

# 058 – Bacino Idrografico del Fiume Carboj

PROF. ING.  
GABRIELE FRENI

[COMPANY NAME] | [Company address]

## Indice

<b>1</b>	<b><i>Premessa</i></b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><i>Sintesi dell'inquadramento morfologico e territoriale</i></b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b><i>Valutazione delle variabili climatiche e di consumo di suolo</i></b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b><i>Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo</i></b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b><i>Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici</i></b> .....	<b>33</b>
<b>6</b>	<b><i>Modifiche alle misure di piano</i></b> .....	<b>35</b>
	<b>6.1</b> Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico .....	<b>35</b>
	<b>6.2</b> Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico .....	<b>35</b>

## 1 Premessa

L'appendice alla relazione fornisce, per ciascun bacino o area territoriale omogenea, l'inquadramento morfologico utile alla valutazione del rischio di piene lampo attraverso l'applicazione della metodologia geomorfologica Arno (Brugioni et al., 2010)<sup>1</sup>. Per una più ampia discussione sulle caratteristiche morfologiche e sull'inquadramento geografico ed amministrativo del bacino, si rimanda alla relazione generale del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

In particolare, successivamente alla delimitazione di tutti i sottobacini con superficie superiore ai 2 kmq e, in generale, inferiore ai 15 kmq, si è proceduto alla valutazione degli indicatori morfologici utili alla stima del rischio di piene lampo: l'area del sottobacino ed il tempo di lag. E' stata quindi analizzata la variabile indice idrologica (il tempo di ritorno delle piogge intense di durata pari ad un'ora e volume pari a 50mm) che è stata considerata un'adeguata "proxy" della frequenza con cui si manifestano eventi meteorici brevi ed intensi che possono determinare piene lampo. Infine, come ulteriore fattore predisponente, si è adoperato il grado di consumo di suolo per ciascun sottobacino espresso come il rapporto tra l'area consumata e l'area totale. Questi ultimi due indicatori, essendo soggetti a variabilità nel tempo per variazioni climatiche o per intervento antropico, sono stati valutati nelle condizioni attuali e nello scenario di medio periodo al 2050. Per ciascun fattore sono state determinate 4 classi attribuendo un punteggio da 1 a 4 dove i valori più bassi rappresentano una condizione di minore suscettibilità al fenomeno delle piene lampo. E' stata poi effettuata una media aritmetica dei punteggi per ciascun bacino reputando che i fattori siano equipollenti nella determinazione del rischio di piene lampo.

Per i tratti fluviali caratterizzati da bacini drenati di maggiori dimensioni, si è proceduto ad una seconda analisi di valutazione dell'impatto del cambiamento climatico valutando il tempo di corrivazione (in analogia alla metodologia Arno) per il bacino drenato da ciascuna asta fluviale e assumendo come variabile di riferimento la variazione media areale (allo scenario 2050) delle altezze di pioggia di massima intensità annua e durata più prossima al tempo di corrivazione.

A seguito delle valutazioni analitiche, un apposito paragrafo evidenzia l'opportunità di integrare le misure previste dal piano con azioni specifiche volte alla mitigazione del rischio di piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico.

---

<sup>1</sup> M. Brugioni, B. Mazzanti and S. Franceschini (2010). How meaningful is flash flood risk mapping? - Arno River Basin Authority. WG F Thematic Workshop on Implementation of the Floods Directive 2007/60/EC "FLASH FLOODS AND PLUVIAL FLOODING", 26th – 28th May 2010, Cagliari, Italy.

## 2 Sintesi dell'inquadramento morfologico e territoriale

Il bacino idrografico del Fiume Carboj è localizzato nel versante meridionale della Sicilia.

L'assetto morfologico è piuttosto vario, giacché in esso si riscontrano superfici debolmente ondulate di apprezzabile ampiezza, rilievi collinari con varie acclività dei versanti e forme più aspre, riferibili a configurazioni tipicamente montuose. I versanti montuosi calcarei a forte acclività, talora sub-verticali con forme aspre e luoghi relativamente modellati, ma nettamente staccati rispetto ai terreni di fondovalle, riguardano per lo più la porzione nord-orientale del bacino. In tale settore, sono abbastanza frequenti le incisioni strette e profonde, il più delle volte coincidenti con superfici di discontinuità tettonica, ove scorrono corsi d'acqua a regime tipicamente torrentizio.

La morfologia dei luoghi è il risultato di fenomeni di accumulo su vasta scala in relazione alle recenti vicissitudini geologiche che hanno caratterizzato le aree costiere della Sicilia sud-occidentale. Diversi risultano i processi morfogenetici in atto, legati essenzialmente a forme di degradazione meteorica per quanto riguarda la coltre superficiale e l'immediato sottosuolo ed a forme connesse ai deflussi superficiali e sotterranei, da cui dipendono i processi di soliflusione censiti.

Le morfologie blande con dolci pendenze sono tipiche degli affioramenti argillosi e marno-argillosi, il più delle volte solcate da corsi d'acqua con aste torrentizie a sviluppo radiale, variamente ramificate, determinanti fenomeni erosivi di varia entità più o meno recenti e discendenti verso sud-ovest ed in gran parte, nel settore settentrionale del bacino in esame, tributari dell'invaso artificiale del Lago Arancio. La morfologia blanda si interrompe ove affiorano le formazioni competenti del complesso calcareo mesozoico, i calcari ed i calcari marnosi creta-eocenici ("Scaglia"), i calcari marnosi e le marne calcaree del pliocene inferiore ("Trubi") e le calcareniti plio-pleistoceniche che costituiscono l'ossatura dei maggiori rilievi interni al bacino in esame, messi in evidenza sia dall'erosione differenziale, funzione sia della litologia dei terreni, sia dagli elementi strutturali, ovvero degli eventi tettonici susseguitisi nel tempo.

Per altro, l'intensa attività erosiva esplicitasi in tutto il territorio in esame è da mettere in relazione con il sollevamento avvenuto durante il Quaternario, che ha ringiovanito tutti i corsi d'acqua variandone il profilo d'equilibrio. Inoltre, ad una scala regionale, è possibile riscontrare in questo settore isolano la presenza di una serie di terrazzi marini, di forma irregolare, posti a quote decrescenti da nord verso sud, leggermente inclinati verso sud, litologicamente caratterizzati da sedimenti sabbiosi, arenacei, calcarenitici, orlati da costoni eterogenei il più delle volte in precarie condizioni di equilibrio, ed in generale con versanti più o meno acclivi ed a sommità tabulare, per lo più isolati rispetto alle zone adiacenti sub-pianeggianti ed intramezzati da valli argillose dal profilo trasversale quasi simmetrico a V.

Il percorso del F. Carboj, nel tratto di monte denominato Torrente Rincione, è stato sbarrato da una diga in prossimità della stretta sul monte Arancio che ha comportato la formazione dell'omonimo Lago Arancio; quindi il Fiume Carboj prosegue la sua corsa verso la foce.

La vetta del Monte Genuardo (m 1.178,4 s.l.m.) rappresenta la massima altitudine interna al bacino in esame.

La Tavola 1 inquadra territorialmente il bacino e ne fornisce alcune caratteristiche salienti. La Tavola 2 fornisce il dato relativo all'altimetria sulla base del Modello Digitale delle Elevazioni recentemente predisposto dal Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali e avente risoluzione spaziale pari a 10 m.

Le successive Tavole 3, 4 e 5 definiscono le funzioni di:

- Lunghezza dei percorsi di drenaggio dalla displuviale alla foce
- Flow Accumulation ovvero la superficie del bacino drenato da ciascun elemento del reticolo idrografico delineato
- Le pendenze dei versanti

L'insieme di questi elementi morfologici ha consentito di individuare i sottobacini drenati da ciascuna porzione del reticolo idrografico ed aventi superficie inferiore a 15 km<sup>2</sup>. Complessivamente sono stati individuati 64 sottobacini su cui si è proceduto, nel paragrafo successivo a stimare i fattori predisponenti al rischio di piene lampo catalogando i sottobacini in 4 classi di Suscettibilità.

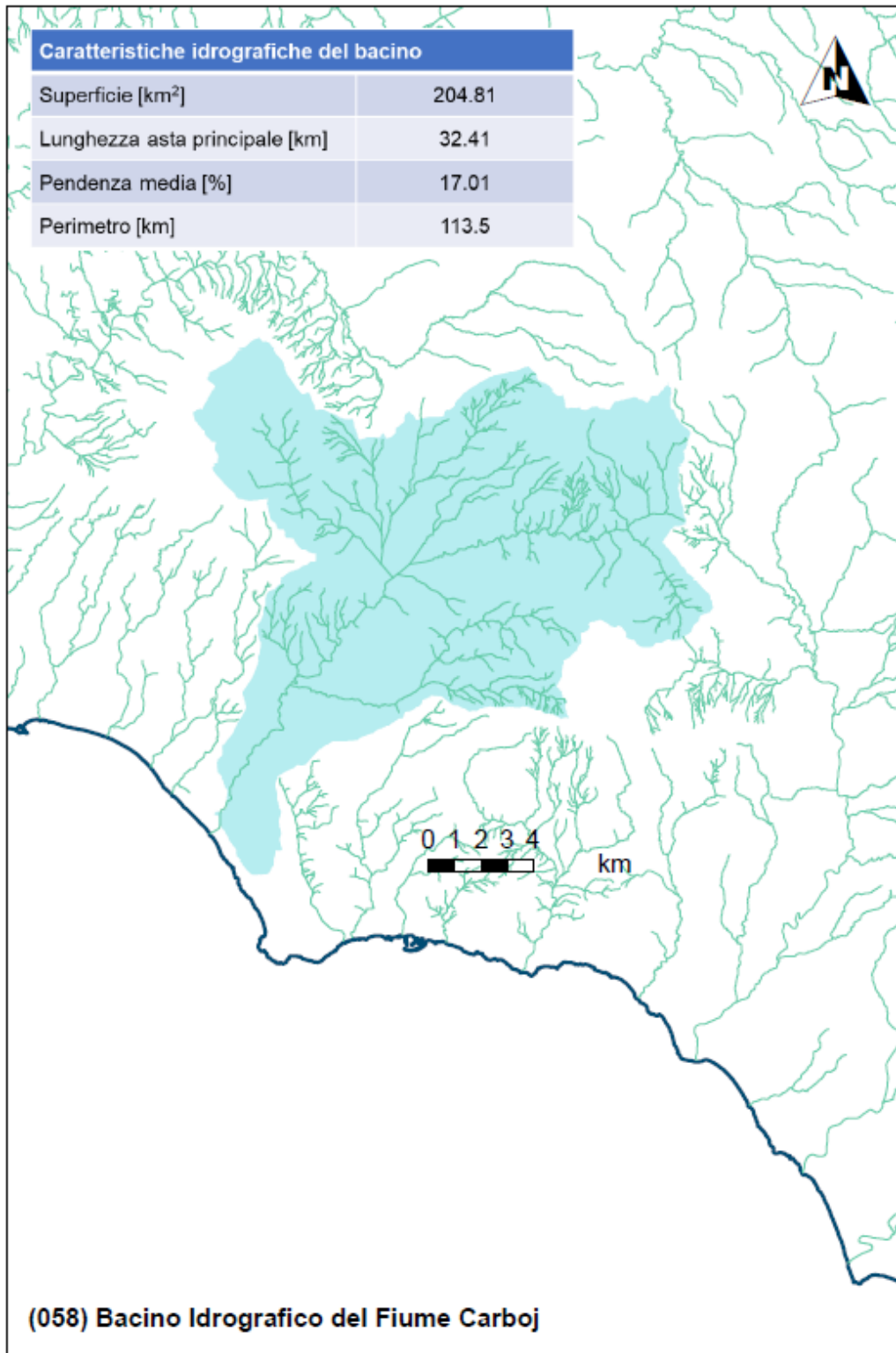


Figura 1 Inquadramento Territoriale del bacino

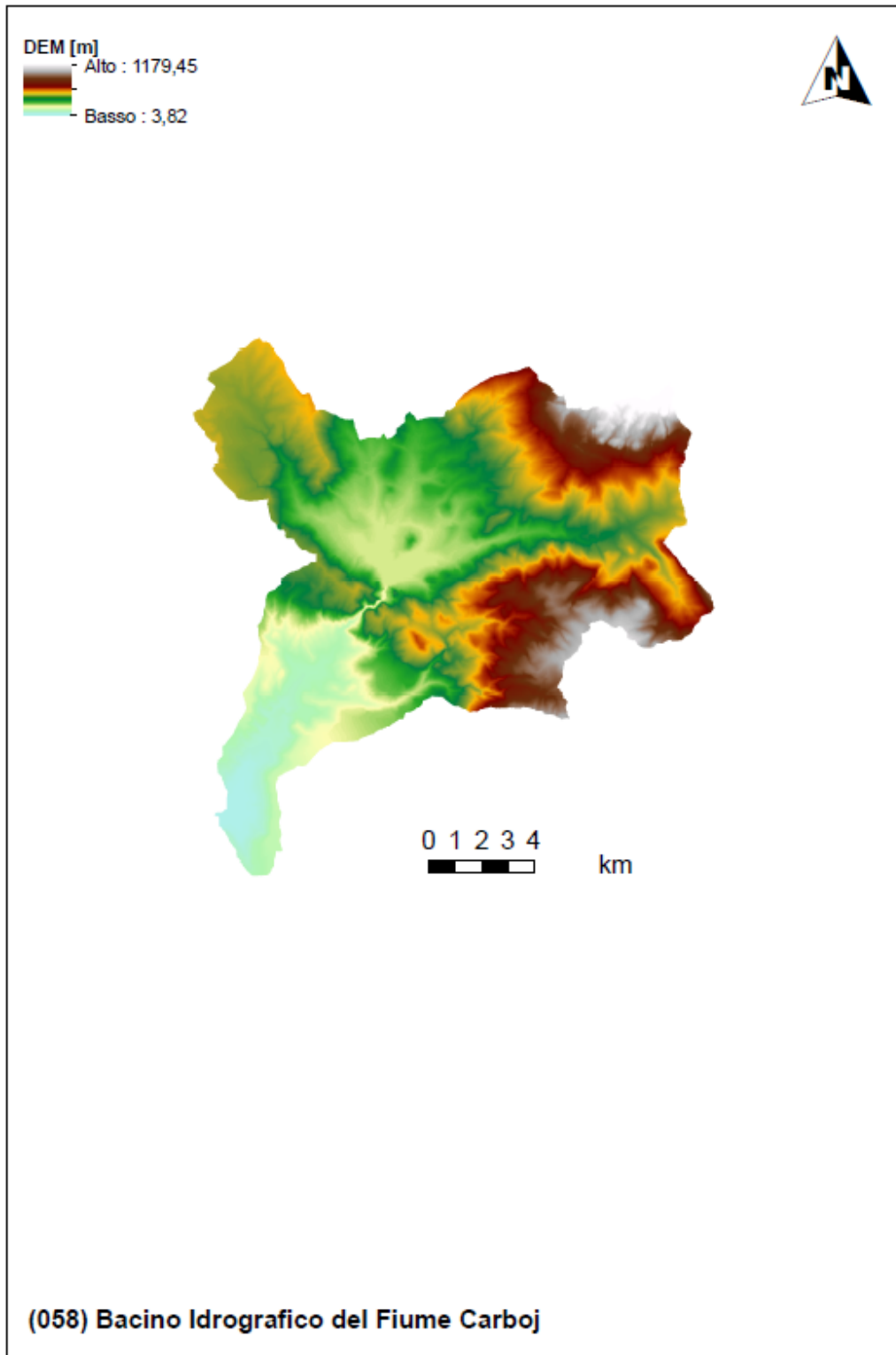


Figura 2 Modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

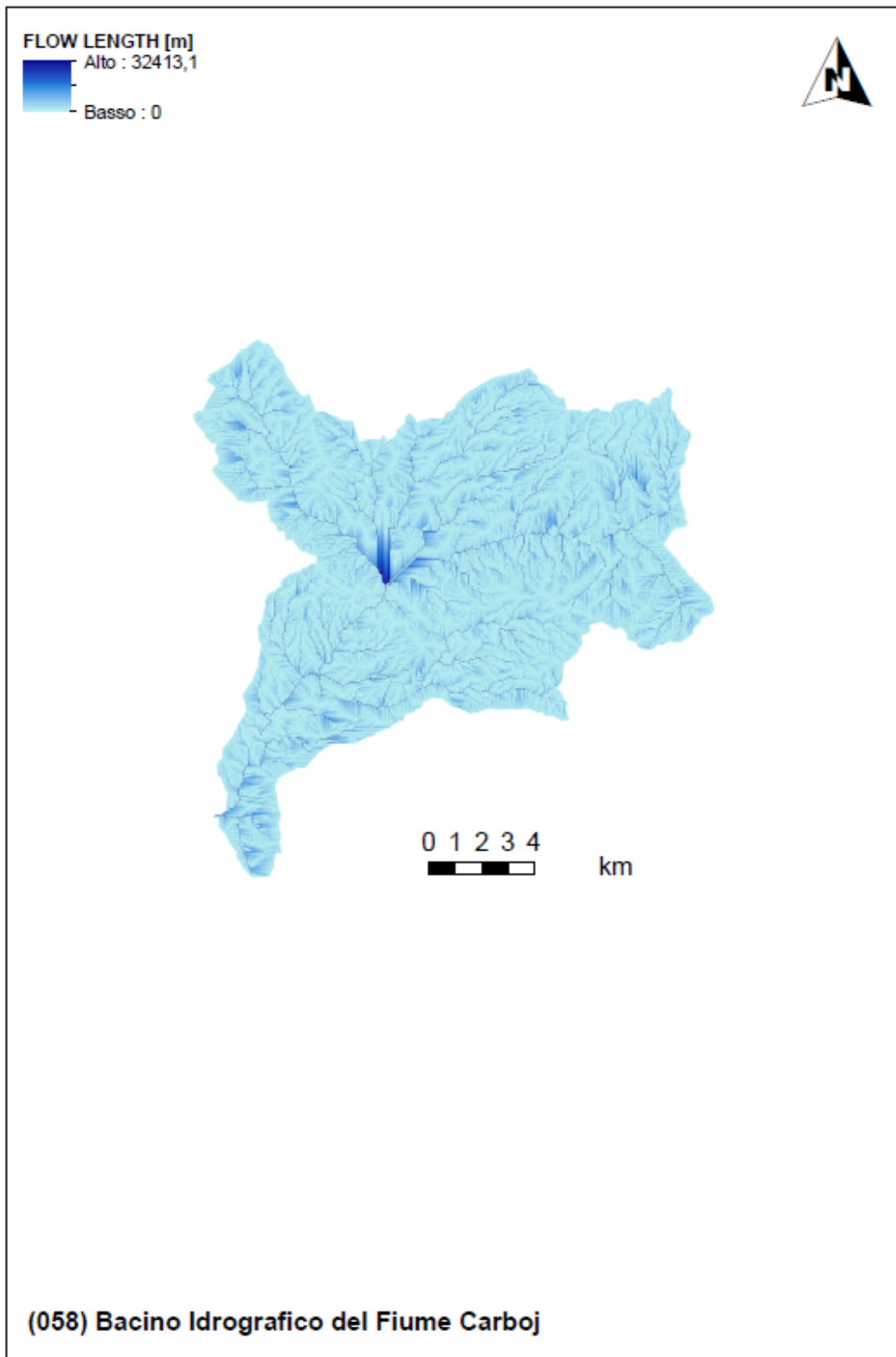


Figura 3 Lunghezze dei percorsi di drenaggio sulla base del modello digitale delle elevazioni



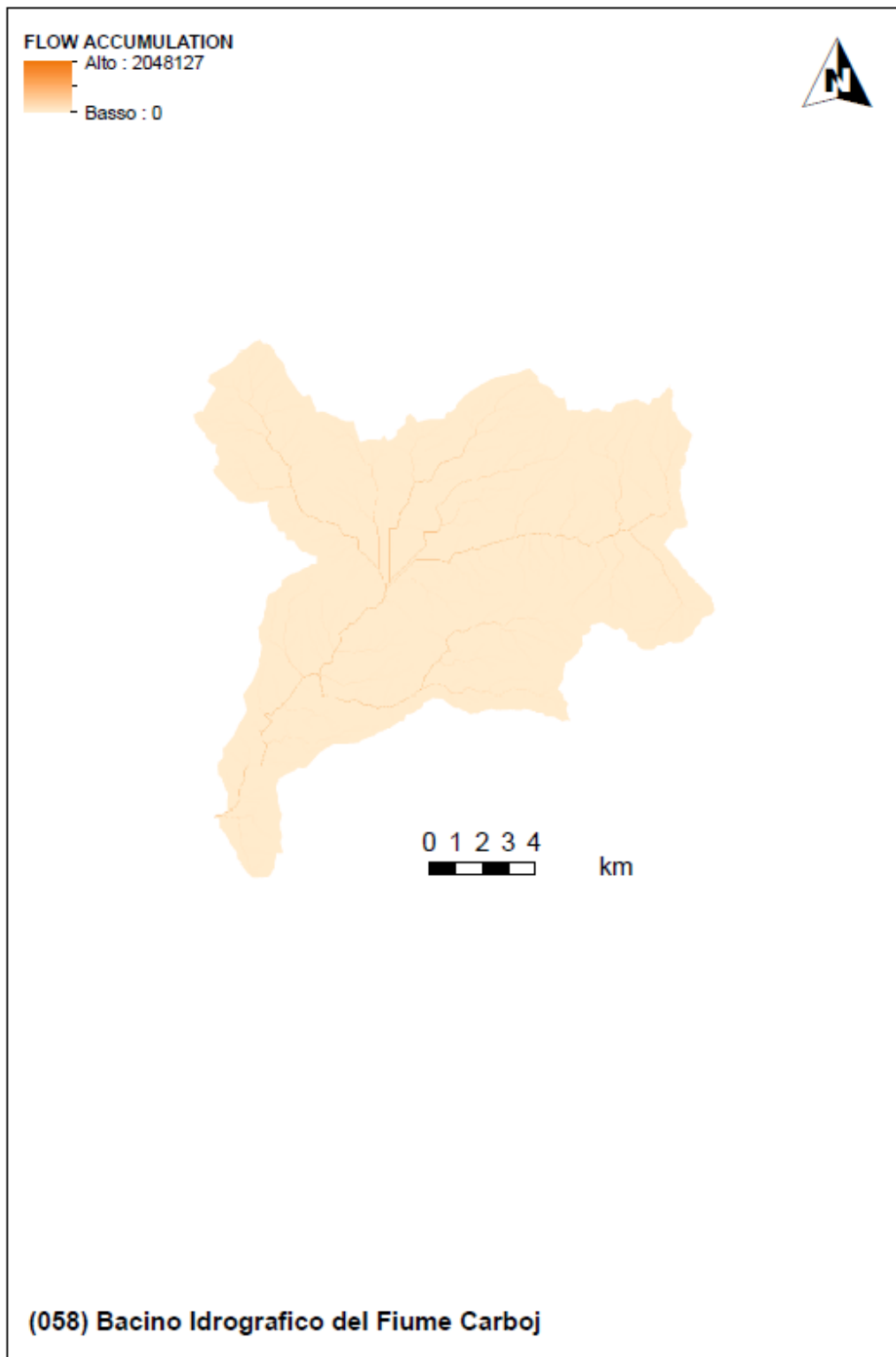


Figura 4 Funzione Flow Accumulation del bacino

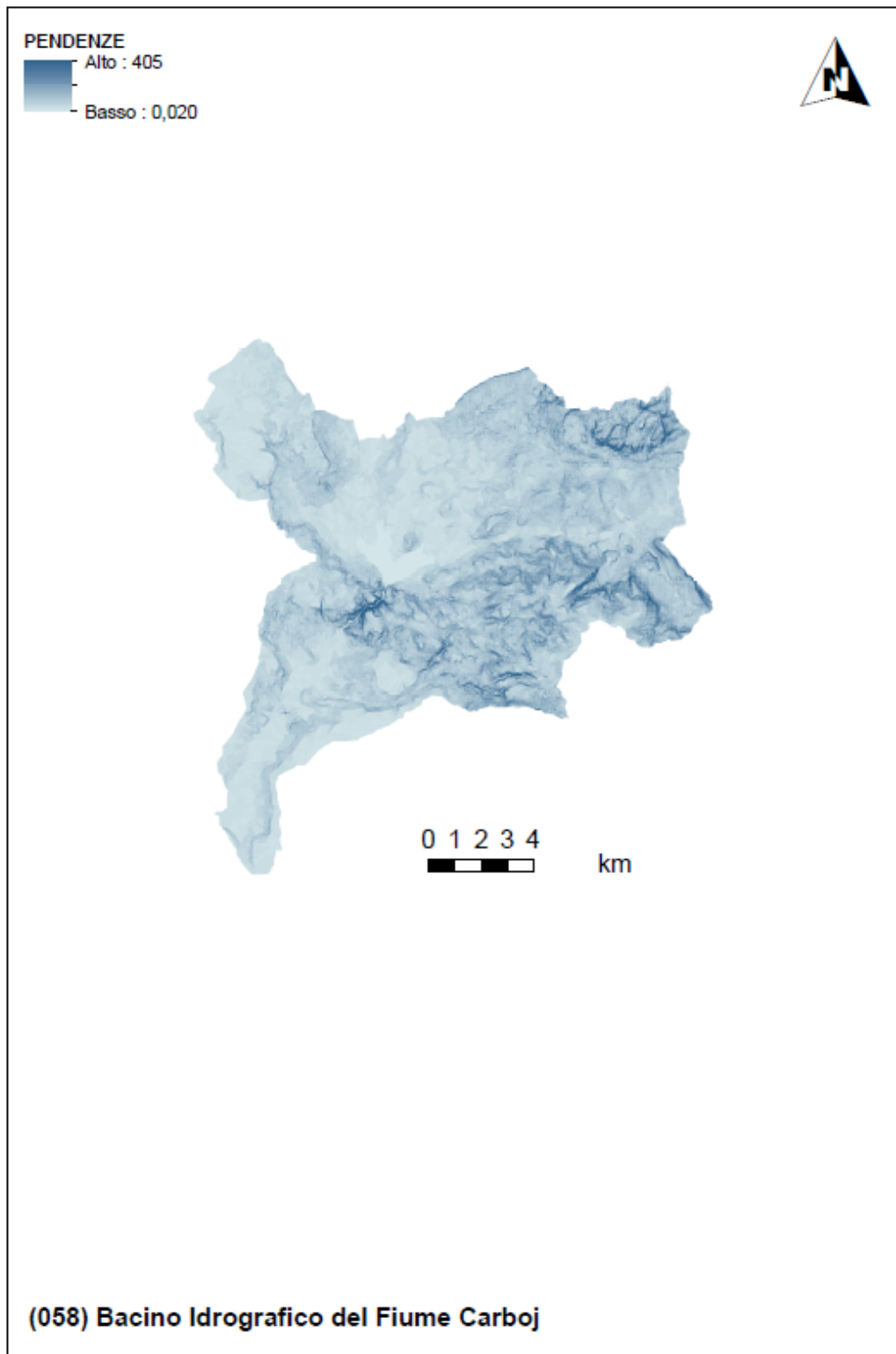


Figura 5 Carta delle pendenze [%] sulla base del modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

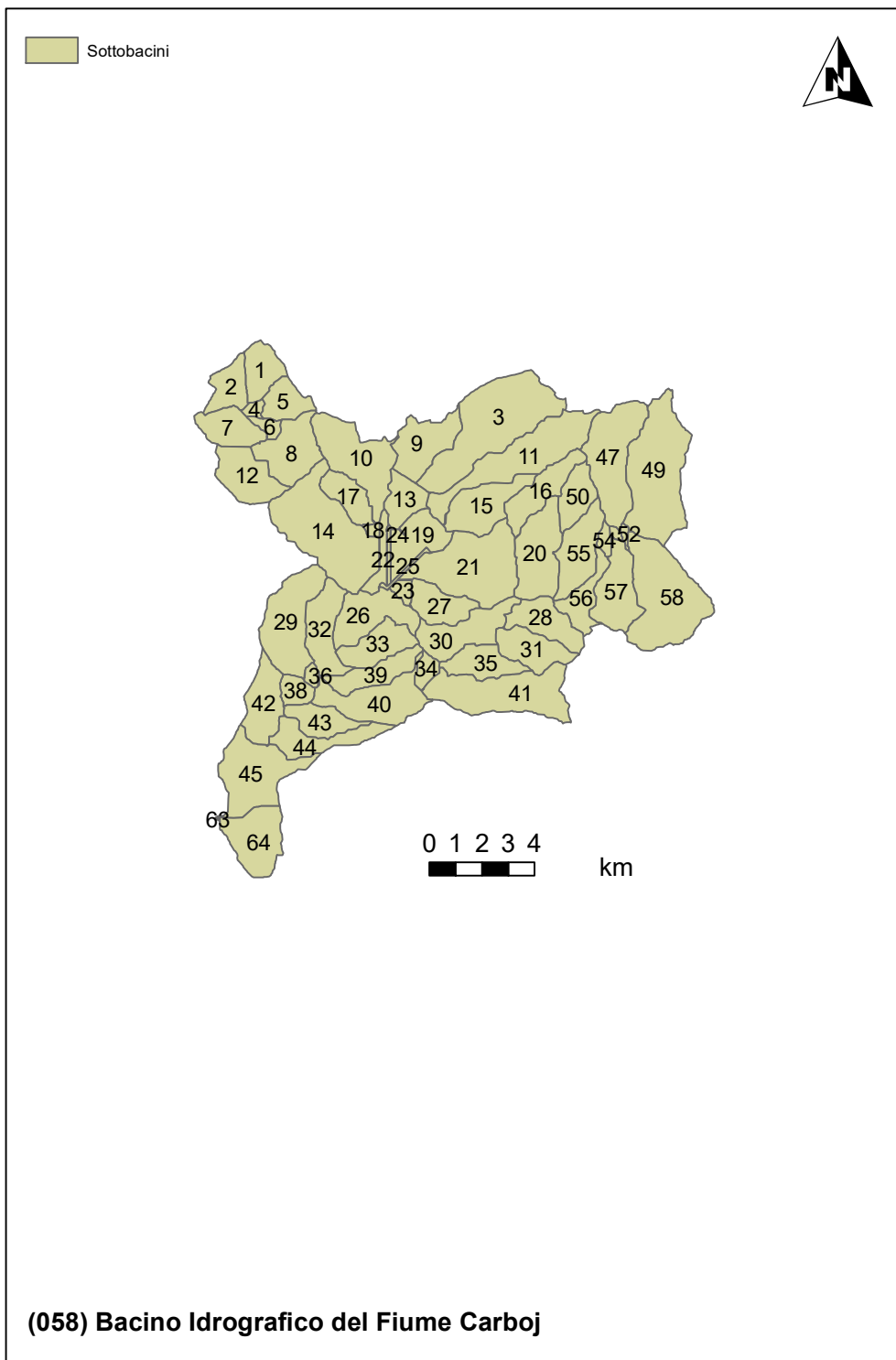


Figura 6 Delimitazione dei sottobacini sulla base delle caratteristiche morfologiche e della densità di drenaggio

### 3 Valutazione delle variabili climatiche e di consumo di suolo

Come ampiamente discusso nella relazione generale, l'analisi climatica è stata sviluppata in due fasi:

- L'analisi del trend sul tempo di ritorno della variabile indice (altezza di pioggia pari a 50 mm in un'ora) stimato attraverso l'applicazione della GEV a subset di dati di dimensioni progressivamente crescenti inglobando gli ultimi dati registrati disponibili;
- L'analisi del trend climatico sulle serie di piogge di massima intensità annuale e fissata durata.

La prima analisi è stata effettuata perché funzionale alla stima del rischio di piene lampo e dell'evoluzione di tale rischio nello scenario di cambiamento climatico di medio termine (2050).

I tempi di ritorno risultano medio alti (in generale superiori a 25 anni) incidendo positivamente sulla valutazione del rischio di piene lampo nel bacino. Non si manifestano significative variazioni nello scenario climatico di medio termine anche se i tempi di ritorno scendono leggermente senza che ciò determini aggravamenti del quadro della suscettibilità del bacino alle piene improvvise.

La seconda analisi è stata effettuata perché funzionale alla stima dell'impatto climatico sulle altre piene che possono interessare il reticolo idrografico (per bacini superiori a 2 km<sup>2</sup>).

I trend riscontrati nei dati risultano sempre significativi con qualche rara eccezione (con livello di significatività pari a 0.05) e debolmente positivo o debolmente negativi in ragione dell'area e della variabile considerata.

L'analisi climatica finalizzata alla valutazione del rischio di piene lampo è stata anche integrata con la valutazione del consumo di suolo ad oggi (dati 2019) e, sulla base della tendenza media del periodo 2012 – 2019, allo scenario di medio termine (2050). La tendenza media del periodo 2012 – 2019 è stata proiettata al fine di valutare l'area che, bacino per bacino, presumibilmente sarà consumata al 2050.

I dati mostrano un consumo di suolo significativo nei sottobacini più prossimi alle aree urbane con circa il 20-25% del suolo del bacino già consumato. Ovviamente i sottobacini montani e rurali evidenziano valori assai modesti e legati alla natura montuosa e sostanzialmente rurale delle aree considerate.

Il trend di consumo del suolo mostra sempre un andamento positivo con ratei di crescita annui maggiori nelle aree già maggiormente urbanizzate. Lo scenario al 2050 mostra una crescita massima del 2% rispetto al 2020 che rappresenta un valore comunque modesto sebbene positivo.

Le seguenti tavole riportano i risultati delle elaborazioni sul bacino che saranno poi utilizzate per le successive valutazioni.

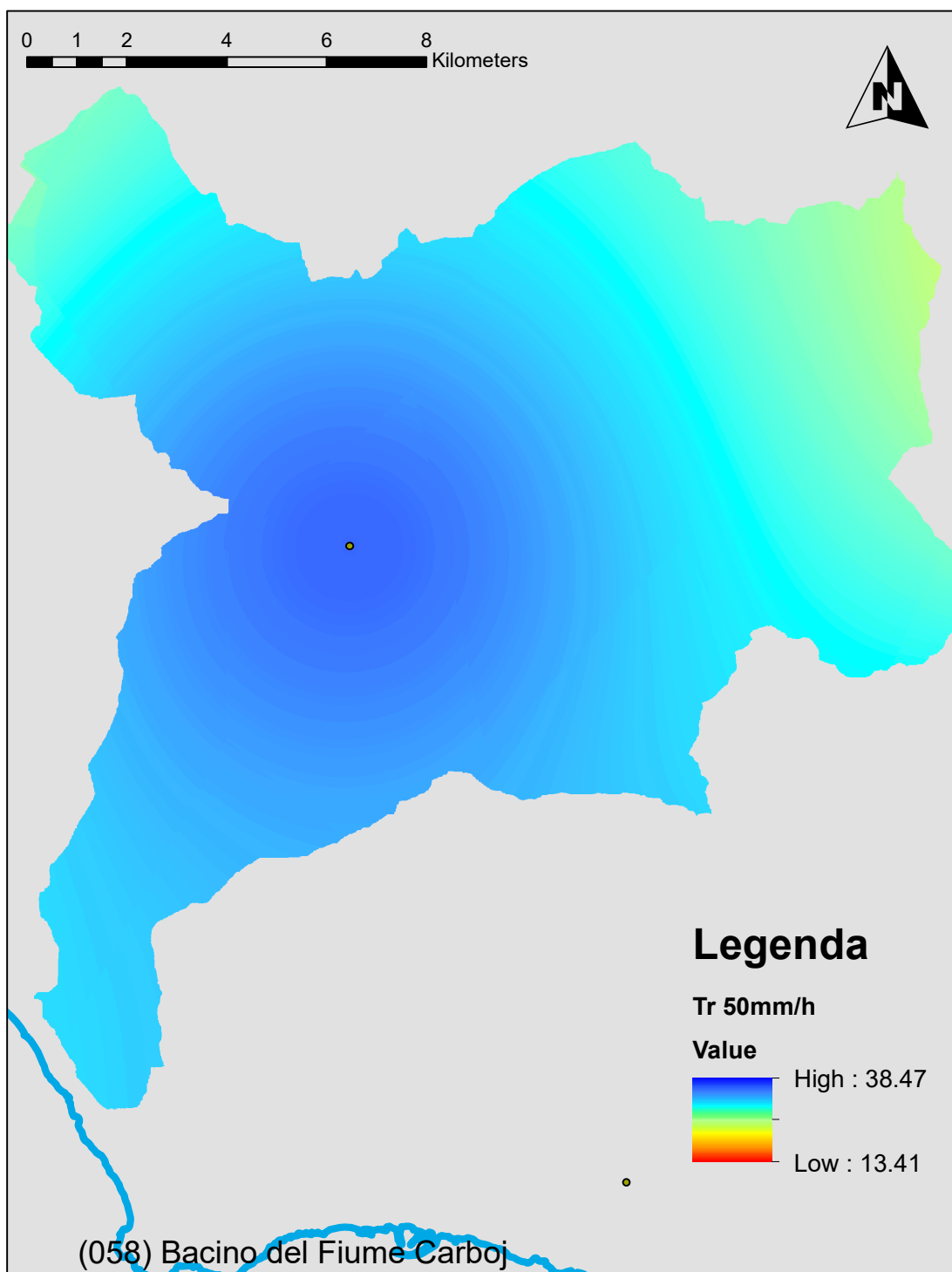


Figura 7 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario attuale (anni)

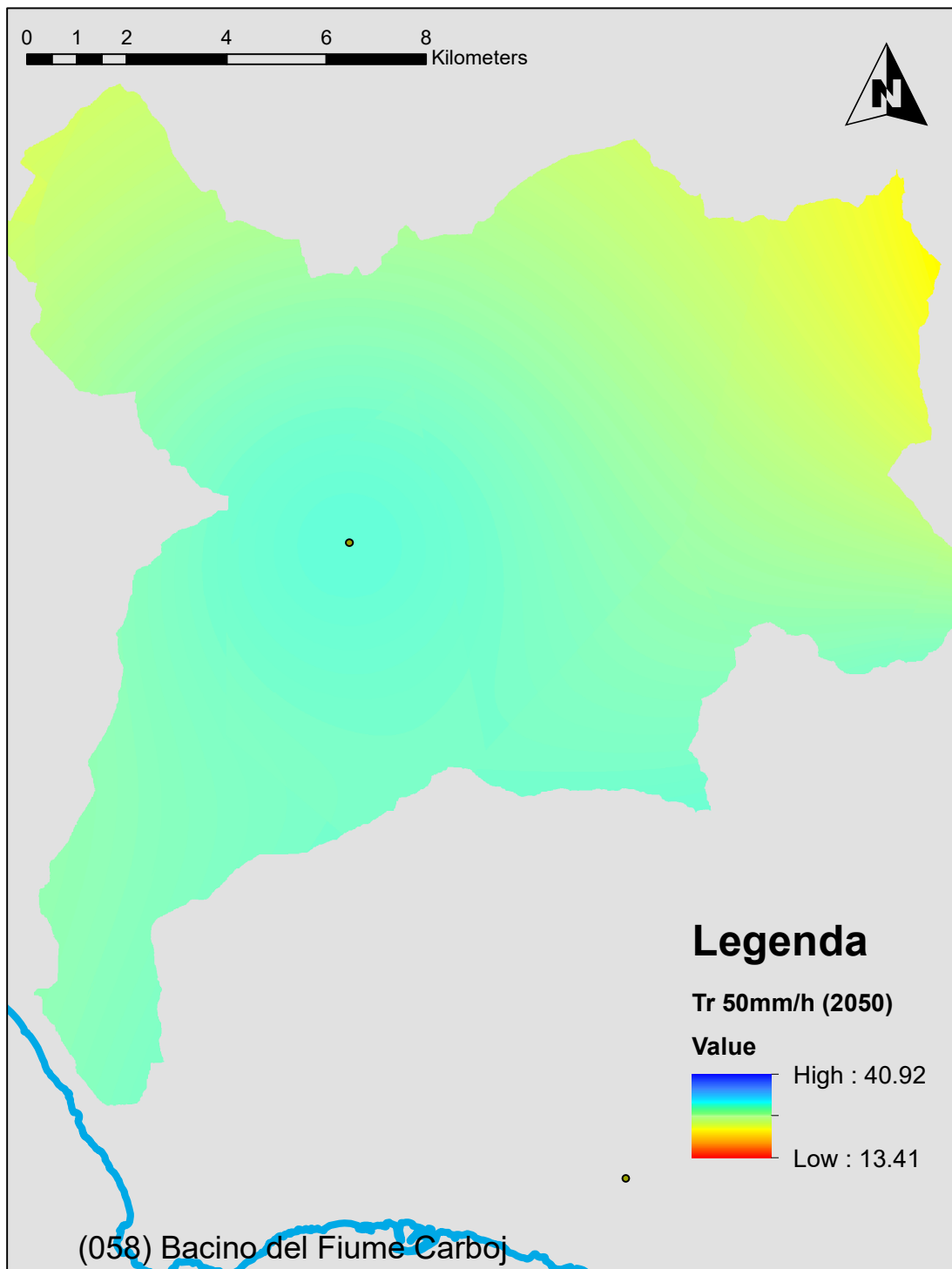


Figura 8 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario di medio termine al 2050 (anni)

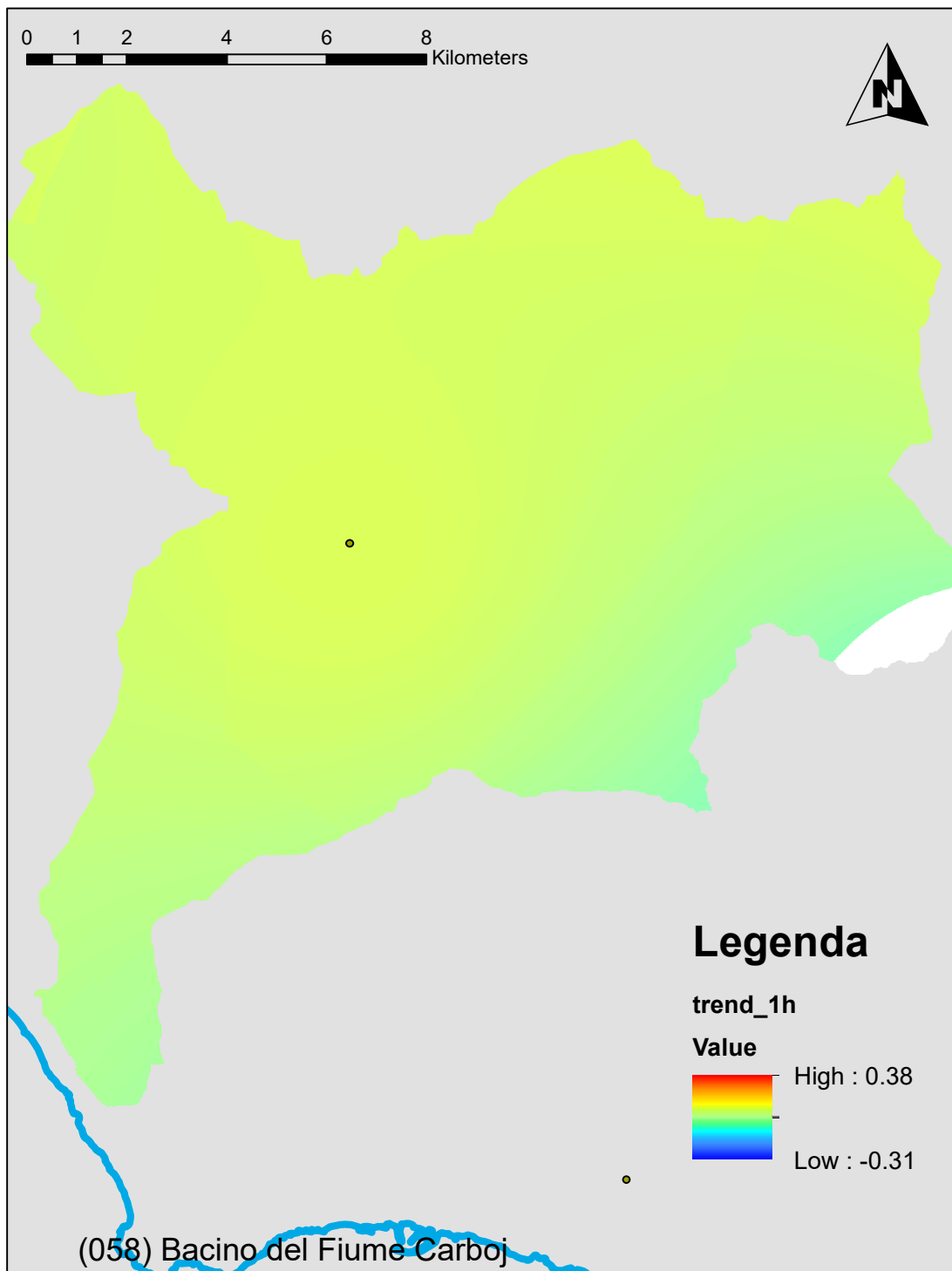


Figura 9 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 1 h (mm/anno)

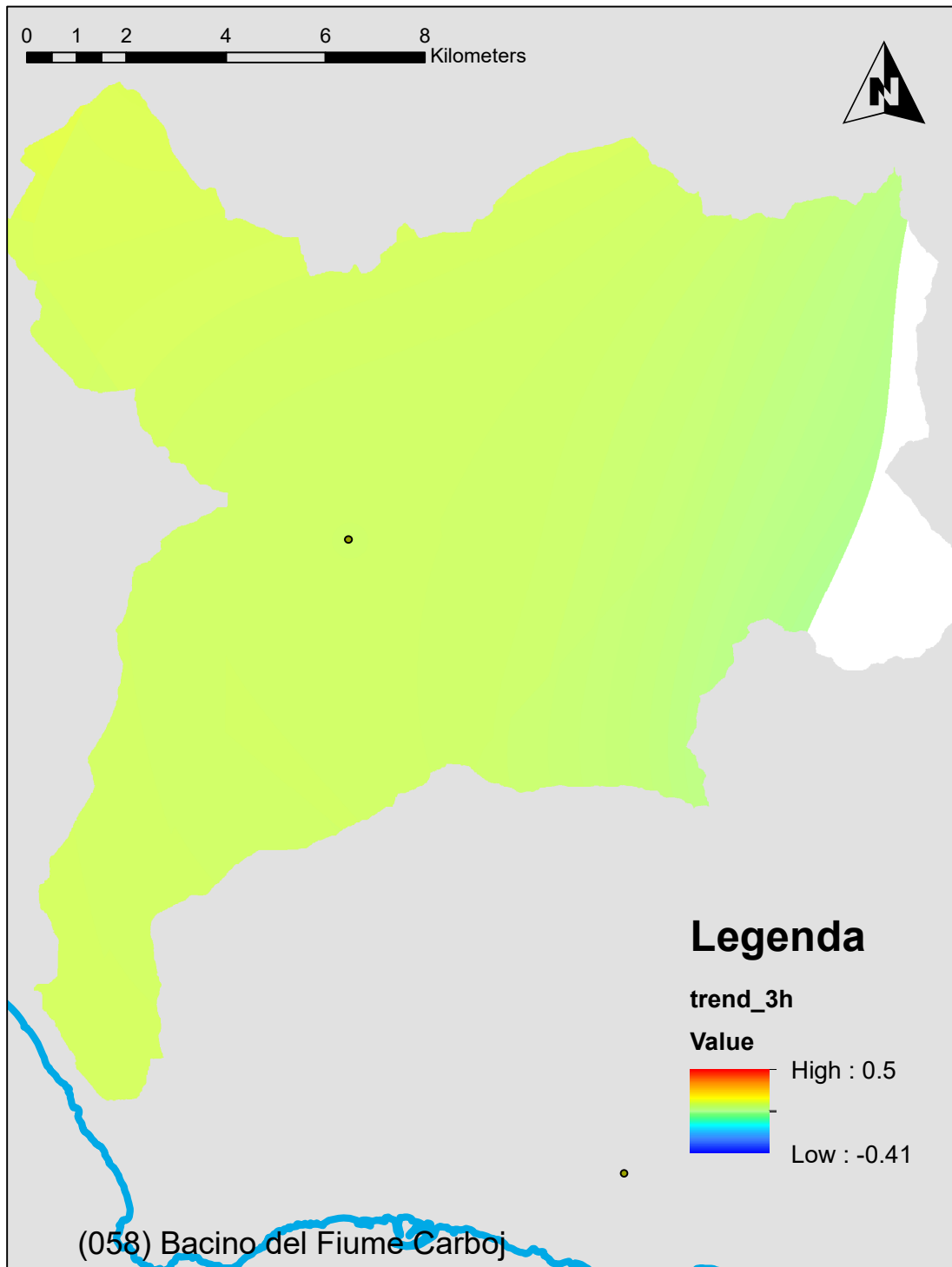


Figura 10 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 3 h (mm/anno)



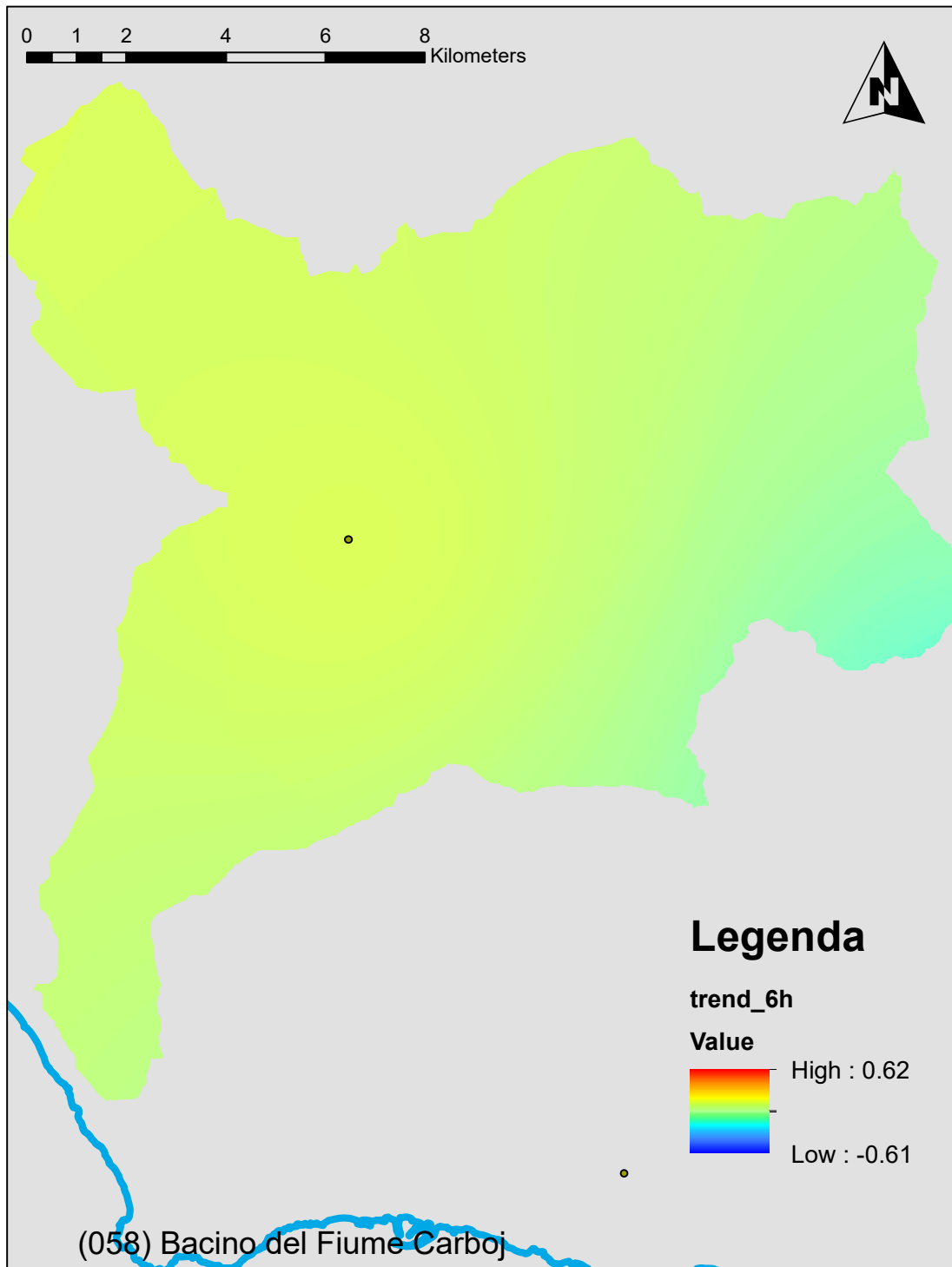


Figura 11 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 6 h (mm/anno)

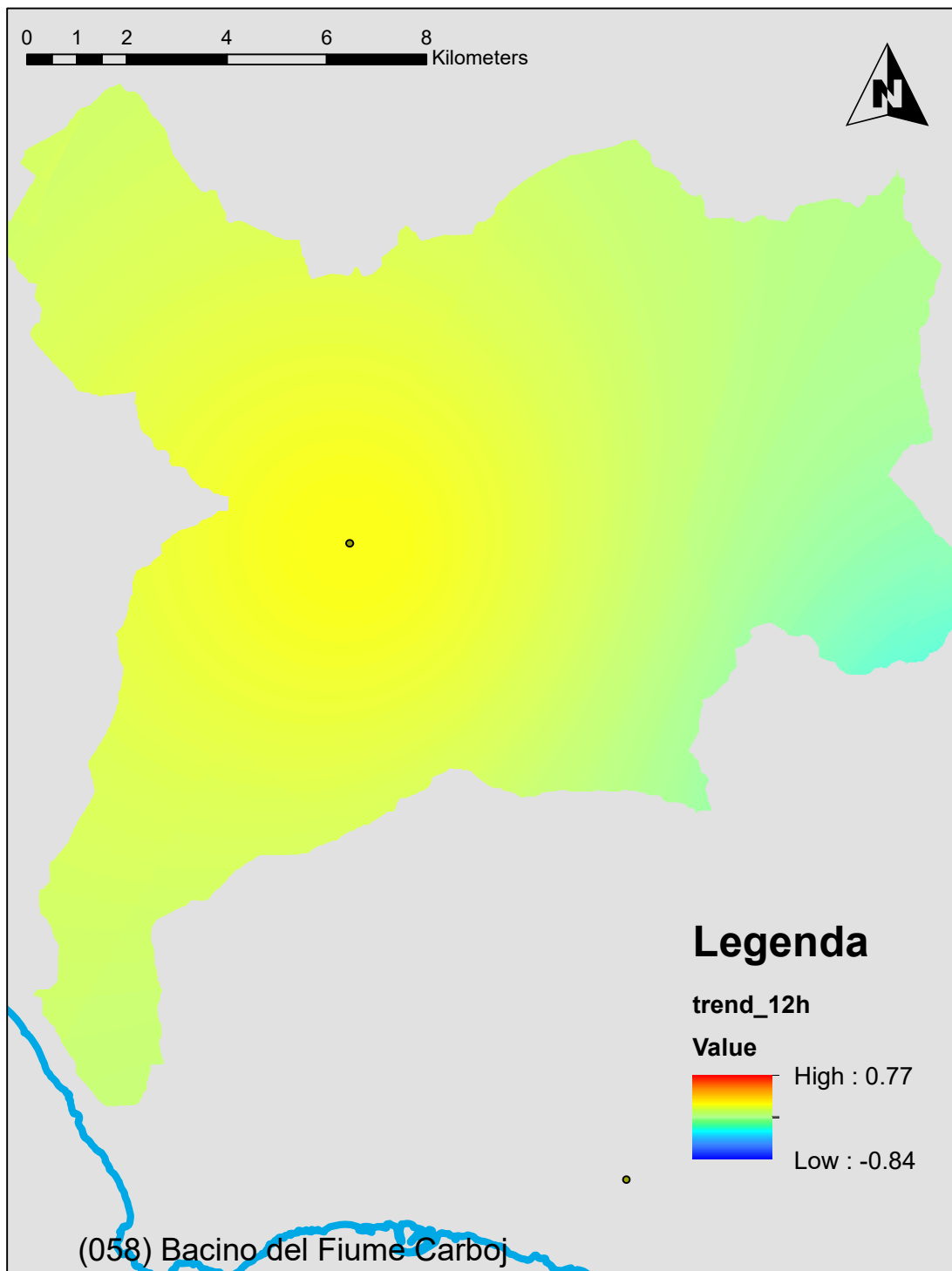


Figura 12 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 12 h (mm/anno)

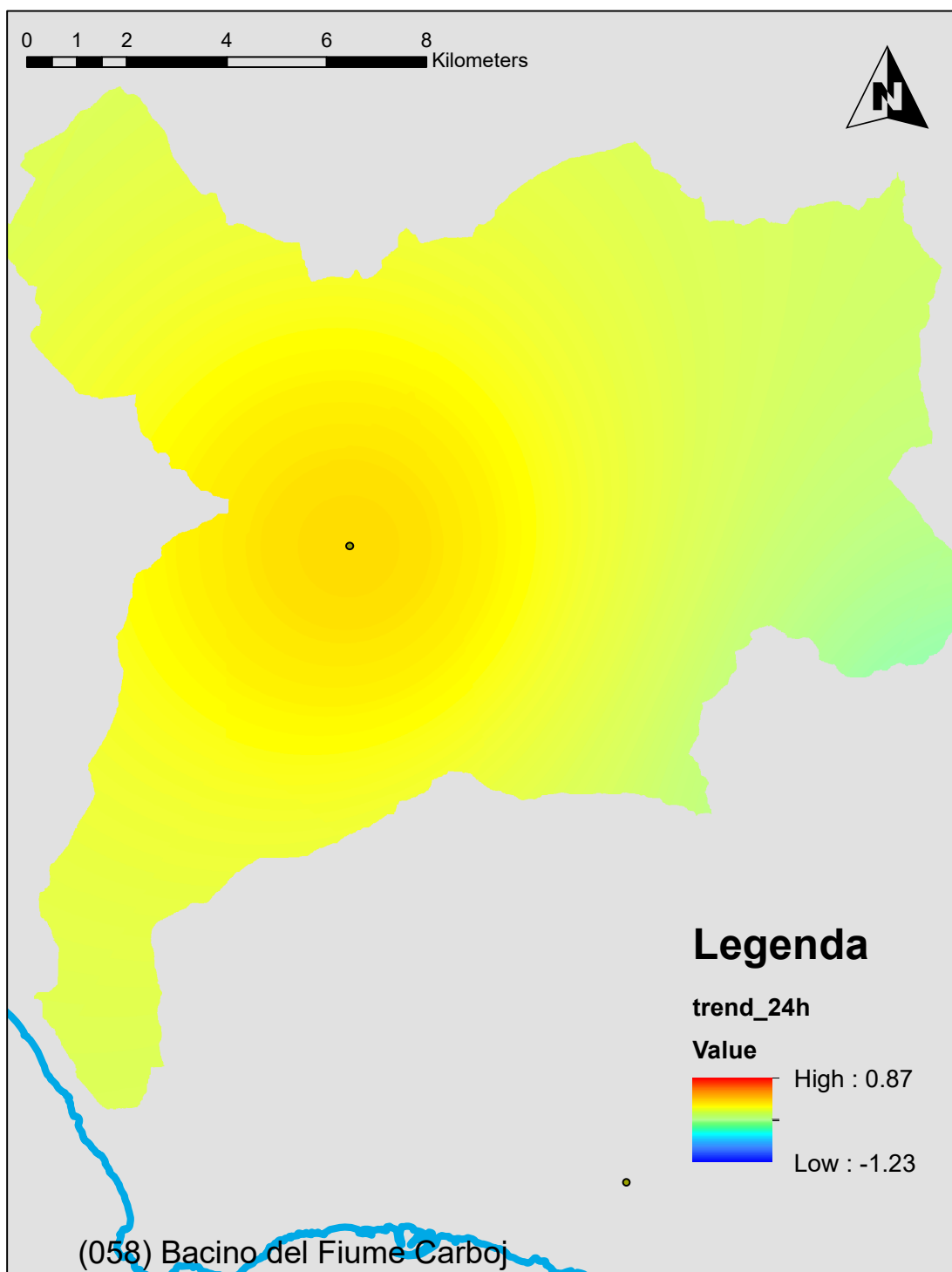


Figura 13 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 24 h (mm/anno)

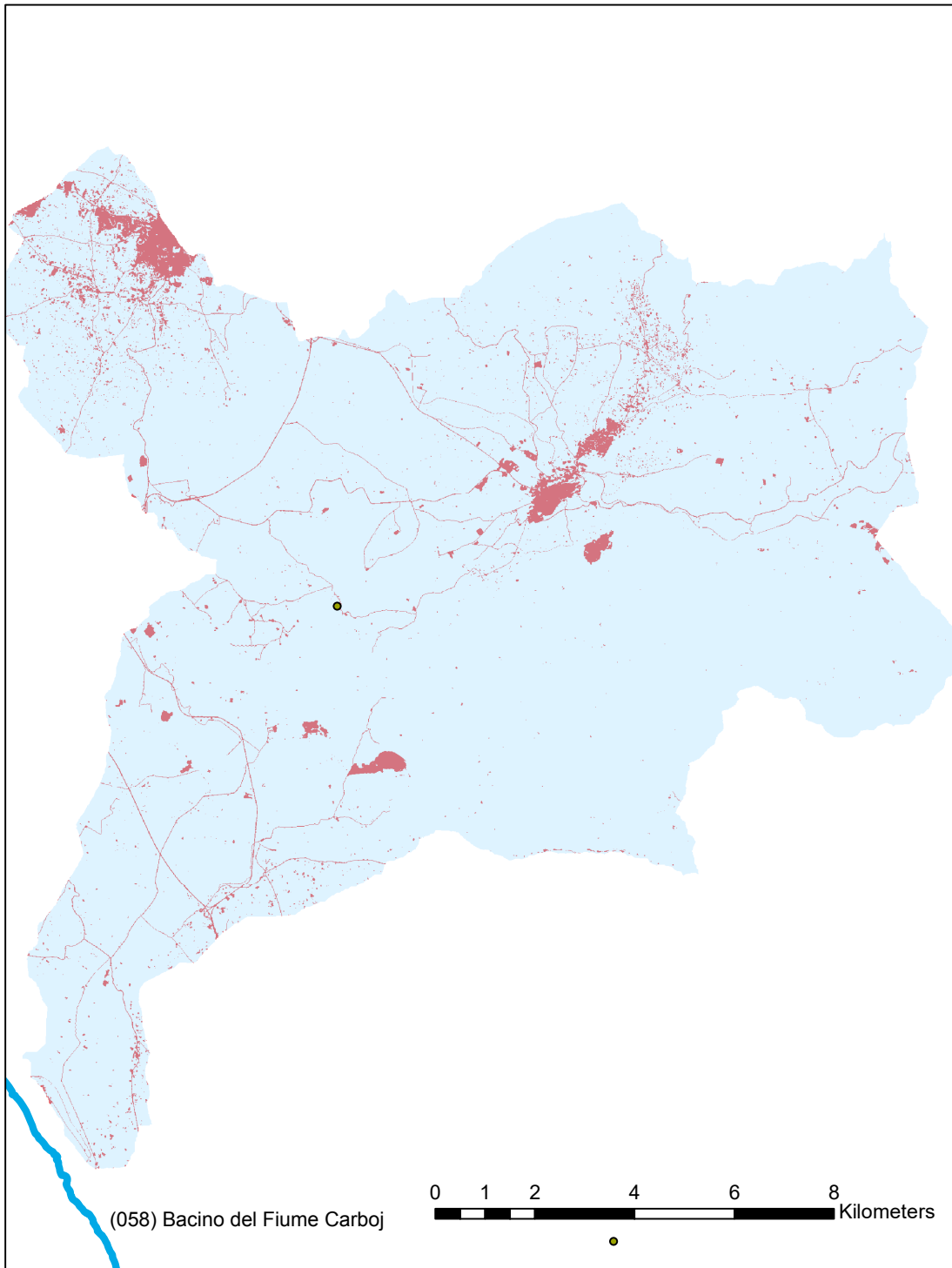
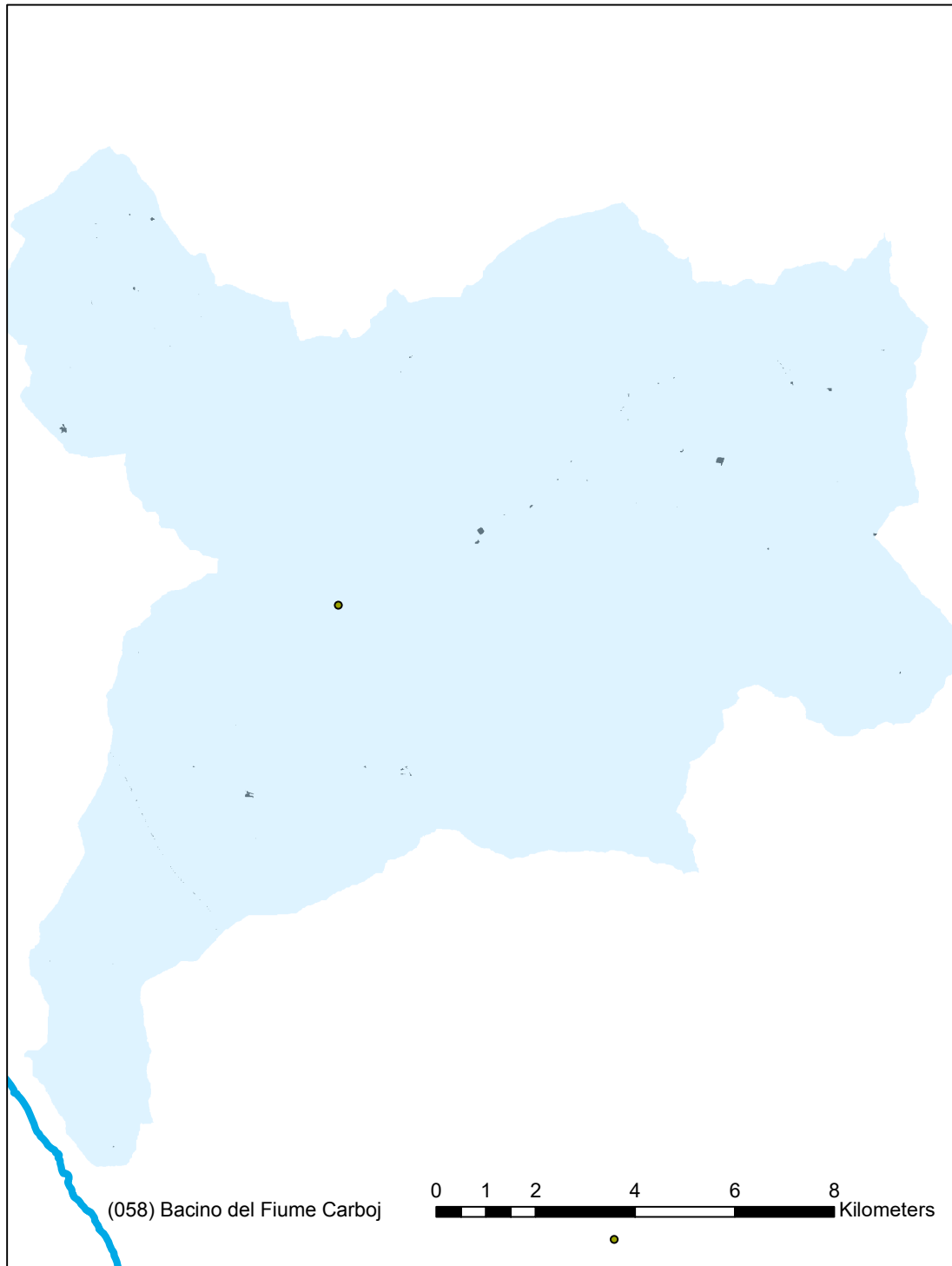


Figura 14 Suolo consumato al 2019 (-)



**Figura 15** Variazione del suolo consumato tra il 2012 ed il 2019: in verde le aree ripristinate a suolo naturale; in nero le aree consumate nel periodo di riferimento (-)

## 4 Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo

Sulla base della metodologia Arno (*Brugioni et al.*, 2010), sono stati individuati 4 fattori predisponenti e ciascun fattore suddiviso in 4 classi di suscettibilità.

### L'area dei sottobacini

- Minore di 3 km<sup>2</sup> – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 3 a 5 km<sup>2</sup> – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 5 a 7 km<sup>2</sup> – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 7 km<sup>2</sup> – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

### Il tempo di Lag del sottobacino valutato sulla base delle formulazioni proposte da Brugioni et al. (2010)

- Minore di 0.6 h – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 0.6 h a 1.2 h – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 1.2 h a 2 h – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 2 h – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

### Il tempo di ritorno della pioggia intensa indice (50 mm in un'ora)

- Minore di 20 anni – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 20 a 23.5 anni – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 23.5 a 27 anni – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 27 anni – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

### Grado di consumo del suolo

- Maggiore del 30% – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 20% al 30% – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 10% al 20% – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Minore del 10% – Classe 1 (Suscettibilità Bassa)

Le tavole relative ai 4 fattori sono stati riportate nel seguito. La figura 11 riporta la media pesata dei 4 fattori attribuendo ciascun bacino ad una differente classe di suscettibilità.

Il valore del tempo di lag è funzione del tempo di corrivazione che è a sua volta è stato calcolato con le molteplici formulazioni proposte in letteratura e che di seguito sono riportate.

$$\text{Giandotti} = (4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot (Q_{\text{med}} - Q_{\text{min}})^{0.5})$$

$$\text{Kirpick} = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

$$\text{Johnstone and Cross} = (3.258 \cdot (D_{\text{max}} / i_b)^{0.5}) / 60$$

$$\text{California Culvert Practice} = ((11.9 \cdot (L \cdot 0.621371)^3) / ((Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}) \cdot 3.28084))^{0.385}$$

$$\text{NRCS SCS} = (((1000 / \text{CN}) - 9)^{0.7} \cdot (D_{\text{max}} \cdot 1000)^{0.8}) / (441 \cdot (i_b \cdot 100)^{0.5})$$

$$\text{Pezzoli} = 0.055 \cdot L / i_a^{0.5}$$

$$\text{Puglisi} = 6 \cdot \text{LunghezzaAsta}^{2/3} \cdot (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})^{-1/3}$$

$$\text{Ventura} = 0.1272 \cdot (A / i_a)^{0.5}$$

$$\text{Tournon} = ((0.396 \cdot L) / (i_a)^{0.5}) \cdot ((A / L^2) \cdot (i_a) / i_b)^{0.5} \cdot 0.72$$

$$\text{Pasini} = 0.108 \cdot ((A \cdot L)^{1/3}) / (i_a)^{0.5}$$

$$\text{Viparelli} = L / (3.5 \cdot 1.5)$$

Dove:

- A [Km<sup>2</sup>], Area del bacino idrografico
- L [Km], Lunghezza dell'asta principale
- Q<sub>max</sub> [m], Quota massima del bacino idrografico
- Q<sub>med</sub> [m], Quota media del bacino idrografico
- Q<sub>min</sub> [m], Quota minima del bacino idrografico
- CN [0-100], Curve Number
- D<sub>max</sub> [Km], Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- i<sub>b</sub> [m/m], Pendenza media del bacino idrografico
- i<sub>a</sub> [m/m], Pendenza media dell'asta principale
- V, Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra [1;1.5 ] m/s, nell'applicazione online si assume il limite superiore.
- P[Km], Perimetro del bacino idrografico

I fattori relativi alla variabile climatica ed al consumo di suolo sono stati rivalutati anche sulla base dello scenario al 2050 adottando i trend stimati nella relazione generale offrendo così anche un quadro evolutivo della situazione nel corso del prossimo trentennio (Figure 20, 21 e 22).

La Tabella 1 mostra gli indicatori numerici dei 4 criteri per ciascun sottobacino che conducono alla divisione in classi rappresentata nelle figure.

L'analisi del bacino mostra che i fattori morfologici indirizzano l'attenzione verso alcuni sottobacini montani e che sono caratterizzati da maggiori pendenze e piccole lunghezze dei percorsi di deflusso. I fattori climatici non sembrano essere discriminanti tra i sottobacini nello scenario attuale e posizionano comunque l'intero bacino nella 1° o 2° classe di suscettibilità con tempi di ritorno delle piogge indice che risultano medio alti. La situazione si modifica leggermente nello scenario di medio periodo. Il consumo di suolo, sia al 2020 che al 2050, per la gran parte dei sottobacini risulta in classe 1, tuttavia anche le altre classi sono presenti. Nello scenario di suscettività al 2020, l'analisi complessivamente individua 1 sottobacino in classe 4 per il quale il rischio di piene lampo è molto elevato e per cui è opportuno procedere alla definizione di misure specifiche. Nello scenario al 2050, il livello di suscettività aumenta per la gran parte dei sottobacini passando dalla classe 2 alla 3, in questo caso, 2 in classe 4 (in corrispondenza delle aree urbane di S.Margherita Belice e Montevago).

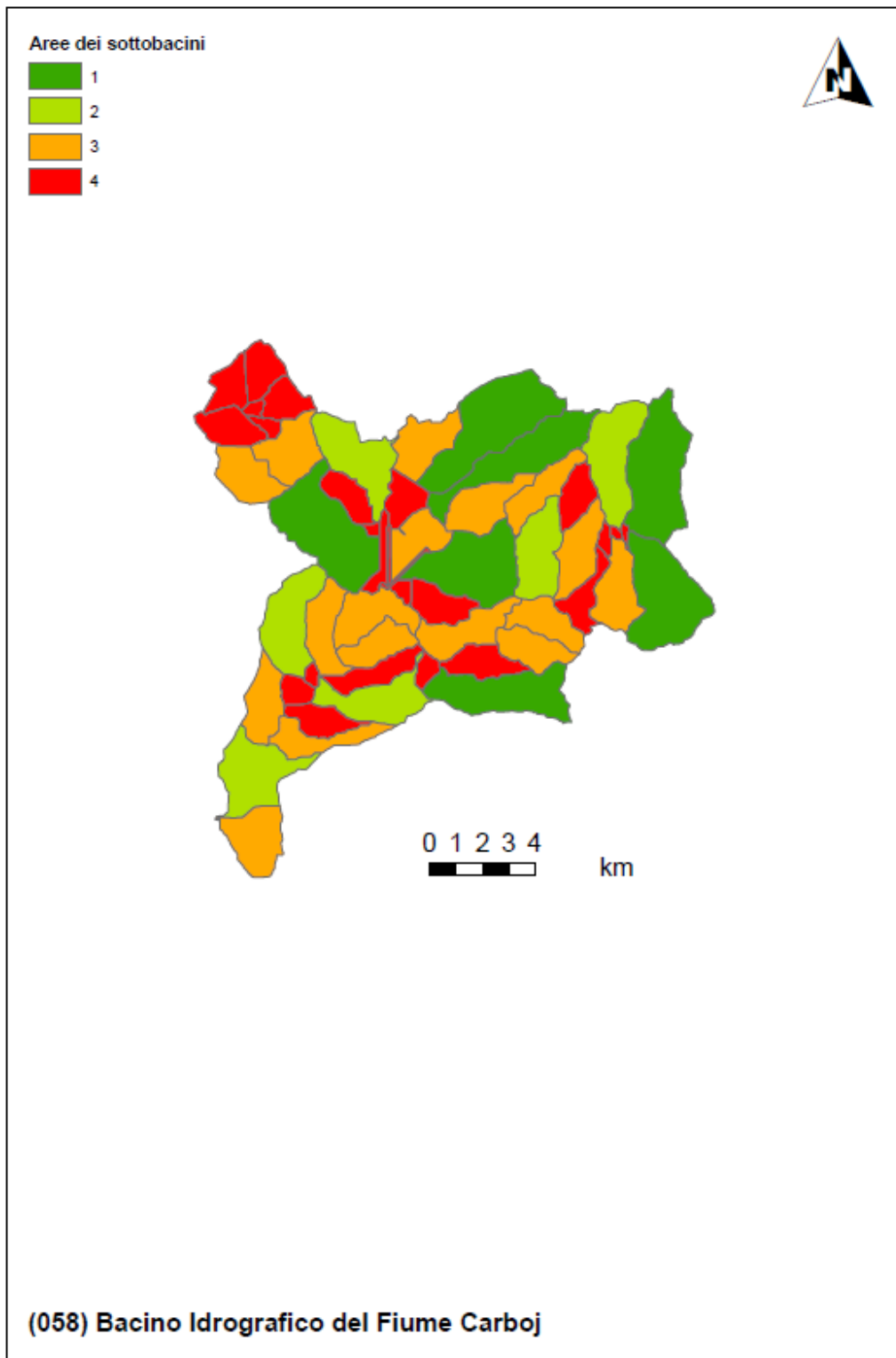


Figura 16 Fattore predisponente alle piene lampo legato all'area del sottobacino drenato



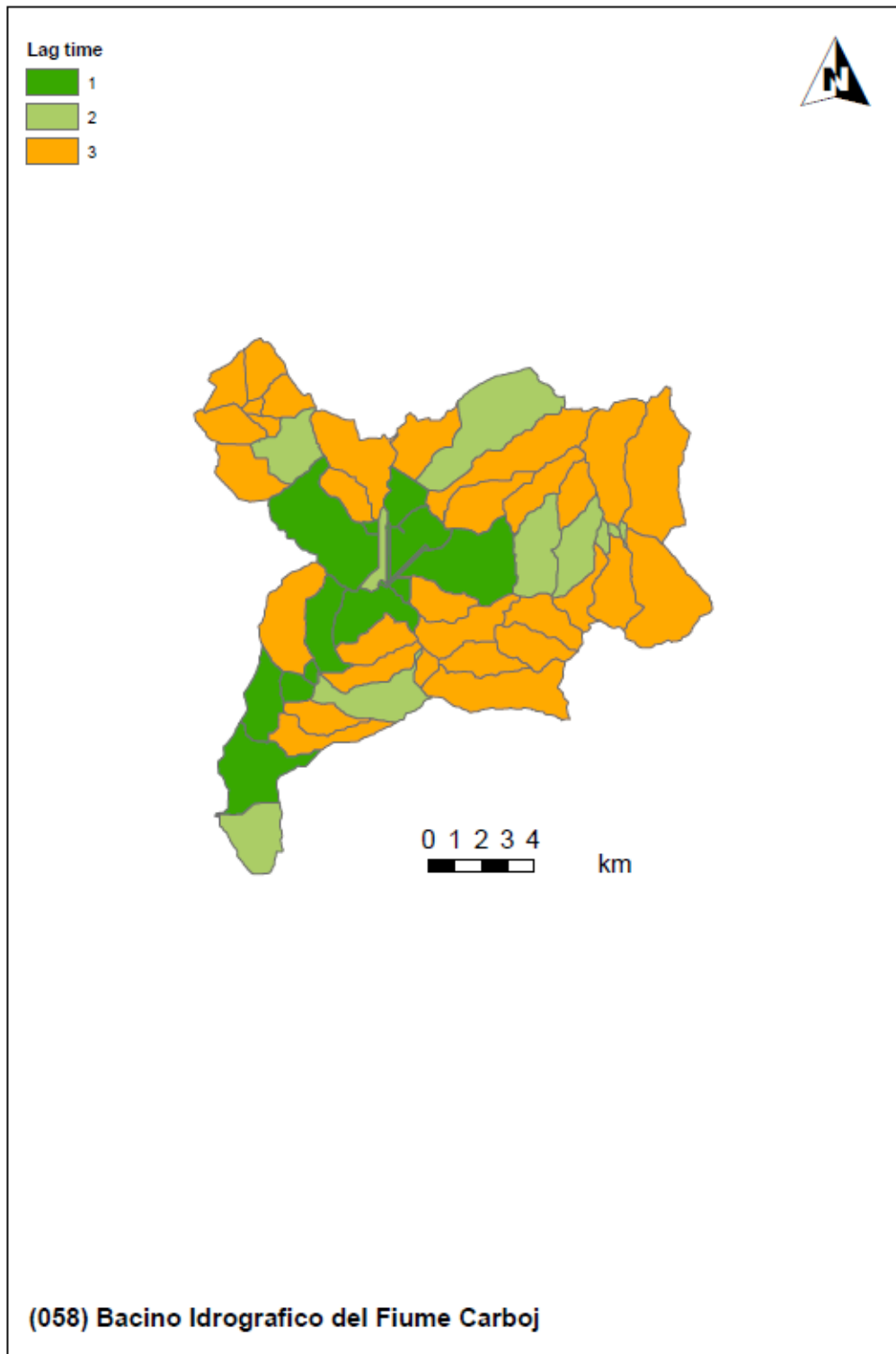


Figura 17 Fattore predisponente legato al tempo di lag del sottobacino drenato

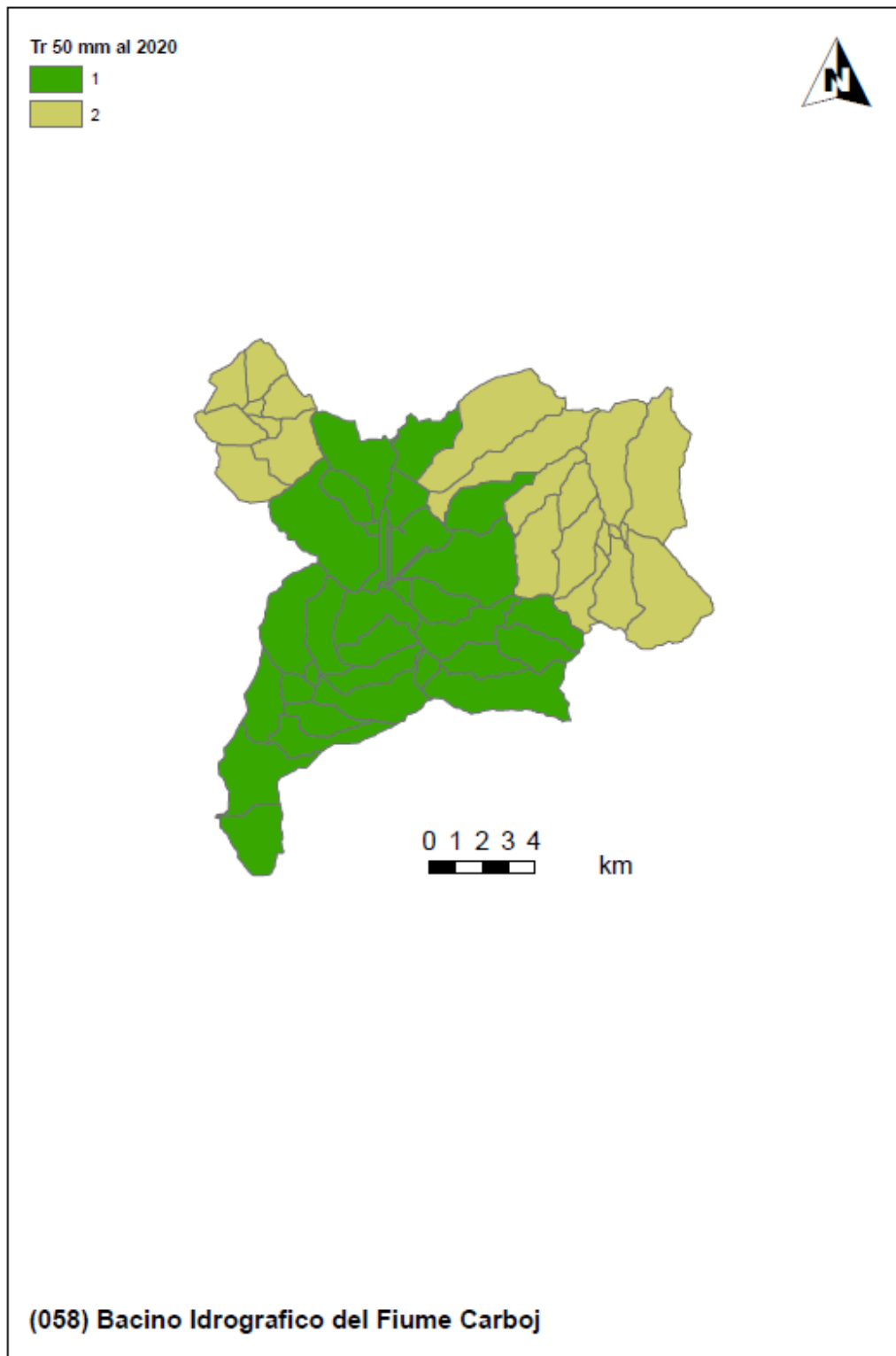


Figura 18 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario Attuale)

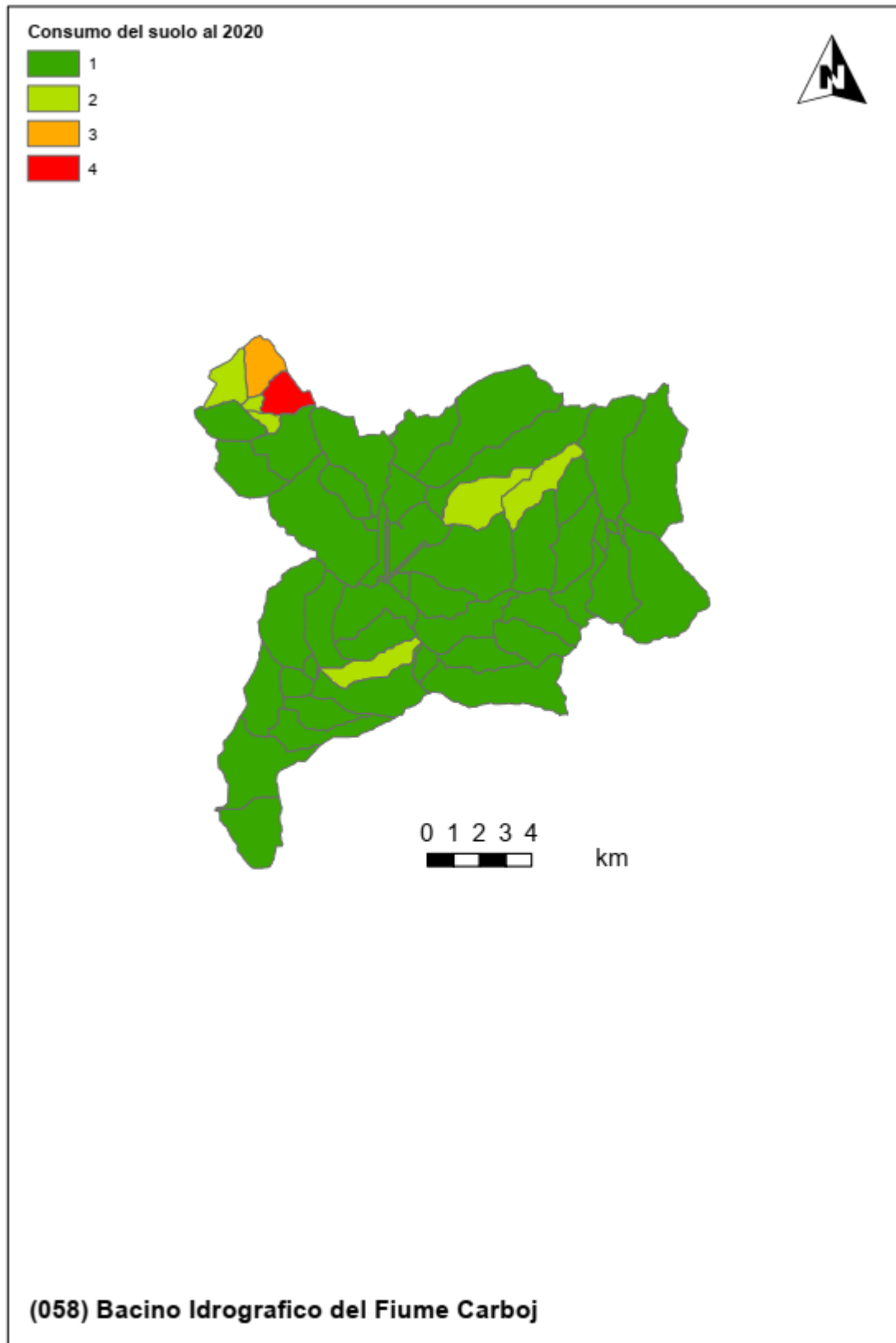


Figura 19 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario Attuale)

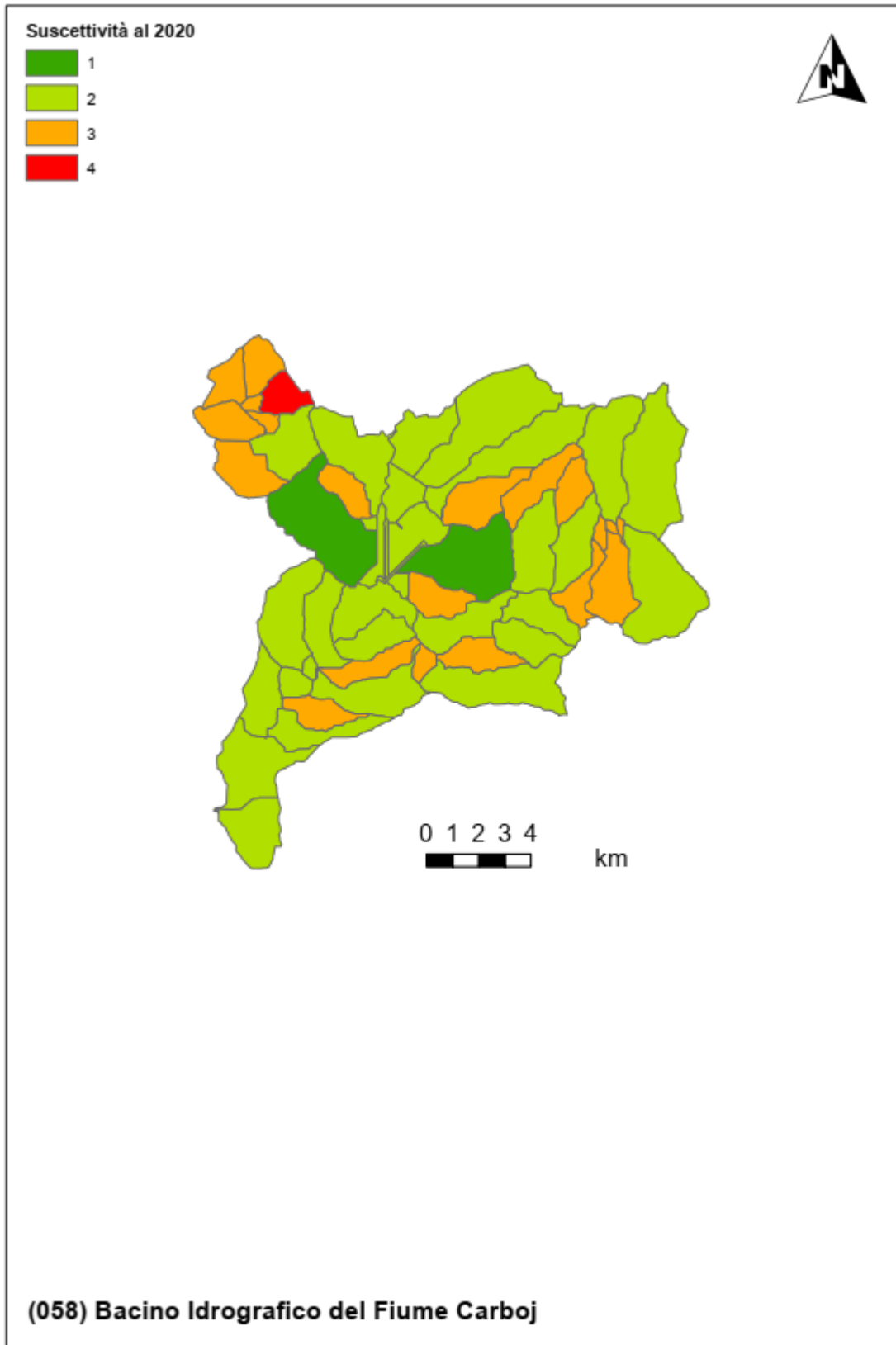


Figura 20 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario Attuale)

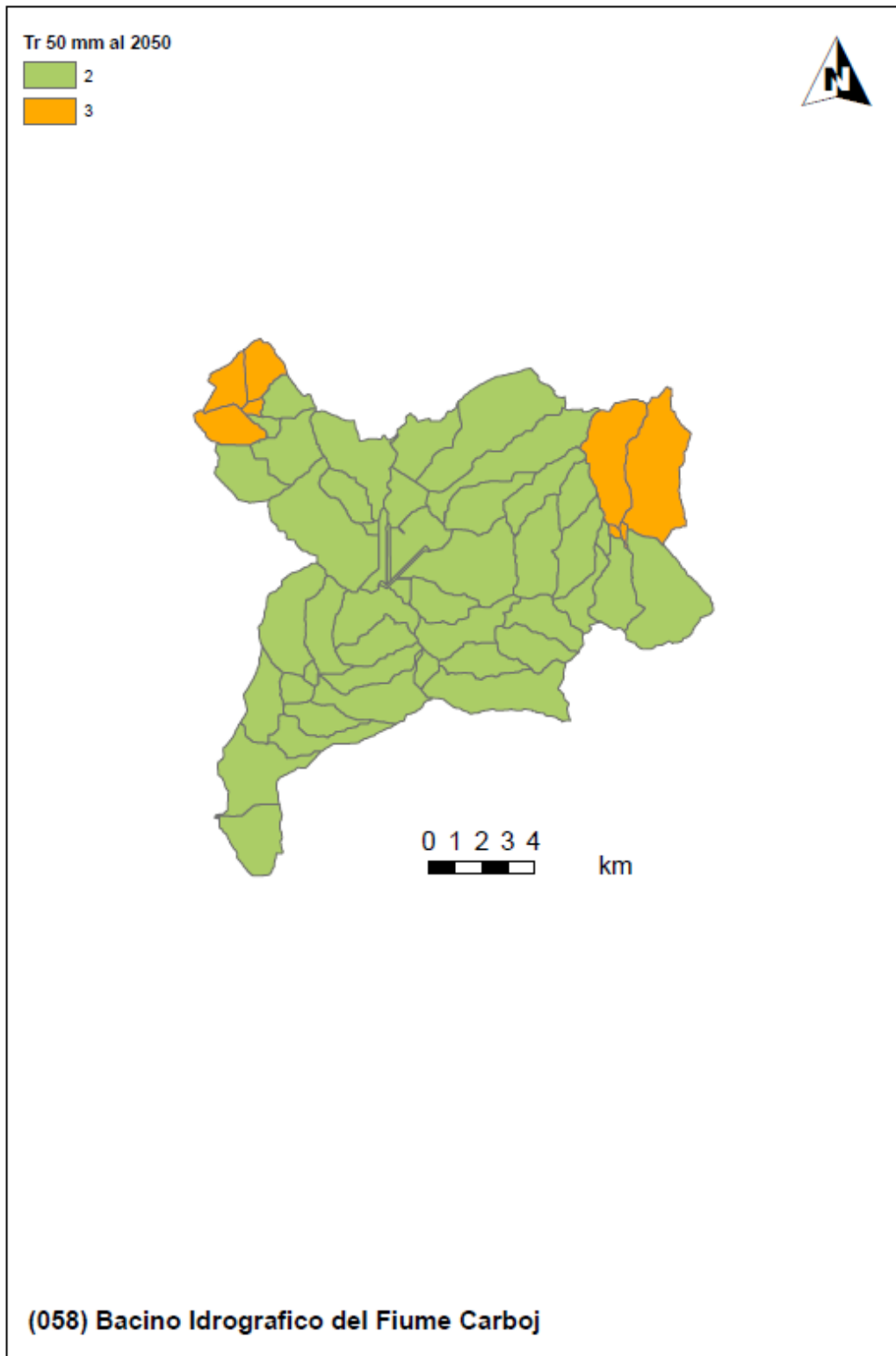


Figura 21 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario al 2050)

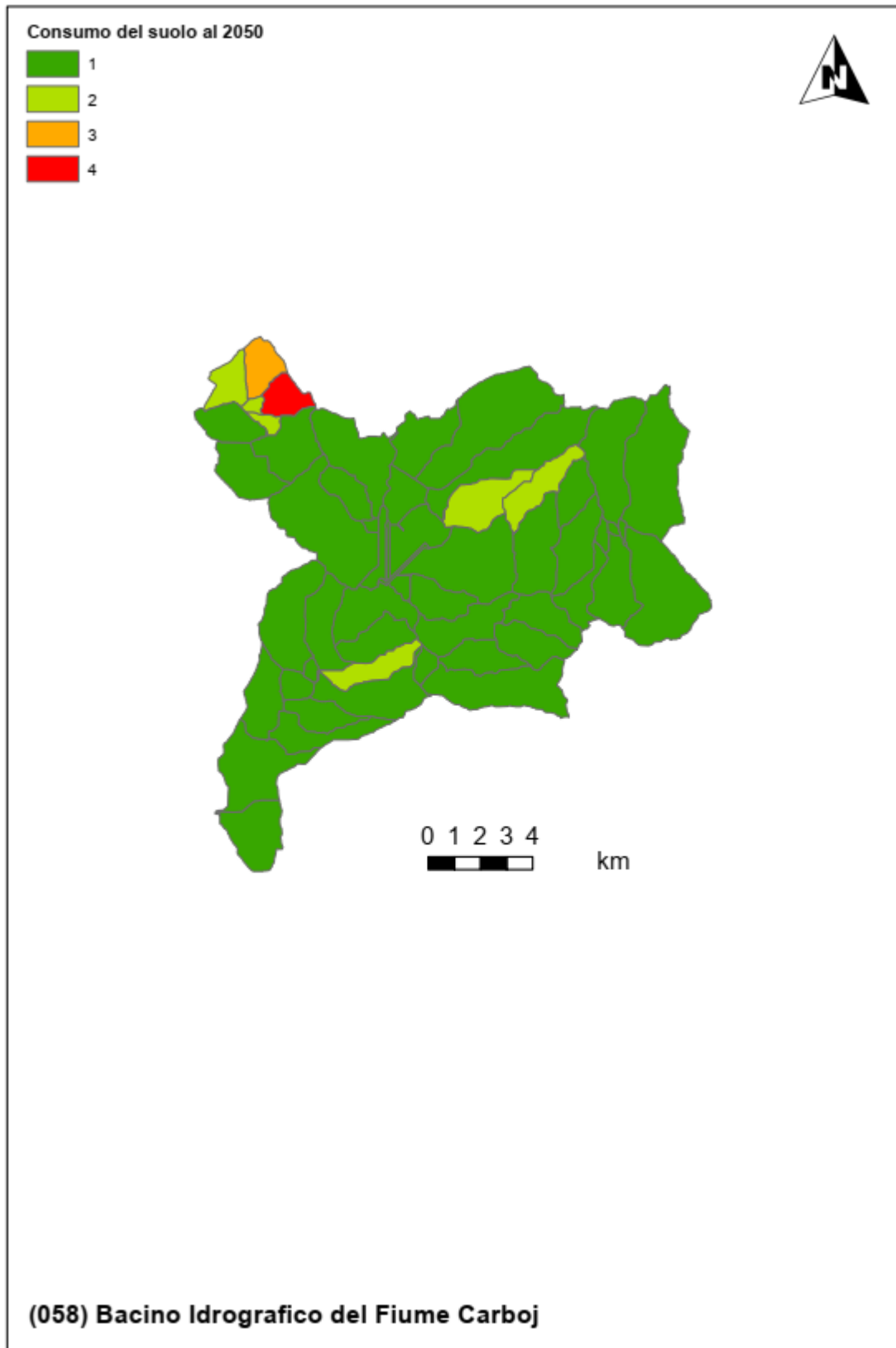


Figura 22 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario al 2050)

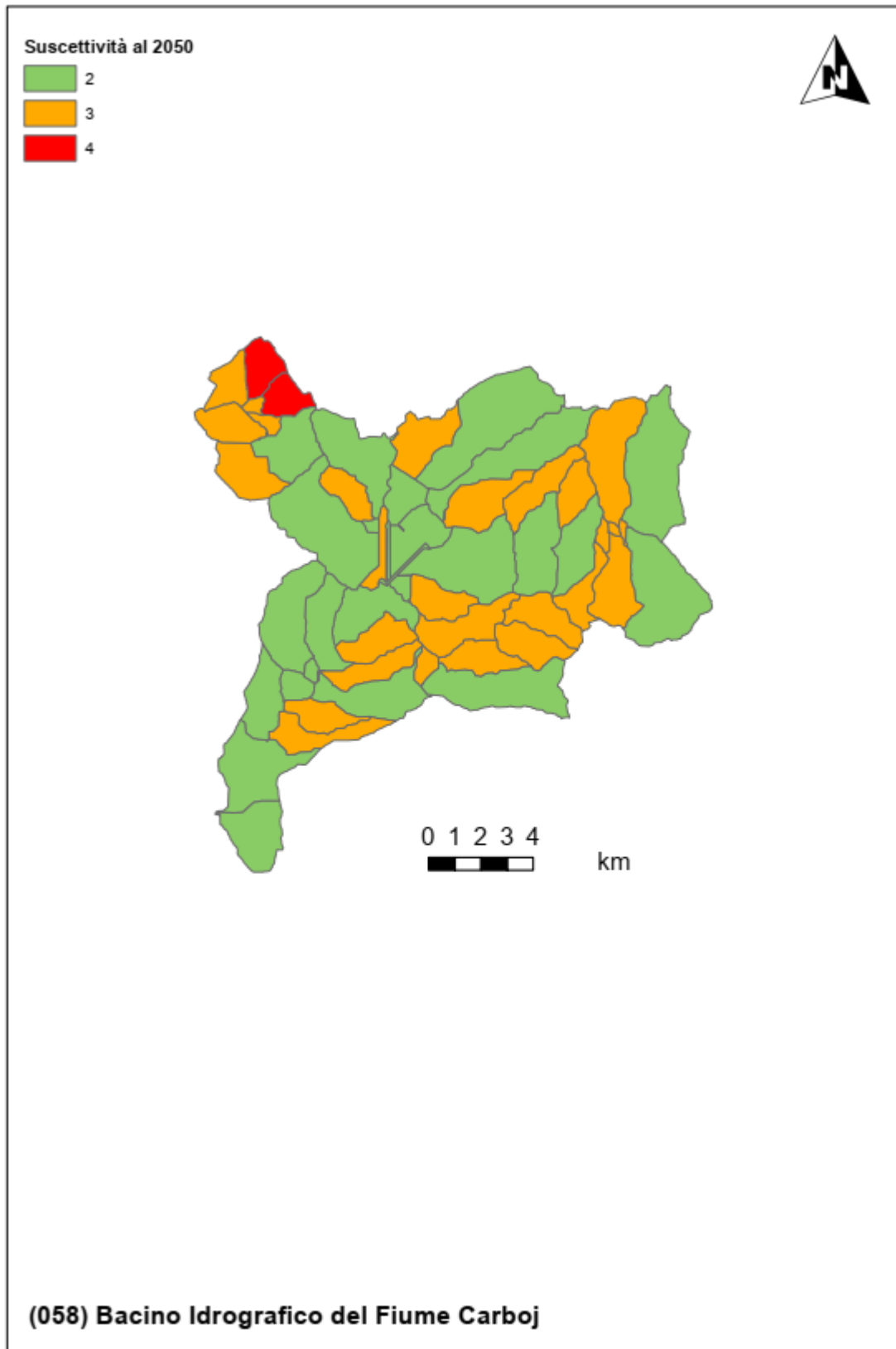


Figura 23 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario al 2050)

**Tabella 1 Indicatori numerici relativi ai criteri di valutazione della suscettibilità alle piene lampo (Brugioni et al., 2010)**

(058) Bacino Idrografico del Fiume Carboj

Valori, rispettivamente, dell'area, lag time, tempo di ritorno corrispondente alla pioggia di 50mm in 1 ora al 2020 e con proiezione al 2050 e consumo del suolo al 2020 e 2050 per ciascuno dei sottobacini.

IDs	Area [kmq]	Lag time [h]	Tempo di ritorno 50mm/1h al 2020 [anni]	Tempo di ritorno 50mm/1h al 2050 [anni]	Consumo del suolo 2020 [%]	Consumo del suolo 2050 [%]
1	2.51	0.99	25.48	23.09	20.27	20.47
2	2.31	1.08	75.74	68.69	13.02	13.02
3	11.03	1.23	26.50	23.70	1.84	1.84
4	0.41	1.17	207.09	187.31	19.01	19.01
5	2.20	0.82	26.15	23.56	50.71	51.72
6	0.61	1.16	26.30	23.71	12.13	12.13
7	2.86	1.15	25.76	23.35	6.17	6.24
8	4.43	1.27	26.95	24.16	5.44	5.48
9	4.17	1.01	27.32	24.37	2.01	2.10
10	6.35	1.16	27.61	24.61	2.18	2.18
11	7.75	1.16	26.47	23.74	5.47	5.58
12	3.92	1.06	26.69	24.02	2.42	3.65
13	2.34	2.31	28.39	25.17	1.04	1.04
14	10.39	2.02	28.50	25.24	2.73	2.73
15	4.24	1.01	27.55	24.65	18.91	19.29
16	3.42	0.90	26.50	23.89	13.90	13.98
17	2.36	0.83	28.28	25.10	1.15	1.15
18	0.28	2.15	376.09	331.89	4.95	4.95
19	3.43	2.66	115.30	101.87	2.88	2.88
20	5.41	1.43	26.96	24.44	3.68	3.69
21	8.69	2.04	28.20	25.16	4.43	5.20
22	1.14	1.96	29.14	25.66	1.48	1.48
23	0.57	2.37	262.86	231.37	2.50	2.50
24	0.28	5.83	29.14	25.66	0.07	0.07
25	0.32	2.81	29.15	25.67	2.44	2.44
26	4.39	2.26	116.19	102.49	0.83	0.83
27	2.86	0.81	28.76	25.49	0.71	0.71
28	3.36	0.83	27.06	24.83	0.04	0.04
29	6.33	1.09	28.28	25.20	3.97	4.03
30	4.34	1.08	56.43	50.59	0.09	0.09
31	3.27	0.80	27.24	25.03	0.05	0.05
32	3.94	2.59	28.64	25.40	2.84	2.85
33	3.17	0.76	28.77	25.50	3.91	3.91
34	0.87	1.15	28.29	25.36	0.28	0.92
35	2.86	0.76	27.82	25.25	0.13	0.13
36	0.38	5.26	28.15	25.22	2.65	2.65
37	0.02	4.34	28.13	25.18	2.71	2.71
38	1.23	3.81	167.38	150.64	1.42	1.48
39	2.84	0.87	28.41	25.36	11.40	13.29



40	5.26	1.70	308.90	278.26	2.57	2.71
41	7.64	1.01	27.48	25.31	0.50	0.50
42	3.73	4.07	27.55	24.91	2.08	2.34
43	2.49	1.02	27.80	25.18	4.70	4.82
44	3.24	1.17	248.86	226.52	4.35	4.49
45	6.44	4.77	27.20	24.91	2.97	2.99
47	6.90	0.94	25.08	22.56	0.67	0.82
49	9.95	1.06	48.86	44.01	2.12	2.41
50	2.48	0.74	25.97	23.51	1.88	4.83
51	0.18	1.56	76.93	70.27	3.90	3.90
52	0.20	1.30	25.52	23.34	3.26	3.26
54	0.50	1.43	25.85	23.63	3.31	4.06
55	4.08	1.24	26.30	24.00	0.87	0.87
56	2.39	0.79	26.49	24.45	0.06	0.06
57	4.31	0.82	26.10	24.24	0.13	0.13
58	9.21	1.08	25.73	24.17	0.74	0.78
63	0.01	14.14	26.92	24.78	0.00	0.00
64	4.53	1.24	81.29	75.19	4.31	4.37

## 5 Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici

Per quanto riguarda i tratti fluviali i cui bacini sono caratterizzati da tempi di corrivazione superiore all'ora si è proceduto ad un'ulteriore analisi dell'impatto dei trend climatici sul rischio. Per questi casi, l'utilizzo della variabile idrologica proposta dal metodo Arno (Brugioni et al., 2010) non risulta congrua rispetto ai tempi di corrivazione del bacino e, di conseguenza, in questi casi si è preferito stimare il trend climatico medio per durate prossime al tempo di corrivazione. Quest'ultimo è stato stimato attraverso le formulazioni proposte dal metodo Arno calcolando il valore medio delle sole formule empiriche che risultano compatibili con le caratteristiche morfologiche del bacino.

Nel caso in cui il tempo di corrivazione del bacino sia intermedio rispetto a due durate di cui si dispone dell'analisi idrologica, il trend è stato valutato tramite interpolazione tramite legge di potenza.

La seguente figura mostra, nello scenario climatico di medio termine (2050), e per ciascuna sezione di chiusura (individuata con inter-distanza minima pari a 10 m) la variazione percentuale media delle piogge intense per durate assimilabili al tempo di corrivazione dell'area drenata.

L'analisi mostra un trend globalmente positivo sulle piogge intense e, di conseguenza, è prevedibile che le portate di piena debbano crescere seguendo il possibile sviluppo dell'attuale trend climatico. In termini quantitativi, l'impatto può definirsi modesto nel tratto terminale del reticolo idrografico e moderato in buona parte della porzione intermedia e montana del bacino.

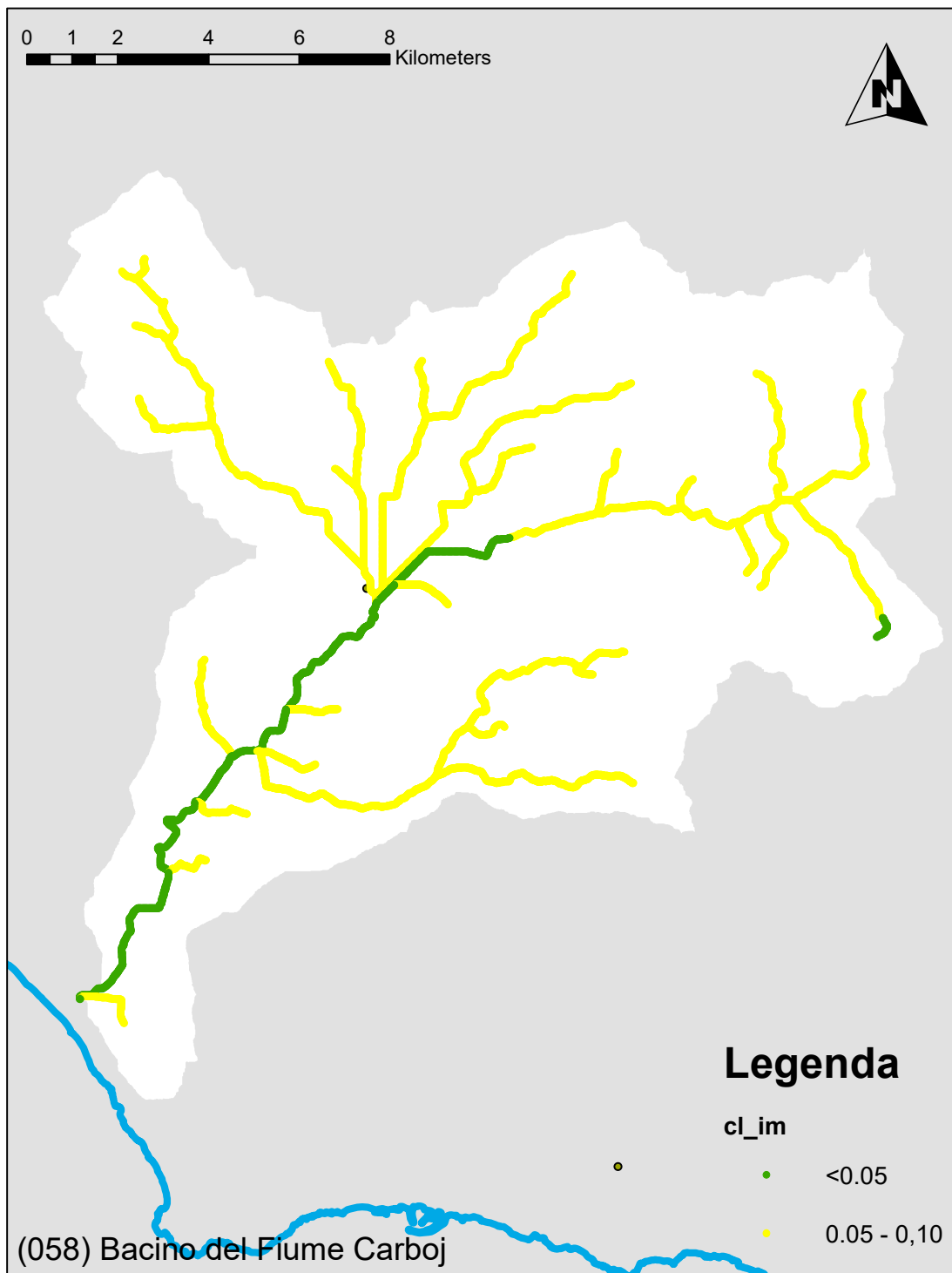


Figura 24 Variazione climatica nel periodo 2020 – 2050 per i picchi annuali di pioggia di massima intensità e durata pari al tempo di corrivazione dell'area drenata

## 6 Modifiche alle misure di piano

### 6.1 Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico

L'analisi della suscettibilità del bacino alle piene lampo evidenzia già allo stato attuale un rischio elevato o molto elevato in alcuni sottobacini posizionati in destra idraulica del corso d'acqua principale e principalmente concentrati attorno alle aree urbane di Montevago e S. Margherita Belice. Tale condizione, sulla base dell'analisi evidenzia trend climatici ed una progressiva crescita del consumo di suolo, sembra soggetta a moderate variazioni che portano ad un ulteriore aggravamento dei rischi.

Il quadro d'impatto del cambiamento climatico sui bacini a maggiore tempo di corrivazione evidenzia trend climatici significativi e positivi con una moderata crescita della media delle piogge di massima intensità e durate paragonabili con i tempi di corrivazione delle aree drenate.

Le misure previste dal piano già prevedono interventi non strutturali per la prevenzione del rischio alluvioni e misure di preparazione e protezione tra cui il monitoraggio delle variabili climatiche, i sistemi di allerta e la segnalazione delle aree fluviali a maggiore rischio.

Alla luce dell'analisi svolta e dell'aggiornamento dei punteggi tecnici previsti dal Piano, si ritiene in questa sede di confermare il quadro delle misure adottate.

### 6.2 Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico

L'analisi della suscettibilità del bacino alle piene lampo suggerisce di **concentrare lo sviluppo di sistemi di monitoraggio, alertamento e segnalazione del pericolo nei bacini ad alta suscettibilità** evidenziati dallo scenario attuale e sostanzialmente confermati dallo scenario a medio termine. In particolar modo, tali azioni andrebbero concentrate attorno alle aree urbane di Montevago e S. Margherita Belice. Tali interventi andranno tarati sulla previsione di eventi di breve e brevissima durata che maggiormente influiscono sul rischio di piene lampo (Figura 25).

In considerazione del fatto che la variazione climatica sulle piogge intense risulta modesta nello scenario 2050 non si ritiene di proporre in questa sede l'applicazione di norme specifiche per la rivalutazione della pericolosità e del rischio idraulico e per la progettazione delle opere di mitigazione e salvaguardia.

Si rimanda comunque al successivo ciclo di aggiornamento del Piano per la rivalutazione dei trend climatici, alla luce dei nuovi dati che saranno disponibili, e l'eventuale imposizione di specifici vincoli.

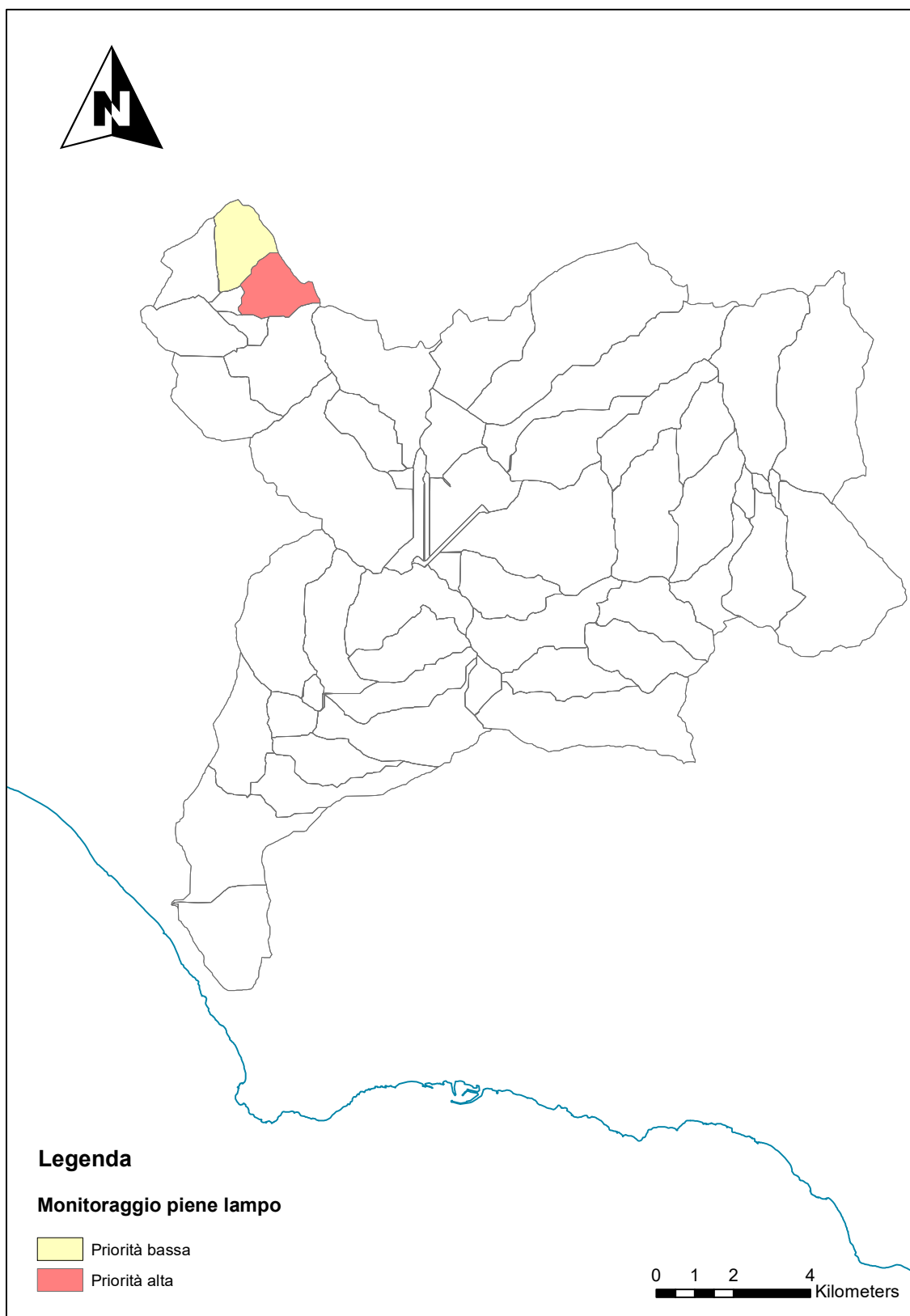


Figura 25 Aree su cui applicare le misure di monitoraggio delle piene lampo