

La “dimensione territoriale” del riassetto idrogeologico: effetti dell’uso del suolo sui deflussi di piena e sulle frane da colata in un bacino suburbano

The “territorial dimension” of watershed management: influence of land use on peak stream flow and mudflows in a suburban case study

VALENTINELLI A. (*), ZUMAGLINI M. (**)

RIASUNTO - Le analisi dell’Agenzia Europea per l’Ambiente in materia di uso e tutela dei suoli sottolineano in tono crescente l’importanza di integrare la dimensione territoriale nelle politiche ambientali, per la salvaguardia della biodiversità, la difesa dalle alluvioni, la gestione delle acque e la Politica Agricola Comune, con azioni a specifico orientamento “multifunzionale” che le recenti Direttive stanno iniziando a recepire nei rispettivi settori d’intervento. Il presente studio, condotto sul bacino vesuviano del Lago Pollena, al margine orientale della conurbazione partenopea, effettua una simulazione degli impatti, sulla formazione delle piene e dei locali fenomeni di colata, di eventi meteorici di diversa intensità e frequenza al variare degli usi del suolo. Dai dati emerge una significativa correlazione con l’uso del territorio, per localizzazione, tipologia delle destinazioni e qualità vegetazionale delle coperture, ponendo così in evidenza il ruolo che un loro governo trasversale a fini di difesa può ricoprire nelle strategie di prevenzione e riassetto diffuso.

PAROLE CHIAVE: uso del suolo, bacino scolante, piene, colate di fango, bosco, rinaturazione, ambiente rurale, pianificazione territoriale, difesa del suolo, mitigazione del rischio, valutazione ambientale strategica, modello afflussi-deflussi

ABSTRACT - The incoming EU Common Agricultural Policy will address the ecological connectivity of rural environment as well as the implementation of the Water Framework Directive, leading to a “territorial dimension” for the environmental policies, in order to more effectively meet the Climate Change adaptation challenges. Watershed integrated management is thus supposed to become a crucial

matter, focusing on both biodiversity and land use management that are to be improved with a view to flood and landslide risk mitigation (COM 2011/17, COM 2011/244). In order to provide scientifically sound figures and relevant criteria to land planners, the case study of the small Pollena watershed, located in the eastern suburbs of Naples but including a small section of Vesuvius National Park, has been analyzed owing to its being well representative of a variety of land use patterns, environmental concerns and human pressures. The research has been carried out by an interdisciplinary team in cooperation with the technical staff of the Napoli-Volla “Consorzio di Bonifica” (Land Reclamation Agency). With the aim to study the effects of land use in the prevention/mitigation of floods or landslides affecting urban settlements, a computer model – Topkapi (TODINI *et alii*, 2001) – has been applied to simulate the rainfall-runoff transformation process: a physically-based grid-cell scale modelling of the hydrological processes has allowed detailed understanding of the influence of land cover changes on stream flow.

Alternative land use scenarios have been tested, featuring different land protection practices and/or land use types and patterns, such as the afforestation of buffer areas strategically located either along riparian strips or across the Vesuvius lower slopes. The contrasting effects have been investigated of urban sprawl and afforestation. The identified scenarios have served a double purpose: i) Peak flow analysis; the flood hydrographs have been calculated by the model starting from input rainfall of known probability (the two recurrence intervals of 5 and 50 years have been considered adequate); ii) Soil moisture analysis; among the model outputs, soil

(*) Architetto - Urbanista / Architect - Spatial Planner, alevale@abcterra.it

(**) Ingegnere - Idrologo / Engineer - Hydrologist, marcozuma@gmail.com

moisture at grid-cell level is paramount when mudflow hazard is to be assessed: the geology of the area, featuring a volcanic ash layer overlying a volcanic bedrock, makes it dangerously prone to such hazards (the well known Sarno disaster involved quite a similar geology). The simulations have allowed to highlight the following major issues: - Soil moisture prior to precipitation plays an important role in runoff generation (the effects of this parameter have been investigated as well, by applying the same precipitation to two different soil moisture conditions, a “dry” one and a “wet” one); - Mixed and multi-layered (i.e., close to climax) forests assure high performance in soil protection and stream flow control: they can extend to up to 2m the depth of the underlying topsoil (it corresponds to the plants’ root system and is crucial to soil moisture and runoff generation control); when located along watercourses, they prove most effective in mitigating floods featuring low antecedent soil moisture content; conversely, when spread across the lower slopes, they tend to be (slightly) more effective against high antecedent soil moisture content floods; - When urban areas sprawl up to 60% of watershed area, parallel watershed afforestation together with revegetation of urban riparian strips allow no substantial changes in major floods, whereas minor floods will noticeably increase in frequency and magnitude; - Concerning mudflow hazard, climax forests located where mudflows are likely to generate (i.e., spread across Vesuvius’s – or rather, mount Somma’s – steepest slopes) prove beneficial in keeping soil moisture levels comparatively low, thus counteracting soil liquefaction phenomena; additionally, buffer forests located at the foot of the mountain can contribute to protection of downhill urban areas by damping mudflow destructive energy.

KEY WORDS: land use, watershed, floods, mudflows, climax forest, buffer forest, revegetation, rural environment, environmental policies, land protection, risk mitigation, rainfall-runoff model

1. - I NUOVI ORIENTAMENTI DELLE POLITICHE COMUNITARIE

Con la COM 2011/244, l’Unione Europea recepisce nelle Strategie per la Biodiversità al 2020 le recenti indicazioni dell’Agenzia per l’Ambiente per concretizzare ciò che l’Istituto di Copenaghen ha definito la “dimensione territoriale” di un’azione complessiva di tutela (AEA, 2010), incardinata sui principi di adattamento al cambiamento climatico (AEA, 2010b). Spiccano gli impegni che la Politica Agricola Comune dovrà assumere per rafforzare il ruolo di connessione della rete ecologica svolto dai terreni agro-forestali: dal settennio 2013-2020, il ripristino del *set-aside*, il recupero degli ecosistemi

degradati, la gestione sostenibile delle aree boschive, la conservazione degli habitat, l’attuazione della Direttiva 00/60 sulle acque si avvarranno di quote crescenti delle risorse finanziarie sinora destinate al comparto agricolo.

Si prefigura dunque una duplice maturazione degli indirizzi comunitari: l’affinamento, da un lato, delle strategie che possono concorrere alla salvaguardia dell’ambiente attraverso una sempre più stretta integrazione tra settori d’intervento; dall’altro, l’assunzione di una nuova centralità del territorio, sviluppando in senso multifunzionale le diverse politiche che tendono a incidere sulle sue trasformazioni.

Questa evoluzione non è casuale. Muove dal confronto fra le elaborazioni tratte dai rilevamenti *Corine Land Cover* 2006, 2000 e 1990, che ha chiarito le molteplici ricadute dei fenomeni di consumo del suolo (*soil sealing*): gli impatti dell’urbanizzazione parossistici e cumulati su altri, già noti e puntuali fattori di degrado ambientale. L’Agenzia delinea infatti un quadro problematico di cui l’Italia, con il suo triste primato di dissesti, riflette meglio che altrove anche gli effetti associati ai processi “minori” di degrado della componente suolo: la frammentazione degli spazi rurali e l’aggressione ai margini di resilienza degli ecosistemi. Si apre così un fronte di politiche d’intervento, potenzialmente cruciale anche per la maturazione di strategie trasversali e sinergie plurime con un approccio “non strutturale” alla difesa del suolo, che si concretizza incrociando le scelte di governo del territorio con gli obbiettivi di riassetto e di realizzazione delle reti ecologiche: tutto questo proprio col risultato di venire incontro alle nuove esigenze “adattative”.

In questo quadro generale, la ricerca sul Lago Pollena suggerisce l’opportunità di una strategia diffusa di mitigazione della vulnerabilità e di prevenzione del rischio, che restituisca nel contempo al territorio un assetto di maggior pregio ambientale: la chiave di volta è rappresentata dall’elevata qualità dei soprassuoli, specie se boscati, con ampia presenza di essenze autoctone, adattate alla tipologia dei terreni e alle condizioni microclimatiche. Attualmente l’area è caratterizzata da una zona protetta di grande valore, il parco del Vesuvio, ma anche da una condizione di rischio crescente con l’espandersi

dell'urbanizzato, da un'agricoltura di medio versante sofferente e destinata all'abbandono, con le impattanti eccezioni di castagni e nocioleti: uno stato che, se anche dovessero arrestarsi i trend in corso, probabilmente non muterebbe i livelli di rischio e degrado ad esso associati. Per orientare a fini di difesa questa evoluzione tendenziale, peraltro comune a molte aree del Paese, servirebbero politiche di riqualificazione ambientale integrate sul piano territoriale: mirate a sviluppare la locale rete ecologica lungo i corridoi di connessione offerti dal reticolo idrografico, a convertire le campagne dismesse in aree tampone e a favorire, anche in quelle produttive, la riattivazione e la connettività delle funzionalità ecosistemiche del mosaico.

Se l'Unione Europea darà pieno corso ai principi enunciati (COM 2011/17; COM 2011/244), la "dimensione territoriale del riassetto" diverrà una scelta obbligata a partire dai finanziamenti strutturali del periodo 2013-2020; gli aiuti allo Sviluppo Rurale dovranno allora essere indirizzati con priorità alle localizzazioni dove maggiori siano i benefici per il contenimento del rischio, supportando gli interventi di rinaturazione dei boschi esistenti, la tutela delle aree vegetate in evoluzione spontanea, il recupero degli ambienti di pertinenza fluviale, la valorizzazione dei tessuti agrari storici e di interesse paesistico.

Data la drammaticità degli eventi alluvionali che, in ultimo nell'autunno 2011, hanno investito l'Italia, vale tuttavia notare come, nella costruzione di un percorso unitario e collaborativo d'intervento interistituzionale, lo strumento della Valutazione Ambientale Strategica (DIR 2001/42; DLGS 4/2008) possa già garantire quella visione processuale complessiva, necessaria per ricondurre a coerenza gli obiettivi, le competenze e le risorse delle singole amministrazioni coinvolte nel governo del territorio.

2 - IL CASO DI STUDIO E GLI SCENARI ESAMINATI

Condotta allo scopo di studiare gli effetti dell'uso del suolo sulla generazione dei deflussi, la ricerca ha individuato il bacino scolante campione all'interno del territorio del Consorzio di Bonifica Napoli-Volla:

quello del Lago Pollena, esteso su 4,8 km² divisi tra i comuni di Pollena Trocchia, Massa di Somma, Cercola, San Sebastiano al Vesuvio (figg. 1, 2). La zona montuosa comprende il versante nord-occidentale

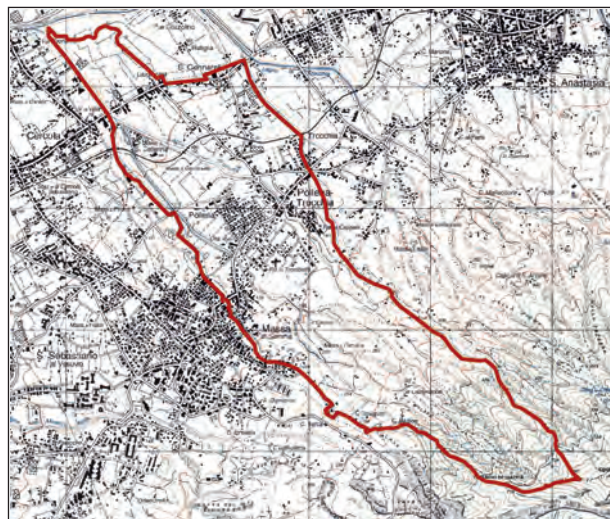


Fig. 1 - La zona del bacino del Lago Pollena (linea rossa), scala 1:30.000 (da Carta IGM Serie 25, volo di ricognizione 1984-87).

- The area of the Pollena watershed (red line), scale 1:30 000 (from IGM Map 1:25 000, 1984-87), (PORTALE CARTOGRAFICO NAZIONALE, 2011).



Fig. 2 - La zona del bacino del Lago Pollena (linea rossa), scala 1:30.000, ortofoto 2006.

- The area of the Pollena watershed (red line), scale 1:30000, 2006 (PORTALE CARTOGRAFICO NAZIONALE, 2011).

del Monte Somma, coperto a partire dai 300m ca. di altitudine da boschi di latifoglie. La Carta dell'Utilizzazione Agricola del Suolo della Campania (CUAS; REGIONE CAMPANIA, 2004) ha fornito l'input di *land use* al software idrologico utilizzato per le simulazioni: il Topkapi, un modello afflussi-deflussi di tipo distribuito e a parametri fisicamente basati (TODINI *et alii*, 2001). Oltre al bosco – circa il 20% della superficie del bacino – gli usi prevalenti sono l'urbanizzato e i

frutteti, ciascuno con oltre un terzo della superficie complessiva. Fra gli altri input impiegati: il modello digitale del terreno, derivato dalla Carta Tecnica Regionale, con celle da 25x25m; la pedologia, proveniente dalla Carta dei Suoli della Provincia di Napoli.

Le simulazioni realizzate hanno riguardato i seguenti scenari di uso del suolo:

1. Uno stato attuale, con *land use* come da cartografia CUAS sopra citata (fig. 3).

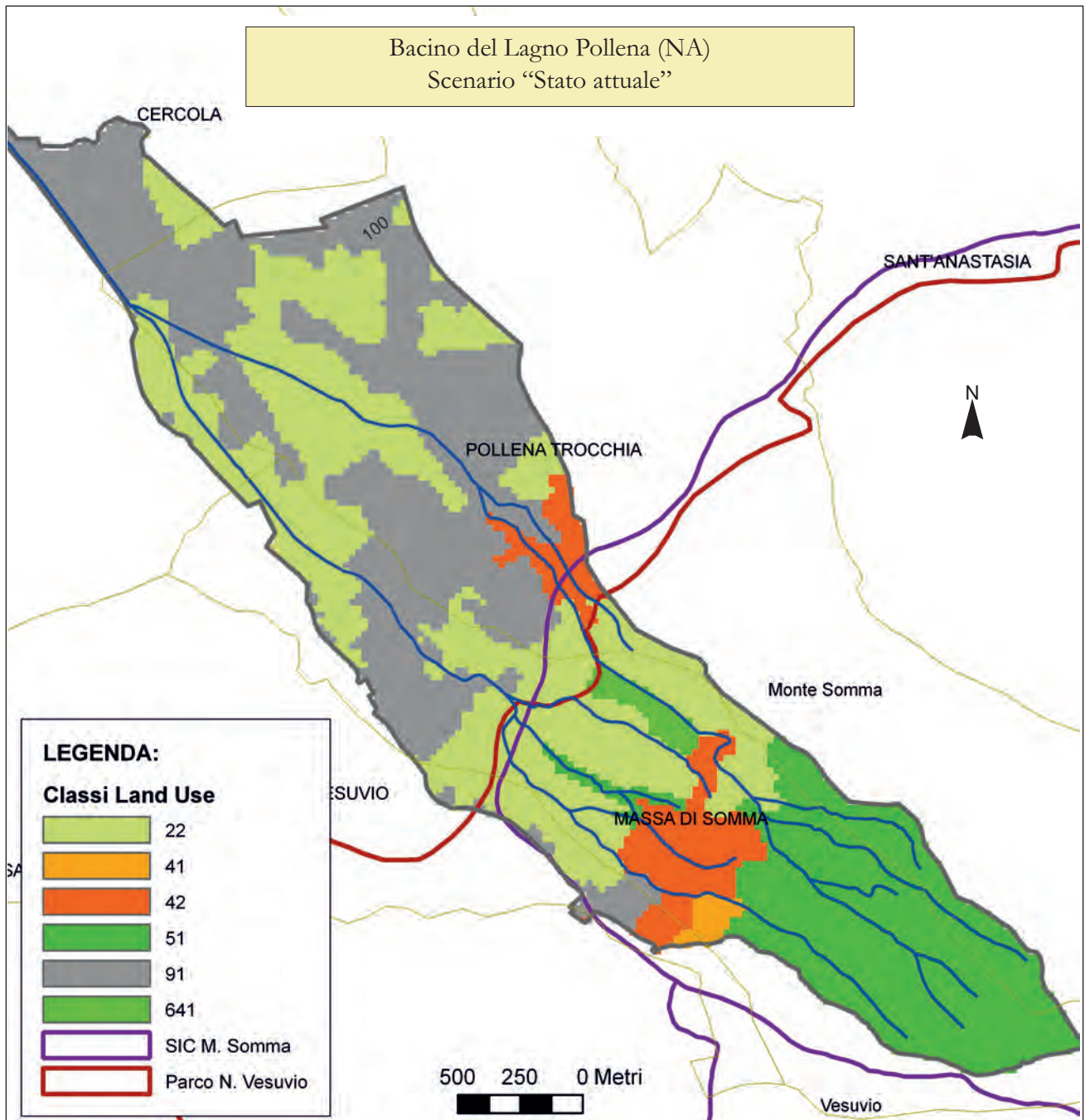


Fig. 3 - Bacino del Pollena: scenario 1 di uso del suolo: "Stato attuale".

- Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 1 "Present Situation".

2. Uno scenario “tutto bosco”, di completo rimboschimento del bacino al di fuori delle aree urbanizzate; presupponendo inoltre la diffusione di boschi misti con abbondante presenza di essenze autoctone, in luogo dell’attuale prevalenza di castagni, caratterizzati da apparati radicali poco profondi, si è aumentata la corrispondente profondità del *topsoil* (lo strato più superficiale del terreno, quello interessato dalle radici della vegetazione e dove hanno luogo gli scambi idrici suolo-atmosfera e il deflusso subsuperficiale o ipodermico).

3. Uno scenario “fasce ripariali rinaturate” (fig. 4), in cui si è ipotizzato il rimboschimento delle fasce ripariali e il miglioramento della risposta idrologica degli urbanizzati posti in fascia ripariale (il che presuppone il rinverdimento degli spazi rimasti liberi da edificato).

4. Uno scenario “incremento bosco pedemontano”, in cui si è ipotizzata l’espansione verso le basse quote del bosco alle pendici del Monte Somma (fig. 5).

5. Uno scenario “bosco ripariale e pedemontano” (fig. 6), che associa rimboschimento delle fasce ripariali (più strette che nello scenario 3) ed espansione del bosco alle pendici del Monte Somma (ma meno che nello scenario 4); urbanizzati in fascia ripariale trattati come nello scenario 3; questo scenario, come i due precedenti, comporta all’incirca il raddoppio del bosco attuale.

6. Un gruppo di scenari di incremento parallelo del bosco e dell’urbanizzato; i due usi sortiscono effetti idrologici opposti: per indagare l’andamento dei risultati variandone la combinazione, negli scenari 4 e 5 si è ipotizzato che tutti gli usi diversi dal bosco (e dall’urbanizzato in fascia ripariale) passassero all’urbanizzato (scenari 6a e 6b); uno scenario meno drastico (scenario 6c) prevede che la situazione dello scenario 5 cambi con il passaggio delle coperture a particellare complesso e di alcune di quelle a frutteto a urbanizzato, in modo che questo aumenti di quasi un quarto (fig. 7).

Negli scenari da 3 a 6 si assume che la profondità del suolo sottostante i boschi valga come nello scenario 2, e che sussista un miglioramento della risposta idrologica dei frutteti

(tab. 1). Per ogni scenario le simulazioni sono state effettuate su una base pluviometrica registrata (di durata 14 mesi), con inserimento di due eventi sintetici di uguale intensità e durata - calcolati come da procedura standard “CNR VAPI” (ROSSI & VILLANI, 1994), ma in condizioni di umidità iniziale dei suoli differenti, ovvero rispettivamente “umide” - con contenuto d’acqua medio nei suoli del bacino del 97% rispetto a saturazione - e “asciutte” - con contenuto d’acqua medio del 70% circa; le durate considerate sono state da 1 a 6 ore, in modo da includere sempre l’evento di durata critica, che produce il picco di portata più elevato; i tempi di ritorno prescelti sono stati 5 e 50 anni, allo scopo di studiare gli effetti di precipitazioni intense sia relativamente frequenti - le quinquennali - sia relativamente eccezionali - le cinquantennali - ma pur sempre commisurate alla rilevanza del contesto territoriale del bacino campione.

3 - I RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

3.1 - DEFLUSSI DI PIENA

Nei grafici (figg. 8, 9) sono riportati gli idrogrammi di piena critici relativi ai vari scenari nelle situazioni di pioggia cinquantennale su suoli umidi e pioggia quinquennale su suoli asciutti. Lo scenario di completo rimboschimento ha più che altro valenza di limite estremo del beneficio conseguibile in termini di riduzione dei colmi di piena agendo sull’uso del suolo. Dunque, se si aumentasse dal 20 al 65% la superficie a bosco di un piccolo bacino scolante vesuviano e se contestualmente si migliorasse la qualità dei boschi, le portate massime nell’asta principale conseguenti a piogge con tempo di ritorno 5 e 50 anni si ridurrebbero di un 14 e un 12% rispettivamente; ben maggiori sarebbero le riduzioni - attorno a un quarto della portata di stato attuale - se i suoli del bacino si trovassero in condizioni di umidità a inizio precipitazione inferiore, ovvero significativamente lontani dalla saturazione, come è lecito assumere quando si studiano le piene più frequenti e meno estreme.

Gli altri tre scenari migliorativi (scenari 3, 4 e 5) hanno invece un respiro più concretamente pianificatorio, visto che propongono “solo” il raddoppio della superficie a bosco (oltre che il miglioramento della sua qualità). Lo scarto tra i tre appare invero modesto: in condizioni di suoli quasi saturi a inizio precipitazione (le riduzioni di portata si aggirano sul 10-11% rispetto allo stato attuale) si comporta un po' meglio il rimboschimento della

fascia pedemontana, mentre le fasce ripariali rimboschite danno decisamente miglior prova di sé negli eventi su suoli meno umidi (riduzioni rispetto all'attuale del 10-11% contro 6% per il bosco pedemontano con pioggia cinquantennale, del 7-8% contro 1% con pioggia quinquennale). Quanto agli scenari che prevedono, accanto al miglioramento e all'incremento del bosco, anche l'espansione delle aree urbane (scenari 6a, 6b e 6c), il confronto con

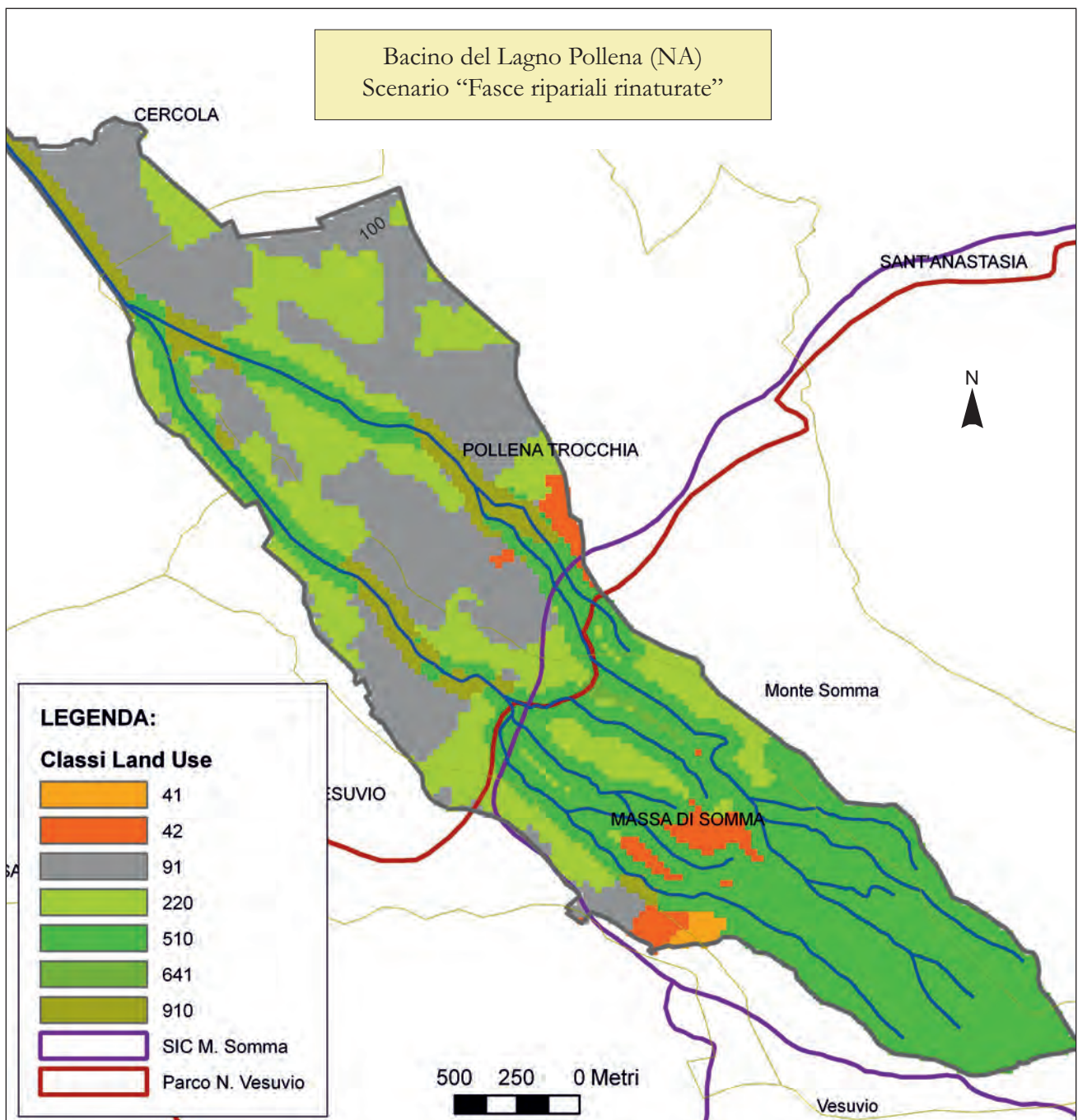


Fig. 4 - Bacino del Pollena: scenario 3 di uso del suolo: “Fasce ripariali rinaturate”.
- Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 3 “Afforestation of Riparian Buffer Strips”.

lo stato attuale offre un panorama variegato: in linea generale, le portate massime tendono a diminuire negli eventi su suoli molto umidi (il 6% circa con tempo di ritorno 50 anni, il 2-3% a 5 anni, per i due scenari a urbanizzazione più spinta; l'8-10% per lo scenario a 42% di urbanizzato, il cui comportamento appare qui non dissimile dallo scenario 3 di rimboscimento delle fasce ripariali); aumentano invece negli eventi su suoli meno umidi

(anche di molto: a 50 anni, +40-54% negli scenari spinti, +5% in quello intermedio; a 5 anni, +65-92% negli scenari spinti, +19% in quello intermedio). Insomma, il bosco allo stadio di *climax* (unitamente al rinverdimento dell'urbanizzato in fascia ripariale) "compensa" bene l'urbanizzazione nei più gravosi eventi su suoli già quasi saturi, mentre la scarsa capacità di immagazzinamento dei suoli delle aree urbane prevale negli altri eventi.

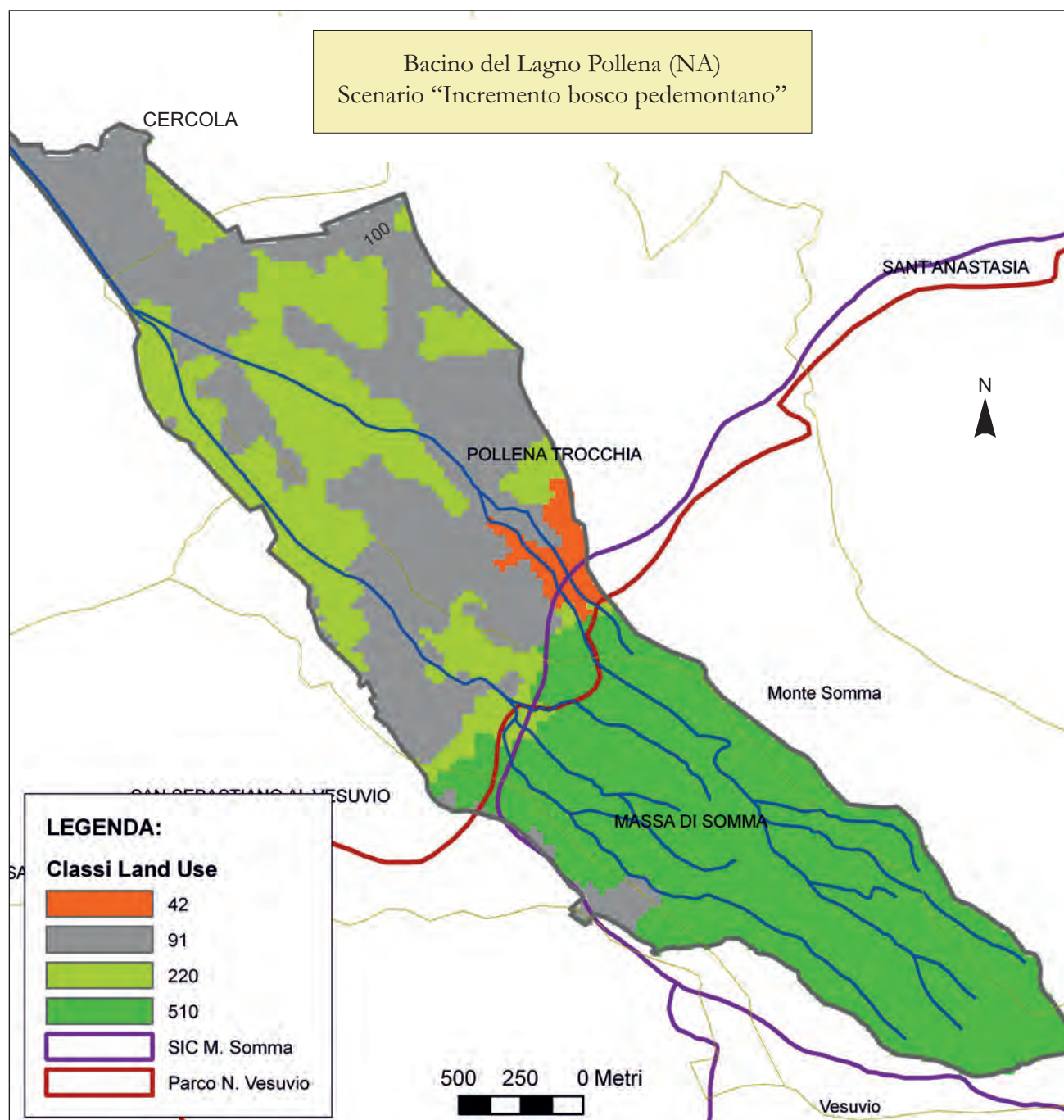


Fig. 5 - Bacino del Pollena: scenario 4 di uso del suolo: "Incremento del bosco pedemontano".
- Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 4 "Afforestation of Lower Mountain Slopes".

3.2 - IDROLOGIA DEI VERSANTI E RISCHIO FRANA

L'uso del suolo non influisce solo sull'idrologia dei corsi d'acqua che drenano un dato bacino: come evidenziato nella relazione illustrativa del progetto "Uso del suolo come difesa" (CERAFRI, 2007), l'influenza si estende a tutto l'assetto idrogeologico, in special modo ai fenomeni di erosione e di innesco delle frane, di solito localizzati nelle

zone in pendenza. Il modello Topkapi fornisce, tra i suoi output, informazioni che possono risultare utili in queste valutazioni, come il livello di umidità dei suoli, "fotografato" in istanti prefissati. Si tratta di un parametro importante, in quanto che "la saturazione del suolo può determinare, per l'area del Vesuvio caratterizzata da una copertura detritico-piroclastica poggiata su un substrato lavico roccioso, una riduzione della stabilità del versante"

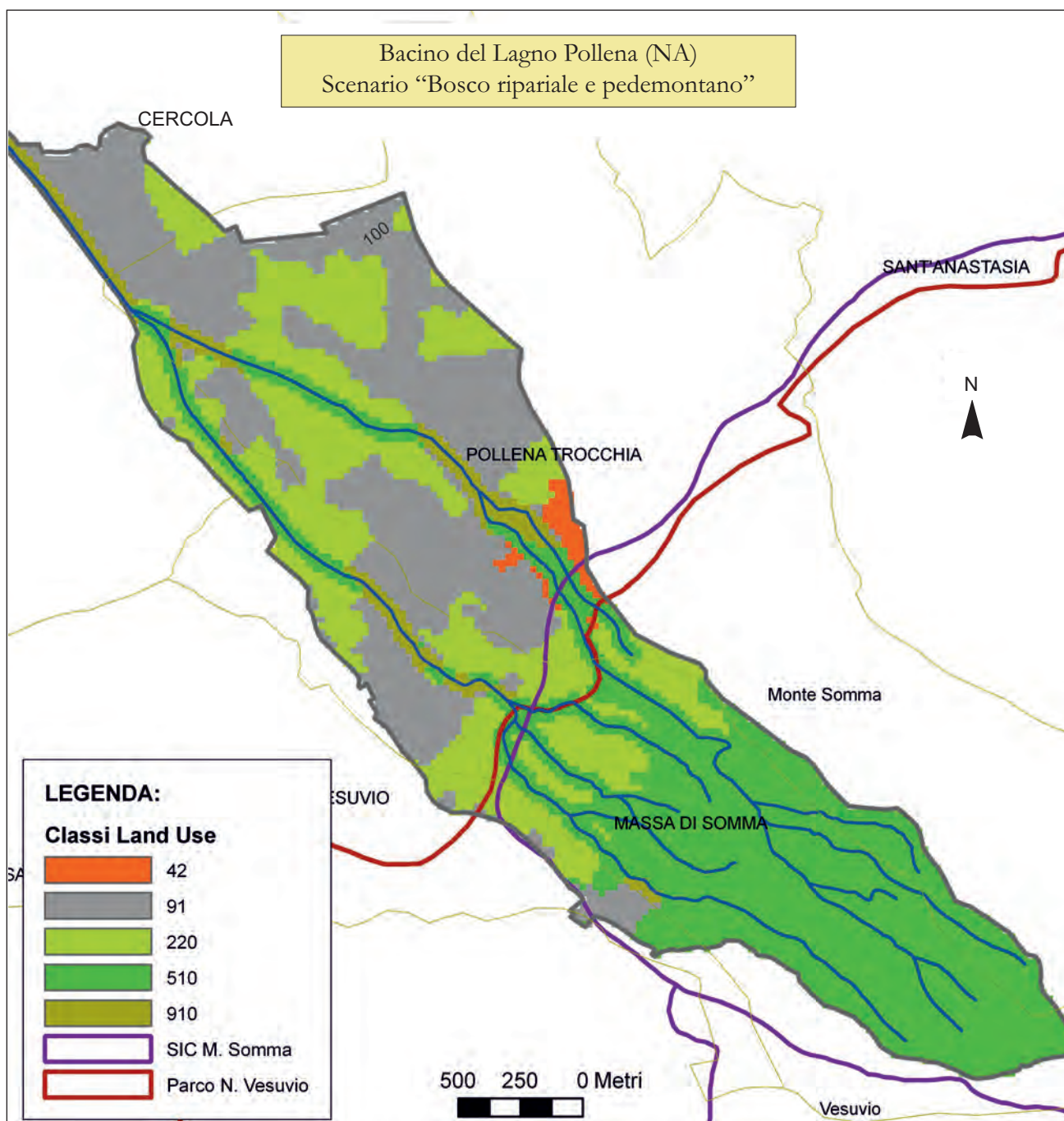


Fig. 6 - Bacino del Pollena: scenario 5 di uso del suolo: "Incremento bosco ripariale e pedemontano".
- Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 5 "Afforestation of Riparian Strips and Lower Mountain Slopes".

(CERAFRI, 2007); senza contare l'effetto di impulso ai fenomeni di ruscellamento superficiale, con annessa possibilità di erosione. In tabella (tab. 2) è riportato il numero di celle del bacino del Pollena che raggiungono la saturazione al termine della precipitazione sintetica di durata massima tra quelle che hanno costituito l'oggetto delle simulazioni degli eventi di piena (si è infatti constatato che sono questi gli eventi critici in relazione al pa-

rametro "percentuale di celle saturate").

Si possono formulare le seguenti osservazioni:

- le piogge su suoli già molto umidi (si ricorda che anche se le celle saturate sono all'inizio "solo" il 30% circa, l'umidità media del bacino vale a inizio evento ben il 97%) provocano differenze intermedie di comportamento tra i vari scenari (ovvero, in relazione al parametro "land use"), ancor più modeste tra i tempi di ritorno (ovvero, in relazione al

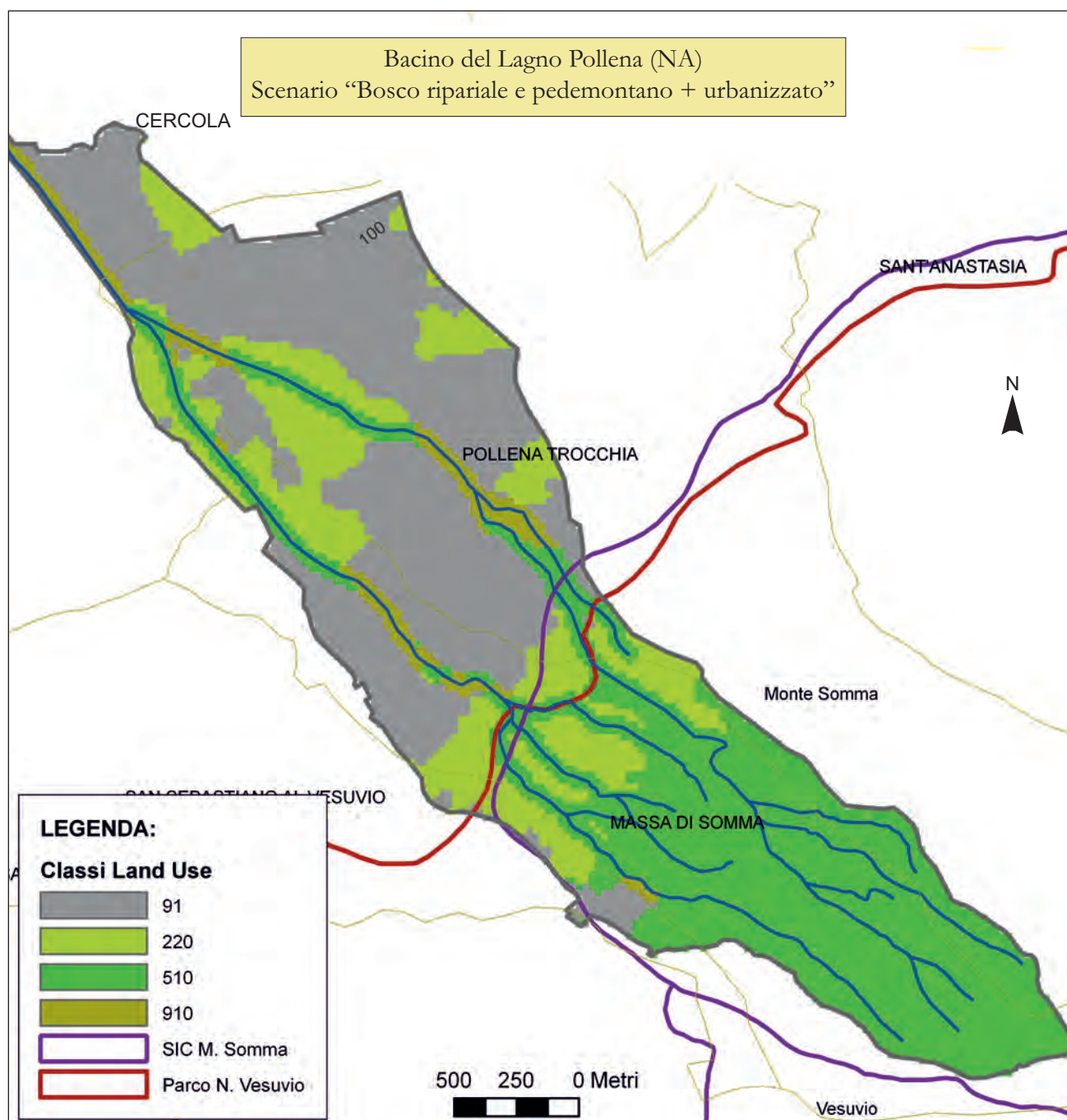


Fig. 7 - Bacino del Pollena: scenario 6c di uso del suolo: "Bosco ripariale e pedemontano e incremento dell'urbanizzato".
- Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 6c "Urban Sprawl & Afforestation of Riparian Strips and Lower Mountain Slopes".

Tab. 1 - *Bacino del Pollena: classi di uso del suolo considerate (CUAS; REGIONE CAMPANIA, 2004; modificato).*
- Pollena Watershed: Land Use Classes (CUAS; REGIONE CAMPANIA, 2004; modified).

Classe di Land Use	Descrizione / Description
22	Frutteti e frutti minori / <i>Fruit trees and berry plantations</i>
41	Colture temporanee associate a colture permanenti / <i>Annual crops associated with permanent crops</i>
42	Sistemi colturali e particellari complessi / <i>Complex cultivation patterns</i>
51	Boschi di latifoglie / <i>Broad-leaved forest</i>
91	Ambiente urbanizzato e superfici artificiali / <i>Urban fabric and artificial surfaces</i>
220	Frutteti e frutti minori con buone pratiche agroambientali / <i>Fruit trees and berry plantations subject to good environmental practices</i>
510	Boschi di latifoglie vicini al climax / <i>Broad-leaved forest close to climax</i>
641	Aree a ricolonizzazione naturale / <i>Transitional woodland-shrub</i>
910	Urbanizzato rinverdito in fascia ripariale / <i>Revegetated riparian areas within urban fabric</i>

Tab. 2 - *Bacino del Pollena: percentuale di celle del modello sature al variare di piogge, scenari di uso del suolo e umidità iniziale dei suoli (T= tempo di ritorno in anni, d= durata in ore, u/a= umidità iniziale – umido/ asciutto).*
- Pollena Watershed: Percentage of model grid cells at saturation as a function of rainfall, land use scenarios and antecedent soil moisture (T= recurrence interval, yrs; d= duration, hrs; u/a= antecedent moisture – high/low).

Simulazione / Run	Scenario	Inizio / Beginning	Fine / End	Scenario	Inizio / Beginning	Fine / End
T50-d6-u	1	30.82	99.75	3	29.60	92.87
T5-d6-u		30.82	98.26		29.60	90.16
T50-d6-a		0.00	79.44		0.01	62.31
T5-d6-a		0.00	44.71		0.01	43.66
T50-d6-u	4	31.29	92.54	5	30.30	92.65
T5-d6-u		31.29	89.56		30.30	89.76
T50-d6-a		0.12	60.99		0.08	62.29
T5-d6-a		0.12	43.19		0.08	43.22

parametro “quantità di pioggia”); la comune tendenza è verso la completa saturazione del bacino;

- le piogge su suoli più asciutti a frequenza quinquennale producono una sostanziale identità nel comportamento medio del bacino: evidentemente, gli afflussi non sono di entità tale da far scattare i benefici degli scenari migliorativi;

- le più significative sono le piogge cinquantennali su suoli asciutti; qui si dispiegano al meglio gli effetti dei rimboschimenti e delle altre miglorie

prospettate: fino a oltre 18 punti separano la percentuale di celle sature propria di quegli scenari da quella di stato attuale; per questo motivo si è concentrato il prosieguo dell’analisi su questo gruppo di eventi.

In figura sono rappresentate le mappe dei livelli di umidità raggiunti nel bacino del Pollena al termine dell’evento cinquantennale di 6 ore su suoli inizialmente asciutti, per gli scenari 1 e 5 (figg. 10, 11). Emergono alcune indicazioni significative:

- nello scenario di stato attuale gran parte del bacino è in condizioni di saturazione; fa eccezione la sezione montana (oltre i 275-300m di quota), dove le celle sature si rinvergono in alcuni punti degli impluvi, mentre sui displuvi prevale la classe di umidità 50-70% e sui versanti la classe 70-90%;

- nello scenario “bosco ripariale e pedemontano” le celle soggette a rimboschimento lungo i corsi d'acqua vedono diminuire il proprio livello di umidità; nella fascia pedemontana (fino ai 250m di altitudine) la massiccia presenza di bosco fa sì che, pur riscontrandosi livelli di umidità superiori rispetto alla zona montana – in effetti la fascia pedemontana funge un po' da volume di invaso per i deflussi che scendono velocemente dai ripidi versanti sovrastanti – le aree sature siano praticamente circoscritte agli urbanizzati e la classe prevalente sia la 70-90%; nella sezione montana già quasi completamente boscata, le diminuzioni di umidità sono dovute all'ipotesi di miglioramento della qualità dei soprassuoli (con conseguente aumento della profondità degli apparati radicali): negli impluvi ora le celle sature si rinvergono solo sporadicamente, sui displuvi compare diffusamente la classe 30-50%, sui versanti prevalgono le classi 50-70% alla sommità e 70-90% al piede;

- l'ultima tabella (che riguarda le aree a bosco sopra i 300m di quota, in modo da confrontare stessa superficie e stesso *land use* in tutti gli scenari) mostra che l'umidità delle aree montane a bosco è svincolata da quel che succede a valle: i tre scenari migliorativi registrano praticamente la stessa situa-

zione, mentre lo stato attuale risulta più umido a causa del minore spessore dei suoli (tab. 3).

Per completare il quadro delle possibili ripercussioni degli eventi meteorici intensi sulla stabilità dei versanti, è utile incrociare le mappe or ora presentate con la cartografia della pericolosità da frana (fig. 12) predisposta dall'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania in sede di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (ADB CAMPANIA, 2010). Le aree ad elevata suscettibilità all'innescio appaiono concentrate quasi sempre al di sopra dell'isoipsa 300m slm; le criticità corrispondono ai ripidi valloni che si originano a quote all'incirca 100-200m più basse del crinale del Somma. In fascia pedemontana, invece, la suscettibilità all'innescio è prevalentemente bassa, se non nulla. Se ne conclude dunque che:

- appare prioritario assicurare la massima diffusione e la qualità idrogeologica ottimale dei soprassuoli boscati sui versanti del Monte Somma-Vesuvio, favorendo lo sviluppo dei boschi misti di essenze autoctone con abbondante presenza di specie quercine, dotate di radici profonde altamente stabilizzanti;

- è opportuno promuovere lo stesso tipo di coperture anche nella fascia pedemontana; pur caratterizzata da pendenze inferiori e quindi da bassa suscettibilità all'innescio di frane, funge da area tampone tra i ripidi versanti a monte e la pianura urbanizzata e quindi vulnerabile: gli impluvi in questa fascia sono quasi tutti classificati ad alta pericolosità da transito e invasione di frane.

Tab. 3 - Bacino del Pollena: confronto tra scenari di uso del suolo (evento $T=50$ anni, $d=6$ ore, suoli inizialmente “asciutti”):
celle a bosco e a quota $>300m$ slm ripartite per fasce di umidità del suolo.

- Pollena Watershed: Comparison of land use scenarios ($T=50$ yrs, $d=6$ hrs, low antecedent soil moisture):
humidity of forest cells, elevation $>300m$ asl.

Classe di umidità / Soil Humidity Range	Scenario 1	Scenario 3	Scenario 4 Scenario 5
%			
<50	0.68%	11.26%	11.26%
50-70	26.83%	34.33%	34.33%
70-90	43.62%	37.13%	37.13%
90-99.99	18.91%	12.42%	12.35%
100	9.97%	4.85%	4.91%

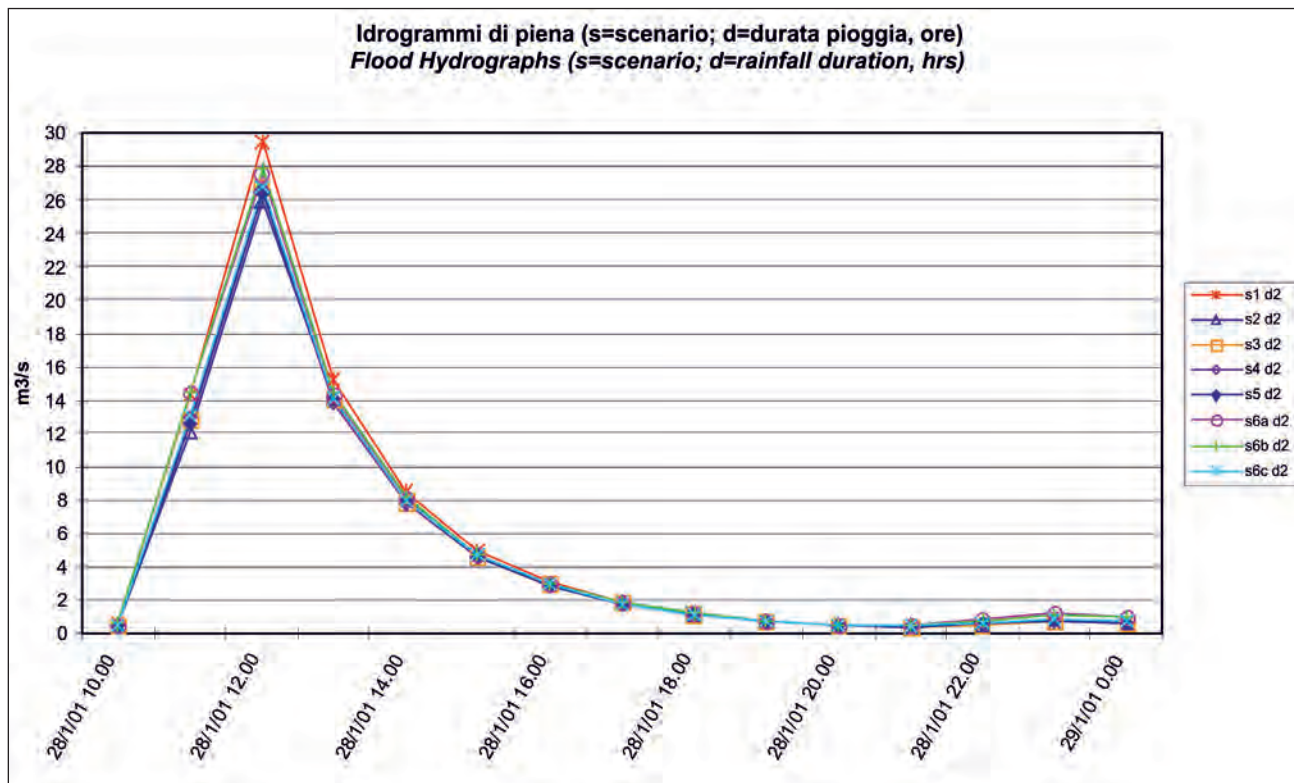


Fig. 8 - Lagno Pollena: idrogrammi di piena con pioggia cinquantennale di durata critica e suoli inizialmente “umidi”.
 - Pollena Creek: Flood hydrographs, 50 yr probability rainfall, high antecedent soil moisture.

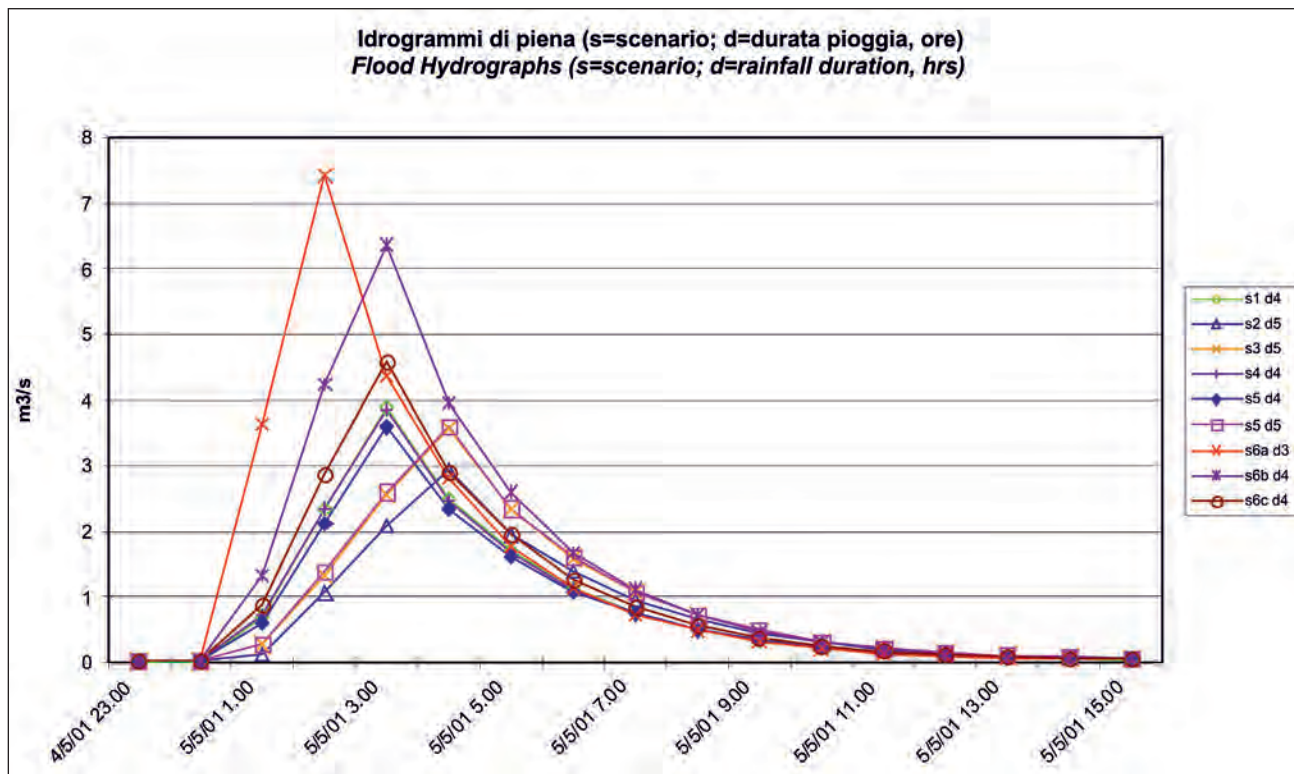


Fig. 9 - Lagno Pollena: idrogrammi di piena con pioggia quinquennale di durata critica e suoli inizialmente “asciutti”.
 - Pollena Creek: Flood hydrographs, 5 yr probability rainfall, low antecedent soil moisture.

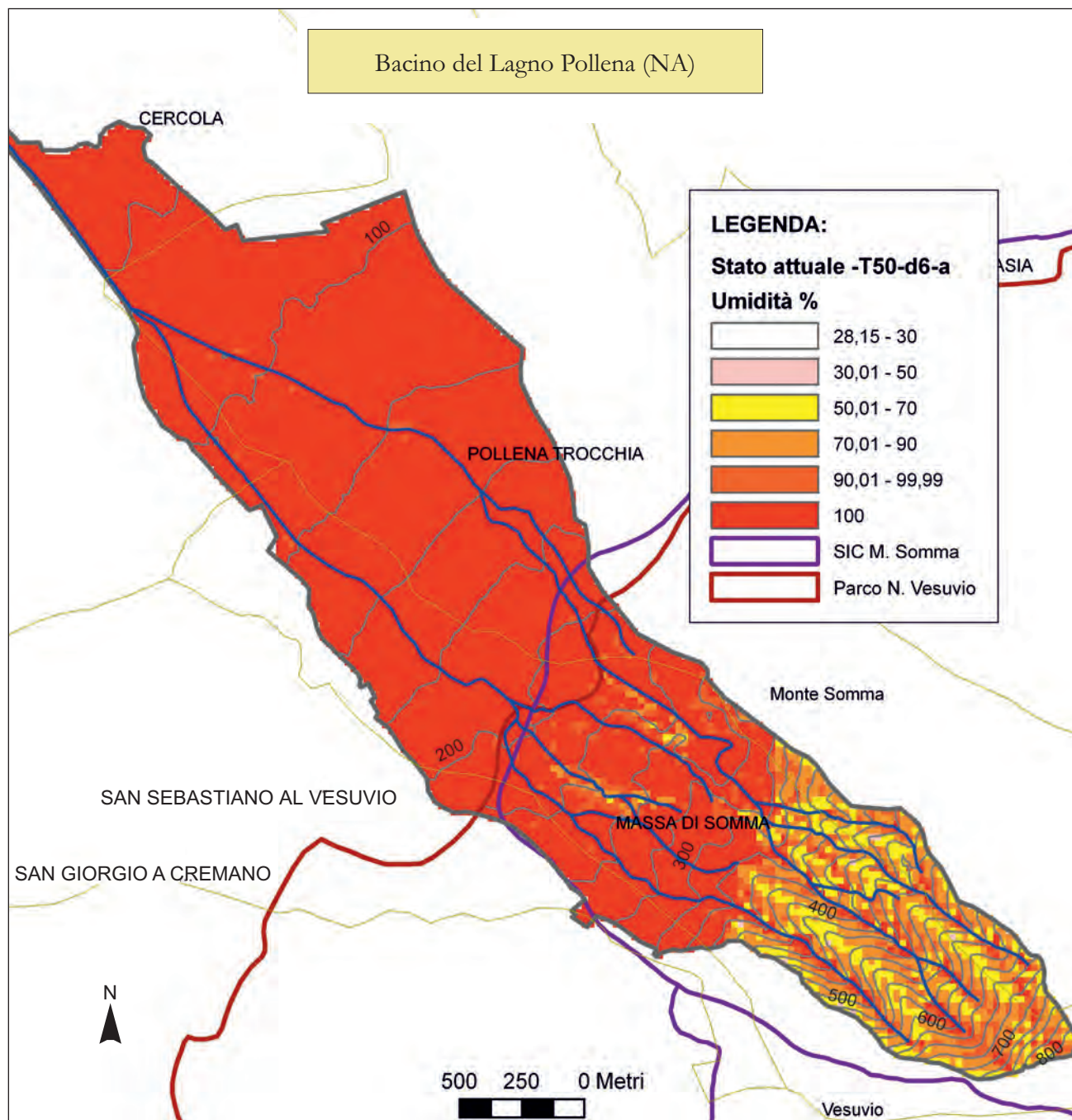


Fig. 10 - Bacino del Pollena: umidità del suolo al termine della pioggia cinquantennale di durata 6 ore su suoli inizialmente "asciutti", scenario 1 di uso del suolo.
- Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 1, Soil Moisture Levels subsequent to 50 yr probability 6 hr duration rainfall, low antecedent soil moisture.

4 - CONCLUSIONI

I risultati delle simulazioni permettono in parte di rivisitare i termini delle strategie territoriali e ambientali:

- oltre una certa soglia - stimata in letteratura attorno al 40% - l'urbanizzazione diviene determinante fondamentale delle portate di piena; le no-

stre analisi mostrano che il parallelo miglioramento dei boschi e dell'urbano ripariale consente, a fronte di un incremento dell'urbanizzato fino a coprire il 60% del bacino imbrifero, un buon mantenimento della risposta nelle piene gravose, ma nulla può contro il proliferare delle piene intermedie;

- la rispettiva estensione delle coperture vegetazionali (percentuali di bosco, coltivo arborato,

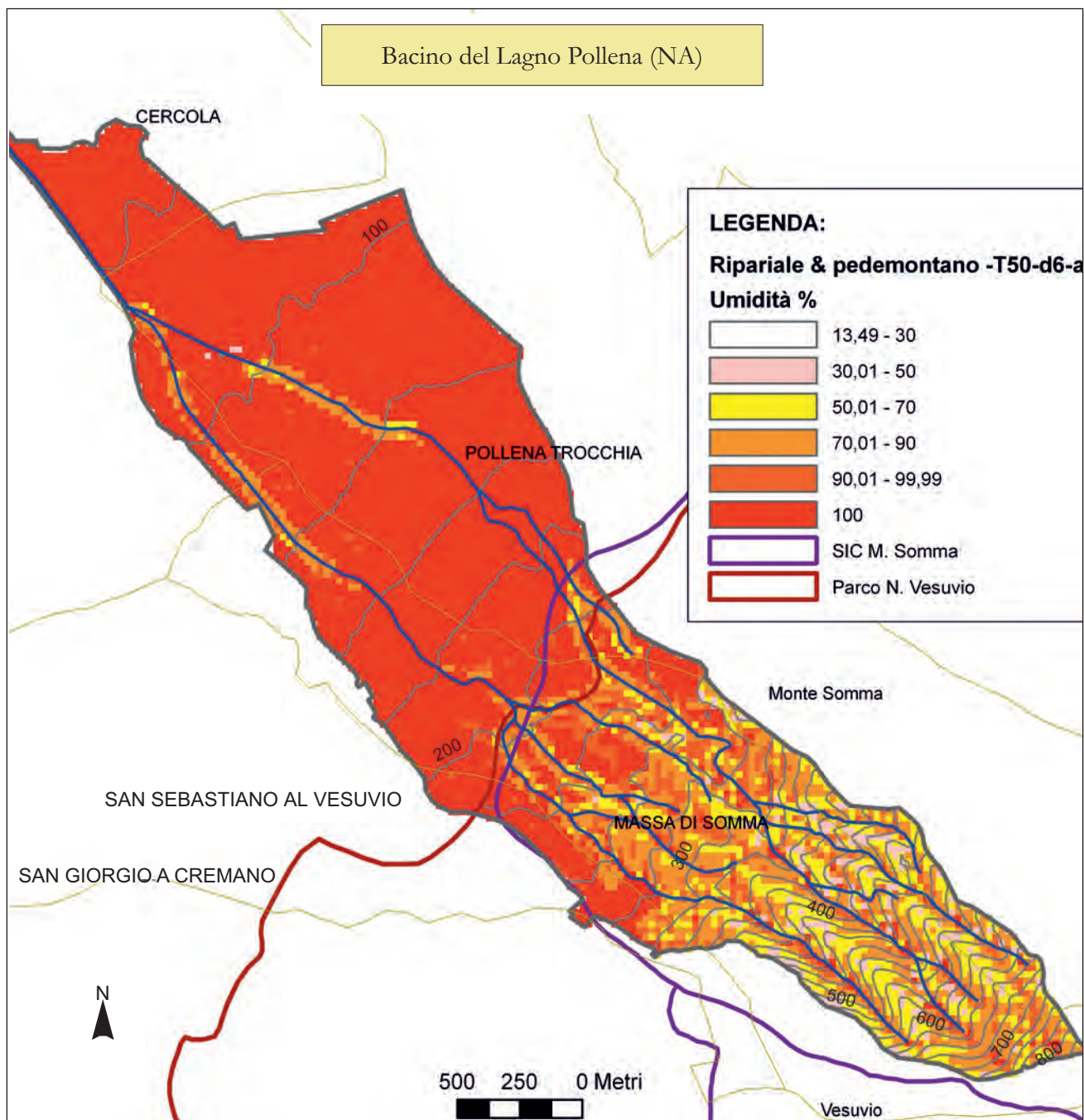


Fig. 11 - Bacino del Pollena: umidità del suolo al termine della pioggia cinquantennale di durata 6 ore su suoli inizialmente "asciutti", scenario 5 di uso del suolo.
 - Pollena Watershed: Land Use Scenario no. 5, Soil Moisture Levels subsequent to 50 yr probability 6 hr duration rainfall, low antecedent soil moisture.

particolare) costituisce una variabile significativa;

- la qualità delle medesime è forse ancora più importante (soprassuoli boscati vicini o tendenti al *climax*, coltivi specialmente arborati rispettosi delle buone pratiche agroambientali, spazi liberi all'interno dell'urbanizzato rinverditi);

- la localizzazione dei suoli in grado di assorbire gli apporti meteorici (come dimostrano in partico-

lare lo scenario di rimboschimento dei versanti ovvero delle fasce ripariali) ha una precisa influenza sulla formazione dell'onda di piena;

- le condizioni di umidità dei suoli all'inizio degli eventi costituiscono un fattore importante nella risposta agli apporti meteorici;

- a fronte dei risultati spesso non lineari restituiti dal modello, la soluzione ottimale per fronteggiare

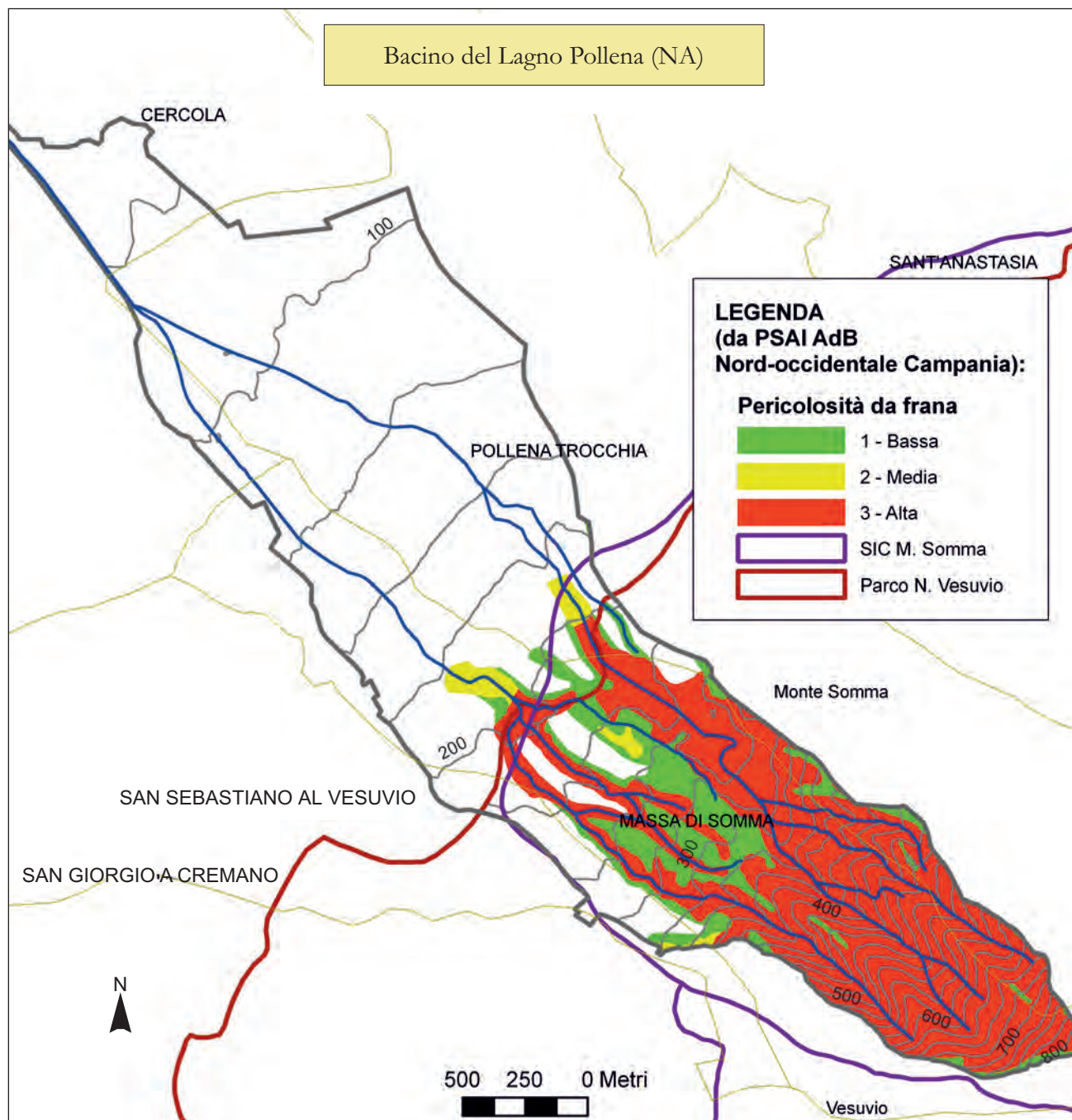


Fig. 12 - Bacino del Pollena: carta della pericolosità da frana.
 - Pollena Watershed: Mudflow Hazard (green=low, yellow=medium, red=high), (ADB CAMPANIA, 2010).

eventi di diversa frequenza e intensità, oltre che per affrontare contestualmente il rischio frana (anche in previsione di una perdurante espansione delle aree urbanizzate), richiede, alle quote inferiori, un mix appropriato nelle scelte d'uso e di localizzazione dei terreni, soprattutto quelli a bosco, possibilmente misto; da accoppiare alla predominanza di boschi misti, là dove le pendenze si fanno elevate.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Stefano Pignotti, della Presidenza del Consiglio dei Ministri, per il supporto nella produzione di immagini tramite GIS.

BIBLIOGRAFIA

AGENZIA EUROPEA PER L'AMBIENTE (2010) - *The territorial dimension of environmental sustainability*, EEA Technical Report n.9/2010.

- AGENZIA EUROPEA PER L'AMBIENTE (2010b) - *The European environment: State and Outlook 2010 - SOER Thematic Assessments: Adapting to climate change; Biodiversity; Land use*.
- AUTORITÀ DI BACINO NORD OCCIDENTALE DELLA CAMPANIA (2010) - *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*. Delibera di approvazione del Comitato Istituzionale n. 384 del 29/11/2010.
- CERAFRI - IMONT - CONSORZIO DI BONIFICA DELLE PALUDI DI NAPOLI E VOLLA (2007) - "Progetto: Uso del suolo come difesa". Relazione illustrativa.
- COM (2011) 17 DEF. - *Il contributo della politica regionale alla crescita sostenibile nel contesto della Strategia Europa 2020*, Bruxelles 26/1/2011.
- COM (2011) 244 DEF. - *La nostra assicurazione sulla vita, il nostro capitale naturale: strategia dell'UE sulla biodiversità fino al 2020*, Bruxelles 3/5/2011.
- DIR (2001) 42 - *Direttiva 2001/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente*. GUCE 197 del 21/07/2001.
- DLGS 4/2008 - *Decreto Legislativo del 16 gennaio 2008, n. 4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale"*. Gazzetta Ufficiale n. 24 del 29 gennaio 2008 - Suppl. Ordinario n. 24.
- PORTALE CARTOGRAFICO NAZIONALE (2011) - *IGM Serie 25, volo di ricognizione 1984-87 (edizione 1996), Ortofoto colore 2006*. Ministero dell'Ambiente, Geoportale Nazionale.
- REGIONE CAMPANIA "PROGETTO OPERATIVO DIFESA SUOLO" (2004) - *Carta dell'Utilizzazione Agricola del Suolo: CUAS* - In: Autorità Ambientale della Regione Campania (2007). *Programma di Sviluppo 2007-2013: Rapporto Ambientale ai sensi della Direttiva 42/2001*.
- ROSSI F. & VILLANI P. (a cura di) (1994) - *Valutazione delle piene in Campania*, CNR-GNDICI.
- TODINI E. et alii (2001) - *The TOPKAPI model*. In: V.P. SINGH et alii, "Mathematical models of large watershed hydrology", Water Resources Pub. USA, Chapter 12.