



## 도시기후 매뉴얼

도시와 도심의 인구밀집지구의 기후변화 적응을 위한 조치와 행동전략

원제:

### Handbuch Stadtklima

Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur  
Anpassung an den Klimawandel



# 도시기후 매뉴얼

도시와 도심의 인구밀집지구의 기후변화 적응을 위한 조치와 행동전략

원제:

## Handbuch Stadtklima

Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel

발행:

노르트라인 베스트팔렌 주  
환경 · 자연보호 · 농업 · 소비자 보호부

2010.03.

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen



번역:

고정희

써드스페이스 베를린 환경아카데미

2018.06.15.

**THIRDSPACE BERLIN**  
Academie of Landscape & Environmental Planning · <https://thirdspace-berlin.com>  
Dr. Jeong-Hi Go · Grunewaldstr. 15 · 10823 Berlin



존경하는 노르트라인 베스트팔렌 주 국민 여러분,



노르트라인 베스트팔렌 주 국민의 절반은 대도시에서 거주하거나 일하고 있습니다. 그중 라인-루르 지방은 유럽에서도 가장 밀도가 높은 곳입니다. 그러므로 우리 주에서는 정책을 수립할 때 도시에서의 삶의 수준과 환경을 보호하는 데 역점을 두고 있습니다. 기후변화의 결과로 도시에 미치는 제반 영향들이 바로 이에 속합니다.

도시 및 그 외 인구가 밀집된 곳에서는 기후변화의 영향이 이미 분명하게 드러나고 있습니다. 도시민과 기타 밀집 지구에서 살고 있는 주민들에게 증가하는 폭염일수는 높은 건강 위험과 직결됩니다. 강우와 폭우가 빈번해 짐으로써 상해와 재해의 위험 또한 높아지고 있습니다.

본 <도시기후 매뉴얼>은 여러 도시에게 사전배려적 관점에서의 대응지침을 주고자 합니다. 실제로 구현이 가능한 것에 중점을 두었습니다.

기후변화의 영향에 적응할 수 있는 방법에는 어떤 것들이 있는가?

이들을 구현할 때 특히 유의해야 할 점은 무엇인가?

구현 과정에서 발생할 수 있는 갈등요소는 어떤 것이며 시너지 효과를 노릴 수 있는 것은 어떤 것인가?

이를 구현하기 위해 어떤 여건이 주어져야 하는가?

본 매뉴얼을 통해 기후변화에도 불구하고 도시에서의 삶의 질이 향상되고 환경수준을 지켜낼 수 있기를 바랍니다.

흥미롭게 읽어주셨으면 합니다.

노르트라인 베스트팔렌 주  
환경 · 자연보호 · 농업 · 소비자 보호부 장관

에버하르트 울렌베르크 배상



## 목차

1. 서문 .....	9
2. 기초지식: 도시기후, 기후변화 및 기후변화가 도시에 미치는 영향 .....	11
3. 문제 지점 파악 .....	16
4. 기후변화 적응을 위한 행동 카탈로그와 조치 .....	23
과열 현상에 대한 적응 방안 .....	32
강우, 폭우 현상에 대한 적응 방안 .....	48
가뭄 현상에 대한 적응 방안 .....	55
5. 도시계획에 대한 조언 .....	56
6. 조치 간의 마찰과 시너지 효과 .....	63
참고 문헌 .....	66
정보 출처 .....	69







## 1. 서문

기후보호는 이미 여러 해 전부터 노르트라인 베스트팔렌 주(이하 NRW wn)의 지방 정책에 속했으며 여러 도시와 지자체에서 기후보호 목표를 설정하고 전략을 수립했음에도 불구하고 각 지역사회에서는 기후변화의 결과가 더 이상 돌이킬 수 없음을 비로소 인지하고 서서히 반응하기 시작했다. **기후변화에 대한 적응**은 지금껏 지역적인 문제로 간주되어 왔다.

물론 기후변화적응의 필요성은 오늘 지역사회의 일상에서 제외될 수 없음도 사실이다. 지난 여러 해 동안 발생한 기상 이변 - 예를 들어 여름철 최고 기온이 신기록을 계속 갱신해 왔다는 사실로 인해 도시민들은 기후변화에 따른 영향에 대해 더 이상 무관심할 수 없게 되었다. 기후변화 적응문제를 심각하게 다루는 지역 사회가 증가하고 있다.

특히 기후변화로 인한 영향이 가장 극명하게 나타나는 대도시와 인구밀집지역에서는 큰 도전 과제가 아닐 수 없다. 건축밀도와 인구밀도가 높은 곳의 평균 기온이 교외에 비해 현저히 상승했다. 그러므로 대도시와 인구밀집 지역에서는 더 이상 기후변화 적응 문제를 외면할 수 없는 상황이다. 적시에 적절한 조치를 취하여 주민과 환경을 기후변화의 영향으로부터 보호하거나 취약점을 보완해야한다. 적응조치는 조기에 계획되고 구현되어야 한다. 이는 도시구조의 변화를 전제로 하기 때문이며 도시구조의 변화는 오랜 시일이 소요되는 작업이기 때문이다.

지역사회들은 두 가지 문제에 직면해 있다:  
기후보호와 기후변화에 따른 적응.

NRW 주에서 발행한 본 <도시기후 매뉴얼>은 도시 및 기타 밀집지역에서의 기후변화 적응이란 구체적으로 어떤 것인지 설명한다. 무엇보다도 지역사회의 계획담당부서를 위한 것으로서 우선적으로 기후변화로 인하여 예상되는 문제 범위를 파악하는데 도움을 주고자 한다. 현지에서 기후변화 적응을 위해 필요한 조치를 강구하는데 지침이 되며 동시에 건축가, 지방정치가, 계획전문가, 엔지니어링 또는 관심을 가진 시민

들 모두에게 지역사회 차원에서 어떻게 기후변화에 적응할 수 있는지에 대한 정보를 제공한다.

본 매뉴얼은 다수의 실질적 방법과 전략을 제시하고 설명한다. 일종의 도구상자로 이해해도 좋을 것이다. 그 상자에는 기후변화 적응형 도시계획과 도시개발을 위해 매우 중요한 도구들이 들어 있다.

### 매뉴얼의 구성

#### 기후변화로 인해 도시와 밀집 지구에 어떤 형상이 나타나는가?

제2장과 3장에서 NRW 주에 나타날 기후변화와 그로 인해 발생할 문제점들을 설명했다. 각 도시들이 문제점을 어떻게 파악하는지 방법을 보이고 이를 위해 필요한 데이터를 어떻게 만들어 내는지 그 방법을 보여준다.

#### 어떤 적응 전략이 가능한가?

제4장에서 과열현상, 강우현상 및 가뭄현상이라는 세 가지 분야에서 다양한 적응옵션을 제시한다. 카탈로그 형식으로 표현하며 상세히 설명한다.

#### 도시계획의 차원에서 무엇이 가능한가?

제5장에서는 전략 카탈로그에 바탕을 두고 건축계획의 차원에서 가능한 조치들을 설명한다. 토지이용계획과 지구단위계획에서 확정할 수 있는 조치들을 제시한다. 제6장에서는 적응조치와 기타 이해관계 사이에서 발생할 수 있는 갈등요소 또는 시너지 효과를 설명한다.

본 <도시기후 매뉴얼>은 일 년에 걸쳐 실시된 연구 프로젝트의 결과로 탄생했다. NRW 주 환경부의 의뢰로 루르 지역연합에서 실시했으며 뒤스부르크-에센 대학 응용기후학과, 경관생태학과, 아헨의 RWTH 대학 수자원 및 순환경제학과, 독일 어버니스틱 연구원Deutsche Institut für Urbanistik 과의 공동 작업으로 탄생했다.

프로젝트 참가자들은 우선 이론적으로 접근하고 그 다음 단계로 루르 지방의 보트롭과 도르트문트를 모델 지역으로 삼아 개발한 이론을 실제로

적용해 보았다. 그러나 본 매뉴얼은 루르지방의 도시들에 한해서만 적용이 가능한 것은 아니다. 기후변화의 결과에 따른 영향이 나타나는 모든 도시와 밀집지구에 적용가능한 일반적인 방향을 제시하기 때문이다.

본 매뉴얼의 롱버전에서는 기후, 기후변화 및 도시계획에 미치는 영향에 대해 더욱 상세한 배경 설명을 접할 수 있다. 인터넷에서 검색이 가능하다([www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de)).



## 2. 기초지식: 도시기후, 기후변화 및 기후변화가 도시에 미치는 영향

도시기후의 전형적 성격에 의거하여 여러 문제가 발생하며 이들은 기후변화를 오히려 촉진한다. 도시와 밀집 지역에게 의미있는 기후변화 영향은 어떤 것인가? 외부 공간에서 발생하는 과열현상은 도시민들에게 어떻게 작용할까? 도시수자원공사의 시설과 시스템에는 어떤 영향을 미칠까? 강우, 폭우 및 가뭄이 뒤따르는 일기의 변화는 도시하수시스템에 어떤 영향을 줄까?

도시 등의 밀집 지구는 교외에 비해 소위 <도시기후>라고 말하는 특정한 기후효과를 나타낸다. <도시기후>란 건축, 높은 포장비율, 식물 면적의 부재 내지는 결여, 다양한 오염물 배출원(교통시설, 주택난방, 산업, 공사업)의 존재라는 도시적 현상에 기인한다. 도시기후 현상이 어느 수준을 넘어서면 시민과 동식물에게 부정적 영향을 미치기 시작하며 도시 시설도 해를 입는다. 도시기후학에서는 도시계획을 위해 아래와 같은 여러 문제 <군>을 분류한다.

도시기후의 여러 현상들은 사람과 동식물 및 도시 인프라 시설에 심각한 장애를 가져올 수 있다.

- **도시 열섬**은 중위도 지역에서 특히 여름밤에 나타나는 현상으로서 사람의 생체에 지장을 줄 수 있다. 뜨거운 여름날이면 건축자재, 도로포장재 등이 열을 흡수했다가 이를 다시 대기로 내보내거나 건축 내부로 이동시킨다. 이로 인해 도시는 교외에 비해 높은 기온을 보이게 된다. 여름날 외부 공간에 머물 때에만 지장을 주는 것이 아니라 야간 시간에 건물 내부로 열이 침투하는 것이 특징이다(Kuttler 2004).

- **도시 바람장:** 도시는 열역학적, 대기 위생적 관점에서 시민들에게 큰 지장을 줄 수 있다. 가열된 공기와 오염물질이 빠져나가지 못하고 머물기 때문이다. 이는 무엇보다도 밀도가 매우 높은 도심에 나타나는 현상이다. 통풍이 되지 않거나 찬공기 생성지로부터 단절되었거나, 찬공기 이동통로가 없기 때문에 교외에서 생성된 신선한 공기가 도시 내부로 들어오지 못하며 가열된 건물이 식지 못한다. 녹지의 뻗뻗한 수목 역시 통풍을 저해하는 요소가 될 수 있다.
- **도시 강우降雨현상:** 극심한 강우현상과 도시의 높은 표면 포장률 사이에 상관관계가 있다. 폭우, 즉 1 평방미터 당 5분 내에 5리터 이상의 비가 내리는 경우, 도시 하수 시스템에 큰 장애가 올 수 있다. <폭우>의 개념은 우선 그 결과와 상관없이 고찰해 볼 수 있다. 폭우의 결과 어떤 영향이 나타나는지는 지역적 여건에 따라 달라질 수 있기 때문이다. 일반적인 하수 시스템은 폭우 시 쏟아지는 빗물을 완전히 감당할 수 없기 때문에 빗물이 표면으로 유출되며 이는 홍수로 이어진다. 폭우 자체 보다는 폭우가 홍수로 이어지기 때문에 재해가 발생하는 것이다(Helbig et al.



- 1999).
- **가뭄:** 여름철 건기가 지속되면 도시의 물순환 시스템이 기능을 잃어 가뭄으로 이어진다. 이로 인해 근교의 식수공급이 위협을 받을 수 있다. 가뭄이 오래 지속되고 바람도 없는 경우 대기에 오염물질이 집약된다.
- **습도:** 도시는 교외에 비해 습도가 낮다. 수면과 녹지의 비율이 낮기 때문에 나타나는 현상이다. 대기 습도가 낮으면 증산작용이 원활하지 못해 냉각효율도 떨어진다. 다만 건축지구 내의 높은 기온으로 인해 이슬내림이 지연되는 경우 예외적으로 높은 습도를 야기할 수 있다.
- **대기질:** 도시에 존재하는 수많은 배출원에서 발생하는 가스 및 입자들로 인해 대기가 오염된다. 주원인은 교통이며 그 다음 주택 난방, 산업배출 등의 순이다. 대기 순환효과가 저조하여 역류 현상이 발생하는 경우 분지 등 낮은 곳에서는 오염물질이 머물며 쌓인다.

### 기후변화가 도시에 미치는 영향

기후변화가 생기면 위에서 서술한 도시적 문제점들이 더욱 강화될 수밖에 없다. NRW 주의 <기후 전망Climate Projection>에 따르면 21세기에 섭씨 2°C 까지 상승할 것이라 한다. 이때 비교 기준으로 삼은 것은 1961-1990년의 기후 측정 결과다. 더 나아가 폭우, 폭염, 가뭄 등 극심한 일기현상이 반복될 것이며 겨울철 강우현상이 증가할 것으로 전망하고 있다(MUNLV 2009).

### 과열

루르 지방에서는 20세기 초에 비해 2051-2060년 사이 여름 일수가 현저히 증가할 것으로 전망된다. 즉, 최고 기온 25°C 가 넘는 날이 세 배, 30°C를 넘기는 날이 다섯 배로 증가할 것으로 보인다.



위와 같은 최고 기온의 급격한 상승은 다시금 사망과 질병의 원인이 된다.

- **인구사회학적 요소:** 노년층과 신생아가 위험군에 속한다. 남성보다 여성에게 미치는 영향이 크다.
- **기간:** 한시적 폭염은 그리 위험하지 않으나 지속적인 폭염 현상은 위험할 수 있다. 기후 전망에 따르면 향후 일반적인 과열현상 외에도 지속적 폭염이 예상된다.
- **절기:** 봄절기의 과열현상은 여름의 과열 현상보다 미치는 영향이 더 크다. 인체가 서서히 적응하지 못하기 때문에 더위에 더욱 민감하게 반응하게 된다. 유럽의 경우 본래 6월 말에 더위가 시작되는데 기후변화로 인해 이미 4월부터 더워지기 시작하므로 그만큼 더운 기간이 연장된다.
- **시점:** 야간 시간의 기온이 주간 최고 기온보다 중요하다. 야간 수면 중 회복이 필요하기 때문이다.

기온 상승이 초래하는 가장 심각한 결과는 사망과 질병이다.

폭염현상은 식수공급 시설에도 장애를 준다. 지표면이 과열되면 지층에도 서서히 열이 전달되어 상수도관(지하 80cm~120cm)도 가열되기 때문이다. 이로써 관로의 세균을 활성화시킬 수 있다. 특히 물이 빠르게 흐르지 않는 관이나 주택용 수도관에서 이런 현상이 나타날 수 있다. 이때 더워진 지표수를 식수로 이용하는 경우 위험할 수 있다.

식수관이나 하천수가 더워지면 식수 질이 나빠진다.

유수지나 저수지의 물이 더워지면 수일 내에 세균, 박테리아, 조류 등이 발생한다. 따라서 지표수를 식수공급에 이용하지 못하고 심층의 지하수를 퍼 올려야 하므로 그에 따른 식수공급 비용이 상승하게 된다. 폭염일이 지속되면 증발율도 높아지므로 토양이 빨리 마르고 녹지 관수 등 용수에 대한 수요도 대폭 증가한다.



### 강우 행태의 변화

미래의 강우 행태는 주거지의 물경제에 큰 영향을 미치게 될 것이다. 강우와 폭우 외에도 동절기의 기온상승과 강우량 증가가 이에 속한다.

강우나 폭우 현상은 기존의 도시 배수시스템의 과부하를 초래하여 홍수와 범람이 일어나게 된다.

지금의 도시하수시스템은 우기가 길어지거나 큰 비가 내리기만 해도 감당을 하지 못한다. 극심한 강우현상은 배수시스템이 과부하되어 홍수와 침수를 초래하게 된다. 큰 비가 내리는 시간 자체는 비록 짧고 지역적으로 제한되어 있다 하더라도 빗물의 양이 크게 증가했으므로 해당 지역의 하수시스템이 버티지 못하는 것이다. 이 경우 빗물이 대부분 표면 유출되며 이는 도로 맨홀과 하수로의 역류 현상을 초래한다. 그 결과 도로와 지하실, 터널 등이 물에 잠긴다. 강우량과 지형의 경사도 및 댐 높이 등에 따라 다양한 양상으로 재해를 초래하여 인명, 재산, 시설 피해를 가져온다.

혼합 배수시스템이 넘치면 빗물 뿐 아니라 침식과 산사태가 일어날 수도 있으며 각종 오물로 오염될 수도 있다.

혼합 배수시스템을 쓰는 곳의 경우 물이 넘쳐 결국 토양 침식, 산사태 등으로 번지게 되는 경우가 많다. 단순한 훼손에 그치는 것이 아니라 환경오염을 초래한다. 이에 따라 각종 병원균과 세균, 의약품 잔여물, 화학물질 등이 함께 떠내려 오게 되므로 주민 위생과 건강이 위협을 받을 수 있다. 분리 하수 방식을 쓰는 주거지에서는 비교적 리스크가 적은 편이다.

대량의 물이 하천으로 유입되면 하천 자체에도 큰 영향을 주어 천변 주거지 또는 식수공급지까지 영향이 확산된다. 상류에 큰물이 흘러들면 하류의 홍수 위험은 더욱 커진다. 또한 혼합 하수로와 우수 배수로에서 흘러드는 물은 오염의 원인이 되기도 한다.

동절기 온난화와 강우량의 증가로 인해 특히 지하수위가 본래 높은 지대 또는 광산 지대 등이 위험할 수 있다. 주거지 배수시스템을 확충하고 건물에 시설을 보완해야 할 필요가 있다. 지하수위가 높은 지역 중에서 지금껏 펌프로 퍼내지 않고도 배수가



가능했던 곳이라도 미래에 우기가 길어지거나 빈번해지면 부분적인 범람이 가능해진다. 낮은 곳에 위치한 시설이나 지하실은 하천에서 물이 압박해 들어오면 건축소재가 이를 견디지 못해 파손될 수 있다.

## 건기

비가 내리지 않는 기간이 여러 주 지속될 때 이를 건기라 한다. 이렇게 오랫동안 비가 내리지 않으면 배수관로에 침전물이 쌓여 수리적 기능이 저하될 뿐 아니라 약취와 벌레 등이 발생할 수 있다. 또한 하천 유입지대 내지는 지하수 대수층의 수위가 떨어지며 소하천이나 지역적, 국지적 물관리 시스템, 지하수 채취시설 등에 부정적 영향을 미치게 된다.

건기에는 관로에 침전물이 쌓이고 지하수위가 낮아지며 토양이 마르게 된다.

그뿐 아니라 토양층이 말라 단단해 지는데 이런 상태에서 건기가 끝나고 다시 비가 오면 단단해진 토양이 비를 흡수하지 못해 표면으로 흘러보내게 된다. 이는 토양 유실의 원인이 되며 지하수 재충전을 저해하고 표면 유출된 빗물이 배수시설로 유입되거나 인근 하천으로 흘러들게 된다. 경우에 따라서는 골짜기 등 저지대에 위치한 주거지와 인프라 시설로 흘러들 수도 있다.

## 기상 패턴의 변화

기후변화의 결과로 기상 패턴에 변화가 오고 있다(IPCC 2007). 여름에 고기압이 찾아져 대기교환이 적어진다. 고기압권에서는 기압의 변화가 적기 때문에 바람이 약해지며 이로 인해 대기교환이 더욱 감소해 더운 공기가 흐르지 않고 머물게 된다. 여름에 맑은 날씨가 지속되면 지표면 가까이에 오존층이 형성된다. 그러므로 고기압 기후가 오래 지속되면 도시의 대기질에 부정적 영향을 미치게 된다: 건조하고 바람이 약하면 미세먼지의 영향도 커진다. 이런 날씨가 봄에 나타나면 꽃가루의 확산을 방해하여 꽃가루가 도시에 머물게 된다.

여름에 바람이 약하고 고기압이 지속되면 대기교환이 적어져 대기질에 부정적 영향을 미친다.



### 3. 문제 지점 파악

도시 내에 문제가 되는 지역이 어디인지를 파악하기 위해서는 먼저 기후 및 대기위생적 여건부터 조사해야 한다. 이때 정보를 얻는 방법에는 어떤 것이 있는가? 기존하는 정보는 어떤 것인가? 문제 지역의 경계는 어떻게 그을 것인가?

기후관련 질문들을 다루기 위해서는 우선 해당 도시나 마을의 현 상태를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 또한 그 원인을 분석하고 결과를 판단해야 한다. 이렇게 하여 얻은 결과를 뒤 이은 계획 절차에 수렴하면 적절한 적응 방안을 유도해 낼 수 있다.

#### 기후와 대기위생의 현황 파악

도시기후와 대기위생현황을 조사함에 있어 공간적 시간적 구조가 핵심을 이룬다. 이때 기온, 대기 습도와 바람을 측정해야 한다. 경우에 따라서는 에너지 균형, 증발 증산, 대기의 움직임, 구름, 강우량 또는 안개 등에 대한 정보를 추가적으로 얻어야 한다. 기술적, 시간적, 경제적 여건에 따라 도시 기후를 조사하는 다양한 방법이 있다.





### 1. 기존하는 데이터를 전문과학적 관점에서 평가:

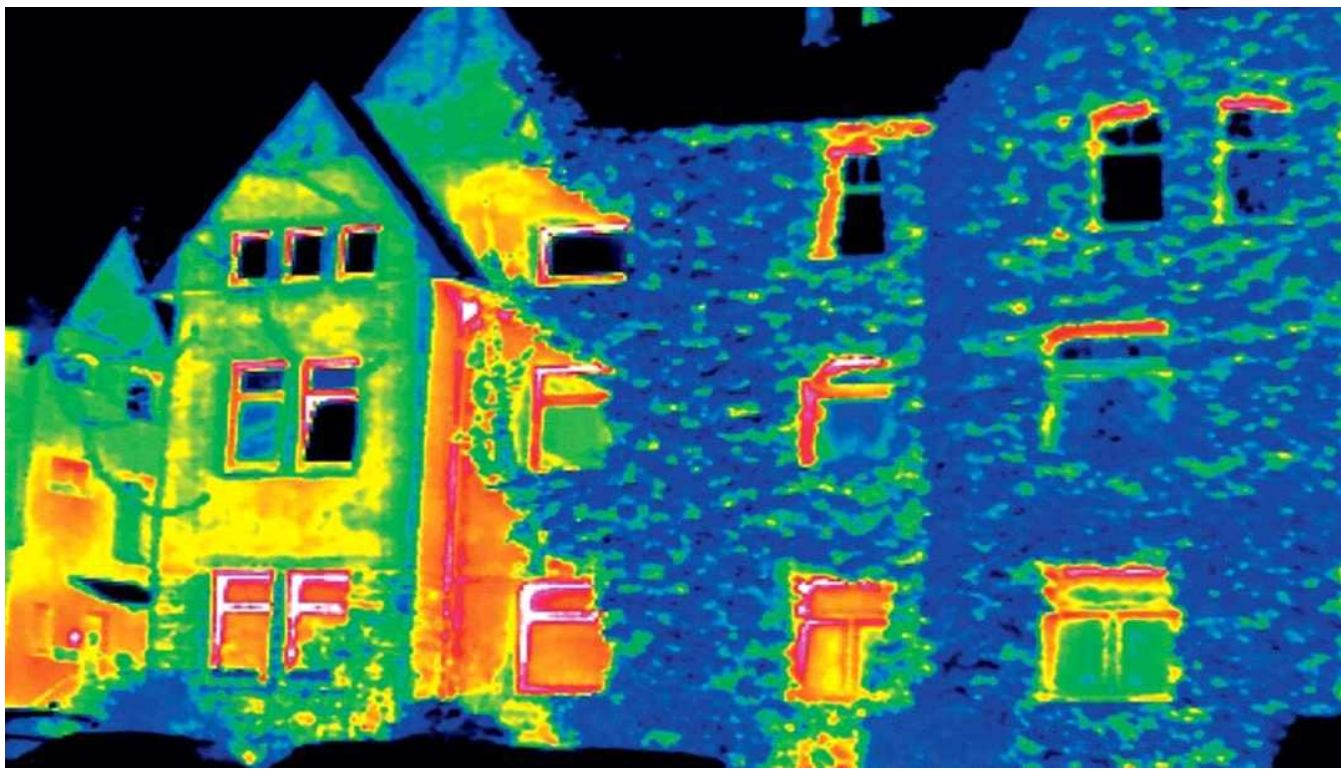
이미 조사된 기상 기후데이터들을 수집하여 조사 대상지에 대입시켜 보는 것이 최초의 접근법이 될 수 있다(기존 데이터를 얻는 방법은 다음 단락에서 설명).

### 2. 현지에서 데이터 수집하기

현지에서 직접 측정하면 높은 시간적 공간적 해상도로 측정값을 얻는 것이 가능하다. 이를 대표 수치로 삼고 다른 시간대나 절기의 데이터를 유도해 낼 수 있다. 측정 방법에는 아래와 같은 것들이 있다:

- 상시 측정소: 지속적인 데이터 수집이 가능하며 이로서 조사 대상지 기후 현황에 대한 시간적 변화상을 알 수 있다. 토지이용유형에 따라 서로 다른 장소에 배치된 측정소들 간에 네트워크가 형성되면 더욱 유리하다.
- 이동 측정소: 상시 측정소에서 조사한 데이터를 현지에서 더욱 촘촘히 조사하기 위해 적용하는 방법이다. 바람이 약한 맑은 날에 일정한 루트를 따라 조사한다.
- 수직측정: 탑이나 기구를 통해 수직적 고도변화에 따른 기상 상태를 측정한다.
- 추적 측정: 미량원소를 인지 가능하게 변형시켜 대기 중에 주입시키는 방법이다. 약한 바람을 측정할 때 쓴다.
- 원격 측정: 공중에서 혹은 지상에서 또는 위성을 통해 간접 측정하는 것을 말한다. 도시기후 원격측정에 가장 널리 쓰이는 것은 표면 온도 측정을 위한 적외선 온도 기록계다.
- 생물기후학과 생체지표: 기후의 공간적 편차를 측정하기 위해 적용하는 간접적 측정법이다.





### 3. 물리 또는 수치기후모델 시뮬레이션

물리 또는 수치 모델 시뮬레이션을 통해 고해상도로 삼차원의 데이터 장을 형성하여 기후를 예측할 수 있다. 이때 여러 경우의 수를 고려해야 한다. 이런 모델시뮬레이션 방식은 대개 현지 측정법에 비해 비용이 적게 든다. 입력 정보들을 단순화시켜야 하므로 완벽한 그림을 재현할 수 없다는 단점이 있다.

어느 경우여라도 도시기후 조사와 분석은 일단 이루어진 것으로 본다. 이렇게 하여 기후 및 대기위생에 장애를 일으키는 문제 공간과 균형을 맞추어 주는 조절 공간이 확인되고 이를 바탕으로 최적의 토지이용을 꾀할 수 있다.

### 기존 기후데이터

NRW 주에는 수많은 기후-대기위생 측정자료, 전문자료가 존재한다.

NRW 주에는 이미 셀 수 없는 기후-대기위생 전문 데이터들이 나와 있다.

작은 축척의 전문 정보 (M 1:100,000 또는 그 이하)에 대해서는 여러 지도들이 제작되었다. NRW 주의 기후지도(MURL NRW 1989) 및 독일 기상청에서 만든 독일 전역 기후지도(DWD 1999-2006)가 이에 속한다. 독일기상청의 강우데이터 지도 KOTRA는 매우 디테일한 자료를 포함하고 있다. 15분, 60분, 12시간, 24시간, 48시간 및 72시간 단위로 강우 수위를 분석하며 이를 일 년, 십년 최대 백 년 터울로 반복한다. 이때 대상지 공간 격자의 크기는 약 8.5km x 8.5km다.

큰 축척의 전문정보 감정서 내지는 보고서를 통해 모든 지역 단위, 최소 행정단위 별로 기후분석 결과가 나와 있으므로 이를 바탕으로 하여 최소 계획단위에서 기후-대기위생 현황을 도출해 내는 데 부족함이 없다. 다만 이런 자료들은 각 행정기관에서 용역을 주어 만든 것이므로 널리 발표되지 않아 기관에 직접 가서 봐야 한다.

루르지방 연합에서 거의 모든 도시와 게마인데를 대상으로 기후분석을 해 두었으며 일부 인터넷에서 검색이 가능하다(아래 상자 글 참조).

특정 장소나 주제에 대해 데이터가 결여되어 있는 경우 기존의 데이터를 바탕으로 하여 보완하면 된다. 현재 여러 기상-대기위생 측정 네트워크에서 높은 시간해상도(한 시간 단위 혹은 그 이하)로 각 측정소의 데이터를 수집하고 있다. 수집 정보는 기온, 습도, 풍속, 풍향 등이다. 그중 특정 측정소에서는 복사량, 구름비율, 시야, 지표온도 또는 대기위생데이터 등을 추가적으로 수집하고 있다. 강우에 대한 데이터는 빗물 측정소에서 정밀하게 조사하고 있으며 독일기상청 레이더연합에서도 조사하고 있다.

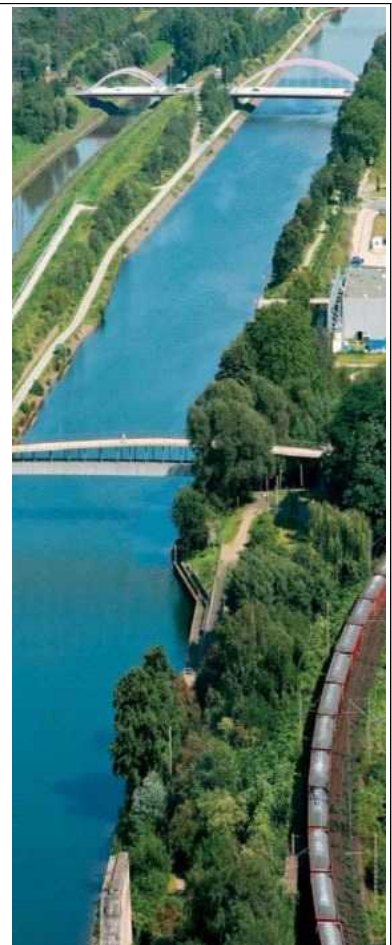
### 문제 지점의 경계

기후변화의 영향이란 모든 곳에 고루 나타나지 않는다. 그러므로 기후변화 적응 조치를 구현함에 있어 타겟을 명확하게 정의하고 범위를 설정하는 것이 중요하다. 특히 취약지점을 찾아내야 한다. 취약지점이란 사회적, 경제적, 자연환경적 기본 여건으로 인해 기후변화에 특별히 민감하게 반응하는 곳을 말한다.

#### 루르지방의 데이터베이스

데이터의 밀도나 공간적 해상도 등에 관한 한 루르지역 연합(RVR)의 기후분석이 단연 우위를 차지한다. 거의 모든 루르지방 중소도시와 마을에 대한 기후데이터가 나와 있으며 부분적으로 인터넷 [www.rvr-online.de/](http://www.rvr-online.de/) 메뉴 Landschaft & Umwelt에서 다운받을 수 있다. 이들 기후분석은 현재의 기후 상황을 묘사 평가할 뿐 아니라 계획에 대한 조언을 별도로 하고 있다. 목표는 인간생체기상 및 대기오염의 수준을 최적화하는 것이다. 루르지방의 기후지도는 디지털 정보 플랫폼의 형태로 운영되고 있다. 이때 정보의 기초를 이루는 것은 도시, 마을 단위의 기후기능지도, 계획 조언 지도 및 전 루르지방을 대상으로 삼은 기후기능지도, 계획기능지도다. 계획 조언지도는 기후적으로 불리한 혹은 유리한 지역을 정의하고 있으며 기후톱, 녹지연계 및 구지적 기후를 향상시키기 위한 여러 조치 들을 포함한다. 루르지방 기후조사 현황을 바탕으로 미래의 도시계획을 위한 적응 전략을 도출해 낼 수 있을 것이다.

NRW의 물관리연합에서는 상호 협조를 위해 담당 하천지역의 경계를 초월한 서비스를 제공하고 적응방안을 개발하고 있다. 예를 들어 루르지방 전체 면적에 대한 지하수위 지도를 만들어 제공하고 있다.





### 문제 지역 - 인체에 대한 기후변화 영향이 증가하고 있는 지역

앞의 제 2장에서 정의한 문제군(도시열섬, 도시 바람, 도시 습도) 은 인체에 미치는 영향을 기준으로 하여 총체적으로 “열 스트레스”라 요약할 수 있다. 열 스트레스에 특히 취약한 지역의 경계를 정하려면 아래와 같은 인자들을 감안해야 한다:

#### ■ 도시열섬

밀도가 높은 도시구역에 열이 집중되어 주민들에게 고통을 주는 구역을 말한다. 이런 구역은 기후측정을 통하거나 아니면 토지이용유형 및 포장면적 비율을 직접 조사하여 찾아낼 수 있다(포장된 면적 비율이 높은 도시 건축지). 항공사진을 참고해도 도움이 되며 현지답사를 통해서도 파악이 가능하다.

#### ■ 인구밀도

인구밀도가 높을수록 더욱 더위에 시달리게 된다. 이런 경우 다른 곳으로 일시 피신하거나 특히 사람이 많은 곳을 피하는 것도 방법이 될 수 있다. 그러나 야간 시간에는 다른 곳으로 피신하는 것이 용이치 않으므로 열대야가 발생할 시 문제가 된다. 오피스 건물이 지배적인 구간의 경우 밤에 인구가 빠져나가므로 이 문제에 대한 취약성은 다소 적은 편이다.

#### ■ 65세 이상 인구 비율

열 스트레스를 많이 받는 지역의 위험도는 과열의 정도 뿐 아니라 주민 연령 구성도 한 몫을 한다. 노약자들일수록 폭염을 견디지 못하여 건강에 큰 장애가 올 수 있다. 피로, 무기력, 일상병으로부터 심장마비까지 다양한 피해가 발생할 수 있다.

도시열섬 현상이 있으며 인구밀도가 높고 65세 연령층 비율이 높은 경우 이 구역은 “인체건강에 대한 기후영향에 취약한 구역”으로 등급을 매길 수 있다. 높은 건축 밀도만 보여도 일반적인 과열지역으로 정의되지만 이에 인구밀도를 포개 1등급에서 3등급까지 구분할 수 있다. 이 세 개의 등급에 65세 이상의 연령층 비율을 다시 포개다. 65세 이상의 연령층 비율이 평균이상일 때 문제 구역으로 정의한다. 이 경우 취약성 등급 4로 책정할 수 있다.

루르지방의 경우 뒤스부르크, 오버하우젠, 뮐하임, 에센, 겔젠키르헨, 보쿰, 도르트문트 등의 밀집된 대도시가 서로 맞닿아 있다. 이는 산업화의 결과로 나타난 현상으로서 마을이 도시로, 도시가 대도시로 성장하는 과정에서 한 곳의 시가지를 중심으로 성장한 것이 특징이다. 그에 반해 엠셔강 유역의 도시들은 폭발적으로 갑자기 성장한 것이 특징이다. 이런 도시들은 특별한 중심가 없이 크고 작은 시가지가 고루 분포되어 있다. 그러므로 문제 구역의 면적이 그리 크지 않으며 취약성 역시 별로 높지 않다. 아래 그림 3-1과 3-2는 이런 맥락을 보여준다. 모델 도시 보트롭(왼쪽)과 도르트문트(오른 쪽)를 보면 그 차이점이 확연히 드러난다. 좌측 보트롭의 경우 문제 구간이 분산되어 있는 반면 도르트문트는 밀집되어 있어 문제가 더 커진다. 이런 도시들은 공간계획 과정에서 기후변화를 특히 강하게 수렴해야 할 것이다.

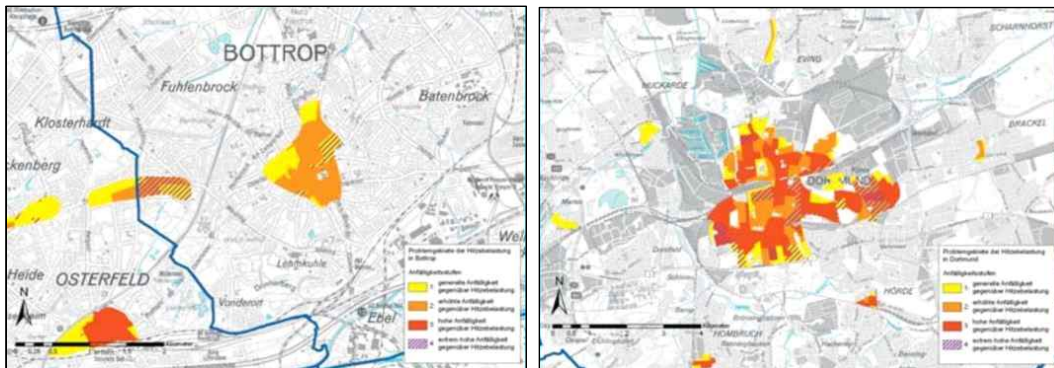


그림 3-1, 3-2: 보트롭과 도르트문트의 문제구간 비교(RVR)

### 문제 지역 - 강우, 폭우

각 주거지가 어느 정도 홍수와 범람의 위험에 처해있는지 여부는 아래와 같은 기준에 의해 달라진다:

- 지형이 가장 큰 기준이 된다. 경사면 또는 경사면 하부에 위치한 주거지는 쏟아져 내리는 빗물에 의해 크게 영향을 받는다. 특히 사면의 포장률이 높고 그 하부에 마을이 있다면 포장된 사면을 따라 물이 빠른 속도로 흘러내려 사면 하부의 하수 시스템을 붕괴시킬 수 있다. 분지에 위치한 마을 앞으로 도로가 지나가는 경우도 매우 위험하다.

강우에 대한 취약성은 지형에 의해 가장 크게 좌우된다. 산등성, 폐광지, 범람지 하천변 등.

- 루르지방만의 특성이라면 폐광지가 많다는 사실이다. 즉 지하에 어마어마한 규모의 구멍이가 존재한다. 이런 지역 중에서 지하수의 물이 상시 스며 나오는 곳이 있는데 이를 폴더라 한다. 폴더는 인위적으로 형성된 지형이기 때문에 자연적으로 하천에 연결되어 있지 않아 자연 배수가 이루어지지 않는다. 홍수가 아니어도 이미 펌핑을 통해 배수하고 있는 특별한 케이스며 엠서 강 유역권의 37% 이상이 이런 폴더로 이루어져 있다.

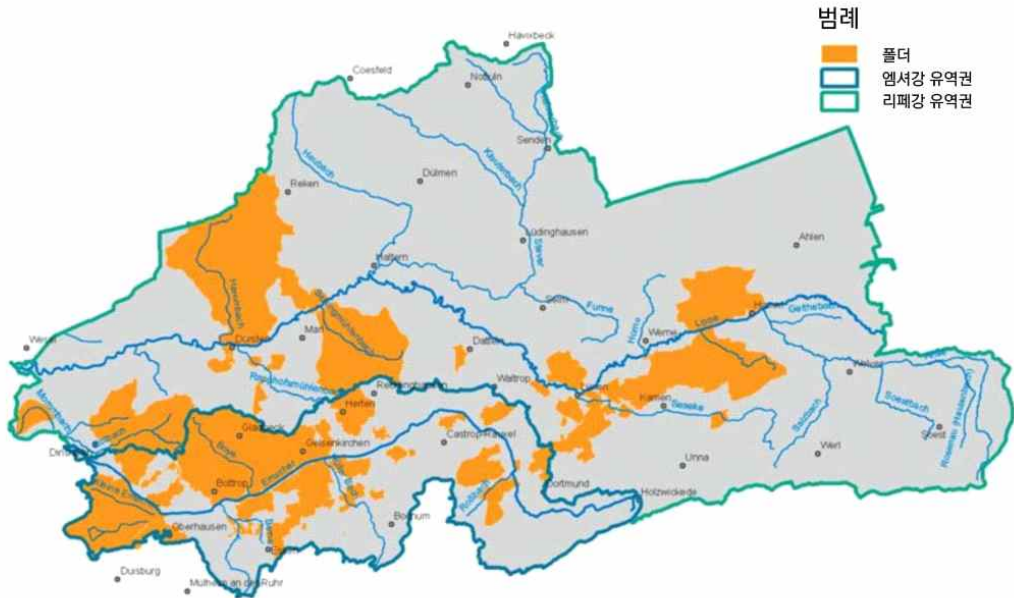


그림 3-3 엠서 강 유역권과 리페 강 유역권의 폴더(노란 색)

- 도시를 흐르는 하천의 경우 대개 홍수방지 시설이 불충분하기 때문에 천변 주거지의 위험 잠재도가 높은 편이다. 큰비가 내리면 하천이 넘치는 데 그치는 것이 아니라 하천 시설이 파괴되고 인근 주거지가 물에 잠기게 된다. 루르지방은 특히 작은 지류들을 배수로로 많이 이용하는 한편 용수로나 개울 등은 제방, 댐 등의 보호시설을 갖추고 있지 않다. 그러므로 물이 넘치면 인근의 주거지가 위험해 진다. 홍수의 물을 하천으로 내려 보내면 다시 역류할 가능성이 매우 크다.

범람의 위험도 내지는 리스크 분석은 각 지역별로 별도로 이루어져야 한다.

사면을 흘러내린 물에 의한 침수 위험성 내지는 리스크는 입지조건에 따라 다르기 때문에 개별적으로 분석해야 한다. 한 지역에서 얻은 결과를 여과 없이 다른 지역에 대입하는 경우 구간별로 서로 다르게 구성되어 있는 하수시스템에 큰 장애를 초래할 수 있다.



## 4. 기후변화 적응을 위한 행동 카탈로그와 조치

기후적응을 위한 조치를 개발함에 있어 4개의 대응 분야로 구분할 수 있다. 이때 적응조치의 시기가 늦을수록 구현이 어려워지고 비용이 높아짐에 유의해야 한다.

지역사회 별 또는 도시 구역별 과열현상, 강우, 폭우 현상 및 가뭄에 대한 취약성은 비단 기후변화 현상에만 종속되는 것이 아니라 여러 요소들이 복합적으로 작용한 결과이다. 그러므로 분야별로 취약성 내지는 위험도를 분석하여 적응 방안을 구성해 볼 수 있다(아래 그림 참조)

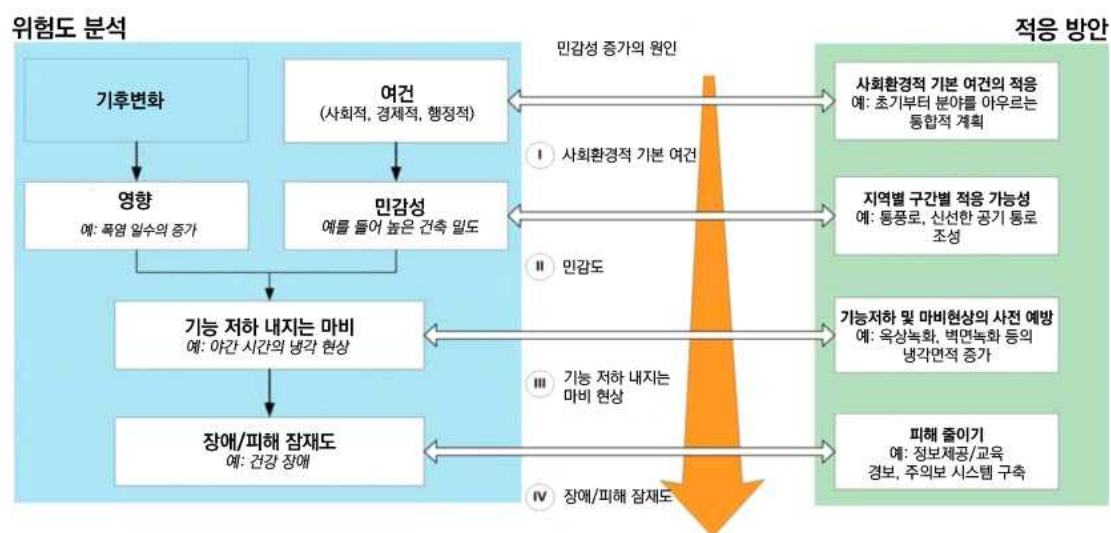


그림 4-1 한 도시구역의 기후변화에 따른 영향 정도와 차원별 적응 전략 (Stock 2005, modified by Thirdspace Berlin)



한 지역의 기후변화 민감성이나 취약성은 각 지역이 가진 **기본 여건**에 크게 좌우된다. 지역의 공간계획, 규정, 행정 절차 또는 관습 등이 이에 속한다.

기상 이변의 증가 등 기후변화의 직접적 여파에 따라 한 지역이 받는 영향이 결정된다: 예를 들어 "폭우"의 경우 급작스럽게 불어 난 우수배수의 양이 문제가 될 수 있으며 과열현상의 경우 폭염이 지속되는 기간이 중요할 수 있다.

기후변화 영향에 대한 **민감도(취약도)** 역시 각 지역이 처한 사회적, 경제적, 자연 환경적 구조에 따라 달라진다. 예를 들어 포장된 면적의 비율, 인구밀도 등이 이에 속한다.

**기능의 악화 내지 마비**는 한 지역의 취약성과 기후변화 장애가 복합되어 나타나는 현상이다. 모든 지역사회가 다 폭염에 취약한 것이 아니며 예를 들어 포장면적의 비율이 몹시 높은 경우 야간의 공기 냉각 기능이 악화될 수 있다. 폭우의 경우 배수 기능이 취약하면 홍수와 범람으로 이어진다.

마지막으로 한 지역의 **장애 잠재성** 역시 영향을 주는 요소로 작용한다. 폭우의 경우 공공 인프라나 사유 재산이 훼손될 수 있으며 과열의 경우

시민의 건강이 위협을 받을 수 있다.

### 적응은 모든 차원에서 가능하다

위에서 언급한 모든 차원에서 행동 가능성이 존재한다. 각 문제 분야(폭염, 폭우, 가뭄)에 대한 지역별 **행동 카탈로그**를 개발하기 위해서는 해당 지역의 기본적 환경여건, 영향 정도, 취약성 및 기능의 마비 정도, 장애 잠재 정도 등에 대한 기존의 정보 내지는 별도의 분석 정보를 모두 수집하여 도표로 정리해 두는 것이 중요하다. 이어 각 요소들에 적절한 적응 방안을 짚 지워 준다. 기본적으로는: 적응 방안이 늦어질수록 구현이 어려워지고 비용은 높아진다. 예를 들어 기본여건의 적응 - 통합적 도시+수자원관리계획을 통해 위험을 미연에 방지하면 높은 비용이 드는 복구 작업을 피해갈 수 있다.





아래의 표 4-1과 4-2는 과열현상 - 폭염에 대한 적절한 적응 방안을 망라한 것이다. 그중 4-1에는 도시 기후적 양상, 4-2에는 주거단지 물 관리에 대한 양상으로 나누어 정리했다. 표 4-3은 폭우에 대한 적응 조치를, 4-4에는 가뭄 현상에 대한 적응 조치를 정리했다. 행동 카탈로그에 보면 한 가지 전략이 여러 곳에 나타나는 경우가 있는데 이는 하나의 전략으로 여러 문제들을 해결할 수 있기 때문이다.

모든 적응 과제에 공통으로 해당 되는 사항은 1) 각 조치의 기술적 타당성의 검토 및 2) 기후변화 적응 조치를 구현하기 위해 반드시 필요한 (정치적) 인식의 부양이다.

## 구현 기간

도시 공간의 과열 현상에 대응하기 위한 **단기적** 조치는 가로공간 녹화 및 옥상, 벽면 녹화 방안이다. 도시 공간에 될수록 수면(연못, 분수 등)을 많이 조성하는 것 역시 단기적 구현이 가능하다.

단기, 중기, 장기  
구현 전략으로  
구분할 수 있다.

건축 디자인의 적응 - 건축물의 방향, 벽면 그늘 주기, 단열, 적절한 건축 소재의 적용 등은 **중기적**으로 구현이 가능한 방안들이다.

녹지계획의 수립을 통해서만 구현이 가능한 방안들은 장기 전략에 포함시킬 수 있다. 도시재생에 소요되는 긴 시간을 감안할 때 도시계획에 가해지는 압력이 적지 않다. 미래에 비로소 변화를 초래하는 방안들에 대해서는 오늘 당장 작업을 시작해야 한다.

주거지 물 관리 분야의 경우 포장면적의 표면배수량을 줄이기 위한 우수지, 침투지 등의 조성이 단기적으로 가능하다. 시스템의 기능적 악화에 대응하기 위한 조치들이나 장애 잠재도의 저하를 위한 조치들은 높은 기술적, 재정적 지원이 요구되므로 중장기적으로 구현될 수밖에 없다.

표 4-1 기후도시적 관점에서 분류한 과열현상 적응 방안

I		시스템 기본 여건		해결 방안
		계획의 분리(환경부서, 계획부서)	H1	여러 부서 간의 통합적 협업과 공조
		건설, 기술적 여건	H2	기술적 가능성의 검토
		조치들의 최적화 결여	H3	기후모델을 계획 절차에 접목
II		영향, 장애	취약성	해결 방안
	과열 현상	포장비율 녹지 비율	H4	건축한계선 확정
			H5	녹지, 비건축지 확보 및 보존, 포장 제거
			H6	공원 조성, 보존, 개선
			H7	가로 공간 녹화
		H8	옥상 녹화	
		인구밀도	H4	건축지 한계선 확정
65 세 이상의 인구 비율	H9	정보시스템, 경보 시스템 운영		
III		시스템 기능 장애		해결방안
	건축지구 과열현상		H6	공원 조성, 보존, 개선
			H7	가로 공간 녹화
			H8	옥상 녹화
			H10	벽면 녹화
			H11	신선한 공기 생성지 조성 및 보존
			H12	수면 조성(연못, 분수)
			H13	건물 방향 최적화
			H14	건물 벽면 그늘 짐, 단열
		H15	적절한 건축 소재 적용	
	야간 냉각 기능 장애		H4	건축지 한계선 확정
			H11	신선한 공기 생성지 조성 및 보존
			H16	바람 통로 조성 및 보존
	통풍 불량		H4	건축지 한계선 확정
			H11	신선한 공기 생성지 조성 및 보존
			H16	바람 통로 조성 및 보존
		H17	경사면에 횡 방향 건축 배제	

IV	장애 잠재성		해결 방안
	옥외 또는 야외에서 머물며 휴식할 수 있는 시간 감소 생산효율 감소	H18	그늘 장치 마련
		H12	수면 조성
		H6	공원 조성, 보존, 개선
	건강 영향	H9	정보, 경보 시스템 운영
		H11	신선한 공기 생성지 조성 및 보존
		H16	바람 통로 조성 및 보존
	폭염으로 인한 사망	H9	정보시스템, 경보 시스템 운영

표 4-2 주거지 물관리 관점에서 분류한 과열현상 적응 방안

I	시스템 기본 여건			해결 방안
	계획의 분리(환경부서, 계획부서)		H1	여러 부서 간의 통합적 협업과 공조
	건설, 기술적 여건		H2	기술적 가능성의 검토
II	영향, 장애	취약성		해결 방안
	증산작용 증가	관개 수요가 높은 도시 식물	H19	도시 식물 관수량 증가
			H20	도시 녹지에 내건성이 강한 식물 식재
	비포장지 건조 현상	건조에 대한 자체 방어 기능이 취약한 식재지, 비식재지	H19	도시 식물 관수 강화
			H21	피복형 식물 적용. 인공 피복소재 배제
			H22	해당 면적에 그늘 마련
	토양 과열(부분 포장 면적, 완전 포장 면적)	부분 포장 면적이거나 완전 포장 면적 중 열전도율 내지는 저장율이 높은 소재의 비율이 높다	H23	신축지: 열전도율과 저장율이 낮은 도로 포장 소재 적용
			H22	해당 면적에 그늘 마련
		지표면 가까운 지층의 열전도율과 저장율이 높다	H24	신축지 및 재생지: 관로 매립시 열전도율과 저장율이 낮은 소재 적용.
			식수 공급관로가 낮게 묻혀있다	H25
		H22		해당 면적에 그늘 마련

III	시스템 기능 장애		해결방안
	관개용수 소비 증가(공공 및 개인 관수)	H26	지역의 지하수 이용 후 남은 물 이용
		E4	빗물 중간 저장 공간 마련
		H27	가뭄, 폭염 시 물 절약을 위한 대시민 캠페인
	토양이 건조하여 단단해져서 물 침투력이 떨어짐으로 인해 지하수의 불충분한 재충전	E1, E4	아래 폭우 적응 조치 목록 참조
		H28	지표 물순환 기능 향상을 위해 유리한 수종 식재(뿌리 번짐이 좋은 식물)
	빗물 표면 유출로 인한 홍수와 범람의 위험이 크다	E	아래 폭우 적응 조치 목록 참조
관로의 식수가 더워져 식수의 질이 나빠진다	H29	식수 위생을 위한 추가적 조치 적용	
	H30	신축지: 공급시설과 가정급수 관로의 효율적 열차단	
	H31	기존 건축: 물을 자주 내려 보내 순환을 원활하게 하거나 추가적으로 소독	
IV	장애 잠재성		해결 방안
	빗물 표면 유출로 인한 공공시설과 사유재산의 훼손	E5, E8, E10	아래 폭우 적응 조치 목록 참조

표 4-3 강우 및 폭우 시 적절한 적응 방안

I	시스템 기본 여건		해결 방안	
	계획의 분리(환경부서, 계획부서)		H1	여러 부서 간의 통합적 협업과 공조
	건설, 기술적 여건		H2	기술적 가능성의 검토
II	영향, 장애	취약성	해결 방안	
	빗물 표면배수량과 속도의 증가	바닥포장 내지는 토지이용	E1	포장 면적 철거
			E2	사면의 토지이용 시 빗물의 표면 유출과 산사태, 토양침식 방지 조치

			E3	물 침투성 향상
			H8	옥상 녹화
		물 유입공간의 실 토지상태	E1	포장 면적 철거
			E3	물 침투성 향상
		물 유입공간의 지형	E2	사면의 토지이용 시 빗물의 표면 유출과 산사태, 토양침식 방지 조치
			E4	빗물 중간 저장 공간 및 긴급 배수로 조성
			E5	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
		문제 구간의 배수시스템	E6	문제구간의 배수 장애 요인 제거
		하천의 흐름	E4	빗물 중간 저장 공간 및 긴급 배수로 조성
			E5	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
			E6	문제구간의 배수 장애 요인 제거
		양수장 등의 특수 구조물	E7	특수 시설의 원활한 운영
		공사장	E4	빗물 중간 저장 공간 및 긴급 배수로 조성
			E5	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
			E8	재산권 보호를 위한 조치
III	시스템 기능 장애			해결방안
		배수시스템 과부하	E2	사면의 토지이용 시 빗물의 표면 유출과 산사태, 토양침식 방지 조치
			E4	빗물 중간 저장 공간 및 긴급 배수로 조성
			E3	물 침투 보장 및 침투성 향상

		<b>E6</b>	문제구간의 배수 장애 요인 제거
	도로, 터널 및 지하실 침수	<b>E4</b>	빗물 중간 저장 공간 및 긴급 배수로 조성
		<b>E5</b>	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
		<b>E8</b>	재산권 보호를 위한 조치
		<b>E9</b>	양쪽으로 배수가 가능한 터널 건설/선형 침투 공간 조성
	산사태, 토양침식	<b>E2</b>	사면의 토지이용 시 빗물의 표면 유출과 산사태, 토양침식 방지 조치
	혼합배수로 혹은 빗물 배수로의 지류를 통한 무분별한 빗물 하천 유입	<b>E5</b>	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
<b>IV</b>	<b>장애 잠재성</b>		<b>해결 방안</b>
	공공시설과 사유재산의 훼손	<b>E5</b>	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
		<b>E8</b>	재산권 보호를 위한 조치
		<b>E10</b>	폭우 발생 시의 조직적 비상 보호 대책
	건강 리스크	<b>E5</b>	정보제공과 비상시 대책을 위한 사전 배려
		<b>E10</b>	폭우 발생 시의 조직적 비상 보호 대책

표 4-4 가뭄에 대한 적절한 적응 방안

<b>I</b>	<b>시스템 기본 여건</b>			<b>해결 방안</b>
	계획의 분리(환경부서, 계획부서)		<b>H1</b>	여러 부서 간의 통합적 협업과 공조
<b>II</b>	<b>영향, 장애</b>	<b>취약성</b>		<b>해결 방안</b>
	최소 강우량	미래 강우 행태에 대한	<b>T1</b>	R & D 프로젝트 결과 및 지식 교환

	내지는 건기	민감도가 매우 낮다		
<b>III</b>	<b>시스템 기능 장애</b>			<b>해결방안</b>
	관개용수 소비 증가(공공 및 개인 관수)		<b>E4, H26, H27</b>	과열 현상과 폭우 적응 조치 참조
	지하수 재충전 되지 않음.		<b>E3, E4</b>	과열 현상과 폭우 적응 조치 참조
			<b>T2</b>	침투지의 잉여분 유입을 통한 인위적인 지하수 재충전
	혼합 배수량의 감소(빗물 유입을 통한 하수의 흐름 저해; 고체성분 비율의 증가; 관로 내의 원활한 흐름 저해)		<b>T3</b>	기존: 전 하수시스템에 정기적으로 물을 흘려보내 정화시킴
		<b>T4</b>	하수 흐름이 저해되는 혼합 시스템을 확인할 수 있는 방법 개발	
		<b>T5</b>	신축: 수리역학적으로 유리한 관로 선정하여 설치, 또는 국지적으로 펌핑을 통한 배수방법 적용	
<b>IV</b>	<b>장애 잠재성</b>			<b>저감 방안</b>
	식수와 용수를 위한 물 부족		<b>E4</b>	강우 폭우 적응 조치 참조
	하수 시스템의 침전물로 인한 악취, 벌레 발생		<b>T6</b>	침전물 제거
	하수 시스템의 침전물로 인한 수리역학적 기능의 감소		<b>T6</b>	침전물 제거

## 과열 현상에 대한 적응 방안

### H1 여러 부서 간의 통합적 협업과 공조

여러 부서 간의 협업은 모든 적응 방안을 구현함에 있어 가장 우선이 되며 성공을 좌우하는 열쇠가 된다. 지역사회별로 보면 예를 들어 건설기본계획, 수자원 관리계획 등을 서로 분리하여 수립하거나 또는 시간적으로 선후를 두어 수립하는 경우가 많다. 그 경우 다른 분야의 이해관계가 제대로 감안되기 어렵다. 특히 건강과 같은 부서는 기관 참여의 과정에서만 감안되고 별도의 계획을 수립하지 않기 때문에 구현 과정에서 수렴되기 어렵다.



통합적 도시발전계획 및 여러 계획부서의 조기 협업을 도모하면 각종 이해관계가 적시에 충분히 반영될 수 있으며 서로 비교하고 우열을 가려 조화로운 결론에 도달할 수 있다. 통합적 협업은

기관 참여 과정에서 서면으로 의견을 제시하는 기존의 방법을 보완하여 정기적인 미팅을 통해 또는 여러 부서의 대표들이 모여 프로젝트 팀을 구성하는 방법을 통해 구현될 수 있다(제 5장 참조). 각 조치들 간의 목표가 서로 다른 경우 이들 간의 갈등을 해소하고 시너지 효과를 얻어 이를 이용할 수 있다(제 6장 참조). 미팅의 횟수가 증가한다는 단점이 있을 수 있으나 궁극적으로는 조기협의를 통해 계획이 수월해 지고 질적인 향상을 꾀할 수 있다.

### H2 기술적 타당성 검토

모든 적응조치의 기술적 타당성을 검토하는 것이 필요하다. 예를 들어 옥상 녹화, 가로 공간 녹화 등을 구현하기에 앞서 옥상의 하중이나 도로 내 관로의 위치 등을 검토하지 않으면 별 의미가 없다. 옥상 정원에 비해 하중이 적은 녹화 방안은 사실상 거의 모든 옥상이나 지붕에 적용이 가능하다. 전 도시구간에 걸쳐 적응 방안이 구현되어야 할 경우 사전에 지붕이나 옥상의 구조적 조건이 충족되는지의 여부를 체크해야 한다. 이는 곧 사전 계획이 선행해야 함을 뜻한다. H1과 H2는 시스템의 기본 여건에서 도출되는 것이므로 모든 행위의 우위에 선다.





### H3 기후모델을 계획과정에 수렴

적응조치를 효율적으로 계획하기 위해서는 긴급 지역을 파악하여 어떤 전략을 적용해야 목표에 도달할 수 있을지 판단하는 것이 중요하다. 도시계획을 통해 나타날 도시 구조적 변화를 예측하기 위해 수치적 기후모델을 이용한 시뮬레이션을 해 보는 것이 바람직하다. 시뮬레이션을 통해 건축지와 기타 요소들 사이의 상호작용을 예측하며 이를 바탕으로 향후 추가적 기후영향이 없는 신도시 건설이 가능할 수 있다. 또한 기존의 구조들을 최적화할 수도 있다(Bruise

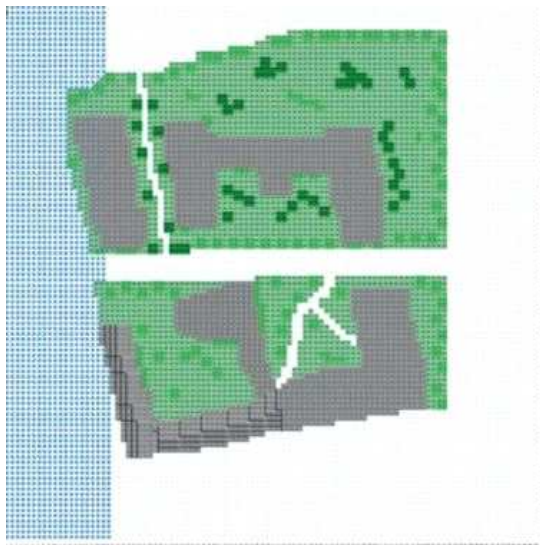


그림 4-2 녹지를 감안한 모델 지구 (RVR)

2003). 기후모델을 통한 시뮬레이션은 현지에서 정보를 수집하고 측정하는 것에 비해 비용이 적게 든다. 단점이라면 입력정보가 획일화 내지는 단순화되어 사실에 완전히 부합하지 않을 수 있다는 점이다.

예를 들어 보쿰의 루르 대학에서 개발한 ENVI-met은 수치적 3D 모델로서 기존하는 또는 계획된 도시구간 내의 미기후와 대기질을 계산해 낸다. 유량과 에너지 균형을 산출하여 도시구간 내의 바람, 기온 및 습도 분포를 시뮬레이션하는 것이다. 이때 사용되는 파라미터는 건물표면상태, 토양포장률, 토양성질, 식물과 일조량이다. 이 모델은 [www.envi-met](http://www.envi-met) 에서 무료로 제공하며 적응조치의 최적화를 위해 효율적으로 쓰일 수 있다.

옆의 그림 4-2 및 4-3은 녹지 없이 완전히 포장되어 있던 주거단지에 녹지를 마련함으로써 기온이 어떻게 변화하는지를 보여준다. 4-2는 건물, 잔디, 생물타리, 수목 등의 배치도이며 4-3은 완전 포장되었던 것에 비해 달라진 기온의 절대 온도 편차를 나타낸다. 지표면 2미터 높이에서 녹지의 기온이 0.3~0.5k 낮은 것을 알 수 있다. 가장 시원한 곳은 북쪽에 위치한 개울로서 그 주변의 기온이 냉각됨을 알 수 있다.

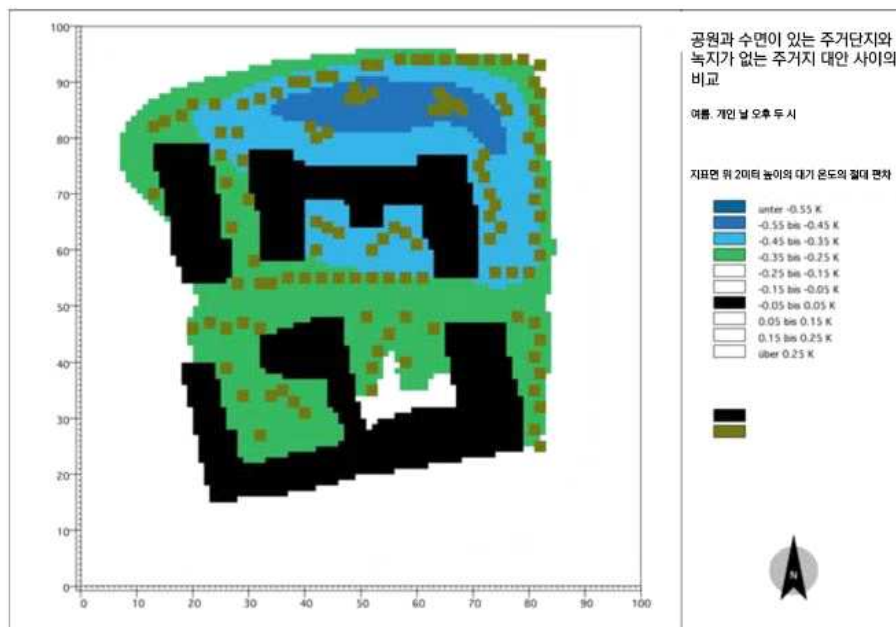


그림 4-3 완전히 포장된 면적과 녹지를 감안한 모델 사이의 기온 편차.

## H4 건축지 한계선의 확정

바람이 약할 때에도 충분한 통풍효과를 주기 위해서는 도시면적이 작고 건축 밀도가 낮아야 한다. 이로써 신선한 공기가 장애 없이 도시로 흘러들어 과열된 도심을 식히는데 일조하고 대기위생을 향상시키는데 기여할 수 있다.

도시 근교는 대개 녹지가 충분히 존재하므로 도심과 대기 교환이 일어난다. 특히 밀집된 도시 구역에 녹지가 충분치 않은 경우 또는 지속적인 건설사업으로 인해 신선한 공기의 유입이 저해되는 경우 도시근교의 건축지 한계선을 명확히 긋는 것이 좋다. 이를 통해서만 녹지가 보존되고 도시의 과밀현상에 대응할 수 있기 때문이다. 도시의 녹지 축은 서로 연계되어야 한다. 이 역시 건축지 한계선을 확정을 통해 구현할 수 있다.



보름 시 외곽지대

건축지 한계선을 확정하면 아래와 같은 목표에 도달할 수 있다:

- 외곽지대의 건설이 저지된다(그림 4-4).
- 도시 정화를 위해 필요한 면적을 건축지로 이용하지 못하게 된다(그림 4-5).

도시 내의 비건축 부지를 그대로 두면 기후보호 목표와 마찰을 빚을 수 있다(제 6장 참조). 도시 내 존재하는 빈 공간을 건축지로 쓰면 도시구조가 콤팩트해져 공간이 절약되고, 교통량 및 에너지소비량이 저감된다. 그 반면에 밀도가 높아져 열섬현상이 나타날 수 있다. 둘 사이의 균형을 유지하기 위해 건축지 한계선을 두고 예외적인 상황에서만 건축을 허용하는 방법도 있다. 나머지 도시면적을 조심스럽게 다루어 고밀도 효과에 적절히 대응하는 것도 가능하다.



그림 4-4 주거단지가 두 개의 병합 방지(RVR 2006)



그림 4-5 찬공기 생성면적 보호를 위해 건축지 한계선을 확정, 건축을 금한다(RVR 2006)

범례	
	범지역적으로 중요한 비건축지: 도시에 대한 균형 공간
	도시 공원과 녹지
	삼림 - 생태기후적 균형 공간
	저밀도 건축지
	고밀도 건축지
	공상업/상업지
	주도로
	연계 녹지
	계획된 주거단지
	건축지 한계 확정선
	건축지 한계 목표선
	신선한 공기 통로
	추가 건축 가능 공간

### H5 비건축지의 확보, 보존, 포장면적 철거

녹지는 도시구조를 결정짓는 요소인 동시에 밀집된 도시에 기능적 균형을 주는 요소로서 그 의미가 크다. 도심의 비건축지(녹지, 광장, 나지 등)의 기후적 효과는 면적, 디자인 및 건축지와 관계에서 결정된다. 적절한 크기 이상이 되어야 녹지의 기후조절 기능이 비로소 작용한다. 녹지띠의 경우 주거지와 산업 배출지 또는 교통량이 많은 도로 사이의 경계요소로서 그 기능이 매우 중요하다. 이격을

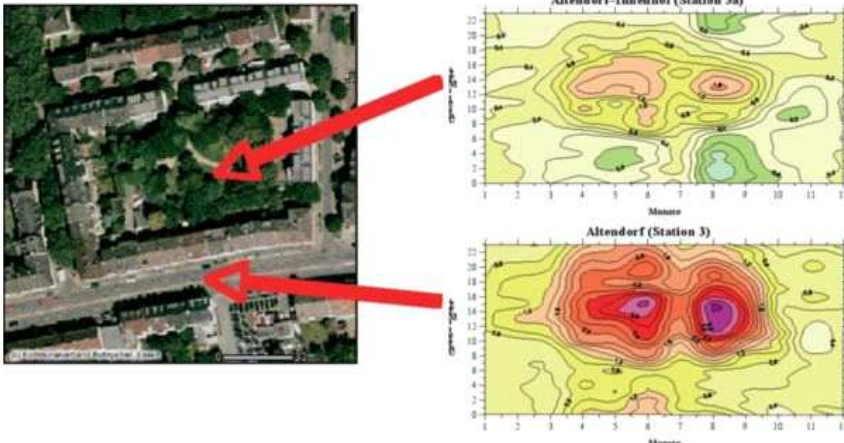


그림 4-6 에센 시의 알텐도르프 가의 중정 녹화: 블록 외곽지와의 기온 차이가 현저하다.

담당하는 한편 대기오염물질을 희석하고 걸러내며 열섬을 깨는 역할도 한다. 연계녹지의 밀도 있게 조성하고 합리적으로 배치하면 작은 녹지도 열섬현상을 저감하는 데 기여할 수 있다. 규모가 작은 격리된 녹지, 예를 들어 녹화된 중정(그림 4-6)의 경우 그 영향이 주택의 경계를 넘지 못하지만 이런 작은 오아시스는 밀집된 도심에서 국지적 휴양공간으로서 중요한 역할을 한다. 도심 녹지 조성의 저해 요소가 되는 것은 공간의 부족

이다. 식재면적을 추가적으로 확보하기 위해 도시철길 녹화 등의 특수한 녹화 가능성을 타진해 볼 수 있다. 철길의 잔디나 생태매트 등의 생태효과는 수목과 관목의 효과와 비할 수 없지만 빗물 유출의 속도를 늦추고 증발량을 높여 냉각효과를 가져온다는 점에서 주목할 만하다(Gorbachevskaya et. al. 2009).

### H6 공원 조성, 보존 및 개조

도시녹지는 냉각효과를 통해 지역 기후 조절에 기여한다. 잔디밭과 수목으로 구성된 녹지의 경우 낮 시간 동안 그늘을 주고 증산작용을 통해 열을 소비하여 주변의 건축지와 열 균형을 맞춘다. 반면 야간에는 신선한 공기를 생성하여 대기교환을 통해 냉각작용을 한다. 조사결과에 따르면 2.5 헥타르 이상의 규모에서 비로소 냉각효과가 확인되었으며 그 효과 범위는 공원의 직경과 같다(Upmanis et al. 1998). 범지역적 효과는 규모가 50 헥타르가 넘을 때 비로소 나타난다(바덴 뷔르템베르크 주 경제부 2008). 그림 4-7은 도르트문트 웨스트파크의 야간 냉각 잠재력을 모델링한 것이다. 이 경우 공원과 인접한 건축지의 야간 기온이 최소 0.5K까지 냉각된다.

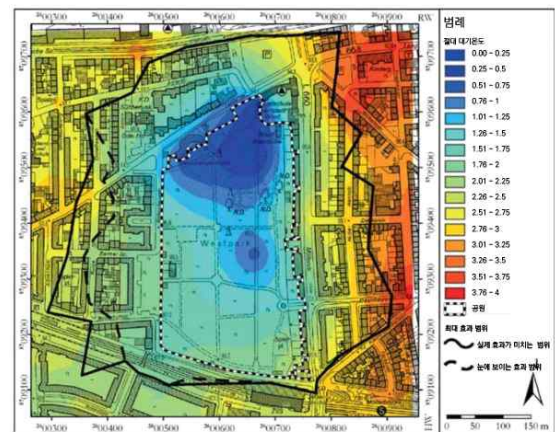


그림 4-7 도르트문트 웨스트파크 지상 2미터 높이의 대기평균온도 분포(Bongardt 2006)

## H7 가로 공간 녹화

도시 가로수길은 그늘을 주고 증산작용을 통해 과열을 낮추는 역할을 한다. 그러나 공기통로(H16)에 수목을 심으면 공기 흐름이 막힐 수 있다. 가로수를 선정할 때 수관이 서로 연결되어 지붕처럼 덮이는 경우 대기오염물질이 수관 하부의 공간에 머물 수 있다는 점에 주의할 필요가 있다. 대기위생의 관점에서 볼 때 수관 하부에 실제로 심각한 오염물질 배출원이 확인되었을 때 수목 식재에 대한 반대 의견을 수용할 수 있다. 교통량이 적은 도로나 광장, 보행자 전용 구간 등은 가로수 식재를 통해 오히려 미기후 개선에 크게 기여할 수 있다. 도시녹화의 적정성 역시 개별적인 모델링을 통해 확인이 가능하다. 그림 4-8은 밀집된 도시의 가로수 길 하부에 누적된 오염물질의 분포를 모델링 사례다.

이 적은 수종 목록을 작성한 바 있다. 다른 한편 도시 나무들 역시 기후변화에 적응할 수 있어야 한다. 특히 여름철 폭염일수가 증가하는 경우 적절한 수종 선발에 유의해야 한다. 드레스덴 공대에서 250 종의 수목을 대상으로 도시 적합성을 테스트한 바 있다. 이를 위해 기후-수종-인덱스(KLAM)을 개발했으며 내건성과 내한성에 따라 4 등급으로 분류했다(매우 적절, 적절, 문제 있음, 문제 심각함). 유사한 기후조건을 보이는 고장에서 도입된 외래 수종도 테스트에 포함시켰다. 기후-수종-인덱스(KLAM)는 도시 수목 선정을 위한 기준이 될 수 있다(Roloff, Bonn & Giller 2007).

독일 녹지국장 회의(GALK 2006)에서도 도시녹지

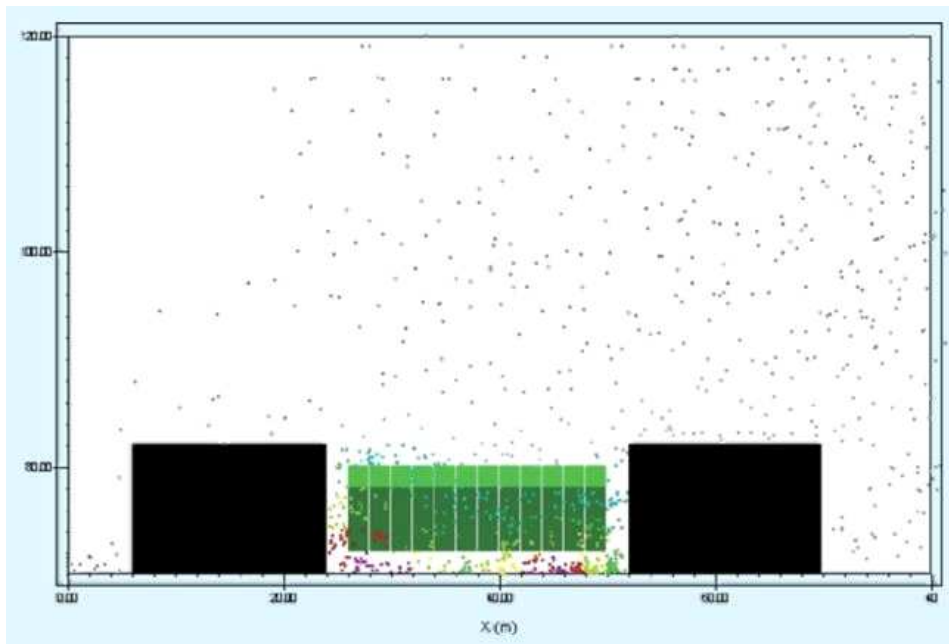


그림 4-8 ENVI-met 프로그램으로 시뮬레이션. 수관이 서로 닿아 지붕을 이루는 가로 공간의 기체 및 먼지농도(Bruse 2003)

도시 공간 녹화에 적절한 수종 선정 시 그 외에도 입지조건, 교통안전이라는 두 가지 기준을 함께 감안해야 한다. 수종에 따라 오존을 배출하는 것도 있기 때문이다. 이런 나무들은 가로수로 적절치 못하다. 1998년 벤자민과 와이너는 휘발성 유기화합물을 적게 내보내 오존 발생의 가능성

및 가로수 식재에 적절한 수종 목록을 작성하여 발표한 바 있다. 이때 도심의 극한 환경, 즉 도로에 적합한 수종을 테스트했으며 그 결과를 목록으로 정리했다. 목표는 도시의 종 다양성을 높이는 한 편 더운 기후를 선호하는 병충해를 미연에 방지하는 것이다.

## H8 옥상 녹화

녹화된 옥상은 최소의 면적을 가진 녹지에 속한다. 열을 식히는 기능 외에 대기 위생을 책임지며 건물의 에너지 경제에 긍정적으로 작용한다. 비록 개개의 면적은 작지만 이들이 대거 연계되면 미기후 개선에 크게 기여할 수 있다. 옥상녹화면적의 열역학적 효과는 기온을 낮추는 데 있다. 옥상녹화에 주로 적용되는 피복형 식물의 증산작용으로 여름에는 과열현상을 방지하고(그림 4-9) 겨울에는 열의 손실을 막아준다. 그 결과로 지붕 아래 실내 공간의 기후도 조절한다. 지붕 내지는 옥상녹화 그리고 벽면녹화는 더 나아가서 물순환시스템에도 긍정적으로 작용한다: 빗물을 70에서 100%까지 흡수하여 대기 중으로 서서히 다시 내보내기 때문이다.



이로서 습도도 조절되며 포장된 도시구간의 대기를 식히는 데 크게 일조한다. 강우 시에는 하수 시스템으로의 빗물 유입을 지연시켜 시스템의 과부하를 저지한다(바덴 뷁르템베르크 주 경제부 2008).

각 지역사회별로 녹색 지붕을 지원하는 다양한 프로그램이 마련되어 있다: 개인 주택의 지붕녹화 장려를 위한 재정 지원 프로그램 외에도 건설기본계획에서 옥상녹화를 지정하는 방법도 쓰고 있다. 또한 자연 침해 보상 조치로 옥상녹화를 제안할 수도 있다(Holz Müller 2009). 빗물세를 저감해 주는 것도 옥상녹화를 독려하는 또 다른 방법이 될 수 있다.

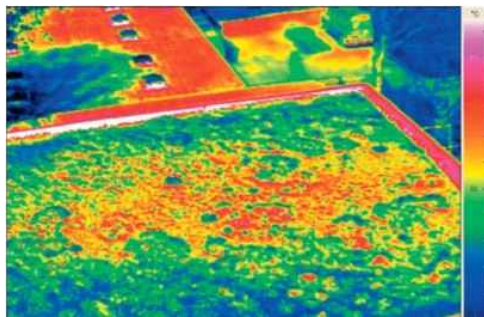


그림 4-9 녹화된 옥상(앞부분)과 녹화되지 않은 옥상의 표면 온도. 초봄.

## H9 정보 시스템, 경보 시스템의 운영

2003년 세기의 폭염으로 노인들 약 2만 명이 사망했다(주로 파리와 이태리 북부의 산업도시에서). 폭염 경보 시스템과 폭염 영향에 대한 정확한 정보시스템을 운영하면 건강 영향을 현저히 줄일 수 있다. 독일기상청은 2003년의 폭염에 대한 반응으로 전국적으로 경보시스템을 설치하여 기온이 상승하고 바람이 적고 일조량이 큰 경우 적시에 경고할 수 있도록 조치했다. 노인층과 병자들을 대상으로 폭염이 지속되는 경우 어떻게 대처해야 하는지 계몽하는 것도 경보시스템 못지않게 중요하다. 그늘에서 머물기, 심한 움직임 삼가기 외에도 물을 많이 마시는 것이 중요한데 양로원이나 요양병원에서는 이 점을 주지하여 노인들을 돌보아야 한다. NRW 주에서는 폭염 포털을 설치하여([www.nrw.de](http://www.nrw.de)) 독일기상청의 폭염 경보 관련 정보들을 제공하여 건강영향을 피하는 데 최선을 다하고 있다.



## H10 벽면 녹화

건물 벽면 녹화는 옥상 녹화와 마찬가지로 열을 식히고 대기 위생과 건물 에너지경제에 긍정적으로 작용한다. 우선적으로 건물 자체의 미기후 조절 기능이 중요하다. 벽면 녹화의 열역학적 효과는 주로 기온을 낮추는 데 있다. 식물의 잎과 공기 풀더, 증산작용은 여름철 벽면이 과열되는 것을 방지하며 겨울철 심한 냉각을 저지한다. 겨울의 일조량을 최대한 이용하기 위해서는 담쟁이덩굴처럼 가을에 잎을 떨구는 식물을 심으면 좋다. 벽에 틈새가 없을 경우 덩굴식물로 인해 건축물이 훼손될 염려는 없으나 그럼에도 녹화 전에 세심히 살피는 것이 좋다.



기후조절기능 외에도 대기 오염물질, 특히 미세먼지를 걸러 준다. 좁은 골목길 등 다른 녹화가 불가능한 경우 벽면녹화가 좋은 대안이 될 수 있다.

## 11 신선한 공기 생성지의 확보 및 보존

삼림이나 공원 또는 녹지율이 높은 전원주택지 등 식물이 지배적인 공간은 신선한 공기 생성지에 속한다. 찬공기 내지는 신선한 공기의 생성 여부는 대상지의 토양이나 피복 상태에 따라 달라진다. 밀도가 높은 토양은 열 저장률이 높아 찬공기 생성이 저조한 편이며 밀도가 낮은 부드러운 토양일수록 열 저장률이 낮다(VDI 2003). 들이나 초지는 빨리 식기 때문에 삼림보다 찬 공기 생성률이 높다.



신선한 공기 생성지 효율은 그 외에도 면적의 크기에 좌우된다. 이런 면적을 조성하고 유지하며 서로 연계시키면(그림 4-10) 효과를 현저히 높일 수 있다. 도시와 교외의 신선한 공기 생성지를 서로 연결하면 열섬 현상을 깨거나 저감할 수 있으며 중요

한 기후조절 공간을 얻을 수 있다. 산업폐지나 인구 이동으로 인해 이용이 가능한 공간은 도시계획을 통해 도시통풍을 위해 의미 있는 공간인지의 여부를 검토하여 경우에 따라서 재건축을 금할 수 있다. 지금까지 유효한 도시계획의 원칙, 즉 도심 밀도를 높여 콤팩트하고 이동거리가 짧은 도시를 만든다는 원칙은 기후변화 대응을 위한 녹지확보 원칙과 마찰을 일으키므로 상호 조절 절차를 통해 합의점을 찾아야 한다(제 6장 참조).

## H12 오픈 수면 조성

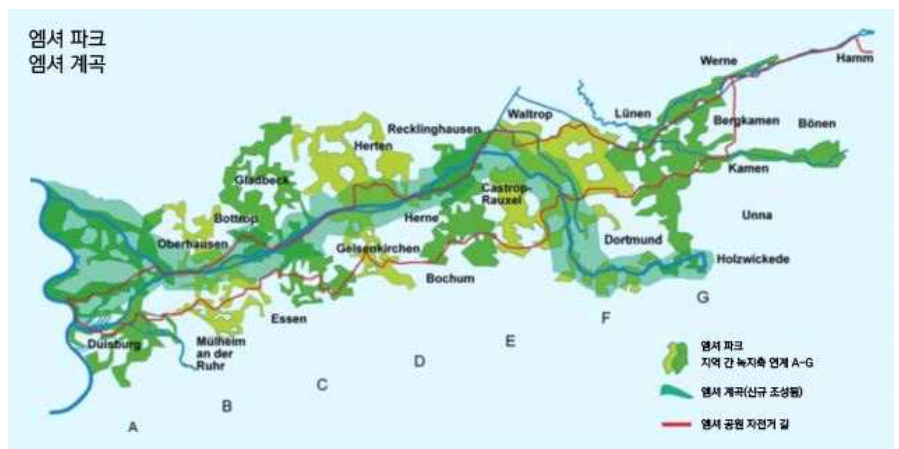


그림 4-10 루르지방의 엠셔 파크와 7개소의 녹지 연계시스템(RVR)

증발하는 물은 대기 중의 에너지를 소모하므로 과열된 도심의 기온을 낮추는 데 기여한다. 도시의 물과 녹지 면적 비율이 높아지면 그만큼 냉각효과를 높일 수 있으며 건조한 지대에서도 대기 중 습도를 높일 수 있다. 냉각효과는 긍정적이지만 경우에 따라서 높은 습도로 인해 불쾌지수가 올라갈 위험이 있다. 분수나 안개분수 등 움직이는 물은 부동의 수면에 비해 증발열을 훨씬 많이 소모하여 냉각효과도 크다.

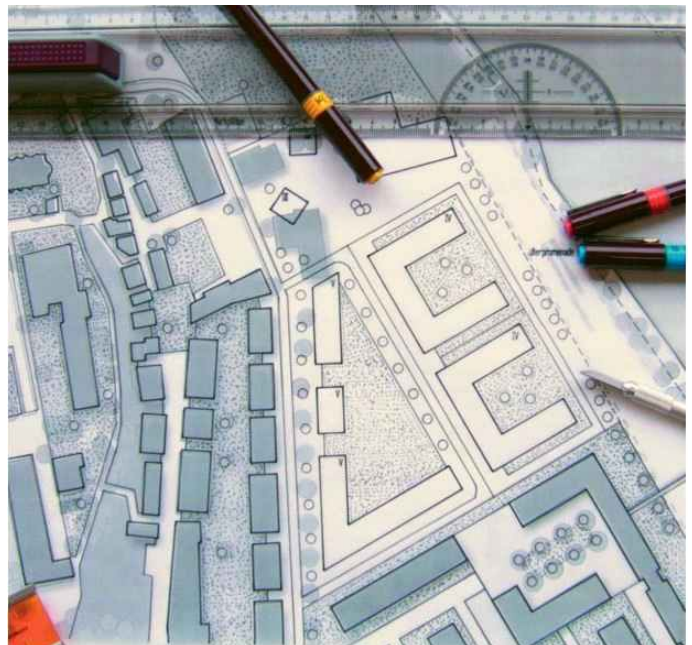


오픈된 수면은 더 나아가 기온조절의 효과가 있다. 물은 공기에 비해 가열 속도가 느리므로 여름에는 시원하게, 겨울철에는 따뜻하게 느껴진다.

### H13 건물 방향의 최적화(신축 건물에 한함)

더운 지방에서는 이미 전통적으로 기후 적응형 도시를 만들어 왔다. 예를 들어 그늘진 좁은 골목과 벽, 흰색 표면 등이 이에 속한다. 독일도 이제는 인식을 바꾸어야 한다. 향후 여름철 폭염의 영향을 줄이기 위해서는 도시와 건축을 적응시킬 필요가 있다. 단 겨울철 일조량 확보 역시 중요하다. H13은 기후변화 적응 조치 중 신축 건물에만 해당된다.

일차적으로 건물의 향을 잡을 때 현명하게 대처하여 직접적인 가열을 피하여야 한다. 둘째 목표는 통풍을 원활하게 하여 냉각효과를 노리는 것이다. 건물을 계획할 때 향만 적절히 설정해도 여름철 과열 방지가 가능하다. 그 외에도 바람의 방향을 감안해야 한다. 예를 들어 침실이 과열되는 것을 최대한 방지하는 것이 좋다.



### H14 그늘진 건물 벽면, 단열

더운 날이 증가함에 따라 과열된 건물을 식히는 것이 점점 중요해지고 있다. 일반적인 냉방시설의 이용은 에너지 소비량을 크게 증가시켜 기후보호에 부정적으로 작용한다. 신재생에너지를 이용한 냉방 시설 가동과 패시브한 냉방 기술 - 예를 들어 지열 교환 시설 -을 쓰면 환경목표와의 마찰을 피할 수 있다.



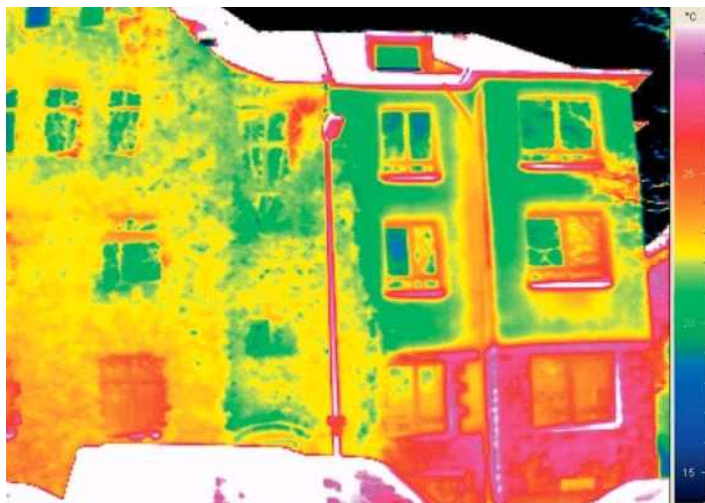
건물 계획에 있어 여름철 나무 그늘 내지는 그늘막 등을 설치하고 단열재를 쓰면 건물을 과열로부터 보호할 수 있다. 이런 경우 본래 에너지 절약을 통한 기후보호 목적으로 개발된 방법들이 결국은 기후변화에 대한 적응 조치도 될 수 있다. 동절기 에너지 손실을 막기 위해 설치한 좋은 단열시설은 여름철 집이 과열되는 것도 방지해 준다. 에너지 절약형 패시브하우스의 경우 통풍 시스템 덕분에 여름철에 시원하다. 집 남쪽에 퍼골라 등을 설치하면 여름철 해가 높이 떴을 때 그늘을 주고 겨울철에는 아침저녁으로 별이 들어 쾌적하다.

H14는 신축건물 뿐 아니라 기존의 건물에도 추가적으로 설치할 수 있는 방법들이다.

### H15 적절한 건축 소재의 적용

고체는 열의 흡수와 방출을 통해 온도를 조절한다. 열을 얼마나 흡수하는 가는 소재에 따라 다르다. 도시적 건축소재는 자연 소재보다 열 흡수율이 현저히 높다. 철근과 유리의 경우 열전도율이

매우 높아서 낮에 많이 흡수하고 밤에 많이 내보낸다. 그에 반해 목재 등의 자연 소재는 전도율이 낮기 때문에 적절히 사용하면 큰 효과를 볼 수 있다.



건물 외피 소재 중 태양에너지를 즉시 반사시키는 것도 있다. 밝은 소재일수록 그 효과가 높아 단파의 태양에너지를 반사시킨다. 그러므로 밝은 색 건물이나(그림 4-11) 회색 아스팔트는 크게 과열되지 않는다. 이 원칙을 도시계획에 널리 적용하면 열섬현상을 현저히 줄일 수 있다.

그림 4-11 건물 벽면 기온. 상부가 밝은 색.



## H16 공기 통로 확보와 유지

신선한 공기 통로와 바람 길은 찬공기 생성지 또는 신선한 공기 생성지와 도시를 연결하기 때문에 도시 통풍을 위해 매우 중요한 요소다. 대기 교환이 없는 바람 잔 날에는 절대적으로 중요하다. 오염이 덜 된 공기가 오염된 도시로 흘러들어 오기 때문이다(VDI 2003).



철길은 중요한 바람 통로

공기 통로는 아래와 같은 기준에 따라 구분된다 (Weber & Kuttler 2003):

- **통풍형 통로**는 열이나 대기 위생적 성격과 상관없이 유량의 흐름을 보장한다.
- **찬공기 통로**는 대기 위생을 감안하지 않은 찬 유량을 이동시킨다.

- **신선한 공기 통로**는 오염도가 적고 과열되지 않은 유량이 흐르는 곳이다.

골짜기는 마치 운하와 같은 역할을 한다. 이를 통해 찬공기, 신선한 공기가 교외에서 도시로 흘러든다. 구름이 끼지 않은 맑은 밤에는 반대 방향으로 흘러 그 결과로 찬공기가 사면을 따라 내려오게 된다. 반대로 역류하는 날씨가 되면 골짜기에 오염된 공기가 쌓이므로 불리하게 작용한다.

공기 흐름에 따른 냉각 효과는 대개 가까운 곳에 국한되어 있다. 찬공기 내지는 신선한 공기층이 도시건물의 높이 몇 배로 쌓여야 비로소 흐를 수 있기 때문이다. 기존의 도시구조는 공기의 흐름에 장애를 주기 때문에 공간 절약형의 바람 통로를 조성하는 게 우선 시급하다. Mayer 등에 따르면(1994) 효율적 통풍형 통로는 다음과 같은 최소 조건을 만족시켜야 한다: 기체역학적 저항면적  $Z_0 = \leq 0.5 \text{ m}$ , 거리: 폭 = 20:1 (거리  $\geq 1000 \text{ m}$ , 폭  $\geq 50 \text{ m}$ ).

키 큰 나무가 뺏뺏하게 서 있는 경우 장애물 내지는 벽처럼 작용하여 통풍을 저해하며 지상풍의 속도를 감축할 수 있다. 특히 날씨가 맑은 날 밤 바람이 약하게 불 때 이런 현상을 자주 만날 수 있다(Dütemeyer 2000).



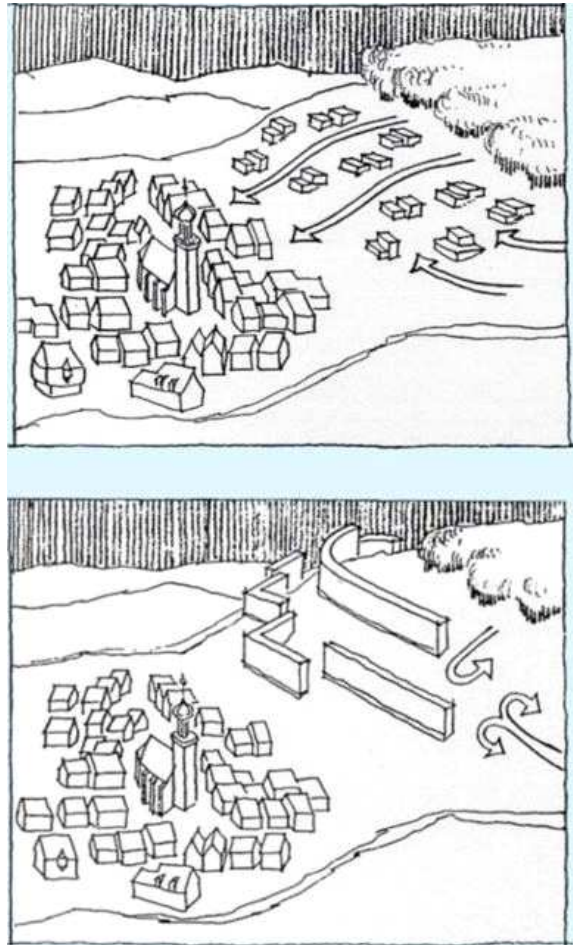
뒤스부르크 도심의 바람 통로

### H17 경사면 횡방향의 건축 배제

큰 규모의 찬공기 생성지 및 도시로 향해 낮아지는 사면과 골짜기는 도시 통풍을 위해 특별히 민감한 면적으로서 바람이 약한 날에도 통풍이 가능케 한다. 이 중요한 기능을 방해하지 않기 위해 도시외곽엔 긴 벽체형의 건축을 짓지 않는 것이 바람직하다(바덴 뷔르템부르크 경제부 2008). 찬 공기가 흐르는 경사면에는 사면과 평행으로 길게 연결된 건축을 금해야 한다. 사면을 횡으로 가르는 건축물 또는 사면을 따라 길게 연결되는 건축물들은 흐름을 막는 차단기 역할을 하여 바람이 약한 날 건물 배면의 통풍을 방해한다(그림 4-12 참조). 사면 건축을 포기할 수 없는 경우 이격거리를 충분히 두고 낮은 층수로 짓는 것이 좋다. 비건축지가 서로 연결되어야 비로소 통풍효과가 나타남에 유의해야 한다(바덴 뷔르템부르크 경제부 2008).

이 조건이 충족되면 남향 경사면의 유리한 건축 조건과 도시통풍을 통한 기후보호라는 두 개의 관점 사이에 마찰 없이 조화가 가능하다.

그림 62 통풍형 건축(위)과 사면에 횡으로 배치되어 통풍을 차단하는 건축물(바덴 뷔르템부르크 경제부 2008)



### H18 그늘 시설 설치

직접적 과열을 방지하는 가장 간단한 방법은 그늘 시설을 설치하는 것이다. 오피스 건물 유리창 외곽의 롤로 블라인드 설치로부터 차양까지 매우 다양한 가능성이 있다. 도심의 광장 등에 퍼골라를 설치하면 더위에도 그늘진 곳을 찾아 머물 수 있는 가능성이 높아진다.



## H19 도시 녹지 관수



기후조건의 변화는 도시의 여름 일수를 증가시켜 가뭄을 초래하므로 도시 식물생태에 지대한 영향을 미친다. 이에 대처하는 방법 중 하나는 녹지의 인위적 관수다. 특히 건기가 오래 지속되는 경우 지하수위가 낮아지는 녹지는 인위적 관수가 필요해 진다.<sup>1)</sup>

이 경우 물론 여름 건기의 물 공급과 마찰을 빚게 된다. 이에 대한 대안은 내건성이 강한 수종을 선발하여 심는 것이다(H20과 비교).

## H20 도시 공간에 적절한 수종 선발

도시 내 녹지에 심을 적절한 수종을 선발할 때 기후 적응이라는 과제가 나무에게도 해당됨에 유의해야 한다(H7 참조). 여름철 도시 폭염이 잦아지며 그와 더불어 건기도 길어지므로 이런 조건에 부합되는 식물종을 엄정히 선발해야 한다. 건조와 열에 강한 나무들이 도시 녹지에 어울리는 미래형 수종이다.

극심한 건조기에 견디는 수종을 선발하는 한편 종의 다양성을 동시에 추구하기 위해서는 자생종에 국한시킬 수 없다. 유사한 기후조건을 가진 지방의 나무들을 도입할 필요가 있다. 도시 내 수종의 다양성을 확보하면 새로 등장하는 열에 강한 병충해도 동시에 방지할 수 있다.



마로니에는 더위에 강하기 때문에 도심 수종으로 적절하다.

1) 역주: 독일의 경우 대체로 지하수위가 매우 높아 공원이나 도시녹지의 관수가 불필요함.

## H21 피복형 식물의 비중 상승 및 나지의 인위적 포장 배제



도시의 여름 더위는 비포장면적의 극심한 건조현상을 야기할 수 있다. 도시 내의 비포장면적은 빗물 순환을 위해 매우 중요한 역할을 한다. 극심하게 마른 땅은 빗물을 흡수하지 못해 쓸려나가게 된다. 이는 토양 유실로 이어지며 지하수 재충전 능력도 저하시킨다. 더 나아가 폭우 시 홍수의 리스크를 높이는 결과가 나타난다.

이런 면적에 피복형 식물을 심어 건조를 방지하면 침투성이 좋아진다. 식재가 가능하기 않거나 의미가 없는 곳에서는 우드칩 등으로 덮어 증발을 막는 것이 좋다.

---

## H22 중요한 면적에 그늘 만들기

제 2장에서 폭염이 지속되면 식수 공급에 부정적 영향을 미친다는 사실을 살펴본 바 있다. 관로가 과열되어 박테리아가 번식하기 때문에 위생문제가 대두된다(예: 엔테로박터, 시트로 박터, 클레브시엘라 등). 특히 아스팔트나 콘크리트 등의 포장 면적 하부에 묻힌 관로 중에서 유량의 흐름이 많지 않은 것들이 큰 취약성을 보인다. 이런 면적들은 열을 잘 흡수하고 보존하기 때문에 쉬이 과열되어 하부의 토양층의 온도를 높이기 때문이다. 태양열이 직접 도달하는 곳일수록 이런 현상이 강하게 나타난다. 그러므로 그늘목을 심거나 그늘 시설을 설치하여 이런 면적들을 특별히 보호해야 한다.

나무 그늘을 만들어 주는 경우 도시기후 및 대기 위생에도 긍정적 영향을 미친다(H7). 이때 나무뿌리와 지하관로가 서로 방해하는 경우가 있다(제 6장 참조). 이 경우 퍼골라나 아케이드 등의

그늘시설물을 설치하면 H18에서 말하는 장소의 퀄리티도 높이는 시너지 효과를 꾀할 수 있다.



### H23 신축지: 열전도율과 저장률이 적은 교통면적

상기한 바와 같이 포장된 면적에 묻힌 관로가 과열되면 식수질이 위협을 받게 된다. 이때 얼마나 그리고 얼마 동안 열을 흡수하는지의 여부는 소재의 유형에 따라 다르다(H15). 아스팔트나 페이빙 등은 자연 소재의 면적에 비해 열흡수율이 현저히 높다. 밀집된 도시 내의 포장 도로 비율이 일반적으로 10%가 넘기 때문에 현저한 과열 효과가 나타날 수 있다.

바닥 면적의 과열을 낮추기 위해서는 열전도율이 낮은 소재를 적용해야 한다. 검은 아스팔트 보다는 밝은 색의 돌 또는 콘크리트를 쓰면 관로 시스템의 과열이 명백히 저감된다. 연구 결과에 따르면 밝은 색 콘크리트를 쓰는 경우 검은 아스팔트에 비해 약 13 켈빈까지 감축할 수 있다고 한다(오스트리아 시멘트 산업 연구원 2009).



### H24, H25, H29-H31 상수시스템 운영기관을 위한 조치

폭염이 오래 지속되면 식수공급 시설의 온도가 높아지게 된다. 15~ 25°C 범위에서 기온이 1~3° C 높아져도 박테리아의 번식률이 크게 상승한다. 관로에 물이 적게 흐르는 경우 위험은 더욱 커진다. 인구가 적어 물을 덜 쓰는 지역의 관로가 더 큰 위협을 받게 된다. 현재 이 현상을 질량적으로 정의하기 위한 여러 연구 프로젝트가 진행되고 있다. 인구 밀도가 높고 지표수로 식수를 공급하는 지역에서 박테리아의 번식을 막으려면 새로운 공급시스템을 도입하고 기술적

적응 방안이 모색되어야 한다.

이미 상수도국이나 공급자 측에서 깨끗한 물을 공급하기 위해 다양한 방법을 도입하고 있다. 예를 들어 식수를 살균하고 모든 시설을 재소독하며 관로의 유기물을 줄이기 위해 정기적으로 수도를 틀어 관을 씻어낸다.

건축적 방법으로도 공급시설 및 관로의 과열을 막을 수 있다. 도로 건설이나 보수공사 시 관로를 더 깊게 묻고(0.8m 이하) 열전도율이 낮은 소재로 매립하는 것이다(H23 참조). 가장 좋은 방법은 물론 토양 포장을 포기하는 것이다. 이 방법은 물론 신축지에 적용이 용이하다. 더 깊게 묻으면 관로의 길이도 길어지므로 투자비, 관리비, 수리비가 높아진다는 단점이 있다. 관로를 단열재로 감싸는 것 역시 추가 비용을 동반한다.



### H26 일부 지역의 지하수 관리 중 잉여분 이용

동절기 강우량의 증가로 인해 북서 독일의 지하수위가 더욱 높아질 것이 예상된다.<sup>2)</sup> 그와 더불어 지표수의 수위도 불어날 것이다. 이때 넘쳐나는 물을 폭염과 가뭄 기에 예를 들어 공공녹지와 개인 정원의 관수를 위해 쓸 수 있을 것이다. 또한 대규모 면적을 위해 아래와 같은 경우에도 이용이 가능하다:

도시 공간의 수경(분수, 계류 등) 조성, 넓은 도시 녹지 관수, 새로 조성된 연못에 물 유입, 그 밖에도 도시 빗물 관리시스템과 연계하여 벽천 등 건물 냉각을 위한 시설, 도로 정화, 하수도 관로 정화, 자동차 세척 등.

잉여분의 물을 합리적, 혁신적 방법으로 장기 이용함에 있어 지하수 관리 기관과 지역사회 간의 합의가 반드시 따라야 한다.



### H27 건기와 폭염기의 물 절약 캠페인

이미 길게 지속되는 건기를 겪고 있는 남쪽 국가들의 경우 예를 들어 호텔 등에서 고객들에게 물 부족 현상에 대한 정보를 주고 물 절약을 종용하고 있다.



NRW주에서는 향후 기후변화에 따른 온난화의 영향으로 물 소비가 극에 달하더라도 물 부족 현상은 나타나지 않을 것으로 내다보고 있다. 그럼에도 건기가 오래 지속되면 국지적으로 일시적 부족 현상을 겪을 수 있다. 이런 시기에는 주민, 산업시설, 에너지 생산, 농업경제 등 모든 분야에서 물 절약을 요구할 계획이다.

다른 한편 지나친 물 절약은 하수 관로의 막힘 등을 초래하여 H31과 마찬가지로 마찰을 빚을 수 있다. 이 경우 국지적으로 개별적 해결방안을 찾아내야 한다.

2) 역주: 독일 북서 지방은 네덜란드 등과 마찬가지로 지대가 몹시 낮고 지하수위는 매우 높다.

## H28 도시 면적의 물침투성과 순환을 원활하게 하기 위한 적절한 식재법



건기가 오래 지속되면 건기가 끝나고 다시 비가 내려도 빗물이 토양에 침투하지 못하고 흘러나가게 된다. 이는 주거지 물관리에 지대한 영향을 미치는 요인이다. 그 결과로 토양이 크게 침식되거나 지하수 재충전이 제한되고 표면 배수량이 크게 증가하여 인근 하천으로 유입된다. 지역별 시설 현황에 따라 저지대의 주거지나 인프라 시설이 침수될 수도 있다.

빗물 침투성을 높이기 위한 방법 중 하나는 식물을 심되 뿌리가 번져 땅을 갈아엎는 것과 같은 효과를 주게 하는 것이다. 이는 토양의 침투성을 향상시키는 방법이다. 예를 들어 잔디보다는 다년생 숙근초 뿌리의 물 침투성이 약 3 배 가량 된다. 표토 토양 내 공극이 작은 경우 식물이 뿌리를 깊이 내리게 되며 토양 내 뿌리 작용이 활발해져 물 침투성도 증가하게 된다. 잔디의

경우 뿌리의 95%가 20센티미터 층에 머물게 되므로 별로 유리하지 않다. 다년생 초화류의 경우 층에 따라 차이가 나지만 평균적으로 뿌리의 75% 이상이 40미터 이하의 깊이까지 뻗는다 (Eppel-Hotz 2008).



## 강우, 폭우 현상에 대한 적응 방안

### E1 포장면적 제거

토양 포장에는 완전 불투수성 포장과 반투수성 포장이 있다. 반투수성 포장은 반드시 아스팔트나 콘크리트를 필요로 하지 않는 곳에 적용한다. 이 경우 빗물의 일부가 표면으로 배수되지 않고 지하로 침투 되거나 또는 연결된 투수면적으로 유입된다(E3 참조). 이때 유의해야 할 점은 빗물의 오염도를 감안해야 한다는 것이다. 오염된 물을 침투시키는 경우 하천수나 지하수를 함께 오염시킬 수 있기 때문이다. 오염된 물은 사전 정화과정을 거쳐 침투시키는 것이 옳다(MUNLV 1998). 추가적으로 기반층과 토양층의 침투력이 충분해야 하는 점에 유의해야 한다.



중정, 테라스, 정원, 자전거길, 보행로, 진입로 및 주차장의 경우 반투수성 포장 소재 적용이 적절하다. 잡석 잔디, 잔디블록, 콘크리트 페이빙 등 다양한 가능성이 제공되고 있다. 투수형의 아스팔트와 콘크리트도 있다. 이 경우 공극이 큰 소재를 쓰기 때문에 침투가 가능하고 그와 동시에 방음 효과도 있다.

### E2 사면의 토지이용, 배수 및 토사침식 방지 조치

사면에 신축단지가 계획되었거나 또는 토지이용계획에서 건축지로 정의된 경우 강우의 형태와 사면 유출의 위험에 대해 철저히 조사해야 한다. 이때 토양의 성질, 토지이용유형, 배수시스템의 규모 및 가장 높은 곳에 유수시설을 배치하는 것을 감안해야 한다. 폭우나 강한 사면 배수가 의심되면 건축 등 민감한 토지이용을 포기하는 것이 좋다. 기존하는 건축지의 경우 배수와 토양 유실 대응책을 마련해야 한다.



사면 상부를 경작지로 이용하는 경우 농경지인가 목초지인가의 여부가 침식 잠재성 및 골짜기로의 유출량을 결정하게 된다. 농기계의 레인이 사면과 평행으로 진행되면 선형 침식이 일어나 폭우 시 물과 침전물이 대량으로 흘러나가게 된다. 토양 유실을 막고 유출량을 저감하려면 레인을 빨리 녹화하면 좋다. 경사면과 평행으로 식재된 경우에도 침식이나 유실의 우려가 크다. 밭고랑이 수로가 되어 물을 그대로 골짜기로 내보내기 때문이다. 이 경우 사면의 방향에 횡으로 식물을 심는 것이 유리하다.



### E3 투수성 향상

하수시스템이나 하천을 빠른 빗물 유입으로부터 보호하기 위해서는 침투면적 내지는 분사면적을 이용하면 좋다. 이 경우 빗물의 오염 여부에 상관없이 적용이 가능하지만 오염도와 유입 하천에 미치는 영향의 정도에 따라 사전 처리과정을 거쳐야 한다(MUNLV). 독일 수자원관리 연합에서 발행한 매뉴얼 138호에 따르면 아래와 같은 침투 내지는 분사시설이 있다:

**면적 침투:** 배수로 등을 통해 빗물을 유출시키는 것이 아니라 넓은 면적을 침투시킨 뒤 서서히 토양에 침투시키는 것을 말한다. 이로서 점적, 국지적으로 토양이 과부하 되는 것을 막는다. 면적 침투는 자연 토양층을 통과하는 과정에서 불순물이나 오염물질이 걸러진다. 그 외에도 거의 영구적인 시설이며 비용이 적게 든다는 장점이 있다. 물론 공간 점유율이 높고 중간 저장, 즉 유수가 불가하다는 단점이 있다.

**침투못:** 주거단지나 공사업 단지 등에 적용하기 좋은 방법이다. 단지 전체로부터 우수 배수로를 통해 빗물을 모아 침투용 연못으로 유입시키는 방법이다(그림 4-13). 여기서 빗물이 서서히 침투된다. 침투못은 규모가 넉넉하면 큰물이 날 때

중간 저장이 가능하다는 장점이 있다(E4 참조). 또 다른 장점은 침투존이 살아 있는 비오톱을 이루므로 미기후 향상에 도움을 준다는 것이다. 더 나아가 높은 저장효과로 인해 관리도 용이하다. 다만 적절치 못한 관리로 인해 바닥이 지나치게 단단해지면 침투 효율이 낮아질 수 있다. 침투못은 목적에 부합되는 토양층에만 조성 가능하다.

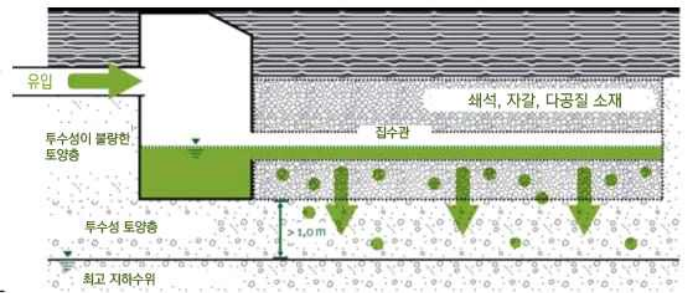


그림 4-14 도랑-집수관-시스템(Kompatscher 2008)

**도랑-집수관-시스템:** 이 시스템은 집수관 상부에 녹화된 도랑을 설치하는 것을 말한다. 빗물이 도랑을 흐르는 동안 침투되는데 정화기능이 뛰어나며 집수관의 저장력이 크다는 장점이 있다. 이 시스템은 투수성 토양층에 적합하다.

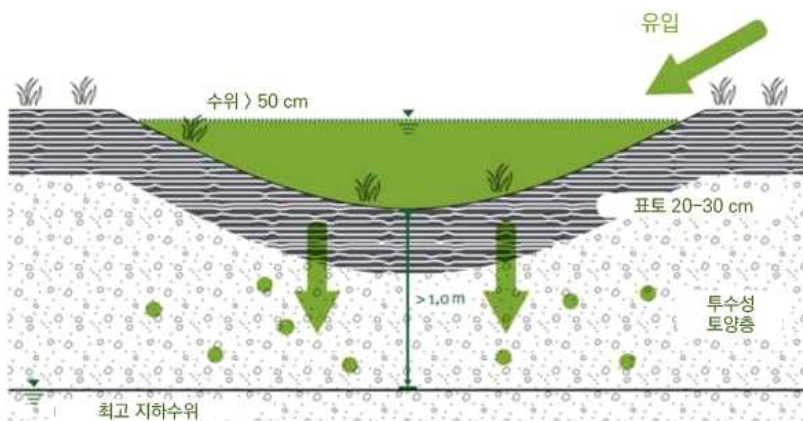


그림 4-13 침투못(Kompatscher 2008)

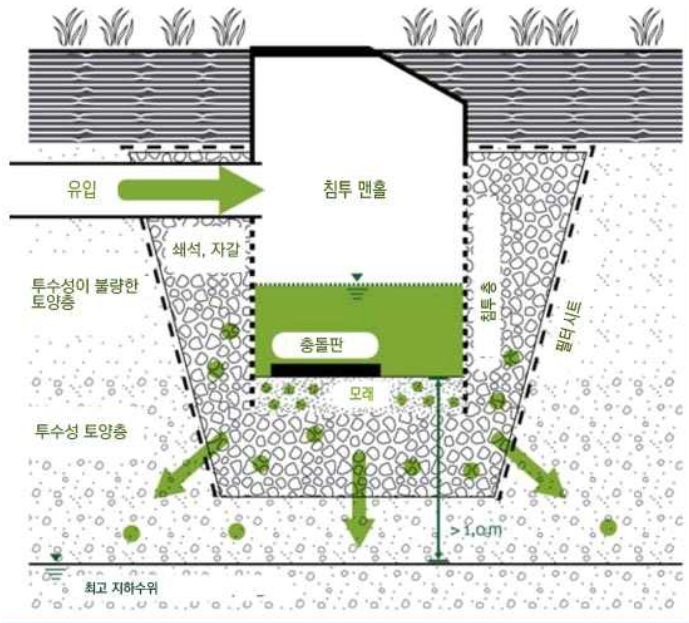


그림 4-15 맨홀 침투(Kompatscher 2008)

**침투 맨홀:** 맨홀 시스템은 관거를 통해 빗물을 지하 투수층으로 직접 내려 보내는 점적 침투방법이다. 오염되지 않은 빗물 또는 사전 정화된 빗물에 적용한다. 면적을 적게 차지하기 때문에 도심에 적합하다. 오염 빗물을 직접 내려 보내는 것은 위험하므로 피해야 한다. 이 방법은 원칙적으로 다른 침투 방법이 불가능한 경우에 한해서 적용한다(MUNLV 1998). 장점은 극히 작은 면적에 비해 유수용량이 크다는 점이다. 다만 저장효과는 크지 않으며 정화력이 낮고 관리가 용이치 않다는 단점이 있다.

## E4 빗물 유수지 및 긴급 배수로 설치

강우로 인해 배수시스템이 과부하 되어 넘치는 경우를 대비하여 빗물 유수지 및 긴급 배수로를 설치하는 것이 바람직하다. 큰물이 났을 때 중간 저장하여 인명에 피해를 주지 않는 것이 목적이다. 유수지에서는 필터시설의 유무에 상관없이 빗물을 저장했다가 배수시스템에 서서히 내보낸다. 이때 살아있는 토양층의 자연정화력을 통해 고체 성분의 찌꺼기 등이 걸러진다.

필터 못을 통과시켜 추가적으로 정화시키는 방법을 적용하기도 한다. 이 경우 빗물에 포함된 오염물이 걸러진다. 침전물 집수시설을 설치하여 정화작용을 향상시킬 수 있다. 또한 관리 관거를 설치하면 장애 시 수리가 가능하다. 유입되는 빗물의 상태에 따라 빗물이 지하수 내지는 지표수로 유입되기 전 추가적인 처리시설이 필요한지 검토해야 한다.



도시의 배수시스템에서는 지하에 우수형 관로를 설치하여 서서히 배수함으로써 추가적으로 저수용량을 증가시킬 수 있다. 이 방법은 지상에 우수용량이 충분하지 않을 때 적용한다. 빗물을 지상에 중간 저장하는 방법에 비해 높은 투자비용과 관리비용이 소요된다.



기상 이변에 대해 가장 극하게 반응하는 밀집된 도시구간에는 빗물을 효과적으로 모아서 저장할 수 있는 공간이 부족하다. 이때 적절한 면적을 선정하여 한시적인 빗물 저장 공간으로 쓰는 등의 혁신적 방법도 고려해 볼 필요가 있다.

- 큰 비가 내릴 때 도시 내 광장, 운동장, 주차장을 우수지로 쓸 수 있다. 여기서 일단 머물다가 서서히 배수시스템에 유입된다.
- 도로 보행로를(주도로가 아니어야 함)를 한시적으로 수로로 전환하는 방법이 있다. 이때 경계석을 이용하여 도로 측면으로 물이 넘치는 것을 막고 인근 주차장 등의 공간으로 물의 흐름을 유도한다. 이런 도로에 배부시설이 연결되면 유리하며 도로변에 안내판을 설치하여 주민들에게 알린다.
- 건물의 녹화된 혹은 녹화되지 않은 옥상이 한시적으로 물탱크로 변할 수 있다. 녹화되지 않은 옥상은 녹화된 옥상보다 우수용량이 크다. 또한 지하실, 지하주차장 등을 물탱크처럼 이용할 수 있다. 이때 저장된 물은 추후 다른 용도(냉각수, 관수 등)로 쓸 수 있으며 투수성 바닥이 있는 경우 토양으로 침투시키는 것도 가능하다. 배수 시스템과 연계시키거나 지표수로 유입시키는 것도 가능하다.



### E5 정보 제공 및 대응행위 사전배려 조치

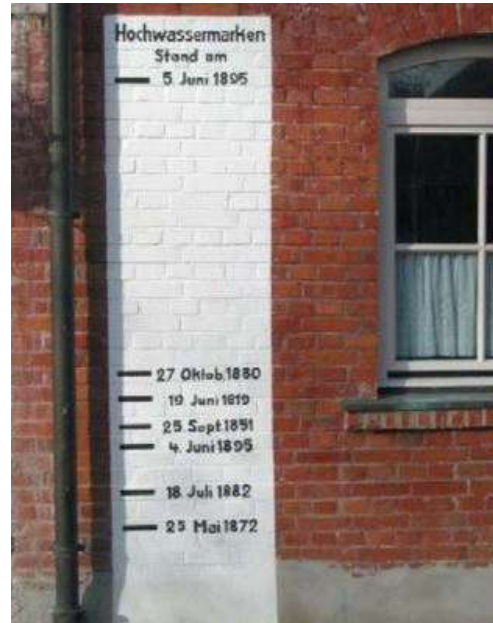
적시에 경보나 주의보를 내리고 주민들에게 위험성 및 대응 행위에 대한 정보를 제공함으로써 이상 기후로 인한 손상을 미연에 방지할 수 있다. 정보 제공 및 대응 행위에 대한 사전배려 조치란 예를 들어 리스크 지도 등을 제작하여 발표하거나 개인적인 대응 조치에 대해 또는 사유지에 침투녹지를 조성하는 방법 등에 대해 매뉴얼을 만들어 배포하는 것 등을 말한다.

위험지구에 대한 정보를 가구마다 우편으로 보내는 것도 방법이며 자기 보호를 위한 로드맵, 안내판, 홍수위 마크 등을 통해 홍수에 대한 경각심을 불러일으킬 수도 있다.

아래의 재해비상대책도 이에 속한다.

- 재해 발생 시 비상대책에 대한 정보지, 소식지 발행
- 해당 관청에 정보센터, 자문 센터 설치
- 사고 발생 시를 대비한 여러 시설과 도구 구축

위험지역의 공공시설이나 사회복지시설에서 정기적으로 재해 방지 훈련을 실시하여 비상시 일사분란한 대처가 가능케 한다. 주민들에게는 사



전준비와 비상대책에 대한 체크리스트를 배포한다.

- 각 가정에서 비상대책에 대해 의논한다.
- 이웃 도움 비상망 등 마련
- 비상시를 위한 물 비축
- 집 상층의 위험한 가재도구 치우기
- 수도와 가스, 전기 잠그기

### E6 병목지점 및 장애물 제거

지표수와 하수시스템의 원활한 흐름을 방해하는 병목지점과 장애물은 강우 폭우 시 시설이 과부하되어 배수를 방해한다. 이때 속도와 유량이 증가하여 물건들이 함께 휩쓸려 내려오며 이들이 교량이나 전선줄에 걸리는 경우가 있다. 이런 경우를 대비하여 교량이나 송전시설을 설계할 때 충분한 높이를 감안해야 한다.



직강화 된 하천의 경우 표류물, 모래, 자갈 등의 침전으로 인해 하천의 프로필이 좁아져 물의 흐름이 방해될 수 있다. 이때 시설의 현황을 상세히 조사하여 필요에 따라서는 적절한 보호조치를 취해야 한다.

### E7 특수 시설의 원활한 운영

양수장 등의 특수 시설은 비상 상황에서도 원활히 작동해야 한다. 이런 기술시설의 기능이 멈추지 않고 에너지 공급이 끊이지 않도록 사전 준비가 필요하다. NRW주 수자원관리법 제113조에서는 홍수지역의 배수시설을 설치하고 운영하는 것을 법적으로 규정하고 있다.

양수장은 상시 가장 낮은 곳에 배치되어야 하며 건설 사전배려의 관점에서(유입공간은 높이 위치해야 하며 충분히 밀폐되어야 하고 등등) 지표면을 흐르는 물이 유입되지 않도록 보호되어야 한다. 안전성을 강화하기 위해서 경보시스템

과 이동식 홍수보호시설, 임시 칸막이 등이 있다는 사실을 알려야 한다.

양수장의 기능은 직접적인 전력공급에 달려있다. 그러므로 모든 중요한 시설이 비상 전력공급시스템과 연결되어 있어 비상시에도 에너지 공급을 받을 수 있게 해야 한다.

에너지 생산시설 및 공급시설 등 민감한 시설의 입지를 선정할 때 극심한 기후현상에도 버틸 수 있게 안전성을 크게 감안해야 한다. 분지나 골짜기 배수로변 등은 피하거나 시설물 보호 조치를 사전에 취해두어야 한다.

### E8 건축시설물 보호조치

폭우나 범람 위험 지역 내에 위치한 주거단지의 경우 건축물 보호 원칙에 의거 훼손 잠재성을 단기적 및 영구적으로 저감할 수 있는 가능성이 있다. 그림 4-16은 주택 한 채에서 가능한 모든 보호방안을 제시하고 있다. 폭우나 범람 시에 물 유입을 방지하기 위한 방법(건축물 방수, 지하실 창문과 출입문 봉인, 높이 배치한 현관 등) 외에도 하수도에서 역류하는 것을 방지할 필요가 있다. 배관시설 및 위생시설 등을 통해 역류해 들어 온 물은 심한 재산 피해를 초래할 수 있다. 그러므로 배수시설 규정을 통해 역류 방지 시설 설치를 요구하고 있다.

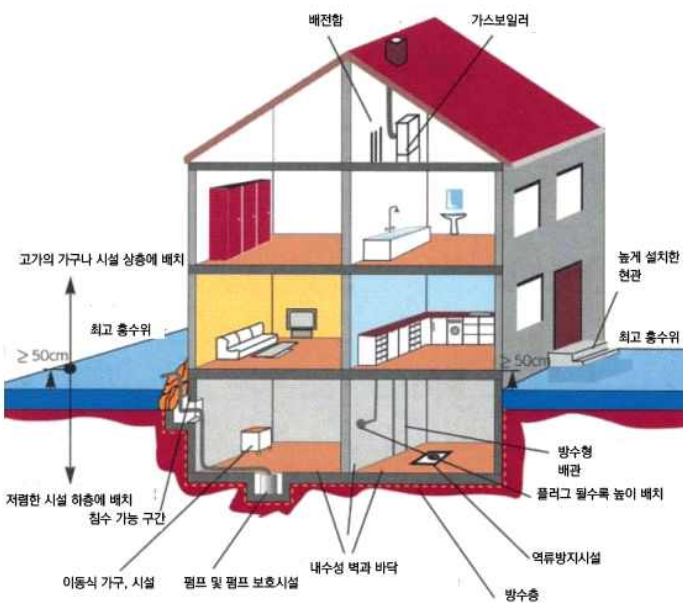


그림 4-16 건축물 보호 전략(BMVBW 2003: [www.reposatz.de](http://www.reposatz.de))

그럼에도 불구하고 침수하는 경우 홍수에 대비한 건축 이용으로 피해를 줄일 수 있다. 높은 가치를 지니는 물건들을 상층에 배치하기, 지하실에 비싼 물건 두지 않기, 배전판 높이 설치하기, 기타 민감한 시설을 지하실에 두지 않기 등이 이에 속한다. 건축자재를 보호하고 침수 뒤의 청소와 수리비용을 줄이기 위해 지하실을 자연석, 방수 시트 등으로 짓고 이동식 시설을 배치하는 것이 좋다.

건축물 보호에 대해 주민들이 충분히 인지해야 진정한 보호가 가능하다(E5). 그러므로 여러 지역사회에서 수년 전부터 사유재산보호를 위한 지침서 등을 만들어 관청에 비축하거나 온라인으로 제공하고 있다.

### E9 양쪽에 유입로와 침투성 도랑이 있는 터널

강우나 폭우가 지나간 뒤 터널, 지하차로 등 낮은 곳이나 배수시설이 불충분한 곳에 물이 고여 남아있는 경우가 많다. 이런 곳에 고장 난 자동차가 막고 있는 등의 이유로 배수시설 정비가 용이하지 않게 되면 더욱 큰 피해를 입게 된다.



다시 말하면 낮은 곳에 물이 빠져나갈 가능성이 없는 경우 홍수나 침수 피해가 발생한다. 국지적으로 오버 플로우하는 배수시스템은 물 빠짐이 지연되거나 완전히 막히는 수가 있다. 특히 터널 등은 홍수 위험이 매우 높다. 터널 내에 배수로가 설치되어 있고 양쪽으로 물이 빠질 수 있으면 침수를 방지하기 용이하다. 또 다른 방법은 지하에 충분한 용량의 저장 탱크를 설치하는 것이다.

중요한 점은 터널 주변에 도시 하수시스템이 존재하여 표면으로 유출되는 빗물이 될수록 터널로 유입되지 않게 하는 것이다.

### E10 기상 이변 발생 시의 조직적 보호조치

홍수나 범람과 같은 재해가 발생할 때 이에 대한 대처나 사전방지는 서로 분리된 것이 아니며 하나의 순환시스템으로 이해해야 한다(그림 4-17). 기상이변 발생 시 이를 극복한 뒤에는 다음 이변에 대비하는 준비가 시작되어야 한다.

기상이변에 대한 보호조치는:

- **예방:** 기술적 방법론적 조치를 통해 리스크를 줄이는 것을 말한다. 예를 들어 적절한 공간 이용 방법이 이에 속한다.



이동식 홍수 방지 장비

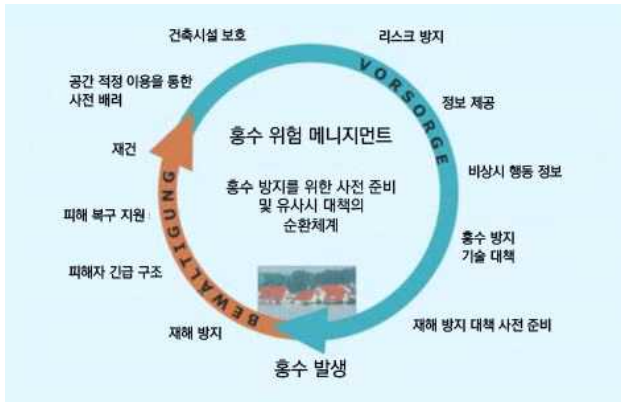


그림 4-17 홍수 방지 매니지먼트의 순환 체계(DKKV 2003)

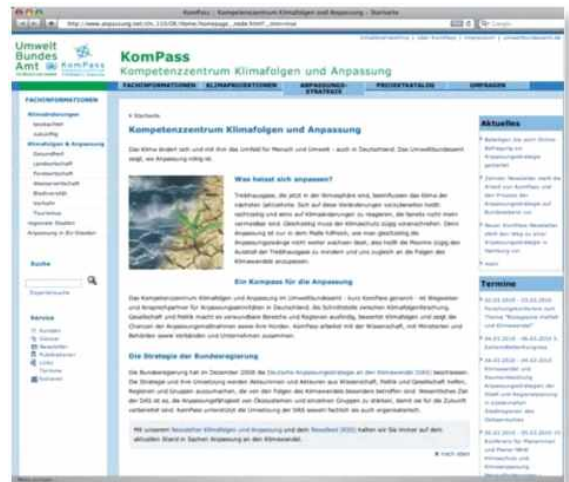
- **비상 시 작업 준비:** 경보시스템 마련, 구조인력 양성, 홍수 예보 기관 설치 등의 재해 시 대책을 일련의 준비 작업
- **기상 이변 발생 시 대책:** 구조, 대피 등의 조치와 사후 복구 사업으로 나눌 수 있다.

## 가뭄 현상에 대한 적응 방안

### T1 연구, 지식정보의 운영과 전달

겨울에 비가 잦아지고 그 대신 여름 기온이 상승하고 가뭄이 지속되는 기후 이변이 서서히 정상적인 패턴으로 자리 잡고 있지만 이에 대한 주민보호 및 공급 체계는 아직 충분치 않다. 기술 지침 역시 아직 변화하는 상황에 제대로 맞춰지지 않았다.

기후변화의 영향과 적응 가능성에 대한 학문적, 기술적 연구가 활발해져야 한다. 연구과제의 결과와 새로 얻어진 지식들은 대중에게 널리 알려야 한다. 이를 위해서는 지식 운영 체계를 마련하여 지식 전달에 힘써야 하며 전문 분야 간의 지식 교환도 원활히 이루어져야 한다. 주제별로 인터넷 사이트나 포럼, 패널 등을 설치해 지식정보를 서로 교환하는 것도 고려해 볼 수 있다. NRW 주 환경부는 현재 약 40건의 기후변화 적응 연구 과제를 지원하고 있으며 연구 결과가 나오면 그때마다 인터넷 포털 [www.klimawandel.nrw.de](http://www.klimawandel.nrw.de) 을 통해 제공하고 있다. 독일 연방 환경청에서는 기후변화 영향과 적응에 대한 전문가 센터를 마련하여 포털 [www.anpassung.net](http://www.anpassung.net) 에서 포괄적인 정보를 제공하고 기후변화 적응 프로젝트를 총 망라하여 소개하고 있다.



독일 연방 환경청의 기후변화 적응 포털 KomPass

### T2-T6 지역사회 차원에서의 물 공급과 상하수도 운영에 대한 조치

T2에서 T6까지의 조치는 상하수도 운영주체를 위한 것으로서 건기가 더 오래 지속될 것을 대비해 개발한 것이다. 건기가 길어지는 경우 상하수도 공급자들은 관리, 검사, 관로 정화 등 일련의 추가적 과제에 직면하게 된다. 이미 여러 번 언급한 바와 같이 건기에는 빗물에 의한 자연적 씻김이 가능하지 않아 시설 내에 찌꺼기나 침전물이 쌓여 기능이 저해된다. 이때 전 시스템에 자주 물을 내려 보내 씻어 내는 등의 조치를 취해야 한다.

혼합 하수 관로를 흐르는 유량 역시 줄어들게 되므로 위험에 처하게 되는 지점부터 파악해 두어야 한다. 이때 경사도, 공급받는 세대 수, 국지적 유량 등이 주요 기준이 된다. 관로의 신규 설치 건이 생기면 수리역학적으로 적응에 유리한

프로파일을 도입하거나 국지적으로 압력 배수 시설로 교체하는 방법도 있다.

이미 침전물이 쌓여 악취나 벌레가 나타나는 경우 또는 기능이 저해되는 경우 고압으로 씻어 내거나 기계적으로 제거하는 방법을 써야 한다.





## 5. 도시계획에 대한 조언

“기후변화에 대한 적응”이라는 테마는 도시계획에서도 중요성이 인지되고 있다. 도시계획 수립 시에 적응 조치를 수렴하는 것이 바람직하다.

기후변화 적응 조치의 중요성에도 불구하고 지역사회별로 아직 도시계획에서 충분히 반영하고 있지 않은 곳이 많다. 이는 공공이나 관청에서 기후변화의 심각성에 대해 제대로 인식하지 못하고 있기 때문이다.

도시계획은 <건설법전>에 의해 전적으로 규정되고 있다. <건설법전> 제1조 5항 2문3)에 의거 건설기본계획에 기후보호에 대한 책임이 이양되었으나 아직은 기후변화 영향에 대해 명확히 규정하고 있다고 볼 수 없다.

물론 모든 기후변화의 양상이 공간계획과 맞물리는 것은 아니다. 그럼에도 <공간이용에 관한 법> 제 1조 1항 내지는 제7조 3항에 의거 기후변화 영향이 공간적 성격을 띠거나 또는 토양이용과 구체적으로 연결되어 있는 경우(기본법 제74조 1항 18호 및 건설법전 제1조 1항) 도시계획에서 그 책임을 가지게 된다. 이 경우 기후변화의 영향으로 공간이나 건축시설의 이용에 장애가 올 수 있다. 혹은 자연재해 등의 위험이나 환경오염으로부터 보호하기 위해 특별한 기술적 조치를 취해야 하는 경우가 발생할 수 있다. 이런 공간을 보호하기 위해 건축이 불가할 수 있다(건설법전 제5조 3항 1호4) 및 제9조 1항 24호5) 참조)

기후변화의 결과로 공간이용에 영향이 올 수 있다.

적응 조치들은 도시계획, 토지이용계획 등에 수렴될 수 있다.

3) 역주: 건설법전 제1조 5항: 건설기본계획은 지속가능한 도시개발을 위해, 사회적, 경제적 및 환경보호의 측면을 서로 조화시키며 대중 모두에게 평등한 토지이용을 보장하고 후세에게 물려줄 국토의 균형적 발전을 꾀한다는 목적으로 수립되어야 한다. 건설기본계획은 궁극적으로 인간답게 살 수 있는 환경을 마련하고 자연 및 자원을 보호 발전시키며 더 나아가서 기후보호 및 기후변화에 대한 대응책을 마련하는데 기여하여야 한다.

4) 역주: 건설법전 제5조는 건설기본계획의 내용에 관한 규정이다. 그중 3항 1호는 “건축시설을 통해 특별히 보호해야 하는 공간이나 자연재해 방지를 위한 시설이 필요한 공간은 토지이용계획에서 별도로 표시해야 한다.”고 명시하고 있다. 즉, 기후변화 적응 조치가 필요한 공간 역시 이 카테고리에 포함시켜야 한다고 볼 수 있다.

5) 역주: 제 9조는 지구단위계획의 내용을 규정하고 있다. 그중 1항 24호는 <보호지역이나 환경 영향으로부터 특별히 보호해야 하는 면적은 건축이용에서 제외해야 한다.>고 명시하고 있다.



본 매뉴얼에서 개발하여 제시하는 조치들은 도시개발계획에서 예를 들어 <토지이용 계획> 개정 절차를 통해 또는 새로운 건축지의 지정을 통해 표시되거나 또는 <지구 단위계획>에 수렴할 수 있다(ARGEBAU 2008).

지역사회 차원에서 기후변화 적응 조치를 성공적으로 구현하려면 수많은 이해관계를 서로 조절하고 서로 다른 여건들을 감안해야 한다:

- 도시 내의 기존 건축지나 주거지 등에는 적응 조치 구현이 매우 어렵거나 제한적이다. 이때 재정 지원금이나 인센티브 등을 주어 유도하는 것도 방법이 될 수 있다.
- 신도시가 건설되는 경우 계획과정에서 적응조치를 수렴할 수 있으므로 유리하다.
- 도시건설 원칙 중에서 공공의 이익과 개인의 이익을 상호 조절하라는 계명이 존재하는데 기후변화 적응 조치의 경우 조정과정에서 반드시 우위를 차지한다고 볼 수 없다. 결정과정에서 실패할 수 있음을 주지해야 한다(Mischang 2009).
- 상기한 이해관계의 충돌 외에도 갈등의 요소가 적지 않다. 예를 들어 기후보호와 기후변화 적응 사이의 모순이 존재하기 때문에 종종 적응조치가 통과되지 않는 경우도 있다(제 6장 참조).

표 5-1과 5-2에 앞의 4장에서 소개한 적응 조치 중 건설기본계획에 수렴할 수 있는 것을 열거했다.

여러 적응 조치를  
다발로 묶어서  
의결하는 것이  
중요하다.

다만 건설기본계획에 **일부 조치들을 개별적으로 수렴**하는 것만으로는 충분한 기후변화 적응책이 될 수 없다. 그러므로 각각의 상황에 맞게 조치<다발>을 개발하여 이를 구현하는 것이 바람직하다. 여러 조치들이 통합되어 건설기본계획에 수렴되어야만 건강한 도시기후를 보장할 수 있다.

결론적으로 적응조치의 성공적 구현을 위해서는 계획절차 중 기관 내부의 합의 절차 및 통합 계획 절차가 불가피하다. 각 분야별 공조와 협업은 성공으로 이끄는 지름길이다. 특히 기관 참여를 조기에 실시하는 것이 매우 중요하다. 2004년 7월 20일 이후 초기 기관참여가 의무화되었는데 이때 중요한 것은 참여하는 기관들이 매우 디테일한 의견을 제시하는 것이다. 이미 오래전부터 기후관련 항목이 건설기본계획에 수렴되어 왔으나 기후보호보다는 다른 이해관계가 우선시되는 것이 관례였다. 상기한 적응 가능성과 한계에서 도시계획을 위한 기본적 조언이 아래와 같이 도출될 수 있다:

- 형식적 비형식적 계획도구와 가능성을 모두 타진한다
- 공조와 협업의 구조를 강화한다
- 어디에 장애가 있는지 파악하고 시너지 효과를 노린다(제 6장 참조)

표 5-1: 건설기본계획에서 확정하거나 표시할 수 있는 적응조치 목록/과열 현상 중에서

적응 조치		설명/안내	FNP/ B-Plan <sup>6)</sup>	표시 및 확정 가능성(건설법전에 의거)
H4	건축지 한계선 지정	<ul style="list-style-type: none"> <li>토지이용계획에서는 도시밀도의 목표를 설정할 수 있다.</li> <li>지구단위계획에서는 건축지, 비건축지 및 건축의 유형, 용도, 규모 등을 지정한다.</li> </ul>	FNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축지 건축용지 및 일반적 건축 용도와 유형. 건설법전 제 5 조 2 항 1 호에 의거</li> </ul>
			B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축이용 유형, 규모 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 1 호에 의거</li> <li>건축방법, 건폐율, 건축선, 건물배치 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 2 호에 의거.</li> </ul>
H5	비건축지 보존, 새로운 녹지 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>토지이용계획에서 대규모의 비건축지의 용도 지정(녹지, 공원, 삼림 등)</li> <li>지구단위계획을 통해 비건축지의 확실한 용도 지정. 법적 구속력 가짐</li> <li>자연보호 면적, 홍수방지 면적 표시</li> <li>자연침해 조정의 결과로 얻어진 침해보상면적 표시</li> </ul>	FNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>공원 녹지, 주말정원지, 스포츠 용지, 놀이터, 캠핑장, 수영장, 장묘원 표시. 제 5 조 2 항 2 호에 의거</li> <li>하천 호소, 홍수방지를 위한 면적, 배수를 위한 면적 묘사. 제 5 조 2 항 7 호에 의거</li> <li>농경지, 임업지 묘사. 제 5 조 2 항 9 호에 의거</li> <li>토양, 자연과 풍경의 보호, 관리 및 개선을 위한 면적 묘사. 제 5 조 2 항 10 호에 의거</li> </ul>
			B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>건폐율, 용적률 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 1 호에 의거.</li> <li>주차장, 진입로 등 지정 건설법전 제 9 조 4 항 2 문에 의거.</li> <li>건평, 건물높이 등 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 3 호에 의거.</li> <li>건물을 지어서는 안되는 면적 지정. 해당 면적의 용도 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 10 호에 의거.</li> <li>수면(연못, 계류) 지정. 건설법전</li> </ul>

				<p>제 9 조 1 항 16 호에 의거.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>농경지, 임업지 확정. 건설법전 제 9 조 1 항 18 호에 의거.</li> <li>토양, 자연과 풍경의 보호, 관리 및 개선을 위한 면적 지정. 제 9 조 1 항 20 호에 의거</li> <li>자연침해 보상 면적 지정.</li> </ul>
H6	공원 조성 보존 개조	<ul style="list-style-type: none"> <li>공공녹지, 공원. 사유지의 정원이용에 대한 묘사는 예외적임</li> </ul>	FNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>공원 녹지 묘사. 제 5 조 2 항 5 호에 의거</li> </ul>
			B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>공원 녹지 지정. 제 9 조 1 항 15 호에 의거</li> </ul>
H7	교통 공간 녹화	<ul style="list-style-type: none"> <li>주차장 녹화 및 식재, 건물 녹화(옥상 및 벽면) 등의 조치를 지정할 수 있다.</li> <li>각 게마인데에서 조례를 만들어 녹화사업을 진행할 수 있다</li> <li>교통법 및 건설법전에 의거 가로수 식재, 건물 녹화 등의 필요성 판단</li> </ul>	B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>면적 별 식재 방법, 식재 수종 등 지정 가능. 제 9 조 1 항 25 호에 의거</li> </ul>
H8	옥상 녹화			
H10	벽면 녹화			
H11	신선한 공기 생성지 확보, 보존		FNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>H5 참조</li> </ul>
			B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>공공 및 사유 녹지 지정. 주말정원, 스포츠장, 캠핑장, 수영장, 장묘원 등 지정. 제 9 조 1 항 15 호에 의거</li> </ul>
H12	오픈된 수면 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>이 경우 수자원관리법 등 참조</li> </ul>	FNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>수경 면적 묘사 H5 참조. 제 5 조 2 항 7 호에 의거</li> </ul>
			B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>오픈 수면 지정. 제 9 조 1 항 16 호에 의거</li> <li>물가 식재, 수목, 관목 등의 수종 지정. 제 9 조 1 항 25b 호에 의거</li> </ul>

H13	건물 향과 배치 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>창문, 출입문 등 바람을 등지게 배치, 바람과 날씨로부터 보호하기 위한 중정 조성 등 지정.</li> </ul>	B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축 양식, 건폐율, 건물과 마당의 위치 지정. 제 9 조 1 항 2 호에 의거</li> <li>건물의 향과 위치 지정. 제 9 조 1 항 23b 호에 의거</li> </ul>
H14	건물벽 그늘 조성. 단열재 사용		B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>지구단위계획 전 대상지에 대해 혹은 일부 건물이나 시설에 대해 식물 식재 규정을 내릴 수 있다. (건설법전 제 9 조 1 항 25 호에 의거)</li> </ul>
H16	공기 통로 확보 내지는 유지	<ul style="list-style-type: none"> <li>토지이용계획에서 신선한 공기 통로 별도로 표시</li> <li>토지이용계획 내지는 지구단위계획 설명서에 해당 면적의 기후조절 기능의 중요성 특히 강조하고 상세히 설명</li> </ul>	FNP	<ul style="list-style-type: none"> <li>녹지와 공원 표시(건설법전 제 5 조 2 항 5 호에 의거)</li> <li>기타 표시할 항목은 H4 참조</li> </ul>
			B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>신선한 공기 통로를 비건축지로 지정(H5 참조)</li> </ul>
H17	경사면에 횡방향의 선형 건축 배제	<ul style="list-style-type: none"> <li>건폐율을 될수록 작게 잡아 비건축지의 면적을 증가시켜 통풍이 원활하게 하여야 함.</li> </ul>	B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설법전 제 9 조 1 항에 의거 건축의 유형과 규모 규정</li> <li>건축선을 지정하여 건물이 들어설 수 없는 면적 확정</li> <li>대지의 최소 규모 및 주택의 최고높이 지정</li> </ul>
H18	공공 공간에 그늘 시설 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>아케이드, 퍼골라, 차양 등</li> </ul>	B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>특수 교통용지(광장 등이 이에 속함) 지정. H20 건설법전 제 9 조 1 항 11 호에 의거</li> </ul>
H20	건조와 열에 강한 수종으로 도시공간 식재	<ul style="list-style-type: none"> <li>건물주들이 수용할 수 있도록 설명회 개최 또는 브러서 제작하여 배포</li> </ul>	B-Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>면적 별 또는 전 대상지에 대해 식재 수종과 식재 분량 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 25 호에 의거</li> </ul>
H21	피복형 식물 식재			

	증가. 토양의 인위적 피복 소재 배제			
<b>H28</b>	토양층의 투수성을 양호하게 하는 수종 식재(뿌리내림이 강한 수종)	<ul style="list-style-type: none"> <li>H20, H21 참조</li> </ul>	<b>B-Plan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>면적 별 또는 전 대상지에 대해 식재 수종과 식재 분량 지정. 건설법전 제 9 조 1 항 25 호에 의거</li> </ul>

**표 5-2: 건설기본계획에서 확정하거나 표시할 수 있는 적응조치 목록/강우 폭우 현상 중에서**

적응 조치		설명/안내	FNP/ B-Plan <sup>7)</sup>	표시 및 확정 가능성(건설법전에 의거)
<b>E1</b>	포장 철거	<ul style="list-style-type: none"> <li>포장철거는 곧 건물을 지을 수 없는 면적으로 전환하라는 뜻이 되므로 이에 대한 보상금을 주어야 함.</li> <li>개별 케이스별로 검토 필요</li> <li>건설법전 제 179 조에 의하면 오랫동안 건축지로 이용하지 않은 공간은 포장 철거 계명을 적용할 수 있음. 이때 물론 지구단위계획의 내용과 부합되어야 함.</li> <li>건설법전 제 35 조</li> </ul>	<b>B-Plan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비건축지로 지정해야 함(H4 참조)</li> </ul>

6) 역주: FNP는 토지이용계획, B-Plan은 지구단위계획을 말함. 독일 건설법전에서 토지이용계획에 들어가야 할 항목과 지구단위계획에 들어가야 할 항목을 세세히 규정해 놓았으므로 그에 부합되게 적응조치를 수립해야 함. 토지이용계획과 지구단위계획은 서로 일치하지만 내용의 상세도에서 구분됨. 토지이용계획>지구단위계획. 여기서 제안하는 적응 방안들은 건설법전의 규정에서 모두 허용된 것들에 한함.

		5 항에 의거, 지구단위계획 수립이 면제된 외곽지대는 포장 철거 의무가 있음. ▪ 건설법전 제 171a-d 조에 의거 도시재생사업에서 건물 및 포장 철거 종용.		
E2	사면의 토지이용, 토양침식 및 빗물 유출 방지 조치		FNP	▪ 토지이용계획에 표시 가능(H5 참조)
			B-Plan	▪ 지구단위계획에서 지정 가능(H5 참조)
E3	침투성 조성 내지는 향상	▪ 침투 도랑이나 연못 조성	B-Plan	▪ 건설법전 제 9 조 1 항 14 호에 의거 빗물 침투용 면적을 지정할 수 있음.
E4	빗물 우수지 및 비상배수로 설치	▪ 침투못 조성	B-Plan	▪ 건설법전 제 9 조 1 항 14 호에 의거 빗물 침투용 면적을 지정할 수 있음. ▪ 건설법전 제 9 조 1 항 16 호에 의거 홍수방지를 위한 시설과 배수시설용 면적을 지정할 수 있음(H12)
E9	양쪽에 배수시설이 있는 터널	▪ 이 조치의 구현은 매우 까다롭다. 터널이 대개 낮은 곳에 위치하고 있고 도랑을 설치할 면적이 부족하다.	B-Plan	▪ 건설법전 제 9 조 1 항 14 호에 의거 빗물 침투용 면적을 지정할 수 있음. ▪ 건설법전 제 9 조 1 항 16 호에 의거 홍수방지를 위한 시설과 배수시설용 면적을 지정할 수 있음(H12)

7) 역주: FNP는 토지이용계획, B-Plan은 지구단위계획을 말함. 독일 건설법전에서 토지이용계획에 들어가야 할 항목과 지구단위계획에 들어가야 할 항목을 세세히 규정해 놓았으므로 그에 부합되게 적응조치를 수립해야 함. 토지이용계획과 지구단위계획은 서로 일치하지만 내용의 상세도에서 구분됨. 토지이용계획>지구단위계획. 차이점은 그 외에도 토지이용계획에서는 각 토지이용의 유형을 “표시”하는 데 그치고 지구단위계획을 통해 “확정”되어 구속력을 갖게 된다는 점. 여기서 제안하는 적응 방안들은 건설법전의 규정에서 모두 허용된 것들에 한함.



## 6. 조치 간의 마찰과 시너지 효과

기후변화 적응 조치와 타 도시건설 조치 사이에 마찰이 올 수도 있지만 상호 시너지 효과를 낼 수 있다. 마찰 요소는 조기에 제거해야 하며 시너지 효과 역시 일찍 발견하는 것이 바람직하다.

도시계획 및 건설 과정에서 기후변화 적응 조치를 구현함에 있어 타 도시건설 조치와의 마찰이 야기될 수 있다. 또한 시너지 효과도 얻을 수 있다.

마찰은 조기에 파악하여 제거하고 시너지 효과는 찾아내어 십분 활용하는 것이 바람직하다. 기후변화 적응 조치의 구현은 결국 서로 다른 이해관계 사이의 상호 조율을 필요로 하며 지속가능한 도시계획 및 개발이라는 원칙하에 결정을 내려야 한다.

시너지 효과는 성공적 구현을 돕는 요소이므로 계획 준비 단계에서 이미 찾아내어 활용하는 것이 유리하다.

통합적 계획 및 분야 대표들로 이루어진 프로젝트 팀 결정 등으로 마찰을 줄일 수 있다.

### 마찰

기후변화 적응 조치와 기존의 녹지계획의 정치적 목표 사이에 종종 마찰이 생기는데 이는 한정된 공간을 같이 이용해야하기 때문이다:

특히 비건축지 이용에 대한 마찰이 많이 발생한다.

- **기후보호:** 비건축지 내지는 녹지를 계획할 때 기후보호와 기후변화 적응 사이에 마찰이 생긴다. 기후변화 적응조치의 주요 목표는 도시열섬효과를 줄여 주민들을 열 스트레스로부터 보호하는 것이다. 이를 위해 가능한 랜덤하게 집을 짓고 녹지율을 높여 통풍을 원활하게 하고자 한다. 더 나아가서 녹지와 비건축지는 큰비가 내릴 때 빗물을 임시 저장하여 침투시키는 공간으로 이용하고자 한다.

- 다른 한 편 밀집되고 콤팩트한 주거구조<sup>8)</sup>는 교통량을 줄이고 에너지효율을 높이는 차원에서 기후보호의 목표로 이해되고 있다. 또한 열 스트레스를 줄이기 위해 에어컨을 가동시키면 기후보호와의 심각한 마찰을 빚게 된다. 에어컨 가동은 에너지 소모율과 온실가스 배출량을 치솟게 한다. 이 역시 기후보호 목표에 위배되는 행위다. 이 경우 재생에너지를 이용한 냉방장치 가동 또는 패시브한 방법의 간접 냉방법 등을 적용하여 열 스트레스를 줄이는 것이 유리하다.
- 소음 방지: 도시 내에 녹지 등 비건축지의 비율이 증가하고 신선한 공기 통로가 조성되면 이 역시 콤팩트한 도시건설의 목표와 어긋나게 된다. 폐쇄형 건물 블록 내에 존재하는 빈 공간을 녹지로 조성하지 않고 건물로 채우는 것이 현 도시계획의 원칙이다. 이 경우 도심의 공간절약, 교통량 저감 외에도 소음 방지라는 장점이 함께 따른다.
- 직접적 공간 경쟁: 깊이 뿌리내리는 수목을 심으면 도로 밑에 매립된 배관이나 전선을 훼손할 수 있다. 그러므로 배관을 신규 설치할 때 가로수를 염두에 두어야 한다. 짙은 가로수 길이나 수목이 풍부한 녹지 등은 그 외에도 예를 들어 주차장 건설 등의 목표와 경쟁 구도에 들어갈 수 있다.
- 택지정리의 원칙: 녹지가 많은 랜덤한 주거지는 다시금 택지정리를 통해 얻은 건축지를 보존한다는 원칙에 위배된다.

## 녹화 방안과의 마찰

녹화 방안 중에서 특히 도심의 통풍 개선 방안과 마찰이 온다:

- **가로수:** 가로수는 그늘을 주고 증산작용을 통해 쾌적한 미기후를 형성하며 미세먼지를 거르는 작용도 한다. 그러나 수관이 서로 닿아 지붕을 이루면 통풍에 장애를 주게 된다. 통행량이 많은 도로일 경우 수관 지붕 하부에 오염물질이 누적된다는 문제점을 보이기도 한다. 또한 광전판에 그늘을 드리워 에너지 생산에 지장을 줄 수도 있다.
- **신선한 공기 통로 내의 수목:** 나무들이 촘촘히 자라 벽을 이루면 통풍에 지장이 올 수 있다.
- **(공공)녹지 관수 문제:** 지하수위가 낮거나 대기 습도가 낮은 녹지는 건기에 인위적으로 관수를 해야 한다. 특히 물 소비가 많은 여름철에는 물공급 안정성과 갈등을 초래할 수 있다. 대상지 특성 상 여름에 건조할 것이 예상되면 내건성 식물을 선발하여 식재하는 방법을 쓰면 갈등을 피할 수 있다.
- **옥상 녹화:** 옥상 녹화와 광조판 설치 사이에 갈등이 올 수 있다. 특히 옥상의 하중이나 구조가 불안하여 둘 다의 구현이 불가능한 경우 선택을 해야 한다. 녹화와 광조판 설치가 모두 가능한 경우 오히려 광조판이 냉각되어 에너지 생산성이 높아질 수 있다.





## 시너지 효과

기후변화 적응을 위한 조치가 복합 기능을 보이고 추가적 용도가 있으면 그 구현이 매우 쉬워진다. 예를 들어 녹화 방안, 포장 제거 또는 침투못 조성 등이 이에 속한다.

녹화 방안, 포장 제거, 침투못 조성 등은 시너지 효과를 보인다.

녹화 방안과의 맥락에서 살필 때 아래와 같은 시너지 효과를 노릴 수 있다:

- 녹지는 도심의 냉각공간으로 빗물 침투 공간으로 모두 쓰일 수 있다. 이로써 홍수 방지에 기여하며 도시의 돌풍을 줄이고 겨울에 특히 건물 외피가 식는 것을 막아 준다. 이는 다시금 난방에너지 절약에 기여한다 (Fleischhauer & Bornefeld 2006).
- 식물 비율이 높은 장소는 머물기 좋은 휴식공간으로 인지된다. 삶의 질을 높일 뿐 아니라 대기 위생을 향상시킨다. 공원과 녹지는 그에 더 나아가 열을 적절한 수준으로 유지하며 미세먼지를 여과한다.
- 벽면녹화, 옥상녹화는 빗물의 버퍼역할을 하여 빠른 유출을 줄인다. 동시에 주택 마당에 조성해야 하는 빗물 침투면적을 대체할 수 있으므로 공간 절약에 기여한다. 증발을 통해 열 수준을 조절하여 시원하게 한다.
- 벽면녹화와 옥상녹화는 여름철 건물 외벽이 과열되는 것을 막아주며 겨울에는 추가적인 단열 효과를 낸다. 이로써 실내 기후를 좋게 하고 에너지 절약을 통해 기후보호에 이바지 할 수 있다.
- 포장제거 및 빗물 저장 조치에서도 시너지 효과가 나타난다.
- 포장이 제거되면 빗물 침투를 용이하게 하여 큰비가 왔을 때 유출을 줄여 홍수방지에 이바지 할 뿐 아니라 증발 증산 작용을 통해 열을 식히는 기능도 겸한다.
- 빗물 저장 조치는 녹지나 도시광장의 퀄리티를 높이고 열을 식히는 역할을 한다. 연못을 조성하면 그에 더 나아가 기온을 일정하게 유지하여 도시의 휴양가치를 높이게 된다.



## 참고 문헌

- ARGEBAU Bauministerkonferenz (2008): Bericht der Projektgruppe "Klimaschutz in der Bauleitplanung".  
건설장관부 컨퍼런스 ARGEBAU (2008): 프로젝트 팀 "지구단위계획의 기후보호" 보고서
- Baugesetzbuch. [(BauGB) ; [Textausgabe].  
Bearb. von Volker Hornung (2008). 9., überarb. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer (Rechtswissenschaften und Verwaltung).  
독일 건설법전; 2008 년 개정판
- Benjamin, Michael T.; Winer, Arthur M. (1998): Estimating the ozone-forming potential of urban trees and shrubs. In: Atmospheric Environment 32 (1), S. 53-68.
- BMVBS/BBSR (Hrsg.) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Rolle der bestehenden städtebaulichen Leitbilder und Instrumente. Bonn: BBSR (BBSR-Online-Publikation, 2009,24).  
연방에너지경제부/도시건축연구소 (2009): 기후변화적응형 도시개발. 기존의 도시개발 목표 및 도구의 역할.
- BMVBW (2003): Hochwasserschutzfibel. Planen und Bauen von Gebäuden in hochwassergefährdeten Gebieten. 4. Aufl. Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.  
연방에너지경제부 (2003): 홍수 위험지구의 건축 설계 및 시공
- Bongardt, Benjamin (2006): Stadtklimatische Bedeutung kleiner Parkanlagen. Dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften (Essener Oekologische Schriften, Bd. 24).  
벤야민 본가르트 (2006): 소공원의 도시기후 조절 기능. 도르트문트 웨스트파크를 사례로.
- Bruse, Michael (2003): Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken (1), S. 66-70.  
미하엘 브루즈 (2003): 도시녹지와 도시기후. 녹지가 도시의 미기후에 미치는 영향.
- Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 in Elbegebiet. Bonn [Germany]: DKKV (Schriftenreihe des DKKV, v. 29).  
독일 재해방지 위원회 (2003): 홍수방지를 위한 사전 준비. 2002 년 대홍수로부터 배우기.
- Düttemeyer, Dirk (2000): Urban-orographische Bodenwindssysteme in der städtischen Peripherie Kölns (Essener ökologische Schriften).  
딕 뉘테마이어 (2000): 도시 지형에 기인하는 근교 지상풍
- Eppel-Hotz, Angelika (2008): Versickerungsaktive Pflanzflächen - Regenwasserbewirtschaftung mit Boden und Vegetation. In: Garten + Landschaft 118 (9), S. 60-61.  
앙겔리카 에펠호츠 (2008): 침투력이 강한 식재 면적 - 토양과 식물을 이용한 빗물관리
- Fleischhauer, Mark (2006): Klimawandel und Raumplanung. In: RuR (3), S. 161-171.  
마르크 플라이쉬하우어 (2006): 기후변화와 공간계획

- Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages (GALK) (2006): Straßenbaumliste 2006. Beurteilung von Baumarten für die Verwendung im städtischen Straßenraum. 독일 도시연합 녹지국장 회의: 가로수 적정 수종 목록 - 도시 가로공간에 적용할 수종 판단
- Gorbachevskaya, O., Kappis, C. & Mählmann, J. (2009): Mehr Grün im urbanen Raum. Mobile Vegetationsmatten zur Begrünung von Straßenbahngleisen. In: Stadt + Grün (3), S. 58-61. 고르바체프스카야, 카피스, 멜만: 도시 공간에 더 많은 녹지를
- Helbig, Alfred (Hg.) (1999): Stadtklima und Luftreinhaltung. Mit 79 Tabellen. 2., vollst. überarb. und erg. Aufl. Berlin: Springer. 알프레드 헬비히(1999): 도시시후와 대기청정
- Holzmüller, Katja (2009): Natürlich Klimaschutz - Grüne Dächer in Düsseldorf. Finanzielle Förderung und quantitative Luftauswertung. In: Roland Appl (Hg.): Dachbegrünung in der modernen Städtearchitektur. Tagungsband: Internationaler Gründach-Kongress 2009. 1. Aufl. Berlin: IGRA, S. 145-148. 카티아 홀츠뮐러 (2009): 뒤셀도르프를 위한 녹색 지붕. 재정지원과 대기질 평가
- IPCC (2007): Ein Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen 2007. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Synthesebericht. Unter Mitarbeit von Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis. Bern/Wien/Berlin. 기후변화 보고서 2007. 정책 결정자들을 위한 요약본
- Kompatscher, Peter (2008): Leitfaden zum naturnahen Umgang mit Regenwasser. Landesagentur für Umwelt, Amt für Gewässerschutz. Bozen. 페터 콤파쳐 (2008): 빗물을 다루는 자연적인 방법
- Kuttler, W. (2004): Stadtklima Teil I: Grundzüge und Ursachen. In: UWSF - Z Umweltchem Ökotox (16(4)), S. 187-199. 볼프강 쿠틀러 (2004): 도시기후 I 부: 기초와 원인
- Mayer, H., Beckröge, W., Matzarakis, A. (1994): Bestimmung von Stadtklimarelevanten Luftleibahnen. In: UVP-Report (5), S. 265-268. 마이어, 벡크뢰게, 마츠라키스 (1994): 도시기후를 위해 중요한 통풍로 확인 방법
- Mitschang, Stephan (2009): Klimaschutz und Energieeinsparung in der Stadt- und Regionalplanung. Frankfurt a.M., Bern etc.: P. Lang (Berliner Schriften zur Stadt- und Regionalplanung, Bd. 7). 슈테판 미창 (2009): 도시계획과 공간계획에서의 기후보호와 에너지절약
- MUNLV (2009): Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Stand: April 2009. Düsseldorf: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. NRW 주 환경부 (2009): 기후변화 적응. NRW 주를 위한 전략.
- MUNLV/Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (1998): Niederschlagswasserbeseitigung gemäß 51a

- des Landeswassergesetzes. Runderlass d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft. Düsseldorf.  
 NRW 주 환경부(1998): 주 수자원관리법 제 51a 조에 의거한 빗물 배수.
- Roloff, A., Bonn, S., Gillner, S. (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt. als Straßenbaum geeignete Arten. In: Allg. Forstzeitschrift/Der Wald 63, S. 398–399.  
 롤로프, 본, 길러 (2008): 기후변화와 도시 수목 선발. 가로수로 적합한 나무
  - Stock, Manfred (Hg.) (2005): Klimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung. KLARA. Potsdam: PIK (PIK report, No. 99).  
 만프레드 슈톡 (2005): 기후변화 - 영향, 리스크, 적응.
  - Umweltmeterologie - Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. VDI-Richtlinien, VDI 3787 Blatt 9 (2004). Berlin: Beuth.  
 독일 엔지니어 협회 기술지침 VDI 3787 호 (2004): 환경기상학 - 공간계획에서의 기후와 대기질 감안에 대하여
  - Upmanis, H., Eliasson, I. & Lindqvist, S. (1998): THE INFLUENCE OF GREEN AREAS ON NOCTURNAL TEMPERATURES IN A HIGH LATITUDE CITY (GOTEBORG, SWEDEN). In: Journal of Climatology (18), S. 681–700.
  - Weber, S., Kuttler, W. (2003): Analyse der nächtlichen Kaltluftdynamik und -qualität einer stadtklimarelevanten Luftleitbahn. In: Gefahrenstoffe-Reinhaltung der Luft 63, S. 381–386.  
 베버, 쿠틀러 (2003): 도시기후조절을 위해 중요한 찬공기 통로의 야간 유량 역학 및  
 퀄리티.
  - Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Stuttgart.  
 바덴뷔르템베르크 주 경제부 (2012): 도시건설을 위한 기후매뉴얼. 건설기본계획을 위한 조언

## 정보 출처

- DWD (1997): Starkniederschlagshöhen für Deutschland. KOSTRA. Selbstverlag, Offenbach.  
독일기상청 (1997): 독일의 강우 수위 카탈로그(KOSTRA)
- DWD (2005): KOSTRA-DWD 2000 Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000). Grundlagenbericht. Selbstverlag, Offenbach.  
독일기상청 (2005): 독일기상청의 강우 수위 카탈로그 (1951-2000)
- NRW 주의 폭염 포털: [www.hitze.nrw.de](http://www.hitze.nrw.de)
- Klimaatlas Deutschland 독일 기후지도
  - DWD (1999): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 1. Offenbach/M. 독일기상청 발행 (1999): 독일 기후지도 1 부
  - DWD (2001): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 2. Offenbach/M. 독일기상청 발행 (2001): 독일 기후지도 2 부
  - DWD (2003): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 3. Offenbach/M. 독일기상청 발행 (2003): 독일 기후지도 3 부
  - DWD (2006): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland – Teil 4. Offenbach/M. 독일기상청 발행 (2006): 독일 기후지도 4 부
- Klimaatlas Ruhrgebiet 루르지방 기후지도  
<http://www.metropoleruhr/regionalverband/ruhr/umweltfreiraum/klima.html>
- Klimaatlas Nordrhein-Westfalen: MURL NRW (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Hrsg.) (1989): Klimaatlas Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf NRW 주 환경부 발행 기후지도
- 기후측정소 정보
  - [www.dwd.de](http://www.dwd.de)
  - [www.meteoedia.ch](http://www.meteoedia.ch)
- 유량 에너지 균형모델 ENVI-met: [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)