

019 – Bacino Idrografico del Torrente Furiano

PROF. ING.
GABRIELE FRENI

[COMPANY NAME] | [Company address]

Indice

Indice	1
1 Premessa	2
2 Sintesi dell'inquadramento morfologico e territoriale.....	3
3 Valutazione delle variabili climatiche e di consumo di suolo	11
4 Valutazione della suscettibilità dei bacini alle piene lampo.....	21
5 Valutazione della suscettibilità delle piene ai trend climatici	32
6 Modifiche alle misure di piano	34
6.1 Aggiornamento della valutazione dei punteggi tecnici alle misure inserite nel piano in relazione alla valutazione del cambiamento climatico	34
6.2 Proposta di nuove misure per la mitigazione delle piene lampo e dell'impatto del cambiamento climatico	34

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'inquadramento morfologico e territoriale

Il territorio del bacino idrografico considerato ricade nel versante settentrionale dei Monti Nebrodi (o Caronie), dislocata nella parte nord-orientale della Sicilia, fra i Peloritani ad est e le Madonie ad ovest, e costituisce un complesso territoriale che si estende per circa 70 Km, rappresentando il naturale prolungamento della dorsale appenninica in Sicilia.

Il distretto idrografico in esame si sviluppa dal crinale della catena nebroidea, dove si trovano le cime più elevate, sino alla costa tirrenica, nel tratto compreso tra i comuni di Acquedolci e Caronia. Il bacino idrografico del Torrente Furiano presenta lineamenti morfologici molto vari e complessi in relazione sia alla conformazione della superficie topografica che alla natura e disposizione dei litotipi affioranti. Gran parte del territorio è interessato da rocce argilloso-arenacee di diversa struttura, composizione e potenza.

Il paesaggio delle zone argilloso-arenacee è caratterizzato da profili piuttosto morbidi, da estese vallate e da ampie terrazze sommitali; laddove, invece, prevalgono gli affioramenti calcarei e quarzarenitici la morfologia diventa subito aspra e tormentata e le strette valli risultano profondamente incassate nelle ripide pareti. Nella parte settentrionale del territorio, la natura dei terreni affioranti e le vicissitudini tettoniche, hanno determinato versanti ripidi e scoscesi e forme morfologiche aspre e rupestri con pareti che in alcuni punti si presentano quasi verticalizzate. Le zone occupate da falde di detrito presentano valori di pendenza raccordanti le zone pedemontane con quelle delle pareti dei rilievi rigidi.

L'assetto morfologico è influenzato anche dalle azioni degradazionali operate dagli agenti esogeni (acqua e gravità). Tali azioni si esplicano, sui versanti denudati e privi di vegetazione, mediante processi erosivi dei materiali lungo i pendii esposti; successivamente, si ha il trasporto e l'accumulo di questi materiali in aree più depresse (detriti di falda). L'azione dei fenomeni gravitativi comporta la formazione di gradini conformi e contrari all'andamento della pendenza del versante, contropendenze e depressioni talora chiuse che indicano la diffusa presenza di fenomeni di tipo scorrimento rotazionale, generalmente profondi, con associati colamenti. Di contro, sui versanti e nelle aree di fondo valle, è più diffusa la presenza di fenomeni erosivi intensi derivanti dall'azione delle acque dilavanti e di quelle incanalate. Nell'area in esame vanno segnalati numerosi invasi, sia naturali che artificiali, se pur di modeste dimensioni.

Il reticolo idrografico superficiale è relativamente modesto e ha carattere torrentizio, strettamente dipendente dalla distribuzione delle precipitazioni. Il torrente Furiano è un tipico esempio di «fiumara siciliana» caratterizzata da foce a delta che ha creato una fascia costiera alluvionale larga fino a 1 Km, un tempo coltivata ad agrumi ed oggi sempre più urbanizzata. Le fiumare, in genere, hanno ridotta lunghezza e pendenza notevole, nella parte medio-alta del bacino, dove l'elevato trasporto solido è tale da assumere, in alcune porzioni del corso principale e nelle aste secondarie, il carattere di debris-flow (colata di detrito); di contro, nel tratto medio-terminale delle fiumare, si registrano pendenze relativamente basse e il letto ghiaioso-ciottoloso, molto ampio e apparentemente sproporzionato, testimonia l'impetuosità delle portate di piena. Gli ammassi detritici depositi nella parte costiera a seguito delle piene invernali, determinano conoidi che di norma alimentano il ripascimento del bordo litoraneo, con andamento verso est.

Il Torrente Furiano prende questa denominazione nel tratto basso del suo corso dopo la confluenza di due aste. Quella maggiore da destra, che può essere distinta in un primo tratto montano, compreso tra il punto sorgente in C/da Fontana Mucciata, e in un secondo tratto, dove l'asta principale riceve, in destra idrografica, le acque di numerosi affluenti (V.ne Baruto, T.te Volpe e altri piccoli torrenti) e in sinistra idrografica riceve le acque di F.so Foghetto, F.so Bagnara, F.so Cerro Spaccato, F.so Fughetto e V.ne di Iazzo. L'asta di sinistra compresa tra il punto sorgente, ad una quota di 1610 metri s.l.m., in c/da Piano Contrasto del territorio di Caronia, ed il punto di confluenza in C/da Barcheri, a quota 83,5 metri s.l.m., con il T.te S. Fratello proveniente da destra, riceve in destra idrografica le acque di numerosi piccoli torrenti. Il reticolo idrografico si presenta ben articolato nel tratto montano dei due rami principali, dove una serie di affluenti secondari, ad andamento contorto, di breve lunghezza ed a notevole pendenza, hanno inciso il territorio, formando una serie di valli strette ed incassate e disegnando in pianta un pattern idrografico dendritico e subordinatamente sub-dendritico; nel tratto medio-vallivo del bacino i rami secondari assumono un andamento quasi ortogonale alle aste principali disegnando un pattern pinnato; nella parte terminale, invece, il corso d'acqua divaga all'interno dell'alveo sovralluvionato ed ampio, determinando così un reticolo anastomizzato.

Le quote più elevate si hanno ai margini meridionali del bacino del Torrente Furiano, dove si sviluppano, oltre i rilievi che fungono da spartiacque, anche altri rilievi come Pizzo della Caronese (1848,8 m. s.l.m), Pizzo Tredicino (1335,9 m. s.l.m), Pizzo Nido (1291,3 m. s.l.m), Cozzo dell'Elice (1123,8 m. s.l.m), Pizzo Parrino (1069,8 m. s.l.m), Cozzo di Venia (1160,5 m. s.l.m), Pizzo di Forgi (1134,3 m. s.l.m), Pizzo Magaro (1254,5 m. s.l.m), Pizzo Guardia (1238,1 m. s.l.m), Colle del Giudeo (1453,6 m. s.l.m), Pizzo Liberto (992,6 m. s.l.m), Pizzo Gilormo (1116,5 m. s.l.m), Pizzo della Battaglia (1065,5 m. s.l.m), Pizzo Lupino (974,3 m. s.l.m), Serra Travetto (902,0 m. s.l.m). Nella parte mediana del bacino, invece, i rilievi di maggiore spicco sono: Cozzo S. Cono (804,5 m. s.l.m), Cozzo dell'Occhio (794,9 m. s.l.m), Pizzo di Marullo (616,0 m. s.l.m), Pizzo Ramosa (568,9 m. s.l.m), Monte Buviano (600,0 m. s.l.m) e Pizzo di Porra (411,5 m. s.l.m).

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 dispiuviale 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 compresa tra i 2 km² ed i 10 km². Complessivamente sono stati individuati 47 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.

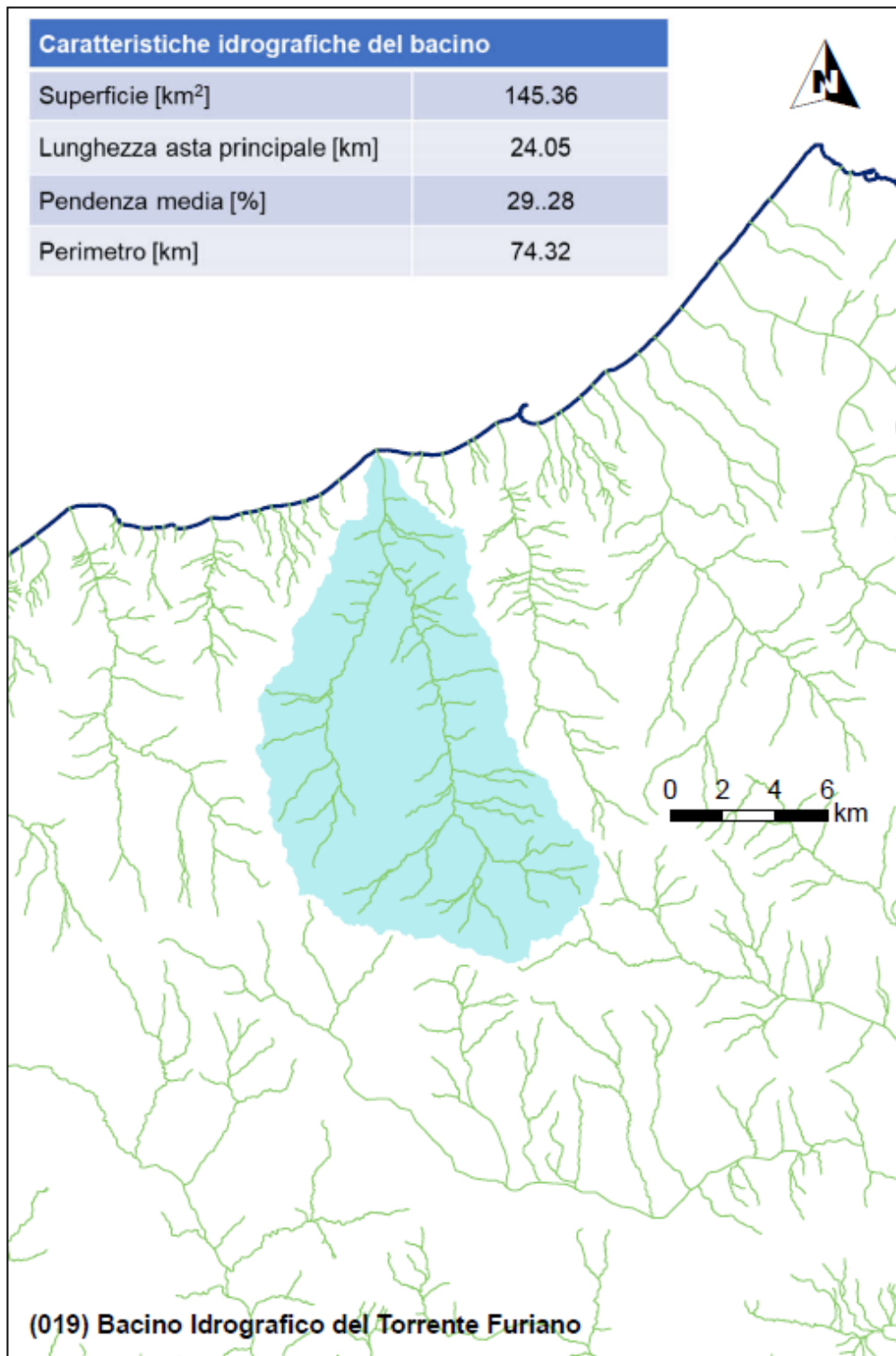


Figura 1 Inquadramento Territoriale del bacino

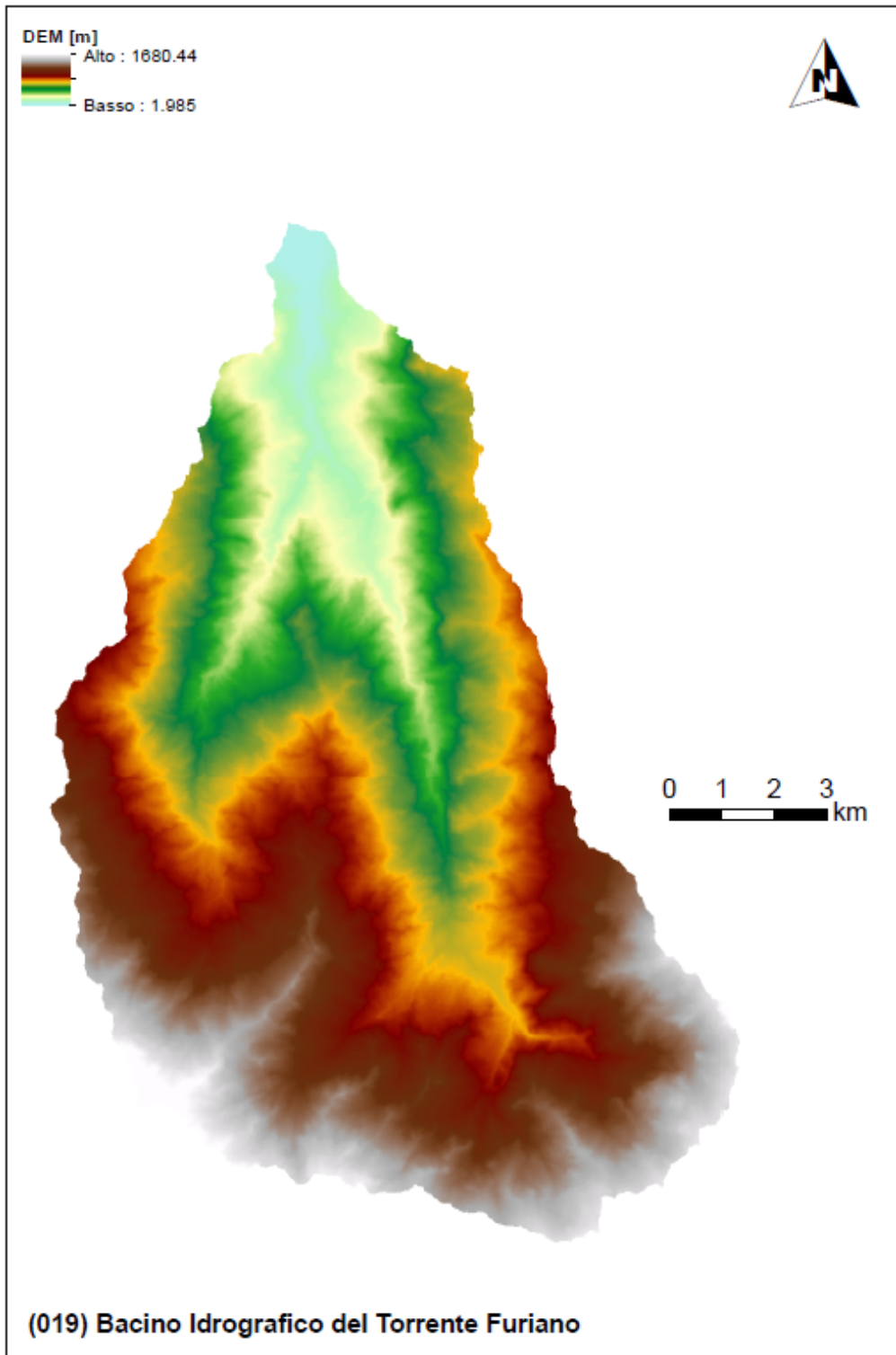


Figura 2 Modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

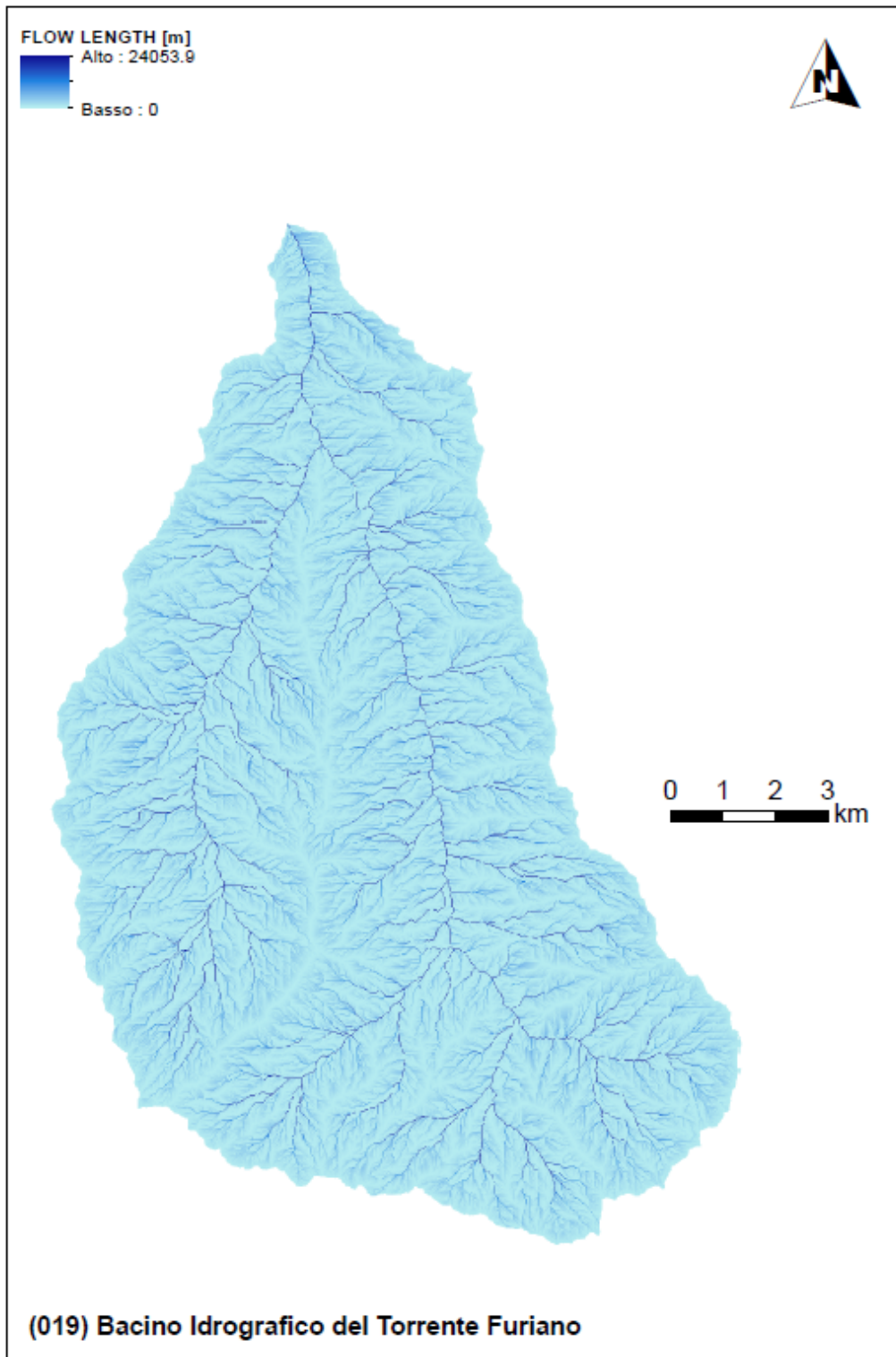


Figura 3 Lunghezze dei percorsi di drenaggio sulla base del modello digitale delle elevazioni

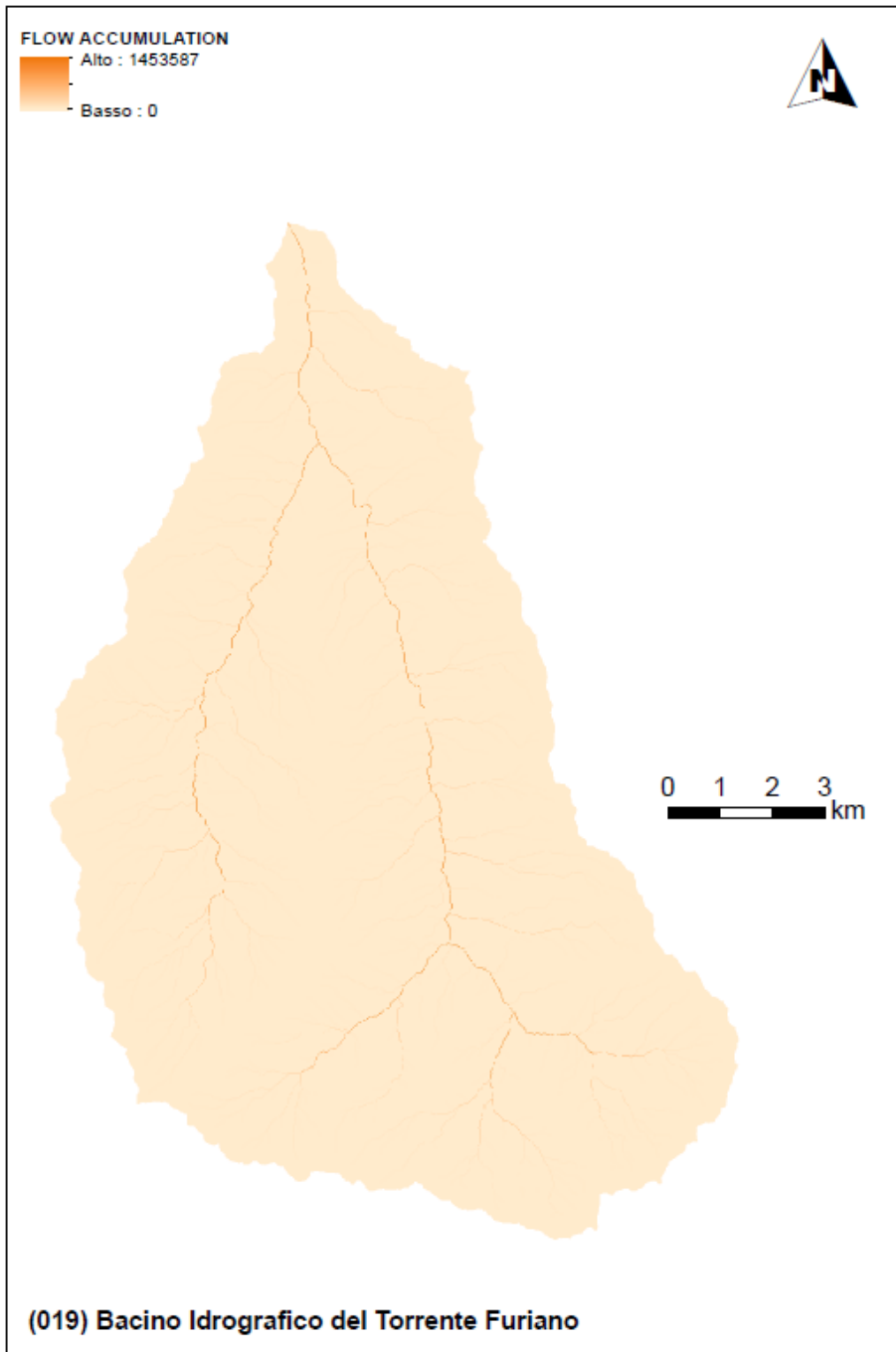


Figura 4 Funzione Flow Accumulation del bacino

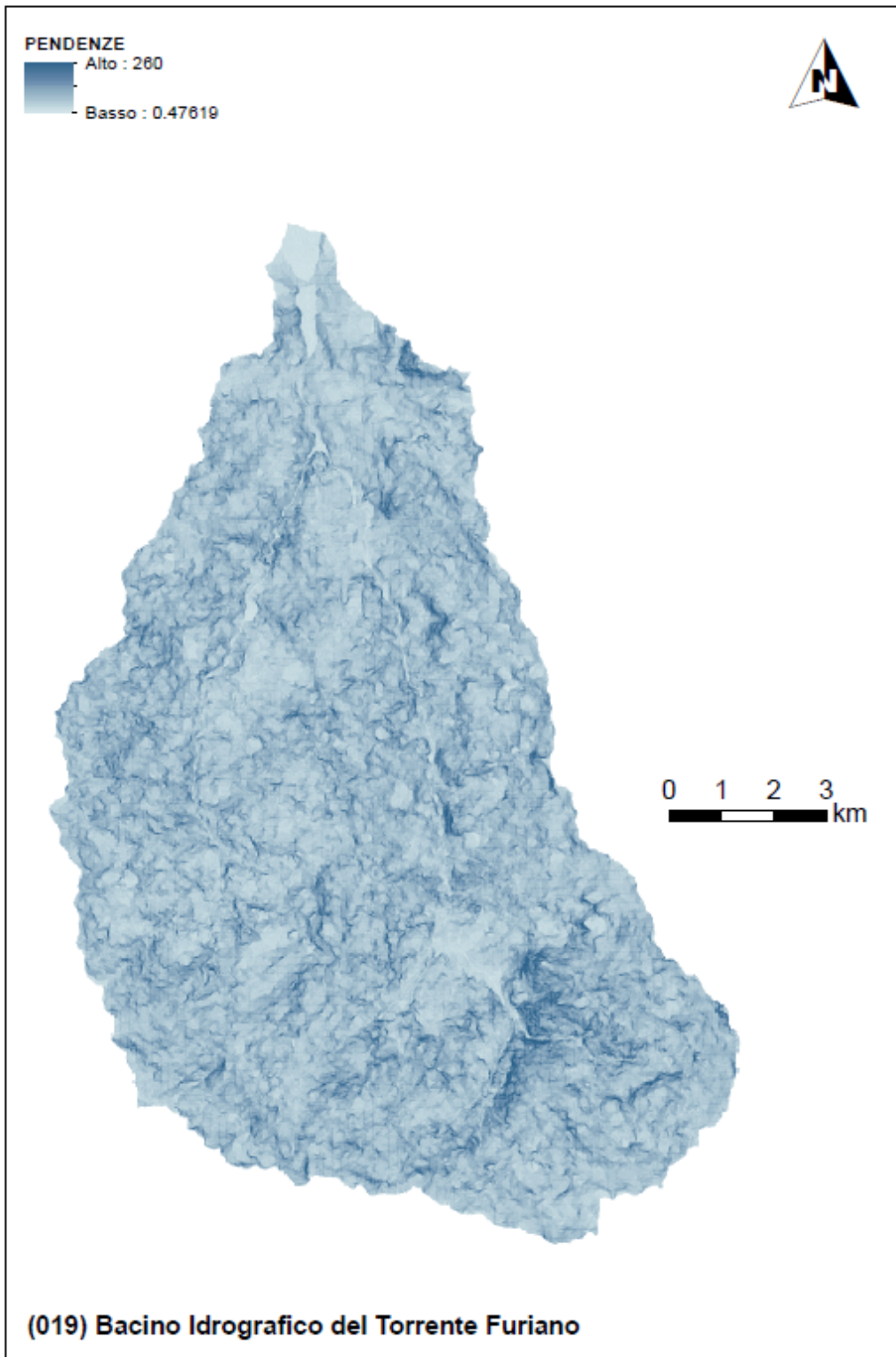


Figura 5 Carta delle pendenze [%] sulla base del modello digitale delle elevazioni con risoluzione spaziale pari a 10 m

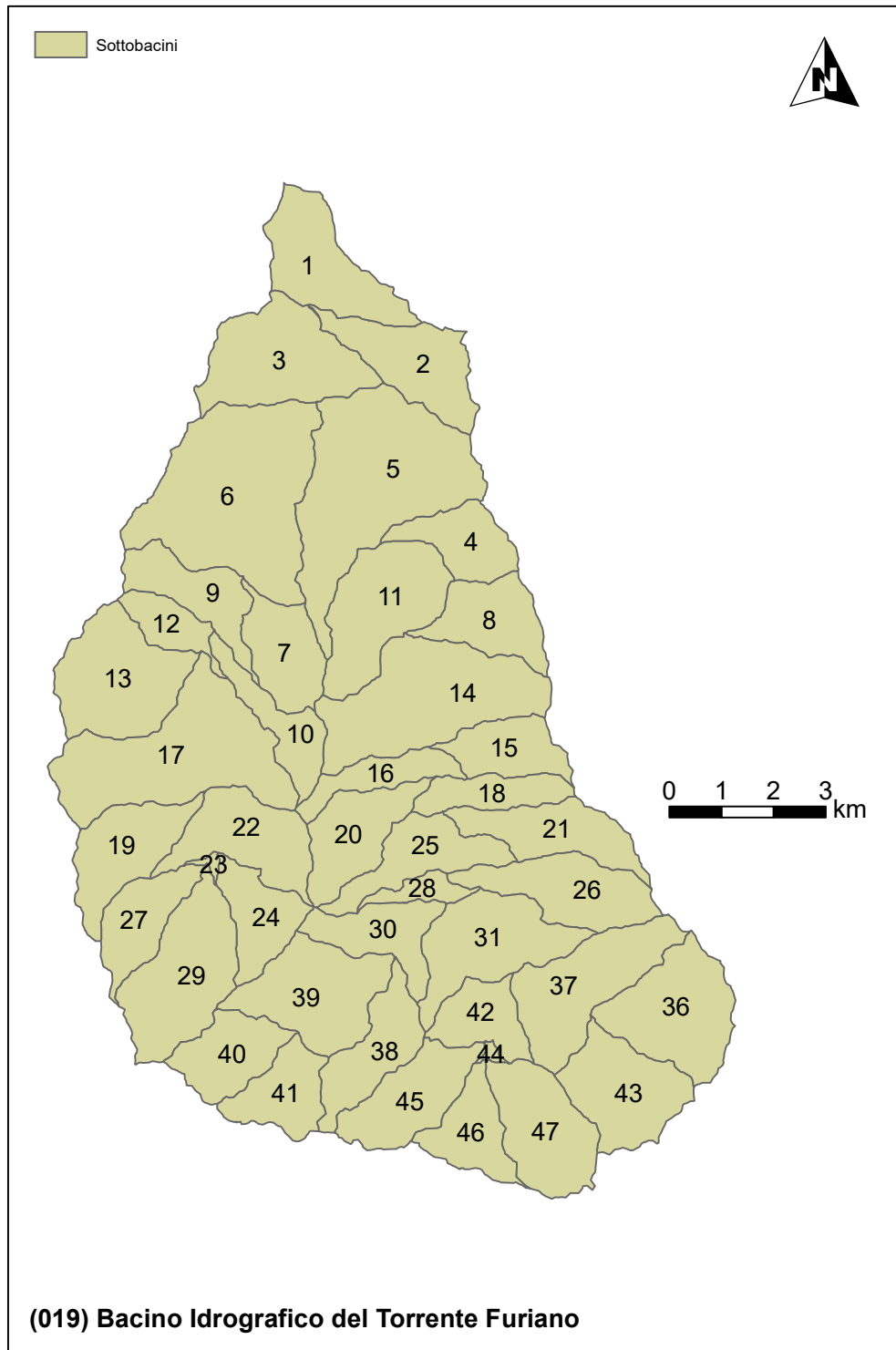


Figura 6 Delimitazione dei sottobacini sulla base delle caratteristiche morfologiche e della densità di drenaggio

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 elevati (in generale superiori a 25 anni) incidendo poco sul rischio di piene lampo nel bacino. Non manifestano significative variazioni nello scenario climatico di medio termine (sebbene i tempi di ritorno scendano leggermente) e ciò non determina aggravamenti sostanziali del quadro della suscettibilità del bacino alle piene improvvise. Tale quadro sembra particolarmente governato dai fattori morfologici che caratterizzano soprattutto la porzione montana del bacino.

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 quasi sempre significativi (con livello di significatività pari a 0.05) e positivi anche se di modesta entità. Soprattutto per le brevi durate, alcune porzioni del bacino non manifestano trend statisticamente significativi. Questa condizione non è presente per le durate maggiori.

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 al mare con circa il 15% del suolo del bacino già consumato. 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 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.

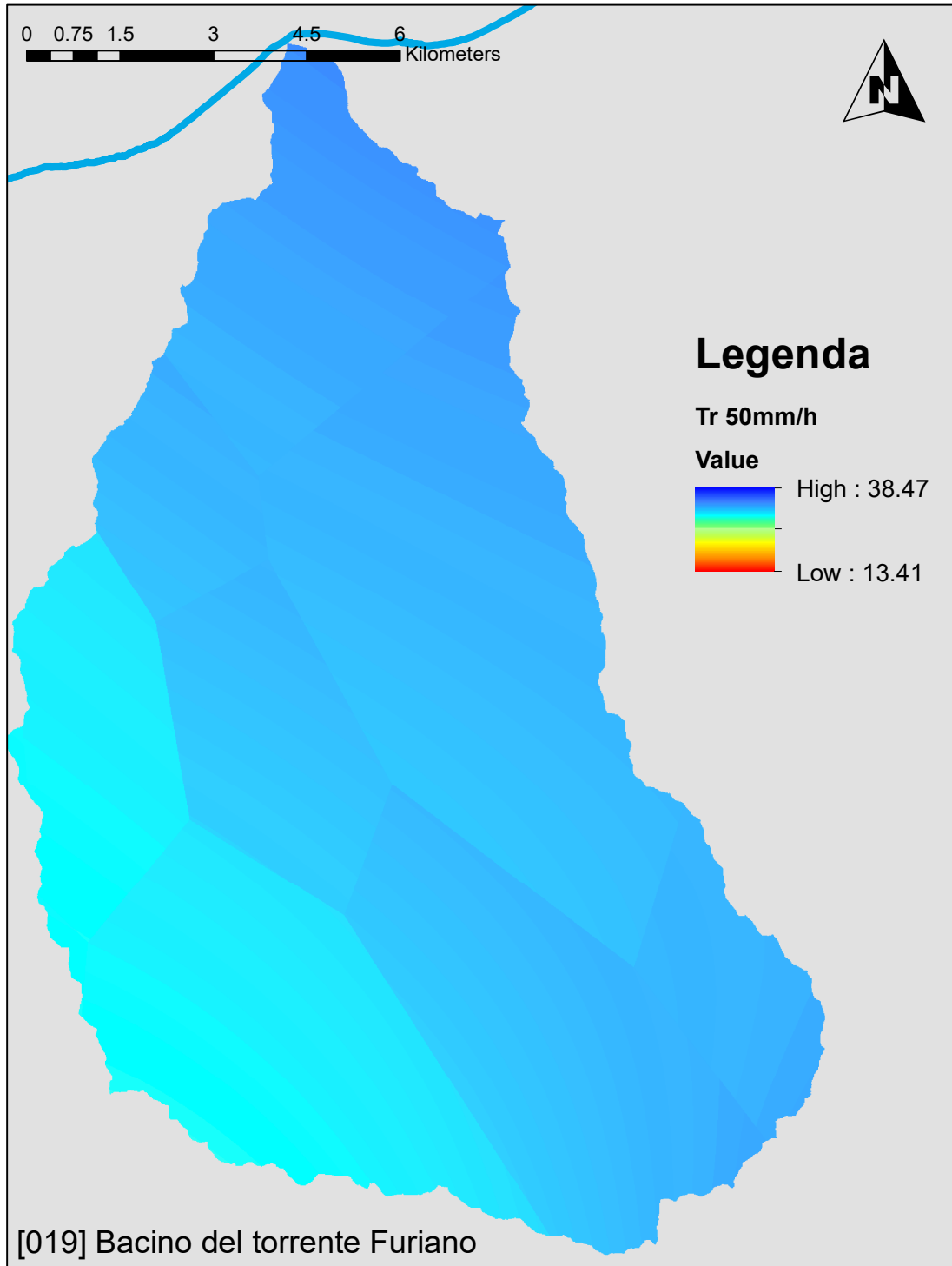


Figura 7 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario attuale (anni)

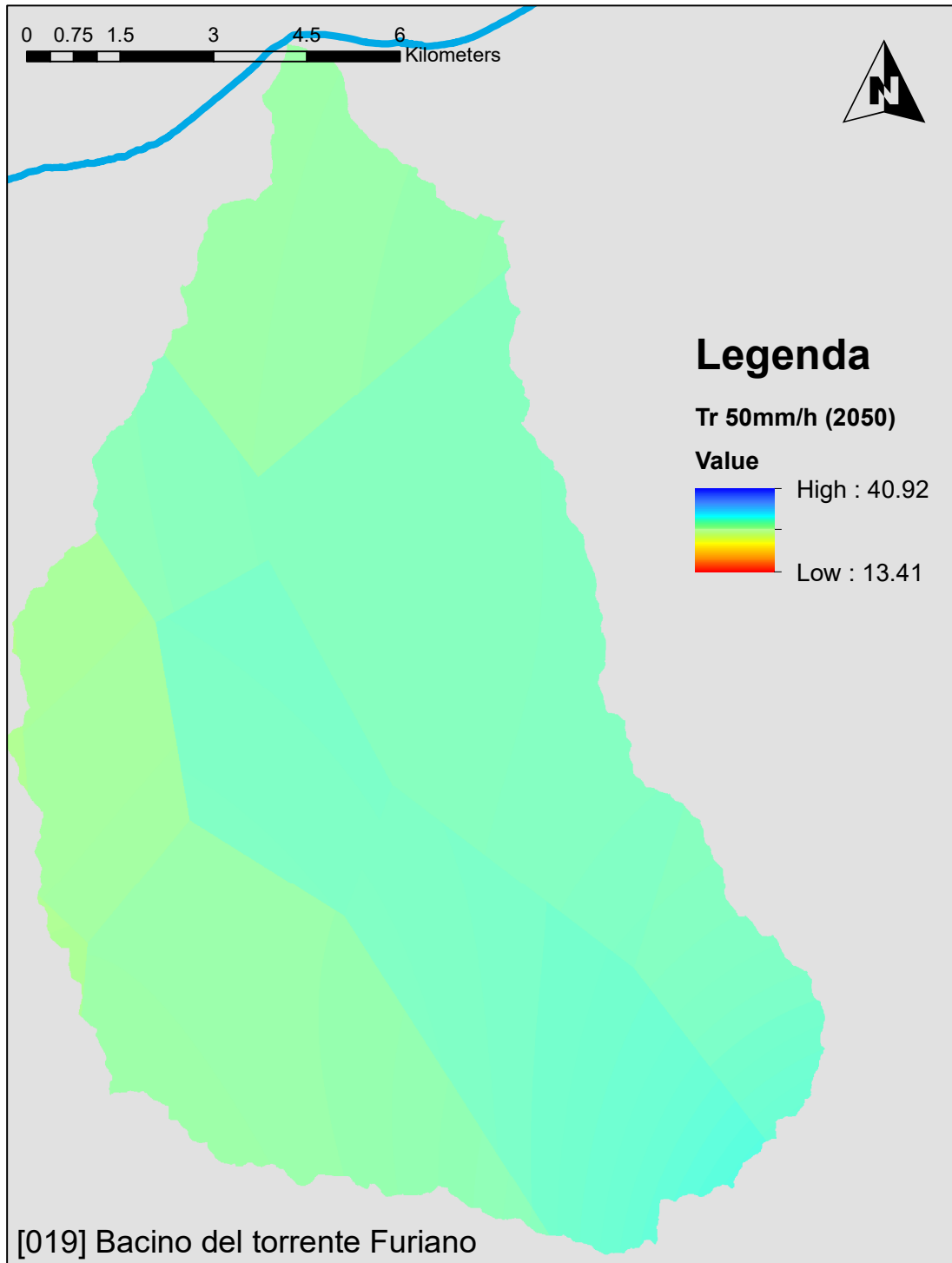


Figura 8 Tempo di ritorno della pioggia indice per il rischio di piene lampo nello scenario di medio termine al 2050 (anni)

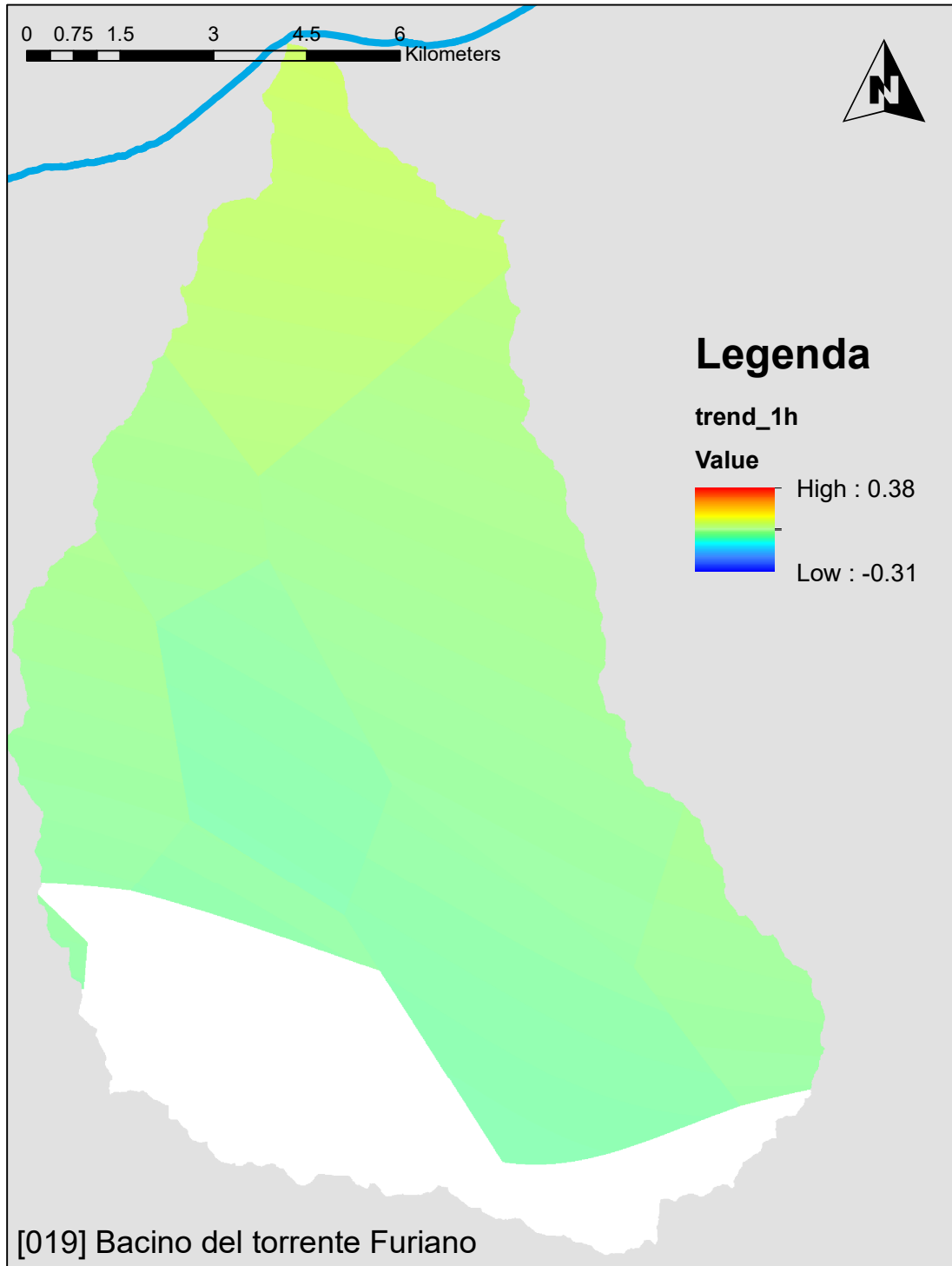


Figura 9 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 1 h (mm/anno)

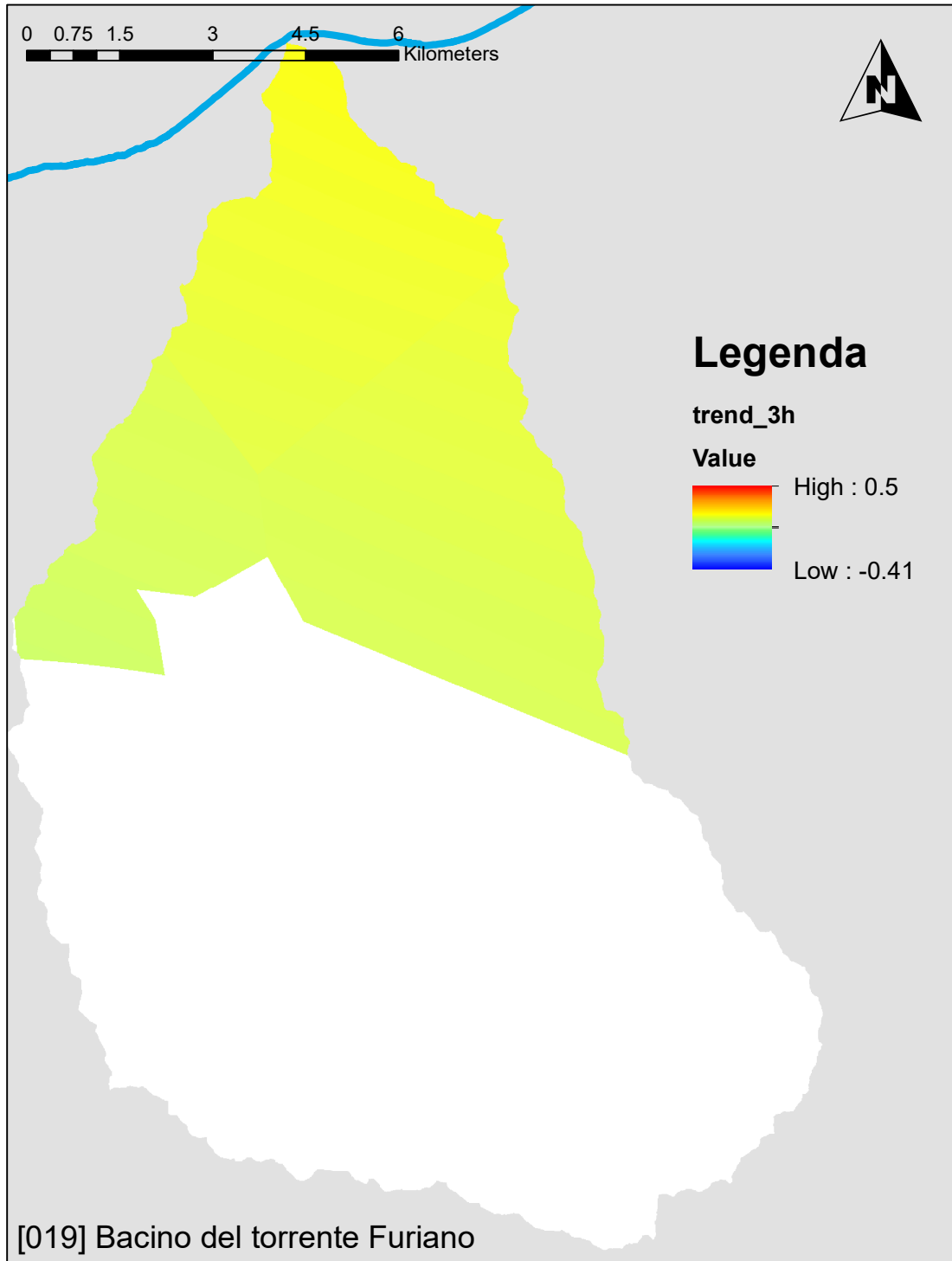


Figura 10 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 3 h (mm/anno)

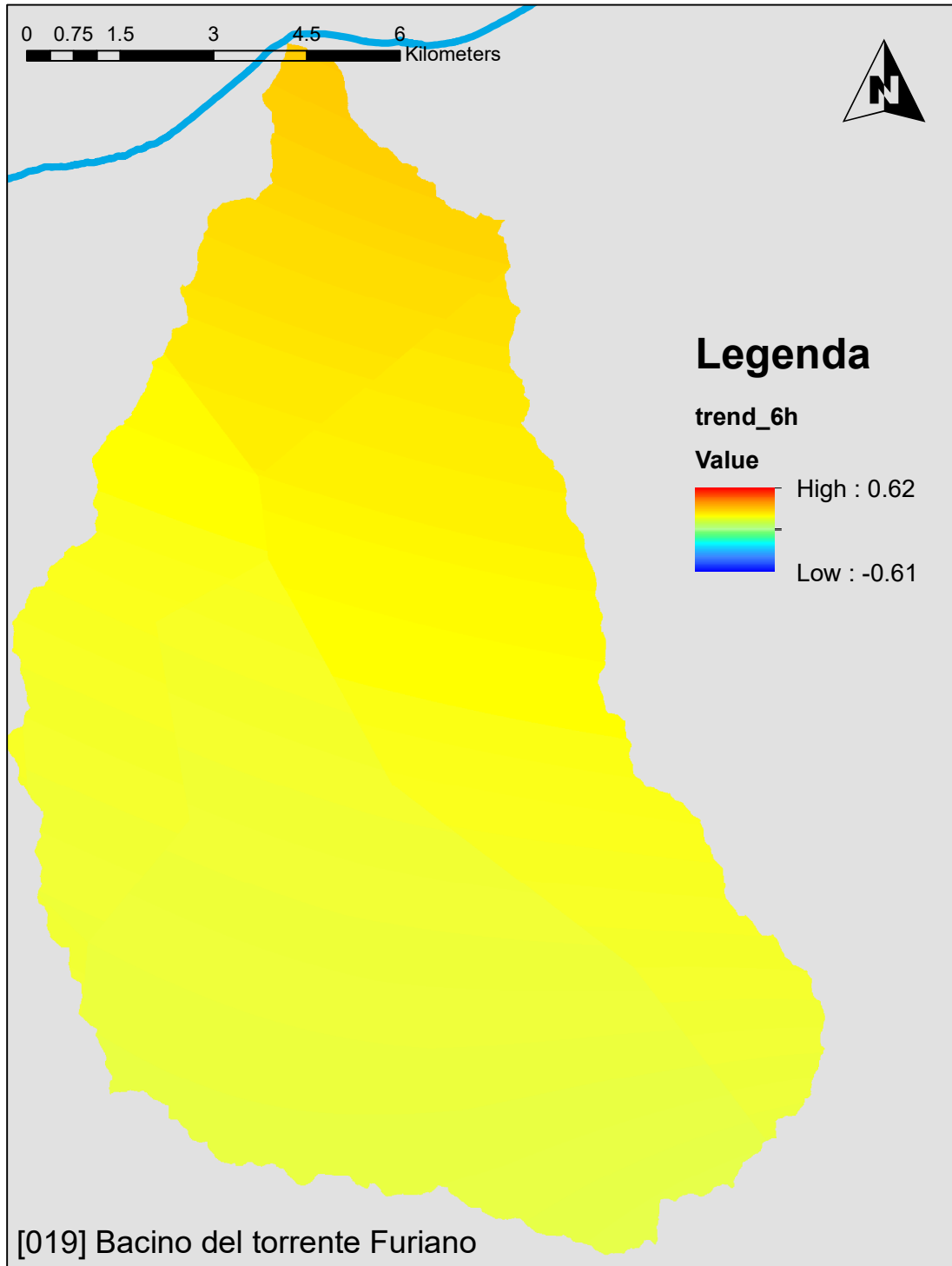


Figura 11 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 6 h (mm/anno)

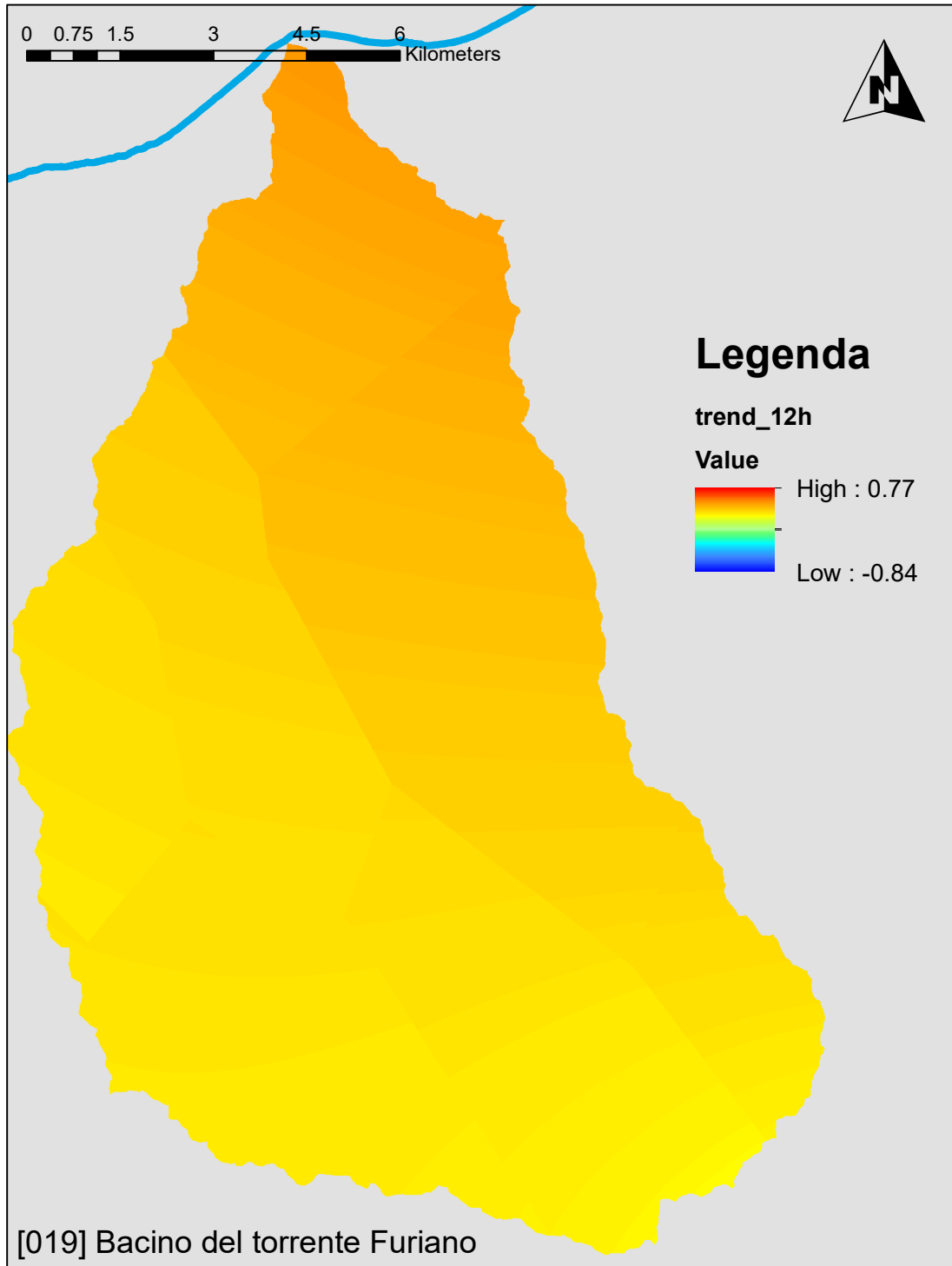


Figura 12 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 12 h (mm/anno)

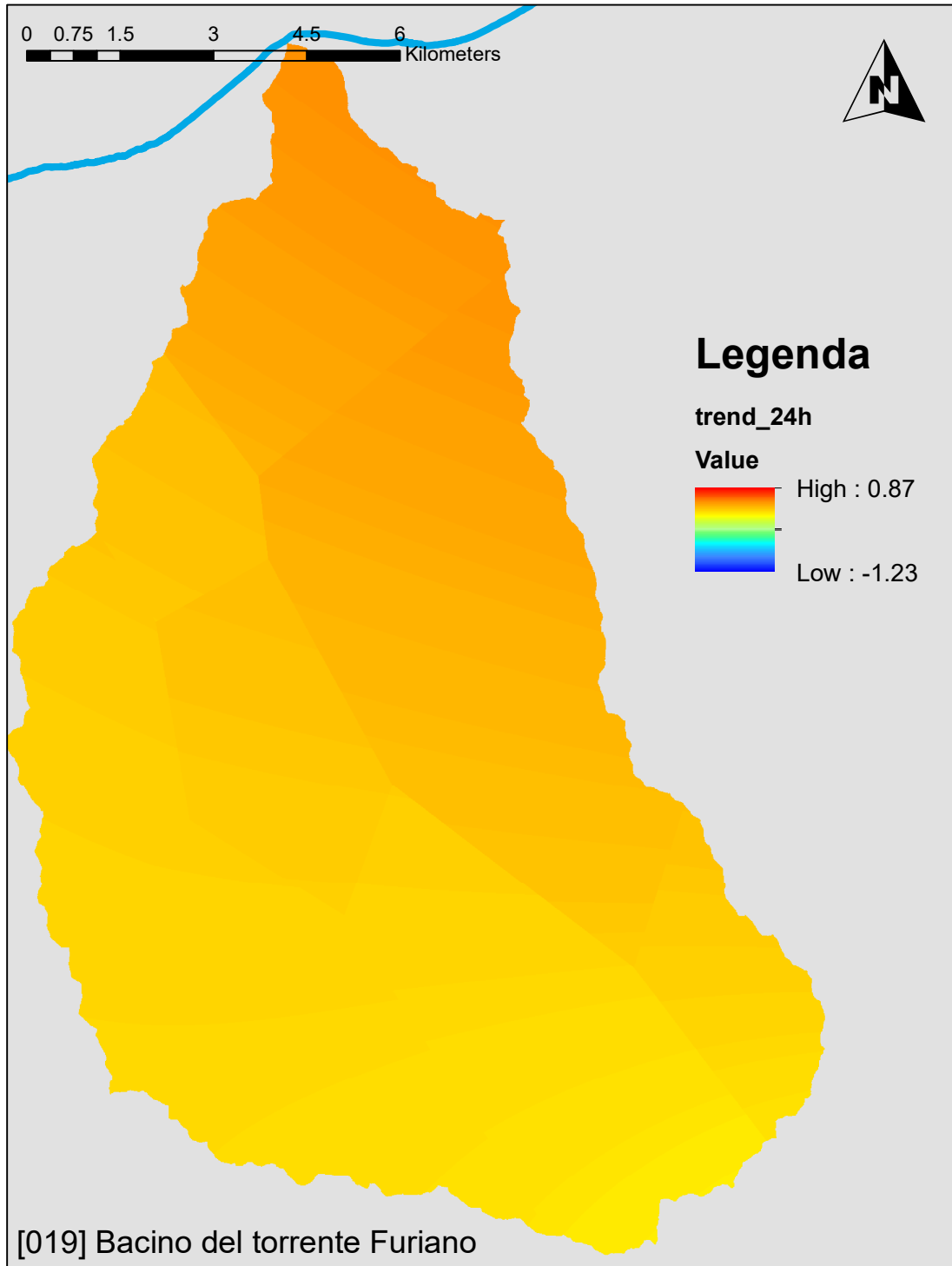


Figura 13 Trend climatico sulle piogge intense di fissata durata pari ad 24 h (mm/anno)

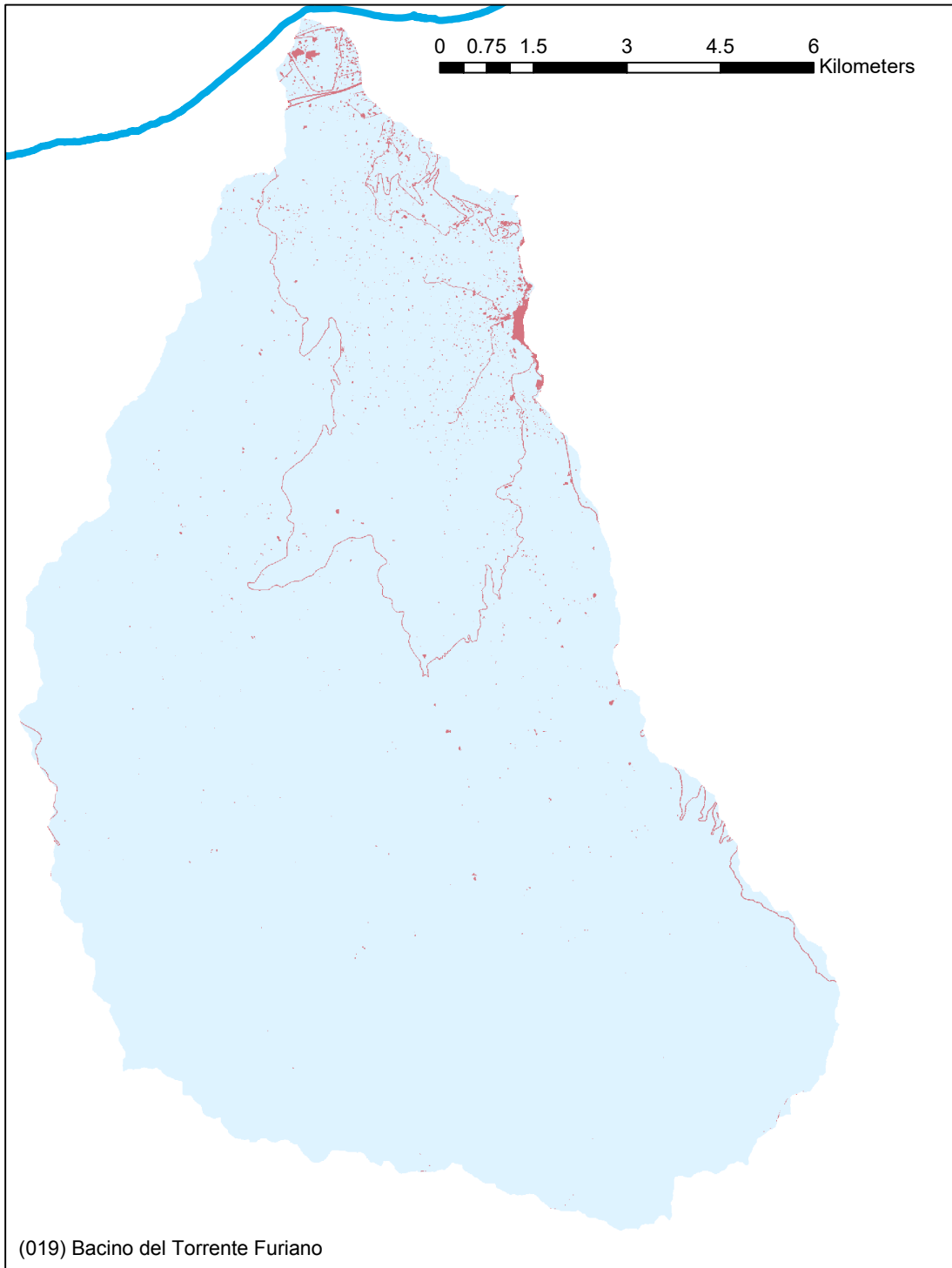


Figura 14 Rapporto tra la superficie di suolo consumato e l'area complessiva del bacino al 2019 (-)

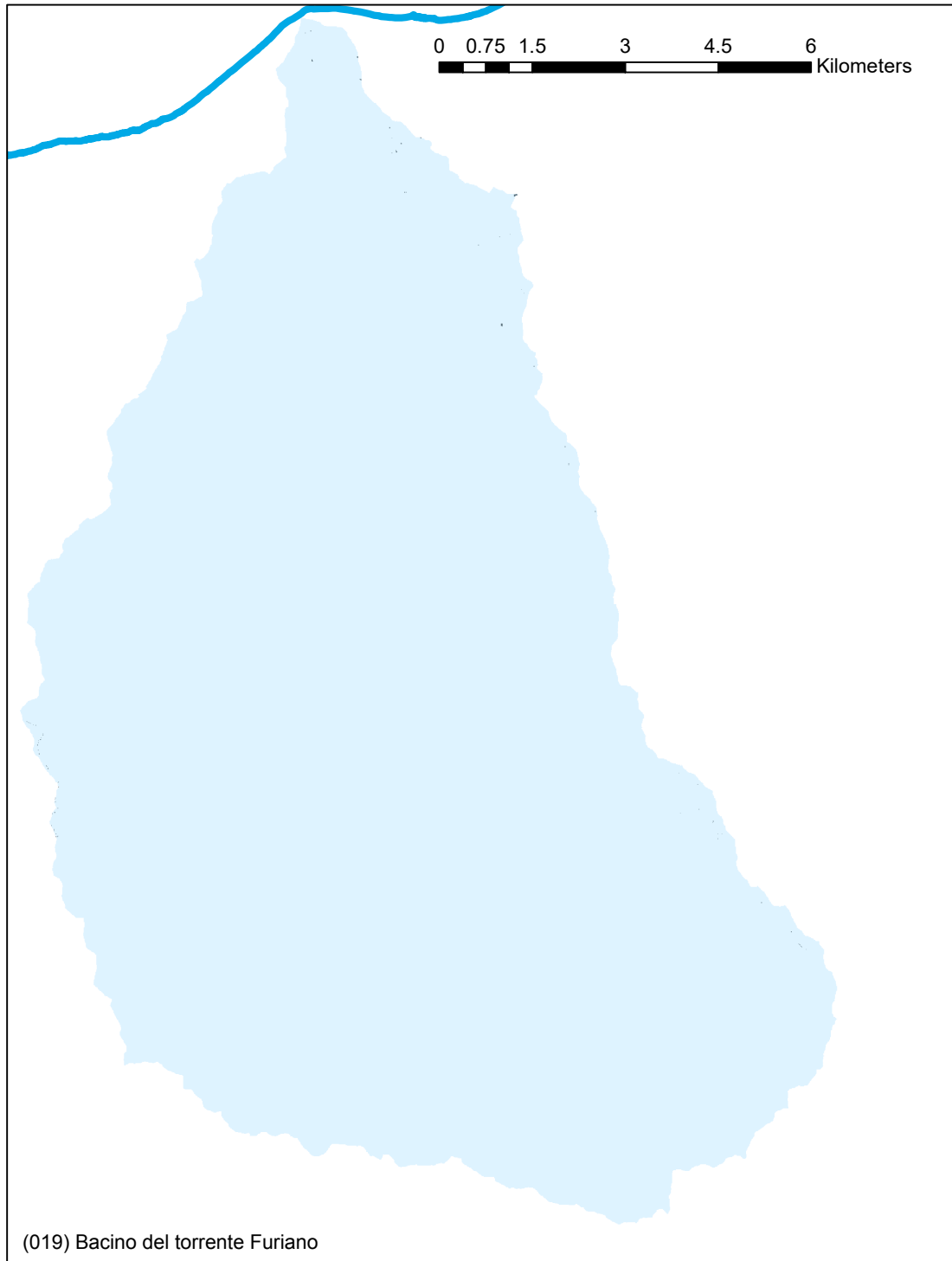


Figura 15 Variazione della percentuale di suolo consumato tra il 2020 ed il 2050 (-)

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. I fattori climatici non sembrano essere discriminanti tra i sottobacini con tempi di ritorno delle piogge indice che non risultano particolarmente bassi, posizionando l'intero bacino nella prima o seconda classe di suscettibilità. Il consumo di suolo, sia al 2020 che al 2050, ricade nella classe 1 a cui corrispondono percentuali minori del 10%. 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 aumenta per 2 dei sottobacini che passano dalla classe 1 alla classe 2 ed al tri 2 dalla classe 2 alla 3.

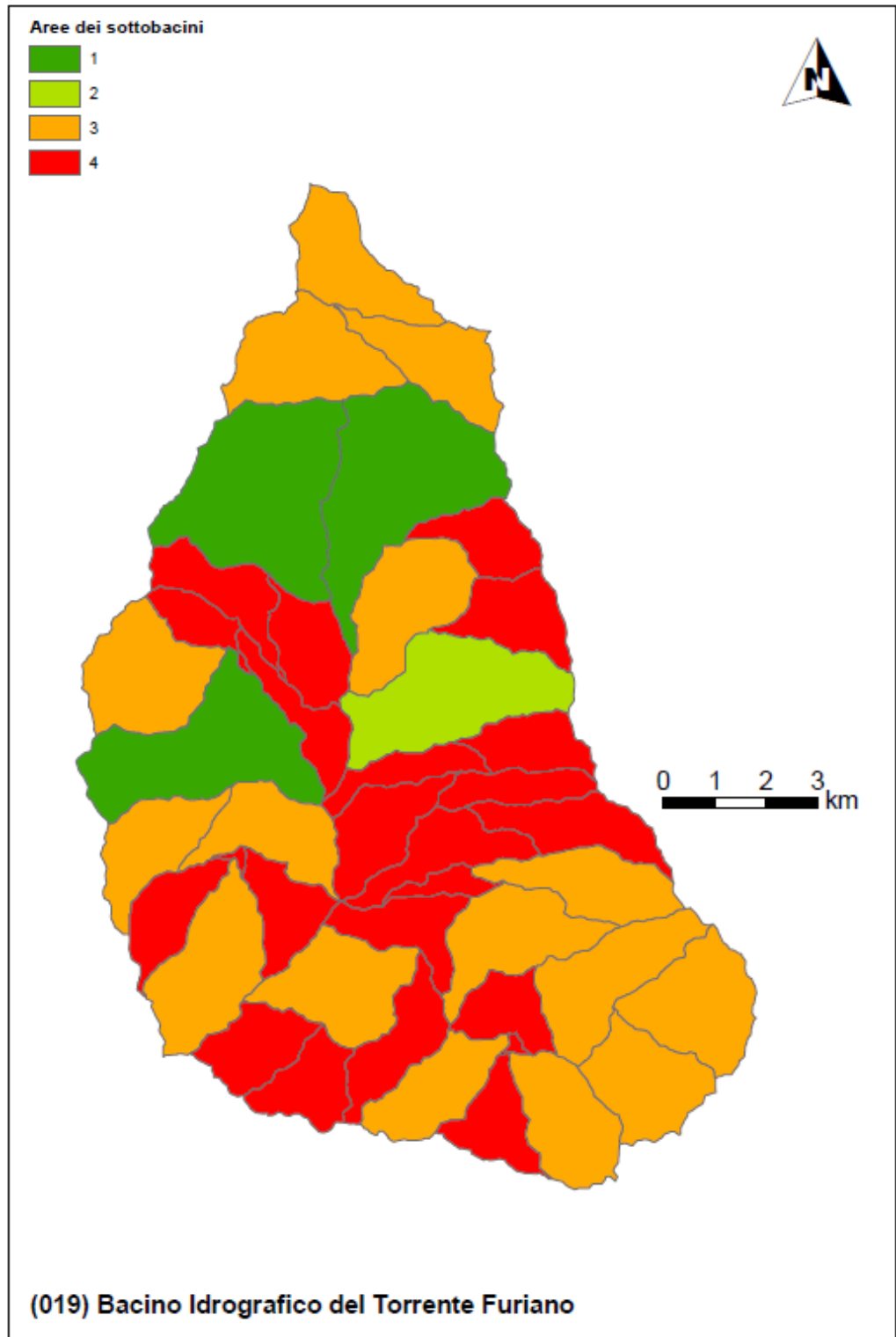


Figura 16 Fattore predisponente alle piene lampo legato all'area del sottobacino drenato

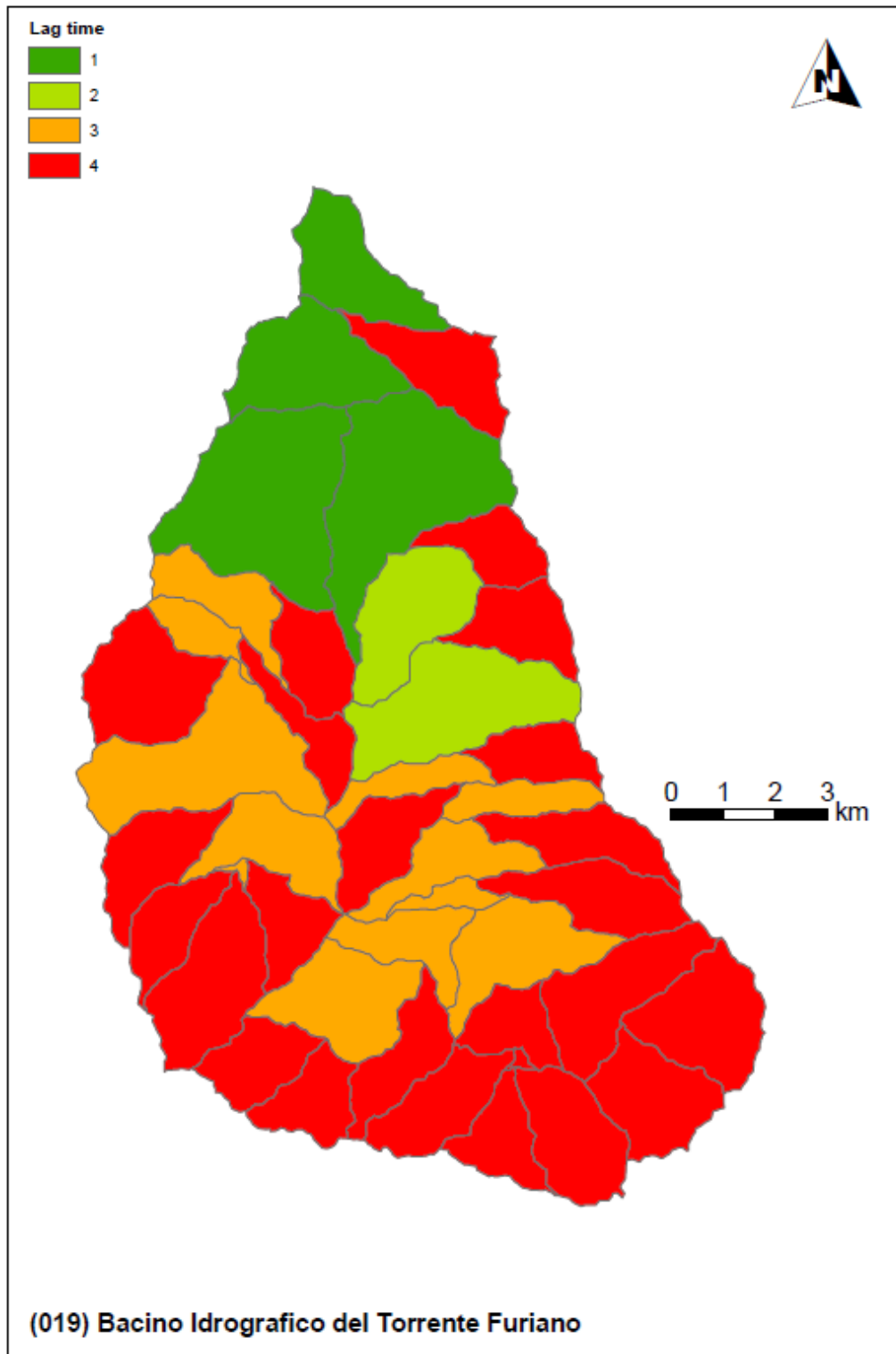


Figura 17 Fattore predisponente legato al tempo di lag del sottobacino drenato

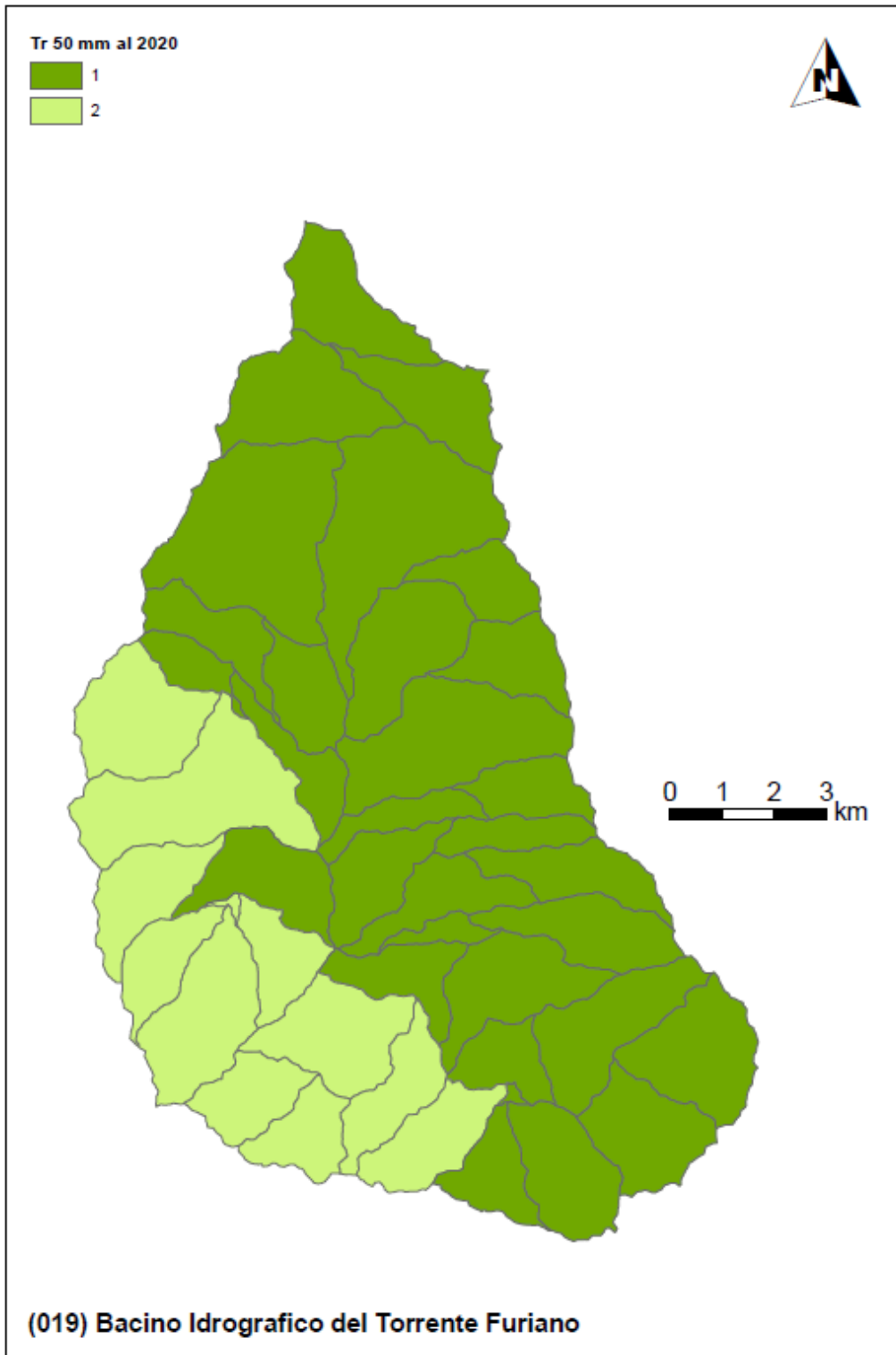


Figura 18 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario Attuale)

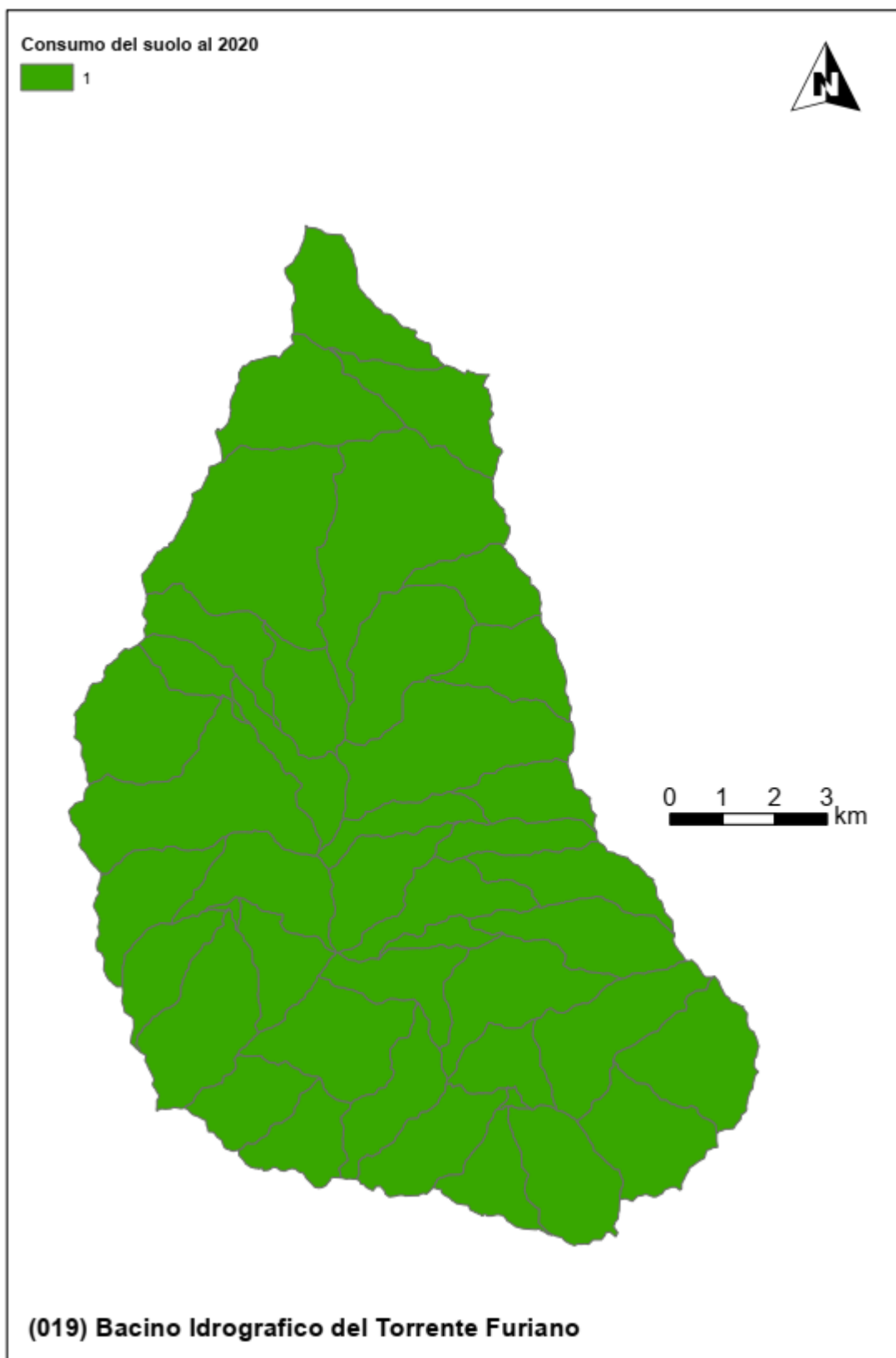


Figura 19 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario Attuale)

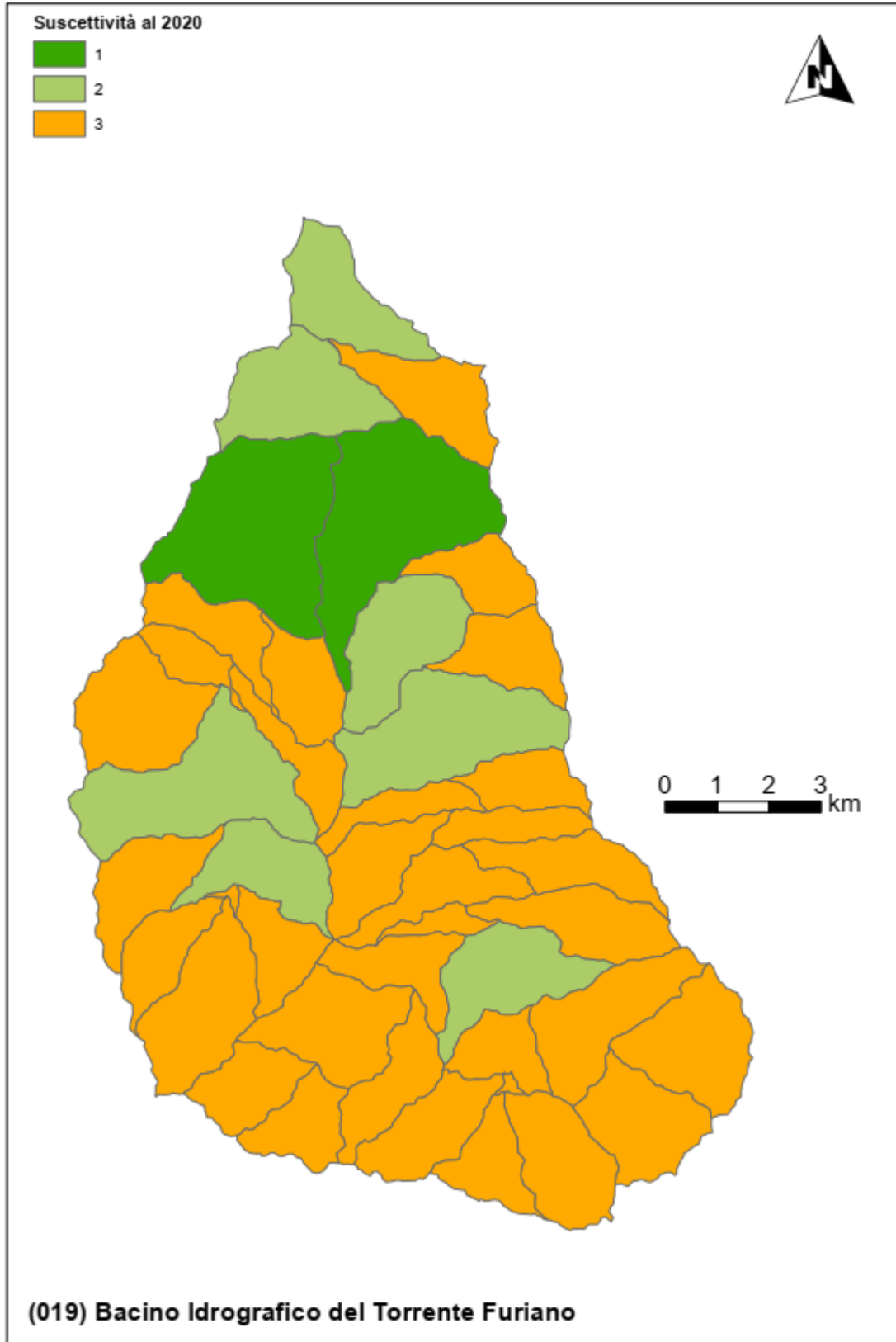


Figura 20 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario Attuale)

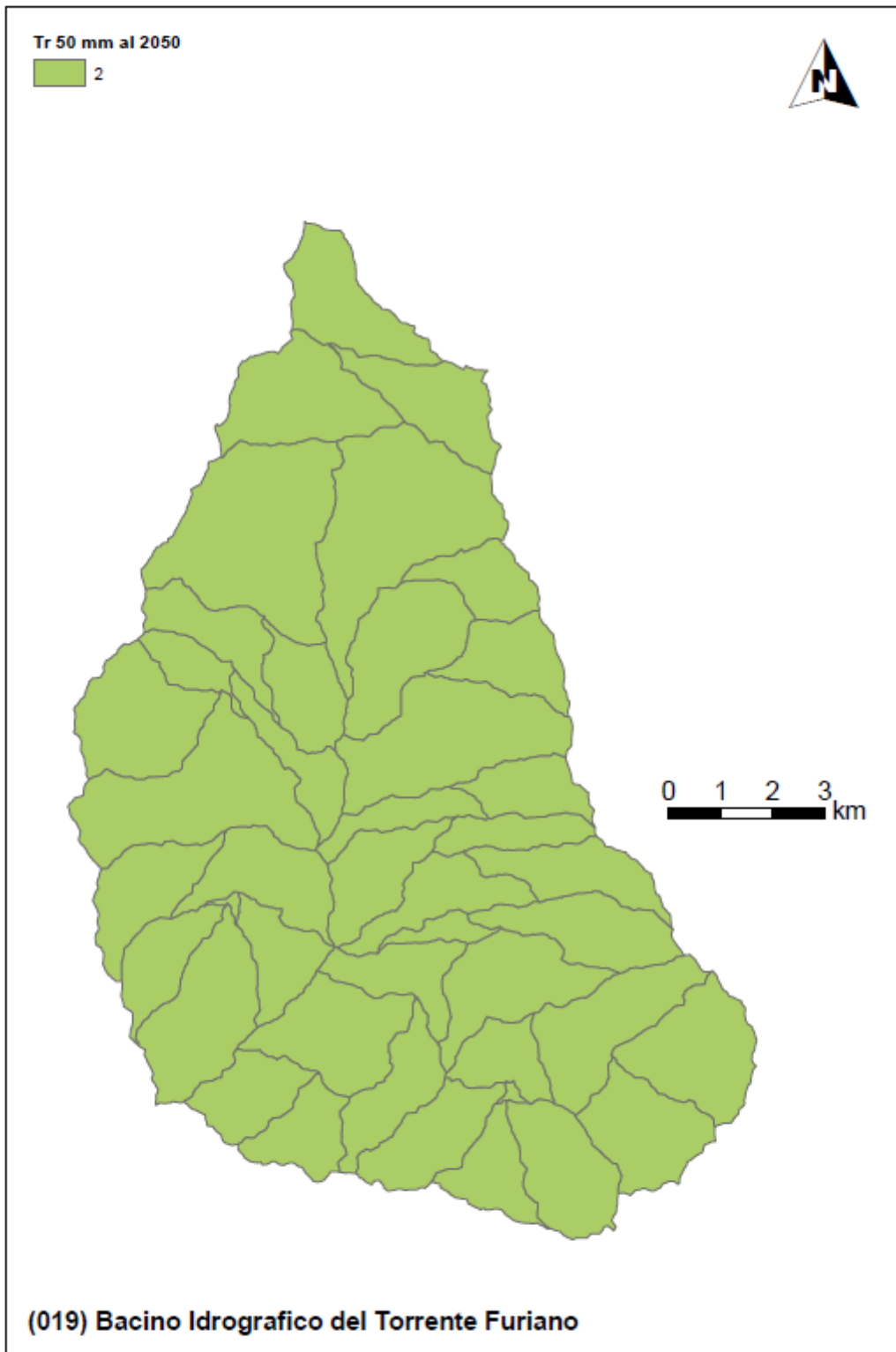


Figura 21 Fattore predisponente legato al tempo di ritorno della pioggia indice (Scenario al 2050)

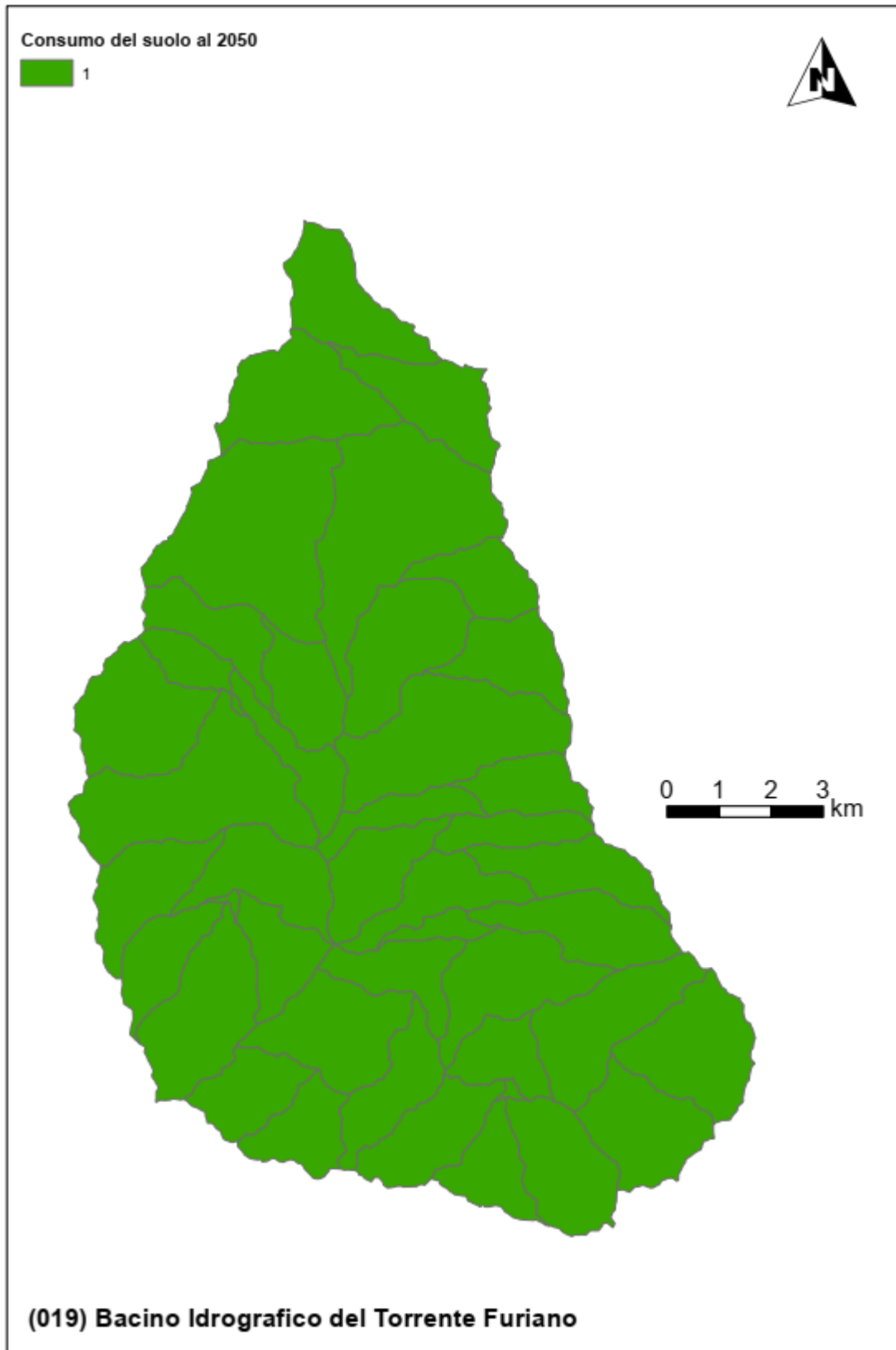


Figura 22 Fattore predisponente legato al consumo di suolo (Scenario al 2050)

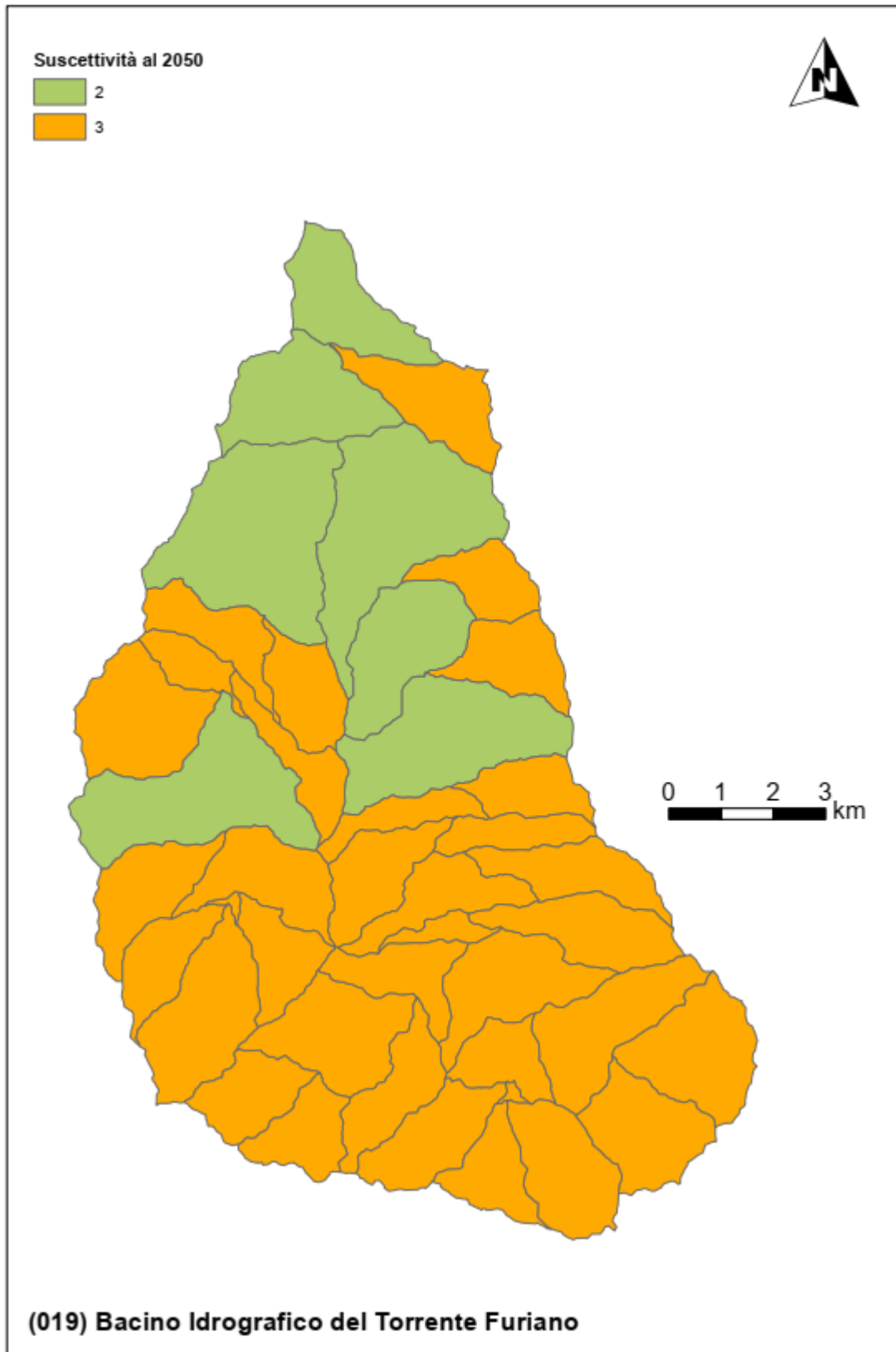


Figura 23 Sintesi della suscettibilità alle piene lampo (Scenario al 2050)

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

(019) Bacino Idrografico del Torrente Furiano

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	3.83	1.93	28.32	24.55	9.45	9.75
2	3.44	0.54	28.22	24.71	8.42	8.68
3	4.89	1.83	28.02	24.53	1.32	1.32
4	2.22	0.46	27.90	25.07	3.29	3.36
5	8.99	1.65	27.92	24.92	3.45	3.51
6	9.40	1.38	27.74	24.75	0.65	0.65
7	2.61	0.48	27.57	25.17	1.49	1.49
8	2.73	0.50	27.77	25.08	1.63	1.64
9	2.57	1.00	27.56	24.99	0.40	0.40
10	2.04	0.52	27.48	25.28	0.11	0.11
11	4.55	1.35	27.68	25.04	0.69	0.69
12	1.40	0.87	27.37	24.86	0.22	0.22
13	4.71	0.54	26.68	24.23	0.03	0.03
14	6.85	1.21	27.56	25.07	1.12	1.12
15	2.16	0.47	27.56	25.09	0.58	0.58
16	1.65	0.92	27.41	25.13	0.30	0.30
17	7.48	0.92	26.93	24.73	0.26	0.36
18	1.75	0.88	27.48	25.09	0.27	0.27
19	3.21	0.55	26.38	24.25	0.36	0.51
20	2.94	0.49	27.36	25.22	0.08	0.08
21	2.99	0.58	27.53	25.12	2.37	2.47
22	3.51	0.74	27.06	25.04	0.03	0.03
23	0.13	0.73	26.70	24.55	0.38	0.38
24	2.30	0.48	26.67	24.57	0.02	0.02
25	2.73	0.85	27.42	25.17	0.10	0.10
26	3.51	0.56	27.53	25.15	0.37	0.38
27	2.38	0.48	26.42	24.42	0.03	0.03
28	0.77	0.81	27.50	25.28	0.18	0.18
29	4.92	0.61	26.43	24.53	0.01	0.01
30	2.45	0.72	27.25	25.11	0.10	0.10
31	4.18	0.80	27.50	25.30	0.05	0.05
36	4.49	0.54	27.76	25.39	0.48	0.54
37	4.50	0.61	27.63	25.34	0.25	0.25
38	2.79	0.55	26.74	24.77	0.00	0.00
39	4.37	0.66	26.66	24.64	0.03	0.03
40	2.53	0.50	26.32	24.53	0.01	0.01
41	2.28	0.45	26.34	24.56	0.01	0.01
42	2.03	0.62	27.42	25.34	0.00	0.00
43	3.80	0.55	27.74	25.69	0.06	0.06

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 elevato lungo buona parte dell'asta principale, moderato in alcune aste secondarie e modesto o trascurabile in buona parte della porzione sinistra del bacino. In generale nello scenario climatico di medio periodo, si evidenziano variazioni inferiori al 20% nelle piogge intense di durata pari al tempo di corrivazione in ciascuna sezione del reticolo idrografico.

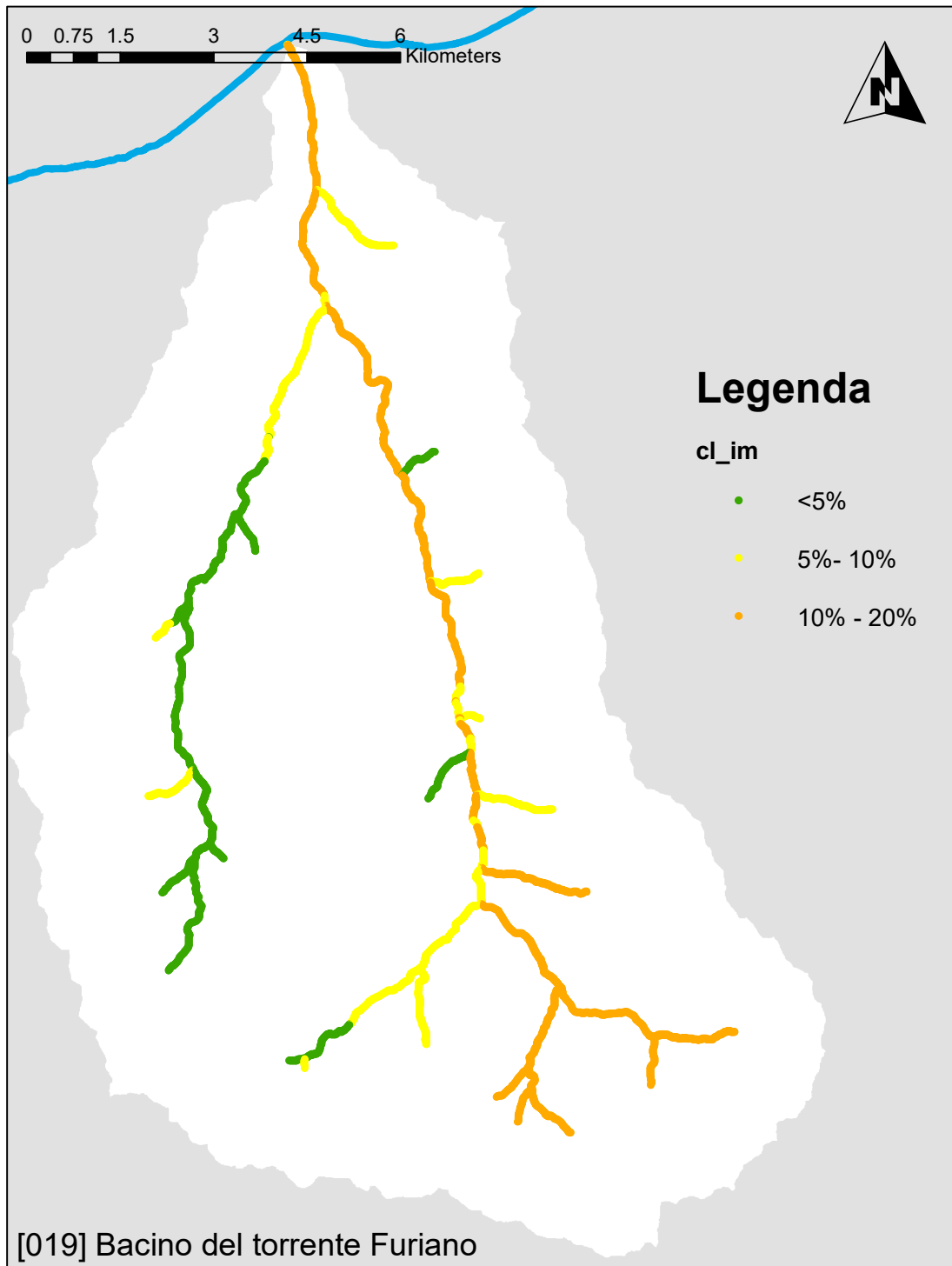


Figura 24 Variazione climatica nel periodo 2020 – 2050 per i picchi annuali di pioggia di massima intensità e durata pari al tempo di corrivazione dell'area drenata

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 che nessun sottobacino è caratterizzato dal massimo livello di suscettibilità alle piene improvvise. Tale condizione si modifica leggermente nello scenario climatico di medio periodo senza che dei sottobacini raggiungano il massimo livello di suscettibilità.

Il quadro d'impatto del cambiamento climatico sui bacini a maggiore tempo di corrivazione evidenzia trend climatici significativi e positivi con una crescita elevata delle piogge di massima intensità e durate paragonabili con i tempi di corrivazione dell'asta principale. Gli incrementi sono comunque contenuti nell'ambito del +20%.

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 non suggerisce particolari strategie di monitoraggio ed allerta indirizzate ai bacini ad alta suscettibilità evidenziati dallo scenario attuale o a medio termine.

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.). **In considerazione del fatto che un lungo tratto fino alla foce è interessato da impatti elevati la misura potrebbe essere applicata all'intero bacino.**

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.