



PROFILO CLIMATICO LOCALE

Analisi delle vulnerabilità all'impatto
dei cambiamenti climatici



LIFE11 ENV/IT/119
With the contribution
of the LIFE financial
instrument of the
European Community



COMUNE DI BOLOGNA



Kyoto Club

AMBIENTEITALIA



Coordinatore



COMUNE DI BOLOGNA

Comune italiano di circa 380.000 abitanti, è capoluogo dell'omonima provincia e della regione Emilia-Romagna e costituisce un nodo strategico della rete stradale e ferroviaria nazionale.

ambientecomune@comune.bologna.it - giovanni.fini@comune.bologna.it

Partner



Organizzazione non profit costituita da imprese, enti locali e associazioni impegnati nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra assunti con il Protocollo di Kyoto. p.pelizzaro@kyotoclub.org

AMBIENTEITALIA

Gruppo leader in Italia ed Europa che opera nel campo dell'analisi, della pianificazione e della progettazione ambientale. Si occupa anche di formazione e gestisce campagne di comunicazione. lorenzo.bono@ambienteitalia.it



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente e organo tecnico della Regione Emilia-Romagna svolge attività di controllo ambientale e monitoraggio delle attività umane ed il loro impatto sull'ambiente. lbottarelli@arpa.emr.it

In fase di valutazione del comitato scientifico di BLUE AP

Sommario

INTRODUZIONE	5
1. VARIABILITÀ CLIMATICA LOCALE.....	6
1.1. Andamento temporale della variabilità climatica osservata a Bologna.....	6
1.1.1. Temperatura minima e massima stagionale e annua: valori medi ed estremi.	11
1.1.2. Precipitazione stagionale e annua: valori medi ed estremi	15
1.2. Scenari di cambiamento climatico a Bologna, periodo 2021-2050 e 2071-2099	18
1.2.1. Proiezioni di cambiamento climatico a Bologna: medi ed estremi di temperatura	19
1.2.2. Proiezioni di cambiamento climatico a Bologna: medi ed estremi di precipitazione.....	24
2. USO DEL SUOLO E INFRASTRUTTURE.....	27
2.1. Suolo urbanizzato e nuovi ambiti di trasformazione e/o insediamento	27
2.1.1. Territorio urbanizzato e da urbanizzare.....	27
2.1.2. Popolazione e densità territoriale.....	28
2.1.3. Territorio urbano da strutturare	28
2.1.4. Popolazione e densità territoriale.....	31
2.2. Uso del suolo	32
2.3. Infrastrutturazione del territorio.....	35
2.3.1. Canali artificiali.....	35
2.3.2. Reti di trasporto	35
2.3.3. Reti energetiche	36
3. ONDATE E ISOLE DI CALORE	38
3.1. Campagne di misure ed allerta.....	38
3.2. Distribuzione del verde urbano e della popolazione più vulnerabile.....	41
3.2.1. Verde urbano e rete ecologica locale	48
3.3. Interazione tra cambiamento climatico, inquinamento, pollini e salute	50
3.4. Cambiamento climatico, nuovi parassiti e salute.....	53
4. SISTEMA IDRICO E RISCHIO IDROGEOLOGICO	56
4.1. Sistema idrico, impermeabilizzazione e capacità drenante del suolo	56
4.1.1. Sistema idrico superficiale	56
4.1.2. Impermeabilizzazione e capacità drenante	60
4.2. Rischio idrogeologico	62
4.2.1. Aree a rischio esondazione e allagamento	62
4.2.2. Il caso studio del torrente Ravone	65
4.2.3. Aree a rischio frana	69

4.3.	Qualità dei corsi d’acqua superficiali e depurazione	70
4.3.1.	Qualità dei corpi idrici superficiali.....	70
4.3.2.	Sistema fognario	73
4.3.3.	Depuratore IDAR	75
5.	CONSUMI DI ACQUA E RISCHIO CARENZA IDRICA.....	77
5.1.	Prelievi e consumi di acqua.....	77
5.1.1.	Le infrastrutture acquedottistiche	77
5.1.2.	Prelievi.....	78
5.1.3.	Consumi.....	78
5.1.4.	Prelievi irrigui	79
5.1.5.	Prelievi industriali.....	80
5.1.6.	Perdite	82
5.1.7.	Gli accordi sull’uso delle acque superficiali durante i periodi di carenza idrica	82
5.1.8.	Bilancio complessivo, criticità e scenari.....	84
5.2.	Stato qualitativo e quantitativo delle acque sotterranee	85
6.	PRINCIPALI FATTORI DI RESILIENZA.....	89
6.1.	Nuove edificazioni	89
6.2.	Risparmio e gestione della risorsa idrica	89
6.3.	Riqualificazione corsi d’acqua	90
6.4.	Incremento e riqualificazione del verde urbano	91
6.5.	Ondate di calore	92
7.	CONCLUSIONI	93
7.1.	Aumento delle temperature estive e isole di calore	93
7.2.	Crisi idrica e siccità.....	94
7.3.	Aumento eventi meteorici intensi.....	94
	Bibliografia	95

INTRODUZIONE

Il Profilo Climatico Locale rappresenta lo strumento principale per l'analisi della variabilità climatica ed il conseguente sviluppo delle misure di adattamento per la città. Il suo scopo è quello di fornire una conoscenza del territorio dal punto di vista delle sue vulnerabilità legate al cambiamento climatico ed alle proiezioni per i prossimi decenni, mettendo in luce i rischi ed opportunità di resilienza. Il documento si compone di due parti distinte: la prima si concentra sull'analisi climatica della regione Emilia-Romagna, con ricerche poi ristrette al territorio cittadino, sui cui vengono applicati alcuni modelli di scenari climatici per i decenni futuri.

La seconda parte analizza il territorio dal punto di vista di uso del suolo, identificando poi le maggiori vulnerabilità che emergono dalle proiezioni climatiche: rispecchiando la metodologia di analisi indicata nelle linee guida della Comunità Europea (An EU Strategy on adaptation to climate change, COM(2013) 216), vengono identificati tre specifici aspetti di vulnerabilità del sistema urbano, quali ondate di calore, carenza idrica e dissesto idrogeologico. Le analisi svolte hanno per obiettivo la descrizione dello stato attuale, che viene poi combinata con i dati relativi alla popolazione e agli aspetti di resilienza che potrebbero essere sviluppati.

1. VARIABILITÀ CLIMATICA LOCALE

1.1. Andamento temporale della variabilità climatica osservata a Bologna

Il clima del nostro pianeta sta cambiando, come si può notare dall'incremento delle temperature globali dell'aria, delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso dei ghiacci, e dell'innalzamento globale del livello del mare (IPCC, AR4, 2007). L'analisi delle serie storiche delle principali grandezze meteorologiche (ad esempio temperatura, precipitazioni) misurate in diversi punti che coprono un'area geografica, contribuisce allo studio della variabilità climatica passata o presente e rappresenta nello stesso momento uno strumento per la valutazione dei possibili cambiamenti climatici futuri. Gli studi della variabilità climatica implicano, per definizione, l'utilizzo di vaste scale spaziali e temporali; lo studio a scala locale deve essere sempre inquadrato con i risultati ottenuti a scala regionale (continente, regione, bacino). In questo capitolo saranno presentati i cambiamenti climatici *osservati* e le *proiezioni di cambiamento climatico* a Bologna, risultati confrontati con quelli ottenuti a livello italiano ed europeo, che in seguito potranno essere integrati nello studio della vulnerabilità, dei rischi e delle opportunità a scala locale.

Dall'ultimo report pubblicato nel 2007 dal WG1 dell'IPCC (www.ipcc.ch) emergono alcuni cambiamenti climatici osservati di notevole interesse:

- un generale riscaldamento globale, con un trend di aumento negli ultimi 50 anni, pari a quasi il doppio di quello degli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850 - 1899 al 2001 - 2005 è di 0.76 [da 0.57 a 0.95]°C;
- a livello europeo l'analisi della temperatura media dell'aria dell'ultimo secolo ha evidenziato che l'ultima decade è la più calda dell'intera serie, mentre le zone con un segnale di riscaldamento più intenso sono la Penisola Iberica, l'Europa Centrale e Nord-Orientale;
- le precipitazioni hanno mostrato su molte regioni dei trend a lungo termine dal 1900 ad oggi; ad esempio: significativi incrementi nelle precipitazioni sono stati osservati nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del Nord e in Asia settentrionale e centrale; una diminuzione delle precipitazioni è stata osservata invece nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa Meridionale e in parte dell'Asia Meridionale.

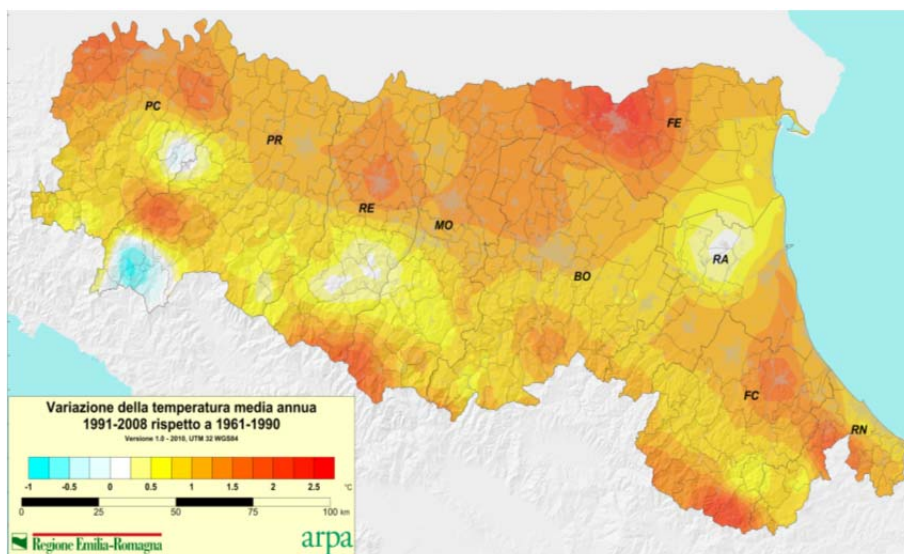
Un quadro climatico completo implica l'analisi della variabilità temporale e spaziale sia dei valori medi che estremi. Gli eventi estremi sono definiti come eventi che differiscono sostanzialmente dalla media climatologica e sono definiti attraverso le soglie (ad esempio percentili, minimi, massimi). Negli ultimi anni la frequenza degli eventi estremi sembra essere

umentata, con conseguenze spesso notevoli, a volte anche tragiche, sulla società e sugli ecosistemi naturali. Ad esempio in Europa nell'ultimo secolo la frequenza delle onde di calore e in generale degli eventi estremi relativi a temperature elevate è aumentata, mentre è diminuita la frequenza eventi estremi relativi alle basse temperature. Per quanto riguarda le precipitazioni, numerosi studi hanno mostrato come a livello Europeo negli ultimi anni la frequenza di fenomeni alluvionali o siccitosi sia aumentata. Il segnale di cambiamento è visibile passando anche a scale più piccole. Ad esempio, sulla penisola Italiana, nel Nord Italia e in Emilia-Romagna si notano dei chiari segni di cambiamento climatico sia per quanto concerne le temperature, sia per le piogge. L'andamento della temperatura osservata in Italia è stato analizzato da Brunetti et al. (2006) su varie scale temporali. Una tendenza positiva della temperatura annua è stata evidenziata nel lungo periodo 1880-2011 ($0.1^{\circ}\text{C}/\text{decennio}$) su scala nazionale. Questo segnale diventa più intenso soprattutto negli ultimi decenni 1981-2005 ($0.5^{\circ}\text{C}/\text{decennio}$). A livello stagionale, Toreti e Desiato (2010) evidenziano un trend positivo della temperatura media in tutte le stagioni, con un aumento maggiore durante la stagione estiva. L'anno più caldo è stato il 2003, con un'anomalia media stimata di $+1,57^{\circ}\text{C}$ (stima ISAC-CNR). Gli estremi di temperatura sulla penisola Italiana hanno mostrato nelle ultime decadi un aumento del numero di eventi sopra-soglia e una diminuzione del numero di eventi sotto-soglia, più pronunciato per le temperature massime che per le minime (Simolo et al. 2010).

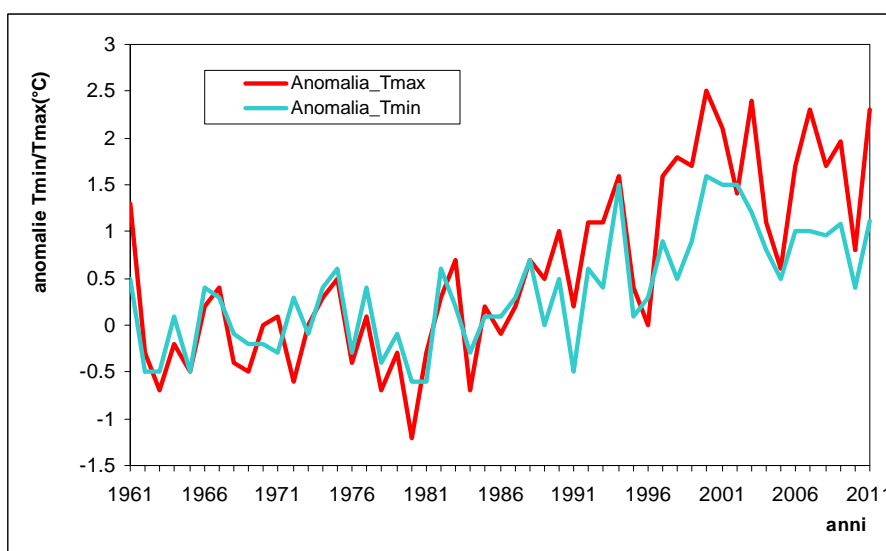
Per quanto riguarda le precipitazioni, Brunetti et al. (2006), analizzando la variabilità temporale della quantità annua di precipitazioni sull'Italia, hanno evidenziato una leggera tendenza negativa sul periodo 1800-2011 ($-0.58\pm 0.15\ \%/ \text{decennio}$), più intensa nel Nord-Italia ($-0.71\pm 0.19\ \%/ \text{decennio}$) che nel Sud-Italia. L'ultimo decennio è caratterizzato invece da tendenze opposte al Nord e al Sud: tendenza di diminuzione al Nord e aumento delle precipitazioni al Sud. Un segnale importante è stato evidenziato anche negli estremi di precipitazione sulla penisola Italiana: il numero di giorni piovosi presenta un chiaro trend negativo su tutto il territorio italiano, mentre l'intensità delle precipitazioni presenta un trend generalmente positivo, con valori e livelli di significatività variabili a seconda della regione (Toreti e Desiato, 2010).

Passando a scala ancora più piccola, cioè sull'Emilia-Romagna, nell'ambito del progetto triennale Eraclito, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, ARPA-SIMC ha realizzato uno studio climatico utilizzando dati giornalieri di temperatura e precipitazioni nel periodo 1961-2008, che è stato finalizzato con l'elaborazione di un Atlante idro-climatico (Marletto et al., 2010). L'Atlante contiene 128 mappe di diverse variabili meteorologiche e idrologiche, in termini di media, differenze tra il periodo 1991-2008 e il periodo climatico di riferimento 1961-1990 (secondo la convenzione WMO), e trend lineare calcolato per l'intero periodo preso in considerazione.

Anche sulla nostra regione è stata riscontrata una tendenza di aumento delle temperature. La figura 1, mostra il cambiamento della temperatura media annua nel periodo 1991-2008 rispetto al periodo 1961-1990. Come si può notare, su gran parte della regione sono state registrate anomalie positive (tra 0.5°C e fino a 3°C), con punte d'intensità maggiore sulla pianura e lungo l'asse del Po.



a)

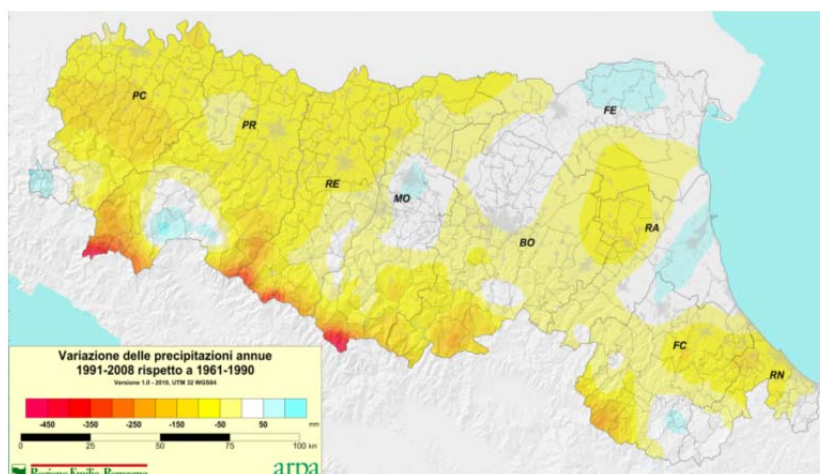


b)

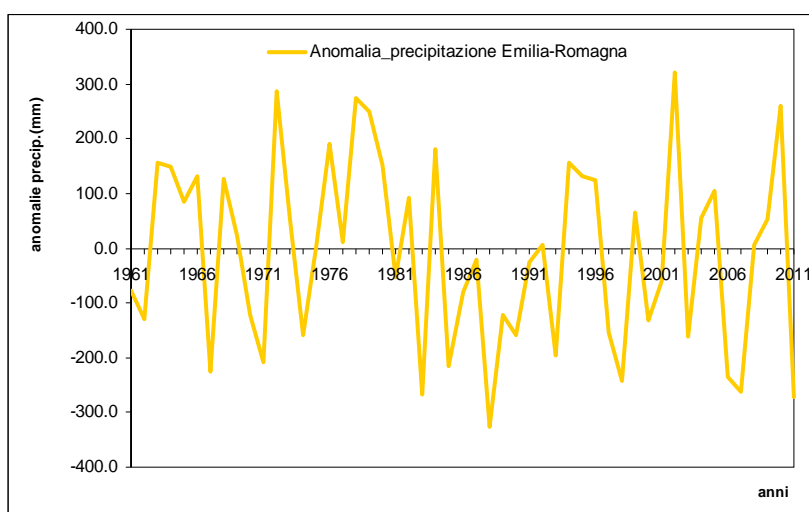
Fig. 1. Variabilità spaziale dell’anomalia della temperatura media del periodo 1991-2008 (a) e la variabilità temporale dell’anomalia della temperatura minima e massima annua sul periodo 1961-2011 (b) Emilia-Romagna (media sulle sanzioni disponibile).

Questa tendenza di aumento si rispecchia anche nei valori minimi e massimi della temperatura. La figura 1b mostra l’andamento temporale dell’anomalia annua della temperatura minima e massima nella regione per il periodo 1961-2011, calcolata rispetto al periodo di riferimento (1961-1990). Come si può notare, a livello regionale, si rileva un aumento delle temperature, con un trend annuale per le temperature massime superiore a quello delle temperature minime (0,5 °C/10 anni contro 0,3 °C/10 anni). La tendenza di riscaldamento è più marcata a partire dal 1990. Per quanto riguarda la tendenza stagionale, sul

periodo 1961-2011 il segnale d'aumento più forte si mantiene durante la stagione estiva (in accordo con gli studi su scala più grande) con un trend nelle massime di $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{anni}$ e nelle minime di $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{anni}$. Variazioni statisticamente significative sono state rilevate su scala regionale anche negli estremi di temperatura. Dall'analisi del periodo 1958–2000 emerge su quasi tutta la regione, una diminuzione del numero di giorni con gelo e degli eventi con temperatura minima inferiore al 10° percentile della distribuzione normale e un aumento della durata delle onde di calore e degli eventi con temperatura massima superiore al 90° percentile (Tomozeiu et. al, 2006). Studi simili sono stati elaborati per la quantità di precipitazione, sia a livello annuo che stagionale. La figura 2a mostra il cambiamento nella quantità di precipitazioni nel periodo 1991-2008 rispetto al periodo 1961-1990. Anomalie negative sono state rilevate in queste due decadi su quasi tutto il territorio regionale (circa -50 mm) più intense lungo il crinale appenninico. L'analisi della variabilità temporale della precipitazione annua mostra questa leggera tendenza di diminuzione anche sul lungo periodo, 1961-2011 (Fig. 2b), con valori più intensi soprattutto a partire dagli anni ottanta.



a)



b)

Fig. 2. Variabilità spaziale dell'anomalia della precipitazione annua nel periodo 1991-2008 (a) e variabilità temporale sul periodo 1961-2011(b) Emilia-Romagna (media sulle stazioni disponibili)

A livello stagionale è stato notato un leggero calo delle precipitazioni estive, invernali e primaverili, e un diffuso aumento delle precipitazioni autunnali, con valori di picco sul crinale appenninico. Per quanto riguarda gli estremi di precipitazioni, in Emilia-Romagna sono stati confermati i trend negativi del numero medio di giorni piovosi e della frequenza di eventi di precipitazione intensa nelle stagioni invernale e primaverile. Localmente in pianura e in alcune stazioni dell'Appennino centrale si nota un aumento della frequenza degli eventi di precipitazione intensa nella stagione estiva, in concomitanza con una riduzione del numero di giorni di pioggia (Pavan et al., 2008).

Passando su scala locale, cioè alla città di Bologna, segnali simili di variabilità climatica sono stati osservati sia per le temperature sia per le precipitazioni. Lo studio è stato fatto prendendo in considerazione i dati giornalieri di temperatura minima, massima e di precipitazione, registrati nella stazione di Bologna appartenente al ex-Ufficio Idrografico e Mareografico. La stazione è attiva dal 25/06/1934 e l'1/01/1954 fu spostata da via della Zecca a Piazza VIII Agosto (51 m s.l.m., latitudine 44°29'36" e longitudine 01°06'25") sull'edificio nel quale si trovava la sede dell'Ex Servizio Idrografico e Mareografico di Bologna.



Fig. 3. Stazione meteorologica di Bologna

a stazione, attualmente in funzione, misura la temperatura e le precipitazioni ed è composta di una capannina termometrica in legno e di una cabina pluviometrica in alluminio con i rispettivi sensori: un termografo SIAP 4006 e un pluviografo SIAP 5002 (Fig. 3).

I dati giornalieri registrati durante il periodo 1951-2011 sono stati sottoposti ai controlli di qualità e omogeneità in modo da escludere eventuali cambiamenti climatici artificiali dovuti a spostamento della stazione, errori di lettura, ecc.

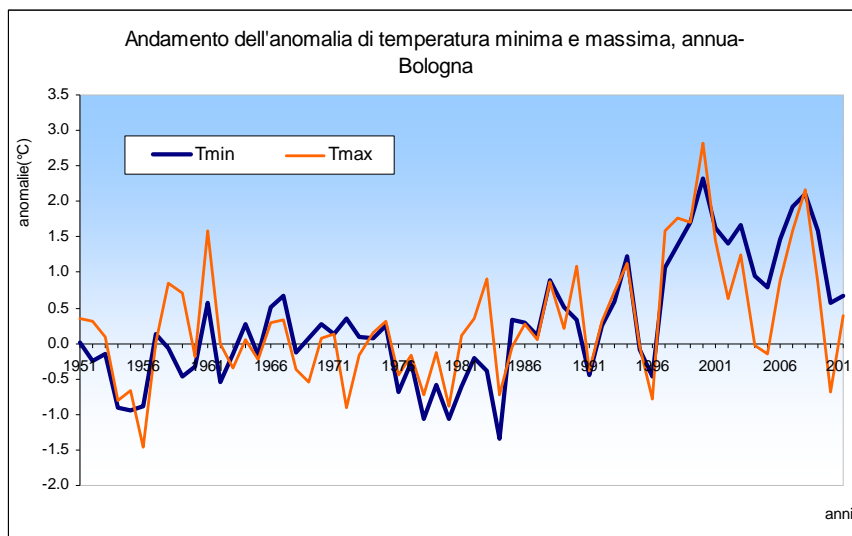
Partendo dai dati giornalieri sono stati calcolati i seguenti indicatori stagionali e annuali selezionati nell'ambito del progetto, per descrivere la variabilità climatica:

- temperatura minima (Tmin) e massima(Tmax) stagionale e annua;
- il 90^{mo} percentile della temperatura massima (Txq90);
- il 10^{mo} percentile della temperatura minima (Tnq10);
- il numero di giorni con gelo, definiti come il numero di giorni in cui la temperatura minima è inferiore a 0°C (Fd)
- il numero di giorni in cui la temperatura minima e massima sono inferiore a 0°C (Txice)
- la durata delle onde di calore (HWD), definita come il numero massimo di giorni consecutivi in cui la temperatura massima supera il 90^{mo} percentile della temperatura massima(a Bologna);
- la quantità di precipitazione stagionale e annua(prec);
- il numero di giorni in cui la pioggia eccede il 90^{mo} percentile (pxq90N) normalizzato rispetto al numero di giorni con dati validi;
- il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia (pxcdd);

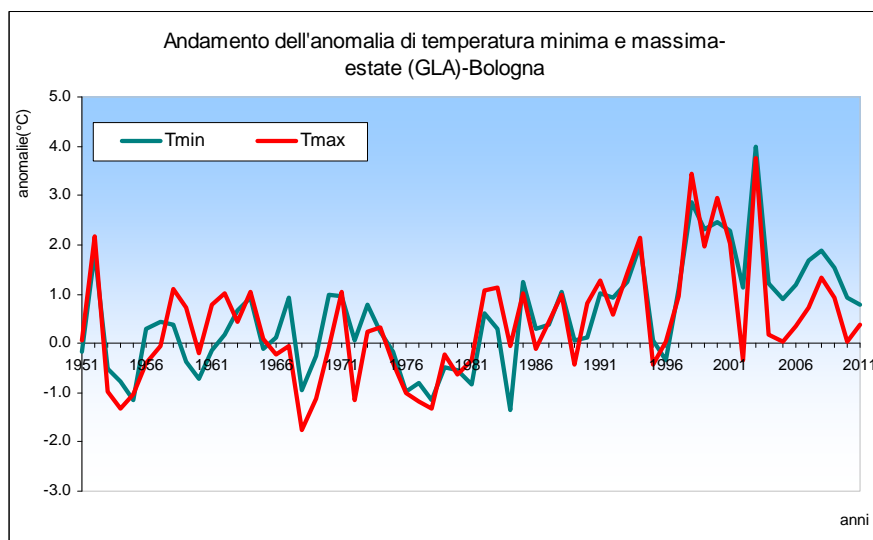
Questi indicatori, calcolati su base stagionale ed annuale, descrivono sia l'intensità che la frequenza degli eventi estremi di precipitazioni e di temperatura e contribuiscono a costruire un profilo climatico osservato. L'analisi della variabilità climatica consiste nella valutazione dei trend per ogni indicatore e stagione, e nel calcolo delle anomalie. La tendenza è stata stimata usando il metodo dei minimi quadrati e la sua significatività è stata verificata mediante il test non-parametrico di Kendall-Tau.

1.1.1. Temperatura minima e massima stagionale e annua: valori medi ed estremi

L'andamento della temperatura minima e massima annua a Bologna, mostra una tendenza all'aumento durante il periodo 1951-2011 con un valore di 0.3°C in10 anni per la temperatura minima e 0.2°C in10 anni per la temperatura massima. Come si può notare dalla figura 4a, che mostra l'andamento delle anomalie di temperatura misurate a Bologna durante il periodo 1951-2011, questa tendenza all'aumento diventa più marcata dopo gli anni '90 quando sono stati registrati picchi di anomalia annua di 2.5°C, sia per le minime che per le massime, come ad esempio nel 2000.



a)



b)

Fig. 4. Andamento temporale dell'anomalia di temperatura minima e massima – Bologna: valore annuale (a) e durante la stagione estiva (b)

Confrontando i risultati ottenuti a Bologna con le tendenze nella regione Emilia-Romagna si nota come per la stazione di Bologna il segnale di riscaldamento si mantiene sia per le minime che per le massime, ma, con una magnitudo diversa; cioè la temperatura minima a Bologna tende ad avere una tendenza leggermente più alta della temperatura massima. Questo andamento si ritrova anche durante la stagione estiva (Fig. 4b) e soprattutto dopo il 2005, quando si nota che le anomalie nelle minime sono leggermente più alte di quelle nelle

massime. Il confronto tra la variabilità della regione Emilia-Romagna e Bologna, rivela l'importanza degli studi locali per il cambiamento climatico e il loro impatto, al fine di poter costruire piani di adattamento a livello locale. La tabella 1 presenta il valore della tendenza nelle temperature minime e massime, a livello stagionale e annuo (in °C/10 anni), calcolato nel periodo 1951-2011 e il valore climatico di riferimento (periodo 1961-1990). L'analisi rileva un segnale importante durante la stagione invernale (tabella 1) sia per i valori minimi che massimi, seguita dalla stagione estiva.

Stagione	Trend (°C/decade) Tmin	Clima ('61-'90) Tmin	Trend (°C/decade) Tmax	Clima ('61-'90) Tmax
Inverno (DGF)	0.4*	1	0.4*	7
Primavera(MAM)	0.3*	10	0.2*	18
Estate(GLA)	0.3*	19	0.3*	29
Autunno(SON)	0.2*	11	0.3*	19
Annua	0.3*	10	0.2*	18

Tab. 1. Trend calcolati sul periodo 1951-2011 e valori climatici di riferimento (1961-1990) a Bologna-Tmin e Tmax. Le tendenze significative al 95% sono evidenziate con il simbolo “”.*

Questo aumento di temperatura, soprattutto dopo il 1990 (vedi Fig.4) ha portato ad anomalie di temperatura anche di 3-4°C sia nei valori minimi che massimi; ad esempio: durante l'inverno 2007 sono state registrate anomalie nella temperatura minima di 4°C, mentre nella massima di 3.3°C, oppure durante l'estate 2003 quanto le anomalie di temperatura sono state di circa 4°C (sia minime che massime). Il riscaldamento registrato nei valori medi stagionali ha avuto influenza notevole anche sugli estremi, portando ad un aumento del 10mo percentile della temperatura minima (Tnq10) in tutte le stagioni e ad un aumento del 90mo percentile della temperatura massima (Txq90). La tabella 2 mostra i coefficienti di tendenza a livello stagionale per: Tnq10, Txq90, numero di giorni con il gelo, il numero di giorni in cui sia la minima che la massima sono inferiori a 0°C (Txice) e le ondate di calore (HWD).

Stagione	Trend (°C/decADE) Tnq10	Trend (giorni/dec.) Fd	Trend (°C/dec.) Txice	Trend (°C/dec.) Txq90
Inverno (DGF)	0.6*	-4*	-1*	0.3*

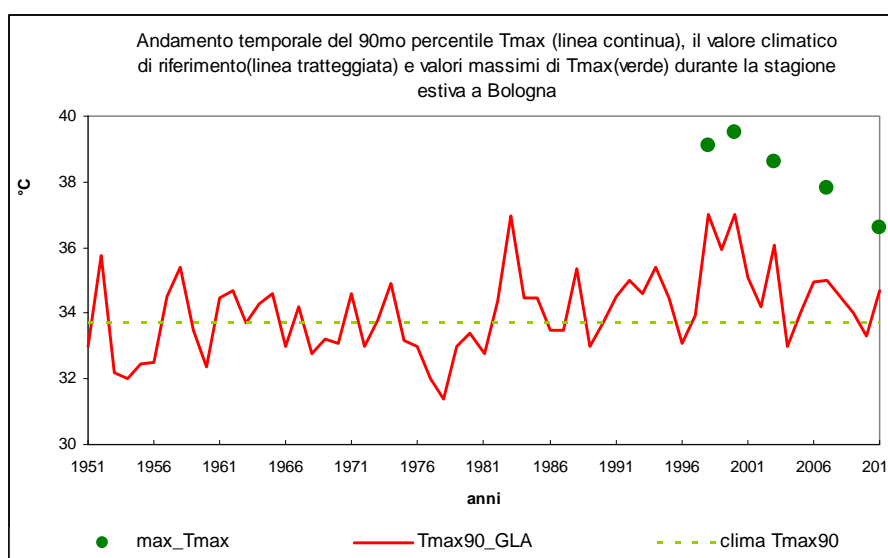
Primavera(MAM)	0.4*	-4*	n.s.	0.2*
Estate(GLA)	0.3*	-	-	0.3*
Autunno(SON)	0.3*	-1	n.s.	n.s

Tab. 2. Trend stagionali degli eventi estremi di temperatura sul periodo 1951-2011, Bologna. Le tendenze significative al 95% sono evidenziate con il simbolo “”, mentre “n.s.” evidenzia i valori non significativi.*

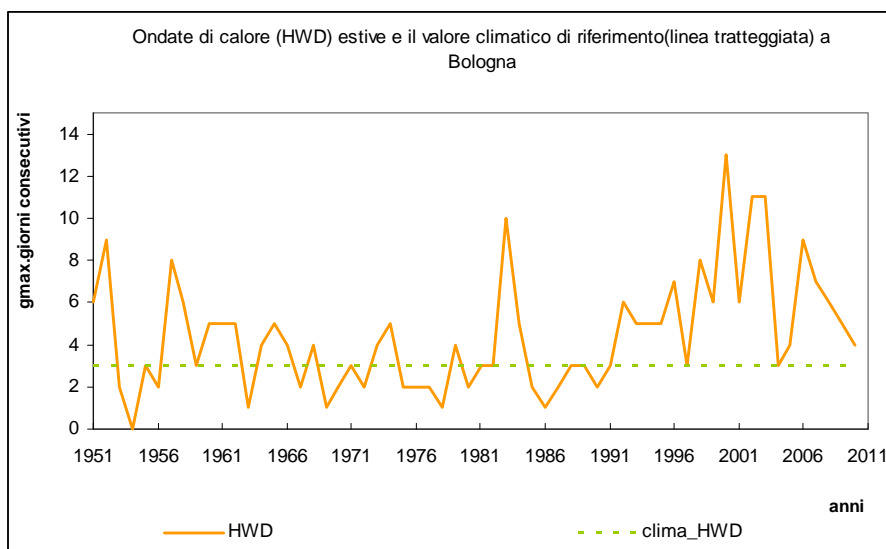
Come si può notare, a Bologna, durante il periodo 1951-2011 il Tnq10 stagionale tende a spostarsi verso i valori “più caldi”, con una intensità maggiore durante l’inverno (aumento di 0.6°C/10 anni). Questo aumento dei valori “bassi” della temperatura minima ha portato ad un calo dei numeri di giorni con gelo (colonna 3), maggiore durante l’inverno e la primavera (4 giorni ogni 10 anni) e del numero di giorni con Tmin e Tmax minore di 0°C (Txice).

Una tendenza all’aumento è stata riscontrata invece nel 90mo percentile della Tmax, (Txq90) e nel numero massimo consecutivo di giorni con la temperatura massima superiore al 90mo percentile, cioè *onde di calore*, con valori significativi durante l’inverno, primavera ed estate (Tabella 2). Le figure 5a e 5b riportano la variabilità temporale estiva della serie Txq90/HWD (linea continua) e il valore climatico di riferimento calcolato sul periodo 1961-1990 (linea tratteggiata).

Come si può notare il valore climatico di riferimento dell’indicatoreTxq90 è di 33.7°C, mentre per HWD e di 3 giorni. Questi valori nelle ultime 3 decadi sono stati superati da entrambi indicatori, in più per quanto riguarda la temperatura massima estiva sono stati raggiunti valori anche 39.5°C (Fig.5a).



a)



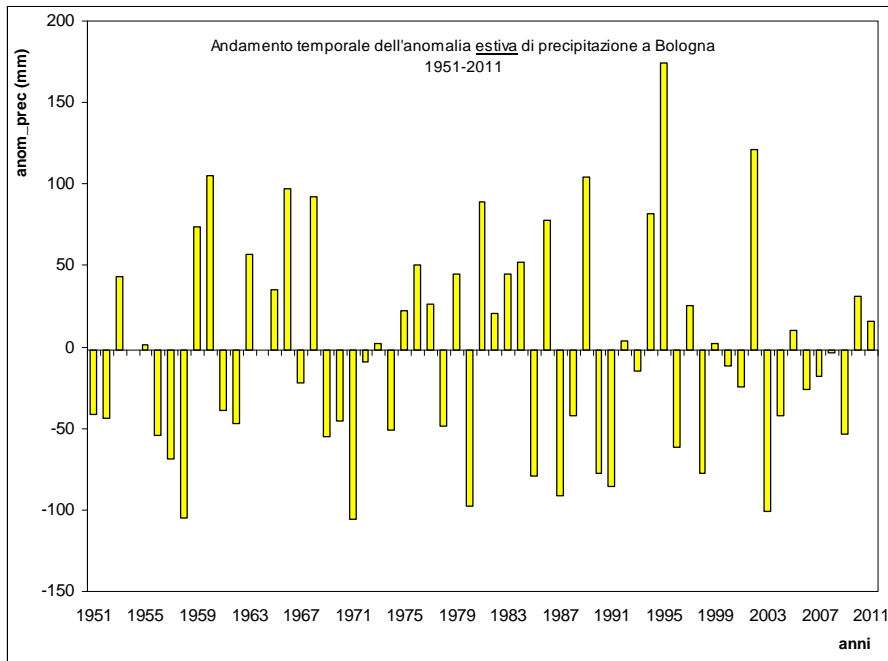
b)

Fig. 5. Andamento temporale della temperatura massima a) e delle ondate di calore b) confronto con i valori climatici.

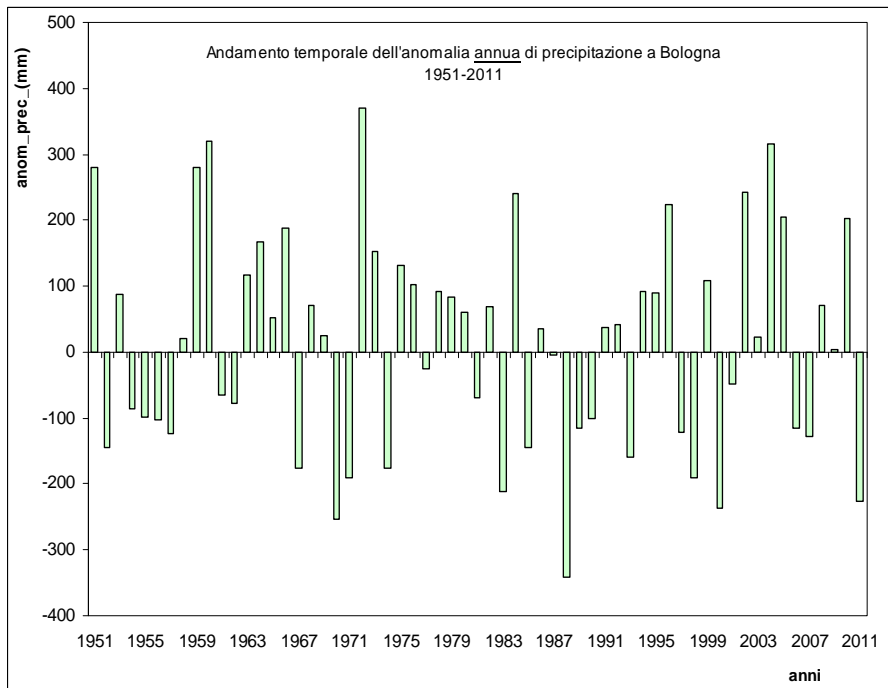
1.1.2. Precipitazione stagionale e annua: valori medi ed estremi

Lo studio della variabilità temporale della quantità di precipitazione a Bologna ha evidenziato un leggero segnale di diminuzione durante l'inverno, la primavera e annualmente, mentre durante l'autunno è stato riscontrato un leggero aumento.

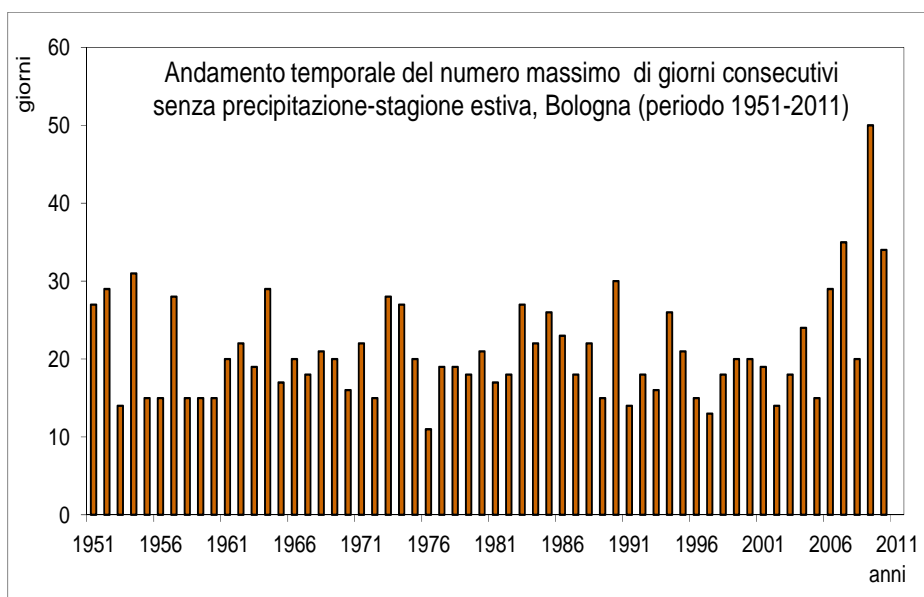
La figura 6 mostra come esempio l'andamento delle anomalie estive (a) e annue (b) di precipitazione durante il periodo 1951-2011, rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. Come si può notare, anche se nel lungo periodo le serie non mostrano dei segnali statisticamente significativi, la quantità di precipitazione soprattutto durante l'estate è stata inferiore al periodo di riferimento, registrando anomalie negative più concentrate dopo il 1985. Per quanto riguarda gli estremi di precipitazione, il numero massimo di giorni senza precipitazione (pxcdd) ha mostrato una tendenza contraria alle precipitazioni, cioè un aumento dell'indicatore sul lungo periodo, con valori più intensi durante l'estate, seguito dall'inverno e primavera, mentre inautunno la tendenza è di una diminuzione. La figura 6c mostra l'andamento dell'indicatore durante l'estate: il valore climatologico è di circa 21 giorni. Lo studio della frequenza del numero di giorni con la precipitazione maggiore del 90mo percentile (pxq90N) ha mostrato un leggero aumento (non significativo statisticamente) in tutte le stagioni e a livello annuo, tranne in primavera, dove ha rivelato un leggero calo. La figura 6d mostra l'andamento dell'indicatore durante l'estate a Bologna: il valore climatico di riferimento è di 1.5 giorni.



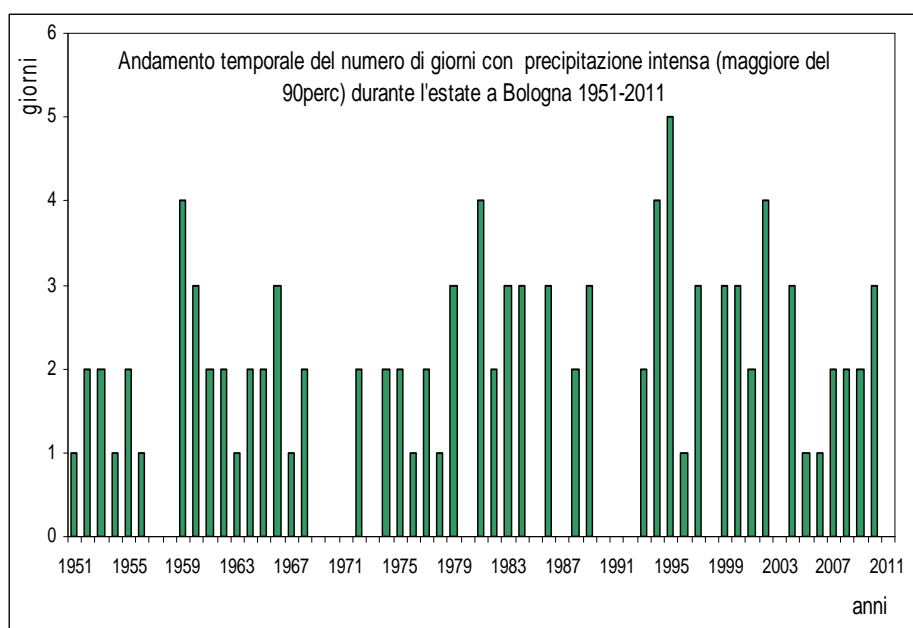
a)



b)



c)



d)

Fig. 6. Anomalie di precipitazione e numero di giorni con e senza precipitazione.

Si può quindi concludere che, per quanto riguarda la viabilità climatica a Bologna, i cambiamenti importanti sono stati osservati nelle temperature minime e massime, associate ad una tendenza di aumento delle temperature in tutte le stagioni.

Questo aumento ha portato, durante il periodo analizzato, ad un aumento delle ondate di calore e a una diminuzione nel numero di giorni con gelo, segnali più evidenti soprattutto dopo il 1990. Tendenze di diminuzione sono state riscontrate invece per la quantità di precipitazione stagionale, tranne che per l'autunno, associate ad un leggero incremento del periodo di giorni consecutivi senza precipitazioni e alla frequenza di giorni con precipitazioni intense.

1.2. Scenari di cambiamento climatico a Bologna, periodo 2021-2050 e 2071-2099

I modelli di circolazione generale dell'atmosfera e dell'oceano (AOGCMs) costituiscono i principali strumenti di valutazione dei cambiamenti climatici futuri per le varie scale spaziali e temporali. La risoluzione spaziale di questi modelli, cioè la distanza tra un punto di griglia e i suoi vicini, è migliorata molto arrivando oggi a circa 100 km. Questo incremento della risoluzione è notevole, ma non è ancora sufficiente per rappresentare i fenomeni che avvengono su scala locale e, soprattutto, per valutare gli impatti del cambiamento climatico sul territorio. Per incrementare la risoluzione spaziale e tenere conto degli effetti locali negli ultimi anni sono state sviluppate tecniche di "regionalizzazione" (downscaling), di tipo dinamico e statistico. Le tecniche dinamiche consistono nell'utilizzo di modelli ad area limitata (RCM), mentre quelle statistiche si basano sull'uso di relazioni statistiche fra le variabili di grande scala e quelli locali e hanno il vantaggio che permettono di arrivare fino al punto/stazione d'interesse. Tutti questi strumenti permettono di formulare scenari di cambiamento climatico sempre più dettagliati, ma che mantengono però un certo grado di incertezza. Per ridurre quest'incertezza vari studi sviluppati nell'ambito di progetti, come ad esempio il progetto FP6 ENSEMBLES, hanno dimostrato come soluzione migliore l'utilizzo di più modelli (approccio di "ensemble") e la costruzione di una media di "ensemble" (EM). Nel presente studio gli scenari di cambiamento climatico a Bologna sono stati costruiti attraverso tecniche/modelli di regionalizzazione statistica (SDs) sviluppate da ARPA-SIMC. Il modello è una regressione statistica multivariata basata sulla tecnica delle correlazioni canoniche, applicata a scala stagionale. Questa tecnica permette di accoppiare grandezze fisiche "a grande scala" più probabilmente prevedibili dai modelli climatici globali (come ad esempio il campo di pressione a livello del mare–mslp; il geopotenziale a 500 mb-z500; la temperatura a 850 mb-t850) con grandezze a "scala locale" (temperature minime, massime, precipitazioni, campi estremi) tali per cui sia massima la correlazione fra le loro serie temporali.

Per impostare il modello statistico a scala locale (stazione), sono stati utilizzati:

- dati giornalieri di temperatura minima, massima, e precipitazioni registrate su circa 25 stazioni distribuite sulla regione Emilia-Romagna, periodo 1958-2002. La figura 6 presenta la distribuzione spaziale delle stazioni; questa selezione è necessaria per rappresentare meglio il pattern di variabilità climatica locale osservata (fonte dati <http://www.arpa.emr.it/sim/>). Partendo da questo data set giornaliero sono stati calcolati gli indicatori stagionali dei campi medi ed estremi di temperatura e precipitazione, descritti nel paragrafo 1.1;

- campi in quota (MSLP, Z500, T850) dedotti dalla rianalisi ERA40 del centro meteorologico europeo (ECMWF), sul periodo 1958-2002.

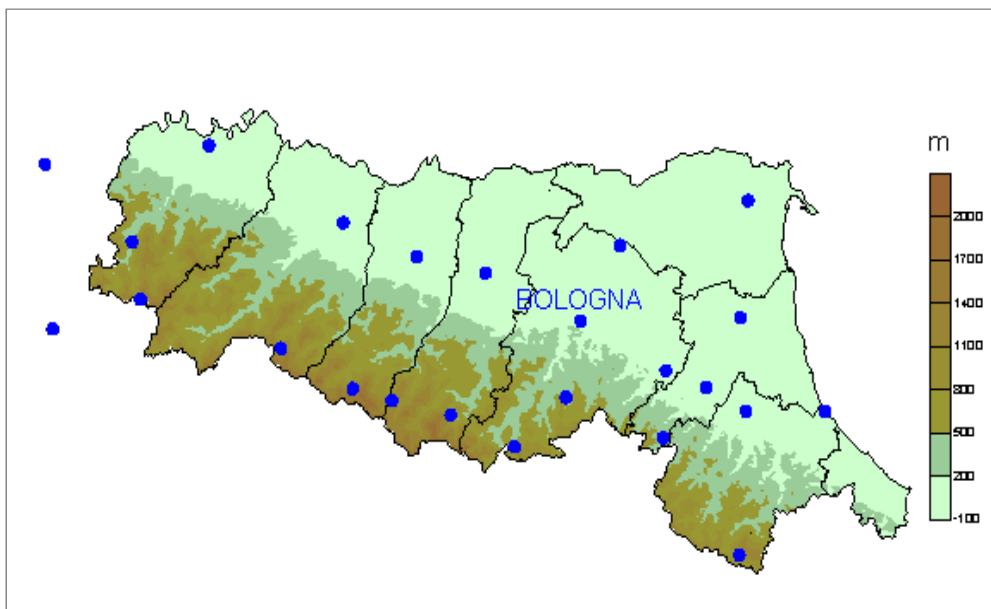


Fig. 7. Mappa delle stazioni utilizzate nella costruzione del modello di downscaling statistico (SDs)

Per ogni grandezza, stazione e stagione è stato costruito il modello statistico (CCAReg) utilizzando i dati osservati nel periodo 1958-1978 + 1995-2002, e validato sul periodo 1979-1994 (Tomozeiu et al., 2013). La performance dei modelli è stata testata attraverso coefficienti di skill (coefficiente di correlazione, BIAS, root mean square error) calcolati tra i dati osservati e regionalizzati. Ad essi sono state poi applicate le proiezioni dei campi in quota, sul periodo 2021-2050, e 2071-2099 dei modelli globali resi disponibili all'interno del progetto ENSEMBLES (<http://ensembles-eu.metoffice.com/>; Van der Linden e Mitchell, 2009) in modo da ottenere gli scenari climatici di temperatura e precipitazione. I modelli climatici globali coinvolti sono quelli appartenenti ai seguenti centri di ricerca: IPSL, METOHC, MPIMET, INGV-CMCC e FUB. Tenendo conto del fatto che i modelli globali coinvolti hanno caratteristiche diverse, è stata creata inoltre la "media d'insieme" (EM) per ogni grandezza e stagione. Di seguito, sono presentate le proiezioni climatiche a BOLOGNA, ottenute attraverso la tecnica descritta in precedenza. Le proiezioni sono state costruite sotto l'ipotesi di scenario di emissione A1B, i cambiamenti sono sempre valutati rispetto al clima di riferimento 1961-1990.

1.2.1. Proiezioni di cambiamento climatico a Bologna: medi ed estremi di temperatura

Gli scenari di cambiamento climatico durante il periodo 2021-2050, mostrano un possibile incremento in tutte le stagioni rispetto al periodo 1961-1990, sia per la temperatura minima che per la temperatura massima.

In figura 8a è riportato un esempio di cambiamento climatico (anomalia) sul periodo 2021-2050 delle temperature minime invernali a Bologna così come risultano dall'applicazione del modello CCAReg ad ogni uscita dei modelli globali (INGV, EGMAM-2 run, IPSL, ECHAM5, METO_HC), mentre nella figura 8b è riportato il cambiamento ottenuto utilizzando tutti i modelli, cioè l'Ensemble Mean (EM).

Proiezioni di cambiamento climatico: Tmin invernò, scenario A1B 2021:2050-1961:1990
Bologna

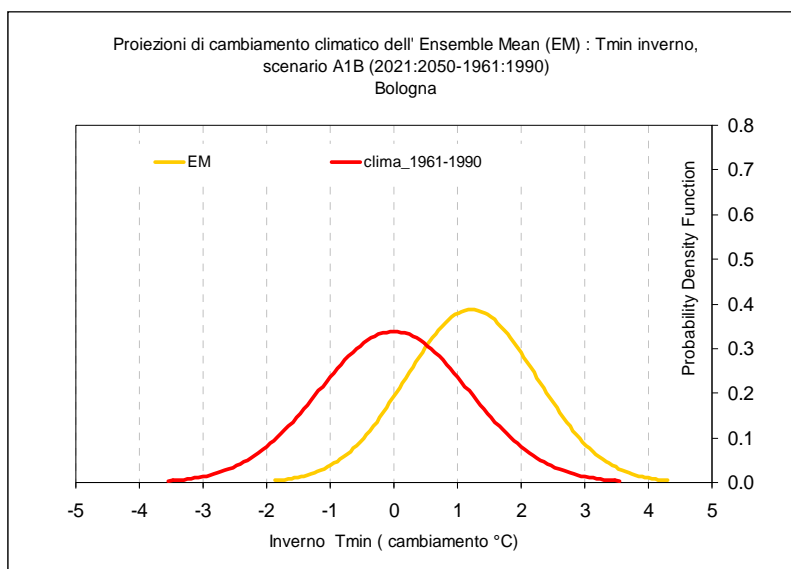
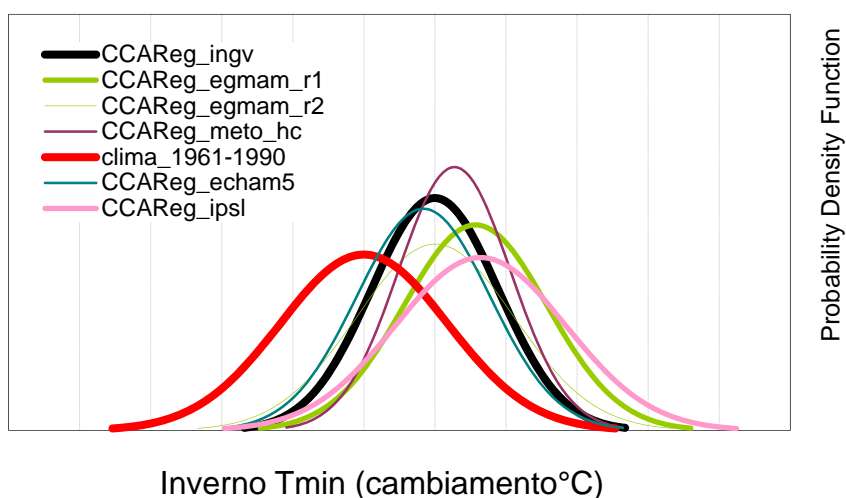


Fig. 8. Proiezioni di cambiamento climatico a Bologna (periodo 2012-2050). Scenario emissivo A1B.

Come si può notare tutti i modelli mostrano un possibile aumento durante il periodo 2021-2050 della temperatura minima invernale (Fig. 8a) compreso tra 1° e 1.5°C. Quest'aumento determina anche uno spostamento delle curve di distribuzione, verso i valori più caldi rispetto

al valore osservato (fi. 8b) con un aumento anche dei valori estremi. Il valore centrale della distribuzione dell'EM evidenzia un incremento futuro di circa 1.3°C nelle temperature minime invernali (curva arancione, Fig. 8b). Un simile valore di aumento di circa 1.5 °C (Tab. 3) è stato ottenuto anche nelle altre stagioni, ad eccezione dell'estate, dove l'incremento della temperatura minima sarà di circa 2.5°C. Anche le temperature massime mostrano un aumento, più intenso durante l'estate (circa 2.5°C), seguita dalla primavera ed autunno, quando l'incremento sarà di circa 2°C.

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Tmin 2021 2050	1.2°C	1.6°C	2.5°C	1.7°C
Tmax 2021 2050	1.5°C	2.1°C	2.5°C	2°C
Tmin 2071-2099	2.8°C	3.7°C	5.5°C	3.4°C
Tmax 2071 2099	3°C	4.1°C	5.5°C	4°C

Tab. 3. Proiezioni di cambiamento climatico stagionale (EM) nella Tmin e Tmax, periodi 2021-2050 e 2071-2099, scenario A1B, Bologna.

Andando verso fine secolo 2071-2099, (Tab. 3), si nota come l'aumento diventa più intenso sia nelle minime che nelle massime, con un picco di 5.5°C durante l'estate, mentre per le altre stagioni l'aumento sarà compreso tra 3-4°C. Analizzando i valori stagionali degli scenari di temperatura massima a Bologna, ottenuti sommando la proiezione del cambiamento al valore climatico di riferimento (Fig. 9), si nota come verso fine secolo, valori di 35°C nelle temperature massime estive potranno verificarsi più spesso, valori che oggi sono più vicini al 90 percentile della Tmax. Anche le temperature minime, soprattutto durante l'estate subiranno un notevole aumento, portando a valori di circa 25°C più frequenti (Fig.9).

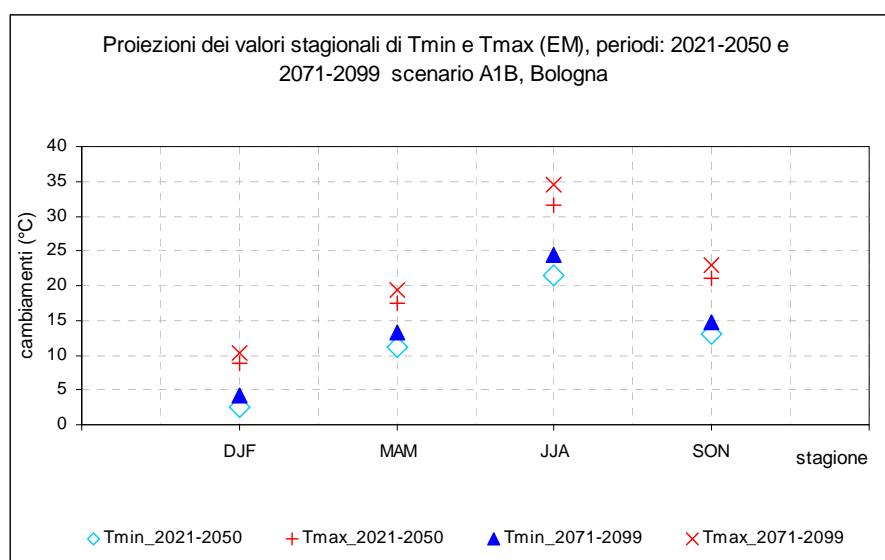


Fig. 9. Proiezioni della temperatura minima e massima a Bologna, 2021-2050 e 2071-2099, scenario di emissione A1B

Passando agli estremi di temperatura, le proiezioni fatte per il 10mo percentile della minima (Tnq10) mostrano un aumento del valore per ogni stagione. Di particolare interesse per il progetto è la stagione invernale e primaverile. Durante l’inverno l’incremento previsto nel Tnq10 per il periodo 2021-2050 è di circa 1.5°C e potrà diventare più intenso verso fine secolo, quando l’aumento sarà di 3.5°C rispetto al 1961-1990.

La Fig. 10 mostra un confronto tra i valori osservati e le proiezioni dell’indicatore durante l’inverno e la primavera e per i 2 periodi considerati. Da sottolineare come verso fine secolo, l’incremento previsto per Tnq10 porterà proprio ad un cambiamento di segno dell’indicatore durante l’inverno, cioè si passa da un valore climatico presente di -2.7°C (periodo 1961-1990) ad 0.7°C. Questo incremento potrà avere come conseguenza una diminuzione del numero di giorni con il gelo (Tmin minore di 0°C).

Infatti, gli scenari costruiti a livello stagionale proprio per quest’indicatore (Tnfd) mostrano una diminuzione del segnale (Fig. 11) molto più marcata verso fine secolo e soprattutto durante l’inverno (diminuzione di 15 gg rispetto al clima 1961-1990). Tenendo conto che gli scenari invernali hanno mostrato un cambiamento importante anche nelle temperature massime, sono state costruite le proiezioni future anche per il numero di giorni quando Tmin e Tmax sono sotto 0°C (Txice).

I risultati (Fig. 11) mostrano una diminuzione anche per questo indicatore di 1 giorno per il periodo 2021-2050 e 3 giorni per il periodo 2071-2099.

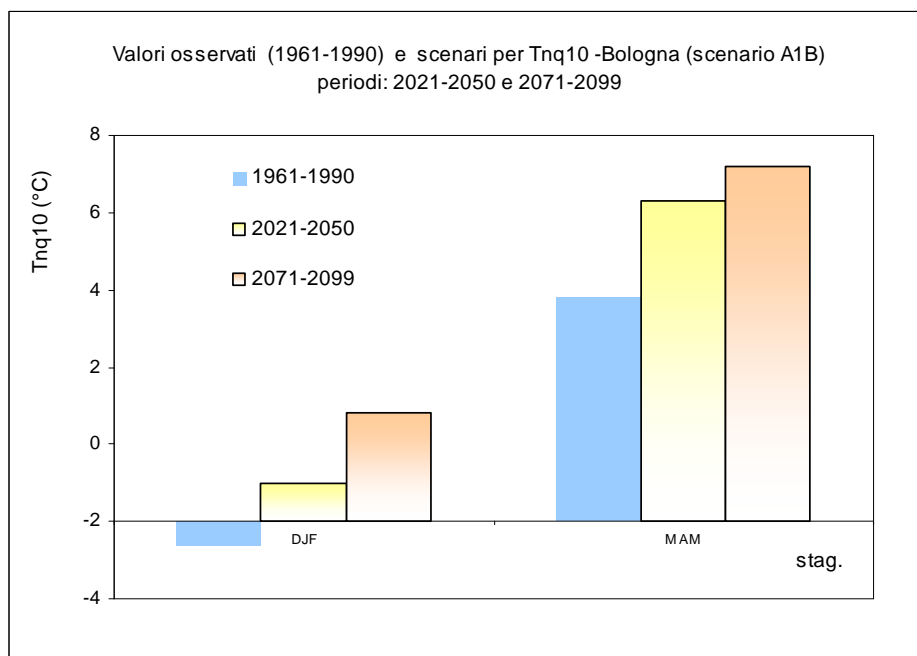


Fig. 10. Valori osservati e scenari futuri del Tnq10 invernale e primaverile.

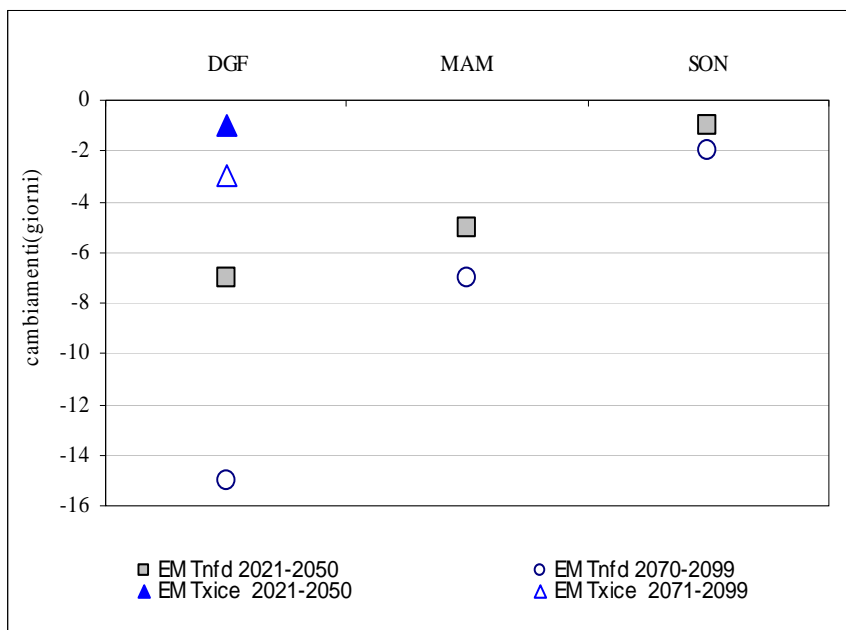


Fig. 11. Proiezioni di cambiamento climatico degli indicatori Tnfd e Txice

Concentrandosi su un altro indicatore molto importante, soprattutto durante l'estate, cioè il 90mo percentile della temperatura massima (Txq90), si rileva che tale valore è risultato in aumento, con valori di 40°C verso fine secolo (Fig.12). Inoltre, le proiezioni evidenziano un aumento anche delle ondate di calore (HWD), passando durante l'estate da un numero massimo di 3 giorni consecutivi con Tmax maggiore del 90mo percentile (periodo 1961-1990) a un numero di 10 giorni consecutivi con temperature intense verso fine secolo (Fig.13).

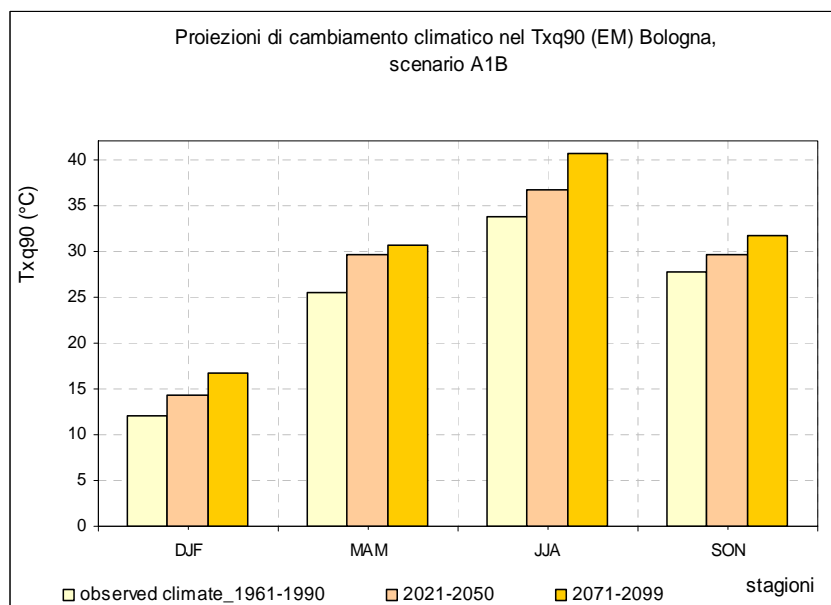


Fig. 12. Valori osservati. E scenari futuri del Txq90 (stagionali).

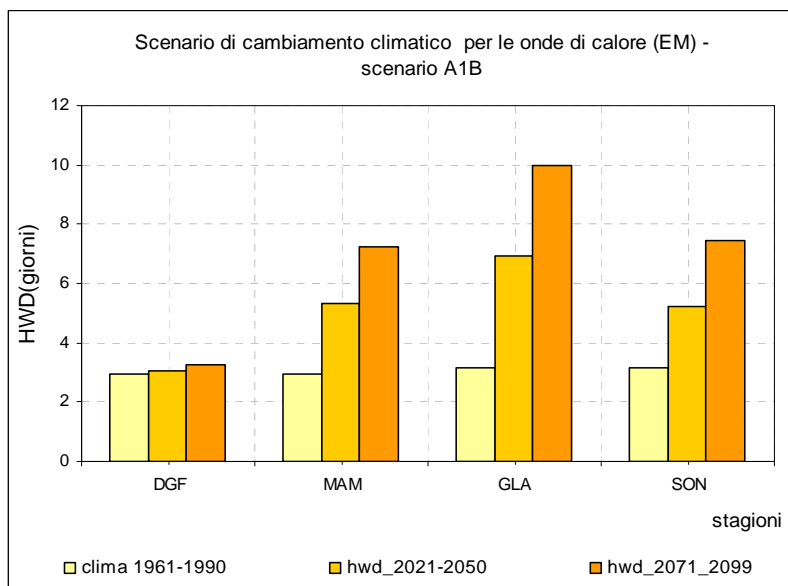


Fig. 13. Valori osservati e scenari futuri per le onde di calore (HWD) stagionali.

1.2.2. Proiezioni di cambiamento climatico a Bologna: medi ed estremi di precipitazione

Per quanto riguarda le precipitazioni, le proiezioni climatiche per il trentennio 2021-2050, costruite sempre attraverso la tecnica descritta in precedenza e per lo scenario A1B, mostrano un segnale di una diminuzione in tutte le stagioni (Fig. 14). Durante il periodo 2021-2050, le precipitazioni invernali mostrano una lieve diminuzione (inferiore al 5%), mentre durante primavera, estate, ed autunno la diminuzione sarà circa del 15%. Andando verso fine secolo, il segnale di diminuzione si mantiene, con intensità minore durante l’inverno (10%), e maggiore durante la primavera, estate ed autunno entro il 30%.

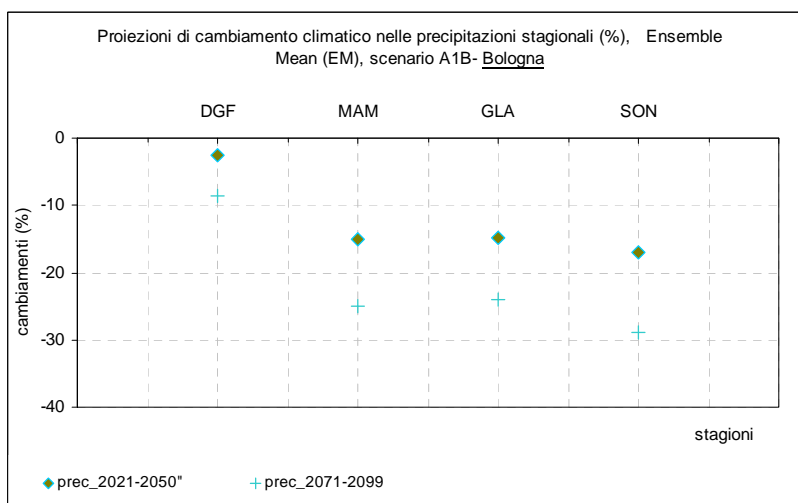


Fig. 14. Proiezioni di cambiamento climatico espresso in percentuale delle precipitazioni stagionali (media d'insieme o EM), per i periodi 2021-2050 e 2071-2099.

Gli estremi di precipitazioni hanno evidenziato un possibile aumento del numero massimo consecutivo senza precipitazioni, più evidente durante inverno, primavera ed autunno e con una diminuzione della frequenza degli eventi intensi (Fig.15).

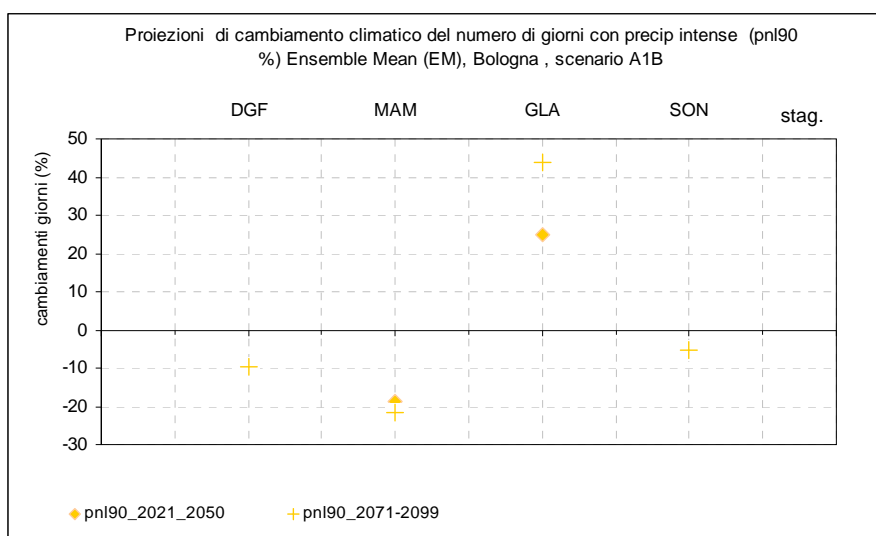


Fig. 15. Proiezioni di cambiamento climatico della frequenza delle precipitazioni intense (EM), periodi: 2021-2050 e 2071-2099

Durante l'estate invece, le proiezioni mostrano un leggero aumento della frequenza del numero di giorni con precipitazioni intense (vedi Fig. 15).

Tendenze simili per il futuro sono state evidenziate anche dai modelli regionali (RCM) e globali. Ad esempio, per quanto riguarda gli scenari di temperatura media annua, le diverse catene modellistiche coinvolte nel progetto ENSEMBLES (<http://ensembles-eu.metoffice.com/>) hanno evidenziato, sulla gran parte del continente europeo, un segnale di aumento per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1961-1990 (scenario di emissione A1B) con valori di aumento fino a 2 °C.

A livello stagionale, il segnale di aumento delle temperature medie è stato evidenziato in tutte le stagioni, con un possibile aumento più intenso nella stagione estiva. Le proiezioni climatiche delle precipitazioni evidenziano un generale incremento delle precipitazioni annue nell'Europa settentrionale e una leggera diminuzione sul Mediterraneo per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo 1961-1990. Sempre a livello stagionale, è stato evidenziato un calo maggiore delle precipitazioni durante la stagione estiva, che interesserà anche la nostra penisola (fino al 40%).

Conclusioni: variabilità osservata e scenari futuri a Bologna

I risultati degli studi sul cambiamento climatico osservato e futuro per la città di Bologna sono i seguenti:

- dal 1951 al 2011 sono stati osservati importanti segnali di variabilità climatica sia per le temperature che per le precipitazioni. In particolare, tendenze significative di aumento della temperatura sono state rilevate per tutte le stagioni, con un valore medio di circa 0,3°C per decade. Si è potuto osservare anche un aumento delle ondate di calore, ossia dei giorni consecutivi con temperature massime giornaliere superiori a 33°C, e una diminuzione del numero di giorni con gelo, cioè quando la temperatura minima è inferiore a 0°C; è importante ricordare che l'aumento è stato più marcato dopo gli anni '90, quando sono state osservate forti anomalie, come ad esempio durante l'estate 2003 e l'inverno 2007-2008;
- per le precipitazioni, le tendenze sono state differenziate tra le diverse stagioni; si è registrata una diminuzione per l'inverno e la primavera, mentre per l'autunno si è riscontrato un lieve aumento; statisticamente, la tendenza per l'estate non è stata significativa. Inoltre, i risultati mostrano per l'estate un incremento del numero massimo di giorni consecutivi senza piogge e un aumento della frequenza di giorni con precipitazioni intense;
- gli scenari futuri, costruiti mediante le tecniche statistiche di regionalizzazione mostrano un probabile incremento medio delle temperature di 2°C per il periodo 2021-2050 rispetto al clima 1961-1990, preso come riferimento. A fine secolo i possibili segnali di aumento potranno essere ancora più marcati, con anomalie medie superiori a 3°C. Per entrambi i periodi, si prevede che le anomalie più forti potranno verificarsi durante il periodo estivo con valori medi di 2,5 e di 5,5°C, rispettivamente. Questo comporterà, ovviamente, un conseguente aumento anche delle ondate di calore. Per quanto riguarda le precipitazioni, le proiezioni hanno mostrato che sarà possibile un calo, più marcato nel secondo periodo, quando la diminuzione potrà essere circa del 30% per la stagione estiva.

2. USO DEL SUOLO E INFRASTRUTTURE

2.1. Suolo urbanizzato e nuovi ambiti di trasformazione e/o insediamento

2.1.1. Territorio urbanizzato e da urbanizzare

Il territorio urbanizzato del Comune di Bologna è passato dai 19,35 Km² del 1951 ai 47,74 Km² del 2003 (di cui 4,25 rappresentano la città antica murata), pari al 34% dell'intera superficie comunale. In 50 anni il suolo urbanizzato è cresciuto mediamente di oltre il 200%, andando ad occupare per circa 20% il terreno pianeggiante ancora disponibile.

La fase di grande e veloce espansione della città comincia a rallentare all'inizio degli anni '90, con l'affermarsi di nuove politiche rivolte a qualificare diversamente l'uso del suolo in un processo di sempre minore consumo di territorio rurale a fronte di una ristrutturazione interna della città.

Se dal 1981 al 1989 si rileva un incremento del territorio urbanizzato di circa 562 ettari con una media di circa 70 ettari l'anno (confrontabile con la media di 68 ettari l'anno del decennio 1971-1981), nei 14 anni dal 1989 al 2003 il consumo medio annuo è calato a una media di circa 19 ettari l'anno, con un consumo di 272 ettari nei 14 anni.

Anni	Superficie Urbanizzata Km ²	Superficie urbanizzata /superficie comunale %	Tasso medio annuo di incremento %
1951	19.35	14%	nd
1961	24.32	24%	2,44%
1971	32.56	23%	2,31%
1981	39.40	28%	2,80%
1989	45.02	32%	4,00%
2003	47.74	34%	2,42%

Tab. 4. Evoluzione del consumo di suolo (1951-2003)

Nel Piano Strutturale Comunale (Tavola 1) gli Ambiti del territorio urbano strutturato (Ambiti storici, Ambiti pianificati consolidati, Ambiti in via di consolidamento, Ambiti consolidati di qualificazione diffusa, Ambiti da riqualificare) e quelli ancora in via di strutturazione (Ambiti in trasformazione, Ambiti di sostituzione) rappresentano una porzione di territorio pari a 65,63 Km² (47% della superficie comunale) La superficie occupata da Ambiti destinati a nuovi insediamenti è invece pari a 4,05 Km², che corrisponde ad un incremento del territorio urbanizzato del 6%.

Nel Piano Strutturale Comunale (Tavola 1) gli Ambiti del territorio urbano strutturato (Ambiti storici, Ambiti pianificati consolidati, Ambiti in via di consolidamento, Ambiti consolidati di qualificazione diffusa, Ambiti da riqualificare) e quelli ancora in via di strutturazione (Ambiti in trasformazione, Ambiti di sostituzione) rappresentano una porzione di territorio pari a 65,63 Km² (47% della superficie comunale)

La superficie occupata da Ambiti destinati a nuovi insediamenti è invece pari a 4,05 Km², che corrisponde ad un incremento del territorio urbanizzato del 6%.

2.1.2. Popolazione e densità territoriale

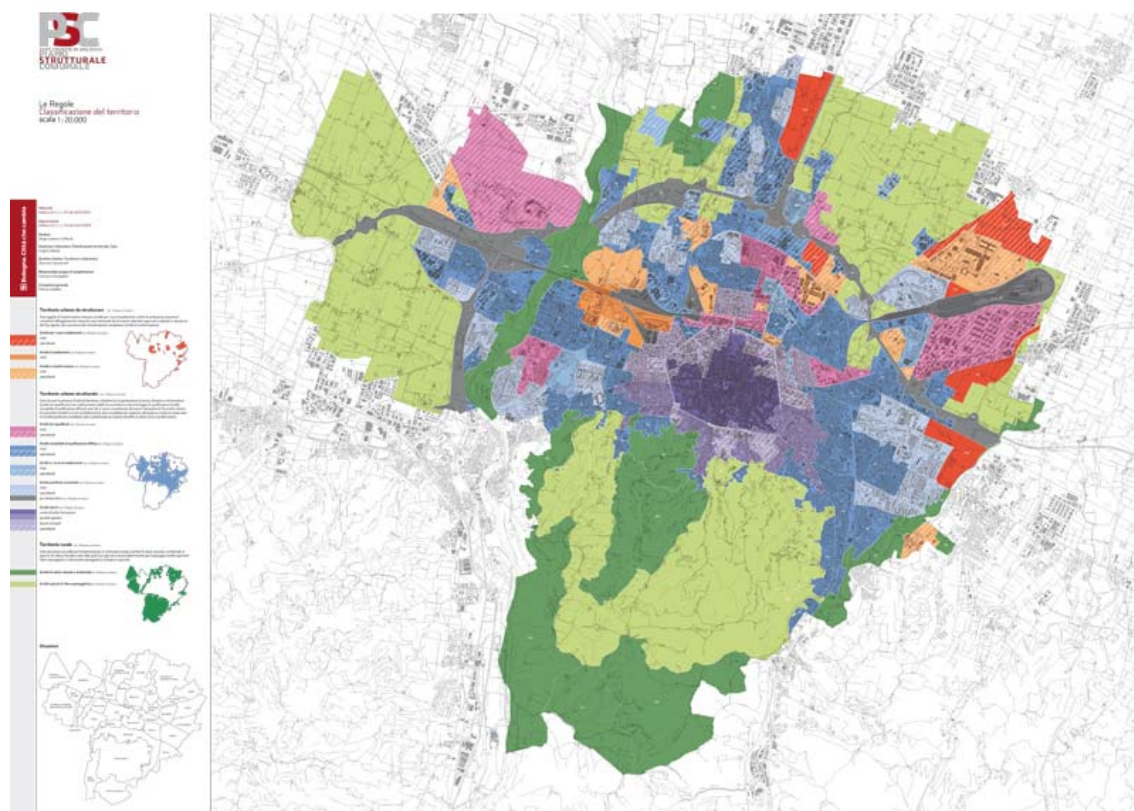
La densità della popolazione residente nel Comune di Bologna è in media superiore ai 2.700 ab/km², con zone in cui la densità è decisamente più elevata (maggiore di 10.000 ab/km²), le quali corrispondono agli ambiti storici e consolidati (zone Galvani e Murri - quartiere Santo Stefano, zona Irnerio - S.Vitale, zona Malpighi-Saragozza, zona Marconi-Porto) e aree meno densamente abitate (inferiore a 1.000 ab/km²), come la zona prevalentemente agricola di Borgo Panigale nel quartiere omonimo, e la zona collinare di Colli nel quartiere S.Stefano.

2.1.3. Territorio urbano da strutturare

Il territorio urbano da strutturare è formato da tre diversi ambiti.

- *Ambiti per i nuovi insediamenti*: parti del territorio oggetto di trasformazione intensiva per nuova urbanizzazione per l'espansione del tessuto urbano.
- *Ambiti di sostituzione*: la trasformazione intensiva deriva invece da processi di "sostituzione di rilevanti parti dell'agglomerato urbano".
- *Ambiti in trasformazione*: sono stati approvati (o adottati, oppure in qualche modo avviati) nuovi strumenti urbanistici preventivi, ancora in attuazione del Prg vigente.

Tavola 1 (Piano Strutturale Comunale)



Le porzioni di territorio urbanizzato per le quali nel PSC di Bologna vengono previste le trasformazioni più rilevanti sono gli "Ambiti di sostituzione", costituiti da parti di territorio nelle quali la trasformazione intensiva avviene modificando radicalmente l'esistente. Si tratta di Ambiti tutti a destinazione mista e quindi caratterizzati dall'adeguata presenza di residenza e attività sociali, culturali, commerciali e produttive con essa compatibili: fra essi si possono citare i Prati di Caprara (superficie 440.000 m²) e l'Ex Scalo Ravone (superficie 320.000 m²), ubicati nella zona nord occidentale della città. È importante inoltre segnalare l'attività in corso per la formazione di una variante al Piano Operativo Comunale (POC) sulla base della delibera del Consiglio Comunale su indirizzi e procedure per la presentazione di manifestazioni di interesse ad interventi da comprendere nel "Programma per la qualificazione urbana", approvata nel marzo del 2012. Una prima valutazione delle risposte ricevute ha evidenziato l'idoneità di oltre 50 manifestazioni d'interesse, conformi agli indirizzi formulati dal Consiglio Comunale. Il programma, nel suo insieme, ha l'obiettivo di promuovere la rigenerazione di aree con immobili non utilizzati compresi entro il Territorio urbano strutturato, come definito dal PSC, attraverso il recupero e la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente o la sua sostituzione. L'Amministrazione Comunale ha fissato alcuni obiettivi da perseguire nel "Programma per la qualificazione urbana":

- 1) recupero e riqualificazione urbana finalizzati ad un minore consumo di suolo, che favoriscano la formazione di un ambiente urbano ad elevate prestazioni, con l'obiettivo di miglioramento ambientale, tramite le seguenti misure:

a) riduzione dell'impermeabilizzazione delle aree interessate

Gli interventi devono comportare una significativa riduzione dell'impermeabilizzazione dei terreni sui quali si interviene, perseguendo l'obiettivo della riduzione dei carichi idrici sui recettori naturali o artificiali interessati e del miglioramento del microclima urbano attraverso l'attenuazione del fenomeno dell'isola di calore nel periodo estivo. Il progetto dovrà dimostrare il raggiungimento di livelli prestazionali significativamente alti compatibilmente con le condizioni specifiche dell'intervento.¹

b) contenimento dei consumi energetici dei nuovi edifici o di quelli recuperati

Gli interventi devono contribuire a realizzare un ambiente urbano ad alte prestazioni energetiche, caratterizzato da bassi consumi e dalla utilizzazione di energie rinnovabili. In particolare si considera fondamentale il raggiungimento di livelli prestazionali particolarmente elevati per quanto riguarda i consumi dell'edificio.²

c) Sicurezza degli edifici e del contesto urbano

Con l'obiettivo di realizzare un contesto urbano caratterizzato da un elevato livello di sicurezza sismica e ambientale, l'intervento, oltre a garantire – come da normativa - i dovuti livelli di sicurezza degli edifici nuovi, deve garantire l'adeguamento sismico degli edifici eventualmente recuperati, la completa eliminazione e smaltimento di eventuali parti di edificio contenenti amianto e la bonifica di suoli eventualmente contaminati da usi pregressi dell'area.

- 2) riqualificazione e valorizzazione dello spazio pubblico e incremento delle dotazioni territoriali, con l'obiettivo di miglioramento delle dotazioni utili alla partecipazione ed alla vita pubblica, tramite le seguenti misure:

a) riqualificazione e valorizzazione dello spazio pubblico;

¹ I parametri di invarianza idraulico ambientale e riuso delle acque, cura del verde, permeabilità e microclima urbano e risparmio e riuso delle acque sono già disciplinati dal Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE), rispettivamente agli articoli 55-A5.1, 56-E8.4 e 56-E9.1

² I parametri disciplinati dal RUE sono i seguenti: Controllo e utilizzo dell'apporto energetico solare (Art. 55- A4.1), Uso coordinato di fonti energetiche rinnovabili e di sistemi di teleriscaldamento e cogenerazione (Art. 55- A4.1), Contenimento dei consumi energetici invernali (Art. 56- E7.1), Controllo dell'apporto energetico solare (Art. 56- E7.2), Controllo dell'inerzia termica (Art. 56- E7.3), Contenimento dei consumi elettrici (Art. 56- E7.4), Piano di azione per l'energia sostenibile - PAES (Scheda PIAN6 – “Programma per la qualificazione diffusa”)

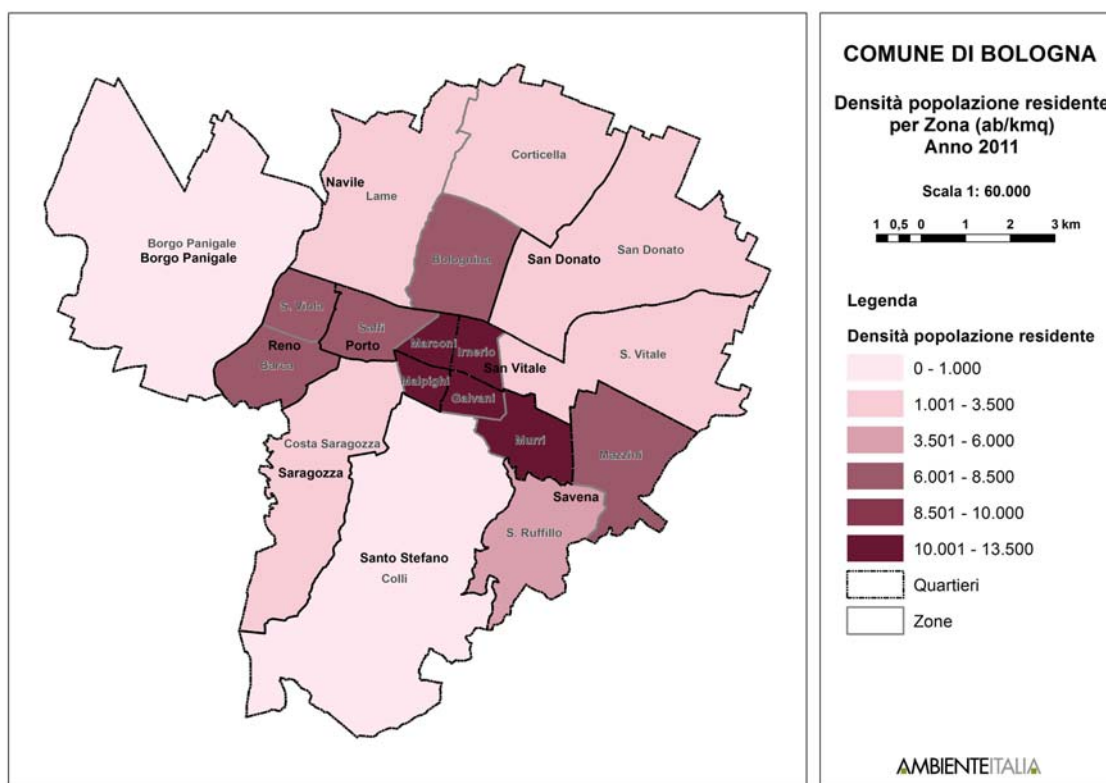
b) incremento delle dotazioni territoriali a servizio delle parti di città interessate alla qualificazione;

γ) produzione di edilizia residenziale sociale.

2.1.4. Popolazione e densità territoriale

La densità della popolazione residente nel Comune di Bologna è in media superiore al 2.700 ab/km², con zone in cui la densità è decisamente più elevata (maggiore di 10.000 ab/km²), le quali corrispondono agli ambiti storici e consolidati (zone Galvani e Murri - quartiere Santo Stefano, zona Irnerio - S.Vitale, zona Malpighi-Saragozza, zona Marconi-Porto) e aree meno densamente abitate (inferiore a 1.000 ab/km²), come la zona prevalentemente agricola di Borgo Panigale nel quartiere omonimo, e la zona collinare di Colli nel quartiere S.Stefano.

Tavola 2 (Densità della popolazione per zona)



Densità popolazione anno 2011				
Quartiere	Zona	Pop residente	Sup (km ²)	Densità
Borgo Panigale	Borgo Panigale	25.350	26,2	968,8
Navile	Bolognina	34.524	4,9	6.983,6
	Corticella	17.847	9,9	1.806,9
	Lame	14.594	11,1	1.320,2
Porto	Marconi	14.189	1,1	13.407,5
	Saffi	17.914	2,7	6.712,2
Reno	Barca	20.912	3,3	6.295,2
	S. Viola	12.884	1,9	6.616,4
San Donato	San Donato	31.661	15,5	2.047,3
San Vitale	Irnerio	13.921	1,4	10.120,2
	S. Vitale	33.779	10,8	3.126,6
Santo Stefano	Colli	8.443	25,1	336,8
	Galvani	13.162	1,1	11.785,6
	Murri	28.391	2,8	10.058,8
Saragozza	Costa Saragozza	24.208	10,7	2.254,2
	Malpighi	12.230	1,0	12.744,9
Savena	Mazzini	37.699	5,7	6.559,6
	S. Ruffillo	20.925	5,7	3.662,8
Totale		382.633	140,8	2.716,7

Tab. 5. Popolazione per Quartiere

2.2. Uso del suolo

La carta dell'uso del suolo³ del Comune di Bologna evidenzia come, tra gli usi, spicchino le aree artificializzate (aree residenziali, industriali ed estrattive), intercalate dalle "aree verdi non agricole" (verde urbano, aree ricreative attrezzate, etc.), le quali rappresentano nel complesso

³ Fonte: Uso del suolo Regione ER, 1:25.000, Anno 2008.

agricole (seminativi, colture permanenti e zone agricole eterogenee), ad eccezione dei prati stabili che registrano un incremento nel periodo considerato. Infine, i territori boscati e gli ambienti semi-naturali non registrano complessivamente variazioni significative, ma si può osservare l'aumento percentuale delle zone boscate dovuta alla naturale evoluzione verso il bosco degli incolti e degli arbusteti.

Categorie		Uso suolo 2003		Uso suolo 2008		Var.
Codice	Descrizione	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	
1	Zone artificiali	7520,7	53,4	7679,3	54,5	+
11	Zone urbanizzate di tipo residenziale	3090,5	21,9	3167,0	22,5	+
12	Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	2549,6	18,1	2638,0	18,7	+
13	Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati	409,4	2,9	462,2	3,3	+
14	Zone verdi artificiali non agricole	1471,2	10,4	1412,0	10	-
2	Superfici agricole utilizzate	4806,1	34,1	4654,3	33	-
21	Seminativi	4074,7	28,9	3933,9	27,9	-
22	Colture permanenti	270,7	1,9	258,5	1,8	-
23	Prati stabili (foraggiere permanenti)	252,5	1,8	260,3	1,8	+
24	Zone agricole eterogenee	208,2	1,5	201,6	1	-
3	Territori boscati e ambienti semi-nat	1581,4	11,2	1582,5	11,2	=
31	Zone boscate	773,5	5,5	787,4	5,6	+
32	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	677,5	4,8	664,9	4,7	-
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente	130,4	0,9	130,2	0,9	-
4	Zone umide	0,1	0	0,1	0	=
41	Zone umide interne	0,1	0	0,1	0	=
5	Acque continentali	176,8	1,3	168,9	1,2	-
51	Acque continentali	176,8	1,3	168,9	1,2	-

Tab. 6. Variazione di usi del suolo (2003-2008). Fonte: Carta dell'uso del suolo della Regione Emilia-Romagna (1:25.000)

2.3. Infrastrutturazione del territorio

2.3.1. Canali artificiali

L'idrografia di Bologna – la cui area urbana è collocata per lo più nella piana alluvionale tra Reno e il suo affluente Savena – è caratterizzata dalle reti idriche artificiali costruite storicamente per fornire acqua ed energia idraulica alla città. Il Canale di Reno deriva dal fiume omonimo attraverso la Chiusa di Casalecchio e percorre la parte occidentale della periferia urbana, il Canale di Savena deriva dal Torrente Savena alla Chiusa di San Ruffillo e si estende nella parte orientale. I due canali, portandosi nel centro storico, si diramano in un complesso ed esteso reticolo di canali tombati che provvedono allo smaltimento delle acque meteoriche del territorio urbano oltre che a drenare le acque di piccoli rii e torrenti collinari. Tale rete di canali distribuisce poi l'acqua verso la pianura bolognese ed in particolare al Canale Navile e al Savena Abbandonato ed al reticolo dei canali di bonifica alimentati da entrambi.

Nel tratto urbano, i canali sono spesso interessati dalla presenza di scaricatori di piena della pubblica fognatura ed alcuni, a causa della progressiva urbanizzazione del territorio, sono stati a tratti trasformati in pubblica fognatura con il tombamento e la realizzazione di soglie artificiali che hanno la funzione di deviare tutta la portata in tempo secco ai collettori fognari principali e quindi alla depurazione.

2.3.2. Reti di trasporto

La rete di trasporto pubblico di Bologna è formata da 43 linee urbane e 15 suburbane che si estendono complessivamente per circa 461 km, di cui circa 60 km sono coperti da 4 linee filoviarie. Le reti interessate da corsie preferenziali sono circa 30 km, pari al 6,5% dell'estensione totale.

Gli autobus che effettuano servizio urbano sono in tutto 432, di cui 149 alimentati a metano e 37 elettrici o ibridi, a cui si aggiungono 46 filobus. La percentuale di autobus circolanti dotati di aria condizionata è passata dal 45% nel 2006 al 61% nel 2011, con un trend costante di aumento.

Le reti a supporto della cosiddetta "mobilità dolce" (pedonale e ciclabile) è formata da 120 km di piste ciclabili, di cui 81 km in sede propria e 12 all'interno di aree verdi, a cui si aggiungono 9 km di strade con limite di velocità a 30 km/h e 10 km di strade pedonali.

La figura 16 illustra la mappa delle piste ciclabili (segnalate in verde) e delle corsie preferenziali (segnalate in rosso) presenti sul territorio comunale.



Fig. 16. Piste ciclabili e corsie preferenziali

2.3.3. Reti energetiche

La rete di trasmissione dell'energia elettrica presente sull'intero territorio del Comune di Bologna si sviluppa in linea aerea per circa 90 km e in cavo interrato per circa 30 Km.

Le linee elettriche ad Alta Tensione trasportano l'energia elettrica alle Cabine Primarie che si occupano di distribuirla agli utenti finali tramite la rete a Media e bassa tensione.

La rete di trasporto in alta tensione non solo fornisce energia elettrica alle utenze civili ed industriali ma molto rilevante è anche la parte di rete dedicata al funzionamento della rete ferroviaria sia per trasporto di persone sia per trasporto merci.

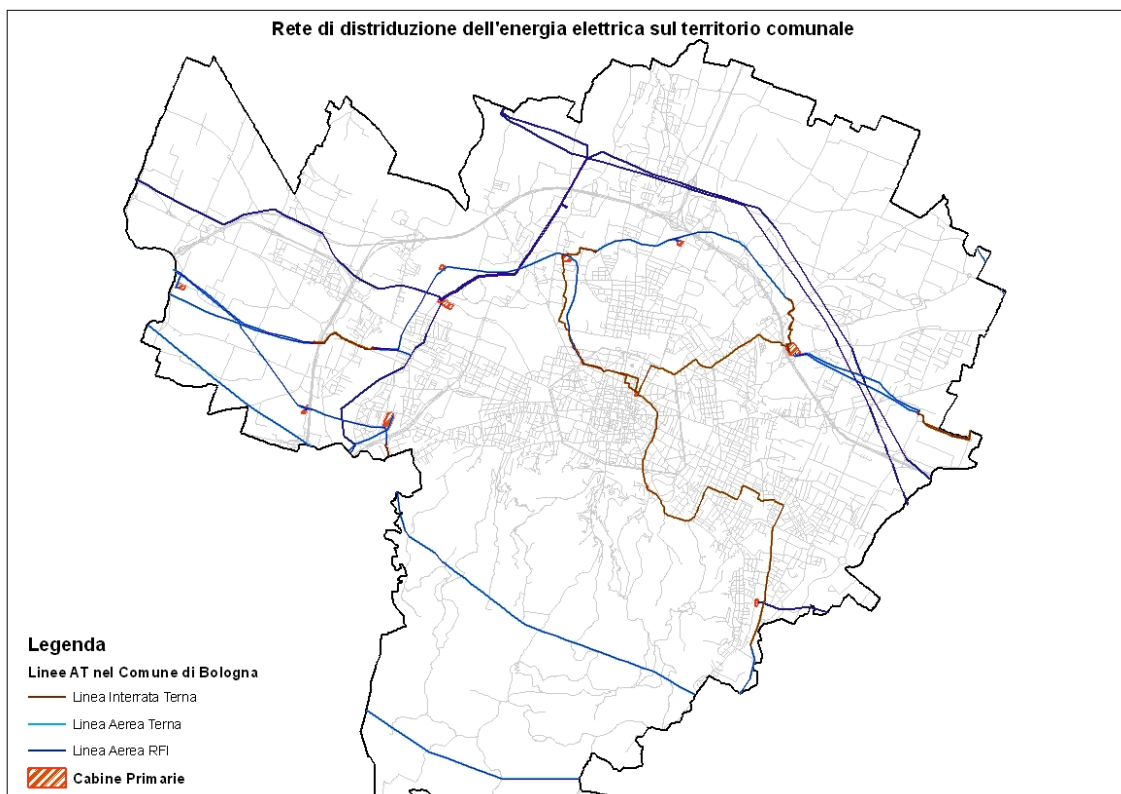


Fig. 17. Rete di distribuzione energia elettrica

3. ONDATE E ISOLE DI CALORE

3.1. Campagne di misure ed allerta

Nel 2001 e 2006 sono state svolte campagne di misura estive per determinare la distribuzione e magnitudine dell'isola di calore e il disagio bioclimatico a Bologna. I risultati della campagna del 2006 indicano che l'analisi delle condizioni bioclimatiche condotta rispetto alla temperatura apparente e all'indice di Thom è sovrapponibile ed assimilabile a quella della sola temperatura. All'interno dell'area urbana le condizioni bioclimatiche sono abbastanza uniformi durante il giorno, mentre si differenziano sensibilmente durante la notte. Inoltre, nella notte sono marcatamente peggiori all'interno dell'area urbana rispetto all'area peri-urbana e rurale pianeggiante. In collina le condizioni sono più disagiati di quelle dell'area pianeggiante.

Nelle ore centrali della giornata le condizioni bioclimatiche più disagiati si riscontrano nelle aree rurali con temperature apparenti di circa 1-2°C maggiori, pari a 0,5-1 unità dell'indice di Thom, rispetto alla stazione di riferimento urbana. La temperatura della collina (Sasso Marconi) è di circa 1 °C più mite rispetto a quella del riferimento urbano.

Le temperature massime diurne si raggiungono sia nelle centraline urbane che in quelle rurali verso le 16. I valori minimi verso le 6 del mattino. Le temperature massime sono molto prossime in tutte le stazioni con differenze contenute entro 1°C. I valori più elevati si riscontrano nelle centraline verso la pianura rurale nord. Le centraline collocate in pianura nelle aree rurali mostrano valori di temperatura minima in media di 3-4 °C inferiori rispetto alla centralina urbana di riferimento. Valori inferiori di circa 1 °C rispetto al riferimento urbano si riscontrano presso le stazioni in zona peri-urbana e collinare.

I valori massimi di umidità relativa si verificano mediamente verso le 8 del mattino, con marcate differenze: nell'area rurale pianeggiante l'umidità relativa massima risulta circa il 25% in più rispetto alla stazione di riferimento urbana; la differenza tipica tra la zona peri-urbana ed il riferimento urbano è 10%.

Umidità relative massime leggermente inferiori al riferimento urbano si riscontrano nella stazione collinare di Sasso Marconi. Mediamente, le umidità relative nelle stazioni rurali di pianura sono superiori per circa il 15%. I valori minimi si collocano verso le 17. Le differenze tra i vari siti rispetto ai valori minimi di umidità relativa sono risultate pressoché nulle.

La campagna del 2001, con 9 stazioni di riferimento e una rete di 21 termometri, ha permesso di disegnare i confini dell'isola di calore urbano in una data estiva di riferimento e la sua evoluzione oraria diurna e notturna.

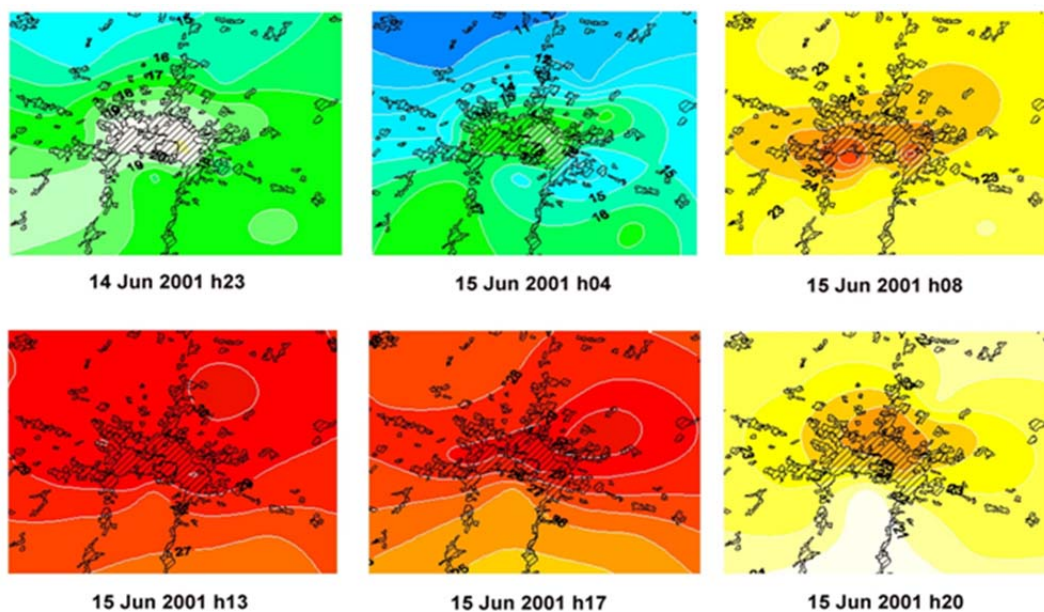


Fig. 18. Isola di calore di calore urbano – evoluzione temporale

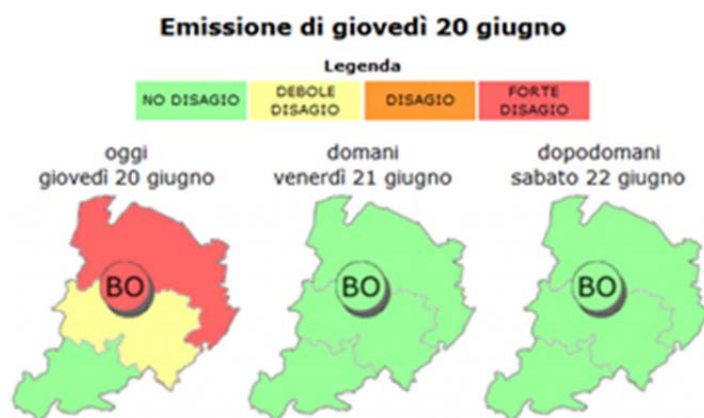
Le analisi effettuate tramite un profilatore di vento hanno rivelato un regime di brezza urbana, combinato con una attenuazione dell'intensità dei venti negli strati più bassi dell'aria, più forte nell'area urbana che in quella rurale. La disponibilità di dati, risultati delle campagne di misura e modellistica ha permesso la costruzione di sistemi di previsione ed allertamento locale come il progetto di prevenzione delle ondate di calore del Comune di Bologna, in collaborazione con Asl, Arpa Emilia Romagna, Protezione Civile, Servizi Sociali dei Quartieri, del Servizio Ages, associazioni di volontariato e Cup 2000: Il progetto di prevenzione e mitigazione degli effetti delle ondate di calore è rivolto in particolare alle persone anziane, sole o in nucleo, con una situazione di fragilità elevata, determinata da problemi di natura sanitaria, condizioni sociali ed economiche. Il servizio si basa su una rete di solidarietà e su iniziative di sensibilizzazione e sostegno, quali l'informazione, l'orientamento ai servizi diurni e il potenziamento di distribuzione di acqua e frutta tramite la rete dei servizi territoriali, per gli adulti in difficoltà. La rete è assicurata dalle Associazioni di volontariato, Centri Sociali, le farmacie aderenti e i Servizi di assistenza domiciliare.

Il progetto è attivo dal 15 giugno al 15 settembre di ogni anno e nel 2013 raggiunge 5.181 anziani, individuati in collaborazione con l'Asl. A loro è inviata una lettera con le informazioni relative al progetto, il numero verde da contattare e i consigli da mettere in atto, per proteggersi dalle alte temperature. Nello specifico, è attivo un numero verde rivolto a qualsiasi cittadino per ricevere informazioni su come fronteggiare il caldo intenso. E' prevista la distribuzione di materiale informativo presso i punti Urp della città, i Centri sociali anziani, le parrocchie, le farmacie pubbliche e private aderenti, i sindacati dei pensionati, i punti prenotazione Cup e le associazioni di volontariato.

Per gli anziani particolarmente fragili, inoltre, l’Azienda USL di Bologna promuove, insieme alla Conferenza Territoriale Sociale e Sanitaria, il progetto di sostegno “e-Care”, che prevede telefonate con frequenza settimanale, eventuali interventi di assistenza a domicilio, attività di socializzazione presso strutture ricreative. ARPA fornisce le previsioni bioclimatiche a scala regionale e locale, con specifica attenzione alle aree urbane, dove si concentra la maggior parte della popolazione e dove si verificano le situazioni di maggior criticità.

Ti trovi in : ArpaER / Rischio calore /

Previsione del disagio bioclimatico nel territorio provinciale di Bologna



Area urbana di Bologna

Per la giornata di oggi sono previste condizioni di disagio bioclimatico. L’indice di Thom medio sarà pari a **25**; ieri è stato osservato un valore di **25**.

Per domani, a seguito di una sensibile diminuzione dell’indice di Thom medio (che sarà pari a **22**), si raggiungeranno condizioni di benessere bioclimatico. Tali condizioni si manterranno stazionarie anche per la giornata di dopodomani.

Pianura

Per la giornata di oggi sono previste condizioni di disagio bioclimatico. L’indice di Thom medio sarà pari a **25**; ieri è stato osservato un valore di **25**.

Per domani, a seguito di una sensibile diminuzione dell’indice di Thom medio (che sarà pari a **22**), si raggiungeranno condizioni di benessere bioclimatico. Tali condizioni si manterranno stazionarie anche per la giornata di dopodomani.

Collina

Per la giornata di oggi è previsto un debole disagio bioclimatico. L’indice di Thom medio sarà pari a **24**; ieri è stato osservato un valore di **24**.

Per domani è prevista una diminuzione dell’indice di Thom medio che assumerà valori pari a **20**. Non sono previste condizioni bioclimatiche di disagio né per la giornata di domani, né per quella di dopodomani.

Montagna

Non sono previste per la giornata di oggi condizioni di disagio bioclimatico. L’indice di Thom medio sarà pari a **21**; ieri è stato osservato un valore di **22**.

Anche per le giornate di domani e dopodomani non sono previste condizioni di disagio.

Gli effetti sanitari del disagio potrebbero essere aggravati da eventuali concentrazioni elevate di ozono. Si suggerisce dunque di consultare il sito sulla [qualità dell’aria](#) per una verifica delle concentrazioni previste

Fig. 19. Bollettino di allerta per le ondate di calore

3.2. Distribuzione del verde urbano e della popolazione più vulnerabile

A fronte di una superficie comunale di circa 14.000 ha, il verde pubblico si compone di oltre 750 aree che superano i 1.100 ha di estensione, pari a circa il 9% del territorio comunale. I parchi e giardini sono 250, per una superficie complessiva di 600 ettari, ai quali si aggiungono il verde di arredo stradale e quello dei centri sportivi, con 110 ettari di superficie ciascuno, il verde scolastico, quello legato ad altri edifici pubblici o a insediamenti abitativi e varie aree marginali, per un totale di 170 ha, e gli orti gestiti dai centri sociali, che superano i 10 ha di superficie. I parchi e giardini costituiscono la dotazione più importante e la struttura sulla quale si impenna il sistema del verde della città. In questa definizione sono compresi i parchi e giardini del centro storico e delle periferie, i parchi collinari e ampie porzioni dei parchi lungo fiume. I centri sportivi, gli spazi scolastici e gli orti, spesso inclusi all'interno di parchi e giardini o a essi adiacenti, ma anche il verde di arredo stradale e le rimanenti categorie svolgono in molti contesti un'importante ruolo di completamento del sistema del verde. Il verde pubblico fruibile per abitante è di circa 20 m², mentre se si considerano anche le altre categorie di verde, la superficie a disposizione di ogni bolognese sale a 30 m² e colloca Bologna al terzo posto tra le grandi città italiane (con più di 200.000 abitanti) come dotazione pro-capite di verde urbano, dopo Padova e Venezia. Il patrimonio arboreo conta circa 100.000 alberi nei parchi e nei giardini e circa 18.000 esemplari nelle alberate stradali. La città include o si trova in prossimità di parchi e zone verdi di notevole ampiezza: la collina di Bologna, oggetto di percorsi di valorizzazione, comprende 180 ha di parchi pubblici, e si presenta pressoché ineditata nella restante superficie.

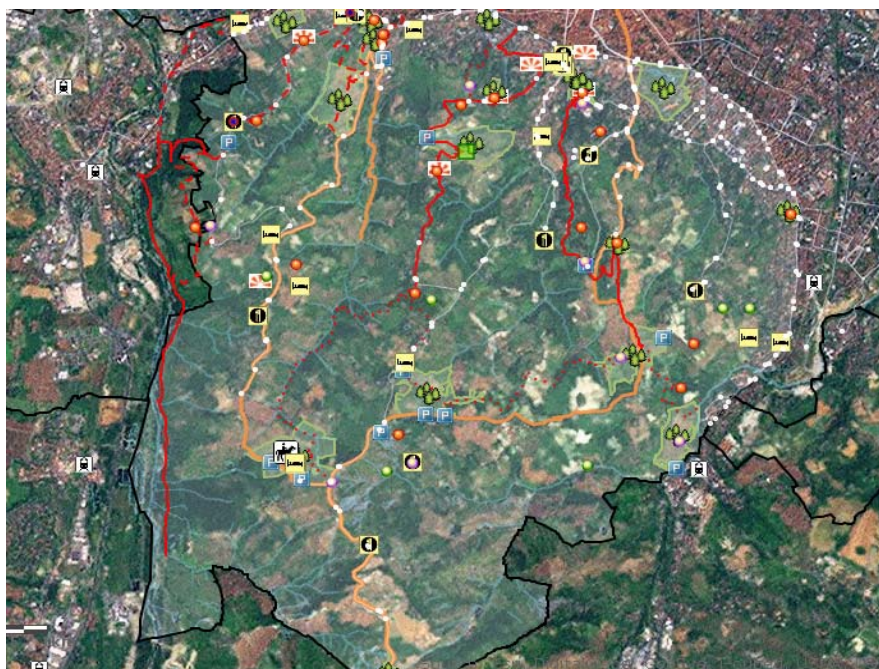
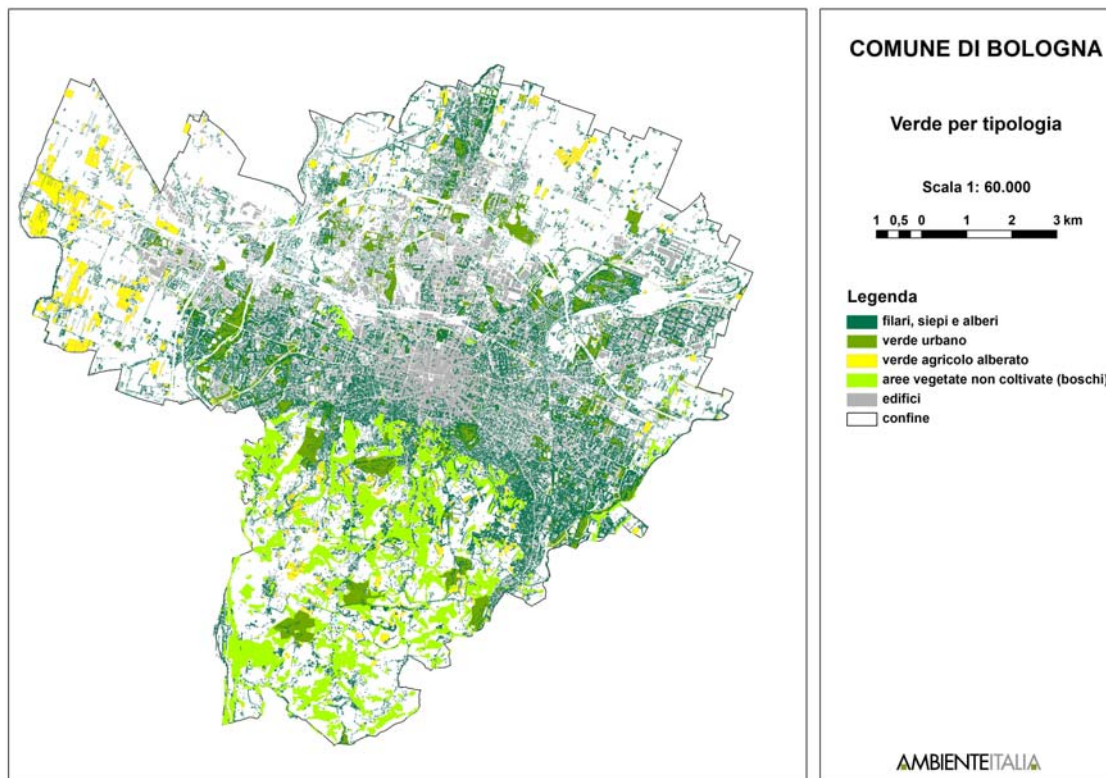


Fig. 20. Mappa interattiva della collina di Bologna (Fonte: Comune di Bologna, <http://www.comune.bologna.it/ambiente/servizi/6:20344/20345/>)

Se si considera la disponibilità complessiva di *verde*, includendo sia le superfici “verdi” - verde urbano, aree agricole alberate e aree vegetate non coltivate (boschi) – sia le aree ombreggiate dalle chiome degli alberi, la disponibilità media di *verde* risulta superiore ai 60 m²/ab, ma con valori anche molto differenti all’interno delle differenti sezioni censuarie.

Tavola 4 (Verde per tipologia)



Si può infatti osservare che le sezioni censuarie che comprendono zone collinari e agricole sono caratterizzate da percentuali assolute di verde e da disponibilità di verde per abitante generalmente elevate. Negli ambiti storici e consolidati, invece, la disponibilità di verde è nettamente inferiore, con una prevalenza di sezioni dove la percentuale è compresa tra lo zero e il 5% e la disponibilità di verde per abitante è inferiore ai 5 m².

Tavola 5 (Verde per abitante)

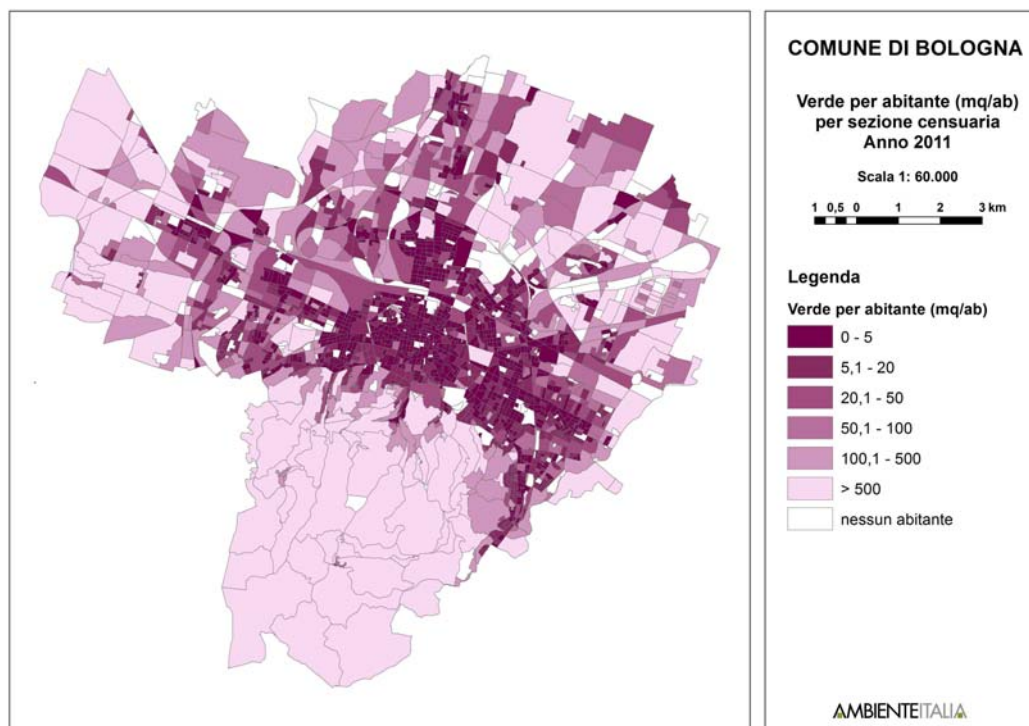
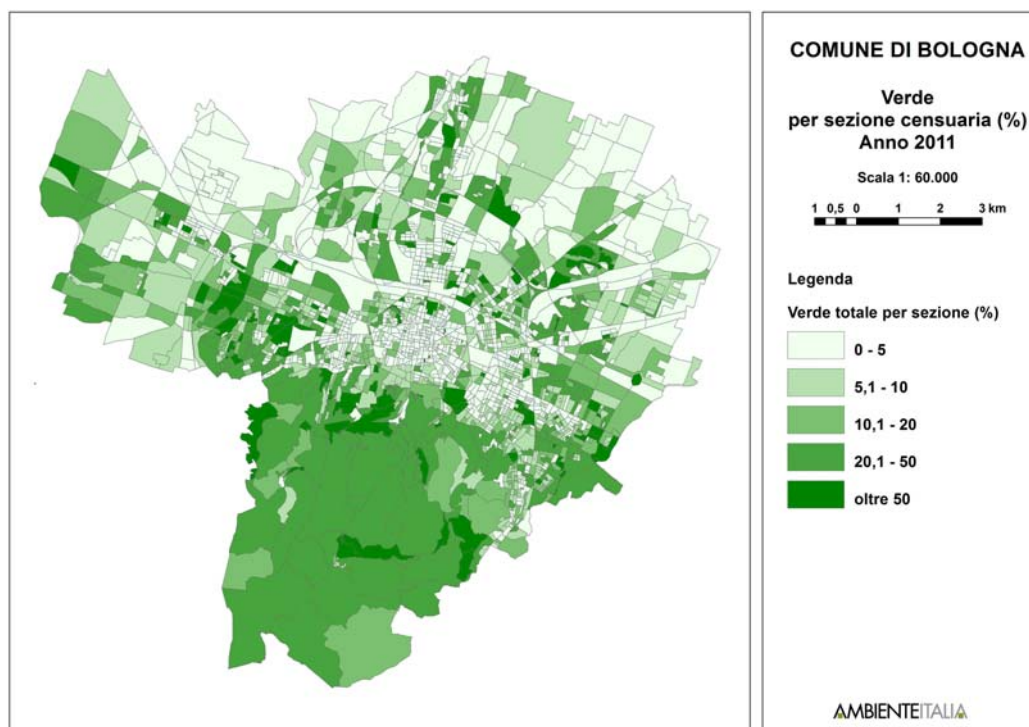


Tavola 6 (Verde per sezione censuaria)



In un contesto urbano come quello di Bologna, il verde pubblico presenta importanti funzioni igienico sanitarie ed ecologiche: depurazione dell’aria, produzione di ossigeno, fissazione dei gas e abbattimento del particolato aerodisperso, diminuzione dell’inquinamento acustico, azione termoregolatrice del microclima cittadino, ecc. Occorre quindi porre particolare attenzione alla distribuzione del verde pubblico sul territorio comunale, in particolare per quanto riguarda quelle zone della città in cui è presente un maggior numero di persone considerate “potenzialmente” più a rischio, come gli over 65 e i bambini con meno di 4 anni.

La popolazione di 65 anni e oltre è prevalentemente distribuita nelle aree più densamente abitate del territorio comunale, con una particolare concentrazione nei quartieri Savena (Zona Mazzini) e Navile, dove sono presenti le sezioni censuarie con il maggior numero di anziani.

La popolazione con meno di 4 anni è più uniformemente distribuita sul territorio, ma si può osservare una prevalenza di sezioni censuarie con un relativamente alto numero di bambini piccoli in prossimità degli ambiti storici di antica formazione (es. Santo Stefano) e in zone più esterne rispetto al centro storico, in particolare nei quartieri Navile e Savena.

Distribuzione della popolazione di 65 anni e oltre		
Quartiere	Zona	n.
Borgo Panigale	Borgo Panigale	6569
Borgo Panigale Totale		6569
Navile	Bolognina	7969
	Corticella	4298
	Lame	3429
Navile Totale		15696
Porto	Marconi	3389
	Saffi	4610
Porto Totale		7999
Reno	Barca	6404
	S. Viola	2944
Reno Totale		9348
San Donato	San Donato	8501
San Donato Totale		8501
San Vitale	Irnerio	2491
	S. Vitale	7629
San Vitale Totale		10120
Santo Stefano	Colli	1702
	Galvani	2639
	Murri	7527
Santo Stefano Totale		11868

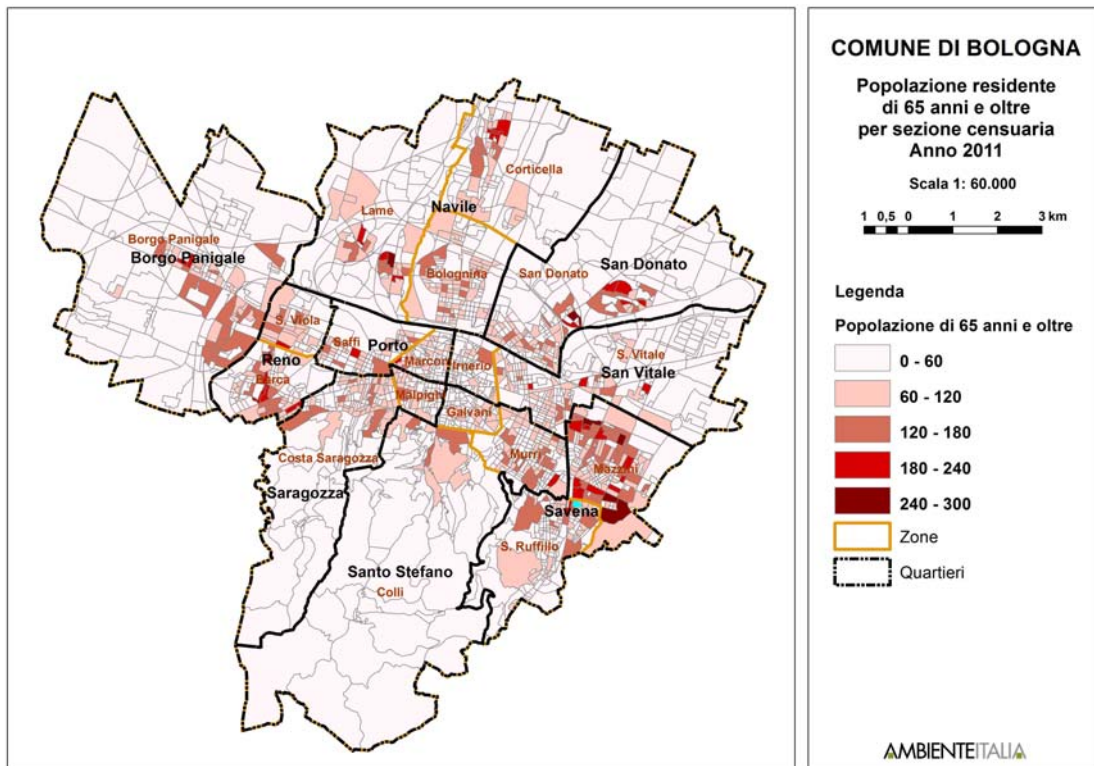
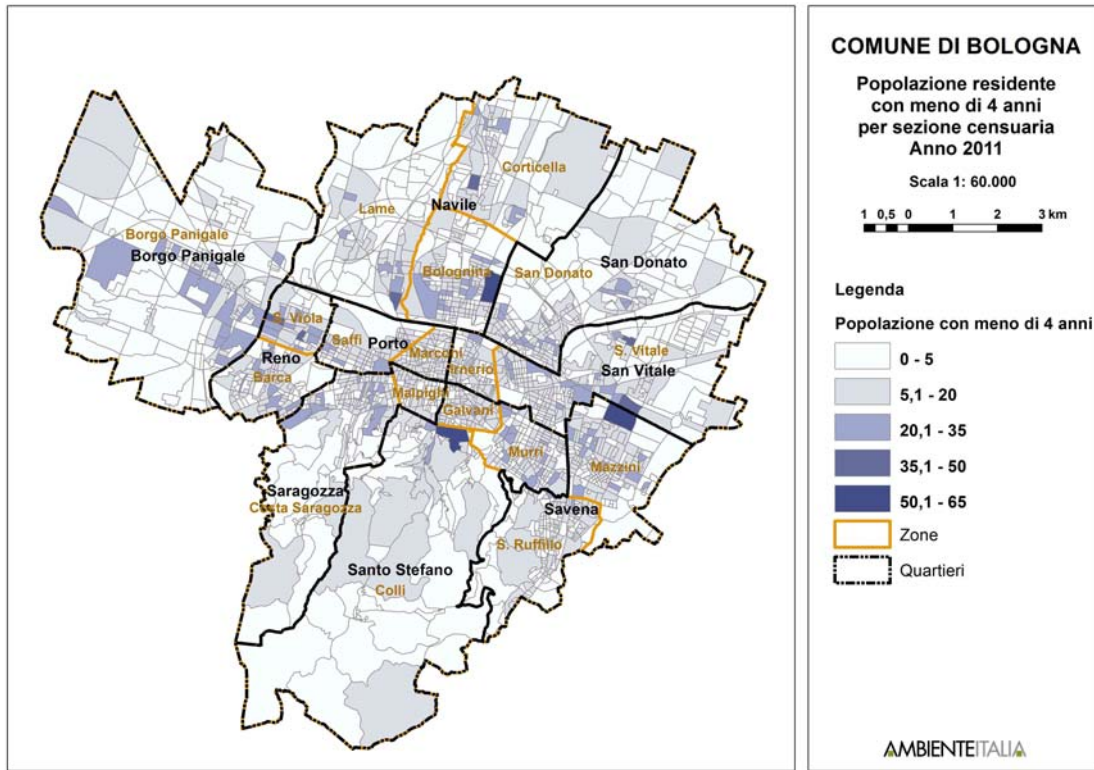
Saragozza	Costa Saragozza	6201
	Malpighi	2461
Saragozza Totale		8662
Savena	Mazzini	11707
	S. Ruffillo	5690
Savena Totale		17397
Totale complessivo		96160

Distribuzione della popolazione con meno di 4 anni

Quartiere	Zona	n.
Borgo Panigale	Borgo Panigale	1233
Borgo Panigale Totale		1233
Navile	Bolognina	1513
	Corticella	772
	Lame	622
Navile Totale		2907
Porto	Marconi	521
	Saffi	747
Porto Totale		1268
Reno	Barca	824
	S. Viola	606
Reno Totale		1430
San Donato	San Donato	1254
San Donato Totale		1254
San Vitale	Irnerio	516
	S. Vitale	1522
San Vitale Totale		2038
Santo Stefano	Colli	396
	Galvani	508
	Murri	1142
Santo Stefano Totale		2046
Saragozza	Costa Saragozza	966
	Malpighi	411
Saragozza Totale		1377
Savena	Mazzini	1431
	S. Ruffillo	841
Savena Totale		2272
Totale complessivo		15825

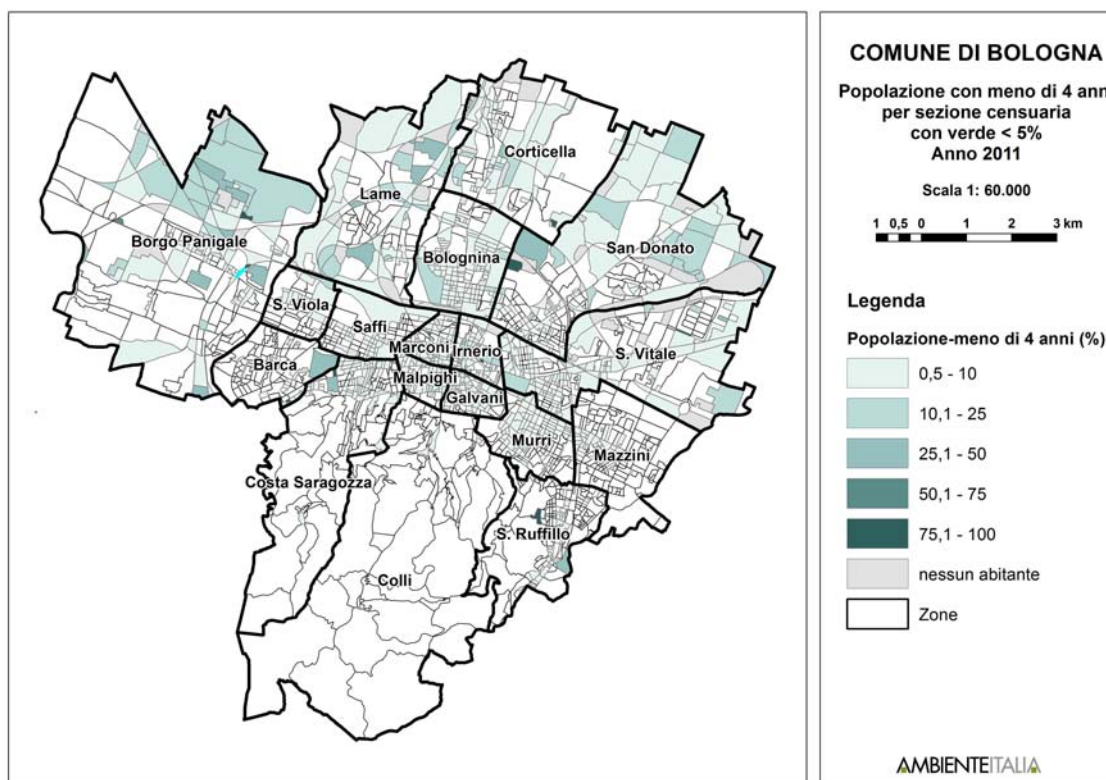
Tab. 7. Distribuzione della popolazione vulnerabile per quartiere

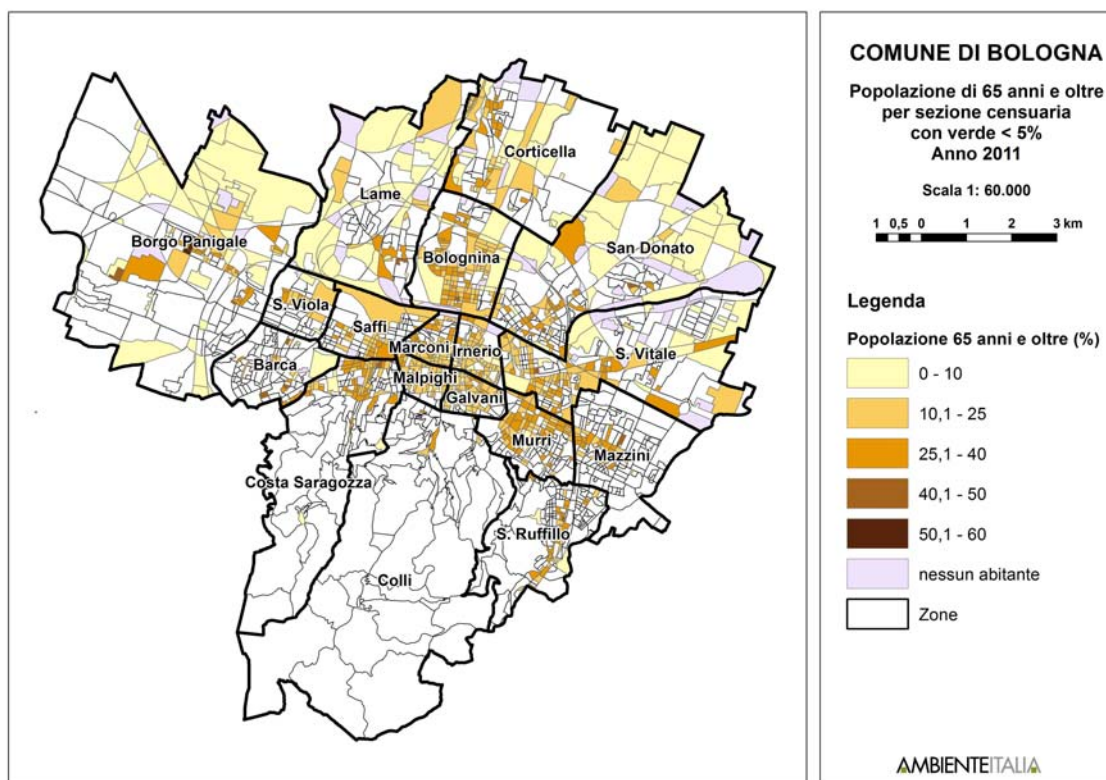
Tavole 7-8 (distribuzione della popolazione under 4 e over 65)



Si considerano particolarmente critiche dal punto di vista della vulnerabilità della popolazione rispetto alle isole di calore, le sezioni censuarie dove la percentuale di verde disponibile è bassa e contemporaneamente la percentuale di popolazione sopra i 65 anni e minore di 4 anni più elevata. La vulnerabilità della popolazione, tuttavia, va vista anche in base ai dati medi relativi al reddito pro-capite, disponibili per ogni quartiere: il centro storico, ad esempio, e alcune parti del quartiere Savena, sono sì caratterizzati da una elevata percentuale di popolazione sopra i 65 anni e da una percentuale di verde pro-capite inferiore ad altri quartieri, ma si distinguono per un reddito medio pro-capite più elevato rispetto ad altre zone della città, che abbassa sensibilmente il livello di vulnerabilità. Il livello di vulnerabilità può invece essere considerato alto nei Quartieri Navile (Zona Bolognina), San Donato e Borgo Panigale, che si caratterizzano come i Quartieri con reddito medio più basso, e presentano una distribuzione del verde disomogenea, seppure più elevata che in altri Quartieri. Nelle tavole 11 e 12 sono rappresentate le sezioni censuarie con percentuale di verde minore o uguale al 5% e la percentuale di popolazione anziana presente. Questa fotografia può dare una prima indicazione delle aree più a rischio in cui concentrare l'attenzione per la predisposizione delle strategie di adattamento climatico. Un punto di partenza può essere considerato il progetto Life+ GAIA - Green Areas Inner City Agreement, (<http://www.lifegaia.eu/IT/index.xhtml>) che ha permesso, nelle aree verdi di Bologna, la piantagione di 3000 alberi, scelti delle specie con maggiore potenziale di assorbimento di inquinanti e minore rischio allergenico, con l'obiettivo di contrastare i cambiamenti climatici e migliorare la qualità dell'aria e l'ambiente urbano.

Tavole 9-10 (popolazione under 4 e over 65 con meno del 5% di verde a disposizione)





3.2.1. Verde urbano e rete ecologica locale

Occorre infine considerare le possibili interazioni tra le politiche di sviluppo del verde urbano e quelle relative alla rete ecologica locale, analizzata in uno studio preliminare volto a preservare la biodiversità degli ambienti naturali e seminaturali presenti, principalmente nella campagna e nella collina di Bologna.

Nel territorio bolognese sono presenti siti appartenenti alla rete ecologica europea Natura2000 (SIC-ZPS)⁴, tra cui una parte Parco Regionale Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa⁵ e la Golena San Vitale e Golena del Lippo: il sito è localizzato nella periferia nord e comprende un tratto di circa 2 km del fiume Reno, con le relative golene.

⁴ Cfr. Dir. EU 43/1992 ("Habitat"), che costituisce la rete ecologica europea Natura 2000, individuando aree di particolare pregio ambientale denominate *Siti di Importanza Comunitaria* (SIC) e *Zone di Protezione Speciale* (ZPS) (Dir. EU 409/1979).

⁵ La L.R. 6/2005 definisce i parchi regionali come "sistemi territoriali che, per valori naturali, scientifici, storico-culturali e paesaggistici di particolare interesse nelle loro caratteristiche complessive, sono organizzati in modo unitario avendo riguardo alle esigenze di conservazione, ripristino e miglioramento dell'ambiente naturale e delle sue risorse nonché allo sviluppo delle attività umane ed economiche compatibili".

All'interno dell'area direttamente sottoposta alle dinamiche idrauliche del corso d'acqua è insediata un'estesa formazione boschiva. Negli spazi golenali più esterni sono presenti prati stabili in parte interessati da interventi di rimboschimento. Il sito comprende l'Area di Riequilibrio Ecologico "Golena di San Vitale" (30 ha). Nel corso della definizione della rete ecologica per Bologna, si è constatata la stretta correlazione tra i principi e le esigenze funzionali al consolidamento della rete, da un lato, e il disegno del sistema del verde proposto per la città, dall'altro, quasi a confermare la naturale integrazione dei temi strettamente ambientali propri di una rete ecologica nel quadro più articolato che caratterizza il sistema del verde di una realtà complessa come quella del territorio bolognese.

La rete ecologica locale presenta una forte dualità tra la pedecollina e la collina da un lato e l'area di pianura dall'altro. Gli ambiti e gli elementi di valore naturalistico-ambientale della fascia pedecollinare e collinare sono numerosi e diffusi in modo piuttosto omogeneo e prevalgono sui fattori limitanti e di impatto, delineando una buona condizione generale di questo territorio. La pianura è, invece, caratterizzata da una spiccata povertà e frammentazione degli habitat naturali e seminaturali e da una forte concentrazione di elementi di impatto che consegnano una situazione generale piuttosto preoccupante. Le uniche eccezioni significative sono rappresentate dai corsi d'acqua, soprattutto il tratto più a valle del fiume Reno, dove si trova l'unico ambito incluso nel sistema delle aree protette regionali (Area di Riequilibrio Ecologico San Vitale di Reno) e, con un diverso peso e molte limitazioni, alcuni tratti del torrente Savena Abbandonato e del canale Navile. In ambito urbano e periurbano sono ancora meno gli spazi aperti che possono essere considerati come habitat a matrice naturale o seminaturale e che entrano a far parte della rete ecologica locale, sia per il ridotto valore naturalistico delle singole aree, sia per la generale frammentazione degli spazi verdi pubblici e privati e l'isolamento di alcune aree agricole intercluse all'urbano. Solo in pochi casi si rileva una certa continuità tra alcuni spazi verdi pubblici che, nei settori più fortunati della città, si trovano inseriti in una trama sufficientemente fitta di verde privato. Tra gli esempi che spiccano figurano ancora il fiume Reno e gli altri corsi d'acqua citati per la pianura, ai quali si aggiungono tratti di altri corsi minori come la canaletta Ghisiliera, il torrente Ravone e soprattutto, nel settore più orientale del territorio comunale, il torrente Savena.

Risulta più che mai evidente come, se si esclude il territorio collinare, le basi della rete ecologica comunale poggiano essenzialmente sul reticolo idrografico, mentre il grado di naturalità di tutti gli spazi aperti in ambito urbano, periurbano e della pianura è molto ridotto; nella maggioranza dei casi questi ambiti non riescono al momento attuale a fornire un sufficiente contributo alla rete. Si rileva quindi la necessità di impostare un piano che, oltre a salvaguardare la rete ecologica esistente, punti al suo potenziamento per migliorare il grado di biodiversità del territorio comunale e, in particolare per quanto riguarda la pianura e il tessuto urbano consolidato, tenda a riconnettere i frammenti di naturalità appoggiandosi soprattutto al sistema del verde pubblico cittadino esistente e ancor più a quello prefigurato nella Carta del Sistema del Verde della Città di Bologna. È importante, inoltre, procedere a interventi di ricostruzione, a partire dagli ambiti segnalati, di ecosistemi in grado di svolgere la funzione di nodo o corridoio (in particolare piccole zone umide, macchie boscate e siepi arborate), contribuendo allo stesso tempo al recupero del paesaggio tradizionale e al miglioramento delle capacità attrattive del territorio.

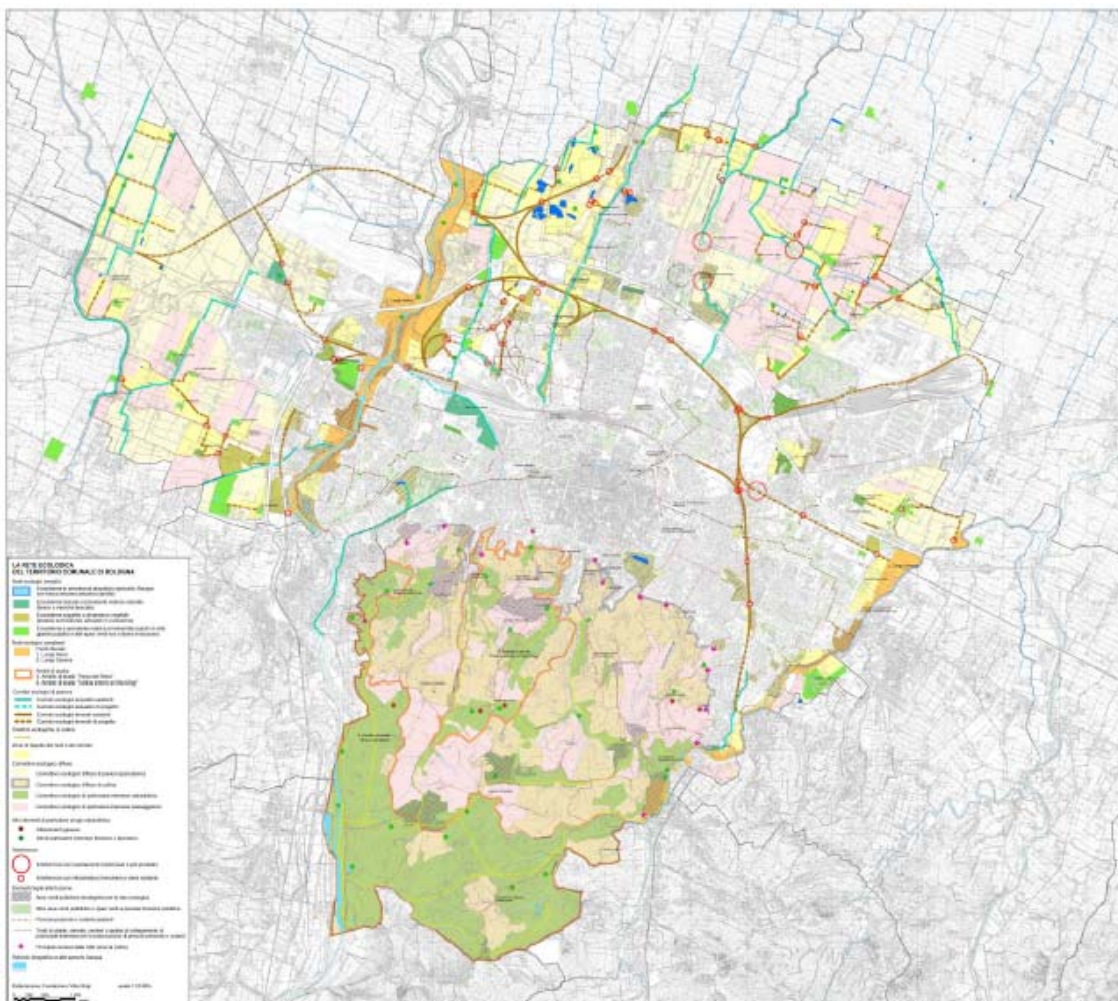


Fig. 21. Mappa della rete ecologica del Comune di Bologna

3.3. Interazione tra cambiamento climatico, inquinamento, pollini e salute

Esiste una correlazione positiva tra clima, qualità dell'aria e l'aumento delle pollinosi, che si esprimerà ancor più con l'impatto del cambiamento climatico. Il Gruppo Intergovernativo di esperti sul Cambiamento Climatico (IPCC) ha previsto un peggioramento della qualità dell'aria nelle città proprio a causa del cambiamento climatico. Inoltre bisogna considerare la particolare conformazione geometrica del centro di Bologna, una zona dall'orografia complessa con un tessuto urbano medievale, strade strette e la presenza caratterizzante dei portici, che impediscono il ricambio delle masse d'aria, diminuendo la possibilità di diffusione degli inquinanti e generando una quasi stazionarietà delle concentrazioni.

L'inquinamento dell'aria gioca un ruolo importante nell'interazione tra pollini e apparato respiratorio, influenzando sui sintomi delle allergie ed accentuando la reazione immunitaria dell'organismo. Gli inquinanti causano l'infiammazione delle vie aeree, che favorisce sia la sensibilizzazione allergica sia la maggiore reattività degli organi. I particolati possono trasportare gli allergeni pollinici all'interno delle vie aeree, gli inquinanti possono aumentare la capacità allergenica dei pollini e la liberazione di granuli allergenici dai pollini. Uno degli inquinanti più interessati a questi processi è il diossido di azoto (NO₂), che in combinazione con la luce solare ed idrocarburi, porta alla produzione di ozono. La concentrazione media ed i livelli massimi di ozono al suolo sono destinati ad aumentare a causa del cambiamento climatico, con la previsione di temperature e irradiazione solare maggiori; così come si avrà un allungamento della stagione con la presenza di ozono.

Questo rischia di andare ad aggravare una situazione che già oggi è piuttosto critica. Negli ultimi cinque anni, infatti, le concentrazioni di ozono rilevate nella stazione di fondo urbano dei Giardini Margherita si sono rilevate sempre superiori al limite di legge, ad eccezione del 2010. Sia nel 2011 che nel 2012 il numero di giorni in cui le concentrazioni di ozono (misurate come massima media mobile calcolata sulle 8 ore) hanno superato i 120 µg sono stati ampiamente superiori al valore limite di 25, sia in area urbana (rispettivamente 66 e 58 giorni di superamento registrati dalla centralina Giardini Margherita) che in area più periferica (73 e 70 giorni di superamento registrati dalla centralina di via Chiarini).

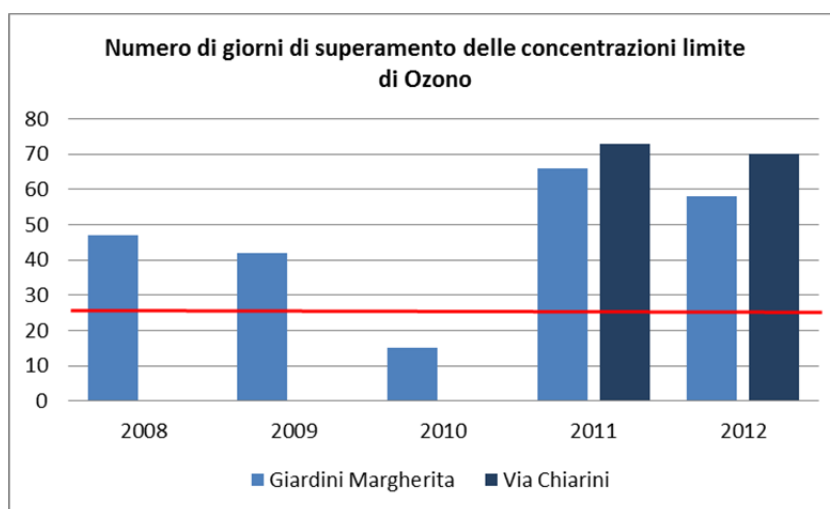


Fig. 22. Numero di giorni con concentrazioni di ozono superiori a 120 µg (massima media mobile calcolata sulle 8 ore)

L'ozono induce danno epiteliale e infiammazione nelle vie aeree superiori e inferiori, ed è correlato ad un aumento del rischio di inasprimento d'asma nei soggetti asmatici, aumento dei ricoveri ospedalieri e ricorso al pronto soccorso per crisi asmatiche. Per la prevenzione del rischio allergologico, è stata così dimostrata una chiara relazione tra l'andamento delle concentrazioni in aria dei pollini e l'andamento dell'utilizzo delle classi farmacologiche legate alle patologie connesse. Per rilevare le concentrazioni polliniche e sporologiche in atmosfera, dal 1998 ARPA gestisce un sistema regionale di monitoraggio e previsione dei pollini allergenici (<http://www.arpa.emr.it/pollini/default.asp>), finalizzato a fornire informazioni ai centri sanitari e ai cittadini. Altre reti private e pubbliche collaborano per svolgere un servizio di maggior

dettaglio informativo per specifici portatori di interesse. D'altra parte il cambiamento climatico, con il riscaldamento globale, la modifica dei regimi pluviometrici, l'aumento degli eventi estremi quali la siccità, influenza la produzione e la dispersione dei pollini, che è legata a fattori meteorologici come temperatura, precipitazione e vento, e richiede pertanto un maggior sforzo nel monitoraggio aerobiologico. Di fatto le proiezioni locali del cambiamento climatico preconizzano un aumento della frequenza e gravità di attacchi asmatici stagionali e la sinergia con l'inquinamento atmosferico urbano può determinare una complessa problematica con notevoli ricadute sulla popolazione. Ad esempio, le temperature più calde ed elevate, unitamente a un aumento dell'anidride carbonica, possono spingere le piante a un anticipato e prolungato del periodo vegetativo, con una produzione di polline significativamente superiore rispetto a quanto riportato nelle statistiche disponibili.

L'aumento delle temperature ridurrà inoltre la biodiversità, influenzando lo sviluppo delle piante e favorendo la diffusione di nuove specie infestanti, che progressivamente sostituiranno le specie autoctone. La perdita di biodiversità, e la presenza di nuove specie cambia il quadro vegetale allergenico e la presenza di pollini in atmosfera. I calendari pollinici, ovvero il periodo nel quale sono rilevati in atmosfera i pollini di una specie allergenica, cambiano e generalmente si allungano. Vi è un trend in aumento della quantità annuale di polline nell'aria, dimostrato a scala continentale per molte specie, ed è più pronunciato nelle aree urbane rispetto alle aree semi-rurali o rurali. Aumenteranno quindi le interazioni che si possono creare con la sovrapposizione degli effetti delle ondate di calore alle pollinosi. Nelle città, in particolare, le conseguenze sono sempre più evidenti a causa del surriscaldamento dell'aria e della presenza di polveri e inquinanti. Un sistema di allertamento e mitigazione delle ondate di calore (<http://www.arpa.emr.it/disagio/index.asp?idlivello=97>), come quello istituito dal Comune di Bologna con le strutture sanitarie, ARPA e la Regione, può permettere di ridurre notevolmente le possibili conseguenze, anche considerando l'interazione con l'insorgenza di patologie respiratorie legate agli allergeni pollinici.

Per queste considerazioni, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) ha inserito un nuovo capitolo sui pollini aerodispersi nell'ultimo Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, per l'analisi delle prestazioni ambientali e di sostenibilità delle principali città italiane. D'altronde il risanamento e la tutela della qualità dell'aria costituiscono un obiettivo irrinunciabile in tutte le politiche regionali e locali, considerate le importanti implicazioni sulla salute dei cittadini e sull'ambiente, anche in relazione al D.Lgs. 155/2010, che prevede le misure necessarie a preservare la qualità dell'aria, attraverso la pianificazione improntata alla massima integrazione delle diverse politiche settoriali, in particolare quelle volte a contrastare il cambiamento climatico e quelle per la tutela ed il risanamento della qualità dell'aria, contrastando contemporaneamente i processi che generano inquinanti a scala globale e scala locale. Un esempio di strategia di contrasto in ambiente urbano è quello di favorire una progettazione e gestione del verde urbano in grado di ridurre gli effetti del cambiamento climatico, dimostrandosi nel contempo uno strumento efficace di prevenzione dai fattori di rischio rappresentati dagli allergeni ambientali anche a livello indoor. La riqualificazione urbana può indirizzare la progettazione degli spazi verdi, pubblici e privati, dei giardini scolastici e del territorio, partendo dal contesto climatico, per ridurre la presenza di specie arboree con pollini allergenici ed evitare l'introduzione di piante non autoctone, spesso responsabili di manifestazioni allergiche riscontrabili solo raramente in una data zona.

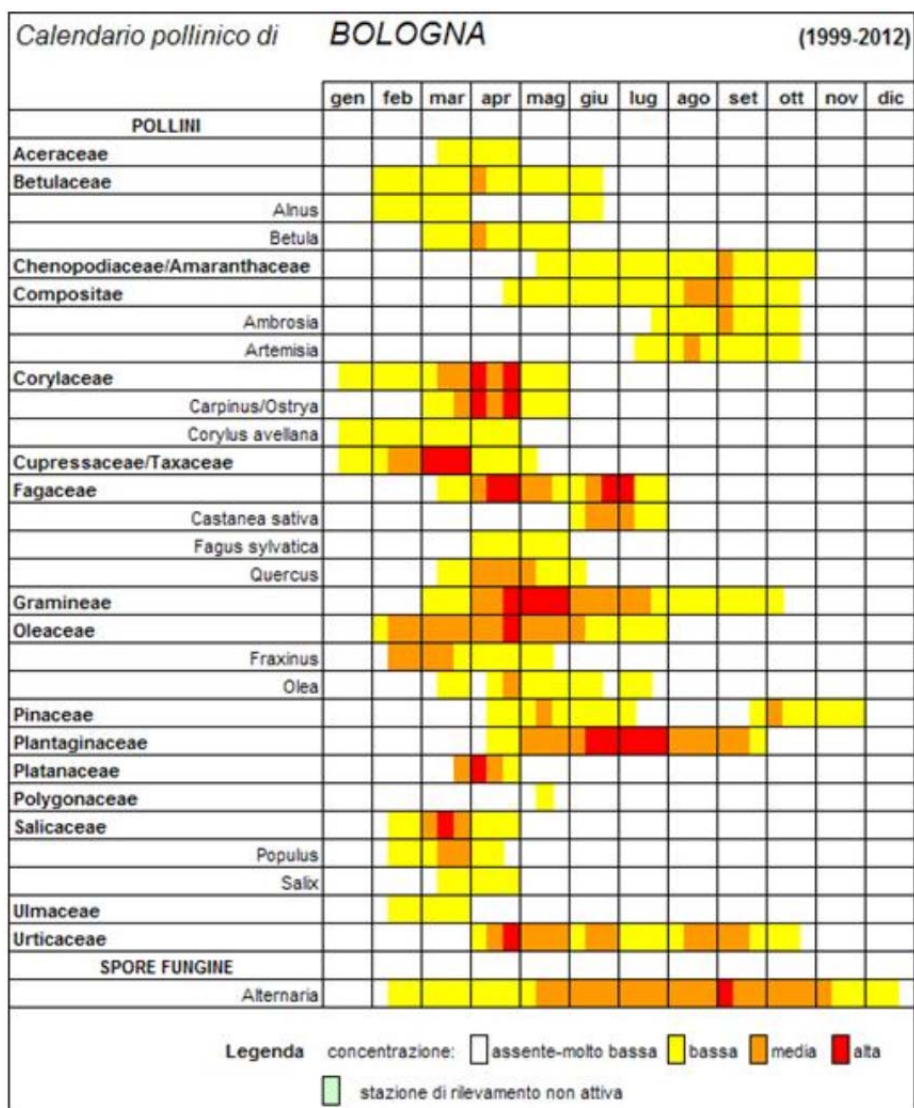


Fig. 23. Calendario della concentrazione dei pollini e spore allergeniche aerodisperse. Stazione di Bologna, periodo di riferimento 1999-2012.

3.4. Cambiamento climatico, nuovi parassiti e salute

Bologna è uno dei primi siti in Emilia-Romagna in cui è stata rilevata la zanzara tigre (*Aedes albopictus*), introdotta accidentalmente in Italia ed in Europa all'inizio degli anni '90. La zanzara può trasmettere diversi arbovirus fra i quali i più pericolosi per l'uomo sono il dengue e la chikungunia. Le trasmissioni di malattie da parte del vettore sono in aumento e nel 2009 sono stati diagnosticati in Europa 1485 casi importati di dengue.⁶ La Regione Emilia-Romagna,

⁶ <http://www.tropnet.net/>

anche a seguito dell'epidemia causata dal virus chikungunya del 2007, ha avviato un "Piano regionale per la lotta alla zanzara tigre e la prevenzione della chikungunya e della dengue", nell'ambito del quale è stata attivata una rete di sorveglianza, sottoposta a controlli di qualità per la validazione dei dati. Dal 2010 tutte le attività previste all'interno del sistema di sorveglianza (monitoraggio, controllo, gestione ed elaborazione dati) si svolgono in maniera omogenea in tutta la regione, con la stessa metodologia definita dal protocollo regionale, e la raccolta dei campioni è effettuata ogni 14 giorni. Il gruppo di lavoro istituito a livello regionale si avvale di tutte le informazioni raccolte per supportare le Ausl e le Amministrazioni comunali nella pianificazione degli interventi ordinari e straordinari. Il monitoraggio mediante ovitrappole, è adottato come metodo indiretto di sorveglianza per ottenere informazioni sullo sviluppo della popolazione di adulti. Si basa sulla rilevazione del numero di uova deposte in contenitori attrattivi nei confronti delle femmine gravide. La rete di monitoraggio regionale ha come obiettivo quello di stimare il livello di infestazione da zanzara tigre per ogni ambito provinciale e per i centri urbani a maggiore estensione; l'informazione è utile per valutare il rischio sanitario e fornire una base oggettiva su cui fondare il sistema di prevenzione. I dati finora raccolti indicano che la densità di zanzara tigre in Emilia-Romagna è in molti casi superiore alla soglia di rischio e tale da consentire, in presenza di serbatoi di infezione, la comparsa di focolai e fenomeni epidemici. La lotta alla zanzara tigre si basa su un protocollo regionale adottato a livello comunale, valido da aprile a ottobre, nel periodo di presenza della zanzara tigre, che prevede attività di lotta in ambito pubblico e specifiche sanzioni in caso di mancata disinfestazione delle aree private. Il Comune di Bologna è attivo nel trattare con larvicidi i tombini, le caditoie e tutti i potenziali ristagni d'acqua nelle aree pubbliche, e nell'informare la cittadinanza per renderla consapevole del suo ruolo strategico nella lotta alla zanzara tigre. Un numero telefonico è messo a disposizione dei cittadini per raccogliere informazioni e fornire suggerimenti e consigli. Sono inoltre previsti adulticidi solo in casi straordinari e di emergenza a seguito di casi di malattie trasmesse dal vettore. Recenti studi sul territorio urbano di Bologna, effettuati da parte del team di esperti del CAA "Giorgio Nicoli", hanno evidenziato come la distribuzione e la densità di *Aedes albopictus* possono essere favorite da variabili ambientali su scala locale, quali vegetazione, uso del suolo, condizione degli edifici, numero e qualità dei tombini.

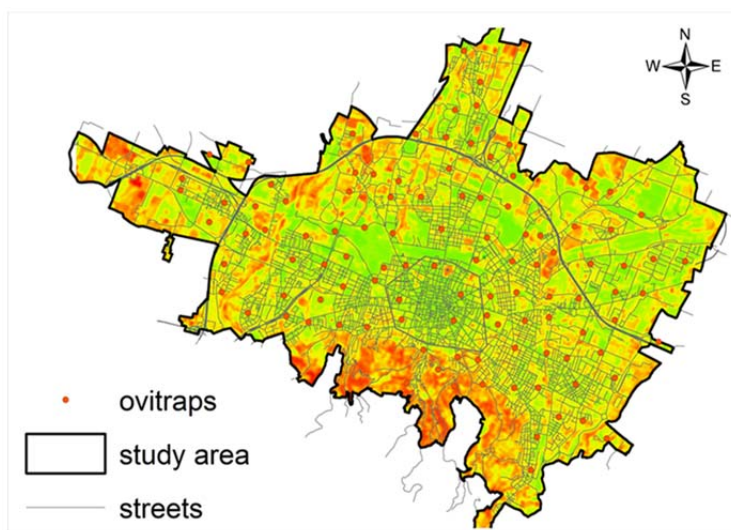


Fig. 24. Disposizione delle ovitrappole nel Comune di Bologna. Campagna di rilievo 2009 ed analisi spaziale (logistic regression analysis); in rosso le aree con una densità superiore alla media ed in verde quelle con una densità inferiore

Uno studio sui dati di monitoraggio raccolti nell'area urbana di Bologna ha evidenziato che l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) può essere una buona variabile per la creazione di mappe della distribuzione della zanzara tigre soprattutto nel mese di agosto.

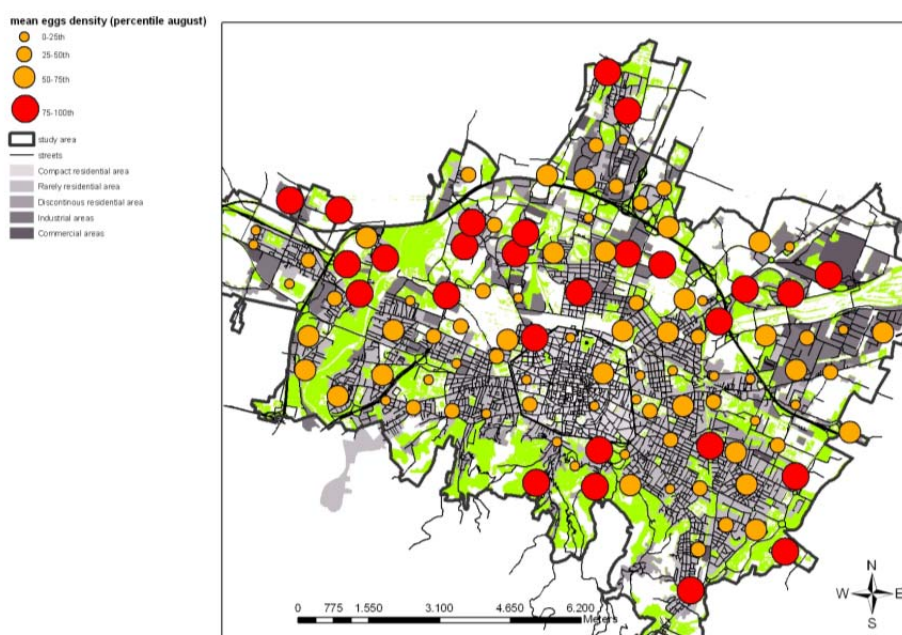


Fig. 25. Probabilità di elevata presenza di zanzara tigre nel mese di agosto. I simboli graduati indicano i percentili della densità delle uova calcolata sull'intera stagione di monitoraggio.

Studio di possibili correlazioni, attraverso analisi geostatistiche, tra i dati di monitoraggio delle ovitrappole e dati ambientali locali possono fornire informazioni utili per migliorare i modelli di paesaggio a base della distribuzione della specie. Le mappe così create possono guidare le future operazioni di controllo dei vettori concentrandosi sugli habitat più adatti per la zanzara tigre e quindi aiutare le misure di prevenzione. L'Assessorato regionale alla Sanità e il CAA "G. Nicoli" hanno svolto diversi studi su modelli epidemiologici per definire gli scenari futuri a livello urbano delle infestazioni di *Aedes albopictus* e del rischio di diffusione di dengue e chikungunya in relazione anche al cambiamento climatico.

4. SISTEMA IDRICO E RISCHIO IDROGEOLOGICO

4.1. Sistema idrico, impermeabilizzazione e capacità drenante del suolo

4.1.1. Sistema idrico superficiale

I corsi d'acqua superficiali più rilevanti presenti sul territorio comunale sono il Fiume Reno, il Torrente Savena ed il Torrente Lavino, oltre ad una serie di rii collinari come Torrente Aposa, ed il Ravone. Tutti hanno un *regime torrentizio* essendo alimentati quasi esclusivamente dal deflusso diretto delle piogge, mentre le sorgenti hanno scarsissima rilevanza.

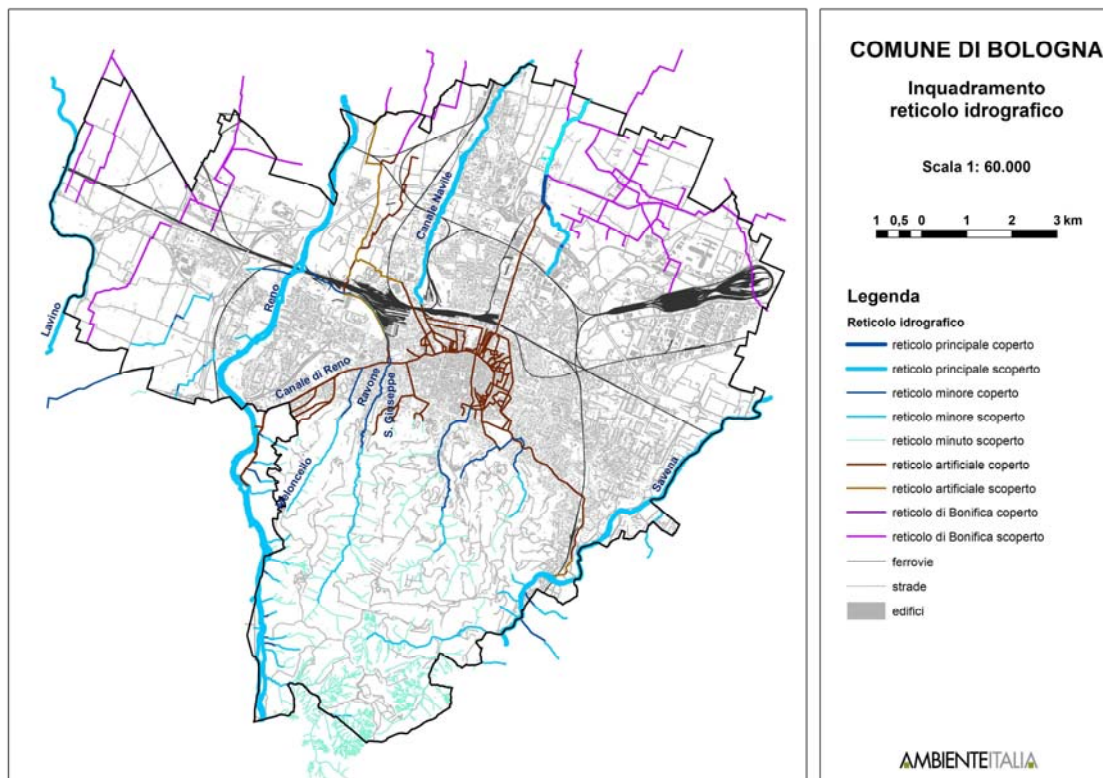
Il fiume Reno, di importanza interregionale, presenta una portata incostante direttamente collegata nei mesi estivi al delicato equilibrio di prelievi e rilasci dai bacini di accumulo presenti a monte. Per quanto riguarda il Savena ed il Lavino, le caratteristiche naturali del bacino e l'assenza di invasi di accumulo a monte producono nei mesi estivi una situazione di secca quasi totale.

I rii collinari risultano praticamente privi di portata per gran parte dell'anno, con brevi periodi di deflusso durante e subito dopo le precipitazioni. I loro alvei presentano comunque un certo interesse naturalistico e paesaggistico nella parte collinare, mentre i tratti urbani sono stati quasi tutti tombati totalmente e/o parzialmente ed in parte trasformati in pubbliche fognature.

La rete naturale e quella artificiale identificano quattro sistemi principali che possono risultare in parte interconnessi.

- sistema dei bacini ricompresi in sinistra Reno e in destra Lavino;
- sistema del Fiume Reno;
- sistema Navile – Savena abbandonato;
- sistema del Savena.

Tavola 11 Reticolo idrografico



Bacini scolanti in sinistra Reno e in destra Lavino

Nella porzione di territorio di alta pianura ricompresa tra il Lavino ed il Reno sono presenti alcuni sottobacini scolanti direttamente affluenti in sinistra del Fiume Reno, ed in particolare quelli dei Rii Biancana e Canalazzo con deflusso libero, e quello del Rio Canocchia con deflusso regolato da chiavica con porte vinciane.

Sistema del Fiume Reno

Il Fiume Reno è lungo complessivamente 210 km. Il tratto montano, dopo un percorso di 84 km, si chiude alla Chiusa di Casalecchio. Il bacino imbrifero montano del solo Fiume Reno è di 468 km², di cui 73 km² in territorio toscano e 395 km² in territorio emiliano. E' un tronco lungo 10 km, che presenta un dislivello che va dai 120 ai 70 m s.l.m., privo di significativi affluenti. In questo tratto incominciano a farsi maggiormente evidenti i disturbi sull'habitat fluviale causati da una più consistente pressione antropica a ridosso del fiume. Segue un tratto pedecollinare, lungo circa 6 km, molto più antropizzato del precedente che dalla Chiusa di Casalecchio di Reno va fino al ponte della ferrovia Bologna-Milano attraversando il circondario

urbano ad Ovest di Bologna. Questo tratto funge da raccordo fra il regime torrentizio del bacino montano e regime fluviale del corso arginato di valle, in cui si osservano variazioni piano-altimetriche contenute rispetto ai tratti a monte. A Casalecchio sul Fiume Reno è presente una Chiusa adibita all'alimentazione idrica del Canale di Reno le cui acque vengono veicolate verso la Città Bologna. Con il tratto tra la Ferrovia BO-MI e la S.P. n° 3 (trasversale di pianura "Padullese") incomincia il percorso di pianura arginato del fiume che ha inizio proprio dal ponte ferroviario. Il tratto in questione misura complessivamente circa 16 km ed è caratterizzato da un andamento sinuoso e da ampie distese golenali. Lungo questo percorso, si immettono nel Fiume Reno cinque corsi d'acqua (Scolo Canalazzo, Scolo Biancana, Scolo Canocchia in sinistra e Torrente Ravone e Canale Ghisiliera in destra). I restanti 100 km, che conducono le acque del fiume a sfociare nel Mare Adriatico, si sviluppano interamente in pianura e scorrono dentro alte arginature.

Sistema Navile – Savena Abbandonato

In destra Reno è presente il Sistema denominato "Navile – Savena Abbandonato" il cui reticolo idrografico principale è costituito da: Navile, Battiferro, Savena Abbandonato e Diversivo. Il bacino imbrifero del sistema Navile-Savena Abbandonato ha una superficie complessiva di circa 111 km² di cui approssimativamente 78 nel Comune di Bologna. I corsi d'acqua più significativi del reticolo idrografico "collinare" che fanno parte di questo sistema sono i rii S.Luca, Meloncello e Aposa, appartenenti direttamente al bacino imbrifero del Navile, la Fossa Cavallina e il Rio Grotte appartenenti al bacino imbrifero del Savena abbandonato. I corsi d'acqua più significativi del reticolo idrografico di "pianura" ricompresi nel sistema idrico Navile – Savena abbandonato nel territorio Comunale di Bologna, che fanno parte della rete dei canali di bonifica del "Consorzio della Bonifica Renana", sono: la Zenetta di Quarto, il canale Carsè, il canale Calamosco e la canaletta di Cadriano. Tra i canali artificiali quelli più significativi risultano il canale di Reno e il canale di Savena.

Il Canale di Reno deriva dal fiume omonimo attraverso la Chiusa di Casalecchio e percorre la parte occidentale della periferia urbana e del centro storico biforcandosi poi, all'altezza di via Marconi, nel Cavaticcio e nel Canale delle Moline (Fig. 1.2). Questi due canali tornano poi a riunirsi per formare il Navile con portate derivabili che variano da un massimo di 10-15 mc/sec a valori minimi attorno ai 2-3 mc/sec ed anche meno, in relazione ai deflussi effettivamente presenti nel Reno ed ai fabbisogni. In corrispondenza del depuratore di Corticella il Navile riceve lo scarico terminale della rete fognaria di Bologna che supera mediamente di poco i 2 mc/sec.

Il Canale di Reno assicura la distribuzione delle acque del fiume per i diversi usi e lo smaltimento delle stesse in occasione di eventi atmosferici sfavorevoli, e quindi provvede alla regolazione idraulica del territorio sotteso al proprio sistema artificiale provvedendo allo smaltimento di acque esterne di rii e torrenti collinari (Rio Muraglie, Rio Pizzacchera, Rio S.Luca, Rio Meloncello, Rio S.Giuseppe, Rio Vallescura, Torrente Ravone) ed interne (scolmatori di fognatura).

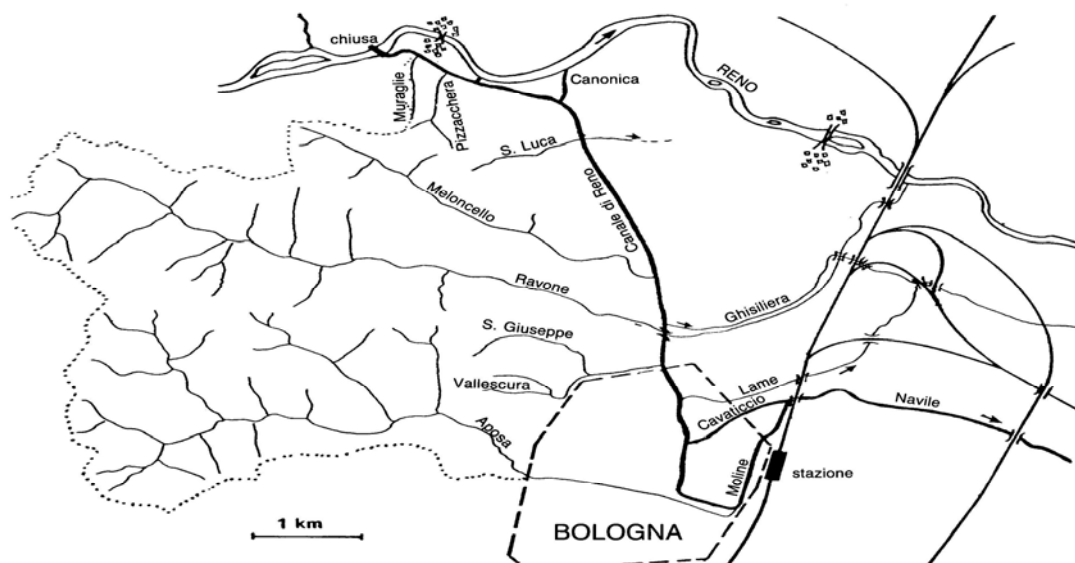


Fig. 26. Percorso del canale di Reno (orientata con Nord verso bordo destro)

Più a valle, dal Canale di Reno partono altre canalette (Ghisiliera, Lama, Moline) che, come il canale Navile, distribuiscono l'acqua verso la pianura bolognese, dove viene utilizzata soprattutto per irrigazione. Nel Canale delle Moline versano le acque del torrente Aposa eccedenti il livello della soglia artificiale posta in corrispondenza di via Rubbiani. I principali canali consortili sono: Canale di Reno, Canale Ghisiliera, Canale delle Moline, Canale Cavaticcio, Canaletta del Maglio, Canaletta delle Lama, Canaletta Venenta e Castagnolino. A questi si deve aggiungere il vastissimo sistema di condotti secondari formato dalle vicinanze, dalle chiaviche e dai chiavicotti. Il Canale di Savena deriva dal torrente omonimo alla Chiusa di San Ruffillo e alimentava, un tempo, una rete diffusa di canalette (che percorre ancora il settore est della città) mentre oggi si getta direttamente nel torrente Aposa in prossimità di Porta Castiglione e quindi nel Canale delle Moline. Le sue portate sono legate all'effettiva disponibilità di acqua nel torrente nei diversi periodi dell'anno: da un massimo di circa 1,2 mc/sec si scende a valori quasi nulli durante le magre estive. Per questo motivo, e per il venire meno del tradizionale uso irriguo dell'acqua, l'alveo è stato via via quasi interamente tombato, ad eccezione di pochi tronchi nel tratto di monte (S. Ruffillo). L'area di competenza è quasi esclusivamente urbana con funzione di gronda naturale, marginale è l'attività legata all'agricoltura. Il Savena Abbandonato è un antico letto del torrente Savena il cui corso venne deviato nella seconda metà del settecento. Il vecchio alveo rimase allora con funzioni di scolo ed irrigue, riducendosi via via ad una vera e propria fogna scoperta. Quando i liquami fognari furono incanalati verso l'impianto di depurazione nella parte settentrionale del territorio Comunale, fu creata per il Savena Abbandonato una alimentazione alternativa, a partire dal Canale delle Moline, tramite una tubazione di 6 Km, realizzata dal Comune di Bologna nel 1975 e denominata perciò Reno 75.

Sistema del Savena

Il Torrente Savena è l'affluente principale del Torrente Idice ed il suo bacino, ha una superficie – alla sezione di chiusura al ponte della Via Emilia – di circa 168 Km². La lunghezza dell'asta principale fino a tale sezione è pari a circa 49,8 Km. Da tale sezione alla confluenza con il Torrente Idice il corso del Torrente Savena si sviluppa per ulteriori 4,5 Km circa. Il Torrente Savena venne tolto dal suo alveo naturale all'altezza della località Cavedone in Comune di Bologna, circa 1,5 km a monte della Via Emilia, con lavori eseguiti negli anni 1776-1777, e immesso nel Torrente Idice all'attuale confluenza. Il nuovo alveo seguì in massima parte il tracciato di un piccolo corso d'acqua, il rio Polo che attualmente confluisce in Savena, e venne adeguato alle portate del Savena. Il corso del torrente Savena a valle di Bologna non ebbe perciò più le acque del bacino montano e divenne un corso d'acqua, l'attuale Savena Abbandonato, nel quale si raccolgono le acque delle aree di pianura di parte città di Bologna.

4.1.2. Impermeabilizzazione e capacità drenante

Lo sviluppo del territorio urbanizzato e la conseguente impermeabilizzazione che impedisce l'infiltrazione delle piogge nel suolo, altera il *coefficiente di deflusso* in favore del ruscellamento superficiale, con i noti problemi sia di tipo idraulico (repentino aumento delle portate nei corpi idrici che drenano le aree urbanizzate) che di inquinamento delle acque (dovuto al carico inquinante drenato dalle superfici stradali: solidi sospesi, ma anche carico organico e metalli). Tali problemi, che si manifestano maggiormente in occasione di fenomeni di pioggia particolarmente intensi, sono destinati ad aumentare a causa del cambiamento climatico.

La risposta idrologica⁷ del territorio del Comune di Bologna è bene rappresentata nella figura seguente, da cui emerge che più del 50% del territorio è caratterizzato da una risposta scarsa e molto scarsa, in particolare nelle aree dove prevalgono le superfici urbanizzate (che sono punteggiate da aree a risposta ottimale in corrispondenza delle superfici "verdi" e degli alberi), il 38,8% media, il 16,3% buona e il 10,9% ottimale, quest'ultima categoria è più diffusa nella zona collinare.

⁷ L'analisi è stata realizzata utilizzando come base la carta dell'uso del suolo regionale (scala 1:25.000) e le informazioni di maggior dettaglio relative alla distribuzione di alberi, siepi e filari.

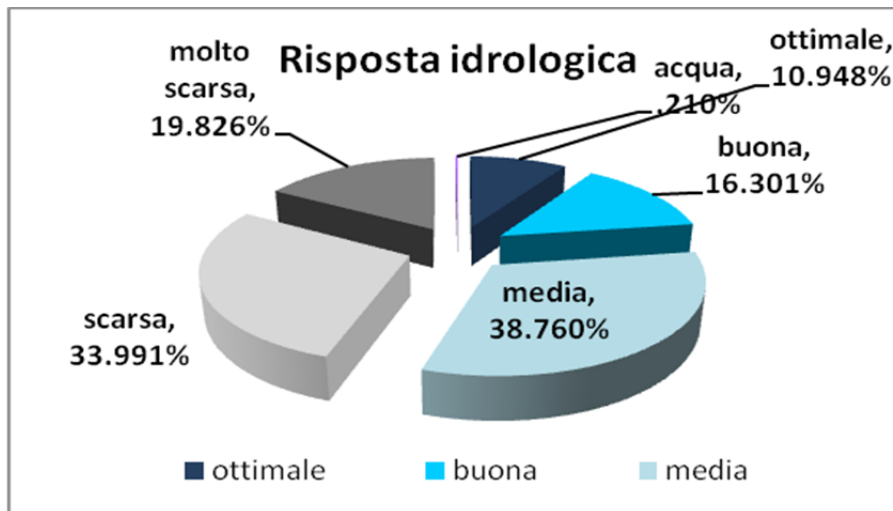
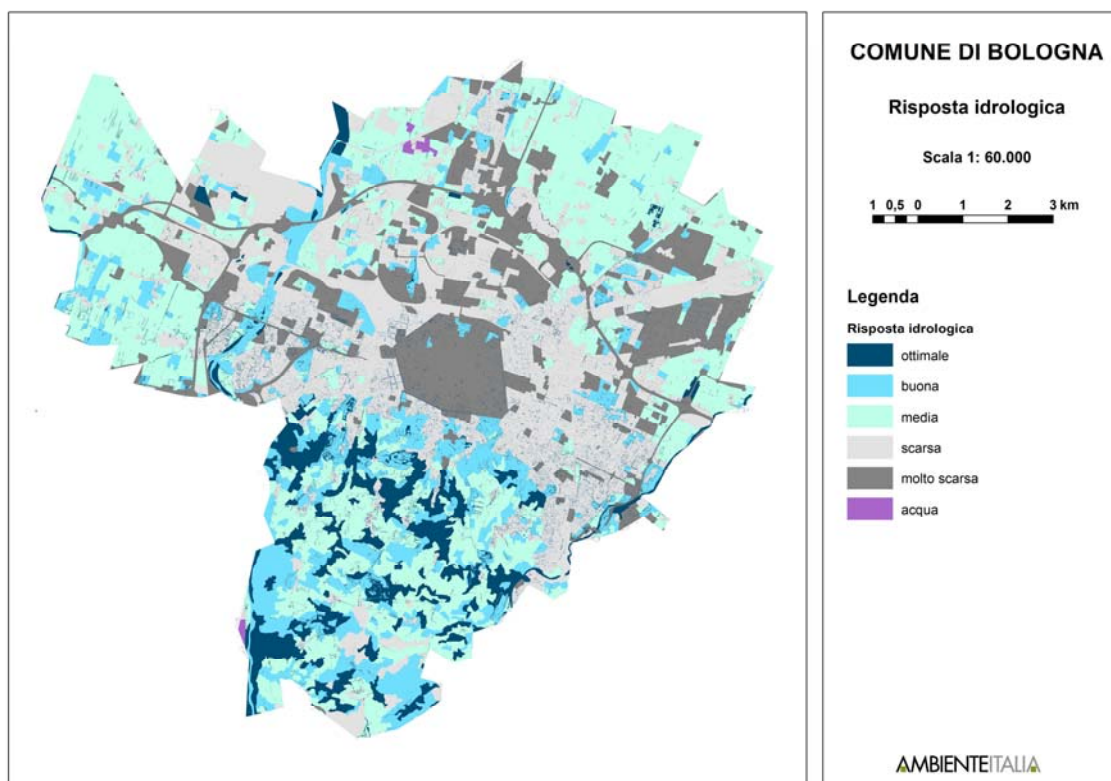


Fig. 27 Analisi percentuale risposta idrologica

Tavola 12 (Risposta idrologica)



Gli effetti dello sviluppo urbano sui suoli acquistano particolare rilevanza nelle zone caratterizzate da suoli maggiormente permeabili, che alimentano gli acquiferi sottostanti (definite come *aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi*). In tali aree, infatti, l'espansione dell'urbanizzato va a limitare l'infiltrazione delle acque e quindi la ricarica degli acquiferi stessi. L'occupazione di tali superfici dal 1951 al 1989 è proceduta con incrementi medi annui elevati,

pari a circa 0,9%, per poi ridursi drasticamente allo 0,2% nel 2003. Nel progetto del PSC il territorio urbanizzabile (quello che verrà occupato dai sei ambiti per i nuovi insediamenti) nei prossimi 15 anni è pari a circa 337 ettari che porterebbe a un consumo medio annuo di circa 22 ettari. L'espansione urbana prevista dal PSC con i nuovi insediamenti che interessano l'area del Savena comporterà un incremento della percentuale di occupazione delle aree ad alta ed elevata vulnerabilità del 3,4%, e pari allo 0,3% su base annua, inferiore al target previsto dal PTCP che consente una crescita di territorio urbanizzato in zone ad alta ed elevata vulnerabilità non superiore al 7% in 5 anni.

ANNO	area urbanizzata Collina (Km ²)	area urbanizzata Pianura (Km ²)	area urbanizzata ad alta ed elevata vulnerabilità Reno-Savena (Km ²)	% area urbanizzata ricompresa in aree ad alta ed elevata vulnerabilità Reno-Savena	Incremento medio annuo (%)
1951	700.221	19.302.037	7.157.772	18,1%	0,8%
1961	1.068.263	24.313.908	9.948.942	25,2%	0,7%
1971	1.538.822	32.837.929	14.658.341	37,1%	1,2%
1981	1.733.201	39.393.612	17.839.146	45,1%	0,8%
1989	2.355.874	44.997.152	20.618.457	52,1%	0,9%
2003	2.375.610	47.718.501	21.484.131	54,3%	0,2%
2015	Previsione		22.838.894	57,7%	0,3%

Tab. 8. Aree a rischio di dissesto idrogeologico

4.2. Rischio idrogeologico

4.2.1. Aree a rischio esondazione e allagamento

L'alveo di piena del Reno nel '700 aveva una larghezza massima di circa 1,05 km, pari a circa 0.85 km nel 1884 mentre attualmente, considerando l'area ricompresa tra le arginature esistenti, ha una larghezza di poco superiore a 0.5 Km. Le piene più significative del fiume Reno nel XX secolo per la loro importanza o per la loro singolarità, secondo i dati dell'Autorità di Bacino del Reno, sono state 13, di cui: 3 degli anni '30, 2 degli anni '40, 3 degli anni '50, 2 degli anni '60 e 3 dell'ultimo decennio. Considerando la distribuzione mensile delle massime piene annuali registrate a Casalecchio nel XX secolo si evidenzia come il massimo numero di casi (24) si sia verificato in novembre, seguito dal mese di dicembre (16) e poi gennaio (15), febbraio (13), marzo (9), ottobre (9), aprile (6), giugno (5), settembre (2), maggio (1) e nessun caso nei mesi di luglio ed agosto. Le probabilità statistiche dell'evento ripetibile con alti valori di portata pone al primo posto il mese di novembre seguito da quello di febbraio. L'Autorità di Bacino del Reno ha individuato aree ad alta probabilità di inondazione (TR <=50) e linee di esondazione per piene con TR 200. Tale cartografia è stata recepita nel PTCP che rappresenta il piano di riferimento per il Comune di Bologna. In particolare, lungo il fiume Reno, all'altezza di Via Giugno Bruto sono presenti alcuni edifici dentro l'alveo del fiume.



Fig. 26. Fiume Reno: rischio idraulico per abitazioni

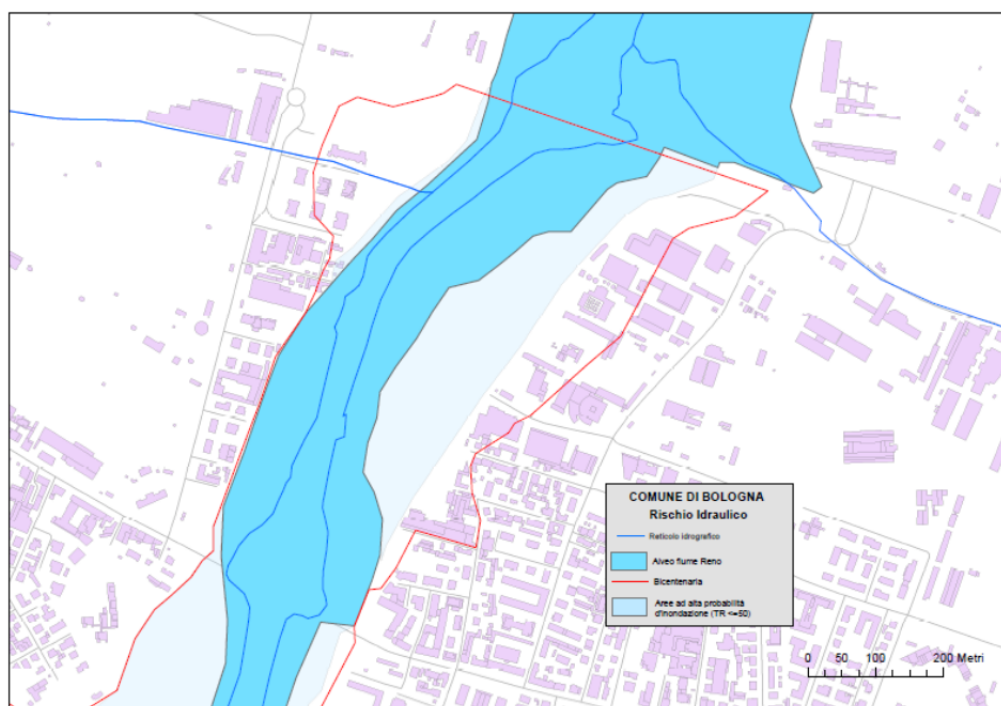


Fig. 27. Fiume Reno: rischio idraulico per abitazioni in caso di piena (bicentenaria)

Per quanto riguarda il reticolo idrografico minore si è eseguita una specifica indagine conoscitiva presso i consorzi di bonifica presenti sul territorio al fine di identificare le situazioni di criticità del sistema di scolo dell'area di alta pianura. Le principali situazioni di rischio idraulico registrate a Bologna sono riportate nella tavola 14.

ZONA 1 – Scolo Canalazzo lungo via Casteldebole

Nella zona di Via Casteldebole, immediatamente a monte della località “Morazzo”, si verificano, anche in caso di piogge non particolarmente intense, difficoltà di deflusso dello Scolo Canalazzo con ripetute esondazioni che coinvolgono direttamente la sede stradale e gli avvallamenti di cava a Nord e Sud della Via, e che laminando poi verso valle, provoca l'inondazione dei terreni circostanti. Tale situazione sembra essere determinata dalla crescente urbanizzazione dell'area a monte che ha determinato un eccessivo aumento delle portate di deflusso, non sopportabili dalla sezione attuale dello scolo.

ZONA 2 – Scolo Canalazzo in prossimità di viale De Gasperi

Nel tratto scoperto dello Scolo Canalazzo sino all'immissione nel Reno si sono verificati negli ultimi anni episodi di esondazione che hanno interessato, in destra, il giardino dei bambù, e immediatamente a valle, in sinistra, un campo di baseball. Da sottolineare inoltre che in tale tratto si registrano accentuati fenomeni erosivi di sponda con franamento degli argini e coinvolgimento diretto delle zone a parco circostanti. Tali problemi sono da ricollegare alle stesse cause individuate per la zona 1.

ZONA 3 – Scolo Biancana in prossimità del cimitero di Borgo Panigale

Rischi di allagamento si registrano inoltre in prossimità del Cimitero di Borgo Panigale, nel punto in cui lo Scolo Biancana sottopassa, con una "botte a sifone", il viale stesso; infatti, a causa dell'ostruzione accidentale delle griglie che occludono parzialmente (per motivi di sicurezza) la sezione idraulica del manufatto, sono avvenuti in passato fenomeni di esondazione che hanno portato gravi problemi alla viabilità.

ZONA 4 – Scolo Canocchia Superiore

Una zona a rischio idraulico, limitrofa a quella sopra descritta, può essere considerata quella nelle vicinanze delle vie Rigosa-Morazzo-Olmetola; anche in questo caso gli scarichi fognari di zone industriali a monte particolarmente estese, mettono in crisi la rete di scolo superficiale e provocano l'esondazione dello Scolo Canocchia Superiore dando seguito ad estesi allagamenti del territorio limitrofo.

ZONA 5 – Scolo Canocchia a nord dell'aeroporto

Altra zona a rischio idraulico è quella corrispondente al tratto del corso d'acqua che sottopassa l'area aeroportuale attraverso un sifone di rilevanti dimensioni (sez. m 3 x 3). Il deposito all'interno del sifone di materiale solido, fangoso e putrescibile, causato anche dalla presenza a monte di scaricatori di piena della pubblica fognatura, riduce progressivamente la sezione e quindi la portata del condotto. Le operazioni di pulizia sono di difficile attuazione in virtù della difficoltà di allontanamento della parte liquida che non defluisce naturalmente a causa della contropendenza dell'alveo del corso d'acqua presente per una lunghezza di circa 700 metri a monte dell'area aeroportuale.

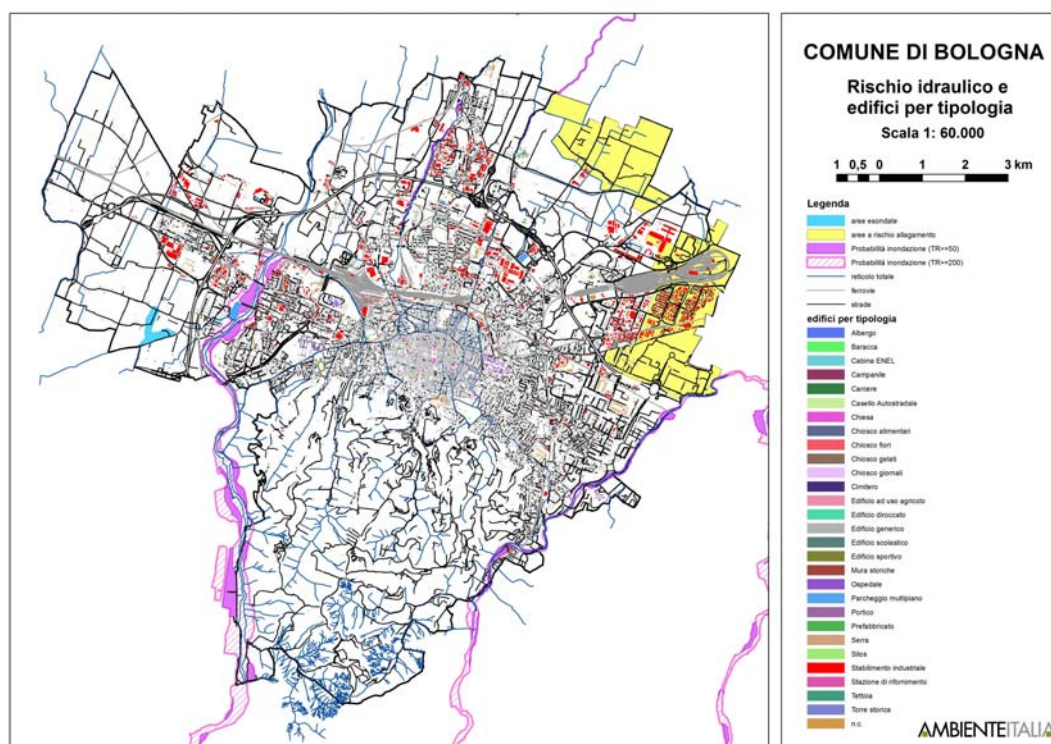
ZONA 6 – Settore nord-orientale del territorio comunale

La Bonifica Renana in sede di redazione del quadro conoscitivo del PSC aveva ricompreso tra le zone a rischio di allagamento due settori piuttosto ampi situati a nord est del territorio comunale che tuttavia anche grazie ad interventi già attuati ed in programma sul reticolo di Bonifica attualmente non rappresentano più una criticità idraulica.

ZONA 7 E 8 – Torrente Savena

Due situazioni di rischio idraulico sono presenti lungo il corso del Torrente Savena e segnalate dall’Autorità di Bacino del Fiume Reno. La prima (Zona 7) ricomprende una zona golenale ubicata immediatamente a monte della rotonda di Via Roma, al confine tra il Comune di Bologna e quello di San Lazzaro, in cui sono presenti due edifici. La seconda riguarda l’ampia area golenale in destra idraulica (Zona 8) a monte della Chiusa di San Ruffillo all’interno della quale ricadono numerose abitazioni e le scuole elementari, e che viene definita nel Piano Stralcio di Bacino zona ad elevata probabilità di esondazione.

Tavola 13 (Rischio idraulico per tipologia edifici)



4.2.2. Il caso studio del torrente Ravone

Questo bacino è stato scelto per un’analisi approfondita poiché offre interessanti spunti di per i temi della gestione e conservazione dell’acqua, del dissesto idrogeologico, prevenzione del

rischio idraulico, valorizzazione degli aspetti naturalistici. Inoltre il bacino, totalmente naturale nella sua parte iniziale, si presta per valutare gli effetti della antropizzazione che diviene crescente nella parte terminale della valle e nel successivo attraversamento della città. In questo bacino si ritrovano quindi tutti quei fattori di criticità e di pregio che occorre considerare. Il bacino del torrente si estende su un'area di circa 7 Km² per una lunghezza complessiva di 18 Km. La testata della valle è chiusa da Parco Cavaioni, e dalle pendici di Monte Paderno (350m), anch'esso parco pubblico, e sempre in destra orografica ma più a valle, dal bellissimo complesso dei Gessi di Gaibola. Dalle pendici del monte di Paderno e dalla zona dei gessi provengono i contributi maggiori e più costanti mentre il contributo degli affluenti in sinistra orografica è più modesto e relegato a periodi di piogge intense. Il Ravone scorre in alveo naturale, che presenta sufficienti zone di espansione fino in prossimità dell'abitato sorto sul tratto iniziale di via di Ravone, all'incrocio con via del Genio. Poco prima di questa zona, nella quale sorgeva uno stabilimento di acque minerali salino iodate (1950) il torrente si intomba dentro un cunicolo sotterraneo costruito intorno agli anni 60'-70'. Dopo aver attraversato zone fortemente urbanizzate dei quartieri Saragozza e Porto, il Ravone sfocia direttamente nel fiume Reno senza immettersi nel canale di Reno, che incrocia perpendicolarmente, ma scavalcandolo sull'antico Ponte degli Stecchi, tutt'ora presente sotto il piano stradale di via Sabotino. Per quanto concerne il dimensionamento della tombatura, i rilievi HERA mostrano sezioni eterogenee, con coperture avvenute in tempi diversi e non derivanti da un progetto organico. Al momento quindi non ci sono dati ufficiali sulla massima portata smaltibile da progetto. La lunghezza dell'asta principale naturale è di circa 5Km mentre quella che scorre nella tombatura è pari a circa 6 Km. I versanti di questo bacino, anche ripidi e boscosi nel tratto centrale ed in prossimità del punto di tombatura, presentano una elevata predisposizione al dissesto idrogeologico con il 20% del bacino interessato da frane, di cui 46 attive e 25 quiescenti (Quadro conoscitivo del Comune di Bologna, PSC 2008).



Fig. 28. Alveo del torrente e due sezioni vulnerabili

Rispetto a questi dati la situazione del dissesto è peggiorata marcatamente a seguito dei recenti eventi meteorologici che hanno visto un'alternanza di annate estremamente secche (2011 e 2012 che hanno portato al forte stress e moria di alcune specie arboree spontanee) a cui sono seguite stagioni con precipitazioni molto elevate nell'inverno 2012-13 e nella primavera 2013. Ciò ha determinato fra marzo e aprile 2013 una serie di piene del corso d'acqua che hanno causato numerose erosioni spondali e abbattimento di vecchie opere di contenimento. Si sono registrate anche nuovi movimenti franosi, anche di vaste proporzioni con ostruzione di alcuni piccoli affluenti. È inoltre interessante considerare che in prossimità di questo bacino sono presenti più punti di osservazione pluviometrica (ex Servizio Idrografico) che vantano serie storiche piuttosto lunghe, come la stazione di San Luca le cui registrazioni iniziano nei primi anni 20' e continuano fino ad oggi.

Altre stazioni pluviometriche di riferimento sono quella di Paderno (attiva fra 1936-1947) e quella di Parco Cavaioni installata recentemente. L'analisi di questi dati supporta quanto dedotto dalle informazioni storiche ovvero che questi bacini sono stati interessati, anche nel passato recente, da eventi di precipitazioni intense che possono dar luogo a piene improvvise. Il caso più rilevante osservato nel XX secolo riguarda quello del nubifragio del 21/07/1932 quando un forte temporale scaricò durante la notte 134mm in poche ore (misurati all'osservatorio di San Luca). Il violentissimo nubifragio, così come riportato nella cronaca del Resto del Carlino del giorno successivo, fece esondare tutti i rii collinari con gravi danni provocati dal Ravone, la cui furia danneggiò molte case fra l'attuale via Turati e via Andrea Costa. Anche l'Aposa e il Meloncello e procurarono allagamenti e trasporto di tronchi e fango fino in città. In questo contesto ci siamo chiesti quali sarebbero le conseguenze se un simile evento si ripetesse al giorno d'oggi su un territorio altamente antropizzato e con la parte terminale del corso d'acqua completamente artificiale e tombata.

Per rispondere a questo interrogativo ci siamo serviti di un modello idraulico bidimensionale, il modello CA2D, messo a punto dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bologna, che permette di stimare il deflusso a scala di bacino e nella rete di drenaggio in seguito a precipitazioni intense. Dopo una fase di acquisizione dei dettagli topografici necessari (dem a 4m di risoluzione), integrati anche con rilievi in campo, si è proceduto ad una calibrazione e validazione dello strumento modellistico simulando eventi recenti e verificandone il buon grado di realismo della simulazione.

Successivamente sulla base della pluviometria osservata negli ultimi 50 anni abbiamo costruito due scenari di evento: un evento ordinario, paragonabile ad un forte temporale estivo con quantitativi di piogge con tempi di ritorno intorno a 1-2 anni. Per questo evento abbiamo verificato che la simulazione produce un significativo innalzamento dei livelli ma le portate sono ancora gestibili nel tratto artificiale del condotto. Il secondo scenario simulato, quello che si riferisce ad un evento straordinario, ovvero con piogge aventi un tempo di ritorno compreso fra 30 e 50 anni, invece mostra una forte criticità e una sostanziale inadeguatezza del tratto artificiale del torrente a smaltire il notevole afflusso.

La simulazione di questo evento (riportata nella figura sottostante) produce infatti portate molto superiori (intorno ai 40 m³/s) a quelle gestibili dalla tombatura. Il modello bidimensionale propaga l'acqua in eccesso al di fuori dell'alveo e lungo il fondovalle, allagando quindi in centro abitato a valle della tombatura e le zone comprese fra via Felice Battaglia e il

tratto terminale di via di Casaglia. Ricordiamo che in questa zona sono comprese numerose abitazioni e un complesso scolastico costituito da una scuola media, una scuola materna e un asilo nido.

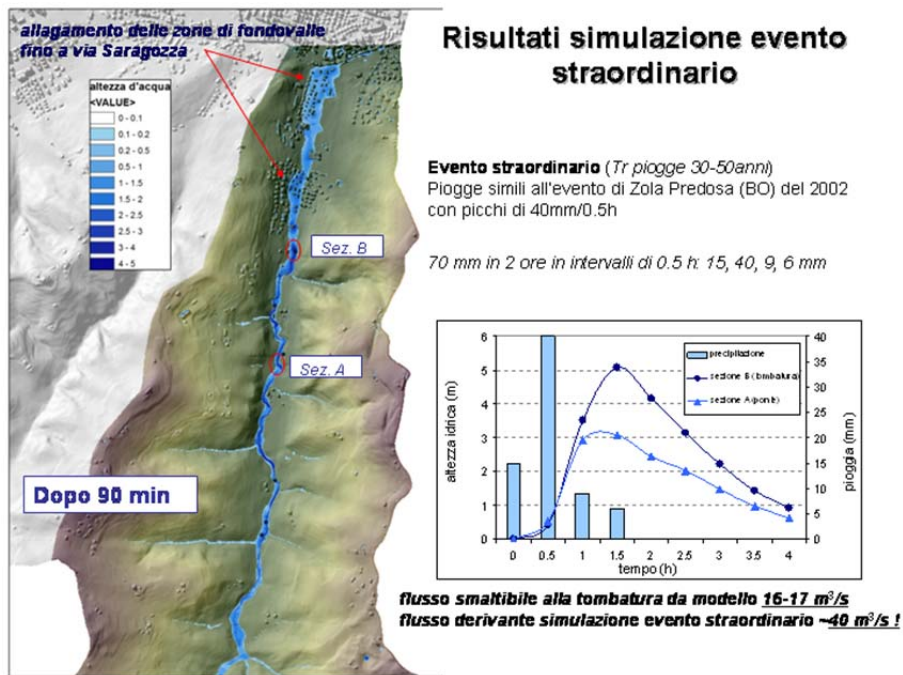


Fig. 29. Risultati di simulazione di piena nelle due sezioni vulnerabili (cfr. Fig. 28)

Nonostante i risultati presentati debbano essere presi con la necessaria cautela, in quanto la modellistica adottata è ancora nella fase di calibrazione e ulteriore affinamento, riteniamo che queste indicazioni siano sufficientemente solide per affermare la presenza di una potenziale criticità in questa area. È vero infatti che se alcune semplificazioni modellistiche potrebbero risultare in una sovrastima della portata (per esempio l'assunzione di una pioggia uniforme su tutto il bacino) altri fattori non considerati, come per esempio l'ostruzione dell'alveo per frane o la presenza di tronchi, che potrebbero ulteriormente aggravare il risultato della simulazione. Condizioni, quest'ultime, molto probabili visto l'elevata franosità dei versanti e come per altro testimoniato in tempi recenti da episodi minori.

Si ritiene quindi indispensabile proseguire lo studio di questo bacino con l'installazione di almeno un punto di misura di livello idrometrico del torrente collegato in telemisura e approfondire anche il ruolo della copertura vegetale sulla risposta del bacino. Il raffinamento della modellistica potrebbe essere poi di ausilio anche per l'eventuale pianificazione e impatto di opere di mitigazione del rischio idrogeologico. L'analisi di dettaglio eseguita sul Ravone mette in luce potenziali criticità idrauliche sulle aste con caratteristiche simili: in particolare il Meloncello e l'Aposa, e, in misura probabilmente minore considerate le ridotte dimensioni dei bacini, i rii San Luca, San Giuseppe e Valle Scura. Tutti questi corsi d'acqua infatti presentano

un tratto collinare e, a valle, un tratto tombato che attraversa il centro abitato di Bologna. In caso di eventi meteorici più intensi, dovuti al cambiamento climatico, le strozzature idrauliche all'ingresso dei tratti tombati potrebbero rivelarsi insufficienti causando rigurgiti e allagamenti subito a monte.

4.2.3. Aree a rischio frana

La zona collinare di Bologna è suddivisibile in due porzioni distinte: la prima settentrionale caratterizzata da buona stabilità mentre quella meridionale presenta un grado di franosità più elevato. Le formazioni geologiche esistenti a Nord sono caratterizzate dalla presenza di litotipi resistenti, mentre a Sud affiorano terreni prevalentemente costituiti da ammassi argillosi di varia natura e provenienza, che sono coinvolti in dissesti frequenti ed estesi.

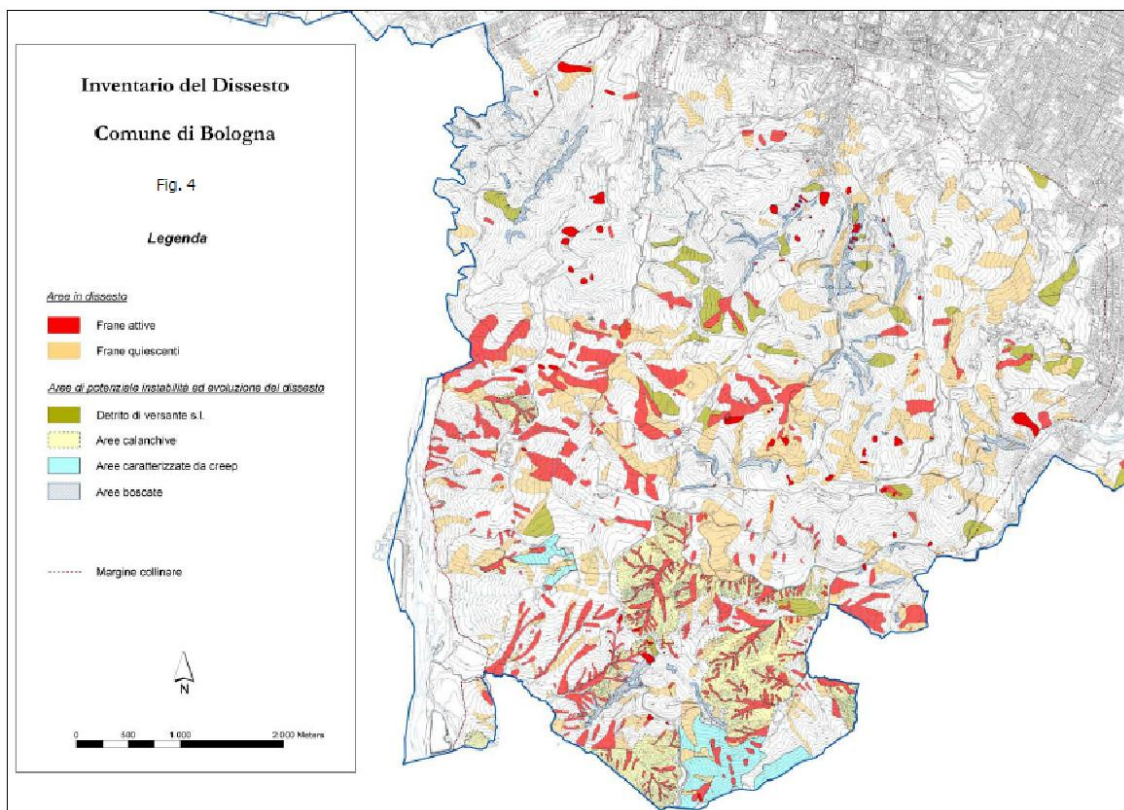
Si tratta di terreni praticamente impermeabili e pertanto le acque meteoriche, defluendo quasi completamente in superficie, hanno un'elevata capacità erosiva determinando, tra l'altro, la formazione di estese aree calanchive. Per le aree in dissesto sono stati individuati i corpi di frana classificati sulla base dello stato di attività, suddividendoli in:

- *Frane attive* - corpo di frana in movimento o in fase di assestamento, conseguente alle condizioni morfologiche e climatiche;
- *Frane quiescenti* - fenomeno che appare in condizioni di apparente stabilità, ma che non avendo esaurito la propria evoluzione presenta la possibilità di riattivarsi.

Per quanto concerne la tipologia la maggior parte dei movimenti osservati sono da attribuire a frane di "scivolamento", "colamento", "smottamento" e "miste", che hanno nel complesso estensioni contenute e che interessano prevalentemente le coperture detritiche dei versanti che di solito non superano i 3-4 metri di spessore.

La causa di tali movimenti è l'acqua la cui infiltrazione nei terreni superficiali ha un duplice effetto, producendo da lato un "rammollimento" degli stessi con riduzione della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio e dall'altro incremento della pressione interstiziale lungo la potenziale superficie di scivolamento. In termini numerici sono state individuate nell'area collinare 449 frane attive che occupano una superficie complessiva di circa 2,65 Km², mentre le frane quiescenti sono risultate pari a 270 per una superficie pari a circa 4,05 Km². Nel complesso le frane attive e quiescenti si estendono per circa 6,70 Km², pari al 18.4% del territorio collinare. A queste aree franose si aggiungono altri 4,23 Km² di territorio che, per caratteristiche intrinseche, presenta una forte propensione al dissesto: aree con depositi di versante, aree calanchive, aree caratterizzate da "creep", aree boscate (quadro conoscitivo PSC).

Tavola 14 (Aree in dissesto idrogeologico)



4.3. Qualità dei corsi d’acqua superficiali e depurazione

4.3.1. Qualità dei corpi idrici superficiali

Nel bacino del Reno, la situazione qualitativa nel periodo 2000 – 2009 può definirsi stazionaria. La qualità dei corsi d’acqua peggiora seguendo il profilo altitudinale: si passa dallo stato “buono” nell’alto corso per scendere a “sufficiente”, “scadente” o “pessimo” nelle stazioni di pianura. Dal 2009 si sta passando dalle modalità di monitoraggio previste dal D.Lgs. 152/99 a quelle indicate nel D.Lgs. 152/06 che recepisce la direttiva 2000/60/CE. Si sono pertanto ridefinite le modalità di misurazione/classificazione, nonché le reti di monitoraggio e i relativi programmi di attività.

Il monitoraggio avrà validità triennale e pertanto la prossima classificazione riguarderà il triennio 2009 – 2012. Gli ultimi dati disponibili pertanto riguardano il 2009 e per Bologna indicano quanto evidenziato nella tabella seguente.

Stazione di monitoraggio	LIM 2007	IBE 2007	SECA 2007	SACA 2007
Casalecchio chiusura bacino montano	280	6	classe 3	Sufficiente
Castelmaggiore a valle scarico Bolo	60		classe 4	Scadente
Caselle chiusura bacino	125	4	classe 4	Scadente
	LIM 2008	IBE 2008	SECA 2008	SACA 2008
Casalecchio chiusura bacino montano	230	7	classe 3	Sufficiente
Castelmaggiore a valle scarico Bolo	45		classe 5	Pessimo
Caselle chiusura bacino	80	(4/5)	classe 4	Scadente
	LIM 2009	IBE 2009	SECA 2009	SACA 2009
Casalecchio chiusura bacino montano	300	(8/9)	classe 2	classe 2
Castelmaggiore a valle scarico Bolo	70		classe 4	classe 4
Caselle chiusura bacino	150	(4/5)	classe 4	classe 4

Tab. 8. Qualità dei corpi idrici

Gli obiettivi dichiarati nel PTA regionale (redatto nell'anno 2005) al 2016, prevedono il raggiungimento del buono stato su tutta l'asta del Reno, obiettivo che – seppur in mancanza di dati aggiornati – appare difficilmente raggiungibile, per cui è da attendersi almeno una dilazione dei tempi, se non la dichiarazione del Reno nel tratto di Pianura, come *corpo idrico gravemente modificato* dall'attività umana, definizione che permetterebbe di fissare obiettivi di qualità meno impegnativi. Dal 2010 (DGR 350/2010) la Rete regionale di qualità ambientale è stata ridisegnata in funzione della Direttiva 2000/60/CE recepita dal D.Lgs. 152/2006 e dei successivi Decreti attuativi. Il nuovo approccio al monitoraggio privilegia le indagini di tipo biologico (fauna ittica, diatomee, macrobenthos, fitoplancton), pur mantenendo a supporto le analisi di tipo chimico-microbiologico. Attualmente e per i prossimi anni vengono monitorate con frequenza trimestrale le stazioni di Reno Casalecchio, Reno S. Maria Codifiume, C.le Navile a Malbergo.

ARPA ha effettuato nel 2011-2012 ed esteso anche a tutto l'anno 2013, un programma di monitoraggio integrativo che delle acque del Canale Navile, che riguarda 4 stazioni

- 3) Bologna (Corticella - Ponte della Bionda), monte scarico depuratore IDAR
- 4) Castel Maggiore, valle lo scarico dei reflui del depuratore IDAR
- 5) Bentivoglio,
- 6) Malalbergo, poco prima dell'immissione in Reno.

Nella tabella che segue sono riportati i valori medi dei macrodescrittori chimici e microbiologici della qualità delle acque del Navile, confrontati con 2 stazioni del Fiume Reno a Monte e a Valle di Bologna. Risulta evidente come il Navile presenti ancora condizioni di inquinamento estremamente critiche, anche a monte dello scarico del depuratore IDAR e come anche il fiume Reno presenti un discreto carico organico.

Biennio 2011 - 2012	Azoto Nitrico N mg/L	Azoto Ammoniacale N mg/L	BOD5 O2 mg/l	COD O2 mg/l	Fosforo totale P mg/l	E. coli UFC/100 ml	100-Oss. Disciolto O2 %
F. Reno Casalecchio	0,25	0,03	3	7	0,05	325	20
20C.le Navile Ponte della Bionda Corticella	0,2	7,8	7	29	0,8	10300	71
C.le Navile Castel Maggiore	1	8,4	11	36	1,57	20000	54
Bentivoglio	1,6	7,8	4	29	1,55	1850	72
C.le Navile Castel Malalbergo	0,7	3,5	11	24	1,87	1395	55
F. Reno S. Maria Codifiume	0,9	0,39	6	11	0,32	240	26

Tab. 9. Composizione chimica e biologica del Canale Navile

Verificato che il depuratore scarica conformemente ai limiti imposti dalla normativa e che l'acqua di alimentazione del Canale Navile, a Bologna, proviene dal Reno con Sufficienti caratteristiche chimico-fisiche, possono essere fatte alcune considerazioni:

- La qualità dell'acqua transitante al Ponte della Bionda, a monte del depuratore, è di qualità scarsa, compromessa nell'attraversamento della città di Bologna, come evidenziato dal valore di tutti i parametri (tranne l'azoto nitrico) che subiscono un peggioramento rispetto ai valori riscontrati nel Fiume Reno a Casalecchio:
- La portata del Canale Navile, dopo Castel Maggiore, è sostanzialmente quella dello scarico in uscita dal depuratore. L'inquinamento a valle dello scarico del depuratore ha livelli incompatibili con un ecosistema minimamente equilibrato. L'efficienza depurativa dell'IDAR è attualmente ai massimi livelli ottenibili con tecnologie tradizionali, cui la normativa fa riferimento, per cui non possono essere attesi miglioramenti nel medio periodo.
- È verosimile che esistano altre fonti di inquinamento responsabili di valori superiori a quelli che caratterizzano lo scarico del depuratore. Tra i primi candidati vi sono gli scolmatori di piena, manufatti posti lungo le fognature per assicurare portate non eccessive al depuratore durante gli eventi di pioggia ma che, quando non funzionano correttamente, possono conferire liquami bruti al canale anche con tempo secco.
- In merito ad altre fonti di inquinamento afferenti al Canale Navile discorso a parte merita l'apporto di inquinamento di origine domestica da parte del Torrente Aposa affluente nel Canale dell Moline all'altezza di Via Irnerio, canale che poi confluisce con il Cavaticcio a formare il Canale Navile. Il torrente Aposa e in particolar modo la Canaletta di derivazione denominata Fiaccacollo vedono la presenza di scarichi di origine domestica non depurati lungo la 'Cerchia dei Mille' (Via Duse- Via Rialto – P.zza S. Martino) lungo la quale sono stati censiti circa 400 immissioni irregolari afferenti da 83 condomini che scaricano abusivamente nella canaletta acque reflue domestiche non depurate, tematica di cui si sta da tempo occupando il 'Tavolo Tecnico sulla Qualità del reticolo acque superficiali del Comune di Bologna'. La presenza di questi scarichi, la

scarsa quantità di acqua presente nel canale in diversi periodi dell'anno e l'eventuale scarico di scolmatori di piena hanno evidenziato alte concentrazioni di composti azotati, sostanze contenenti fosforo, di BOD5 e COD e bassi valori di Ossigeno che vengono messi in evidenza dai risultati delle analisi sui campioni effettuati sul Canale Navile nel punto di campionamento Ponte della Bionda. La presenza di un inquinamento di origine domestica derivante dal passaggio del canale lungo il centro abitato bolognese va quindi a compromettere la qualità dell'acqua del Canale Navile già a monte dell'immissione del Depuratore Idar.

- In merito al tema degli scolmatori di piena le Guardie Ecologiche Volontarie (GEV), nell'ambito di una collaborazione definita attraverso apposita convenzione, hanno censito i manufatti che insistono sul Canale Navile tra Bologna e la Traversale di Pianura. Questo ha permesso di verificare i catasti disponibili e di porre i presupposti di una sorveglianza più puntuale di manufatti spesso seminasconditi o difficilmente raggiungibili.

4.3.2. Sistema fognario

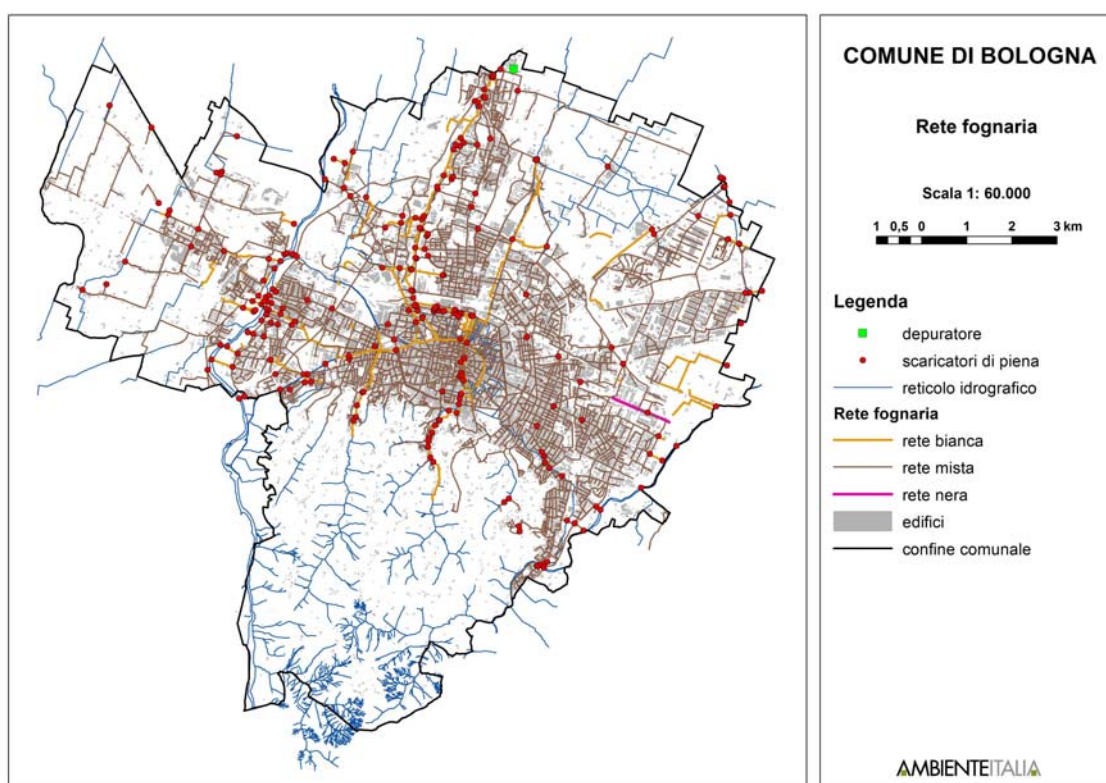
Bologna è dotata di una rete fognaria mista (la percentuale di rete separata è inferiore al 3%) in cui le acque meteoriche vengono collettate insieme alle acque reflue domestiche ed industriali; un sistema coevo allo sviluppo storico della città. Lo sviluppo della rete è di circa 800 Km di condotte principali e riceve anche i reflui provenienti da otto comuni confinanti. Sono inoltre presenti circa 30 km di canali coperti destinati al convogliamento di reflui fognari alla fognatura pubblica. La rete principale è costituita per alcuni tratti da canalette in mattoni, la cui costruzione risale presumibilmente alla fine del secolo XIX, in precarie condizioni statiche. Esse sono concentrate in alcune strade del centro storico e richiedono interventi di completo rifacimento in quanto il loro strato pregiudica la stabilità del piano viabile. I tratti di rete in calcestruzzo, costruiti prevalentemente negli anni '60 e '70, presentano ormai gravi problemi di tenuta statica e idraulica a causa del deterioramento del materiale soggetto all'azione aggressiva dei reflui.

La rete superficiale, destinata alla raccolta delle acque meteoriche stradali, è lunga circa 1.300 km e dotata di circa 70.000 pozzetti di raccolta (caditoie, bocche di lupo, griglie) e di 6 impianti di sollevamento. Le acque raccolte sono recapitate quasi sempre nella rete fognaria mista. La rete di raccolta, principalmente in zona pedecollinare, sfrutta alcuni tratti di corsi d'acqua superficiali naturali ed artificiali (Torrente Aposa, Torrente Ravone, Rio San Luca, Rio Meloncello, Rio, San Giuseppe, Rio Vallescura, Rio Grotte, Fossa Biancana) per il convogliamento delle acque reflue urbane alla pubblica fognatura portando anche quote rilevanti di acque superficiali alla depurazione.

La rete secondaria presenta, infine, molti problemi di deflusso causati in larga parte dall'intrusione di radici. L'attuale rete fognaria comunale è in grado di raccogliere praticamente la totalità degli abitanti, è quindi possibile attribuirle un grado di copertura molto vicino al 100%. Gli abitanti residenti serviti sono circa 373.000, ai quali va aggiunta la popolazione non residente che lavora a Bologna, o vi soggiorna per motivi di studio o lavoro.

Per quanto attiene alle problematiche relative alle acque di pioggia esse sono sia di tipo quantitativo, ovvero sia idraulico, sia di tipo qualitativo con riflessi cioè sulla qualità ambientale ed ecologica dei ricettori. Per alleggerire idraulicamente le reti di collettamento, infatti, sono presenti oltre 250 sistemi di sfioro dalla rete fognaria che, in caso di pioggia, immettono acque miste (meteoriche e acque nere) in corsi d’acqua superficiale (soprattutto verso i corsi d’acqua principali: Reno, Savena, Navile, ecc.), contribuendo ad aumentare le portate veicolate ed il rischio idraulico a valle (il Navile, ad esempio, tende ad esondare a valle del Comune di Bologna) e l’inquinamento delle acque (che presentano già una bassa qualità). Tra i punti critici individuati il tratto Canale Diversivo Navile-Savena: n°7 sfioratori, che riversano all’interno del Canale circa 256 t/anno di BOD, circa il 12% del carico totale.

Tavola 15 (Rete fognaria)



Al fine di contenere l’impatto quali/quantitativo degli sfioratori sui corsi d’acqua superficiali la normativa nazionale prevede già da tempo (L.36/1994) la separazione delle reti nere da quelle per le acque meteoriche per tutti le nuove urbanizzazioni, ma tale norma è rimasta a lungo inapplicata (molti insediamenti realizzati dopo il 1994 presentavano ancora reti miste).

Per le reti esistenti, la separazione risulta spesso tecnicamente o economicamente non fattibile, per cui il Piano di Tutela delle Acque dell’Emilia Romagna prevede il ricorso a “vasche di prima pioggia” che permettano di invasare le prime acque sfiorate – più inquinate – e restituirle poi alla rete fognaria perché siano inviate al depuratore: le norme prescrivono entro

il 2016 la realizzazione di vasche in grado di abbattere il 50% del carico proveniente da sfioratori relativi alle aree urbane di oltre 20.000 abitanti e il 25% del carico proveniente da sfioratori relativi ad aree urbane comprese tra 10.000 e 20.000 abitanti. Per ridurre il rischio idraulico si prevede invece la realizzazione di vasche di laminazione, volumi che permettono di invasare le seconde piogge, che essendo meno inquinate non sono reimmesse nella rete fognaria ma vengono scaricate nei corsi d'acqua lentamente, al termine dell'evento meteorico, in modo da non incidere sulla formazione delle piene a valle. Nel Comune di Bologna l'adozione di sistemi di gestione delle acque meteoriche costituiti da vasche di prima pioggia e vasche di laminazione e realizzazione di reti fognarie separate è da tempo applicata per le nuove urbanizzazioni all'interno delle rispettive aree di intervento con conseguente realizzazione di numerosi piccoli sistemi di contenimento/trattamento. Ad esempio, relativamente alle vasche di laminazione, ogni comparto di nuova urbanizzazione prevede la realizzazione di un manufatto che lamini le acque piovane secondo i parametri imposti dall'Autorità di Bacino. Tali manufatti devono scaricare in reti bianche ma qualora non ce ne siano in zona è consentito il loro scarico in rete fognaria mista. Le soluzioni più innovative per la gestione delle piogge in ambito urbano, conosciute universalmente con il termine di SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems), che puntano da un lato a ridurre l'afflusso delle acque meteoriche che entrano nella rete fognaria, dall'altro a gestire sia il carico idraulico che quello inquinante attraverso sistemi di tipo naturale (aree naturali di laminazione e fitodepurazione), sono ancora poco diffusi nel Comune di Bologna, anche se alcuni insediamenti recenti fanno ricorso a soluzioni quali i tetti verdi e i parcheggi drenanti.

4.3.3. Depuratore IDAR

Terzo impianto di depurazione in Italia per potenzialità (900.000 AE) e riceve reflui dal territorio del Comune di Bologna e da altri otto Comuni limitrofi pari a circa 500.000 AE, per un totale di acque reflue addotte annualmente di circa 50 milioni di m³. La configurazione delle varie sezioni di trattamento integra lo schema tradizionale a fanghi attivi con :

- sezione di denitrificazione (in funzione dal 2012);
- sezione di defosfatazione (con trattamento odori delle sezioni a maggior contaminazione);
- impianto di produzione ossigeno;
- sistema di filtrazione per il recupero di acqua industriale ad uso interno;

Le rese di rimozione sono elevate e i reflui dell'impianto sono controllati giornalmente nei quattro punti più importanti per verificare i parametri di controllo nel rispetto dei limiti normativi. Il refluo effluente è risultato in genere di buone caratteristiche qualitative e rispetta, in media, i limiti normativi previsti dal D. Lgs.152/06. Al depuratore IDAR è connesso un impianto di trattamento chimico-fisico di acque reflue di origine produttiva e/o di altra origine (denominato ITFI), aventi concentrazioni tali da non poter essere conferiti direttamente all'IDAR; a valle del trattamento eseguito, comunque, gli scarichi trattati

confluiscono all'IDAR per un ulteriore trattamento ai fini dell'ammissibilità allo scarico. Le tipologie di acqua in arrivo al depuratore comportano la necessità di adeguati volumi di stoccaggio e trattamento acque di prima pioggia. L'afflusso all'impianto di quote, anche rilevanti, di portata costituite da acque superficiali peggiora le condizioni e l'efficacia del trattamento. Pur essendo ampiamente dimensionato per le portate da trattare si è potuto constatare la frequente entrata in funzione del by-pass, anche a fronte di portate in ingresso non eccezionali dovute a precipitazioni atmosferiche non intense.

Al fine di individuare e valutare complessivamente la criticità che la rete fognaria mista determina in termini di carico antropico sversato nei corpi idrici, sono stati analizzati i dati di BOD e COD relativi a 24 campionamenti eseguiti durante il 2006, in entrata e in uscita dal depuratore. E' stato valutato il valor medio di BOD e COD e la potenzialità di abbattimento della depurazione in relazione alla precipitazione.

Si osserva quanto segue.

- nei giorni di secco il depuratore era in grado di abbattere mediamente il 94 e 91% del carico di rispettivamente BOD e COD
- nei giorni di scarse precipitazioni (minori di 5 mm) e di scioglimento di moderate nevicate (minori di 5 mm) la potenzialità di abbattimento del depuratore scende mediamente al 91 e 86% rispettivamente per il carico di BOD e COD;
- nei giorni di elevate precipitazioni (compresi tra 10 e 20 mm) la potenzialità di abbattimento del depuratore scende in modo marcato, a percentuali pari al 60% (compreso tra 35 e 80%).

Emerge inoltre che il carico di BOD e COD recapitato al depuratore si riduce drasticamente in caso di precipitazioni (-35% con precipitazioni deboli e - 70% con precipitazioni intense): il carico che non raggiunge il depuratore è evidentemente recapitato direttamente senza trattamento ai corpi recettori, attraverso gli sfioratori. Nel Piano d'Ambito è inserito l'intervento di realizzazione della vasca di prima pioggia in ingresso al depuratore al servizio della rete fognaria intera di cui tuttavia attualmente non è stato previsto un finanziamento (intervento slittato oltre il 2016). La sua realizzazione migliorerebbe lo scarico in Navile. Un altro intervento di realizzazione di vasca di prima pioggia al servizio della rete fognaria è in progetto nell'area Bolognina (nel comparto della nuova sede del Comune) e migliorerà anche questa la situazione dello scaricatore in Canale Navile.

5. CONSUMI DI ACQUA E RISCHIO CARENZA IDRICA

5.1. Prelievi e consumi di acqua

5.1.1. Le infrastrutture acquedottistiche

All'interno dell'area comunale di Bologna, il servizio acquedottistico risulta fortemente connotato da un contesto di "area vasta", in quanto sono evidenti le opportunità e le necessità di collegamenti ed integrazioni, soprattutto in relazione alle fonti idriche di approvvigionamento. Il servizio acquedottistico serve una popolazione dell'ordine dei 760.000 abitanti e fattura volumi superiori a 65 Mm³/anno.

Il sistema acquedottistico a servizio della città è suddivisibile nei due importanti settori:

- di approvvigionamento, eventuale potabilizzazione e adduzione delle portate;
- di distribuzione dell'acqua all'utenza.

Il sistema primario è costituito da un sistema idraulico intercomunale (il sistema serve 32 comuni oltre ad altri 3 serviti parzialmente), si basa su una serie di opere di captazione da acqua profonde (captazione con pozzi dall'acquifero profondo) e superficiali (derivazione dal T. Setta), che vengono addotte ai due serbatoi principali di sistema, posti a Casalecchio e S. Lazzaro (80.000 mc), a mezzo adduttori generali serviti da centrali di sollevamento. Le acque captate e addotte dal sistema primario sono per la maggior parte (55%) dedicate al soddisfacimento del fabbisogno idropotabile della città di Bologna. L'acqua potabilizzata viene immessa nelle reti di distribuzione, lunga complessivamente circa 820 km, dei quali il 64% risulta costituita da tubazioni in fibrocemento, il 13% da acciaio, il 17% da polietilene (PEAD), ed il resto da materiali di varia natura. Per quanto attiene ai serbatoi, la città di Bologna è dotata di 2 serbatoi di una media capacità: Villa Revedin per 4.000 m³ ed il serbatoio Vallescuro per 10.000 m³, oltre ad altri piccoli serbatoi di compenso per un volume totale di altri 565 m³. Valutando che, in relazione ai consumi, circa il 55% dei volumi dei serbatoi Casalecchio e S. Lazzaro possono ritenersi dedicati alla città di Bologna, sommati i volumi dei serbatoi cittadini, si raggiunge un valore di circa 60.000 m³ disponibili che, per una città di circa 380.000 abitanti, significa possedere una riserva giornaliera pari a poco meno di 160 l/g/ab corrispondente cioè al fabbisogno medio giornaliero pro capite al netto delle perdite.

5.1.2. Prelievi

Tre aree di captazione di acque sotterranee sono poste nell'area periferica di Bologna (Borgo Panigale e Tiro a Segno e Fossolo), mentre altre due sono localizzate in posizione più decentrata (S.Vitale e Mirandola). Complessivamente dai pozzi si estraggono annualmente circa 50 Mm³/anno. La principale captazione da acque superficiali del sistema è quella della Val di Setta, capace di fornire mediamente 35-40 Mm³/anno. Le necessità complessive di approvvigionamento sono sensibilmente variabili nell'arco dell'anno, raggiungendo i 8.7 Mm³/mese per luglio e scendendo a 6.6 Mm³/mese a febbraio (mese peraltro di durata sensibilmente inferiore). Per l'acquedotto primario viene sfruttata la risorsa del Setta al limite delle capacità infrastrutturale e della disponibilità di risorsa; i volumi prodotti passano dai 4 Mm³/ mese per i mesi invernali e primaverili per scendere a meno di 2 Mm³/mese per quello di Agosto. I prelievi dal campo pozzi Fossolo e Mirandola (conoide Savena-Idice) seguono un andamento mensile regolare, allineato a quello delle necessità di approvvigionamento complessive dell'acquedotto; gli emungimenti dai campi pozzi Tiro a Segno, Borgo Panigale e San Vitale sono invece complementari agli approvvigionamenti dal Setta, risultando dell'ordine dei 2-3 Mm³/mese nei mesi invernali e salendo a oltre 4 Mm³/mese in quelli estivi.

5.1.3. Consumi

Rispetto ai 94 Mm³ prelevati per alimentare il sistema acquedottistico gestito da Hera BO (circa 760.000 abitanti serviti), i volumi fatturati nel triennio ammontano complessivamente a circa 71 Mm³/anno, pari a circa il 75% dei prelievi complessivi.

Acquedotto	Residenti (10 ³)	Residenti serviti (10 ³)	Contratti (n° 10 ³)	Erogato fatturato 2004-2006 (10 ⁶ m ³ /a nno)	Erogato utenze domestiche (%)	Dotazioni (l/residente servito/giorno)	Dotazioni domestiche (l/residente servito/giorno)
HERA BO: Capoluogo	374	373	32.9	34.9	69%	256	178
HERA BO: Pianura	303	302	69.6	25.4	71%	227	161
HERA BO: Collina	76	75	23.7	7.0	71%	247	176
HERA BO: Montagna	47	46	25.1	4.1	64%	243	156

Tab. 10. Consumi idrici e fatturazione

I consumi relativi al comune di Bologna rappresentano poco meno del 50% dei consumi complessivamente fatturati da Hera BO.

Nel 2012 l'acqua prelevata e immessa in rete è stata pari a 43,2 Mm³, a fronte di 31,7 Mm³ fatturati (73%), pari ad un consumo complessivo di 225 l/ab/giorno, valore che mostra un calo tendenziale negli ultimi 10 anni e che è inferiore del 15% rispetto a quello del 2003. Circa il 70% dei consumi, pari a 22,1 Mm³, è per uso domestico (scesi a 157 l/ab/giorno nel 2012, il 9% in meno rispetto al 2009), mentre il 22% è relativo agli usi commerciali, artigianali e industriali (7,1 Mm³).

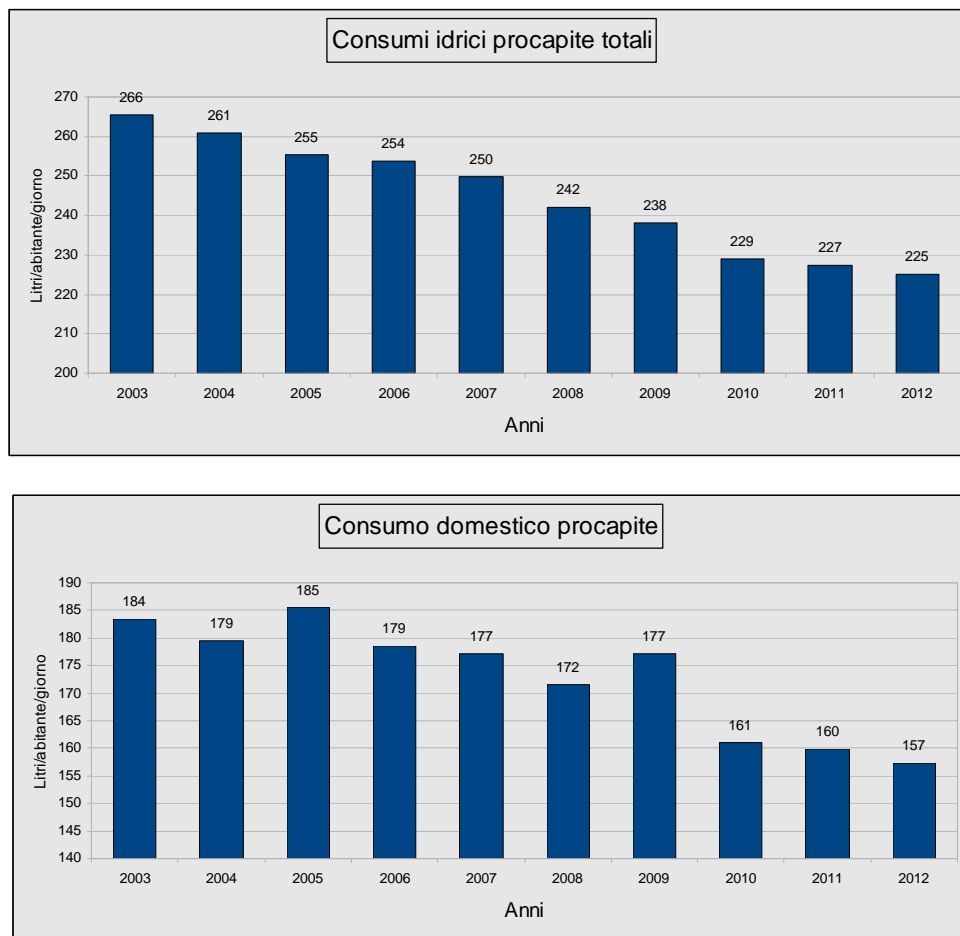


Fig. 30-31. Consumi idrici pro capite

5.1.4. Prelievi irrigui

I prelievi irrigui hanno un peso preponderante per quanto riguarda l'intero territorio della Provincia di Bologna: gli usi Agricoli e zootecnici rappresentano infatti il 53% del totale; i civili il 33% e gli industriali il 14%. Il settore agricolo provinciale consuma circa 72 Mm³/anno, a fronte di un prelievo che è circa il doppio. La quota maggiore dei prelievi avviene da acque superficiali locali (circa 120 Mm³/anno); 70 Mm³/anno provengono dal Po e circa 20 Mm³/anno vengono

estratte dalla falda. A livello comunale, uno studio di Arpa relativo alle condizioni meteorologiche relative all'anno 2012 ha stimato una potenziale necessità irrigua intorno ai 3.840.000 m³. A fronte di queste stime, i dati sui prelievi a fini agricoli relativi a consorzi di bonifica, acquedotto e pozzi privati danno un valore complessivo di circa 1.700.000 m³ :

- Prelievi autorizzati al 2012 dal Servizio Tecnico Bacino Reno da pozzo per uso agricolo: 230.424 m³
- Prelievi al 2012 da pozzo privato: 503.740 m³
- Prelievi forniti dal Consorzio della Chiusa di Casalecchio al 2012: 520.000 m³
- Prelievi forniti dal Consorzio della Bonifica Renana: 350.000 m³
- Prelievi forniti da Hera (acquedotto) al 2012 come utenze agricole e allevamento: 115.069 m³

I due valori, pur distanti tra loro, evidenziano un peso piuttosto residuale dei prelievi ad uso agricolo relativi al territorio comunale che variano tra il 2% e il 5% del totale provinciale. È necessario sottolineare che, pur rappresentando una frazione modesta dei consumi annui, gli usi agricoli sono concentrati nel periodo estivo, il più critico per le scarse portate superficiali e per la contemporanea crescita della domanda civile (in parte dovuta anche all'irrigazione di giardini, privati e in parte anche pubblici, che utilizza risorse dell'acquedotto civile). L'impatto degli usi irrigui sulla riduzione delle portate estive di fiumi e falde non può quindi considerarsi irrilevante.

5.1.5. Prelievi industriali

Le necessità dell'industria bolognese sono state stimate intorno ai 5 Mm³ di cui circa 2,3 Mm³ da acquedotto (7% dei consumi acquedottistici complessivi).

Le imprese potenzialmente più idroesigenti si collocano tra quelle del comparto manifatturiero. Secondo quanto emerge dal censimento 2011, nel comune di Bologna sono presenti 1.766 imprese manifatturiere che impiegano 18.104 addetti. Le industrie alimentari sono tra le più numerose (211), insieme a quelle di abbigliamento (217), e impiegano il 16% degli addetti. Seguono le attività di fabbricazione di prodotti in metallo (180) e quelle di stampa e quelle di fabbricazione di macchinari e apparecchiature. Queste ultime impiegano il 19% degli addetti. Sul territorio comunale sono presenti 5 grandi imprese con più di 500 addetti, 14 imprese che impiegano tra 100 e 500 addetti e altre 13 con 50-99 addetti.

Attività manifatturiere nel Comune di Bologna (anno 2011)	imprese	addetti	50-99 addetti	100-500 addetti	>500 addetti
10: industrie alimentari	211	2.869	2	3	1
13: industrie tessili	38	144			

14: confezione di articoli di abbigliamento, articoli in pelle e pelliccia	217	1.910	2	1	1
15: fabbricazione di articoli in pelle e simili	62	476		1	
16: industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili)	89	197			
17: fabbricazione di carta e di prodotti di carta	5	118			
18: stampa e riproduzione di supporti registrati	126	704	2		
19: fabbricazione di coke e prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio	1	24			
20: fabbricazione di prodotti chimici	27	855	2	2	
21: fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e di preparati farmaceutici	2	650			1
22: fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	24	172			
23: fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	45	148			
24: metallurgia	10	57			
25: fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)	180	1.233	1	1	
26: fabbricazione di computer e prodotti di elettronica e ottica....	42	531		1	
27: fabbricazione di apparecchiature elettriche.....	31	102			
28: fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca	114	3.455	3	4	1
29: fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi	14	385	1	1	
30: fabbricazione di altri mezzi di trasporto	7	1.000			1
31: fabbricazione di mobili	35	116			
32: altre industrie manifatturiere	305	901			
33: riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature	181	2.057			1
Attività manifatturiere	1.766	18.104	13	14	5

Tab. 11. Censimento attività industriali manifatturiere (2011)

Uno studio di ARPA ER del 2008 (Approfondimenti sui prelievi della risorsa idrica e su ipotesi di razionalizzazione e risparmio) ha stimato in 3,5 Mm³ i potenziali prelievi delle industrie maggiormente idroesigenti presenti in territorio comunale (a cui si aggiungono 4,7 delle zone industriali limitrofe), di cui il 20% per scopi igienico sanitari e assimilati (0,7 Mm³). Il fabbisogno di acqua potabile è stato stimato in 1,8 Mm³, a cui si aggiungono 1,1 Mm³ provenienti dal riuso delle acque depurate (più eventuali specifici trattamenti), e 0,6 Mm³ di acqua prossima al potabile ma con qualche parametro superiore al limite (ad es. nitrati, carica batterica).

Sono state inoltre censite 22 aziende con approvvigionamento da acquedotto e consumi idrici > 10.000 m³ anno che consumano circa 1,5 Mm³: una grande azienda lattiero casearia consuma da sola 1 Mm³ di cui 90% da pozzo, mentre altre 8 aziende con pozzi privati estraggono circa il 23% dei rimanenti 0.5 Mm³.

5.1.6. Perdite

La differenza tra acqua immessa nella rete acquedottistica e quella fatturata è di circa il 25%, mentre le perdite reali stimate sono passate dal 17% del 2006 al 15% del 2010, in linea con l'obiettivo previsto dal PTA⁸. Per l'areale HERA BO il Piano di riduzione delle perdite (2008) prevede prioritariamente la modellazione idraulica delle reti di adduzione e distribuzione. Si sta inoltre procedendo all'installazione e alla regolazione di valvole riduttrici di pressione che hanno la finalità di consentire il progressivo abbassamento delle pressioni di rete nelle distribuzioni del capoluogo provinciale. Attualmente le rotture segnalate o riscontrate nelle attività di ricerca delle perdite occulte sono registrate in opportuni database georeferenziati, con la finalità di disporre di una base dati adeguata per determinare i tassi di fallanza delle reti in relazione al tipo di materiale. Vengono inoltre effettuate campagne di ricerca delle perdite occulte che riguardano circa il 12% delle reti ogni anno. Le perdite della rete irrigua provinciale sono invece estremamente elevate, essendo stimate nell'ordine del 59%, valore superiore alla media regionale (48%).

5.1.7. Gli accordi sull'uso delle acque superficiali durante i periodi di carenza idrica

Sul Fiume Reno a valle della captazione di Hera per usi idropotabili si trova l'importantissimo nodo idraulico Navile-Savena Abbandonato, che alimentato dalle acque del fiume Reno tramite la Chiusa di Casalecchio, garantisce l'alimentazione per diversi usi sul territorio. L'acqua derivata dal Reno, attraverso i canali e le opere idrauliche del Consorzio della Chiusa viene restituita ai corsi d'acqua demaniali posti più a valle (Canale Navile), ma prima dell'immissione in tali corsi d'acqua viene utilizzata per scopi irrigui e di bonifica (Canale

⁸ Con il termine generico di perdite di rete si intende tutta l'acqua che dalla produzione non riesce a raggiungere l'utenza per varie cause, alcune tecniche -rotture nelle tubazioni, perdite di processo, ecc.- altre gestionali -sfiori, cattiva gestione degli impianti, ecc.- o per situazioni di prelievi abusivi.

Ghisiliera e Canaletta Reno 75), di produzione di energia elettrica (Centrale Canonica e Cavaticcio) e per mantenere l'acqua fluente nei canali cittadini di scolo, per necessità storico culturali ed igienico-sanitarie. A Maggio 2012 la Regione Emilia Romagna ha emesso la Deliberazione 548 successivamente modificata con Delibera 840/2013, con cui, preso atto della complessità del sistema idraulico di Bologna, ha ritenuto opportuno razionalizzare la gestione della risorsa per i diversi usi. In primo luogo la Regione ha preso atto che nell'area in oggetto sussistono le condizioni di cui alla D.G.R. n.1859 del 2006: aree che presentano deficit di bilancio idrico e per le quali esistono le condizioni di applicabilità dell'art. 58 comma 4 del Piano di Tutela delle Acque che stabilisce che in tali areali il Servizio competente al rilascio delle concessioni d'acqua pubblica può autorizzare i concessionari a prelevare la risorsa idrica, per limitati e definiti periodi di tempo, derogando al rispetto del DMV, tenuto conto dell'andamento climatico degli ultimi anni e delle conseguenti variazioni pluviometriche. In relazione a tali condizioni si è configurato un assetto dei flussi idrici e dei rilasci (come allegato alla deliberazione di Giunta n. 840/2013) finalizzato a garantire l'ottimizzazione della ridotta risorsa disponibile per lo svolgimento delle pubbliche funzioni sopra richiamate. Si è ritenuto assolutamente prioritario dopo aver garantito l'uso potabile, garantire ai corsi d'acqua quali il Reno e il Navile un livello di risorsa teso a non pregiudicarne la vita e la qualità e, a seguire, sono stati tutelati gli altri usi pubblici, secondo i seguenti intervalli di portata:

- A. per portate in Reno uguali o inferiori a 500 l/s è vietato qualunque prelievo;
- B. per portate in Reno comprese tra 501 e 1300 l/s è autorizzata la deroga alla DMV di 1500 l/s garantendo comunque un deflusso minimo in alveo pari a 500 l/s. Dovranno essere prioritariamente garantite le esigenze ambientali, storico-culturali, igienico-sanitarie, col seguente ordine:
 - 1) Canale delle Moline;
 - 2) Canale del Cavaticcio;
 - 3) Ghisiliera (quota parte destinata ai Canali Riolo Bondanello e Venenta ed il resto lasciato defluire fino alla reimmissione in Reno);
 - 4) Reno 75 per il miglioramento delle condizioni ambientali del Savena Abbandonato;
 - 5) Canaletta delle Lame;
 - 6) Torrente Ravone.
- X. per portate in Reno comprese tra 1301 e 3.100 l/s, fermo restando quanto riportato al punto 2), l'acqua potrà essere utilizzata anche per:
 - 1) gli usi irrigui connessi alla pubblica funzione di Bonifica e Irrigazione (esercitata attraverso il Consorzio della Bonifica Renana) tramite la risorsa che deve defluire nel Canale della Ghisiliera e quella lasciata defluire dal Canale di Reno nella condotta Reno 75;
 - 2) gli usi irrigui effettuati dal Consorzio della Chiusa di Casalecchio e del canale di Reno.
- Δ. per portate in Reno comprese tra 3.101 e 8.000 l/s, si applicheranno le disposizioni dell'articolo 58, comma 4, del Piano di Tutela delle Acque e si procederà al graduale raggiungimento del Deflusso Minimo Vitale di 1.500 l/s con portata nel Reno di 8.000 l/s e l'acqua potrà essere utilizzata anche per l'uso idroelettrico nel Canale del Cavaticcio;

E. per portate in Reno comprese tra 8.001 e 17.700 l/s, oltre ai 1500 l/s di DMV, dovrà essere rilasciata in Reno, mediante i canali dello Scaricatore e della Ghisiliera, la portata complessiva di 2000 l/s per esigenze di tutela del corpo idrico.

Il Gruppo tecnico inter istituzionale incaricato di verificare il buon funzionamento di tale regolazione ha inoltre evidenziato ulteriori proposte tecniche al fine di integrare la dotazione idrica del nodo idraulico in questione per affrontare i mesi di siccità senza penalizzare alcuna delle esigenze fin qui rappresentate. Si sono individuate le seguenti proposte:

- 1) dare attivazione funzionale all'invaso denominato Reno Vivo, dotandolo delle necessarie strutture accessorie per il corretto funzionamento;
- 2) riattivare l'incile posto a monte della Chiusa di Casalecchio che a causa di una mancata manutenzione negli ultimi anni si è interrato e non consente più una corretta modulazione dei flussi in entrata al sistema;
- 3) proseguire con l'infrastrutturazione necessaria a garantire l'approvvigionamento mediante il CER anche per la porzione di territorio agricolo oggi unicamente servibile dal Canale della Ghisiliera;
- 4) aumentare il volume complessivo dei rilasci dal bacino di Suviana. Nel complesso si ritiene necessario che l'attuale volume di 8.000.000 m³ (di cui 3.000.000 per usi irrigui e igienico-ambientali e 5.000.000 per usi idropotabili) venga portato a 16.000.000, raddoppiando le rispettive dotazioni, anche alla luce delle mutate e ridotte esigenze di utilizzo ai fini idroelettrici dell'invaso da parte di ENEL;
- 5) necessità di procedere allo studio e alla progettazione di un idoneo sistema di misurazione e di telecontrollo dei flussi idrici nei punti chiave del sistema.

5.1.8. Bilancio complessivo, criticità e scenari

Riassumendo, a livello comunale si possono stimare i seguenti usi principali:

- Acquedotto: 35 Mm³ (di cui 2,3 destinati ad uso industriale)
- Industriale: 2,8 Mm³ da captazioni autonome (oltre ai 2,3 serviti dall'acquedotto)
- Irriguo: 1,7-3,8 Mm³

Dal punto di vista della sicurezza di fornitura all'utenza, il sistema acquedottistico evidenzia due principali elementi di debolezza: la mancanza di riserva idrica (serbatoi) e la mancanza di fonti alternative o di riserva (sostanzialmente esistono due fonti: la falda e il T. Setta). La portata captabile dal Setta dipende in grande misura dagli eventi meteorologici che precedono di alcuni giorni i tempi della captazione stessa. È nota a tale proposito l'insufficienza della risorsa di acque superficiali durante la stagione estiva, naturalmente se raffrontata con il fabbisogno idropotabile che è caratterizzato dai valori di punta nel medesimo periodo. Tale deficit è stato storicamente colmato attraverso un maggior prelievo da pozzi, portando al limite la loro possibilità di prelievo. Negli ultimi anni tale insufficienza è stata alleggerita con le integrazioni idriche provenienti dai bacini appenninici gestiti da ENEL (a mezzo di apposite convenzioni onerose da un punto di vista economico). Il piano di Conservazione (2008) ha

evidenziato un bilancio idrico con un eccesso di prelievi dalle falde (12 milioni di m³/anno) ed il conseguente inasprimento del fenomeno della subsidenza. Per quanto riguarda le acque superficiali, la quantità di risorsa potenzialmente prelevabile dal T. Setta era originariamente stimata in 44 Mm³/anno. I volumi effettivamente prelevati, e potabilizzati dall'impianto Centro acque Setta, nel periodo 1997-2006, sono stati mediamente pari a 38 Mm³/anno, con valori massimi di 41 Mm³/anno e minimi di 35 Mm³/anno. A seguito della progressiva applicazione del DMV (volto a garantire il rilascio in alveo di maggiori portate, anche per diluire gli inquinanti e migliorare la qualità) i valori "storici" di approvvigionamento dal T. Setta verranno apprezzabilmente ridotti, fino a 27-31 Mm³/anno, con una riduzione media dei prelievi stimabile in circa 10 milioni di m³/anno. Dal quadro fornito emerge quindi la necessità – già nelle attuali condizioni climatiche – di ridurre i prelievi di 22 milioni di m³/anno. In seguito al cambiamento climatico, considerata la tendenza all'estensione dei periodi di assenza di pioggia in estate, la situazione è destinata ad aggravarsi, rendendo necessaria una ulteriore riduzione dei prelievi nel periodo estivo. Sulla base dei dati esistenti risulta impossibile fare una stima quantitativa della ulteriore riduzione dei prelievi, ma certamente la stima di 22 milioni di m³/anno è da ritenersi una soglia minima, che andrà ulteriormente incrementata. Tale riduzione dei prelievi riguarda un territorio ben più ampio del Comune di Bologna, che dovrà comunque contribuire, in particolare per gli usi civili per cui è largamente il principale utilizzatore.

5.2. Stato qualitativo e quantitativo delle acque sotterranee

Gli acquiferi nell'area di pianura bolognese assumono un ruolo di primaria importanza nell'ambito della gestione delle risorse idriche sotterranee, alimentando i tre principali centri di approvvigionamento idrico comunale (Borgo Panigale, Tiro a Segno e S. Vitale), posti sul Conoide del Reno. I centri di pompaggio posti nei conoidi di Savena e Idice (Fossolo e Mirandola) contribuiscono ulteriormente al prelievo ad uso potabile. Tali centri, gestiti da HERA S.p.A., forniscono circa la metà della risorsa idrica sotterranea. A differenza di quanto emerge dalla classificazione quantitativa (SCAS) dei singoli pozzi presenti nella conoide e nella limitrofa piana alluvionale del sistema Reno – Lavino, che sembra non denotare situazioni di criticità in termini di sostenibilità dei prelievi, l'analisi del fenomeno di subsidenza (collegato ai prelievi da falda) evidenzia una forte criticità complessiva dell'area. Maggiore coerenza fra i due tipi di informazione si riscontra invece nell'altra area problematica in termini di subsidenza e cioè nella conoide Savena-Idice. La depressione piezometrica del conoide del Reno, con soggiacenze pari a circa 50 – 55 m dal piano campagna, si trasmette anche su aree ampie circa 20 km, coinvolgendo anche altri conoidi limitrofi (Samoggia e Savena – Zena – Idice) nonché gli acquiferi superficiali, comportando una marcata "drenanza", con trasferimento di volumi verso le porzioni profonde. Questo fenomeno comporta significative ricadute anche sullo stato qualitativo, con approfondimento di contaminanti verso le porzioni profonde. La marcata depressione piezometrica è da correlarsi agli elevati prelievi eseguiti. L'abbassamento si è verificato in particolare dagli anni '50 agli anni '70, a cui è seguita una stabilizzazione delle condizioni piezometriche; in contemporanea i prelievi per soddisfare le esigenze idriche del comprensorio bolognese si sono indirizzati sia verso risorse idriche superficiali che con l'attivazione di prelievi (inizi anni '80) presso il Centro di Mirandola di Ozzano. Attualmente le

condizioni piezometriche sono in lieve risalita per il conoide del Reno, mentre per il conoide del Savena si riscontra una marcata depressione senza evidenti segni di risalita⁹

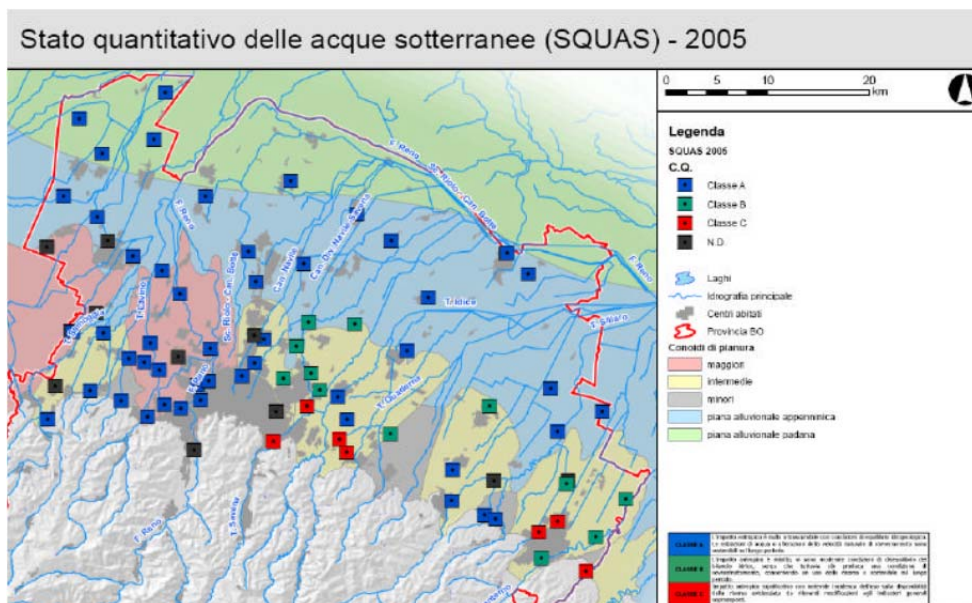


Fig. 32. Stato qualitativo delle acque sotterranee (Fonte: ARPA)

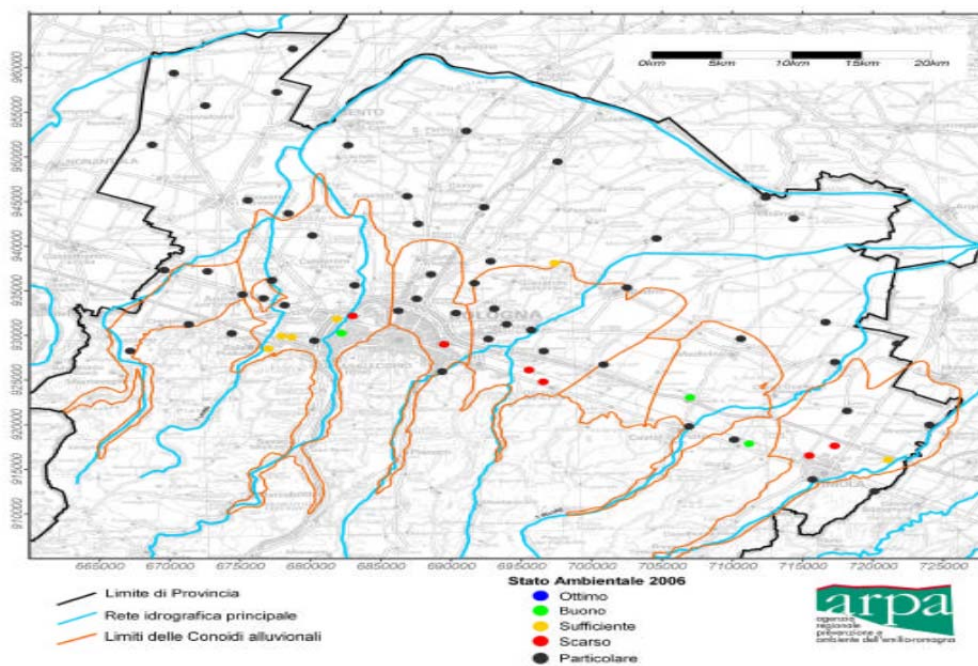


Fig. 33. Stato qualitativo delle acque sotterranee (Fonte: ARPA)

⁹ Dati aggiornati al 2004/2005

Per gli aspetti qualitativi, la contaminazione più rilevante deriva dalla presenza di composti organoalogenati o alifatici alogenati (tricloroetilene, tetracloroetilene, cloroformio, metilcloroformio, etc.) la cui presenza viene riscontrata sia nella falda superficiale posta nei primi 40 m che in quella profonda. Si segnala infatti che l'attività di monitoraggio svolta appositamente dal Comune di Bologna nel corso del 1999 e del 2001 ha evidenziato le potenziali aree fonte delle principali contaminazioni:

- Alte concentrazioni di ammoniaca nell'area nordorientale, dovuta prevalentemente a contaminazione naturale;
- presenza di nitrati a macchia di leopardo per la falda superficiale, una minore presenza per la falda profonda;
- elevata contaminazione da organoalogenati sia in falda superficiale (numerosi punti di monitoraggio) sia in falda profonda (pochi punti ad elevato prelievo idrico);
- concentrazione di solfati piuttosto elevata, anche se sotto i limiti di legge, da imputarsi probabilmente a cause naturali.

La contaminazione da nitrati risulta invece assai contenuta in quanto i valori medi nelle acque del Conoide del Reno mostrano valori di contaminazione inferiori a 25 mg/l, a fronte di una soglia di potabilità di 50 mg/l. Per quanto attiene i composti alifatici alogenati, la contaminazione prevalente è costituita da tetracloroetilene e in subordine tricloroetilene; i possibili processi produttivi che utilizzano tali prodotti sono assai numerosi e comprendono molte attività artigianali e industriali (lavasecco, sgrassaggio di metalli per verniciatura, etc.) i rilasci di prodotti sono da imputarsi a eventi probabilmente avvenuti alcune decine di anni fa, avvenuti probabilmente in aree a elevata, alta o media vulnerabilità.

Le falde contaminate profonde sono sostanzialmente bersagliate in quanto richiamano ingenti volumi di acque dalle falde superficiali, ivi compresa la contaminazione presente. Le aree di "drenanza" (passaggio della contaminazione dalle falde superficiali alle profonde) sono confinate all'interno delle porzioni apicali del conoide del Reno, mentre le aree di potenziale contaminazione delle falde sono distribuite su un areale ben maggiore. Il prelievo e la conseguente depressione piezometrica genera alcuni aspetti per l'intera evoluzione della risorsa, che si può così sintetizzare :

- il richiamo piezometrico si trasmette in senso laterale sui conoidi limitrofi e sulle parti distali dello stesso, laddove le acque presentano una contaminazione di origine naturale di ferro e manganese;
- Le contaminazioni di origine antropica vengono naturalmente a convergere, trovando in tali punti di prelievo la destinazione definitiva;
- le condizioni di richiamo idrico generano un trasferimento di massa tra le falde superficiali e le falde profonde, trasportando anche eventuali volumi di contaminante, rilasciato da attività antropiche;
- la subsidenza generata si estende per tutto il bacino del Reno.

Le fonti di contaminazione per le acque sotterranee sono inoltre numerose ed elevate; attività industriali presenti o pregresse sono una "eredità" ambientale alquanto ingombrante. La mancanza di un definito polo industriale all'interno del tessuto urbano e la presenza all'opposto di numerose attività artigianali nel tessuto urbano rende problematica

l'identificazione di aree fonte. I principali elementi fonte da segnalare sono numerosi e possono comprendere attività in essere, attività pregresse, tombamenti di ex cave, reti fognarie non a tenuta, nei suoi tratti pubblici e privati. Le vie preferenziali di propagazione degne di attenzione sono, oltre al complesso di falde superficiali, la presenza di pozzi, abbandonati e non, di opere fondali, di messe a terra nonché di altre opere interrato che evitano la presenza di intervalli acquitardi.

6. PRINCIPALI FATTORI DI RESILIENZA

L'analisi del territorio ha consentito di individuare, oltre alle criticità, anche alcuni fattori di resilienza che hanno già ottenuto risultati positivi in termini di migliore gestione delle risorse. Tali fattori sono frutto di progetti locali ed europei, ed anche di pianificazione urbana. Si elencano di seguito alcuni tra quelli ritenuti maggiormente significativi e che possono essere considerati come base di partenza per la pianificazione futura di misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

6.1. Nuove edificazioni

Il Regolamento Urbanistico Edilizio del Comune di Bologna

Il Regolamento Urbanistico Edilizio del Comune di Bologna, in attuazione del Piano di Bacino del Reno, prevede come requisito specifico per tutte le trasformazioni edilizie (art.55) l'obbligo di creare volumi di laminazione significativi (500 m³ per ogni ettaro impermeabilizzato) che permetteranno di migliorare la risposta idrologica complessiva dell'area urbana. Il RUE prevede inoltre, la necessità di riutilizzare le acque di pioggia e comunque evitare di recapitarle in fogna; è anche previsto il trattamento locale o lo stoccaggio prima di recapitarlo in fognatura della prima pioggia.

6.2. Risparmio e gestione della risorsa idrica

La "Cabina di Regia" del Nodo di Casalecchio di Reno

Con delibera regionale del 2012 è stata istituita una Cabina di Regia con la partecipazione dei soggetti interessati alla gestione del sistema idraulico del Reno, con il compito di gestire le diverse necessità in risposta ad esigenze particolari e specifiche che possano presentarsi al mutare delle condizioni e disponibilità della risorsa idrica. La Cabina di regia ha definito la composizione di un Gruppo tecnico operativo che ha immediatamente avviato e propria attività procedendo alla sperimentazione dell'efficacia dello schema di regolazione dei flussi idrici e dei rilasci nel sistema idraulico del Reno gestendo e modo funzionale tutte le attività finalizzate alla riduzione degli effetti della crisi idrica che ha colpito l'intero bacino del Reno.

L'impegno per la riduzione dei prelievi idrici ad uso civile

Il Comune di Bologna, insieme alla Provincia all'Autorità d'Ambito e al gestore Hera, è impegnato da tempo in una strategia di riduzione delle perdite e dei consumi finali, strategia che ha innescato una tendenza alla riduzione dei prelievi ad uso civile che prosegue ormai da diversi anni. Il Comune ha in particolare avviato dal 2009, con la collaborazione del Centro Antartide, un progetto di educazione ambientale per il risparmio idrico. L'idea da cui si è partiti è di legare in un circuito virtuoso gli interventi - in grado di conseguire un risparmio concreto - agli interventi educativi e di comunicazione mirati alla costruzione di una nuova cultura dell'acqua, premessa indispensabile per una gestione sostenibile della risorsa a tutti i livelli. In particolare il progetto riguarda i consumi idrici per l'uso domestico sono considerevoli e corrispondono a circa il 70% delle risorse potabili distribuite. Per poter ottenere un uso sostenibile della risorsa, si deve tendere a ridurre, a livello regionale, l'utilizzo dell'acqua per gli usi domestici, industriali ed agricoli. L'uso domestico, secondo le indicazioni del PTA (Piano di Tutela delle Acque), deve tendere ad un abbassamento dei consumi per oltre il 15% nei prossimi dieci anni, fino al raggiungimento della soglia dei 150 litri giornalieri per abitante. Una campagna di sensibilizzazione nei confronti della cittadinanza attiva, a partire dall'educazione ambientale nelle scuole, passando per i cittadini sensibili, fino alle associazioni di categoria, è necessaria per fornire piccoli e grandi suggerimenti per un uso opportuno e controllato di una risorsa comune.

6.3. Riqualficazione corsi d'acqua

Interventi di riduzione degli scarichi

Il Piano d'Ambito della Provincia di Bologna prevede diversi interventi volti a ridurre i carichi inquinanti di origine civile recapitati alla rete dei canali di Bologna. Tali interventi riguardano sia la progressiva eliminazione di tutti gli scarichi civili che ancora recapitano in acque superficiali, sia interventi per ridurre il carico dovuto agli sfioratori di piena. In particolare è prevista la realizzazione della vasca di prima pioggia in ingresso al depuratore al servizio della rete fognaria intera (finanziamento slittato oltre il 2016). La sua realizzazione migliorerebbe lo scarico in Navile. Un altro intervento di vasca di prima pioggia al servizio della rete fognaria è in progetto nell'area Bolognese (nel comparto della nuova sede del Comune) e migliorerà anche questa la situazione dello scaricatore in Canale Navile.

Il progetto "Lungo Navile"

Si tratta di una serie di interventi, in parte realizzati, in parte ancora in progetto, volti a favorire la fruibilità del principale canale della rete bolognese (canale di Reno/canale Navile) e riguarda i Comuni rivieraschi: Casalecchio, Bologna e Castelmaggiore. L'importanza di questo intervento risiede soprattutto nella sua capacità di ricostruire il rapporto tra popolazione e corpi idrici, rapporto un tempo importante e progressivamente deteriorato, in seguito alla perdita di

qualità delle acque. Anche in termini strutturali il progetto offre alcune opportunità: sebbene la gran parte delle opere previste sia finalizzato a permettere la fruizione, alcuni interventi previsti possono contribuire all'adattamento attraverso il greening e la creazione di volumi di laminazione (vedi le due criticità seguenti).

Il Parco Lungo Reno: un'opportunità per sistemi naturali di trattamento e laminazione delle acque di sfioro

Le aree lungo il fiume Reno sono oggi un mosaico di spazi verdi, alcuni accessibili e regolarmente utilizzati, altri di difficile accesso o in condizioni di degrado. Il progetto di Parco del Reno, parco fluviale metropolitano (potenzialmente il più esteso della città) punta sulla loro ricomposizione paesaggistica e sulla loro permeabilità, grazie alla ridefinizione e all'ampliamento della rete dei percorsi, a una nuova segnaletica che facilita l'orientamento e l'apprezzamento dei luoghi, alla creazione di vere e proprie "porte" al fiume pensate come punti di incontro con la città e il territorio. Al recupero e alla sistemazione delle aree si affianca un progetto di manutenzione e gestione – sia naturalistica che relativa a centri sportivi, giardini e altri spazi attrezzati – in collaborazione con i quartieri cittadini e le associazioni attive sul territorio. L'adozione delle strategie per il trattamento naturale e laminazione delle acque di sfioro potrebbe trovare applicazione su quest'area, dove sono presenti diversi sfioratori fognari.

6.4. Incremento e riqualificazione del verde urbano

Rete ecologica e sistema del verde di Bologna

La struttura della rete ecologica locale è stata analizzata in uno studio preliminare volto a preservare la biodiversità degli ambienti naturali e seminaturali presenti, principalmente nella campagna e nella collina di Bologna. Nel corso della definizione della rete ecologica per Bologna, si è constatata la stretta correlazione tra i principi e le esigenze funzionali al consolidamento della rete, da un lato, e il disegno del sistema del verde proposto per la città, dall'altro, quasi a confermare la naturale integrazione dei temi strettamente ambientali propri di una rete ecologica nel quadro più articolato che caratterizza il sistema del verde di una realtà complessa come quella del territorio bolognese. Il completamento e il rafforzamento della rete ecologica, in particolare nell'area urbana interessata da isole di calore, darà occasione di realizzare interventi di greening che permetteranno di migliorare il clima urbano.

Il progetto GAIA

GAIA è un progetto LIFE cofinanziato dalla Commissione Europea volto a incrementare le aree verdi di Bologna attraverso la piantumazione di nuovi alberi con l'obiettivo di contrastare i cambiamenti climatici, migliorare la qualità dell'aria e l'ambiente urbano. L'iniziativa è

promossa dal Comune di Bologna, in qualità di coordinatore, insieme a Cittalia - Fondazione Anci Ricerche, Impronta Etica, Istituto di Biometeorologia - CNR e Unindustria Bologna e si basa sulla realizzazione di partnership pubblico-privato tra il Comune e le aziende presenti a livello locale che decidono di contribuire al progetto compensando le emissioni derivanti dalle loro attività. Il progetto, di durata triennale, porterà alla piantumazione di 3.000 alberi sul territorio comunale entro il 2013 e consentirà di mettere a punto un sistema di governance ambientale applicabile per il futuro.

Villa Bernaroli

Nascerà attorno alla settecentesca Villa Bernaroli, su 50 ettari di proprietà comunale, il parco città-campagna progettato per preservare un tratto di territorio rurale e agricolo di pregio nella pianura ovest di Bologna. Una recente delibera di Giunta ha dato il via libera all'attuazione del progetto frutto del laboratorio partecipato che ha coinvolto dal 2006 ad oggi il quartiere Borgo Panigale e le associazioni che già animano con attività culturali, sociali e agricole quel quadrante di campagna. 45 ettari di terreni agricoli saranno oggetto di un ripristino paesaggistico che prevede l'impianto di siepi, filari di alberi e aree lasciate verdi per l'utilizzo libero da parte dei visitatori.

6.5. Ondate di calore

Sistema di allarme e assistenza ai cittadini a rischio

Il progetto "Prevenzione delle ondate di calore" definisce azioni per prevenire i rischi le alte temperature estive possono provocare alle persone anziane, con una situazione di fragilità elevata, determinata da problemi di natura sanitaria, condizioni sociali, economiche ed anagrafiche. L'azione specifica del Comune è orientata alla costruzione di una rete di solidarietà a sostegno degli anziani e delle loro famiglie; la rete è resa possibile dal contributo delle Associazioni di volontariato, Centri Sociali e farmacie che, insieme al lavoro di Servizi di assistenza domiciliare, contribuiscono a realizzare le azioni previste. Il progetto è realizzato dal Comune di Bologna con la collaborazione dell'Azienda Usl di Bologna, di Arpa Emilia Romagna, della Protezione civile del Comune, di servizi che forniscono assistenza al domicilio e dei Servizi sociali dei Quartieri ed il coordinamento operativo di Cup2000.

7. CONCLUSIONI

Sulla base del quadro informativo presentato, il cambiamento climatico porterà sul territorio di Bologna un ulteriore aggravamento di alcune criticità preesistenti, che sono comunque già oggi oggetto di politiche avviate sia alla scala comunale che a quella di area vasta. Un territorio che presenta un elevato livello di artificializzazione, soprattutto nell'area di pianura a Nord, dovuta non solo all'espansione edilizia degli ultimi decenni, ma anche alle modifiche dell'idrografia superficiale che si sono succedute nel corso della storia (i primi interventi di derivazione del Reno alla Chiusa di Casalecchio datano intorno all'anno 1000). Le criticità individuate su cui si dovrà focalizzare l'attenzione nel definire le azioni di piano possono essere così sintetizzate.

7.1. Aumento delle temperature estive e isole di calore

Miglioramento della dotazione di verde per aumentare ombreggiamento e evapotraspirazione (greening)

- Individuate le sezioni censuarie con minore disponibilità di verde e, al tempo stesso, caratterizzate da un'elevata presenza di categorie deboli: dare la priorità agli interventi di greening urbano di iniziativa pubblica, anche di tipo dimostrativo e di sensibilizzazione in queste aree.
- Valutare la possibilità di interventi di greening, di tipo più strutturale e diffuso, nelle aree di trasformazione di iniziativa privata, utilizzando il regolamento edilizio esistente ed orientando gli interventi verso l'adozione di soluzioni a maggior impatto "termo regolativo" (tetti verdi, specie arboree ad elevata capacità di ombreggiamento e evapotraspirazione, ecc.).
- Favorire interventi di greening con ottica multi obiettivo, che affianchino alle funzioni termo regolative anche quelle di favorire la biodiversità urbana (rete ecologica) e il miglioramento della risposta idrologica.
- Favorire interventi di greening di iniziativa pubblica legati alla riqualificazione della rete ciclabile e dei trasporti pubblici
- Miglioramento del sistema di assistenza della popolazione esposta al rischio sanitario
- Evoluzione del sistema di allerta e assistenza alla popolazione

7.2. Crisi idrica e siccità

Riduzione dei prelievi, in particolare nel periodo estivo quando emerge più drammaticamente il conflitto tra i diversi usi della risorsa

- Negli ultimi anni si sta verificando una diminuzione dei consumi domestici e non domestici. Incentivare ulteriormente le politiche e le campagne di risparmio idrico nei diversi settori.
- Favorire per tutti gli interventi di trasformazione urbanistica il ricorso a risorse non convenzionali per gli usi non potabili (raccolta acque di pioggia e trattamento e riuso delle acque grigie).
- Possibili azioni pilota con interventi di tipo strutturale su alcune grandi utenze industriali o commerciali o in comparti di trasformazione urbanistica.
- Approfondire il tema degli usi non potabili urbani (irrigazione verde privato o pubblico, lavaggi, ecc.) per verificare la possibilità di approvvigionamento alternativo

7.3. Aumento eventi meteorici intensi

Interventi strutturali volti a migliorare la risposta idrologica o a laminare i deflussi superficiali

- Adeguamento del sistema di collettamento introducendo soluzioni e Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile (SUDS), adeguando in tal senso anche la filiera degli appalti pubblici relativi al sistema fognario
- Spingere gli interventi di trasformazione urbanistica di iniziativa privata, verso soluzioni che vadano oltre il rispetto dell'obbligo di "invarianza idraulica" previsto dalle norme esistenti
- Valutare l'opportunità di individuare interventi dimostrativi di iniziativa pubblica, riguardanti alcune delle criticità idrauliche già individuate, ipotizzando soluzioni multi obiettivo, che abbiano effetti anche sulla qualità dell'acqua (es. sistemi di laminazione idraulica integrati con trattamento con tecniche naturali degli sfioratori)
- Interventi non strutturali volti a ridurre il rischio in occasione degli eventi
- Integrazione e collaborazione con le strategie messe a punto dalla protezione civile

Bibliografia

- [1] Albieri A., M. Carrieri, P. Angelini, F. Baldacchini, C. Venturelli, S. Mascali Zeo, R. Bellini. 2010. Quantitative monitoring of *Aedes albopictus* in Emilia-Romagna, Northern Italy: cluster investigation and geostatistical analysis. *Bulletin of Insectology* 63(2): 209-216
- [2] Brunetti M., Maugeri M., Monti F., Nanni T., 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. Climatol.* 26: 345–381
- [3] Carrieri M., Albieri A., Angelini P., Baldacchini F., Venturelli C., Mascali Zeo S., Bellini R. 2011. Surveillance of *Chikungunya* vector *Aedes albopictus* (Skuse) in Emilia-Romagna (Italy): Organizational and technical aspects of a large scale system of monitoring . *J. Vec. Ecol.* 36(1): 108-116
- [4] Carrieri M., P. Angelini, C. Venturelli, B. Maccagnani, And R. Bellini - *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Population Size Survey in 2007 *Chikungunya* Outbreak Area in Italy. I: Characterization of Breeding Sites and Evaluation of Sampling Methodologies. *J. Med. Entomol.* 48(6): 1214-1225
- [5] Carrieri M., P. Angelini, C. Venturelli, B. Maccagnani, And R. Bellini 2012. *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Population Size Survey in the 2007 *Chikungunya* Outbreak Area in Italy. II: Estimating Epidemic Thresholds *J. Med. Entomol.* 49(2): 388-399
- [6] Conte, G.; Bolognesi, A.; Bragalli, C.; Branchini, S.; De Carli, A.; Lenzi, C.; Masi, F.; Massarutto, A.; Pollastri, M.; Principi, I.. "Innovative Urban Water Management as a Climate Change Adaptation Strategy: Results from the Implementation of the Project "Water Against Climate Change (WATACLIC)" ." *Water* 4-2012, no. 4: 1025-1038
- [7] Grazzini F., Dottori F., Di Lorenzo M., Spisni A., Tomei F., 2013. Nubifragi e rischio idraulico nella collina bolognese: il caso studio del torrente Ravone. Report tecnico. Arpa Emilia Romagna, Simc. Bologna.
- [8] IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri R.K and Reisinger A.ed.]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- [9] Marletto V., Antolini A., Tomei F., Pavan V., Tomozeiu R. 2010 *Atlante idroclimatico dell'Emilia-romagna 1961-2008*
- [10] Pavan V., Tomozeiu R., Cacciamani C., and Di Lorenzo M. 2008. Daily precipitation observations over Emilia-Romagna: mean values and extremes. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002
- [11] Simolo C., Brunetti M., Maugeri F., Nanni T., Speranza A., 2010, Understanding climate change-induced variations in daily temperature distributions over Italy. *Journal of Geophysical Research - Atmosphere*, 115, D22110, doi:10.1029
- [12] Toreti A., Desiato F., Fioravanti G., Perconti W., 2010, Seasonal temperatures over Italy and their relationship with low-frequency atmospheric circulation patterns. *Climatic Change*, 99, 211-227
- [13] Tomozeiu R., Pavan V., Cacciamani C., Amici M. (2006). Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes. *Climate Research*, 31, 217-225
- [14] Tomozeiu R., Cacciamani C., Pavan V., Morgillo A., and Busuioc A., 2007. Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. *Theoretical and Applied Climatology*, 90, 25-47
- [15] Van der Linden P., Mitchell JFB, 2009. *Climate Change and its impacts*. Met office, UK, 160 pp.