

# 도시 홍수 피해 저감을 위한 맞춤형 빗물 관리 방안 제안: 서울시 강남구를 중심으로

물방울탐험대



# CONTENTS

## 01. 서론

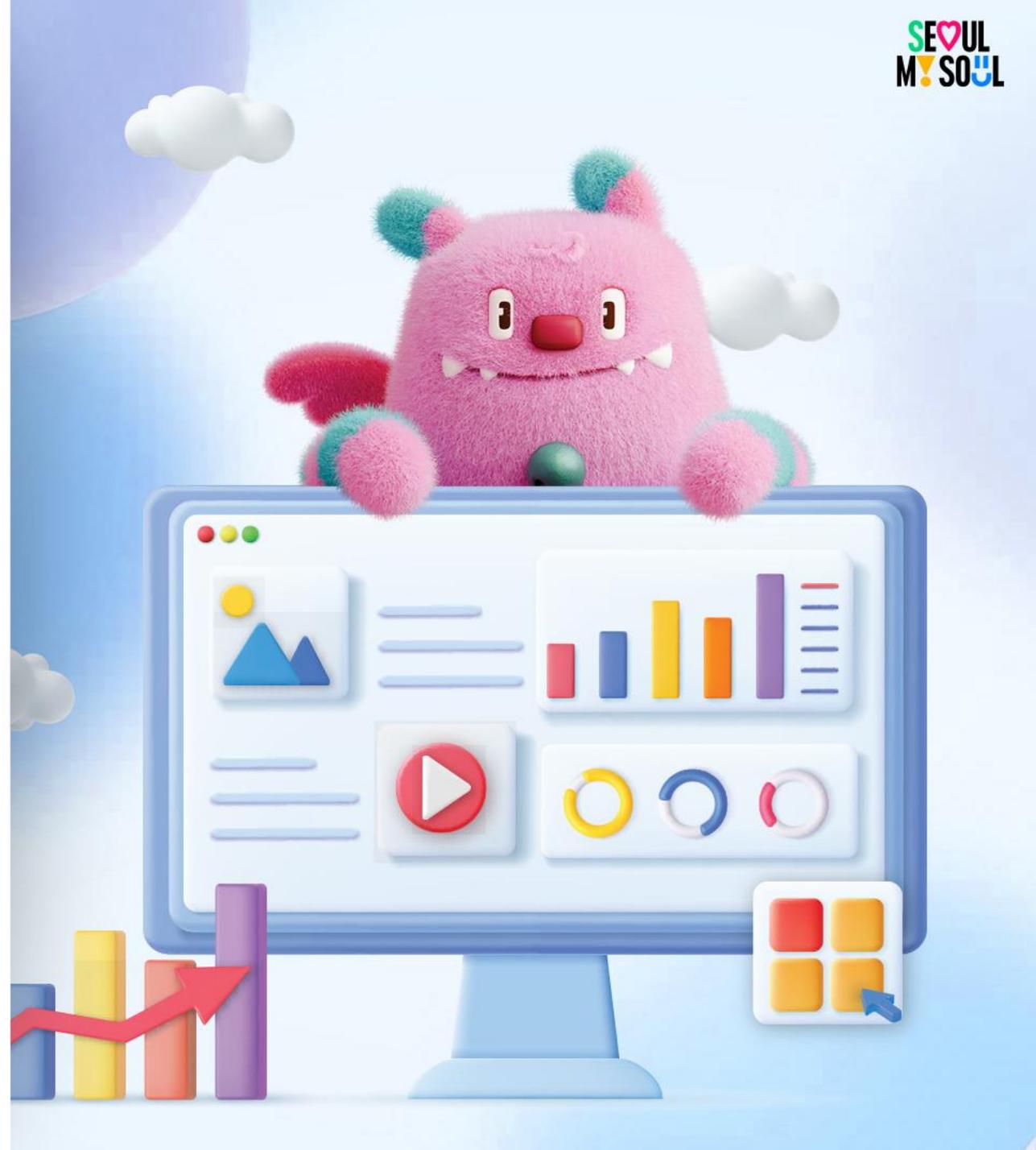
- 연구 배경 및 목적
- 선행 사례 분석
- 사용 데이터 목록

## 02. 분석 계획

- 대상지 선정 분석
- 빗물 관리 시설 선정
- 유출량 계산 기본 공식

## 03. 세부 분석 과정

- 빗물터널 설치에 따른 유출량
- 레인가든 설치에 따른 유출량
- 투수성 도로 설치에 따른 유출량



# CONTENTS

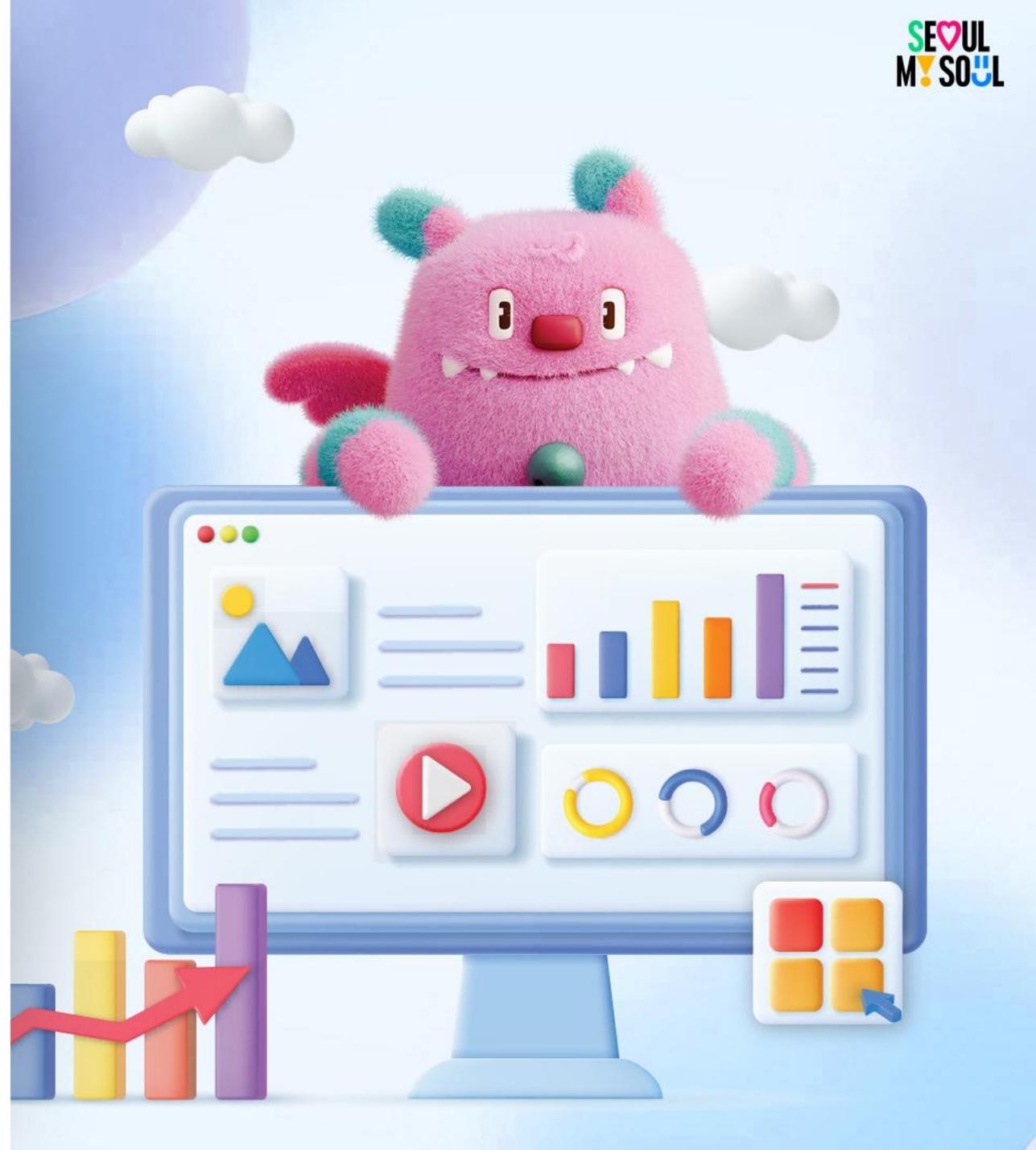
## 04. 분석 시각화

- 시설물 설치 전후에 따른 유출량 변화 시각화
- 3가지 시설물 조합에 따른 유출량 변화

## 05. 결론

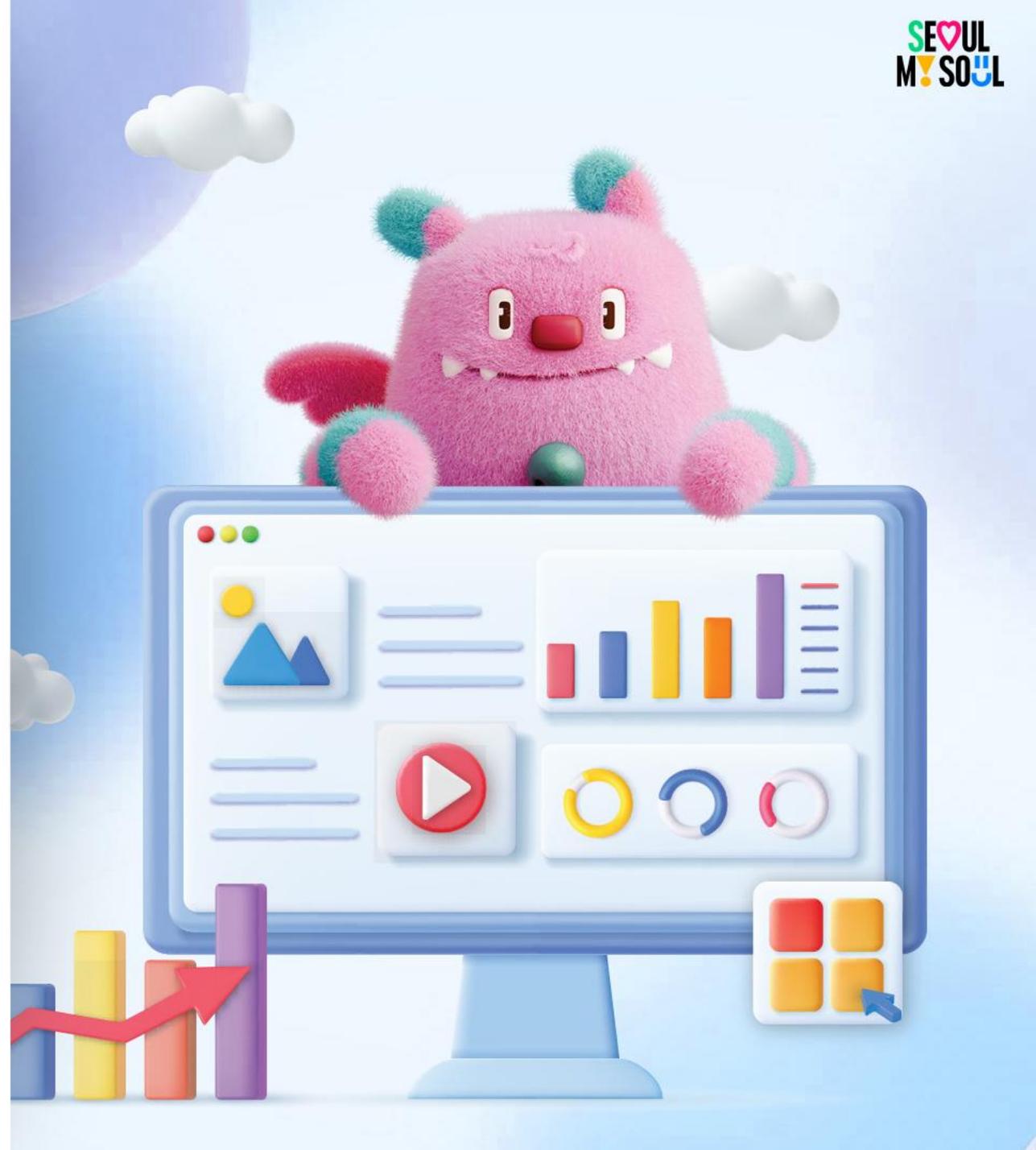
- 활용방안 및 기대효과
- 한계점 및 제언

## 06. 참고문헌 및 출처



# 01. 서론

- 연구 배경 및 목적
- 선행 사례 분석
- 사용 데이터 목록



# 01. 서론 - 연구 배경 및 목적

## 연구 배경 및 목적

- 최근 급증하는 자연 재해와 기후 변화에 대비
- 서울시는 빗물마을 프로젝트를 도입했으나 실패
- 성공적인 국내외 사례를 바탕으로 개선 방안을 제안

기후 변화 대응

빗물 관리

도시 열섬 완화

지속 가능한 도시 환경

### 강수량저수율 등 통합관리시스템 구축 시급 [심층기획-재난이 온다]

입력 : 2024-04-30 06:00:00 / 수정 : 2024-04-30 22:05:06

#### 부처별로 분산 정보 통합이 핵심 AI빅데이터 기반 예측 시스템도

유엔은 지난해 발표한 '2023년 유엔 세계개발보고서'에서 무분별한 개발과 과한 물 소비, 기후 변화 등으로 전 세계 물 부족이 극심한 상황이라고 발표했다. 세계 인구 10억 중 1명이 일상에서 필요한 물을 제대로 공급받지 못하고 있으며, 2050년까지 물 부족에 처한 인구가 24억명에 달할 것으로 전망하기까지 했다.

물 부족은 전 세계 공통 재난이 됐다. 하지만 물 부족 현상은 화재 진압처럼 재난이 발생한 후 바로 수습이 불가능하다. 이에 선진국들은 선제 대처로 다가올 재난에 대비하고 있다.

가뭄을 20세기 가장 큰 자연재해 중 하나로 선정한 미국은 물 부족을 미리 인지하고 2006년 관련 법을 제정했다. 당시 탄생한 게 현재의 국가적 가뭄관리 통합 시스템(NIDIS)이다. NIDIS의 목표는 가뭄 및 물 부족과 관련된 정보, 연구, 교육, 정책 등이 통합된 정보체계를 구축하는 것이다. 여러 기관에 분산된 정보를 통합하는 취지다.



불공정 피해,

### BBC NEWS 코리아

뉴스 2024 미국 대선 비디오 라디오 다운로드 TOP 뉴스

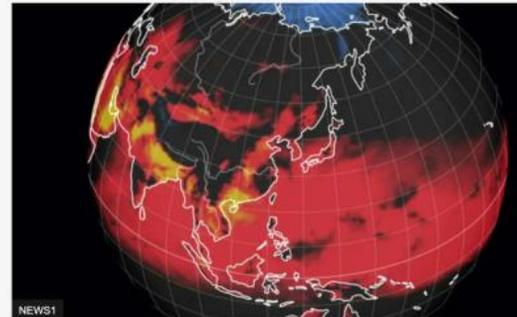
## 이들 연속 폭우에 피해 속출...갈수록 강해지는 집중호우 대비 안 전수칙은



### BBC NEWS 코리아

뉴스 2024 미국 대선 비디오 라디오 다운로드 TOP 뉴스

## 기후변화: 끓는 지구, 폭염·폭우 동시에...반복되는 기상이변



NEWS1 세계 기상 정보 비주말 맵인 에스날스클로 확인한 28일 한반도 주변 기온과 불쾌지수가 표시되고 있다

연준기고 도시인 폭염 노출, 33년새 3배로... 35도 넘으면 야외활동 13% 줄인다

박재형 · 파이낸셜뉴스 · 2024.08.08



세계 17억명 치명적 폭염 노출  
관광명소보다 도심 공원 방문 줄고, 주중보다 주말에 방문객 더 급감  
고속도로보다 저속도로 활동 타격... 취약층 안전망 구축 더 힘써야



# 01. 서론 - 선행 사례 분석

## ‘상습 침수’ 광주 신안교 댐질처방 논란

입력 2025-08-06 06:00:00 | 수정 2025-08-06 19:43:47  
 광주=한민욱 기자 hanhim@nongae.com

2년전 설치 홍수 방어벽 원인 밝혀  
 “하천·마을사이 물길막아 피해 키워”  
 주민들 광주시에 철거 요청 불구  
 市, 상단 아크릴판만 모두 없애  
 “근본적인 해결책 안돼” 반발 심화

“보름 만에 또다시 물에 잠겼어요”

폭우가 내린 지 이틀이 지난 5일 광주 북구 신안동 서방천 신안교 일대의 주민들은 명백한 인자(人災)라며 지방자치단체를 고발하겠다고 성난 목소리를 냈다. 이 지역은 보름 전의 ‘극한 호우’로 빗물이 무릎까지 자랄라 상가와 주택이 침수돼 아직도 복구에 구슬땀을 흘리고 있다. 이런 와중에 이날 3일 폭우가 또 쏟아져 어느 정도 복구를 마친 상점가는 또다시 물바다가 됐다. 신안교 부근에서 카센터를 운영하는 박모씨는 “보름간 영업을 못하고 복구에 힘썼는데 또 침수됐다”며 “이제 어디서부터 어떻게 해야 할지 막막하다”고 토로했다.



▲ 광주 북구 관계자들이 지난 4일 신안교 일대에 설치된 홍수 방어벽 상단의 아크릴판을 철거하고 있다. 광주시 제공

## 폭우 피해 더 키운 주범으로 지목된 광주 신안동 '홍수방어벽' 결국 철거

광주CBS 한아름 기자 | 2025-08-06 10:09

광주시, 하천 범람 피해 막으려 2019년 '홍수 방어벽' 설치  
 도리어 폭우 피해 더키워 주민 철거 요구...광주시, 6일 철거 나서



광주 북구 신안동 서방천을 따라 설치된 '홍수 방어벽'의 투경 아크릴판이 철거됐다. 독자 제공

### 광주 신안교

사회

## “더 이상 홍수는 없다”...관악구, 별빛내린천 통수 단면 확장 완료

입력 2025-06-04 06:35:03

가 < > >

별빛내린천 동방1교~승리교 1.6km 구간 단면 확장 끝 배수기능 개선,  
 침수피해 저감 기대...지난해 신화교 가설, 투명홍수방어벽 설치에 이어 올해  
 신본교 가설로 배수개선 대책 완료



관악구별빛내린천

### 관악구 별빛내린천



홍수방어벽 설치 전(신화교)



설치 완료

신화교 홍수방어벽 설치 전후 사진/제공=관악구청©열린뉴스통신ONA

- 홍수 방어벽은 지역 지형과 배수 체계에 맞게 설계되어야 효과적
- 광주 신안교는 방어벽이 물길을 막아 침수를 악화시킨 반면, 관악구 별빛내린천은 배수 개선과 조화로운 방어벽 설치로 피해 감소
- 지역 맞춤형 물물관리와 주민 의견 수렴이 재해 예방과 시설 운영의 중요한 포인트

# 01. 서론 - 사용 데이터 목록

## 분석 사용 데이터

| 번호 | 데이터 명                  | 출처           |
|----|------------------------|--------------|
| 1  | 서울시 강우량 정보             | 서울 데이터 허브    |
| 2  | 서울시 경사도                | 서울 데이터 허브    |
| 3  | 서울시 일반녹지 현황 통계         | 서울 데이터 허브    |
| 4  | 서울시 행정구역(구별) 통계        | 서울 데이터 허브    |
| 5  | 서울시 보도 현황(포장재별) 통계     | 서울 데이터 허브    |
| 6  | 등고선                    | V-WORLD      |
| 7  | 수치표고모델(DEM)            | V-WORLD      |
| 8  | 도로(현황)                 | V-WORLD      |
| 9  | GIS건물통합정보              | V-WORLD      |
| 10 | 도로경계_면                 | V-WORLD      |
| 11 | 배수등급                   | V-WORLD      |
| 12 | 수치지형도 1:5000           | 국토지리정보원      |
| 13 | 수치지형도 1:1000           | 국토지리정보원      |
| 14 | 2021_추정교통량_행정구역_읍면동 단위 | 국가교통데이터오픈마켓  |
| 15 | 세분류 토지피복도              | 환경공간정보서비스    |
| 16 | 방재기상관측(AWS)            | 기상청 기상자료개방포털 |
| 17 | 수도권 임야 데이터             | MAPSEE       |



## 서울 데이터 허브 내 이용 데이터

- 서울시 강우량 정보
- 서울시 경사도
- 서울시 일반녹지 현황 통계
- 서울시 행정구역(구별) 통계
- 서울시 보도 현황(포장재별) 통계

# 01. 서론 - 사용 데이터 목록

## 서울 데이터 허브 활용 데이터

1



### 서울시 강우량 정보

- 시설물 설치 전후 유출량 변화 시뮬레이션 및 시각화

2



### 서울시 경사도

- 빗물터널 영향 범위 선정
- 레인가든은 경사 5도 이하, 투수성 도로는 경사 12퍼센트 이하 지역 필터링

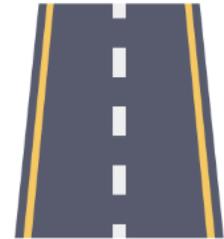
3



### 서울시 일반녹지 현황 통계 & 행정구역 통계

- 강남구의 녹지 비율이 서울시 평균보다 낮다는 사실 확인
- 레인가든 설치가 적합하다는 근거가 됨

4



### 서울시 보도 현황(포장재별) 통계

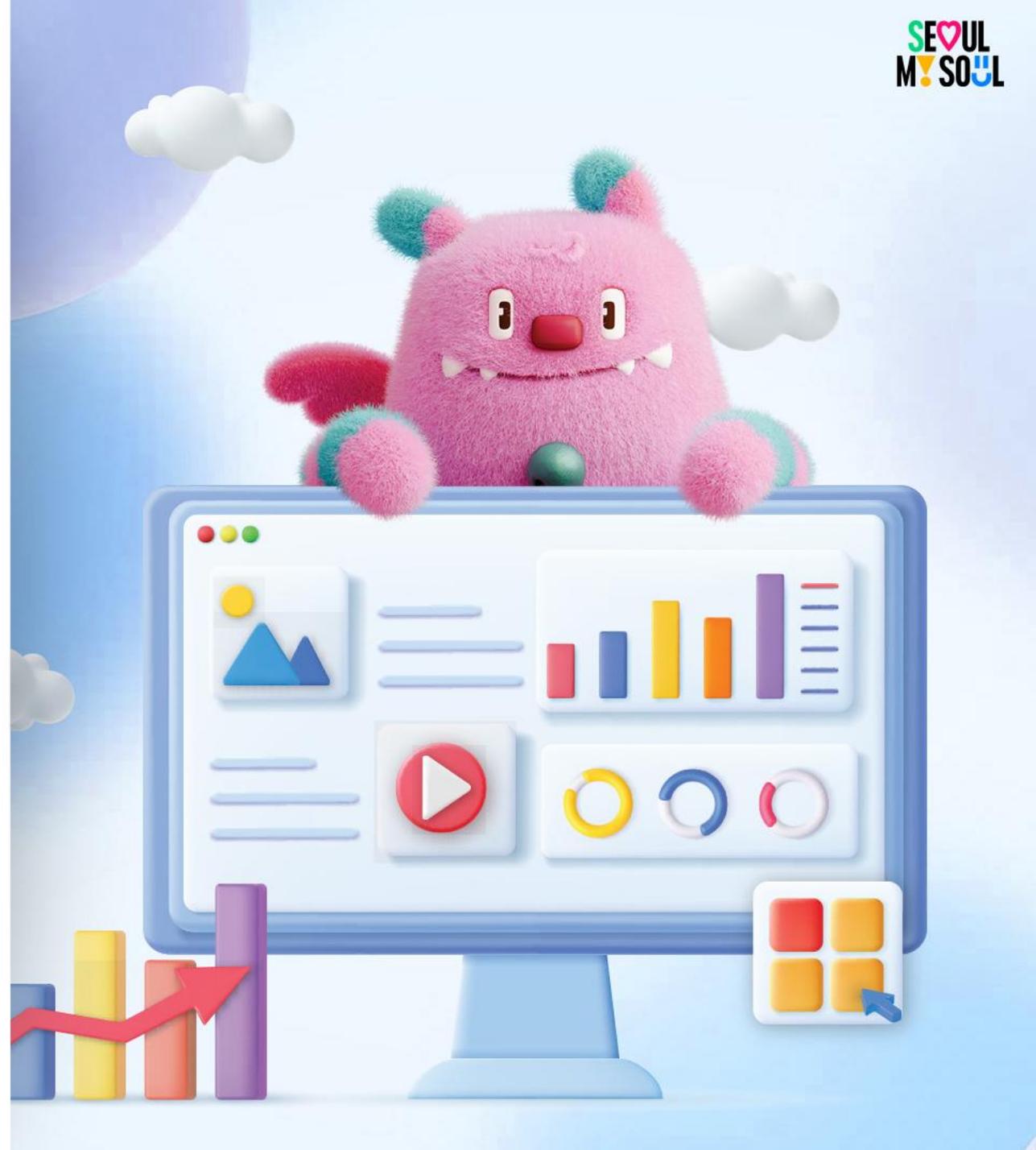
- 시각화 결과 강남구가 높은 불투수성을 보임
- 투수성 도로 도입의 필요성을 뒷받침함



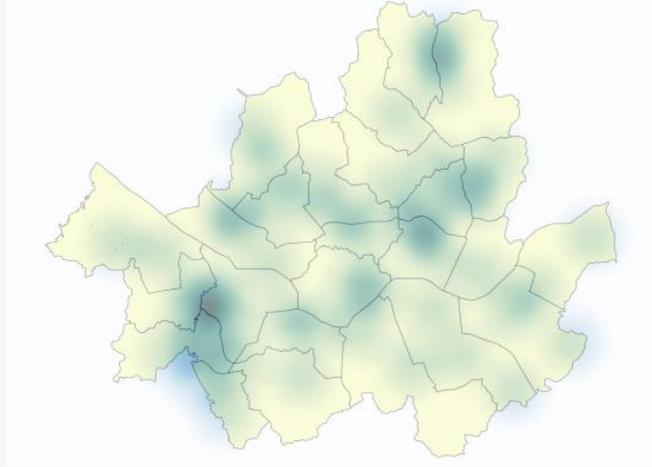
서울 데이터 허브의 데이터는 단순 배경 자료를 넘어, 정책 수립과 도시계획에 실질적인 활용 가능성을 보여줌

## 02. 분석 계획

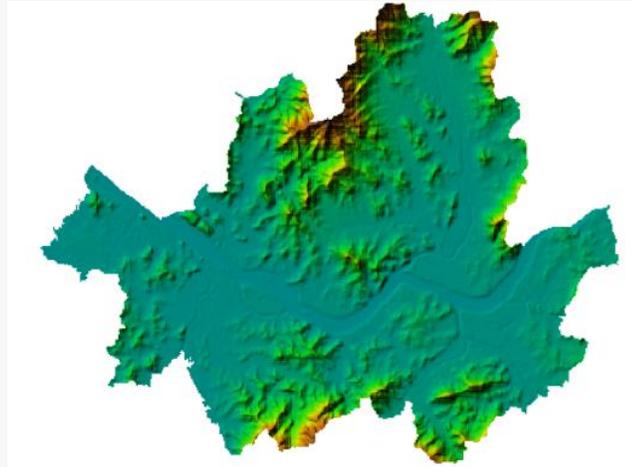
- 대상지 선정 분석
- 빗물 관리 시설 선정
- 유출량 계산 기본 공식



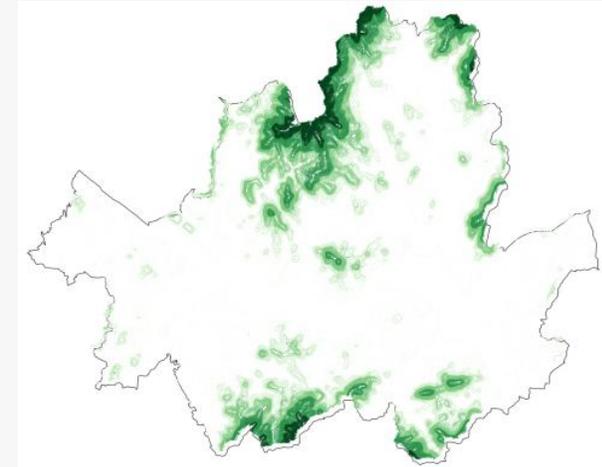
## 02. 분석 계획 - 대상지 선정 분석



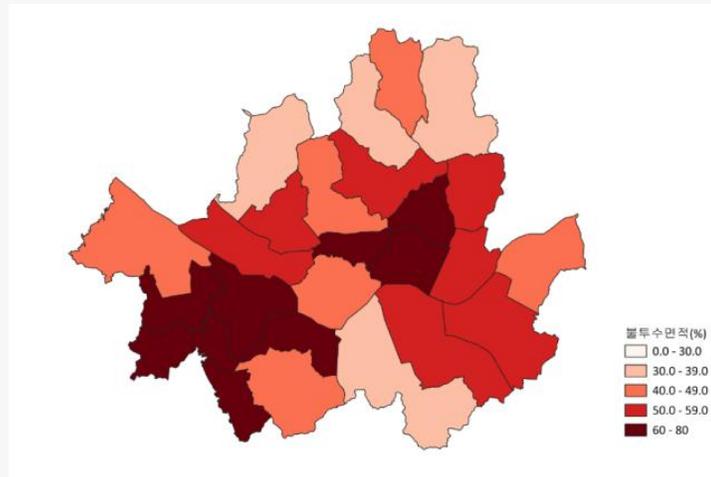
강수량



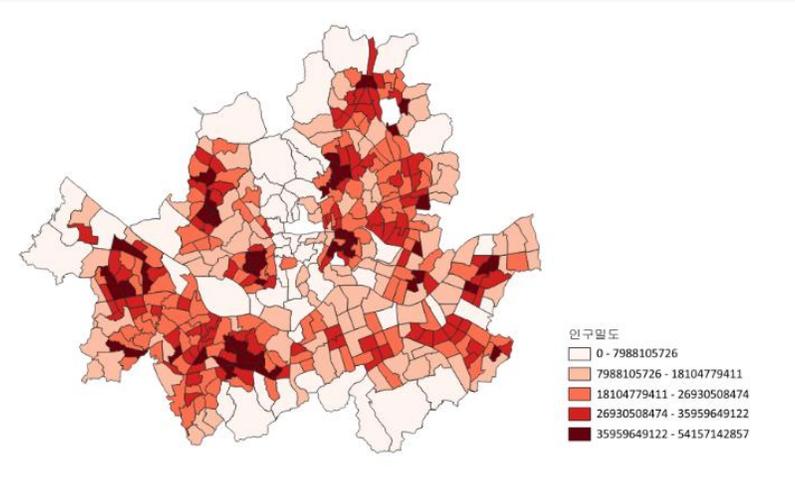
고도



경사도



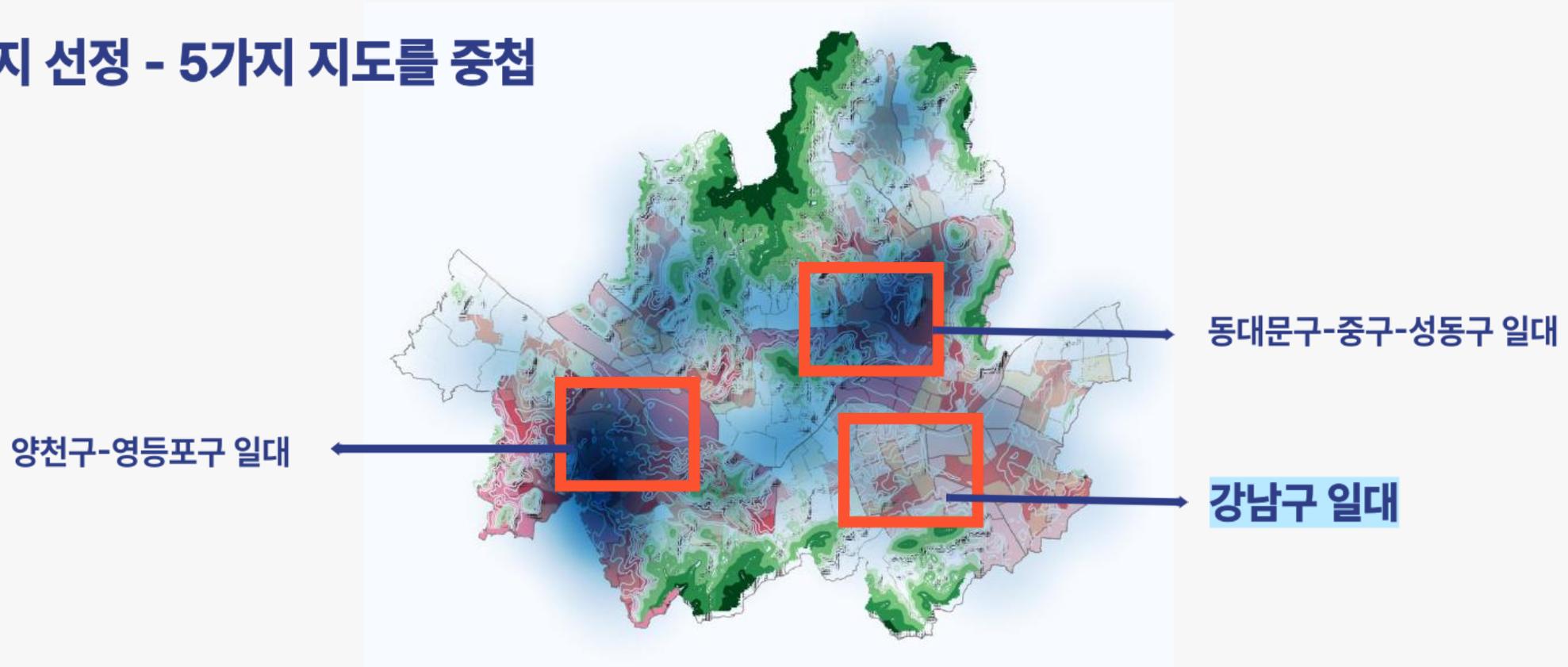
불투수 면적률



인구 밀도

## 02. 분석 계획 - 대상지 선정 분석

### 대상지 선정 - 5가지 지도를 중첩



- 양천구-영등포구, 동대문구-중구-성동구 일대, 강남구 일대가 홍수 발생 시 피해가 큰 지역으로 판단.
- 양천구-영등포구, 동대문구-중구-성동구 일대는 빗물 관리 시설 및 정책이 잘 대비되어 홍수 피해 발생이 적음.
- 상대적으로 집중호우에 대한 대비가 부족하며 2022년 홍수 피해가 막심하였던 강남구 일대를 연구 대상지로 선정.

## 02. 분석 계획 - 빗물 관리 시설 선정

# 빗물 관리 시설 선정



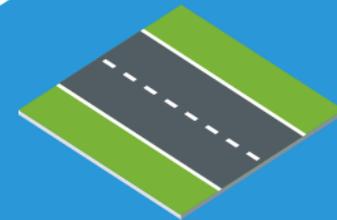
### 빗물터널

- 대규모 폭우 시 홍수 예방 효과
- 하천 범람 및 지하 침수 피해 감소
- 강남구 설치 예정



### 레인가든 (빗물정원)

- 빗물 흡수·분산시켜 유출량 감소
- 도시 열섬 현상 완화
- 도심 경관 개선 및 녹지 공간 보충

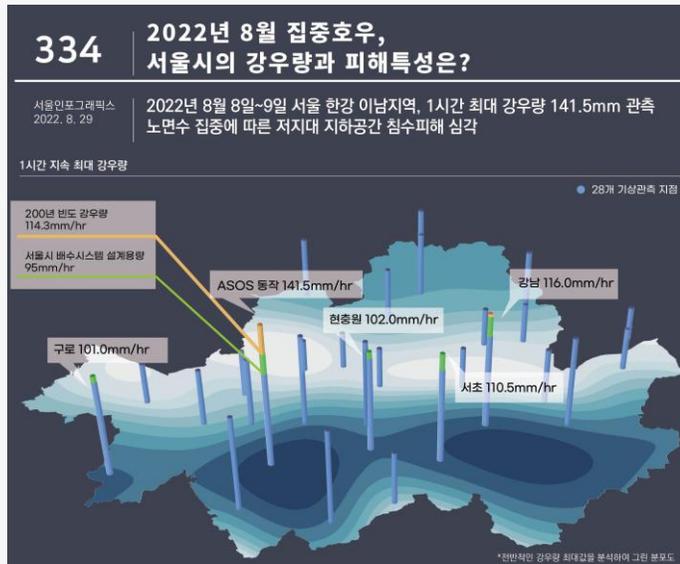


### 투수성 도로

- 불투수 표면 문제를 해결
- 빗물 침투 유도 및 도심 물순환 개선
- 지속 가능한 물 관리 시스템 구축 기여

## 02. 분석 계획 – 빗물 관리 시설 선정

# 빗물 관리 시설 선정



▼ 서울연구원의 2022년 8월 집중호우 당시 서울의 강우량과 피해 특성 인포그래픽

HOME > 데일리이슈 > 경제이슈

### 박상혁 시의원, “시민 안전 외면한 강남역 빗물배수터널 졸속 추진…전면 재검토해야”

이정윤 기자 | 발행일 2025-05-01 12:16:36 | 댓글 0

많이 본 뉴스

1 2,236명어려운'무적자' 출생신고한 아동 포함

박 의원은 이날 “기후위기 대응이라는 사업 취지에는 공감하지만, 현재의 터널 노선 등은 반포천 일대의 안전을 위협하고, 사업의 경제성과 주민 수용성 측면에서도 중대한 문제가 있다”며 “이대로 추진될 경우 수해 예방이 아니라 오히려 위험을 특정 지역에 전가하는 구조가 될 수 있다”며 이같이 강하게 비판했다.

주민 의견 수렴 부족에 대한 비판도 이어졌다. 박상혁 위원장에 따르면 서울시는 지금까지 단 3회의 주민설명회를 진행했는데, 회당 참석자도 15명 내외에 불과한 것으로 나타났다.

더욱이 배수터널의 물이 방출되는 유출수직구가 위치할 반포동은 지역 재개발로 실거주 주민이 거의 없어 실질적 의견 수렴이 어려운 상황이라는 설명이다.

박 의원은 발언을 마무리하며 “서울시는 지금이라도 사업을 전면적으로 재검토하고, 시민의 목소리를 반영한 계획 수립에 나서야 한다”면서 “진정한 기후안전도시 서울은 거대한 구조물이 아니라 시민의 신뢰에서 시작되어야 한다”고 강조했다.

◀ 빗물터널 사업 추진을 둘러싼 논란 기사 多

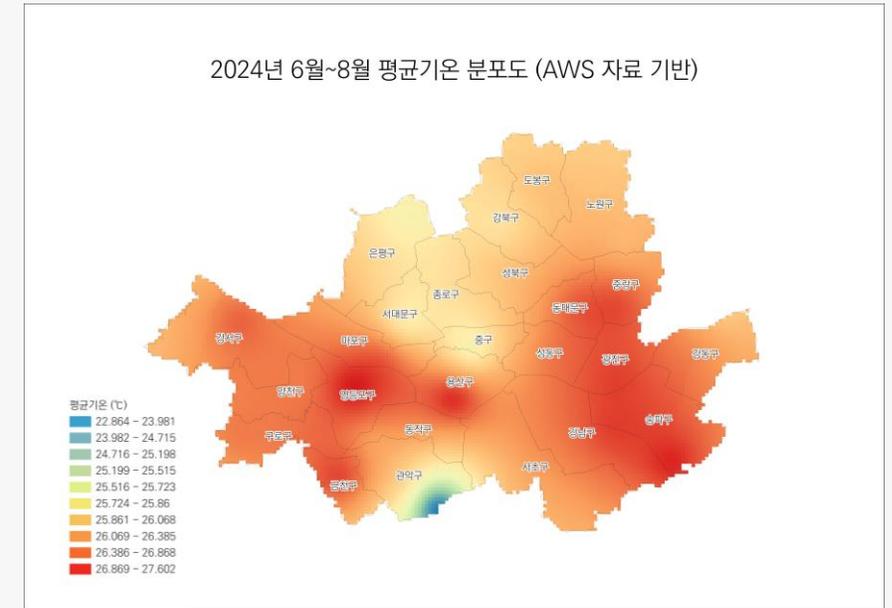
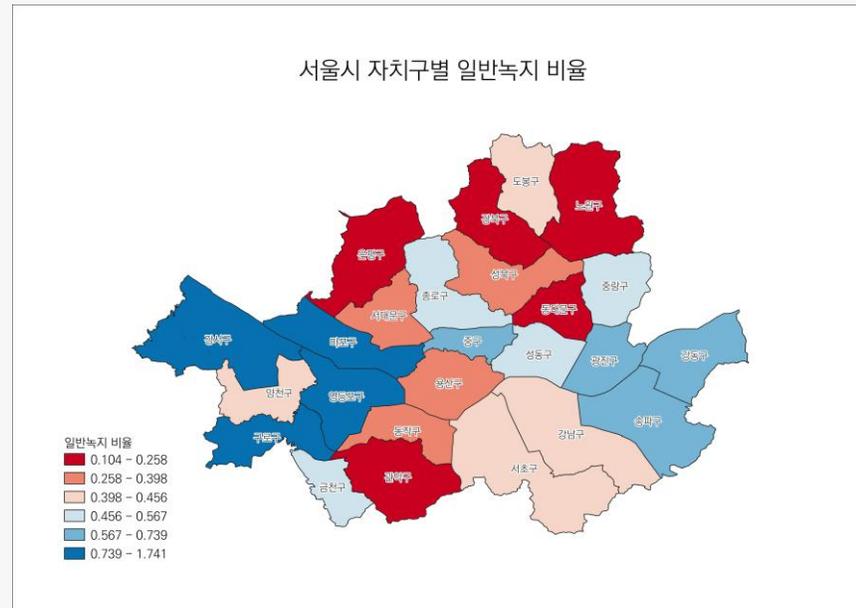
- 빗물터널은 집중호우 시 배수 능력이 부족한 강남구의 대규모 빗물을 신속히 저장·방출할 수 있는 핵심 시설임.
- 안전성 위협, 높은 사업비, 주민 수용성 부족, 노후 인프라 연계 한계, 의견 수렴 미흡 등의 문제가 있어 설치 재검토 요청 기사 多.
- 이에 본 연구는 빗물터널 설치의 효과를 사전에 분석하여 정책 결정에 참고할 자료로 제시하고자 함.

## 02. 분석 계획 – 빗물 관리 시설 선정

# 빗물 관리 시설 선정



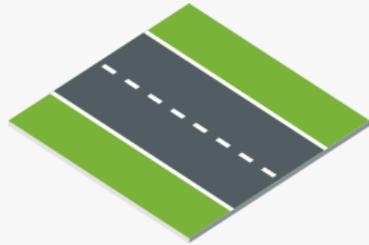
### 레인가든 (빗물정원)



- 레인가든은 부족한 녹지 공간을 확보하고 강우 유출량을 줄이는 데 효과적임.
- 강남구는 상대적으로 녹지 면적이 적어 소규모 강우에도 빗물이 빠르게 흐르며 기온이 높은 열섬 지역으로 나타남.
- 따라서 레인가든을 통해 빗물을 흡수·분산하여 유출을 줄이고, 식물 증발산 작용으로 열섬 현상을 완화할 수 있을 것.

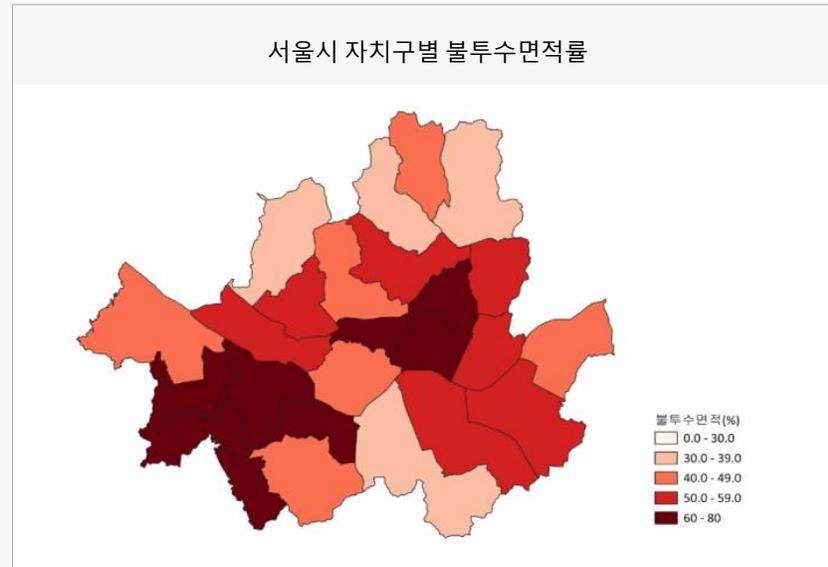
## 02. 분석 계획 – 빗물 관리 시설 선정

# 빗물 관리 시설 선정

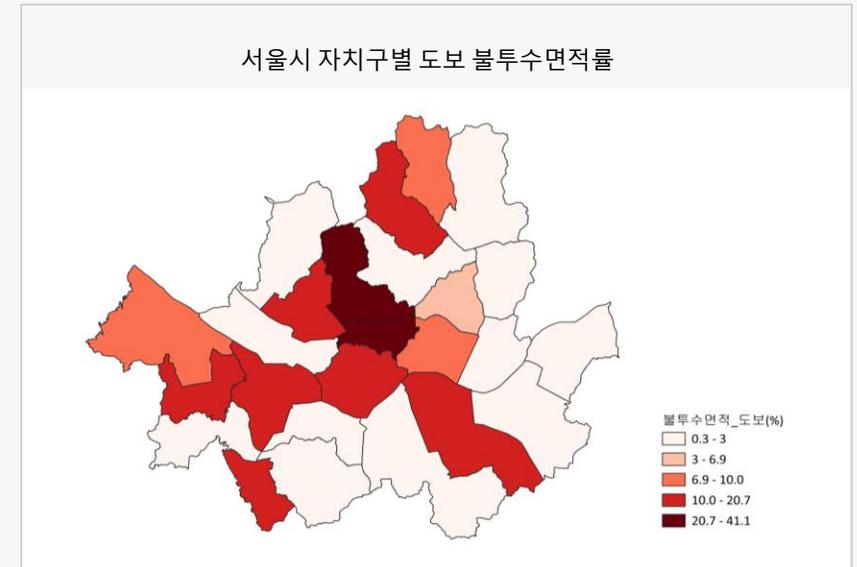


투수성 도로

서울시 자치구별 불투수면적률



서울시 자치구별 도보 불투수면적률



- 일본 시험 포장 결과, 빗물 흡수로 하수관 부담 감소, 유출량 최대 40% 감소 및 유출 시간 지연, 강수량의 약 30%가 땅속으로 침투해 지하수를 보충하며 홍수를 대비할 수 있다는 효과가 검증됨.
- 강남구에 투수성 도로 설치를 통해 불투수 표면 문제를 해결하고, 빗물 침투 유도 및 도심 물순환을 개선할 수 있음.
- 친환경적 인프라 구축으로 미래 도시 환경 조성 및 지속 가능한 물 관리 시스템 구축에 기여함.

## 02. 분석 계획 – 유출량 계산 기본 공식

### 유출량(Q) 기본 공식

$$Q = P \times A \times C$$

Q: 유출량 (m<sup>3</sup>/h)

P: 강우량 (mm) (시간당 강우량을 사용)

A: 유출 면적 (m<sup>2</sup>)

C: 유출 계수

|    | A     |     | B      |     | C     |     | D      |     | 전 체    |       |
|----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|--------|-------|
|    | 면적    | CN  | 면적     | CN  | 면적    | CN  | 면적     | CN  | 면적     | CN    |
| 수역 | 0.21  | 100 | 1.34   | 100 | 0.94  | 100 | 1.10   | 100 | 3.59   | 100.0 |
| 도시 | 1.15  | 81  | 4.19   | 88  | 4.51  | 91  | 2.20   | 93  | 12.05  | 89.4  |
| 나지 | 0.50  | 77  | 5.07   | 86  | 2.16  | 91  | 1.84   | 94  | 9.57   | 88.2  |
| 습지 | 0.00  | 98  | 0.00   | 98  | 0.00  | 98  | 0.00   | 98  | 0.00   | 0.0   |
| 초지 | 2.07  | 30  | 27.20  | 58  | 6.09  | 71  | 13.10  | 78  | 48.46  | 63.8  |
| 산림 | 0.25  | 36  | 65.32  | 60  | 5.45  | 73  | 137.31 | 79  | 208.32 | 72.8  |
| 논  | 16.93 | 78  | 74.13  | 78  | 72.84 | 78  | 56.56  | 78  | 220.46 | 78.0  |
| 밭  | 0.47  | 62  | 8.57   | 71  | 3.32  | 78  | 4.56   | 81  | 16.91  | 74.8  |
| 계  | 21.58 |     | 185.82 |     | 95.30 |     | 216.67 |     | 519.37 | 75.1  |

- 김현식, 오윤근, 윤연중, 김한준. GIS 기법을 활용한 유출곡선지수(CN) 산정. 한국수자원학회 학술발표회

- A 그룹: 높은 침투율, 모래나 자갈 등 물이 쉽게 스며듦.
- B 그룹: 중간 침투율, 양토와 같은 토양.
- C 그룹: 낮은 침투율, 미사성 토양.
- D 그룹: 거의 물을 흡수하지 않는 토양, 점토 등이 포함됨.

- 유출량 기본 공식을 통하여 유출량 계산.
- 선행 연구에서 GIS를 활용하여 산정한 CN 값을 사용.
- 투수성이 우수한 A 지역에서의 빗물 유출 저감 기법을 실험하여, 해당 환경에서 기법의 효율성을 최대한으로 평가.

## 02. 분석 계획 – 유출량 계산 기본 공식

### 유출량(Q) 기본 공식

$$Q = P \times A \times C$$

Q: 유출량 (m<sup>3</sup>/h)

P: 강수량 (mm) (시간당 강수량을 사용)

A: 유출 면적 (m<sup>2</sup>)

C: 유출 계수

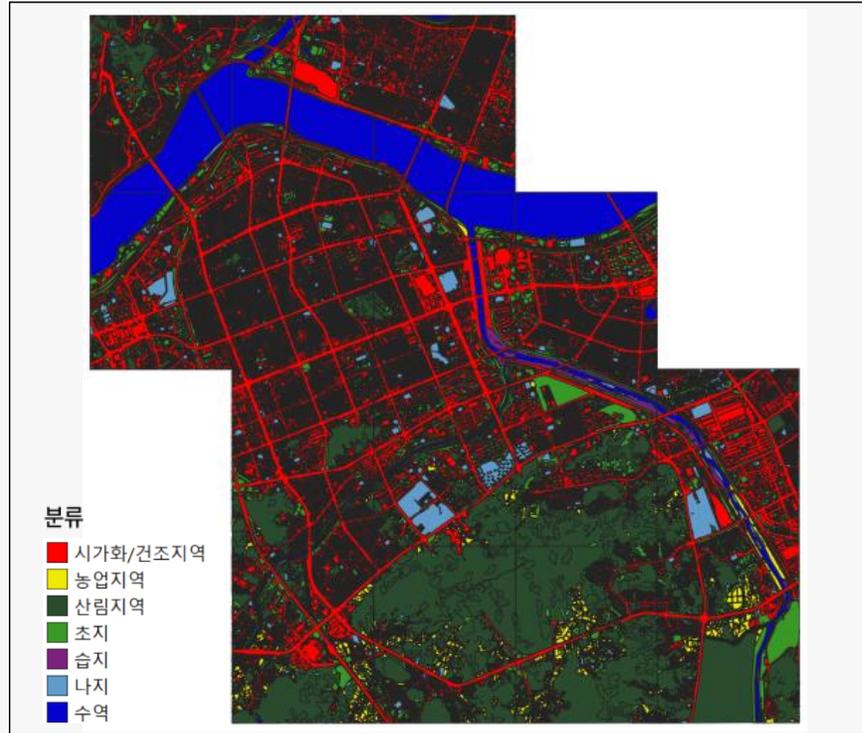
### 강수량(P) 계산법

$$P = \frac{\text{2024년 7월 한 달 동안 강남구 내에 위치한 강우량계에서 집계된 강우량의 총합}}{\div 31 \text{ (7월 한 달 일수)} \div 24 \text{ (시간)}}$$

이를 통해 계산된 강남구의  
**평균 시간당 강수량 5.8mm**로 이후 연구 진행

- 유출량 기본 공식에서는 시간당 강수량을 P값으로 사용.
- 이에 앞서 가공하였던 서울시 내 강우량계별 강수량을 활용하여 계산.
- 계산된 강남구의 평균 시간당 강수량 5.8mm를 이후 연구에 대입하여 진행.

## 02. 분석 계획 - 유출량 계산 기본 공식



### 선행연구에서의 산정된 CN 값

수역 : 100  
 도시 : 81  
 나지 : 77  
 습지 : 98  
 초지 : 30  
 산림 : 36  
 논 : 78  
 밭 : 62



### 토지피복도 분류에 따라 재정의한 CN 값

시가화/건조지역 : 81  
 농업지역 : 70 ((논+밭)÷2)  
 산림지역 : 36  
 초지 : 30  
 습지 : 98  
 나지 : 77  
 수역 : 100

### Runoff Coefficient (C) 변환 공식

$$C = (Cn - 20) / 100$$

- 환경공간정보서비스에서 강남구 일대에 해당하는 세분류 토지피복도 다운로드.
- 선행연구에서 산정된 CN 값을 바탕으로, 토지피복도 분류에 따라 CN 값 재정의.
- 변환 공식에 따라 CN 값을 C 값으로 변환하여 유출량 공식에 적용.

## 02. 분석 계획 – 유출량 계산 기본 공식

### 유출량(Q) 기본 공식

$$Q = P \times A \times C$$

Q: 유출량 (m<sup>3</sup>/h)

P: 강우량 (mm) (시간당 강우량을 사용)

A: 유출 면적 (m<sup>2</sup>)

C: 유출 계수

### 유출 면적(A) 계산법

$$A = \text{CN 값이 70 이상인 지역} * 10000$$

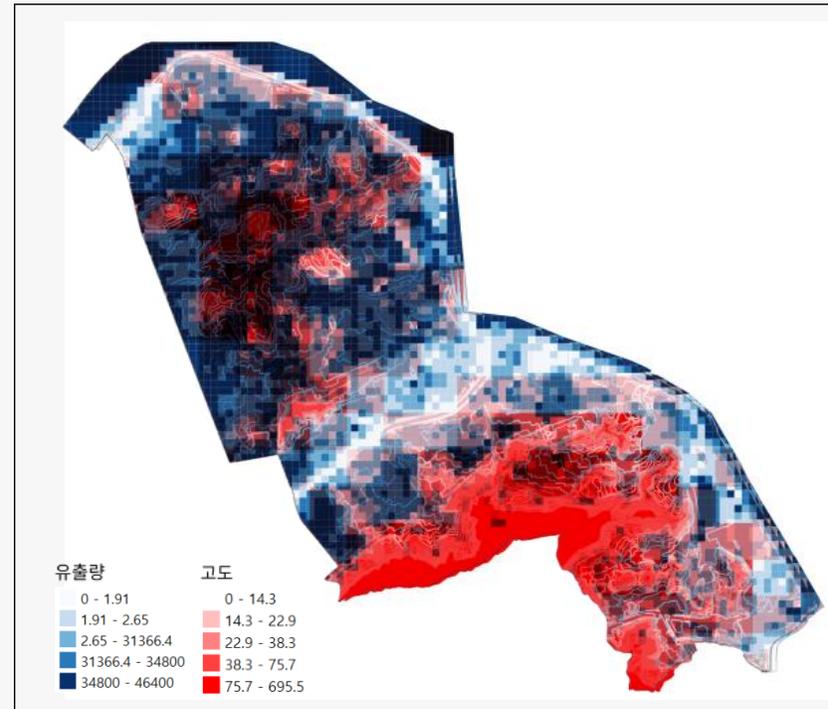
- CN = 100: 불투수층에서 모든 강우가 유출됨.
- CN = 30~70: 중간 정도의 유출 가능성.
- CN = 0: 모든 강우가 토양에 침투됨.

CN 값이 70 이상인 지역은 유출이 일어나는 지역이라고 산정,  
이후 연구에서 100×100의 격자를 활용했기에 면적은 10000m<sup>2</sup>으로 설정

- 앞서 계산된 CN 값을 강남구 대상 100x100 격자에 맞추어 할당.
- 격자 내 CN 속성값이 70 이상인 격자는 유출이 일어나는 지역이라고 판단.
- SQL 구문을 활용하여 CN 값이 70 이상인 격자는  $5.8 * C * 10000$ , 이외의 지역은  $5.8 * C$ 를 계산하여 유출량 산정.

## 02. 분석 계획 - 유출량 계산 기본 공식

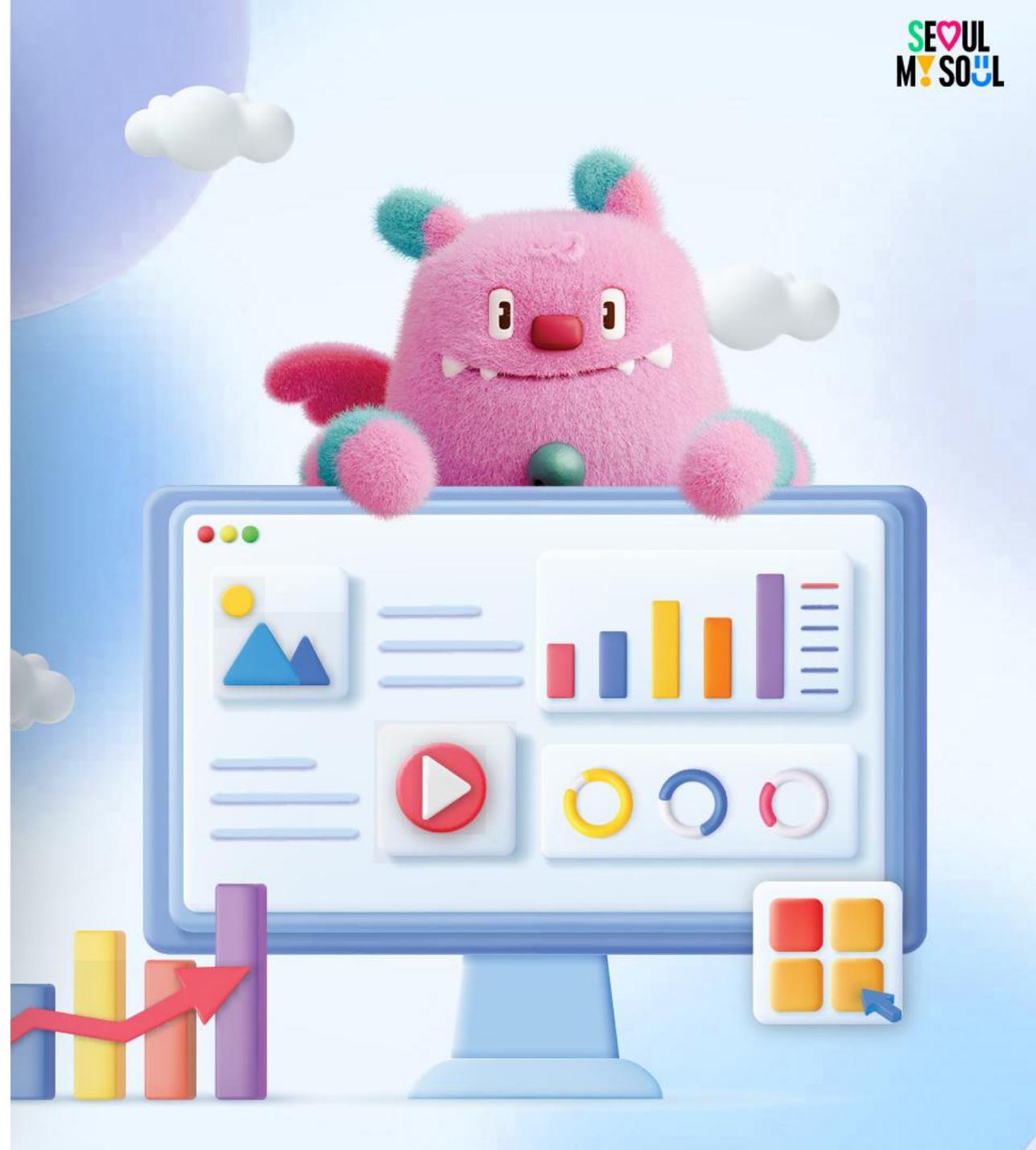
### 강남구의 빗물 유출량 - 2024년 7월 -



- 앞선 방식으로 제작한 2024년 7월의 강남구 빗물 유출량 지도 시각화.
- 파란색은 유출량, 빨간색은 고도값으로 색깔이 진할수록 홍수 피해가 높은 지역으로 해석할 수 있음.

## 03. 세부 분석 과정

- 빗물터널 설치에 따른 유출량
- 레인가든 설치에 따른 유출량
- 투수성 도로 설치에 따른 유출량



빗물터널

# 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량



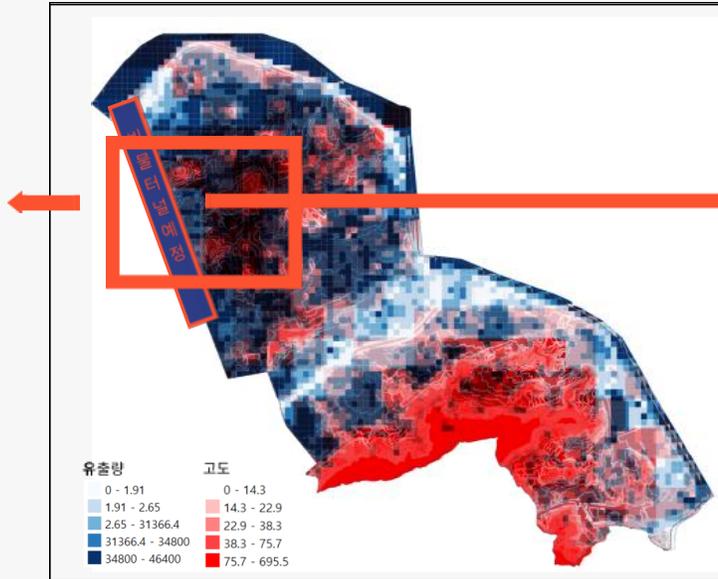
[서울=뉴시스] 최진석 기자 = 이재명 대동령이 12일 서울 서초구 한강홍수통제소를 방문해 수해(장마) 대비 현장 점검 회의를 주재하고 있다. (대통령실실신사진기자단) 2025.06.12. rryjs@newsis.com /사진=최진석

진짜 회의 내용은 이 때 오고 갔다.

이 대동령은 2022년 수도권에 집중 호우가 쏟아져 강남역 일대 등이 침수됐던 사례를 들며 "여러 해 반복되는데 구조적으로 피할 수 없나, 대대적 공사가 아니더라도 현재 관리에 최선을 다하면 피할 수 있나, 그에 대한 이야기를 듣고 싶다"고 했다.

이에 이환경 행정안전부 재난안전관리본부장은 "강남역 위치가 바로 옆 위치에 비해 단차가 20m 정도 차이 난다. 그래서 그쪽으로 물이 모일 수 있는 상황이라 터널 설치 계획이 있다"며 "근본적으로는 물을 빨리 빼내는 장치가 필요하다"고 했다.

강남구 일대에서 가장 홍수 피해가 심할 것이라 추정되는 지역



- 강남구 일대에서 가장 홍수 피해가 심할 것이라 추정되는 지역에 빗물터널이 설치될 예정.
- 시간당 110mm 이상 비를 건디는 규모의 빗물터널을 건설하고자 함.
- 빗물터널 설치가 실제로 빗물 유출 저감에 효과적인지 확인하고자 함.

## 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

### 영향을 미치는 격자 선정 기준

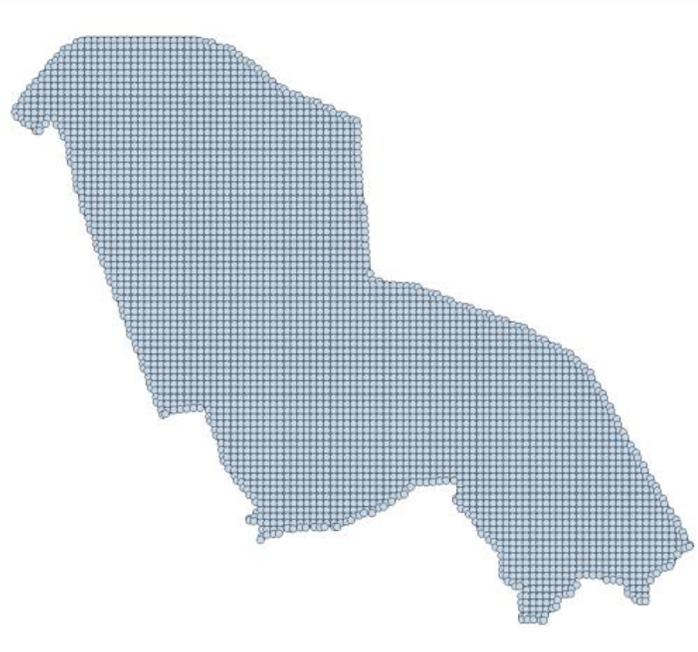
1. 빗물터널로부터 **반경 2.6km 이내**의 격자 (평가계획보고서의 배수 유역면적에 따른 계산)
2. **빗물터널로 유입되는 물 흐름 방향**을 가진 격자
3. **고도 차이가 점진적으로 낮아지는 경사**를 가진 격자
4. **비투수율이 높은** 격자

직접 선정한 조건으로, 해당 조건을 만족하는 격자는 **빗물터널이 시간당 110mm의 강수량을** 버틸 수 있기에 기존 유출량에서 터널이 수용 가능한 정도를 차감.

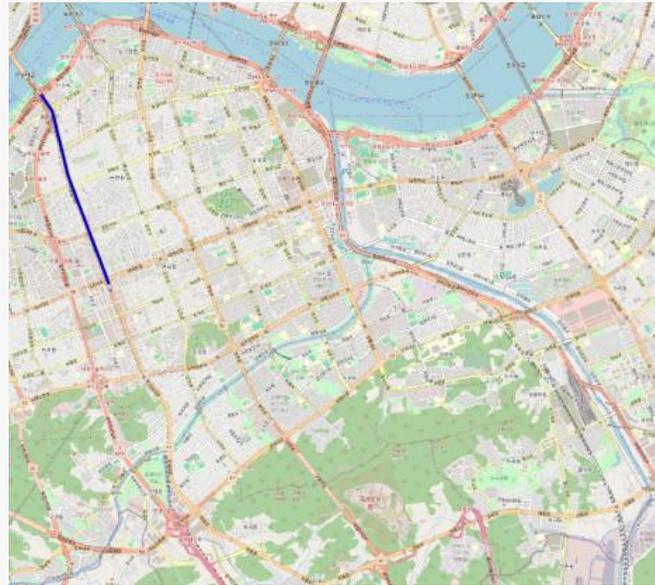
- 빗물터널의 직접적인 영향 범위를 반영해, 터널과 가까운 지역에 우선적으로 적용.
- 유입 경로를 반영해, 터널이 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 격자를 선정함으로써 터널의 실제 유입 기능을 고려.
- 물이 자연스럽게 흘러 들어오는 경사를 반영해 터널로 물이 유입될 가능성이 높은 지형 조선을 반영.
- 빗물의 자연 침투가 어려운 지역을 고려하여, 빗물터널이 우선적으로 처리해야할 지역을 반영함.

## 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

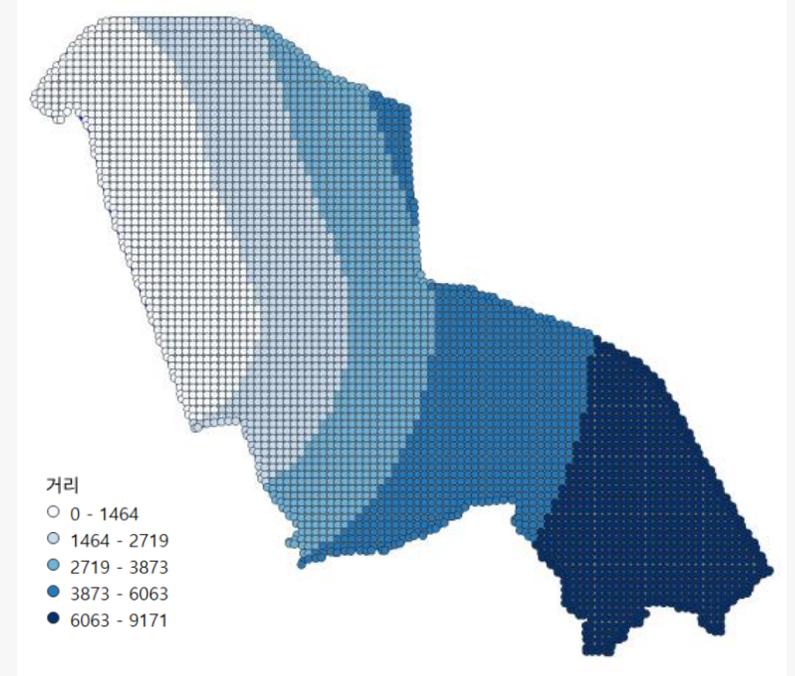
빗물터널



격자 내 중심점 생성



빗물터널 설치 예상 지역에  
Line 데이터로 디지털라이징

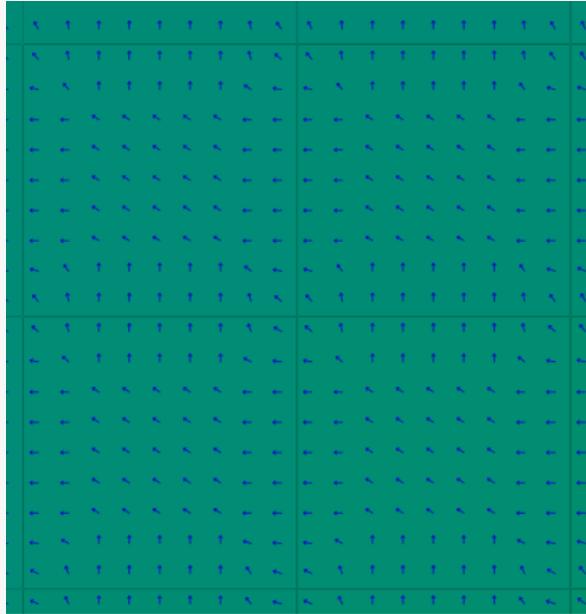


빗물터널과의 거리 계산

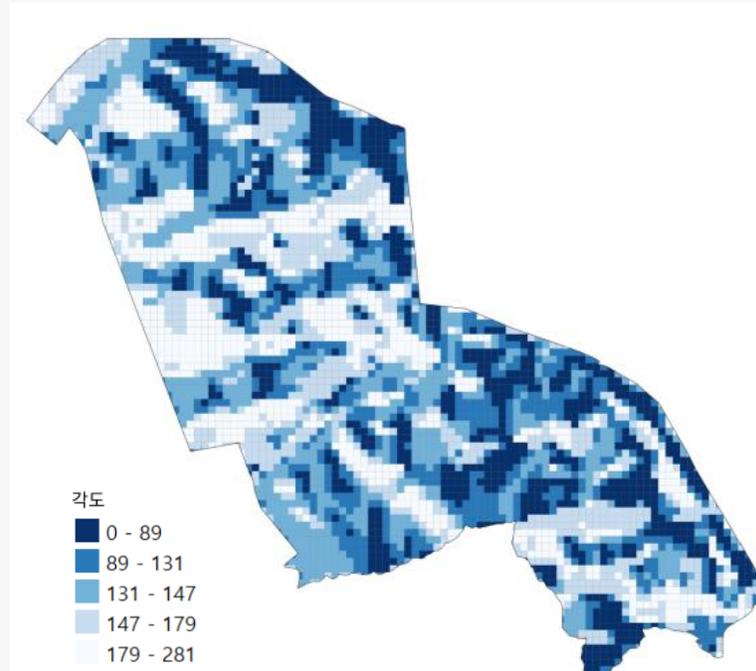
- 거리 계산을 위하여 격자 내 중심점 생성.
- 빗물터널과의 거리 계산을 위하여 빗물터널 설치 예상 지역에 Line 데이터로 빗물터널을 디지털라이징.
- 빗물터널과 점 간의 거리 계산.

## 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

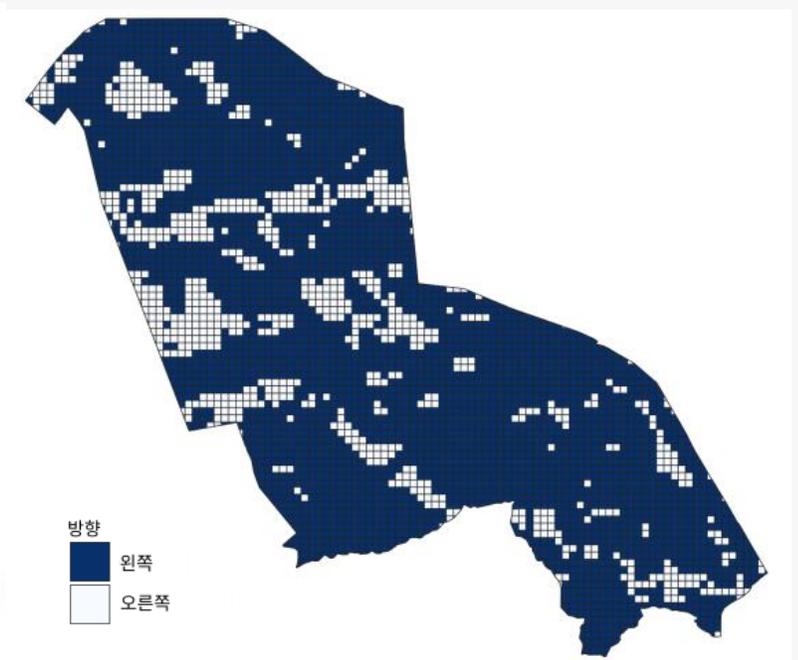
빗물터널



DEM에 따른 물 흐름 방향 계산



격자 내 화살표들의 평균 각도 값을 계산

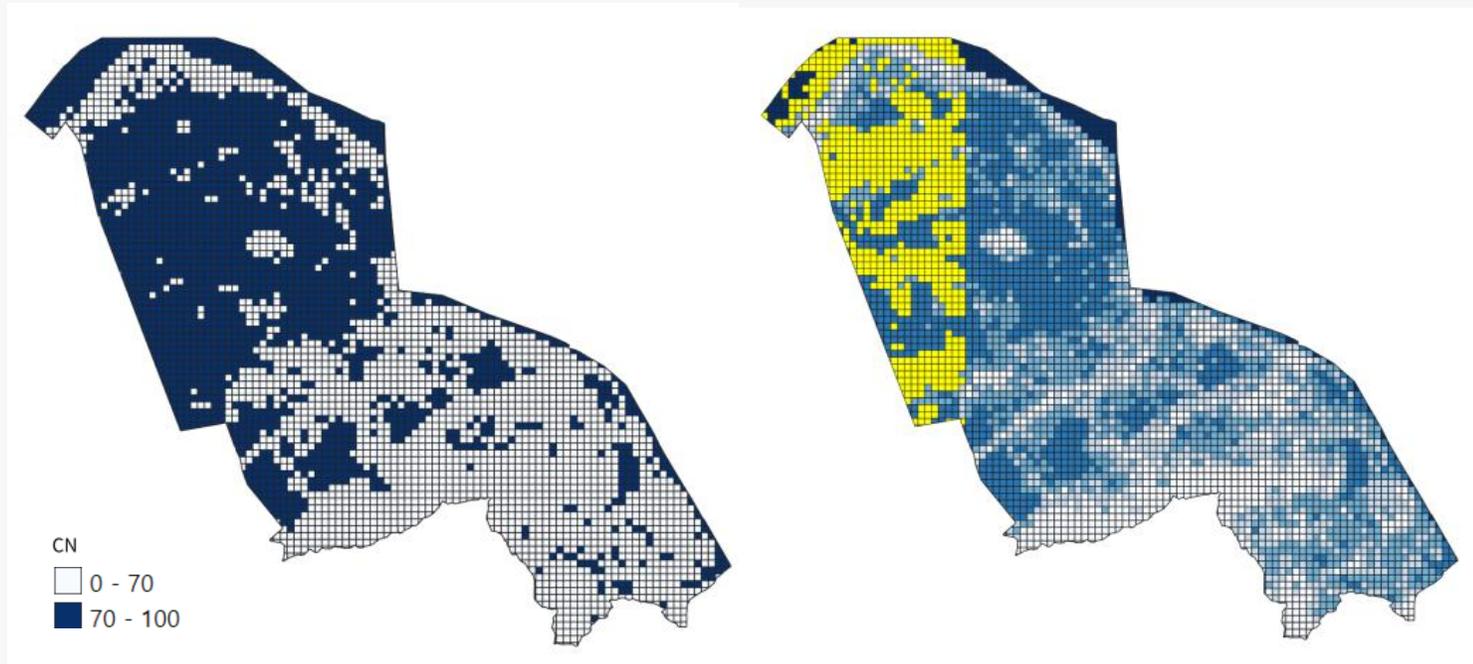


격자별 물 흐름 방향 시각화

- 유역, 경사 등을 고려하여 물 흐름 방향을 화살표로 시각화.
- 격자 내 여러 화살표의 평균 각도 값을 계산하여 격자값 할당.
- 할당된 격자값을 바탕으로 물의 흐름 방향을 왼쪽과 오른쪽, 두 개로 분류.

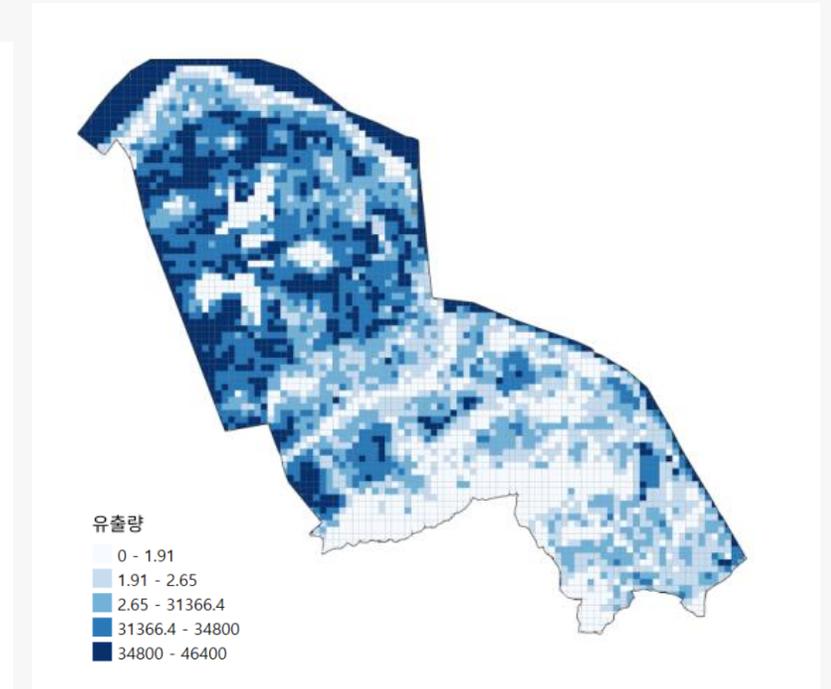
## 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

빗물터널



CN 값이 70 이상인 지역

앞서 선정한 조건을  
모두 만족하는 지역 선택



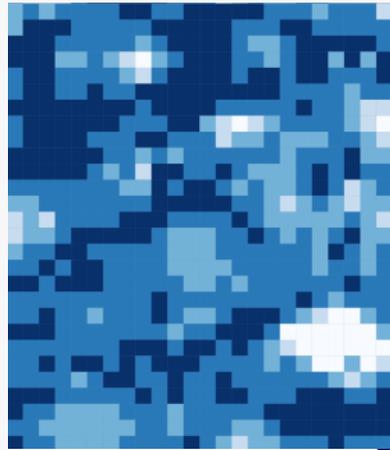
해당 지역의 유출량을  
재조정하여 단계구분도 작성

- 비투수율이 높은 지역은 CN 값이 70 이상인 지역으로 선정.
- 앞서 선정하였던 4가지의 조건을 모두 만족하는 지역을 SQL 구문을 활용하여 선택.
- 선택된 격자의 유출량을 재조정하여 빗물터널 설치 이후의 유출량 단계구분도를 작성.

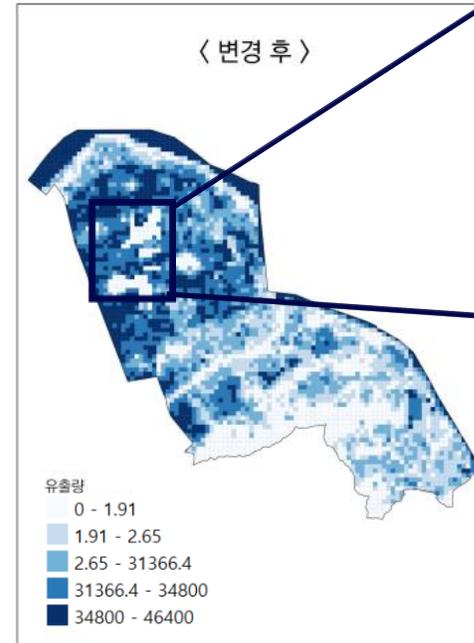
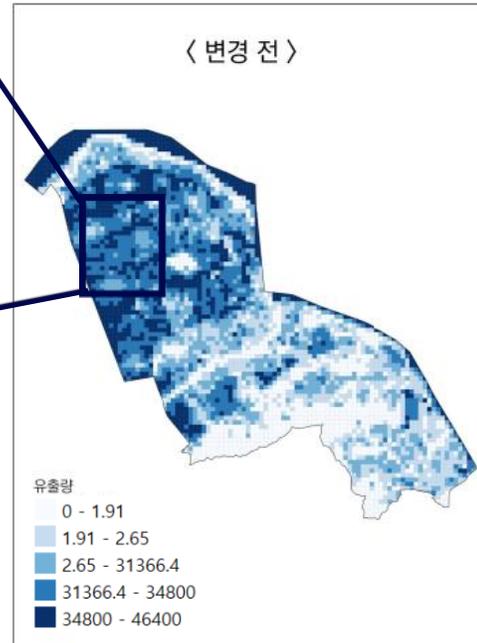
# 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

빗물터널

빗물터널 설치 유무에 따른 유출량 변화  
- 강남구를 중심으로 -



빗물터널 인근의 지역 확대  
(변경 전)

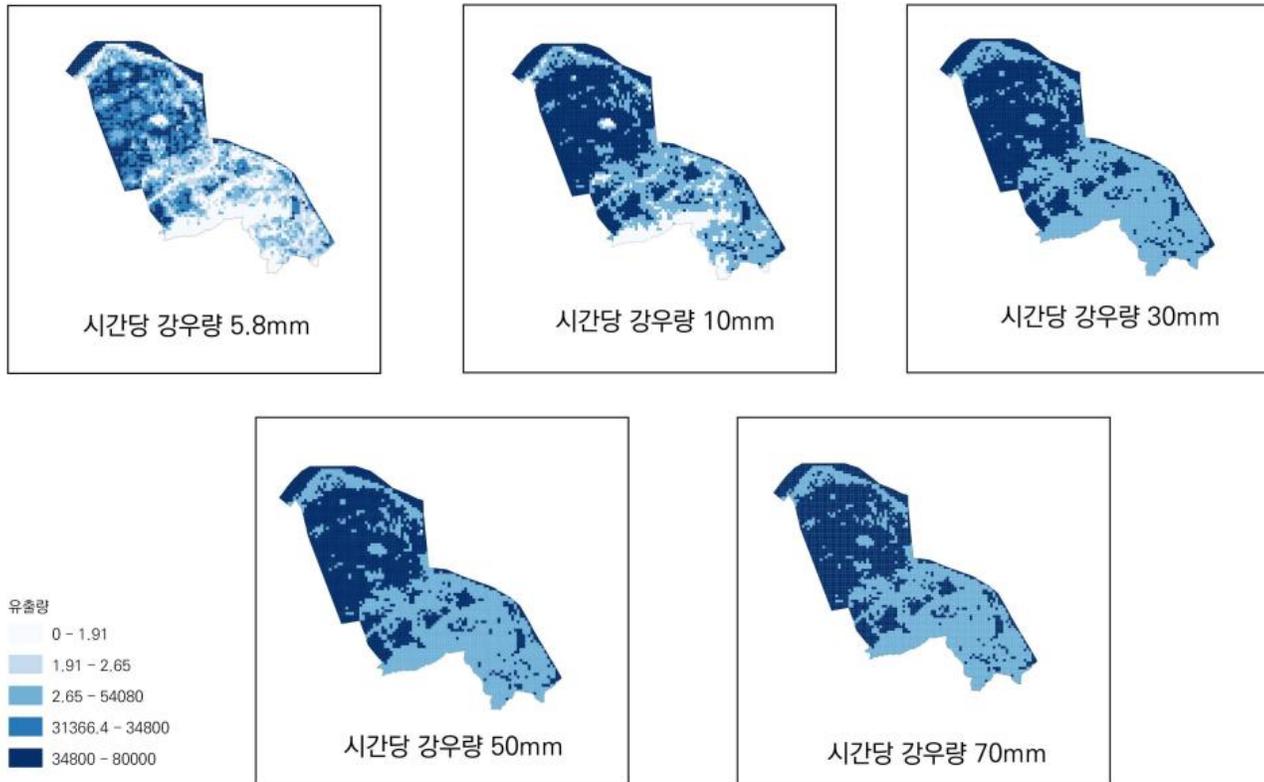


빗물터널 인근의 지역 확대  
(변경 후)

- 빗물터널 설치 지역에서 유출량이 상대적으로 감소하는 경향을 보임.
- 시간당 100mm 이상의 집중호우에서 효과가 나타나기에 다양한 강수 시나리오를 적용 시 더 큰 효과 예상.
- 선정되지 않은 격자에서도 그 분담률이 상대적으로 적을 뿐, 충분히 유출량을 분산시켜줄 수 있음.

## 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

시간당 강우량 변화에 따른 강남구 유출량 변화  
- 2024년 7월 기준 -



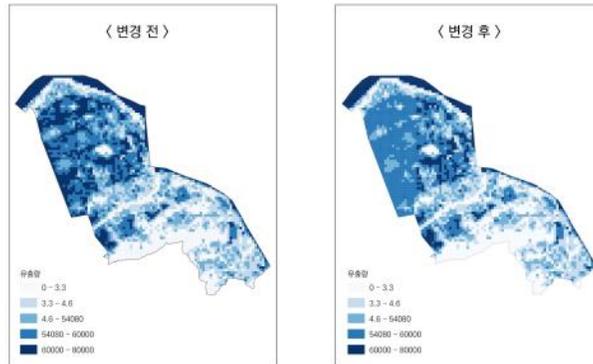
- 강남구 전역의 유출량은 선형적으로 증가함.
- 토지피복, 경사, 유출계수가 동일하기에 강우 강도가 달라지더라도 공간적 분포 패턴이 크게 변하지 않음.
- 유출이 집중되는 핫스팟 지역은 모든 강우 시나리오에서 동일하게 나타남.
- 빗물터널 설치 계획 시 효율적 자원 배분과 설치 우선순위 결정에 중요한 근거.
- 전 지역을 균등하게 관리하는 방식보다, 항상 유출이 높은 지역을 집중 관리하는 것이 홍수 저감 효과를 극대화.

# 03. 세부 분석 과정 - 빗물터널 설치에 따른 유출량

빗물터널

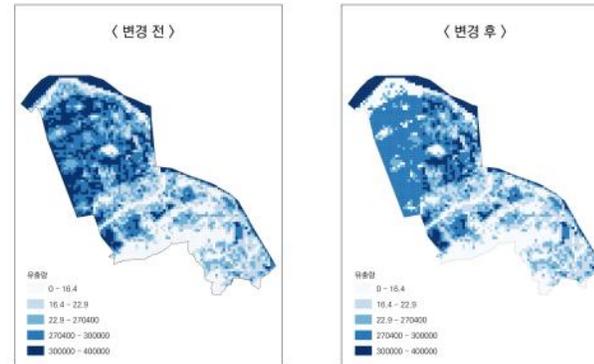
빗물터널 설치 유무에 따른 유출량 변화

- 시간당 강수량 10mm -



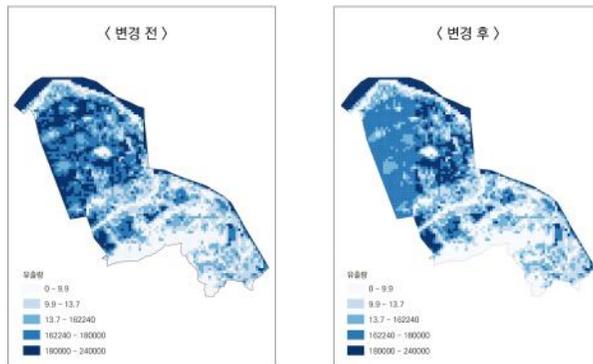
빗물터널 설치 유무에 따른 유출량 변화

- 시간당 강수량 50mm -



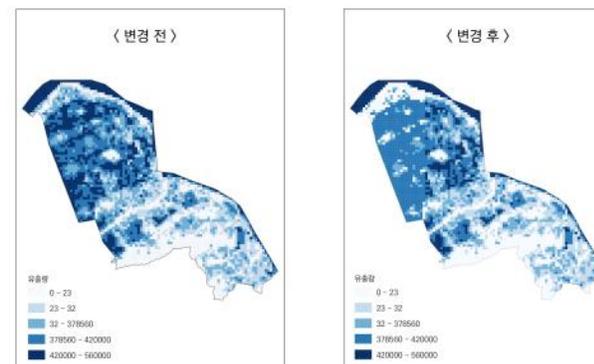
빗물터널 설치 유무에 따른 유출량 변화

- 시간당 강수량 30mm -



빗물터널 설치 유무에 따른 유출량 변화

- 시간당 강수량 70mm -



- 빗물터널은 최대 유출 지역에 설치 예정. 설치 결과, 모든 강우 강도에서 유출량이 대폭 감소했음.
- 소·중 규모(10,30mm)와 대규모(50,70mm) 강우 그룹 모두 유출량 감소 확인. 최대 유출 지역에 설치되어 집중 강우에도 큰 감소 효과 발휘.
- 지도 색상 단계가 강우량별로 달라 색 차이가 작게 보일 수 있으나, 실제 수치는 감소했음.
- 예정대로 설치된다면 도시 홍수 위험을 크게 줄일 수 있는 효과적인 시설임.

# 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

레인가든

## 레인가든이란?

- 강우 시 불투수 표면에서 지하로 스며들지 못하는 물을 한데 모아 저류하는 방식
- 빗물이 모이는 지점에 식생침투공간을 설치하게 되면 하수관거로 흘러 들어가는 물의 양을 줄일 수 있음

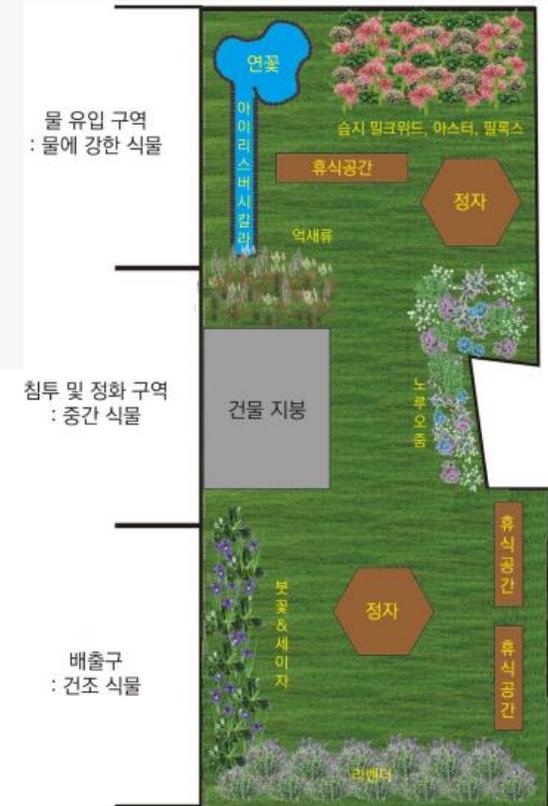


<https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2022090914260005452>

도로변 레인가든 예시 사진



도로변 레인가든 단면도



옥상 정원 배치도

- 효과적인 빗물 유출량 감소를 위한 도로변 레인가든의 단면도와 옥상 정원의 배치도를 직접 제작.
- 레인가든 설치 시 효과를 얻을 수 있는 지역을 선정하여 이를 조성하고자 함.

## 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량



강남구 건물 추출 결과



지붕 면적이 200-400m<sup>2</sup> 사이인 건물

- V-WORLD의 'GIS통합건물정보' 데이터 중 서울시 데이터 다운로드 후 강남구의 건물 추출.
- 200-400m<sup>2</sup>의 지붕 면적을 가진 건물일 경우, 적절한 크기의 레인가든을 통해 홍수 완화 및 오염물 저감 효과를 기대할 수 있다는 연구 결과에 기반하여 해당 조건을 충족하는 건물 추출.

### 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

레인가든



빗물이용시설 설치 의무화 대상 건물



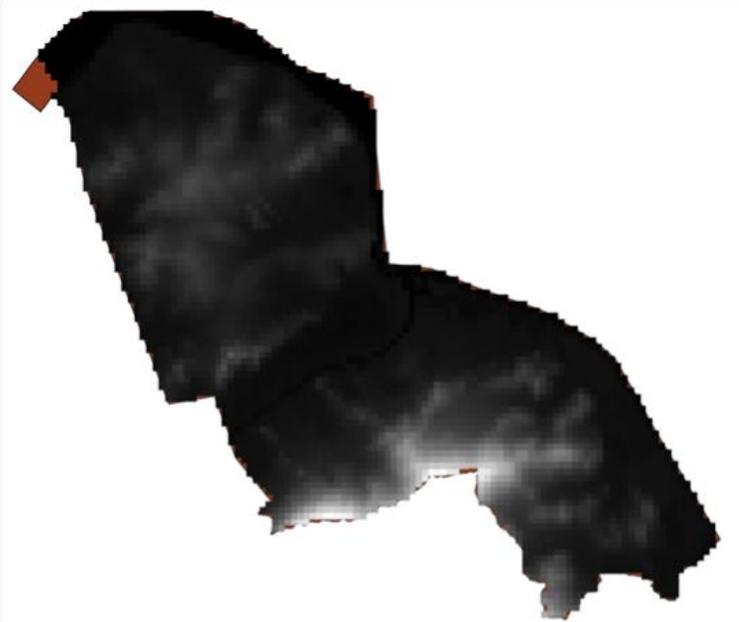
지붕 면적이 200-400㎡ 사이인 건물과  
빗물이용시설 설치 의무화 대상 건물



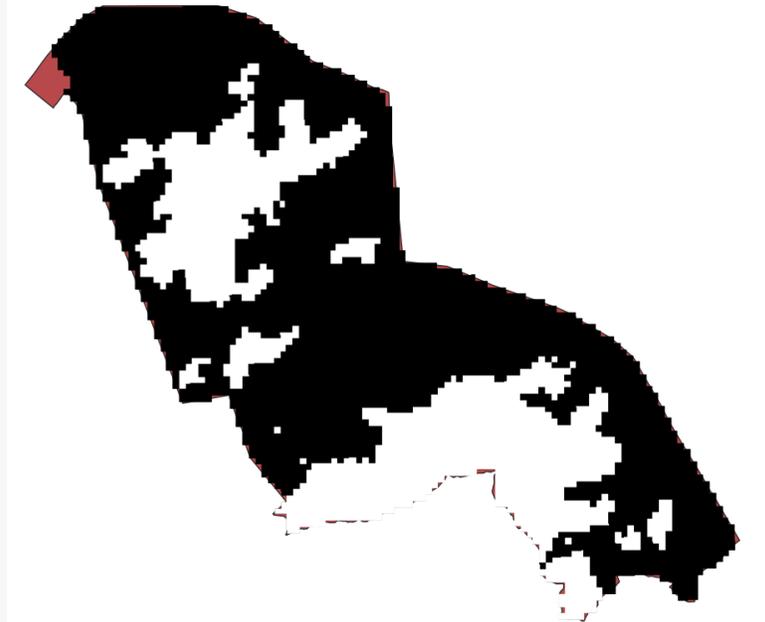
집수량 평균 이상인 건물

- '물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령' 제10조의 빗물이용시설 설치 대상 시설 및 기준에 의거하여 빗물이용시설 설치 의무화 대상 건물 필터링.
- $V(\text{빗물 집수량}) = A(\text{옥상 면적}) * P(\text{강우량})$  공식 사용하여 건물 지붕을 통한 빗물 집수량 계산 후 평균 이상인 건물 추출.

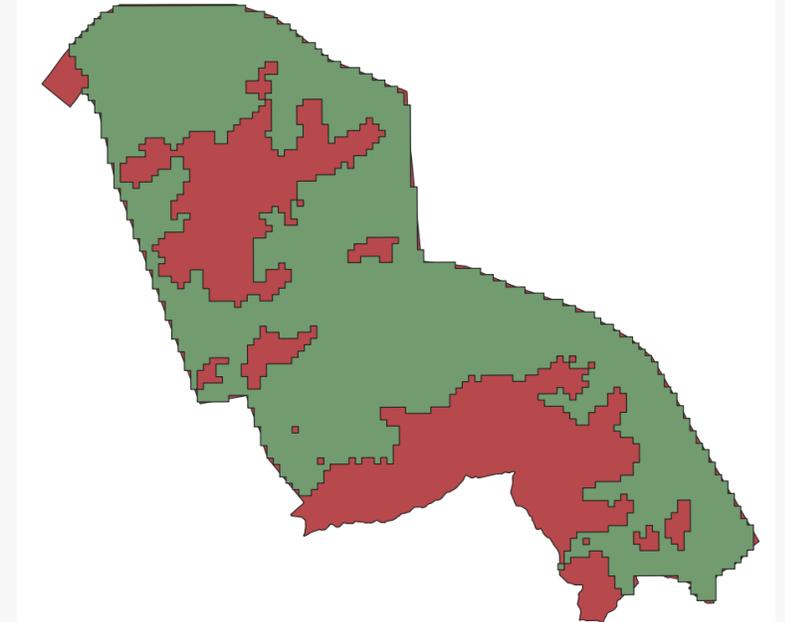
### 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량



강남구 DEM 자료



평균 고도 이하인 지역 추출



벡터 레이어로 변환

- 국토정보플랫폼의 DEM 자료 다운 후 강남구 지역만 추출하여 최종 DEM 자료 생성.
- 평균 고도 계산 후 평균 이하인 지역 벡터 레이어로 변환.

### 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

레인가든



강남구 도로 데이터



버퍼 설정(5m)

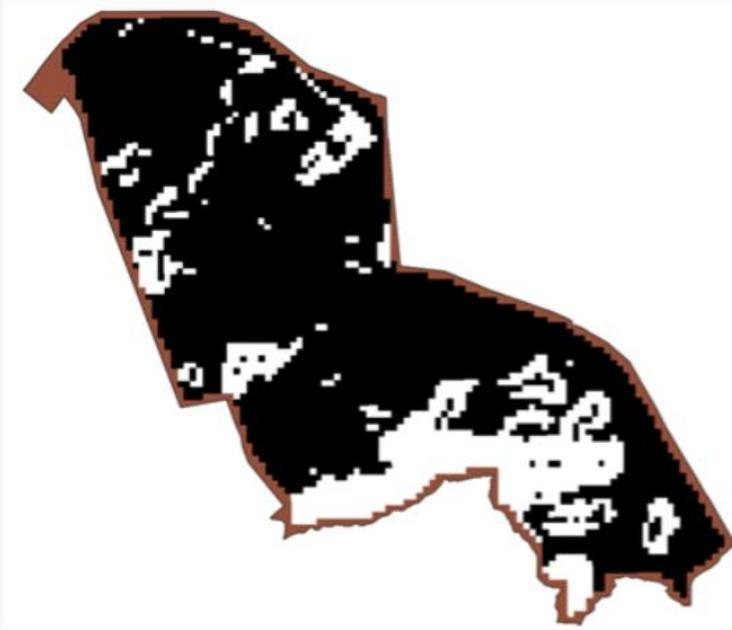
- V-WORLD에서 도로 경계 데이터 다운로드 후 강남구에 맞게 자름.
- 도로에 5m 버퍼 설정 후 각 도로의 평균 고도와 버퍼 설정한 도로의 평균 고도 계산.

## 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

레인가든



도로보다 저지대인 버퍼



경사도 5도 이하인 지역

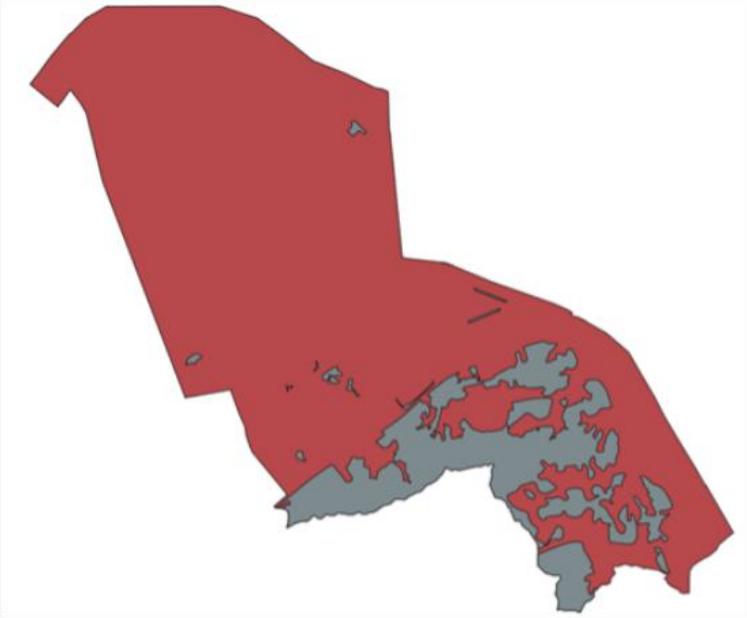


경사도 5도 이하인 도로

- 기존 도로를 제외하고 버퍼만 남긴 후 해당 레이어를 DEM 자료와 조인.
- 최종적으로 도로보다 저지대인 버퍼 선택 후 추출.
- DEM 자료를 활용하여 경사도 계산 후 경사도 5도 이하인 도로 추출.

## 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

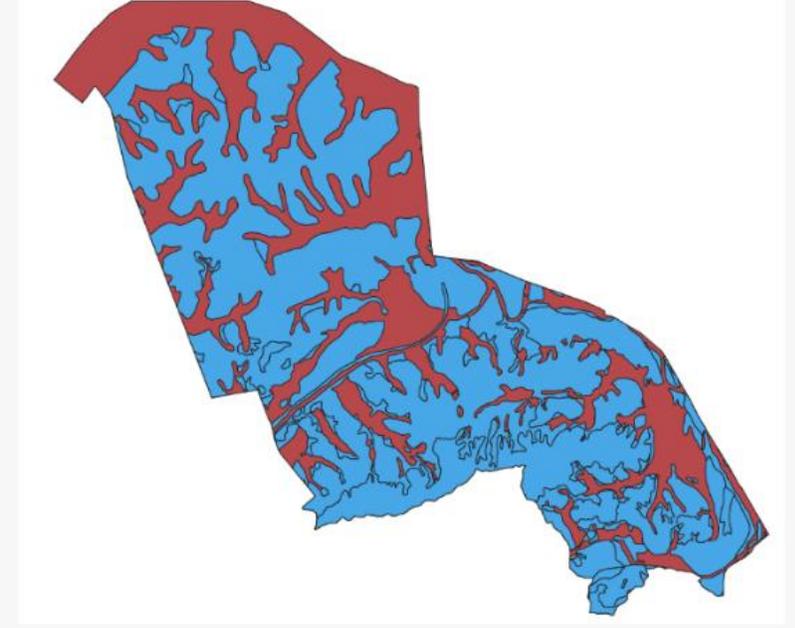
레인가든



녹지 데이터



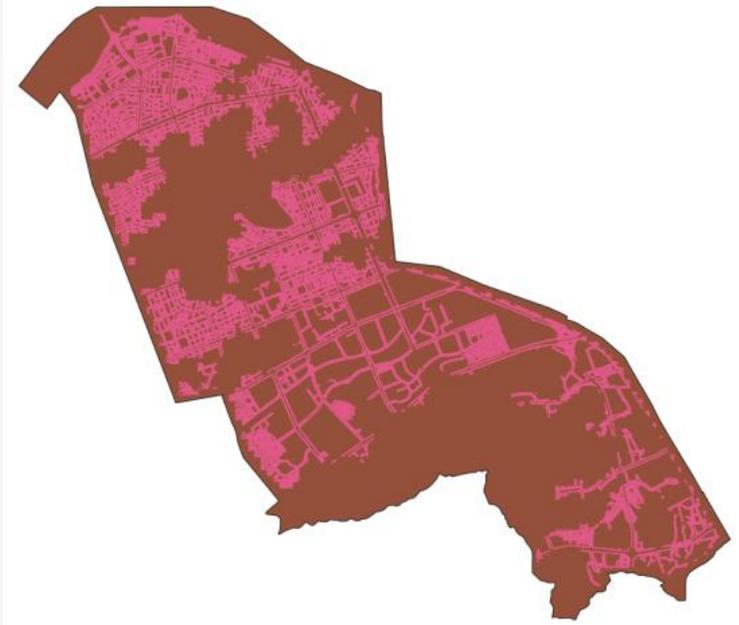
배수등급 데이터



배수등급(매우 양호~양호)

- 수도권 녹지 데이터 강남구에 맞게 자름.
- V-WORLD의 '배수등급' 데이터 다운로드 후 강남구에 맞게 자름.
- 매우 양호, 약간 양호, 양호 세 등급에 해당하는 지역 추출.

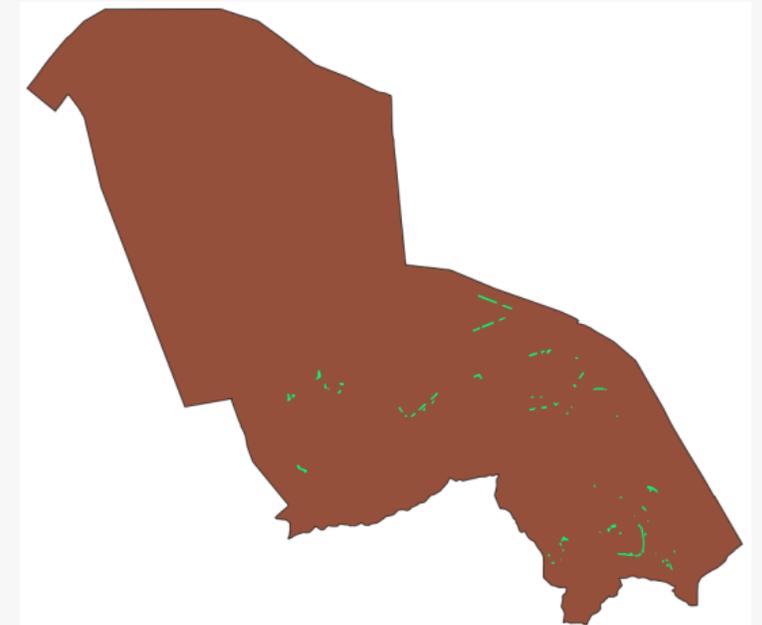
## 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량



저지대 도로변



배수가 잘 되는 저지대 도로변



저지대이자 녹지 공간 활용 가능한 도로변

- 저지대 레이어와 도로 버퍼 추출 레이어 중첩.
- 저지대 도로 레이어와 배수등급 레이어 중첩.
- 배수가 잘 되는 저지대 도로 레이어와 녹지 레이어 중첩하여 도로변 레인가든 대상지 선정.

### 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

레인가든



저지대 건물



배수가 잘 되는 저지대 건물



최종 대상지(건물 + 도로)

- 집수량 평균 이상인 건물 레이어와 저지대 레이어 중첩.
- 저지대 건물 레이어와 배수등급 레이어 중첩.
- 건물과 도로 레이어를 병합하여 최종 레인가든 대상지 선정.

### 03. 세부 분석 과정 - 레인가든 설치에 따른 유출량

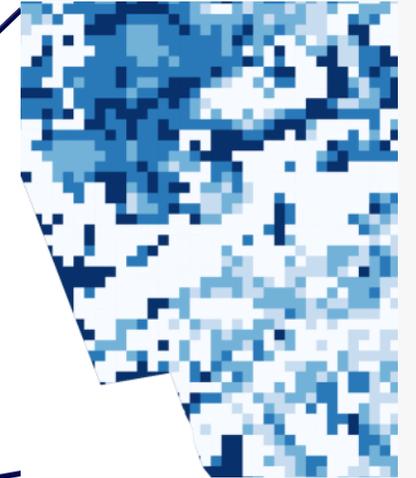
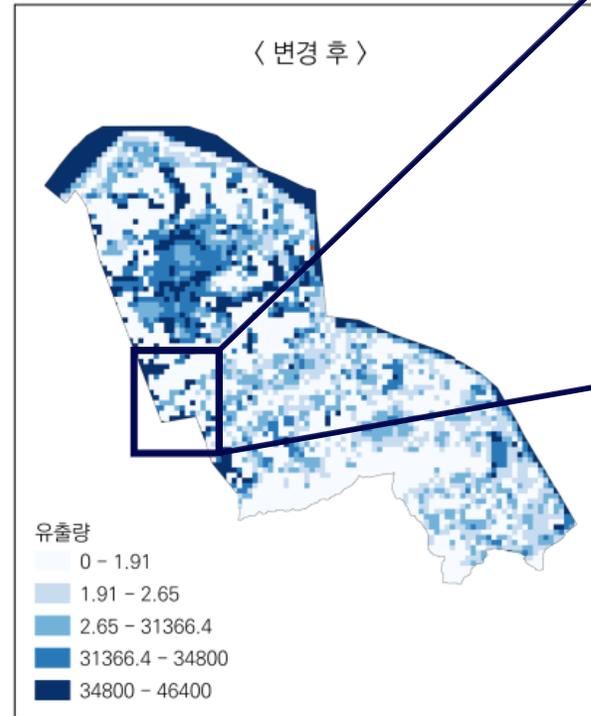
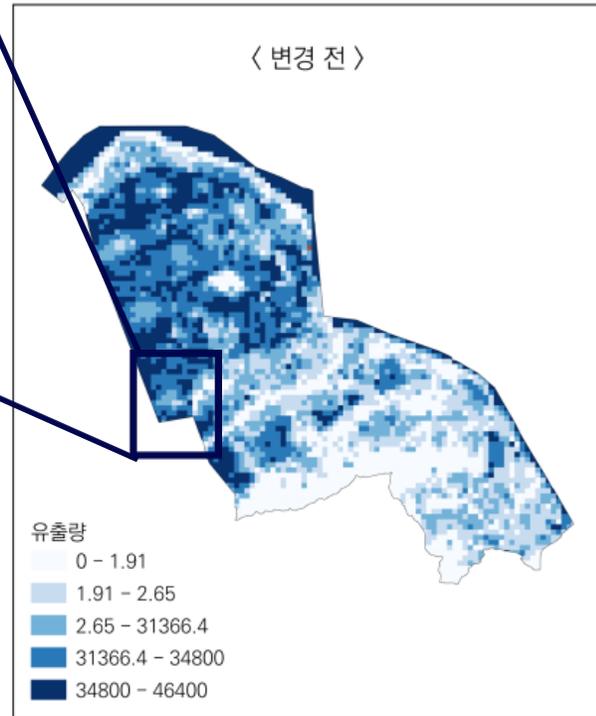
레인가든

레인가든 설치 유무에 따른 유출량 변화

- 강남구를 중심으로 -



레인가든 인근의 지역 확대  
(변경 전)



레인가든 인근의 지역 확대  
(변경 후)

- 최종 레인가든 설치 대상지의 CN 값을 30으로 변경하여 유출량 계산.

# 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량

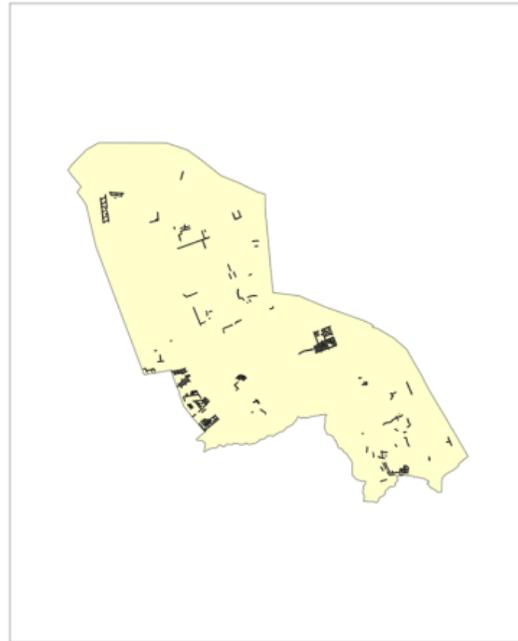
투수성 도로

도로 폭 분석

&lt; 분석 전 &gt;

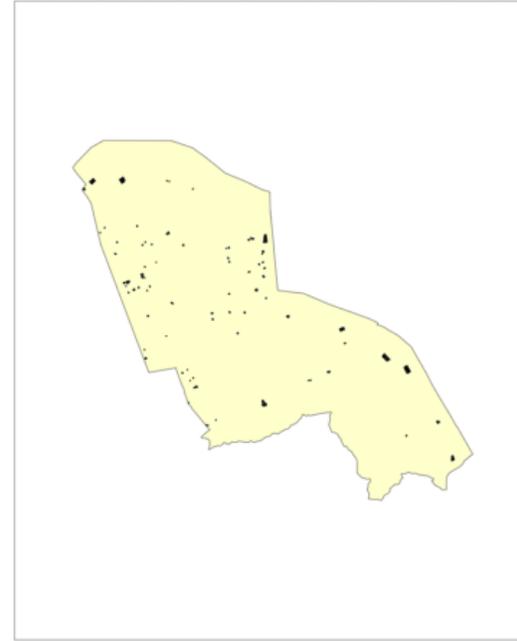


&lt; 분석 후 &gt;

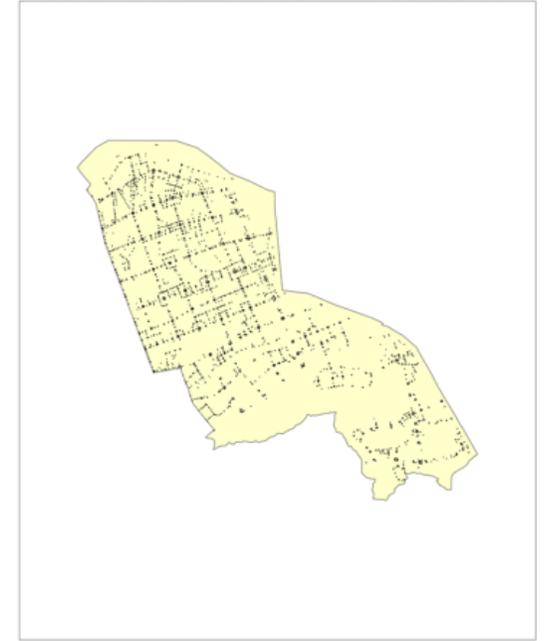


주차장 및 횡단보도 분석

&lt; 주차장 &gt;

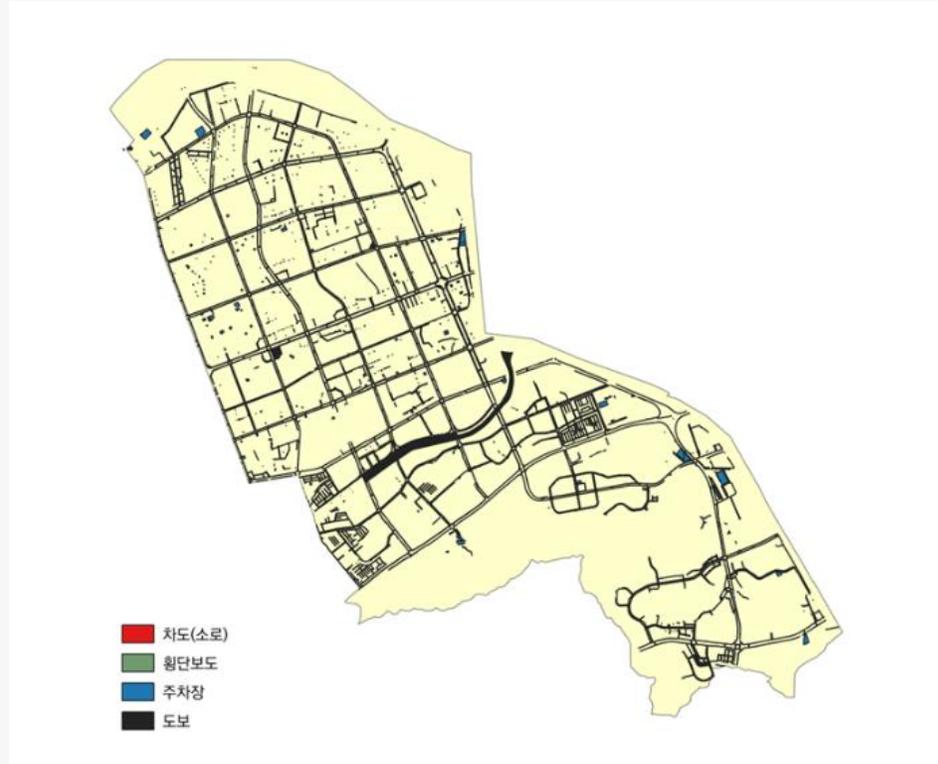


&lt; 횡단보도 &gt;



- [한국형 도로 · 교통시설 저영향개발 기술 매뉴얼: 그린도로, 2018] → 투수성 도로포장은 주로 도심지에서 소로(12~8m 이내), 생활도로, 이면도로, 주차장, 광장, 횡단보도 등에서 LID 기반의 침투 및 투수 · 배수 성능을 갖는 경교통용 도로에 적용.
- 강남구 차도를 대상으로 소로만 분류.
- 수치지형도를 이용하여 강남구 내 주차장과 횡단보도를 분류.

### 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량



분석된 필드: AREA  
 개수: 5290  
 고유 값: 1154  
 NULL (누락) 값: 0  
 최소값: 0.0  
 최대값: 51401.0  
 범위: 51401.0  
**합: 1902053.0**  
 평균값: 359.5563327032136  
 중앙값: 78.0  
 표준 편차: 1449.427917502783  
 변동 계수: 4.031156694156115  
 희귀값 (Minority, 가장 드문 값): 117.0  
 최빈값 (Majority, 가장 빈도가 많은 값): 15.0  
 제1사분위수: 25.0  
 제3사분위수: 340.0  
 사 분위수 범위 (IQR): 315.0

1차 대상지 면적:  
 1902053.0m<sup>2</sup>

- [한국형 도로 · 교통시설 저영향개발 기술 매뉴얼: 그린도로, 2018] → 투수성 도로포장은 주로 도심지에서 소로(12~8m 이내), 생활도로, 이면도로, 주차장, 광장, 횡단보도 등에서 LID 기반의 침투 및 투수 · 배수 성능을 갖는 경교통용 도로에 적용.
- 차도, 도보, 주차장, 횡단보도를 대상으로 면적을 계산하여 1차 대상지 면적 산출.

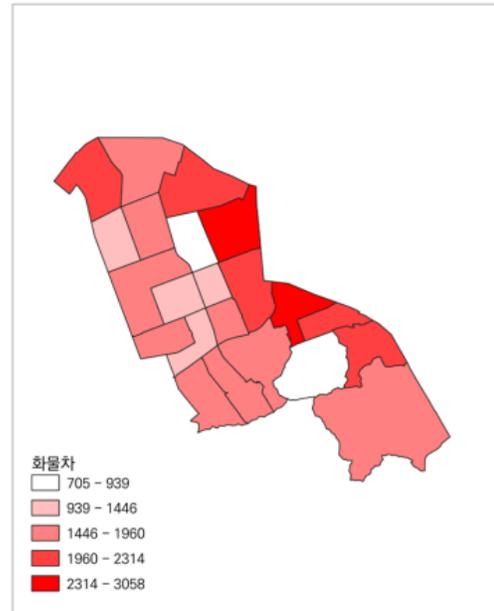
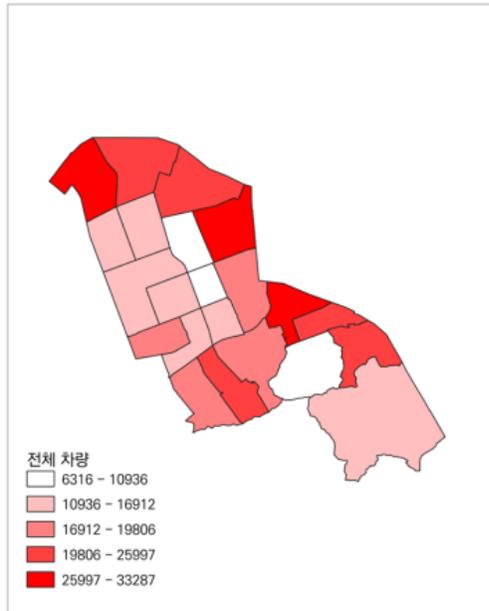
# 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량

투수성도로

추정교통량 분석

〈 전체차량 〉

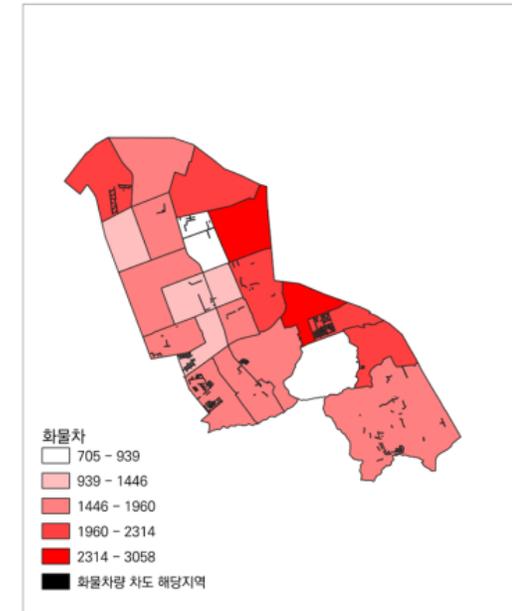
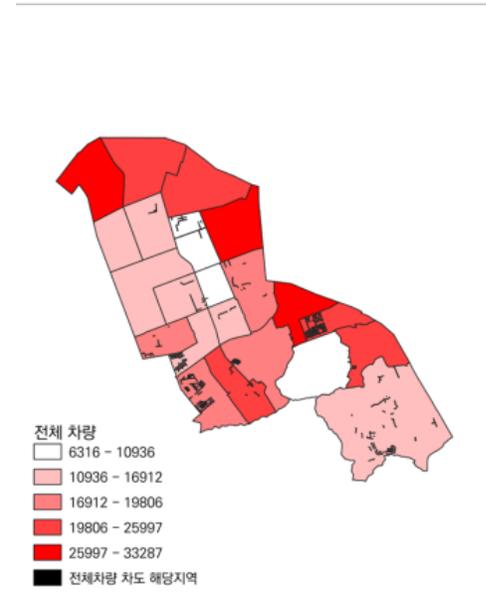
〈 화물차량 〉



추정교통량에 따른 차도 분석

〈 전체차량 〉

〈 화물차량 〉



- [한국형 도로 · 교통시설 저영향개발 기술 매뉴얼: 그린도로, 2018] → 화물차 등 무거운 차량의 통행량이 많은 곳은 투수성도로 설치에 적합하지 않음.
- 2021년 추정교통량을 이용하여 강남구 중 전체 차량과 화물차량의 교통량에 대한 단계구분도 형성.
- 교통량 5단계 구간을 제외한 차도를 대상으로 대상지 선정.

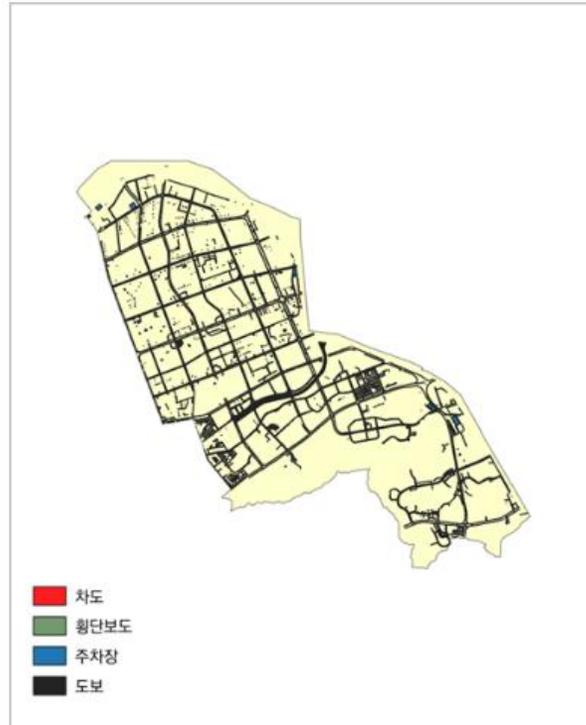
### 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량

추정교통량에 따른 차도 분석

〈 최종 차도 대상지 〉



〈 2차 대상지 〉



분석된 필드: AREA

개수: 5053

고유 값: 1071

NULL (누락) 값: 0

최소값: 0.0

최대값: 51401.0

범위: 51401.0

합: 1861123.0

평균값: 368.32040372056207

중앙값: 69.0

표준 편차: 1849.8065421747392

변동 계수: 5.022275506567248

희귀값 (Minority, 가장 드문 값): 117.0

최빈값 (Majority, 가장 빈도가 많은 값): 15.0

제1사분위수: 24.0

제3사분위수: 290.0

사 분위수 범위 (IQR): 266.0

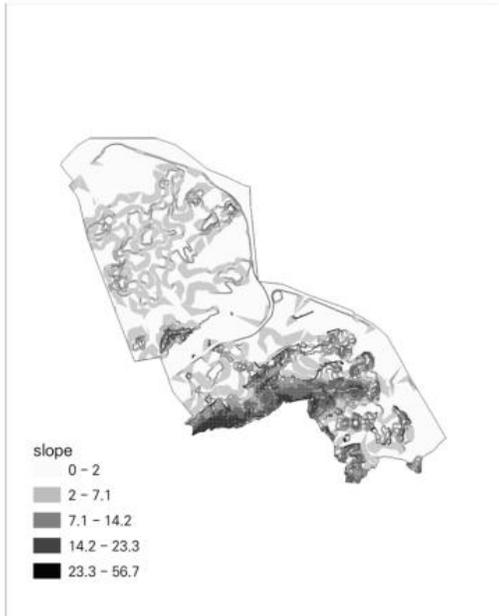
2차 대상지 면적:  
1861123.0m<sup>2</sup>

- [한국형 도로 · 교통시설 저영향개발 기술 매뉴얼: 그린도로, 2018] → 화물차 등 무거운 차량의 통행량이 많은 곳은 투수성도로 설치에 적합하지 않음.
- 차도, 도보, 주차장, 횡단보도를 대상으로 면적을 계산하여 2차 대상지 면적 산출.

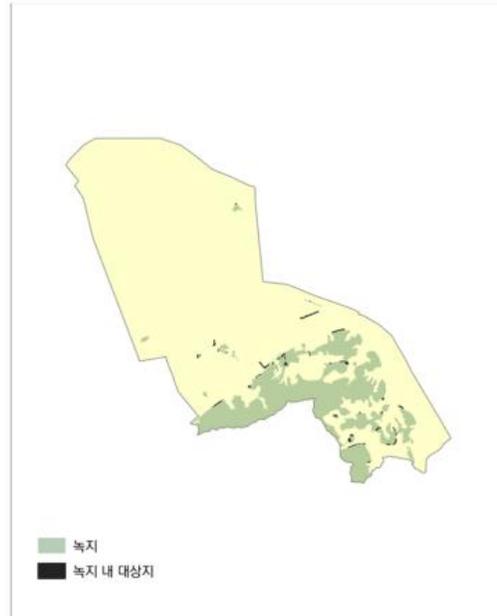
# 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량

투수성 도로

〈 강남구 경사 〉



〈 녹지 대상지 선정 〉



〈 최종 대상지 〉



|                                   |
|-----------------------------------|
| 분석된 필드: AREA                      |
| 개수: 70                            |
| 고유 값: 64                          |
| NULL (누락) 값: 4                    |
| 최소값: 15.0                         |
| 최대값: 46048.0                      |
| 범위: 46033.0                       |
| <b>합: 107260.0</b>                |
| 평균값: 1532.2857142857142           |
| 중앙값: 443.5                        |
| 표준 편차: 5456.075010331818          |
| 변동 계수: 3.560742594846422          |
| 희귀값 (Minority, 가장 드문 값): 15.0     |
| 최빈값 (Majority, 가장 빈도가 많은 값): 18.0 |
| 제1사분위수: 69.0                      |
| 제3사분위수: 1504.0                    |
| 사 분위수 범위 (IQR): 1435.0            |

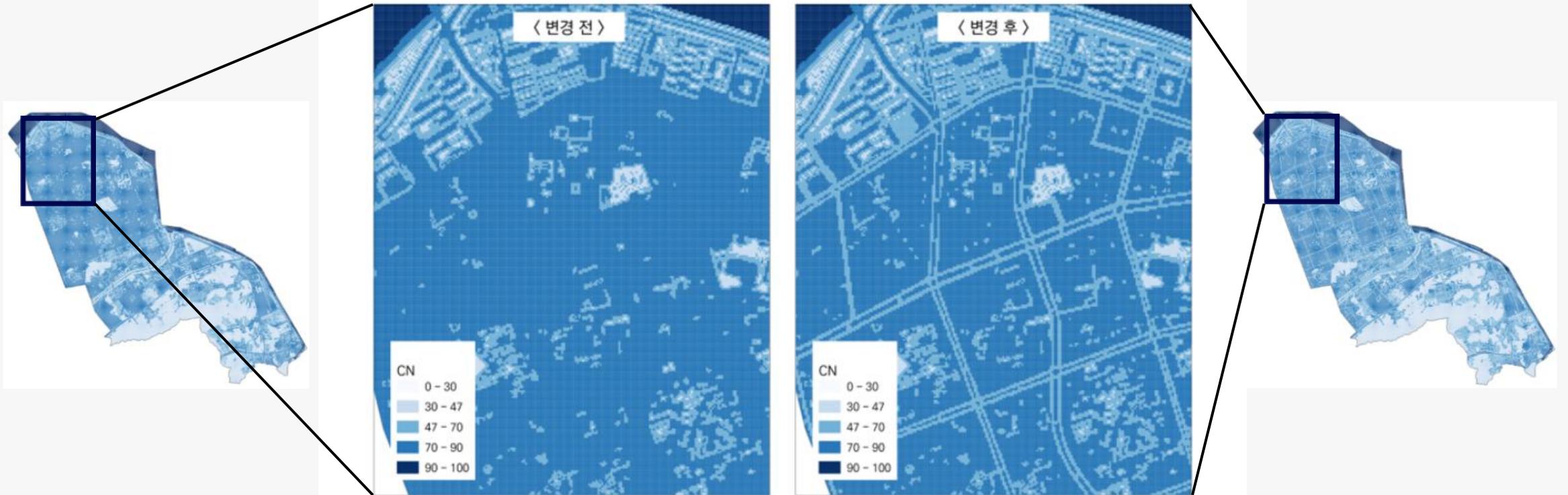
최종 대상 면적:  
107260.0m<sup>2</sup>

- [한국형 도로 · 교통시설 저영향개발 기술 매뉴얼: 그린도로, 2018] → 녹지에 투수성 포장을 설치할 경우에는 최대 경사가 12%를 초과하지 않도록 함.
- DEM을 이용하여 경사도 분석 후 폴리곤화하여 격자 형태의 경사도 생성.
- 경사도를 이용하여 2차 대상지 중 녹지에 해당하는 면적의 경사가 12%(6.85도) 이상인 부분 제외한 대상지 선정.
- 차도, 도보, 주차장, 횡단보도를 대상으로 면적을 계산하여 3차 대상지 면적 산출.

### 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량

투수성 도로

투수성도로 변경에 따른 CN값 변화  
- 강남구 일부 지역을 중심으로 -

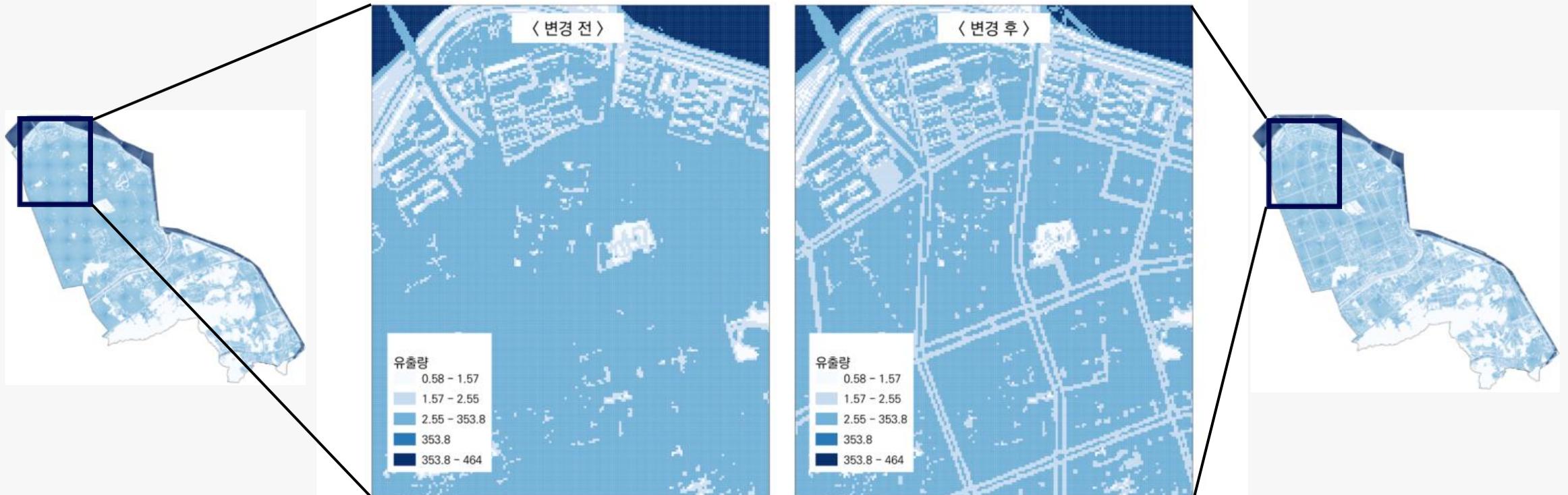


- 투수성도로 변경 후 C N값이 차도, 도보, 주차장, 횡단보도 대상지에 따라 감소한 것을 확인할 수 있음.

# 03. 세부 분석 과정 - 투수성 도로 설치에 따른 유출량

투수성 도로

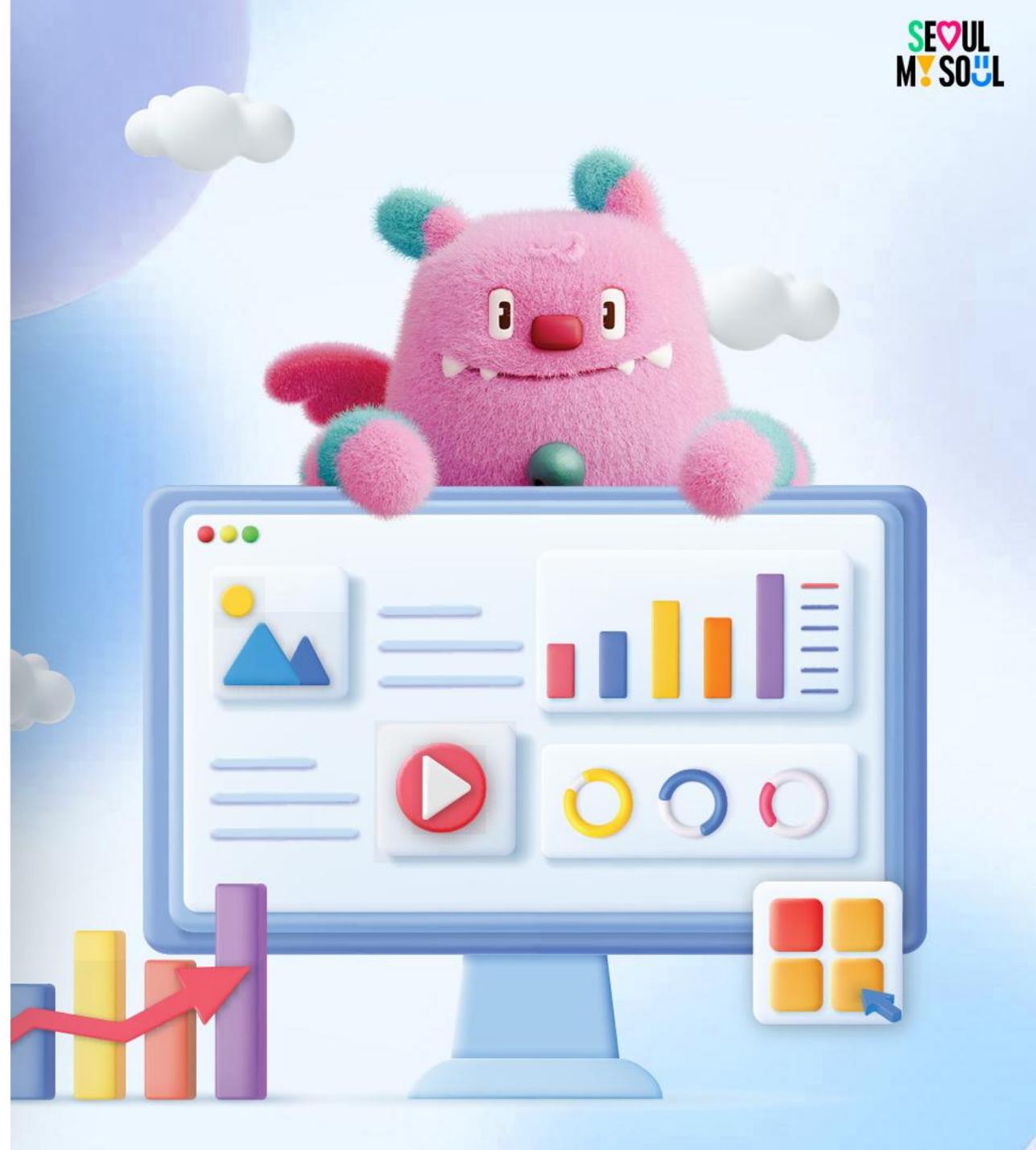
투수성도로 변경에 따른 유출량 변화  
- 강남구 일부 지역을 중심으로 -



- 투수성도로 변경 후 유출량이 차도, 도보, 주차장, 횡단보도 대상지에 따라 감소한 것을 확인할 수 있음.

## 04. 분석 시각화

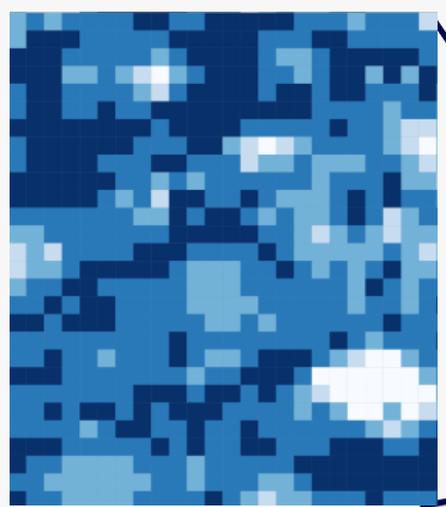
- 시설물 설치 전후에 따른 유출량 변화 시각화
- 3가지 시설물 조합에 따른 유출량 변화



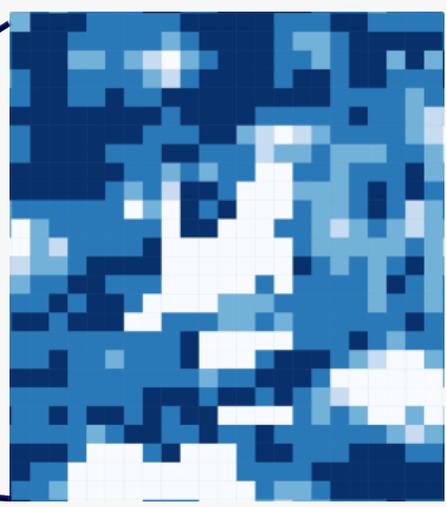
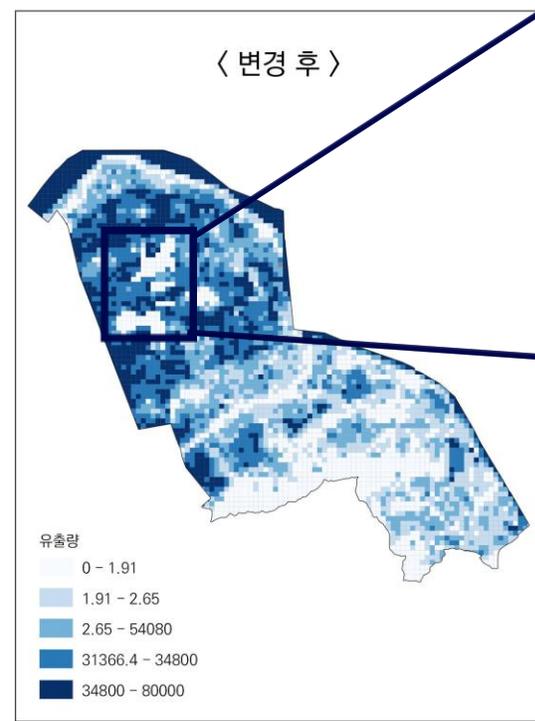
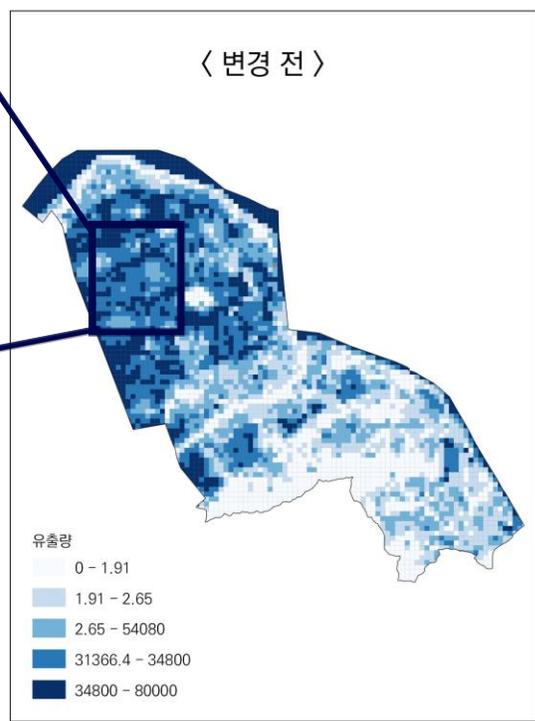


# 04. 분석 시각화 - 시설물 설치 전후에 따른 유출량 변화 시각화

빗물터널 설치 유무에 따른 유출량 변화  
- 시간당 강수량 5.8mm -



빗물터널 인근의 지역 확대  
(변경 전)



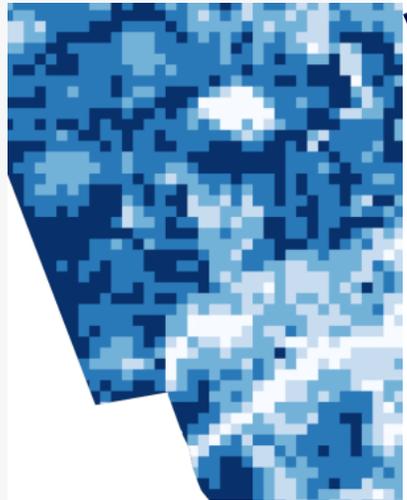
빗물터널 인근의 지역 확대  
(변경 후)



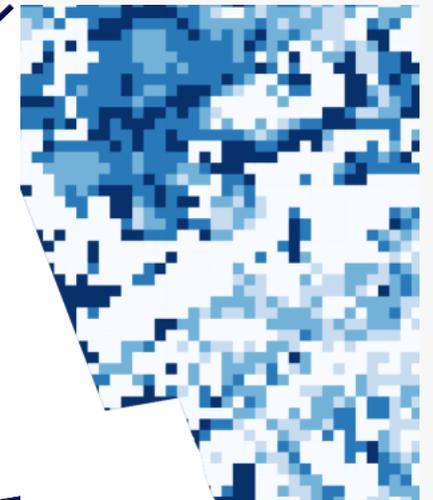
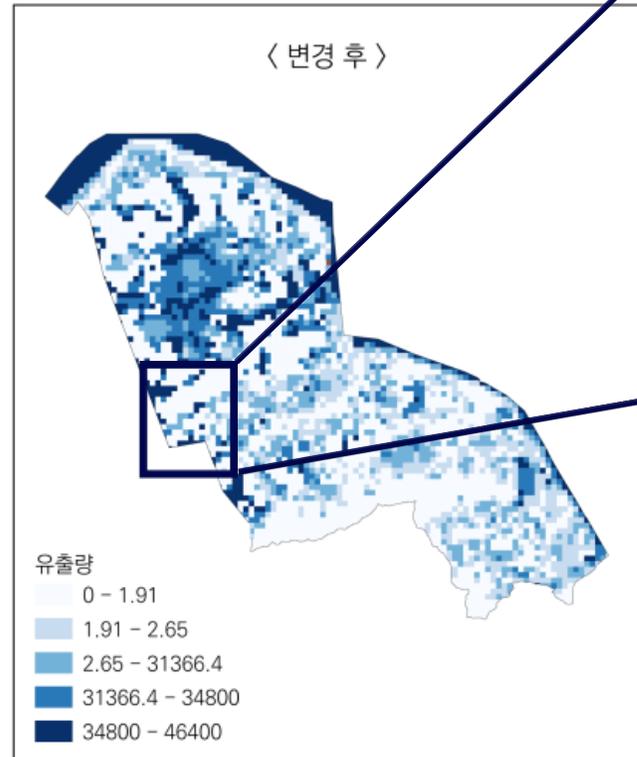
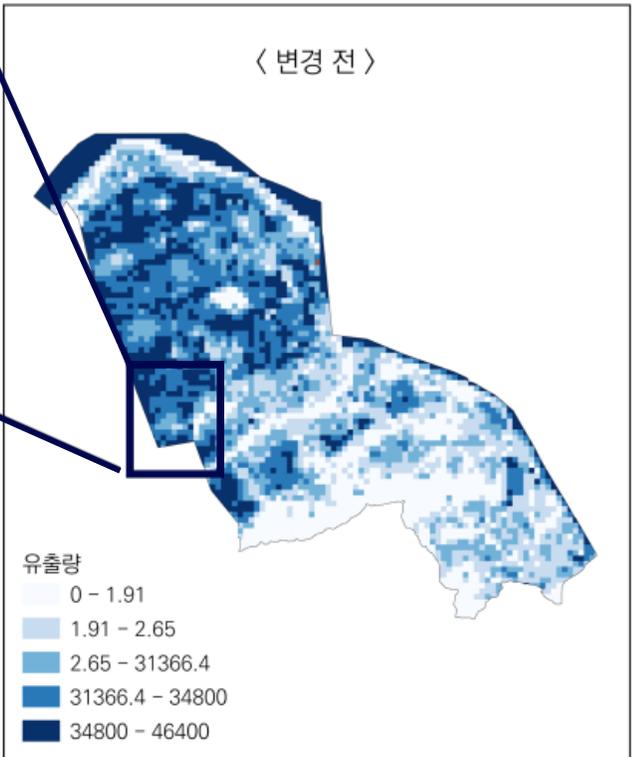
# 04. 분석 시각화 - 시설물 설치 전후에 따른 유출량 변화 시각화

레인가든 설치 유무에 따른 유출량 변화

- 강남구를 중심으로 -



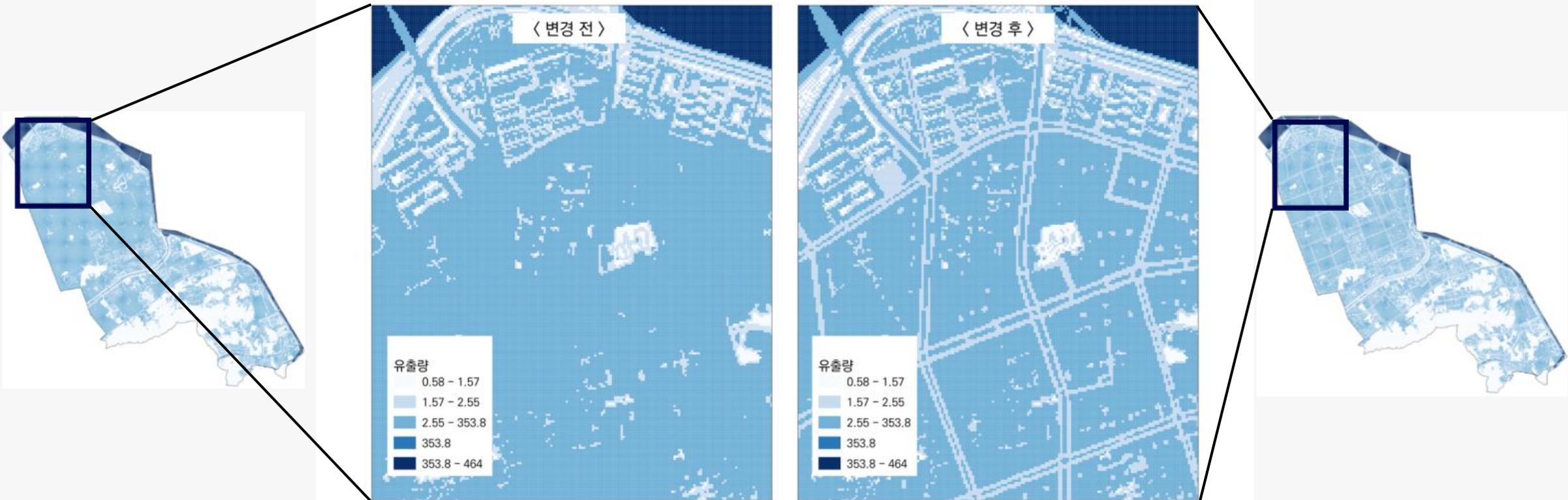
레인가든 인근의 지역 확대 (변경 전)



레인가든 인근의 지역 확대 (변경 후)

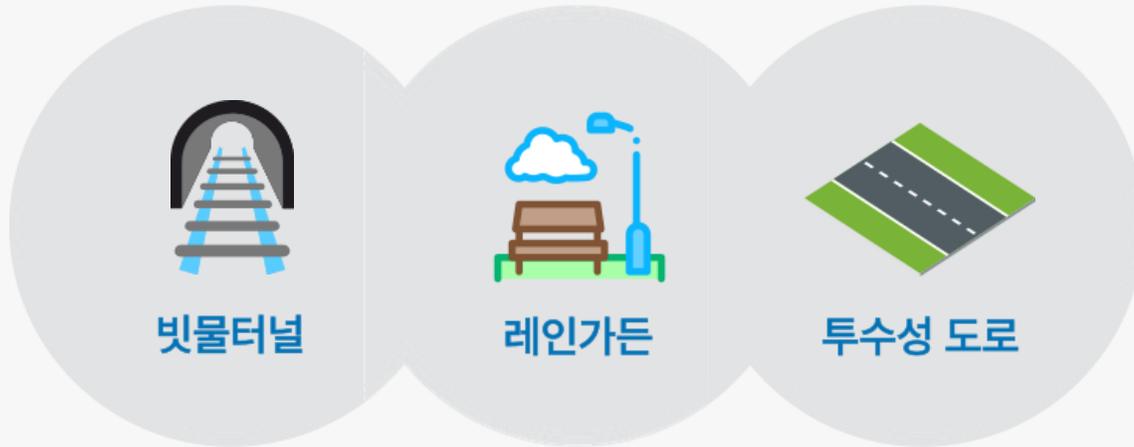
# 04. 분석 시각화 - 시설물 설치 전후에 따른 유출량 변화 시각화

투수성도로 변경에 따른 유출량 변화  
- 강남구 일부 지역을 중심으로 -



## 04. 분석 시각화 - 3가지 시설물 조합에 따른 유출량 변화

### # 시설물 종류



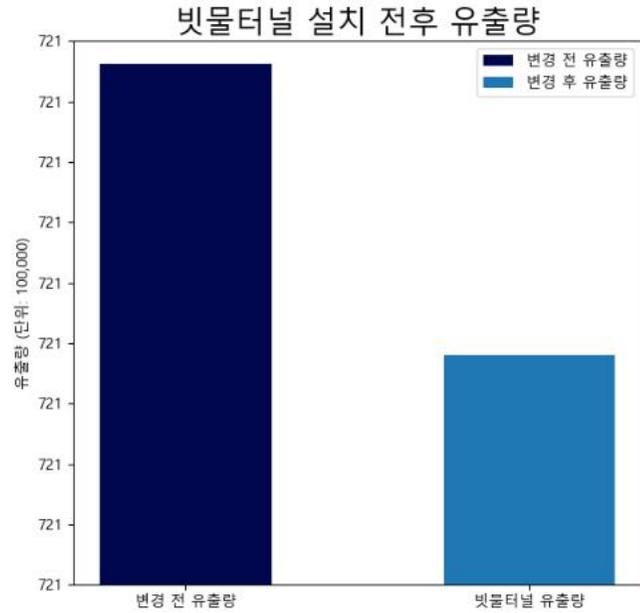
### # 분석 방향

: 시설물을 두 개 이상 설치할 경우

- SQL 구문을 활용하여 시설물의 유출량을 비교
- 더 작은 유출량의 시설물을 적용한 경우별 유출량 산출

# 04. 분석 시각화 - 3가지 시설물 조합에 따른 유출량 변화

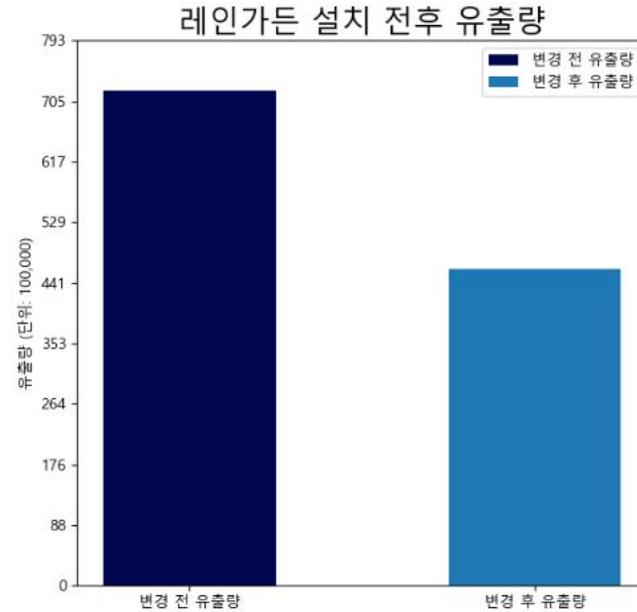
## 1. 빗물터널 단일 설치



합계: 72124803.70300081 → 합계: 72115673.70300081

총 유출량  
9,130.0 m<sup>3</sup>/h 감소

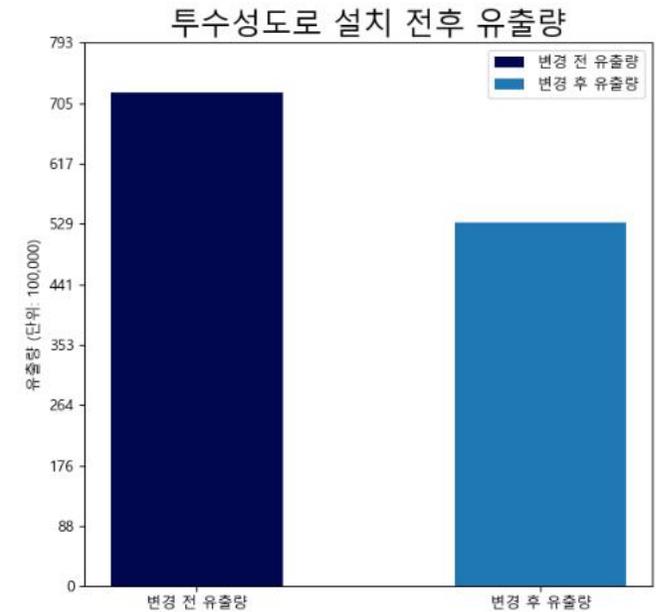
## 2. 레인가든 단일 설치



Sum: 72124803.70300081 → Sum: 46156785.03399936

총 유출량  
25,968,018.7m<sup>3</sup>/h 감소

## 3. 투수성도로 단일 설치

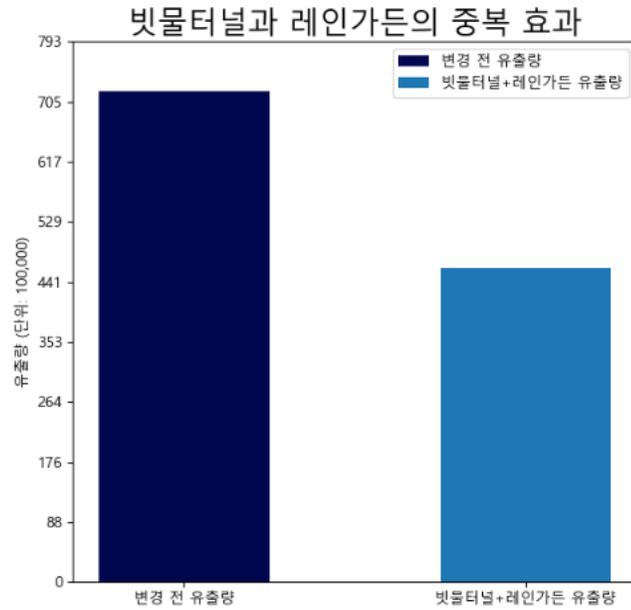


Sum: 72124803.70300081 → Sum: 53045499.46500079

총 유출량  
19,079,304.2m<sup>3</sup>/h 감소

# 04. 분석 시각화 - 3가지 시설물 조합에 따른 유출량 변화

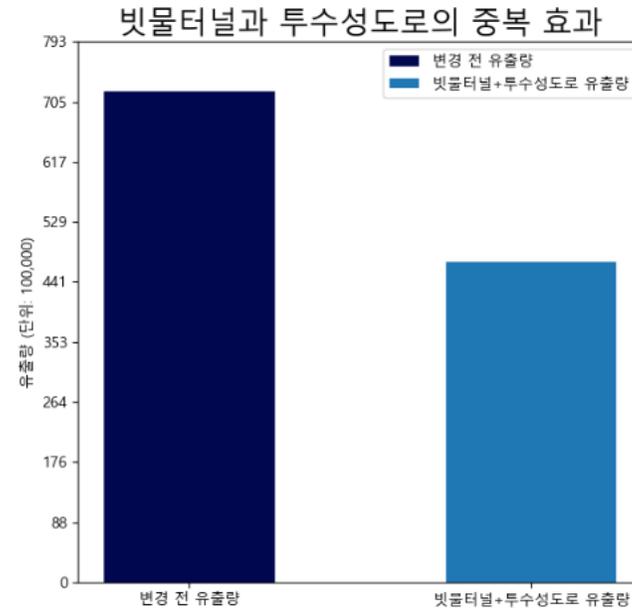
## 4. 빗물터널 + 레인가든 설치



Sum: 46147655.03399936

총 유출량  
25,977,148.7m<sup>3</sup>/h 감소

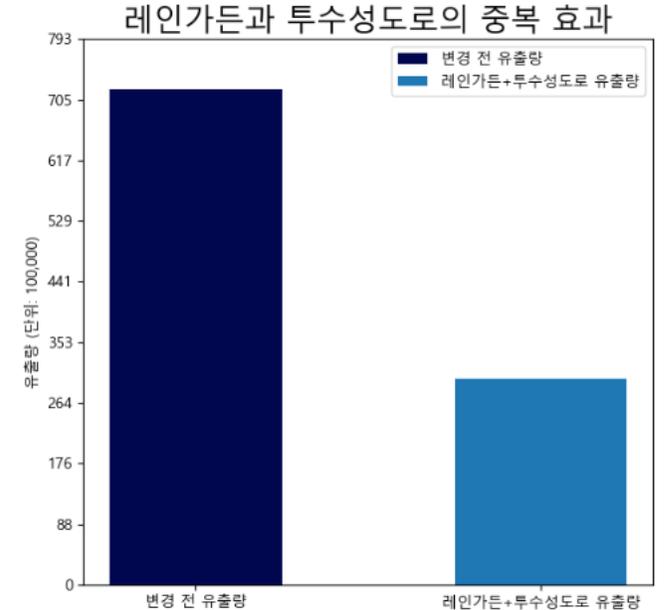
## 5. 빗물터널 + 투수성도로 설치



Sum: 47030988.75600073

총 유출량  
25,093,814.9m<sup>3</sup>/h 감소

## 6. 레인가든 + 투수성도로 설치

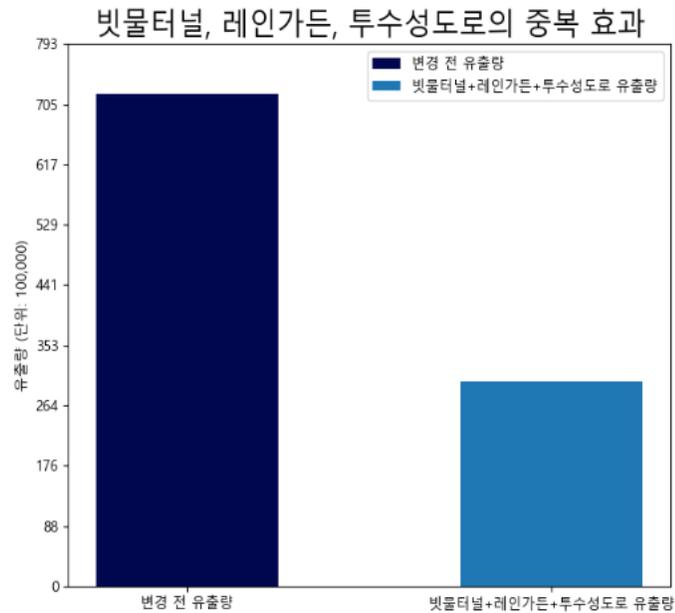


Sum: 29995138.779998846

총 유출량  
42,123,395.1m<sup>3</sup>/h 감소

# 04. 분석 시각화 - 3가지 시설물 조합에 따른 유출량 변화

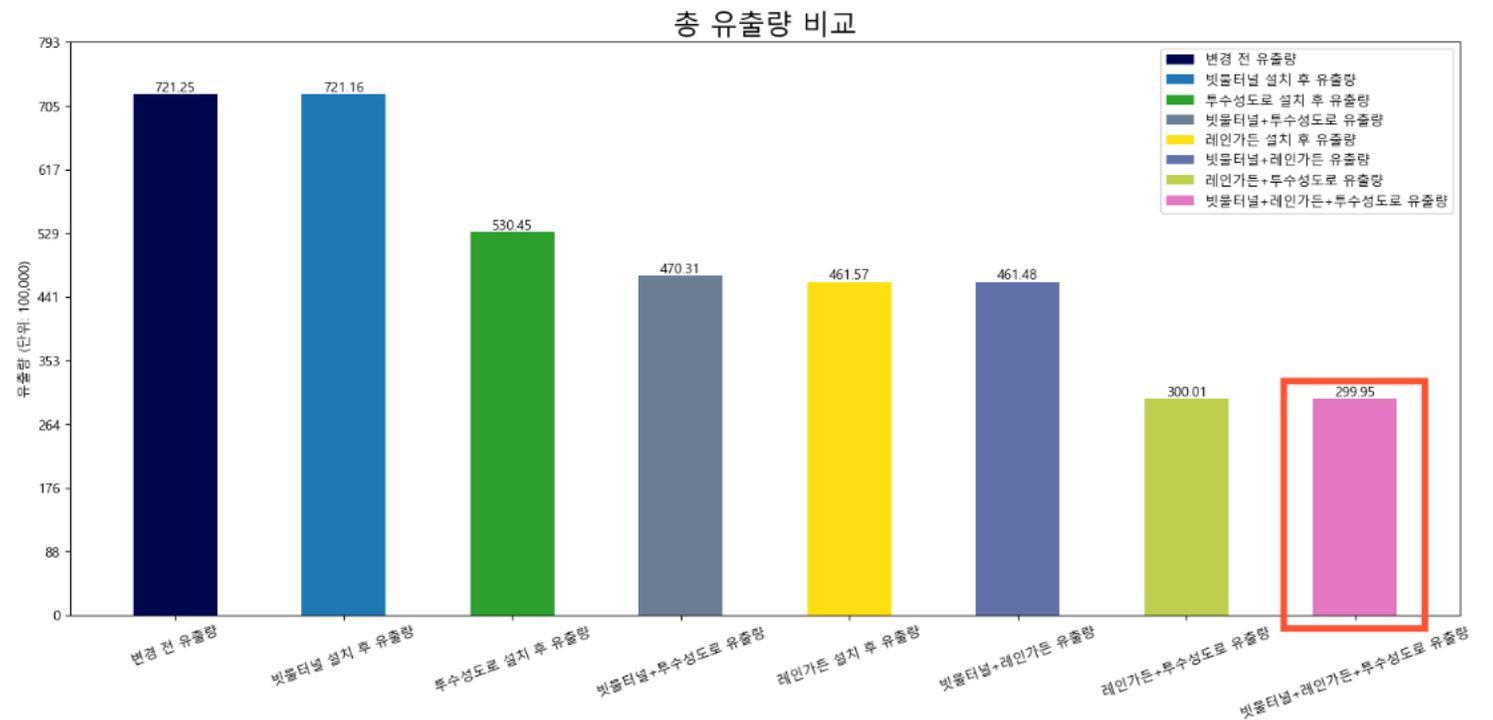
## 7. 빗물터널 + 레인가든 + 투수성도로 설치



Sum: 30001408.579998847

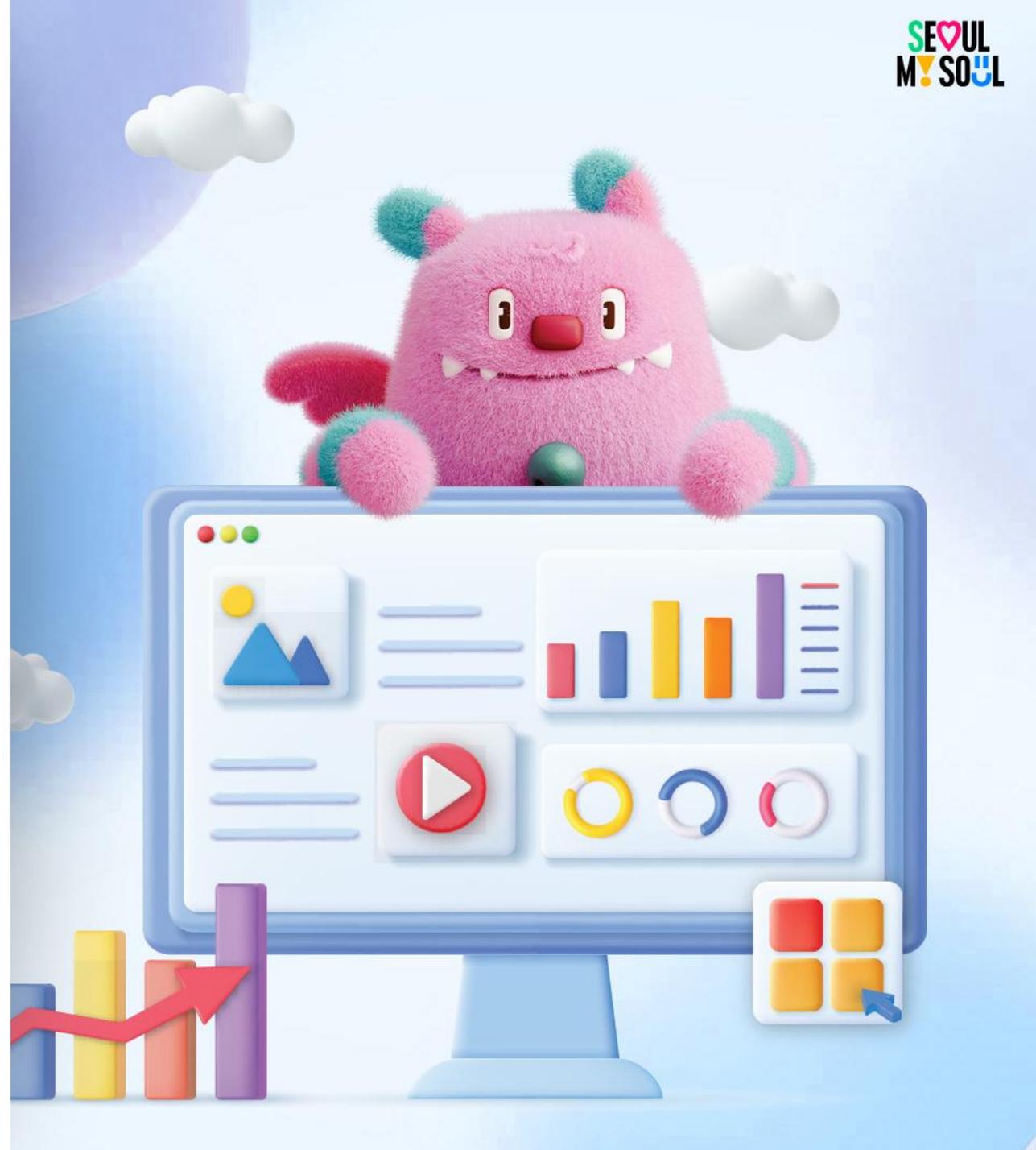
총 유출량  
42,129,664.9m<sup>3</sup>/h 감소

## 8. 시설물 별 유출량 전체 비교



## 05. 결론

- 활용방안 및 기대효과
- 한계점 및 제언



## 05. 결론 - 활용방안 및 기대효과

# 활용방안 및 기대효과

1



홍수 피해 예방

- 유출량 감소
- 안전한 도시 환경 조성

2



도시 환경 개선

- 녹지 공간 확충을 통한 열섬 현상 완화
- 주민에게 쾌적한 환경 제공

3



주민 참여와 인식 제고

- 주민 자발적 참여와 커뮤니티 형성
- 장기적, 지속 가능한 환경 관리 모델로 정착

4



시각화 자료의 정책·설계 활용

- 시민과 행정의 직관적 이해를 도움
- 정책 수립과 재난 대응의 기초자료로 활용될 수 있음



기후 변화에 효과적으로 대응하고, 안전하고 친환경적인 도시를 조성하는 선도적인 사례가 될 것

## 05. 결론 – 한계점 및 제언

# 한계점 및 제언

### 01 적용 지역별 맞춤형 설계

- 강남구에 맞춘 빗물 관리 방안이기에, 다른 지역에 적용시킬 경우 해당 지역의 특성과 기후 조건에 따라 맞춤형 빗물 관리 인프라 설계를 도입해야 함

### 02 정부와 민간 협력체계 구축

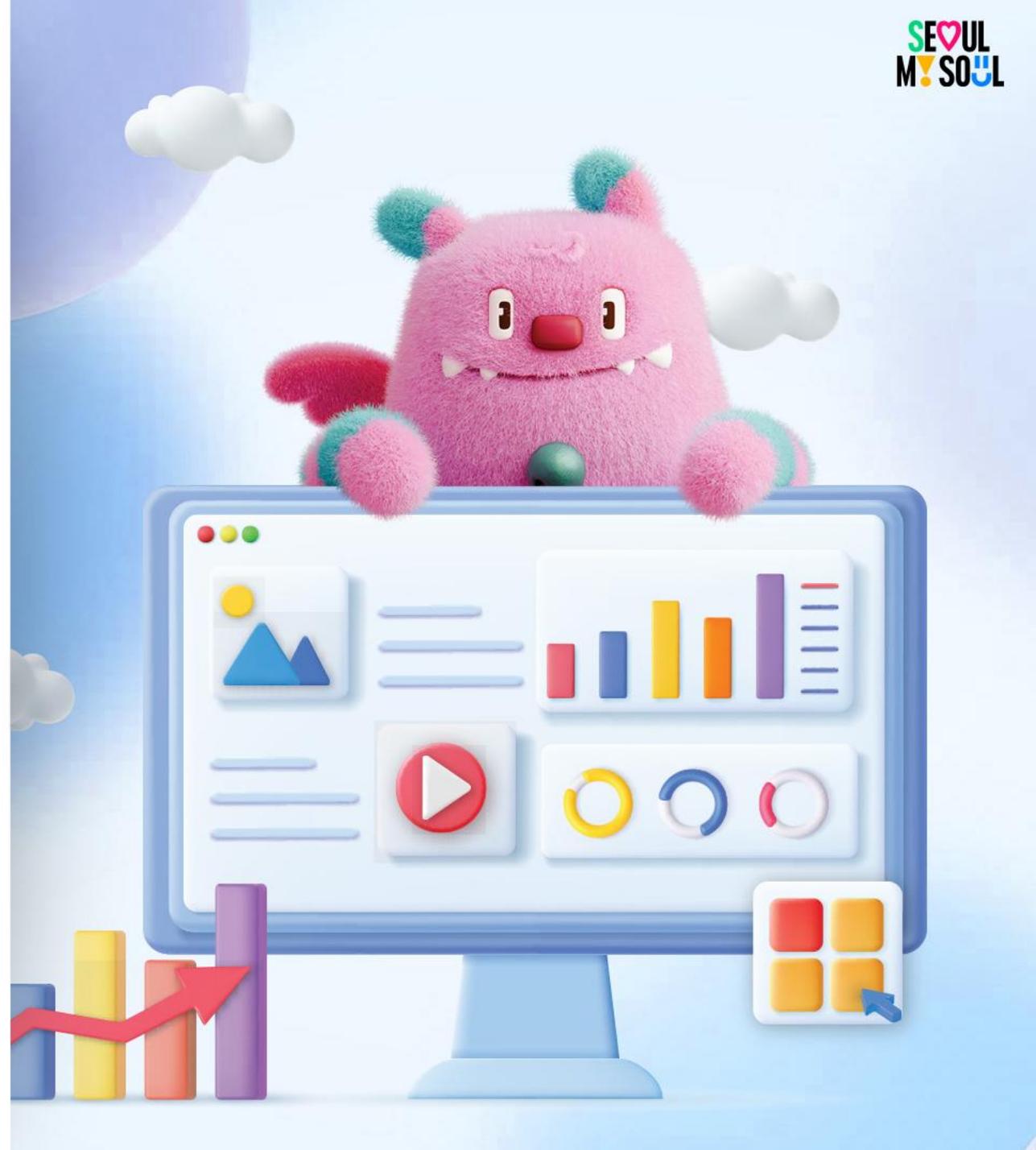
- 실질적인 빗물 관리 방안 적용 시, 주민 참여가 부족하면 지속 가능한 운영이 어려움
- 정부와 민간의 협력을 통해 기술적·재정적 지원을 강화
- 빗물 관리 인프라 구축 및 유지가 지속될 수 있는 기반을 마련

### 03 정책 및 규제 미비

- 빗물 관리와 관련된 법적·제도적 지원이 부족한 경우, 연구 결과의 실제 적용 가능성이 낮아질 수 있으며, 지속 가능성을 확보하기 어려움
- 정기적인 점검 및 보수 계획을 체계적으로 운영할 필요

## 06. 참고문헌 및 출처

- 참고문헌 및 출처

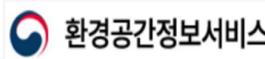
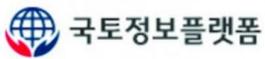


## 06. 참고문헌 및 출처

### 참고문헌

- 강정은, 이효정, 신현석, 김재문, 문지현, 장영수. "도시 지역 물순환-물환경 개선을 위한 그린빗물인프라(GSI) 적용 방안." 대한토목학회 학술대회, 부산, 2022.
- 강태욱, 구영민, 이상진. "빗물이용시설의 효율적인 활용을 위한 설계 방안과 효과 분석에 관한 연구." 2015.
- 김경진, 정종석. "LID 시범단지 설계절차 제시 및 빗물관리용량 산정." 2018.
- 김성수. "투수성 콘크리트 포장에 도시홍수 저감에 효과적인가?" 콘크리트학회지 34.5 (2022): 20-22.
- 김현식, 오윤근, 윤연중, 김한준. "GIS 기법을 활용한 유출곡선지수(CN) 산정." 한국수자원학회 학술발표회, 2004.
- 문한영, 김성수, 정호섭. "투수성 콘크리트 포장의 실용화를 위한 실험적 연구." 한국콘크리트학회논문집 10.3 (1998): 165-173.
- 배웅규, 박세홍. "AWS 데이터를 활용한 도시열섬 분포 및 강도의 군집분석을 통한 취약지역 도출." 서울도시연구, 제22권, 제4호 (2021): 43-63.
- 이수형, et al. "분리형 투수블록의 우수유출 저감 효과 분석." 한국방재학회논문집 12.6 (2012): 157-162.
- 이성우, 서재수, 안재훈. "투수성 포장이란?" 대한토목학회지 60.5 (2012): 92-94.
- 유인균, et al. "투수성 아스팔트 포장에 대한 우려와 실제: 구조적 적합성, 홍수 완화 그리고 비점오염 저감." Ecology and Resilient Infrastructure 3.4 (2016): 272-278.
- 한신인, et al. "[부산대학교] 한국형 도로·교통시설 저영향개발 기술 매뉴얼: 그린도로." 국립중앙도서관 연계자료 9 (2018): 0-0.
- Jeong, Won-Gyeong, et al. "차도 투수성 콘크리트 블록포장의 시험시공 및 효과분석." 한국도로학회지: 도로 19.3 (2017): 24-31.
- Jo, Yun-Ho. "콘크리트 투수블록의 차도 적용 사례 및 방안." Cement (2011): 21-31.
- Zhang, L., Ye, Z., & Shibata, S. "Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan." 2020.
- 강지원. "32만톤 담은 '신월 빗물터널' 덕에 양천구 침수 피해 없었다." 한국일보, 2022, <https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2022081116270001444>
- 김성은. "'문책 세계 할 것' '진짜 좋은 생각'...수해 대책 쏟아낸 이재명 대통령", 2025, <https://v.daum.net/v/20250612193522555>
- 김현중. "[영상] 폭우 땀 빗물 저장고가 되는 중학교? 뉴욕시가 홍수에서 살아남는 법." 한국일보, 2022. <https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2022090914260005452>
- 김진화. "[극한호우, 우리] ② 서울 지하 빗물터널만으론 물난리 못막아." 동아사이언스, 2022. <https://m.dongascience.com/news.php?idx=65612>
- 박종일. "'더 이상 홍수는 없다'...관악구, 별빛내린천 통수 단면 확장 완료", 헤럴드경제, 2025, <https://biz.heraldcorp.com/article/10501778?ref=naver>
- 서울연구원. "2022년 8월 집중호우, 서울시의 강우량과 피해특성은?", 2022, <https://www.si.re.kr/bbs/view.do?key=2024100042&pstSn=2208290002>
- 송재선. "습생식물로 도시열기 식히세요.", 농촌여성신문, 2017, <https://www.rwn.co.kr/news/articleView.html?idxno=40436>
- 이성대. "박상혁 서울시의원, "시민 안전 외면한 강남역 빗물배수터널 졸속 추진...전면 재검토해야""", 파이낸스투데이, 2025, <https://www.fntoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=35097>
- 정길훈. [무등의 아침] 잇단 '5백년 빈도' 극한 호우...지하 빗물 터널이 광주천 구할까, KBS뉴스, 2025, <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=8324144&ref=A>
- 최홍식. "서울시, 빗물을 친환경 자원으로...'빗물마을' 13곳으로 확대." 인더스트리뉴스, 2019년 2월 16일. <https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=29225>
- 한아름. "광주 폭우에 곳곳 피해 폭우 피해 더 키운 주범으로 지목된 광주 신안동 '홍수방어벽' 결국 철거", 노컷뉴스, 2025, [https://www.nocutnews.co.kr/news/6381260?utm\\_source=naver&utm\\_medium=article&utm\\_campaign=20250806101014](https://www.nocutnews.co.kr/news/6381260?utm_source=naver&utm_medium=article&utm_campaign=20250806101014)
- 한현목. "'상습 침수' 광주 신안교 댐질처방 논란", 세계일보, 2025, <https://www.segye.com/newsView/20250805513720?OutUrl=naver>
- 황인술. "'빗물마을'이 모여 만드는 물순환 도시." 그린포스트코리아, 2017년 12월 1일. <https://www.greenpostkorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=82247>
- 국토교통부, 환경부. "도로 비점오염저감시설 설치 및 관리 지침(안)." 2015.
- 서울특별시. "빗물마을조성공사 기본 및 실시설계." 2016.
- 산림청 국립수목원. "국립수목원이 제안하는 야생화 모델정원 6개소." <https://kna.forest.go.kr/kfswweb/kfs/subldx/Index.do?mn=UKNA>

### 사용 데이터 출처



### 분석 활용 도구



물방울탐험대

감사합니다.

