



## 基于自然的的城市挑战解决方案

### 背景

《前瞻研究简报》由联合国环境规划署出版，其目的是强调一个环境变化热点，介绍一个新兴的科学主题，或讨论一个当代环境问题。公众有机会了解不断变化的环境正在发生哪些变化，以及自己在日常生活中做出的选择会有什么样的后果，并思考未来政策的方向。联合国环境规划署第23期《前瞻研究简报》概述了在基于自然的解决方案的实施情况、有效性、其提供广泛而重要的生态系统服务的潜力方面，我们目前所掌握的知识。

### 摘要

气候变化最近成为城市化带来的众多长期社会挑战之一。应对这些挑战变得越来越紧迫，因为城市发展最为迅速。基于自然的解决方案（NbS）可以用来应对城市地区与气候变化有关的某些社会挑战，从而提高城市抵御气候变化的能力，改善城市居民的生活质量，并通过创建绿色空间来增加城市的生物多样性。在本简报中，我们重点讨论基于自然的解决方案在城市地区适应气候变化方面的潜力和应用。



© Shutterstock.com



## 导言



© Shutterstock.com

目前，地球上已经有一半的人口生活在城市地区，预测表明，到本世纪中叶，城市人口可能会占全球人口68%以上（联合国经济和社会事务部[UN DESA], 2018）。城市扩张消耗了大量自然资源，占用了巨大的空间，并导致宝贵的生态系统退化和破坏，从而使我们失去了生态系统所提供的众多惠益。如果我们不立即采取行动，这一趋势就可能继续下去，势必会加剧。

城市跟城市所在地区和周边地区环境条件会相互影响。在许多情况下，这些相互影响的范围确实很广，例如，许多通过水或空气传播的环境过程就是如此。近年来，全球范围内发生的气候变化又令重大环境压力和挑战骤然增多，迫切需要加以解决。

城市首当其冲地受到气候变化影响。事实上，城市处于减缓气候变化的前线战场。气温上升、热浪、极端降水事件、洪水和干旱，甚至周围农村地区荒漠化造成的沙尘暴，都在造成经济损失、社会动荡并影响人类福祉。这一点尤其重要，因为涌入城市

的大量人口往往居住在地势低、住房简陋的脆弱地区，增加了暴露的人数并加大了城市人口的整体脆弱性。

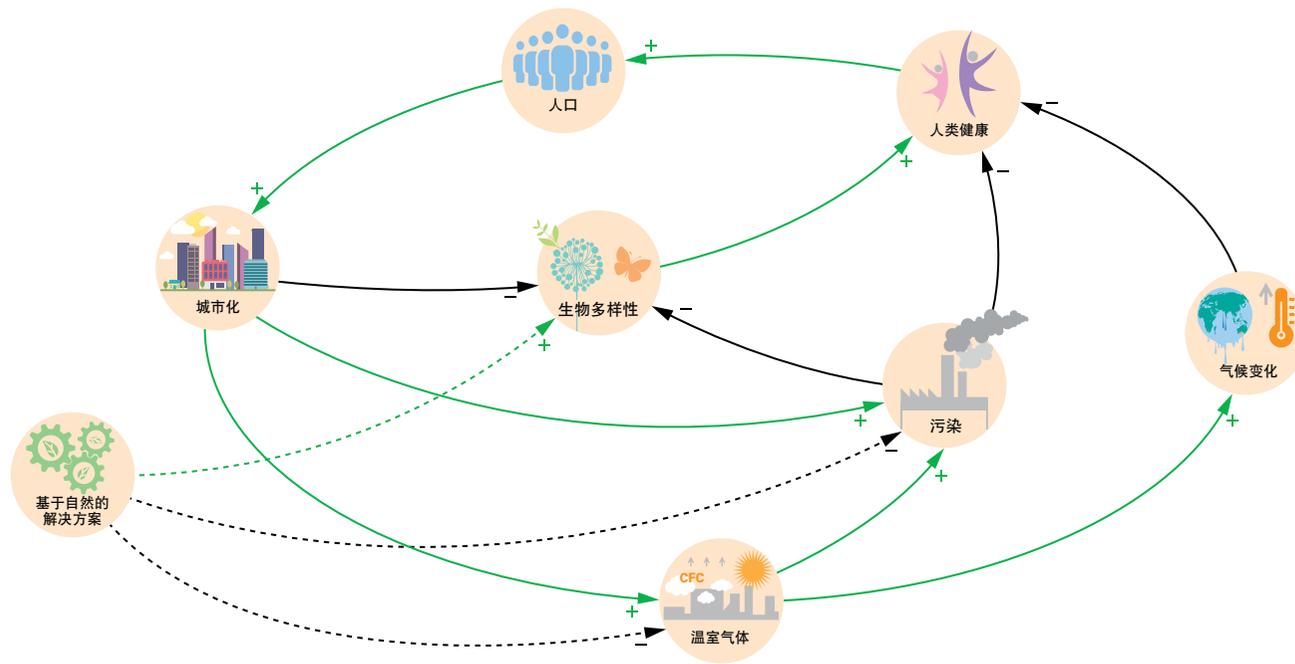
2019冠状病毒病疫情和相关的经济危机进一步凸显了我们与自然关系的极端重要性，因为病毒的出现与生态系统的持续破坏、野生物种的开发之间存在着联系（IPBES, 2020），同时疫情也推迟了与保护和恢复自然有关的紧急行动（UNEP, 2021）。

传统上，城市规划者以及土地和资源管理的从业者依靠传统工程来适应气候变化，但这种做法可能并不总是具有成本效益、充分或可持续的。为了以可持续的方式应对气候变化和城市化带来的社会挑战，应考虑将基于自然的解决方案作为人造技术的合理替代办法。

### Nbs定义

2000年代末，世界银行（世界银行，2008）和世界自然保护联盟（IUCN，2009）提出了基于自然的解

### 系统思维视角



人口增长导致城市化和城市增长，引起全球变暖加剧，产生温室气体和污染，以及生物多样性减少。这些反过来又对人类健康产生不利影响，从而减缓人口增长。基于自然的解决方案可以改善城市的生物多样性，也可以减少污染和温室气体，从而改善人类健康。(+)影响在同一方向上，(-)影响在相反的方向上。

决方案（NbS）这一概念，以强调生物多样性保护对减缓和适应气候变化的重要性。从那时起，NbS这一概念已经由多个行为体反复塑造，其适用范围已经超出了与气候有关的范围，现在也涵盖了其他目标和应用。

例如，世界自然保护联盟和欧盟委员会已经制定了各自的NbS定义。根据国际自然保护联盟的定义，NbS是指“保护、可持续管理和恢复自然或经改造的生态系统的行动，这些行动能有效地、适应性地应对社会挑战，同时给人类带来福祉和生物多样性惠益”（IUCN, 2016）。

欧盟委员会将NbS定义为“受到自然启发和支持，具有成本效益，同时提供环境、社会和经济利益，并有助于建立韧性”的解决方案。这种解决方案通过因地制宜、节约资源和系统性的干预，将越来越多样化的自然界特征及进程带入城市、陆地景观和海洋景观中（欧盟委员会, 2016）。

这两个定义虽然大体相似（它们的总体目标是通过有效利用生态系统和生态系统服务来应对重大社会挑战），但也存在一些重大差异。国际自然保护联盟的定义强调，管理良好或恢复良好的生态系统需要成为任何NbS的核心，而欧盟委员会的定义则略为宽泛，更加强调实际的实施阶段，即要应用的不仅是利用自然的解决方案，而且是受到自然启发和支持的解决方案。

无论方法有何不同，这两种定义都可以合并成一个功能概念或方法：充分利用和应用自然系统的潜力，造福人类。

根据国际自然保护联盟的指导意见（IUCN, 2020），一种解决方案要被认定为NbS，必须同时为生物多样性和人类福祉提供惠益。**因此，每一种解决办法都必须保持或加强生物多样性，否则一项行动就不能被归类为NbS。**

这种保护生物多样性的方法，即：恢复和可持续管理生态系统，造福人类和自然，是联合国的呼吁和2019年3月宣布的“生态系统恢复十年”（UN, 2019）的基础。这一重要的联合国倡议与其他主要多边环境国际协定以及与可持续发展、生物多样性保护和气候变化有关的联合国成果文件具有很强的相关性。特别是，它有助于实施《2030年可持续发展议程》、根据《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）通过的《巴黎协定》、《联合国防治荒漠化公约》（UNCCD）（UN, 1994）和《仙台减少灾害风险框架》（UNISDR, 2015）。联合国在《变革我们的世界——2030年可持续发展议程》（UN 2015）中也探讨了可持续城市发展、气候变化和生物多样性保护的关键方面，并分别体现在可持续发展目标11、13和15中，这些目标与实现“爱知生物多样性目标”和《生物多样性公约》（CBD）中制定的2020年后全球生物多样性框架（CBD 2020）直接相关。

NbS的概念已融入为人类福祉而保护、可持续利用和管理自然系统的其他概念和方法的更广阔图景中，即生态系统服务（ES）和绿色基础设施（GI）（Kabisch等人, 2016）。绿色基础设施（GI）是指一个精心策划的、由具有其他环境特征的自然和半自然区域组成的网络，其设计和管理旨在提供广泛的生态系统服务并保护农村和城市环境中的生物多样性（EC, 2012）。事实上，GI更应该被称为**绿色**



© Shutterstock.com

**和蓝色基础设施**，这样，各种淡水和海洋水生生态系统和依赖水的生态系统（如河流、湖泊、湿地、珊瑚礁、红树林、海草等）都被纳入其中，尽管它们显然只与部分城市有关。

生态系统服务（ES）是指生态系统对人类福祉所做的各种贡献（供应、调节、文化性质）（Haines-Young和Potschin, 2018）。

所有这些概念和方法都是在过去二十年中引入的，目的是从全球层面到现场一级，从最广泛的意义上加强自然在政策制定中的作用。

表1.NbS、GI和ES - 概念概述

概念	基于自然的解决方案	绿色基础设施	生态系统服务
根源/起源	新概念、定义仍在辩论/发展中 植根于气候变化的减缓和适应	这个概念大约已有20年的历史；最近才在欧洲出现；定义相当成熟，但也存在分歧。 植根于控制城市无序扩张、生态网络的创建，以及雨水管理	历史最悠久，定义已成熟，尽管仍有争议 植根于生物多样性保护
当前重点	应对多重社会挑战；生物多样性被视为解决方案的核心	广泛关注社会生态学，重点是景观建筑学和景观生态学	通过对自然提供的服务进行（经济）估价来保护生物多样性
治理重点	拥抱综合性和基于治理的方法	青睐参与性的规划进程	注重治理方面、参与性
在城市环境中的使用	从一开始就关注城市	成熟	城市生态系统最近才受到关注
在（规划）实践中的应用	仍需发展，但非常注重行动（解决问题）	非常成熟	部分成熟，但需要通过其他概念（如GI、NbS）进行实施

此外，已在使用的基于生态系统的适应和缓解（EbA）这一概念实际上可以被认为是NbS的一个组成部分，因为它特别涉及“以多部门和多尺度的方式，在减少社会面对气候变化的脆弱性时考虑到生态系统服务的适应政策和措施”。

上述各种概念和方法是共同发展的，在其范围和对自然的定义方面存在众多重叠。一方面，推出这些概念和方法是为了在人类主导的世界中更好地保护自然，特别是生物多样性。另一方面，利用自然被认为是补充、改善、甚至取代传统工程方法的一种选择，例如在雨水管理方面。因此，所有这些概念都明确地以人类利益为中心，旨在维护人类从自然

中获得的环境、社会和经济利益。此外，它们以解决问题为中心，需要跨学科和跨领域的方法。

### 为什么这个问题很重要？

气候变化大大加剧了城市化所带来的一系列原有的环境、经济和社会问题——因此，在城市地区，适应气候变化是工作的重中之重。事实证明，NbS为解决这一挑战非常有帮助。

#### 城市小气候

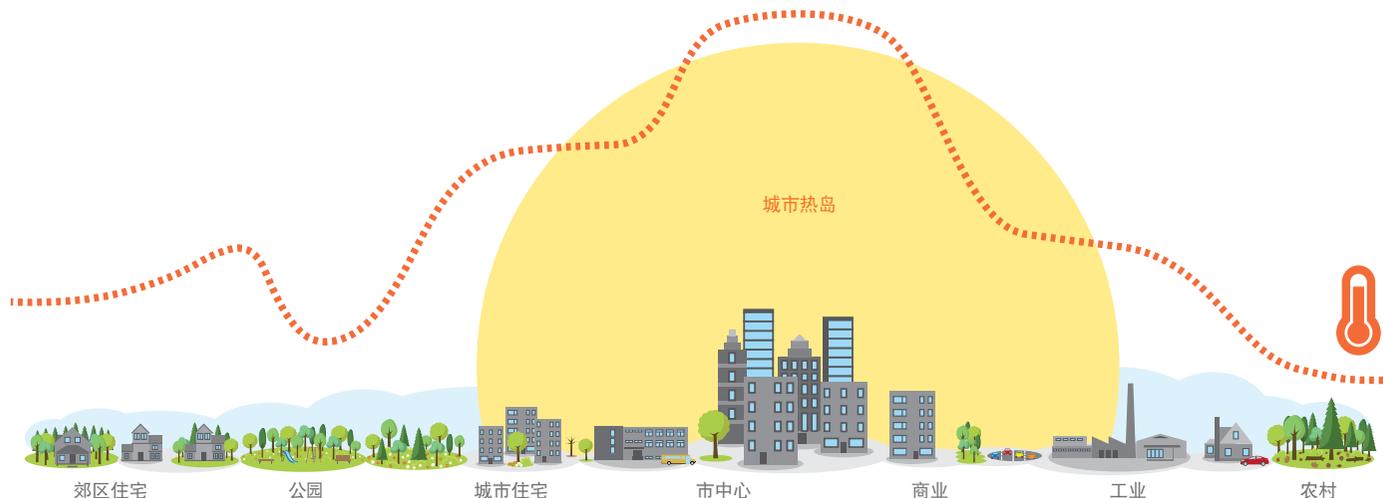
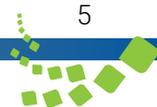
科学研究表明，气候变化可能对城市地区的小气候产生深远的影响和后果。在位于不同地理区域和气

候带的城市中，这些后果会有所不同。这里我们展示了欧洲城市地区的一些例子。

城市气温取决于全球的发展。在城市中，不断上升的全球气温得到了额外的城市衍生因素的补充和加强。由此产生的城市热岛（UHI）效应，被视为城市化的一个主要问题（Gago等人，2013）（图1）。对城市热岛效应有直接影响的城市化的主要参数如下：

- 暗色表面越来越多，如低反照率和高导热率的沥青和屋顶材料；
- 日益减少的植被表面和开放的可渗透表面，如有助于遮荫和蒸发的砾石或土壤；
- 人类活动释放的热量（许多额外的热量来源，如汽车、空调等），凝结在相对有限的区域。





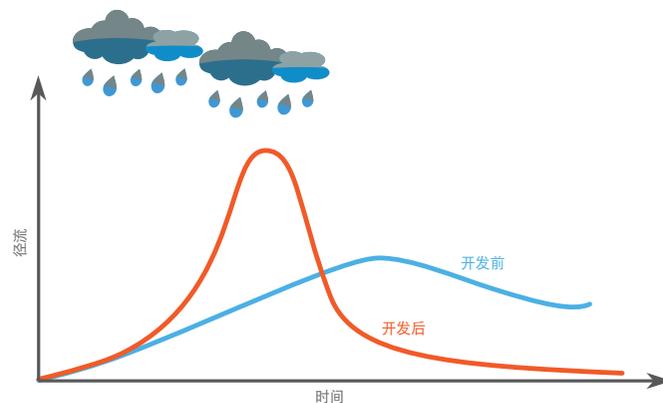
**图1：城市热岛效应减少**

资料来源：联合国环境规划署/全球资源信息数据库华沙中心

城市气候本身被认为会增加人们在高温时期所经历的热应力（Pascal等人，2005）。这是一个严峻的问题，因为据评估，1980年至2019年期间，欧洲发生的83次热浪导致超过14万人死亡，损失超过120亿美元（Harrington等人，2020）。

对城市气温的影响并不是气候变化对欧洲城市地区带来的唯一负面后果，因为气候变化还影响到欧洲城市的水文状况。多个模型指出夏季总降水量减少和风暴强度增加，并夹杂着干旱。高降水事件日益增加，加上欧洲城市化地区往往有大面积不透水表面，将导致出现大量的径流（图2）。结果，欧洲城市目前的城市排水系统将更频繁地超出其容量，造成经济损失，增加不适感，甚至丧失生命（Semadeni等人，2008）。矛盾的是，快速处理过量的雨水这一需求经常会造成另一个严重的问题，即雨水无效保留造成的干旱。因此，当务之急应该

是提高城市空间的保水能力，改善其用于各种用途的可用性（浇灌城市绿化或私人花园，或仅仅允许缓慢的蒸腾作用冷却周围空间），同时防止洪水。



**图2：城市化对径流的影响**

资料来源：联合国环境规划署/全球资源信息数据库华沙中心

## NbS的作用

在使城市气候“恢复”到更接近开发前的状态方面，植被可以发挥重要作用。包括以下：

- 研究表明，城市公园对整个城市有降温的作用，白天平均降温约为1°C，有迹象表明，较大的公园或其他有树木的系统有更强的降温效果（Bowler等人，2010）；
- 表面类型也会影响蓝色或绿色基础设施的降温效果。例如，水体的表面温度比植被区低，而植被区的表面温度又明显比街道和屋顶低（Leuzinger等人，2010）；
- 个别城市树木可以通过帮助减少城市热岛效应来影响城市气温。气候性能取决于树木的特征，如树木类型（针叶树/阔叶树）和树冠的形状和厚度，树冠稀疏、叶片大的树木降温能力更强（Leuzinger等人，2010）；
- 新类型的植被系统，如绿色屋顶和绿色墙壁，也可以改变城市地区的能量平衡（Enzi等人，2017）。这些系统的直接优势是，它们可以作为现有的蓝色和绿色基础设施的补充，并且可以利用通常不是绿色的空间（Enzi等人，2017）；
- 绿墙已被证明可以在炎热干燥的气候下将墙体（Cameron、Taylor和Emmett，2014）和街道峡谷的白昼温度降低近10°C（Alexandri和Jones，2008）；
- 绿色屋顶和其他植被已被证明对每年的雨水径流和峰值流量有很大的影响（Bengtsson 2005；Stovin等人，2013；Stovin，2010）。

通过树木减少城市热岛效应的过程如图3所示。



图3: 减少城市热岛效应



图4: 减少雨水径流



图5: 减少噪音

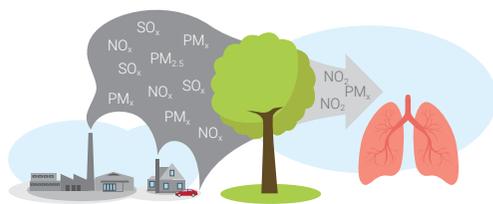


图6: 空气净化

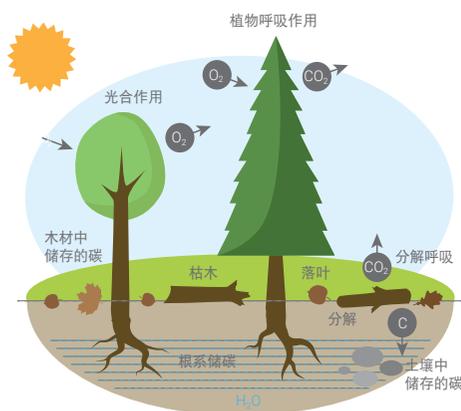


图7: 碳控制



图8: 美化



图9: 休闲

资料来源: 联合国环境规划署/全球资源信息数据库华沙中心

应当指出,除了支持适应气候变化之外,绿色基础设施还在城市地区提供了许多其他非常重要的生态系统服务。其中包括:减少噪音(图4)、减少雨水径流(图5)、空气净化(图6)、碳控制(图7)、美化(图8)和休闲(图9)。

以上提到的生态系统服务都能改善城市居民的生活质量,因此,在决定对NbS进行投资时,应该承认所有这些服务。

2019冠状病毒病疫情提供了一个强有力的新理由和论据,让我们认识到自然系统的价值——给我们带来众多身心健康益处,并总体上对人类的福祉产生积极影响(UNEP, 2021)。这对非城市和城市环境都是如此。

## 案例研究

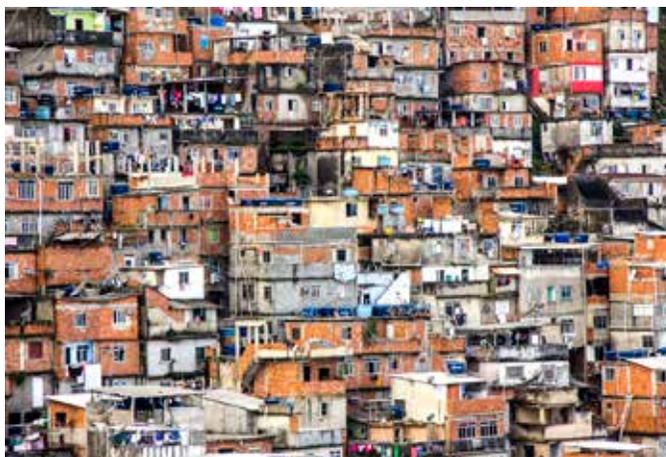
基于自然的解决方案可以帮助城市适应气候变化。城市当局和居民都越来越明白这一事实，因此往往把NbS纳入城市气候适应战略。下面我们介绍三个应用NbS方法缓解气候变化的城市案例研究（脚注<sup>1</sup>中还提到了另外一些例子）。这三个城市是里约热内卢（巴西）、伦敦（英国）和里斯本（葡萄牙）。它们的位置如下图所示（图10）。



资料来源：联合国环境规划署/全球资源信息数据库华沙中心

### 里约热内卢

里约热内卢为热带气候，温度极高，在城市的北部地区产生了尤其有害的影响，因为那里几乎没有绿地，低收入人口生活在临时搭建的、往往被边缘化的社区（贫民窟）。为了解决这一问题，在位于人口稠密的阿拉拉贫民窟的一个住宅开展了一个试点项目。以一种具有成本效益和资源效率的方式，将现有的36平方米波浪形纤维水泥瓦屋顶改成了绿色屋顶。对植被覆盖的屋顶和相邻的光秃秃的对照屋



**图11：**在里约热内卢贫民窟建筑物密集和铺砌面积较大的中心地带，一年四季气温极高，绿色屋顶可以发挥很大的作用。

资料来源：Freepik

顶进行的温度监测显示，在白天最热的时候，有绿色屋顶的房子室内温度甚至低了20°C！雨水径流减少，雨水过滤得到改善，也都得到了证实。该项目表明，可以而且应该在贫困社区建造绿色屋顶，这种轻量级解决方案成本低、维护工作量少，可以降低室内温度，减少城市热岛效应和雨水径流，大幅改善低收入社区的生活质量（图11）（Oppla, 2020a）。

### 伦敦

1968年，伦敦南部刘易舍姆的夸基河洪水泛滥，淹没了刘易舍姆的中心，深度超过1米。最近还发生了更多的洪水。该项目的目的是采用防洪和减轻洪水风险的措施，同时确保城市绿地不受损失。以前的防洪措施包括建造混凝土防洪渠和防洪墙，而现在的计划是进一步升高这些防洪渠和防洪墙。这将导致许多珍稀古树消失。由于当地人强烈抵制防洪

渠和防洪墙，因此实施了NbS替代方案——即在住宅花园里设计缩进式防洪设施，并辅以增加附近萨克利夫公园的洪泛区面积并提高滞洪区的存储能力（图12）（Oppla, 2020b）。



**图12：**伦敦萨克利夫公园——形成蓄水池的工程景观。夸基河洪水缓解计划。

资料来源：www.alamy.com

### 里斯本

通过创建绿色走廊来连接绿色空间，一直是里斯本的一个主要优先事项。最好的例子是“主绿色走廊”，通过爱德华七世公园连接孟山都森林公园和市中心（图13）。此外，目前正在开发的Eixo Central改造项目表明，种植行道树和打造绿色区域可以产生协同增效，并改善现有的灰色基础设施。这有助于减少车辆交通量，给行人和骑自行车的人留出更多空间。这些空间绿化后，就有可能改善生态连接，并有助于控制空气污染。行道树使城市更有吸引力，能更好地连接绿色区域，并为行人和骑自行车的人提供荫凉。里斯本还根据绿色计划，成立了一个工作组，以促进和加强城市农业，这也是

<sup>1</sup> 例如：  
1) <https://cityadapt.com/en/>  
2) [www.unep.org/explore-topics/climate-change/what-we-do/climate-adaptation/ecosystem-based-adaptation/ecosystem-13](http://www.unep.org/explore-topics/climate-change/what-we-do/climate-adaptation/ecosystem-based-adaptation/ecosystem-13)



图13: 里斯本历史中心的绿地  
资料来源: Freepik

欧盟2020年生物多样性战略 (Oppla, 2020c) 中强调的一个发展趋势。



© Shutterstock.com

### 政策影响和融资选择

基于自然的解决方案改善了人类福祉。同样，有一些具有成本效益的解决方案，其收益大于成本。已知许多成功应用NbS来代替硬性基础设施的例子 (Jones等人, 2012; Chausson等人, 2020)。

公共财政视角与成本效益视角不同。突出的问题是该项目将对公共预算产生什么影响。问题在于实际现金流，而不是成本和收益。从这个角度来看，公共行为体由于预算有限，因此对适应类的投资感兴趣。

为了确保自然系统的完整性和稳定性，不被那些青睐短期收益、但损害自然系统为子孙后代提供服务的能力的做法所破坏，这类投资至关重要 (IUCN, 2020)。在探索利用城市NbS投资的选择和方法时，以下三点值得考虑。

### 协同规划

首先，NbS是多功能的，需要**跨行业和跨部门的规划程序**，这样才有可能平衡各种不同的既得利益。考虑到NbS的各种不同应用，须获得不同的资金并将其用于各自的投资项目。一个假想的例子是建造有吸引力的绿色空间，并提供娱乐休闲服务。公共卫生研究表明，这类城市绿地也有助于对健康产生积极影响 (Naturkapital Deutschland - TEEB DE, 2016)。另一个例子是利用城市湿地来预防洪水风险 (同上)。这些NbS不仅可以由环境部门提供资金，还可以由卫生部门或市政水务部门提供资金。因此，每个受影响部门的“投资回报”越明确，各自的决策者就越有可能投资于这种“新颖”和创新的解决方案，以取代众所周知的城市规划。

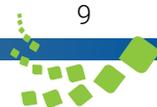
所需的信息可以通过科学研究提供，也可能包含在行政评估方法中，如扩展到环境层面的成本效益分析 (Hanley和Barbier, 2009; Hansjürgens, 2004) 或多标准分析 (Janssen 2001; Tsianou等人, 2013)。

### 让私营部门参与公私伙伴关系

其次，**公私伙伴关系**可使城市决策者形成联盟，为NbS投资创造有利的环境。市民、当地企业，甚至可能是大型企业，都可能有兴趣创建公园、保护区、城市森林、清洁的流域，以及一个普遍对居民友好的宜居城市。特别是在多个城市有分支机构的大型企业更喜欢那些有良好生活条件的城市，因为这有助于它们吸引高素质人才。这为参与此类发展甚至在财政上支持此类发展开启了全新的机会。利益攸关方越是通过网络和协会组织起来维护和宣传他们的利益，例如，保护农田和森林 (Bryant, 2006)，就越有可能成功地将这些土地使用追求与住房开发等其他土地使用利益相平衡。生态系统服务付费 (PES) 等专项计划可以保护重要的公共服务区域 (Szkop、Sylla和Wiśniewski, 2018)。例如，秘鲁出台了一项法律，使市政当局能够对上游社区的当地利益攸关方进行经济奖励，以赞赏他们对流域的妥善管理，从而确保为城市居民持续提供水文生态系统服务。这一机制被视为改善上游社区和下游城市用水户的水质和水安全的机会 (Jenkins、Gammie和Cassin, 2016)。例如，针对在运营中需要充足的清洁水供应的城市企业，可以采用类似的机制。

### 与国家财政系统整合

第三，**在一个国家的财政体系中适当地整合生态公共职能**，可能有助于推动和加强NbS在城市地区的



实施。不仅要通过税收或基于限额-交易的发展权机制等财政机制为私人土地使用者提供激励措施，而且还要从本质上激励自然。公共当局的亲和投资行为可成为政策组合中一种运作良好但尚未为人所知的补充。例如，可以提供保护地役权，政府借此向私人土地所有者减免税收，以换取将其土地转化为私人保护区。这可以用来针对流域管理——但也可以在其它情况下采用，如旅游业——以改善生态系统服务的供应。这一方法已经在南非（Stevens, 2018）和哥斯达黎加（Szkop、Sylla和Wienthiewski, 2018）进行了试验。事实表明，将生态指标纳入市政财政转移支付，可以激励相关政府创建更多的保护区（Sauquet、Marchand和Féres, 2014; Droste等人, 2015; Ring, 2008）。根据这一指标，城市绿地及其生态公共功能可以通过生态财政转移机制得到支持。例如，这种激励将

通过以下方式发挥作用：如果一个城市的人均绿地只有达到一定数量才能获得一部分财政转移支付，那么该城市投资一定数量的资金来保证这种额外收入，才可能获利。

最后，2019冠状病毒病疫情证明了生物多样性退化与人类福祉之间存在关联。这场疫情带来了可怕的后果，影响了整个经济，并给卫生和公共事业系统带来了巨大的负担。人们相信，可以尝试将包括NbS在内的无害环境的财政改革作为疫情后恢复工作的一个关键组成部分（UNEP, 2021）。我们还应该注意到，生态安全、环境标准、绿色基础设施和生态系统服务等概念已被列为各种“重建更美好的家园”战略的主要原则，这些战略的目的是在今后发生的全球性灾害面前保护我们的未来。

## 结论

以上几点强调了支持NbS投资的潜在途径。存在诸多不同的杠杆点，并且连贯的政策必须以政策组合的形式考虑清楚（Ring和Barton, 2015）。此外，这些投资有不同的资金来源：市政预算、公共-私人资金或财政转移资金。因此，没有放之四海而皆准的灵丹妙药，而只有一个工具箱，里面装满可能合适的工具，可以在不同的情况下用来取得或大或小的成功。今后，在世界不同地区将进行更多更深入的案例研究，也将为以上政策建议提供更好的证据。



© Shutterstock.com

## 致谢

本简报主要是根据以下专题论文1/战略2/指导原则3编写的：

- 1) Kabisch N., Korn H., Stadler J., Bonn A. 2017. 基于自然的城市地区适应气候变化的解决方案——科学、政策和实践之间的联系
- 2) UNEP. 2019. 联合国生态系统恢复十年（2021-2030年）
- 3) Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C., Maginnis S. 2016. 应对全球社会挑战的基于自然的解决方案。

在上述主要出版物中引用的具体参考资料，以及本简报正文中直接引用的参考资料都列在参考文献列表中。

## 作者

Zbigniew Szkop博士、Monika Szweczyk博士和Piotr Mikołajczyk博士（都在波兰的联合国环境规划署/全球资源信息数据库华沙中心）。

## 联合国环境署审稿人

Lis Mullin Bernhardt, Bryce Bray, Angeline Djampou, Magda Biesiada, Jane Muriithi, Virginia Gitari和Samuel Opiyo。

联合国环境规划署前瞻研究简报小组：Alexandre Caldas, Sandor Frigyi, Audrey Ringler, Erick Litswa, Pascil Muchesia

## 联系方式

unep-foresight@un.org

## 免责声明

任何地图上所用名称及其材料的编排格式并不意味着联合国秘书处对任何国家、领土、城市或其当局的法律地位，或对其边界或界限的划分表示任何意见。

© 地图、照片和插图来源请参照说明。

## 参考文献

Alexandri, E. and Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* 43(4), 480-493. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>

Bengtsson, L. (2005). Peak flows from thin sedum-moss roof. *Hydrology Research* 36(3), 269-280. doi: <https://doi.org/10.2166/nh.2005.0020>

Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M. and Pullin, A.S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning* 97(3), 147-155. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>

Bryant, M.M. (2006). Urban landscape conservation and the role of ecological greenways at local and metropolitan scales. *Landscape and Urban Planning* 76(1-4), 23-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.09.029>

Cameron, R.W., Taylor, J.E. and Emmett, M.R. (2014). What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Building and Environment* 73, 198-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.005>

Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C.A.J., Kapos, V., Key, I., Roe, D., Smith, A., Woroniecki, S., Seddon, N. (2020). Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, 26(11): 6134-6155. doi: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15310>

Convention on Biological Diversity (2020). *Zero Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework, Version 6, January 2020, Updated 17 August 2020*. CBD/POST2020/PREP/2/1 <https://www.cbd.int/doc/c/3064/749a/0f65/ac7f9def867074eefa/post2020-prep-02-01-en.pdf>

Droste, N., Lima, G., May, P. and Ring, I. (2015). Ecological fiscal transfers in Brazil—incincentivizing or compensating conservation?. *11th International Conference of the European Society for Ecological Economics (ESEE)*. Leeds. <https://conferences.leeds.ac.uk/eese2015/wp-content/uploads/sites/57/2015/10/0718.pdf>

Enzi, V., Cameron, B., Dezsényi, P., Gedde, D., Mann, G. and Pittha, U. (2017). Nature-Based Solutions and Buildings—The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity. In *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Cham: Springer, 159-183 <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/27761/1/002244.pdf?sequence=1#page=163>

European Commission (2012). *Green infrastructure (GI)—enhancing Europe's Natural Capital* <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/green-infrastructure-gi-2014-enhancing>

European Commission (2016). *Nature-based Solutions: Nature-based Solutions and How the Commission Defines Them, Funding, Collaboration and Jobs, Projects, Results and Publications* [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en) (Accessed: 20 February 2020)

Gago, E.J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R. and Ordoñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25, 749-758. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure* <https://ices.eu/resources/> (Accessed: 2 November 2020)

Hanley, N., Barbier, E.B. and Barbier, E. (2009). *Pricing nature: cost-benefit analysis and environmental policy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing

Hansjürgens, B. (2004). Economic valuation through cost-benefit analysis—possibilities and limitations. *Toxicology* 205(3), 241-252. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2004.06.054>

Harrington, L.J. and Otto, F.E. (2020). Reconciling theory with the reality of African heatwaves. *Nature Climate Change* 10(9), 796-798. doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0851-8>

International Union for Conservation of Nature (2009). No time to lose – make full use of nature-based solutions in the post-2012 climate change regime. *Fifteenth Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP15)* Copenhagen, Denmark, 7th – 18th December. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/iucn\\_position\\_paper\\_unfccc\\_cop\\_15\\_1.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/iucn_position_paper_unfccc_cop_15_1.pdf)

International Union for Conservation of Nature (2016). *Defining Nature-based Solutions - Resolution WCC-2016-Res-069-EN*. *World Conservation Congress* Honolulu, Hawaii, 6-10 September. [https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC\\_2016\\_RES\\_069\\_EN.pdf](https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf)

International Union for Conservation of Nature (2020). *Guidance for Using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: A User-friendly Framework for the Verification, Design and Scaling up of Nature-based Solutions - First Edition*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-021-En.pdf>

Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2020). *Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Daszak, P., Amuasi, J., das Neves, C. G., Hayman, D., Kuiken, T., Roche, B., Zambrana-Torrel, C., Buss, P., Dunderova, H., Feyerholtz, Y., Földvári, G., Igbinoza, E., Junglen, S., Liu, Q., Suzan, G., Uhart, M., Wannous, C., Woolston, K., Mosis Reidl, P., O'Brien, K., Pascual, U., Stoett, P., Li, H., Ngo, H. T., IPBES secretariat, Bonn, Germany. doi: [10.5281/zenodo.4147317](https://zenodo.org/record/4147317)

Janssen, R. (2001). On the use of multi-criteria analysis in environmental impact assessment in The Netherlands. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 10(2), 101-109. doi: <https://doi.org/10.1002/mcda.293>

Jenkins, M., Gammie, G. and Cassin, J. (2016). Peru Approves New Innovative Environmental Policies. *Viewpoints: A Forest Trends Blog*. <https://www.forest-trends.org/blog/peru-approves-new-innovative-environmental-policies/>

Jones, H.P., Hole, D.G. and Zavaleta, E.S. (2012). Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change* 2(7), 504-509. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate1463>

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Haase, D., Knapp, S., Korn, H. and Stadler, J. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2). doi: <https://www.jstor.org/stable/26270403>

Leuzinger, S., Vogt, R. and Körner, C. (2010). Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology* 150(1), 56-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.08.006>

Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2016). *Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit Schützen und Lebensqualität Erhöhen*. Kowarik, I., Bartz, R. and Brenck, M. (eds.). Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Berlin

Oppla (2020a). *Favela green roof*. <https://oppla.eu/casestudy/2019> (Accessed: 2 November 2020)

Oppla (2020b). *London - NBS for a leading sustainable city*. <https://oppla.eu/casestudy/19456> (Accessed: 2 November 2020)

Oppla (2020c). *Lisbon: Nature-based Solutions (NBS) Enhancing Resilience through Urban Regeneration*. <https://oppla.eu/lisbon-nature-based-solutions-nbs-enhancing-resilience-through-urban-regeneration> (Accessed: 2 November 2020)

Pascal, M., Laaidi, K., Ledrans, M., Baffert, E., Caserio-Schönemann, C., Le Tertre, A., Manach, J., Medina, S., Rudant, J. and Empereur-Bissonnet, P. (2006). France's heat health watch warning system. *International Journal of Biometeorology* 50(3), 144-153. doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0003-x>

Ring, I. (2008). Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers: the case of the ecological ICMS in Brazil. *Land Use Policy* 25(4), 485-497. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.11.001>

Ring, I. and Barton, D.N. (2015). Economic instruments in policy mixes for biodiversity conservation and ecosystem governance. In *Handbook of Ecological Economics*. Martínez-Alier, J. and Muradian, R. (eds.). Edward Elgar Publishing, chapter 17, 413-449

Sauquet, A., Marchand, S. and Féres, J.G. (2014). Protected areas, local governments, and strategic interactions: The case of the ICMS-Ecológico in the Brazilian state of Paraná. *Ecological Economics* 107, 249-258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.09.008>

Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G. and Gustafsson, L.-G. (2008). The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Suburban stormwater. *Journal of Hydrology* 350(1-2), 114-125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.11.006>

Stevens, C. (2018). Biodiversity Tax incentives for South Africa's Protected Area Network. *Panorama Solutions for a Healthy Planet*, 16 August <https://panorama.solutions/en/solution/biodiversity-tax-incentives-south-africa-protected-area-network> (Accessed: 2 November 2020)

Stovin, V. (2010). The potential of green roofs to manage urban stormwater. *Water and Environment Journal* 24(3), 192-199. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2009.00174.x>

Stovin, V., Poë, S. and Berretta, C. (2013). A modelling study of long term green roof retention performance. *Journal of Environmental Management* 131, 206-215. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.026>

Szkop, Z., Sylla, M. and Wiśniewski, R. (2018). Payment for Ecosystem Services as a potential remedy for market failures. In *Sociology of the Invisible Hand*. Warsaw: Peter Lang

Tsianou, M.A., Mazaris, A.D., Kallimanis, A.S., Deligiorgi, P.-K., Apostolopoulou, E. and Pantis, J.D. (2013). Identifying the criteria underlying the political decision for the prioritization of the Greek Natura 2000 conservation network. *Biological Conservation* 166, 103-110. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.06.021>

United Nations (1994). *Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, particularly in Africa*. A/AC.241/27. [https://digitallibrary.un.org/record/174569/files/A\\_AC-241\\_27-EN.pdf](https://digitallibrary.un.org/record/174569/files/A_AC-241_27-EN.pdf)

United Nations (2015). *70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development - Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015*. A/RES/70/1. [https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A\\_RES\\_70\\_1\\_E.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf)

United Nations (2019). *73/284. United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021-2030): Resolution adopted by the General Assembly on 1 March 2019*. <https://undocs.org/pdf/symbol/en/A/RES/73/284>

United Nations Department of Economic and Social Affairs (2018). *World Urbanization Prospects 2018* <https://population.un.org/wup/> (Accessed: 2 November 2020)

United Nations Environment Programme (2021). *Adaptation Gap Report 2020*. <https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2020>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. [https://www.preventionweb.net/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)

World Bank (2008). *Biodiversity, Climate Change, and Adaptation: Nature-based Solutions from the World Bank Portfolio*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6216>

\* 2021年4月30日更新



如要在线阅读本期和往期联合国环境规划署《前瞻研究简报》和下载简报，请访问  
<https://wesr.unep.org/foresight>