

건물용도에 따른 개별오수처리시설의 운영실태에 관한 연구

권은미[†] · 김종석 · 정옥진

명지대학교 환경생물공학과

(2004년 10월 4일 접수, 2005년 2월 9일 채택)

A Survey on Operating State of ISWTP according to Building Use Type

Eunmi Gwon[†] · Jongseok Kim · Wookjin Chung

Department Environmental Engineering and Biotechnology, Myongji University

ABSTRACT : It is difficult to use average sewage water quality as a design parameter for the individual sewage wastewater treatment plant(ISWTP), because sewage water quality is very various according to the building use type. So, in this study, we estimated daily, seasonal and weekly trend of sewage water quality and flow rate in various kind of building to comprehend operating state of ISWTP. The sewage water quality and flow rate were higher in the business building than household building. The seasonal difference of the water quality was not detected but that of flow rate was high. The flow rate of the sewage in the business building was higher in summer than in other seasons and in weekend than in weekday. The treatment efficiency of IWSTP was about 70~80% with BOD, 40~50% with TN and TP, which was very low.

The unit loads of the individual house were 36.05 gpcd with BOD, 37.91 gpcd with SS, 23.91 gpcd with T-N, and 7.90 gpcd with T-P respectively, and those values were higher than other studies. It is because, as distinct from other studies, sewage water quality was monitored at the inlet point of the IWSTP in this study. We can use this results as an one of basic parameters for the design of IWSTP.

Key Words : Individual Sewage Wastewater Treatment Plant, Pollutant Loads, Unit Loads, Building Use Type

1. 서론

우리나라의 2003년 말 하수도 보급율은 78.8%이며, 전국에 가동 중인 207개 하수종말처리시설의 시설용량은 20,233천 톤/일(시운전 및 부분가동 포함)(하수도 통계 2003), 1981년의 보급률 8%, 4개의 하수처리시설에서 총 822천톤/일에 비하면 놀라운 하수처리율의 증가를 가져왔다.¹⁾ 그러나 지금도 하수관거를 설치하기 어려운 지역의 생활오수는 하수종말처리장에서 처리할 수 없어, 이 지역에 일경연면적 이상으로 건축되는 건물로부터 발생하는 오수에 대해서 개별오수처리시설의 설치를 의무화했고, 2002년 이후에는 신축되는 모든 건물에 개별오수처리시설의 설치를 의무화하여 오염물질을 발생원에서부터 개별 처리토록 하고 있다.²⁾

오수량 및 오염부하량은 주택단지가 건설될 지자체의 인구, 상·하수도 등 관련분야별 현황 및 장래계획과 하수도 시설기준에서 제시되고 있는 방법을 토대로 산정하게 되는데, 그 가운데에서도 상수 급수량 및 오수발생원단위는 전체 오수발생량을 산정하는데 가장 중요한 설계인자가 된다.^{3,4)} 하지만 개별오수처리시설의 경우 업종이나 주거형태에 따라 다양한 오수의 발생특성을 가지고 있으므로 계획

단계에 적용되는 포괄적인 평균값은 실제 발생량과 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 주택단지내 오수발생량의 예측은 건물용도가 비슷한 단지를 대상으로 오수발생량 및 오염부하량 현황을 조사하여 건물용도에 따른 객관적인 설계치를 도출해야 할 필요성이 증대되고 있다.⁴⁾

이러한 배경 하에 주택단지를 대상으로 한 오수량 및 오염부하량 실측 연구가 진행된 사례가 있지만,⁵⁻⁷⁾ 기후 및 건물용도에 따른 영향을 많이 받는 오수발생특성변화를 대표할 만한 자료가 축적되어 있지 못하다. 또한 주거 특성에 따른 계절별, 주간별, 일간별 오수량 및 오염부하량 자료는 거의 전무한 실정이다. 이러한 자료는 지속적으로 축적되어 충분히 축적되어야만 그 통계적인 신뢰성을 가질 수 있다.

따라서 본 연구는 개별오수처리시설 중 업종별 대표성을 지닐 수 있는 지점을 선정하여 계절별, 주간별, 일간별 오수발생량 및 오염도를 실측하고 개별오수처리시설의 운영실태를 파악하였다. 또한 개별오수처리시설의 설계와 관리지침에 필요한 원단위의 참고치를 산정하여 제시하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 조사지점 및 조사시기

본 연구의 지점은 원칙적으로 비하수처리구역내 개별오수처리시설이 많이 분포하고 있는 지역을 대상으로 하였다.

[†] Corresponding author
E-mail: emgwon@mju.ac.kr
Tel: 031-330-6697

Fax: 031-337-2902

그리고 단독주택, 공동주택과 영업용 건물에 대하여 하수관거의 매설여부 및 조사의 용이성, 오수처리시설 현황, 유량 조사 및 시료채취의 용이성, 거주인구, 상수사용량 등 관련 자료의 확보가 용이한 지역을 중심으로 3지점씩 총 9개 지점을 선정하였다.

이제까지의 생활하수조사는 주변의 여건을 고려하고 하수관거에서 채수하는 것이 일상적이었지만 이것은 이미 여러 종류의 건물에서 발생된 오수가 합해진 이후이기 때문에 건물별로 설치되어야 할 개별오수처리시설에는 적용하기가 어려울 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 건물용도별 오수발생특성을 상세하게 조사하고자 건물용도에 맞는 지점을 선택하여 수질과 유량을 조사하였다.

오수발생량은 일별, 주간별, 계절별 변화가 모두 다르므로 이에 따른 변화를 관찰하기 위하여 계절별로 1회씩 분석하는 것을 원칙으로 하였다. 또한 분석시에는 주간과 주중의 발생량을 측정하기 위해서 주중은 수요일, 주말은 일요일을 택하여 24시간 동안 2시간에 1회씩 수질과 유량을 측정하였다. 측정시기는 4월 18일~4월 23일, 6월 17일~6월 21일, 8월 26일~8월 30일, 10월 14일~10월 18일로 4회 측정하였다.

2.2. 시료 채취 및 분석방법

수질분석을 위한 시료는 2시간마다 채취한 뒤 정량식을 모아서 혼합한 뒤 모아진 하루 동안의 시료를 분석 시료(fixed volume method)로 하였다. 시료는 2 L 용량의 시료채취용 폴리에틸렌통에 채취한 후, 수질항목별로 적절한 전처리를 실시한 후 아이스박스에 4°C 이하로 보관하여 24시간 이내로 실험실에 운반하여 분석하도록 하였다. 현장에서 pH, 수온, 전기전도도를 Horiba Co. 의 U-10을 이용하여 분석하였고 유속계나 용기법에 의하여 유량을 측정하였다. 실험실에서는 BOD, SS, T-N, T-P를 분석하였다. 항목별 분석방법은 수질오염공정시험방법과 Standard Method를 근거로 하였다.

2.3. 오염부하량과 원단위의 산정

오염부하량은 분석된 시료의 평균농도에 오수평균발생량을 곱하여 산정하였다. 즉, 발생오염부하량은 오수의 농도와 유량을 곱하여 산정하였으며 배출오염부하량은 개별오수처리시설을 통해 처리된 후 방류되는 처리수의 농도와 유량을 곱하여 산정하였다.

오염부하량(kg/day)

$$= \text{오염물질농도(mg/L)} \times \text{1일 오수발생량(L/day)} \times \text{kg/10}^6 \text{ mg}$$

또한 오염부하 원단위의 경우 계산된 오염부하량을 단독주택지역과 공동주택지역은 상주인구수로 나누어 산정하였고(원단위의 단위 : Lpcd), 상주인구 산정이 어려운 영업장은 연면적으로 나누어(원단위의 단위; L/m²·day) 오염부하 원단위를 산정하였다.

3. 결과 및 토론

3.1. 오수의 수질현황

3.1.1. 유입수(오수)

BOD의 경우 총 평균은 159.9 mg/L였으며 주중은 154.3 mg/L, 주말은 165.4 mg/L로 주말의 오염도가 더 높았다. 주거형태별 BOD의 변동추이를 보면, 단독주택은 주중과 주말에 각각 79.4 mg/L, 97.5 mg/L, 공동주택은 155.4 mg/L, 134.3 mg/L, 영업지역은 228.1 mg/L, 264.6 mg/L으로 영업용 건물의 오염도가 가장 높았다. 이것은 영업용 건물로 음식점이 가장 많이 선정되어 배출되는 오수에 육류에 의한 기름성분이 많이 함유되어 있었기 때문으로 추정된다(Table 1). SS 평균은 98.5 mg/L였고 주중에 86.5 mg/L, 주말에 98.5 mg/L이었으며 측정시거나 건물용도에 따른 경향은 BOD와 매우 유사하였다. 영업용 건물에서 발생하는 오수의 수질이 주중에 비하여 주말에 매우 높게 관찰되었는데 이것은 가정용 건물과는 달리 주말에 영업장을 이용하는 유동인구가 많기 때문인 것으로 추정된다. T-N은 주중과 주말에 각각 46.2 mg/L, 57.1 mg/L, T-P는 15.2 mg/L, 12.1 mg/L이었다. T-P를 제외한 수질오염도가 주중보다는 주말에 높았으며 이것은 다른 항목에서와 동일한 결과였다. 주거형태에 따른 오수의 수질은 가정용 건물에서 보다는 영업용건물에서 발생된 오수에서 오염도가 높았다.

3.1.2. 처리수

처리수의 전체 BOD평균은 24.5 mg/L, SS는 22.1 mg/L로 조사되어 전체적으로 하수처리장 방류수질 기준 20 mg/L를 약간 넘는 것으로 조사되었다. 주거 형태별로 단독주택은 7.2~26.3 mg/L, 공동주택은 21.3~45.2 mg/L, 영업지역은 18.9~33.6 mg/L로 조사되었으며 조사시거나 주거

Table 1. Variations of pollutant concentration of sewage according to the building use type

Building Use Type	BOD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend
Individual house	79.4	97.5	78.9	70.0	42.0	56.6	17.0	8.1
Apartment	155.4	134.3	79.9	83.9	45.1	60.1	15.8	16.8
Business building	228.1	264.6	100.6	177.8	51.5	54.6	12.9	11.3
Average	154.3	165.4	86.5	110.5	46.2	57.1	15.2	12.1
Total Average	159.9		98.5		51.7		13.7	

Table 2. Variations of pollutant concentration of SWWTP effluent according to the building use type

Building Use Type	BOD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend	Weekday	Weekend
Individual house	19.5	15.2	17.0	20.7	37.0	34.5	6.0	6.8
Apartment	29.8	30.1	30.4	28.3	39.8	38.6	5.6	8.5
Business building	23.8	28.6	18.1	18.2	31.3	22.4	6.9	8.6
Average	24.3	24.6	21.8	22.41	36	31.8	6.1	7.9
Total Average	24.5		22.1		33.9		7.0	

형태에 따라 변동폭이 매우 컸다. 이것은 각 건물에서 가동 중인 개별오수처리시설의 운전현황이나 관리상태와 상관성이 매우 높을 것으로 생각된다<Table 2>.

처리수 중 T-N은 평균 33.9mg/L으로 조사되어 BOD의 농도보다 더 높았다. 이것은 대부분의 지점에서 오수와 함께 분뇨가 합병처리되고 있기 때문에 발생하는 오수의 TN 농도가 매우 높음에다가 현재의 개별오수처리시설은 유기물질만을 설계하기 위한 공법이므로 TN이 거의 처리되지 않기 때문으로 생각된다. 따라서 이러한 개별오수처리시설에서 배출되는 TN의 오염부하량은 매우 높을 것으로 예상된다. T-P 평균은 7.0mg/L으로 오수의 총 평균값을 기준으로 개별오수처리시설에서 제거율은 약 45.8%였다. TP 역시 처리효율이 유기물에 비해 낮았으며 개별오수처리시설에서 배출되는 오염부하량이 높아 이에 대한 대책이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

3.2. 유량변동

3.2.1. 유량의 일주간 배출특성

연구의 여건상 측정대상 건물의 규모가 일정하지 않기 때문에 각 업종별 발생량의 절대 값의 비교는 의미가 없다. 단 동일건물에서 주중과 주말에 발생량의 차이가 매우 큰 것으로 관찰되었다. 이것은 가정용 건물은 주거인의 생활패턴에 따른 차이가 크기 때문이고, 영업장의 경우 대체로 주중보다는 주말에 시설의 이용인구가 많기 때문으로 사료된다. 이러한 점을 감안할 때 영업용 건물의 개별오수처리시설을 설치할 경우 주말에 발생할 유량을 고려하여 충분한 체류시간을 확보할 수 있는 용량의 개별오수시설이 시공되어야 할 것으로 사료된다.

3.2.2. 유량의 일간변화

유량의 일간변화는 몇몇 보고서에서 조사된 바 있지만^{4,8,9)} 그 값이 경우에 따라 매우 상이하므로 포괄적인 대푯값으로 사용하기에는 한계가 있다. 따라서 대푯값으로 표시될 수 있는 자료를 확보하기 위해서는 보다 많은 데이터가 축적되어야 할 것이다. 본 연구에서 측정된 주거형태에 따른 일간 유량변화는 1차 조사결과를 중심으로 살펴보았다.

총 1,200여세대가 거주하고 있는 아파트의 경우 시간에 따른 오수발생량의 경향이 상수사용량과 유사한 것으로 나타났다. 즉, 오전 7시부터 10시까지와 19시 부근에의 유량이 최대였으며 정오와 자정이후에 유량이 최소임을 알 수 있었다.

그러나 주중에는 자정부근에 오수발생량이 상승하는 경향이 관찰되었는데 이것은 최근 생활패턴의 변경으로 인하여 야간에 활동하는 인구가 증가했기 때문으로 생각된다(Fig. 1(a)).

그러나 영업장의 시간에 따른 유량은 일정한 경향이 없었으며 주중보다는 주말에 오수발생량이 많음을 알 수 있었다. 이것은 영업장의 특성상 주말에 이용객수가 많기 때문으로 사료되며 시간에 따른 변화도 이용객수와 밀접한 관계가 있을 것으로 추정된다. 영업시설에 대한 개별오수처리시설을 설계할 경우 주중과 주말에 발생하는 오수의 특성을 충분히 반영하여 처리시설의 용량을 결정하는데 참고가 될 만한 기본적인 자료를 축적하는 것이 필요하다고 생각된다(Fig. 1(b)).

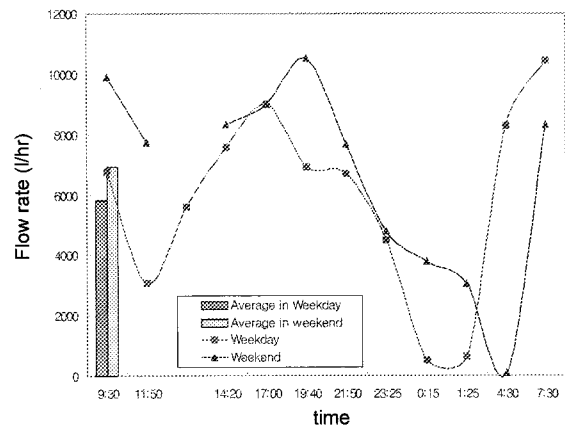


Fig. 1(a). Daily flow rate variation of the sewage from apartment(1st survey).

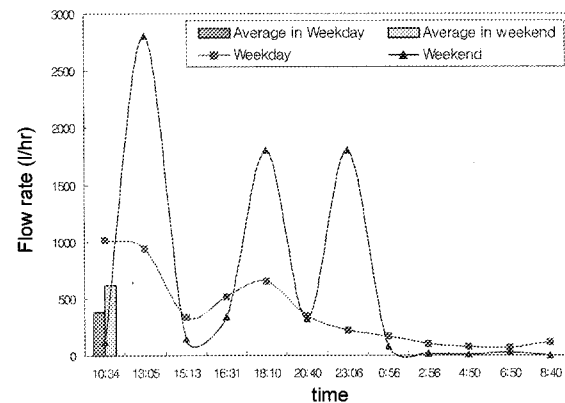


Fig. 1(b). Daily flow rate variation of the sewage from business building(1st).

Table 3. Calculation of generation and emmission pollutant loads and unit loads

Parameter	Generation Pollutants						Emission Pollutants					
	Pollutants Load (kg/day)			Unit Load (gpcd, g/m ² · day)			Pollutants Load (kg/day)			Unit Load (gpcd, g/m ² · day)		
	Individual house	Apartment	Business building	Individual house	Apartment	Business building	Individual house	Apartment	Business building	Individual house	Apartment	Business building
BOD	2.61	10.23	3.06	36.05	16.10	2.86	1.62	0.44	0.57	8.02	3.13	1.63
SS	2.49	6.65	1.71	37.91	10.77	1.60	1.24	0.44	0.50	6.46	3.11	1.14
T-N	1.71	2.96	1.28	23.91	6.98	1.19	2.53	0.53	0.57	13.00	3.58	1.73
T-P	0.32	1.03	0.45	7.90	1.84	0.42	0.54	0.15	0.10	2.72	0.91	0.29

3.3. 원단위의 산정

3.3.1. 발생원단위

건물용도에 따른 오수의 발생 및 배출오염부하량과 원단위를 산정하기위한 평균수질오염도와 유량은 수요일 측정값은 평일값으로, 토요일과 금요일은 주말측정값으로 간주하고 산정하였다. 산정된 평균 수질과 평균유량을 기준으로 계산된 오염부하량과 원단위는 Table 3과 같다.

단독주택지역의 BOD, SS, T-N, T-P의 발생원단위가 모두 공동주택지역과 영업지역보다 높게 조사되었다. 영업지역의 발생오염원단위는 절대값으로 가장 낮게 조사가 되었다. 본 연구에서 조사된 단독주택지역의 발생원단위(인구단위)는 평균 BOD 36.05 gpcd, SS 37.91 gpcd, T-N 23.91 gpcd, T-P 7.90 gpcd이며, 공동주택지역의 발생원단위(인구단위)는 평균 BOD 16.10 gpcd, SS 10.77 gpcd, T-N 6.98 gpcd, T-P 1.84 gpcd이었다. 한편 영업지역의 발생원단위(연면적단위)는 평균 BOD 2.86 g/m² · day, SS 1.60 g/m² · day, T-N 1.19 g/m² · day, T-P 0.42 g/m² · day인 것으로 분석되었다. 공동주택에서 발생하는 오수는 수질이나 유량이 단독주택에서보다 많았지만 거주하는 인구가 워낙 많아서 원단위는 더 작은 값으로 산정되었다.

3.3.2. 배출원단위

본 연구에서 조사된 단독주택지역의 배출원단위(인구단위)는 평균 BOD 8.02 gpcd, SS 6.46 gpcd, T-N 13.00 gpcd, T-P 2.72 gpcd이었으며 공동주택지역의 배출원단위(인구단위)는 평균 BOD 3.13 gpcd, SS 3.11 gpcd, T-N 3.58 gpcd, T-P 0.91 gpcd인 것으로 분석되었다. 영업지역의 배출원단위(연면적단위)는 평균 BOD 1.63g/m² · day, SS 1.14 g/m² · day, T-N 1.73 g/m² · day, T-P 0.29 g/m² · day이었다. 단독주택지역의 BOD, SS, T-N, T-P의 배출원단위가 모두 공동주택지역과 영업지역보다 높게 조사되었다. 또한 T-N의 배출원단위가 BOD보다 높은 것으로 관찰되었는데 이것은 현재 시공된 대부분의 개별오수처리시설은 질소와 인과 같은 영양염류를 제거하기 어려운 공법으로 설계 시공되었기 때문으로 사료된다.

본 조사에서 건물용도별로 구분하여 산출한 원단위를 환경부, 한국토지공사에서 수행한 “주택단지내 상수, 오수발생량 원단위 산정 및 하수처리시설 소요비용 연구, 2001”에서 산정한 발생원단위 결과와 비교하여 Table 4에 결과를 기술하였다.

Table 4. Comparison of the generation unit loads in this study and others

Parameters	This Study				Other Study5)			
	BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P
Individual house(gpcd)	36.05	37.91	23.91	7.90	23.2	13.9	7.2	0.9
Apartment(gpcd)	16.10	10.77	6.98	1.84	29.3	19.8	7.4	0.8
Business building (g/m ² · day)	2.8	1.6	1.19	0.42	1.5	0.8	0.3	0.1

먼저 단독주택의 경우 본 연구의 발생원단위는 BOD 36.05 gpcd, SS 37.91 gpcd, T-N 23.91 gpcd, T-P 7.90 gpcd인 것으로 분석되었으나 환경부와 한국토지공사의 전국 10개 지점에서 조사한 결과에 의하면 BOD 23.2 gpcd, SS 13.9 gpcd, T-N 7.2 gpcd, T-P 0.9 gpcd으로 본 연구에서의 값보다 작았다. 이것은 본 연구에서는 오수가 발생된 직후에 측정되었고 환경부등의 연구에서는 하수관거 중간에서 측정되었기 때문에 하수가 관거를 타고 유하하는 동안 침전 등의 기작으로 오염물질이 어느 정도 제거되었으며 불명수 등의 유입으로 하수의 수질이 발생 직후보다 좋아졌기 때문으로 생각된다.

본 연구에서는 대부분 개별오수처리시설 유입부에서 시료를 채수하였다. 개별오수처리시설은 대부분 건물과의 거리가 10 m 이내이기 때문에 관거에서 오염물질의 성상이나 농도가 변하지 않고 전량 유입되어 오염도가 높은 것으로 추측된다. 또한 정화조가 없는 합병정화조 형태의 개별오수처리시설이었기 때문에 생분뇨가 하수와 같이 유입되고 있었다. 따라서 유기물을 비롯한 영양염류의 원단위가 타 연구에 비해 높은 것으로 추측된다.

본 연구에서 제시하는 값들은 비하수처리구역내 개별오수처리시설을 설계 · 시공할 때 유용한 기본적인 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 영업용 건물의 경우 업종에 따라 오수의 발생특성이 매우 다양하기 때문에 이에 대한 체계적인 연구는 더욱 필요하리라 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 개별오수처리시설의 운영실태를 파악하고 설계와 관리지침에 필요한 오염부하량과 원단위를 산정고자 건물용도별, 계절별, 주간별, 일간별로 오수발생량과 수질을 실측하고 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) 오수의 BOD는 평균 159.9 mg/L였으며 주중은 154.3 mg/L, 주말은 165.4 mg/L로 주말의 오염도가 더 높았다. 주거형태별 BOD의 변동추이를 보면, 단독주택은 주중과 주말에 각각 79.4 mg/L, 97.5 mg/L, 공동주택은 155.4 mg/L, 134.3 mg/L, 영업지역은 228.1 mg/L, 264.6 mg/L으로 영업용 건물의 수질오염도가 가장 높았다. 이것은 영업용 건물로 선정된 곳 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 음식점에서 배출되는 오수에 기름성분이 많이 함유되어 있었기 때문으로 추정된다.

2) 처리수의 전체 BOD평균은 24.5 mg/L, SS는 전체평균 22.1 mg/L로 조사되어 하수처리장 방류수질 기준 20 mg/L를 넘는 것으로 조사되었다. 그러나 처리수중 T-N은 평균 33.9 mg/L으로 조사되어 BOD의 농도보다 더 높았다. TP는 7.0 mg/L로 나타나 개별오수처리시설에서의 영양염류처리효율은 40~50%로 매우 낮아 현재의 공법이 유지될 경우 개별오수처리시설에서 발생하는 오수에 의한 배출 오염부하량의 상당량을 차지할 것으로 예상된다.

3) 주중과 주말에 따른 발생유량변화는 가정주택일 경우 일정하지 않았지만 영업장에서는 주중과 주말에 각각 10.1 m³/일과 29.7 m³/일로 주말에 발생량이 월등히 높았다. 이것은 영업장의 경우 주중보다는 주말에 유동인구가 월등히 많다는 것을 의미하는 것이며, 영업용 건물에 개별오수처리시설을 설치할 경우 주말에 발생될 유량을 고려하여 충분한 용량의 오수가 처리될 수 있는 시설로 시공되어야 할 것으로 사료된다.

4) 배출원단위의 경우 단독주택지역의 배출원단위(인구단위)는 평균 BOD 8.02 gpcd, SS 6.46 gpcd, T-N 13.00 gpcd, T-P 2.72 gpcd이었으며 공동주택지역의 배출원단위(인구단위)는 평균 BOD 3.13 gpcd, SS 3.11 gpcd, T-N 3.58 gpcd, T-P 0.91 gpcd인 것으로 분석되었다. 영업지역의 배출원단위(연면적단위)는 평균 BOD 1.63g/m²·day, SS 1.14 g/m²·day, T-N 1.73 g/m²·day, T-P 0.29 g/m²·day이었다. T-N의 배출원단위는 BOD보다도 높은 것으로

관찰되었는데 이것은 연구대상으로 한 처리시설들이 유기물질만을 처리할 수 있는 공법이기 때문에 질소인의 제거율이 매우 낮기 때문이다.

본 연구에서 조사된 원단위는 타 연구에 비해 다소 높게 측정되었으나 이것은 오수가 배출된 직후에 측정된 값이기 때문에 하수관거를 유하하는 동안 감소된 양이 전혀 없고 분뇨가 동시에 배출되어 이에 따른 영향이 있었기 때문이다. 따라서 건물용도에 따른 개별오수처리시설을 설계할 때 기본적인 자료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 영업용 건물일 경우 업종에 따라 오수의 성상과 발생특성이 매우 다양하므로 이에 대한 체계적인 연구는 추가로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 최의소(2003), 상하수도 공학 1판, 청문각, pp 185.
2. 환경부, 오수 분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률(2003).
3. 한국수도협회, 하수도 시설기준, pp. 72~80(1998).
4. 강희만, 장태순, 이주광, "휴게소 오수처리시설 설계용량 산정기준 고찰," 대한환경공학회 2004 춘계 학술연구발표회 논문집. pp. 877~884(2004).
5. 환경부, 주택단지내 상수,오수발생량 원단위 산정 및 하수처리시설 소요비용 연구(2001).
6. 환경부, 오수처리시설의 방류수 수질기준설정에 대한 조사연구(2004).
7. 한강수계 관리위원회, "경안천 유역의 오염부하량 조사," pp. 109~141(2002).
8. 박민정, 김동석, "SBR을 이용한 소규모 오수처리시설에 관한 연구," 한국환경과학회지, 12(4), pp. 427~437(2003).
9. 이호식, 민유미, 박장현, 박영화, 전태성, 이경미, "소규모 오수처리공정에서 자동제어시스템의 적용," 한국물환경학회지, 19(5), pp. 525~535(2003).