

026 – Bacino Idrografico del fiume Pollina

PROF. ING.
GABRIELE FRENI

[COMPANY NAME] | [Company address]

Indice

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

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)¹. 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.

¹ 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'inquadrimento morfologico e territoriale

Il bacino idrografico del Fiume Pollina ricade nel versante settentrionale della Sicilia.

La morfologia, variamente accidentata dell'area esaminata, caratterizzata da repentine variazioni di quota, si manifesta con il contrapporsi di aree collinari, dai pendii dolci e poco acclivi, a rilievi lapidei, dai pendii acclivi e scoscesi. I processi geomorfologici che interessano i terreni rilevati sono la disgregazione fisica e l'erosione delle masse litoidi, con conseguenti dissesti di crollo e ribaltamento; laddove affiorano i terreni lapidei la morfologia del territorio è rappresentata da rilievi notevoli, dai versanti molto acclivi, associati ad ampie fasce detritiche e valli strette e profonde. Nelle aree collinari e pedemontane, i versanti sono poco acclivi e caratterizzati dalla presenza di morfosculture derivanti principalmente da processi franosi e di erosione accelerata, ovvero da processi morfodinamici, determinati dallo scorrimento delle acque, dall'erosione e dal trasporto solido delle acque incanalate.

Il bacino del Fiume Pollina è caratterizzato da un reticolato idrografico di tipo sub dendritico abbastanza regolare; tale tipologia è prevalentemente riscontrabile nelle aree di monte, in corrispondenza dei tratti iniziali dei corsi d'acqua, anche a causa dell'elevato gradiente di pendio che li caratterizza. Invece gli impluvi di ordine maggiore ubicati più a valle, in corrispondenza della porzione centro-settentrionale del bacino, hanno percorsi molto sinuosi che spesso sfociano in una morfologia meandriforme, specie laddove il gradiente di pendio diventa più basso. La distribuzione e le pendenze delle aste fluviali del reticolo idrografico sviluppatosi nelle aree territoriali contigue a tale bacino indicano un livello evolutivo riconducibile a uno stadio di erosione fluviale "mediamente senile", ovvero mediamente gerarchizzato ma sicuramente disorganizzato. Nelle aree esaminate il dissesto idrogeologico da frana è molto diffuso e contribuisce decisamente di processi di evoluzione morfologica dei versanti; a causa dell'estrema eterogeneità delle litologie affioranti, sono presenti molti dissesti di natura complessa, nonché dissesti di varia natura aventi talvolta estensioni notevoli.

Il fiume Pollina è caratterizzato da un andamento planimetrico, che, in corrispondenza della zona centro-settentrionale del bacino, assume una configurazione di tridente per la presenza di due suoi affluenti principali (Torrente Castelbuono e Vallone dei Molini). Il corso d'acqua prende origine nel territorio comunale di Geraci Siculo, a nord-ovest di Monte Ferrante e in prossimità con il confine del territorio di San Mauro di Castelverde, dove assume il nome di Torrente Calabrò. Quest'ultimo, in corrispondenza dell'altura di Pizzo del Ladro, nella porzione nord-orientale del territorio comunale di Geraci Siculo, riceve in sinistra idraulica un affluente di discreta entità, ovvero il Torrente Raino. Successivamente il torrente Calabrò, attraversa la frazione abitata di Botindari, marcando per un tratto consistente il confine comunale tra i territori di Geraci Siculo e San Mauro di Castelverde. In coincidenza di Cozzo Bruni, il torrente Calabrò riceve in sinistra idraulica le acque del Torrente Cappita ed acquisisce definitivamente il nome di fiume Pollina. Il fiume Pollina, con un andamento già decisamente sinuoso, prosegue lungo il confine territoriale tra i comuni di Geraci Siculo e San Mauro di Castelverde e in corrispondenza dell'intersezione con in confine del Comune di Castelbuono, incontra in sinistra idraulica uno dei suoi due principali affluenti, ovvero il Vallone dei Molini. In seguito il fiume attraversa la porzione orientale del territorio amministrativo di Castelbuono, fino alle pendici orientali di Cozzo Milione, dove intercetta sempre in

sinistra idraulica, il suo principale affluente, ovvero il torrente Castelbuono. Da questo punto il corso d'acqua prosegue in direzione N-NE con un andamento chiaramente meandriforme lungo il confine territoriale tra i comuni di Pollina e San Mauro di Castelverde, fino a quando nella zona di Piano della Chiesa riceve in destra idraulica le acque dell'ultimo affluente, ovvero il Vallone Buonanotte. Da questo punto il fiume Pollina proseguirà in direzione nord fino alla foce, marcando sempre il confine tra i comuni di Pollina e San Mauro di Castelverde.

Le alture con quote superiori a 1.500 s.l.m. sono localizzate nella porzione centro occidentale del bacino, nel Parco delle Madonie; tra esse ricordiamo: Pizzo Carbonara (m. 1.979), Monte Ferro (m. 1.906), Pizzo Antenna (m. 1.977), Monte Daino (m. 1.788), Monte Mufara (m. 1.865), Monte Spina (m. 1.755) e Monte Quacella (m. 1.869). Fra le alture più rilevanti di media altitudine abbiamo invece, a sud Monte Miccio (m. 1.042) e Pizzo Cerasa (m.1.559); a est Monte Ferrante (m. 1.785); a ovest Monte Balatelli (m. 1.125) ed a nord Pizzo dell'Angelo (m. 881). All'interno del bacino, invece, sono evidenti le vette di Cozzo Luminario (m. 1.812), Pizzo del Morto (m. 763), Cozzo del Campanaro (m. 764), Pizzo Torretta (m. 683) e Pizzo Castelluccio (m. 1.028).

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 ai 15 km². Complessivamente sono stati individuati 107 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.

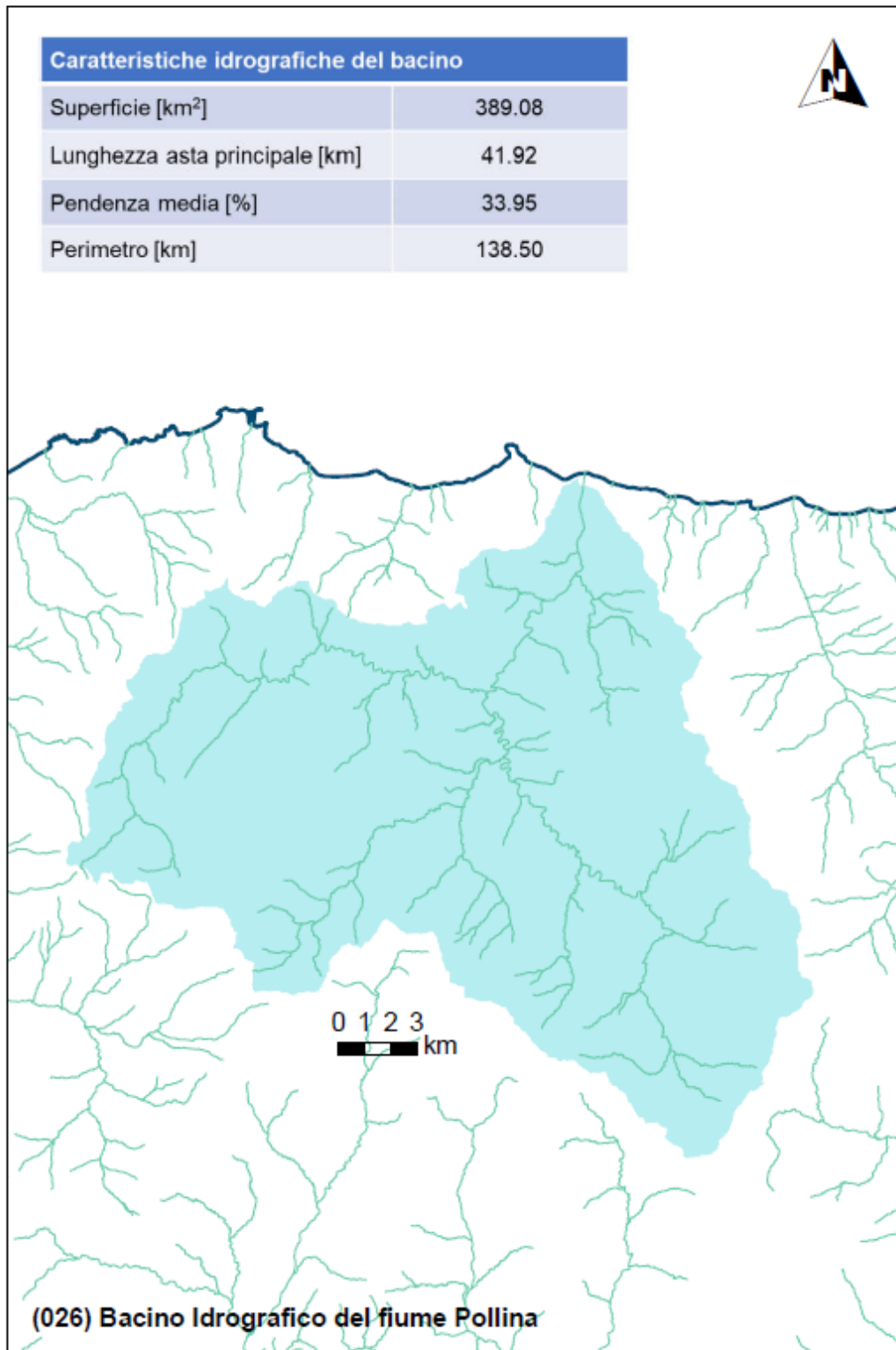


Figura 1 Inquadramento Territoriale del bacino

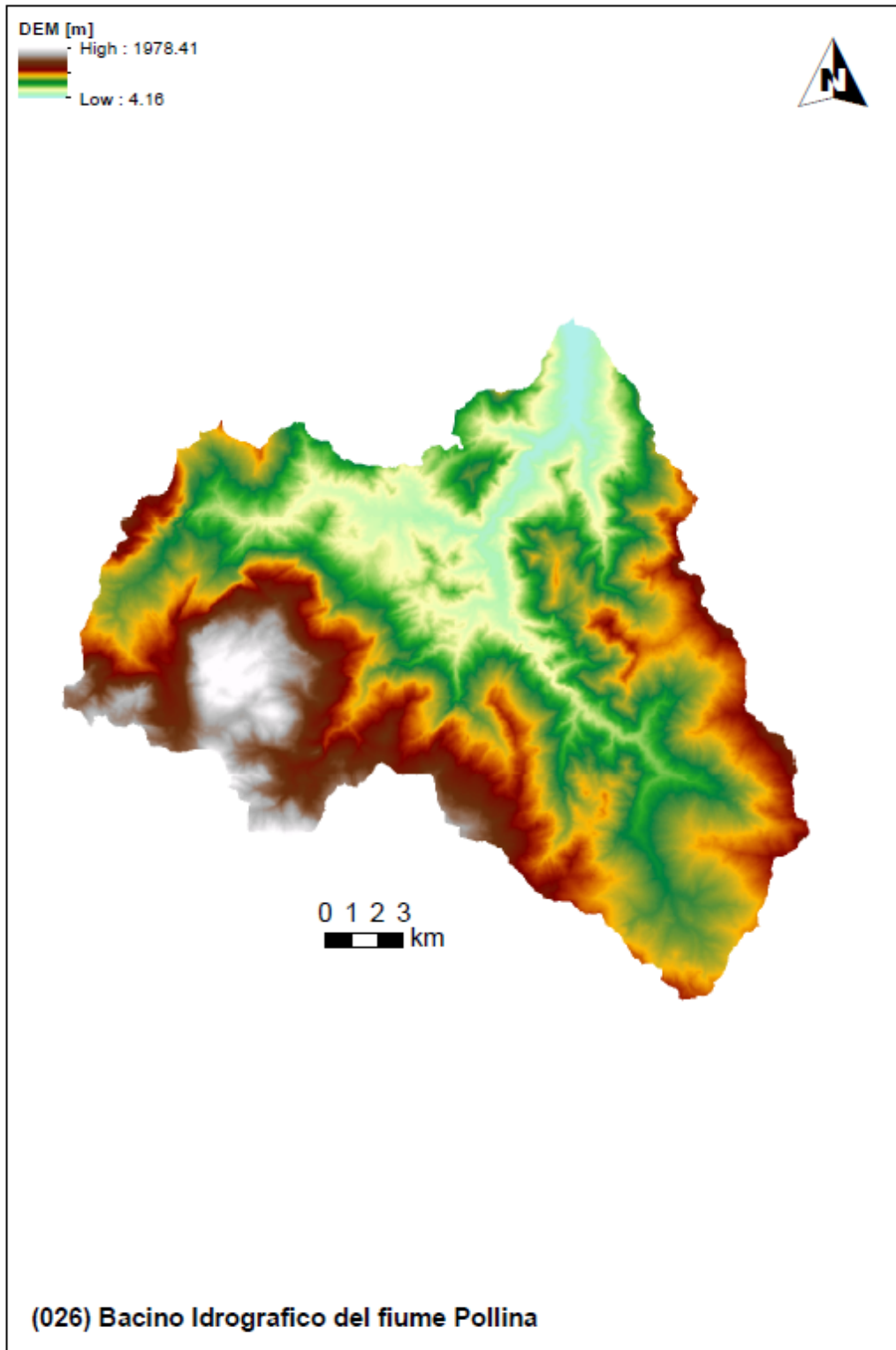


Figura 2 Modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

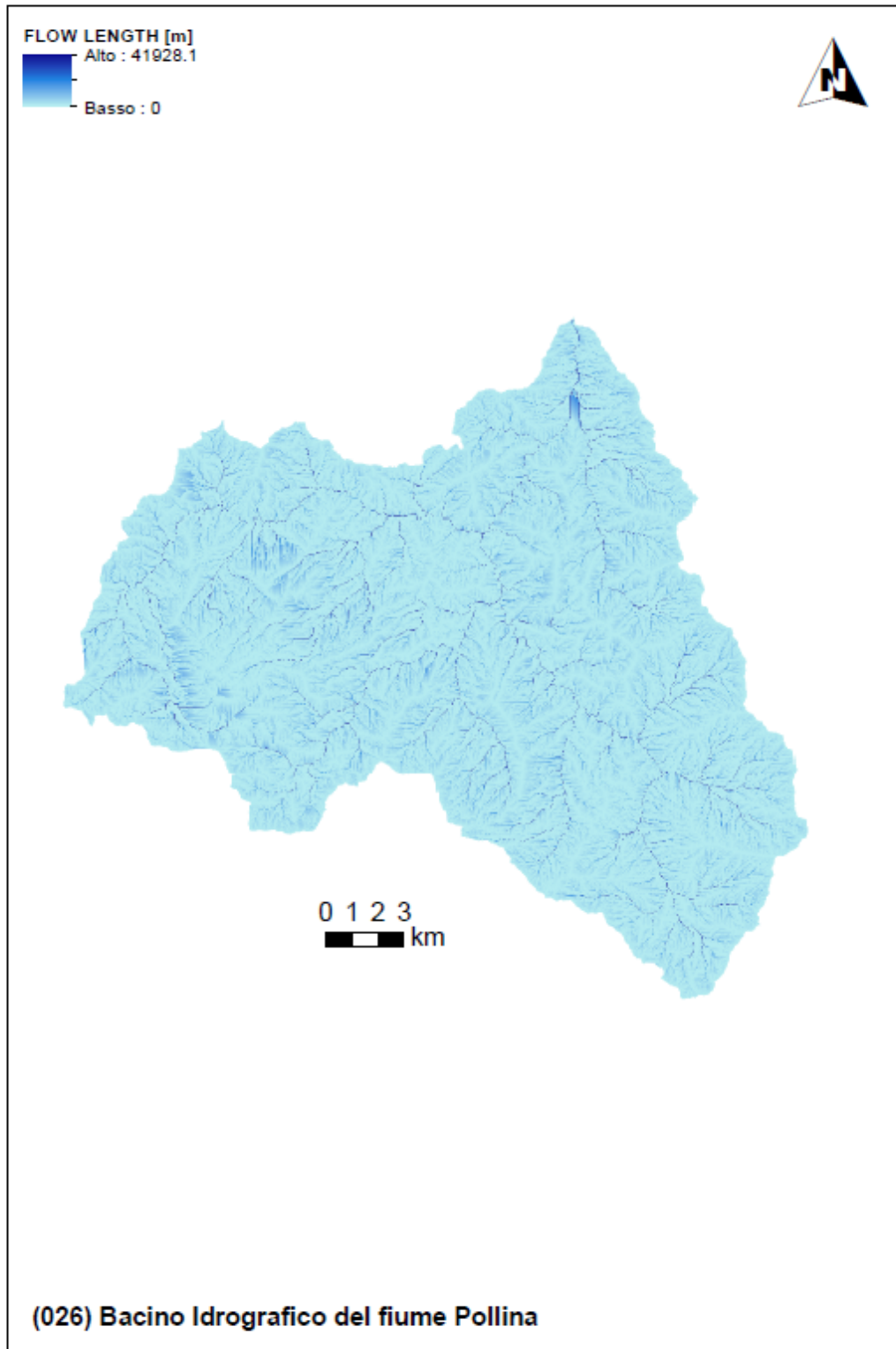


Figura 3 Lunghezze dei percorsi di drenaggio sulla base del modello digitale delle elevazioni

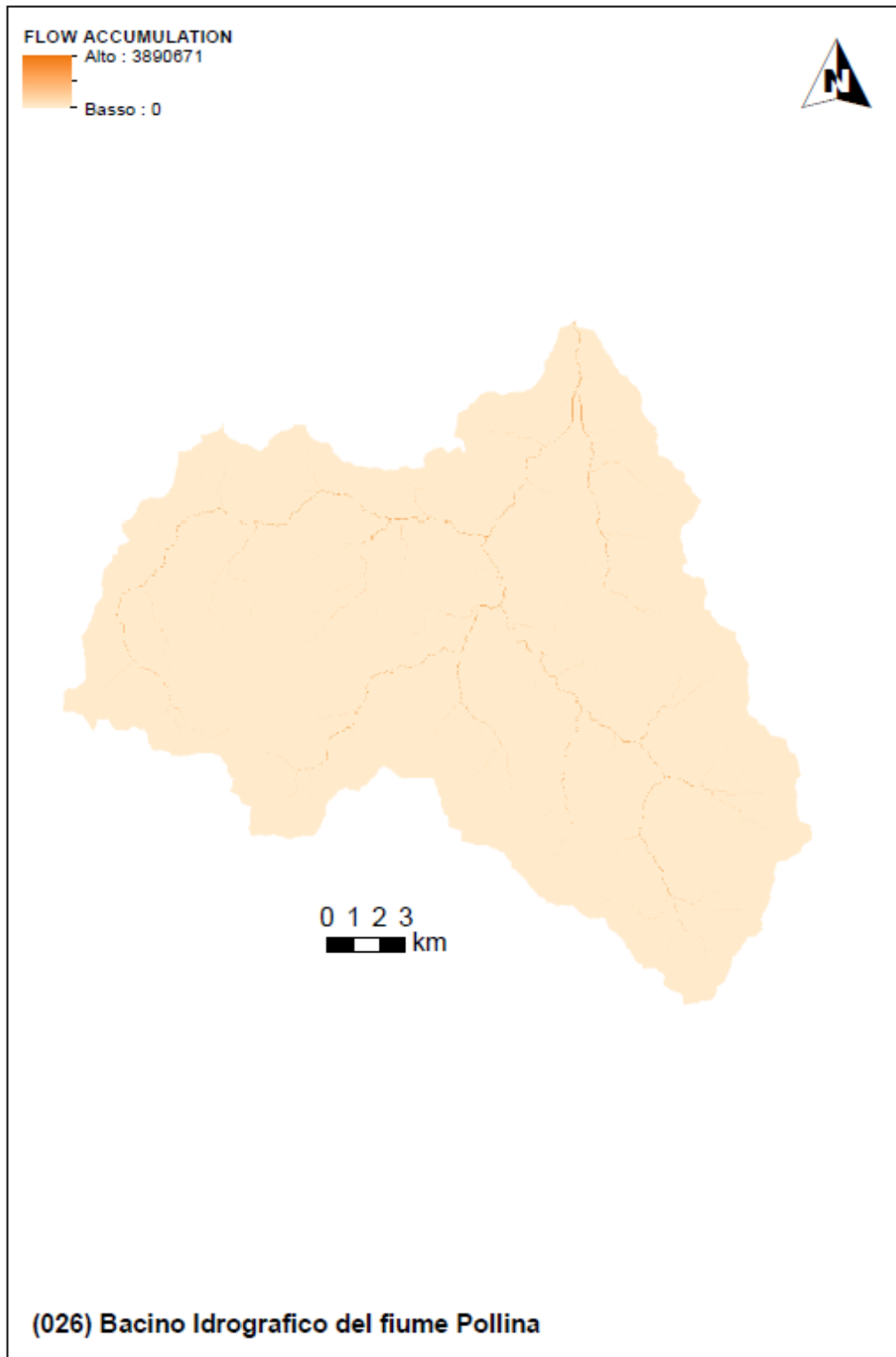


Figura 4 Funzione Flow Accumulation del bacino

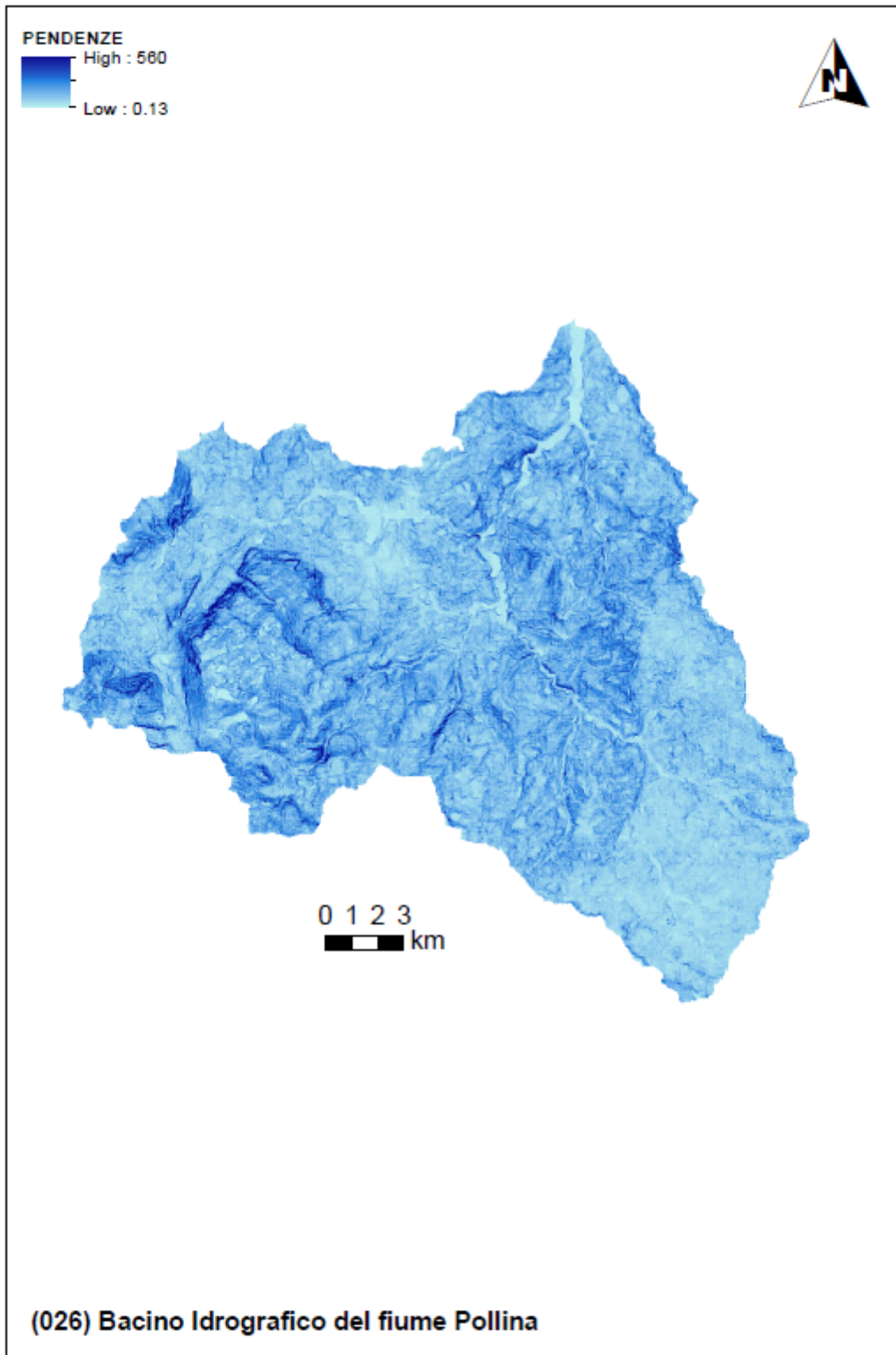


Figura 5 Carta delle pendenze [%] sulla base del modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

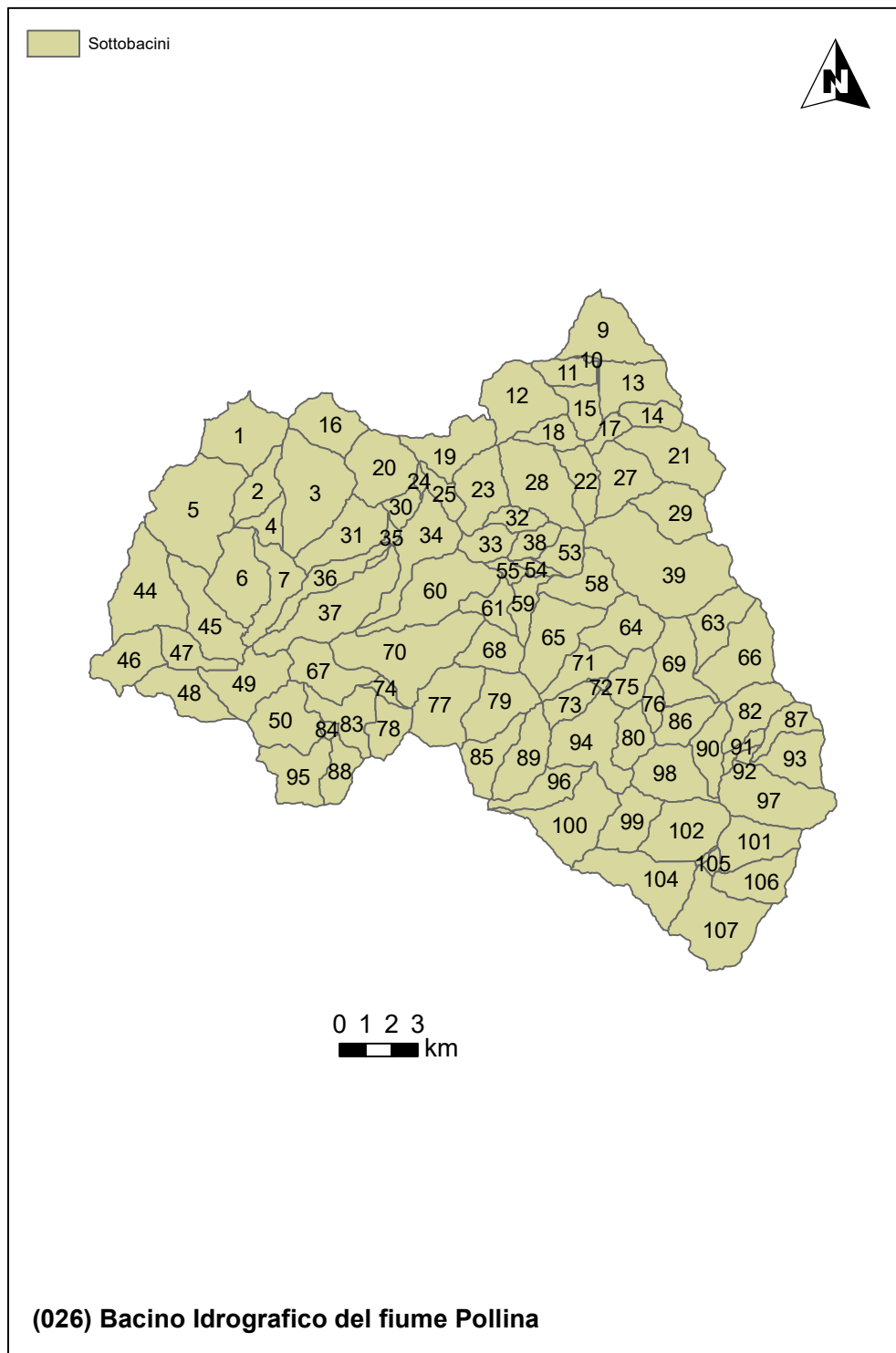


Figura 6 Delimitazione dei sottobacini sulla base delle caratteristiche morfologiche e della densità di drenaggio

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 intermedi (in generale superiori a 20 anni) ma con una significativa variazione nello scenario climatico di medio termine e ciò determina 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 km²).

I trend riscontrati nei dati si evidenziano significativi nelle durate di 1h, 3h e 6h mentre sono non significativi per gran parte del bacino per le durate di 12h e 24h (con livello di significatività pari a 0.05). I valori dei trend sono comunque positivi e, in alcune aree, anche di entità significativa.

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, in media, il 15% del suolo del bacino già consumato (ma con punte che superano il 25%). Ovviamente i sottobacini montani 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 1.5% 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.

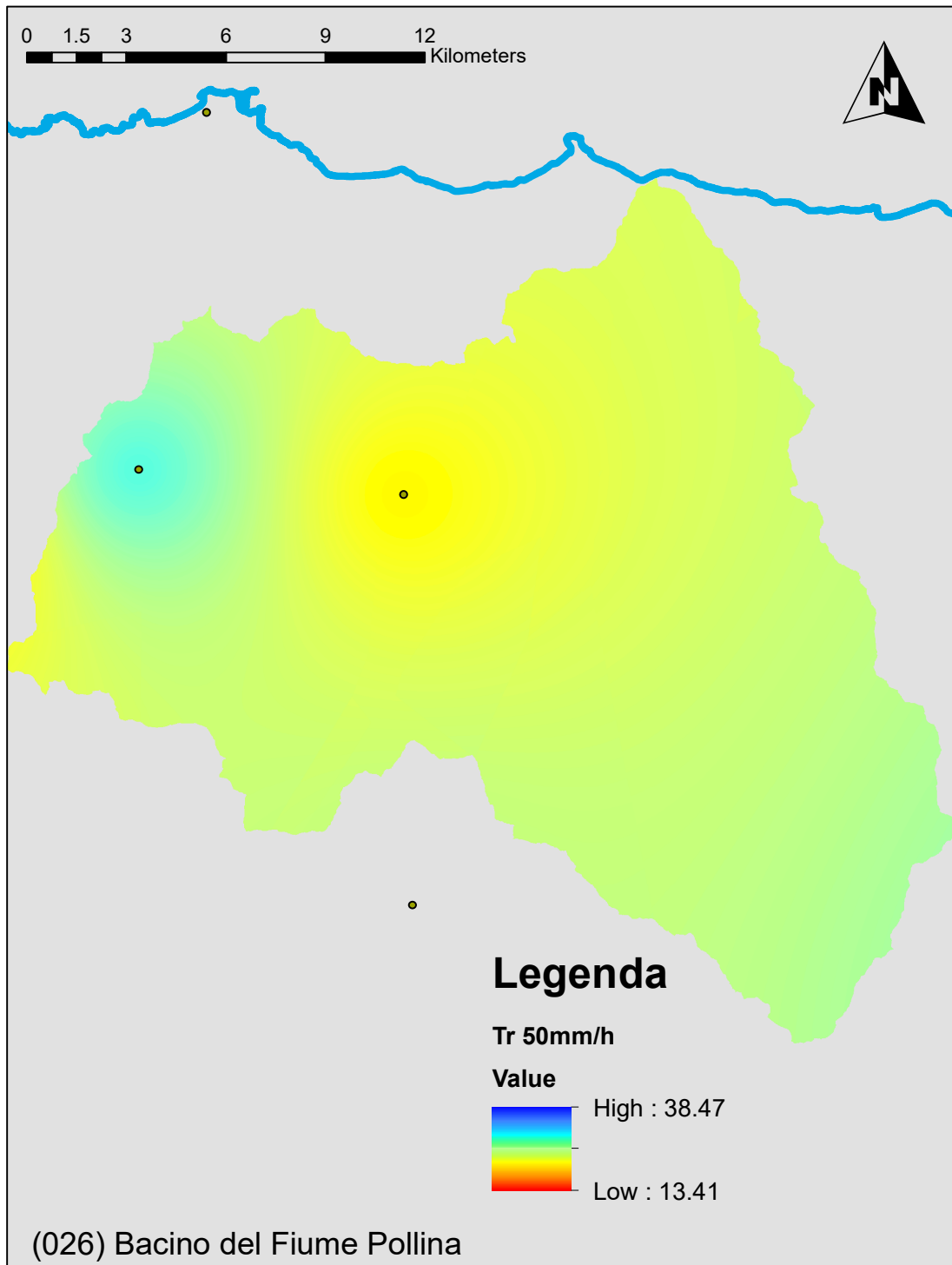


Figura 7 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario attuale (anni)

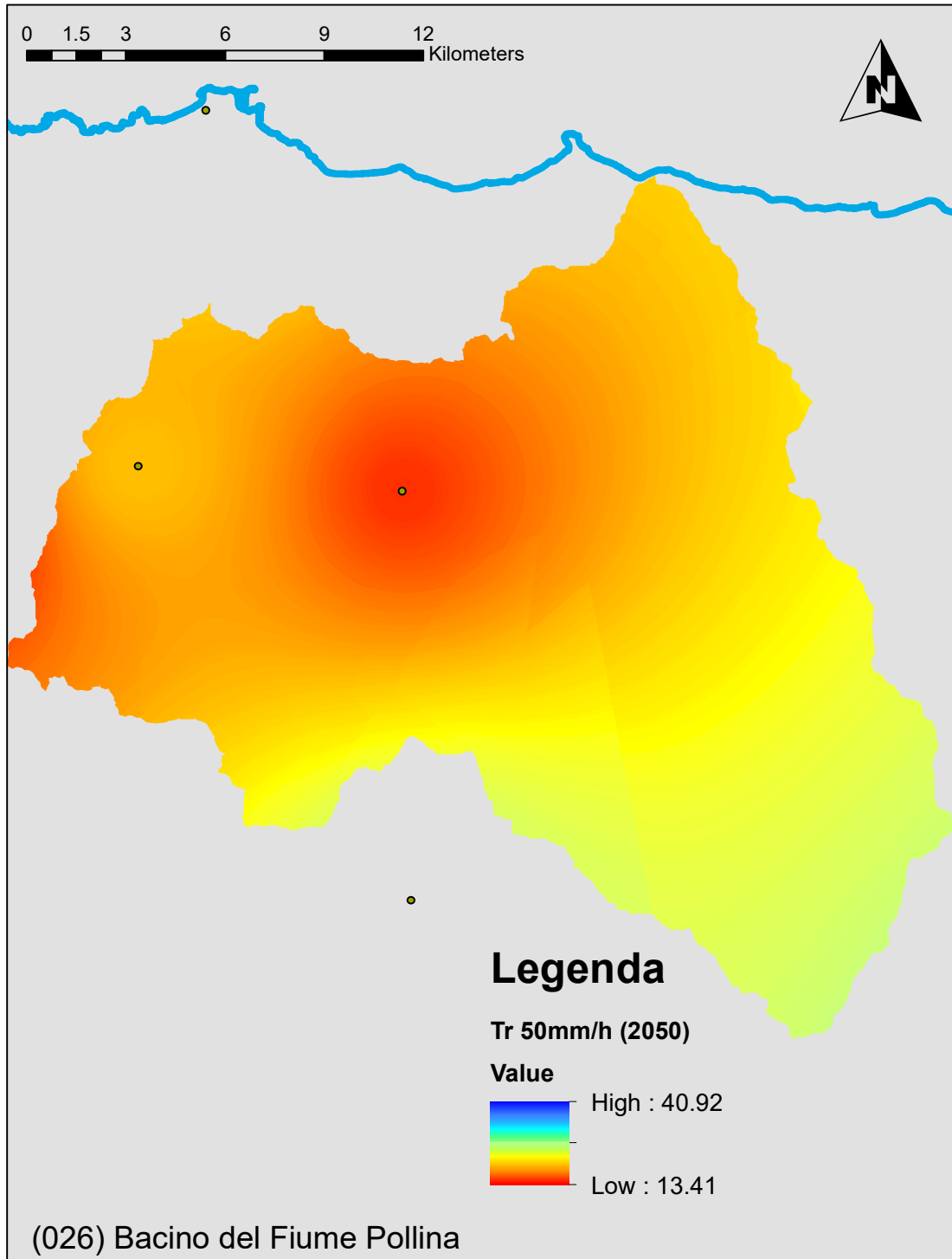


Figura 8 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario di medio termine al 2050 (anni)

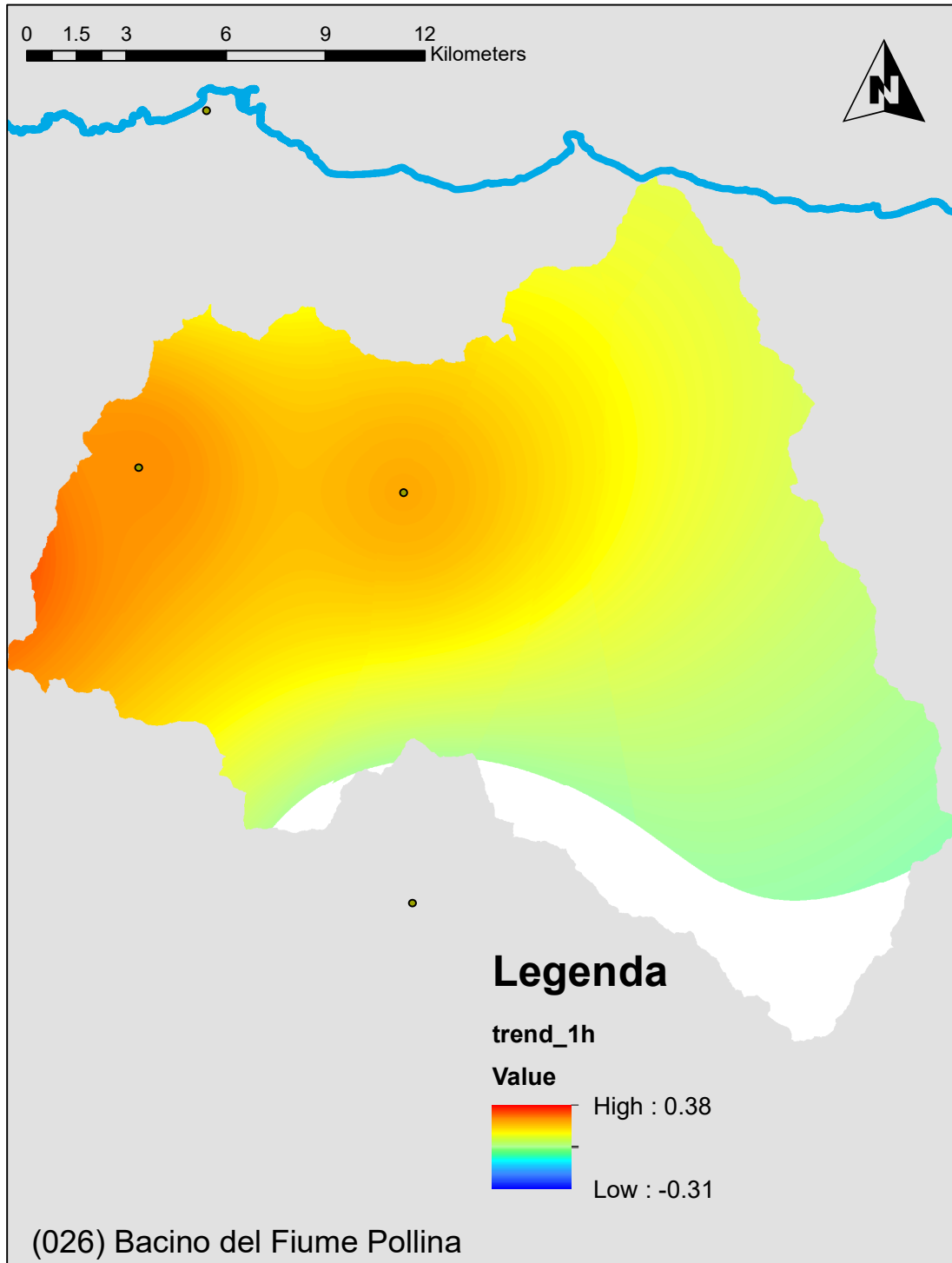


Figura 9 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 1 h (mm/anno)

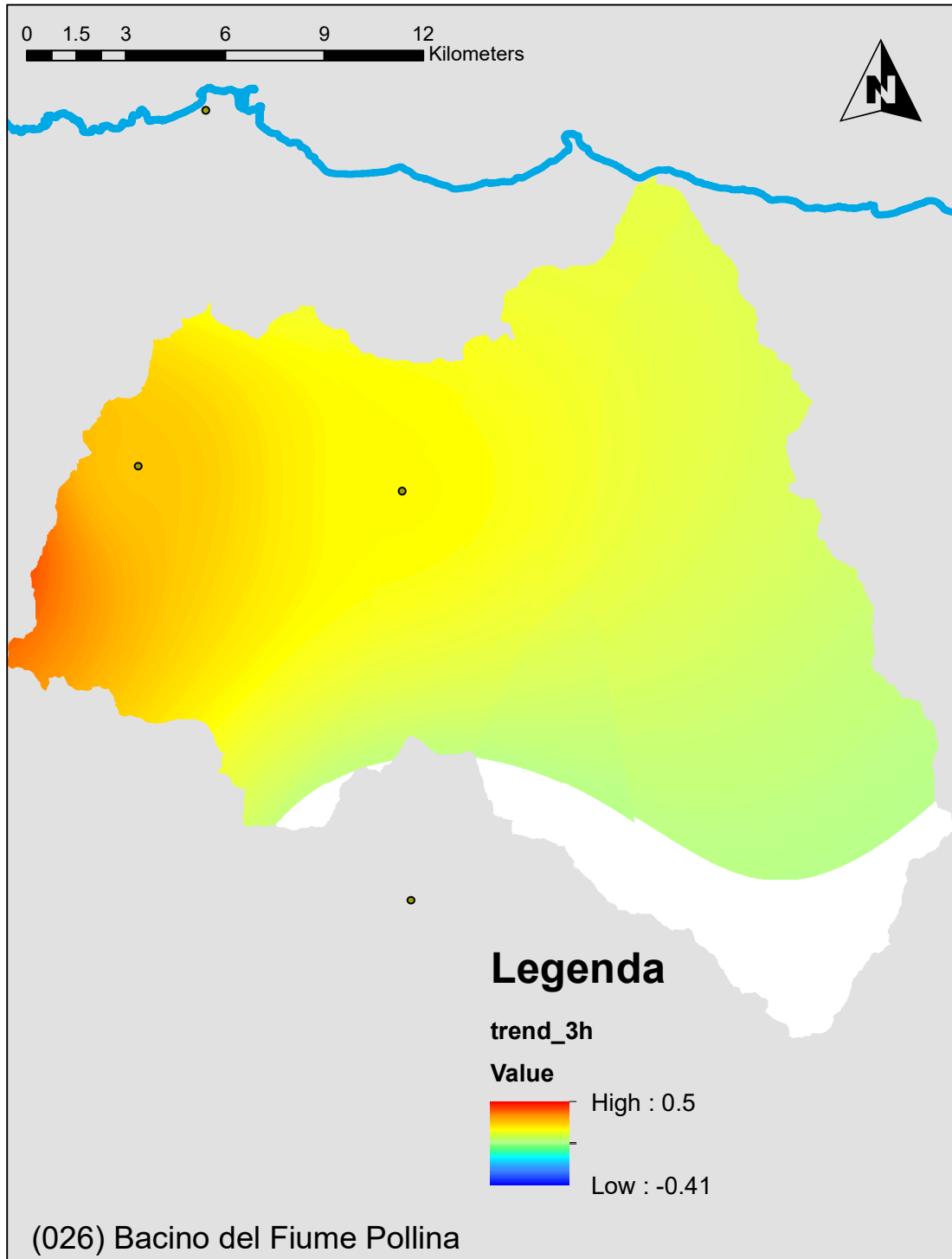


Figura 10 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 3 h (mm/anno)

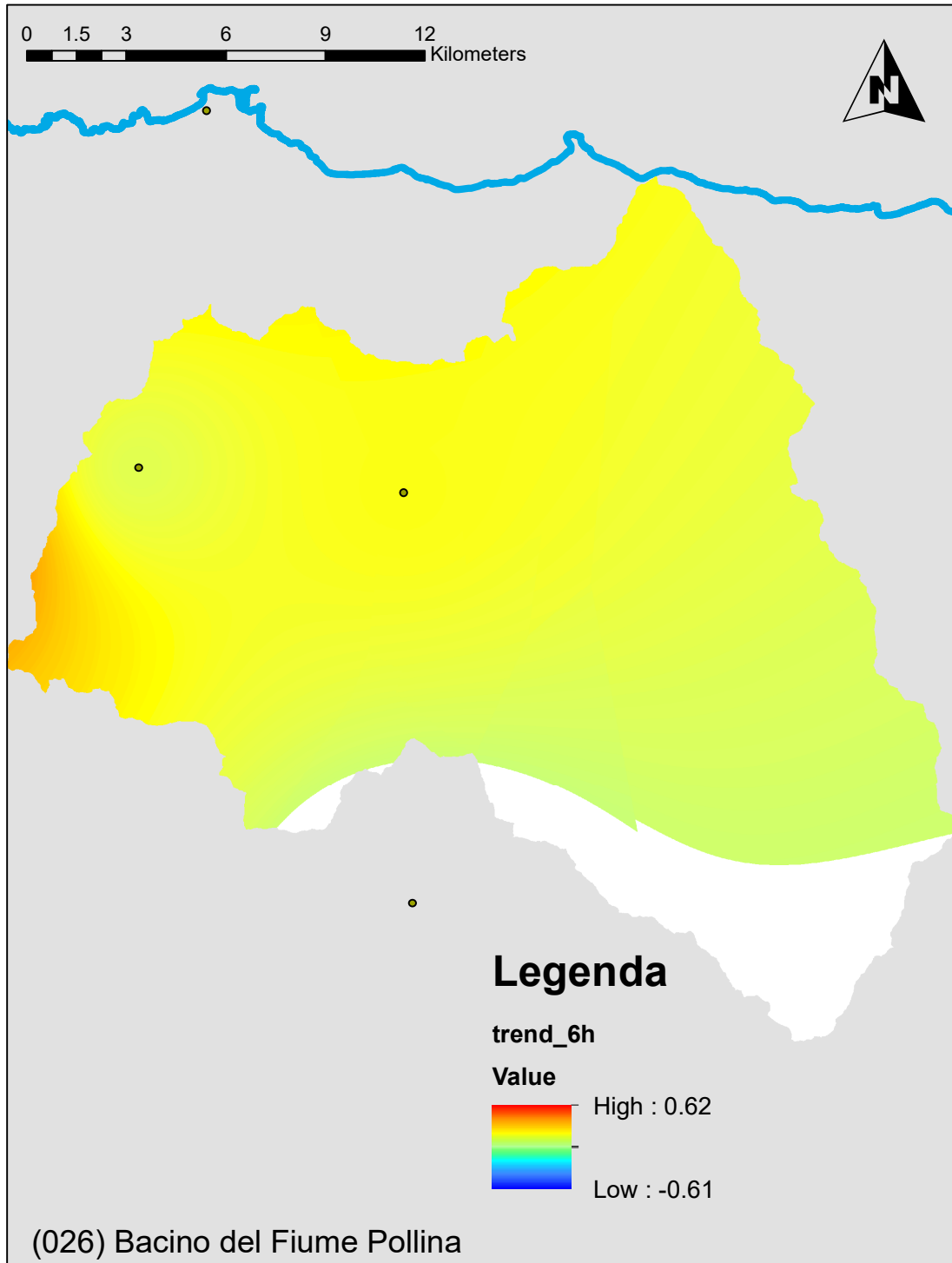


Figura 11 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 6 h (mm/anno)

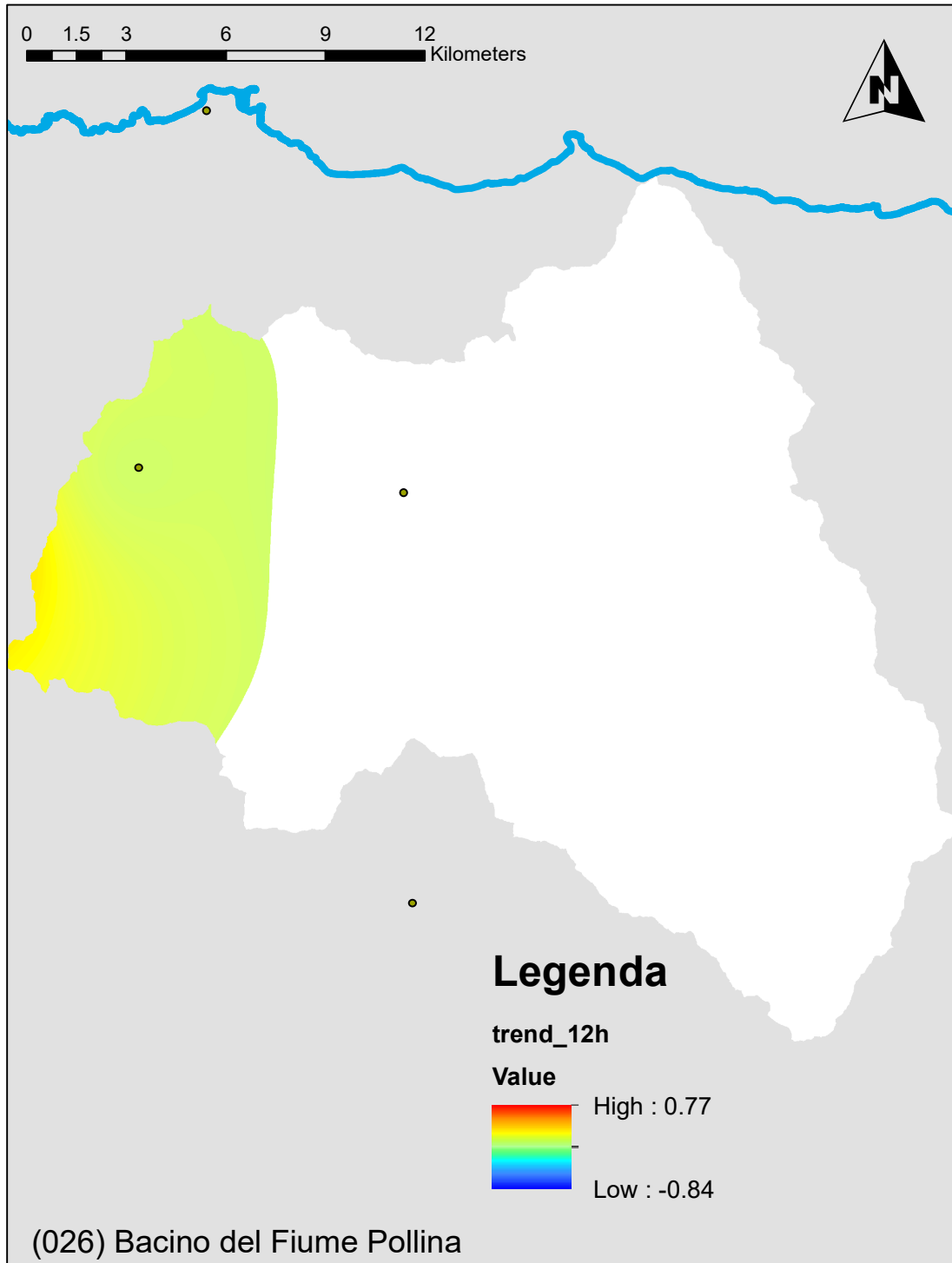


Figura 12 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 12 h (mm/anno)

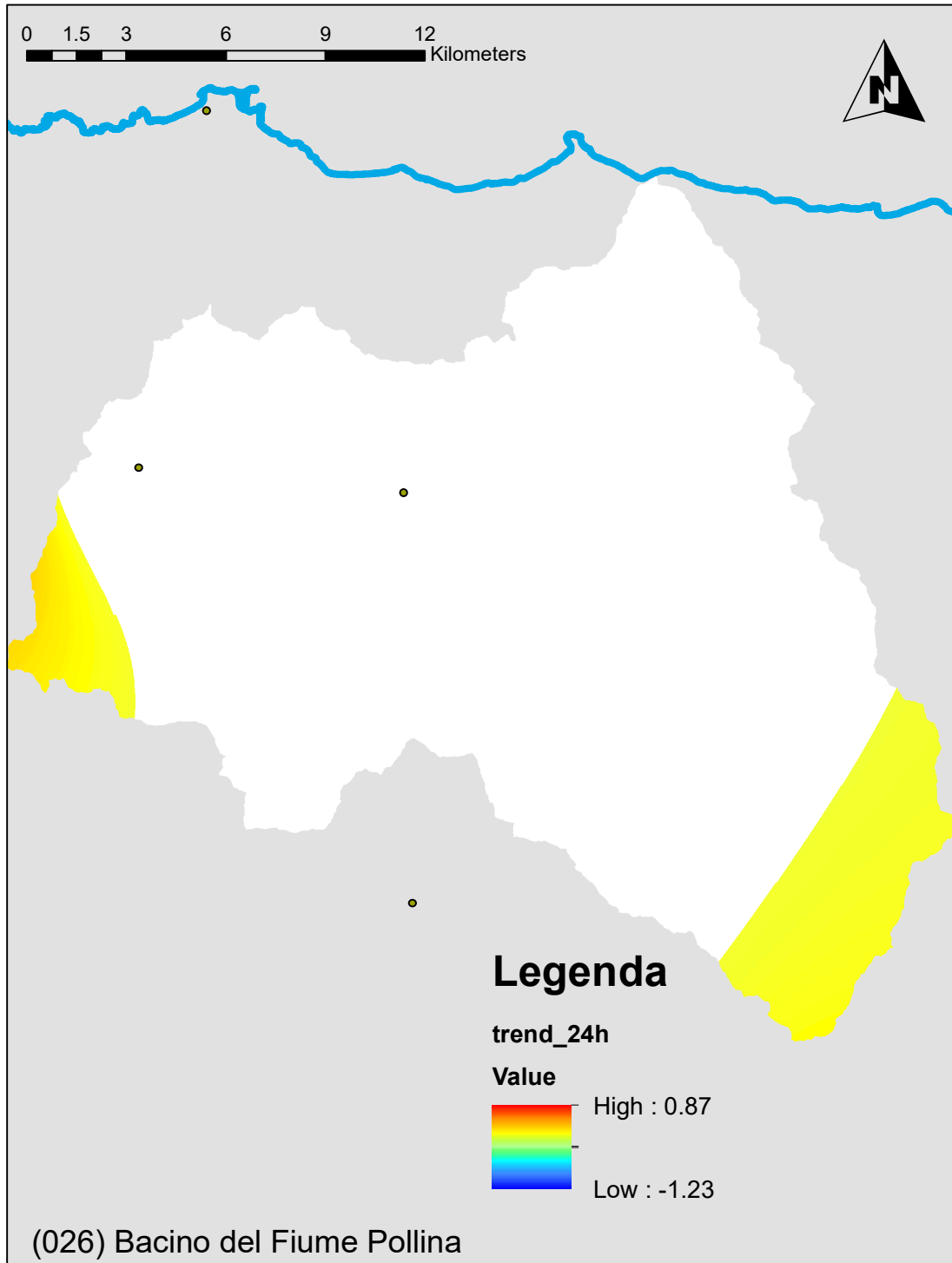


Figura 13 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 24 h (mm/anno)

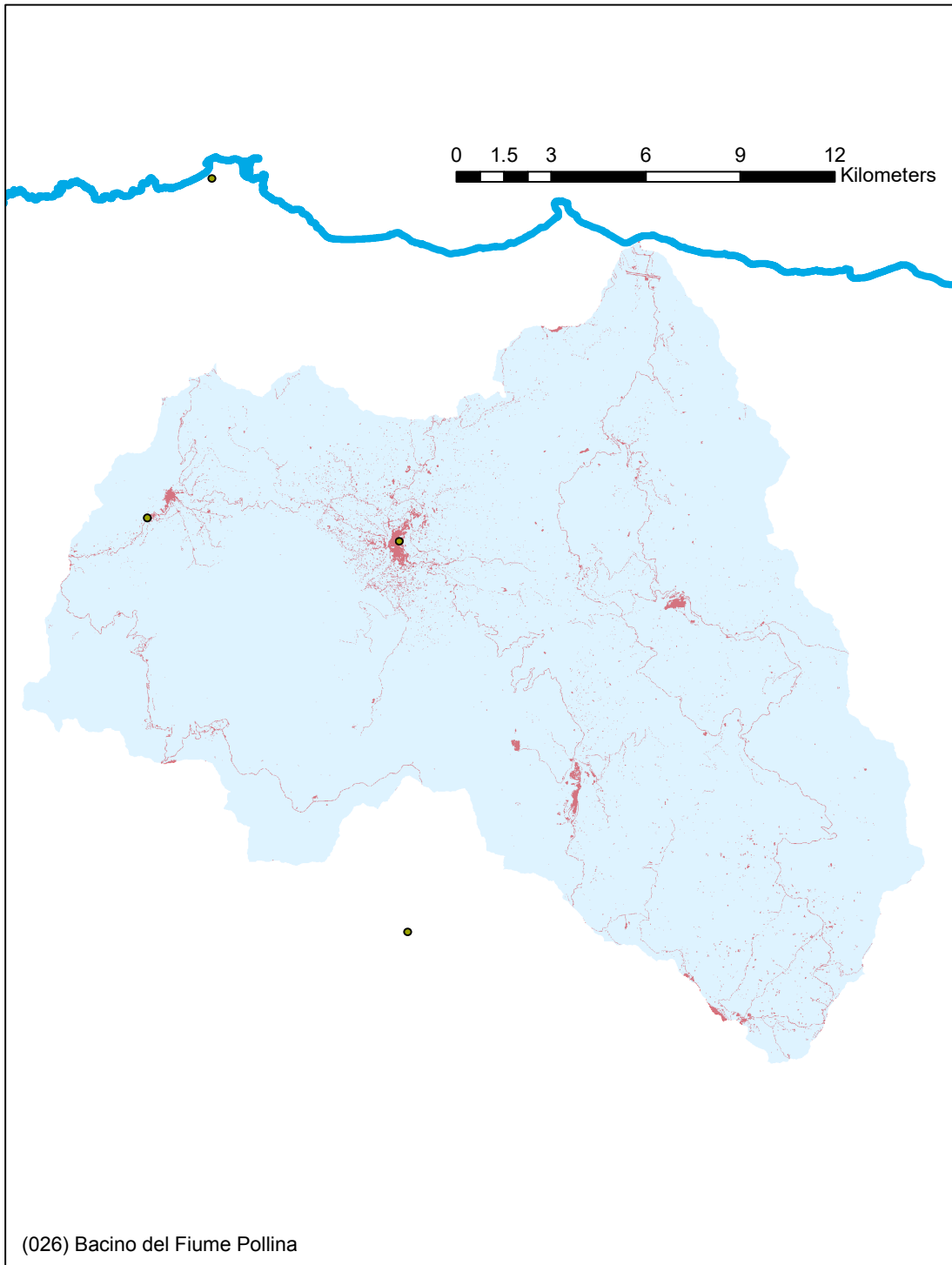


Figura 14 Consumo di suolo al 2019 (-)

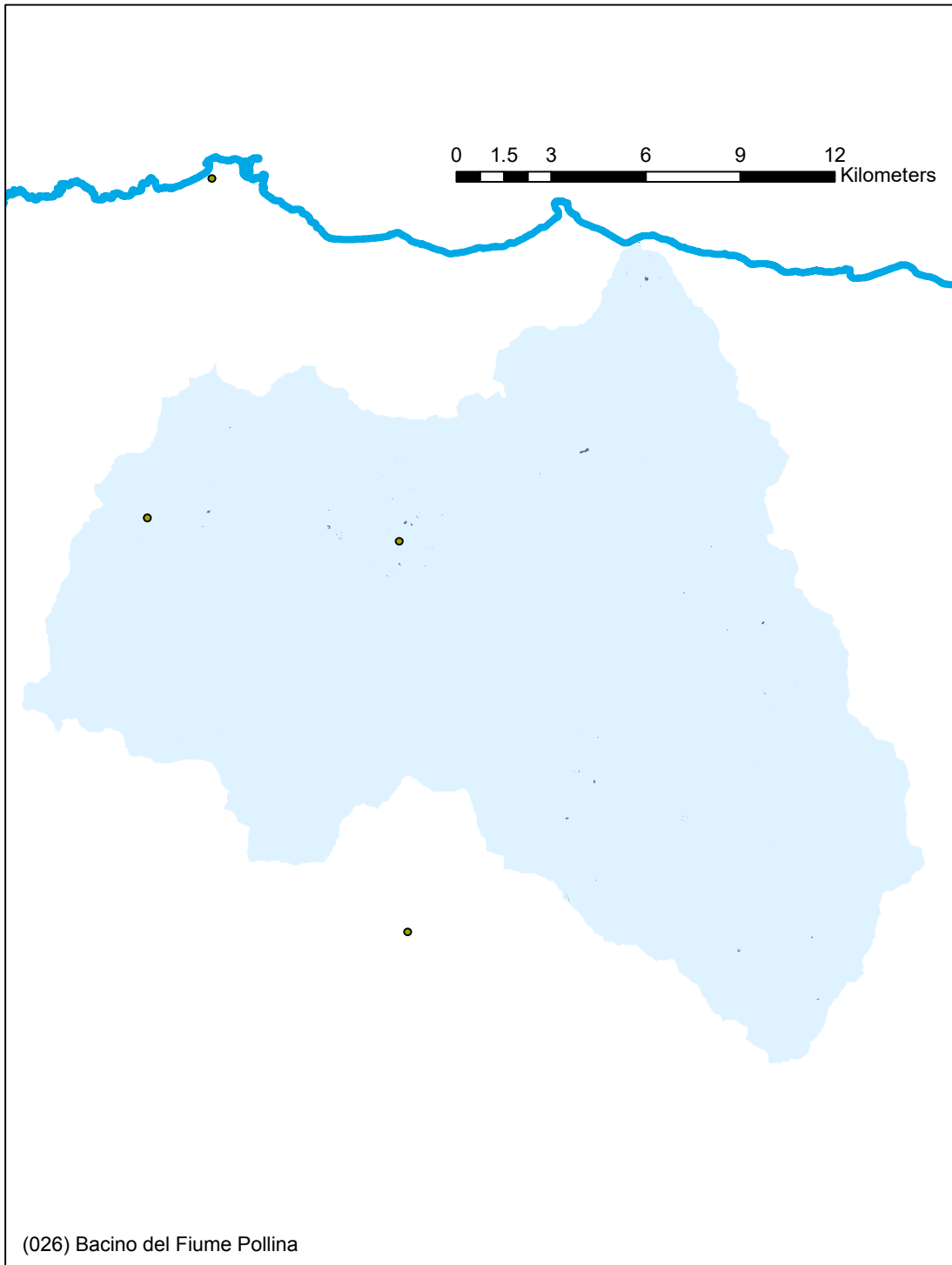


Figura 15 Variazione del consumo di suolo tra il 2012 ed il 2019: in verde le aree ripristinate a condizioni naturali; in nero le aree consumate durante il periodo di osservazione (-)

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 km² – Classe 4 (Suscettibilità Molto Elevata)
- Da 3 a 5 km² – Classe 3 (Suscettibilità Elevata)
- Da 5 a 7 km² – Classe 2 (Suscettibilità Moderata)
- Maggiore di 7 km² – 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 [Km²], Area del bacino idrografico
- L [Km], Lunghezza dell'asta principale
- Q_{max} [m], Quota massima del bacino idrografico
- Q_{med} [m], Quota media del bacino idrografico
- Q_{min} [m], Quota minima del bacino idrografico
- CN [0-100], Curve Number
- D_{max} [Km], Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- i_b [m/m], Pendenza media del bacino idrografico
- i_a [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 tributari delle aste principali e che sono caratterizzati da maggiori pendenze e piccole lunghezze dei percorsi di deflusso. Tali bacini sono diffusi sul territorio e per lo più legate ad aree montuose. I fattori climatici non sembrano essere discriminanti tra i sottobacini ma posizionano comunque l'intero bacino nelle classi intermedie di suscettibilità con tempi di ritorno delle piogge indice che risultano compresi tra 20 e 30 anni. Il consumo di suolo ricade nelle classi 1, 2 e 3 a cui corrispondono, rispettivamente, percentuali minori del 10%, tra il 10 e il 20% e tra il 20 e il 30%. Nello scenario di suscettività al 2020, l'analisi complessivamente definisce alcuni sottobacini in classe 4 per i quali 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 fondamentalmente a seguito di un complessivo aggravamento dei fattori climatici.

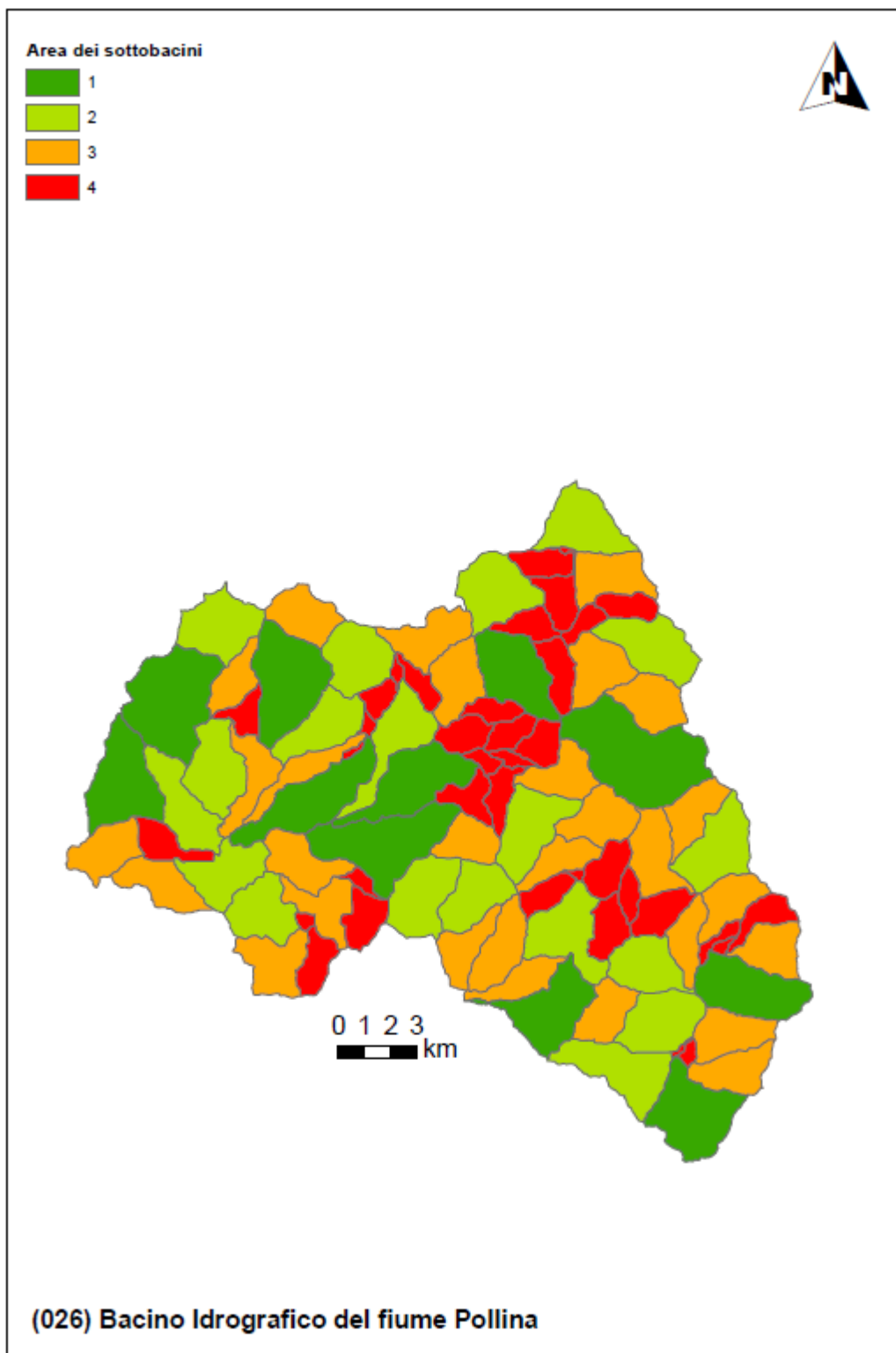


Figura 16 Fattore predisponente alle piene lampo legato all'area del sottobacino drenato

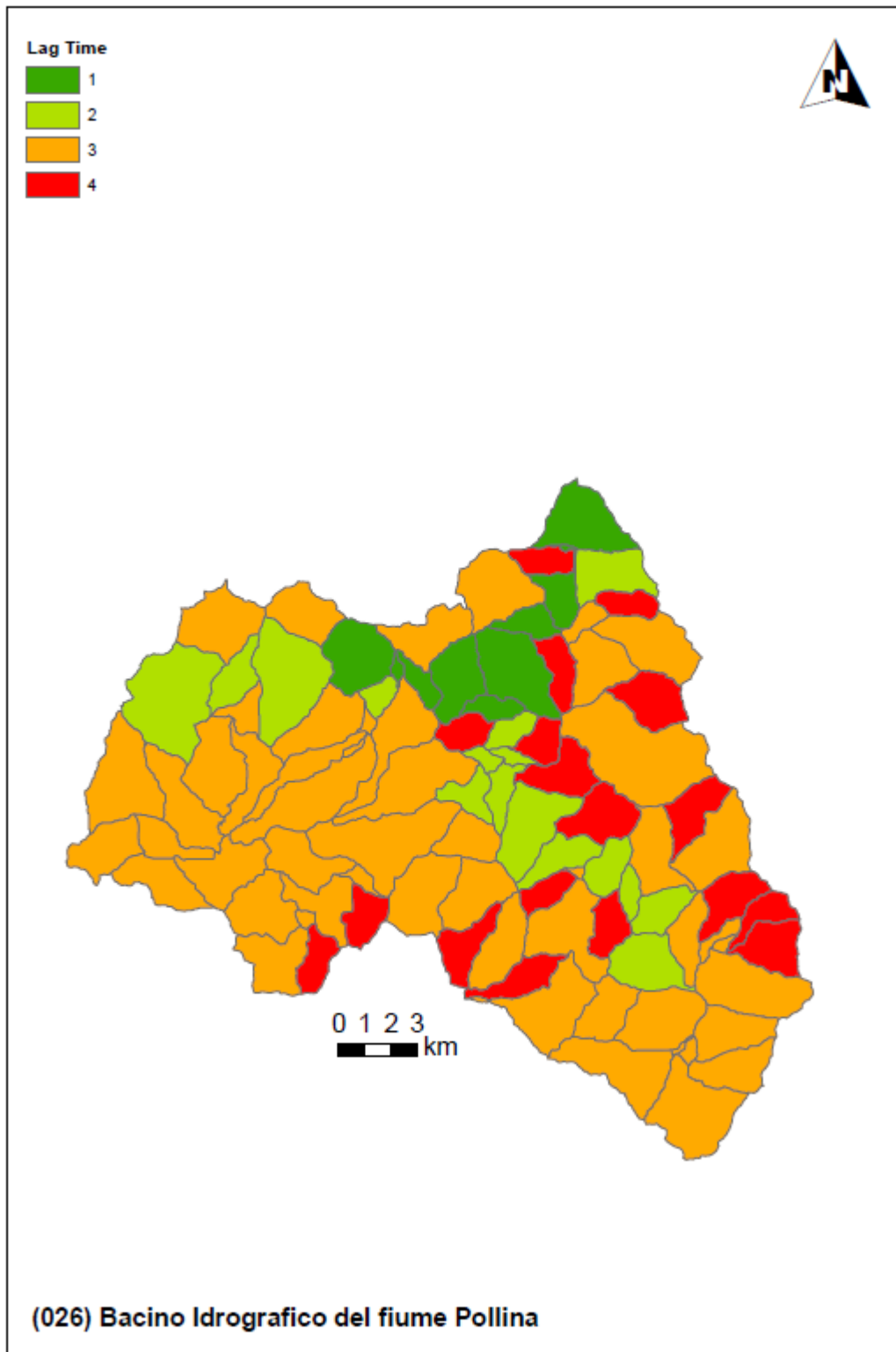


Figura 17 Fattore predisponente legato al tempo di lag del sottobacino drenato

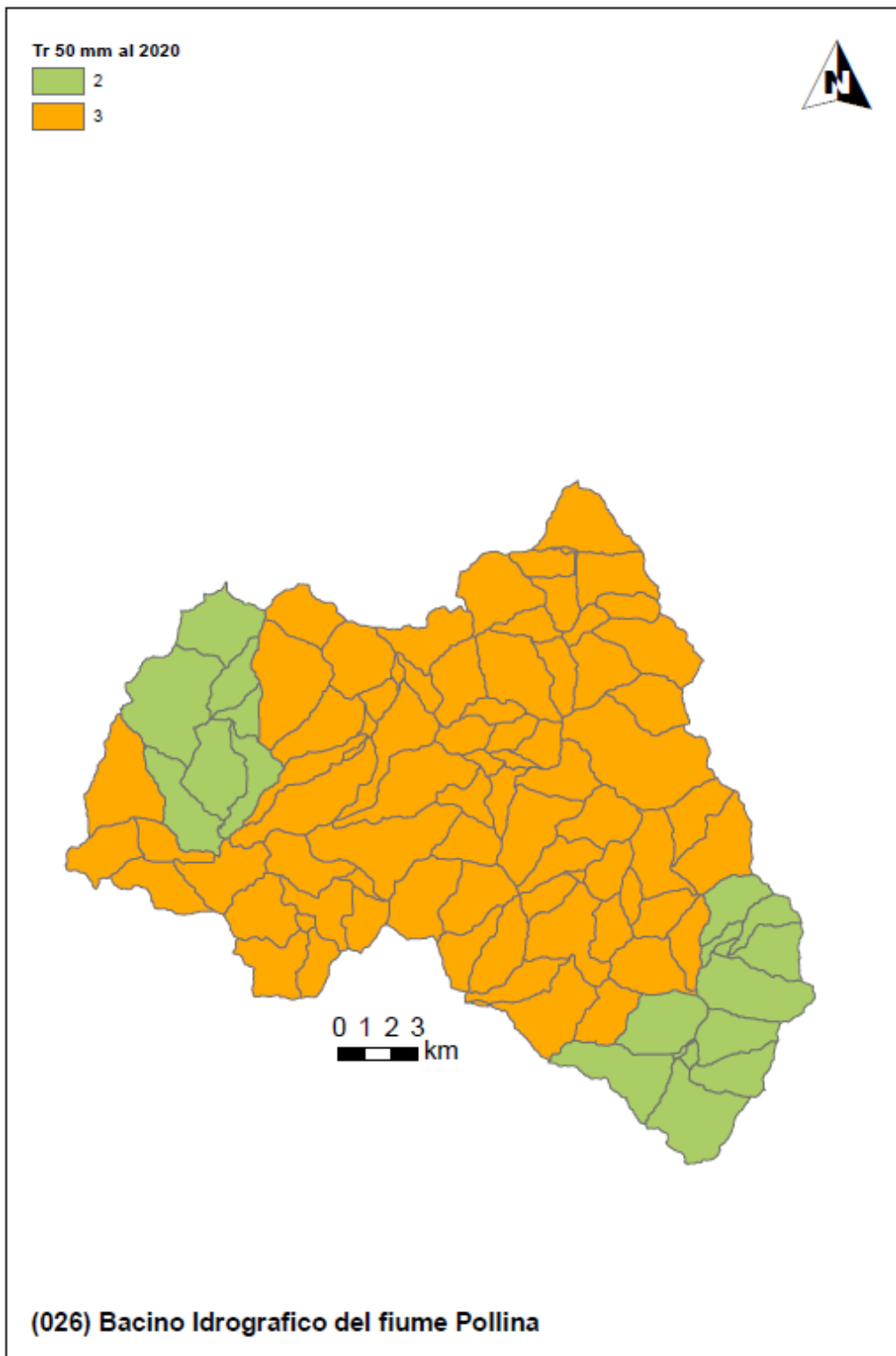


Figura 18 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario Attuale)

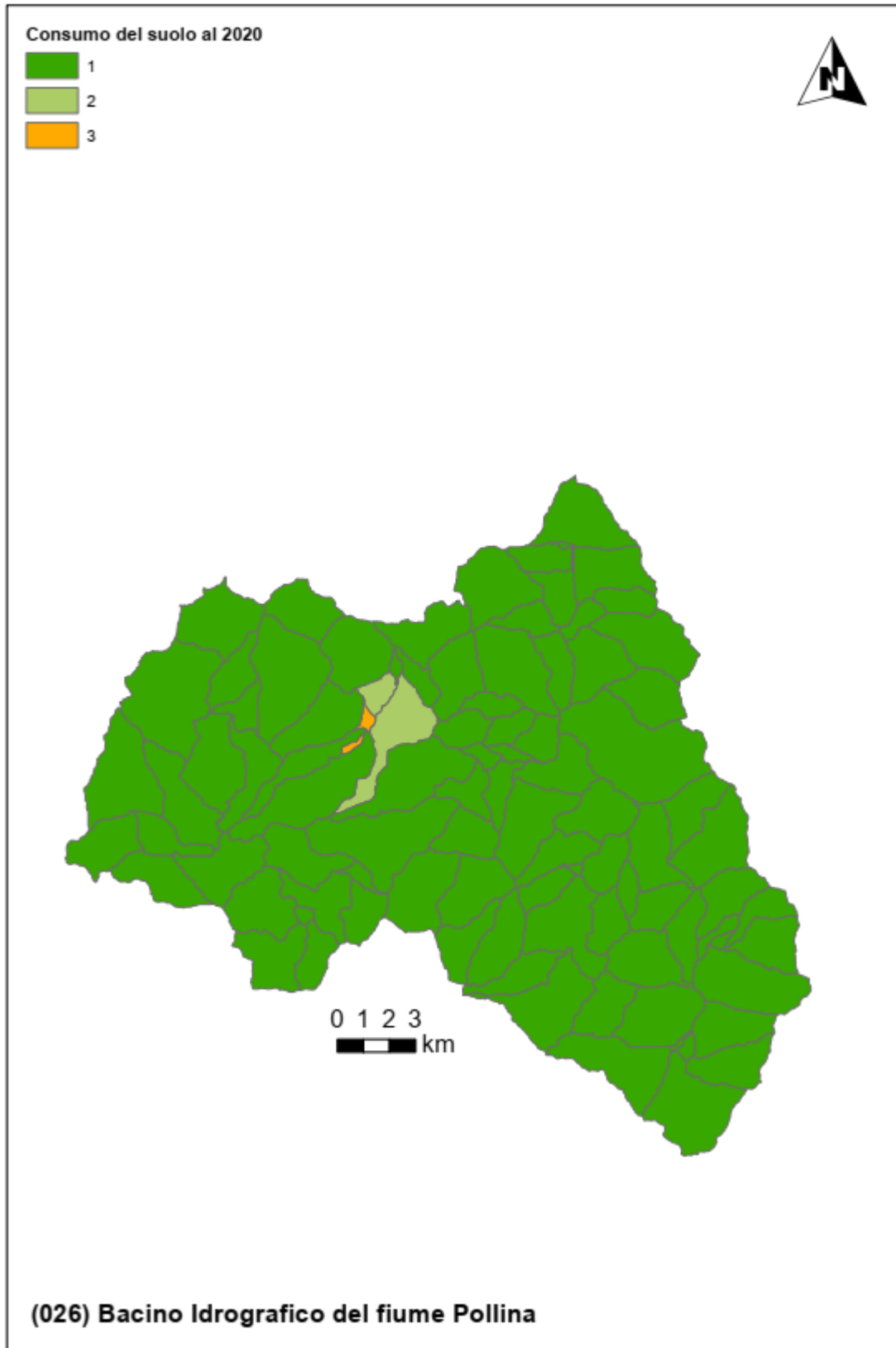


Figura 19 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario Attuale)

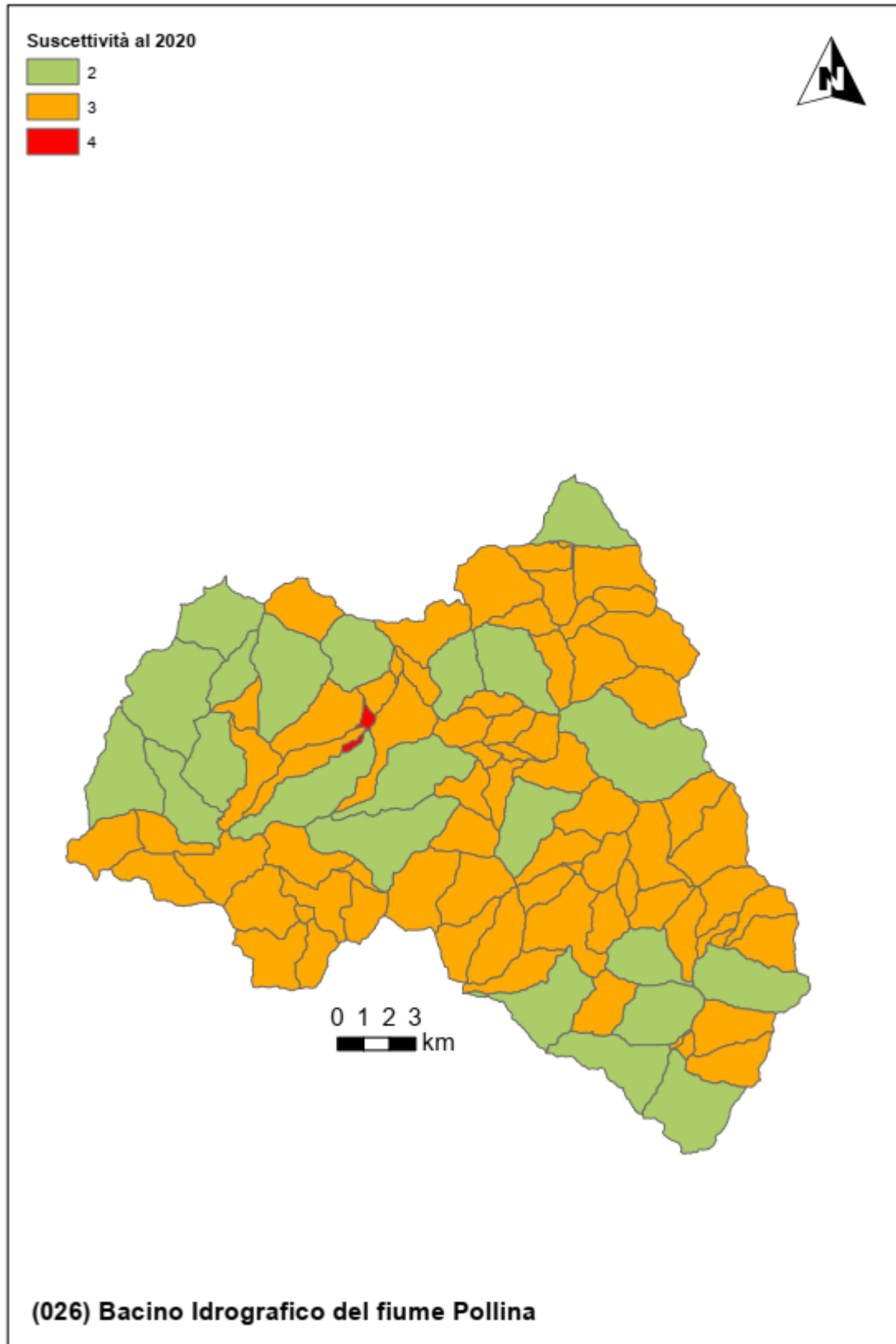


Figura 20 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario Attuale)

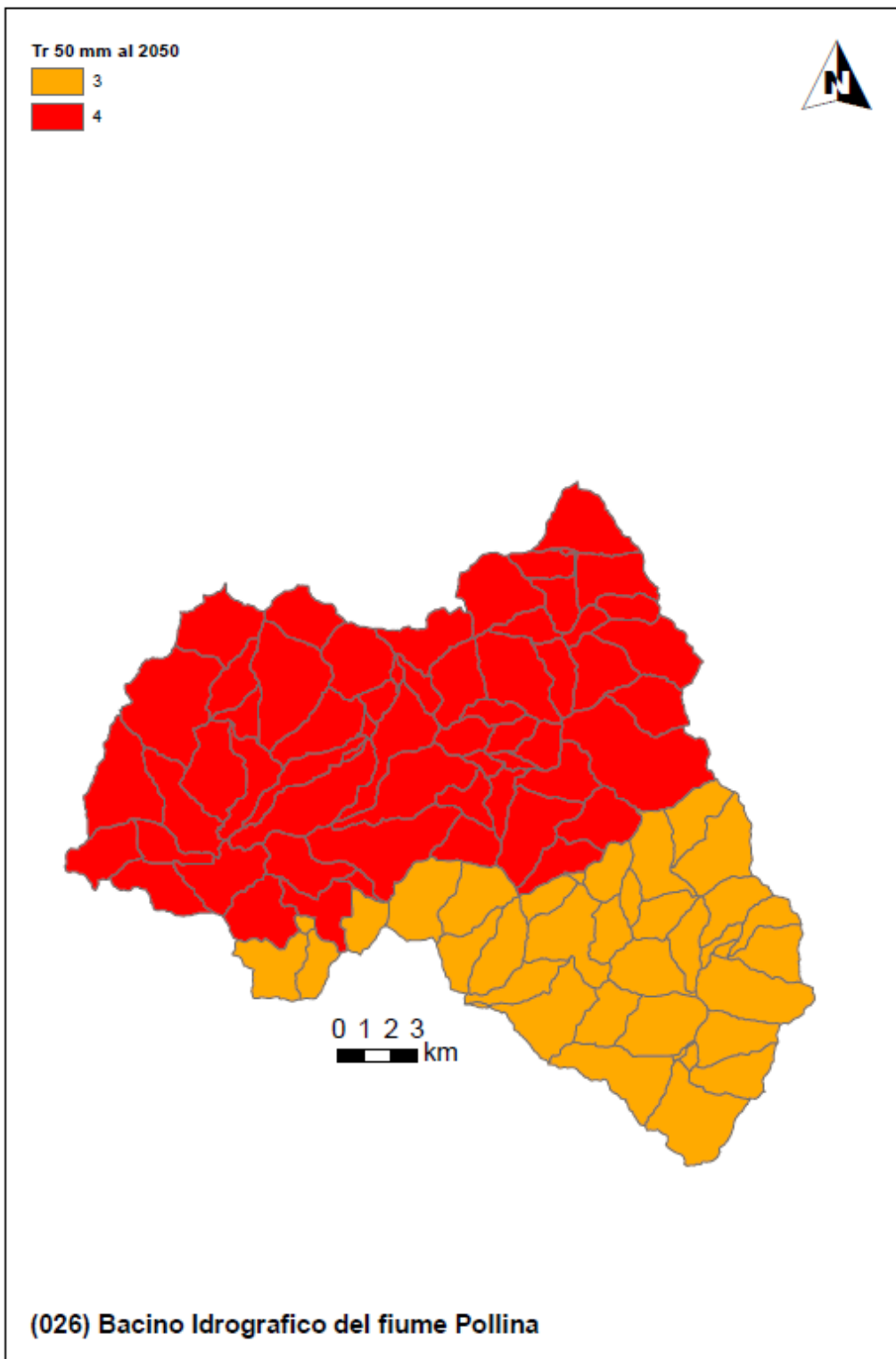


Figura 21 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario al 2050)

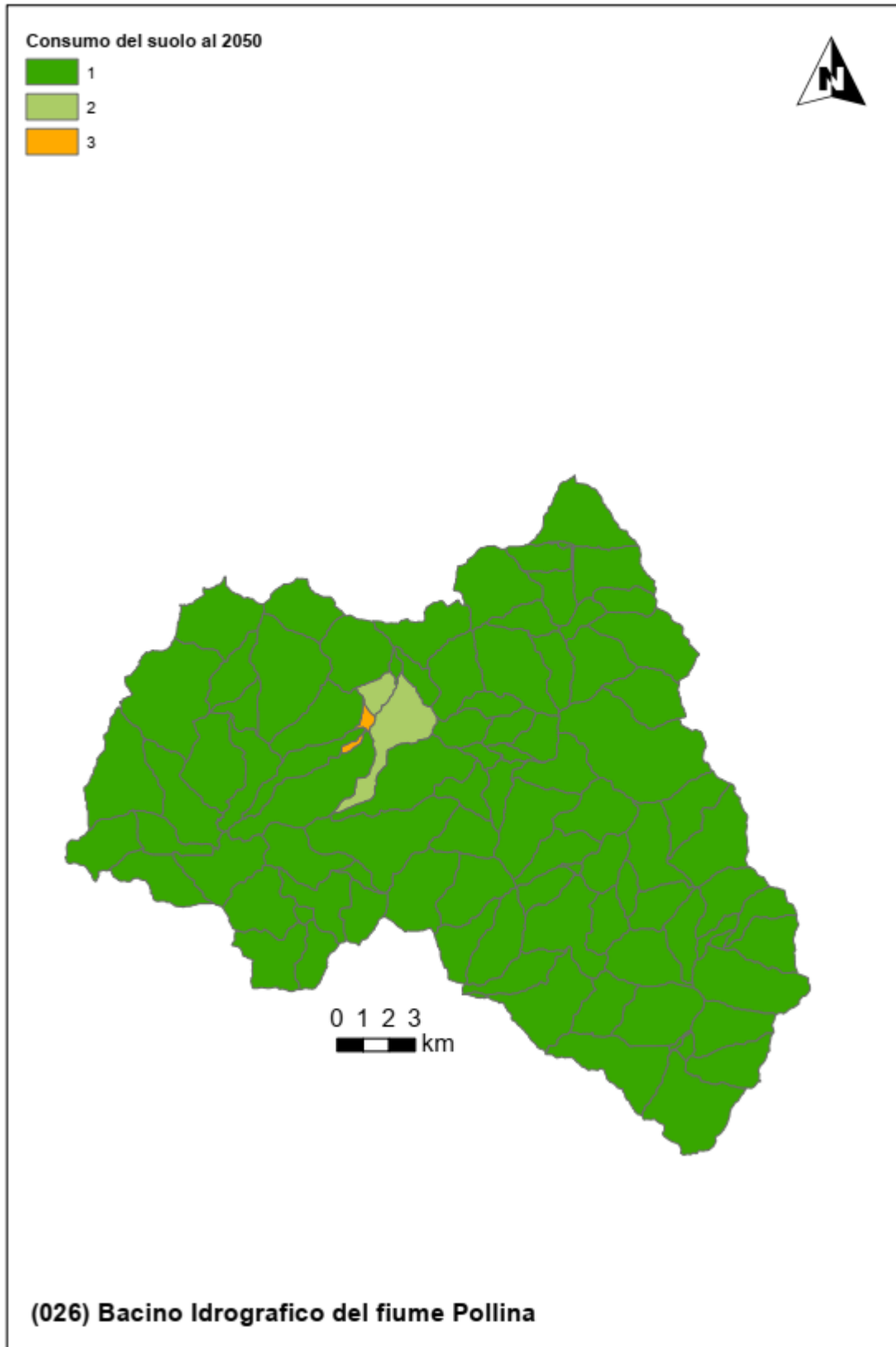


Figura 22 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario al 2050)

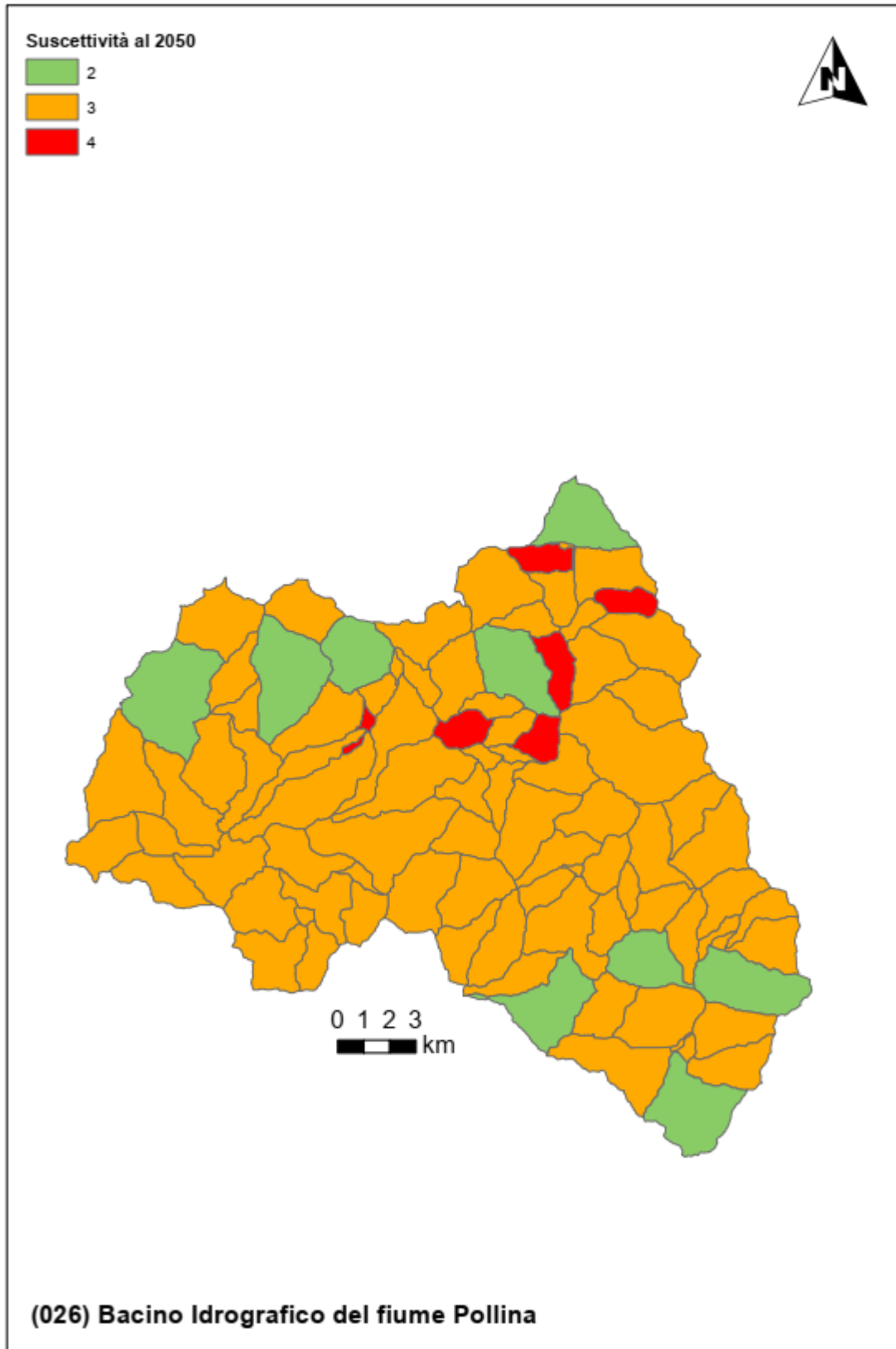


Figura 23 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario al 2050)

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

(026) Bacino Idrografico del fiume Pollina

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	6.19	0.64	23.91	18.90	1.59	1.66
2	3.03	1.76	24.31	18.68	3.27	4.06
3	9.38	1.78	22.95	17.75	1.70	1.70
4	1.81	0.80	24.12	18.47	2.36	2.53
5	11.20	1.44	25.13	18.98	3.58	3.58
6	6.19	0.63	48.48	37.15	0.75	0.75
7	3.93	0.66	23.50	18.22	0.03	0.03
9	6.15	3.42	22.73	19.40	3.18	3.96
10	0.15	3.50	22.66	19.16	0.93	0.93
11	2.22	0.49	45.18	37.92	2.02	2.02
12	6.45	0.65	22.41	18.41	1.18	1.18
13	4.76	1.25	45.51	38.75	1.46	1.46
14	2.03	0.47	22.80	19.46	0.55	0.55
15	2.57	3.29	22.58	18.86	1.13	1.13
16	4.31	0.61	22.82	18.31	0.41	0.41
17	1.30	1.12	22.64	18.98	1.13	1.13
18	2.08	2.81	22.42	18.39	0.98	1.00
19	4.78	0.68	22.05	17.24	2.68	2.68
20	5.74	2.58	43.94	33.53	2.61	2.72
21	6.40	0.66	45.76	39.35	0.23	0.23
22	2.87	0.57	22.49	18.55	3.61	3.61
23	4.66	2.56	21.89	16.93	0.45	0.45
24	0.39	3.18	21.69	16.30	9.40	9.40
25	1.54	2.81	21.67	16.34	2.20	2.20
27	4.79	1.00	22.66	19.06	1.87	1.88
28	7.05	2.61	22.26	17.93	0.99	2.15
29	4.47	0.55	22.89	19.71	0.04	0.04
30	1.39	1.45	21.44	15.82	11.67	12.67
31	5.26	0.61	21.96	16.50	5.19	5.98
32	1.64	2.19	22.06	17.38	1.26	1.26
33	2.37	0.55	21.83	16.81	1.32	1.32
34	5.85	0.80	43.02	31.98	12.87	13.72
35	0.65	0.97	21.38	15.69	26.94	27.23
36	3.34	0.64	22.41	17.15	1.38	1.38
37	8.24	0.80	67.13	51.88	1.99	2.03
38	1.78	1.92	44.36	35.46	0.94	0.94
39	14.46	0.90	22.89	19.73	2.50	2.70
44	8.06	1.17	46.75	35.20	2.16	2.17
45	5.68	0.69	23.88	18.42	0.73	0.73

Bacino Idrografico del fiume Pollina (026)

46	4.28	0.61	22.48	17.20	0.01	0.01
47	2.72	0.80	23.19	18.08	1.55	1.55
48	4.32	0.64	22.95	18.30	2.43	2.44
49	5.31	0.77	23.17	18.75	1.89	1.90
50	5.17	0.64	23.12	19.61	0.89	0.89
53	2.27	0.47	22.41	18.35	3.34	3.34
54	0.69	1.96	22.24	17.91	2.44	2.44
55	0.82	1.71	22.05	17.39	1.22	1.22
58	4.07	0.59	22.58	18.89	3.15	3.15
59	2.08	1.85	111.56	90.89	1.47	1.47
60	7.76	0.82	21.80	16.66	3.03	3.03
61	2.33	1.52	44.39	35.49	2.41	2.41
63	3.88	0.60	23.22	20.68	2.00	2.00
64	4.63	0.56	22.88	19.79	1.49	1.49
65	6.42	1.71	22.65	19.23	1.42	1.42
66	6.46	0.65	23.38	21.13	1.16	1.25
67	4.64	0.61	22.89	18.75	0.03	0.03
68	3.39	0.95	22.52	18.77	2.25	2.27
69	4.92	0.77	46.33	41.25	1.61	1.61
70	10.18	1.13	22.43	18.21	0.42	0.42
71	3.23	1.46	22.88	19.93	1.46	1.53
72	0.23	1.07	22.97	20.19	0.27	0.27
73	2.09	0.48	22.99	20.43	4.00	4.32
74	0.74	0.80	22.75	19.34	0.96	0.96
75	2.77	1.39	23.05	20.38	0.88	0.88
76	1.31	1.38	23.18	20.80	2.27	2.27
77	6.18	0.62	22.91	20.12	0.22	0.22
78	2.76	0.54	23.02	20.62	0.90	0.91
79	5.03	0.75	22.90	20.28	1.77	1.77
80	2.76	0.56	23.21	21.02	0.37	0.37
82	3.87	0.57	23.55	21.61	0.27	0.27
83	3.87	0.73	68.94	59.80	0.46	0.46
84	0.41	0.63	23.11	20.18	0.05	0.05
85	3.47	0.57	23.19	21.59	0.24	0.24
86	2.93	1.30	23.33	21.17	1.29	1.31
87	2.29	0.51	23.73	21.98	0.45	0.45
88	2.50	0.56	46.40	42.91	0.95	0.95
89	4.58	0.62	23.18	21.47	6.08	6.49
90	3.07	0.86	23.48	21.57	1.14	1.18
91	0.87	0.67	47.20	43.59	0.48	0.48
92	0.33	0.60	47.26	43.74	1.79	1.79
93	3.98	0.56	47.71	44.55	0.13	0.13
94	6.65	0.96	23.15	21.01	2.98	3.24
95	4.71	0.64	23.21	20.83	0.49	0.49
96	3.19	0.59	23.29	21.92	1.58	1.58
97	7.62	0.73	23.86	22.38	0.74	0.74
98	5.01	1.24	23.41	21.54	0.98	1.19
99	3.83	0.60	23.39	21.78	0.79	0.79
100	7.00	0.70	23.35	22.02	1.12	1.32
101	4.44	0.68	23.86	22.53	1.89	1.89

102	6.13	1.14	23.56	22.03	1.09	1.09
103	0.16	0.77	23.67	22.29	2.94	2.94
104	6.98	0.83	47.04	44.44	3.03	3.29
105	0.46	0.79	47.42	44.74	1.02	1.02
106	4.06	0.71	23.95	22.79	2.69	2.91
107	8.04	0.84	23.81	22.73	4.23	4.30

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 tra elevato e moderato nel tratto terminale del reticolo idrografico e in uno dei rami principali del fiume. Risulta invece modesto in buona parte della porzione intermedia del bacino e nella parte montana.

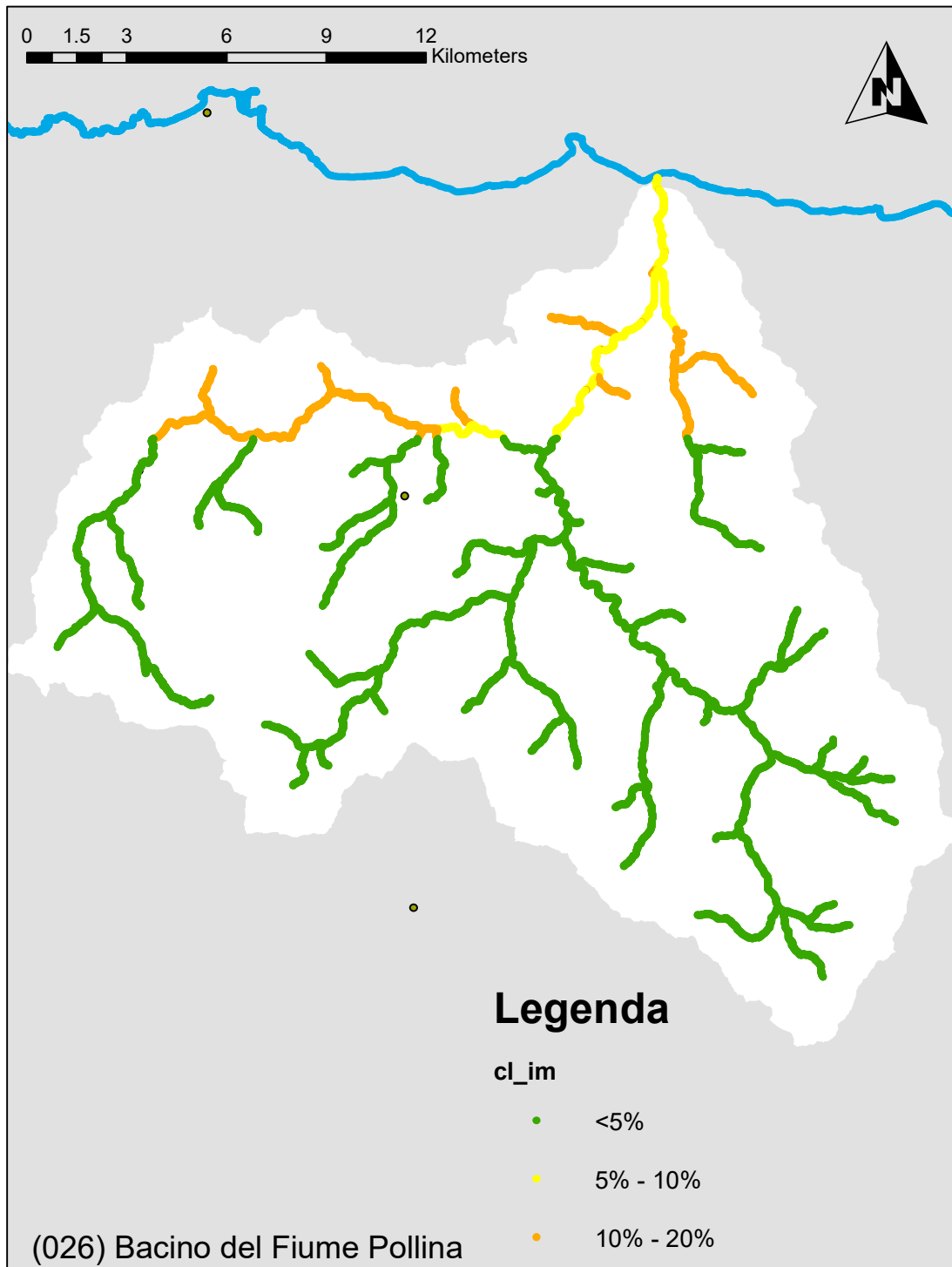


Figura 24 Variazione climatica nel periodo 2020 – 2050 per i picchi annuali di pioggia di massima intensità e durata pari al tempo di corrivazione dell'area drenata

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 in un sottobacino peri-urbano (Castelbuono). Tale condizione, sulla base dell'analisi che evidenzia trend climatici statisticamente significativi ed una progressiva crescita del consumo di suolo, sembra soggetta a alcune variazioni che non portano ad un ulteriore aggravamento dei rischi con 6 bacini che passano al livello di suscettività molto elevata.

Il quadro d'impatto del cambiamento climatico sui bacini a maggiore tempo di corrivazione evidenzia trend climatici significativi e positivi con una crescita da moderata ed elevata delle piogge di massima intensità e durate paragonabili con i tempi di corrivazione delle aree drenate in alcuni rami del reticolo principale. La crescita è invece modesta nella maggior parte del reticolo.

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 alta suscettibilità** evidenziati dallo scenario attuale e sostanzialmente confermati dallo scenario a medio termine (Figura 24).

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 talvolta elevata nello scenario 2050 **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.** In particolar modo si suggerisce di **vincolare il parere sulla rimodulazione delle aree a pericolosità idraulica all'esame di specifiche analisi idrologico-idrauliche che prevedano esplicitamente scenari di cambiamento climatico.** Nel caso specifico, la misura dovrebbe essere applicata nella gradazione più bassa unicamente nei casi in cui si intervenga su elementi critici del reticolo fluviale (attraversamenti, tratti tombati, ecc.). **La figura 25 mostra le aree in cui applicare la misura proposta.**

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.

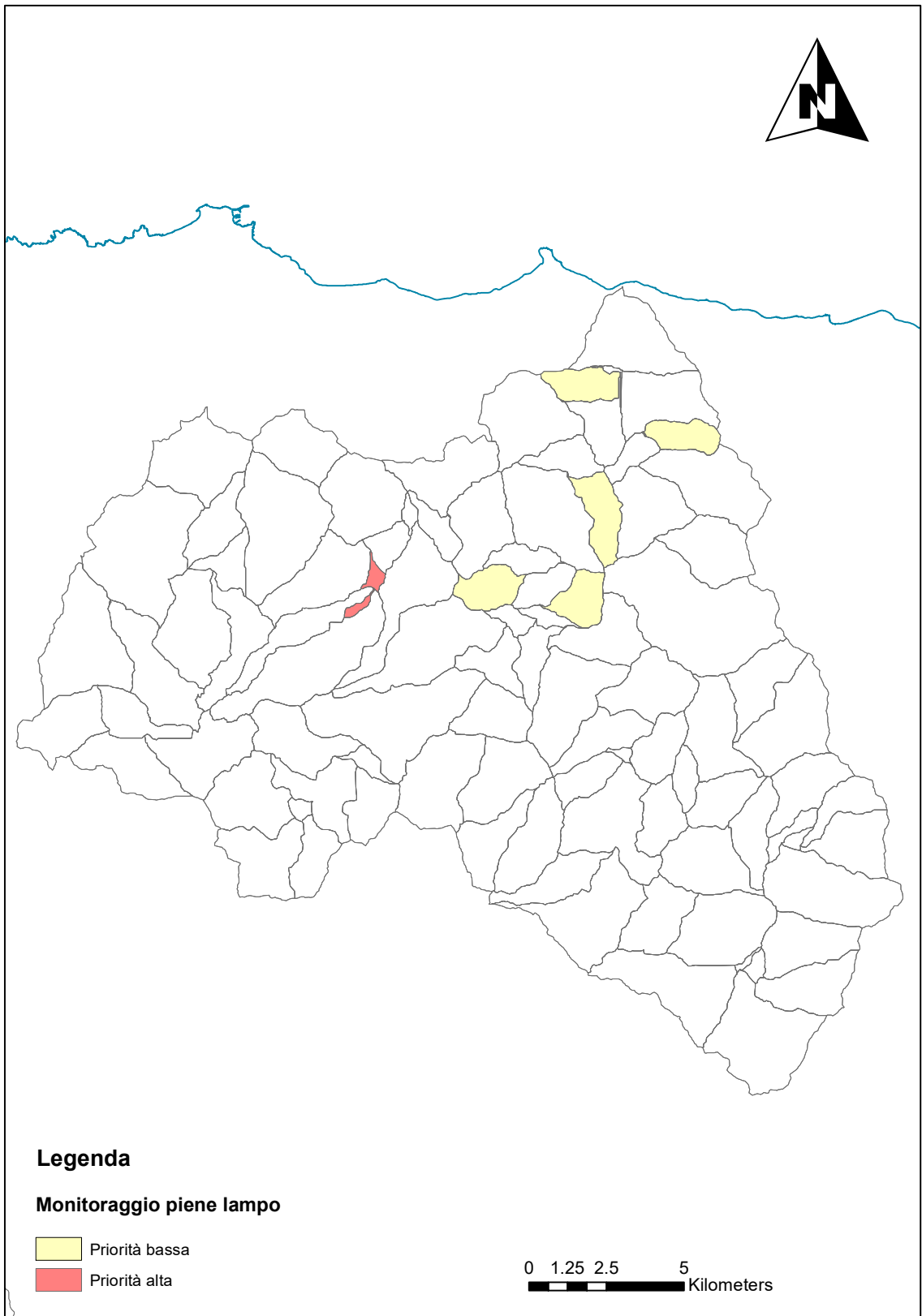


Figura 25 Aree su cui applicare le misure di monitoraggio delle piene lampo

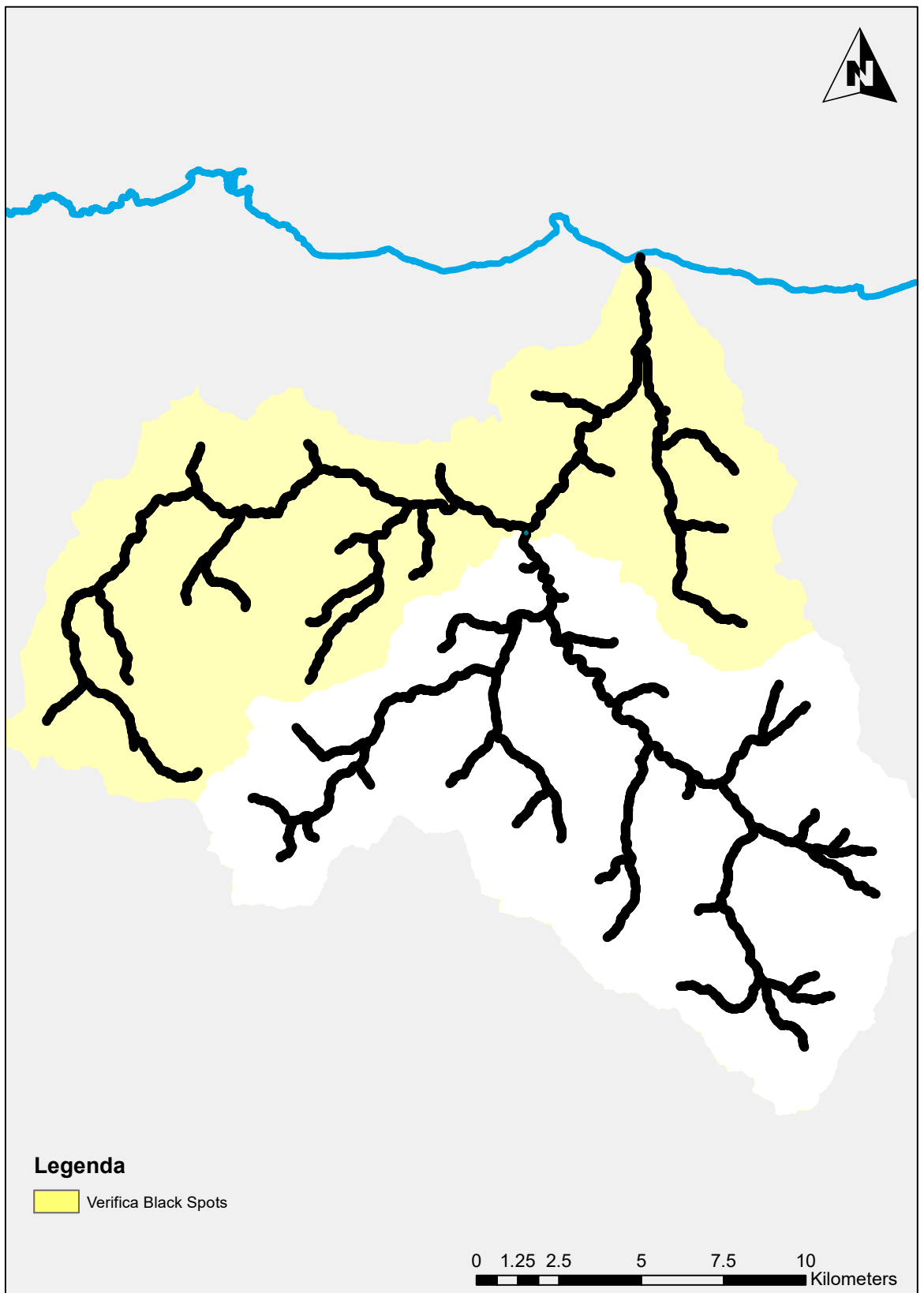


Figura 26 Aree su cui applicare le misure di integrazione degli scenari climatici nelle analisi di compatibilità idraulica

