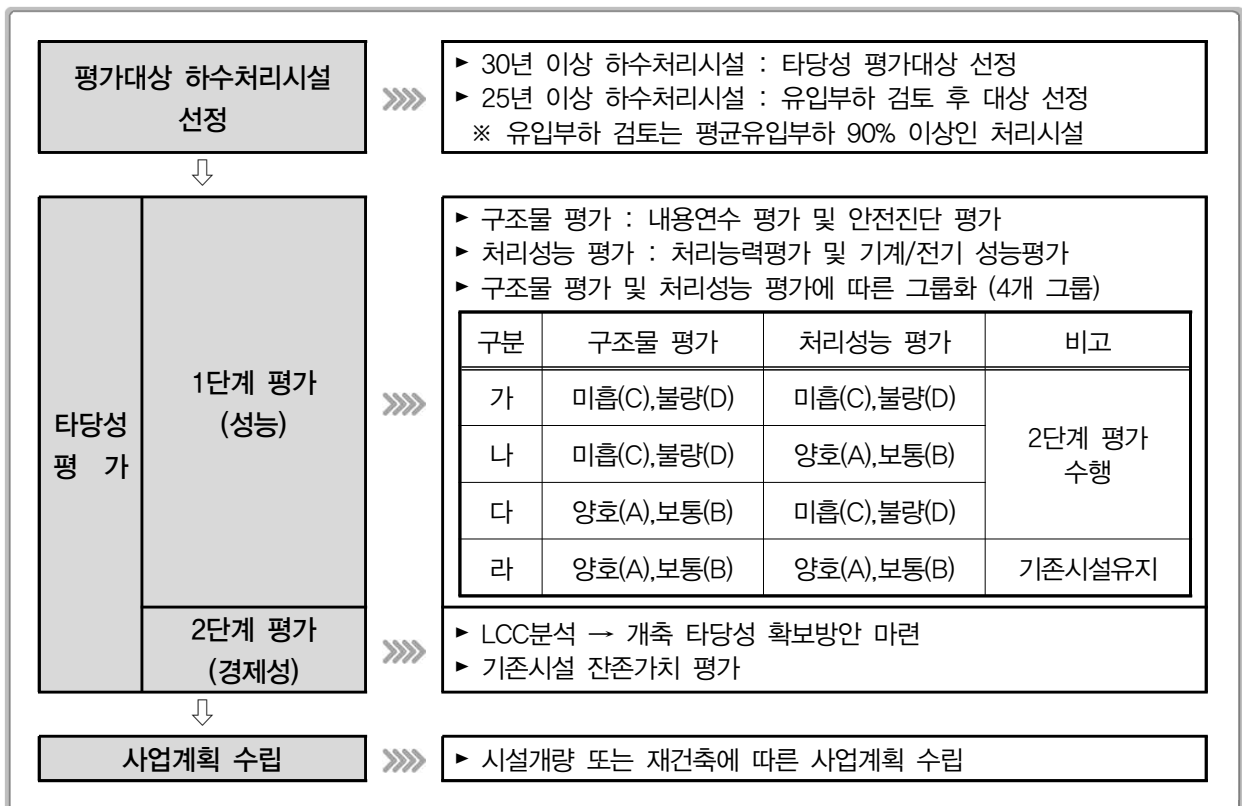


23. 승기 공공하수처리시설 노후화 등에 따른 재건축 계획

23.1 개 요

23.1.1 서론

- 승기공공하수처리시설은 1995년 시설용량 240,000m³/일 규모의 표준활성슬러지법으로 최초설치되어 2007년 고도처리시설(MLE) 개량 및 2단계 35,000m³/일 증설사업 시행 후 현재까지 대수선 없이 운영 중인 노후하수처리시설로서 처리구역내 BTL, 분류식관로 정비사업 등으로 인한 유입오염부하량 증가와 주요 기자재 설비의 노후도 심화로 인한 처리효율 저하문제 심각
 - 2012년 동절기 방류수질 유예 삭제 등의 기준 강화에도 불구하고 별도의 개량없이 운영되어 방류수질 기준을 지속적으로 초과하여 한강유역환경청으로부터 개선명령을 받고 있는 실정
 - 송도신도시 개발에 따라 공공하수처리시설의 입지가 도심지 중심에 위치하여 인근 주민으로부터 악취 등에 의한 민원이 빈번하며 하수처리시설의 이전 또는 현대화 사업에 대한 요구가 높아지고 있음
 - 공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12.,환경부)에서 제시한 노후 공공하수처리시설의 재건축 타당성 평가기준에 따른 승기공공하수처리시설 현대화 사업의 타당성 검토
- ⇒ 1단계 성능평가: 현재 구조물의 상태와 처리성능의 상태 평가
- ⇒ 2단계 경제성평가: 기존시설의 잔존가치를 포함한 LCC 분석 평가



<공공하수처리시설 개선 타당성 평가기준 수립절차>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

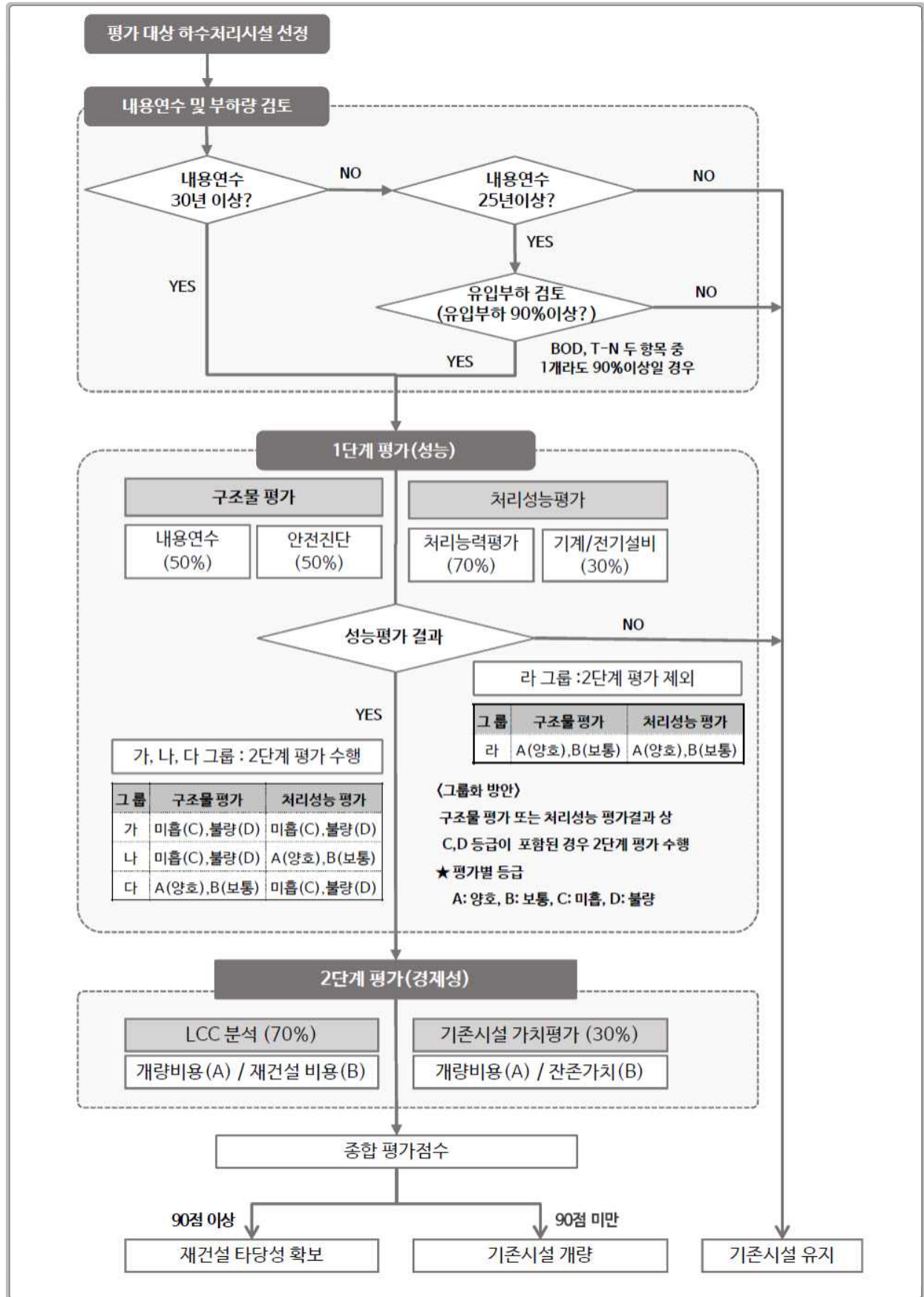
제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장



<공공하수처리시설 개선 타당성 평가기준 전체 흐름도>

23.1.2 승기공공하수처리시설의 개요

가. 시설현황

- 승기공공하수처리시설은 당초 합류식지역에 설치된 하수처리시설로 연수동, 간석동, 구월동 등의 주거지역의 생활오수와 남동공단의 공장폐수가 일부 유입되고 있음
- 1995년 1월 가동개시하여 현재 26년이 경과한 노후 하수처리시설

<승기공공하수처리시설 개요>

구 분		최 초		증설	
시설용량(㎥/일)		240,000		35,000 (고도처리 개량 275,000)	
처리방법		표준활성슬러지법		MLE공법	
가동개시		1995		2007	
위 치		인천광역시 연수구 동춘동 947번지			
부지면적(㎡)		226,765㎡			
방류수역		서해			
계획 수질	구 분	유 입		방 류	
		수질(mg/L)	부하(kg/일)	수질(mg/L)	부하(kg/일)
	BOD	155	42,625	10	2,750
	COD	125	34,375	20	5,500
	SS	150	41,250	10	2,750
	T-N	32	8,800	15	4,125
	T-P	4.5	1,238	2	550



<승기공공하수처리시설 전경>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

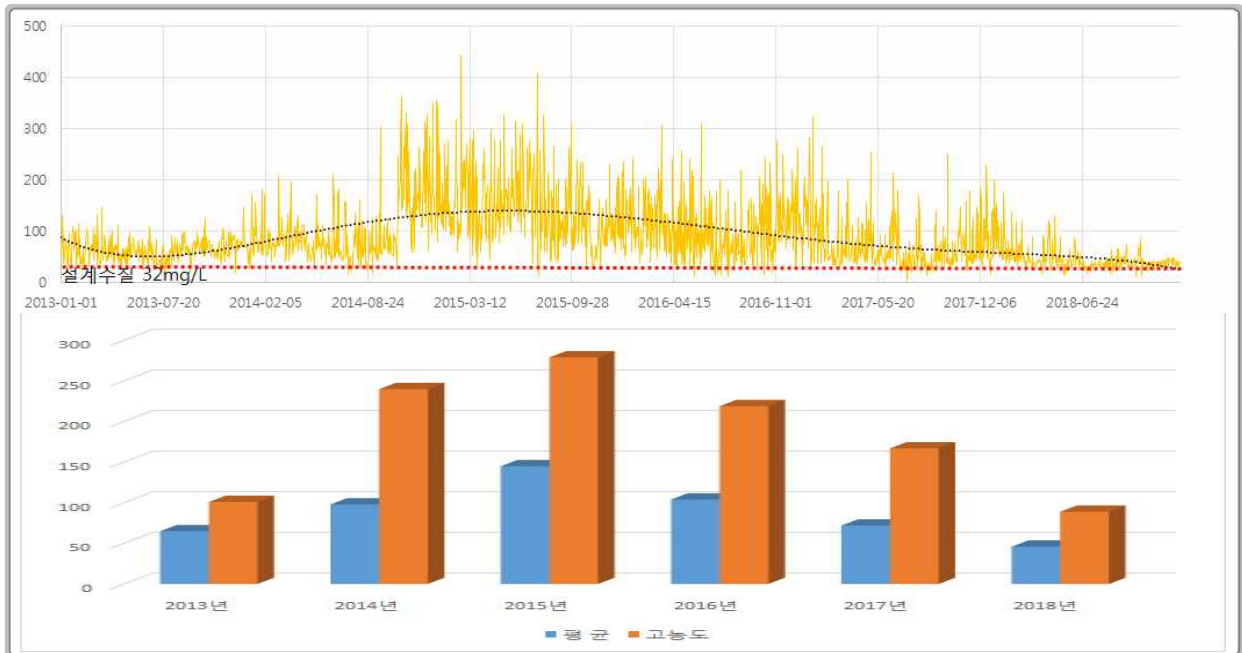
제 10 장

04 처리구역별 하수도계획

나. 운영실태 분석

1) 유입수질 현황

- 2014~2015년 T-N기준 유입수질이 큰 폭으로 증가하다 2016년 이후 점차 안정화 추세
- 2018년 최근 안정화 단계의 수질임에도 평균 유입 T-N이 46mg/L로 설계수질의 144%



<승기공공하수처리시설 전경>

<승기공공하수처리시설 고농도 유입수질 현황>

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P	비 고
설 계 수 질		155	125	150	32.0	4.5	
2013년	평 균	247	166	191	65	9.0	
	고농도	412	363	480	101	19.0	누적확률 95%
	비 율	159.4%	132.8%	127.3%	203.1%	200.0%	
2014년	평 균	254	213	265	98	9.0	
	고농도	523	380	564	240	20.0	누적확률 95%
	비 율	163.9%	170.4%	176.7%	306.3%	200.0%	
2015년	평 균	260	174	194	145	10.0	
	고농도	447	280	352	279	20.0	누적확률 95%
	비 율	167.7%	139.2%	129.3%	453.1%	222.2%	
2016년	평 균	229	147	162	104	10.0	
	고농도	478	279	340	219	23.0	누적확률 95%
	비 율	147.7%	117.6%	108.0%	325.0%	222.2%	
2017년	평 균	183	128	129	72	11.0	
	고농도	411	243	240	167	34.0	누적확률 95%
	비 율	118.1%	102.4%	86.0%	225.0%	244.4%	
2018년	평 균	144	140	140	46	8.0	
	고농도	286	233	230	89	25.0	누적확률 95%
	비 율	92.9%	112.0%	93.3%	143.8%	177.8%	

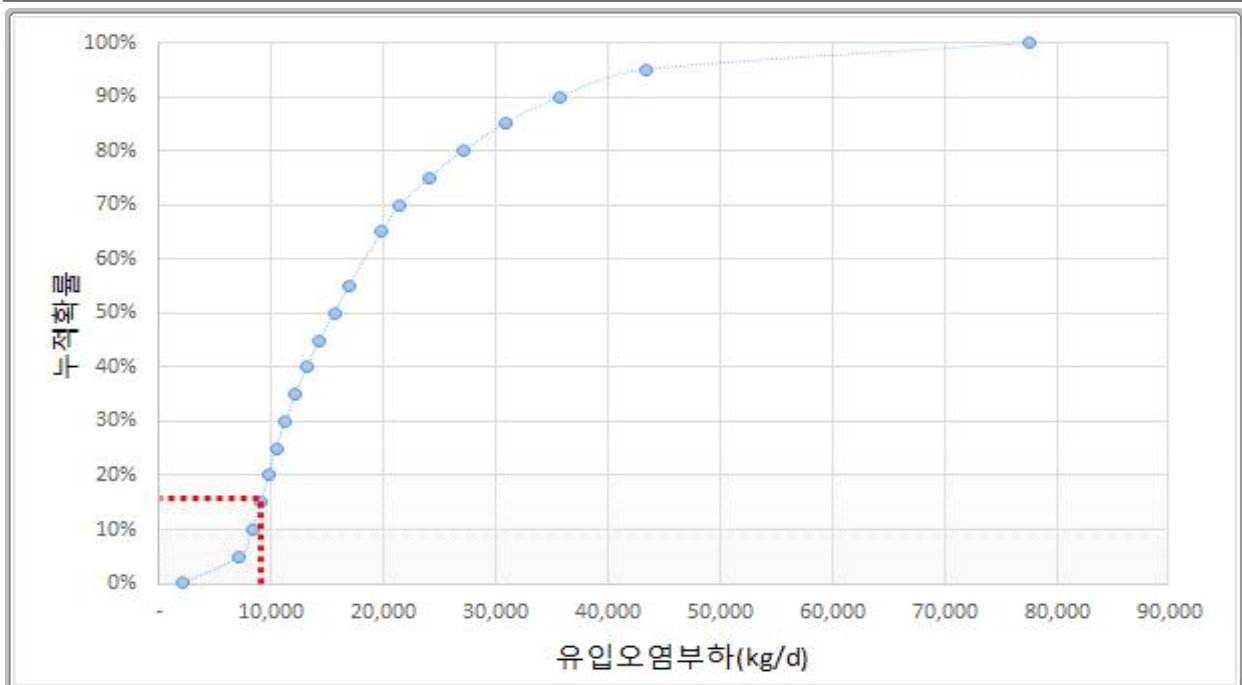
2) 오염부하량 유입현황

- 최근 6년간 평균 유입하수량은 시설용량의 82.0%로 다소 여유가 있는 것으로 보이나 유입수질을 고려한 오염부하량은 T-N의 경우 설계값의 205.9%로 매우 높게 운영됨
- T-N 설계유입부하는 운영부하의 누적확률 16.8% 수준으로 분석됨
- 전체 관측일수 2,191일 중 83.2%인 1,823일간 설계오염부하 초과 유입

<승기공공하수처리시설 유입부하량 현황>

구 분			유입유량 (㎥/일)	유입수질(mg/L)				
				BOD	COD	SS	T-N	T-P
설 계			275,000	136	169	164	33.8	4.4
2013년 ~ 2018년	평균		225,614	219	161	180	88	10
	누적 확률	80%	242,217	294	210	227	128	13
		90%	267,922	376	255	310	169	17
		95%	294,716	435	309	395	210	23
비 율 (%)			82.0%	161.0%	95.3%	109.8%	260.4%	227.3%
설계기준 초과일수 (일)			533	1,654	803	913	1,984	1,854

구 분			유입오염부하(kg/일)					비 고
			BOD	COD	SS	T-N	T-P	
설 계			37,400	46,475	45,100	9,295	1,210	
2013년 ~ 2018년	평균		47,993	35,437	39,769	19,135	2,141	
	누적 확률	80%	63,485	45,158	49,929	27,076	2,811	
		90%	78,459	54,299	67,510	35,784	3,785	
		95%	93,666	64,908	86,008	43,443	5,032	
비 율 (%)			128.3%	76.2%	88.2%	205.9%	176.9%	
설계기준 초과일수 (일)			1,341	401	566	1,823	1,610	



<유입오염부하 누적확률 분포도 (T-N)>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

3) 방류수질초과 현황

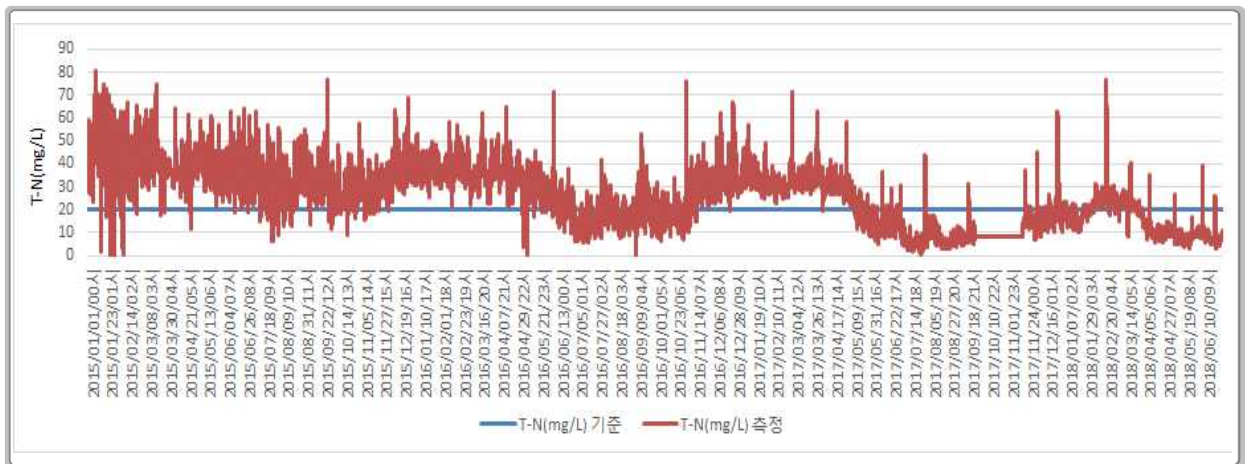
- 최근 5년간 방류수질 분석결과 법정수질을 초과하는 일수는 2013년 이 후 T-N초과 1,067일, T-P초과 380일
- 2015년 1월 1일부터 2018년 6월 30일까지 TMS수질기준 COD 4회, SS 189회, T-N 832회, T-P 751회 초과 ⇨ 한강유역환경청으로부터 10차례 이상의 개선명령 받음 (2015.1.12., 2015.9.1., 2016.5.19., 2016.9.12., 2017.1.24., 2017.4.13., 2017.6.7., 2017.7.24., 2017.10.17.)

<승기공공하수처리시설 방류수질초과 현황>

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P	대장균군수
법정수질		10.00이하	40.00이하	10.00이하	20.00이하	2.00이하	3,000이하
2013년	방류수질	6.1	17.4	5.9	15.4	1.3	894
	비율	60.5%	43.4%	58.8%	76.8%	64.8%	29.8%
	법정초과일수	-	-	-	31	12	-
2014년	방류수질	7.4	20.2	5.5	34.1	1.3	2,337
	비율	74.1%	50.6%	54.7%	170.4%	66.6%	77.9%
	법정초과일수	63	-	-	337	66	39
2015년	방류수질	14.4	18.1	6.9	33.9	1.6	2,294
	비율	143.9%	45.1%	69.2%	169.3%	80.4%	76.5%
	법정초과일수	303	-	17	352	96	34
2016년	방류수질	15.0	15.8	8.3	23.9	1.5	1,828
	비율	150.3%	39.6%	83.3%	119.4%	73.1%	60.9%
	법정초과일수	316	-	48	217	65	-
2017년	방류수질	13.3	14.7	7.9	18.6	2.1	2,211
	비율	133.1%	36.7%	78.6%	93.0%	105.0%	73.7%
	법정초과일수	223	-	17	130	141	-

<승기공공하수처리시설 TMS 기준 현황>

구분		2015년1월1일0시~2018년6월30일23시, 3시간평균 TMS 초과회수			
		COD	SS	T-N	T-P
수질기준 (mg/L)		40	10	20	2
TMS 초과회수	2015년	-	29	350	104
	2016년	4	102	263	206
	2017년	-	57	156	313
	2018년	-	1	63	128
	계	4	189	832	751



<승기공공하수처리시설 TMS 운영현황 (T-N)>

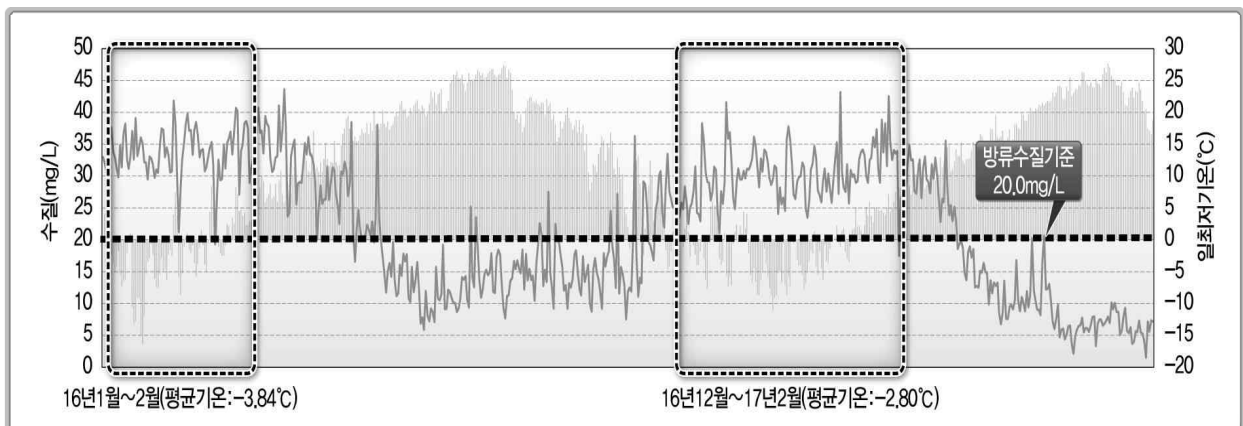
4) 계절별 운영현황 분석

- 승기공공하수처리시설의 경우 개방형 하수처리시설로 외기온도 영향에 따라 동절기 방류 T-N농도가 하절기 대비 큰 폭으로 상승 ⇨ 최근 유입수질 안정화에 따라 하절기는 법적방류수질 준수
- 최근 3년간 동절기(12월~2월) T-N 방류수질은 전체 관측일 수에 대하여 100% 초과 ⇨ 수온 유지 대책 필요

<승기공공하수처리시설 계절별 방류수질 현황>

구 분	법정수질	동절기 T-N 방류수질				법정수질 대비
		12월	1월	2월	평균	
2013년	20.0	27.794	16.618	16.494	20.429	102.1%
2014년		36.554	37.583	38.304	37.453	187.3%
2015년		35.459	38.327	39.675	37.758	188.8%
2016년		28.637	33.367	34.135	32.001	160.0%
2017년		13.599	30.350	29.680	24.372	121.9%
2018년		10.368	16.142	24.707	16.818	84.1%
평 균		25.402	28.731	30.499	28.138	140.7%

구 분	법정수질	하절기 T-N 방류수질				법정수질 대비
		7월	8월	9월	평균	
2013년	20.0	14.830	13.293	13.686	13.939	69.7%
2014년		32.794	30.325	36.840	33.282	166.4%
2015년		30.397	28.620	32.357	30.437	152.2%
2016년		10.771	14.928	15.644	13.761	68.8%
2017년		7.059	6.618	8.259	7.302	36.5%
2018년		9.188	8.494	8.908	8.863	44.3%
평 균		17.506	17.046	19.282	17.930	89.7%



<승기공공하수처리시설 기온별 방류수질 (T-N)>

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

다. 고농도 하폐수 유입 원인 조사분석

1) 분류식화율 증가에 따른 유입수질

- 고농도 유입수질 원인분석을 위해 처리구역내 분류식화율 증가와 남동공단내 고농도 폐수 배출에 의한 유입수질 농도 증가 기여도 분석
- 승기공공하수처리시설은 연수BTL사업 등 대규모 분류식화 사업 이전에 설치된 100% 합류식 시설로 분류식화 사업에 따른 유입수질 증가 기여도 분석 결과
 - ⇒ 유입 T-N 증가 원인은 분류식화가 4mg/L, 남동공단 고농도 폐수 배출에 의한 8mg/L로 분석되며, 기타 과거 30년간 도시화에 따른 생활패턴의 변화 등에 의한 오염원 증가 등
 - ⇒ 따라서, 남동공단 배출수에 의한 유입수질 관리 필요

<승기처리구역 분류식화율 증가에 따른 유입수질 변화량 검토>

구 분		유입수질(mg/L)					비 고
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	
설계수질		136	169	164	33.8	4.4	
운영수질		234	166	188	97.0	10.0	최근5년 평균
계획수질	합류식, a	168	125	159	46.0	6.0	분류식화율 0% 가정
	합병식, b	200	147	204	50.0	6.0	분류식화율 77%
	기여수질	32	22	55	4	-	b-a

2) 남동공단 고농도 하·폐수 배출에 따른 유입수질

- 승기공공하수처리시설 고농도 유입수질의 주요 원인인 남동공단 고농도 하·폐수 발생 현황 분석
 - ⇒ 금회 계획과 기타 관련 사업에서 수행한 수질조사 결과를 분석하여 남동공단 배출수 수질 비교
- 승기공공하수처리시설 고농도 하수 유입의 대부분은 남동공단 배출 폐수에 의한 것으로 추정됨
 - ⇒ 남동공단 폐수의 관리방안 수립 필요
- 배출원별 고농도 하·폐수 방류실태 분석을 통한 공공하수처리시설 운영 및 개선대책 수립 필요

<승기처리구역 분류식화율 증가에 따른 유입수질 변화량 검토>

구 분		남동공단 실측 수질(mg/L)					비 고
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	
배출허용	수질	120	130	120	60	8	“나” 지역
	부하량(kg/d)	3,048	3,302	3,048	1,524	203	A
실측	수질	585	413	733	121	26	2013~2017년누적확률95%
	부하량(kg/d)	14,859	10,493	18,627	3,080	650	B
기여	수질	57	35	76	8	2	2017년 평균 공장폐수량
	부하량(kg/d)	11,811	7,191	15,579	1,556	447	B-A

라. 남동공단 배출수 특성 검토

1) 불법배출 업소 단속(2014년 ~ 2018년)에 따른 배출수질 변동

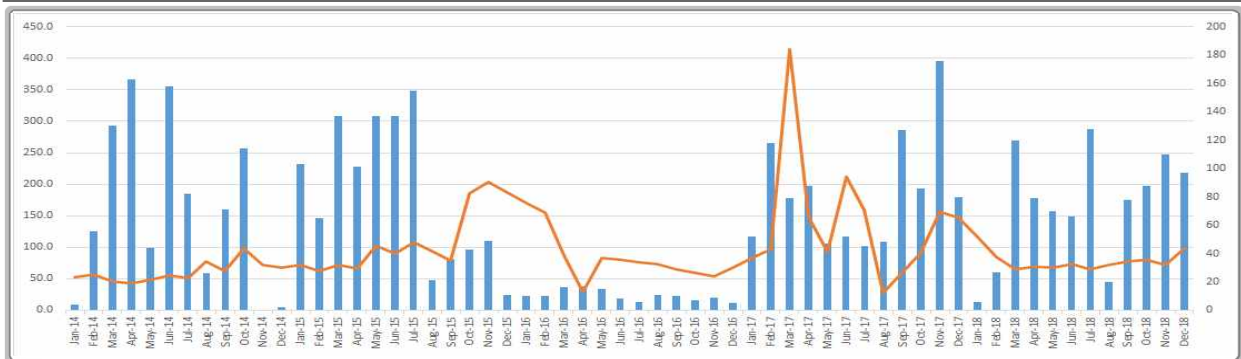
- 인천시에서는 2014년부터 2018년까지 주1~2회 이상 지속적인 남동공단 배출수의 수질 모니터링 실시
 - 모니터링 지점은 남동공단 배출수가 최종 배출되는 남동공단 제1, 2펌프장을 주요대상으로 실시하고 있으며, 고농도 하폐수 배출이 의심되는 지역에 대하여 추가 조사 시행
 - 6년간 301회의 모니터링을 실시한 결과 T-N기준 전체의 67%인 201회 배출허용기준을 초과하는 것으로 분석되어졌으며, 평균 배출수질은 95.9mg/L, 최대 배출수질인 1,323.9mg/L로 조사됨
 - 이에 따라 인천광역시에서는 승기공공하수처리시설 고농도 하수유입의 주요 원인인 남동공단 불법 배출수 저감을 위해 지속적으로 공단내 폐수배출 업체에 대한 지도단속 시행
- ⇒ 2014년~2015년 비교적 안정적인 배출수질을 나타내다 2016년 일시적으로 단속 회수가 줄어들어 따라 2017년 배출수질이 크게 높아져 다시 단속을 강화하였으며, 지속적인 지도단속에 의해 2018년 이후 공단내 배출수질은 점차 안정화 추세

<남동공단 불법배출 단속회수에 따른 공단내 배출수질>

구 분		단속회수	공단배출수질(T-N, mg/L)		
			평균	최대	최소
2014년	1월	4	53	53	53
	2월	56	57	63	51
	3월	130	45	45	45
	4월	163	43	44	42
	5월	44	48	54	42
	6월	158	56	57	54
	7월	82	51	56	45
	8월	26	77	97	57
	9월	71	62	72	52
	10월	114	98	105	91
	11월	-	71	98	45
	12월	2	67	68	66
	계	850	62	105	42
2015년	1월	103	72	73	72
	2월	65	63	64	62
	3월	137	72	108	48
	4월	101	67	68	65
	5월	137	103	205	59
	6월	137	90	167	18
	7월	155	108	129	85
	8월	21	94	104	82
	9월	36	79	79	79
	10월	43	186	209	163
	11월	49	203	338	68
	12월	11	187	307	80
	계	995	103	338	18

<남동공단 불법배출 단속회수에 따른 공단내 배출수질>

구 분	단속회수	공단배출수질(T-N, mg/L)		
		평균	최대	최소
2016년	1월	10	171	275
	2월	10	155	243
	3월	16	87	87
	4월	17	28	28
	5월	15	84	84
	6월	8	80	80
	7월	6	76	76
	8월	11	73	73
	9월	10	66	66
	10월	7	60	60
	11월	9	54	54
	12월	5	68	68
	계	124	98	243
2017년	1월	52	83	83
	2월	118	96	151
	3월	79	414	1324
	4월	88	148	596
	5월	47	93	149
	6월	52	212	460
	7월	45	159	159
	8월	48	27	70
	9월	127	59	81
	10월	86	91	92
	11월	176	156	240
	12월	80	147	147
	계	998	184	1,324
2018년	1월	6	116	131
	2월	27	85	116
	3월	120	65	92
	4월	79	70	112
	5월	70	68	105
	6월	66	73	104
	7월	128	65	122
	8월	20	72	119
	9월	78	78	123
	10월	88	80	115
	11월	110	73	108
	12월	97	98	172
	계	889	73	172
최근5년간		3,856	95	1,324
				4



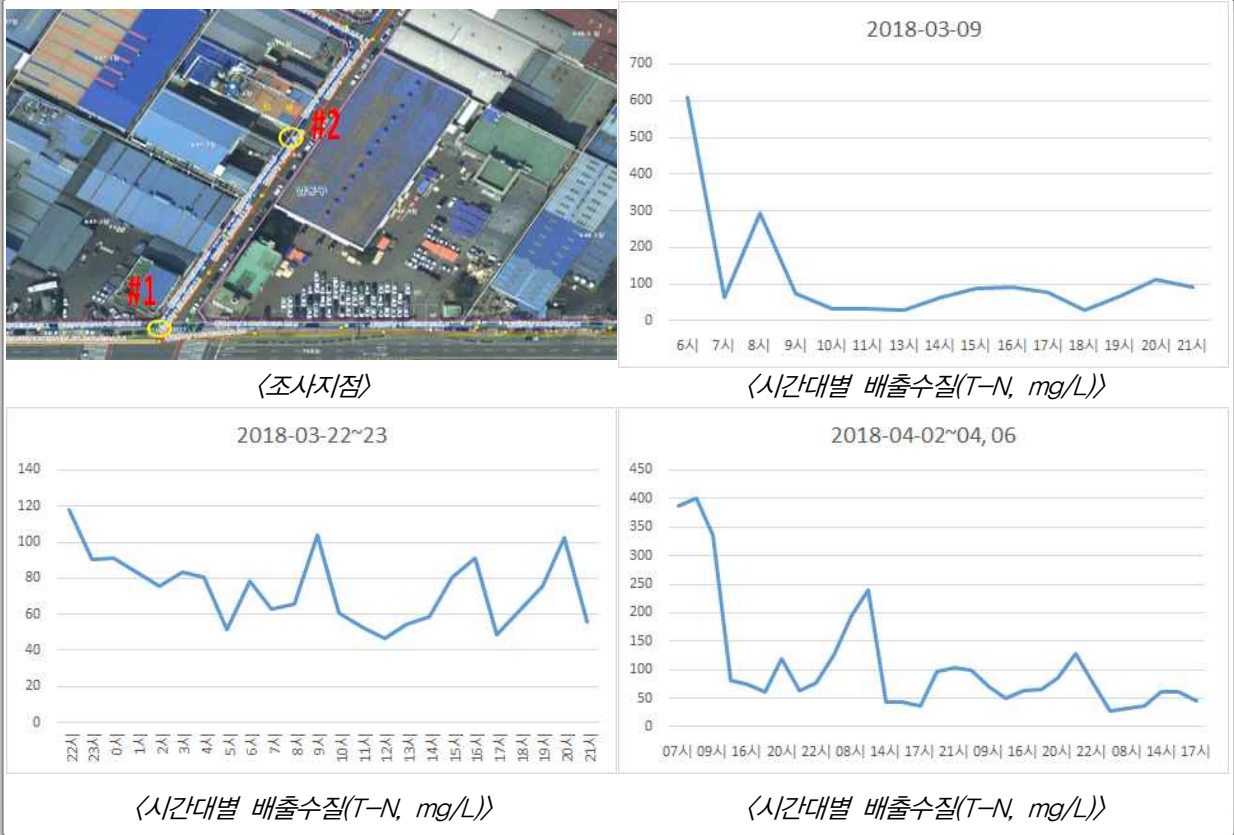
<남동공단 불법배출 단속빈도에 따른 배출수질 변화>

2) 시간대별 남동공단 배출수질 특성 분석

- 2018년 3월~4월 중 남동공단내 공장이 가동되는 주중 시간대별 배출수질 특성 분석
 - ⇒ 공장 가동 개시전·후인 06시~09시 및 20시 이 후 고농도 배출수 발생
 - ⇒ 조사기간 중 T-N기준 배출농도 최대값은 610mg/L이며, 평균 농도는 74~117mg/L로 배출허용기준 초과
 - ⇒ 고농도가 발생하는 공장가동 외 시간인 새벽시간대를 제외할 경우 평균 배출농도는 56~62mg/L로 배출허용기준에 근접함
- 따라서, 남동공단내 배출수질은 공장가동 시간외 불법배출하는 고농도 폐수에 의하여 수질이 크게 변동 되는 것으로 판단

<남동공단 시간대별 배출수질>

구 분		수질 (T-N, mg/L)			비 고
		2018-03-09	2018-03-22~23	2018-04-02~06	
전 체	평균	117	74	109	
	최대	610	118	401	
조업시간 (09:00~18:00)	평균	56	62	56	
	최대	93	91	81	
조업시간 외	평균	187	81	142	
	최대	610	118	401	



<조사지점별 배출수질 (T-N)>

3) 남동공단 배출수를 고려한 공정 모델링 검토수질 결정

- 검단산업단지를 제외한 대부분의 인천시 관내 산업단지는 하수처리시설로 연계처리하고 있는 실정으로 별도배출허용기준(물환경보전법 '나' 지역기준)을 설정하여 배출
- 기공공하수처리시설 최초 설치(1991년)당시 “하수도시설 설치사업 업무처리 지침(최초 1999년)” 이 수립되지 않아 질소부하 연계처리수의(설계부하의 10%이하) 처리대책 미고려
- ⇒ 배출허용기준에 의한 질소부하 1,524kg/일, 최초설치시 설계 부하 9,295kg/일, 연계처리수의 질소부하 16.4%로 반응조 증설 필요
- 남동공단은 승기공공하수처리시설 설치 이전 1982년 국가산업단지로 조성되었으며, 입주업체 대부분이 중소규모 공장으로 산업 경기에 따라 업종 전환이 자주 이루어지는 특성을 보이고 있어, 고농도 배출수 방류업체에 대한 완벽한 단속은 현실적으로 어려운 실정
- 본 계획에서는 상기와 같은 사유로 별도배출허용기준에 의한 연계유입수를 계획수질로 결정하되 남동공단 배출수 특성을 고려한 고농도 수질 조건을 별도로 계획하여 처리시설의 정상가동이 가능하도록 하수처리시설 개량 계획 검토
- ⇒ 단, 고농도계획하수에 의한 과도한 시설투자를 방지하기 위하여 공단내 배출수질이 비교적 안정된 최근 2018년 실측자료를 대상으로 고농도 배출수질로 결정하고 고농도 배출업체 단속시행을 통한 철저한 고농도 하폐수 유입관리계획 수립

<남동공단 불법배출 단속회수에 따른 공단내 배출수질>

구 분			BOD	COD	SS	T-N	T-P	비 고
남동공단 배출수질 (mg/L)	배출허용기준		120	130	120	60	8	
	전체	평균	289.3	329.0	325.4	95.9	16.9	
		85%	402.5	394.5	468.8	114.8	22.7	
		95%	584.4	845.0	723.7	212.7	49.1	
		최대	2,431.0	5,571.5	2,534.6	1,323.9	349.0	
	2018년	평균	243.7	230.1	325.4	73.4	12.6	
		85%	327.5	309.3	374.5	97.1	21.0	
		95%	355.6	335.7	406.5	115.0	22.9	적용
		최대	594.1	561.0	679.3	172.4	49.7	
처리시설 계획수질	계획수질		203	155	214	51	7	3장 참조
	고농도수질		235	183	252	58	9	공정모델링

주) BOD 및 SS항목은 2018년 모니터링 자료가 없으므로 과거 모니터링 자료의 BOD-COD-SS관계값 이용

23.2 승기공공하수처리시설 재건설 타당성 평가

23.2.1 서론

- 공공하수처리시설 개선 타당성 평가기준에 의한 승기공공하수처리시설의 재건설 타당성 평가
 - ⇒ 승기공공하수처리시설은 1995년 가동 개시 후 현재까지 26년 경과
 - ⇒ 평균 유입 BOD 및 T-N 오염부하량은 설계대비 각각 161.0%, 260.4%로 평가기준 90% 초과
- 따라서, 1단계 성능평가, 2단계 경제성평가를 통해 승기공공하수처리시설 재건설의 타당성을 평가함

<공공하수처리시설 개선 타당성 평가기준(안) 적용시 고려사항>

구 분	고 려 사 항																				
평가대상 하수처리시설 선정	① 30년이상 500㎥/일 이상 하수처리시설은 타당성 평가 수행 ② 25년이상 500㎥/일 이상 하수처리시설은 최근 3년 평균유입부하 검토 → 90% 이상시 타당성 평가수행 (BOD, T-N 기준) ※ BOD, T-N 부하량 검토 후 1개라도 기준초과시 검토대상으로 선정																				
1단계 평가 (성능)	① 구조물 평가 - 내용연수 평가 : 최초가동일이 다른 단계별로 설치된 하수처리시설로 통합운영을 하는 경우는 최초가동일 기준으로 평가하고 단계별 시설을 별도 운영하는 경우 30년 이상 또는 25년 이상이고 평균유입부하 90%인 시설만 평가 - 안전진단 평가 : 정밀안전점검만 수행한 하수처리시설은 내진설계 및 구조물 안정성 검토를 수행한 정밀안전진단 결과를 반드시 반영하여 평가 ② 처리성능 평가 - 처리능력 평가 : 최근 3년 운영자료를 토대로 평균유입부하 및 고농도 유입부하 검토 후 필요용량 부족시 현재 조건을 반영한 용량계산 및 물질수지 작성(자료의 신뢰성 확보를 위한 공정전산모의를 수행 후 필요 시설용량 검 · 보정) - 기계전기 평가 : 최근 하수처리시설 기술진단 자료를 활용하여 노후화 교체, 단순교체, 추가설치, 점검 및 유지보수로 분류하여 평가 ③ 대상시설 그룹화 - 평가시설 그룹화는 구조물평가 등급과 처리성능평가 등급으로 구분하여 분류한 후 문제가 있는 그룹(가~다)은 2단계 평가(경제성) 수행 * 평가결과 ‘라’ 그룹은 개선이 불필요하여 경제성 평가대상 아님(III부 참조)																				
	<table><tr><th>그룹</th><th>구조물 평가</th><th>처리성능 평가</th><th>2단계 평가대상</th></tr><tr><td>가</td><td>C(미흡), D(불량)</td><td>C(미흡), D(불량)</td><td>○</td></tr><tr><td>나</td><td>C(미흡), D(불량)</td><td>A(양호), B(보통)</td><td>○</td></tr><tr><td>다</td><td>A(양호), B(보통)</td><td>C(미흡), D(불량)</td><td>○</td></tr><tr><td>라</td><td>A(양호), B(보통)</td><td>A(양호), B(보통)</td><td>× (제외)</td></tr></table>	그룹	구조물 평가	처리성능 평가	2단계 평가대상	가	C(미흡), D(불량)	C(미흡), D(불량)	○	나	C(미흡), D(불량)	A(양호), B(보통)	○	다	A(양호), B(보통)	C(미흡), D(불량)	○	라	A(양호), B(보통)	A(양호), B(보통)	× (제외)
그룹	구조물 평가	처리성능 평가	2단계 평가대상																		
가	C(미흡), D(불량)	C(미흡), D(불량)	○																		
나	C(미흡), D(불량)	A(양호), B(보통)	○																		
다	A(양호), B(보통)	C(미흡), D(불량)	○																		
라	A(양호), B(보통)	A(양호), B(보통)	× (제외)																		
2단계 평가 (경제성)	① LCC 분석은 동일한 목표 서비스* 수준 달성을 위한 개선방안별 생애주기비용(Life Cycle Cost; LCC) 분석 수행 ② 기존시설 잔존가치 평가는 기존시설 개량비용과 잔존가치에 대한 비교·검토 수행																				
사업추진계획 수립	① 하수처리시설 개선계획(재건설 또는 개량)이 수립 여부에 대한 사항 하수도정비기본계획에 반영 또는 부분변경 수행 후 승인 요청																				

자료) 공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12., 환경부)

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

23.2.2 1단계 평가: 구조물 평가

가. 구조물 평가

1) 내용연수 평가

- 승기공공하수처리시설 정상화를 위한 사업시행 목표연도 2025년까지 1단계 시설 및 슬러지처리시설은 30년이 경과되는 노후시설이며, 기계 및 전기설비의 경우 내구연한에 의한 대수선 시기는 이미 10년이 상 초과하여 사용되는 실정
- 내용연수 평가는 「지방공기업법」 상 수처리시설 내용연수를 고려하여 30년을 기준으로 평가
- 최초 가동일수를 기준으로 1단계가 26년 경과된 시설로서 평가배점은 30점으로 평가

<처리시설 내구연한 현황>

구 분		1단계	2단계	슬러지처리시설	비 고
준공년도		1995년	2007년	1995년	
시설용량(m³/일)		240,000m³/일 (전체용량의 87%)	35,000m³/일 (전체용량의 13%)	275,000m³/일	※전체: 275,000m³/일
단계별 경과 기간	현재(2020년)	25년	13년	25년	※슬러지처리시설 - 내구연한 20년
	20년 경과년도	-	-	2015년	
	30년 경과년도	2025년	2037년	-	

<처리시설 대수선 현황>

유 입 수 질			처리시설 대수선 현황			비 고
			1단계	2단계	슬러지처리시설	
준공년도			1995년	2007년	1995년	※토목, 건축 분야 - 1단계 시기임박 ※기계·전기분야 - 1단계 시기초과 - 2단계 시기임박 ※슬러지 처리시설 - 토목·건축 시기임박 - 기계·전기 시기초과
대수선현황			2007년 : 고도처리 (개선사업시 일부시행)	미시행	미시행	
대수선 시기	분야	내구연한	내구연한 기준에 의한 대수선 시기			
	토목	30년	2015년	2037년	2015년	
	건축	30년	2015년	2037년	2015년	
	기계,전기	15년	2010년	2022년	2010년	

<내용연수 평가기준(50점 만점)>

구 분	30년 초과	27~30년 이하	25~27년 이하	25년 미만
배 점	0	10	30	50
내용연수			26년	

2) 안전진단 평가

- 안전진단 평가는 (승기) 시설물 정밀안전점검(2019.12., 인천광역시) 참조하여 적용
- 주요시설인 수처리 및 슬러지처리시설, 부속시설인 부대시설, 건축물에 대한 평가로 주요시설 70%, 부속시설 30%의 가중치를 적용하였으며 평가결과는 30점으로 평가

<승기 하수처리시설 안전점검 개요>

구 분	내 용
기 간	2019.06.10. ~ 2019.12.06. (180일)
점검기관	인천환경공단(승기사업소), 안택건설(주)

<승기 하수처리시설 안전점검 대상>

구 분	구조형식	형 식	규 격	단위	수량	비고
토목	침사지	철근콘크리트	중력침강식	2.5 × 18.0 × 5m	지	6
	일차침전지	철근콘크리트	중력침강식	8.0 × 36.0 × 3.0m	지	24
	생물반응조	철근콘크리트	산기식 (다단계폭기법)	8.0 × 60.0 × 5.0m	지	24
	이차침전지	철근콘크리트	중력침강식	Ø32.0 × 3.0m	지	12
	농축조	철근콘크리트	중력침강식	Ø14.5 × 3.0m	조	3
	소화조	철근콘크리트	—	Ø20.0 × 10.0m	조	6
	공동구	철근콘크리트	—	4.8 × 5.5~7.0	m	380
	무산소조	철근콘크리트	—	8.0 × 12.0	지	8 2단계
	호기조	철근콘크리트	—	8.0 × 12.0 8.0 × 12.5	지	8 4 2단계

구 분	구조형식	건 축 면 적		비 고
		연 면 적	지하/지상	
건축	관리동	철근콘크리트	3,237.59	1/2
	기계동	철근콘크리트	5,178.70	1/3
	특고수전실	철근콘크리트	720.00	0/1
	유입동	철근콘크리트	1,877.46	1/1
	급수동	철근콘크리트	983.5	1/1
	관사동	철근콘크리트	1,246.5	1/3

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<승기 하수처리시설 시설물별 상태등급>

구 분	시설물명	종합 평가지수	평가	시설물명	종합 평가지수	평가	최종 평가지수	최종 평가
토 목 시설물	침사지	4.00	B	농 축 조	3.90	B	4.12	B
	최초침전지	4.00	B	소 화 조	4.13	B		
	생물반응조	4.15	B	무산소, 호기조	4.40	B		
	최종침전지	4.19	B	공 동 구	4.19	B		
건 축 시설물	관 리 동	3.00	C	농축기계실	3.15	C	2.94	C
	기 계 동	2.74	C	작업동(공무반)	4.37	B		
	특고수전실	2.90	C	가스	2계열	3.73		
	유입펌프동	2.95	C	송풍기실	3계열	3.39		
	급 수 동	3.11	C	관리숙소	3.05	C		

<승기 하수처리시설 수처리구조물 안전등급>

시설물명	부재명	안전율	최소안전율	종합 평가지수	평가	비 고
침 사 지	하부슬래브	1.228~2.556	1.087	4.00	B	· 슬래브 파손, 철근노출 등 단면손실 발생
	중간슬래브	1.089~1.851				
	외부 벽체	1.087~3.693				
	내부 벽체	1.511~4.559				
최초침전지	하부슬래브	1.930~14.063	1.514	4.00	B	· 슬래브, 벽체 열화, 박락 등 단면손실 발생
	외부 벽체	1.514~54.083				
	내부 벽체	2.530~11.566				
생물반응조	하부슬래브	1.537~9.087	1.380	5.00	A	· 단면손실 없음
	외부 벽체	1.380~8.740				
	내부 벽체	2.832~12.642				
최종침전지	하부슬래브	2.565~9.440	1.413	5.00	A	· 단면손실 없음
	외부 벽체	1.413~40.629				
	내부 벽체	26.884~80.005				

<승기 하수처리시설 안전점검 종합평가결과 및 안전등급>

시설물명	종합 평가지수	안전등급	종합평가지수(E4~7)	종합평가 기준	비 고
승기공공 하수처리시설	3.80	B등급	$4.5 \leq (E4 \sim 7) \leq 5.0$	A	
			$3.5 \leq (E4 \sim 7) < 4.5$	B	
			$2.5 \leq (E4 \sim 7) < 3.5$	C	
			$1.5 \leq (E4 \sim 7) < 2.5$	D	
			$1.0 \leq (E4 \sim 7) < 1.5$	E	

<승기 하수처리시설 안전진단 평가 결과>

구 분	평가등급	배점(%)	가중치 적용	비고
주요시설			21.0	
수처리시설	B	30	10.5	
슬러지처리시설	B	30	10.5	
부속시설			9.0	
부대시설	B	30	4.5	
건축물	B	30	4.5	
안전진단 총괄			30.0	

3) 구조물 종합평가

- 승기 하수처리시설의 구조물 종합평가결과 내용연수 평가에서 30점, 안전진단평가 결과 30점을 평가 받았으며 구조물평가 최종등급은 B등급으로 평가되어 구조물 종합평가 점수는 60.0점으로 산정됨

<승기 하수처리시설 구조물 종합평가 결과>

구 분	0~20점	21~40점	41~60점	61점이상	비 고
구조물	불량	미흡	보통	양호	
종합평가기준	D	C	B	A	
승 기			60.0점		
종합평가			B		

23.2.3 1단계 평가: 처리능력 평가

가. 처리능력 평가

1) 물질수지 및 용량계산에 의한 처리능력 평가

- 승기공공하수처리시설의 최근 운영자료를 기준으로 물질수지 및 용량계산에 의한 처리가능 시설용량 평가
- 처리능력 평가에 적용된 주요인자는 운영자료 기준 적용하고 신뢰도가 확보되지 않은 자료 또는 누락된 자료는 당초 고도처리 확충시 적용한 설계기준 인자값을 적용
- ⇒ 승기공공하수처리시설의 용량계산에 의한 처리성능평가 결과 현재 질산화를 위한 호기조 기준으로 현재 대비 120%의 용량 증설이 필요하므로 최대처리성능은 208,000m³/일로 분석됨(부록 “용량계산서” 참조)

<처리성능 검토조건>

구 분			유입수질	유입유량	수온(℃)	생물학적 계수	비 고
금회검토	CASE 1	당초설계	당초설계 수질	설계유량	13 (최저)	대표값	당초설계기준
	CASE 2	운영현황	운영수질	운영유량	10 (최저)	대표값	고농도계획기준

<처리성능 검토결과>

구 분		기 준	필요량	부족량	부족비율	증설필요용량
시설용량검토	호기조	39,960m³	45,250m³	5,290m³	120%	42,000m³/일
	무산소조	26,640m³	27,734m³	1,094m³	110%	
검토결과		질산화를 위한 호기조 기준 최대처리성능은 208,000m³/일				

2) 공정모델링에 의한 처리능력 평가

- GPS-X를 이용한 승기공공하수처리시설 정상화를 위한 수처리시설 공정별 처리 효율 검토
- 동절기(10℃, 12℃) 고농도 유입시, 기존 처리시설에서 목표 방류수질 기준을 충족함과 동시에 유출 NH₄⁺-N 농도를 3.0mg/L 이하로 유지하기 위한 적정 유입하수량 산정

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

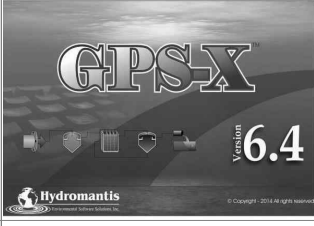
제 8 장

제 9 장

제 10 장

04 처리구역별 하수도계획

<수처리공정검토 적용 모델 개요>

구분	제품명	특징
프로그램	 GPS-X 6.4 (Hydromatis, Inc., Canada)	<ul style="list-style-type: none"> · 그래픽 기반 시뮬레이터 · 다양한 공정과 모델지원 <ul style="list-style-type: none"> - CSTR, PFR, SBR 등 - ASM, Mantis, 사용자 모델 등 - Fortran 및 ACSL 언어기반
적용모델	생물반응조	ASM 2d(IWA, 1999)
	침전조	Flux-based double exponential settling model (Takacs et al., 1991)
ASM2d 특징	<ul style="list-style-type: none"> · 9개의 Components와 21개의 Process로 구성(유입수 및 미생물 특성이 세분화됨) · Matrix 형태로 표기, Denitrifying PAOs 성장 모델 추가 · 영양물질(C·N·P)과 미생물 성장, 내생호흡, 산소량, 가수분해 상호관계 산출 	

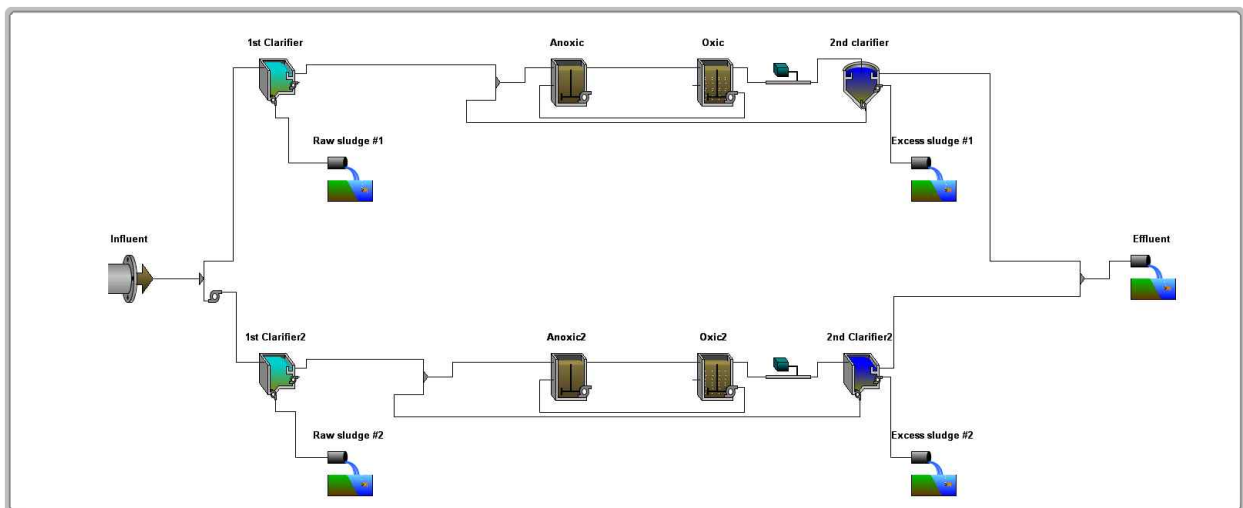
<기존 생물반응조 설계 사양>

구 분		W(m)	L(m)	He(m)	지수	총용량(m³)
1단계	무산소조	8.0	24.0	4.5	24	20,736
	호기조	8.0	36.0	4.5		31,104
2단계	무산소조	10.0	24.0	4.5	3	3,240
	호기조	10.0	36.0	4.5		4,860

<공정모델링 유입 및 운전조건>

구 분	수온 (°C)	유입유량 (m³/일)	유입수질(mg/L)					운전조건			
			BOD	COD	SS	T-N	T-P	MLSS	내부 반송	슬러지 반송	메탄올 주입
계 획	12	115,000	200	147	204	50	6	3,400 mg/L	150%	54.8%	6.96 m³/일
	10	~ 275,000									
고농도	12	115,000	229	173	239	56	8	3,400 mg/L	150%	54.8%	6.96 m³/일
	10	~ 275,000									
방류기준	-		10.0	40.0	10.0	20.0	2.0	-	-	-	-

주) 메탄올 주입량은 275,000m³/일 기준 주입량(운영자료기반)이고 유입유량에 비례하여 주입량을 변경



<공정 Layout 구성>

<유입수 특성 분류>

User Inputs	Composite Measurements			
	bod	total carbonaceous BOD ₅	gO ₂ /m ³	200.00
	x	total suspended solids	g/m ³	204.00
	tkn	total TKN	gN/m ³	50.00
	Organic Variables			
	si	soluble inert organic material	gCOD/m ³	40.000
	slf	volatile fatty acids	gCOD/m ³	40.120
	xbh	active heterotrophic biomass	gCOD/m ³	0.00
	xba	active autotrophic biomass	gCOD/m ³	0.00
	xbp	active poly-P accumulating biomass	gCOD/m ³	0.00
	xbt	poly-hydroxy-alkanoates (PHA)	gCOD/m ³	0.00
	Dissolved Oxygen			
	so	dissolved oxygen	gO ₂ /m ³	0.00
	Phosphorus Compounds			
	sp	soluble ortho-phosphate	gP/m ³	3.238
	xpp	stored polyphosphate	gP/m ³	0.00
	Nitrogen Compounds			
	sno	nitrate and nitrite	gN/m ³	0.00
	snn	dinitrogen	gN/m ³	0.00
	Alkalinity			
	salk	alkalinity	mole/m ³	6.00
	Metal Precipitates			
	xmeoh	metal-hydroxides	g/m ³	0.00
	xmep	metal-phosphates	g/m ³	0.00
	Stoichiometric Coefficients			
	fss	soluble substrate/BODultimate	—	0.25567
	icv	XCOD/VSS ratio	gCOD/gVSS	1.56601
	ivt	VSS/TSS ratio	gVSS/gTSS	0.75
	fbod	BOD ₅ /BODultimate ratio	—	0.63694
	Nutrient Fractions			
	inbm	N content of active biomass	gN/gCOD	0.0700
	inxi	N content of particulate inert material	gN/gCOD	0.0248
	inxs	N content of particulate substrate	gN/gCOD	0.0448
	insi	N content of soluble inert material	gN/gCOD	0.0100
	insf	N content of fermentable substrate	gN/gCOD	0.0348
	ipbm	P content of active biomass	gP/gCOD	0.0200
	ipxi	P content of particulate inert material	gP/gCOD	0.0087
	ipxs	P content of particulate substrate	gP/gCOD	0.0086
	ipsi	P content of soluble inert material	gP/gCOD	0.0000
	ipsf	P content of fermentable substrate	gP/gCOD	0.0087

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<유입수 성상 분류>

State Variables	si	soluble inert organic material	gCOD/m ³	40.000
	sf	fermentable readily biodegradable substrate	gCOD/m ³	80.280
	slf	volatile fatty acids	gCOD/m ³	40.120
	xi	particulate inert organic material	gCOD/m ³	46.00
	xs	slowly biodegradable substrate	gCOD/m ³	193.60
	xbh	active heterotrophic biomass	gCOD/m ³	0.00
	xba	active autotrophic biomass	gCOD/m ³	0.00
	xbp	active poly-P accumulating biomass	gCOD/m ³	0.00
	xbt	poly-hydroxy-alkanoates (PHA)	gCOD/m ³	0.00
	so	dissolved oxygen	gO ₂ /m ³	0.00
	sp	soluble ortho-phosphate	gP/m ³	3.24
	xpp	stored polyphosphate	gP/m ³	0.00
	snh	free and ionized ammonia	gN/m ³	36.99
	sno	nitrate and nitrite	gN/m ³	0.00
	snn	dinitrogen	gN/m ³	0.00
	salk	alkalinity	mole/m ³	6.00
	xmeoh	metal-hydroxides	g/m ³	0.00
	xmep	metal-phosphates	g/m ³	0.00
	xii	inert inorganic suspended solids	g/m ³	51.00
	CNPIib State Variables Defaulted to Zero in this Model			
	ss	readily biodegradable substrate	gCOD/m ³	0.00
	xu	unbiodegradable particulates from cell decay	gCOD/m ³	0.00
	xgly	stored glycogen	gCOD/m ³	0.00
	xsto	internal cell storage product	gCOD/m ³	0.00
	xppr	stored polyphosphate (releasable)	gP/m ³	0.00
	snd	soluble biodegradable organic nitrogen	gN/m ³	0.00
	xnd	particulate biodegradable organic nitrogen	gN/m ³	0.00
	sni	soluble unbiodegradable organic nitrogen	gN/m ³	0.00
Composite Variables	scod	filtered COD	gCOD/m ³	160.40
	xcod	particulate COD	gCOD/m ³	239.60
	cod	total COD	gCOD/m ³	400.00
	sbod	filtered carbonaceous BOD ₅	gO ₂ /m ³	76.69
	xbod	particulate carbonaceous BOD ₅	gO ₂ /m ³	123.31
	bod	total carbonaceous BOD ₅	gO ₂ /m ³	200.00
	sbodu	filtered ultimate carbonaceous BOD	gO ₂ /m ³	120.40
	xbodu	particulate ultimate carbonaceous BOD	gO ₂ /m ³	193.60
	bodu	total ultimate carbonaceous BOD	gO ₂ /m ³	314.00
	stkn	filtered TKN	gN/m ³	40.19
	xtkn	particulate TKN	gN/m ³	9.81
	tkn	total TKN	gN/m ³	50.00
	tn	total nitrogen	gN/m ³	50.00
	stp	filtered phosphorus	gP/m ³	3.936
	xtp	particulate phosphorus	gP/m ³	2.065
	tp	total phosphorus	gP/m ³	6.001
	xiss	total inorganic suspended solids	g/m ³	51.00
	vss	volatile suspended solids	g/m ³	153.00
	x	total suspended solids	g/m ³	204.00

<화학양론계수>

Active Heterotrophic Biomass		값	온도 보정	단위
Y_H	heterotrophic yield	0.55	—	gCOD/gCOD
Active Poly-P Accumulating Biomass				
Y_{PAO}	poly-P accumulating biomass yield	0.55	—	gCOD/gCOD
Y_{PO4}	poly-P requirement (PO_4 release) per PHA stored	0.400	—	gP/gCOD
Y_{PHA}	PHA requirement for poly-P storage	0.200	—	gCOD/gP
K_{max}	maximum ratio of poly-P in poly-P accumulating biomass	0.340	—	gP/gCOD
Active Autotrophic Biomass				
Y_A	autotrophic yield	0.240	—	gCOD/gN
Hydrolysis				
prodfxi	fraction of inert COD generated in biomass lysis	0.100	—	gCOD/gCOD
prodfsi	production of soluble inerts in hydrolysis	0.000	—	gCOD/gCOD

<중속영양미생물 동역학계수>

Active Heterotrophic Biomass		값	온도 보정	단위
μ_{uh}	heterotrophic maximum specific growth rate	6.00	1.072	1/일
b_h	lysis and decay rate constant	0.15	1.072	1/일
$nno3_{HET}$	denitrification reduction factor	0.80	—	—
K_f	fermentable substrate half saturation coefficient for heterotrophic growth	4.00	—	gCOD/m ³
$K_{lf_{HET}}$	volatile fatty acids half saturation coefficient	4.00	—	gCOD/m ³

<인축적미생물(PAO) 동역학계수>

Active Poly-P Accumulating Biomass		값	온도 보정	단위
q_{pha}	rate constant for storage of PHA	3.00	1.041	1/일
q_{pp}	rate constant for storage of poly-P	1.50	1.041	1/일
u_{pao}	maximum specific growth rate of poly-P accumulating biomass	1.00	1.041	1/일
b_{pao}	poly-P accumulating biomass lysis rate	0.20	1.072	1/일
b_{pp}	poly-P lysis rate	0.20	1.072	1/일
b_{pha}	PHA lysis rate	0.20	—	1/일

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

04 처리구역별 하수도계획

<인축적미생물(PAO) 동역학계수(계속)>

Active Poly-P Accumulating Biomass		값	온도 보정	단위
$nno3_{PAO}$	reduction factor for anoxic activity	0.60	—	—
$k_{lf_{PAO}}$	volatile fatty acids half saturation coefficient	4.00	—	gCOD/m ³
k_{ps}	phosphorus half saturation coefficient for storage of poly-P	0.20	—	gP/m ³
k_{pp}	poly-phosphate half saturation coefficient for storage of PHA	0.01	—	gCOD/gCOD
k_{ipp}	inhibition coefficient for poly-P storage	0.02	—	gP/gCOD
k_{pha}	PHA half saturation coefficient	0.01	—	gCOD/gCOD

<반포화 속도 상수 및 질산화미생물 동역학계수>

General Half-Saturation Coefficients		값	온도 보정	단위
k_o	oxygen half saturation coefficient	0.20	—	gO ₂ /m ³
k_{no}	nitrate half saturation coefficient	0.50	—	gN/m ³
k_{nh}	ammonium (as a nutrient) half saturation coefficient	0.05	—	gN/m ³
k_{po4}	phosphate (as a nutrient) half saturation coefficient	0.01	—	gP/m ³
k_{alk}	alkalinity half saturation coefficient	0.10	—	mole/m ³
Active Autotrophic Biomass				
μ_{aut}	autotrophic maximum specific growth rate	1.00	1.111	1/일
b_{aut}	autotrophic decay rate	0.10	1.111	1/일
k_{oa}	oxygen half saturation coefficient for autotrophs growth	0.50	—	gO ₂ /m ³
k_{nha}	ammonium (as a substrate) half saturation coefficient for autotrophs growth	1.00	—	gN/m ³
k_{alka}	alkalinity half saturation coefficient for autotrophs growth	0.50	—	moleHCO ₃ /m ³

<가수분해 등 기타 동역학계수>

Hydrolysis		값	온도 보정	단위
k_h	hydrolysis rate	3.00	1.041	1/일
$nno3_{hydrol}$	anoxic hydrolysis reduction factor	0.60	—	—
n_{fe}	anaerobic hydrolysis reduction factor	0.40	—	—
k_x	slowly biodegradable substrate half saturation coefficient for hydrolysis	0.10	—	—
Fermentation				
q_{fe}	fermentation maximum rate	3.00	1.072	1/일
k_{fe}	fermentable substrate half saturation coefficient	4.00	—	gCOD/m ³
Phosphorus Precipitation				
k_{pre}	phosphorus precipitation with metal hydroxides rate constant	1.00	—	m ³ /g/일
k_{red}	redissolution of phosphates rate constant	0.60	—	1/일
k_{alkpre}	alkalinity half saturation coefficient for phosphates redissolution	0.50	—	moleHCO ₃ /m ³

3) 유입조건에 따른 최종 처리수질 평가 결과

- 10℃ 고농도수질조건에서는 T-N 목표수질 20mg/L, NH_4^+-N 3.0mg/L 이하를 충족 가능한 유입 하수량 125,000 $\text{m}^3/\text{일}$ 이하로 산정 ⇨ 기존시설 확장 및 개량 필요량 125,000 $\text{m}^3/\text{일}$
- 12℃ 고농도수질조건에서는 T-N 목표수질 20mg/L, NH_4^+-N 3.0mg/L 이하를 충족 가능한 유입 하수량 153,000 $\text{m}^3/\text{일}$ 이하로 산정 ⇨ 기존시설 확장 및 개량 필요량 97,000 $\text{m}^3/\text{일}$

<유입수온 10℃ 기준 평가결과>

10℃ 기준					
유 량($\text{m}^3/\text{일}$)	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	NH_4^+-N (mg/L)	T-P(mg/L)
275,000	4.09	6.11	42.18	41.32	0.60
255,000	3.82	5.81	42.30	41.46	0.59
235,000	3.57	5.54	42.43	41.62	0.58
215,000	3.31	5.24	42.59	41.80	0.57
195,000	3.06	5.00	42.79	42.02	0.56
185,000	2.93	4.87	40.33	38.82	0.55
175,000	2.76	4.70	27.62	20.92	0.55
165,000	2.66	4.59	21.76	12.12	0.58
160,000	2.61	4.52	20.00	9.55	0.60
155,000	2.57	4.47	18.78	7.62	0.63
145,000	2.46	4.33	17.28	5.32	0.67
135,000	2.35	4.21	16.37	3.90	0.72
125,000	2.25	4.10	15.79	2.98	0.76
115,000	2.15	4.00	15.41	2.35	0.80

<유입수온 12℃ 기준 평가결과>

12℃ 기준					
유 량($\text{m}^3/\text{일}$)	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	NH_4^+-N (mg/L)	T-P(mg/L)
275,000	3.93	6.10	42.42	41.57	0.61
255,000	3.66	5.80	42.55	41.72	0.60
235,000	3.42	5.54	42.65	41.84	0.59
215,000	3.12	5.25	27.03	20.04	0.58
197,000	2.93	5.01	20.01	9.61	0.65
195,000	2.91	4.99	19.84	9.24	0.65
185,000	2.81	4.86	18.06	6.55	0.71
175,000	2.69	4.68	17.09	5.07	0.75
165,000	2.60	4.59	16.28	3.81	0.81
153,000	2.47	4.42	15.76	2.98	0.85
145,000	2.38	4.32	15.50	2.55	0.88
135,000	2.28	4.22	15.24	2.11	0.91
125,000	2.18	4.11	15.07	1.78	0.95
115,000	2.07	4.00	14.94	1.51	1.00

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

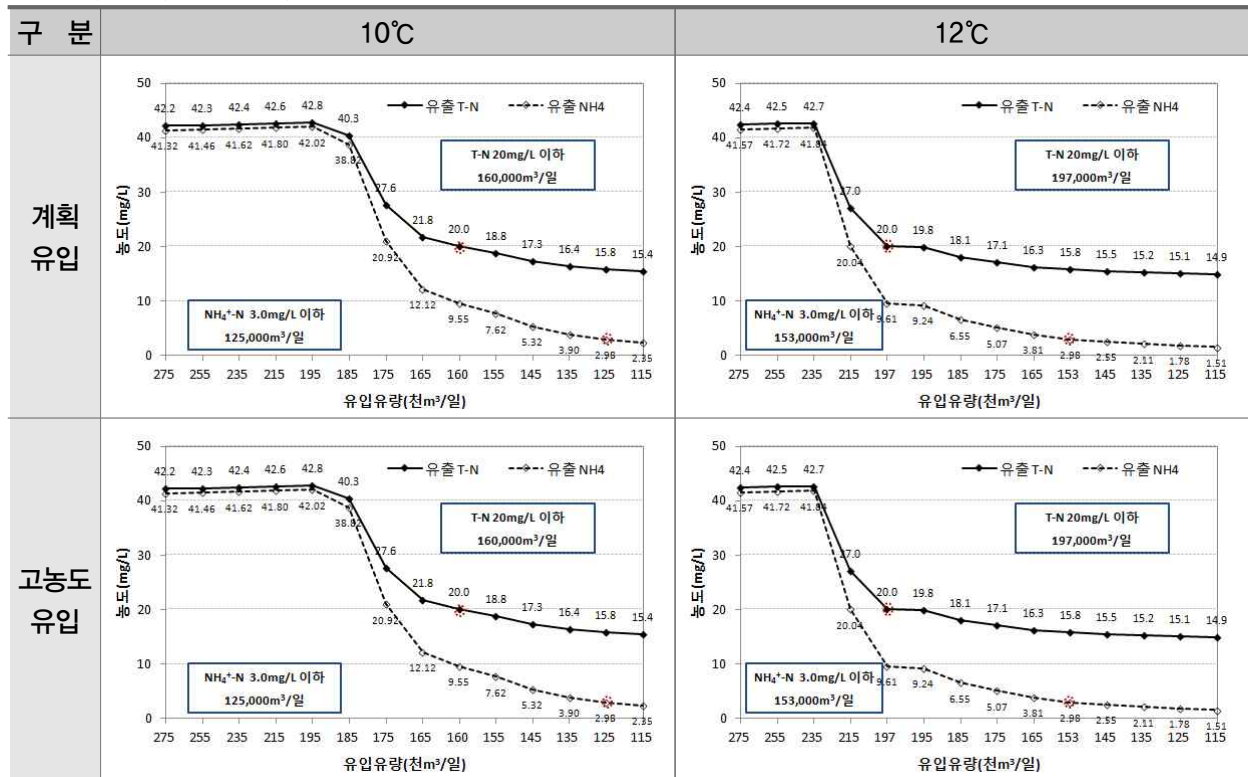
제 8 장

제 9 장

제 10 장

04 처리구역별 하수도계획

<처리능력 평가 검토중 결과>



4) 방류수질 준수를 위한 시설용량평가 결과

- 용량계산에 의한 방류수질 준수를 위한 증설필요량은 계획 하수량 64,000m³/일로 산정되었으나, 유입수 성상에 따른 처리능력 평가상의 동역학계수의 시간적 변화와 총질소 수질기준의 안정적 준수가 가능한 암모니아성 질소 방류수질까지 고려된 수처리공정 모델링상의 증설 필요량은 97,000m³/일 ~ 125,000 m³/일로 검증됨
- ⇒ 10°C 고농도 유입조건에서 기존 처리시설에서 처리 가능한 양은 125,000m³/일로 125,000m³/일의 하수를 추가적으로 처리하기 위한 기존처리시설의 증설 필요
- ⇒ 12°C 기준으로 평가시 기존 처리시설에서 처리 가능한 양은 153,000m³/일로 97,000m³/일의 하수를 추가적으로 처리하기 위한 기존처리시설의 증설 필요
- 따라서, 본계획에서는 승기공공하수처리시설 동절기 최저수온을 고려하여 125,000m³/일 증설로 처리능력 평가 결과에 적용함

<승기공공하수처리시설 시설용량 평가 결과>

구 분	용량계산서 (m³/일)	수처리공정모델링(m³/일)		비 고
		10°C	12°C	
목표처리량		250,000		
최대처리능력	208,000	125,000	153,000	
증설필요량	42,000	125,000	97,000	
증설비율(%)	16.8	50.0	38.8	
적 용		◎		

<보종수질 준수를 위한 운전조건>

구 분	10℃				12℃			
유출 수질								
	MLSS (mg/L)	내부반송 (%)	슬러지반송 (%)	메탄올 주입 (m³/일)	MLSS (mg/L)	내부반송 (%)	슬러지반송 (%)	메탄올 주입 (m³/일)
운전 조건	3,400	150	54.8%	2.73	3,400	150	54.8%	0.43

나. 승기공공하수처리시설 처리능력 평가 결과

- 처리능력 평가 배점기준은 “공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12., 환경부)” 상의 20%이상 증설 기준을 참조하여 평가
- 승기공공하수처리시설의 처리능력 평가 배점은 최하점인 20점으로 산정됨

<처리능력 평가배점>

구 분	5%미만	5~10%	10~20%미만	20%이상	비 고
분류	개선계획 불필요	개선계획 검토	개선계획 필요	개선계획 시급	
배점	100	60	20	10	
평가결과				시설용량 50% 부족	

다. 기계 및 전기설비 평가

- 기계 및 전기설비 평가는 기술진단자료 결과를 검토하여 평가항목별 배점
- 평가결과 하수처리시설 운영상 개선이 필요한 항목은 46개소이고 노후화에 의한 교체가 필요한 시설이 25개소로 54%의 비중을 차지하므로 평가배점은 20.7점으로 평가됨

<기계 및 전기설비 평가배점>

구 분		단일계열	평가분류
기계 설비	침사지 시설	• 침사지유입게이트재질변경	1
		• 조목스크린 형식변경 교체	1
		• 침사인양기 재질변경 교체	2
		• 세목스크린 목간격 변경 교체	2
		• 침사지 유출게이트 재질변경 교체	1

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

<기계 및 전기설비 평가배점>

구 분		단일계열	평가분류
기계 설비	1차 침전지	• 일차침전지 유입게이트 재질변경 교체	1
		• 일차침전지 슬러지 수집기 재질변경 오버홀	2
		• 슬러지 인발밸브 추가설치 및 교체	1
		• 생슬러지 이송펌프 교체	1
		• 스크콘테이너 인양기 교체	1
		• 차염주입설비 개선	2
	생물 반응조	• 반응조 유입게이트 재질변경 교체	1
		• 무산소조, Swing조 교반기 형식변경	2
		• 내부반송펌프 교체	1
	생물 반응조	• 내부반송펌프 인양장치 설치	4
		• 송풍기 교체	1
		• 산기관 교체	1
	2차 침전지	• 반송슬러지 펌프 교체	1
		• 슬러지 수집기 오버홀 실시(4계열)	2
		• 분배조 유입게이트 전동 Actuator 설치	2
	용수공급시설	• 용수공급설비 펌프류 교체 및 사여과기 오버홀	1
	슬러지 농축	• 슬러지 수집기 교체	1
		• 농축조 월류배관 등 보완 또는 교체	2
		• 잉여 및 농축슬러지 저류조 교반기 교체	1
		• 잉여슬러지 공급펌프 형식변경 교체	1
		• 농축슬러지 이송펌프 교체	1
		• 원심농축기 오버홀 실시	3
	소화조 시설	• 가스교반 브로워 교체	1
	슬러지탈수	• 원심탈수기 오버홀 실시	3
전기 설비	수 · 변전실	• 고효율 저소음 변압기로 교체	2
		• 전원을 공급하기 위한FEEDER 반 설비교체	2
		• SC설비 교체	1
	유입동	• 변압기 및 노후화 설비 교체	1
	기계동	• 변압기 및 노후화 설비 교체	1
	급수동	• 변압기 및 노후화 설비 교체	1
	관리동	• 변압기 및 노후화 설비 교체	1
	2차 침전지	• mcc반 교체	1
	가스송풍기	• mcc반 교체	1
	중앙제어실	• UPS 교체	2
	농축기동	• UPS 교체	2
	급수동	• UPS 교체	2
	관리동	• UPS 교체	2
	중앙감시제어실	• 계장설비(PC+PLC SYSTEM)	2
	계측설비	• 계측기기 변환기 및 센서 부품교체 또는 전면 교체	2
		• 계측기기(유량계) 컨버터 교체	2
	검교청	• 유량계 검교정 실시	3

주) 1: 노후화교체, 2: 단순교체, 4: 추가설치, 3: 점검 및 유지보수

<승기 하수처리시설 기계 및 전기설비 항목별 분류>

구 분	분 류	개선계획 (개소)	평가배점 (점)	비 고
기계설비 (개소)	노후화교체	18	180	
	단순교체	8	160	
	추가설치	1	60	
	점검 및 유지보수	2	200	
전기 및 계측제어 설비 (개소)	노후화교체	7	70	
	단순교체	9	180	
	추가설치	0	0	
	점검 및 유지보수	1	100	
평가배점			20.7	

라. 승기공공하수처리시설 처리성능 종합평가

- 공공하수처리시설 노후화 실태평가 방식에 따라 처리능력은 가중치 70%를 기계 및 전기설비평가는 30%를 적용하여 처리성능 종합평가
- 상기에 평가된 승기공공하수처리시설 처리성능 평가 배점에 따른 평가등급은 최하등급인 “D등급” 으로 분류됨

<가중치 적용 처리성능 종합평가>

구분	가중치	평가배점	종합평가배점	비고
처리능력평가	70%	10	7	
기계 및 전기설비평가	30%	20.7	6.2	
처리성능평가	100%	—	13.2	

<처리성능 종합평가 배점별 등급>

구 분	0~20점	21~40점	41~60점	61점이상	비 고
처리성능 종합평가	불량	미흡	보통	양호	
	D	C	B	A	
승기하수처리시설	○				

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

23.2.4 1단계 평가: 성능평가 결과

- 승기공공하수처리시설의 성능평가 결과는 구조물 평가에서 “B등급” 처리성능 평가에서 최하인 “D등급” 으로 평가되어 “공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12., 환경부)” 상의 경제성평가 대상인 “다1” 그룹에 속하는 것으로 최종 판정됨
- 따라서, 개량사업 대비 재건설사업에 대한 경제성 검토를 수행하여 승기공공하수처리시설의 정상화 방안을 결정하여야 함

<승기 하수처리시설 1단계 평가(성능) 결과>

구 분	평가결과	승기공공하수처리시설
구조물 평가	B	
처리성능평가	D	
그 룹	다1	
경제성평가 대상여부	○	

		처리성능평가			
		A	B	C	D
구조물 평가	A	라1	라2	다4	다2
	B	라2	라3	다3	다1 (승기)
	C	나4	나3	가3	가2
	D	나2	나1	가2	가1

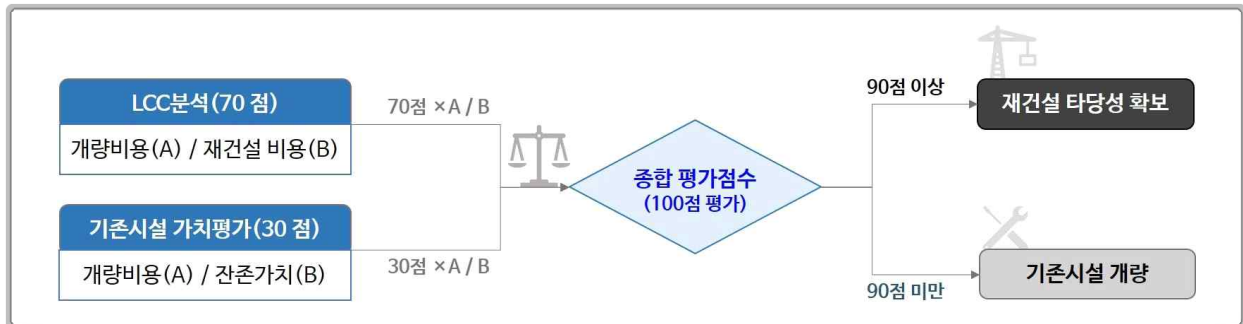
그룹	구조물 평가	처리성능 평가	2단계 평가대상
가	C(미흡), D(불량)	C(미흡), D(불량)	○
나	C(미흡), D(불량)	A(양호), B(보통)	○
다	A(양호), B(보통)	C(미흡), D(불량)	○
라	A(양호), B(보통)	A(양호), B(보통)	× (제외)

<승기공공하수처리시설 성능평가 그룹분류 결과>

21.2.5 2단계 평가: 경제성 평가

가. 경제성 평가 방법

- “공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12.,환경부)” 상의 경제성평가 방법에 따라 ‘기존시설 개량’ 대안과 ‘재건설’ 대안의 생애주기비용 산정
- 본 계획에서는 재건설에 의한 부지집약화로 여유부지가 발생하여도 장래 증설 및 주민친화부지로 활용할 계획이므로 부지 매각비용은 고려하지 않으며, 분석기간 동안의 개량 또는 재건설에 의한 시설물의 잔존가치를 분석에 포함하여 산정함
- 대안별 소요비용의 비교 및 분석은 해당되는 총사업비 및 운영비를 사회적 할인율을 적용한 현재가치 기준으로 평가함
- 생애주기비용 분석과 기존시설 가치평가에 대한 가중치를 기준으로 산정된 종합 평가점수 90점을 기준으로 개선사업 시행을 위한 경제적 대안 도출



<하수처리시설 개선사업 2단계 평가(경제성) 기준>

<하수처리시설 개선사업 2단계 평가(경제성) 종합 평가점수 기준>

종합 평가점수	2단계 평가 결과
90점 이상	• 기존시설 철거 후 재건설 추진이 타당
70점 이상, 90점 미만	• 기존시설 유지하면서 개량하는 것이 타당 • 필요시 재건설 계획 조정 후 경제성 재평가 ※ 조정 사항 : 사업추진 시기, 지하화 여부 등 사업범위
70점 미만	• 기존시설 유지하면서 개량하는 것이 타당

나. 주요 현안사항 검토

- 승기공공하수처리시설 개선의 필요성과 서비스 목표수준을 다음과 같이 설정함
- 처리성능 확보 또는 향상: 남동공단 연계폐수에 의한 고농도 유입수질 대응능력과 2012년부터 강화된 동절기방류수질 완화기준 폐지에 대한 대응 등
- 주민 요구수준 및 민원: 하수처리시설이 도심지 중앙에 위치하여 주민친화공간 제공 요구 및 빈번한 악취 민원 발생에 대한 대응 등

<승기 하수처리시설 주요 현안사항 및 시설개선 요구사항>

주요 현안사항	시설개선 요구사항
<ul style="list-style-type: none"> 유입부하 증가 및 반응조 HRT 부족으로 안정적 처리 불가 - GPS-X 시뮬레이션 결과 	<ul style="list-style-type: none"> 수처리 반응조 용량 증대 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 금회계획 목표연도 계획하수량 246,000m³/일 기준 121,000m³/일 증설
<ul style="list-style-type: none"> 처리시설 인근 지역주민 주민친화시설 및 악취민원 	<ul style="list-style-type: none"> 시설복개 및 탈취시설 설치 필요
<ul style="list-style-type: none"> 안전진단 및 기술진단 결과 기능저하 시설 보강 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 구조물의 보수·보강 필요 성능저하 시설의 기능회복 필요

다. 승기공공하수처리시설 개선사업 시행 대안 선정

- 송도신도시 건설, 주변지역 고밀도 아파트 밀집 등 주변여건을 반영할 경우 처리시설을 완전지하화하고 상부공간을 시민들이 이용할 수 있도록 토지이용도를 향상시키는 정책적 방향 전환 필요
- ⇒ 승기처리구역 계획하수량 기준 250,000m³/일 현대화사업을 추진

<정상화방안 비교표>

구 분	1안(기존시설 대수선 및 개량)	2안(재건설)
추진내용	<ul style="list-style-type: none"> 기존 시설 대수선 및 처리능력 확보를 위한 용량 증설 및 전처리시설 설치 악취방지 및 보온을 위한 복개로 도심지 친환경 하수처리시설 건설 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 부지내 단계별 지하화 및 현대화 사업 상부 주민편의시설(118,142m²)
배치도		
단계별 시공 계획	1단계	<ul style="list-style-type: none"> 승기하수처리시설 서측 여유부지에 수처리시설 Q=100,000m³/일 신설 기존 하수처리시설 유입 및 방류관로 신설 수처리시설에 연결
	2단계	<ul style="list-style-type: none"> 기존 하수처리시설 서측에 Q=125,000m³/일 증설 2처리시설 및 1처리시설 3계열 철거
	3단계	<ul style="list-style-type: none"> 기존 하수처리시설 유입 및 방류관로를 신설 수처리시설에 연결 2단계 철거된 부지에 수처리시설 Q=150,000m³/일 및 슬러지 처리시설 신설 기존 하수처리시설 유입 및 방류관로 신설처리시설 연결 기존 슬러지처리시설 배관 신설 슬러지처리시설로 연결
	4단계	<ul style="list-style-type: none"> 기존 하수처리시설 복개 및 상부공원화 잔여 시설인 1처리시설 1,2계열 및 기존 슬러지 처리시설 철거 신설 수처리시설, 슬러지처리시설, 장래 이전 부지 상부공원화 및 주민편의시설 설치

라. 기존시설 개량 대안의 소요비용 산정

- 개선사항별 소요비용은 현행 하수도분야 국고보조 지침에 적용되고 있는 표준공사비와 시설부대경비 요율을 적용하였으며 구조물 보수·보강은 정밀안전진단 및 기술진단에서 제시된 금액 적용
- 운영비는 유사규모 하수처리시설의 운영실적을 활용하였으며, 실적 운영비에 반영되어 있지 않은 대수선비는 「환경분야 민간투자사업 적격성조사 지침 연구(2007, KD)」에 제시된 분야별 내구연한 및 대수선비 비율을 적용

<기존시설 개량 대안의 항목별 소요비용 산정방법>

구 분	주요 현안	개선사항	비용 산정근거	비 고
총 사업비	반응조 용량부족	• 생물반응조 및 이차침전지 용량 증대	• 하수처리시설 단위공정별 표준공사비 적용	
	악취 등 민원제기	• 시설복개 및 탈취시설 설치	• 하수처리시설 복개 및 탈취시설 표준공사비 적용	
	안전진단 결과	• 구조물의 보수·보강	• 정밀안전진단 보고서상의 개량비용 적용	
	기술진단 결과	• 성능저하 시설 기능회복	• 기술진단 보고서상의 개량비용 적용	
40년간 총운영비		—	• 기존시설 실적 운영비 적용 • 대수선비 추가 반영 • 추가 시설 운영비 반영	

마. 개량항목별 총사업비 산정

1) 기존시설 처리능력 개선 계획

- 금회 계획에서 검토된 수처리공정모델링 결과를 적용하여 개량 시설용량은 금회계획의 목표연도 2035년 기준 승기공공하수처리시설 계획용량 250,000m³/일로 적용하고 증설부지를 확보하는 것으로 계획함
- ▷ 시설개량을 위한 증설필요량은 125,000m³/일로 환경부 표준공사비를 적용하여 처리능력 개선을 위한 증설사업비 산정
- 노후시설개선 및 개량사업비는 승기공공하수처리시설 기술진단에서 제시한 개선사업비 적용
- 인천시에서는 승기공공하수처리시설의 고농도 유입하수 주요 원인이 남동공단 배출수로 추정하여 주기적인 배출수 단속을 시행하고 있으나, 산재된 소규모 공장에서 불법 배출하는 고농도 폐수를 완벽히 차단하기는 현실적으로 불가능하여 지속적인 수질 감시 및 모니터링 실시를 위해 남동공단내 완충저류시설 및 모니터링 설치사업을 추진 중에 있으나, 해당 사업 완료시에도 본 처리시설의 완벽한 정상화는 기대하기 어려울 것으로 판단됨
- ▷ 전처리시설 설치를 위한 고농도 수질 반영기준이 다소 모호할 수 있으므로 본 계획상의 타당성 검토에서는 처리능력 향상을 위한 체류시간 추가확보와 노후시설 대수선에 대하여 개량사업비 검토

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

가) 처리시설 수선 및 개량 소요사업비

◦ 기술진단 상의 단위공정별 문제점에 따른 개선방안 및 개략 공사비는 34,411백만원으로 산출

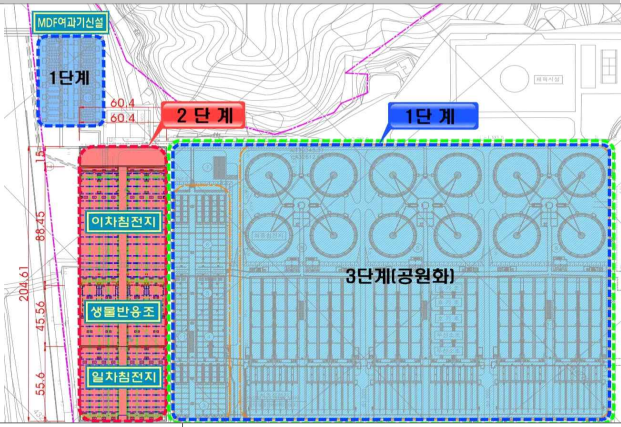
<단위공정별 개선방안>

(단위 : 백만원)

구 분	개선방안	개략 공사비(백만원)	
		수량	비용
공정개선	· 여과기 설치	11대	4,000
	· 유량조정조 신설	1식	8,250
침사지	· 유입 교체	6대	240
	· 조목스크린 교체	4대	800
	· 세목스크린 교체	6대	900
	· 침사인양기 교체	6대	2,000
	· 침사유출게이트 교체	6대	120
유입펌프장	· 유입펌프 보수	2대	300
	· 유입펌프 토출 전동밸브 교체	5대	150
일차침전지	· 주분배조 유출게이트 교체	4대	120
	· 유입수로 산기관 설치	1식	120
	· 일차침전지 유입밸브 교체	48대	480
	· 슬러지 수집기 보수	24대	1,680
	· 생슬러지 인발용 전동밸브 교체 및 신설	24대	480
	· 생슬러지 이송펌프 교체	10대	60
	· 생슬러지 이송펌프 배관 교체	1식	24
	· 생슬러지 드레인밸브 교체	24대	72
	· 스킴컨테이너 인양기 보수	6대	90
생물반응조	· 무산소조 교반기 교체	11대	340
	· 내부반송펌프 인양장치 설치	1식	120
	· 내부반송펌프 인버터 설치	27개소	270
	· 유입게이트 및 산기관 교체	24대	337
	· 호기조 송풍기 교체	1식	1,750
이차침전지	· 잉여슬러지펌프 교체	3대	15
	· 슬러지 수집기 교체	12대	3,000
농축조	· 협잡물 처리기 교체	1대	100
	· 슬러지 수집기 교체	1식	300
	· 원심 농축기 보수	5대	100
	· 생슬러지 농축기 설치	2대	40
소화조	· 소화가스 배관 교체	1식	660
	· 소화조 가스압축기 교체	5대	300
	· 소화조 가온용 보일러 교체	1식	300
탈수설비	· 원심탈수기 교체	4대	2,000
전기설비	· 노후설비 교체	1식	2,136
	· 수변전설비 교체	1식	2,600
계측제어설비	· 미작동 설비 교체	1식	157
계			34,411

나) 처리성능개선을 위한 개량사업비

<기존시설 증설 및 개량계획>

구 분	기존시설 증설 및 개량계획		
개 요	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 하수처리시설 서측에 Q=125,000m³/일 증설 · 기존 하수처리시설 개선 및 개량 · 남동공단 연계수 전처리시설 설치 		
시설계획	구 분	기 존	증 설
	일차침전지	W8.0m×L36.0m×H3.0m×24지 W10.0m×L36.0m×H3.0m×3지	W6.0m×L48.0m×He4.0m×12지
	생물반응조	W8.0m×L60.0m×H5.0m×24지 W10.0m×L60.0m×H5.0m×3조	W6.0m×L57.0m×He12.0m×12지
	이차침전지	Ø32.0m×H3.5m×12지 W10.0m×L50.0m×H3.5m×3지	W6.0m×L78.0m×He4.0m×12지
유사사례	· 서울 탄천, 난지 물재생센터, 사천 삼천포하수처리시설 등		
소요공사비	처리장 증설(체류시간 확보)		620억
	기존하수처리시설 개선 및 개량		371억
	계		991억
검토결과	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 수처리시설 용량 부족으로 증설 필요, 처리장 배치 복잡으로 운영관리 어려움 · 향 후기존처리시설 노후도 심화에 따른 재건설 필요 가능성 높음 		

2) 악취방지 및 주민친화시설 공간확보를 위한 복개계획

가) 처리시설 주변 악취발생 및 민원현황

- 송도국제도시가 포함된 연수구의 악취 민원은 2016년 87건에서 지난해 153건으로 늘었고, 올해 들어서는 8월 현재까지 373건이 접수
- 2013년~2016년 까지 악취개선사업 실시하였으나, 악취민원 지속적 발생
- 2018년 악취진단 결과 승기공공하수처리시설을 중심으로 악취지수 40이상의 매우 강한 악취가 발생하는 것으로 조사
- ⇒ 연수지구, 송도신도시 등 도심지 중앙에 위치한 승기공공하수처리시설의 발생악취에 대한 근원적 해결을 위해서 처리시설의 완전지하화 및 현대화 사업 필요성 대두

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

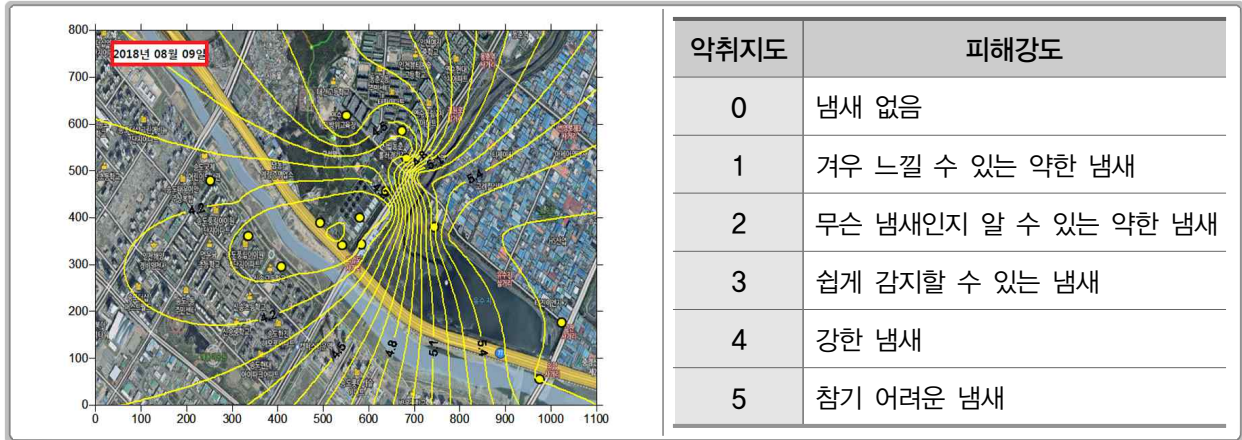
제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장



바. 생애주기비용 분석을 위한 운영비 산정

1) 실적운영비 산정

◦ 노후설비 교체 등 간헐적으로 발생하는 대수선비가 미포함된 승기공공하수처리시설의 실적운영비는 톤당 143.43원으로 조사됨

<연간 실적 운영비 현황>

(단위 : 백만원/년, 원/톤)

구 분	2017년	2018년	평 균	톤당 운영비
인건비	3,049	2,690	2,869	28.58
전력비	3,168	3,737	3,452	34.39
총인약품비	-	-	-	-
처리장약품비	509	883	696	6.94
찌꺼기처리비	4,058	4,685	4,371	43.55
찌꺼기발생비	-	-	-	-
개보수비	849	1,239	1,044	10.40
기타	1,050	2,877	1,964	19.56
계	12,683	16,111	14,397	143.43

주) 톤당 운영비는 최근 2년간 항목별 평균값에 시설용량으로 나누어 산정된 수치임
자료) 공공하수처리시설 운영결과 조사표(2017~2018년, 환경부)

2) 기존시설 개량에 따른 추가운영비 산정

◦ 생물반응조 및 이차침전지 체류시간 증대, 전처리시설 설치 및 악취방지 시설 등 기존시설 개량에 따라 신규 시설이 추가될 경우의 운영비 산정

<추가운영비 산정방법>

구 분	항 목	산정방법
체류시간증대	개보수비	공공하수처리시설 관리업무 대행지침(환경부)의 공공하수도시설 운영대가 산정기준 참조
	대수선비	적격성조사 지침의 대수선비 산정기준 참조
	전력비	실적 톤당 전력비와 단위공정별 소비전력 비율 중 생물반응조 및 이차침전지 소비전력 비율 참조
전처리시설	모든항목	실적 톤당 운영비 적용
	대수선비	적격성조사 지침의 대수선비 산정기준 참조
악취방지	개보수비	공공하수처리시설 관리업무 대행지침(환경부)의 공공하수도시설 운영대가 산정기준 참조
	대수선비	적격성조사 지침의 대수선비 산정기준 참조

<하수처리시설 분야별 수선유지비 요율>

구 분	운영기간별 수선유지비 비율			
	3년 미만	3~5년	5~10년	10년 이상
토목 / 건축	0.05	0.08	0.10	0.12
기계 / 전기	0.25	0.42	0.50	0.60

자료) 공공하수처리시설 관리업무 대행지침(환경부)

<하수처리시설 단위공정별 소비전력 현황>

단위공정	소비전력(kWh)	단위공정별 소비전력 비율	비 고
침사 및 유입펌프	1,117	13.50%	
일차침전지	264	3.20%	
생물반응조	3,460	41.90%	54.90%
이차침전지	1,077	13.00%	
농축	469	5.70%	
소화조	263	3.20%	
탈수	347	4.20%	
탈취	147	1.80%	
바이오가스발전기	152	1.80%	
종합설비동	76	0.90%	
기타	881	10.80%	
합계	8,253	100.00%	

자료) 중량물재생센터 에너지진단 결과 보고(2007.7)

<생애주기비용 분석을 위한 운영비 산정>

(단위: 백만원/년)

구 분	실적 운영비	시설개량에 따른 추가 운영비		비 고
		개량시설 보수비	개량시설 전력비	
운 영 비	14,397	120	2	

3) 대수선비 산정

- 「환경분야 민간투자사업 적격성조사 지침 연구(2007, KDI)」상의 적격성조사에 필요한 비용 산정을 위한 방법준용하여 하수처리시설 공사비에 대수선비 비율 적용

<하수처리시설 분야별 내구연한 및 대수선 비율>

구 분	적용 내구연한	대수선 비율	비 고
토목분야	10년	0.12%	구내도로 재포장
건축분야	10년	13.3%	창틀 등 건축자재 교체
기계·전기분야	14년	100%	
기 타	10년	100%	

자료) 환경분야 민간투자사업 적격성조사 지침 연구(2007, KDI)

<대수선비 산정>

구분		계	토목	건축	기계	전기	기타	비 고
공사비 (억원)	기존시설	1,707	649	290	444	256	68	
	시설개량	2,499	950	425	650	375	100	
	재건설	2,980	1,132	507	775	447	119	
적용내구연한			10년	10년	14년	14년	10년	
대수선요율			0.12%	13.30%	100.00%	100.00%	0.12%	
대수선비 (백만원)	기존시설	73,927	78	3,859	44,379	25,603	8	
	시설개량	108,235	114	5,650	64,974	37,485	12	
	재건설	129,068	136	6,738	77,480	44,700	14	

아. 재건설 대안의 소요비용 산정

1) 승기공공하수처리시설 현대화 재건설 대안 개발

- 기존시설의 노후화에 의한 처리효율의 급격한 저하 및 처리시설 주변 도심지 확장 등 여건변화
- 승기공공하수처리시설의 지하화를 통한 악취발생 방지와 상부 공원화 등으로 미관개선 및 혐오시설 이미지 탈피가 가능한 친환경적이고 주민친화적인 시설로 전환해야 하는 필요성 대두



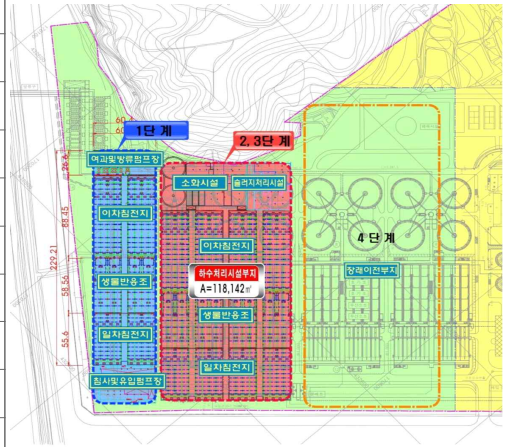
<승기공공하수처리시설 입지여건>

<승기공공하수처리시설 재건설 대안>

사업개요	주요시설계획
	<p>· 기존처리시설 부지내 재건설 (용량조정: 275천m³/일 → 250천m³/일) · 시설 완전지하화 및 상부 공원화</p>

<현대화시설 계획>

구 분	시설개요
수처리 시설	침사지 $\Phi 6.05 \times H 7.15m \times 4지$
	유입펌프장 $W 40.0m \times L 17.0m \times H e 6.7m \times 1지$
	일차침전지 $W 12.0m \times L 48.0m \times H e 4.0m \times 12지$
	생물반응조 $W 12.0m \times L 57.0m \times H e 12.0m \times 12지$
	이차침전지 $W 12.0m \times L 78.0m \times H e 4.0m \times 12지$
	3차처리시설 $W 60.0m \times L 11.0m \times H e 5.0m \times 12지$
슬러지 처리시설	농축및탈수기동 $W 50.0 \times L 42.0 \times H 17.5 \times 1지$
	소화조 $\Phi 22.0 \times H e 25.0 \times 2지$
	슬러지건조시설 $W 58.0 \times L 45.0 \times H 17.5 \times 1지$
방류시설	$W 40.0m \times L 17.0m \times H e 6.7m \times 1지$



2) 재건설 비용 산정 방법

- 승기공공하수처리시설 재건설은 완전지하화(이중복개)를 기준으로 계획
- 재건설 사업비는 환경부 표준공사비와 부대경비 요율을 활용하여 산정하고 완전지하화를 고려한 공사비 할증을 고려하여 산정

<재건설 대안 소요비용 산정의 하수처리시설 구조를 형태 기준 선정>

비복개	복 개		
	일단복개(표준사업비)	건축복개	이중복개(적용사업비)

<승기하수처리시설 재건설 비용 산정방법>

구 분	산정 근거	비 고
일단복개	$Y=287.24 \times Q^{0.5684}$	하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(2019., 환경부)
소화 및 가스활용설비	$Y=113.56X + 3,613.8$ $Y=4,956X + 1,679.9$	하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(2019., 환경부)
지하화 보정계수	1.50	수처리시설 전체 적용
부대경비	설계, 감리, 시설부대비	하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(2019., 환경부)
용지보상비	미적용	기존 부지내 재건설
기존시설 철거비	미적용	산정근거가 불명확하므로 금회계획에서는 미적용하나 상세설계비 추가반영 필요

<승기하수처리시설 재건설 비용 산출결과>

구 분		공사비(백만원)		비고
		표준공사비	지하화공사비	
공 사 비	시설용량(㎥/일)	250,000		
	침사및유입펌프장	20,244	30,366	
	유량조정조	11,054	16,581	
	일차침전지	16,588	24,882	
	생물반응조	29,737	44,606	
	이차침전지	23,937	35,906	
	소독방류동	7,494	11,241	
	농축	6,449	9,674	
	탈수	8,273	12,410	
	탈취	5,217	7,826	
	저류조	1,879	2,818	
	관리시설	4,643	6,964	
	부대시설	4,056	6,083	
	소화조설비	17,241	17,241	
	소화가스	2,275	2,275	
	기존시설철거	47,726		
	계	206,813	276,599	
부 대 경 비	기본설계비	3,789		
	실시설계비	7,551		
	감리비	9,764		
	시설부대비	330		
총사업비		298,033		

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

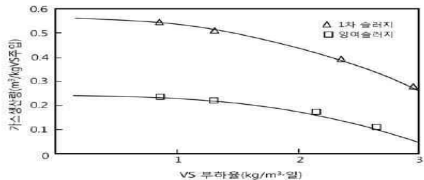
제 8 장

제 9 장

제 10 장

자. 재건설시 소화조설비 적용 타당성 검토

- 승기공공하수처리시설은 현재 혐기성소화조 및 소화가스를 활용한 가온설비를 운영중에 있으므로 기존시설 개량사업비와 현대화사업 비교시 동일조건을 유지하기 위하여 재건설 사업비에 반영함
- 현재 소화설비는 발생 바이오가스 전량을 소화조 가온설비 운영 에너지원으로 활용하며, 도시가스 또는 열병합발전 등 에너지화는 없으나 재건설시 대체 에너지 활용 기준으로 소화조 설치 타당성을 재검토함
- 검토결과 투자비 회수기간이 6.67년이므로 소화조 설치에 대한 타당성 확보됨

구 분	산정 근거	내 용
찌꺼기 발생량(TS 량)	· 2017년 평균 발생량	98,670kg/일 \approx 100,000kg/일(적용 소화조 용량)
유입 VS 량	· TS량의 60%	100,000kg/일 \times 60% = 60,000kg/일
바이오가스발생량	· 유입 VS당 바이오가스발생량 (하수도시설기준 참조) - 생: 0.55m ³ gas/kgVS - 잉여: 0.25m ³ gas/kgVS - 평균: 0.4m ³ gas/kgVS	 $0.4\text{m}^3\text{gas/kgVS} \times 60,000\text{kg/일}$ $= 24,000\text{m}^3\text{gas/일}$
대체 에너지 환산	· 「에너지법 시행규칙」 제5조 “에너지열량 환산기준” 에너지 순발열량 - 도시가스(LNG): 9,290kcal/m ³ - 바이오가스: 5,100kcal/m ³	$24,000\text{m}^3\text{bio-gas} \times (5,100 \div 9,290)\text{kcal/m}^3$ $= 13,000\text{m}^3\text{LNG/일}$
바이오가스 생산 에너지 비용 (A)	· 도시가스 대체 사용 가정 · 한국석유공사 도시가스 기준 615.63원/m ³ LNG 적용	$13,000\text{m}^3\text{LNG} \times 615\text{원/m}^3\text{LNG}$ $= 7,995,000\text{원/일} = 2,918\text{백만원/년}$
온실가스 감축비 (B)	· 2020년 4월 한국거래소 기준 탄소할당배출권 - 40,500원/tCO ₂ · 한국에너지공단 기준 m ³ LNG당 CO ₂ 배출량 - 0.00218tCO ₂ /m ³ LNG	$13,000\text{m}^3\text{LNG} \times 0.00218\text{tCO}_2/\text{m}^3\text{LNG} \times 40,500\text{원/tCO}_2$ $= 1,147,000\text{원/일} = 418\text{백만원/년}$
위탁처리비 절감액 (C)	· 분뇨, 음식물 등은 가좌처리시설 일괄처리하므로 제외	—
소화조 운영비용 (D)	· 유입 슬러지 평균온도 12°C가정 · 소화조 유지온도 36°C · 가온 보일러 효율 50% 적용 · 기타 에너지 필요량 50% 적용	$(36-12)^\circ\text{C} \times 100,000\text{kg/일} = 2,400,000\text{kcal}$ $2,400,000\text{kcal} \times 150\% \div 50\% = 7,200,000\text{kcal}$ $7,200,000\text{kcal} \div 5,100\text{kcal/m}^3 \approx 1,500\text{m}^3\text{bio-gas}$ $1,500\text{m}^3 \times (5,100 \div 9,290)\text{kcal/m}^3 \times 615\text{원/m}^3\text{LNG}$ $= 506,000\text{원/일} = 185\text{백만원/년}$
년간 회수비용 (E)	· A + B + C - D	$2,918 + 418 + 0 - 185 = 3,151\text{백만원/년}$
투자비 회수기간	· 초기투자비 \div 연간회수비용 · 불변가 적용	$21,028\text{백만원} \div 3,151\text{백만원/년} = 6.67\text{년}$

차. LCC 분석결과

- 승기공공하수처리시설 재건설은 완전지하화(이중복개)를 기준으로 계획
- 생애주기비용분석을 통한 경제적 정상화 방안 제시
- ⇒ 신설하수처리시설 내구연한을 고려하여 운영기간 40년으로 가정하였으며 총사업비 및 운영비를 사회적 할인율 4.5%로 산정된 현재가치 기준 평가 수행

<승기하수처리시설 LCC 분석결과>

(단위 : 백만원)

구 분		기존시설 개량	재건설
불변금액	건설비	249,900	298,000
	유지관리비	758,329	758,329
	개량시설 보수비	33,198	—
	개량시설 전력비	132	—
	대수선비	306,349	405,780
	개량시설 대수선비	265,527	—
	계	1,558,536	1,462,109
현재가치 합계		820,789	789,270

카. 기존시설 가치평가

- 하수처리시설 개선 소요비용과 기존시설의 잔존가치를 비교하여 합리적 투자 대안 도출
- 기존시설 잔존가치는 대체원가법을 활용하고 불변금액을 기준으로 평가

<기존시설 잔존가치 산정방법(대체원가법)>

- ▶ 기존시설 잔존가치 = 재조달 원가 × $\frac{\text{잔존내용연수}}{\text{내용연수}}$
- 여기서, 재조달 원가 : 현행 하수도분야 국고보조 지침에 적용되고 있는 표준공사비 활용
 잔존 내용연수 : 내용연수 - 해당 하수처리시설 경과연수
 내용연수 : 40년 적용

<기존시설 잔존가치 산정>

구 분	시설용량	재조달원가	준공년도	경과연수	내용연수	잔존연수	비 고
1단계	240,000m³/일	108,373백만원	1995년	25년	40년	15년	
2단계	35,000m³/일	47,910백만원	2007년	13년	40년	27년	
잔존가치	40,640(1단계) + 32,339(2단계) = 72,979백만원						
가치평가	184,598(전처리시설 제외 개량사업비) ÷ 72,979(기존시설 잔존가치) = 2.529						

- 주) 1. 재조달원가는 “승기하수종말처리장(1차) 증설공사 실시설계(2004.5., 인천광역시 종합건설본부)” 상의 공사비 적용
 2. 현재기준 불변금액

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

제 8 장

제 9 장

제 10 장

타. 2단계 평가(경제성) 결과

- 2단계 평가(경제성)는 LCC분석 결과와 기존시설 가치평가에 대한 종합 평가점수를 기준으로 결정
- “공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12.,환경부)” 상의 LCC분석 평가 결과와 기존시설 가치평가 배점 기준에 따른 평가 결과 100점으로 기존시설 철거후 재건설 추진이 타당한 것으로 평가됨

<하수처리시설 개선사업 2단계 평가(경제성) 종합 평가점수 기준>

종합 평가점수	2단계 평가 결과
90점 이상	• 기존시설 철거 후 재건설 추진이 타당
70점 이상, 90점 미만	• 기존시설 유지하면서 개량하는 것이 타당 • 필요시 재건설 계획 조정 후 경제성 재평가 ※ 조정 사항 : 사업추진 시기, 지하화 여부 등 사업범위
70점 미만	• 기존시설 유지하면서 개량하는 것이 타당

자료) 공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구(2019.12.,환경부)

<승기 하수처리시설 개선사업 2단계 평가(경제성)를 위한 비용 산정 결과>

구 분			금액 (백만원)		비 고
			원 안	변 경	
기존시설 개량	총사업비	A	249,900	195,000	
	40년간 운영비	B	1,523,471	1,363,536	
	합 계	C=A+B	1,773,371	1,558,536	
	현재가치	D=C의 현재가치	943,633	820,789	할인율 4.5%
통합 재건설	총사업비	E	298,000	298,000	
	40년간 운영비	F	1,239,942	1,164,109	
	합 계	G=E+F	1,537,942	1,462,109	
	현재가치	H=G의 현재가치	831,494	781,138	할인율 4.5%
LCC분석 결과		L=D/H	1.135	1.051	초과시 만점
기존시설 가치평가	개량사업비	I	184,598	184,598	전처리제외
	잔존가치	J	72,979	72,979	
	가치평가	K=I/J	1.0	1.0	초과시 만점
경제성 평가	배 점	L×70 + K×30	100	100	
	평 가	90점 이상	“재건설”	“재건설”	

주) 생애주기비용의 현재가치는 「예비타당성조사 수행 총괄지침(기획재정부훈령 제436호)」 제50조에 따른 사회적 할인율 4.5% 적용

<승기 하수처리시설 개선사업 2단계 평가(경제성) 결과>

구 분	평가 배점 (①)	분석 결과 (②)	평가 결과 (①×②)	비 고
LCC 분석	70	1.135 (D/H)	70.00	70×1.000
기존시설 가치평가	30	2.529 (I/J)	30.00	30×1.000
경제성 평가 결과	100	—	100.00	재건설 타당성 확보

주) 분석 결과(②)의 생애주기비용간의 비율이 “1.0” 초과시 평가배점 만점 적용