

친환경적 단지조성을 위한 국내외 우수이용사례 및 적용방안에 관한 연구

A Study on Rainwater Utilization for Environmental Friendly Housing Complex Plan in Korea and Foreign Country

조경민* · 이태구**

Cho, Kyung-Min · Lee, Tae-Goo

Abstract

The purpose of this study is to establish the rainwater Utilization for the housing complex through the using rainwater, infiltration and detention. This study focused on the following items. 1) Legal basic conditions for the rainwater utilization in Germany 2) Case study on the rainwater management with examples. As the results of this study, it is necessary to implement these rainwater management system in laws, legal norms and technical regulation.

키워드 : 주거단지, 통합적 우수관리, 우수이용, 저류, 침투, 친환경

Keywords : Housing complex, the integrated rainwater management, rainwater use, infiltration, detention, environmentally friendly

1. 서론

오늘날 현대사회에서는 인구의 도시집중과 도시의 확장으로 인해 자연환경이 파괴되고 있으며 이에 따른 환경문제가 대두되고 있는 실정이다. 이러한 환경문제로 인하여 21세기 화두인 “친환경” 및 “지속 가능한 환경”은 우리사회 전반에 걸쳐 다양한 양상으로 나타나고 있으며 이는 건축 및 도시·토목·조경분야에서도 그 영향을 크게 받고 있다. 현재 각처에서 진행되는 개발로 인해 도시지역의 높은 건축 밀도와 토지이용의 급격한 전환이 자연적인 물의 순환을 여러 측면서 파괴하고 있다. 그러나 최근 들어 우수를 집중식이 아닌 그 지역에 내린 우수는 그

지역내에서 해결하기 위하여 소단위 시설로 분산, 우수의 이용·저류·침투를 목적으로 하는 친환경적 우수 관리에 대한 관심이 증가하고있으며 구체적인 실천 방안이 제시되고 있다.

이미 구미 선진국에서는 도시기반시설계획으로서 하수 처리뿐만 아니라 우수에 대한 처리까지 기본적으로 실시하고 있으며, 특히 독일 및 일본 등에서는 최근 10년 전부터 우수에 대한 친환경적 활용 과 관리를 위한 계획 및 기술개발, 제도 등을 마련하고 있다. 이같은 차원에서 본 연구에서는 외국의 주거건물에서 보여지는 우수관리 시스템과 최근의 친환경적인 활용 및 자연침투를 유도하는 시스템에 대하여 고찰하고 우리나라에서의 우수활용 가능성과 처리방안에 관련하여 보다 친환경적이고 경제적인 방향을 모색하고자 한다.

본 연구의 내용은 첫째, 우수관리와 친환경적

* 세명대학교 건축공학과 석사과정

** 정희원, 세명대학교 건축공학과 교수, 공학박사

단지조성의 연계성을 확립하는 내용으로 건축계획 및 단지 계획에서의 생태적 적용을 위한 것이고 둘째로 외국의 사례연구로서 독일의 건축물에서의 우수관리체계를 파악하여 적용 가능한 요소를 도출하는 것이며, 셋째로 우리나라의 사례를 분석하여 우수이용방안을 제안하도록 한다.

2. 본 론

2.1. 우수 이용과 친환경 단지조성

앞으로 우수관리의 목표는 생태적이고 지속가능한 물관리에 중점을 두어야 하며, 우수이용의 개념도 기존의 우수배수 체계에 대한 대안으로서 해석 가능하다. 우수이용과 더불어 우수침투·저류시설, 옥상녹화, 도시지역의 투수면 확보 등이 긴밀한 연계를 취할 때 더욱더 환경적으로 지속가능하고 쾌적한 단지 조성이 이루어질 수 있다. 따라서 친환경적 단지 조성과 관련하여 우수관리에 있어서도 우선 우수의 오염정도에 따라 이에 대한 전처리 여부를 결정하여야 한다. 즉 오염도가 적은 경우에는 바로 지하로 침투시킴으로서 토양의 수분을 증가시킬 수 있으나 오염의 정도가 심한 경우에는 이에 대한 전처리가 필요하게 된다. 이때 전처리가 가능하지 않을 정도로 오염의 정도가 심한 경우에는 바로 지역 외 정화시설로 방류함으로써 토양 오염을 예방하여야 한다.

이렇듯 친환경적인 우수관리는 가능한한 유출이 발생하는 지역에서 가장 가깝게, 즉 개별대지나 도로주변에서 처리하는 것을 기본으로 하고 있다. 따라서 이 방법은 일반적으로 우수저장조를 통해 많은 양의 우수가 일시에 저장되는 기능을 갖고 있으며 또한 저장조에서 넘치게 되는 우수는 침투시설과 연계시킴으로서 관거망을 통해 흘러보내는 것보다 더 많은 양의 우수를 생태적으로 관리할 수 있다. 뿐만 아니라 하천도 먼지나 오염물질로 인해 발생하는 결정적인 위험에서 벗어날 수 있는 방안이다. 한편 포장면에서부터 유출되는 우수, 특히 통행량이 많은 지역에서 유출되는 우수를 곧바로 침투하기에는 잠재적으로 너무 오염되어 있다. 그러나 실험에

의하면 (Grotehusmann, 1995) 유출되는 빗물이 녹지 표면의 토양층을 몇 센티미터 통과하여 지하나 지하수로 침투되면 유출되는 우수의 질은 상당히 정화된 것으로 밝혀졌다.

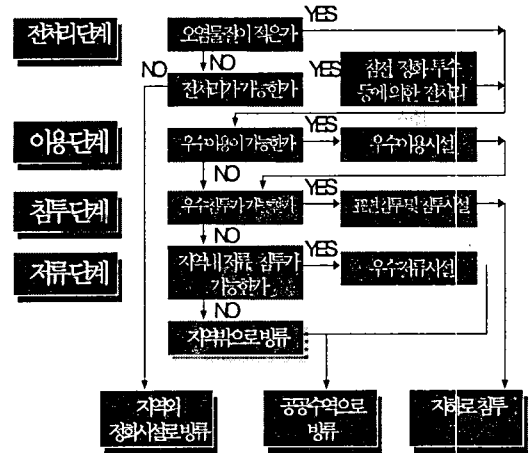


그림 1. 통합적 우수관리 개념

결론적으로 침투는 반드시 토양표면을 거쳐 일어나도록 해야 하며, 기존에 지표면 토양 침투과정 없이 바로 지하부의 침투관이나 파이프를 통해 침투되는 기술은 일반적으로 수용하기 어렵다. 그러므로 “친환경적 우수관리”의 기본 개념은 우수의 전처리, 우수이용, 침투 및 침투관에 의한 배수, 분산식 저류 이와 같은 네가지 구성요소를 갖추게 된다.

2.2. 독일의 우수이용 사례

1) 에코하우스 프랑크푸르트(Oekohaus Frankfurt/Main)

1990~1992년에 프랑크푸르트 베스트반호프 (Frankfurt westbahnhof)역사 옆에 약 2000m² 지

에 세워진 에코하우스(oekohaus arche)는 건물의 대부분을 우수관련 전문업체, 생태관련 출판사, 여성단체 등이 입주하였다.

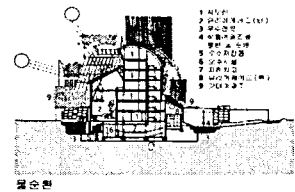


그림 2. 물순환 체계

건물의 남쪽면에 유리아케이드는 건물 각 공간을 연결하는 역할을 하고 사무공간의 실내기후를 쾌적하게 유지 하는데에 도움을 주고 있고 캐스케이드 등이 설치되어 실내 습도를 높여주며, 아케이드는 사무공간의 온도 상승을 제어하는 역할을 하고 있다. 한편, 옥상녹화부분과 연못은 우수를 저류하는 역할을 하며 지붕과 테라스바닥부분의 약 50%정도는 잔디와 관목, 교목으로 식재되어 있다. 건물 북측에 설치된 연못과 우수저류용 수조는 서로 연결되어 연못의 수위를 일정하게 유지시켜주며, 건물 남측에 위치한 연못의 물이 넘칠 경우 북측의 수조로 흘러들도록 하여 수위조절이 되도록 하고 있다. 우수저류용수조의 물은 건물전체의 화장실 세척용으로 사용하고 있으며 화장실세척용수의 5분의 1(년간 2000m³)정도는 이 수조의 우수로 활용하고 있다. 수조의 우수는 지붕 녹화한 부분에 관개수로도 사용하며 부족한 양은 도시 상수도로 공급하고 있다.

2) 포츠다머 플라츠-다임러 벤츠사옥

포츠다머 플라츠내의 도시수공간 프로젝트는 최근 도시건설에서 주요한 생태적 테마로 부상하는 우수를 주요요소로 고려하였다. 또한 인간과 물과의 친밀한 관계성을 생태적이며 심미적으로 접근하였다. 단지개발의 기본 개념으로 우수를 그 지역 내에서 소화해 내려는 일환으로 통합적인 우수관리 차원에서 포츠다머 플라츠에서는 다양한 우수이용 조치들이 적용되었다. 다임러벤츠 사옥이 위치한 곳에 조성된 수공간은 총 1.2ha로서 전체체적이 약 12,000m³이며 길이는 약 1.7km로 지붕녹화, 우수저장 탱크와 재이용, 저류 등을 통해 자원으로서의 우수를 도시공간에 친환경적으로 형상화하였다. 우선 총지붕면적 50,000m²에 약 17,000m³이 녹화되어 지붕녹화를 통해 우



그림 3. 포츠다머 플라츠 전경

수의 약 80%까지를 저류할 수 있게 조성하였다. 이렇게 모아진 우수는 외부공간에 조성된 수공간과 조경용수, 화장실용수로 재이용되며 그 양은 년평균 약 7,700m³가 된다. 한편, 강우량이 많을 경우 인근지역의 관거로 유입되는 우수의 유출속도를 늦추기 위하여 약 900m³크기의 저장조를 따로 설치하였다.

3) 국제문화센터 우파파브릭, 베를린(ufafabrik, Berlin)

1979년 베를린 남부에 위치한 우파-필름 생산공장UFA-Film Kopierwerke를 철거계획이 있기 바로

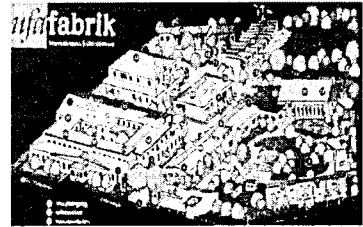


그림 4. 우파-파브릭 전체 조감도

직전에 수십년간 전 유럽적으로 유래가 없는 “국제 문화센터 우파파브릭 베를린(Internationale Kulturzentrum ufaFabrik Berlin)” 프로젝트를 실시하여 지난 24년간 새롭고 특별한 아이디어로 생태적으로 건강하고 가족적이며 이웃간의 커뮤니티활성을 위한 새로운 컨셉을 계획에 적용하였다.

그 생태적인 계획개념에서 우수와 관련하여 이 지역에 적용된 사항으로 이전에는 상수도로 충당하던 화장실용수와 조경용수를 우수를 이용하도록 하였고 90년대초반 부터는 8000m³규모의 지붕면과 아스팔트도로, 주차장으로부터 차지되는 우수를 관거를 통해 과거 필름제작에 사용했던 저장조에 집수하도록하였다. 상수관은 제거하고 물의 증발과 침투를 막기 위해 벽을 설치하여 밀폐시켰다. 1997년과 98년 잡용수 용도로 빗물저장조에 새롭게 덮개를 설치하였다. 이 시설에는 년평균 강우량이 500mm일 경우 전체 집수면적 8000m²에서 연간 총 4000m³를 집수하게 된다.

이는 우파파브릭에서 잡용수 목적으로 사용되는 물의 양을 충분히 소화할 수 있는 양이다.

표 1. 국외 사례대상지의 개요 및 특성

구분	Oekohaus arche, Frankfurt/	Potsdamer Platz, Berlin Mitte	Ufa-Fabrik, Berlin
사업유형	생태건축	생태적 도시업무지구 조성	베를린환경육성프로그램에문화단지
건물용도	64층업무용 건물	고층의업무·상업용 건물	문화센터
우수관리 유형	이용(화장실,조경용수), 저류	이용, 저류	이용(화장실,조경용수), 저류
집수면 및 면적	지붕면(옥상녹화)	지붕면(48,500㎡)	지붕면(8,000㎡), 도로, 주차장
주요시설	옥상녹화, 우수연못, 케스케이드, 식물여과조	옥상녹화, 우수를 이용한 외부수공간 조성	옥상녹화, 우수저장조, 식물을 이용한 우수정화시설
우수의 흐름	지붕→차마흡동→식물여과조→저류연못,저장탱크	지붕→저장조→각 건물내 용도, 저류연못	지붕→침전조→저장조→식물정화연못→제2저장조→각 건물내 용도
우수 활용율	년간 2000㎡를 화장실 용수로 사용	년간 7,700㎡를 사용	년간 3000-4000㎡를 화장실과 조경용수로 사용
비고	건물내부에 우수를 이용한 케스케이드 설치로 사무실의 미기후 조절	수공간 면적 약 12,000㎡, 체적 12,000㎡, 최하수위 0.27m, 최고수위 1.85m, 비오름정화표면적 1,700㎡, 저장조용량 최대 3000㎡	옥상녹화로 인한 면지흡수효과(년간 500g/㎡), 년 강수량의 75%가 옥상녹화에 의해 증발

2.3. 우리나라의 우수이용 사례

우리나라의 단지환경이 보다 생태적으로 조성되기 위해서는 단지환경을 이루는 각각의 요소들이 보다 생태적으로 구성되어야 하며, 특히 물과 관련해서는 계획대상지역의 사회적·환경적 조건이 우수의 이용, 침투, 저류에 적합하지, 적합하다면 어느 정도를 이용, 침투할 것인지에 대한 분석을 근거로 계획되어야 한다. 따라서 본 글에서는 우리나라에서 시도된 우수이용사례를 조사하여 그 결과를 근거로 우수활용방안을 제안하였다. (집수효율 0.81), 우리나라 연평균 강

- 1) 집수효율은 집수대상지의 재질에 따라 다르나 보통 단단한 재질의 경사진 지붕이나 편평한 지붕, 아스팔트 포장을 0.8로 본다. 또한 강우패턴에 따라 집수효율도 달라지는데, 우리나라와 같이 6월 부터 9월 사이에 집중적으로 강우가 발생하는 경우에는 이보다 훨씬 높아지게 된다. 그러나 본 식에서는 필터의 효율을 고려하지 않은 관계로 전체적인 집수효율을 0.8로 계산하였다.

수량 1,274mm(1999년 기준)을 기준으로 대상지에서 이론적으로 집수 가능한 연간 빗물의 양을 산정한다. 그러나 실제 사용량을 근거로 저장조의 용량을 산정할 경우에는 각 건물에 사는 거주인원과 일인당 수도사용량을 고려하여 우수의 사용용도에 따라 저장조 용량을 결정해야 할 것이다. 또한 건축물이 차지하는 면적, 불투수면적, 녹지면적 및 비율등을 고려하여 지붕면으로부터 집수되는 우수의 양을 계산하고 이용가능 정도를 파악, 대상지에 침투·저류정도를 파악한다.

1) 경기도 가평군 대성리 주택

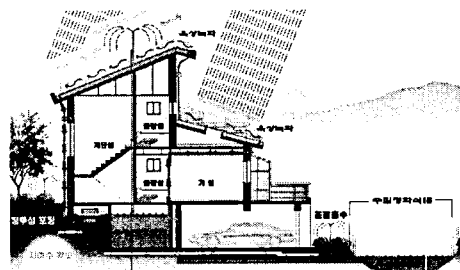


그림 5. 대성리 주택 물 순환개념도

이 주택은 2001년 착공하여 2003년에 준공예정이고 건물에 우수이용 및 옥상 녹화, 우수저류, 식물여과연못, 건물내부에 수공간 창출등 친수개념을 도입한 사례로 건물 자체에도 흙 및 목재를 이용한 내부마감과 친환경 도료사용 등 건축주가 생태적인 개념을 적극 수용한 건물이다. 대지 826㎡에 건축면적 107㎡, 연면적 155㎡, 건폐율13%로 대지의부공간이 비교적 풍부하며 우수탱크는 5톤 규모로 계획하였다. 주변환경이 쾌적하므로 가급적 건축행위로 인해 주변 환경에 미치는 부하를 최소화하려는 노력을 했으며 에너지절약을 위한 단열성능강화 및 온실을 설치하였다. 우수를 이용하여 옥상조경용수와 화장실용수로 사용예정이며 갈수기에는 하천수 및 지하수를 이용할 예정이다. 거실에 설치된 수조에는 인근 개울물을 끌어들여 항상 깨끗한 물이 흐르도록 하고 여기서 흘러나온 물과 정화조에서 정화된 물과 함께 남측정원에 위치한 정화연못으로 흘러들어가게

계획하여 다시 한번 식물을 이용한 정수과정을 거칠 예정이다. 이렇게 정화된 물은 다시 옥상녹화 된 지붕에 조경용수로 사용하거나 지하로 침투시키도록 할 예정이다.

2) 강화 갯벌센터

인천시 강화군 화도면 여차리에 공사중인 강화갯벌 센터는 2003년 8월에 착공하여 지역의 생태계를 보존, 교육 및 관광 사업화하는 개념으로 이제까지 축척된 친환경 기법을 활용, 자연친화적인 시설조성 및 운영을 통해 새로운 갯벌 생태관광의 모델로 제시하고자 하는 것이다. 이 건물의 대지는 1902㎡에 건축면적 401㎡, 연면적 704㎡, 건폐율21%로 대지의부공간이 비교적 풍부하며 우수탱크는 우수와 지하 유출수를 저장 할 수 있도록 50톤 규모로 계획하였다. 대상지의 주변환경이 생태적으로 우수하므로 건축행위로 인한 주변 환경피해를 최소화하려고 하였으며 훼손된 자연을 보상하려는 의미에서 옥상녹화와 벽면녹화, 주차면에 식생블럭사용, 진입로는 우수침투가 가능한 마사토와 데크형 목재통로로 조성하도록 하였다.

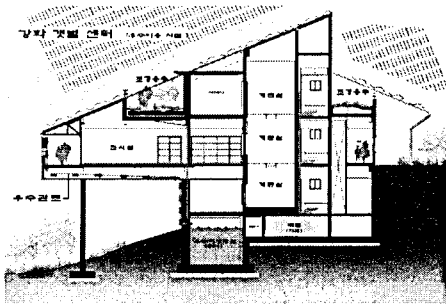


그림 6. 갯벌센터 물순환개념도

에너지절약을 위해서는 지열이용 및 고기밀·고단열의 외피형태를 제안하여 냉·난방에너지를 최소화할 수 있도록 하였다.

옥상녹화부분과 연못은 우수를 저류하는 역할을 하며 녹화된 지붕면과 목재 지붕을 통해 저장조에 저류되는 우수는 조경용수 및 소화용수, 화장실용수, 청소용수 등에 활용하여 물 절약 효과를 꾀하고 동시에 건물의 외부공간에 대해

서도 지하수위 유지 등을 목적으로 토양의 포장면적을 제한하고 우수의 저류 및 침투 시스템을 설치하여 하수관거로의 우수 유출량을 감소시키도록 하였다.

표 2. 국내 사례대상지의 개요 및 특성

구분	경기도 가평 대성리주택	강화 갯벌센터
사업유형	생태건축개념 적용	갯벌 생태교육시설인 생태갯벌센터 조성
건물용도	2층규모의 개인 주거건물	갯벌 생태관광, 생태건축의 교육용
우수관리 유형	이용(화장실,조경용수), 침투,저류	이용(소화용수,화장실,청소,조경용수), 저류,침투
집수면 및 면적	지붕면(옥상녹화)	지붕면(옥상녹화), 테라스녹화
주요시설	옥상녹화, 우수연못,	옥상녹화, 우수를 이용한 외부 수공간 조성 및 우수연못
우수의 흐름	지붕→처마홈통→저류연못 또는 저장탱크	지붕→저장조→각 건물내 용도, 저류연못
비고	건물내부에 빗물을 이용한 우수 저장탱크(50t) 설치	지붕과 테라스 바닥부분의 50% 지피식물 식재. 저장조용량 최대 5000m ³

3. 결론

본 연구에서는 우수관리와 친환경 단지조성과의 연계성을 확립하기 위해서는 우수이용의 개념이 단순히 개별건축물에서 적용되는 범위에서 보다 적극적으로 단지·도시조성에까지 확대되어야 함을 밝혔다. 본연구의 목적은 선진국에서의 우수관리 기법 연구를 통해 그 계획적 특성을 고찰하여 우리나라의 친환경적 우수관리를 위한 방안을 제시하는데 그 목적이 있다하겠다. 연구결과 우리나라는 우수이용에 관한 기술투자가 미비하고 공공성 및 공익성 부분에서 그 개발이 미흡한 것과 실질적인 사용보다 이론에 치우쳐서 실용화가 미흡한 단계에 있다. 또한 이런 문제점은 기존의 수문에 환경적 요소가 요구되고 물부족 국가로 물 공급 방안을 강구해야 하며 국민의 높은 환경의식이 점차 드러나고 있

는 실정이다. 즉 우수이용은 물부족 국가로의 위기를 벗어나고 환경적·사회적인 문제를 해결하는 중요한 요인이라 할 수 있다. 따라서 우수를 이용하기 위해서는 대상지의 외부공간으로의 침투 및 저류를 포함한 우수의 통합적관리의 한 과정으로 이해하고 이를 위해 건축 계획 및 단지·도시계획에 이르기까지 생태적으로 잘 적용하는 것이 필요하다. 또한 사례지인 독일은 친환경 개념이 사회전반에 걸쳐 시스템적으로 적용되고 있으며 이를 보다 현실적으로 구체화하기 위하여 법적인 수단도 정비가 된 상황이다. 이에 비하면 우리나라는 아직 그 정비가 미비하고 도입단계에 머물고 있으므로 향후 단지계획 및 생태적인 건축계획을 위해서 친환경적 우수관리 사항을 제안한다.

첫째, 우수이용 관련 법제의 마련이다. 이를 위해 용어의 정의에서부터 시설설치 대상·기준, 각종 경제적 인센티브 부여 등 우수이용의 활성화를 위한 법적 제정이 요구된다.

둘째, 우수관리시설의 개발 및 규격화가 필요하다. 아직 우리나라에서는 우수를 이용·침투·저류하기 위한 시설 개발 및 기법연구가 부족하다. 일부 단지계획이나 조경계획분야에서 침투·저류시설의 설계기법이 적용되고 또한 우수저장탱크 등 시설물들의 개발이 이루어지고 있으나 이에 대한 체계적인 연구가 부족하다. 따라서 제품개발과 더불어 우리나라의 여건에 맞는 시설의 규격화 작업이 필요하다.

셋째, 통합적인 우수관리를 목적으로 계획, 시공, 운용, 관리에 관한 지침 개발이 요구된다. 지침에는 관련용어의 정의에서부터 우수관리의 목적에 따라 집수방법, 정화처리, 집수탱크용량, 침투·저류량, 급수 및 배관설비, 시설 운영 및 관리 방법, 모니터링 등에 대해 전반적으로 다루는 것이 필요하다. 이는 사용자나 계획가, 운영자, 제조업자들에게 시스템적으로 이용할 수 있도록 합법적이고 또한 기술적인 규정을 제공하는 것이 필요하기 때문이다.

넷째, 주거단지 계획에 있어 우수를 보다 친환경적으로 관리하기 위해서는 침투·저류공간을 확보하는 것이 중요하다. 따라서 옥상녹화, 자연토양을 최대한 보전할 수 있는 투수성 포

장, 단지내부의 녹지화 등 전반적으로 친환경적인 계획을 수립함으로써 우수의 통합적 관리체계를 마련한다.

위의 경우와 같이 친환경적 우수이용을 적용시킬 경우 그 기대효과로는 경제적인 효과와 사회적인 효과, 환경적인 효과를 얻을 수 있다. 경제적인 효과로는 수자원을 확보할 수 있고 수자원의 편중해소와 용수의 수요관리가 용이해지고 전반적인 사회적 편익을 극대화할 수 있다. 사회적 측면으로는 기존의 배수위주의 정책을 탈피하고 정책적 방향을 제시할 수 있으며 수자원부족을 완화할 수 있다. 또한 친환경적 수자원 관리체계를 유지할 수 있다.

따라서 각각의 대지에서부터 시작되는 도시환경을 전체적으로 환경친화적으로 조성하기 위해서는 지속적인 생태적 연구가 필요하다. 그리고 개별건축단위에서부터 친환경적인 계획 및 시공이 시작되어야지만이 그 가능성을 모색할 수 있다.

참고문헌

1. 이태구, 주거단지의 친환경적 우수처리 실태에 관한 연구, 한국주거학회지, 2000. 5
2. 이태구·한영해·박철민, 친환경적 우수관리를 위한 지구 단위계획에의 적용방안 연구, 대한국토·도시계획학회지, 2002. 4
3. 이태구, 우리나라 주거유형에 따른 우수활용방안, 대한상하수도학회 추계논문발표, 2002.
4. 이태구·한영해, 분산식 우수관리 개념과 국내에서의 적용방안, 대한국토·도시계획학회지, 2003.10
5. The 3rd East Asia International Conference & The 2nd Korean Workshop on Ecological Rainwater Harvesting and Utilization, Rainwater Harvesting. 2002. 8
6. Der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau(1991), Vitalisierung von Großsiedlungen, Expertise Informations-grundlagen zum Forschungsthema Städte-bauliche Entwicklung von Neubausiedlungen in den fünf neuen Bundesländern, Bonn-Godesberg,
7. Dieter Londong(1999), Annette Nothnagel, Bauen mit dem Regenwasser, Muenchen.