

观点

清洁能源电磁设备日常使用的安全环保问题

Adel Razek

Group of Electrical Engineering—Paris (GeePs), CNRS, University of Paris-Saclay and Sorbonne University, 91190 Gif sur Yvette, France;
adel.razek@centralesupelec.fr

引用格式

Razek A. 清洁能源电磁设备日常使用的安全环保问题. 清洁能源科学与技术. 2024; 2(3): 227.
<https://doi.org/10.18686/cncest.v2i3.227>

Razek A. Safe and environmentally friendly daily use of clean-energy electromagnetic devices (Chinese). Journal of Clean Energy Science and Technology. 2024; 2(3): 227.
<https://doi.org/10.18686/cncest.v2i3.227>

文章信息

收稿日期: 2024-07-16
录用日期: 2024-08-05
发表日期: 2024-08-29

版权信息



版权 © 2024 作者。

《清洁能源科学与技术》由 Universe Scientific Publishing 出版。本作品采用知识共享署名 (CC BY) 许可协议进行许可。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

English edition of this article is available online at <https://cae.usp-pl.com/index.php/cest/article/view/200>

摘要: 现代人类的日常生活与各种各样的能源转换设备密切相关。从清洁能源中获得的电磁能是这方面使用最多的设备之一。这些设备的使用反映了预期的结果, 但往往伴随着不希望出现的副作用。这些不良副作用来自人工电磁辐射与生物多样性活体组织的相互作用 (“同一健康” 概念)。相应的生物组织涉及人类、动物 (家养的和野生的)、鸟类、植物等等, 更广泛地说, 涉及了包括生态系统在内的生物多样性。因此, 有必要通过对这些设备进行智能化和可持续的建造、维护 (“负责任的态度” 概念) 来减少这些有害影响。本文旨在说明 “同一健康” 和 “负责任的态度” 概念在日常使用电磁能无线通信工具以及电力传输设备的管理中的意义。首先讨论了这两个概念。然后以人类、动物和植物为例, 分析了暴露于电磁场辐射对生物组织的影响。并审视了影响这些效应的辐射场和受辐射组织的不同特性, 以及效应的支配规律和数学模型。此外, 还研究了保护生物组织免受电磁辐射的方法。文献中的实例为本文的分析提供了支持。

关键词: 清洁电磁能; 同一健康; 负责任的态度; 活组织; 电磁场; 对生物多样性效应

1. 引言

在现代社会中, 人们每天都在使用不同的设备为人类谋福利。这涉及健康、安全、舒适等方面。这些设备利用不同的能量转换来源运行。这些设备在提供预期服务的同时, 也会产生不良的副作用。优化这些设备的使用, 从而提高预期效果, 并最大限度地减少可能影响人类和其他相关环境问题的不良副作用, 一直是我们的目标。这些负面影响主要涉及人类健康、动物健康、植物健康以及更广泛的生物多样性, 因此需要采用 “同一健康” (OH) 概念, 其中包括动物、植物和人类健康, 它们都受到人类活动造成的干扰的威胁 [1]。

另一方面, 能源和环境的可持续发展是社会面临的挑战之一, 其目的是确保为人类福祉提供清洁能源。在转换和消费清洁能源的过程中, 通过负责任的态度 (RA) 概念可以实现对与人造设备使用相关的福祉和危害进行管理。“同一健康” 和 “负责任的态度” 理念旨在优化能源利用, 为人类福祉服务, 同时尽量减少对人类、环境和生物多样性的有害副作用。

在与人类福祉相关的清洁能源设备中, 无线电磁工具占有重要地位。如果电磁能来自清洁能源转换, 即来自可再生能源或其他脱碳能源 (水电或核电厂) 的使用, 则被视为严格意义上的清洁能源。无线电磁工具主要是日常通信工具、其塔式天线和无线能量传输装置。与许多设备一样, 这些应用除了其目标功能外, 还可能产生副作用。任何可能的影响都会通过标准和法规加以预防

或最小化。因此，这类设备就像电磁场（EMF）源，由于其无线性质，会发出以杂散场和泄漏场为特征的辐射场。这些不需要的场分为近场和远场两类，取决于信号源到目标的距离。在近距离，它们的影响集中在暴露的目标上，如移动电话或无线能量传输设备 [2-4]；在远距离，它们的影响是均匀的，如手机信号塔天线 [5]。

这篇通讯旨在从涉及生物多样性的 OH 概念和与优化管理的清洁能源（转换和消费）有关的 RA 概念的角度，说明和分析电磁场辐射设备的行为。在接下来的内容中，将介绍暴露于电磁场对生物组织的影响。此外，还介绍了这种效应的行为规律。接下来，讨论了防止暴露于电磁场有害影响的常规方法。本文引用了文献中的一些例子来说明 OH 和 RA 的概念。本文并非对电磁场影响的评估。

2. 暴露于电磁场的影响

电磁场暴露是指电磁场与暴露物质相互作用，导致电磁能再物质中耗散。这种耗散会对物质产生不同的影响，主要与电磁场的频率范围有关。电磁场的频率范围很广，包括非电离（ 10^3 – 10^{14} Hz）和电离（ 10^{15} – 10^{22} Hz）范围。非电离电磁场是指前面提到的人类日常活动中消耗的电磁场。非电离电磁场最常见的影响是温度升高，这取决于辐射场和暴露物质的特征。暴露特征包括电磁场的强度、频率和性质（远场或近场）以及暴露时间。对物质的影响与电磁场的物理特性相对应，涉及电、介电、磁、热和机械特性。值得注意的是，过高的场强、频率或暴露时间会引起不可逆的分子干扰。

暴露于电磁场的影响可能是有意的（有益的），例如感应加热和微波加热 [6,7] 以及热疗 [8]。这些影响也可能是不想要的（不利）影响，例如电子设备扰动和活体组织生物效应 [9]。

3. 暴露于电磁场对生物组织的不利影响

如前所述，电磁场的生物效应（BE）一般是组织中能量耗散产生的热效应。辐射电磁场的有害效应通常是热效应，影响生物组织，包括人类、动物和植物。直接的影响是内部组织温度升高。这些生物组织的自然防御主要是适应暴露于表面，如暴露于阳光下。在这种情况下，热量会通过传导慢慢渗透到组织中，而组织通常是由液体灌溉的，这样组织才能正常运作。组织中的聚焦加热，尤其是在电磁场辐射下血液或汁液灌注不足的组织中，可能会造成危险，这取决于辐射的特性和组织的情况 [10,11]。可以通过与标准确定的阈值进行比较，并考虑组织性质、暴露功能和暴露条件（对人类和动物 [12-14]，以及对植物（对应于公共阈值） [15,16]），来检查不同的不利影响。

4. 电磁场效应的支配规律

电磁场与物质相互作用所产生预期或非期望的影响所涉及的现象有电磁现象和热传递现象。电磁现象和热传导现象分别通过导电率和介电率（其虚部）

在导电物质和介电物质中耗散功率。电磁场与导电物质相互作用的一个典型例子是感应加热 [6]。对于介电物质，如生物组织，与电磁场的相互作用涉及扩展的热传导现象，即生物热传导现象。生物组织中的典型例子是人类或动物的血液灌流情况 [17]和植物的汁液灌流情况 [11]。

5. 防止接触电磁场的不良影响

通过优化设计或监测，可以改善产生电磁场的设备的预期功能，并减少其有害影响。屏蔽源或屏蔽目标，或两者兼而有之，理论上可以达到防止电磁场产生不良影响的目的。一般来说，这种解决方案并不一致，因为无线设备的工作原理与其发射的场有关。在缺乏严格限制电磁场暴露设计的情况下，只有限制时间或限制区域使用设备才是可靠的解决办法。这种解决方案可能涉及公共公园、城区或整个城市 [18–20]。这种保护主要集中在人为的现代化及其与生物多样性、环境的联系，从而反映出“同一健康”的概念 [1]。减少来自弱电场辐射源的电磁场辐射的一种效率较低的策略是利用电磁场吸收物质 [21,22]或各种观赏植物，如蛇草 (*Dracaena trifasciata*) [23,24]。

6. 讨论

本文重点讨论了通过优化使用清洁能源转换供应的 RA 概念，以及通过考虑生物多样性的 OH 概念，来治疗暴露于电磁场的不良副作用。在这一点上，有些方面值得考虑：

暴露于电磁场的异常不良影响：我们考虑了暴露于电磁场最常见的不利影响，即非电离电磁场引起的热辐射效应，这种效应可通过健康安全标准设定的阈值加以控制。暴露于电磁场可能会产生其他影响，但通常影响较小。这些影响包括持续的热效应、非热效应、非典型症状效应和电离电磁场效应。组织散射能量的特征是特定吸收率 (SAR, 单位为瓦特/千克) 和暴露时间。组织持续发热和非热效应与这两个量有关。过高的电磁场强度 (以及因此产生的 SAR) 和频率 (电离) 以及暴露时间的长短会导致分子紊乱，进而造成组织损伤 [25–32]。这些影响涉及一般生物组织，包括人类和整个生物多样性。出现非典型症状的效应与人类的电磁过敏症 (EHS) 相对应，这种病症被命名为特发性环境不耐受症。这些症状分为两类，第一类是由可忽略不计的辐射引起的非特异性症状，持续时间不长，远远低于安全标准限值 [33–36]；第二类是由于长期暴露于电磁场而引起的认知障碍 [37–39]。EHS 非典型症状的表现看似真实，却可能与电磁场有间接联系。由于这种不确定性，人们可以合理地认为，今天看不见的影响可能会在以后得到澄清。然而，这种不确定性可以证明谨慎态度是正确的 [40]。因此，在进行更多的探索之前，有这些症状的人可以合理地反映为慢性疾病，同时认识到主要原因仍然是电磁场环境。

涉及物理现象的数学建模：在上述分析中，讨论了电磁场效应通过相关物理现象 (即电磁和生物热传递) 产生的支配规律。这些现象在数学上一般用微分局部方程来表示。电磁方程 (详见 Razek 的著作 [9]) 是以电场 (E)、磁场 (H)、电感应强度 (D)、磁感应强度 (B) 和电流密度 (J) 的矢量表示

的。除频率 (f) 外, 还涉及磁导率 ($\mu = B/H$)、电导率 ($\varepsilon = D/E$) 和电导率 ($\sigma = J/E$)。通过这些方程组, 除了可以计算特定源引起的不同感应场外, 还可以计算耗散电功率损失 (P) 的总和。生物传热方程 (详见 Razek 的著作 [11]) 由温升 (T) (及其时间和空间导数)、热源 (P)、热导率 (k)、比热 (c) 和物质密度 (ρ) 组成。生物术语涉及组织自热源 (P_t) (相对于动物或植物) 以及通过灌注液 (动物的血液或植物的汁液) 进行的对流传热。电磁和生物传热方程通过电耗散功率 P 耦合。这种耦合反映了遥远的时间常数 (电磁和热), 将会很弱 (迭代而非同时解)。鉴于组织的几何复杂性和不均匀性, 必须在组织的适当元素中使用离散三维技术 (如有限元 [41–46]) 进行局部求解。

7. 结论

本文所做的分析主要针对优化使用清洁能源的人造设备, 包括提高人类福祉所需的产品性能, 以及尽量减少对生物多样性安全带来的不良副作用。这些生态设计和生态保护行动是“负责任的态度”范畴的一部分; 生物多样性安全涉及保护人类、动物和植物的生命组织, 这与“同一健康”理念是一致的。

本文认为, 人类优化使用清洁电磁能量转换设备, 可以实现人类的预期福祉, 并在考虑到生物多样性保护方面抑制电磁场暴露的有害副作用。在这方面, 文章介绍并分析了电磁场对生物组织影响的评估, 以及通过保护程序减少电磁场暴露。这表明, “负责任的态度”和“同一健康”这两个概念的作用有可能实现完美结合。

分析表明, 在没有严格限制电磁场暴露的设计的情况下, 只有限制清洁能源电磁设备的性能和使用, 才是保护生物多样性的可靠解决方案。因此, 在特定时间段和特定区域使用此类设备, 以及建立无辐射区, 可以保护包括人类、动物和脆弱植物在内的脆弱生物组织的生物多样性。

利益冲突: 作者声明无利益冲突。

参考文献

1. World Health Organization. One Health. Available online: <https://www.who.int/europe/initiatives/one-health> (accessed on 14 March 2024).
2. Petroulakis N, Mattsson MO, Chatziadam P, et al. NextGEM: Next-Generation Integrated Sensing and Analytical System for Monitoring and Assessing Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023; 20(12): 6085. doi: 10.3390/ijerph20126085
3. Cirimele V, Freschi F, Giaccone L, et al. Human Exposure Assessment in Dynamic Inductive Power Transfer for Automotive Applications. *IEEE Transactions on Magnetics*. 2017; 53(6): 1-4. doi: 10.1109/tmag.2017.2658955
4. Tran NT, Jokic L, Keller J, et al. Impacts of Radio-Frequency Electromagnetic Field (RF-EMF) on Lettuce (*Lactuca sativa*)—Evidence for RF-EMF Interference with Plant Stress Responses. *Plants*. 2023; 12(5): 1082. doi: 10.3390/plants12051082
5. Sivani S, Sudarsanam D. Impacts of radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) from cell phone towers and wireless devices on biosystem and ecosystem – a review. *Biology and Medicine*. 2012; 4(4): 202-216.

6. Vishnuram P, Ramachandiran G, Sudhakar Babu T, et al. Induction heating in domestic cooking and industrial melting applications: A systematic review on modelling, converter topologies and control schemes. *Energies*. 2021; 14(20): 6634. doi: 10.3390/en142066
7. Sekkak A, Pichon L, Rzek A. 3-D FEM magneto-thermal analysis in microwave ovens. *IEEE Transactions on Magnetics*. 1994; 30(5): 3347-3350. doi: 10.1109/20.312655
8. Zastrow E, Hagness SC, Van Veen BD, et al. Time-Multiplexed Beamforming for Noninvasive Microwave Hyperthermia Treatment. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2011; 58(6): 1574-1584. doi: 10.1109/tbme.2010.2103943
9. Rzek A. Biological and Medical Disturbances Due to Exposure to Fields Emitted by Electromagnetic Energy Devices—A Review. *Energies*. 2022; 15(12): 4455. doi: 10.3390/en15124455
10. Lagorio S, Blettner M, Baaken D, et al. The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A protocol for a systematic review of human observational studies. *Environment International*. 2021; 157: 106828. doi: 10.1016/j.envint.2021.106828
11. Rzek A. Analysis and control of ornamental plant responses to exposure to electromagnetic fields. *Ornamental Plant Research*. 2024; 4(1): 0-0. doi: 10.48130/opr-0024-0007
12. Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric And Magnetic Fields (1 Hz TO 100 kHz). *Health Physics*. 2010; 99(6): 818-836. doi: 10.1097/hp.0b013e3181f06c86
13. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Physics*. 2020; 118(5): 483-524. doi: 10.1097/hp.0000000000001210
14. C95.1-2019 - IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. IEEE; 2019. doi: 10.1109/IEEESTD.2019.8859679
15. U.S. Food and Drug Administration. Scientific Evidence for Cell Phone Safety. Available online: www.fda.gov/radiation-emitting-products/cell-phones/scientific-evidence-cell-phone-safety (accessed on 4 January 2024).
16. Council of the European Union. EU Recommendation 1999/519/EC on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields (0 Hz to 300 GHz). Available online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/1999/519/oj> (accessed on 4 January 2024).
17. Pennes HH. Analysis of Tissue and Arterial Blood Temperatures in the Resting Human Forearm. *Journal of Applied Physiology*. 1998; 85(1): 5-34. doi: 10.1152/jappl.1998.85.1.5
18. Zang Z, Guo Z, Fan X, et al. Assessing the performance of the pilot national parks in China. *Ecological Indicators*. 2022; 145: 109699. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109699
19. Díaz S, Settele J, Brondízio ES, et al. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*. 2019; 366(6471). doi: 10.1126/science.aax3100
20. Coad A, Nightingale P, Stilgoe J, et al. Editorial: the dark side of innovation. *Industry and Innovation*. 2020; 28(1): 102-112. doi: 10.1080/13662716.2020.1818555
21. Kruželák J, Kvasničáková A, Ušák E, et al. Rubber magnets based on NBR and lithium ferrite with the ability to absorb electromagnetic radiation. *Polymers for Advanced Technologies*. 2020; 31(7): 1624-1633. doi: 10.1002/pat.4891
22. Qin M, Zhang L, Wu H. Dielectric Loss Mechanism in Electromagnetic Wave Absorbing Materials. *Advanced Science*. 2022; 9(10). doi: 10.1002/advs.202105553
23. Lestari M, Sulhadi S, Sutikno S. The Effect of Ornamental Plants on Reducing the Intensity of Electromagnetic Wave Radiation. *Physics Communication*. 2023; 7(1): 35-42. doi: 10.15294/physcomm.v7i1.41534
24. Ilmiawati A, Falestin M, Maddu A, et al. Films from PVA and *Sansevieria trifasciata* Leaves Extracts as a Smartphone Protector with Radiation Reducing Property and Its LC-MS Analysis. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2023; 23(3): 594. doi: 10.22146/ijc.76809
25. Kim JH, Lee JK, Kim HG, et al. Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. *Biomolecules & Therapeutics*. 2019; 27(3): 265-275. doi: 10.4062/biomolther.2018.152
26. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Opinion on Potential Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields (EMF), European Commission: Luxembourg. Available online: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf (accessed on 10 January 2024).
27. Wust P, Kortüm B, Strauss U, et al. Non-thermal effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Scientific Reports*. 2020; 10(1). doi: 10.1038/s41598-020-69561-3

28. Zradziński P, Karpowicz J, Gryz K. Electromagnetic Energy Absorption in a Head Approaching a Radiofrequency Identification (RFID) Reader Operating at 13.56 MHz in Users of Hearing Implants Versus Non-Users. *Sensors*. 2019; 19(17): 3724. doi: 10.3390/s19173724
29. Jalilian H, Eeftens M, Ziaei M, et al. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe. *Environmental Research*. 2019; 176: 108517. doi: 10.1016/j.envres.2019.05.048
30. Leach V, Weller S, Redmayne M. A novel database of bio-effects from non-ionizing radiation. *Reviews on Environmental Health*. 2018; 33(3): 273-280. doi: 10.1515/reveh-2018-0017
31. U.S. Food & Drug. Review of Published Literature between 2008 and 2018 of Relevance to Radiofrequency Radiation and Cancer. Available online: <https://www.fda.gov/media/135043/download> (accessed on 18 February 2024).
32. WHO. World Cancer Report, 2020, Cancer Research for Cancer Prevention, IARC/OMS: Lyon, France. Available online: <https://www.aws.iarc.who.int/featured-news/new-world-cancer-report/> (accessed on 11 January 2024).
33. Point S. Advocacy for A Cognitive Approach to Electro hypersensitivity Syndrome. *Skeptical Inquirer*. 2020; 44: 47-50.
34. Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*. 2009; 31(1): 1-11. doi: 10.1002/bem.20536
35. Huang PC, Chiang J chin, Cheng YY, et al. Physiological changes and symptoms associated with short-term exposure to electromagnetic fields: a randomized crossover provocation study. *Environmental Health*. 2022; 21(1). doi: 10.1186/s12940-022-00843-1
36. Genuis SJ, Lipp CT. Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction? *Science of The Total Environment*. 2012; 414: 103-112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.008
37. Barth A, Ponocny I, Gnambs T, et al. No effects of short-term exposure to mobile phone electromagnetic fields on human cognitive performance: A meta-analysis. *Bioelectromagnetics*. 2011; 33(2): 159-165. doi: 10.1002/bem.20697
38. Curcio G. Exposure to Mobile Phone-Emitted Electromagnetic Fields and Human Attention: No Evidence of a Causal Relationship. *Frontiers in Public Health*. 2018; 6. doi: 10.3389/fpubh.2018.00042
39. Valentini E, Ferrara M, Presaghi F, et al. Systematic review and meta-analysis of psychomotor effects of mobile phone electromagnetic fields. *Occupational and Environmental Medicine*. 2010; 67(10): 708-716. doi: 10.1136/oem.2009.047027
40. Sunstein CR. Beyond the Precautionary Principle. *SSRN Electronic Journal*. Published online 2002. doi: 10.2139/ssrn.307098
41. Nunes AS, Dular P, Chadebec O, et al. Subproblems Applied to a 3-D Magnetostatic Facet FEM Formulation. *IEEE Transactions on Magnetics*. 2018; 54(8): 1-9. doi: 10.1109/tmag.2018.2828786
42. Li G, Ojeda J, Hoang E, et al. Thermal–Electromagnetic Analysis for Driving Cycles of Embedded Flux-Switching Permanent-Magnet Motors. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2012; 61(1): 140-151. doi: 10.1109/tvt.2011.2177283
43. Piriou F, Razek A. Numerical simulation of a nonconventional alternator connected to a rectifier. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 1990; 5(3): 512-518. doi: 10.1109/60.105275
44. Bernard L. Electrical Characterization of Biological Tissues and Computing of Phenomena Induced in the Human Body by Electromagnetic Fields Below 1 GHz [PhD thesis]. Universities of Ecole Centrale de Lyon, France and Universidade federal de Minas Gerais; 2007
45. Freschi F, Giaccone L, Cirimele V, et al. Numerical assessment of low-frequency dosimetry from sampled magnetic fields. *Physics in Medicine & Biology*. 2017; 63(1): 015029. doi: 10.1088/1361-6560/aa9915
46. Piriou F, Razek A. Calculation of saturated inductances for numerical simulation of synchronous machines. *IEEE Transactions on Magnetics*. 1983; 19(6): 2628-2631. doi: 10.1109/tmag.1983.1062831

Opinion

Safe and environmentally friendly daily use of clean-energy electromagnetic devices

Adel Razek

Group of Electrical Engineering—Paris (GeePs), CNRS, University of Paris-Saclay and Sorbonne University, 91190 Gif sur Yvette, France; adel.razek@centralesupelec.fr

Abstract: The daily well-being of modern humanity is closely linked to the use of different devices operating through different sources of energy conversion. Electromagnetic energy obtained from the conversion of clean energy is one of the most used in devices in this context. The use of these devices reflects the expected results, often accompanied by unwanted side effects. These undesirable side effects correspond to the interaction of artificial electromagnetic radiation with living tissues of biodiversity (One Health concept). The corresponding living tissues are related to humans, animals (domestic and wild), birds, plants, etc., and more generally to biodiversity, including the ecosystem. Therefore, these harmful effects could be reduced by intelligent and sustainable construction and protection (Responsible Attitude concept) of these devices. This article aimed to illustrate the implication of the concepts of One Health and Responsible Attitude in the management of the daily use of wireless communication tools with electromagnetic energy, as well as power transfer devices. The two concepts were first discussed. The biological effects on living tissues due to exposure to electromagnetic field radiation were analyzed in the case of humans, animals and plants. The different characteristics of the radiated field and exposed tissues influencing these effects, as well as the governing laws and mathematical modeling of the effects, were examined. Additionally, the means for protecting living tissues from electromagnetic radiation were inspected. The analyses pursued in this article were supported by examples taken from the literature.

Keywords: clean electromagnetic energy; One Health; Responsible Attitude; living tissues; electromagnetic fields; biological effects on biodiversity