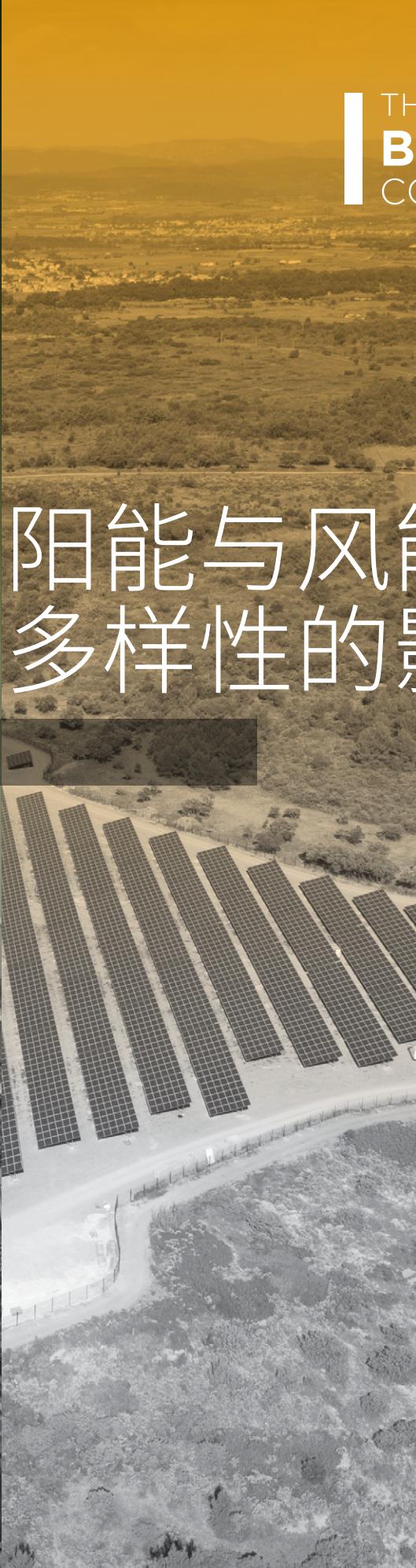




THE
BIODIVERSITY
CONSULTANCY

减缓太阳能与风能开发对生物多样性的影响

综合摘要



IUCN GLOBAL BUSINESS AND BIODIVERSITY PROGRAMME



Partnership for
nature and people



The Nature
Conservancy



关于世界自然保护联盟 (IUCN)

IUCN是一个由政府和民间社会组织组成的会员联盟。IUCN为政府,私营部门和非政府组织等提供可以促进人类进步,经济发展与自然保护和谐共生的知识和工具。

IUCN创建于1948年,利用其1,400个会员组织和约15,000名专家的知识,资源和影响力,如今已成为世界上规模最大,最多样化的环境网络。IUCN是全球领先的自然保护数据,评估和分析服务提供者。IUCN的广大的会员网络使其成为最佳实践,工具和国际标准的孵化器和权威的知识库。

IUCN提供了一个中立的空间,让政府、非政府组织、科学家、企业、地方社区,原住民组织等利益相关方可以和其他组织一起共同努力,为环境挑战提供解决方案以实现可持续发展。

www.iucn.org
twitter.com/IUCN/

关于生物多样性咨询服务公司 (英国)

生物多样性咨询服务公司是一家生物多样性风险管理专业咨询公司,与行业领先的客户合作,将自然环境纳入商业决策,并制定切实可行的环境解决方案,对大自然产生积极影响。本公司提供技术和政策专业知识,以便在项目层面管理生物多样性影响,并支持企业创造自然环境恢复的机会。

公司承接全球一流企业的战略咨询服务,引领2020年后企业战略、生物多样性指标、科学目标和可持续供应链的发展,专业涉及水电、太阳能、风能和地热等可再生能源领域,专注于解释和应用国际金融保障措施。

www.thebiodiversityconsultancy.com/
www.linkedin.com/company/thebiodiversityconsultancy
twitter.com/TBCbiodiversity

减缓太阳能与风能开发 对生物多样性的影响

综合摘要

本书使用的地理实体表达和内容叙述方式并不代表世界自然保护联盟对任何国家、领土或地区的法律地位、政权、边界的意见。本出版物中表达的观点不代表世界自然保护联盟的观点。

IUCN衷心感谢提供核心资金的框架伙伴的支持：丹麦外交部；芬兰外交部；法国政府和法国开发署(AFD)；韩国环境部；挪威发展合作署(Norad)；瑞典国际开发合作署(Sida)；瑞士发展与合作署(SDC)；和美国国务院。

此次出版得益于法国电力集团(EDF)、葡萄牙能源公司(EDP)和壳牌集团的资助。

IUCN对本书翻译中可能出现的错误或遗漏不承担任何责任。如翻译与原文有差异，请参阅英文版。英文版报告为 *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Synthesis and key messages* (2021). Published by: IUCN, Gland, Switzerland. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.06.en>.

出版方: 瑞士格兰德 世界自然保护联盟(IUCN)；英国剑桥 生物多样性咨询服务公司

版权: © 2021 IUCN, 世界自然保护联盟

© 2021 世界自然保护联盟, 中文版

在原文得到充分认可的情况下，本出版物可用于教育或其他非商业目的，而无需经版权所有者事先书面许可。未经版权所有者的事先书面许可，本出版物禁止转售或用于其他商业目的。

引用: Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., Carbone, G., (2021). 减缓太阳能与风能开发对生物多样性的影响(综合摘要) 瑞士 格兰德:IUCN;英国 剑桥生物多样性咨询服务公司

减缓太阳能与风能开发对生物多样性的影响(综合摘要)全文下载地址: <https://doi.org/fw2c>

ISBN: 978-2-8317-2130-9 (PDF)

DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.06.zh>

封面照片 © EDF Renewables (left), © EDF Renewables (middle), © Shell (right)

中文编译: 胡婧 杨洋 胡俊涛 杨方义

设计与排版 Imre Sebestyén, jr / Unit Graphics

获取渠道: IUCN (International Union for Conservation of Nature)
Global Business and Biodiversity Programme Rue Mauverney 28
1196 Gland Switzerland
Email: biobiz@iucn.org
www.iucn.org/resources/publications

目录

前言	iv
综合摘要介绍	vi
致谢	vii
1. 可再生能源与生物多样性	1
2. 项目开发方主要考虑因素	2
3. 良好减缓措施的首要原则	7
4. 设定恰当的生物多样性目标	9
5. 项目影响与减缓方法综述	10
6. 《指南》使用说明	12
参考文献	13

前言

当今，我们的地球面临着气候变化与生物多样性丧失的双重危机，而且二者相互关联。人类活动，尤其是燃烧化石燃料和毁林，已破坏地球气候系统。与此同时，生物多样性以前所未有的速度丧失。人类活动已使四分之三的地表遭到严重破坏，100万物种濒临灭绝的危险。

这两种危机具有相通性：气候变化是生物多样性丧失的重要诱因，而生物多样性的丧失则会加剧气候危机。

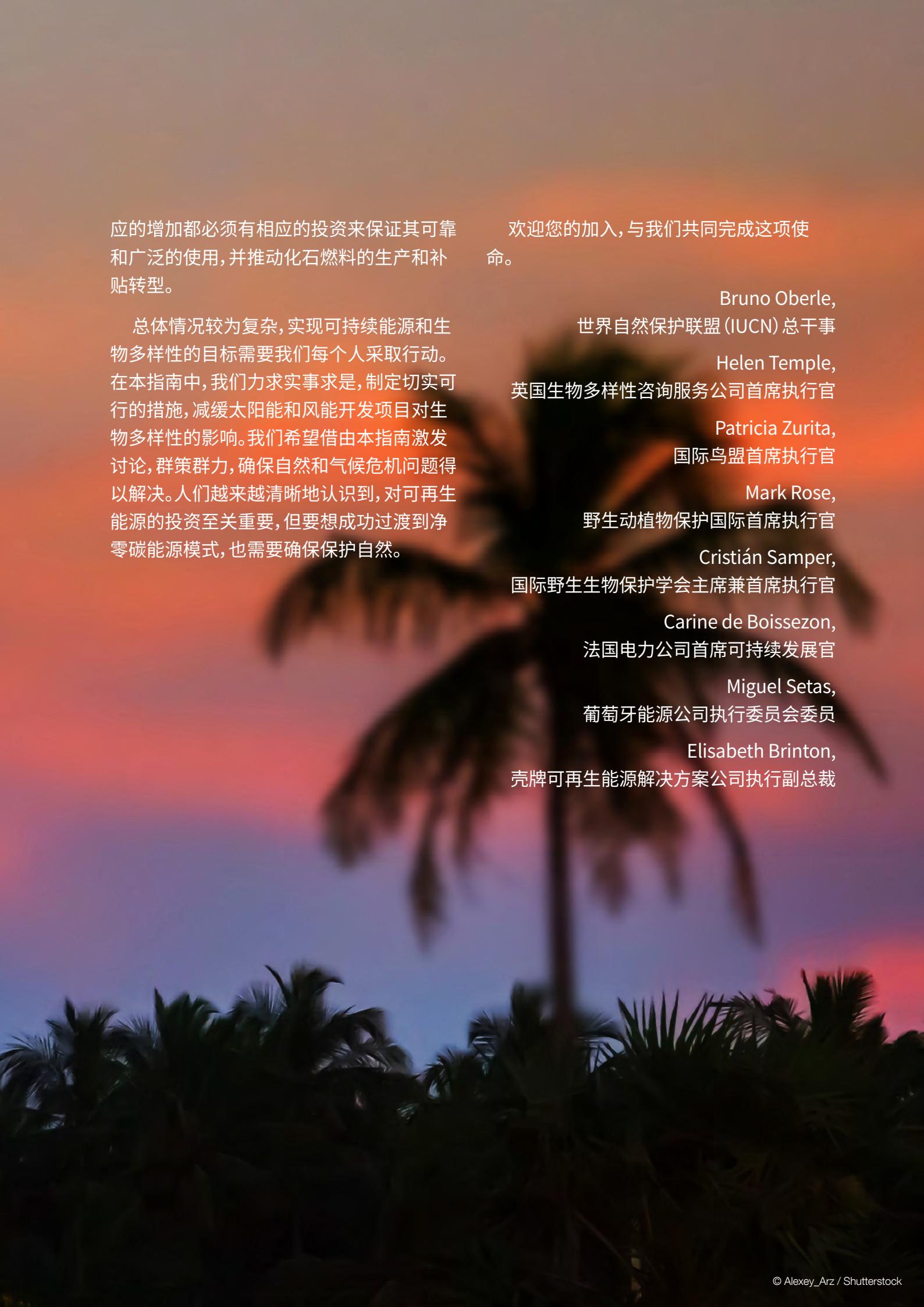
为将全球升温控制在1.5摄氏度以内，并避免气候变化引发最具灾难性的后果，到2050年，人类须实现二氧化碳净零排放。使用可再生能源是减少二氧化碳排放最有效、最易行的方法之一。将可再生能源（主要取自风能和光伏太阳能）与更多替代化石燃料的电气化技术相结合，可实现四分之三的能源减排量要求。然而，如管理不善，可再生能源领域的扩张可能会导致生物多样性进一步丧失，使人类赖以生存的生态系统服务中断。例如，太

阳能和风能开发往往破坏野生动物栖息地，使之碎片化，而提取可再生能源技术所需的原料会带来巨大的生物多样性风险。

因此，向有利于自然保护的可再生能源过渡至关重要，而这种转变同时要避免损害自然保护。这种过渡得以实现的前提是在规划与实施的每个阶段得到所有相关决策者的支持。政府需尽早识别可再生能源项目对自然造成负面影响的风险，并采取恰当的应对措施，如保护未开发地区免受开发影响。金融机构可在发放贷款和投资时附上相关的保障措施，能源企业应在所有项目的整个生命周期内规避、最大限度减少、恢复及中和项目开发对生物多样性的负面影响。如果我们要通过可再生能源实现净零排放，还需应用新的能源技术，进而提高能源消耗的效率，并整合循环经济原则。

此外，应认识到能源是一项基本人权，也是减贫不可或缺的一部分，全世界所有人都有权利获得“清洁”电力。任何可再生能源供





应的增加都必须有相应的投资来保证其可靠和广泛的使用，并推动化石燃料的生产和补贴转型。

总体情况较为复杂，实现可持续能源和生物多样性的目标需要我们每个人采取行动。在本指南中，我们力求实事求是，制定切实可行的措施，减缓太阳能和风能开发项目对生物多样性的影响。我们希望借由本指南激发讨论，群策群力，确保自然和气候危机问题得以解决。人们越来越清晰地认识到，对可再生能源的投资至关重要，但要想成功过渡到净零碳能源模式，也需要确保保护自然。

欢迎您的加入，与我们共同完成这项使命。

Bruno Oberle,
世界自然保护联盟 (IUCN) 总干事

Helen Temple,
英国生物多样性咨询服务公司首席执行官

Patricia Zurita,
国际鸟盟首席执行官

Mark Rose,
野生动植物保护国际首席执行官

Cristián Samper,
国际野生生物保护学会主席兼首席执行官

Carine de Boissezon,
法国电力公司首席可持续发展官

Miguel Setas,
葡萄牙能源公司执行委员会委员

Elisabeth Brinton,
壳牌可再生能源解决方案公司执行副总裁

综合摘要介绍

世界自然保护联盟 (IUCN) 和英国生物多样性服务咨询公司 (TBC) 于2021年联合发布《减缓太阳能和风能开发对生物多样性的影响指南》(Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development, 下文简称为《指南》), 本综合摘要报告对《指南》涉及主题进行概述总结。《指南》旨在为太阳能和风能开发提供实际支持, 进而有效管理风险并改善生物多样性和生态系统服务的结果。《指南》以行业为中心, 可适用于项目的整个开发周期, 包括从早期规划一直到项目退出与重新供电, 使用缓解层级措施作为规划与实施的明确框架。《指南》侧重于阐述太阳能和风能行业的项目开发商、投资者和运营商及相关企业的需求。《指南》同样适用于能源和电力部门的政府规划者, 与从事

自然保护工作的其他政府机构和非政府组织。指南在广泛查阅科学文献的基础上通过多利益相关方参与制定, 得到行业领导者和专家的支持。

本综合摘要报告并非试图总结对太阳能、风能项目开发商的详细建议, 即如何落实《指南》。而是对指南的关键内容进行了概述。

登陆网站<https://doi.org/fw2c> 下载《减缓太阳能与风能开发对生物多样性的影响》(英文版), 登陆<https://youtu.be/VMlDMBnRigM>观看相关视频(英文版)。

致谢

审稿人

Alberto Arroyo Schnell (IUCN欧洲区办事处), Julia Baker (班戈大学), Violeta Barrios (IUCN地中海合作中心), Pedro Beja (CIBIO), Etienne Berille (法国电力可再生能源公司), Koen Broker (壳牌公司), Gerard Bos (IUCN全球商业和生物多样性保护项目), Ludmilla Caillat (法国电力可再生能源公司), Andrew Carryer (可再生能源电网), Florence Clap (IUCN法国委员会), Emerson Clarke (GWEC), Erwin Coolen (The Rich North Sea), Ifereimi Dau (IUCN大洋洲区办事处), Ella Diarra (IUCN全球商业和生物多样性保护项目), Bengt Enge (Klinkby Enge), Thomas Engmose (Klinkby Enge), Melina Gersberg (IUCN法国委员会), Sara Goulartt (环保部), Giulia Guidi, Xavier Guillou (欧盟海洋事务暨渔业委员会), Pippa Howard (野生动植物保护国际), Regitze Theill Jensen (Klinkby Enge), Ben Jobson (国际鸟盟), Dorien de Jong (壳牌公司), Agathe Jouneau (法国电力可再生能源公司), Maxime Kelder (Luminus朗明纳斯), Joseph Kiesecker (自然保护协会), Charlotte Laisne (壳牌公司), Adrien Lambrechts (Biotope), Clarisse Leon (IUCN法国委员会), Nadine McCormick (IUCN全球商业和生物多样性保护项目), Sonia Mendez (JNCC), Mizuki Murai (IUCN世界遗产计划), Barbara Nakangu (IUCN全球治理和权利计划), Eline van Onselen (The Rich North Sea), Jean-Philippe Pagot (法国电力可再生能源公司), Christina Pantazi (欧盟环境委员会), Peter Skjoldager Plantener (Klinkby Enge), Andrew Plumptre (KBA秘书处), Fabien Quetier (Biotope), Hugo Rainey (野生动物保护协会), Harvey Rich (国际鸟盟), Howard Rosenbaum (野生动物保护学会), Raffaele Rossi (欧洲光伏产业协会), Trevor Sandwith (IUCN全球保护区计划), Marylise Schmid (欧洲风能协会), Peter Shadie (IUCN世界遗产计划), Hany el Shaer (IUCN西亚区办事处), Noa Steiner (国际鸟盟), Pauline Teillac-Deschamps (IUCN生态系统管理委员会), Alexandre Thouzeau (Biotope), Julia Touron (壳牌公司), Anita Tzec (IUCN全球治理与权利计划), Claire Varret (法国电力公司), Reka Viragos (世界遗产中心), Olivia White, Laura Williamson (21世纪可再生能源政策网络), Piet Wit (IUCN生态系统管理委员会), Stephen Woodley (IUCN全球保护区委员会).

其他撰稿人

案例研究撰稿人

Leon Bennun (英国生物多样性咨询服务公司), Etienne Bérille (法国电力新能源公司), Richard Caldow (海鸟灵感度测绘工具/自然英国), Erwin Coolen (The Rich North Sea), Sara Goulartt (法国电力公司), W.L. Greene (BHE Renewables), Joseph Kiesecker (自然保护协会), Paul Lochner (科学和工业研究委员会), David Mandaha (科学和工业研究委员会), Mizuki Murai (IUCN世界遗产计划), Eline van Onselen (The Rich North Sea), Guy Parker (威奇伍德生物多样性有限公司), Louis Phipps (秃鹫保护基金会), Kate McClellan Press (纽约州能源研究与开发部), Fabien Quétier (Biotope), Howard Rosenbaum (野生动物保护协会), Paulette Rush (BHE Renewables), Ed Salter (皇冠地产), Marylise Schmid (欧洲风能协会), Parikhit Sinha (First Solar第一太阳能), Paul Taylor (苏格兰自然遗产署), Ricardo Tomé (STRIX).

研讨会人员

Tony Beck (壳牌公司), Sharon Baruch-Mordo (自然保护协会), Lizzie Crudgington (Bright Green Learning), Leigh Ann Hurt (IUCN全球商业和生物多样性保护项目), Josh Kovacic (壳牌公司), Noelle Kumpel (国际鸟盟), Lourdes Lázaro Marín (IUCN地中海合作中心), Gillian Martin Mehers (Bright Green Learning), Mireia Peris (国际鸟盟), Eugenie Regan (IBAT), Jason Sali (野生动植物保护国际), Lewis Youl (IBAT).

技术审稿人

Guy Parker (威奇伍德生物多样性有限公司) Martin
Perrow (ECON 生态咨询公司)

同行评审

Tilman Jaeger
Vanessa Tedeschi



1. 可再生能源与生物多样性

根据《巴黎协定》和联合国可持续发展目标(SDG)，要降低温室气体排放、创造具有气候复原力的未来，就必须在能源、土地使用、城市基础设施和工业系统领域持续进行快速而深远的变革¹。这些变革的关键步骤是迅速扩大可再生能源发电规模。然而，这些技术本身对生物多样性和生态系统服务构成潜在风险。我们必须对相关行业发展进行仔细规划和管理，力求最大限度地提高环境效益，减少对自然的破坏。

占用土地或海洋是任何能源开发产生最显著的影响之一。单位可再生能源所需的陆地或海洋面积因条件和技术而异，但通常超过天然气、煤炭或核能所需面积²。美国的评估显示，风力、水力发电和太阳能光伏发电所需的占地面积大致相当(风力发电所需的占地面积最大)，大致等同于石油开采所需的占地面积³。地热和集中太阳能发电的单位能耗所需占地面积相对较小，大致相当于天然气和煤炭发电所需的占地面积，而与其他可再生能源相比，生物燃料需占用更多土地(约多出一个数量级)⁴。

太阳能和风能开发可能对生物多样性造成风险。Rehbein等人⁵的一项评估发现，全球约17.4%的大型(>10兆瓦)可再生能源(包括风力、太阳能和水力发电)设施在包括生物多样性关键区(KBA)在内的保护优先区的周边区域运行。559个风力开发项目、201个太阳能开发项目分别占所有项目的9%和7%，当前都在生物多样性关键区(KBA)内运行。目前，另外162个风能开发项目、152个太阳能开发项目在生物多样性关键区(KBA)运行。据Kiesecker等人⁶的研究估计，超过310万公顷的生物多样性关键区和1574个濒危物种可能受到影响。鉴于可再生能源对全球生物多样性的重要性，东南亚等地区的可再生能源开发备受关注。

因此，我们不仅要考虑太阳能和风能开发对生物多样性的潜在影响，还要考虑对生态系统服务持续供应的相关风险(生态系统服务指人类从自然资源中获得的利益和价值)。

若管理不善，这些能源开发项目可能会改变生态系统服务的供应或阻碍人类获取生态系统服务。生态系统服务包括食物和水供应等服务及休憩、文化(包括地方感和归属感)、其他非物质利益。特别是对于那些严重依赖上述服务维持日常生活、医疗与社会保障、就业的当地人来说，这反过来会影响他们的生计和福祉。能源开发不应损害当地人民、包括妇女和青年在内的边缘化人群、弱势群体的权利。

如果这些产品和服务受到损害，便会引发冲突。公众反对风力发电的一个常见原因是风力发电对景观和人们的视觉产生影响。例如，位于南非世界遗产地附近的一家风力发电场近期被吊销开发许可，原因是它影响鸟类，影响人们的观感和“地方感”⁷。人们认为其对景区景观产生难以减缓的负面影响。在生态系统服务遭受重大潜在影响的地区，发现和解决这些问题对于长期成功开发可再生能源至关重要。

此外，随着可再生能源的发展，人们对相关技术所需材料的需求也将增加，包括建设与储存风能、太阳能所需的材料，如制造风力涡轮机永磁体所需的钕、制作太阳能电池所需的银及制作蓄电池所需的钴和锂。制造风能和太阳能设施所用的绝大多数材料均由化学物质构成，可在场地停运和重新供电期间对其进行回收再利用。例如，尽管风力涡轮机叶片因其复杂性不便进行回收，然而，如能回收其材料物质，其可回收率仍高达90%^{8,9}。请注意，制造磁体所需的铜、锂、银和稀土金属(如镝、钕)等特定材料的回收面临技术层面的实际挑战，应在采购这些材料时应确保其具有可回收性¹⁰。在敏感地区开采可再生能源开发所需的材料，其本身对生物多样性可产生重大影响。如果没有战略规划，这些对生物多样性的新威胁有可能超过减缓气候变化所避免的威胁¹¹。典型的影响包括采矿足迹和相关基础设施造成的直接生境损失和退化，以及与诱导移民到以前无法进入的地区有关的间接影响¹²。

1 Díaz et al. (2019).

2 McDonald et al. (2009).

3 同上

4 同上

5 Rehbein et al. (2020).

6 Kiesecker et al. (2019).

7 Yeld (2019).

8 European Technology and Innovation Platform on Wind Energy; (欧洲风能技术与创新平台) Sánchez et al. (2014).

9 Welstead et al. (2013).

10 Dominish et al. (2019).

11 Sonter et al. (2020).

12 同上

2. 项目开发方主要考虑因素

风能、太阳能开发占用的土地面积相对较大，因此，有效的缓解措施在推动向可再生能源过渡方面显得尤为重要。幸运的是，与其他能源不同，丰富的太阳能和风能资源往往支持灵活的项目选址，可远离高度敏感地区，使用人为改造或扰动的土地或近海地区，例如封闭的填埋场¹³。因此，实施风能、太阳能开发项目时应慎重选址和规划，有助于规避许多重大影响，广泛支持项目发展。相比之下，大规模水力发电同时是一种同等土地占用规模的低碳能源，往往受到地理位置高度的限制，且难以缓解上下游普遍存在的影响。

在风能和太阳能开发项目实施过程中，通常有可能在基础设施范围内维持或恢复生物多样性。在某些情况下，这可对生物多样性产生积极影响。例如，如设计和管理得当¹⁴，太阳能发电厂建于被改变的生境上，将有机会增加生物多样性，而近海风力发电厂可作为海底生境，为鱼类和海洋哺乳动物提供避难所¹⁵。

早期规划与选址

在风能或太阳能开发时选择生物多样性敏感性较低的地区，可减少潜在影响，降低项目对减缓措施的需求，这类地区包括经改造的农业用地或其他用地。当开发未造成显著的残留影响时，可通过增加项目地的生物多样性来实现积极的生物多样性效益。在生物多样性敏感度较高的地区实施开发项目时，可能会面临更苛刻的要求，减缓措施的成本更高。为实现净收益目标，开发方可能需要采取中和措施，这通常带来实际操作和声誉受影响等挑战。

在早期规划中 **通过合理选址来规避影响**，是可再生能源开发方可采取的最有效的减缓措施。在开发的早期阶段，更改基础设施选址和运营规划切实可行，这种做法最有可能降低项目风险，降低减缓措施要求。降低项目风险的一个关键策略是避免将风能或太阳能开发项目设在生物多样性敏感度较高的地区，其中包括保护地和保护区、世界遗产地或包

括生物多样性关键区在内的其他具有重大生物多样性意义的地区。此外，开发方需考虑项目开发对生态系统服务和各种社会权利的潜在影响，且只有在维护受影响社区居民的“原住民的自由，事前和知情同意权（FPIC）”的前提下才能进行项目开发。

理想情况下，应在准许施工前制定的现有空间规划中获取信息，从而通过选址有效避免影响。这些规划通常由政府机构制定，有时会与开发银行合作，包括通过战略环境评估制定规划，着重考虑生物多样性因素，确定适宜开发的地区。

在缺少决策者具体指导的情况下，生物多样性敏感性地图有助于确定需要规避的场地。然后可进行详细的风险筛选，因地制宜，并协助对一个或多个潜在项目地的生物多样性敏感性（参见图1）进行评估。

自然保护地内的可再生能源开发

应禁止在自然保护地内开展背离保护地目标或保护成效的可再生能源开发项目（例如，因为它们会造成环境和/或社会破坏），除非这些开发项目不会造成任何残留影响。这其中

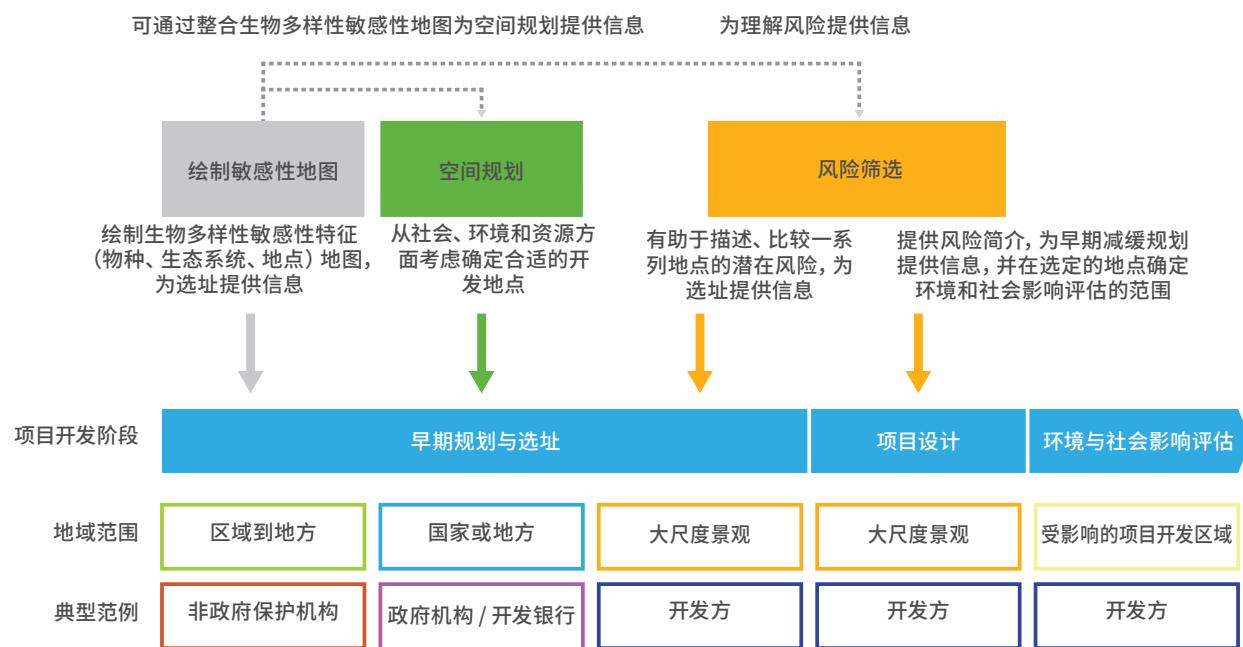
也包括了位于自然保护地周边的开发项目，项目可能会影响该地区的保护价值，例如，开发风力发电厂可能使保护地内的猛禽种群面临威胁。

13 Szabó et al. (2017).

14 Montag et al. (2016).

15 Coates et al. (2014); Hammar et al. (2015); Krone et al. (2013); Lindeboom et al. (2011).

图1 早期规划阶段的空间规划、敏感性地图绘制与风险筛选



注: 在早期规划和选址的过程中绘制敏感性地图和制定空间规划可帮助开发商确定合适的开发区域。空间规划通过战略环境评估(见第3.2节)获取信息或将其纳入其中。早期风险筛选提供对比待选项目地的有效工具。将风险筛选纳入项目设计有助于在选定的地点确定早期减缓方案与环境和社会影响评估(ESIA)的范围,聚焦关键风险。

© IUCN and TBC, 2021

利用生物多样性补偿来中和自然保护地中的残留影响背离了保护地的管理目标。依照世界遗产的杰出普世价值来看,这些影响根本无法中和。

因此,大多数产业规模化的活动与自然保护地无法兼容,因为它们对保护地的目标产生负面影响的概率极高。只有某些情况除外,例如,在太阳能系统能满足自然保护地能源需求的情况下,容许在自然保护地实施小型和微型开发项目,如为电网、游客中心或停车场供电的项目(从而消除对更大规模能源基础设施的需求)。

因此,该方法应与下列规模的活动及相关生物多样性风险一一对应:

- 大型可再生能源产业开发项目将会产生无法完全减缓的影响:此类开发项目在任何情况下均应被视为“不可行”。

- 中型非产业规模化开发项目:满足当地需求:在个案研究的基础上进行严格的环境和社会影响评估(ESIA),并及早广泛考虑替代场地。项目审批时须出示监测与评估的综合计划和有效减缓影响的证明,确保将任何影响降至非显著性水平。
- 满足当地需求的小型与微型项目场地:根据具体情况进行评估。

鉴于世界遗产地在全球的重要价值,只有小型至微型开发项目在此获批实施,但仍需根据具体情况进行评估。

在所有情况下,开发方须与国家、地方机关和其他相关机构密切合作,评估在自然保护地及其周边地区开展经营的合法性和可行性。

与利益相关方合作

与利益相关方尤其是与不同权利拥有者开展建设性合作,对于识别、有效管理生物多样性风险至关重要。根据国际金融公司绩效标准、经合组织跨国企业指南和联合国全球契

约等各种有关治理的标准,采用结构化的利益相关方参与方法是良好的环境实践。利益相关方在参与项目过程中应指导

开发方识别风险，确认减缓措施的可行性，提出任何关切的问题。

利益相关方的参与并非是简单明了的过程。这需要在开展一定程度的前期准备工作，为建立建设性关系和创造共同价值观奠定基础。如将利益相关方的参与充分融入早期项目规划，可节省大量时间和资源，解决诸如审批延迟、抗议、投诉和诉讼等问题¹⁶。

第一步是通过摸底工作确定与利益相关方接触的适当水平与类型，这项工作应纳入早期规划之中，为制定利益相关方参与计划提供信息。潜在利益相关方因企业或项目的性质而异，可能至关重要。

在生物多样性方面，高度关联的利益相关方通常包括：国家政府、政府间机构和组织；国家、国际非政府环保组织；生物多样性专家；当地社区，包括各种权利拥有者、原住民和自然资源使用者；金融机构和包括IUCN专家组在内的高校或研究机构。

在确定利益相关方之后，应与他们保持沟通，保证他们有效参与项目并贯穿整个项目周期。提前披露和定期报告有助

于大多数利益相关方了解项目风险、影响和机遇，共同制定适当的解决方案。为保持建设性的关系，利益相关方在参与项目时须超越简单流程的限制，积极参与自然资源的开发、实施和管理工作，并参与决策过程。利益相关方的观点可能不尽相同，因此，通常需仔细考虑和解释项目的响应。还应建立申诉机制，给予利益相关方提出问题的机会，而这些问题往往通过协商途径得不到充分解决。

有效的利益相关方参与，需要项目提供资源与能力建设，以及倾听、学习与适应的意愿，有利于提供许多减缓影响、管理企业风险的机会。与利益相关方发展透明且具建设性的关系有助于：

- 确认重要生物多样性的特征和生态系统服务，供早期筛选、评估影响和制定减缓规划；
- 了解重要生物多样性特征的状况，其中包括它们对当地利益相关方的价值（基线研究的组成部分）；
- 提高透明度与声誉，从而获得社会经营许可；
- 确定开展适当行动，从而减缓对生物多样性的影响，其中包括保护目标（例如，通过系统的保护规划）；
- 建立伙伴关系，落实包括中和在内的减缓措施。

与原住民合作

原住民和本地社区拥有并管理着全球生物多样性最丰富的大片地区，在保护土地、海洋和资源方面发挥着至关重要的作用。他们与自然环境建立起全方位的内在关系，形成并完善了一套知识体系和管理措施，涉及生物多样性保护和自然资源的可持续利用。

开发方应以真诚的态度与原住民开展协商合作，维护其自由，事前和知情同意权（FPIC），从而实施影响这些权利拥有者所使用土地、领土和资源的项目。

开发商与原住民一同需与受项目开发影响的社区合作，进而明确和保护其：(1) 圣地或文化遗产地与价值；(2) 获取、

使用和受益于自然资源的权利，从而保障他们在项目开发影响区域内的当前和未来的生计。

应采取适当行动来规避影响或采取补救措施，并保障进入或使用项目地的权利。在原住民的圣地或文化遗产地与价值可能受到影响的地区，开发商需尊重原住民的自由，事前和知情同意权（FPIC）。

《联合国土著人民权利宣言》（UNDRIP）是保障原住民权利最全面的国际文书，为世界原住民的生存、尊严和福祉建立一个最低标准的通用框架，并阐述适用于原住民具体情况的现有人权标准和基本自由。《联合国土著人民权利宣言》（UNDRIP）主张自由，事前和知情同意权（FPIC）。

16 Pollard & Bennun (2016).

减缓层级措施

减缓层级措施为开发方提供了一个逻辑框架,进而应对项目开发对生物多样性和生态系统服务造成负面影响。该方法适用于包括可再生能源在内任何领域的项目,并以四大行动的递进与迭代为基础:¹⁷规避影响、最大程度限制影响、恢复和补偿(图2)。减缓措施层级适用于直接、间接和累积影响。

使用减缓层级措施¹⁸涉及反馈和适应性管理,是一个迭代过程,而不是线性过程。规避和最大程度限制影响,并以恢复和中和的措施对已产生的影响进行补救。从经济、社会和生态角度来看,采取预防措施对贷款人、监管者和其他利益相关方来说均大有裨益。与规避和最大程度限制影响的措施相比,恢复和中和措施成功实施的可能性更小,开发人员的成本更高。

在整个项目中采用减缓层级措施,可为生物多样性和生态系统服务的项目成果设定类似于净零损失(NNL)或净收益的总体目标。

为根据这些成果进行评估,需依照减缓措施层级的环节适度减缓整个项目开发的影响。

减缓层级措施由四个环节组成:

- **规避影响**是减缓层级措施的首要环节,主要是为了预防影响的产生而采取的措施。要想采取有效规避影响的措施,需要在项目规划阶段及早识别生物多样性风险,否则将错失良机。通过选址(确保项目不在高风险地区实施)、项目设计(确定基础设施的位置并选择规避影响的设计)和时间安排(确保项目活动的时间安排有利于生物多样性),可有效规避风险。
- **最大程度限制影响:**最大程度限制影响是指在现实可行的情况下,为缩短无法完全规避的影响的持续时间,降低这些影响的强度和/或程度而采取的措施。潜在的最大程度限制影响措施可在早期规划中确定,并作为开发设计可选方案加以考虑。使影响降至最低水平的措施可应用于从设计与施工、运营和关闭到停运和重新发电的整个项目周期。

尽管无法确定最大程度限制影响环节是否能达到和规避影响相同的减缓效果,减少和规避影响这两种行动密切相关。识别规避或最大程度限制影响的行动取决于具体实际

图2 项目开发周期采用减缓措施层级,其中包括与各阶段相关的减缓要素



*此类调研需评估与监测生物多样性风险、影响与减缓措施。

© IUCN and TBC, 2021

17 跨行业生物多样性倡议(2013);英国生物多样性咨询服务公司(2015)。这些指南遵循跨行业生物多样性倡议对减缓措施等级的定义。需要注意的是,可采用其他方法落实减缓措施层级,从而取得相同的成果,例如2017年5月详细介绍的方法,该方法提倡与风电场开发决策关卡相关方法,共分为五步:1)规划时规避影响,2)设计时减少影响,3)施工时减少影响,4)运营期间补偿,以及5)项目停运时进行恢复。

18 CSBI (2013).

情况和规模。例如,为完全避开一个重要的鸟类迁徙走廊而搬迁已规划的风电场,人们认为这种行动是通过选址规避影响。在鸟类频繁活动期间关闭涡轮机,从而减少鸟与涡轮机叶片碰撞的次数,这将被视为落实最大程度限制影响的行动。

- **恢复:**与恢复相关的术语十分多样,其中包括复原、复垦和补救。根据减缓层级措施,恢复是指项目对特定生物多样性特征或生态系统服务造成的无法完全避免或减缓的影响采取恢复措施。这不同于通常的复原,后者可能不会着手恢复原始生物多样性或生态系统服务所依赖的生物多样性成分。恢复这一减缓层级措施的环节不同于通过恢复当地生物多样性来中和项目影响的干预措施(见下一条目)。恢复通常在项目施工期间进行(从而应对包括搁置区或道路在内的临时设施的影响),或在项目结束时纳入停运和/或重新供电的工作中。
- **中和方案**是针对无法规避影响、最大程度限制影响或恢复重大残留负面影响而采取的补救措施。只有在用尽所有规避影响、最大程度限制影响和恢复的方法后,在万不得已时,中和方案才应成为消除对生物多样性残留影响的方法。中和方案旨在实现生物多样性特征保护的可测量目标。^{ss}

中和方案包含了积极的保护干预措施,通过**规避损失**(应对预防可预见的生物多样性损失的威胁)或**恢复**(如改善退化生境的质量)来产生生物多样性收益。政府监管机构和贷款机构要求更多的生物多样性补偿,进而应对残留影响,实现净零损失或净收益的目标。²⁰越来越多的企业也自愿做出保护生物多样性的承诺,旨在实现净零损失或净收益的目标²¹。

生物多样性中和工作复杂多变,成本高昂。幸运的是,风能和太阳能项目通常可通过仔细选址和最大程度限制影响的有效措施来避免采取中和方案,从而将残留影响降低到可忽略不计的水平。然而,必要时,中和方案应为目标生物多样性特征带来可测量的收益。

独立于并在减缓层级措施环节之外采取的保护行动被称为“主动保护行动”(PCA)。

开展生物多样性中和工作通常需与中和地区及周边地区的居民合作,他们依赖或重视景观的生态系统服务。精心规划的中和措施有助于向当地人提供生态系统服务,同时实现生物多样性目标。然而,规划不当的中和行动可能会限制资源获取或对生态系统服务的供应产生负面影响,²²继而可能会影响弱势群体的福祉并引发冲突。在规划生物多样性中和时,重中之重是考虑以权利为基础的保护方法,该方法侧重于将权利、规范、标准和原则纳入政策、规划、实施与成果评估之中,从而确保在任何情况下采取的保护措施均尊重权利,并尽可能支持进一步实现这些权利²³。

可再生能源项目有机会**改善生境**条件与相关的生物多样性,并在项目区内,特别是在农业用地等先前退化的地区开发时获取生物多样性的积极成果。例如,在英国,人们发现在农用地或其他棕地上实施太阳能项目有助于增强鸟类、植物和无脊椎动物的多样性²⁴。妥善管理的项目开发地可发挥均质化农业景观中的物种避难所的作用。

海上风电场项目可在改善海底生境和恢复已退化的生态系统方面发挥作用。例如,在北海地区,海上风电场在设计阶段计划修建人工鱼礁栖息地和欧洲平牡蛎养殖场²⁵。

改善项目场区的生境还可通过相关的基于自然的解决方案(NbS)为项目本身带来利益。例如,在太阳能开发项目中利用自然产生的物种进行植被恢复可增强生物多样性并控制灰尘,从而降低用水清洗太阳能电池板的需求²⁶,而在海上风电场基地上建造礁基底可增强生物多样性,同时减少疏浚的负面影响²⁷。

19 IUCN WCC (2016).

20 GIBOP (2020).

21 de Silva et al. (2019); Rainey et al. (2014).

22 Bidaud et al. (2018).

23 Campese et al. (2009).

24 Montag et al. (2016). 其它重要参考文献: BSG Ecology (2014); Beatty et al. (2017); Harrison et al. (2016); Hernandez et al. (2014); Jenkins et al. (2015); Visser et al. (2019)

25 Kamermans et al. (2018); Vrooman et al. (2018).

26 Beatty et al. (2017); Macknick et al. (2013).

27 Lengkeek et al. (2017); Wilson & Elliott (2009).

3. 良好减缓措施的首要原则

不同行业的减缓生物多样性影响的经验表明,某些良好减缓措施的首要原则同样适用于可再生能源(表1)。遵循这些原则可促进可再生能源的发展,同时确保识别、说明和有效管理生物多样性和生态系统服务风险。

表1 良好减缓措施的首要原则

首要原则	具体方面
在项目规划最初阶段考虑生物多样性和景观尺度的风险	<ul style="list-style-type: none">在国家或地区范围内进行战略层面的规划活动,在生物多样性敏感度低的地区确定风能、太阳能开发的合适场地,对于降低开发风险至关重要。在尚未开展战略评估的情况下,开发方鼓励并与相关和特定的利益相关方共同进行此类评估,或单独进行评估,为项目选址提供信息,可带来效益。筛选是项目规划的组成部分,通过筛选及早识别生物多样性风险,对于规避重大影响至关重要。在生物多样性敏感度较低的地区,减缓影响可能是相对简单且成本低廉的做法。相比之下,在生物多样性敏感度较高的地区,减缓方案可能面临重重壁垒,变得不可预测,落实成本颇高,甚至在某些情况下无法实施。早期风险筛选应确定重要的生物多样性特征和在适当大的生态协调尺度上的潜在项目影响,并应考虑季节性和项目基础设施的所有要素和影响类型(直接、间接、累积影响)。
严格使用减缓层级措施	<ul style="list-style-type: none">减缓层级措施是管理、减缓对生物多样性与生态系统服务影响良好措施的核心要素。通过严格使用实施减缓层级措施,与中和相比更注重预防,尽可能规避和减少风险。使用减缓措施层级是一个迭代过程——可能需多次重复其中的环节,例如审查项目设计,以便确保残留影响降到最低水平。只有在采用所有规避影响、最大程度限制影响和恢复措施后,补偿应被视为应对残留影响的最后手段。风能和太阳能开发通常提供超越传统减缓措施的机会,并通过改善项目地生境创造附加/额外的生物多样性收益。这种积极的保护行动有助于扩大可再生能源的积极环境影响,并获取利益相关方对推广这些技术的支持。

<p>在制定生物多样性减缓措施时认同当地人的权利和需求</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 由于原住民和当地社区可能从环境中获利,因此需将环境和社会问题放在一起考虑。项目缓解生物多样性(特别是生物多样性中和)的方法需确保原住民和当地社区的生计和福祉免受负面影响。此外,所有项目开发应重视并确保项目产生公正结果,保障那些前景暗淡的项目免受排挤。如不这样做可能破坏项目的社会目标及保护措施的有效性,如没有当地社区的积极参与和支持,这些措施便难以成功落实。 • 金融机构将对可再生能源项目保持敏感,这些项目可能对当地社区产生不利影响,且原住民也面临较高的声誉风险。在某些情况下,项目需帮助原住民发展替代生计或做出相关补偿。
<p>开展精准调研,了解风险</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 即便是在公认的生物多样性敏感度较低的地区内仍需进行现场调研,确认案头调研成果并确定任何额外风险。这些风险因缺乏数据而可能会出现降低的假象;因此,了解评估数据的质量和可靠性至关重要。随着生物多样性(和相关社会)风险的增加,对评估与监测的确信度也会增强。 • 对于计划在敏感度高的地区运营的项目,需对此进行全面调研,进而评估生物多样性和社会风险(包括中和方案的可行性),制定减缓措施并监控减缓措施是否有效落实。 • 划分实地调研范围时需考虑生物多样性主要特征的适当地理、时间尺度和包括直接、间接和累积影响在内的影响类型。公开透明的沟通和监测结果共享愈发成为公认的良好措施,促使开发商遵守法规,有助于与利益相关方共同信任与支持其项目,有利于开展更广泛的保护工作。

4. 设定恰当的生物多样性目标

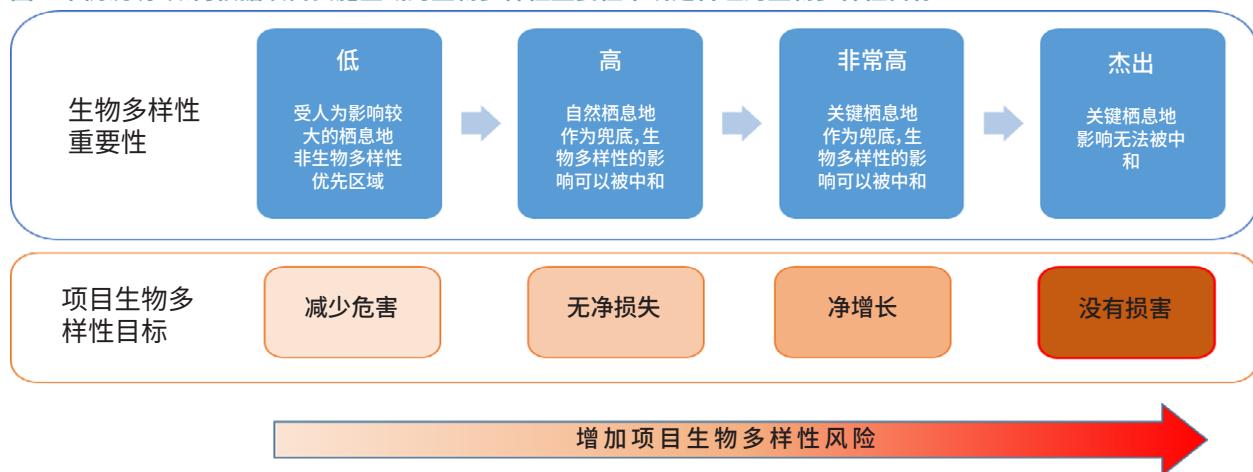
减缓层级措施的全面应用反映“净零损失”这一可测量的最低目标，但更多揭示了目标生物多样性特征的“净收益”目标²⁸。

- “净零损失”的定义是减缓措施中减缓项目影响的平衡点，指不再发生损失。
- “净收益”是指减缓措施的实施效果超过项目相关影响的增长点，产生相关生物多样性特征的净收益。这也被称为净正面影响。

可根据项目开发区域的生物多样性重要性制定项目的生物多样性目标（图3）。否则，总体目标可取决于监管机构、金融机构和利益相关方的要求和观点。

例如，某些机制采用“无损害”的目标，包括用于可持续融资的欧盟分类法。制定目标时可能重视该地区的生物多样性重要性。《国际金融公司（IFC）：环境和社会可持续性政策和绩效标准》是一个广泛使用的标准，要求自然生境实现净零损失，²⁹并要求在关键生境中运作的项目产生净收益。³⁰在某些情况下，监管机构可制定影响补偿的行业要求，促使项目有助于实现国内保护目标。

图3 举例说明：如何根据项目实施区域的生物多样性重要性来确定合理的生物多样性目标



注：这是范例；合理目标将根据项目的具体情况制定，并取决于监管机构、金融机构和利益相关方的要求和意见。

© IUCN and TBC, 2021

28 生物多样性特征可涵盖物种和生态系统，通常被称为“优先生物多样性特征”。

29 国际金融公司(2012)将自然生境定义为由主要源于当地植物和/或动物物种的生长群落组成的区域和/或人类活动未从本质上改变区域的主要生态功能和物种的区域。

30 根据《国际金融公司（IFC）：环境和社会可持续性政策和绩效标准》(2012)，“关键生境”是指（通过对一系列定量和定性标准评估物种、生态系统和生态过程而确定）的生物多样性价值较高的特征。国际公认受法律保护的区域也可被称为“关键生境”。《美国濒危物种法案》也使用“关键生境”。

5. 项目影响与减缓方法综述

对于项目及包括道路和输电线在内的相关基础设施来说,一旦选址不当,可能会导致项目区域的自然生境遭受重大损失。风力或太阳能发电场以及其他开发项目可能会加剧生境碎片化,阻碍物种活动,并可能对物种群造成严重的累积影响。太阳能发电场的需水量会给当地的水资源带来压力,并造成生态变化。尤其令人关切的是,一些开发项目位于公认的生物多样性重要区域内或周边地区,其中包括敏感繁殖区、重要物种迁徙路线、生物多样性关键区域(KBA)和自然保护地。须制止与保护地的目标或保护成效背道而驰的项目开发。

风能和太阳能开发项目能够直接对物种造成影响。一些鸟类面临着与风力涡轮机或相关输电线路相撞的风险,这可能导致包括秃鹫、大鸨、鹤和众多迁徙物种在内的弱势种群

的死亡率增加。设计不当的中低压线路使包括濒危猛禽在内的许多鸟类面临触电死亡的威胁。

不同地区和种类的蝙蝠对涡轮机的反应千差万别,却同样也面临碰撞风险。来自北温带的研究表明,各种蝙蝠,尤其是那些习惯在开阔地带觅食昆虫的蝙蝠,均处于风险之中。如未采取适当的减缓措施,当地蝙蝠与涡轮机发生碰撞可能会导致其种群数量大幅下降。

除鸟类和蝙蝠之外,易受近海风能开发影响的物种包括海洋哺乳动物,尤其包括在项目实施期间暴露于高噪音环境之下的海龟和某些鱼类物种。哺乳动物和海龟面临与相关船只碰撞的风险,而栖息地变化会影响海底物种。

减缓措施

在项目设计过程中有效的规避措施包括埋设电线或布线,从而避开包括湿地或鸟类迁徙走廊在内的敏感区域。基础设施的微观选址方法包括调整涡轮机外形设计,进而降低碰撞风险,减少物种迁徙障碍。

目前,使用驱鸟器标记输电线路是良好的标准措施,事实证明这样做可显著减少碰撞次数。铺设由绝缘间距导线组成的安全配电线路几乎可杜绝鸟类触电的风险。这些措施通常简单直接,并且在设计中具有成本效益。

项目建设期间有效采取规避影响和最大程度限制影响的措施需要深入掌握物种行为,从而在物种繁殖和迁徙的敏感期内避免施工。海上项目开发应严格落实施工规程,将噪声影响降至最低。施工规程内容包括安装声学监测、软启动与降噪设备。

减缓影响的新方法和技术有助于在实施风能和太阳能项目时将风险降至最低。相关程序包括使用现场观测器与图像检测和/或雷达技术对该地区鸟类活动进行实时观察,关闭特定的涡轮机。

目前有一种措施正显示可喜成效,但仍需进一步的现场测试,那就是让鸟类更清晰看到涡轮叶片,降低与之碰撞的风险。在低风速条件下停止涡轮叶片的旋转可有效避免蝙蝠与之相撞,这种方法以最低的产能成本来降低碰撞风险。对于某些物种来说,降噪设备亦可有效。

表2总结了风能和太阳能开发时减缓影响的主要方法。

表2 项目开发阶段减缓影响的主要方法汇总

项目阶段	减缓措施层级	减缓措施包括:	太阳能	陆上风能	海上风能
项目设计阶段	规避与最大程度限制影响	微观选址:改变项目基础设施的布局,从而避开敏感区域	X	X	X
		重新布线、标记或埋设输电线,从而规避碰撞风险和障碍物影响	X	X	X
		时间安排:在描述现场特征期间调整调研活动的时间,避开敏感时期	X	X	X
		选择或设计包括静态地基在内的项目组件,从而规避或降低影响			X
项目施工阶段	规避影响	时间安排:在敏感时期调整施工活动的时间,从而避免破坏生物多样性	X	X	X
		减排控制,进而减少施工期间产生的排放与污染物(噪音、侵蚀、垃圾)	X	X	X
	最大程度限制影响	运行控制:敏感区域、指定机械和搁置区域周围的隔离围栏	X	X	X
		运行控制:施工/安装船只的移动控制,减少照明			X
项目运行阶段	最大程度限制影响	使用现场表土与当地植物对临时可用地区进行重新植被	X	X	X
		恢复输出电缆安装期间遭受破坏的沿海潮间带生境			X
		物理控制:在输电线上安装驱鸟器	X	X	X
		减排控制:当敏感物种在场时,限制车辆与船只的移动	X	X	X
项目停产	最大程度限制影响	降低选址区域内敏感物种生境适宜性的运行控制:生境改造与动物尸体清理	X	X	X
			X		X
					X
		时间安排:在敏感时期(如繁殖期)调整退役活动的时间,从而避免破坏生物多样性	X	X	X
项目停产	最大程度限制影响	减排控制,进而减少停运期间产生的排放与污染物(噪音、侵蚀、垃圾)	X	X	X
		管理和规范承包商活动的运行控制(如敏感区域周围的隔离围栏、指定机械和搁置区域、船只速度)	X	X	X
	恢复与复原	停运后恢复相关地区的植被	X	X	X
		如产生生物多样性/生态系统服务效益,例如与地基/疏浚保护相关的暗礁效应,则保留基础设施			X

6. 《指南》使用说明

《减缓太阳能和风能开发对生物多样性的影响》报告全文详见:<https://doi.org/fw2c>.

第1部分概述可再生能源增长引发能源部门的预期转型，对生物多样性和生态系统服务的潜在影响，以及对《指南》的介绍。

第2部分介绍并解释减缓层级措施，这为风能和太阳能开发对生物多样性和生态系统服务的影响管控提供总体措施框架。

第3部分说明早期项目规划的重要性，以及可用于确认减缓层级措施的首要环节（规避影响）的工具和方法。这适用于所有太阳能和风能开发技术。

第4、5、6部分研究各类技术的潜在影响与减缓措施，相关技术包括太阳能技术（光伏和聚光太阳能热发电技术）、陆地风能技术和海上风能技术。

第7、8、9、10部分涵盖所有类型技术的常见问题。第7部分特别概述设计、实施补偿项目影响的原则与实际考虑因素。这种影响是指（在项目设计中严格采用规避影响、最大程度限制影响和恢复措施之后）残留的影响。

第8部分说明了评估、监测和适应性管理的考虑因素与良好措施，并指出与具体技术相关的更详细的指导方针。

第9部分总结了在整个项目周期内与生物多样性的有效管理保持契合所需的关键项目产出，其中包括环境与社会影响评估（ESIA），以及每个项目的关键额外指导和信息来源。

第10部分回顾了供应链管理的问题，描述降低项目所用材料内在影响的方法。

附件1给出一个数据库，其中包含补充各部分内容的附加工具与资料。该数据库将根据最新证据和信息不断更新。

附件2介绍了33个案例研究，这有助于说明要点并强调合理的减缓方法。

附件3列出对太阳能、风能开发特别敏感的已知种群。

最后，请注意，尽管《指南》在全球范围内均适用，但（审批机构或金融机构）所提出的项目条件与要求可能因地区而异。至关重要的是各国开展环境与社会影响评估的要求也各不相同。因此，《指南》应参照当地环境、社会和司法的具体情况进行解释说明。专家需参与其中并提出建议，从而了解和有效管控与各开发项目相关的生物多样性与生态系统服务风险。

参考文献

- Beatty, B., Macknick, J., McCall, J., Braus, G. and Buckner, D. (2017). *Native Vegetation Performance under a Solar PV Array at the National Wind Technology Center* (Technical Report No. NREL/TP-1900-66218). Colorado, United States: National Renewable Energy Laboratory (NREL). National Renewable Energy Laboratory (NREL). Available at: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/66218.pdf>
- Bidaud, C., Schreckenberg, K. and Jones, J.P.G. (2018). ‘The local costs of biodiversity offsets: Comparing standards, policy and practice. *Land Use Policy* 77: 43–50. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.05.003>
- BSG Ecology (2014). ‘BSG Ecology Bat Research In 2014’. BSG Ecology [blogpost], 6 June 2014. Available at: <https://www.bsg-ecology.com/bsg-ecology-bat-research-2014/>
- Campese, J., Center for International Forestry Research, and International Union for Conservation of Nature (eds.). (2009). *Rights-based approaches: exploring issues and opportunities for conservation*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Coates, D.A., Deschutter, Y., Vincx, M. and Vanaverbeke, J. (2014). ‘Enrichment and shifts in macrobenthic assemblages in an offshore wind farm area in the Belgian part of the North Sea’. *Marine Environmental Research* 95: 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.12.008>
- Cross Sector Biodiversity Initiative (CSBI) (2013). *CSBI Timeline Tool. A Tool for Aligning Timelines for Project Execution, Biodiversity Management and Financing*. Available at: http://www.csbi.org.uk/wp-content/uploads/2015/06/Timeline_Illustrator_V03-011.jpg
- de Silva, G.C. de S., Regan, E.C., Pollard, E.H.B. and Addison, P.F.E.A. (2019). ‘The evolution of corporate no net loss and net positive impact biodiversity commitments: Understanding appetite and addressing challenges.’. *Business Strategy and the Environment* 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1002/bse.2379>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E.S., Ngo, H.T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K.A., Butchart, S.H.M., Chan, K.M.A., Garibaldi, L.A. (2019). ‘Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change’. *Science* 366(6471). Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Dominish, E., Florin, N. and Teske, S. (2019). *Responsible Minerals Sourcing for Renewable Energy*. Available at: https://earthworks.org/cms/assets/uploads/2019/04/MCEC_UTS_Report_lowres-1.pdf
- European Technology and Innovation Platform on Wind Energy (ETIPWind®) (n.d.). ‘How wind is going circular – blade recycling.’. Available at: <https://etipwind.eu/files/reports/ETIPWind-How-wind-is-going-circular-blade-recycling.pdf>
- Global Inventory of Biodiversity Offset Policies (GIBOP) (2020). ‘World View – A Snapshot of National Biodiversity Offset Policies’ . Available at: <https://portals.iucn.org/offsetpolicy/> (Accessed: 1 July 2020)
- Hammar, L., Perry, D. and Gullström, M. (2015). ‘Offshore wind power for marine conservation’. *Open Journal of Marine Science* 6(1): 66–78. Available at: <https://doi.org/10.4236/ojms.2016.61007>
- Hernandez, R.R., Easter, S.B., Murphy-Mariscal, M.L., Maestre, F.T., Tavassoli, M., Allen, E.B., Barrows, C.W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., Allen, M.F. (2014). ‘Environmental impacts of utility-scale solar energy’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29: 766–779. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041>
- Hernandez, R.R., Hoffacker, M.K. and Field, C.B. (2014). ‘Land-Use Efficiency of Big Solar’. *Environmental Science & Technology* 48(2): 1315–1323. Available at: <https://doi.org/10.1021/es4043726>
- IUCN World Conservation Congress (WCC) (2012a). WCC-2012-Rec-172-EN Development of renewable energy and biodiversity conservation. IUCN [website]. Available at: <https://portals.iucn.org/library/node/44139>
- ____ (2016). WCC-2016-Res-059-EN IUCN Policy on Biodiversity Offsets. IUCN[website].https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_059_EN.pdf Available at: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_059_EN.pdf

- Jenkins, A., van Rooyen, C. S., Smallie, J.J., Diamond, M., Smit-Robinson, H.A. and Ralston, S. (2015). *Birds and Wind-Energy Best-Practice Guidelines. Best-Practice Guidelines for assessing and monitoring the impact of wind energy facilities on birds in southern Africa* [Third Edition]. BirdLife South Africa and the Endangered Wildlife Trust. BirdLife South Africa and the Endangered Wildlife Trust [website]. Available at: <https://www.birdlife.org.za/wp-content/uploads/2020/03/BLSA-Guidelines-Birds-and-Wind.pdf>
- Kamermans, P., Walles, B., Kraan, M., van Duren, L., Kleissen, F., van der Have, T., Smaal, A. and Poelman, M. (2018). ‘Offshore Wind Farms as Potential Locations for Flat Oyster (*Ostrea edulis*) Restoration in the Dutch North Sea’. *Sustainability* 10(11): 3942. Available at: <https://doi.org/10.3390/su10113942>
- Kiesecker, J.M., Baruch-Mordo, S., Kennedy, C.M., Oakleaf, J.R., Baccini, A. and Griscom, B.W. (2019). ‘Hitting the Target but Missing the Mark: Unintended Environmental Consequences of the Paris Climate Agreement’. *Frontiers in Environmental Science*.
- Krone, R., Gutow, L., Joschko, T.J. and Schröder, A. (2013). ‘Epifauna dynamics at an offshore foundation – Implications of future wind power farming in the North Sea’. *Marine Environmental Research* 85(2): 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.12.004>
- Lengkeek, W., Didderen, K., Teunis, M., Driessen, F., Coolen, J.W.P., Bos, O.G., Vergouwen, S.A., Raaijmakers, T., de Vries, M.B. and van Koningsveld, M. (2017). ‘Eco-friendly design of scour protection: potential enhancement of ecological functioning in offshore wind farms: Towards an implementation guide and experimental set-up’. Deltares, Wageningen University & Research, Bureau Waardenburg. Available at: <https://research.wur.nl/en/publications/eco-friendly-design-of-scour-protection-potential-enhancement-of-> (Accessed: 15 July 2020)
- Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J., Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brasseur, S.M.J.M., Daan, R., van Hal, R., Lambers, R.H.R., ter Hofstede, R., Leopold, M.F., Scheidat, M. (2011). ‘Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation’. *Environmental Research Letters* 6(3): 035101. Available at: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/035101>
- Macknick, Jordan, Beatty, B. and Hill, G. (2013). Overview of Opportunities for Co-Location of Solar Energy Technologies and Vegetation (No. NREL/TP-6A20-60240). Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory (NREL). National Renewable Energy Laboratory (NREL) [website]. Available at: <https://doi.org/10.2172/1115798>
- McDonald, R.I., Fargione, J., Kiesecker, J.M., Miller, W.M. and Powell, J. (2009). ‘Energy Sprawl or Energy Efficiency: Climate Policy Impacts on Natural Habitat for the United States of America’. *PLoS ONE* 4(8): e6802. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006802>
- Montag, H., Parker, D.G. and Clarkson, T. (2016). ‘The Effects of Solar Farms on Local Biodiversity: a comparative study’. Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity. Available at: <https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2016/04/The-effects-of-solar-farms-on-local-biodiversity-study.pdf>
- Pollard, E. and Bennun, L. (2016). ‘Who are Biodiversity and Ecosystem Services Stakeholders?’. Society of Petroleum Engineers (SPE) International Conference and Exhibition on Health, Safety, Security, Environment, and Social Responsibility, 11-13 April 2016. Presented at the Stavanger, Norway. Stavanger, Norway: Society of Petroleum Engineers. Available at: <https://doi.org/10.2118/179458-MS>
- Rehbein, J., Watson, J., Lane, J., Sonter, L., Venter, O., Atkinson, S. and Allan, J. (2020). ‘Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas’. *Global Change Biology* 26(5): 3040–3051. Available at: <https://doi.org/10.1111/gcb.15067>
- Sánchez, R.G., Pehlken, A. and Lewandowski, M. (2014). ‘On the sustainability of wind energy regarding material usage.’. *Acta Technica Corvinensis-Bulletin of Engineering*. 7(1): 72. Available at: <http://acta.fih.upt.ro/pdf/2014-1/ACTA-2014-1-06.pdf>
- Sonter, L.J., Ali, S.H. and Watson, J.E.M. (2018). ‘Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science’. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285(1892): 20181926. Available at: <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1926>
- Sonter, L.J., Dade, M.C., Watson, J.E.M. and Valenta, R.K. (2020). ‘Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity’. *Nature Communications* 11(1): 4174. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17928-5>
- Szabó, S., Bódiz, K., Koulias, I., Moner-Girona, M., Jäger-Waldau, A., Barton, G. and Szabó, L. (2017). ‘A methodology for maximizing the benefits of solar landfills on closed sites’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76: 1291–1300. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.117>
- Visser, E., Perold, V., Ralston-Paton, S., Cardenal, A.C. and Ryan, P.G. (2019). ‘Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa’. *Renewable Energy* 133: 1285–1294. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.106>

- Vrooman, J., Schild, G., Rodriguez, A.G. and van Hest, F. (2018). *Windparken op de Noordzee: kansen en risico's voor de natuur*. Stichting De Noordzee, Utrecht.
- Welstead, J., Hirst, R., Keogh, D., Robb, G. and Bainsfair, R. (2013). *Research and guidance on restoration and decommissioning of onshore wind farms* (No. 591; p. 112). Scottish Natural Heritage Commissioned Report. Scottish Natural Heritage Commissioned Report [website]. Available at: <https://www.nature.scot/snhs-commissioned-report-591-research-and-guidance-restoration-and-decommissioning-onshore-wind-farms>
- Wilson, J.C. and Elliott, M. (2009). 'The habitat-creation potential of offshore wind farms'. *Wind Energy* 12(2): 203-212. Available at: <https://doi.org/10.1002/we.324>
- Yeld, J. (2019). 'Watson wind farm stopped - for now. Acting Minister upholds appeal of environmental groups'. *GroundUp* [online article], 16 April 2019. Available at: <https://www.groundup.org.za/article/watson-wind-farm-stopped-now/>



INTERNATIONAL UNION
FOR CONSERVATION OF NATURE

世界自然保护联盟
全球商业与生物多样性项目
Rue Mauvemey 28
1196, 格兰德
瑞士
电话 +41 22 999 0000
传真:+41 22 999 0002
www.iucn.org

