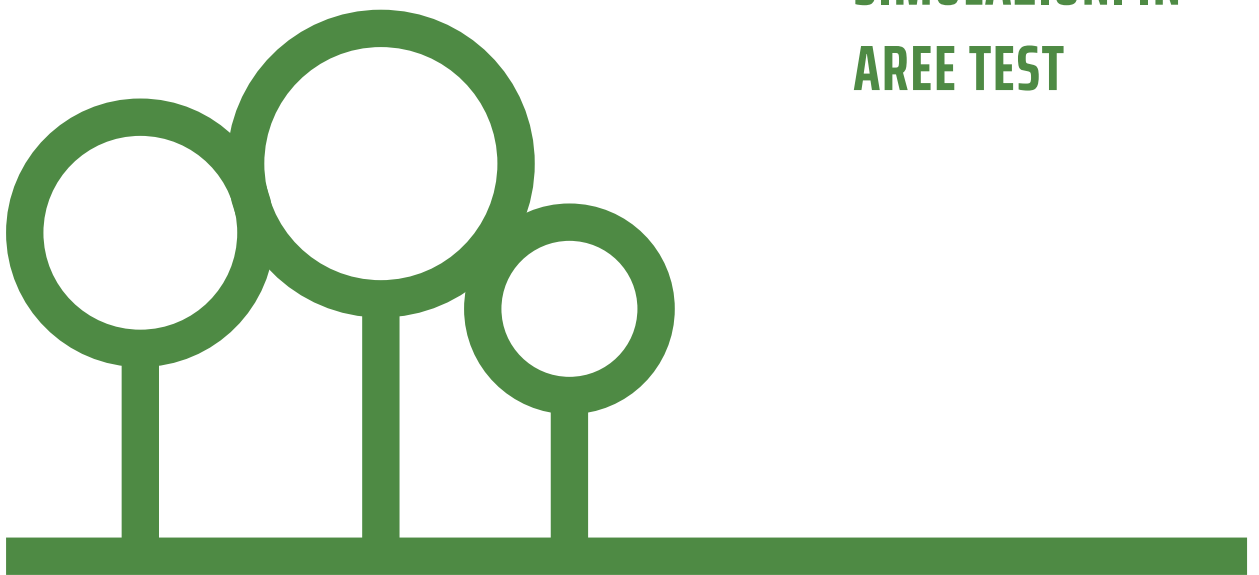


**ALLEGATO** | **VALUTAZIONE**  
**#3** | **DEI SERVIZI**  
**ECOSISTEMICI:**  
**SIMULAZIONI IN**  
**AREE TEST**





E | T | I | F | O | R  
valuing nature



---

**Simulazioni in aree test per validazione di approcci metodologici per la valutazione dei servizi ecosistemici identificati con riferimento al verde urbano orizzontale e verticale di proprietà comunale presente nel territorio del Comune di Torino**

30.04.2020

Mauro Masiero, Giulia Amato, Giacomo Laghetto

Etifor Srl

Davide Murgese, Mauro Perino, Marco Allocco, Marta Cimini

SEAcop

## Credits

### Project title

SERVIZIO DI VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI NEL TERRITORIO DI TORINO  
[CIG 8042107CA1]

---

### WP reference

A1.1

---

### Authors and affiliation

Mauro Masiero, Giulia Amato e Giacomo Laghetto (Etifor Srl)  
Davide Murgese, Mauro Perino, Marco Allocco, Marta Cimini (SEAcop)

---

### Contacts

mauro.masiero@etifor.com

---

### Date

30/04/2020

---

### Document version/status

Prima versione

## Indice

1.	INTRODUZIONE.....	4
2.	SEQUESTRO DI CARBONIO.....	5
2.1	Materiali e metodi.....	5
2.2	Risultati .....	8
3.	RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI .....	10
3.1	Materiali e metodi.....	10
3.2	Risultati .....	13
4.	REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA.....	16
4.1	Materiali e metodi.....	16
4.2	Risultati .....	19
5.	BENEFICI SOCIALI (SE CULTURALI) .....	23
5.1	Materiali e metodi.....	23
5.2	Risultati .....	30
6.	QUALITÀ DEGLI HABITAT .....	36
6.1	Materiali e metodi.....	36
6.2	Risultati .....	39
7.	PRODUZIONE AGRICOLA.....	41
7.1	Materiali e metodi.....	41
7.2	Risultati .....	41
8.	IMPOLLINAZIONE .....	42
8.1	Materiali e metodi.....	42
8.2	Risultati .....	42
	RIFERIMENTI .....	43

## 1. Introduzione

Come precedentemente accennato, l'incarico assegnato e relativo ai Servizi Ecosistemici erogati dal verde urbano di Torino è attualmente ancora in fase di sviluppo. Nell'ambito del lavoro sono tuttavia in corso simulazioni su aree test, utili a tarare i modelli di valutazione e il software che consentiranno di definire i valori complessivi dell'area urbana. Da queste simulazioni e dai primi approfondimenti effettuati emerge chiaramente la potenzialità dei servizi ecosistemici in termini di capacità di indirizzo delle scelte di pianificazione e gestione del territorio. Di seguito si presentano i primi risultati del lavoro. Per effettuare i test sono state individuate aree soggette a trasformazione d'uso e altre non soggette a trasformazione d'uso, ovvero aree che si prevede che in futuro assumeranno una destinazione diversa dall'attuale e aree che rimarranno come sono oggi.

I servizi ecosistemici indagati nelle aree test sono i seguenti

- stoccaggio del carbonio atmosferico
- rimozione degli inquinanti atmosferici
- regolazione della temperatura
- protezione idrogeologica
- capacità di infiltrazione delle acque piovane
- biodiversità
- benefici sociali
- produzione agricola
- impollinazione

Le aree test individuate sono le seguenti:

Tabella 1: Aree test

Tipo	Nome
Area non soggetta a trasformazione	Parco della Tesoriera
	Piazza Chiaves*
	Giardino M. Ferraro
	Giardino V. Scafidi
	Corso G. Ferraris
Area soggetta a trasformazione	Area di Trasformazione 1 – AT1
	Area di Trasformazione 1 – AT2

\*solo per il sequestro di carbonio.

Relativamente alle due aree di trasformazione, essendo dati sensibili che potrebbero influire sugli indirizzi di trasformazione delle stesse, non ancora definiti, i dati sono espressi in forma anonima.

Nella lettura del report, si tenga conto che lo scopo primario dei test era la sperimentazione dei modelli al fine di identificarne le criticità e valutare l'alternativa migliore per l'applicazione al territorio regionale. Per tale motivo i risultati numerici, frutto nella maggior parte dei casi di semplificazioni, non possono che dare un'indicazione sommaria del valore effettivo del servizio ecosistemico.

## 2. Sequestro di carbonio

### 2.1 Materiali e metodi

La valutazione del servizio ecosistemico in esame è stata condotta utilizzando l'applicativo Carbon della suite di modelli InVEST ver. 3.8.0.

Sono state considerate due categorie di aree test: aree non soggette a previsioni di trasformazione d'uso, per la valutazione del servizio attualmente erogato; aree per le quali sono previsti scenari di trasformazione, con valutazione della differenza in termini di erogazioni tra lo scenario ex-ante ed ex-post. La conversione dei dati biometrici in valore economico è stata condotta considerando il valore del credito del carbonio per 1 tCO<sub>2</sub>eq (riferita alla data del 25/04/2020) e un tasso di sconto pari al 3%, corrispondente al tasso di sconto sociale considerato dall'Unione Europea. La valutazione dei due scenari di riferimento è stata considerata per un arco temporale della durata di un anno. Considerata la dinamica del parametro di conversione in valore economico del SE in esame, risulta difficile una corretta applicazione di un tasso di rivalutazione lineare, in quanto, per un arco di tempo medio-lungo, la variazione del prezzo di un credito di carbonio segue dinamiche di mercato con potenziali fluttuazioni che risultano di difficile previsione. Per tale ragione non è stata considerata una rivalutazione del prezzo unitario del credito di carbonio.

La determinazione della biomassa associata alla vegetazione arborea è stata condotta utilizzando l'applicativo i-Tree Eco v.6, inserendo i dati dendrometrici disponibili nel database Albera.TO (Tabella 2), per le aree non soggette a trasformazione (ove sono presenti alberi). In Tabella 3 si riportano i dettagli dei contenuti dei campi di i-Tree Eco.

Tabella 2: campi di AlberaTo e la relativa associazione con quelli richiesti dal software i-Tree Eco

<b>Albera.TO</b>	<b>i-Tree Eco</b>
SPECIE	Species
ALTEZZA (m)	Total Height (m)
ALTEZZA (m)	Height to live top (m)
TRONCO (cm)	DBH 1 (cm)
ALTEZZA IMPALCATO (m)	Crown: Base Height (m)
DIAMETRO CHIOMA (m)	Crown: Width N/S (m)
DIAMETRO CHIOMA (m)	Crown: Width E/W (m)

Tabella 3: dettaglio dei contenuti dei campi di i-Tree Eco

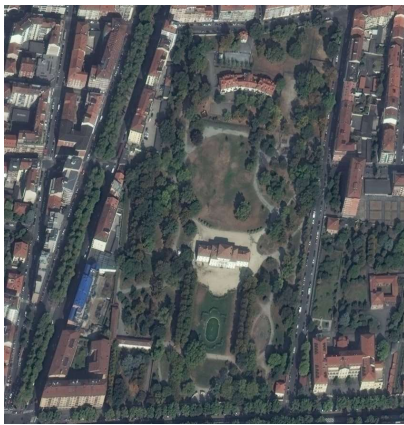
Tree detail fields			
Total tree height		Height from the ground to the top (alive or dead) of the tree	
Crown size	Height to live top	Height from the ground to the live top of the tree	
	Height to crown base	Height from the ground to the base of the live crown	
	Crown width	The width of the crown in two directions: north-south and east-west	
	Percent crown missing	Percent of the crown volume that is not occupied by branches and leaves	
Crown health	Dieback	Estimate of the percent of the crown that is composed of dead branches	
	Condition	Estimate of the condition of the crown recorded as 100 minus the percent of the crown composed of dieback (i.e., dead branches)	
Crown light exposure		Number of sides of the tree receiving sunlight from above (maximum of 5)	
Energy	Direction	Direction from tree to the closest part of the building	x
	Distance	Shortest distance from tree to the closest part of the building	x

Per quanto riguarda le aree di trasformazione, i dati dendrometrici inseriti sono stati desunti dai dati contenuti nelle relazioni specialistiche progettuali ed hanno considerato le dimensioni ipotetiche degli alberi previsti per le nuove piantumazioni, nell'arco temporale posto pari a 20 anni.

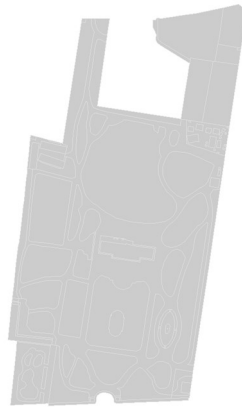
### 2.1.1 Aree test non soggette a trasformazione d'uso

Per questa tipologia di aree, il dato geografico di input è rappresentato dalla carta dell'uso del suolo derivata dalla Carta Tecnica Comunale, integrata con i dati elaborati nell'ambito del progetto Green Print (Figura 1).

Tenuto conto del fatto che l'applicativo Carbon opera una valutazione basata sul confronto tra due scenari, attuale e futuro, al fine di valutare il contributo della situazione rilevata per le aree considerate, è stato definito uno *scenario attuale* caratterizzato da un uso del suolo caratterizzato da valori di stoccaggio del carbonio nulli per i differenti bacini di accumulo. Lo *scenario futuro* considerato dal modello è stato invece fatto coincidere con l'attuale uso del suolo rilevato per le aree test. Questo approccio consente di valutare il valore cumulato del servizio nel tempo (considerato quindi come il tempo che ha determinato la configurazione realmente presente in termini di biomassa).



A



B



C

Figura 1: Scenari di riferimento considerati per la valutazione del SE sequestro di carbonio per le aree test non soggette a trasformazione: (A) ortofoto dell'area test (nell'esempio il Parco della Tesoriera); (B) scenario attuale per il quale è ipotizzato un unico uso del suolo caratterizzato da valori di sequestro del carbonio pari a 0 (nell'esempio area di circolazione veicolare); (C) scenario futuro corrispondente all'uso del suolo attuale. Per quest'ultimo scenario sono rappresentate anche le piante del database Albera.TO considerate per la determinazione del carbonio epigeo stoccato nell'area.

### 2.1.2 Aree soggette a trasformazione

Per le aree soggette a trasformazione lo scenario attuale è definito sulla base della carta dell'uso del suolo realizzata per le analisi. Lo scenario futuro è stato costruito riportando le destinazioni d'uso dai progetti di espansione, riconducendo le categorie individuate nelle planimetrie alle classi d'uso attuali.

Per le specie arboree attualmente presenti nelle aree è stato fatto riferimento alle relazioni specialistiche e ai rilievi presenti nella documentazione di progetto. Per la determinazione dello stock di carbonio organico fissato dalle specie arboree indicate nei documenti di progetto è stato considerato il livello raggiunto in un arco temporale posto pari a 20 anni. Nella simulazione è stato possibile valutare il contributo dei tetti verdi.



## 2.2 Risultati

In Tabella 4 sono riportati i risultati ottenuti per le due categorie di aree test. I valori numerici indicati devono essere considerati alla luce del grado di affidabilità che risente della scala dell'analisi e della dimensione dei campioni di dati considerati per la determinazione dei valori di riferimento. La valutazione condotta alla scala di porzioni limitate del territorio comunale non consente, infatti, una completa descrizione dell'intervallo di variazione dei valori dei parametri di ingresso del modello. **Pertanto, i risultati numerici devono essere interpretati come rappresentativi di tendenze e non tanto come precise descrizioni delle differenze quantitative tra gli scenari considerati dal modello.**

Tabella 4: Stima del valore economico del servizio di sequestro di carbonio (InVEST)

Categoria	Area test	tC <sub>org</sub> scenario attuale	tC <sub>org</sub> scenario futuro	Variazione del valore (€) del servizio ecosistemico
Area non soggetta a trasformazione	Parco della Tesoriera	0*	528,20	49.428,60**
	Piazza Chiaves	0*	43,80*	4.098,40**
	Giardino M. Ferraro	0*	27,50	2.573,08
	Corso G. Ferraris***	-	-	
Area soggetta a trasformazione	AT1	44,74	14,97	-2.019,85
	AT2	107,27	84,90	-1.518,50

\* lo scenario attuale fa riferimento ad una condizione ipotetica caratterizzata da tipologie di coperture che non erogano il SE sequestro di carbonio

\*\* valore riferito al totale dello stock di carbonio organico fissato dalla biomassa epigea e dal suolo

\*\*\* valutazione non effettuata per assenza di dati sulla biomassa arborea

I risultati riferiti alle aree non soggette a trasformazione descrivono, come illustrato in precedenza, il valore cumulato del servizio ecosistemico di fissazione del carbonio nella biomassa e nei suoli. Tale quantitativo è pertanto lo stock totale generato nel corso di un arco temporale pluriennale.

Per le aree oggetto di previsioni di trasformazione è stato invece possibile valutare le condizioni ex-ante ed ex-post. In entrambi i casi considerati, viene rilevata una diminuzione dell'erogazione cumulata del servizio, al netto dell'applicazione del tasso di sconto sociale sull'arco temporale di 20 anni (tempo considerato come necessario al raggiungimento del valore cumulato inserito come dato di inputo per gli usi del suolo dello scenario futuro).

Nel caso dell'area AT1 la riduzione è legata alla perdita di terreno agricolo, caratterizzato da una capacità di sequestro del carbonio che non viene recuperata nella configurazione di progetto. In quest'ultimo scenario, larga parte della superficie trasformata è destinata infatti alla viabilità.

Nel caso dell'Area AT2 si osserva una riduzione, che però è più contenuta rispetto al caso precedente. La perdita in termini di servizio ecosistemico è da attribuirsi in questo caso ad una riduzione della biomassa arborea, che nella configurazione attuale fornisce un importante contributo al sequestro di carbonio. Nello scenario di progetto si rileva un numero inferiore di piante messe a dimora, che determina il deficit osservato.

In Tabella 5 invece sono riportati in sintesi i risultati ottenuti tramite i-Tree per lo stoccaggio di carbonio atmosferico nelle aree test. Si precisa che il software tiene in considerazione sia la parte epigea che ipogea dell'albero ma non viene considerato il carbonio stoccato nel suolo.

Tabella 5: Stima del valore economico del servizio di sequestro di carbonio (i-Tree)

<b>Categoria</b>	<b>Area test</b>	<b>tC<sub>org</sub> attuale*</b>	<b>tC<sub>org</sub> scenario futuro*</b>
Area non soggetta a trasformazione	Parco della Tesoriera	270,6	
	Piazza Chiaves	14,04	
	Giardino M. Ferraro**	-	-
	Corso G. Ferraris***	-	-
Area soggetta a trasformazione	Area AT1****	-	1,88
	AT2	57,19	5,54

\* Valore riferito al totale dello stock di carbonio organico fissato dalla biomassa epigea ed ipogea.

\*\*Non valutato in quanto privo di copertura arborea

\*\*\*Non valutato in quanto non disponibili dati dendrometrici relativi al diametro tronco su AlberaTO

\*\*\*\*Non valutate le condizioni attuali per l'assenza di dati sulla copertura arborea

### 3. Rimozione degli inquinanti atmosferici

#### 3.1 Materiali e metodi

##### 3.1.1 Valutazione fisica (Estimap)

###### 3.1.1.1 NO<sub>2</sub>

Basandoci sulla carta di uso del suolo, allo scopo della stima è stato distinto il prato dalla superficie alberata, in quanto le due categorie danno contributi molto diversi per la rimozione degli inquinanti. A questo scopo è stato preso in considerazione sia il *layer* Albera.TO, sia l'ortofoto.

La **velocità di deposizione** è stata quindi calcolata secondo l'equazione  $Vd = \alpha_j + \beta_j \cdot w$ , dove la velocità del vento è stata calcolata come media annuale del 2019 a partire dai dati della Stazione Meteorologica di Fisica dell'Atmosfera<sup>1</sup>, e i coefficienti *alpha* e *beta* sono stati ricavati per la maggior parte degli usi del suolo da Pistocchi (2010)<sup>2</sup>, per il prato da analisi di letteratura che riporta diversi valori di assorbimento rispetto alle foreste. Il valore medio così calcolato è pari a 0,4 volte il valore corrispondente all'uso suolo di verde alberato (Tabella 6).

Tabella 6: coefficienti utilizzati nella stima per classe di uso del suolo

Uso suolo	Alpha	Beta
ALBERI	0	0,0015
SUOLO NUDO	0,0005	0,002
PRATO	0	0,0006
ALTRO	0	0

La **capacità di rimozione** è stata poi calcolata applicando in Excel, per ogni poligono, la formula  $F = Vd \cdot C \cdot 0,365$ , con C pari alla concentrazione media del 2019 rilevata nelle 4 centraline urbane (Consolata, Lingotto, Rebaudengo, Rubino). A ogni poligono è stato poi assegnato il valore della centralina più prossima.

###### 3.1.1.2 PM10

Anche in questo caso si è partiti dalla carta di uso del suolo adeguatamente modificata.

È stata poi applicata la formula  $F = Vd \cdot C$ , con  $Vd = 0.0064 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  e la *concentrazione media* di PM10 (C,  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) ricavata dai dati di monitoraggio ambientale delle centraline (previa attribuzione della centralina di competenza per ogni punto del Comune con funzione dei poligoni di Voronoi).

Successivamente è stato attribuito ad ogni poligono la quantità rimossa mediante la formula  $Q = F \cdot LAI \cdot T$ . Per il LAI è stato provvisoriamente assegnato un valore mediano di 5,5. T è stato stimato a 215 giorni, assumendo che si trattasse in prevalenza di specie caducifoglie.

<sup>1</sup> <http://www.meteo.dfg.unito.it/principali>

<sup>2</sup> Pistocchi, A., Zulian, G., Vizcaino, P., Marinov, D. (2010). *Multimedia Assessment of Pollutant Pathways in the Environment, European Scale Model (MAPPE-EUROPE)*. EUR 24256 EN. Luxembourg (Luxembourg): 866 Publications Office of the European Union; 2010. JRC56335.

### 3.1.2 Valutazione fisica (i-Tree)

Parallelamente è stata condotta la stima della rimozione degli inquinanti mediante il software i-Tree Eco v6. Il metodo permette di stimare la rimozione di CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

Il software richiede agli utilizzatori internazionali (non USA, UK, Canada e Australia) di fornire i dati orari relativi al proprio sito, per un intero anno solare, sia delle concentrazioni atmosferiche di CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e PM<sub>2,5</sub>, sia delle precipitazioni. È essenziale per lo svolgimento delle analisi che i dati coprano l'intero anno e siano riferiti, per gli inquinanti e per le precipitazioni, al medesimo anno. I dati forniti dagli utilizzatori internazionali vengono implementati nel sistema in occasione del rilascio di una nuova release del software, che avviene successivamente alla pubblicazione dei dati climatici ufficiali degli Stati Uniti da parte del National Climatic Data Center del NOAA. Attualmente il database climatico di *i-Tree* è aggiornato con i dati completi (*weather* e *pollution*) fino al 2015, per cui è stato possibile utilizzare solo i dati climatici dell'area di studio relativi al 2015. Per i casi in esame è stata selezionata la stazione meteo AERITALIA TORINO.

Una volta inseriti i dati di input è necessario inviare i dati per l'elaborazione ed ottenere una risposta positiva dell'elaborazione tramite email. I risultati possono essere così scaricati tramite l'applicazione Eco facendo clic sul pulsante "*Track & Retrieve Results*" nella scheda "*Report*".

### 3.1.3 Valutazione economica

#### 3.1.3.1 Eco-incentivi

Tra i vari incentivi presenti in Regione Piemonte nell'anno 2019<sup>3</sup>, è stato scelto di valutare quello relativo all'acquisto di un veicolo Ibrido, metano o GPL tra 1,5 e 2,5t, per la classe di veicolo "autocarri leggeri N<=1700kg". Il valore dell'incentivo in questione è di 5000 €. Questa scelta è stata fatta ipotizzando che, trattandosi di veicoli commerciali, fosse più probabile l'acquisto di un mezzo nuovo rispetto alla conversione di uno già parecchio datato; è stata inoltre considerata una dimensione media.

Sono stati quindi recuperati i valori di emissioni di tre classi di veicoli: Euro 3 e Euro 4 (da rottamare) e metano (da acquistare) (Tabella 6). Non sono stati considerati veicoli antecedenti in quanto non si riportavano informazioni relative alle emissioni di ossidi di azoto<sup>4</sup>. È stato considerato un veicolo specifico per il metano, in quanto non si dispone di informazioni relative alle emissioni per legge.

Tabella 7: prospetto delle emissioni delle classi di veicoli coinvolti nella stima

Classe inquinamento	Mezzo classe veicolo	Motorizzazione	NOx (g/km)	PM10 (g/km)
<b>Euro 3</b>	Autocarri leggeri N<=1700kg	Diesel	0,65	0,07
<b>Euro 4</b>		Diesel	0,33	0,04
<b>Euro 6 a metano VW Caddy 1.4TGI</b>		Metano monofuel	0,025	0

<sup>3</sup> <https://www.agenziapiemonte.it/incentivi-rottamazione-regione-piemonte> (Ultimo accesso 20/04/2020)

<sup>4</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Standard\\_europei\\_sulle\\_emissioni\\_inquinanti](https://it.wikipedia.org/wiki/Standard_europei_sulle_emissioni_inquinanti) (Ultimo accesso 20/04/2020); [Scheda tecnica](#) per accedere ai dati (Ultimo accesso 23/04/2020)

Per la stima è stata considerata una vita del veicolo di 150.000 km. In questo modo è stato possibile calcolare la differenza di emissioni a fine vita del veicolo e di conseguenza il costo al grammo, sia per NO<sub>2</sub> che per PM10 (Tabella 6).

Tabella 8: prospetto di calcolo per il costo al grammo della riduzione delle emissioni

Classe inquinamento	NO <sub>2</sub>			PM10		
	Differenza NOx (g/km)	Differenza emissioni vita veicolo (g)	Costo al grammo (€/g)	Differenza PM10 (g/km)	Differenza emissioni vita veicolo (g)	Costo al grammo (€/g)
Euro 3 (1999)	0,625	93.750	0,053	0,07	10500	<b>0,476</b>
Euro 4 (2005)	0,305	45.750	0,109	0,04	6000	<b>0,833</b>

### 3.1.3.2 Depuratori per interni

Per la stima sono stati presi in considerazione diversi modelli, che come sottolineato nella metodologia differiscono per costo e prestazioni. Il parametro considerato è il CADR (*Clean Air Delivery Rate*, Tasso di emissione di aria pulita, espresso in mc/ora). Poiché i depuratori restituiscono aria completamente priva di inquinanti, possiamo ragionevolmente assumere che tutti gli inquinanti presenti in un dato volume vengano eliminati in un passaggio nel depuratore. Per questo motivo, si può agevolmente passare dal CADR all'inquinante rimosso e dal prezzo di vendita al costo di rimozione per quantità rimossa.

Il prezzo di vendita è stato trasformato in costo annuo attraverso formule di matematica finanziaria, assumendo una vita di 10 anni e un tasso di sconto del 2% (Tabella 6).

Tabella 9: Confronto tra diversi modelli di depuratori per il calcolo del costo di rimozione

	CADR		COSTO		NO <sub>2</sub>		PM10	
	(mc/ora)	(mc/anno)	(€)	(€/anno)	(Kg/anno)	(€/kg)	(Kg/anno)	(€/kg)
Xiaomi Mi Air Purifier 2H	260	2277600	135	15,02	15.103,62	0,0010	12.337,55	0,0012
Xiaomi Mi Air Purifier 3H	380	3328800	290	32,28	10.334,05	0,0031	8.441,48	0,0038
Philips Purificatore d'aria Serie 800	190	1664400	180	20,03	20.668,11	0,0010	16.882,96	0,0012
Philips Purificatore d'aria Serie 1000	270	2365200	300	33,39	14.544,22	0,0023	11.880,60	0,0028
Philips Purificatore d'aria Serie 2000	333	2917080	400	44,53	11.792,61	0,0038	9.632,92	0,0046
Media						<b>0,0022</b>		<b>0,0027</b>

### 3.1.3.3 Realizzazione di un bosco urbano

Per la quantificazione dei costi sono stati consultati esperti, che hanno fornito una stima dei costi medi di impianto e manutenzione, considerando aree mediamente piccole (inferiori a 5 ettari) e manutenzioni frequenti (Tabella 6).

Tabella 10: Prospetto dei costi di realizzazione di una foresta urbana

Costo progettazione	5.000,00	€/ha
Costo impianto	10.000,00	€/ha
Manutenzione primi 5 anni	2.500,00	€/ha
Manutenzione ordinaria	1.000,00	€/ha

Il valore annuo è stato poi calcolato attraverso formule di matematica finanziaria, considerando un lasso di tempo di 30 anni e un tasso di sconto del 2%. Il risultato è un valore di 1919,75 €/ettaro all'anno. Tale valore è stato rapportato alla quantità di inquinante rimosso nella stessa area, ottenendone così il costo (Tabella 6).

Tabella 11: prospetto di calcolo per il costo alla tonnellata di inquinante rimosso

NO <sub>2</sub>	PM10	
0,0253328	0,18	t/anno*ha
75.781,08	10.665,27	€/anno*t

Da questa stima è escluso l'eventuale costo di acquisizione del terreno, che farebbe aumentare considerevolmente il valore economico del servizio, portando presumibilmente a una sovrastima.

## 3.2 Risultati

### 3.2.1 Stima biofisica

In seguito alle elaborazioni effettuate è possibile risalire al contributo di rimozione fornito dalle singole aree valutate e dal totale di queste. Il valore è in questo caso rappresentato dalla capacità di rimozione esercitata in un anno (kg/anno) (Tabella 6).

Tabella 12: Effetto di rimozione dei due inquinanti per aree test e totale (Estimap)

Area test	Effetto di rimozione NO <sub>2</sub> (kg/anno)	Effetto di rimozione PM10 (kg/anno)
Area AT1	8,98	11,00
AT2	43,77	101,37
Corso G. Ferraris	69,81	444,72
Giardino V. Scafidi	19,28	98,88
Parco della Tesoriera	170,12	774,24
<b>Totale</b>	<b>311,97</b>	<b>1.430,23</b>

I risultati restituiti da i-Tree sono invece descritti in Tabella 13.

Tabella 13: Capacità di rimozione degli inquinanti (i-Tree)

Area test	Effetto di rimozione degli inquinanti (kg/anno)
Area AT1	5,04
Area AT2	53,43-14,73
Corso G. Ferraris	-
Parco della Tesoriera	222
Piazza Chiaves	12,59

### 3.2.2 Ecoincentivi

La metodologia sopra descritta permette di collegare la capacità di rimozione annua sopraesposta con il valore economico ricavato dagli incentivi. Il valore annuo è stato capitalizzato mediante l'impiego di due diversi tassi, così da convertirlo in valore totale (Tabella 13 e Tabella 13).

Tabella 14: Valore economico del servizio di rimozione di NO<sub>2</sub> (primo metodo)

	Valore annuo da Euro3 (€/anno)	Valore annuo da Euro4 (€/anno)	Valore medio (€/anno)	Valore totale (r=0,01) (€)	Valore totale (r=0,03) (€)
Area AT1	479	981	730	73.015	24.338
Area AT2	2.334	4.784	3.559	355.914	118.638
Corso G. Ferraris	3.723	7.629	5.676	567.632	189.211
Giardino V. Scafidi	1.029	2.108	1.568	156.827	52.276
Parco della Tesoriera	9.073	18.593	13.833	1.383.295	461.098
<b>Totale</b>	<b>16.638</b>	<b>34.095</b>	<b>25.367</b>	<b>2.536.682</b>	<b>845.561</b>

Tabella 15: Valore economico del servizio di rimozione del PM10 (primo metodo)

	Valore annuo da Euro3 (€/y)	Valore annuo da Euro4 (€/y)	Valore medio (€/y)	Valore totale (r=0,01) (€)	Valore totale (r=0,03) (€)
Area AT1	5.241	9.172	7.207	720.690	240.230
Area AT2	48.273	84.478	66.376	6.637.595	2.212.532
Corso G. Ferraris	211.773	370.602	291.187	29.118.743	9.706.248
Giardino V. Scafidi	47.087	82.402	64.744	6.474.414	2.158.138
Parco della Tesoriera	368.689	645.205	506.947	50.694.691	16.898.230
<b>Totale</b>	<b>681.063</b>	<b>1.191.860</b>	<b>936.461</b>	<b>119.185.987</b>	<b>39.728.662</b>

### 3.2.3 Depuratori per interni

Analogamente a quanto fatto in precedenza, è possibile stimare la capacità di rimozione degli inquinanti attraverso il riferimento ai valori di mercato dei depuratori da interni. Come si nota dalla Tabella 16, questa variante metodologica restituisce un risultato molto basso, suggerendo implicitamente la scarsa corrispondenza tra il bene primario (il verde urbano) e il surrogato.

Tabella 16: Valore economico del servizio di rimozione degli inquinanti (secondo metodo)

	NO <sub>2</sub> (€/anno)	PM10 (€/anno)
AT1	0,02	0,03
AT2	0,10	0,28
Corso Ferraris	0,16	1,22
Giardino Scafidi	0,04	0,27
Tesoriera	0,38	2,12
<b>TOTALE</b>	<b>0,70</b>	<b>3,91</b>

### 3.2.4 Realizzazione di un bosco urbano

Laddove si impieghi come surrogato la realizzazione di un bosco urbano la stima restituisce un valore ancora più basso rispetto alla prima metodologia, anche se più elevato e presumibilmente robusto/affidabile rispetto alla seconda variante metodologica (Tabella 16).

Tabella 17: Valore economico del servizio di rimozione degli inquinanti (terzo metodo)

	NO <sub>2</sub> (€)	PM10 (€)
AT1	680,49	117,39
AT2	3.317,07	1.081,18
Corso Ferraris	5.290,24	4.743,09
Giardino Scafidi	1.461,60	1.054,60
Tesoriera	12.892,10	8.257,55
<b>TOTALE</b>	<b>23.641,50</b>	<b>15.253,81</b>



## 4. Regolazione della temperatura

### 4.1 Materiali e metodi

Il modello InVEST per la regolazione della temperatura e l'effetto di raffrescamento urbano (*urban cooling*) è stato testato per le sei aree test, tuttavia, come evidenziato di seguito, è risultato possibile completare la valutazione solamente per cinque di esse. Problemi legati alla natura del software del modello hanno infatti precluso la possibilità di completare le analisi relative all'area del Giardino M. Ferraro, che all'occorrenza potranno condotte in un secondo momento. Stanti le finalità di questa fase di test, è lecito tuttavia assumere che tale omissione non pregiudichi la bontà dei risultati in termini di valutazione dell'operatività del modello e di sua successiva calibratura in vista di ulteriori stime future estese all'intero territorio.

Il modello in oggetto si basa sul calcolo della capacità di raffrescamento (*cooling capacity, cc*), *Urban heat mitigation index* (UHI) e temperatura media dell'aria (in °C) derivanti dalla presenza e dalle caratteristiche del verde urbano, a partire dagli indici proposti da Zardo *et al.* (2017) e Kunapo *et al.* (2018). È richiesto di decidere a priori il riferimento temporale dell'analisi: l'effetto del *cooling* può essere infatti diverso a seconda dei periodi dell'anno considerati e i dati di input (in particolare con riferimento ai valori di evapotraspirazione e temperatura) dovranno riferirsi al periodo scelto. Di seguito sono riportati esempi e riferimenti per una valutazione media annuale del servizio.

L'input di base richiesto dal modello è costituito da una mappa *raster* dell'uso del suolo. Per analogia con quanto fatto per il modello relativo alla Qualità degli habitat (si veda di seguito all'interno di questo stesso documento), è stata realizzata una mappa relativa all'intero territorio comunale e comprensiva di diciotto classi omogenee (Figura 2), identificate secondo le indicazioni fornite dalle linee guida del modello in oggetto. A partire da tale mappa sono state identificate e ritagliate le aree test oggetto di valutazione in questa fase.

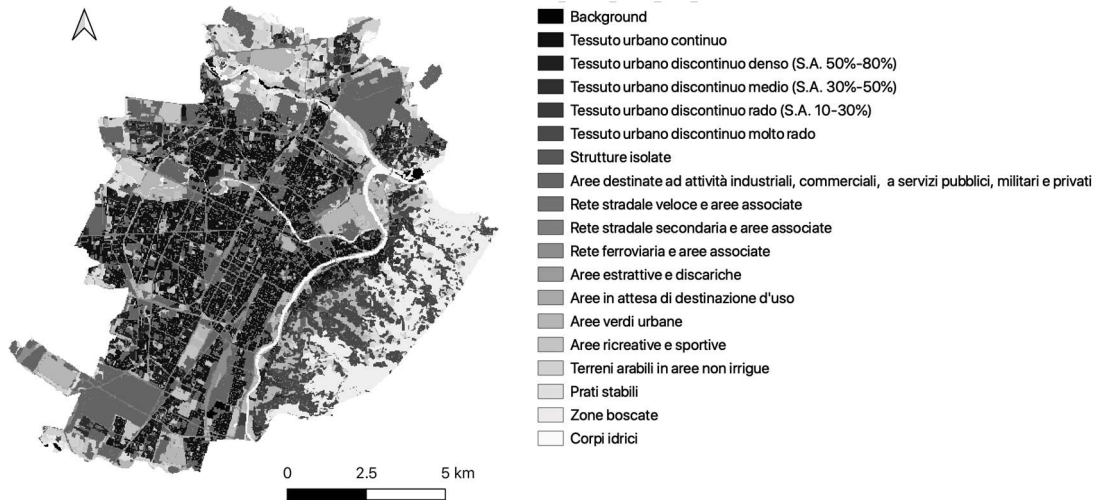
Successivamente è stata predisposta una matrice (file .csv) dei valori biofisici richiesti dal modello (*Biophysical table*) e da assegnare a ciascuna classe d'uso del suolo precedentemente identificata. I valori utilizzati per tale matrice sono stati ricavati secondo le linee guida proposte dal modello e a partire dalla letteratura esistente sull'argomento, con particolare riferimento alle pubblicazioni già indicate in apertura di questa sezione. La Tabella 16 presenta una sintesi dei parametri biofisici utilizzati. Per una descrizione puntuale delle caratteristiche e del significato di ciascun campo si fa rinvio alle linee guida InVEST disponibili online e al documento metodologico predisposto ai fini del presente lavoro.

Ai fini dell'inclusione del contributo dell'evapotraspirazione è stato predisposto un file *raster* indicante i valori di tale parametro con riferimento alle aree test considerate. A tal fine si è fatto riferimento ai dati di evapotraspirazione media annua misurati a partire dai dati MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) e resi disponibili attraverso l'*Evapotranspiration Web Viewer* sviluppato e aggiornato dal Numerical Terradynamic Simulation Group (NSTG) della Montana University<sup>5</sup>. I valori riscontrati risultano compresi all'interno dell'intervallo 0-400 mm/anno.

---

<sup>5</sup> <http://www.arcgis.com/apps/OnePane/main/index.html?appid=b1a0c03f04994a36b93271b0c39e6c0f>

**a. Carta d'uso del suolo complessiva**



**b. Focus sulle aree test**

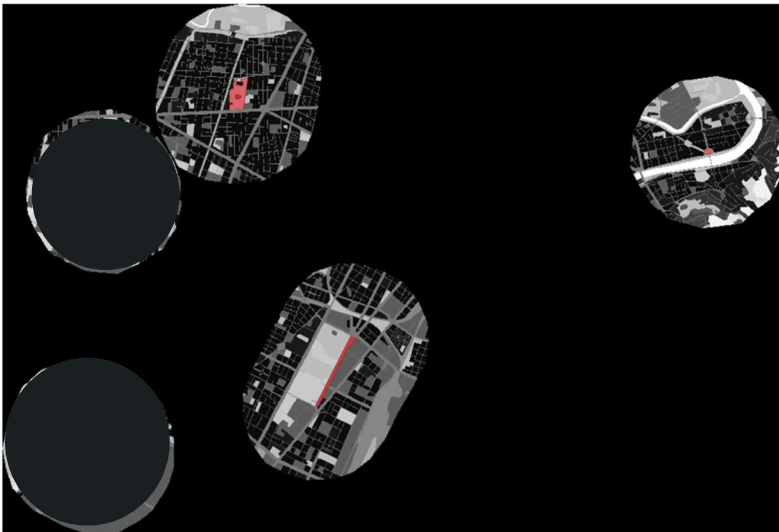


Figura 2: Carta dell'uso del suolo utilizzata per il modello di regolazione della temperatura

Tabella 18: Matrice dei parametri biofisici (Biophysical table)

lucode	Description	Shade	Kc	Albedo	Green_area
0	Background	0	0	0	0
1	Continuous urban fabric	0,05	0,37	0,18	0
2	Discontinuous dense urban fabric	0,18	0,55	0,19	0
3	Discontinuous medium density urban fabric	0,33	0,76	0,19	0
4	Discontinuous low-density urban fabric	0,45	0,93	0,2	0
5	Discontinuous very low-density urban fabric	0,45	0,93	0,2	0
6	Isolated structures	0,45	0,93	0,2	0
7	Industrial commercial public military and private units	0,05	0,37	0,18	0
8	Fast transit roads and associated land	0,45	0,93	0,2	0
9	Other roads and associated land	0,45	0,93	0,2	0
10	Railways and associated land	0,45	0,93	0,2	0
11	Mineral extraction and dump sites	0	0,3	0,2	0
12	Construction sites	0	0,3	0,2	0
13	Land without current use	0	0,3	0,2	0
14	Green urban areas	1	1	0,2	1
15	Sports and leisure facilities	1	1	0,2	1
16	Arable land annual crops	1	0,7	0,2	1
17	Pastures	1	1	0,2	1
18	Forests	1	1	0,15	1
19	Water	1	1	0,06	1

Come area di interesse è stato scelto di considerare un intorno (*buffer*) di raggio pari a 1000 m per ciascuna delle aree test considerate, producendo un file vettoriale corrispondente a tale area.

Per il parametro relativo alla massima distanza alla quale sia apprezzabile l'effetto di raffrescamento operato dalle aree verdi (*Green area maximum cooling effect*) è stata individuato un valore pari a 300 m, sulla scorta di una recente analisi della letteratura esistente sul tema, operata da Aram *et al.* (2019), mentre per il valore relativo alla magnitudo dell'effetto isola di calore ( $UHI_{max}$ ), inteso come differenza media di temperatura tra la temperatura massima riscontrabile in aree urbane soggette all'effetto dell'isola di calore e temperatura di aree rurali non soggette allo stesso, ci si è rifatti ai dati disponibili attraverso il Global Surface UHI Explorer sviluppato e aggiornato dalla Yale University (2020) e riportante dati del parametro aggiornati al 2017. È stato pertanto identificato un valore di  $UHI_{max}$  pari a 3°C. Tale dato è stato confrontato con i riscontri contenuti in altre pubblicazioni, in particolare con riferimento a ISPRA (2019) ed è risultato coerente.

Per quanto riguarda il parametro relativo alla *Air Temperature Maximum Blending Distance*, relativo alla distanza massima alla quale sia apprezzabile un effetto di movimentazione e rimescolamento delle masse d'aria riconducibile all'azione del vento, è stato mantenuto, in assenza di dati specifici per le aree test, il valore di default consigliato dal modello, pari a 2.000 m.

Per l'impronta degli edifici si è fatto affidamento al vettore Edificio contenuto nella Carta Tecnica Comunale, distinguendo tre tipologie principali: residenziale (1), misto residenziale/commerciale/pubblico (2) e industriale/non residenziale (3).

Sono state scelte, ai soli fini del test, una temperatura media di riferimento pari a 20°C e un'umidità relativa del 30%.

Ai fini del calcolo della capacità di raffrescamento è stato scelto di utilizzare il metodo dei fattori pesati (*weighted factors*), in quanto unica opzione offerta dal modello che consenta di ottenere come output diretto anche una stima dei valori economici associati alle dimensioni biofisiche analizzate. Ciò ha comportato la definizione di coefficienti (pesi) attribuiti ai parametri evapotraspirazione (0,2), albedo (0,2) e ombreggiatura/shade (0,6).

Da ultimo è stata compilata una matrice (file .csv) dei consumi energetici, con particolare riferimento ai consumi di energia elettrica utilizzata per alimentare sistemi di condizionamento e raffrescamento che possano produrre un effetto di efficacia analoga a quanto prodotto dal verde urbano. I dati relativi al costo per KWh sono stati ricavati dalle serie storiche dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)<sup>6</sup> in maniera distinta per le diverse tipologie di edifici considerate: residenziale, misto residenziale/commerciale/pubblico e industriale/non residenziale. I valori relativi al consumo di energia per singolo grado centigrado (KWh/°C) sono stati invece stimati a partire dai dati sui consumi complessivi, stimando un consumo medio per edificio e adottando un coefficiente di aumento dei consumi giornalieri (rispetto al carico di base) dello 0,54% per ogni aumento di temperatura di 1°C (Santamuris *et al.*, 2015). La Tabella 19 riassume i valori considerati per la matrice dei consumi energetici.

Tabella 19: Matrice dei parametri biofisici (*Biophysical table*)

Type (Tipo di edificio)	Consumption (Kwh/°C)	Cost (€/Kwh)
1	1,6	0,15
2	1,6	0,12
3	1,6	0,10

## 4.2 Risultati

Gli *output* finali del modello derivanti dai dati di input riportati sono essenzialmente due:

- file vettoriale con valori relativi all'UHI, che permette di ricavare, per le aree di interesse, i valori relativi al dato medio del coefficiente di raffrescamento (cc), al dato medio della temperatura e della temperatura di bulbo umido<sup>7</sup>, nonché il dato relativo al totale dei consumi energetici evitati (*energy savings*, espressi in €) (Figura 3 e Tabella 20);

<sup>6</sup> [https://www.arera.it/it/dati/elenco\\_dati.htm](https://www.arera.it/it/dati/elenco_dati.htm)

<sup>7</sup> Wet Bulb Globe Temperature (WBGT). Temperatura apparente utilizzata per stimare l'effetto di temperatura, umidità, velocità del vento e radiazione visibile e infrarossa sull'uomo.

- file vettoriale comprendente, per ogni singolo edificio ricompreso nell'impronta degli edifici, valori relativi ai consumi energetici evitati (*energy savings*, espressi in €) e alla temperatura media (Figura 4 e Tabella 21).

Complessivamente è possibile osservare che le cinque aree test presentano un risparmio complessivo di consumi energetici derivante dall'effetto di raffrescamento pari a poco più di 5.890 €/giorno, assumendo una giornata media con caratteristiche assimilabili a quelle ipotizzate per l'input. Il 37% di tale valore è imputabile al Parco della Tesoriera, mentre un ulteriore 44% è attribuibile a Corso G. Ferraris (24%) e al Giardino V. Scafidi (20%). Il dato relativo a Corso G. Ferraris appare tuttavia controverso, e meritevole di ulteriori approfondimenti a fronte di nuovi e test. Le due aree in trasformazione contribuiscono in maniera più contenuta, soprattutto con riferimento all'area AT2 (3%). Tali valori sono peraltro allineati alla percentuale di edifici (rispetto al totale) ricadenti in ciascuna area test.

Il valore più elevato del coefficiente di raffrescamento è osservato per l'area del Giardino V. Scafidi: ciò è da imputarsi dalla forte influenza giocata dal fiume Po che scorre lateralmente all'area verde in questione.

Figura 3: Output del modello: risultati UHI relativi alle aree test

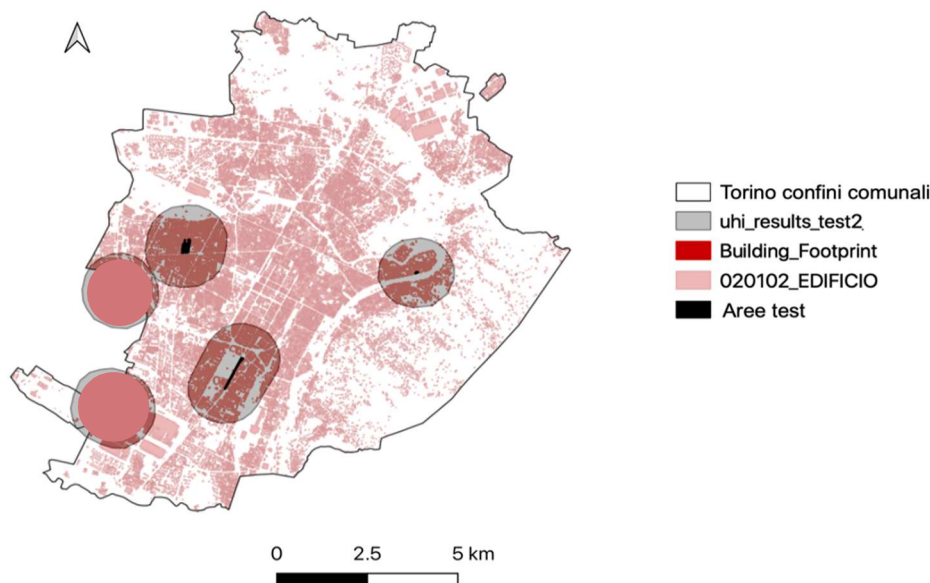


Tabella 20: Sintesi dei risultati: UHI relativa alle aree test - Coefficiente di raffrescamento, energy savings, temperatura media dell'aria per ciascuna area test

	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	Area AT1	Area AT2
Coefficiente di raffrescamento (cc) medio	0,39	0,47	-	0,43	0,44	0,65
Temperatura media (°C)	22,25	22,28	-	22,33	22,13	21,83
Anomalia media di temperatura (°C)	0,75	0,78	-	0,83	0,63	0,33
Temperatura di bulbo umido media (°C)	19,71	19,73	-	19,77	19,62	19,39
Consumo evitato di energia (€)	2.163,95	891,00	-	190,28	1.439,84	1.205,34
% sul consumo evitato di energia totale	36,7%	20,5%	-	24,4%	15,1%	3,2%

Il risparmio medio per edificio associato al mancato consumo di energia elettrica è pari a 0,65 €/giorno, risultando compreso tra un valore massimo di 0,77 €/giorno e un valore minimo di 0,41 €/giorno. Coerentemente con quanto indicato dai valori del coefficiente di raffrescamento, i consumi evitati maggiori si riscontrano per l'area del Giardino V. Scafidi, mentre quelli minori si osservano per l'area AT2.

È bene precisare, in ogni caso, che i valori qui riportati devono essere considerati con estrema cautela in virtù del carattere esplorativo dello studio e della conseguente necessità di apportare aggiustamenti e modifiche ai parametri di input, al fine di ricalibrare al meglio il modello. Nondimeno i primi risultati sono incoraggianti in merito alla fattibilità di uno studio a scala più ampia, comprensiva dell'intero territorio comunale.

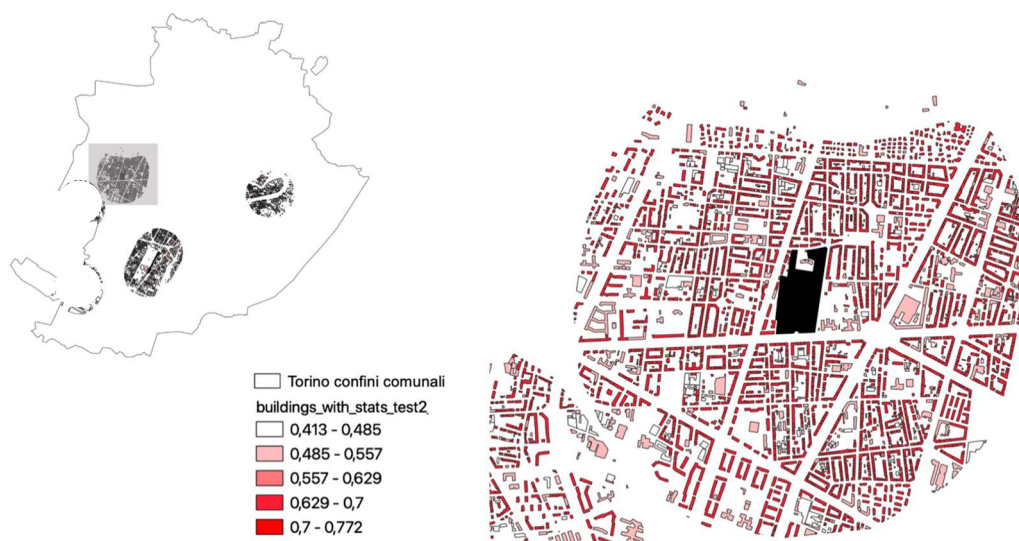


Figura 4: Output del modello: classi di energy savings (€) degli edifici in corrispondenza delle aree test, panoramica e dettaglio – a titolo di esempio - dell'area del Parco della Tesoriera



Tabella 21: Sintesi dei risultati: energy savings e temperatura media dell'aria per gli edifici compresi nell'area di interesse di ciascuna area test

	Totale aree test	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	Area AT1	Area AT2
<b>Numero Edifici</b>	<b>9.093</b>	3.411	2.201	-	1.663	1.472	346
<b>% sul Totale</b>	<b>100%</b>	38%	24%	-	18%	16%	4%
<b>Energy savings (€)</b>							
<b>Max</b>	<b>0,77</b>	0,69	0,72	-	0,77	0,66	0,66
<b>Media</b>	<b>0,65</b>	0,63	0,65	-	0,72	0,61	0,55
<b>Mediana</b>	<b>0,66</b>	0,65	0,68	-	0,76	0,65	0,52
<b>Min</b>	<b>0,41</b>	0,43	0,45	-	0,50	0,43	0,41
<b>Range</b>	<b>0,36</b>	0,26	0,28	-	0,27	0,23	0,25
<b>Dev. St.</b>	<b>0,08</b>	0,06	0,07	-	0,07	0,07	0,09
<b>Temperatura media dell'aria (°C)</b>							
<b>Max</b>	<b>22,42</b>	22,32	22,21	-	21,85	22,32	22,42
<b>Media</b>	<b>22,15</b>	22,25	22,13	-	21,83	22,29	22,31
<b>Mediana</b>	<b>22,21</b>	22,26	22,14	-	21,83	22,29	22,30
<b>Min</b>	<b>21,78</b>	22,12	21,98	-	21,78	22,24	22,24
<b>Range</b>	<b>0,64</b>	0,20	0,23	-	0,07	0,08	0,18
<b>Dev. St.</b>	<b>0,17</b>	0,05	0,06	-	0,01	0,02	0,05

## 5. Benefici sociali (SE culturali)

### 5.1 Materiali e metodi

Al fine di testare il modello relativo ai benefici sociali (servizi ecosistemici culturali) ci si è ispirati all'approccio di Cortinovis *et al.* (2018), basato su un adattamento del modello Estimap (Zulian *et al.*, 2013), modificandolo secondo le esigenze del caso. Seguendo lo schema generale riassunto in Figura 5, l'offerta di servizi ecosistemici culturali, con particolare riferimento ai servizi di natura ricreativa, è stata stimata per le sei aree test attraverso la determinazione di tre dimensioni principali:

- Potenziale Ricreativo (PR)
- Accessibilità e Fruibilità (A&F)
- Ventaglio delle opportunità ricreative (*Recreation Opportunity Spectrum*, ROS).

Dettagli relativi a ognuna di tali dimensioni sono forniti di seguito in maniera dedicata.

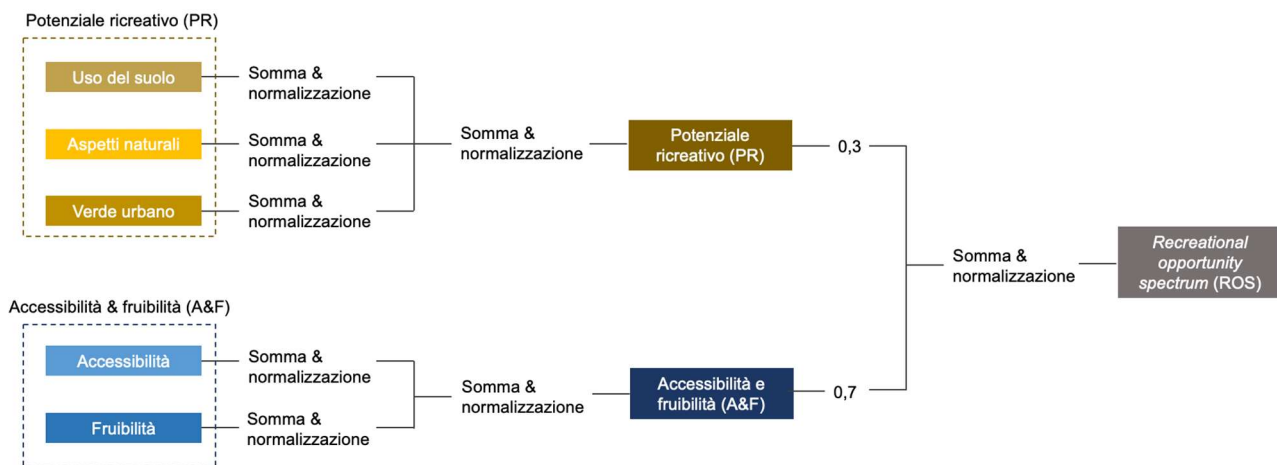


Figura 5: Schema generale del modello

#### 5.1.1 Potenziale ricreativo

Il potenziale ricreativo è stato determinato mediante la combinazione di tre sotto-componenti descritte di seguito.

##### a. Uso del suolo

A ciascuna delle categorie d'uso del suolo presenti all'interno delle aree test, così come identificabili dalla carta d'uso del suolo predisposta ai fini del presente lavoro (combinazione della Carta Tecnica e della carta Green Print) è stato attribuito un punteggio di base, derivato da Cortinovis *et al.* (2018) e riassunto in Tabella 22.

Per ciascuna area test il punteggio complessivo relativo a tale sotto-componente è stato determinato come media ponderata rispetto alla superficie relativa a ciascuna categoria d'uso del suolo e successivamente normalizzata (0,1) utilizzando la seguente formula generale [1] (Barò *et al.*, 2016):

$$v' = \frac{v - \min}{\max - \min}$$



Dove:

*min* e *max* sono, rispettivamente, i valori minimo e massimo dell'intervallo di possibili valori assumibili con riferimento a tale sotto-categoria;

*v* è il punteggio relativo alla singola area test.

Tabella 22: Categorie d'uso del suolo presenti nelle aree test e relativo punteggio ai fini del modello

CLC_COD	CLC_name	Uso del suolo
1113	Tessuto urbano continuo e mediamente denso	0,5
1121	Tessuto residenziale discontinuo	0,6
1214	Edifici delle Zone industriali commerciali e reti di comunicazione discontinue	0,3
1221	Reti stradali e spazi accessori	0,1
1411	Parchi urbani	0,8
1422	Impianti sportivi (calcio- atletica- tennis- sci)	0,6
2111	Seminativo non irriguo	0,4
	Verde in trasformazione	0,4

## b. Aspetti naturali

Per ciascuna area test è stata valutata la presenza di elementi di pregio legati ad aspetti naturali. Integrando l'approccio di Cortinovis *et al.* (2018) gli aspetti considerati per ciascuna area test sono stati i seguenti:

- Sito Natura 2000
- Punto panoramico
- Presenza di corso d'acqua primario/secondario
- Presenza di albero monumentale

Le informazioni utili ai fini di tale valutazione sono state ricavate da operazioni di *geoprocessing* a partire dai file vettoriali relativi alle aree test e alla carta d'uso del suolo predisposta ai fini del presente lavoro, integrate con informazioni aggiuntive, ricavate, ad esempio, dalla consultazione di risorse online del servizio Verde Pubblico del Comune di Torino<sup>8</sup>. I punteggi assegnati sono stati modulati a partire da Cortinovis *et al.* (2018) e normalizzati secondo la [1].

## c. Verde urbano

Al fine di prendere in considerazione le peculiarità proprie del verde urbano, la terza sotto-componente ha permesso di attribuire un punteggio specifico alle aree verdi urbane. L'assunto di fondo è quello per cui è possibile associare un maggiore Potenziale ricreativo alle aree più ampie (Cortinovis *et al.*, 2018), con valori decrescenti in funzione della diminuzione delle dimensioni dell'area verde. Anche in ragione delle peculiarità della città di Torino si è ritenuto utile e opportuno considerare come rilevante, in questo contesto, la categoria dei giardini storici. I punteggi assegnati sono stati modulati a partire da Cortinovis *et al.* (2018) e normalizzati secondo la [1].

<sup>8</sup> <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/>

I punteggi relativi alle tre sotto-componenti sopra descritte sono stati infine sommati e normalizzati, secondo la [1], al fine di calcolare il valore finale dell'indicatore Potenziale ricreativo per ciascuna delle aree test.

La Tabella 23 presenta un quadro di sintesi relativo al calcolo del Potenziale ricreativo per le sei aree test considerate.

Tabella 23: Quadro di sintesi relativo al calcolo del Potenziale ricreativo per le aree test

CLC_COD	CLC_name	Punteggio [0,1]	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scaffidi	AT1	AT2
1113	Tessuto urbano continuo e mediamente denso	0,5	0,02	0,00	0,00	0,00		
1121	Tessuto residenziale discontinuo	0,6					0,01	
1214	Edifici delle Zone industriali commerciali e reti di comunicazione discontinue	0,3	2E-05				0,00	0,15
1221	Reti stradali e spazi accessori	0,1	0,03	0,10	0,04	0,00	0,00	0,00
1411	Parchi urbani	0,8	0,53		0,50	0,77		
1422	Impianti sportivi (calcio- atletica- tennis- sci)	0,6	0,01					0,06
2111	Seminativo non irriguo	0,4					0,35	
—	Verde in trasformazione	0,4					0,04	0,09
<b>Uso del suolo</b>			<b>0,59</b>	<b>0,10</b>	<b>0,54</b>	<b>0,77</b>	<b>0,40</b>	<b>0,31</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>			<b>0,62</b>	<b>0,00</b>	<b>0,55</b>	<b>0,84</b>	<b>0,37</b>	<b>0,27</b>
<b>B. Aspetti naturali/Natural features</b>		Punteggio [0,1]	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scaffidi	AT1	AT2
Punto panoramico		0,9						
Fiume - Corso d'acqua primario		0,8				0,80		
Natura 2000 o area protetta		0,8						
Fiume - Corso d'acqua secondario		0,7						
Albero monumentale		0,7	0,70					
<b>Aspetti naturali</b>			<b>0,70</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>			<b>0,29</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>C. Verde urbano</b>		Punteggio [0-1]	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scaffidi	AT1	AT2
Parco urbano >2 ha		1	1,00					
Parco urbano 0,5-2 ha		0,9			0,90	0,90		
Parco urbano < 0,5 ha		0,8						
Giardini storici		0,7						
<b>Verde urbano</b>			<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>			<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Somma</b>			<b>1,91</b>	<b>0,00</b>	<b>1,45</b>	<b>2,07</b>	<b>0,37</b>	<b>0,27</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>			<b>0,64</b>	<b>0,00</b>	<b>0,48</b>	<b>0,69</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>
<b>Potenziale ricreativo (PR)</b>			<b>0,64</b>	<b>0,00</b>	<b>0,48</b>	<b>0,69</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>

### 5.1.2 Accessibilità e fruibilità

La componente Accessibilità e fruibilità si articola in due sotto-componenti descritte di seguito.

#### a. Accessibilità

L'accessibilità di ciascuna area test è stata stimata in funzione della prossimità a infrastrutture che ne facilitino il raggiungimento e l'accesso alla stessa. Nella fattispecie sono state considerate fermate di mezzi pubblici di trasporto, piste ciclabili, percorsi pedonali e parcheggi. Rispetto a Cortinovis *et al.* (2018) non è stata presa in considerazione la viabilità rappresentata da strade principali e secondarie, partendo dall'assunto che, in contesto urbano, tutte le aree verdi siano servite da tali infrastrutture. Le informazioni utili alla determinazione dei punteggi sono state ricavate dall'analisi della carta d'uso del suolo predisposta ai fini del presente lavoro e, laddove necessario, dalla consultazione di risorse disponibili online, quali Google Earth e Google Maps. I punteggi assegnati sono stati modulati a partire da Cortinovis *et al.* (2018) e normalizzati secondo la [1].

## b. Fruibilità

Ai fini della valutazione di tale sotto-componente, è stata analizzata la presenza di strutture/risorse che consentano/favoriscano la fruizione ricreativa di una determinata area. In particolare, sono state considerate le seguenti strutture/risorse:

- Area giochi
- Piastra sportiva attrezzata
- Area cani
- Panchine e tavolini
- Chiosco
- Servizi igienici
- Fontana.

La presenza delle quali è stata verificata mediante l'analisi delle categorie d'uso del suolo associate ai singoli poligoni, così come riportate dalla carta d'uso del suolo predisposta ai fini del presente lavoro, e le informazioni puntuali disponibili in Green Print. In considerazione della finalità di test di questa fase, sono state fatte ulteriori verifiche consultando risorse online, quali il sito web del servizio Verde Pubblico del Comune di Torino<sup>9</sup> e risorse quali Google Earth e Google Maps.

I punteggi assegnati sono stati modulati a partire da Cortinovis *et al.* (2018) e normalizzati secondo la [1].

I punteggi relativi alle due sotto-componenti sopra descritte sono stati infine sommati e normalizzati, secondo la [1], al fine di calcolare il valore finale dell'indicatore Accessibilità e fruibilità per ciascuna delle aree test.

La **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Tabella 23 presenta un quadro di sintesi relativo al calcolo della componente Accessibilità e fruibilità per le sei aree test considerate.

---

<sup>9</sup> <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/>

Tabella 24: Quadro di sintesi relativo al calcolo dell'indicatore Accessibilità e fruibilità per le aree test

B. Accessibilità	Punteggio 0-1	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	AT1	AT2
Pista ciclabile	0,9	0,90			0,90		
Fermata mezzo pubblico	0,8	0,80	0,80				
Sentiero/Area pedonale	0,7	0,70		0,70	0,70		
Parcheggio	0,7	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
<b>Natural features</b>		<b>3,10</b>	<b>1,50</b>	<b>1,40</b>	<b>2,30</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>		<b>1,00</b>	<b>0,48</b>	<b>0,45</b>	<b>0,74</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>

C. Fruibilità	Punteggio 0-1	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	AT1	AT2
Area giochi	0,9	0,90		0,90	0,90		
Piastrea sportiva attrezzata	0,8	0,80					
Area cani	0,7	0,70					
Panchine e tavolini	0,7	0,70		0,70	0,70		
Chiosco	0,5	0,50		0,50			
Servizi igienici	0,4	0,40		0,40	0,50		
Fontana	0,7	0,70					
<b>Natural features</b>		<b>4,70</b>	<b>0,00</b>	<b>2,50</b>	<b>2,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>		<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,53</b>	<b>0,45</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

<b>Somma</b>		<b>2,00</b>	<b>0,48</b>	<b>0,98</b>	<b>1,19</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>
<b>Normalizzato [0,1]</b>		<b>1,00</b>	<b>0,24</b>	<b>0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>
<b>Accessibilità &amp; fruibilità (A&amp;F)</b>		<b>1,00</b>	<b>0,24</b>	<b>0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>

### 5.1.3 Ventaglio delle opportunità ricreative

Le valutazioni condotte ai punti precedenti hanno permesso di calcolare un indicatore rappresentativo del ventaglio delle opportunità ricreative (*Recreation Opportunity Spectrum*, ROS) associate a ciascuna area test. In particolare, i valori relativi al Potenziale ricreativo e alla Accessibilità e fruibilità di ciascuna area test sono stati pesati, normalizzati e sommati. I risultati sono sintetizzati in Tabella 23.

 Tabella 25: Quadro di sintesi del ventaglio delle opportunità ricreative (*Recreation Opportunity Spectrum*, ROS) per le aree test

	Coeff.	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	AT1	AT2
Potenziale ricreativo (PR)	0,3	0,64	0,00	0,48	0,69	0,12	0,09
Accessibilità & fruibilità (A&F)	0,7	1,00	0,24	0,49	0,59	0,11	0,11
<b>Somma</b>		<b>1,64</b>	<b>0,24</b>	<b>0,97</b>	<b>1,29</b>	<b>0,24</b>	<b>0,20</b>
<b>Normalizzato e pesato [0,1]</b>		<b>0,89</b>	<b>0,17</b>	<b>0,49</b>	<b>0,62</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>
<b>Recreational opportunity spectrum (ROS)</b>		<b>0,89</b>	<b>0,17</b>	<b>0,49</b>	<b>0,62</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>

### 5.1.4 Numero di visite potenziali

La stima del numero di visite potenziali a ciascuna area test è stata condotta in funzione del ROS e della distanza, secondo la [2], che consente di stimare la probabilità di visita a una determinata area:

$$f(d) = \frac{1+K}{K+e^{\alpha d}} \cdot w$$

Dove:

w = punteggio associato al ventaglio delle opportunità ricreative (*Recreational Opportunity Spectrum*, ROS) per ciascuna area test, così come calcolato ai punti precedenti

d = distanza in metri da ciascuna area test

$\alpha$  e K variabili modulabili in funzione dell'effetto di decadimento desiderato della funzione.

Sulla base di tale funzione è stata calcolato il numero di visite per diversi *buffer* di distanza rispetto a ciascuna area test considerata. La dimensione dei *buffer* è stata scelta in coerenza con Barò *et al.* (2016), considerando classi successive di ampiezza incrementale pari a 300 m. In questa fase sono state testate diverse funzioni (cioè diverse combinazioni di valori  $\alpha$  e  $K$ ) al fine di poter raccogliere informazioni utili ai fini della successiva calibratura del modello (Figura 6). In linea di principio, l'orientamento generale è quello di valutare il possibile ricorso a funzioni che prevedano un decadimento diversificato della domanda (leggasi: numero di potenziale di visite) in relazione alla tipologia dell'area verde. Tipicamente:

- per aree a vocazione ricreativa (parchi, giardini e altre aree del verde urbano) di superficie superiore ai 2 ettari si ipotizza un decadimento entro i 3.000 m di distanza;
- per aree a vocazione ricreativa di superficie compresa tra 0,5 e 2 ettari si ipotizza un decadimento entro i 2.000 m di distanza;
- per tutte le altre aree ipotizza un decadimento entro i 1.5000 m di distanza

Lungi dall'essere identificati in via definitiva, tali aspetti sono tuttavia meritevoli di ulteriori approfondimenti e valutazioni, anche perché potrebbero comportare complicazioni non facilmente gestibili laddove, in sede di modellizzazione e automatizzazione del sistema, l'analisi non fosse limitata a un numero ristretto di aree.

I valori della  $f(d)$  ricavati dalla [2] secondo quanto sopra considerato sono stati successivamente moltiplicati per la popolazione residente all'interno di ciascun *buffer* preso in considerazione, al fine di ottenere una stima del numero di visite a ciascuna area test. I dati relativi alla popolazione totale residente sono stati ricavati dal Censimento Istat della Popolazione e delle abitazioni 2011 con riferimento alle singole sezioni di censimento relative al Comune di Torino, così come disponibili nella sezione Basi territoriali e Variabili Censuarie dell'Istat (2020). È stato preso in considerazione il dato relativo al campo P1 (Popolazione residente totale). A titolo di esempio e con sole finalità illustrative, si riporta in Figura 7 una rappresentazione grafica delle operazioni di stima del numero delle visite potenziali a partire dalla popolazione residente in ciascuna Sezione del Censimento.

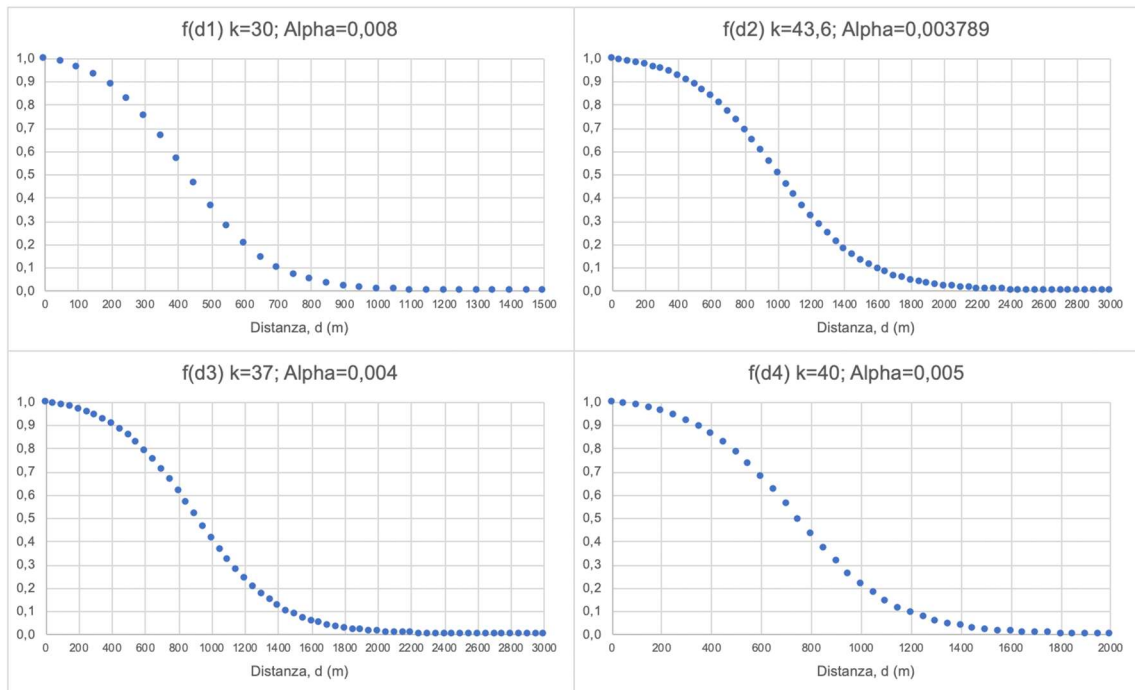
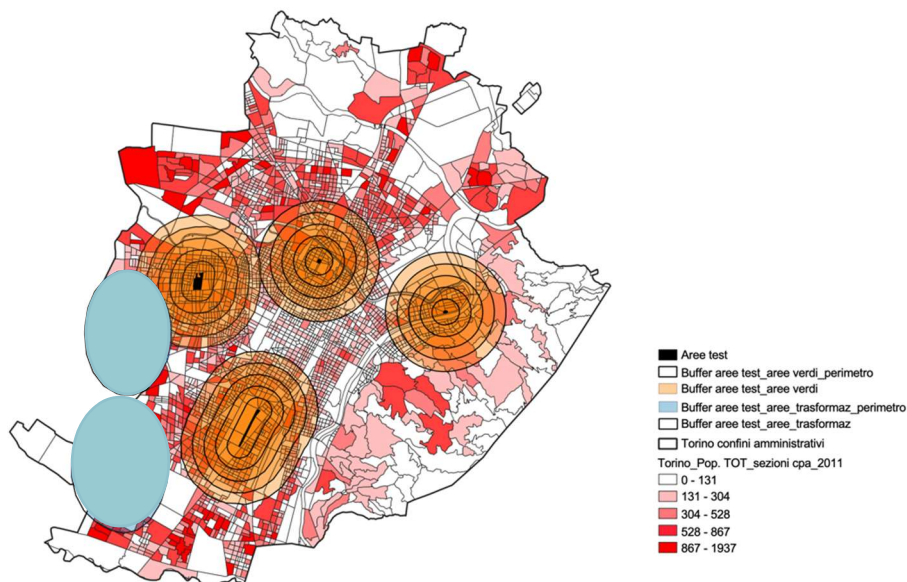


Figura 6: Diverse funzioni relative alla probabilità di vista in funzione della distanza dall'area verde utilizzate con riferimento alle aree test

Figura 7: Rappresentazione grafica dei buffer utilizzati per la stima delle visite potenziali a partire dalla popolazione residente in ciascuna Sezione del Censimento





### 5.1.5 Stima del valore economico

In assenza di indagini *ad hoc* e in attesa che le stesse siano completate nei prossimi mesi, si è fatto ricorso a dati da letteratura (Marone *et al.*, 2010; Tempesta, 2014) e a *benefit transfer* semplice. È stato utilizzato un valore di disponibilità a pagare/*willingness to pay* (DAP/WTP) pari a 2,70 €/visita, adattato alle aree test secondo il ROS stimato per ciascuna area (DAP/WTP effettiva per singola area test = DAP/WTP x ROS). Il valore annuo calcolato è stato successivamente capitalizzato con diversi tassi (Marone *et al.*, 2010).

## 5.2 Risultati

Sulla base degli input indicati in 5.1 e relativi sotto-paragrafi, e già sintetizzati in Tabella , sono state testate diverse situazioni, caratterizzate da diverse possibili combinazioni della [2]. Ciò al fine di verificare diversi possibili scenari e poter così contribuire alle future considerazioni in merito alla calibratura del modello.

I risultati sono riassunti nelle tabelle presentate di seguito (Tabelle 25-30).

Tabella 25: Quadro di sintesi dei risultati relativi alle aree test - I ipotesi f(d1)

	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	AT1	AT2
ROS	f(d1)	f(d1)	f(d1)	f(d1)	f(d1)	f(d1)
f(0-300) x ROS	0,673	0,128	0,442	0,532	0,088	0,080
f(300-600) x ROS	0,182	0,035	0,120	0,144	0,024	0,022
f(600-900) x ROS	0,020	0,004	0,013	0,016	0,003	0,002
f(900-1200) x ROS	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
f(1200-1500) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f(1500-1800) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f(1800-2100) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f(2100-2400) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f(2400-2700) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f(2700-3000) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Popolazione (buffer_perimetro)						
Pop_300	14.974	6.862	4.573	6.152	2.826	9
Pop_300-600	24.134	20.772	16.640	9.450	9.455	3.651
Pop_600-900	30.581	33.267	23.958	6.756	12.742	4.215
Pop_900-1200	26.752	39.678	29.771	5.361	11.099	4.365
Pop_1200-1500	34.693	43.641	37.070	7.695	16.340	13.919
Pop_1500-1800	39.719	43.792	46.702	8.589	20.150	15.937
Pop_1800-2100	34.263	45.203	50.084	12.994	27.992	24.596
Pop_2100-2400	37.964	43.486	56.953	16.947	31.294	30.605
Pop_2400-2700	35.964	43.379	59.187	27.483	38.287	26.984
Pop_2700-3000	51.733	36.840	53.547	32.462	40.456	21.540

Visite						
Vis_0-300	10.079	878	2.022	3.274	248	1
Vis_300-600	4.399	720	1.992	1.362	225	79
Vis_600-900	617	128	317	108	34	10
Vis_900-1200	50	14	36	8	3	1
Vis_1200-1500	6	1	4	1	0	0
Vis_1500-1800	1	0	0	0	0	0
Vis_1800-2100	0	0	0	0	0	0
Vis_2100-2400	0	0	0	0	0	0
Vis_2400-2700	0	0	0	0	0	0
Vis_2700-3000	0	0	0	0	0	0
<b>Vis_TOT</b>	<b>15.151,07</b>	<b>1.741,43</b>	<b>4.372,42</b>	<b>4.752,32</b>	<b>509,36</b>	<b>91,04</b>

DAPWTP (Euro/visita), mod. secondo ROS	2,41	0,46	1,58	1,90	0,31	0,29
Superficie (mq)	72.882	50.041	7.881	5.676	8.529	76.652
Valore totale Euro anno-1	36.439,32	796,43	6.907,36	9.036,20	159,74	25,98
Valore totale Euro anno-1 mq-1	0,50	0,02	0,88	1,59	0,02	0,00

Valore capitalizzato	0,5%	7.287.863,97	159.286,52	1.381.471,36	1.807.239,62	31.947,86	5.195,62
Valore capitalizzato	1,0%	3.643.931,98	79.643,26	690.735,68	903.619,81	15.973,93	2.597,81
Valore capitalizzato	1,5%	2.429.287,99	53.095,51	460.490,45	602.413,21	10.649,99	1.731,87

Tabella 26: Quadro di sintesi dei risultati relativi alle aree test - Ipotesi f(d2)

	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scaffidi	ATI	AT2	
<b>ROS</b>	<b>f(d2)</b>	<b>f(d2)</b>	<b>f(d2)</b>	<b>f(d2)</b>	<b>f(d2)</b>	<b>f(d2)</b>	
f(0-300) x ROS	0,850	0,162	0,559	0,672	0,111	0,101	
f(300-600) x ROS	0,745	0,142	0,489	0,589	0,097	0,088	
f(600-900) x ROS	0,538	0,102	0,297	0,324	0,048	0,039	
f(900-1200) x ROS	0,288	0,055	0,189	0,228	0,038	0,034	
f(1200-1500) x ROS	0,118	0,022	0,077	0,093	0,015	0,014	
f(1500-1800) x ROS	0,041	0,008	0,027	0,033	0,005	0,005	
f(1800-2100) x ROS	0,014	0,003	0,009	0,011	0,002	0,002	
f(2100-2400) x ROS	0,004	0,001	0,003	0,004	0,001	0,001	
f(2400-2700) x ROS	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	
f(2700-3000) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Popolazione (buffer_perimetro)</b>							
Pop_300	14.974	6.862	4.573	6.152	2.826	9	
Pop_300-600	24.134	20.772	16.640	9.450	9.455	3.651	
Pop_600-900	30.581	33.267	23.958	6.756	12.742	4.215	
Pop_900-1200	26.752	39.678	29.771	5.361	11.099	4.365	
Pop_1200-1500	34.683	43.641	37.070	7.695	16.340	13.919	
Pop_1500-1800	39.719	43.792	46.702	8.589	20.150	15.937	
Pop_1800-2100	34.263	45.203	50.084	12.994	27.992	24.596	
Pop_2100-2400	37.964	43.486	56.953	16.947	31.294	30.605	
Pop_2400-2700	35.964	43.379	59.187	27.483	38.287	26.984	
Pop_2700-3000	51.733	36.840	53.547	32.462	40.456	21.540	
<b>Visite</b>							
Vis_0-300	12.734	1.110	2.554	4.136	313	1	
Vis_300-600	17.985	2.943	8.145	5.567	919	323	
Vis_600-900	16.447	3.402	7.120	2.187	610	163	
Vis_900-1200	7.705	2.173	5.632	1.221	417	149	
Vis_1200-1500	4.083	977	2.866	716	251	194	
Vis_1500-1800	1.644	345	1.270	281	109	78	
Vis_1800-2100	470	118	451	141	50	40	
Vis_2100-2400	169	37	166	60	18	16	
Vis_2400-2700	51	12	56	31	7	5	
Vis_2700-3000	24	3	16	12	2	1	
<b>Vis_TOT</b>	<b>61.311,62</b>	<b>11.119,56</b>	<b>28.275,59</b>	<b>14.351,44</b>	<b>2.696,37</b>	<b>970,73</b>	
<b>DAP/WTP (Euro/visita), mod. secondo ROS</b>	<b>2,41</b>	<b>0,46</b>	<b>1,58</b>	<b>1,90</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	
<b>Superficie (mq)</b>	<b>72.882</b>	<b>50.041</b>	<b>7.881</b>	<b>5.676</b>	<b>8.529</b>	<b>76.652</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1</b>	<b>147.458,49</b>	<b>5.085,45</b>	<b>44.668,55</b>	<b>27.288,24</b>	<b>845,61</b>	<b>277,01</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1 mq-1</b>	<b>2,02</b>	<b>0,10</b>	<b>5,67</b>	<b>4,81</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	
Valore capitalizzato	0,5%	29.491.697,82	1.017.090,35	8.933.709,35	5.457.648,59	169.121,24	55.401,99
Valore capitalizzato	1,0%	14.745.848,91	508.545,17	4.466.854,68	2.728.824,29	84.560,62	27.701,00
Valore capitalizzato	1,5%	9.830.565,94	339.030,12	2.977.903,12	1.819.216,20	56.373,75	18.467,33
Valore capitalizzato	3,0%	4.915.282,97	169.515,06	1.488.951,56	909.608,10	28.186,87	9.233,67



Tabella 27: Quadro di sintesi dei risultati relativi alle aree test - Ipotesi f(d3)

	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scaffidi	AT1	AT2	
<b>ROS</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d3)</b>	
f(0-300) x ROS	0,840	0,160	0,551	0,664	0,109	0,100	
f(300-600) x ROS	0,705	0,134	0,463	0,557	0,092	0,084	
f(600-900) x ROS	0,460	0,087	0,302	0,364	0,060	0,055	
f(900-1200) x ROS	0,214	0,041	0,140	0,169	0,028	0,025	
f(1200-1500) x ROS	0,077	0,015	0,050	0,061	0,010	0,009	
f(1500-1800) x ROS	0,025	0,005	0,016	0,019	0,003	0,003	
f(1800-2100) x ROS	0,008	0,001	0,005	0,006	0,001	0,001	
f(2100-2400) x ROS	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	
f(2400-2700) x ROS	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	
f(2700-3000) x ROS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Popolazione (buffer_perimetro)</b>							
Pop_300	14.974	6.862	4.573	6.152	2.826	9	
Pop_300-600	24.134	20.772	16.640	9.450	9.455	3.651	
Pop_600-900	30.581	33.267	23.958	6.756	12.742	4.215	
Pop_900-1200	26.752	39.678	29.771	5.361	11.099	4.365	
Pop_1200-1500	34.693	43.641	37.070	7.695	16.340	13.919	
Pop_1500-1800	39.719	43.792	46.702	8.589	20.150	15.937	
Pop_1800-2100	34.263	45.203	50.084	12.994	27.992	24.596	
Pop_2100-2400	37.964	43.486	56.953	16.947	31.294	30.605	
Pop_2400-2700	35.964	43.379	59.187	27.483	38.287	26.984	
Pop_2700-3000	51.733	36.840	53.547	32.462	40.456	21.540	
<b>Visite</b>							
Vis_0-300	12.571	1.095	2.522	4.083	309	1	
Vis_300-600	17.011	2.784	7.704	5.266	869	305	
Vis_600-900	14.065	2.909	7.238	2.457	764	230	
Vis_900-1200	5.713	1.611	4.176	905	309	111	
Vis_1200-1500	2.666	638	1.871	468	164	127	
Vis_1500-1800	977	205	754	167	65	47	
Vis_1800-2100	259	65	248	78	28	22	
Vis_2100-2400	87	19	86	31	9	8	
Vis_2400-2700	25	6	27	15	3	2	
Vis_2700-3000	11	1	7	5	1	1	
<b>Vis_TOT</b>	<b>53.383,20</b>	<b>9.333,75</b>	<b>24.632,80</b>	<b>13.473,81</b>	<b>2.521,35</b>	<b>853,34</b>	
<b>DAPWTP (Euro/visita), mod. secondo ROS</b>	<b>2,41</b>	<b>0,46</b>	<b>1,58</b>	<b>1,90</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	
<b>Superficie (mq)</b>	<b>72.882</b>	<b>50.041</b>	<b>7.881</b>	<b>5.676</b>	<b>8.529</b>	<b>76.652</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1</b>	<b>128.390,12</b>	<b>4.268,72</b>	<b>38.913,83</b>	<b>25.619,50</b>	<b>790,72</b>	<b>243,51</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1 mq-1</b>	<b>1,76</b>	<b>0,09</b>	<b>4,94</b>	<b>4,51</b>	<b>0,09</b>	<b>0,00</b>	
Valore capitalizzato	0,5%	25.678.024,65	853.744,53	7.782.766,51	5.123.900,19	158.143,87	48.702,04
Valore capitalizzato	1,0%	12.839.012,33	426.872,26	3.891.383,26	2.561.950,10	79.071,93	24.351,02
Valore capitalizzato	1,5%	8.559.341,55	284.581,51	2.594.255,50	1.707.966,73	52.714,62	16.234,01
Valore capitalizzato	3,0%	4.279.670,78	142.290,75	1.297.127,75	853.983,37	26.357,31	8.117,01

Tabella 28: Quadro di sintesi dei risultati relativi alle aree test - Ipotesi  $f(d4)$  e  $f(d1)$ 

	Parco Tesoriera	so G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scaffidi	ATI	ATZ	
ROS	$f(d4)$	$f(d1)$	$f(d1)$	$f(d1)$	$f(d1)$	$f(d1)$	
$f(0-300) \times ROS$	0,821	0,128	0,442	0,532	0,088	0,080	
$f(300-600) \times ROS$	0,608	0,035	0,120	0,144	0,024	0,022	
$f(600-900) \times ROS$	0,281	0,004	0,013	0,016	0,003	0,002	
$f(900-1200) \times ROS$	0,082	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	
$f(1200-1500) \times ROS$	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(1500-1800) \times ROS$	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(1800-2100) \times ROS$	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2100-2400) \times ROS$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2400-2700) \times ROS$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2700-3000) \times ROS$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Popolazione (buffer_perimetro)</b>							
Pop_300	14.974	6.862	4.573	6.152	2.826	9	
Pop_300-600	24.134	20.772	16.640	9.450	9.455	3.651	
Pop_600-900	30.581	33.267	23.958	6.756	12.742	4.215	
Pop_900-1200	26.752	39.678	29.771	5.361	11.099	4.365	
Pop_1200-1500	34.693	43.641	37.070	7.695	16.340	13.919	
Pop_1500-1800	39.719	43.792	46.702	8.589	20.150	15.937	
Pop_1800-2100	34.263	45.203	50.084	12.994	27.992	24.596	
Pop_2100-2400	37.964	43.486	56.953	16.947	31.294	30.605	
Pop_2400-2700	35.964	43.379	59.187	27.483	38.287	26.984	
Pop_2700-3000	51.733	36.840	53.547	32.462	40.456	21.540	
<b>Visite</b>							
Vis_0-300	12.294	878	2.022	3.274	248	1	
Vis_300-600	14.669	720	1.992	1.362	225	79	
Vis_600-900	8.590	128	317	108	34	10	
Vis_900-1200	2.203	14	36	8	3	1	
Vis_1200-1500	686	1	4	1	0	0	
Vis_1500-1800	178	0	0	0	0	0	
Vis_1800-2100	34	0	0	0	0	0	
Vis_2100-2400	9	0	0	0	0	0	
Vis_2400-2700	2	0	0	0	0	0	
Vis_2700-3000	1	0	0	0	0	0	
<b>Vis_TOT</b>	<b>38.665,98</b>	<b>1.741,43</b>	<b>4.372,42</b>	<b>4.752,32</b>	<b>509,36</b>	<b>91,04</b>	
<b>DAPWTP (Euro/visita), mod. secondo ROS</b>	<b>2,41</b>	<b>0,46</b>	<b>1,58</b>	<b>1,90</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	
<b>Superficie (mq)</b>	<b>72.882</b>	<b>50.041</b>	<b>7.881</b>	<b>5.676</b>	<b>8.529</b>	<b>76.652</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1</b>	<b>92.994,23</b>	<b>796,43</b>	<b>6.907,36</b>	<b>9.036,20</b>	<b>159,74</b>	<b>25,98</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1 mq-1</b>	<b>1,28</b>	<b>0,02</b>	<b>0,88</b>	<b>1,59</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	
Valore capitalizzato	0,5%	18.598.846,60	159.286,52	1.381.471,36	1.807.239,62	31.947,86	5.195,62
Valore capitalizzato	1,0%	9.299.423,30	79.643,26	690.735,68	903.619,81	15.973,93	2.597,81
Valore capitalizzato	1,5%	6.199.615,53	53.095,51	460.490,45	602.413,21	10.649,29	1.731,87
Valore capitalizzato	3,0%	3.099.807,77	26.547,75	230.245,23	301.206,60	5.324,64	865,94

Tabella 29: Quadro di sintesi dei risultati relativi alle aree test - Ipotesi  $f(d3)$ ,  $f(d4)$  e  $f(d1)$  (A)

	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafilì	ATI	ATZ	
<b>ROS</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d1)</b>	<b>f(d4)</b>	<b>f(d4)</b>	<b>f(d1)</b>	<b>f(d1)</b>	
$f(0-300) \times ROS$	0,840	0,128	0,539	0,649	0,088	0,080	
$f(300-600) \times ROS$	0,705	0,035	0,399	0,481	0,024	0,022	
$f(600-900) \times ROS$	0,460	0,004	0,185	0,222	0,003	0,002	
$f(900-1200) \times ROS$	0,214	0,000	0,054	0,065	0,000	0,000	
$f(1200-1500) \times ROS$	0,077	0,000	0,013	0,016	0,000	0,000	
$f(1500-1800) \times ROS$	0,025	0,000	0,003	0,004	0,000	0,000	
$f(1800-2100) \times ROS$	0,008	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	
$f(2100-2400) \times ROS$	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2400-2700) \times ROS$	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2700-3000) \times ROS$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Popolazione (buffer_perimetro)</b>							
Pop_300	14.974	6.862	4.573	6.152	2.826	9	
Pop_300-600	24.134	20.772	16.640	9.450	9.455	3.651	
Pop_600-900	30.581	33.267	23.958	6.756	12.742	4.215	
Pop_900-1200	26.752	39.678	29.771	5.361	11.099	4.365	
Pop_1200-1500	34.693	43.641	37.070	7.695	16.340	13.919	
Pop_1500-1800	39.719	43.792	46.702	8.589	20.150	15.937	
Pop_1800-2100	34.263	45.203	50.084	12.994	27.992	24.596	
Pop_2100-2400	37.964	43.486	56.953	16.947	31.294	30.605	
Pop_2400-2700	35.964	43.379	59.187	27.483	38.287	26.984	
Pop_2700-3000	51.733	36.840	53.547	32.462	40.456	21.540	
<b>Visite</b>							
Vis_0-300	12.571	878	2.466	3.993	248	1	
Vis_300-600	17.011	720	6.643	4.541	225	79	
Vis_600-900	14.065	128	4.420	1.500	34	10	
Vis_900-1200	5.713	14	1.611	349	3	1	
Vis_1200-1500	2.666	1	481	120	0	0	
Vis_1500-1800	977	0	138	30	0	0	
Vis_1800-2100	259	0	33	10	0	0	
Vis_2100-2400	87	0	8	3	0	0	
Vis_2400-2700	25	0	2	1	0	0	
Vis_2700-3000	11	0	0	0	0	0	
<b>Vis_TOT</b>	<b>53.383,20</b>	<b>1.741,43</b>	<b>15.803,17</b>	<b>10.549,24</b>	<b>509,36</b>	<b>91,04</b>	
<b>DAPWTP (Euro/visita), mod. secondo ROS</b>	<b>2,41</b>	<b>0,46</b>	<b>1,58</b>	<b>1,90</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	
<b>Superficie (mq)</b>	<b>72.882</b>	<b>50.041</b>	<b>7.881</b>	<b>5.676</b>	<b>8.529</b>	<b>76.652</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1</b>	<b>128.390,12</b>	<b>796,43</b>	<b>24.965,17</b>	<b>20.058,63</b>	<b>159,74</b>	<b>25,98</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1 mq-1</b>	<b>1,76</b>	<b>0,02</b>	<b>3,17</b>	<b>3,53</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	
Valore capitalizzato	0,5%	25.678.024,65	159.286,52	4.993.033,07	4.011.725,10	31.947,86	5.195,62
Valore capitalizzato	1,0%	12.839.012,33	79.643,26	2.496.516,53	2.005.862,55	15.973,93	2.597,81
Valore capitalizzato	1,5%	8.559.341,55	53.095,51	1.664.344,36	1.337.241,70	10.649,29	1.731,87
Valore capitalizzato	3,0%	4.279.670,78	26.547,75	832.172,18	668.620,85	5.324,64	865,94

Tabella 30: Quadro di sintesi dei risultati relativi alle aree test - Ipotesi  $f(d3)$ ,  $f(d4)$  e  $f(d1)$  (B)

	Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidì	A11	A12	
<b>ROS</b>	<b>f(d3)</b>	<b>f(d4)</b>	<b>f(d4)</b>	<b>f(d4)</b>	<b>f(d1)</b>	<b>f(d1)</b>	
$f(0-300) \times ROS$	0,840	0,156	0,539	0,649	0,088	0,080	
$f(300-600) \times ROS$	0,705	0,116	0,399	0,481	0,024	0,022	
$f(600-900) \times ROS$	0,460	0,053	0,185	0,222	0,003	0,002	
$f(900-1200) \times ROS$	0,214	0,016	0,054	0,065	0,000	0,000	
$f(1200-1500) \times ROS$	0,077	0,004	0,013	0,016	0,000	0,000	
$f(1500-1800) \times ROS$	0,025	0,001	0,003	0,004	0,000	0,000	
$f(1800-2100) \times ROS$	0,008	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	
$f(2100-2400) \times ROS$	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2400-2700) \times ROS$	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
$f(2700-3000) \times ROS$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Popolazione (buffer_perimetro)</b>							
Pop_300	14.974	6.862	4.573	6.152	2.826	9	
Pop_300-600	24.134	20.772	16.640	9.450	9.455	3.651	
Pop_600-900	30.581	33.267	23.958	6.756	12.742	4.215	
Pop_900-1200	26.752	39.678	29.771	5.361	11.099	4.365	
Pop_1200-1500	34.693	43.641	37.070	7.695	16.340	13.919	
Pop_1500-1800	39.719	43.792	46.702	8.589	20.150	15.937	
Pop_1800-2100	34.263	45.203	50.084	12.994	27.992	24.596	
Pop_2100-2400	37.964	43.486	56.953	16.947	31.294	30.605	
Pop_2400-2700	35.964	43.379	59.187	27.483	38.287	26.984	
Pop_2700-3000	51.733	36.840	53.547	32.462	40.456	21.540	
<b>Visite</b>							
Vis_0-300	12.571	1.071	2.466	3.993	248	1	
Vis_300-600	17.011	2.401	6.643	4.541	225	79	
Vis_600-900	14.065	1.777	4.420	1.500	34	10	
Vis_900-1200	5.713	621	1.611	349	3	1	
Vis_1200-1500	2.666	164	481	120	0	0	
Vis_1500-1800	977	37	138	30	0	0	
Vis_1800-2100	259	9	33	10	0	0	
Vis_2100-2400	87	2	8	3	0	0	
Vis_2400-2700	25	0	2	1	0	0	
Vis_2700-3000	11	0	0	0	0	0	
<b>Vis_TOT</b>	<b>53.383,20</b>	<b>6.082,93</b>	<b>15.803,17</b>	<b>10.549,24</b>	<b>509,36</b>	<b>91,04</b>	
<b>DAP/WTP (Euro/visita), mod. secondo ROS</b>	<b>2,41</b>	<b>0,46</b>	<b>1,58</b>	<b>1,90</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	
<b>Superficie (mq)</b>	<b>72.882</b>	<b>50.041</b>	<b>7.881</b>	<b>5.676</b>	<b>8.529</b>	<b>76.652</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1</b>	<b>128.390,12</b>	<b>2.781,99</b>	<b>24.965,17</b>	<b>20.058,63</b>	<b>159,74</b>	<b>25,98</b>	
<b>Valore totale Euro anno-1 mq-1</b>	<b>1,76</b>	<b>0,06</b>	<b>3,17</b>	<b>3,53</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	
Valore capitalizzato	0,5%	25.678.024,65	556.397,22	4.993.033,07	4.011.725,10	31.947,86	5.195,62
Valore capitalizzato	1,0%	12.839.012,33	278.198,61	2.496.516,53	2.005.862,55	15.973,93	2.597,81
Valore capitalizzato	1,5%	8.559.341,55	185.465,74	1.664.344,36	1.337.241,70	10.649,29	1.731,87
Valore capitalizzato	3,0%	4.279.670,78	92.732,87	832.172,18	668.620,85	5.324,64	865,94

## 6. Qualità degli habitat

### 6.1 Materiali e metodi

Al fine di testare il modello InVEST per la qualità degli habitat (*habitat quality*) è stata realizzata una mappa *raster* dell'uso del suolo relativa all'intero territorio comunale e comprensiva di diciotto classi omogenee (Figura 8), identificate secondo le indicazioni fornite dalle linee guida del modello in oggetto. In fase di test si è preferito limitare il numero delle classi d'uso del suolo al fine di poter effettuare più prove con il modello, nonché con l'obiettivo di poter osservare con maggior precisione il comportamento delle classi d'uso del suolo e poter ottenere informazioni utili ai fini della calibratura del modello e dei relativi parametri.

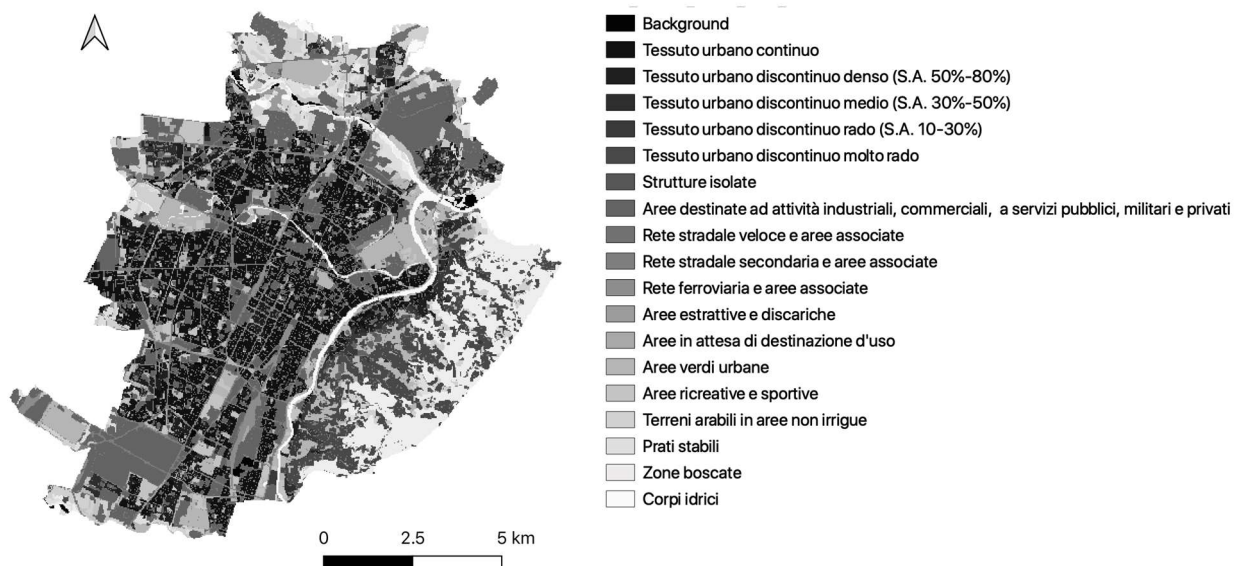


Figura 8: Carta dell'uso del suolo utilizzata per il modello di qualità degli habitat

Successivamente sono stati elaborati, sotto forma di file .csv, le matrici relative alle minacce alla qualità degli habitat (*Threat*) e alla sensibilità di ciascun habitat rispetto alle minacce sopra identificate (*Sensitivity*). In particolare, secondo le modalità adottate in altri studi (es. Arcidiacono *et al.*, 2017) e tenendo conto delle finalità ultime del lavoro, si è assegnato il ruolo di minacce a categorie d'uso del suolo associate a un maggior grado di artificialità e di interruzione della continuità degli habitat (da Tessuto urbano continuo a Aree estrattive e discariche). A titolo di esempio si riportano di seguito i valori relativi alle matrici delle minacce con riferimento ai due più significativi tra i diversi set di variabili e valori testati, denominati rispettivamente Test 5 e Test 6<sup>10</sup> (Tabella 31 e Tabella 32). In particolare, il Test 5 prende in considerazione una maggiore variabilità delle distanze massime alle quali le minacce sono in grado di sortire effetti apprezzabili, mentre il Test 6 utilizza le distanze definite da Arcidiacono *et al.* (2017) nell'applicazione del modello a scala regionale in Lombardia. Nel caso del Test 6, anche i valori relativi all'importanza relativa (*weight*) delle singole minacce e alla funzione di decadimento dell'effetto delle stesse, all'aumentare della distanza, sono stati ripresi da Arcidiacono *et al.* (2017). I

<sup>10</sup> Con riferimento alla numerazione progressiva dei test effettuati. Come precisato, per brevità qui sono riportati esclusivamente i casi relativi ai Test 5 e 6.



due test hanno di contro visto l'impiego della medesima matrice sensibilità di ciascun habitat rispetto alle minacce, qui omessa per brevità.

Tabella 31: Minacce, Test 5

MAX_DIST	WEIGHT	THREAT	DECAY	DESCRIP
10	1	cuf	exponential	Continuous urban fabric
7	0.8	dduf	exponential	Discontinuous dense urban fabric
5	0.6	dmduf	exponential	Discontinuous medium density urban fabric
3	0.4	dlduf	exponential	Discontinuous low-density urban fabric
1	0.2	dvluf	exponential	Discontinuous very low-density urban fabric
0.5	0.2	is	exponential	Isolated structures
8	1	icpmp	exponential	Industrial commercial public military and private units
5	1	ftral	linear	Fast transit roads and associated land
2	0.7	oral	linear	Other roads and associated land
5	1	ral	linear	Railways and associated land
8	1	meds	exponential	Mineral extraction and dump sites

Tabella 32: Minacce, Test 6

MAX_DIST	WEIGHT	THREAT	DECAY	DESCRIP
0.4	0.8	cuf	linear	Continuous urban fabric
0.4	0.8	dduf	linear	Discontinuous dense urban fabric
0.4	0.8	dmduf	linear	Discontinuous medium density urban fabric
0.4	0.8	dlduf	linear	Discontinuous low-density urban fabric
0.4	0.8	dvluf	linear	Discontinuous very low-density urban fabric
0.4	0.8	is	linear	Isolated structures
0.4	0.8	icpmp	linear	Industrial commercial public military and private units
1	0.65	ftral	linear	Fast transit roads and associated land
1	0.65	oral	linear	Other roads and associated land
1	0.65	ral	linear	Railways and associated land
0.4	0.8	meds	linear	Mineral extraction and dump sites

Nota sulle abbreviazioni usate nelle Tabelle 6.1 e 6.2 (cfr. anche Tabella 6.4)

Continuous urban fabric = cuf

Discontinuous dense urban fabric = dduf

Discontinuous medium density urban fabric = dmduf

Discontinuous low-density urban fabric = dlduf

Discontinuous very low-density urban fabric = dvluf

Isolated structures = is

Industrial commercial public military and private units = icpmp

Fast transit roads and associated land = ftral

Other roads and associated land = oral

Railways and associated land = ral

Mineral extraction and dump sites = meds

Per ciascuna minaccia individuata è stato realizzato un file *raster* (GeoTIFF), secondo le indicazioni fornite dalle linee guida del modello. La Tabella 33 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta un quadro di sintesi dei *raster* realizzati.

Tabella 33: Quadro di sintesi dei raster relative alle minacce, Test 5 e Test 6

LULC	NAME	RASTER
1	<i>Continuous urban fabric</i>	L_cuf
2	<i>Discontinuous dense urban fabric</i>	L_dduf
3	<i>Discontinuous medium density urban fabric</i>	L_dmduf
4	<i>Discontinuous low-density urban fabric</i>	L_lduf
5	<i>Discontinuous very low-density urban fabric</i>	L_dvluf
6	<i>Isolated structures</i>	L_is
7	<i>Industrial commercial public military and private units</i>	L_icpmp
8	<i>Fast transit roads and associated land</i>	L_ftal
9	<i>Other roads and associated land</i>	L_oral
10	<i>Railways and associated land</i>	L_ral
11	<i>Mineral extraction and dump sites</i>	L_meds

Si è inoltre utilizzato un file vettoriale (*Accessibility*) relativo alle aree soggette a forme di tutela e protezione ai fini ambientali nell'ambito del territorio considerato. A tal fine sono state prese in esame le aree Aree Naturali Protette e ai Siti della Rete ecologica regionale ai sensi della L.r. 19/2009 s.m.i., ivi compresi i siti ricadenti all'interno della Rete Natura 2000<sup>11</sup>. Sono stati attribuiti coefficienti di accessibilità, secondo un *range* compreso tra 0 (massima protezione) e 1 (minima protezione e piena accessibilità) secondo i criteri riassunti in Tabella 34.

Da ultimo, la costante di semi-saturazione (*k*) richiesta dal modello è stata settata pari a 0,5 sulla base dei test di prova condotti. Il settaggio dei parametri ha infatti evidenziato un valore massimo di degrado degli habitat pari a 1, ne deriva, per la natura del modello stesso, che un valore di *k* pari a 0,5 consente di conseguire la maggiore variabilità di qualità degli habitat sulla scala normalizzata [0,1]<sup>12</sup>.

Tabella 34: Valori di protezione/accessibilità definiti secondo il grado di protezione ambientale

Descrizione	Valore Accessibility
Aree della Rete Natura 2000	0
Riserve naturali	0,1
Zone naturali di salvaguardia	0,2
Aree contigue della fascia fluviale	0,5

<sup>11</sup> Dati geografici di tipo geometrico relativi alle aree protette. Aggiornamento dei dati: aprile 2019. Disponibili online: [www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/biodiversita-aree-naturali/parchi/dati-alfanumerici-geografici-aree-protette](http://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/biodiversita-aree-naturali/parchi/dati-alfanumerici-geografici-aree-protette)

<sup>12</sup> InVEST. Habitat quality model. Online: [http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/habitat\\_quality.html](http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/habitat_quality.html) (ultimo accesso 29.04.2020)

Per quanto riguarda i valori economici, è utile ricordare che il modello di per sé non fornisce una valutazione economica del servizio ecosistemico esaminato, fornendo come output una mappatura (*raster*) degli indici di degrado e di qualità degli habitat relativi all'area ricompresa nello scopo dell'indagine. Tali indici possono tuttavia essere utilizzati come base di partenza per procedere a una stima del valore economico del servizio ecosistemico ed eventualmente dello *stock* (capitale naturale). A tale fine si è fatto riferimento alle stime prodotte da Strollo *et al.* (2018) con riferimento alla perdita di servizi ecosistemici dovuta al consumo di suolo sulla base dei dati pubblicati da ISPRA (2016 e 2017) con riferimento al periodo 2012-2016. A partire da tali dati sono stati identificati valori economici unitari di minimo e di massimo associati alla perdita di qualità dell'habitat per effetto di processi di trasformazione. Il valore unitario di minimo prende in esame la sola trasformazione da suolo agricolo/altro ad artificiale, mentre il valore massimo considera l'insieme delle possibili trasformazioni (Tabella 35). Tali valori unitari sono stati moltiplicati per l'indice di qualità dell'habitat restituito dal modello e successivamente per la superficie delle aree test.

Tabella 35: Valore economico associato alla perdita di qualità dell'habitat (€/anno) dovuta al consumo di suolo per diverse tipologie di trasformazione (Città Metropolitana di Torino, 2012-2016)

	<b>Bosco-artificiale</b>	<b>Agricolo-artificiale</b>	<b>Altro-artificiale</b>	<b>Totale</b>
<b>Valore [€/anno]</b>	74.774,00	76.525,00	23.991,00	175.290,00
<b>Superficie [ha]</b>	33,00	197,00	122,00	352,00
<b>Valore medio superficie, 2012-16 [ha]</b>	8,25	49,25	30,50	88,00
<b>Valore medio perdita qualità habitat [€/ha]</b>	9.063,52	1.553,81	786,59	1.991,93
<b>Valore medio perdita qualità habitat [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0,91</b>	<b>0,16</b>	<b>0,08</b>	<b>0,20</b>
<b>Valore medio perdita qualità habitat Agricolo-artificiale/Altro-artificiale [€/ha]</b>				<b>1.260,39</b>
<b>Valore medio perdita qualità habitat Agricolo-artificiale/Altro-artificiale [€/m<sup>2</sup>]</b>				<b>0,13</b>

Fonte: Ns. elaborazioni da Strollo *et al.* (2018).

## 6.2 Risultati

Gli *output* del modello, con riferimento alla qualità degli habitat, sono riassunti in Figura 9. L'indice di qualità degli habitat varia su una scala compresa tra un valore nullo (aree classificate come non aventi valore legato alla qualità dell'habitat) e un valore unitario (valore massimo relativo della qualità dell'habitat). Attraverso un'analisi in ambiente QGIS 3.10.4 dei file così creati è stato possibile, mediante *geoprocessing*, e in particolare attraverso l'analisi dei *raster* operata attraverso lo strumento Statistiche zonali, sovrapporre alle mappe di *output* i perimetri relativi alle sei aree test e calcolare il valore medio dell'indice di qualità, ponderato per la superficie dei singoli poligoni ricadenti in ciascuna area test, per ognuna di esse. Tale operazione è stata realizzata con riferimento sia al Test 5 che al Test 6 e i risultati sono riassunti in

Tabella 36. Un'analisi comparativa dei risultati dei due test mette in luce come la qualità degli habitat tenda, a parità di area, a diminuire leggermente nel passare dal Test 5 al Test 6. I valori più elevati dell'indice si osservano per i due giardini e il parco – nell'ordine Giardino M. Ferraro, Giardino V. Scaffidi e Parco della Tesoriera) – mentre i valori più bassi dell'indice si osservano per Corso Galileo Ferraris



e l'area AT2. In termini economici i valori più elevati si osservano per il Parco della Tesoriera, seguito dal Giardino M. Ferraro e dall'area AT2.

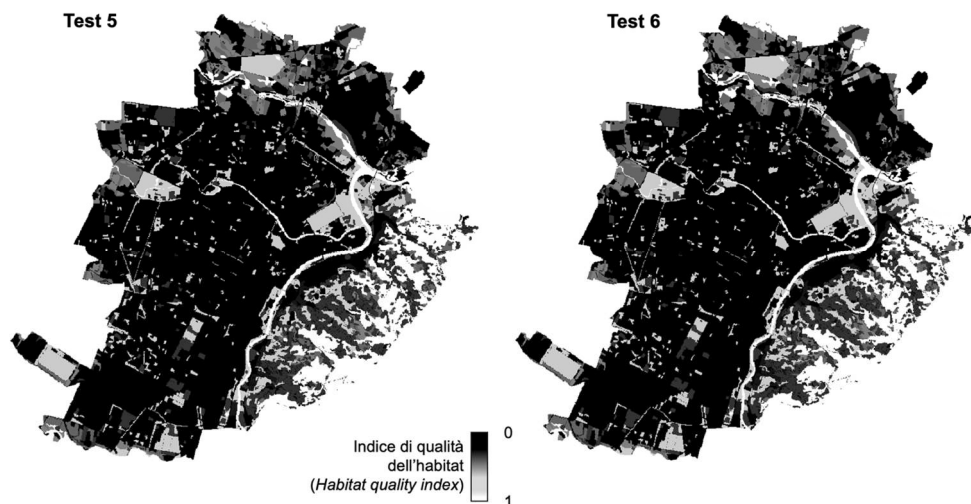


Figura 9: Output del modello: indice di qualità dell'habitat [0,1], Test 5 e Test 6

Tabella 36: Sintesi dei risultati: qualità degli habitat e valore economico del servizio ecosistemico

		Parco Tesoriera	Corso G. Ferraris	Giardino M. Ferraro	Giardino V. Scafidi	Area AT1	Area AT2
	Superficie (m <sup>2</sup> )	72.882	50.041	7.881	5.676	8.529	76.652
<b>Test 5</b>	Qualità habitat [0,1]	0,691917395	0,001561345	0,7967891410	0,78346725	0,3243968147	0,082114076
	Valore economico (€) (0,13 €/m <sup>2</sup> )	6.355,93	9,85	791,49	560,49	348,72	793,31
	Valore economico (€) (0,20 €/m <sup>2</sup> )	10.044,98	15,56	1.250,89	885,80	551,12	1.253,76
<b>Test 6</b>	Qualità habitat [0,1]	0,691152081	0,001561886	0,7948137890	0,78288213	0,3243968147	0,082114076
	Valore economico (€) (0,13 €/m <sup>2</sup> )	6.348,90	9,85	789,53	560,07	348,72	793,31
	Valore economico (€) (0,20 €/m <sup>2</sup> )	10.033,87	15,57	1.247,79	885,14	551,12	1.253,76

## 7. Produzione agricola

### 7.1 Materiali e metodi

Il test ha riguardato l'area di trasformazione AT1, in quanto l'unica tra le aree test ospitante superfici agricole. Più nel dettaglio sono stati presi in considerazione due soli poligoni, entrambi caratterizzati da categoria di uso suolo "AGR03: prati, erbai in genere e le marcite".

Non essendo possibile allo stato attuale ottenere maggiori informazioni in merito alle colture effettivamente in atto, si è ipotizzata, secondo il principio estimativo dell'ordinarietà, una coltivazione a prato stabile per la produzione di foraggio.

Allo scopo di ottenere la resa prevista per tale coltura, sono state consultate le tabelle Istat sulle rese agricole, aggiornate al 2019, per la Provincia di Torino<sup>13</sup>. Moltiplicando la resa prevista per la superficie, è stata ottenuta la produzione totale.

Il valore economico è stato poi ottenuto moltiplicando il valore di produzione per il prezzo medio del prodotto atteso, al netto del costo di produzione. I dati sono stati ottenuti rispettivamente dalla Borsa Merci di Torino<sup>14</sup> e da letteratura disponibile relativamente all'analisi di redditività delle coltivazioni da foraggio (Amodeo, 2007).

### 7.2 Risultati

La Tabella 37 riporta i risultati per il servizio di produzione agricola. È stata successivamente applicata la formula di capitalizzazione per trasformare il flusso annuo in *stock*, con due differenti tassi (0,01 e 0,03).

Tabella 37: Calcolo del valore del SE di produzione agricola

Superficie (ha)	Resa (q/ha)	Produzione totale (q/y)	Prezzo lordo (€/y)	Costo produzione (€/y)	Valore annuo (€/y)
0,72	105,01	75,57	894,28	494,25	400,03
<b>Valore totale (r=0,01) (€)</b>		<b>Valore totale (r=0,03) (€)</b>			
40 003,43		13 334,48			

<sup>13</sup> [http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCSP\\_COLTIVAZIONI](http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCSP_COLTIVAZIONI)

<sup>14</sup> <https://www.to.camcom.it/borsa-merci-di-torino>. Rilevamento del 9 aprile 2020.

## 8. Impollinazione

### 8.1 Materiali e metodi

Come per il servizio di produzione agricola, il test ha riguardato la sola area di trasformazione AT1, in quanto l'unica tra le aree test ospitante superfici agricole. Anche in questo caso, pertanto, sono stati presi in considerazione due soli poligoni, entrambi caratterizzati da categoria di uso suolo "AGR03: prati, erbai in genere e le marcite".

È stata quindi considerato un raggio di 3 chilometri intorno al perimetro dell'area, inteso a identificare il raggio massimo di volo dei principali impollinatori. In mancanza di dati specifici su:

1. caratteristiche colturali delle aree
2. presenza di impollinatori, loro caratteristiche e adattabilità.

e avendo come priorità quella di testare il modello, sono state comunque alcune simulazioni, valutando l'influenza delle singole variabili sul risultato finale, e successivamente semplificato il modello per neutralizzare i parametri per i quali non si disponesse di un quadro conoscitivo adeguato.

Così facendo è stato possibile valutare esclusivamente la dipendenza (in termini relativi) della resa dei prati stabili dall'impollinazione (indicata pari all'80% da fonti di letteratura) e calcolare il relativo valore economico secondo il procedimento già attuato per il SE di produzione agricola.

### 8.2 Risultati

Come accennato la metodologia semplificata ha seguito le stesse fasi della metodologia applicata alla valutazione della produzione agricola, considerando solo l'80% della resa in quanto considerato dipendente dall'azione degli impollinatori. È stata successivamente applicata la formula di capitalizzazione per trasformare il flusso annuo in stock, con due differenti tassi (0,01 e 0,03). I risultati sono riassunti in Tabella 37.

Tabella 38: Calcolo del valore del SE di impollinazione

Superficie (ha)	Resa (q/ha)	Resa da impollinazione	Produzione totale (q/y)	Prezzo lordo (€/y)	Costo produzione (€/y)	Valore annuo (€/y)
0,72	105,01	84,08	60,5	716,16	395,92	<b>320,24</b>
<b>Valore totale (r=0,01) (€)</b>			<b>Valore totale (r=0,03) (€)</b>			
32 024 €			10 75 €			

## Riferimenti

- Amodeo, P. (2007). *Produttività e costi dei foraggi più competitivi*. Supplemento a L'Informatore Agrario n. 46/2007.
- Aram, F., Higuera García, E., Solgi, E., Mansournia, S. (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon* 5 (2019) e01339. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01339>
- Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Haase, D., Gómez-Baggethun, E. (2016). Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. *Land Use Policy*, 57, 405-417. <https://www.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.006>
- Borsa Merci di Torino (2020). Online: <https://www.to.camcom.it/borsa-merci-di-torino>. Rilevamento del 9 aprile 2020.
- Cortinovis, C., Zulian, G., Geneletti, D. (2018). Assessing Nature-Based Recreation to Support Urban Green Infrastructure Planning in Trento (Italy). *Land* 2018, 7, 112; doi: <https://doi.org/10.3390/land7040112>
- Kunapo, J., Fletcher, T. D., Ladson, A. R., Cunningham, L., Burns, M. J. (2018). A spatially explicit framework for climate adaptation. *Urban Water Journal*, 15(2): 159-166. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1424216>
- Incentivi Regione Piemonte: <https://www.agenziapiemonte.it/incentivi-rottamazione-regione-piemonte> (Ultimo accesso 20/04/2020)
- InVEST. Habitat quality model. Online: [http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/habitat\\_quality.html](http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/habitat_quality.html) (ultimo accesso 29.04.2020)
- InVEST. Urban Cooling model. Online: [http://releases.naturalcapitalproject.org/investuserguide/latest/urban\\_cooling\\_model.html](http://releases.naturalcapitalproject.org/investuserguide/latest/urban_cooling_model.html) (ultimo accesso 29.04.2020)
- ISPRA (2016). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2016. Rapporto 248/2016. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- ISPRA (2017). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2017. Rapporto 266/2017. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- ISPRA (2019). *Rapporto annuale sul consumo di suolo SNPA 08/2019*. Edizione 2019. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- Istat (2020). *Basi territoriali e variabili Censuarie*. Basi Territoriali 2011. Online: <https://www.istat.it/it/archivio/104317> (ultimo accesso 29.04.2020).
- Istat, *rese agricole*. Online: [http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCSP\\_COLTIVAZIONI](http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCSP_COLTIVAZIONI)
- Marone, E., Riccioli, F., Scozzafava, G., Frattini, R. (2010). Il valore d'uso delle aree verdi: la stima dell'universo dei fruitori di alcuni parchi urbani fiorentini. *AESTIMUM* 57, Dicembre 2010: 143-169.
- NSTG (2020). *Evapotranspiration Web Viewer*. Average annual evapotranspiration measured by NASA's Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Online: <http://www.arcgis.com/apps/OnePane/main/index.html?appid=b1a0c03f04994a36b93271b0c39e6c0f> (ultimo accesso 29.04.2020)
- Salata, S., Ronchi, S., Arcidiacono, A., Ghirardelli, F. (2017) *Mapping Habitat Quality in the Lombardy Region, Italy*. *One Ecosystem* 2: e11402. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e11402>
- Pistocchi, A., Zulian, G., Vizcaino, P., Marinov, D. (2010). *Multimedia Assessment of Pollutant Pathways in the Environment, European Scale Model (MAPPE-EUROPE)*. EUR 24256 EN. Luxembourg (Luxembourg): 866 Publications Office of the European Union; 2010. JRC56335.
- Santamuris, M., Cartalis, C., Synnefa, A., Koloktsa, D. (2015). On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings – A review. *Energy and Buildings*, 98: 119–124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.052>
- Standard europei sulle emissioni inquinanti: [https://it.wikipedia.org/wiki/Standard\\_europei\\_sulle\\_emissioni\\_inquinanti](https://it.wikipedia.org/wiki/Standard_europei_sulle_emissioni_inquinanti) (Ultimo accesso 20/04/2020); [Scheda tecnica](#) per accedere ai dati (Ultimo accesso 29.04.2020)
- Strollo, A., Marinosci, I., Munafò, M., (2018). I servizi ecosistemici nella Città Metropolitana di Torino. In: *Strategia Nazionale del verde urbano*, p. 139. Online: [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia\\_verde\\_urbano.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia_verde_urbano.pdf) (ultimo accesso 29.04.2020)

Tempesta, T. (2014). *Benefits and costs of urban*. Council of Europe – European Landscape convention, 15th Council of Europe meeting of the workshop for the implementation of the European landscape convention Sustainable Landscapes and Economy. Urgup, Nevsehir, Turkey - 1-2 October 2014.

Yale University (2020). *Global Surface UHI Explorer*. Online: <https://yceo.users.earthengine.app/view/uhimap> (ultimo accesso 29.04.2020)

Zardo, L., Geneletti, D., Pérez-Soba, M., Van-Eupen, M. (2017). *Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning*. *Ecosystem services*, 26A: 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.016>

Zulian, G., Paracchini, M.L., Maes, J., Liqueste, C. (2013). *ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale*. JRC Technical Reports. European Commission, Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Ispra (VA) - Italy.



E | T | I | F | O | R  
v a l u i n g   n a t u r e

