

Regione Campania

COMUNE DI EBOLI
Provincia di Salerno

**REDAZIONE PIANO URBANISTICO "SUB-AMBITO 2A"
- SCHEDA N° 6 "SANTA CECILIA" -
- INIZIATIVA PRIVATA -**

in attuazione al "PUA SANTA CECILIA" approvato con
Deliberazioni N° 382 del 15 Dicembre 2011 e N°139 del 17/04/2014

- ai sensi della Legge Regionale n. 16 del 22/12/2004,
art. 27, co. 1, lett. c) e s.m.i. del 28/12/2009, n. 19 -

Committente:

Società "TOP HOUSE s.r.l."

Sig. NIGRO PASQUALE

Sig.ra ALFANO ANNARITA

TOP HOUSE srl
L'AMMINISTRATORE

Data:

Novembre 2014

Tavola:

b05

Progettisti:

Ing. Raffaele La Brocca

Ing. Michele Malandrino

Consulenti Idraulici:

Ing. Gabriele Petroccelli

Ing. Daniela Malandrino

Elaborato:

Studio di compatibilità idraulica

Scala:

1/1000

Collaboratori:

Arch. Rodolfo D'Urso

Geom. Carmine La Brocca

Geom. Serge Patrick Russo

Geom. Cosimo Joshua La Brocca

Geom. Giuseppe Infante

Geom. Pietro Conte



Comune di Eboli



Provincia di Salerno

Studio di Compatibilità Idraulica redatto ai sensi dell'art. 40 e dell'allegato F della Normativa Tecnica di Attuazione della rivisitazione del PSAI del bacino idrografico del fiume Sele, finalizzato a verificare la compatibilità idraulica dell'area in studio con il PIANO URBANISTICO ATTUATIVO "SUB-AMBITO 2A" – SCHEDA N. 6 "S. CECILIA" DI INIZIATIVA PRIVATA – PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO IMMOBILIARE RESIDENZIALE, UBICATO ALLA LOCALITA' S. CECILIA, DEL COMUNE DI EBOLI (SA).

I Consulenti Idraulici:

Dott. Ing. Gabriele Petroccelli



Dott. Ing. Daniele Giaffrida



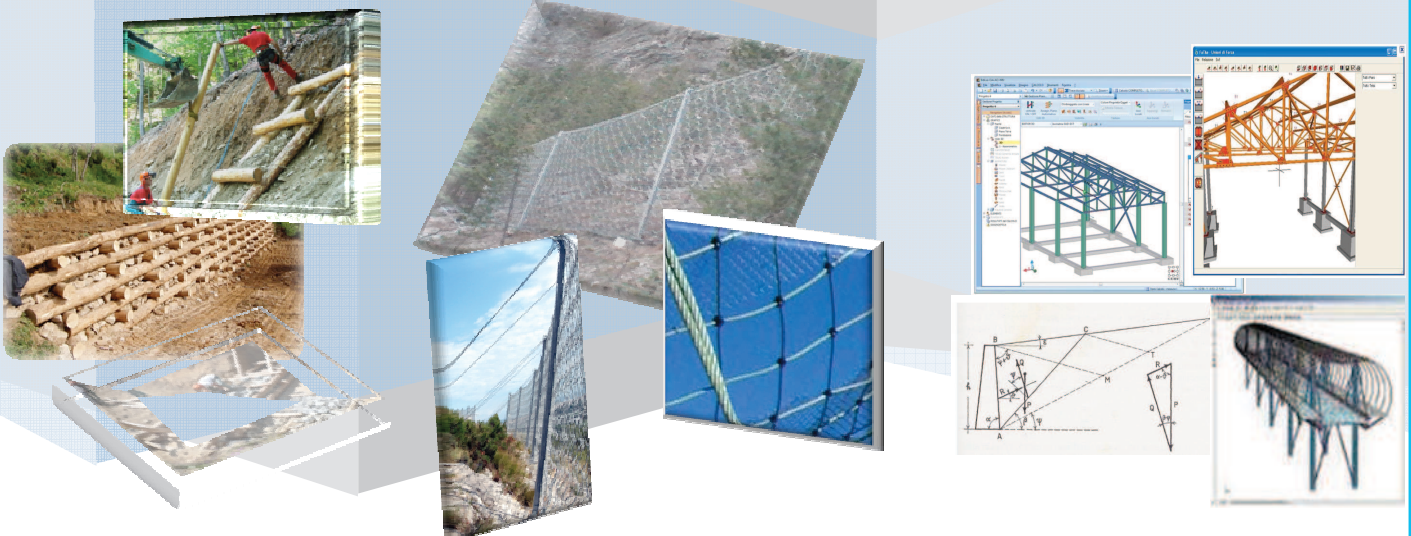
Il committente:

TOP HOUSE srl

Sig. Pasquale Nigro

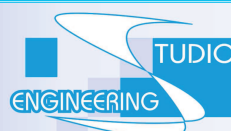
Sig.ra Alfano Annarita

Sala Consilina (SA) li, Ottobre 2014



Studio Tecnico di Ingegneria Civile ed Ambientale
Dott. Ing. Gabriele Petroccelli – Dott. Ing. Daniele GIAFFRIDA
Via Mezzacapo n° 85/A - 84036 Sala Consilina (SA)

Tel. Fax. 0975-22645 - E-mail : petroccelligabriele@tiscali.it – E-mail : daning1@gmail.com



Studio Tecnico di
Ingegneria Civile ed Ambientale

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Oggetto: *Studio di compatibilità idraulica, finalizzato a verificare la compatibilità idraulica dell'area in studio con il PIANO URBANISTICO ATTUATIVO "SUB-AMBITO 2A" - SCHEDA N. 6 "S. CECILIA" DI INIZIATIVA PRIVATA - PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO IMMOBILIARE RESIDENZIALE, UBICATO ALLA LOCALITA' S. CECILIA, DEL COMUNE DI EBOLI (SA).*

Committente: TOP HOUSE srl
Sig. Pasquale Nigro
Sig.ra Annarita Alfano

Consulenti Idraulici: **Dott. Ing. Gabriele Petrocelli**
Via Giuseppe Mezzacapo, 85/A
84036 Sala Consilina (SA)
Isc. Ordine Ingegneri della Provincia di Salerno n.5647 - Tel. e Fax 0975.22645
E-mail: petroccegabriele@tiscali.it
Cod. Fiscale PTRGRL81T04C619H
P. IVA 04667840658

Dott. Ing. Daniele GIAFFRIDA
Via Pozzillo, n°9
84036 Sala Consilina (SA)
Isc. Ordine Ingegneri della Provincia di Salerno n.5672 - Tel. e Fax 0975.22645
E-mail: daning1@gmail.com
Cod. Fiscale GFFDNN81H27Z112Y
P. IVA 04694520653

INDICE

Premessa	3
1. CARATTERISTICHE OROGRAFICHE, IDROGRAFICHE, GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO COMUNALE DI EBOLI	7
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	19
3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE - MORFOMETRICHE DEL BACINO IDROGRAFICO	22
4. VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI. METODOLOGIA	33
5. VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI - RISULTATI-	43
6. MODELLAZIONE IDRODINAMICA E VERIFICHE IDRAULICHE.....	46
6.1 INTRODUZIONE.....	46
6.2 CENNI TEORICI SULLO STUDIO DEI CANALI A PELO LIBERO IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE.....	53
6.3 ACQUISIZIONE DEI DATI	55
6.4 SCHEMA IDRAULICO DI RIFERIMENTO	62
6.5 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE E CALCOLO DEL PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE FLUVIALE PER ASSEGNATI VALORI DI PORTATA LIQUIDA E CONDIZIONI AL CONTORNO.	63
7. SINTESI DEI RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO.....	72
8. NOTE CONCLUSIVE.....	75
ALLEGATI	78

Premessa

Gli scriventi **Dott. Ing. Gabriele Petroccelli**, nato a Chiaromonte (PZ) il 04.12.1981, laureato in Ingegneria per L'Ambiente ed il Territorio presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno con n. 5647, con studio professionale sito in Sala Consilina (SA) alla Via Giuseppe Mezzacapo n° 85/A ed alla Via Pozzillo n° 9, Cod. Fisc. PTRGRL81T04C619H, Part. Iva 04667840658 e **Dott. Ing. Daniele Giaffrida**, nato a Dachau (D) il 27.06.1981, laureato in Ingegneria Civile presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno con n. 5672, con studio professionale sito in Sala Consilina (SA) alla Via Pozzillo n° 9, Cod. Fisc. GFFDNL 81H27Z112Y, Part. Iva 04694520653 hanno ricevuto incarico dai committenti **TOP HOUSE srl**, sig. **Pasquale Nigro** e sig.ra **Annarita Alfano**, di redigere uno Studio di Compatibilità Idraulica finalizzato a verificare la compatibilità idraulica dell'intervento in progetto con quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele per l'area in studio.

Il progetto prevede la realizzazione di un complesso immobiliare, costituito da diversi fabbricati a destinazione residenziale e direzionale e dei manufatti pubblici a servizio delle annesse attrezzature pubbliche (campo da tennis, piscina, ecc.), a destinazione di spogliatoi e servizi.

Il complesso dei fabbricati inseriti nella trasformazione urbanistica dell'area "sub - ambito 2A" sono in numero di dieci, di cui sei fabbricati residenziali ubicati nel lotto di terreno della società Top House s.r.l., n. 4 indicati con la lettera "A" e due con la lettera "B" e quattro con le lettere "C" - "D" - "E" e "F".

I fabbricati residenziali, denominati con la lettera "A", sono in numero di quattro. Ognuno ha dimensioni in pianta 23,70 mt. per 10,20 mt. e si compone di un piano terra adibito ad attività commerciali, un piano primo adibito ad attività direzionali, per un solo fabbricato, e a residenze per gli altri tre fabbricati e piani secondo e terzo adibiti a residenze, oltre al piano seminterrato adibito a garage e il piano sottotetto adibito a depositi.

I fabbricati residenziali, denominati con la lettera "B", sono in numero di due. Ognuno ha dimensioni in pianta 17,00 mt. per 10,60 mt. e si compone di un piano terra adibito ad attività commerciali, un piano primo, secondo e terzo adibiti a residenze, oltre al piano seminterrato adibito a garage e il piano sottotetto adibito a depositi.

Il fabbricato commerciale - direzionale, denominato con la lettera "C", ha dimensioni in pianta di 32,00 mt. per 16,00 mt. ed è costituito da un piano terra adibito ad attività commerciale, un piano

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

primo e secondo adibiti ad attività direzionali, tranne per un alloggio residenziale, posto al piano secondo ed un piano terzo adibito ad attività commerciali con annessi terrazzi. Oltre al piano seminterrato adibito a garage o depositi.

Il fabbricato commerciale - direzionale, denominato con la **lettera "D"**, ha dimensioni in pianta 12,00 mt. per 12,00 mt. ed è costituito da un piano terra adibito ad attività commerciale e quattro piani in elevazione (primo, secondo, terzo e quarto) adibiti ad attività direzionali, oltre al piano seminterrato adibito a deposito dell'attività commerciale e al lastrico solare adibito a belvedere della piana del Sele e del Mar Tirreno.

Il fabbricato residenziale, denominato con la **lettera "E"**, ha dimensioni in pianta di 9,60 mt. per 9,60 mt. ed è costituito da un piano terra e piano primo adibito ad abitazione, oltre alla copertura.

Il fabbricato residenziale esistente, denominato con la **lettera "F"**, ha dimensioni in pianta di 27,70 mt. per 14,30 mt. ed è costituito da un piano seminterrato, piano rialzato, piano primo adibiti ad abitazione. Il presente progetto prevede la sua sopraelevazione al piano secondo per una superficie lorda di pavimento di mq. 263,44.

Inoltre vi sono due strutture adibite a spogliatoi e servizi di uso pubblico annesso alle due attrezzature sportive, campo da tennis e piscina

I parcheggi pertinenziali sono stati realizzati nelle corti pertinenziali dei fabbricati, mentre quelli pubblici sono stati ricavati nell'area pertinenziale delle attrezzature sportive pubbliche.

Dei complessi edilizi da realizzarsi, descritti in precedenza, solo il fabbricato residenziale denominato con la lettera "E, distinto in Catasto al Foglio 59 part. n. 1299 (ex 786), ricade, per quanto concerne la pericolosità idraulica, in zona di attenzione idraulica e precisamente in Area inondata dall'alluvione del Sele del novembre 2010, mentre non ricade in nessuna delle aree a rischio idraulico. Pertanto, la fattibilità di tale intervento è subordinata alla verifica della compatibilità, mediante uno studio di compatibilità idraulica redatto ai sensi dell'art. 40, dello stesso con il regime idraulico dell'area di interesse, dimostrando che non vi sia incremento della classe di rischio gravante sull'area.

L'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele, ai sensi dell'art. 18 della legge 18 maggio 1989 n° 183 e, dell'art. 1 bis della legge 11 dicembre 2000 n° 365, ha redatto il Piano Stralcio di Bacino per la Tutela dal Rischio Idrogeologico, adottato con delibera del Comitato Istituzionale n° 31 del 29 ottobre 2001 e pubblicato nel supplemento ordinario alla G.U. n° 287 dell'11 dicembre 2001 n° 262.

L'Autorità di Bacino, ai sensi dell'art. 54 delle norme di attuazione del succitato piano, ha aggiornato lo strumento di pianificazione approvando la "RIVISITAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE CON DELIBERA N° 1 DEL 4 APRILE 2011".

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Successivamente l'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele, sempre ai sensi dell'art. 54 delle norme di attuazione del succitato piano, ha aggiornato nuovamente lo strumento di pianificazione approvando una nuova "RIVISITAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE con DELIBERA N° 20 DEL 18 SETTEMBRE 2012", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale del 22/10/2012.

Per **Zone di attenzione idraulica** si intendono le zone definite in base a evidenze idrogeomorfologiche e a dati di campo, che mostrano la suscettibilità delle stesse a essere soggette ad alluvioni. La loro definizione non è dovuta a una specifica probabilità di accadimento, così come per le fasce fluviali. In particolare le **Aree inondate dall'alluvione del Sele del novembre 2010** comprendono le zone alluvionate dall'evento meteorico del 7-10 novembre 2010, in seguito al quale è stato dichiarato lo stato di emergenza in provincia di Salerno ex O.P.C.M. 3908/2011 e 3922/2010.

La disciplina normativa della RIVISITAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.), per le aree ricadenti nelle zone di attenzione idraulica, subordina la fattibilità dell'intervento in progetto alla verifica della compatibilità, mediante uno studio di compatibilità idraulica redatto ai sensi dell'art. 40, dello stesso con il regime idraulico dell'area di interesse, dimostrando che non vi sia incremento della classe di rischio gravante sull'area.

Si precisa, inoltre, che ai sensi dell'art. 8, comma 5, delle Norme Tecniche di Attuazione della RIVISITAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) del Bacino Idrografico del fiume Sele, la perimetrazione del rischio e la relative norme valgono esclusivamente per il patrimonio edilizio esistente, mentre per la realizzazione di nuovi interventi valgono invece le carte della pericolosità da alluvioni e le relative norme. **Pertanto trattandosi, nel caso di specie, di interventi di nuova edificazione la normativa da seguire è quella dettata dalla pericolosità da alluvione.**

Lo studio di compatibilità idraulica dovrà contenere valutazioni e verifiche sull'ammissibilità, la natura e l'importanza qualitativa e quantitativa degli effetti del progetto stesso.

Il presente studio è stato redatto secondo i dettami tecnici contenuti nelle Norme di Attuazione del nuovo Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. I criteri metodologici adottati per la redazione dello studio idrologico-idraulico dell'area di interesse, sono stati quelli dettati dall'**ALLEGATO F ("Indirizzi tecnici per la redazione degli studi di compatibilità idraulica")** delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele. In particolare, quando si affronta uno studio di carattere idrologico ed idraulico, si devono fronteggiare due problemi:

- La modellazione dell'evento di pioggia (**analisi idrologica**);
- La definizione dell'evoluzione dell'onda di piena all'interno degli alvei studiati (**analisi idraulica**).

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Gli studi idrologici prevedono l'individuazione delle portate di piena che si verificano con un assegnato periodo di ritorno T. Gli studi idraulici, invece, consentono di trasformare il dato di portata in livello idrico all'interno di una singola sezione o tratto del corso d'acqua.

Nel caso particolare del bacino imbrifero in esame, con l'analisi idrologica è stata calcolata la portata di piena con periodo di ritorno **T=30 anni**, **T=50 anni**, **T=100 anni**, **T=200 anni** e **T=500 anni** attraverso il metodo **Geomorfoclimatico**, contenuto nel **Rapporto VAPI** (1995). Il metodo VAPI del G.N.D.C.I./C.N.R., correla le portate con le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino, quali superficie e permeabilità.

Il bacino idrografico del **fiume Sele**, per la sezione di chiusura considerata, ricade nell'area pluviometricamente omogenea **A1** (vedi carta delle zone pluviometricamente omogenee riportata negli allegati).

Il calcolo della portata al colmo di piena, riferita ai diversi periodi di ritorno, è stato effettuato mediante l'uso di una legge di stima del valore della piena indice adottata dall'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele e riportata nelle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

Attraverso lo studio di carattere idrologico è stata calcolata, per gli assegnati periodi di ritorno, la massima portata che potenzialmente potrebbe defluire nella sezione oggetto di verifica idraulica. Da quest'ultimo valore si può, successivamente, ricavare il corrispondente valore del tirante idrico nella sezione di verifica. La verifica idraulica, infine, consiste, innanzitutto, nel determinare, con riferimento ai profili di rigurgito della corrente idrica, che si possono ottenere mediante simulazioni idrodinamiche, sullo scenario morfologico considerato, le principali grandezze idrauliche, in particolare il tirante idrometrico, necessario per capire se vi possono essere o meno potenziali fenomeni di esondazione con conseguente fenomeno di spagliamento delle piene.

Si precisa, inoltre, che per il tratto d'alveo d'interesse l'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele ha condotto l'analisi idraulica adottando un **modello idraulico monodimensionale in ipotesi di moto permanente**, mediante l'ausilio del **software di calcolo HEC-RAS**. La scelta di tale modello di calcolo idraulico è stata supportata dalla generale maggiore conservatività delle simulazioni in moto permanente rispetto alle corrispondenti analisi in moto vario, caratteristica compatibile con le finalità dello studio espletato.

Pertanto gli scriventi nel redigere il presente Studio di Compatibilità Idraulica faranno riferimento ai risultati ottenuti dalla modellazione idraulica, sul fiume Sele, esperita dall'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale per il fiume Sele nell'ambito della redazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



Ortofoto aree oggetto di intervento

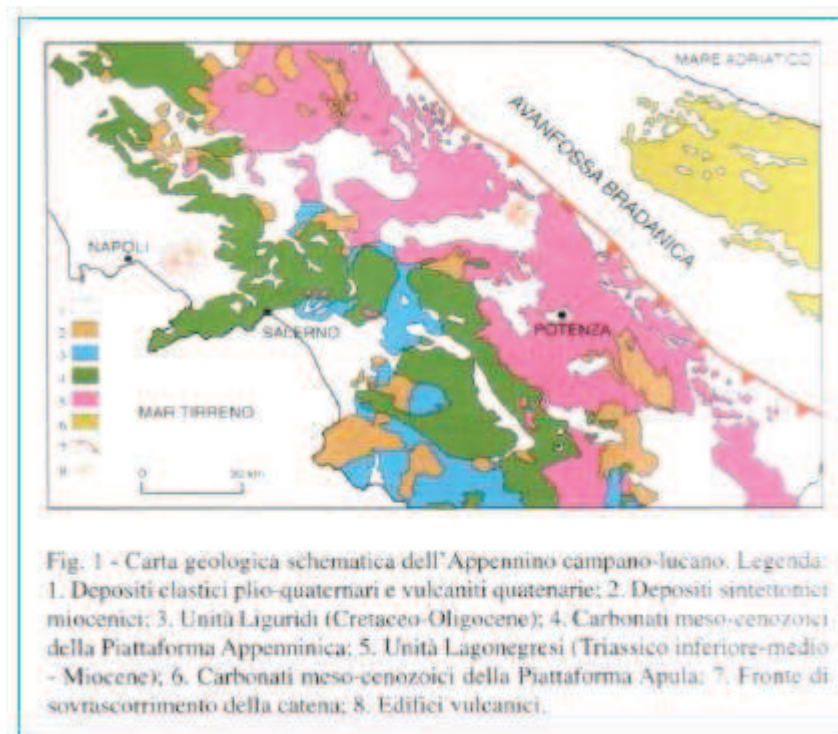
LINEAMENTI GEOLOGICI DELL' APPENNINO CAMPANO-LUCANO

L'Appennino Campano-Lucano è il frutto di una serie di eventi tettonogenetici succeduti dal Miocene al Pleistocene, che hanno determinato la deformazione di diversi domini paleogeografici connessi con il continente africano e la loro traslazione verso l'avampaese apulo-garganico.

In base alle analisi dei rapporti geometrici fra le diverse unità litostratigrafiche, l'Appennino meridionale può essere considerato come una pila di falde di ricoprimento embricate e vergenti verso Est, in cui si alternano termini costituiti in prevalenza da rocce carbonatiche e falde di depositi terrigeni.

L'attuale assetto dell'edificio appenninico è legato agli intensi eventi tettonici determinatisi nel corso del Pliocene e del Quaternario. Nell'ambito delle falde di ricoprimento è possibile distinguere diversi gruppi di unità litostratigrafiche:

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



Unità di Ariano Irpino:

Sedimenti terrigeni di ambiente terrigeno (conglomerati, sabbie, argille sabbiose), deposti in ambienti interni alla catena dopo la fase tettonogenetica del Pliocene Inferiore - Pliocene Medio;

Unità di Altavilla:

Sedimenti terrigeni (argille marnose, sabbie, dolomiti, evaporati, subordinatamente conglomerati) di facies nefritica-epibatiale; si sono deposti in aree depresse dal Tortoniano al Pliocene medio;

Unità derivanti dalla deformazione, nel Tortoniano, di domini paleogeografici mesozoici:

Piattaforma Abruzzese-Campana (dolomie, calcareniti, calcari micritici e calcari dolomitici), Unità Lagonegresi (facies di bacino comprendenti sedimenti silicei, calcareo-silicici, argilliti e quarzareniti) e dall'individuazione di bacini sinorogenetici:

Unità Irpine :

(successioni marnoso-calcaree, marnoso arenacee e conglomeratiche).

Unità derivanti dalla deformazione durante il Langhiano di domini mesozoici, quali il Bacino di Lagonegro e la Piattaforma Campano-Lucana, che occupano una posizione più interna rispetto alle unità del gruppo n° 3; al di sopra della Piattaforma Campano-Lucana poggiano le coltri delle Argille varicolori di provenienza più interna, a loro volta sottoposte, a Sud del Fiume Sele, ai depositi del Flysch Silentino-Lucano, anch'esso di provenienza interna.

Unità del Cilento:

La successione consta di due unità:

- una inferiore (**unità Nord Calabrese**) di età Cretacico-Eocenica, costituita dalla *formazione di S. Venere* (argilliti, argilliti filladiche, quarziti e calcari);

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- una superiore (**Gruppo del Cilento**), di età Burdigaliano Langhiano, poggiante in discordanza sulla prima, costituita dalle *formazioni di Pollica* (arenarie, siltiti, paraconglomerati) e di S. Mauro (paraconglomerati, arenarie, siltiti, calcari e marne).

La serie è stata interessata da due fenomeni principali (*Guzzetta e letto 1971*):

1. traslazione sui massicci carbonatici della piattaforma campano-lucana, con conseguente deformazione del complesso basale;
2. sollevamento verticale con smembramento dei depositi di copertura (formazione di S. Mauro) in zolle tipo monoclinali.

Unità delle argille varicolori:

Di età compresa fra il Cretacico e l'oligocene, è sovrapposta tettonicamente alle unità lagonegresi ed a quelle carbonatiche. Deriva dalla deformazione di un dominio bacinale interno rispetto alla piattaforma campano - lucana e rappresenta uno degli elementi tettonici più elevati della catena appenninica. Consta di argille, argille marnose e marne argillose di colore variabile dal grigio verde al rosso vinaccia al grigio antracite, calcilutiti biancastre, arenarie quarzoso micacee, calcari marnosi del tipo "pietra paesina", e marne calcaree intensamente fessurate; spesso a questi litotipi si alternano livelli argilloscistosi di colore grigio plumbeo con zonature rosso vinaccia o giallastre.

Unità Alburno - Cervati:

Deriva dalla deformazione di una piattaforma carbonatica (piattaforma Campano-Lucana) e consta di sedimenti carbonatici depositi in ambiente neritico; la porzione più bassa, triassica, è dolomitica, seguono calcareniti e calcilutiti, parzialmente dolomizzate, che indicano un ambiente di retroscogliera; nel Miocene la sedimentazione evolve da carbonatica a terrigena: da basso in alto si passa da dolomie bianche e grigie, a calcareniti e calciruditi, seguite da arenarie quarzoso micacee è sottoposta tettonicamente al *complesso delle argille varicolori*.

Unità lagonegresi:

deposti in un bacino ubicato fra la piattaforma campano-lucana e quella abruzzese campana, è costituita da due successioni accavallatesi nel corso della fase tettonica Langhiana, riferibili rispettivamente ad una fase distale (*unità lagonegrese superiore*) e ad una fase marginale (*unità lagonegrese inferiore*).

L'unità inferiore è formata da:

- » *calcilutiti grigie con liste e noduli di selce,*
- » *diaspri policromi ed argilliti silicee,*
- » *argilliti scure e calcilutiti silicifere,*
- » *argilliti silicee, selci, selci policrome e calcareniti gradate*

L'unità superiore consta di:

- » *argille, marne, siltiti, arenarie ed intercalazioni di calcari di scogliera, diabasi e pillow lavas,*
- » *calcari con liste e noduli di selce, dolomie, calcilutiti con selce, argilliti, marne, calcilutiti, brecciole con alternanze di argille e marne rosse e verdastre.*

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



NEOTETTONICA

Le principali fasi tettonogenetiche ascrivibili al periodo Miocene-Pliocene si sono esplicitate in prevalenza secondo direttrici E-W e N-S, mentre quelle pleistoceniche con orientamento NW-SE (appenninico) NE-SW (antiappenninico).

Le strutture pleistoceniche con andamento appenninico ed antiappenninico intersecano quelle mioplioceniche ed interessano, oltre alle unità più antiche, anche i depositi plio-quadernari. In base ai dati raccolti dal C.N.R. (*Progetto Finalizzato geodinamica*) è stato possibile dedurre che dopo la fase tettonica del pliocene medio la catena sud-appenninica rimane in prevalenza emersa.

Nel *Pliocene superiore* lungo il bordo tirrenico si individuano alcuni vasti graben (*Piana del Garigliano, Piana Campana, Piana del Sele*) in cui si depositano enormi spessori di depositi marini, alluvionali e vulcanici.

Nel corso del *Pliocene superiore* (3-1.8 milioni di anni fa) e del Pleistocene (1.8-1.7 milioni di anni) si manifesta un'importante fase tettonica che determina notevoli assestamenti verticali, originando una serie di horst e di graben che hanno influenzato la morfologia attuale. Sempre in questa fase si individuano importanti strutture che interessano anche il basamento cristallino-metamorfico e determinano la genesi di vari fenomeni vulcanici nell'ambito dei graben costieri (*Piana del Garigliano e Piana Campana*).

Gli eventi tettonici del Pliocene sup. sono in lassi di tempo molto brevi (fasi parossistiche), intercalati da lunghi periodi di stasi nel sollevamento, durante i quali le unità litostratigrafiche emergenti sono state oggetto di erosione subaerea e nei terrazzi di abrasione marina dislocati in più punti lungo l'edificio appenninico. Nel corso del Pleistocene medio si registra una fase tettonica distensiva che dà luogo ad una forte articolazione verticale del rilievo.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Pertanto, a fasi di sollevamento abbastanza lente si alternano periodi di stasi così brevi da non consentire agli agenti erosionali di modellare in maniera riconoscibile i rilievi carbonatici.

Infatti, fra le antiche superfici morfologiche, situate ad altezze variabili da alcune centinaia ad un migliaio di metri, e la paleoriva del Tirreniano (+ 8 mt) non si rileva la presenza di terrazzi marini o subaerei.

ASPETTI GEOLOGICI

Il vasto comprensorio della Piana del Sele ricade nel settore più interno di una grande depressione strutturale disposta trasversalmente alla catena appenninica ed aperta verso il Tirreno, individuata presumibilmente nel Miocene superiore e delimitata da faglie bordiere che hanno prodotto rigetti complessivi fino a 4000 metri.

A partire dal Messiniano e per tutto il Pliocene, mentre il settore occidentale rimaneva sommerso, quello orientale, in emersione, era sottoposto per un lungo periodo all'azione degli agenti erosionali che determinavano la formazione di superfici ad elevato grado di maturità morfologica, attualmente presenti in lembi alla sommità degli alti morfologici che bordano la Piana.

La struttura assunse la sua stabile morfologia solo dopo i fenomeni surrettivi legati alla neotettonica Plio-quadernaria, nel corso della quale si ebbe la produzione di potenti depositi detritici in facies alluvionale, che si accumularono nel graben in forte subsidenza dal Pleistocene superiore.

Le fasi neotettoniche surrettive prodottesi fino al Pleistocene medio definirono ulteriormente il disegno strutturale della piana. Una volta attenuatisi i fenomeni neotettonici, prevalsero i movimenti glacio-eustatici, che, con la deposizione di sedimenti di origine fluviale, palustre, lagunare, eolica e marina, diedero luogo all'attuale piana costiera. In particolare verso la fine del Pleistocene inferiore una seconda fase tettonica investe i depositi alluvionali costituenti la fascia pedemontana dei Picentini, che vengono fagliati e ruotati. Su di essi si modella un paesaggio subpianeggiante, che verrà smembrato e sollevato da una successiva fase tettonica. Nello stesso periodo (circa 0,75 Ma), si avvia una forte subsidenza che investe la Piana del Sele sino all'altezza di Campagna.

Nelle aree in subsidenza si deposita un complesso deposizionale dello spessore di circa 250 mt, passante lateralmente a facies transizionali e di piana alluvionale costiera. Nel corso del Pleistocene superiore l'intera piana inverte il suo comportamento tettonico, subendo un sollevamento che, sulla base della quota raggiunta dai depositi dell'Ultimo Interglaciale può essere valutato intorno ad una quindicina di metri.

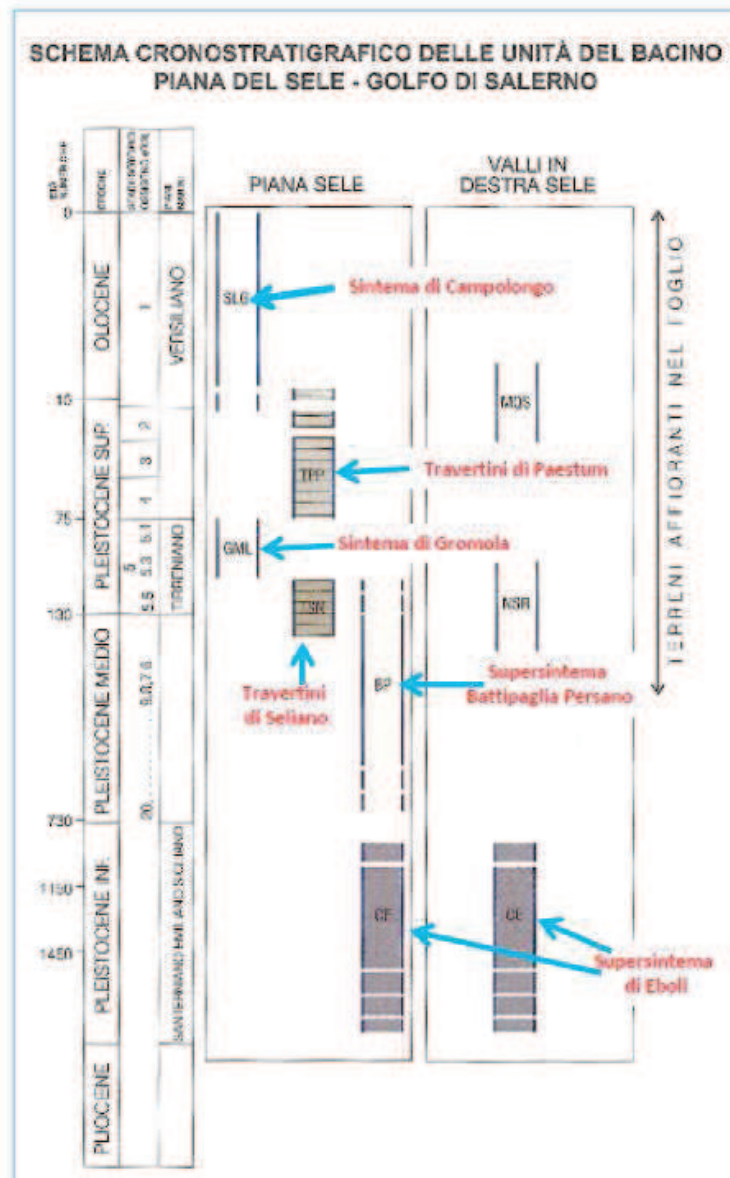
UNITA' IDROGEOLOGICA DEL BACINO "PIANA DEL SELE-GOLFO DI SALERNO"

Nella depressione tettonica, le fasi di subsidenza hanno permesso, come detto, l'accumulo di estese successioni quaternarie spesse da centinaia a migliaia di metri testimoniate dal Pozzo AGIP (SELE 1), fra cui sono state distinte le seguenti unità stratigrafiche (A. CINQUE ET ALII - Carta geologica d'Italia - Foglio n.486 - e C. VITALE - tesi di dottorato, 2005):

- **supersistema di Eboli (CE)**
- **sistema di Campolongo (SLG)**

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- sistema di Gromola (GML)
- travertini di Paestum
- depositi di spiaggia
- depositi di duna
- depositi lagunari e palustri
- depositi alluvionali
- supersistema di Battipaglia - Persano (BP)



Supersistema di Eboli (CE)

Ascrivibile al Pleistocene inferiore (1,5 e 1 Ma; CINQUE *et al.*, 1988), è legato all'intensa attività tettonica che determinò il sollevamento del blocco dei M.ti Picentini ed al conseguente accumulo di potenti conoidi alla base del versante meridionale.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Costituisce i rilievi distinti in mappa dalla denominazione *Monti di Eboli* e gran parte del versante di raccordo fra l'alto morfologico Monte S. Elmo - Ripalta e i terreni alluvionali della Piana. Si evidenzia in numerosi fronti naturali ed artificiali per potenze di diverse decine di metri. Litologicamente l'unità consta di limi e sabbie calcaree di colore bianco variamente addensati, in genere, facilmente erodibili; pietrisco e brecce, a luoghi molto cementate o paracementate. Sovente il materiale è caratterizzato da una marcata eterometria ed è privo di organizzazione interna. In taluni casi presenta una pseudostratificazione in banchi e strati di potenza molto variabile; nelle parti sommitali la frazione più fina è caratterizzata da una rozza stratificazione incrociata.

Nell'ambito di questo complesso sono state individuate (CINQUE *et al.*, 1988) dal basso verso l'alto le seguenti formazioni:

- **la formazione di Fontana del Fico**, presenta due litofacies: una ghiaiosa costituita da conglomerati ad elementi calcareo dolomitici in matrice sabbiosa e granulare, ed una sabbioso siltosa formata da sabbie e silt carbonatici;
- **la formazione di Colle Mancuso**, che consta di argille verdastri di facies palustre passanti verso l'alto ad una sequenza di ghiaie grossolane in cui sono intercalati livelli lenticolari a tessitura sabbiosa o granulare; la litofacies ghiaiosa, di facies torrentizio-fluviale, è caratterizzata da una marcata poligenicità dei clasti: calcari, calcari dolomitici, calcari marnosi, calcari con selce, marne, arenarie micacee, quarzareniti, diaspri; i clasti sono ben arrotondati e fortemente eterometrici, la matrice è sabbioso siltosa.
- **la formazione di Castelluccia**, che si sovrappone alla precedente, consta di ghiaie grossolane di natura calcareo dolomitica e presenti i caratteri tipici dei depositi che hanno subito un trasporto in massa;
- **la formazione di S. Anna**, che chiude la successione verso l'alto, consta di ghiaie di esclusiva natura calcarea e calcareo dolomitica, di sabbie e sabbie siltose di natura carbonatica. Il complesso costituisce le aree poste immediatamente a monte dei tracciati della S.S. n.19, dell'Autostrada Salerno - Reggio Calabria e si espone con buona evidenza in numerosi affioramenti (cave, tagli, fronti di sbancamento) per l'altezza di diverse decine di metri.

Supersintema Battipaglia - Persano

Include tutti i sedimenti accumulatisi sulla Piana dopo l'ultima fase di forte fagliazione del **Supersintema Eboli (CE)** e prima della trasgressione tirreniana testimoniata dal **Sintema Gromola**. Comprende *sedimenti di ambiente fluviale, transizionale e marino costiero* riferibili a più cicli deposizionali ad influenza eustatica e tettonica.

Dati di sondaggio gli assegnano spessori ettometrici (>250 m). Per quanto attiene all'età, la base è posta intorno al passaggio Pleistocene inferiore- Pleistocene medio, il tetto viene collocato nel corso del Tirreniano. (C. VITALE - *tesi di dottorato, 2005*)

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

L'unità poggia su conglomerati del supersistema di Eboli (CE), già in precedenza fagliati ed erosi, mentre a tetto si espone diffusamente con forme terrazzate, rimodellate, incisioni e scarpate di faglia, di rigetto decimetrico, molto addolcite. Localmente è sottoposto al sistema di Gromola ed al sistema di Campolongo.

Gli autori del foglio n. 486 della carta geologica d'Italia "Foce Sele" nella parte sommitale del supersistema hanno distinto, in base ai diversi ambienti di sedimentazione, due sub-unità: una (**BPa**) legata ad ambienti di conoide alluvionale, l'altra (**BPb**) in ambiente di piana costiera.

- **BPa**: ascrivibile al Pleistocene medio -inizio del Pleistocene superiore, consta di orizzonti lenticolari interdigitati da grossolani a fini:
 - ghiaie sabbiose ad elementi calcareo dolomitici di diametro centimetrico, ben smussati, derivanti dallo smantellamento dei massicci mesozoici di piattaforma,
 - □ sabbie e peliti sabbiose. passanti verso l'alto ad alluvioni sabbioso - limoso - argillose con frazioni piroclastiche e frequenti livelli di paleosuolo. Nella parte sommitale è conservato un paleo suolo profondo, decalcificato ed argillificato.
- **BPb**: depostasi in un contesto di piana costiera, questo sub-sistema consta di:
 - complessi di spiaggia a tessitura prevalentemente sabbiosi e sabbioso - ghiaiosi,
 - complessi lagunari e lacuo palustri a tessitura sabbioso - pelitica con abbondanti frazioni di sostanza organica e di torba;
 - corpi alluvionali a tessitura in prevalenza sabbioso - pelitica con orizzonti costituiti da suoli idromorfi.

L'assetto ed i rapporti fra i corpi derivano dal susseguirsi di cicli ingressivo - regressivi; i depositi schiettamente alluvionali sono sia sovrapposti sia eteropici ai sedimenti di facies transizionale; sovente colmano delle paleoincisioni prodottesi nel corso delle fasi regressive. Nelle aree in cui conservano l'originaria morfologia, sono ricoperti da spessa coltre di paleosuoli bruni molto decalcificati ed argillosi.

Alla parte alta del supersistema è ascrivibile l'unità dei **travertini di Seliano** (località ubicata fra Capaccio Scalo e Laura di Paestum), costituita da travertini sia litoidi che friabili di facies fitoermale (travertini a cannule) e fitoclastica, con locali intercalazioni argilloso - torbose. Circa l'età, è ascrivibile al Pleistocene medio - superiore.

Sistema Gromola

Include tutti i terreni che si depositarono sulla Piana a seguito della trasgressione testimoniata dal paleocordone costiero di Gromola e delle connesse fasi di progradazione costiera e di aggradazione del retro-barriera.

La superficie-limite inferiore è ipotizzabile come una superficie trasgressiva che si va approfondendo verso SW, fino a sfumare in una zona con continuità di sedimentazione presso la costa attuale o sulla piattaforma continentale del Golfo di Salerno.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La superficie-limite superiore del Sintema coincide -dove esso è esposto- con la topografia attuale, includendo sia forme deposizionali poco rimodellate (dossi da cordone costiero e ripiani di aggradazione palustre ed alluvionale), sia forme di incisione lineare.

Verso SW la superficie-limite sommitale del Sintema Gromola scompare al di sotto del Sintema Campolongo, le cui facies transizionali e fluviali vengono inoltre a ricoprirla anche invadendo alcune forme vallive preesistenti.

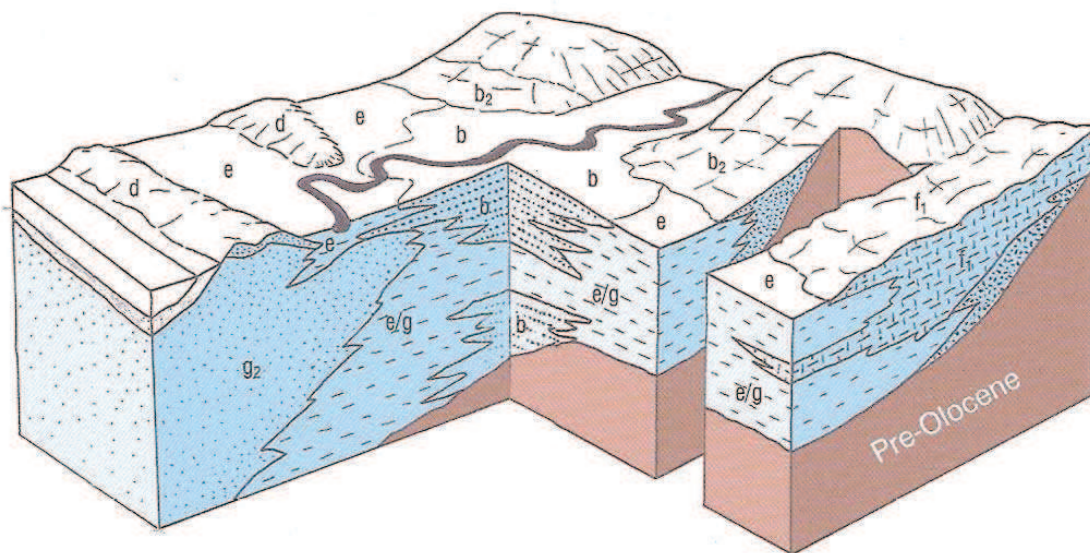
Il Sintema è attribuito sicuramente al Tirreniano sia per la sua posizione stratigrafica e geomorfologica, che in base a misure di racemizzazione effettuate su lamellibranchi delle sue facies di spiaggia. Nel Sintema Gromola sono state distinte cinque unità di rango inferiore che rappresentano varie espressioni sedimentarie e, pro parte, vari momenti del ciclo ingressivo - regressivo testimoniato dall'intero sintema.

Sintema Campolongo

Rappresenta il prisma di sedimenti trasgressivi e progradazionali che si è depositato sul fronte della piana del Sele nel corso dell'Olocene.

La superficie-limite inferiore è ipotizzabile come una superficie trasgressiva che generalmente va approfondendosi verso SW, ma che presenta anche solchi trasversali in corrispondenza dei fiumi maggiori.

SCHEMA DEI RAPPORTI MORFOSTRATIGRAFICI TRA I VARI TERMINI DEL SINTEMA DI CAMPOLONGO.



La superficie-limite superiore è quasi ovunque esposta e coincide con la topografia attuale. La parte più antica (Olocene inferiore) mostra il sollevarsi e l'ingredire di un sistema barrieralaguna; la sua parte più recente (Olocene superiore) mostra, invece, crescita progradazionale dei cordoni costieri e, nel retrobarriera, passaggio da ambienti lagunari ad ambienti stagnali e palustri, successivamente colmati da apporti fluviali e, negli ultimi due secoli, da locali colmate di bonifica.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Nel Sintema Campolongo sono state distinte cinque unità di rango inferiore che rappresentano varie espressioni sedimentarie e vari momenti del ciclo ingressivo - progradazionale. La litofacies eolica è stata distinta in due unità (d11 e d12) sia per alcune differenze composizionali, sia per rimarcare due importanti tappe progradazionali nell'ambito della evoluzione olocenica della Piana del Sele.

Depositi di spiaggia

Costituiti da sabbie e sabbie ghiaiose di spiaggia, talora fossilifere e spesso irregolarmente cementate. Potenti sino a quindici metri circa, raggiungono la quota massima di 13 m s.l.m. Si tratta (C. Vitale - tesi di dottorato, 2005) di associazioni di facies che testimoniano una evoluzione da zona di limite piattaforma - spiaggia sommersa (alternanza di sabbie a laminazione incrociata "gibbosa", sabbie a laminazione piano-parallela ed incrociata alla scala dei ripples e livelli argillosi) a spiaggia sommersa inferiore (sabbie a stratificazione incrociata a basso angolo e a grande scala) ed a spiaggia sommersa superiore (sabbie a laminazione incrociata tabulare e piano-parallela con locali intercalazioni di strati e lenti ghiaiose).

Le facies di battigia sono invece conservate in altri punti del cordone, come ad esempio a **Gromola**, dove affiorano sabbie da fini a grossolane, a luoghi ciottolose, che mostrano laminazione piano-parallela ed incrociata a basso angolo, con lamine costituite prevalentemente da minerali pesanti.

Depositi di duna costiera

Costituiti da sabbie medie e fini di duna costiera, talora irregolarmente cementate da calcite e leggermente rubefatte. Localmente caratterizzate da laminazioni incrociate o da concrezioni ricalcanti antichi apparati radicali, queste sabbie sono di norma spesse pochissimi metri, ma raggiungono una dozzina di metri nella zona di **Capaccio Scalo**, ove conservano una certa prominenza sul retrostante, coevo terrazzo di aggradazione costiera. Questa unità rappresenta probabilmente le fasi di propagazione e di iniziale regressione del ciclo sedimentario costiero rappresentato dal Sintema Gromola. Essa poggia sull'unità dei depositi di spiaggia.

Depositi lagunari, stagnali e palustri

Costituiti da argille azzurre e grigie di laguna, a luoghi fossilifere, talora includenti limi torbosi, passanti verso l'alto e verso l'interno ad alternanze di argille limo-sabbiose, limi torbosi, torbe e sabbie talora ghiaiose a matrice pelitica. Potenza massima di 15 metri circa. La parte inferiore contiene macro e microfossili di ambiente salmastro. Vi sono riferibili anche i resti di Ippopotamus Amphibius ed Elephas Meridionalis , segnalati presso **S. Cecilia** da DE LORENZO & D'ERASMO, (1938). L'unità è in massima parte eteropica e coetanea delle facies di spiaggia, di duna ed alluvionali del Sintema. La sua porzione lagunare si estende verso SW anche sotto, marcando la fase ingressiva del sistema barriera-laguna.

Depositi alluvionali

Sono caratterizzati da alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi torbosi, suoli idromorfi e subordinatamente ghiaie ricche in matrice pelitica. Formano riempimenti terrazzati a quote tra 12 e 17 metri entro valli di basso ordine gerarchico che avevano disseccato il Supersintema BP prima della

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

trasgressione associata al Sintema Gromola. Marginalmente includono anche apporti colluviali dai fianchi vallivi che non sono mappabili separatamente.

IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA

I complessi costituenti il sottosuolo delle aree ricadenti nella Piana del Sele sono tutti sede di falde acquifere alimentate sia dall'infiltrazione delle acque meteoriche che da apporti laterali provenienti dalle aree detritiche e carbonatiche esterne.

Il differente grado di permeabilità relativa e la distribuzione irregolare dei depositi alluvionali determinano, oltre alla presenza della falda libera, l'esistenza di orizzonti acquiferi sovrapposti, spesso in pressione (**acquifero multifalda**), rinvenibili in terreni a granulometria grossolana confinati tra depositi meno permeabili o impermeabili.

Sia nelle aree interne della Piana che nelle zone prossime alla linea di costa si rilevano non di rado fenomeni di artesianesimo, per cui le superfici della falda libera e di quella profonda coincidono o addirittura quella dell'acquifero multifalda è più alta dello specchio freatico e del piano di campagna.

Le piezometriche della falda freatica e quella profonda raggiungono la massima altezza nelle zone collinari, mentre risalgono anche in prossimità del piano campagna nelle aree vicino alla linea di costa.

Inoltre, la superficie della falda freatica degrada in maniera abbastanza marcata verso gli alvei dei corsi d'acqua, dai cui depositi grossolani è drenata per tratti abbastanza ampi.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La redazione dello studio di compatibilità idraulica, ovvero l'analisi *idrologica ed idraulica*, è avvenuta secondo quanto previsto dalla normativa idraulica di riferimento, ossia dal **Piano Stralcio Per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele. Il PAI, essendo sovraordinato rispetto a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti, costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscono con il reticolo idrografico.

In particolare, nello sviluppo dello studio di compatibilità idraulica in esame, ci si è attenuti a quanto prescritto nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) all'art. 26 - "**Le zone di attenzione idraulica**", all'art. 40 "**studio di compatibilità idraulica/valutazione pericolosità-rischio residuo**" e negli allegati D, F ed N.

In particolare, lo studio idrologico-idraulico ha interessato un'area del Comune di Eboli (SA) classificata, dall'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Sele, per quanto concerne la pericolosità idraulica, come **zona di attenzione idraulica** e precisamente in **Area inondata dall'alluvione del Sele del novembre 2010**, mentre non è perimetrata in nessuna delle aree a rischio.

Ai sensi dell'allegato F (*Indirizzi Tecnici per la redazione degli Studi di Compatibilità Idraulica*) alle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, gli studi di compatibilità idraulica devono comprendere i seguenti contenuti:

1. **Lo studio idrologico:** viene svolto con riferimento ai modelli idrologici adottati dall'Autorità di Bacino Interregionale del Sele per la redazione del presente Piano per l'Assetto Idrogeologico.
2. **Il tempo di ritorno per le verifiche idrauliche:** viene posto in base alle previsioni della normativa vigente. Qualora non previsto dalla normativa tecnica vigente e non indicato nell'allegato D delle presenti norme, per la manutenzione delle opere idrauliche e per le sistemazioni dei corsi d'acqua soggetti a dinamiche morfologiche molto rapide, si dovrà far riferimento ad un tempo di ritorno non inferiore a 30 anni, per le manutenzioni straordinarie e le sistemazioni di corsi d'acqua più stabili si deve far riferimento a tempi di ritorno non inferiori a 100 anni.
3. **La cartografia di base:** è redatta con scala di rappresentazione non inferiore a 1:5.000.
4. **Il rilievo topografico:** viene svolto a supporto della modellazione idraulica, per un tratto significativo del corso d'acqua, con un grado di dettaglio tale da consentire di modellare con ragionevole precisione la geometria dell'alveo, le opere longitudinali e di attraversamento. I rilievi sono estesi trasversalmente al corso d'acqua per una lunghezza che consenta di modellare il perimetro bagnato relativo al deflusso idrico di progetto, tenendo conto in ogni caso, laddove presenti, delle fasce fluviali perimetrare negli elaborati del PAI. In caso di tratti arginati, le sezioni sono estese almeno fino al piede della scarpata esterna arginale.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

5. **La modellazione idraulica:** viene svolta in ipotesi di moto stazionario, per un tratto significativo del corso d'acqua, giustificando le condizioni al contorno ipotizzate a base del calcolo, indicando le caratteristiche fisiche dell'alveo (pendenza, sezioni idrauliche, scabrezza,...) e l'eventuale incidenza del trasporto solido. Sono anche opportunamente considerati eventuali fenomeni di instabilità del fondo (escavazioni localizzate) e delle sponde. Le caratteristiche fisiche dell'alveo sono impostate tenendo conto delle reali condizioni di manutenzione dei corsi d'acqua. Qualora opportunamente giustificato, la modellazione idraulica può essere svolta in ipotesi di moto uniforme. Nei casi in cui è necessario il parere preventivo dell'Autorità di bacino, questa può richiedere, in base alla complessità delle opere, la verifica idraulica in ipotesi differenti da quelle finora descritte. Con riferimento alla scabrezza, la modellazione idraulica tiene conto dei molteplici processi di resistenza legati alla natura e alle condizioni dell'alveo e delle sponde nonché alla variabilità longitudinale della geometria e/o a possibili variazioni brusche del perimetro bagnato al crescere della portata. I valori dei parametri di scabrezza da utilizzare nel calcolo idraulico devono tenere conto delle reali e documentabili condizioni di manutenzione del corso d'acqua e, di norma, sono desunti da quelli individuati dalla tabella seguente (per semplicità riportati solo in termini di scabrezza di Gauckler-Strickler), tenendo conto che gli stessi dovrebbero essere considerati valori massimi non superabili. Nel caso di correnti di detriti, assume rilevanza il comportamento reologico del miscuglio, che dovrà essere caratterizzato per mezzo di prove reologiche di laboratorio o facendo riferimento a dati di letteratura relativi a miscugli caratterizzati dalla medesima composizione granulometrica. Ogni parametro influente sui risultati delle modellazioni dovrà essere opportunamente descritto, con riferimento al suo significato fisico e alla sensibilità del modello rispetto alla possibile variabilità dei valori da esso assumibili; andrà motivata la scelta dei valori adottati.

Tipologia corso d'acqua	k_s (Strickler)
	$m^{1/3} s^{-1}$
tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40-45
tombinature perfettamente lisce e dotate a monte di dispositivi atti ad assicurare la trattenuta di trasporto solido di fondo e in sospensione (briglie selettive, vasche di sedimentazioni, ecc.)	45-55

6. **Le opere di attraversamento dei corsi d'acqua:** sono classificati in *ponti, passi con tombinatura, opere in sotterraneo*.
- a) *I ponti ferroviari e stradali*, sono verificati secondo la normativa tecnica vigente sui ponti (punto 5 delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e capitolo 5 della Circolare dei Lavori Pubblici 2 febbraio 2009);

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- b) *I ponti non disciplinati nelle NTC/2008* devono assicurare, con riferimento alla piena centennale, un franco di sicurezza non inferiore a 100 cm o 0,5 volte il carico cinetico della corrente determinabile -ovvero $V^2/2g$, dove V è la velocità media della corrente (m/s) e g è l'accelerazione di gravità (m/s²).
 - c) *I passi con tombinatura*: sono verificati secondo la normativa tecnica vigente sulle canalizzazioni delle acque bianche (come ad esempio la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 7 gennaio 1974, n°11633), avendo cura di considerare opportunamente il trasporto di materiale ingombrante della corrente di piena.
 - d) *Le opere di attraversamento in sotterraneo dei corsi d'acqua* sono fondate a sufficiente profondità da non essere interessate da variazioni altimetriche dell'alveo connesse alle normali dinamiche morfologiche (in particolare la migrazione delle barre) e da trovarsi integralmente al di sotto dello spessore di sedimenti rimaneggiato e mobilizzato dalle piene con tempo di ritorno 100 anni. Non è ammessa la stabilizzazione delle infrastrutture contro il rischio che vengano scoperte dal soprastante strato di sedimenti attraverso la realizzazione di soglie in alveo, salvo che dimostrati vincoli tecnici e costruttivi impediscano di fondare a sufficienza le opere per renderle autonomamente stabili. Le eventuali traverse che si dovessero comunque costruire dovranno essere minimizzate nell'elevazione ed essere conformate in modo da non costituire una interruzione della continuità ecologica dell'ambiente acquatico (attraverso l'uso di rampe in massi o la realizzazione di passaggi per pesci, ad esempio).
7. **I franchi di sicurezza delle opere longitudinali (argini e difese spondali)**: il franco di sicurezza minimo da garantire è pari a cm 50, per bacini poco dissestati con modesto trasporto solido, e a cm 100 per bacini molto dissestati con forte trasporto solido in caso di piena.
 8. **Le pile e le spalle dei ponti**: sono verificate con riferimento anche ai fenomeni di scalzamento al piede.
 9. **La verifica ex ante/ex post (pericolosità e rischio residuo)**: viene svolta per verificare la modifica apportata dalle opere di progetto ai regimi idraulici. Per le opere di attraversamento la verifica ex ante/ex post mostra che queste non incrementino il rischio da alluvione. Per le opere di mitigazione della pericolosità e rischio da alluvione la stessa verifica dimostra di quanto la pericolosità e il rischio da alluvione si ridurrebbero una volta realizzate le opere previste dal progetto (pericolosità e rischio residuo).
 10. **Il piano di manutenzione**: descrive le attività e i costi di manutenzione necessari per mantenere in buono stato funzionale le opere di progetto e l'alveo fluviale, affinché le condizioni reali al contorno utilizzate ai fini della verifica idraulica, non peggiorino nel tempo riducendo l'efficienza idraulica delle opere stesse.

3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE - MORFOMETRICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

L'impiego della geomorfologia quantitativa trova applicazione nello studio delle forme del rilievo terrestre e dei processi che le hanno generate.

L'impiego dei metodi quantitativi nell'analisi del paesaggio fisico consente di attribuire una dimensione, cioè di esprimere sotto forma parametrica i principali aspetti del rilievo e di quantificare l'intensità dei processi geomorfici, in questo modo è possibile ottenere valutazioni più rigorose di quelle basate su considerazioni semplicemente qualitative, le quali contengono una inevitabile dose di soggettività. Tra i vari settori della geomorfologia, il primo a giovare delle potenzialità di un approccio di tipo quantitativo è stato quello dell'idraulica fluviale. Il più consistente impulso all'analisi di tipo quantitativo coincide con la pubblicazione sul Bollettino della Società Geologica Americana di un articolo di HORTON (1945) sull'analisi dei fenomeni erosivi nei bacini fluviali, che definisce una serie di parametri fisiografici misurabili ai fini della valutazione dell'entità dei processi di erosione.

Di seguito vengono elencati i principali parametri morfometrico analizzati nel bacino imbrifero oggetto di analisi.



Fig.1 - *Rappresentazione bacino idrografico*

Gerarchizzazione del reticolo idrografico : l'ordine gerarchico (u) si esegue attribuendo un ordine a ciascun segmento fluviale: si definiscono segmenti di 1 ordine quelli che non hanno

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

affluenti, dalla confluenza di due segmenti di 1° ordine si genera un segmento di 2° ordine, dalla confluenza di due segmenti di 2° ordine se ne genera uno di 3° e così via fino ad individuare il segmento di ordine massimo che rappresenta il collettore principale dell'intera rete idrografica (Horton, 1945 Strahler, 1952).

Ciò permette di calcolare una serie di parametri che definiscono la geometria del reticolo idrografico e il suo grado di organizzazione gerarchico.

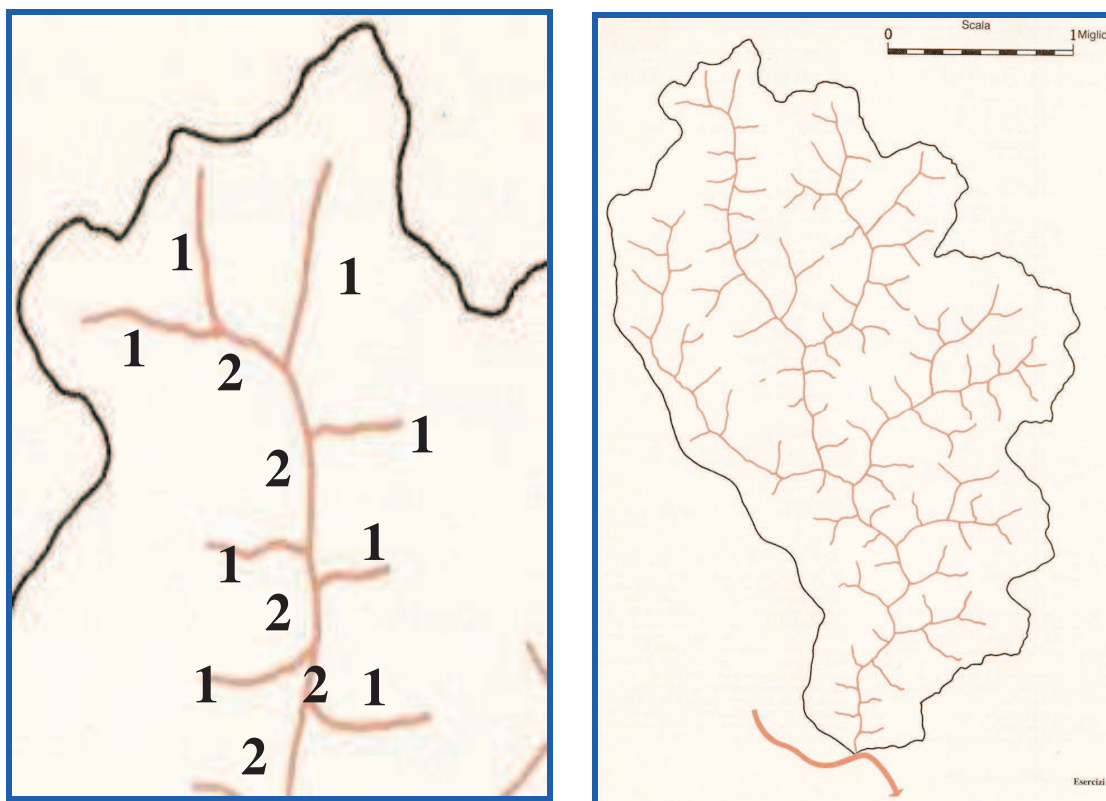


Fig. 2 - Gerarchizzazione di un reticolo idrografico secondo Strahler

Il reticolo del fiume idrografico bacino imbrifero del fiume Sele pur non potendosi definire esattamente *dentritico*, presenta una disposizione delle aste alquanto casuale, a forte controllo strutturale.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



Anomalia gerarchica: un importante parametro è la distribuzione delle confluenze anomale nei vari ordini. Il numero di **anomalia gerarchica (G)**, corrisponde al numero minimo di segmenti di primo ordine necessari a rendere il reticolo idrografico perfettamente gerarchizzato (AVENA et al., 1967).

Per confrontare bacini con aree diverse si ricorre invece alla **densità di anomalie gerarchiche (g_a)** definita come il rapporto tra il numero di anomalia gerarchica (G) e l'area del bacino (A):

$$g_a = \frac{G_a}{A}$$

Bassi valori di g_a si riferiscono a bacini caratterizzati da reticoli ben organizzati, dove i processi di erosione sono prevalentemente di tipo lineare, cioè ad opera delle acque incanalate, mentre l'erosione areale risulta subordinata. Si può affermare il contrario per valori alti di g_a (>30) che testimoniano intensi processi erosivi di tipo calanchivo.

Lunghezza del corso d'acqua: la lunghezza dei corsi d'acqua può essere, oggi, facilmente misurata con gli strumenti GIS. La lunghezza media delle aste fluviali (L_u) di un dato ordine si esprime come il rapporto tra la sommatoria delle lunghezze dei segmenti di quell'ordine e il numero di segmenti appartenenti allo stesso ordine (HORTON, 1945).

$$\overline{L_u} = \frac{\sum L_u}{N_u}$$

Horton (1945) e Strahler (1952) notarono che la lunghezza media delle aste fluviali di ciascun ordine aumenta costantemente all'aumentare del numero d'ordine gerarchico secondo un **rapporto di lunghezza (R_L)** costante dato dalla relazione:

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

$$R_L = \frac{\overline{L_u}}{L_{u-1}}$$

dove L_u rappresenta la lunghezza media dei segmenti di un dato ordine u . E' stato osservato che il rapporto di lunghezza tende ad assumere un valore costante per ciascun bacino di drenaggio.

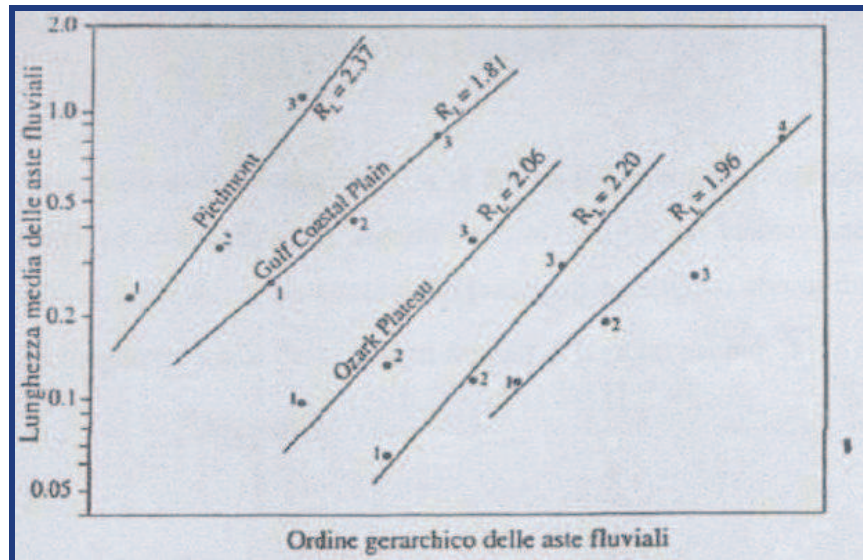


Fig. 3

Altri parametri sono stati introdotti allo scopo di definire dal punto di vista quantitativo la forma di un bacino di drenaggio.

Tra questi il **rapporto di allungamento** (R_e) che consiste nel rapporto tra il diametro (d) di un cerchio avente la stessa area del bacino considerato e la lunghezza massima del bacino (L) misurata nella direzione dell'asta principale (SCHUMM, 1956):

$$R_e = \frac{d}{L}$$

Per ciascun bacino è indicato il **rapporto di lunghezza** (R). I numeri a fianco di ogni punto indicano il numero di ordine gerarchico.

Anche il **rapporto di circolarità** (R_c), contribuisce alla descrizione della forma del bacino; è dato dal rapporto tra l'area di un dato bacino (A_b) e l'area del cerchio (A_c) avente lo stesso perimetro del bacino (STRAHLER, 1958):

$$R_c = \frac{A_b}{A_c}$$

Questo parametro risulta maggiormente significativo qualora la direzione della lunghezza massima del bacino non corrisponda a quella del collettore principale.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

L'area del bacino (A) può essere calcolata con estrema precisione con gli attuali strumenti GIS. La relazione che intercorre tra l'area media dei bacini di un dato ordine gerarchico (A_u) e l'ordine stesso è simile a quella sopra descritta per le lunghezze dei corsi d'acqua (R_L). Infatti, il rapporto areale (R_a) (SCHUMM, 1956) risulta dalla relazione:

$$R_a = \frac{\overline{A_u}}{A_{u-1}}$$

La densità di drenaggio (D) che correla una proprietà lineare di un bacino con una proprietà areale, costituisce uno dei parametri morfometrico più significativi ai fini della valutazione quantitativa dell'erosione nei bacini fluviali poiché rende conto delle principali caratteristiche di un bacino. E' definita come il rapporto tra la lunghezza totale dei segmenti fluviali di un dato bacino ΣL e l'area del bacino stesso:

$$D = \frac{\Sigma L}{A}$$

In particolare, la densità di drenaggio risulta direttamente proporzionale all'intensità delle precipitazioni e all'acclività dei versanti. Per quanto riguarda le caratteristiche litologiche esiste un rapporto di proporzionalità diretto con l'erosibilità e inverso con la permeabilità dei terreni affioranti. Inoltre, a parità di litotipo, terreni fratturati presentano generalmente valori di densità di drenaggio più elevati.

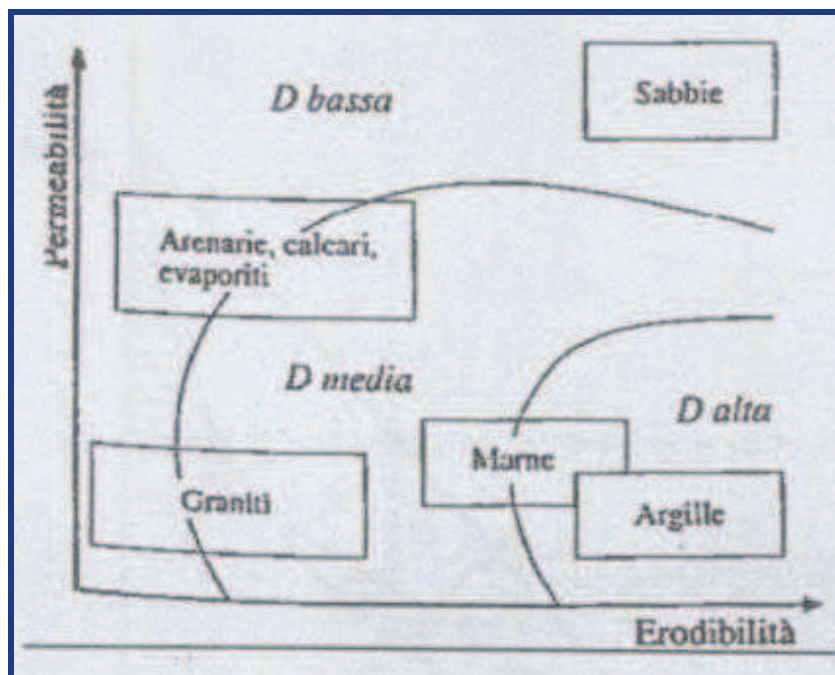


Fig. 4

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Il parametro più significativo ai fini dell'analisi quantitativa dell'erosione è il **gradiente di pendio** (ϑ) delle aste fluviali, definito come il rapporto tra il dislivello dei punti estremi di un segmento fluviale e la sua lunghezza (HORTON, 1945). Il **gradiente medio** di questo parametro relativamente ad un bacino può essere in alcuni casi assimilato all'acclività media del bacino stesso. Il valore di ϑ rende conto della velocità e quindi dell'energia e della competenza di un corso d'acqua (secondo un rapporto di proporzionalità diretta); in genere, a parità di altre condizioni, ad un elevato gradiente di pendio corrisponde un maggiore trasporto solido.

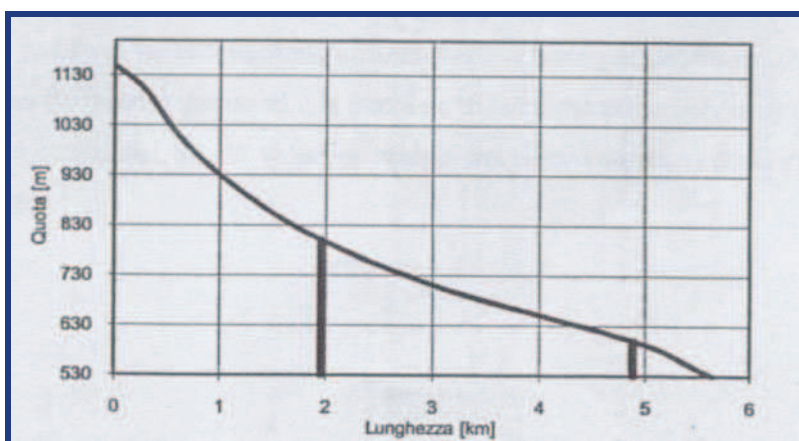


Fig. 5

Analogamente a quanto visto per le lunghezze dei corsi d'acqua e le aree dei bacini, anche per quanto riguarda l'acclività può essere individuato un **rapporto di pendenza** R_θ , definito dalla relazione:

$$R_\theta = \frac{\overline{\vartheta}_u}{\vartheta_{u-1}}$$

Dove $\overline{\vartheta}_u$ è il gradiente di pendio medio delle aste di ordine gerarchico u . Tale valore si aggira generalmente tra 0.3 e 0.6; per definizione è comunque inferiore a 1.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

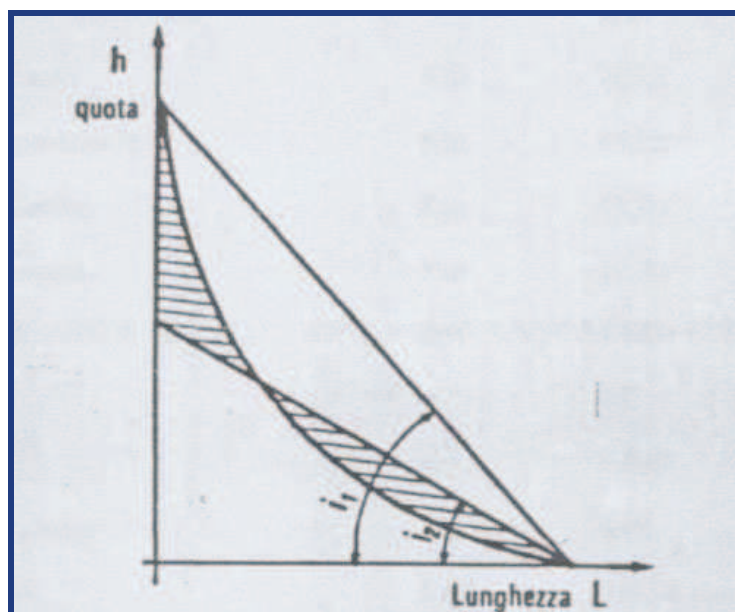


Fig. 6

Con modalità simili a quelle viste per le carte della densità di drenaggio, possono essere compilate carte dei **gradienti di pendio**, con rappresentazioni a mosaico (con individuazioni di classi).

Un altro parametro relativo alle proprietà del rilievo è costituito dal **rapporto di rilievo (Rh)** dato dal rapporto tra il dislivello massimo di un bacino e la massima lunghezza di quest'ultimo misurata lungo la linea principale di drenaggio (SCHUMM, 1956). Valori prossimi allo zero si riferiscono in genere a bacini molto evoluti, con dislivelli tra testata e foce delle aste fluviali molto ridotti ed elevate lunghezze dei corsi d'acqua (AVENA & GIULIANO, 1967).

Per l'analisi orografica di un bacino viene utilizzata anche **l'energia del rilievo (Er)** definita come il dislivello massimo (in metri) relativo ad una porzione di territorio unitaria (generalmente 1 Km²).

A parità di altre condizioni, ad alti valori di energia del rilievo corrispondono, in genere, processi di erosione più intensi.

La configurazione del reticolo idrografico del fiume Sele ha un Pattern dentritico-parallelo legato sia alla natura dei terreni che all'assetto tettonico e morfologico dell'area.

Il regime idrico dei corsi d'acqua minori è tipicamente torrentizio, con eventi di piena in concomitanza di copiosi eventi meteorici e lunghi periodi di magra durante gran parte dell'anno. Il Fiume Sele normalmente non accusa periodi di secca, grazie alla notevole ampiezza del proprio bacino imbrifero.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Tempo di corrivazione

Ad ogni bacino idrografico viene associato un tempo caratteristico, definito di corrivazione, che corrisponde teoricamente al tempo necessario affinché una particella d'acqua caduta sui punti più distanti della superficie scolante raggiunga la portata di chiusura.

Il tempo di corrivazione può essere stimato con diverse formule.

La più nota in Italia è la formula proposta da *Giandotti*, valida per bacini idrografici con superficie A_k variabile fra 170 e 70000 Km^2 :

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A_k} + 1.5 \cdot L_k}{0.8 \sqrt{H - H_0}}$$

in cui t_c è espresso in ore, A_k in Km^2 rappresenta l'area del bacino sottesa alla sezione di calcolo, L_k la lunghezza dell'asta principale espressa in Km , $H_{media} - H_0$ espressa in m è la quota media del bacino riferita alla sezione di calcolo.

Per bacini con A_k inferiore a 20 Km^2 è stata proposta da *Kirpich* la seguente relazione:

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L_k}{\sqrt{i_{amed}}} \right)^{0.77}$$

in cui t_c è espresso in ore, L_k la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, espressa in m ed i_{amed} la sua pendenza media [m/m].

In maniera più semplice il tempo di corrivazione può essere calcolato con la relazione proposta dal *Viparelli*:

$$t_c = \frac{L_k}{V}$$

Carlo Viparelli ha suggerito per i corsi d'acqua pedemontani valori della velocità V caratteristica delle correnti di piena variabili tra 1 e 1.3 m/s raggiungendo valori compresi tra 1.5 e 2 m/s per quei bacini caratterizzati da valori rilevanti della pendenza.

Puglisi e Zanframundo indagando su bacini aventi superficie variabile tra 43 a 94 Km^2 , sono pervenuti alla seguente relazione:

$$t_c = C_p \cdot \left(\frac{L_k}{i_{amed}} \right)^{1/3}$$

in cui t_c è espresso in ore, L_k la lunghezza dell'asta principale espressa in m ed i_{amed} la sua pendenza media (m/m), e C_p è una costante numerica pari a 6.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Effettuando delle misure relative ad alcuni piccoli bacini piemontesi, Pezzoli ha proposto la seguente relazione:

$$t_c = 0.055 \cdot \frac{L_k}{\sqrt{i_a}}$$

in cui t_c è espresso in ore, L_k la lunghezza dell'asta principale espressa in Km ed i_a la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Il coefficiente di deflusso

Non tutto il volume d'acqua che precipita sulla superficie del bacino contribuisce alla formazione dei deflussi superficiali perché parte di esso si infiltra nel terreno o si invasa momentaneamente nelle depressioni superficiali.

Sono stati proposti diversi metodi per stimare il coefficiente di deflusso, ossia il rapporto tra la quantità d'acqua defluita da una sezione di chiusura e la quantità d'acqua affluita nel bacino sottoforma di precipitazione.

Il metodo proposto da Kennessey (1930) presuppone che il calcolo del coefficiente di deflusso medio di un bacino sia la somma di tre componenti legati, rispettivamente, *all'acclività topografica media del bacino* (C_a), *alla sua copertura vegetale* (C_v) *ed alla permeabilità media del terreno* (C_p).

Generalmente una maggiore acclività media contribuisce ad un aumento del deflusso, a discapito dell'infiltrazione e dell'evapotraspirazione.

La presenza, invece, di una fitta copertura vegetale ostacola il deflusso superficiale rallentandolo e favorendo, quindi, l'infiltrazione. Inoltre bisogna considerare la perdita per effetto dell'evapotraspirazione. I terreni che hanno una buona permeabilità riducono il deflusso superficiale contribuendo ad aumentare la perdita per infiltrazione.

Inoltre, il coefficiente di deflusso è influenzato dalle condizioni meteo climatiche dell'area esaminata: infatti il coefficiente di deflusso è fortemente influenzato dalla distribuzione degli eventi meteorici nell'arco dell'anno, piuttosto che dai valori delle altezze di precipitazione e della temperatura. Generalmente, una maggiore quantità d'acqua caduta sul bacino associata a temperature elevate comportano una maggiore evapotraspirazione, con conseguente diminuzione del deflusso superficiale; diversamente, se alla stessa quantità d'acqua sono associate basse temperature il deflusso superficiale sarà maggiore.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Indice di aridità I_a	$I_a < 25$	$25 \leq I_a \leq 40$	$I_a > 40$
Permeabilità (C_p)	Coefficienti		
Molto bassa	0.21	0.26	0.30
Bassa	0.17	0.21	0.25
Mediocre	0.12	0.16	0.20
Buona	0.06	0.08	0.10
Elevata	0.03	0.04	0.05
Acclività (C_a)	Coefficienti		
> 35%	0.22	0.26	0.30
35% ÷ 10%	0.12	0.16	0.20
10% ÷ 3.5%	0.01	0.03	0.05
< 3.5%	0.00	0.01	0.03
Vegetazione (C_v)	Coefficienti		
Roccia nuda	0.26	0.28	0.30
Pascolo	0.17	0.21	0.25
Terra coltivata	0.07	0.11	0.15
Bosco	0.03	0.04	0.05

Tab. 1 - Parametri di calcolo del coefficiente di deflusso Kennesey

Per tenere conto del fattore climatico, Kennesey, introduce l'indice di aridità I_a :

$$I_a = \frac{\frac{P}{T+10} + \frac{12 \cdot p}{t}}{2}$$

dove:

P = afflusso medio mensile [mm];

T = temperatura media annua [°C];

p = afflusso del mese più arido [mm];

t = temperatura del mese più arido [°C].

e vengono individuati tre intervalli di valori del coefficiente I_a in cui ogni fattore (C_a , C_v , C_p) varia.

Nel caso frequente in cui la superficie del bacino sia suddivisibile in A_i superfici omogenee in riferimento all'acclività topografica, alla copertura vegetale ed alla permeabilità del terreno i

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

suddetti tre coefficienti verranno calcolati attraverso la media ponderata in funzione dell'estensione :

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n C_{xi} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Esempio 1.2- Consideriamo un bacino idrografico di area totale 25 Km² con coefficiente di aridità la < 25 e si vuole calcolare il coefficiente legato alla permeabilità Cp sapendo che è possibile decomporre l'area totale del bacino in tante superfici Ai distribuiti come segue:

- A1= 5 Km² terreno con permeabilità elevata (20% dell'area totale);
- A2= 10 Km² terreno con permeabilità mediocre (40% dell'area totale);
- A3= 10 Km² superficie del terreno con permeabilità molto bassa (40% dell'area totale).

Quindi, attraverso la media ponderata si ricava:

$$C_p = 0.03 \cdot 0.20 + 0.12 \cdot 0.40 + 0.21 \cdot 0.4 = 0.570$$

Il procedimento è analogo per la determinazione degli altri due addendi, Ca e Cv, del coefficiente di deflusso Kennessey.

4. VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI. METODOLOGIA

Generalità

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel *Rapporto VAPI Campania* attraverso una metodologia di analisi regionale di tipo gerarchico, basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (*TCEV - Two Component Extreme Value*). Tale procedura si basa sulla considerazione che esistono zone geografiche via via più ampie che possono considerarsi omogenee nei confronti dei parametri statistici della distribuzione, man mano che il loro ordine aumenta.

Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena Q_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T , può essere valutata come:

$$Q_T = K_T \cdot m(Q) \quad (1.)$$

dove:

$m(Q)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice).

K_T = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra Q_T e la piena indice.

Per quanto attiene alla valutazione del fattore regionale di crescita e della legge di probabilità pluviometrica, il rapporto VAPI propone la formulazione riportata nei paragrafi che seguono.

Valutazione del fattore regionale di crescita

Nell'ambito del *Progetto VAPI* del G.N.D.C.I./C.N.R. il territorio nazionale è stato suddiviso in *aree idrologicamente omogenee*, caratterizzate pertanto da un'unica distribuzione di probabilità delle piene annuali rapportate al valore medio (*legge regionale di crescita con il periodo di ritorno $K_T(T)$*).

L'indagine regionale volta alla determinazione di tale legge è stata svolta per la regione Campania nel Rapporto VAPI Campania sopra menzionato. I risultati sono stati ottenuti sotto forma di una relazione tra K_T e T esplicitata come:

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-13.11 \cdot 0.0202^{K_T} - 0.923 \cdot 0.230^{K_T})} \quad (2.)$$

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Questa relazione può essere valutata in prima approssimazione attraverso la seguente:

$$K_T = -0.0545 + 0,680 \cdot \ln T \quad (3.)$$

con un errore di sottostima al massimo di poco superiori al 15% fino a T=30 anni e sempre inferiori al 4% per T>50 anni.

Nella tabella A che segue sono riportati, per diversi periodi di ritorno, i valori di K_T ottenuti dall'equazione (3).

T (anni)	K_T
2	0.87
5	1.29
10	1.63
20	2.03
30	2.26
50	2.61
100	3.07
200	3.53
500	4.15
1000	4.52

Tabella 2 – Legge regionale di crescita delle portate per la regione Campania

Valutazione della piena media annua $m(Q)$

Criteri di stima

La piena media annua $m(Q)$ è caratterizzata da una elevata variabilità spaziale che può essere spiegata, almeno in parte, ricorrendo a fattori climatici e geomorfologici. E' dunque in genere necessario ricostruire modelli che consentano di mettere in relazione $m(Q)$ con i valori assunti da grandezze caratteristiche del bacino.

Quando manchino dati di portata direttamente misurati nelle sezioni di interesse, l'identificazione di tali modelli può essere ottenuta sostanzialmente attraverso due diverse metodologie:

- approcci di tipo puramente empirico, del tipo $m(Q) = a \cdot A^b$ (con A = superficie del bacino);
- approcci che si basano su modelli in cui la piena media annua viene valutata con parametri che tengano conto delle precipitazioni massime sul bacino e delle caratteristiche geomorfologiche (**modelli geomorfoclimatici**).

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Il Rapporto VAPI Campania ha provveduto alla stima dei parametri sia per modelli empirici di vario tipo che per il modello geomorfoclimatico. Tali parametri sono stati stimati utilizzando i dati di 12 delle 22 stazioni idrometriche presenti in Campania, corrispondenti a bacini di estensione variabile tra 95 Km² (Tuscano ed Olevano) e 5542 Km² (Volturno e Ponte Annibale).

Di seguito, mancando dati di misura di portata nelle sezioni di interesse, il calcolo della portata media annua al colmo di piena è stato effettuato in via indiretta, in accordo con la metodologia proposta dal VAPI, a partire dalle precipitazioni intense e in particolare con il “**modello geomorfoclimatico**”, stimando $m(Q)$ come una frazione della massima intensità di pioggia che può verificarsi sul bacino dipendente dalle caratteristiche geomorfologiche dello stesso.

Il modello geomorfoclimatico

Ipotesi di base

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino:

- sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita “**pioggia efficace**”;
- nella rete idrografica, l'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire **l'idrogramma di piena**, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del **pluviogramma** che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia “efficace” si definisce **coefficiente di afflusso di piena** C_f il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche **idrogramma unitario istantaneo o IUH**. Per pluviogramma di forma rettangolare, con durata ed intensità in accordo con la legge di probabilità pluviometrica sul bacino $m[I_A(d)]$, l'idrogramma di piena corrispondente ha ordinata al colmo proporzionale all'intensità di pioggia per mezzo di un coefficiente di attenuazione

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

di piena $S(d)$ o funzione di picco $S(d) = \int_{t_p-d}^d u(\tau) dt$ in cui $u(\tau)$ è l'idrogramma unitario istantaneo, t_p è l'istante in cui si manifesta il colmo di piena, misurato a partire dal momento di inizio della pioggia.

La forma assunta da $S(d)$ dipende sostanzialmente dal tempo di ritardo del reticolo idrografico t_r , definito come intervallo temporale che intercorre tra il baricentro del pluviogramma e quello dell'idrogramma corrispondente.

Definita la funzione $S(d)$, la portata al colmo di piena per unità di area dipende in maniera proporzionale dal prodotto $m[I_A(d)] \cdot S(d)$, in cui all'aumentare di d il primo termine diminuisce mentre il secondo aumenta. Il valore della durata d per cui tale prodotto risulta massimo viene definito **durata critica del bacino** d_c .

Il massimo annuale della portata al colmo di piena, che si verifica dunque per eventi di durata d_c , viene definito come:

$$m(Q) = C_f \cdot A \cdot S(d_c) \cdot m[I_A(d_c)] \quad (4.)$$

La (4) può essere riscritta come:

$$m(Q) = \frac{C_f \cdot q \cdot m[I_A(t_r)] \cdot A}{3.6} \quad (5.)$$

in cui

t_r = tempo di ritardo del bacino, in ore;

C_f = coefficiente di deflusso, caratteristico del bacino;

$m[I_A(t_r)]$ = media del massimo annuale dell'intensità di pioggia areale di durata pari al tempo di ritardo t_r del bacino, in mm/ora;

A = area del bacino, in km^2 ;

q = coefficiente di attenuazione del colmo di piena.

Seguendo l'approccio sopra definito, per lo studio del bacino e per valutare la media dei massimi annuali della portata al colmo di piena $m(Q)$, risulta in definitiva necessario:

- determinare le caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici;
- definire la legge di probabilità pluviometrica areale $m[I_A(d)]$;
- calcolare i parametri del modello geomorfoclimatico C_f e t_r .

Caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici

Ogni bacino è caratterizzato morfologicamente ed altimetricamente attraverso la definizione di una serie di grandezze. Precisamente sono state considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

- la superficie del bacino;
- la lunghezza dell'asta principale;
- la quota minima coincidente con la sezione di chiusura del bacino;
- l'altitudine massima del bacino riferita al livello medio del mare;
- l'altitudine media, definita come il valore medio della curva ipsografica.

Altitudine media e Curva ipsografica

Per valutare l'altezza media di un bacino si divide tutta la superficie A in aree parziali A_i comprese tra due curve di livello fra di loro non troppo distanti, in modo da ritenere l'altezza h_i della fascia uguale alla media dei valori delle due curve di livello che la limitano. Si suppone cioè che in quel breve tratto la pendenza sia costante. Si misurano, poi, le aree delle superfici parziali A_i . *L'altezza media h_m del bacino è la media ponderata delle altezze medie delle superfici parziali, cioè:*

$$h_m = \frac{\sum h_i \cdot A_i}{A} \quad (6.)$$

Essa rappresenta il *valore medio* della *curva ipsografica*; in particolare, è data dall'area compresa tra la curva ipsografica e gli assi coordinati divisa per l'area dell'intero bacino. Pertanto nello studio del bacino si costruisce anche la curva ipsografica, che rappresenta la ripartizione delle aree topografiche nelle varie fasce altimetriche. Essa si traccia considerando la successione dei valori delle superfici poste al di sopra di prefissati valori delle quote. La curva ipsografica permette anche di determinare l'estensione del bacino al di sopra o al di sotto di una certa quota.

La legge di probabilità pluviometrica areale

La legge di probabilità pluviometrica areale consente di conoscere come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia $m[h_A(d)]$ in funzione della durata d e dell'area del bacino A .

Nota la legge $m[h_A(d)]$, è possibile definire la media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia areale come

$$m[I_A(d)] = m[h_A(d)] / d \quad (7.)$$

La metodologia comunemente impiegata consiste nell'ottenere la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia areale $m[h_A(d)]$ dalla media del massimo annuale dell'altezza di pioggia

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

puntuale $m[h(d)]$ attraverso un *fattore di ragguglio* noto come *coefficiente di riduzione areale* $K_A(d)$ come:

$$m[h_A(d)] = K_A(d) \cdot m[h(d)] \quad (8.)$$

Per definire la $m[h_A(d)]$ risulta dunque necessario:

- definire la legge di probabilità pluviometrica $m[h(d)]$;
- calcolare il coefficiente di riduzione areale.

La legge di probabilità pluviometrica

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa sostanzialmente riferimento a leggi a quattro parametri del tipo:

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}} \quad (9.)$$

in cui $m[I_0]$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri della suddetta legge sono stati determinati, per sei aree ritenute omogenee dal punto di vista pluviometrico (cfr. tabella B), attraverso una procedura di stima regionale utilizzando i dati di 44 stazioni pluviografiche con più di 10 anni di osservazioni, ed in particolare:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Area omogenea	n. stazioni	m(I ₀) (mm/ora)	dc (ore)	C	D*10 ⁵	ρ ²
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969

Tabella 3 - Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea

Dall'esame della mappa delle aree pluviometriche omogenee, riportata nel Rapporto VAPI - Campania, si è riscontrato che i sottobacini idrografici oggetto di studio rientrano nell'area pluviometrica omogenea A1, ragion per cui i calcoli idrologici sono stati eseguiti per tale area omogenea, al fine di valutare la condizione più sfavorevole (quella con portata maggiore), per le successive verifiche idrauliche delle sezioni di interesse.

Il coefficiente di riduzione areale

Il fattore di riduzione areale viene ritenuto costante al variare del periodo di ritorno, e pari a:

$$K_A(d) = 1 - \left[(1 - \exp(-c_1 \cdot A)) \cdot \exp(-c_2 \cdot d^{c_3}) \right] \quad (10.)$$

con:

A = area del bacino, in km²;

c₁ = 0.0021;

c₂ = 0.53;

c₃ = 0.25;

Per i bacini molto piccoli K_A è praticamente pari ad 1.

I parametri del modello geomorfoclimatico

Nel Rapporto VAPI Campania il territorio campano è stato suddiviso in complessi idrogeologici costituiti da litotipi che, pur diversi, mantengono un identico comportamento nei confronti dell'infiltrazione, della percolazione e della circolazione dell'acqua nel sottosuolo. Questi complessi sono stati accorpati nelle seguenti cinque classi in base alle caratteristiche di permeabilità:

1. **classe A** (*alta capacità di permeabilità*), in essa sono inclusi quasi esclusivamente i calcari per la loro elevatissima capacità di infiltrazione dovuta all'alto grado di permeabilità per fessurazione e carsismo che li caratterizza;
2. **classe MA** (*capacità di permeabilità medio-alta*), che ingloba, quasi esclusivamente, le dolomie. Questo litotipo, che costituisce la base affiorante di quasi tutti i massicci carbonatici campani, ha un grado di permeabilità inferiore a quello dei calcari;
3. **classe M** (*media capacità di permeabilità*), comprendente i detriti di falda e di conoide, i depositi alluvionali e il complesso delle lave;
4. **classe MB** (*capacità di permeabilità medio-bassa*), ad essa appartengono i complessi sabbioso-conglomeratico pliocenico, arenaceo-breccioso miocenico, piroclastico, calcareo-siliceo e fluvio-lacustre e lacustre;
5. **classe B** (*bassa capacità di permeabilità*), comprendente tutti i depositi prevalentemente argillosi che, a scala regionale, possono considerarsi per lo più impermeabili.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

La metodologia proposta dal VAPI Campania per la valutazione dei parametri del modello geomorfoclimatico, e cioè del coefficiente di deflusso C_f e del tempo di ritardo del bacino t_r , assume alla base la suddivisione di ogni bacino in tre complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico:

- le aree permeabili (superficie carbonatica) senza copertura boschiva, indicate con **A1**;
- le aree a bassa permeabilità, indicate con **A2**;
- le aree permeabili con copertura boschiva, indicate con **A3**.

Il coefficiente di deflusso C_f

Dato il significato del coefficiente di deflusso, l'ipotesi più semplice per la sua stima consiste nell'assumere che esista un valore di C_f per ogni singolo complesso omogeneo e nel considerare il valore globale come la media pesata di tali valori caratteristici.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Adottando il modello geomorfoclimatico, risulta:

$$C_f = C_{f1} \left(\frac{A_1}{A} \right) + C_{f2} \left(\frac{A_2}{A} \right) + C_{f3} \left(\frac{A_3}{A} \right) \quad (11.)$$

Nel Rapporto VAPI Campania sono stati stimati per C_{f1} e C_{f2} i seguenti valori:

- C_{f1} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile = 0.42;
- C_{f2} = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.56;
- C_{f3} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con copertura boschiva = 0.00.

Il tempo di ritardo t_r

Adottando il metodo geomorfoclimatico, il tempo di ritardo può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi idrogeologici eterogenei:

$$t_r = \frac{c_{f1}}{c_f} \frac{A_1}{A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{c_{f2}}{c_f} \frac{A_2}{A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2} \quad (12.)$$

Nella precedente risultano (dalle stime effettuate nel rapporto VAPI Campania)

c_1 è la celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili = 0.23 m/s;

c_2 è la celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.87 m/s.

Per C_{f1} e C_{f2} valgono i valori descritti al paragrafo precedente ($C_{f1} = 0.42$ e $C_{f2} = 0.56$).

La piena media annua

Definita la legge di probabilità pluviometrica areale e calcolati i parametri C_f e t_r , la piena media annua viene calcolata, come detto precedentemente, con la relazione:

$$m(Q) = \frac{C_f \cdot q \cdot m[I_A(t_r)]A}{3.6} \quad (13.)$$

Nella precedente il *coefficiente di attenuazione del colmo di piena* dipende in maniera complessa dalla forma della legge di probabilità pluviometrica e dalla risposta della rete idrografica e consente di tenere conto, tra l'altro, dell'errore che si commette nell'assumere che la durata critica del

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

bacino, e cioè la durata della pioggia che causa il massimo annuale del colmo di piena, sia pari al tempo di ritardo t_r del bacino stesso. Esso può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65 \end{cases} \quad (14.)$$

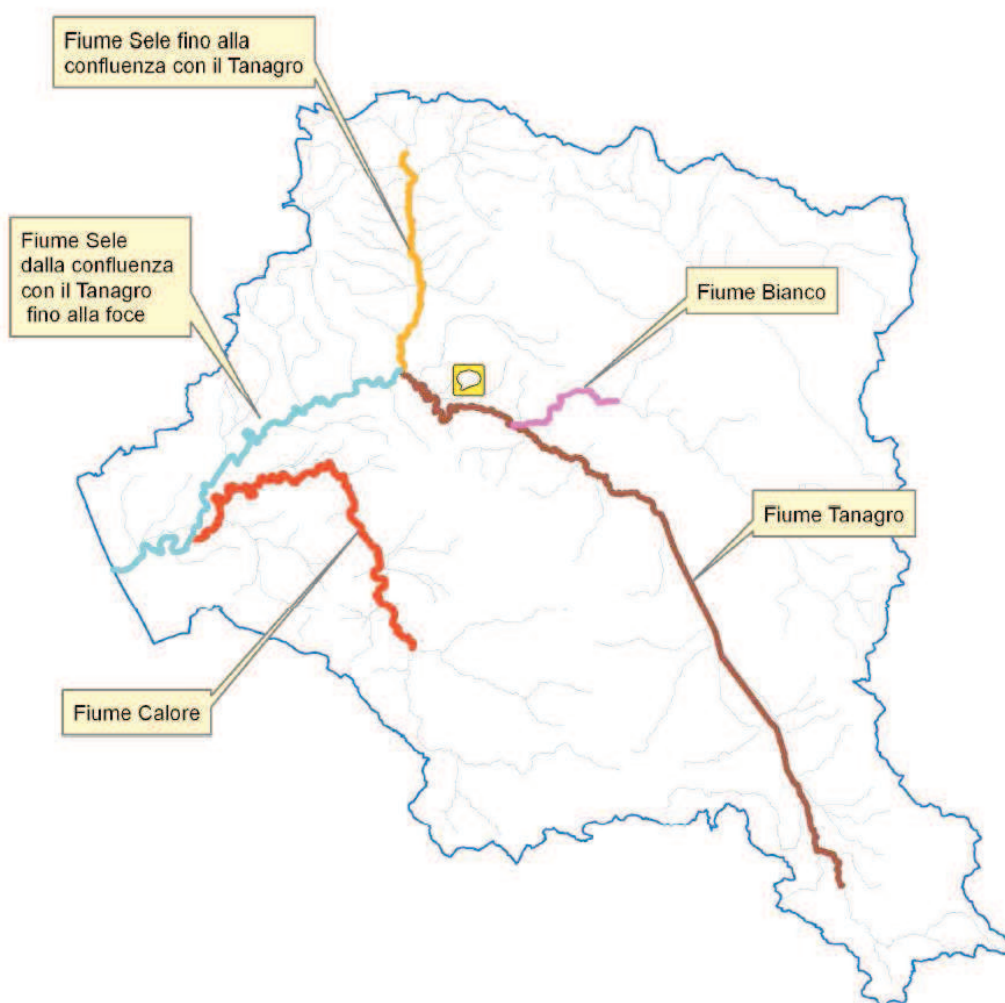
in cui:

$\beta = (C - D \cdot z)$ e d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata;

k_1 è un coefficiente numerico pari a $1.44 \cdot 10^{-4}$ se l'area A è espressa in km^2 e il tempo di ritardo t_r in ore.

5. VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI - RISULTATI-

Il tratto in esame (fiume Sele Tratto vallivo dalla confluenza con il fiume Calore lucano alla foce nel Tirreno) è lungo circa 12.0 km e presenta una pendenza media dell'ordine di 0.002.



L'area è costituita da un territorio completamente pianeggiante, posto a quote leggermente superiori a quelle raggiunte dalle acque fluenti, fatto che lo rende estremamente vulnerabile e frequentemente soggetto ad allagamenti.

La presenza di alcuni ponti stradali e di uno ferroviario (ferrovia Roma - Reggio Calabria) contribuisce a creare una situazione di criticità idraulica, fortemente aggravata dalla confluenza del Calore Lucano.

L'elevata propensione all'allagamento di tutta la zona è dovuta principalmente a queste ragioni:

- le sezioni di deflusso, specialmente quelle del Calore Lucano, non sono in grado di contenere le portate di massima piena;

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- la coincidenza fra la piena del Sele e del Calore Lucano provoca un profilo di rigurgito che, ostacolando il regolare deflusso dell'onda di piena del Calore, provoca l'esonazione delle acque nelle sezioni di insufficiente capacità;
- entrambi i fiumi non sono completamente arginati e, laddove esistono, gli argini non sono in grado di garantire il contenimento delle portate di massima piena perché superati dal livello delle acque fluenti;
- la presenza di numerosi ponti, con impalcato basso e pile in alveo, costituisce ostacolo al deflusso del materiale vegetale flottante, che in questo tratto terminale è certamente molto abbondante, con conseguente ostruzione delle luci e formazione di un profilo di rigurgito a monte del ponte e innalzamento del livello del pelo libero.

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche del bacino.

Superficie (km ²)	Lunghezza asta (km)	H _m (m s.l.m.)
57	11.8	1.33

Principali caratteristiche del bacino del tratto vallivo del fiume Sele

Di seguito, sono descritti i risultati ottenuti applicando la metodologia riportata nel capitolo precedente al bacino imbrifero sotteso alla sezione d'interesse.

Il calcolo della portata al colmo di piena, per i vari periodi di ritorno considerati, è stato effettuato mediante l'uso di una legge di stima del valore della piena indice adottata dall'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele e riportata nelle Norme Tecniche di Attuazione del PAI. La legge summenzionata mette in relazione il valore della piena indice $m(Q)$ con alcune grandezze fisiche del bacino.

In particolare, è stato considerato un legame logaritmico con l'area drenante del tipo:

$$\log \mu(Q) = a' + b' \log(A)$$

Sono stati stimati i parametri a' e b' e la relazione derivata per la stima della piena indice è pertanto la seguente:

$$\log \mu(Q) = 0.4 + 0.77 \log(A)$$

La procedura per la valutazione del massimo annuale della portata al colmo con assegnato periodo di ritorno Q_T , considerando il metodo del valore indice, prevede due passi distinti:

1. Stima del fattore di crescita K_T , relativo al periodo di ritorno T ;
2. Stima della piena indice $m(Q)$.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Il valore del massimo annuale della portata al colmo con assegnato periodo di ritorno si ottiene quindi con la seguente equazione:

$$Q_T = K_T \mu(Q)$$

Per il bacino del fiume Sele l'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele ha ottenuto i seguenti valori del fattore di crescita in corrispondenza dei prefissati periodi di ritorno:

T (anni)	30	50	100	200	500
K _T	2.28	2.61	3.08	3.54	4.17

Applicando la legge appena descritta, al bacino idrografico studiato, per i diversi periodi di ritorno considerati, si sono ottenuti seguenti i valori di portata al colmo di piena.

Portata di piena con i vari periodi di ritorno

	Periodo di ritorno (anni)				
	T = 30	T = 50	T = 100	T = 200	T = 500
Q (m ³ /s)	2891.1	3309.5	3905.5	4488.7	5287.6

6. MODELLAZIONE IDRODINAMICA E VERIFICHE IDRAULICHE

6.1 INTRODUZIONE

Per descrivere in maniera completa le caratteristiche idrodinamiche di un corso d'acqua è teoricamente necessario definire il campo di moto tridimensionale e la variazione dello stesso nel tempo. In realtà nella maggior parte dei casi le variazioni delle caratteristiche verticali e/o trasversali alla direzione principale del flusso idrico risultano trascurabili o di scarso interesse per le finalità perseguite, riducendo così l'analisi da tridimensionale, rispettivamente a bidimensionale (generalmente sul piano orizzontale) o monodimensionale (longitudinalmente al corso d'acqua).

Analogamente, le variazioni nel tempo del campo di moto possono essere ritenute di secondaria importanza in taluni casi e sotto determinate ipotesi, passando, così, da una simulazione in moto vario ad una simulazione in moto permanente.

Nonostante i modelli in moto vario forniscano una rappresentazione più realistica dei processi idrodinamici che si verificano in un corso d'acqua, spesso si preferisce implementare un modello in moto permanente. Ciò trova giustificazione nel fatto che i modelli in moto vario sono generalmente più complessi da realizzare, quindi più dispendiosi. Inoltre, per insufficienza di dati a disposizione a volte risulta difficile recuperare o ricostruire l'intero andamento dell'idrogramma di riferimento, mentre è spesso possibile determinare il valore di massima piena al colmo. Inoltre, il fatto che le analisi in moto permanente non possono tenere conto dei processi di laminazione del colmo di piena conduce a risultati più conservativi in termini di portate e di livelli idrometrici rispetto all'analogo modello in moto vario, fornendo indicazioni a favore di sicurezza che possono risultare preferibili in fase di progetto.

Nel caso in esame, una volta effettuata l'analisi idrologica per bacino imbrifero oggetto di studio, secondo le metodologie illustrate in precedenza, non si è proceduto ad implementare un'analisi idraulica sul tronco d'alveo ritenuto "idraulicamente significativo", in quanto tale analisi è stata già sviluppata dall'Autorità di Bacino Campania Sud, nella nuova perimetrazione delle aree a diversa pericolosità idraulica e delle aree a diverso rischio idraulico per la redazione del nuovo PAI. Pertanto gli scriventi si sono limitati solo a verificare la compatibilità idraulica dell'intervento in progetto con gli scenari di pericolosità e rischio idraulico delineati per l'area in studio dall'ABI Campania Sud.

L'analisi idraulica effettuata dall'ABI Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele stata condotta secondo un modello idrodinamico monodimensionale in ipotesi di moto permanente, gradualmente variato, alveo cilindrico e portata costante.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La modellazione idrodinamica è stata effettuata mediante il codice di calcolo di calcolo HEC-RAS 4.1.0, tale software risulta, attualmente, uno dei programmi di simulazione numerica monodimensionale maggiormente diffusi ed utilizzati nel mondo, grazie all'ampia applicabilità alle più ricorrenti situazioni di idraulica fluviale, all'interfaccia grafica particolarmente intuitiva e al continuo aggiornamento apportato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers.

Di seguito si riporta la metodologia di calcolo adottata dall'Autorità di Bacino Campania Sud per l'identificazione delle aree inondabili

- acquisizione di una serie di dati quali sezioni topografiche trasversali del corso d'acqua, geometria delle opere idrauliche in alveo (ponti, opere laterali etc.) e DTM ad alta risoluzione del territorio circostante il corso d'acqua stesso;
- costruzione del modello idraulico monodimensionale e calcolo del profilo della superficie libera della corrente in corrispondenza dell'asse fluviale per assegnati valori di portata liquida e condizioni al contorno;
- identificazione delle potenziali aree a rischio inondazione.

Acquisizione dei dati

Al fine di costruire un modello idraulico che rappresenti nel modo più verosimile possibile il corso d'acqua in esame, è necessario disporre del rilievo topografico georeferenziato di un adeguato numero di sezioni trasversali, oltre che delle opere idrauliche presenti in alveo quali ponti, traverse e coperture. Il numero di sezioni dipende dalla morfologia del corso d'acqua, dovendo fornire informazioni relative non solo alla forma della sezione, ma anche alla posizione geografica della stessa. Per individuare le potenziali aree a rischio inondazione è necessario disporre di un DTM ad alta risoluzione (celle di dimensioni non superiori a 5 m) relativo ad un'adeguata porzione di territorio circostante il corso d'acqua stesso. Si noti che i modelli digitali con tale risoluzione derivano normalmente da voli LiDAR; tali rilievi non riescono a riprodurre con la stessa precisione la quota del terreno e la quota del fondo dell'alveo qualora siano presenti superfici orizzontali d'acqua. In molti casi ciò rende impossibile l'estrazione di sezioni trasversali del corso d'acqua direttamente dal DTM, soluzione solitamente adottata dai più comuni applicativi sviluppati per la connessione fra modelli idrodinamici 1-D e GIS, da qui nasce l'esigenza di avere a disposizione dei rilievi topografici delle sezioni trasversali molto dettagliati e precisi. Data l'elevata estensione dell'area interessata dall'intero reticolo del fiume Sele (Fig.1), si è proceduto a semplificarne la struttura in tronchi omogenei, secondo quanto già descritto in questa relazione (Fig..2).

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



Figura 1 - Reticolo idrografico del fiume Sele.

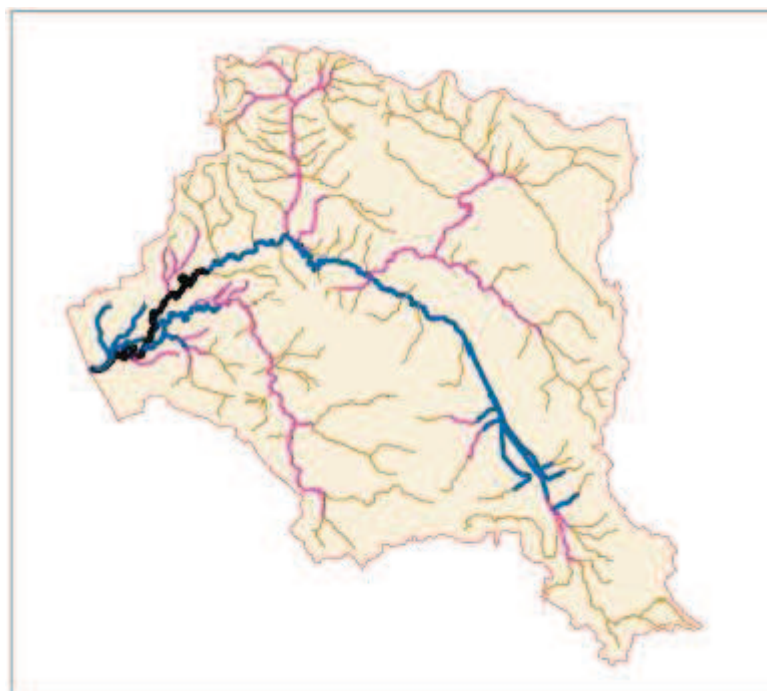


Figura 2 - Tronchi fluviali omogenei del fiume Sele.

Dei 127 tronchi omogenei individuati solo alcuni sono stati utilizzati al fine del calcolo idraulico e della delimitazione delle aree inondabili. I calcoli idraulici hanno riguardato i tronchi principali del reticolo fluviale (Fig. 3).

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le zone scelte sono di seguito riportate:

- Il tratto montano del fiume Sele fino alla confluenza con il .
- Il tratto del fiume Sele dalla confluenza con il fino alla foce.
- Il fiume .
- Il fiume Bianco.
- Il fiume Calore Lucano.

e le lunghezze dei singoli tratti analizzati è riportata nella successiva tabella.

Tratti analizzati				
TRONCO	TIPO	Nome Tronco	TFO	Lunghezza [m]
79	2	Sele a Contursi	79_a	8933.9
79	2	Sele a Contursi	79_b	1952.4
79	2	Sele a Contursi	79_e	9611.6
79	2	Sele a Contursi	79_g	1718.5
100	3		100	15679.8
63	3	Fiume Tanagro D	63	18918.0
30	2	Fiume Bianco	30	12555.0
101	4		101	30570.8
55	3	Fiume Tanagro C	55	19976.7
109	2		109_e	25837.7
116	3		116_a	4199.9
116	3		116_b	17202.4
108	1		108_b	4363.3
108	1		108_a	1950.1
107	2		107_a	14936.7
104	1	Fiume Calore A	104	11587.4
43	3	Fiume Tanagro B	43	22657.5
35	2	Fiume Tanagro A	35	10171.9
109	2		109_c	826.0
79	2	Sele a Contursi	79_d	592.0
83	2	Fiume Sele a Caposele	83	1328.6
32	1	Fiume Tanagro-Calore B	32	3157.8
			Totale [Km]	238.7

Tab. 3 - Lunghezze dei tratti analizzati (tipo: 1 = tratti montani, 2 = tratti pedemontani, 3 = tratti incassati di pianura, 4 = tratto terminale; TFO = tronco fluviale omogeneo)

Per i suddetti tronchi fluviali è stata effettuata la caratterizzazione geometrica dell'alveo, mediante il rilievo delle sezioni trasversali, delle opere idrauliche e di tutte quelle singolarità in grado di perturbare le normali condizioni di deflusso della corrente.

È da sottolineare che a fronte di 60 Km complessivamente previsti dalla relazione metodologica proposta in sede di gara, l'analisi delle aree inondabili ha riguardato tratti fluviali per la lunghezza complessiva di circa 240 Km.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

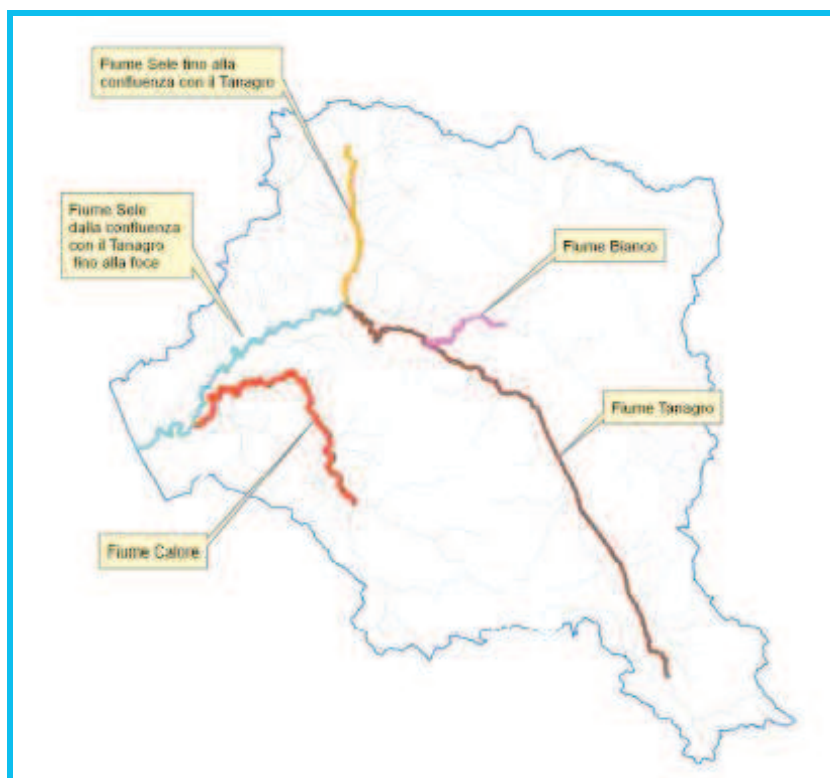


Figura 3 - Zone scelte per l'analisi idraulica.

Caratterizzazione geometrica dell'alveo

Per quanto riguarda le sezioni trasversali del corso d'acqua, è necessario disporre di un numero elevato di rilievi per poter ricostruire nel modo più corretto possibile la geometria del corso d'acqua nel software HEC-RASR. Poiché il tratto analizzato è stato molto più esteso del previsto non è stato possibile rilevare un numero adeguato di sezioni proprio a causa della lunghezza di tali tronchi. Pertanto si è cercato di ovviare secondo la procedura nel seguito descritta. In una prima fase le sezioni sono state rilevate direttamente dal DTM a 5 metri ad alta precisione, tramite il tool Profile Extractor (Fig. 4) all'interno del software Arc-VIEWR.

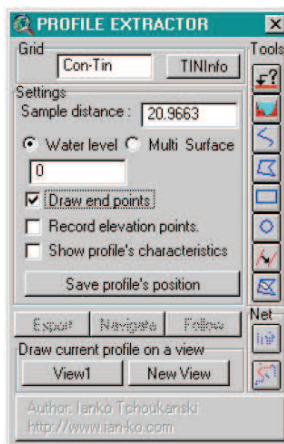


Figura 4 - Schermata del tool profile extractor utilizzato.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

In tal modo sono state rilevate circa 2000 sezioni trasversali (Tab. 4) su tutti i rami principali dei corsi d'acqua che costituiscono il bacino del Sele. Una sezione tipo è riportata in figura 5, dalla quale è possibile osservare il livello di dettaglio, non elevato, del terreno all'interno dell'alveo fluviale.

Tratto fluviale	Sezioni rilevate
Fiume Bianco	98
Fiume Calore Lucano	570
Torrente La Cosa	54
Fiume Sele	644
Fiume Tanagro	665

Tabella 4 - Elenco delle sezioni rilevate da DTM.

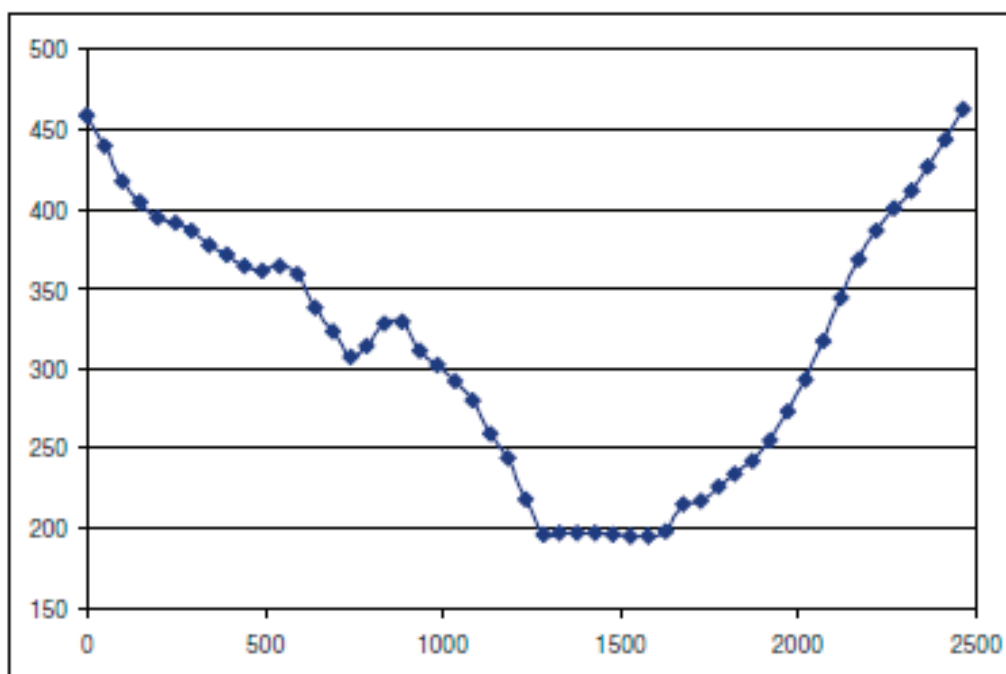


Figura .5 - Sezione tipo rilevata da DTM.

Una volta realizzati i rilievi topografici delle principali sezioni, si è osservata una certa disomogeneità tra le sezioni rilevate sul campo e quelle estratte a partire dai dati del DTM. Pertanto, si è proceduto ad integrare i dati del DTM con quelli direttamente rilevati in situ. In alcune zone si sono utilizzate anche le informazioni topografiche desunte dalla cartografia C.T.R. in scala 1:5000.

Poiché in alcuni casi la distanza tra due sezioni successive era molto elevata sono state ricavate ulteriori sezioni intermedie a partire dai dati plano-altimetrici desunti direttamente dalla cartografia secondo quanto indicato in tabella (Tab. 5).

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Tratto fluviale	Sezioni utilizzate	Sezioni rilevate ed estese da cartografia	Sezioni rilevate da cartografia
Fiume Bianco	19	13	6
Fiume Calore Lucano	73	19	54
Torrente La Cosa	5	0	5
Fiume Sele	52	32	20
Fiume Tanagro	38 + 75 del Cons. Bonif.	18 + 75 del Cons. Bonif.	20

Tabella 5 - Elenco delle sezioni utilizzate.

Strutture trasversali lungo il corso d'acqua

E' stata effettuata un'indagine per il censimento delle opere trasversali e longitudinali (ponti, scolmatori, diversivi, ecc.) presenti lungo il corso d'acqua e capaci di influenzare le normali condizioni di moto. Una volta effettuato il censimento di queste opere, e stato possibile simularne gli effetti in modo dettagliato all'interno del modello idraulico HEC-RASR.

Nella tabella 6 sono riportate le opere rilevate sui tratti fluviali considerati ai fini dell'analisi idraulica, mentre nella figura.6 è raffigurata la rappresentazione schematica di un ponte all'interno del software HEC-RAS.

Tratto fluviale	Opere idrauliche rilevate
Fiume Bianco	6
Fiume Calore Lucano	9
Torrente La Cosa	2
Fiume Sele	12
Fiume Tanagro	19

Tabella 6- Elenco delle opere censite.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

$$Q = A \cdot V = cost$$

mentre la velocità e la sezione variano gradualmente lungo l'asse s della corrente.

Isolando un tronco di corrente infinitesimo ds declive nel verso della corrente è valida la seguente equazione energetica:

$$dH/ds = i - J$$

$$H = z + h + \frac{\alpha V^2}{2g} = z + h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} = z + E$$

dove:

H = carico totale;

z = la quota geodetica;

h = l'altezza piezometrica;

α = coefficiente di Coriolis [1.00÷1.15];

E = Energia specifica.

Il metodo utilizzato per il tracciamento dei profili di corrente è quello alle differenze finite. In termini finiti l'equazione energetica può essere riscritta nella forma:

$$\frac{\Delta E}{\Delta s} = \frac{E_{i+1} - E_i}{\Delta s} = i - J_{media}$$

La variazione ΔE , negativa se si procede verso valle ($\Delta s > 0$), positiva procedendo verso monte ($\Delta s < 0$) si calcola dalla relazione precedente ponendo:

$$J_{media} = \frac{J_{i+1} + J_i}{2}$$

$$J_i = \frac{Q^2}{A^2 \cdot K_{GS} \cdot R^{4/3}}$$

in cui K_{GS} , R , A sono, rispettivamente, indice di scabrezza di Strickler, il raggio idraulico e la sezione idrica in corrispondenza dell'altezza piezometrica i -esima h_i .

Conoscendo la portata Q e disponendo di un rilievo dell'alveo, dividendo in tronchi di lunghezza Δs , anche variabile, la costruzione del profilo della superficie libera di un corso d'acqua si può eseguire con un procedimento di calcolo iterativo (**metodo standard step**):

- è nota Δs e la geometria di ogni sezione;
- si impone la condizione al contorno h_j (E_j , J_j), sulla sezione di valle per correnti lente oppure su quella di monte per correnti veloci;

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- si ipotizza un valore di primo tentativo dell'altezza del pelo libero nella sezione (i+1);
- si calcola E_{j+1} e J_{j+1} ;
- si calcola $\Delta E' = E_{j+1} - E_j$ e $\Delta E'' = (i - J_{media}) \Delta s$;
- se $\Delta E' \neq \Delta E''$, si cambia h_{j+1} di tentativo fino a convergenza

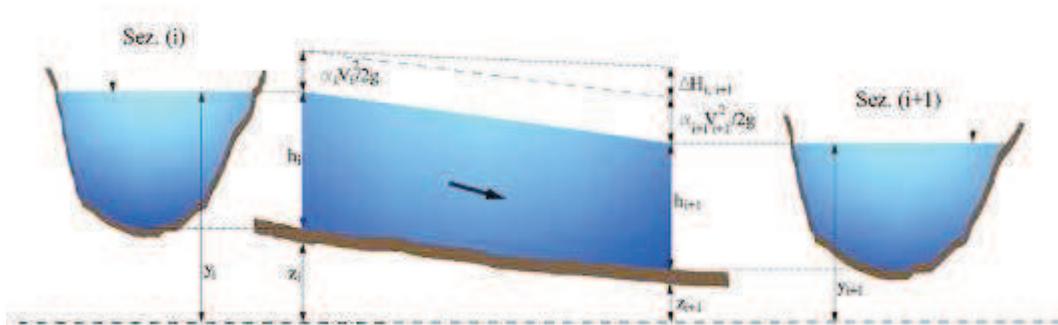


Fig. 8 - Schema di definizione

Il carico idraulico nella sezione (i+1) si ottiene dalla relazione:

$$H_{i+1} = H_i + \Delta H_{i+1}$$

e per come è stato definito il carico totale si ha:

$$H_{i+1} = z_{i+1} + h_{i+1} + \frac{\alpha_{i+1} Q^2}{2g A_{i+1}^2}$$

6.3 ACQUISIZIONE DEI DATI

Generalità

L'area oggetto di studio, così come evidenziato nella figura seguente, si trova ad una distanza di circa 1.550 mt dall'alveo del fiume ad una quota di circa 15 m s.l.m.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



L'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele, nel delineare lo scenario di pericolosità idraulica e di rischio ha effettuato una campagna di rilievi cartografici e topografici mirata alla definizione della geometria dell'alveo e delle aree ad esso limitrofe.

Di seguito si forniscono i criteri per la realizzazione di tale campagna e se ne descrivono sinteticamente i risultati.

Criteri generali per l'identificazione e la localizzazione delle sezioni trasversali

Il numero e la localizzazione delle sezioni trasversali in un corso d'acqua per la modellazione del moto della corrente dipende dallo scopo dello studio e dalle caratteristiche dello stesso corso d'acqua.

Occorrono ad esempio, un numero maggiore di sezioni per unità di lunghezza, per, descrivere, con un medesimo grado di accuratezza, i profili idrici in piccoli corsi d'acqua o corsi d'acqua con elevate pendenze che in quelli che presentano una minore variabilità nelle caratteristiche geometriche. D'altro canto il numero di sezioni non può essere troppo elevato perché ad esso sono proporzionali gli oneri di calcolo del modello oltre, naturalmente, i costi di rilievo topografico quando le stesse sono rilevate direttamente in situ.

Un criterio, proposto nella letteratura tecnico-scientifica, suggerisce un limite superiore alla distanza tra due sezioni consecutive in relazione alla pendenza del fondo. La lunghezza del tratto tra due sezioni consecutive non dovrebbe, ad esempio, essere superiore ad un km per corsi d'acqua

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

molto regolari con pendenze inferiori al 3/1000 ; non superiore a 500 mt per corsi d'acqua con pendenze dell'ordine del 4-5 /1000; 200-300 mt per pendenze maggiori.

Nella localizzazione delle sezioni è, inoltre, opportuno anche tener conto della tecnica di risoluzione delle equazioni che governano il moto della corrente. Infatti due sezioni adiacenti definiscono sia un tratto nel fiume sia un passo nella procedura computazionale di integrazione dell'equazione. Quando, ad esempio, si procede all'integrazione per differenze finite, da valle verso monte, come per le correnti sub critiche, le condizioni idrometriche nella sezione a monte del tratto sono calcolate a partire da quelle note della sezione di valle. Tale procedura richiede quindi, per ottenere un adeguata valutazione dei caratteri idrometrici della corrente, che le variazioni delle grandezze siano limitate.

Specifiche tecniche rilievi topografici

Le sezioni trasversali, coerentemente con la stessa definizione idraulica, vanno rilevate in modo da essere perpendicolari alla corrente non già del corso d'acqua così come risulta dalla cartografia di riferimento, ma a quella che si avrebbe per effetto della portata di piena assegnata. Il flusso relativo a tali portate potrebbe avere direzione anche sostanzialmente diversa da quella del corso d'acqua in regime di magra o di morbida. La direzione di tale flusso può essere solo ipotizzata e quindi il rilievo topografico deve essere preceduto dall'individuazione preliminare, anche se orientativa, delle sezioni trasversali da parte di un tecnico esperto.

Per determinare il numero e individuare la posizione delle sezioni trasversali da rilevare, si deve fare riferimento ai seguenti criteri:

1. che siano tracciate **procedendo da valle verso monte**;
2. che siano perpendicolari alle linee di flusso della corrente ipotizzata (sempre monodimensionale);
3. che siano posizionate in corrispondenza di punti dove si verificano significative variazioni della morfologia della valle, della scabrezza o della pendenza;
4. che ve ne siano almeno una all'inizio e una alla fine nei tratti arginati o con sistemazioni;
5. che ve ne siano **almeno tre** in corrispondenza di ponti e strutture idrauliche: una immediatamente a monte, una immediatamente a valle ed una intermedia descrivente la struttura;
6. che ve ne sia almeno una in tutte quelle sezioni che possano risultare idraulicamente di controllo.

Dovranno essere battuti un numero di punti tali da descrivere nel miglior modo possibile l'andamento della sezione (minimo 20 punti quotati) avendo cura di definire tutti i punti dove avvengono significativi cambiamenti della pendenza del terreno o dove esistono manufatti.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Restituzione dei dati

I risultati dei rilievi vanno restituiti sia in forma cartacea che grafica e numerica secondo il seguente schema prefissato.

Restituzione grafica

Innanzitutto, numerate le sezione in ordine crescente, da valle verso monte, si procederà alla loro restituzione grafica con file in formato Autocad 2000, riportando per ogni sezione:

- la numerazione progressiva assegnata;
- la distanza parziale dalla sezione immediatamente a valle;
- la distanza progressiva dalla prima sezione rilevata.

Per ogni sezione dovranno essere riportati, in corrispondenza di ogni picchetto:

- la distanza parziale;
- la distanza progressiva;
- la distanza ettometrica;
- la quota assoluta del terreno.

Inoltre si deve aver cura di indicare in modo dettagliato e leggibile la posizione della savanella e della gola e di tutti i manufatti antropici rilevati (argini, gabbioni, strade, ...).

Nel caso di rilievi di sezioni di manufatti e/o opere antropiche di attraversamento sul corso d'acqua, dovrà essere aggiunta una fincatura contenente le quote di tutti i punti utili a descrivere l'opera.

Tutte le sezioni rilevate dovranno essere riportate sulla cartografia disponibile ed identificate da un tratto ubicato precisamente nel punto di rilievo e di lunghezza uguale a quella della sezione trasversale rilevata. Ad ogni sezione dovrà essere associata, in planimetria, la stessa numerazione della corrispondente sezione trasversale. Per ogni sezione dovranno essere ubicati planimetricamente i punti battuti con associata, nelle proprietà del punto, la quota assoluta rilevata.

Restituzione numerica

Per ogni singola sezione rilevata, oltre al file in formato cad, dovrà essere restituito anche un file formato excel riportante i dati così come descritto in seguito:

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Sezione naturale:

Vanno riportate le coordinate dei picchetti della sezione naturale come illustrato di seguito:

Sezione N°	Distanza parziale dalla sezione di valle
x Progressiva	Quota assoluta (m s.l.m.m.)
0	Y_0
X_1	Y_1
X_2	Y_2
X_3	Y_3
X_4	Y_4
X_5	Y_5
X_6	Y_6
...	...
X_n	Y_n

dove:

y_0 = quota assoluta punto origine della sezione (m s.l.m.m.);

x_1 = distanza del picchetto 1 dal punto d'origine (m);

x_n = distanza del picchetto n dal punto d'origine (m);

y_1 = quota assoluta del punto 1 (m s.l.m.m.);

y_n = quota assoluta del punto n (m s.l.m.m.).

Sezione con ponti, ponticelli, attraversamenti:

In tal caso vanno riportati i punti della sezione naturale, la quota dell'intradosso ed quella l'estradosso del ponte, le coordinate dell'asse del singolo pilone e la larghezza dello stesso.

Se il ponte è caratterizzato dalla presenza di archi, il file di output dovrà contenere i punti della sezione naturale, la quota dell'estradosso del ponte, lo sviluppo, in coordinate, del singolo arco che rappresenta l'intradosso, le coordinate dell'asse del pilone e la larghezza dello stesso, così come descritto nella figura seguente.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Sezione del ponte o attraversamento

Sezione N°	Distanza parziale dalla sezione di valle
-----------------	---

Sezione naturale

x Progressiva	Quota assoluta (m s.l.m.m.)
0	Y_0
X_1	Y_1
X_2	Y_2
X_3	Y_3
X_4	Y_4
X_5	Y_5
X_6	Y_6
...	...
X_n	Y_n

Caratteristiche attraversamento

x Progressiva	Quota assoluta (m s.l.m.m.)	
	Intradosso	Estradosso
0	Y_0	Y_0
X_1	Y_1	Y_1
X_2	Y_2	Y_2
X_3	Y_3	Y_3
X_4	Y_4	Y_4
X_5	Y_5	Y_5
X_6	Y_6	Y_6
...
X_n	Y_n	Y_n

Piloni

x Progressiva	Larghezza Pilone (m)
0	L_0
X_{asse1}	L_1
X_{asse2}	L_2
X_{asse3}	L_3
X_{asse4}	L_4
X_{asse5}	L_5
X_{asse6}	L_6
...	...
X_{assen}	L_n

dove:

x_1 = distanza del picchetto 1 dal punto d'origine (m);

x_n = distanza del picchetto n dal punto d'origine (m);

y_1 = quota assoluta del punto 1 (m s.l.m.m.);

y_n = quota assoluta del punto n (m s.l.m.m.);

n_i = numero del pilone, numerato da sinistra verso destra;

x_{asse1} = distanza dell'asse del pilone 1 dal punto d'origine (m);

x_{assen} = distanza dell'asse del pilone n dal punto d'origine (m);

L_1 = larghezza del pilone 1 (m);

L_n = larghezza del pilone n (m).

Sezione con tombini:

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Si riportano le coordinate della sezione naturale, dell'estradosso, la lunghezza del tombino, la forma della sua sezione trasversale, quindi dimensione caratteristica (diametro se circolare, lato se scatolare,...) e le coordinate del centro del tombino. Un esempio è riportato nella figura seguente.

Sezione tratto tombato	
Sezione N°	Distanza parziale dalla sezione di valle

Sezione naturale		Estradosso	
x Progressiva	Quota assoluta (m s.l.m.m.)	x Progressiva	Quota assoluta (m s.l.m.m.)
0	Y ₀	0	Y ₀
X ₁	Y ₁	X ₁	Y ₁
X ₂	Y ₂	X ₂	Y ₂
X ₃	Y ₃	X ₃	Y ₃
X ₄	Y ₄	X ₄	Y ₄
X ₅	Y ₅	X ₅	Y ₅
X ₆	Y ₆	X ₆	Y ₆
...
X _n	Y _n	X _n	Y _n

n° tombino	x Progressiva	Quota assoluta (m s.l.m.m.)
n ₁	X _{vuoto1}	Y _{vuoto1}
n ₂	X _{vuoto2}	Y _{vuoto2}
n ₃	X _{vuoto3}	Y _{vuoto3}
n ₄	X _{vuoto4}	Y _{vuoto4}
n ₅	X _{vuoto5}	Y _{vuoto5}
n ₆	X _{vuoto6}	Y _{vuoto6}
n ₇	X _{vuoto7}	Y _{vuoto7}
...
n _n	X _{vuoton}	Y _{vuoton}

Tombino
 Caratteristiche geometriche:
 Forma:
 Dimensione caratteristica:
 Lunghezza tratto tombato:

dove:

x₁ = distanza del picchetto 1 dal punto d'origine (m);

x_n = distanza del picchetto n dal punto d'origine (m);

y₁ = quota assoluta del punto 1 (m s.l.m.m.);

y_n = quota assoluta del punto n (m s.l.m.m.);

x_{vuoto1} = distanza del centro del vuoto 1 dal punto d'origine (m);

x_{vuoton} = distanza del centro del vuoto n dal punto d'origine (m);

y_{vuoto1} = quota assoluta del centro del vuoto 1 (m s.l.m.m.);

y_{vuoton} = quota assoluta del centro del vuoto n (m s.l.m.m.);

Nel caso di tombino realizzato con più vuoti questi devono essere numerati e si indicherà con:

n_i = numero del vuoto, numerato da sinistra verso destra.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Tutte le informazioni riportate nei file excel devono essere identiche a quelle riportate nella rappresentazione grafica in maniera tale da consentire un rapido confronto.

Risultanze della campagna di rilevamenti cartografici e topografici

Lungo il tratto d'alveo oggetto di studio l'ABI Sele ha realizzato una cartografia in scala opportuna risultata, quest'ultima, di una campagna di rilevamenti topografici a terra, finalizzata a rilevare tutte le sezioni idraulicamente significative.

La campagna di rilevamento è stata organizzata in maniera tale da ottenere il minimo scarto possibile tra informazioni reperite a terra e durante le battute topografiche e informazioni derivanti dalla restituzione cartografica.

In particolare sono stati acquisiti e restituiti graficamente i seguenti elementi:

- un adeguato numero di sezioni trasversali del tronco del corso d'acqua studiato (n°25 sezioni sul bacino idrografico studiato);
- rilievo di dettaglio delle opere idrauliche presenti in alveo, quali ponti, briglie salti idraulici, tombini, etc..., capaci di influenzare le normali condizioni di moto;
- profilo longitudinale lungo l'asse del torrente del tratto studiato.

Oltre ai rilievi topografici di dettaglio menzionati in precedenza, l'ABI Sele ha ricavato, indirettamente, dalla carta tecnica regionale vettoriale quotata in scala 1:5.000 (C.T.R. Campania 1:5.000), per i tratti d'alveo inaccessibili, ulteriori sezioni trasversali utili per la caratterizzazione geometrica dell'alveo e quindi per la successiva fase di modellazione idraulica.

È bene precisare che, il dettaglio sulla geometria delle aree di interesse così ottenuto, ha consentito una migliore utilizzazione degli strumenti di calcolo di ingegneria idraulica ed una conseguente maggiore precisione nelle effettuare le verifiche idrauliche, compatibilmente con la scala di riferimento.

6.4 SCHEMA IDRAULICO DI RIFERIMENTO

L'area oggetto di studio, così come evidenziato dalla cartografia allegata, si trova ad una distanza di circa 1.550 mt dall'alveo del fiume Sele ad una quota di circa 15 m s.l.m., ai fini della modellazione idraulica per il tronco idraulicamente significativo la portata è stata ritenuta costante e pari a quella della sezione terminale dello stesso.

6.5 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE E CALCOLO DEL PROFILO DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE FLUVIALE PER ASSEGNATI VALORI DI PORTATA LIQUIDA E CONDIZIONI AL CONTORNO.

Il modello idraulico monodimensionale, svolto sotto le ipotesi di moto permanente gradualmente variato, alveo cilindrico e portata costante, è stato implementato mediante il codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'United States Army Corps of Engineering (USACE), Hydrological Engineering Center (HEC).

Il codice rappresenta l'ultima evoluzione di una lunga serie di codici della famiglia HEC ed è espressamente dedicato al calcolo di profili idrici in alvei naturali in condizioni di moto permanente e, nell'ultima versione, di moto vario. Il modello descrive il moto monodimensionale, stazionario, gradualmente variato in modo che in ogni sezione la distribuzione delle pressioni possa essere considerata di tipo idrostatico, a fondo fisso e con pendenze di fondo piccole (non superiori a 1/10).

Il calcolo effettuato nelle suddette ipotesi risulta sicuramente cautelativo in quanto nella realtà l'onda di piena si manifesta in moto vario con la portata al colmo persistente solo per durate dell'ordine di qualche minuto in relazione alla superficie del bacino imbrifero sotteso. L'adozione di tale modello è giustificata dalla possibilità di poter trascurare almeno in via di prima approssimazione la variabilità di alcune grandezze fisiche sia nella direzione trasversale alla direzione principale di deflusso che in quella verticale.

E' da osservare tuttavia che nonostante le necessarie semplificazioni effettuate il modello utilizzato risulta ancora abbastanza generale e comunque tale da portare in conto seppure mediante coefficienti globali alcune diversità che possono verificarsi nell'ambito di ciascuna sezione trasversale di calcolo tra le caratteristiche idrodinamiche della corrente.

Equazioni di base e schema risolutivo

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) sono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia rispettivamente subcritico o supercritico, risolvendo, con una procedura iterativa nota come *standard step*, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni, nota anche come equazione di *Bernoulli*:

$$h_m + z_m + \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} = h_v + z_v + \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} + \Delta H \quad (1)$$

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

dove, avendo indicato con il pedice m le grandezze che si riferiscono alla sezione di monte e con il pedice v quelle della sezione di valle:

h_m e h_v sono le altezze idriche;

z_m e z_v sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato;

V_m e V_v sono le velocità medie;

a_m e a_v sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;

ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

Inoltre, in corrispondenza di particolari situazioni localizzate per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc., vengono utilizzate le equazioni di bilancio della quantità di moto o relazioni di tipo empirico.

Lo schema numerico adottato dal codice a riguardo, è stato ampiamente dibattuto in ambito scientifico ed è a tutt'oggi considerato l'approccio di massima affidabilità.

L'equazione (1) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia della corrente è pari alle perdite continue derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa fluida e da perdite di energia localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici che, come è noto, sono fenomeni dissipativi.

La perdita di carico, infatti, tra le due sezioni viene valutata come la somma di due termini:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \quad (2)$$

Il primo corrispondente a perdite di carico di tipo distribuito:

$$\Delta H_1 = \bar{J} \cdot \Delta x \quad (3)$$

dove Δx è la distanza tra le due sezioni di calcolo e \bar{J} è la cadente piezometrica media tra le due sezioni valutata con la relazione di Chezy

$$J = \frac{Q^2}{A^2 \cdot K^2 \cdot R^{4/3}} \quad (4)$$

dove:

Q è la portata che defluisce nelle sezioni;

A è l'area della sezione bagnata;

K è il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler e Strickler;

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

R è il raggio idraulico, rapporto tra l'area A e il perimetro bagnato P .

Il valore medio della cadente piezometrica \bar{J} può essere valutata in maniera diversa in funzione dei valori che essa assume in ciascuna sezione e del regime della corrente:

1) media aritmetica:

$$\bar{J} = \frac{J_m + J_v}{2} \quad (5.a) \quad 2) \text{ media geometrica:}$$

$$\bar{J} = \sqrt{J_m \cdot J_v} \quad (5.b)$$

3) media armonica:

$$\bar{J} = 2 \frac{(J_m \cdot J_v)}{J_m + J_v} \quad (5.c)$$

4) media pesata sulla conducibilità idraulica:

$$\bar{J} = \left(\frac{Q_m + Q_v}{C_m + C_v} \right)^2 \quad (5.d)$$

dove $C_i = A_i \cdot K_i \cdot R_i^{2/3}$ è la conducibilità idraulica della sezione i -esima.

Il secondo termine della (1), corrispondente a perdite di carico concentrate per effetto del restringimento o per allargamento tra le sezioni, è valutato proporzionalmente alla differenza assoluta tra le altezze cinetiche.

$$\Delta H_2 = C \left| \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} - \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} \right| \quad (6)$$

Ovviamente nel moto uniforme tale perdita di carico risulta nulla. Il coefficiente C viene posto pari a 0.1 per il restringimento ($V_v > V_m$) e 0.3 per l'allargamento ($V_m > V_v$).

Procedura di calcolo

Come già detto in precedenza, la soluzione dell'equazione per la determinazione delle caratteristiche idrauliche della corrente viene perseguita mediante una procedura iterativa che si articola nei seguenti punti:

- si ipotizza un valore dell'altezza idrica nella sezione in cui tale altezza è incognita (di monte o di valle a seconda che si tratti rispettivamente di una corrente subcritica o supercritica);

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- sulla base del valore di altezza ipotizzato e della portata assegnata si valutano la conducibilità idraulica e l'altezza cinetica nella sezione;
- con i valori determinati ai passi precedenti si valuta la cadente piezometrica media \bar{J} e si risolve l'equazione (4) nella variabile ΔH con i valori determinati ai passi precedenti si risolve l'equazione (1) nell'incognita altezza idrica;
- si confronta il valore così ottenuto con quello ipotizzato e si procede ripetendo i punti dall'1 al 4 fintantoché la differenza tra tali valori sia inferiore ad un prefissato valore di tolleranza.

Caratterizzazione idraulica delle sezioni di calcolo

Nella procedura di calcolo per la determinazione delle caratteristiche idrauliche della corrente è necessario determinare l'area della sezione bagnata **A**, il perimetro bagnato **P**, il raggio idraulico **R** e la larghezza **B** della sezione in corrispondenza di un determinato valore della superficie libera.

Per gli alvei naturali la cui geometria non è schematizzabile con sezioni di forma semplice, per le quali le suddette funzioni presentano un'espressione analitica, è stata utilizzata la classica procedura di suddividere la sezione mediante strisce verticali, delimitate superiormente dal pelo libero (assunto costante in tutta la sezione) e inferiormente dal letto dell'alveo.

Procedendo in tal modo, indicata col pedice *i* la *i-esima* delle **N** sottosezioni individuate mediante la suddivisione in strisce verticali, risulta possibile valutare: l'area idrica **A_i**, la larghezza in superficie **B_i** e le altre grandezze funzioni dell'altezza idrica **h**.

Per il calcolo del perimetro bagnato **P_i** e, conseguentemente, del raggio idraulico elementare **R_i**, per ciascuna sottosezione, si è tenuto in conto, ovviamente, anche della presenza di eventuali pareti verticali.

L'area idrica **A**, la larghezza in superficie **B**, il perimetro bagnato **P** e le altre grandezze, sono quindi calcolabili come:

$$A = \sum_{i=1}^N A_i \qquad B = \sum_{i=1}^N B_i \qquad P = \sum_{i=1}^N P_i$$

Cambiamenti del regime della corrente

Le transizioni da un tipo di moto all'altro possono essere di sei tipi: da lenta a veloce; da veloce a lenta; da lenta a critica; da critica a lenta; da critica a veloce; da veloce a critica.

Il codice di calcolo HEC-RAS procede sempre al tracciamento di due profili, uno di corrente lenta calcolato da valle verso monte, ed uno di corrente veloce calcolato da monte verso valle.

Nel tracciamento del profilo da valle, in corrispondenza di una transizione veloce-lenta il programma di calcolo non trova soluzione all'equazione che governa il fenomeno (eq. (1)) nel

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

campo delle correnti lente. In tal caso, esso pone il tirante idrico pari a quello di stato critico in tutte le sezioni successive nelle quali la corrente rimane veloce, per poi ripartire col tracciamento del profilo di corrente lenta dalla successiva transizione lenta - veloce.

Analogamente, nel tracciamento del profilo da monte, in corrispondenza di una transizione veloce - lenta il programma di calcolo non trova soluzione all'equazione che governa il fenomeno (eq. (1)) nel campo delle correnti veloci. Analogamente al caso precedente anche in questo esso pone il tirante idrico pari a quello di stato critico in tutte le sezioni successive nelle quali la corrente rimane lenta, per poi ripartire col tracciamento del profilo di corrente veloce dalla successiva transizione lenta - veloce.

Dall'analisi dei due profili tracciati e dei relativi profili delle spinte totali, si può determinare l'andamento del profilo di corrente. Tale analisi risulta immediata laddove la corrente rimane lenta o veloce, e in corrispondenza delle transizioni lenta - veloce, un po' più articolata in corrispondenza delle transizioni veloce - lenta. In particolare le transizioni da corrente lenta a veloce avvengono in maniera naturale attraverso il passaggio per lo stato critico. Le transizioni veloce - lenta avvengono invece attraverso la formazione di un risalto idraulico, il cui posizionamento viene effettuato dall'esame dei profili delle spinte di corrente lenta e corrente veloce. In particolare, il risalto idraulico sarà posizionato tra la sezione di monte dove la spinta di corrente veloce è maggiore di quella di corrente lenta e la sezione di valle dove la spinta di corrente lenta è maggiore di quella di corrente veloce.

Valutazione degli effetti delle pile dei ponti

Per la valutazione degli effetti di rigurgito dovuti alla presenza delle pile, e di una qualunque altra struttura in alveo, è possibile far riferimento all'approccio basato sul principio delle quantità di moto totali (equazione globale dell'equilibrio dinamico). Ciascuna struttura viene modellata attraverso la definizione di 4 sezioni:

- una sul corso d'acqua immediatamente a monte del ponte (m);
- una seconda sulla struttura nella parte di monte (b_m);
- una terza sulla struttura nel lato di valle (b_v);
- una sul corso d'acqua immediatamente a valle della struttura (v).

L'applicazione di tale principio è effettuata in tre passi successivi che nel caso di corrente supercritica diventano (per correnti subcritiche la sequenza è invertita):

Bilancio di quantità di moto tra la sezione di monte del corso d'acqua e quella di monte del ponte (indicata con b_m) per il calcolo di hb_m nota che sia h_m ;

Bilancio di quantità di moto tra la sezione di monte del ponte e quella di valle (indicate rispettivamente con i pedici b_m e b_v) per il calcolo di hb_v nota hb_m ;

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Bilancio di quantità di moto tra la sezione del corso d'acqua a valle (indicata con il pedice v) e la sezione di valle del ponte (indicata con il pedice b_v) per il calcolo di h_v nota la h_{bv}

Il punto 1 fornisce l'espressione:

$$\rho Q V_m + \gamma A_m y_m - \rho Q V_{bm} - \gamma A_{bm} y_{bm} = \gamma A_{pm} y_{pm} + \gamma \frac{C_D}{2} \left(\frac{A_{pm}}{A_m} \right) \left(\frac{Q^2}{g A_m} \right) \quad (7)$$

dove:

Q = portata liquida;

V_i = velocità della corrente nella sezione;

A_i = area idrica nella sezione;

y_i = affondamento del baricentro nella sezione;

γ = peso specifico dell'acqua;

ρ = densità dell'acqua;

A_{pm} = proiezione dell'area del pilone su una superficie ortogonale alla direzione della corrente, corrispondente al tirante idrico hm;

y_{pm} = affondamento del baricentro di A_{pm} ;

CD = coefficiente di drag.

Per piloni di tipo circolare $CD=1.33$.

Nell'equazione (7) si è assunto, implicitamente, che le forze di attrito sul contorno siano trascurabili rispetto alle altre.

Il secondo membro della (7) esprime la spinta totale esercitata dal pilone sulla corrente. Tale spinta è pari alla somma di due termini: il primo relativo alla spinta di carattere statico, il secondo relativo ad una spinta di carattere dinamico.

Il punto 2 fornisce:

$$\rho Q V_{bm} + \gamma A_{bm} y_{bm} - \rho Q V_{bv} - \gamma A_{bv} y_{bv} = 0 \quad (8)$$

Il terzo punto infine

$$\rho Q V_v + \gamma A_v y_v - \rho Q V_{bv} - \gamma A_{bv} y_{bv} = \gamma A_{pv} y_{pv} \quad (9)$$

dove:

A_{pv} = proiezione dell'area del pilone su una superficie ortogonale alla direzione della corrente, corrispondente al tirante idrico h_v;

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

y_{pv} = affondamento del baricentro di A_{pv} .

Si osservi che nella (7) è stata considerata la sola azione statica esercitata dal pilone sulla corrente.

Per correnti lente ritardate è utilizzabile la relazione di Yarnell che fornisce direttamente il dislivello idrico tra monte e valle del ponte:

$$h_m = h_v + 2K \left(K + \frac{10 V_v^2}{h_v 2g} - 0.6 \right) \left[\frac{A_{pv}}{A_v} + 15 \left(\frac{A_{pv}}{A_v} \right)^4 \right] \frac{V_v^2}{2g} \quad (10)$$

con K parametro empirico funzione della forma della pila.

Condizioni al contorno

La determinazione delle condizioni al contorno, cioè l'assegnazione, in una determinata sezione, di un valore noto del livello idrico da cui far procedere il calcolo dei livelli incogniti (partendo da valle se la corrente è subcritica o, viceversa, da monte se la corrente è supercritica) risulta una dei passaggi più difficili e maggiormente affetti da incertezza nella simulazione delle correnti idriche in corsi d'acqua naturali.

Le possibili condizioni da assegnare sono essenzialmente tre:

- un livello idrico noto;
- il livello di moto uniforme per l'assegnata portata e pendenza di fondo nota;
- il livello di stato critico per l'assegnata portata;

La prima condizione, quando possibile da preferire, si verifica quando il corso d'acqua in esame è collegato (a monte o a valle) ad un recipiente idrico (corso d'acqua maggiore, lago o mare) il cui livello possa considerarsi invariante nel tempo. La stessa condizione può essere applicata quando il livello da assegnare sia noto perché misurato in situ.

Quando non sia disponibile un valore noto del livello, è possibile ipotizzare l'instaurarsi delle condizioni di moto uniforme nel tratto a valle (per le correnti lente) o in quello a monte (per le correnti veloci). Tale condizione, tuttavia, potrebbe risultare affetta da errore elevato in quanto i corsi d'acqua naturali sono, per la loro intrinseca estrema variabilità, sempre molto lontani dalle condizioni ideali del moto uniforme.

Più facilmente nei corsi d'acqua naturali, si possono trovare situazioni morfologiche per le quali si stabiliscono per la corrente condizioni di deflusso in stato critico, o in altri termini costituiscono sezioni di controllo dal punto di vista idraulico.

Ciò accade ad esempio in corrispondenza di restringimenti dovuti ad un attraversamento, di una soglia di fondo o di un salto di fondo, ecc. Quindi le sezioni estreme dei tratti dei corsi d'acqua, sia

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

a monte che a valle, dovrebbero essere rilevate, per quanto possibile, in corrispondenza di tali situazioni, così da facilitare l'individuazione delle condizioni al contorno da assegnare.

Una strategia che può essere adottata, quando non si hanno elementi sufficienti per assegnare le condizioni al contorno con limitata incertezza è quella di prolungare il tratto in studio verso monte e verso valle, rispettivamente per correnti veloci e correnti lente. In tal modo la condizione al contorno viene assegnata lontano dal tratto di effettivo interesse. Errori di valutazione nei livelli idrici da assegnare esercitano, in questo modo, una minore influenza sui valori delle caratteristiche idrometriche nel tratto considerato.

La lunghezza di prolungamento a valle o a monte richiesta per smorzare gli effetti di variazioni sulle condizioni al contorno dipende da diversi fattori: portata, scabrezza, pendenza e geometria della sezione.

E' da sottolineare che quasi mai è possibile stabilire a priori il regime con cui si svolge il moto, soprattutto in corsi d'acqua naturali, dove per la estrema irregolarità della geometria si possono verificare vari cambiamenti di regime. E' necessario, quindi, assegnare sempre entrambe le condizioni al contorno, a monte e a valle, e verificare a posteriori se la condizione assegnata ha avuto o meno influenza sul profilo di corrente.

Coefficienti di scabrezza

I coefficienti di scabrezza rivestono particolare importanza nell'esecuzione dei calcoli idraulici. Nei calcoli eseguiti, a secondo della tipologia d'alveo e di golena, sono stati utilizzati i coefficienti di scabrezza tratti dalla tabella di seguito riportata:

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

DESCRIZIONE DEL CORSO D'ACQUA: ALVEO E AREA GOLENALE	n Manning (m ^{-1/3} ·s)	k _s Strickler (m ^{1/3} ·s ⁻¹)
<i>tratti montani dei corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione arbustiva-arborea in alveo</i>	0.040÷0.033	25÷30
<i>corsi d'acqua regolari con vegetazione e movimento di materiale sul fondo</i>	0.033÷0.028	30÷35
<i>corsi d'acqua di pianura, con andamento regolare e scarsa presenza di vegetazione</i>	0.028÷0.025	35÷40
<i>tratti urbanizzati dei corsi d'acqua, con fondo naturale e pareti in massi regolari cementati</i>	0.028÷0.025	35÷40
<i>corsi d'acqua con fondo e pareti totalmente cementati, in buono stato e privi di manufatti in alveo</i>	0.025÷0.022	40÷45
<i>tratti tombinati perfettamente lisciati e dotati di dispositivi di trattenuta di materiale flottante o di trasporto</i>	0.020÷0.018	50÷55
<i>aree golenali verdi, caratterizzate da vegetazione regolare e alberi di medie dimensioni</i>	0.050÷0.040	20÷25
<i>aree golenali a prato, con erba tagliata e assenza di alberi</i>	0.033÷0.025	30÷40
<i>aree urbane adibite a parcheggio o con strade abbastanza ampie</i>	0.020÷0.018	50÷55

Tab. 4 - Valori del parametro di scabrezza per diverse tipologie d'alveo e di area golenale, secondo la formulazione di Strickler, molto usata in Italia, e di Manning, utilizzata nei paesi di cultura anglosassone

7. SINTESI DEI RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO

L'area in studio (fiume Sele Tratto vallivo dalla confluenza con il fiume Calore lucano alla foce nel Tirreno) è costituita da un territorio completamente pianeggiante, posto a quote leggermente superiori a quelle raggiunte dalle acque fluenti, fatto che lo rende estremamente vulnerabile e frequentemente soggetto ad allagamenti.

La presenza di alcuni ponti stradali e di uno ferroviario (ferrovia Roma - Reggio Calabria) contribuisce a creare una situazione di criticità idraulica, fortemente aggravata dalla confluenza del Calore Lucano.

L'elevata propensione all'allagamento di tutta la zona è dovuta principalmente a queste ragioni:

- le sezioni di deflusso, specialmente quelle del Calore Lucano, non sono in grado di contenere le portate di massima piena;
- la coincidenza fra la piena del Sele e del Calore Lucano provoca un profilo di rigurgito che, ostacolando il regolare deflusso dell'onda di piena del Calore, provoca l'esondazione delle acque nelle sezioni di insufficiente capacità;
- entrambi i fiumi non sono completamente arginati e, laddove esistono, gli argini non sono in grado di garantire il contenimento delle portate di massima piena perché superati dal livello delle acque fluenti;
- la presenza di numerosi ponti, con impalcato basso e pile in alveo, costituisce ostacolo al deflusso del materiale vegetale flottante, che in questo tratto terminale è certamente molto abbondante, con conseguente ostruzione delle luci e formazione di un profilo di rigurgito a monte del ponte e innalzamento del livello del pelo libero.

La combinazione di alcuni o tutti questi fattori comporta l'allagamento della piana, la quale, inoltre, è caratterizzata da una modesta pendenza che assume un valore medio di 0,002.

Nelle figure che seguono sono riportati la planimetria del tratto in esame con l'ubicazione delle sezioni rilevate, il profilo idraulico in condizioni di moto permanente per il periodo di ritorno di 30 anni, dal quale è possibile notare come una piena ordinaria sia completamente contenuta all'interno degli argini, e due sezioni tipo del tratto in esame.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

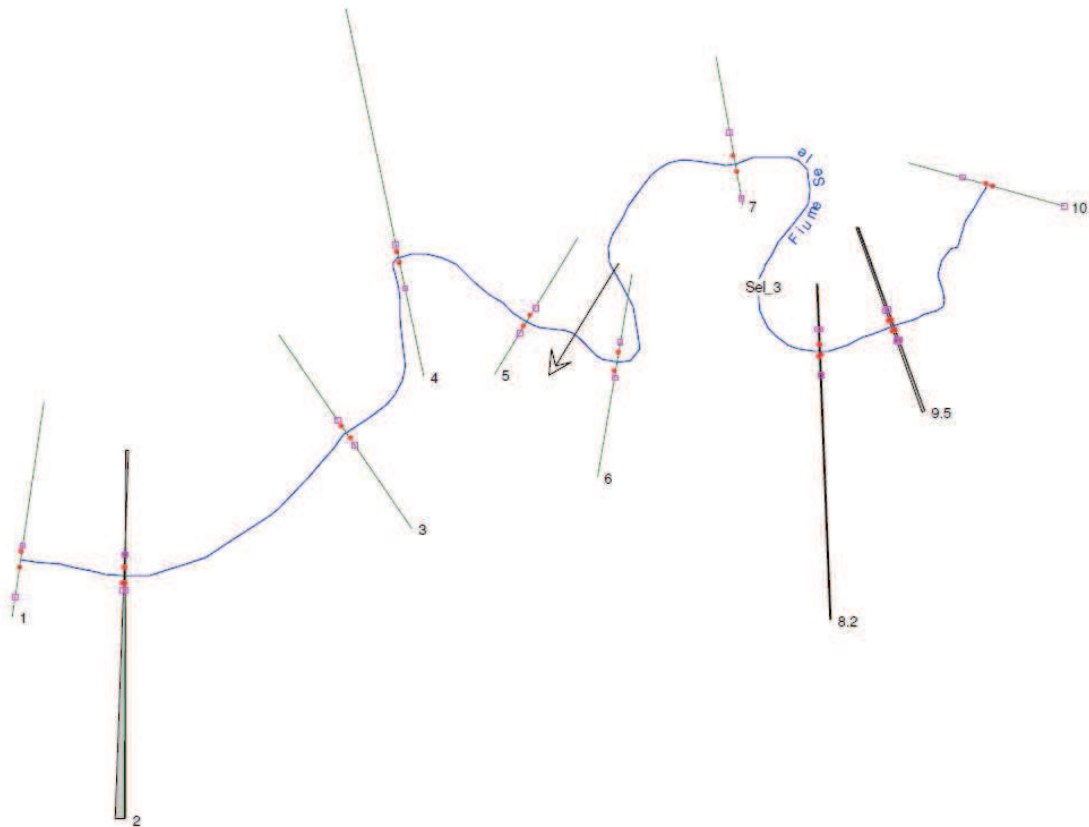


Fig. 9 - Planimetria del tratto vallivo del fiume Sele con ubicate le sezioni.

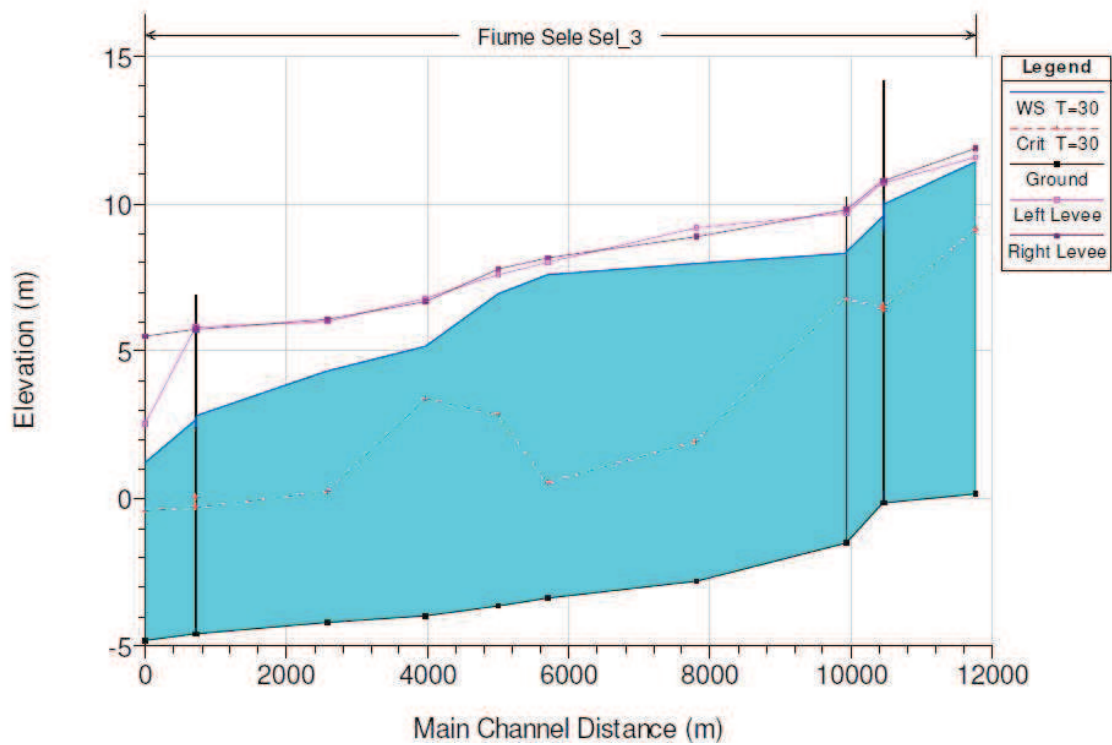


Fig. 10 - Profilo idraulico in condizioni di moto permanente per il periodo di ritorno di 30 anni

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

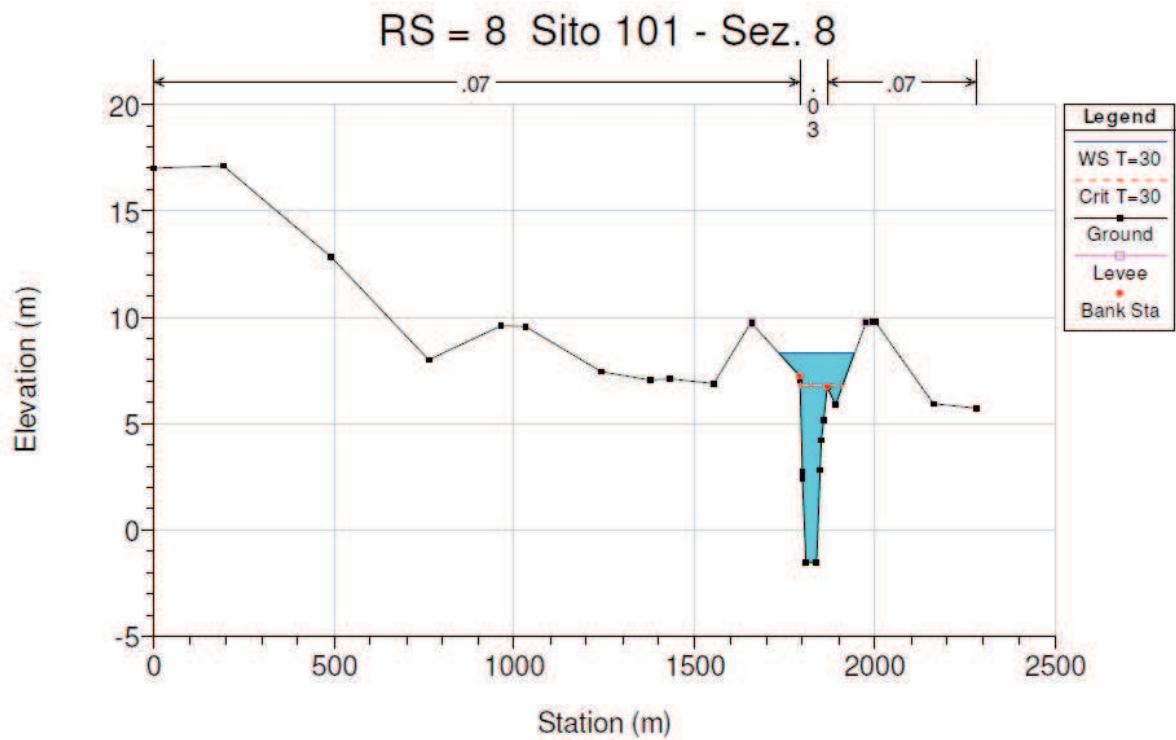


Fig. 11 - Sezione tipo del tratto vallivo del fiume Sele

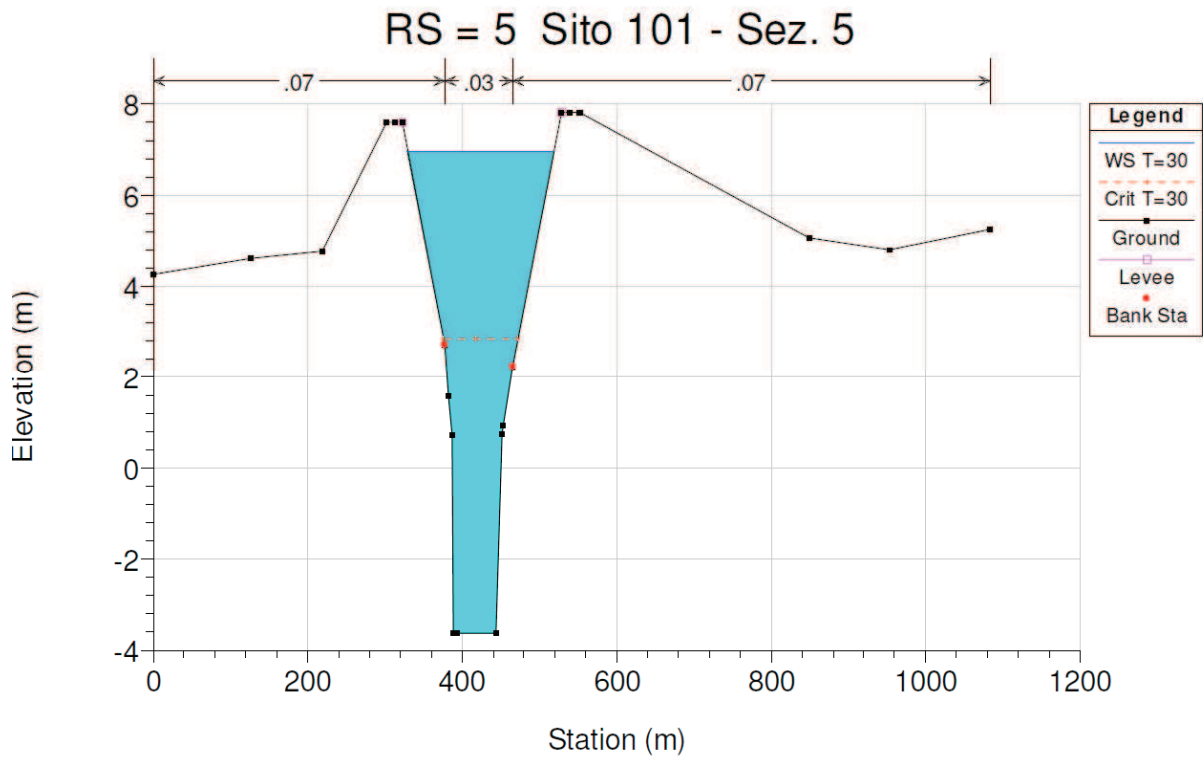


Fig. 12 - Sezione tipo fiume nella piana del Sele

8. NOTE CONCLUSIVE

Alla luce di quanto esposto nei capitoli precedenti e quindi dall'analisi *idrologica-idraulica* esperita, mediante il supporto dei risultati delle analisi idrauliche condotte dall'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele nell'ambito dell'ultima rivisitazione del PAI, per il tratto d'alveo idraulicamente significativo, ai fini della valutazione della compatibilità idraulica del regime idrodinamico del tronco del *Fiume Sele* con l'opera in progetto, si evince che, il tratto d'alveo d'interesse dista circa 1.550 mt dall'area sulla quale insisterà il costruendo manufatto (Complesso Edilizio E), da realizzarsi nell'ambito del PUA "SUB-AMBITO 2A" - SCHEDE N. 6 "S. CECILIA" DI INIZIATIVA PRIVATA.

L'area in studio, così come perimetrata dall'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele non presenta significative criticità relativamente al rischio inondazione in quanto essa non è perimetrata in alcuna fascia fluviale bensì ricade in *zona di attenzione idraulica* e precisamente in *Area inondata dall'alluvione del Sele del novembre 2010*.

Si precisa, inoltre, che probabilmente l'area interessata dalla trasformazione edilizia in progetto, nel novembre 2010, non è stata allagata da fenomeni di esondazione del fiume Sele con conseguente spagliamento dell'onda di piena, bensì, è stata allagata in seguito al verificarsi dei copiosi eventi meteorici che si registrarono in quel periodo, in modo particolare ai cosiddetti fenomeni delle "*bombe d'acqua*", ovvero piogge di forte intensità e di breve durata. Difatti, l'area in esame è soggetta, in seguito ad eventi meteorici intensi, a fenomeni di "*alluvionamento*" causato sia dalle condizioni plano-altimetriche dell'area che dalle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche (*permeabilità verticale*) dei terreni attraversati, i quali sono soggetti a fenomeni di rapida saturazione con conseguente formazione di lama d'acqua superficiale, dovuta ad una scarsa capacità di drenaggio (*bassa velocità di filtrazione*).

Poiché ai sensi dell'art. 26 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI è consentito per l'area oggetto di studio qualunque intervento previsto dallo strumento urbanistico comunale o altra pianificazione sovraordinata, previo studio di compatibilità idraulica redatto ai sensi dell'art. 40 debitamente asseverato da tecnico abilitato, al fine di realizzare l'opera progettata compatibilmente con lo scenario idraulico definito negli elaborati costituenti il PAI, senza che quest'ultima comporti significative variazioni dei livelli di pericolosità/rischio idraulico, gli scriventi prescrivono i seguenti accorgimenti tecnici nella realizzazione del costruendo manufatto:

- 1. realizzazione del piano di primo calpestio ad una quota maggiore di 0,30 mt, a partire dal punto a quota topografica minore dall'attuale area del piano di campagna sul quale andrà ad improntarsi l'opera progettata;**

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

- 2. evitare assolutamente la realizzazione di piani interrati o seminterrati, in quanto gli stessi potrebbero essere soggetti a fenomeni di allagamenti, durante la vita di riferimento dell'opera a farsi.**

Inoltre, è bene considerare che, l'opera a farsi è stata progettata con una vita di riferimento della costruzione di 50 anni (*vita nominale*), mentre una potenziale piena che potrebbe interferire con la stessa sarà riferita ad una portata con periodo di ritorno superiore a $T=500$ anni, ovvero, un tempo circa dieci volte maggiore della vita tecnica della costruzione, pertanto, a parere degli scriventi, tale intervento edilizio risulta compatibile con il regime idrodinamico del fiume Sele nel tratto studiato, a patto che si rispettino pedissequamente le prescrizioni sopra elencate.

Si ritiene comunque indispensabile effettuare delle ispezioni periodiche lungo l'alveo (operazioni di manutenzione ordinaria), rimuovendo, se necessario, eventuale materiale detritico che potrebbe accumularsi in seguito al verificarsi di fenomeni di trasporto solido, i quali si potrebbero manifestare in concomitanza di eventi di pioggia critica. Tale accorgimento, farà sì che la corrente idrica transiti lungo la sezione oggetto di verifica, scongiurando potenziali fenomeni di esondazione dall'alveo dovuti a ostacoli e/o restringimenti della geometria della sezione. Detti fenomeni di esondazione potrebbero verificarsi proprio in occasione di eventi meteorici eccezionali.

Come già evidenziato in precedenza, l'area interessata dalla realizzazione del costruendo manufatto edilizio (*Complesso Edilizio E del PUA "SUB-AMBITO 2A" - SCHEDA N. 6 "S. CECILIA" DI INIZIATIVA PRIVATA*), oggetto del presente studio idrologico-idraulico, rientra in area perimetrata come **zona di attenzione idraulica** e precisamente in **Area inondata dall'alluvione del Sele del novembre 2010**, mentre non è perimetrata in nessuna delle aree a rischio, secondo quanto indicato nella cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) (V. allegati cartografici).

Dall'analisi critica dei calcoli idrologici-idraulici eseguiti in precedenza, si può affermare che l'opera prevista in progetto non interferisce con il regime idraulico del *Fiume Sele*, quindi non altera lo stesso, non produce ostacoli al normale libero deflusso delle acque, non pregiudica una possibile futura sistemazione idraulica e non riduce la sua capacità di invaso.

Inoltre, si può asserire che, l'opera in progetto non determina un aumento delle attuali condizioni del rischio di esondazione dell'area in esame, né dei territori a monte, a valle e limitrofi, nonché risulta coerente con gli obiettivi del PAI.

Pertanto, a conclusione del presente studio, si riconosce la *compatibilità idraulica* dell'opera a farsi con il regime idrodinamico del tratto del *fiume Sele* studiato, in quanto le trasformazioni che l'intervento comporterà non costituiranno in alcun modo, elemento di disturbo per il deflusso idrico, anche in caso di transito, lungo la sezione idrica di interesse, di un'eventuale piena.

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Tanto si riferisce in merito all'incarico conferitoci.

Sala Consilina lì, Novembre 2014

I Consulenti Idraulici

Dott. Ing. Gabriele Petrocelli

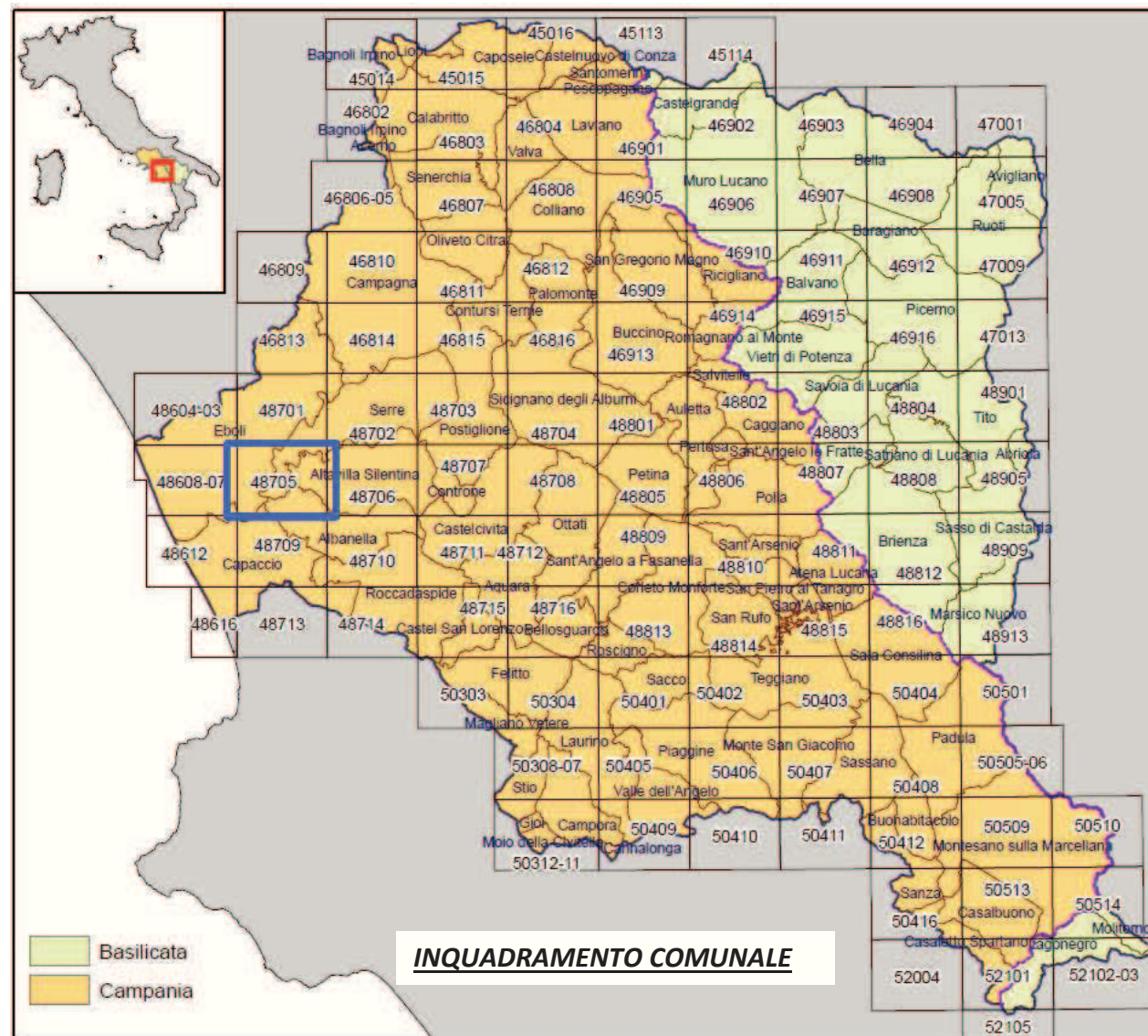
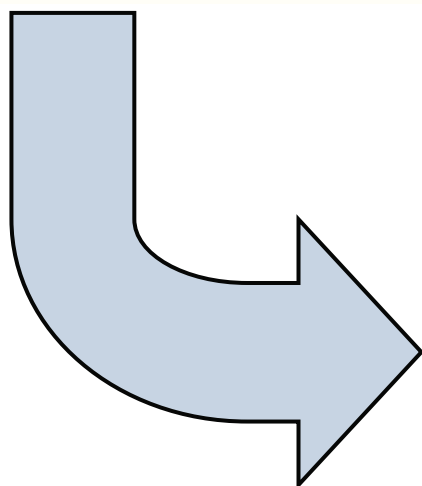
Dott. Ing. Daniele Giaffrida

ALLEGATI

ALLEGATI

1. Carta con ubicazione del bacino imbrifero del fiume Sele;
2. Ortofoto;
3. Carta Geologica;
4. Carta idrogeologica;
5. Carta delle zone pluviometriche omogenee VAPI;
6. Carta della pericolosità da alluvione (fasce fluviali);
7. Carta del Rischio Idraulico.

CARTA CON UBICAZIONE DEL BACINO IMBRIFERO DEL FIUME SELE



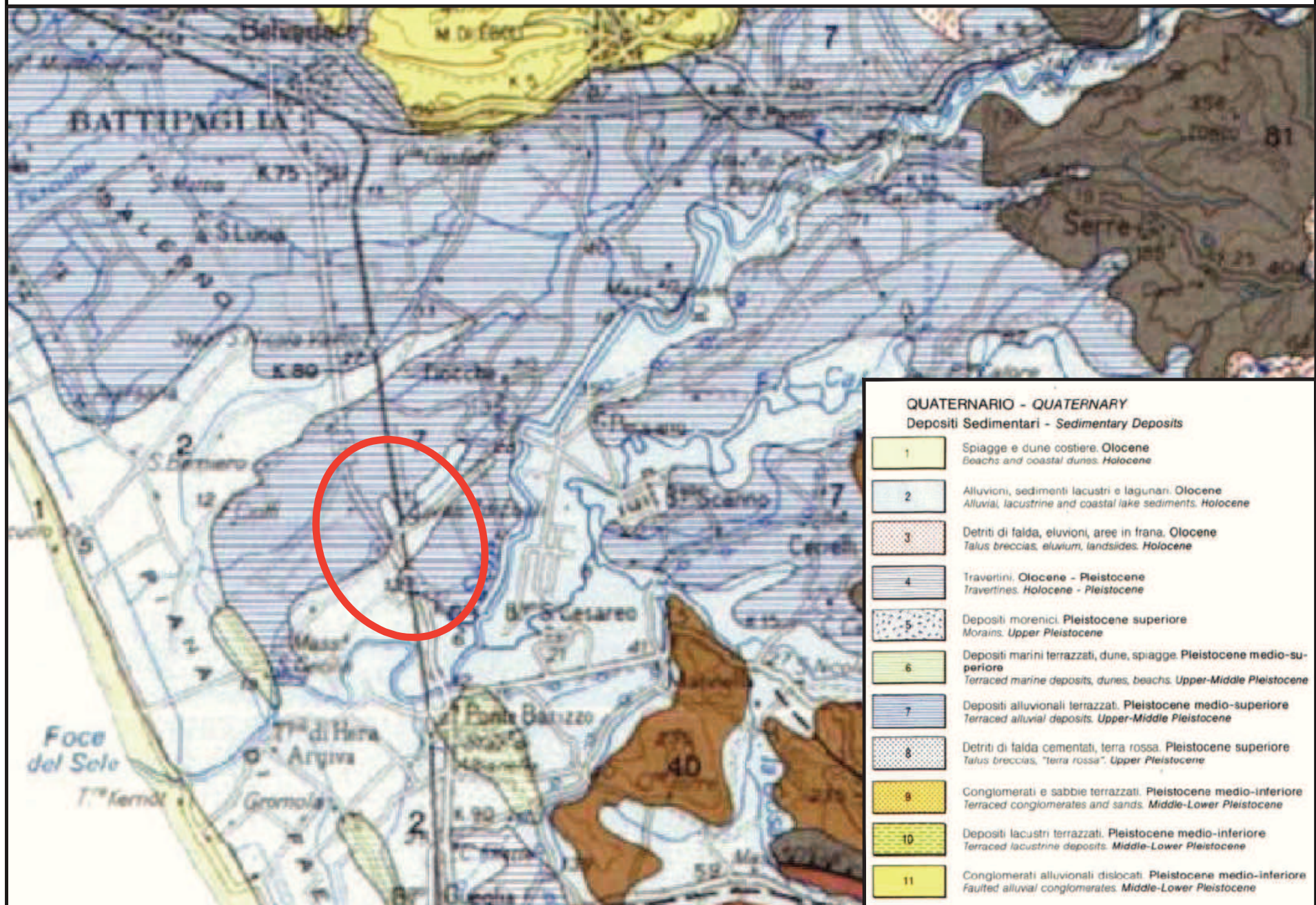
ORTOFOTO



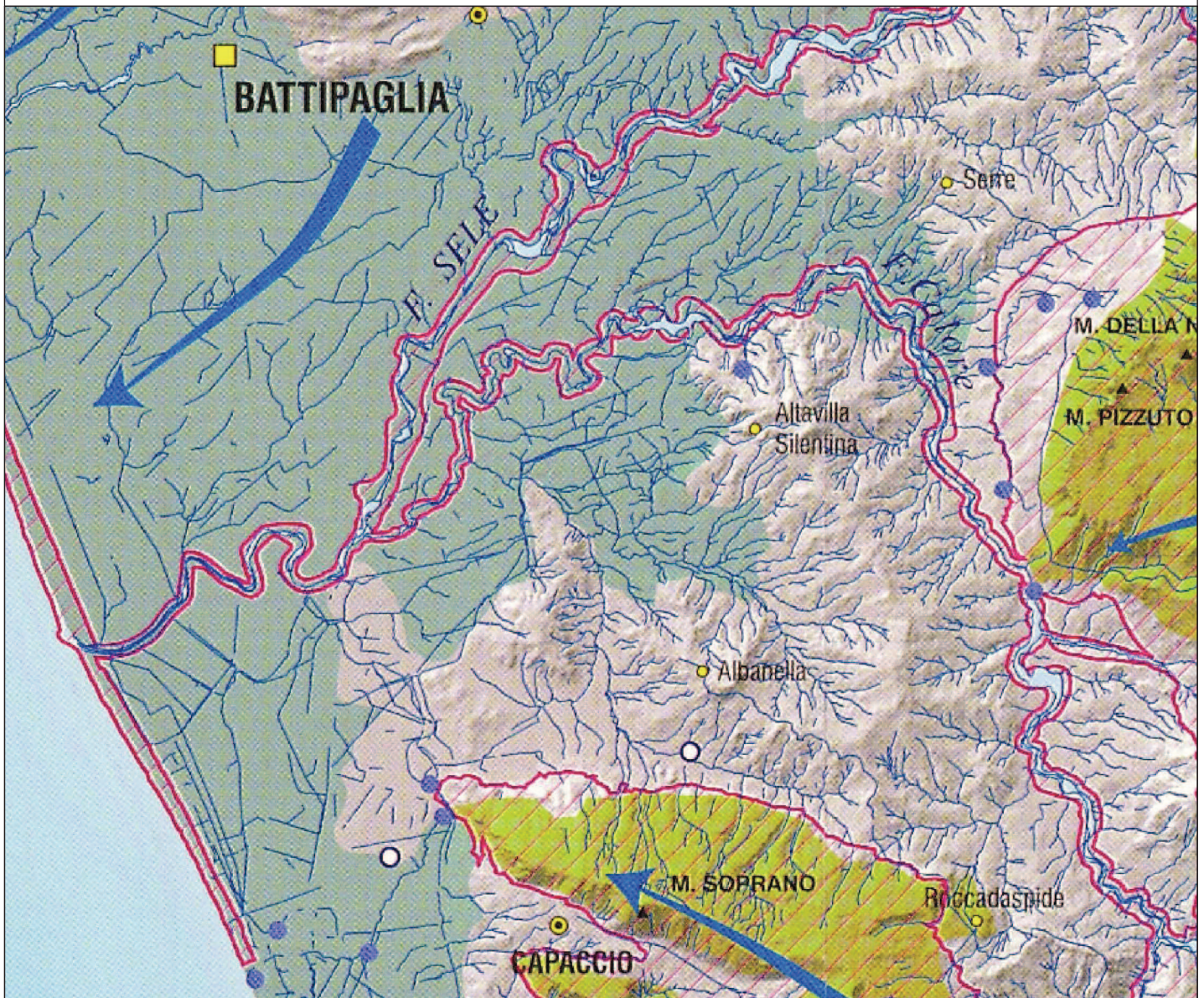
Bivio Santa Cecilia

COMPLESSO EDILIZIO E

CARTA GEOLOGICA

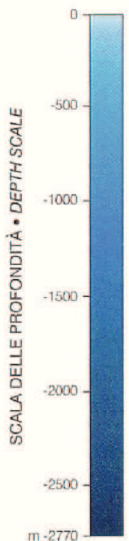


CARTA IDROGEOLOGICA



LEGENDA • LEGEND

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Massicci carbonatici
<i>Carbonate massifs</i> |  | Sorgente naturale non captata
<i>Natural spring untapped</i> |
|  | Piane alluvionali e vulcano-clastiche
<i>Alluvial and volcanoclastic plains</i> |  | Pozzo e sorgente minerale naturale
<i>Well and natural mineral spring</i> |
|  | Aree vulcaniche
<i>Volcanic areas</i> |  | Pozzo termominerale
<i>Thermomineral well</i> |
|  | Domini flyshoidi
<i>Flysch complexes</i> |  | Sondaggio per ricerca geotermica
<i>Geothermal deep well</i> |
|  | Aree naturali protette (Parchi, SIC e ZPS)
<i>Protect natural areas</i> |  | Sorgente calda
<i>Hot spring</i> |
|  | Spartiacque sotterranei chiusi
<i>Limits of springs and groundwater recharge areas, with negligible hydraulic interchanges</i> |  | Sorgente fredda (Isola d'Ischia)
<i>Cold spring (Ischia Island)</i> |
|  | Spartiacque sotterranei aperti
<i>Limits of springs and groundwater recharge areas, with hydraulic interchanges</i> |  | Fumarole
<i>Fumaroles</i> |
|  | Principali direttrici di flusso idrico sotterraneo
<i>Main groundwater flow direction</i> |  | Terme
<i>Thermae - SPA</i> |
|  | Sorgente naturale captata
<i>Natural spring tapped</i> |  | Stabilimento di imbottigliamento di acque minerali
<i>Mineral water bottling industry</i> |



PROGETTO VA.P.I.



Gruppo Nazionale per la Difesa
delle Catastrofi Idrogeologiche

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Linea di ricerca 1

Previsione e prevenzione di eventi idrologici estremi e loro controllo

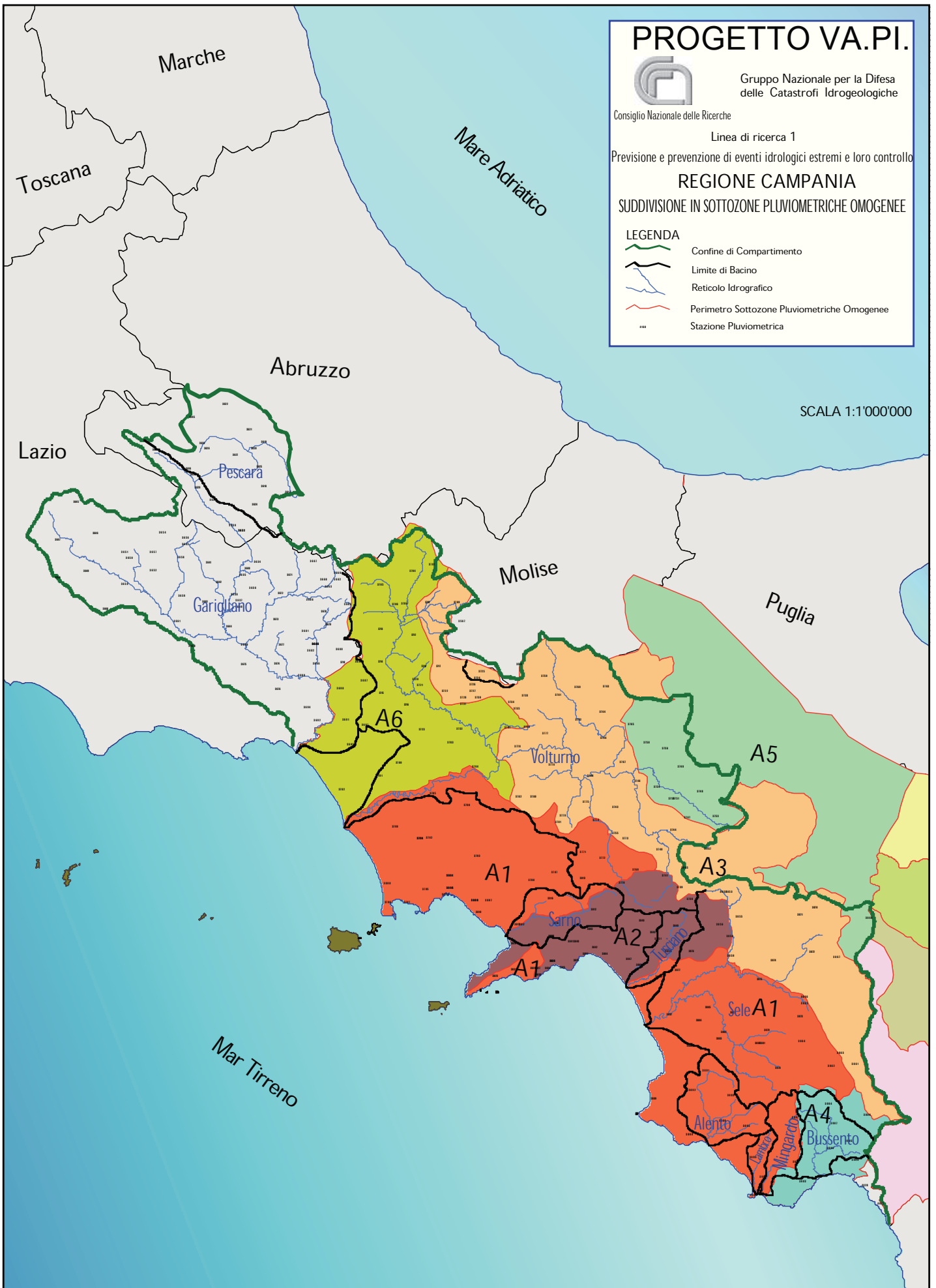
REGIONE CAMPANIA

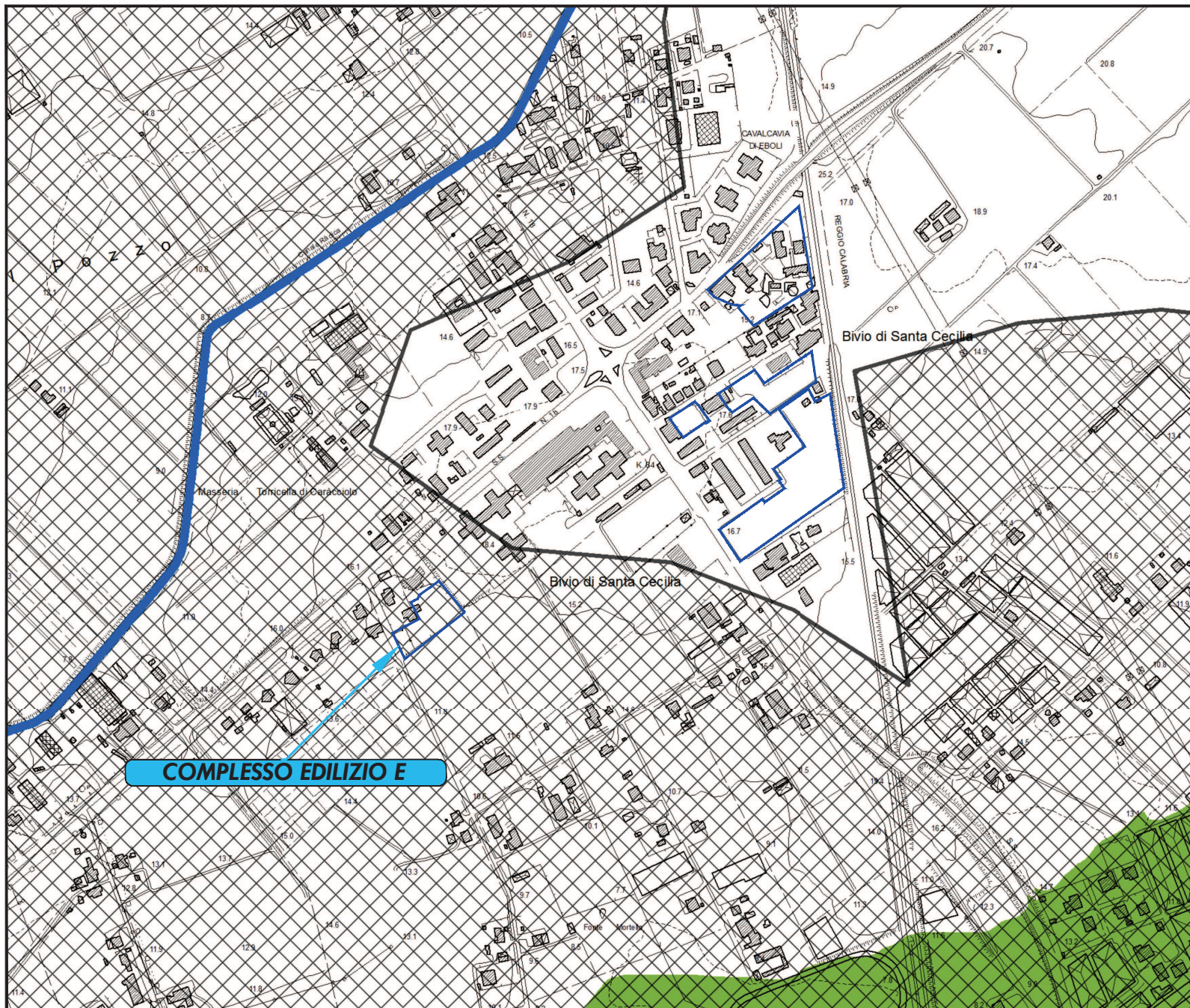
SUDDIVISIONE IN SOTTOZONE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE

LEGENDA

- Confine di Compartimento
- Limite di Bacino
- Reticolo Idrografico
- Perimetro Sottozone Pluviometriche Omogenee
- Stazione Pluviometrica

SCALA 1:1'000'000





**AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE CAMPANIA SUD
ED INTERREGIONALE PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SELE**

**Rivisitazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
del Bacino Idrografico del Fiume Sele**

Elaborato ID: C5 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE - Tavola: 48705
Scala: 1:10.000
Revisione: Giugno 2012

COMUNE DI EBOLI (SA)

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

scala 1:5.000



AREA DI INTERVENTO

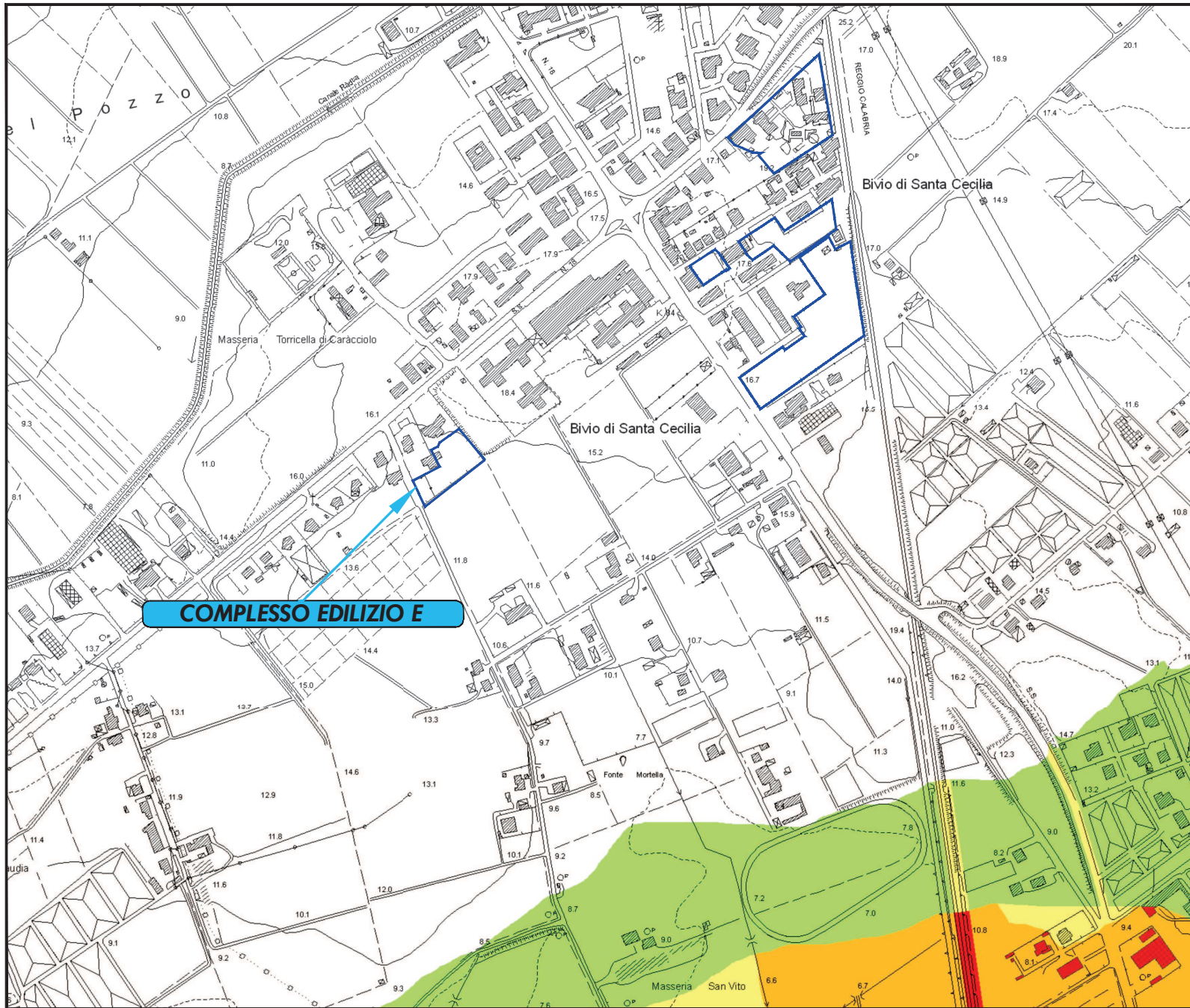
Legenda

Fasce Fluviali

- Fascia A (Tempo di ritorno = 30 anni)
- Fascia B1 (Tempo di ritorno = 50 anni)
- Fascia B2 (Tempo di ritorno = 100 anni)
- Fascia B3 (Tempo di ritorno = 200 anni)
- Fascia C (Tempo di ritorno = 500 anni)

Zone di attenzione idraulica

- Reticolo principale
- Reticolo interessato da elevato trasporto solido
- Aree interessate da conoidi
- Aree inondate dall'alluvione del Sele nel novembre 2010
- Aree inondabili per esondazione dei canali di bonifica
- Aree focali interessate da fenomeni di allagamento
- Aree depresse



AUTORITA' DI BACINO REGIONALE CAMPANIA SUD
ED INTERREGIONALE PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SELE

Rivisitazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
del Bacino Idrografico del Fiume Sele

Elaborato ID: E6 - CARTA DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO - Tavola: 48705
Scala: 1:10.000
Revisione: Giugno 2012

COMUNE DI EBOLI (SA)

CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

scala 1:5.000



AREA DI STUDIO

Legenda

Classi di rischio

R1	Rischio moderato
R2	Rischio medio
R3	Rischio elevato
R4	Rischio molto elevato