

# 077 – Bacino Idrografico del Fiume Gela

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>12</b>
<b>4</b>	<b><i>Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo</i></b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b><i>Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici</i></b> .....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b><i>Modifiche alle misure di piano</i></b> .....	<b>38</b>
	<b>6.1</b> <b>Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico</b> .....	<b>38</b>
	<b>6.2</b> <b>Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico</b> .....	<b>38</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 Gela ricade nel versante meridionale della Sicilia. L'assetto morfologico del bacino è prevalentemente collinare nella sua parte settentrionale e centrale, mentre nella sua parte meridionale risulta pianeggiante. Il reticolo idrografico del Fiume Gela presenta un pattern prevalente di tipo dendritico con uno sviluppo dell'asta principale in senso N – S. Il bacino si allarga verso est nella sua porzione centrale, dove si apre il sottobacino del suo affluente principale, il Fiume Maroglio, anch'esso caratterizzato da un pattern di tipo dendritico con sviluppo NE – SW. Procedendo in direzione S verso la foce, l'elemento morfologico predominante è costituito dalla Piana di Gela. La sua morfologia è per lo più pianeggiante con una zona sub-pianeggiante nella porzione nord-orientale dove si sviluppano piccoli rilievi a quote non superiori ai 250 m s.l.m., separati da alcune incisioni che confluiscono in un unico corso d'acqua di una certa importanza, Valle Priolo.

Il Fiume Gela nasce da Cozzo Bannata Restivo in territorio comunale di Enna, prendendo il nome di Torrente Santa Caterina; A nord del centro abitato di Piazza Armerina (EN) prosegue il suo corso con il nome di Fiume Nociara che mantiene fino alla confluenza in destra idraulica con il Fiume di Gozzo, dalla quale continua con la denominazione di Torrente Nociara.

Nella porzione centrale del suo bacino, prende il nome di Torrente Porcheria e poi di Torrente dei Cassari fino alla confluenza con il Torrente Paparella, uno dei suoi affluenti in destra idraulica, dalla quale continua il suo corso come Fiume Porcheria. Lungo il suo percorso il Fiume Gela riceve le acque di molti affluenti tra i quali: il Fiume Maroglio (il principale affluente), che confluisce in sinistra idraulica nella Piana di Gela; il Vallone del Canonico e il Torrente Passo Lasagna (affluenti minori in sinistra idraulica); il Fiume di Gozzo, il Torrente Spadaro, il Vallone Giardinello, il Torrente Paparella, il Lavinaro Gargheria-Lavinaro Tredenari (affluenti in destra idraulica). L'area del bacino è per lo più drenata da brevi incisioni torrentizie che quasi tutto l'anno sono in regime di magra. Ciò dipende principalmente dalle condizioni climatiche, caratterizzate da brevi periodi piovosi e da lunghi periodi di siccità che determinano nell'area una generale caratterizzazione stagionale dei deflussi superficiali. Il reticolo idrografico superficiale denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale.

Più specificatamente, essendo la capacità filtrante dei terreni funzione della granulometria e della eterogeneità dei singoli granuli, nei depositi terrosi che affiorano estesamente nella pianura alluvionale di Gela si assiste ad una variabilità sia verticale che orizzontale della permeabilità in funzione della prevalenza o meno della frazione pelitica.

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 inferiori a 15 km<sup>2</sup>. Complessivamente sono stati individuati 189 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. Come previsto nel metodo, in considerazione della notevole estensione del bacino, i tratti fluviali che superano i 500 km<sup>2</sup> di bacino tributario non sono stati considerati nell'analisi di suscettibilità alle piene lampo.

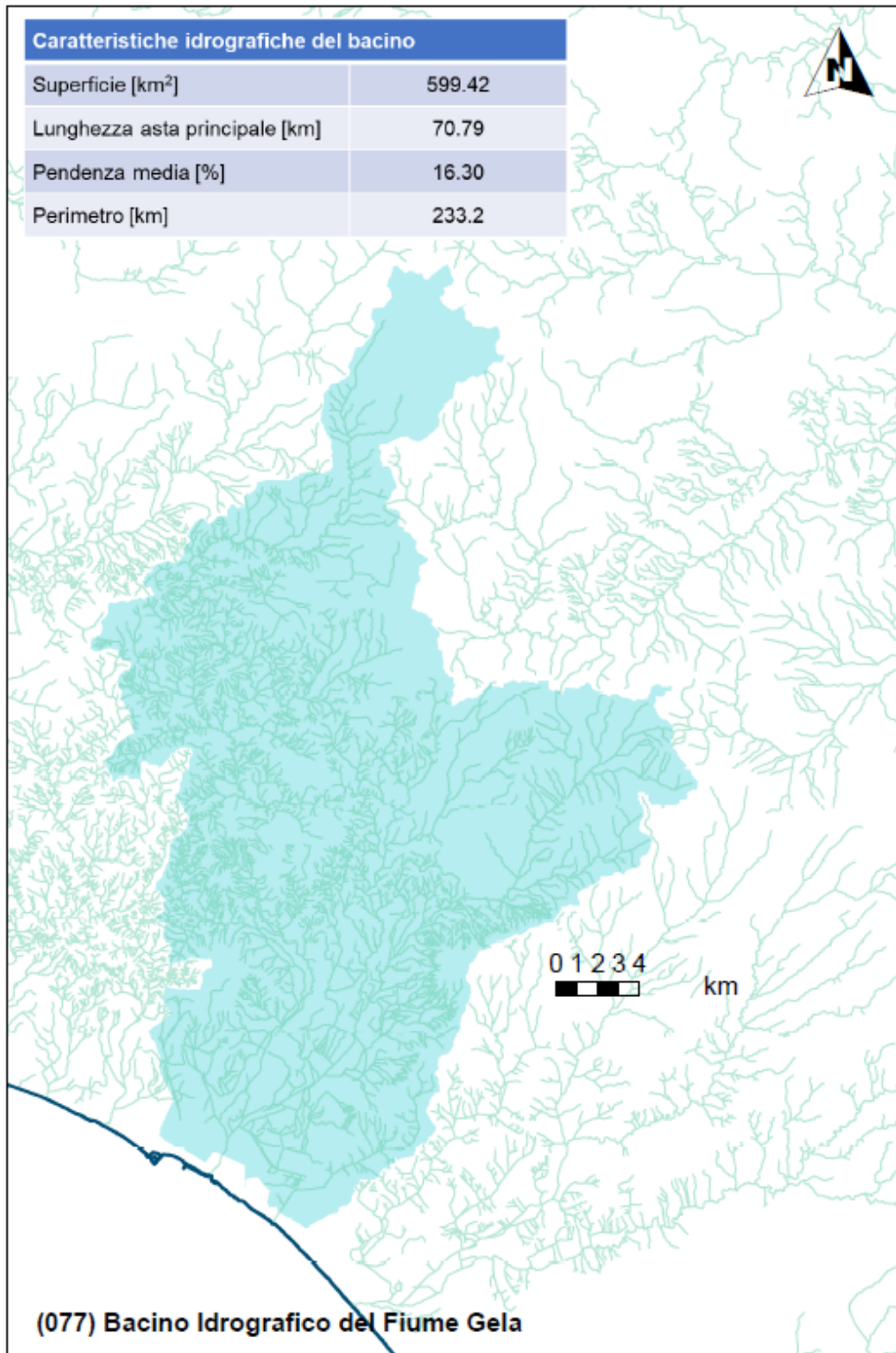


Figura 1 Inquadramento Territoriale del bacino

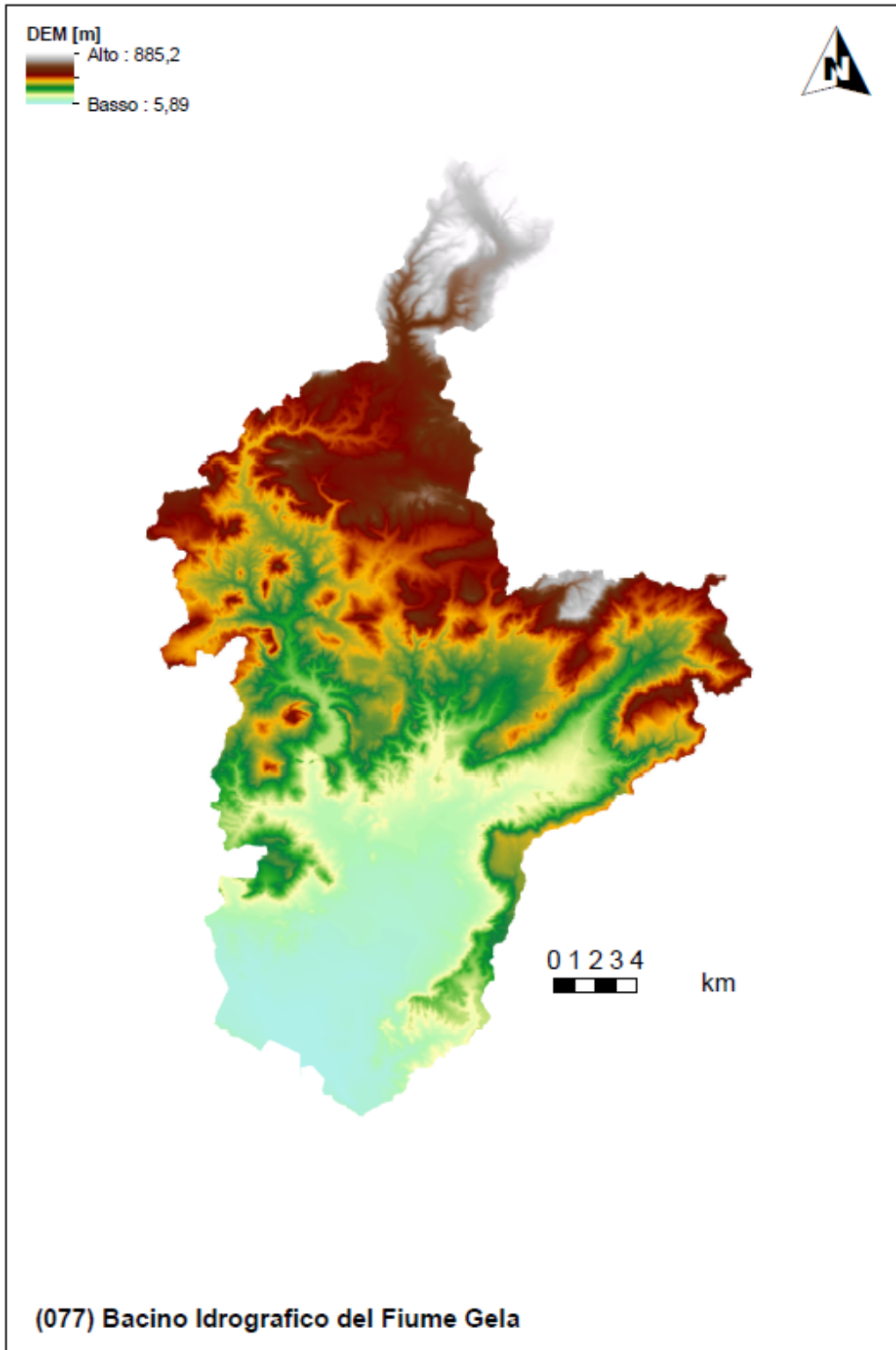


Figura 2 Modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

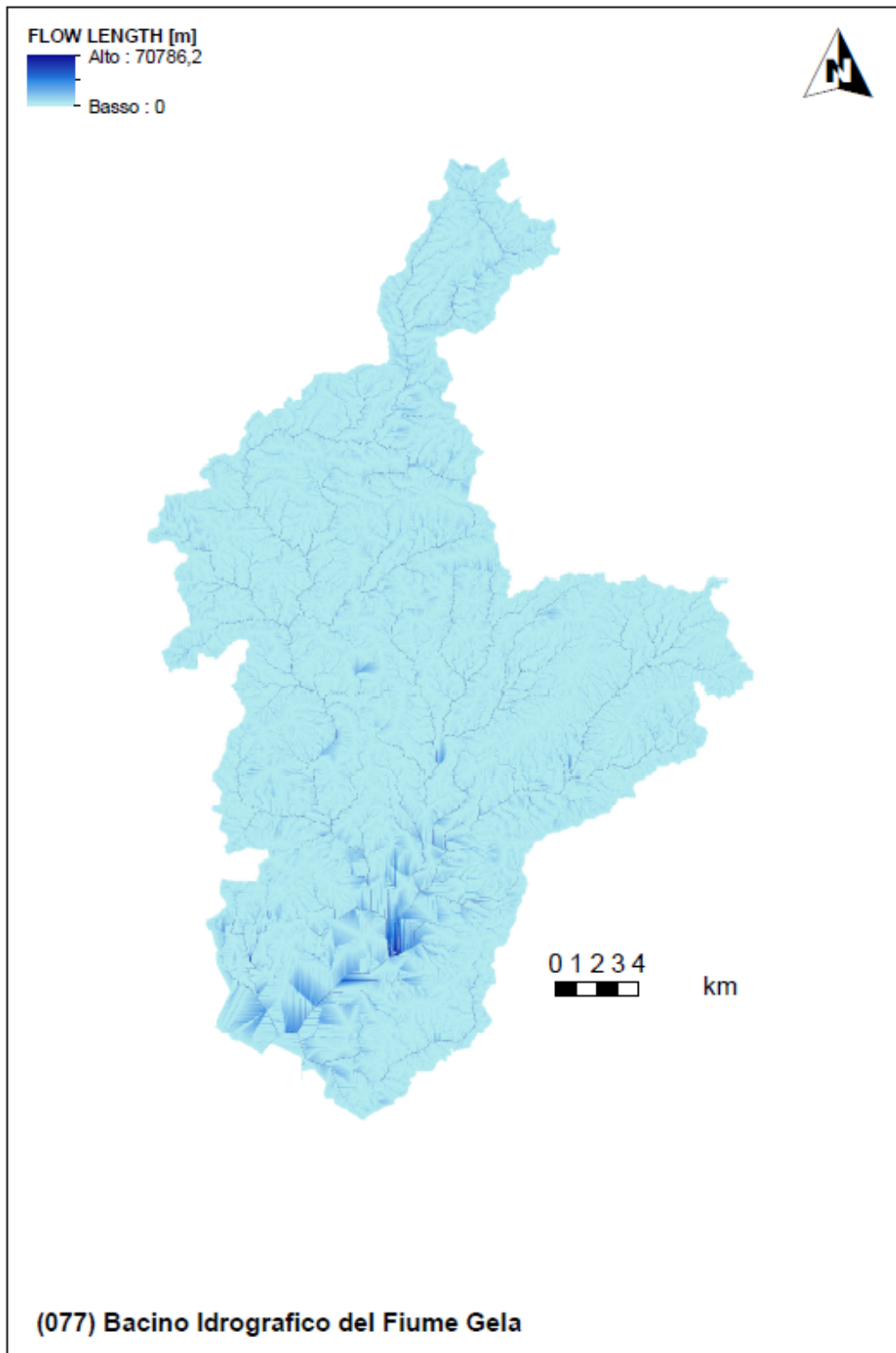


Figura 3 Lunghezze dei percorsi di drenaggio sulla base del modello digitale delle elevazioni



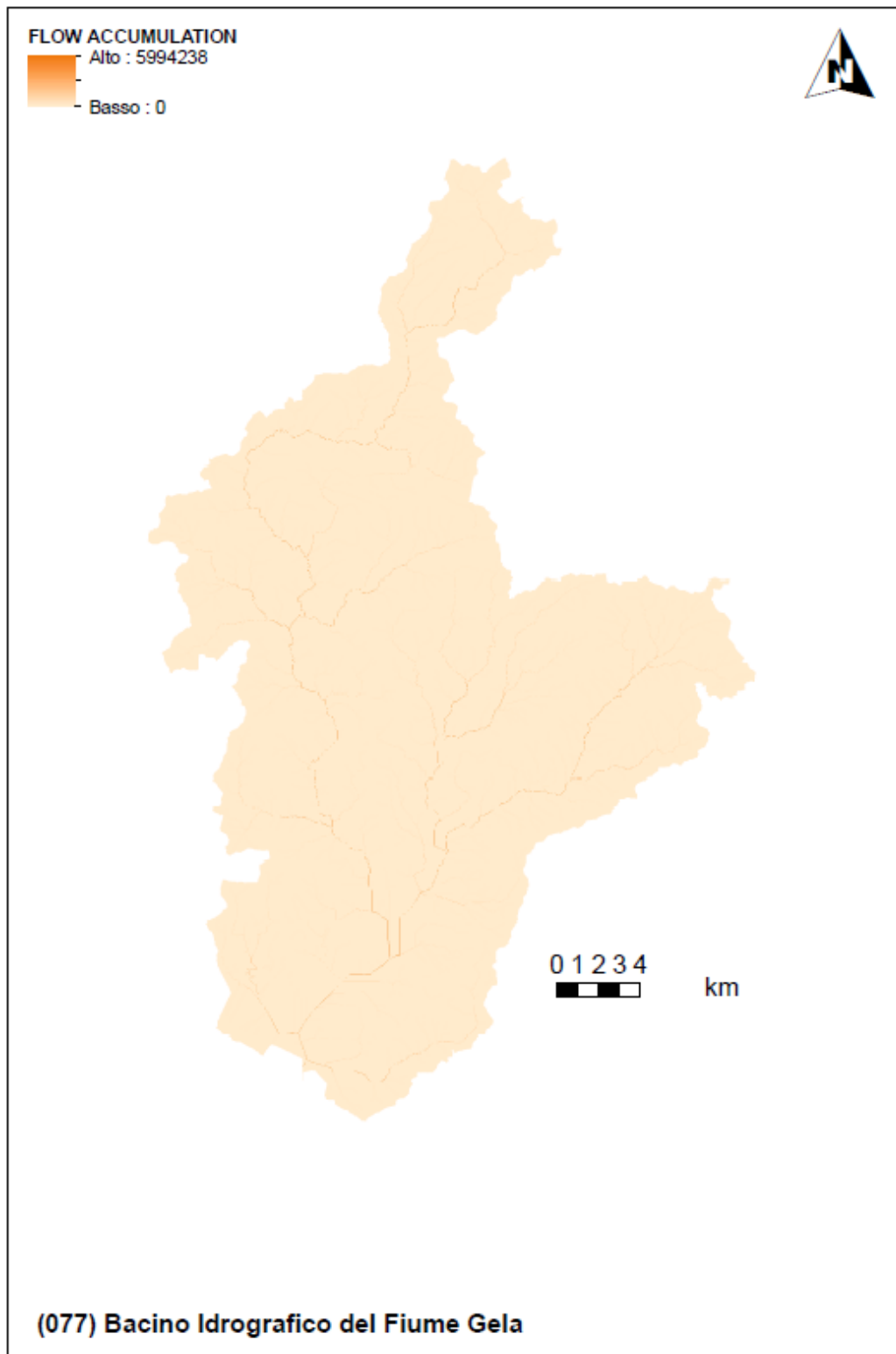


Figura 4 Funzione Flow Accumulation del bacino

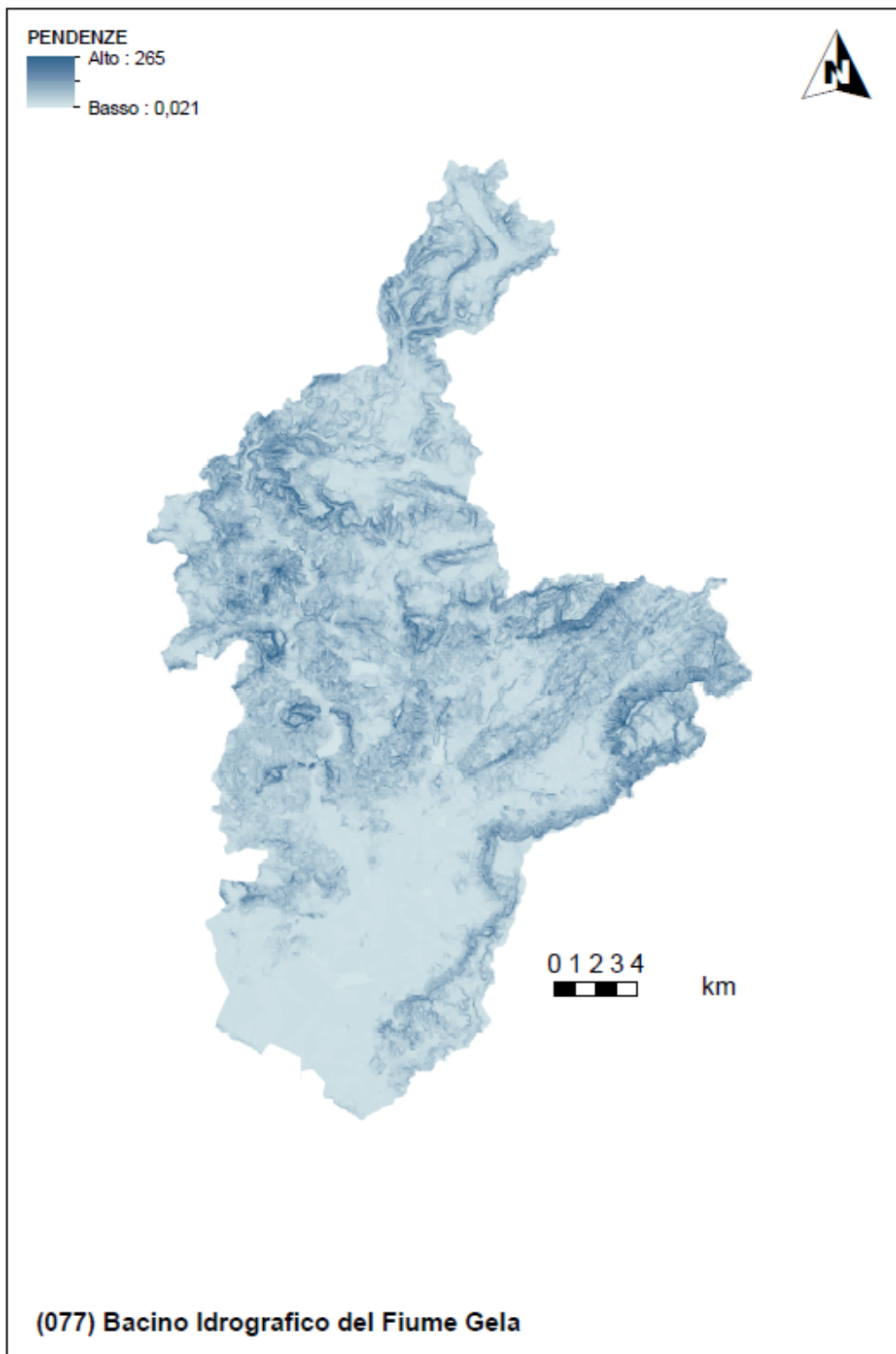


Figura 5 Carta delle pendenze [%] sulla base del modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

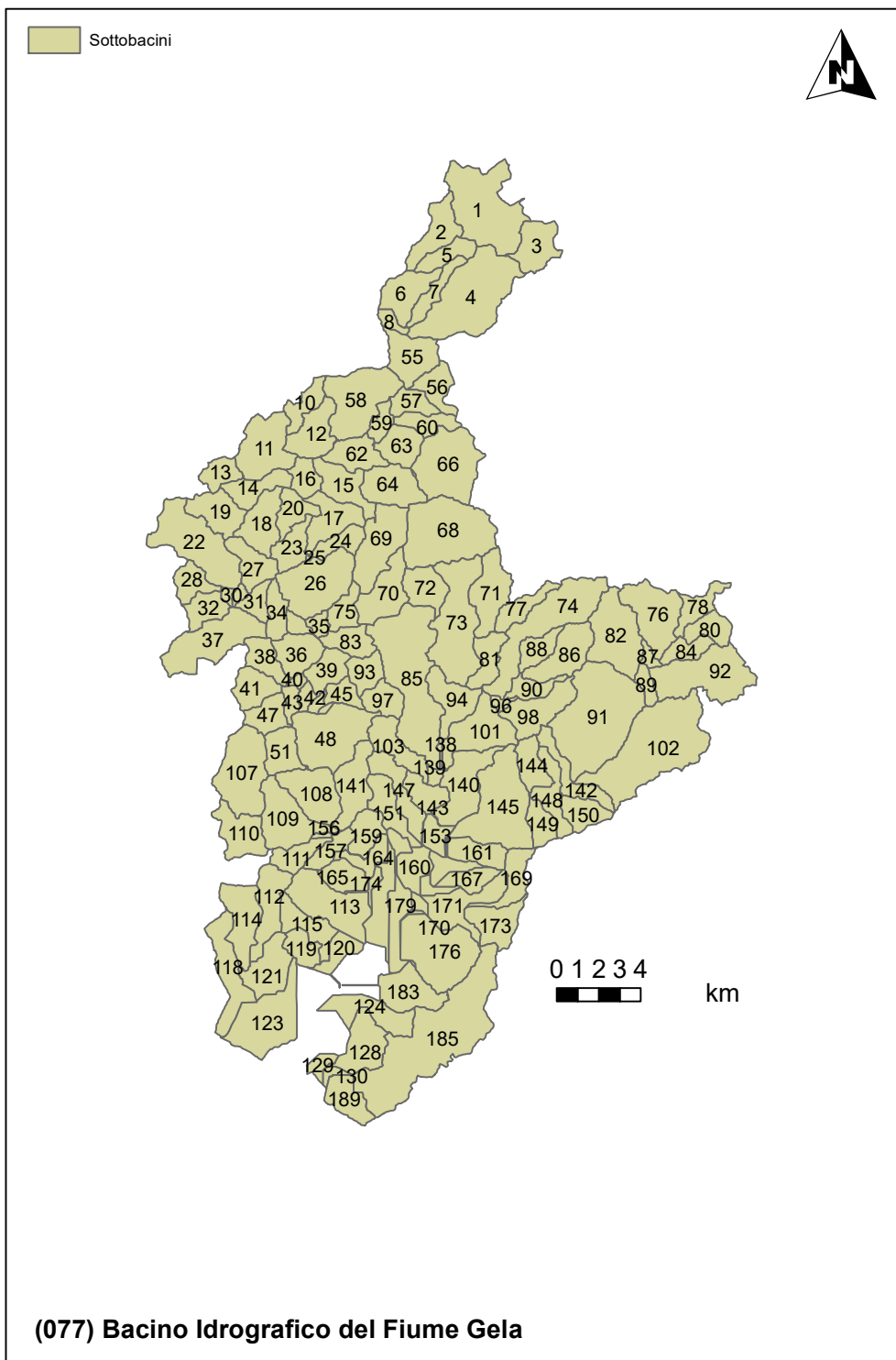


Figura 6 Delimitazione dei sottobacini tra 2 e 10 km<sup>2</sup> sulla base delle caratteristiche morfologiche e della densità di drenaggio



### 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 intermedi e molto diversificati all'interno del bacino incidendo in modo significativo sul rischio di piene lampo nel bacino e diversificando le aree tra loro. Come altri bacini nell'area, i tempi di ritorno crescono o rimangono invariati nello scenario di medio termine evidenziando uno scenario di modesto miglioramento in termini di frequenza delle piene lampo.

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>).

Anche nell'analisi delle durate maggiori, il bacino evidenzia un comportamento analogo ad altri presenti nell'area con trend non significativi o negativi per le durate brevi. Per la durate maggiori, che tuttavia sono di minore interesse perché superiori ai tempi di corruzione del bacino, i trend sono significativi sulla quasi totalità del bacino e positivi (con livello di significatività pari a 0.05).

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 2006 – 2019, allo scenario di medio termine (2050).

I dati mostrano un consumo di suolo significativo nelle aree urbane degli abitati di Gela e Niscemi con gradi di copertura prossimi al 40%. La rimanente parte dei sottobacini ha carattere prettamente rurale. Ovviamente i sottobacini montati 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 ma sempre contenuti entro il 5% nello scenario di medio termine al 2050.

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

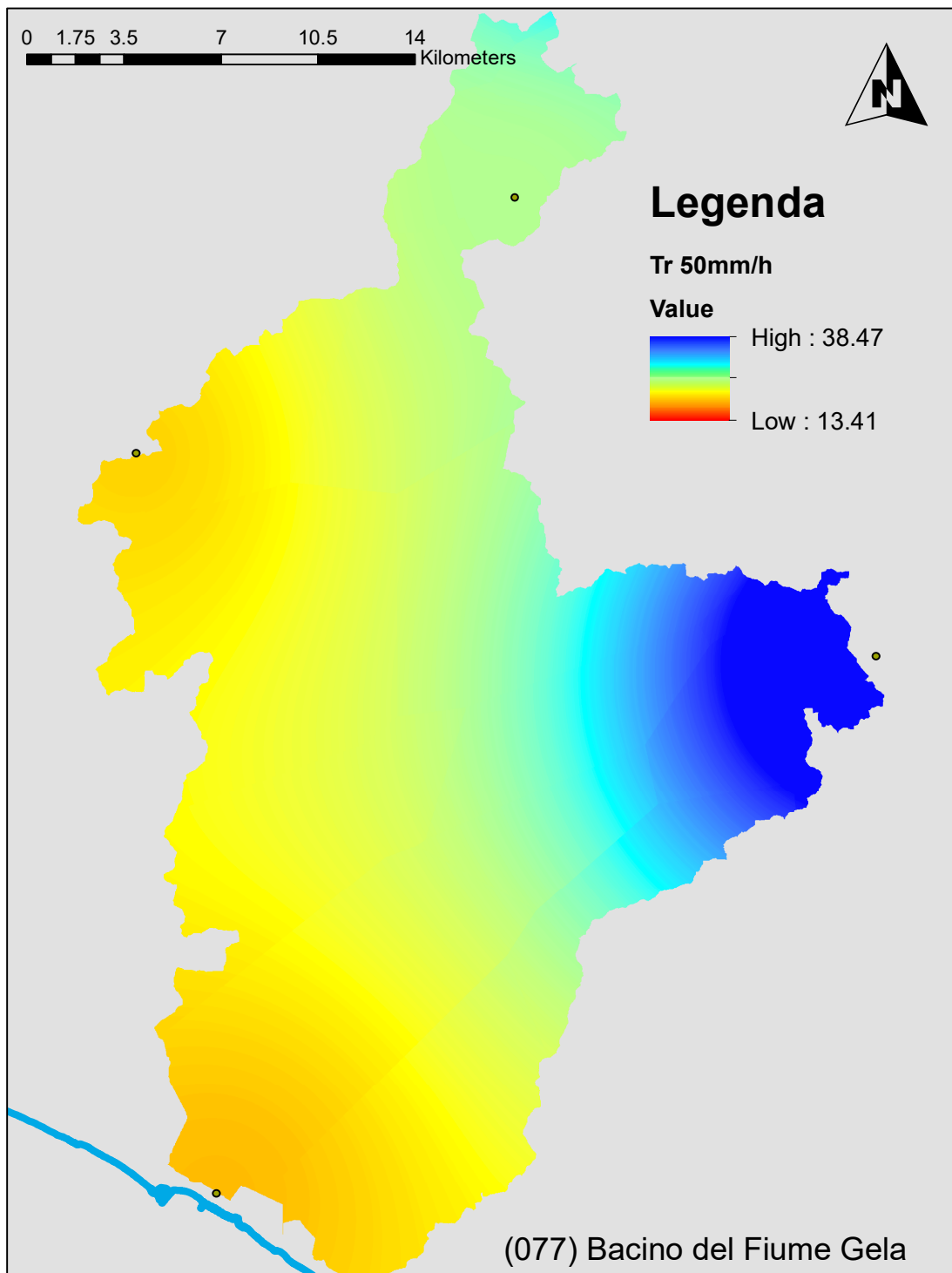


Figura 7 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario attuale (anni)

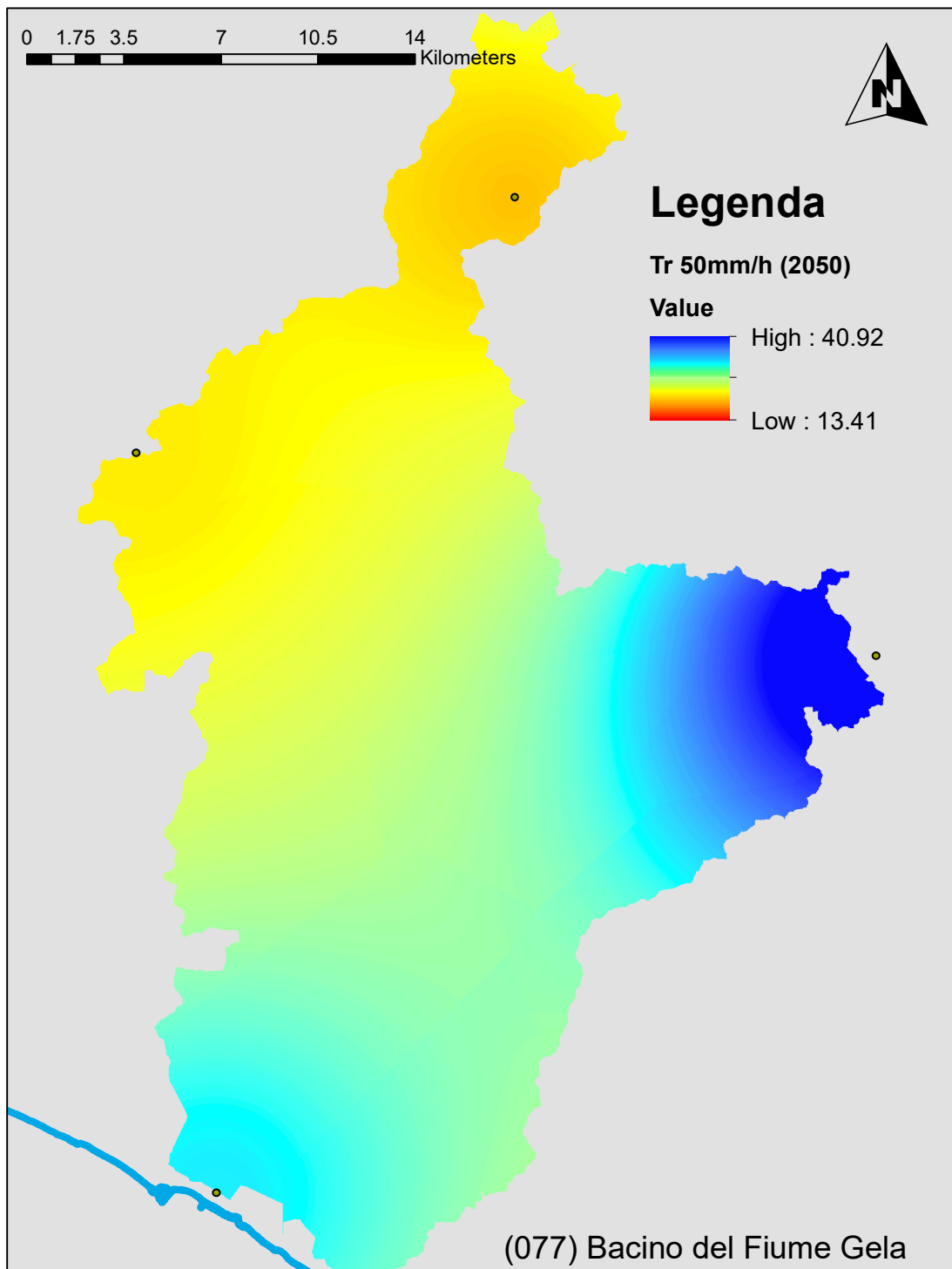


Figura 8 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario di medio termine al 2050 (anni)

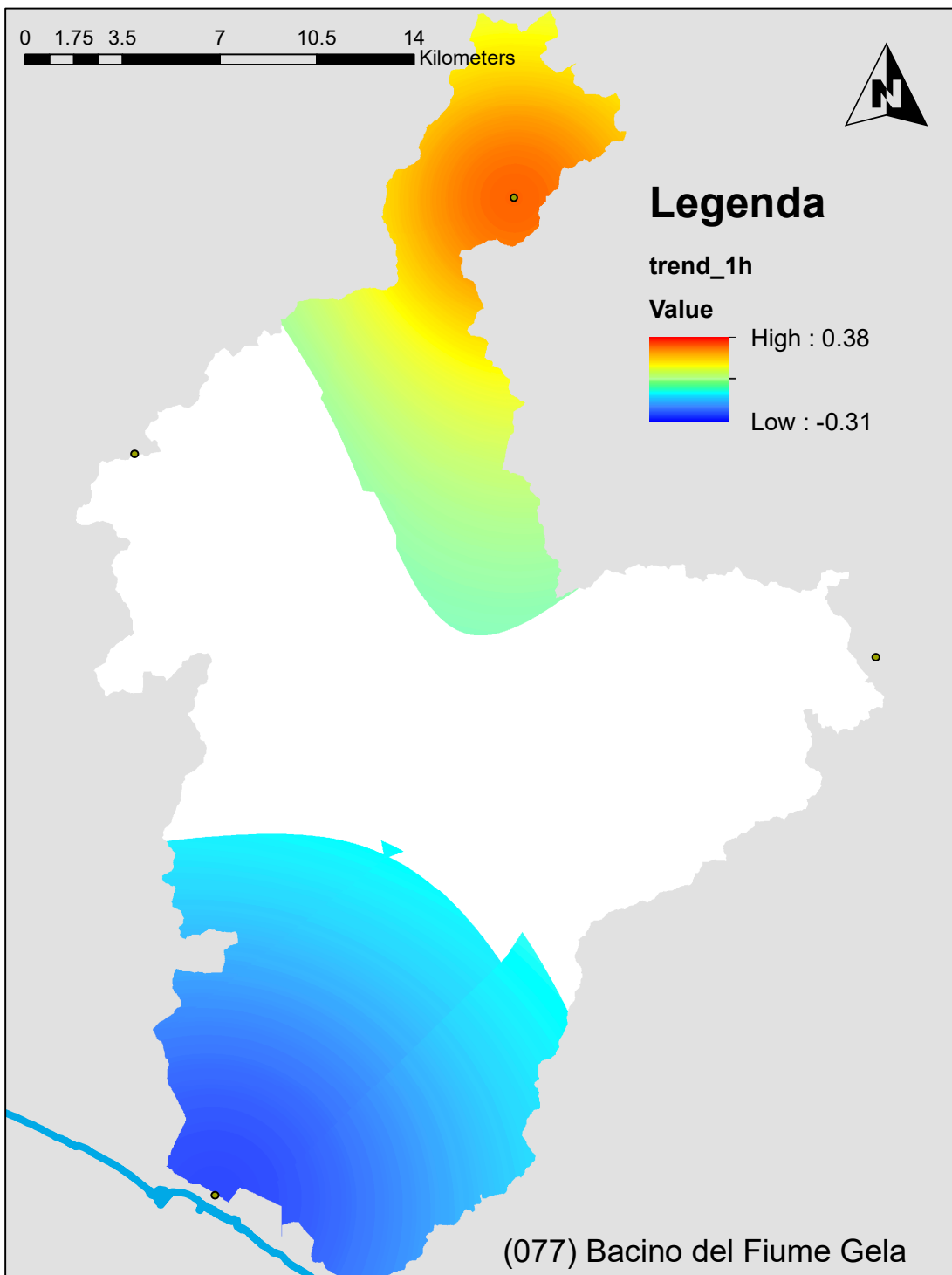


Figura 9 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 1 h (mm/anno)



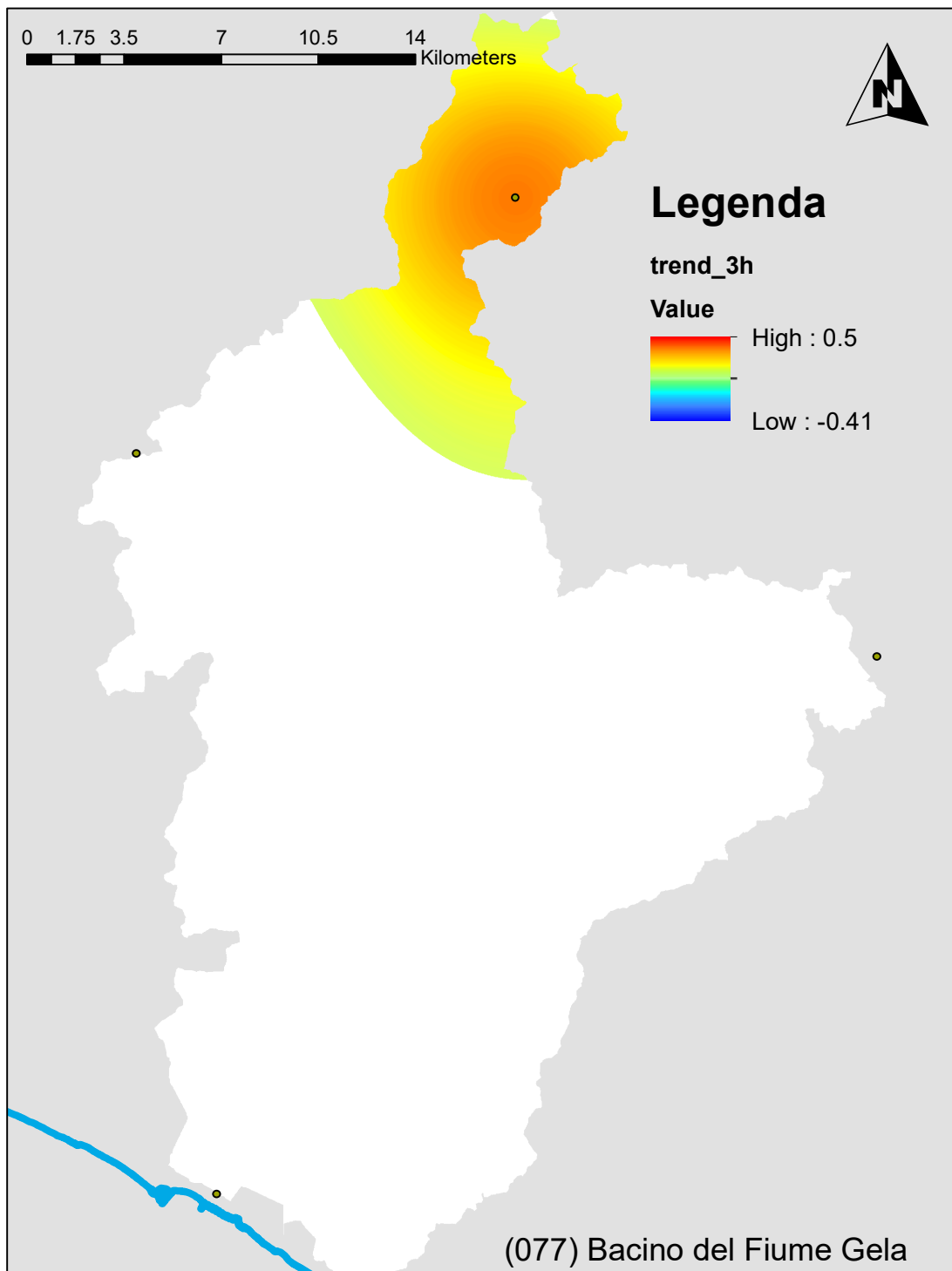


Figura 10 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 3 h (mm/anno)

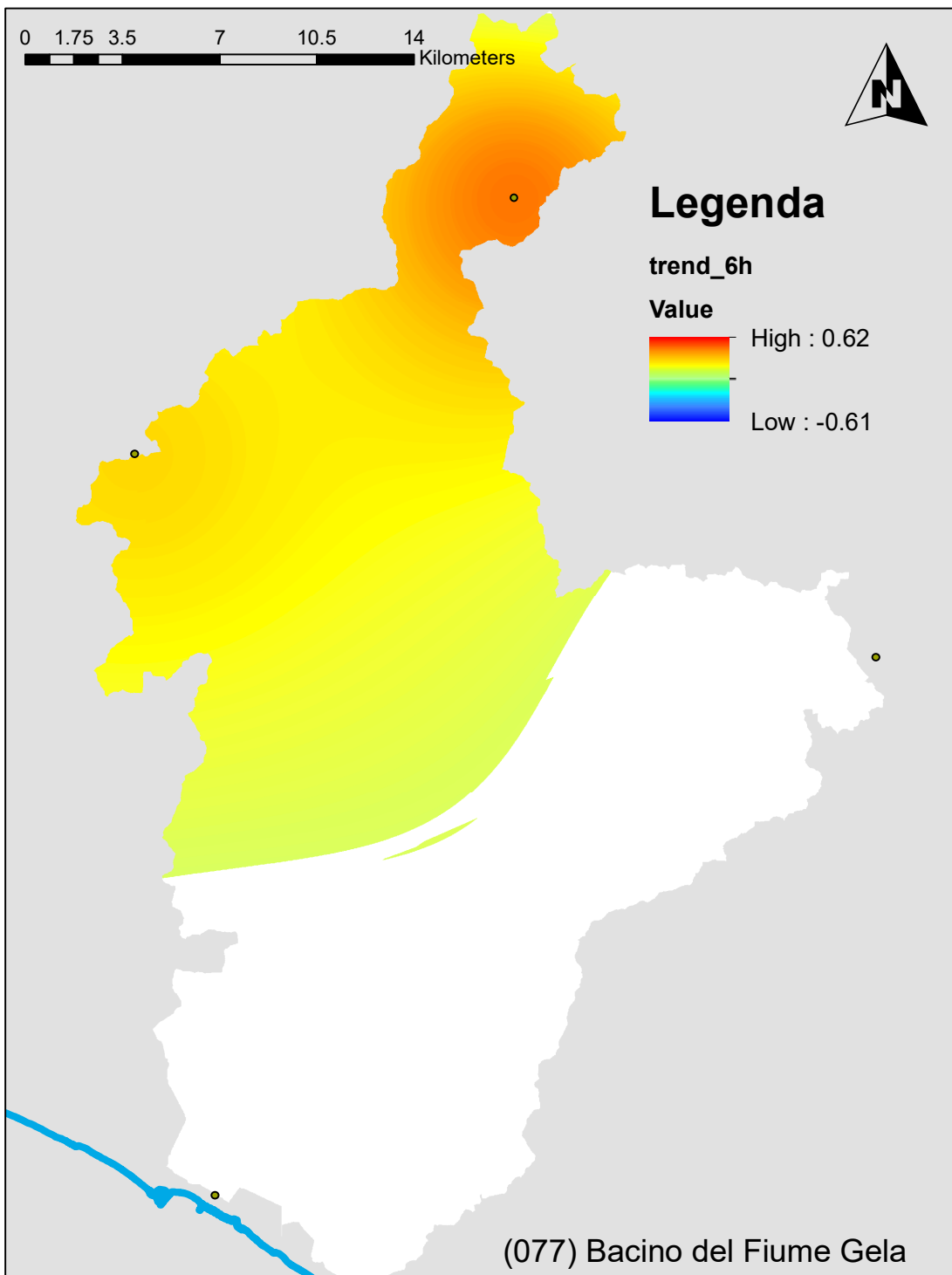


Figura 11 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 6 h (mm/anno)

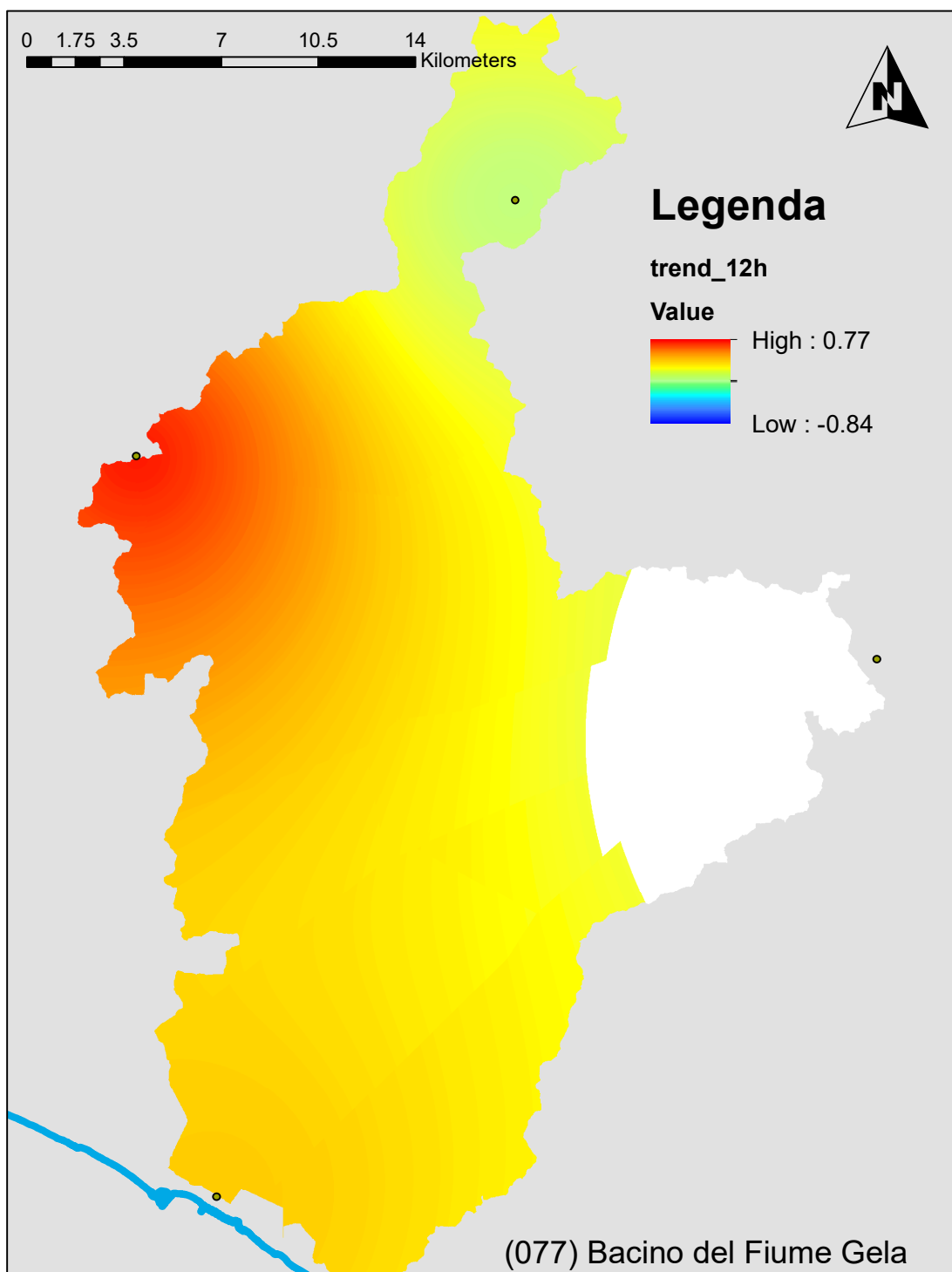


Figura 12 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 12 h (mm/anno)

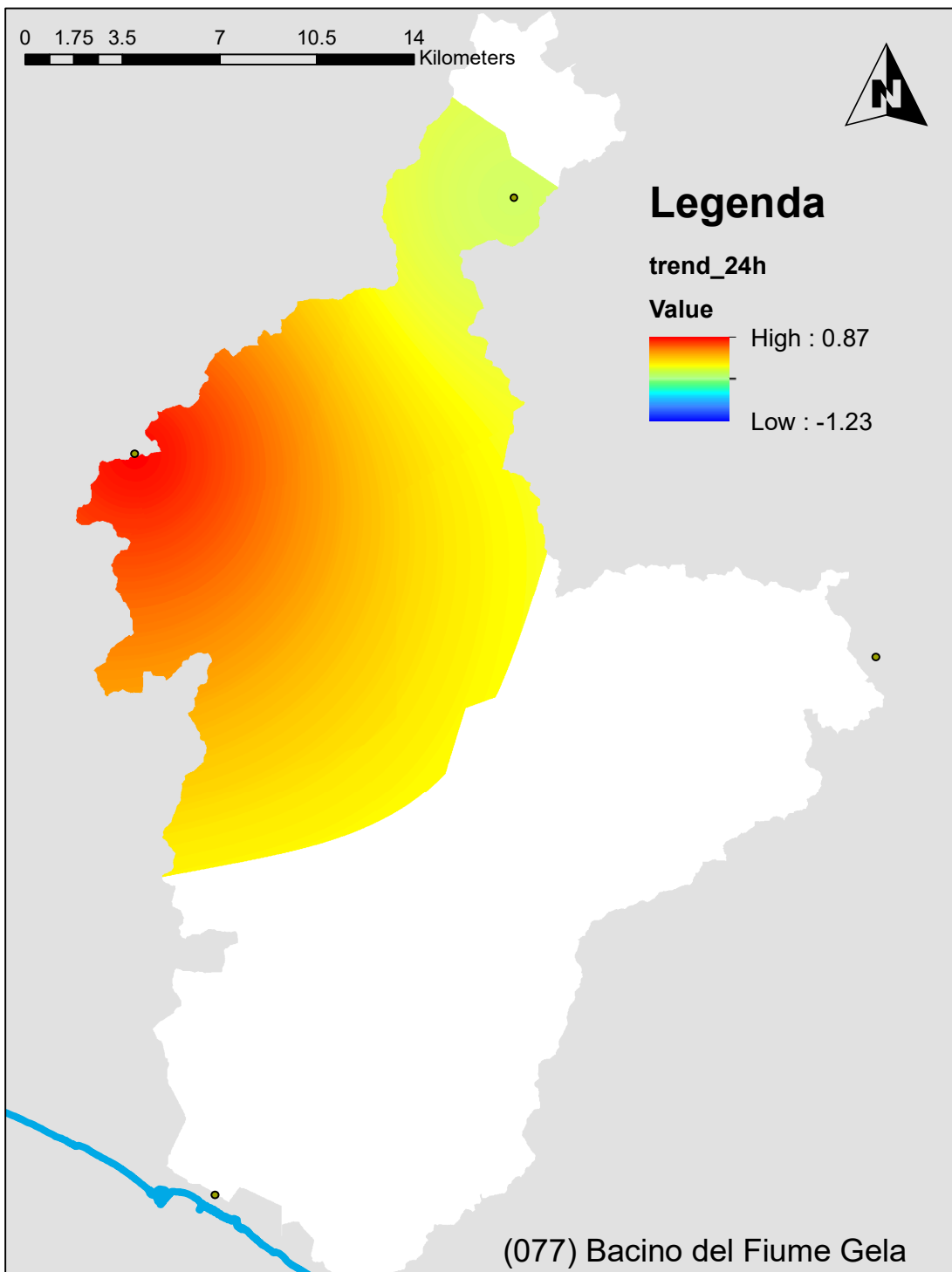


Figura 13 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 24 h (mm/anno)

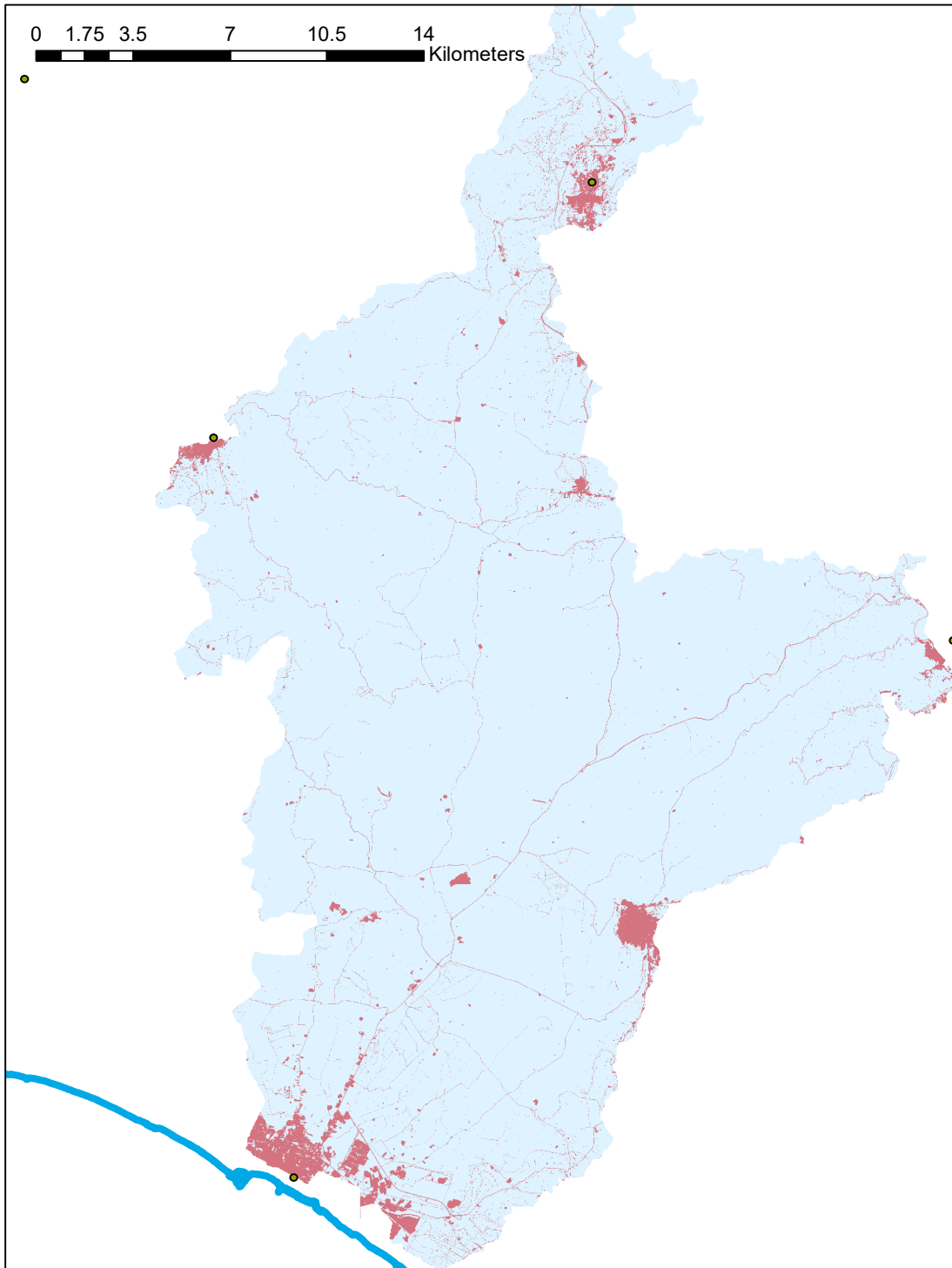


Figura 14 Suolo consumato al 2019 (-)

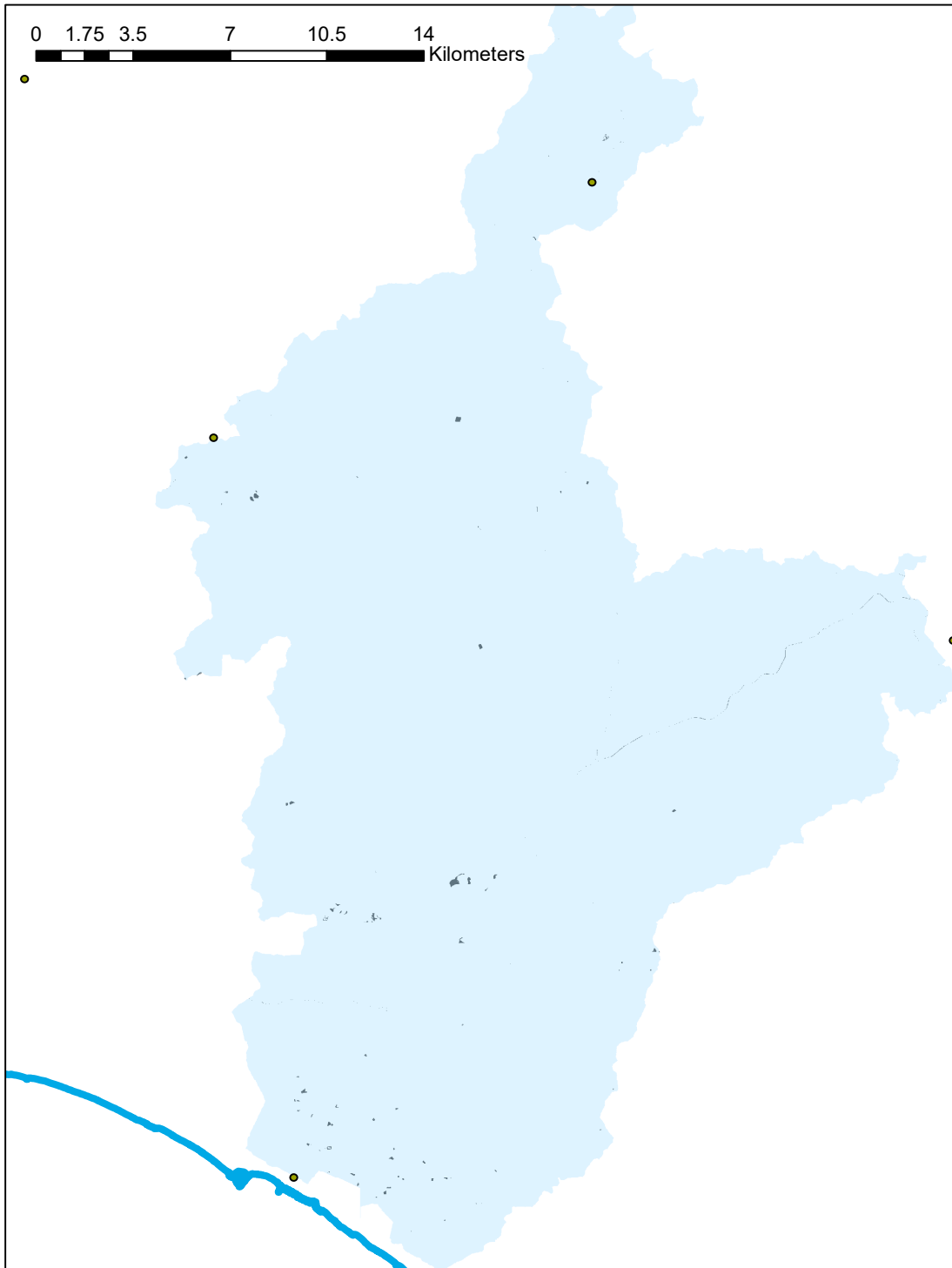


Figura 15 Variazione del suolo consumato nel periodo 2012 – 2019: in verde le aree ripristinate a suolo naturale; in nero le aree consumate nel periodo di riferimento (-)

## 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 mostrano una suscettività diffusa e chiaramente indirizzata verso i bacini montani a maggiore pendenza. Il fattore del time lag non evidenzia bacini in classe massima di suscettività. I fattori climatici sono discriminanti tra i sottobacini e tutte le classi di suscettività climatica sono rappresentate passando dalle aree montane che manifestano tempi di ritorno alti e l'area costiera urbana di Gela che manifesta tempi di ritorno molto bassi. Nello scenario di medio termine la situazione migliora leggermente ed il fattore complessivamente riduce il proprio peso. Il consumo di suolo sia al 2020 che al 2050 ricade principalmente in classe 1 a cui corrispondono percentuali minori del 10%, tuttavia sono presenti anche le altre classi. In particolare, l'abitato e l'area industriale di Gela ricadono nella massima classe per consumo di suolo insieme con l'area urbana di Niscemi. Nello scenario di suscettività al 2020, l'analisi complessivamente non individua alcun 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 varia poco e si evidenziano alcuni sottobacini che riducono la propria classe di suscettibilità ed altri (in numero minore) che l'aumentano.



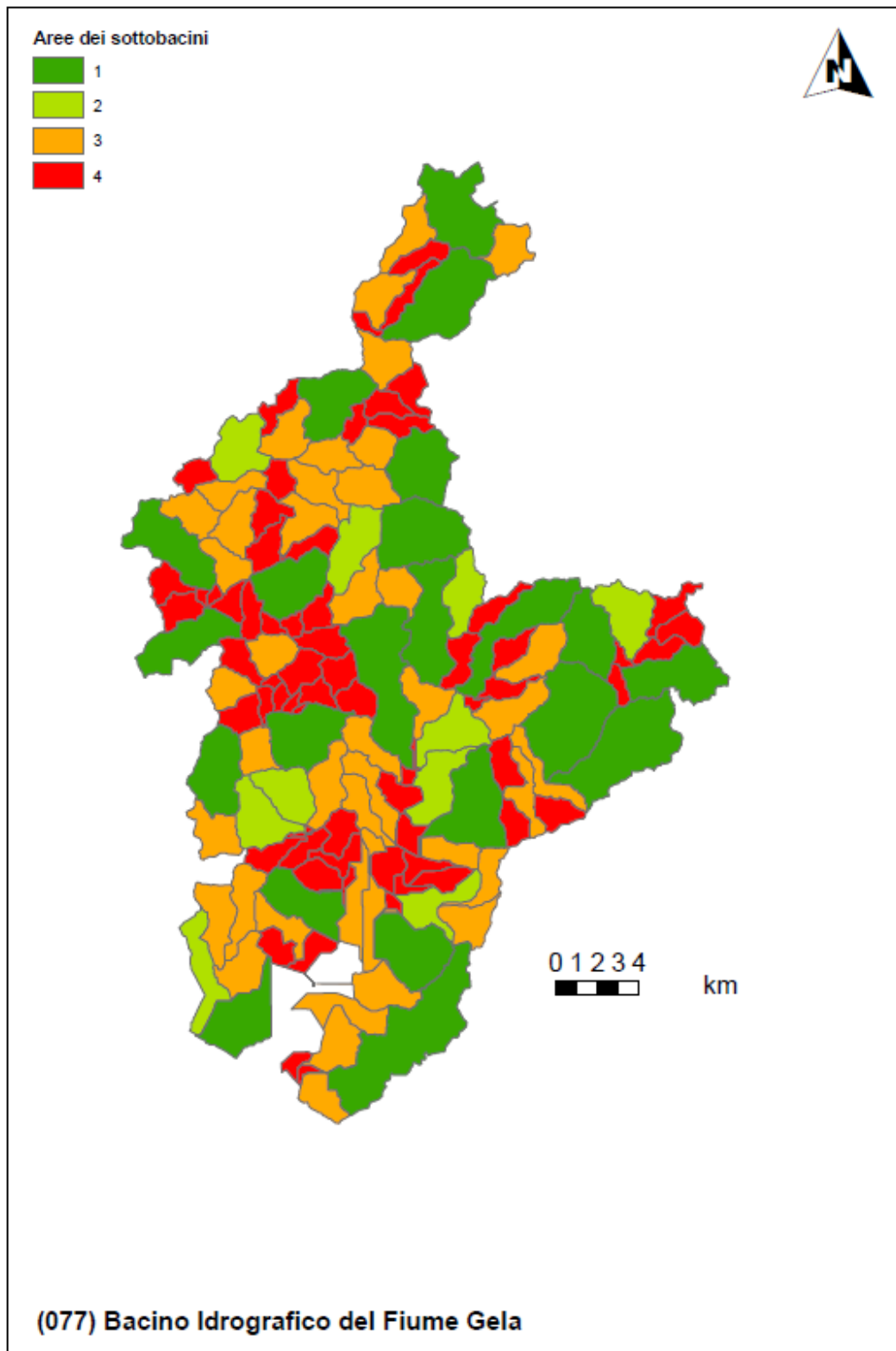


Figura 16 Fattore predisponente alle piene lampo legato all'area del sottobacino drenato

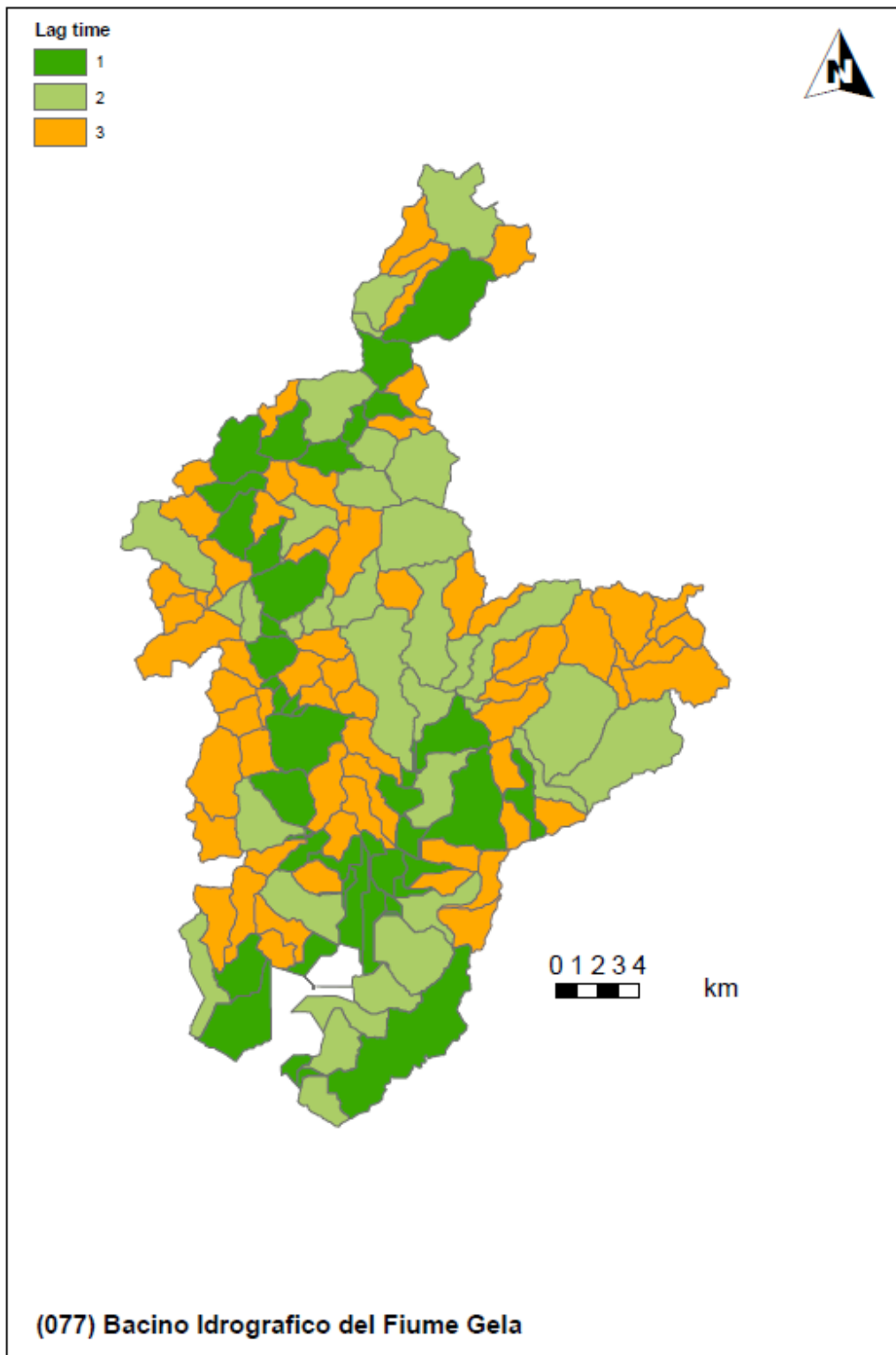


Figura 17 Fattore predisponente legato al tempo di lag del sottobacino drenato

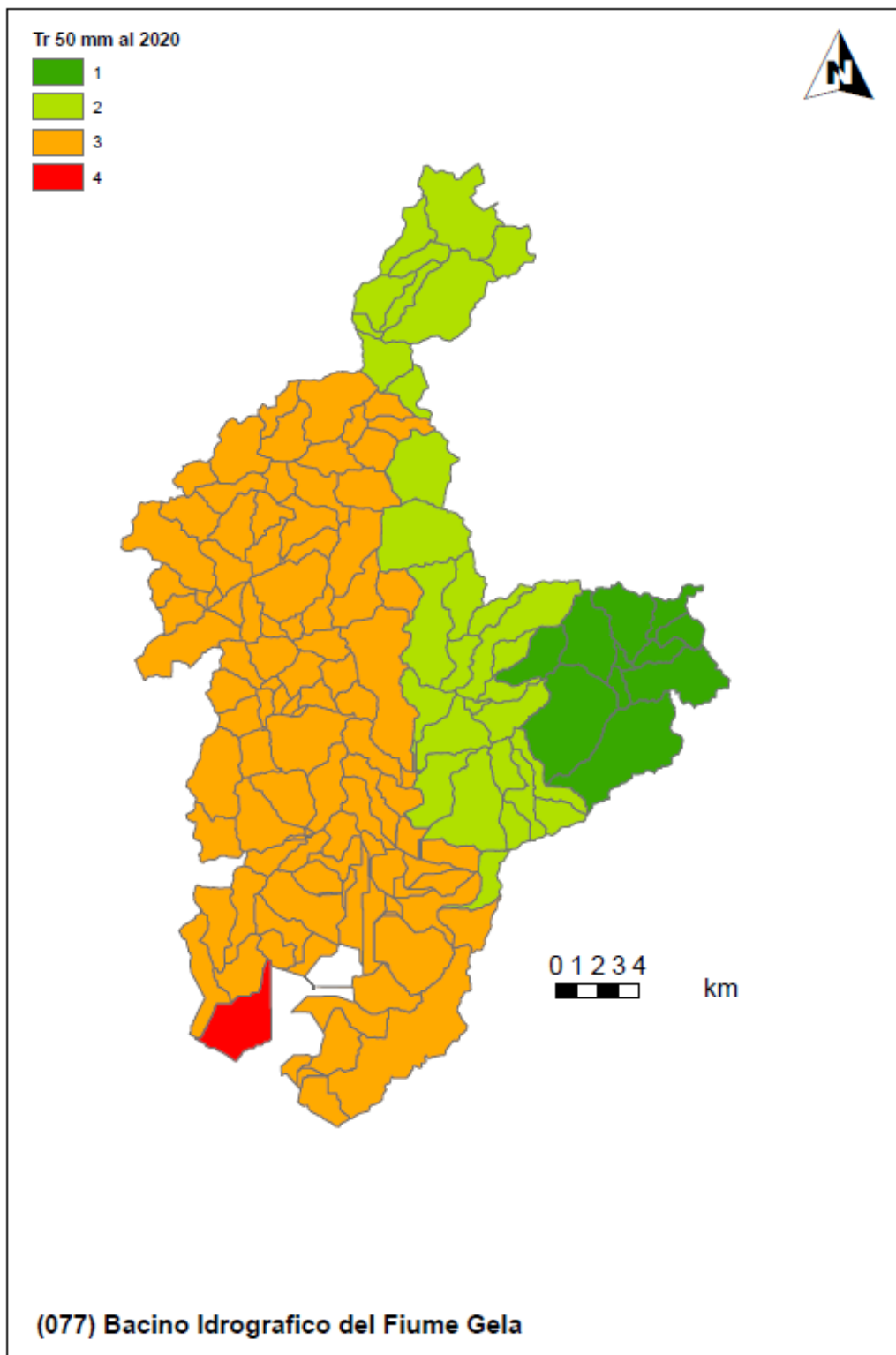


Figura 18 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario Attuale)

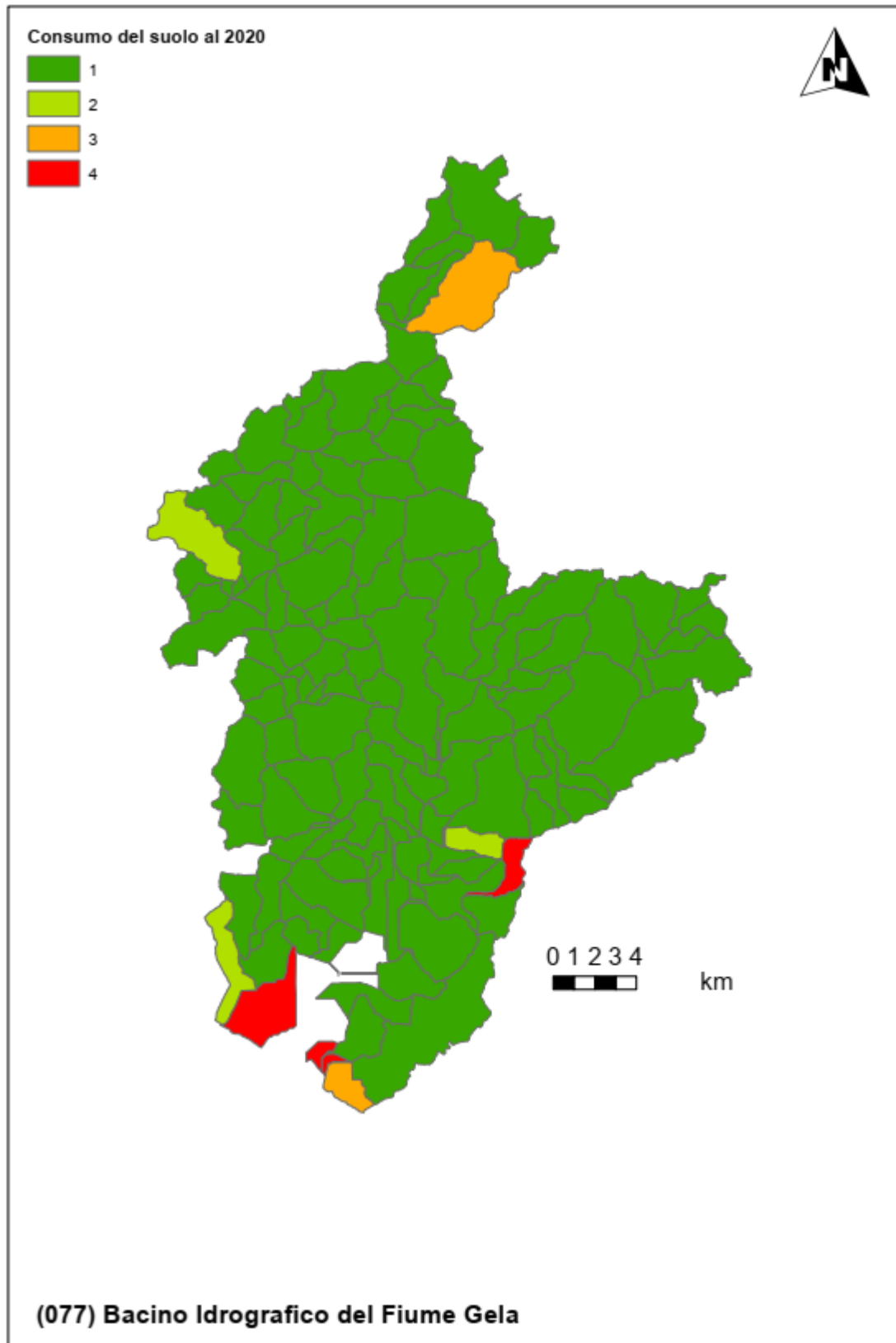


Figura 19 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario Attuale)

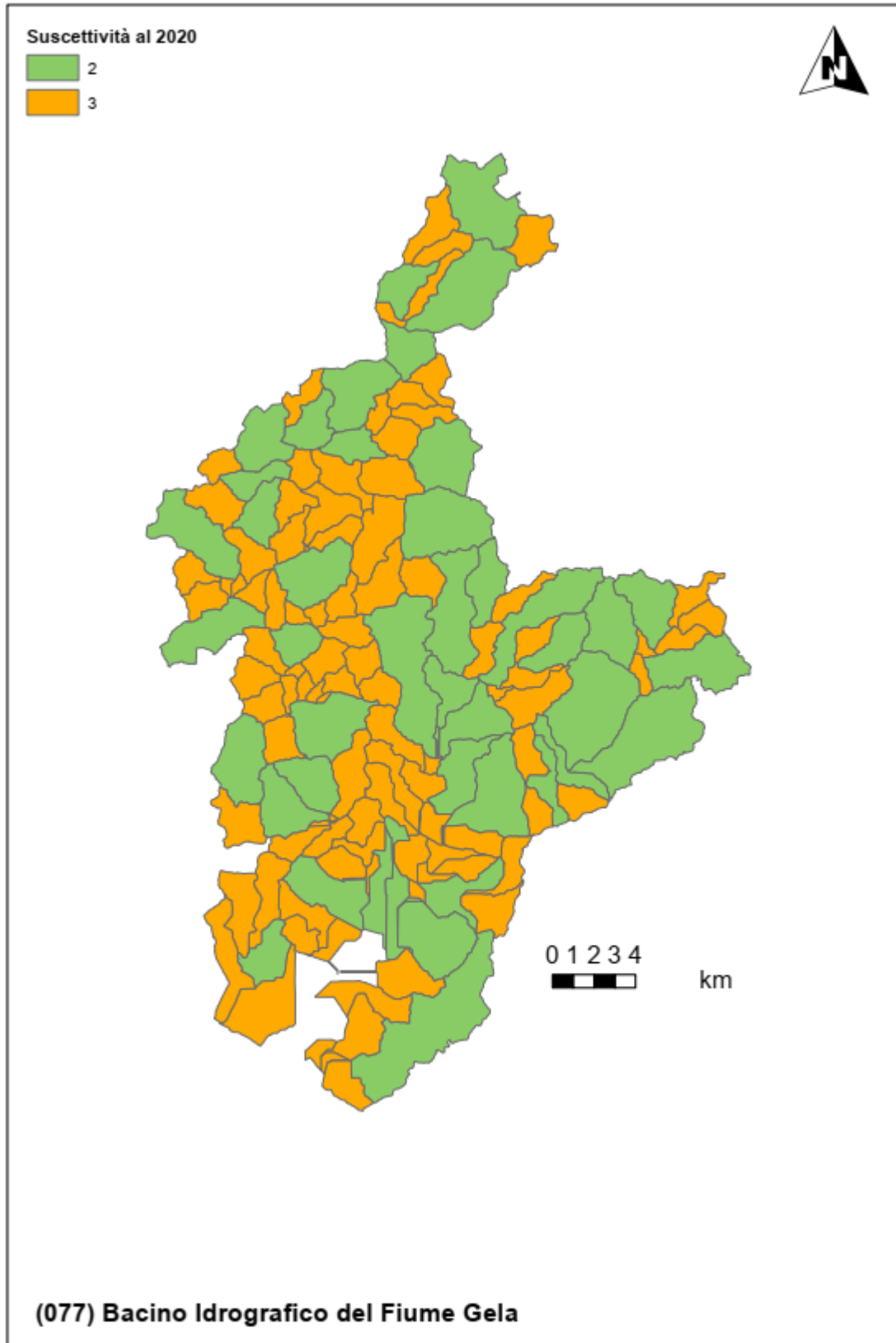


Figura 20 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario Attuale)

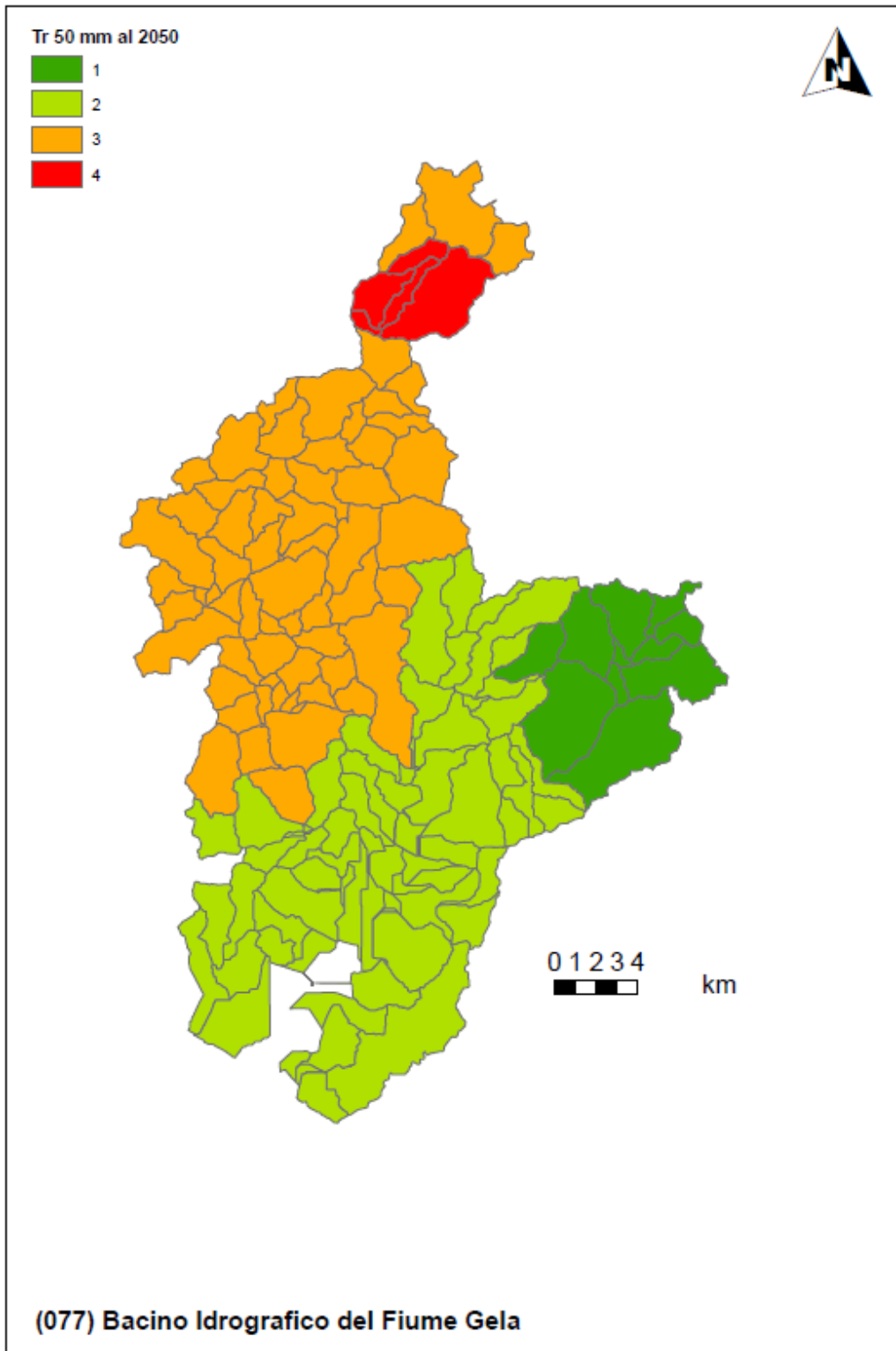


Figura 21 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario al 2050)

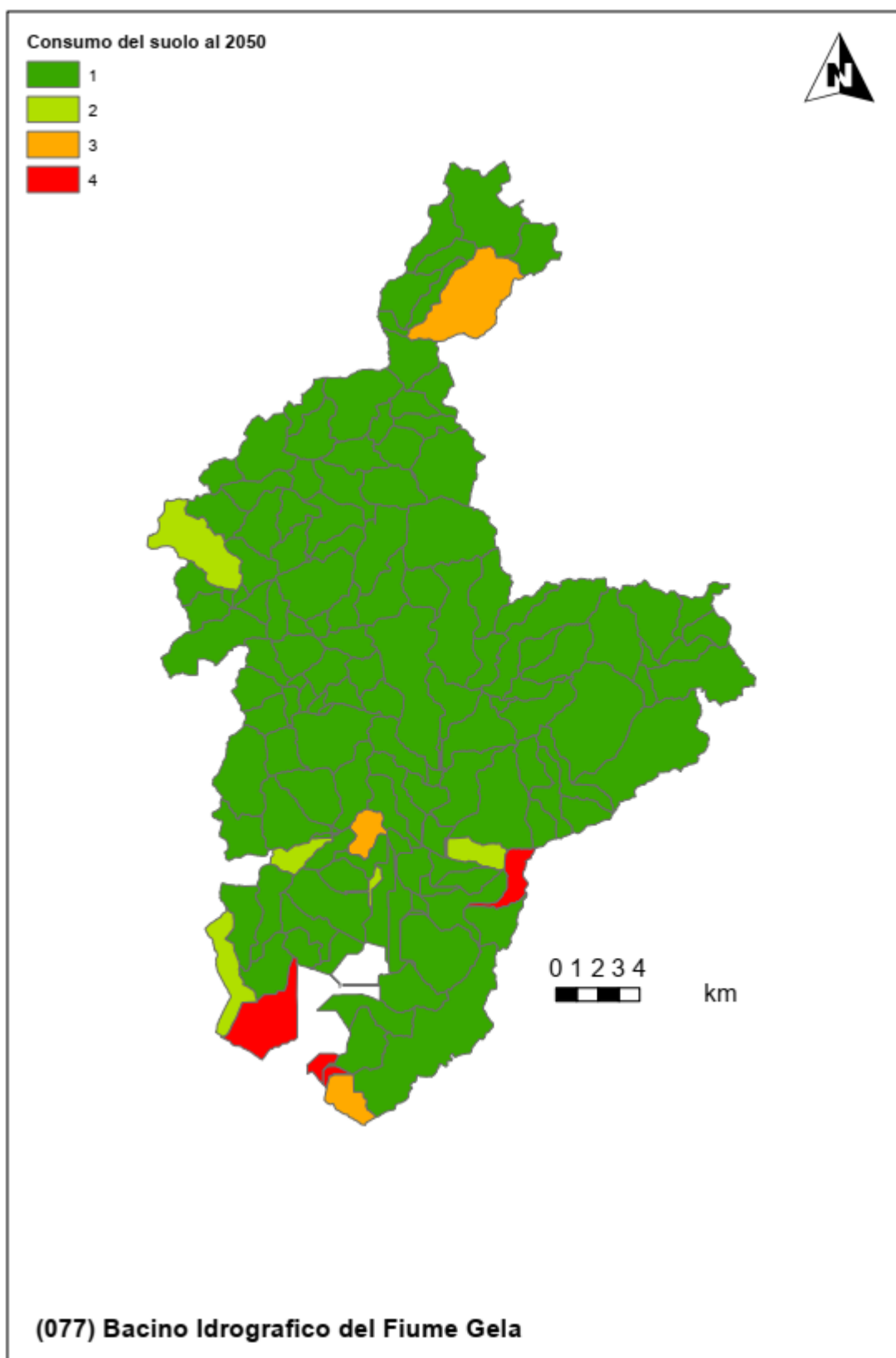


Figura 22 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario al 2050)

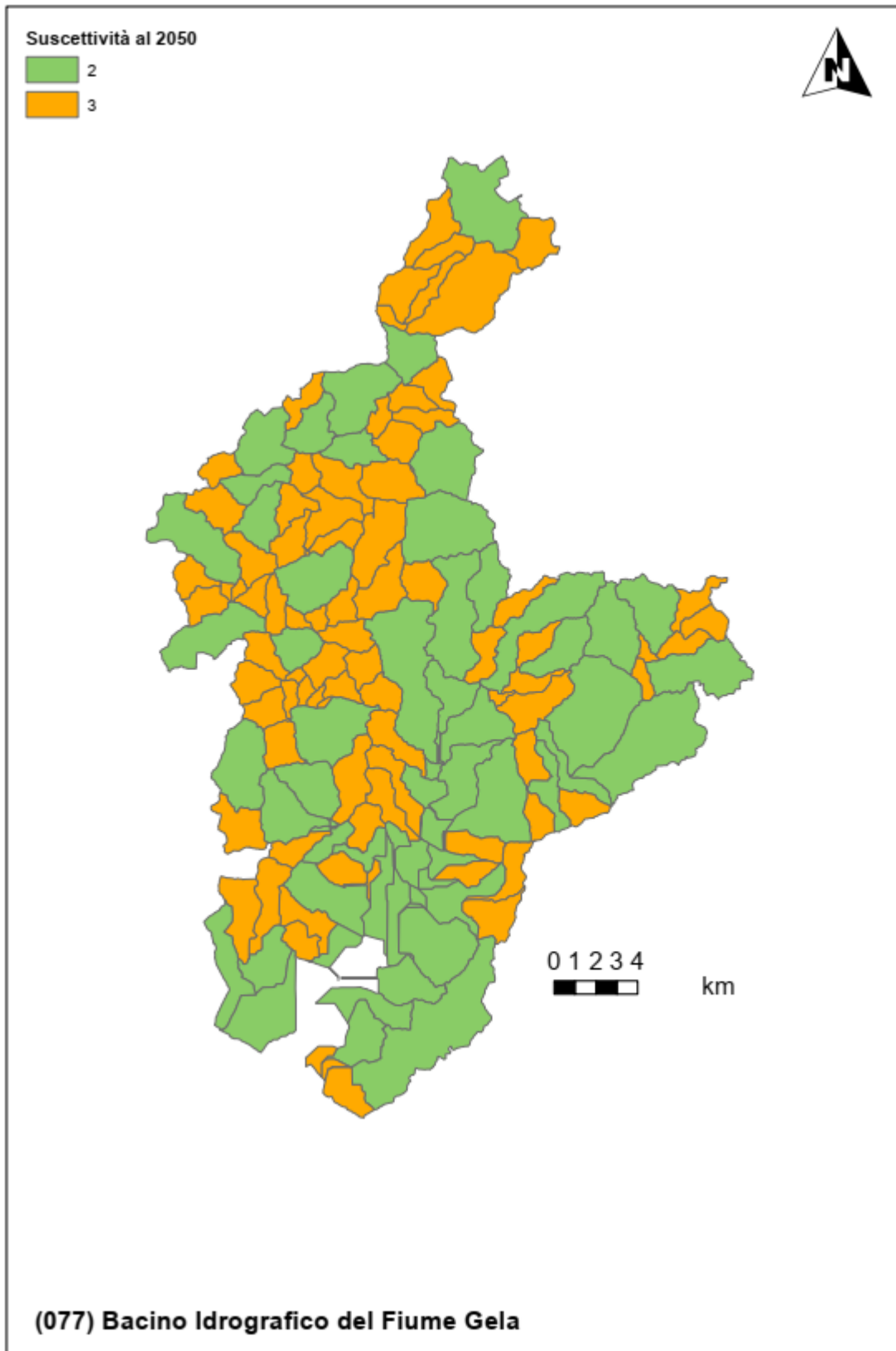


Figura 23 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario al 2050)



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

(077) Bacino Idrografico del Fiume Gela

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	11.15	1.50	24.55	20.51	3.16	3.20
2	4.00	1.09	24.02	20.11	2.98	2.98
3	3.97	1.04	24.23	20.18	1.44	1.44
4	12.71	2.00	23.84	19.46	21.64	22.06
5	2.37	0.92	23.88	19.73	4.66	4.66
6	4.21	1.34	23.68	19.83	2.24	2.24
7	2.31	1.01	23.80	19.60	4.16	4.29
8	0.88	1.23	23.52	20.00	5.23	5.27
10	2.38	0.93	21.82	20.64	1.43	1.43
11	6.39	3.31	21.02	20.59	1.20	1.20
12	4.31	3.03	21.79	20.74	0.17	0.17
13	2.14	0.79	20.52	20.45	3.53	3.63
14	3.11	3.27	20.79	20.57	1.12	1.12
15	4.06	1.12	22.13	21.10	1.81	1.81
16	2.18	0.90	21.46	20.83	1.82	1.82
17	4.30	1.32	21.81	21.11	0.85	0.85
18	4.37	3.82	20.87	20.66	0.80	0.80
19	4.03	0.89	20.51	20.47	6.43	7.40
20	2.64	0.95	21.24	20.83	1.62	1.71
22	9.15	1.31	20.60	20.55	10.29	12.12
23	2.83	3.65	21.24	20.91	0.64	0.74
24	2.20	0.81	21.90	21.27	1.21	1.21
25	0.06	1.43	21.47	21.08	0.00	0.00
26	8.10	4.09	21.70	21.35	0.38	0.38
27	3.29	0.81	20.91	20.76	0.04	0.04
28	2.48	0.81	20.75	20.69	0.68	0.68
29	0.40	0.75	20.94	20.86	1.59	1.59
30	0.48	1.09	21.00	20.90	4.18	4.18
31	1.79	1.27	21.17	21.05	1.91	1.91
32	2.60	0.80	20.94	20.91	1.63	1.63
33	0.94	5.55	21.64	21.52	0.29	0.29
34	2.29	1.37	21.38	21.27	1.42	1.42
35	0.94	1.81	21.87	21.71	1.33	1.33
36	3.62	4.73	21.76	21.81	1.06	1.06
37	7.79	1.17	21.15	21.23	1.83	2.33
38	2.70	0.81	21.51	21.65	0.68	0.68
39	2.92	0.87	22.11	22.23	1.18	1.18
40	0.45	7.08	21.84	22.11	2.27	2.27
41	3.10	0.83	21.53	21.91	1.02	1.02

42	0.81	5.14	21.94	22.34	2.67	2.67
43	1.06	0.80	21.81	22.29	0.12	0.12
44	0.52	5.63	22.05	22.49	0.98	0.98
45	1.73	1.01	22.31	22.62	0.82	0.82
46	0.21	7.27	22.13	22.61	0.10	0.10
47	2.71	0.73	21.66	22.31	0.88	0.88
48	8.90	5.27	22.17	22.91	0.44	0.44
51	3.18	0.68	21.74	22.79	1.45	1.45
55	4.67	2.10	23.55	20.07	4.77	5.16
56	2.76	0.88	23.63	20.29	6.12	6.12
57	2.19	2.67	23.37	20.56	3.22	3.22
58	8.27	1.20	22.71	20.63	1.08	1.08
59	1.51	3.21	22.94	20.79	1.88	1.88
60	2.31	0.92	23.46	20.79	2.24	2.24
62	3.42	2.92	22.41	20.97	1.07	1.07
63	3.29	1.41	23.10	21.04	1.01	1.01
64	4.78	1.30	22.90	21.40	2.19	4.68
66	8.76	1.31	23.63	21.46	3.58	3.63
68	11.56	1.47	23.65	22.34	6.08	6.49
69	6.66	1.19	22.56	21.67	1.28	1.28
70	4.92	1.72	22.72	22.14	1.59	1.70
71	5.15	1.16	24.80	23.95	1.74	1.75
72	3.50	0.99	23.45	22.67	1.45	1.46
73	10.48	1.39	24.16	23.56	0.83	0.83
74	9.99	1.31	26.73	26.16	0.74	0.77
75	2.25	1.73	22.15	21.83	1.08	1.08
76	6.50	0.96	31.64	31.31	2.09	2.31
77	2.59	0.87	25.78	25.07	0.34	0.38
78	2.54	0.88	33.48	33.28	5.75	7.40
80	2.47	0.77	34.49	34.40	4.78	5.87
81	2.95	1.33	24.99	24.60	1.34	1.44
82	7.63	1.01	29.91	29.50	0.80	1.56
83	2.75	0.80	22.32	22.18	0.93	0.93
84	2.04	0.99	33.73	33.59	1.95	1.95
85	15.32	1.62	23.28	23.25	0.51	0.93
86	4.98	0.93	27.60	27.16	0.07	0.07
87	0.68	1.13	31.88	31.59	1.72	2.11
88	2.38	0.75	26.55	26.08	0.29	0.29
89	1.22	1.04	31.46	31.19	1.09	1.09
90	1.95	1.10	26.34	26.03	0.24	0.24
91	15.67	1.95	28.62	28.38	1.07	1.52
92	8.99	1.09	34.00	33.90	9.72	9.81
93	2.50	0.82	22.57	22.63	2.17	2.17
94	4.27	1.93	24.10	24.05	0.09	0.09
96	0.54	1.99	25.32	25.14	1.68	1.75
97	2.61	0.91	22.84	23.13	0.79	0.79
98	4.95	0.98	26.47	26.29	1.54	2.42
101	6.09	2.07	24.60	24.70	1.91	2.90
102	15.74	1.53	30.19	30.02	1.80	1.81
103	3.78	1.03	22.90	23.61	0.54	0.54

107	8.06	1.12	21.46	22.92	1.49	2.42
108	5.58	5.74	21.81	23.44	1.78	1.79
109	6.27	1.39	21.47	23.72	1.47	1.83
110	4.29	1.01	21.19	23.84	0.72	0.72
111	2.42	0.88	21.28	24.32	8.17	13.71
112	4.57	1.12	20.75	25.27	3.46	3.56
113	7.38	1.26	21.14	25.03	3.38	3.39
114	4.96	1.16	20.55	25.50	1.72	1.81
115	3.47	1.18	20.75	25.49	3.20	3.45
118	5.46	1.56	20.16	26.32	15.11	15.56
119	2.23	1.11	20.49	25.88	6.06	6.78
120	2.08	2.25	20.70	25.64	2.45	2.45
121	4.58	2.21	20.20	26.35	3.38	5.23
122	1.75	29.67	20.38	26.12	1.98	1.98
123	8.18	3.27	19.92	26.89	46.76	48.81
124	4.47	1.37	20.68	25.81	1.83	2.17
125	4.14	20.38	20.14	26.49	9.93	10.41
126	3.63	21.07	20.07	26.67	28.32	31.03
127	0.17	67.49	19.97	26.81	65.72	65.72
128	4.80	1.40	20.47	26.03	5.06	7.10
129	1.03	5.07	20.08	26.64	45.76	53.40
130	0.52	5.15	20.16	26.48	36.95	36.95
138	0.23	4.49	23.67	24.10	2.04	2.04
139	0.57	3.20	23.43	24.11	3.60	3.60
140	6.12	1.33	23.87	24.51	1.19	1.19
141	4.98	1.13	22.20	23.54	1.29	1.29
142	3.27	1.98	26.70	26.70	0.30	0.30
143	2.57	2.76	23.15	24.12	1.27	1.28
144	2.87	0.83	25.63	25.76	1.03	2.05
145	11.03	2.85	24.39	24.98	1.63	1.64
146	0.01	5.23	25.15	25.48	0.00	0.00
147	3.84	1.14	22.74	23.94	1.12	1.12
148	3.21	2.18	25.85	26.03	0.61	0.61
149	2.25	0.79	25.21	25.59	2.74	2.79
150	2.72	0.74	26.38	26.49	0.89	0.89
151	3.38	1.06	22.53	23.98	1.95	4.06
153	1.80	4.30	22.96	24.40	1.80	1.80
154	0.11	28.64	21.72	23.95	1.20	1.20
156	0.24	12.42	21.61	24.02	1.33	1.33
157	2.08	7.46	21.66	24.34	4.58	8.73
159	2.69	0.95	22.13	24.15	9.95	24.40
160	2.72	2.23	22.33	24.47	0.18	0.30
161	3.00	0.83	23.50	24.70	15.92	15.93
162	0.04	5.74	22.98	24.48	3.20	3.20
163	1.79	3.42	22.79	24.53	0.73	0.73
164	2.09	10.12	21.94	24.40	2.25	2.25
165	2.68	0.94	21.51	24.65	1.49	1.49
166	0.85	5.86	22.35	24.55	0.18	0.18
167	2.24	0.84	23.12	24.67	2.17	2.17
168	0.65	11.93	21.69	24.65	7.94	16.57

169	3.01	0.97	23.87	24.89	50.25	52.05
170	0.59	7.75	21.97	24.65	1.91	1.91
171	5.05	1.42	22.81	24.71	3.54	3.85
173	4.03	0.87	23.01	24.62	5.25	5.25
174	3.93	12.39	21.57	24.82	1.15	1.34
176	9.50	1.33	21.96	24.82	0.68	0.69
179	4.25	5.13	21.78	24.75	1.16	1.43
180	3.51	18.66	20.84	25.54	1.88	1.89
182	0.84	29.42	20.67	25.81	1.44	1.44
183	4.80	1.22	21.26	25.23	1.96	1.96
185	20.29	2.35	21.27	24.98	5.59	5.75
189	3.22	1.25	20.31	26.13	24.14	24.19

## 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 di durata paragonabile al tempo di corrivazione 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 è composizione di trend non significativi o negativi per le durate più brevi e trend positivi per le durate maggiori conducendo ad una situazione in cui l'impatto è contenuto entro il +5% (modesto) per la maggior parte del reticolo idrografico montano ed entro il +10% (moderato) per la restante parte del bacino.

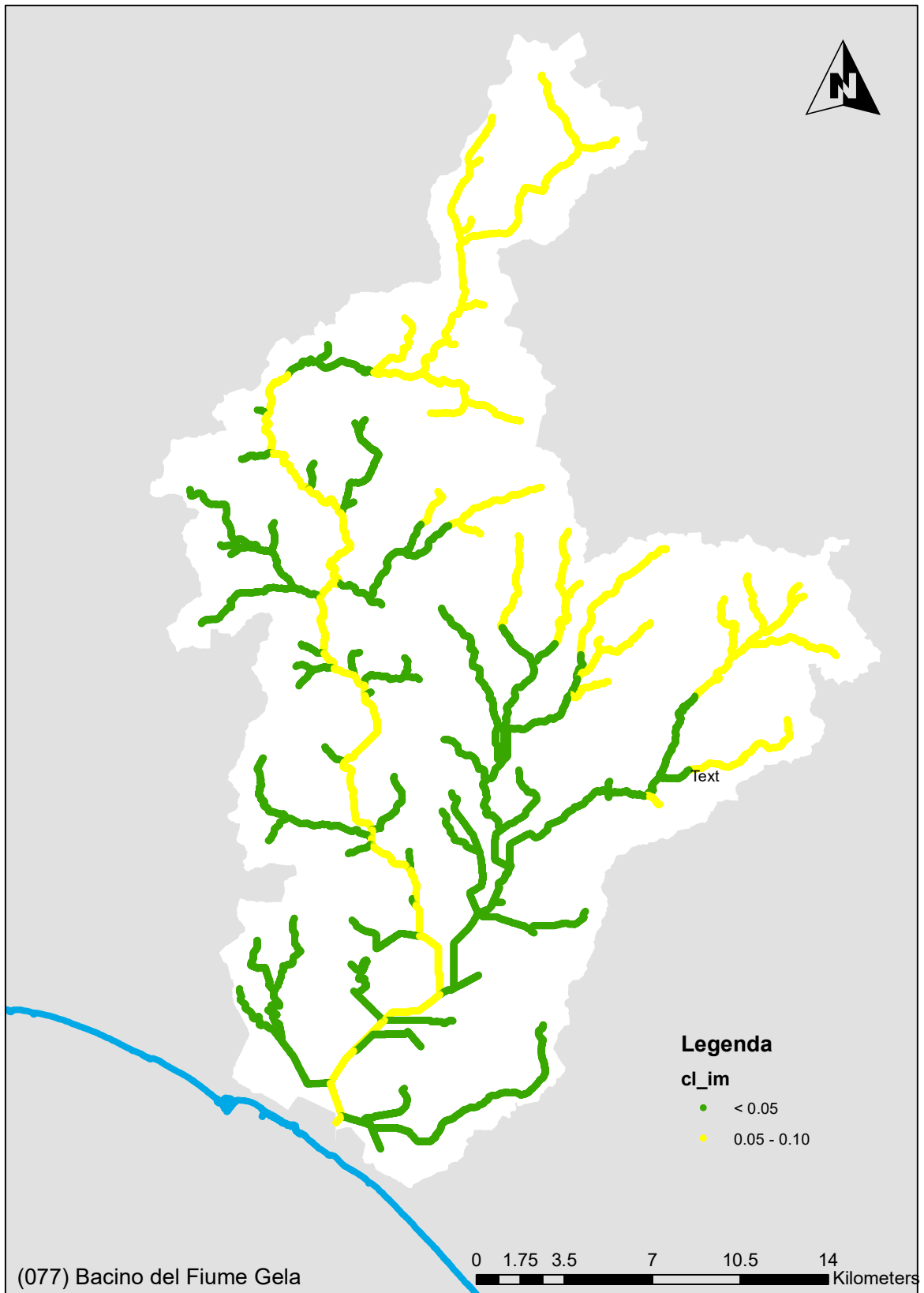


Figura 24 Variazione climatica nel periodo 2020 – 2050 per i picchi annuali di pioggia di massima intensità e durata pari al tempo di corrivazione dell'area drenata

## 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 allo stato attuale un rischio elevato in alcuni sottobacini distribuiti sul territorio tra cui i due bacini urbani di Niscemi e Gela. Tale condizione, poiché l'analisi evidenzia trend climatici statisticamente significativi solo per grandi durate, non si modifica in modo significativo nello scenario di medio termine con alcuni sottobacini che riducono il proprio livello di suscettibilità ed altri che lo aumentano.

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, allertamento e segnalazione del pericolo nei bacini ad suscettibilità elevata** evidenziati dallo scenario attuale che risultano caratterizzati da un'elevata densità abitativa come le aree di Gela e Niscemi (Figura 25).

Tali interventi andranno tarati sulla previsione di eventi di breve e brevissima durata che maggiormente influiscono sul rischio di piene lampo.

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.

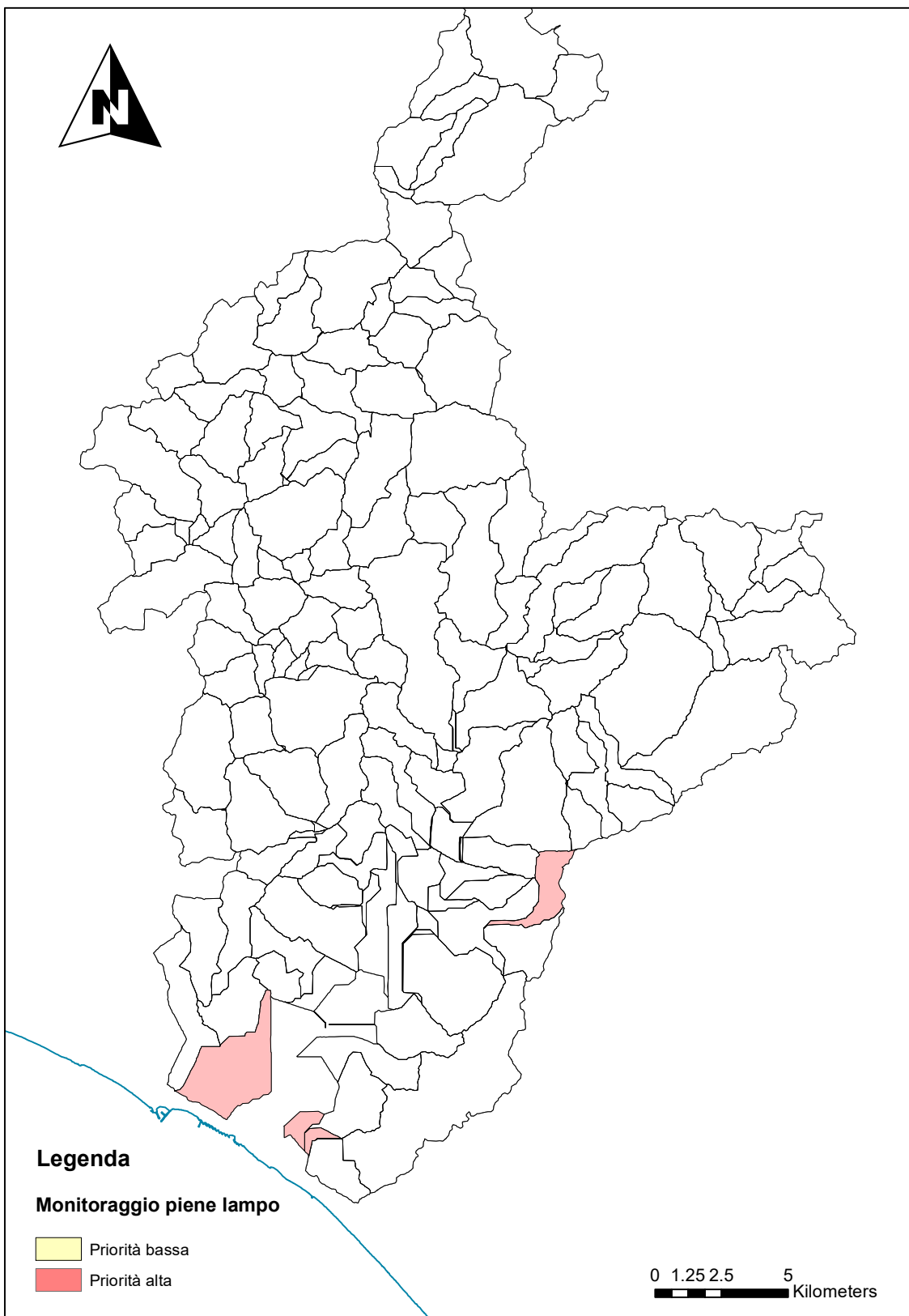


Figura 25 Aree su cui applicare gli interventi di monitoraggio delle piene lampo



