

해외출장(암스테르담 . 베를린)요약

부서 : 안전환경연구실

과제코드 : 2018-ER-

과제명 : 서울특별시 수질오염총량관리 2단계 기본계획 수립

연구책임 및 자료제공 : 조용모

작성일 : 2018년 10월 일

게시요망일 : 2018년 11월 일

제목 : [해외출장노트] 하천수질관리를 위한 네델란드 암스테르담과 독일 베를린의 물환경 현황과 유역관리 정책

1) 출장 목적

- 수질오염총량관리 수립연구와 관련하여 LID(저영향기법)과 비점오염원, 초기강우시 3Q에 대한 관리가 중요하게 대두되고 있다. 따라서 네델란드 암스테르담과 독일 베를린의 하천 수질관리방안과 상하수도 관리 방안을 조사하고, 시사점을 얻는데 있다.

2) 네델란드(암스테르담) 수자원 및 물환경 정책

(1) 현황

- 네델란드의 수자원과 유역
23개 Water Authority와 4개 강유역(라인(Rhine), 뫼즈(Meuse), 셸쯔(Scheldt) 엠스(Ems))으로 구성되어 있다(그림 1).
- 영양화물질의 질소와 총인 현황
인농도가 낮은 하천의 비율과 질소농도가 낮은 좋은 하천의 비율은 2009년과 2015년에 거의 비슷한 비율을 나타내어 인과 질소농도는 과거와 비슷하다.
- 수리수문학적 현황
 - 강이나 하천복원을 위해 수리수문학적 대책에 많이 투자했지만, 아직도 많은 하천을 더 자연스럽게 생태적으로 조성할 계획이다. 즉 물고기들이 산란과 먹이를 위해 이동하는데 방해하는 장애물이 많이 있고, 또한 Natura 2000 지역들이 도시화가 진행

되어 토지의 불투수층화되므로서 지하수 고갈 문제가 나타나고 있다. 지하수의 수량과 수질은 전체적으로 양호한 상태를 나타내고 있는데, 다만 Wadden, Veluwe, Twente와 Brabant Wal 처럼 많은 Natura 2000 지역에는 지하수 고갈이 문제가 되고 있다(그림 2).

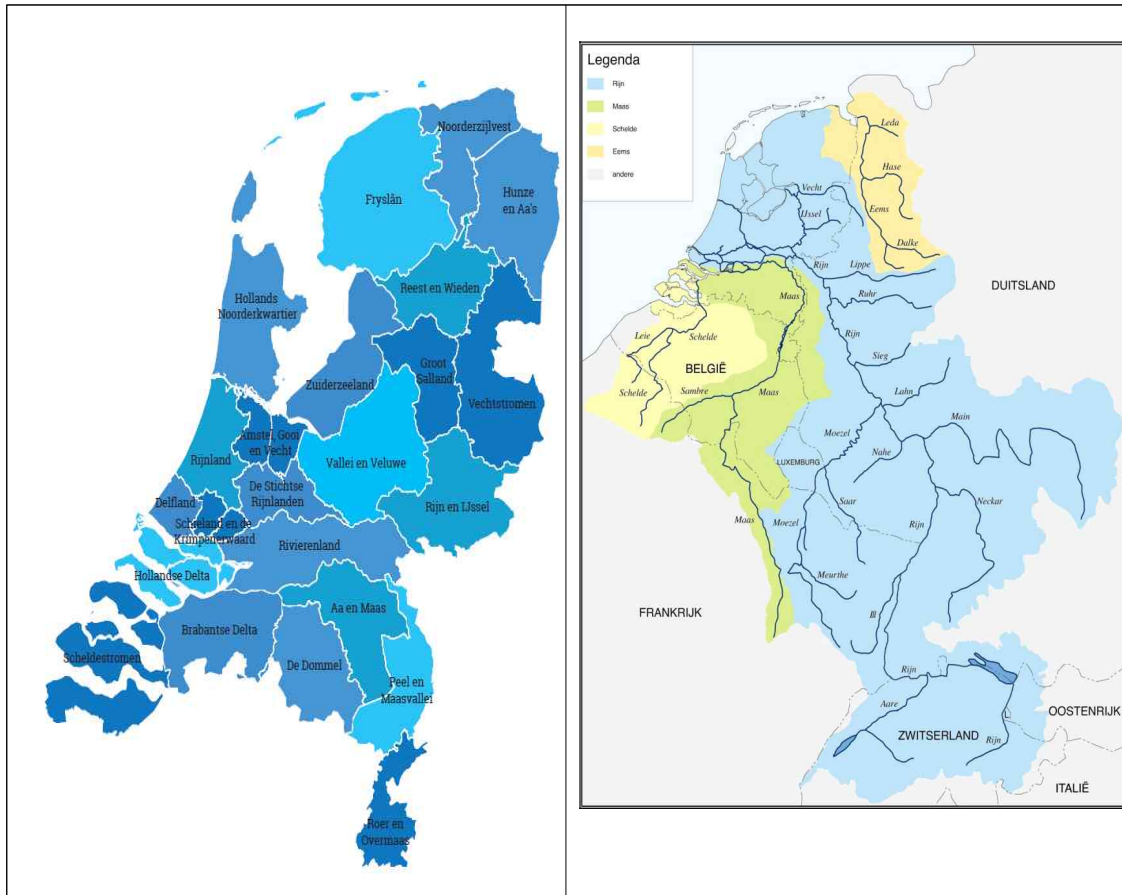


그림 1. 네델란드의 물관리위원회(Authority)와 4개 강 유역



Map 3: groundwater quantity, status 1 January 2015

그림 2. 지하수의 수량 분포

○ 상수원과 정수처리 현황

암스테르담 정수장은 취수를 한 후 암스테르담 서쪽 해안의 모래언덕에 위치한 3천 400ha에 달하는 거대한 인공 자연시설을 이용하고 있다. 내륙 우트레흐트에서 55 km의 파이프를 통해 끌어온 라인강 물을 레(Lek)운하에서 취수하여 응집 및 침전, 급속여과를 한 후 40여 km의 인공운하를 통해 86ha에 달하는 모래밭 지대를 통과시켜 자연정화를 하고 있다.

물이 사구를 통과해 다시 지하수로 유입되어 취수되는데 2개월간이 소요된다. 모래밭이 박테리아나 바이러스를 걸러내는 필터와 2개월 분의 물을 저장하는 탱크 등의 기능을 한다.

2) 수질관리를 위한 중요 정책

(1) 수질관리 방향

○ 영양물질의 제거가 더 필요

2005년 이후로 영양물질의 농도가 크게 개선되었다. 지표수의 반이 높은 인과 질소 농도로 나타나고 있으나 아직도 40개의 상수원지역에는 문제 요인이 되고 있다.

55% 질소와 65% 인 농도는 농업에 의해 발생하고, 또한 질소가 많이 발생하는 곳이 대기에서 유입(24%)되거나 하·폐수처리장(14%)에서 유입된다. 하·폐수처리장은 인농도의 28%를 발생시킨다.

○ 하천에 새로운 유해물질의 유입을 방지 필요

지하수와 지표수에서 새로운 유해물질이 계속 발견되고 있다. 특히 부영양물질, 화장품, 페인트, 염료, 항생제 등 의약품물질, 플라스틱과 같은 새로운 물질이 유입되는데, 아직 구체적인 정보는 없고, 신물질에 대한 기준도 마련되지 못하고 있다.

많은 플라스틱이 강과 개울을 통해 바다로 유입된다. 해운업, 수산업 및 해변 휴양으로도 유입되기도 한다. 어느 연구결과는 미세 플라스틱이 가정 폐수 및 플라스틱 쓰레기의 분해 및 마모, 의류 섬유 및 자동차 타이어에서 나온다.

(2) 수질관리 방안

○ 유역관리를 위한 주요 관리방안

네델란드의 강(하천)유역관리를 위한 주요 방안으로는 그림 3과 같이 제시하였다. 그 중에서는 하수처리장에서 배출되는 부하량 감축, CSOs의 월류수 방지, 불투수층 지표수의 감축, 파손된 하수관거의 보수 등 여러 가지 방안을 총 망라하여 제시하고 있다.

Measures being implemented or completed, the Netherlands (%)

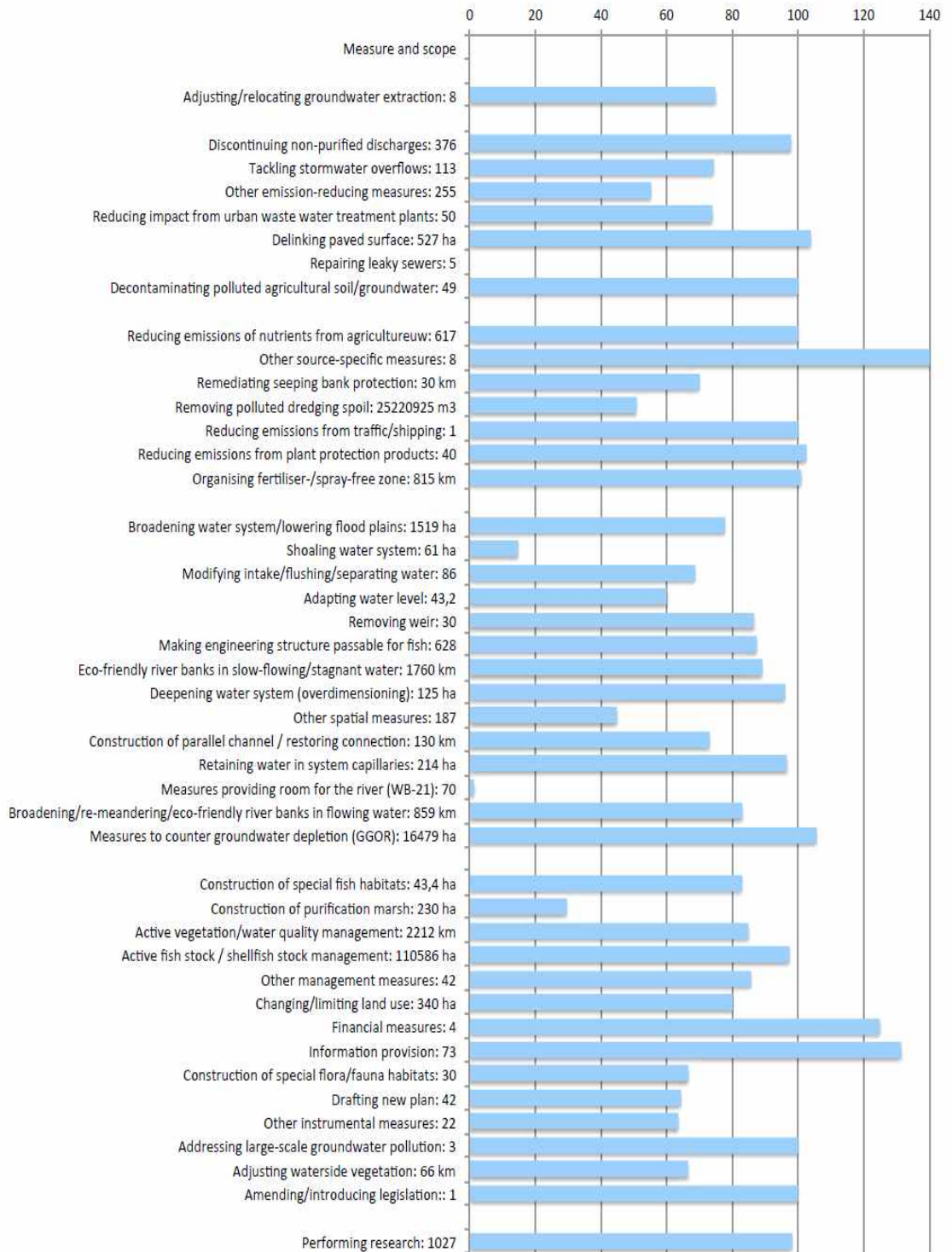


Diagram 5 Progress of implementation of River basin management plan 2010-2015, prognosis July 2015 of measures finished on 31 December 2015³

그림 3 네델란드의 하천 유역관리를 위한 주요 방안

○ 암스테르담시의 물관리를 위한 세부전략

<p>1. 물 재생 서비스 재생산</p> <p>하천의 수생태계를 재보충한다 ✓ 암스테르담의 물 공급용 모래 언덕 물과 에너지 사용량을 줄인다 ✓ 세계 최저의 물 누출 ✓ 기후 중립 용수 사이클 2020 프로그램의 에너지 사용 절감 부분 재사용, 복구, 재활용한다 ✓ 프로그램 기후 중립 용수 사이클 2020 다른 도시 서비스와의 통합을 위해 시스템 접근법을 적용한다. ✓ 암스테르담 비에 강한 네트워크 폐기물 처리 회사와의 협업, 공간 계획 및 지속 가능성 세부 사항. 시스템의 모듈화를 증가시키고 다중 옵션을 보장한다. ✓ 모래 언덕 용수 공급, 보수공 공급 및 기타 인접 식수 지역과의 연계</p>	<p>2. 물에 민감한 도시 디자인</p> <p>물 재생 서비스가 가능하게 한다 ✓ 모든 도시 활동 중 강우에 강한 상태 : 거리, 지붕, 공원, 빌딩, 정원 신속하게 기준향상을 위한 전문가 등의 플랫폼 구축 홍수위험을 줄이기 위한 도시 공간 디자인 ✓ 거리 디자인 매뉴얼에서 비에 강한 재료와 가로경관 물로 생활성을 높인다 ✓ 세계에서 가장 물 생활성과 가시성이 높은 도시 ✓ 남극축 : 물관리 그린벨트 (watervertragende groenstrook), 접히는-지붕(polder-roofs) 환경적 영향을 최소화하기 위한 도시구조 물의 적응성과 변형 수행 ✓ 건축법에 대한 국제적 규제</p>
<p>3. 유역 연결 도시</p> <p>물 자원 보호와 가뭄을 완화하기 위한 계획 ✓ 국제 델타 프로그램(delta programme)의 일부로서 지역의 신선한 물 전략 물 자원의 질을 보호하라 ✓ 유럽의 물 프레임워크 지침에 의한 Rhine강 협약 극한 사건을 대비하라</p>	<p>4. 수상도시 커뮤니티들</p> <p>시민의 힘을 강화해라(empowered) ✓ 공공 이벤트와 활동들 : Rainproof Rave & Ride, FABcity, ROEFfestival, 등 물의 공동 이익에 대한 전문적인 지식 ✓ 도시 계획, 에너지, 서비스, 폐기물 서비스 및 이동성을 통한 긴밀한 협력과 순환 경제 관할 계획 팀</p>

<ul style="list-style-type: none"> ✓국제 델타 프로그램에 의한 새로운 국제적 홍수 기준 동의 ✓개발 중인 수상 항구의 범람을 위한 중요 기반 시설의 복원 전략 ✓최신 위기관리 조직 	<ul style="list-style-type: none"> ✓물 전문 지식에 관한 주요 도시 계획 팀의 일부 유역 작업을 가능하게 하는 정책 입안자 ✓암스테르담 지속 가능성 의제, 비에 강한(rainproof)녹색 기금 신뢰를 불러일으키는 지도자들 ✓지도자들은 열대 우림의 혁신적 접근법 지지.
---	---

○ 암스테르담시의 인공지하수 함양

암스테르담시를 비롯한 네델란드는 물관리에서 중요한 사항이 인공지하수 함양이다. 국토의 많은 부분이 해수면보다 낮아서 지하수함양이 중요하다. 1957년이래로 인공지하수 함양을 지속해 오고 있다(그림 4).

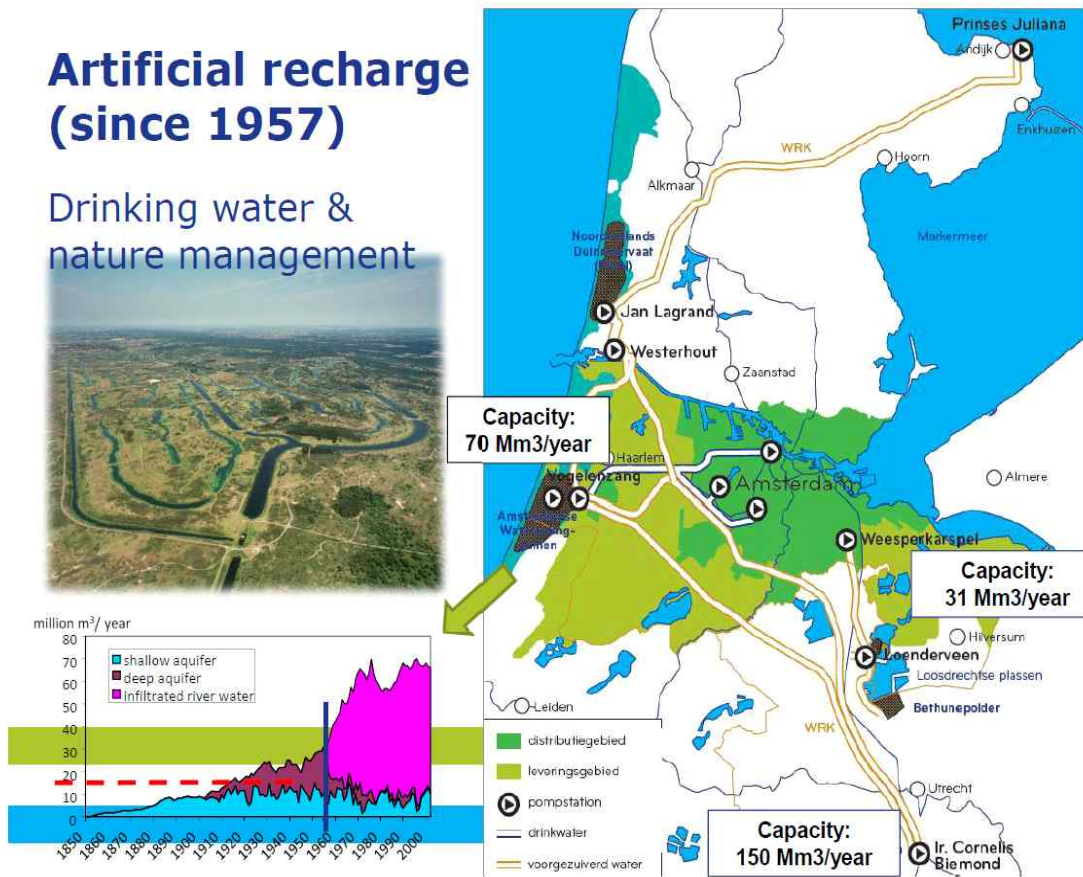


그림 4 암스테르담의 중요 물관리정책의 하나인 인공지하수 함양

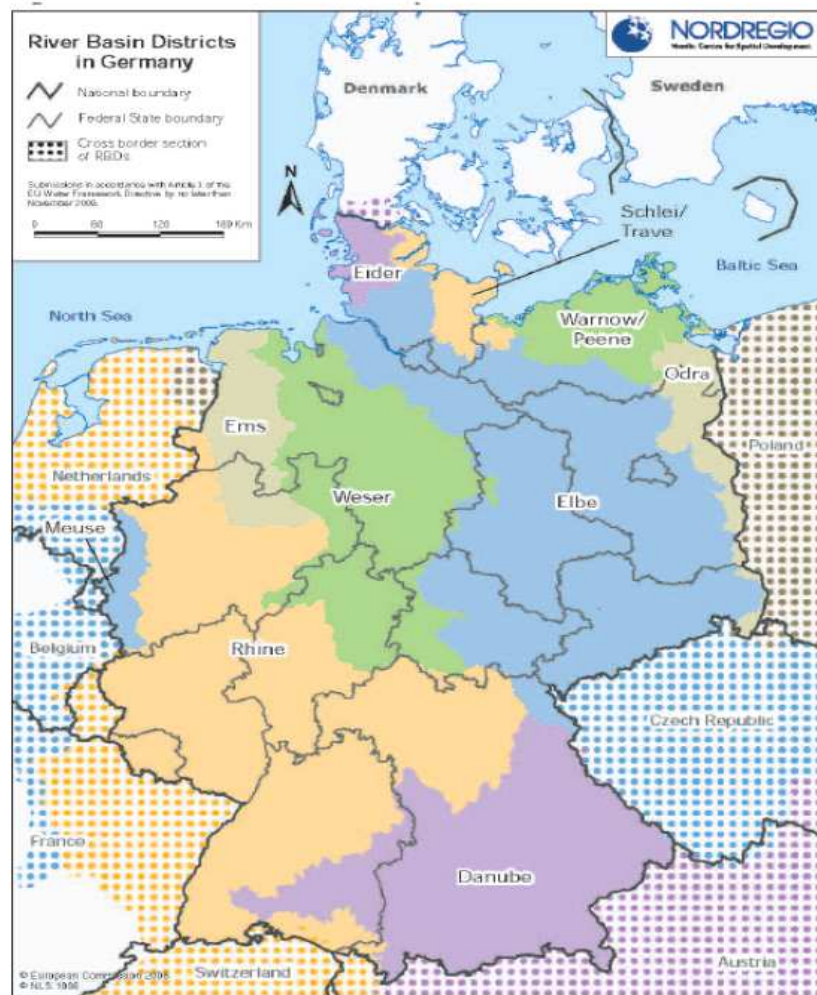
3) 베를린 수자원과 물환경 정책

(1) 현황

○ 위치 및 주요 유역

독일의 강유역의 구분을 보이고 있다(그림 2-1). 라인(Rhine)강 유역, 워셔(Weser)강 유역, 엘베(Elbe)강 유역, 엠스(Ems)강 유역, 에이더(Eider)강 유역, 다뉴브(Danube)강 유역, 오드라(Odra)강 유역, 와로우피느(Warnow/Peene)강 유역으로 구분되어 있다. 또 유역관리 위원회가 구성되어 있다(그림 5).

Figure 1.1: River Basin Districts in Germany



(Source: Lindblom & Viehauser, 2007).

그림 5. 독일의 하천 유역의 구분

○ 수자원현황

베를린은 Elbe강유역과 Oder강유역에 속한다. 베를린을 통과하고 있는 Spree강 지구와 Havel강 지구는 베를린에서 가장 중요한 자연수계 구간이다. 그밖에도 Dahme 지구, Fredersdorf 지구, Strausberg지구, Neuenhagen지구, Wuhle 지구, Panke 지구, Tegel 지구 등의 자연수계 지구가 있다. 베를린에는 이들 자연수계 지구 외에도 수많은 인공수계와 운하가 있다. 대표적인 것으로는 Teltow 운하, Landwehr운하, Berlin운하, Hohenzollern 운하 등이다.

Spree강은 베를린의 하천 중 중요하다. 베를린에 있는 운하들은 Spree강으로부터 유지용수를 공급받기 때문이다. Spree강의 방류량이 Havel강 비해 매우 많기 때문에 Havel강 하류인 Spree 강 하류부의 수질에 영향을 미친다. 물론 Spree강의 수질은 베를린에 있는 수많은 지천에 의해 영향을 받는다.

Oder강(평균유량 $543\text{m}^3/\text{sec}$)이나 Elbe강(평균유량 $558\text{m}^3/\text{sec}$)과 비교하여 Spree천과 Havel천의 유량은 1/10에 불과하다.

그림은 베를린시의 상수원으로 사용하는 지하수원과 정수처리장, 하수처리장, 펌핑스테이션 등을 나타내고 있다. 베를린시는 하천 주변에 위치한 지하수정에서 상수원수를 전량 취수하고 있다(그림 6).

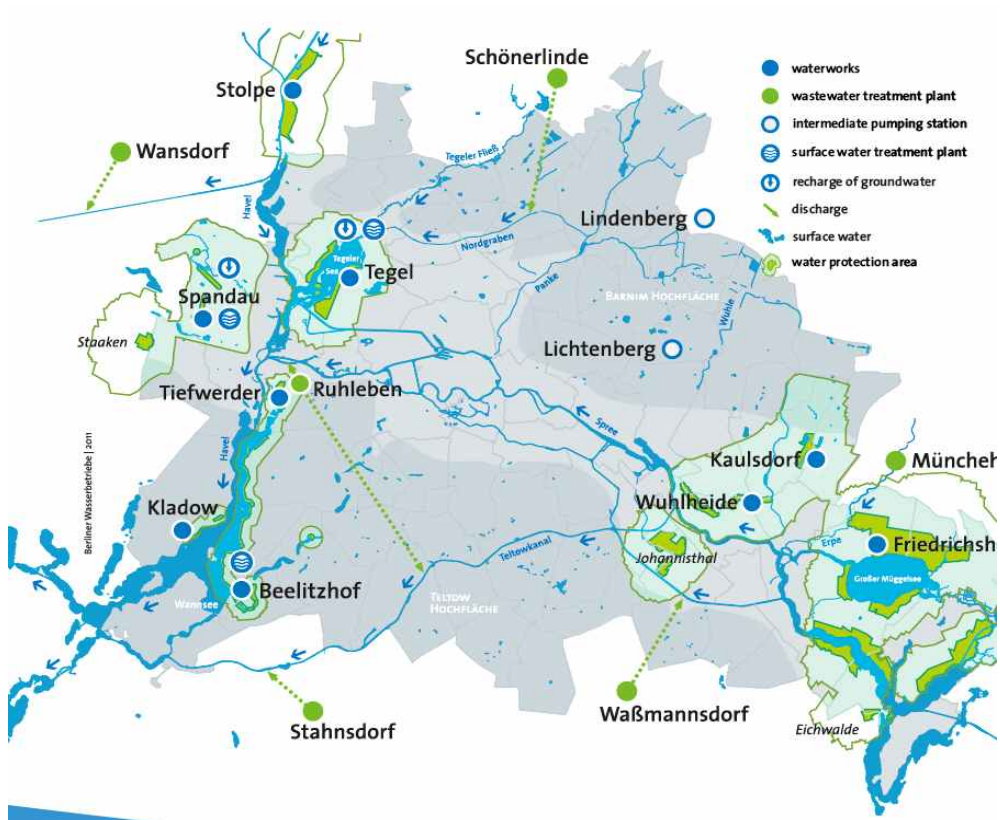


그림 6. 베를린시의 Waterwork 개략도

○ 상수원 수질 현황 및 공급

베를린시의 상수원 수질은 기준치를 모두 만족하고 있고, 매우 양호한 수질 상태를 보이고 있다. 베를린 상수원은 복류수층의 지하수로서 처리없이 음용할 수 있는 상태이다. Nitrate 가 3.12mg/L(기준 50mg/L), Sulphate가 118mg/L(기준 250mg/L)으로 매우 양호한 수질을 보이고 있다.

특히 700여개의 취수원정(펌핑장)이 30~170m 깊이에서 위치하고 있어서 양질의 상수원을 취수하고 있다. 특히 베를린시를 둘러싸고 있는 숲, 공원, 초지 등이 상수원수를 보존하거나 자연필터 역할을 하고 있다.

베를린시는 수돗물은 염소처리 없이 가정으로 공급하고 있다. 우리나라의 수돗물과 아주 큰 차이를 보이고 있다. 염소처리가 없기 때문에 염소에 의해 발생하는 2차오염물질이 없고, 관망도 비교적 오래 사용할 수 있다. 관망에서의 미생물 오염에 대한 대처는 정수장에서 가정까지 공급되는 수돗물이 2일 이상 체류하지 않도록 규정하고 있다.

(2) 수질관리 정책

○ 저영향처리 방법-강우(CSOs)의 녹색처리공법

이 처리장치공법은 지하공간에 저류조필터를 설치하여 오염도가 높은 도로면 초기강우를 처리하는 공법을 보이고 있다. 비점오염원의 처리를 적절하게 할 수 있는 공법이지만 시설공간이 필요하고, 시설의 설치비 등이 많이 소요될 수 있는 단점이 있다(그림 7).



Retention ground filter at Halensee purifies the heavily soiled rainwater from the motorway

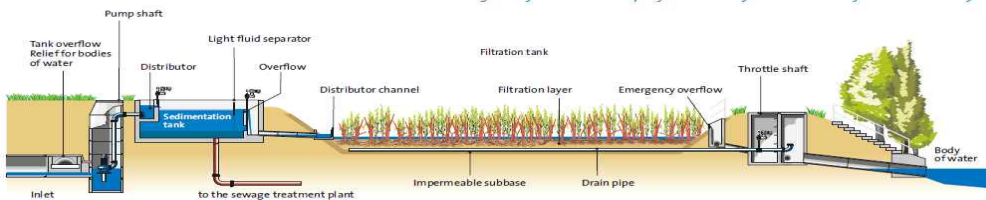


그림 7. 강우 월류수의 녹색처리공법

나. 집중강우에 강한 기법으로 빗물저류시설 설치

베를린에서 집중강우에 강한 시설을 보이고 있다. 이 시설은 비를 저류시키는 역할을 하고 있다. 이런 시설이 도시 전역에 설치되면 강우시 빗물유출율을 저감시킬 수 있다. 특히 베를린의 경우 빗물관리를 중요하게 생각하고 있음을 고려할 때 이런 시설 설치의 필수적이라고 본다(그림 8).



그림 8. 빗물을 저류하여 유출율을 감소시키는 시설

3) 시사점

○ 유역관리위원회가 지역경계를 포함하여 유역단위로 운영

네델란드는 유역관리위원회(총 23개)의 역할이 수자원 및 홍수관리, 수질관리, 폐수관리 등을 하고 있고, 상대적으로 활성화되어 있다. 특히 지역정부(393개)에서 수행하지 않은 수자원 등의 관리를 유역관리 차원으로 관리하고 있다.

○ 하천을 생태적으로 조성하고 운영관리

하천관리를 위해 수자원과 홍수관리부문에 많이 투자했지만, 이제는 자연스럽게 생태적으로 조성하는데 노력하고 있다. 게다가 유역의 불투수층을 줄여서 지하수 확보에도 많은 노력을 기울이고 있다.

○ 양질의 상수원 확보를 위해 인공적 모래언덕필터 통과 등 자연정화처리 실시

암스테르담시는 양질의 상수원을 확보하기 위해 라인강에서 취수한 후 모래언덕 지대를 통과시켜 자연정화를 하고 있다. 물이 모래언덕을 통과해 다시 지하수로 유입되어 취수되는데 2개월간이 소요된다. 양질의 상수원을 확보하기 위해 많은 노력을 하고 있다.

○하천수질관리를 위해 부영양물질과 화장품물질 및 미세플라스틱 등의 유입 방지에 노력

네델란드에서는 40여개 상수원지역이 부영양물질로 인한 오염이 나타나고 있다. 주로 농업에 의해서 발생되고 있다. 화장품, 페인트, 염료, 향생제 등 의약품물질, 플라스틱과 같은 새로운 물질이 유입되는데, 아직 구체적인 정보는 없고, 신물질에 대한 기준도 마련되지 못하고 있다. 따라서 부영양물질과 미세플라스틱과 같은 새로운 물질에 대한 관리를 추진하고 있다. 미세플라스틱의 문제는 우리도 관심을 기울여야 할 문제이다.

○ 인공지하수 함양

암스테르담시를 비롯한 네델란드는 물관리에서 중요한 사항이 인공지하수 함양이다. 국토의 많은 부분이 해수면보다 낮아서 지하수함양이 중요하다. 1957년이래로 인공지하수 함양을 지속해 오고 있다. 네델란드의 물관리 현안이지만 우리나라도 지하수함양을 위한 여러정책을 추진하여야 할 것이다.

○ 양질의 상수원을 지하수에서 공급

베를린시의 양질의 지하수를 상수원으로 사용. 복류수층의 지하수를 사용하여 특별한 처리 없이 음용 가능. 특히 700여개의 취수원정(펌핑장)이 30~170m 깊이에서 취수.

또한 베를린시를 둘러싸고 있는 숲, 공원, 초지 등이 상수원수를 보존하거나 자연필터 역할을 한다.

서울시도 지하수를 취수원으로 사용하는 대체용수를 확보 방안을 모색하여야 함. 팔당호를 비롯한 하천표류수에서 거의 100% 사용을 일부라도 대체하여야 할 것이다.

○ 염소처리없이 수돗물 공급

베를린시는 수돗물은 염소처리 없이 가정으로 공급하여 우리나라의 수돗물과 아주 큰 차이를 보인다. 이 경우 염소처리가 없기 때문에 염소에 의한 2차오염물질이 없고, 관망도 비교적 오래 사용할 수 있다. 베를린시는 관망에서의 미생물 오염에 대한 대처는 수돗물을 2일 이상 체류를 하지 못하도록 법으로 규정하고 있기 때문에 가능한 것으로 판단된다.

서울시도 수돗물에 염소를 최대 저감하여 공급하는데 노력하여야 할 것이다. 염소처리없이 공급하는 것은 불가능한 구조이지만 최대한 줄이는 공법과 제도를 도입하여야 한다.

○ 저영향처리 방법-강우(CSOs)의 녹색처리공법

베를린시는 도로면의 초기강우(CSOs) 등을 처리하기 위해서 지하공간에 저류조 필터를 설

치하는 녹색처리공법을 운영하고 있다.

서울시도 CSOs를 처리하기 위한 방법을 모색하고 있는데, 이 방법도 고려해 볼 수 있을 것이다. 베를린전역에서 운영되지만 시설설치비와 운영유지관리의 편의성 등을 고려하여 적용 가능성을 분석하여야 한다.

○ 집중강우에 강한 기법으로 빗물저류시설 설치

빗물을 저류시키는 각종 장치물을 설치하고 있다. 이 시설을 전역에 설치하여 우수유출을 저감시키는 역할을 하고 있다. 여러 빗물저류시설은 시설설치도 중요하지만 아파트 단지 등에 설치하기 위해 제도를 보완하는 것이 필요하다.

자료제공 및 문의처 :

안전환경연구실 조용모 선임연구위원(2149-1154)