

Negli ultimi anni i modelli di evoluzione urbana hanno prodotto un forte aumento dei flussi di traffico caratterizzati dal generale predominio del veicolo privato. Secondo l'ultimo rapporto dell'Agenzia Ambientale Europea (EEA, European Environment Agency) sullo stato della qualità dell'aria in Europa, nel 2021 la maggior parte degli europei ha respirato quantità di polveri sottili e di inquinanti principali ben oltre la soglia di sicurezza stabilita dall'OMS. Secondo tale rapporto, infatti, il 76% della popolazione è stato esposto a livelli eccessivi di PM₁₀, il 94% all'ozono e il 90% all'NO₂. Il traffico stradale è una delle principali cause dell'elevata concentrazione di PM₁₀ nell'aria.

Con l'approvazione del programma europeo denominato Green Deal del 2019, l'Unione europea nel 2019 si è posta l'obiettivo di raggiungere un'economia "clima neutrale" entro il 2050, con una riduzione del 55% delle emissioni rispetto ai livelli del 1990 già nel 2030.

Un approccio efficace alla odierna questione ambientale necessita di un impegno trasversale e multidisciplinare da parte di tutti i settori della società civile, dove la città rappresenta pertanto un campo di studio sempre più interdisciplinare e la comprensione del comportamento fisico ed energetico degli ambienti urbani costituiscono un sistema complesso.

L'UE intende:



Diventare climaticamente neutra entro il 2050



Proteggere vite umane, animali e piante riducendo l'inquinamento



Aiutare le imprese a diventare leader mondiali nel campo delle tecnologie e dei prodotti puliti



Contribuire a una transizione giusta e inclusiva

L'obiettivo principale di questa tesi è di definire strategie per la mitigazione degli effetti delle infrastrutture viarie sul comfort outdoor dei pedoni, attraverso:

- L'analisi degli indici di benessere bioclimatico
- L'analisi dell'impatto dell'emissioni veicolari sulla qualità dell'aria in un contesto urbano

L'area oggetto di analisi è individuata nel Campus Universitario dell'Ateneo di Catania. In particolar modo la zona in cui insistono i principali flussi veicolari, costituiti principalmente da autovetture private, tale zona interessa una superficie di 129.600 m² (Figura 1-a).

Per raggiungere gli obiettivi prefissati, si è utilizzato il software di modellazione multidisciplinare ENVI-met, che consente di modellare il comportamento fisico e microclimatico degli edifici, dei giardini e del paesaggio, inclusi le applicazioni per la pianificazione urbanistica, l'adattamento climatico, il comfort e la salute umana. Il software permette inoltre, in uno specifico tool di mettere in conto gli effetti del traffico veicolare. La Figura 1-b mostra la ricostruzione in Envi-met dell'area oggetto di studio.

Il software implementa un modello di calcolo che comprende:

- Analisi solare
- Dispersione inquinanti
- Fisica delle costruzioni
- Tecnologie verdi e blu
- Flusso del vento
- Comfort termico esterno
- Biomeccanica dell'albero



Figura 1-a: Area oggetto di studio, b: Rappresentazione 3D con il software ENVI-met

Per la modellazione sono state necessarie delle operazioni di rilievo. In particolare, si è proceduto con:

- Rilievo fotografico per l'identificazione dei materiali che compongono lo spazio urbano, come gli edifici, le pavimentazioni esterne e la tipologia di specie vegetali.
- Rilievo del traffico utilizzando una videocamera che registra dati sul traffico, Miovision Scuot, montata su asta a 6 m di altezza.
- Acquisizione dei dati meteorologici dalla stazione meteorologica del DICAR (Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura).
- Rilievo degli inquinanti realizzato con uno strumento portatile, "Aeroqual S500", che grazie a dei sensori alloggiati nelle cartucce si è potuto misurare il PM_{10} e il $PM_{2.5}$. Tale rilievo è necessario per la validazione dei risultati ottenuti tramite il software.

Per la modellazione dello stato di fatto il primo passo prevede la creazione di un modello tridimensionale rappresentativo dell'area. In funzione della estensione reale dell'area studio si è scelto una griglia di 180x180x25, con celle di dimensioni di 2x2x2 m. Oltre alla geometria del modello occorre fornire la posizione geografica dell'area, con latitudine e longitudine e la posizione della griglia rispetto al Nord. (Figura 2)

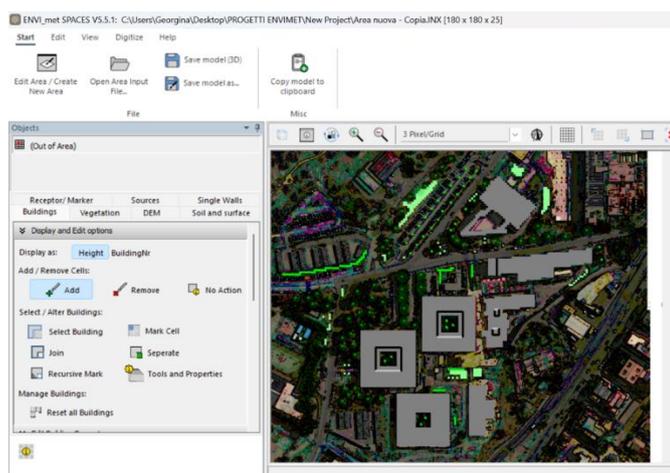


Figura 2: Area studio modellata con il software ENVI-met

Per definire il Database con i materiali che compongono gli elementi presenti nell'area studio come: muri e solai degli edifici, pavimentazione, terreno, vegetazione, si sono utilizzati materiali di default forniti dal software e materiali creati ad hoc.

Di seguito si è proceduto a inserire le fonti di inquinamento atmosferico costituite dai flussi veicolari. Dalle operazioni di rilievo svolte il 31/05/2023 per le due ore di punta 8 - 9 e 13-14, si sono ottenute le matrici

origine/destinazione e le composizioni dei flussi e per i tre tronchi stradali che ricadono nell'area di studio. Pertanto, all'interno di Envi-met, sono state definite 3 Sources, una per il tronco nord (tronco B), una per il tronco est (tronco C) e una per il tronco ovest (tronco A). (Figura 3)

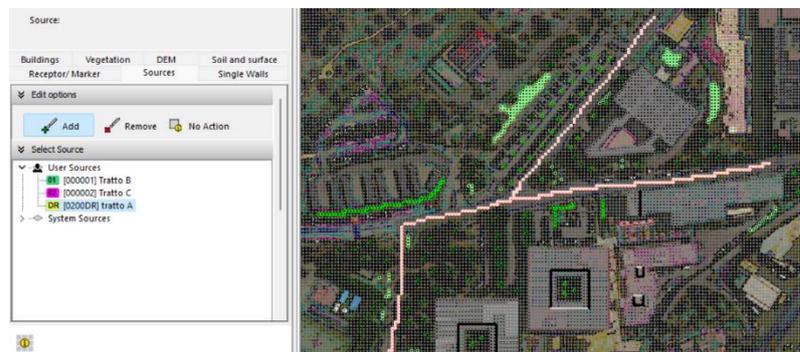


Figura 3: Rappresentazione dei differenti flussi veicolari nei tre tronchi principali

Le variabili richieste dal software per iniziare la simulazione sono: giorno d'inizio, durata della simulazione, salvataggio dei dati, velocità e direzione del vento, e la temperatura e umidità relativa per ogni ora della giornata. Il software restituisce un output per ogni ora di simulazione. Di seguito saranno presentati esclusivamente quelli relativi all'ultima ora (13-14) per consentire il confronto con i dati rilevati.

La simulazione dello stato di fatto ha permesso di ottenere i dati riguardanti la realtà esistente che servono a descrivere le criticità dell'area.

I dati valutati con la simulazione dello stato di fatto sono:

- Temperatura potenziale dell'aria al suolo
- Temperatura media radiante
- Albedo delle superfici
- Temperatura delle superfici dei materiali
- Indice Termico Universale del Clima (UTCI)
- Dispersione degli inquinanti prodotti dal traffico veicolare

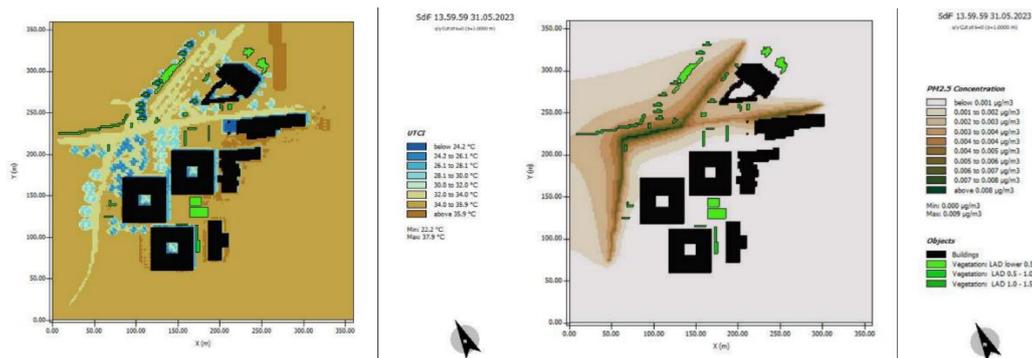


Figura 4-a: Rappresentazione dello stato di fatto per UTCI, 4-b: Rappresentazione della dispersione dell'inquinante $PM_{2,5}$

La conoscenza dei risultati ottenuti con la simulazione dello stato di fatto ci ha permesso di conoscere le criticità relative al comfort bioclimatico della realtà esistente al fine di individuare gli interventi progettuali sulle infrastrutture viarie per l'incremento del livello di benessere degli utenti del campus universitario.

A tal proposito gli interventi proposti sono (Fig.5).

- Sostituzione della pavimentazione di conglomerato bituminoso con pavimentazione drenante e “cool coloured materials” in corrispondenza del parcheggio riservato ai docenti e nella rampa di collegamento tra il tronco C e il tronco B.
- Progettazione di una mini-rotatoria in corrispondenza della intersezione dei tre tronchi con isola materializzata in verde.
- Ampliamento e ripavimentazione dei marciapiedi con pavimentazione fotocatalitiche, che hanno un duplice beneficio, di favorire la decomposizione degli inquinanti presenti nell’ambiente e di mantenere il colore inalterato più a lungo.
- Realizzazione di chicane con l’inserimento di aiuole.
- Rinverdimento dei margini stradali e l’utilizzo di elementi di copertura leggeri per aumentare le superfici ombreggiate e ridurre il carico termico.

Inoltre, alla luce di tutti gli interventi progettuali previsti si è ipotizzato una riduzione del traffico veicolare del 30%.

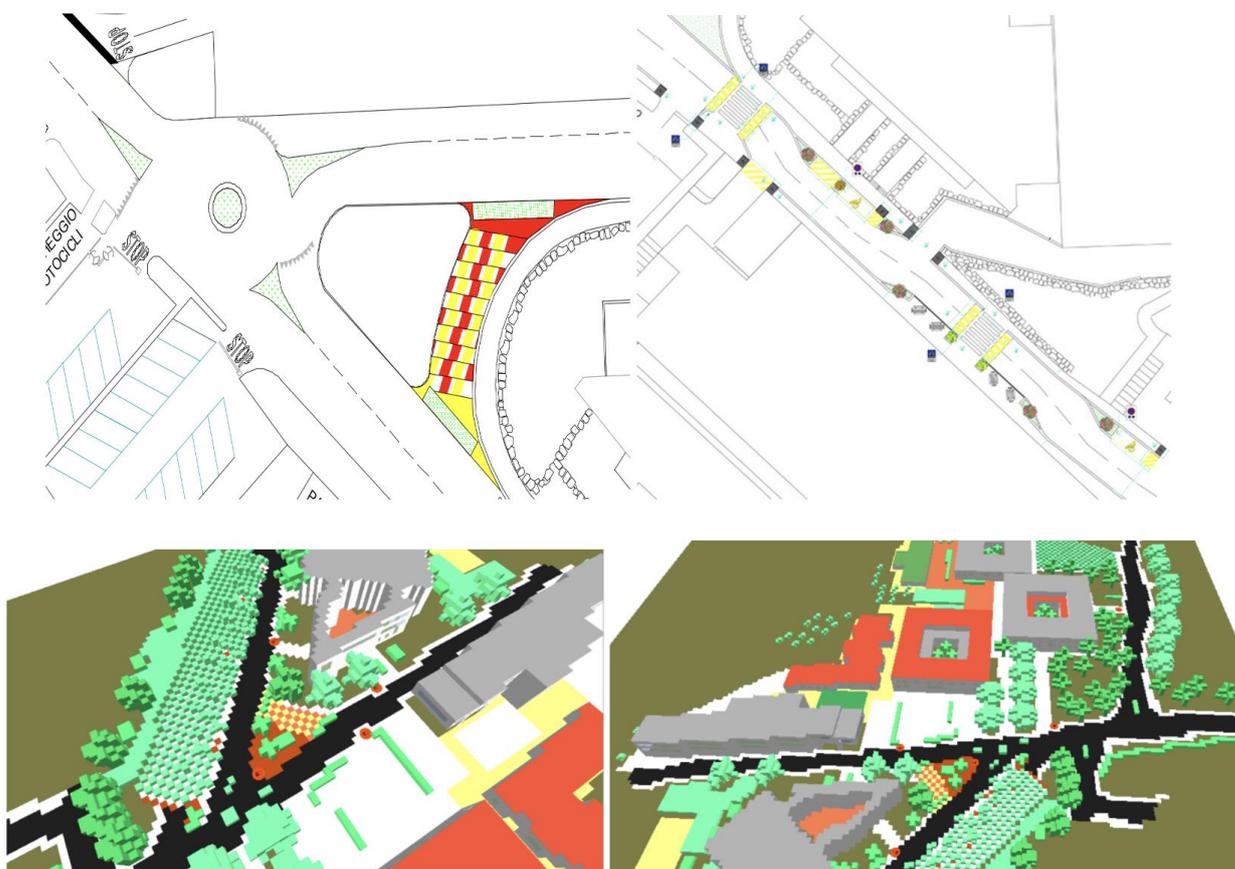


Figura 5: Rappresentazione in Autocad e con il software ENVI-met di alcuni interventi progettuali

Per la simulazione dello scenario di progetto sono stati utilizzati gli stessi parametri e variabili usati per lo stato di fatto, ottenendo le mappe rappresentative degli stessi indicatori.

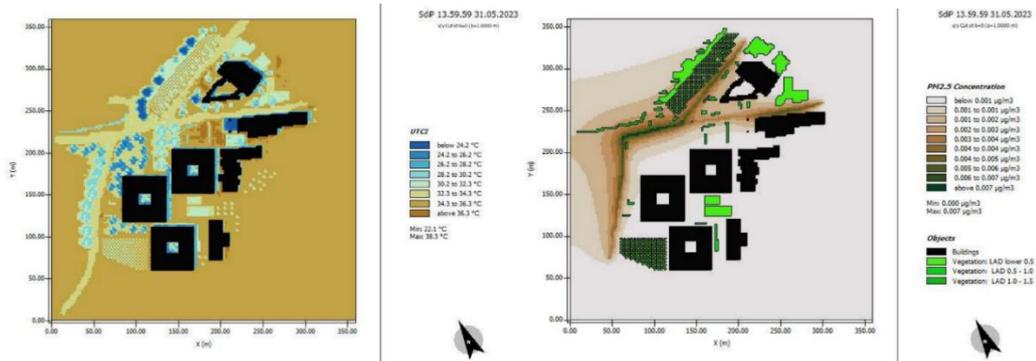


Figura 6-a: Mappa che rappresenta lo scenario di progetto per UTCI, 6-b: Mappa che rappresenta la dispersione di inquinante PM_{2,5} dopo gli interventi progettuali

A conclusione delle due simulazioni sono stati confrontati i risultati ottenuti per valutare l'efficacia degli interventi proposti:

- *Temperatura potenziale dell'aria*: non ci sono cambiamenti significativi dei valori, però sono aumentate le aree con temperature più basse.
- *Temperatura media radiante*: gli interventi progettuali hanno permesso di ridurre la temperatura fino a 20 °C in diversi punti critici dell'area.
- *Indice Termico Universale del Clima (UTCI)*: indice che attraverso un sistema di categorizzazione, consente di indicare la percezione di stress termico che le persone provano in un determinato ambiente. In tutte le aree intervenute sono stati riscontrati diminuzioni di valori tra 1 a 8 °C. Questo ha permesso di categorizzare molte aree del campus con “nessun disagio termico” o con un “disagio di caldo moderato”, ottenendo un riscontro positivo, dalla attuazione dello scenario di progetto.
- *Inquinanti analizzati*: l'ipotesi di progetto si è dimostrata efficace per la riduzione delle concentrazioni, restituendo una riduzione del 21% per gli NO_x, e del 22% sia per il PM₁₀ che per il PM_{2,5}.

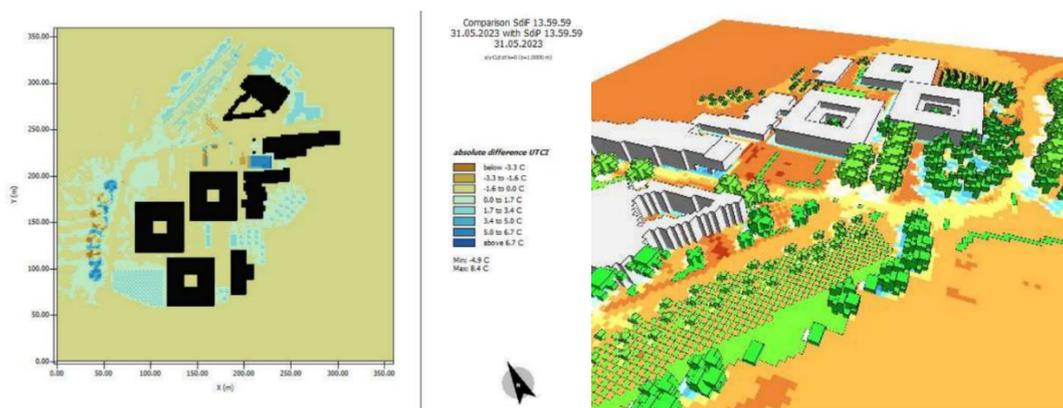


Figura 7: Mappa 2D e 3D ottenuta con ENVI-met che rappresenta il confronto dei due scenari analizzati per il parametro UTCI

Il miglioramento del sistema dei trasporti, in particolare in ambito urbano, rappresenta una delle priorità per gli enti locali che gestiscono il territorio al fine di favorire una migliore qualità della vita dei cittadini, in termini di relazioni sociali e culturali.

La presente tesi ha dimostrato che l'applicazione di modelli microclimatici nelle aree urbane per la definizione degli interventi progettuali riveste una notevole importanza. Definire interventi che migliorano il benessere outdoor degli utenti porterà sicuramente a un numero maggiore di spostamenti attivi (a piedi o in bicicletta) favorendo la mobilità sostenibile.

Pertanto, è auspicabile che le amministrazioni locali si dotino di strumenti di modellazione e gestione del territorio per definire politiche efficaci per la gestione sostenibile delle risorse destinate alla riqualificazione urbana.