

Comune di **GUARDIA SANFRAMONDI**



Via Municipio, 1 C.A.P. 82034 PROVINCIA DI BENEVENTO

Tel. 0824 817444 – Fax 0824 817400

e-mail: protocolloguardiasanframondi@pec.cstsannio.it

guardia@pec.cstsannio.it

sito web: <http://www.comuneguardiasanframondi.gov.it/>

PROGETTO: Lavori per la riduzione del **RISCHIO IDRAULICO - IDROGEOLOGICO - Miglioramento Ambientale - Forestale dell'Alveo Torrente Capuano - che interessa l'Abitato Zona via Arena - via S. Anna - Zona Sorgenza S. Antuono - Zona via Napoli - GUARDIA SANFRAMONDI**

(BN)

FASE PROGETTUALE

Preliminare

Definitivo

Esecutivo

Allegato n° 3

Descrizione Allegato: **RELAZIONE TECNICA Specialistica**

Scala disegno -

VISTI e Approvazioni

**I Progettisti
Ufficio Tecnico Comunale**

il Sindaco

COMUNE DI GUARDIA SANFRAMONDI

(Provincia di Benevento)

OGGETTO: PROGETTO Lavori per la riduzione del RISCHIO IDRAULICO -IDROGEOLOGICO - Miglioramento dello stato Ambientale Forestale dell'Alveo Torrente Capuano - che interessa l'Abitato Zona via Arena -Zona via S.Anna- Zona Sorgenza - S.Antuono - via Napoli di GUARDIA SANFRAMONDI (BN)

PROGETTO PRELIMINARE

Committente: Amministrazione Comunale

PREMESSO:

-CHE l'Amministrazione ha dato l'incarico all'Ufficio Tecnico Comunale di redigere progetto preliminare per chiedere il finanziamento dei fondi necessari per la realizzazione delle opere per la riduzione del RISCHIO IDRAULICO -IDROGEOLOGICO - Miglioramento Ambientale Forestale dell'Alveo Torrente Capuano - che interessa l'Abitato Zona via Arena -Zona via S.Anna- Zona Sorgenza - S.Antuono - via Napoli di GUARDIA SANFRAMONDI (BN)

TANTO PREMESSO,

lo scrivente arch. Colangelo Pellegrino, in qualità di Responsabile dell'Area Tecnica del Comune di Guardia Sanframondi, ha ricevuto incarico dall'Amministrazione Comunale della redazione di un progetto preliminare per i lavori di all'oggetto .

Dopo alcuni sopralluoghi e sulla base delle comunicazioni ricevute dai cittadini residenti ha redatto il progetto .

Alla base dell'idea progettuale sta l'aumento della sicurezza dell'Alveo nel suo aspetto IDRAULICO- IDROGEOLOGICO- e il miglioramento AMBIENTALE- FORESTALE-

ANALISI STATO di FATTO

Il torrente CAPUANO nasce sul Monte Toppo Capomandro alla c/da Traularella ad una altezza di circa 680 m . Dopo il tratto iniziale in cui il greto è poco accentuato, inizia il suo vero percorso alle pendice occidentali del monte. Alla c/da S.Antuono dove una passerella in c.a

collega le due sponde , via S.Antuono con via Arena, l'alveo diventa più accentuato e con pendenze elevate . Si arriva a ridosso del centro abitato, a monte della via provinciale per Cerreto via Sorgenza , in una zona di sviluppo urbano, l'alveo diventa più stretto. **Attraversa la zona di sviluppo arriva alla via Napoli ex SS. 87 dove è stato intubato con uno scatolare in c.a . Successivamente Attraversa la strada e si riversa a valle di nuovo in un alveo a cielo aperto. Poi cammina fino all'incrocio con il torrente Ratello alla Taverna Starze in cui si riversa .**

Dai sopralluoghi si è constatato la necessità di interventi urgenti ed indifferibili per scongiurare un pericolo per la privata e pubblica incolumità.

Nella percorso iniziale, la forte pendenza ha eroso gli argini. Ha creato un dissesto idrogeologico alle sponde sistemate con massi a secco. La vegetazione selvaggia ha invaso l'alveo creando ostacolo allo scorrimento delle acque. La vegetazione secca è ammassata sul greto provocando direzioni sbagliate allo scorrere dell'acqua .

Altra zona con pericolo imminente è la parte a monte della strada provinciale per Cerreto Sannita, dove esistono dei movimenti franosi dovuti in parte alle erosione e in parte alla sorgente di acqua che vi insiste. A valle della strada la mano dell'uomo ha stretto la larghezza dell'alveo .

INDIVIDUAZIONE DEL PROGETTO –

Il progetto prevede i Lavori per la riduzione del RISCHIO IDRAULICO -IDROGEOLOGICO - miglioramento Ambientale Forestale dell'Alveo Torrente CAPUANO - che interessa l'Abitato Zona via Arena -Zona via S.Anna- Zona Sorgenza - S.Antuono - via Napoli di GUARDIA SANFRAMONDI (BN). La messa in sicurezza idraulica - idrogeologica e ambientale – forestale del percorso avviene adottando le tecniche dell'Ingegneria Naturalistica che l'alveo impone nelle diverse zone.

Individuato le opere da realizzare si analizzano le caratteristiche peculiari dell'intervento per lo studio specialistico in modo da rispettare le prestazioni e i requisiti dell'intervento tenendo conto l'aspetto geologico, geotecnico, sismico, urbanistico, idrologico, idraulico e strutturale.

Percorso

Tratto A-B Sorgente –via Arena

Stato di fatto

Lunghezza 359m Pendenza media . Sezione variabile con piccoli salti naturali di varie altezze a secondo della pendenza- I cigli sono sistemati con ampie scarpate con pendenze lievi a destra e sinistra. La vegetazione è molta intensa, composta da alberi di alto fusto infestati da rovi e altri piccoli arbusti che impediscono la vivibilità. Su via Arena una passerella in c.a crea un restringimento ad imbuto .

Le opere a farsi sono :

Taglio vegetazione selvaggia – Scelta vegetazione esistente a difesa degli argini.

Riformazione della profilatura stabile degli argini- Formazione di scogliere –

Consolidamento delle scarpate instabile degli argini. Profilatura alveo in modo da razionalizzare lo scolo delle acque (ripristino le briglie in pietra esistenti) .

Miglioramento della Passerella , aumentando, la larghezza della carreggiata e la sua staticità . Pali in c.a verranno infissi a distanza dalle sponde dell'attuale alveo senza nessuna opere di demolizione . Sui pali sarà poggiato un solaio prefabbricato con pannelli alveolati che sarà l'impalcato di collegamento delle due sponde . Le sponde saranno riprofilate.

Effetto

Recupero ambientale del paesaggio permettendo una vivibilità dello stesso e una frequentazione quotidiana con escursioni ristoratrici (visto anche la zona a verde attrezzato) - Miglioramento della sicurezza idraulica – idrogeologica -

Tratto B -C via Arena– Sorgenza-strada provinciale per Cerreto

Sannita

Stato di fatto

Lunghezza 458 m - Pendenza media . Sezione variabile e ampia con salti naturali di varie altezze a secondo della pendenza- I cigli sono sistemati con ampie scarpate con pendenze lievi a destra e sinistra. La vegetazione è molta intensa- – E' composta da alberi di alto fusto infestati da rovi e altri piccoli arbusti che impediscono la vivibilità. In varie zone esistono dei movimenti franosi superficiali dovuti all'erosione dell'acqua che diventano importanti alla via Sorgenza a monte della Strada provinciale per Cerreto Sannita .

Le opere a farsi sono :

Taglio vegetazione selvaggia – Scelta vegetazione esistente a difesa degli argini.

Riformazione della profilatura stabile degli argini- Formazione di scogliere – Consolidamento delle scarpate instabile degli argini. Profilatura alveo in modo da razionalizzare lo scolo delle acque. Opere di ingegneria naturalistica (- Si usano Terre rinforzate – Briglie di legname e pietrame – Scogliera rinverdita – Materasso spondale in rete metallica – Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita con talee- Palificata viva di sostegno a parete doppia- Palizzata viva)- Opere di consolidamento alla c/da Sorgenza a monte strada provinciale, con pali in c.a e drenaggi in pietra.

Effetto

Miglioramento della sicurezza idraulica- idrogeologica –

Tratto C-D zona a valle strada provinciale exSS87- fino al depuratore comunale in c/da Pendove

Stato di fatto

Lunghezza 1880 circa . Pendenza media . Sezione variabile, con salti naturali di varie altezze a secondo della pendenza- I cigli sono in parte sistemati con ampie scarpate di pendenze lievi a destra e sinistra e in parte sono acclivi. La vegetazione è molta intensa – E' composta da alberi di alto fusto infestati da rovi e altri piccoli arbusti che impediscono la vivibilità.

Le opere a farsi sono :

Taglio vegetazione selvaggia – Scelta vegetazione esistente a difesa degli argini –

Riformazione della profilatura stabile degli argini- Formazione di scogliere – Consolidamento delle scarpate instabile degli argini. Profilatura alveo in modo da razionalizzare lo scolo delle acque - Si usano Terre rinforzate – Briglie di legname e pietrame – Scogliera rinverdita –Materasso spondale in rete metallica – Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita con talee- Palificata viva di sostegno a parete doppia- Palizzata viva-

Effetto

Recupero ambientale del paesaggio permettendo una vivibilità dello stesso e una frequentazione quotidiana con escursioni ristoratrici. Miglioramento della sicurezza idraulica – idrogeologica -

Il progetto ci permette di poter accedere ai finanziamenti.

INSERIMENTO NEL TERRITORIO

I parametri assunti in fase di progettazione sono impiantati al rispetto della corografia e all'adeguamento delle caratteristiche tipologiche delle opere a luoghi circostanti.

Tali scelte progettuali eviteranno ogni impatto ambientale e garantiscono alla popolazione esistente una crescita economica non condizionata da uno scadimento della qualità della vita.

Le opere a farsi non comportano un'alterazioni dello stato dei luoghi essendo i manufatti mitigati e la maggioranza delle opere si esprimono con interventi conservative. Verrà rivitalizzato l'esistente nel suo aspetto ambientale.

L'intervento progettuale tende a valorizzare la FLORA e la FAUNA esistente. Per le nuove essenze si favoriranno le essenze arboree locali e le piante autoctone. Si creeranno dei percorsi di camminamento salvaguardando la vegetazione e gli habitat presenti nell'area d'intervento.

RAPPORTO DELL'OPERA CON IL TERRITORIO

I rapporti seguiti nella progettazione dell'opera sono stati improntati al raggiungimento del migliore compromesso tra inserimento nel contesto ambientale ed economicità dell'opera.

L'opera agisce sull'esistente già impegnato e trasferito al Comune o al demanio dello stato.

Al fine di determinare la spesa per la costruzione delle opere è stato redatto il progetto di massima che accompagna la presente relazione.

Le caratteristiche tecniche e le opere di progetto sono state studiate rifacendosi alle Linee Guida della Provincia di Benevento per la manutenzione dei corsi d'acqua, al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, a quanto previsto dall'art. 7 comma 2 del D.L. n°133/2014

sue modifiche ed integrazioni e alle direttive europee 2000/60 CE e 2007/60CE – e alle leggi nazionali

Le opere progettate incideranno positivamente sulle cause e sugli effetti di un fenomeno idrogeologico, contrastandone l'evoluzione e mitigandone gli effetti dannosi.

Caratteristiche idrogeologiche e idrauliche

Si determinerà la portata di piena del torrente Capuano in corrispondenza delle sezioni torrentizie nelle quali è prevista la realizzazione degli interventi di progetto al fine di procedere alla verifica idraulica delle sezioni fluviali e di stabilità degli interventi previsti . Anche se gli interventi non alterano lo stato attuale anzi lo migliorano .

Per calcolare la portata dobbiamo considerare il *bacino imbrifero* cioè la superficie terrestre che scarica le acque di raccolta nel torrente CAPUANO. Gli interventi non modificano lo status quo ma lo migliorano. Il bacino interessa il torrente alla sorgente nella parte collinare dove l'asta inizia il suo percorso e la pendenza è molto accentuata.

Il bacino sottende una superficie di circa kmq , boscata, inerbata e poco coltivata. L'alveo presenta segni evidenti di erosione ma poco trasporto di materiale solido.

In assenza di serie storiche di misure di portata relative al corso d'acqua considerato, la stima delle portate di piena con tempo di ritorno assegnato può essere affrontato solo per via indiretta, ed in particolare attraverso l'impiego di metodi analitici che consentono la ricostruzione di un bilancio idrologico relativo ad un evento di piena espresso in termini probabilistici.

Caratteristiche Idrografiche

La rete idrografica assolkante l'area di studio è rappresentata dagli affluenti in destra del Fiume Calore, Torrente Ratello e Torrente Rio e dai relativi tributari, tutti a carattere torrentizio. Essa si presenta, nel complesso, ben gerarchizzata, evidenziando un *pattern* sub-parallelo, e drena essenzialmente le precipitazioni che si verificano nell'area in quanto sono assenti o celate emergenze idriche di notevole importanza.

Più precisamente, l'analisi geomorfologica condotta sui due corsi d'acqua sopracitati ha evidenziato quanto segue:

- Il *Torrente Ratello* nasce in territorio di Guardia Sanframondi, lungo le pendici di Toppo Capomandro, a una quota di 670 m s.l.m. Da tale quota il torrente scorre, ripido e a carattere torrentizio in direzione circa N-S fino a quota 440 m s.l.m.; da quest'ultima quota poi esso attraversa l'abitato di Guardia Sanframondi, e in particolare il centro storico. Lungo tale tratto il torrente Ratello si presenta tombato e si collega al tratto pedemontano attraverso una serie di salti, rivestiti con muratura in pietrame calcareo squadrato, realizzati tra le pareti verticali degli edifici latistanti, che corrono dal punto in cui il torrente riaffiora in superficie (~ 420 m s.l.m.) e la S.S n. 87. Tornato in superficie, il torrente Ratello scorre variando poco la sua direzione da N-S a NNE-SSW. Durante il suo percorso riceve, sia in destra sia in sinistra idraulica, l'apporto di una serie di ruscelli. Infine presso località "Taverna Starze" riceve l'apporto in sinistra del torrente Rio Capuano e procede il percorso (interamente canalizzato) per altri 1.6 Km, per poi sfociare nel Fiume Calore, del quale è il principale affluente e dove è stata individuata la sezione di chiusa del suo bacino idrografico.

- Il *Torrente Rio Capuano* nasce anch'esso in territorio di Guardia Sanframondi alle pendici di Toppo Capomandro, a una quota di circa 650 m s.l.m., ed attraverso il Torrente Ratello (di cui è a sua volta affluente) s'immette nel Fiume Calore. Dalla sorgente il torrente scorre, ripido e a carattere torrentizio, all'interno di una stretta e sinuosa valle in direzione NW-SE fino a quota 400 m s.l.m., ricevendo l'apporto di numerosi ruscelli provenienti da Pietra Fellara; da quest'ultima quota poi, esso attraversa l'abitato di Guardia Sanframondi variando la sua direzione di deflusso prossima a NS per poi ritornare a scorrere in direzione NW-SE; più a valle, in località "Pentole" e "Palombaia" riceve in sinistra orografica l'apporto di numerosi ruscelli. Infine presso la località "Taverna Starze" s'immette l'affluente maggiore in sinistra, il V.ne Airola e contemporaneamente (più a valle) si immette a sua volta in destra orografica nel Torrente Ratello, dove è individuata la sezione di chiusa del suo Bacino Idrografico.

Analisi geo-ambientale per la valutazione della pericolosità da esondazione: il Torrente Rio Capuano

Analisi del bacino Idrografico

Il bacino idrografico del Torrente Rio Capuano o Torrente Rio (come verrà indicato di seguito), in corrispondenza della sezione di chiusa posta presso la confluenza con il Torrente Ratello, ha un'estensione pari a 6 Km². Ricade in massima parte nel Comune di Guardia Sanframondi e in piccola parte (~ 2 Km²) nel comune di Castelvenere. Seguendo la metodologia di RINALDI *et alii* (2011), il bacino è risultato suddivisibile in tre unità fisiografiche: Unità Montuosa, Unità Collinare, Unità di Alta Pianura (Fig. 115), mentre l'alveo è risultato

suddivisibile in cinque tratti (di seguito spiegati).

La porzione settentrionale è delimitata dalla linea di spartiacque passante per Pietra Fellara (821 m s.l.m.) e Toppo Capomandro (702 m s.l.m.), quella occidentale invece, è delimitata dalle contrade Sant'Antuono,

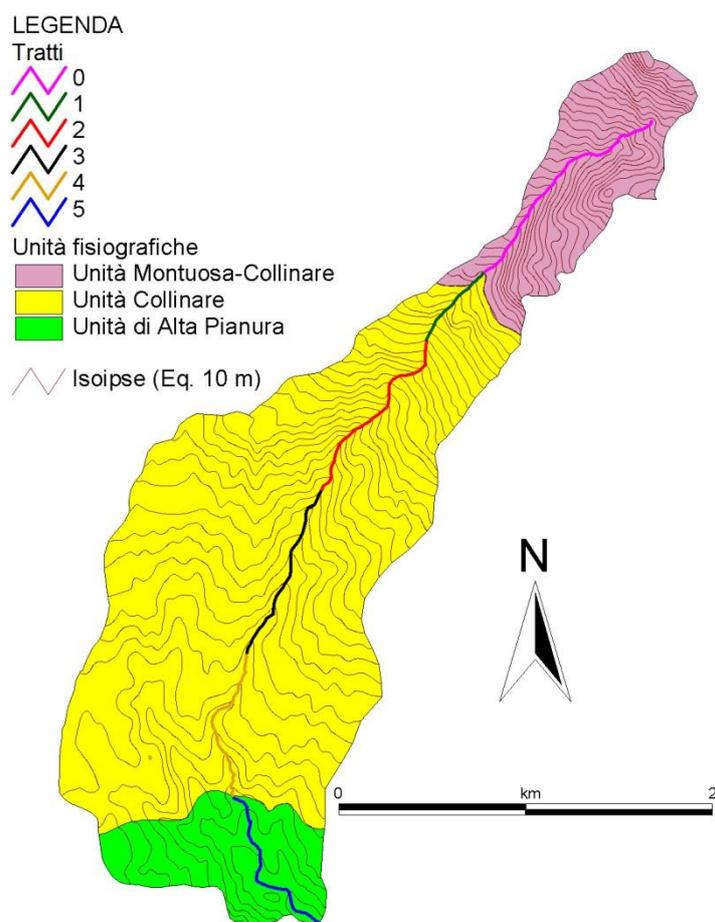


Fig. 115 - Rappresentazione schematica della suddivisione in tratti del T. Rio e in unità fisiografiche del relativo bacino

Tre Pietre e Santa Lucia mentre quella orientale dalla strada statale 88 (Fig. 115).

Distribuzione delle forme di erosione prodotte dal deflusso idrico superficiale

Tra i diversi aspetti geomorfologici, di particolare rilevanza per le finalità di questa Tesi risulta essere la distribuzione delle superfici soggette ad intensa *sheet* e *rill erosion*, nonché la distribuzione dei *gullies*: infatti, essendo tutte queste forme prodotte dall'erosione indotta dal ruscellamento superficiale, maggiore è la loro densità in una data classe di fattore geoambientale (pendenza, litologia, esposizione, uso del suolo), maggiore potrà essere considerata la propensione di quella classe al deflusso superficiale rispetto all'infiltrazione e, di conseguenza, maggiore potrà essere considerato il volume di acque di precipitazione meteorica che andrà ad alimentare in maniera più o meno rapida e diretta il sottostante corso d'acqua: tutto ciò, ovviamente, ha delle chiare ripercussioni nel quadro di un'analisi geoambientale finalizzata alla valutazione del rischio piena.

Sulla base di quanto detto, interpretando i dati elaborati in GIS, l'area che delimita il bacino del Torrente Rio Capuano appare fortemente modellata dai processi di *sheet* e *rill erosion*. In essa sono state individuate, infatti, ben 157 superfici mostranti evidenze geomorfologiche di campo dei suddetti processi, aventi un'area compresa tra 284.921 m² e 6 m². Più precisamente le superfici di maggior estensione sono state rilevate nell'area dei versanti calcarei di Toppo Capomandro e Pietra Fellara; mentre nella restante parte del bacino, comprendente l'area pedemontana e parte di quella di fondovalle, in cui sono presenti forme relitte (lembi di *glacis* e terrazzi fluviali) e diffusi fenomeni franosi, le

superfici soggette a *sheet* e *rill erosion* appaiono di minori dimensioni (area compresa tra 6 m² e 54.200 m²) ma molto più frequenti.

Infine, in riguardo alla distribuzione dei *gullies*, nell'area di interesse, i dati elaborati in GIS hanno evidenziato la presenza di 21 *gullies* aventi lunghezza compresa tra 68 m e 1300 m e un'orientazione prevalente da NE-SW a NNE-SSW; in alcuni casi essi appaiono orientati NS. Essi sono localizzati in modo prevalente nell'area pedemontana, ai bordi dei lembi relitti di *glacis* e dei corpi di frana.

Assetto litologico e rapporti con il deflusso superficiale

L'area che delimita il bacino del Torrente Rio Capuano, da un punto di vista litologico evidenzia una certa disomogeneità litologica (Fig. 116). In tale area, il substrato pre-*quaternario* è rappresentato dai depositi del *complesso calcarenitico-marnoso* tettonicamente sovrapposti a quelli dei *complessi calcareo-pelitico* ed *arenaceo*. Più precisamente il *complesso calcarenitico-marnoso* affiora nella porzione settentrionale del bacino, occupando una superficie di circa 0.44 Km² (paria al 7.5% della superficie totale del bacino); invece i *complessi calcareo-pelitico* ed *arenaceo* affiorano per gran parte dell'area del bacino occupando complessivamente una superficie di circa 4.7 Km² (pari al 79% dell'area totale).

Nel settore meridionale del bacino del Torrente Rio sono invece presenti terreni *quaternari* costituiti dalle alluvioni (recenti ed antiche) del Fiume Calore e dal deposito *piroclastico* dell'*Ignimbrite Campana*. In particolare le alluvioni appartenenti al primo ciclo deposizionale del Fiume Calore sono distinte in un *complesso sabbioso-ghiaioso-pelitico*, che affiorando per 0.32 Km² costituisce il substrato del 5,4% del bacino, e in un *complesso limoso argilloso*, che

affiora per 0.08 Km², pari all'1.3% dell'area totale; le alluvioni appartenenti al secondo ciclo deposizionale, invece, costituiscono il *complesso sabbioso-limoso* che affiora all'estremo limite meridionale del bacino, occupando un'area di 0.20 Km², pari al 3.3% della superficie totale. Infine, a completare il quadro litologico concorre il deposito piroclastico dell'Ignimbrite Campana affiorante al limite sud-orientale del bacino, ricoprendo un'area di 0.13 Km², pari al 2.2% del bacino stesso.

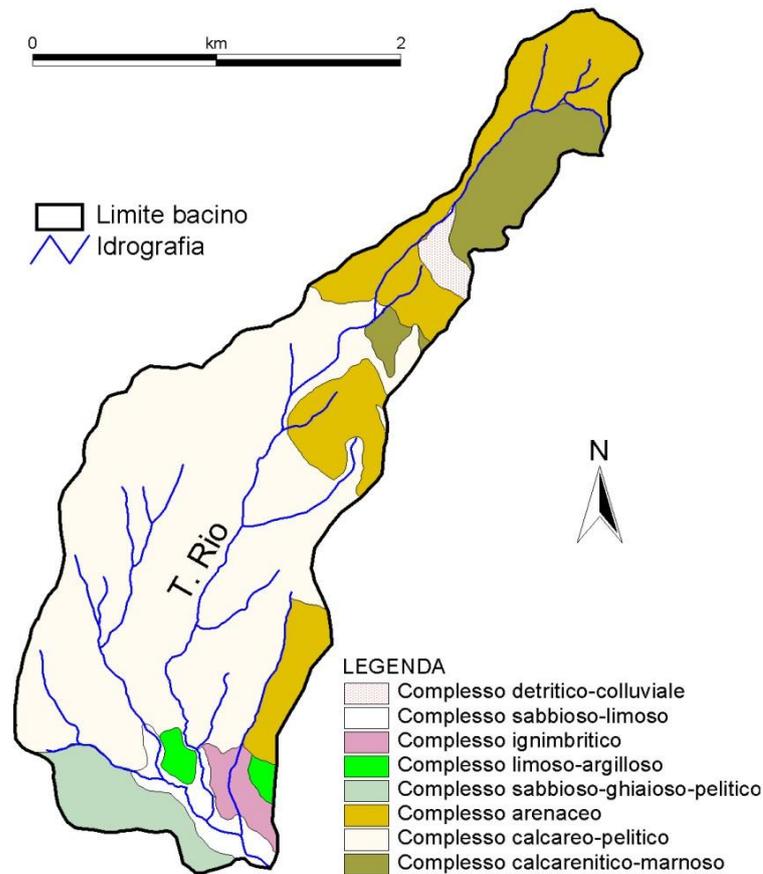


Fig. 116 - Carta Litologica del Bacino Rio

I valori dell'Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg), calcolati per ciascun complesso litologico utilizzando la metodologia descritta in "Materiali e Metodi (cfr. Cap. 8), sono riportati in Tab. 2.

Complesso	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
Complesso calcarenitico-marnoso	0,44	7.5	0,838	Alta - molto alta
Complesso calcareo-pelitico	3.50	59.1	-0,154	Moderata Bassa
Complesso arenaceo	1.18	20	0,102	Moderata Alta
Complesso sabbioso-ghiaioso-pelitico	0.32	5.4	-0,114	Moderata Bassa
Complesso limoso-argilloso	0.08	1.3	-0,181	Moderata Bassa
Complesso sabbioso-limoso	0.20	3.3	-0,923	Bassa - molto bassa
Complesso ignimbrico	0.13	2.2	-0,725	Moderata Bassa
Complesso detritico - colluviale	0.08	1.4	-2,496	Bassa - molto bassa

Tab. 2 – Tabella riepilogativa della distribuzione dei complessi litologici nell'area di studio e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

I valori dell'IDSg evidenziano che, tra i vari complessi litologici, quello maggiormente propenso al deflusso superficiale è risultato essere il *complesso calcarenitico-marnoso* (IDSg 0.838).

Al contrario, il complesso meno propenso al deflusso superficiale, come rilevato dal basso valore dell'IDSg (IDSg = -0.114), è quello *sabbioso-ghiaioso-pelitico* di origine alluvionale.

Uso del suolo e rapporti con il deflusso superficiale

L'area che delimita il bacino del Torrente Rio Capuano, da un punto di vista dell'Uso del Suolo (Fig.117), appare caratterizzata dalle seguenti classi:

1. Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
2. Aree con vegetazione rada
3. Boschi di latifoglie
4. Sistemi colturali e particellari permanenti
5. Tessuto urbano continuo
6. Tessuto urbano discontinuo
7. Uliveti
8. Vigneti

Le *Aree a pascolo* (che occupano il 6% dell'area del bacino), quelle con *Vegetazione rada* (2.5%) nonché le *Aree boschive* (11.5%), poste nella parte più settentrionale del bacino, sono localizzate lungo il versante acclive di Toppo Capomandro ed occupano rispettivamente un'area di 0.35 Km², 0.15 Km² e 0.08 Km²; il *Tessuto urbano continuo* (5.4%), posto alla base del suddetto versante, si sviluppa per circa 0.32 Km² e coincide con l'insediamento di Guardia Sanframondi; infine, l'area che si sviluppa a sud dell'abitato ed occupante la restante porzione del bacino appare fortemente sfruttata per le pratiche agricole. Più precisamente, la maggior parte del bacino (34,3%) è occupata dalle aree destinate alla coltivazione di *Uliveti*, distribuite in modo omogeneo in questa parte del bacino, dove occupano un'area di circa 2.03 Km²; seguono poi le aree destinate alla coltivazione dei *Vigneti* (32.6% della superficie totale del bacino), che occupano un'area di circa 1.93 Km². Infine, le aree destinate ad altre colture coprono una superficie pari a 0.45 Km², corrispondente al 7.6% dell'area totale del bacino stesso.

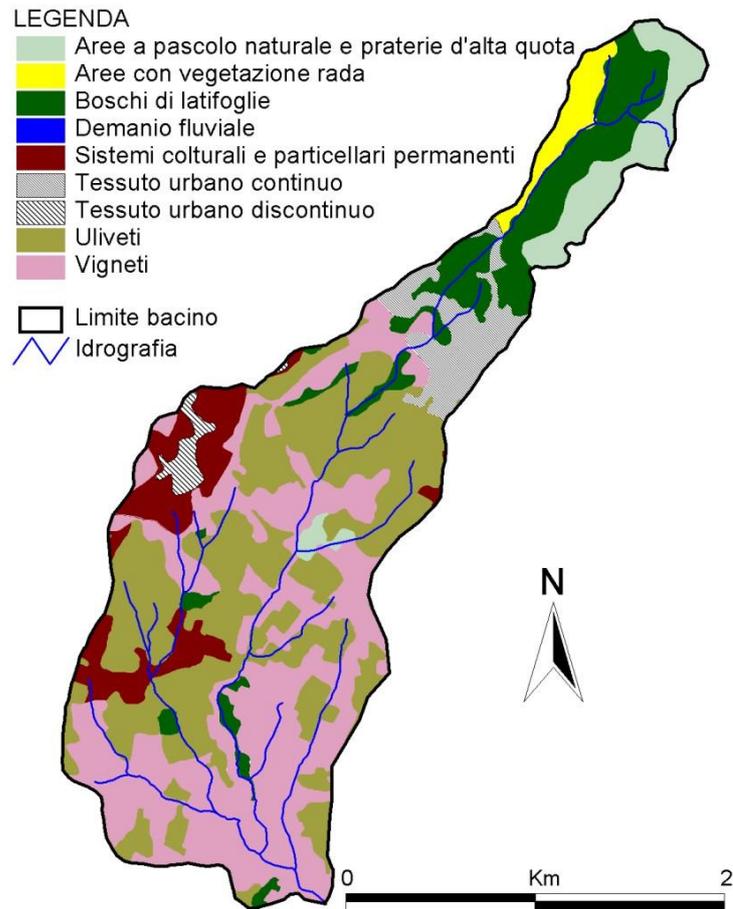


Fig. 117 - Carta dell'Uso del Suolo del Bacino Rio

I valori dell'Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg), riportati in Tab.3 hanno evidenziato che, tra le varie classi di uso del suolo, quella maggiormente propensa al deflusso superficiale è risultata essere, come prevedibile, il *Tessuto urbano continuo* (IDSg = 1.312); al contrario, la classe di uso del suolo che si è rivelata meno propensa al deflusso superficiale è rappresentata dalle Aree Boschive (IDSg = -1567), data la loro propensione a trattenere l'acqua piovana, favorendo l'infiltrazione rispetto al ruscellamento.

Classi di uso del suolo	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
Aree con vegetazione rada	0,15	2,5	0,914	Alta - molto alta
Demanio fluviale	0	0	–	–
Tessuto Urbano continuo	0,32	5,4	1,312	Alta - molto alta
Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	0,35	6	1,111	Alta - molto alta
Boschi di latifoglie	0,68	11,5	-1,567	Bassa - molto bassa
Sistemi colturali e particellari permanenti	0,45	7,6	-0,108	Moderata Bassa
Tessuto Urbano discontinuo	0,07	1,2	-1,547	Bassa - molto bassa
Uliveti	2,03	34,3	-0,719	Moderata Bassa
Vigneti	1,93	32,6	-0,221	Moderata bassa

Tab. 3 – Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi di uso del suolo nell'area di studio e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

Pendenza e rapporti con il deflusso superficiale

Il range di pendenze che caratterizza il bacino del Torrente Rio è stato suddiviso in 5 classi di pendenza (Fig.118):

1. Classe 0° - 5°
2. Classe 5° - 10°
3. Classe 10° - 15°
4. Classe 15° - 20°
5. Classe >20°

Di queste classi, quella che prevale è la classe 5°-10°, che occupa un'area pari a 2.46 Km² (41.5% della superficie

totale del bacino; Tab.4) al contrario quella meno rappresentata è la classe $>20^\circ$, che si rinviene su una superficie complessiva di circa 0.23 Km^2 , pari al 3.8% della superficie del bacino.

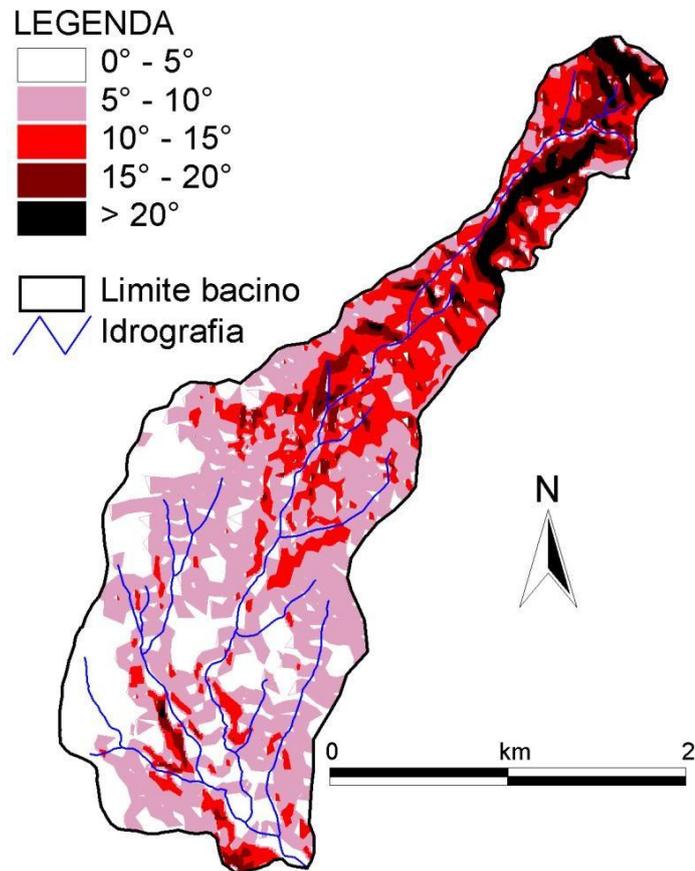


Fig. 118 - Carta delle pendenze del Bacino Rio

L'Indice di deflusso superficiale (IDSg) calcolato per queste classi, riportato in Tab.4, evidenzia un incremento progressivo dell'IDSg stesso con l'aumentare della pendenza, fatta eccezione per la classe $>20^\circ$, dove L'IDSg calcolato è risultato essere pari a -0.018 . Questo dato apparentemente incoerente si spiega facilmente con la presenza di boschi sulle superfici più acclivi (si confrontino le Figg. 117 e 118), che riducono il Deflusso Superficiale. Nel complesso, quindi, i dati risultano più che coerenti da un punto di vista geomorfologico, poiché è noto che all'aumentare della

pendenza aumenta anche la velocità di deflusso e, con essa l'erosività delle acque di ruscellamento.

Classi di pendenza	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
0°-5°	1,51	25,6	-0,465	Moderata bassa
5°-10°	2,46	41,5	0,120	Moderata alta
10°-15°	1,33	22,5	0,178	Moderata alta
15°-20°	0,39	6,6	0,184	Moderata alta
> 20°	0,23	3,8	-0,018	Moderata Bassa

Tab. 4 - Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi di pendenza nell'area di studio e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfológica (IDSg)

Esposizione e rapporti con il deflusso superficiale

L'area del bacino del Torrente Rio, dal punto di vista delle esposizioni, è stata suddivisa in 5 classi (Fig.119):

1. Da Nord ad Est (0°N-90°N)
2. Da Est a Sud (90°N-180°N)
3. Da Sud a Ovest (180°N-270°N)
4. Da Ovest a Nord (270°N-360°N)
5. Piano (-1)

La distribuzione di tali classi, all'interno del bacino, appare non omogenea; si nota infatti una netta predominanza dei versanti esposti da Sud ad Ovest che occupano un'area complessiva di 3.16 Km², pari al 53.3% dell'intera area di studio, rispetto a quelli esposti da Est a Sud occupanti un'area di 1.38 Km² (23.4% dell'area del bacino).

Al contrario, vi è una frequenza confrontabile delle classi di esposizione "da Ovest a Nord" (8.9% dell'area di studio) e "Piano" (8.3%), occupanti, rispettivamente, un'area di 0.53 Km² e 0.49 Km². Infine si nota una distribuzione minima dei versanti aventi esposizione da Nord a Est (6.1% dell'area di studio), occupanti un'area di circa 0.36 Km².

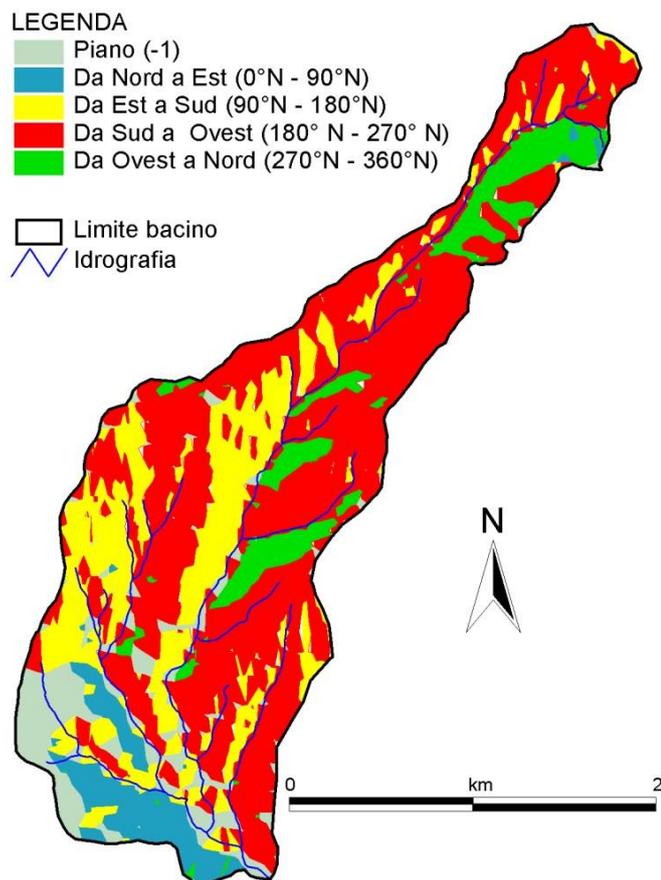


Fig. 119 - Carta delle pendenze del Bacino Rio

I valori dell'Indice di deflusso superficiale (IDSg) calcolato per queste classi, riportato in Tab.5, hanno evidenziato che, tra le varie classi di esposizione, i versanti esposti da "Est a Sud" sono quelli più propensi al deflusso superficiale (IDSg = 0.228); al contrario, i versanti esposti da "Ovest a Nord" (IDSg = 0.022) nonché quelli "pianeggianti" (IDSg = -) risultano meno propensi al deflusso superficiale. L'IDSg attribuito alla classe di esposizione "Piano" appare perfettamente spiegabile, poiché su superfici

pianeggianti l'acqua di precipitazione meteorica tende ad infiltrarsi piuttosto che a ruscellare ed è, pertanto, inibita qualsiasi fenomenologia erosiva legata al deflusso superficiale.

Classi di esposizione	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
Da Nord a Est (0°N-90°N)	0,36	6,1	0,115	Moderata alta
Da Est a Sud (90°N - 180°N)	1,38	23,4	0,228	Moderata alta
Da Sud a Ovest (180°N - 270°N)	3,16	53,3	0,072	Moderata alta
Da Ovest a Nord (270°N - 360°N)	0,53	8,9	0,222	Moderata alta
Piano (-1)	0,49	8,3	–	–

Tab. 5 – Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi di esposizione nell'area di studio e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

Distribuzione dell'Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

La propensione al deflusso idrico superficiale dell'area del bacino del Torrente Rio è stata espressa mediante un apposito indice (Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica, di seguito IDSg), calcolato seguendo la metodologia illustrata nel Capitolo 8 ("Materiali e Metodi"). Il range di valori di tale indice è stato suddiviso in quattro classi, secondo quanto suggerito da Van Westen (1993), ovvero

1. Basso - molto basso ($IDSg < -0.75$)
2. Moderato - basso ($-0.75 < IDSg < 0.05$)
3. Moderato - alto ($0.05 < IDSg < 0.5$)
4. Alto - molto alto ($IDSg > 0.5$)

La distribuzione di tali classi, all'interno del bacino, è riportata in Fig.120 ed appare non omogenea; si nota infatti una netta prevalenza delle superfici ricadenti nella classe di IDSg "Moderata - bassa" che occupano un'area complessiva di 3.18 km^2 , pari al 53.7% dell'intera area del bacino (Tab.6), e, in subordine, di quelle con IDSg "Basso - molto basso", occupanti un'area di 1.75 km^2 pari al 29.5% dell'area totale del bacino.

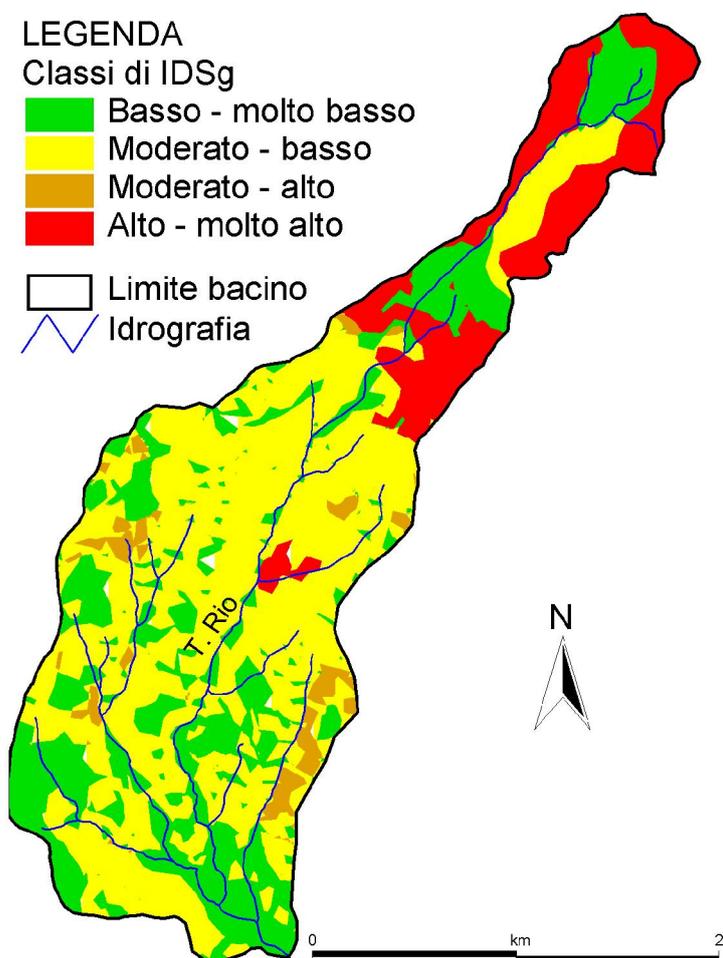


Fig. 120 - Carta dell'IDSg del Bacino del T. Rio

Tale propensione bassa al deflusso, da un punto di vista litologico, appare in contrasto con la notevole impermeabilità dei depositi pelitico-marnosi che dominano nel complesso più diffuso nel bacino, ovvero quello calcareo-pelitico (Fig. 116); tuttavia, osservando la Carta delle pendenze (Fig. 118) e quella delle esposizioni (Fig. 119), si osserva una frequenza relativamente alta di superfici pianeggianti e/o debolmente inclinate (pendenza compresa tra 0° - 10°) che, come noto, sono soggette ad una infiltrazione prevalente sul ruscellamento. Tale prevalenza è ancora più marcata nel settore meridionale dell'area, dove le pendenze basse o nulle si accoppiano all'elevata permeabilità per porosità dei depositi alluvionali ivi affioranti. Quanto all'uso del suolo, nonostante l'elevato sfruttamento agricolo del settore centro-meridionale dell'area di studio, i valori dell'IDSg nelle classi "agricole" dell'uso del suolo (Tab.1) si mantengono comunque al di sotto dell'unità, indicando che il deflusso idrico superficiale non è comunque favorito dalle tecniche agricole utilizzate.

Meno frequente, nel bacino del T. Rio è la classe "Alta - molto alta", concentrata nella porzione settentrionale del bacino ed occupante un'area 0.80 km^2 pari al 13.5% dell'area del bacino stesso.

L'elevata propensione al deflusso in questa porzione di bacino, appare in contrasto con l'elevata permeabilità per fratturazione delle calcareniti qui presenti; essa è tuttavia spiegabile con la presenza di intercalazioni marnose poco permeabili nelle calcareniti, nonché con quella di suoli di origine piroclastica fortemente argillificati, che occludono la fessure presenti nelle calcareniti, impermeabilizzandone. Viceversa, era prevedibile una maggiore propensione al deflusso superficiale in corrispondenza del *Tessuto urbano continuo*, essendo questa un'area totalmente impermeabile e con una netta prevalenza di *impervious cover*.

Infine si nota una minima distribuzione della classe "Moderata - alta", occupante un'area di circa 0.19 km², pari al 3.3% dell'area del bacino. Non si notano particolari correlazioni con la distribuzione della classi di fattori causali (Figg. 116, 117, 118, 119).

Classe di IDSg	Area occupata (Km²)	Percentuale della superficie totale del bacino (%)
Basso - molto basso (IDSg < -0,75)	1,75	29,5
Moderato - basso (-0,75 < IDSg < 0,05)	3,18	53,7
Moderato - alto (0,05 < IDSg < 0,5)	0,19	3,3
Alto - molto alto (IDSg > 0,5)	0,80	13,5

Tab. 6 – Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi dell' Indice di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg) nel bacino del T. Rio

Caratteristiche morfologico-geometriche del Torrente Rio

Premessa

In questo paragrafo sono state riportate le informazioni ricavate dalle analisi effettuate in campo per la determinazione dei fattori morfologico-geometrici (andamento plano-altimetrico, caratteristiche delle sezioni trasversali, forme fluviali, granulometrie, ecc.) del Torrente Rio. Lo scopo dell'analisi è stato quello di individuare dei tratti fluviali che potessero essere ritenuti relativamente uniformi dal punto di vista morfologico e che, pertanto, rispondessero in maniera analoga ai fenomeni di piena. In particolare, è stata valutata l'interferenza dell'attività antropica sulla normale dinamica fluviale. A tal fine, si è seguita la procedura descritta nel paragrafo 8.4.2.

Descrizione dei tratti

Tratto 1: Via Sorgenza

Il tratto in esame, lungo circa 507 m , è caratterizzato da una pendenza media pari allo 6% ed è situato nell'unità fisiografica montuosa-collinare del bacino (Fig. 115). I versanti circostanti sono ricoperti in prevalenza da boschi, facendo eccezione per il tratto a valle, intorno al quale si sviluppa l'abitato di Guardia Sanframondi. L'alveo, al momento del sopralluogo (Maggio 2011), è stato considerato in condizioni seminaturali, con la presenza d'interventi antropici presi in considerazione al momento della valutazione delle caratteristiche morfologico-geometriche, quest'ultima condotta mediante la compilazione delle *schede di valutazione* (cfr. Appendice

1 e 2).

Il tratto, a canale singolo, risulta avere un andamento lievemente sinuoso con morfologia di fondo caratterizzata da *step-pool* (cfr. par. 6.4.1) e con chiara tendenza all'approfondimento. È caratterizzato da un alveo attivo piuttosto ristretto (larghezza media di ~2 metri) e una piana inondabile posta a ~1÷1.5 m dalla quota di fondo alveo. Questo significa che essa risulta essere inondata occasionalmente (in seguito ad eventi di piena), anche più volte in un anno, seppure in genere si assume che questo accada in media una volta ogni 1-3 anni. Le sponde, alte appena 1÷1.5 m, sono verticali e a luoghi soggette a fenomeni d'instabilità. Si può osservare la fitta presenza di numerose specie arboree ad alto fusto, la cui età può essere stimata intorno ai 15-20 anni.

Infine, il tratto è caratterizzato dalla presenza di opere trasversali e longitudinali. Le prime sono riconducibili a delle *briglie di contenimento*, poste una a monte e una a valle del tratto, le quali condizionano fortemente la dinamica dell'alveo, trattenendo a monte la maggior parte del materiale solido trasportato; le seconde invece, classificabili come *gabbionate*, *muri di contenimento* e *staccionate in legno*, sono poste distanti dalla zona attiva dell'alveo, ad una quota maggiore rispetto al fondo alveo.

Sulla base di tutte queste osservazioni l'alveo presenta un IQM (Indice di Qualità Morfologica; RINALDI *et alii* 2011) paria a 0.46, quindi collocabile in una classe di qualità morfologica SCADENTE. (Fig. 121)

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
<i>F1</i>	<i>A</i>	<i>A1</i>	/	<i>V1</i>	/
<i>F2</i>	<i>A</i>	<i>A2</i>	<i>B2</i>	<i>V2</i>	/
<i>F4</i>	/	<i>A3</i>	/	<i>V3</i>	/
<i>F5</i>	<i>A</i>	<i>A4</i>	<i>C (+12)</i>	Indici e classe	
<i>F7</i>	/	<i>A5</i>	<i>B</i>	<i>Stot</i>	47
<i>F8</i>	/	<i>A6</i>	<i>C (+12)</i>	<i>Smax</i>	87
<i>F9</i>	<i>B</i>	<i>A7</i>	<i>A</i>	<i>IAM</i>	0,54
<i>F10</i>	<i>A</i>	<i>A8</i>	<i>A</i>	<i>IQM</i>	0,46
<i>F11</i>	<i>C</i>	<i>A9</i>	<i>A</i>	<i>Classe</i>	Scadente
<i>F12</i>	<i>B</i>	<i>A10</i>	<i>B</i>	a	
<i>F13</i>	<i>A</i>	<i>A11</i>	<i>B</i>		
		<i>A12</i>	<i>B</i>		

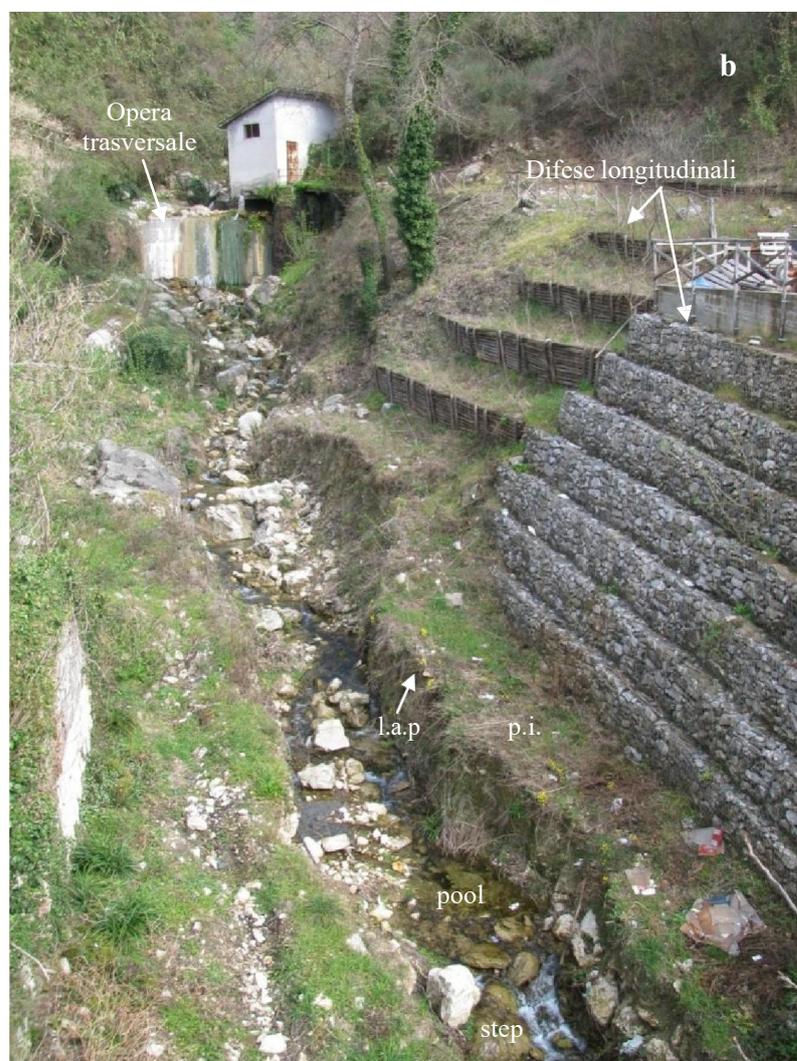


Fig. 121 – Torrente Rio Capuano: (a) Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM; (b) Vista del tratto 1 studiato; nella foto sono indicate le opere trasversali e longitudinali; la pianura inondabile (*p.i.*); il punto in cui è stato misurato il livello di alveo pieno (*l.a.p.*); e la morfologia di fondo a *step-pool*.

Tratto 2: da via Sorgenza a località "Pentole"

Il tratto in esame, lungo ~ 1157 m si estende da via Sorgenza a località "Pentole" attraversando per un breve tratto l'abitato di Guardia Sanframondi; mostra una pendenza del 13.8% e una morfologia di fondo caratterizzata da *step-pool*. Il territorio che circonda il torrente è caratterizzato da versanti che iniziano a degradare e su cui si osservano campi coltivati, oliveti, frutteti e vigneti: si è entrati infatti nell'unità fisiografica collinare.

La morfologia fluviale non cambia rispetto a quella osservata in precedenza; in tale tratto è possibile notare infatti la presenza di un alveo attivo (larghezza media ~ 2 metri) a canale singolo, sinuoso, e con una piana inondabile la cui altezza varia da 1÷1.5 m a >1.5 m. Le sponde sono probabilmente stabili da un tempo abbastanza lungo, poiché hanno consentito la crescita degli alberi in direzione praticamente verticale.

Le opere trasversali che si riscontrano in questo tratto sono: una *briglia di contenimento* posta a circa 375 m s.l.m.; un ponte, sul quale scorre Via Napoli, dal quale è possibile notare la presenza di un intervento di bonifica del tratto di corso d'acqua, che, infatti a circa 150 metri a monte del ponte inizia il suo percorso tombinato di circa 300 metri, terminati i quali scorre nuovamente in condizioni naturali; e, infine, una seconda *briglia di contenimento* posta a circa 325 m s.l.m. Superata tale quota il tratto scorre in condizioni naturali con una certa scarsità di sedimenti a granulometria grossolana. Sulla base di tutte queste osservazioni l'alveo presenta un IQM paria a 0.62 quindi collocabile in una classe di qualità morfologica MODERATO. (Fig.122)

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
<i>F1</i>	<i>B</i>	<i>A1</i>	/	<i>V1</i>	/
<i>F2</i>	<i>C</i>	<i>A2</i>	<i>B</i>	<i>V2</i>	/
<i>F4</i>	<i>B</i>	<i>A3</i>	/	<i>V3</i>	/
<i>F5</i>	/	<i>A4</i>	<i>C</i>	Indici e classe	
<i>F7</i>	/	<i>A5</i>	<i>C</i>	<i>Stot</i>	32
<i>F8</i>	/	<i>A6</i>	<i>A</i>	<i>Smax</i>	84
<i>F9</i>	<i>A</i>	<i>A7</i>	<i>A</i>	<i>IAM</i>	0.38
<i>F10</i>	<i>A</i>	<i>A8</i>	/	<i>IQM</i>	0.62
<i>F11</i>	<i>C</i>	<i>A9</i>	<i>A</i>	<i>Classe</i>	Moderato
<i>F12</i>	<i>B</i>	<i>A10</i>	<i>B</i>		
<i>F13</i>	<i>A</i>	<i>A11</i>	<i>B</i>		
		<i>A12</i>	<i>A</i>		

Fig.122 – Tratto 2 Torrente Rio Capuano. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Tratto 3: da località "Pentole" a località "Palombaia"

Il tratto in esame, lungo ~1080 metri, è caratterizzato da una pendenza media del fondo paria a 6.4% ed è localizzato nell'unità fisiografica collinare. Sia in destra sia in sinistra idraulica si possono osservare numerosi campi coltivati (uliveti e vigneti), posti a una quota superiore rispetto all'alveo fluviale; inoltre, sempre a una quota più elevata, è presente l'arteria stradale "la Bretella" che collega l'abitato di Guardia Sanframondi con Cerreto Sannita e San Lorenzo Maggiore.

In questo tratto l'alveo attivo varia la sua larghezza da ~ 4 m a 6 m; rispetto al tratto precedente l'alveo attivo è, quindi, più ampio. Si può notare una eterogeneità dei sedimenti lungo la sezione dovuta alla presenza di un blocco di strada franato nell'alveo (a una quota di 189 m s.l.m.) che ostruisce quest'ultimo fungendo da briglia, e una variazione dell'altezza della piana inondabile le cui sponde variano da 1÷2 m nella zona iniziale del tratto a < 1 m nella zona intermedia e finale. Più precisamente, in quest'ultima essa non è stata ben definita a causa della folta vegetazione

arbustiva presente; pertanto il livello dell'alveo attivo è stato valutato nel tratto iniziale (Fig.123).



Fig.123 - Tratto 3 Torrente Rio Capuano. Nella foto sono indicate la pianura inondabile (*p.i.*); il punto in cui è stato misurato il livello di alveo pieno (*l.a.p.*); e la morfologia di fondo a *step-pool*.

Per quando riguarda la morfologia di fondo, essa è stata riconfermata; sono state riscontrate infatti numerose sequenze di *step-pool* anche se in alcune zone (punti finali del tratto) l'alveo evidenzia caratteristiche di *plane bed* (Fig.124).

Infine, in questo tratto non vi sono opere trasversali ad eccezione del blocco di strada crollato che funge da *briglia*; mentre è presente un'opera d'attraversamento, a circa 225 m s.l.m.: si tratta di un ponte elevato con pile non in contatto con l'alveo e che quindi non interferiscono con i processi di dinamica fluviale.

Pertanto, sulla base di queste osservazioni l'alveo presenta un IQM pari a 0.62, quindi collocabile in una classe di qualità morfologica MODERATA (Fig.124).



Fig.123 – Tratto 3 del Torrente Rio Capuano. Nella foto è indicato la porzione di tratto mostrante la morfologia di fondo: Plane-bed.

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
<i>F1</i>	<i>B</i>	<i>A1</i>	/	<i>V1</i>	/
<i>F2</i>	<i>C</i>	<i>A2</i>	<i>B</i>	<i>V2</i>	/
<i>F4</i>	<i>B</i>	<i>A3</i>	/	<i>V3</i>	/
<i>F5</i>	/	<i>A4</i>	<i>C</i>	Indici e classe	
<i>F7</i>	/	<i>A5</i>	<i>C</i>	<i>Stot</i>	32
<i>F8</i>	/	<i>A6</i>	<i>A</i>	<i>Smax</i>	84
<i>F9</i>	<i>A</i>	<i>A7</i>	<i>A</i>	<i>IAM</i>	0.38
<i>F10</i>	<i>A</i>	<i>A8</i>	/	<i>IQM</i>	0.62
<i>F11</i>	<i>C</i>	<i>A9</i>	<i>A</i>	<i>Classe</i>	Moderato
<i>F12</i>	<i>B</i>	<i>A10</i>	<i>B</i>		
<i>F13</i>	<i>A</i>	<i>A11</i>	<i>B</i>		
		<i>A12</i>	<i>A</i>		

Fig.124 – Tratto 3 Torrente Rio Capuano. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Tratto 4 : da località "Pentole" a località "Grottola"

Il tratto in questione, situato ancora nell'Unità Fisiografica Collinare del bacino, è lungo circa 980.3 metri ed è caratterizzato da una pendenza media del fondo pari al 5.7%. L'alveo, al momento del sopralluogo (maggio 2011), è stato ritenuto in condizioni praticamente naturali (senza interventi antropici), con andamento rettilineo, leggermente sinuoso, e un'eterogeneità dei sedimenti presenti in esso. Le osservazioni effettuate hanno evidenziato una variazione nella morfologia di fondo man mano che ci si sposta verso valle.

Più precisamente nella zona a monte l'alveo si presenta rettilineo, scarsamente sinuoso, con un alveo attivo ampio e un profilo longitudinale regolare e senza brusche variazioni altimetriche. Nel tratto non vi sono barre laterali distinte e la granulometria di fondo va dalla sabbia fino ai piccoli massi, con una predominanza di ghiaie e sassi. Queste osservazioni permettono di collocare tale tratto nell'unità morfologica a *Plane-bed*. La presenza di una *briglia*, posta a ~ 154 m s.l.m., interrompe per circa 10 m tale condizione portando alla formazione locale di *step-pool* e *barre laterali*. In corrispondenza della stessa è possibile inoltre notare la presenza di materiale legnoso perlopiù costituito da canneti. Tuttavia, poiché l'alveo superata la briglia continua ad avere un profilo di fondo a gradiente uniforme, le condizioni osservate sono nuovamente ricollegabili all'unità morfologica sopradescritta (Fig.125).

Infine in tale tratto, la pianura inondabile non è più definibile in quanto ricoperta da vegetazione arbustiva che cresce molto prossima all'alveo; inoltre le sponde sono probabilmente stabili da un tempo sufficientemente lungo, poiché hanno consentito la crescita di alberi in direzione praticamente verticale.



Fig.125 - Tratto 4
 Torrente Rio Capuano.
 (a) caratteristica di un
 alveo con morfologia a
Plane-bed; (b) evidenze
 di barre laterali, step-
 pool e accumulo di
 materiale legnoso a valle
 della Briglia

Spostandoci verso la zona centrale, l'alveo si presenta ancora rettilineo, debolmente sinuoso, con un profilo longitudinale a gradinata (sequenze a step-pool) e un alveo attivo ristretto (1÷1.5 m). Più precisamente nel tratto, gli step sono costituiti da un gruppo di massi incastrati fra loro e posti di traverso rispetto alla corrente in modo da costituire una sorta di gradino; mentre i pool sono gli spazi che separano uno step dall'altro. A confermare tale morfologia è l'eterogeneità granulometrica del sedimento in esso presente (Fig.126).

Le sponde in tale tratto si presentano stabili e con altezze differenti. Infatti è possibile notare come esse sono

più alte sul lato sinistro dell'alveo, la cui altezza è stata stimata essere di circa 1÷1.5 metri, mentre tendono a essere basse o assenti sul lato destro. Tale differenza permette di ipotizzare la possibilità che quest'ultimo lato sia maggiormente soggetto a esondazione. Tuttavia la piana inondabile per tale tratto non è ben definibile in quanto ricoperta da vegetazione arbustiva che cresce molto prossima all'alveo.

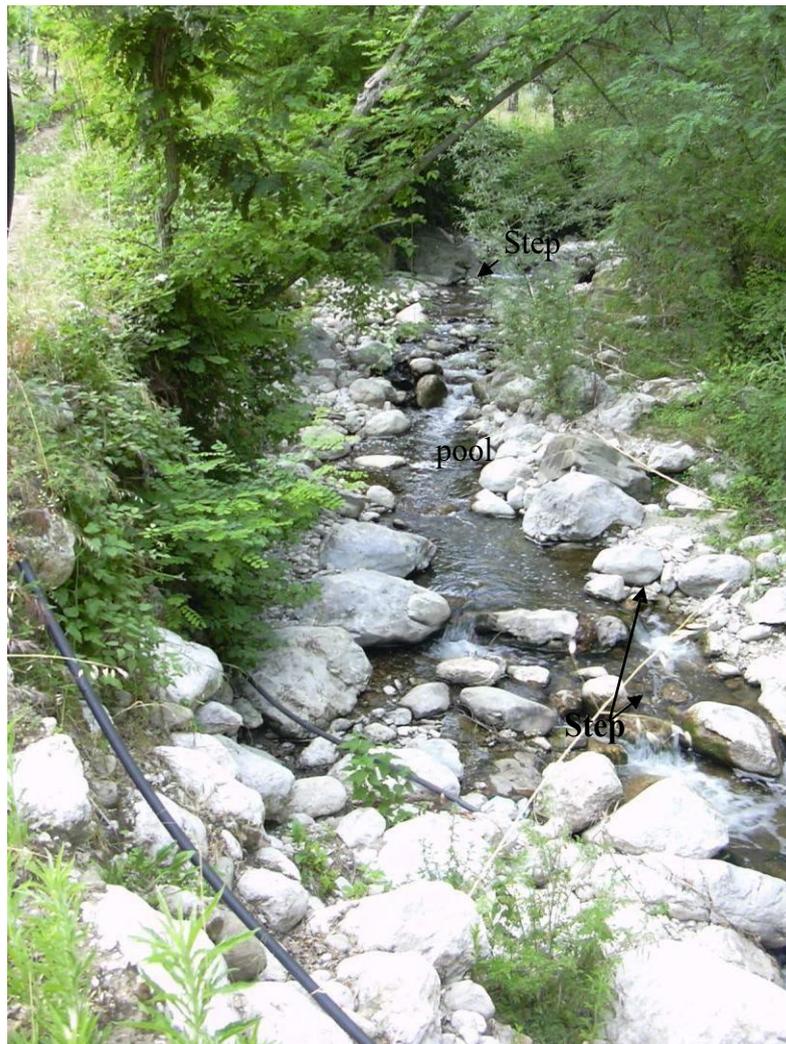


Fig.126 – Tratto 4 Torrente Rio Capuano. Nella foto è indicato la porzione di tratto mostrante la morfologia di fondo a *Step-pool*

Infine, nella zona terminale l'alveo appare ancora rettilineo, scarsamente sinuoso, ma a differenza delle porzioni finora descritte presenta un alveo attivo maggiore

(2÷4 m) e un'omogeneità dei sedimenti. Tali differenze sono dovute a interventi antropici che si sono svolti durante il periodo in cui è stato condotto il rilevamento. Essi sono stati finalizzati alla pulitura dell'alveo dai sedimenti più grossolani i quali sono stati poi accumulati lungo la sponda sinistra dell'alveo. In tale porzione di tratto la profondità dell'alveo è ridottissima e il materiale di fondo è prevalentemente ghiaioso. In tali condizioni l'alveo sviluppa una morfologia di fondo a *Plane-bed* con piccole evidenze di *step-pool* (Fig.127).



Fig.127 – Tratto 4 Torrente Rio Capuano. Nella foto è indicato la porzione di tratto mostrante la morfologia di fondo a *Plane-bed* e *Step-pool*

Sulla base di tutte queste osservazioni pertanto è stato possibile attribuire all'alveo un IQM pari a 0.77; esso è

quindi collocabile in una classe di qualità morfologica BUONA (Fig. 128).

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
<i>F1</i>	<i>C</i>	<i>A1</i>	/	<i>V1</i>	/
<i>F3</i>	<i>A</i>	<i>A2</i>	<i>A</i>	<i>V2</i>	/
<i>F6</i>	<i>A</i>	<i>A3</i>	/	<i>V3</i>	/
<i>F7</i>	/	<i>A4</i>	<i>B</i>	Indici e classe	
<i>F9</i>	<i>A</i>	<i>A5</i>	<i>A</i>	<i>Stot</i>	22
<i>F10</i>	<i>A</i>	<i>A6</i>	<i>B</i>	<i>Smax</i>	94
<i>F11</i>	<i>A</i>	<i>A9</i>	<i>A</i>	<i>IAM</i>	0.23
<i>F12</i>	<i>C</i>	<i>A10</i>	<i>B</i>	<i>IQM</i>	0.77
<i>F13</i>	<i>A</i>	<i>A11</i>	<i>B</i>	<i>Classe</i>	Buono
		<i>A12</i>	<i>B</i>		

Fig.128 - Tratto 4 Torrente Rio Capuano. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Tratto 5 : da località "Grottola" a località "Taverna Starze"

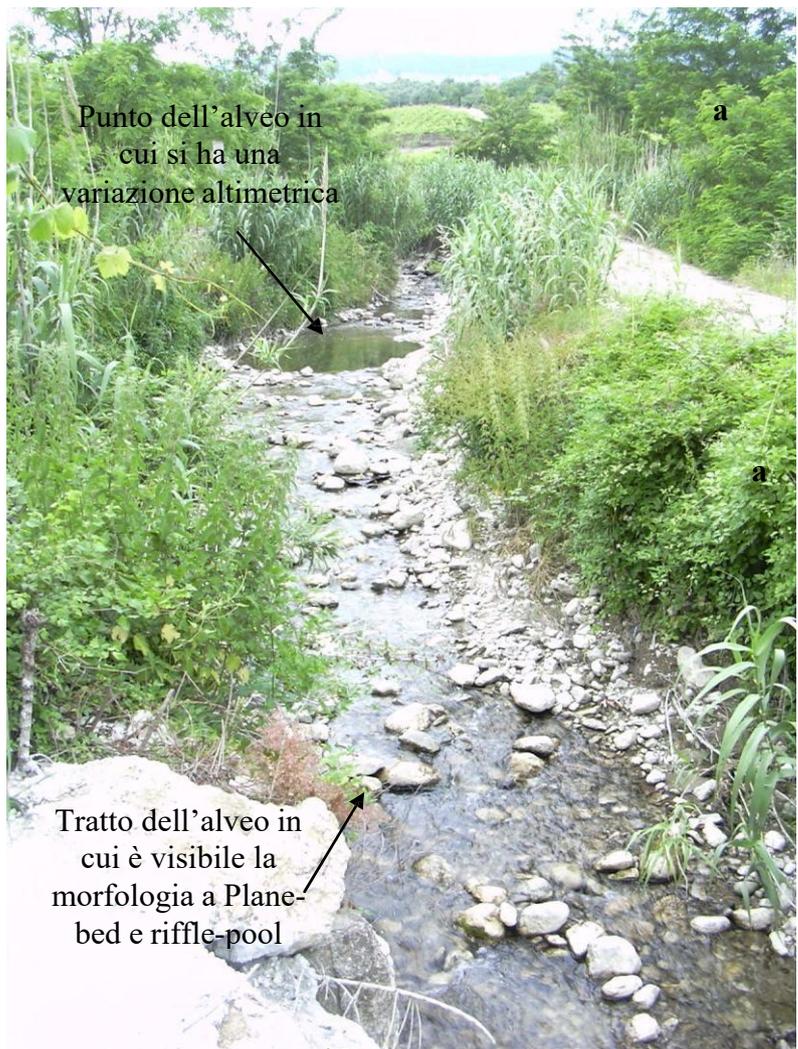
Il tratto in esame, situato nell'unità, fisiografica di alta pianura, è lungo 1075 m ed è caratterizzato da una pendenza media del fondo pari al 2.4%. Al momento del sopralluogo (maggio 2011) è stato considerato in condizioni naturali, anche se in questo tratto negli ultimi anni sono stati eseguiti interventi di ripulitura dell'alveo dal materiale legnoso e dal sedimento grossolano trasportato in seguito all'evento di piena avvenuto nel luglio 2009.

Anche in questo caso, così come nel tratto precedente, le osservazioni condotte hanno evidenziato una eterogeneità della morfologia di fondo man mano che ci si sposta verso valle.

Infatti, nella porzione iniziale di questo tratto (primi 200 m) l'alveo appare rettilineo, debolmente sinuoso con un alveo attivo variabile da 1÷4 m e un profilo longitudinale irregolare e con brusche variazioni altimetriche. Qui la morfologia di fondo riconosciuta è quella a *Plane-bed* con piccoli *riffle-pool* ad eccezione di una piccola porzione (~ 15

m), posta a 90 m dall'inizio tratto, in cui è stata osservata la morfologia di fondo a *dune-riffle* ovvero piccole dune o increspature del fondo (Fig. 129). Qui la pianura inondabile non è ben definibile poiché mascherata dalla vegetazione arbustiva; inoltre le sponde laddove visibili sono alte un paio di metri e stabili in seguito anche agli ultimi interventi effettuati lungo tale tratto.

Infine, vi è la presenza di un'opera d'attraversamento: un ponte basso con pile poste nell'alveo



ce interferiscono con i processi di dinamica fluviale.



Fig.129 - Tratto 5 Torrente Rio Capuano. (a) Tratto iniziale con morfologia a Plane-bed e Riffle-pool e punto di variazione altimetrica; (b) porzione del tratto in cui è visibile la morfologia a Dune-riffle.

Spostandoci a valle del ponte, notiamo la formazione di una piccola barra, sul lato destro, in prossimità delle pile; tuttavia l'alveo prosegue il suo percorso in modo rettilineo con morfologia di fondo Plane-bed. Tale morfologia però, viene interrotta dalla presenza di una serie di *briglie*, poste rispettivamente a ~250 m, 330m e 345 m dall'inizio del tratto, con conseguente formazione locale di *step-pool*, *riffle-pool* e barre laterali (Fig.130)



Fig. 130 – Tratto 5 Torrente Rio Capuano. A sinistra tratto dell'alveo in cui la presenza della *Briglia* comporta una modifica della morfologia a *Plane-bed* con formazione locale di *Riffle-pool*, *Step-pool* e *Barre laterali*. Sopra particolare della morfologia a *step-pool*.

Lungo tale tratto, ancora una volta, non è stato possibile individuare la pianura inondabile perché mascherata dalla vegetazione arbustiva; inoltre lungo questo tratto è possibile notare una variabilità della sezione causata dalla presenza, in sinistra dell'alveo, di un muro di sponda che impedisce al

corso d'acqua di muoversi lateralmente per altri 150 metri. Infine, al termine di questa seconda porzione di tratto troviamo un secondo ponte, anch'esso basso e con pile all'interno dell'alveo. Quest'ultimo a differenza del primo ha comportato l'artificializzazione del fondo.

Superato tale ponte, nell'ultima parte di questo tratto, l'alveo prosegue il suo percorso in condizioni naturali, con andamento rettilineo e una morfologia di fondo a *Plane bed*. In quest'ultima porzione si è avuta la possibilità, in alcuni punti, di intravedere la pianura inondabile posta a un'altezza di $1\div 1.5$ m rispetto alla quota dell'alveo. (Fig.131)

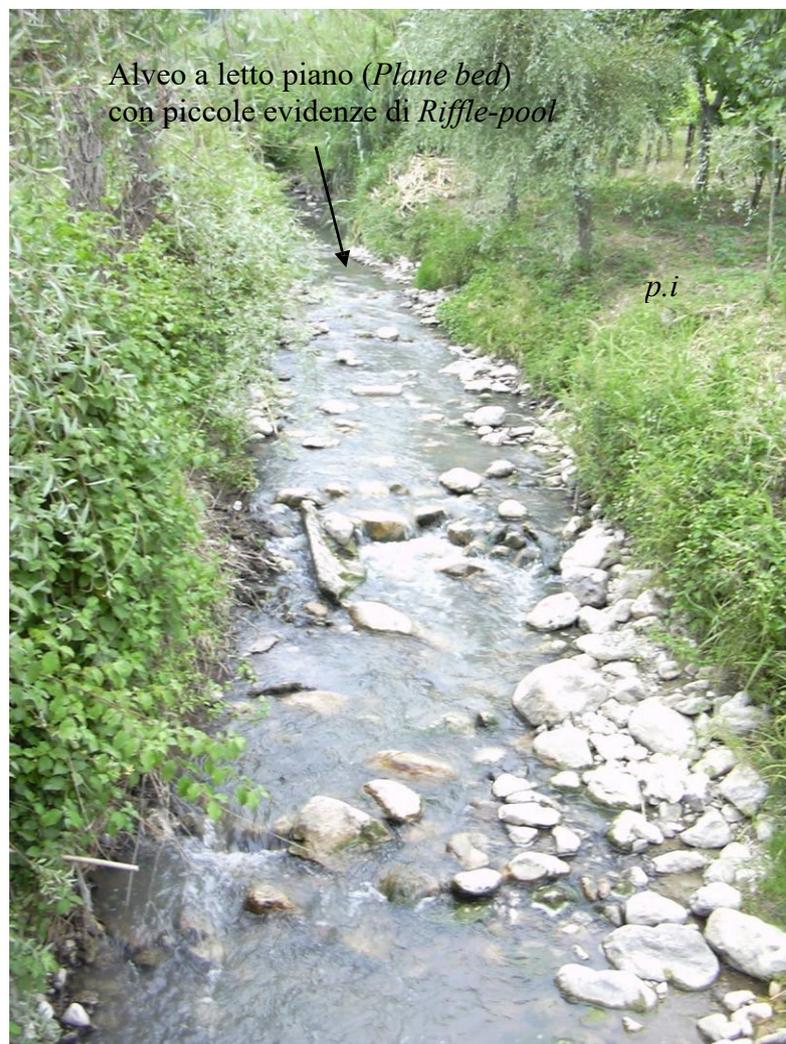


Fig.131 - Tratto 5 Torrente Rio Capuano. Porzione finale del tratto in cui l'alveo appare rettilineo e con morfologia di fondo a Plane-bed. Sul lato destro presenza di *pianura inondabile* (p.i.)

Sulla base di tutte queste osservazioni pertanto è stato possibile attribuire all'alveo un IQM pari a 0.64 e quindi collocabile in una classe di qualità morfologica MODERATA (Fig.132).

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
<i>F1</i>	<i>B</i>	<i>A1</i>	/	<i>V1</i>	/
<i>F3</i>	<i>B</i>	<i>A2</i>	<i>A</i>	<i>V2</i>	/
<i>F6</i>	<i>A</i>	<i>A3</i>	/	<i>V3</i>	/
<i>F7</i>	/	<i>A4</i>	<i>B</i>	Indici e classe	
<i>F9</i>	<i>A</i>	<i>A5</i>	<i>C</i>	<i>Stot</i>	34
<i>F10</i>	<i>B</i>	<i>A6</i>	<i>A</i>	<i>Smax</i>	94
<i>F11</i>	<i>C</i>	<i>A9</i>	<i>A</i>	<i>IAM</i>	0.36
<i>F12</i>	<i>C</i>	<i>A10</i>	<i>B</i>	<i>IQM</i>	0.64
<i>F13</i>	<i>B</i>	<i>A11</i>	<i>C</i>	<i>Classe</i>	Moderata
		<i>A12</i>	<i>B</i>		

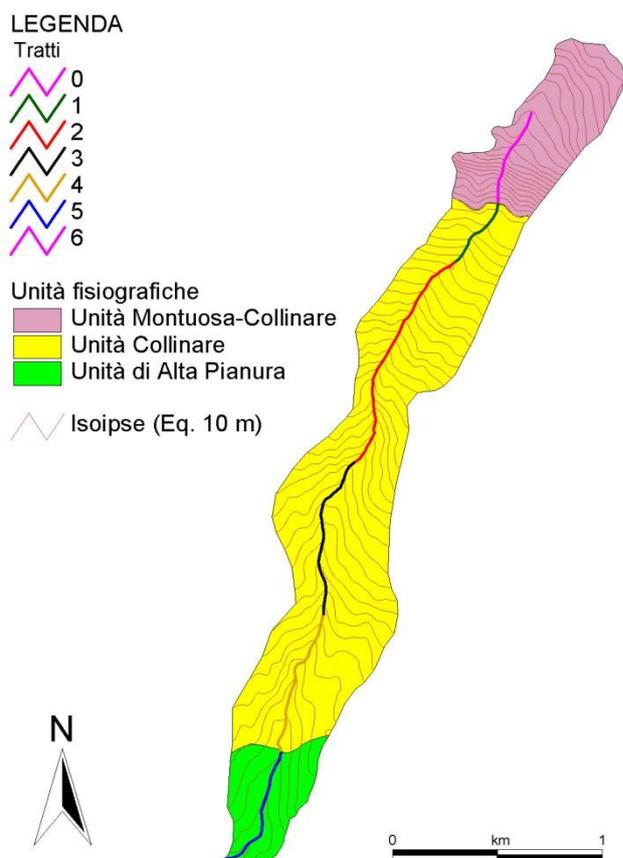
Fig.132 - Tratto 5 Torrente Rio Capuano. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Analisi geo-ambientale per la valutazione della pericolosità da esondazione: il Torrente Ratello

Analisi del bacino Idrografico

Il bacino idrografico del Torrente Ratello, a monte della sezione di chiusa posta presso la confluenza con Il Torrente Rio, ha un'estensione, pari a 2.04 Km². Ricade totalmente nel Comune di Guardia Sanframondi ed è stato suddiviso in quattro principali unità fisiografiche: Unità Montuosa, Unità Collinare, Unità di Alta Pianura ed Unità della Bassa Pianura; il corso d'acqua è stato invece suddiviso in 5 tratti (di seguito descritti), seguendo la metodologia di RINALDI *et alii* (2011). La sua porzione settentrionale è delimitata dalla linea di spartiacque passante per Pietra Fellara (821 m) e Toppo Capomandro (702 m), quella occidentale invece, è delimitata dalla strada statale 88 e dalla località Cavarena, mentre quella orientale dalle contrade Sapenzie, Galano, Taverna Starze e Vassallo (Fig.133).

Fig. 133 - Rappresentazione schematica della suddivisione in tratti del T. Ratello e in unità fisiografiche dell'intero bacino.



Essendo il bacino del Torrente Rio, in cui si è verificata la disastrosa piena del Luglio 2009 e descritto nel Cap. 10, in realtà un sottobacino di quello del T. Ratello: ciò renderebbe poco significativo un confronto tra il bacino del T. Rio e quello del T. Ratello.

Tuttavia, a nostro avviso, tale confronto costituisce uno dei passaggi centrali di questa Tesi, poiché il T. Ratello non fu interessato dalla suddetta piena, a differenza del T. Rio: confrontare i due bacini, pertanto, potrebbe chiarire il perché di tale diverso "comportamento" dei due corsi d'acqua in risposta ad uno stesso evento piovoso e fornire, al contempo, utili informazioni, possibilmente estrapolabili ad altri bacini simili, per la valutazione della pericolosità da esondazione.

Per tale motivo, si è operata la scelta di considerare, nel suddetto confronto, unicamente quella porzione del bacino del T. Ratello posta a monte con la confluenza nel T. Rio. Il tratto terminale del bacino, ovvero quello posto a valle della confluenza Rio-Ratello, è stato comunque caratterizzato e verrà adeguatamente descritto; di esso, tuttavia, non si è tenuto conto nel confronto tra bacini e nella determinazione dell'IQM (Indice di Qualità Morfologica) del Torrente Ratello.

Per brevità, nel prosieguo del presente capitolo, la porzione del bacino del Torrente Ratello presa in considerazione nel confronto con il bacino del Torrente Rio verrà comunque indicata con il termine "bacino del Torrente Ratello".

Distribuzione delle forme di erosione prodotte dal deflusso idrico superficiale

Come già accennato nel Capitolo precedente, tra i diversi aspetti geomorfologici, risulta essere di particolare rilevanza per le finalità di questa Tesi la distribuzione delle superfici soggette ad intensa *sheet* e *rill erosion*, nonché quella dei *gullies*: infatti, essendo tutte queste forme prodotte dall'erosione indotta dal ruscellamento superficiale, maggiore è la loro densità in una data classe di fattore geoambientale (pendenza, litologia, esposizione, uso del suolo), maggiore potrà essere considerata la propensione di quella classe al deflusso superficiale rispetto all'infiltrazione e, di conseguenza, maggiore potrà essere considerato il volume di acque di precipitazione meteorica che andrà ad alimentare in maniera più o meno rapida e diretta il sottostante corso d'acqua: tutto ciò, ovviamente, ha delle chiare ripercussioni nel quadro di un'analisi geo-ambientale finalizzata alla valutazione del rischio piena.

Sul base di quanto detto, interpretando i dati elaborati in GIS, l'area che delimita il bacino del Torrente Ratello a monte della confluenza con il T. Rio appare fortemente interessata dai processi di *sheet* e *rill erosion*. In essa sono state individuate, infatti, ben 56 superfici aventi un'area compresa tra 252.440 m² e 53 m². Più precisamente le superfici di maggior estensione sono state rilevate nell'area del versante calcarenitico di Toppo Capomandro, mentre nella restante parte del bacino, comprendente l'area pedemontana e parte di quella di fondovalle, in cui sono presenti forme relitte (lembi di *glacis*) e fenomeni franosi, le superfici soggette a *sheet* e *rill erosion* sono risultate essere di minori dimensioni (area compresa tra 53 m² e 52.150 m²) ma molto più frequenti.

Infine in riguardo alla distribuzione dei *gullies*, nell'area di interesse, i dati elaborati in GIS hanno evidenziato la presenza di 5 *gullies* aventi lunghezza compresa tra 99.7 m e 805.5 m e un'orientazione variabile da NE-SW a NNE-SSW. Essi sono localizzati in modo prevalente nell'area pedemontana, ai bordi dei lembi relitti di *glacis* e dei corpi di frana.

Assetto litologico e rapporti con il deflusso superficiale

L'area della porzione considerata del bacino del Torrente Ratello, da un punto di vista litologico evidenzia una disomogeneità litologica (Fig. 134). In tale area, il substrato pre-quadernario è rappresentato dai depositi del *complesso calcarenitico-marnoso* tettonicamente sovrapposti a quelli dei *complessi calcareo-pelitico* ed *arenaceo*. Più precisamente il complesso calcarenitico-marnoso affiora nella porzione settentrionale del bacino occupando una superficie di circa 0.4 Km², pari al 20.6% della superficie totale. Al contrario, i *complessi calcareo-pelitico* ed *arenaceo* affiorano per buona parte dell'area del bacino, pari al 66.3%, in un'area estesa per circa 1.4 Km².

Nel bacino, è inoltre possibile osservare la presenza di terreni quadernari costituiti dalle alluvioni (recenti ed antiche) del Fiume Calore e dal deposito piroclastico dell'Ignimbrite Campana. In particolare le alluvioni appartenenti al primo ciclo deposizionale del Fiume Calore sono state distinte in un *complesso sabbioso-ghiaioso-pelitico*, affiorante nel 3,9% del bacino, e in un *complesso limoso argilloso* (1.0%); entrambi questi complessi affiorano, più precisamente, all'estremo limite meridionale del bacino, coprendo un'area, rispettivamente, pari a 0.08 Km² e 0.02 Km².

Le alluvioni appartenenti al secondo ciclo deposizionale, affioranti anch'esse nella porzione terminale del bacino, sono rappresentate dal *complesso sabbioso-limoso* che affiora su una superficie di 0.02 Km², pari allo 0.9% dell'area totale del bacino. Infine, a completare il quadro geologico concorre la presenza del deposito piroclastico dell'Ignimbrite Campana affiorante nella porzione terminale del bacino per un'area di 0.09 Km², pari al 4.6% del bacino.

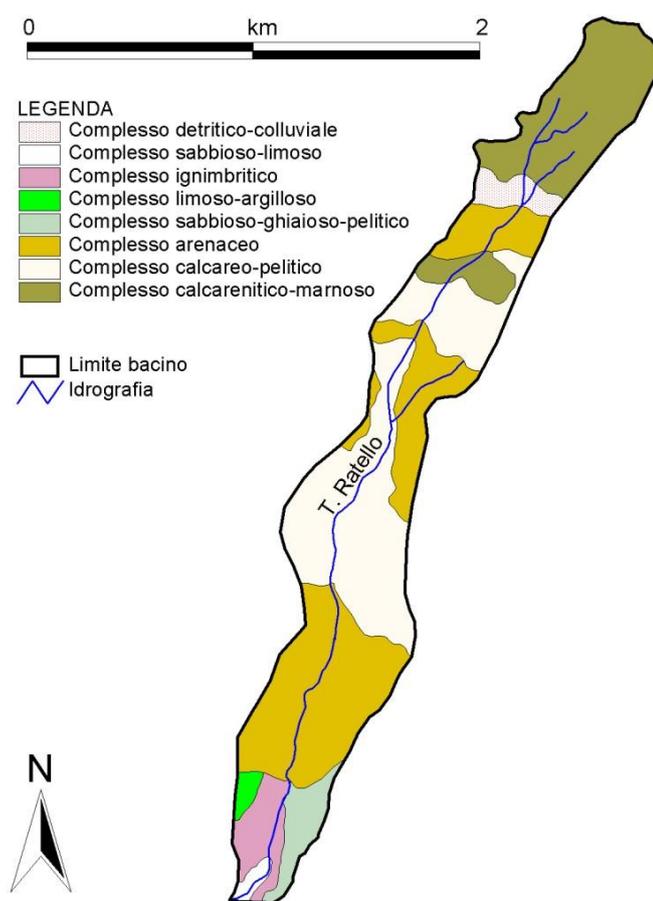


Fig. 134 - Carta Litologica del Bacino Ratello

I valori dell'Indice di Deflusso superficiale su base Geomorfologica (IDSg), calcolati per ciascun complesso litologico utilizzando la metodologia descritta in "Materiali e Metodi (Cap. 8), sono riportati in Tab. 7.

Complesso	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
Complesso calcarenitico-marnoso	0.42	20.6	0.838	Alta – molto alta
Complesso calcareo-pelitico	0.64	31.3	-0.154	Moderata Bassa
Complesso arenaceo	0.71	35	0.102	Moderata Alta
Complesso sabbioso-ghiaioso-pelitico	0.08	3.9	-0.114	Moderata Bassa
Complesso limoso-argilloso	0.02	1.0	-0.181	Moderata Bassa
Complesso sabbioso-limoso	0.02	0.9	-0.923	Bassa - molto bassa
Complesso ignimbrítico	0.09	4.6	-0.725	Moderata Bassa
Complesso detritico - colluviale	0.06	2.8	-2.496	Bassa - molto bassa

Tab. 7 – Tabella riepilogativa della distribuzione dei complessi litologici nel bacino del T. Ratello e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

I valori dell'IDSg evidenziano che, tra i vari complessi litologici, quello maggiormente propenso al deflusso superficiale è il complesso *calcarenitico-marnoso* (IDSg = 0.838) Al contrario, il complesso meno propenso al deflusso superficiale, come rilevato dal basso valore dell'IDSg (IDSg = -0.114) è quello *sabbioso-ghiaioso-pelitico*, di origine alluvionale, costituito da depositi altamente permeabili per porosità. Le motivazioni e la coerenza geomorfologica di questi ed altri valori dell'IDSg sono stati ampiamente descritti nel Capitolo 9, al quale per brevità si rimanda.

Uso del suolo e rapporti con il deflusso superficiale

L'area che delimita il bacino del Torrente Ratello, da un punto di vista dell'Uso del Suolo (Fig. 135), appare caratterizzata dalle seguenti classi:

1. Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
2. Boschi di latifoglie
3. Sistemi colturali e particellari permanenti
4. Tessuto urbano continuo
5. Uliveti
6. Vigneti

Le Aree a pascolo e le Aree boschive, poste nella parte sommitale del bacino, si sviluppano lungo il versante acclive di Toppo Capomandro ed occupano rispettivamente un'area di 0.25 Km² (pari al 12.5% della superficie totale del bacino) e 0.21 Km² (10.3%); il *Tessuto urbano continuo*, posto alla base del sopra citato versante, si sviluppa per circa 0.29 Km² (14.1% della superficie totale del bacino); infine, l'area che si sviluppa a sud dell'abitato di Guardia Sanframondi appare fortemente sfruttata per le pratiche agricole. Più precisamente la maggior parte del bacino (36,3%) è occupata dalle aree destinate alla coltivazione di *Uliveti*, distribuite in modo omogeneo nel bacino su un'area di circa 0.74 Km²; seguono poi le aree destinate alla coltivazione dei *Vigneti* che occupano un'area di circa 0.51 Km² (pari al 25.0% della superficie del bacino); infine, le aree destinate ad altre colture occupano un'area del bacino pari a 0.04 Km² (corrispondente all'1.8% del bacino).

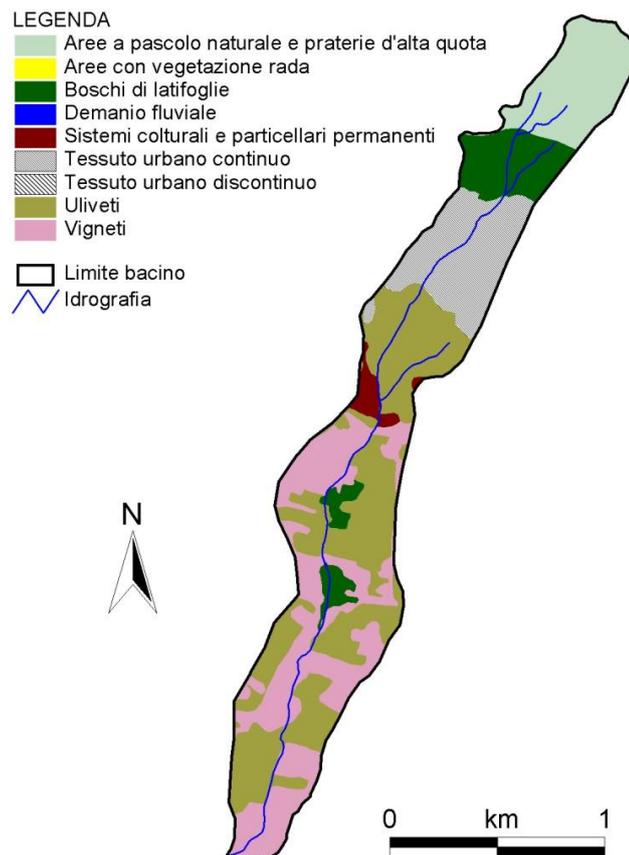


Fig. 135 – Carta dell’Uso del Suolo del Bacino Ratello

Classi di uso del suolo	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	0.25	12.5	1,111	Alta - molto alta
Boschi di latifoglie	0.21	10.3	-1,567	Bassa - molto bassa
Sistemi colturali e particellari permanenti	0.04	1.8	-0,108	Moderata Bassa
Tessuto Urbano continuo	0.29	14.1	1,312	Alta - molto alta
Uliveti	0.74	36.3	-0,719	Moderata Bassa
Vigneti	0.51	25.0	-0,221	Moderata Bassa

Tab. 8 – Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi dell’uso del suolo nell’area di studio e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

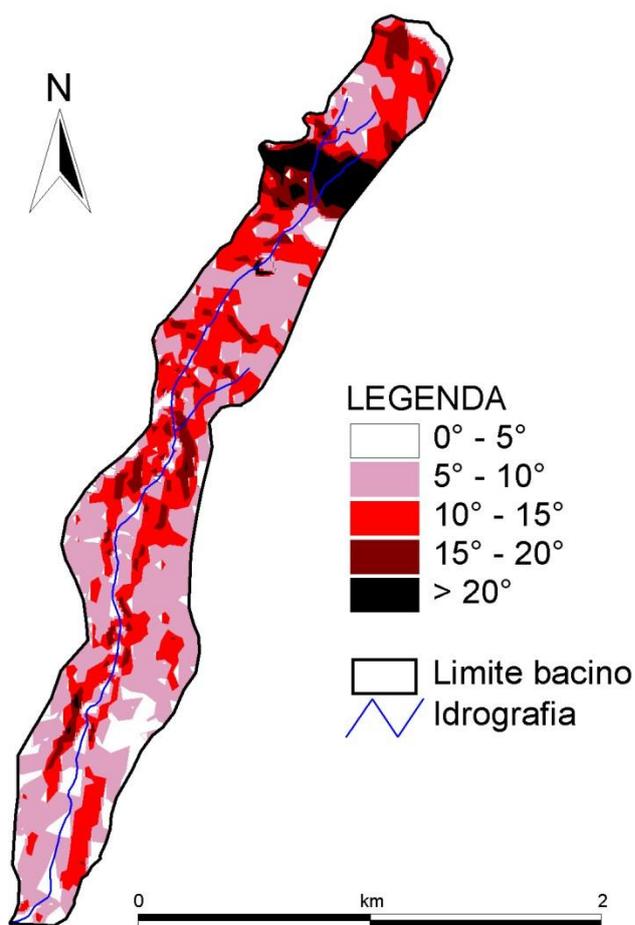
I valori dell'Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg), riportati nella Tab.8, hanno evidenziato che, tra le varie classi di uso del suolo, quella maggiormente propensa al deflusso superficiale è risultata essere il *Tessuto urbano continuo* (IDSg = 1.312), data la sua notevole impermeabilità derivante dall'utilizzo di materiali come cemento, cemento armato, asfalto, ecc.; mentre al contrario, la classe di uso del suolo che si è rivelata meno propensa al deflusso superficiale sono le *Aree Boschive*, data la loro propensione a trattenere l'acqua piovana favorendo l'infiltrazione rispetto al ruscellamento.

Pendenza e rapporti con il deflusso superficiale

Il *range* di pendenze che caratterizza il bacino del Torrente Ratello è stato suddiviso in 5 classi (Fig.136):

1. Classe 0° - 5°
2. Classe 5° - 10°
3. Classe 10° - 15°
4. Classe 15° - 20°
5. Classe >20°

Fig. 136 - Carta delle pendenze del Bacino Ratello



Di queste classi, quella che prevale è la classe 5°-10° occupante un'area pari a 0.87 Km² corrispondente al 42.9% della superficie totale del bacino; al contrario quella meno rappresentata risulta essere la classe > 20°, che si rinviene su una superficie complessiva di circa 0.09 Km², pari al 4.6% della superficie del bacino.

Classi di pendenza	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
0°-5°	0.23	11.2	-0,465	Moderata bassa
5°-10°	0.87	42.9	0,120	Moderata alta
10°-15°	0.68	33.4	0,178	Moderata alta
15°-20°	0.16	7.9	0,184	Moderata alta
> 20°	0.09	4.6	-0,018	Moderata Bassa

Tab. 9 – Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi di pendenza nel bacino del T. Ratello e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

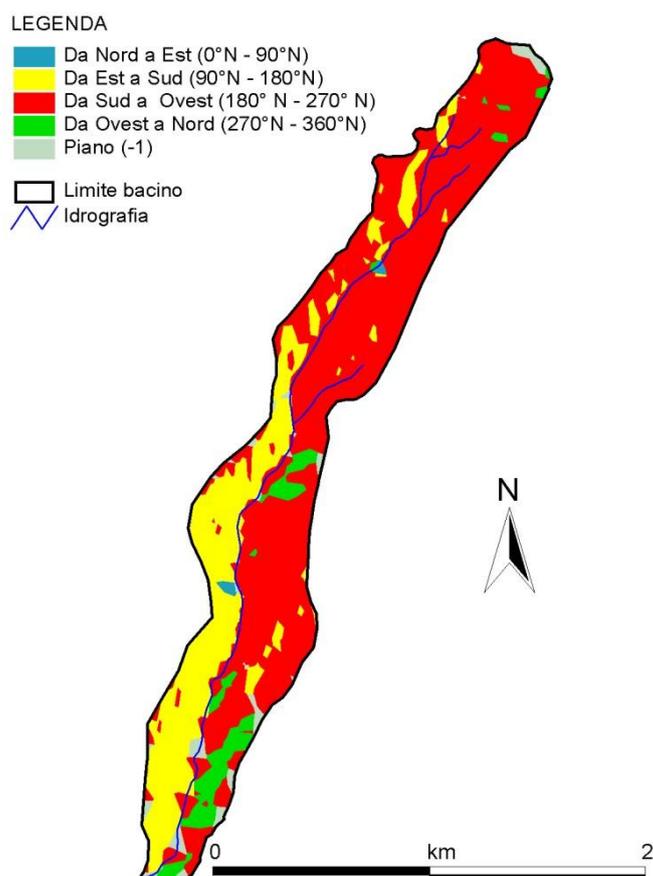
L'Indice di deflusso superficiale (IDSg; Tab. 9), calcolato per le diverse classi di pendenza evidenzia un incremento progressivo con l'aumentare della pendenza stessa, fatta eccezione per la classe >20 dove l'IDSg calcolato è risultato essere pari a -0.018. Questo dato apparentemente incoerente si spiega facilmente con la presenza di boschi sulle superfici più acclivi (si confrontino le Figg. 135 e 136), che riducono il Deflusso Superficiale. Nel complesso, quindi, i dati risultano coerenti da un punto di vista geomorfologico, poiché è noto che all'aumentare della pendenza aumenta anche la velocità di deflusso e, con essa l'erosività delle acque di ruscellamento.

Esposizione e rapporti con il deflusso superficiale

L'area del bacino del Torrente Ratello, dal punto di vista delle esposizioni, è stata suddivisa in 5 classi (Fig.137):

1. Da Nord ad Est ($0^{\circ}\text{N}-90^{\circ}\text{N}$)
2. Da Est a Sud ($90^{\circ}\text{N}-180^{\circ}\text{N}$)
3. Da Sud a Ovest ($180^{\circ}\text{N}-270^{\circ}\text{N}$)
4. Da Ovest a Nord ($270^{\circ}\text{N}-360^{\circ}\text{N}$)
5. Piano (-1)

La distribuzione di tali classi, all'interno del bacino, appare non omogenea; si nota infatti una netta predominanza dei versanti esposti da Sud ad Ovest, che occupano il 63.3% della superficie del bacino, pari a 1.3 Km^2 , rispetto a quelli



esposti da Est a Sud, occupanti un'area di 0.6 Km^2 (pari al 27.3% della superficie del bacino). A queste classi seguono le classi di esposizione da Ovest a Nord (6.1% della superficie del bacino) e Piano (2.9%) che occupano un'area, rispettivamente, un'area di 0.12 Km^2 e 0.06 Km^2 . Infine si nota una quasi assenza della classe d'esposizione da Nord a Est (0.4%) occupanti un'area di 0.01 Km^2 .

Fig. 137 - Carta delle esposizioni del Bacino del Torrente Ratello

I valori dell'Indice di deflusso superficiale (IDSg) calcolato per queste classi, riportato in Tab.10, hanno evidenziato che, tra le varie classi di esposizione, i versanti esposti da "Est a Sud" sono quelli più propensi al deflusso superficiale (IDSg = 0.228); al contrario, i versanti esposti da "Ovest a Nord" (IDSg = 0.022) nonché quelli "pianeggianti" (IDSg = -) risultano meno propensi al deflusso superficiale. L'IDSg attribuito alla classe di esposizione "Piano" appare perfettamente spiegabile, poiché su superfici pianeggianti l'acqua di precipitazione meteorica tende ad infiltrarsi piuttosto che a ruscellare ed è, pertanto, inibita qualsiasi fenomenologia erosiva legata al deflusso superficiale.

Classi di esposizione	Superficie occupata (km²)	Percentuale della superficie totale del bacino(%)	IDSg	Classe di IDSg (classi di Van Westen, 1993)
Da Nord a Est (0°N-90°N)	0.01	0.4	0,115	Moderata alta
Da Est a Sud (90°N - 180°N)	0.56	27.3	0,228	Moderata alta
Da Sud a Ovest (180°N - 270°N)	1.29	63.3	0,072	Moderata alta
Da Ovest a Nord (270°N - 360°N)	0.12	6.1	0,222	Moderata alta
Piano (-1)	0.06	2.9	-	-

Tab. 10 – Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi di esposizione nel bacino del Torrente Ratello e dei relativi Indici di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

Distribuzione dell'Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg)

La propensione al deflusso idrico superficiale dell'area del bacino del Torrente Ratello è stata espressa mediante un apposito indice (Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica, di seguito IDSg), calcolato seguendo la metodologia illustrata nel Capitolo 8 ("Materiali e Metodi"). Il range di valori di tale indice è stato suddiviso in quattro classi, secondo quanto suggerito da Van Westen (1993), ovvero:

1. Basso - molto basso ($\text{IDSg} < -0.75$)
2. Moderato - basso ($-0.75 < \text{IDSg} < 0.05$)
3. Moderato - alto ($0.05 < \text{IDSg} < 0.5$)
4. Alto - molto alto ($\text{IDSg} > 0.5$)

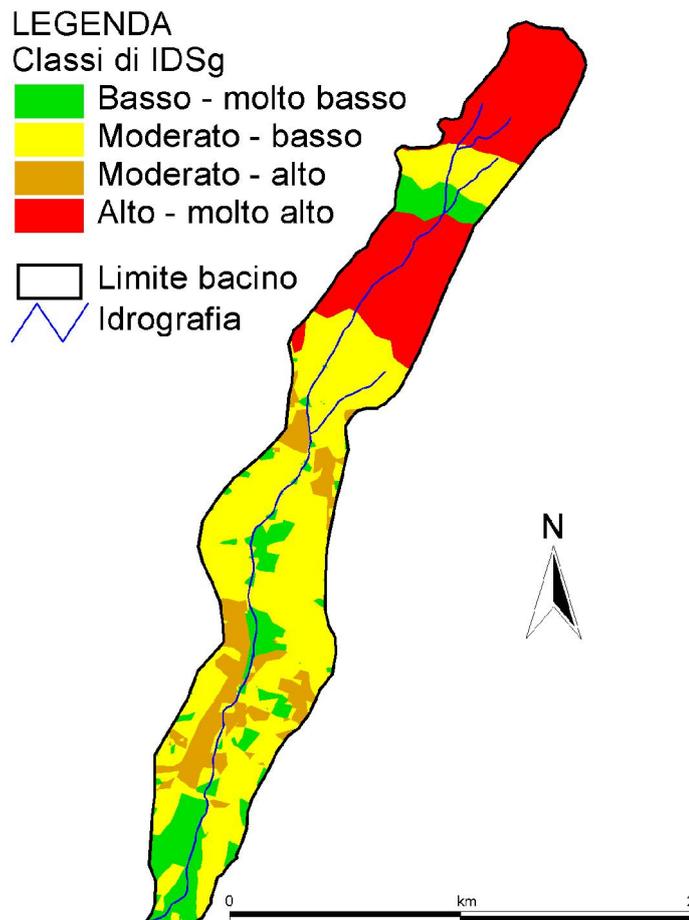


Fig. 138 - Carta dell'IDSg del Bacino del T. Ratello

La distribuzione di tali classi all'interno del bacino è riportata in Fig. 138 ed appare non omogenea; si nota infatti una netta prevalenza della classe di IDSg "Moderato - basso" che occupa un'area complessiva di 1.01 Km², pari al 50% dell'intera area del bacino (Tab.11).

Tale classe è diffusa soprattutto nel settore centrale del bacino, dove il substrato è costituito dai depositi del complesso calcareo-pelitico ed arenaceo, l'uso del suolo consiste in uliveti e vigneti e le pendenze sono estremamente variabili, ma prevalentemente comprese tra 5° e 15°. La bassa propensione al deflusso appare quindi spiegabile soprattutto con l'elevata permeabilità per porosità e fessurazione delle arenarie del complesso arenaceo, con le pendenze complessivamente contenute e, soprattutto, con l'azione favorevole all'infiltrazione piuttosto che al deflusso svolta dagli uliveti e subordinatamente dai vigneti. Tali elementi sfavorevoli al deflusso superficiale sembrano "annullare" la propensione allo stesso indotta dalla bassa permeabilità dei depositi del complesso calcareo-pelitico.

Si osserva poi una distribuzione altrettanto ampia della classe di IDSg "Alto - molto alto", che occupa un'area di 0.53 Km² (26% dell'area del bacino) ed è concentrata nella parte alta del bacino. L'elevata propensione al deflusso in questa porzione di bacino appare in massima parte spiegabile con la presenza delle *Impervious cover* del *Tessuto urbano continuo* dell'abitato di Guardia Sanframondi, che la rendono un'area totalmente impermeabile. In questa zona, inoltre, sono concentrate le superfici a maggiore pendenza, che, come noto, sono caratterizzate da una prevalenza del deflusso superficiale sull'infiltrazione. L'elevata propensione al deflusso in questa porzione di bacino appare in contrasto unicamente con l'elevata permeabilità per fratturazione delle calcareniti qui presenti. Tuttavia, come già detto nel Paragrafo 10.1.6, essa è tuttavia spiegabile con la presenza

di intercalazioni marnose poco permeabili nelle calcareniti, nonché con quella di suoli di origine piroclastica fortemente argillificati, che occludono le fessure presenti nelle calcareniti, impermeabilizzandole. Inoltre, manca in questa zona una vegetazione arborea in grado di favorire l'infiltrazione sul deflusso superficiale, essendo essa prevalentemente di tipo erbaceo e/o arbustivo.

Infine si nota una minima distribuzione della classe "Bassa - molto bassa" (14% dell'area del bacino), occupante un'area di circa 0.29 Km². Superfici appartenenti a questa classe di IDSg sono impostate in sedimenti alluvionali o detritico-colluviali ad elevata permeabilità per porosità dei depositi (*complesso sabbioso-ghiaioso-pelitico, complesso sabbioso-limoso e complesso detritico-colluviale*). La bassa propensione al deflusso idrico superficiale appare spiegabile anche con la frequenza relativamente alta di superfici pianeggianti e/o debolmente inclinate (pendenza compresa tra 0°-15°). Infine, poco diffuse sono le superfici con IDSg "Moderato - alto", che occupano un'area di circa 0.20 Km², pari al 10% della superficie totale del bacino. Tali superfici sono localizzate dove sono presenti classi di fattori geoambientali con propensione intermedia al deflusso idrico superficiale.

Classe di IDSg	Area occupata (Km²)	Percentuale della superficie totale del bacino (%)
Bassa - molto bassa (IDSg < -0,75)	0.29	14
Moderata - bassa (-0,75 < IDSg < 0,05)	1.01	50
Moderata - alta (0,05 < IDSg < 0,5)	0.20	10
Alta - molto alta (IDSg > 0,5)	0.53	26

Tab. 11 - Tabella riepilogativa della distribuzione delle classi dell'Indice di deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg) nel bacino del T. Ratello

Caratteristiche morfologico-geometriche del Torrente Ratello

Premessa

In questo paragrafo sono state riportate le informazioni ricavate dalle analisi effettuate in campo per la determinazione dei fattori morfologico-geometrici dell'alveo del Torrente Ratello, *sensu* RINALDI *et alii* (2011), ovvero: andamento plano-altimetrico, caratteristiche delle sezioni trasversali, forme fluviali, granulometrie prevalenti dei sedimenti, ecc. Lo scopo dell'analisi è stato quello di individuare dei tratti fluviali che potessero essere ritenuti relativamente uniformi dal punto di vista morfologico ed interpretarli e discuterli in un'ottica di pericolosità associata alle esondazioni: è evidente, infatti, che peggiore è la "qualità morfologica" (*sensu* RINALDI *et alii*, 2011), maggiore è il disturbo sulla normale dinamica fluviale e, quindi, maggiore può essere la pericolosità associata alle piene che non avvengono più con le modalità tipiche di un alveo indisturbato. Per poter effettuare tale suddivisione si è seguita la procedura descritta nel paragrafo 8.4.2.

Descrizione dei tratti

Tratto 1: da via Costarelle a via San Francesco

Il tratto in esame è il primo del Torrente Ratello ad essere preso in considerazione, poiché esso a pochi metri dalla sorgente inizia un percorso tombato attraversando l'intero paese di Guardia Sanframondi (Fig. 133). Posto nell'unità fisiografica "collinare" del bacino, questo tratto è lungo ~ 375 m e si collega con il tratto pedemontano, posto ad una quota di 365 m s.l.m., attraverso una serie di salti,

rivestiti con muratura in pietrame calcareo squadrato, realizzati tra le pareti verticali degli edifici latistanti (Fig. 139). La pendenza media è pari a 6%. L'alveo al momento del sopralluogo (aprile-maggio 2011) è stato considerato in condizioni di completa artificialità; inoltre, la distanza tra le opere trasversali è talmente ravvicinata da non permettere l'instaurarsi di unità morfologiche non dipendenti dall'opera stessa. In questi casi non si riconosce la configurazione del fondo in condizioni naturali e quindi non è stato possibile determinare i fattori morfologico-geometrici precedentemente elencati in premessa.

Sulla base di tutto ciò e delle poche informazioni ricavate è stato possibile ricavare un IQM pari a 0.36 e collocare il tratto in una classe di qualità morfologica SCADENTE (Fig.136)

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
<i>F1</i>	<i>A</i>	<i>A1</i>	/	<i>V1</i>	/
<i>F3</i>	<i>B</i>	<i>A2</i>	<i>B1</i>	<i>V2</i>	/
<i>F6</i>	<i>A</i>	<i>A3</i>	/	<i>V3</i>	/
<i>F7</i>	/	<i>A4</i>	<i>C</i>	Indici e classe	
<i>F9</i>	<i>C</i>	<i>A5</i>	<i>B</i>	<i>Stot</i>	61
<i>F10</i>	<i>C2</i>	<i>A6</i>	<i>C(+12)</i>	<i>Smax</i>	94
<i>F11</i>	<i>C</i>	<i>A9</i>	<i>C(+12)</i>	<i>IAM</i>	0.64
<i>F12</i>	<i>B</i>	<i>A10</i>	<i>A</i>	<i>IQM</i>	0.36
<i>F13</i>	<i>C</i>	<i>A11</i>	<i>A</i>	<i>Classe</i>	Scadente
		<i>A12</i>	<i>B</i>		

a



Fig.139 - Torrente Ratello: (a) Tabella riepilogativa per il calcolo dell' IQM; (b) Vista del tratto 1 studiato; nella foto è rappresentata l'opera di Ingegneria Naturalistica del progetto "Opere di difesa spondale e arginale del Torrente Ratello" realizzata nel 2006 .

Tratto 2: da via San Francesco a Località "Capanne"

Il tratto in esame, rientrante ancora nell'unità fisiografica collinare, è lungo 1205.8 m ed è caratterizzato da una pendenza media del fondo del 10.8%. Esso, al momento del rilevamento (maggio 2011) si è presentato confinato, a canale singolo, con una larghezza media di 2÷4 m e fortemente alterato dalle sistemazioni idrauliche (serie di briglie), interessanti la parte alta del tratto, nonché dalla presenza di una strada che scorre sopra di esso alterando la continuità tra versante e corso d'acqua.

Nell'area intorno all'alveo fluviale, i versanti cominciano a degradare e si possono osservare numerosi oliveti, vigneti e campi coltivati. La morfologia di fondo riscontrata è quella a *Plane-bed* e *step-pool* coerente con la pendenza media del tratto. Considerando l'artificialità, la maggior criticità è rappresentata dal fatto che nel tratto (estremità superiore) sono presenti ben 5 briglie di trattenuta distanziate tra loro dai 50 m ai 100 metri. Inoltre poco a monte (225 m) del tratto analizzato, ad una quota di 325 m s.l.m., è presente una briglia di trattenuta filtrante (Fig.140)

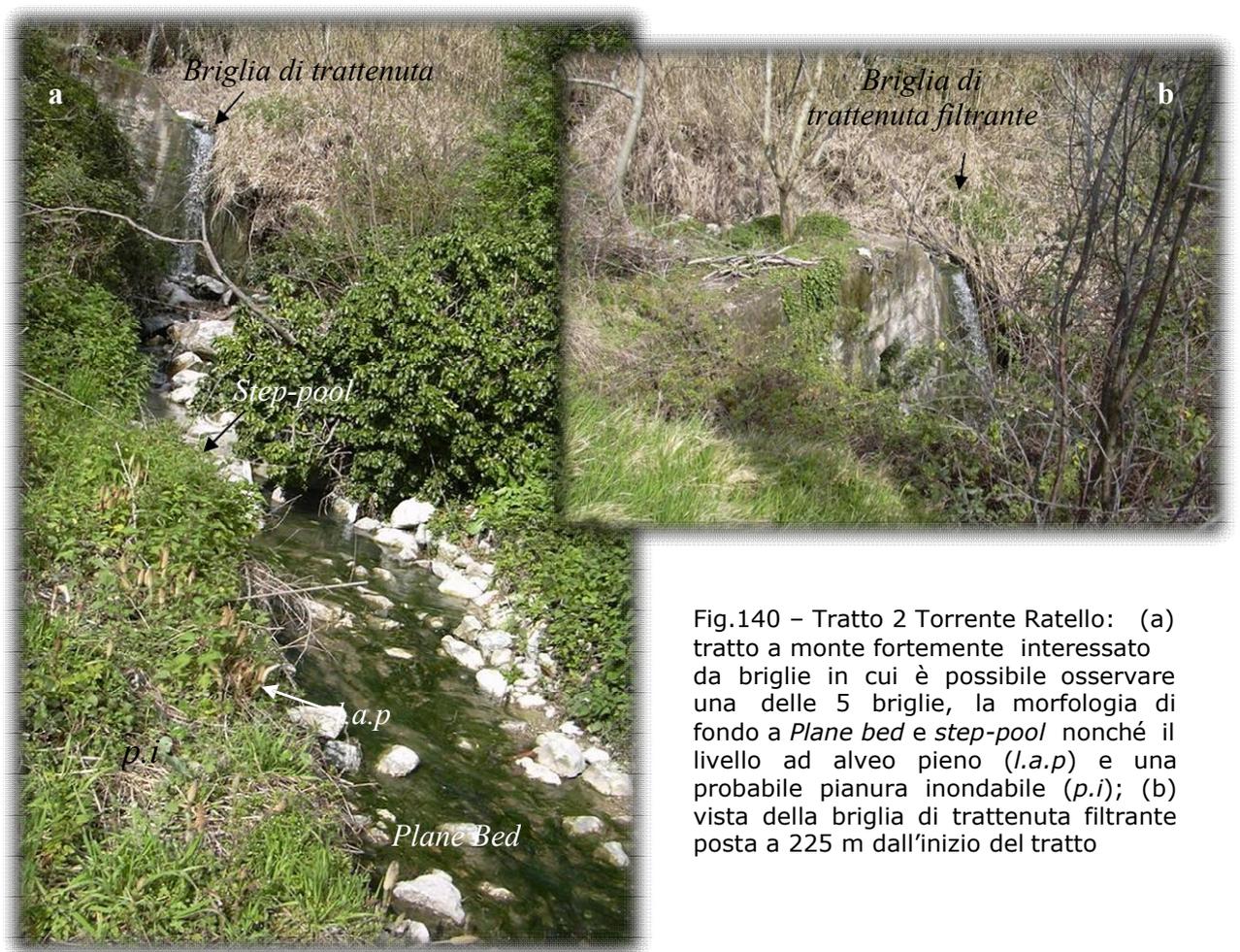


Fig.140 – Tratto 2 Torrente Ratello: (a) tratto a monte fortemente interessato da briglie in cui è possibile osservare una delle 5 briglie, la morfologia di fondo a *Plane bed* e *step-pool* nonché il livello ad alveo pieno (*l.a.p*) e una probabile pianura inondabile (*p.i*); (b) vista della briglia di trattenuta filtrante posta a 225 m dall'inizio del tratto

Infine, tra gli altri elementi d'artificialità sono da considerare le difese longitudinali (gabbionate) presenti nella porzione finale del tratto in corrispondenza del ponte su cui scorre l'arteria stradale "La Bretella". Qui nel

complesso, la sezione appare pressoché invariata ad eccezione della porzione finale dove le opere di difesa longitudinale hanno determinato la formazione di una "barra di centro alveo", causando la quasi occlusione dell'alveo stesso. In questo punto l'alveo attivo è infatti ampio meno di 1 metro (Fig.141).



Fig.141 - Tratto 2 Torrente Ratello: vista delle opere di difesa longitudinale dal ponte su cui scorre l'arteria stradale "La Bretella"; e della barra di centro alveo che determina una variazione della sezione dell'alveo.

In definitiva, dalle osservazioni condotte l'IQM è pari a 0.59 e di conseguenza il tratto presenta una qualità morfologica MODERATA (Fig.142).

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	C	A1	/	V1	/
F3	C	A2	B1	V2	/
F6	A	A3	/	V3	/
F7	/	A4	C(+12)	Indici e classe	
F9	A	A5	B	Stot	39
F10	A	A6	A	Smax	94
F11	C	A9	A	IAM	0.41
F12	C	A10	B	IQM	0.59
F13	A	A11	C	Classe	Moderata
		A12	A		

Fig. 142 – Tratto 2 Torrente Ratello: Tabella riepilogativa per il calcolo dell' IQM

Tratto 3: da Località "Capanne" a Località "Sapenzie"

Il tratto in esame, lungo ~ 861.1 m, è situato nella porzione intermedia del bacino e presenta caratteristiche di un alveo confinato-semiconfinato, a canale singolo, con andamento rettilineo-sinuoso, larghezza media di 2÷4 m e gradiente del 10.2%. Il territorio che circonda l'alveo è ancora simile a quello del tratto precedente, cioè prevalentemente utilizzato per colture specializzate di uliveti, vigneti e frutteti. La morfologia di fondo varia da valle così come l'omogeneità dei sedimenti in esso presenti.

Infatti, nella parte a monte del tratto si osserva un alveo rettilineo, con un alveo attivo ampio (~4 m) e un profilo longitudinale privo di brusche variazioni altimetriche. In questa porzione, la morfologia di fondo riconosciuta è quella a *Plane-bed* con piccole evidenze di *step-pool*; morfologia che risulta interrotta nella porzione iniziale del tratto dalla presenza di una briglia che comporta la formazione locale di *Barre laterali* e condizioni di *riffle-pool*.

Le sponde in tale tratto si presentano basse (~ 1 m dalla quota di fondo), stabili da un tempo sufficientemente lungo poiché hanno consentito la crescita di alberi in direzioni verticali e ricoperte da vegetazioni arbustive.

Infine, si osservano alcuni alberi piegati, probabilmente soggetti non all'attività laterale del canale ma a movimenti lenti del regolite quali *soil-creep* (Fig. 143).

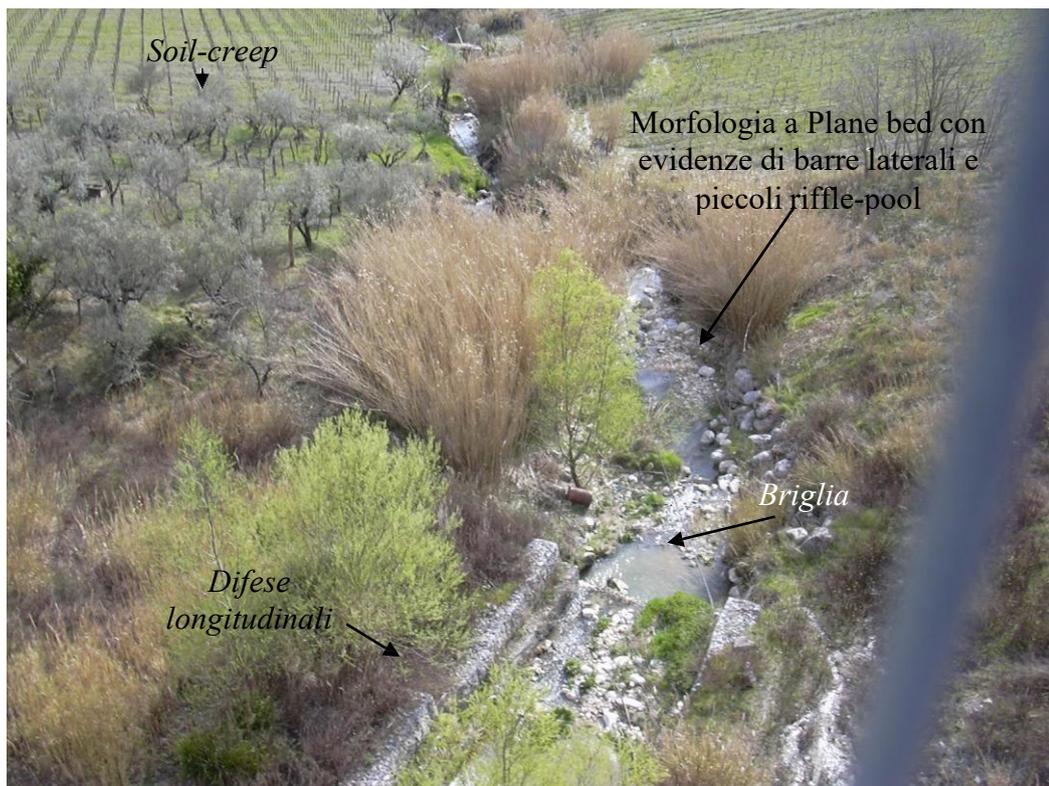


Fig. 143 – Tratto 3 Torrente Ratello: porzione iniziale caratterizzata dalle opere di difesa longitudinale (viste dal ponte su cui scorre l'arteria stradale "La Bretella"); dalla morfologia a Plane-bed; dalle barre laterali formatesi per effetto della briglia; ed infine vista degli effetti del movimento lento del regolite: *soil-creep*.

Spostandoci verso la parte centrale, il tratto si presenta ancora rettilineo, scarsamente sinuoso, con un'eterogeneità del substrato e un'alveo attivo più stretto rispetto al precedente. La morfologia di fondo è di tipo *plane-bed*. In questo tratto è stato possibile indicare il livello di alveo pieno mentre è assente la pianura inondabile. Le sponde si presentano basse (~1 m) e ricoperte da una folta vegetazione arbustiva che cresce prossima all'alveo stesso. L'opera

trasversale in questo tratto è posta alla fine e consiste in una briglia di consolidamento (Fig. 144).

Superata tale briglia si è giunti nella porzione finale del tratto in esame. In esso sono presenti altre due briglie e la morfologia che si riscontra è ancora una volta quella a plane-bed con la presenza di piccole barre laterali. In questo tratto la vegetazione, sia arbustiva che arborea, è molto fitta quindi non è stato possibile definire la pianura inondabile, nè l'altezza delle sponde (Fig. 145). Sulla base di tutte queste osservazioni l'IQM ottenuto è pari a 0.63 e di conseguenza il tratto presenta una qualità morfologica MODERATA (Fig. 146).



Fig. 144 – Tratto 3 Torrente Ratello: nella foto si osserva la porzione intermedia del tratto caratterizzato da una morfologia a *Plane bed*. Inoltre, in essa, è riportata la posizione della *briglia* e il livello ad alveo pieno (*l.a.p.*) misurato in campo.



Fig. 145 – Tratto 3 Torrente Ratello: nella foto si osserva la porzione finale del tratto caratterizzato da una morfologia a *Plane bed* con *barre laterali*. In essa è possibile, inoltre, osservare la *sommità della briglia*.

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	C	A1	/	V1	/
F3	C	A2	B1	V2	/
F6	A	A3	/	V3	/
F7	/	A4	C	Indici e classe	
F9	A	A5	B	Stot	35
F10	A	A6	A	Smax	94
F11	C	A9	A	IAM	0.37
F12	C	A10	B	IQM	0.63
F13	A	A11	C	Classe	Moderata
		A12	A		

Fig. 146- Tratto 3 Torrente Ratello: Tabella riepilogativa per il calcolo dell' IQM

Tratto 4: da Località "Sapenzie" a Località "Galano"

Il tratto in esame è lungo ~786.5 m ed è caratterizzato da una pendenza del 6%. In esso l'alveo attivo ha una larghezza di ~4 m; rispetto al tratto precedente, l'alveo attivo è, quindi, più ampio. Il territorio intorno al torrente è ancora utilizzato ad uliveti, vigneti e frutteti. L'alveo al momento del sopralluogo (maggio 2011), è stato considerato in condizioni naturali, senza interventi antropici, quindi è stato possibile analizzare le caratteristiche delle forme fluviali. Il tratto in questione risulta avere un andamento rettilineo, ed essere caratterizzato da un'eterogeneità dei sedimenti in esso presenti.

Esso, infatti, nella prima metà, risulta essere caratterizzato da sedimenti grossolani che, accumulandosi nell'alveo conferiscono a quest'ultimo una morfologia di fondo a *step-pool*. La pianura inondabile non è ben definibile e le sponde sono probabilmente stabili da un lungo tempo poiché hanno consentito la crescita di alberi in direzione praticamente verticale. Inoltre non è possibile osservare altri tipi di vegetazione a parte quella di tipo arbustiva e la presenza in luoghi di canneti (Fig. 147).

Nella restante metà del tratto, l'alveo mantiene il suo andamento rettilineo divenendo leggermente sinuoso nella parte finale. La morfologia in tale tratto è prevalentemente a *Plane-bed* con formazioni di *barre laterali* e evidenze di *riffle-pool*. Tuttavia in alcuni punti rimane confermata la morfologia a *step-pool*. Anche per tale porzione la pianura inondabile non è ben definibile e le sponde sono probabilmente stabili da un lungo tempo poiché hanno consentito la crescita di alberi in direzione praticamente verticale (Fig. 148)

Infine, per l'intero tratto è stata riscontrata l'assenza di opere antropiche sia trasversali che longitudinali. Pertanto sulla base delle sopradescritte osservazioni l'IQM calcolato è pari a 0.80 e di conseguenza il tratto presenta una qualità morfologica BUONA (Fig. 149).

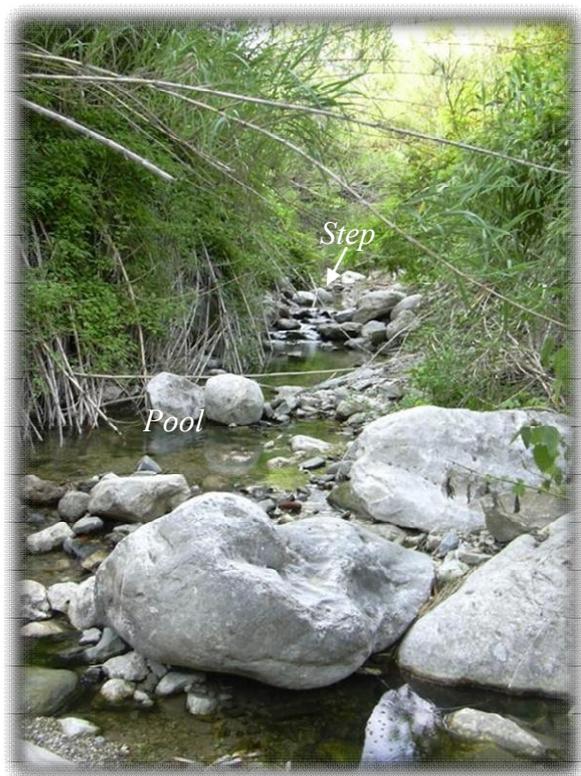


Fig. 147 - Tratto 4 Torrente Ratello: nella foto si osserva un punto caratteristico della prima metà del tratto in cui è possibile osservare la morfologia a *step-pool*



Fig. 148 - Tratto 4 Torrente Ratello: nella foto si osserva un punto caratteristico della seconda metà del tratto in cui è possibile osservare la morfologia a *Plane-bed* con formazione di *barre laterali* e condizioni di *riffle-pool*

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	B	A1	/	V1	/
F3	A	A2	A	V2	/
F6	A	A3	/	V3	/
F7	/	A4	A	Indici e classe	
F9	A	A5	B	Stot	19
F10	A	A6	A	Smax	94
F11	C	A9	A	IAM	0.20
F12	C	A10	B	IQM	0.80
F13	A	A11	C	Classe	Buona
		A12	A		

Fig. 149 – Tratto 3
Torrente Ratello:
Tabella riepilogativa
per il calcolo dell'
IQM

Tratto 5: da Località "Galano" a Località "Starze"

Il tratto in esame, situato nell'unità fisiografica di alta pianura, è lungo ~ 677.1 m ed è caratterizzato da una pendenza media del fondo pari a 0.04%. Al momento del rilevamento (maggio 2011) il tratto appare in condizioni naturali, con andamento rettilineo-sinuoso. A differenza dei tratti finora descritti, esso presenta un'omogeneità di unità morfologica: è infatti possibile osservare da monte a valle una morfologia a *plane-bed* con evidenze di *step-pool*; mentre varia l'altezza delle sponde e la possibilità di individuare una pianura inondabile nonché misurare il livello ad alveo pieno.

Pertanto, assumendo il ponte, posto a quota 87 m s.l.m., come punto di separazione tra la parte a monte e quella a valle del tratto le osservazioni condotte hanno evidenziato quanto segue.

Nella parte a monte del ponte, l'alveo appare rettilineo-sinuoso con alveo attivo ristretto (~ 2m) ed un profilo longitudinale regolare. La morfologia di fondo riconosciuta è quella a *plane-bed* con evidenze locali di *step-pool* e nella porzione prossima al ponte è possibile osservare delle piccole

barre laterali (Fig. 150a,b). Le sponde risultano variabili da 1 a 2 metri, stabili e ricoperte prevalentemente da vegetazione arbustiva. La presenza di tale vegetazione non ha reso possibile l'individuazione di una presunta piana inondabile nonché la possibilità di misurare il livello ad alveo attivo. Infine, per l'intera porzione non sono presenti opere antropiche né di tipo longitudinale né trasversale. L'unica influenza antropica riscontrata è data dal ponte a quota 87 m s.l.m. il quale incide minimamente sulla dinamica del corso d'acqua.



Fig. 150 - Tratto 5 Torrente Ratello: (a) punto caratteristico della metà a monte del ponte in cui è possibile osservare una morfologia a

Plane-bed con evidenze locali di step-pool; (b) punto caratteristico della metà a monte del ponte (prossimo però ad esso) in cui rimane confermata la morfologia a Plane-bed ma con evidenze di riffle-pool e presenza di una piccola barra laterale.

Nella parte a valle del ponte, viceversa, l'alveo appare ancora rettilineo-sinuoso con alveo attivo ristretto (~2m) ed un profilo longitudinale regolare. La morfologia di fondo riconosciuta è nuovamente quella a *plane-bed* con evidenze di

step-pool e *barre laterali* in prossimità del ponte (Fig. 151 a,b). A differenziare tale porzione dalla precedente è la riduzione nell'altezza delle sponde e la presenza di un punto in cui il torrente è in fase di incisione. Nel primo caso, le sponde sono molto basse ($\leq 1\text{m}$) e prive di folta vegetazione, permettendo di individuare una potenziale pianura inondabile, nonché misurare il livello ad alveo pieno; nel secondo caso il fatto che il torrente sia in una fase di incisione è testimoniato dallo scalzamento al piede di una sponda, anche se non si osservano fenomeni d'instabilità della sponda stessa (Fig. 151 a,b). Infine per l'intera porzione non sono presenti opere antropiche né di tipo longitudinale né trasversale. L'unica influenza antropica riscontrata è data dal ponte a quota 87 m s.l.m. il quale incide minimamente sulla dinamica del corso d'acqua.

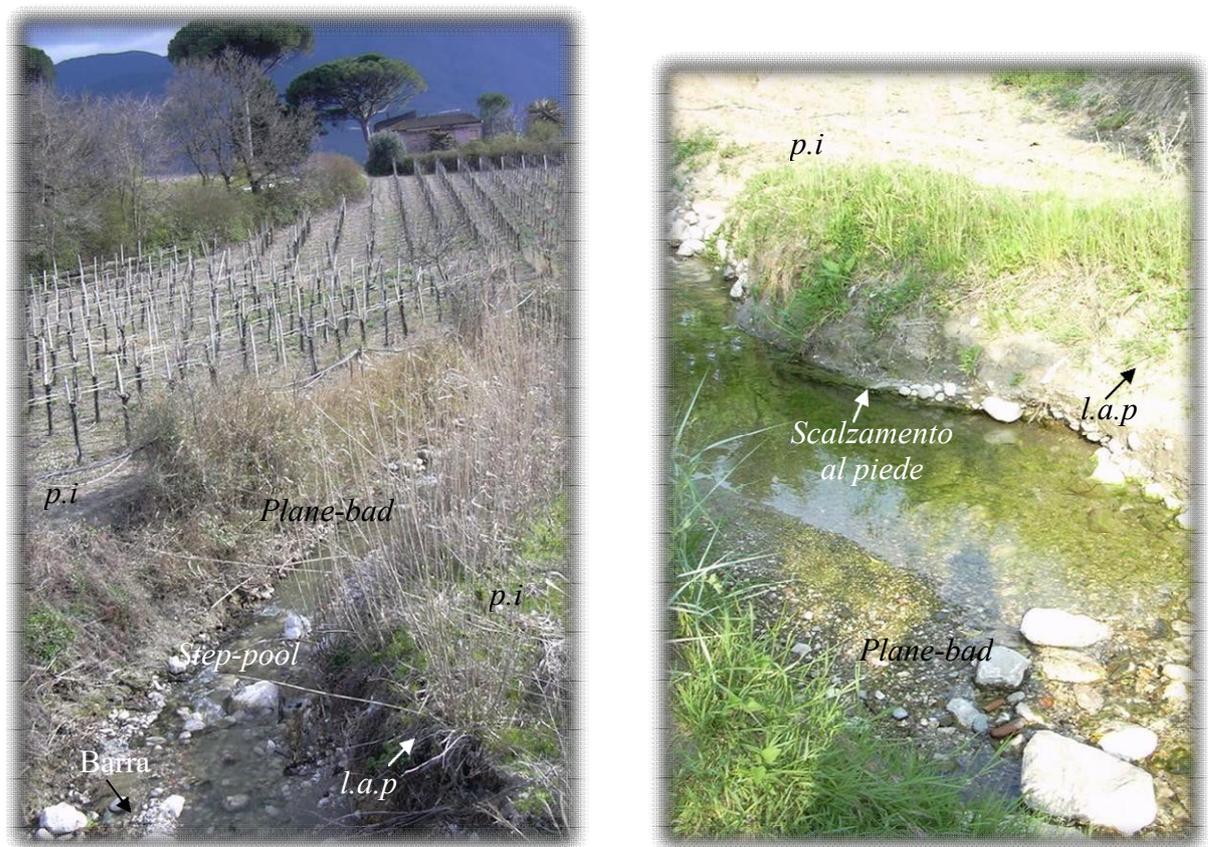


Fig. 151 – Tratto 5 Torrente Ratello: (a) punto caratteristico della metà a valle del ponte in cui è possibile osservare una morfologia a *plane-bed* con evidenze locali di *barre* e *step-pool*; (b) punto caratteristico della metà a valle del ponte in cui si osserva la morfologia a *plane-bed* nonché lo scalzamento al piede ad opera del torrente.

Sulla base delle osservazioni condotte l'IQM è pari a 0.74 e di conseguenza il tratto presenta una qualità morfologica BUONA (Fig. 152)

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	B	A1	/	V1	/
F3	B	A2	A	V2	/
F6	A	A3	/	V3	/
F7	/	A4	A	Indici e classe	
F9	A	A5	B	Stot	25
F10	A	A6	A	Smax	94
F11	C	A9	A	IAM	0.26
F12	C	A10	B	IQM	0.74
F13	B	A11	C	Classe	Buona
		A12	A		

Fig. 152 – Tratto 5 Torrente Ratello. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Tratto 6: da Località "Starze" a Località "Cavarena"

Il tratto in esame, posto nell'unità fisiografica di Alta pianura, è lungo ~290 m, caratterizzato da una pendenza media del fondo di 1.3% e mostrante una morfologia di fondo a *plane-bed* con evidenze di *riffle-pool* e formazione locale di piccole *barre*. Al momento del rilevamento (maggio 2011), il tratto analizzato si è presentato in condizioni naturali, privo cioè di interventi antropici, quindi si sono potute analizzare le caratteristiche delle forme fluviali.

Lungo tale tratto è stato, infatti, possibile osservare un canale singolo con alveo attivo ampio (larghezza media di ~3÷4 m), un andamento prettamente rettilineo e con una piana inondabile non ben definibile data la folta vegetazione arbustiva presente lungo le sponde; sponde che si presentano in condizioni stabili, cioè non soggette a fenomeni di instabilità.

Infine, il tratto è privo di opere antropiche sia trasversali che longitudinali ad eccezione della *briglia di consolidamento* posta nella parte finale del tratto. Essa in questo contesto separa tale tratto da quello successivo, evidenziando il passaggio dalle condizioni prettamente naturali e/o seminaturali a quelle artificiali del Torrente Ratello. Sulla base di tutte queste osservazioni, pertanto, l'IQM calcolato è pari a 0.90 e di conseguenza il tratto presenta una qualità morfologica ELEVATA (Fig. 153).

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	A	A1	/	V1	/
F3	A	A2	A	V2	/
F6	A	A3	/	V3	/
F7	/	A4	A	Indici e classe	
F9	A	A5	A	Stot	10
F10	A	A6	A	Smax	94
F11	C	A9	A	IAM	0.10
F12	B	A10	B	IQM	0.90
F13	A	A11	B	Classe	Elevato
		A12	A		

Fig. 153 – Tratto 6 Torrente Ratello. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Tratto 7: Località "Cavarena"

Il tratto in esame, situato ancora nell'unità fisiografica di Alta pianura, è lungo ~ 775 m ed è caratterizzato da una pendenza media del fondo di ~ 1.7%. Come già anticipato precedentemente, da tale tratto (posto a ~ 68.5 m s.l.m.) inizia la condizione artificiale del Torrente Ratello, canalizzato fino alla confluenza con il Fiume Calore (Fig. 154).

Tale canalizzazione è stata realizzata allo scopo di "proteggere" l'area circostante dal fenomeno di esondazione essendo ridotte le pendenze, nonché da quello dell'erosione

laterale di sponda. Essa risulta nettamente sovradimensionata rispetto alla reale portata del corso d'acqua; ciò lascia presumere che, quando si è progettato tale intervento si è tenuto conto, come spesso accade, dell'evento di piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.



Fig. 154 - Tratto 7 Torrente Ratello. Nella foto è evidenziato il passaggio dalle condizioni di naturalità e/o seminaturalità a quelle di completa artificialità del Torrente Ratello. La Briglia qui presente delimita tale limite.

L'artificialità del tratto è molto forte, a causa della presenza continua dell'opera longitudinale che ne impedisce ogni dinamica di tipo laterale e verticale, compromettendo anche gran parte delle funzionalità morfologiche. La stessa continuità longitudinale

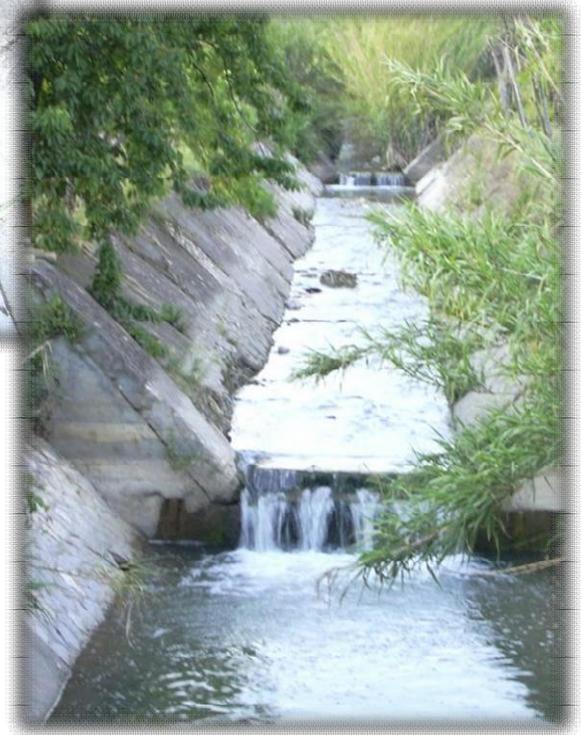


Fig. 155 - Tratto 7 Torrente Ratello. Nella foto vista delle due Briglie, presenti lungo il tratto, dalla SP 106.

è alterata dalla presenza di una serie di Briglie di consolidamento. Due delle quali ben visibili dalla SP 106 (Fig. 155).

Tuttavia, anche se il tratto risulta essere canalizzato, lungo esso è stato possibile osservare una morfologia di fondo a *plane-bed* con evidenze di *riffle-pool*, accumuli di materiale eterogeneo sui bordi e formazione di una barra laterale. L'accumulo maggiore di materiale eterogeneo lo si osserva in prossimità dei due ponti bassi e privi di pile che attraversano tale tratto (Fig.156 a,b)

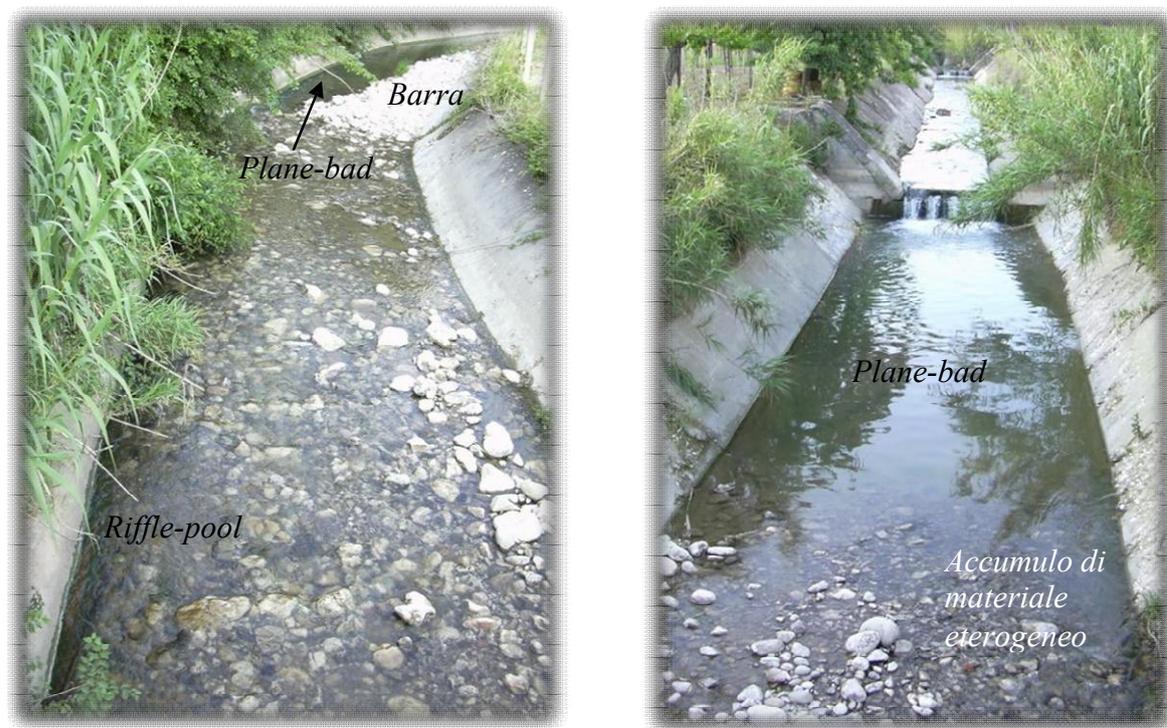


Fig.156 - Tratto 7 Torrente Ratello. Nella foto vista delle morfologia di fondo riscontrata nel tratto in esame in prossimità dei due ponti che lo attraversano. (a) ponte a monte del tratto in cui è visibile la morfologia a *plane-bed* con evidenze di *riffle-pool* e della barra laterale; (b) ponte a valle del tratto in cui è possibile notare nuovamente la condizione di *Plane-bed* e l'accumulo di materiale eterogeneo.

La vegetazione è visibile lungo tutto il tratto ed è caratterizzata maggiormente da una vegetazione arbustiva ma in tratti è visibile anche quella arborea. Sulla base di tutto ciò l'IQM calcolato è pari a 0.29 e di conseguenza l'alveo presenta una qualità morfologica PESSIMA (Fig.157)

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	C	A1	/	V1	/
F3	B	A2	B1	V2	/
F6	A	A3	/	V3	/
F7	/	A4	B	Indici e classe	
F9	A	A5	C	Stot	67
F10	C2	A6	C(+12)	Smax	94
F11	C	A9	C(+12)	IAM	0.71
F12	C	A10	B	IQM	0.29
F13	B	A11	C	Classe	Pessimo
		A12	B		

Fig. 157 – Tratto 7 Torrente Ratello. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Tratto 8: Località "Cavarena" all'immissione nel Fiume Calore

Il tratto in esame, situato nell'unità fisiografica di Bassa pianura, è lungo ~ 900 m ed è caratterizzato da una pendenza media del fondo di ~ 0.3% (la più bassa di tutti i tratti considerati).



Fig. 158 – Tratto 8 Torrente Ratello. Nella foto si osserva l'andamento rettilineo dell'alveo

Le condizioni osservate durante il rilevamento (maggio 2001) sono quelle di un tratto rettilineo, interamente canalizzato e con un alveo attivo ampio (larghezza media ~ 3÷4 m) (Fig. 158).

Anche in questa porzione, così come quella precedente, l'artificialità del tratto è molto forte a causa della continuità dell'opera

longitudinale; continuità che ancora una volta è interrotta

da una serie di opere trasversali (briglie di consolidamento; Fig. 159).

Tuttavia, a differenza del tratto precedente, in tale porzione non è stato possibile individuare nessuna unità morfologica essendo l'alveo interamente realizzato in materiale non erodibile. Esso, infatti, è privo di sedimenti ad eccezione del tratto prossimo alla confluenza dove è stato possibile osservare accumuli di sedimenti lungo i bordi e la formazione di una barra laterale (Fig. 160)



Fig. 159 – Tratto 8 Torrente Ratello. Nella foto si osserva la presenza di una briglia di consolidamento che causa una variazione del profilo longitudinale.



Fig. 160 – Tratto 8 Torrente Ratello. Nella foto si osserva una porzione del tratto analizzato prossimo alla confluenza dove è stato possibile osservare accumuli di sedimenti sui bordi e formazione di una barra

La vegetazione lungo tale tratto è quasi nulla, essa lascia il posto a campi coltivati (uliveti e vigneti); quasi nulla perché essa è in alcuni punti presente sia sulle sponde (vedi Fig. 158) che in prossimità dell'alveo (vedi Fig. 160).

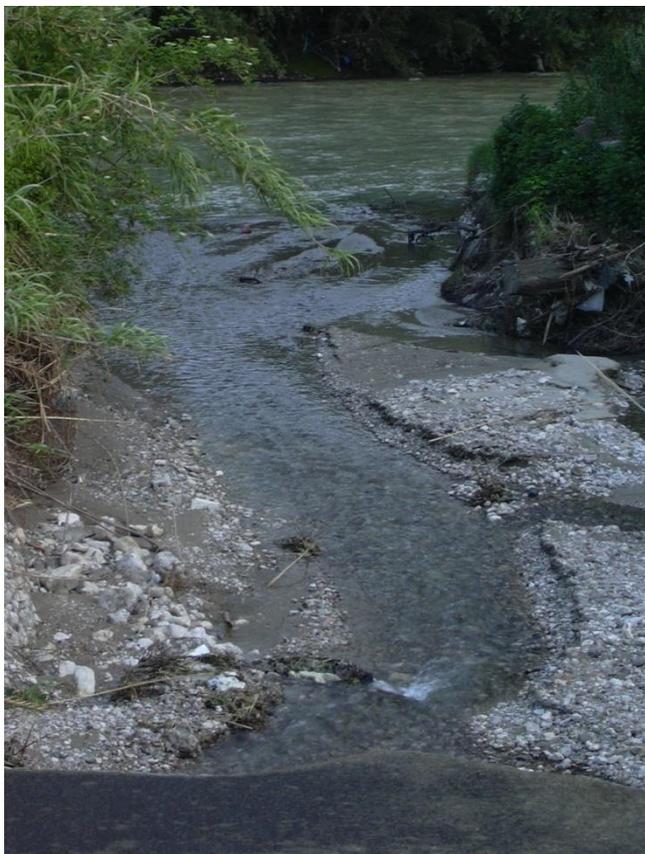


Fig.161- Tratto 8 Torrente Ratello. Nella foto si osserva il punto in cui il Torrente Ratello si immette nel Fiume Calore.

Infine negli ultimi 25 m il Torrente Ratello, prima di immettersi nel Fiume Calore, scorre in condizioni naturali sui materiali sciolti presenti in tale porzione; evidenziando una morfologia a *Plane-bed* con formazione di *barre laterali* (Fig.161).

Sulla base di tutto ciò l'IQM calcolato per questo tratto finale è pari a 0.28 e di conseguenza il tratto presenta una qualità morfologica PESSIMA (Fig. 162)

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	B	A1	/	V1	/
F3	B	A2	B1	V2	/
F6	C	A3	/	V3	/
F7	/	A4	A	Indici e classe	
F9	A	A5	C	Stot	68
F10	C2	A6	C(+12)	Smax	94
F11	C	A9	C(+12)	IAM	0.72
F12	C	A10	B	IQM	0.28
F13	C	A11	C	Classe	Pessimo
		A12	B		

Fig. 162 - Tratto 8 Torrente Ratello. Tabella riepilogativa per il calcolo dell'IQM

Risultati e discussione

TORRENTE RIO

Il bacino idrografico del Torrente Rio, in corrispondenza della sezione di chiusa posta presso la confluenza con il Torrente Ratello, ha un'estensione paria a 6.00 Km² ed una densità di drenaggio pari a 2.94 Km⁻¹. Tale bassa densità di drenaggio è spiegabile, da un punto di vista litologico, con la prevalenza di complessi altamente permeabili per porosità, per fessurazione o entrambi (complesso arenaceo, sabbioso-ghiaioso-pelitico, sabbioso-limoso, detritico-colluviale e ignimbrítico) sull'unico complesso costituito da litotipi più impermeabili (depositi pelitico-marnosi del complesso calcareo-pelitico; Fig. 116); di conseguenza in tale bacino, il reticolo idrografico appare poco sviluppato.

Da un punto di vista della propensione al deflusso superficiale (Fig. 162), è possibile notare una netta prevalenza delle superfici ricadenti nella classe di Indice di Deflusso Superficiale su base Geomorfologica (IDSg) "Da molto basso a moderato-basso", le quali occupano una superficie complessiva di 4.93 km², pari all'83.2% dell'intera area del bacino. Anche questo dato, così come quello relativo alla densità di drenaggio, appare spiegabile innanzitutto da un punto di vista litologico, essendo il bacino caratterizzato da una prevalenza di complessi permeabili su quelli impermeabili; ma soprattutto, osservando la Carta delle pendenze (Fig. 118) e quella delle esposizioni (Fig. 119), si nota la frequente presenza di superfici pianeggianti e/o debolmente inclinate (pendenza compresa tra 0°-10°) che determina una netta prevalenza del processo di infiltrazione sul deflusso idrico superficiale.

Meno frequenti nel bacino appaiono essere le superfici ricadenti nelle classi di IDSg "Da moderato-alto a molto alto". Esse, concentrate nella porzione settentrionale del bacino, occupano una superficie di 0.99 km², pari al 16.8% dell'intera area. L'elevata propensione al deflusso in questo settore appare prevedibile in corrispondenza del centro abitato di Guardia Sanframondi, essendo quest'area totalmente impermeabile e con una netta prevalenza di *impervious cover*;

LEGENDA

Classi di IDSg

■ Da molto basso a moderato-basso

■ Da moderato-alto a molto alto

Limite bacino

~ Idrografia

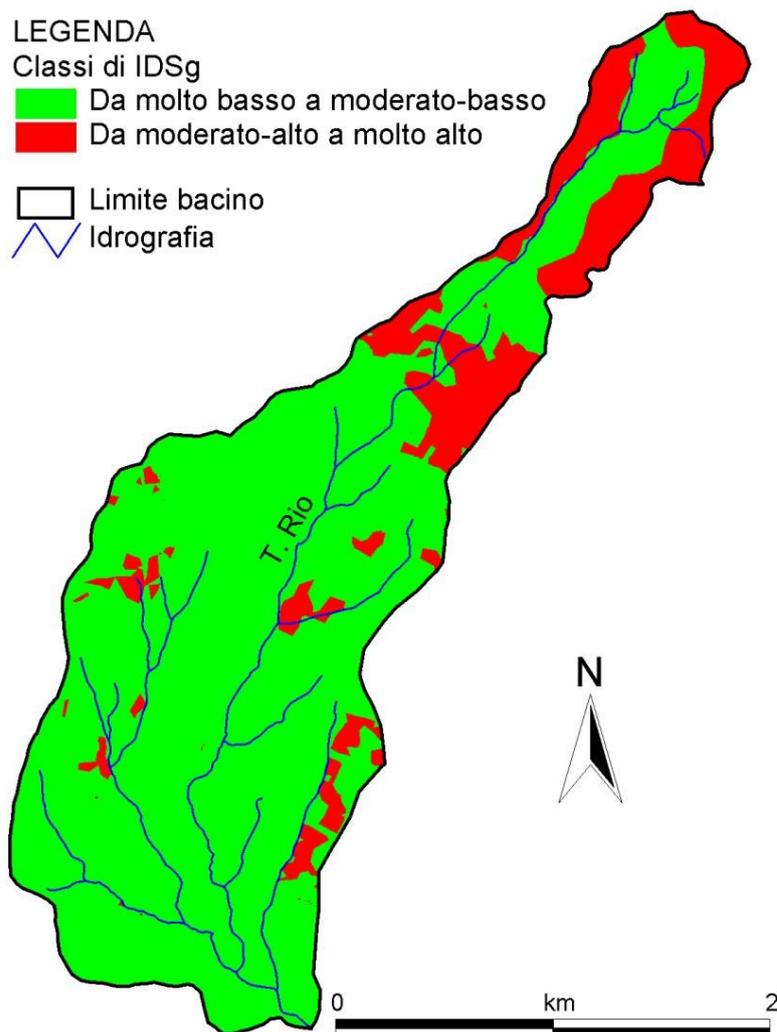


Fig. 102 Carta dell'IDSg a due classi del Bacino del T. Rio

mentre, ad una prima un'analisi, sembrerebbe in contrasto con le caratteristiche litologiche delle calcareniti ivi presenti, che dovrebbero essere permeabili per fratturazione.

Tuttavia, esse sono rese meno permeabili dalla presenza di intercalazioni di materiale meno permeabile (marne), nonché dalla presenza nelle fessure di suoli d'origine

piroclastica fortemente argillificati e, quindi, quasi impermeabili.

Infine, da un punto di vista delle caratteristiche morfologico-geometriche il Torrente Rio, si sviluppa con un

gradiente del 3.3%. L'alveo si presenta rettilineo e/o debolmente sinuoso, con un profilo longitudinale inizialmente a gradinata (*step-pool*) e, successivamente, man mano che ci si sposta verso la sezione di chiusa, con configurazione di fondo a *plane-bed*. Il sedimento in esso presente appare eterogeneo lungo tutto il tratto, così come omogenea è la situazione di stabilità delle sponde. Infine da un punto di vista antropico, l'alveo del T. Rio appare scarsamente interessato da opere trasversali e longitudinali, osservabili solo nella parte settentrionale del bacino in prossimità del centro abitato di Guardia Sanframondi. Sulla base di tutto ciò è stato possibile attribuire all'alveo un IQM medio pari a 0.53 collocandolo nella classe morfologica MODERATA (*sensu RINALDI et alii*, 2011).

TORRENTE RATELLO

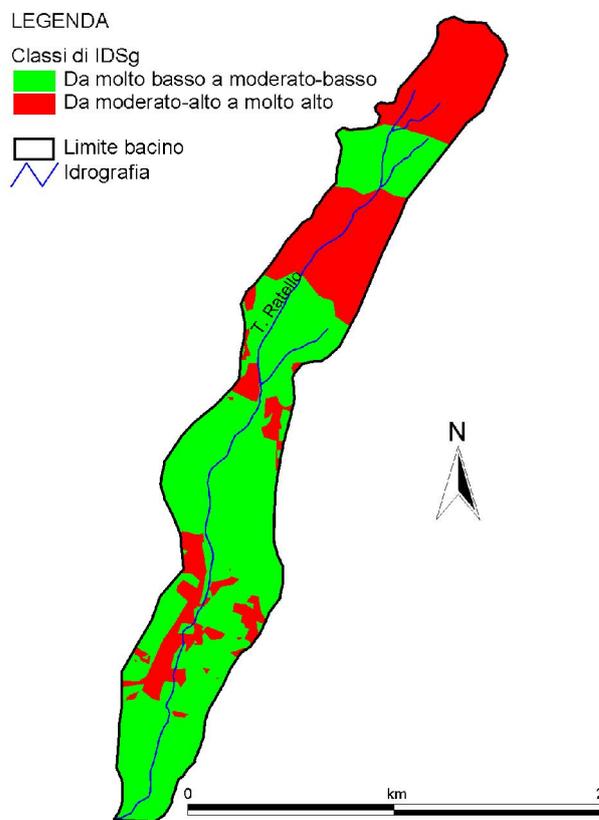
Il bacino idrografico del Torrente Ratello, a monte della sezione di chiusa posta in corrispondenza della confluenza con il Torrente Rio, ha un'estensione pari a 2.04 km² ed una densità di drenaggio pari a 2.74 km⁻¹. Tale basso valore della densità di drenaggio è spiegabile, da un punto di vista litologico, con la predominanza nel bacino di depositi permeabili per fessurazione e porosità, quali quelli costituenti il *complesso arenaceo* (si veda Fig. 134), nonché con la contemporanea presenza di altri depositi permeabili per porosità e fessurazione (depositi dei complessi *sabbioso-ghiaioso-pelitico*, *sabbioso-limoso*, *detritico-colluviale* e *ignimbrítico*); di conseguenza, in tale bacino, il reticolo idrografico appare poco sviluppato.

Da un punto di vista della propensione al deflusso superficiale, espresso dall'IDSG (Fig. 163), è possibile notare una notevole prevalenza delle superfici ricadenti nella classe da "Molto basso a moderato-basso" che occupano una superficie complessiva del 1.03 km², pari al 64% dell'intera

area del bacino. Tale bassa propensione al deflusso, diffusa soprattutto nella zona centrale e terminale del bacino, è anch'essa spiegabile da un punto di vista litologico, data la presenza di depositi con elevata permeabilità per porosità e fessurazione (*complesso arenaceo*) e per porosità (*complesso sabbioso-ghiaioso-limoso, sabbioso-limoso e detritico - colluviale*), nonché da un punto di vista dell'uso del suolo (Fig.135) in virtù della forte prevalenza degli uliveti sui vigneti, i quali tendono a favorire l'infiltrazione anziché il deflusso e/o ruscellamento, come evidenziato dai bassi valori dell'IDSg (cfr. cap. 9)

Meno frequenti, ma comunque diffuse nel bacino, appaiono essere le superfici ricadenti nella classe di IDSg "Da moderato- alto a molto alto". Esse, prevalentemente concentrate nella porzione settentrionale del bacino, occupano una superficie di 0.73 km², pari al 36% dell'intera area bacinale.

L'elevata propensione al deflusso in questa porzione di bacino appare in massima parte spiegabile con la presenza delle *Impervious cover* del *Tessuto urbano continuo* dell'abitato di Guardia Sanframondi, che la rendono un'area totalmente impermeabile. In questa zona, inoltre, sono concentrate le superfici a maggiore pendenza, che, come noto, sono caratterizzate da una prevalenza del deflusso superficiale sull'infiltrazione.



L'elevata propensione al deflusso in questa porzione di bacino appare in contrasto, ad una prima e superficiale analisi, unicamente con l'elevata permeabilità per fratturazione che dovrebbe caratterizzare le calcareniti qui presenti. Tuttavia, come precedentemente detto, tali rocce sono qui rese meno permeabili dalla presenza di intercalazioni di materiale meno permeabile (marne), nonché dalla presenza nelle fessure di suoli d'origine piroclastica fortemente argillificati e, quindi, quasi impermeabili.

Per quanto riguarda l'alveo del Torrente Ratello, da un punto di vista delle caratteristiche morfologico-geometriche, esso si sviluppa lungo un gradiente pari a 9.2%. il corso d'acqua si presenta rettilineo e/o debolmente sinuoso con un alveo inizialmente antropizzato in prossimità dell'abitato di Guardia Sanframondi; più a valle, esso si sviluppa in condizioni di naturalità e/o semi-naturalità evidenziando un profilo longitudinale a gradinata (*step-pool*) e, successivamente, man mano che ci si sposta verso la sezione di chiusa, esso assume una configurazione di fondo a *plane-bed*. Il sedimento in esso presente appare eterogeneo lungo tutto il tratto, così come omogenea è la situazione di stabilità delle sponde.

Infine, da un punto di vista antropico, l'alveo del T. Ratello appare frequentemente interessato da opere trasversali e longitudinali, osservabili per la quasi totalità del bacino, consistenti in briglie di consolidamento e trattenuta, gabbionate, ecc. Sulla base di tutto ciò è stato possibile attribuire all'alveo un IQM medio pari a 0.88 collocandolo nella classe morfologica ELEVATA (*sensu RINALDI et alii, 2011*).

CONFRONTO TRA I BACINI

Dall'analisi geo-ambientale condotta per i Bacini dei Torrenti Rio e Ratello, ampiamente discussa nei capitoli 10 e 11, nonché nei precedenti paragrafi, ha fornito una notevole mole di dati che, per facilità di interpretazione nel quadro della valutazione della pericolosità da esondazione (cfr. par. 7.2.3) e dell'analisi del diverso comportamento dei due corsi d'acqua in relazione all'evento del Luglio 2009 (cfr. "Introduzione"), sono stati riassunti nella sottostante Tabella 12.

Parametro	Bacino Rio	Bacino Ratello	Maggiore pericolosità (teorica)
<i>Bacino</i>			
Area Bacino (Km ²)	6.00	2.04	Rio
Densità di drenaggio (Km ⁻¹)	2.94	2.74	Ratello
% IDSg Alto	16.8	36	Ratello
<i>Alveo</i>			
Gradiente alveo (%)	3.3	9.2	Ratello
IQM alveo	0.53	0.88	Rio

Tab. 12 – Tabella riepilogativa dei parametri mediante il quale è stato effettuato il confronto dei due bacini in relazione alla pericolosità da esondazione

La Tabella 12 evidenzia, innanzitutto, un'estensione decisamente maggiore del bacino del T. Rio rispetto a quella del T. Ratello. In linea teorica, assumendo che un dato evento piovoso interessi contemporaneamente ogni singolo punto del bacino, a maggiori estensioni del bacino stesso (a parità di assetto morfo-topografico, litologico e di uso del suolo) corrisponderebbero maggiori volumi d'acqua drenati dai versanti verso il torrente; ciò comporterebbe, sempre in linea teorica, un'eventuale onda di piena di maggiori dimensioni, con maggiore portata e più pericolosa. Nel caso in esame, quindi, il valore di questo parametro suggerirebbe,

teoricamente, una maggiore pericolosità del T. Rio rispetto al T. Ratello.

Tuttavia, a tale proposito va innanzitutto notato che maggiore è l'estensione del bacino, maggiore è la probabilità che porzioni dello stesso non siano interessate dall'evento piovoso; inoltre, il valore della densità di drenaggio che, nel caso del bacino del T. Rio è lievemente maggiore, suggerisce che il suddetto volume d'acqua si ripartisca tra un numero maggiore di torrenti effimeri, determinando un'onda di piena più contenuta nel corso d'acqua principale. Non a caso, studi recenti (KELLER, 2004) hanno evidenziato che le onde di piena sono caratterizzate da un aumento di portata più lento e con portate minori in bacini più ampi, più fulmineo in bacini di piccole dimensioni.

A tal proposito, la situazione è esattamente opposta nel caso del T. Ratello. Innanzitutto, l'estensione più esigua del bacino rende più difficile che esso possa non essere interessato interamente da un dato evento piovoso. Inoltre, il corso d'acqua principale non ha praticamente affluenti (si veda Fig. 163), per cui l'intero volume di pioggia trova recapito immediato e diretto nel corso d'acqua principale.

A rafforzare quest'ultima affermazione concorre la maggiore propensione al deflusso idrico superficiale (a scapito dell'infiltrazione) nel bacino del T. Ratello rispetto a quello del T. Rio: nel bacino del T. Ratello, infatti, le superfici con Indice di Deflusso Superficiale più elevato costituiscono il 36% della superficie del bacino, mentre tale percentuale scende al 17% circa nel bacino del T. Rio.

Inoltre, la Tabella 12 evidenzia un gradiente medio del T. Ratello decisamente maggiore di quello del T. Rio: ciò lascia ipotizzare una maggiore velocità di deflusso di un'onda di piena nel T. Ratello piuttosto che nel T. Rio.

In sintesi, quindi, i dati sin qui esposti suggeriscono una maggiore pericolosità del T. Ratello rispetto al T. Rio: ciò, tuttavia, è in netto contrasto con quanto avvenuto nel luglio del 2009, quando uno stesso evento piovoso provocò una piena nel T. Rio che provocò numerosi danni allo sbocco in pianura di tale torrente, mentre ciò non accadde per il T. Ratello.

A spiegare tale discrepanza, tuttavia, sembra concorrere l'ultimo dei parametri riportati in Tab. 12, ovvero l'Indice di Qualità Morfologica (RINALDI *et alii*, 2011): tale indice, infatti, esprime, in sintesi, l'entità della perturbazione della normale dinamica fluviale ad opera dell'uomo. In tal senso, l'IQM del T. Rio è più basso rispetto a quello del T. Ratello, il che indica un disturbo antropico maggiore e meno finalizzato alla mitigazione della pericolosità.

In tal senso, lo studio in campo ha evidenziato la presenza lungo il Torrente Rio di un numero decisamente minore di opere trasversali, nonché la presenza di un ponte a luce ridotta e senza pile, localizzato allo sbocco in pianura del T. Rio e, tra l'altro, proprio in corrispondenza di una delle anse di maggiori dimensioni di questo piccolo corso d'acqua (cfr. Capitoli 10 e 11).

In generale, l'insufficiente presenza di opere trasversali comporta un incremento del trasporto solido di fondo, maggiore scabrezza, un maggiore potere erosivo e distruttivo sulle sponde e sugli argini e, soprattutto, si traduce in una mancanza di ostacoli ad un'accelerazione pressoché continua delle acque durante un evento di piena.

Parallelamente, la presenza di un ponte a luce ridotta e senza pile in corrispondenza dell'ansa del T. Rio laddove questo sbocca in pianura, oltre ad essere da ostacolo al normale deflusso fluviale in occasione di un evento di piena, con conseguente accumulo di materiale grossolano, comporta un

notevole restringimento della sezione dell'alveo,
costringendo, quindi, il corso d'acqua ad esondare

