

탄소중립 실현을 위한 물환경기초시설 관리방안 마련

전문가 워크숍(Ⅱ)



탄소중립 실현을 위한 물환경기초시설 관리방안 마련 전문가 워크숍(II) 개최계획(안)

1 개 요

- 목 적 : 탄소중립 실현을 위한 상수도 분야 에너지 절감 추진방안 마련 논의
- 일 시 : 2021년 11월 17일(수), 16:00~18:00
- 장 소 : 비대면 온라인(ZOOM) 회의
- 주최/주관 : 충남연구원
- 참 석 자 : 발표자, 토론자 등
 - 이두진(K-water), 조영무(경기연구원), 안종호(한국환경연구원), 김성표(고려대학교), 이원태(금오공과대학교), 김영일(충남연구원)

2 추진일정

시 간	내 용	비 고
16:00~16:10	개회 및 참석자 소개	사회자
16:10~16:50	탄소중립 산업생태계 조성을 위한 상수도 에너지 저감기술 및 정책방향 고찰	한국수자원공사 이두진 박사
16:50~17:50	종합토론	참석자 전체
17:50~18:00	폐회	

탄소중립 산업생태계 조성을 위한
상수도 에너지 저감기술 및
정책방향 고찰

한국수자원공사(K-water) 이두진 박사

탄소중립 산업생태계 조성을 위한

상수도 에너지 저감 기술 및 정책 방향 고찰

2021. 11. 17

K-water 지방상수도처 지방수도운영부

이 두 진



| 발표순서 |

01

상수도 탄소중립

02

상수도 분야 에너지 관리

03

상수도 에너지 관리 체계 구축 방안



01

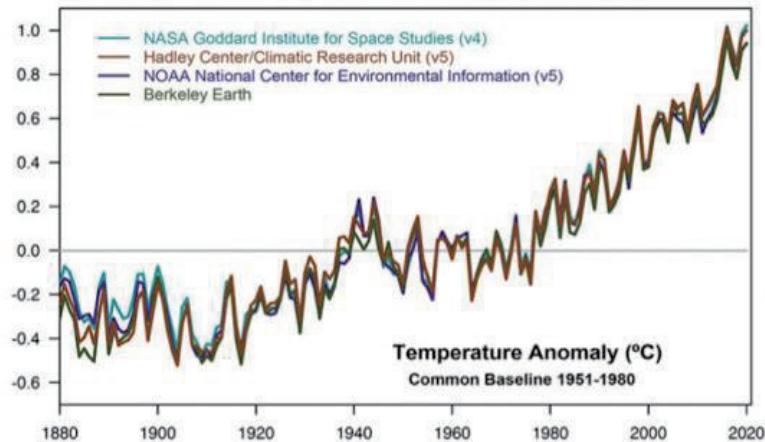
상수도 탄소중립

1. 상수도 vs 탄소중립

Climate Change

Paris Agreement('16.11.4)

1. 목표 : 온실가스 배출량을 1990년도 수준으로
(산업혁명(1990년대) 이후 2100년 까지 지구 기온 상승 2℃ 이하 유지, 1.5℃까지 목표)
2. 의무 : 국가결정기여(Nationally Determined Contribution) 목표를 5년마다 제출, 신규 NDC는 이전보다 높은 목표 설정
(감축, 적응, 자원, 기술지원, 역량배양, 투명성)
3. 평가 : 5년 단위 감축목표 실적 평가



교토의정서	구 분	파리협정
온실가스 배출량 감축 (1차 : 5.2%, 2차 : 18%)	목 표	2℃ 목표 1.5℃ 목표 달성 노력
온실가스 감축에 초점	범 위	온실가스 감축만이 아니라, 적응, 자원, 기술이전, 역량배양, 투명성 등을 포괄
하향식	목표설정방식	상향식
징벌적 (미달성량 1.3 배를 다음기간에 추가)	목표불이행시 징벌 여부	비징벌적
특별한 언급 없음	목표설정기준	진전원칙
국가중심	행위자	다양한 행위자 참여

1. 상수도 vs 탄소중립

Climate Change

SOUTH KOREA

CLIMATE TRANSPARENCY REPORT COMPARING G20 CLIMATE ACTION AND RESPONSES TO THE COVID-19 CRISIS
This country profile is part of the Climate Transparency Report 2020. Find the full report and other G20 country profiles at: www.climate-transparency.org

PER CAPITA GREENHOUSE GAS (GHG) EMISSIONS ABOVE G20 AVERAGE

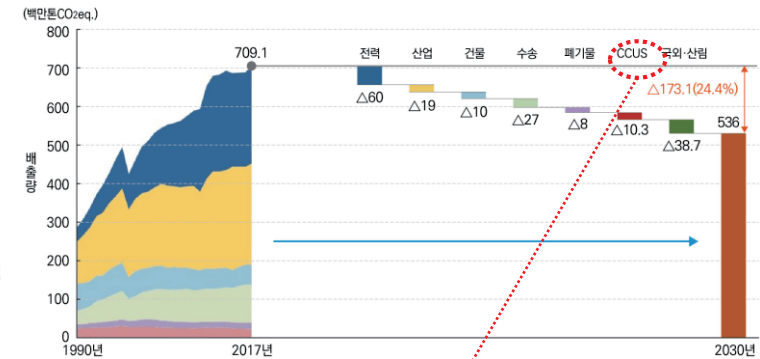
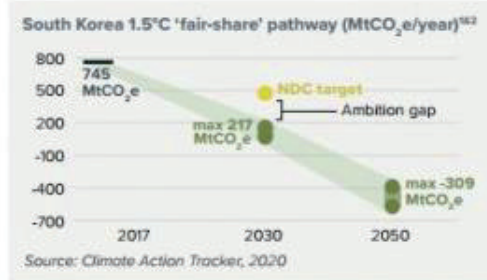
GHG emissions (incl. land use) per capita (tCO₂e/capita)¹



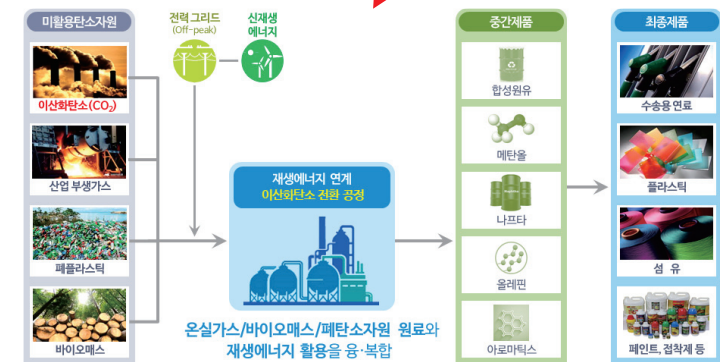
Data for 2017. Sources: Enerdata, 2020; UN Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2020; Gütschaw et al., 2019

NOT ON TRACK FOR A 1.5°C WORLD

South Korea needs to reduce its emissions to below 217 MtCO₂e by 2030 and to below -309 MtCO₂e (net sink) by 2050 to be within its 'fair-share' compatible range. South Korea's 2030 NDC, however, would only limit its emissions to 539 MtCO₂e. All figures exclude land use emissions and are based on pre-COVID-19 projections.



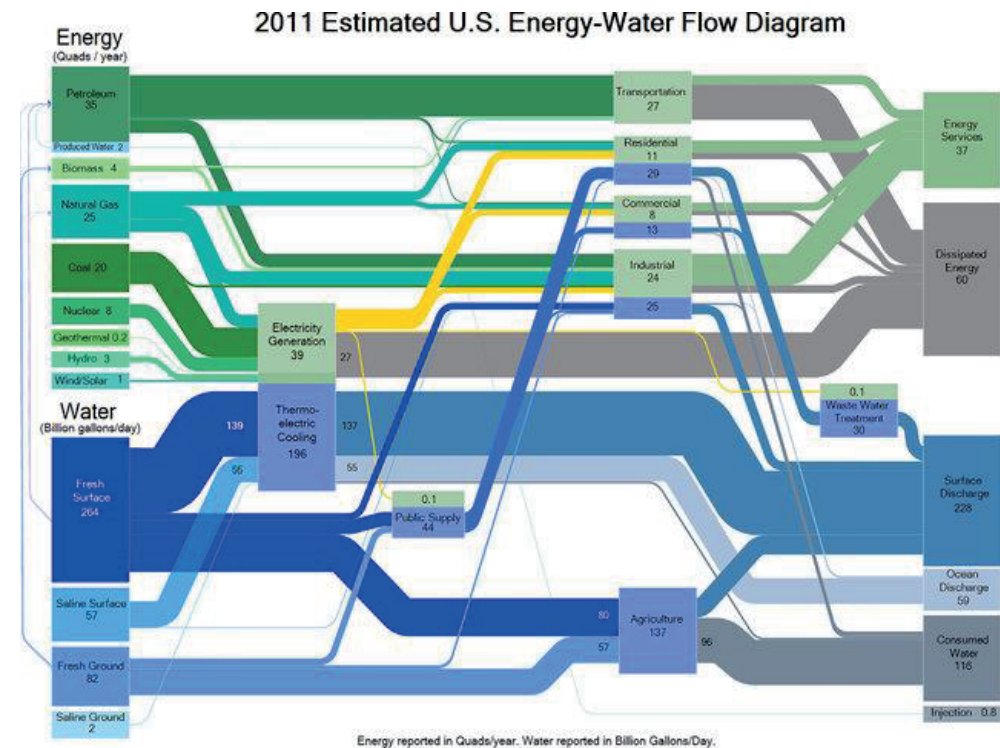
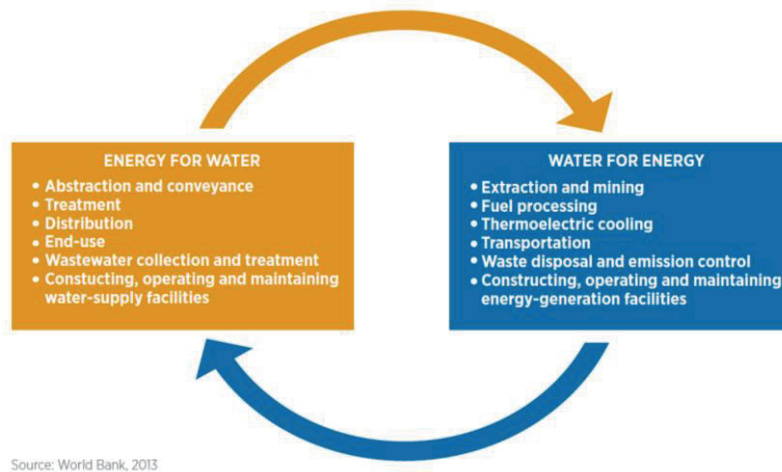
대한민국 2050 탄소중립 전략(2020)



한국화학연구원, ccus 기술의 현황과 미래

1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus



Energy plays a crucial role in the supply, treatment and utilization of water.

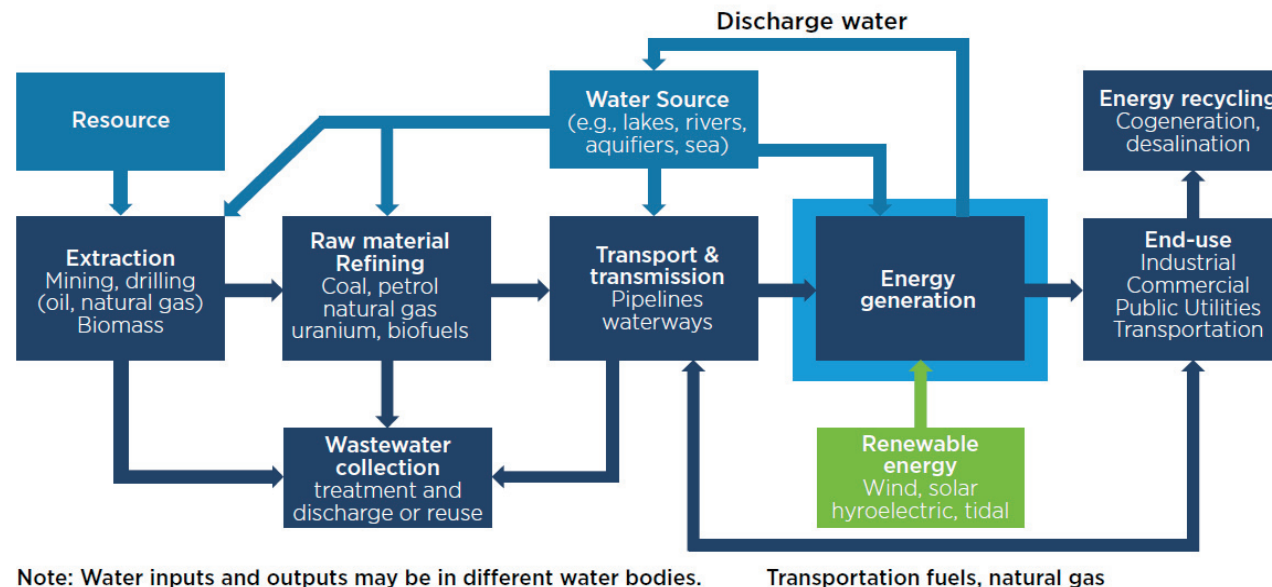
At the same time, water is an integral part of energy's life cycle of extraction, production, conversion, distribution, use and disposal.

This interdependence between water and energy is called the water energy nexus.

1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus

Water for Energy



Note: Water inputs and outputs may be in different water bodies.

Transportation fuels, natural gas

Source: Water in the West, 2013

The energy supply chain can be divided into three basic stages: **fuel extraction, processing and transportation; energy transformation (e.g., generation of electricity) and end-use.**

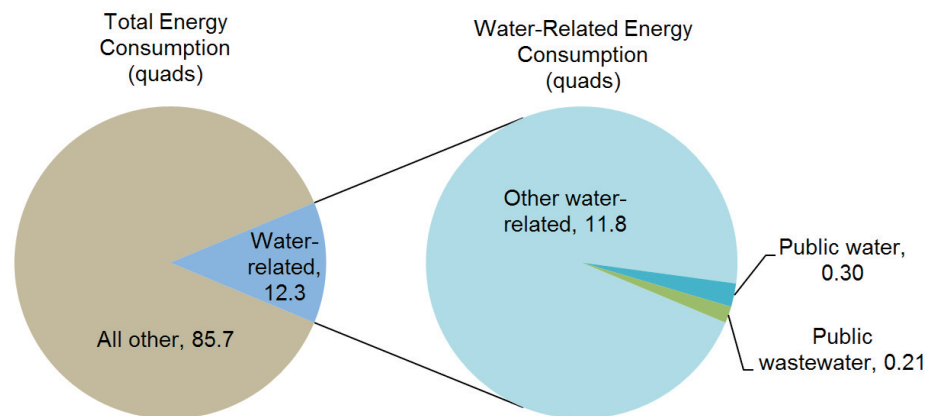
The impacts on withdrawal, consumption and quality of water resources along these different stages is dictated by how, where and what energy sources characterise the supply chain, as well as by other factors such as the technology choice, water source and fuel type.

1. 상수도 vs 탄소중립

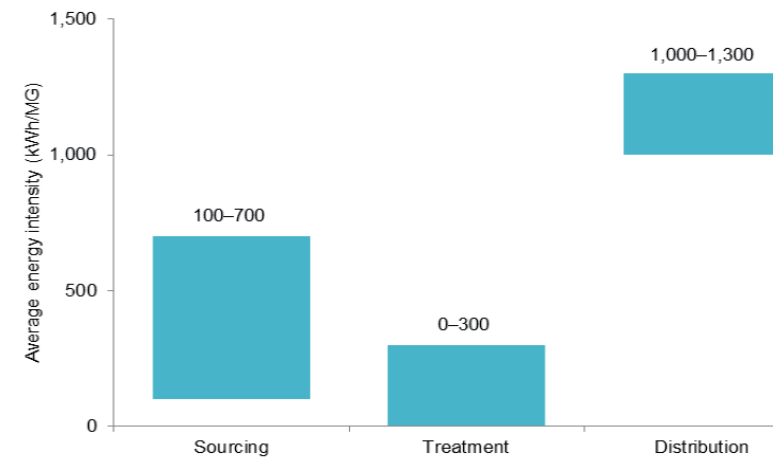
Water-Energy Nexus

Energy for Water

From Watt ⚡
To Water 💧



U.S. Energy Consumption, 2010
(EIA 2014; Twomey and Webber 2011; Sanders and Webber 2012)

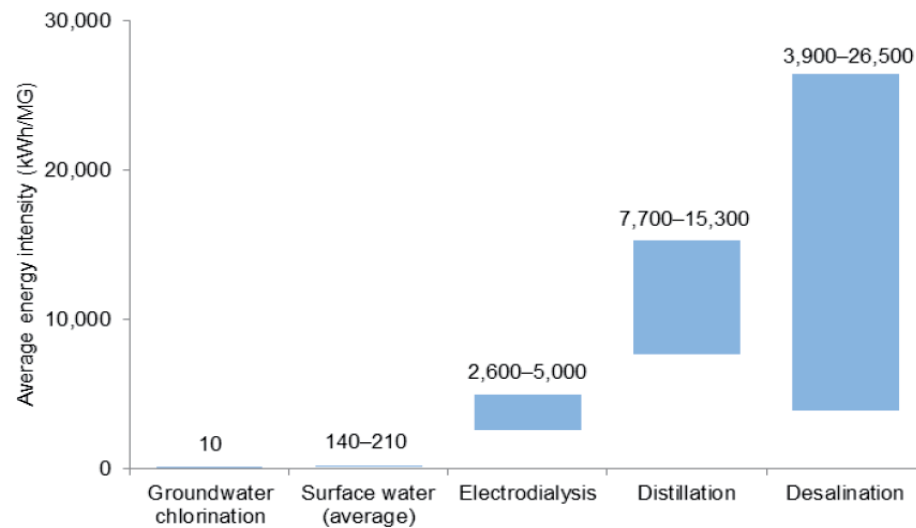


Energy Intensity of Water Supply Processes in the United States
(EPRI 2009, 4-4)

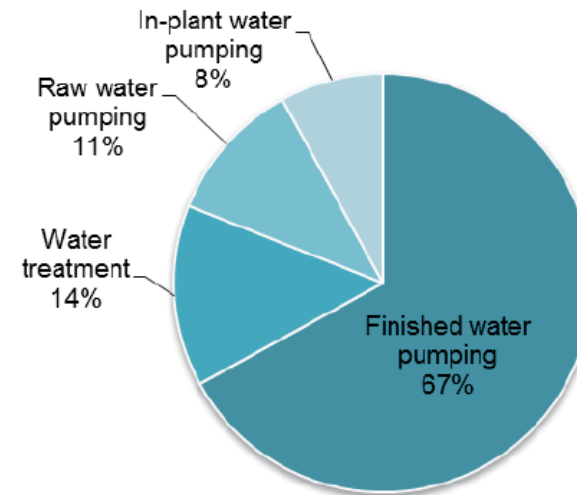
1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus

Energy for Water



Energy Intensity of Water Treatment Technologies in the United States
(Twomey and Webber 2011, 10)

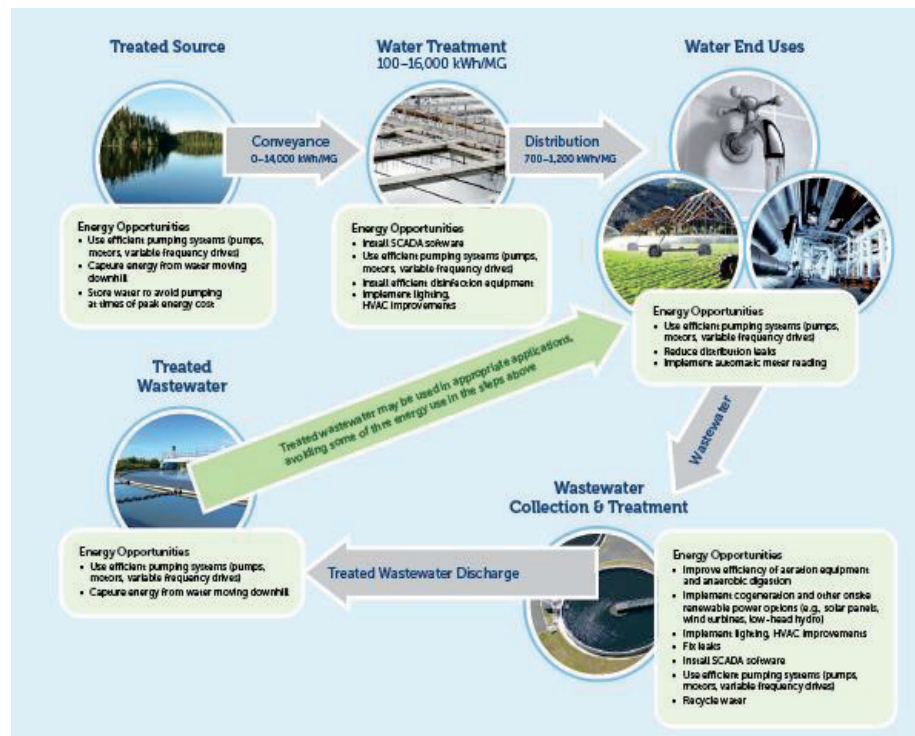


Relative Energy Consumption in Water Treatment
(EPRI 2013, 4-2)

1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus

Energy for Water : U.S



- ✓ Nationally, the energy used by water and wastewater utilities accounts for **35 percent of typical U.S. municipal energy budgets** (NYSERDA, 2008).
- ✓ Electricity use accounts for **25-40 percent of the operating budgets for wastewater utilities and approximately 80 percent of drinking water processing and distribution costs** (NYSERDA, 2008).
- ✓ **Drinking water and wastewater systems account for approximately 3-4 percent of energy use in the United States**, resulting in the emissions of more than 45 million tons of GHGs annually (U.S. EPA, 2012b).

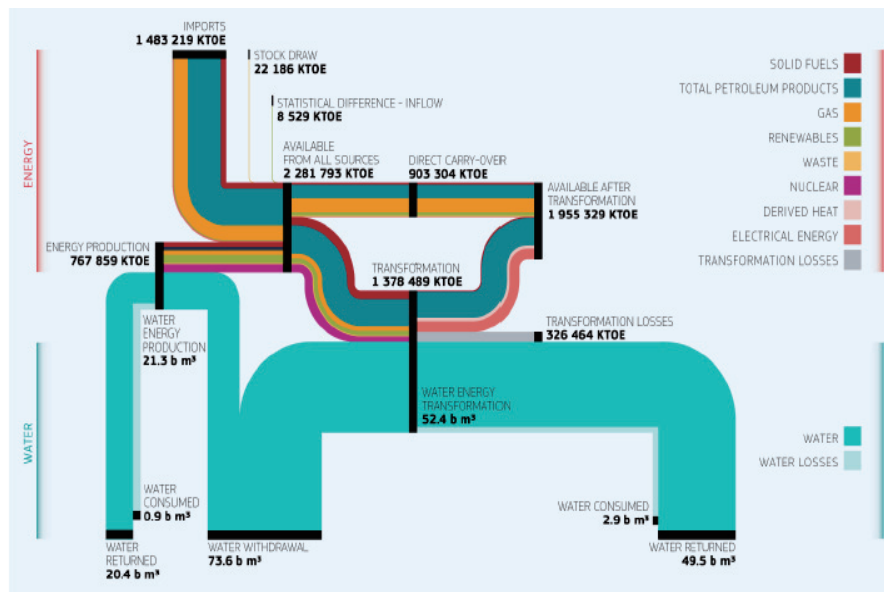
California Energy Commission, 2005; U.S. EPA, 2010a; U.S. EPA, 2010b; Energy Center of Wisconsin, 2003

1. 상수도 vs 탄소중립

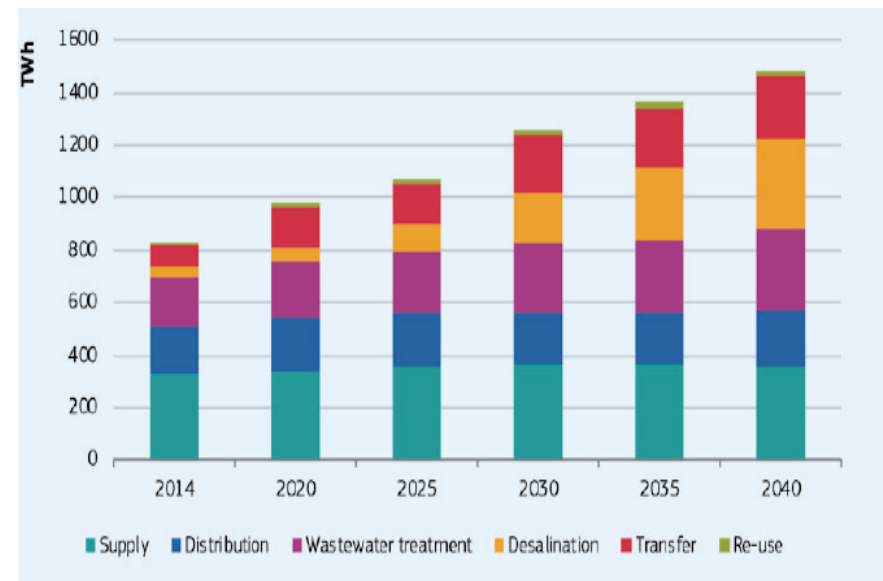
Water-Energy Nexus

Water for Energy : EU

The use of electricity in the water sector is projected to increase globally, exceeding 4 % of the global electricity requirements by 2040



EU energy flow diagram in 2016, with estimated freshwater requirements of the most water-intensive energy sectors in 2015. Source: JRC, based on EUROSTAT 2018



Electricity consumption in the water sector by process. Source [International Energy Agency 2016]

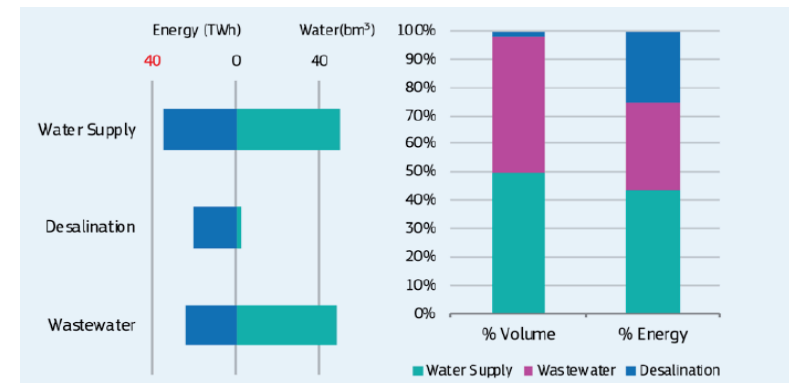
1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus

Water for Energy : EU

- The **EU public water** sector requires **about 2.6 % of EU electricity consumption**, in line with other
- Energy (mostly electricity) consumption **from the water sector in the US is at a similar level, 4 %**
- In order to provide 245 litre/day/person of water, the total electricity consumption for **drinking water supply** amounts to 35 000 GWh, which represents **1.13 % of the electricity currently produced in the EU**

Domain	Volume (billion m3)	Energy (GWh)	Energy (share)	Share of EU electricity
Drinking water supply	49.5	35,000	43.5%	1,13%
Desalination for municipal use	21	20,695	25.7%	0.67%
Wastewater treatment	47.9	24,747	30.8%	0.80%
Total	99.5	80,442	100	2.60%



Breakdown of volume treated and energy requirements for each stage of the water sector in 2017. (Source: water volumes: [Eurostat 2018], [GWI 2018], analysis: JRC)

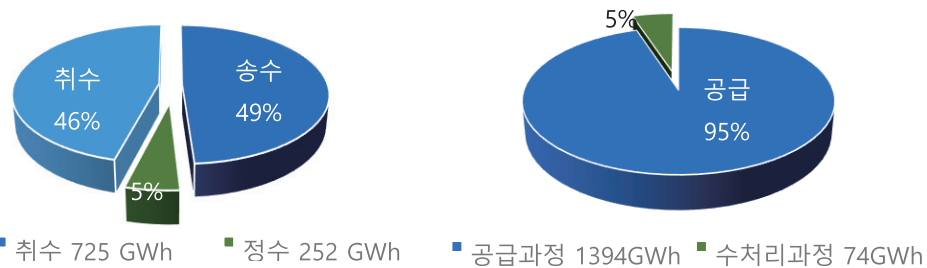
Energy needs for the different parts of the water sector in 2017 (source: JRC)

1. 상수도 vs 탄소중립

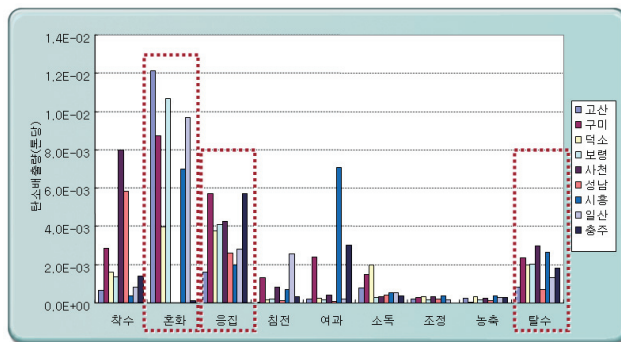
Water-Energy Nexus

광역상수도

광역(정) 탄소중립 21% = $\frac{\text{신재생 에너지 개발량 15 GWh(7천 tCO}_2\text{)}}{\text{총 전력사용량 73 GWh(34천 tCO}_2\text{)}}$



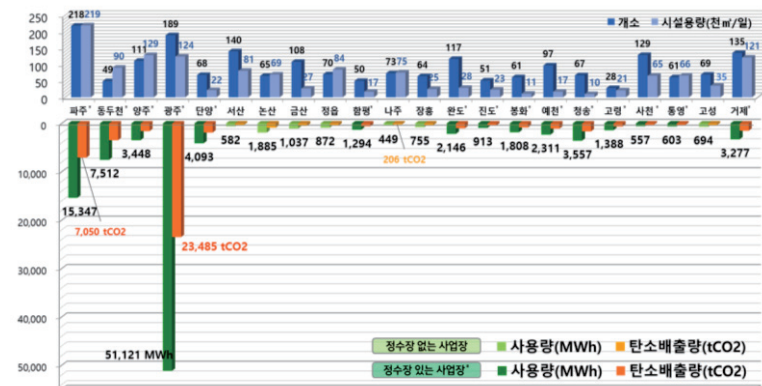
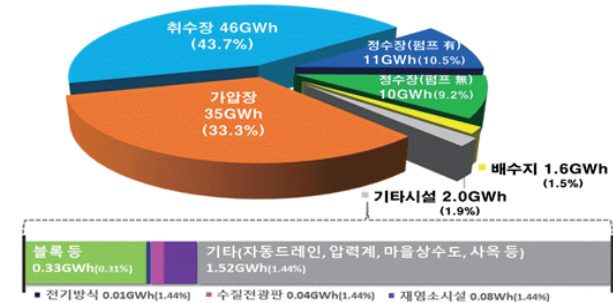
상수도 시스템 에너지 사용량 현황(광역상수도, 2010)



정수공정별 에너지 사용량 현황(광역상수도, 2010)

지방상수도

22개 지방상수도 사업장('21)



1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus

Energy for Water



Water for Energy

- ✓ 물 vs 에너지 자원 가치 불균형
- ✓ 공공부분 상(하)수도 분야 에너지 소비량 평가 자료 부족, 저감효과 미비
 - 에너지 다소비 산업 중심의 탄소저감 정책 시행 → [산업별 탄소중립 생태계 구축](#)
- ✓ 상수도 분야 에너지 소비 관리 관심사 → 누수저감 집중
- ✓ 비용-효율적 측면의 상수도 요금의 비탄력성

1. 상수도 vs 탄소중립

Water-Energy Nexus

Energy-Water Nexus: The Water Sector's Energy Use (Congressional Research Service, 2017)

Several barriers to improved energy efficiency by water and wastewater utilities are apparent.

1. 비용 :

Cost. Utilities have limited resources.

Federal and state funding for energy efficiency projects is limited.

2. 관행 :

Municipalities that own and operate water utilities generally *are risk-averse, reluctant to change practices, and hesitant to implement new technologies.*

The tendency is to wait until equipment fails rather than be pro-active.

3. 동기 부족 :

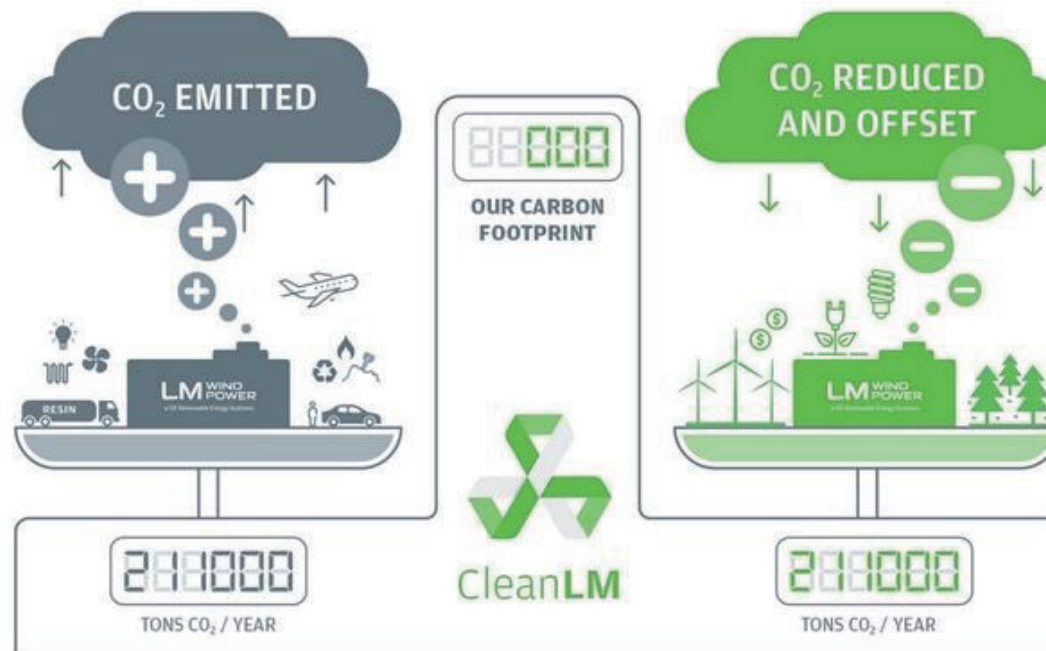
Facility operators who could advocate for energy efficiency often are disconnected from those in the utility who pay the electricity bill. *To the extent that water utilities can pass on energy costs to customers, there may be little incentive to investigate energy efficiencies.*

1. 상수도 vs 탄소중립

Carbon Neutrality

Carbon neutrality refers to achieving **net zero** carbon dioxide emissions.

This can be done by balancing emissions of carbon dioxide with its removal (often through carbon offsetting) or by simply eliminating emissions altogether from a society(Wikipedia).



1. 상수도 vs 탄소중립

탄소중립 2050

'2050 탄소 중립' 추진 전략



3+1 전략 추진			
3대 정책 방향	적응 경제구조의 저탄소화	기회 新유망 저탄소 산업 생태계 조성	공정 탄소중립 사회로의 공정전환
10대 과제	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 전환 가속화 고탄소 산업구조 혁신 미래모빌리티로 전환 도시·국토 저탄소화 	<ul style="list-style-type: none"> 新 유망 산업 육성 혁신 생태계 저변 구축 순환경제 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> 취약산업·계층 보호 지역중심의 탄소중립 실현 탄소중립 사회에 대한 국민인식 제고
탄소중립 제도적 기반강화	<ul style="list-style-type: none"> 재정 • 녹색금융 • R&D • 국제협력 <p>→ 탄소가격 시그널강화+탄소중립 분야투자 확대 기반 구축</p>		

1. 상수도 vs 탄소중립

탄소중립 2050



비전

함께 만드는 탄소중립(net-zero), 함께 누리는 물환경

추진전략



선도

공공부문 주도로
과감한 '2050 탄소중립' 이행



신속

속도감 있는 사업 추진을 통한
경제·사회 구조 전환 촉진



협력

정부-지자체-산업계-시민 간
폭넓은 소통·참여로 성과 확대

4대부문
세부과제

I 탄소저감

- 물 인프라를 활용한
신재생에너지 활성화
(수열, 수상태양광, 바이오
가스, 수소)

II 디지털·
지역특화

- 디지털 물융합혁신 지원
- 지역 특성에 맞는 물산업
육성 기반 구축

III 기술개발
강화

- R&D 신속추진 체계 마련
- 투자확대 및 전담조직 신설

IV 제도개선

- 물기술 검증제도 도입
- 물산업 분류체계 개선 및
체계적 관리방안 마련

1. 상수도 vs 탄소중립

탄소중립 2010 ?

탄소중립 프로그램



지식경제부
에너지관리공단

2 「그린에너지 발전전략」 VIP 보고회 (9.11)

- 행사개최로 인한 CO₂ 배출량 산정 : 총 16 톤CO₂
 - 행사진행 (2 톤CO₂), 행사참가자 수송/운송(14 톤CO₂), 홍보인쇄(0.1톤CO₂)
- 탄소중립을 위한 상쇄방안 실행
 - 신재생에너지 설비 설치(가평 꽃동네)로 상쇄방안 실행



3. 탄소중립 참여부문

○ 개인 활동부문

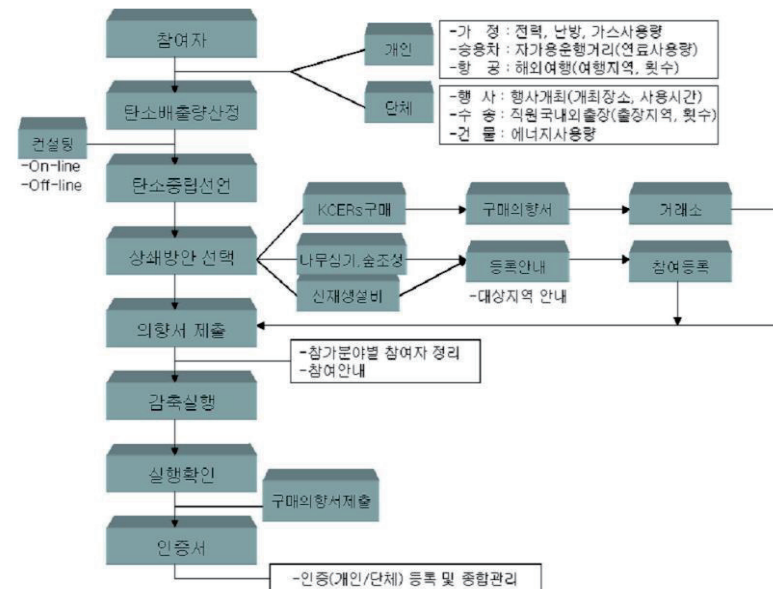
- 개인활동(가정, 자가용 등)으로 인한 이산화탄소 배출량
 - ※ 참여부문(평균) : 가정부문 3톤CO₂/가구, 자가용 2.25톤CO₂/가구
- 국내외여행으로 인한 이산화탄소 배출량

○ 단체(기업/사업장) 활동부문

- 건물부문 : 에너지사용에 따른 이산화탄소 배출량
- 수송부문 : 국내·외 출장/업무용 차량 운행

○ 행사부문

- 행사에서 발생한 이산화탄소 배출량
- 참여자의 교통수단에 따른 이산화탄소 배출량
- 홍보물 제작 등 기타 이산화탄소 배출량



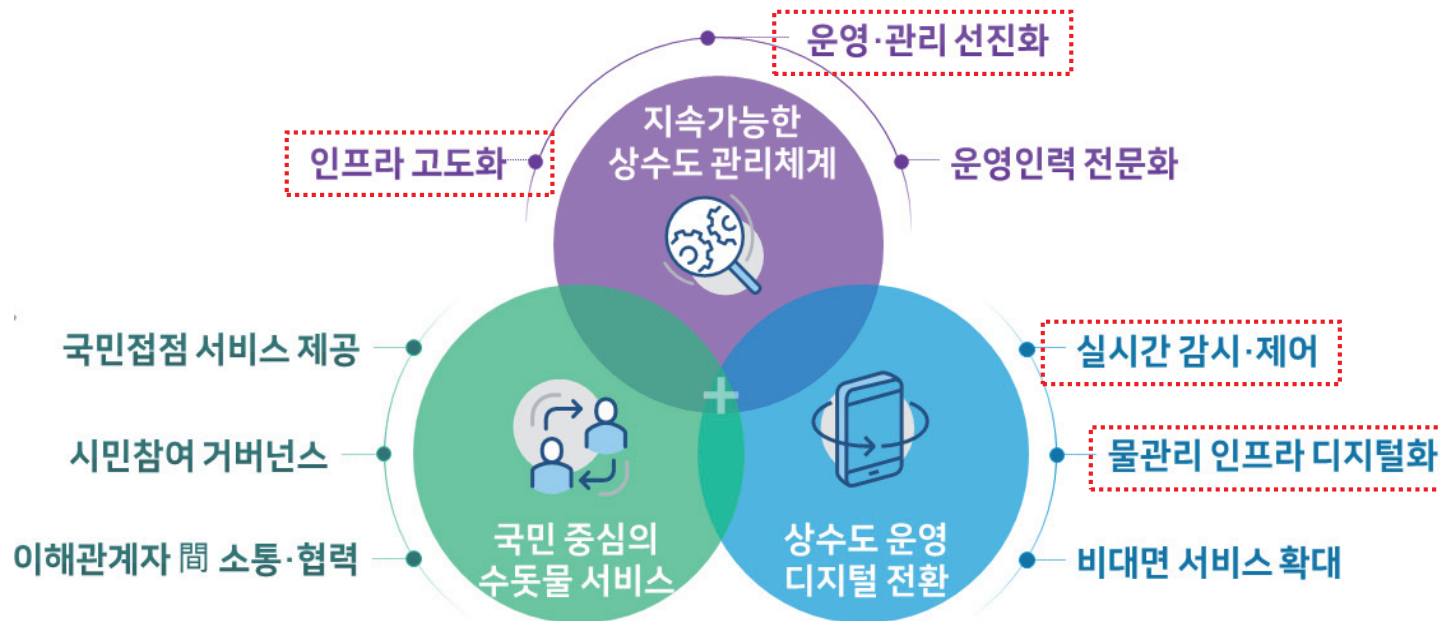
02

상수도 분야 에너지 관리

2. 상수도 분야 에너지 관리

상수도사업 현황

기후변화, 4차 산업혁명 가속화, 소비자 요구수준 등 변화된 여건에 맞추어 인프라, 운영관리, 서비스 등 상수도 사업 전반 혁신 추진



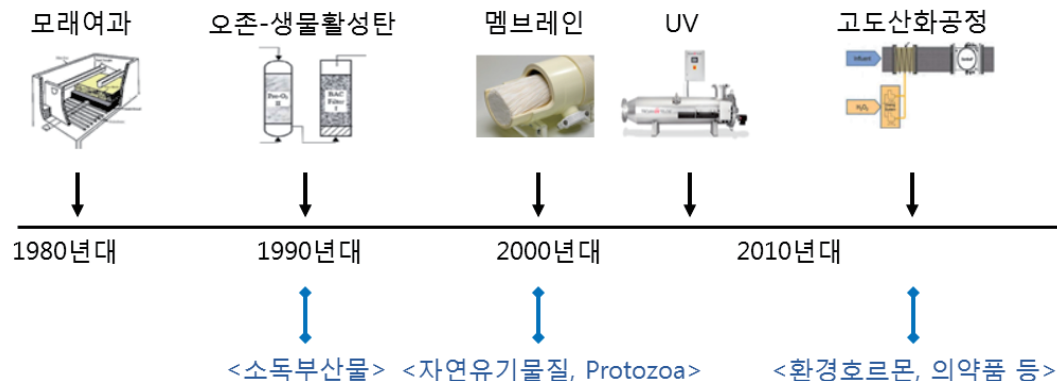
2. 상수도 분야 에너지 관리

Water Supply System

수처리 분야 기술동향

여과 + 소독 → 고도처리(맛냄새, 소독부산물 등) → 신종오염물질 처리(미량 오염물질 등)

				대비필요
				5세대 상수도
				미량유해물질 및 조류 처리 / 슬러지 재이용
				고도처리
				소독처리 강화
1세대 상수도	2세대 상수도	3세대 상수도	4세대 상수도	5세대 상수도
모래여과/소독 처리	모래여과/소독 처리	소독처리 강화	고도처리	고도처리
하천수/지하수 사용	하천수/지하수 사용	소독처리 강화	소독처리 강화	소독처리 강화
하천수/지하수 사용	하천수/지하수 사용	모래여과/소독 처리	모래여과/소독 처리	모래여과/소독 처리
하천수/지하수 사용	하천수/지하수 사용	하천수/지하수 사용	하천수/지하수 사용	하천수/지하수 사용



정수처리기술

오염물질

2. 상수도 분야 에너지 관리

Water Supply System

관망분야 기술동향

수량관리 → 수질 및 사고 관리 → 예방적 관리+ 운영효율화 → 소비자 맞춤형 서비스

과거

수량관리(누수저감)

수량 및 수압 중심

- 수량공급 안정성, 적정수압 확보



누수탐사 복구 → 손실유량 절감

- 유수율 제고 중심의 누수탐사 확대



현재

수질관리 + 사고관리 (실시간 대응)

수질 및 사고 관리

- 관파손, 수질이상 등 사고 발생 여부 및 위치확인, 긴급 대응 위주 기술

*실시간수질/수압계측및이상데이터분석

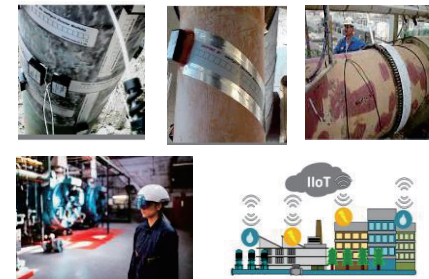


미래

사고예측, 운영효율화 소비자 지향 서비스

예방적 상태감시, 운영효율화

- 사고발생 사전 감지, 예측, 대응
- 실시간 에너지 감시 및 운영효율화
- 인공지능, 가상현실 기반 운영고도화

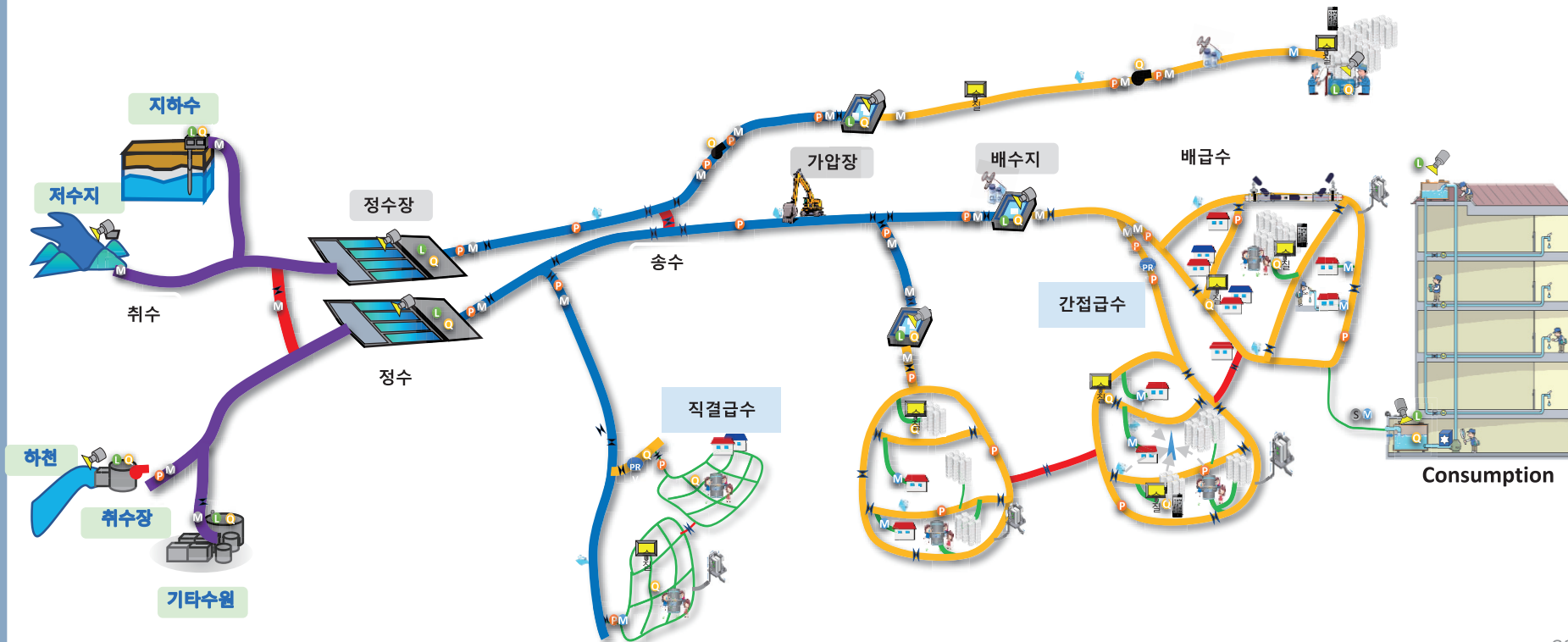


소비자 맞춤형 서비스

- 다수원- 분산형 용수 생산 및 공급
- 수요 맞춤형 물사용 효율화

2. 상수도 분야 에너지 관리

Water Extraction	Water Treatment	Transmission	Distribution
<p>Deep well extraction : Submersible or shaft turbine deep well pumping systems</p> <p>Extraction from a surface Source : Horizontal or vertical centrifugal pumping Systems</p>	<p>Chemical (disinfection and clarification) : Piston-type dosing pumps</p> <p>Physical (e.g. filtration and sedimentation) : Pumping systems, fans, agitators, centrifugal blowers</p>	<p>Sending the water to the distribution Grid : Submersible or shaft turbine deep well pumping systems; horizontal or vertical centrifugal pumping systems</p> <p>Booster pumping : Horizontal or vertical centrifugal pumping systems used to increase pressure of water going into the distribution system</p>	<p>Distribution to end users : Horizontal or vertical centrifugal pumping systems</p>

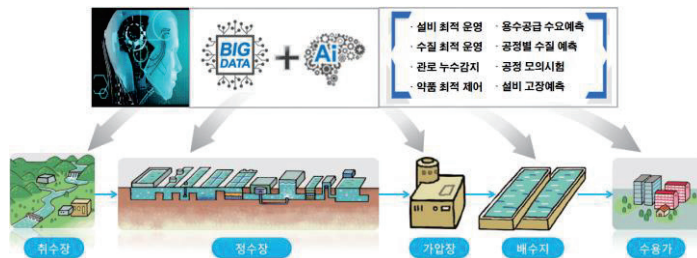


2. 상수도 분야 에너지 관리

정수장 에너지 관리

(스마트 정수장) 에너지 관리 효율화

- AI 기반 자율운영 시스템 : 약품량, 전력량 절감



- AI 기반 에너지 관리시스템(EMS) : 실시간 전력 감시, 분석 및 제어



- 에너지 저장시스템 : 피크전력 관리



(설비 고도화) 물-에너지 관리 효율화

- 저효율, 노후설비 교체, 고효율 설비 도입 등
(고효율 변압기, 펌프 성능개선, LED 조명 등)

전력설비 (효율 4~30%↑)	수처리설비 (효율 30~60%↑)	BLDC (효율 5%↑)

(지속가능 에너지) 신재생에너지 및 잠재에너지 활용



신재생에너지 : 수상태양광, 처리장내 태양광, 소형풍력 등

잠재에너지 : 원수 착수정 소수력 및 수열에너지 등

차열발생기 수소회수 및 활용



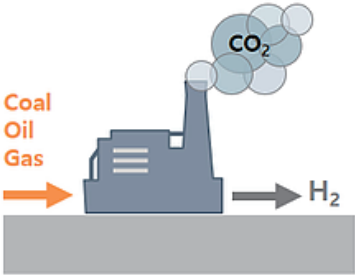
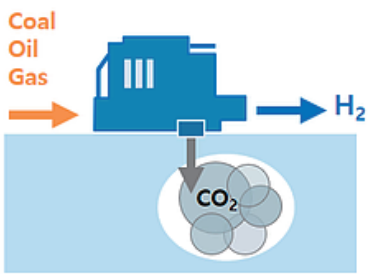
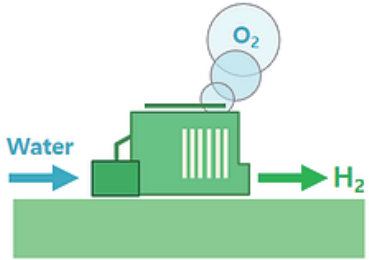
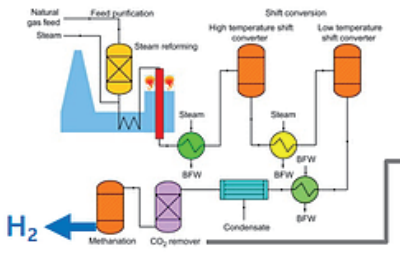
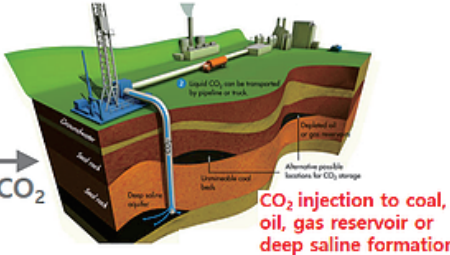
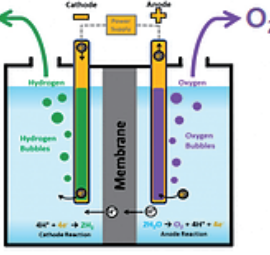
2. 상수도 분야 에너지 관리

정수장 에너지 관리



2. 상수도 분야 에너지 관리

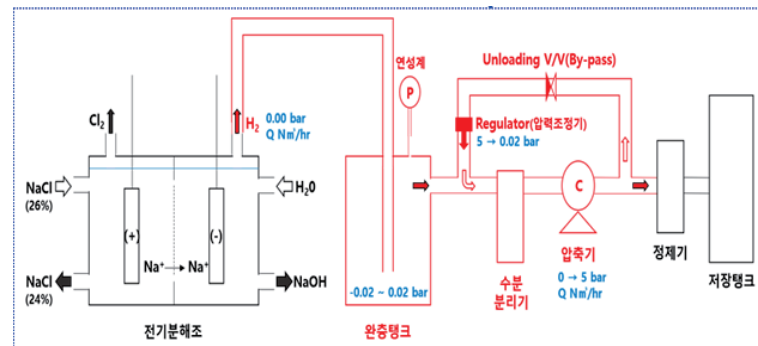
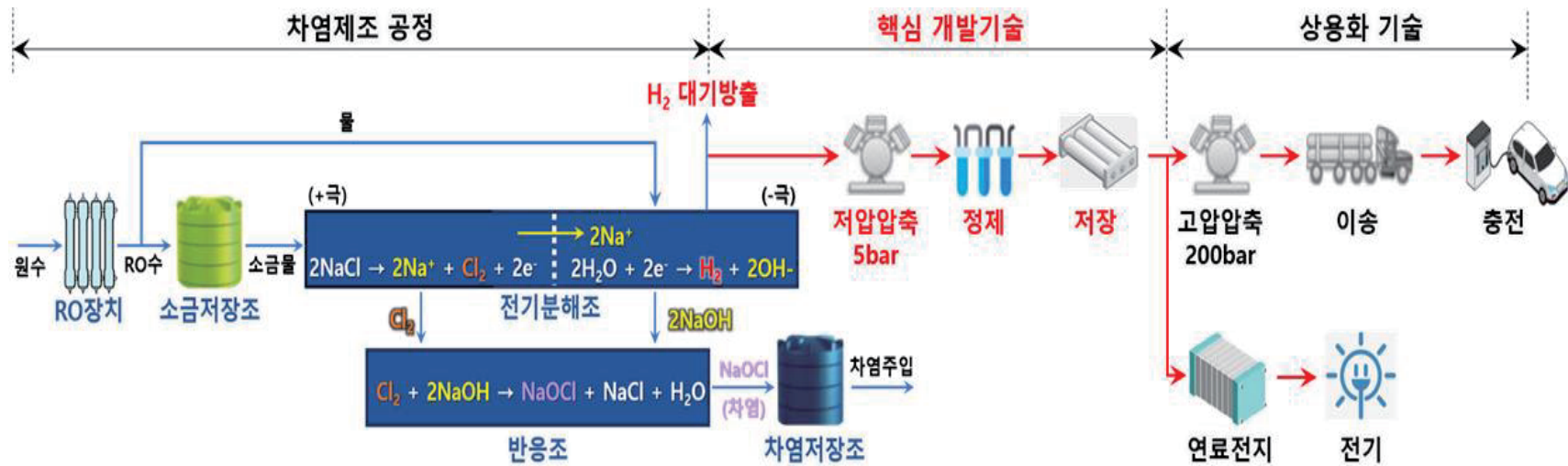
차염수소 생산기술

Type	Grey Hydrogen	Blue Hydrogen	Green Hydrogen
Source	From fossil fuels such as coal, oil, gas. (~ 95% of H ₂) Steam Methane Reforming	From natural gas through Steam Methane Reforming & Carbon Capture & Storage	From water using renewable power
Concept			
Generation Method			
Cost *	- No CCS : 1.32 \$/kg H ₂	- With CCS : 2.14 \$/kg H ₂	- Electrolysis : 5~8 \$/kg H ₂

2. 상수도 분야 에너지 관리





차열수소 생산기술

- 전기분해(물+소금물) 과정에서 수소 발생 : (기존) 대기방출 → (개선) 수소생산
- 외부전원이 불필요하고, CO2 미발생 → 그린수소 개념



2. 상수도 분야 에너지 관리

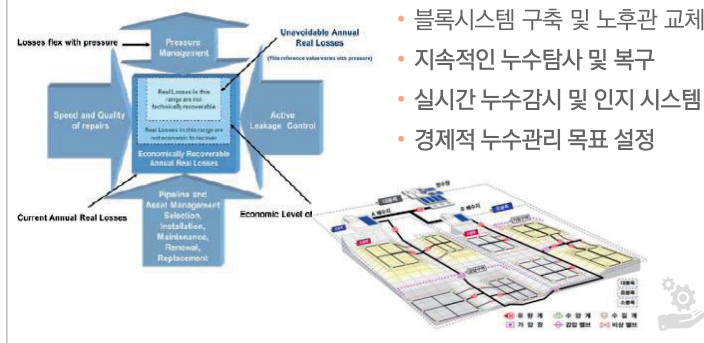
차염수소 생산기술

구분	기존시설	생산공정	이송공정
그레이 수소 (2천 원/kg)	 석유화학시설	수소(H ₂) 혼합가스 → 정제 → 고순도수소 (99.999%) → 저장(5bar)	
블루 수소 (6천 원/kg)	 CNG	탈황 → 개질 → 수소(H ₂) 혼합가스 → 정제 → 고순도수소 (99.999%) → 저장(5bar) ↓ CO ₂ 포집·저장설비(CCS)	고압압축 200bar → 이송 파이프라인
그린 수소 (10천 원/kg)	 신재생설비	RO장치 → 수전해 (재생E) → 수소(H ₂) 혼합가스 → 정제 → 고순도수소 (99.999%) → 저장(5bar)	
차염 수소 (6천 원/kg)	 차염발생기	수소(H ₂) 혼합가스 → 저압압축 → 정제 → 고순도수소 (99.999%) → 저장(5bar)	

2. 상수도 분야 에너지 관리

공급 과정 에너지관리

(손실유량 저감) 공급과정 누수관리



(운영효율화) 물-에너지 관리 효율화

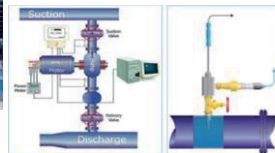


(설비고도화) 고효율 설비 도입

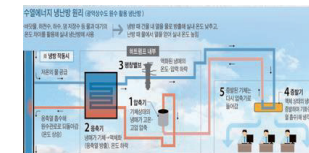
- Replace inefficient (and often over-sized) pumps with efficient, properly sized ones.



- 고효율 변압기, 펌프 성능개선, LED 조명 프리미엄 모터, 에너지저장장치 등

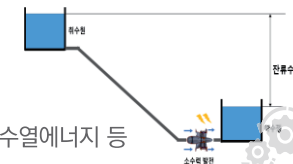


(지속가능 에너지) 신재생에너지 및 잠재에너지 활용



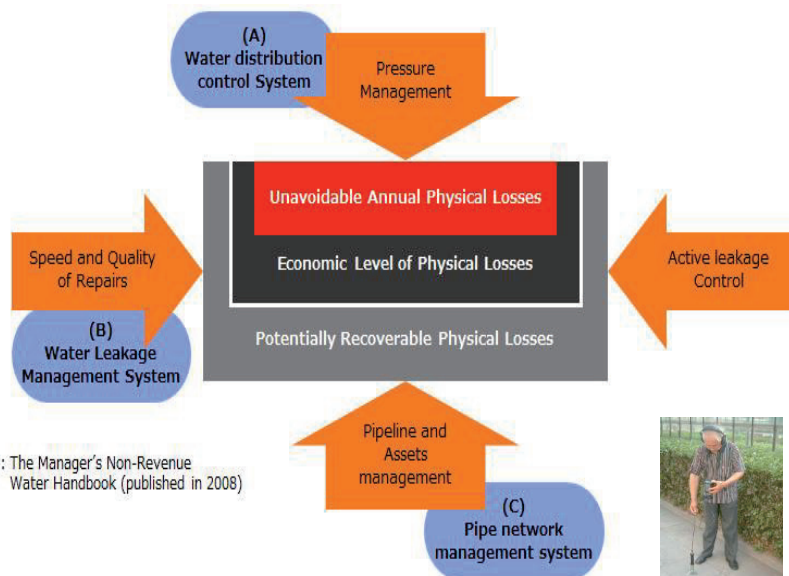
신재생에너지 : 태양광, 수열 등

잠재에너지 : 잔류수두를 활용한 소수력, 수열에너지 등

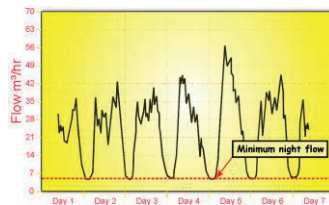


2. 상수도 분야 에너지 관리

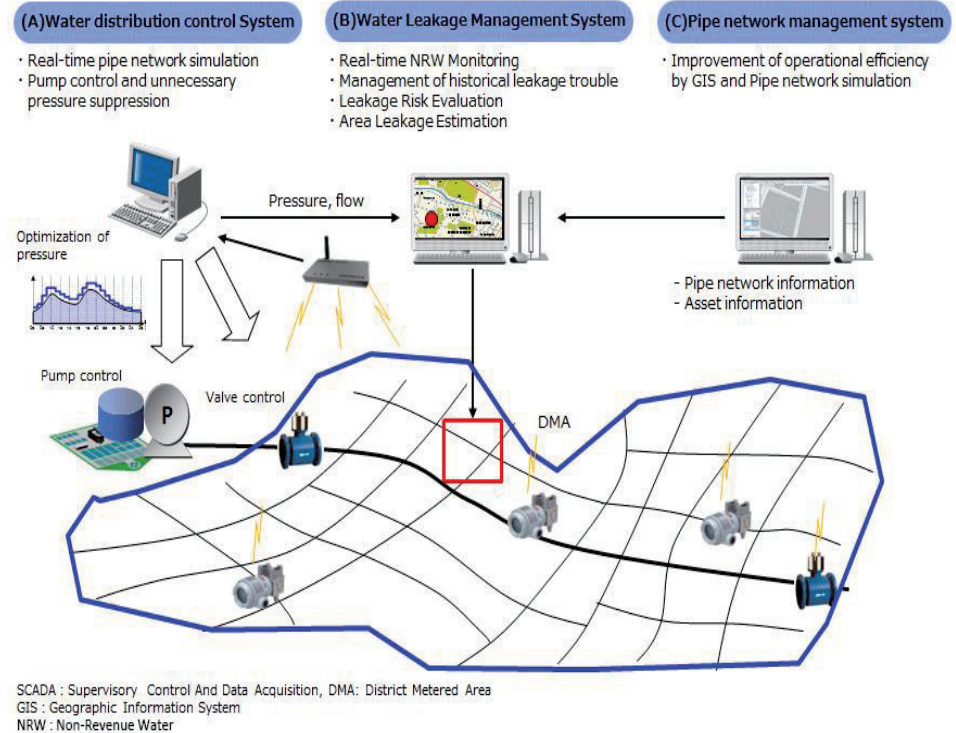
공급과정 누수저감



Source : The Manager's Non-Revenue Water Handbook (published in 2008)



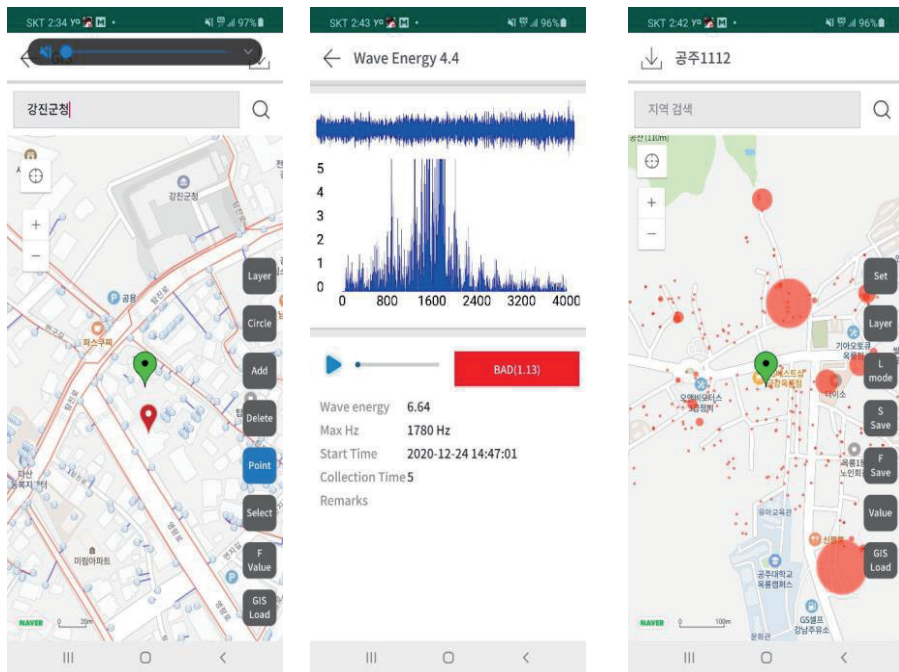
- ✓ Leak detection and repair
- ✓ Pressure management within the network
- ✓ Measure minimum night flow to gauge leakiness of system



2. 상수도 분야 에너지 관리

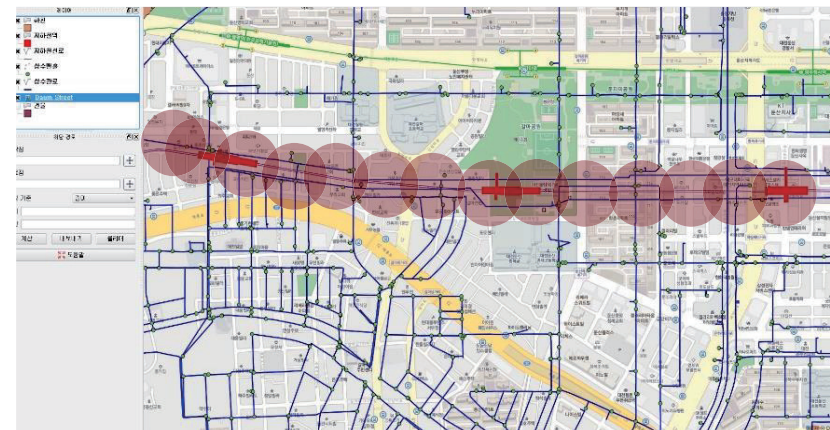
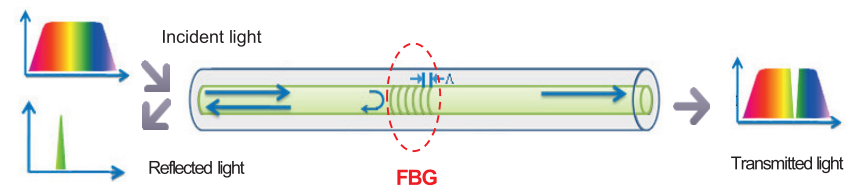
공급과정 누수저감

인공지능 기반의 누수감지 Tool



- ✓ Leak detection and repair
- ✓ Pressure management within the network
- ✓ Measure minimum night flow to gauge leakiness of system

신호해석(Big data) 기반 사고/누수감지 기술



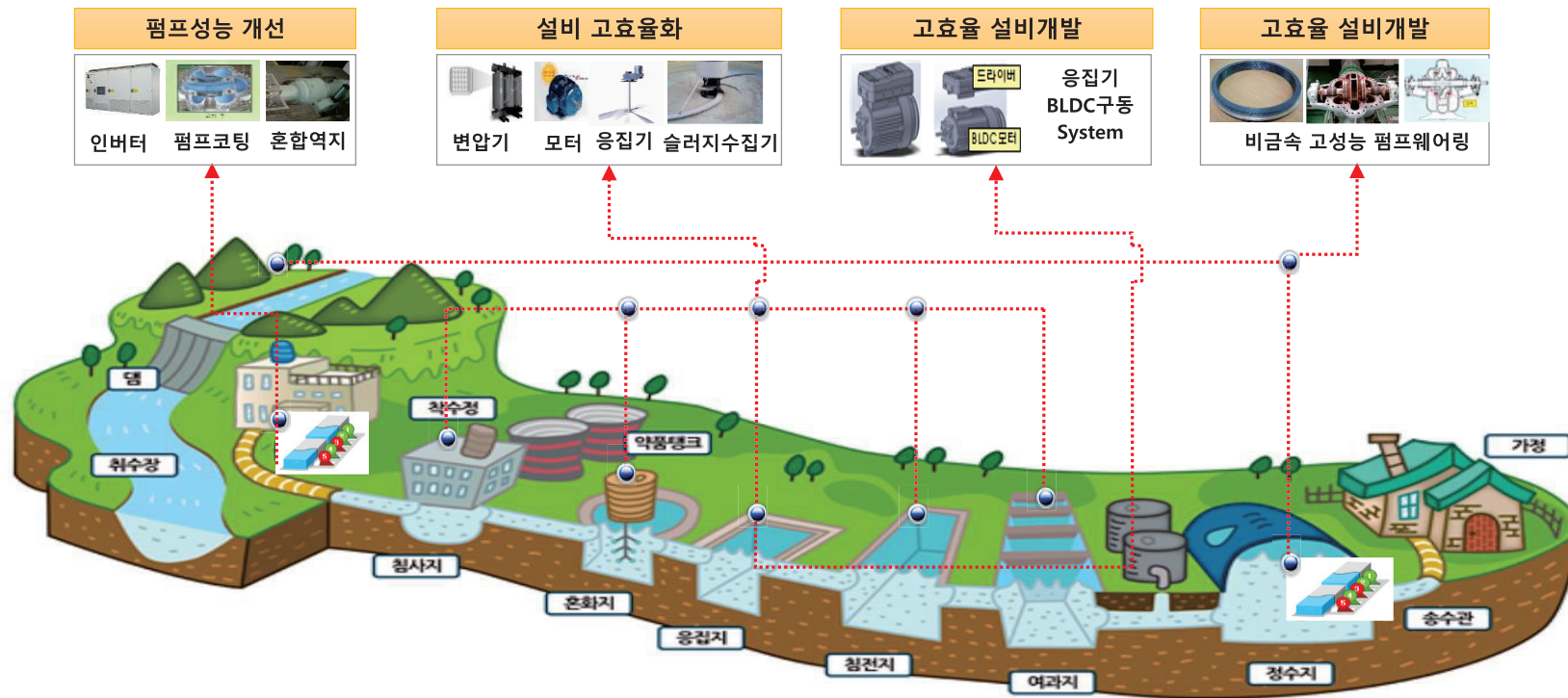
2. 상수도 분야 에너지 관리

고효율 설비 도입

고효율 설비 – 에너지 소비 Reduce

설비 高효율화를 통한 수요관리 중심 에너지전환

Pump system optimization can readily result in 20% energy savings, with savings of 30 to 40% often feasible(U.S. Department of Energy, 1999).



2. 상수도 분야 에너지 관리

고효율 설비 도입

구 분	공 통		취·송수 공정			수처리 공정		
	고효율변압기	LED조명설비	펌프 성능개선	프리미엄 모터	유압식 혼합역지밸브	Hydrofoil형 응집기	진공흡입식 슬러지수집기	스파이럴형 슬러지수집기
기술개요	효율관리 기자재 운용규정 개정 ↓ 수도사업장 고효율변압기적용	공공기관 에너지 이용 합리화 추진 ↓ 기존형광등에서 LED 조명설비로 교체	비금속고성능펌프 웨어링적용 + 펌프내부코팅	0.75kW~375kW 삼상유도모터 ↓ E3등급(프리미엄) 적용	체크 + 유량조절 밸브 ↓ 혼합역지밸브 (유압장치+발밸브)	Hydrofoil형 임펠러 + BLDC 모터 (드라이버 일체형)	HybridScrap-VAC 수로 바닥면 슬러지 포집 + 흡입 동시처리	나선형 곡선의 일체식 스크래퍼 적용
추진효과	기존대비에너지사용 4~10% ↓	효율30%이상 ↑	간극마찰손실 ↓ 효율 1.5 ~ 2% ↑	기존 모터손실 5%이상 ↓	효율 2% ↑	모터효율 5% ↑ 구매비용 34% ↓	슬러지 침강 분리 배출수공정효율 ↑	슬러지유실율 ↓ 동력소비 60% ↓
적용대상	용량 3천kVA까지	공공소유 건축물	취·송수 펌프	저압용 모터	취·송수 토출밸브	응집지	장방형 침전지	농축조
사 진								
비 고			기술개발제품		기술개발제품	기술개발제품		

2. 상수도 분야 에너지 관리

운영고도화

EPRI estimates that 10%-20% energy savings are possible through process optimization.
(Congressional Research Service, 2107)

구 분	기술개요	모 식 도	시스템
에너지관리시스템 (EMS)	펌프별 On/Off 상태, 조합운전별 전력원단위, 절감효과 계량화, 요금제별 시뮬레이션을 통한 최적요금제 도출	<div> <div> 데이터 취득·전송 전력 수위 압력 온도 ✓ 전력, 수위, 압력, 온도 등 ✓ 데이터 필터 및 변환 </div> <div> 실시간 데이터 분석 지능형 알고리즘 ✓ 인공지능 알고리즘 개발 ✓ 최적 제어모델 도출 </div> <div> 실시간 최적제어 FEMS DB ✓ 에너지다소비설비 최적제어 (역세, 표세, 송풍기, 고도 등) </div> </div>	
전력수요거래제도	전기소비가자가 정부의 전기사용 감축요청을 이행*하여 정산금을 받는 제도 * 배수지 수위에 따른 펌프대수 조정, 비상발전기 활용 등	<div> <div> Kwater 소비자 감축지시 감축이행 정산금 지급 </div> <div> 수요관리사업자 수요자원 모집/중독 및 관리 감축주문 감축결과 정산금 지급 </div> <div> KPX 전력거래소 감축지시 감축이행 정산금 지급 </div> </div>	
에너지저장장치 (ESS)	전력을 배터리에 저장하여 필요한 시간에 용도에 맞게 방전 ↓ 에너지 효율 향상	<div> <div> ESS 배터리 EMS 제어/제어 PCS </div> <div> 충전 전력 소비자 </div> <div> 수도사업장 부하 수처리설비, 펌프 등 </div> </div>	 <p>① 최대부하시간대 감축 → 기본요금 추가 절감 ② Peak전력 감소 → 기본요금 절감 ③ 전력단가 차에 따른 사용요금 절감</p>

2. 상수도 분야 에너지 관리

운영고도화

에너지관리시스템(EMS)

가압장(시설용량 : 542,700 m³/일) EMS 활용한 전력원단위 절감

● 펌프 운영

공급유량 (천 m³/h)	펌프가동 계획(호기)	원단위 (kWh/m³)
14.7~14.8	3, 5, 7	0.2227
18.0~18.6	3, 4, 5, 6	0.2360
21.2~21.7	3, 4, 5, 6, 7	0.2506

공급유량 (천 m³/h)	펌프가동 계획(호기)	원단위 (kWh/m³)
14.7~14.9	3, 4, 5	0.2223
18.0~18.7	2, 3, 4, 5	0.2351
21.3~22.1	1, 2, 3, 4, 5	0.2489

● 전력원단위(년) : 0.2406kWh/m³ → 0.2395kWh/m³

● 전력요금(년) : 4,490백만원 → 4,490백만원(절감액 21백만원)

전력 수요자원거래제도

전력 수요자원거래제도 참여확대에 따른 수익창출

● 참여현황 : '15년 이후 지속적 참여확대로 현재 51개소 27.5MW 참여 중

구분	사업장	용량	협약기간	협약자	수익배분 (K-water : %KT)	비고
시범	35개소	16.3MW	'15.06.01. ~ '15.11.24. (6개월)	(주) KT	80% : 20%	
1차	37개소	19.8MW	'15.11.25. ~ '20.11.24. (5년간)	(주) KT	90% : 10%	
2차	8개소	2.4MW	'17.11.25. ~ '18.11.24. (1년간)	(주) KT	100% : 0%	
3차	9개소	4.0MW	'18.11.25. ~ '20.11.24. (2년간)	(주) KT	100% : 0%	'19년
	5개소	3.7MW				'20년

● 참여실적 : '15년 이후 총 수익 38억원 창출

구분	계	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년'
참여사업장(개소)	-	35	37	37	45	46	51
등록 용량 (MW)	-	16.3	19.8	19.8	22.2	23.8	27.5
참여 시간 (h) (평균) 8		8	6	11	12	2	-
수익 (백만원)	3,849	310	750	700	967	1,122	-

2. 상수도 분야 에너지 관리

잠재에너지 활용

신재생, 잠재적 에너지 활용	
수열에너지	소수력 에너지
건축물 냉난방설비를 수열에너지로 개선	유입측 잔류수두(소내설비) 및 감압압력을 활용한 소수력
<p>냉방</p> <p>수요처 주거, 상업시설</p> <p>열방출</p> <p>히트펌프</p> <p>Water 물의온도 < 대기온도</p> <p>난방</p> <p>수요처 주거, 상업시설</p> <p>열흡수</p> <p>히트펌프</p> <p>Water 물의온도 > 대기온도</p> <p>〈 수열에너지 모식도 〉</p>	<p>전단압력 6kgf/cm²</p> <p>후단압력 2kgf/cm²</p> <p>소수력 발전</p> <p>〈 관로상 소수력 발전 모식도 〉</p>

2. 상수도 분야 에너지 관리

잠재에너지 활용

“롯데월드타워 수열에너지 적용(14.11~)”

□ 에너지 절감 및 CO2 저감 효과

◦ 사용 에너지의 73.3%, CO₂ 배출량 37.7%, 운영비용 53.2% 절감

구 분	흡수식 냉온수기	수열원 히트펌프	절감량	절감율
연간 소모 에너지(TOE)	2,612	697	↓ 1,915	↓ 73.3%
연간 CO ₂ 배출량(톤)	6,065	3,776	↓ 2,289	↓ 37.7%
연간 운영비(억원)	16.9	7.9	↓ 9	↓ 53.2%

* (출처) 롯데월드타워 수열에너지 이용효과 분석 용역('15.11)

□ 수열에너지 적용에 따른 효과



“냉각탑 6기 제거”
 ↓
 “600㎡” 면적 절감
 “66Ton” 하중 절감
 “약 1억9천만원” 유지관리비 절감

□ 롯데월드타워 수열에너지 적용현황

- 규모: 지상 123층, 지하6층(연면적 42만 310㎡)
- 수 열 원: 수도권1단계 광역상수도 원수(50천㎡/일)
- 수열용량: 3,000RT*(히트펌프) * 1RT: 약 10평 냉방 (≈ 0.003516MW)
- ※ 수열에너지는 최대 냉방부하(30,000RT)의 **10%** 차지
- 공급개시: 2014년 11월

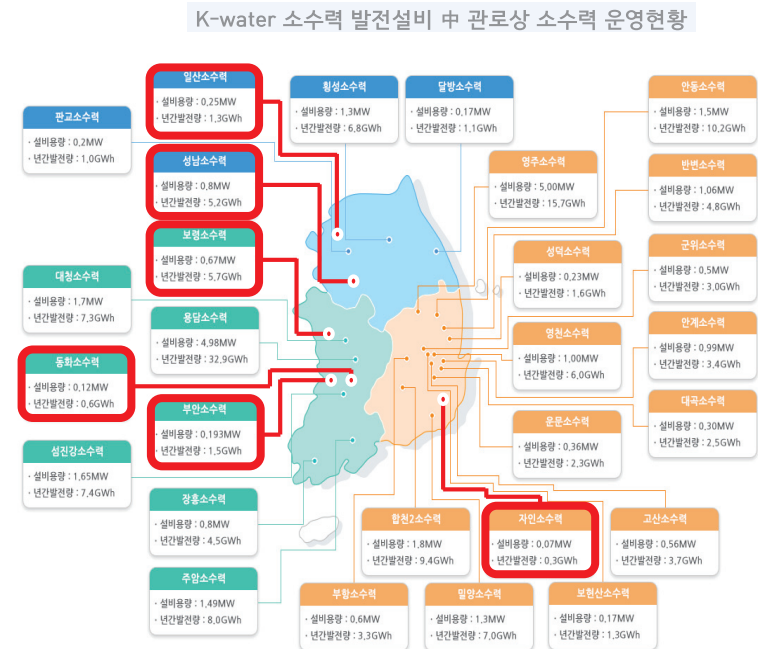


2. 상수도 분야 에너지 관리

잠재에너지 활용

□ 관로상 미활용 에너지를 활용한 소수력 개발

- 적용현황 : 광역 수도시설 內 8개소 소수력(2.0MW) 개발 · 운영 중
- 총 발전용량 : 2.0MW
- 연간 발전량(19년 기준) : 6.5GWh 발전, **“탄소 3천tCO₂ 저감”**
- 사업장별 소수력 발전 현황



사 업 장	성남(1)	성남(2)	자 인	동 화	일 산	보 령	부 안	읍 애
설치위치	착수정(3단계)	착수정(4단계)	착수정	착수정	착수정	착수정	착수정	도수관로
수차형식	Francis	Francis	CrossFlow	Francis	Kaplan	Francis	Propeller	Kaplan
발전용량(MW)	0.34	0.36	0.065	0.12	0.25	0.52	0.19	0.18
'19년발전량(MWh)	1,310	1,420	201	697	502	1,341	980	-
탄소저감량(tCO ₂)	602	652	92	320	231	616	450	-

* 탄소배출저감량(tCO₂) = 절감전력량(MWh) × (전력량탄소배출환산계수: 0.4594tCO₂/MWh)

2. 상수도 분야 에너지 관리

잠재에너지 활용

□ 일산 소수력 적용사례

- 설치위치 : 착수정
- 정격출력 : 0.25MW
- 발전량^(19년) : 502MWh

연간 탄소 230.6tCO₂ 저감

【일산 소수력 발전설비 현황】

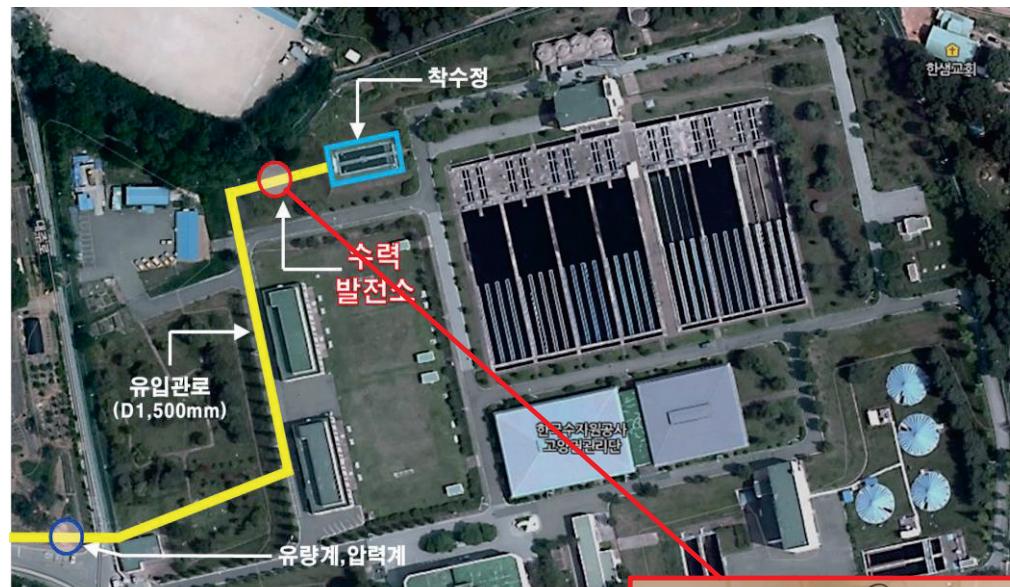
□ 수 차 (형식 : 횡축 Kaplan)

- 정격낙차 : 16m
- 사용수량 : 2m/sec
- 회 전 수 : 910rpm

□ 발 전 기 (형식 : 농형 유도발전기)

- 정격출력 : 250kW
- 정격전압 : 380V

관로상 미활용 에너지를 활용한 소수력 개발



2. 상수도 분야 에너지 관리

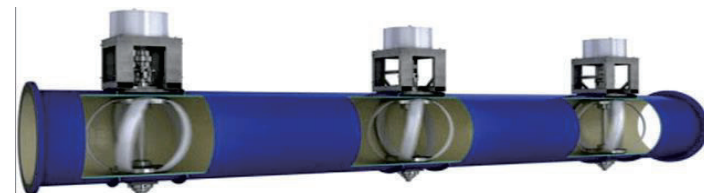
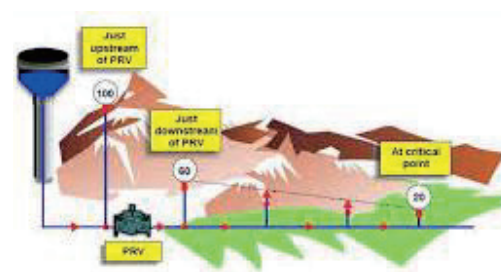
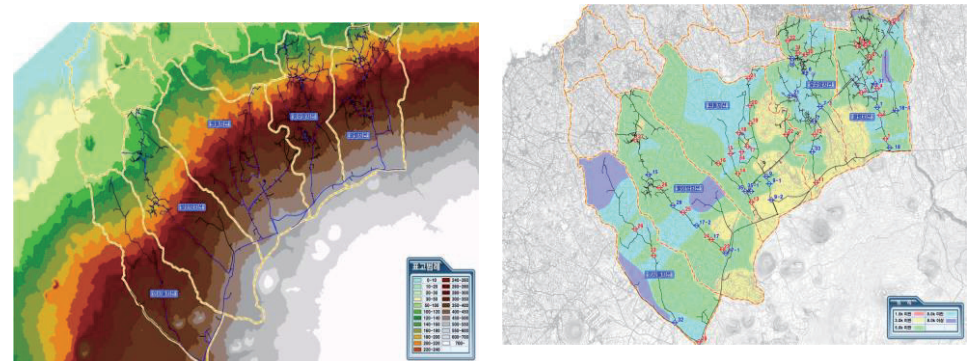
잠재에너지 활용

□ 잔류수압 활용

- 설치위치 : 감압밸브
- 감압수두 : $2.7\text{kgf/cm}^2(27\text{m})$ 이상
- 발전량 : 약 5.88kWh
- 발전수익 : 5,200~10,300천원

유량 (천 m^3 / 일)	유량 (m^3/s)	낙차(m)										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
500	5.79	1,863	3,726	7,452	11,178	14,904	18,630	22,356	26,082	29,808	33,534	37,260
300	3.5	1,127	2,254	4,507	6,761	9,014	11,268	13,521	15,775	18,028	20,282	22,535
250	2.89	932	1,863	3,726	5,589	7,452	9,315	11,178	13,041	14,904	16,767	18,630
100	1.16	373	745	1,490	2,236	2,981	3,726	4,471	5,216	5,962	6,707	7,452
30	0.35	112	224	447	671	894	1,118	1,341	1,565	1,789	2,012	2,236
25	0.29	93	186	373	559	745	932	1,118	1,304	1,490	1,677	1,863
10	0.12	37	75	149	224	298	373	447	522	596	671	745
5	0.06	19	37	75	112	149	186	224	261	298	335	373
2	0.03	9	19	45	67	89	112	134	156	179	201	224
1	0.01	4	7	37	56	75	93	112	130	149	168	186
0.5	0.01	2	4	15	22	30	37	45	52	60	67	75
0.25	0.00	1	2	7	11	15	19	22	26	30	34	37

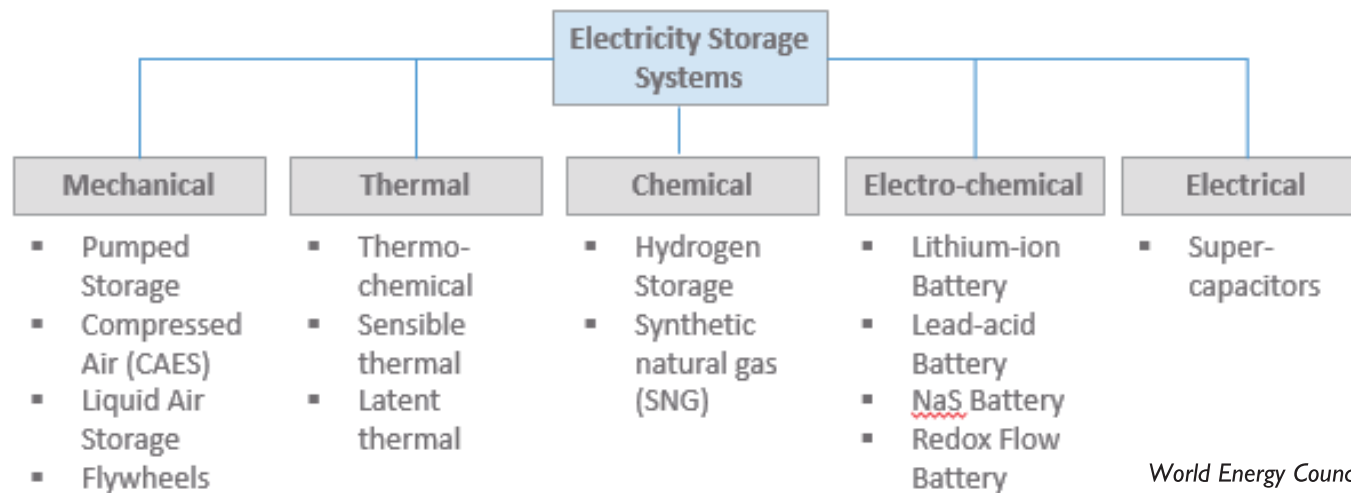
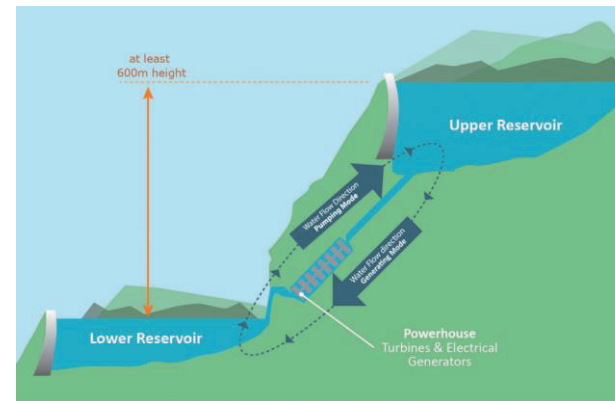
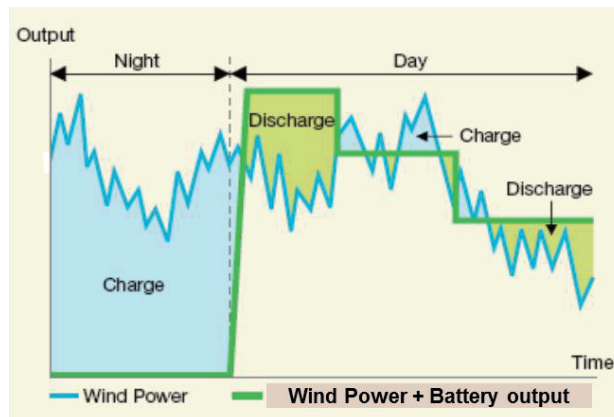
관로 감압 잠재 에너지 활용 소수력 개발



2. 상수도 분야 에너지 관리

에너지 저장기술

신재생에너지의 생산-수요 불일치 해소를 위한 에너지 저장 및 활용 기술 (Power to Heat, Power to Head)



2. 상수도 분야 에너지 관리

에너지 저장기술

신재생에너지의 생산-수요 불일치 해소를 위한 에너지 저장 및 활용 기술 (Power to Heat, Power to Head)



고압공기, 고온수 수중 저장 시스템



풍력에너지 양수 저장-발전 시스템



풍력에너지 저장-수력 발전 시스템

2. 상수도 분야 에너지 관리

광역상수도 탄소중립 추진

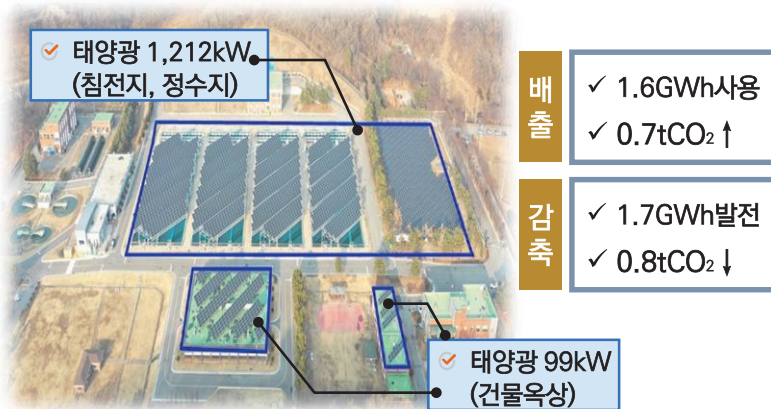
추진 목표 “ 재생E 개발 59GWh, 저에너지형 공급체계 구축 113GWh → 탄소저감 79천tCO₂ ”

● 재생E 개발, 에너지절감 강화를 통한 저에너지 공급체계 구축으로 '30년까지 43개 전 광역정수장 100% 탄소중립 실현

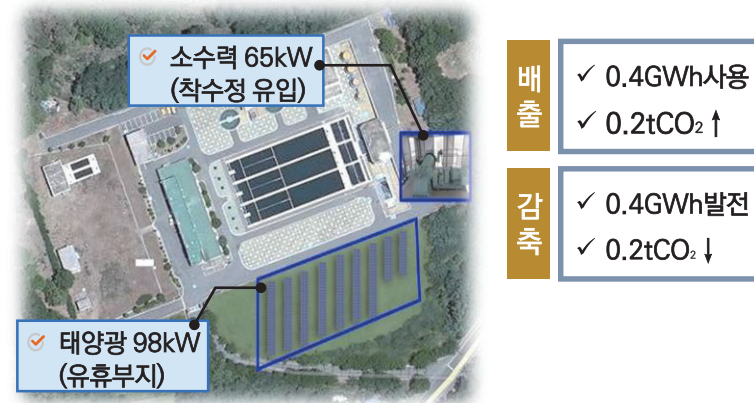
➡ ('20년) 2개소 (시흥, 자인) → ('25년) 24개소 (56%) → ('30년) 43개소 (100%)

탄소중립 달성 정수장 현황('20년)

시흥정수장 (탄소중립율 107%)



자인정수장 (탄소중립율 100%)



2. 상수도 분야 에너지 관리

광역상수도 탄소중립 추진

추진 방안

① 재생에너지 개발(정수,취가압장)

(태양광) 정수장내 가용부지
(수 열) 원수 유입관로
(소수력) 미활용 압력에너지



② 저에너지 공급체계 구축(정수,취가압장)

용수공급 전 과정 에너지 최적화 운영
- AI, ESS 도입, 설비 고효율화 등



③ 저에너지 공급체계 구축(관로시설)

관마찰 손실 및 누수저감으로 전력량 절감
- 관로 복선화, 스마트 관망관리 등



2. 상수도 분야 에너지 관리

광역상수도 탄소중립 추진

정수장 신재생에너지 도입

- 연간 발전량 49GWh, 탄소 21천tCO₂ 저감



정수장



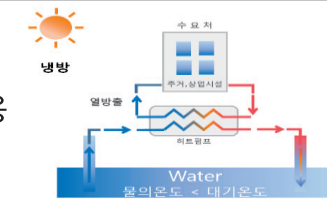
태양광 (41GWh/연, 19천tCO₂)

- 위치 : 정수장내 가용부지
- 침전지, 정수지, 건축물 옥상 등
- 계획 : '30년까지 31MW



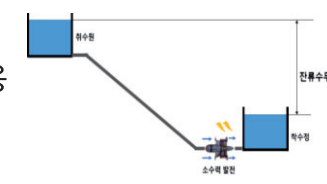
수열 (3GWh/연, 1.4천tCO₂)

- 위치 : 원수 유입관로(21개소)
- 원리 : 물의 온도차에너지 이용
- 계획 : '23년까지 910RT



소수력 (5GWh/연, 0.4천tCO₂)

- 위치 : 유입측 (5개소)
- 원리 : 미활용 압력에너지 이용
- 계획 : '30년까지 0.8MW



2. 상수도 분야 에너지 관리

광역상수도 탄소중립 추진

정수장 고효율 설비, ESS 도입

- 연간 절감량 14GWh, 탄소 7천tCO₂ 저감



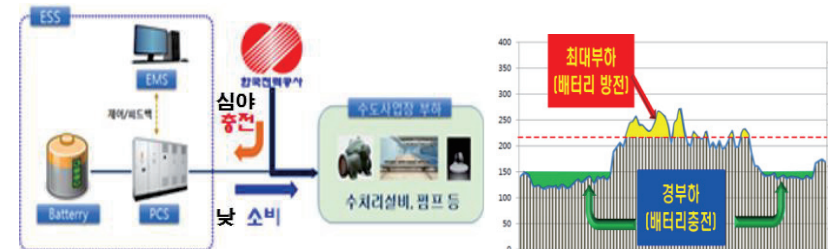
고효율 설비 도입 (12GWh/연, 6천tCO₂)

- 내용 : 저효율 전력, 수처리설비 → 고효율화로 탄소저감
- 계획 : '30년까지 37천대 도입



ESS도입 (2GWh/연, 1천tCO₂)

- 내용 : 전력피크관리 → 첨두 화력발전량 감축으로 탄소저감
- 계획 : '23년까지 14개소 구축



2. 상수도 분야 에너지 관리

광역상수도 탄소중립 추진

정수장 스마트 운영기법 도입

- 연간 절감량 21GWh, 탄소 10천tCO₂ 저감

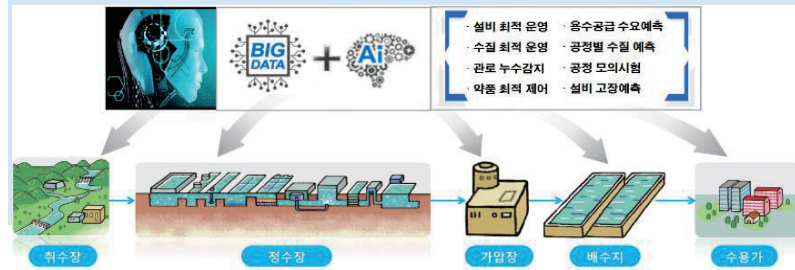


AI 도입 (21GWh/연, 10천tCO₂)

- 내용 : AI자율운영 시스템, 스마트 EMS 구축
- 계획 : '23년까지 전 광역정수장 구축(43개소)

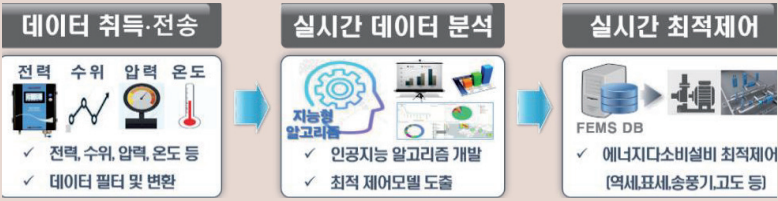
AI 자율운영 시스템

- AI기반 주요 운영요인 의사결정 → 정수처리공정 자율운영
- 효과 : 자율운영을 통한 약품량 2% 절감 (전력량 12MWh ↓)



스마트 EMS(에너지관리 시스템) 구축

- AI알고리즘 활용, 실시간 감시,분석, 제어 → 최적 에너지관리
- 최적 펌프제어, 최적 피크전력 제어 등
- 효과 : 전력량 2% 절감 (21GWh ↓)



2. 상수도 분야 에너지 관리

광역상수도 탄소중립 추진

공급과정 에너지 저감

- 재생 E 10GWh, 에너지절감 57GWh → 31천tCO₂ 저감



펌프설비 개선 (57GWh/연, 26천tCO₂)

- 내용 : 에너지 최다소비설비인 펌프설비 개선
 - 고효율화, 인버터, 펌프코팅, 체크밸브, 웨어링
- 계획 : '30년까지 425대 개선

고효율화
(효율 2% ↑)



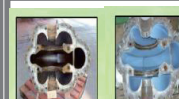
◆ 효율저하펌프
조기교체

인버터
(효율 5~20% ↑)



◆ 모터속도제어
→ 펌프최적운영

펌프코팅
(효율 2% ↑)



◆ 마찰손실 ↓

체크밸브
(효율 2% ↑)



◆ 손실수두 ↓

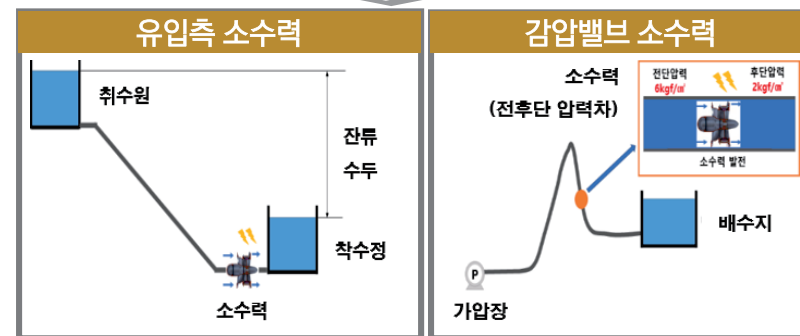
웨어링
(효율 5% ↑)



◆ 누설손실 ↓

(재생에너지) 소수력 (10GWh/연, 5천tCO₂)

- 위치 : 가압장 유입측 (2개소), 관로상 감압밸브 (6개소)
- 원리 : 관로상 미활용 압력에너지 이용
- 계획 : '30년까지 1.6MW 개발



03

상수도 에너지 관리 정책 제언

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상하수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)

- 인공계 물순환 전과정 에너지 Footprint 구축(상하수도, 재이용 등)
- 시설 또는 분야별 물-에너지 사용량 평가 및 에너지 효율 개선 우선순위 산정

2 물이용 시설 에너지 진단 및 개선계획 수립 의무화

- 수도정비 및 개선 방향 전환 : 에너지 관리 체계화, 탄소 저감 목표, 실행방안 제시
- 하수도정비 기본계획 수립 : 에너지 관리 목표설정, 시설개선 계획 수립
- 계획 및 설계 단계 에너지 효율성 검토 강화(탄소저감의 간접편익 고려)

3 상수도 탄소저감 사업 추진 : 그린 상하수도, Carbon Free

- 상수도 분야 탄소저감, 에너지 효율화 사업 발굴

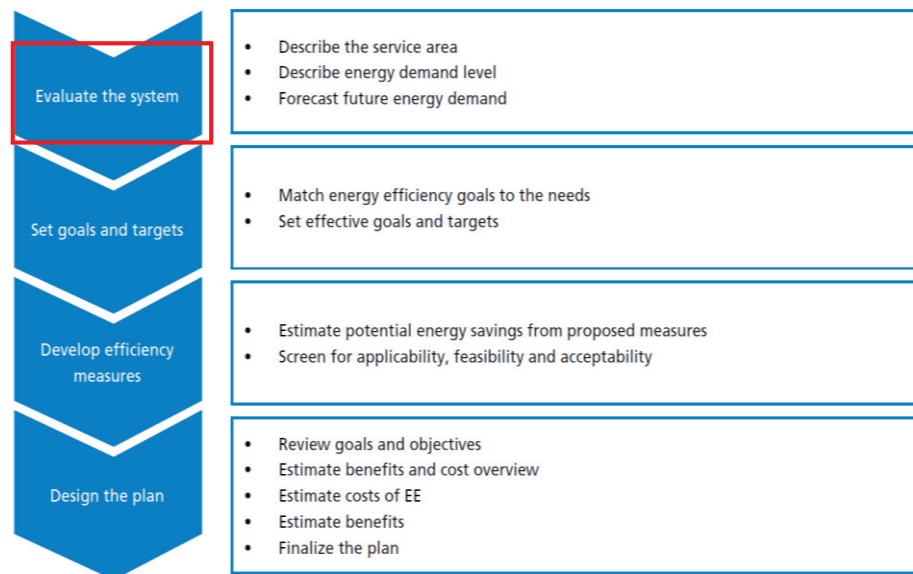


- 간접 편익 발굴 (탄소저감의 환경, 사회적 편익)
- 정부자금 지원(시설 및 운영 고효율화, 신재생에너지 활용 등)
- 물분야 에너지 저감사업 공공 → 민간 영역 확대

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

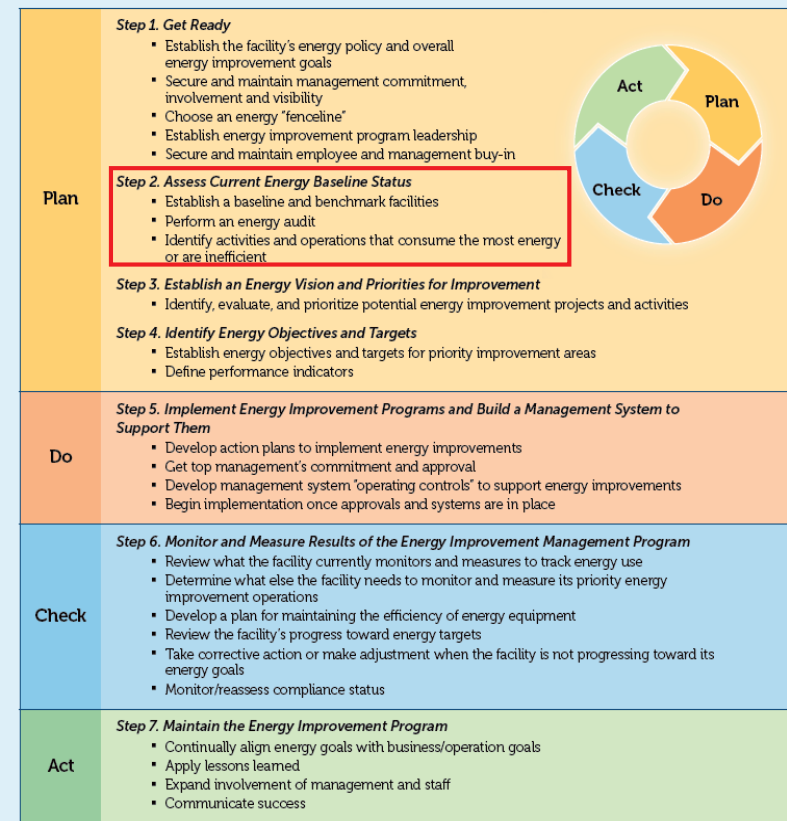
1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사

Figure 11: Energy efficiency plan for water and wastewater management



Source: Adapted from Orillia Water Conservation and Efficiency Plan 2014

FIGURE 2. STEPS FOR DESIGNING, IMPLEMENTING, AND SUSTAINING ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENTS IN WATER AND WASTEWATER FACILITIES



Based on U.S. EPA, 2008.

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)



상수도 통계 구분 및 주요 항목 ← 에너지 사용량 통계 보완(단계별 원단위)

장	구분	세구분	통계자료항목
일반 현황	1. 지역별 일반현황		• 행정구역면적, 급수지역수, 급수/미급수 동·읍·면수 등
	2. 급수보급 현황	1) 급수인구 현황	• 총인구, 급수인구계, 당해수도사업자급수인구 등
		2) 미급수 지역 세부현황	• 위치, 미급수 인구, 미급수세대 등
	3. 급수계약 현황	1) 지방상수도 및 마을상수도 급수계약현황	• 급수계약자료(요금고지 자료), 마을상수도 시설허가자료 등
2) 광역상수도 급수계약현황		• 사용사명, 권역, 사용자구분, 계약건수(급수결정단위), 총배분량, 종류별 배분량(원수, 침전수, 정수) 등	
수도 시설 현황	1. 취수시설현황		• 일평균 취수량, 일최대 취수량, 시설용량, 이용율, 가동률 등
	2. 정수시설 현황	1) 정수시설현황 2) 공업용 정수시설현황	• 일평균 생산량, 일최대 생산량, 시설용량, 이용율, 가동률, 정수장 연간전력 사용량(송배수 연간전력사용량)
		3. 관로현황	1) 도수관, 2) 송수관, 3) 배수관, 4) 급수관
	4. 배수지 및 저수조	1) 배수지 및 저수조 총괄	• 배수지(개소수, 총시설현황, 총배수량, 평균저류시간), 유출유량계설치 배수지수, 청소한 배수지용량, 가압장수, 가압장연간 전력사용량, 저수조 용량 등
		2) 배수지시설별현황(5,000m³/일 이상)	• 배수지명, 개소수, 수계, 급수지역, 실제저류시간
	5. 급수전(수도미터) 현황		• 총급수전수, 구경별급수전수, 업종별급수전수 등
수도 운영 관리 현황	1. 수량관리	1) 총괄수량수지 분석	• 총급수량, 유효수량 및 무효수량 등
		2) 업종별 부과량 분석	• 업종별 부과량 및 부과액 등
	2. 물손실관리-누수발생현황		• 신고누수건수, 신고누수추정량, 탐지(미신고)누수건수, 탐지(미신고)누수추정량, 사고지점 수압평균, 관종별 누수건수, 관종별 누수추정량, 송수관연장당 송수관누수건수 등
	3. 관로신설, 교체, 철거및 개량현황	1) 도수관, 2) 송수관 3) 배수관, 4) 급수관	• 관로신규연장, 관로교체연장, 관로철거연장 등 • 에나멜코팅도복장강관, 액상엑폭시도복장강관, 주철관, 타일주철관, PVC관, PE관, 흙관, 기타
		4. 사업추진 실적	1) GIS 구축현황
	2) 배수블록시스템 구축현황		• 계획(대블록, 중블록, 소블록), 운영(대블록, 중블록, 소블록)을 통한 블록구축현황
	5. 서비스 수준	1) 단수 및 동파	• 연간 총 단수 건수, 단수유형별 단수건수(공지단수, 비공지 단수), 연간총 단수시간, 단수유형별 단수시간(공지단수, 비공지단수), 단수영향 급수전수, 단수영향 송배수관연장, 동파계량기수, 급수관 동결건수 등
		2) 민원	• 총 민원건수, 수질, 출수불량, 과수압, 단수, 누수, 요금, 불친절, 기타 등 발생하는 민원
	6. 경영성	1) 세입현황	• 총세입, 자본수입, 수도요금, 과년도이월금, 시설분담금 등
		2) 세출현황	• 총세출, 공사비, 유지관리비 등
3) 경영효율		• 총수익, 급수수익, 체납징수 등	
7. 직원현황		• 직원총수, 행정직/기술직/기능직/재무회계, 기타, 연락처 등	

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)



에너지 사용량 통계 현황

〈2019 상수도 통계 작성 방법〉

송수펌프 총대수	송수펌프 총용량	최대송수 가능총량	정수장 연간전력 사용량		
			계	송배수 연간 전력사용량	기타
(대)	(kW)	(m³/시간)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
F30	F31	F32	F33= Σ(F34:F35)	F34	F35

F30 송수펌프 총대수(대) : 송수펌프의 총대수를 기록.

F31 송수펌프 총용량(kW) : 각 송수펌프의 용량을 합산하여 기록.

F32 최대송수가능량(m³/시간) : 각 펌프의 최대 송수가능량을 합산하여 기록.

F33 정수장 연간전력 사용량 계 : Σ (F34:F35)

F34 ~ F35 정수장 연간전력 사용량(kWh) : 송배수 연간 전력사용량(kWh) 및 기타전력 사용량 기록.

※ 정수장내에 관리동이 있는 경우의 관리동 전력사용량은 기타에 작성해야 함.

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)

물이용 전과정 에너지 소비, 생산, 활용 현황 및 사용량 원단위 조사
→ 원수~상수처리~이용~하수처리~방류 전 과정 Carbon Flow 제시



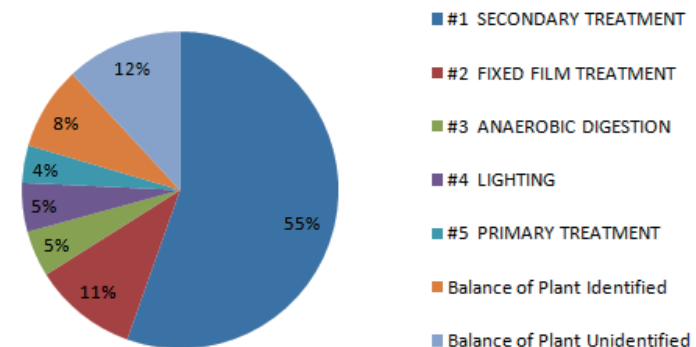
Establish an Baseline

An energy baseline is developed by measuring and documenting your energy usage and costs at a specific time. This establishes a reference point for evaluating the effectiveness of future changes in process and equipment.

Baseline Evaluation

- Which systems are dominating your energy consumption?
- Where should I focus my improvement efforts first?
- Will an improvement actually affect my bottom line?
- Energy bill usage trends can also provide opportunities for improvement.

Top Electrical Energy Use Systems



3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)



EPA's Energy Use Assessment Tool(Energy STAR portfolio Manager)

EQUIPMENT ELECTRICAL ENERGY INVENTORY													
System Type	Equipment Type	Equipment Description	Motor Size (hp)	Motor Efficiency (%)	Motor Full Load Amperage (FLA)	Average Motor Operating Current (Amps)	Operating Hours (Hrs/Yr)	Average Load Factor (%)	Average Electric Load (kW)	Estimated Annual Energy Use (kWh/yr)	Estimated Annual Operating Costs (\$/Yr)	Estimated Percent of Site Electric Use & Cost (%)	
Lighting	Other kW Load	All Site Lighting	N/A	N/A	N/A	N/A	8,760	100.00%	12.77	111,865	\$11,321	4.98%	
Non Process HVAC	Other kW Load	All Site HVAC	N/A	N/A	N/A	N/A	8,760	100.00%	7.36	64,474	\$6,525	2.87%	
Influent Pumping	Pump	Infl Pump Station	25	88.0 %	20	17	4,700	85.00%	18.01	84,667	\$8,568	3.77%	
Primary Treatment	Blower	Grit Blowers	7.5	89.0 %	8	5.5	8,760	68.75%	4.32	37,861	\$3,831	1.68%	
Primary Treatment	Blower	Channel Blower	10	88.0 %	10.5	6.8	8,760	64.76%	5.49	48,093	\$4,867	2.14%	
Secondary Treatment	Blower	Secondy Blowers	200	91.0 %	225	185	8,760	82.22%	134.81	1,180,921	\$119,509	52.53%	
Secondary Treatment	Blower	Secondy Blowers	200	91.0 %	225	185	450	82.22%	134.81	60,664	\$6,139	2.70%	
Secondary Treatment	Pump	WAS Pumps	7.5	86.0 %	8	4	1,460	50.00%	3.25	4,749	\$481	0.21%	
Fixed Film Treatment	Pump	R.Tower Pumps	60	91.0 %	65	36	8,760	55.38%	27.24	238,639	\$24,150	10.62%	
Anaerobic Digestion	Pump	Sludge Recir Pump	5	85.0 %	6	5	8,760	83.33%	3.66	32,034	\$3,242	1.43%	
Anaerobic Digestion	Mixer	Gas Mixer	10	88.0 %	12	9	8,760	75.00%	6.36	55,696	\$5,636	2.48%	
Anaerobic Digestion	Other kW Load	Mixer Heater	N/A	N/A	N/A	N/A	2,500	100.00%	7.20	18,000	\$1,822	0.80%	
Effluent Pumping/Storag	Pump	Effluent Pumps	7.5	91.0 %	8	6	4,416	75.00%	4.61	20,363	\$2,061	0.91%	
Internal Plant Pumping	Other kW Load		N/A	N/A	N/A	N/A	4,380	75.00%	5.00	21,900	\$2,216	0.97%	
Add Row		Estimated Annual WWTP Electric Use & Cost							374.89	1,979,925	\$200,368	88.07%	
		Actual Annual WWTP Electric Use & Cost								2,248,000	\$227,497		
		Difference Between Billed and Identified								-268,075	-\$27,129		
		Percent of Site Electrical Energy Identified								88.07%			

The Tool organizes the last five years of utility bills giving a clear look at how use and costs are trending. Use trends can show performance of existing or new equipment. The Tool also assists in detailing lighting and HVAC in each building. Comparison of lighting density may highlight areas of energy inefficiency

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)



Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities (*U.S. EPA, 2013*)

Step 1. Get Ready

- Establish the facility's energy policy and overall energy improvement goals
- Secure and maintain management commitment, involvement and visibility
- Choose an energy "fence line"
- Establish energy improvement program leadership
- Secure and maintain employee and management buy-in

Step 2. Assess Current Energy Baseline Status

- Establish a baseline and benchmark facilities
- Perform an energy audit Identify activities and operations that consume the most energy or are inefficient

Step 3. Establish an Energy Vision and Priorities for Improvement

- Identify, evaluate, and prioritize potential energy improvement projects and activities

Step 4. Identify Energy Objectives and Targets

- Establish energy objectives and targets for priority improvement areas
- Define performance indicators

Step 5. Implement Energy Improvement Programs and Build a Management System to Support Them

- Develop action plans to implement energy improvements
- Get top management's commitment and approval
- Develop management system "operating controls" to support energy improvements
- Begin implementation once approvals and systems are in place

Step 6. Monitor and Measure Results of the Energy Improvement Management Program

- Review what the facility currently monitors and measures to track energy use
- Determine what else the facility needs to monitor and measure its priority energy improvement operations
- Develop a plan for maintaining the efficiency of energy equipment
- Review the facility's progress toward energy targets
- Take corrective action or make adjustment when the facility is not progressing - toward its energy goals
- Monitor/reassess compliance status

Step 7. Maintain the Energy Improvement Program

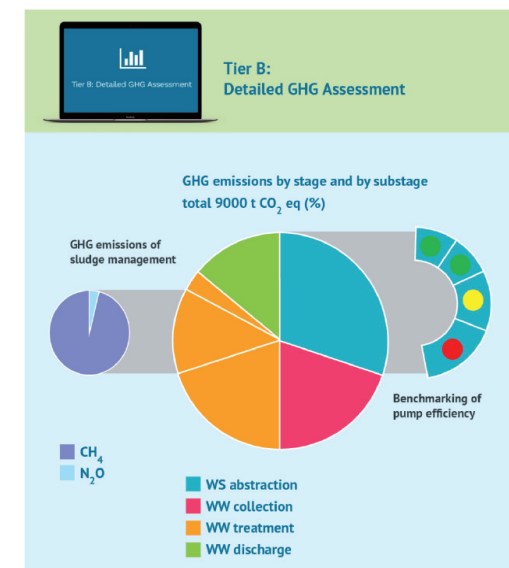
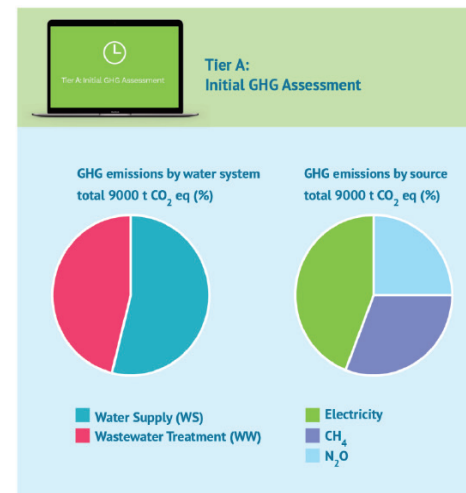
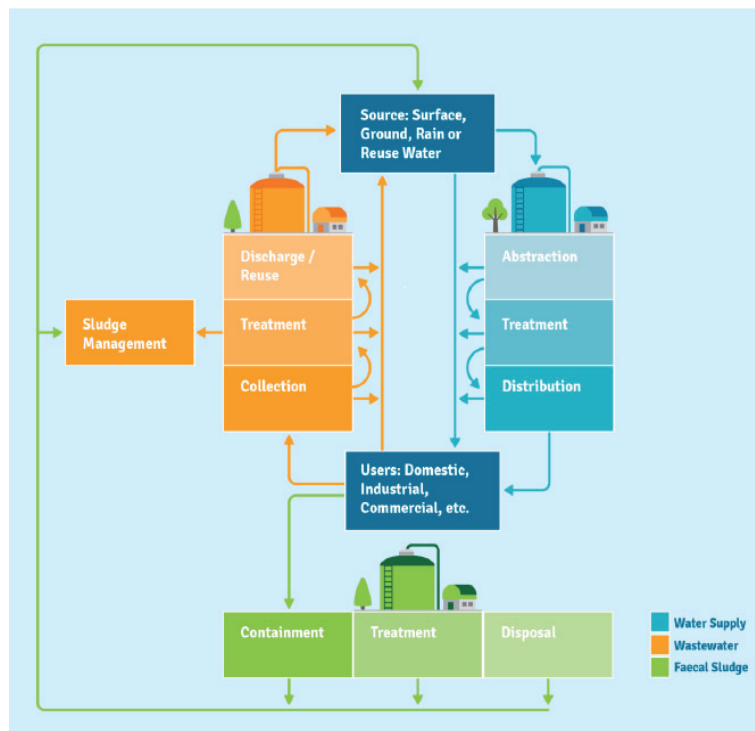
- Continually align energy goals with business/operation goals
- Apply lessons learned
- Expand involvement of management and staff
- Communicate success

3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)



IWA's ECAM Tool (by WaCClim)

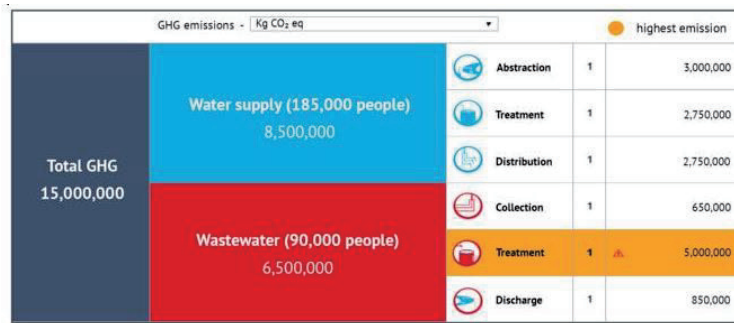


3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)



IWA's ECAM Tool (by WaCClim)



Step 3 Identify Opportunities



Step 2 Assess Your System



Step 1 Motivate Action



Step 4 Implement Measures



Step 5 Monitor Impact



3. 상수도 에너지 관리 정책 제언

1 상수도 전과정 에너지 사용 원단위 조사 (Water Carbon Footprint)

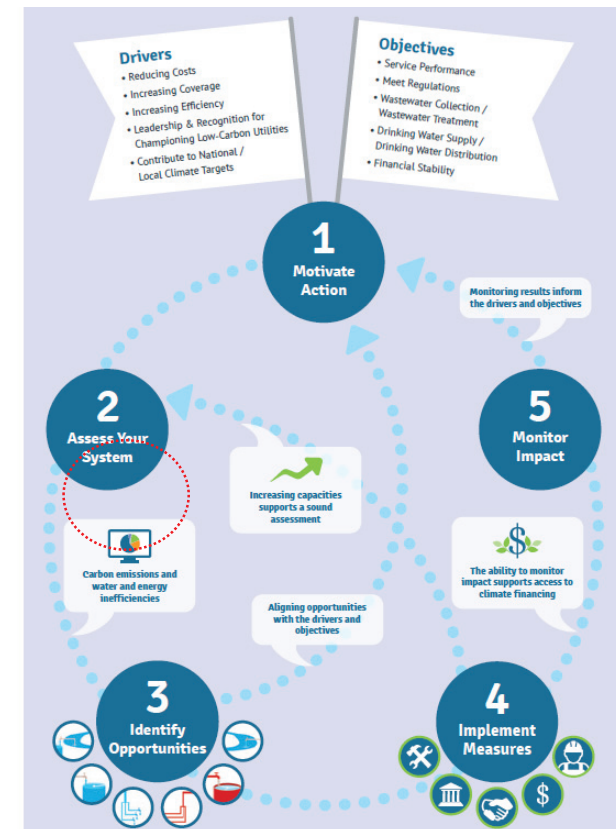
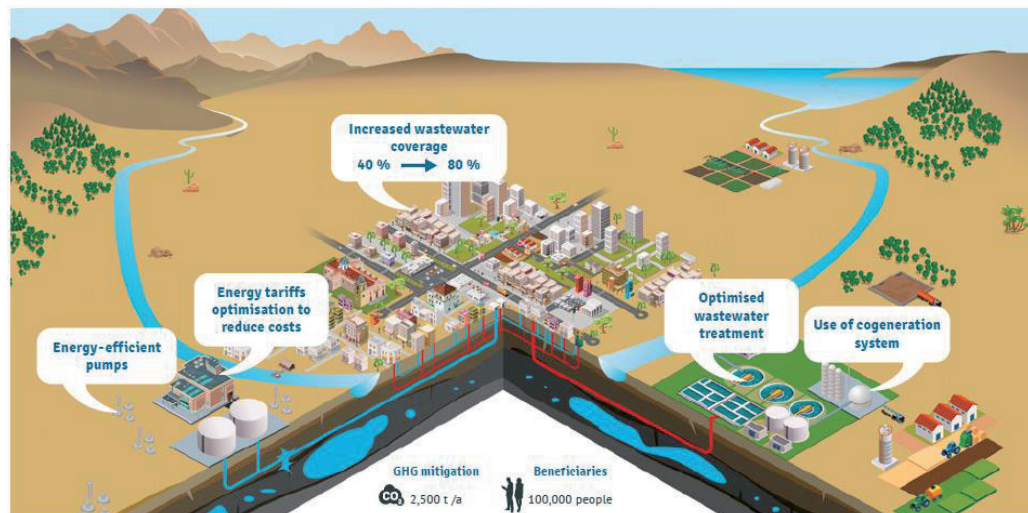


IWA's ECAM Tool (by WaCClim) : Peru, Mexico, Thailand, Jordan

Mexico

- Increasing the volume of wastewater treated
- Energy optimisation of pumps and treatment processes
- Improving biogas and energy production in the plant

40% reduction in GHG emissions, equivalent to 2500 tons of carbon dioxide per year



3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

2 상수도 시설 에너지 진단 및 개선계획 수립 의무화

수도정비 기본계획 수립, 상수도 관망진단 시행시 **수도시설 에너지 진단 및 개선 계획 수립 의무화**

제1편 수도정비계획

제1장 총설.....	15
제2장 기초조사.....	18
제3장 기본사항의 결정.....	23
제4장 시설확충 계획.....	29
제5장 시설개량 계획.....	34
제6장 상수도 수질관리 계획.....	40
제7장 상수도시설 유지관리 계획.....	43
제8장 상수도시설 정보화 계획.....	43

제2편 상수도 수요관리 계획

제1장 수요관리 목표 설정.....	45
제2장 수요관리 사업계획.....	46
제3장 수요관리 재정계획.....	50

제3편 상수도시설 안정화 계획

제1장 생산시설의 안정화 계획.....	50
제2장 공급시설의 안정화 계획.....	51
제3장 수도시설 비상연계 계획.....	52
제4장 재해 및 위기관리 대책.....	52
제5장 상수도시설 안정화 재정 계획.....	57

제4편 재정 및 경영계획

제1장 사업시행 및 재정 계획.....	58
제2장 수도사업 경영개선 계획.....	59

사업목표 설정 (예시)

- 전체 급수보급률 : 기준년도 보급률 50% → 목표년도 00
- 급수취약지역 상수도 확충 : 기준년도 보급률 50% → 목표년도 00
- 안전한 수돗물 공급 : 고도정수처리 보급률 0% → 목표년도 00
- 수돗물 무단수 공급률 : 기준년도 0% → 목표년도 0%
- 수도사업 운영 및 관리실태 평가등급 : 현재 0등급 → 목표연도 0등급
 - 수도시설 경영효율화 목표달성 : 생산원가(총괄원가) 절감
 - 시설운영 자동화율 : 기준년도 00% → 목표년도 00
 - 생산량 1㎥당 CO2 배출량 : 기준년도 00 → 목표년도 00
 - 정수전력원단위 : 기준년도 00 → 목표년도 00
 - 재생에너지 이용률 : 기준년도 00 → 목표년도 00
 - 슬러지 유효이용률 : 기준년도 00 → 목표년도 00
 - 배출수시설 가동률 : 기준년도 00 → 목표년도 00

환경부, 수도정비기본계획 수립 지침(2018)

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

2 상수도 시설 에너지 진단 및 개선계획 수립 의무화

에너지 다소비사업자 에너지 진단 의무화

← 수도시설 에너지 진단 의무대상 시설로 관리

(정의) 에너지 사용시설 손실요인 발굴, 에너지절감 대안을 제시하는 제도

(근거) 에너지이용합리화법 제32조(에너지진단)

☞ K-water는 에너지진단 전문기관으로 등록('07.11) 후 자체진단 중

(대상) 연간 에너지사용량 2,000 TOE 이상(1회/5년)

☞ K-water 에너지 진단대상 팔당1(취) 등 167개소



구 분		계	~‘15년	‘16년	‘17년	‘18년	‘19년
진단수행개소		79	50	3	9	11	6
온실가스 감축량(tCO ²)		10,499	7,401.1	780.4	771.2	605.2	892.0
에너지 절감	MWh	81,621	57,678	6,081	6,010	4,716	7,136
	억원	7315	45.6	6.65	7.3	5.5	8.1

현황파악 및 사전조사

- 시설 운영현안(고장/수리 사례) 및 에너지 이용실태 파악 (비용, 자산 현황 등)



현장조사 및 진단

- 펌프, 모터 등 주요시설 성능 진단 (효율, 진동, 소음 등)
- 시설운영 데이터 취득, 분석



진단 보고서 작성

- 에너지 손실 요인 분석, 취약시설 분석 등
- 에너지 효율 개선 방안 제시



사후개선 및 관리

- 에너지 이용 개선 사항 시행 여부
- 미 실시 사업장 기술 자문 등



3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

2 상수도 시설 에너지 진단 및 개선계획 수립 의무화 : 설계 단계 에너지 효율 검토 강화

- 수도 및 하수도 정비기본계획 목표연도 : 20년(10년 주기 계획 수립) vs 설비(pump 등) 내용연수 ?

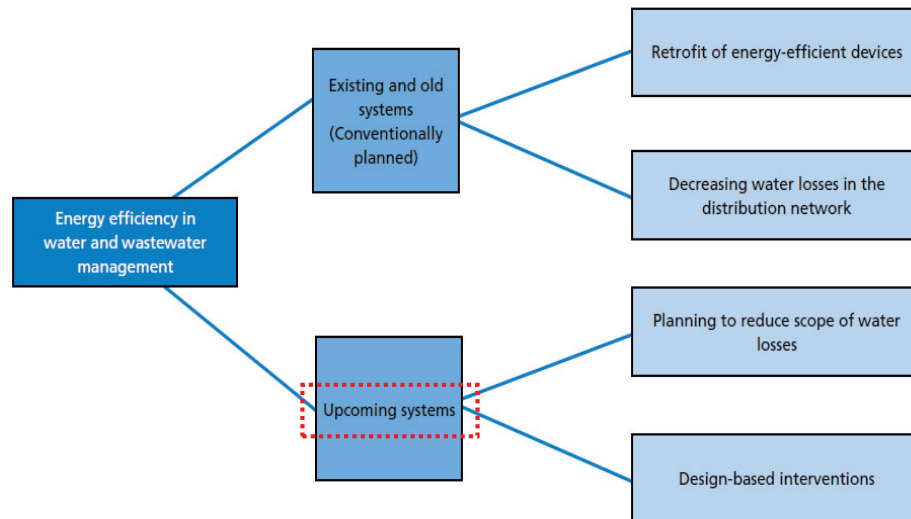


Table 7: Energy conservation measures for identified areas of intervention

Area of intervention	Energy conservation measure	Simple payback period in years
Electricity tariff	Reducing demand during peak electricity rates	0-2
Electrical installations	Optimizing power factor with capacitors	0.8-1.5
	Reducing voltage imbalance	1-1.5
Operation and maintenance	Routine maintenance of pumps and motors	1-2
	Maintenance and rehabilitation of deep well and storage facilities	1-2
Production and distribution	Use of automation such as supervisory control and data acquisition (SCADA), telemetry and electronic controllers on modulating valves to control, for example, pressure and output in the networks, and to optimize the operation of pumping equipment	2-5
	Installing new efficient pumps	1-3
	Installing new efficient motors	2-3
	Replacing impellers	1-1.5
	Pipeline replacement or rehabilitation	2-5
	Optimizing distribution networks by sectoring, removing unnecessary valves and installing variable speed drives and regulating valves	0.5-3

Source: Adapted from Watergy: Energy and water efficiency in municipal water supply and wastewater treatment, 2007

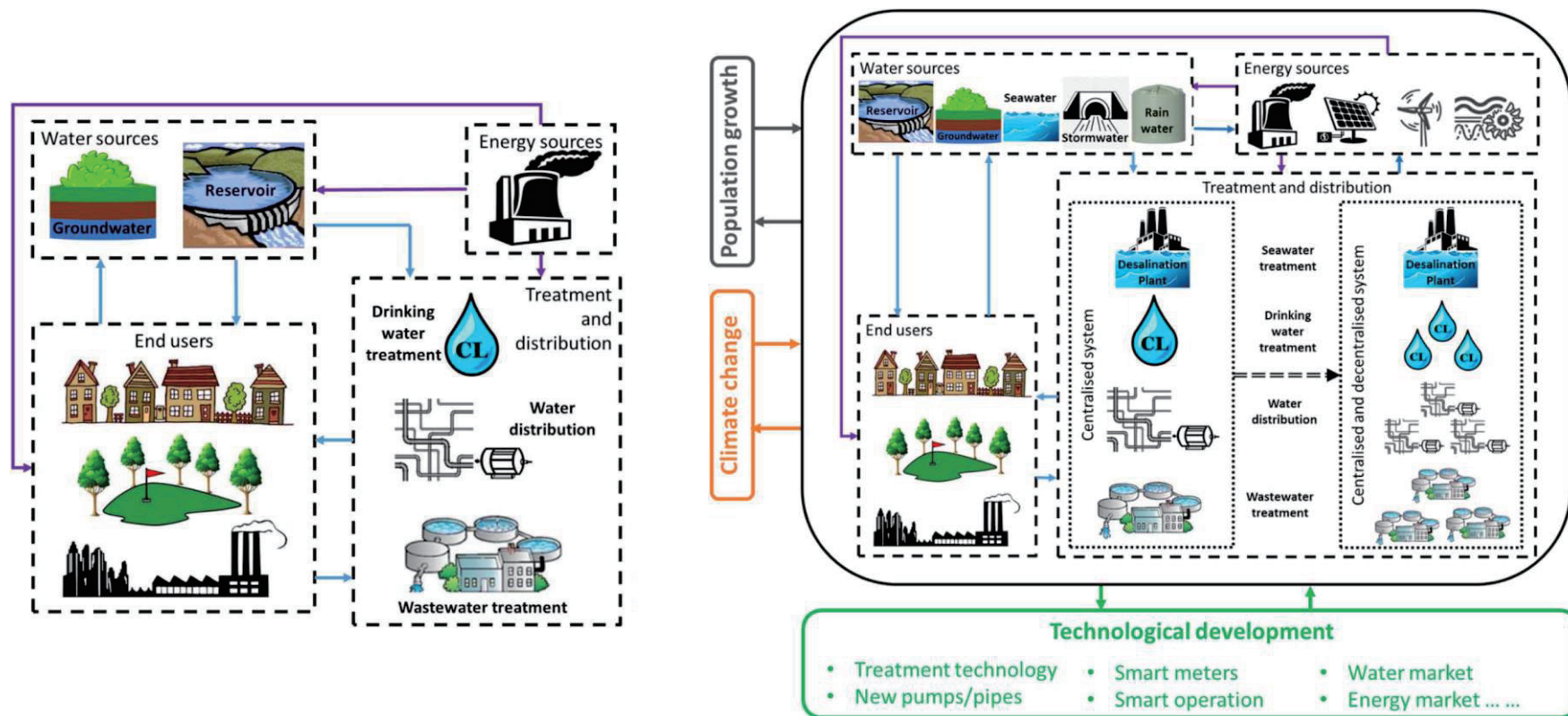
Mainstreaming energy efficiency in urban water and wastewater management in the wake of climate change, 2017

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

2 상수도 시설 에너지 진단 및 개선계획 수립 의무화 : 설계 단계 에너지 효율 검토 강화

계획-설계-운영-개선 전과정 : 물-에너지 넥서스 관계 변화 반영 필요

Wenyan Wu et al., 'The changing nature of the water-energy nexus in urban water supply systems', 2020



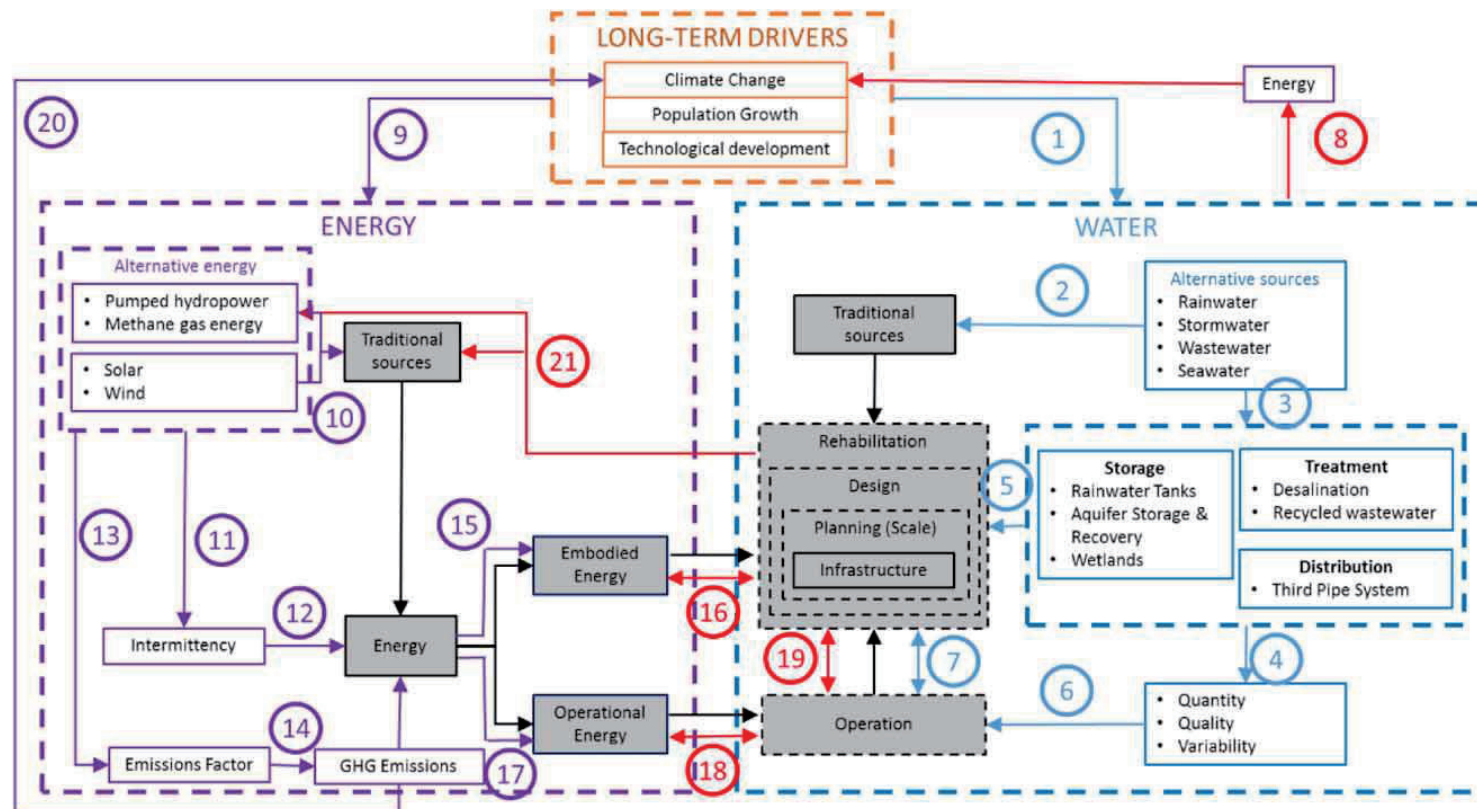
< Changed water-energy nexus in UWSSs due to long-term drivers >

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

2 상수도 시설 에너지 진단 및 개선계획 수립 의무화: 설계 단계 에너지 효율 검토 강화

계획-설계-운영-개선 전과정 : 물-에너지 넥서스 관계 변화 반영 필요

Wenyan Wu et al., 'The changing nature of the water-energy nexus in urban water supply systems', 2020



< Framework outlining the changing nature of the water-energy nexus for UWSSs from the 'energy for water' perspective >

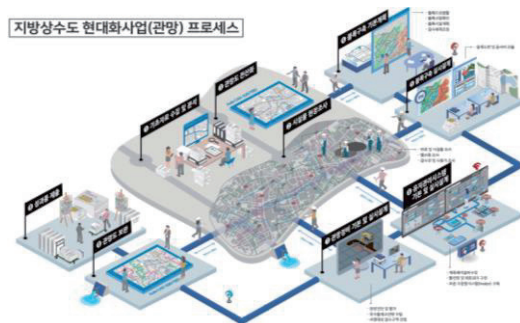
3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

3 상수도 탄소저감 사업 추진 : 그린 상수도, Carbon Free

Stability(Quantity) & Efficiency

상수관망 정비 및 유수율 제고 사업
(수량관리, 누수저감)

- ✓ 노후 상수관망 정비사업
- ✓ 최적 상수관망 구축사업('10~'15)
- ✓ 지방상수도 현대화 사업('17~'24)

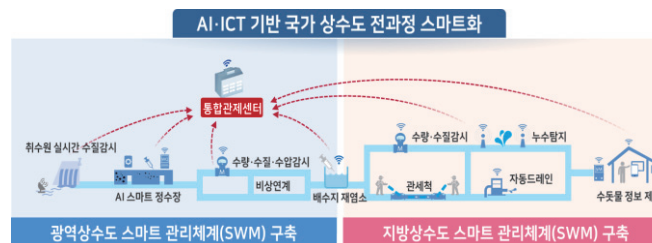


Stability(Quality) & Resilience

스마트 상수관망 구축 사업
(수질관리, 사고대응)

- ✓ 지방상수도 SWM 구축사업('20~'22)
- ✓ 광역상수도 SWM 구축사업('20~'23)

스마트 운영관리 ?



Sustainability & Efficiency

상하수도 탄소저감(중립) 사업
(에너지관리)

- ✓ 노후 설비 개, 대체 사업(국고, 지방)
- ✓ 상수도 에너지 관리시스템 구축
- ✓ WASCO 사업 (민간투자, 국고지원)
 - 고효율 설비 교체
 - 신재생에너지 도입
 - ESS 도입 등
- ✓ 에너지 운영효율화 사업(국고)
 - 상수도 에너지 절감 사업 공모

상하수도 에너지관리(탄소관리) 정책(예산) → 공공부분 탄소저감 사업 발굴 → 민간 시장 활성화

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

3 상수도 탄소저감 사업 추진 : 시범 사업 제안(공모) → 탄소저감 관리 범위 확대

Opportunities beyond Water and Wastewater Utilities ?

Lam, K.L. and van der Hoek, J.P., Low-Carbon urban water system: Opportunities beyond water and wastewater utilities?, 2020

Utility opportunities wider opportunities

- S1-1 sludge drying with solar energy or residual heat
- S1-2 CO2 emissions from combustion plants are reduced by Building Management System
- S1-3 sealing sludge digestion tanks S1-4 flue gas treatment of combined power-heat generators
- S1-5 burning of N2O from the waterline in the furnace of the Amsterdam Waste-to-Energy plant
- S1-6 burning of CH4 from the waterline in the furnace of the Amsterdam Waste-to-Energy plant
- S1-7 optimization of the nitrification in the wastewater treatment plants to reduce N2O emissions
- S1-8 sealing sewers and use of recovered CH4
- S2-1 side stream dosing of ozone in drinking water plants
- S2-2 supply of drinking water to water distributor by frequency controlled pumps
- S2-3 building of 5 3MW wind turbines
- S2-4 shutting down water conditioning at Loenderveen drinking water pretreatment plant
- S2-5 installation of 100,000 solar panels
- S2-6 15 additional measures 2014 in the long term energy saving program
- S2-7 7 additional measures 2016 in the long term energy saving program
- S2-8 6 additional measures 2015 in the long term energy saving program
- S2-9 5 additional measures 2013 in the long term energy saving program
- S2-10 400 solar panels for heat production digestion and cooling panels
- S2-11 more efficient aeration at WWTPs
- S2-12 production of drinking water and industrial water from wastewater effluent
- S2-13 shut down water circulation between drinking water reservoirs
- S2-14 use of direct current instead of alternating current
- S2-15 direct treatment of drinking water without dune passage
- S2-16 replacement of small polder sewers by large polder sewers
- S2-17 replacement of small sewage pumping stations by large sewage pumping stations

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

3 상수도 탄소저감 사업 추진 : 시범 사업 제안(공모) → 탄소저감 관리 범위 확대

Opportunities beyond Water and Wastewater Utilities ?

Lam, K.L. and van der Hoek, J.P., Low-Carbon urban water system: Opportunities beyond water and wastewater utilities?, 2020

Wide opportunity

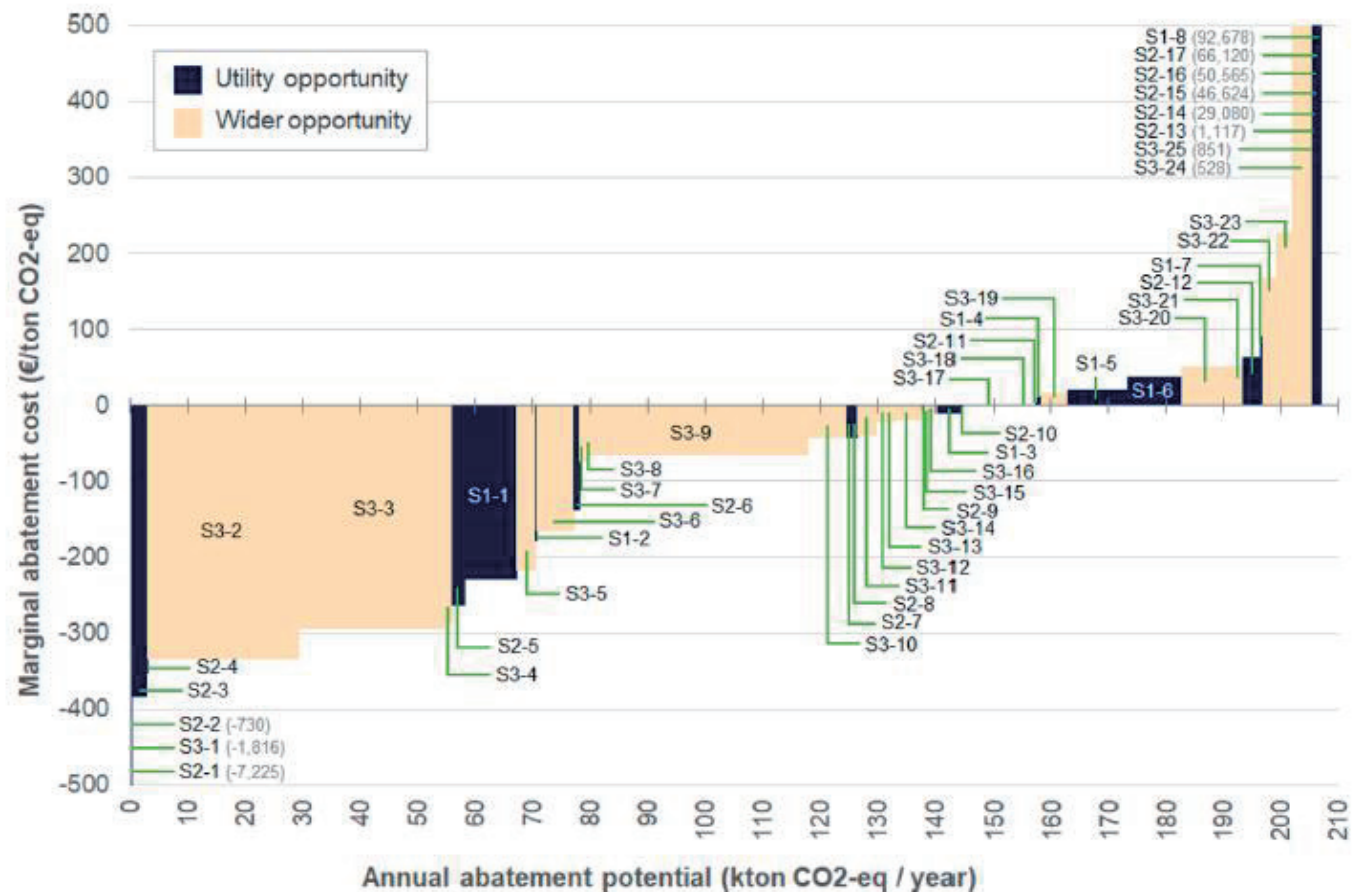
- S3-1 use of calcite instead of garnet sand in drinking water softening
- S3-2 use of a 5MW aquifer thermal energy storage in a data center
- S3-3 use of surface water as a solar energy collector to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-4 struvite recovery from wastewater
- S3-5 use of thermal energy (heat) from wastewater to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-6 use of 20,000 shower heat exchangers in households
- S3-7 use of thermal energy (heat) from drinking water to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-9 use of thermal energy (cold) from surface to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-10 use of CO₂ from the biogas upgrading process in drinking water treatment
- S3-11 use of thermal energy (cold) from drinking water to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-12 use of thermal energy (cold) from industrial water to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-13 biogas production from glycol containing wastewater from Schiphol airport
- S3-14 sludge destruction and expansion of the biogas upgrading process at the Amsterdam West wastewater treatment plant
- S3-15 use of thermal energy (cold) from wastewater
- S3-16 use of thermal energy (heat) from drinking water to regenerate aquifer thermal energy storage systems
- S3-17 regeneration of an aquifer thermal energy storage at Schiphol airport with industrial water
- S3-18 supply of industrial water without dune passage
- S3-19 use of thermal energy from a drinking water transport main to recover an aquifer thermal energy storage
- S3-20 use lime instead of sodium hydroxide in drinking water softening
- S3-21 sustainable purchase of chemicals
- S3-22 use of thermal energy (heat) from rainwater for room heating
- S3-23 regeneration of activated carbon onsite
- S3-24 use of grinders in households and production of CH₄
- S3-25 use of iron containing membrane concentrate instead of FeCl₃ in wastewater treatment plants

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

3 상수도 탄소저감 사업 추진 : 시범 사업 제안(공모) → 탄소저감 관리 범위 확대

Opportunities beyond Water and Wastewater Utilities ?

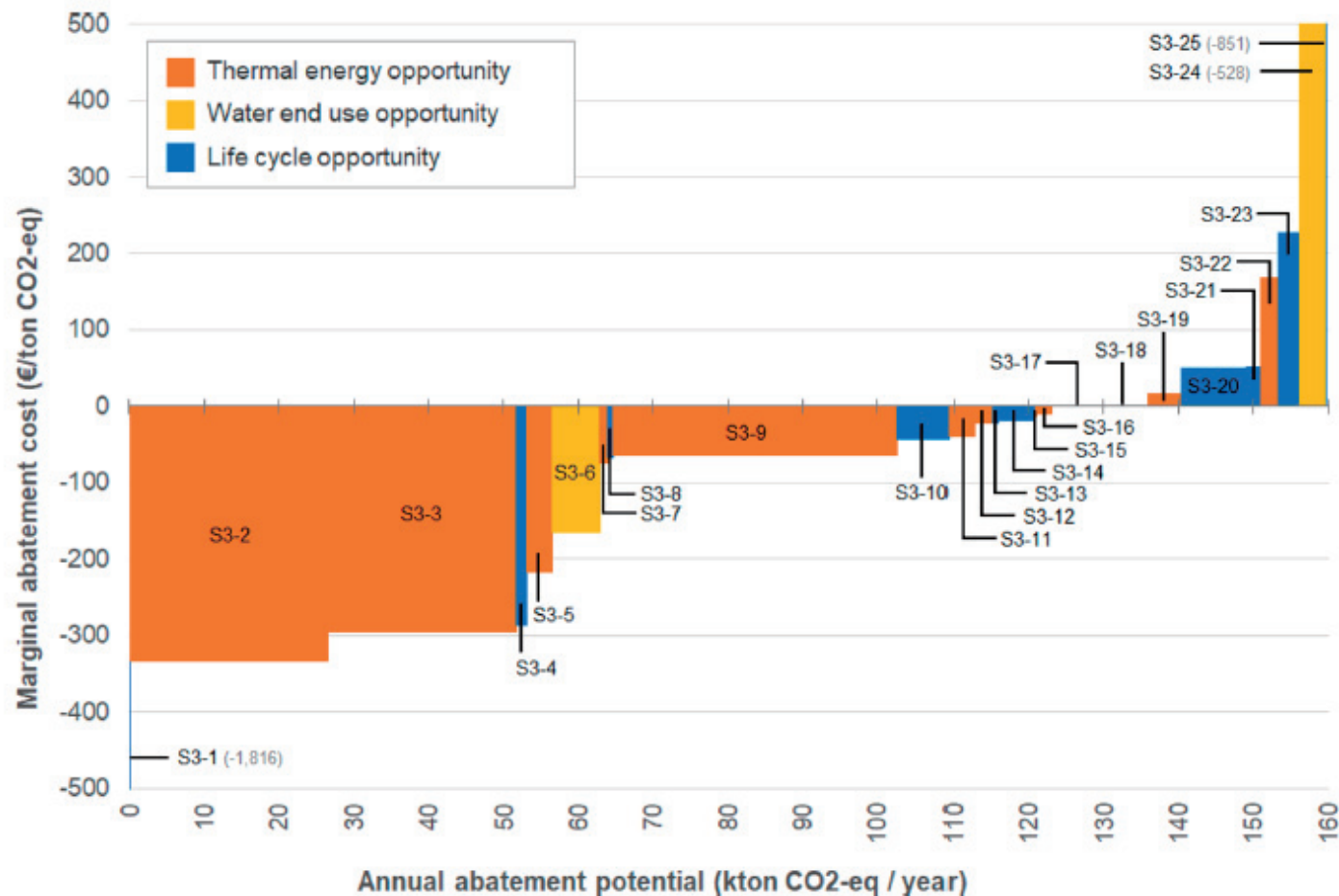
한계비용 분석에 기초한 적용 우선순위 검토



3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

3 상수도 탄소저감 사업 추진 : 시범 사업 제안(공모) → 탄소저감 관리 범위 확대

Opportunities beyond Water and Wastewater Utilities ?



3. 상수도 에너지 관리 체계 구축

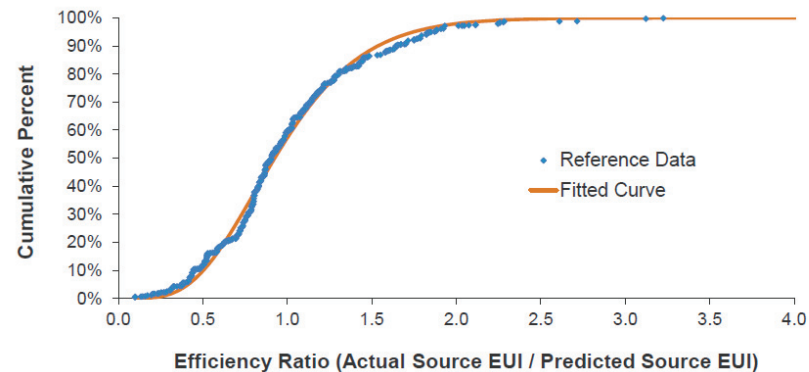


Energy STAR : **PortfolioManager®**

– 건물(산업분야) 단위 에너지 사용량 산정 및 효율성 평가, 관련설비 등 인증 프로그램

Figure 2 – Steps to Compute the ENERGY STAR Score

1	User enters building data into Portfolio Manager
	<ul style="list-style-type: none"> 12 months of complete energy use information for all energy types Specific physical building information (size, location, etc.) Specific use details describing building activity (hours, etc.)
2	Portfolio Manager computes the actual source EUI
	<ul style="list-style-type: none"> Total energy consumption for each fuel is converted from site energy into source energy Source energy values are added across all fuel types Source energy is divided by gross floor area to determine actual source EUI
3	Portfolio Manager computes the predicted source EUI
	<ul style="list-style-type: none"> A regression equation for each property type is used to determine predicted source EUI The equation begins with the average EUI for the property type and makes a series of adjustments based on the use details (hours, workers, etc.)
4	Portfolio Manager computes the energy efficiency ratio
	<ul style="list-style-type: none"> The ratio equals the actual source EUI (Step 2) divided by predicted source EUI (Step 3) Lower ratios indicate better performance
5	Portfolio Manager uses the efficiency ratio to assign a score via a lookup table
	<ul style="list-style-type: none"> For each score on the 1 - 100 scale, the lookup table provides a range of ratio values The ratio from Step 4 is used to identify the score A score of 75 indicates that the building performs better than 75% of its peers



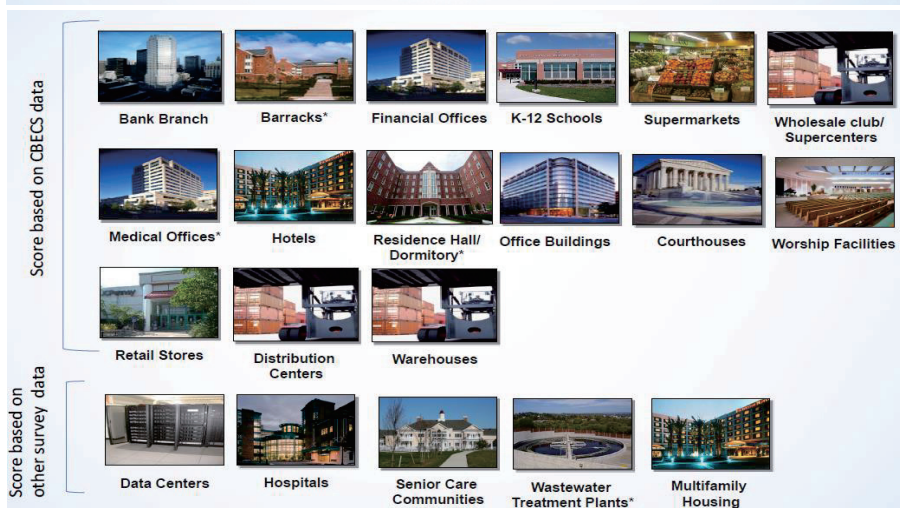
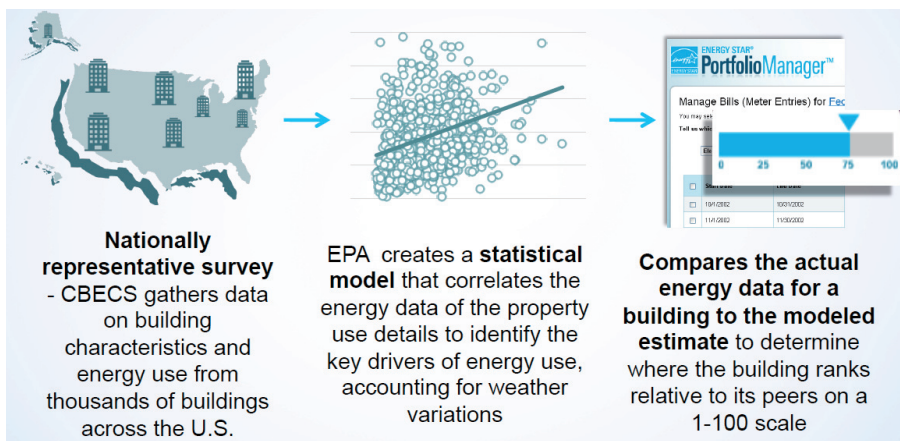
Primary Function	Further Breakdown (where needed)	Source EUI (kBtu/ft²)	Site EUI (kBtu/ft²)	Reference Data Source - Peer Group Comparison
Data Center* (Average PUE presented in place of EUI: PUE = Total Energy / IT Energy)		1.82	1.82	EPA - Data Center
Laboratory		318.2	115.3	CBECS - Laboratory
Other - Technology/Science		89.3	40.1	CBECS - Other
Data Center* (Average PUE presented in place of EUI: PUE = Total Energy / IT Energy)		1.82	1.82	EPA - Data Center
Personal Services (Health/Beauty, Dry Cleaning, etc.)		96.9	47.9	CBECS - Service
Repair Services (Vehicle, Shoe, Locksmith, etc.)				
Other - Services				
Drinking Water Treatment & Distribution (Average EUI presented in Energy per Flow in gallons per day)		5.90	2.27	AWWA - Water Treatment Plant
Energy/Power Station		89.3	40.1	CBECS - Other
Wastewater Treatment Plant* (Average EUI presented in Energy per Flow in gallons per day)		7.51	2.89	AWWA - Wastewater Plant
Other - Utility		89.3	40.1	CBECS - Other

3. 상수도 에너지 관리 체계 구축



Energy STAR : PortfolioManager®

– 건물 단위 에너지(전력, 물, 가스 등) 사용량 산정 및 효율성 평가, 관련설비 등 인증 프로그램



ENERGY STAR® Application for Certification

87 Office - Test Application

Property Name: Office - Test Application
Property Type: Office
Gross Floor Area (SF): 120,000
Built: 1992

For Year Ending: 04/30/2019
Date Application Becomes Ineligible: 08/28/2019

Property & Contact Information

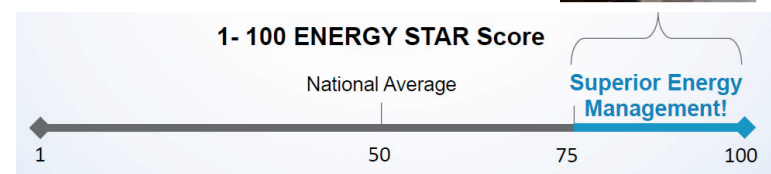
Property Address: 123 Example Street, Washington, District of Columbia (D.C.) 20001
Property Owner: JPM International, 8000 Lee Highway, Fairfax, VA 22031
Primary Contact: John Smith, 37 Example Street, Arlington, VA 22201, 703-752-2000, jpm.gimber@jpm.com

1. Review of Whole Property Characteristics

Basic Property Information

1) Property Name for Registry: Office - Test Application
Is this the official name to be displayed in the Registry of ENERGY STAR Certified Buildings and Clusters? ☐ Yes ☐ No
If "No", please specify: _____

2) Property Type: Office
Is this an accurate description of the primary use of this property? ☐ Yes ☐ No



경청해 주셔서 감사합니다.

