

QC08 - CARTA INTEGRATA DEGLI HAZARD



Comune di Ravenna

Servizio Progettazione e Gestione Urbanistica



Piano Urbanistico Generale (PUG)

(Legge Regionale n.24/2017)

Assunto con Delibera di Giunta PV n. 536 del 05/11/2024

Adottato con Delibera di Consiglio n. del

Approvato con Delibera di Consiglio n. del

Pubblicato sul BUR n. del

Sindaco: Michele DE PASCALE

Assessora all'Urbanistica: Federica DEL CONTE

Segretario Generale: Dott. Paolo NERI

Responsabile del Procedimento e Coord. Ufficio di Piano: Ing. Daniele CAPITANI

Coordinamento Scientifico: Ing. Daniele CAPITANI e Arch. Sandra VECCHIETTI

Garante della Comunicazione e della Partecipazione: Arch. Raffaella BENDAZZI

Segreteria Assessorato: Dott. Katia VALBONESI

UFFICIO DI PIANO INTERNO

Competenza Paesaggistica: Arch. Raffaella BENDAZZI

Competenza Giuridica: Dott.ssa Angela MESISCA

Competenza Economica - Finanziaria: Dott. Alberto LUBRANO

Competenza Ambientale: Dott. Stefano RAVAIOLI

Unità operativa interna con competenze pianificatorie

Arch. Raffaella BENDAZZI, Geom. Francesca BRUSI, Ing. Daniele CAPITANI, Geom. Stefano GENEROSI, Arch. Caterina GRAMANTIERI, Dott. Urb. Paolo MINGUZZI,

Ing. Francesca PALMIERI, Ing. Irene PAVIANI, Ing. Francesco PAZZAGLIA, Geom. Federica PRONI, Arch. Silvia ROSSI, Geom. Bruno VENIERI, Arch. Domenico ZAMAGNA

GRUPPO DI LAVORO ESTERNO

Rigenerazione urbana

Valutazione del beneficio pubblico

Normativa di piano

Arch. Sandra VECCHIETTI

Valutazione sostenibilità ambientale e territoriale (VALSAT)

Studio di incidenza ambientale

UNIBO – DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA Proff.ssa Associata Elisa CONTICELLI

collaboratori: Ing. Sofia Manaresi, Ing. Giulia Marzani, Riccardo Fabbri, Luca Pacilli

Supervisione in materia giuridica

Avv. Federico GUALANDI

Supervisione grafica e tavole strategia generale

Arch. Rachele AGOSTINI



Mapa integrata del Rischio

Al fine di raggiungere l'obiettivo di una mappatura qualitativa del rischio cumulativo del territorio comunale, si è proceduto ad un'analisi delle informazioni a disposizione (mappe di pericolosità, mappe di rischio) derivanti dalle differenti fonti di Hazard descritte sul territorio e si è lavorato alla ricerca di una metodologia di integrazione delle informazioni che potesse permettere una replicabilità dell'analisi nel tempo.

L'obiettivo finale è infatti quello di dotare l'Ente di uno strumento, che seppur semplice, possa mostrare gli effetti delle scelte dell'amministrazione sui parametri di un'analisi del rischio in qualche modo correlabili alla gestione del territorio (esposizione, in certi casi vulnerabilità).

L'analisi si è concentrata sulle seguenti tipologie di rischio legate ad hazard sia di natura antropica che naturali:

- Rischio idraulico (allagamento)
- Rischio inondazione da maremoto
- Rischio Urban Heat Islands (isole di calore)
- Rischio sismico
- Rischio incendi
- Rischio industriale

I dati di input sono stati quelli relativi alle diverse mappature di Rischio (o in alcuni casi della sola distribuzione spaziale dell'hazard) disponibili in letteratura e negli archivi comunali e spesso risultanti da attività specifiche che l'Ente o gli enti provinciali e regionali di riferimento devono compiere a norma di legge.

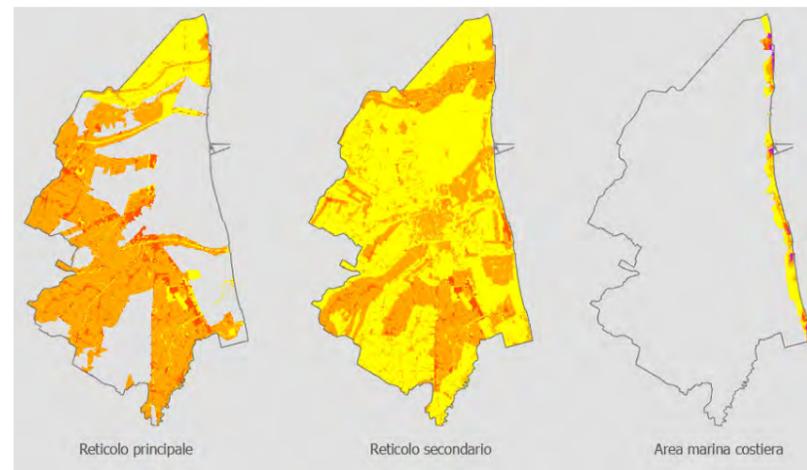
Per la loro natura e per gli obiettivi dell'analisi le variabili considerate sono state tutte classificate o riclassificate in scale di valori (1-4) o in valori binari (0-1, presenza/assenza) e poi combinate fra loro attraverso un processo di semplice somma algebrica.

Vista la natura disomogenea degli elementi a confronto (mappe di rischio, mappe di hazard) si ribadisce che il lavoro qui descritto non può avere nessuna valenza di una vera e propria analisi di rischio ma si pone come un tentativo di raggiungere una mappatura descrittiva (qualitativa) delle zone più sensibili del territorio rispetto alla presenza di hazard (multipli) e alle diverse caratteristiche del territorio stesso.

Rischio idraulico (allagamento)

Per l'analisi del Rischio idraulico il riferimento scelto è stato il materiale del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA, secondo stralcio 2019) redatti dalle Autorità di bacino distrettuali e da Regione Emilia Romagna a seguito dell'emanazione della "Direttiva Alluvioni" e del D.lgs. 49/2010.

Le mappe di rischio idraulico sono state riclassificate assegnando valori da 1 a 4 alle differenti classi di rischio.

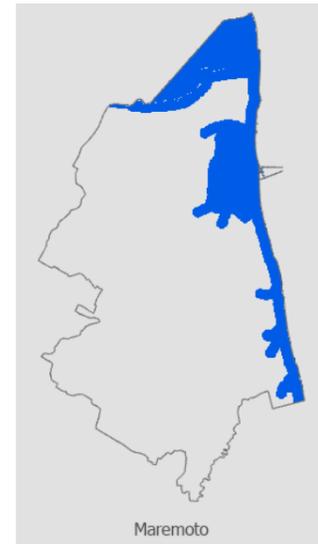


Conversione dell'indice di rischio in valore numerico (1-4)

Rischio maremoto

Per il rischio maremoto si è utilizzata la mappatura speditiva realizzata da ISPRA nel contesto del Sistema nazionale di Allerta per i Maremoti indotti da sisma (SIAM), istituito con la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 17 febbraio 2017.

Le mappe d'inondazione da tsunami, individuano le aree costiere del territorio comunale potenzialmente esposte a maremoti generati da terremoti.



L'area individuata rappresenta la porzione di territorio cui fare riferimento in caso di allerta 2 rossa (watch).

Ai fini dell'integrazione del dato nella mappa di rischio si è scelta una riclassificazione con valore 1 (presenza) alle porzioni di territorio incluse e valore 0 a quelle escluse.

Rischio Urban Heat Islands (isole di calore)

Per l'analisi del rischio legato alle onde di calore in ambito urbano (Urban Heat Islands) si è cercato di adattare al territorio urbanizzato del comune di Ravenna uno studio analogo svolto sulla città di Torino 1 e pubblicato nel 2023.

In particolare l'analisi territoriale proposta, si fonda sulla scelta di indicatori di vulnerabilità della popolazione che è possibile mappare a scala sub-comunale prendendo come riferimento di unità territoriale minima, la sezione censuaria.

Per il Comune di Ravenna, la mancanza di una descrizione accurata del fenomeno e le conseguenze difficoltà nel mappare efficacemente la componente di Hazard ci ha spinto a scegliere, per poter comunque impostare il framework di analisi, la distribuzione territoriale della temperatura superficiale misurata nel comune durante un episodio di Heat wave (ondata di calore del Luglio 2021)



La possibilità di mappare questi indicatori a tale scala permetterà in futuro di valutarne l'evoluzione temporale e la risposta a strumenti regolatori finalizzato all'adattamento o alla mitigazione.

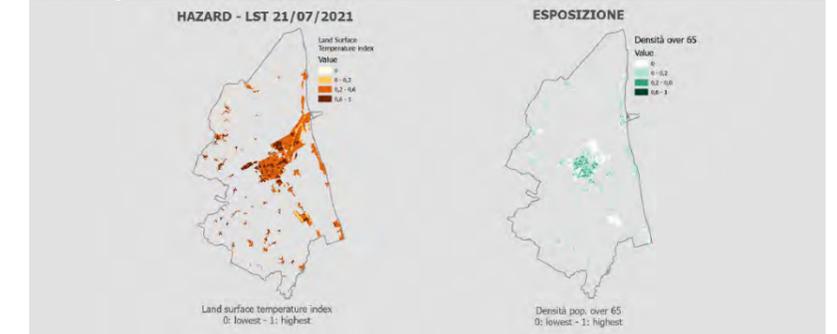


Fig. 1 Rappresentazione in mappa della componente di hazard (LST Land surface temperature, registrata durante un evento di onda di calore del Luglio 2021) ed Esposizione (% residenti over 65).

L'analisi della vulnerabilità si è concentrata sulla stima della "sensibilità" analizzando parametri demografici della popolazione e parametri territoriali legati in particolare alla densità abitativa e al consumo di suolo.

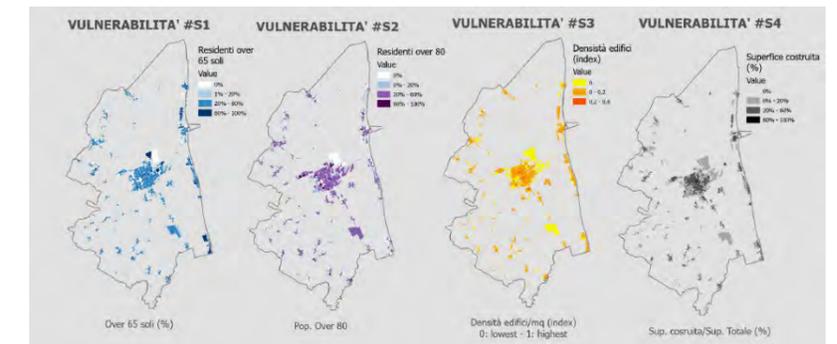


Fig. 2: Stima della vulnerabilità attraverso indicatori di sensibilità della popolazione e del territorio.

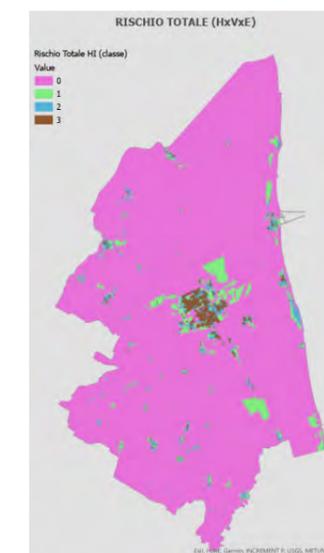


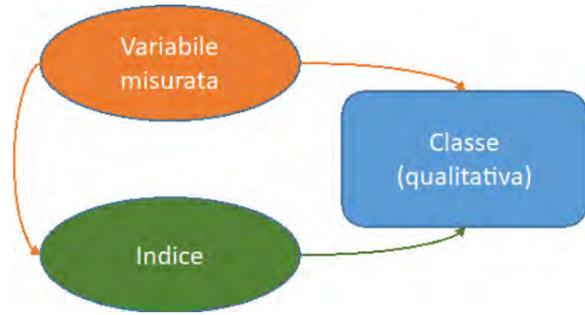
Fig. 3: Rappresentazione a scala dell'intero Comune delle 4 classi qualitative



Rischio sismico

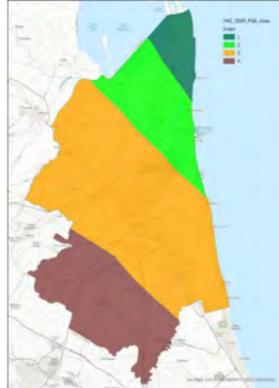
Per la valutazione del rischio sismico a scala comunale si è preso spunto dal lavoro svolto da Regione Toscana nel 2019 e confluito nella nota tecnica2 pubblicata nel 2019 dal SETTORE SISMICA – Prevenzione Sismica a cura di Bacci e Di Marco.

Ciascun parametro dell'equazione di calcolo del Rischio sismico (Rischio = Pericolosità sismica x Vulnerabilità x Esposizione) è stato trattato come indice alla scala comunale o subcomunale (sezione di censimento) quando disponibile e trasformato poi in una classe qualitativa secondo lo schema:

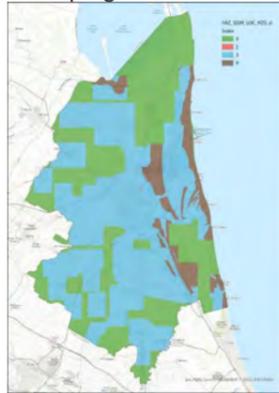


Valutazione della pericolosità sismica (H)

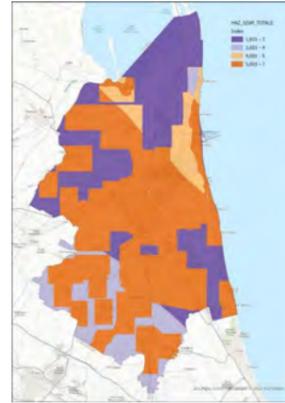
Nello specifico l'analisi parte dalla definizione di un indice di pericolosità sismica (Hazard) come combinazione di macrozonazione sismica (scala regionale) e microzonazione locale:



PGA Accelerazione di picco al suolo (espressa in % di g) attesa con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.. L'indice è ottenuto assegnando valori progressivi alle 4 classi in cui è suddiviso il territorio del Comune di Ravenna



Microzonazione sismica di Livello 1: Zone stabili (index=0), Zone stabili suscettibili di amplificazione e cedimenti (index=2), Zone instabili suscettibili di amplificazione e cedimenti (index=3), Zone soggette a liquefazione (index=4)



INDICE DI PERICOLOSITA' SISMICA TOTALE:
E' dato dalla somma delle due componenti (regionale + amplificazione locale).

Valutazione della vulnerabilità sismica

La vulnerabilità sismica è stata suddivisa in 4 classi e stimata, per ciascuna sezione di censimento Istat, in forma qualitativa, sulla base dei dati disponibili.

Partendo da un valore di vulnerabilità di base correlato all'epoca di costruzione degli edifici, si è ricavato un indice di vulnerabilità complessivo (Vtot) associato alla sezione di censimento, attraverso la sommatoria di ciascun indice dei diversi fattori presi in considerazione:

Fattori intrinseci degli edifici residenziali di ciascuna sezione di censimento

- 1) Epoca di costruzione (Ve)
- 2) Altezza degli edifici (Va)

Fattori estrinseci riferiti a ciascuna sezione di censimento

- 3) Vulnerabilità urbana (Vu)
- 4) Tipologia costruttiva (edifici a "grande luce", Vg)
- 5) Storia della classificazione sismica (Vs)

Ciascun fattore sarà descritto nei paragrafi successivi mentre per il calcolo dell'indice di vulnerabilità sismica totale (Vtot, Fig. 5) e la sua distribuzioni in classe qualitativa il flusso di lavoro può essere riassunto attraverso il seguente schema:

Vulnerabilità sismica totale
Indice $V_{tot} = V_e + V_a - V_u + V_g + V_s$

V_{tot} Index	V_{tot} Classe	Descrizione qualitativa
≥ 4	4	Alta
$= 3$	3	Medio alta
$= 2$	2	Medio bassa
≤ 1	1	bassa

Calcolo del parametro Ve - Vulnerabilità d'epoca (di costruzione) media

L'epoca di costruzione degli edifici è stata presa in considerazione per determinare la vulnerabilità di base. Per ogni epoca di costruzione, è stato associato un coefficiente di vulnerabilità derivante da una sintesi di quanto indicato nell'Ordinanza del P.C.M. 4007/2012.

1) V_e - Vulnerabilità d'epoca (di costruzione) media:

Calcolo valore d'epoca:

$$V_{epoca} = \frac{\sum N_{edif} \times K_e}{N_{edif\ tot}}$$

Epoca di costruzione	coefficiente di epoca (K _e)
precedente il 1945	100
1946-1970	65
1971-1990	35
successiva al 1990	15

N_{edif} = numero edifici per ogni epoca di costruzione nell'area omogenea
K_e = coefficiente di epoca
N_{edif tot} = numero totale edifici nell'area omogenea

INDICE d'epoca:

Valore d'epoca	Indice d'epoca
$V_{epoca} \geq 90$	4
$70 \leq V_{epoca} < 90$	3
$50 \leq V_{epoca} < 70$	2
$V_{epoca} \leq 50$	1

Calcolo del parametro Va - Altezza degli edifici

L'altezza viene valutata in relazione al numero dei piani indicati per ciascun edificio residenziale, ottenuta parametrando l'altezza degli edifici come registrata nel DB comunale ad una altezza standard per ogni piano di 3m. Per ogni sezione di censimento è calcolato un Valore di altezza (Valtezza) medio che risulta dalla seguente formula:

2) V_a - Altezza degli edifici:

Calcolo altezza edifici:

$$V_{altezza} = \frac{\sum N_{edif} \times K_p}{N_{edif\ tot}}$$

$K_p = 1 - 2^{-(n-1)}$ n = numero di piani

Altezza in piani	Coefficiente di piano (K _p)
3	0,750
2	0,500
1	0

N_{edif} = numero edifici con lo stesso numero di piani
K_p = Coefficiente di piano
N_{edif tot} = numero totale edifici della sezione di censimento

INDICE altezza edifici:

Valori di altezza (V _{altezza})	Indice di Altezza
$V_{altezza} > 0,500$ (superiore a 2 piani)	1
$V_{altezza} \leq 0,500$ (inferiore o uguale a 2 piani)	0

Calcolo del parametro Vu - Vulnerabilità urbana (densità)

Un importante fattore di vulnerabilità sismica è rappresentato dalle possibili interazioni significative tra gli edifici e della presenza probabile di infrastrutture ed edifici importanti presenti negli ambiti più fortemente urbanizzati. Per valutare questo fattore si è proceduto ad una mappatura del territorio attribuendo maggior vulnerabilità urbana alle porzioni incluse nel perimetro del territorio urbanizzato (PTU) rispetto alle aree definibili come "case sparse" secondo lo schema:

Indice densità urbana (densità edifici):

Destinazione d'uso delle aree	Indice di densità urbana
Case sparse	2
Territorio urbanizzato (PTU)	0

N.B. Questo Indice entra nel calcolo con segno negativo: una bassa densità di edifici riduce la vulnerabilità

Calcolo del parametro Vg - Vulnerabilità tipologia costruttiva (edifici «gran luce»)

La valutazione della maggiore vulnerabilità degli edifici con tipologia costruttiva "a grande luce" (es. capannoni industriali), è stata effettuata individuando sul territorio le aree a vocazione produttiva e distinguendole da quelle ad altra vocazione ed assegnando i rispettivi valori di indice come dallo schema seguente:

Indice tipologia costruttiva:

Destinazione d'uso delle aree	Indice di densità urbana
Aree abitate	0
Aree Produttive	1

Calcolo del parametro Vs - Vulnerabilità storia sismica edifici (rif. 2006)

Questo parametro cerca di aggiungere all'analisi un fattore in grado di valutare la presenza ed eventualmente la predominanza, di edifici costruiti secondo criteri antisismici moderni e quindi meno vulnerabili in caso di sisma in un'area abitata. Si è scelto come riferimento l'anno di costruzione 2006 e sulla base di questo valore si è analizzata, per singola sezione di censimento, la percentuale di edifici costruiti post 2006 rispetto al totale degli edifici.

Percentuale edifici costruiti dopo il 2006 (sul totale degli edifici della sezione di censimento)

N°edifici costruiti post 2006 (sul totale edifici)	Indice di vulnerabilità storia sismica
N°edifici post 2006 $\leq 10\%$	3
$10\% < N^{\circ}$ edifici post 2006 $\leq 30\%$	2
$30\% < N^{\circ}$ edifici post 2006 $\leq 50\%$	1
N°edifici post 2006 $> 50\%$	0

Valutazione dell'esposizione

L'esposizione sismica è connessa con la natura, qualità e quantità dei beni esposti ed esprime la possibilità di subire un danno economico e sociale, sia in termini di vite umane che in termini di beni esposti.

In questo caso si è scelto di valutare la componente antropica attraverso un parametro in grado di esprimere la presenza congiunta di persone ed edifici in una stessa area (Ed) e di valutare la componente economica attraverso un descrittore della presenza di beni economici di valore (Ep), individuati nella componente legata al sistema produttivo.

L'indice di esposizione sismica totale (E_{tot}, Fig. 4) è quindi calcolato come somma dei due indicatori che saranno descritti nei prossimi paragrafi:

Esposizione sismica totale

$$\text{Indice } E_{tot} = E_d + E_p$$

E _{tot} Index	E _{tot} Classe	Descrizione qualitativa
>= 4	4	Alta
= 3	3	Medio alta
= 2	2	Medio bassa
= 1	1	bassa

Calcolo del parametro Ed - Densità abitativa

Il parametro di densità abitativa è stato calcolato come la media ponderata tra la popolazione residente e il numero di edifici totali in rapporto alla superficie della sezione censuaria, espressa in ettari, secondo la formula:

$$I_{densità} = \frac{N_{pop} \cdot \frac{2}{3} + N_{edif} \cdot \frac{1}{3}}{Area}$$

N_{pop} = popolazione totale residente per area omogenea
N_{edif} = numero totale degli edifici per area omogenea
Area = area della sezione di censimento espressa in ettari (ha)

Densità abitativa (valore, V _{Ed})	Indice di densità abitativa E _d
> 56	4
24 < V _{Ed} ≤ 56	3
10 < V _{Ed} ≤ 24	2
V _{Ed} ≤ 10	1

Calcolo del parametro Ep – Destinazione produttiva aree

Il parametro Ep è stato calcolato assegnando un valore maggiorativo alle sezioni di censimento comprese in aree produttive secondo lo schema:

Destinazione d'uso delle aree	Indice di densità urbana
Aree abitate	0
Aree Produttive	2

Esposizione Simica

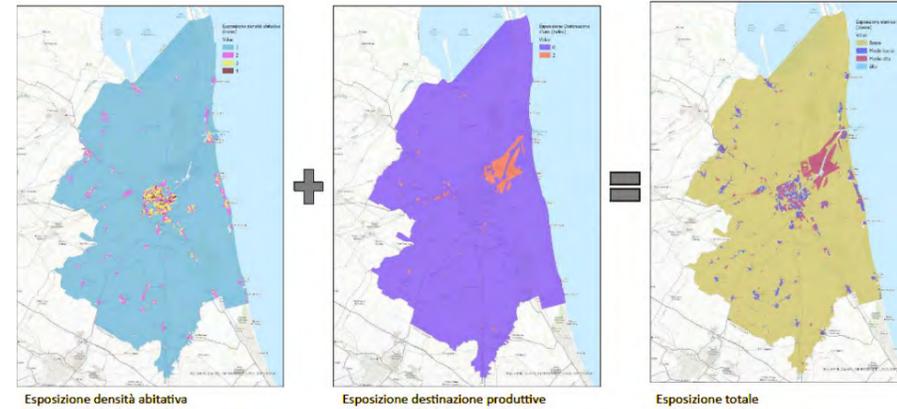
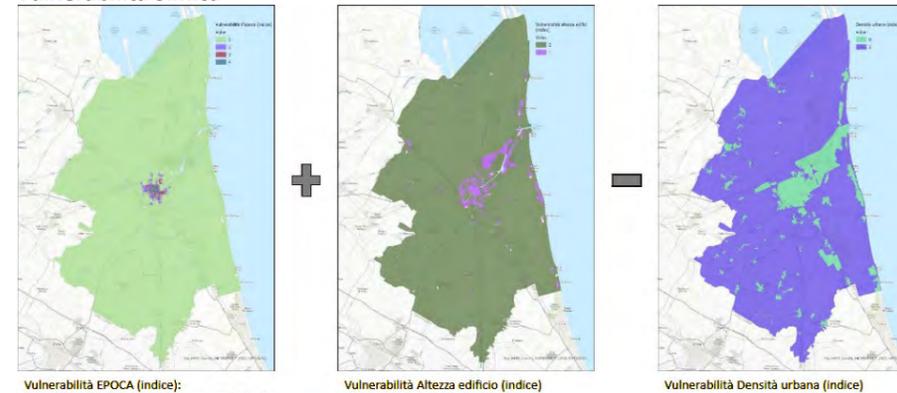
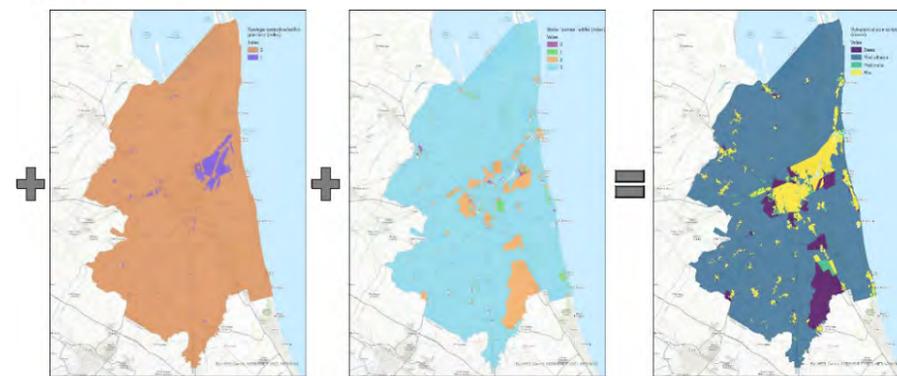


Fig. 4: Elaborazione su mappa del calcolo dell'esposizione.

Vulnerabilità Simica



Vulnerabilità EPOCA (indice):
I coefficienti derivano da una sintesi di quanto indicato nell'Ordinanza del P.C.M. 4007/2012



Vulnerabilità Tipologia costruzione/edifici «gran luce»:
I coefficienti derivano da una sintesi di quanto indicato nell'Ordinanza del P.C.M. 4007/2012

Fig. 5 Elaborazione su mappa del calcolo della Vulnerabilità Sismica.

Valutazione del rischio sismico

Definiti indici e successive classi qualitative relative a pericolosità, vulnerabilità ed esposizione si è proceduto alla definizione qualitativa di un indice di rischio sismico calcolato come somma delle classi delle componenti analizzate:

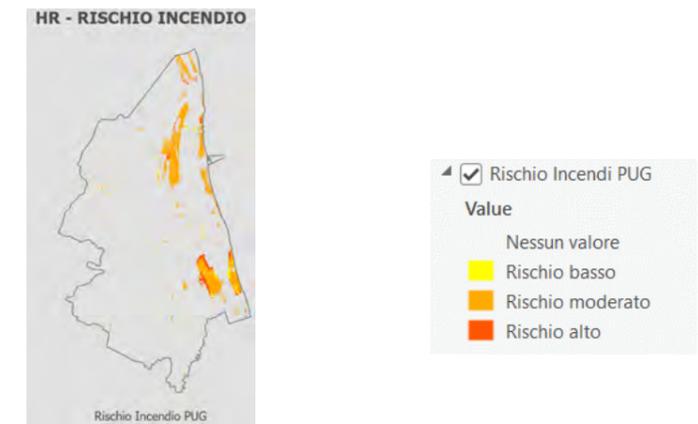
$$I_R = H_{tot} + V_{tot} + E_{tot}$$

Le classi qualitative di rischio sismico sono infine state attribuite sulla base delle matrici a due ingressi di combinazione delle tre variabili in funzione del parametro Pericolosità:

H=1	Classi di V				Classi di E	Valore indice (colore)	Classe qualitativa
	1	2	3	4			
1	3	4	5	6	6	Bassa	
2	4	5	6	7	7		
3	5	6	7	8	8		
4	6	7	8	9	9		
H=2	Classi di V				Classi di E	Valore indice (colore)	Classe qualitativa
	1	2	3	4			
1	4	5	6	7	7	Medio bassa	
2	5	6	7	8	8		
3	6	7	8	9	9		
4	7	8	9	10	10		
H=3	Classi di V				Classi di E	Valore indice (colore)	Classe qualitativa
	1	2	3	4			
1	5	6	7	8	8	Medio alta	
2	6	7	8	9	9		
3	7	8	9	10	10		
4	8	9	10	11	11		
H=4	Classi di V				Classi di E	Valore indice (colore)	Classe qualitativa
	1	2	3	4			
1	6	7	8	9	9	Alta	
2	7	8	9	10	10		
3	8	9	10	11	11		
4	9	10	11	12	12		

Rischio Incendi

Per la descrizione del rischio incendi si è utilizzata la mappatura della suscettività all'incendio legata al potenziale pirológico delle specie vegetali, mutuata dal Piano di Emergenza Comunale approvato e già inserita all'interno del Quadro conoscitivo del PUG:



Rischi Industriale

Per il rischio industriale il riferimento scelto è stato il materiale realtivo alla pianificazione di emergenza esterna (PEE) inerente gli stabilimenti a Rischio Incidente Rilevante (R.I.R) e per quelli di stoccaggio rifiuti pericolosi presenti sul territorio comunale di Ravenna. In particolare si è utilizzato un indice di tipo binario (presenza/assenza) cui è stato attribuito il valore 1 a tutte le porzioni di territorio incluse nelle aree di attenzione (terza zona di pianificazione) di ciascuno stabilimento:

HR - RISCHIO INDUSTRIALE





La mappa cumulativa dei rischi

Una volta ottenuta una classificazione qualitativa dei diversi contributi, si è proceduto a combinare fra loro le informazioni al fine di ottenere una mappatura cumulativa dei rischi di origine antropica e naturale che insistono sul territorio del comune.

Al fine di calcolare un Indice di rischio cumulativo si è scelto di procedere attraverso una somma algebrica delle classi di rischio per singolo hazard precedentemente discusse e si è dunque proceduto sulla base delle celle raster ad operare la somma così illustrata:

1	0	3
2	2	4
0	4	3

 $+$

0	1	1
1	1	0
0	1	0

 $=$

1	1	4
3	3	4
0	5	3

L'indice così calcolato assume valori compresi fra 1 e 14 e al fine di ripartire in 4 classi degli score dell'indice si è scelto il metodo statistico «Natural breaks» sui valori ottenuti.

Il risultato finale è una mappa qualitativa in grado di individuare sul territorio le porzioni soggette alla presenza di hazard multipli e di descrivere, seppur in maniera indicativa le aree con la maggior probabilità di subire effetti avversi in caso di tali eventi.

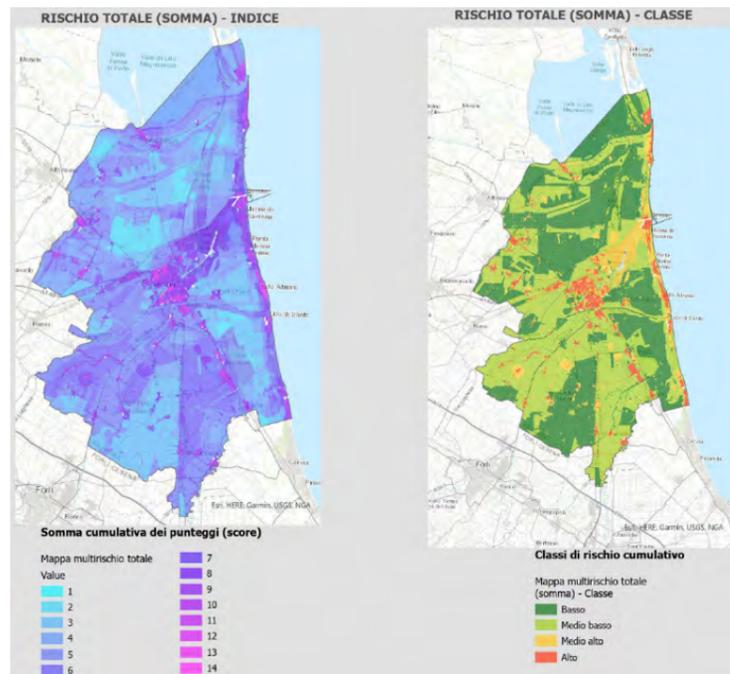


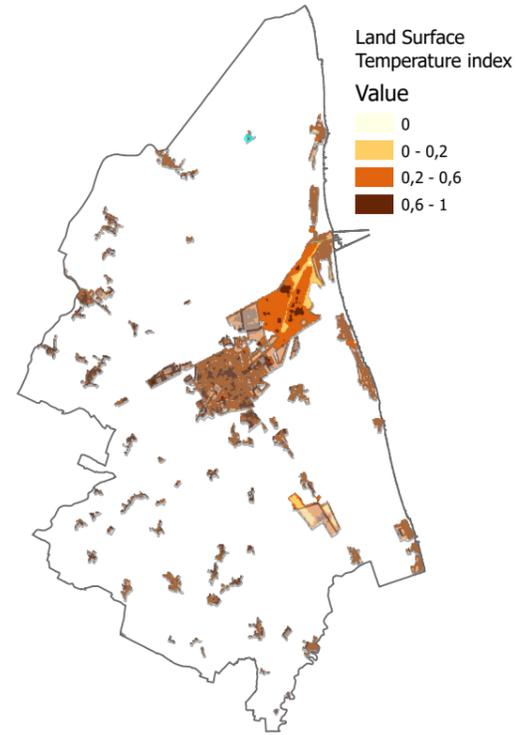
Fig. 6: La mappa integrata del rischio

Come accennato in precedenza, il valore di questa mappatura non è da ricercarsi solamente nella descrizione dello stato di fatto al tempo presente ma nella sua capacità teorica di tenere in qualche modo traccia di eventuali variazioni nel tempo, indotte da scelte di gestione territoriale finalizzate alla mitigazione dei rischi o all'adattamento.

Bibliografia

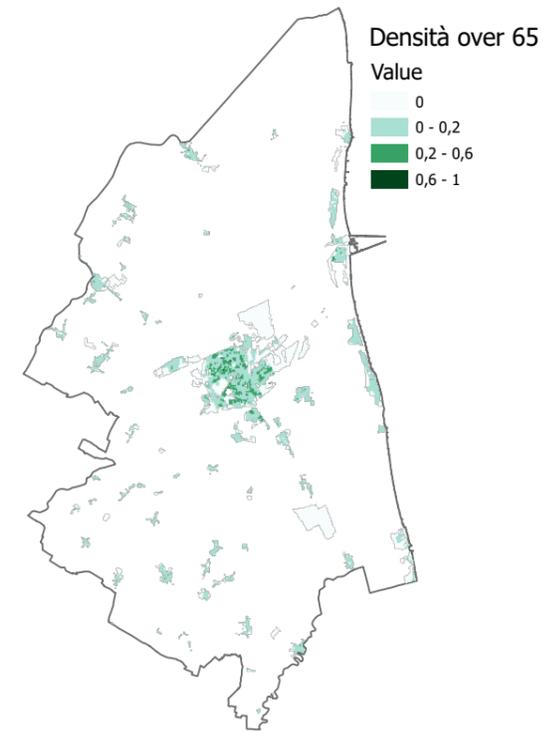
Elenna M. et al., 2023 - Micro-scale UHI risk assessment on the heat-health nexus within cities by looking at socio-economic factors and built environment characteristics: The Turin case study (Italy) – Urban Climate, vol. 49 (2023), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101514>
 Bacci M., Di Marco M., 2019 - IL RISCHIO SISMICO IN TOSCANA, Valutazione del rischio sismico in Toscana, Modello sintetico a scala comunale e urbana LIVELLO 1 – 2. Pubblicazione tecnica a cura di Regione Toscana (https://www.regione.toscana.it/documents/10180/12262194/rischiosismico_LIVELLO_1-2_2019.pdf/023c1571-99f9-44e3-9e98-a35eeb30d69c?t=1573662375137)

HAZARD - LST 21/07/2021



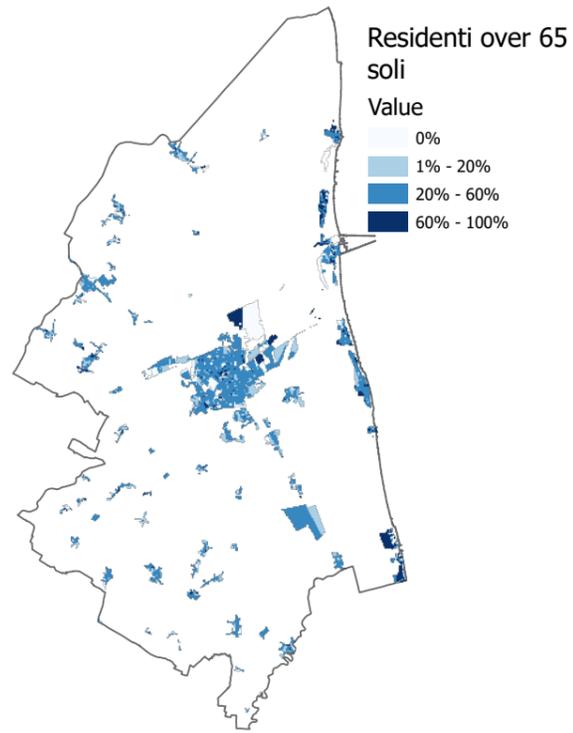
Land surface temperature index
0: lowest - 1: highest

ESPOSIZIONE



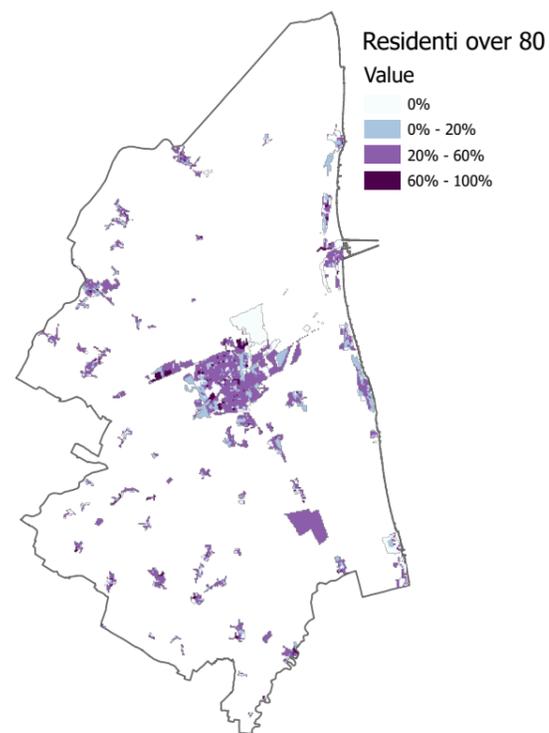
Densità pop. over 65
0: lowest - 1: highest

VULNERABILITA' #S1



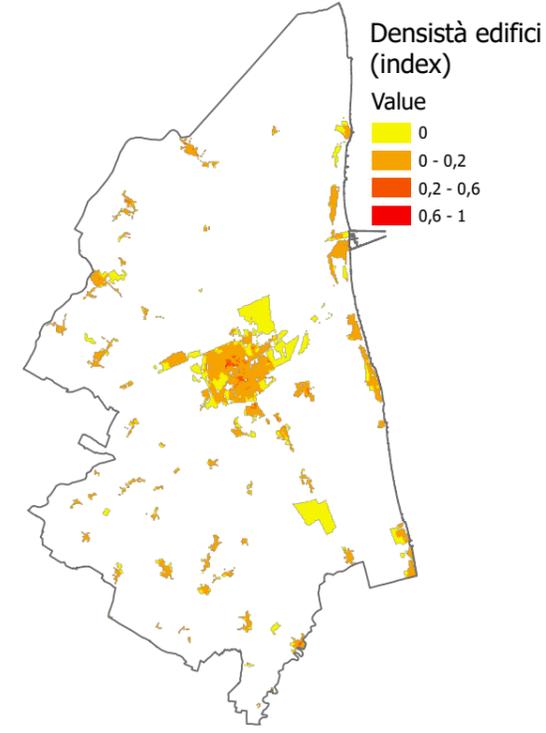
Over 65 soli (%)

VULNERABILITA' #S2



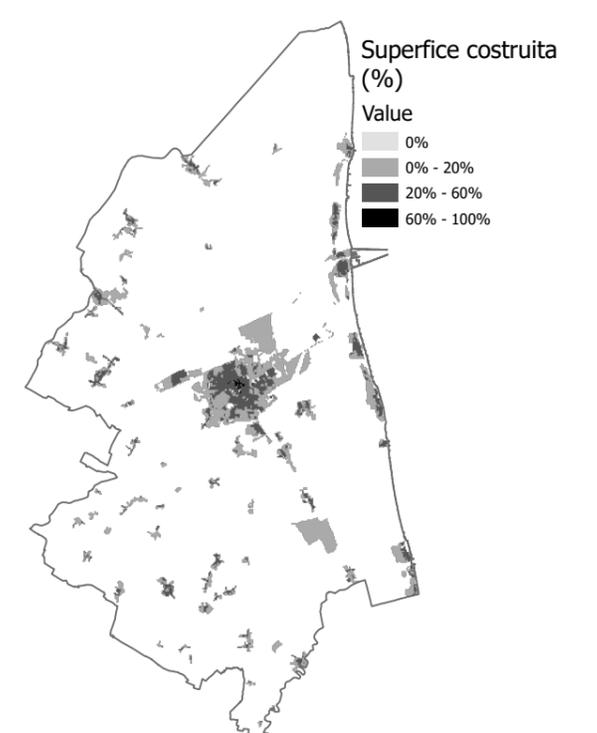
Pop. Over 80

VULNERABILITA' #S3



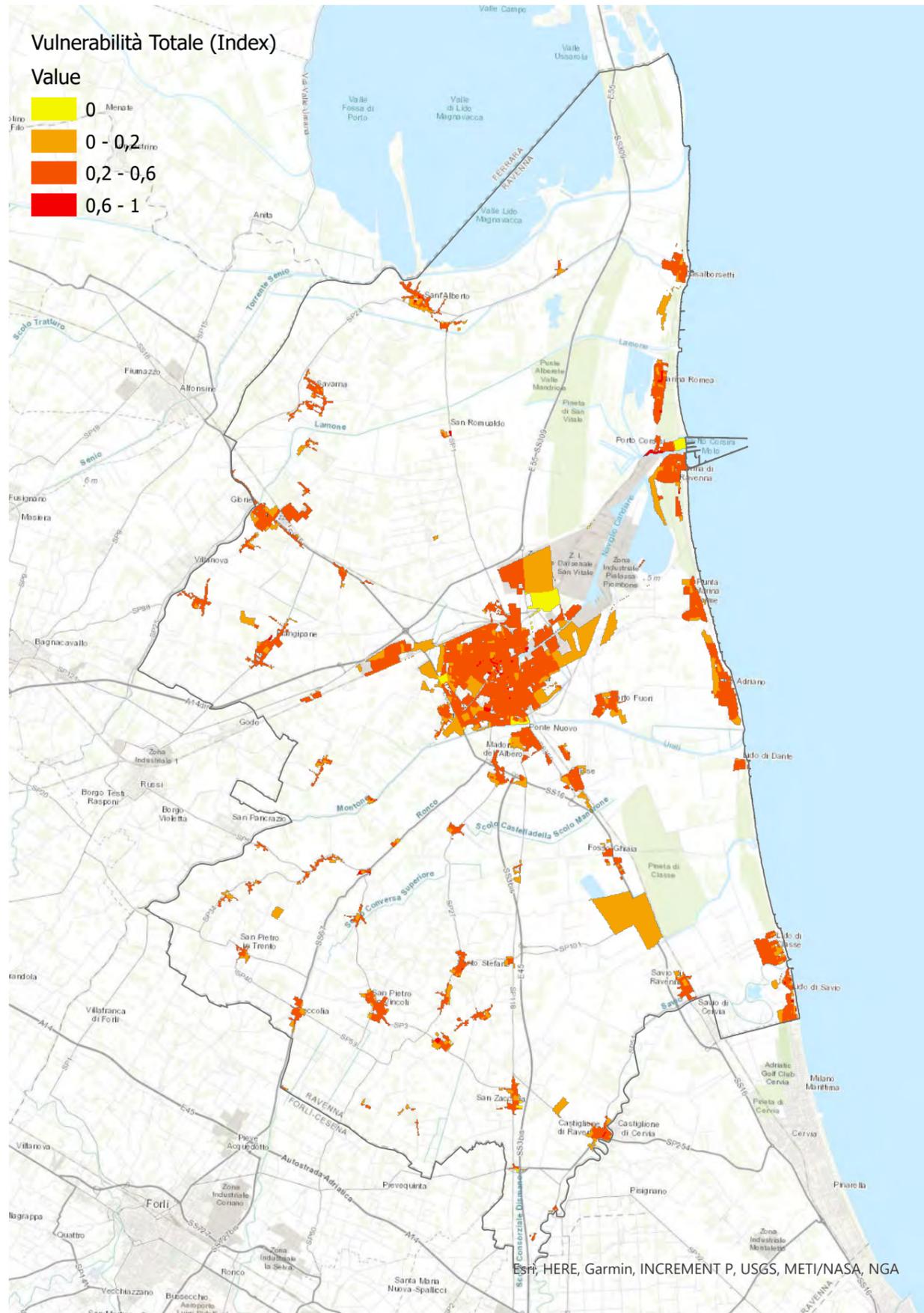
Densità edifici/mq (index)
0: lowest - 1: highest

VULNERABILITA' #S4

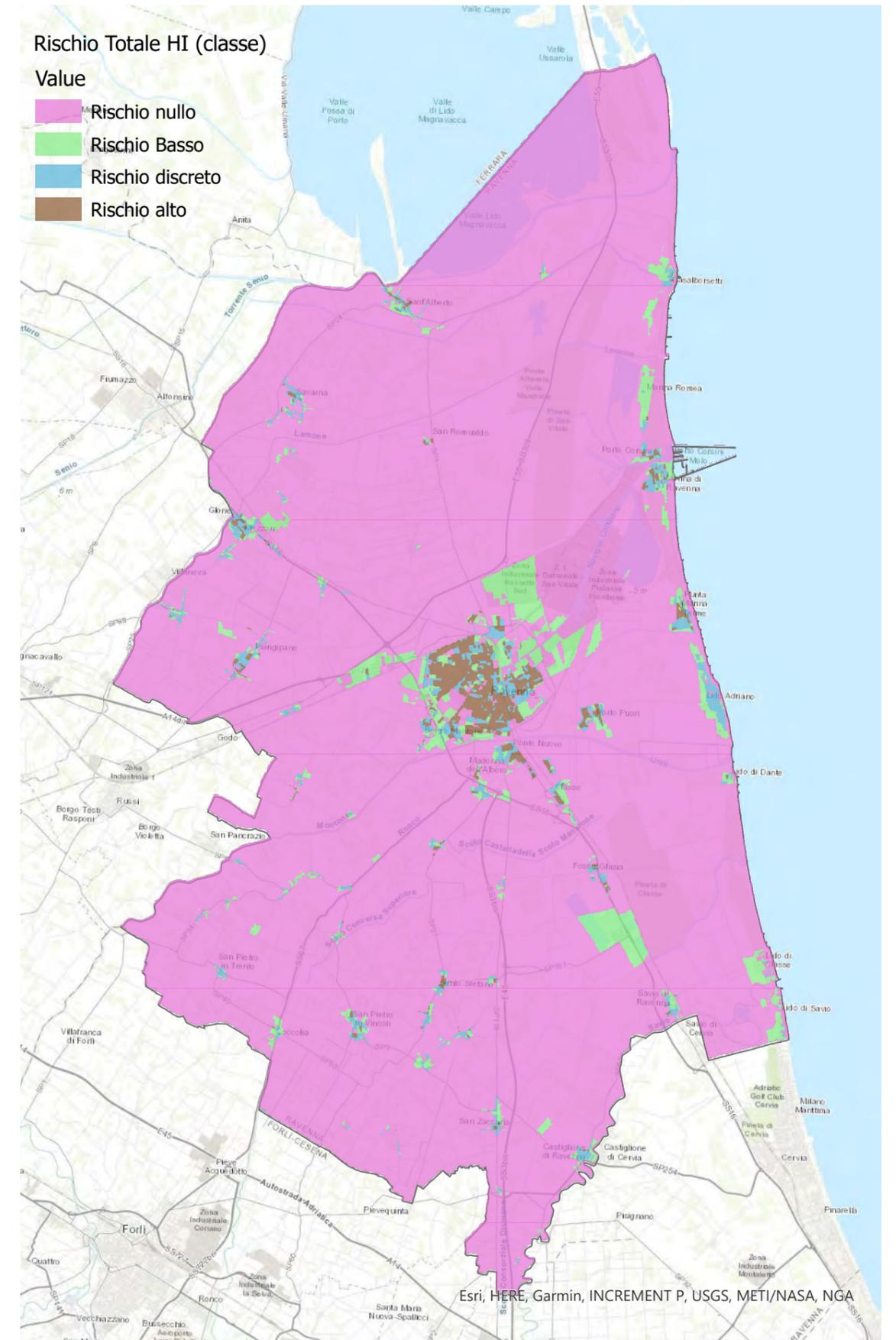


Sup. costruita/Sup. Totale (%)

VULNERABILITA' TOTALE (V1+V2+V3+V4) (Index)



RISCHIO TOTALE (HxVxI)



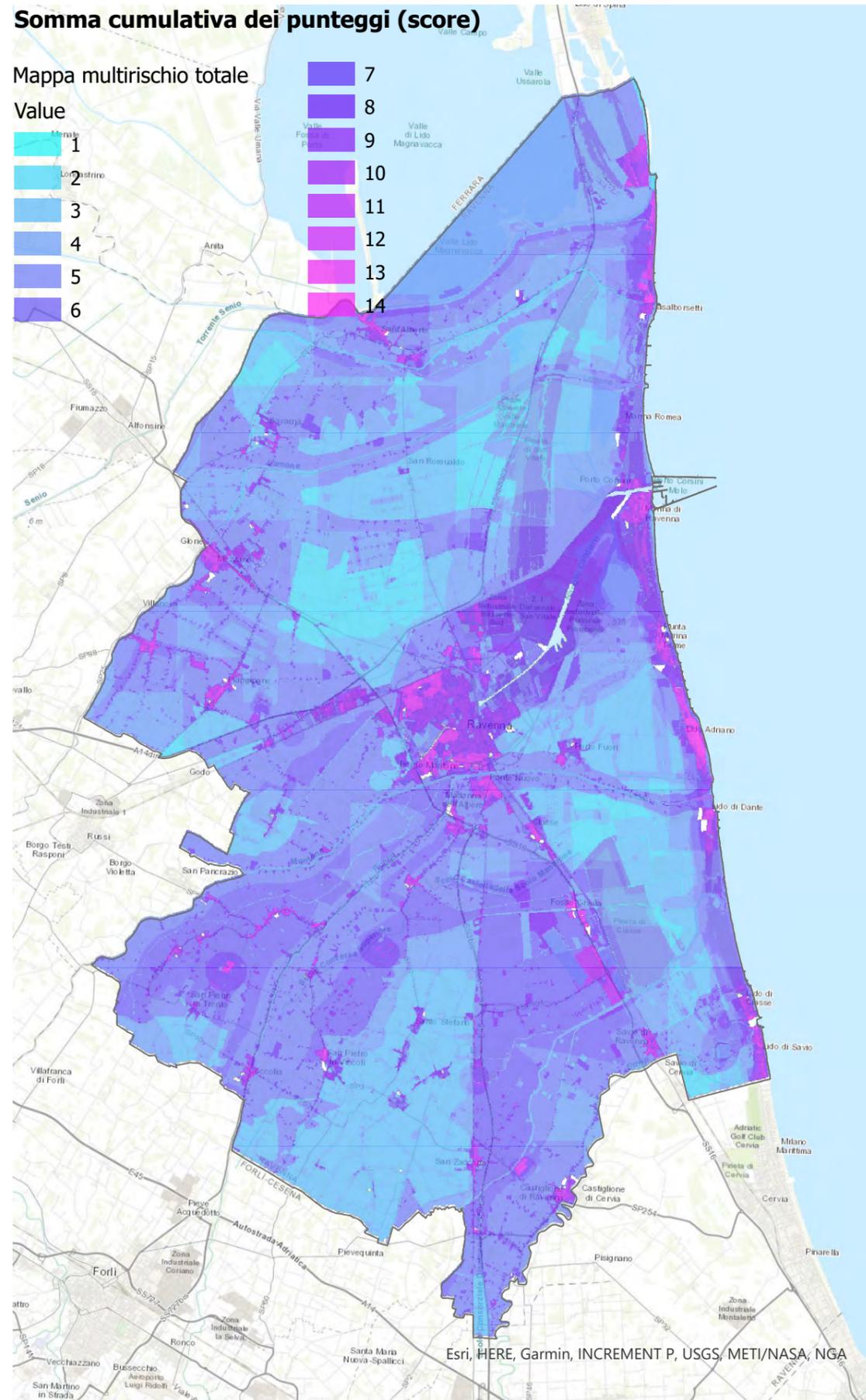
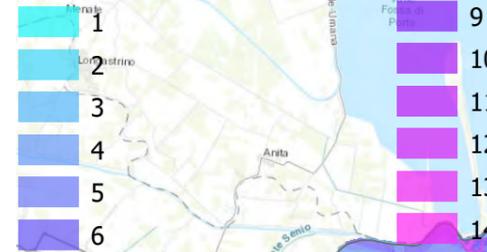


RISCHIO TOTALE (SOMMA) - INDICE

Somma cumulativa dei punteggi (score)

Mappa multirischio totale

Value



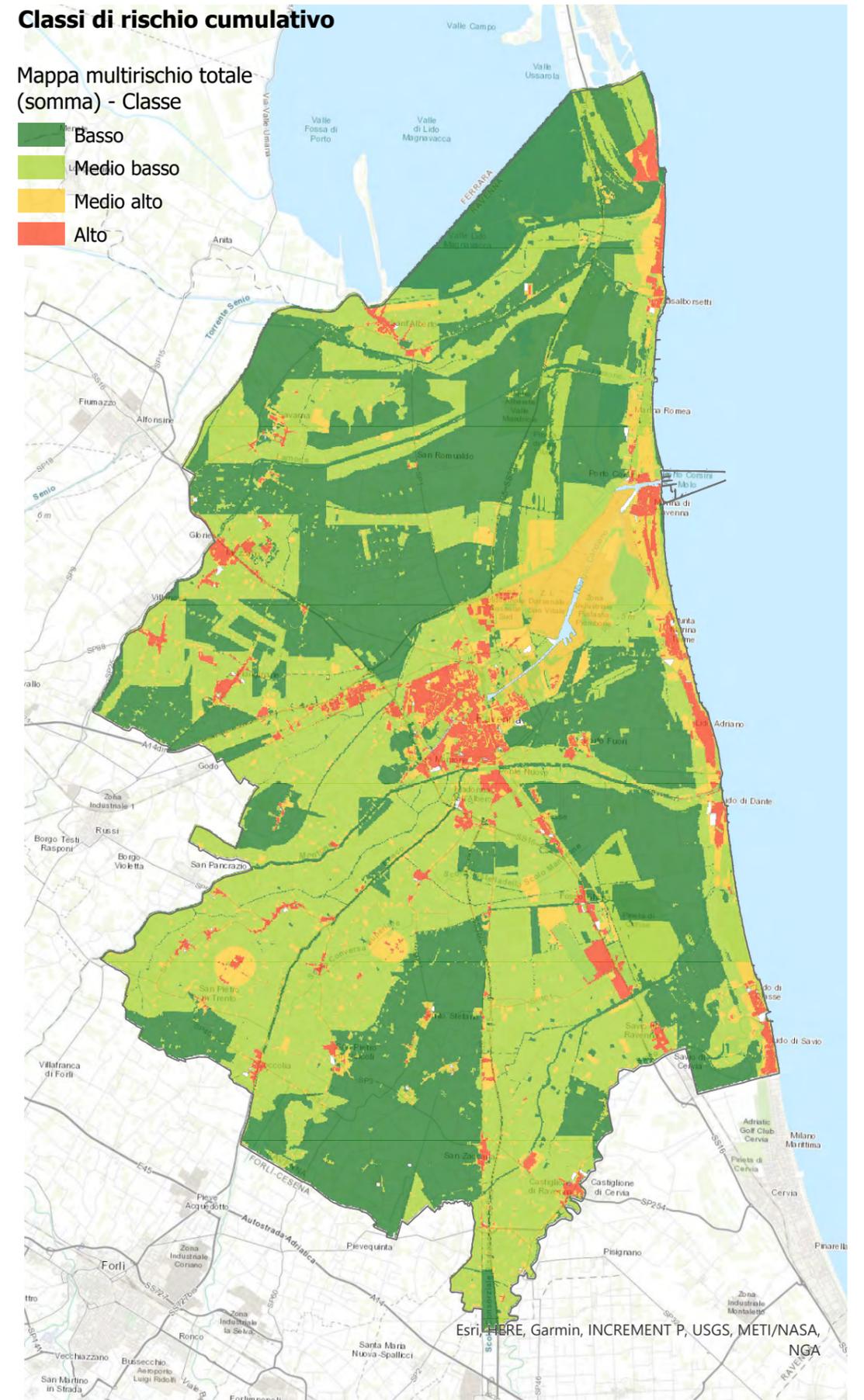
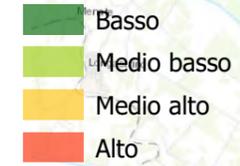
Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, USGS, METI/NASA, NGA

RISCHIO TOTALE (SOMMA) - CLASSE

Classi di rischio cumulativo

Mappa multirischio totale

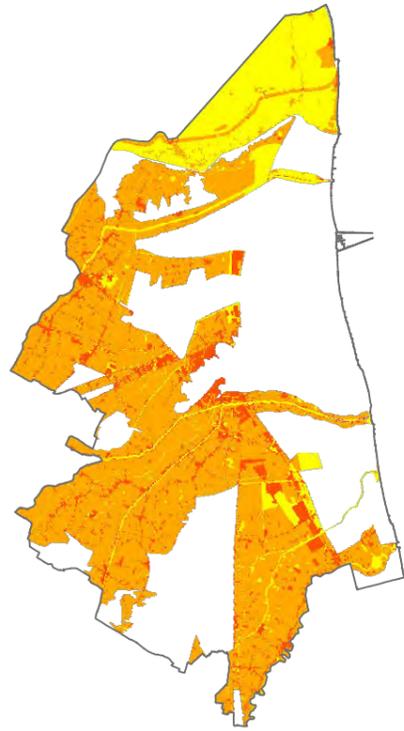
(somma) - Classe



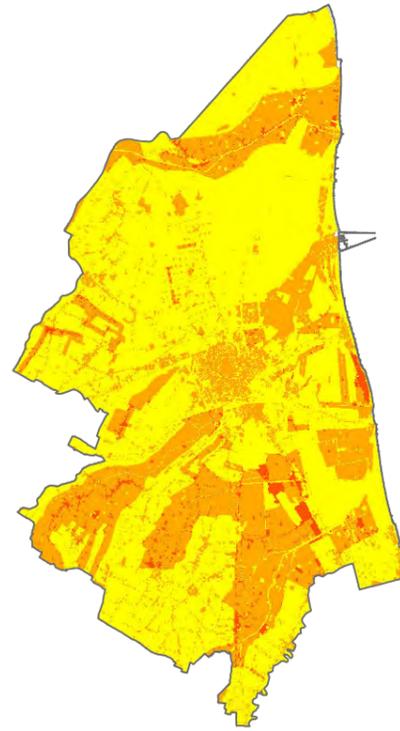
Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, USGS, METI/NASA, NGA



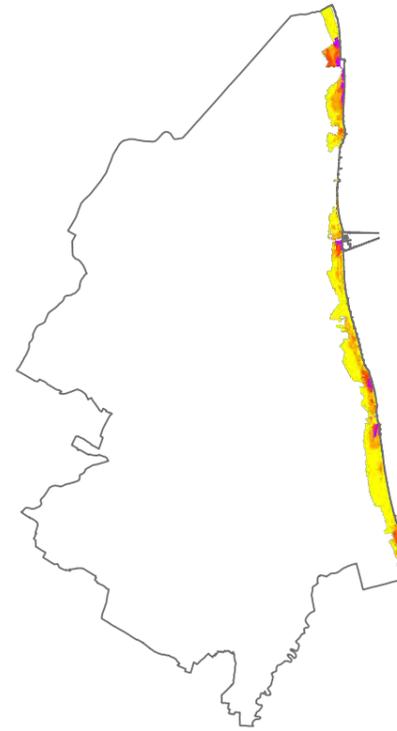
NR - RISCHIO ALLAGAMENTO



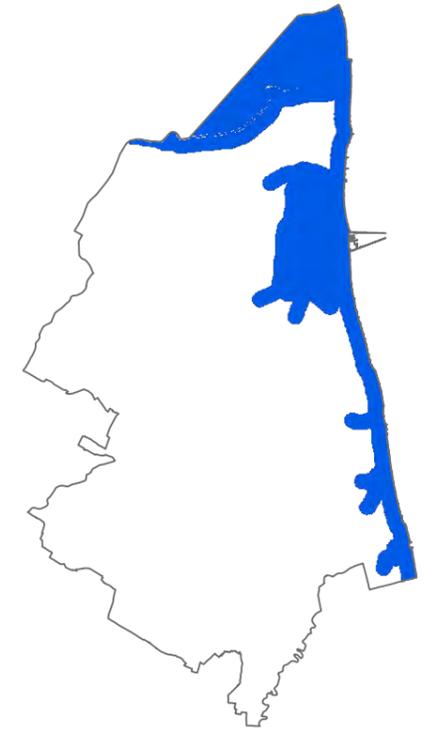
Reticolo principale



Reticolo secondario

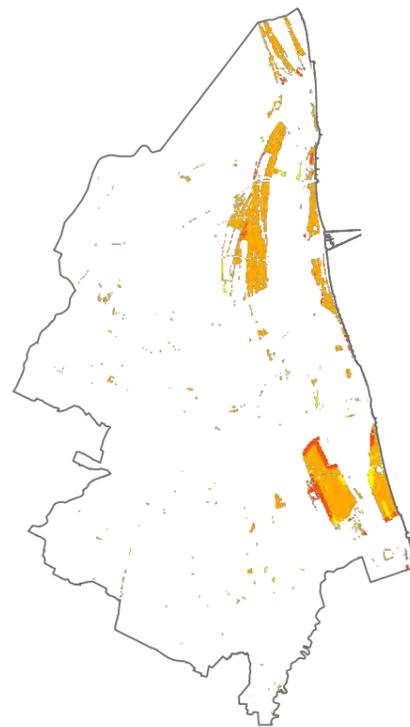


Area marina costiera



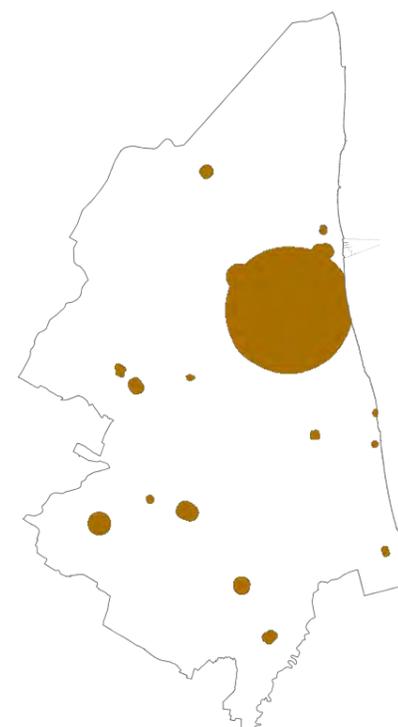
Maremoto

HR - RISCHIO INCENDIO



Rischio Incendio PUG

HR - RISCHIO INDUSTRIALE



Rischio Industriale (RIR +
Stock Rifiuti)