



미세먼지 저감을 위한 강원도의 도시숲 정책방향



미세먼지 저감을 위한 강원도의 도시숲 정책방향

연구진

김도형 | 한국지방행정연구원 연구원

박승규 | 한국지방행정연구원 연구위원



CONTENTS

I	왜 도시숲인가	
	1. 도시숲의 기능과 가치	04
	2. 주요 용어의 개념: 미세먼지, 바람길, 도시숲	07
<hr/>		
II	현황 분석: 강원도의 도시숲과 미세먼지	
	1. 도시숲	11
	2. 미세먼지	19
<hr/>		
III	국외 사례의 검토	
	1. 독일 슈투트가르트의 바람길 계획	23
	2. 중국 류저우의 수직숲 도시 조성	28
	3. 정책적 시사점	30
<hr/>		
IV	도시숲을 어떻게 확대할 것인가	
	1. 생태네트워크 계획에 충실한 도시숲의 조성	32
	2. 가로수 자원을 활용한 도시숲 네트워크 구축	39
	3. 다양한 유형의 숲 조성을 통한 도시숲 확대	41
	4. 어디서든 누구나 이용 가능한 도시숲의 조성	46
	5. 지역주민과 함께하는 도시숲의 조성	49



1. 왜 도시숲인가

1. 도시숲의 기능과 가치

미세먼지의 저감

- 식물은 광합성 작용을 하는 과정에서 미세먼지를 흡수
 - 나뭇잎 등 식물의 기공(약 20~30 μ m)을 통해 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하게 되는데, 이때 미세먼지가 잎 표면에 있는 털 등에 흡착·침적
 - * 미세먼지 침적량은 엽면적지수와 침적속도, 오염물질농도, 시간 등에, 침적속도는 마찰속도, 미세먼지 입자크기, 부력에 의한 난류형성 높이 등에 영향을 받음
- 국립산림과학원(2016)은 우리나라 산림이 연간 총 107만 톤의 미세먼지·이산화황·이산화질소 및 오존을 흡수하는 효과가 있음에 대해 발표
 - 1ha의 숲은 연간 총 168kg에 달하는 미세먼지 등 대기오염물질(이산화황, 이산화질소, 오존 포함)을 흡수하는 효과가 있음
 - 도심 대비 도시숲의 미세먼지 농도는 평균 25.6% 낮고, 초미세먼지는 40.9% 낮은 것으로 확인된 국립산림과학원의 연구 결과가 있음 (산림청, 2017: 1)
 - 국외에서는 자작나무 1열 가로수 주변 주택에서는 가로수가 없는 경우에 비해 미세먼지(PM₁₀)가 50% 감소했다는 실증연구가 있음 (Maher 등, 2013; 김경하 등, 2016: 14에서 재인용)
 - 또한 도로 양쪽 건물 외벽과 옥상까지 녹지대를 조성할 경우 미세먼지는 60%, 이산화질소(NO₂)는 40%까지 감소 가능한 것으로 나타남 (Pugh et al., 2012; 김경하 등, 2016: 14에서 재인용)



미세먼지 필터 기능을 하는 도시숲

+ 도시숲의 미세먼지 저감 효과



나무 1그루 = 35.7g
(연간 미세먼지 흡수량)

나무 47그루 = 1680g
(경유차 1대 연간 미세먼지 흡수량)

도시숲 1ha = 168kg
(오염물질 제거)

+ 도시숲에서 부는 힐링바람



+ 도심 속 허파, 도시숲의 효과



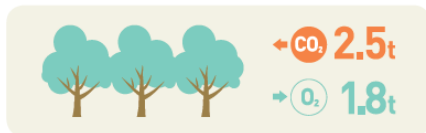
1 기후완화

여름 한낮 평균 기온 3~7°C 완화, 습도 9~23% 상승



2 소음감소

도로에 침엽수 조성시 자동차소음 75%, 트럭소음 80% 감소



3 대기정화

나무 1그루 = 연간 이산화탄소 2.5톤 흡수,
산소 1.8톤 방출, 미세먼지 흡수량 35.7g/년



4 휴식·정서 함양

휴식공간 제공 및 심리적인 안정 효과

자료 : 산림청(2019: 17)

대기질의 개선

- 대기의 정화는 도시숲을 이루는 식물들이 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하는 광합성 작용을 통해 이루어지고 있음
 - 느티나무 한 그루(엽면적 1,600㎡)는 연간 이산화탄소 2.5톤을 흡수하고, 1.8톤의 산소를 방출하며, 이는 성인 7명이 연간 필요로 하는 산소량에 해당
- 나뭇잎 등 표면을 통해 이산화질소, 이산화황, 오존 등을 흡수함으로써 대기질 개선에 기여
 - 미국 55개 도시를 대상으로 한 도시숲 기능 연구 결과 연간 총 71만 톤의 오존(O₃), 미세먼지(PM₁₀), 이산화질소(NO₂), 이산화황(SO₂) 및 일산화탄소(CO)를 감소시키는 것으로 나타남 (Nowak et al., 2006; 김경하 등, 2016: 17에서 재인용)

기후의 조절

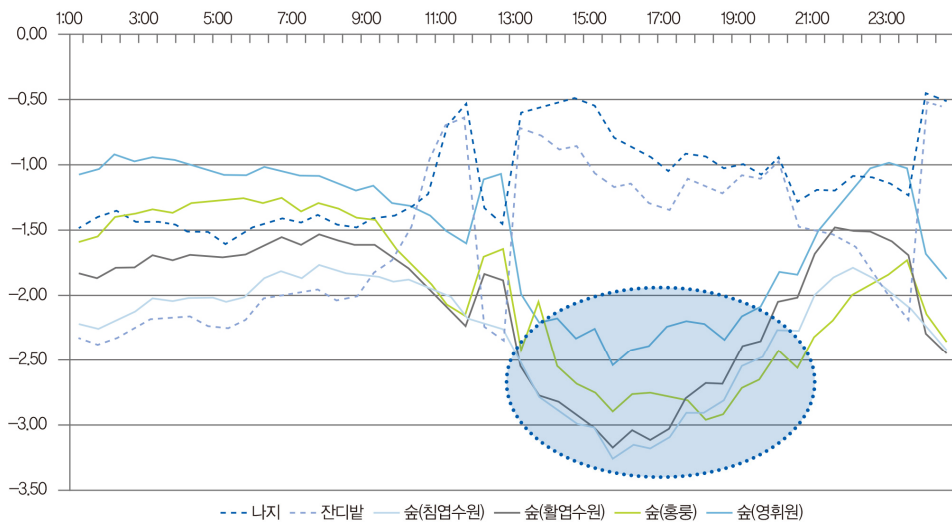
- 도심의 열섬현상을 완화하는 등 기후 조절의 기능을 담당
 - 도시숲은 여름철 직사광선을 차단하고, 겨울철에는 방사냉각현상으로 기온저하를 완화
 - 도시숲 내 여름 한 낮의 평균기온은 3~7℃ 낮추고, 평균 습도는 9~23% 높여 도시 내 쾌적한 생활환경을 유지
 - 양버즘나무(플라타너스) 1그루는 1일 평균 잎 1㎡당 664kcal의 대기열을 흡수하는데, 이는 하루 평균 15평형 에어컨 5대를 5시간 가동하는 것과 같은 효과가 있음을 의미
- 도시숲의 기온저감 기능을 분석하기 위해 2016년 6월부터 7월 중순까지 홍릉산림 과학연구시험림(이하 '홍릉숲') 내 침엽수원과 활엽수원, 중심 숲, 나지, 잔디밭, 인근 작은 도시숲인 영휘원, 제기동 도시지역을 대상으로 7개 지점에서 기온관측과 위성 영상을 분석



- 홍릉숲을 포함한 6개 지점의 숲과 도시지역에 대해 기온관측·위성영상을 분석한 결과, 홍릉숲 속의 기온은 숲 바깥보다 평균 2℃ 가량 차이가 발생하는 것으로 나타남
- 침엽수원의 경우 최대 3℃까지 낮은 결과를 나타냈는데, 이는 침엽수가 단위면적당 엽면적이 넓어 왕성한 증산활동*을 통해 기온을 떨어뜨리는 것으로 분석

* 증산활동은 식물체 내 수분이 수증기가 되어 공기 중으로 나오는 작용을 의미

홍릉숲의 기온저감 효과



자료 : 산림청(2016: 3)

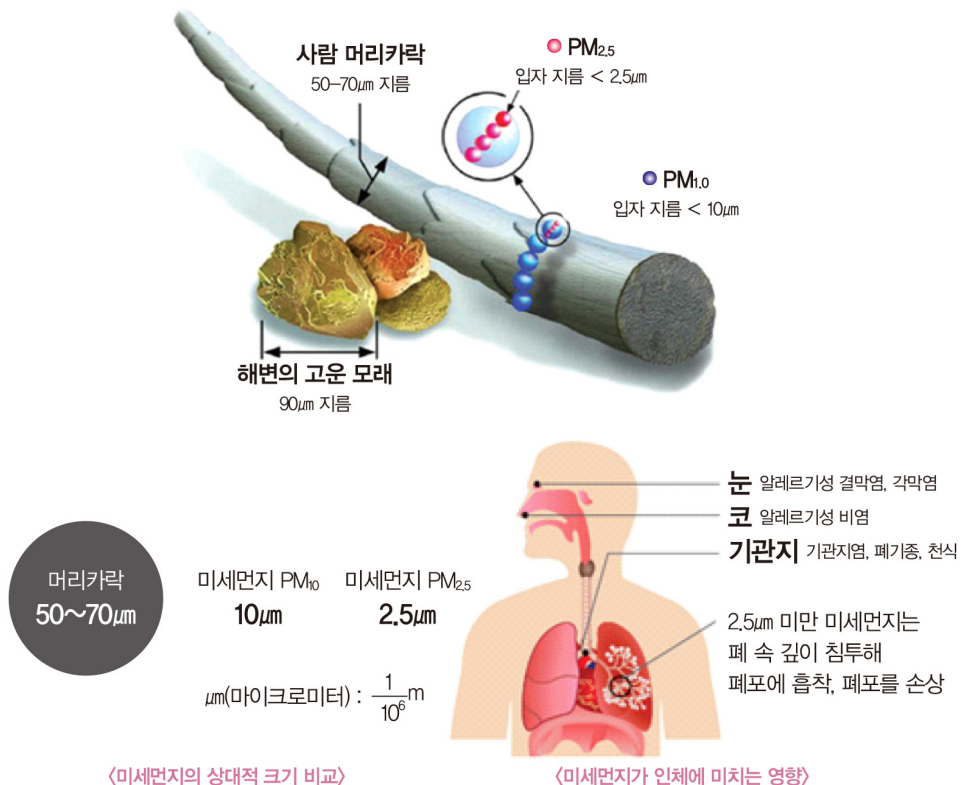
2. 주요 용어의 개념: 미세먼지, 바람길, 도시숲

미세먼지

- 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상 물질로, 석탄·석유 등의 화석연료를 태울 때 또는 공장·자동차 등의 배출가스에서 많이 발생 (산림청, 2018a: 1)
- 입자 크기에 따라 50 μm 이하인 총 먼지TSP: Total Suspended Particles와 입자 크기가 매우 작은 미세먼지PM: Particulate Matter로 구분

- 미세먼지는 다시 지름이 $10\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM_{10})와 지름이 $2.5\mu\text{m}$ 보다 작은 초미세먼지($\text{PM}_{2.5}$)로 구분
 - * 미세먼지(PM)는 사람의 머리카락 지름($50\sim 70\mu\text{m}$)의 약 $1/5\sim 1/7$ 정도이며, 초미세먼지($\text{PM}_{2.5}$)는 머리카락의 약 $1/20\sim 1/30$ 에 불과할 정도로 매우 작음
- 미세먼지는 눈에 보이지 않을 만큼 매우 작아서 호흡기를 거쳐 폐 등에 침투하거나 혈관을 따라 체내로 이동하여 건강에 나쁜 영향을 미칠 수 있음
- 세계보건기구WHO는 미세먼지(PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$)에 대한 대기질 가이드라인을 1987년부터 제시해왔고, 2013년에는 산하의 국제암연구소IARC: International Agency for Research on Cancer에서 미세먼지를 사람에게 발암이 확인된 1군 발암물질(Group 1)로 지정

미세먼지의 크기 비교(상) 및 인체 위해성(하)



자료 : 미국환경보호청(EPA), 국가재난정보센터; 김경하 등(2016: 13)에서 재인용



바람길

- 도시바람통로(urban ventilation corridor)라고도 불리는 바람길은 공기 순환을 촉진시켜 미세먼지 등 대기오염 물질과 폭염을 유발하는 뜨거운 열기를 도시 외부로 배출시키는 기능적인 길을 의미 (김슬예, 2019: 50)
 - 바람길이라는 용어는 독일에서 처음 사용되었으며, 도시기후의 중요성이 대두되면서 도시계획 과정에서 대기오염 문제와 도시열섬 현상 등 환경 문제를 완화시키고자 도입
- 바람길은 지역 간의 온도차 등을 이용해 녹지와 물, 오픈스페이스의 네트워크를 추진하는 것으로, 산이나 바다의 신선한 공기가 도심으로 흐를 수 있는 통로의 기능을 담당해 도시 공기의 질을 개선하는 데 효과적인 것으로 평가
 - 바람을 통한 도시 환기 및 바람길에 식재된 수목은 토양 흡착, 옆면 흡착을 통해 미세먼지 저감에 기여할 수 있음

도시숲

- 도시숲은 생태계를 회복하고 열섬효과를 완화하며 지역의 생활환경을 개선하기 위해 도시에 조성·관리되는 숲을 의미 (국립산림과학원, 2016: 11)
 - 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에 의하면 도시숲*이란 도시에서 국민 보건 휴양·정서함양 및 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목을 말하며, 면 지역과 「자연공원법」에 따른 공원구역은 제외
 - * 법적 용어는 ‘도시림’이나 일반 시민들에게 보다 친숙하도록 ‘도시숲’ 용어를 사용
 - 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에 의한 공원녹지를 포괄
 - * 다만, 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에 따르는 ‘산림과 수목’이 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」에 의한 공원녹지와 중복될 경우 공원녹지 항목에 우선적으로 포함

도시숲의 범위



자료 : 국립산림과학원(2016: 11)

- 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」상에서 규정한 도시숲의 법적 용어와, 산림공원, 생활환경숲, 녹색쌈지숲, 명상숲, 전통마을숲, 경관숲 등 산림청 도시숲 정책에서 구분한 세부 사업의 유형은 그 용어를 구별하여 사용

도시숲 관련 법적 용어 및 세부 사업 유형

구 분	도시숲 세부 사업 유형	세부지역
도시림*	산림공원	• 도시 인근 국유림 등 (자연공원구역 제외) • 옥상·벽면녹화
	생활환경숲	• 병원, 요양소 인근 • 공단, 폐기물 매립지 인근 • 하천, 제방
도시림 등*	녹색쌈지숲	• 건물 사이 자투리땅
생활림*	명상숲	-
	전통마을숲*	-
	경관숲*	-
가로수*		-

주 : * 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」상 용어
 자료 : 김경하 등(2016: 3)의 재구성



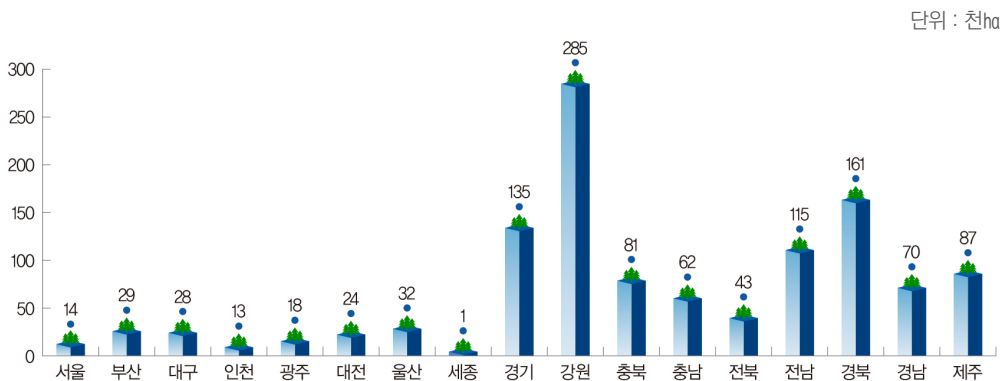
현황 분석: 강원도의 도시숲과 미세먼지

1. 도시숲

시·도별 현황

- 2017년 말 기준으로 강원도의 도시림 면적(285천ha)은 전국 도시림의 23.7%를 나타낼 정도로 17개 시·도 가운데 가장 넓은 면적을 보유
 - 전국의 도시림은 도시지역*(2,583천ha)에 1,206천ha가 분포하며, 이는 우리나라 전체 산림(6,335천ha)의 19%에 해당
 - * 우리나라 도시의 면적(2,583천ha)은 국토(10,036천ha)의 약 26%를 차지
 - 강원 다음으로는 경북(161.2천ha), 경기(135.6천ha), 전남(115.2천ha) 등의 순으로 나타남

시·도별 도시림 면적 현황 (2017년 말 기준)



자료 : 산림청(2018d: 17)

- 도시지역 가운데 도시림이 차지하는 도시림 면적률(70.2%)도 강원도가 타 시·도에 비해 월등히 높게 나타나 전국의 도시림 면적률(46.7%)을 크게 상회
 - 강원에 이어 울산(59%), 충북(58%), 제주(57%), 대구(50%), 전남(49%) 등의 순으로 나타남
- 그러나 시민이 체감할 수 있는 실제적 지표인 생활권도시림 면적 비율은 도시지역 면적 대비 및 도시림 면적 대비 모두 최하위 수준을 나타냄
 - 전국 생활권도시림 면적(47천ha)은 국토의 약 0.5%, 도시림 면적(1,206ha)의 3.9%를 차지
 - * 생활권도시림 면적은 경기도가 가장 넓고, 그 다음으로 서울, 부산, 경남 등의 순으로 나타남

■ 시·도별 도시림 및 생활권도시림의 면적과 면적률 현황 (2017년 말 기준) ■

구분	도시지역 면적 (㎡) (A)	총도시림 면적 (㎡) (B)	생활권도시림 면적 (㎡) (C)	도시림 면적률 (%) (B/A×100)	생활권도시림 면적률 (%)	
					도시지역 면적 대비 (C/A×100)	도시림 면적 대비 (C/B×100)
전국	25,825,757,496	12,062,492,796	473,185,815	46.71	1.83	3.92
서울	605,242,800	147,012,527	43,149,799	24.29	7.13	29.35
부산	680,329,399	292,542,925	43,131,596	43.00	6.34	14.74
대구	565,157,210	284,133,555	27,480,900	50.28	4.86	9.67
인천	503,752,489	136,872,425	23,731,989	27.17	4.71	17.34
광주	501,181,188	182,338,557	16,492,334	36.38	3.29	9.04
대전	539,464,180	247,421,135	15,714,469	45.86	2.91	6.35
울산	553,644,016	325,442,544	19,558,795	58.78	3.53	6.01
세종	42,233,103	12,659,309	5,585,102	29.97	13.22	44.12
경기	4,165,699,217	1,355,926,072	93,060,948	32.55	2.23	6.86
강원	4,063,976,589	2,852,893,638	23,850,434	70.20	0.59	0.84
충북	1,400,218,307	813,148,437	19,177,610	58.07	1.37	2.36
충남	1,683,991,358	628,044,748	16,767,310	37.30	1.00	2.67
전북	1,390,860,207	432,829,355	26,934,807	31.12	1.94	6.22
전남	2,343,069,757	1,152,217,487	23,586,038	49.18	1.01	2.05
경북	3,456,814,975	1,611,797,847	30,432,203	46.63	0.88	1.89
경남	1,813,372,476	709,436,528	34,770,252	39.12	1.92	4.90
제주	1,516,750,225	877,775,706	9761228	57.87	0.64	1.11

자료 : 산림청(2018d: 126)의 재구성



- 강원도 도시지역에서 생활권도시림이 차지하는 비율은 0.59%로 17개 시·도 중에서 가장 낮은 수준을 나타냄
 - * 생활권도시림 면적률**은 세종(13.22%)이 가장 높고, 그 다음으로 서울(7.13%), 부산(6.34%), 대구(4.86%), 인천(4.71%) 등의 순으로 나타남
 - ** 도시지역 면적 대비 생활권도시림의 면적 비율로 산정하며, '도시림 면적률'에 비해 도시민이 실제로 느낄 수 있는 체감 녹색량의 지표로 활용 (산림청, 2018d: 10)
- 도시림 면적 대비 생활권도시림 면적 비율의 경우도 강원도는 전국에서 최저 수준
 - * 세종 (44.12%) > 서울 (29.35%) > 인천 (17.34%) > ... > 경북 (1.89%) > 제주 (1.11%) > 강원 (0.84%)

도시숲과 생활권도시림

- 2017년 말 기준으로 전국의 도시림 면적(1,206천ha)은 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」(이하 '산림자원법')에 의한 도시지역의 산림·수목의 면적(1,151천ha)과 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」(이하 '도시공원법')에 의한 공원녹지의 면적(55천ha)을 합산
 - 「산림자원법」에 의한 도시림은 총도시림 면적의 거의 대부분에 해당하는 95.4%를 차지하고, 「도시공원법」에 의한 도시림은 총도시림의 4.6%에 불과 (산림청, 2018d: 8)
- 「산림자원법」에 의한 도시숲은 다음과 같이 구분되며, 이들 가운데 생활권도시림은 산림과 자연휴양림 등이 제외
 - 산림
 - 가로수 등 도로변 녹지 : 보도, 중앙분리대, 교통섬 등의 수목 식재
 - 하천변 녹지 : 「하천법」에 따라 하천 주변에 식재된 교목 및 관목
 - 국·공유지 녹화지 : 자투리땅을 녹화하여 도시림으로 제공한 면적
 - 학교숲 : 학교 내 숲을 조성하거나 담장을 허물고 녹화한 면적
 - 담장녹화지 : 학교 외 관공서, 아파트 등의 담장을 허물고 녹화한 면적
 - 자연휴양림 등 : 도시지역 내의 자연휴양림과 산림욕장
 - 기타 : 옥상녹화, 벽면녹화, 청사 등 수목 집단 지역

「산림자원법」에 의한 도시숲과 생활권도시림의 범위

산림	가로수 등 도로변 녹지	하천변 녹지	국·공유지 녹화지	학교숲	담장 녹화지	옥상 녹화	벽면 녹화	휴양림 등		기타
								자연 휴양림	산림 욕장	

주 : 음영으로 표시한 영역이 생활권도시림에 해당
 자료 : 산림청(2018d: 5)의 재구성

- 「도시공원법」에 의한 도시숲은 다음과 같이 구분되며, 이들 가운데 생활권도시림은 도시자연공원구역, 묘지공원, 공공공지, 저수지 등이 제외
 - 도시자연공원구역 : 「도시공원법」에서 정하는 도시자연공원구역으로 조성된 면적
 - 도시공원 : 소공원, 어린이공원, 근린공원으로 구성된 생활권공원 및 역사공원, 문화공원, 수변공원, 체육공원, 묘지공원, 기타공원으로 구성된 주제공원의 녹지 면적
 - 녹지 : 완충녹지, 경관녹지, 연결녹지로 조성된 면적
 - 유원지, 공공공지(公共空地), 저수지

「도시공원법」에 의한 도시숲과 생활권도시림의 범위

도시 자연 공원 구역	도시공원									녹지			기타		
	생활권공원			주제공원											
	소공원	어린이 공원	근린 공원	역사 공원	문화 공원	수변 공원	체육 공원	묘지 공원	기타 공원	완충 녹지	경관 녹지	연결 녹지	공공 공지	저수지	유원지

주 : 음영으로 표시한 영역이 생활권도시림에 해당
 자료 : 산림청(2018d: 5)의 재구성

- 강원도는 도시림 전체 면적 중에서 「산림자원법」에 의한 도시림 비율이 전국의 비중보다 더 높은 99.28%를, 「도시공원법」에 의한 도시림의 경우는 0.72%를 나타냄
 - 「산림자원법」에 의한 강원도의 생활권도시림을 유형별로 비중을 살펴보면, 전국에 비해 국·공유지 녹화지가 높은 반면에 가로수 등 도로변 녹지는 낮은 것으로 나타남
 - 「도시공원법」에 의한 강원도의 생활권도시림을 유형별로 살펴보면, 전국에 비해 유원지의 비중이 높고 근린공원은 낮은 결과를 나타냄
 - 또한 완충녹지, 경관녹지, 연결녹지 등 녹지의 비중도 전국에 비해 낮으며, 주제공원의 경우 문화공원과 수변공원의 비중이 낮게 나타남



「산림자원법」 및 「도시공원법」에 의한 유형별 도시림 현황 (2017년 말 기준)

단위 : 천㎡(%)

구 분	계	산림자원법		도시공원법	
		산림자원법	도시공원법	산림자원법	도시공원법
전 국	총도시림 (A)	12,062,492 (100.0)	11,510,314 (95.4)	552,178 (4.6)	
	생활권도시림 (B)	473,186 (3.9)	96,012	377,174	
	비생활권도시림 (A-B)	11,589,307 (96.1)	11,414,302	175,005	
강 원	총도시림 (A)	2,852,894 (100.0)	2,832,274 (99.3)	20,620 (0.7)	
	생활권도시림 (B)	23,850 (0.8)	7,071	16,780	
	비생활권도시림 (A-B)	2,829,043 (99.2)	2,825,203	3,841	

자료 : 산림청(2018d: 22)의 재구성

「산림자원법」에 의한 생활권도시림 면적 현황 (2017년 말 기준)

단위 : 천㎡(%)

구 분	계	가로수 등 도로변 녹지	하천변 녹지	국·공유지 녹화지	학교숲	담장 녹화지	옥상 녹화	벽면 녹화	기 타
강 원	7,071 (100.0)	1,557 (22.0)	1,373 (19.4)	2,074 (29.3)	610 (8.6)	42 (0.6)	8 (0.1)	69 (1.0)	1,335 (18.9)

자료 : 산림청(2018d: 23)의 재구성

「도시공원법」에 의한 생활권도시림 면적 현황 (2017년 말 기준)

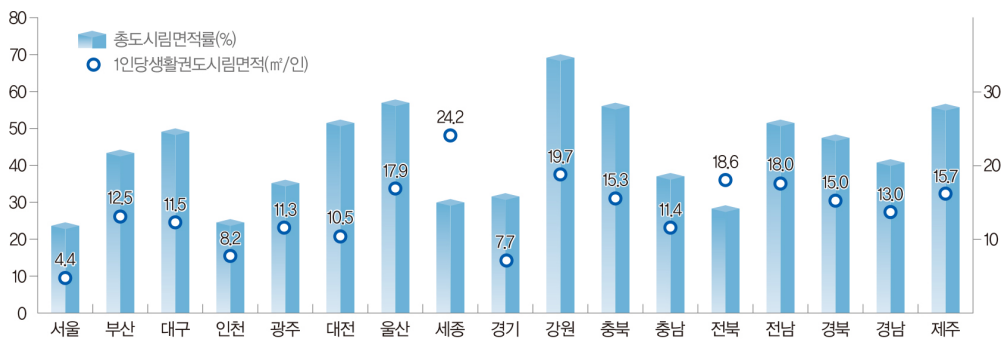
단위 : 천㎡(%)

구 분	계	도시공원								녹 지			기 타
		생활권공원				주제공원				완충 녹지	경관 녹지	연결 녹지	
		소공원	어린이 공원	근린 공원	역사 공원	문화 공원	수변 공원	체육 공원	기타 공원				
전 국	377,174 (100.0)	1,738 (0.5)	10,162 (2.7)	204,155 (54.1)	5,199 (1.4)	8,780 (2.3)	6,041 (1.6)	13,992 (3.7)	1,663 (0.4)	61,403 (16.3)	24,477 (6.5)	3,281 (0.9)	36,282 (9.6)
강 원	16,780 (100.0)	99 (0.6)	369 (2.2)	6,952 (41.4)	434 (2.6)	149 (0.9)	121 (0.7)	954 (5.7)	-	1,657 (9.9)	610 (3.6)	49 (0.3)	5,387 (32.1)

자료 : 산림청(2018d: 24)의 재구성

- 도시림 면적과 생활권도시림 면적을 1인당으로 산정하면 전국 최상위 수준을 보이고 있음
 - 강원도의 1인당 도시림 면적(2,360㎡/인)은 전국의 1인당 도시림 면적*(257㎡/인)보다 9배 이상 크고, 타 시·도에 비해서도 두드러지게 높음
 - * 전국의 도시 인구(46,985천 명)는 전체 인구(51,779천 명)의 약 91%에 해당해 대부분의 국민이 도시에 거주
 - 1인당 생활권도시림 면적(20㎡/인)도 세종 다음의 두 번째로 넓으며, 전국의 1인당 생활권도시림 면적*(10㎡/인)보다는 약 2배 넓음
 - * 세계보건기구WHO 권장 최소기준(9㎡/인) 및 도시림기본계획에 따른 목표(2017년 9.74㎡/인)를 초과 달성했으나, 파리(13㎡/인), 뉴욕(23㎡/인), 런던(27㎡/인) 등 세계 주요도시 수준의 생활권 도시림 면적 기준에는 미흡한 실정(산림청, 2018d: 11)
 - 그러나 위와 같은 결과는 강원도 인구의 과소한 특징이 반영된 것으로 해석에 유의할 필요가 있음
 - * 도시림 또는 생활권도시림의 1인당 면적이 넓다 하더라도 접근성이 좋지 않다면 이들 면적은 의미가 없음

■ 시·도별 도시림 면적을 및 1인당 생활권도시림 면적 현황 (2017년 말 기준) ■



주 : 도시림 면적률 = 도시림 면적 / 행정구역 면적 중 도시지역 면적 × 100%
 자료 : 산림청(2018d: 7)



■ 시·도별 도시림 면적 분포 현황 (2017년 말 기준) ■

구분	도시지역 인구 (천 명) (A)	총 산림 면적 (ha)	도시지역 면적 (ha) (B)	총 도시림 면적 (ha) (C)	총 도시림 면적율 (%) (C/B×100)	생활권 도시림 면적 (ha) (D)	1인당 도시림 면적 (㎡/인) (C/A)	1인당 생활권 도시림 면적 (㎡/인) (D/A)
전국	46,985	6,334,615	2,582,575	1,206,249	46.71	47,318	256.73	10.07
서울	9,857	15,486	60,524	14,701	24.29	4,315	14.91	4.38
부산	3,453	35,386	68,033	29,254	43.00	4,313	84.73	12.49
대구	2,385	48,705	56,516	28,413	50.28	2,748	119.11	11.52
인천	2,883	39,978	50,375	13,687	27.17	2,373	47.48	8.23
광주	1,464	19,244	50,118	18,234	36.38	1,649	124.57	11.27
대전	1,502	29,928	53,946	24,742	45.86	1,571	164.70	10.46
울산	1,095	68,671	55,365	32,544	58.78	1,956	297.31	17.87
세종	231	25,288	4,223	1,266	29.97	559	54.90	24.22
경기	12,095	520,068	416,570	135,593	32.55	9,306	112.11	7.69
강원	1,209	1,371,643	406,398	285,289	70.20	2,385	2,359.91	19.73
충북	1,254	491,135	140,022	81,315	58.07	1,918	648.30	15.29
충남	1,470	408,040	168,399	62,804	37.30	1,677	427.13	11.40
전북	1,451	443,140	139,086	43,283	31.12	2,693	298.26	18.56
전남	1,312	690,237	234,307	115,222	49.18	2,359	878.07	17.97
경북	2,028	1,337,741	345,681	161,180	46.63	3,043	794.71	15.00
경남	2,675	701,903	181,337	70,944	39.12	3,477	265.20	13.00
제주	621	88,022	151,675	87,778	57.87	976	1,413.87	15.72

주 : ¹ 1인당 생활권 도시림 목표 : 9.74㎡/인(2017년) * 도시림 기본계획(변경) 2013-2017

² 우리나라 도시지역 인구(46,985천 명)는 전체 인구(51,779천 명)의 90.7%를 차지

³ 우리나라 도시지역 면적(2,583천ha)은 전체 면적(10,036천ha)의 25.7%를 차지

자료 : 산림청(2018d: 7)의 재구성

시·군별 현황

- 강원도 도시림 면적률은 홍천군을 제외한 모든 시·군이 전국 평균보다 높은 비율을 나타냄
 - 시·군별 도시림 면적률은 인제군(90.1%)이 가장 높고, 그 다음으로 화천군(87.9%), 영월군(85.2%), 동해시(82.8%), 고성군(81.9%) 등의 순으로 나타남
- 그러나 생활권도시림 면적률은 춘천시를 제외한 모든 시·군이 도시지역면적 대비 및 도시림 면적 대비 모두 전국 평균에 미달

- 도시지역면적 대비 생활권도시림 면적률은 춘천시(2.8%) 다음으로 양양군(1.8%), 태백시(1.7%), 홍천군(1.5%), 원주시(1.2%) 등의 순으로 나타남
- 도시림 면적 대비 생활권도시림 면적률은 춘천시(5.8%) 다음으로 속초시(3.7%), 홍천군(3.6%), 양양군(3.0%), 태백시(2.2%), 원주시(2.1%) 등의 순으로 나타남

강원도 시·군별 도시림 및 생활권도시림의 면적과 면적률 현황 (2017년 말 기준)

구 분	도시지역 면적 (㎡) (A)	총도시림 면적 (㎡) (B)	생활권도시림 면적 (㎡) (C)	도시림 면적률 (%) (B/A×100)	생활권도시림 면적률 (%)	
					도시지역 면적 대비 (C/A×100)	도시림 면적 대비 (C/B×100)
강원도	4,063,976,589	2,852,893,638	23,850,434	70.20	0.59	0.84
춘천시	110,447,884	52,957,083	3,073,639	47.95	2.78	5.80
원주시	188,995,531	107,537,984	2,302,946	56.90	1.22	2.14
강릉시	137,035,554	68,658,145	1,072,438	50.10	0.78	1.56
동해시	180,206,138	149,285,159	1,504,072	82.84	0.83	1.01
태백시	303,495,317	234,974,712	5,227,764	77.42	1.72	2.22
속초시	105,735,518	21,526,639	792,837	20.36	0.75	3.68
삼척시	394,782,599	304,868,046	1,403,323	77.22	0.36	0.46
홍천군	107,389,773	44,082,959	1,574,563	41.05	1.47	3.57
횡성군	72,421,406	41,830,916	602,884	57.76	0.83	1.44
영월군	312,214,647	265,858,177	1,785,683	85.15	0.57	0.67
평창군	161,258,153	80,415,882	575,663	49.87	0.36	0.72
정선군	433,080,959	266,683,676	1,654,057	61.58	0.38	0.62
철원군	486,716,041	307,667,231	187,072	63.21	0.04	0.06
화천군	291,728,013	256,449,629	589,342	87.91	0.20	0.23
양구군	173,723,758	136,431,115	410,415	78.53	0.24	0.30
인제군	315,197,609	283,907,820	234,343	90.07	0.07	0.08
고성군	257,127,446	210,628,899	281,935	81.92	0.11	0.13
양양군	32,420,243	19,129,566	577,458	59.01	1.78	3.02

자료 : 산림청(2018d: 112-113)의 재구성



2. 미세먼지

미세먼지 연평균 농도 변화 추이

- 2015~2018년 기간 동안 전국의 미세먼지(PM₁₀) 연평균 농도는 조금씩 낮아지고 있으며, 강원도의 경우 전국 평균과 비교했을 때 점차 좋아지는 것으로 나타남
 - 강원도의 미세먼지(PM₁₀) 연평균 농도 : 2015년(전국 평균을 상회) > 2016년(전국 평균과 동일) > 2017년(전국 평균보다 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 낮음) > 2018년(전국 평균보다 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 낮음)
 - * 경기와 전북은 매년 전국 평균보다 상회하는 것으로 나타났으며, 특히 경기는 17개 시·도 가운데 매년 가장 높은 농도를 기록

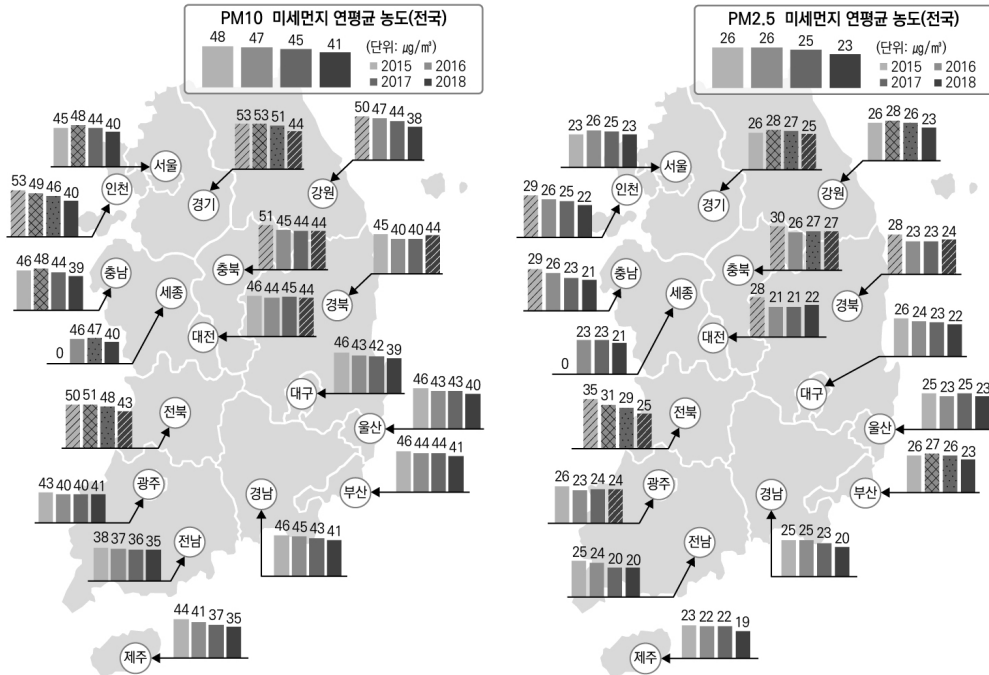
■ 시·도별 미세먼지 연평균 농도 변화 추이 (2015~2018년) ■

단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

구 분	미세먼지 (PM ₁₀)				초미세먼지 (PM _{2.5})			
	2015년	2016년	2017년	2018년	2015년	2016년	2017년	2018년
전국	48	47	45	41	26	26	25	23
서울	45	48	44	40	23	26	25	23
부산	46	44	44	41	26	27	26	23
대구	46	43	42	39	26	24	23	22
인천	53	49	46	40	29	26	25	22
광주	43	40	40	41	26	23	24	24
대전	46	44	45	44	28	21	21	22
울산	46	43	43	40	25	23	25	23
세종	-	46	47	40	-	23	23	21
경기	53	53	51	44	26	28	27	25
강원	50	47	44	38	26	28	26	23
충북	51	45	44	44	30	26	27	27
충남	46	48	44	39	29	26	23	21
전북	50	51	48	43	35	31	29	25
전남	38	37	36	35	25	24	20	20
경북	45	40	40	44	28	23	23	24
경남	46	45	43	41	25	25	23	20
제주	44	41	37	35	23	22	22	19

주 : PM_{2.5}가 2015년 1월 1일부터 대기환경 기준이 시행됨에 따라 2015년부터 자료로 비교
 자료 : 국회예산정책처(2019: 13)의 재구성

시·도별 미세먼지 연평균 농도 변화 추이 (2015~2018년)



주 : 전국 평균보다 높을 경우 빗금 표시
 자료 : 국회예산정책처(2019: 13)

- 전국의 초미세먼지(PM_{2.5}) 연평균 농도도 미미하게 낮아지는 경향을 보이고 있으나, 강원도의 경우 전국 평균과 같거나 높은 것으로 나타남
 - 2015년 전국 평균과 같았던 강원도의 초미세먼지(PM_{2.5}) 연평균 농도는 2016년과 2017년에는 전국 평균을 상회했다가 2018년에는 다시 전국 평균과 같은 결과를 나타냄
 - * 4개년 모두 전국 평균을 상회한 시·도는 전북뿐이며, 부산·경기·충북은 강원과 마찬가지로 전국 평균과 같거나 높은 것으로 나타남

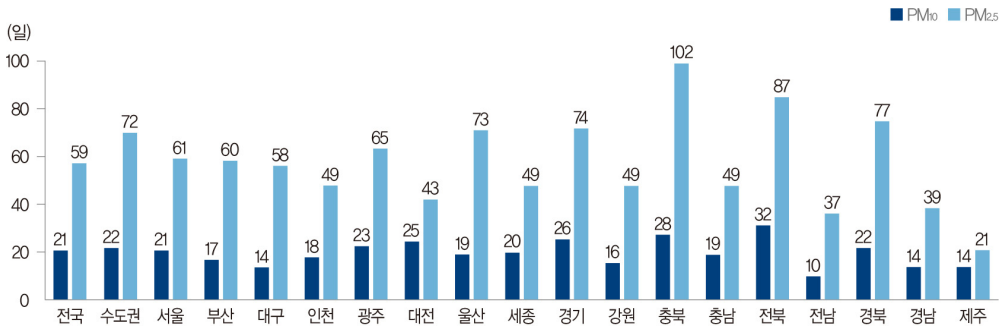
미세먼지 나쁨 일수 현황

- 2018년 강원도의 미세먼지(PM₁₀) 나쁨 일수는 16일로서 전국 평균(21일)보다 적게 나타남



- 전북(32일) > 충북(28일) > 경기(26일) > ... > 강원(16일) > 대구·경남·제주(14일) > 전남(10일)
- 강원도의 초미세먼지(PM_{2.5}) 나쁨 일수(49일)도 전국 평균(59일)에 비해 적은 결과를 나타냄
- 충북(102일) > 전북(87일) > 경북(77일) > 경기(74일) > ... > 인천·세종·강원·충남(49일) > 대전(43일) > 경남(39일) > 전남(37일) > 제주(21일)

■ 시·도별 미세먼지 나쁨 일수 현황 (2018년) ■

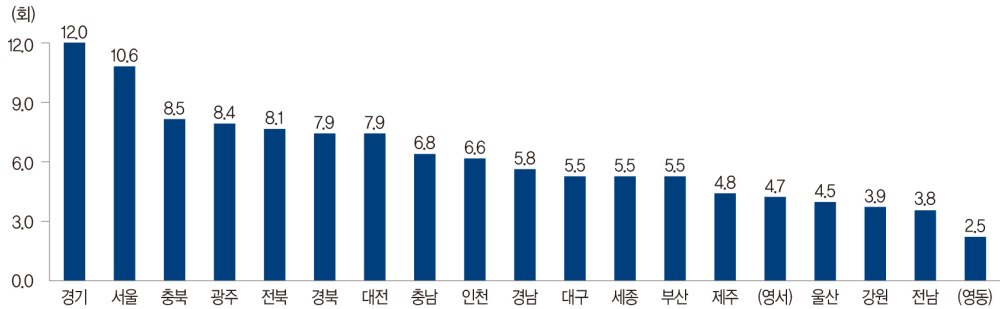


주 : 미세먼지 나쁨 일수는 '나쁨' 등급의 일수와 '매우 나쁨' 등급의 일수를 합산한 수치임
 자료 : 국립환경과학원(2019: 269)을 토대로 도식

미세먼지 환경기준 초과 횟수 현황

- 2018년 강원도의 미세먼지(PM₁₀) 환경기준(100 μ g/m³·24h) 초과 횟수는 평균 3.9회로 17개 시·도 가운데 두 번째 적은 지역으로 나타남
- 그러나 강원도 지역을 영동과 영서로 구분하여 살펴보면, 영서 지역(4.7회)이 영동 지역(2.5회)보다 2배 가까이 많이 나타나 이들 지역 간 격차가 있음을 알 수 있음
 - * 미세먼지(PM₁₀) 환경기준의 초과 횟수는 도내 측정소**의 환경기준 초과 횟수를 합산한 후 이를 측정소 수로 나누어서 산출
 - ** 강원도 영동 지역의 측정소 수는 고성(상리), 강릉(옥천동), 동해(천곡동), 삼척(남양동) 등 4곳이고, 영서 지역의 경우 횡성, 춘천(중앙로, 석사동), 원주(중앙동, 명륜동, 문막읍), 평창(평창읍) 등 7곳임
- 강원도 영동지역의 미세먼지(PM₁₀) 환경기준 초과 횟수는 2.5회로 전국 시·도 가운데 가장 적은 전남(3.8회)보다도 적은 것으로 나타남

■ 시·도별 미세먼지(PM₁₀) 환경기준 초과 횟수 현황 (2018년) ■

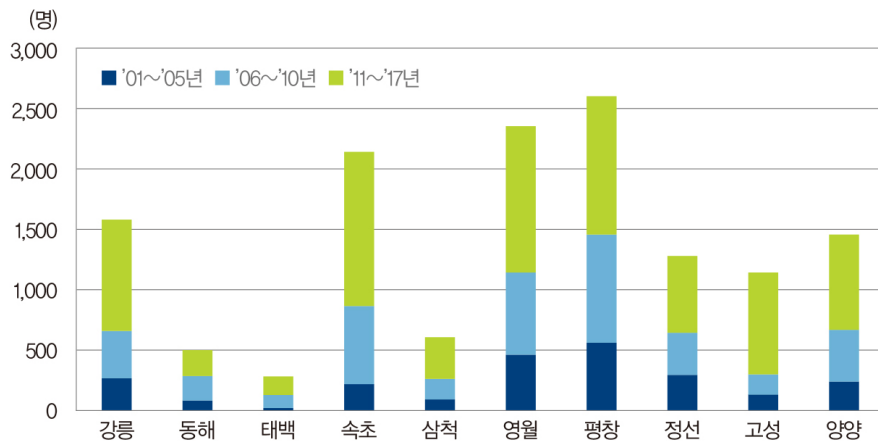


주 : 미세먼지(PM10) 환경기준(100 μ g/m³24h)의 초과 횟수는 측정소별 환경기준의 초과 횟수를 시·도별로 합산한 후 이를 측정소 수로 나누어서 산출함

자료 : 국립환경과학원(2019: 196-200)을 토대로 도식

- 최근 강원도 영동지역은 미세먼지, 황사 등의 영향을 덜 받는 청정지역으로 인식되면서 건강 목적의 인구유입이 증가하는 것으로 나타남 (한국은행 강릉본부, 2018: 19)
- 2010년 이전에는 영서 내륙지역이 건강 목적의 순유입 지역이었지만, 2011년 이후에는 동해안을 중심으로 영동 지역의 전입이 증가
 - * 통계청의 <국내인구이동통계>에서 전입사유 항목이 2013년부터 개정되어 기존의 '건강'은 '자연환경(건강, 공해, 전원생활 등)'으로 수정

■ 강원도 영동지역 시·군별 건강 목적 순유입 인구 현황 (2001~2017년) ■



주 : 미세먼지 환경기준(100 μ g/m³24h)의 초과 횟수(PM₁₀)는 측정소별 환경기준의 초과 횟수를 시·도별로 합산한 후 이를 측정소 수로 나눈 값을 의미

자료 : 통계청(각 년도), 국내인구이동통계; 한국은행 강릉본부(2018: 19)에서 재인용



III 국외 사례의 검토

1. 독일 슈투트가르트의 바람길 계획[■]

바람길 계획 수립의 배경

- 슈투트가르트는 독일의 대표적 산업도시로서 구릉지에 위치해 다른 도시에 비해 평균 풍속(2m/s)이 낮고, 대기 역전현상으로 오염물질이 정체되어 대기질 개선을 위한 대책을 마련
- 1930년대부터 바람길 계획에 관한 연구를 시작했으며, 1970년대 후반에 바람길 계획을 수립·추진해 주변 산지에서 생성되는 차고 신선한 바람이 유입되도록 세부 지침을 수립 (유영초 역, 2002: 31-32)
 - 도심에서 가까운 구릉에는 녹지의 보전, 도입, 개축 이외에 신규 건축 행위를 금지
 - 도시 중앙부 바람길 지역의 건축물은 5층까지로 규제하고 간격은 3m 이상으로 설정
 - 바람길이 되는 큰 길과 작은 공원은 100m의 폭을 확보
 - 바람이 통하는 길이 되는 숲의 셋길을 정비
 - 키 큰 나무를 밀도 있게 심어 신선하고 차가운 '공기 댐'을 만들고 공기의 흐름을 확산

바람길 유도를 위한 Green-U 도시숲

- 슈투트가르트의 지형은 분지 형태로 남쪽에 도시 외곽 산림이 위치하고 도심은 분지에 위치해, 도시 안에서 배출된 오염물질을 이동시키는 바람의 힘이 약한 단점을 안고 있음

■ 박찬열(2018), 엄정희(2019)를 참조하여 정리함

- 도시 외곽 산림의 찬 공기를 저지대의 중심인 시가지로 유도하기 위해 솔로스가든 Schlossgartenanlagen에서 킬레스베르크Kilesberg까지 총 길이가 8km에 달하는 Green U(Das Grune U) 도시숲을 조성

■ 바람길 유도를 위해 조성된 슈투트가르트의 Green-U 도시숲 ■



자료 : 산림청(2018a: 23)

■ 독일 슈투트가르트의 바람길 네트워크 ■



자료 : 대구광역시(2011: 131)



- 생태다리, 녹도, 계단 등 다양한 길을 통하여 떨어져 있는 공원들을 시가지와 연결하여 도시 전체의 공기 순환을 유도
- 산지에서 발생하는 바람이 도시로 유입되도록 풍향과 풍속을 조사해 광역종합계획을 작성하고, 이를 기초로 도시계획 내에서 건축물 및 토지이용계획을 수립
- 철도 및 도시개발 프로젝트인 ‘Stuttgart 21 사업’의 일환으로 추진된 철도 시설 및 트랙의 지하화는 바람체계를 고려한 외부공간의 활용 계획 수립의 좋은 사례로 평가
- 지구단위계획, 건축계획, 녹지계획 과정에서 바람길을 고려한 결과, 시간당 1억 9,000m³의 신선한 공기가 유입되는 것으로 나타남

■ 2020년 슈투트가르트 중앙역 지하화를 통한 Green-U 확충계획 ■



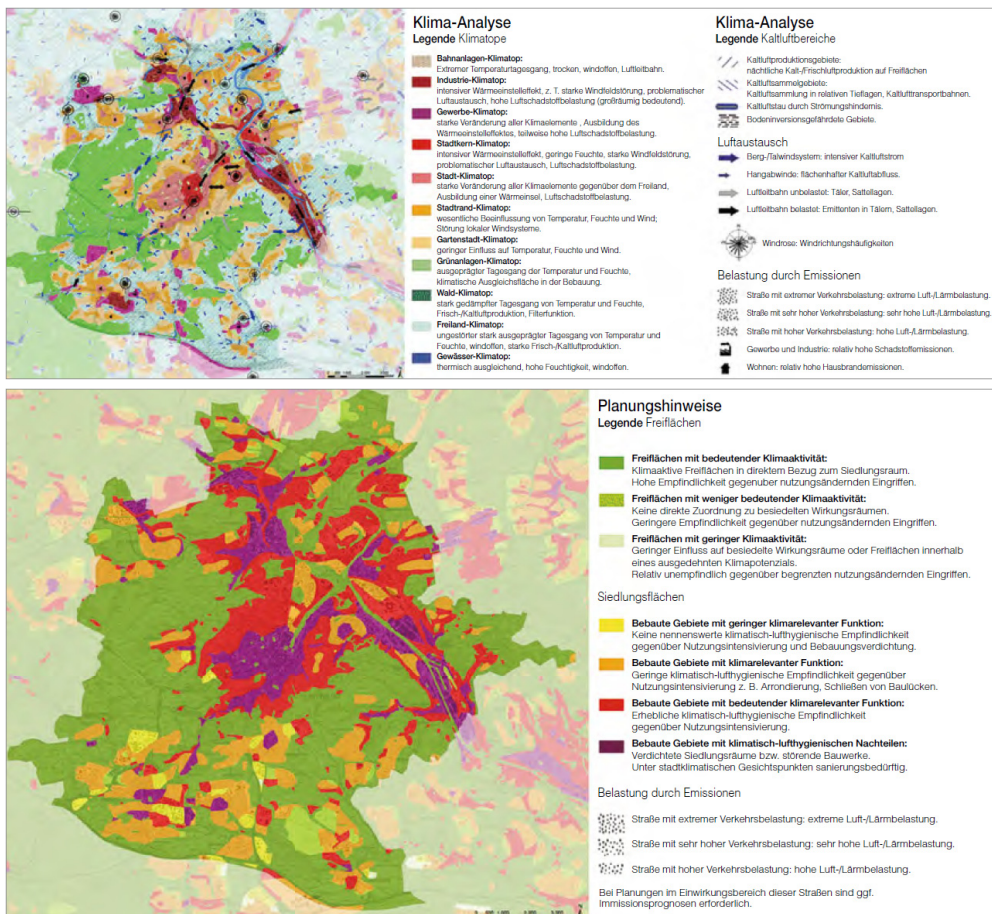
자료 : 산림청(2018a: 23)

바람길 활용을 위한 기후분석지도의 구축

- 바람길을 도시계획의 고려 요소로 활용하기 위하여 도시의 다양한 기후 특성을 분석하고 그 결과를 종합해 기후분석지도(Klimaanalysekarte: Climate Analysis Map)를 구축
- 지도에는 지표면 온도, 연평균 풍속, 바람장 등 일반적인 기상특성에 관한 정보뿐만 아니라, 찬 공기 두께 및 체적 등 찬 공기에 대한 특성도 포함
- 계획제언지도(Planungshinweiskarte: Map with Recommendations for Planning)를 통해 도시의 개발 계획 및 관리 방안을 수립하는 과정에서 과학적 근거를 제공하며, 지구단위계획, 건축계획, 도시 내 녹지계획을 수립하는 과정에도 활용

- 기후분석지도는 지역의 기후조건을 개괄적으로 설명하는 도구로서, ① 기후톱 Klimatope ② 찬 공기 영역 Kaltluftbereiche ③ 대기 교환 Luftaustausch ④ 오염 배출을 통한 부하 Belastung durch Emissionen 등의 내용을 포함

슈투트가르트의 기후분석지도(상) 및 계획제언지도(하)



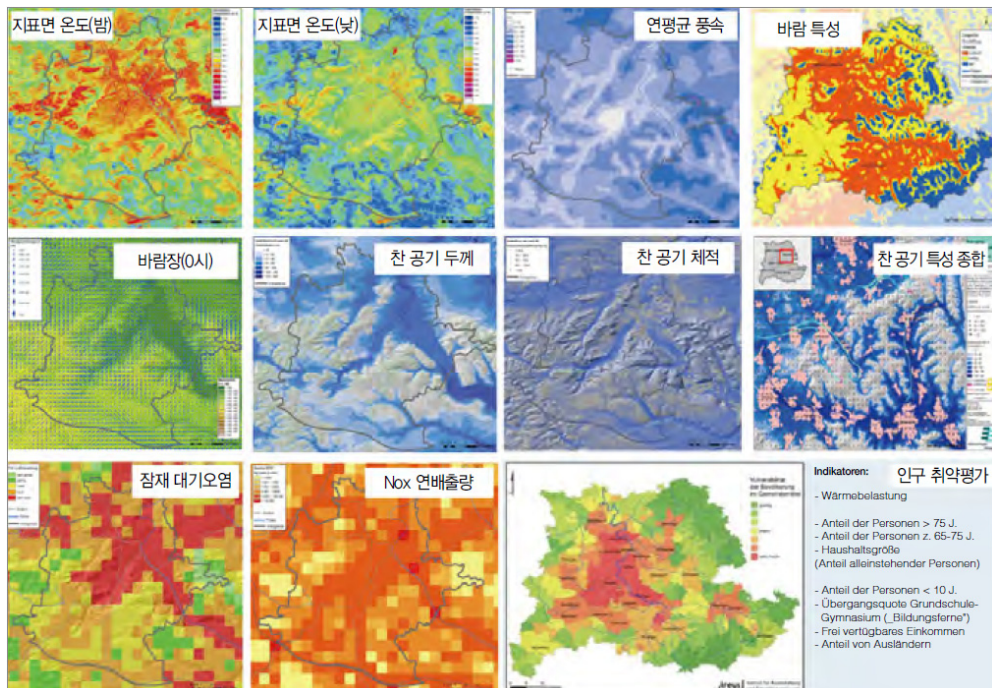
자료 : Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg(2012); 엄정희(2019: 16)에서 재인용

- ① 기후톱은 동일한 미기후 특성을 가지는 공간을 의미하는 것으로, 슈투트가르트 기후분석지도에는 '철도시설, 산업지, 상업지, 도심, 도시, 교외, 가든 타운, 도심 내 오픈스페이스, 산림, 초원 및 경작지, 수공간' 등 11개 유형의 기후톱으로 구분



- ② 찬 공기 흐름을 이용한 도시의 바람순환은 대기가 정체하는 기상 여건에서 중요한 기능을 하므로, 야간에 신선한 공기를 공급하는 찬 공기 생성 및 집수 구역에 대하여 기후분석지도에서 구별하여 특징짓고 찬 공기 정체 지역과 기온역전 위험지역을 함께 표시
- ③ 찬 공기 영역과 함께 지역의 공기순환 통로가 표시되는데, 강하고 찬 공기 흐름을 가지는 산곡풍, 경사면을 따라 하강하는 찬 공기 유동, 대기오염에 대한 데이터와 함께 지역 바람에 대한 공기유도 통로 및 풍향별 풍속계급 빈도를 나타내는 바람 장미가 표시
- ④ 오염 배출로 인한 부하는 도로교통, 상업 및 공업지, 주거지로 구분해서 표시하는데, 특히 주요 도로는 평균 1일 교통량을 기준으로 극심함, 매우 높음, 높음 등의 세 부분으로 구분하여 표시

도시기후지도 구축을 위한 기초 자료



자료 : Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg(2012); 엄정희(2019: 15)에서 재인용

2. 중국 류저우의 수직숲 도시 조성¹

수직숲 도시 조성의 배경

- 중국 서남부 광시좡족자치구(옛 광시성)에 위치한 류저우시는 2020년 완공을 목표로 이탈리아의 보에리팀과 제휴해 2017년부터 세계 첫 수직숲 도시^{forest city}를 건설하기 시작
 - 수직숲^{vertical forests} 도시는 이탈리아의 환경건축가 스테파노 보에리^{Stefano Boeri}*가 착안한 개념으로, 건물에 나무와 식물을 식재해 건물 자체가 숲을 이루게 한다는 발상에서 시작
 - * 이탈리아 밀라노에 900그루 나무와 2만 개 식물로 덮인 ‘보스코 베르티칼레^{Bosco Verticale}’**라는 이름의 수직숲 빌딩을 지은 건축가로, 이 건물의 성공에 힘입어 세계 여러 도시에 수직숲 빌딩 건설 운동을 펼치고 있음
 - ** 2014년 ‘세계 최우수 초고층 건축상’을 수상했으며, 2015년에는 세계초고층도시건축학회가 수여하는 ‘올해의 베스트 고층빌딩상’을 수상

2014년 이탈리아 밀라노에 들어선 수직숲 빌딩 ‘보스코 베르티칼레’



자료 : Stefano Boeri; 광노필(2017)에서 재인용

1 광노필(2017), 황영하(2019)를 참조하여 정리함



- 수직숲 프로젝트는 한두 채의 숲 빌딩만으로는 공기정화 효과가 크지 않고, 수직숲이 수백 채의 숲 빌딩으로 채워질 때 오염된 도시 환경을 바꾸는 데 효과가 있음
 - 수직숲 도시의 네 가지 효과 : ① 도시 공기의 정화 ② 기온 저감을 통한 도시열섬 완화 ③ 도시 소음의 차단 ④ 생물다양성의 증진

수직숲 미니신도시 주거단지의 조성

- 수직숲 도시의 대상지 면적은 175만㎡ 규모로, 3만 명이 수용 가능한 미니신도시 주거단지를 조성
 - 류저우시 북쪽에 산과 강을 따라 선형으로 수직숲 도시를 배치
 - 총 100만 개에 달하는 100여 종의 식물과 4만여 그루의 나무를 새롭게 건립되는 건물의 지붕과 베란다 등에 식재
 - * 광합성을 통해 한 해 이산화탄소 1만 톤과 대기오염물질 57톤을 흡수하고, 약 900톤의 산소를 배출하는 효과가 있을 것으로 예상
 - 조류, 곤충 등의 서식지를 제공하기 때문에 생물다양성의 보존에도 기여

■ 류저우 도심을 연결하는 금행전철 역사 및 수직숲 도시 조감도 ■



자료 : Stefano Boeri, 곡노필(2017)에서 재인용

- 물을 재활용해 수직숲 도시 지역에 식재된 나무에 공급하고, 지역, 풍력, 태양광 등 재생 에너지에 기초한 전력·난방 공급 시스템을 구축함으로써 에너지 자립 도시를 지향
 - 상가와 주거지역, 휴양지, 병원, 학교 등은 인터넷망으로 연결
 - 류저우 도심과 수직숲 도시를 연결하는 교통망은 공해 없는 급행 전철을 신설

3. 정책적 시사점

차고 신선한 공기의 흐름을 고려한 도시계획의 실천

- 바람길 개념을 도시계획에 적용한 독일의 슈투트가르트 사례처럼, 바람길 계획에서 중요하게 고려되는 점은 차고 신선한 공기(Kaltluft; cold air)가 생성되는 지역을 보전하는 것임
 - 찬 공기는 지표면에서 에너지 전환에 의해 발생하는, 주변보다 낮은 온도의 공기를 말하며, 바람길 계획은 지형과 토지피복의 영향으로 발생하는 지역의 바람순환 체계를 이용
 - 일반적으로 구름이 없는 맑은 야간에 나지 및 초지 등 일교차가 큰 지표면에서 찬 공기가 많이 생성되는 것으로 알려져 있음
 - 산림지역은 오염물질이 포함되지 않은 신선한 공기가 생성되는 곳이며, 이러한 찬 공기는 경사면을 따라 이동하기에 유리
- 산림지역이 대부분을 차지하는 강원도의 환경은, 찬 공기의 흐름을 포함한 지역의 바람순환 체계를 이용하여 대기 질을 개선하고 폭염과 열대야가 적은 환경으로 조성하기에 유리한 여건을 지님
 - 찬 공기의 흐름은 대기 정체 등과 같이 기후 및 대기환경 측면에서 문제가 되는 기상 조건 하에 신선한 공기를 도심으로 흐르게 하는 좋은 수단이라 할 수 있음
 - 고기압의 기상상황이 지속되고 이에 따른 대기 역전 형성이 증가할수록, 찬 공기의 영향은 도시 내 공기 교환을 위해 그 역할이 매우 중요



- 찬 공기가 오염된 도시의 공기를 완전히 대체할 수는 없지만, 대기 혼합 효과를 통해 폭염과 대기오염을 줄일 수 있음

수직 네트워크를 통한 입체적 도시숲의 개념 도입 검토

- 중국 류저우의 수직숲 도시는 고밀도형 도시에 적용할 만한 사례로 판단되나, 수직 네트워크를 통한 녹지의 입체화를 시도했다는 점에서 국내 타 도시에 비해 상대적으로 저밀도에 해당하는 강원도 도시에도 참고할 만함
 - 수직숲 조성의 개념은 친환경적인 식물 재료를 건물에 적용해 환경 재생의 가능성과 생물 다양성을 열어주는 것이며, 생태학적 건축의 핵심은 아파트 세대마다 식물을 이용해 정원을 조성하는 데 있음
 - 수직숲의 조성은 일정한 시간이 지나면 나무와 식물이 점차 건물과 동질감을 이루어 환경 파괴 없이 지속하는 건축을 효과적으로 반영
 - 식물의 유형별로 층별 분리되어 조성된 수직숲은 도시 생태계를 형성하며 생물 다양성의 증진에도 기여
 - 산소 공급과 습도 조절, 이산화탄소, 불순먼지 제거뿐만 아니라 건물을 둘러싼 복사열로부터 실내온도 보호, 에너지 절약 등 다채로운 기능을 수행
- 자연과 인간이 공존하는, 지속가능하면서도 친환경적인 주거공간의 대안을 제시해 주고 있다는 점에서 강원도 도시에 도입을 검토해볼 만함



도시숲을 어떻게 확대할 것인가

1. 생태네트워크 계획에 충실한 도시숲의 조성

입체적인 도시숲 조성을 위한 생태네트워크 구축

- 시·군별 생태 거점 및 생태네트워크를 중심으로 선형의 도시숲을 조성
 - 학교 명상숲을 포함한 다양한 유형의 도시숲이 유기적으로 연결될 수 있도록 계획 단계에서 고려하고 연결 가로수의 조성을 확대
- 폐철도·도로, 하천, 건물의 옥상과 외부 유휴공간 등을 적극 활용해 선형공간을 녹지화 하고 도시숲 간의 연결성을 강화
- 미세먼지 저감, 도시열섬 현상 완화 등 도시숲의 기능이 최적으로 발휘될 수 있도록 생태네트워크를 입체적으로 조성
- 가로수 등 주변 녹지와 연계를 통해 생태적으로 건강한 생태네트워크 구축
 - 가로수의 생활권 미세먼지 흡수·저감 효과, 심미적 기능 등 효과 체감

생태네트워크 계획의 개념과 바람직한 녹지공간의 형태

- 생물다양성 증진 및 생태계 회복을 위해 각각의 생물서식공간을 유기적으로 연계할 필요가 있는데, 이러한 환경을 조성하는 것이 생태네트워크 계획
 - 오늘날 도시지역의 녹지공간은 계속 단편화(fragmentation)*되어 녹지섬(green islands)의 생물서식 공간으로 여기저기 흩어져 있는 실정



* 자연 상태의 생물서식공간(비오톱**)이 도로 건설, 주거지 개발 등 인위적인 영향으로 두 개 이상의 작은 비오톱으로 분리되거나 소실되는 현상을 말하며, '파편화'라는 용어를 사용하기도 함

** 독일어의 어원에서 유래한 비오톱(biotop)은 생명을 의미하는 'bio'와 장소를 의미하는 'top'의 합성어로, '동·식물 군집이 서식하고 있거나 서식할 수 있는 최소한의 단위공간'을 의미

- 생태네트워크는 통로(corridor)의 기능에 따라 녹지와 녹지를 연계하는 녹지네트워크(green network), 강·하천 등의 물줄기를 생태통로로 활용한 물네트워크(blue network), 바람이 이동할 수 있는 통로, 즉 바람길의 연계망을 의미하는 바람네트워크(white network) 등으로 구성

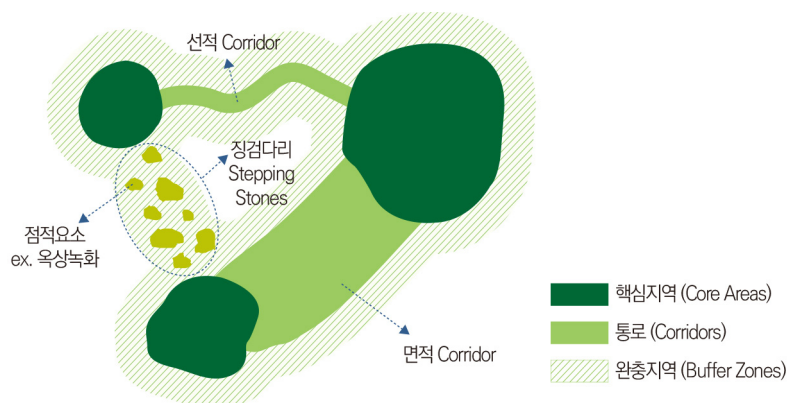
• 녹지공간(patch)은 형태에 따라 점·선·면적 요소로 구분할 수 있으며, 이들 요소는 생태네트워크의 공간을 구성하는 데 응용할 수 있음

- 면(area)적 요소는 생태적으로 중요한 일정 면적 이상의 patch를 의미하고, 점(point)적 요소는 공간의 규모가 작지만 징검다리(stepping stones(디딤돌 비오톱))로서 연결성에 기여할 수 있으며, 선(line)적 요소는 점·면적 요소들을 유기적으로 연결시켜 주는 역할로서 기능

- Bennett(1998)이 제안한 핵심지역(core areas), 통로(corridors), 완충지역(buffer zones)의 분류법은 많은 공감을 받아 대부분의 유럽 국가에서 환경계획에 활용

* 핵심지역은 생태적으로 중요한 서식공간으로 구성되고, 통로는 생물종의 분산과 이동 기회를 주기 위해 핵심지역을 유기적으로 연결하며, 완충지역은 핵심지역과 통로를 보호하기 위해 외부로부터의 생태적 충격을 완화시켜 주는 역할을 담당

생태네트워크의 개념도



자료 : Bunnnett(1998)의 재구성

- 녹지공간(비오름)의 효과적인 형태이자 배치 방법은 고차 소비자가 서식 가능한 양질의 녹지 공간을 보다 넓게 원형에 가까운 하나의 덩어리로 확보하여 이들 공간을 생태적 통로로 상호 연결하는 것으로 요약
 - 녹지공간은 가능한 넓은 것이 좋고, 같은 면적이면 분할된 상태보다 하나인 상태가 좋으며, 녹지공간이 분할하는 경우에는 분산시키지 않는 것이 바람직
 - 또한 선상으로 집합시키는 것보다 같은 간격으로 집합시키는 것이 좋고, 불연속적인 녹지 공간은 생태통로로 연결시키는 것이 좋으며, 녹지공간의 형태는 가능한 원형이 좋음

■ 녹지공간 형태에 관한 일반 원칙 ■

면적이 크다		면적이 작다	
하나의 커다란 덩어리이다		몇 개의 작은 보호구로 나뉘어 있다	
인접해 있다		서로 떨어져 있다	
보호 구간의 왕래가 가능하다		직선상으로 늘어서 있고, 보호 구간의 왕래가 적다	
통로에 의해 연결되어 있다		통로가 없다	
원형이다		원형이 아니다	
	바람직하다		바람직하지 않다

자료 : Daimond(1975: 143)의 재구성

도시 내 숲과 외곽의 산림 간 유기적 연계

- 도시숲의 파편화를 방지하지 위해 외곽의 산림과 단절된 산줄기를 복원
 - 시·군별로 도시숲 간 단절된 구간을 현황 파악한 후 생태네트워크 계획을 수립하여 연차별로 추진
- 외곽 산림의 생태적 안정성과 비슷한 수준으로 도시 내 숲을 조성
 - 산림의 규모와 형태, 주변 환경과 수종, 식생 등을 고려해 도시숲을 조성

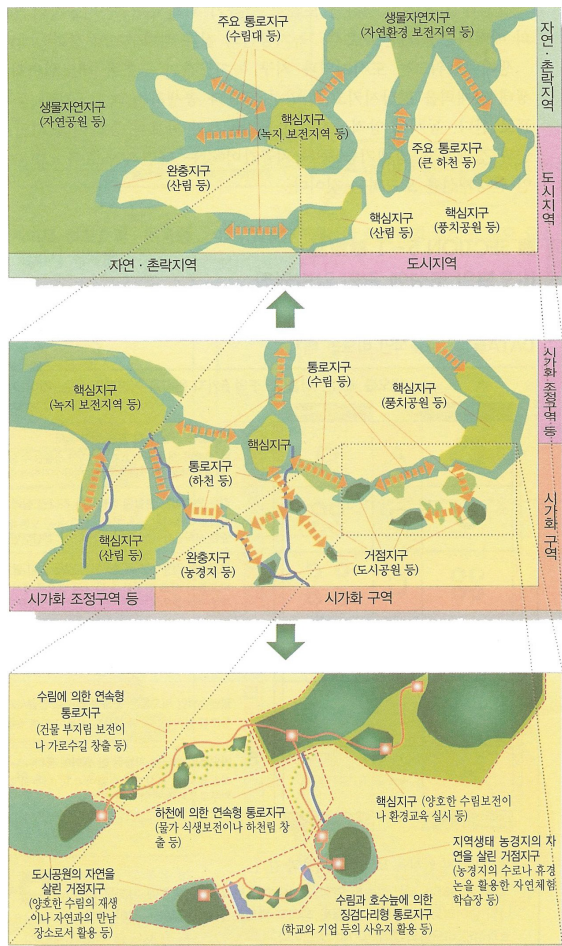


- 도시숲의 가장자리는 미세먼지 저감을 위해 수종을 상록침엽수림으로 점진 갱신하여 숲의 구조를 개선
 - 뾰족한 산림에 대해 간벌 및 가지치기하여 바람길을 확보하고 오염물질의 여과 기능을 제고
 - * 산림의 적정 밀도 조정을 통해 공기를 통과시켜 오염물질 여과 등 오염수준을 저감(수관밀도 50~60% 수준 유지)
- 미세먼지 저감 기능 등 산림의 기능이 최대로 발휘될 수 있도록 건강한 침·활엽수의 다층 혼효림으로 유도
 - 침엽수는 활엽수보다 많은 양의 미세먼지를 흡착(약 1.3배)하고 여과능력이 높음
 - 활엽수는 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 오존 등의 대기오염 물질을 흡수
- 미세먼지 저감 효과가 높고, 대기오염 물질 내성이 있는 수종 중심으로 식재
 - 미세먼지 유입 이동 경로 상의 산림 및 도시 바람길 주변산림은 소나무, 잣나무 등 엽면적(잎 표면)이 넓은 수종을 선택
 - * 기후 토양 등 현지 입지여건에 적합한 지역별 적지적수를 선정
 - 침엽수 및 활엽수 혼효림으로 조성해 수종 다양성과 동절기 저감 효과를 유지
- 외곽 산림과의 연계를 통해 도시 내 산림의 생태계를 복원하고 생물다양성을 증진
 - 끊어진 산줄기를 복원하고 인공지반을 최소화하여 투수층 확대를 통한 습원 확보
- 인위적 간섭에 의한 도시숲의 생태적 교란 방지
- 도시 외곽의 자연휴양림, 산림욕장, 수목원 등과 도시숲을 연계할 수 있는 탐방로 등 조성
 - 지역의 문화·역사자원에 대한 스토리텔링, 볼거리 등을 발굴하고, 숲해설 및 경관 조망점을 설정
- 가로수, 자전거 길 등을 활용해 도시숲과 도시 외곽의 숲길을 연계

공간 위계에 따른 생태네트워크 계획과 산경표 산줄기 체계

- 생태네트워크 계획은 공간의 규모에 따라 ‘광역 생태네트워크 계획’, ‘도시 생태네트워크 계획’, ‘지구 생태네트워크 계획’ 등으로 구성되며, 이들 공간 위계별로 유기적인 네트워크가 이루어 지도록 비오톱을 배치하는 것이 바람직
 - 도시숲 조성을 계획하는 경우 영동과 영서를 가르는 백두대간과의 연계방안을 고려
 - 백두대간에서 분기한 한강기맥과 지맥 등의 생태네트워크와 유기적인 연계를 도모

공간 단위(광역-도시-지구)별 생태네트워크 계획



광역 생태네트워크 계획

- 광역 수준의 생태네트워크 계획에서는 도시 근교에서 시가지로 생물의 이동을 유도하기 위한 방안을 검토한다.

도시 생태네트워크 계획

- 도시의 생물다양성 및 생물과의 만남을 위하여 비오톱이 되는 녹지공간의 배치 및 네트워크를 계획하고, 환경 형성 및 활용의 방향을 설정한다.

지구 생태네트워크 계획

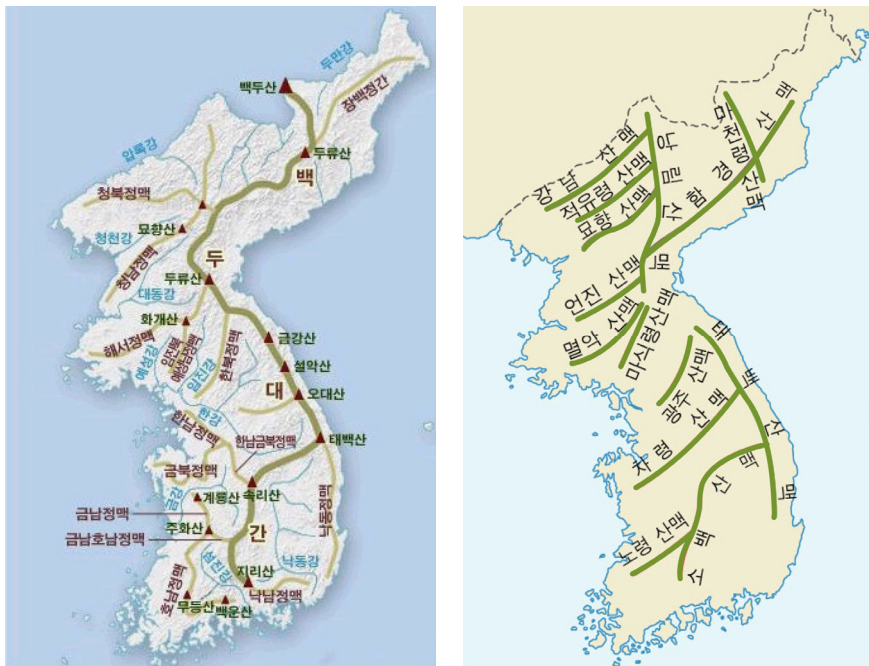
- 도시 생태네트워크 계획의 실현을 위하여 비오톱 및 생물과의 만남 공간 형성에 관한 구체적인 계획을 책정한다.

자료 : 이승은·홍선기 공역(2002: 20)의 재구성



- 조선 후기의 지리학자 신경준이 저술한 <산경표>에 의하면, 한국의 산줄기는 1개의 대간大幹과 1개의 정간正幹, 그리고 13개의 정맥正脈 등으로 구성
 - 이와 같은 산줄기 체계는 ‘산은 물을 넘지 않는다’는 원칙에 기초하는데, 이 원리에 따르면 물줄기를 뺀 공간은 곧 산줄기가 됨
 - * <산경표>의 1대간, 1정간, 13정맥은 분수량分水嶺**을 기준으로 산줄기 체계를 구분
 - ** 물이 서로 다른 수계로 흘러가는 유역의 경계를 ‘분수계分水界’라 하며, 대체로 산줄기와 일치하는 까닭에 ‘분수량’이라 불리기도 함
 - 백두대간 개념을 제대로 이해하면, 우리나라 육지 어디에서든 물을 건너지 않고 백두산까지 종주할 수 있음

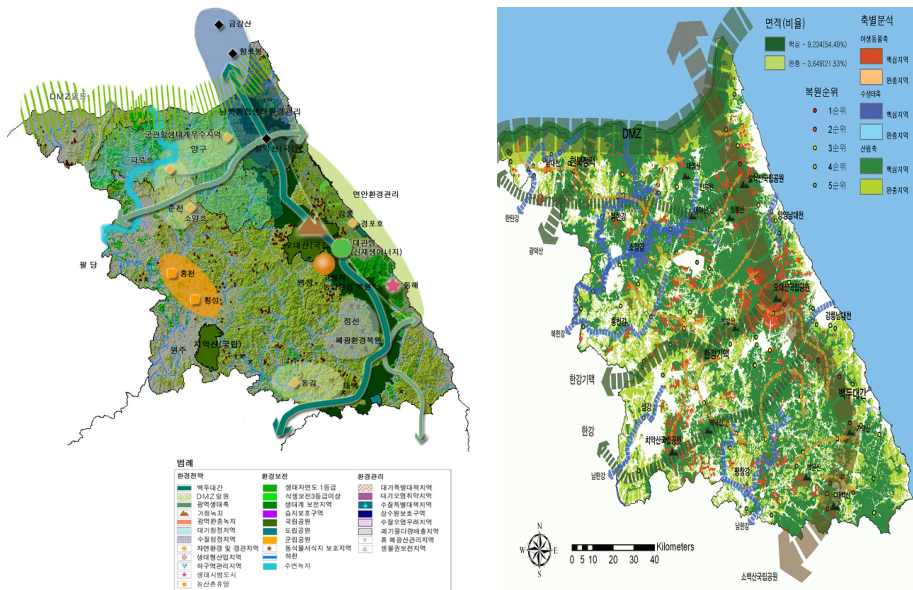
■ 산경표의 산줄기 체계(좌)와 고토분지로의 산맥 체계(우) ■



- 일반적으로 사용하고 있는 우리나라의 산줄기는 1903년 일본인 고토분지로小藤文次郎가 분류한 산맥 체계로서, 이 체계에서는 ‘산은 물을 넘지 않는다’는 자연 법칙이 통하지 않음
 - 예컨대 차령산맥을 따라가다 보면 산줄기가 크고 작은 하천과 여러 지점에서 만나고 있음이 확인되며, 이는 남한강이 차령산맥을 넘어가는 오류가 여러 곳에서 발생함을 의미

- 고도분지지가 분류한 산맥에서 물이 산을 넘는 현상이 나타난 이유는, 그가 용기와 침강 등 지형이 만들어지는 지질 활동을 중심으로 산맥을 분류하였기 때문
- 이러한 관점으로 지형을 바라보면 산줄기는 반드시 이어지지 않을 수도 있음
 - * 산줄기가 물줄기에 의해 단절되어 있더라도 동일한 지질 구조라면 그 줄기는 같은 것으로 인식
- 생태네트워크 계획은 자연 지형의 형상을 활용해 생태적 공간의 연계를 시도한다는 점에서 <산경표>의 산줄기 체계를 적용하는 것이 유용할 것으로 판단
 - 자연현상을 규명하기 위해 자연지리학적 관점으로 지형을 바라보고자 하는 사람들에게는 고도분지로의 산맥 체계가 보다 적합
 - 반면에 자연환경이 생활권에 어떤 영향을 미치는지 인문지리학적 관점으로 지형을 바라보려 한다면 <산경표>의 산줄기 체계가 더 유용할 것으로 판단
 - <제2차 자연환경보전기본계획>에서는 한강·수도권, 금강·충청권, 영산강·호남권, 낙동강·영남권, 태백·강원권 등 5개 환경관리 권역별로 광역생태네트워크 구축을 계획
 - * 태백·강원권 광역생태네트워크 구축 방향 : 남북을 연결하는 백두대간, 동서를 연결하는 DMZ 일원을 광역생태축으로 하여 통합적인 보전 차원의 관리를 강화(환경부, 2006: 86)

■ 제2차 자연환경보전기본계획(좌)과 태백강원권에서의 광역생태축 반영(우) ■



자료 : 환경부(2006: 8); 관계부처합동(2010: 11)



2. 가로수 자원을 활용한 도시숲 네트워크 구축

미세먼지 저감을 위한 가로수 조성 확대

- 다열·복층 가로수 및 연결형 가로숲 조성으로 녹지 간 연결성을 강화
 - 주변의 녹지, 생태계 연결 등을 통한 가로수 기능의 증진
- 도로 환경 및 주변 여건을 고려한 가로수 조성의 확대
 - 대로변에는 큰 나무를 식재해 쾌적한 도로환경과 녹음을 제공
 - 상가 주변에는 간판과 경합을 고려해 키가 작은 나무, 초화류 등을 식재
 - 주택 지역에는 화목류 위주로 식재해 주민 정서 함양 및 아름다움을 제공
- 미세먼지 저감을 위한 수종을 식재하고 가로수를 수직(복층·터널), 수평(지그재그형)으로 구조를 개선 (1열·단층 → 다열·복층)
 - 미세먼지 흡착률이 높은 수종의 식재로 효율성을 극대화
 - * 고저감 수종 3원칙 : 상록수, 엽면적이 큰 수종, 잎 표면 거친 수종
 - 산림청(2018c)이 발표한 미세먼지 저감 수종 가운데 강원도 환경에 적합한 수종을 도 차원에서 재선정하여 현장에 적용하는 방안을 검토
 - * 수원시(2019)는 중국의 연구 결과와 산림청(2018c)의 자료를 토대로 미세먼지 저감을 위한 권장 수종을 시 자체적으로 선정·발표

미세먼지 저감 수종의 선정 기준 (수원시)

- 미세먼지의 흡수, 흡착능력이 높은 수종
 - 잎 : 주름이 많고, 거칠거나, 조밀하거나, 털이 있거나 큰 형태
 - 줄기 : 주름이 많거나 깊은 수종
 - 칩엽수는 체집 밀도가 활엽수에 비해 높아 체진력(먼지보유력)이 높음

- 대기오염이나 도시의 열악한 환경(토양, 가뭄, 병충해 등)에 대한 내성이 강한 수종
- 수형이 수려하고 주민의 취향에 맞는 감상성이 높은 수종
- 이식이나 유지관리(전정 등)가 쉬운 수종
- 꽃가루 알러지와 생물유래 휘발성유기화합물BVOC와 같은 부정적인 효과가 적은 수종
- 시장성이 높은 수종으로 비교적 낮은 가격으로 조달이 용이한 수종
- 지역의 잠재 자연식생의 구성종 등 지역 특성에 맞는 재래종

■ 수원시 선정 미세먼저 저감 도입 권장 수종 ■

구 분	우 수	양 호	권 장	
상록	교목	가문비나무, 곰솔, 주목, 향나무, 소나무, 전나무, 잣나무, 스트로브잣나무, 서양측백, 측백, 화백	히말라야시다, 대나무	
	관목	눈향나무	회양목	남천, 사철나무, 조릿대
낙엽	교목	낙우송, 느티나무, 밤나무	감나무, 고로쇠나무, 마가목, 굴참나무, 노각나무, 느릅나무, 단풍나무, 당단풍나무, 물푸레나무, 백합나무, 왕벚나무, 산벚나무, 복자기, 쉬나무, 서어나무, 상수리나무, 졸참나무, 은행나무, 이팝나무, 층층나무, 칠자화, 팔배나무, 사시나무	산딸나무, 호두나무, 회화나무, 모감주나무, 개오동나무, 가죽나무, 아까시나무, 수양버들, 산사나무, 자두나무, 버즘나무, 황벽나무, 칠엽수, 백목련, 메타세쿼이아
	아교목	자귀나무	살구나무, 신나무, 쪽동백, 아그베나무, 함박꽃나무, 생강나무	때죽나무, 산수유, 대추나무
관목 및 지피 등	고광나무, 국수나무, 덜꿩나무, 겹철쭉, 말발도리, 분꽃나무, 산철쭉, 병꽃나무	갯버들, 나무수국, 모란, 매자나무, 무궁화, 산수국, 매자나무, 영산홍, 자산홍, 백철쭉, 산철쭉, 조팝나무, 좀작살나무, 쥐똥나무, 해당화, 황매화, 흰말채나무, 노박덩굴, 다래덩굴, 담쟁이덩굴, 으름덩굴	고광나무, 모란, 수수꽃다리, 화살나무, 장미, 진달래, 회양목, 가막살나무, 맥문동, 왜란	

자료 : 수원시(2019: 57)



지역의 특성을 살린 가로경관 창출: 명품 가로수길 조성 등

- 주변 토지이용과 보도 너비에 어울리는 식재 및 하부식물의 생육환경을 고려한 녹지 조성 확대
- 보행자와 운전자를 고려해 정서적 안정감을 줄 수 있는 가로 경관의 창출
 - 다양한 색상의 꽃과 단풍 등 심미성 증대, 운전자 시야 확보 및 경관 가치 높은 수종 식재
- 보존 가치가 높은 명품 가로수 길의 조성으로 관광자원화 유도
 - 지역의 역사·문화 자원과 연계한 랜드마크로서 명품 가로수 길을 조성해 관광 자원화 기반 조성
 - * 담양 메타세콰이어길, 서울·아산 은행나무길, 청주 플라타너스길 등의 좋은 사례를 벤치마킹
- 특성화 된 가로수의 식재, 수형 관리 등으로 특색 있는 거리를 조성
 - 가로의 기능과 환경, 지역의 특성을 고려한 가로수종을 식재

3. 다양한 유형의 숲 조성을 통한 도시숲 확대

명상숲 조성을 통한 도시숲 확대

- 친자연적 학습 공간을 제공하고 도시 내 부족한 녹지 공간을 확충하기 위해 명상숲을 지속적으로 조성
- 설계 및 조성 단계별 참여 확대를 통해 명상숲 조성을 내실화
 - 학교 구성원, 학계 전문가, 시민단체 활동가, 명상숲코디네이터 등이 직접 참여하는 ‘명상숲 조성 설계심의회’ 운영을 활성화
 - 명상숲에 대한 책임감 강화를 위해 자연체험학습 등 환경 교육과 연계해 학생과 교사의 적극적인 참여 확대

- 기업, 민간 등의 참여 확대로 다양한 주체가 참여하는 명상숲을 조성
 - 기업의 사회공헌활동, 산림·공원·정원 관련 시민단체 등과 연계해 다양한 분야·유형의 명상숲을 확대
- 담장, 중정 등 명상숲의 조성 위치, 활용 계획에 따라 숲 유형을 다양화

마을숲 및 경관숲 조성을 통한 도시숲 확대

- 사회·문화·환경적 기능을 회복할 수 있도록 역사·문화적 가치가 높은 전통마을숲을 지속적으로 발굴하고 복원을 확대
- 조경수 전시포, 야생화원, 무궁화원, 도로변 꽃나무 식재 등 다양한 소재를 활용해 지역의 특성을 살린 경관숲을 조성
 - 생태계가 교란되지 않도록 자연친화적으로 조성
 - 인위적·물리적 조성의 최소화 및 고유의 가치를 가진 다양한 종으로 구성
 - 산림경관의 아름다움이 유지·증진될 수 있도록 조성
 - 휴양 및 체험적 가치가 높게 나타나도록 조성
 - 다양하고 독특하며 아름다운 숲 경관이 지속가능하도록 조성
 - 도로, 강, 바다, 건물, 문화재 등 경관을 형성하는 다양한 요소와의 관계를 고려하여 조성

목적형 도시숲의 모델 개발 및 확산

- 입지 여건에 따라 적합한 기능이 최대한 발휘될 수 있는 도시숲의 모델을 개발하고 보급
 - 미세먼지 저감, 폭염 완화, 재난 방재 등 도시숲 조성의 목적을 우선 적용하되, 다원적 효과를 고려해 지역 환경과 지리적 여건, 주민의 의견 등을 반영하여 수종을 선택하고 배치
 - 앞에서 살펴본 수직숲^{Vertical forest}은 미세먼지 저감 기능을 강화한 사례에 해당



- 미세먼지와 도시열섬을 조기에 저감·완화하기 위해 외곽의 차고 신선한 바람을 도시 내로 유입하여 대기정체를 해소할 수 있도록 바람길숲을 조성
 - 미기후의 변동 폭이 크고 미세먼지의 발생 횟수와 농도를 고려해 시급하다고 판단 되는 시·군부터 도시바람길숲 조성을 우선적으로 추진
 - 산림에서 생성된 양질의 공기를 주민생활공간으로 공급하는 통로로서 생활환경 개선을 위해 도시 내와 외곽 산림의 신선하고 깨끗한 공기를 도심으로 유도·확산
 - 바람길숲 조성은 ① 미기상 분석 ② 찬바람 유입 유도 ③ 오픈스페이스, 통풍숲 조성 ④ 통풍숲, 통로숲으로 가로수 역할 증대 등의 과정으로 추진 (산림청, 2018c: 4)
 - ① 대상지역에서 연평균 풍속, 풍향을 모니터링하여 주풍 방향을 분석하고, 폭염·혹서·대기 정체지역을 분석하여 핵심관리지역, 완충지역, 핵심보전지역 도출
 - ② 도시 외곽 산림의 찬바람유입숲(핵심보전지역)에 대한 효율적 조성 방안을 도출하고, 기존 도시 숲의 자연적 천이과정과 수계 등 블루인프라와의 연계를 고려
 - ③ 도시의 숲과 오픈스페이스의 상호작용을 통해 수평적 소규모 대기순환이 이루어져 대기정체를 해소할 수 있도록 조성
 - ④ 수관층(canopy)을 극대화하여 그늘을 만들고, 하층 최소 3m는 식생을 제거하여 수직적 소규모 대기순환이 나타나 대기정체를 해소할 수 있도록 조성
- 미세먼지 발생원, 도로 주변 등에 미세먼지를 흡착·흡수·차단할 수 있는 미세먼지 저감숲을 조성
 - 숲을 통과하는 동안 미세먼지의 농도 저감 효과를 극대화하기 위해 면적(잎 표면)이 넓은 수종을 복층·다층으로 조성
 - 수직(복층·터널), 수평(지그재그형) 구조의 숲을 조성하여 미세먼지 저감효과를 증대
 - * 가로수, 건축물 벽면·옥상 녹화와 연계해 시너지 효과를 제고
- 생활권으로의 미세먼지 확산을 차단하기 위해 도시숲 내 공기 흐름이 최소화 되도록 미세먼지 발생지역 주변 등에 차단숲을 조성
 - 숲을 통한 미세먼지 발생원과 생활권이 공간적으로 분리되는 것을 원칙으로 함
 - * 시화산업단지와 주거단지 사이에 조성된 완충녹지는 차단숲의 대표적인 사례

- 지진, 산사태, 폭염 등 재해가 발생하는 경우 주민들의 대피소 기능을 담당할 수 있는 개방형 숲을 조성
 - 강풍, 화재, 지진 등의 발생에 대비한 수종을 선택
 - * 인구, 위치 등을 고려해 기존의 도시숲을 보완·조성하고, 신규인 경우에는 재난방재 기능을 포함하여 설계·조성
 - 재난 발생 시 피난 동선, 피난 광장, 구호 시설 등의 기능을 고려해 조성
 - * 산사태의 경우 취약지역 가운데 조성 가능지역을 검토한 후에 조성 추진

미세먼지 차단을 위한 도시숲 조성 사례: 시화산업단지의 완충녹지

- 대기오염물질의 배출이 많은 산업단지에 조성된 도시숲은 미세먼지의 이동을 막아 주변 주거 지역의 미세먼지 농도를 낮추는데 효과가 있는 것으로 나타남 (산림청, 2018b)
 - 경기도 시화산업단지와 주거단지 사이에 조성된 완충녹지에서 측정된 국가 대기오염측정망 자료와 2018년 완충녹지* 주변에서 측정한 미세먼지 농도 변화를 종합해 분석한 결과에 의함
 - * 산업단지의 대기오염물질이 주거지역으로 확산되는 것을 방지하기 위해 조성하는 숲을 의미

■ 시화산업단지와 주거단지 사이에 조성된 완충녹지 전경 ■



자료 : 한국환경연구원, <한국향토문화전자대전>

- 도시숲이 조성되기 전(2000~2005년)에는 산업단지보다 인근 주거단지의 미세먼지 농도가 9% 높았지만, 도시숲 조성 후(2013~2017년)에는 주거단지의 미세먼지 농도($53.7\mu\text{g}/\text{m}^3$)가 산업단지 ($59.9\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 비해 12% 낮은 결과를 나타냄



- 이동성과 인체 위해성이 높은 초미세먼지 농도도 산업단지보다 주거지역의 농도가 17% 낮은 것으로 나타남
 - * 2018년 2월 시화산업단지 주변 주거지역의 초미세먼지 농도는 $21.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타낸 반면, 산업단지 내 초미세먼지는 $25.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타냄
- 완충녹지 조성 후 최근 3년 동안(2014~2017.6.) 미세먼지 농도가 ‘나쁨’ 단계($50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상)를 나타낸 날도 산업단지가 109일, 주거지역이 75일로 31% 낮아진 것으로 나타남
- 위와 같은 결과는 바닷가에 위치한 지역 특성에 따라 산업단지에서 주거지역으로 바람이 유입되는 경로에 ‘—’자 형태의 녹지대를 조성함으로써, 산업단지에서 발생한 미세먼지의 주거지역 유입을 감소시킨 효과로 분석

■ 시화산업단지 완충녹지 위치도 및 조성 전·후 항공사진 비교 ■



자료 : 산림청(2018b)

잠재적 도시숲 대상지의 적극 발굴

- 실효된 미집행 도시공원을 도시숲으로 조성
 - 도시숲 조성이 필요한 주요 거점 사유림에 대해서는 보전을 위해 매수 예산을 반영하거나 임대하여 도시숲으로 조성 추진
 - * 고비용 공원이 아닌, 보전적 성격의 저비용 도시숲 조성을 확대
- 산업단지에 방치된 숲의 생태적 건강성을 회복하고, 유휴부지를 활용해 숲을 조성하여 미세먼지 차단 등 환경을 개선
- 도시재생사업과 연계해 안정적으로 도시숲을 조성
 - 도시재생사업의 유형에 맞는 도시숲 모델을 개발하고, 이를 계획 단계부터 적용해 도시숲을 조성
- 폐기되는 철도·역사 부지, 군부대 이전지 등에 도시숲을 조성
 - 서울의 경의선 숲길, 광주의 푸른길공원, 포항의 그린웨이 등의 사례를 참조
- 도심 내 자투리 공간, 놀이터, 폐·공가, 옥상·벽면 등을 활용해 도시숲이 상대적으로 부족한 지역에 우선적인 조성을 추진

4. 어디서든 누구나 이용 가능한 도시숲의 조성

생활권도시림의 접근성 향상

- 지역주민들이 일상생활에서 자연스럽게 녹지를 접할 수 있도록 도시숲을 확대하고, 주변 환경을 고려해 특성에 맞게 배치
 - 주거지역과 학교, 도심 상업지역 등을 연결하는 보행 인프라 구축, 가로수 정비 및 가로 화단 등 조성

강원도의 특성을 반영한 지표의 적용 건의

- 이름이 ‘인구 1인당’으로 시작하는 지표는 인구밀도가 높은 지역에 유리하며, 인구가 적고 면적이 넓은 강원도에는 불리
 - 2017년 말 기준으로 강원도의 1인당 생활권도시림 면적은 약 20㎡로, 이는 유럽의 선진 도시 수준에 해당
 - 그러나 도시림 면적 대비 생활권도시림 면적 비율은 전국 17개 시·도 가운데 최저 수준을 나타냄
- 중앙정부의 정책 결정 과정에는 ‘1인당 생활권도시림 면적’의 지표가 활용되고 있어, 과소 지역에 해당하는 강원도에는 불리하게 작용
 - 1인당 생활권도시림의 면적이 넓다 하더라도 접근성이 좋지 않다면 이러한 면적의 수치는 의미가 없음
- 따라서 ‘도시림 면적 대비 생활권도시림 면적 비율’ 등과 같이 강원도의 현실을 반영할 수 있는 지표를 정책에 활용될 수 있도록 중앙정부에 건의할 필요가 있음

산림복지서비스 공간으로서의 도시숲 조성

- 도시숲 조성계획 수립 단계에서 특성에 맞는 산림복지 프로그램의 활용 방안을 검토·반영해 도시숲 조성
- 산림복지서비스 관련 법률에서 규정하는 시설 인정 기준에 부합하도록 도시숲을 조성
- 도심 내 일정 규모 이상의 산림지역을 대상으로 숲속야영장, 산림욕장 등을 조성
 - 실효된 미집행 도시공원 중 사유지의 난개발 방지를 위해 민간 숲속 야영장 조성을 유도
- 도시외곽 산림지역에 도시형 자연휴양림, 치유의 숲, 수목원 등을 조성
 - 그린벨트, 도시자연공원구역 내 산림 등을 활용



생활권 내 다양한 정원의 조성

- 우수한 민간정원의 발굴·홍보로 생활 속 정원문화를 확산시키고, 주민참여 거버넌스를 통해 공동체정원을 조성
 - 공동체정원은 거주 지역 등에 주민참여로 조성하여 소통공간으로 활용하고, 주거 환경의 정비로 정주여건을 개선
- 맑은 공기로 주민들의 활기찬 생활을 영위하고, 건강한 녹색도시를 위해 실내, 옥상, 벽면 정원을 조성
 - 옥상 벽면정원의 조성으로 대기정화, 열섬완화, 건축물 냉난방에너지 절감을 도모 하며, 관공서·공공기관 등 사후관리가 가능한 기관을 대상으로 지원
 - * 옥상 벽면정원은 오염물질 흡수, 기온 5°C 저감, 냉난방에너지 16.6% 절감의 효과가 있음
 - 공기정화력과 음이온 발생이 우수한 식물을 식재 지원
 - * 미세먼지, 포름알데히드, 일산화탄소는 규제 대상 오염물질로 식물에 의해 제거 가능

5. 지역주민과 함께하는 도시숲의 조성

도시숲 조성을 위한 민간 참여 확대

- 도시숲 조성을 위해 자생 민간단체를 체계화
 - 관 주도의 도시숲 조성에서 벗어나 민간의 이해관계를 조정하고 주민의 참여를 확대
- 민간이 주도하고 기업의 참여와 지자체가 지원하는 도시숲의 조성
 - 장기 미집행 도시공원의 실효문제에 대응하고 녹지의 난개발을 방지
- 지속가능한 도시숲 조성·관리를 위한 민·관 거버넌스 체계의 조직을 중간지원조직화
 - 도시숲 사업 전 과정에 참여해 사업의 위탁, 기업·주민의 기부 신탁(수탁)으로 도시 숲을 조성

- 산림탄소상쇄제도와 연계해 지역기업의 참여를 확대
 - 기업의 투자 정도에 따라 홍보·인센티브를 차별화해 참여를 유도

계획적인 도시숲 조성을 위한 지자체 차원의 노력

- 도시의 형태와 녹지의 규모 등을 고려해 시·군별로 종합적인 도시숲 마스터플랜을 수립
 - 지자체는 산림청이 마련할 예정인 <마스터플랜 수립을 위한 가이드라인>과 <도시림 기본계획>을 연계해 지역의 특성에 적합하게 설계
- 도시숲 네트워크 확대를 위한 도시숲 매뉴얼 마련
 - 바람길숲, 미세먼지 저감숲 등 새로운 유형의 도시숲 조성 방법 등 지속적인 보안을 통해 현행화
- 도시개발에 의한 녹지공간의 감소를 사전에 방지하기 위하여 시·군별로 도시숲의 적정 총량을 설정
 - 시·군별로 산림계획을 수립할 때 도시숲 총량계획을 포함하는 방안을 검토
 - * 도시숲 총량계획 제도의 도입 등과 관련하여 간담회를 개최하는 등 전문가의 의견을 수렴
- 도시숲 등 녹지의 보전과 생태적 건강성 유지를 위해 지자체 조례의 연계성을 강화
 - 시·군별로 특성에 맞게 도시숲의 조성·관리 및 지원 조례를 제·개정



Ⅱ 참고문헌 Ⅱ

- 강원도, 2018, <강원도 도시림 등 조성·관리계획: 2018-2027>.
- 곽노필, 2017, "세계 첫 수직숲도시 건설이 시작됐다", <한겨레신문>, 6.30.
- 관계부처합동, 2010, <한반도 생태축 구축방안>.
- 국립산림과학원, 2016, <시민참여형 도시숲 조성 및 관리사례 1>.
- 국립환경과학원, 2019, <대기환경연보 2018>.
- 국회예산정책처, 2019, <미세먼지 대응 사업 분석>.
- 김경하·김선화·박찬열·제선미·박은하·유소연·명관도·손승훈·조재형, 2016, <도시의 허파, 도시숲>, 국립산림과학원.
- 김도형, 2006, "지속가능한 과학단지 환경계획의 원리와 적용: 오송생명과학단지 개발사업을 사례로", <대한지리학회지> 41(6): 682-700.
- 김도형, 2013, "창조관광자원으로서 걷는 길 사업의 의미와 과제", <한국도시지리학회지> 16(1): 145-164.
- 김슬예, 2019, "용어풀이: 바람길", <국토> 452, 국토연구원.
- 대구광역시, 2011, <2020년 대구광역시 공원녹지기본계획>.
- 박찬열, 2018, "도시숲 연구 및 정책의 최근 동향과 시사점", <NIPOS 국제산림정책토포> 59, 국립산림과학원.
- 산림청, 2016, "도시숲! 도심보다 최대 3°C나 시원해요" (보도자료), 8.5.
- 산림청, 2017, "도시숲은 미세먼지 잡아먹는 하마" (보도자료), 5.30.
- 산림청, 2018a, <미세먼지 저감 및 품격 있는 도시를 위한 그린 인프라 구축방안>.
- 산림청, 2018b, "공장 주변 미세먼지도 '도시숲'이 잡는다" (보도자료), 4.11.
- 산림청, 2018c, "미세먼지 저감효과 큰 나무 심어 도시민 숨통 틔운다!" (보도자료), 11.26.
- 산림청, 2018d, <전국 도시림 현황 통계>.
- 산림청, 2019, <제2차 도시림 기본계획: 2018-2027>.
- 성선용·박준순·이상은·김선희, 2019, "미세먼지 저감을 위한 도시 내 바람길 도입 방안", <국토정책 Brief> 709, 국토연구원.
- 수원시, 2019, <미세먼지 저감 도시숲 조성 매뉴얼>.
- 엄정희, 2019, "바람길을 활용한 미세먼지 저감 국외 사례", <국토> 452, 국토연구원.
- 유영초 역, 2004, <세계의 환경도시를 가다>, 세계질.
- 육동한·정윤희·김경남, 2019, "더 나은 생활환경을 위한 강원 도시숲 조성 전략", <정책메모> 789, 강원연구원.
- 한국은행 강릉본부, 2018, "강원 영동지역의 인구 현황 및 시사점" (보도자료), 6.21.
- 환경부, 2006, <제2차 자연환경보전기본계획: 2006-2015>.
- 환경부, 2010, "한반도 '산~강~바다'를 잇는 생태네트워크 구축·관리" (보도자료), 11.10.
- 황영하, 2019, "중국, 세계 최초 식물로 뒤덮인 숲 도시 건설: 기후변화에 대응한 도시인의 미래 숲터가 될 것인가", <뉴스레터>, 기후변화센터, 3.14.
- 都市緑化技術開發機構, 2000, <都市のエコロジカルネットワーク: 人と自然が共生する次世代都市づくりガイド>.
- ぎょうせい: 이승은·홍선기(공역), 2002, <도시 생태네트워크 계획: 인간과 자연의 공생을 위한 생태도시 만들기 가이드>, 시그마프레스.
- Bennett, G., 1998, *The Paneuropean Ecological Network*.
- Diamond, J. M., 1975, "The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies of the Design of Natural Reserves", *Biol. Conserv.*, 7, 129-146.
- Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2012, *Städtebauliche Klimafibel: Hinweise für die Bauleitplanung*; 엄정희(2019)에서 재인용.