

**Conoscenza, consapevolezza e scienza servizievole
per affrontare il Global Warming ed il cambiamento climatico.**

Carla Balocco, Prof. Associato di Fisica Tecnica Ambientale

Il cambiamento climatico dovuto al Global Warming sta producendo irreversibilità importanti sulle città di tutto il mondo, sull'uomo, la natura e la biodiversità. Le città come centri nevralgici dell'attività umana, e impronta antropogenica significativa, contribuiscono fortemente con le UHIs al cambiamento climatico ma sono al contempo attori essenziali nella lotta contro di esso. Infatti, nella loro dinamica complessa evidenziano il ruolo cruciale che esse stesse possono svolgere nell'affrontare le sfide climatiche e nel plasmare un futuro sostenibile.

L'intensificazione degli spazi verdi e della silvicoltura urbana sono le uniche soluzioni per creare "città rigenerative e viventi" capaci di produrre benefici misurabili in termini di sostenibilità energetica e ambientale e di benessere per le persone e la natura. L'ambiente urbano è un sistema dinamico complesso che dovrebbe essere integrato nella natura. La dinamica di questo sistema può essere concettualizzata come un sistema fisico-termodinamico aperto, strettamente connesso alle condizioni climatiche iperlocali e al benessere termoisolmetrico dei cittadini, nonché alle loro percezioni. Risulta quindi evidente come la stretta interrelazione tra la complessità dell'adattamento ai cambiamenti climatici e le soluzioni dinamiche, la governance, le risorse delle istituzioni e le politiche ambientali-urbane-sociali, necessitano di un coinvolgimento partecipativo e cognitivo persone

Si tratta di porsi in relazione con il sistema ambiente urbano-natura-persone, secondo un nuovo modo di ragionare. Ciò implica un nuovo paradigma che offre spunti di riflessione sulle politiche ambientali sostenibili per un adattamento ai cambiamenti climatici incentrato sull'uomo e sulle strategie più efficaci per affrontare rischi, vulnerabilità, irreversibilità e instabilità.

In particolare, l'esposizione regolare a eventi meteorologici estremi, può causare stress post-traumatico e la loro ampia diffusione può portare allo sviluppo di disfunzioni psicologiche a lungo termine. In linea con ciò, studi precedenti hanno evidenziato altri tipi di sentimenti ed emozioni strettamente correlati ai cambiamenti climatici, come le emozioni climatiche e l'eco-ansia. Per quanto riguarda l'eco-ansia, il fenomeno è diventato più comune nei media e nelle discussioni professionali, nonostante rimanga scarsamente definito. Il significato pratico del termine è ambiguo e la letteratura utilizza una varietà di definizioni ed espressioni correlate. Ad oggi, l'UNICEF descrive l'eco-ansia come un problema emergente di salute mentale, il che significa che, come condizione, si sta evolvendo e sviluppando in linea con la crisi climatica in atto. Alcune fonti la descrivono come disagio mentale o ansia legata al deterioramento delle condizioni ambientali, o come ansia derivante dalla crisi ecologica. Diverse etichette alternative descrivono un disagio simile di origine ambientale: il lutto ecologico si riferisce al dolore per le perdite effettive o previste in natura; la solastalgia descrive il disagio causato dai cambiamenti ambientali vissuti nei luoghi in cui le persone vivono; l'eco-angoscia denota la disperazione per la vulnerabilità del pianeta; e il disagio ambientale si riferisce alla sofferenza legata all'esperienza vissuta dalle persone della distruzione della propria casa e dell'ambiente circostante. Inoltre, i dati della letteratura hanno evidenziato l'esistenza di un altro costrutto strettamente correlato alle emozioni sopra menzionate, ovvero il fattore multidimensionale Readiness To Change (RTC). Nello specifico, precedenti studi hanno osservato un legame tra eco-ansia e l'impegno in azioni e comportamenti sostenibili misurati attraverso il costrutto RTC, che a sua volta è associato linearmente e non linearmente anche ad altri tipi di emozioni legate al clima, come rabbia, tristezza ed entusiasmo. Infine, il fattore RTC sembra essere strettamente legato anche alla sensibilità ambientale, nonché a un forte impegno in comportamenti sostenibili (ad esempio, l'uso di mezzi di trasporto o alimenti innovativi) e alla percezione di responsabilità verso la natura e l'ambiente.

Da questo quadro molto sintetico emerge l'importanza di approfondire ed incentivare e sviluppare atteggiamenti e comportamenti pro-ambientali, consapevoli, delle persone, soprattutto dei giovani nelle loro fasi di crescita e formazione culturale, cioè dalle scuole primarie fino all'Università.

Non solo le foreste urbane e le infrastrutture verdi sono mediatori attivi delle interazioni uomo-ambiente che influenzano direttamente il recupero dallo stress, il ripristino dell'attenzione e la regolazione emotiva, ma presenza o assenza di verde urbano può alterare radicalmente la percezione del rischio climatico da parte degli individui, la loro disponibilità ad adottare comportamenti di

adattamento e il loro senso generale di benessere negli ambienti urbani. Sono pochi gli studi che hanno evidenziato l'importanza di trovare una correlazione fisica tra i parametri termodinamici ed ambientali misurati e calcolati con i parametri fisiologici e psicofisiologici.

In particolare, la progettazione urbana incentrata sulla nature e sull'uomo rappresenta un cambio di paradigma, passando da un adattamento climatico tecnocratico ad approcci partecipativi e orientati alla comunità, che danno priorità alle esperienze di vita, ai valori culturali e ai bisogni psicologici. E' importante dunque definire approcci metodologici che consentano scelte integrate a piccola (a livello di edificio, di struttura sociale, culturale) e a grande scala (città, territorio, ambiente) che siano sostenibili, resilienti ed adattive e basate sugli atteggiamenti individuali e collettivi nei confronti dell'azione per il clima. D'altra parte il concetto di città resilienti dal punto di vista ambientale si estende oltre le infrastrutture fisiche per comprendere i sistemi socio-culturali e socio-ecologici in cui il benessere umano e la salute ecologica si rafforzano reciprocamente. La valutazione e lo studio degli atteggiamenti e comportamenti nei confronti del cambiamento climatico senza considerare il contesto urbano (città, zone periferiche, zone rurali etc.) e formativo-culturale (scuole, università etc.) in cui questi processi si sviluppano e vice versa, rischia di produrre risultati decontestualizzati, meno trasferibili e meno applicabili alle politiche e alle pratiche necessarie per tradurre la ricerca sull'adattamento climatico in interventi concreti.

D'altra parte i recenti progressi nella modellazione climatica urbana ultra-precisa e ultra-veloce hanno migliorato l'identificazione e la rappresentazione di ambienti urbani complessi. Alcune ricerche recenti propongono strumenti di simulazione ultra-veloci che consentono mappe MRT ad alta risoluzione su un dominio urbano continuo. La capacità dell'apprendimento automatico non supervisionato di catturare le relazioni non lineari della morfologia urbana viene studiata attraverso un confronto rigoroso tra un approccio euristico basato sulla fisica, un algoritmo basato sulla forma (K-Shape) e il clustering KMeans applicato sia a caratteristiche termiche ingegnerizzate che a serie temporali MRT. Inoltre, l'accuratezza fisica e l'interpretabilità dei cluster basati sui dati vengono validate con successo proiettando gli output spaziali in un nuovo spazio delle fasi termiche 2D. Questi approcci metodologici computazionalmente efficienti, applicabili a diverse scale urbane, trasducono la complessa dinamica fisica del microclima urbano e i connessi effetti sinergici in mappe termiche spaziali intuitive e facili da usare. Sono di fatto strumenti che consentono di connettere le simulazioni numeriche avanzate alla progettazione urbana pratica, fornendo una rappresentazione compatta del comportamento termico urbano e consentono l'identificazione su larga scala di modelli microclimatici ricorrenti, fondamentali per le strategie di mitigazione delle isole di calore urbane.

In questo contesto, la conoscenza, gli studi e le attuali ricerche applicate, lo sviluppo di tecnologie digitali, l'impiego di AI-machine learning, insieme alla consapevolezza e comprensione da parte dei cittadini e delle persone delle problematiche ambientali richiede un nuovo modo di ragionare, nuovi paradigmi e stili di vita che possano rendere efficace la scienza servizievole a comportamenti e politiche basate sul rispetto e la tutela della Natura e dell'ambiente, la nostra prima fondamentale risorsa, e finalizzate a sostenere comportamenti pro-attivi e partecipativi. In questo contesto, alcune Università danno un esempio concreto di buone pratiche: Top Universities for climate action 2026, <https://www.timeshighereducation.com/student/best-universities/top-universities-climate-action>

Progetti su Firenze:

<https://ambiente.comune.fi.it/pagina/sostenibilita-ambientale/life-escapos>

<https://ambiente.comune.fi.it/pagina/piano-del-verde-e-degli-spazi-aperti>

Qui di seguito le più recenti pubblicazioni sul tema:

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental science and pollution research*, 29(28), 42539-42559. DOI: 10.1007/s11356-022-19718-6
- Asiyah, S., Astina, I. K., Utaya, S., & Bachri, S. (2025). Integrating Experiential Learning through e-River Worksheets: Enhancing Student Creativity and Promoting Environmental Care Attitude. *Educational Process: International Journal*, 17, e2025323. DOI: 10.22521/edupij.2025.17.323
- Aslam, A., & Rana, I. A. (2022). Impact of the built environment on climate change risk perception and psychological distancing: Empirical evidence from Islamabad, Pakistan. *Environmental Science & Policy*, 127, 228-240. DOI: 10.1016/j.envsci.2021.10.024
- Balocco, C., Pierucci, G., Chiara Lanini, M., Baia, M., Piselli, C., Carletti, C., & Scirpi, F. (2025). A new paradigm for environmental energy sustainability and well-being in the perspective for climate change and urban heat island mitigation. The ESCAPOS-LIFE project for Florence. In *Journal of Physics: Conference Series 3143 012022* (Vol. 3143, No. 1, p. 012022). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1742-6596/3143/1/012022
- Balocco, C., Piselli, C., & Marzi, T. (2025). New perspectives for environmental and social well-being oriented towards sustainable resilient cities and climate adaptation through the combination of thermodynamics and neuroscience. *Discover Cities*, 2(1), 111. DOI: 10.1007/s44327-025-00159-y
- Baroni, M., Tosti, A. E., Colombini, G., Braschi, S., Guazzini, A., & Duradoni, M. (2025). Climate Emotions and Readiness to Change: Evidences from Generalized Additive Models. *Sustainability*, 17(21), 9627. DOI: 10.3390/su17219627
- Bourban, M. (2026). Eco-Anxiety: Understanding an Ecological Emotion. In *Eco-Anxiety and Ecological Citizenship: Navigating an Ecological Emotion* (pp. 31-70). Cham: Springer Nature Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-032-03219-5-2
- Duradoni, M., Baroni, M., Valdrighi, G., & Guazzini, A. (2025). Readiness to Change and Pro-Environmental Transportation Behaviors: A Multidimensional and Gender-Sensitive Analysis. *Sustainability*, 17(7), 3021. DOI: 10.3390/su17073021
- Dushkova, D., Taherkhani, M., Konstantinova, A., Vasenev, V. I., & Dovletyarova, E. A. (2025). Understanding Factors Affecting the Use of Urban Parks Through the Lens of Ecosystem Services and Blue-Green Infrastructure: The Case of Gorky Park, Moscow, Russia. *Land*, 14(2), 237. *Environmental Change*, 83, 102764. DOI: 10.3390/land14020237
- Graça, M., Cruz, S., Monteiro, A., & Neset, T. S. (2022). Designing urban green spaces for climate adaptation: A critical review of research outputs. *Urban Climate*, 42, 101126. DOI: 10.1016/j.uclim.2022.101126
- Hickman, C (2025) What is eco-anxiety? Understanding how climate change is impacting children's mental health. UNICEF: <https://www.unicef.org/blog/what-is-eco-anxiety>
- Jankowski, P., & Świsłocki, T. (2025). Do Generation Z Students in Poland Support Sustainable Urban Forestry? Attitudes Toward Urban Trees and Willingness to Donate. *Sustainability*, 17(16), 7251. DOI: 10.3390/su17167251
- Khuc, V. Q., Tran, M., Thinh, N. A., Lich, H. K., Dang, T., Nguyen, T. M. H., & Tran, D. T. (2024). Closing nature connectedness to foster environmental culture: investigating urban residents' utilization and contribution to parks in Vietnam. *Discover Sustainability*, 5(1), 144. DOI: 10.1007/s43621-024-00350-y
- Li, H., Luo, W., Hou, Y., Xia, Y., Yao, J., Kang, N., Chen, C. (2021). Factors affecting perceived health benefits and use behaviors in urban green spaces during the COVID-19 pandemic in Southern China megacities. *Frontiers in public health*, 9, 759444. DOI: 10.3389/fpubh.2021.759444
- Lipczynska-Kochany, E. (2018). Effect of climate change on humic substances and associated impacts on the quality of surface water and groundwater: A review. *Science of the Total Environment*, 640, 1548-1565. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.376

- Liu, R., Yu, C., Sucala, V. I., & Luis, M. (2026). Immersive Virtual Waterscapes and Student Restoration: Emotional and Physiological Responses in Digital Environments. *Computers in Human Behavior Reports*, 100983. DOI: 10.1016/j.chbr.2026.100983
- Mahmood, R., Clery, P., Yang, J. C., Cao, L., & Dykxhoorn, J. (2025). The impact of climate change on mental health in vulnerable groups: a systematic review. *BMC psychology*, 13(1), 1-30. DOI: 10.1186/s40359-025-03497-z
- Maleknia, R. (2025). Urban forests and public health: analyzing the role of citizen perceptions in their conservation intentions. *City and Environment Interactions*, 26, 100189. DOI: 10.1016/j.cacint.2025.100189
- Marczak, M., Wierzba, M., Zaremba, D., Kulesza, M., Szczypiński, J., Kossowski, B., Marchewka, A. (2023). Beyond climate anxiety: Development and validation of the inventory of climate emotions (ICE): A measure of multiple emotions experienced in relation to climate change. *Global Environmental Change*, Volume 83, 102764 DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2023.102764
- McEwan, K., Xenias, D., Hodgkinson, S., Hawkins, J., Clark, S., Xing, Y., Titherington, I. (2022). Greener streets and behaviours, and green-eyed neighbours: a controlled study evaluating the impact of a sustainable urban drainage scheme in Wales on sustainability. *Sustainable Water Resources Management*, 8(5), 143. DOI: 10.1007/s40899-022-00723-z
- McLeod, L. J., Hine, D. W., Milfont, T. L., Dorner, Z., Tassell-Matamua, N. A., Maris, R. D., Stahlmann-Brown, P. (2024). Protecting and restoring freshwater biodiversity across urban areas in
- Aotearoa New Zealand: Citizens' reporting of pollution in stormwater drains and waterways. *Journal of Environmental Management*, 351, 120019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120019
- Meenar, M., Heckert, M., & Adlakha, D. (2022). "Green enough ain't good enough:" Public perceptions and emotions related to green infrastructure in environmental justice communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1448. DOI: 10.3390/ijerph19031448
- Oke, C., Tollin, N., Ranalder, L., Jance IV, B., Roberts, D. C., McGregor, M., ... & Oluoch, J. (2026). Conclusion: Toward Climate-Resilient Development in Cities. In *A Global Research and Action Agenda on Cities and Climate Change Science: The Innovate4Cities Initiative* (pp. 277-327). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: 10.1007/978-981-95-6517-7_12
- Pierucci, G., Baia, M., Balocco, C. (2025). Urban Area Sustainability Analysis by Means of Integrated Microclimatic Measurement Techniques Combined with Thermal Comfort Modelling. A Pilot Project Application. *Energies*, 19(1), 217. DOI: 10.3390/en19010217
- M.Baia, G.Pierucci, C.Balocco. (2026). LUCIDiT: A Lean Urban Comfort Intelligent Digital Twin for Quick MeanRadiant Temperature Assessment. *Int.J. Atmosphere* 2026, 17, 305. DOI: 10.3390/atmos17030305
- Pihkala, P. (2022). The process of eco-anxiety and ecological grief: A narrative review and a new proposal. *Sustainability*, 14(24), 16628. DOI: 10.3390/su142416628
- Pihkala, P. (2022a). Toward a taxonomy of climate emotions. *Frontiers in Climate*, 3, 738154. DOI: 10.3389/fclim.2021.738154
- Ramdane, M., Djouad, F. Z., Boumaza, O., & Salah-Salah, H. (2025). Assessment of the effect of the design of a public garden on the biophilic behavior of its users in Guelma (northeastern Algeria). *Urban Design International*, 1-43. DOI: 10.1057/s41289-025-00280-9
- Rania, N., Coppola, I. (2023). The community participatory voice method and places of the heart: Using photovoice to foster dialogue about enhancement landscapes. *J-READING Journal of Research and Didactics in Geography*, 2. DOI: 10.4458/6083-06
- Rey-Valette, H., Blayac, T., & Salles, J. M. (2022). Evaluating the contribution of nature to well-being: The case of ecosystem services related to fish-farming ponds in France. *Ecological Economics*, 191, 107217. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107217
- Samus, A., Freeman, C., Van Heezik, Y., Krumme, K., & Dickinson, K. J. (2022). How do urban green spaces increase well-being? The role of perceived wildness and nature connectedness. *Journal of Environmental Psychology*, 82, 101850. DOI: 10.1016/j.jenvp.2022.101850

- Shrestha, T., Cassarino, M., Foley, S., & Di Blasi, Z. (2025). The natural world around me; a qualitative exploration of young people's relationship to nature and how it relates to their wellbeing and feelings of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 103, 102556. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102556>
- Smalley, A. J., White, M. P., Ripley, R., Atack, T. X., Lomas, E., Sharples, M., ... & Depledge, M. H. (2022). Forest 404: Using a BBC drama series to explore the impact of nature's changing soundscapes on human wellbeing and behavior. *Global Environmental Change*, 74, 102497. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102497>
- Taylor, D. E. (2022). Understanding Black, Asian, Latinx, and White college students' views of nature: Frequent thoughts about wild, remote, rural, and urban landscapes. *American Behavioral Scientist*, 66(7), 989-1031. DOI: 10.1177/00027642211013403
- Tian, Y., Liu, F., Jim, C. Y., Wang, T., Luan, J., & Yan, M. (2022). Effects of self-rated health status on residents' social-benefit perceptions of urban green space. *International journal of environmental research and public health*, 19(16), 10134. DOI: 10.3390/ijerph191610134
- Tomasso, L. P., Cedeño Laurent, J. G., Chen, J. T., Catalano, P. J., & Spengler, J. D. (2021). Cultural sets shape adult conceptualizations and relationships to nature. *Sustainability*, 13(20), 11266. DOI: 10.3390/su132011266
- VijayaVenkataRaman, S., Iniyan, S., & Goic, R. (2012). A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 878-897. DOI: 10.1016/j.rser.2011.09.009
- Waller, M., Cove, M. V., Daniels, J. C., & Yocom, K. P. (2025). Innovative communication strategies for promoting urban wildlife habitat conservation. *Landscape and Urban Planning*, 253, 105229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105229>
- Wang, J., Fu, Z., Wang, L., & Byun, H. (2026). Urban Green Space and Mental Health: Mechanisms, Methodological Advances, and Governance Pathways for Sustainable Cities. *Sustainability* 18(7), 3341 DOI: 10.3390/su18073341
- Wiranata, I. J., Khairunnisa, S., Salsabila, S. S., Kirana, H., Putri, D. Y., & Fukron, M. M. (2021). Increasing awareness capacity of disaster potential as a support to achieve sustainable development goal (SDG) 13 in lampung province. *Power In International Relations*, 5(2), 129-146. DOI: 10.22303/pir.5.2.2021.129-146
- Woolf, Y., & Short, M. (2025). From industry to greenery: exploring how users experience the Regent's Canal. *Frontiers in Sustainable Cities*, 7, 1498698. DOI: 10.3389/frsc.2025.1498698
- Xiong, Y., Xu, M., & Zhao, Y. (2024). Resident preferences for urban green spaces in response to pandemic public health emergency: a case study of Shanghai. *Sustainability*, 16(9), 3738. DOI: 10.3390/su16093738
- Yang, D., Xie, S., Su, R., & Wu, W. (2025). Urban park restorative effects in an integrated model of positive emotion and leisure involvement moderation. *Scientific Reports*, 15(1), 34100. DOI: 10.1038/s41598-025-19451-3