

도시홍수조절을 위한 공동주택단지 내 빗물운영기법 도출: 독일사례를 중심으로

A Study on the Rainwater Management for the Urban Flood Protection
in Urban Housing Complexes: Based on the Case Studies in Germany

김원현

Kim Wonhyun

독일 하펜시티함부르크대학교 도시계획학과 박사과정

Ph.D. Candidate, i-environments Institute,

Dept. of Stadtplanung, HafenCity Univ., Hamburg Germany

(baumsraum@naver.com)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적
2. 연구 및 조사방법

II. 연구의 동향 및 관련법 연구

1. 독일의 빗물 관련 연구동향
2. 관련법 연구

III. 도시홍수조절을 위한 빗물운영기법 도출

1. 집수구역의 개념과 빗물관리기법
2. 쿼퍼스부쉬
3. 크론스베르크
4. 엔펠트
5. 분석의 종합 및 소결

IV. 결론

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

우리 삶과 밀접한 관련을 지닌 물의 가장 큰 특징은 순환하고 있다는 것이며, 이러한 관계는 점차 대단위 도시개발이 진행됨에 따라 그 법칙이 깨지게 되었다. 산업혁명 이후 급속한 도시성장은 도시피복률의 증가를 야기하였는데, 그로 인해 상대적으로 높은 우수 유출률과 적은 증발산량, 지하수의 감소, 그리고 이에 따른 홍수피해 발생량 증가 등의 문제가 제기되었다. 자연 상태의 표면과 포장면의 표면을 비교해보면 증발산량이 50%에서 10%로 줄고, 지하로 저류되는 양 또한 17%에서 5%로 줄었다. 이와는 반대로 지표수의 경우 33%에서 85%로 큰 폭의 증가율을 나타내고 있다(Gueldenberg, 1998).

독일은 지난 1993년과 1995년 라인강 유역에서 발생한 두 차례의 홍수(피해액 총 약 4억 유로) 이후로 지속적인 홍수피해가 발생하고 있으며, 규모는 점차 커지고 빈도는 높아지고 있다.¹⁾ 이러한 문제에 대응하기 위한 방법 중의 하나로 빗물 운영방안이 제기되었으며, 이를 위해 지난 1980년대 후반부터 빗물에 대한 친환경적 처리 및 관리를 위한 계획 및 기술개발, 제도 등을 마련하고자 노력해왔다.²⁾ 빗물 운영 방법은 기존의 이용적 측면에서 홍수 저감대책의 하나의 대안으로서 발전해왔으며, 도시 내 공간을 활용할 수 있다는 장점을 지니고 있어 지속적인 연구가 진행되고 있다.

기존의 국내 빗물 운영방법은 단위 개체의 건축물이나 공동주택단지 및 아파트 단지 내에서의 생태

성 강조와 이용적 측면을 위한 방안에 국한되어왔다. 특히 홍수 저감대책을 위한 대안의 경우 일반적 빗물 운영기법에 의존하고 있는 실정이다. 대부분의 빗물 운영기법이 주거지역에 집중되고 있는 측면을 고려할 때, 단지 내 경사에 대한 고려는 필수사항이다. 따라서 홍수 피해 및 범람에 대응하기 위한 구체적인 전략으로는 단지 내 저지대에 대한 관리 및 전략 수립이 요구되고 있으며, 기존의 방법에 더하여 다양한 형태의 빗물 운영관리방안이 필요하다 할 수 있다. 저지대는 주거단지 내 형성되는 또 하나의 집수구역으로 설정되는바, 빗물 운영을 통한 효과적이고 포괄적인 홍수방재대책을 위해서는 우선적으로 빗물 운영기법의 통합적인 연계성이 단지 내에 필요하다. 이를 위해 공간적 범위 설정과 지역 내 자연 현황에 따른 탄력적인 전략은 필수적이다.

이에 본 연구에서는 이러한 문제를 직시하고 도시 홍수 조절을 위한 공동주택단지 내 빗물 운영방법에 있어 집수구역 차원의 의미 설정을 새롭게 실시하고, 독일의 빗물 운영사례지 조사를 통해 토양, 경사 및 토지이용에 따른 빗물 운영기법을 추출하여 이에 따른 홍수 저감대책을 제안하고자 한다.

2. 연구 및 조사방법

본 연구의 내용적 범위 및 조사방법은 다음과 같다. 첫째, 독일 빗물 운영방법에 있어 토지 및 조경공간 이용과 홍수 저감대책을 위한 연구의 흐름 파악 및 관련된 법적 내용에 대한 조사를 통해 집수구역의 개념을 정립하고 이를 위한 빗물 운영방법을 도출하였다. 둘째, 독일 내 대표적인 빗물 운영 실험 사례지인

1) <http://www.wwf.de>. 1997년 오더강 유역 피해액 3~4억 유로, 1999년 도나우강 유역 피해액 1억 유로, 2002년 엘베강 유역 피해액 11억 유로, 2005년 도나우강 유역(독일, 스위스, 오스트리아 포함) 피해액 2억 2천만 유로.

2) 이태구 외(2002) 및 이승복(2004) 참조 및 비교.

퀴퍼스부쉬와 크론스베르크, 예펠트 주거단지 지역의 토양, 경사도, 토지 이용형태에 따른 조사 분석을 실시하였다. 마지막으로 조사된 결과 내용을 토대로 집수구역에 대한 빗물 운영관리 기법을 제시하였다.

II. 연구의 동향 및 관련법 연구

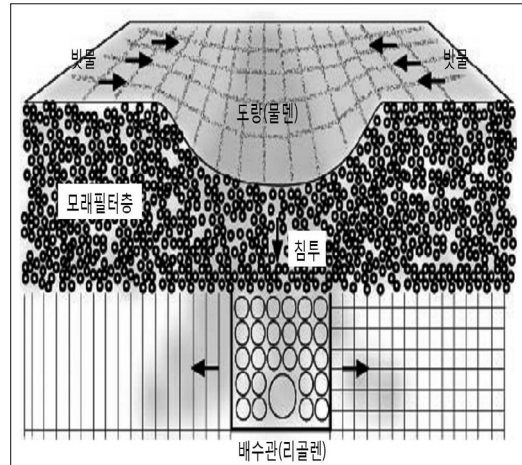
1. 독일의 빗물 관련 연구동향

독일에서는 1980년대 초반, 빗물 이용에 대한 논의가 시작되었으며, 당시의 빗물은 단순히 ‘저장’과 ‘재이용’의 개념이었다. 1980년대 후반 ‘저류’와 ‘침투’의 개념이 생태도시건설에 있어 처음으로 새로운 콘셉트로 제기되기 시작하였으며, 1990년대 초부터 이러한 내용을 골자로 분산식 빗물 저류의 개념에 대한 연구가 시작되었다. 특히 초반의 분산식 빗물 저류의 개념은 홍수 대비 및 조경공간 활용의 목적을 두고 개발한 빗물저류연못이었다. 이후 도시계획과 연계된 빗물 관리방안 연구의 주안점은 크게 두 가지로 나뉘는데, 첫째 도시계획에 있어 빗물 활용을 위한 새로운 토지공간의 창출, 둘째 분산식 빗물 활용방안 대책에 대한 도시 및 조경공간 내 잠재성의 인식이다. 이는 기존의 단독주택 내 이용 중심의 빗물 활용 측면에서 단지계획적인 측면으로 연구의 중심이 옮겨가게 하는 발판을 마련했다.

1) 빗물 관리를 위한 토지공간 연구

빗물 관리를 위한 토지공간 창출에 대한 최초의 연구는 1999년 루르지방에서 열린 국제건축박람회를 위한 것으로, 약 10년간의 연구기간 동안 이에 대한 근

그림 1 _ 물덴-리콜렌 시스템 단면도



자료: Freie und Hansestadt Hamburg, 2006.

거가 마련되었는데, Adams(1996), Geiger and Dreiseitl(1995), Londong and Nothagel(1999), 그리고 Sieker(1998)의 연구가 대표적이라고 할 수 있다.

1989년부터 진행된 이 연구에서 Geiger and Dreiseitl(1995)과 Sieker(1998)는 발전된 형태의 빗물 운영계획을 위해 단지 내에 새로운 계획안이 필요하다고 역설하였으며, 이를 위해 요구되는 공간이 이미 계획구역 내에 존재하고 있음을 밝혀냈다. Heber(1998), Kaiser(1998) 등은 빗물의 배수 및 운영 계획이 단지 계획에 있어 필수불가결한 요소임을 증명하였고, 이러한 내용을 지구상세계획에 포함시켜야 함을 주장하였다.

엠셔 지역의 경우, 면 단위 빗물침투법을 위해서는 전체의 약 5~20%의 공간을 요구하는 것으로 나타나 기존의 오픈스페이스를 효과적이고 압축적으로 사용할 수 있는 방안에 대한 문제제기를 하기에 이르렀으며,³⁾ 이에 대한 해결방안으로 빗물저류 및 침투 시설물 설치를 위한 토지요구도⁴⁾에 대한 연구가

3) 베를린시의 경우 빗물저류 및 침투 시설을 위해 20~30% 정도의 토지가 요구된다고 발표되었음(Schroeder, 1998).

4) 독일로 Flacchenbedarf라 하며, ATV-DVWK-A 138에서 자세히 설명하고 있음.

시작되었다. 토지요구도는 빗물운영기법에 따라 다양한 형태로 나타났는데, Sieker는 가장 효과적인 방법 중의 하나인 물텐-리골렌 시스템을 제안하였다.

이 장치는 지표면을 통한 담수와 침투, 강우 시 범람된 빗물을 처리하는 배수관의 이중적 구조로 되어 있는 것이 특징이다. 토지가 상대적으로 적은 토지요구도와 낮은 투수성을 지녔더라도 저류 및 침투능력을 효과적으로 발휘할 수 있는 장치로, 기존의 면단위 침투법이나 투수고랑 침투법에 비해 각각 약 20.5%, 37.5%의 낮은 토지요구도를 보인다(Herzer, 2004).

앞선 연구가 도시 재생 및 신도시 지역에 빗물 관리방법을 적용하는 것에 대한 연구였던 데 반해 기존 지역에 대한 빗물 관리 방안 역시 함께 제기되었다. Heber(1998)와 Kaiser(1998) 등은 기존 사유지에서도 침투 및 저류방법이 존재할 수 있음을 제시하였다. 빗물 관리에 대한 문제가 개인이나 공공이 아닌 종합적인 토지이용에 대한 것임을 증명하기 위해 Beneke(1996)와 Kaiser(1998)는 자신의 연구에서 잉여토지에 대한 빗물 이용의 가능성을 제시하면서 토지 소유자에 대한 문제를 해결할 수 있음을 증명하였다. 또한 Loeber(2001)는 도시 구조의 레이어 분석을 통해 지표면과 지하면의 공간 분할이 이뤄져야 하며, 빗물 관리를 위한 전반적인 도시 구조와 토지 형태 재구성이 필요하다고 역설하였다.

2) 빗물관리와 홍수방재대책 연구

앞서 기술된 빗물 관리방법의 다양화 및 광역화는 결국 도시 공간구조의 변화에 연구의 초점이 맞춰지고 이와 연계된 홍수방재대책이 함께 제기되었는데, Sieker(1998, 2004)는 오늘날 빗물 관리계획에 있어 하천과의 연계성이 결여되어 있다고 지적하였

고, Baccini and Oswald(1999)는 하천의 구조와 공간구조가 함께 연계되어 계획되어야 한다고 역설하였다. 이에 따라 독일 내 각 주(州)와 시에서는 홍수방재대책을 위한 방법으로 빗물 활용안을 제시하였다(Baden-Wuerttemberg, 1999; Schleswig-Holstein, 2007; 드레스덴 시, 2008 등). 이러한 빗물 활용을 통한 홍수방재 대책은 그 조사방법에 있어 좀 더 포괄적으로 바뀌어왔는데, 기존의 토양과 경사도 분석에 이어 토지 이용 및 조경공간, 그리고 하천과의 연계성이 추가되었으며, 이를 위한 구역 설정에 있어 집수구역을 제안하기에 이르렀다. Ertl(2007)과 Kreiter(2007), Wintrich(2009)의 논문은 이러한 연구에 대한 결과로, 시뮬레이션 툴을 만들어 집수구역 내에서의 빗물관리와 홍수방재대책의 연계의 필요성을 역설하고 있다. 그러나 아직까지 도시 내 홍수 저감대책을 위해 빗물 운영과 연계된 집수구역의 개념 정립 및 기법 제시는 미비한 상황이며, 특히 주거단지 계획에 있어 빗물 운영과 집수구역에 대한 대안적 연구가 미흡한 실정이다.

2. 관련법 연구

1) 빗물 운영과 홍수 방지

독일에서는 빗물을 하수로 규정하고, 건설되거나 포장된 지역, 공공하수 관구에 연결된 대지에 내리는 빗물에 대해 하수라 규정하여 함께 관리하도록 하고 있다. 이는 빗물을 하수에 포함시킴으로써 하수체계 전반에 빗물이 관여되어야 한다는 것을 의미하게 되었다(Dreiseitl and Geiger, 2001; Herzer, 2004). 독일연방물관리법 제18a조 2항에서는 이러한 하수 처리에 대한 의무사항을 규정하고 있으며, 세부적인 법 조항

5) 독일로 Mulden-Rigolen-System이라 하며, 번역은 이태구(2000) 논문의 용어를 사용하였음.

에 대해서는 각 지자체에서 표기하도록 권고하고 있다. 각 지자체에서는 건축물이나 포장면에서 유출된 빗물은 토지의 사용권자가 처리하도록 규정하게 되었고(이태구·한영해, 2006), 지역 내 빗물 처리를 분산식으로 하도록 의무화하였다. 실례로 바덴뷔르템베르크주 물기본법(Wassergesetzbuch)에서는 빗물에 대해, 지하수를 오염시키지 않는 한에서 유입되게 할 수 있다고 규정하고 있으며, 1999년 1월 이후에 건설되는 지역의 경우 저류시설을 필수적으로 설치하도록 규정하고 있다(제36항, 제45b조 3항).

홍수 방지를 위한 독일의 법 규정은 유럽공동체 물기본지침을 근간으로 하여 설정되었다. 여기에는 강이나 하천지역의 통합된 관리방안을 위해 홍수 대비책이 마련되어 있으며, 이는 관개용수 운영을 위해 개선이 유도되어야 한다고 명시되어 있다. 이를 통해 독일연방물관리법에서는 홍수피해 방지를 위해 하천의 확장 및 피해지역과 예상지역의 설정에 대해 규정하고 있으며(제31b, 31c, 31d항), 국토계획법(Raumordnungsgesetz)에서는 국토개발 시 가장 기초 요소로 분류하도록 되어 있다(제2조 2항). 또한 홍수피해 방지를 위한 우선 순위를 선정하여(제3조 2항) 개발하도록 하고 있다. 연방건축법(Baugesetzbuch)에서는 토지이용계획(F-Plan)과 지구상세계획(B-Plan) 시 홍수피해 방지를 위한 계획이 반드시 고려되어야 하고, 포장은 불투수성으로 계획되어야 하며, 홍수 시 방재를 위한 계획안에 능동적으로 대처하도록 제시하고 있다(제1조 6항, 제1a조 2항, 제5조 2항, 제9조 1항).

2) 집수구역에서의 빗물 운영

집수구역의 홍수 방지 및 빗물 운영을 위한 법적 장치는 독일연방물관리법에 의거 각 지자체의 물 관련 기본법에서 상세히 규정하고 있다. 예를 들어 헤센

주 물관리법의 경우 집수구역의 중요성을 인식하고 이를 법제화시켰다. 특히 3조와 5조 2항의 경우 라인강에서 베저강에 이르는 유역별 집수구역을 홍수 방지를 위한 하천 및 지표수 관리를 위해 통합하여 관리하도록 하고 있다. 또한 집수구역 내에서의 개발 시 야기될 수 있는 물순환문제에 대해 계획설정 2년 전에 완료하고 자료를 공개하도록 규정하고 있다. 이는 홍수대비와 관계되어 관리 차원의 개념뿐만 아니라 방재 측면까지 함께 규정하고 있는데, 이에 대한 내용은 니더작센(WasRORV ND), 바이에른(BayGewQV), 브란덴부르크(BbgGewEV), 라인란트-팔츠(LWBUEVO), 베를린(VwV), 브레멘(BremWG) 시 등에서 명시하고 있다. 그러나 집수구역의 법적 경계와 내용은 홍수방재 측면을 고려한 내용이 대부분으로, 하천 관리와 함께 주변 저류지에 대한 관리 사항을 그 근거로 하고 있다. 아직 빗물 운영을 위한 주거단지 내 집수구역의 법적 대책은 마련되어 있지 않다. 따라서 앞서 기술된 국토계획법 및 연방건축법, 그리고 각 주의 물관리법에 의거 집수구역의 법적 근거는 토지이용계획(F-Plan)과 지구상세계획(B-Plan) 시 개발안과 맞물려 제안되어야 하며, 지표수 관리를 위한 개념에서 출발하여 방재 측면과 연장선상에서 그 근거가 형성되어야 함을 알 수 있다.

III. 도시홍수조절을 위한 빗물운영기법 도출

본 연구에서는 도시홍수조절을 위한 빗물운영기법을 도출하기 위해 집수구역에 대한 정의를 실시하였다. 또한 사례조사를 위해 독일 내 대표적인 빗물관리 사례지인 쿠퍼스부쉬, 크론스베르크, 엔펠트 지역을 선정하였다. 쿠퍼스부쉬는 IBA 1999, 크론스베르크는 EXPO 2000, 그리고 엔펠트는 IBA 2013의 시범단지로 조성된 곳으로, 각 시기별 발전상과 콘셉트의 특성을 잘 나타내주는 것이 특징이다. 이들에 대한

빗물운영기법의 조사 및 분석은 분산식 빗물 관리계획의 검토요소⁶⁾인 토양의 성격과 단지 경사도, 토지이용 형태에 따라 실시하였다. 토양 분석은 빗물 운영을 위한 토양의 투수능력을 판단하고자 Mahabadi(2001)의 투수계수 판단 기준을 따랐으며, 경사도 분석은 각 시(市)에서 제공된 1:2000 및 1:1000 지형도를 사용하였고, 토지이용 분석은 대상지 마스터플랜에 대한 AutoCAD 프로그램 재작업을 통해 각 공간별 규모와 성격을 분별 및 분석하였다.

1. 집수구역의 개념과 빗물관리기법

1) 집수구역의 개념

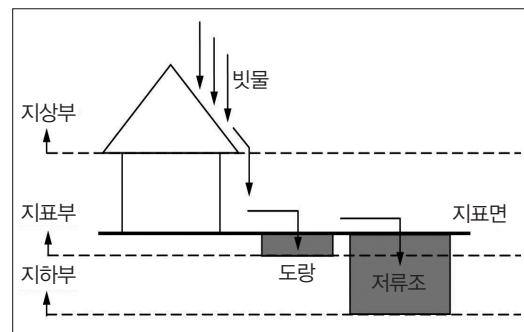
집수구역이란 사전적으로 낮은 지역을 의미하며, 강의 물이 모여서 흘러드는 주위의 지역으로 빗물이 상수원, 하천, 저수지 등으로 흘러드는 하류지역으로서 주변의 능선을 잇는 선으로 둘러싸인 구역으로 규정할 수 있다.⁷⁾ 또한 유럽에서 집수구역은 유럽공동체물기본지침(EU-Wasserrahmenrichtlinie)이 정하는바에 따라, 하천 주변으로 형성된 유역 형태의 지역으로 통합적인 관리를 필요로 하는 곳을 의미하며, 통합적으로 집수구역으로 판단한다. 독일의 경우는 유럽공동체물기본지침에 정하는 바에 의거하여 독일연방물관리법(Wasserhaushaltsgesetz)의 규정에 따라 상수원 및 지표수 관리의 내용이 포함된다. 일반적인 집수구역의 규모는 하천의 합거 형태에 따라 달라지지만 대략적으로 약 50km²의 크기를 중간 정도로 간주하며, 작은 경우 1만m²와 최소단위인 1만m²로 나뉜다(Dyck and Peschke, 1995). 그러나 기존의 집수구역의 개념은 분수계에 의해 하천을 중심으로 형성된 분

지 형태로, 대개의 경우 집수구역과 유사한 하천 관리 및 홍수방지대책을 위한 개념으로 이용되고 있다. 빗물 운영의 관점에서 볼 때, 집수구역의 영역적 개념은 비단 하천주변 지역뿐만 아니라 도심지 내에도 해당될 수 있다. 따라서 각 대상지가 가지는 지형조건 특성으로 볼 때 홍수저감대책을 위한 빗물 운영계획에 있어 집수구역이라 함은, 도시 내 형성된 분수령에 따라 동일한 등고선상에 나타나는 혼합된 분지형태의 주거, 상업 및 공업지역으로 개발된 곳으로 하천으로 흘러가기 전 거점지역으로 규정할 수 있다. 도심지 내 집수구역의 결정은 도시 내 개발로 인해 나타나는 분지형태의 지역을 선별해내므로 비교적 명확하게 구분할 수 있는 것이 특징이며, 인위적인 구역 설정이 가능하다는 장점을 지닌다.

2) 빗물 운영방법

빗물의 운영은 도시 내 물순환계획에 있어 빗물의 생태적 순환 및 이용을 위해 계획되며, 방재의 목적을 위해 하나의 저수원으로서 집수구역 내에 위치하게 된다. 이러한 빗물의 운영은 ① 배수-② 침투-③ 집수로 구성되어 있다. 집수구역 내 빗물 운영의 목적

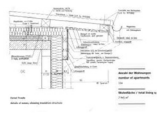

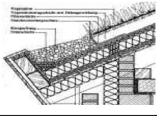

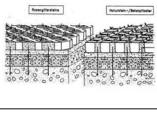

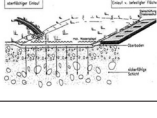
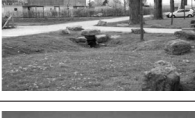
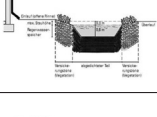
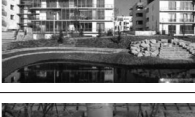
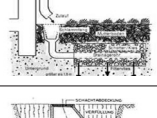

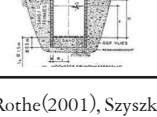

그림 2_ 위계에 따른 빗물운영기법



6) Sieker(2000), 이태구 외(2003)의 분산식 우수관리계획의 검토요소 참조.

7) 두산백과사전(유역, drainage area, 流域).

표 1 _ 위계에 따른 빗물운영기법과 사례

구분	기술 방법	기법 형태	단면도	사례 이미지
지상	빗물받이	배수		
	옥상녹화 방법			
지표	표면 침투법	집수 저류 침투		
	투수고랑 침투법			
	투수조 침투법			
지하	파이프-유공관 침투법	집수 침투		
	저류조 침투법			

자료: 이태구(2000), ATV(1997), Rothe(2001), Szyszkowitz and Kowalski(1999), 김원현(2006).

에 따라 지상, 지표, 지하부로 나눌 수 있으며 이는 <그림 2>와 같다.

빗물 운영을 위한 방법과 기법은 다양한 형태의 기술적 방법들과 혼합되어 사용되며, 사업 대상지의 토양, 경사도 및 오픈스페이스의 질 즉, 토지 이용에 따라 탄력적으로 설계하여 배치하게 된다(<표 1> 참조). 이 외에 빗물이용방식에 있어 지표부와 지하부

를 아우르는 혼합적 설치방법이 있는데, 물덴-리콜렌 시스템이 그것이다. 이는 기존의 일차원적인 빗물운영시스템에서 벗어나 이중 장치를 고안하여 개발된 것으로, 좀 더 적극적인 운영능력을 갖추었으며, 상대적으로 적은 토지 요구도에도 불구하고 저류 및 침투 능력을 효과적으로 발휘할 수 있게 고안되었다.

2. 쿼퍼스부쉬

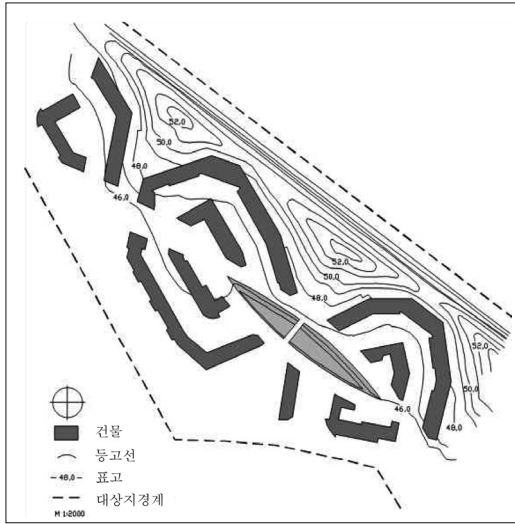
쿼퍼스부쉬 주거단지는 쾰렌키르헨시의 페더마크구에 위치해 있으며, 과거 주방기구 회사인 쿼퍼스부쉬의 공장지역을 생태주거단지로 재개발한 곳이다. IBA 1999의 표본 주거지역으로 선정되어 개발되었으며, 총 5만 8천m²⁸⁾의 부지에 2~4층 높이의 건물로 이루어져 있으며, 276개의 가구가 입주할 수 있게 설계되었다. 이 지역의 특징은 단지 중앙에 렌즈 모양으로 생성된 빗물침투시설로, 각각의 건물 옥상에서 모아진 빗물이 외부 빗물저류관을 타고 이곳으로 모이게 설계되었다.

1) 경사도

건물을 중심으로 단지의 북서쪽에서 동쪽에 구릉지가 형성되어 있으며, 이는 기존의 구릉지를 최대한 활용하여 설계한 결과다.

8) 각 문헌에서 사업면적은 대략적으로 약 7만~7만 5천m²로 제시하고 있으나 실질적으로 조사된 사업면적은 약 5만 8천m²에 해당함.

그림 3_ 쿠퍼스부쉬 경사도



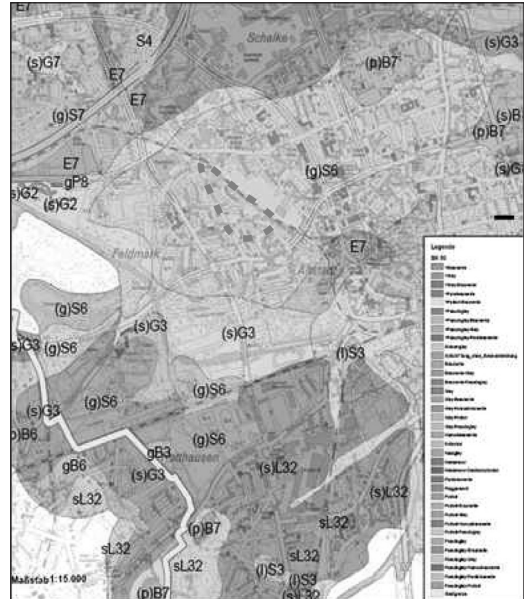
쿠퍼스부쉬 주거단지는 비교적 빗물운영에 있어 적합한 경사도를 지니는데, 북서쪽에서 북동쪽에 이르는 곳이 최고 52m이고 남서쪽에서 남동쪽이 최저 46m의 높이를 보인다. 따라서 물의 흐름이 북서쪽에서 남동쪽으로 흐르는 구조를 지니고 있다. 궁극적으로 앞서 설명한 단지 내의 커다란 렌즈 모양의 저류지가 가장 낮은 지역으로, 물의 흐름이 자연스럽게 이곳으로 흐르는 구조를 지니고 있다.

2) 토양

쿠퍼스부쉬 주거단지의 토양 특성은 사질 및 사양질로 되어 있으며, $1 \cdot 10^{-6} \sim 1 \cdot 10^{-7} \text{m/s}$ 의 투수계수를 지녀 비교적 양호한 투수능력을 보유하고 있다.

또한 단지 중앙에 설치된 렌즈 모양의 저류지는 투수계수가 좀 더 높은 사양질로 되어 있으며, 투수계수는 $5 \cdot 10^{-5} \sim 1 \cdot 10^{-4} \text{m/s}$ 를 나타내었다. 이에 따라서 쿠퍼스부쉬 주거단지의 평균적인 토양 투수능력은 약 $1 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$ 로 나타나며, 이는 단지 중앙에 저류지를 설치한 이유를 잘 설명해준다.

그림 4_ 쿠퍼스부쉬 토양도



자료: 노르트라인베스트팔렌주 지질조사국(2004).

표 2_ 쿠퍼스부쉬 토지 이용형태




토지 이용	면적(m ²)	비율(%)
건면적 (옥상녹화)	9,018 (7,342)	15.4 (12.5)
공공녹지 (중앙저류지)	17,244 (1,706)	29.5 (9.0)
조경공간	15,126	25.8
도로 및 보도	14,113	24.1
주차장	3,035	5.2
합계	58,536	100

3) 토지 이용

토지 이용 형태는 기본적으로 오픈스페이스(공공녹지)와 도로 및 보도, 주차장으로 이루어져 있고, 3개의 섬 모양으로 이루어진 건축물 주변으로 어린이 공원 및 조경공간이 확보되어 있다.

도로 및 주차장은 대부분 불투수성 포장으로 이루어져 있으며(29.3%), 그 외의 지역은 녹지 및 마사토 포장으로 이뤄져 있어 투수능력을 갖추고 있다. 또한

표 3_ 쿼퍼스부쉬 주거단지의 단계별 빗물운영기법

1단계	옥상녹화	
2단계	빗물받이 및 공중저류관	
3단계	중앙 저류침투시설	

자료: Szyszkowitz and Kowalski, 1999. pp44, 46, 48.

둘째 단계는 빗물받이 및 5m 높이의 공중저류관으로, 쿼퍼스부쉬 주거단지에 서만 볼 수 있는 빗물저류장이다. 효율적인 빗물의 이동을 위해 지붕에서 모아진 빗물을 이곳 빗물받이로 배수시키고, 이는 중앙 저류지로 이동하기 위한 거점역할을 한다.

가장 중요한 중앙 저류지는 마지막 단계로 단지 내에 내려진 빗물이 이곳에 모두 모이게 되어 있으며, 모아진 빗물은 시간의 경과에 따라 침투되거나 다음 하수관거로 이동된다. 과거 5년간의 강수량 추이를 통해 얻은 결과를 토대로 저류지 규모를 산정하였으며, 효율적인 침투효과 및 호우와 홍수 대비를 위해 0.15m 높이의 단을 두어 캐스케이드 효과를 유도하였다. 이것은 앞서 제시한 빗물운영기법에서 지상부와 지표부를 아우르는 방법으로, 비교적 단기간 내 저류효과를 갖는 빗물운영방식이라 할 수 있다.

옥상녹화가 이루어져 있어(총 옥상 면적의 약 82%) 녹지지역과 더불어 빗물 운영 측면에 일조하고 있다. 빗물저류를 위한 단지 내 렌즈 모양 저류지 면적은 1,706m²로 총 녹지 면적의 9%에 해당하며, 이를 포함한 빗물운영을 위한 총 면적은 3만 9,712m²로 총 부지 면적의 약 67.8%에 이른다.

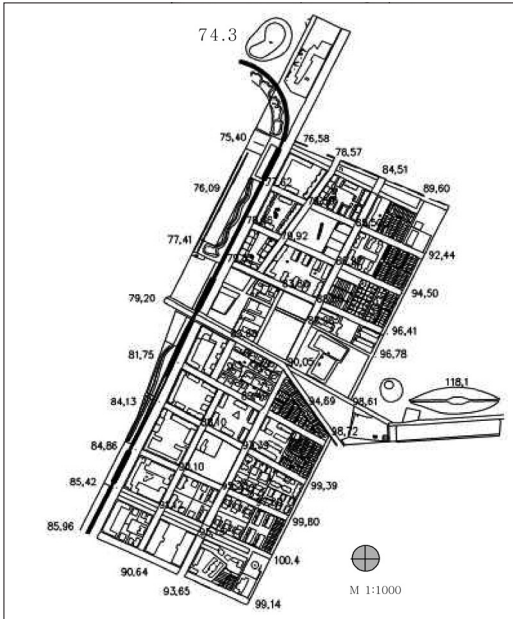
4) 빗물운영기법

쿼퍼스부쉬 주거단지의 빗물운영기법은 크게 3단계로 나눌 수 있는데, 그 첫째 단계는 옥상녹화 부분으로서 근본적으로 빗물 증발 및 배수를 통한 운영방식을 취하고 있다.

3. 크론스베르크

크론스베르크는 하노버시 근방에 건설된 단지로서, 우리말로는 단지보다는 지구(地區)에 가깝다. 이곳은 지난 2000년 하노버에서 개최된 Hannover EXPO 2000 프로그램의 구성요소로서 만들어진 곳으로, 생태마을의 콘셉트를 갖고 설계되었다. 약 6천 개의 주택과 1만 5천 명의 주민이 살 수 있게 설계되었으며, 2006년 현재 약 3천 개의 주택이 만들어진 상태다. 크론스베르크는 생태단지를 표방한 지역답게 여러 가지 친환경분야에서 계획이 이루어졌는데, 첫째, 에너지 최적화, 둘째, 빗물의 관리와 운영, 셋째, 쓰레기 관리와 운영, 넷째, 절·성토의 효과적 운영, 다

그림 5_ 크론스베르크 경사도



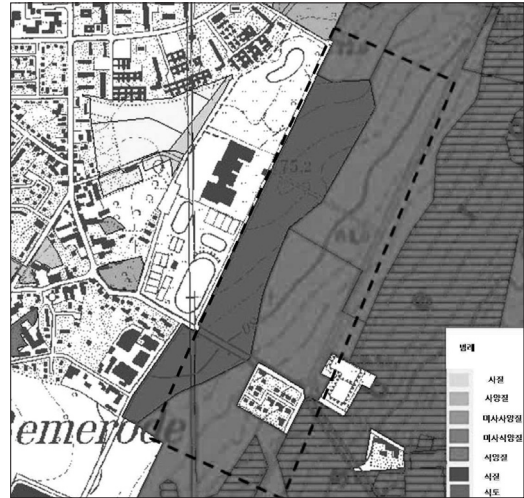
자료: 하노버시 지질 조사국(2008).

셋째, 환경 커뮤니케이션 등이다(Landeshauptstadt Hannover, 2000; 김원현, 2006). 이 중 가장 대표적으로 이슈가 된 분야는 빗물운영 분야로, 물텐-리콜렌 기법을 최초로 단지 전체에 다양한 형태로 활용하였으며, 독일에서는 드물게 과거 자연용도지역을 주거용도로 개발한 곳이다. 이곳의 물텐-리콜렌 저류 기법은 각각의 단지 내 모든 도로변에 설치되어 있으며, 양 가장자리에 중간거점지역으로서의 저류지역이 설치되어 있다.

1) 경사도

크론스베르크는 세로로 긴 모양을 하고 있으며, 지형적으로는 동고서저 및 남고북저의 형태를 띠고 있다. 단지의 총 길이는 1.23km, 폭은 467m이며,⁹⁾

그림 6_ 크론스베르크 토양도



자료: www.lbeg.niedersachsen.de.

최고 118.10m에서 최저 74.35m의 표고차를 지니고 있다. 그러나 최고 높이인 지역은 크론스베르크 지역의 개발 당시 절토된 토양을 모아 만든 경관조망지역으로, 빗물 운영과는 관계가 없어 실질적인 단지 내 가장 높은 지역은 표고 100.4m의 북측 지역이라 할 수 있다. 단지 서쪽과 동쪽 및 남쪽과 북쪽의 표고차는 각각 13.18~14.20m와 9.54~10.56m이며, 비교적 좁은 지역에서 표고차가 크다.

2) 토양

크론스베르크의 토양 특성은 식질 및 식양질로서 Mahabadi(2001)가 제시한 표에 따르면 $1 \cdot 10^{-8} \sim 1 \cdot 10^{-9} m/s$ 의 투수계수를 지니고 있다고 한다.

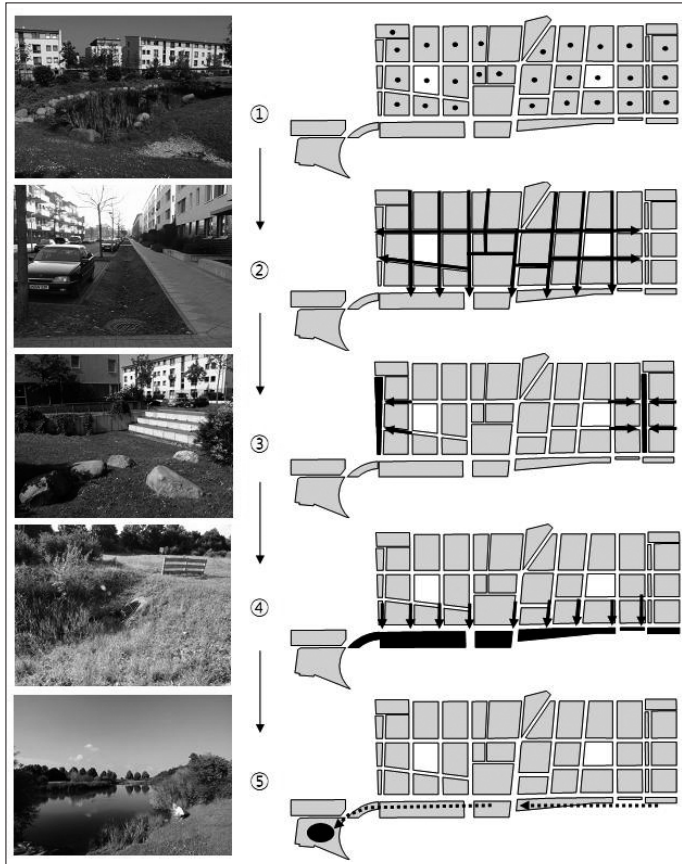
이러한 수치는 대부분의 토양에서 침투법 활용이 단점을 지니는 것으로 판단되며, 크론스베르크의 빗물활용 계획이 비단 표면 침투 및 투수구랑 침투법에 의존하고 있지 않음을 보여준다.

9) Landeshauptstadt Hannover(2000), 김원현(2006)은 크론스베르크의 규모에 대해 총 길이 6km, 폭 2km로 소개하고 있으나 이는 당시 총 계획단지에 대한 수치로 현재 규모(2008년 6월 20일 현재)와는 차이가 있음.

표 4_ 크론스베르크 토지 이용 형태

토지 이용	면적(m ²)	비율(%)
건면적(옥상녹화)	118,977(31,762)	15.2(4.1)
공공녹지	207,974	26.6
조경공간	159,502	20.4
도로 및 보도(투수성포장)	257,032(13,967)	32.9(1.8)
주차장(투수성포장)	37,828(14,368)	4.9(1.8)
합계	781,313	100

그림 7_ 크론스베르크 빗물이용기법



3) 토지 이용

토지 이용 형태를 살펴보면 쿠퍼스부쉬와 비슷하게 오픈스페이스(공공녹지)와 도로 및 보도, 주차장으로 이루어져 있으나 대부분의 차도를 제외한 도로에

서 투수성침투법이 사용되고 있으며, 건물 주변의 조경공간 내에 다양한 형태의 저류 및 투수조를 설치하였다. 또한 건축물 지붕면 녹화를 통해 빗물의 증발과 침투능력을 갖추었다.

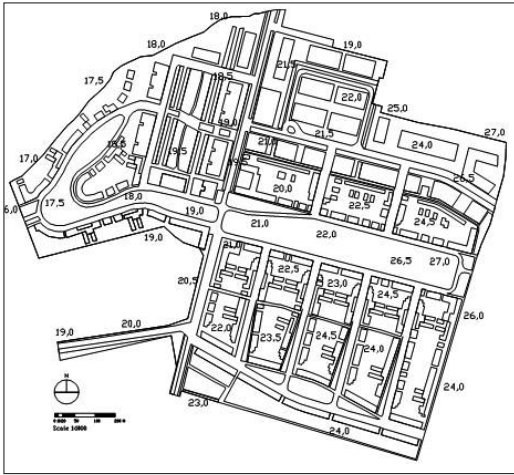
크론스베르크 주거단지 내 조성된 총 녹지 면적은 47%이며, 옥상녹화 면적은 전체 면적의 약 4.1%에 해당하는 3만 1,762m²다. 빗물 운영을 위한 토지이용 면적은 옥상녹화 부분과 녹지 지역, 각 개인의 반공공용 조경공간과 보도 및 주차장에 설치된 투수성 포장면을 통틀어서 총 42만 7,573m²로 전체 면적의 약 54.7%에 해당한다.

4) 빗물운영기법

크론스베르크의 빗물운영기법은 총 5 단계로 나뉘어져 있다. 우선적으로 옥상 및 각 건물들 사이에 조성된 투수조에 의해 빗물이 처리되고(①), 이후 각 도로변에 조성된 물덴-리콜렌 시스템에 의해 저류 및 침투되고 다음의 단계로 빗물을 이동시킨다(②). 물덴-리콜렌 시스템에는 각각의 빗물저류조가 설치되어 있어 홍수 및 위급상황 시 대처할 수 있도록 설계되었다. 크론스베르크 빗물 운영방법의 가장 큰 특징은 이러한 물덴-리콜렌 시스템이 단지 내에

그물 모양으로 분포되어 있다는 점이다. 다음으로 단지 양쪽 끝 부분에 설치된 저지면으로 빗물이 이동한다(③). 이 지역은 조경시설물과 함께 저류용 투수고랑(Hangallee라 명명)을 적용하였으며, 단지 내에 설치된 것보다 좀 더 규모가 큰 것이 특징이다.

그림 8_엔펠트 경사도



자료: BRW사(2010).

그림 9_엔펠트 토양도



자료: 함부르크시 지질조사국(2010).

단지 전체에서 모아진 빗물이나 범람으로 인해 발생하는 유출수를 이곳으로 유도하고 있으며, 이곳에서 모아진 빗물과 단지 내에서 물탱-리콜렌 시스템을 통해 얻어진 빗물은 저지대인 단지 서쪽으로 모이게 되어 있다. 또한 투수고랑침투법을 통해 강우 시 빗물의 저류 및 정체의 역할을 부여하고 있다(④). 최종적으로는 단지 북쪽 지역에 위치한 연못으로 모아진 빗물이 모두 모이게 된다(⑤). 이곳의 빗물운영기법은 투수조침투법 및 저류조침투법의 합성 형태로서 다른 기법들에 비해 비교적 운영기간에 있어 많은 시간을 요구한다(그림 7) 참조).

4. 엔펠트

엔펠트(Jenfeld)는 독일 함부르크시의 동쪽에 위치한 지역으로, 과거 군사지역으로 사용되었다. 반드스벡(Wandsbek)구에서는 최근 “성장하는 도시”를 목표로 하여 이 지역을 질적·양적 성장의 중심부로 칭하고 새로운 문화를 창출하는 생산적 주거지역으로

표 5_엔펠트 토지이용형태

토지 이용	면적(m ²)	비율(%)
건면적	166,408	21.0
공공녹지	91,215	11.5
조경공간	249,436	31.4
도로 및 보도	167,227	21.0
주차장(옥상녹화)	23,278	3.0
상업지역	96,065	12.1
합계	793,629	100

탈바꿈하는 데 초점을 두고 개발하였다. 궁극적 모토는 “엔펠트의 새로운 정주공간”으로 설정하였으며, 35ha 면적에 720세대를 목표로 건설 중이다.¹⁰⁾ 엔펠트는 가장 최근에 개발된 독일 내 빗물 운영방안을 보여주는 사례지로서(IBA2013을 목표), 특히 기존의 이용 및 환경적 측면에 치중했던 빗물운영방식에 비해 인간 친화적이면서도 친수공간을 활용한 문화적 요소를 제시한다는 개성을 지니고 있다.

10) 개발계획은 2010년부터 2013년까지로 2011년 11월 현재 공사가 진행 중이다.

1) 경사도

엔펠트는 동고서저의 형태를 띠고 있으며, 단지 중앙이 움푹 파인 형태의 경사를 보인다. 최고 높은 지역은 27m이며, 낮은 지역은 16m로서 약 11m의 경사차를 나타낸다. 따라서 빗물은 우선적으로 단지 중앙으로 흘러가는 형태이며, 단지 내 집수지역인 서쪽지역으로 모인다.

2) 토양

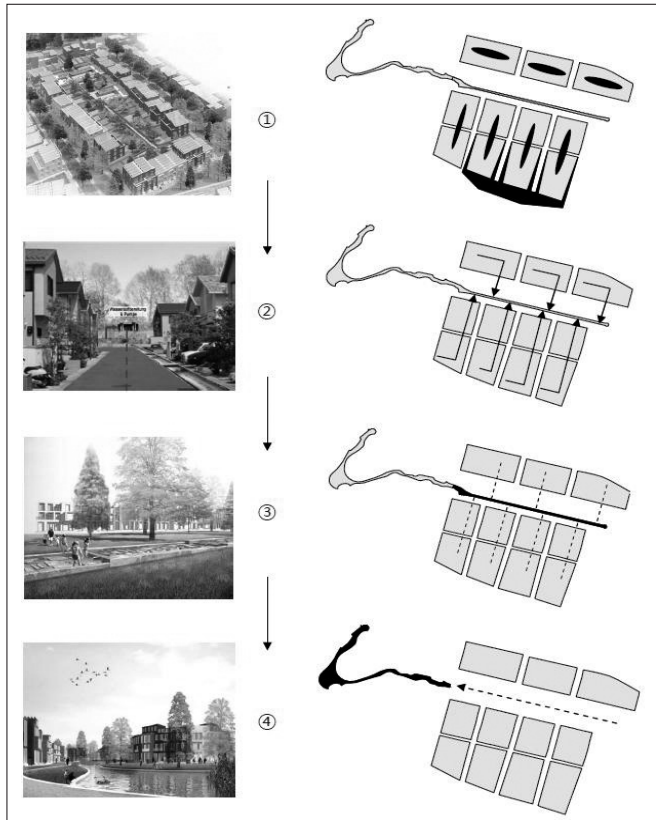
함부르크시 지질조사국에서 제공한 엔펠트 단지 내 토양특성 정보에 따르면 지역 내 토양은 대부분 사질과 식질로 이루어져 있는 것으로 조사되었다.

특히 이 중 73.6%가 사질로, $5 \cdot 10^{-5} \sim 1 \cdot 10^{-8} \text{m/s}$ 의 투수계수를 지니는 것으로 분석되었다. 이 수치는 앞서 제시된 쿠퍼스부쉬나 크론스베르크에 비해 비교적 높은 투수율로, 토양이 빗물을 침투시키는 데 있어 장점으로 작용한 것으로 분석된다.

3) 토지 이용

토지 이용 형태를 보면 공공녹지와 도로 및 보도, 주차장으로 이루어져 있으며, 총 녹지가 42.9%로 침투 가능 면적이 비교적 낮은 축에 속한다. 도로 및 보도의 면적이 높은 편으로 이에 대한 투수화 전략은 구상되어 있지 않아 비교적 표면 유출수의 속도가 빠를 것으로 조사되었다.

그림 10_엔펠트 빗물이용기법



4) 빗물운영기법

엔펠트의 빗물운영기법은 1차적으로 각 단지에서 시작된다. 약 10~12개 동으로 이루어진 주택은 □자 형태이며, 여기에 중정형태의 녹지와 빗물저류공간이 조성되어 있다. 단지 외곽으로도 집수와 조경 공간을 접목한 곳이 설계되어 있으며, 각 가정에서 바로 녹지와 수공간을 함께 즐길 수 있도록 유도하고 있다. 이렇게 처리된 빗물은 단지 내 도로 가장자리에 선형으로 이루어진 수로를 통해 단지 중앙에 설치된 캐스케이드로 이동된다.

과거의 빗물저류방식과는 상이한 이 수로의 역할은 캐스케이드의 높은 담수능력을 제공하는 데 있다. 궁극적으로는 친수공간으로서의 활용을 위해 조성되었으며, 단지 내 집수구역인 서측 연못으로 빗물을 운반하도록 설계되어 있다. 최종

표 6_ 사례지 비교 분석

구분		퀴퍼스부쉬	크론스베르크		엔펠트		
준공시기		1999년	2000년		2013년		
토양 투수성		사질 및 사양질	식질 및 식양질		사질 및 식질		
경사도(표고차)		6m	9.54~14.20m		11m		
토지 이용	침투 가능 면적	39,172m ² (67.8%)	427,573m ² (54.7%)		363,929m ² (45.9%)		
	조경 및 녹지지역	32,370m ² (55.3%)	367,476m ² (47.0%)		340,651m ² (42.9%)		
빗물운영기법		지상	옥상녹화	지상지표	옥상녹화 및 투수조침투	지상	옥상녹화
			빗물받이 및 공중 저류관	지표지하	물텐-리골렌 + 빗물저류조	지표	도랑 캐스케이드
		지표	중앙 저류침투	지표	투수고랑 물텐-리골렌(2차)		
					지표	저류용 투수고랑	
				지표	투수조침투법		
빗물운영 특징		1차원적 빗물 이동 및 저류	단지 내 전방위적 빗물 저류 및 침투		녹지의 활용과 어메니티 공간 창출		
홍수방지방법		저지대를 침투지역으로 활용	저지대로의 이동시간 및 빗물량 감축		단지 내 호수의 활용으로 방재 효과		

적으로 빗물이 모아지는 곳은 Kuenbachteich라 불리는 연못으로, 기본적인 수공간의 활용에 더해 담수된 빗물을 캐스케이드로 다시 끌어올려 순환시키는 시스템을 갖추고 있다. 이 캐스케이드와 연못의 연계는 엔펠트 빗물운영방법에 있어 가장 특징적인 콘셉트로, 궁극적인 친수공간의 활용에 더해 빗물의 위생적인 활용과 증발, 각 가정에서의 빗물 이용 등의 2차적 효과를 가지는 특징이 있다.

5. 분석의 종합 및 소결

퀴퍼스부쉬 주거단지와 크론스베르크는 토양의 투수능력 및 경사도에 있어 큰 차이점을 보인다. 빗물 침투법에 있어 상대적으로 퀴퍼스부쉬가 이점을 지니고 있는 것으로 조사되었으며, 상대적으로 양호한 토양의 투수성 및 높은 녹지율(55.3%)을 통해 총면적의 67.8%(39,172m²)에 이르는 비교적 넓은 공간을 표면침투기법으로 운영할 수 있었다.

크론스베르크의 경우 낮은 토양투수성을 지니고

있으며, 급한 경사로 인해 빗물이 고지대에서 저지대로 운반되는 중간 중간에 다단계의 빗물운영기법을 도입하여 이를 하나의 저류거점으로 활용하도록 하였다. 또한 상대적으로 낮은 녹지율(47.0%)과 침투 가능면적(54.7%)으로 인해 전 도로에 걸친 물텐-리골렌 시스템과 침투조와 저류조를 적절히 조합시켜 설치함으로써 이를 극복하고자 하였다. 이는 일차적으로 토양 및 지형적 특성으로 인한 빠른 유속을 효과적으로 억제하고, 이후의 단계에서 비교적 긴 시간을 할애해서 침투 및 증발할 수 있도록 유도하였음을 의미한다. 엔펠트의 경우 빗물의 적극적인 활용을 통해 친수공간을 설정하고 이를 단지 내 사회·문화적 공간으로 탈바꿈시키도록 유도한다는 특징이 있다. 주목할 만한 것은 단지 중앙에 설치된 캐스케이드로, 단지 내 경사면을 적절히 활용하여 각 개인주택으로부터 시작된 저류를 위한 수로가 하나의 합거점을 가지면서도 미적·생태적 유익성을 꾀하고 있음을 알 수 있었다. 또한 연못의 활용은 빗물이 더 이상 이용적 측면에 국한되지 않음을 보여주며, 상대적으로 높

은 저류량을 지닐 수 있어 유사시 적절한 대응으로도 활용할 수 있도록 설계되었음을 확인할 수 있었다.

또한 빗물 운영의 시간적 개념에 있어 쿠퍼스부쉬의 경우 비교적 빠른 시간 내에 빗물이 저류지로 이동할 수 있도록 설계되어 있었으며, 중앙 저류지에서 하수관거로의 배수 및 침투, 증발 등이 시간의 경과에 따라 이루어지도록 계획되어 있었다. 이에 반해 크론스베르크의 경우, 각 도로변 및 단지 내 다양한 조정공간에 투수저류조를 설치하여 단기적이고 1차적인 집수능력을 갖추고 있었다. 물덴-리골렌 시스템의 그물형 설치와 단지 양 가장자리에 물덴-리골렌 시스템의 2차 형태인 투수고랑을 배치하여 장시간 각 빗물 운영 기법들 간의 이동을 유도하였으며, 불량한 투수능력을 이를 통해 극복하고자 하였다. 옌펠트의 경우 맹암거 형태의 집수 구조를 지니고 있어 각 가정 및 중앙 저류지(연못)에서 침투 및 저류가 될 수 있도록 유도했음을 알 수 있었다.

IV. 결론

현재 빗물의 운영방법은 지하수 고갈에 대한 대책, 도시 생태성 회복 및 친환경적 홍수 방지를 위해 필수적으로 제기되고 있다. 특히 홍수 방지를 위한 대책 가운데 빗물운영기법의 통합적인 연계성이 도시 내에 필요하며, 공간적 범위 설정과 강수량 추이에 따른 탄력적인 전략이 요구되고 있다고 할 수 있다. 독일의 경우 이러한 빗물 관련 연구가 점차 지역 내 공간에 대한 의미를 새롭게 해석하는 데 초점을 맞추고 있으며, 주거단지 내 오픈스페이스의 활용성을 높이는 데 주력하고 있음이 조사되었다. 특히 도시홍수저감대책을 위해 단지 내 집수구역에 대한 연구가 본격적으로 시작되고 있음을 알 수 있었다. 이에 본 연구에서는 능동적인 도시홍수저감대책을 꾀하기 위해 주거단지 내 집수구역을 새롭게 정의

하고, 최적화된 빗물운영기법 도출을 위해 사례지 조사를 실시하였다.

조사 결과 독일의 대표적인 실험적 빗물 운영사례 대상지의 발전적 형태는 1차원적 빗물 이동 및 저류에서 단지 내 전방위적 빗물 저류 및 침투, 그리고 궁극적으로 녹지의 활용과 어메니티 공간 창출에 있음을 알 수 있었다. 집수구역에서의 홍수 방지전략은 저지대를 침투지역으로 활용, 저지대로의 이동시간 및 빗물량 감축, 단지 내 저류지(호수)의 활용을 통한 전략이 방재 효과로 이어지고 있는 것으로 조사되었다.

따라서 궁극적인 도시홍수조절을 위한 집수지역의 역할 증대(저수능력 및 저류능력)와 지형을 고려한 최적화된 형태의 전략 수립이 통합적으로 이뤄져야 할 것으로 전망된다.

향후 연구에서는 우리나라 대상지를 중심으로 한 비교 분석을 통해 실질적인 국내 환경을 고려한 빗물 운영관리방법이 제시되어야 하며, 대상지의 다양한 성격과 현황에 따라 적절한 결과 도출이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김갑수. 2006. 서울시 물순환 기본계획연구. 서울 : 서울시정개발연구원.
- 김갑수 외. 2004. “도시지역 물이용 및 홍수재해 저감을 위한 빗물저류방안에 대한 연구”. 서울도시연구 제5권 제4호, pp74-91.
- 김원현. 2006. “독일의 생태단지 크론스베르크의 빗물활용계획”. 조경생태시공 제19권 3월호. 경기 : 환경과 조경.
- 김현수 외. 2006. “빗물관리 최적화 모형을 이용한 주거단지 외부공간 설계사례 연구”. 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 제6권, pp163-168.
- 이승복. 2004. “독일의 환경친화적 빗물이용 현황”. 국토 제276호, pp96-101.
- 이태구. 2000. “주거단지의 친환경적 우수처리 실태에 관한 연

- 구”. 한국주거학회지 제11권 제2호, pp117-127.
- 이태구 외. 2002. “친환경적 우수관리를 위한 지구단위계획에 의 적용방안 연구”. 국토계획 제37권 제2호, pp105-116.
- 이태구 · 한영해. 2003. “분산식 우수관리의 개념과 국내에서의 적용방안”. 국토계획 제38권 제5호, pp271-282.
- _____. 2006. “한국과 독일의 분산식 빗물관리를 위한 제도 비교 연구”. 한국조경학회지 제34권 제4호, pp84-95.
- 한영해. 2005. “도시주거지역에서의 분산식 빗물관리 계획모형 개발”. 서울대학교 박사학위논문.
- 현경학 외. 2004. “공동주택단지 내 빗물저류침투시설 적용사례분석”. 주택도시 제83호, pp144-153.
- ATV-Regelwerk. 2002. Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. *ATV-DVWK-A* vol. 138, April, Hennef : DWA.
- Adams, Rainer. 1996. *Dezentrale Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Siedlungsgebieten*. Schriftenreihe fuer Stadtentwaesserung und Gewaesserschutz, Hannover : SuG-Verl,-Ges
- Baccini, Peter. and Oswald, Franz(Hrsg.). 1999. *Netzstadt-transdisziplinaere Methoden zum Umbau urbaner Systeme*. Zuerich : Birkhaeuser Architecture.
- Baden-Wuerttemberg. 1999. *Arbeitshilfen fuer den Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten*. Landesanstalt fuer Umweltschutz Baden-Wuerttemberg (LfU). Baden-Wuerttemberg : Download (pdf) in Internet der LfU (www.lfu.baden-wuerttemberg.de).
- Beneke, Gudrun. 1996. *Akzeptanz einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in der Wohnbevoelkerung*. Schriftenreihe der Kommunalen Umwelt-Aktion N U.A.N., Heft 29/1996, Hannover : Deutsches Institut fuer Urbanistik(Difu).
- _____. 2003. *Regenwasser in Stadt und Landschaft-Vom Stueckwerk zur Raumentwicklung Plaedyer fuer eine Umorientierung*. Dissertation Hannover : Eugen Schwendowius GmbH & Co KG.
- Dyck, Siegfried. and Peschke, Gerd. 1995. *Grundlagen der Hydrologie*. 3. Auflage. Berlin : Verlag fuer Bauwesen.
- Ertl, Christoph. 2007. *Analyse eines urbanen Gewaessereinzugsgebietes als Planungsgrundlage nachhaltiger Wasserbewirtschaftung am Beispiel der Wuible im Raum Berlin*. Dissertation, Humbolt - Universitaet zu Berlin, Berlin : Selbstverlag.
- Freie und Hansestadt Hamburg. 2006. *Dezentrale naturnabe Regenwasserbewirtschaftung in Hamburg*. Broschuere, Freie und Hansestadt Hamburg Behoerde fuer Stadtentwicklung und Umwelt : Werbeagentur Elke Reiser GmbH.
- Geiger, Wolfgang. and Dreiseitl, Herbert. 1995 · 2001. *Neue Wege fuer das Regenwasser-Handbuch zum Rueckhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten*, 1st and 2nd ed, Muenchen : Oldenbourg Verlag GmbH.
- Gueldenberg, Peter. 1998. *Regenwasserbewirtschaftung statt Regenwasserbeseitigung*. Nuertingen. Hochschule fuer Wirtschaft und Umwelt Nuertingen - Geislingen : GRIN Verlag.
- Heber, Bernd. 1998. *Auswirkungen der naturnaben Regenwasserbewirtschaftung auf die Stadtplanung*, ed. Sieker, Friedhelm, Reihe Stadtoekologie Band 1, Berlin : Analytica Verlagsgesellschaft.
- Herzer, Patrick. 2004. *Einflusse einer naturnaben Regenwasserbewirtschaftung auf den Staedebau*. Diplomarbeit, Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag.
- Kaiser, Mathias. 1998. *Oekologischer Stadumbau-planerische Moeglichkeiten und Perspektiven einer naturnaben Gestaltung des Wasserkreislaufes*, ed. Sieker, Friedhelm, Reihe Stadtoekologie Band 1, Berlin : Analytica Verlagsgesellschaft.
- Kreiter, Thomas. 2007. “Dezentrale und naturnabe Retentionsmassnahmen als Beitrag zum Hochwasserschutz in mesokaligen Einzugsgebieten der Mittelgebirge.” Dissertation, Universitaet Trier.
- Landeshauptstadt Dresden. 2008. Hochwasserschutz Dresden. Dresden : FRIEBEL Werbeagentur und Verlag GmbH.
- Landeshauptstadt Hannover. 2000. *Modell Kronsberg-Nachhaltiges Bauen fuer die Zukunft*. Hannover : Landeshauptstadt Hannover
- Loeber, Torsten. 2001. *Beitrag zu einer staedtebaulich neuorientierten Regenwasserbehandlung in Wohnsiedlungen*. Berlin : Lehmanns.
- Londong, Dieter. and Nothnagel, Annette(Hrsg.). 1999. *Bauen mit dem Regenwasser-Aus der Praxis von Projekten*. Muenchen : Oldenbourg Wissensch.Vlg.
- Mahabadi, Mehdi. 2001. *Regenwasserversickerung - Planungsgrundsätze und Bauweisen*. Mit einem Beitr. von Ine's Maria Rohlfing, Braunschweig : Thalacker Medien.
- Pietsch, Juergen. and Kim, Won-Hyun. 2010. “Open space Development Strategies for Decentralized Storm Water Management in Urban Areas Case Study Seoul

- Korea". 9th Symposium of the International Urban Planning and Environment Association (UPE9), Gwangzhou.
- Schleswig-Holstein. 2007. *Binnenhochwasserschutz und Hochwasserrückhalt Schleswig-Holstein*. Ministerium Landwirtschaft, Umwelt und laendliche Raeume Schleswig-Holstein : Hansadruk Kiel.
- Schroeder, Thies. 1998. "Berliner Wasser - alles klar?". *Garten und Landschaft* Nr.1, p26. Muenchen : Georg D.W. Call-vey GmbH & Co. KG.
- Sieker, Friedhelm(Hrsg.). 1998. *Naturnabe Regenwasserbewirtschaftung - Beitrage zu eine nachhaltigen Stadtentwicklung*. Band 1. Berlin : Analytica Verlagsgesellschaft.
- Sieker, Friedhelm. 2000. "Geographical information systems used as a planning tool for on-site stormwater management measures". Flood issues in contemporary water management. *Environmental Security* Vol. 71. S.311-321 : Springer
- _____. 2004. *Regen(ab)wasserbehandlung und -bewirtschaftung unter Beruecksichtigung der Anforderungen nach § 7a WHG und einer moeglichst ortsnahe Versickerung*. Berlin : Umweltbundesamt.
- Sieker, Heiko. 2005. "Regenwasserrueckhaltung und Versickerung". *Fachtagung dezentralen Regenwasserbewirtschaftung - Technischer Stand und Ausblick*. Esch-sur-Alzette
- Szyszkowitz. and Kowalski. 1999. *Raenue und Freiraenue* : IBA Emscher Park - Wohnsiedlung Kuepperbuschgelaende Gelsenkirchen. Hrsg.: Haus der Architektur Graz; Haus der Architektur.
- Wintrich, Sandra. 2009. *Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten als Beitrag zum Hochwasserschutz - Untersuchungen zur Effizienz eines Retentionsystems*. Dissertation. Universitaet Trier, Trier : Selbstverlag

-
- 논문 접수일: 2012. 4. 13
 - 심사 시작일: 2012. 5. 3
 - 심사 완료일: 2012. 5. 31

A Study on the Rainwater Management for the Urban Flood Protection in Urban Housing Complexes: based on the Case Studies in Germany

Keywords: Rainwater Management, Urban Flood Protection, Catchment Area, Kueppersbusch, Kronsberg, Jenfeld

The purpose of this study is to suggest an urban flood protection in urban housing complexes through the Rainwater Management in Catchment area with the notion and training case studies of Germany. Also this study identified the factors determining the information of natural space from the previous studies and analyzed the research of each cases after the time work. The main consideration for rainwater management is suggested by using in the catchment area. They are needed the analysis of soil, slope and land use in residents for the purpose of time to delay.

As a results of this study shows, that the space of amenity area important in Catchment area with rainwater management and the purpose of urban flood protection need the information of ground and slope in dealing with each using of surfaces in residents is. The analysis showed, that the Catchment area a key area is with the informations of urban resources.

도시홍수조절을 위한 공동주택단지 내 빗물운영기법 도출: 독일사례를 중심으로

주제어: 빗물운영기법, 홍수저감대책, 집수지역, 쿠퍼스부쉬, 크론스베르크, 옌펠트

본 연구의 목적은 기존의 빗물운영 측면에 더하여 도시 내 집수구역의 의미 설정을 새롭게 실시하고, 이를 통해 저지대 관리 및 운영 방법에 대한 빗물운영기법 도출을 실시하여 궁극적으로 도시홍수조절을 유도할 수 있는 방안을 모색하는 데 있다. 이를 위해 기존 문헌 및 관련 연구 흐름을 파악하였으며, 특히 집수지역과 빗물 운영의 상관관계를 조명하였다. 도시홍수조절을 위한 빗물운영기법 추출을 위해 독일 내 빗물 운영 사례지역 중 각 시대별 빗물운영기법의 특성을 잘 보여줄 수 있는 곳을 선정하여 토양, 경사도, 토지 이용 및 빗물운영기법을 조사·분석하였다.

조사 결과 사례지별 발전적 형태는 1차원적 빗물이동 및 저류에서 단지 내 전방위적 빗물 저류 및 침투, 그리고 궁극적으로 녹지의 활용과 어메니티 공간 창출에 있음을 알 수 있었으며, 집수구역에서의 홍수 방지전략은 저지대를 침투지역으로 활용, 저지대로의 이동시간 및 빗물량 감축, 그리고 단지 내 저류지(호수)의 활용을 통한 전략이 방재 효과로 이어지는 것으로 조사되었다. 이에 집수지역에 대한 역할 증대(저수능력 및 저류능력)와 지형을 고려한 최적화된 형태의 전략 수립이 통합적으로 이뤄져야 할 것으로 전망된다.