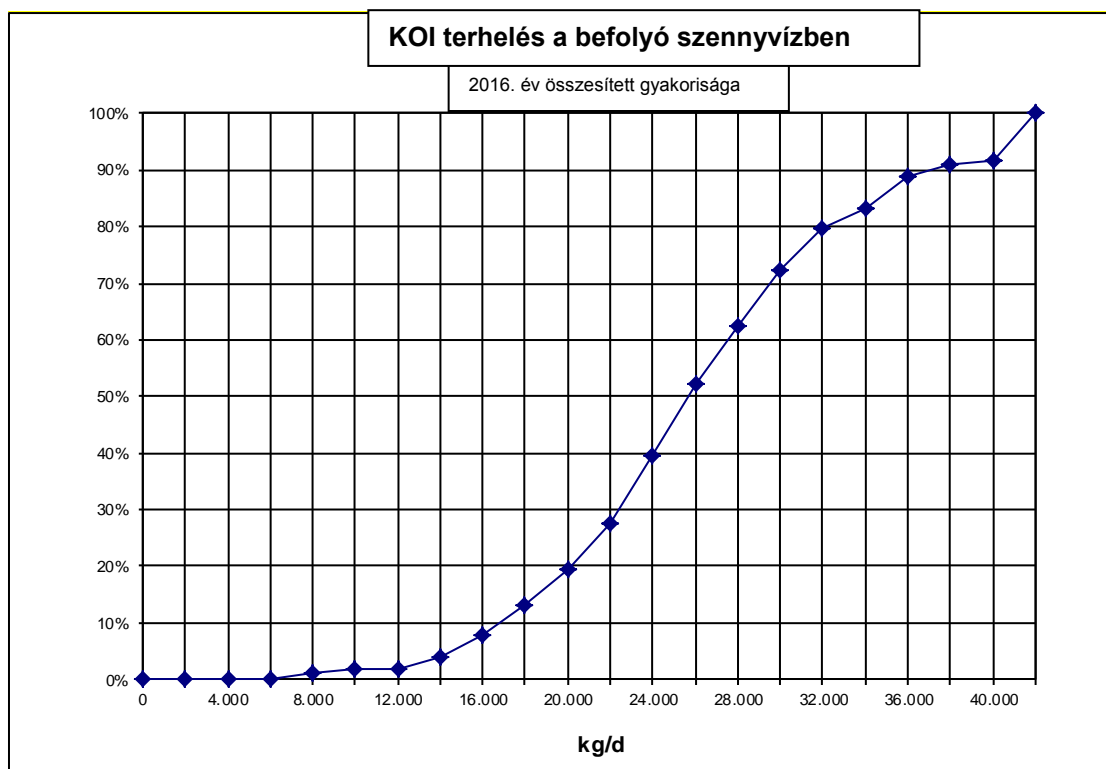
Ábra A.6: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2017)



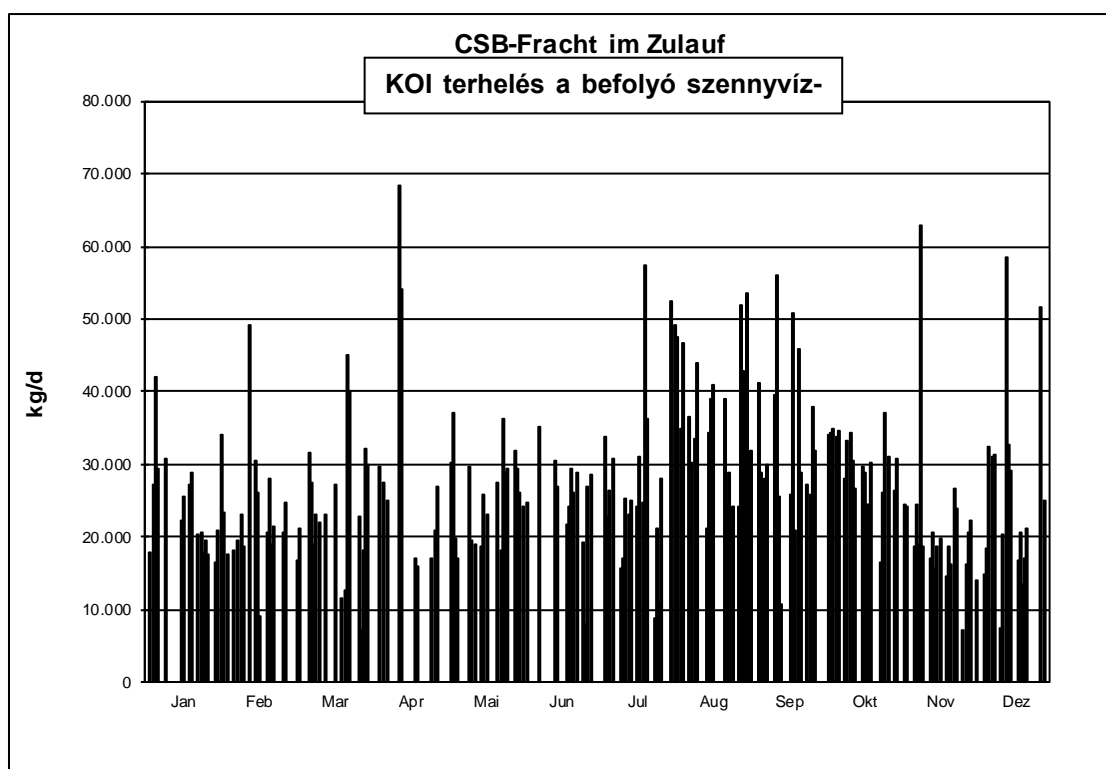
Ábra A.7: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



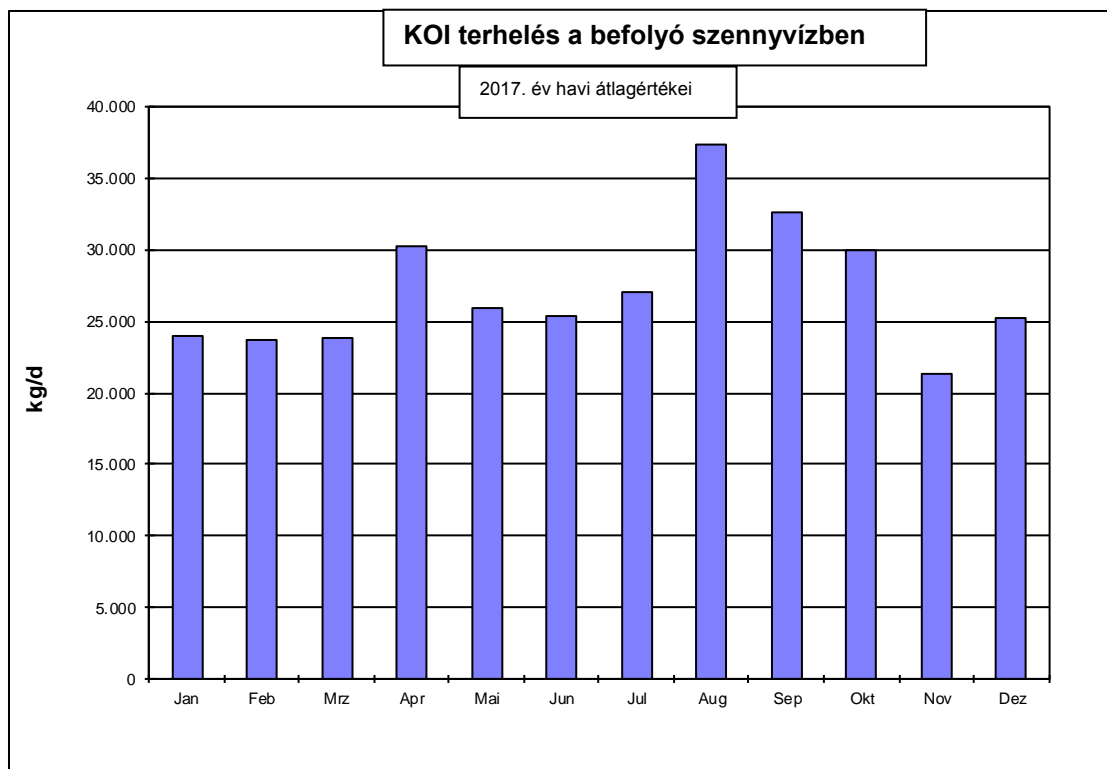
Ábra A.8: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



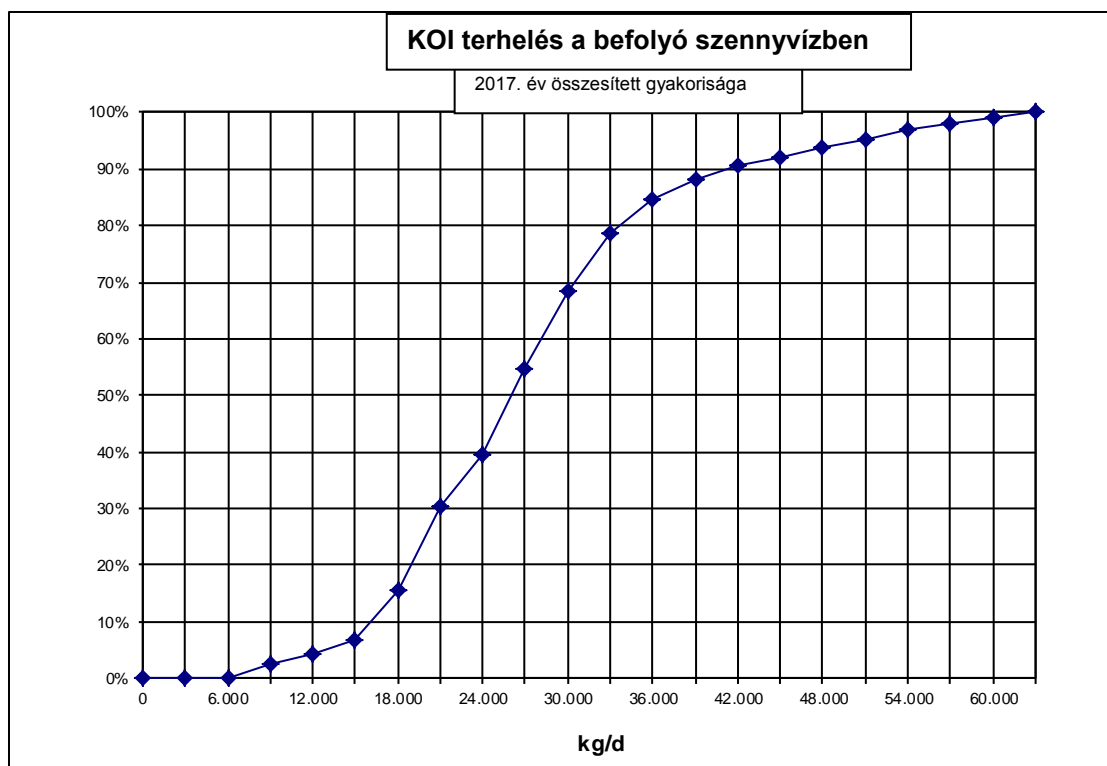
Ábra A.9: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



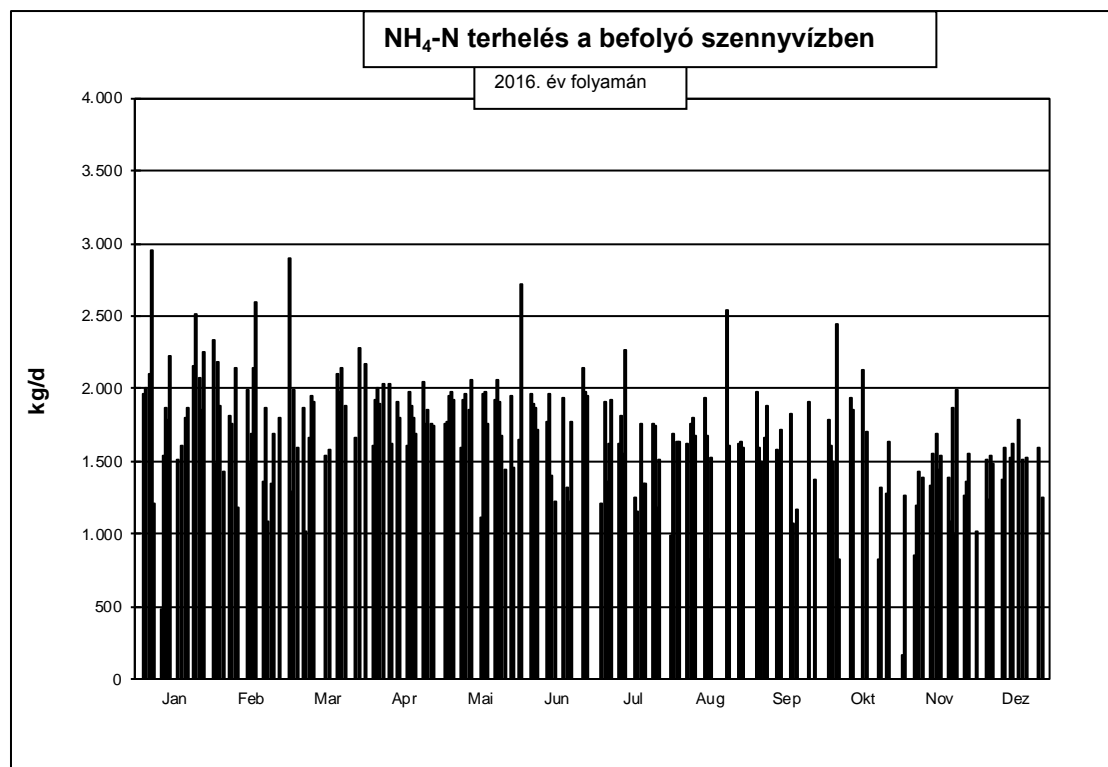
Ábra A.10: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



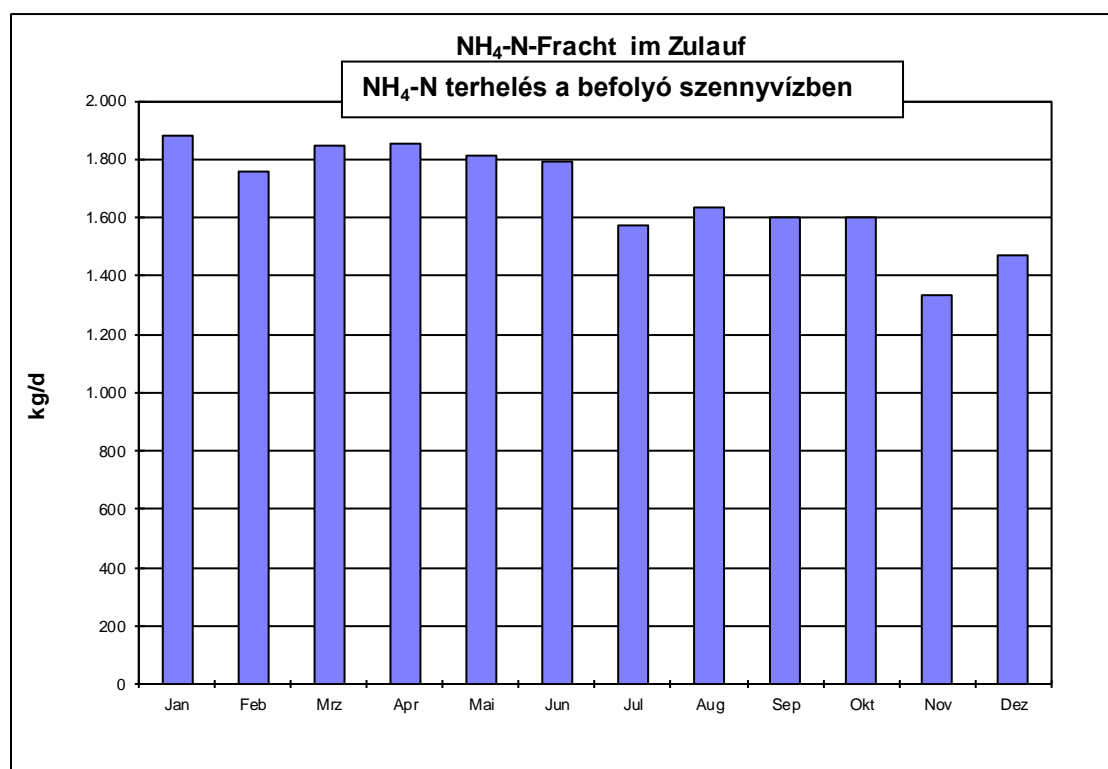
Ábra A.11: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



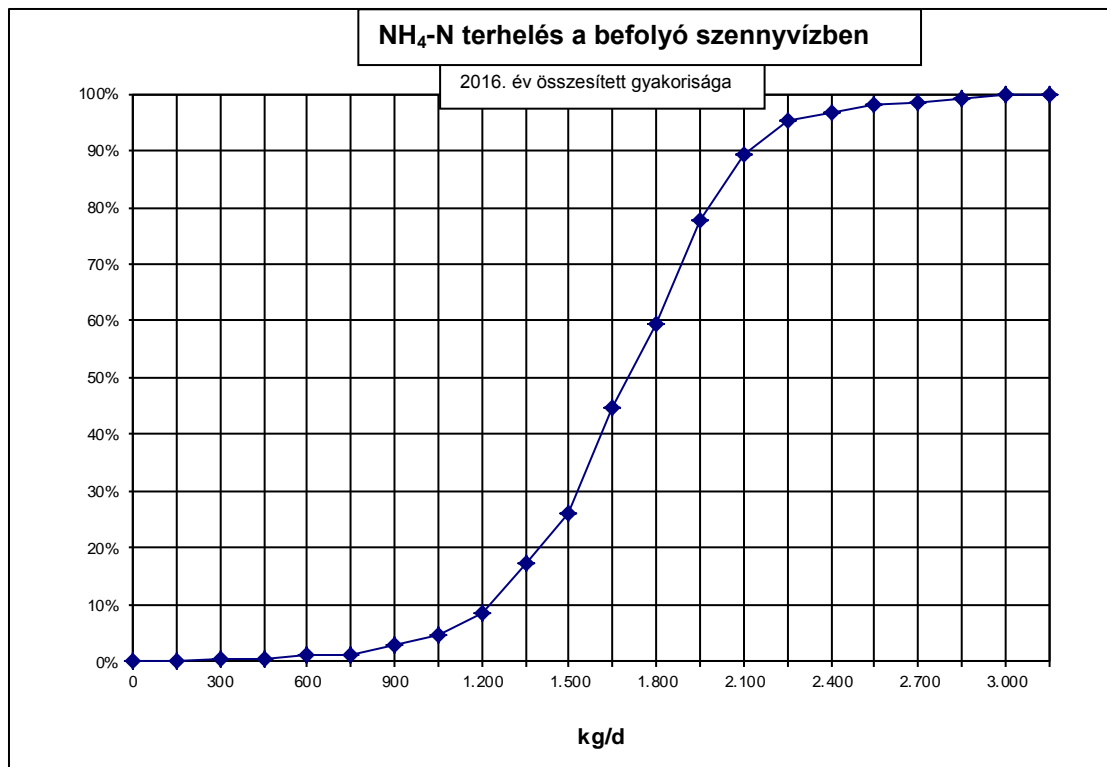
Ábra A.12: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



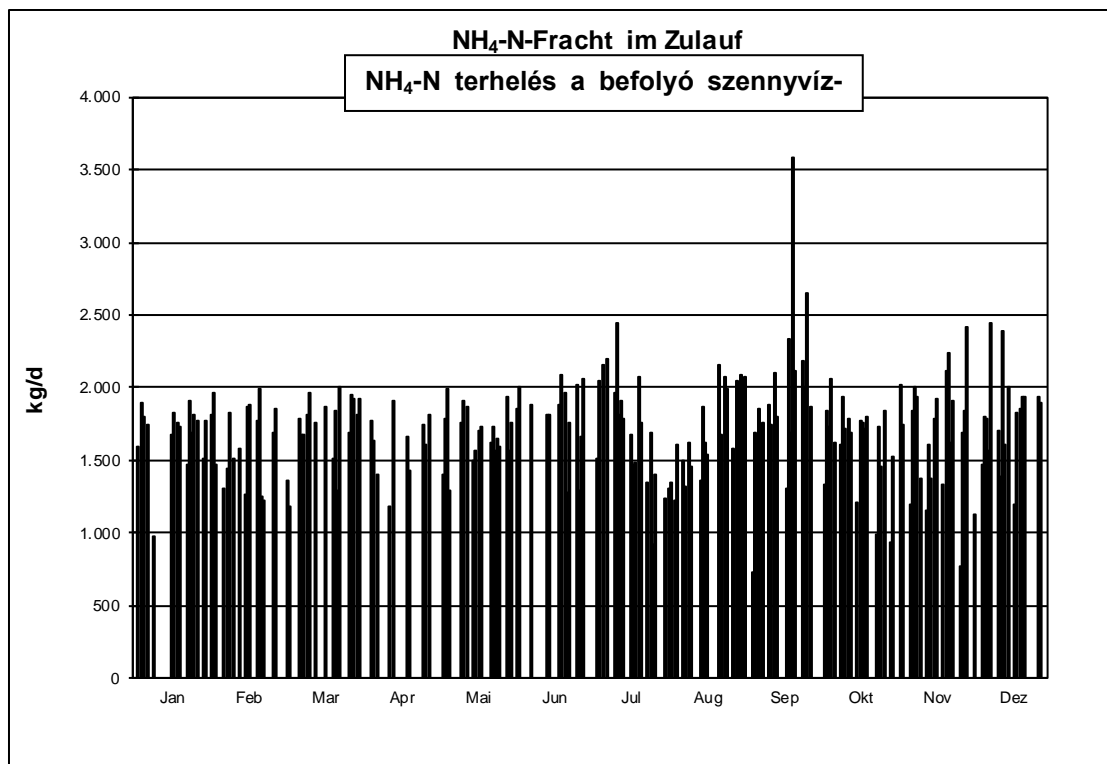
Ábra A.13: NH₄-N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



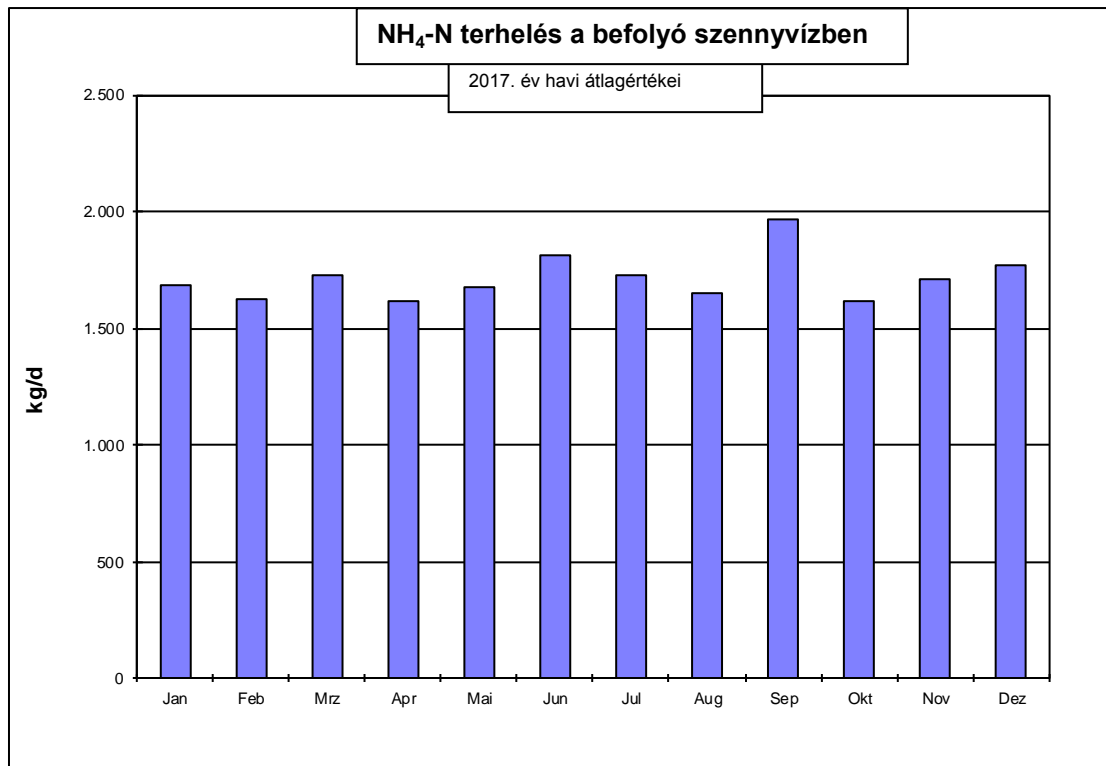
Ábra A.14: NH₄-N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



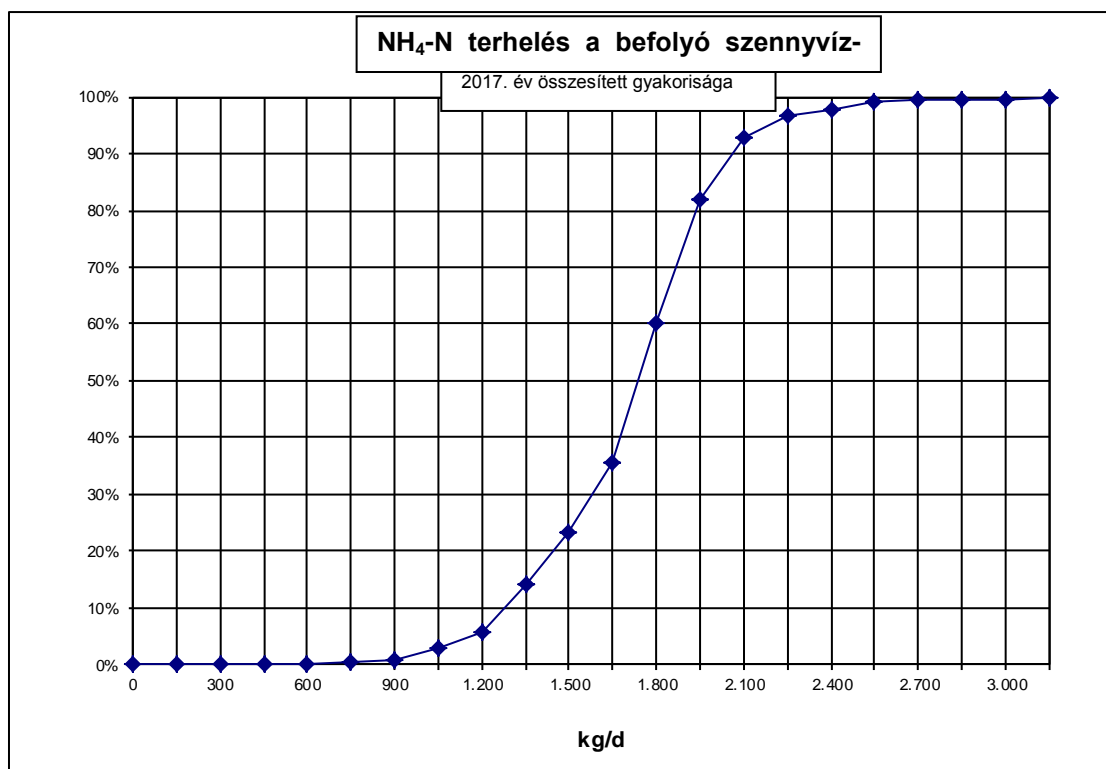
Ábra A.15: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



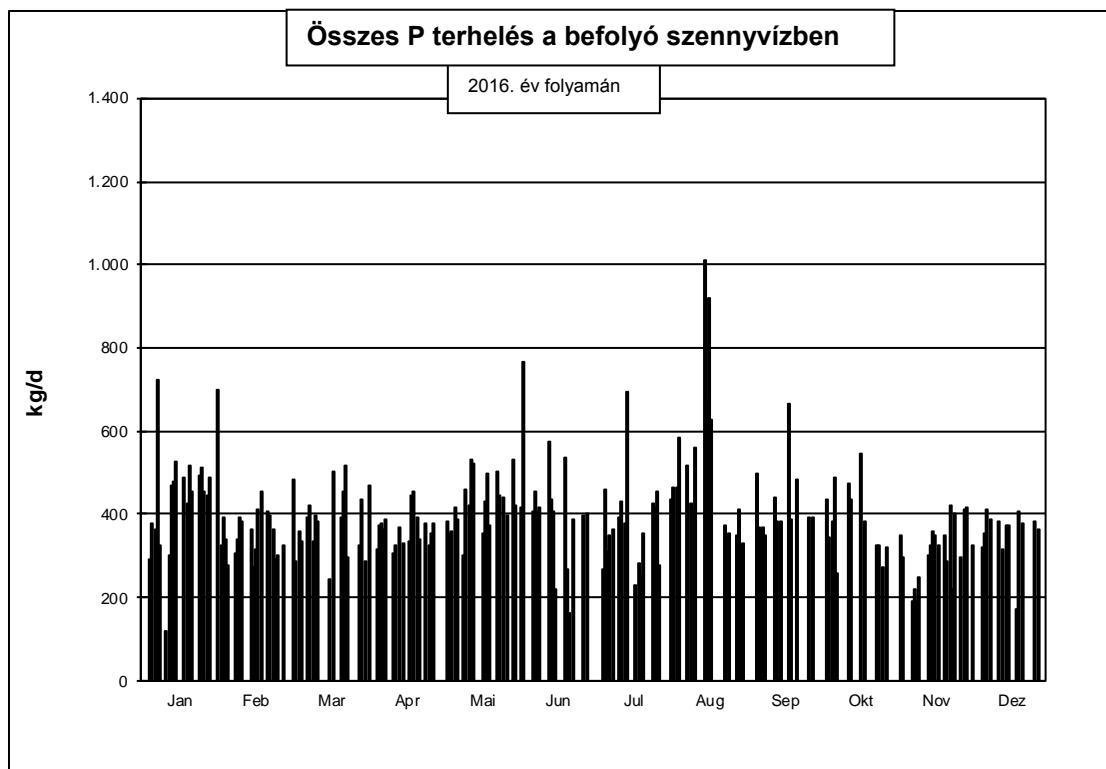
Ábra A.16: NH₄-N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



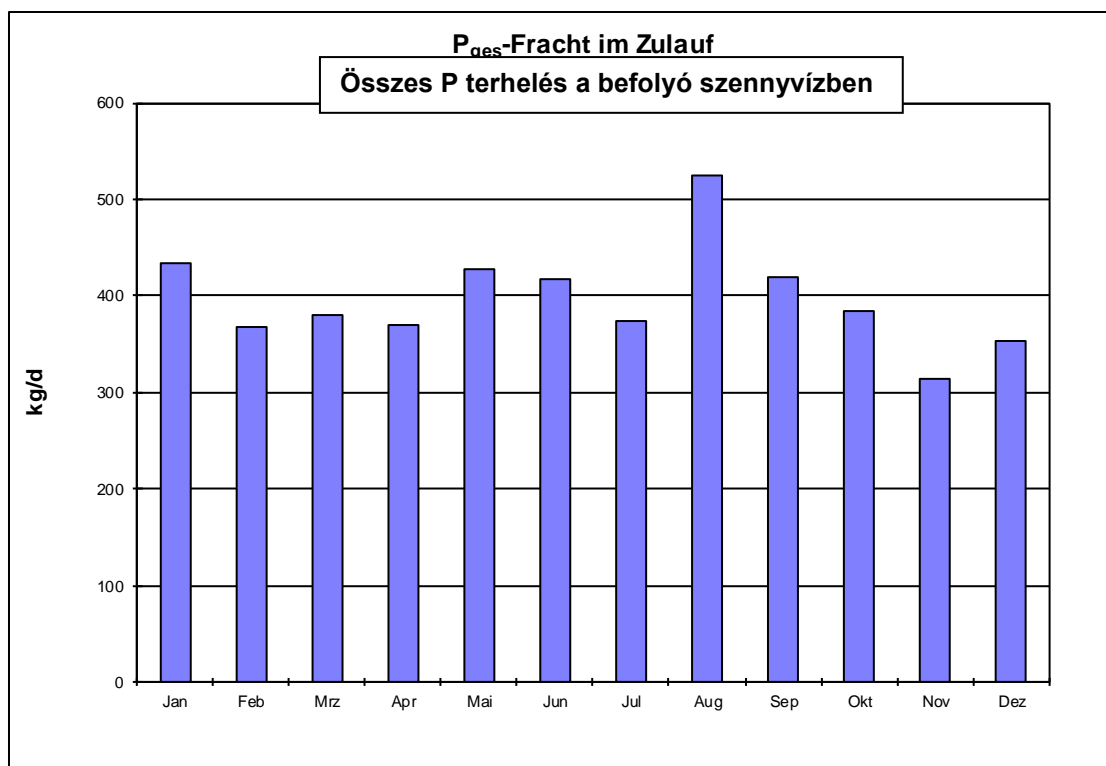
Ábra A.17: NH₄-N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



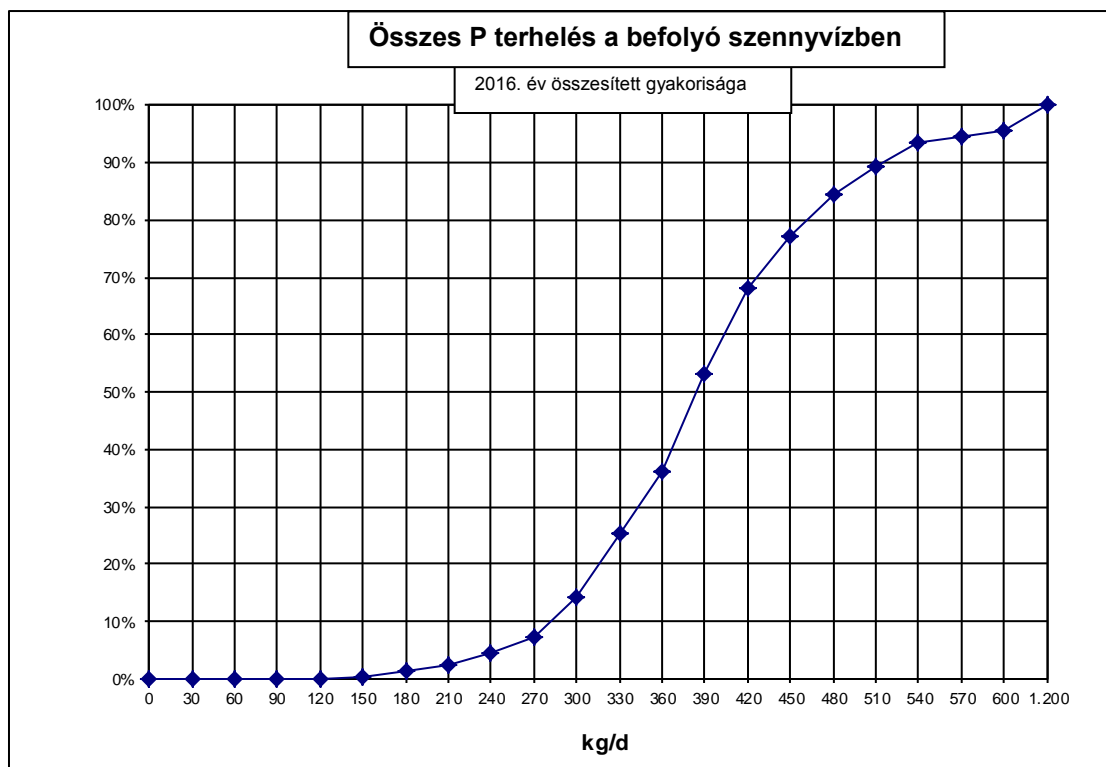
Ábra A.18: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



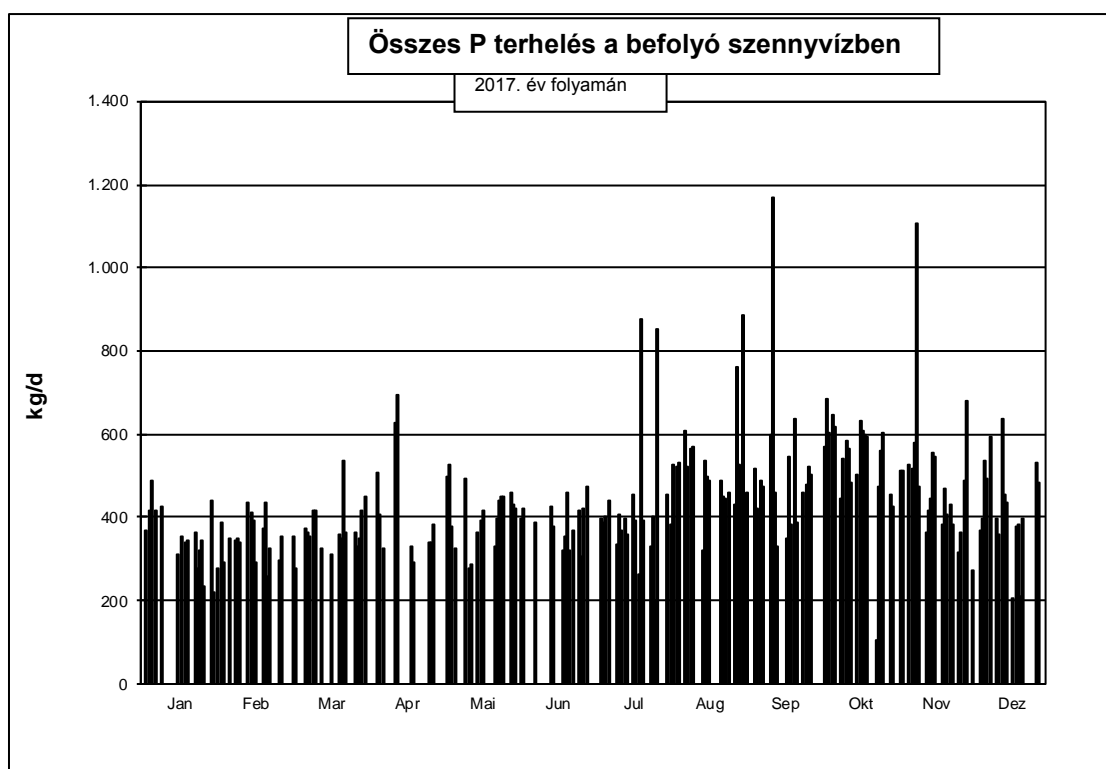
Ábra A.19: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



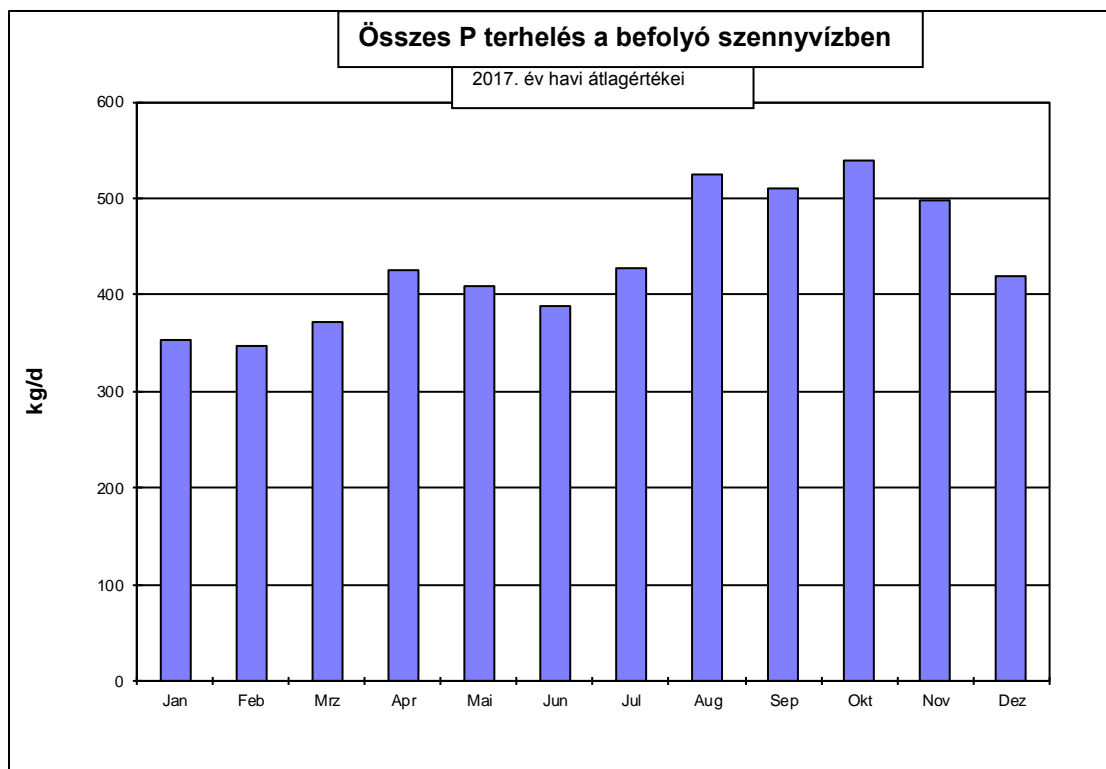
Ábra A.20: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



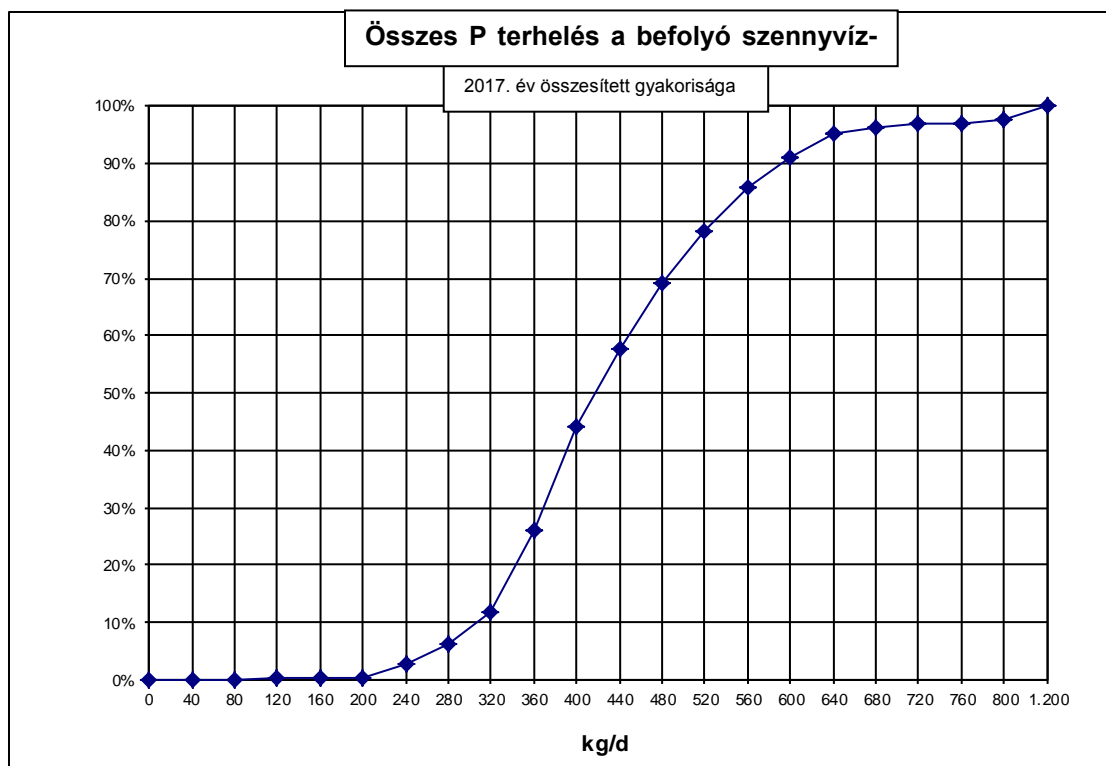
Ábra A.21: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



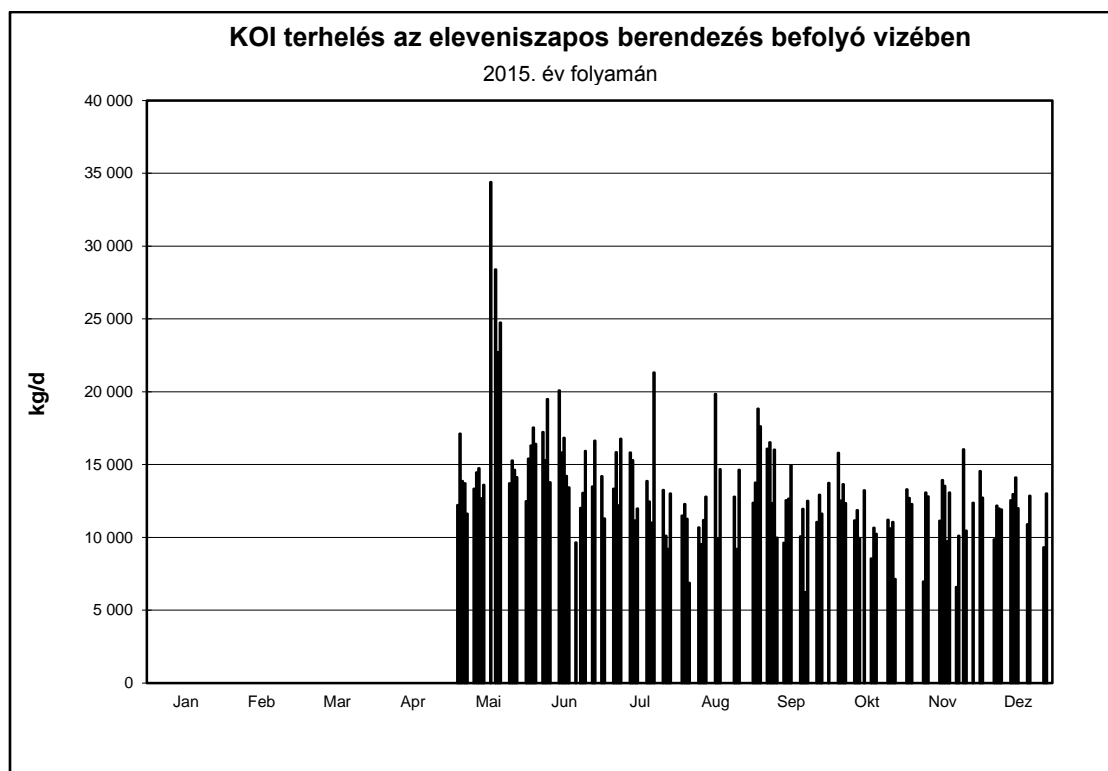
Ábra A.22: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



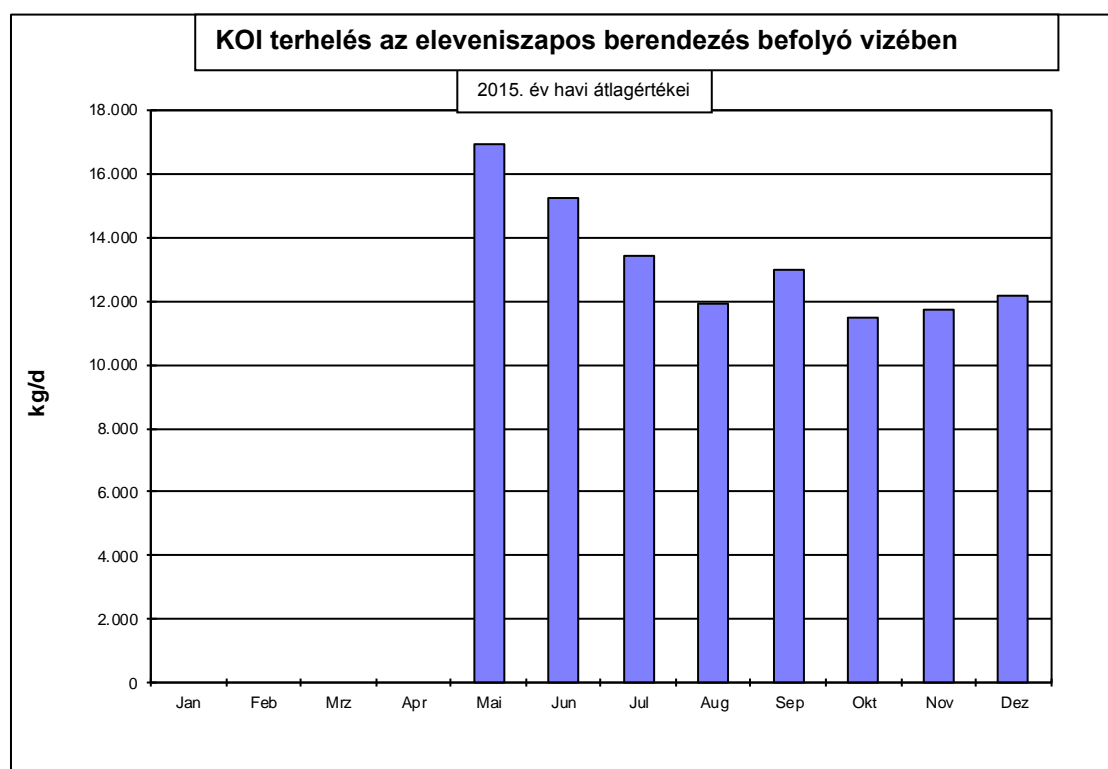
Ábra A.23: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



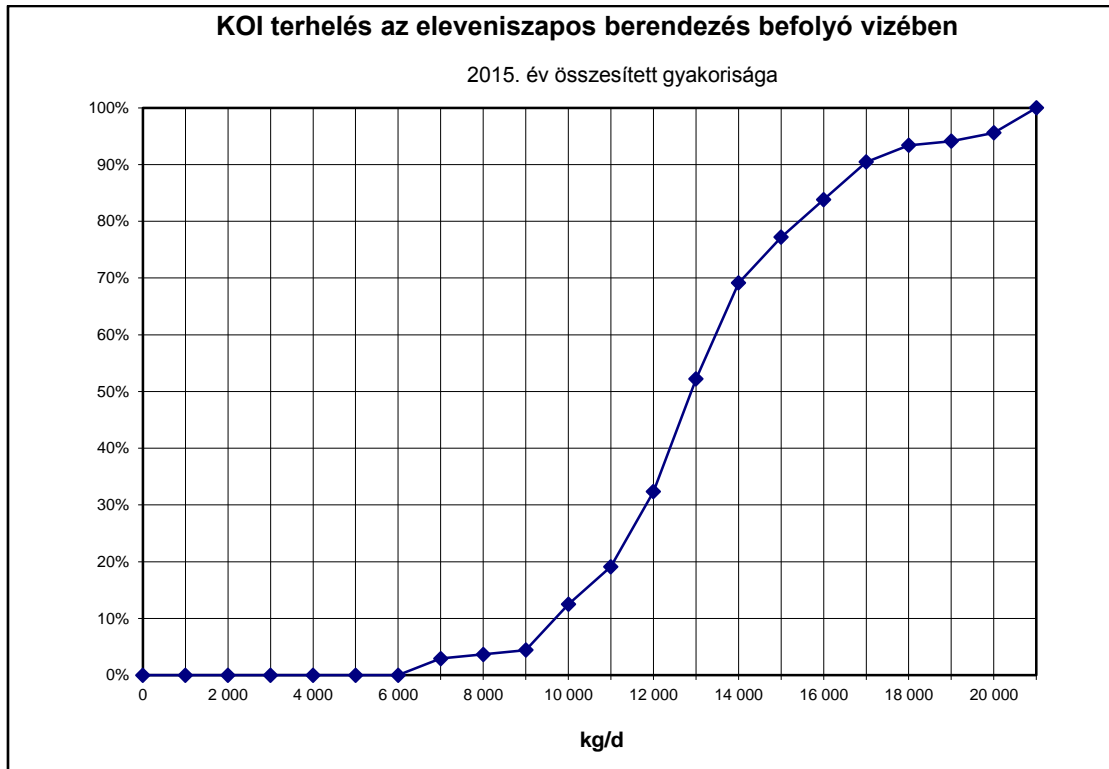
Ábra A.24: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



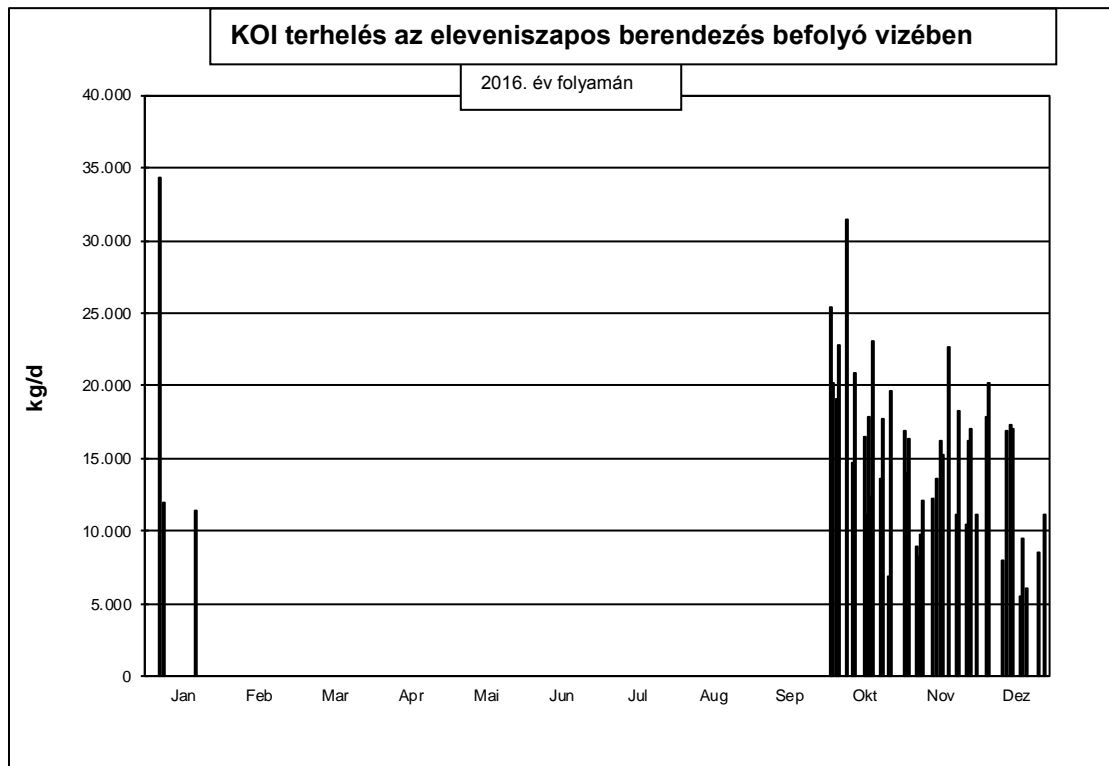
Ábra A.25: KOI terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



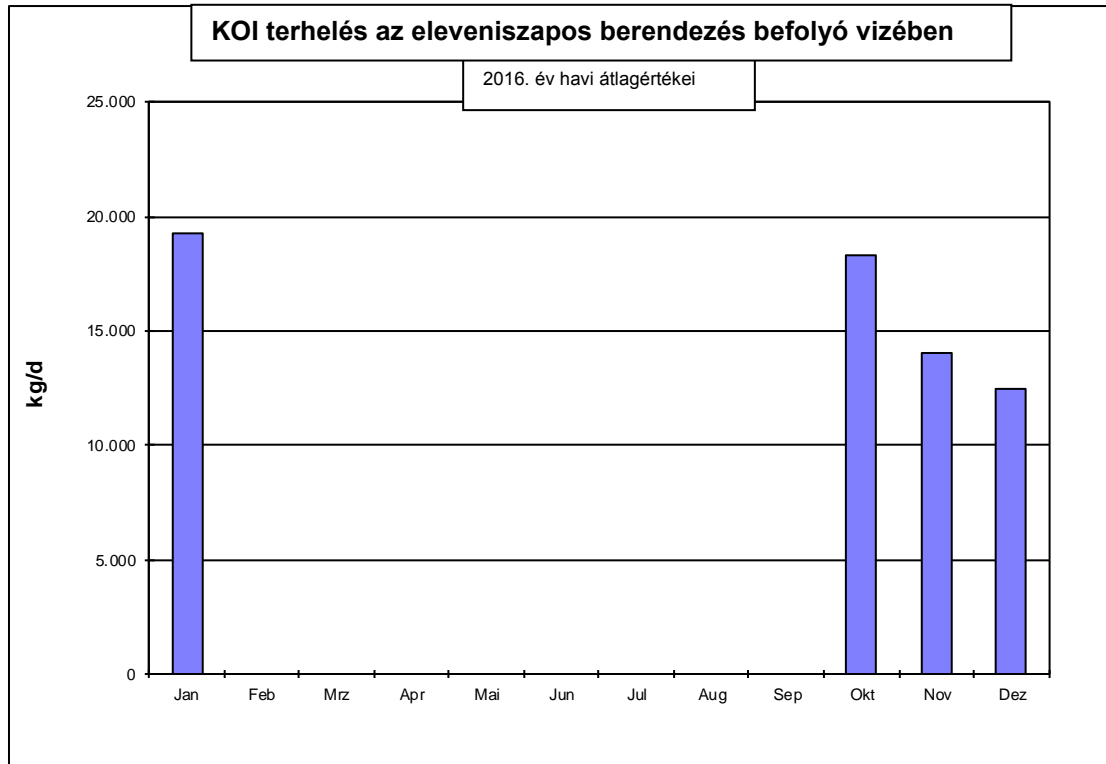
Ábra A.26: KOI terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



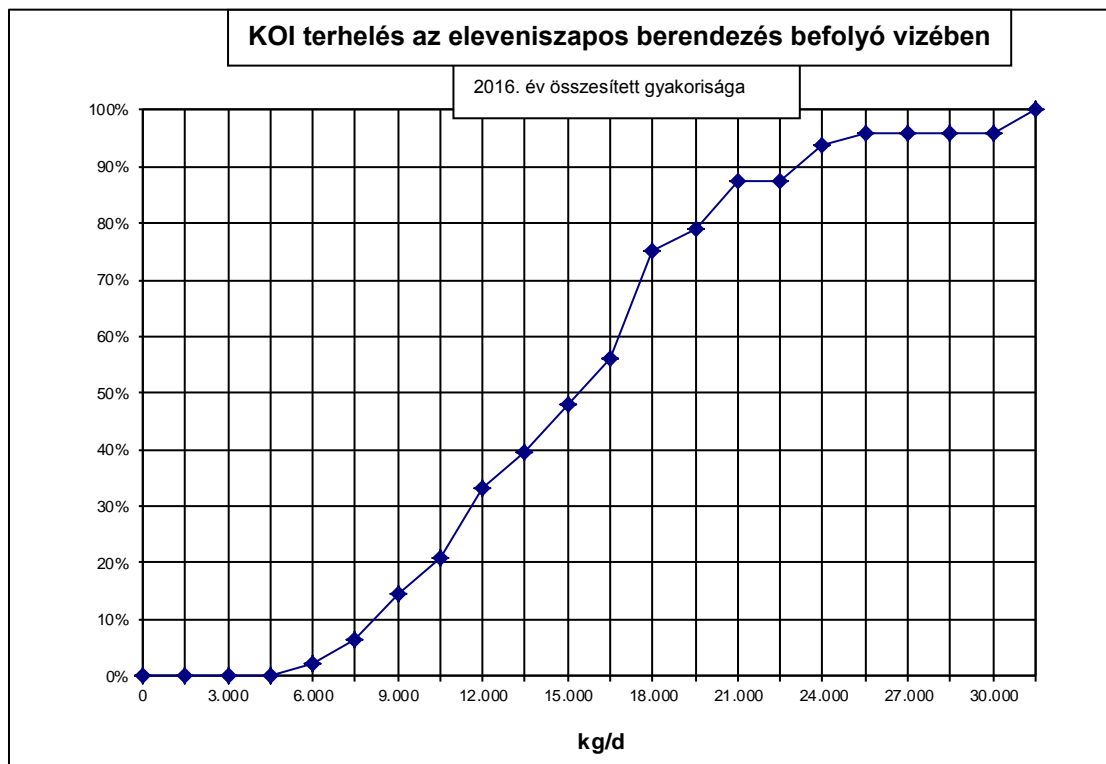
Ábra A.27: KOI terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



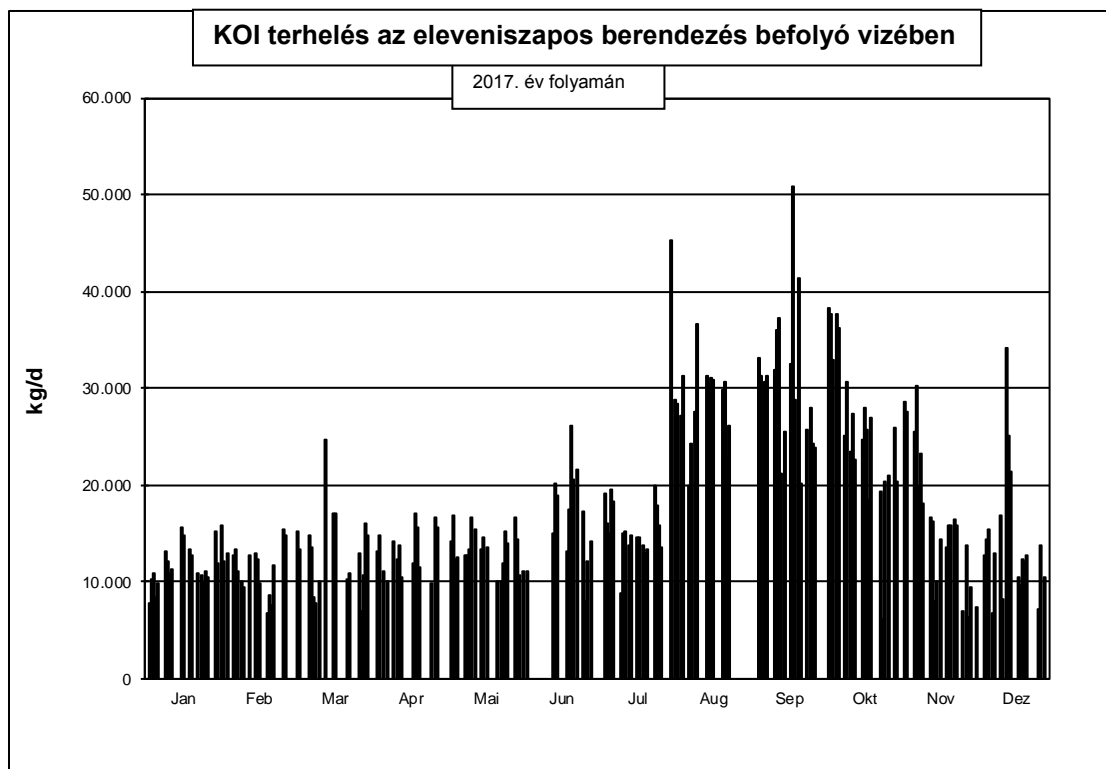
Ábra A.28: KOI terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



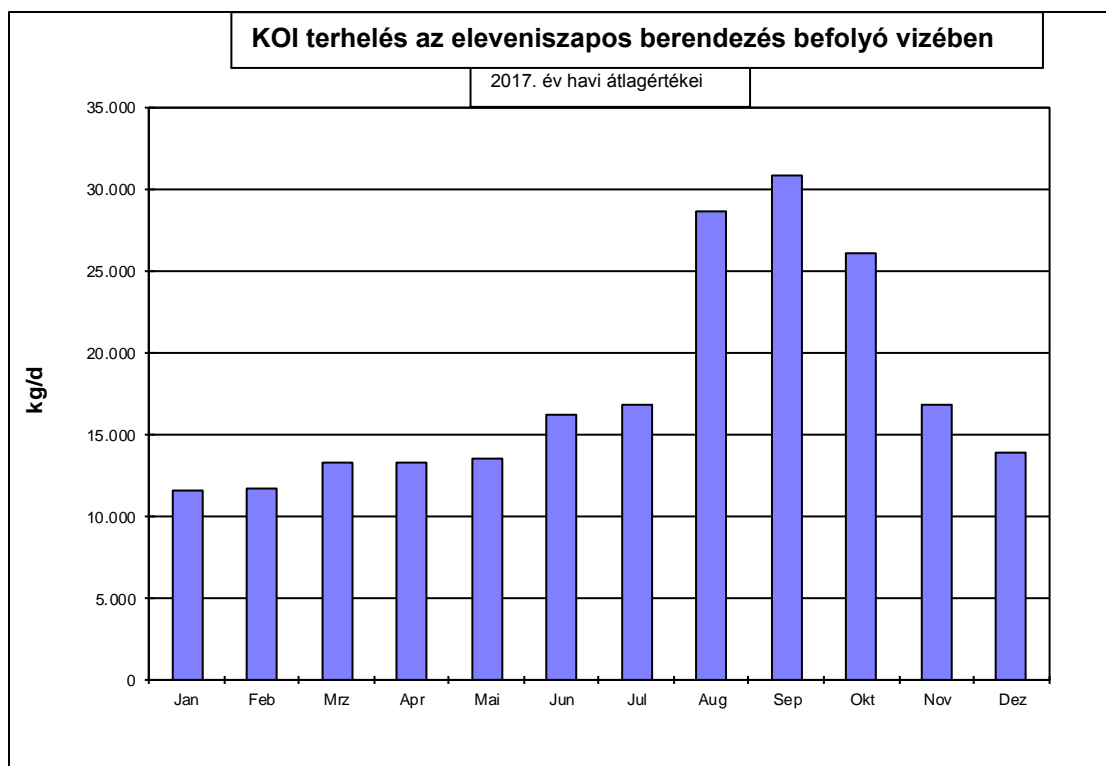
Ábra A.29: KOI terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



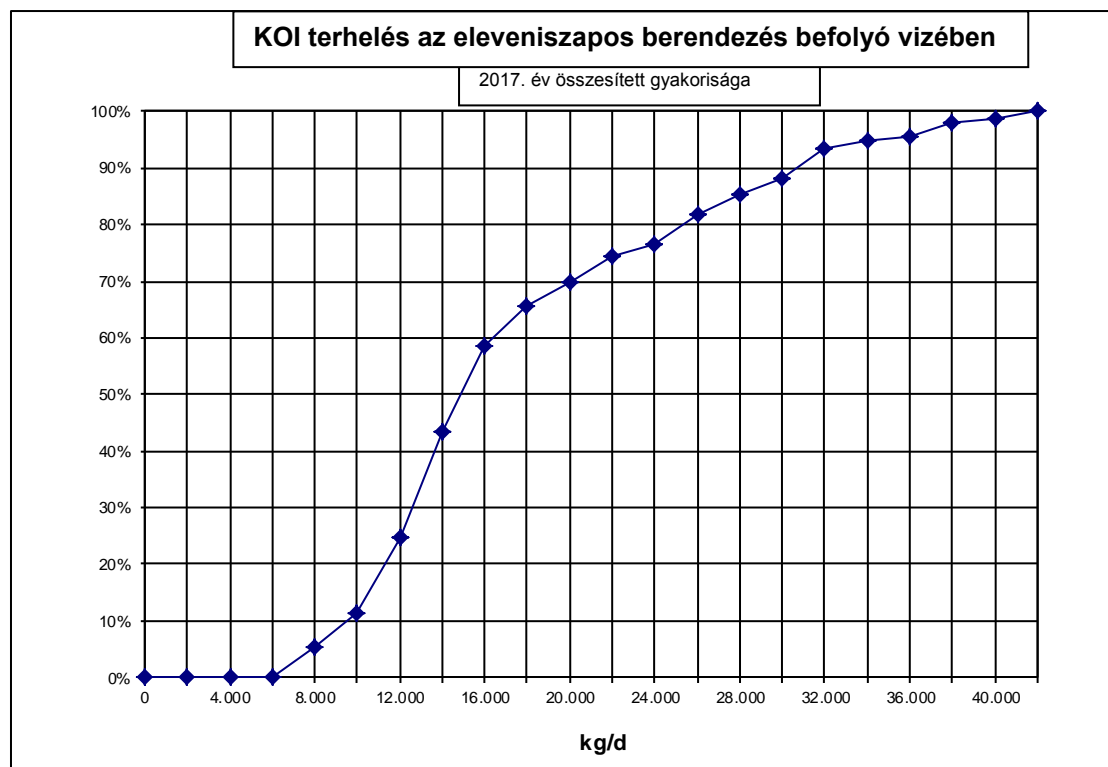
Ábra A.30: KOI terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



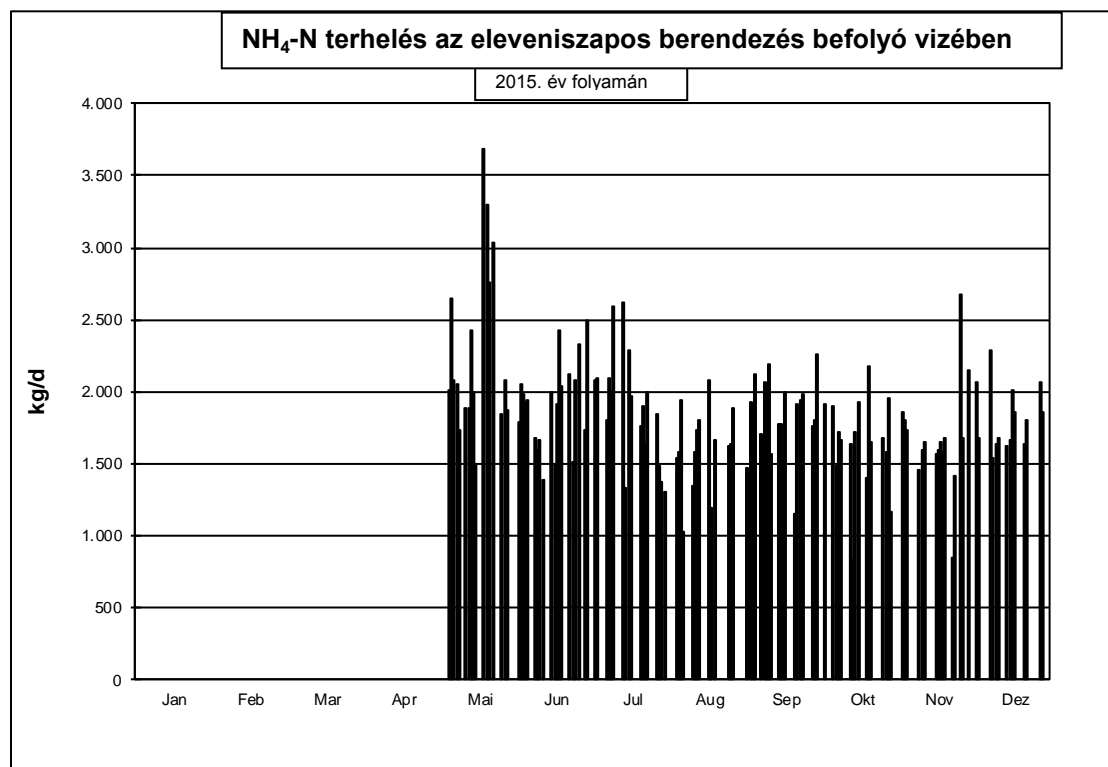
Ábra A.31:KOI terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



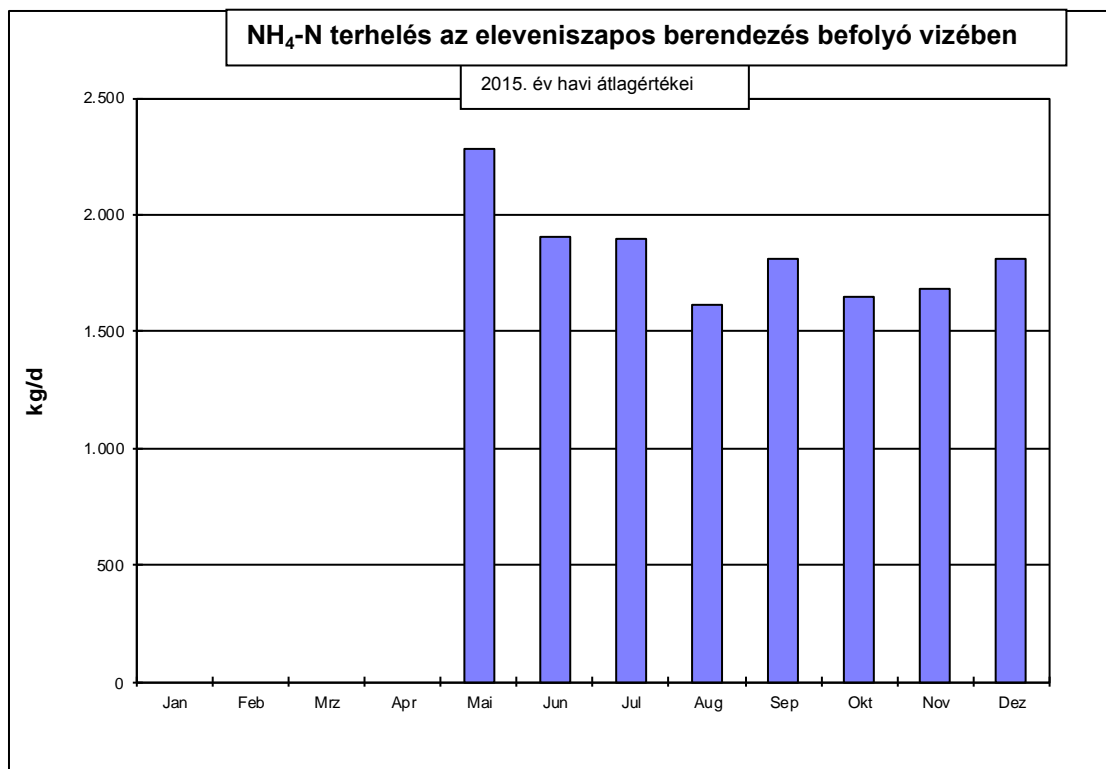
Ábra A.32:KOI terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



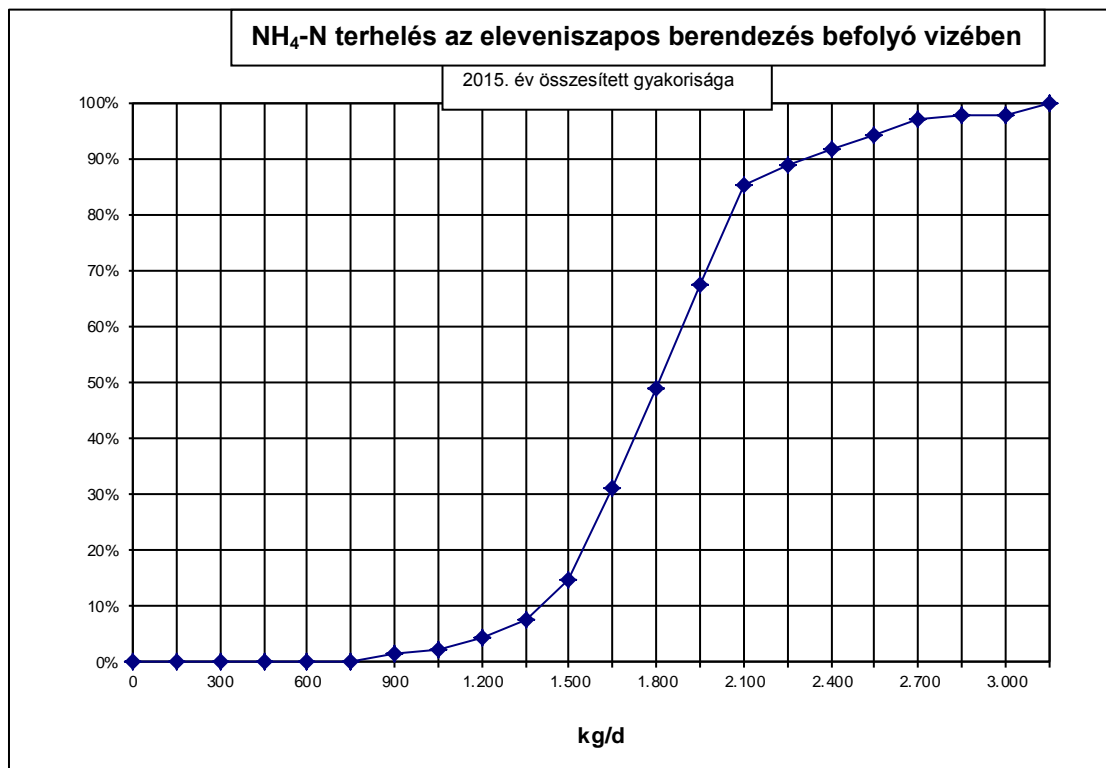
3Ábra A.33: KOI terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



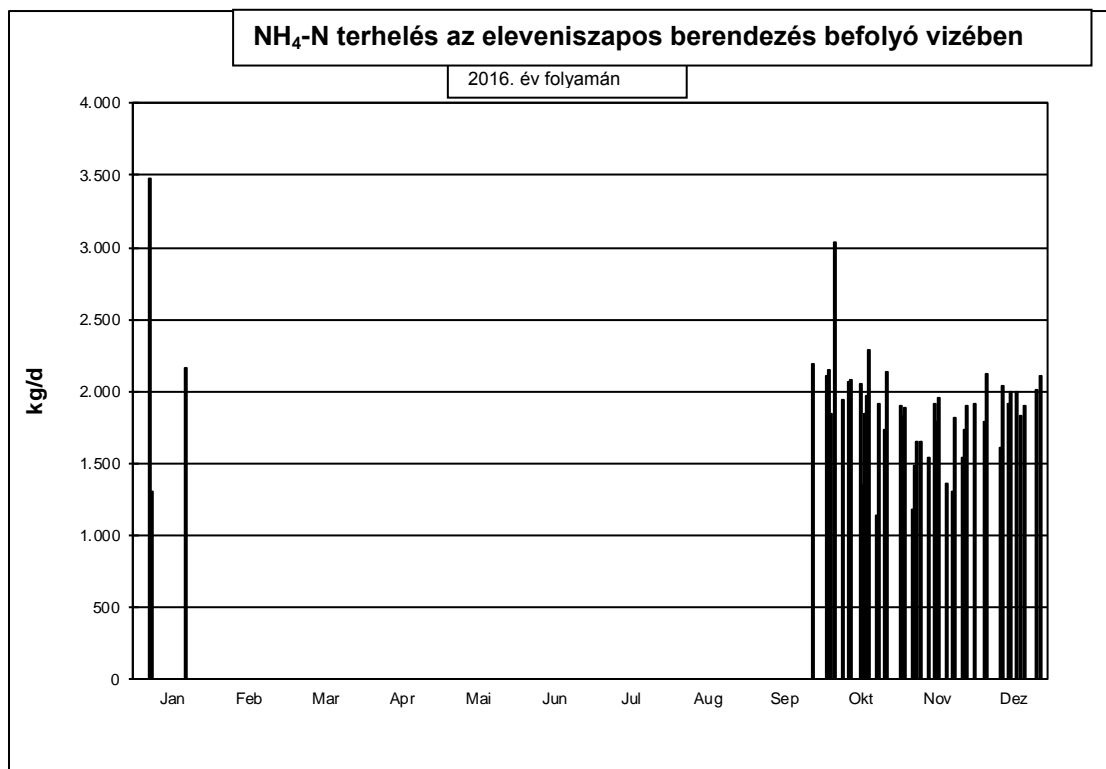
Ábra A.34: NH₄-N terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



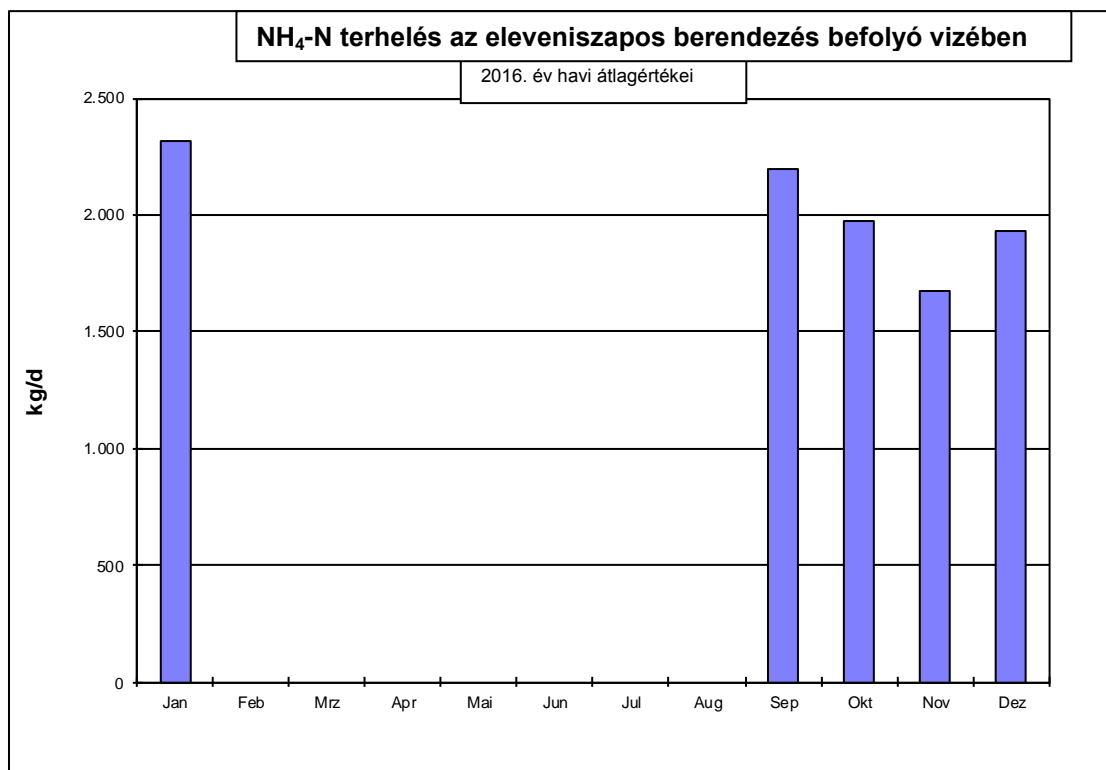
Ábra A.35: NH₄-N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



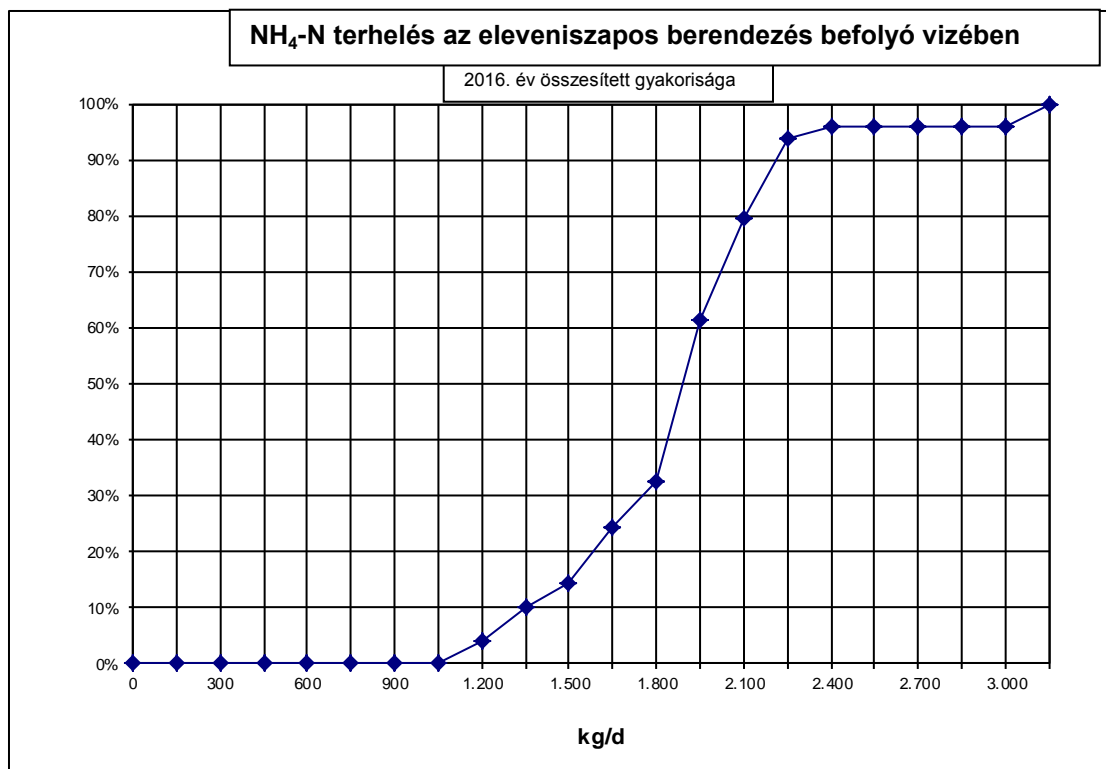
Ábra A.36: NH₄-N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



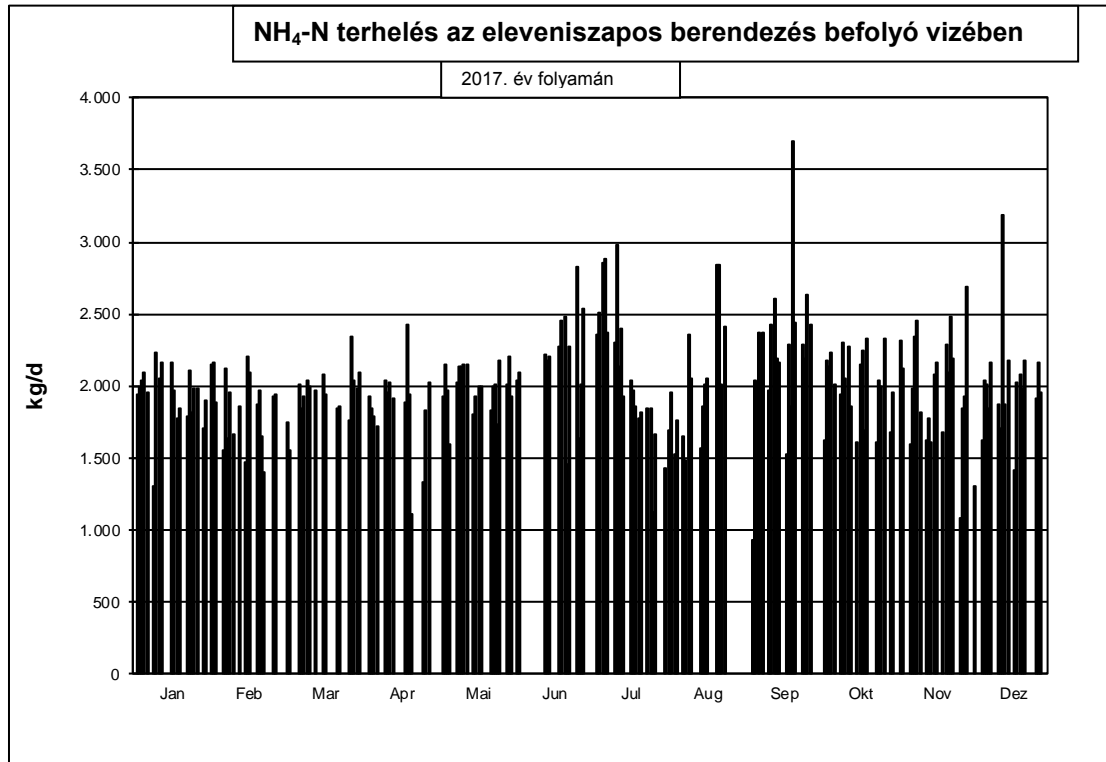
Ábra A.37: NH₄-N terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



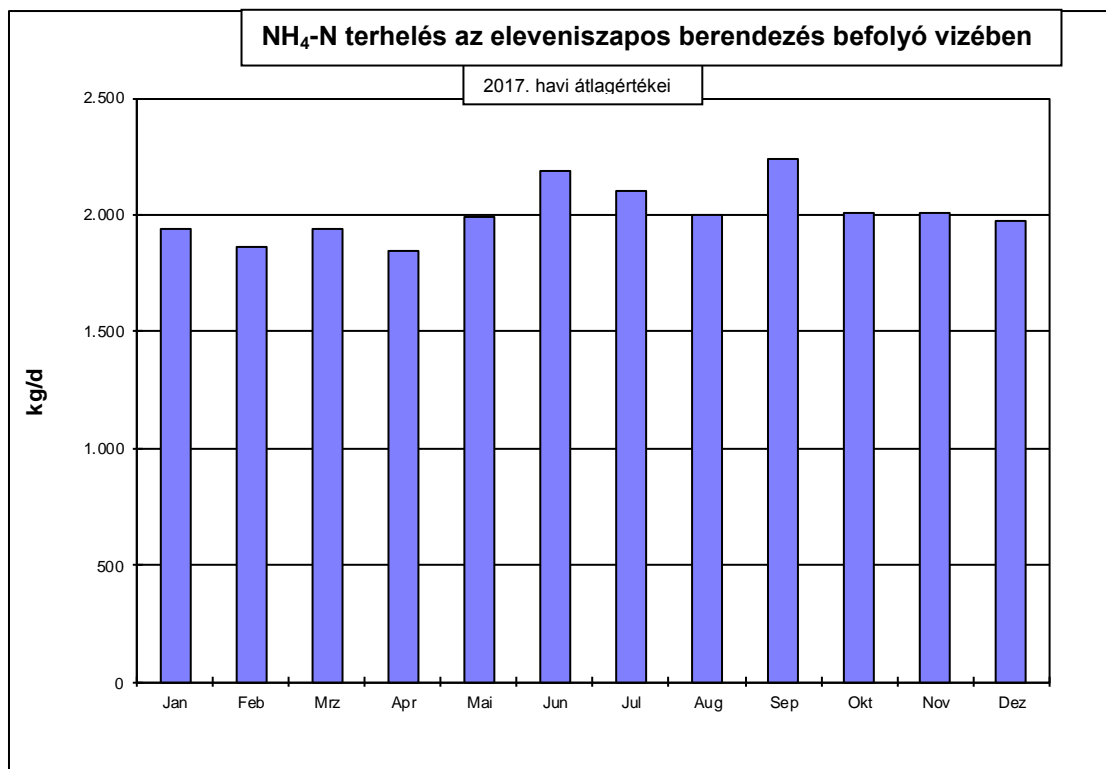
Ábra A.38: NH₄-N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



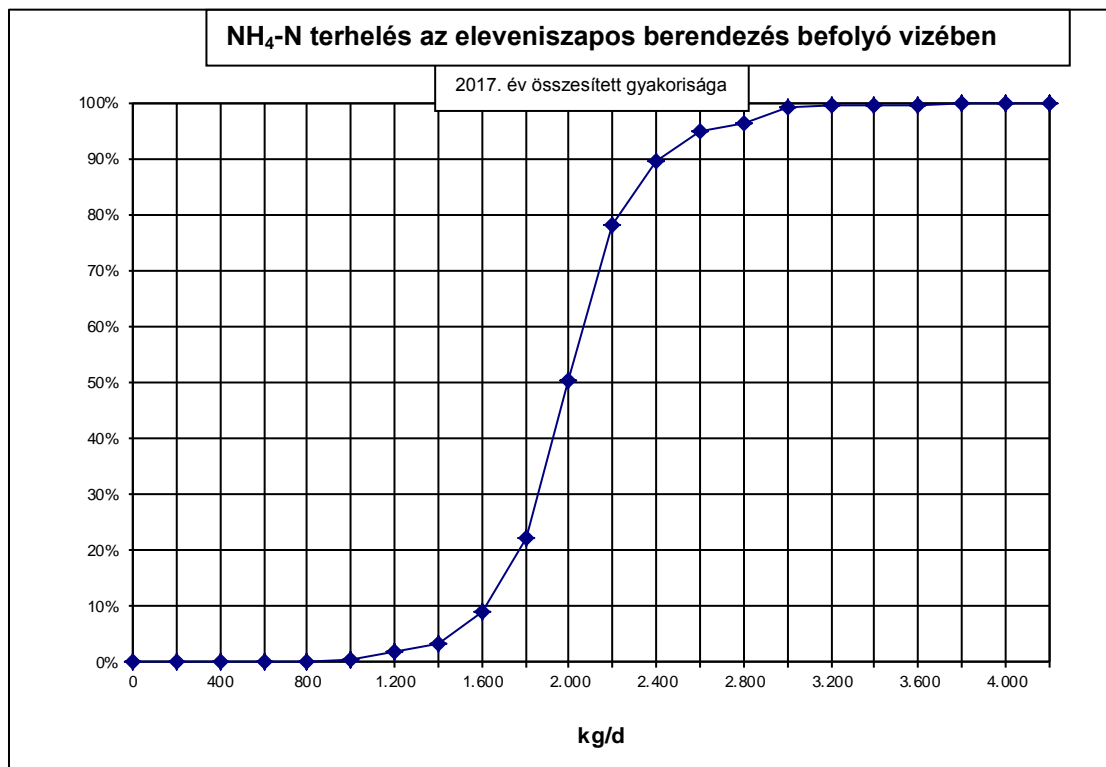
Ábra A.39: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



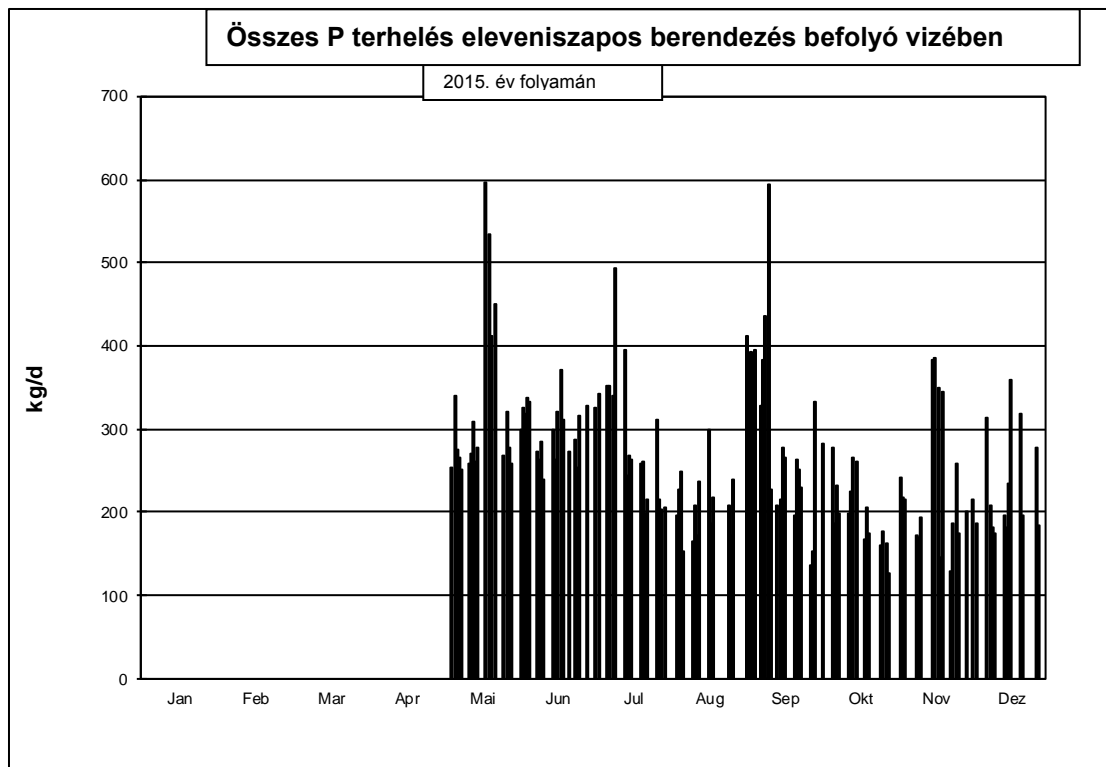
Ábra A.40: NH₄-N terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó értékében (2017)



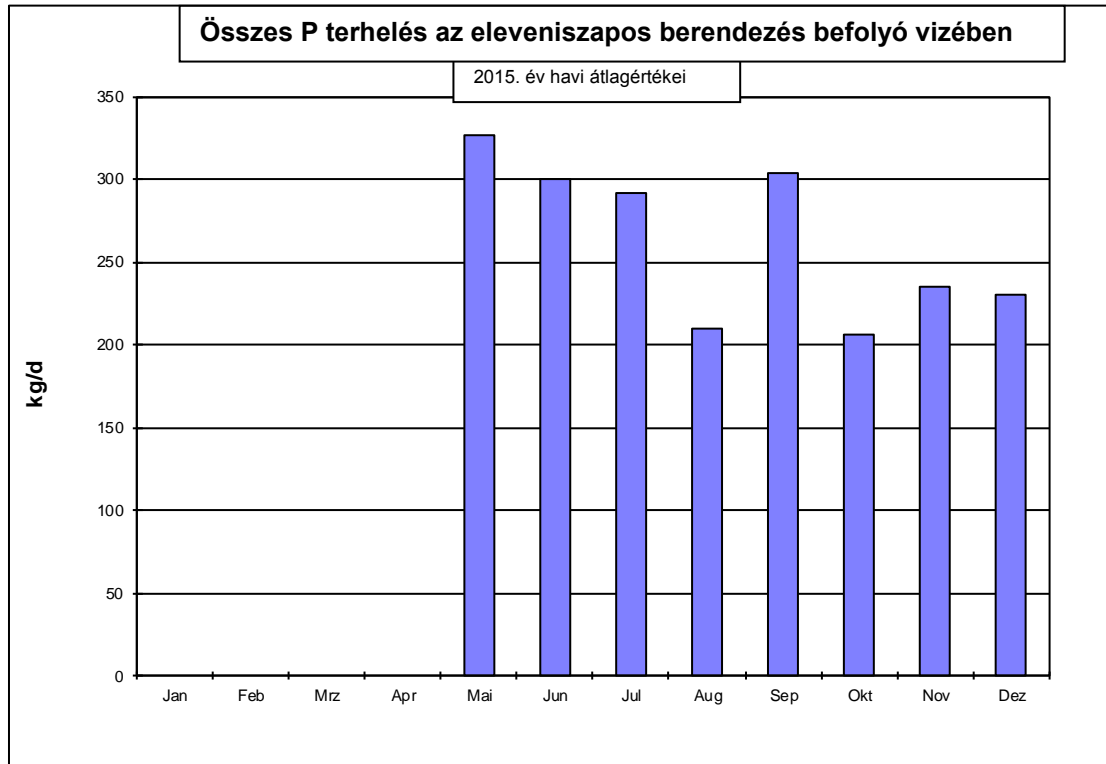
Ábra A.41: NH₄-N terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



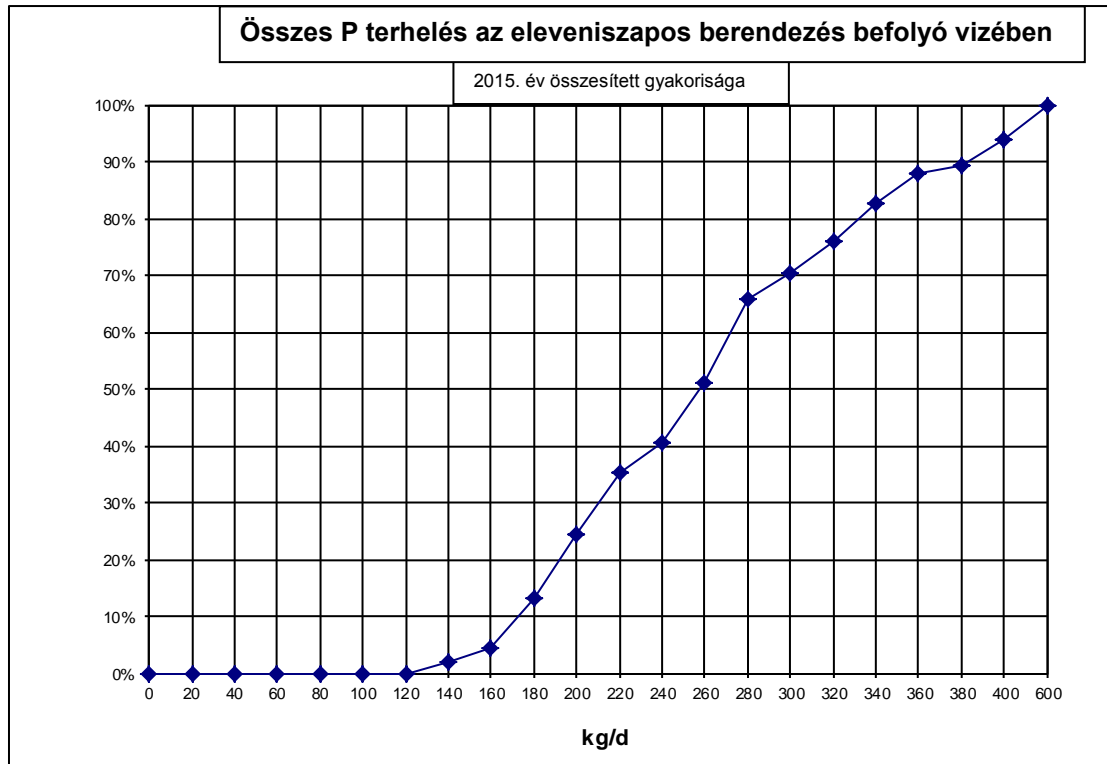
Ábra A.42: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



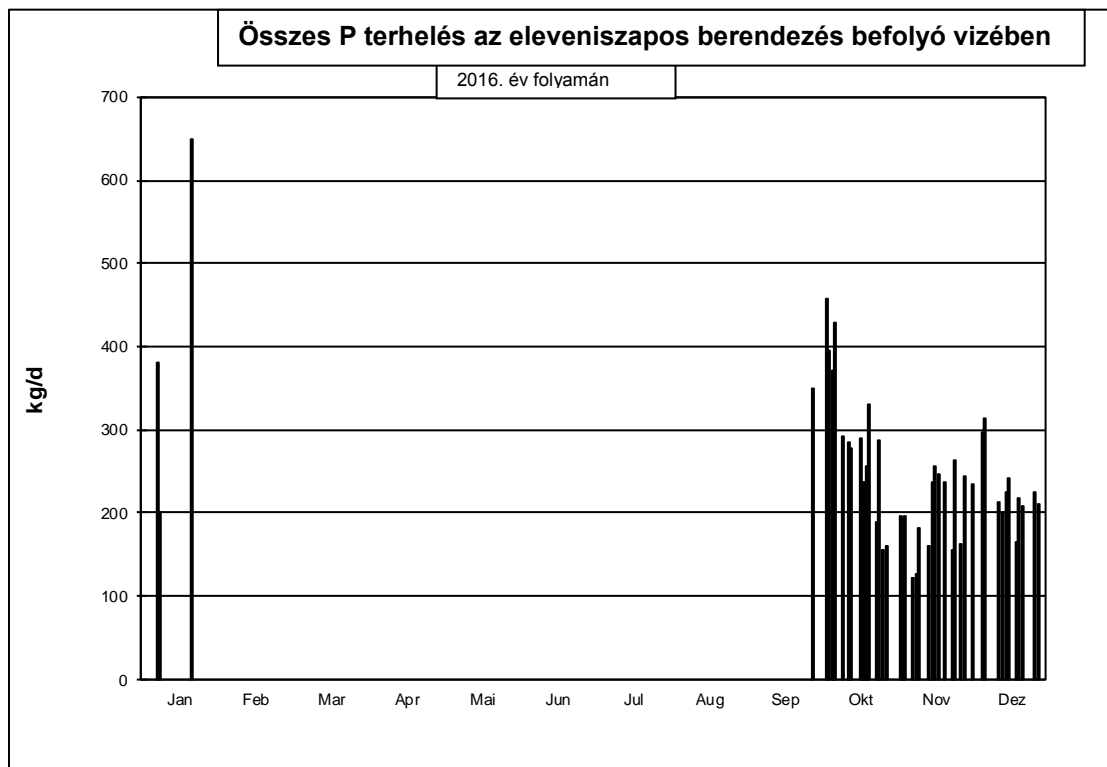
Ábra A.43: Összes P terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



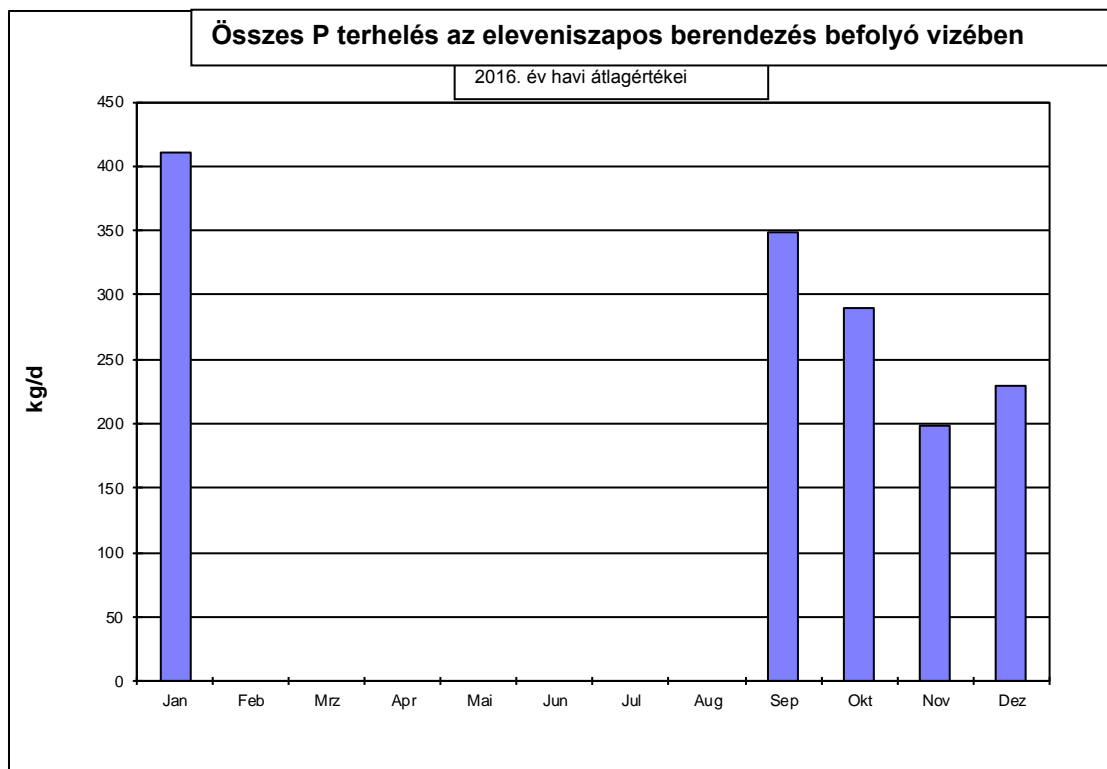
Ábra A.44: Összes P terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



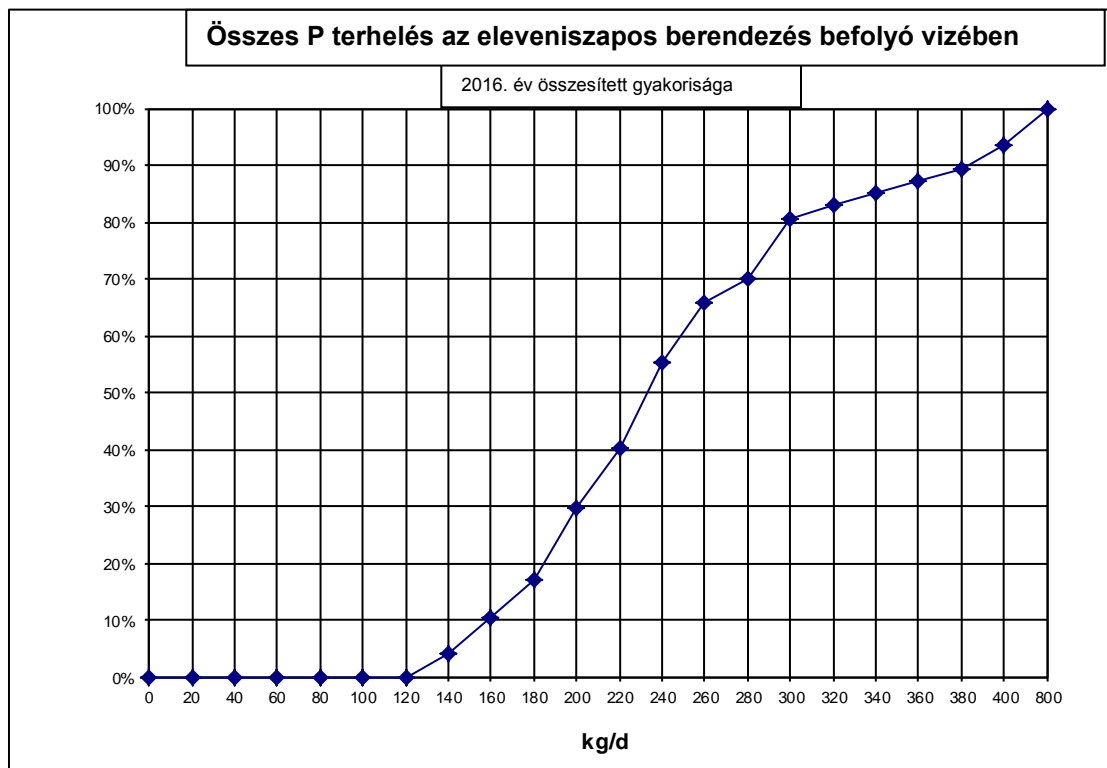
Ábra A.45: Összes P terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2015)



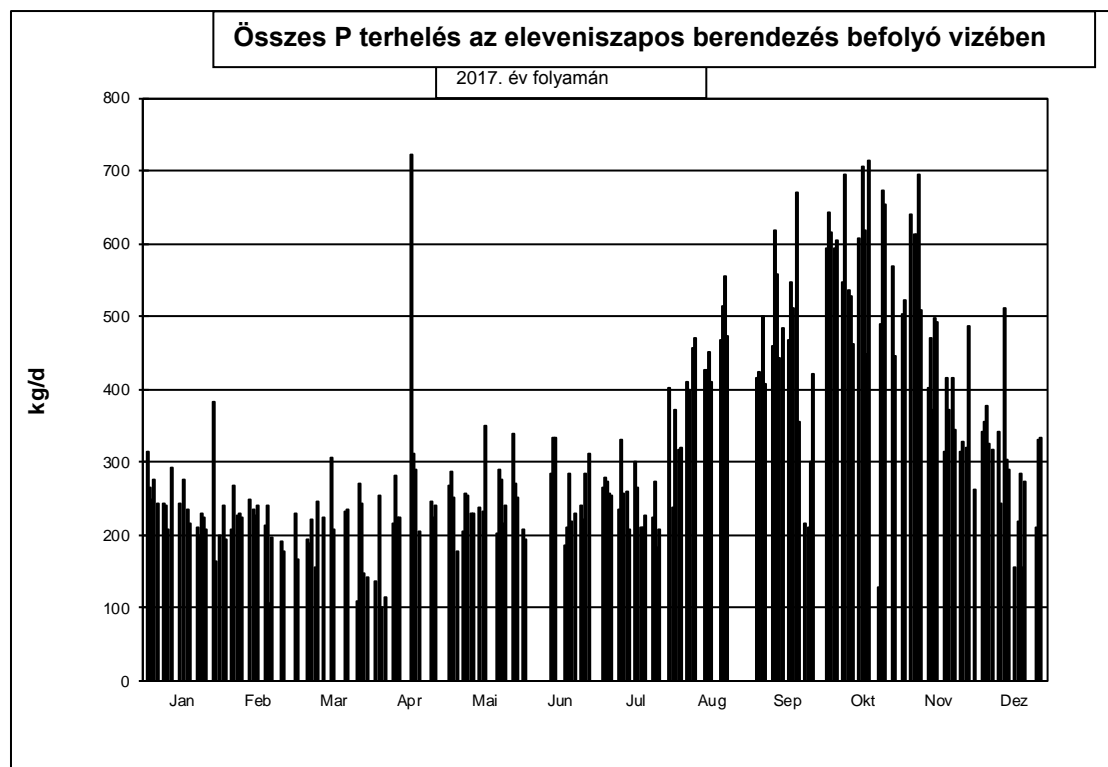
Ábra A.46: Összes P terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



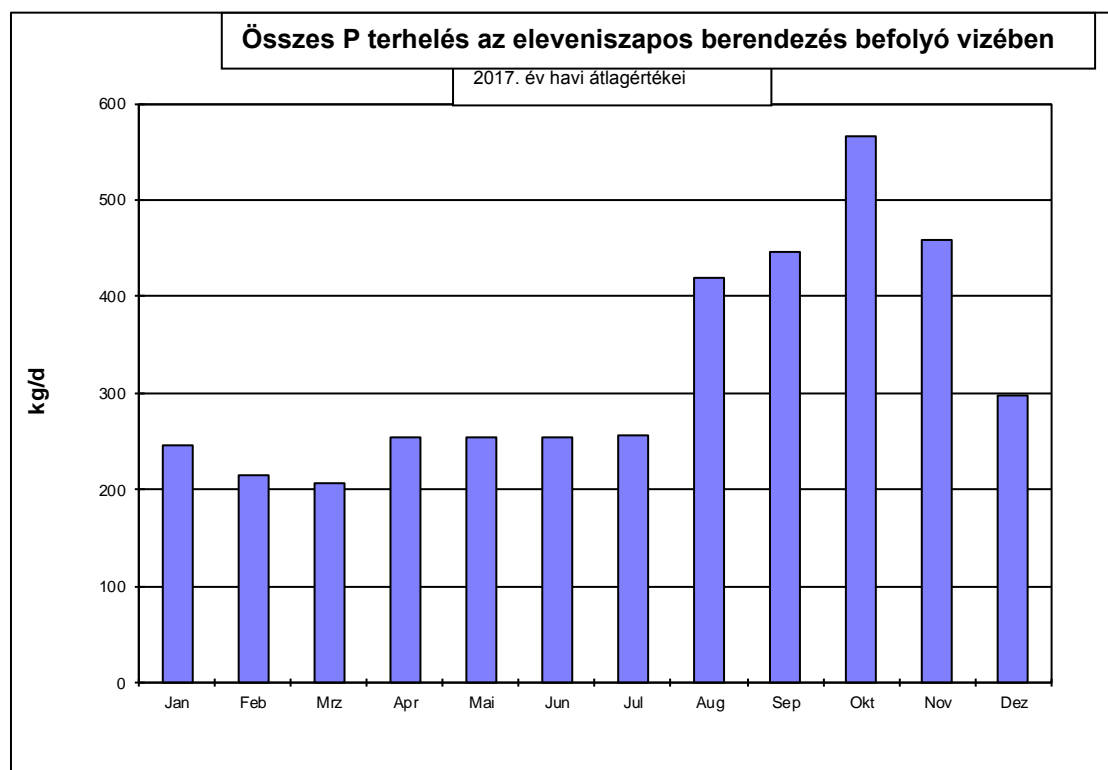
Ábra A.47: Összes P terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



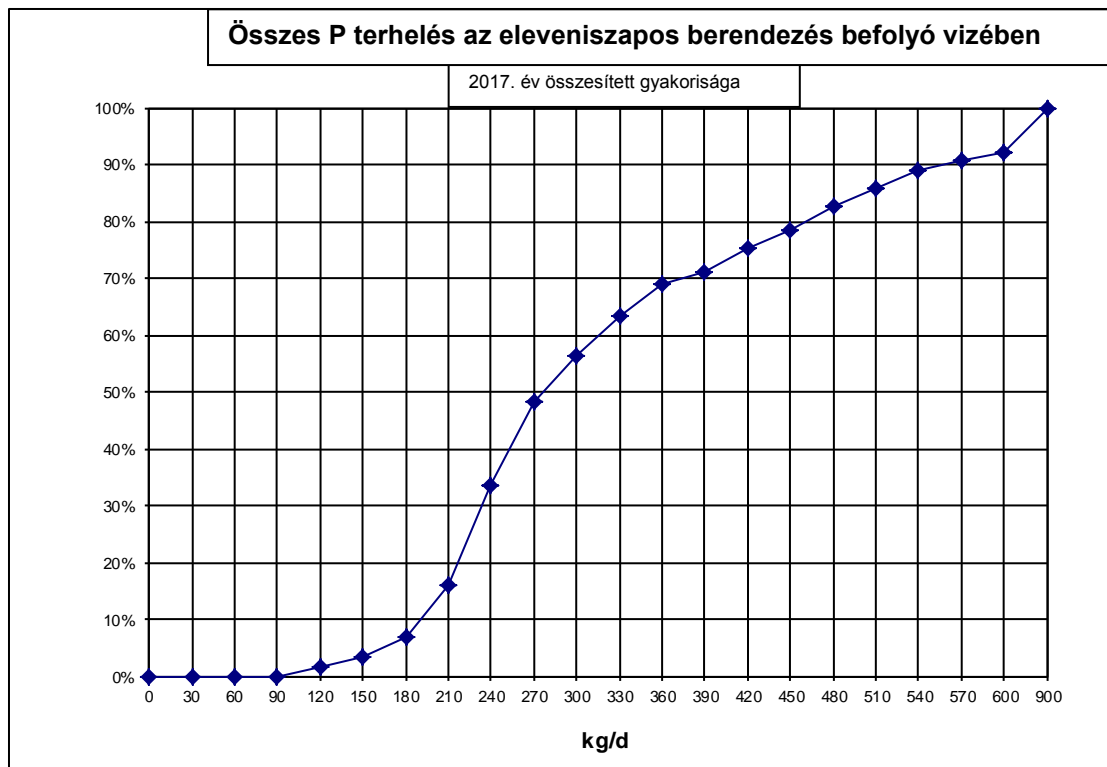
Ábra A.48: Összes P terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2016)



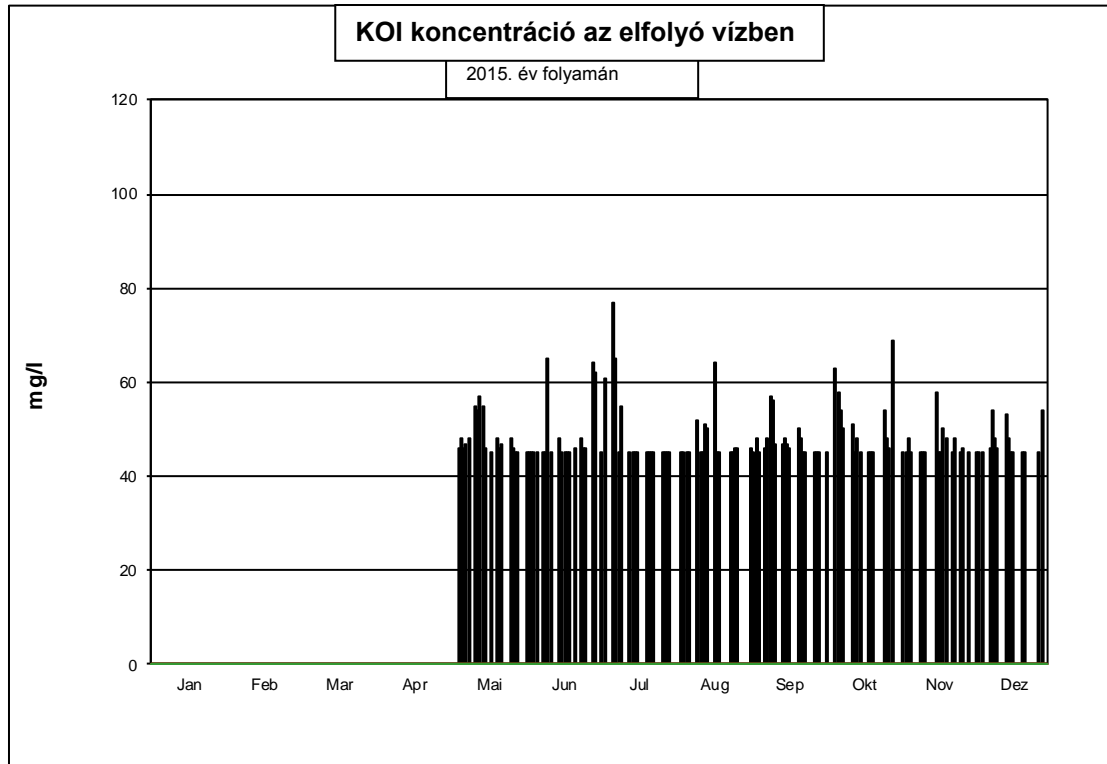
Ábra A.49: Összes P terhelés éves mértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



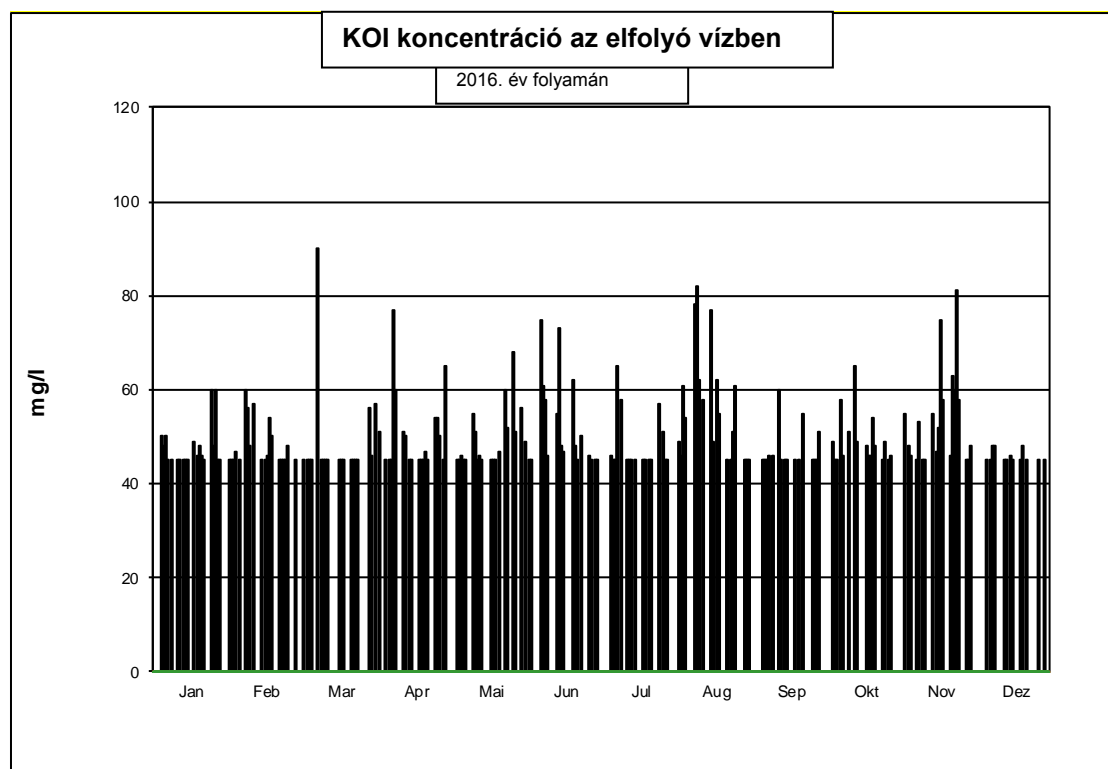
Ábra A.50: Összes P terhelés havi átlagértéke az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



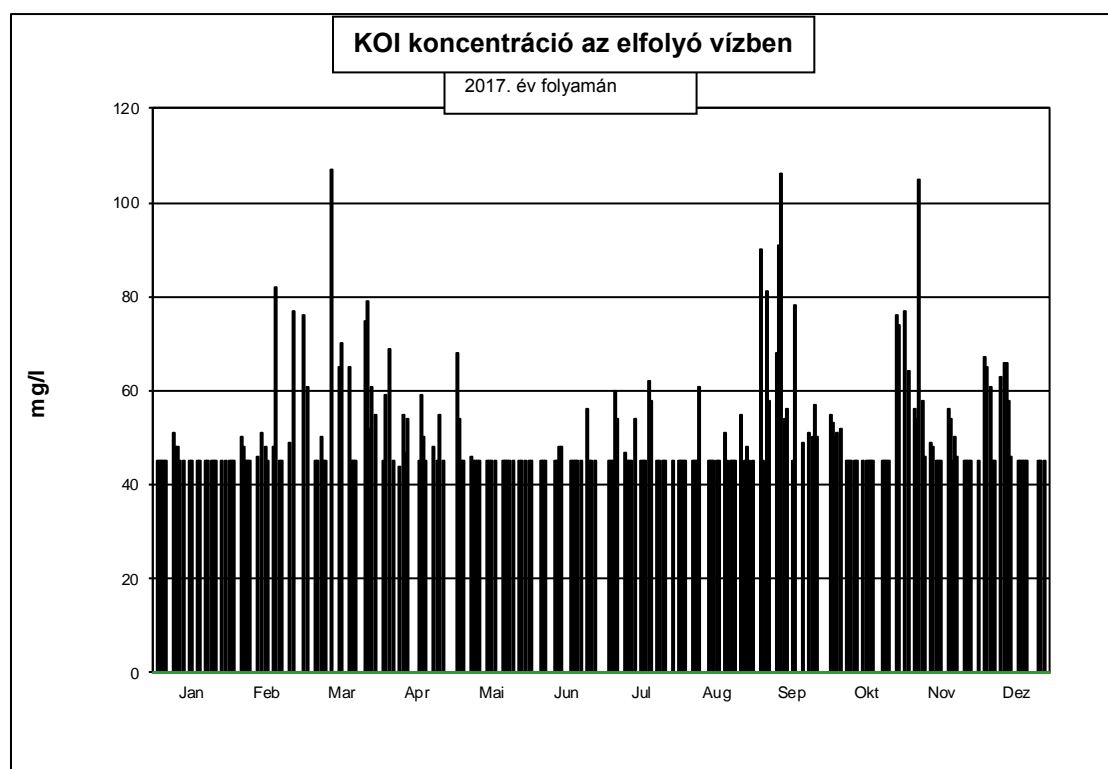
Ábra A.51: Összes P terhelés összesített gyakorisága az eleveniszapos berendezés befolyó vizében (2017)



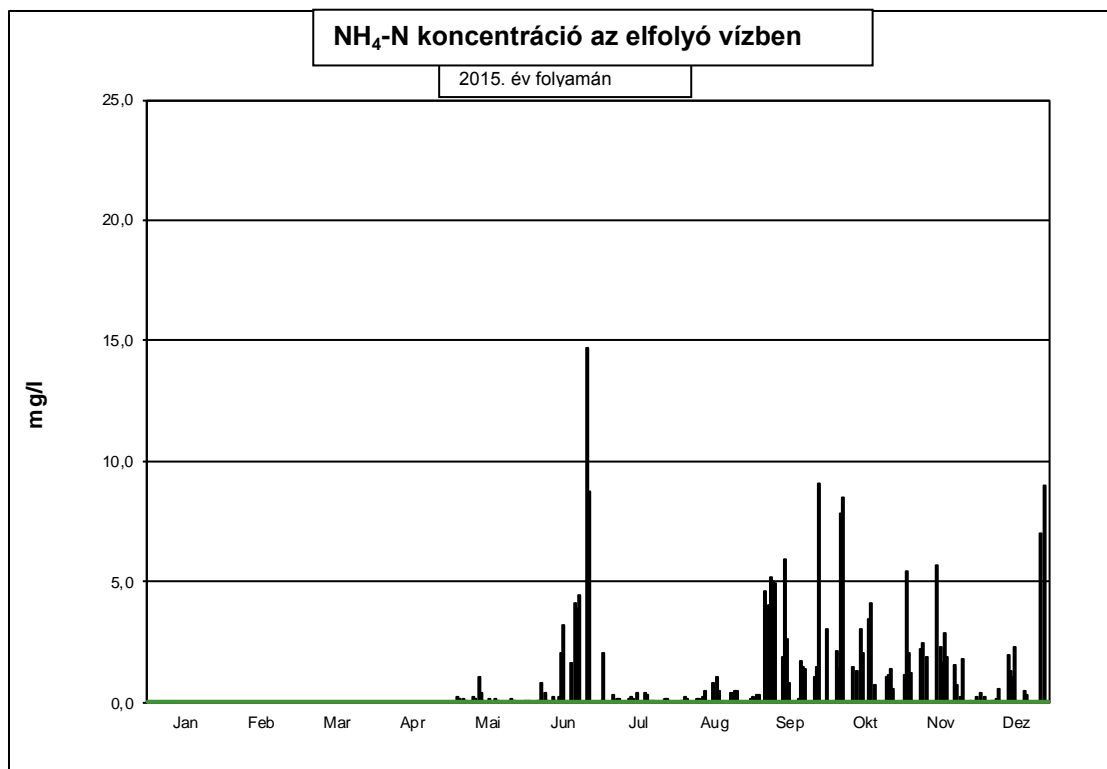
Ábra A.52: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)



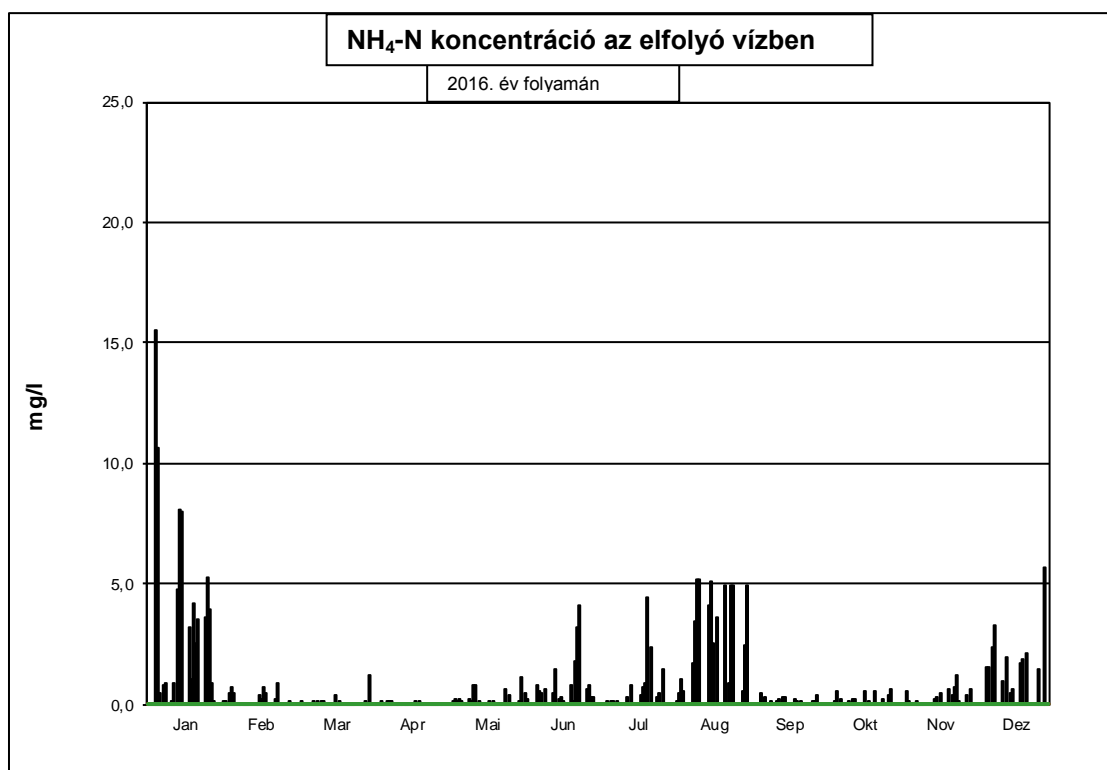
Ábra A.53: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



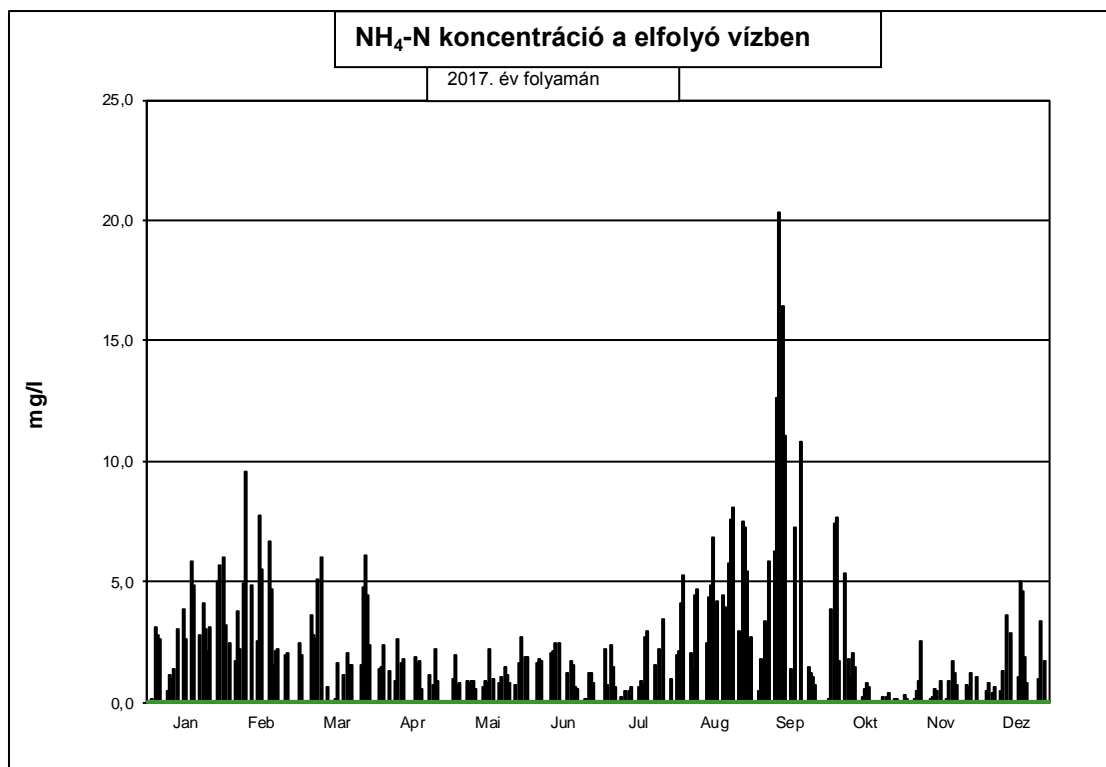
Ábra A.54: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)



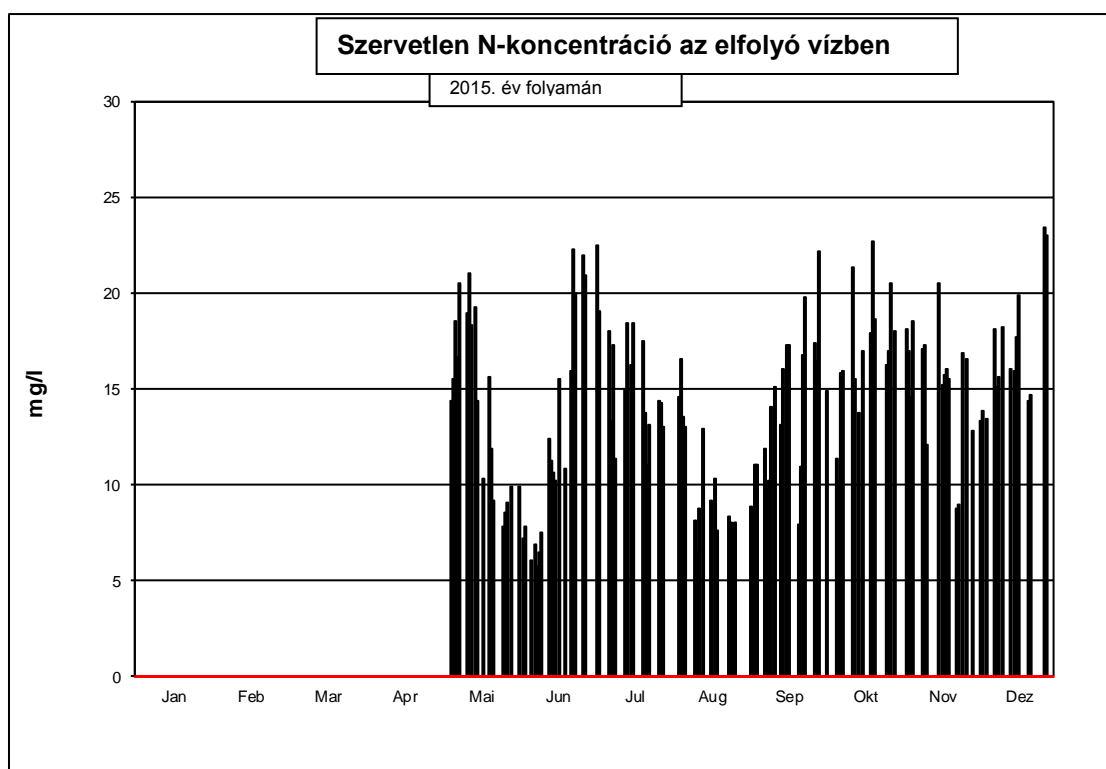
Ábra A.55: NH₄-N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)



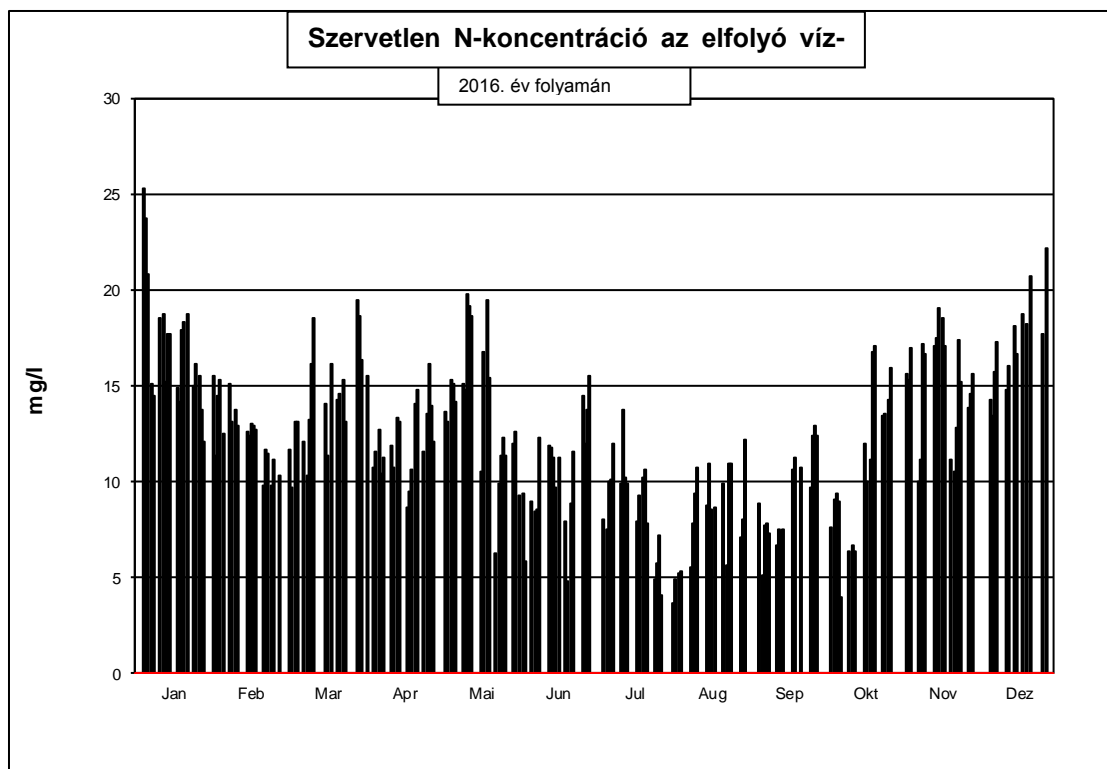
Ábra A.56: NH₄-N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



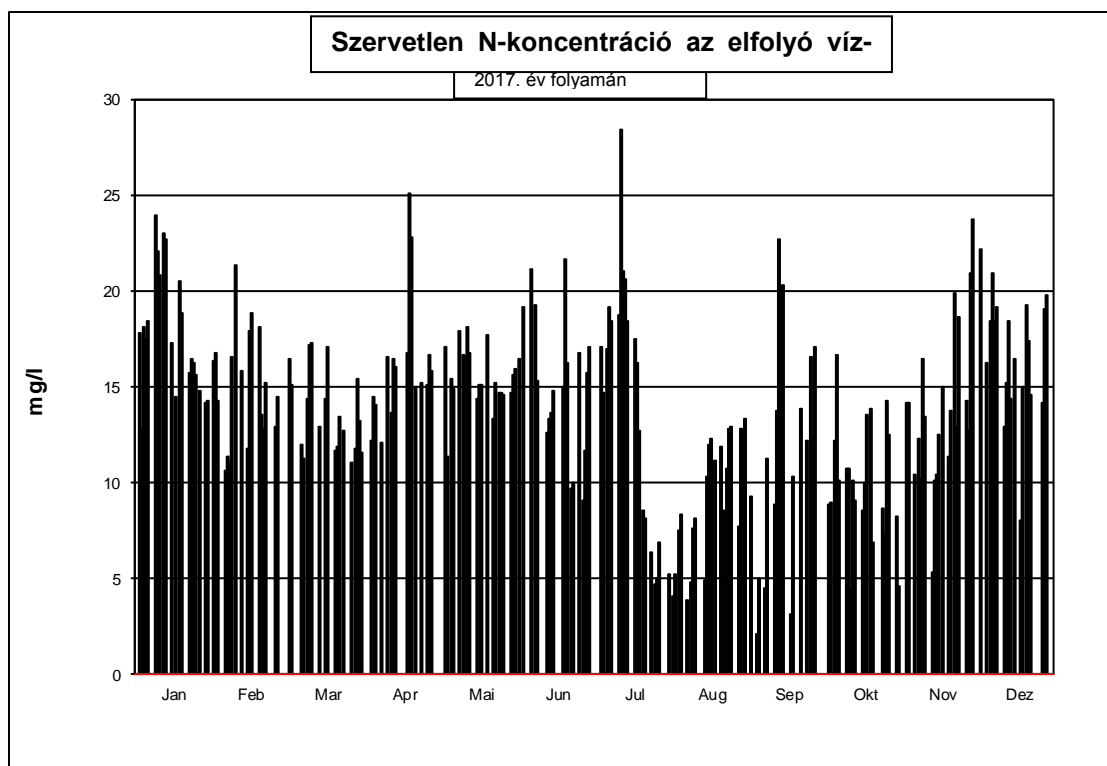
Ábra A.57: NH₄-N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)



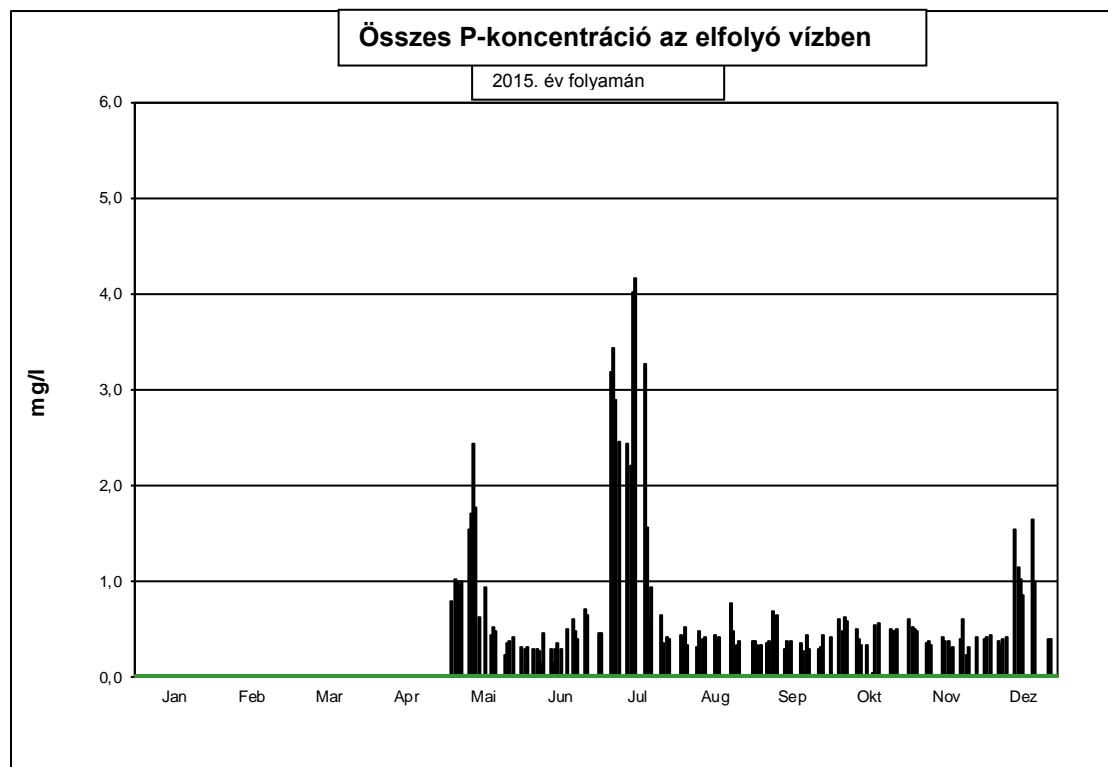
Ábra A.58: szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)



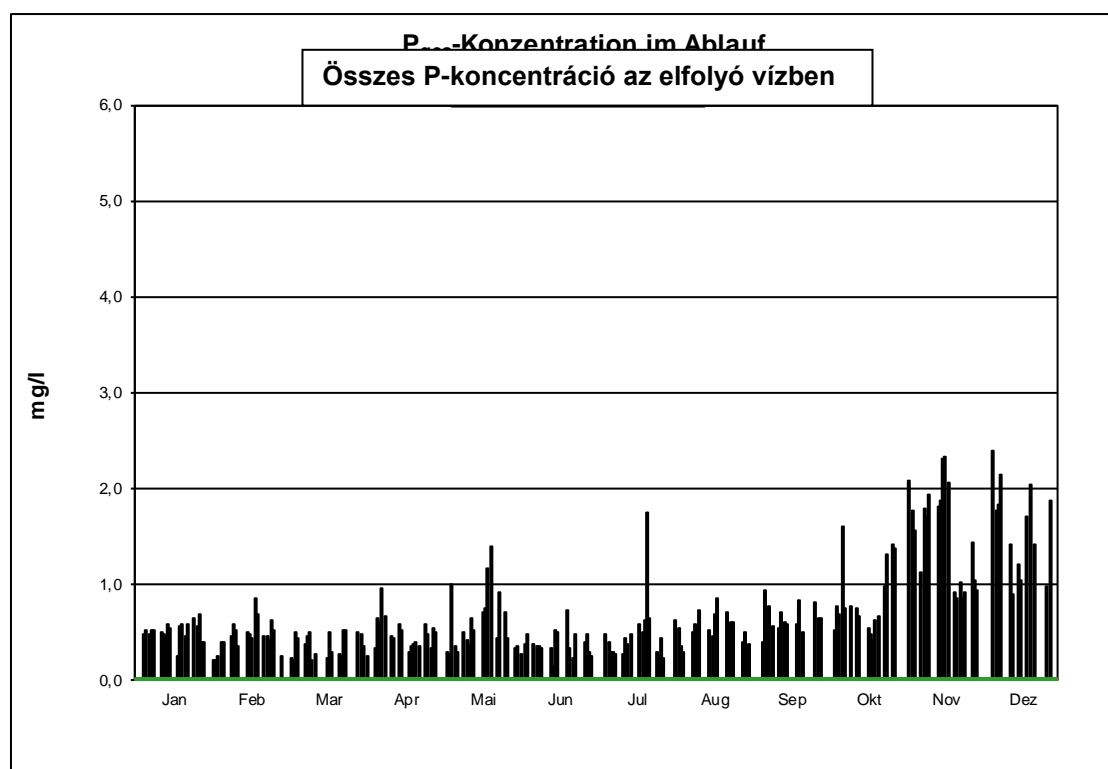
Ábra A.59:szervetlen N-koncentráció éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



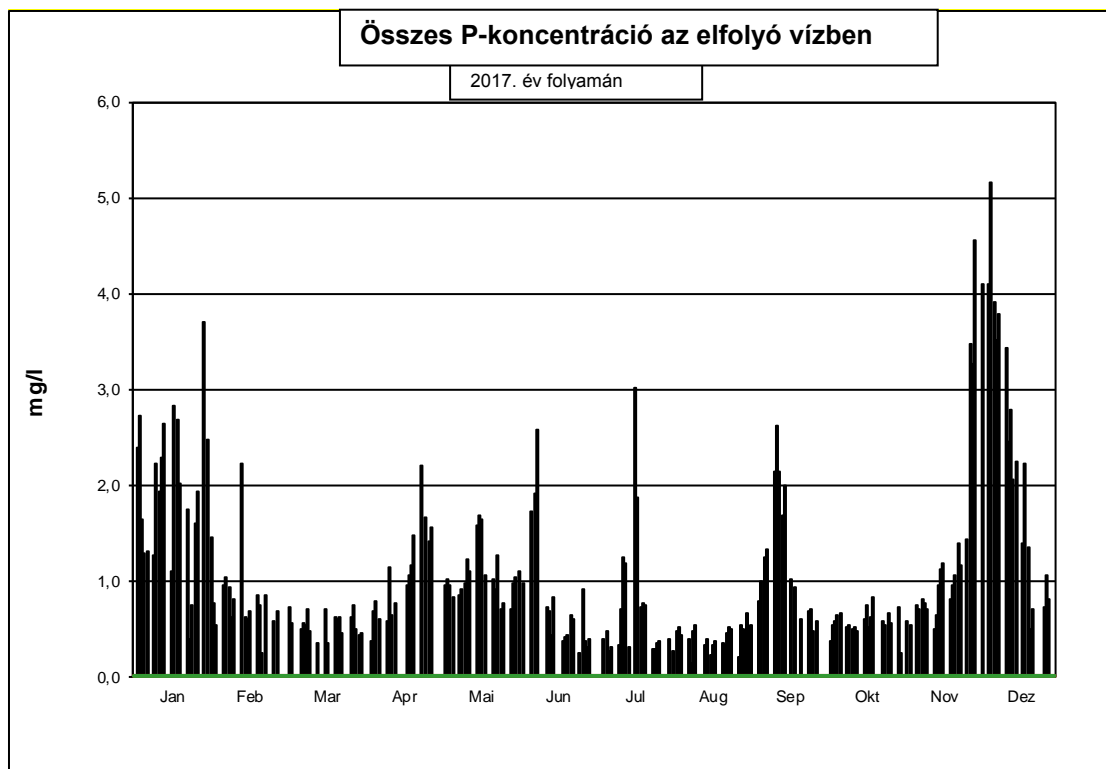
Ábra A.60:szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)



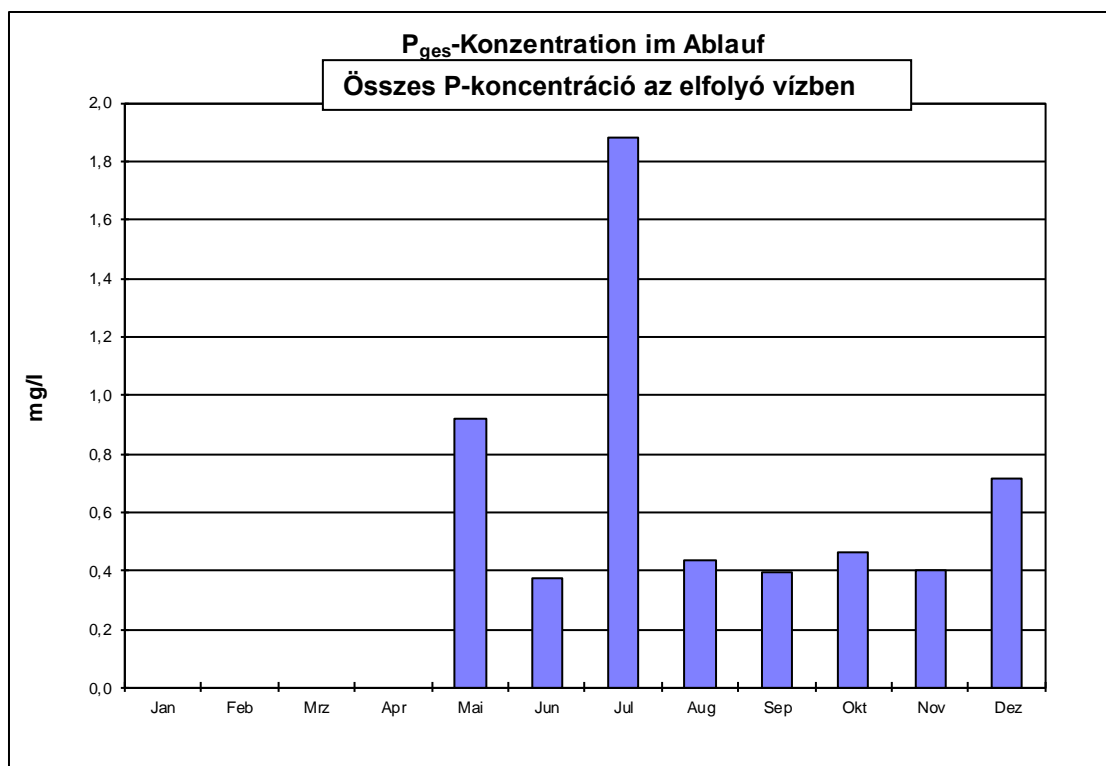
Ábra A.61: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)



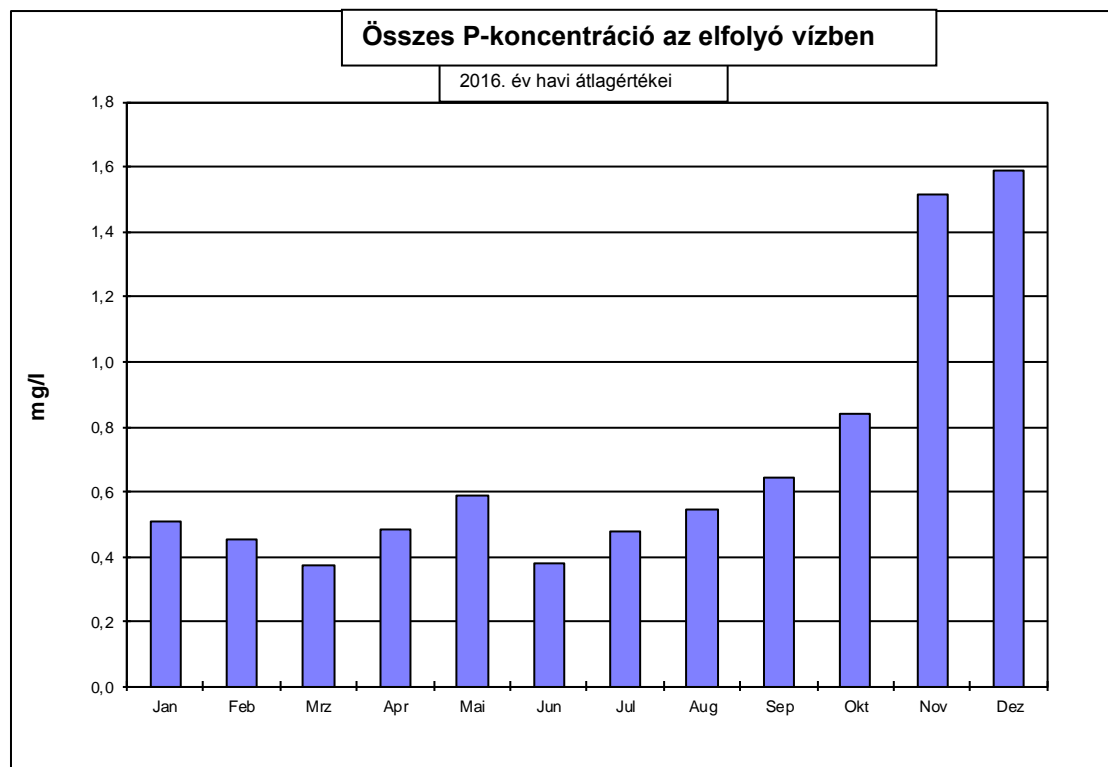
Ábra A.62: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



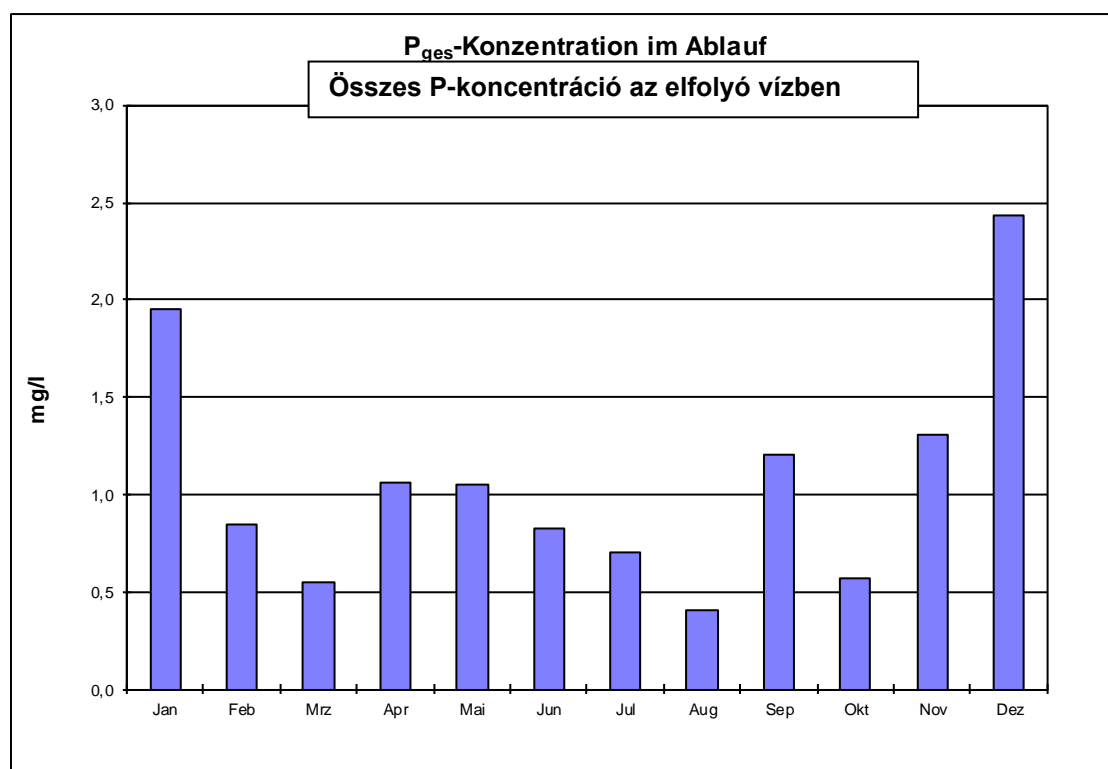
Ábra A.63: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)



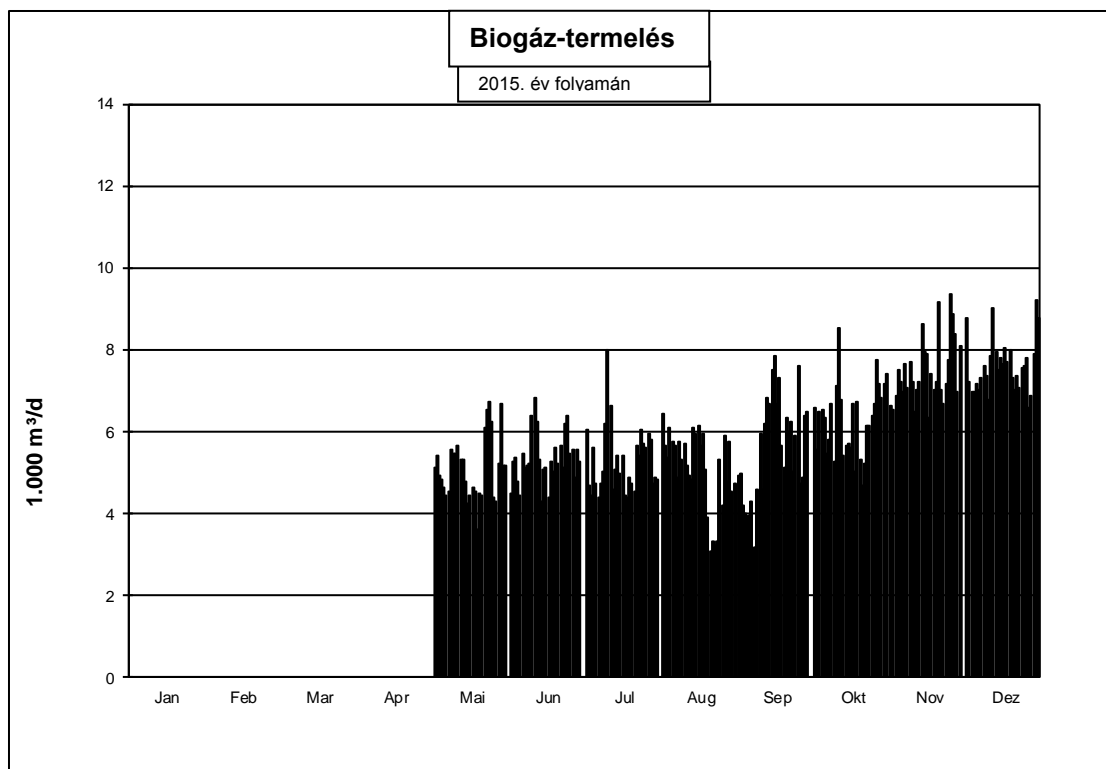
Ábra A.64: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2015)



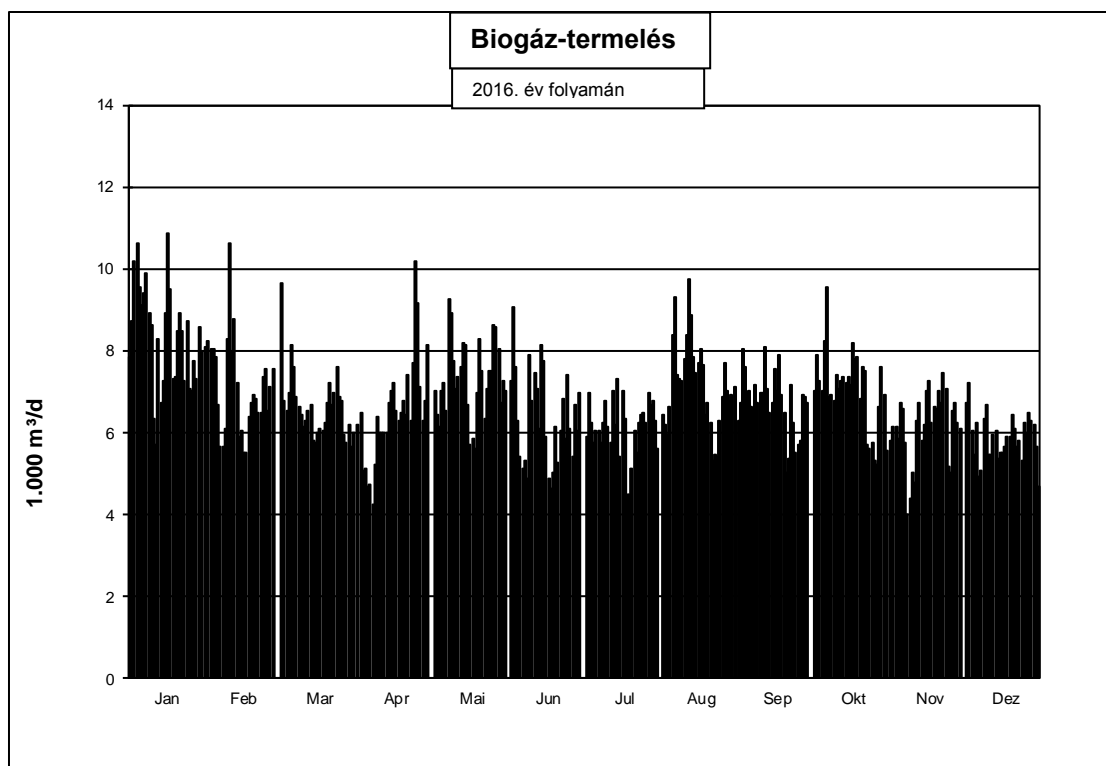
Ábra A.65: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2016)



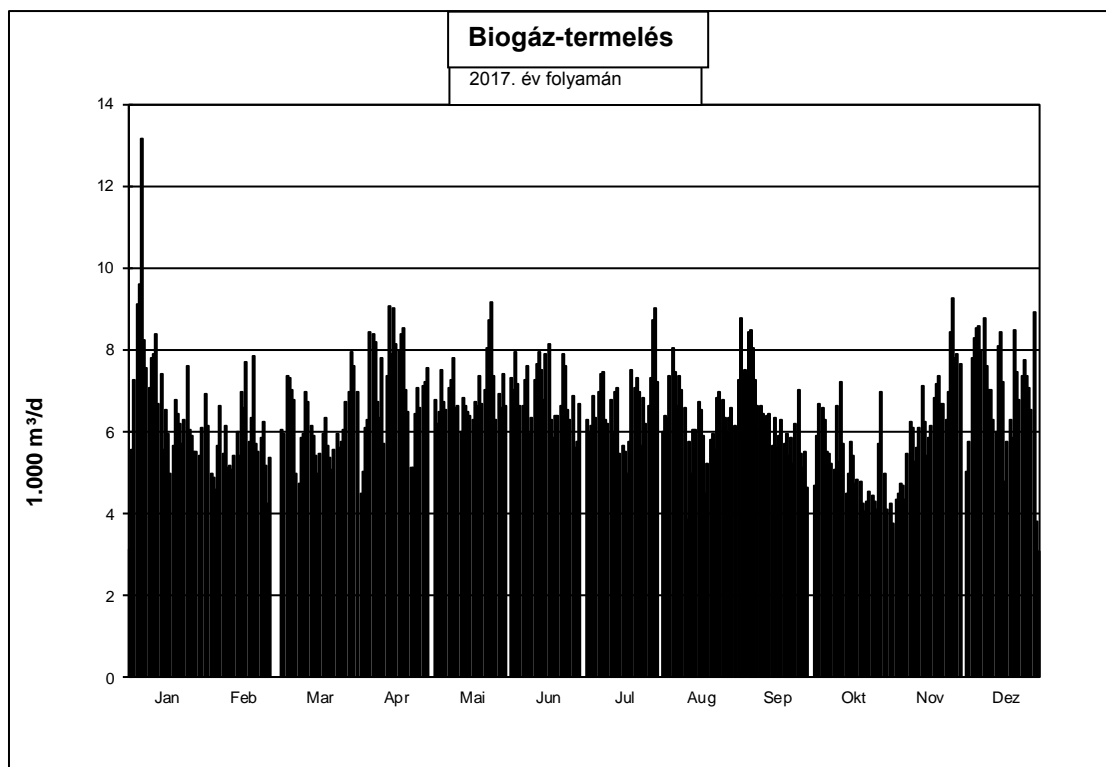
Ábra A.66: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2017)



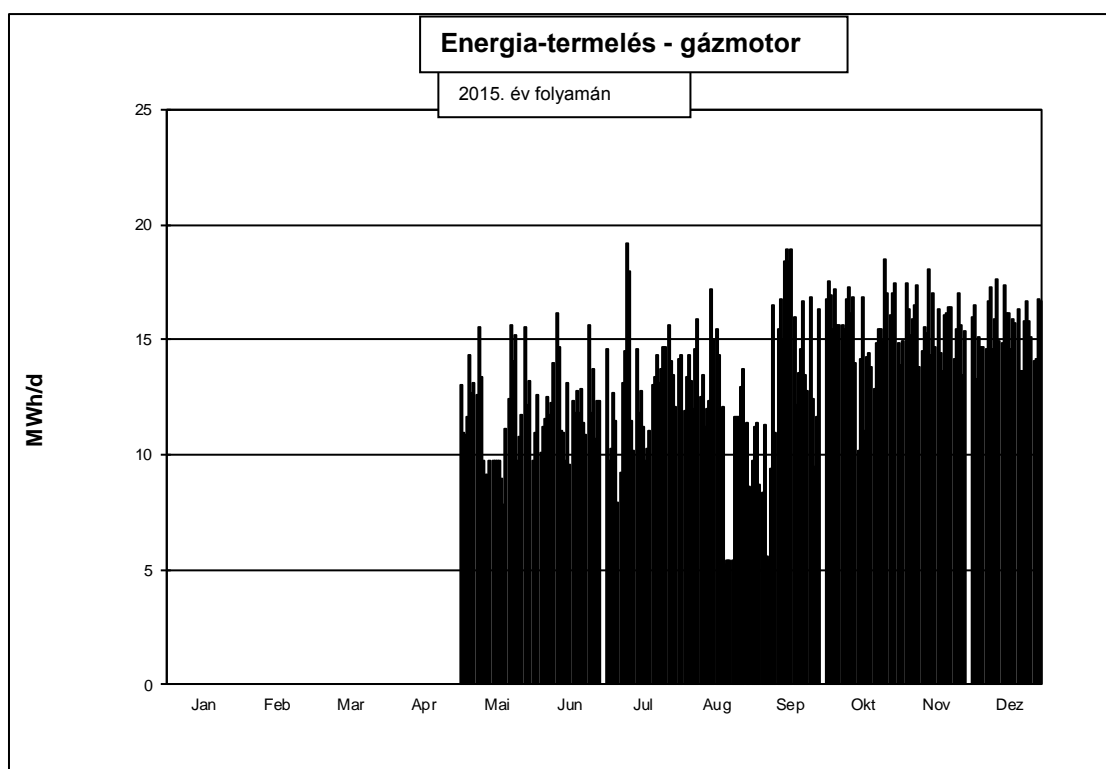
Ábra A.67: Biogáz-termelés éves értéke (2015)



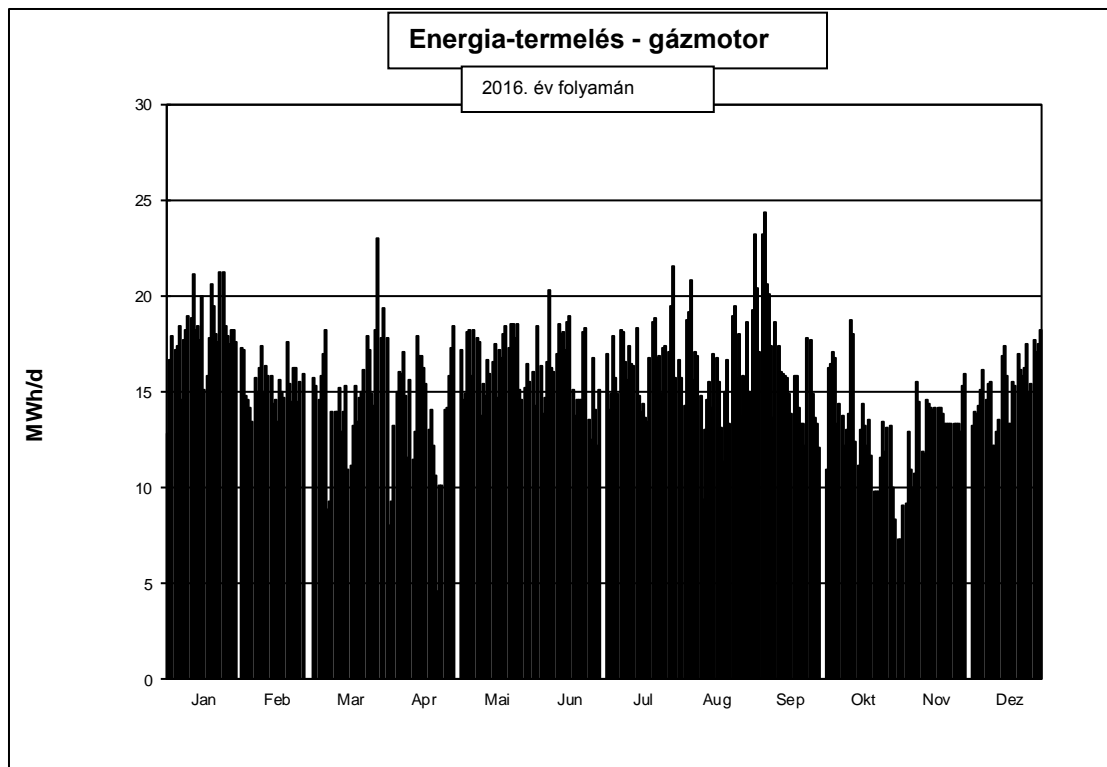
Ábra A.68: Biogáz-termelés éves értéke (2016)



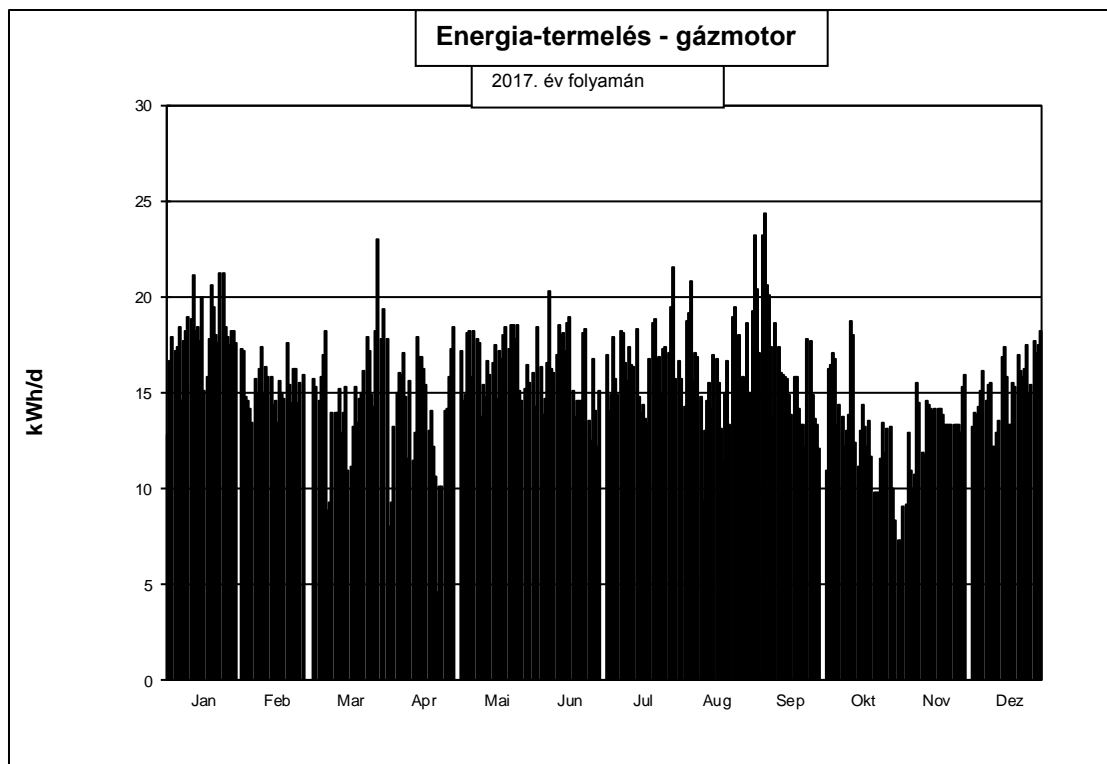
Ábra A.69: Biogáz-termelés éves értéke (2017)



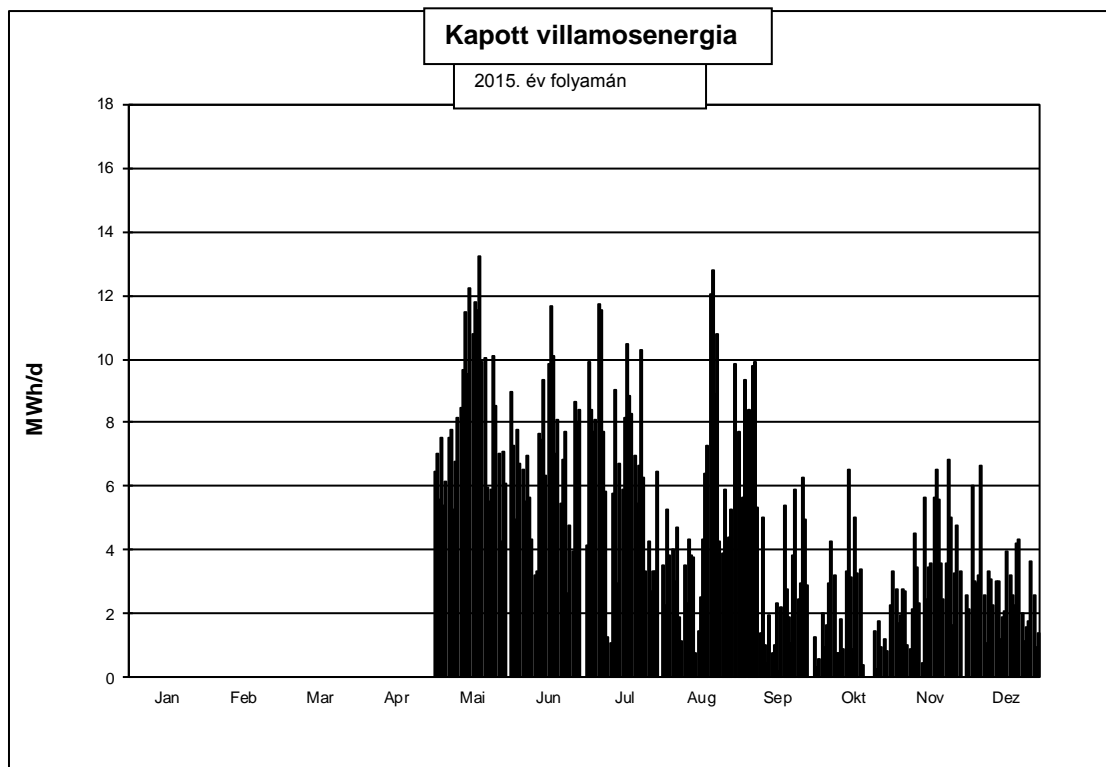
Ábra A.70: Energia-termelés gázmotor (2015)



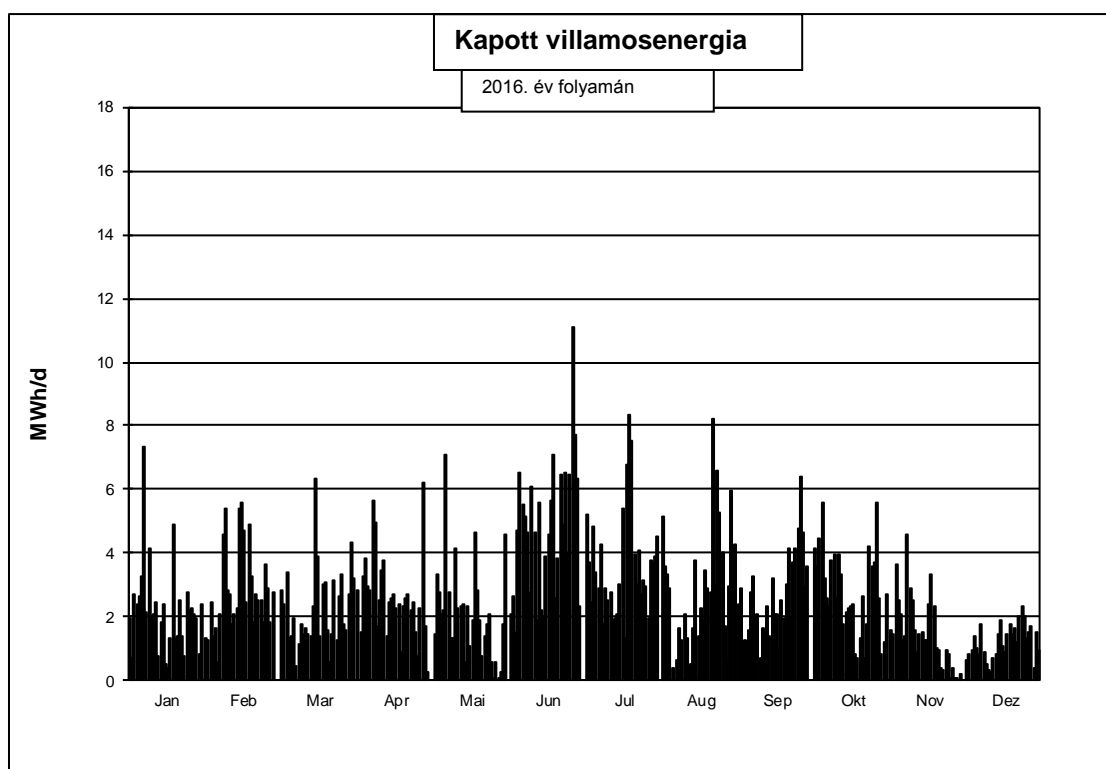
Ábra A.71: Villamosenergia-termelés gázmotor (2016)



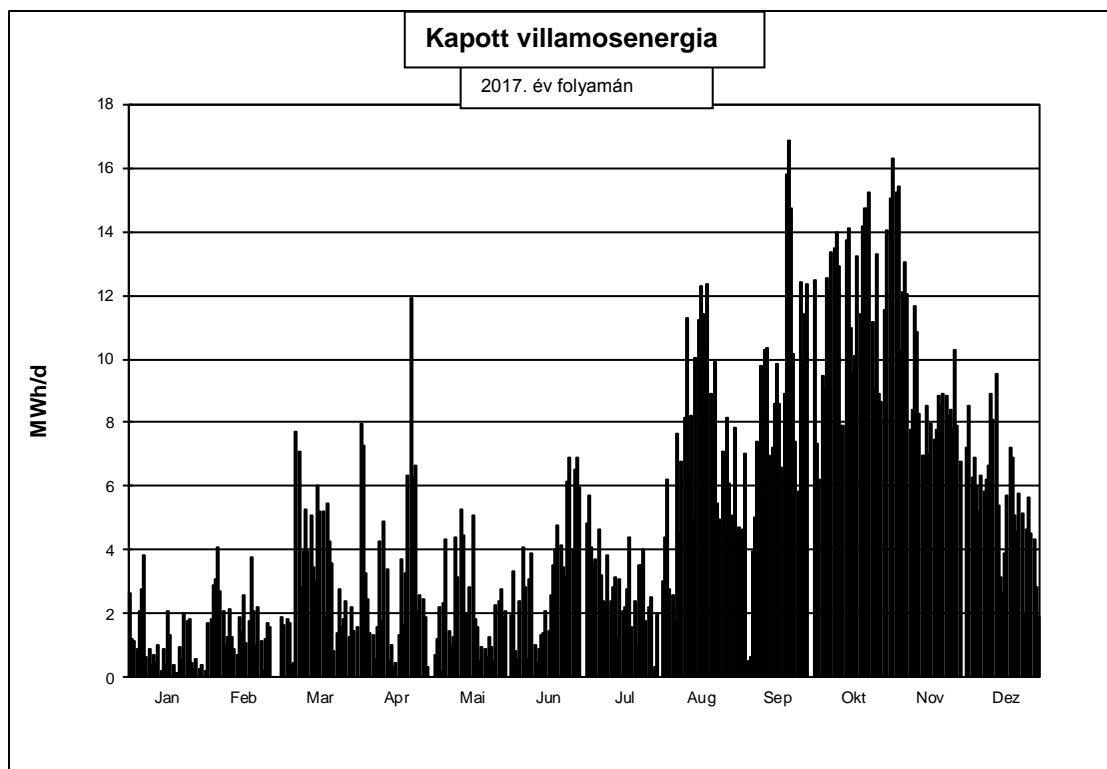
Ábra A.72: Villamosenergia-termelés gázmotor (2017)



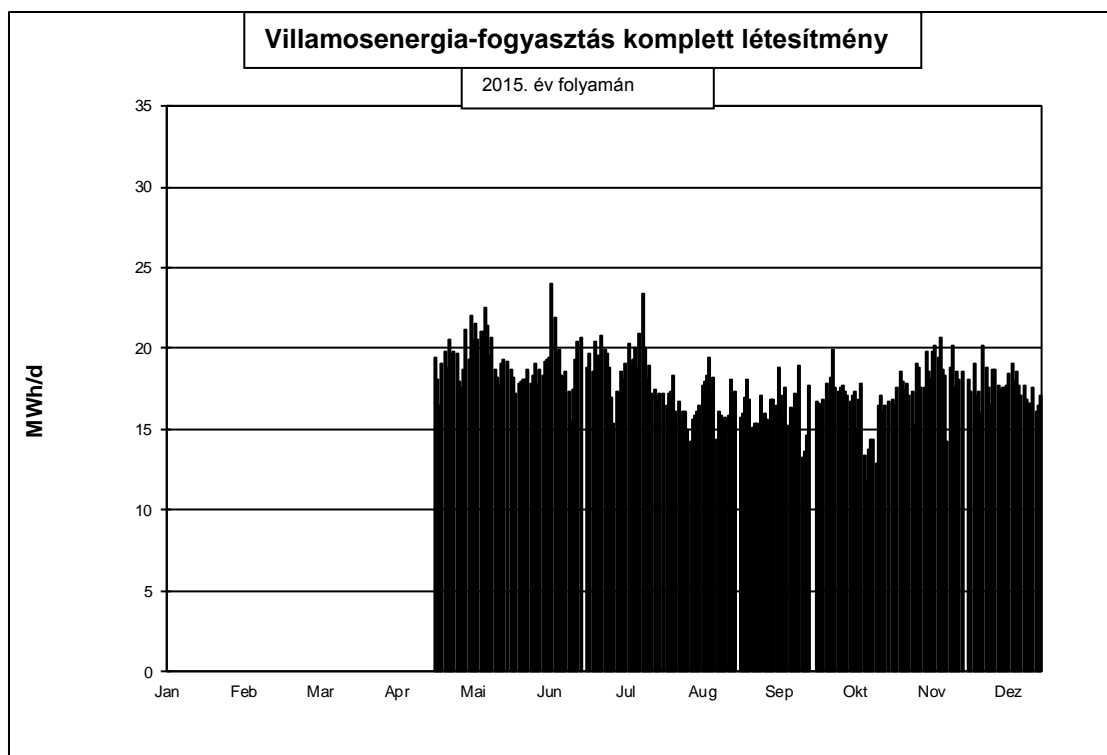
Ábra A.73: Kapott villamos energia éves értéke (2015)



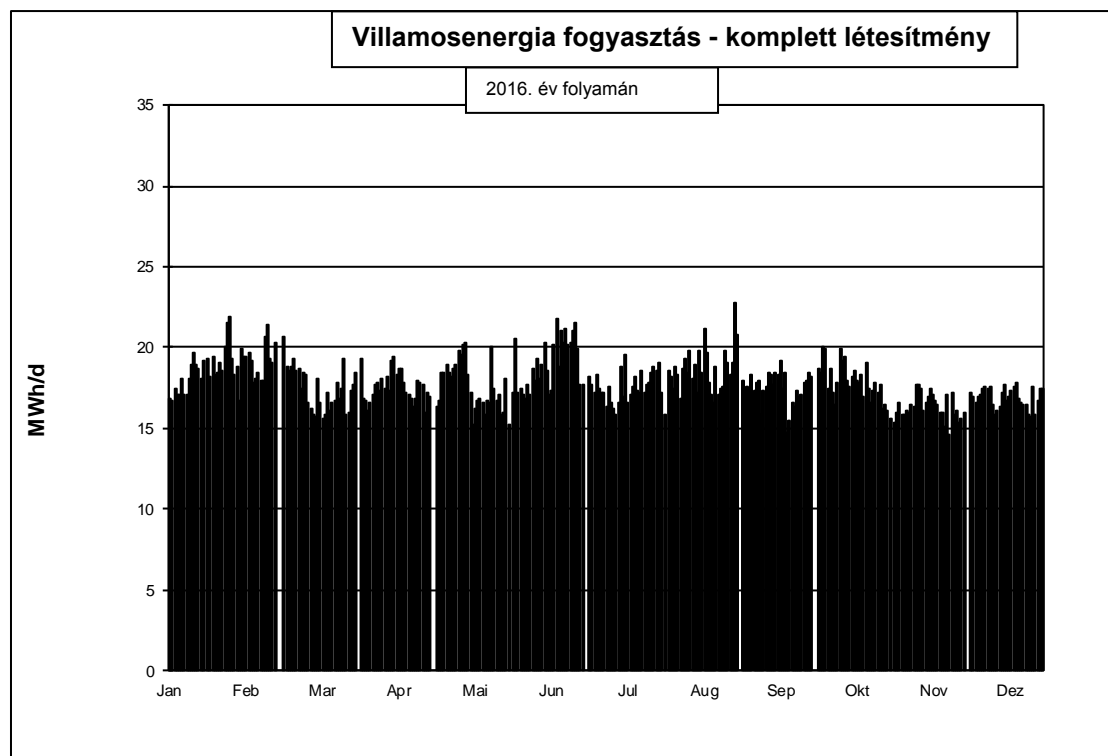
Ábra A.74: Kapott villamos energia éves értéke (2016)



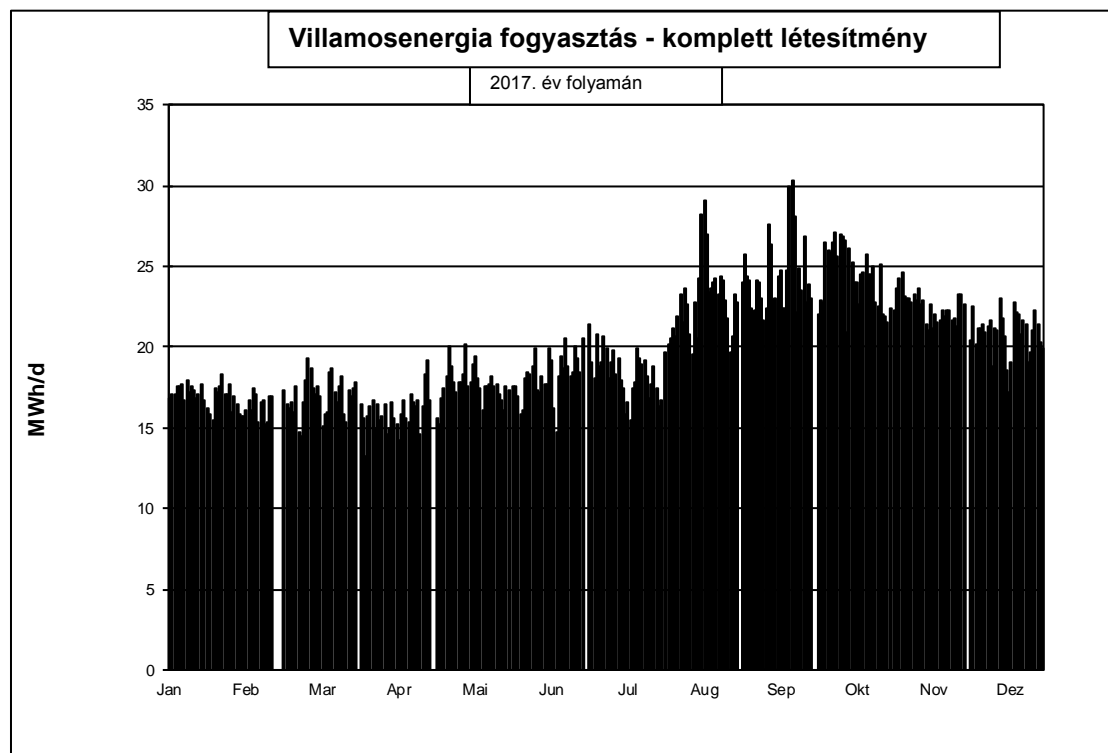
Ábra A.75: Kapott villamos energia éves értéke (2017)



Ábra A.76: Villamosenergia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2015)

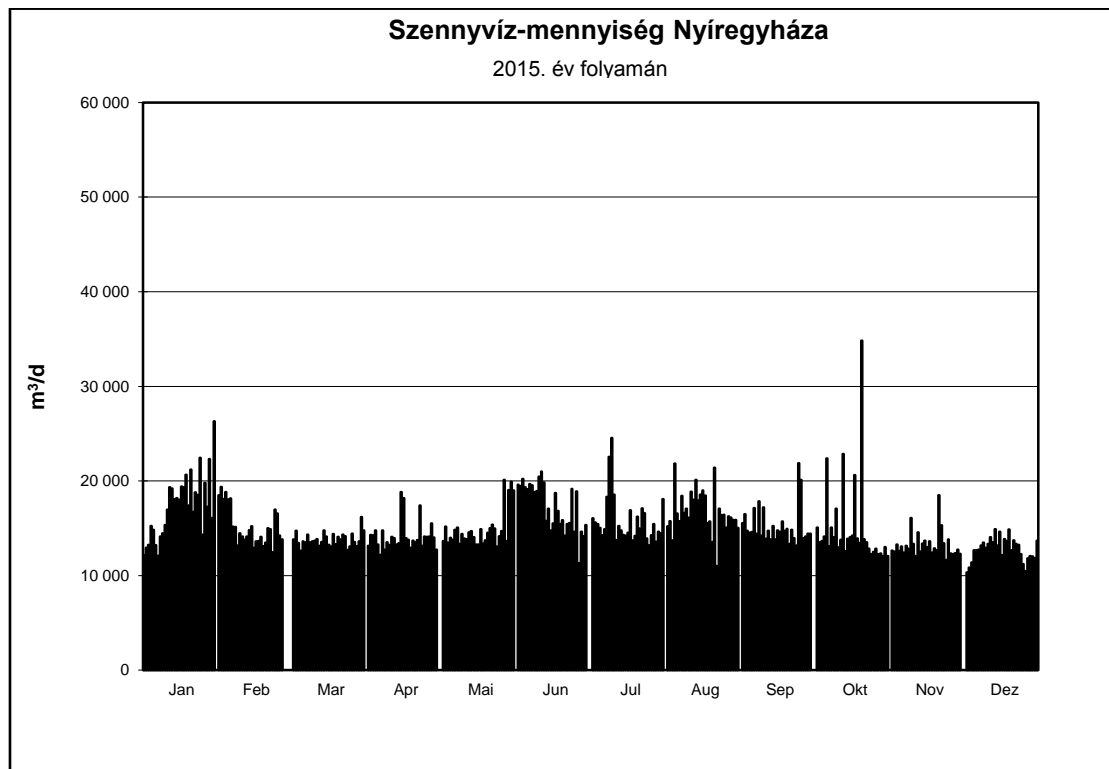


Ábra A.77: Villamosenergia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2016)

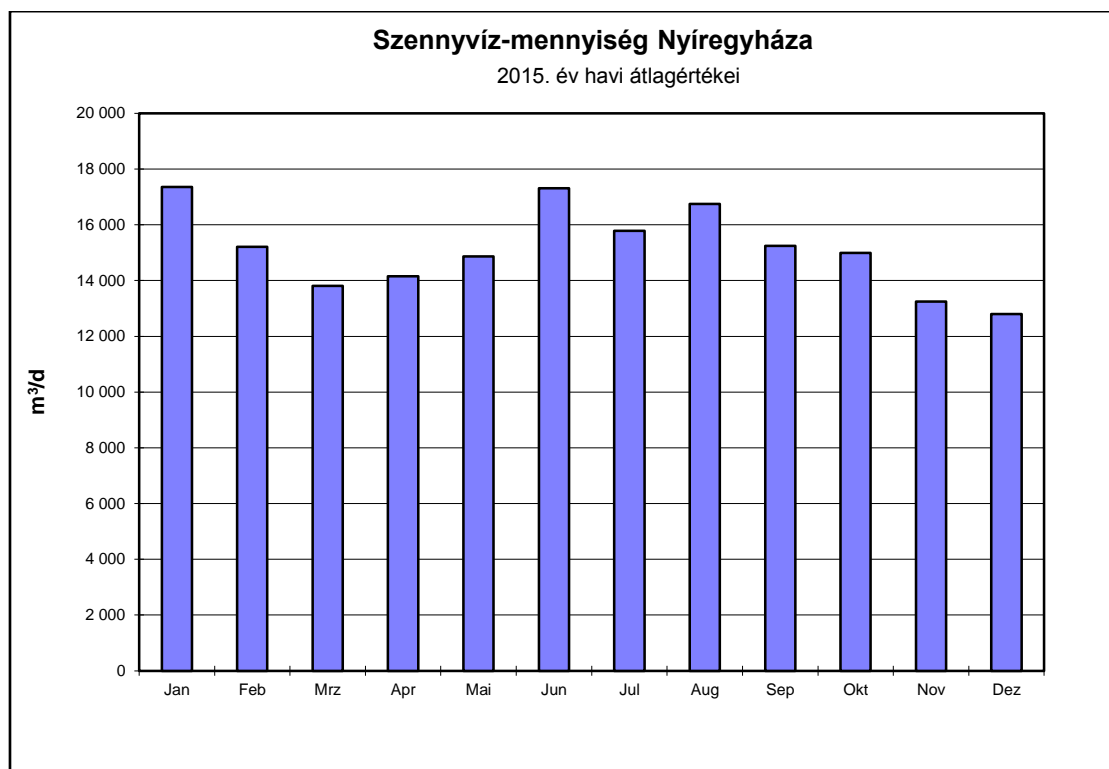


Ábra A.78: Villamosenergia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2017)

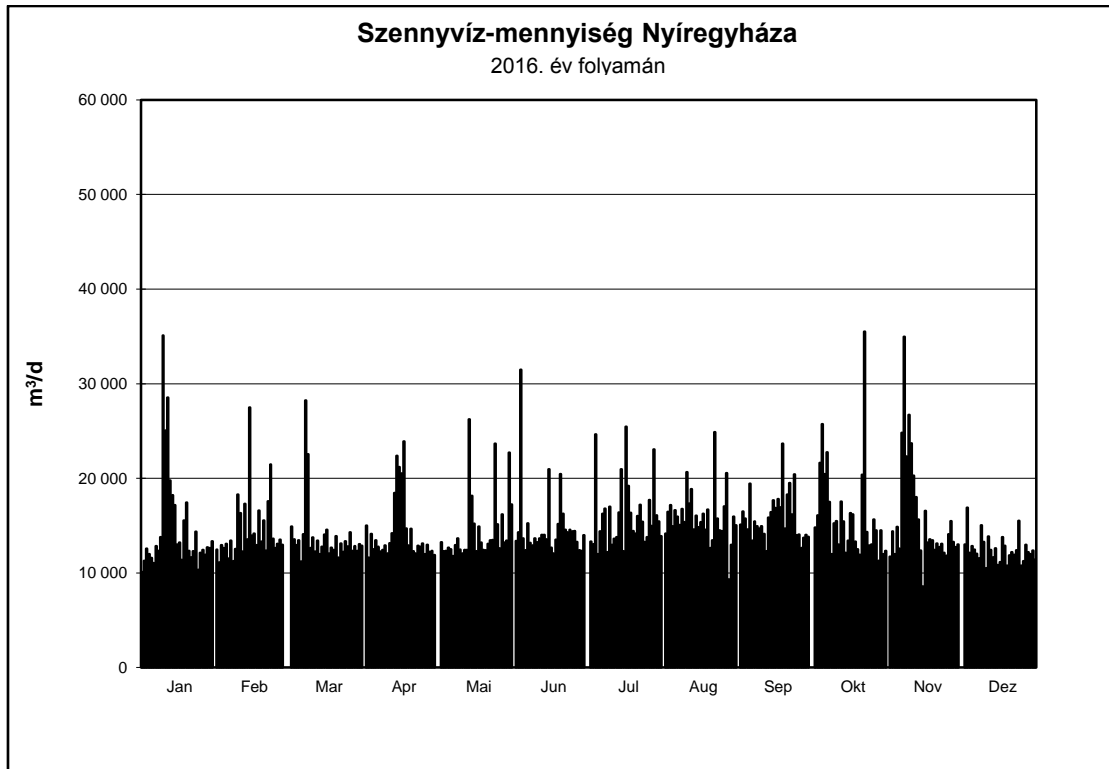
B Diagramok – Nyíregyháza szennyvíztisztító telep



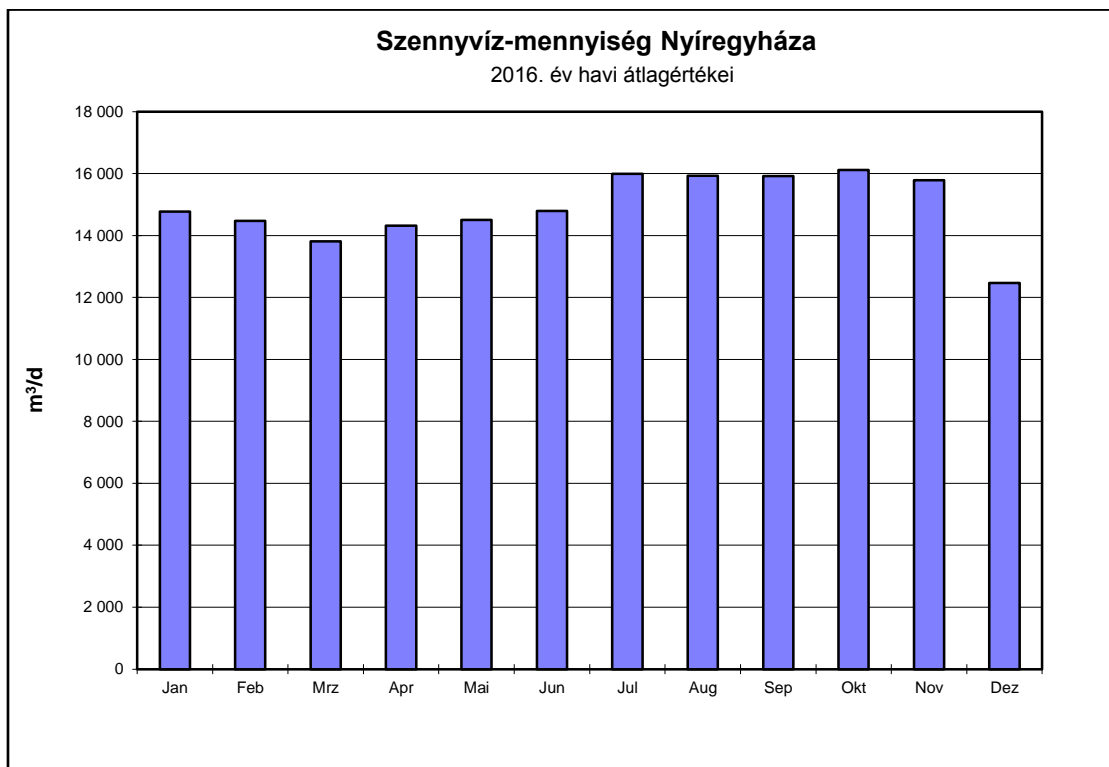
Ábra B.79: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2015)



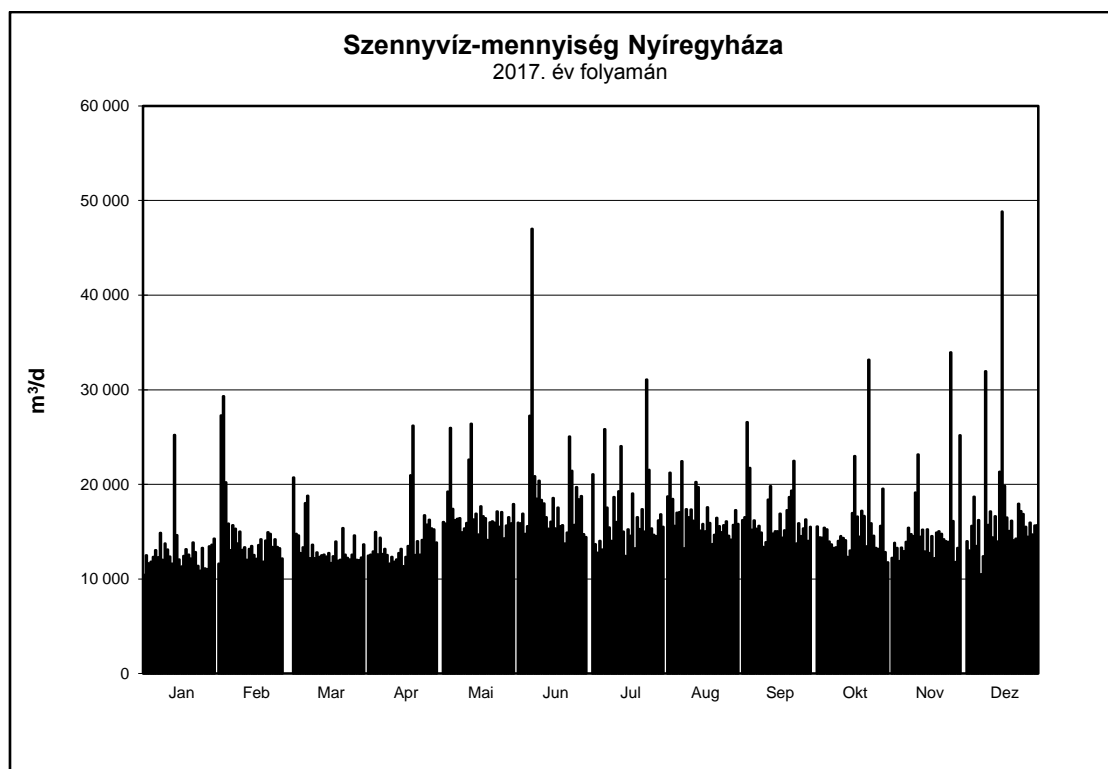
Ábra B.80: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2015)



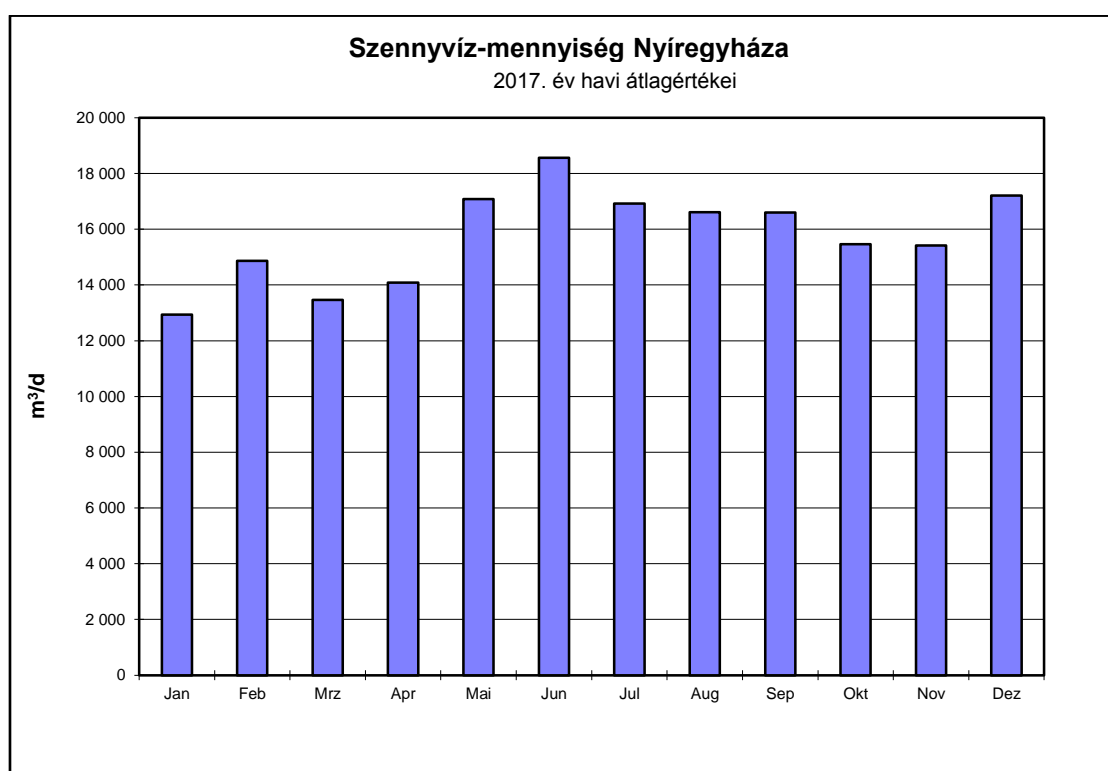
Ábra B.81: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2016)



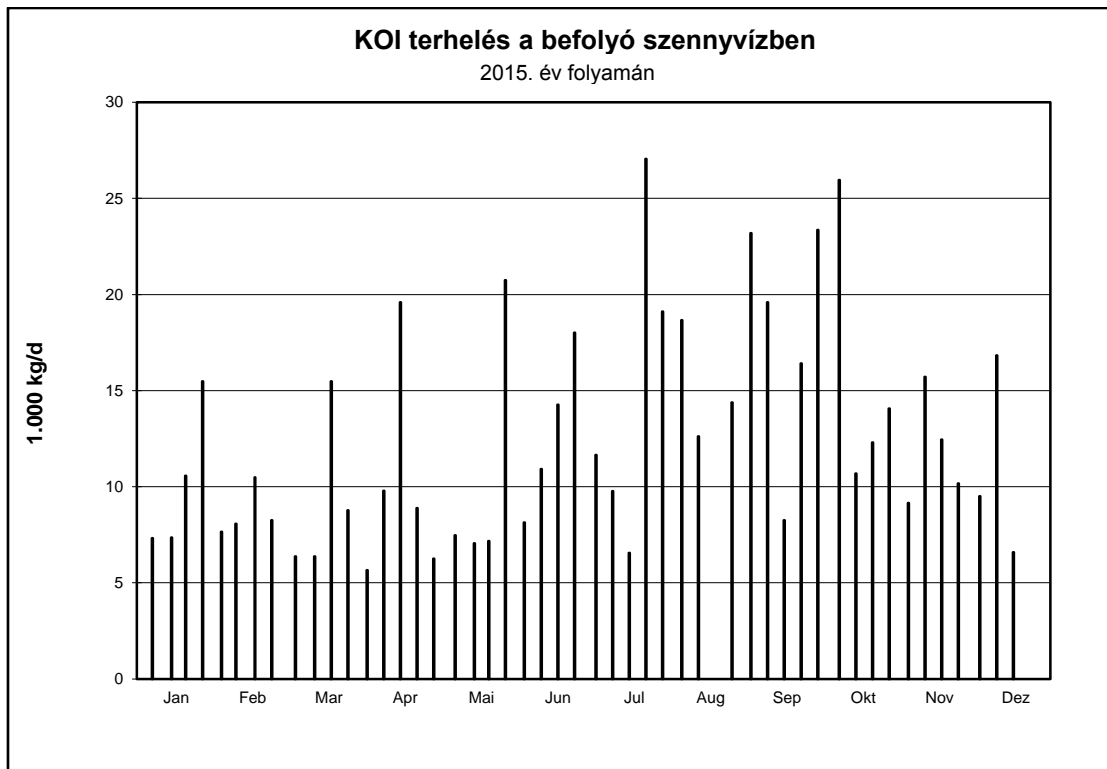
Ábra B.82: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2016)



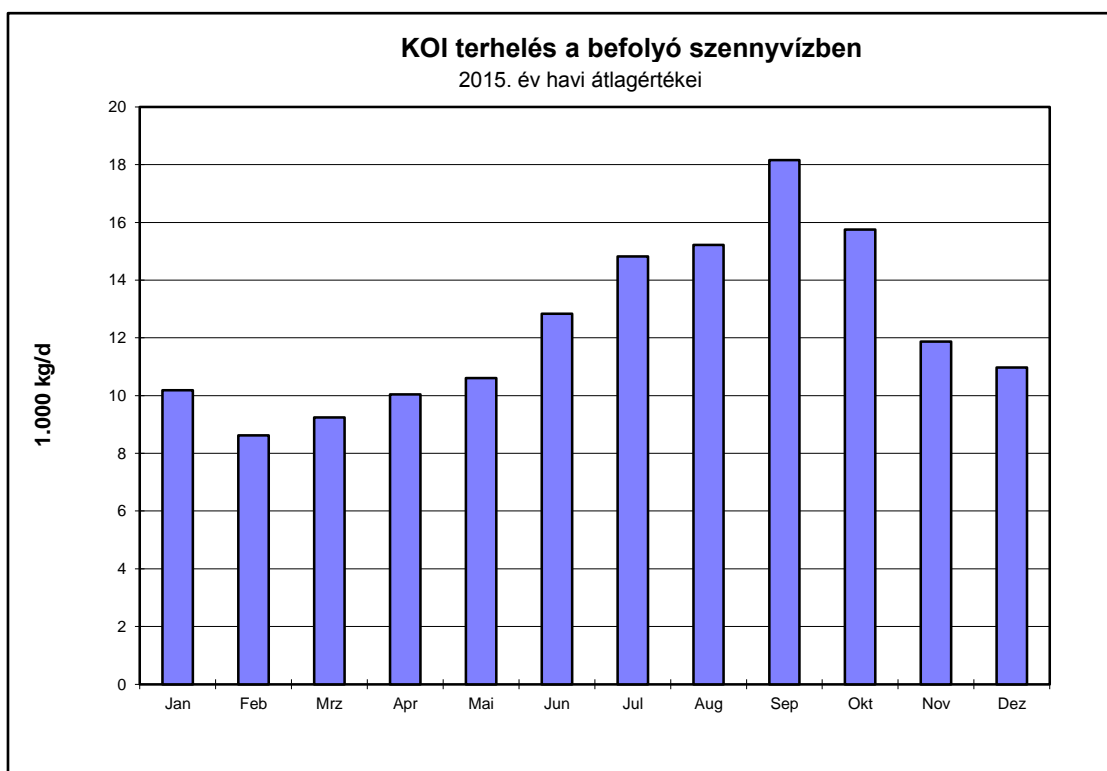
Ábra B.83: Befolyó szennyvíz éves mértéke (2017)



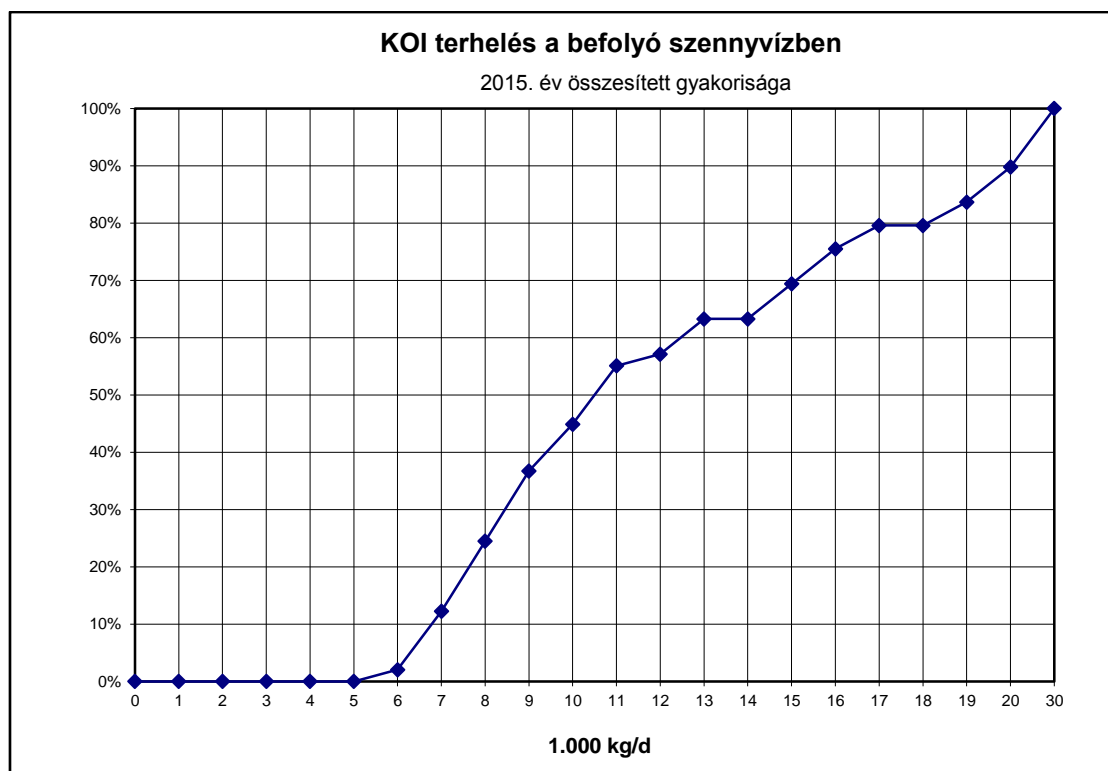
Ábra B.84: Befolyó szennyvíz havi átlagértéke (2017)



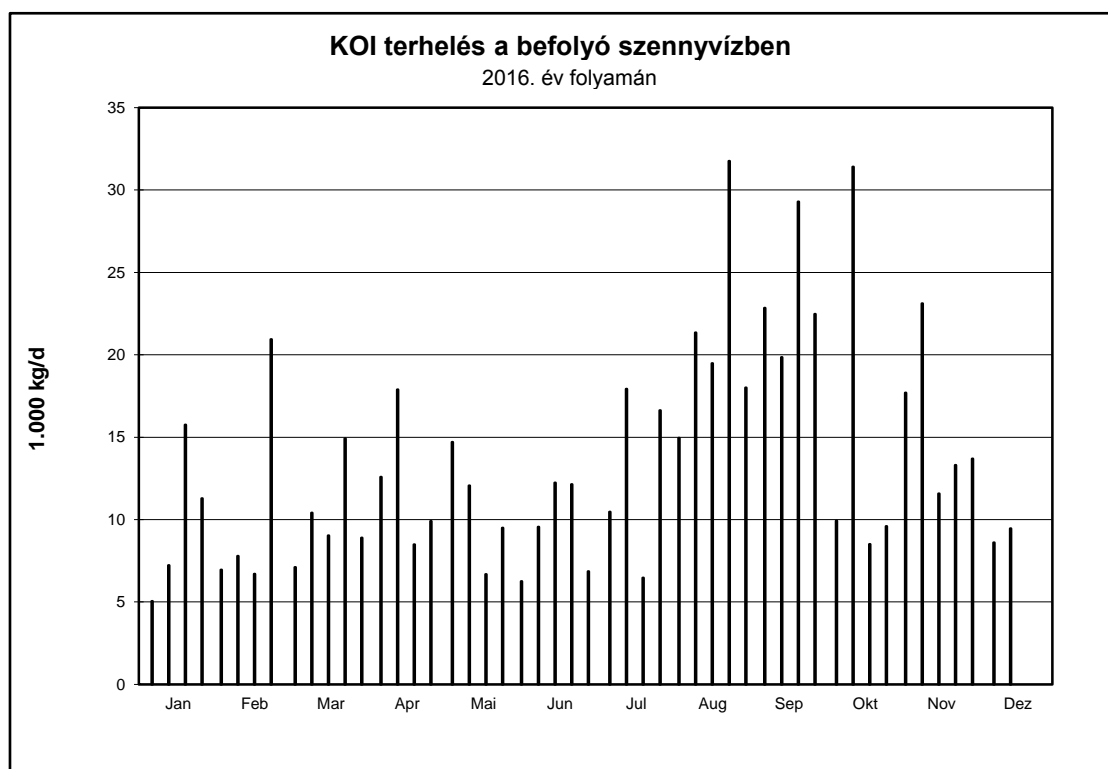
Ábra B.85: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)



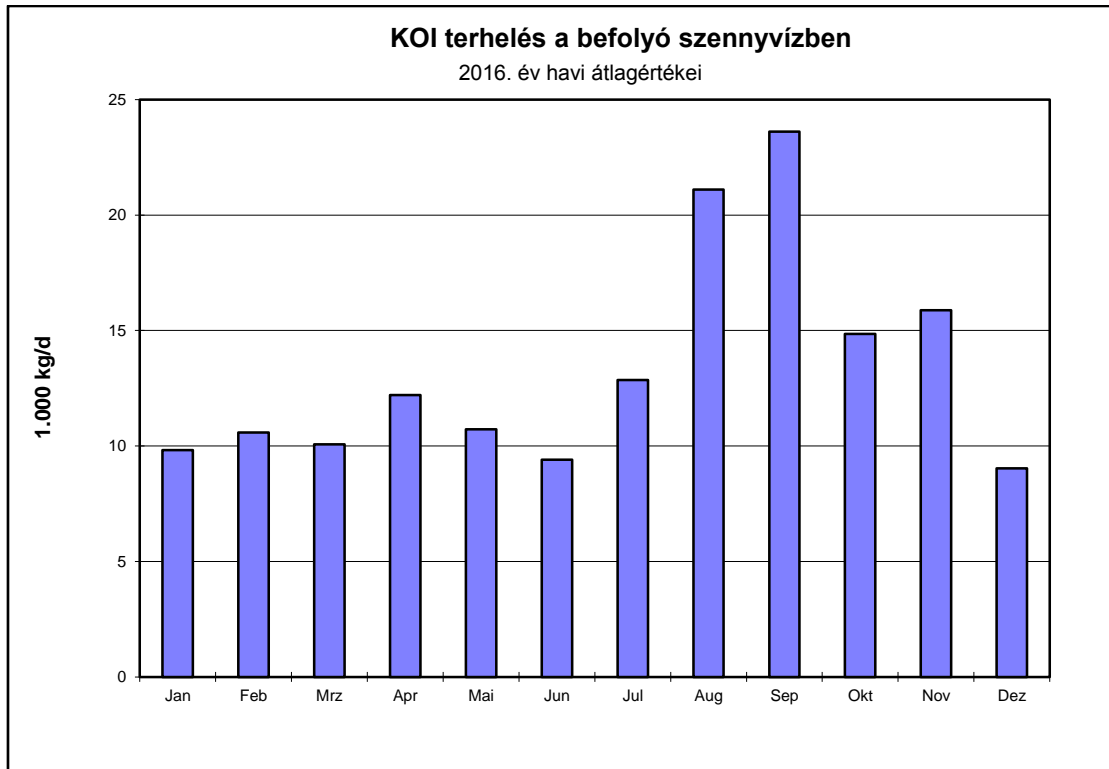
Ábra B.86: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015)



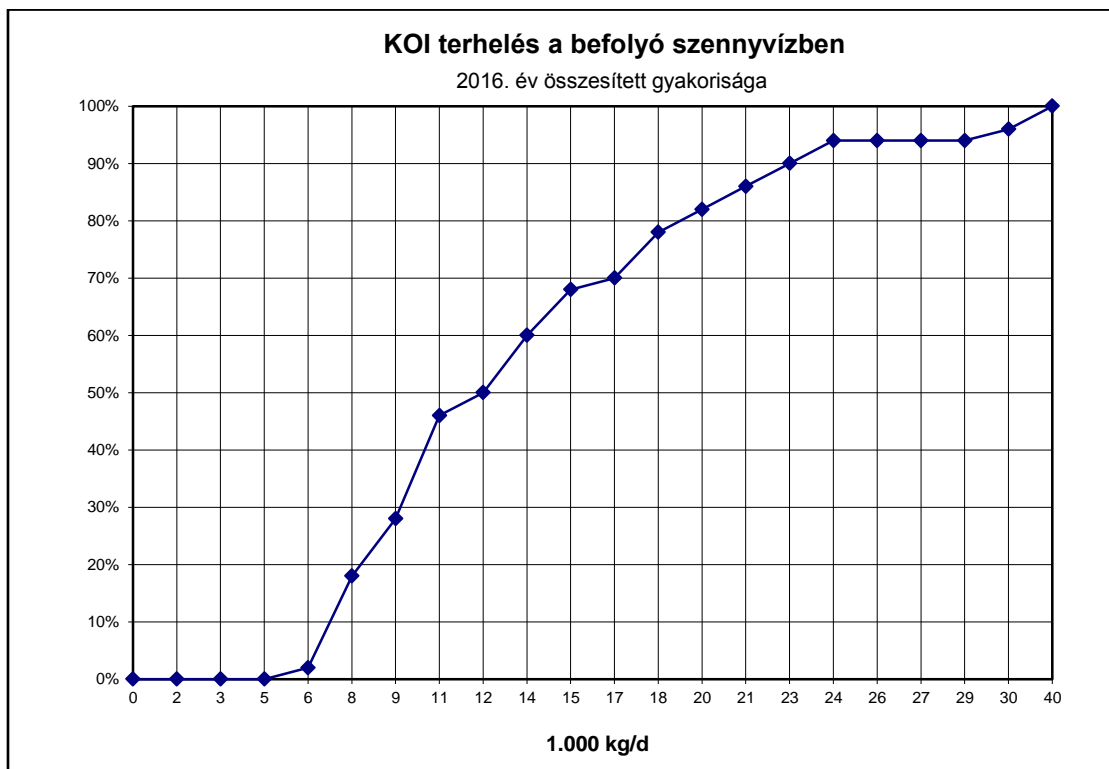
Ábra B.87: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015)



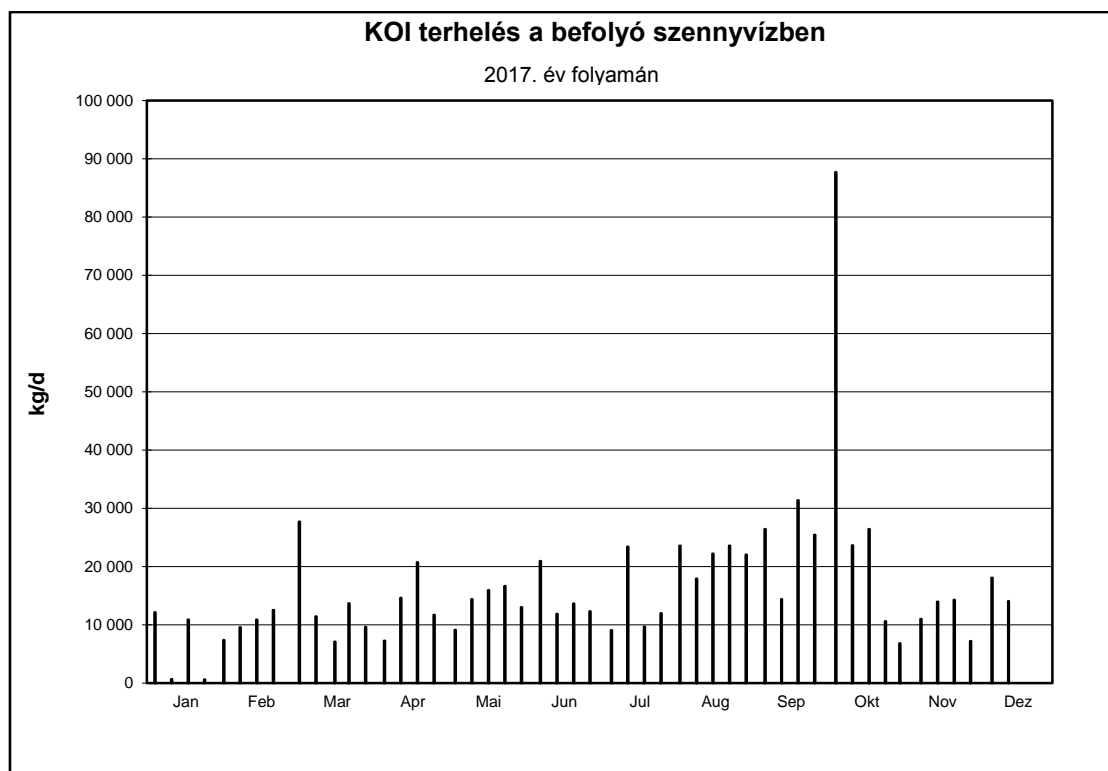
Ábra B.88: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



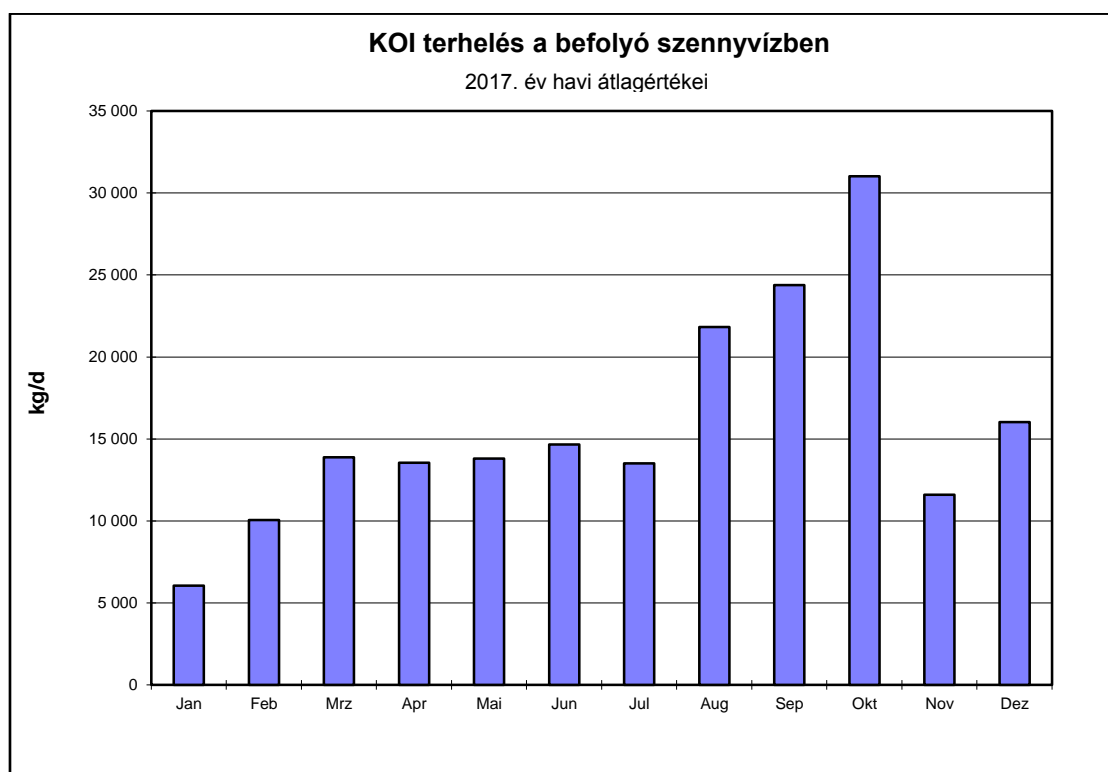
Ábra B.89: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



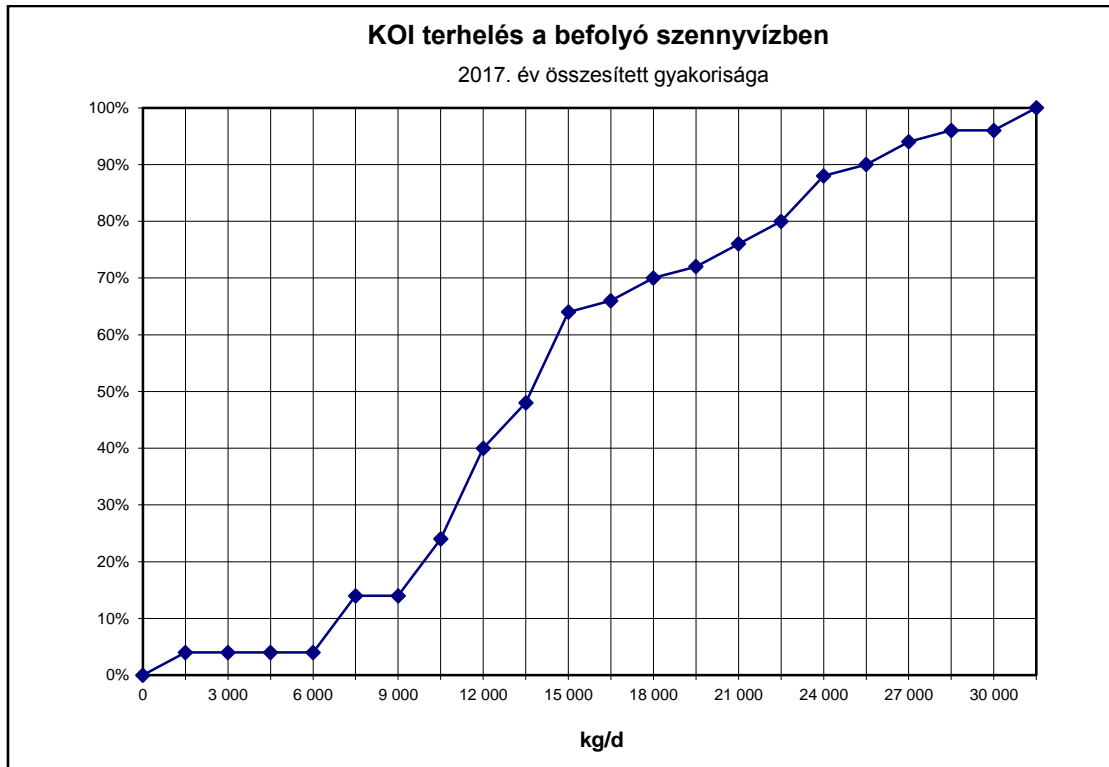
Ábra B.90: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



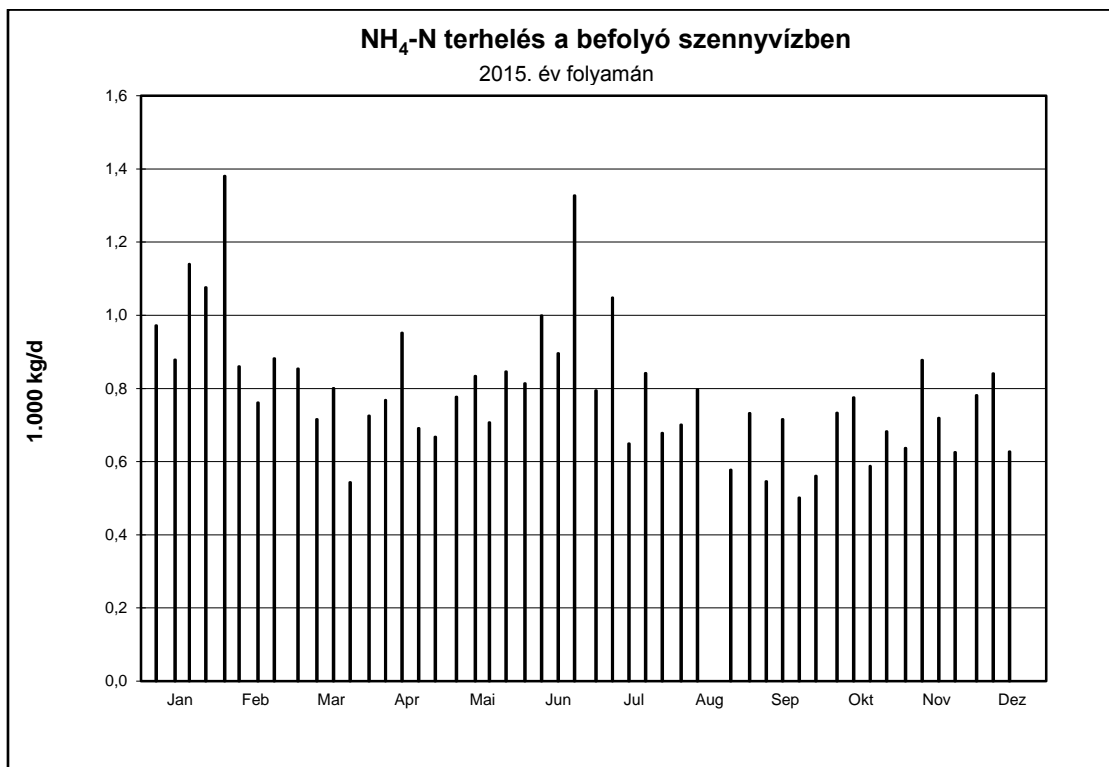
Ábra B.91: KOI terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



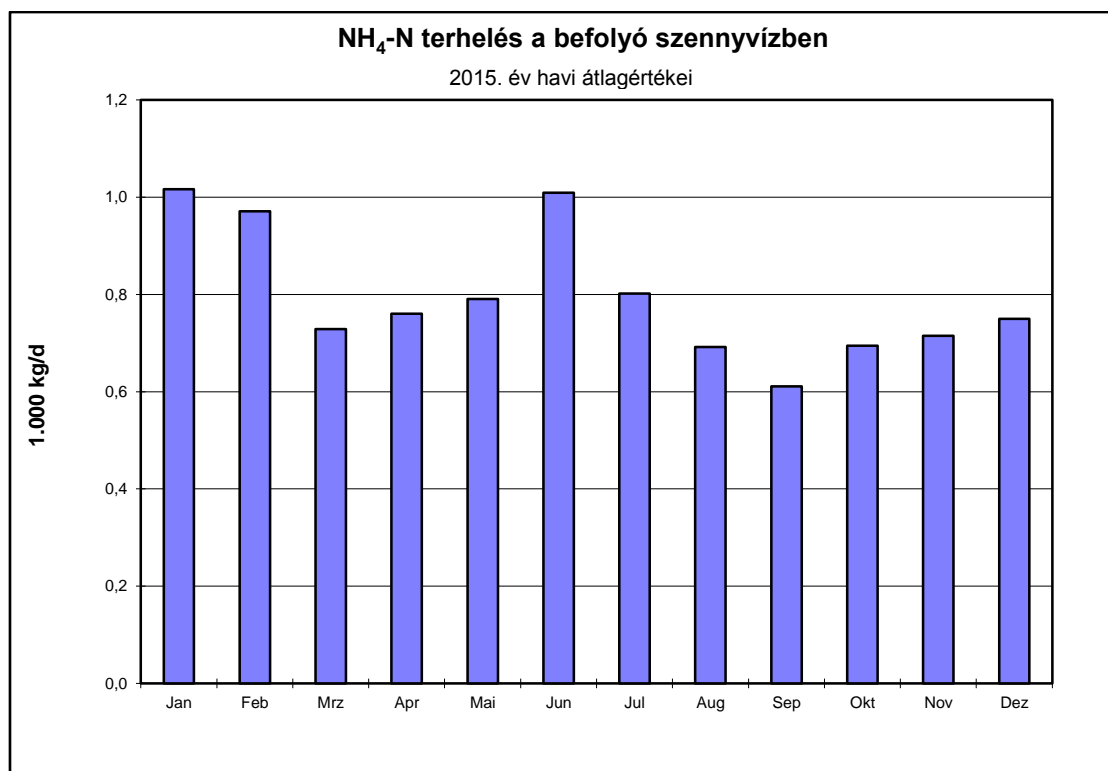
Ábra B.92: KOI terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



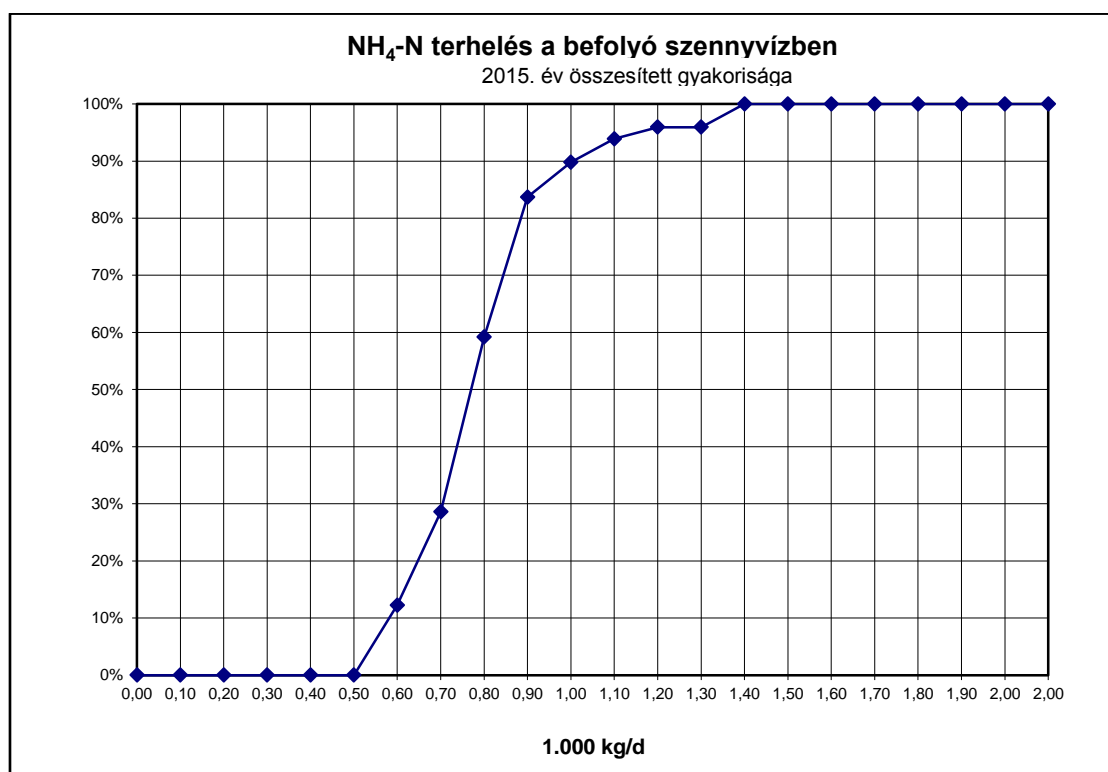
Ábra B.93: KOI terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



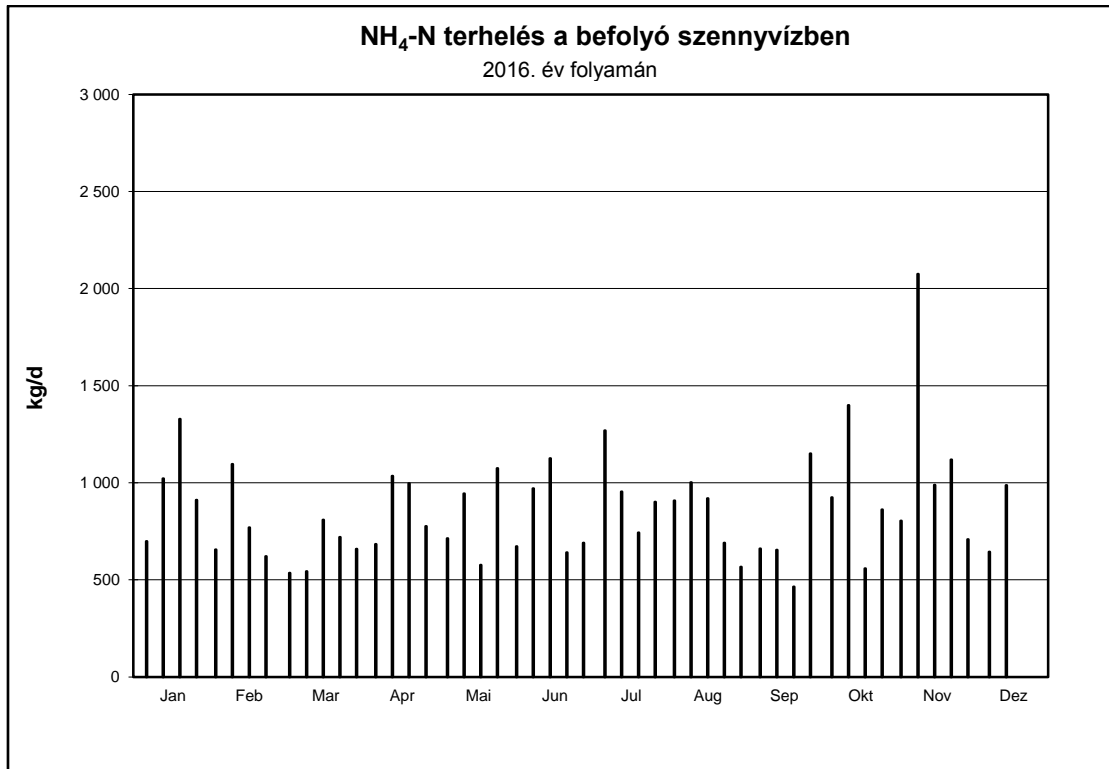
Ábra B.94: NH₄-N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)



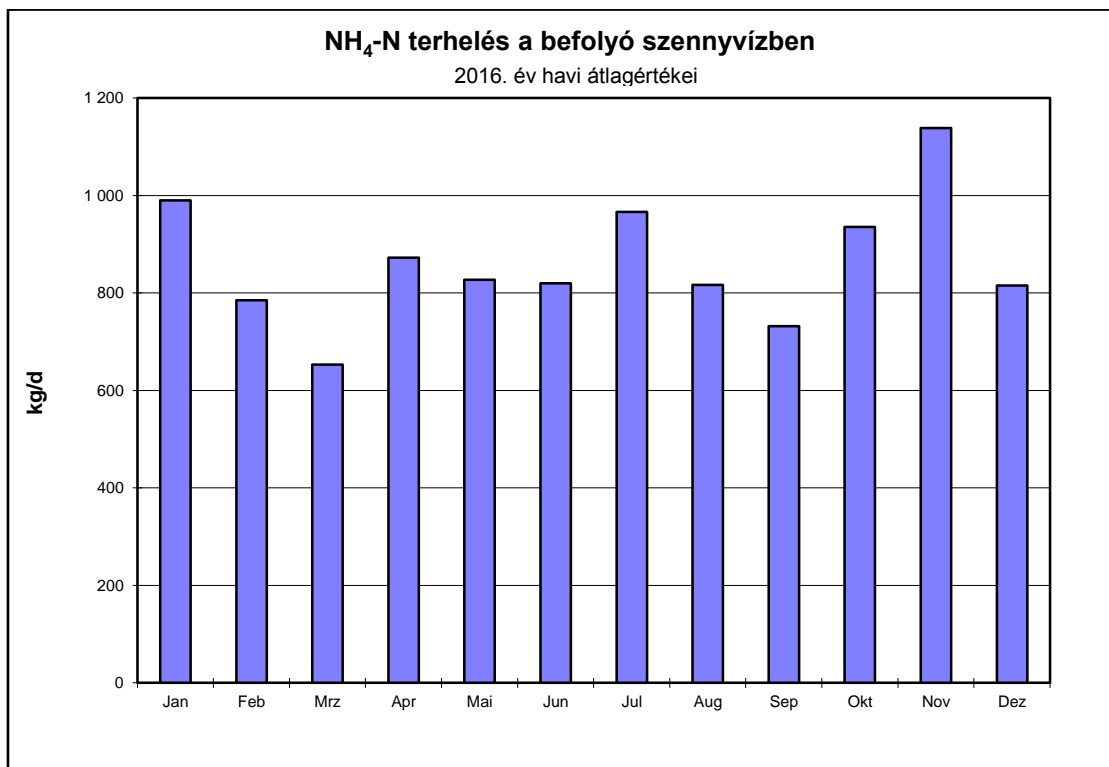
Ábra B.95: NH₄-N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015)



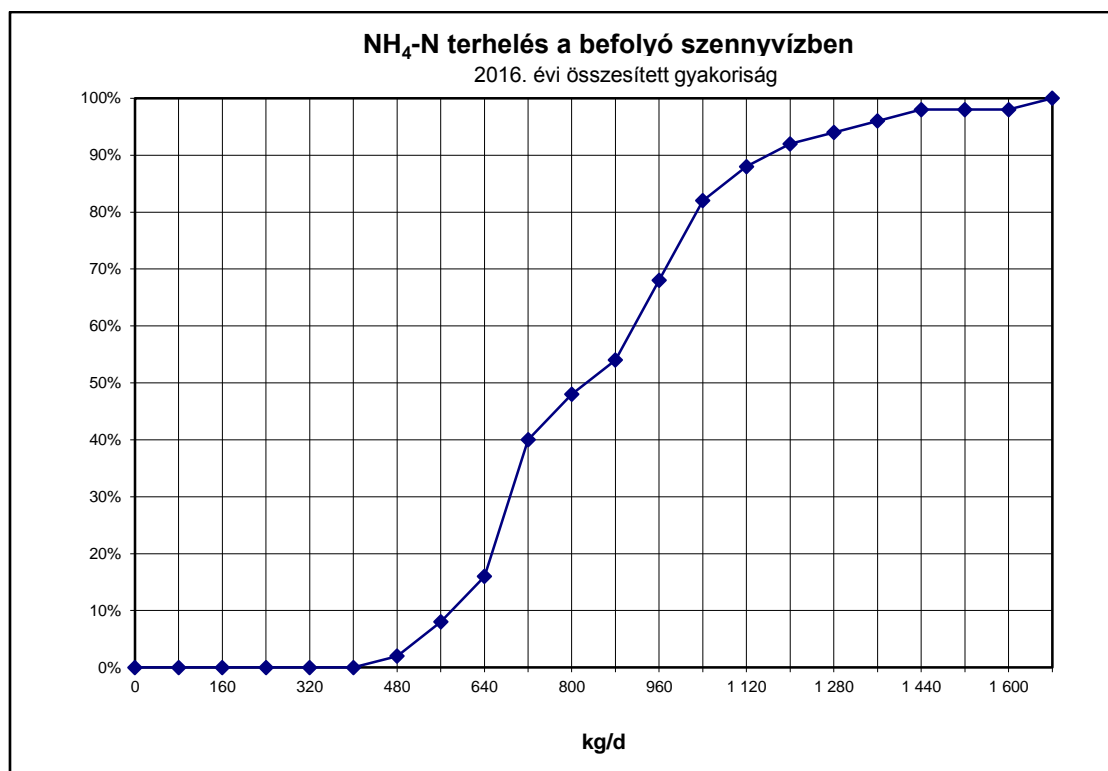
Ábra B.96: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015)



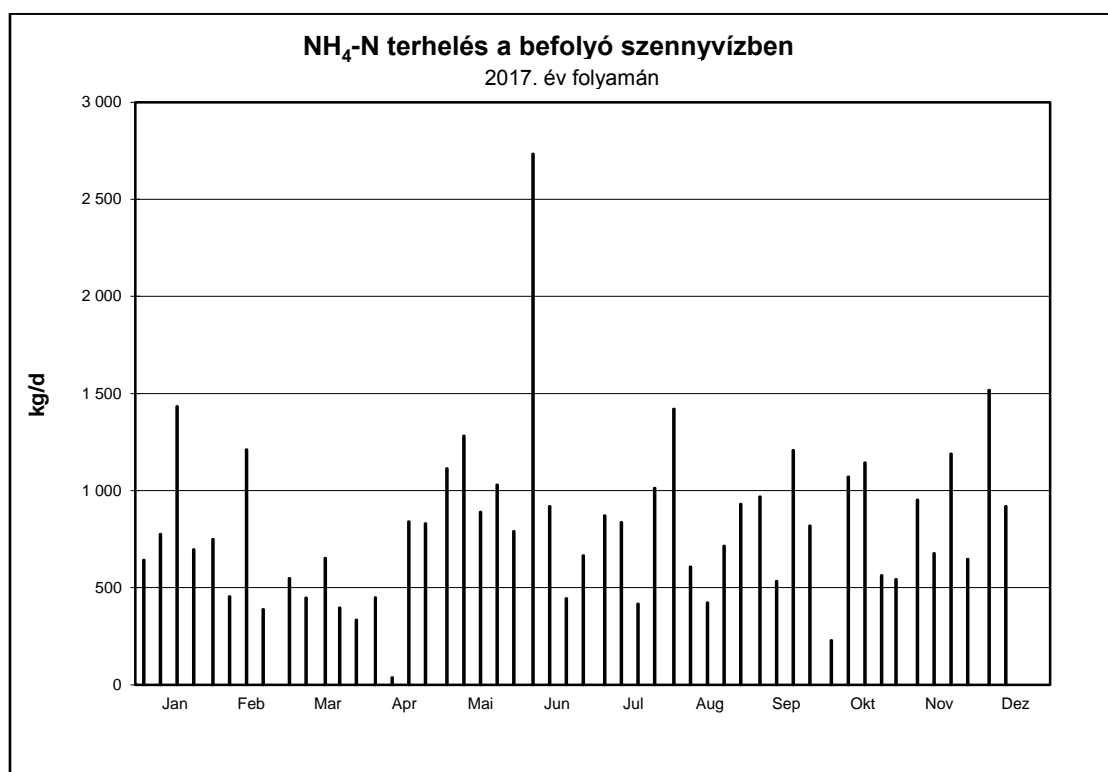
Ábra B.97: NH₄-N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



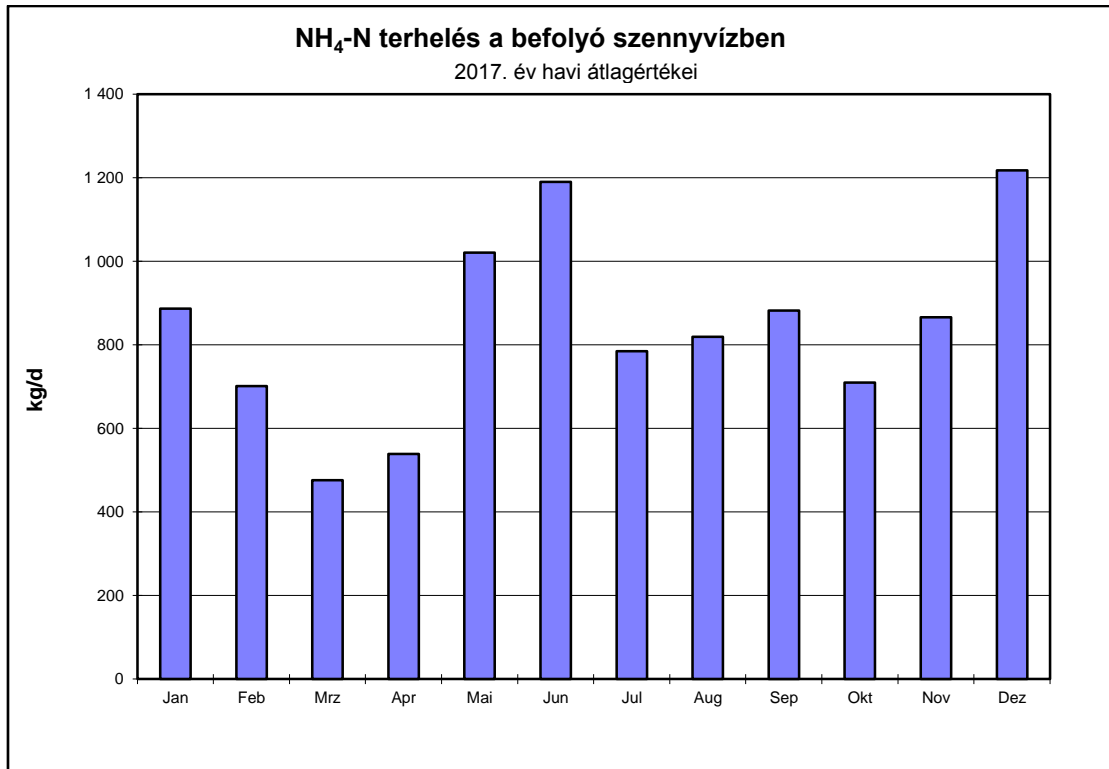
Ábra B.98: NH₄-N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



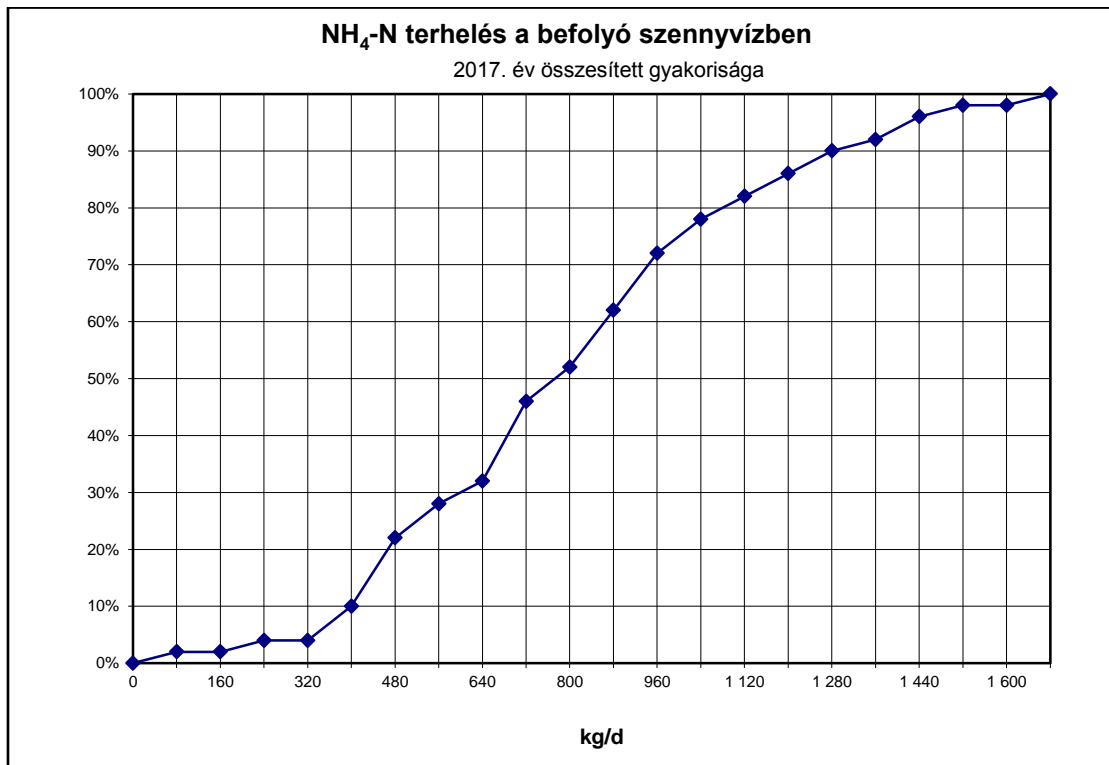
Ábra B.99: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



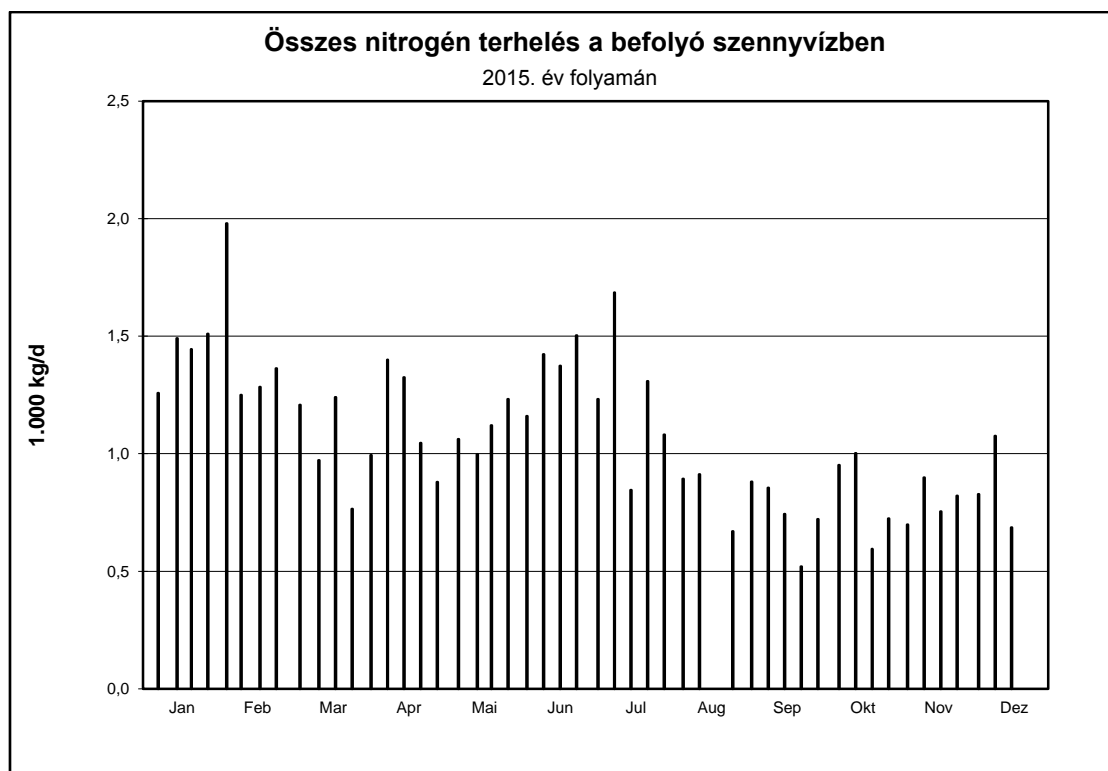
Ábra B.100: NH₄-N terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



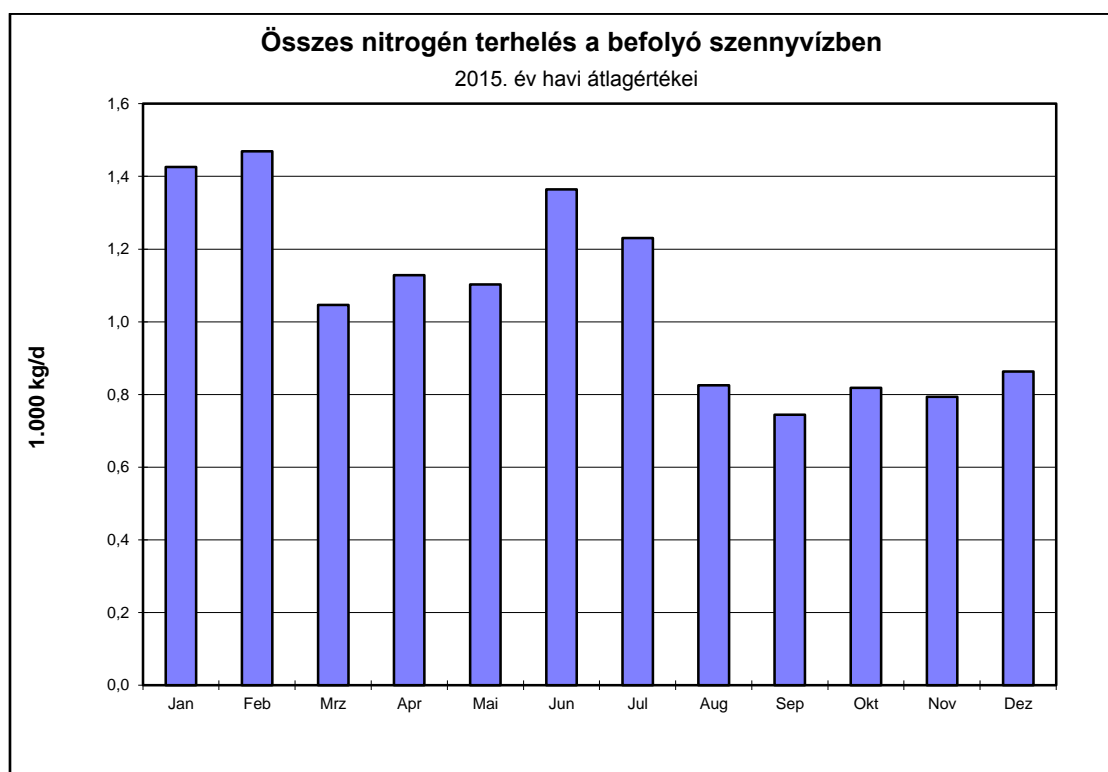
Ábra B.101: NH₄-N terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



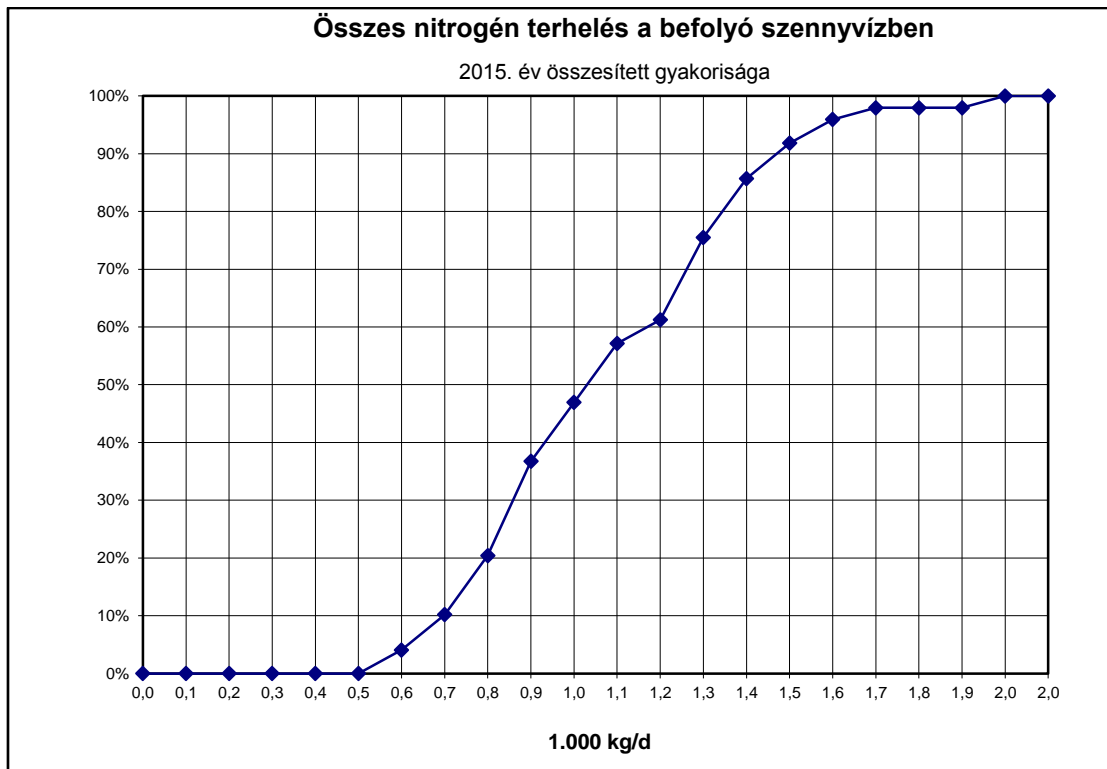
Ábra B.102: NH₄-N terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



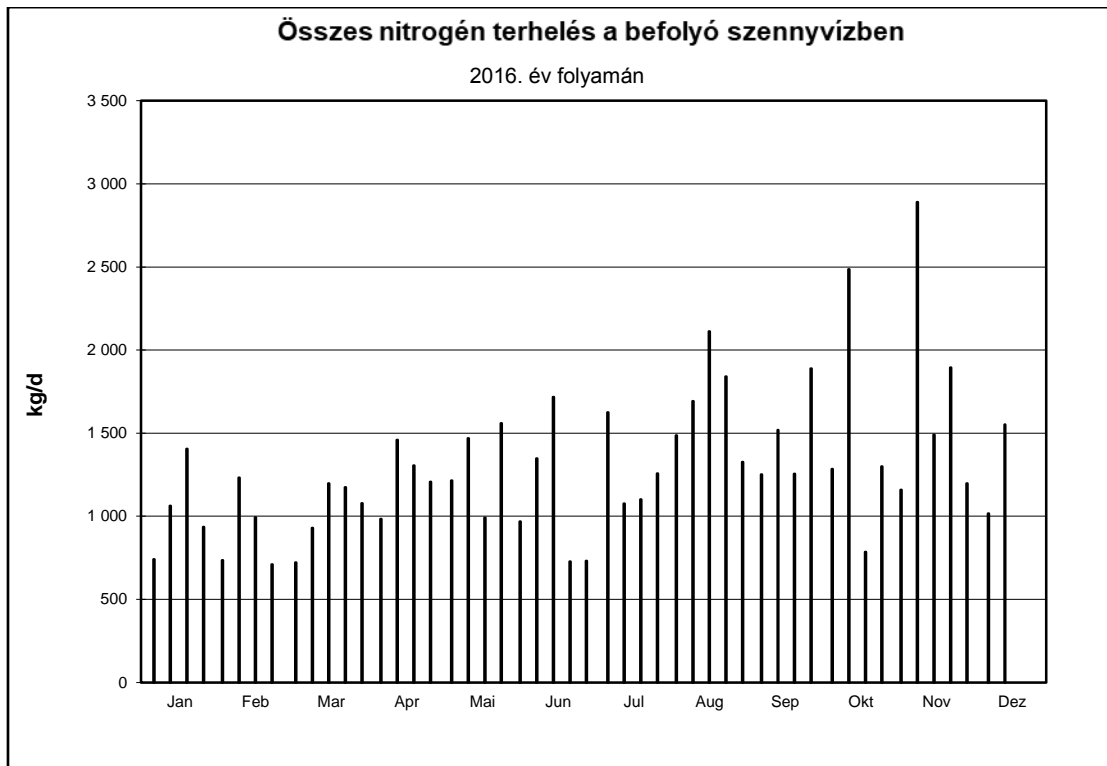
Ábra B.103: Összes nitrogén terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)



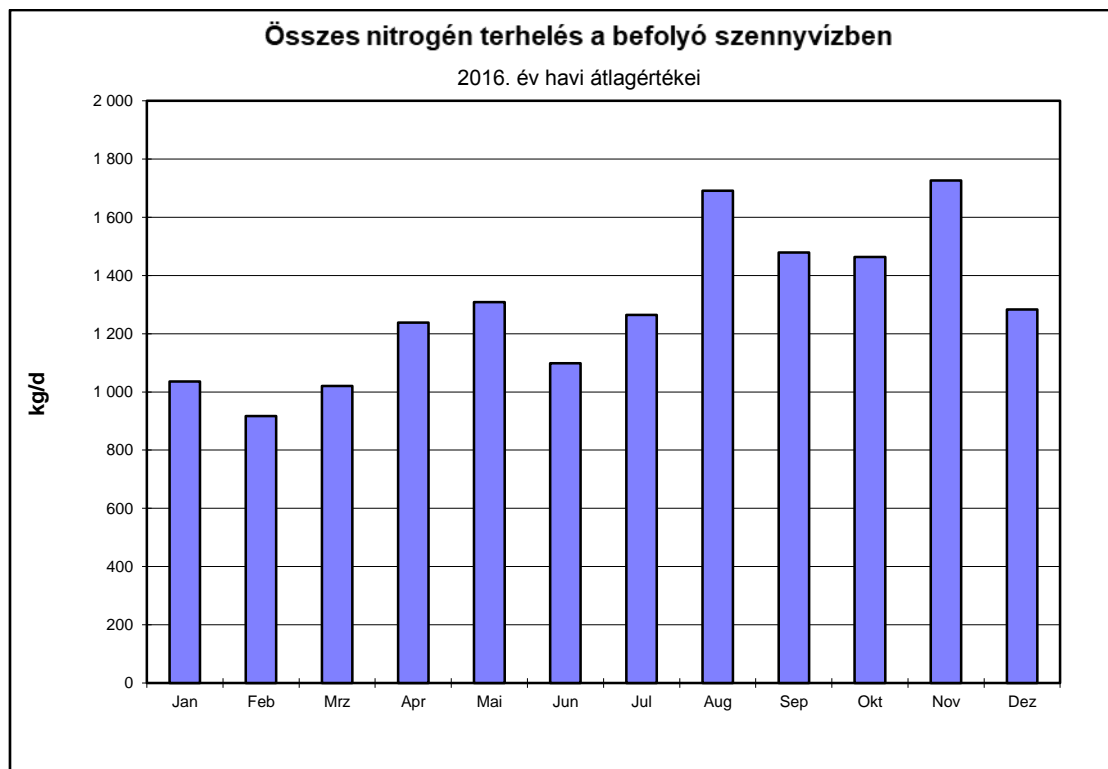
Ábra B.104: Összes nitrogén terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015)



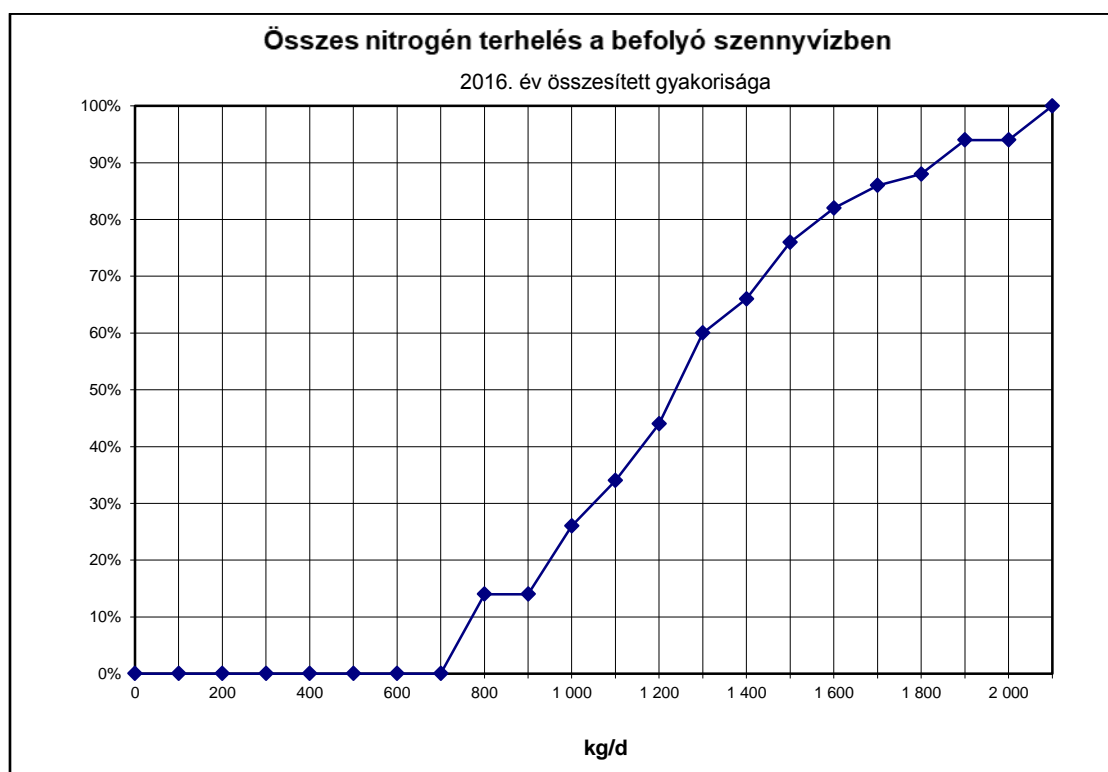
Ábra B.105: Összes nitrogén terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015)



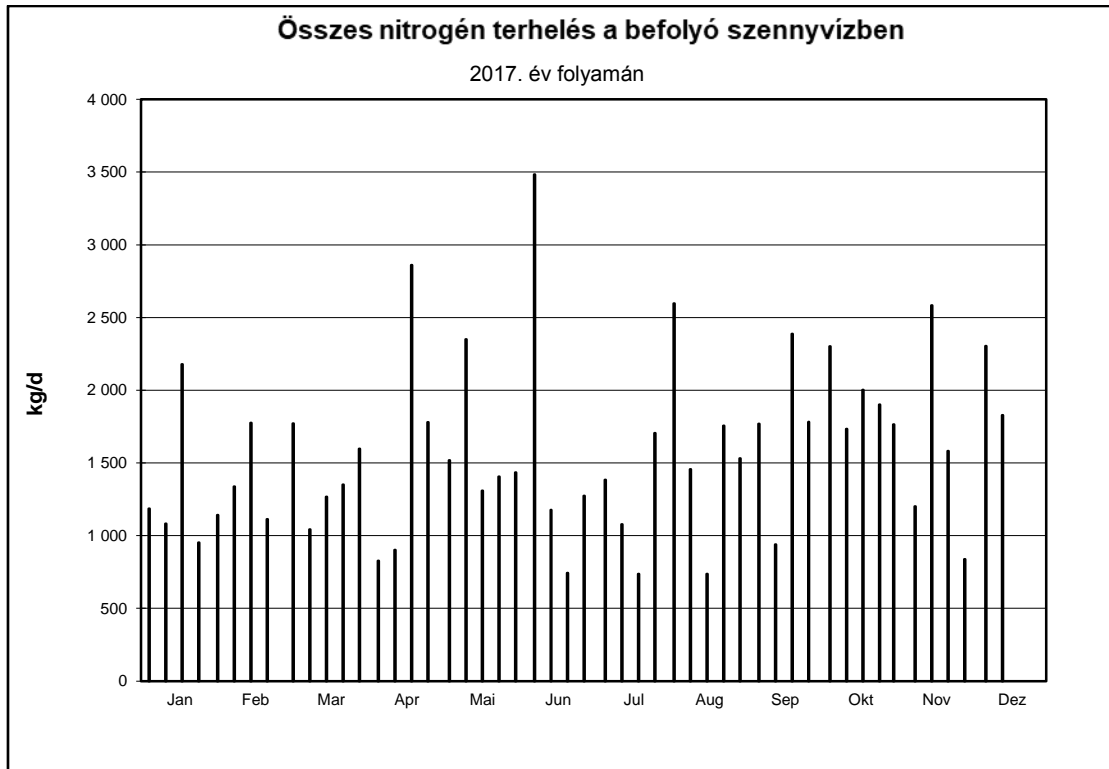
Ábra B.106: Összes nitrogén terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



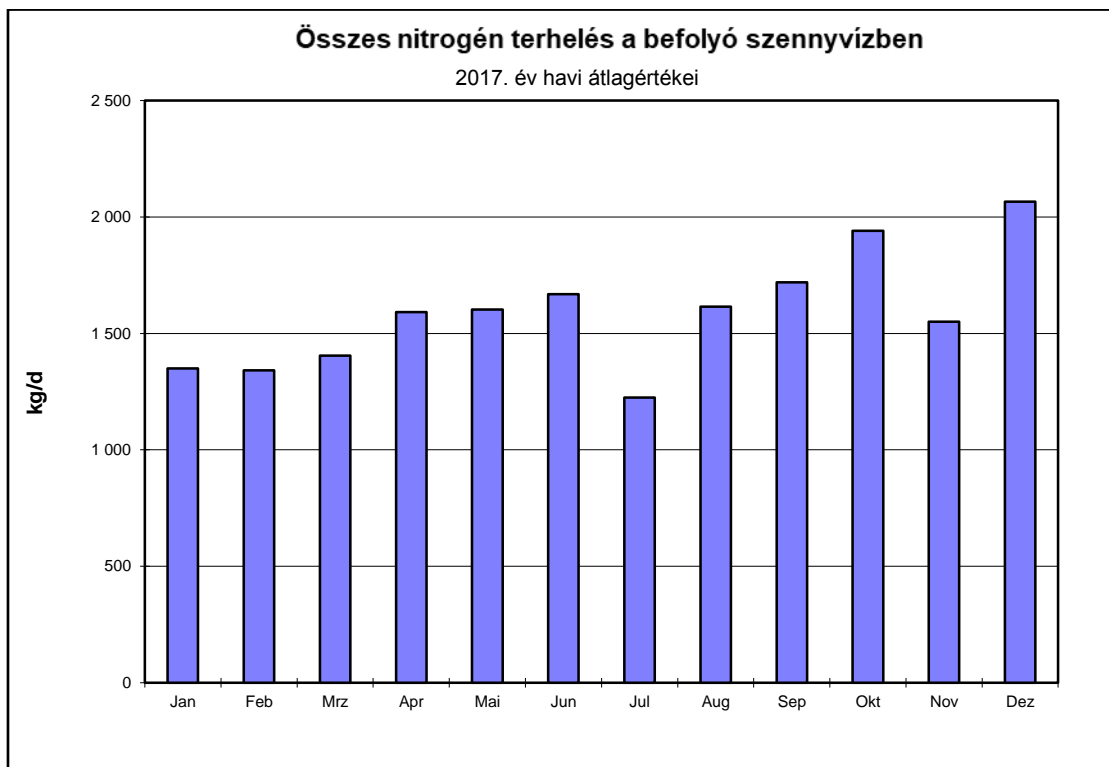
Ábra B.107: Összes nitrogén terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



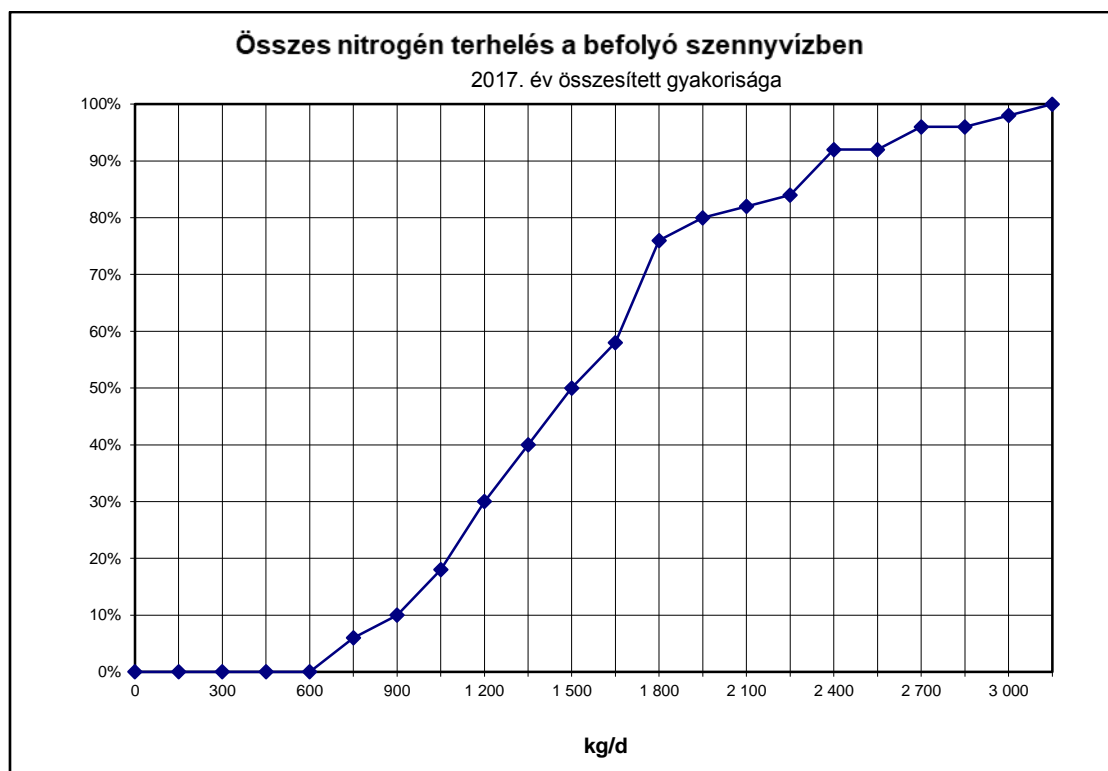
Ábra B.108: Összes nitrogén terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



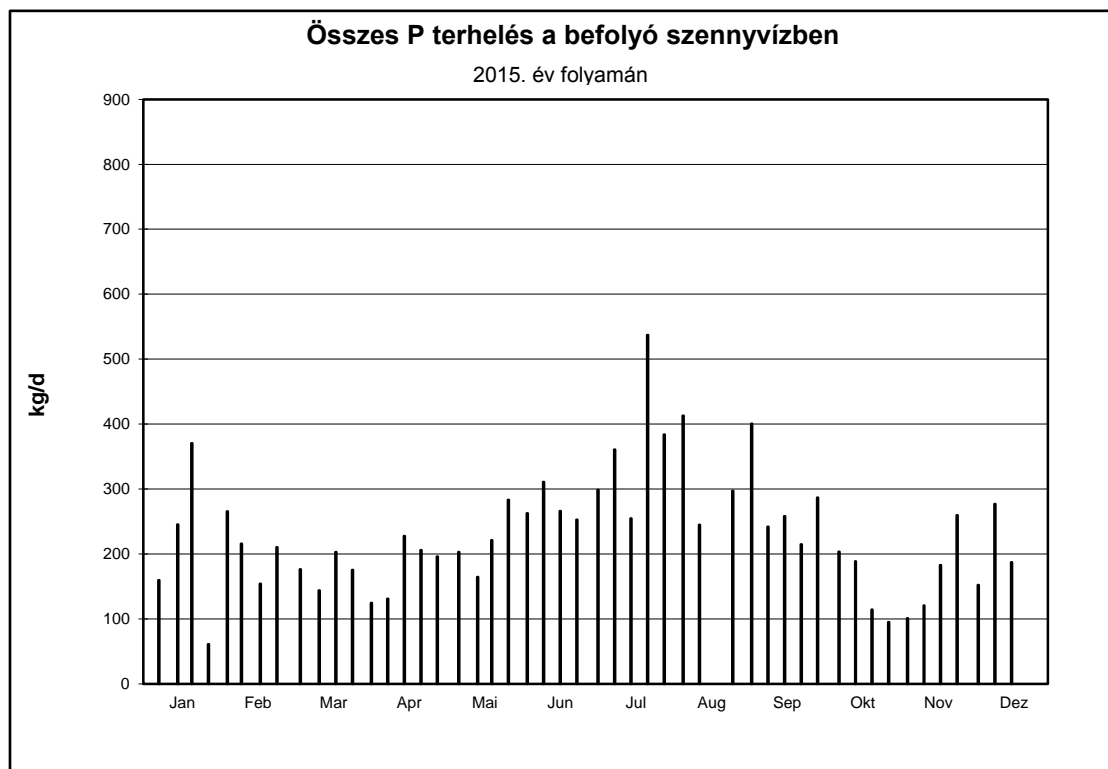
Ábra B.109: Összes nitrogén terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



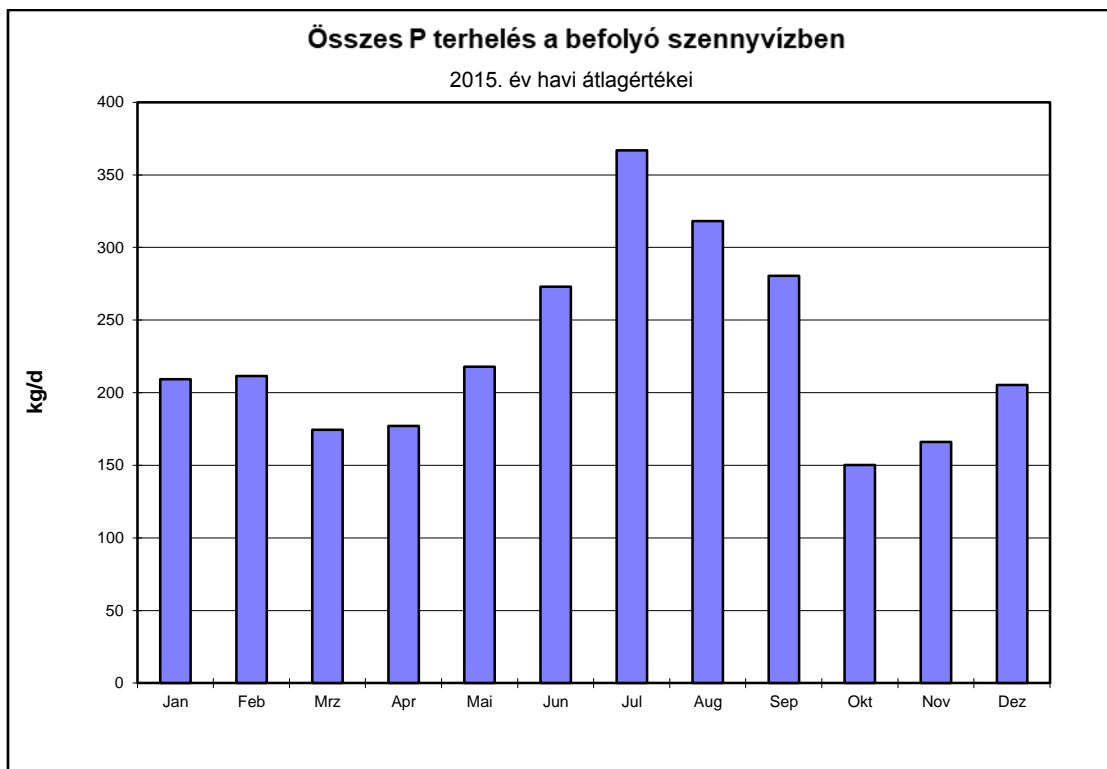
Ábra B.110: Összes nitrogén terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



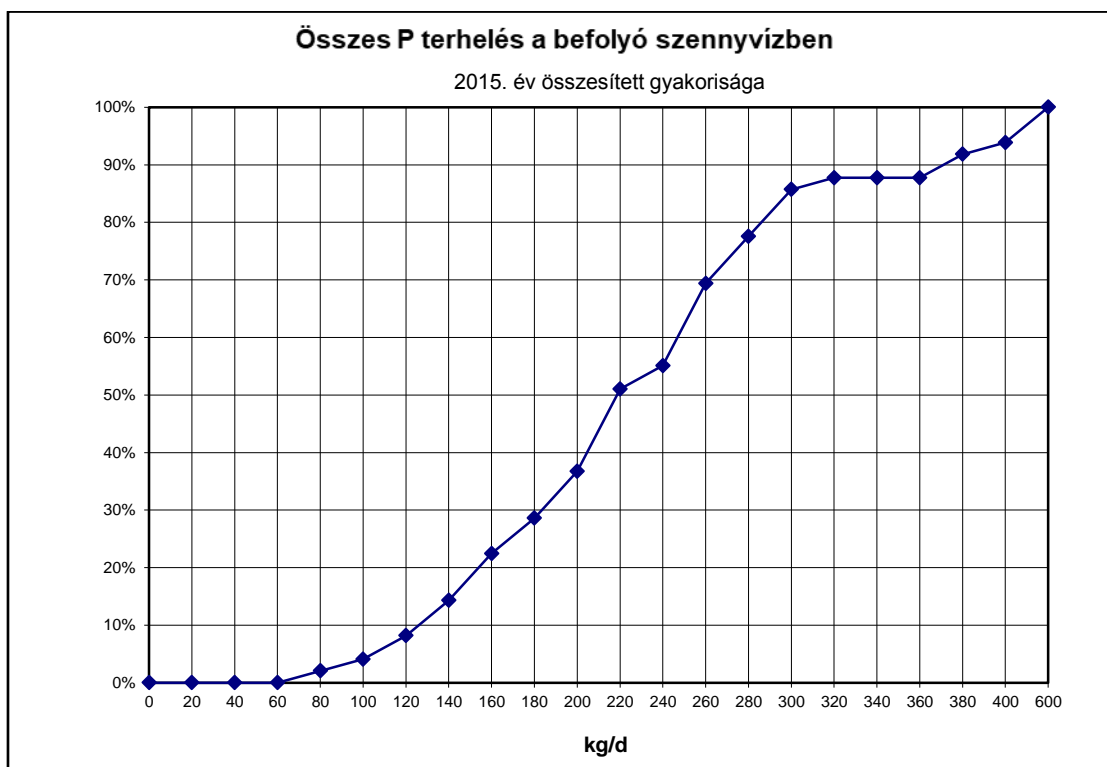
Ábra B.111: Összes nitrogén terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



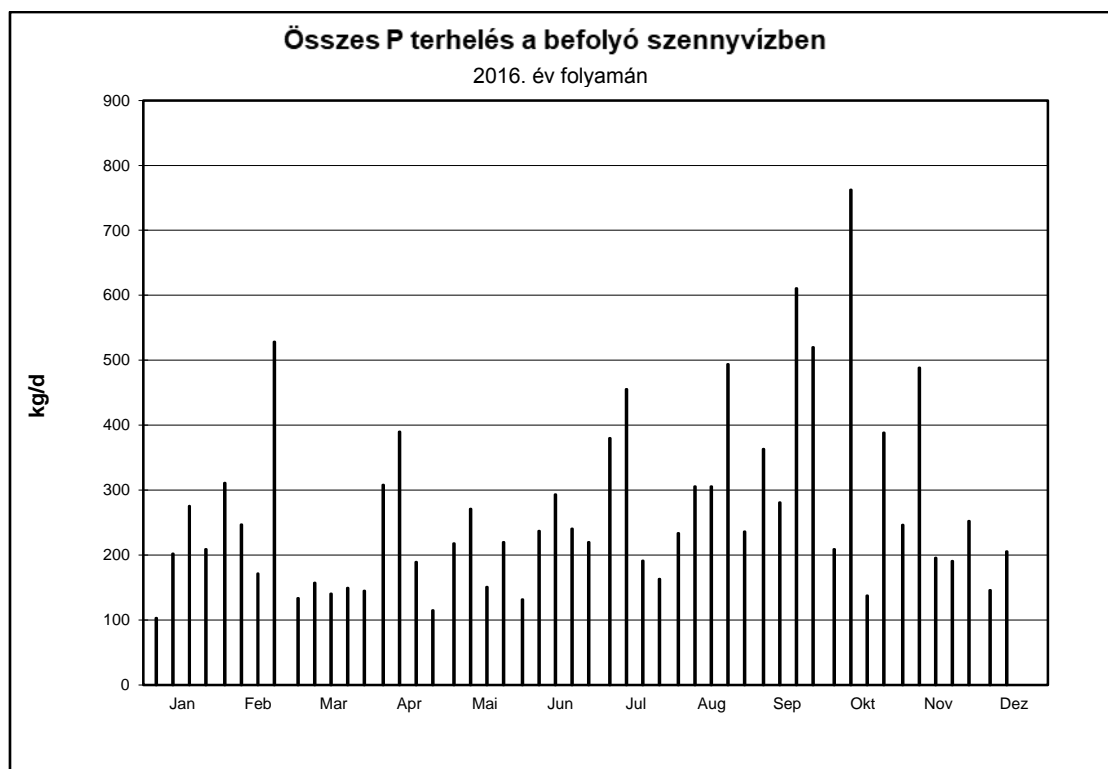
Ábra B.112: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2015)



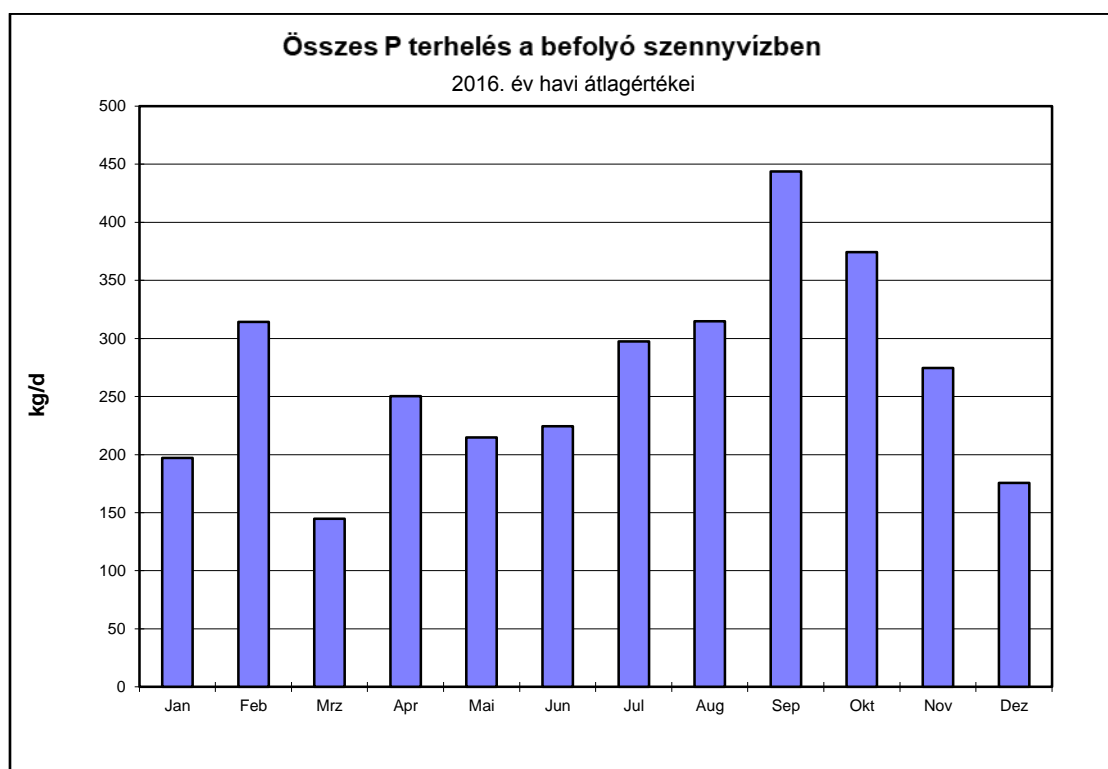
Ábra B.113: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2015)



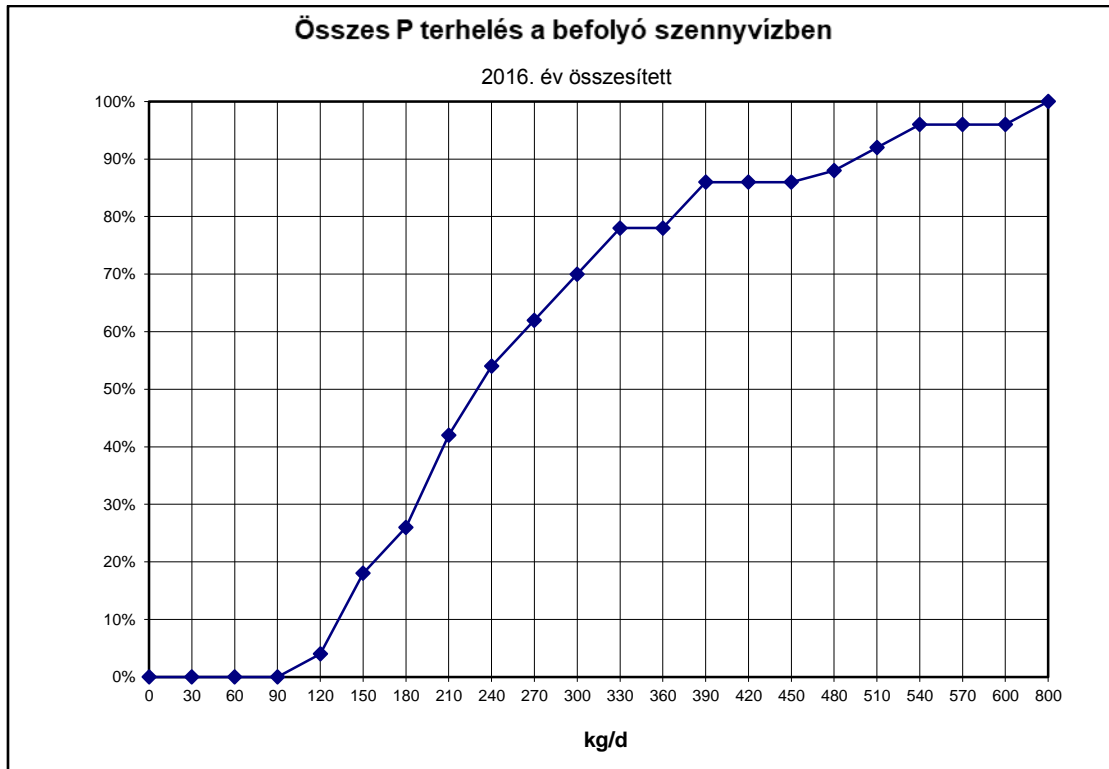
Ábra B.114: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2015)



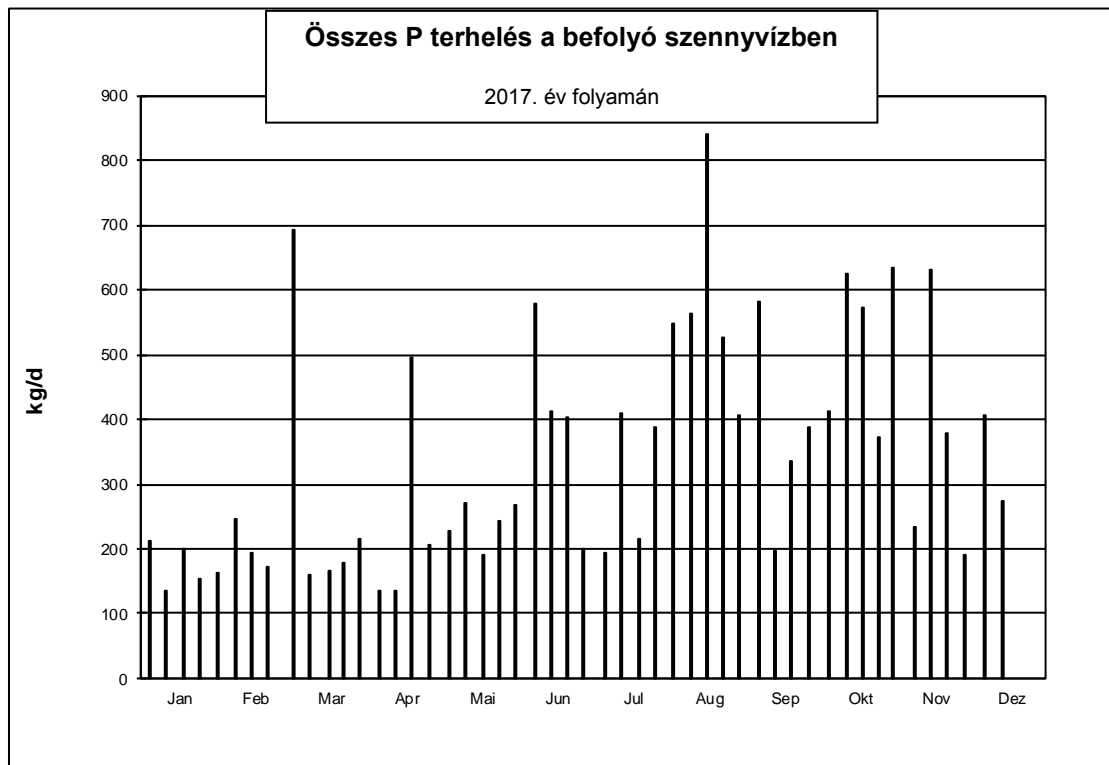
Ábra B.115: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2016)



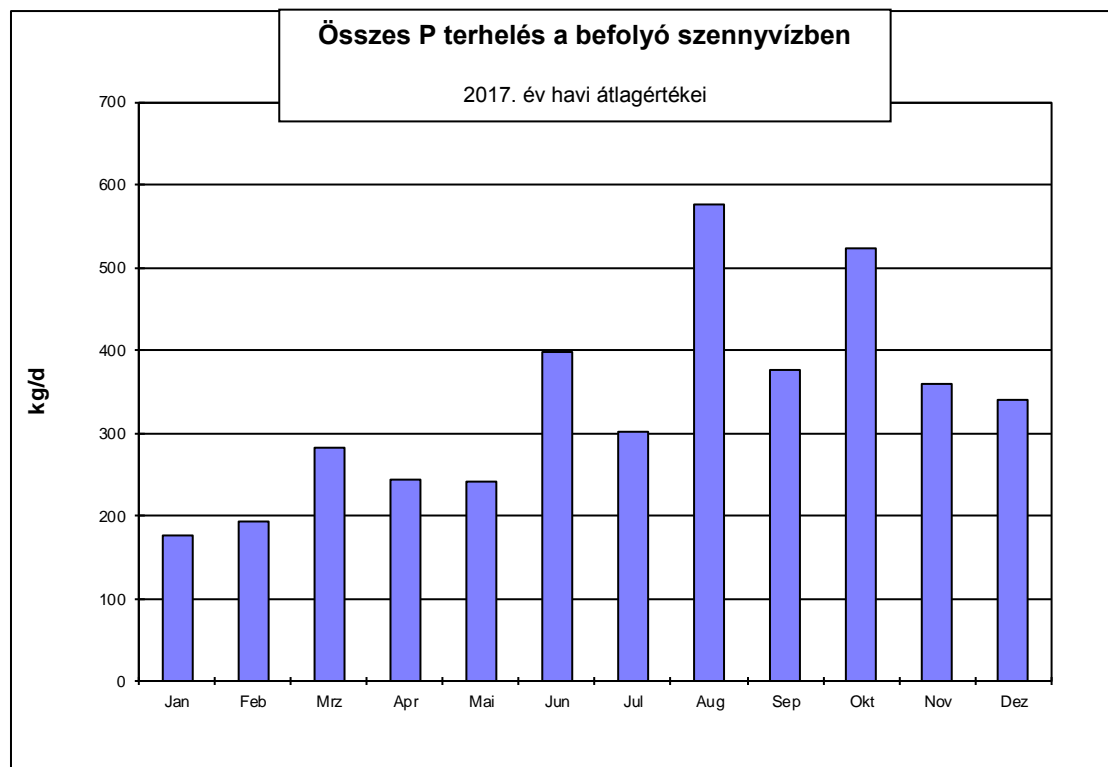
Ábra B.116: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2016)



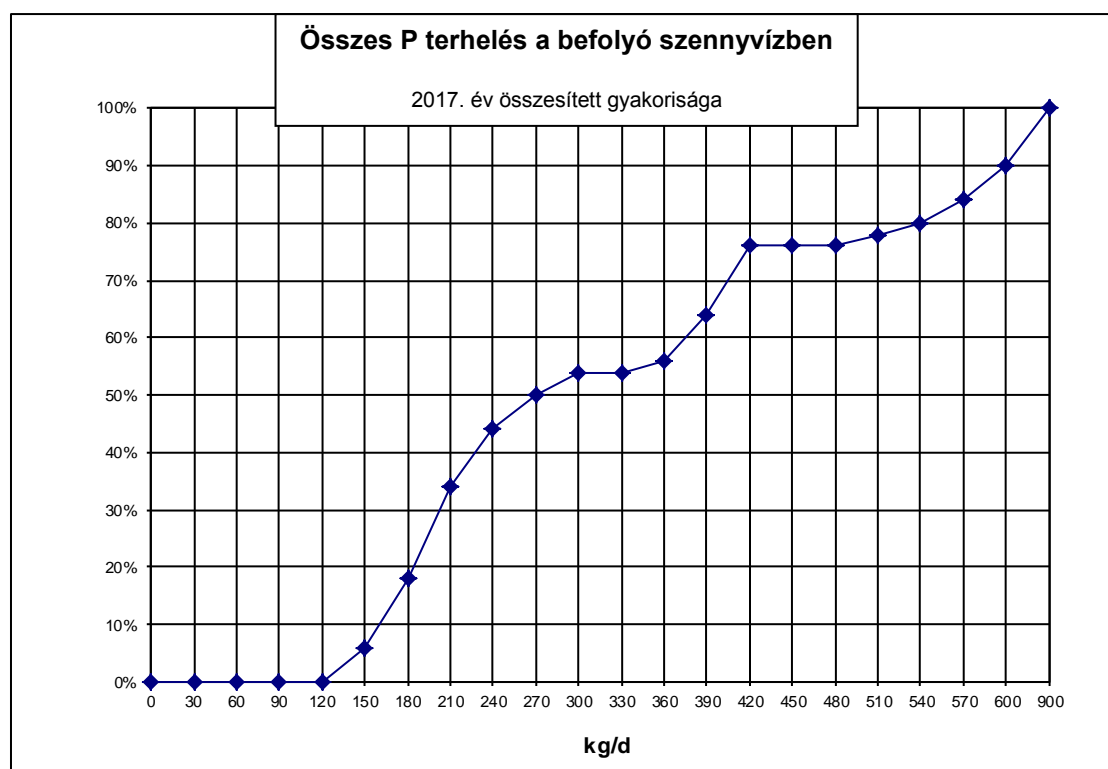
Ábra B.117: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2016)



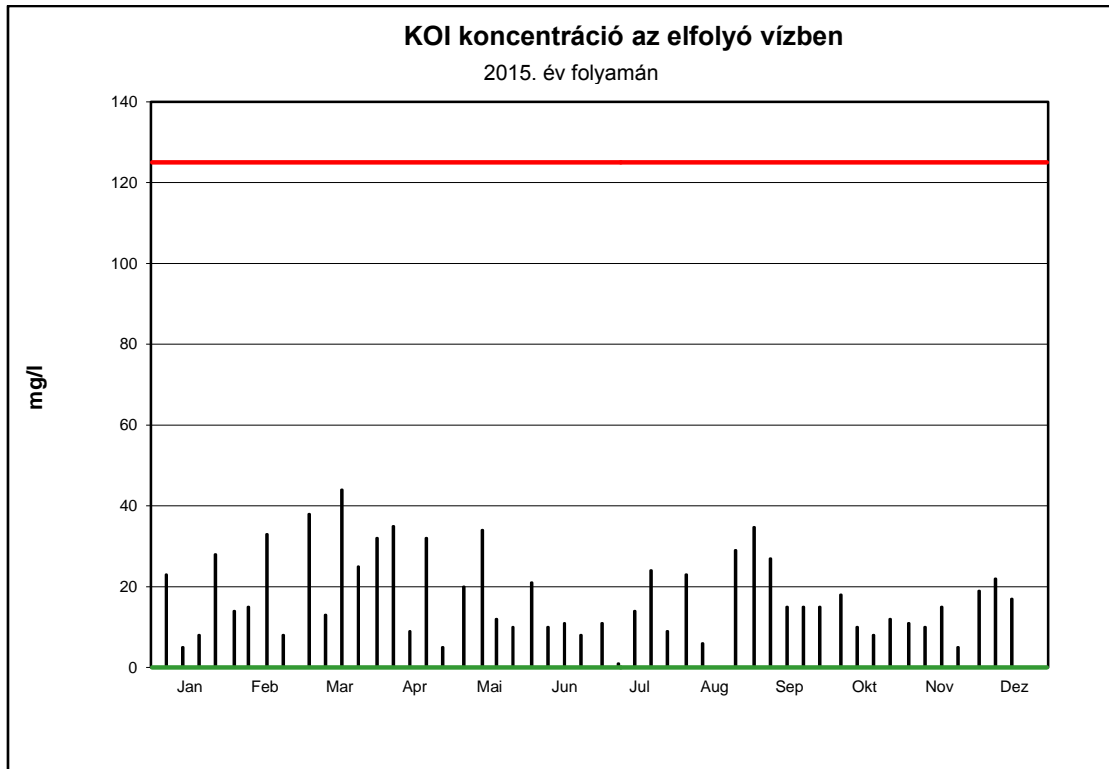
Ábra B.118: Összes P terhelés éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



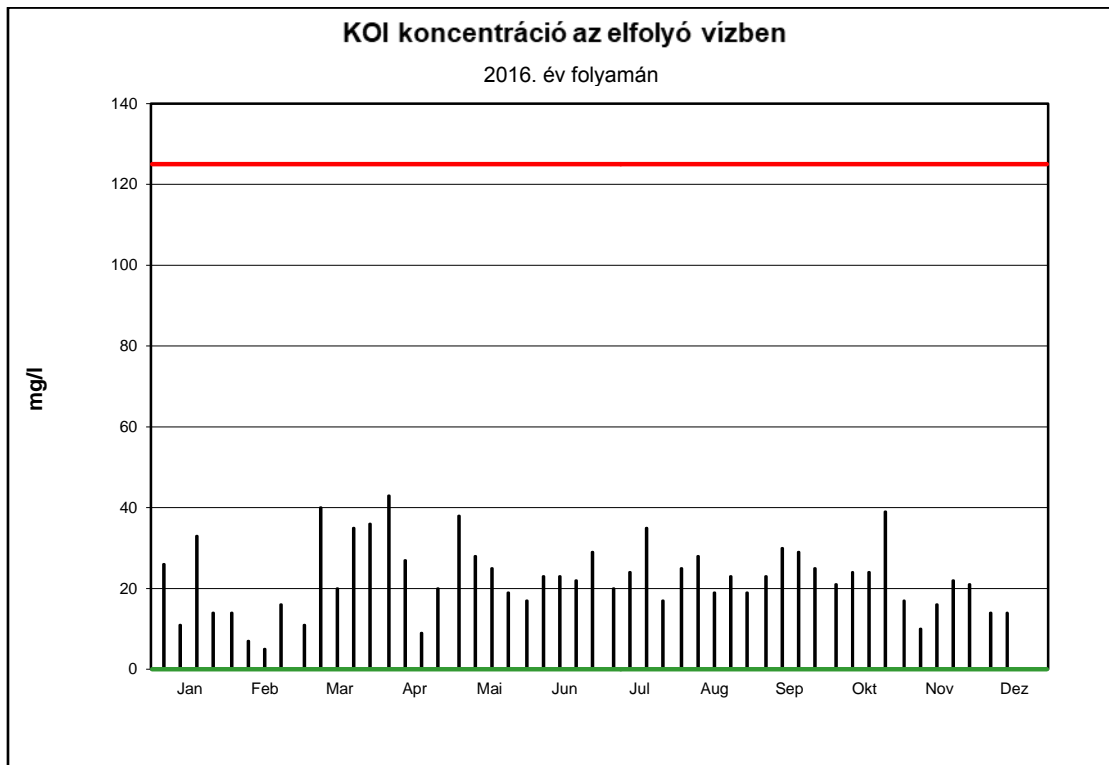
Ábra B.119: Összes P terhelés havi átlagértéke a befolyó szennyvízben (2017)



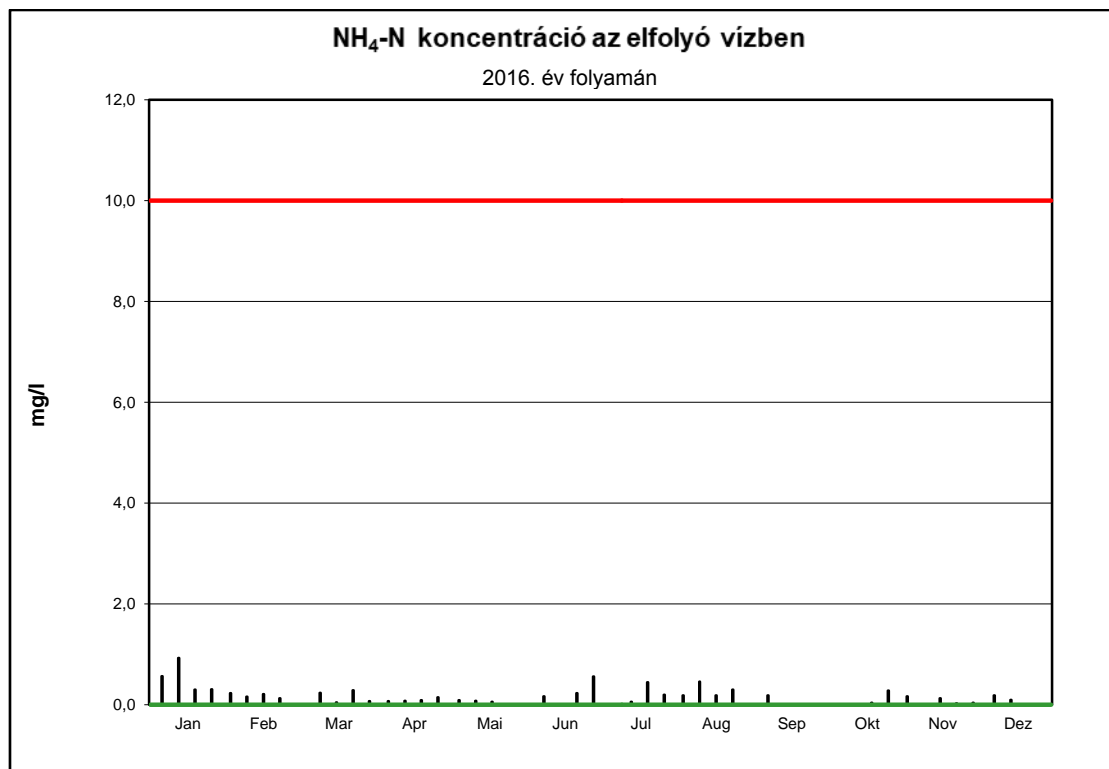
Ábra B.120: Összes P terhelés összesített gyakorisága a befolyó szennyvízben (2017)



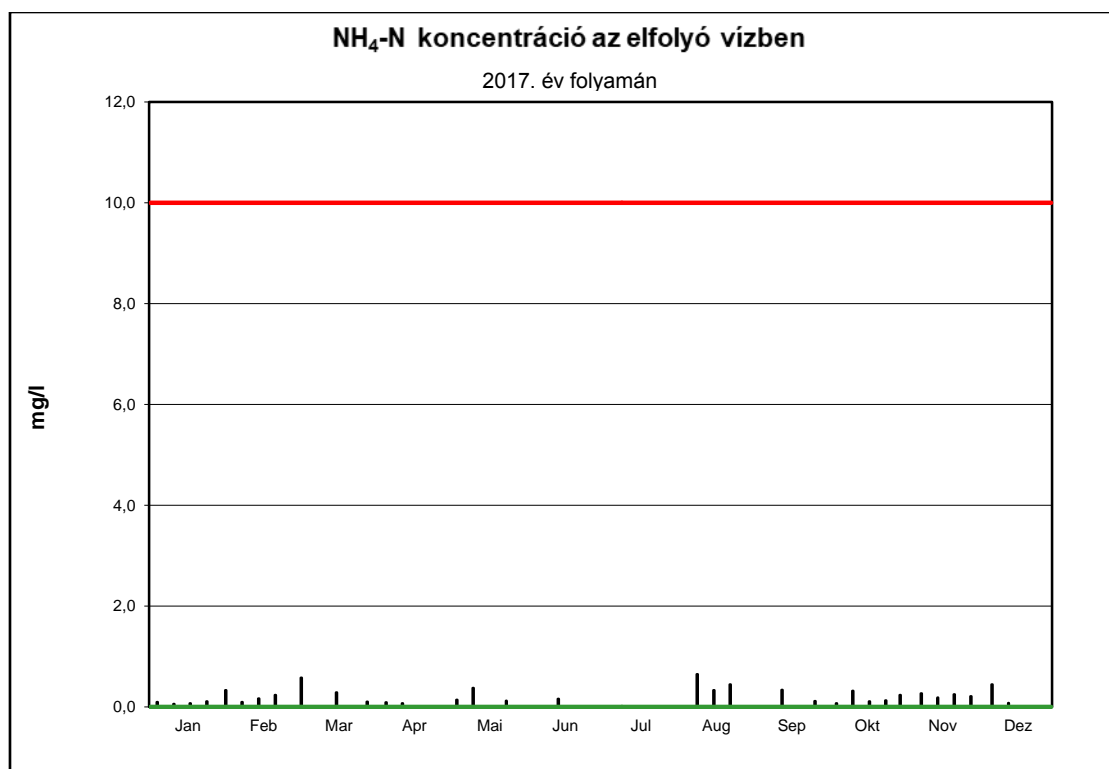
Ábra B.121: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)



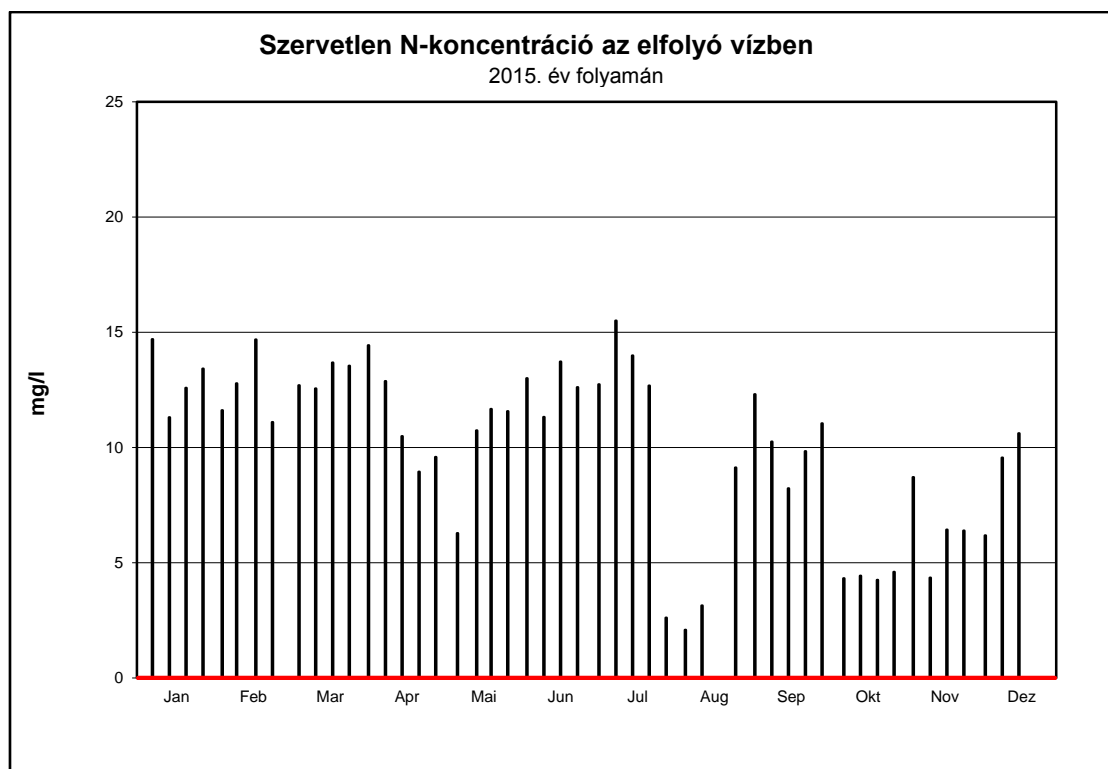
Ábra B.122: KOI koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



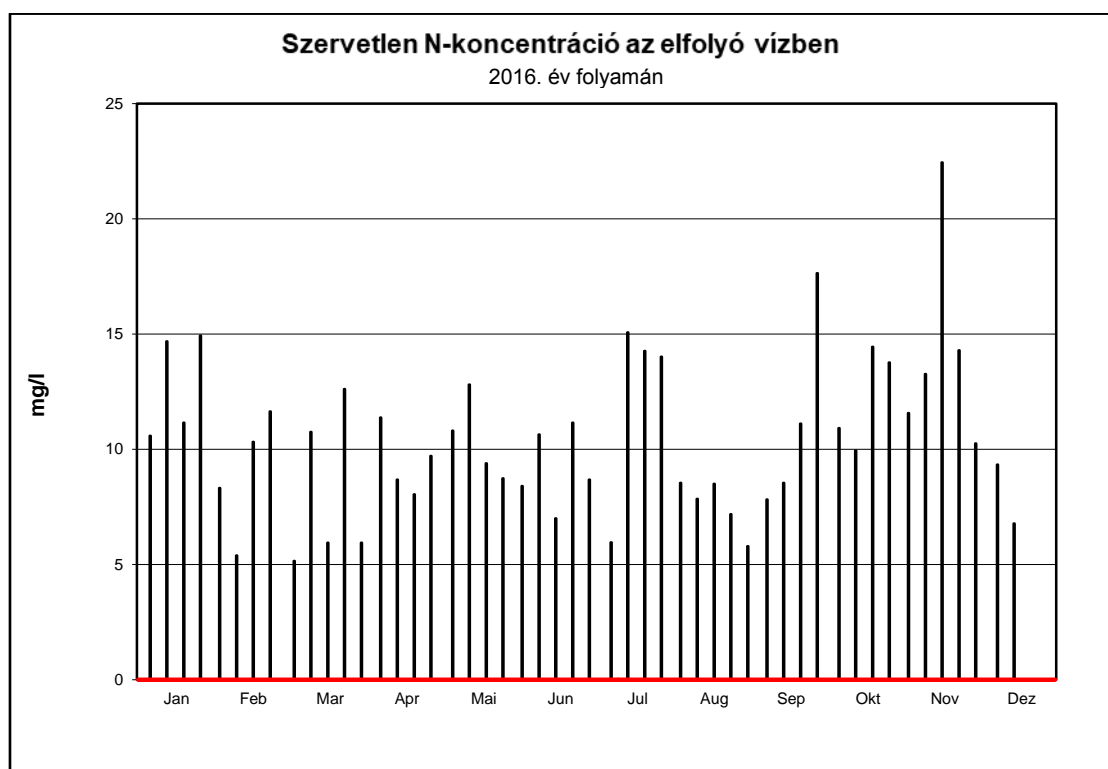
Ábra B.125: NH₄-N koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



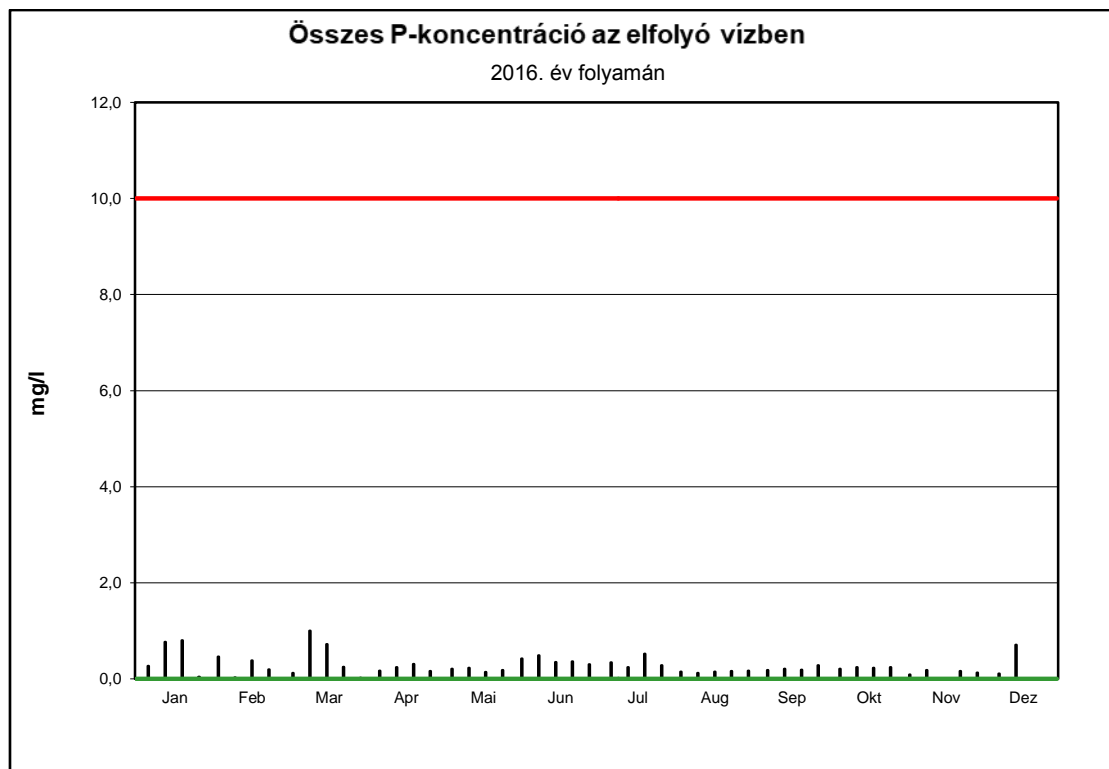
Ábra B.126: NH₄-N koncentráció éves mértéke a befolyó szennyvízben (2017)



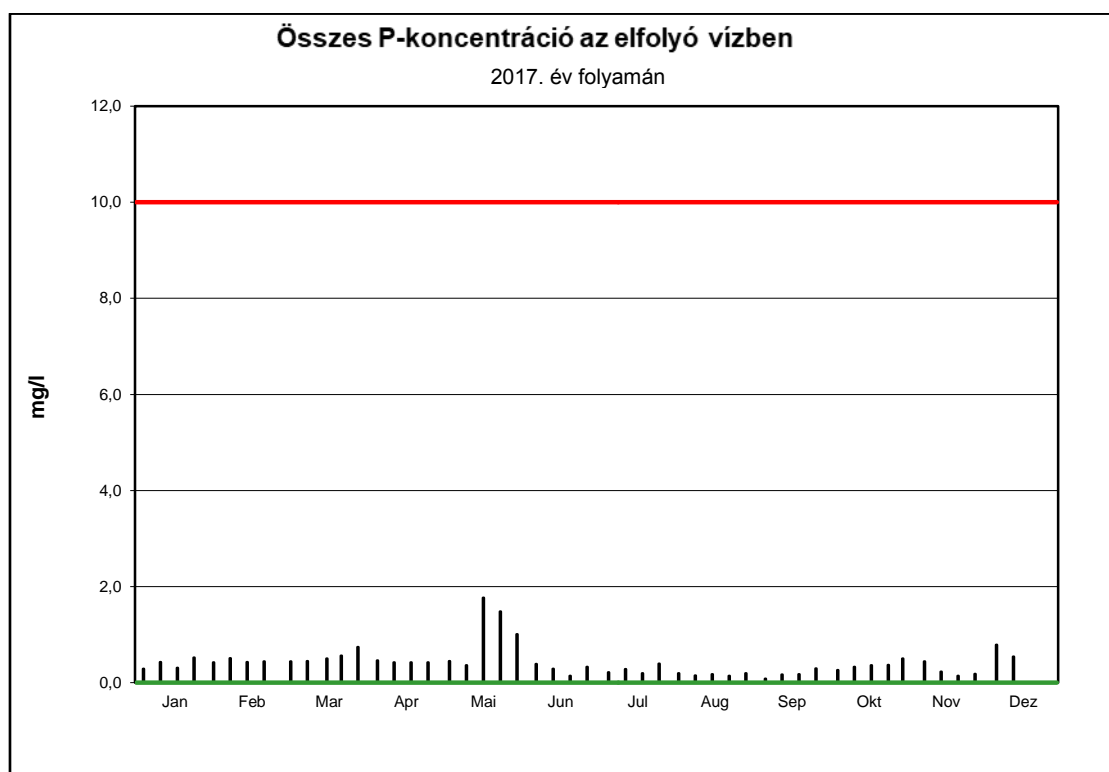
Ábra B.127: Szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2015)



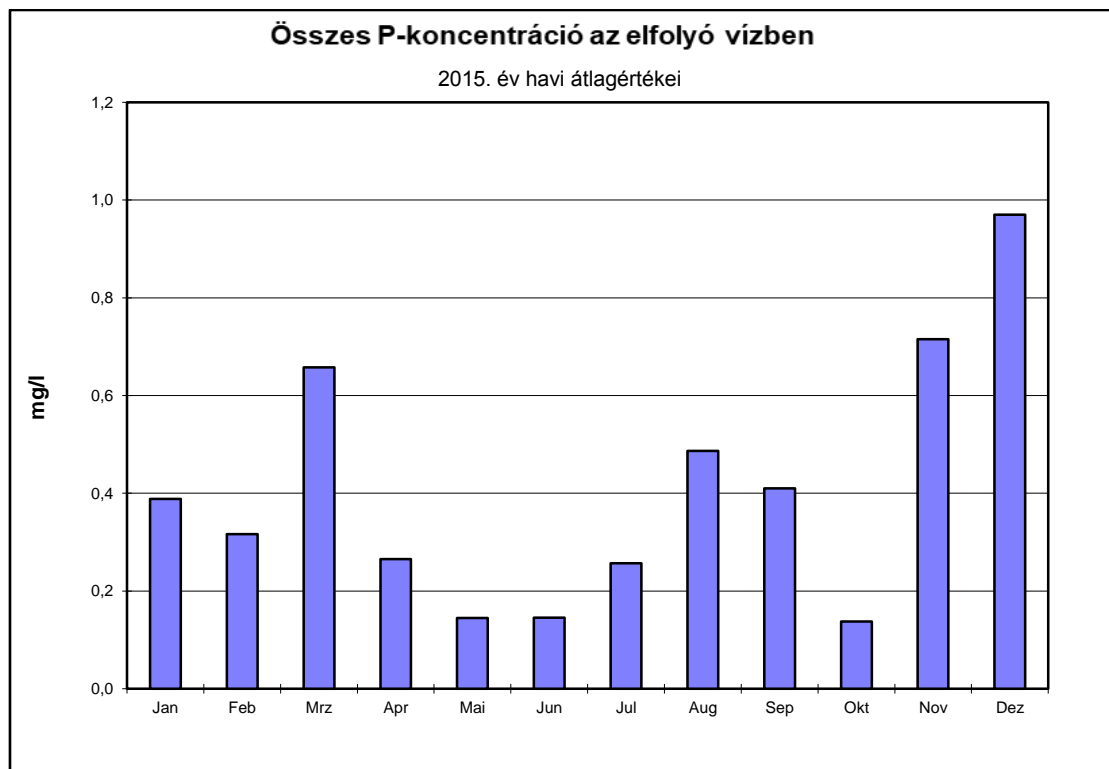
Ábra B.128: Szervetlen N-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



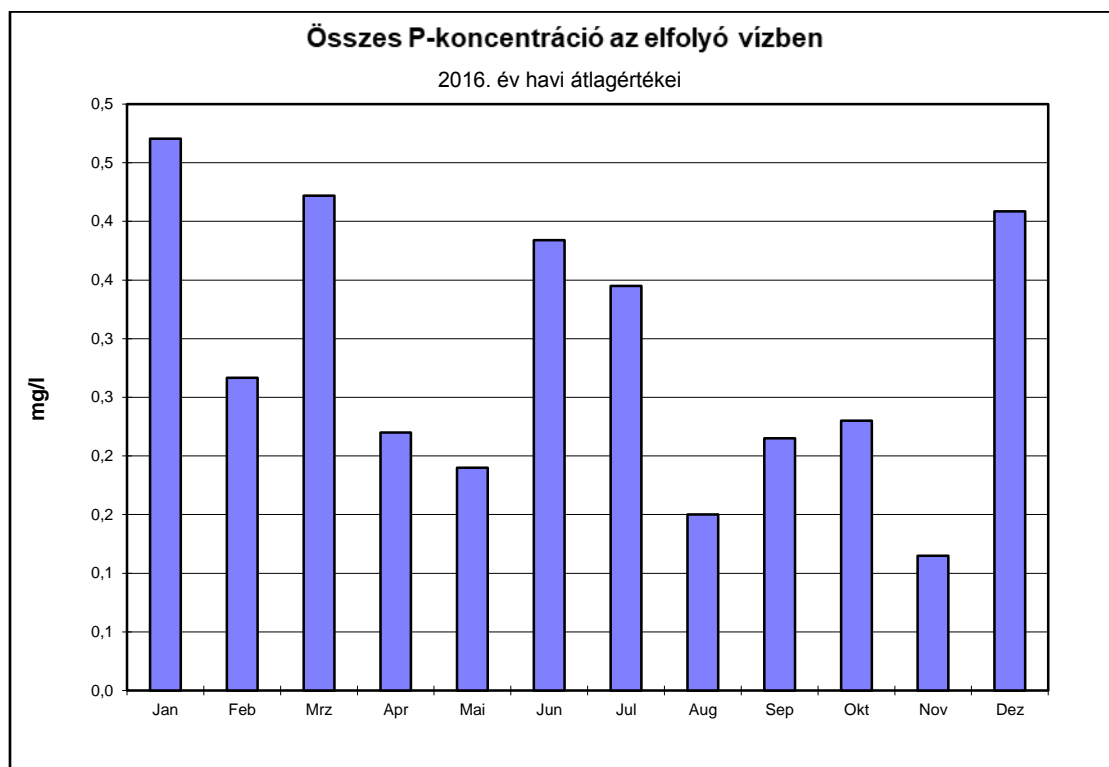
Ábra B.131: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2016)



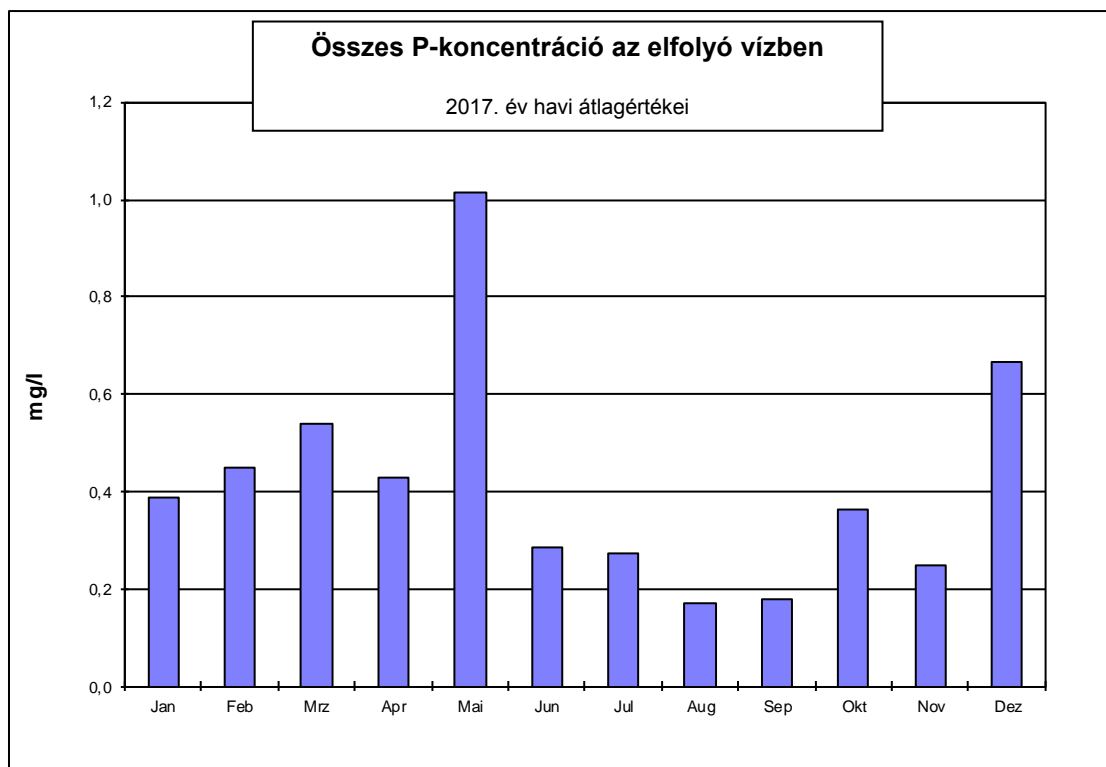
Ábra B.132: Összes P-koncentráció éves mértéke az elfolyó vízben (2017)



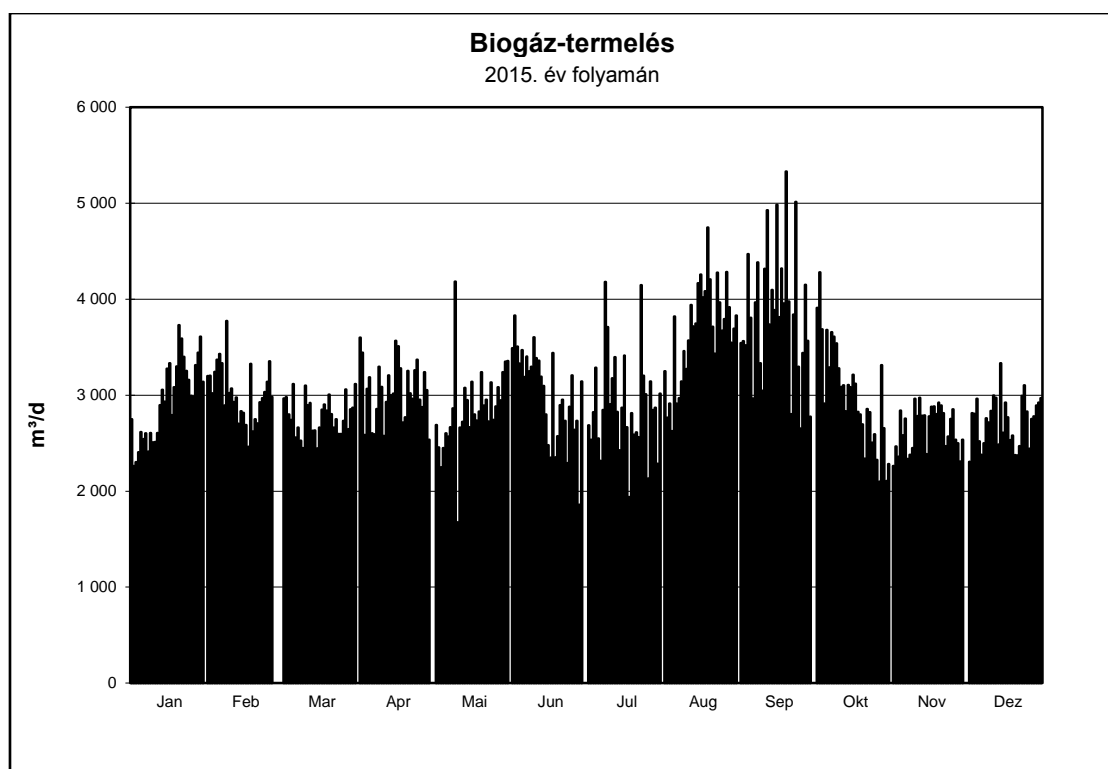
Ábra B.133: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2015)



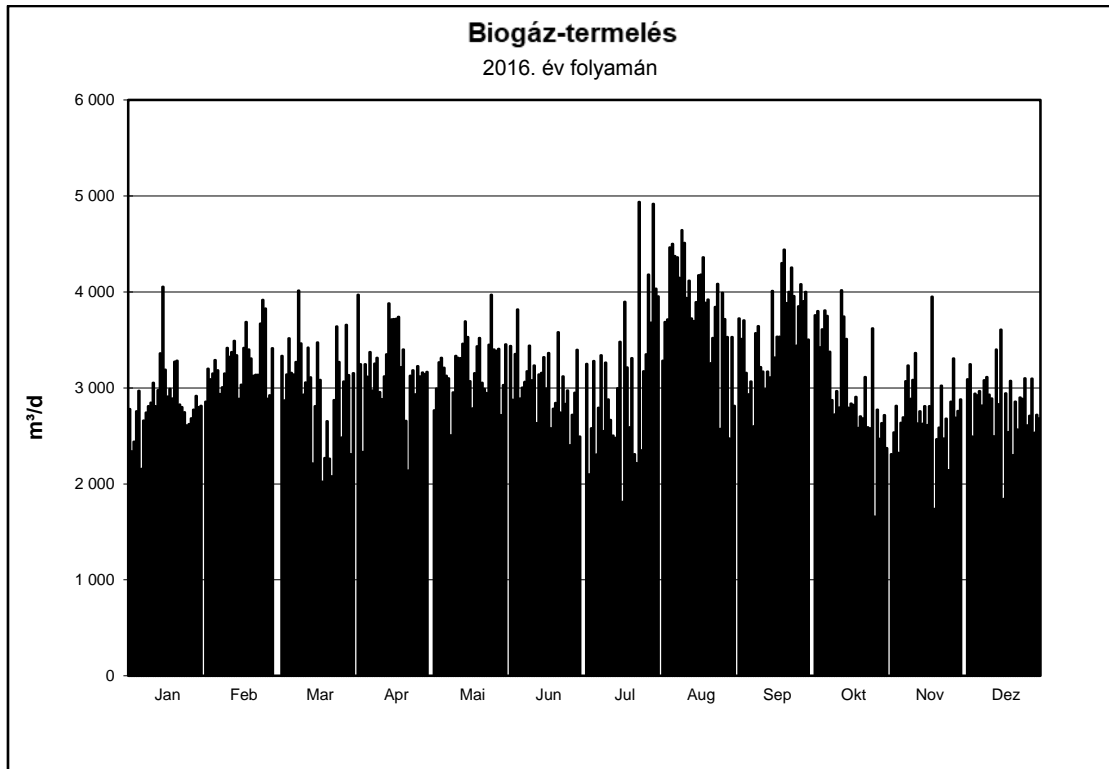
Ábra B.134: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben (2016)



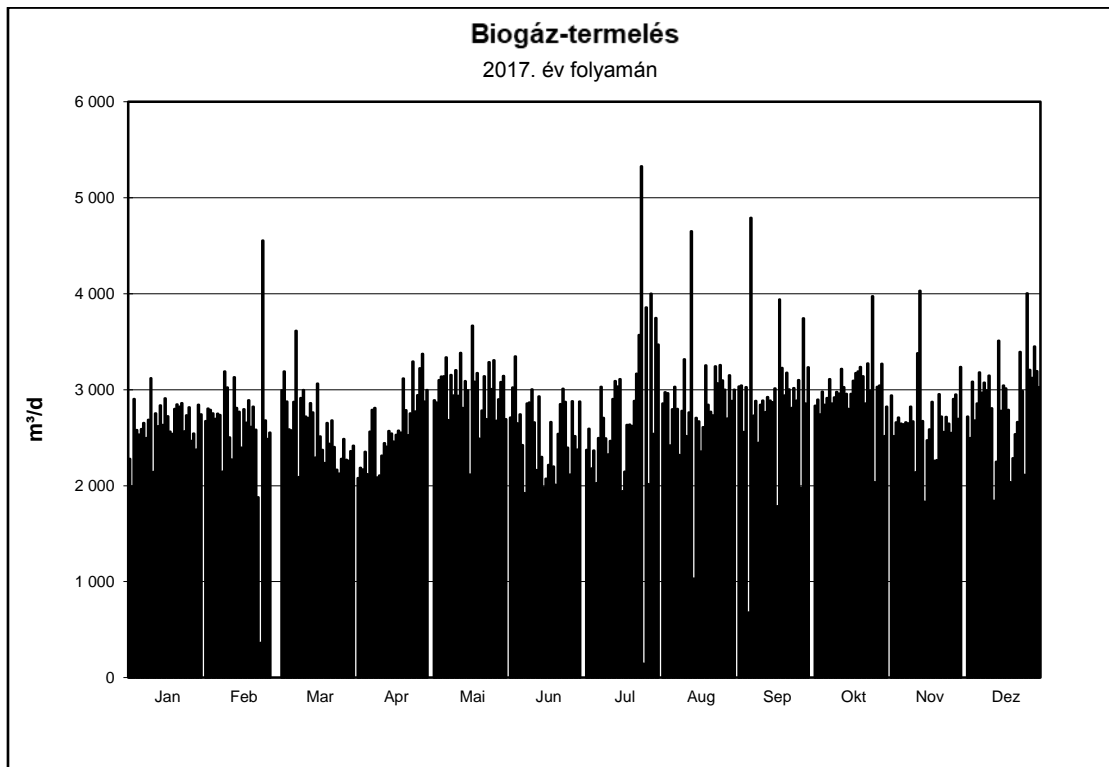
Ábra B.135: Összes P-koncentráció havi átlagértéke az elfolyó vízben(2017)



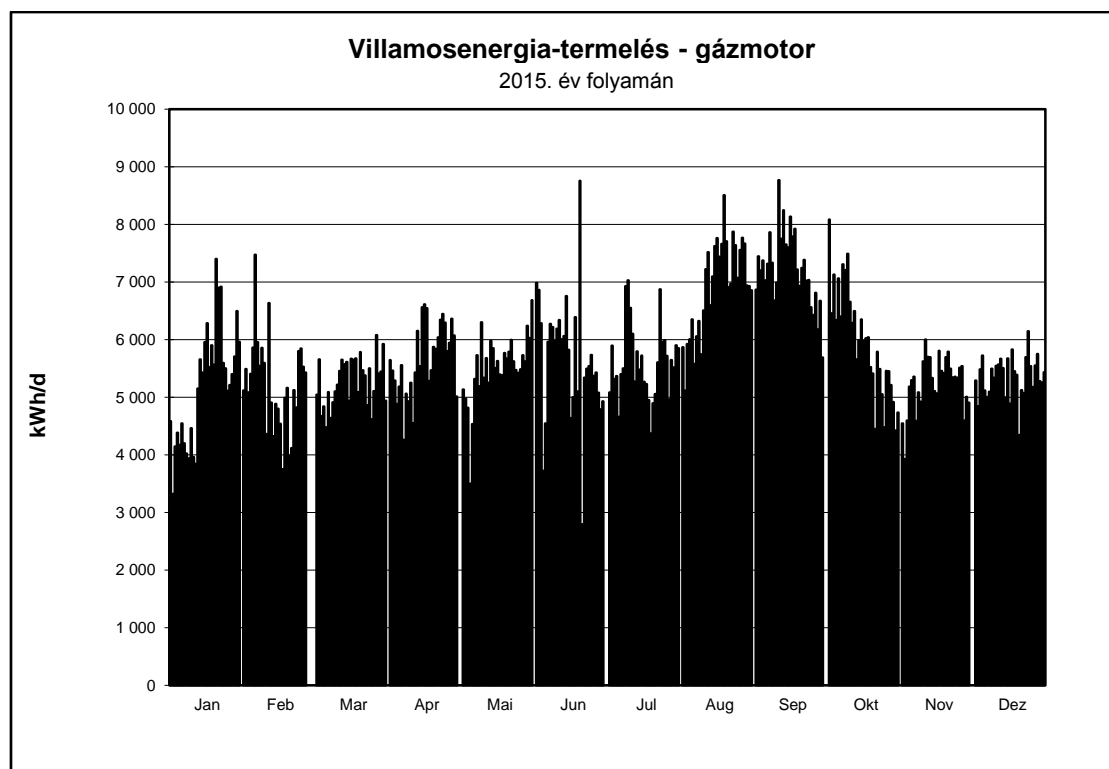
Ábra B.136: Biogáz-termelés éves értéke (2015)



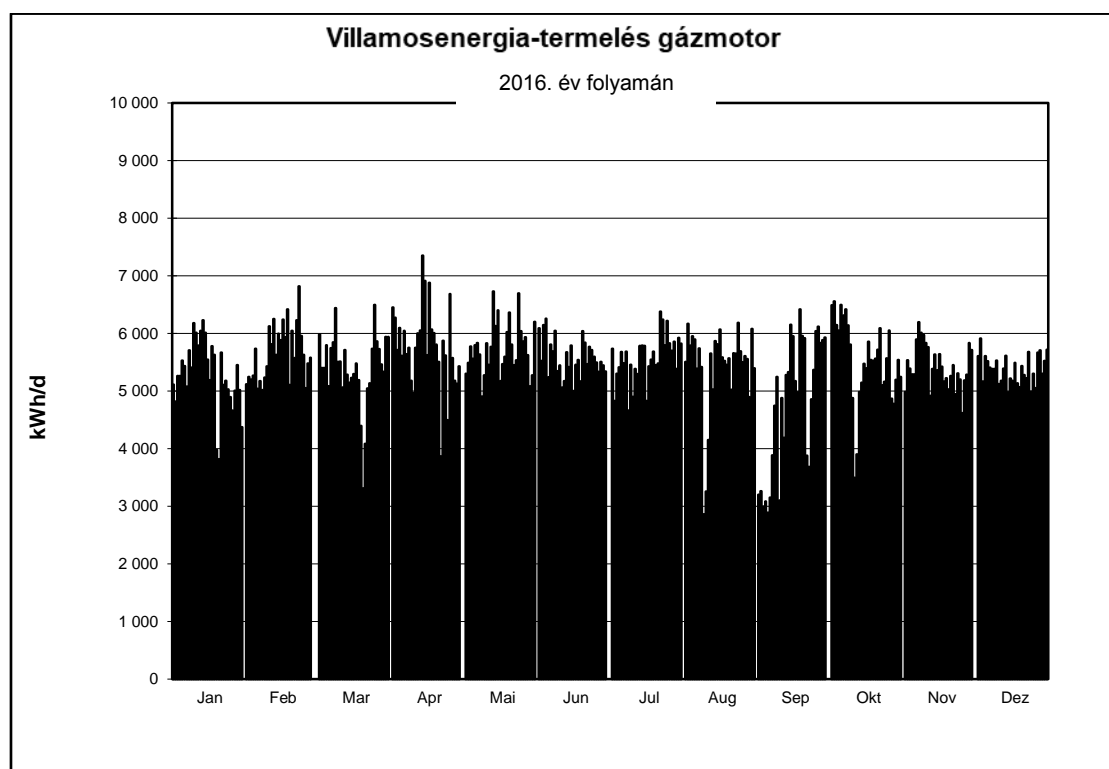
Ábra B.137: *Biogáz-termelés éves értéke (2016)*



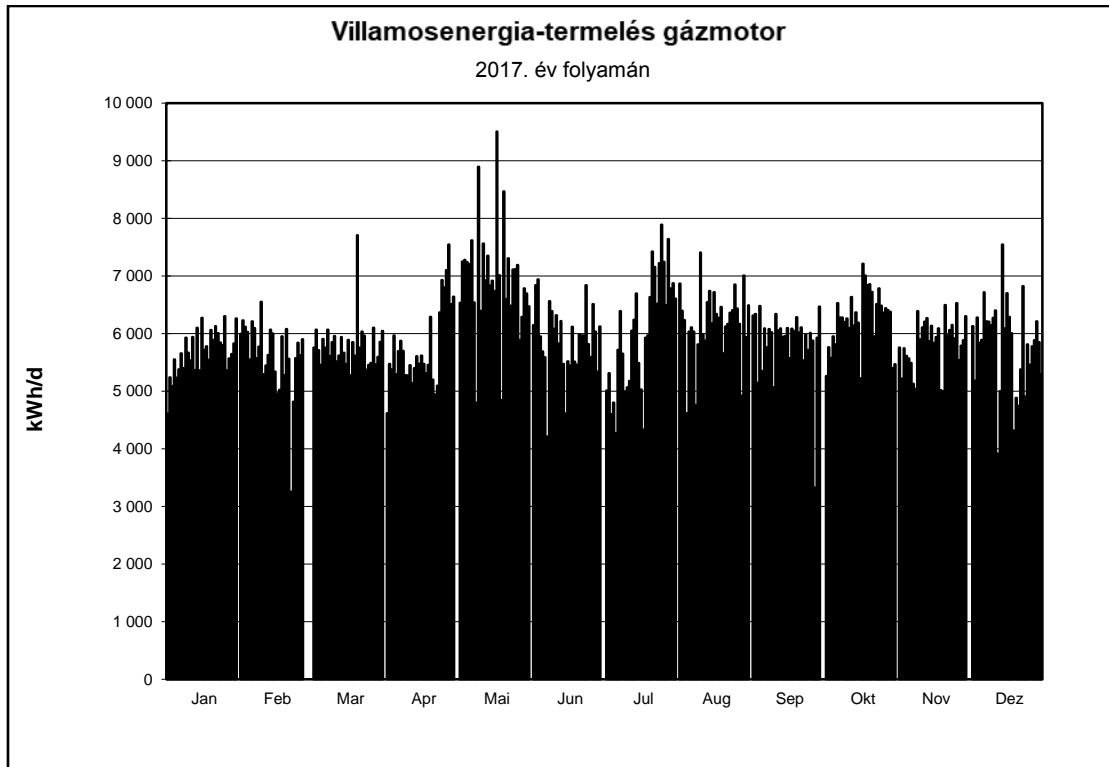
Ábra B.138: *Biogáz-termelés éves értéke (2017)*



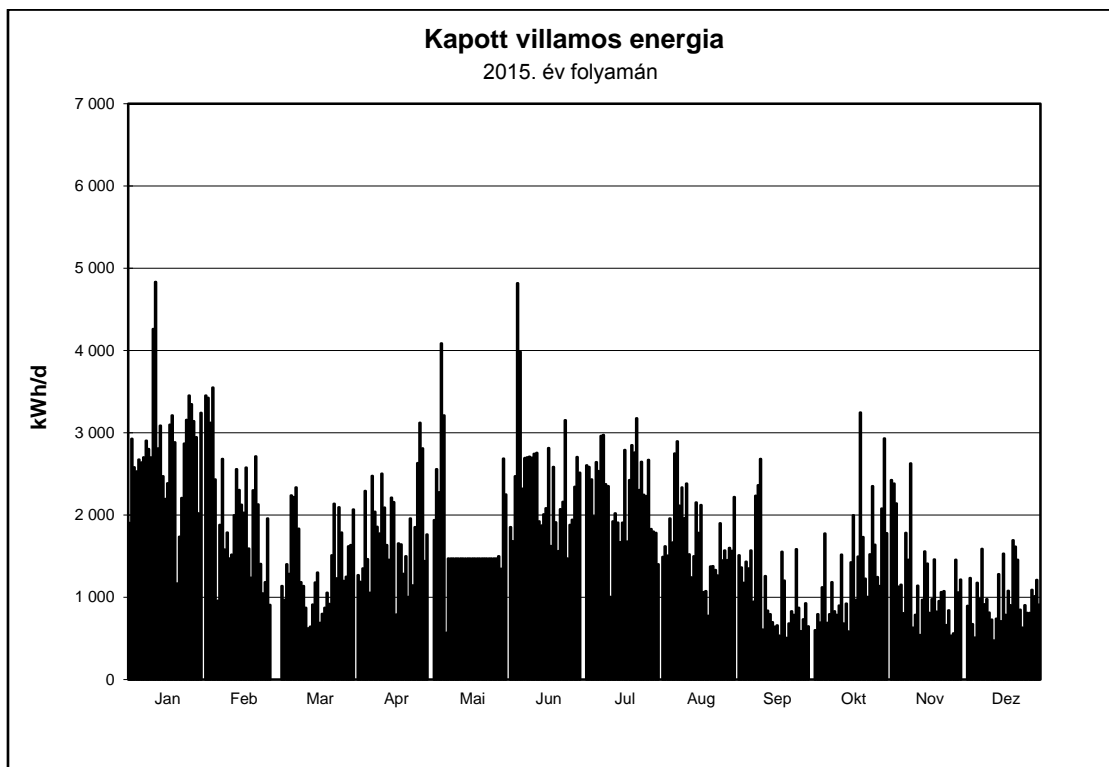
Ábra B.139: Villamosenergia-termelés gázmotor (2015)



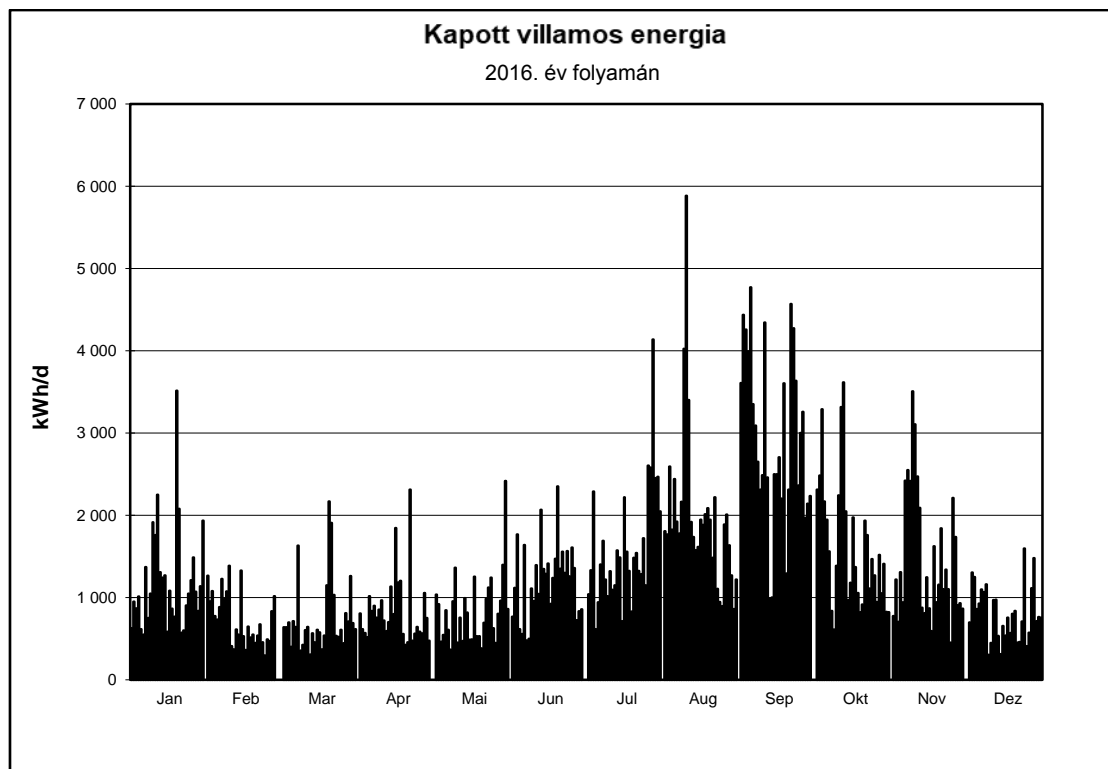
Ábra B.140: Villamosenergia-termelés gázmotor (2016)



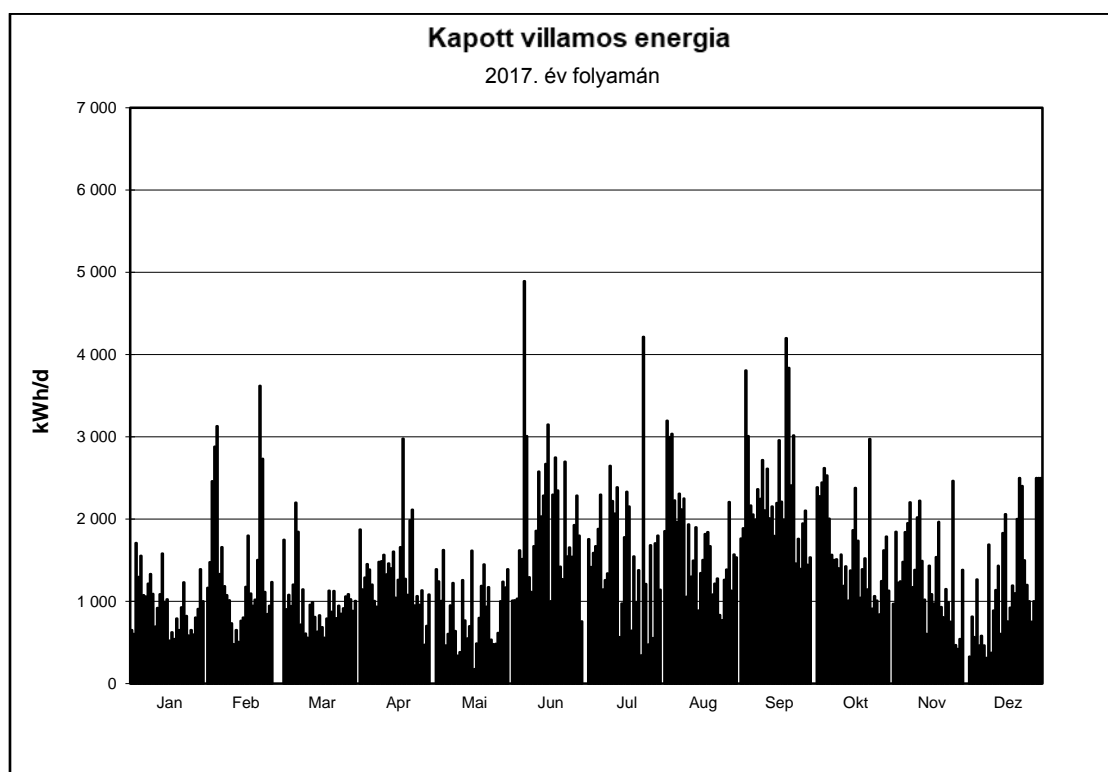
Ábra B.141: Villamosenergia-termelés gázmotor (2017)



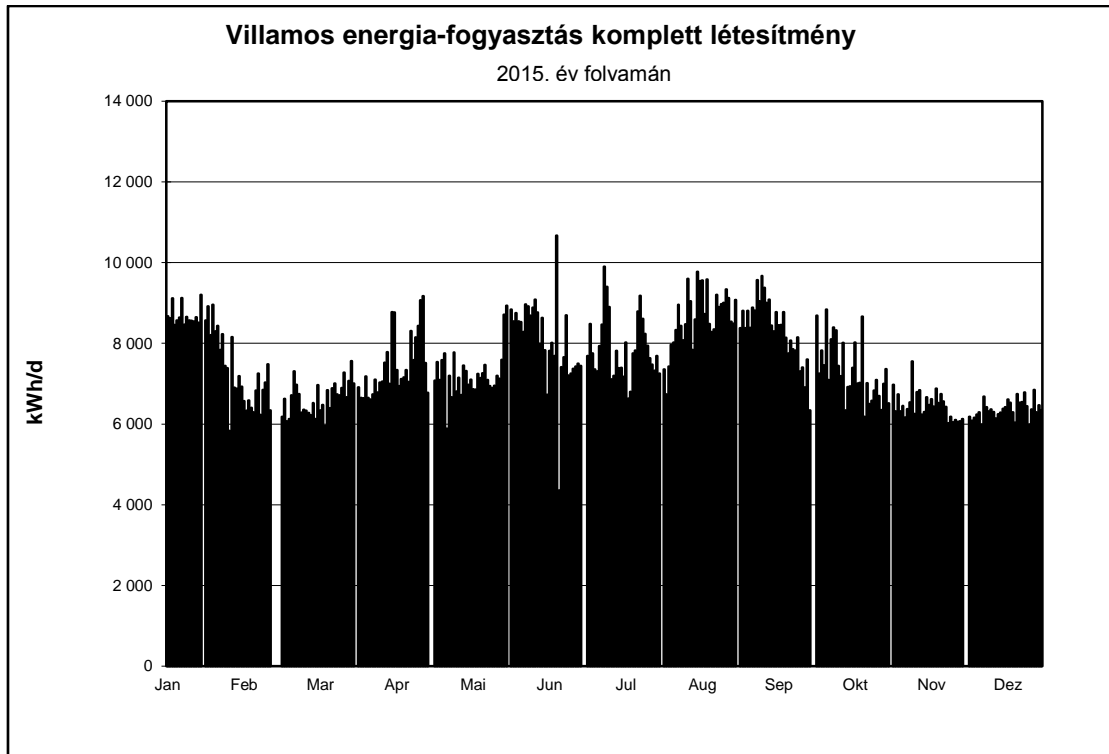
Ábra B.142: Kapott villamos energia éves értéke (2015)



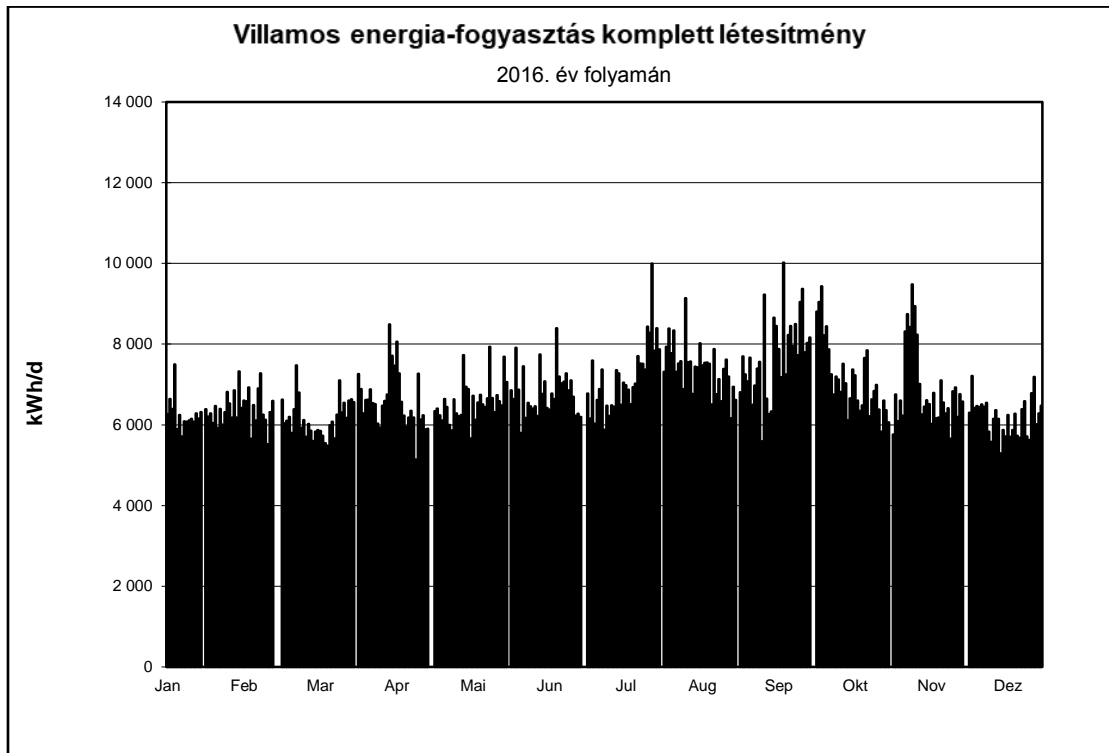
Ábra B.143: *Kapott villamos energia éves értéke (2016)*



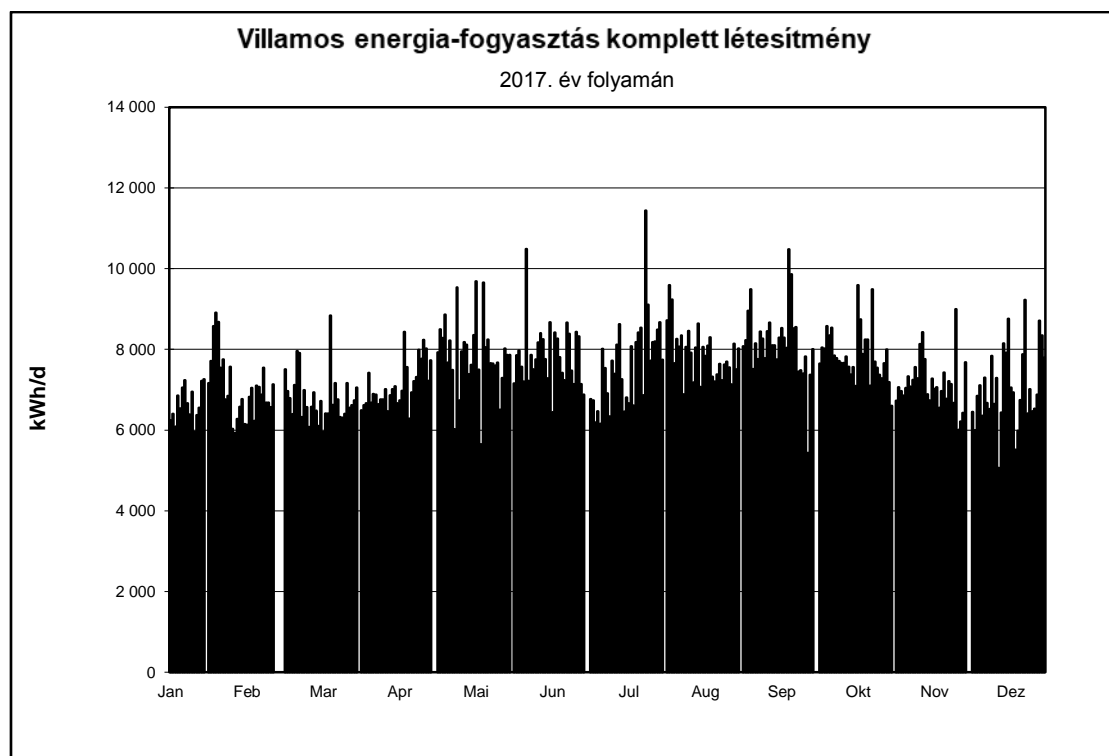
Ábra B.144: *Kapott villamos energia éves értéke (2017)*



Ábra B.145: Villamos energia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2015)



Ábra B.146: Villamos energia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2016)



Ábra B.147: Villamos energia-fogyasztás éves értéke komplett létesítmény (2017)

C Kérdőívek

C.1 Kérdőív adatgyűjtéshez - Debrecen

Általános információk (adatok)		
Telep neve	Szennyvíztisztító telep Debrecen	
Cím	Magyarország, 4002, Vértesi út 1-3.	
Kapcsolattartó személy (név; e-mail)	fulop.zoltan@debreceni-vizmu.hu	
Állományadatok		
Bemeneti szivattyú	-	igen <input checked="" type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>
Biológiai szint / megemelt (h) vagy a földbe süllyesztett (t) utótisztító medence	-	h <input checked="" type="checkbox"/> t <input type="checkbox"/>
Izlap víztelenítése	-	Statikus sűrítő <input type="checkbox"/> ; kamrás szűrőprések <input type="checkbox"/> Szalagos szűrőprések <input type="checkbox"/> ; centrifugák <input checked="" type="checkbox"/> Nincsen (iszapleadás) <input type="checkbox"/>
Szezonális üzemű légkondicionáló berendezés	-	igen <input checked="" type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/> időszak: 2017. június 15.-október 15.
Üzematatok		
Kapacitás (tisztítóteljesítmény)	[LE]	675.000
Csatlakoztatott terhelés értéke (tényleges LE)	[LE]	233.333
Teljes szennyvíz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	14.500.000
Szennyvíz-mennyiség, <u>naponta</u>	[m ³ /d]	Éves középérték: 39.000 Minimális: 35.000 Maximális: 65.000
KOI-koncentráció, befolyás tisztítótelep	[mg/L]	Éves középérték: 700 Minimális: 247 Maximális: 1.268
KOI terhelés, befolyás a szennyvíztisztító telepre, <u>naponta</u>	[kg/d]	Éves középérték: 27.300 Minimális: 10.000 Maximális: 45.000
Teljes villamosenergia-fogyasztás, <u>évente</u>	[kWh/év]	6.600.000
Saját villamosenergia-termelés, <u>évente</u>	[kWh/év]	5.700.000
Villamosenergia-fogyasztás, <u>csak levegőztetés, évente</u>	[kWh/év]	2.700.000
Megtisztított összes iszapmennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	27.500
..... ebből idegen iszap-mennyiség	[m ³ /év]	0
Száraz maradék a megtisztított iszapban	[%]	21
Biogáz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	2.500.000
Tisztítóeljárás		
Biológiai szint (eljárási mód)	Eleveniszapos berendezés <u>aerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input type="checkbox"/> Eleveniszapos berendezés <u>anaerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input checked="" type="checkbox"/> Csepegtető szűrőberendezés vagy rotációs merülőtest <input type="checkbox"/> Membránszűrés, biológia <input type="checkbox"/> SBR rendszerű berendezés (duzzasztóüzem) <input type="checkbox"/>	

	<input type="checkbox"/>	Mesterséges tó	<input type="checkbox"/>
Nitrogéneliminációs eljárás	Nitrifikáció		<input type="checkbox"/>
	Elődenitrifikáció	X	
	Denitrifikáció, szakaszos		<input type="checkbox"/>
Foszforeliminációs eljárás	Kémiai P-elimináció (kicsapatás)		<input type="checkbox"/>
	Biológiai P-elimináció (Bio-P)		<input type="checkbox"/>
	Biológiai (Bio-P) és kémiai P-elimináció (kicsapatás)	X	
	Szűrés		<input type="checkbox"/>

C.2 Kérdőív adatgyűjtéshez - Nyíregyháza

Általános információk (adatok)		
Telep neve	Szennyvíztisztító telep I. Nyíregyháza	
Cím	Magyarország, 4400, Westsik Vilmos u. 1.	
Kapcsolattartó személy (név; e-mail)	Mészáros József, mjozsef@nyirsegviz.hu	
Állományadatok		
Bemeneti szivattyú	-	igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>
Biológiai szint / megemelt (h) vagy a földbe süllyesztett (t) utótisztító medence	-	h X t <input type="checkbox"/>
Izlap víztelenítése	-	Statikus sűrítő <input type="checkbox"/> ; kamrás szűrőprések <input type="checkbox"/> Szalagos szűrőprések <input type="checkbox"/> ; centrifugák X Nincsen (iszapleadás) <input type="checkbox"/>
Szezonális üzemű légkondicionáló berendezés	-	igen <input type="checkbox"/> nem X időszak:
Üzemadatok		
Kapacitás (tisztítóteljesítmény)	[LE]	133.000
Csatlakoztatott terhelés értéke (tényleges LE)	[LE]	160.218 (kiszámított: 138.268)
Teljes szennyvíz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	5.756.914
Szennyvíz-mennyiség, <u>naponta</u>	[m ³ /d]	Éves középérték: 15.772 Minimális: 10.450 Maximális: 48.835
KOI-koncentráció, befolyás tisztítótelep	[mg/L]	Éves középérték: 1.052 Minimális: 445 Maximális: 1.657
KOI terhelés, befolyás a szennyvíztisztító telepre, <u>naponta</u>	[kg/d]	Éves középérték: 16.592 Minimális: 4.650 Maximális: 25.941
Teljes villamosenergia-fogyasztás, <u>évente</u>	[kWh/év]	2.710.626
Saját villamosenergia-termelés, <u>évente</u>	[kWh/év]	2.182.906
Villamosenergia-fogyasztás, <u>csak levegőtisztítás, évente</u>	[kWh/év]	Nem végeztek saját mérést.
Megtisztított összes iszapmennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	57.282
..... ebből idegen iszap-mennyiség	[m ³ /év]	12.730
Száraz maradék a megtisztított iszapban	[%]	6

Hiba! A(z) Überschrift 1 itt megjelenítendő szövegre történő alkalmazásához használja a Kezdőlap lapot.

Biogáz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	1.133.060
Tisztítóeljárás		
Biológiai szint (eljárési mód)	Eleveniszapos berendezés <u>aerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input type="checkbox"/> Eleveniszapos berendezés <u>anaerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input checked="" type="checkbox"/> Csepegtető szűrőberendezés vagy rotációs merülőtest <input type="checkbox"/> Membránszűrés, biológia <input type="checkbox"/> SBR rendszerű berendezés (duzzasztóüzem) <input type="checkbox"/> Mesterséges tó <input type="checkbox"/>	
Nitrogéneliminációs eljárás	Nitrifikáció <input checked="" type="checkbox"/> Elődenitrifikáció <input checked="" type="checkbox"/> Denitrifikáció, szakaszos <input type="checkbox"/>	
Foszforeliminációs eljárás	Kémiai P-elimináció (kicsapatás) <input type="checkbox"/> Biológiai P-elimináció (Bio-P) <input type="checkbox"/> Biológiai (Bio-P) és kémiai P-elimináció (kicsapatás) <input checked="" type="checkbox"/> Szűrés <input type="checkbox"/>	

C.3 Kérőív adatgyűjtéshez - Karcag

Általános információk (adatok)		
Telep neve	Szennyvíztisztító telep Karcag	
Cím	Magyarország, 5300 Karcag, Sáfránlőger hrsz.: 02151	
Kapcsolattartó személy (név; e-mail)	vincze.kata@trvzrt.hu, fodor.miklos@trvzrt.hu	
Állományadatok		
Bemeneti szivattyú	-	igen <input checked="" type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>
Biológiai szint / megemelt (h) vagy a földbe süllyesztett (t) utótisztító medence	-	h <input type="checkbox"/> t <input type="checkbox"/> nincsen utótisztító medence
Iszap víztelenítése	-	Statikus sűrítő <input type="checkbox"/> ; kamrás szűrőprések <input type="checkbox"/> Szalagos szűrőprések <input checked="" type="checkbox"/> ; centrifugák <input type="checkbox"/> Nincsen (iszapleadás) <input type="checkbox"/>
Szezonális üzemű légkondicionáló berendezés	-	igen <input type="checkbox"/> nem <input checked="" type="checkbox"/> időszak:
Üzemadatok		
Kapacitás (tisztítóteljesítmény)	[LE]	26.666
Csatlakoztatott terhelés értéke (tényleges LE)	[LE]	16.064 (kiszámított: 13.800)
Teljes szennyvíz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	1.007.361
Szennyvíz-mennyiség, <u>naponta</u>	[m ³ /d]	Éves középérték: 2760 Minimális: 1988 Maximális: 3213
KOI-koncentráció, befolyás tisztítótelep	[mg/L]	Éves középérték: 600,5 Minimális: 239 Maximális: 1192
KOI terhelés, befolyás a szennyvíztisztító	[kg/d]	Éves középérték: 1657,4 Minimális: 659,6

telepre, naponta		Maximális: 3289,9
Teljes villamosenergia-fogyasztás, <u>évente</u>	[kWh/év]	951.202
Saját villamosenergia-termelés, <u>évente</u>	[kWh/év]	-
Villamosenergia-fogyasztás, <u>csak levegőztetés, évente</u>	[kWh/év]	Nem állnak rendelkezésre adatok, nem végeztek saját mérést.
Megtisztított összes iszapmennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	1527 (préselt iszapmennyiség, nem végeztek egyéb kezelést)
..... ebből idegen iszap-mennyiség	[m ³ /év]	-
Száraz maradék a megtisztított iszapban	[%]	17
Biogáz-mennyiség, <u>évente</u>	[m ³ /év]	-
Tisztítóeljárás		
Biológiai szint (eljárási mód)	Eleveniszapos berendezés <u>aerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input type="checkbox"/> Eleveniszapos berendezés <u>anaerob</u> iszapstabilizációval (rothasztás nélkül) <input type="checkbox"/> Csepegtető szűrőberendezés vagy rotációs merülőtest <input type="checkbox"/> Membránszűrés, biológia <input checked="" type="checkbox"/> SBR rendszerű berendezés (duzzasztóüzem) <input type="checkbox"/> Mesterséges tó <input type="checkbox"/>	
Nitrogéneliminációs eljárás	Nitrifikáció <input checked="" type="checkbox"/> Elődenitrifikáció <input checked="" type="checkbox"/> Denitrifikáció, szakaszos <input type="checkbox"/>	
Foszforeliminációs eljárás	Kémiai P-elimináció (kicsapatás) <input checked="" type="checkbox"/> Biológiai P-elimináció (Bio-P) <input type="checkbox"/> Biológiai (Bio-P) és kémiai P-elimináció (kicsapatás) <input type="checkbox"/> Szűrés <input type="checkbox"/>	