



STUDIO TECNICO ASSOCIATO

Corso Trapani, 39 - 10139 TORINO

Tel. 011 / 447 07 00 (r.a.) - Fax 011 / 447 16 38

E-mail: info@geostudiotorino.it C. F. e P.I. 04664840016

**AZIONE A4 - PIANIFICAZIONE ESECUTIVA
DELL'AZIONE C4 NELL'AMBITO DEL PROGETTO**

LIFE NATURA LIFE19 NAT/IT/000883

**“LIFE INSUBRICUS - AZIONI URGENTI PER LA CONSERVAZIONE
A LUNGO TERMINE DEL PELOBATE FOSCO INSUBRICO
NEL SUO AREALE DI DISTRIBUZIONE”**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

Proponente:

Ente di Gestione del Parco Paleontologico Astigiano

corso Vittorio Alfieri, 38

14100 ASTI (AT)

INDICE

1. PREMESSA	2
2. UBICAZIONE	3
3. RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	7
3.1. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA	7
3.2. MODELLAMENTO FLUVIALE.....	8
3.2.1. <i>Assetto geomorfologico alla scala del bacino idrografico</i>	8
3.2.2. <i>Assetto geomorfologico del corso d'acqua a scala locale</i>	11
3.2.3. <i>Geomorfologia e modellamento del tratto fluviale in esame</i>	13
3.2.4. <i>Evoluzione del modellamento fluviale</i>	15
3.2.4.1 Aspetti planimetrici.....	15
3.2.4.2 Aspetti altimetrici.....	22
4. RELAZIONE GEOLOGICA	25
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	25
4.2. ASSETTO GEOLOGICO E LITOSTRATIGRAFICO DELL' AREA DI INTERVENTO	28
5. RELAZIONE IDROGEOLOGICA	36
5.1. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELLA ZONA	36
5.2. RAPPORTI DELLA FALDA CON LE ACQUE SUPERFICIALI E PROFONDE	37
5.2.1. <i>Assetto idrogeologico originario</i>	37
5.2.2. <i>Assetto idrogeologico attuale</i>	41
5.3. REGIME PIEZOMETRICO.....	43
5.3.1. <i>Regime piezometrico a scala generale</i>	43
5.3.2. <i>Assetto piezometrico a scala locale</i>	47
6. CONCLUSIONI.....	52

1. PREMESSA

Il presente documento è redatto ai sensi dell'art. 33 del D.P.R. 207/2010 e s.m.i., al fine di definire le caratteristiche geologiche delle aree interessate dagli interventi rientranti nell'Azione A4 - Pianificazione esecutiva dell'Azione C4 nell'ambito del PROGETTO LIFE NATURA LIFE19 NAT/IT/000883 "LIFE INSUBRICUS-URGENT ACTIONS FOR LONG- TERM CONSERVATION OF PELOBATES FUSCUS INSUBRICUS IN THE DISTRIBUTION AREA".

Il presente documento è redatto a seguito di incarico ricevuto dagli scriventi da parte dell'Ente di Gestione del Parco Paleontologico Astigiano, Prot. 0000055 del 18/01/2022, ed è a corredo del progetto esecutivo.

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica/definitivo è stato redatto dagli stessi scriventi ed è stato approvato con Determina Dirigenziale n. 124 del 03.08.2022 (Prot. 0000932 del 04/08/2022).

Ciò permesso, si evidenzia che la finalità del progetto in parola è la ricostruzione e il rafforzamento della metapopolazione di *Pelobates fuscus insubricus*, rospo endemico della pianura Padana, attraverso interventi di ripristino di un complesso di zone umide esistenti e la realizzazione di una nuova zona umida, al fine di costituire nuovi nuclei di popolazioni (in sinergia con l'Azione C7 del progetto LIFE).

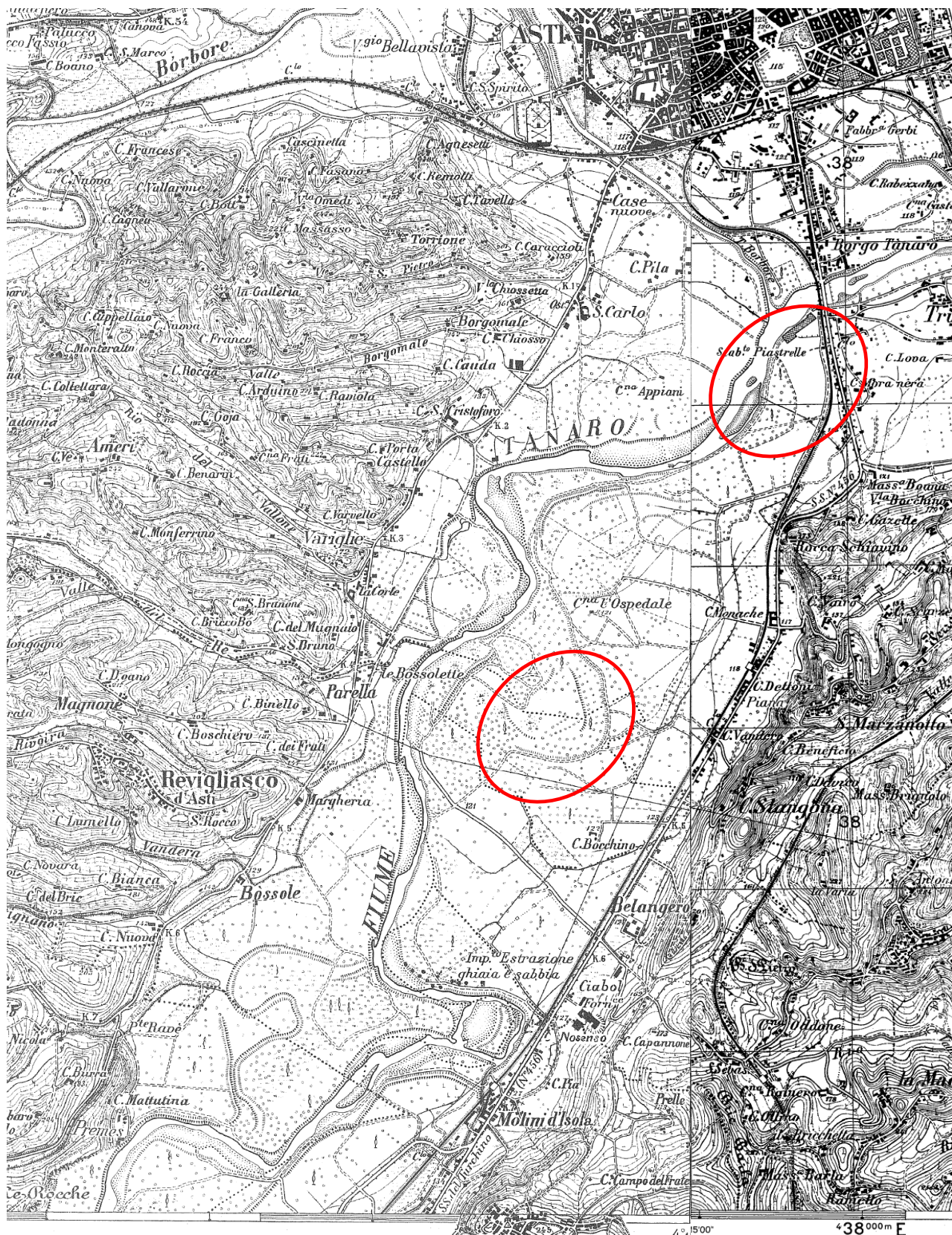
L'obiettivo della presente relazione è di fornire gli elementi conoscitivi sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche delle aree oggetto di intervento, al fine di individuare eventuali interferenze e/o conseguenze che possano derivare dalla realizzazione delle opere in progetto oppure, al contrario, evidenziarne l'utilità e la compatibilità ambientale.

2. UBICAZIONE

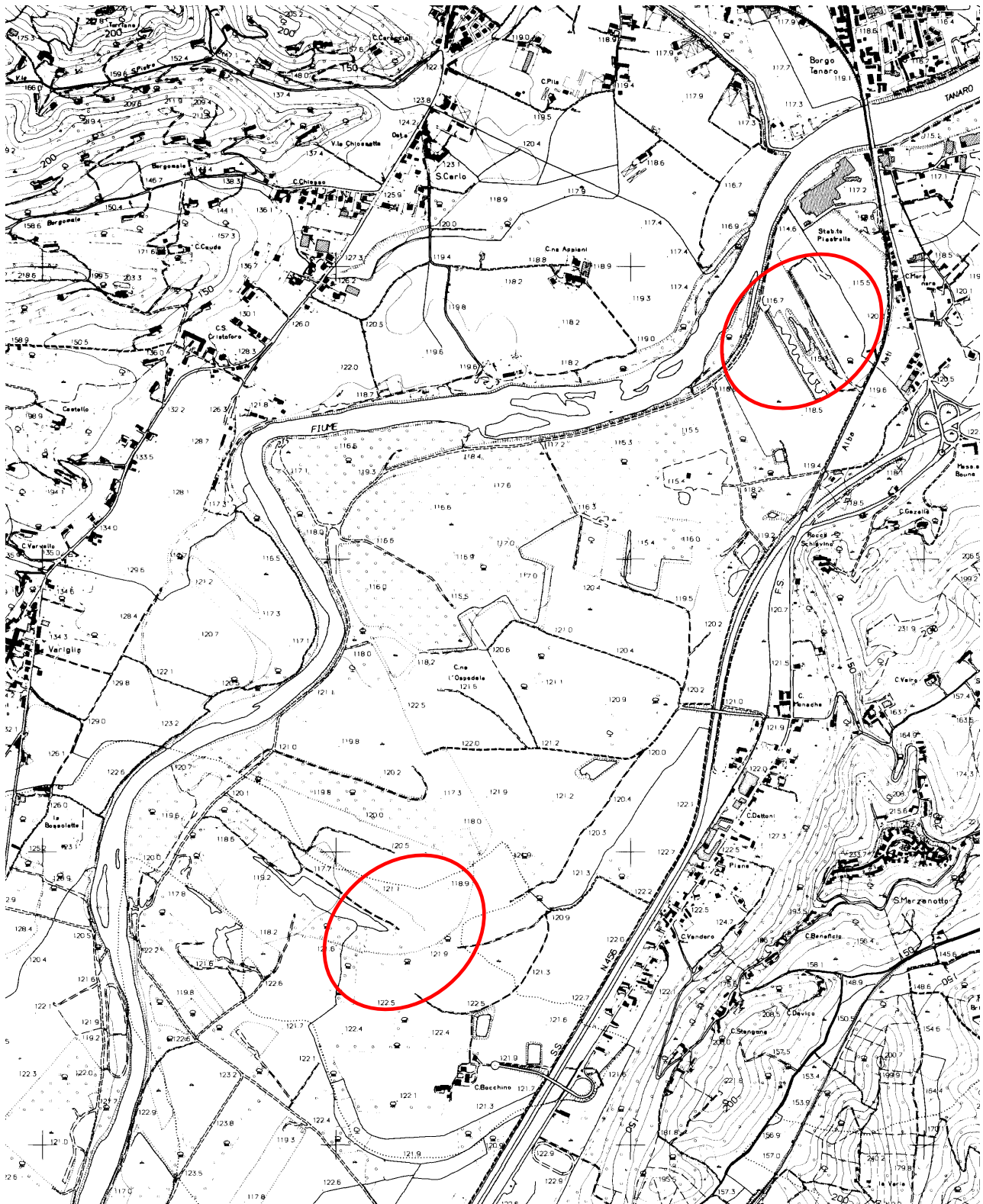
L'area oggetto del presente studio ricade in sponda idrografica destra del fiume Tanaro, nel tratto situato a monte della città di Asti; da un punto di vista amministrativo, essa ricade nell'ambito del territorio dei Comuni di Revigliasco d'Asti (AT) ed Asti.

Topograficamente, l'area in oggetto è individuabile sulle Tavole IV S.E. "Asti" e I SW "Rocca d'Arazzo" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 dall'Istituto Geografico Militare, di cui si riporta in allegato un estratto.

Per una definizione più aggiornata, si può fare riferimento invece alla Sezione n. 175.110 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, edita nei primi anni '90 dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte, della quale è parimenti riportato uno stralcio, come pure alla corrispondente Sezione della più recente cartografia BDTRE (Banca Dati Territoriale di Riferimento degli Enti), edita in scala 1:10.000 dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte, della quale è altresì riportato in allegato un estratto.



Individuazione delle aree oggetto di studio su estratto delle Tavole IV S.E. "Asti" e I SW "Rocca d'Arazzo" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare – Edizione del 1963. Riproduzione in scala 1:35.000 circa.



Individuazione delle aree oggetto di intervento (ellissi rosse) su estratto di Carta Tecnica Regionale, Sez. 175.110. Riduzione alla scala 1:20.000 circa.



Individuazione delle aree oggetto di intervento (ellissi rosse) su estratto di cartografia BDTRE. Sono evidenziati in azzurro i siti puntuali di intervento. Scala 1:20.000 circa.

3. RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

3.1. Lineamenti geomorfologici della zona

Il sito di interesse è costituito dalla fascia pianeggiante corrispondente al fondovalle del F. Tanaro, nel tratto compreso tra Alba ed Asti, e più precisamente pochi Km a monte di quest'ultima località; tale area è ubicata nella parte centro-meridionale della Regione Piemonte.

Da un punto di vista geomorfologico, questa zona corrisponde a un fondovalle caratterizzato da più ordini di terrazzi fluviali, degradanti verso l'asta del Fiume Tanaro. Su tutti i terrazzi sono osservabili tracce di paleomeandri, a testimonianza del loro modellamento fluviale in precedenti fasi di accrezione della piana di fondovalle.

Sempre in termini di contesto geomorfologico, dall'analisi delle diffuse tracce di modellamento fluviale visibili sul terreno o, meglio ancora, da fotografie aeree, si possono riconoscere, infatti, vecchi alvei abbandonati ("paleoalvei") o scarpate di terrazzo, mentre, più generalmente, anche la semplice tessitura agraria, con le sue diverse geometrie, permette di distinguere le varie fasce di terreno, progressivamente abbandonate dal fiume ed insediate da colture agricole.

Sulla base di questi indizi morfologici, nell'ambito della piana valliva alluvionale si possono così distinguere due zone:

- la prima, che corrisponde alle superfici terrazzate più elevate, presenta terreni piuttosto aridi, costituiti da ghiaie e sabbie sotto una coltre di terreno humico vegetale di spessore variabile;
- la seconda, sui terrazzi più bassi, presso la fascia perifluviale, è caratterizzata da terreni talvolta francamente ghiaioso-ciottolosi in superficie, per il più ridotto spessore della coltre di terreno vegetale.

3.2. Modellamento fluviale

3.2.1. Assetto geomorfologico alla scala del bacino idrografico

L'area oggetto di studio è ubicata in sponda destra del f. Tanaro, nel tratto che si estende per alcuni Km a monte di Asti.

Per analizzare quantitativamente l'assetto morfologico del bacino idrografico di pertinenza del tratto fluviale in esame, si può fare riferimento ai dati morfometrici desumibili dalla “*Carta ittica relativa al territorio della regione piemontese*”, edita nel 1992 dall'Assessorato Caccia e Pesca della Regione Piemonte.

Sulla base di questi dati, che peraltro si mostrano talvolta non omogenei rispetto a quelli riportati in altri studi editi dalla stessa Regione Piemonte, come pure a quelli desumibili dagli Annali Idrologici, editi in passato a cura del Servizio Idrografico Nazionale, si può dire che il Tanaro, all'altezza di Asti, presenta una superficie del bacino imbrifero sotteso pari a circa 3.788 km², misurati subito prima della confluenza del t. Borbore.

Il dato è in sostanziale accordo con quello, pari a circa 3.543 Km² ⁽¹⁾, quantificato in passato per l'estensione del bacino sotteso all'altezza della stazione idrografica esistente presso il ponte di S. Martino Alfieri, pochi km a monte dell'area in esame, per la quale, vista l'assenza di immissioni di affluenti significativi nel tratto in oggetto, si può quindi considerare una estensione del bacino sotteso dell'ordine di circa 3.550 Km².

L'altitudine massima del bacino sotteso è pari a 3.297 m s.l.m., mentre quella media è di circa 1.085 m e quella minima (ad Asti) di 115 m s.l.m..

In particolare, oltre alla differenza tra il settore montano e la porzione di pianura del bacino idrografico sotteso, si nota come quest'ultima sia legata alle porzioni terrazzate della pianura cuneese meridionale, comprese tra le marcate incisioni (quella del Tanaro in primis, ma anche quella della Stura di Demonte), che ne dissecano profondamente la sommità.

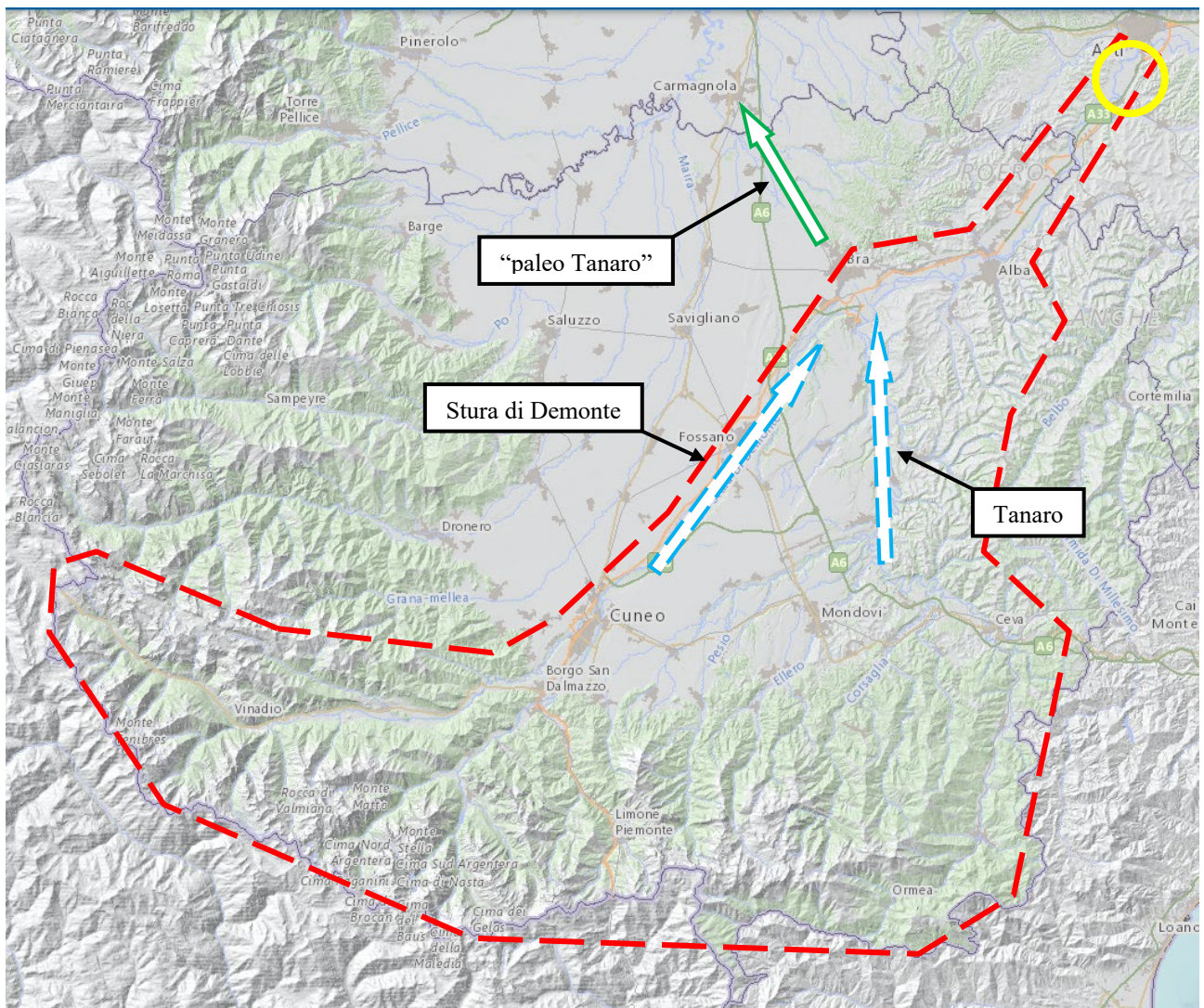
Queste profonde incisioni delimitano una sorta di “triangolo”, compreso tra il margine alpino a sud, il bordo occidentale delle Langhe a est (definito dal solco vallivo del Tanaro tra Ceva e Cherasco, orientato in direzione S – N), ed il solco vallivo della Stura di Demonte, diretta SW – NE tra Cuneo e Bra.

In particolare, la porzione sud – occidentale della pianura cuneese, racchiusa nel succitato “triangolo”, risulta poi suddivisa in una serie di “altopiani” separati tra loro dalle incisioni degli affluenti secondari del Tanaro e della Stura di Demonte.

A fronte della porzione montana e di “alta pianura” del bacino idrografico così delineata, a valle di Bra, ossia del “gomito di cattura” legato alla deviazione pleistocenica del f. Tanaro dall'antica direttrice di deflusso verso nord (da Bra in direzione di Carmagnola), si può notare come

⁽¹⁾ Dato riferito alla stazione idrometrica di S. Martino Alfieri e riportato negli Annali Idrologici e nel “*Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese*”, edito nel 1980 dalla Regione Piemonte.

il tratto mediano, da Bra ad Asti, al cui termine sorge il sito in esame, si configuri in realtà come un ampio solco vallivo, ampio alcuni chilometri e compreso tra i rilievi collinari del Roero a nord – ovest e quelli delle Langhe a sud – est.



Individuazione dell'area (evidenziata dal cerchio giallo) oggetto dell'intervento in progetto su estratto della "Base topografica transfrontaliera" elaborata da ARPA Piemonte nell'ambito del progetto RISK NAT. E' evidenziata anche (linea rossa tratteggiata) la delimitazione del bacino idrografico del Tanaro sotteso all'altezza del sito in esame. Scala 1:70.000 circa.

3.2.2. Assetto geomorfologico del corso d'acqua a scala locale

Come illustrato in precedenza, a fronte della porzione montana e di “alta pianura” del bacino idrografico del f. Tanaro, a monte del “gomito di cattura” presente all'altezza di Cherasco e di Bra, legato alla deviazione pleistocenica del f. Tanaro dall'antica direttrice di deflusso verso nord (che lo portava a confluire nel Po nei pressi dell'attuale Carmagnola), il tratto mediano che ne costituisce il proseguimento, da Bra ad Alba con direzione W – E, per poi ruotare verso NE in direzione di Asti, ed al cui termine sorge l'area in esame, si configura come un ampio solco vallivo, ampio alcuni chilometri e compreso tra i rilievi collinari del Roero a nord – ovest e quelli delle Langhe a sud – est. Nel tratto Alba – Asti, il tracciato fluviale si presenta come un ampio “corridoio”, racchiuso tra i rilievi collinari e con orientazione costante da SW verso NE, ampio mediamente dai 2,5 ai 3 km circa e con una lunghezza complessiva di circa 25 km.

In questo ampio “corridoio”, dal fondo subpianeggiante e delimitato dai rilievi collinari, spesso modellati in ripide “rocche” per effetto dell'erosione laterale determinata dalle divagazioni del corso d'acqua, l'assetto geomorfologico è definito dalla presenza di lembi di fondovalle terrazzati, ossia sospesi altimetricamente a varie altezze rispetto all'alveo attuale del Tanaro.

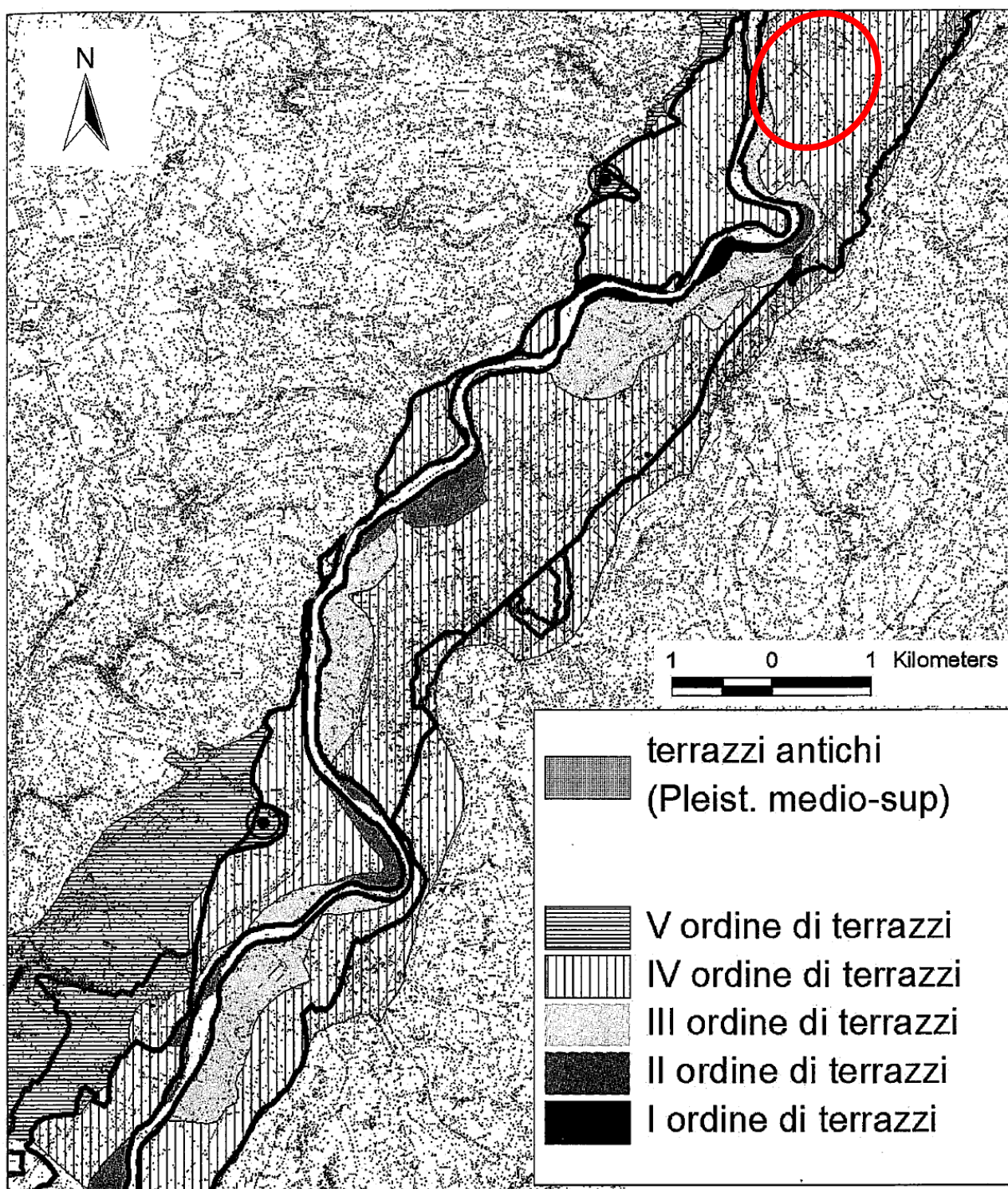
I diversi lembi si presentano più o meno continui ed estesi, e possono essere correlati tra loro riconoscendo diversi ordini di terrazzi, testimonianza di altrettante fasi di approfondimento del corso d'acqua nell'ambito della sua evoluzione geomorfologica.

Nella fattispecie, gli studi condotti per conto dell'Amministrazione Provinciale di Asti a seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994, presentati in occasione di convegni scientifici ⁽²⁾ hanno portato a distinguere un primo ordine di terrazzi di età pleistocenica, che nel tratto Alba – Asti non è però più visibile, in quanto asportato dai fenomeni di erosione successivi alla deviazione del Tanaro, e cinque successivi ordini di terrazzi, di età pleistocenico – superiore ed olocenica.

Come visibile dall'allegato estratto cartografico, tratto dallo studio citato, nell'ambito del tratto astigiano (in cui ricade il sito in esame) le superfici terrazzate che presentano maggiore estensione e continuità, su entrambe le sponde del corso d'acqua, sono riferibili al IV ordine di terrazzi, costituito infatti da ampie superfici pianeggianti, riconoscibili lungo pressoché tutta l'asta fluviale.

L'area oggetto di studio, sia relativamente al sito di Belangero (in cui le tracce di modellamento fluviale sono più evidenti) che a quello de “La Bula” (in cui esse risultano meno leggibili), ricade in corrispondenza alla sommità di una superficie terrazzata riferibile per l'appunto a questo ordine; nel tratto in esame, che si estende per alcuni Km a monte di Asti, sulla sponda opposta del f. Tanaro sono invece visibili alcuni dei pochi lembi relitti di superfici riferibili al soprastante (e più antico) V ordine di terrazzi.

⁽²⁾ Cfr.: BOANO P., DI MARTINO L., NOVO M. & BOSCO V., “*I terrazzi alluvionali nel tratto astigiano del fiume Tanaro: conoscere per pianificare*”; GEAM – Associazione Georisorse e Ambiente, Atti del Convegno “*L'alluvione del 5-6 novembre 1994 in Piemonte. Venti anni di attività nella previsione e prevenzione in ambito geo-idrologico*”, Torino, 28 – 29 ottobre 2014.



Individuazione dell'area in esame (ellisse rossa) rispetto all'assetto morfologico del fondovalle terrazzato del f. Tanaro a monte di Asti ⁽³⁾.

⁽³⁾ Cfr.: BOANO P., DI MARTINO L., NOVO M. & BOSCO V., *"I terrazzi alluvionali nel tratto astigiano del fiume Tanaro: conoscere per pianificare"*; GEAM – Associazione Georisorse e Ambiente, Atti del Convegno *"L'alluvione del 5-6 novembre 1994 in Piemonte. Venti anni di attività nella previsione e prevenzione in ambito geo-idrologico"*, Torino, 28 – 29 ottobre 2014.

3.2.3. Geomorfologia e modellamento del tratto fluviale in esame

Il corso del fiume Tanaro, nel tratto che attraversa il territorio astigiano è caratterizzato da un andamento generalmente sinuoso, con il corso d'acqua che descrive una serie di divagazioni all'interno del “corridoio” delineato in precedenza.

Nei pressi del tratto fluviale in esame il corso d'acqua, dopo essersi portato, tra le località Perosini e Rocche, a sud dell'abitato di Antignano, a lambire il piede delle colline in sponda sinistra idrografica, descrive poi una serie di anse verso est, sino a portarsi, in località “Molini d'Isola”, a lambire il margine destro della piana di fondovalle.

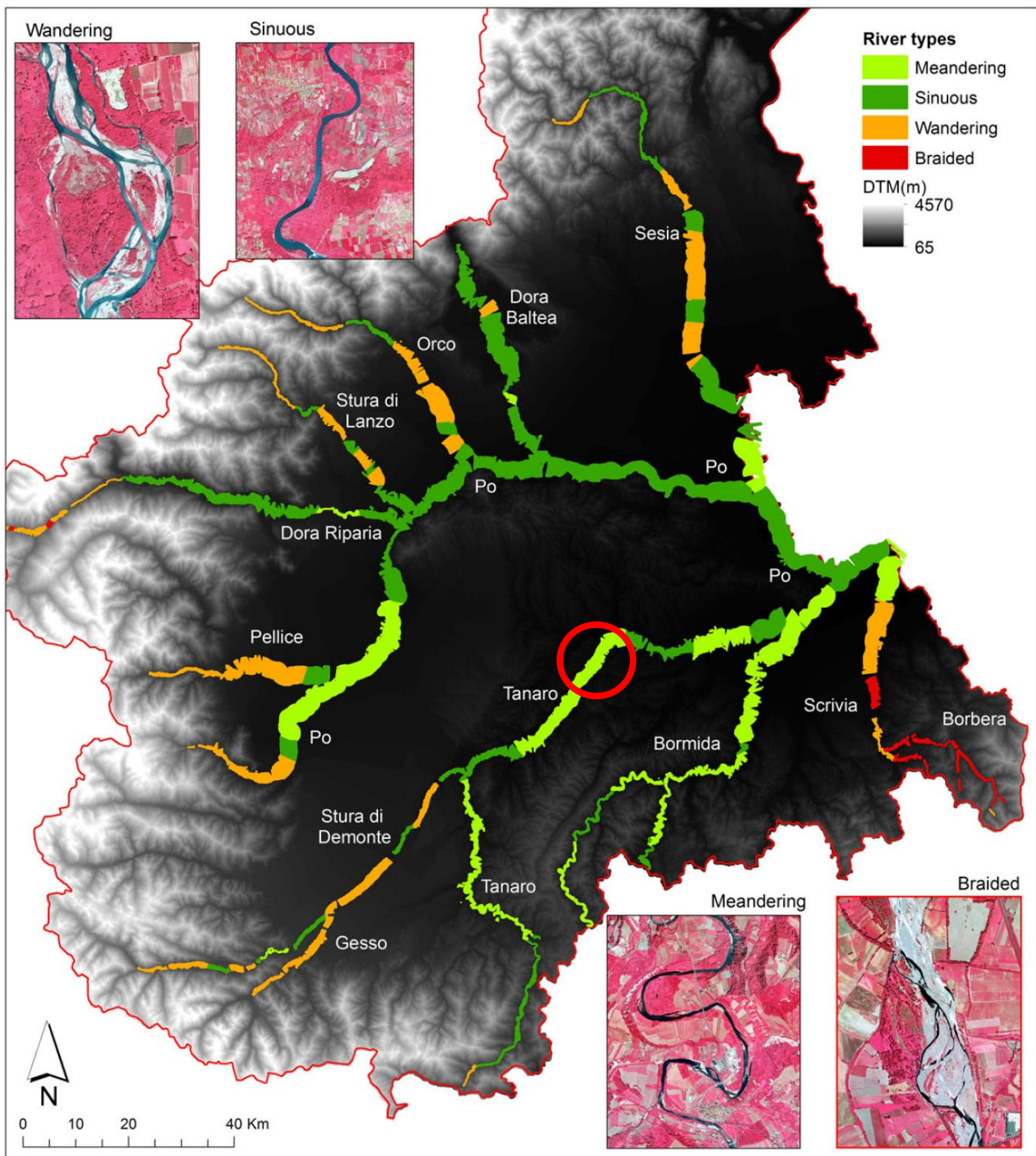
Proseguendo verso Asti, il corso d'acqua si porta progressivamente verso il settore centrale del fondovalle, descrivendo una serie di sinuosità meno accentuate.

Attualmente, nel tratto in esame, l'assetto morfologico del Tanaro presenta caratteristiche di monocursalità tipiche dei corsi d'acqua di fondovalle; in particolare si distinguono aspetti propri dei fiumi di vallata per la presenza di un alveo di piena inciso e ben definito, che scorre con andamento sinuoso entro un solco vallivo dominante.

A riguardo, si possono considerare i risultati di recenti studi finalizzati alla caratterizzazione ed all'analisi dell'assetto idromorfologico dei corsi d'acqua piemontesi, definito mediante caratterizzazione automatica da telerilevamento ⁽⁴⁾, in base ai quali il tratto di f. Tanaro compreso tra Alba ed Asti, in cui ricade l'area in esame, viene attribuito alla tipologia “meandriforme”, per la presenza di una serie di sinuosità ancora oggi riconoscibili.

Dall'esame delle edizioni storiche della cartografia IGM (di cui si riportano in allegato nel seguito alcuni estratti) si evince che tale andamento sinuoso era in passato decisamente più marcato, con la presenza di evidenti forme di meandrizzazione, anche accentuate, sviluppatesi in passato, ed oggi obliterate per fenomeni di taglio di meandro occorsi in occasione di piene eccezionali.

⁽⁴⁾ Cfr.: DEMARCHI L. BIZZI S. & PIEGAY H., “*Regional hydromorphological characterization with continuous and automated remote sensing analysis based on VHR imagery and low-resolution LiDAR data*”; Earth Surface Processes And Landforms n. 42 (2017).



Individuazione dell'area in esame (cerchio rosso) rispetto all'assetto idromorfologico dei corsi d'acqua piemontesi, definito mediante caratterizzazione automatica da telerilevamento ⁽⁵⁾.

⁽⁵⁾ Cfr.: DEMARCHI L. BIZZI S. & PIEGAY H., “Regional hydromorphological characterization with continuous and automated remote sensing analysis based on VHR imagery and low-resolution LiDAR data”; Earth Surface Processes And Landforms n. 42 (2017).

3.2.4. Evoluzione del modellamento fluviale

3.2.4.1 Aspetti planimetrici

Da un punto di vista geomorfologico, il modellamento fluviale riconosciuto nell'intorno dell'area in oggetto è stato caratterizzato da una sua peculiare evoluzione, conseguente alle ripetute divagazioni del f. Tanaro nell'ambito del fondovalle alluvionale, con episodi di erosione e deposizione di cui rimane traccia, come si è visto nei paragrafi precedenti, nelle varie superfici terrazzate, più o meno continue, riconoscibili lungo il fondovalle, come pure nei "paleoalvei" che hanno condizionato la traccia dei confini comunali e della rete idrografica minore.

Questa evoluzione, sia alla scala dei tempi geologici che di quelli storici, rappresenta invece la progressiva risposta del corso d'acqua, inteso come sistema idromorfodinamico, alle sollecitazioni che lo interessano (con complessi fenomeni di *feedback*) a scala dell'intero bacino idrografico sotteso (evoluzione tettonica in corso e pregressa, condizioni meteoroclimatiche e loro ricadute in termini di copertura ed uso del suolo e, conseguentemente, di portate liquide e solide e della loro distribuzione statistica nel tempo, ecc...), rispetto alle quali esso cerca di raggiungere e mantenere una condizione di equilibrio dinamico.

Dal punto di vista geomorfologico, l'evoluzione del modellamento fluviale è testimoniata dalla presenza di elementi morfologici, quali scarpate di terrazzo o alvei abbandonati ("paleoalvei"), legati appunto alle divagazioni del Tanaro. Queste tracce di modellamento ad opera del corso d'acqua possono essere riconosciute nella stessa tessitura agraria e nell'andamento della rete idrografica minore, o addirittura in alcuni toponimi rurali: spesso, esse sono riferibili a episodi più "storici" che "geologici" dell'evoluzione del corso d'acqua.

Un valido strumento, per ricostruire queste fasi evolutive, quantomeno nell'arco degli ultimi 150 – 200 anni, è costituito dalle cartografie e basi topografiche apparse in quest'intervallo di tempo: si hanno, in tal modo, delle immagini "datate" del corso d'acqua in diversi momenti della sua evoluzione, così da consentirne una ricostruzione per tappe successive.

In particolare, per il periodo che va dal 1800 ai giorni nostri, le modificazioni geometriche intervenute nell'alveo inciso dei principali corsi d'acqua piemontesi possono essere ricostruite mediante un esame della documentazione cartografica apparsa in questi ultimi due secoli, periodo in cui le tecniche di rilevamento topografico hanno raggiunto un grado di precisione tale da consentire una rappresentazione sufficientemente dettagliata dell'assetto morfologico fluviale.

I primi documenti in grado di consentire una certa ricostruzione dei tracciati fluviali sono costituiti dalla "*Carta degli Stati Sardi di Terraferma*", edita dallo Stato Maggiore dell'Esercito Sabaudo, alla scala di 1:50.000, in due diverse edizioni (1819 e 1852).

La "*Carta degli Stati Sardi in Terraferma*" venne infatti redatta dal "Corpo Reale dello Stato Maggiore" sotto la direzione del suo comandante, il Maggior Generale de Monthoux, tra il 1816 e il 1830, con una successiva nuova edizione nel 1852; anche se questa base cartografica è la prima ad essere stata realizzata con una chiara motivazione "tecnica", ossia per fornire all'Esercito Sabaudo una rappresentazione del territorio con la massima precisione possibile, nei limiti dei mezzi tecnici

dell'epoca, è solo dopo l'Unità d'Italia che compaiono carte topografiche con un dettaglio sufficiente a consentire una rappresentazione realistica del territorio, al punto da poter effettuare un'analisi quantitativa dei parametri morfometrici dei corsi d'acqua.

A partire dal 1880, infatti, l'I.G.M. (Istituto Geografico Militare) pubblica la cartografia topografica ufficiale, nella forma delle "Tavolette" in scala 1:25.000.

Nel caso del f. Tanaro, si può procedere ad una analisi comparata del percorso fluviale, come riportato soprattutto nelle diverse edizioni delle carte topografiche ufficiali dell'I.G.M., (Istituto Geografico Militare), edite, in scala 1:25.000, a partire dalla fine dell'800: ciò ha consentito di riconoscere delle sensibili variazioni del tracciato del corso d'acqua, non sempre ricostruibili sulla base dei soli dati di terreno o dell'esame delle fotografie aeree.

Se ne ha un esempio dal raffronto tra gli estratti di cartografia riportati in allegato nel seguito, relativi alla citata “*Carta degli Stati Sardi in Terraferma*” ⁽⁶⁾ nell’edizione del 1852, all’edizione del 1880 della cartografia IGM, reperita presso la Biblioteca Nazionale di Torino ⁽⁷⁾, come pure alla cartografia IGM in scala 1:50.000, riferibile al 1933 e ridisegnata dalle forze armate americane durante la 2^a Guerra Mondiale, reperibile *on line* sul sito web dell’Università del Texas ⁽⁸⁾, oltre che alla corrente edizione, aggiornata al 1963 ma sostanzialmente riferibile, per il tracciato planimetrico della rete idrografica, al volo aerofotogrammetrico AMS – GAI del 1954-55.

A tale proposito, è significativo il raffronto con quanto riportato nella cartografia storica IGM, sotto forma dell’edizione aggiornata al 1880, di cui si riporta in allegato un estratto: si può notare come, alla fine del XIX secolo, fosse chiaramente visibile l’ansa meandriforme presente presso il sito in loc. “Belangero”, di cui è ancora oggi ben evidente la traccia morfologica, sotto forma di una scarpata di altezza plurimetrica, ad andamento planimetrico marcatamente ricurvo.

Si può invece riconoscere come le tracce di modellamento fluviale ad elevata sinuosità, visibili in sponda sinistra, a sud del sito medesimo, all’altezza di Isola d’Asti, all’epoca corrispondessero ad un ramo fluviale secondario del Tanaro, successivamente abbandonato: il fenomeno sembra essere avvenuto attorno alla metà del XX secolo, come attestato dall’allegato estratto della cartografia IGM in scala 1:50.000, ripresa e ridisegnata dalle forze armate americane durante la 2^a Guerra Mondiale e riferibile al 1933.

L'attuale configurazione planimetrica del Tanaro indica che la sinuosità attuale, illustrata dagli estratti di cartografia IGM (1963), CTR (1990) e BDTRE (2017) riportati in precedenza, è meno accentuata rispetto a quanto documentato dalla cartografia storica IGM (edizioni del 1880 e del 1933).

Quest’ultima, al pari della “Carta degli Stati sardi” di metà XIX secolo, documenta pertanto un assetto geomorfologico ed idrologico marcatamente e drasticamente diverso da quello attuale, in

⁽⁶⁾ La cartografia in parola è oggi consultabile on line grazie alla georeferenziazione condotta nel progetto “MAPIRE - Historical Maps Online” (<https://www.arcanum.hu/en/mapire/>).

⁽⁷⁾ Della citata edizione “storica” dell’IGM, è stato possibile reperire solamente la tavoletta “Asti”.

⁽⁸⁾ Cfr.: https://www.lib.utexas.edu/maps/ams/italy_50k/.

quanto caratterizzato dalla presenza di un alveo pluricursale e/o addirittura anastomosato, con rami secondari separati da barre o vere e proprie isole di grosse dimensioni.

Nell'arco di tempo caratterizzato mediante le cartografie storiche così esaminate, a partire dalla metà del XIX secolo, è possibile riconoscere una prima fase dell'evoluzione del modellamento fluviale, caratterizzata da un progressivo allungamento di percorso che si è materializzato con una spiccata accentuazione della sinuosità.

In termini numerici, per quanto riguarda l'area in esame, che ricade nel tratto di f. Tanaro tra Alba ed Asti, la sinuosità dell'alveo fluviale, quantificata tramite l'indice I_s ⁽⁹⁾, è cresciuta in qualche decina d'anni da un valore $I_s = 1,15$ nel 1852 ⁽¹⁰⁾ per arrivare, nel 1954, ad $I_s = 1,42$ ⁽¹¹⁾.

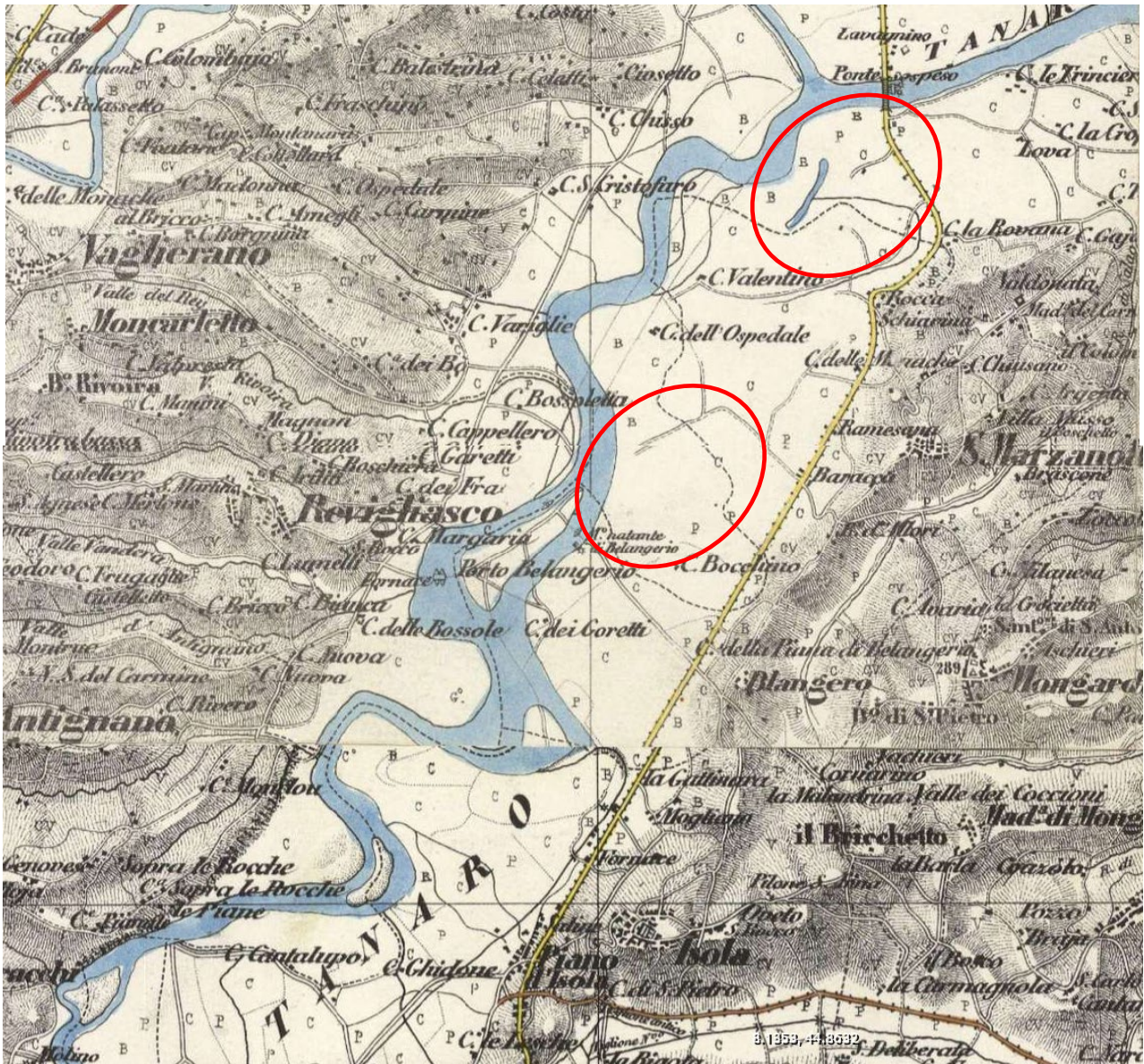
A seguito dei processi di metamorfosi nell'alveo-tipo del Tanaro intercorsi a partire dalla fine degli anni '40, si è riscontrata però una serie di “salti” o “tagli” di meandro, con una riduzione significativa della sinuosità ⁽¹²⁾; nel tratto compreso tra Alba ed Asti, questo parametro oggi assume infatti un valore $I_s = 1,28$: ciò è in accordo con il comportamento del fiume in questa zona, dato che il Tanaro presenta, attualmente, un andamento caratterizzato da tratti sub-rettilinei, separati da anse anche piuttosto brusche.

⁽⁹⁾ La sinuosità di un tratto di corso d'acqua può essere definita quantitativamente mediante il cosiddetto “*indice di sinuosità*” I_s : si tratta del rapporto tra la lunghezza dell'alveo fluviale, nel tratto considerato, e la distanza in linea d'aria che separa le due estremità del tratto stesso. Si ha quindi che, nel caso di un tratto d'alveo perfettamente rettilineo, l'indice di sinuosità sarà pari ad $I_s = 1$.

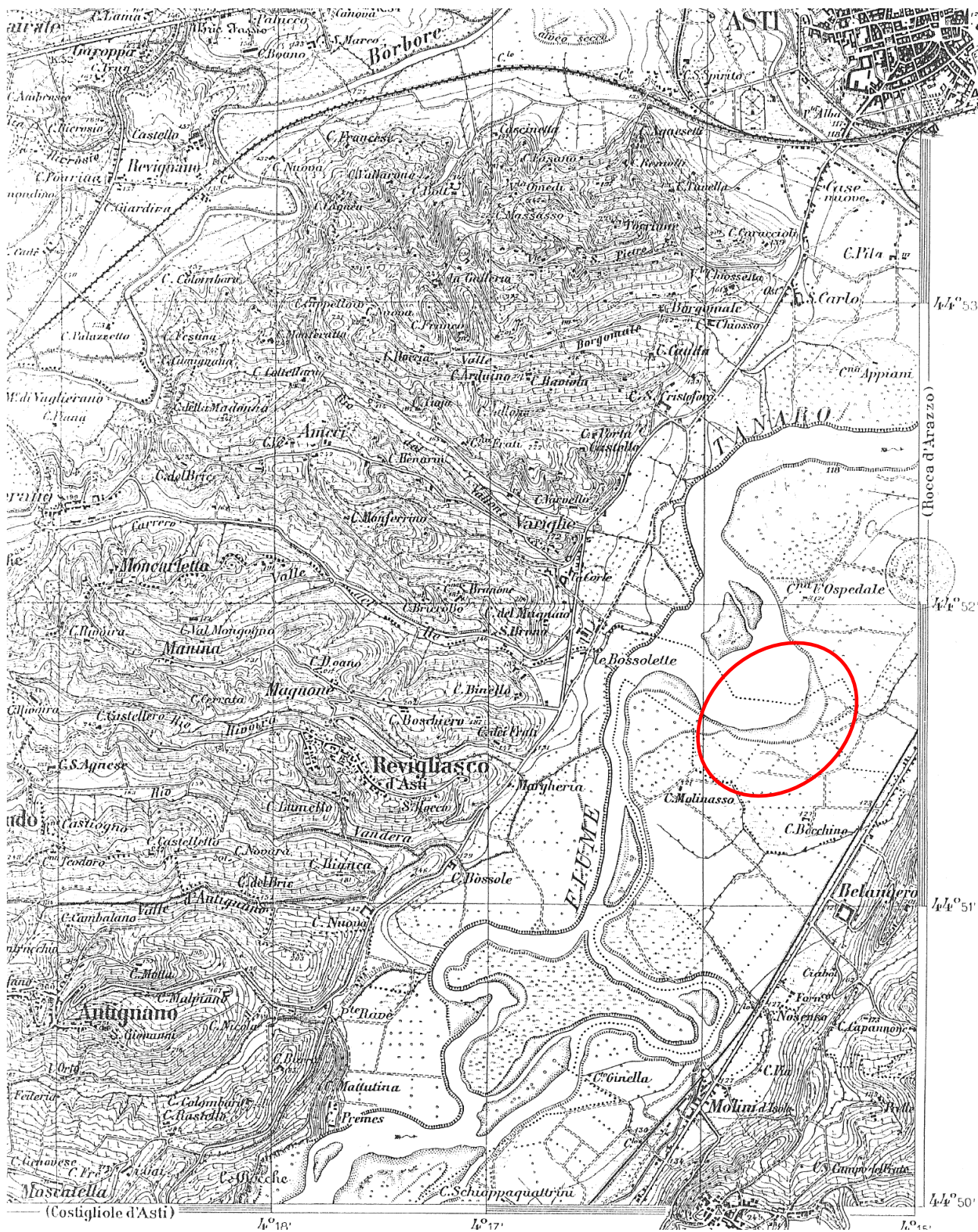
⁽¹⁰⁾ Cfr.: “*Carta degli Stati di Terraferma del Regno di Sardegna*”, scala 1:50.000, Torino, 1852.

⁽¹¹⁾ Cfr.: Cartografia I.G.M. corretta in base al volo aerofotogrammetrico A.M.S.-G.A.I. del 1954-55.

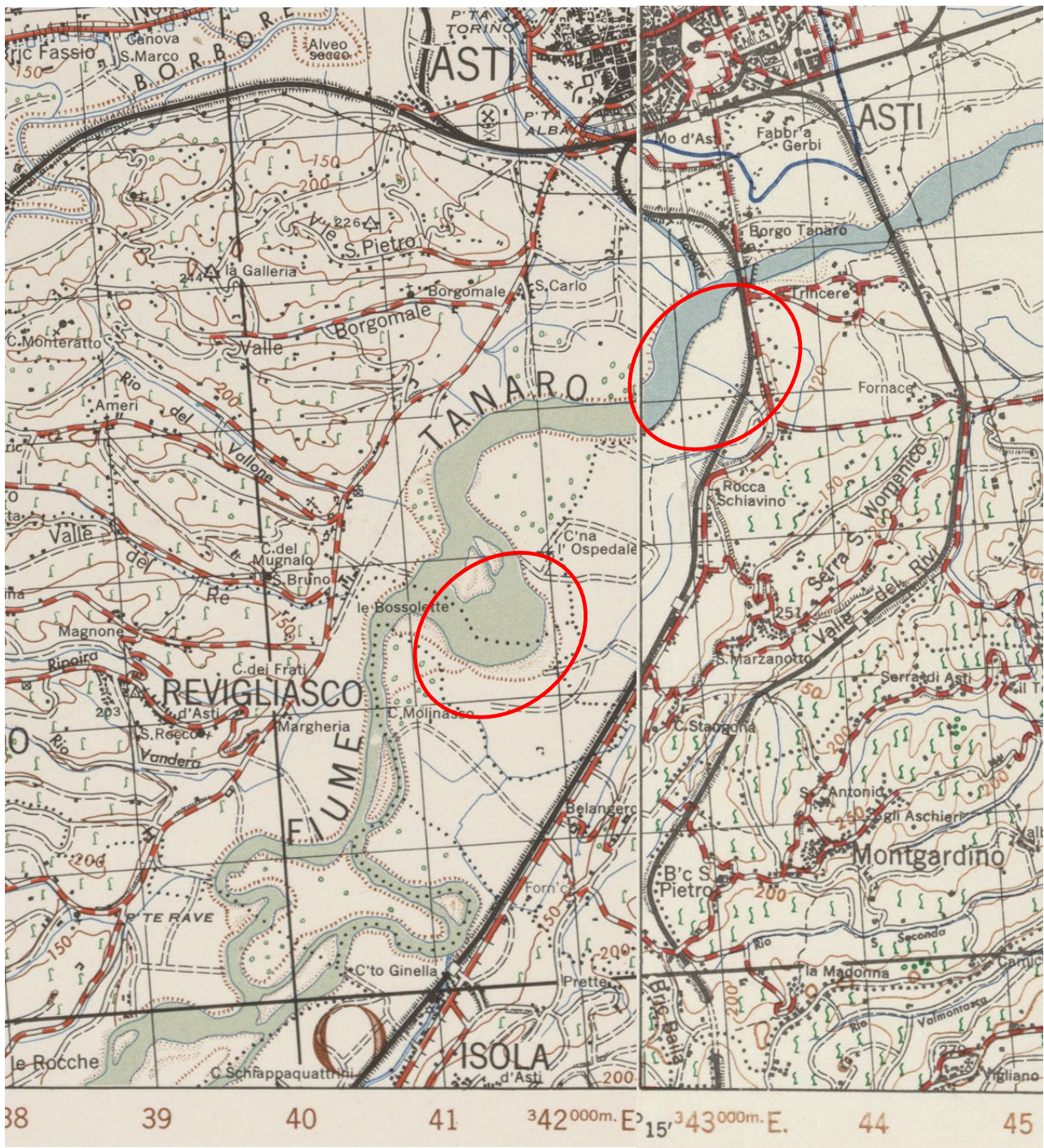
⁽¹²⁾ A rigore, nella geomorfologia classica (es. Schumm) per “meandro” si intendeva un'ansa con una sinuosità pari o superiore ad $I_s = 1,5$.



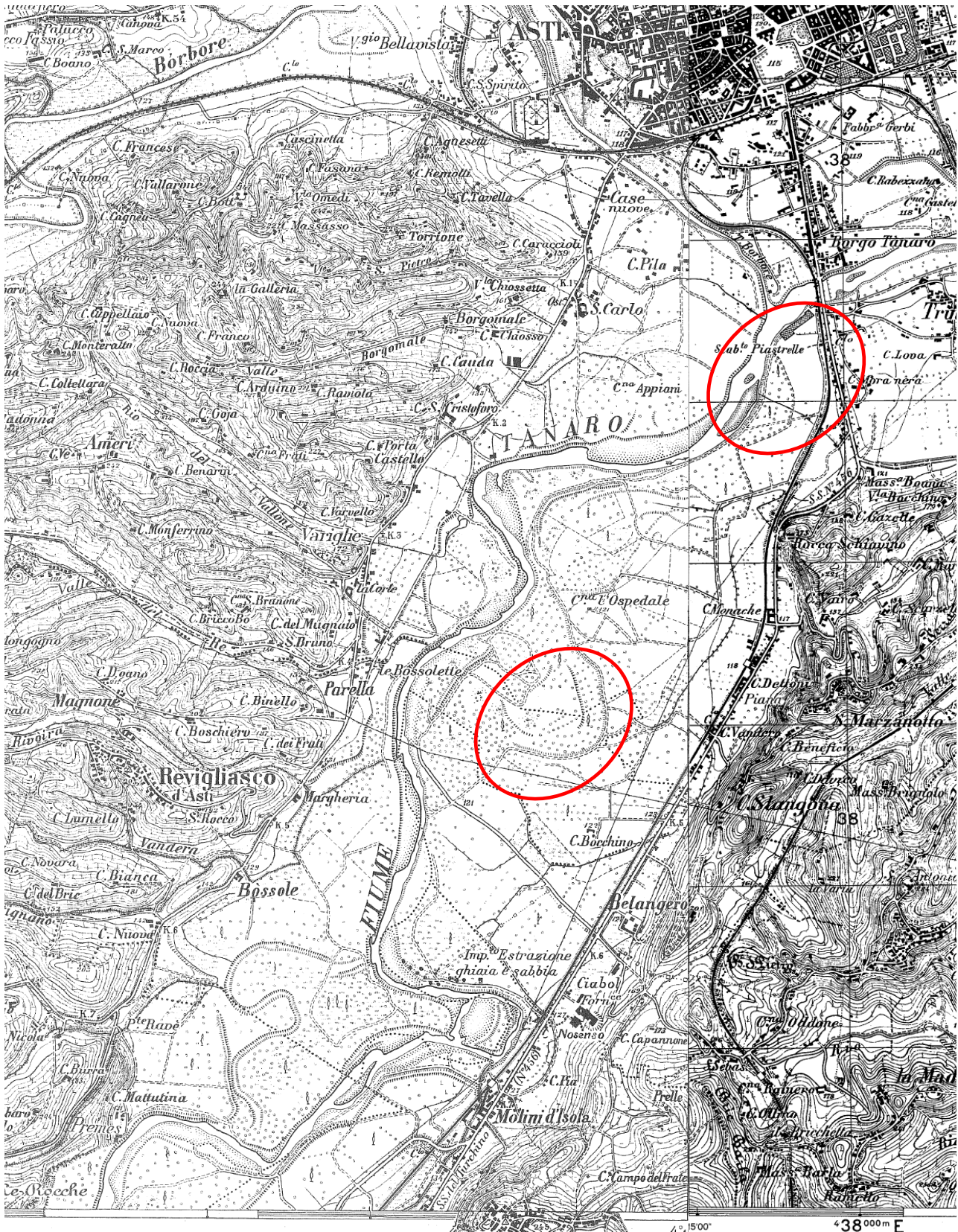
Individuazione delle aree oggetto di studio (ellissi rosse) su estratto della “Carta degli Stati Sardi in Terraferma”; ingrandimento alla scala 1:40.000 circa.



Estratto Tavoleta IV S.E. "Asti" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare – Edizione del 1880. Riproduzione in scala 1:35.000 circa.



Individuazione delle aree oggetto di studio su estratto dei Foglio (“Sheet”) “Asti” e “Felizzano” della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:50.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare (aggiornata al 1933) ridisegnata ad opera dell'Army Map Service dello U.S. Army (1943). Ingrandimento alla scala 1:45.000 circa.



Individuazione delle aree oggetto di studio su estratto delle Tavole IV S.E. "Asti" e I SW "Rocca d'Arazzo" del Foglio 69 "Asti" della Carta Geografica d'Italia, edita in scala 1:25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare – Edizione del 1963. Riproduzione in scala 1:35.000 circa.

3.2.4.2 Aspetti altimetrici

A fronte di quanto discusso nel paragrafo precedente in merito all'evoluzione geomorfologica pregressa, in termini planimetrici, del modellamento fluviale, si può osservare che successivamente alla mutazione planimetrica riscontrata nel tracciato fluviale, è subentrata una spiccata tendenza erosiva, che ha portato il corso d'acqua ad incidere il fondo del proprio alveo.

Ne è derivato un abbassamento del letto fluviale per sovraincisione, quantificabile in circa 2 metri, che ha portato all'abbandono dei rami laterali, ormai “pensili” e marcatamente sospesi rispetto a quello principale, presso le cui sponde oggi si possono spesso diffusamente osservare, in affioramento, le marne e argille del substrato terziario, nelle quali è modellata la superficie erosiva di appoggio delle ghiaie alluvionali che ricoprono il fondovalle.

Rispetto alla precedente tendenza all'aumento della sinuosità dell'alveo, è stata infatti riscontrata una inversione di tendenza a partire dalla fine degli anni '40, quando l'evoluzione del tracciato planimetrico dell'alveo verso un percorso fluviale più lungo risulta arrestarsi: il Tanaro passa, da questo momento, ad un comportamento praticamente opposto, iniziando ad accorciare il proprio alveo sino a ridurre la lunghezza, in poco più di trent'anni, di circa il 15%.

Questo fenomeno sembra essere avvenuto tramite una sostanziale rettificazione di tratti in precedenza più sinuosi, con locali salti di meandro, ed è poi stato seguito da un forte processo erosivo; ciò ha determinato una rapida incisione dell'alveo del Tanaro abbassandone il fondo, tanto che in molti punti l'approfondimento del letto fluviale ha portato ad affiorare il substrato marnoso terziario, sottostante ai depositi alluvionali.

Attualmente, in tutto il tratto tra Alba ed Asti, l'assetto morfologico del Tanaro presenta caratteristiche di monocursalità tipiche dei corsi d'acqua di fondovalle; in particolare, si distinguono aspetti propri dei fiumi di vallata per la presenza di un alveo di piena inciso e ben definito, che scorre con andamento sinuoso entro un solco vallivo dominante.

A riguardo, si possono richiamare i risultati dei citati studi finalizzati alla caratterizzazione ed all'analisi dell'assetto idromorfologico dei corsi d'acqua piemontesi, definito mediante caratterizzazione automatica da telerilevamento ⁽¹³⁾.

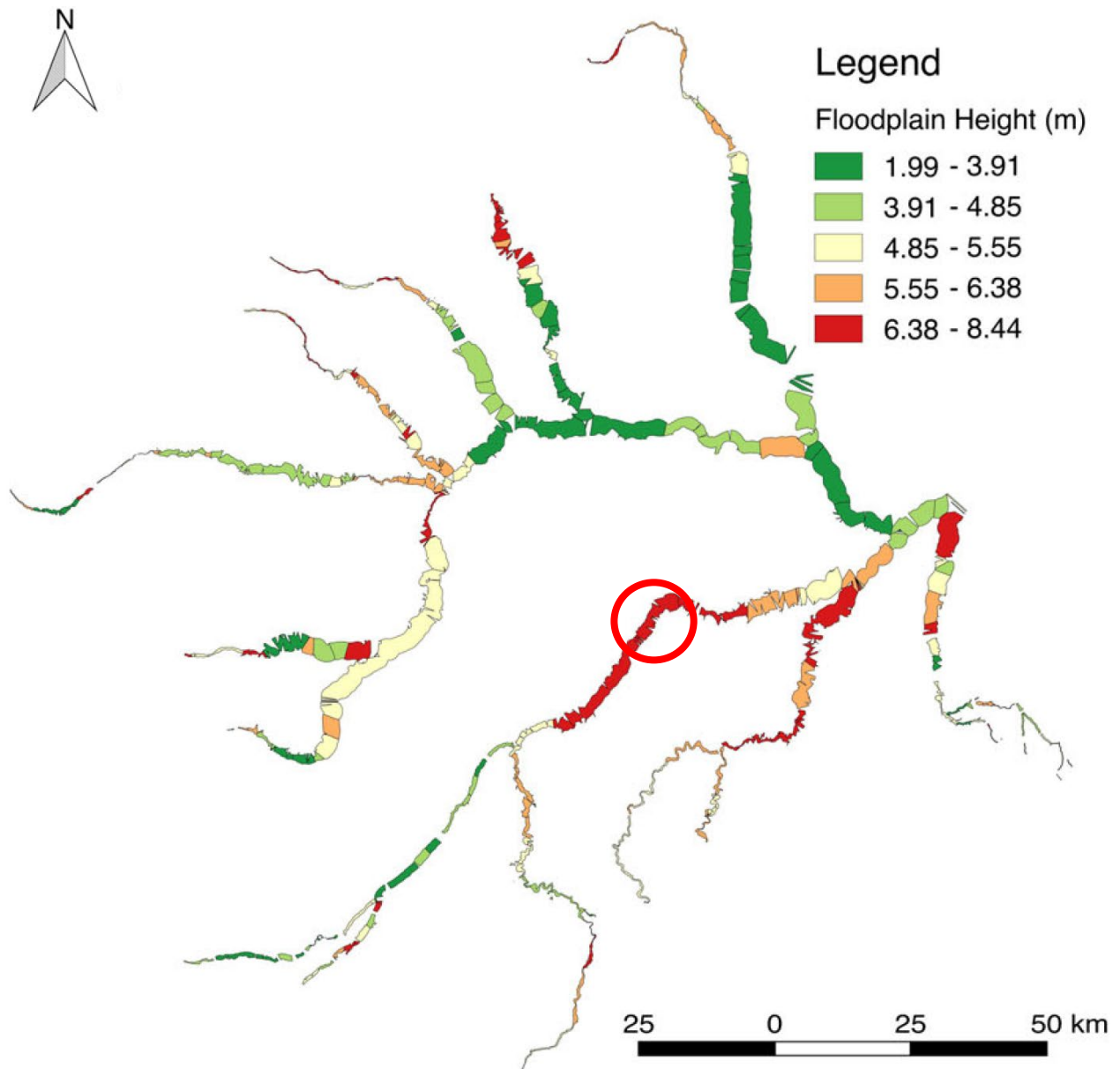
Tra gli elementi idromorfologici oggetto di quantificazione e di analisi nell'ambito di tali studi, condotti mediante il trattamento automatizzato, in ambiente GIS, dei modelli numerici del terreno ottenuti dalle restituzioni LIDAR effettuate per conto della Regione Piemonte, si può considerare innanzitutto il canale morfologico attivo (*morphological active channel* - AC), distinto dalla pianura alluvionale (*floodplain* - FP) che lo fiancheggia sulle due sponde del corso d'acqua, ed ulteriormente differenziato al suo interno, distinguendo l'alveo di magra (*low-flow water channel* - WC) rispetto alle barre ed agli accumuli di sedimento, sia prive di vegetazione (*unvegetated sediment bars* – UV) che sparsamente vegetate (*sparse vegetated units* – SV).

⁽¹³⁾ Cfr.: DEMARCHI L. BIZZI S. & PIEGAY H., “Regional hydromorphological characterization with continuous and automated remote sensing analysis based on VHR imagery and low-resolution LiDAR data”; Earth Surface Processes And Landforms n. 42 (2017).

L'analisi idromorfologica tridimensionale, condotta nello studio citato su un totale di circa 1200 km di sviluppo dell'alveo dei corsi d'acqua piemontesi, ha consentito di correlare i diversi parametri così quantificati, rapportandoli tra loro ed all'ampiezza del bacino idrografico sotteso.

A scala regionale, è stato condotto, ad esempio, un confronto tra l'altezza della pianura alluvionale, riferita all'alveo fluviale in condizioni di magra (ed individuata con il parametro *FP_hgt*) ⁽¹⁴⁾, nei diversi tratti della rete idrografica interessati dallo studio: come si evince dalla ricostruzione allegata nel seguito, il tratto di f. Tanaro compreso tra Alba ed Asti, in cui ricade il sito in esame, risulta caratterizzato da un valore di *FP_hgt* (ossia da un grado di incisione dell'alveo fluviale rispetto alla pianura di fondovalle) dell'ordine dei 6 – 8 metri circa.

⁽¹⁴⁾ La restituzione LIDAR utilizzata come base per l'analisi idromorfologica è relativa ad un volo effettuato in periodo estivo, in cui i corsi d'acqua piemontesi si presentavano in condizioni di magra.



Individuazione dell'area in esame (cerchio rosso) rispetto all'assetto idromorfologico dei corsi d'acqua piemontesi, definito mediante caratterizzazione automatica da telerilevamento ⁽¹⁵⁾.

⁽¹⁵⁾ Cfr.: DEMARCHI L. BIZZI S. & PIEGAY H., “Regional hydromorphological characterization with continuous and automated remote sensing analysis based on VHR imagery and low-resolution LiDAR data”; Earth Surface Processes And Landforms n. 42 (2017).

4. RELAZIONE GEOLOGICA

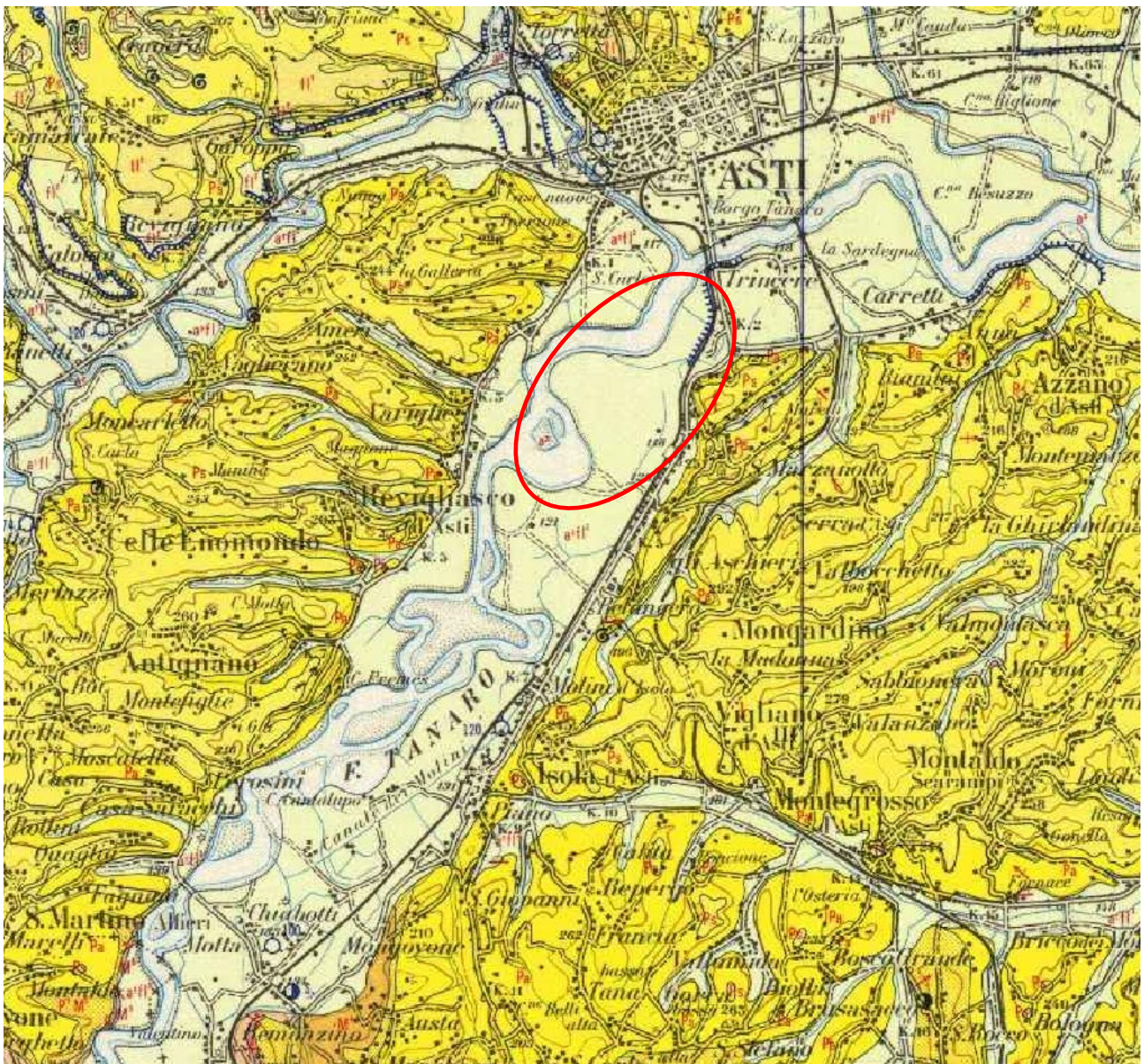
4.1. Inquadramento geologico generale

L'area interessata dall'intervento in esame è caratterizzata, dal punto di vista geologico, da una sottile copertura alluvionale quaternaria, sotto alla quale si trovano i litotipi marini argilloso - marnosi, di Età Terziaria.

La copertura alluvionale presente sul fondovalle è stata accumulata dal F. Tanaro dopo aver eroso il substrato terziario, ed è stata poi più volte rimaneggiata, nel passato geologico più recente, dalle ripetute divagazioni dello stesso corso d'acqua.

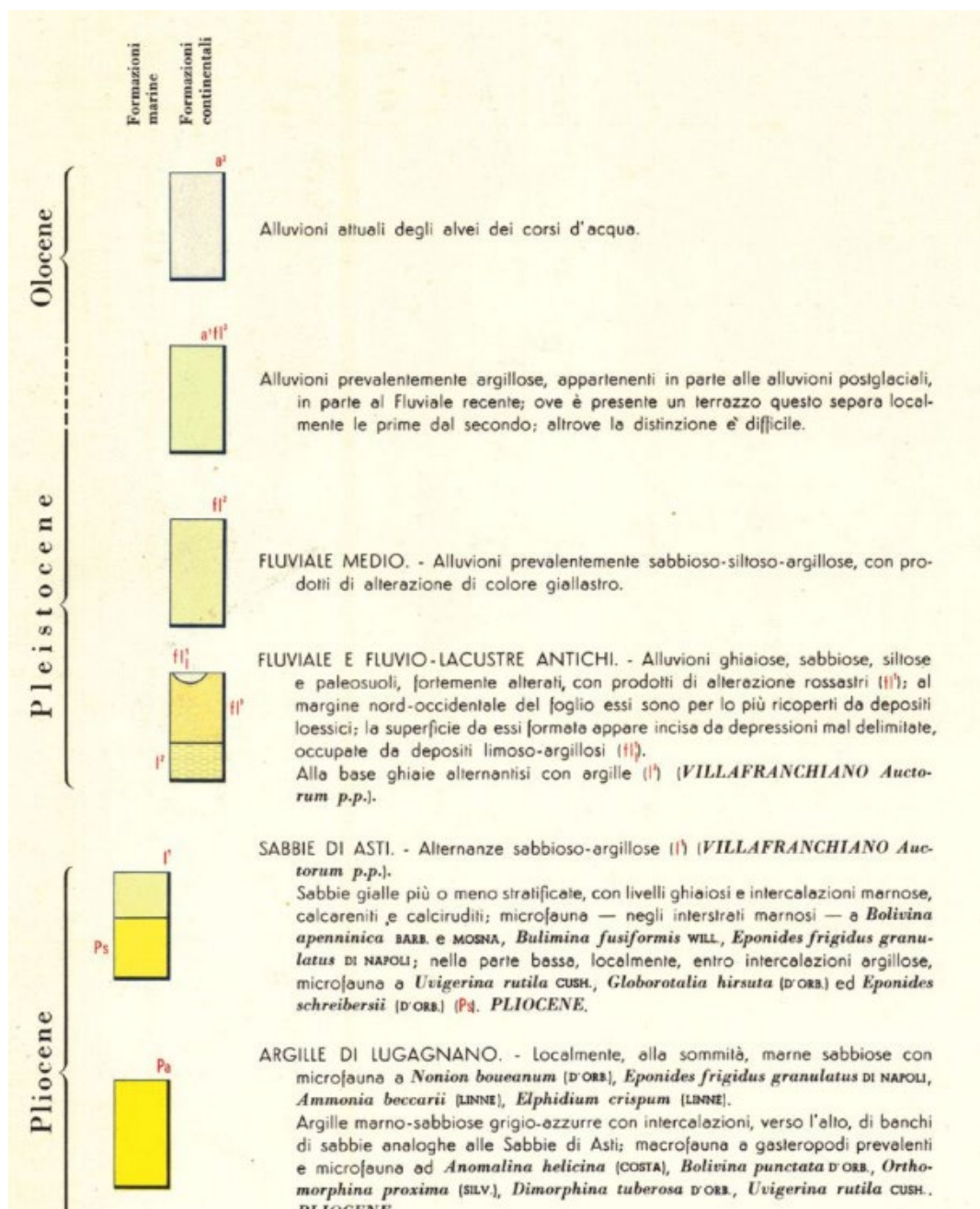
La coltre alluvionale quaternaria, in prevalenza ghiaioso-sabbiosa, ha uno spessore piuttosto ridotto, dell'ordine di una decina di metri al massimo, e poggia alla base sul substrato terziario, costituito in questa zona dalle argille marnose plioceniche (*“Argille di Lugagnano”*), dal caratteristico colore grigio – azzurro, che sono spesso visibili in affioramento presso l'alveo del f. Tanaro.

Facendo riferimento a quanto già descritto nel capitolo precedente, nella piana valliva del F. Tanaro sono distinguibili due zone principali, legate come già detto allo sviluppo di superfici terrazzate; la prima zona, più elevata, può quindi essere definita come areale di affioramento di *“depositi alluvionali terrazzati, ghiaioso-sabbiosi, a copertura terroso-limosa”* (a¹fl³ secondo la Carta Geologica d'Italia, F° 69 “Asti”); nella seconda zona, in cui ricadono le aree in esame, affiorano invece i *“depositi alluvionali recenti ed attuali, ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi”* (a³ secondo la Carta Geologica d'Italia, F° 69 “Asti”).



Estratto del Foglio 69 “Asti” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000, con evidenziata (ellisse rossa) l’area in esame. Ingrandimento alla scala 1.75.000 circa, legenda alla pagina successiva.

LEGENDA



4.2. Assetto geologico e litostratigrafico dell'area di intervento

Dalle risultanze delle indagini stratigrafiche effettuate mediante pozzetti esplorativi, tenendo conto che la profondità di scavo è stata dell'ordine di pochi metri dal piano campagna, ed a conferma di una situazione che ben si inquadra nell'ambito del contesto geologico e stratigrafico della zona, noto per essere stato oggetto di studi precedenti ⁽¹⁶⁾, successivamente aggiornati nell'ambito di pubblicazioni scientifiche che hanno sintetizzato i risultati di specifiche convenzioni di ricerca tra diversi Enti ⁽¹⁷⁾, si può riassumere il seguente quadro “medio” complessivo.

Su tutta l'area indagata, posta in sponda destra del f. Tanaro, si riscontra, a conferma della ridotta età “geologica” dell'area in esame (dell'ordine in realtà di 150 anni circa, sulla base del tracciato planimetrico del f. Tanaro riportato sulle edizioni storiche delle cartografie I.G.M.), la presenza di una copertura pedologica difficilmente riconoscibile ed identificabile, nelle colonne stratigrafiche, a causa della sua tessitura francamente sabbiosa, a tal punto che, anche per effetto del rimaneggiamento connesso alle attuali pratiche agricole meccanizzate (aratura profonda), non si riscontrano, di fatto, soluzioni di continuità rispetto al sottostante spessore di sabbie limose, così che i due livelli non sono stati differenziati nelle colonne litostratigrafiche.

Alla base della copertura pedologica, costituita mediamente da circa 30-50 cm di terreno vegetale limoso – sabbioso, di colore marrone grigiastro, si rinviene infatti un diffuso livello di sabbie fini e limi sabbiosi, di spessore da decimetrico a metrico e di colore nocciola chiaro: si tratta di depositi riferibili a facies di “*flood plain*”, ossia di materiale trasportato e sedimentato, in condizioni di bassa energia (ma sufficienti comunque a movimentare del sedimento con granulometria sabbiosa), da parte delle acque di esondazione che hanno invaso la piana di fondovalle ⁽¹⁸⁾, colmandola per accrezione verticale e livellando la sottostante morfologia irregolare, definita dal top delle barre ghiaiose, associate invece al trasporto di sedimento ad opera di correnti trattive all'interno dell'alveo attivo del corso d'acqua ⁽¹⁹⁾.

La porzione inferiore del materasso alluvionale risulta costituita invece da una sabbia da medio-fine a medio-grossa, frammista a ghiaia eterometrica, poligenica, subarrotondata, con ciottoli di dimensioni decimetriche; da un punto di vista sedimentologico, questo materiale può essere interpretato come depositato ad opera di correnti trattive da parte di un corso d'acqua ad elevata

⁽¹⁶⁾ Cfr.: FAULE D., “Studio geologico-applicativo per un collegamento autostradale lungo la bassa Valle Tanaro”; Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Torino, 1990.

CIVITA M., EUSEBIO A., CAVALLI C., VALDEMARIN F. & VIGNA B., “Interazioni tra opere autostradali ed acquiferi soggiacenti: alcune situazioni in Piemonte”, Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria “Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi”, Torino, 10-11 marzo 1994, pagg. 409 e segg..

⁽¹⁷⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., “Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro”, Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

⁽¹⁸⁾ Cfr.: REINECK H. & SINGH W., “Depositional sedimentary environments”, Springer-Verlag, Berlino, 1987.

⁽¹⁹⁾ Cfr.: BILLI P., 1988 – “Morfologie fluviali”. Giornale di Geologia, ser. 3, vol. 50/1-2, pagg. 27-38, con bibliografia.

capacità di trasporto (carico solido di fondo), sotto forma di barre all'interno o ai margini del canale di deflusso attivo, nell'ambito delle passate divagazioni del Tanaro entro la piana alluvionale.

La frazione sabbiosa del deposito alluvionale è solitamente presente sotto forma di matrice interstiziale; localmente, essa può presentarsi concentrata in lenti e livelli di spessore decimetrico intercalati alle ghiaie a ciottoli; alla base, il materasso alluvionale poggia sulle sottostanti argille siltose - marnose del substrato terziario.

Dal punto di vista della caratterizzazione litostratigrafica, infatti, il dato maggiormente significativo è quello relativo alla profondità alla quale si imposta il substrato terziario: esso è visibile in affioramento presso l'alveo del Tanaro al piede di entrambe le sponde del corso d'acqua, spesso caratterizzate da "rocche" subverticali o strapiombanti, e prosegue sotto entrambe le sponde a costituire la base della copertura alluvionale che riveste il fondovalle, depositata dal Tanaro dopo aver "lisciato" il substrato a costituire una ampia superficie di erosione.

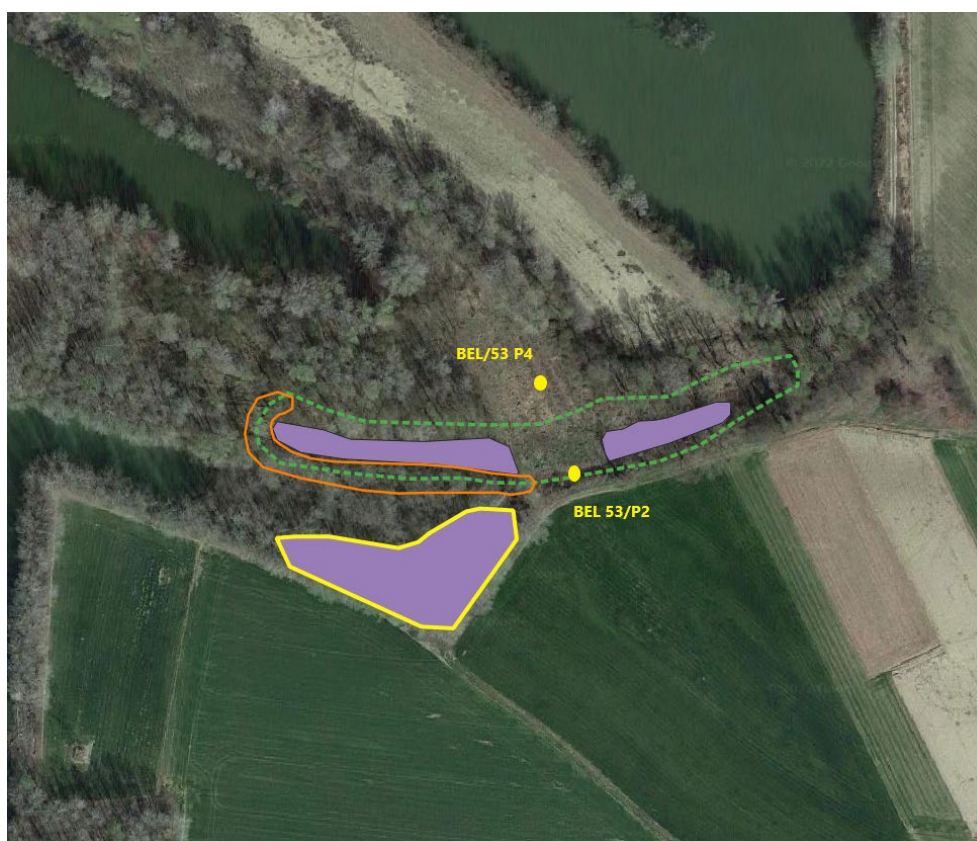
Tale superficie di erosione ("*top del substrato*") mostra un andamento sub-planare a grande scala, ma che si presenta invece marcatamente irregolare a piccola scala.

Nell'area di interesse, inoltre, sono stati localmente riscontrati, come osservabile dalle foto allegate nel seguito, relative ai sondaggi geognostici eseguiti, dei livelli lentiformi prevalentemente argillosi di colore nerastro, interposti tra il livello sabbioso-limoso superficiale e il deposito ghiaioso che costituisce la porzione inferiore del materasso alluvionale.

Questi depositi possono essere identificati come lenti argillose, a volte individuate (nella letteratura anglosassone) con il termine di "*clay plug*", che testimoniano la presenza di meandri abbandonati del corso d'acqua, sotto forma di "lanche" palustri in cui il residuo ristagno idrico, creando un ambiente palustre stagnante, veniva progressivamente interrato per effetto della lenta deposizione di materiale limoso – argilloso, mentre l'arricchimento di frazione organica conferisce al deposito stesso la tipica colorazione scura osservata.

Il fenomeno dei meandri abbandonati e delle "lanche" che ne derivano è tipico delle pianure alluvionali in cui, come nel caso del Tanaro, l'evoluzione del modellamento fluviale ha determinato il progressivo abbandono delle sinuosità del corso d'acqua; il rinvenimento, nel materasso alluvionale, di queste intercalazioni lentiformi argilloso – torbose, è quindi da considerarsi normale anche nel sito di interesse.

Ubicazione dei pozzetti esplorativi BEL/53P2 e P4



Ubicazione dei pozzetti esplorativi BEL/19P2, P4 e P6





Pozzetto esplorativo BEL 19/P4. Si osserva, nella parte inferiore, un livello argilloso di colore grigio scuro tendente al nerastro, probabile testimonianza del riempimento argilloso (ricco in frazione organica) di un meandro abbandonato (c.d. “*clay plug*”).



Pozzetto esplorativo BEL19/P6. Si può riconoscere il passaggio da un deposito sabbioso-limoso di colore nocciola chiaro, dello spessore di 50-70 cm circa, presente nella parte apicale dello scavo, a un deposito prevalentemente ghiaioso – ciottoloso, in matrice sabbiosa, a costituire la porzione inferiore del materasso alluvionale.



Pozzetto esplorativo BEL 20/P2. Si può osservare una litostratigrafia simile a quella del pozzetto BEL 19/P6



Pozzetto esplorativo BEL 53/P2. Si osserva, anche in questo caso, la presenza di un livello nerastro, riferibile ad una lente di argilla torbosa (*"Clay plug"*) formatasi nel contesto di meandri abbandonati, che hanno dato origine ad aree paludose (lanche) progressivamente interrate.



Pozzetto esplorativo BEL 53/P4. Si osserva bene il passaggio dalla porzione superiore del materasso alluvionale, costituita da un deposito fine, sabbioso-limoso, al sottostante deposito grossolano, ghiaioso – ciottoloso, che ne costituisce quella inferiore.

5. RELAZIONE IDROGEOLOGICA

5.1. Caratteristiche idrogeologiche della zona

La piana di fondovalle del f. Tanaro è caratterizzata dalla presenza in affioramento, lungo la fascia perifluviale, di depositi alluvionali molto permeabili, data la granulometria grossolana, essenzialmente ghiaioso - sabbiosa.

L'elevata permeabilità di questi depositi determina una rapida e pressoché completa infiltrazione delle acque meteoriche nella coltre alluvionale, di modo che il ruscellamento superficiale, anche nel caso di precipitazioni intense e prolungate, risulta quasi sempre assente, o comunque molto ridotto.

Nel materasso alluvionale si imposta quindi la falda acquifera, di tipo freatico a superficie libera; essa è alimentata dalla superficie per infiltrazione diretta delle acque meteoriche, mentre è invece limitata alla base dalla presenza del substrato marnoso - argilloso terziario, di natura impermeabile.

Le indagini svolte, negli anni trascorsi, a corredo di interventi progettuali condotti in questo tratto del fondovalle del Tanaro, hanno evidenziato che la falda acquifera si livella, nella piana alluvionale in destra idrografica, ad una profondità di pochi metri dal piano campagna, con una quota della superficie piezometrica che scende progressivamente verso il fiume.

Il deflusso delle acque sotterranee risulta infatti diretto verso il corso d'acqua, per l'effetto di drenaggio laterale esercitato dal Tanaro, peraltro accentuatosi a causa dell'abbassamento dell'alveo per sovraincisione erosiva, verificatosi negli ultimi decenni; questo effetto è generalmente più intenso nella fascia perifluviale, in quanto vi affiorano depositi alluvionali più permeabili e, soprattutto, lungo il piede della sponda fluviale affiorano ormai estesamente le argille marnose impermeabili del substrato terziario, portando così allo scoperto la superficie d'appoggio del materasso alluvionale.

La falda acquifera è infatti collegata, idraulicamente, con il vicino fiume Tanaro; essa si livella quindi con la quota del pelo libero dell'acqua nell'alveo del corso d'acqua, e risulta soggetta ad oscillazioni stagionali e periodiche legate al regime delle precipitazioni e delle portate fluviali: in particolare, la più recente fase di approfondimento dell'alveo fluviale, per effetto della sovraescavazione erosiva, ha determinato un abbassamento di proporzioni analoghe anche per la falda, accentuandone il drenaggio.

5.2. Rapporti della falda con le acque superficiali e profonde

5.2.1. Assetto idrogeologico originario

Nel tratto di fondovalle in esame, come si è visto in precedenza, affiorano depositi alluvionali quaternari, a ricoprire il substrato terziario con un modesto spessore di sedimenti: il materasso alluvionale, costituito prevalentemente da ghiaie a ciottoli con una frazione sabbiosa più o meno abbondante, è caratterizzato da una elevata permeabilità, solo parzialmente ridotta in corrispondenza alla copertura limosa superficiale, ove presente.

Al disotto dei depositi alluvionali quaternari, nonché a costituire i rilievi collinari adiacenti la valle del Tanaro, vi sono i litotipi marnosi ed argillosi del "Bacino Terziario Piemontese": si tratta essenzialmente di un complesso di natura impermeabile, con eventuale circolazione idrica legata alla presenza di zone di fessurazione o, più localmente, di intercalazioni sabbiose debolmente permeabili; si tratta comunque di acquiferi estremamente limitati, anche perché la continuità laterale di questi livelli permeabili è in genere piuttosto ridotta.

Il substrato terziario impermeabile costituisce pertanto il livello di base della falda a superficie libera ospitata nella coltre alluvionale: la falda acquifera presenta comunque una potenza limitata ed è soggetta a variazioni periodiche collegate al regime delle precipitazioni ed a quello delle portate del fiume Tanaro.

La falda risente infatti delle variazioni di portata del Tanaro, che innalzando la quota del pelo libero dell'acqua può alimentare la falda o all'opposto, abbassandosi, esserne alimentato; è proprio questa la situazione che si verifica, sempre più frequentemente, a causa della sovraincisione dell'alveo.

Già prima delle operazioni di disalveo e di sistemazione idraulica realizzate a seguito dell'alluvione del novembre 1994 ⁽²⁰⁾, lungo le sponde del fiume si potevano diffusamente vedere venute d'acqua e piccole sorgenti, per affioramento della superficie di appoggio delle ghiaie fluviali sulle argille marnose del substrato; come si è detto in precedenza, ne deriva che in condizioni di magra, e quindi per buona parte dell'anno, si ha un attivo drenaggio della falda verso il fiume.

Come confermato anche da studi a più ampia scala, nel tratto a monte di Asti il Tanaro mantiene per buona parte dell'anno un comportamento marcatamente drenante ⁽²¹⁾: si rimanda, a tale proposito, all'allegato estratto di cartografia idrogeologica, tratto dalla pubblicazione in parola e dal quale (evidenziato anche a scala di dettaglio) si evince che l'area oggetto di studio è caratterizzata, in sponda destra del Tanaro, da un andamento delle linee isopiezometriche con orientazione NE-SW, ad indicare un deflusso sotterraneo da SE verso NW.

⁽²⁰⁾ Cfr.: FAULE D., "Studio geologico-applicativo per un collegamento autostradale lungo la bassa Valle Tanaro"; Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Torino, 1990.

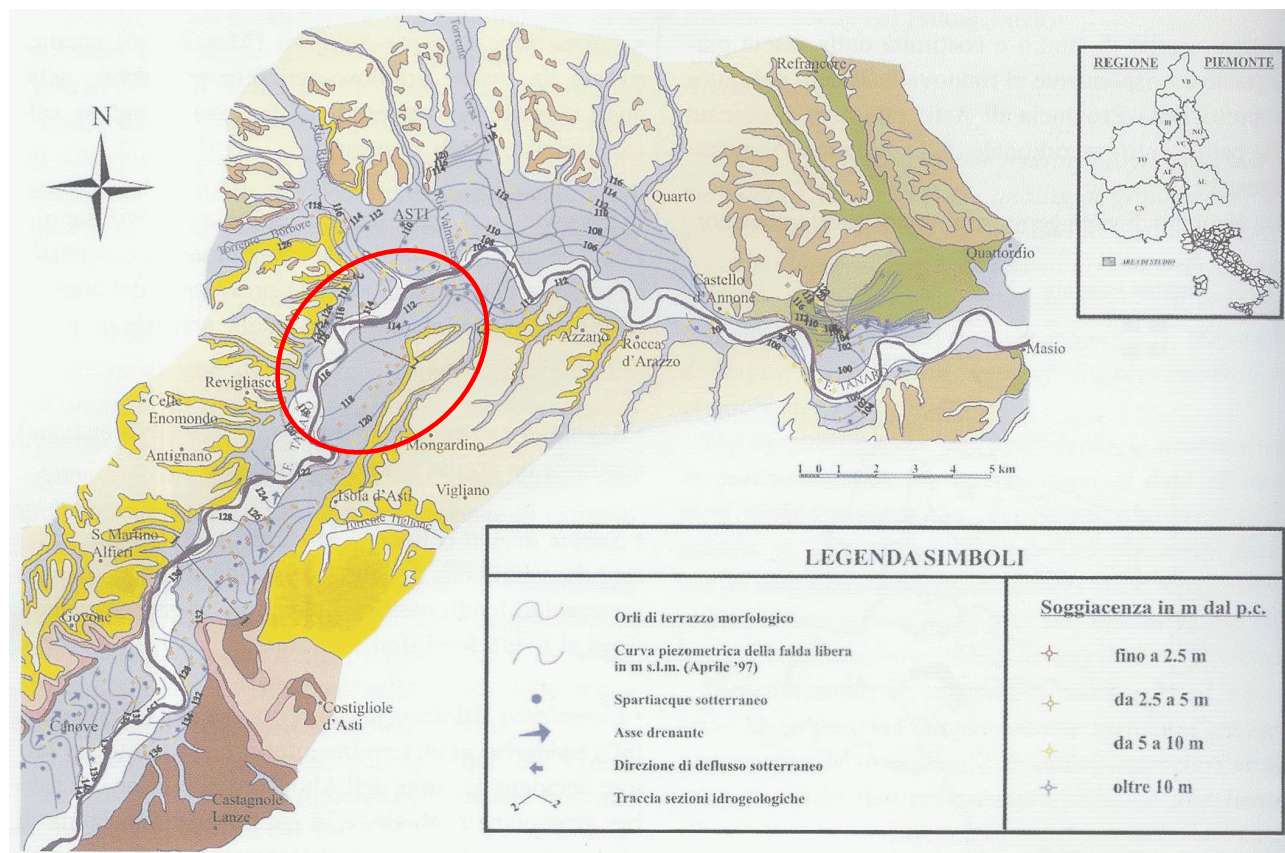
⁽²¹⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., "Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro", Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

Considerando, ad ampia scala, l'intera porzione di fondovalle alluvionale posta in sponda destra del Tanaro, si può individuare l'area di alimentazione della falda acquifera, che è essenzialmente a carattere locale, ossia legata agli apporti meteorici diretti che afferiscono a questo tratto del fondovalle, e che si infiltrano nel materasso alluvionale che lo riveste.

Bisogna infatti considerare che in questo tratto del corso d'acqua, in sponda destra, lo spartiacque che separa il bacino del Tanaro da quello dei rii che drenano gli adiacenti rilievi collinari, con i relativi bacini impostati nella zona compresa tra Isola d'Asti, San Marzanotto, ecc..., afferenti al bacino del t. Belbo, corre a breve distanza dal margine del fondovalle stesso, che viene pertanto alimentato, in termini idrogeologici, solamente dagli apporti meteorici che affluiscono in questa zona.

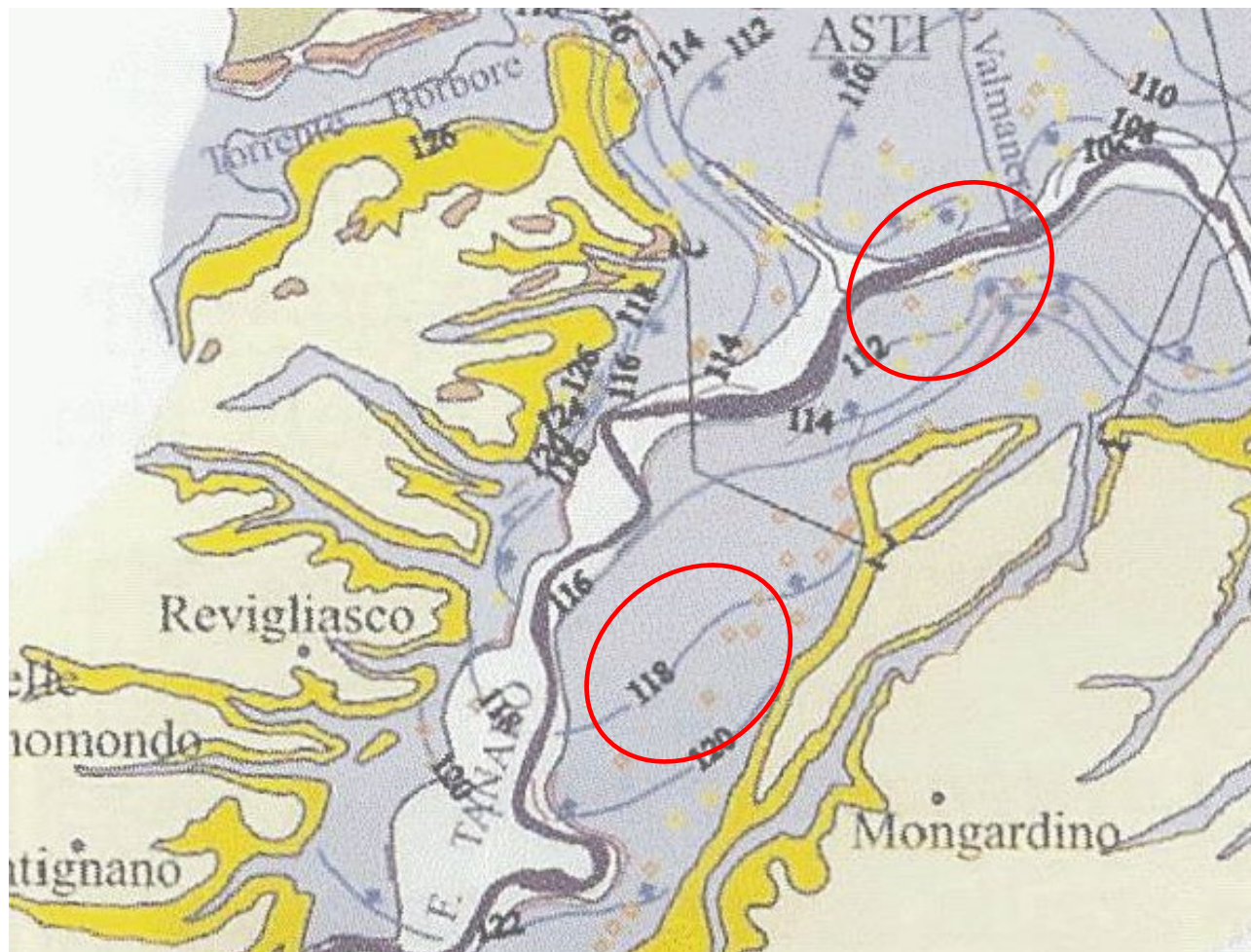
Le acque piovane che si infiltrano nel terreno, nel settore di fondovalle principale in sponda destra, si infiltrano nella coltre alluvionale permeabile, alimentando in tal modo la falda che vi si imposta, limitata alla base dalle argille impermeabili del substrato terziario.

La copertura alluvionale sul fondovalle, come si è visto, viene poi drenata dall'alveo del Tanaro, con il quale la falda è collegata idraulicamente.













“Carta idrogeologica del tratto astigiano della Val Tanaro” ⁽²²⁾. L’ellisse rossa indica l’ubicazione dell’area oggetto di studio.

⁽²²⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., “Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro”, Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.



Particolare della “Carta idrogeologica del tratto astigiano della Val Tanaro” ⁽²³⁾ relativo alle aree oggetto di studio, la cui ubicazione è evidenziata dalle ellissi rosse.

LEGENDA SIMBOLI	
 Orli di terrazzo morfologico  Curva piezometrica della falda libera in m s.l.m. (Aprile '97)  Spartiacque sotterraneo  Asse drenante  Direzione di deflusso sotterraneo  Traccia sezioni idrogeologiche	<u>Soggiacenza in m dal p.c.</u>  fino a 2.5 m  da 2.5 a 5 m  da 5 a 10 m  oltre 10 m

⁽²³⁾ Cfr.: CASTELLARO M., DE LUCA D., LASAGNA M. & MASCIOTTO L., “Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee nel tratto Astigiano del fondovalle del Fiume Tanaro”, Acque Sotterranee, n. 88, aprile 2004, pagg. 30-42.

5.2.2. Assetto idrogeologico attuale

A fronte dell'assetto idrogeologico originario della piana di fondovalle del Tanaro, caratterizzato, come si è visto nel paragrafo precedente, da un deflusso piezometrico diretto da SE verso NW, ossia con un graduale abbassarsi delle quote piezometriche in pari direzione, man mano che dal margine esterno del fondovalle ci si sposta verso l'alveo del f. Tanaro, si deve considerare che, presso le aree oggetto di previsto intervento, tale assetto è stato modificato da parte delle pregresse attività antropiche.

In entrambi i siti di intervento, nelle località “Belangero” e “la Bula”, si deve infatti ricordare che le aree umide e gli specchi d'acqua oggi esistenti sono conseguenti a pregresse attività estrattive sotto falda, condotte negli ultimi decenni del XX secolo.

Per valutare gli effetti di tali interventi sull'assetto idrogeologico, si deve considerare che quando uno scavo viene approfondito fino a un livello inferiore a quello della falda freatica, all'interno dello scavo si crea un lago, ossia uno specchio d'acqua artificiale il cui pelo libero si raccorda con la quota di falda dei terreni circostanti: la genesi degli specchi d'acqua presenti nell'area in esame è quindi conseguenza di pregressi scavi estrattivi sotto falda.

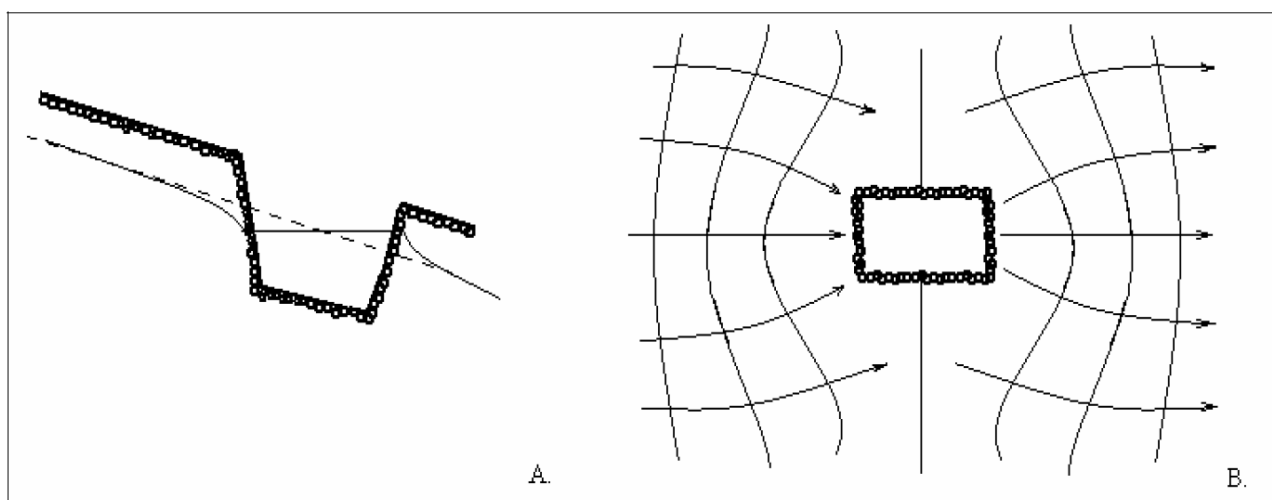
Nell'ipotesi, puramente teorica, che la falda sia perfettamente immobile ed orizzontale, dopo un primo periodo transitorio nel corso del quale l'acqua riempie la cavità, la superficie del lago raggiunge il primitivo livello freatico e la situazione si ristabilizza.

Nella quasi totalità dei casi, tuttavia, la situazione è più complessa, in quanto in contesti di scavi artificiali come quello di una cava sotto falda, la cavità che si viene a formare viene in contatto con una falda dotata di un moto proprio e, conseguentemente, di un gradiente idraulico naturale: ciò significa che, prima che lo scavo interessi la falda, la quota piezometrica indisturbata è diversa sui due lati, di monte e di valle dello scavo.

Dopo l'asportazione del materiale, la superficie del lago si dispone praticamente in orizzontale, dal momento che le perdite di carico idraulico dovute al moto dell'acqua nel lago sono trascurabili rispetto a quelle dovute al moto di filtrazione nei terreni circostanti.

Come illustrato nella figura di seguito allegata, ciò comporta un abbassamento della falda sul lato di monte ed un innalzamento sul lato di valle: l'abbassamento della falda sul lato di monte richiama acqua verso il perimetro del lago, mentre sul lato di valle si ha una ricarica della falda.

Con il raggiungimento di una situazione di “equilibrio dinamico” tra apporti da monte e deflussi verso valle, la quota che assume il pelo libero, all'interno dello specchio d'acqua, corrisponde grosso modo a quella che caratterizzava la superficie piezometrica in corrispondenza del baricentro dell'impronta planimetrica del lago di nuova formazione.



Variazioni qualitative dell'andamento della falda freatica in presenza di un lago di cava ⁽²⁴⁾

Relativamente al contesto idrogeologico dell'area interessata dal progetto, si deve quindi considerare, ricordando quanto discusso in precedenza, che in condizioni naturali “originarie” l'andamento delle linee isopiezometriche indica, a grande scala, un'alimentazione del f. Tanaro da parte dell'acquifero, che viene drenato dall'alveo del corso d'acqua.

Nel caso in oggetto, gli specchi d'acqua artificiali realizzati, presso le aree in esame, negli ultimi decenni del secolo scorso, sono caratterizzati da una quota del pelo libero dell'acqua che si dispone “a scalinata”, scendendo progressivamente da SE verso NW, in funzione della posizione del singolo specchio d'acqua; peraltro, si deve osservare che si è in presenza di laghi con forma planimetrica irregolare, come si evince dall'esame delle fotografie aeree, spesso a ridotta distanza l'uno dall'altro, così che l'effetto può propagarsi verso l'esterno in modo non uniforme.

A fronte di queste variazioni a livello locale, che risultano generalmente limitate all'immediato intorno degli specchi d'acqua artificiali, con una “propagazione” verso l'esterno che solitamente ha un raggio di influenza limitato, soprattutto se in presenza di un materasso alluvionale altamente permeabile, come quello del Tanaro, l'assetto idrogeologico complessivo è comunque rimasto immutato.

Da questo punto di vista, la prevista realizzazione di stagni d'acqua semipermanenti, che si configurano come piccoli scavi sotto falda, per le ridotte dimensioni dei medesimi può essere ritenuta, a tutti gli effetti pratici, come sostanzialmente ininfluyente sull'andamento piezometrico.

A fronte della variazione indotta dalla presenza di una serie di specchi d'acqua artificiale (ex aree di cava), si deve infine considerare che, a valle – gradiente dei medesimi, è presente l'alveo del f. Tanaro, che mantiene il suo ruolo e la sua funzione (accentuata dalla fase di sovraincisione verificatasi nella seconda metà del XX secolo) di livello di base locale, vincolando e limitando le possibilità di oscillazione altimetrica della falda acquifera in tutta la fascia perifluviale.

⁽²⁴⁾ Cfr.: CASTAGNA S. DE LUCA D., FORNARO M. & LASAGNA M., “Hydrogeological problems related to quarry lakes in plain aquifers”, Atti del Convegno “Integrated Water Resources Management and Challenges of the Sustainable Development”, Marrakech, 23-25 maggio 2006.

5.3. Regime piezometrico

5.3.1. Regime piezometrico a scala generale

Per la definizione dell'assetto idrogeologico all'interno dell'area in esame, nel periodo a cavallo tra l'autunno del 2021 e l'inizio del 2022 si è provveduto alla realizzazione di una apposita rete di monitoraggio, incentrata su una serie di piezometri e di aste idrometriche che sono stati oggetto di rilevazioni periodiche, finalizzate a rilevare sia la quota del pelo libero della falda nei piezometri, sia quella del livello idrometrico nei vari laghi e specchi d'acqua esistenti.

Per procedere all'interpretazione dei dati così raccolti, dal momento che il periodo di osservazione disponibile ha ancora una lunghezza necessariamente limitata, si è provveduto all'analisi dei dati reperibili in bibliografia, come pure del quadro conoscitivo maturato nell'ambito di una serie di studi progettuali condotti, nei decenni trascorsi, in aree limitrofe del fondovalle del Tanaro, nell'intorno dell'area di interesse: ciò al fine di avere un quadro più ampio e completo del contesto idrogeologico del sito oggetto di intervento.

A tale scopo, i risultati delle misurazioni effettuate nei mesi trascorsi possono essere inquadrati, su una più ampia scala temporale, sulla base di quanto rilevato negli anni passati in questa e in altre zone del fondovalle del Tanaro ed avvalorato anche da dati bibliografici ⁽²⁵⁾, in particolare relativamente alla presenza di un massimo piezometrico tardo primaverile, periodo in cui al massimo pluviometrico locale si aggiungono le maggiori portate del Tanaro, collegate allo scioglimento delle nevi nelle aree in quota del bacino idrografico del corso d'acqua e dei suoi affluenti.

Così pure, l'andamento della piezometria su base annuale denota un comportamento a grandi linee abbastanza simile, per le diverse aree considerate (si è fatto riferimento a studi condotti lungo tutto il tratto di fondovalle compreso tra Alba ed Asti), anche per quanto riguarda i periodi di “magra”, con minimi piezometrici nei mesi invernali ed estivi, legati alla scarsità degli apporti meteorici zenitali ed al concomitante periodo di minimo nelle portate del F. Tanaro.

Di fatto, a fronte di questa “regola generale” che definisce il regime annuo, il regime piezometrico che caratterizza il fondovalle del Tanaro nel tratto albese – astigiano mostra delle più frequenti oscillazioni a piccola scala: ciò a testimonianza dei molteplici effetti che, a scala locale di dettaglio, possono indurre variazioni nei livelli acquiferi (eterogeneità stratigrafiche, rapporti geometrici e vicinanza all'alveo fluviale, perdite localizzate da canali irrigui, ecc...).

La variabilità “a piccola scala” è significativa soprattutto nel caso di quei piezometri che, tenuto conto anche delle sinuosità dell'alveo del f. Tanaro, sono posti a maggiore vicinanza dall'alveo fluviale, e quindi risentono maggiormente delle oscillazioni a breve termine dei livelli

⁽²⁵⁾ Cfr.: CIVITA M., EUSEBIO A., CAVALLI C., VALDEMARIN F. & VIGNA B., “Interazioni tra opere autostradali ed acquiferi soggiacenti: alcune situazioni in Piemonte”, Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria “Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi”, Torino, 10-11 marzo 1994, pagg. 409 e segg..

idrometrici in alveo, che si ripercuotono in modo più repentino sui livelli piezometrici nella fascia perifluviale più ristretta.

Al riguardo, si deve considerare che, come evidenziato dagli stessi dati idrometrici divulgati dalla Direzione Risorse Idriche della Regione Piemonte, il Tanaro nel tratto compreso tra Alba ed Asti presenta un regime idrologico caratterizzato da onde di piena piuttosto impulsive, con repentini incrementi di portata, che però si esauriscono altrettanto rapidamente, in quanto i livelli idrici in alveo ritornano, nell'arco di pochi giorni, alla situazione iniziale, ripristinando la situazione ordinaria di drenaggio dell'acquifero alluvionale da parte dell'alveo del Tanaro.

Ne è un esempio il grafico allegato nel seguito, in cui sono riportate, a titolo esemplificativo, le portate medie giornaliere registrate alla stazione idrometrica di Alba (l'ultima significativa a monte del sito in esame) nel periodo compreso tra l'inizio del 2009 ed i primi mesi del 2015, ed in cui si può notare come gli eventi di piena impulsivi vengano a definire dei "picchi" che risaltano nettamente rispetto all'andamento medio.

Con l'unica sostanziale eccezione, nel periodo considerato, dell'evento dell'aprile – maggio 2009, a seguito del quale le portate del Tanaro si mantennero superiori alla media per circa un mese, periodo nel quale il bacino idrografico sotteso stava ancora "smaltendo" i notevoli apporti (anche in forma nevosa) della precedente stagione invernale, si può notare che a ogni singolo picco di piena fa seguito, solitamente, una diminuzione abbastanza rapida delle portate in alveo.

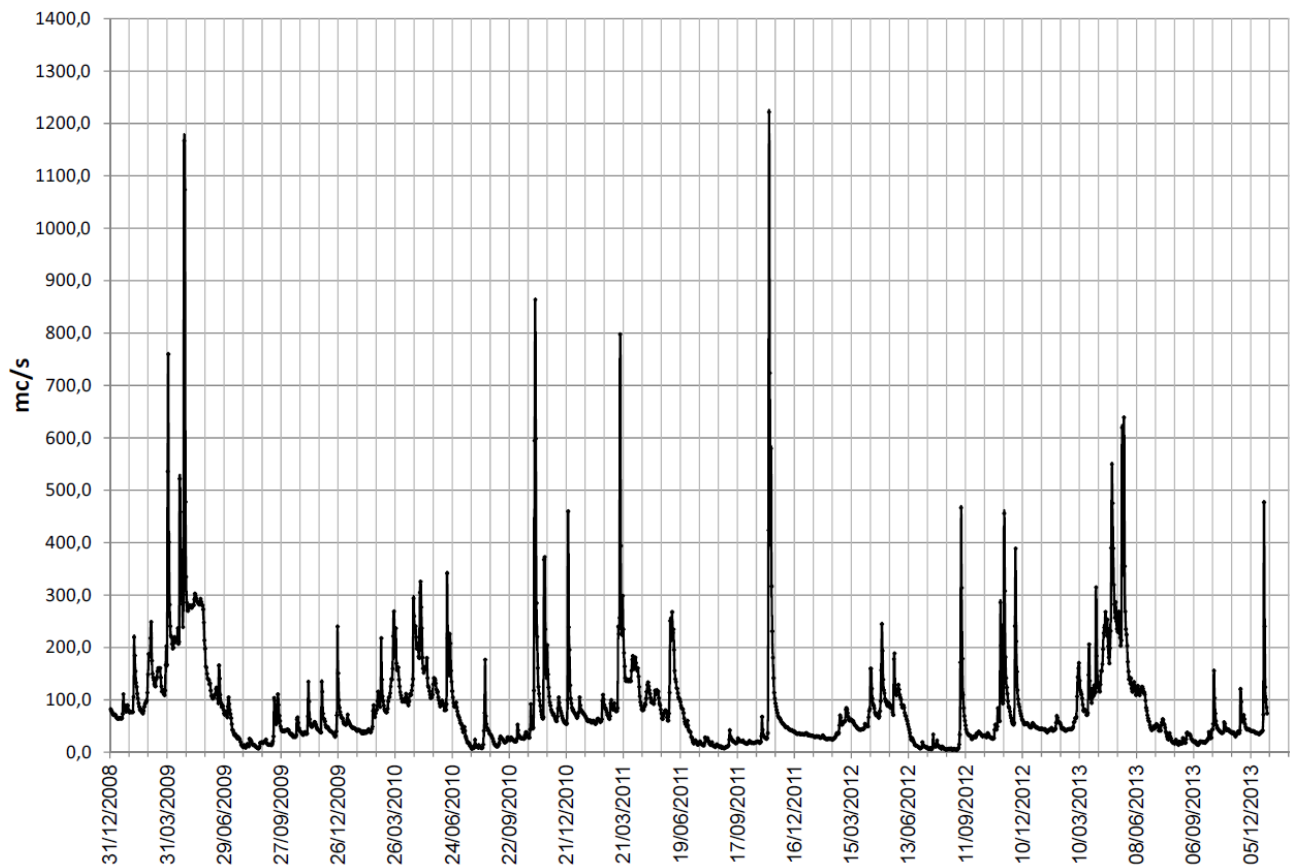
Questo regime idrologico si traduce in un analogo andamento dei livelli piezometrici, conseguenza delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche della zona: l'alveo del fiume, infatti, per effetto anche della fase di sovraincisione verificatasi negli ultimi decenni e delle operazioni di disalveo svolte a seguito dell'evento alluvionale del 1994, risulta ormai estesamente e stabilmente modellato entro le argille e marne del substrato terziario, di natura impermeabile, così da esercitare, per la maggior parte del tempo, una forte azione di richiamo e di drenaggio nei confronti della falda acquifera ospitata nel materasso alluvionale, di cui costituisce il livello di base locale, vincolandone pertanto la possibilità e l'entità dell'oscillazione.

Come già segnalato, infatti, le citate oscillazioni "irregolari" a scala di dettaglio sono in realtà di ordine da centimetrico a decimetrico: a tale proposito, si può considerare l'andamento della scala di deflusso delle portate relativa alla suddetta stazione idrometrica di Alba, illustrato nel grafico di seguito allegato, relativo all'anno 2014 e dal quale si desume come l'intervallo più significativo di portate (dalle poche decine di m^3/s nei periodi di "magra" sino ai circa 250 - 300 m^3/s delle piene "ordinarie") si traduca in una escursione del livello del pelo libero dell'acqua, nell'alveo fluviale, di appena +/- 50 cm rispetto allo "zero idrometrico".

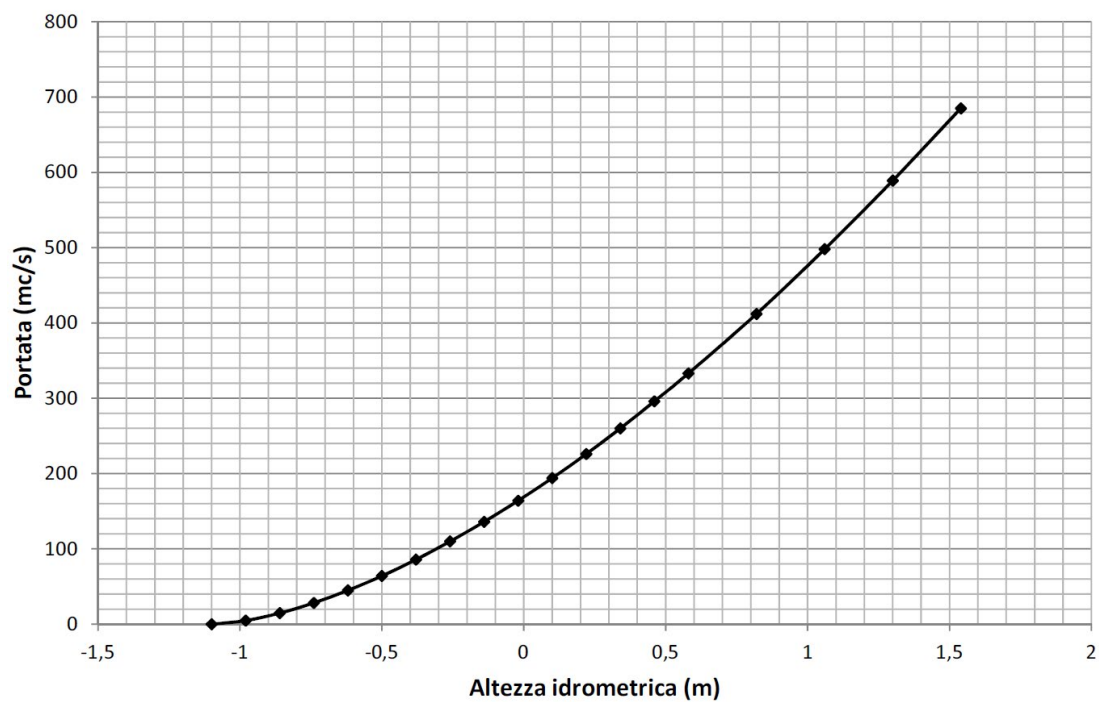
Tenuto conto che la sezione idrometrica in parola è posta in prossimità del "ponte vecchio" di Alba (S.S. n. 29), in un tratto in cui l'alveo si mostra in parte artificialmente confinato e con sezione geometrica più regolare, si può dedurre che in altri tratti del corso d'acqua, caratterizzati da una sezione più ampia e "naturale", come quelli presso l'area di intervento (in particolare

relativamente al sito di Belangero) l'entità dell'escursione idrometrica sia ancora minore, ripercuotendosi in pari misura sull'oscillazione piezometrica, quantomeno nelle aree perfluviali.

Non a caso, le citate osservazioni condotte negli anni trascorsi in altre aree poste lungo questo tratto di f. Tanaro, in situazioni analoghe ed equivalenti da un punto di vista idrogeologico, indicano, per il pelo libero della falda acquifera nell'ambito del fondovalle alluvionale, un'oscillazione annua dell'ordine di circa 1 metro, in accordo con la corrispondente escursione dei livelli idrometrici in alveo e che tende a “smorzarsi” man mano che ci si allontana da quest'ultimo.



Portate medie giornaliere del f. Tanaro ad Alba nel periodo gennaio 2009 – febbraio 2015



Scala di deflusso delle portate del f. Tanaro alla stazione idrometrica di Alba (anno 2014)

5.3.2. Assetto piezometrico a scala locale

Come illustrato nei paragrafi precedenti, nell'ambito della zona in esame e, più in generale, dell'intero tratto di fondovalle alluvionale del Tanaro in sponda destra, tra Isola d'Asti ed il capoluogo provinciale, a scala generale la superficie piezometrica della falda superficiale risulta caratterizzata da un deflusso orientato da SE verso NW, diretto verso il corso d'acqua principale, rappresentato dall'alveo del fiume Tanaro.

A fronte delle modifiche a piccola scala indotte dalla presenza di specchi d'acqua artificiali, questo aspetto generale è osservabile anche a scala locale dove, dall'osservazione dei dati ricavati dai piezometri ed idrometri installati nei punti di interesse, si sono innanzitutto osservate delle differenze di quota piezometrica ed idrometrica che, nel caso di bacini ravvicinati tra loro, risultano dell'ordine dei pochi decimetri.

Come si evince dai diagrammi allegati nel seguito, che riportano i dati suddetti, raffrontati anche agli estratti di fotografia aerea, parimenti allegati, che mostrano l'ubicazione dei punti di misura, quello individuato come BEL15/1, che risulta essere posizionato presso lo specchio d'acqua più a "monte gradiente", mostra una quota del livello idrometrico superiore di circa 20 cm rispetto a quello individuato invece come BEL57/1 e di 70 cm rispetto a quello definito con il codice BEL25/1.

In generale, i dati che è stato possibile rilevare, relativamente all'altezza del pelo libero nei vari specchi d'acqua che caratterizzano le aree di intervento, indicano che, nonostante la vicinanza tra questi ultimi ed i conseguenti possibili effetti di alterazione locale indotti dallo scavo sotto falda (soprattutto nei settori interclusi tra i diversi laghetti), l'andamento della falda acquifera risulta ancora coerente con quello a scala generale illustrato in precedenza.

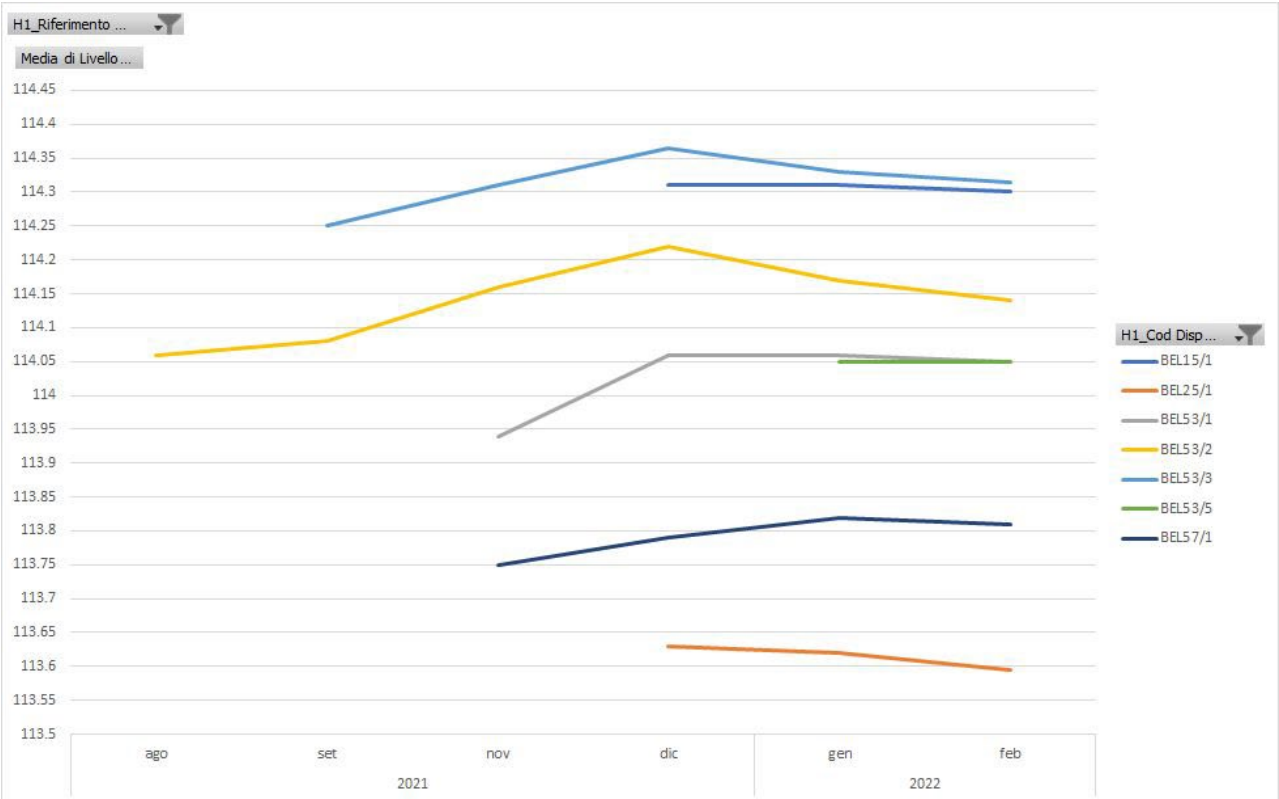
In altre parole, i diversi specchi d'acqua risultano caratterizzati da una quota del pelo libero progressivamente decrescente verso NW, man mano che ci si avvicina al Tanaro, in concordanza cioè con l'andamento delle quote isopiezometriche della falda acquifera, che viene drenata dal corso d'acqua e che diminuiscono pertanto avvicinandosi a quest'ultimo.

I dati rilevati nell'intorno, per tramite dei piezometri appositamente installati a SE del gruppo di specchi idrici (codice BEL53) hanno evidenziato quote piezometriche in accordo sia con l'assetto generale che con la posizione rispetto agli specchi d'acqua artificiali, confermando anzi che l'effetto indotto dagli scavi condotti sotto falda si esaurisce rapidamente nell'intorno dei medesimi.

Come illustrato dal grafico e dall'estratto di fotografia aerea riportati in allegato nel seguito, considerazioni analoghe sono state confermate anche dalle risultanze delle rilevazioni condotte presso il sito di intervento "la Bula"; in quest'ultimo caso, la configurazione particolarmente allungata degli scavi sotto falda ha però comportato un effetto di maggiore "propagazione" verso l'esterno degli effetti di "appiattimento" della superficie piezometrica.



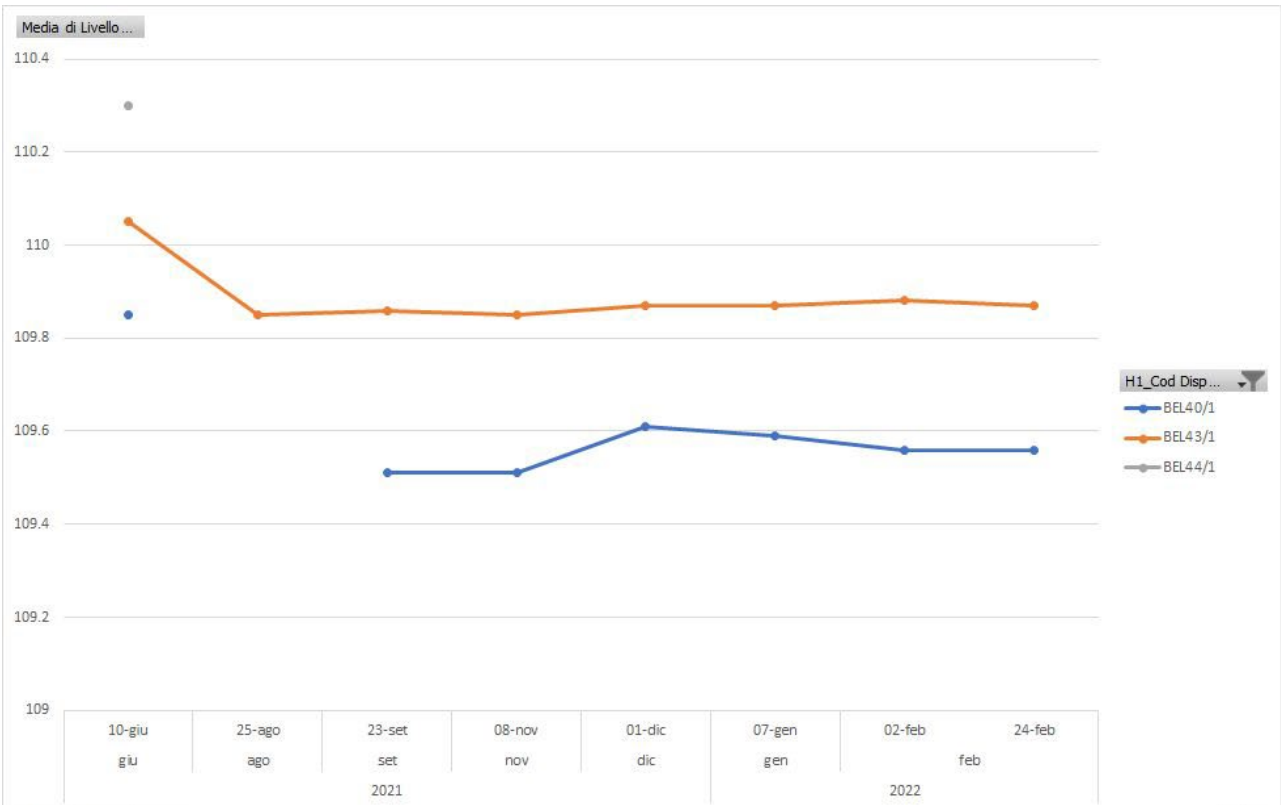
Estratto di fotografia aerea riportante l'ubicazione di alcuni dei punti di monitoraggio idrometrico e piezometrico realizzati nell'area di intervento (settore "Belangero"). Sono evidenziati (ellissi gialle) quelli le cui rilevazioni sono riportate nel grafico di seguito allegato.



Risultati delle operazioni di monitoraggio idrometrico e piezometrico condotte nell’area di intervento (settore “Belangero”).



Estratto di fotografia aerea riportante l'ubicazione di alcuni dei punti di monitoraggio idrometrico e piezometrico realizzati nell'area di intervento (settore "la Bula"). Sono evidenziati (ellissi gialle) quelli le cui rilevazioni sono riportate nel grafico di seguito allegato.



Risultati delle operazioni di monitoraggio idrometrico e piezometrico condotte nell’area di intervento (settore “la Bula”).

6. CONCLUSIONI

A conclusione di quanto esposto ed illustrato, si può convalidare la compatibilità geomorfologica dell'intervento in progetto.

Come si è visto in precedenza (Cfr.: cap. 3), l'evoluzione del modellamento fluviale riconosciuta lungo il f. Tanaro negli ultimi decenni, a partire dalla metà del XX secolo, si è manifestata con una marcata tendenza del corso d'acqua ad evolvere il suo alveo - tipo verso forme a percorso più breve, ossia con diminuzione della sinuosità: una metamorfosi di questo genere induce un aumento della pendenza del profilo longitudinale, innescando processi di erosione al fondo che stabilizzano i deflussi entro l'alveo attivo.

Dal punto di vista dei caratteri evolutivi e della stabilità complessiva del tratto fluviale in esame, si può quindi constatare la stabilità del tracciato dell'alveo di piena, non riscontrandosi singolarità di sorta che possano indurre a modificazioni morfologiche a breve-medio termine.

Il verificarsi di questi fenomeni, nell'ambito dell'evoluzione di un corso d'acqua quale il Tanaro, può essere riscontrato mediante l'esame delle fotografie aeree ed il confronto con le cartografie storiche, che consentono di riconoscere talvolta le caratteristiche tracce curvilinee di vecchi canali di deflusso, relitto di antiche anse di meandro, abbandonate nei decenni trascorsi per effetto dell'evoluzione del modellamento fluviale.

Nel caso del f. Tanaro, seppure in presenza, nei pressi del corso d'acqua, di tracce morfologiche di antichi meandri abbandonati, durante la piena del novembre 1994, nonostante la stessa sia stata di entità tale da essere definita come "catastrofica" da parte della stessa Autorità di Bacino del F. Po, così come in occasione del successivo evento del novembre 2016, non si sono avuti processi di avulsione irreversibile del corso d'acqua, che al termine delle piene è rientrato invece nel suo letto ordinario.

In entrambe le occasioni, i fenomeni erosivi prodotti dalle acque di piena, infatti, non sono riusciti, per quanto intensi, a riattivare vecchi canali di deflusso o a scavare dei "nuovi alvei" con una profondità tale da richiamare e catturare in modo definitivo il filone principale della corrente: nel caso ciò fosse avvenuto, oggi ne avremmo traccia sotto forma di manifesti cambiamenti del tracciato fluviale.

Bisogna ricordare, infatti, che la possibilità di riattivazione di meandri o alvei abbandonati diminuisce con la tendenza del corso d'acqua ad evolvere il suo alveo - tipo verso forme a percorso più breve, ossia con diminuzione della sinuosità.

Lungo il f. Tanaro, negli ultimi decenni è stata riconosciuta, come illustrato in precedenza, una evoluzione del tracciato in pianta proprio di questo tipo: la riduzione di sinuosità ha indotto un aumento della pendenza del profilo longitudinale, innescando processi di erosione al fondo che, giova ripeterlo, stabilizzano i deflussi entro l'alveo attivo.

A riprova, si può richiamare e ribadire quanto osservato in precedenza, in merito al fatto che il f. Tanaro, tra i diversi corsi d'acqua oggetto di studi e ricerche ⁽²⁶⁾, mostra, soprattutto nel tratto Alba- Asti, un grado di incisione dell'alveo attivo tra i più elevati di tutta la rete idrografica piemontese.

Ciò ha determinato l'abbandono delle forme fluviali "secondarie", sotto forma soprattutto degli alvei laterali (a volte indistinguibili per dimensioni da quello principale) e delle aree morfologicamente depresse, riferibili alle barre ed accumuli di sedimento non consolidato da vegetazione stabile, che un tempo fiancheggiavano estesamente l'alveo, dando origine ad una fascia ricca di ecosistemi riferibili al sistema fluviale.

Queste aree, infatti, risultavano connesse al sistema fluviale, in quanto interessate da un deflusso stabile o semipermanente (nel caso di rami laterali attivi in contemporanea a quello principale), da situazioni di idromorfia connesse a morfologie depresse (nel caso di "lanche" ed alvei abbandonati), o comunque dal deflusso di piena in occasione di eventi anche a basso tempo di ritorno.

A fronte della metamorfosi del sistema fluviale riscontrata a partire dalla seconda metà del XX secolo, ormai sostanzialmente irreversibile e che ha determinato non solo la riduzione della fascia fluviale, ma anche il "prosciugamento" (per l'abbassamento piezometrico generalizzato, indotto dalla sovraincisione dell'alveo) di molte situazioni locali di idromorfia, risulta pertanto confermata e convalidata l'efficacia e l'opportunità degli interventi previsti, finalizzati a ricostruire ecosistemi ormai scomparsi (o comunque sostanzialmente ridotti) nella pianura alluvionale del Tanaro astigiano.

Da un punto di vista idrogeologico, si deve invece osservare, come già discusso in precedenza, che, a fronte dei locali effetti di variazione dei deflussi sotterranei che si riscontrano nell'intorno degli specchi d'acqua artificiali che caratterizzano le aree di intervento, l'assetto idrogeologico complessivo di questo settore del fondovalle è comunque rimasto immutato.

Da questo punto di vista, la prevista realizzazione di stagni d'acqua semipermanenti, che si configurano come piccoli scavi temporanei sotto falda, per le ridotte dimensioni dei medesimi può essere ritenuta, a tutti gli effetti pratici, come sostanzialmente ininfluyente sull'andamento piezometrico e sul regime idrogeologico della zona.

⁽²⁶⁾ Cfr.: DEMARCHI L. BIZZI S. & PIEGAY H., "*Regional hydromorphological characterization with continuous and automated remote sensing analysis based on VHR imagery and low-resolution LiDAR data*"; Earth Surface Processes And Landforms n. 42 (2017).

Torino, agosto 2022

dott. ing. Giuseppe ACCATTINO
(n. 4140 Ordine Ingegneri Provincia di Torino)

dott. geol. Dario FAULE
(n. 248 Ordine dei Geologi Regione Piemonte Sez. A)

dott. ing. Giuseppina FERRANTE
(n. 12043 Ordine Ingegneri Provincia di Torino)

dott. for. Gianluca STOPPA
(n. 879 Ordine Dott. Agr. e For. Prov. di Torino)

dott. for. Giorgio ULIANA
(n. 471 Ordine Dott. Agr. e For. Prov. di Torino)